โพรโทคอลการควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบใหม่บนพื้นฐานของวิธีที่มีการแข่งขันและไม่มีการแข่งขัน สำหรับบริการแบบมัลติมีเดียในระบบการสื่อสารไร้สาย

นายอัครพล ธนสรวิศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543
ISBN 974-13-0147-2
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A NEW MEDIA ACCESS CONTROL PROTOCOL BASED ON CONTENTION-FREE AND CONTENTION-BASED SCHEMES FOR MULTIMEDIA SERVICES IN WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS

Mr. Akkarapol Thanasorravit

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2000

ISBN 974-13-0147-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โพรโทคอลการควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบใหม่บนพื้นฐานของวิธีที่มีการแข่งขันและไม่มีการแข่งขันสำหรับบริการแบบมัลติมีเดียในระบบการสื่อสารไร้สาย
โดย	นายอัครพล ธนสรวิศ
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ)

……... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ)

……กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล)

……กรรมการ
(อาจารย์วิทยากร อัศดรวิเศษ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัครพล ธนสรวิศ : โพรโทคอลการควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบใหม่บนพื้นฐานของวิธีที่มีการแข่งขันและไม่มีการแข่งขันสำหรับบริการแบบมัลติมีเดียในระบบการสื่อสารไร้สาย (A NEW MEDIA ACCESS CONTROL PROTOCOL BASED ON CONTENTION-FREE AND CONTENTION-BASED SCHEMES FOR MULTIMEDIA SERVICES IN A WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM) ผศ. ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ, 252 หน้า ISBN 974-13-0147-2

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเทคนิคการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบโพรโทคอลการควบคุมการเข้าถึงตัวกลางบนพื้นฐานของระบบที่มีการแข่งขันและไม่มีการแข่งขัน เพื่อให้ระบบสามารถรองรับบริการประเภทมัลติมีเดียได้ตามคุณภาพของการบริการที่ผู้ใช้แต่ละคนต้องการและมีประสิทธิภาพการเข้าใช้ตัวกลางสูงสุด ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะแยกพิจารณาปัญหาออกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้ เริ่มจากปัญหาการชนในช่วงที่ผู้ใช้ร้องขอช่องสัญญาณแบบสุ่มไปยังสถานีฐาน และเมื่อการร้องขอเป็นผลสำเร็จสิ่งที่ต้องพิจารณาถัดมาคือ ลำดับการบริการที่จัดสรรแก่ผู้ใช้เพื่อให้ได้รับคุณภาพของการบริการตามที่ต้องการ สำหรับปัญหาประการสุดท้ายอันเป็นข้อจำกัดที่มีผลต่อสมรรถนะของระบบโดยตรงคือ รูปแบบโครงสร้างเฟรมของช่องสัญญาณ เนื่องจากการออกแบบโครงสร้างเฟรมที่เหมาะสมสามารถลดปัญหาการสูญเสียเนื่องจากการชนได้และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของระบบ

เทคนิคที่นำเสนอเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นแบ่งตามรูปแบบการทำงานได้ 4 แนวทางดังนี้คือ 1. เทคนิคสำหรับลดจำนวนการร้องขอภายในระบบซึ่งประกอบด้วย เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบผสมระหว่างรายคาบและกลุ่ม เทคนิค PGBK และเทคนิคคิว 2. เทคนิคเพื่อกระจายลักษณะการร้องขอของผู้ใช้ซึ่งประกอบด้วย เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าใช้ตัวกลางทั้งแบบคงที่และแบบปรับเปลี่ยนได้ตามสภาวะทราฟฟิก และเทคนิคกระจายตำแหน่งช่องสัญญาณร้องขอ 3. เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณของสถานีฐานซึ่งประกอบด้วย การจัดลำดับกลุ่มของการบริการตามเงื่อนไขของสถานะการทำงานและเงื่อนไขของทราฟฟิก และเทคนิคการจัดช่องสัญญาณตามเวลาการกำเนิดแพ็กเกต (GTS) 4. เทคนิคโครงสร้างช่องสัญญาณแบบปรับเปลี่ยนได้ เทคนิคต่างๆ ที่ได้นำเสนอนี้ได้รับการออกแบบให้มีความเป็นอิสระจากกัน ดังนั้นผู้ออกแบบสามารถนำเทคนิคเหล่านี้มากกว่าหนึ่งชนิดเข้ามาประยุกต์ใช้รวมในระบบเดียวกันได้ แต่การรวมเทคนิคต่างๆ ที่นำเสนอนี้ผู้ออกแบบจะต้องมีความรู้และความเข้าใจถึงผลกระทบที่เกิดจากการทำงานและข้อจำกัดบางอย่างที่มีในแต่ละเทคนิคอย่างดี การทดสอบและวิเคราะห์ผลของแต่ละเทคนิคที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำในหลายๆ สภาวะทราฟฟิกเพื่อให้เห็นถึงผลที่เกิดขึ้นภายในระบบอย่างละเอียด ซึ่งจะสามารถใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์และคาดเดาลักษณะของระบบที่ไม่ได้ทำการศึกษาทั้งในปัจจุบันและระบบที่มีในอนาคตได้ จากผลการทดสอบระบบโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่เกิดจากการรวมเทคนิคต่างๆ บางประเภทในข้างต้นพบว่า ระบบสามารถให้ค่าประโยชน์การใช้ช่องสัญญาณสูงถึงกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ ที่ค่าของเวลาประวิงต่ำ เสถียรภาพของระบบที่สูงและสามารถรับประกันคุณภาพของการบริการได้ตามต้องการ

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2543

4170639821 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD : MEDIA ACCESS CONTROL / MULTIPLE ACCESS CONTROL / MAC / WIRELESS COMMUNICATIONS / MULTIMEDIA / CONTENTION-BASED MAC / CONTENTION-FREE MAC

AKKARAPOL THANASORRAVIT : A NEW MEDIA ACCESS CONTROL PROTOCOL BASED ON CONTENTION-FREE AND CONTENTION-BASED SCHEMES FOR MULTIMEDIA SERVICES IN A WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM. THESIS ADVISOR : LUNCHAKORN WUTTISITTIKULKIJ, Ph.D. 252 pp. ISDN 974-13-0147-2

This thesis presents the design of an effective Media Access Control (MAC) protocol based on contention-free and contention-based schemes for supporting multimedia services in wireless communications. Channel bandwidth is efficiently assigned to each terminal according to the Quality of Services (QoS) required by each traffic type. In this thesis, the protocol design problem is divided into various design aspects as follows. First, each terminal that wishes to transmit a packet has to request for channel reservation on a random basis. Next, once the reservation attempts are successful, the terminal will then wait for the assignment of the information slot for its data transmission. The key aspect of this problem is how to find an appropriate scheduling mechanism to serve each successful terminal. In addition, the frame structure is another important issue that requires careful consideration as it greatly affects the system performance. Appropriate frame structure can help minimize the collision among terminals and result in high efficiency of channel utilization.

Four distinct techniques have been proposed for solving the problems described above. They are as follows: 1) technique that reduces the number of requests in the system, namely multiple assignment, periodic assignment, the combination between multiple assignment and periodic assignment, piggybacking (PGBK), and queue 2) technique that avoids collision due to frequently simultaneous accesses in the same request slot by selecting proper access probability with both fixed and dynamic schemes and distributing the request slots over each frame 3) technique that assigns the channel to the mobile terminals at base station, namely priority assignment by group of operation and group of traffic, generation time schedule (GTS) 4) technique that changes and adjusts the frame structure according to the traffic conditions. All these proposed schemes have been designed in such a way that they can operate independently so that the protocol designer can combine and apply simultaneously several schemes into a single system. However, the designer must understand deeply into the advantages and disadvantages of each scheme. As a result, this study aims to provide a full and comprehensive investigation of these schemes in various traffic characteristics. These findings can be used as a guideline to analyze and predict the characteristics and performance of new MAC protocols that currently exist or may emerge in the future. Finally, we have put together some of these schemes to form a new Media Access Control protocol that offers very desirable performance, *i.e.* 99% throughput, low delay performance, high stability and QoS guaranteed.

Department Electrical Engineering Student's signature .....

Field of study Electrical Engineering Advisor's signature .....

Academic year 2000

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้หากขาดความช่วยเหลือ และแนะนำจากผู้เกี่ยวข้องทั้งหลาย

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ผศ. ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในงานวิจัยอย่างใกล้ชิด ขอขอบคุณรุ่นพี่ รุ่นน้อง และเพื่อนๆ ในห้องปฏิบัติการไฟฟ้าสื่อสารทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและกำลังใจที่ดีเสมอมา และนายพงศธร เศรษฐีธร ผู้ซึ่งให้คำแนะนำที่ดี ตลอดจนถึงทางภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้ให้การสนับสนุนผู้วิจัยในการนำเสนอบทความต่างๆ และเนื่องจากทุนในการวิจัยนี้ส่วนหนึ่งได้มาจากการทำงานในโครงการ IMT2000 ของ NECTEC จึงขอขอบคุณโครงการ IMT2000 มา ณ ที่นี้ด้วย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและทุกคนในครอบครัวของข้าพเจ้าที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา รวมถึงกำลังใจและความเข้าใจที่มีให้ข้าพเจ้าเสมอมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฑ
สารบัญรูป ..... ฒ

บทที่

1. บทนำ 1
   1.1 ความเป็นมาและเหตุผล 1
   1.2 วัตถุประสงค์ 3
   1.3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ 3
   1.4 เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 3
   1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
   1.6 เค้าโครงวิทยานิพนธ์ 5
2. ความรู้พื้นฐาน 7
   2.1 โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง 7
      2.1.1 แบบที่ไม่มีการแข่งขันในการเข้าถึงตัวกลาง 7
      2.1.2 แบบที่มีการแข่งขันในการเข้าถึงตัวกลาง 9
      2.1.3 แบบผสมระหว่างเทคนิคที่มีการแข่งขันและไม่มีการแข่งขัน ในการเข้าถึงตัวกลาง 10
   2.2 คุณสมบัติและลักษณะการกำเนิดของทราฟฟิก 12
      2.2.1 ทราฟฟิกประเภทเสียง 12
      2.2.2 ทราฟฟิกข้อมูลคอมพิวเตอร์ 13
      2.2.3 ทราฟฟิกประเภทวิดีโอ 13
3. แนวคิดและเหตุผลในการพัฒนา 15
   3.1 กล่าวนำ 15

สารบัญ (ต่อ)

3.2 แนวทางการเลือกโพรโทคอลพื้นฐาน 15
3.2.1 โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงช่องสัญญาณแบบไม่มีการแข่งขัน 15
3.2.2 โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงช่องสัญญาณแบบมีการแข่งขัน 16
3.2.3 โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงช่องสัญญาณแบบผสมระหว่างที่มีและไม่มีการแข่งขัน 17
3.3 ปัญหาการทำงานของโพรโทคอลระหว่างระบบที่มีการแข่งขันและไม่มีการแข่งขัน 17
3.4 แนวคิดในการพัฒนาระบบ 18
3.4.1 เทคนิคการเข้าถึงตัวกลางของผู้ใช้บริการ 19
3.4.1.1 การลดจำนวนครั้งของการร้องขอช่องสัญญาณ 19
3.4.1.2 กระจายลักษณะการร้องขอช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการ 19
3.4.2 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแก่ผู้ใช้บริการ 20
3.4.2.1 การแบ่งกลุ่มของการบริการ 20
3.4.2.2 การจัดสรรช่องสัญญาณตามเวลาการกำเนิด 21
3.4.3 การจัดโครงสร้างช่องสัญญาณแบบพลวัต 22
3.5 แบบจำลองพื้นฐานและสมมุติฐานในการทำงาน 22
3.6 ปัจจัยสำคัญในการออกแบบและพัฒนาระบบ 25
3.6.1 ลักษณะและความต้องการของบริการที่รองรับ 25
3.6.2 การทำงานของระบบ 26
3.6.3 ตัวแปรของระบบ 27
4. เทคนิคการลดจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณ 30
4.1 กล่าวนำ 30
4.2 รายละเอียดการทำงานของเทคนิคลดจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณ 30
4.3 การทดสอบและวิเคราะห์ผลจากเทคนิคลดจำนวนการร้องขอที่นำเสนอ 33
4.3.1 ผลของเทคนิคการเข้าถึงช่องสัญญาณของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ 35
4.3.1.1 การทำงานของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ในแบบจำลองการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดพื้นฐาน 35
4.3.1.2 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม 40
4.3.1.3 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณที่ไม่ขึ้นกับลักษณะของการบริการ 44

สารบัญ (ต่อ)

4.3.1.3.1 เทคนิคการทำงานของคิว 44

4.3.1.3.2 เทคนิคการทำงานของ PGBK 47

4.3.1.3.3 การทำงานร่วมกันระหว่างเทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว 52

4.3.1.4 ผลการทำงานของเทคนิคที่ขึ้นกับการบริการร่วมกับเทคนิคที่ไม่ขึ้นกับการบริการ 56

4.3.1.4.1 การจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มที่มีเทคนิคของคิว 56

4.3.1.4.2 การจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มที่มีเทคนิคของ PGBK 60

4.3.1.4.3 การจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 64

4.3.2 ผลของเทคนิคการเข้าถึงช่องสัญญาณของบริการเสียง 68

4.3.2.1 การทำงานของบริการเสียงในแบบจำลองการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 68

4.3.2.2 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 74

4.3.2.3 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณที่ไม่ขึ้นกับลักษณะของการบริการ 78

4.3.2.3.1 เทคนิคการทำงานของคิว 78

4.3.2.3.2 เทคนิคการทำงานของ PGBK 82

4.3.2.3.3 การทำงานร่วมกันระหว่างเทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว 87

4.3.2.4 ผลการทำงานของเทคนิคที่ขึ้นกับการบริการร่วมกับเทคนิคที่ไม่ขึ้นกับการบริการ 90

4.3.2.4.1 การจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มที่มีเทคนิคของคิว 90

4.3.2.4.2 การจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบที่มีเทคนิคของ PGBK 94

4.3.2.4.3 การจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 102

4.3.3 ผลของเทคนิคการเข้าถึงช่องสัญญาณของบริการวิดีโอ 106

4.3.3.1 การทำงานของบริการวิดีโอในแบบจำลองการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 106

4.3.3.2 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและรายคาบ 110

4.3.3.3 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณที่ไม่ขึ้นกับลักษณะการบริการ 112

สารบัญ (ต่อ)

4.3.3.3.1 เทคนิคการทำงานของคิว 112
4.3.3.3.2 เทคนิคการทำงานของ PGBK 117
4.3.3.3.3 การทำงานร่วมกันระหว่างเทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว 121
4.4 สรุปผลการทำงานของเทคนิคลดจำนวนการร้องขอ 124
5. เทคนิคกระจายโหลดการร้องขอช่องสัญญาณ 134
5.1 กล่าวนำ 134
5.2 รายละเอียดการทำงานของเทคนิคกระจายโหลดการร้องขอช่องสัญญาณ 134
5.3 การทดสอบและวิเคราะห์ผลจากเทคนิคกระจายโหลดการร้องขอช่องสัญญาณ 138
5.3.1 การทดสอบและวิเคราะห์ผลจากเทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงช่องสัญญาณ 138
5.3.1.1 คุณภาพของการบริการที่ผู้ใช้ต้องการ 139
5.3.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสในการเข้าถึงช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณร้องขอ 141
5.3.1.3 ปริมาณทราฟฟิกที่ระบบทำการรองรับ 142
5.3.1.3.1 การปรับเปลี่ยนโอกาสในการเข้าถึงช่องสัญญาณตามปริมาณโหลดในทางอุดมคติ 143
5.3.1.3.2 การปรับเปลี่ยนโอกาสในการเข้าถึงช่องสัญญาณโดยเทคนิคการประมาณปริมาณโหลด 145
5.3.1.3.2.1 เทคนิคการปรับเปลี่ยนค่าโอกาสการเข้าถึงช่องสัญญาณแบบ Exponential backoff 145
5.3.1.3.2.2 เทคนิคการปรับเปลี่ยนค่าโอกาสการเข้าถึงช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian 153
5.3.2 การทดสอบและวิเคราะห์ผลจากเทคนิคกระจายตำแหน่งช่องสัญญาณร้องขอ 160
5.3.2.1 การเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างระบบที่มีการกระจายตำแหน่งช่องสัญญาณร้องขอและระบบที่มีโครงสร้างปรกติ 161
5.3.2.2 การศึกษาผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อระบบกระจายตำแหน่งช่องสัญญาณร้องขอ 165
5.4 สรุปผลการทำงานเทคนิคกระจายปริมาณโหลดร้องขอ 168

สารบัญ (ต่อ)

6. เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับผู้รับบริการ 172
6.1 กล่าวนำ 172
6.2 ตัวแปรในการจำลองระบบ 173
6.3 การแบ่งกลุ่มของการบริการ 175
6.3.1 ประเภทของการบริการที่เกิดจากสถานะการทำงานของระบบ 176
6.3.1.1 การทดสอบบริการเสียงที่ลำดับความสำคัญของกลุ่มที่เกิดจากสถานะการทำงานแตกต่างกัน 177
6.3.1.2 การทดสอบบริการเสียงที่ลำดับความสำคัญของกลุ่มที่เกิดจากสถานะการทำงานแตกต่างกันในสภาวะโหลดข้อมูลคอมพิวเตอร์ปรกติ 178
6.3.1.3 การทดสอบบริการเสียงที่ลำดับความสำคัญของกลุ่มที่เกิดจากสถานะการทำงานแตกต่างกันในสภาวะโหลดข้อมูลคอมพิวเตอร์เต็ม 180
6.3.2 กลุ่มของการบริการที่แบ่งตามลักษณะของทราฟฟิกและสถานะการทำงานของระบบ 181
6.3.2.1 การทดสอบบริการเสียงที่แบ่งบริการตามลักษณะทราฟฟิกและการทำงานที่แตกต่างกันในสภาวะโหลดข้อมูลคอมพิวเตอร์ปรกติ 182
6.3.2.2 การทดสอบบริการเสียงที่แบ่งบริการตามลักษณะทราฟฟิกและการทำงานที่แตกต่างกันในสภาวะโหลดข้อมูลคอมพิวเตอร์เต็ม 184
6.4 การจัดสรรช่องสัญญาณแบบตามเวลาการกำเนิด 186
6.5 สรุปผลการปรับปรุงเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณ 188
7. การปรับปรุงโครงสร้างช่องสัญญาณของระบบ 190
7.1 กล่าวนำ 190
7.2 โครงสร้างช่องสัญญาณแบบสล็อต 191
7.3 โครงสร้างช่องสัญญาณแบบเฟรม 192
7.4 โครงสร้างช่องสัญญาณแบบปรับเปลี่ยนได้ตามสภาวะทราฟฟิก 194
7.4.1 การเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างระบบโครงสร้างสล็อต เฟรมและแบบปรับเปลี่ยนได้ 195
7.4.2 ผลของโครงสร้างปรับเปลี่ยนได้ในระบบที่มีการทำงานแบบไฮบริดพื้นฐาน 197

สารบัญ (ต่อ)

7.4.3 ผลของโครงสร้างปรับเปลี่ยนได้ในระบบที่มีการใช้เทคนิคลดจำนวนการร้องขอในระบบแบบไฮบริดพื้นฐาน 200
7.4.4 ผลการครอบครองช่องสัญญาณในระบบที่มีโครงสร้างปรับเปลี่ยนได้สำหรับบริการเสียง 203
7.5 สรุปผลการปรับปรุงโครงสร้างช่องสัญญาณ 206
8. การออกแบบโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง 207
8.1 กล่าวนำ 207
8.2 แนวทางการออกแบบระบบ 207
8.3 การทำงานของโพรโทคอลที่นำเสนอ 209
8.4 พารามิเตอร์ในการจำลองระบบ 210
8.5 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ 211
8.6 สรุปผลการทำงานของโพรโทคอลที่ออกแบบ 213
9. สรุปและข้อเสนอแนะ 214
9.1 บทสรุป 214
9.1.1 พัฒนาเทคนิคการเข้าถึงตัวกลางของผู้ใช้ 214
9.1.2 พัฒนาเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณของผู้ใช้ 215
9.1.3 พัฒนาโครงสร้างช่องสัญญาณแบบพลวัต 216
9.2 ข้อเสนอแนะ 217
รายการอ้างอิง 219
ภาคผนวก 221
- บทความ Media Access Protocol for Supporting Voice and Data Services in High-Speed Wireless Communication Systems 223
- บทความ Designing an Efficient MAC Protocol for Integrated Voice and Data Services in Wireless Networks 227
- บทความ Dynamic Frame Reservation Multiple Access (DFRMA) Protocol for Wireless Communication Systems 235
- บทความ Performance of Dynamic Frame Reservation Multiple Access-Dynamic Permission (DFRMA-DP) Protocol for Integrated Voice and Data Service in Wireless Communication Systems 239

สารบัญ (ต่อ)

- เอกสารประกอบการทำงานของโปรแกรมจำลองการทำงานของระบบการควบคุมการเข้าถึงช่องสัญญาณ 244
ประวัติผู้เขียน 252

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรในการจำลองระบบในสภาวะปรกติ 29
ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทำงานของเทคนิคประเภทต่าง ๆ ที่ขึ้นกับการบริการ 128
ตารางที่ 4.2 สรุปผลการทำงานของเทคนิคประเภทต่าง ๆ ที่ไม่ขึ้นกับการบริการ 129
ตารางที่ 4.3 สรุปผลการทำงานของเทคนิคประเภทผสมระหว่างเทคนิคที่ขึ้นกับการบริการ และไม่ขึ้นกับการบริการ 130
ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงสมรรถนะเนื่องจากเทคนิคที่ขึ้นกับการบริการเทียบกับ ระบบที่มีการทำงานในสภาวะปรกติดังตารางที่ 3.1 130
ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงสมรรถนะเนื่องจากเทคนิคคิวเทียบกับระบบที่มี การทำงานในสภาวะปรกติดังตารางที่ 3.1 (จำนวนช่องสัญญาณข้อมูล และช่องสัญญาณร้องขอต่อเฟรมเท่ากับ 2 และ 4 ช่องตามลำดับ) 131
ตารางที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงสมรรถนะเนื่องจากเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มี การทำงานในสภาวะปรกติดังตารางที่ 3.1 131
ตารางที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงสมรรถนะเนื่องจากเทคนิคแบบผสมของบริการข้อมูล คอมพิวเตอร์เทียบกับระบบที่มีการทำงานในสภาวะปรกติดังตารางที่ 3.1 132
ตารางที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงสมรรถนะเนื่องจากเทคนิคแบบผสมของบริการเสียง เทียบกับระบบที่มีการทำงานในสภาวะปรกติดังตารางที่ 3.1 132
ตารางที่ 4.9 เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงสมรรถนะเนื่องจากเทคนิคแบบผสมของบริการวิดีโอ เทียบกับระบบที่มีการทำงานในสภาวะปรกติดังตารางที่ 3.1 133
ตารางที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Idle-Success-Collision และจำนวน ช่องสัญญาณร้องขอภายในหนึ่งเฟรมที่ทำให้ระบบงานได้ 153
ตารางที่ 5.2 สรุปผลการทำงานของเทคนิคกระจายโหลดการร้องขอ 170
ตารางที่ 8.1 ตัวแปรในการจำลองระบบ 210
ตารางที่ 6.1 ค่าเวลาประวิงของการส่งข้อมูลของการจัดสรรแบบทีละหนึ่ง แพ็กเกตและการจัดสรรแบบกลุ่ม 175

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 การรับส่งข้อมูลในระบบการสื่อสารไร้สาย 7
รูปที่ 2.2 การทำงานของระบบ TDMA 8
รูปที่ 2.3 การทำงานของระบบ Bitmap protocol 9
รูปที่ 2.4 การทำงานของระบบ S-ALOHA 9
รูปที่ 2.5 การทำงานของระบบ ALOHA-Reservation 11
รูปที่ 2.6 การทำงานของระบบ URN 12
รูปที่ 2.7 ลักษณะการเกิดของทราฟฟิกประเภทเสียง 13
รูปที่ 2.8 ลักษณะการเกิดของทราฟฟิกประเภทข้อมูลคอมพิวเตอร์ 13
รูปที่ 2.9 ลักษณะการเกิดของทราฟฟิกประเภทวิดีโอ 13
รูปที่ 3.1 แนวทางการพัฒนาระบบในส่วนของเทคนิคการเข้าถึงช่องสัญญาณ 21
รูปที่ 3.2 แนวทางการพัฒนาระบบในส่วนของการจัดสรรช่องสัญญาณ 22
รูปที่ 3.3 โครงสร้างทางเวลาของโพรโทคอลการเข้าใช้ตัวกลางแบบไฮบริด 25
รูปที่ 4.1 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม 31
รูปที่ 4.2 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 32
รูปที่ 4.3 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและกลุ่ม 32
รูปที่ 4.4 เทคนิค PGBK 33
รูปที่ 4.5 เทคนิคคิว 33
รูปที่ 4.6 ผลของความยาวข้อความที่มีต่อเวลาประวิง 36
รูปที่ 4.7 เวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 37
รูปที่ 4.8 ค่าวิสัยสามารถและอัตราส่วนการใช้ช่องสัญญาณร้องขอในระบบ
การเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 37
รูปที่ 4.9 ค่าจำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบ
การเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 37
รูปที่ 4.10 ลักษณะการส่งข้อมูลของระบบที่มีอัตราข้อมูลแตกต่างกัน 38
รูปที่ 4.11 เวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 39
รูปที่ 4.12 ค่าวิสัยสามารถและอัตราส่วนการใช้ช่องสัญญาณร้องขอในระบบ
การเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 39

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.13 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 39

รูปที่ 4.14 แสดงผลการทำงานที่ทำให้ค่าเวลาประวิงและจำนวนการร้องขอลดลงของเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม 41

รูปที่ 4.15 เวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรแบบกลุ่ม 41

รูปที่ 4.16 ค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรแบบกลุ่ม 41

รูปที่ 4.17 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรแบบกลุ่ม 42

รูปที่ 4.18 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรแบบกลุ่ม 42

รูปที่ 4.19 เวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรแบบกลุ่ม 43

รูปที่ 4.20 ค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรแบบกลุ่ม 43

รูปที่ 4.21 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรแบบกลุ่ม 43

รูปที่ 4.22 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรแบบกลุ่ม 44

รูปที่ 4.23 เวลาประวิงและค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 44

รูปที่ 4.24 อัตราการสำเร็จและการชนของการใช้ช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 45

รูปที่ 4.25 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 45

รูปที่ 4.26 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 46

รูปที่ 4.27 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 47

รูปที่ 4.28 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 47

รูปที่ 4.29 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 47

รูปที่ 4.30 การทำงานของระบบ PGBK ที่อัตราข้อมูลแตกต่างกัน 48

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.31 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 49
รูปที่ 4.32 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 49
รูปที่ 4.33 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 49
รูปที่ 4.34 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 50
รูปที่ 4.35 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 51
รูปที่ 4.36 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 51
รูปที่ 4.37 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 51
รูปที่ 4.38 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 52
รูปที่ 4.39 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 53
รูปที่ 4.40 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 53
รูปที่ 4.41 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 54
รูปที่ 4.42 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 54
รูปที่ 4.43 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 55
รูปที่ 4.44 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 55
รูปที่ 4.45 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 55
รูปที่ 4.46 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 56
รูปที่ 4.47 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและคิว 57

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.48 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและคิว 57
รูปที่ 4.49 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและคิว 57
รูปที่ 4.50 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและคิว 58
รูปที่ 4.51 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและคิว 58
รูปที่ 4.52 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและคิว 59
รูปที่ 4.53 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและคิว 59
รูปที่ 4.54 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและคิว 59
รูปที่ 4.55 การทำงานของเทคนิค PGBK และการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มร่วมกับ PGBK 60
รูปที่ 4.56 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและ PGBK 61
รูปที่ 4.57 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและ PGBK 61
รูปที่ 4.58 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและ PGBK 62
รูปที่ 4.59 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและ PGBK 62
รูปที่ 4.60 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและ PGBK 63
รูปที่ 4.61 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและ PGBK 63

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.62 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและ PGBK 63

รูปที่ 4.63 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและ PGBK 64

รูปที่ 4.64 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม PGBK และคิว 65

รูปที่ 4.65 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม PGBK และคิว 65

รูปที่ 4.66 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม PGBK และคิว 66

รูปที่ 4.67 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม PGBK และคิว 66

รูปที่ 4.68 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม PGBK และคิว 67

รูปที่ 4.69 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม PGBK และคิว 67

รูปที่ 4.70 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม PGBK และคิว 67

รูปที่ 4.71 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม PGBK และคิว 68

รูปที่ 4.72 การสะสมเวลาประวิงสำหรับบริการเสียง 69

รูปที่ 4.73 การชนกันเนื่องจากลักษณะการสุ่ม 70

รูปที่ 4.74 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 70

รูปที่ 4.75 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 70

รูปที่ 4.76 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 71

รูปที่ 4.77 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 71

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.78 ลักษณะการกำเนิดของแพ็กเกตเสียงที่อัตราข้อมูล 32, 16 และ 8 กิโลบิตต่อวินาที 72
รูปที่ 4.79 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 72
รูปที่ 4.80 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 72
รูปที่ 4.81 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 73
รูปที่ 4.82 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 73
รูปที่ 4.83 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 75
รูปที่ 4.84 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 75
รูปที่ 4.85 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 75
รูปที่ 4.86 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 76
รูปที่ 4.87 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 77
รูปที่ 4.88 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 77
รูปที่ 4.89 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 77
รูปที่ 4.90 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 78
รูปที่ 4.91 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 79
รูปที่ 4.92 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 79

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.93 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 80
รูปที่ 4.94 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 80
รูปที่ 4.95 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 81
รูปที่ 4.96 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 81
รูปที่ 4.97 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 81
รูปที่ 4.98 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 82
รูปที่ 4.99 ความแตกต่างระหว่างการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและเทคนิค PGBK 83
รูปที่ 4.100 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 84
รูปที่ 4.101 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 84
รูปที่ 4.102 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 84
รูปที่ 4.103 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 85
รูปที่ 4.104 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 85
รูปที่ 4.105 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 86
รูปที่ 4.106 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 86
รูปที่ 4.107 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 86

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.108 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด ที่มีเทคนิค PGBK และคิว 87
รูปที่ 4.109 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของ ระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 87
รูปที่ 4.110 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบ การเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 88
รูปที่ 4.111 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด ที่มีเทคนิค PGBK และคิว 88
รูปที่ 4.112 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด ที่มีเทคนิค PGBK และคิว 89
รูปที่ 4.113 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบ การเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 89
รูปที่ 4.114 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบ การเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 89
รูปที่ 4.115 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด ที่มีเทคนิค PGBK และคิว 90
รูปที่ 4.116 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด ที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและคิว 91
รูปที่ 4.117 โอกาสในการดร็อปข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลาง แบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและคิว 91
รูปที่ 4.118 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึง ตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและคิว 91
รูปที่ 4.119 จำนวนการร้องขอของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค การจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและคิว 92
รูปที่ 4.120 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด ที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและคิว 92
รูปที่ 4.121 โอกาสในการดร็อปข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึง ตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและคิว 93

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.122 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและคิว 93
รูปที่ 4.123 จำนวนการร้องขอของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและคิว 93
รูปที่ 4.124 เปรียบเทียบการทำงานของ (ก) ระบบที่ใช้เทคนิคของ PGBK ร่วมกับเทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบและ (ข) ระบบที่มีการใช้เทคนิค PGBK เพียงอย่างเดียว 94
รูปที่ 4.125 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและ PGBK 95
รูปที่ 4.126 โอกาสในการดร็อปข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและ PGBK 95
รูปที่ 4.127 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและ PGBK 95
รูปที่ 4.128 จำนวนการร้องขอของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและ PGBK 96
รูปที่ 4.129 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและ PGBK 96
รูปที่ 4.130 โอกาสในการดร็อปข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและ PGBK 97
รูปที่ 4.131 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและ PGBK 97
รูปที่ 4.132 จำนวนการร้องขอของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและ PGBK 97
รูปที่ 4.133 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 99
รูปที่ 4.134 โอกาสในการดร็อปข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 99

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.135 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 99
รูปที่ 4.136 จำนวนการร้องขอของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 100
รูปที่ 4.137 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 101
รูปที่ 4.138 ค่าเวลาประวิงและโอกาสในการดร็อปข้อมูลเสียงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 101
รูปที่ 4.139 อัตราการสำเร็จและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 101
รูปที่ 4.140 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ 102
รูปที่ 4.141 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว 103
รูปที่ 4.142 ค่าโอกาสในการดร็อปข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว 103
รูปที่ 4.143 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว 103
รูปที่ 4.144 จำนวนการร้องขอของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว 104
รูปที่ 4.145 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว 104

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.146 ค่าโอกาสในการดร็อปข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว 105
รูปที่ 4.147 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว 105
รูปที่ 4.148 จำนวนการร้องขอของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว 105
รูปที่ 4.149 การส่งข้อมูลแบบเบิรสต์ของบริการวิดีโอที่ความละเอียดของภาพสูง (ก) และต่ำ (ข) ในกรณีที่ไม่มีการสูญเสียข้อมูลเกิดขึ้น 107
รูปที่ 4.150 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 107
รูปที่ 4.151 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอและอัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 108
รูปที่ 4.152 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 108
รูปที่ 4.153 ลักษณะการกำเนิดของแพ็กเกตวิดีโอที่อัตราเฟรมภาพเท่ากับ (ก) 20 และ (ข) 10 เฟรมต่อวินาทีเมื่อหนึ่งเฟรมภาพมีการกำเนิดหนึ่งแพ็กเกต 109
รูปที่ 4.154 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 109
รูปที่ 4.155 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 110
รูปที่ 4.156 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 110
รูปที่ 4.157 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและกลุ่ม 111
รูปที่ 4.158 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและกลุ่ม 111
รูปที่ 4.159 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและกลุ่ม 112
รูปที่ 4.160 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและกลุ่ม 112

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.161 ผลการเพิ่มของอัตราข้อมูลจาก (ก) การเพิ่มจำนวนพิกเซลต่อเฟรมภาพ (ข) การเพิ่มของอัตราเฟรมภาพ 114
รูปที่ 4.162 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 114
รูปที่ 4.163 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอและอัตราการสำเร็จในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 114
รูปที่ 4.164 อัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 115
รูปที่ 4.165 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 115
รูปที่ 4.166 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 116
รูปที่ 4.167 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอและอัตราการสำเร็จในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 116
รูปที่ 4.168 อัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว 116
รูปที่ 4.169 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 117
รูปที่ 4.170 ค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 118
รูปที่ 4.171 เวลาประวิงและค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 118
รูปที่ 4.172 อัตราการสำเร็จและอัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 119
รูปที่ 4.173 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 119
รูปที่ 4.174 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 120
รูปที่ 4.175 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอและอัตราการสำเร็จในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 120
รูปที่ 4.176 อัตราการชนและอัตราการใช้ช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 120

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.177 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK 121
รูปที่ 4.178 ค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 122
รูปที่ 4.179 เวลาประวิงและโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 122
รูปที่ 4.180 อัตราการสำเร็จและอัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 122
รูปที่ 4.181 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 123
รูปที่ 4.182 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 123
รูปที่ 4.183 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอและอัตราการสำเร็จในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 124
รูปที่ 4.184 อัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว 124
รูปที่ 4.185 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 124
รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการเปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ Exponential Backoff หนึ่งครั้งต่อหนึ่งเฟรมในระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอเท่ากับ N_a ต่อเฟรม 137
รูปที่ 5.2 ขั้นตอนการเปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian หนึ่งครั้งต่อหนึ่งเฟรมในระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอเท่ากับ N_a ต่อเฟรม 137
รูปที่ 5.3 เทคนิคกระจายช่องสัญญาณการร้องขอด้วยอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 138
รูปที่ 5.4 แสดงผลการการทำงานของเทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณและเทคนิคกระจายตำแหน่งการร้องขอในอุดมคติ 138
รูปที่ 5.5 ตัวอย่างการชนที่เกิดขึ้นในระบบที่มีอัตราการเข้าใช้ช่องสัญญาณที่มาก (ก) และน้อย (ข) 139
รูปที่ 5.6 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 140
รูปที่ 5.7 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 140

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 5.8 อัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 140
รูปที่ 5.9 จำนวนผู้รับบริการสูงสุดที่ระบบรองรับได้ที่จำนวนของช่องสัญญาณร้องขอต่างๆ 142
รูปที่ 5.10 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 144
รูปที่ 5.11 ค่าวิสัยสามารถและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 144
รูปที่ 5.12 อัตราการว่างและค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณเฉลี่ยของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 145
รูปที่ 5.13 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 146
รูปที่ 5.14 ค่าวิสัยสามารถและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 147
รูปที่ 5.15 อัตราการว่างและค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณเฉลี่ยของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 147
รูปที่ 5.16 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 149
รูปที่ 5.17 ค่าวิสัยสามารถและอัตราการว่างของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 149
รูปที่ 5.18 อัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 149
รูปที่ 5.19 ค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณเฉลี่ยของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 150
รูปที่ 5.20 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 151
รูปที่ 5.21 ค่าวิสัยสามารถและอัตราการว่างของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 151
รูปที่ 5.22 อัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 151
รูปที่ 5.23 ค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณเฉลี่ยของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 152
รูปที่ 5.24 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 154
รูปที่ 5.25 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 154
รูปที่ 5.26 อัตราการว่างและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 155
รูปที่ 5.27 ค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณเฉลี่ยของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 155
รูปที่ 5.28 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 156
รูปที่ 5.29 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 156
รูปที่ 5.30 อัตราการว่างและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 156

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 5.31 ค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณเฉลี่ยของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 157
รูปที่ 5.32 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 158
รูปที่ 5.33 ค่าวิสัยสามารถและอัตราการว่างของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 158
รูปที่ 5.34 อัตราการชนและค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณเฉลี่ยของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 158
รูปที่ 5.35 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 159
รูปที่ 5.36 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 159
รูปที่ 5.37 อัตราการว่างและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 159
รูปที่ 5.38 ค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณเฉลี่ยของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 160
รูปที่ 5.39 ตัวอย่างการกำเนิดแบบสุ่มของทราฟฟิกและการทำงานใน (ก) ระบบเฟรมปรกติ และ (ข) โครงสร้างเฟรมที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอแบบ 1:1 160
รูปที่ 5.40 ค่าเวลาประวิงในระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอและไม่มีการกระจาย 162
รูปที่ 5.41 ประสิทธิภาพการเข้าใช้ช่องสัญญาณในระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอและไม่มีการกระจาย 162
รูปที่ 5.42 อัตราการชนของแพ็กเกตการร้องขอในระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอและไม่มีการกระจาย 162
รูปที่ 5.43 การทำงานของระบบไฮบริดพื้นฐานที่มีการส่งข้อมูลในเฟรมถัดไปภายหลังการร้องขอสำเร็จในโครงสร้างช่องสัญญาณแบบพื้นฐาน 163
รูปที่ 5.44 การทำงานของระบบไฮบริดพื้นฐานที่มีการส่งข้อมูลในเฟรมถัดไปภายหลังการร้องขอสำเร็จในที่มีโครงสร้างช่องสัญญาณแบบกระจาย 163
รูปที่ 5.45 เปรียบเทียบ (ก) ระบบที่สามารถส่งข้อมูลภายในเฟรมที่ร้องขอสำเร็จและ (ข) ระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอในกรณีที่ร้องขอสำเร็จ 164
รูปที่ 5.46 ตัวอย่างระบบที่ใช้ในการพิจารณาค่าโอกาสในการชน 164
รูปที่ 5.47 ค่าความน่าจะเป็นในการชนของช่องสัญญาณการร้องขอในตัวอย่างที่พิจารณา 165
รูปที่ 5.48 ค่าเวลาประวิงในระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอและไม่มีการกระจาย 166
รูปที่ 5.49 สมรรถนะการเข้าใช้ช่องสัญญาณในระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอและไม่มีการกระจาย 166

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 5.50 อัตราการชนของแพ็กเกตการร้องขอในระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอและไม่มีการกระจาย 166

รูปที่ 5.51 เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงของระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอเทียบกับระบบที่ไม่มีการกระจายในสภาวะการทำงานต่างๆ 167

รูปที่ 6.1 การแบ่งกลุ่มและเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณของระบบ 173

รูปที่ 6.2 ตัวอย่างการจัดสรรช่องสัญญาณที่แตกต่างกันระหว่าง (ก) การจัดสรรทีละหนึ่งแพ็กเกตและ (ข) จัดสรรแบบกลุ่ม 174

รูปที่ 6.3 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 178

รูปที่ 6.4 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 178

รูปที่ 6.5 อัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 178

รูปที่ 6.6 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 179

รูปที่ 6.7 เวลาประวิงและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 180

รูปที่ 6.8 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 181

รูปที่ 6.9 เวลาประวิงและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 181

รูปที่ 6.10 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 183

รูปที่ 6.11 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 183

รูปที่ 6.12 เวลาประวิงและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 184

รูปที่ 6.13 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 184

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 6.14 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 185

รูปที่ 6.15 อัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 185

รูปที่ 6.16 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 186

รูปที่ 6.17 ตัวอย่างการจัดสรรช่องสัญญาณแบบ GTS เมื่อไม่มีการพิจารณากลุ่มของการบริการ 187

รูปที่ 6.18 ตัวอย่างการจัดสรรช่องสัญญาณแบบ GTS เมื่อมีการพิจารณากลุ่มของการบริการ 187

รูปที่ 6.19 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 188

รูปที่ 6.20 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว 188

รูปที่ 7.1 โครงสร้างช่องสัญญาณแบบสล็อต 191

รูปที่ 7.2 โครงสร้างช่องสัญญาณแบบเฟรม 192

รูปที่ 7.3 เวลาประวิงของแพ็กเกตข้อมูลเสียงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 193

รูปที่ 7.4 ค่าวิสัยสามารถและอัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 193

รูปที่ 7.5 อัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 193

รูปที่ 7.6 โครงสร้างช่องสัญญาณแบบปรับเปลี่ยนได้ตามปริมาณโหลด 194

รูปที่ 7.7 โครงสร้างช่องสัญญาณแบบปรับเปลี่ยนได้ตามปริมาณโหลด 195

รูปที่ 7.8 เวลาประวิงของแพ็กเกตข้อมูลเสียงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 196

รูปที่ 7.9 ค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 197

รูปที่ 7.10 อัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 197

รูปที่ 7.11 อัตราการใช้ช่องสัญญาณร้องขอและจำนวนช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 197

รูปที่ 7.12 เวลาประวิงของแพ็กเกตข้อมูลเสียงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 199

รูปที่ 7.13 ค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 199

รูปที่ 7.14 อัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 200

รูปที่ 7.15 จำนวนช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 200

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 7.16 อัตราการใช้ช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 200
รูปที่ 7.17 เวลาประวิงของแพ็กเกตข้อมูลเสียงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 202
รูปที่ 7.18 ค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 202
รูปที่ 7.19 อัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 202
รูปที่ 7.20 จำนวนช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 203
รูปที่ 7.21 อัตราการใช้ช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 203
รูปที่ 7.22 เวลาประวิงของแพ็กเกตข้อมูลเสียงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 204
รูปที่ 7.23 เวลาประวิงของแพ็กเกตข้อมูลเสียงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 205
รูปที่ 7.24 ค่าวิสัยสามารถของบริการเสียงและคอมพิวเตอร์ดาต้าในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด 205
รูปที่ 8.1 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบ PRMA, ALOHA-R และโพรโทคอลที่ออกแบบ 212
รูปที่ 8.2 ค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตเสียงและจำนวนช่องสัญญาณร้องขอในโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบ PRMA, ALOHA-R และโพรโทคอลที่ออกแบบ 213
รูปที่ 8.3 ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางและค่าวิสัยสามารถในโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบ PRMA, ALOHA-R และโพรโทคอลที่ออกแบบ 213

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุผล

ปัจจุบันจำนวนผู้ใช้บริการในระบบสื่อสารไร้สายมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งนี้เนื่องมาจากประโยชน์และความสะดวกที่ได้รับ นอกจากนี้บริการของระบบที่ผู้ใช้ต้องการยังมีแนวโน้มเปลี่ยนไปจากในอดีตกล่าวคือ นอกจากบริการเสียงแล้วผู้ใช้ยังต้องการบริการประเภทต่างๆ เพิ่มขึ้น เช่น E-mail, Computer Data, File Transfer Protocol (FTP), World Wide Web (WWW) หรือแม้กระทั่งบริการวิดีโอ ซึ่งหัวใจที่สำคัญในระบบการสื่อสารไร้สายนั้นคือทำอย่างไรเพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากปริมาณแบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างจำกัดได้อย่างคุ้มค่าและสามารถให้บริการกับผู้ใช้ตามคุณภาพของการบริการที่ต้องการ ซึ่งแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าวคือการสรรหาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับบริการที่ระบบต้องการรองรับ

จากความสำคัญของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางทำให้ในปัจจุบันมีผู้สนใจและพัฒนางานทางด้านนี้ออกมาอย่างมากกล่าวคือ ในช่วงเริ่มต้นนั้นโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงช่องสัญญาณที่มีการนำเสนอจะมีการทำงานอยู่บนพื้นฐานของระบบที่ไม่มีการแข่งขันหรือระบบที่มีการแข่งขัน เช่น ระบบ TDMA, FDMA, P-ALOHA [1-3] หรือ S-ALOHA [1-3] เป็นต้น โพรโทคอลในระบบที่ไม่มีการแข่งขันนั้นจะมีการทำงานที่คล้ายกันกล่าวคือ ผู้ใช้บริการแต่ละคนจะมีช่องสัญญาณสำหรับการร้องขอหรือส่งข้อมูลโดยเฉพาะเป็นผลให้ไม่มีการชนเกิดขึ้นภายในระบบ คุณภาพของการบริการที่ผู้ใช้แต่ละคนได้รับจึงมีค่าสูงแต่ข้อด้อยคือมีสมรรถนะที่ต่ำเมื่อรองรับโหลดที่มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง ในทางตรงกันข้ามระบบที่มีการแข่งขันจะอนุญาตให้ผู้ใช้ส่งข้อมูลในช่องสัญญาณข้อมูลเดียวกันแทนการจองช่องสัญญาณแบบเจาะจง ทำให้ระบบดังกล่าวมีความยืดหยุ่นในการรองรับบริการประเภทต่างๆ มากขึ้น แต่ก็จะทำให้เกิดปัญหาการชนและการสูญเสียช่องสัญญาณตามมา ระบบจึงขาดเสถียรภาพในสภาวะทราฟฟิกสูง

จากความยืดหยุ่นของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบมีการแข่งขันข้างต้นทำให้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงเสถียรของระบบหลายวิธี ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่จะมุ่งที่จะปรับปรุงเสถียรภาพการทำงานของระบบ S-ALOHA เนื่องจากเป็นระบบที่มีการทำงานอย่างพื้นฐานและค่อนข้างมีความยืดหยุ่นมากที่สุด โดยเทคนิคที่นำเสนอจะอาศัยการปรับค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเพิ่มหรือลดชดเชยกับปริมาณของทราฟฟิกที่เปลี่ยนแปลง โดยวิธีที่ถือว่ามีการปรับค่าแบบ

พื้นฐานคือเทคนิค Exponential Backoff [4] แต่ข้อด้อยของวิธีดังกล่าวคือการปรับค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางจะกระทำตามสถานะการทำงานของระบบ ทำให้ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ได้จะยังคงไม่ใช่ค่าที่เหมาะสมที่สุดในขณะนั้น ส่วนวิธี Pseudo Bayesian [2,5] นั้นแม้จะกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางจากการคำนวณปริมาณโหลดของระบบ แต่ปริมาณโหลดที่ได้นี้จะมาจากการประมาณซึ่งยังมีความคลาดเคลื่อนในการประมาณเกิดขึ้น

อีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางเพื่อให้มีความยืดหยุ่นและเสถียรภาพในการทำงานที่ดีคือ การรวมส่วนการทำงานของทั้งสองระบบเข้าด้วยกันเป็นโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบผสมระหว่างระบบที่มีการแข่งขันและไม่มีการแข่งขัน ซึ่งจากงานวิจัยที่มีการนำเสนอนั้นพบว่าโพรโทคอลแบบผสมสามารถให้สมรรถนะที่ดี เนื่องจากเป็นการรวมข้อดีระหว่างระบบการทำงานทั้งสอง แต่โพรโทคอลที่นำเสนอนี้ยังคงมีข้อบกพร่องบางประการ ยกตัวอย่างเช่น โพรโทคอล PRMA[6] แม้จะมีเสถียรภาพที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับโพรโทคอล S-ALOHA แต่ยังคงประสบปัญหาการสูญเสียช่องสัญญาณข้อมูลเป็นปริมาณมากเมื่อเกิดปัญหาการชนขึ้น โพรโทคอล MDPRMA[5] และ DQRUMA[7] แม้จะสามารถลดผลการสูญเสียช่องสัญญาณเมื่อเกิดการชนแต่ก็ยังขาดความเหมาะสมสำหรับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ในกรณีที่มีความเป็นเบิรสต์ของข้อมูลคอมพิวเตอร์และบริการที่เป็นแบบรายคาบของเสียง ต่อมาโพรโทคอล HAR[8] แม้ว่าจะมีการจัดสรรช่องสัญญาณอย่างเหมาะสมกับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์และเสียง แต่ยังขาดคุณสมบัติในแง่ของการรับประกันคุณภาพของการบริการ จากที่กล่าวในข้างต้นเป็นข้อดีและข้อด้อยส่วนหนึ่งของระบบที่มีการนำเสนอในปัจจุบัน และจากข้อด้อยที่เกิดขึ้นนี้จึงได้มีผู้สนใจทำการปรับปรุงข้อด้อยต่างๆ ที่เกิดขึ้น [9] แต่ประเด็นการปรับปรุงระบบดังกล่าวจะมุ่งไปที่การทำงานแบบหลายความถี่ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์ที่มียังคงไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ตลอดจนถึงบริการที่พิจารณาจะประกอบด้วยบริการเสียงและข้อมูลคอมพิวเตอร์เท่านั้น นอกจากนี้การปรับปรุงที่เกิดขึ้นยังขาดการพิจารณาที่สำคัญบางประการ เช่น ผลกระทบที่เกิดขึ้นระหว่างแต่ละเทคนิคที่ใช้ในการปรับปรุง ผลของลักษณะทราฟฟิกต่างๆ และเทคนิคในการปรับปรุงสมรรถนะของระบบบางประเภท

จากความไม่สมบูรณ์และข้อด้อยหลายๆ ประการของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่มีในปัจจุบันทำให้การปรับปรุงหรือพัฒนาสมรรถนะของโพรโทคอลดังกล่าวยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยแนวโน้มของการพัฒนาจะมุ่งไปที่การปรับปรุงโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบผสมระหว่างระบบที่มีและไม่มีการแข่งขัน ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะนำเสนอเทคนิคที่ใช้ปรับปรุงสมรรถนะของโพรโทคอลแบบผสมดังกล่าว อีกทั้งยังมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการปรับค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเพื่อรักษาเสถียรภาพของระบบในช่วงที่มีการแข่งขัน

1.2 วัตถุประสงค์

พัฒนาโพรโทคอลการควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง (Media Access Control (MAC) Protocol) บนพื้นฐานของระบบที่มีการแข่งขันและไม่มีการแข่งขันสำหรับระบบการสื่อสารไร้สายที่มีประสิทธิภาพการใช้ช่องสัญญาณ (Channel Utilization) สูงและสามารถรองรับบริการประเภทมัลติมีเดีย (Multimedia) อันประกอบด้วยบริการเสียง, ข้อมูลคอมพิวเตอร์ และบริการวิดีโอได้ตามคุณภาพของการบริการ (Quality of Service, QoS) ที่ต้องการ ซึ่งตัวแปรที่ใช้วัดคุณภาพของการบริการนั้นประกอบด้วย ความน่าจะเป็นในการดร็อปแพ็กเกต (Packet dropping probability) ค่าวิสัยสามารถ (Throughput) และเวลาประวิง (Delay time)

1.3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

1. ศึกษาเทคนิคควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบต่าง ๆ ที่มีการนำเสนอมาในปัจจุบัน ทั้งแบบ Contention-free MAC, Contention-based MAC และ Contention-free& Contention-based MACเพื่อให้ทราบถึงข้อดีและข้อด้อยต่าง ๆ ที่มีในแต่ละโพรโทคอล
2. ศึกษาเทคนิคการจัดลำดับบริการ (Scheduling) เพื่อรองรับบริการแบบมัลติมีเดีย
3. ศึกษาธรรมชาติการกำเนิดของทราฟฟิกแบบต่าง ๆ คือ บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ บริการเสียง และบริการวิดีโอ
4. เขียนโปรแกรมจำลองการทำงานของโพรโทคอลที่มีการนำเสนอในปัจจุบันเพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มและผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆ
5. ออกแบบและพัฒนาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางโดยนำข้อดีที่มีในระบบข้างต้นแต่ละระบบมาใช้
6. เขียนโปรแกรมจำลองการทำงานของระบบที่นำเสนอบนพื้นฐานของ OOP เพื่อศึกษาสมรรถนะและแนวโน้มของระบบที่ออกแบบในข้างต้น
7. ประเมินผลและสรุป
8. เขียนวิทยานิพนธ์

1.4 เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์

ทำการออกแบบและพัฒนาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางบนพื้นฐานการทำงานของ Contention-free&Contention-based MAC เพื่อรองรับบริการแบบมัลติมีเดียซึ่งประกอบด้วยบริการเสียง, ข้อมูลคอมพิวเตอร์ และวิดีโอ ตามคุณภาพของการบริการ (QoS) ที่ต้องการในระบบการสื่อสารไร้สาย ซึ่งขอบเขตของการออกแบบและพัฒนาโพรโทคอลในวิทยานิพนธ์นี้จะนำแนวคิดต่าง ๆ ที่ได้มีการสรุปข้างต้นมาใช้ โดยสมมุติฐานเบื้องต้นนั้นผู้ทำการวิจัยจะออกแบบ

โพรโทคอลตามแผนงานข้างต้นจึงจะได้ระบบที่มีสมรรถนะสูงเหมาะสมกับบริการที่ต้องการรองรับ ซึ่งเทคนิคต่าง ๆ ภายในแผนงานข้างต้นนั้นประกอบด้วย

1. เทคนิคที่ใช้ลดจำนวนการร้องขอประกอบไปด้วย 5 วิธีรวมกันคือ เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบสำหรับบริการเสียง เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มสำหรับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบผสมระหว่างการจัดสรรแบบกลุ่มและการจัดสรรแบบรายคาบสำหรับบริการวิดีโอ เทคนิคคิวและเทคนิคของ PGBK
2. เทคนิคในการกระจายการร้องขอช่องสัญญาณประกอบด้วยสองวิธีคือ 1. เทคนิคกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางซึ่งประกอบด้วย 4 วิธีคือ การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางแบบคงที่ การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางแบบอุดมคติ ($\frac{1}{N}$) การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางแบบ Exponential Backoff และการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางแบบ Pseudo Bayesian 2. วิธีกระจายตำแหน่งของช่องเวลาในการร้องขอ (Request Slot)
3. การจัดสรรช่องสัญญาณของผู้รับบริการซึ่งประกอบด้วย เทคนิคการจัดกลุ่มของการบริการและเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบตามลำดับเวลา (Generation Time Schedule, GTS)
4. การออกแบบโครงสร้างช่องสัญญาณแบบปรับเปลี่ยนได้

นอกจากสมมุติฐานในการออกแบบระบบแล้วผู้วิจัยยังได้กำหนดขอบเขตและสภาพแวดล้อมของโครงข่ายการสื่อสารไร้สายไว้ดังนี้

1. การทำงานของโพรโทคอลจะพิจารณาบนพื้นฐานของระบบเซลลูลาร์ กล่าวคือในหนึ่งเซลล์ประกอบด้วยหนึ่งสถานีฐานและผู้ใช้จำนวนหนึ่ง โดยการติดต่อสื่อสารของผู้ใช้บริการทุกคนภายในเซลล์หนึ่ง ๆ จะต้องกระทำผ่านสถานีฐานที่ให้บริการภายในเซลล์นั้น ๆ เพียงอย่างเดียว
2. โพรโทคอลที่ทำการศึกษาจะประกอบด้วยช่องสัญญาณขาขึ้นและขาลงซึ่งมีการแยกออกจากกันบนพื้นฐานของระบบ FDMA หรือ CDMA และภายในแต่ละช่องสัญญาณมีการใช้เทคนิคของระบบ TDMA ในการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณ
3. เวลาประวิงที่เกิดเนื่องจากการแพร่กระจาย (Propagation delay) และเวลาประวิงเนื่องจากการประมวลผล (Processing delay) ทั้งของผู้ใช้และสถานีฐานจะไม่นำมาพิจารณา
4. ช่องสัญญาณที่ทำการพิจารณานี้สมมติว่าเป็นช่องสัญญาณในอุดมคติกล่าวคือ ไม่มีความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูล
5. ภายในโครงข่ายไร้สายที่ทำการพิจารณาสมมุติว่าปริมาณทราฟฟิกที่เกิดมีค่าคงที่ตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา และระบบไม่เกิดการแฮนด์โอเวอร์ของผู้ใช้บริการ

6. ผู้ใช้ที่อยู่ภายในระบบทุกคนจะมีการทำงานตลอดช่วงเวลาที่ทำการพิจารณา
7. สมรรถนะของระบบจะทำการพิจารณาจากค่าของพารามิเตอร์ต่าง ๆ สามตัวในสภาวะของทราฟฟิกที่แตกต่างกัน โดยการแปรค่าของทราฟฟิกนั้นมีสองวิธีได้แก่ 1. แปรค่าของจำนวนชนิดและบริการที่ระบบรองรับ 2. แปรค่าปริมาณโหลดของทราฟฟิกแต่ละประเภท โดยค่าพารามิเตอร์สามตัวซึ่งจะทำการวัดที่สภาวะทราฟฟิกต่าง ๆ นั้นประกอบด้วย
   7.1 การใช้ประโยชน์ช่องสัญญาณหรือค่าวิสัยสามารถ (Channel Utilization, Throughput)
   7.2 ความน่าจะเป็นของการดร็อปแพ็กเกต (Packet dropping probability)
   7.3 เวลาประวิงเฉลี่ยต่อแพ็กเกต (Delay per packet)
8. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบจะกระทำระหว่างระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดพื้นฐานกับระบบที่มีการปรับปรุงจากระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดเพื่อให้ทราบผลการเปลี่ยนแปลงจากการใช้เทคนิคต่างๆ ที่นำเสนอ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถวิเคราะห์สมรรถนะโพรโทคอลการควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบต่างๆ ที่มีในปัจจุบัน
2. สามารถออกแบบโพรโทคอลการควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้บริการข้อมูลแบบมัลติมีเดียในระบบการสื่อสารไร้สายที่สภาวะของทราฟฟิกแตกต่างกัน
3. สามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อพัฒนาโพรโทคอลการควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบการสื่อสารประเภทอื่น ๆ เช่น ระบบการสื่อสารที่มีสายหรือระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม
4. โปรแกรมทดสอบสมรรถนะเขียนขึ้นแบบเชิงวัตถุ (Object Oriented Programing) ทำให้การนำไปพัฒนาต่อเป็นไปได้โดยง่าย
5. สามารถนำโปรแกรมที่ออกแบบไปใช้ในการศึกษาและทดสอบระบบพื้นฐานต่างๆ ได้

1.6 เค้าโครงวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งรายละเอียดออกเป็น 9 บทดังนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ ขั้นตอนในการดำเนินงาน ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ตามลำดับ

บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง ประกอบด้วยประเภทของโพรโทคอลที่มีในปัจจุบัน รวมถึงตัวอย่างการทำงานของโพรโทคอลประเภทนั้นๆ และลักษณะความต้องการ รวมถึงรูปแบบการกำเนิดของของทราฟฟิกที่ทำการรองรับอันประกอบด้วยบริการเสียง ข้อมูลคอมพิวเตอร์และวิดีโอ

บทที่ 3 แนวทางการพัฒนาโพรโทคอล กล่าวถึงข้อดีและด้อยของโพรโทคอลพื้นฐาน ปัญหาที่ส่งผลต่อสมรรถนะของในโพรโทคอล แนวคิดและวิธีในการปรับปรุงโพรโทคอลแบบผสมระหว่างระบบที่มีและไม่มีการแข่งขัน รวมถึงค่าของตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

บทที่ 4 เทคนิคการลดจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณ ซึ่งกล่าวถึงผลของการปรับปรุงเทคนิคการเข้าถึงตัวกลางโดยเทคนิคการลดจำนวนการร้องขอ ประกอบด้วย เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณรายคาบ เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบผสมระหว่างกลุ่มและรายคาบ เทคนิคของ PGBK เทคนิคของคิว และเทคนิคที่เกิดจากการรวมกันของเทคนิคต่างๆ ที่กล่าวมา

บทที่ 5 เทคนิคกระจายโหลดการร้องขอช่องสัญญาณ กล่าวถึงผลของการปรับปรุงเทคนิคการเข้าถึงตัวกลางโดยเทคนิคกระจายโหลดการร้องขอซึ่งประกอบด้วยสองส่วนคือ เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางและเทคนิคการกระจายตำแหน่งช่องสัญญาณร้องขอ

บทที่ 6 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการ กล่าวถึงผลของการจัดลำดับของกลุ่มการบริการและลำดับการเข้าถึงตัวกลางของผู้ใช้ โดยจะพิจารณาบริการที่ไม่สามารถทนต่อเวลาประวิงได้เป็นสำคัญ

บทที่ 7 การปรับปรุงโครงสร้างช่องสัญญาณของระบบ กล่าวถึงโครงสร้างช่องสัญญาณที่มีการนำเสนอในอดีตคือแบบสล็อต จนมาถึงปัจจุบันคือแบบเฟรม เพื่อเปรียบเทียบผลกับเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณที่นำเสนอคือ โครงสร้างช่องสัญญาณแบบปรับเปลี่ยนได้หรือโครงสร้างช่องสัญญาณแบบพลวัต

บทที่ 8 กล่าวถึงโพรโทคอลที่ทำการออกแบบบนพื้นฐานของเทคนิคต่างๆ ที่นำเสนอซึ่งเป็นตัวอย่างของโพรโทคอลสำหรับบริการเสียงและข้อมูลคอมพิวเตอร์ดาต้าที่เกิดจากการรวมเทคนิคการทำงานของทั้งสี่บทคือ บทที่ 4, 5, 6 และ 7 เข้ากับการทำงานแบบไฮบริดพื้นฐานเพื่อแสดงถึงสมรรถนะที่เพิ่มขึ้น โดยจะทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ได้กับโพรโทคอล PRMA และโพรโทคอล ALOHA-R

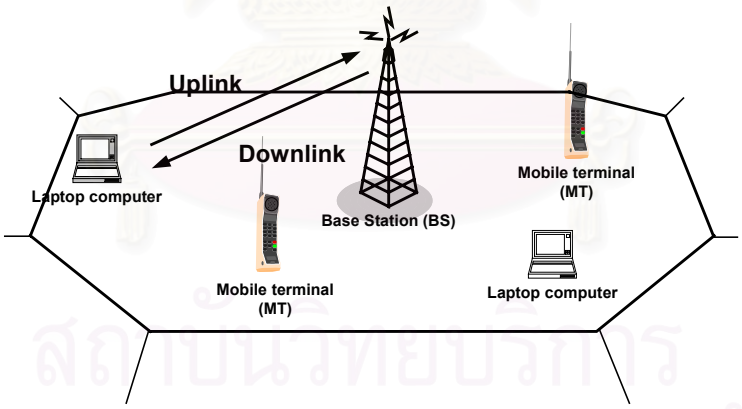
บทที่ 9 สรุปและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

ความรู้พื้นฐาน

2.1 โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง

การสื่อสารในระบบไร้สายนั้นทรัพยากรสำคัญที่มีอยู่อย่างจำกัดและต้องมีการใช้อย่างคุ้มค่าที่สุดคือ ปริมาณของแบนด์วิดท์ โดยระบบจะต้องมีวิธีการที่มีสมรรถนะในการจัดสรรแบนด์วิดท์นี้ให้แก่ผู้ใช้บริการ เพื่อให้สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณร่วมกันได้ ซึ่งวิธีการดังกล่าวเรียกว่า โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางหรือ Media access control (MAC) protocol ซึ่งมีการทำงานอยู่ในส่วนของชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer) ตามมาตราฐานของแบบจำลองอ้างอิง 7 ชั้น (Open Systems Interconnection (OSI) Reference Model) [10] โดยโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึง ตัวกลางในวิทยานิพนธ์นี้จะพิจารณาเฉพาะในระบบการสื่อสารไร้สายเท่านั้น โดย MAC จะมีหน้าที่จัดสรรช่องสัญญาณให้แก่ผู้ใช้บริการหลายๆ คนซึ่งอาจเป็นโทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์เคลื่อนที่ PDA Pocket-PC หรือ Tablet PC ให้สามารถติดต่อสื่อสารในระบบไร้สายได้ดังแสดงในรูปที่ 2.1

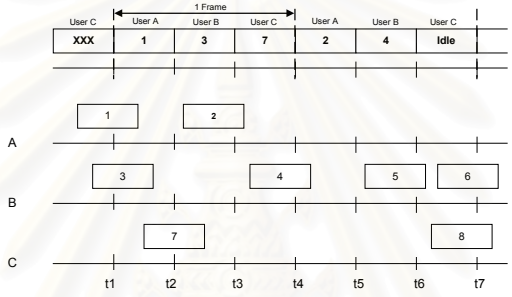


รูปที่ 2.1 การรับส่งข้อมูลในระบบการสื่อสารไร้สาย

จากโพรโทคอลที่มีการนำเสนอมานั้นสามารถจำแนกออกตามการทำงาน [11] ได้เป็นสามกลุ่มดังนี้คือ

2.1.1 แบบที่ไม่มีการแข่งขันในการเข้าถึงตัวกลาง (Contention-free MAC Protocol): เป็นวิธีการเข้าถึงตัวกลางที่ผู้ใช้แต่ละคนสามารถเข้าถึงช่องสัญญาณได้อย่างแน่นอนเมื่อผ่านเวลาประวิงไม่เกินค่า ๆ หนึ่งที่สามารถกำหนดได้ โดยระบบการจัดสรรช่องสัญญาณแบบนี้สามารถจำแนกออกเป็นสองประเภทได้แก่

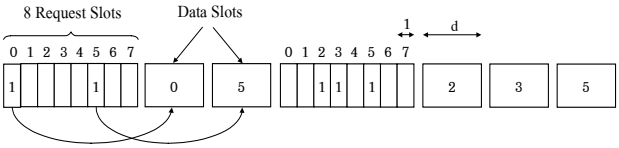
การจัดสรรแบบกำหนดแน่นอน (Fixed-Assignment Protocol): โพรโทคอลนี้จะมีการกำหนดช่องสัญญาณในการทำงานให้แก่ผู้ใช้บริการแต่ละคนอย่างแน่นอน ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการมากที่สุดที่ระบบสามารถรองรับได้จะต้องน้อยกว่าหรืออย่างมากที่สุดเท่ากับจำนวนของช่องสัญญาณที่มีและยังไม่เหมาะสมกับสภาวะทราฟฟิกแบบเบิรสต์ (Burst) แต่ข้อดีของวิธีนี้คือระบบมีเสถียรภาพที่ดีในทุก ๆ สภาวะของทราฟฟิก โพรโทคอลที่มีการทำงานในลักษณะนี้ได้แก่ Time Division Multiple Access (TDMA), Frequency Division Multiple Access (FDMA), Code Division Multiple Access (CDMA) เป็นต้น รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการทำงานของระบบที่มีการจัดสรรแน่นอนแบบ TDMA การทำงานในระบบนี้ช่องสัญญาณแต่ละช่องจะมีการจองล่วงหน้าให้แก่ผู้ใช้บริการแต่ละคน จากนั้นผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข้อมูลจะทำการรอจนถึงช่องสัญญาณของตนจึงจะส่งข้อมูล



รูปที่ 2.2 การทำงานของระบบ TDMA

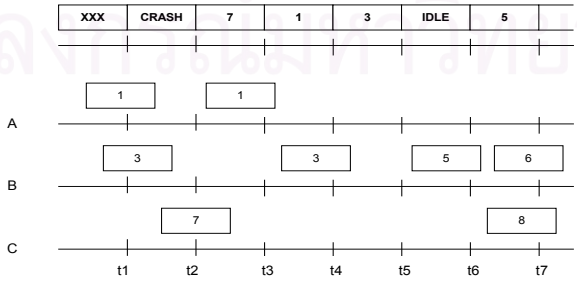
การจัดสรรตามความต้องการ (Demand-Assignment Protocol): ระบบนี้จะไม่มีการกำหนดช่องสัญญาณสำหรับส่งข้อมูลให้แก่ผู้ใช้บริการรายใดรายหนึ่งอย่างแน่นอน แต่จะให้ช่องสัญญาณสำหรับการร้องขอแก่ผู้ใช้บริการแทน การทำงานเช่นนี้ทำให้ระบบสามารถจัดสรรช่องสัญญาณในแต่ละรอบได้อย่างเหมาะสมตามปริมาณความต้องการจริงในขณะนั้น ซึ่งลักษณะเด่นของอัลกอริทึมนี้คือสามารถจัดสรรการใช้ประโยชน์จากแบนด์วิดท์ (Bandwidth Utilization) ได้อย่างคุ้มค่าและยังมีความยืดหยุ่นในการรองรับปริมาณทราฟฟิกแบบต่าง ๆ มากขึ้น โดยโพรโทคอลที่มีการทำงานในลักษณะเช่นนี้ได้แก่ Basic Bit-Map protocol (BBM) [1], Binary CountDown (BCD) [1] เป็นต้น รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างการทำงานของระบบที่มีการจัดสรรตามความต้องการแบบ BBM ลักษณะการส่งข้อมูลในระบบนี้จะทำเป็นรอบๆ โดยในแต่ละรอบนั้นผู้ใช้บริการแต่ละคนจะต้องแจ้งความจำนงก่อนว่าต้องการส่งข้อมูล โดยการร้องขอช่องสัญญาณนี้จะกระทำในช่วงเวลาการร้องขอ (Request Slot) ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบระบบ TDMA กล่าวคือถ้าระบบมีผู้ใช้บริการ N คนจำนวนช่องสัญญาณร้องขอต้องเท่ากับ N ช่อง หากสถานีหนึ่งต้องการจะส่งข้อมูลในรอบนั้นก็จะทำการร้องขอช่องสัญญาณโดยเซตบิตของตนเองให้เป็น 1 แต่ถ้าไม่ต้องการส่งก็ปล่อยให้มีค่าเดิมคือเป็น 0 เมื่อหมดช่วงเวลา

ของการร้องขอแล้วก็จะเป็นช่วงของการส่งข้อมูล ซึ่งในการส่งข้อมูลนั้นจะทำตามลำดับของหมายเลขผู้ใช้ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การทำงานของระบบ Bitmap protocol

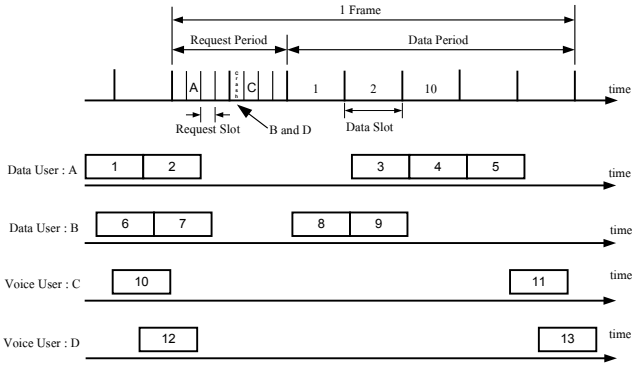
2.1.2 แบบที่มีการแข่งขันในการเข้าถึงตัวกลาง (Contention-based MAC Protocol): จุดเด่นของวิธีนี้คือช่องสัญญาณแต่ละช่องจะไม่มีการกำหนดให้แก่ผู้ใช้บริการคนใดคนหนึ่งอย่างแน่นอน กล่าวคือผู้ใช้บริการทุกคนจะต้องแข่งขันเพื่อแย่งชิงช่องสัญญาณที่มีอยู่อย่างจำกัดนี้ การแย่งชิงช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการนี้จะมีลักษณะที่เป็นแบบสุ่ม (Random Access Protocol) กล่าวคือจะไม่สามารถกำหนดได้ว่าผู้ใช้คนใดจะมีความต้องการใช้ช่องสัญญาณเมื่อใด ข้อเสียของความไม่แน่นอนนี้เองทำให้ระบบไม่สามารถควบคุมเวลาประวิงที่แน่นอนให้แก่ผู้ใช้ อีกทั้งที่สภาวะทราฟฟิกสูง ๆ ระบบยังขาดเสถียรภาพในการทำงาน แต่ระบบนี้ก็มีข้อดีที่สามารถรองรับผู้ใช้บริการได้จำนวนมากและยังมีเวลาประวิงที่ต่ำเมื่อปริมาณทราฟฟิกไม่สูงนัก โดยโพรโทคอลที่มีลักษณะเช่นนี้ได้แก่ Pure-ALOHA [1-3], Slotted-ALOHA [1-3], Carrier Sense Multiple Access (CSMA) [1-3] เป็นต้น รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างการทำงานของระบบที่มีการแข่งขันแบบ Slotted-ALOHA การทำงานของระบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกับระบบ Pure-ALOHA คือผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข้อมูลจะสามารถส่งข้อมูลได้ทันทีเมื่อต้องการแต่มีข้อยกเว้นว่าการส่งข้อมูลนั้นจะต้องกระทำที่ต้นไทม์ สล็อตเท่านั้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะลักษณะโครงสร้างของระบบนี้จะแบ่งเวลาออกเป็นไทม์ สล็อตย่อยๆ ไม่ต่อเนื่องเหมือนระบบ Pure-ALOHA ทำให้ผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข้อมูลจะต้องรอจนถึงจุดเริ่มต้นของไทม์สล็อตจึงจะสามารถส่งข้อมูลได้และหากมีผู้ใช้มากกว่าหนึ่งคนทำการส่งข้อมูลลงบนไทม์สล็อตเดียวกันแล้วข้อมูลทั้งหมดก็จะชนกันและเกิดความเสียหาย ในกรณีแบบนี้ผู้ใช้ทุกคนจะต้องส่งข้อมูลใหม่อีกครั้งในไทม์สล็อตถัดๆ ไป



รูปที่ 2.4 การทำงานของระบบ S-ALOHA

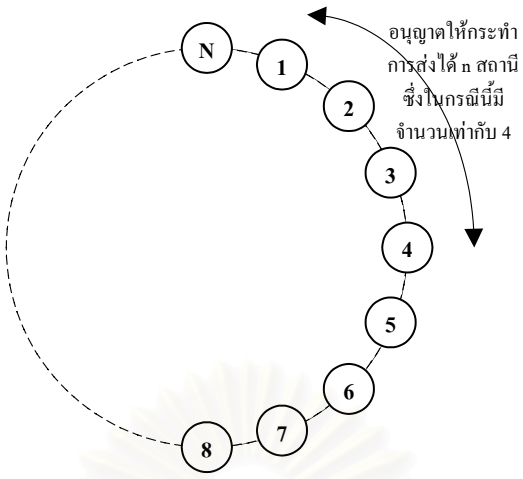
2.1.3 แบบผสมระหว่างเทคนิคที่มีการแข่งขันและไม่มีการแข่งขันในการเข้าถึงตัวกลาง (Contention-free&Contention-based MAC Protocol): เป็นการนำเทคนิคที่มีอยู่ของระบบทั้งสองข้างต้นมารวมกันซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะการทำงานออกเป็นสองวิธีดังนี้

แบบไฮบริด (Hybrid Protocol): ระบบนี้จะทำงานบนพื้นฐานของเทคนิคต่าง ๆ ทั้งแบบ Contention-free และ Contention-based กล่าวคือการรับส่งข้อมูลของผู้ใช้บริการทุก ๆ ครั้งต้องผ่านการทำงานของทั้งสองโมด ยกตัวอย่างเช่นระบบไฮบริดระหว่างการเข้าถึงแบบสุ่มและแบบจอง (A Hybrid of Random Access and Reservation) การส่งข้อมูลของผู้ใช้นั้นจะต้องเริ่มจากส่งการร้องขอช่องสัญญาณแบบสุ่มซึ่งเป็นโมดการทำงานแบบ Contention-based จากนั้นเมื่อการร้องขอเป็นผลสำเร็จสถานีฐานก็จะทำการจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่ผู้ใช้ซึ่งเป็นโหมดการทำงานแบบ Contention-free แทน การทำงานในลักษณะนี้เป็นการรวมข้อดีของทั้งสองระบบเข้าด้วยกันกล่าวคือ สามารถรองรับปริมาณทราฟฟิกและจำนวนของผู้ใช้บริการได้สูง อีกทั้งยังได้แก้ไขข้อเสียด้านโอเวอร์เฮดที่เกิดขึ้นในระบบ Contention-free อีกด้วย ระบบที่มีลักษณะเช่นนี้ได้แก่ ALOHA Reservation (ALOHA-R) [12], Energy Conserving Medium Access Protocol (EC-MAC) [13], Distributed-Queueing Request Update Multiple Access (DQRUMA) [7], Packet Reservation Multiple Access (PRMA) [6], เป็นต้น รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างการทำงานของระบบไฮบริดแบบ ALOHA-Reservation จากรูปเป็นการแสดงโครงสร้างของระบบที่ทำการแบ่งออกเป็นเฟรม และในแต่ละเฟรมจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ใช้ในการจองช่องสัญญาณที่ประกอบไปด้วยสล็อตสำหรับการร้องขอช่องสัญญาณ (Request Slot) กับส่วนที่ใช้ในการส่งข้อมูลที่มีสล็อตข้อมูล (Data Slot) เป็นองค์ประกอบ การทำงานของระบบเริ่มจากผู้ใช้ที่ต้องการส่งข้อมูลจะส่งแพ็กเกตสำหรับร้องขอช่องสัญญาณผ่านทางช่องสัญญาณร้องขอแบบ Slotted-ALOHA ถ้าเกิดการชนขึ้นผู้ใช้จะร้องขอใหม่ในช่องสัญญาณร้องขอถัดไป แต่ถ้าการร้องขอเป็นผลสำเร็จสถานีฐานก็จะจัดสรรช่องสัญญาณข้อมูลที่ว่างให้แก่ผู้รับบริการ โดยบริการเสียงนั้นจะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณข้อมูล 1 ช่องต่อ 1 เฟรมและจะทำการจองช่องสัญญาณในตำแหน่งนั้นในเฟรมต่อไปจนกว่าจะตรวจพบว่าไม่มีการส่งแพ็กเกตเสียง สำหรับข้อมูลประเภทดาต้าสถานีฐานจะจัดสรรช่องสัญญาณให้ตามความต้องการ ถ้าเฟรมดังกล่าวมีช่องสัญญาณไม่เพียงพอสถานีฐานก็จะจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับแพ็กเกตที่เหลือให้ในเฟรมถัดไป ในกรณีที่สถานีฐานไม่สามารถจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่ผู้ใช้บริการได้เลยผู้ใช้เหล่านั้นก็จะต้องร้องขออีกครั้งในเฟรมถัดไป



รูปที่ 2.5 การทำงานของระบบ ALOHA-Reservation

แบบปรับตัว (Adaptive Protocol): ระบบนี้จะแตกต่างจากในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.1 ในแง่ของการทำงานกล่าวคือ ระบบจะทำงานในลักษณะที่มีลักษณะก้ำกึ่งอยู่ระหว่างแบบ Contention-free และ Contention-based MAC Protocol ซึ่งประเภทของการทำงานนี้จะขึ้นกับปริมาณของทราฟฟิกที่ระบบรองรับในขณะนั้นยกตัวอย่างเช่น ในสภาวะทราฟฟิกที่เบาบางระบบจะมีการทำงานแบบ Contention-based แต่เมื่อปริมาณทราฟฟิกสูงขึ้นเรื่อย ๆ ระบบจะปรับเข้าสู่การทำงานแบบ Contention-free ซึ่งการทำงานเช่นนี้ทำให้ระบบมีค่าเวลาประวิงต่ำที่สภาวะทราฟฟิกน้อย ๆ และที่ทราฟฟิกสูง ๆ ก็ยังคงมีสมรรถนะการใช้ช่องสัญญาณที่สูงได้ ยกตัวอย่างเช่น URN Protocol [1] ซึ่งจะมีการทำงานแบบ S-ALOHA เมื่อมีผู้ใช้บริการเพียงหนึ่งคนในระบบและจะมีการทำงานแบบ TDMA ในสภาวะโหลดสูง โดยจะมีรายละเอียดดังนี้คือ ระบบ URN จะมีโครงสร้างช่องสัญญาณเป็นแบบสล็อตเช่นเดียวกับ S-ALOHA แต่รูปแบบการทำงานจะมีลักษณะคล้ายโพรโทคอล Tree Walk [1] กล่าวคือเริ่มต้นจากการที่ระบบนำผู้ใช้บริการทั้งหมดจำนวน N คนมาเรียงกันเป็นรูปวงกลมปิด จากนั้นจะทำการจำกัดจำนวนของผู้ใช้บริการที่สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณในไทม์สล็อตแรกเท่ากับ n คนดังแสดงในรูปที่ 2.6 ซึ่งในแต่ละไทม์สล็อตการทำงานจะพบว่าจะมีจำนวนเหตุการณ์ของผู้ใช้บริการสามรูปแบบคือ เหตุการณ์ส่งข้อมูลสำเร็จ เหตุการณ์ว่างและเหตุการณ์ชน โดยเมื่อระบบสามารถส่งข้อมูลได้หรือเกิดการว่างสถานีฐานจะทำการเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการที่สามารถส่งได้จาก n เป็น 2n แต่เมื่อเกิดการชนขึ้นจำนวนผู้ใช้บริการที่สามารถส่งข้อมูลได้ในไทม์สล็อตถัดไปจะเหลือเท่ากับ $\frac{n}{2}$

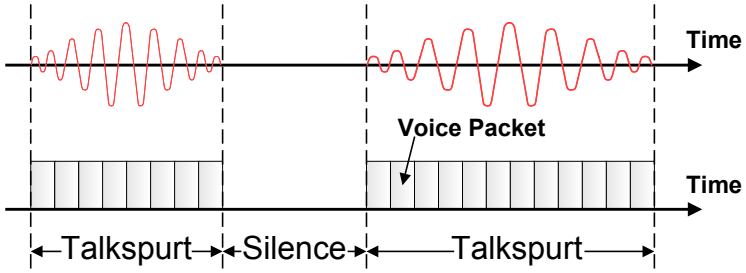


รูปที่ 2.6 การทำงานของระบบ URN

2.2 คุณสมบัติและลักษณะการกำเนิดของทราฟฟิก

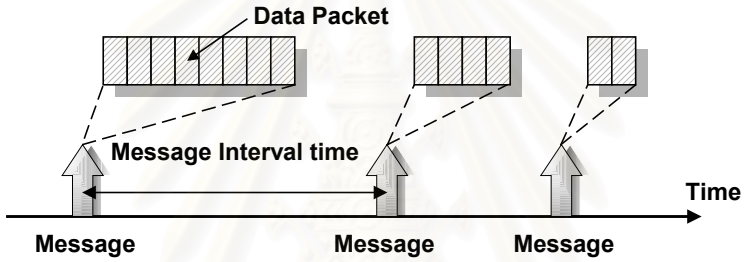
พัฒนาการของเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายในปัจจุบันทำให้แนวโน้มของบริการที่จะมีการนำเสนอในอนาคตมีความหลากหลายมากกว่าในอดีต กล่าวคือนอกจากบริการเสียงที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันแล้วยังมีบริการข้อมูล บริการวิดีโอ เป็นต้น ซึ่งบริการแต่ละประเภทต่างก็มีลักษณะของทราฟฟิกและคุณภาพของการบริการที่แตกต่างกันดังนี้

2.2.1 ทราฟฟิกประเภทเสียง (Voice): [6] (รูปที่ 2.7) บริการเสียงที่ระบบทำการรองรับนี้พิจารณาเป็นการสนทนาของมนุษย์ โดยธรรมชาติการพูดของมนุษย์นั้นโดยปรกติจะประกอบด้วยช่วงสนทนา (Talkspurt) และช่วงเงียบ (Silence) สลับกันไป โดยอัตราข้อมูลที่เกิดขึ้นนั้นในช่วงการสนทนาจะขึ้นกับวิธีการเข้ารหัสที่เลือกใช้ซึ่งปรกติแล้วอัตราข้อมูลที่เกิดจะมีค่าคงที่เท่ากับ 32, 64 กิโลบิตต่อวินาที ส่วนในช่วงเงียบนั้นสมมุติว่าไม่มีข้อมูลเกิดขึ้น ในการจำลองระบบนั้นจะใช้แบบจำลอง Markov สองสภาวะ โดยมีค่าเฉลี่ยช่วงพูดกับช่วงเงียบเท่ากับ 1/1.35 และอัตราการกำเนิดเสียงเท่ากับ 32 กิโลบิตต่อวินาที สำหรับคุณภาพของการบริการนั้นเสียงต้องการบริการที่มีลักษณะเป็นแบบ Real-time กล่าวคือเสียงไม่สามารถทนต่อเวลาประวิงได้คือมีเวลาประวิงในส่วนของผู้ใช้ทั้งหมดไม่เกิน 120 มิลลิวินาที แต่สำหรับเวลาประวิงในส่วนไร้สายนั้นจะยอมได้ไม่เกิน 32 มิลลิวินาที แต่ในด้านความถูกต้องของข้อมูลนั้นเสียงสามารถยอมให้เกิดการสูญเสียข้อมูลได้บางส่วนคือไม่เกิน 1%



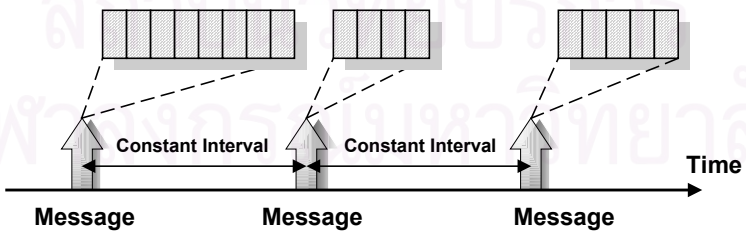
รูปที่ 2.7 ลักษณะการเกิดของทราฟฟิกประเภทเสียง

2.2.2 ทราฟฟิกข้อมูลคอมพิวเตอร์ (Computer data): [12] (รูปที่ 2.8) ทราฟฟิกประเภทข้อมูลนี้มีธรรมชาติการเกิดเป็นแบบเบิรสต์ กล่าวคือข้อมูลจะเกิดเป็นกลุ่มของแพ็กเกตที่มีการแจกแจงแบบเรขาคณิต (Geometric distribution) ที่มีช่วงห่างของเวลาที่เกิดเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential distribution) คุณภาพของบริการที่ข้อมูลประเภทนี้ต้องการคือข้อมูลต้องมีความถูกต้องสูงอัตราความผิดพลาดต่ำแต่จะสามารถทนทานต่อเวลาประวิงได้



รูปที่ 2.8 ลักษณะการเกิดของทราฟฟิกประเภทข้อมูลคอมพิวเตอร์

2.2.3 ทราฟฟิกประเภทวิดีโอ (Video): [14] เนื่องจากบริการวิดีโอเป็นทราฟฟิกที่ประกอบด้วยภาพนิ่งที่ถูกแสดงอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นตำแหน่งของข้อมูลที่เกิดจึงมีลักษณะคงที่ขึ้นกับอัตราเร็วของภาพ (Frame Rate) ในการแสดงผลซึ่งโดยปรกติเท่ากับ 25 ภาพต่อวินาที แต่สำหรับจำนวนของข้อมูลที่เกิดขึ้นในแต่ละเฟรมนั้นจะมีค่าไม่คงที่เนื่องมาจากผ่านการบีบอัดข้อมูลซึ่งมีได้หลายวิธี เช่น มาตรฐาน MPEG1, MPEG2 และ MPEG4 เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ลักษณะการเกิดของทราฟฟิกประเภทวิดีโอ

ซึ่งแบบจำลองสำหรับบริการวิดีโอที่ใช้จะเป็นแบบจำลอง Autoregressive Markov Model ซึ่งจะใช้ค่า $\lambda(n)$ แทนอัตราข้อมูลของผู้ใช้บริการของตำแหน่งเฟรมภาพที่ n ค่าดังกล่าวนี้สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ในสมการที่ 1

$$\lambda(n) = a\lambda(n-1) + bw(n) \qquad (1)$$

ตัวแปร $w(n)$ คือลำดับของตัวแปรแบบสุ่มของเกาส์เซียนที่เป็นอิสระต่อกัน โดยมีค่าของ a และ b เป็นตัวแปรที่คงที่ขึ้นกับลักษณะของทราฟฟิก จากนั้นทำการสมมุติให้ค่า $w(n)$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ η และความแปรปรวนเท่ากับ 1 จะทำให้เราได้ค่า $E(\lambda)$ และ $C(\lambda)$ ดังสมการที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

$$E(\lambda) = \frac{b}{1-a}\eta \qquad (2)$$

$$C(\lambda) = \frac{b^2}{1-a^2}a^n \qquad (3)$$

โดยตัวแปร $E(\lambda)$ และ $C(\lambda)$ คือ ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของการแจกแจงแบบเกาส์เซียน ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

แนวคิดและเหตุผลในการพัฒนา

3.1 กล่าวนำ

การออกแบบโพรโทคอลควบคุมการใช้ตัวกลางในระบบการสื่อสารไร้สายที่มีสมรรถนะนั้น จำเป็นจะต้องทราบถึงลักษณะข้อดีและด้อยของโพรโทคอลรูปแบบต่างๆ ที่มีมาในอดีตเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบ ดังนั้นบทนี้จะนำเสนอที่มาและเหตุผลในการเลือกประเภทของโพรโทคอล ตลอดจนถึงปัญหาที่มีในโพรโทคอลที่มีการนำเสนอในอดีตและเทคนิคต่างๆ ที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวนั้น โดยเนื้อหาในส่วนแรกจะกล่าวถึงการเลือกพื้นฐานการทำงานของระบบที่จะพัฒนา ข้อดีและด้อยของโพรโทคอลพื้นฐาน 3 แบบ ความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานและบริการที่จะรองรับ ส่วนที่สองกล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นสำหรับโพรโทคอลประเภทต่างๆ และแนวคิดในการแก้ไขปัญหาสำหรับโพรโทคอลแบบไฮบริด สำหรับส่วนสุดท้ายจะกล่าวถึงแบบจำลองของระบบพื้นฐานที่ใช้ในการทดสอบและขั้นตอนในการกำหนดค่าต่างๆ ภายในระบบ

3.2 แนวทางการเลือกโพรโทคอลพื้นฐาน

การเลือกพื้นฐานของระบบที่ทำการพัฒนานั้นขั้นแรกต้องทราบถึงลักษณะการทำงานและสภาวะที่เหมาะสมในแต่ละระบบก่อน ซึ่งการพิจารณาลักษณะการทำงานของโพรโทคอลในแต่ละกลุ่มนั้นจะกระทำโดยเลือกโพรโทคอลที่เป็นตัวแทนในแต่ละกลุ่มมาทำการวิเคราะห์ถึงข้อดีและด้อยที่มี โดยโพรโทคอลที่พิจารณานั้นจะกระทำการเลือกจากโพรโทคอลที่เป็นพื้นฐานมาโดยในระบบที่ไม่มีการแข่งขันจะใช้โพรโทคอล TDMA ระบบที่มีการแข่งขันจะใช้โพรโทคอล Slotted-ALOHA และโพรโทคอลแบบผสมระหว่างมีการแข่งขันและไม่มีการแข่งขันนั้นจะใช้โพรโทคอล ALOHA-Reservation

3.2.1 โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางประเภทไม่มีการแข่งขัน

โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบไม่มีการแข่งขันที่พิจารณานี้จะเป็นแบบ TDMA แม้จะเป็นโพรโทคอลที่มีการนำเสนอมานานแล้ว แต่ในปัจจุบันยังคงมีการใช้กันอยู่อย่างแพร่หลาย เช่น ใช้ในระบบส่งข้อมูลเสียงในโครงข่าย GSM โดยลักษณะทางธรรมชาติรวมถึงข้อดีและด้อยสามารถพิจารณาได้ดังนี้คือ

1. ลักษณะการทำงานของระบบคล้ายกับระบบ Circuit-Switching คือมีการกำหนดช่องสัญญาณให้แก่ผู้รับบริการแต่ละคนอย่างแน่นอน

2. สามารถรับประกันคุณภาพของการบริการได้ดีทั้งในแง่ของเวลาประวิงและโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตจึงเหมาะกับผู้ใช้ที่ต้องการคุณภาพของการบริการสูง

3. มีเสถียรภาพการทำงานที่สูงในทุกๆ สภาวะทราฟฟิก

4. เหมาะกับบริการที่มีลักษณะการกำเนิดข้อมูลแบบสม่ำเสมอ

5. มีความยืดหยุ่นในการรองรับบริการประเภทต่างๆ ต่ำ เช่นในกรณีที่ระบบรองรับโหลดที่มีลักษณะไม่สม่ำเสมอ (Non-Uniform Load) อีกทั้งจำนวนผู้ใช้สูงสุดที่ระบบรองรับได้ในขณะหนึ่งๆ จะมีค่าไม่เกินจำนวนช่องสัญญาณที่ได้ทำการออกแบบไว้และคุณภาพของการบริการสำหรับทราฟฟิกใดๆ จะมีค่าเท่ากัน

6. ผู้ใช้จะสามารถใช้ช่องสัญญาณได้เฉพาะที่ช่องสัญญาณของตนเองเท่านั้นแม้ในขณะนั้นจะเกิดการว่างของช่องสัญญาณอื่นๆ ก็ตามทำให้เวลาประวิงที่สภาวะทราฟฟิกต่ำมีค่าสูงกว่าระบบที่มีการแข่งขัน

3.2.2 โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางประเภทมีการแข่งขัน

โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบที่มีการแข่งขันที่พิจารณานี้คือ โพรโทคอล Slotted-ALOHA และเช่นเดียวกับการทำงานระบบ TDMA ระบบ Slotted-ALOHA ถือได้ว่าเป็นพื้นฐานการทำงานของระบบแบบที่มีการแข่งขัน โดยจะมีการใช้งานอยู่ภายในโครงข่าย GSM ณ ช่วงเวลาที่ผู้ใช้กระทำการร้องขอช่องสัญญาณต่อระบบ ซึ่งลักษณะทางธรรมชาติรวมถึงข้อดีและด้อยสามารถพิจารณาได้ดังนี้คือ

1. ลักษณะการทำงานของระบบที่อยู่บนพื้นฐานนี้จะมีลักษณะคล้ายกับการทำงานของ Packet Switching กล่าวคือข้อมูลที่ส่งนั้นจะสามารถส่งได้ทุกๆ เวลาเพราะไม่มีการกำหนดช่องสัญญาณเฉพาะให้แก่ผู้รับบริการ
2. ระบบไม่สามารถรับประกันคุณภาพของการบริการในการเชื่อมต่อให้แก่ผู้ใช้ได้
3. ขาดเสถียรภาพการทำงานในสภาวะทราฟฟิกสูง
4. เหมาะกับบริการที่มีลักษณะไม่สม่ำเสมอ
5. ระบบมีความยืดหยุ่นในการให้บริการที่สูงกล่าวคือระบบสามารถรองรับได้ทั้งโหลดที่มีความต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องและระบบจะไม่มีการกำหนดจำนวนของผู้ใช้บริการสูงสุดแต่จะจำกัดเพียงปริมาณทราฟฟิกรวมเท่านั้น
6. เนื่องจากผู้ใช้สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ทันทีที่ต้องการ ดังนั้นในขณะที่เกิดการว่างของช่องสัญญาณผู้ใช้บริการจะสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณที่ว่างนั้นๆ ได้เมื่อต้องการทำให้เวลาประวิงที่เกิดมีค่าต่ำ

3.2.3 โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบผสมระหว่างระบบที่มีและไม่มีการแข่งขัน

จากข้อดีและด้อยของโพรโทคอลทั้งสองประเภทในข้างต้นจึงเกิดแนวคิดในการรวมการทำงานทั้งสองส่วนเข้าด้วยกันเป็นโพรโทคอลประเภทที่ผสม ซึ่งลักษณะทางธรรมชาติรวมถึงข้อดีและด้อยสามารถพิจารณาได้ดังนี้คือ

1. ลักษณะการทำงานโดยรวมของระบบแบบผสมระหว่างการมีและไม่มีการแข่งขันจะเป็นแบบผสมระหว่างการทำงานของระบบ Packet Switching และ Circuit Switching โดยการทำงานจะอยู่ในส่วนใดมากกว่าขึ้นกับบริการและลักษณะของทราฟฟิก ยกตัวอย่างบริการเสียงในระบบ ALOHA-R [12] นั้นผู้ใช้บริการเสียงจะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ ทำให้การทำงานส่วนใหญ่เป็นแบบ Circuit Switching ในขณะที่บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์นั้นจะได้รับการจัดสรรแบบ Packet Switching เป็นหลัก
2. มีสมรรถนะที่ดีทั้งในแง่ของ ประโยชน์ในการเข้าถึงตัวกลาง ค่าเวลาประวิงและเสถียรภาพของระบบ
3. สามารถรองรับบริการที่หลากหลายได้ตามคุณภาพของการบริการที่ผู้ใช้ต้องการ

ซึ่งจากลักษณะเด่นและข้อดีที่ได้ของระบบแบบผสมระหว่างระบบที่มีและไม่มีการแข่งขันพบว่าแนวโน้มของสมรรถนะที่ได้จะมีค่าที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับระบบที่มีการแข่งขัน หรือเทียบกับระบบที่ไม่มีการแข่งขันทั้งในแง่ของค่าวิสัยสามารถที่สูง เวลาประวิงที่ต่ำ ความยืดหยุ่นในการรองรับบริการและการทำงานที่ยืดหยุ่นนี้จึงเป็นการเพิ่มโอกาสในการพัฒนาระบบ ดังนั้นพื้นฐานของโพรโทคอลที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้จึงเป็นแบบผสมระหว่างระบบที่มีการแข่งขันและไม่มีการแข่งขัน

3.3 ปัญหาการทำงานของโพรโทคอลระหว่างระบบที่มีการแข่งขันและไม่มีการแข่งขัน

เมื่อพิจารณาการทำงานของโพรโทคอลแบบผสมระหว่างระบบที่มีการแข่งขันและไม่มีการแข่งขันแล้วพบว่าโพรโทคอลที่มีการนำเสนอในปัจจุบันยังคงมีข้อด้อยในการทำงานที่สำคัญหลายประการ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากระบบการทำงานแบบ ALOHA-R ในข้างต้นพบว่าการทำงานของโพรโทคอลที่นำเสนอยังคงมีข้อด้อยที่สำคัญหลายประการซึ่งสรุปเป็นข้อๆ ได้ดังนี้คือ

1. ในช่วงการร้องขอช่องสัญญาณของผู้ใช้มีลักษณะเป็นแบบระบบซึ่งมีการแข่งขัน ซึ่งมีการทำงานแบบ S-ALOHA ซึ่งปัญหาที่สำคัญของระบบที่มีการแข่งขันคือการชนกันของแพ็กเกตร้องขอที่มีลักษณะแบบสุ่ม อันจะเป็นผลทำให้เกิดปัญหาในแง่ของเสถียรภาพและสมรรถนะที่ได้
2. เนื่องจากทราฟฟิกแต่ละประเภทต่างมีลักษณะการกำเนิดและความต้องการที่แตกต่างกัน ดังนั้นการจัดสรรช่องสัญญาณผ่านการร้องขอแบบสุ่มเพียงอย่างเดียวจึงไม่สามารถรองรับความแตกต่างของแต่ละบริการได้ ซึ่งระบบ ALOHA-R ได้นำเสนอวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณที่เหมาะสมกับลักษณะของทราฟฟิกเสียงและข้อมูลคอมพิวเตอร์ ซึ่งยังขาดเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่บริการวิดีโอ

3. เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณที่ออกแบบมาสำหรับทราฟฟิกเสียงและบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ในข้างต้นนั้นยังคงมีข้อด้อยที่สำคัญหลายประการ เช่น การว่างของช่องสัญญาณข้อมูลเมื่อสิ้นสุดการสนทนา หรือเทคนิคการจัดสรรแบบกลุ่มของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ซึ่งไม่สามารถจัดการกับข้อมูลที่อยู่คนละเบิรสต์ได้
4. ค่าโอกาสในการเข้าถึงช่องสัญญาณเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่เทคนิค ALOHA-R ในข้างต้นไม่ได้ทำการพิจารณากล่าวคือจะทำการกำหนดให้มีค่าที่คงที่ตลอดทุกสภาวะทราฟฟิก
5. เนื่องจากทราฟฟิกแต่ละประเภทต่างก็มีความต้องการคุณภาพของการบริการที่แตกต่างกัน ดังนั้นการให้บริการของสถานีฐานจะต้องสามารถจัดสรรแบนด์วิทด์ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้บริการแต่ละประเภทได้อย่างเหมาะสม ซึ่งการจัดสรรช่องสัญญาณดังกล่าวสำหรับระบบ ALOHA-R นั้นจะให้บริการตามลำดับการร้องขอ (First-Come-First-Serve) เท่านั้น ซึ่งเป็นการจัดสรรช่องสัญญาณที่มีประสิทธิภาพไม่เพียงพอเมื่อระบบรองรับทราฟฟิกหลายประเภทพร้อมกัน
6. แม้เทคนิค ALOHA-R จะใช้โครงสร้างแบบเฟรม ซึ่งเป็นการปรับปรุงให้ขนาดของช่องสัญญาณร้องขอมีขนาดที่เล็กลงเมื่อเทียบกับช่องสัญญาณข้อมูลแล้ว แต่ถ้าภายในเฟรมนั้นไม่มีการร้องขอที่สำเร็จหรือความต้องการเข้าถึงตัวกลางก็จะทำให้ระบบเกิดการสูญเสียช่องสัญญาณข้อมูลได้ อีกทั้งการกำหนดโครงสร้างแบบเฟรมจะเป็นตัวจำกัดการร้องขอคือผู้ใช้จะร้องขอได้ที่ต้นเฟรมเท่านั้น
7. การกำหนดโครงสร้างเฟรมแบบคงที่นั้นจะเป็นข้อจำกัดของระบบกล่าวคือ อัตราส่วนระหว่างช่องสัญญาณร้องขอต่อช่องสัญญาณข้อมูลนั้นจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณทราฟฟิกกล่าวคือในสภาวะทราฟฟิกต่ำระบบต้องการจำนวนช่องสัญญาณร้องขอมากกว่าช่องสัญญาณข้อมูลเพราะข้อมูลที่ส่งในขณะนี้มีปริมาณไม่มาก ความต้องการจึงเป็นในแง่ของคุณภาพการบริการเป็นสำคัญ สำหรับในสภาวะทราฟฟิกสูงนั้นผู้ใช้มีปริมาณข้อมูลที่ต้องการส่งเป็นจำนวนมากทำให้ช่องสัญญาณที่ต้องการในขณะนี้เป็นช่องสัญญาณข้อมูลมากกว่าช่องสัญญาณร้องขอ

3.4 แนวคิดในการพัฒนาระบบ

ปัญหาของโพรโทคอลที่กล่าวไว้ข้างต้นนี้เป็นอุปสรรคและปัญหาสำคัญที่มีต่อการพัฒนาโพรโทคอลเพื่อรองรับบริการแบบมัลติมีเดียในระบบการสื่อสารไร้สายที่มีสมรรถนะซึ่งสามารถทำการสรุปปัญหาดังกล่าวทั้งหมดได้ออกเป็นสามส่วนตามการทำงานของระบบดังนี้

1. ปัญหาการเข้าถึงตัวกลางของผู้ใช้บริการ: ปรับปรุงเพื่อลดปัญหาการชนในส่วนที่เป็นแบบมีการแข่งขันและเป็นการออกแบบเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณเพื่อรองรับกับบริการประเภทต่างๆ ได้เหมาะสม
2. เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณ: ซึ่งกระทำเพื่อให้ระบบสามารถรองรับบริการของผู้ใช้ได้ตามคุณภาพของการบริการที่ต้องการ อีกทั้งยังเป็นการปรับปรุงการทำงานในส่วนที่เป็นแบบไม่มีการแข่งขันเพื่อให้ระบบมีสมรรถนะการทำงานที่ดีขึ้น
3. ปัญหาโครงสร้างช่องสัญญาณ: การปรับปรุงในส่วนนี้กระทำเพื่อลดปัญหาการสูญเสียช่องสัญญาณและยังเป็นการลดผลของเวลาประวิงและเพิ่มโอกาสสำเร็จในการร้องขอ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะได้นำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวทั้งสามข้อดังนี้คือ

3.4.1 เทคนิคการเข้าถึงตัวกลางของผู้ใช้บริการ

การทำงานในส่วนนี้เป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อสมรรถนะของระบบมากที่สุด เพราะเมื่อพิจารณาการทำงานของระบบพบว่าผู้ใช้บริการทุกๆ คนต้องผ่านการทำงานในช่วงที่อยู่บนพื้นฐานของการแข่งขันก่อนจึงจะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณบนพื้นฐานของระบบที่ไม่มีการแข่งขันต่อไป ดังนั้นถ้าการแข่งขันในส่วนนี้ไม่เป็นผลสำเร็จ การให้บริการจึงไม่สามารถเกิดขึ้นได้ โดยผลในข้อนี้จะแสดงออกมาอย่างชัดเจนเมื่อระบบมีการรองรับผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมาก เทคนิคที่ใช้ลดจำนวนการชนของข้อมูลในช่วงที่มีการแข่งขันในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยสองแนวทางคือ

3.4.1.1 การลดจำนวนครั้งของการร้องขอช่องสัญญาณ: จุดมุ่งหมายในส่วนนี้คือการพยายามลดการทำงานของระบบในส่วนที่มีการแข่งขันให้น้อยที่สุดเพื่อลดโอกาสของการชนที่เกิดขึ้น วิธีลดจำนวนการร้องขอที่ใช้อาจมองว่าเป็นการพยายามย้ายโหลดบางส่วนไปให้บริการในส่วนที่ไม่มีการแข่งขันให้มากที่สุดหรืออีกนัยหนึ่งอาจมองว่าเป็นเทคนิคที่ทำให้ผู้ใช้สามารถส่งข้อมูลได้มากที่สุดภายใต้การร้องขอที่เกิดขึ้นหนึ่งครั้ง เทคนิคต่างๆ ที่ทำการพิจารณาประกอบด้วย เทคนิคของคิว, เทคนิคพิกกี้แบ็คกิ้ง (PGBK) [7], การกำหนดช่องสัญญาณรายคาบให้แก่บริการเสียง [15], การกำหนดช่องสัญญาณแบบกลุ่มให้แก่บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์และการกำหนดช่องสัญญาณแบบผสมระหว่างการจัดสรรแบบกลุ่มและรายคาบให้แก่บริการวิดีโอ

3.4.1.2 กระจายลักษณะการร้องขอช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการ: จุดมุ่งหมายในส่วนนี้คือการพยายามทำให้ผู้ใช้บริการกระทำการร้องขอช่องสัญญาณในช่วงเวลาที่แตกต่างกันเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการชน เทคนิคที่จะนำมาใช้เพื่อปรับปรุงการทำงานในส่วนนี้ประกอบด้วยส่วนต่างๆ สองส่วนคือ

- เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางหรือ Backoff Scheme ที่เหมาะสมซึ่งเงื่อนไขที่ใช้ในการกำหนดค่าดังกล่าวประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

    1. คุณภาพของการบริการที่บริการแต่ละประเภทต้องการ

2. จำนวนของช่องสัญญาณร้องขอที่ทำการออกแบบ
3. ปริมาณของทราฟฟิกที่ระบบทำการรองรับซึ่งสามารถแบ่งเทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการร้องขอช่องสัญญาณออกเป็นสามวิธี ได้แก่ วิธีอุดมคติ ($\frac{1}{N}$) วิธี Exponential Backoff [4] และวิธี Pseudo-Bayesian [2,5]

- เทคนิคการกระจายตำแหน่งของช่องสัญญาณในการร้องขอ (Request Slot) เพื่อให้ผู้ใช้ที่เกิดความต้องการ ณ เวลาใด ๆ สามารถเข้าร้องขอได้ทันทีทำให้ไม่ต้องไปแย่งชิงการร้องขอที่จุดเริ่มของเฟรมข้อมูลเพียงตำแหน่งเดียว [17]

โดยแนวทางการปรับปรุงเทคนิคการเข้าถึงตัวกลางที่นำเสนอทั้งหมดจะได้แสดงดังรูปที่ 3.1 ซึ่งรายละเอียดการทำงานและผลการทดสอบของเทคนิคการลดจำนวนการร้องขอจะได้ทำการกล่าวถึงในบทที่ 4 และสำหรับเทคนิคกระจายโหลดการร้องขอจะทำการกล่าวถึงในบทที่ 5

3.4.2 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแก่ผู้ใช้บริการ

สำหรับส่วนที่สองเป็นการปรับปรุงระบบโดยมีจุดประสงค์เพื่อให้สามารถทำการรองรับบริการได้หลายประเภทตามคุณภาพของการบริการที่ต้องการ ซึ่งจะสามารถแบ่งแนวทางในการปรับปรุงตามระดับของการจัดสรรได้เป็นสองส่วน คือ

3.4.2.1 การแบ่งกลุ่มของการบริการ: การแบ่งกลุ่มของการบริการนี้จะพิจารณาจากเงื่อนไขสองประการคือ การแบ่งกลุ่มของการบริการตามสถานะการทำงานและการแบ่งกลุ่มการบริการตามลักษณะของทราฟฟิก ซึ่งกลุ่มของการบริการนั้นจะมีจำนวนแตกต่างกันไปขึ้นกับระบบการทำงานที่พิจารณา โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้ดังนี้

1. ผู้ใช้ที่กำลังได้รับบริการ (Active User): หมายถึงผู้ใช้ที่เคยได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณแล้วและจะยังคงได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณให้ในเฟรมถัดๆ ไปโดยไม่ต้องทำการร้องขอใหม่ โดยเทคนิคที่ทำให้มีผู้ใช้ประเภทนี้เกิดขึ้นได้แก่ เทคนิคการใช้ PGBK เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เป็นต้น

2. ผู้ใช้ภายในคิว (Queue User): หมายถึงผู้รับบริการที่สามารถร้องขอช่องสัญญาณได้สำเร็จแต่ยังคงไม่ได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณให้ในเฟรมที่ร้องขอ สำหรับระบบที่จะทำให้เกิดผู้รับบริการประเภทนี้ขึ้นได้แก่ระบบที่มีเทคนิคของคิว

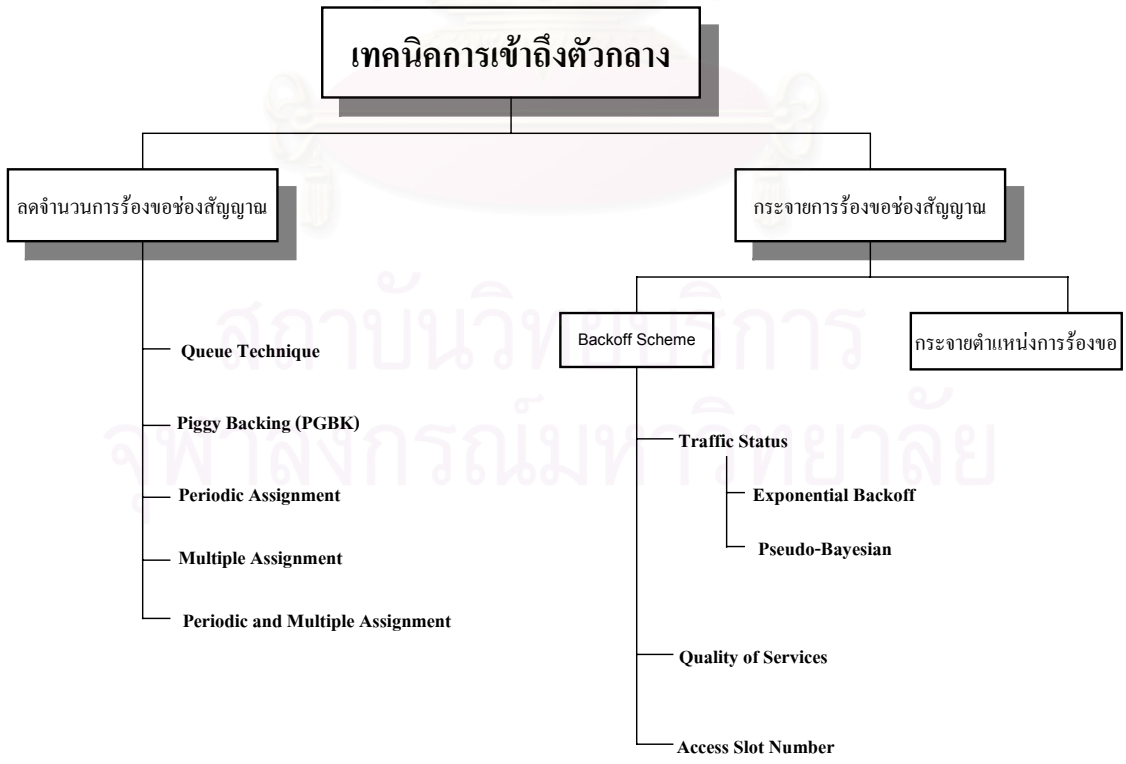
3. ผู้ใช้ที่ร้องขอช่องสัญญาณใหม่ (New Access User): หมายถึงผู้รับบริการที่ร้องขอช่องสัญญาณสำเร็จในรอบการพิจารณานั้นๆ สำหรับผู้ใช้บริการประเภทนี้จะมีอยู่ในทุกๆ ระบบที่มีการร้องขอช่องสัญญาณเกิดขึ้น

สำหรับเงื่อนไขการแบ่งกลุ่มการบริการตามลักษณะของทราฟฟิกนั้นจะเป็นการกำหนดลำดับความสำคัญ (Priority) ของการบริการให้แก่ทราฟฟิกแต่ละประเภทตามคุณภาพของการบริการที่ต้องการ ยกตัวอย่างเช่น บริการเสียงไม่สามารถทนต่อเวลาประวิงได้แต่สามารถยอมให้เกิดการดร็อป

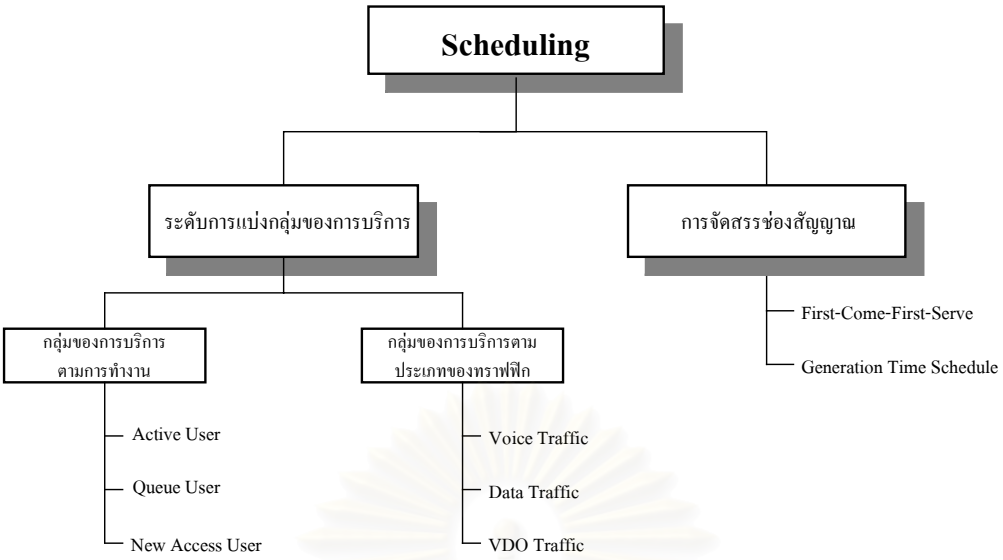
แพ็กเกตได้บางส่วนในขณะที่บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์จะสามารถทนทานต่อเวลาประวิงได้แต่ไม่สามารถยอมให้เกิดการสูญเสียขึ้น ทำให้ในการจัดสรรช่องสัญญาณนั้นควรให้การบริการแก่ผู้ใช้บริการเสียงก่อนบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการจัดสรรลำดับความสำคัญให้แก่บริการแต่ละประเภทโดยคำนึงถึงค่าเวลาประวิงและคุณภาพของการบริการเป็นหลัก [4]

3.4.2.2 การจัดสรรช่องสัญญาณให้กับบริการที่มีคุณภาพของการบริการในระดับเดียวกัน: ในโพรโทคอลทั่วไปโดยปรกตินั้นการจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้ในลำดับการบริการเดียวกันจะเป็นไปตามลำดับการร้องขอ (First-Come-First-Serve, FCFS) แต่การร้องขอที่สถานีฐานได้รับนั้นไม่จำเป็นว่าผู้ที่ต้องการส่งข้อมูลก่อนจะสามารถร้องขอช่องสัญญาณได้ก่อน ทำให้การจัดสรรช่องสัญญาณตามลำดับการร้องขอนี้ขาดความเหมาะสมกับบริการที่ไม่สามารถทนทานต่อเวลาประวิงได้ ดังนั้นในการออกแบบระบบเพื่อรองรับบริการแบบมัลติมีเดียนั้นควรจะใช้เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณโดยคำนึงถึงเวลาประวิงที่เกิดขึ้นในทุกๆ ส่วนคือ เริ่มตั้งแต่ผู้ใช้บริการต้องการส่งข้อมูลจนกระทั่งร้องขอช่องสัญญาณได้สำเร็จ ซึ่งเทคนิคที่นำเสนอในส่วนนี้คือการจัดสรรช่องสัญญาณตามเวลาในการกำเนิดแพ็กเกต (Generation Time Schedule, GTS)

สำหรับรายละเอียดการจัดสรรช่องสัญญาณที่กล่าวทั้งหมดนั้นจะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2 ส่วนรายละเอียดของการทำงานและผลการทดสอบระบบทั้งหมดจะได้ทำการกล่าวต่อไปในบทที่ 6



รูปที่ 3.1 แนวทางการพัฒนาระบบในส่วนของเทคนิคการเข้าถึงตัวกลาง



รูปที่ 3.2 แนวทางการพัฒนาระบบในส่วนของการจัดสรรช่องสัญญาณ

3.4.3 การจัดโครงสร้างช่องสัญญาณแบบพลวัต (Dynamic Frame Structure)

โครงสร้างของช่องสัญญาณเป็นปัจจัยอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อสมรรถนะของระบบดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2 โดยโครงสร้างช่องสัญญาณแบบ ALOHA-R ที่ใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนานั้นแม้จะมีสมรรถนะโดยรวมที่สูงกว่าช่องสัญญาณพื้นฐานแบบ S-ALOHA หรือ TDMA ก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาที่สภาวะทราฟฟิกสูงๆ พบว่าการชนในช่วงร้องขอสัญญาณอาจทำให้ภายในเฟรมข้อมูลนั้นไม่มีผู้ใช้บริการคนใดได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณ การสูญเสียช่องสัญญาณที่เกิดจึงมีค่าสูงเพราะเกิดการว่างของช่องสัญญาณข้อมูลหมดทั้งเฟรม และในสภาวะที่ทราฟฟิกต่ำๆ พบว่าผู้ใช้ที่ต้องการส่งข้อมูลระหว่างเฟรมที่ว่างนั้นจะต้องทำการรอจนกว่าจะถึงช่วงในการร้องขอถัดไปจึงจะได้เริ่มทำการร้องขอช่องสัญญาณซึ่งทำให้เวลาประวิงของผู้ใช้บริการสูงขึ้น ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดในการจัดโครงสร้างช่องสัญญาณแบบพลวัตตามปริมาณของทราฟฟิกที่มีอยู่ในขณะนั้นดังรายละเอียดในบทที่ 7

3.5 แบบจำลองพื้นฐานและสมมุติฐานในการทำงาน

การทำงานของโพรโทคอลที่พิจารณาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทั้งหมดจะอยู่บนพื้นฐานของโพรโทคอลการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด ที่มีการแบ่งช่องสัญญาณของระบบออกเป็นสองส่วนด้วยวิธี FDD (frequency division duplex) ซึ่งใช้ความถี่ขาขึ้น (uplink) และขาลง (downlink) แตกต่างกัน โดยสถานีฐานสามารถควบคุมการส่งข้อมูลด้านขาลงได้อย่างสมบูรณ์ สำหรับการส่งข้อมูลด้านขาขึ้นจะทำการแบ่งช่วงเวลาออกเป็นเฟรม (frame) ในแต่ละเฟรมแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ใช้ในการจองช่องสัญญาณที่ประกอบไปช่องสัญญาณสำหรับการร้องขอ (Request Slot, RS) และช่องสัญญาณข้อมูล (Information Slot, IS) ดังแสดงในรูปที่ 3.3 โพรโทคอลบนพื้นฐานของการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่กล่าวนี้ต่อไปจะเรียกว่าโพรโทคอลการทำงานแบบไฮบริดพื้นฐาน วิธี

การเข้าถึงตัวกลางของโพรโทคอลนี้ เริ่มจากผู้ใช้ที่ต้องการส่งข้อมูลต้องทำการร้องช่องสัญญาณผ่านทางช่องสัญญาณร้องขอด้วยวิธี Slotted-ALOHA ถ้าเกิดการชนกัน ผู้ใช้จะร้องขอใหม่ในช่องสัญญาณร้องของเฟรมถัดไป แต่ถ้าการร้องขอเป็นผลสำเร็จ สถานีฐานก็จะจัดสรรช่องสัญญาณข้อมูลที่ว่างให้ผู้รับบริการ โดยการทำงานทั้งหมดที่กล่าวนี้จะอยู่บนสมมุติฐาน 5 ข้อคือ

1. การทำงานของโพรโทคอลจะพิจารณาบนพื้นฐานของระบบเซลลูลาร์ กล่าวคือในเซลล์หนึ่งเซลล์ประกอบด้วยสถานีฐานหนึ่งสถานีและผู้ใช้จำนวนหนึ่ง โดยการติดต่อสื่อสารของผู้ใช้บริการทุกคนภายในเซลล์หนึ่ง ๆ จะต้องกระทำผ่านสถานีฐานที่ให้บริการภายในเซลล์นั้น ๆ เพียงอย่างเดียว

2. เวลาประวิงที่เกิดเนื่องจากการแพร่กระจายคลื่นสัญญาณ (Propagation delay) และเวลาประวิงเนื่องจากการประมวลผล (Processing delay) ทั้งของผู้ใช้และสถานีฐานจะไม่นำมาพิจารณา

3. ช่องสัญญาณที่ทำการพิจารณานี้สมมติว่าเป็นช่องสัญญาณในอุดมคติกล่าวคือ ไม่มีความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูล

4. ภายในโครงข่ายไร้สายที่ทำการพิจารณาสมมุติว่าปริมาณทราฟฟิกที่เกิดมีค่าคงที่ตลอดช่วงเวลาที่พิจารณาคือไม่มีการเพิ่มหรือลดจำนวนของผู้ใช้ในขณะซิมูเลชัน และไม่คำนึงถึงผลของการเกิดแฮนด์โอเวอร์

5. สมรรถนะของระบบจะทำการพิจารณาจากพารามิเตอร์ต่างๆ 7 ตัวในสภาวะของทราฟฟิกที่แตกต่างกัน ซึ่งพารามิเตอร์สามตัวแรกอันประกอบด้วยค่าวิสัยสามารถ เวลาประวิงเฉลี่ยต่อแพ็กเกตและค่าความน่าจะเป็นของการดร็อปแพ็กเกตนั้นจะแสดงถึงคุณภาพของการบริการที่ผู้ใช้ได้รับโดยตรง ส่วนค่าที่เหลือนั้นจะเป็นค่าที่แสดงถึงการทำงานของระบบซึ่งโดยปรกติไม่ถูกใช้สำหรับวัดคุณภาพของการบริการแต่จะมีประโยชน์อย่างมากสำหรับการทดสอบที่ผลการทำงานค่อนข้างใกล้เคียงกัน เพราะการทำงานที่ใกล้เคียงกันอาจไม่แสดงความแตกต่างของสมรรถนะได้ในขณะที่ค่าเกี่ยวกับการทำงานนั้นสามารถแสดงความแตกต่างที่เกิดขึ้นไม่มากนี้ได้ นอกจากที่กล่าวข้างต้นคุณภาพของการบริการที่สำคัญต่อระบบอีกตัวคือเสถียรภาพของระบบ ซึ่งเสถียรภาพที่พิจารณาจะหมายถึงคุณภาพของการบริการที่ผู้ใช้ได้รับและค่าวิสัยสามารถของระบบที่ค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงแม้ที่ในสภาวะทราฟฟิกสูง การเปลี่ยนแปลงค่าของทราฟฟิกนั้นจะเปลี่ยนแปลงจำนวนของผู้รับบริการที่มี ซึ่งบริการที่รองรับอาจจะมีเพียงประเภทเดียวหรือหลายประเภทขึ้นกับการทดสอบที่ทำการพิจารณา ค่าของพารามิเตอร์ทั้งเจ็ดที่ใช้ในการพิจารณาสมรรถนะการทำงานของระบบนั้นจะประกอบด้วย

8.1 การใช้ประโยชน์ช่องสัญญาณ (Channel Utilization): หรือค่าวิสัยสามารถ (Throughput) : เป็นค่าของอัตราส่วนระหว่างช่องสัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูลต่อจำนวนของช่องสัญญาณทั้งหมดที่มี โดยในการคำนวณนั้นจะไม่มีการลบช่อง

สัญญาณร้องขอที่มีลักษณะเป็นโอเวอร์เฮดออกจากจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมด เพื่อแสดงถึงสมรรถนะการเข้าถึงตัวกลางได้ชัดเจนขึ้น

8.2 ความน่าจะเป็นของการดร็อปแพ็กเกต (Packet dropping probability): เป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนของแพ็กเกตข้อมูลที่ถูกละทิ้งต่อจำนวนของแพ็กเกตข้อมูลทั้งหมดที่พิจารณา

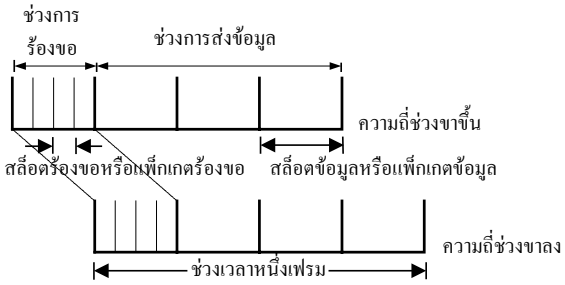
8.3 เวลาประวิงเฉลี่ยต่อแพ็กเกต (Delay per packet): เป็นเวลาเฉลี่ยที่แพ็กเกตข้อมูลแต่ละอันต้องรอก่อนที่จะได้รับการบริการ

8.4 อัตราการสำเร็จ (Success Rate) และอัตราการชน (Collision Rate) ที่เกิดขึ้นในช่วงร้องขอ: แสดงถึงจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในช่องสัญญาณร้องขอ โดยอัตราการสำเร็จคืออัตราส่วนระหว่างจำนวนครั้งที่ผู้ใช้ร้องขอสำเร็จทั้งหมดต่อจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่มี ส่วนอัตราการชนคือจำนวนการชนทั้งหมดที่เกิดขึ้นต่อค่าจำนวนช่องสัญญาณร้องขอ ซึ่งเมื่อนำค่าอัตราการสำเร็จ อัตราการชนและอัตราการว่างช่องสัญญาณร้องขอมารวมกันจะมีค่าเท่ากับหนึ่ง โดยค่าที่พิจารณานี้จะแสดงการทำงานภายในระบบที่เกิดจากผู้ใช้ทั้งหมดและสมรรถนะในการใช้ช่องสัญญาณร้องขอที่มี

8.5 จำนวนการร้องขอที่เกิดขึ้น (Request Number): เป็นจำนวนการร้องขอทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในระบบจากผู้ใช้บริการทุกครั้งภายในช่วงเวลาการซิมูเลชันหนึ่งที่พิจารณา

8.6 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถ (Request per Throughput): เป็นค่าที่เสถียรภาพของระบบและคุณภาพของการบริการที่ได้รับ กล่าวคือในระบบปรกติ เช่น TDMA หรือ Bit-map โพรโทคอลอาจจะมองได้ว่าค่านี้เท่ากับหนึ่ง (การเข้าถึงตัวกลางหนึ่งครั้งต่อการร้องขอหนึ่งครั้ง) ดังนั้นถ้าค่านี้มีค่าต่ำกว่าหนึ่งหมายถึงผู้ใช้บริการสามารถร้องขอหนึ่งครั้งต่อการส่งข้อมูลหลายแพ็กเกตได้ แต่ถ้าค่านี้มีค่าสูงกว่าหนึ่งจะหมายถึงเสถียรภาพที่ลดลง และถ้าเพิ่มมากถึงค่าหนึ่งซึ่งไม่แน่นอนขึ้นกับการทำงานของระบบจะทำให้ระบบขาดเสถียรภาพได้

8.7 เปอร์เซ็นต์การเข้าถึงตัวกลางร้องขอ (Access Slot Utilization): เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่ถูกใช้ซึ่งอาจจะเกิดการชน การสำเร็จหรือการว่าง ต่อจำนวนช่องสัญญาณร้องขอทั้งหมดที่มีภายในระบบ ค่าดังกล่าวนี้จะแสดงถึงความคุ้มค่าหรือจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่เหมาะสมที่ควรมีภายในระบบ



รูปที่ 3.3 โครงสร้างทางเวลาของโพรโทคอลการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

3.6 ปัจจัยสำคัญในการออกแบบและพัฒนาเทคนิคการทำงานของระบบ

เพื่อให้ระบบที่ทำการออกแบบมีสมรรถนะการทำงานที่ดีและสามารถรองรับลักษณะของทราฟฟิกประเภทต่างๆ ได้ตามคุณภาพของการบริการที่ต้องการ นั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญสามประการอันประกอบด้วย 1. ประเภทของบริการและปริมาณของโหลดที่ต้องการรองรับ 2. การทำงานของระบบที่พิจารณา และ 3. ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ภายในระบบ ปัจจัยประการแรกของระบบนั้นเป็นตัวกำหนดจุดประสงค์หรือความต้องการของระบบที่ออกแบบ ส่วนปัจจัยที่เหลืออีกสองประการนั้นจะเป็นการออกแบบเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ดังที่ต้องการตามจุดประสงค์ในส่วนที่หนึ่ง โดยก่อนที่จะสามารถออกแบบหรือบอกแนวโน้มที่สำคัญของระบบได้นั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการศึกษาผลของแต่ละเทคนิคการทำงานอย่างละเอียด แนวทางการออกแบบระบบที่กล่าวถึงนี้จะเป็นการทำงานของระบบพื้นฐานที่ใช้ในการทดสอบผลของเทคนิคต่างๆ ทั้งหมดภายในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ดังรายละเอียดคือ

3.6.1 ลักษณะและความต้องการของการบริการที่รองรับ

การกำหนดบริการและคุณภาพของการบริการที่ระบบต้องทำการรองรับนั้นเสมือนกับการกำหนดวัตถุประสงค์ของระบบ ซึ่งเป็นสิ่งแรกที่ต้องพิจารณาถึงในการออกแบบ โดยบริการที่พิจารณาในบทนี้ประกอบด้วย 3 บริการหลัก คือ บริการเสียง บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์และบริการวิดีโอ ลักษณะทราฟฟิกและคุณภาพของการบริการที่ต้องการสำหรับบริการทั้งสามจะมีลักษณะดังที่อธิบายในบทที่ 2 โดยจะมีค่าของตัวแปรต่างๆ ดังนี้ บริการเสียงโดยปรกติจะมีอัตราส่วนระหว่างช่วงพูดต่อช่วงเงียบเท่ากับ 1 ต่อ 1.35 และมีอัตราการเข้ารหัสแบบ PCM ที่ 32 กิโลบิตต่อวินาทีซึ่งเป็นแบบจำลองลักษณะการพูดของคนโดยทั่วไป ในการทดสอบอาจจะมีการแปรค่าต่างๆ เหล่านี้เพื่อแสดงถึงผลที่เกิดในหลายๆ ด้าน คุณภาพของการบริการที่ต้องการนั้นบริการเสียงสามารถทนทานต่ออัตราความผิดพลาดได้แต่ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่สามารถทนทานต่อเวลาประวิงได้ ซึ่งโดยปรกติกำหนดให้เท่ากับ 32 มิลลิวินาที แพ็กเกตข้อมูลเสียงใดๆ ที่มีเวลาประวิงมากกว่านี้จะถูกละทิ้งไปทั้งจากสถานีฐานและผู้ใช้บริการ บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์เป็นบริการที่สามารถทนทานต่อเวลาประวิงได้แต่ไม่สามารถทนทานต่อความผิดพลาดเพราะความผิดพลาดเพียงเล็กน้อย

อาจทำให้ข้อมูลที่ส่งทั้งหมดใช้งานไม่ได้เลย ทั้งนี้เวลาประวิงที่ทนได้บางระบบอาจจะรับประกันคุณภาพของบริการให้ไม่เกินค่าหนึ่ง ระบบที่ทดสอบจะไม่คำนึงถึงผลในข้อนี้ สำหรับลักษณะของทราฟฟิกข้อมูลคอมพิวเตอร์นั้นจะประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ หลายปัจจัยคือ ขนาดของความยาวข้อมูลโดยเฉลี่ยซึ่งในการทดสอบจะกำหนดความยาวไว้หลายขนาด โดยปรกติคือ 1, 2, 5, 10, 20 และ 100 แพ็กเกต สำหรับอัตราข้อมูลของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์นั้นจะมีสี่อัตราเร็วคือ 2.4, 5.76 และ 9.6 กิโลบิตต่อวินาที ซึ่งค่าของตัวแปรที่ใช้ประกอบด้วยข้อมูลหลายลักษณะเพราะลักษณะของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์นั้นสามารถเป็นได้ทั้งบริการแบบก้อนหรือแบบต่อเนื่องได้ตามลักษณะการทำงานของผู้ใช้บริการ บริการสุดท้ายคือวิดีโอซึ่งเป็นบริการที่สามารถทนทานต่อความผิดพลาดได้เช่นเดียวกับบริการเสียงเพราะผู้รับข้อมูลสุดท้ายคือคนที่ไม่สามารถแบ่งแยกความผิดพลาดที่เกิดไม่มากได้ ซึ่งความผิดพลาดสูงสุดที่ยอมรับได้มีค่าไม่เกิน 0.01 เปอร์เซ็นต์ และเวลาประวิงสูงสุดก่อนที่ข้อมูลวิดีโอจะถูกละทิ้งเท่ากับ 50 มิลลิวินาที สำหรับค่าของตัวแปรที่ใช้นั้นจากบทที่ 2 เราทราบแล้วว่าแบบจำลอง Auto-Regressive ของบริการวิดีโอนั้นจะมีค่าพารามิเตอร์เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของภาพและงานที่พิจารณา กล่าวคือถ้าวิดีโอที่ส่งมีการเคลื่อนไหวมากเช่นคนกำลังวิ่ง อัตราข้อมูลที่เกิดก็จะมากกว่าภาพคนกำลังพูดที่มีการเคลื่อนไหวต่ำ สำหรับในแง่ของงานที่ใช้นั้นถ้าเป็นการส่งข้อมูลทั่วๆ ไปเช่นโทรศัพท์ภาพความละเอียดที่ใช้จะไม่สูงเท่ากับการรับชมภาพยนตร์ เป็นต้น ซึ่งค่าของตัวแปรในแบบจำลอง Auto-Regressive ที่ใช้นี้ได้จากการจำลองภาพคนกำลังสนทนา [14] ทำให้มีอัตราข้อมูลที่ไม่สูงนัก คือค่าพารามิเตอร์ a เท่ากับ 0.8781, b เท่ากับ 0.1108 และค่าเฉลี่ยของการแจกแจงแบบเกาเซียนเท่ากับ 0.572 สำหรับอัตราความละเอียดที่เลือกใช้จะมีค่าไม่สูงนักคือ กว้างและยาวเท่ากับ 20*20 30*30 และ 40*40 พิกเซล ที่อัตราภาพเท่ากับ 20 25 30 40 และ 50 ภาพต่อวินาที

3.6.2 การทำงานของระบบ

การทำงานของระบบหรือโพรโทคอลที่ออกแบบนั้นจะต้องมีความเหมาะสมกับลักษณะของทราฟฟิกหรือบริการที่ต้องการรองรับในข้างต้น จากที่ได้กล่าวในข้างต้นว่าระบบการออกแบบที่พิจารณานี้จะเป็นโพรโทคอลพื้นฐาน ซึ่งจะถูกนำไปใช้พัฒนาและศึกษาผลการทำงานด้วยเทคนิคต่างๆ ต่อไป รายละเอียดของโพรโทคอลผสมแบบไฮบริดที่เป็นพื้นฐานคือมีเฉพาะการทำงานในส่วนที่เป็นแบบผสมคือมีการแข่งขันและไม่มีการแข่งขันเท่านั้นจะมีรายละเอียดการทำงานดังในหัวข้อที่ 3.4

โพรโทคอลแบบไฮบริดพื้นฐานนี้แม้จะขาดความเหมาะสมสำหรับบริการที่กล่าวในข้างต้นและยังมีสมรรถนะที่ต่ำ แต่เนื่องจากเป็นระบบพื้นฐานจึงง่ายในการปรับปรุงหรือใช้ในการศึกษาดังผลการทดสอบในบทที่ 4, 5, 6 และ 7 จากนั้นเมื่อทราบผลของเทคนิคที่เกิดขึ้นแล้วการนำ

เทคนิคต่างๆ เหล่านั้นเข้ามาใช้ในการออกแบบระบบตามจุดประสงค์ที่ต้องการจึงเป็นสิ่งที่สามารถกระทำได้

3.6.3 ตัวแปรของระบบ

สิ่งที่ต้องพิจารณาประการถัดมาคือค่าพารามิเตอร์การทำงานต่างๆ ของระบบซึ่งมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าการทำงานของโพรโทคอลที่ออกแบบกล่าวคือ ปัจจัยทั้งสองส่วนที่กล่าวนี้ต้องสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างเหมาะสมเพราะระบบที่มีพื้นฐานการทำงานดีเพียงใดหากค่าต่างๆ ที่ใช้ไม่เหมาะสมแล้วสมรรถนะที่ได้ย่อมมีค่าที่ต่ำ ในทางกลับกันระบบมีพื้นฐานการทำงานไม่ดีแต่การกำหนดค่าต่างๆ ภายในระบบเป็นไปอย่างดี ย่อมสามารถทำงานได้แต่ก็ยังคงไม่ทำให้ได้รับประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่ได้สูงสุด ดังนั้นในส่วนนี้จะเป็นการนำเสนอแนวทางการออกแบบค่าต่างๆ ภายในระบบที่มีการทำงานอยู่บนพื้นฐานของหัวข้อที่ 3.4 ตัวแปรของระบบที่ทำการพิจารณาทั้งหมดประกอบด้วย อัตราข้อมูล ขนาดของแพ็กเกตการร้องขอ ขนาดของแพ็กเกตข้อมูล จำนวนแพ็กเกตการร้องขอ จำนวนแพ็กเกตข้อมูล ขนาดของเฟรมข้อมูลและค่าความน่าจะเป็นในการเข้าถึงตัวกลาง ซึ่งรายละเอียดทั้งหมดจะทำการพิจารณาดังนี้

อัตราเร็วข้อมูล : การกำหนดค่าของอัตราข้อมูลนั้นจะต้องคำนึงถึงจุดประสงค์ว่าต้องการออกแบบระบบเพื่อรองรับปริมาณทราฟฟิกที่มีลักษณะเช่นไรและมีจำนวนเท่าไร วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เลือกทดสอบระบบบนพื้นฐานการทำงานของ Wireless ATM ที่มีอัตราข้อมูลเท่ากับ 792 กิโลบิตต่อวินาที [18] โดยที่ระดับความเร็วนี้ระบบสามารถรองรับบริการทั้งหมดได้เพราะบริการที่มีอัตราข้อมูลเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 23.3962 กิโลบิตต่อวินาที และบริการที่มีอัตราข้อมูลแบบเบิร์สต์สูงสุดมีค่าเท่ากับ 32 กิโลบิตต่อวินาที ที่จำนวนของผู้ใช้บริการระหว่าง 10-120 คนขึ้นกับประเภทและลักษณะของการบริการ

ขนาดแพ็กเกตข้อมูล : กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 288 บิต โดยจะประกอบด้วยขนาดของข้อมูล 128 บิต ซึ่งมีขนาดเป็นหนึ่งในสามของ ATM เซลล์เพราะการใช้ขนาดของข้อมูลที่มีขนาดใหญ่จะทำให้สมรรถนะการเข้าถึงตัวกลางของระบบลดลง เนื่องจากระบบที่ออกแบบผู้ใช้บริการสามารถร้องขอช่องสัญญาณได้เฟรมละหนึ่งครั้งเท่านั้นดังนั้นขนาดของเฟรมที่ยาวจะทำให้เวลาประวิงที่เกิดขึ้นจากการร้องขอมีค่าสูง จากนั้นเพื่อเป็นการป้องกันความผิดพลาดในกรณีที่มีการนำระบบที่พัฒนาไปใช้ในระบบที่มีความผิดพลาดจึงทำการเข้ารหัสข้อมูลแบบ CRC(31,16)[19] ทำให้ข้อมูลขนาด 128 บิตมีขนาดใหญ่ขึ้นเท่ากับ 248 บิต จากนั้นทำการเพิ่มโอเวอร์เฮดที่เกิดขึ้นในส่วนต่างๆ คือ โอเวอร์เฮดของการบ่งชี้ผู้ใช้ (ID) 8 บิต, โอเวอร์เฮดการบ่งชี้บริการ 3 บิต, โอเวอร์เฮดของจำนวนข้อมูล 8 บิตและโอเวอร์เฮดจากชั้นกายภาพ 23 บิตและจำนวนข้อมูลสำหรับบริการในอนาคตอีก 6 บิต ยกตัวอย่างเช่นการใช้เทคนิค PGBK เป็นต้น

ขนาดแพ็กเกตการร้องขอ : การกำหนดจำนวนข้อมูลในส่วนนี้จะต้องคำนึงถึงจำนวนของผู้ใช้บริการสูงสุดที่ต้องการให้ระบบรองรับ จำนวนประเภทของการบริการและการทำงานของระบบ ในระบบที่ออกแบบนี้กำหนดให้มีขนาดเท่ากับหนึ่งในสิบหกของขนาดแพ็กเกตข้อมูลคือ 18 บิต การที่กำหนดให้มีขนาดดังนี้เพื่อให้ขนาดของเฟรมมีค่าเท่ากับคาบการกำเนิดของบริการเสียง ขนาดของแพ็กเกตการร้องขอนี้โดยปรกติต้องพยายามกำหนดให้มีขนาดเล็กที่สุดเพราะข้อมูลในส่วนนี้เปรียบเสมือนโอเวอร์เฮดที่ไม่ได้ใช้ในการส่งข้อมูล ดังนั้นการกำหนดค่าในส่วนต่างๆ จะคัดเลือกเฉพาะข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการร้องขอบริการเท่านั้นและจะไม่มีการเข้ารหัสเพื่อความถูกต้องแบบแพ็กเกตข้อมูล ข้อมูลในส่วนนี้ประกอบด้วยส่วนต่างๆ 3 ส่วนคือ ส่วนการบ่งชี้ผู้ใช้ (ID) 8 บิต ส่วนการบ่งชี้บริการ 3 บิตและส่วนสำหรับเทคนิคต่างๆ 7 บิต ยกตัวอย่างเช่น เทคนิคการส่งแบบหลายแพ็ก เกตจะต้องใช้ข้อมูลการร้องขอส่วนหนึ่งเพื่อบอกจำนวนแพ็กเกตที่ต้องการส่งในขณะนั้นๆ เป็นต้น

ขนาดของเฟรม : ขนาดของเฟรมจะกำหนดให้มีขนาดเท่ากับ 4 (128บิต/32กิโลบิตต่อวินาที) มิลลิวินาที ความกว้างของแต่ละเฟรมจะเท่ากับช่วงเวลาการเกิดข้อมูลเสียงพอดีเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณรายคาบของบริการเสียง และยังเป็นจำนวนเท่าของอัตราเฟรมภาพของบริการวิดีโอที่พิจารณา ดังนั้นภายในหนึ่งเฟรมจะมีจำนวนข้อมูลเท่ากับ 3168 บิตหรือ 11 แพ็กเกตข้อมูล จากนั้นจะทำการแบ่งแพ็กเกตทั้งหมดออกเป็นสองส่วนคือแพ็กเกตข้อมูลและแพ็กเกตร้องขอ

จำนวนแพ็กเกตข้อมูลในหนึ่งเฟรม : มีจำนวนเท่ากับ 10 แพ็กเกต

จำนวนแพ็กเกตร้องขอในหนึ่งเฟรม : มีจำนวนเท่ากับ 16 แพ็กเกตหรือคิดเป็น 1 แพ็กเกตข้อมูล การกำหนดจำนวนแพ็กเกตร้องขอนี้จะขึ้นกับเทคนิคในการส่งข้อมูลและปริมาณของทราฟฟิกเป็นสำคัญ ยกตัวอย่างการทำงานของระบบพื้นฐานในหัวข้อที่ 3.4 เห็นได้ว่าผู้ใช้สามารถส่งข้อมูลได้เพียงเฟรมละหนึ่งแพ็กเกต ดังนั้นจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่ดีควรจะมีขนาดมากกว่าจำนวนแพ็กเกตข้อมูลเพื่อให้ระบบมีโอกาสใช้ช่องสัญญาณได้เต็มสมรรถนะ แต่ไม่ใช่ว่าระบบที่อนุญาตให้ผู้ใช้สามารถส่งข้อมูลได้มากกว่าหนึ่งแพ็กเกตภายในหนึ่งเฟรมควรจะมีจำนวนแพ็กเกตร้องขอน้อยกว่าแพ็กเกตข้อมูลเพราะยังขึ้นกับปริมาณของทราฟฟิกโดยรวมและจำนวนผู้ใช้บริการ กล่าวคือถ้าปริมาณโหลดรวมมีค่าสูงจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอควรจะมีจำนวนมากด้วย แต่ในกรณีที่ผลรวมของโหลดมีค่าคงที่ค่าหนึ่งนั้นระบบที่มีจำนวนผู้ใช้บริการมากแต่อัตราข้อมูลมีค่าต่ำควรมีจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอมากกว่าในกรณีที่จำนวนผู้ใช้บริการน้อยแต่ทราฟฟิกของแต่ละคนสูง จำนวนของช่องสัญญาณร้องขอที่เหมะสมในแต่ละกรณีอาจไม่เป็นเช่นนี้เสมอไปเพราะมีปัจจัยของเทคนิคอื่นๆ นอกจากลักษณะของทราฟฟิกที่รองรับเช่น การกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการเข้าถึงตัวกลาง เป็นต้น

ค่าความน่าจะเป็นในการเข้าถึงตัวกลาง : ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมนี้จะขึ้นกับสองปัจจัยคือ

1. จำนวนของแพ็กเกตร้องขอ คือ ถ้าช่องสัญญาณร้องขอมีเป็นจำนวนมากค่าความน่าจะเป็นที่ใช้ควรจะมีค่าต่ำเพื่อหลีกเลี่ยงการชนของข้อมูล แต่ในกรณีที่ช่องสัญญาณร้องขอน้อยค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมอาจจะสูงหรือต่ำได้ ขึ้นกับปริมาณโหลดที่มีในขณะนั้น

2. ปริมาณทราฟฟิก ถ้ามีค่าต่ำค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางควรมีค่าสูงเพื่อให้ผู้ใช้ร้องขอช่องสัญญาณได้เร็ว แต่ถ้าปริมาณทราฟฟิกสูงค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่เหมาะสมควรมีค่าต่ำเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการชน แต่ทั้งนี้ต้องเหมาะสมกับจำนวนแพ็กเกตร้องขอด้วย

ตารางที่ 3.1 *ตัวแปรการจำลองระบบในสภาวะปรกติ*

Simulation Parameter	**Value**
Simulation Time	1000 (sec)
1. System rate	792 (kbps)
2. Size of request slot	18 (bits)
3. Size of data slot	288 (bits)
4. Number of data slots per frame	10 (slots)
5. Number of request slots per frame	16 (slots)
Voice user	
1. Voice rate (PCM)	32 (kbps)
2. Mean Talkspurst	1 (sec)
3. Mean Silent	1.35 (sec)
4. Access probability	0.2
Data User	
1. Data Rate	9.6 (kbps)
2. Burst size	Variable (packets per message)
3. Access probability	0.055
VDO User	
1. Frame Size	30×30 (Pixels)
2. Frame Rate	25 (FPS)
3. a Parameter: b Parameter	0.8781:0.1108

หมายเหตุ การทดสอบผลด้วยเทคนิคคอมพิวเตอร์ซิมูเลชันจะกระทำเป็นจำนวน 3 รอบแล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย และระบบที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมดจะใช้ตัวแปรดังตารางถ้าไม่กำหนดเป็นแบบอื่น

บทที่ 4

เทคนิคการลดจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณ

4.1 กล่าวนำ

บทนี้กล่าวถึงผลของเทคนิคการลดจำนวนการร้องขอของผู้ใช้บริการที่นำเสนอในบทที่ 3 เพื่อแสดงให้เห็นถึงลักษณะการทำงานและสมรรถนะที่เพิ่มขึ้นของแต่ละเทคนิค นอกจากนี้ประเด็นการศึกษาในส่วนนี้ยังรวมถึงผลที่เกิดขึ้นระหว่างการรวมเทคนิคแต่ละประเภทเข้าด้วยกันเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป การทดสอบระบบในบทนี้จะเป็นการนำเทคนิคต่างๆ ที่นำเสนอมาทำงานร่วมกับระบบที่มีการทำงานแบบไฮบริดพื้นฐานที่มีรายละเอียดการทำงานดังที่กล่าวในหัวข้อ 3.4 ซึ่งจะมีค่าของตัวแปรที่ใช้ดังที่อธิบายในหัวข้อ 3.5 สำหรับรูปแบบของการบริการที่ใช้ในการทดสอบมี 3 ประเภทประกอบด้วย บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ บริการเสียงและบริการวิดีโอ

เนื้อหาของบทนี้ในส่วนที่สองจะทำการกล่าวถึงขั้นตอนการทำงานของเทคนิคการลดจำนวนการร้องขอที่นำเสนอแต่ละประเภท จากนั้นจะเป็นผลที่ได้จากการทดสอบและผลวิเคราะห์การทำงานของระบบ ผลที่จะทำการศึกษานั้นแบ่งออกเป็นสามส่วนคือ 1.ผลการทำงานบนระบบไฮบริดพื้นฐาน 2.ผลการทำงานจากเทคนิคที่ขึ้นกับบริการและไม่ขึ้นกับบริการ 3.ผลการทำงานจากเทคนิคแบบผสมระหว่างเทคนิคที่ขึ้นกับบริการและไม่ขึ้นกับบริการ สำหรับบริการแต่ละประเภทคือ บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ บริการเสียงและบริการวิดีโอตามลำดับ

4.2 รายละเอียดการทำงานของเทคนิคลดจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณ

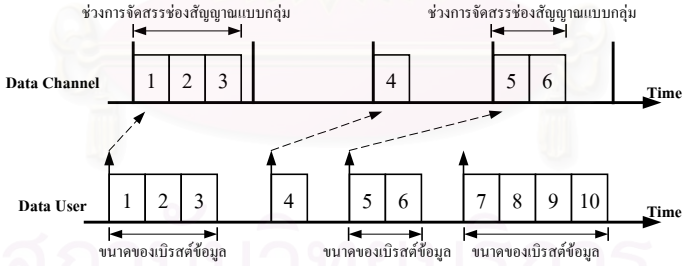
ส่วนนี้อธิบายถึงรูปแบบการทำงานของเทคนิคทั้งหมดที่นำเสนอในบทที่ 3 แต่ในการทดสอบระบบนั้นจะกระทำโดยนำเทคนิคต่างๆ เหล่านี้มาใช้ร่วมกับแบบจำลองที่นำเสนอในหัวข้อ 3.5 และ 3.6 เทคนิคที่นำเสนอสามารถแยกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

1.เทคนิคที่ขึ้นกับประเภทของการบริการ : ประกอบด้วยเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มสำหรับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบสำหรับบริการเสียงและเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและรายคาบสำหรับบริการวิดีโอ

2. และเทคนิคที่ไม่ขึ้นกับประเภทของการบริการ : ประกอบด้วยเทคนิคพิกกีแบ็กกิงบิต (PGBK) และเทคนิคคิว

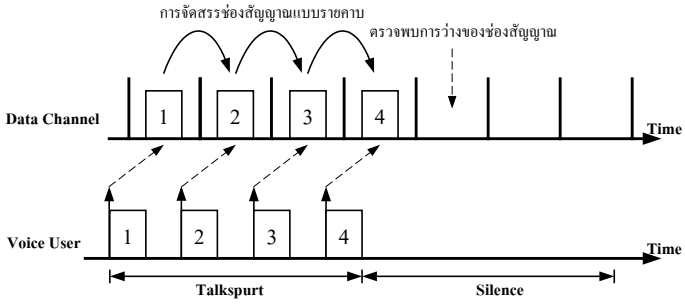
เทคนิคทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันที่เทคนิคตามประเภทของบริการนั้นจะเป็นเทคนิคที่ออกแบบมาตามลักษณะการกำเนิดของทราฟฟิกนั้นๆ จึงเหมาะสมกับทราฟฟิกประเภทนั้นๆ โดยเฉพาะกล่าวคือเทคนิคที่ออกแบบมาสำหรับบริการประเภทหนึ่งจะไม่สามารถนำไปใช้กับบริการอีกประเภทได้หรือถ้าได้ก็ไม่ทำให้สมรรถนะเพิ่มขึ้น ในขณะที่เทคนิคไม่ขึ้นกับการบริการนั้นจะเป็นเทคนิคการทำงานโดยทั่วๆ ไปคือสามารถใช้ได้กับบริการทุกประเภทและผลสมรรถนะที่ได้สำหรับบริการประเภทต่างๆ จะมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งลักษณะการทำงานของเทคนิคทั้งหมดจะมีรายละเอียดดังนี้คือ

1. เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม (Multiple Packet Assignment): การทำงานของเทคนิคนี้ออกแบบสำหรับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะเป็นเบิรสต์โดยระบบจะอนุญาตให้ผู้ใช้บริการสามารถส่งข้อมูลได้มากกว่าหนึ่งแพ็กเกตภายในหนึ่งเฟรม สำหรับในกรณีที่จำนวนข้อมูลที่ต้องการส่งไม่สามารถส่งได้หมดภายในหนึ่งเฟรมระบบจะทำการจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่ผู้ใช้โดยผู้รับบริการไม่ต้องทำการร้องขอใหม่ และการจัดสรรที่เกิดนี้จะเป็นไปจนกระทั่งครบตามจำนวนแพ็กเกตที่ร้องขอ เทคนิคนี้จะสามารถทำงานได้ต้องอาศัยจำนวนข้อมูลบางส่วนของแพ็กเกตร้องขอเพื่อแจ้งจำนวนข้อมูลที่ต้องการส่งแก่สถานีฐานโดยจำนวนของข้อมูลที่ใช้จะขึ้นกับการออกแบบว่าต้องการรองรับทราฟฟิกที่มีลักษณะอย่างไร กล่าวคือถ้าทราฟฟิกที่รองรับมีจำนวนแพ็กเกตข้อมูลเฉลี่ยเท่ากับ 16 แพ็กเกตต่อข้อความ จำนวนข้อมูลที่ใช้ควรจะมีค่าประมาณ 5 บิตเพราะความยาว 16 แพ็กเกตเป็นเพียงค่าเฉลี่ยซึ่งข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละครั้งอาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าค่านี้ได้ ดังตัวอย่างการทำงานในรูปที่ 4.1



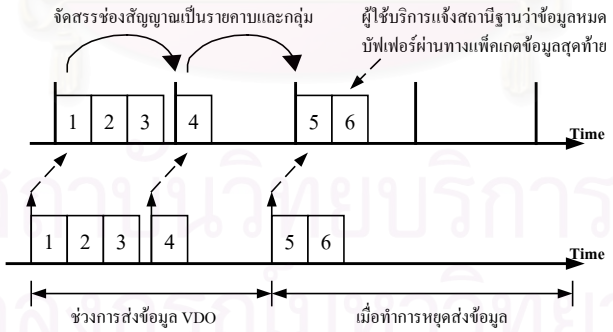
รูปที่ 4.1 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม

2. เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ (Periodic Assignment): การทำงานของเทคนิคนี้ออกแบบขึ้นสำหรับบริการเสียงที่มีลักษณะการกำเนิดเป็นรายคาบ โดยผู้ใช้บริการเสียงจะทำการร้องขอช่องสัญญาณเพียงครั้งแรกของช่วงการสนทนาจากนั้นสถานีฐานจะจัดสรรช่องสัญญาณให้จนกว่าจะหมดช่วงการสนทนา ซึ่งสถานีฐานจะตรวจจับการสิ้นสุดช่วงสนทนาจากการว่างของช่องสัญญาณข้อมูลที่จองให้แก่ผู้รับบริการ ดังตัวอย่างการทำงานของเทคนิคจัดสรรช่องสัญญาณรายคาบในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ

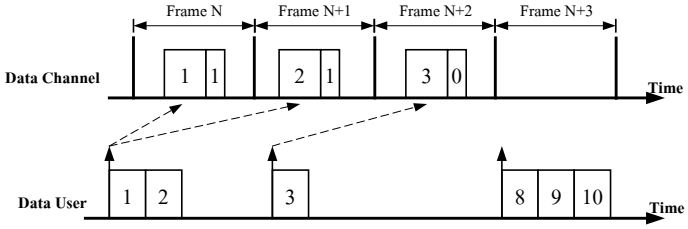
3. เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและกลุ่ม (Periodic and Multiple Assignement): เทคนิคนี้ออกแบบขึ้นตามลักษณะการกำเนิดของทราฟฟิกวิดีโอซึ่งมีลักษณะเป็นแบบรายคาบและเบิรสต์ผสมกัน การจัดสรรช่องสัญญาณของระบบนี้มีลักษณะเป็นแบบรายคาบตามอัตราเร็วของภาพวิดีโอที่ใช้ ยกตัวอย่างในระบบที่ออกแบบนี้สัญญาณวิดีโอมีอัตราเร็วที่ 25 ภาพต่อวินาที ดังนั้นระบบจะทำการจัดสรรช่องสัญญาณให้ทุกๆ 40 มิลลิวินาทีหรือเท่ากับ 10 เฟรม (เฟรมละ 4 มิลลิวินาที) ซึ่งในการจัดสรรช่องสัญญาณในแต่ละครั้งนั้นผู้ใช้บริการสามารถส่งข้อมูลได้มากกว่าหนึ่งแพ็กเกตภายในหนึ่งเฟรมเช่นเดียวกับเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มของบริการข้อมูล ซึ่งการจัดสรรช่องสัญญาณแบบผสมนี้จะสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ต้องอาศัยข้อมูลบางส่วนในแพ็กเกตข้อมูลเพื่อแจ้งจำนวนของแพ็กเกตที่ต้องการส่งหรือความต้องการในการหยุดส่งสำหรับการจัดสรรช่องสัญญาณแต่ละรอบ ระบบที่ออกแบบข้างต้นบริการวิดีโอจะอาศัยข้อมูลจำนวนจำนวน 6 บิตที่เผื่อไว้สำหรับบริการในอนาคตของแพ็กเกตข้อมูลแก่สถานีฐาน ดังตัวอย่างการทำงานในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและกลุ่ม

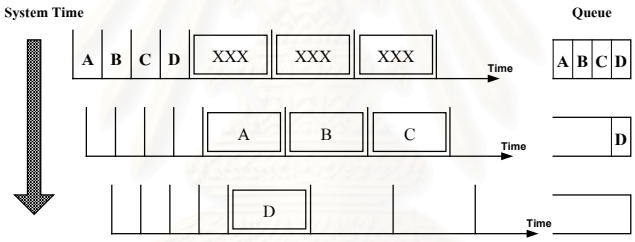
4. เทคนิคของพิกกีแบ็กกิงบิต (PGBK): เป็นเทคนิคที่ใช้ในการจองช่องสัญญาณผ่านช่องสัญญาณส่วนตัวหรือพิกกีแบ็กกิงบิต โดยในทุกๆ แพ็กเกตของข้อมูลที่ส่งออกไปจะมีบิตพิเศษที่เรียกว่าพิกกีแบ็กกิงบิตสำหรับบ่งชี้ว่าผู้ใช้บริการยังมีข้อมูลที่ต้องการส่งอีกรึไม่ ถ้ามีสถานีฐานก็จะทำการจองช่องสัญญาณในเฟรมถัดๆ ไปให้โดยผู้รับบริการไม่ต้องทำการร้องขอช่องสัญญาณผ่านช่วงที่มีการแข่งขัน ยกตัวอย่างการทำงานในรูปที่ 4.4 เป็นตัวอย่างการส่งข้อมูลโดยอาศัย PGBK ใน

กรณีที่ผู้ใช้ไม่มีความต้องการส่งข้อมูลจะกำหนดค่า PGBK เป็น 0 และถ้าต้องการส่งข้อมูลจะกำหนดเท่ากับ 1



รูปที่ 4.4 เทคนิค PGBK

5. เทคนิคคิว (Queue): ในระบบปกติผู้ใช้บริการที่ร้องขอช่องสัญญาณสำเร็จแต่ไม่ได้รับการบริการในเฟรมหนึ่งๆ จะต้องทำการร้องขอช่องสัญญาณใหม่ การร้องขอใหม่ที่เกิดขึ้นเป็นการร้องขอที่ซ้ำซ้อนกับการร้องขอก่อนหน้าที่ระบบสามารถป้องกันได้โดยอาศัยหน่วยเก็บข้อมูลที่สถานีฐานเพื่อเก็บรายละเอียดเกี่ยวกับการร้องขอทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากนั้นจึงนำมาจัดสรรช่องสัญญาณให้โดยผู้ใช้ที่ร้องขอสำเร็จจะไม่ต้องทำการร้องขอช่องสัญญาณใหม่จนกว่าจะได้รับการบริการ ดังตัวอย่างการทำงานในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 เทคนิคคิว

เทคนิคต่างๆ ที่นำเสนอข้างต้นนี้นอกจากจะนำมาทำงานร่วมกับระบบพื้นฐานในหัวข้อ 4.2 ด้วยตัวเองได้แล้ว ระบบยังสามารถนำเทคนิคมากกว่าหนึ่งประเภทในข้างต้นมาทำงานร่วมกันได้เพื่อให้เกิดระบบที่มีสมรรถนะในการทำงานสูงสุด

4.3 การทดสอบและวิเคราะห์ผลจากเทคนิคลดจำนวนการร้องขอที่นำเสนอ

ส่วนนี้เป็นการศึกษาถึงข้อดี ข้อเสียและลักษณะของระบบที่เปลี่ยนไปเมื่อนำเทคนิคต่างๆ มาประยุกต์ใช้ และเนื่องจากเทคนิคที่นำเสนอข้างต้นสามารถนำมาทำงานร่วมกันได้ดังนั้นเพื่อให้เห็นภาพการทำงานและผลที่เกิดจากแต่ละเทคนิคอย่างชัดเจนจะแบ่งการทดสอบในส่วนนี้ออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ

1. ทดสอบการทำงานของแบบจำลองพื้นฐานในหัวข้อที่ 3.5 และ 3.6 สำหรับบริการแต่ละประเภท

2. ทดสอบผลของเทคนิคที่ขึ้นกับบริการอันประกอบด้วย เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มผสมรายคาบสำหรับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ บริการเสียงและบริการวิดีโอตามลำดับ
3. ทดสอบผลของเทคนิคที่ไม่ขึ้นกับบริการอันประกอบด้วย เทคนิค PGBK เทคนิคคิวและเทคนิค PGBK เมื่อทำงานร่วมกับคิวสำหรับบริการทั้งสามประเภท
4. ทดสอบผลการทำงานร่วมกันของเทคนิคในหัวข้อที่ 2 และ 3 ซึ่งจะแบ่งออกได้เป็น 6 ประเภทคือ เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มทำงานร่วมกับเทคนิค PGBK เทคนิคคิวและเทคนิคผสมระหว่าง PGBK กับคิวสำหรับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบทำงานร่วมกับเทคนิค PGBK เทคนิคคิวและเทคนิคผสมระหว่าง PGBK กับคิวสำหรับบริการเสียง แต่สำหรับบริการวิดีโอนั้นจะไม่มีเทคนิคแบบผสมเพราะเทคนิคการจัดสรรแบบผสมระหว่างรายคาบและกลุ่มนั้นจะเป็นการควบคุมอย่างสมบูรณ์จากสถานีฐานจึงไม่พิจารณาการทำงานร่วมกันของเทคนิคทั้งสอง

<u>หมายเหตุ</u> การทดสอบผลกระทบของเทคนิคลดจำนวนการร้องขอนี้จะกระทำกับทราฟฟิกทีละประเภทและลำดับการจัดสรรช่องสัญญาณที่ใช้จะมีลักษณะดังนี้คือ ผู้ใช้ที่กำลังได้รับบริการ(Active User) ผู้ใช้ภายในคิว (Queue User) และผู้ใช้ที่ร้องขอสำเร็จใหม่ (New Access User) ตามลำดับ

ประเด็นการศึกษาของเทคนิคที่ใช้มีสองประเด็นคือ สมรรถนะการทำงานของระบบและผลที่เกิดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะของทราฟฟิกในสภาวะโหลดต่ำตลอดจนถึงในสภาพโอเวอร์โหลด โดยในการวิเคราะห์ผลนั้นจะไม่คำนึงถึงความต้องการของผู้ใช้ในการทำงานจริง ยกตัวอย่างกรณีการใช้งานข้อมูลคอมพิวเตอร์นั้นปกติจะมีการทำงานอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เมื่อค่าของเวลาประวิงไม่เกินที่กำหนดค่าหนึ่ง ซึ่งการทดสอบระบบที่ทำการออกแบบนี้จะไม่มีการกำหนดเงื่อนไขคุณภาพของการบริการกล่าวคือจะทำการซิมูเลชันและวิเคราะห์ผลที่เกิดในทุกช่วงของทราฟฟิกคือ ในสภาวะทราฟฟิกต่ำจนถึงสภาวะที่เกิดการโอเวอร์โหลดของระบบ เพื่อให้สามารถนำผลที่ได้ไปทำการออกแบบระบบที่มีลักษณะได้ตามต้องการ

สำหรับผลการทดสอบนั้นจะประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนที่แสดงถึงสมรรถนะของระบบและส่วนที่แสดงถึงการทำงานภายในของระบบ ซึ่งโดยปกติในการทดสอบค่าต่างๆ จะมุ่งประเด็นไปที่การศึกษาสมรรถนะของระบบเพียงอย่างเดียวแต่ในบางกรณีการปรับปรุงระบบอาจจะไม่ทำให้สมรรถนะที่ได้เพิ่มขึ้นหรือเพิ่มขึ้นน้อยมากจนยากที่จะสังเกต เนื่องจากข้อจำกัดต่างๆ เช่น การปรับปรุงในส่วนนั้นๆ อาจจะส่งผลในสภาวะโอเวอร์โหลดเท่านั้นจึงไม่สามารถทำให้สมรรถนะที่จุดนี้แตกต่างกันมากนัก แต่ผลที่เกิดในส่วนของการทำงานนั้นสามารถแสดงถึงความแตกต่างที่เกิดขึ้นได้และยังทำให้เกิดประเด็นใหม่ๆ ในการพิจารณาขึ้น โดยค่าที่แสดงถึงสมรรถนะ

ของระบบประกอบด้วย 3 ส่วนคือ เวลาประวิง ค่าวิสัยสามารถและโอกาสในการสูญเสียข้อมูล ส่วนค่าที่แสดงถึงการทำงานภายในระบบประกอบด้วย อัตราการสำเร็จ อัตราการชน จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถ

4.3.1 ผลของเทคนิคการเข้าใช้ช่องสัญญาณของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์

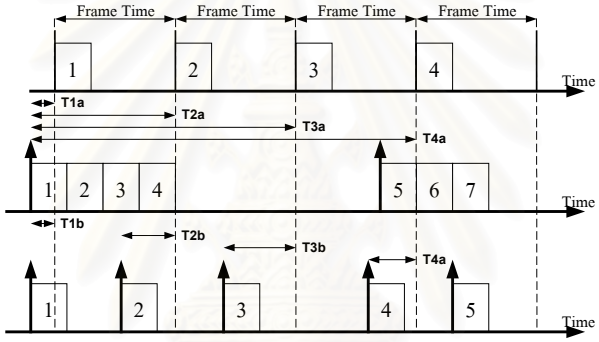
การศึกษาผลของเทคนิคที่ใช้กับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็นสี่หัวข้อที่สำคัญดังนี้ 1. ศึกษาธรรมชาติและลักษณะการทำงานของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ในระบบแบบไฮบริดพื้นฐาน 2. ศึกษาการทำงานของเทคนิคการจัดสรรแบบกลุ่มสำหรับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ 3. ศึกษาการทำงานของเทคนิคที่ไม่ขึ้นกับลักษณะการบริการอันประกอบด้วย เทคนิคของ PGBK เทคนิคของคิวและการทำงานร่วมกันระหว่างเทคนิคคิวกับเทคนิค PGBK 4. ศึกษาการทำงานร่วมกันระหว่างเทคนิคที่ขึ้นกับการบริการและไม่ขึ้นกับการบริการอันประกอบด้วย เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มเมื่อทำงานร่วมกับเทคนิค PGBK เทคนิคคิวและเทคนิคผสมระหว่าง PGBK กับคิว

4.3.1.1 การทำงานของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ในแบบจำลองการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดพื้นฐาน

จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าค่าวิสัยสามารถของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ในรูปที่ 4.8 (ก) จะมีแนวโน้มที่คล้ายกันในทุกขนาดความยาวแพ็กเกตกล่าวคือจะมีค่าที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณโหลดที่เพิ่มขึ้นแต่จะเพิ่มถึงจุดหนึ่งที่ระบบรองรับได้เท่านั้น จากนั้นการเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการจะทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบลดลง ในทำนองเดียวกันผลของเวลาประวิงในรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าในช่วงที่ระบบสามารถรองรับโหลดได้นั้นค่าเวลาประวิงที่เกิดจะค่อนข้างคงที่คือเพิ่มขึ้นไม่มากนัก แต่เมื่อโหลดเพิ่มถึงจุดหนึ่งที่ระบบไม่สามารถรองรับได้แล้วค่าเวลาประวิงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยปริมาณทราฟฟิกสูงสุดที่ระบบสามารถรองรับได้ในการทดสอบนี้เกิดจากการที่ระบบขาดเสถียรภาพที่สภาวะทราฟฟิกมากๆ มิใช่เกิดจากการใช้ช่องสัญญาณเต็มสมรรถนะของระบบเพราะอัตราข้อมูลสูงสุดที่ระบบสามารถรองรับได้เท่ากับ 320 กิโลบิตต่อวินาทีแต่ในการทดสอบนี้ระบบรองรับอัตราข้อมูลสูงสุดได้เพียง 190 กิโลบิตต่อวินาทีเท่านั้น การที่ระบบขาดเสถียรภาพเนื่องมาจากเกิดการชนกันของแพ็กเกตร้องขอเป็นจำนวนมากทำให้ผู้รับบริการไม่สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณข้อมูลได้ ดังจะเห็นได้จากผลของการชนและการร้องขอที่สำเร็จในรูป 4.8 (ข) ที่จุดสูงสุดที่ระบบรองรับได้นั้นการชนจะมีลักษณะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแต่จำนวนการสำเร็จที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนโหลดจะมีค่าลดลงหลังจากจุดนี้ โดยอัตราการร้องขอสำเร็จที่ลดลงในขณะที่จำนวนผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เสริมให้อัตราการชนมากขึ้นเพราะเมื่อผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นจำนวนแพ็กเกตข้อมูลที่ต้องการส่งก็มากขึ้นแต่จะไม่สามารถส่งได้เพราะร้องขอช่องสัญญาณไม่สำเร็จจึงต้องทำการร้องขอช่องสัญญาณซ้ำจนกว่าจะส่งได้ จำนวนการร้องขอที่เกิดจึงเพิ่มขึ้นมากกว่าปริมาณ

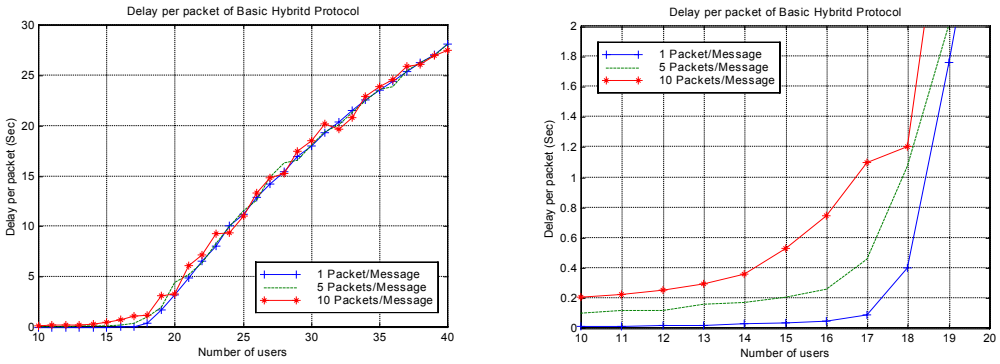
การร้องขอจากการเปลี่ยนแปลงของทราฟฟิกเพียงอย่างเดียว ดังจะเห็นได้จากอัตราส่วนของจำนวนการร้องขอต่อวิสัยสามารถที่เพิ่มขึ้นในรูปที่ 4.9 (ก) อันแสดงให้เห็นถึงจำนวนของการร้องขอที่เพิ่มขึ้นในการส่งข้อมูลจำนวน 1 แพ็กเกต

ส่วนนี้จะเป็นการศึกษาผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะของทราฟฟิกข้อมูลคอมพิวเตอร์ในสองประเด็นคือ การเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วของข้อมูลและการเปลี่ยนขนาดความยาวของแพ็กเกตต่อข้อความ โดยผลของการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาวของข้อความพบว่าขนาดของข้อความยิ่งยาวจะทำให้เวลาประวิงเพิ่มมากขึ้นตามลำดับที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก ขนาดของแพ็กเกตที่สั้นจะมีการกระจายเวลาของการกำเนิดที่แตกต่างกันในขณะที่ข้อความยาวๆ ลักษณะการเกิดแพ็กเกตจะเป็นกลุ่มเวลาที่เกิดจึงเป็นเวลาเดียวกัน และระบบที่ส่งข้อมูลสามารถส่งข้อมูลได้เพียงหนึ่งแพ็กเกตต่อหนึ่งเฟรมเท่านั้นทำให้เวลาประวิงของข้อความที่ยาวจึงสูงกว่าข้อความสั้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจยิ่งขึ้นเราจะได้ทำการอธิบายผลที่เกิดในรูปที่ 4.6



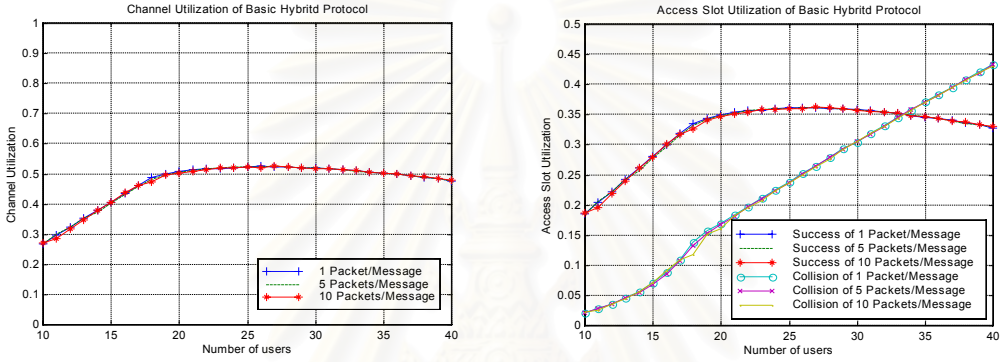
รูปที่ 4.6 ผลของความยาวข้อความที่มีต่อเวลาประวิง

จากรูปเป็นการจำลองการส่งแพ็กเกตข้อมูลที่ 1,2,3 และ 4 ของผู้ใช้บริการที่มีความยาวของข้อความแตกต่างกัน โดยสมมุติว่าข้อมูลที่ต้องการส่งจะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณให้ในเฟรมที่ 1, 2, 3 และ 4 สำหรับแพ็กเกต 1,2,3 และ 4 ตามลำดับ พบว่าเวลาประวิงรวมที่เกิดจากการส่งข้อความยาวคือ $t_{1a}+t_{2a}+t_{3a}+t_{4a}$ จะมีค่ามากกว่าเวลาที่ใช้สำหรับการส่งข้อความสั้นคือ $t_{1b}+t_{2b}+t_{3b}+t_{4b}$ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณโหลดถึงจุดสูงสุดที่ระบบรองรับได้แล้วความยาวข้อความจะไม่ส่งผลต่อเวลาประวิงของระบบคือจะมีค่าไม่แตกต่างกันเนื่องจากที่จุดนี้จำนวนการร้องขอที่เพิ่มขึ้นเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบได้ชัดเจนกว่า สำหรับค่าวิสัยสามารถที่ได้นั้นจะไม่มีความแตกต่างจากเดิมเนื่องจากลักษณะการชน การสำเร็จและจำนวนการร้องขอที่เกิดขึ้นเหมือนเดิมดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบในรูปที่ 4.7 ถึง 4.9 ที่เป็นเช่นนี้เพราะอัตราข้อมูลของผู้รับบริการแต่ละคนมีค่าเท่าเดิมและสามารถทำการส่งข้อมูลได้เพียงละหนึ่งแพ็กเกตต่อการร้องขอที่เกิดขึ้นหนึ่งครั้ง ดังนั้นจำนวนการร้องขอที่เกิดจึงไม่เปลี่ยนแปลง



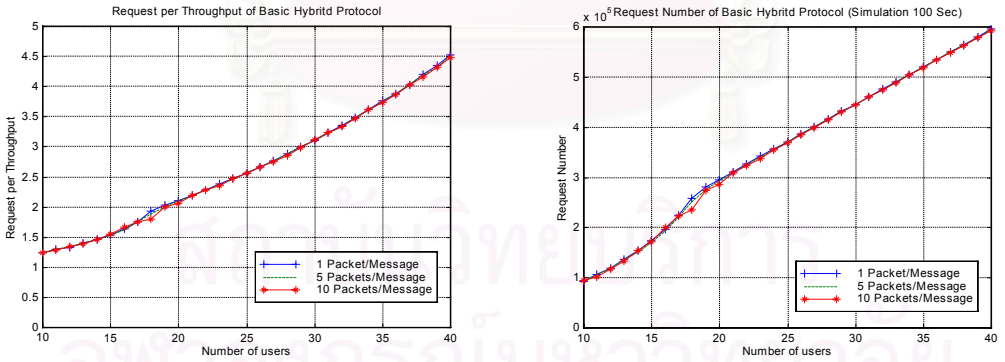
(ก) (ข)

รูปที่ 4.7 เวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

รูปที่ 4.8 ค่าวิสัยสามารถและอัตราส่วนการใช้ช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

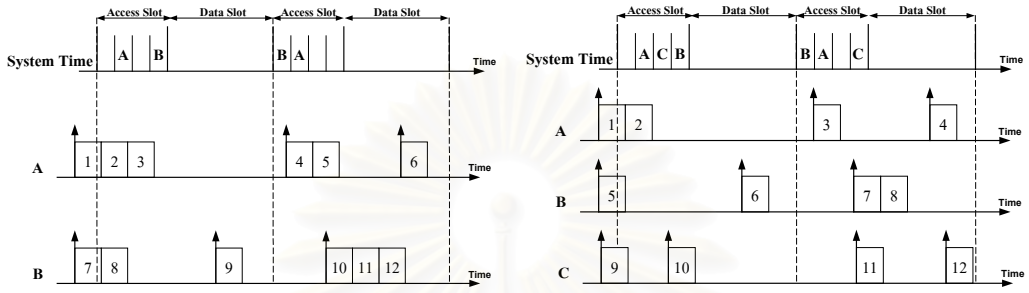


(ก) (ข)

รูปที่ 4.9 ค่าจำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

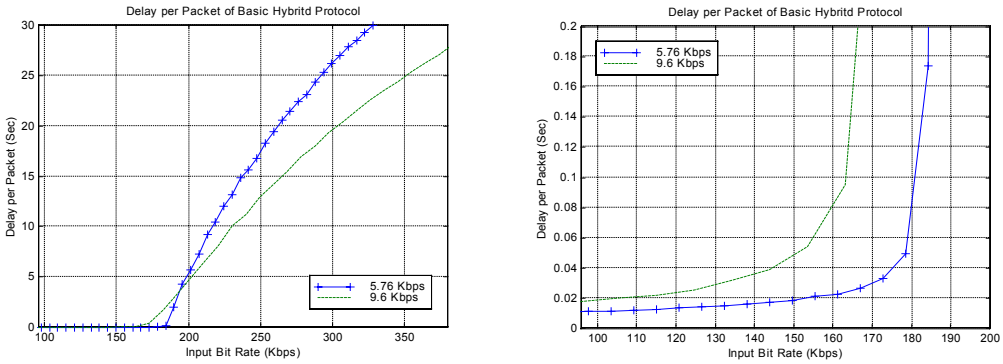
ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราข้อมูลนั้นจะทำให้จำนวนของผู้ใช้บริการที่ระบบสามารถรองรับได้เปลี่ยนแปลง ซึ่งในการทดสอบนี้จะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างระบบในการรองรับผู้ใช้บริการที่อัตราข้อมูล 2.4 5.76 และ 9.6 กิโลบิตต่อวินาที โดยมีขนาดของความยาวข้อความเท่ากับ 1

แพ็กเกต จากรูปที่ 4.11 แสดงเวลาประวิงของระบบในสภาวะโหลดไม่สูงนักพบว่าเวลาประวิงเมื่อผู้ใช้มีอัตราข้อมูลต่ำจะมีค่าที่น้อยกว่าที่อัตราข้อมูลสูงที่เป็นเช่นนี้มาจากสาเหตุที่สำคัญสองประการ คือ 1. โอกาสของจำนวนแพ็กเกตข้อมูลที่สามารถส่งได้ภายในหนึ่งเฟรมมีค่าเพิ่มขึ้นและ 2. จำนวนของแพ็กเกตข้อมูลที่เกิดขึ้นมีการกระจายไปยังผู้รับมากขึ้น ผลทั้งสองข้อนี้สามารถแสดงได้จากตัวอย่างของรูปที่ 4.10



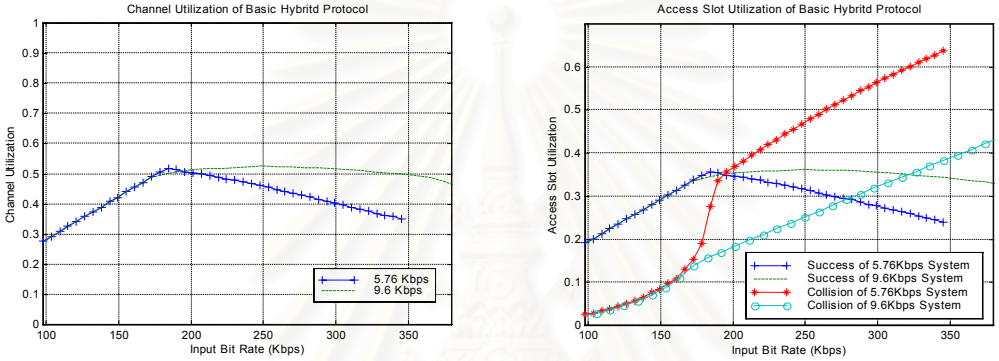
รูปที่ 4.10 ลักษณะการส่งข้อมูลของระบบที่มีอัตราข้อมูลแตกต่างกัน

จากรูปสมมุติว่าระบบทั้งสองเป็นระบบที่มีอัตราข้อมูลแตกต่างกันสองระบบ โดยในรูปที่ 4.10 (ก) ผู้ใช้แต่ละคนจะมีอัตราข้อมูลเท่ากับ 3 แพ็กเกตต่อ 1 เฟรม ส่วนระบบที่สองในรูปที่ 4.10 (ข) มีอัตราข้อมูล 2 แพ็กเกตต่อ 1 เฟรม แต่เมื่อพิจารณาอัตราข้อมูลรวมจะมีค่าเท่ากันคือ 6 แพ็กเกตต่อ 1 เฟรม จากรูปที่พิจารณาแสดงให้เห็นว่าโอกาสของการส่งแพ็กเกตข้อมูลภายในหนึ่งเฟรมมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 2 เป็น 3 เพราะจำนวนผู้ใช้บริการที่จะแย่งชิงช่องสัญญาณมีจำนวนมากขึ้น แต่เมื่อทำการเพิ่มโหลดขึ้นถึงจุดหนึ่งพบว่าเวลาประวิงของระบบอัตราข้อมูลต่ำจะมีค่าสูงกว่าที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการที่มากกว่าทำให้จำนวนการร้องขอเพิ่มขึ้นระบบที่มีอัตราข้อมูลต่ำจึงขาดเสถียรภาพได้ง่าย สำหรับค่าวิสัยสามารถในรูปที่ 4.12 (ก) พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับในข้างต้น คือเมื่อเพิ่มโหลดขึ้นถึงจุดหนึ่งก็จะมีค่าลดลงโดยระบบที่มีอัตราข้อมูลต่ำจะมีอัตราการลดลงของค่าวิสัยสามารถที่เร็วและรุนแรงกว่าเพราะจำนวนการร้องขอในหนึ่งเฟรมมีโอกาสที่จะมากกว่าระบบอัตราข้อมูลต่ำทำให้เกิดการชนมากขึ้น ดังจะสังเกตได้จากกราฟแสดงปริมาณการชนและการร้องขอที่เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่อัตราการร้องขอสำเร็จมีค่าลดลงในรูปที่ 4.12(ข) 4.13(ข) และ 4.12(ข) ตามลำดับ



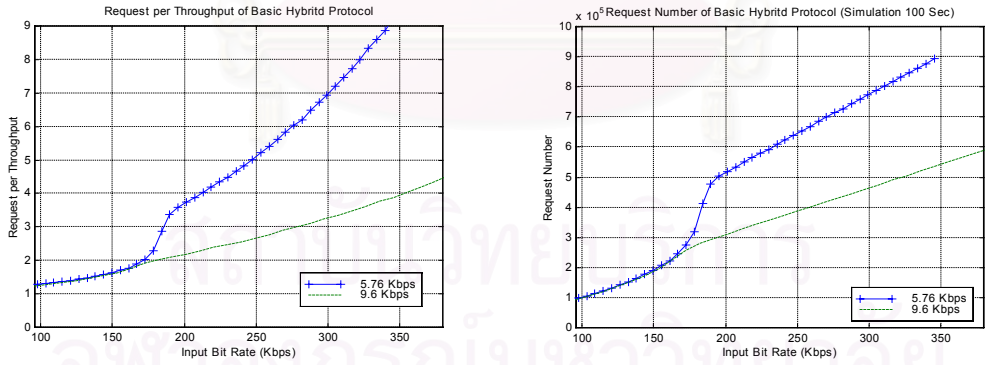
(ก) (ข)

รูปที่ 4.11 เวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

รูปที่ 4.12 ค่าวิสัยสามารถและอัตราส่วนการใช้ช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

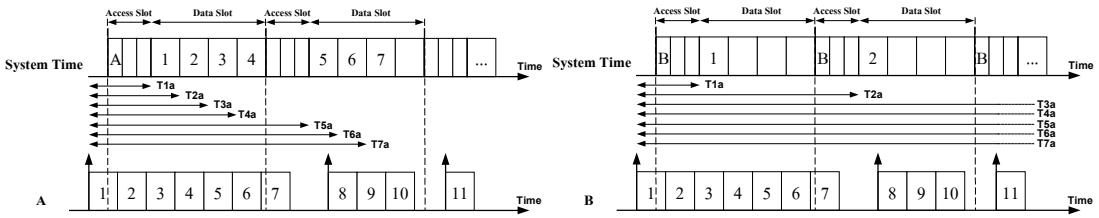
รูปที่ 4.13 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

แต่ทั้งนี้ระบบที่มีอัตราการร้องขอสำเร็จสูงไม่จำเป็นที่จะต้องมีสมรรถนะมากกว่าระบบที่อัตราการสำเร็จต่ำเสมอไป โดยจะต้องดูค่าอัตราการชนและจำนวนการร้องเป็นประกอบด้วยยกตัวอย่าง ระบบที่มีอัตราการร้องขอสำเร็จต่ำแต่อาจจะมีค่าจำนวนการร้องขอและอัตราการชนต่ำจะ

แสดงว่าการร้องขอสำเร็จที่เกิดขึ้นไม่มากเพราะจำนวนการร้องขอในขณะนั้นไม่มากเพราะระบบอาจมีการใช้เทคนิคต่างๆ ในการลดจำนวนการร้องขอที่เกิดขึ้น เป็นต้น แต่ในทางกลับกันจำนวนการร้องขอและอัตราการชนที่สูงนั้นสามารถบ่งชี้ได้ว่าระบบที่ทำการพิจารณาจะมีแนวโน้มของสมรรถนะที่ต่ำ ดังจะเห็นได้จากการทดสอบในส่วนถัดๆ ไป

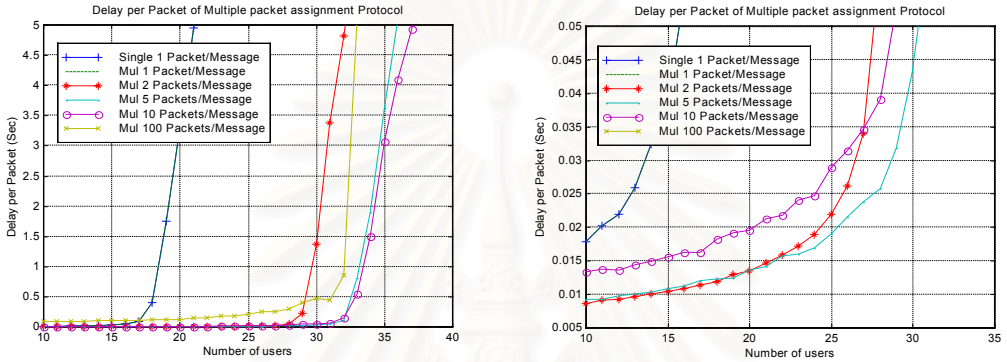
4.3.1.2 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม (Multiple Packet Assignment)

จากผลการทดสอบพบว่าเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มจะไม่มีความแตกต่างกับเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบเดิมเมื่อลักษณะข้อมูลของข้อมูลคอมพิวเตอร์ไม่เป็นแบบเบิรสต์ แต่ถ้าเมื่อใดที่ลักษณะข้อมูลคอมพิวเตอร์มีขนาดยาวขึ้นคือมีความเป็นเบิรสต์มากขึ้นเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มจะแสดงสมรรถนะที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน ทั้งในแง่ของเวลาประวิงในรูป 4.15 ที่เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มมีค่าต่ำกว่า ค่าวิสัยสามารถในรูป 4.16 ซึ่งเทคนิคการจัดสรรแบบกลุ่มมีค่ามากกว่าและเสถียรภาพที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับระบบพื้นฐาน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการส่งข้อมูลทีละหลายๆ แพ็กเกตในหนึ่งเฟรมทำให้ผู้ใช้บริการไม่ต้องเสียเวลาอย่างน้อยหนึ่งเฟรมเพื่อที่จะส่งข้อมูลต่อในเฟรมถัดไปและโอกาสที่ช่องสัญญาณไม่ว่างคือมีการใช้อย่างเต็มสมรรถนะจะมากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.14 นอกจากนี้ยังเป็นการลดจำนวนแพ็กเกตร้องขอของผู้ใช้บริการดังจะเห็นได้จากกราฟแสดงอัตราการร้องขอสำเร็จ อัตราการชน อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอในรูปที่ 4.17(ก) 4.17(ข) 4.18(ก) และ 4.18(ข) ตามลำดับ จึงเป็นผลให้ระบบมีเสถียรภาพที่ดีขึ้น แต่จำนวนการลดลงของการร้องขอนี้จะไม่แปรผันกับความยาวของข้อมูลแบบเชิงเส้นโดยตลอดกล่าวคือการเพิ่มความยาวข้อมูลจาก 1 เป็น 100 แพ็กเกตนั้นจะไม่ทำให้จำนวนการร้องขอลดลง 100 เท่า ผลการเพิ่มขนาดความยาวของแพ็กเกตในช่วงแรกความยาวของข้อมูลที่มากขึ้นจะค่อยๆ ทำให้ระบบมีเสถียรภาพที่ดีขึ้นแต่ถ้าเพิ่มเกินค่าที่เหมาะสมแล้วแนวโน้มการร้องขอที่ลดลงจะเปลี่ยนเป็นเพิ่มขึ้น เพราะการอนุญาตให้ผู้ใช้บริการสามารถส่งข้อมูลได้ตามที่ต้องการทำให้เกิดการครอบครองช่องสัญญาณทำให้ผู้รับบริการบางส่วนที่ร้องขอช่องสัญญาณสำเร็จไม่สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้และต้องร้องขอใหม่ในเฟรมถัดไป เสถียรภาพของระบบจึงลดลงอย่างรวดเร็วดังเช่นผลการทดสอบระบบที่มีขนาดความยาวข้อมูล 100 แพ็กเกตต่อข้อความ



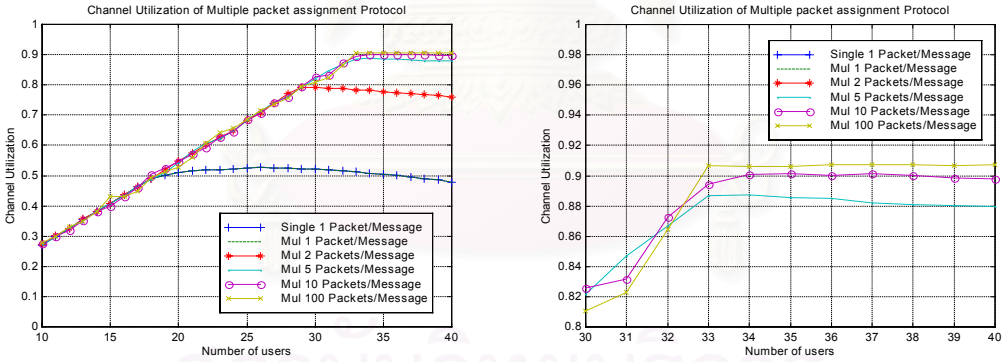
(ก) (ข)

รูปที่ 4.14 แสดงผลการทำงานที่ทำให้ค่าเวลาประวิงและจำนวนการร้องขอลดลงของเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม



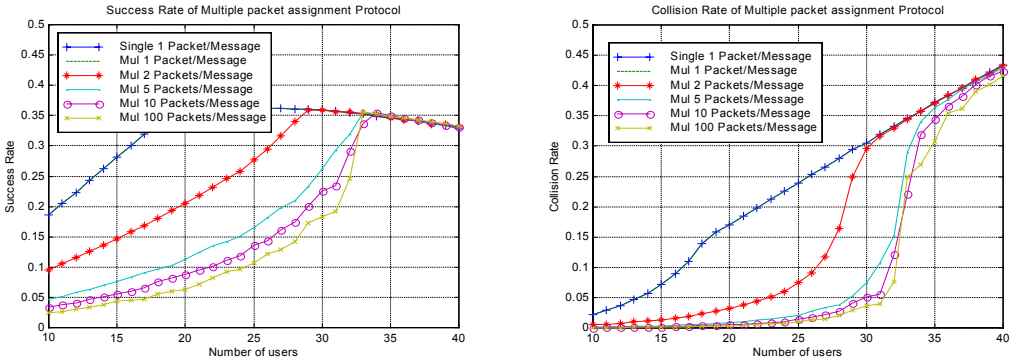
(ก) (ข)

รูปที่ 4.15 เวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรแบบกลุ่ม



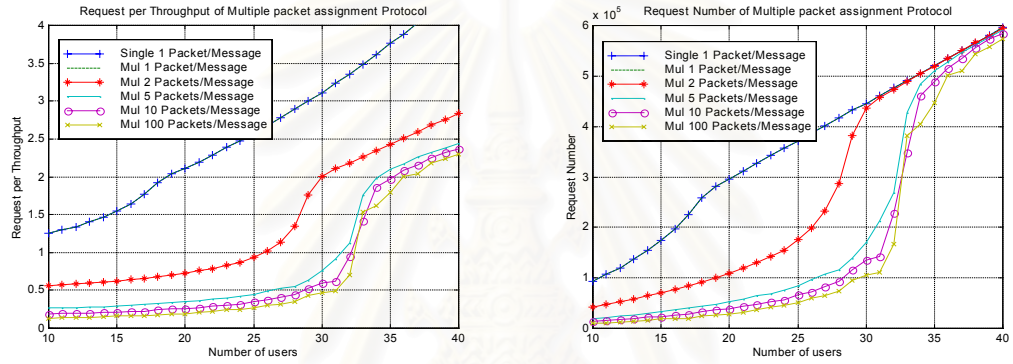
(ก) (ข)

รูปที่ 4.16 ค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรแบบกลุ่ม



(ก) (ข)

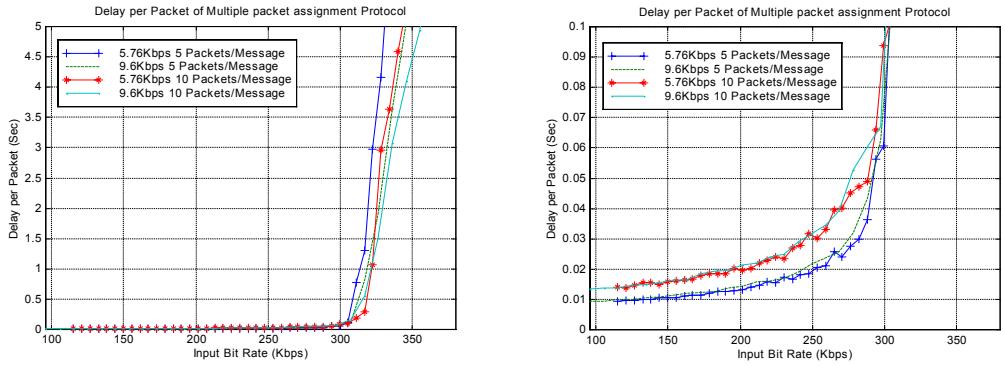
รูปที่ 4.17 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรแบบกลุ่ม



(ก) (ข)

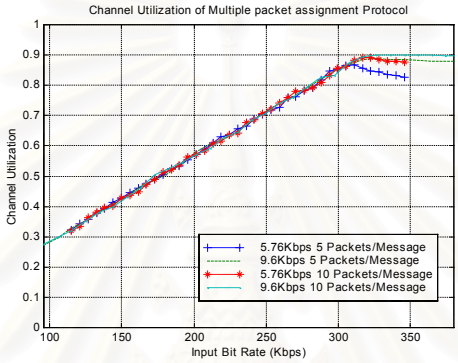
รูปที่ 4.18 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรแบบกลุ่ม

เมื่อพิจารณาระบบในการรองรับผู้ใช้บริการที่มีอัตราข้อมูลแตกต่างกันพบว่าแนวโน้มที่ได้มีลักษณะเช่นเดียวกับระบบพื้นฐานในหัวข้อที่ 4.3.1.1 โดยในสภาวะโหลดต่ำค่าเวลาประวิงของระบบอัตราข้อมูลต่ำจะมีค่าที่ดีกว่าในทุกค่าความยาวของแพ็กเกต แต่เมื่อเพิ่มปริมาณทราฟฟิกขึ้นถึงจุดหนึ่งระบบที่มีอัตราข้อมูลสูงจะเริ่มมีแนวโน้มที่ดีกว่าทั้งค่าเวลาประวิงและค่าวิสัยสามารถเนื่องมาจากจำนวนการร้องขอที่น้อยกว่าทำให้ระบบมีเสถียรภาพ แต่ความแตกต่างของผลที่ได้จากระบบอัตราข้อมูลสูงและอัตราข้อมูลต่ำจะมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการส่งข้อมูลแบบกลุ่มสามารถลดผลของเวลาประวิงและจำนวนการร้องขอที่เกิดขึ้นได้บางส่วน ส่วนผลของอัตราการชน อัตราการร้องขอสำเร็จ จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถนั้นจะมีแนวโน้มและสาเหตุเช่นเดียวกับหัวข้อ 4.3.1.1 ข้างต้น



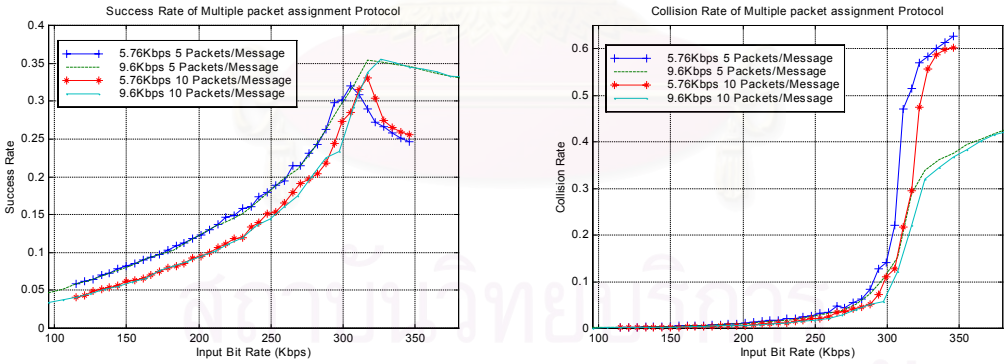
(ก) (ข)

รูปที่ 4.19 เวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรแบบกลุ่ม



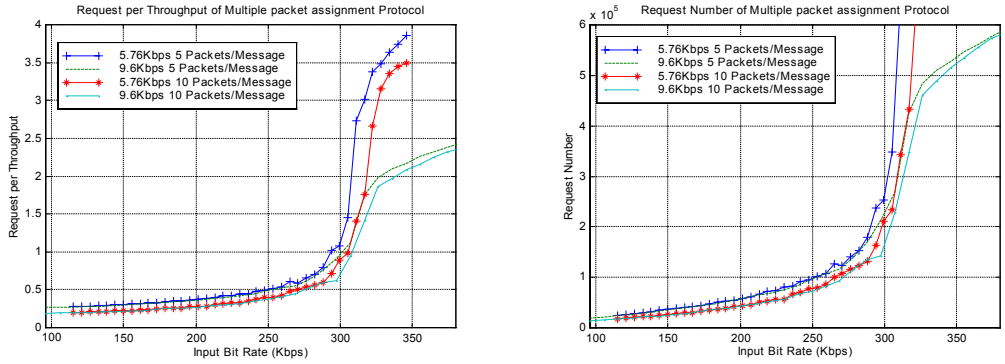
(ก) (ข)

รูปที่ 4.20 ค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรแบบกลุ่ม



(ก) (ข)

รูปที่ 4.21 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรแบบกลุ่ม



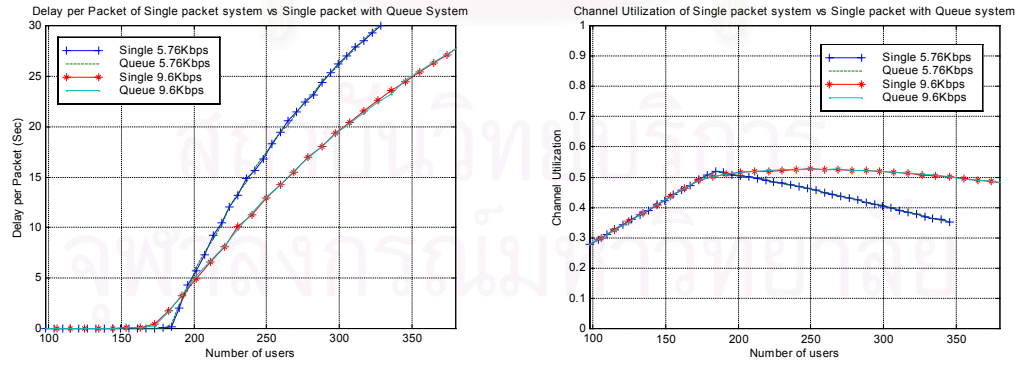
(ก) (ข)

รูปที่ 4.22 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรแบบกลุ่ม

4.3.1.3 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณที่ไม่ขึ้นกับลักษณะของการบริการ

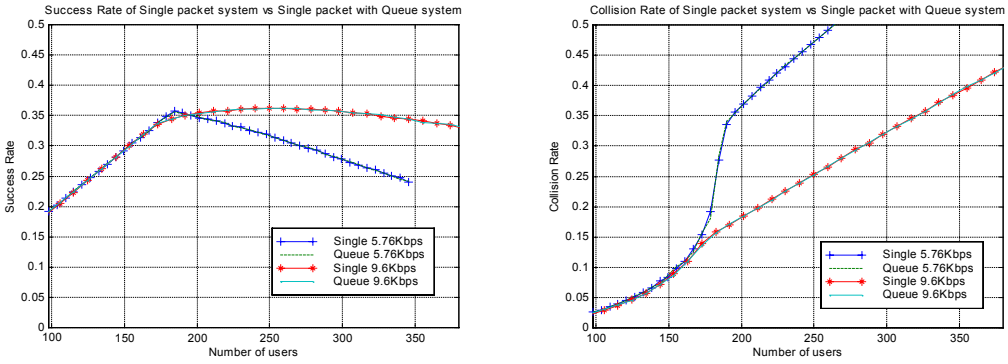
4.3.1.3.1 เทคนิคการทำงานของคิว (Queue Technique)

ผลการทดสอบของระบบที่มีเทคนิคคิวเปรียบเทียบกับโพรโทคอลพื้นฐานพบว่าไม่มีความแตกต่างหรือมีความแตกต่างกันน้อยมากในทุกๆ ด้านดังผลในรูปที่ 4.23 ถึง 4.25 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากค่าของตัวแปรที่ใช้ในระบบไม่เหมาะสมต่อการทำงานของคิว กล่าวคือจำนวนของช่องสัญญาณข้อมูลที่มีในหนึ่งเฟรมมีปริมาณมากถึง 10 สล็อต ดังนั้นถ้าต้องการให้ระบบได้ใช้คิวจะต้องมีผู้ร้องขอช่องสัญญาณสำเร็จภายในหนึ่งเฟรมมากกว่า 10 คนขึ้นไปช่องสัญญาณจึงจะเต็ม ซึ่งในการทำงานจริงนั้นแทบจะเป็นไปไม่ได้เลยในระบบที่มีจำนวนการร้องขอเพียง 16 ช่องผลที่ได้ของระบบที่มีคิวกับระบบพื้นฐานจึงไม่แตกต่างกันในทุกๆ ด้าน



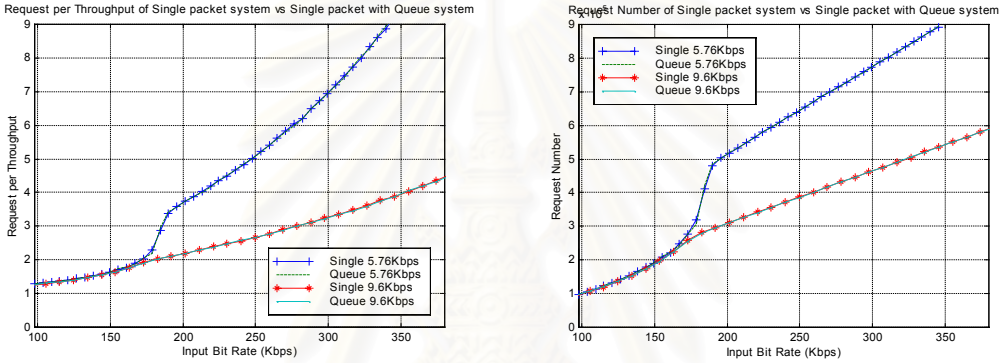
(ก) (ข)

รูปที่ 4.23 เวลาประวิงและค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว



(ก) (ข)

รูปที่ 4.24 อัตราการสำเร็จและการชนของการใช้ช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว



(ก) (ข)

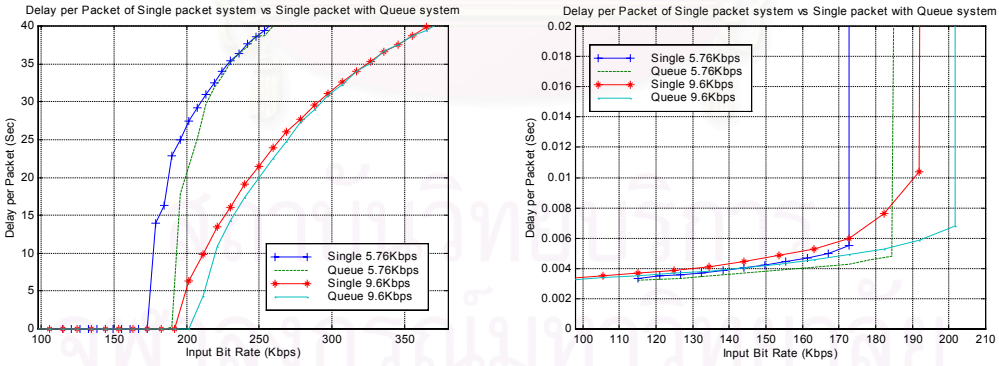
รูปที่ 4.25 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว

เพื่อให้เทคนิคคิวส่งผลต่อสมรรถนะของระบบจะต้องทำการปรับค่าตัวแปรของระบบบางตัว โดยค่าของตัวแปรที่ปรับนั้นจะกระทำโดยมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มโอกาสของการใช้ช่องสัญญาณข้อมูลในหนึ่งเฟรมอย่างเต็มที่ ซึ่งสามารถทำได้ 4 วิธีคือ ลดอัตราข้อมูลของผู้รับบริการ เพิ่มจำนวนของช่องสัญญาณการร้องขอ ลดจำนวนของช่องสัญญาณข้อมูล และการใช้เทคนิคจัดสรรช่องสัญญาณประเภทอื่นๆ เช่น การจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม ซึ่งจากการพิจารณาพบว่าจำนวนของช่องสัญญาณข้อมูลเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อเทคนิคคิว โดยมีอัตราข้อมูลของผู้รับบริการและจำนวนช่องสัญญาณร้องขอเป็นเพียงปัจจัยเสริมเพื่อเพิ่มโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณข้อมูล สำหรับการนำเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณวิธีอื่นมาใช้นั้นจะได้ทำการพิจารณาในส่วนถัดไป

ดังนั้นในการทดสอบที่สองนี้จะได้ทำการลดจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลและช่องสัญญาณร้องขอเหลือเพียง 2 และ 4 ช่องตามลำดับ จากผลการทดสอบพบว่าในแง่ของเวลาประวิงในรูปที่ 4.26 ระบบที่มีเทคนิคของคิวจะมีค่าเวลาประวิงที่ดีกว่าระบบพื้นฐาน ผลที่ได้จะแบ่งออกเป็น 3 ช่วงตามปริมาณของทราฟฟิกกล่าวคือในสภาวะทราฟฟิกต่ำนั้นความแตกต่างของเวลาประวิงในระบบ

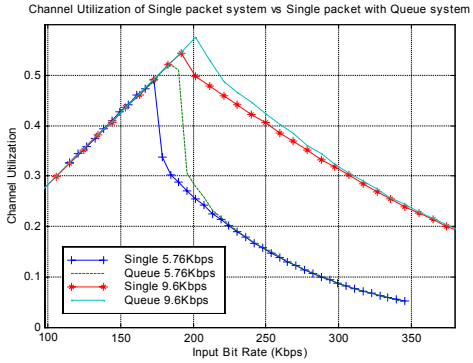
ทั้งสองมีค่าไม่มากเพราะปริมาณข้อมูลที่ต้องการส่งมีน้อย โอกาสที่ระบบจะมีการใช้ช่องสัญญาณข้อมูลเต็มจึงต่ำแต่เมื่อทำการเพิ่มปริมาณทราฟฟิกมากขึ้น ปริมาณข้อมูลที่ต้องการส่งเพิ่มขึ้นระบบที่มีคิวจึงเริ่มแสดงสมรรถนะที่ดีกว่าระบบพื้นฐานอย่างชัดเจน แต่เมื่อทำการเพิ่มปริมาณ ทราฟฟิกมากถึงจุดหนึ่งความแตกต่างของเวลาประวิงในระบบทั้งสองจะไม่แตกต่างกันเพราะระบบขาดเสถียรภาพเนื่องจากการชนทำให้ไม่สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้เมื่อผู้ใช้ไม่ได้รับการบริการระบบจึงไม่มีโอกาสใช้เทคนิคของคิวที่มี ในแง่ของค่าวิสัยสามารถนั้นจากรูปที่ 4.27 พบว่าระบบที่มีเทคนิคคิวจะมีค่าวิสัยสามารถสูงสุดและเสถียรภาพที่ดีกว่าระบบพื้นฐานเพราะเทคนิคคิวทำให้จำนวนการร้องที่เกิดขึ้นในสภาวะทราฟฟิกสูงมีค่าลดลงระบบจึงสามารถรองรับปริมาณผู้ใช้ได้มากขึ้น สำหรับค่าอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานภายในระบบนั้นแนวโน้มที่ได้จะคล้ายกับค่าเวลาประวิงโดยจะแบ่งออกเป็นสามช่วงดังนี้ ในช่วงแรกระบบที่มีคิวจะมีค่าน้อยกว่าระบบที่ไม่มีคิวเล็กน้อย แต่เมื่อเพิ่มปริมาณโหลดความแตกต่างที่เกิดขึ้นจะชัดเจนมากขึ้นจากนั้นถ้ายังเพิ่มปริมาณโหลดต่อไปผลที่ได้ก็จะกลับมาใกล้เคียงกันและเท่ากันในที่สุด โดยสาเหตุก็เช่นเดียวกับผลที่ได้จากเวลาประวิงในข้างต้น

สำหรับผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะของทราฟฟิกผู้รับบริการนั้นพบว่าอัตราข้อมูลของระบบที่ 9.6 และ 5.6 กิโลบิตต่อวินาทีนั้น แนวโน้มของผลที่เกิดจะคล้ายกับการทดสอบบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ในหัวข้อที่ 4.3.1.1 ข้างต้น ส่วนการเปลี่ยนแปลงของความยาวแพ็กเกตนั้นก็จะไม่สามารถส่งผลกระทบต่อเทคนิคคิวได้เพราะระบบที่พิจารณานี้ยังไม่มีความสามารถในการจัดการข้อมูลที่เป็นแบบเบิรสต์ ผลการทดสอบในส่วนนี้จึงไม่ทำการกล่าวถึง

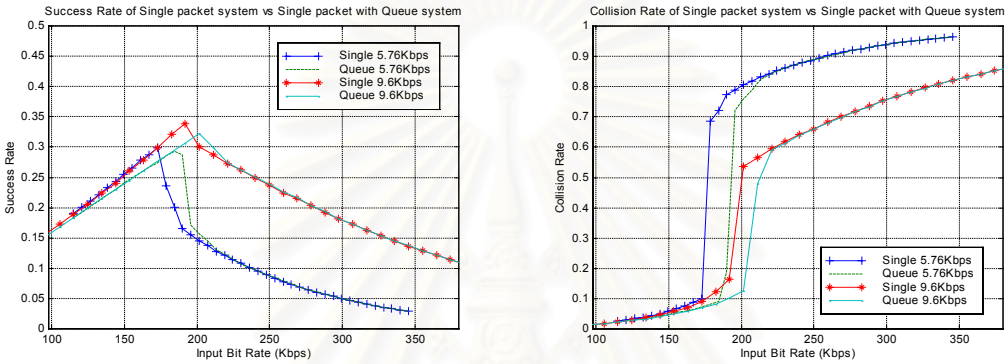


(ก) (ข)

รูปที่ 4.26 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว

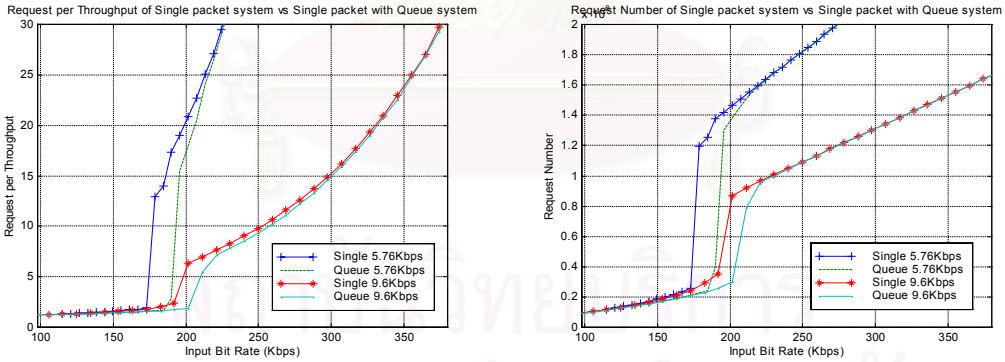


รูปที่ 4.27 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว



(ก) (ข)

รูปที่ 4.28 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว



(ก) (ข)

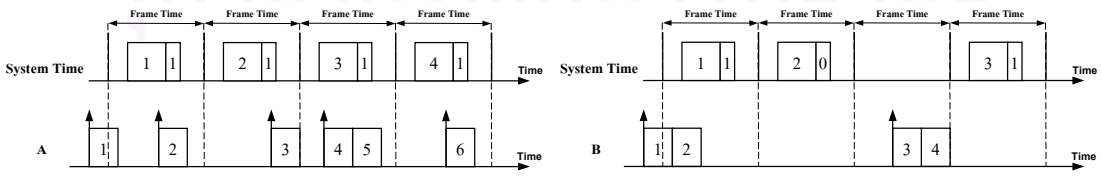
รูปที่ 4.29 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว

4.3.1.3.2 เทคนิคการทำงานของ PGBK (PGBK Technique)

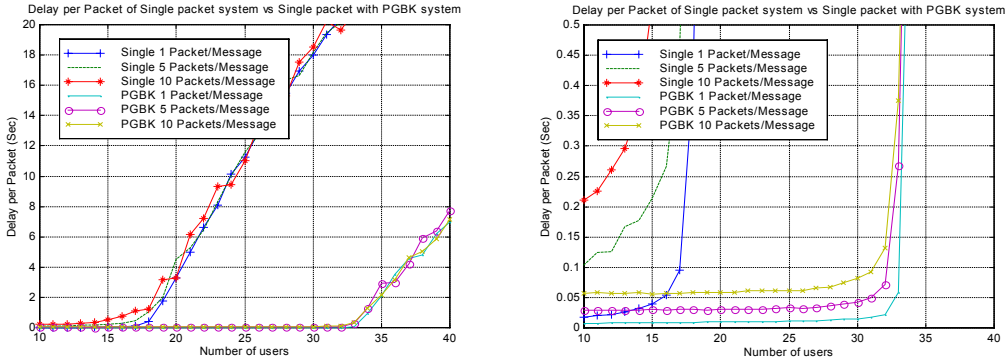
จากผลการทดสอบในรูปที่ 4.31 และ 4.32 พบว่าทั้งในแง่ของเวลาประวิงและค่าวิสัยสามารถนั้นระบบที่ใช้เทคนิค PGBK จะมีสมรรถนะที่ดีกว่าระบบพื้นฐานอย่างมากในทุกๆ ขนาดความยาวแพ็กเกตต่อข้อความ เนื่องจากการใช้เทคนิค PGBK จะเป็นการลดจำนวนการร้องขอ

ที่เกิดขึ้นดังจะเห็นได้จากผลในรูป 4.34(ข) เนื่องจากการร้องขอช่องสัญญาณในการส่งข้อมูลบางส่วนจะกระทำผ่านบิตข้อมูลพิเศษที่เรียกว่าพิกกีแบ็กกิง ซึ่งการร้องขอที่ลดลงนี้เองทำให้อัตราการชนและอัตราการสำเร็จของระบบที่มีเทคนิค PGBK ต่ำกว่าระบบดั้งเดิมดังจะเห็นได้จากกราฟรูปที่ 4.33(ก) และ 4.33(ข) ยกเว้นแต่อัตราการสำเร็จในสภาวะทราฟฟิกสูงพบว่าจะมากกว่าระบบปกติ เพราะที่จุดนี้จำนวนการร้องขอในระบบปกติมีค่าค่อนข้างสูงโอกาสร้องขอช่องสัญญาณสำเร็จจึงลดลง ในขณะที่ระบบเทคนิค PGBK จะสามารถลดจำนวนการร้องขอลงได้บางส่วนเมื่อเทียบกันแล้วอัตราการสำเร็จที่ได้จึงสูงกว่า ถึงแม้ผลที่ได้จะมีค่าที่ค่อนข้างดีกว่าระบบพื้นฐานอย่างมากแต่แนวโน้มที่เกิดขึ้นในสภาวะทราฟฟิกสูงพบว่ามีจำนวนการร้องขอเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอันแสดงถึงแนวโน้มของระบบที่เริ่มขาดเสถียรภาพที่เป็นเช่นนี้เพราะเทคนิค PGBK สามารถลดจำนวนการร้องขอของผู้รับบริการแต่ละคนที่เป็นแบบเบิรสต์ โดยปริมาณผู้รับบริการสูงสุดที่เทคนิค PGBK สามารถจัดการได้ในเวลาหนึ่งจะมีค่าไม่เกินจำนวนของช่องสัญญาณข้อมูล ดังนั้นเมื่อใช้เทคนิค PGBK ในสภาวะที่มีผู้ใช้จำนวนมากจะทำให้เกิดกรณีที่ความต้องการใช้ช่องสัญญาณในหนึ่งเฟรมมีมากกว่าจำนวนของแพ็กเกตข้อมูลทำให้ผู้รับบริการบางส่วนถูกละทิ้งไปจึงมีการร้องขอช่องสัญญาณซ้ำเกิดขึ้น โดยผลที่เกิดนี้สังเกตได้ว่าจะเกิดขึ้น ณ จุดสูงสุดที่ระบบรองรับได้คือที่ค่าวิสัยสามารถประมาณ 91 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาลักษณะความยาวแพ็กเกตของข้อมูลคอมพิวเตอร์พบว่าผลกระทบที่เกิดมีค่าน้อยมาก กล่าวคือจากกราฟที่ 4.31 พบว่าในแง่ของเวลาประวิงค่าที่ได้จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความยาวของแพ็กเกตเช่นเดียวกับใน 4.3.1.1 ซึ่งเป็นผลจากลักษณะการกำเนิดข้อมูลไม่ใช่ PGBK สำหรับค่าวิสัยสามารถนั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทุกขนาดของแพ็กเกต แต่ผลความยาวแพ็กเกตข้อมูลจากเทคนิค PGBK นั้นจะสามารถเห็นได้จากค่าอัตราการชน อัตราการสำเร็จและจำนวนการร้องขอซึ่งพบว่าระบบที่มีขนาดของแพ็กเกตยาวจะต่ำกว่าขนาดแพ็กเกตสั้นเพราะเทคนิค PGBK ออกแบบเพื่อลดจำนวนการร้องขอข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแบบเบิรสต์ แต่ผลที่ได้จะไม่แสดงออกมาโดยตรงทั้งค่าเวลาประวิงและวิสัยสามารถนั้นเพราะว่าอัตราข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบมีค่าค่อนข้างสูงดังตัวอย่างการส่งในรูปที่ 4.30 (ก) สำหรับรูปที่ 4.30 (ข) นั้นจะเป็นการส่งข้อมูลที่มีช่วงการกำเนิดข้อมูลยาวกว่าขนาดเฟรมทำให้ผลของ PGBK ที่ได้ลดลง

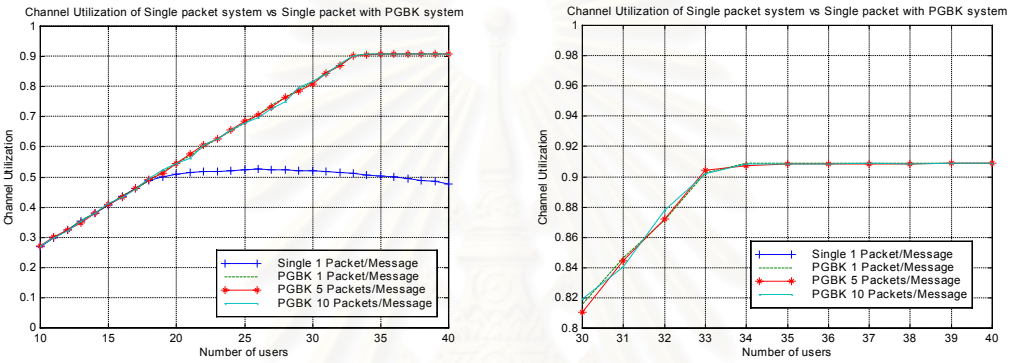


รูปที่ 4.30 การทำงานของระบบ PGBK ที่อัตราข้อมูลแตกต่างกัน



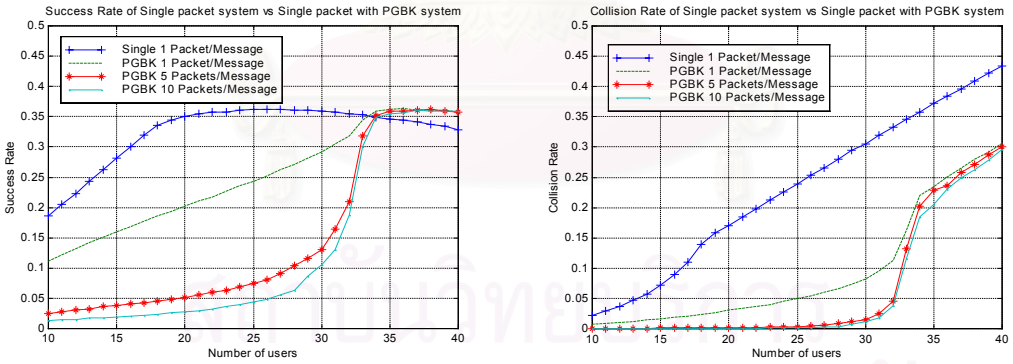
(ก) (ข)

รูปที่ 4.31 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK



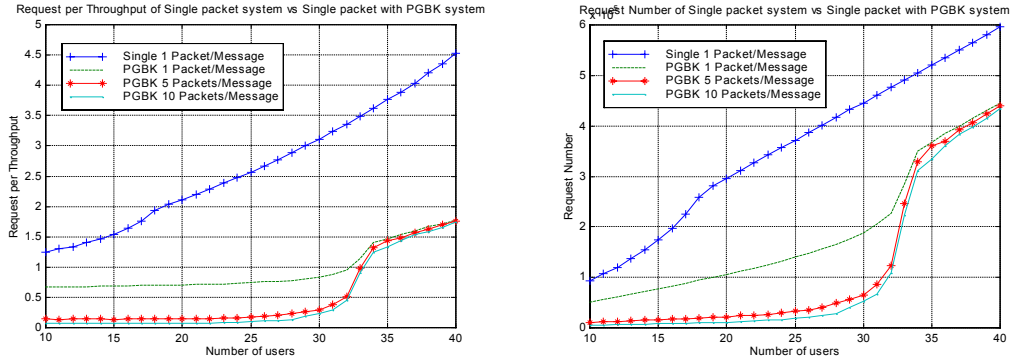
(ก) (ข)

รูปที่ 4.32 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK



(ก) (ข)

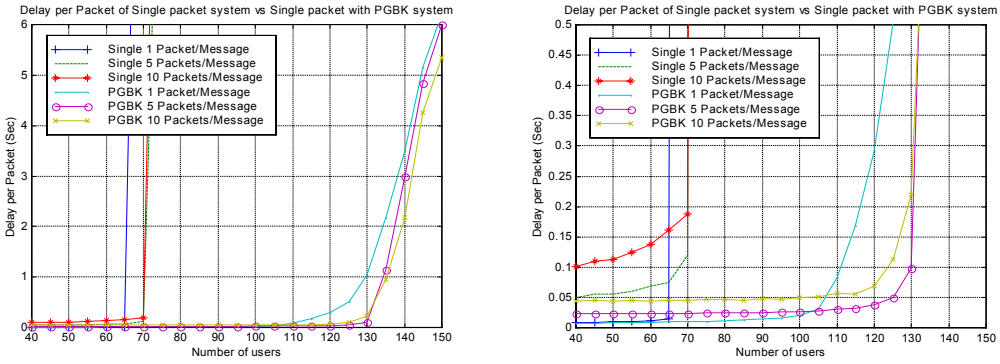
รูปที่ 4.33 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK



(ก) (ข)

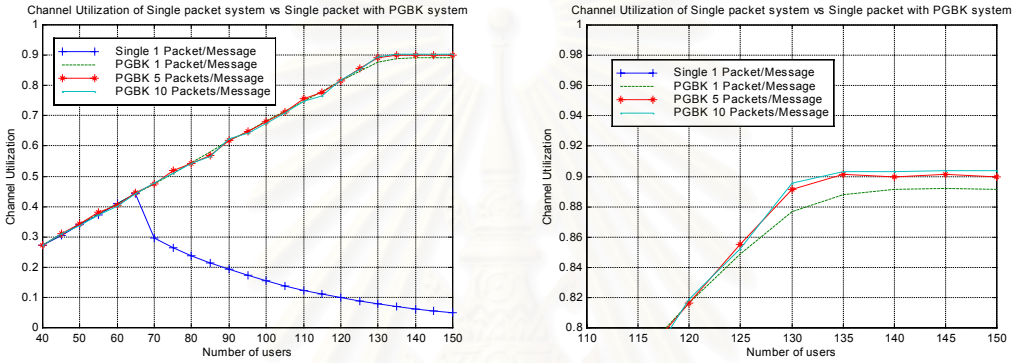
รูปที่ 4.34 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK

หมายเหตุการทดสอบของระบบการเข้าถึงตัวกลางพื้นฐานแบบไฮบริดในกราฟข้างต้นจะแสดงเฉพาะค่าเวลาประวิงเท่านั้น สำหรับค่าอื่นๆ ที่ขนาดความยาวแพ็กเกตต่างๆ นั้นจะเท่ากัน ดังนั้นในการเปรียบเทียบนอกจากค่าเวลาประวิงแล้ว ค่าต่างๆ ที่เหลือจะถูกแทนด้วยข้อมูลที่มีความยาว 1 แพ็กเกตต่อข้อความ และเพื่อให้ผลของความยาวข้อมูลสามารถแสดงออกมาได้อย่างชัดเจนการทดสอบในส่วนนี้จึงทำการลดอัตราข้อมูลที่ใช้เท่ากับ 2.4 กิโลบิตต่อวินาทีสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคน จากผลที่ได้ในรูป 4.35 พบว่าระบบที่มีขนาดของแพ็กเกตข้อมูลยาวจะทำให้ค่าเวลาประวิงในช่วงทราฟฟิกต่ำสูงกว่าระบบแพ็กเกตสั้นแต่เมื่อทำการเพิ่มปริมาณโหลดมากขึ้นระบบที่มีความยาวข้อมูลเท่ากับ 1 แพ็กเกตต่อข้อความจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นตัวแรก จากนั้นจะตามด้วยระบบ 5 และ 10 แพ็กเกตต่อข้อความตามลำดับที่เป็นเช่นนี้เพราะในสภาวะทราฟฟิกต่ำผลของเทคนิค PGBK ยังมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับลักษณะความเป็นเบิรสต์ของข้อมูลแต่เมื่อโหลดเพิ่มขึ้นผลของ PGBK ในการลดจำนวนการร้องของข้อมูลแบบเบิรสต์จึงมากขึ้นและส่งผลอย่างชัดเจนต่อเสถียรภาพของระบบ สำหรับค่าวิสัยสามารถนั้นมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันในช่วงความยาวทุกช่วงของ แพ็กเกต แต่จะแตกต่างกันเฉพาะที่สภาวะทราฟฟิกสูงกล่าวคือระบบที่มีแพ็กเกตยาวจะมีค่าที่สูงกว่าระบบแพ็กเกตสั้นเพราะจำนวนการร้องขอมีความแตกต่างกันมากพอที่จะส่งผลออกมาอย่างชัดเจนเช่นเดียวกับค่าเวลาประวิงในข้างต้น แม้ระบบที่มีขนาดแพ็กเกตสั้นเท่ากับ 1 แพ็กเกตต่อข้อความจะมีค่าวิสัยสามารถที่ต่ำสุดในการทดสอบก็ตามแต่ค่าที่ได้ก็เกือบจะเท่ากับค่าสูงสุดที่ระบบรับได้ทั้งนี้เพราะในสภาวะทราฟฟิกสูงนั้นผู้ใช้จะร้องขอช่องสัญญาณได้ยาก ทำให้ส่วนใหญ่เมื่อร้องขอช่องสัญญาณสำเร็จผู้ใช้จึงมีข้อมูลเก็บไว้ในบัฟเฟอร์เป็นจำนวนมากและสามารถส่งได้หมดในการร้องขอครั้งเดียวจากเทคนิค PGBK



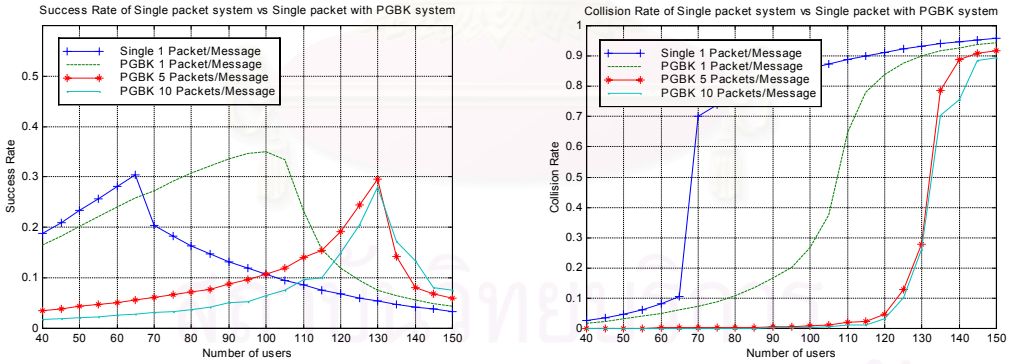
(ก) (ข)

รูปที่ 4.35 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK



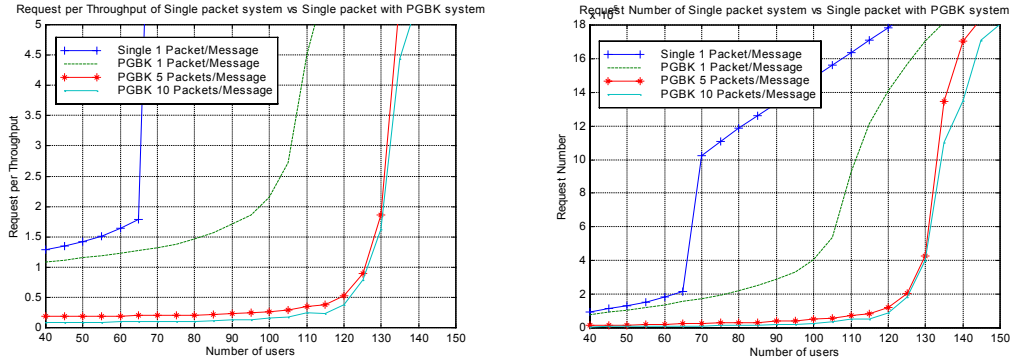
(ก) (ข)

รูปที่ 4.36 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK



(ก) (ข)

รูปที่ 4.37 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK



(ก) (ข)

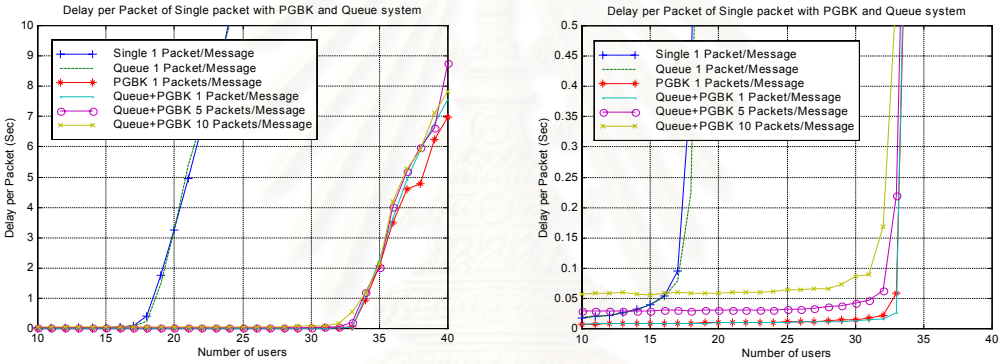
รูปที่ 4.38 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK

4.3.1.3.3 การทำงานร่วมกันระหว่างเทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว (PGBK and Queue Technique)

จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าระบบที่ใช้เทคนิคคิวและ PGBK จะมีสมรรถนะที่สูงกว่าระบบที่ทำการทดสอบในข้างต้นทุกตัวแต่จะมีลักษณะโดยรวมใกล้เคียงกับระบบที่มีเทคนิค PGBK มาก ผลที่ได้จะมีความแตกต่างในสภาวะทราฟฟิกสูงเท่านั้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะตั้งแต่สภาวะทราฟฟิกต่ำจนเกือบถึงจุดที่ระบบรองรับได้นั้นเทคนิคลดจำนวนการร้องขอหลักที่ใช้คือ PGBK ส่วนที่สภาวะทราฟฟิกสูงขึ้นไประบบจะใช้เทคนิคทั้งสองคือ PGBK และคิวร่วมกันเพื่อลดจำนวนการร้องขอ ดังข้างต้นเห็นได้ว่าเทคนิคคิวโดยตัวของมันเองในระบบที่ทดสอบนี้จะไม่สามารถส่งผลใดออกมาหรือส่งออกมาน้อยมากแต่เมื่อนำมาใช้ร่วมกับเทคนิค PGBK แล้วระบบสามารถใช้ประโยชน์จากเทคนิคคิวได้โดยไม่ต้องลดจำนวนของดาต้าสล็อตดังตัวอย่างในข้างต้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะการส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องและจำนวนการร้องขอที่ลดลงจากเทคนิค PGBK ทำให้ระบบสามารถใช้ช่องสัญญาณได้อย่างเต็มที่จึงมีโอกาสที่จะเหลือผู้ใช้บางส่วนในคิวได้ ในทำนองกลับกันเมื่อนำผลไปเปรียบเทียบกับระบบ PGBK แล้วพบว่าผลที่ได้มีความใกล้เคียงกันมากทั้งในแง่ของเวลาประวิงและค่าวิสัยสามารถเพราะระบบที่ทดสอบนี้จะสามารถใช้เทคนิคคิวได้เมื่อทราฟฟิกมากถึงจุดหนึ่ง แต่ที่จุดนี้เป็นจุดสูงสุดที่ระบบสามารถรองรับบริการได้ คือที่การใช้ประโยชน์ช่องสัญญาณเท่ากับ 91 เปอร์เซ็นต์ แม้ที่สภาวะโอเวอร์โหลดจะไม่เห็นผลของเทคนิคทั้งสองในค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงแต่เมื่อพิจารณาผลที่ได้จากการทำงานของระบบคือ ค่าอัตราการชน อัตราการสำเร็จ จำนวนการร้องขอ และอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถ พบว่าเทคนิคคิวและ PGBK สามารถส่งผลออกมาได้อย่างชัดเจนโดยพบว่าค่าต่างๆ ที่กล่าวมาจะมีการลดลงอย่างรวดเร็วและต่ำมากเมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ ทั้งหมด เพราะผู้ใช้บริการที่ร้องขอสำเร็จทุกคนไม่ต้องร้องขอใหม่จนกว่าจะได้รับการบริการและกว่าที่ผู้ใช้จะได้รับการบริการนั้นโดยปกติต้องรอเวลา

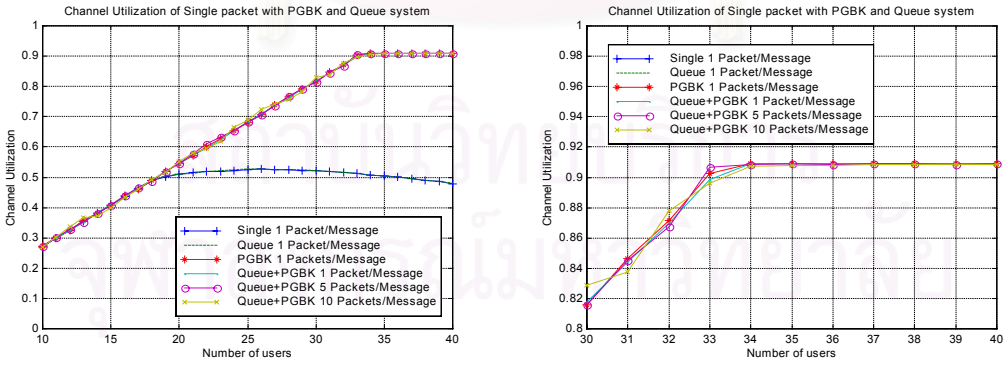
ช่วงหนึ่งเพื่อให้ผู้ที่ได้รับบริการอยู่ปล่อยช่องสัญญาณที่จองไว้ ช่วงเวลาที่รอนี้เองจะเป็นการเพิ่มปริมาณแพ็กเกตข้อมูลที่อยู่ในบัฟเฟอร์ ลักษณะความเป็นเบิรสต์ของข้อมูลจึงเพิ่มขึ้นและเมื่อผู้ใช้คนนั้นได้รับบริการเทคนิค PGBK จึงสามารถลดจำนวนการร้องขอได้มากกว่าปกติ

สำหรับผลของความยาวขนาดแพ็กเกตในรูปที่ 4.39 และ 4.40 พบว่าเมื่อทำการเพิ่มความยาวของข้อมูลจะทำให้เวลาประวิงเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับระบบอื่นๆ ทั้งหมด โดยค่าวิสัยสามารถจะไม่มีความแตกต่างกันเพราะระบบที่ทดสอบทั้งหมดสามารถทำงานถึงค่าสูงสุดได้อย่างมีเสถียรภาพในช่วงการทดสอบ แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าที่เกี่ยวข้องกับการร้องขอต่างๆ ในรูปที่ 4.41 และ 4.42 พบว่ามีปริมาณที่ลดลงตามขนาดของแพ็กเกตที่เพิ่มขึ้นอันแสดงถึงเสถียรภาพที่มากกว่าของระบบแพ็กเกตยาว ผลของความยาวแพ็กเกตในข้างต้นนี้ในแง่ของเวลาประวิงนั้นเกิดจากลักษณะการกำเนิดของข้อมูลเอง แต่จำนวนการร้องขอที่ลดลงเป็นเพราะเทคนิค PGBK ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะแบบเบิรสต์ดังที่กล่าวในข้างต้น



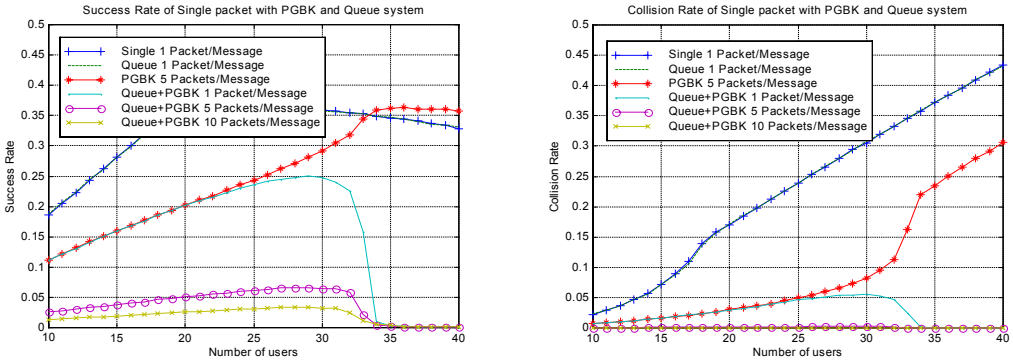
(ก) (ข)

รูปที่ 4.39 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว



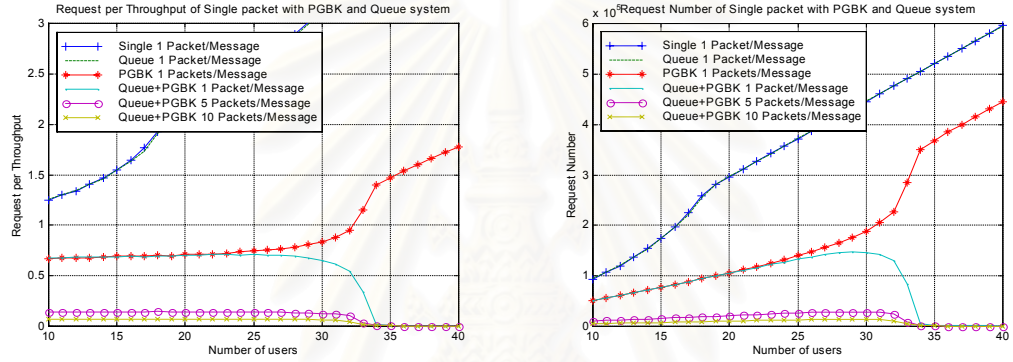
(ก) (ข)

รูปที่ 4.40 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว



(ก) (ข)

รูปที่ 4.41 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว

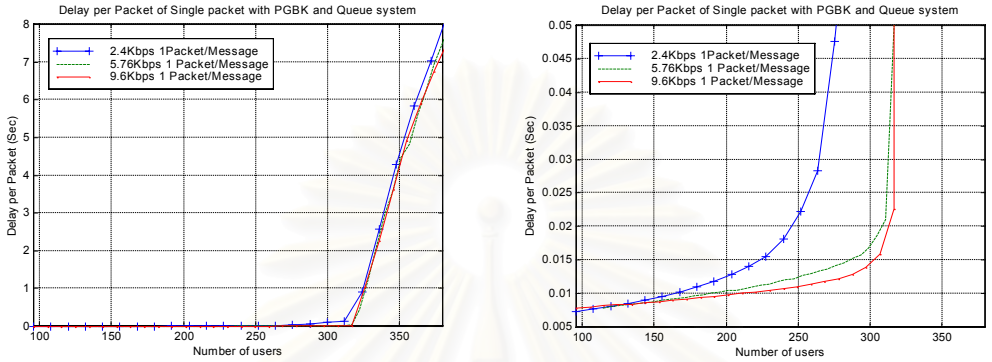


(ก) (ข)

รูปที่ 4.42 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว

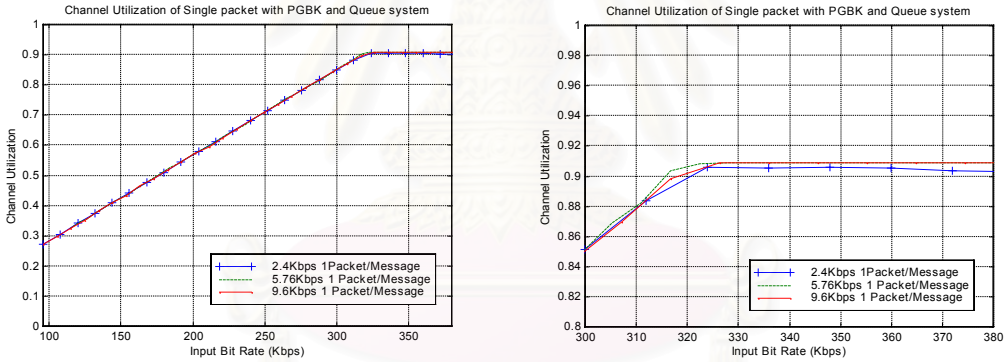
ผลการเปลี่ยนแปลงอัตราข้อมูลของผู้รับบริการจะมีลักษณะเช่นเดียวกับระบบต่างๆ ในข้างต้น กล่าวคือการลดอัตราข้อมูลแล้วเพิ่มจำนวนผู้ใช้นั้นทำให้จำนวนการร้องขอเพิ่มขึ้นผลที่ได้จึงมีแนวโน้มของสมรรถนะที่ต่ำลงในทุกๆ ค่า แต่ด้วยผลของเทคนิคคิวและ PGBK ในการลดจำนวนการร้องขอนั้นทำให้ผลของเวลาประวิงและค่าวิสัยจะเปลี่ยนแปลงไม่มากถ้าการลดอัตราข้อมูลนั้นไม่มากจนเกินไปดังจะเห็นได้ที่อัตราข้อมูล 9.6 และ 5.76 กิโลบิตต่อวินาที ทั้งนี้อาจมองได้ว่าจำนวนการร้องขอที่เกิดขึ้นยังไม่มากพอที่จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อสมรรถนะของระบบ แต่เมื่อลดอัตราข้อมูลเหลือ 2.4 กิโลบิตต่อวินาทีผลที่ได้จะแตกต่างออกไปกล่าวคือเวลาประวิงจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และค่าวิสัยสามารถในสภาวะโหลดเกินจะลดลงเนื่องจากขาดเสถียรภาพ ทั้งนี้เป็นเพราะจำนวนการร้องขอที่เพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับระบบอัตราข้อมูลสูง นอกจากนี้เมื่อพิจารณาสภาวะที่โหลดสูงอย่างละเอียดพบว่าการร้องขอที่เกิดขึ้นในระบบอัตราข้อมูล 2.4 กิโลบิตต่อวินาทีนั้นจะแตกต่างกับระบบอื่นคือเมื่อเพิ่มจำนวนผู้ใช้ถึงจุดหนึ่งจำนวนการร้องขอจะลดลงอย่างรวดเร็วจากนั้นเมื่อทำการเพิ่มผู้ใช้ต่อไปจำนวนการร้องขอที่ลดลงจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นแต่จะเป็น

การเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในขณะที่ระบบอื่นจำนวนการร้องขอจะมีแนวโน้มที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง ที่เป็นเช่นนี้เพราะเทคนิคคิวและ PGBK จะสามารถลดจำนวนการร้องขอได้เมื่อผู้ใช้บริการร้องขอช่องสัญญาณได้และข้อมูลที่ส่งมีลักษณะแบบเบิรสต์ แต่ระบบที่ทำการทดสอบในส่วนนี้มีความยาวข้อมูลเพียง 1 แพ็กเกตต่อข้อความและอัตราข้อมูลต่ำมากทำให้ความเป็นเบิรสต์ต่ำผลของ PGBK จึงไม่มาก เมื่อผลของ PGBK ต่ำประโยชน์ที่ได้จากการใช้คิวจึงน้อยลงการร้องขอจึงเพิ่มขึ้น



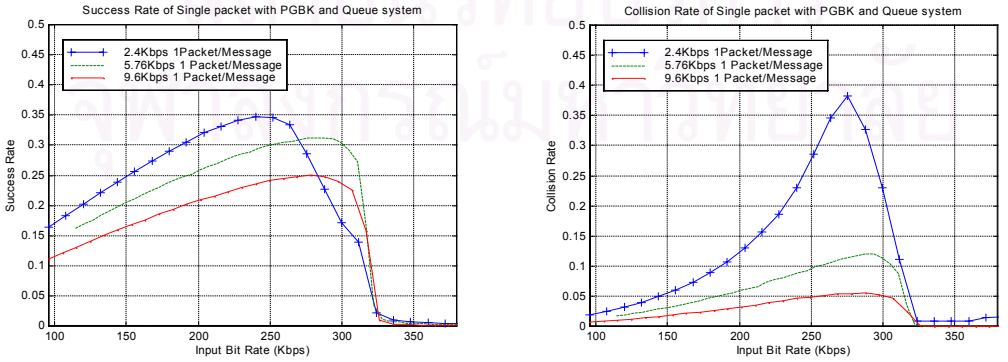
(ก) (ข)

รูปที่ 4.43 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว



(ก) (ข)

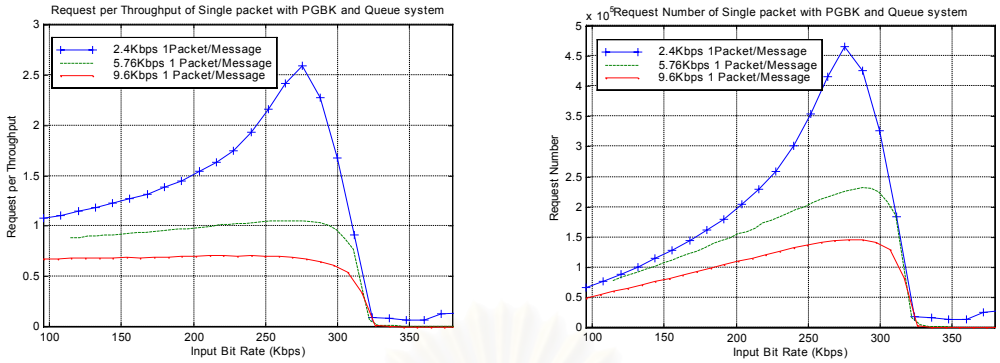
รูปที่ 4.44 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว



(ก) (ข)

รูปที่ 4.45 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลาง

แบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว



(ก) (ข)

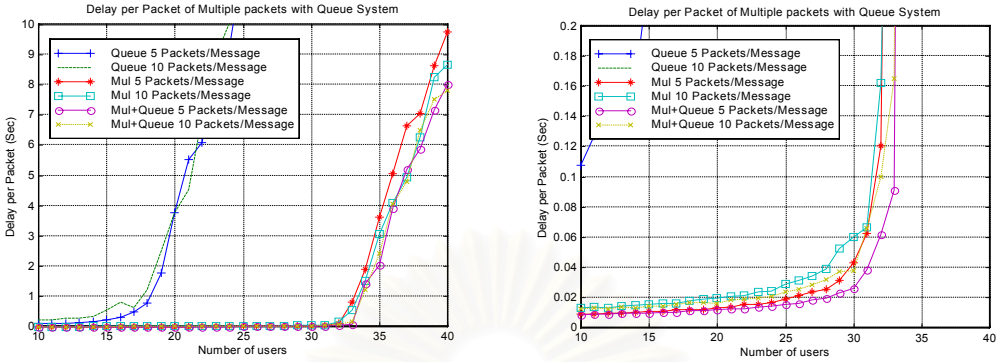
รูปที่ 4.46 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว

4.3.1.4 ผลการทำงานของเทคนิคที่ขึ้นกับการบริการร่วมกับเทคนิคที่ไม่ขึ้นกับการบริการ

4.3.1.4.1 การจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มที่มีเทคนิคของคิว (Multiple Assignment with Queue)

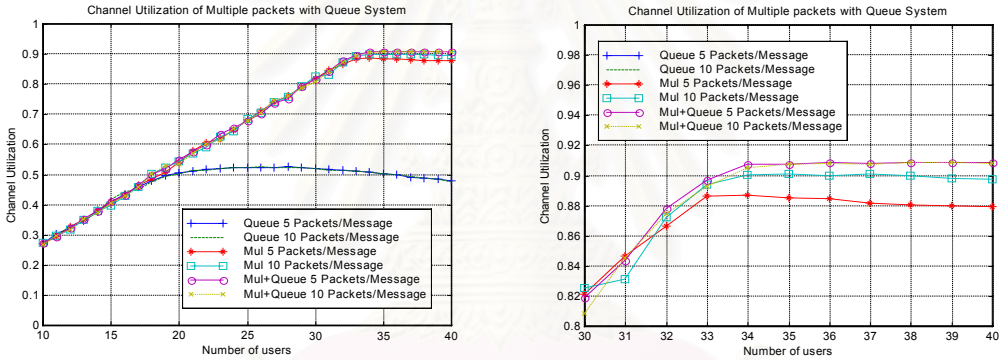
จากผลการทดสอบพบว่าเวลาประวิงของระบบที่มีการจัดสรรแบบกลุ่มและใช้เทคนิคคิวในรูปที่ 4.47 จะมีค่าต่ำที่สุด โดยจะแตกต่างอย่างชัดเจนกับระบบที่มีเทคนิคของคิวเพียงอย่างเดียวคล้ายกับระบบที่ส่งข้อมูลทีละแพ็กเกตเปรียบเทียบกับการส่งทีละเป็นกลุ่มในหัวข้อ 4.3.1.2 ข้างต้น แต่เมื่อนำผลในส่วนนี้มาเปรียบเทียบกับระบบการจัดสรรแบบกลุ่มพบว่าค่าที่ได้จะใกล้เคียงกัน กล่าวคือจะเริ่มมีความแตกต่างกันเมื่อทราฟฟิกเพิ่มถึงจุดหนึ่งและความแตกต่างจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของทราฟฟิกเพราะระบบสามารถใช้ประโยชน์จากคิวที่มีอยู่ได้ โดยการส่งแบบเป็นกลุ่มเป็นการเพิ่มโอกาสในการใช้ช่องสัญญาณอย่างเต็มที่ให้แก่ระบบ คิวจึงสามารถแสดงสมรรถนะออกมาได้ที่จำนวนของผู้ใช้บริการไม่สูงนัก สำหรับค่าวิสัยสามารถในรูปที่ 4.48 พบว่าระบบที่มีเทคนิคการจัดสรรแบบกลุ่มและคิวสามารถใช้ช่องสัญญาณได้เต็มความสามารถและมีเสถียรภาพที่ดีตลอดช่วงพิจารณาในขณะที่ระบบคิวจะขาดเสถียรภาพจากจำนวนการร้องขอที่มาก ส่วนระบบการจัดสรรแบบกลุ่มนั้นจะขาดเสถียรภาพเมื่อความยาวของข้อมูลสูงเกินไปจนเกิดปัญหาการครอบครองช่องสัญญาณ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าเกี่ยวกับการร้องขอต่างๆ พบว่าการร้องขอที่เกิดมีปริมาณที่ต่ำมากและจะมีค่าที่ค่อนข้างคงที่คือไม่เพิ่มหรือลดลงอย่างรวดเร็ว โดยลักษณะที่เกิดในสภาวะทราฟฟิกต่ำนั้นจะคล้ายกับระบบการจัดสรรแบบกลุ่มธรรมดาแต่เมื่อเพิ่มปริมาณโหลดความแตกต่างจะมากขึ้นตามลำดับเพราะการใช้เทคนิคคิวและผลการครอบครองช่องสัญญาณที่ไม่เพิ่มจำนวนการร้องขอของระบบ โดยเฉพาะที่ปริมาณโหลดสูงๆ นั้นค่าที่เกี่ยวกับการร้องขอจะค่อนข้างคงที่แต่จะไม่สามารถลดลงเช่นเดียวกับการใช้เทคนิค PGBK ร่วมกับคิวในหัวข้อ 4.3.1.3.3 เพราะการใช้ PGBK จะทำให้ระบบสามารถทำการส่งข้อมูลแบบเบิรสต์ได้อย่างไม่จำกัดตราบเท่าที่ผู้ใช้

บริการต้องการ ในขณะที่การส่งแบบกลุ่มนั้นจะส่งข้อมูลได้มากสุดไม่เกินจำนวนแพ็กเกตที่ร้องขอ ทำให้จำนวนการร้องขอไม่สามารถลดลงได้แต่ค่าที่ได้จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น



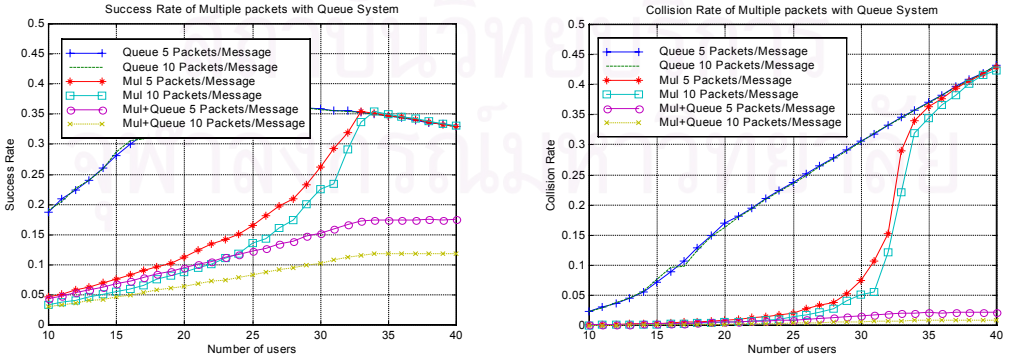
(ก) (ข)

รูปที่ 4.47 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและคิว



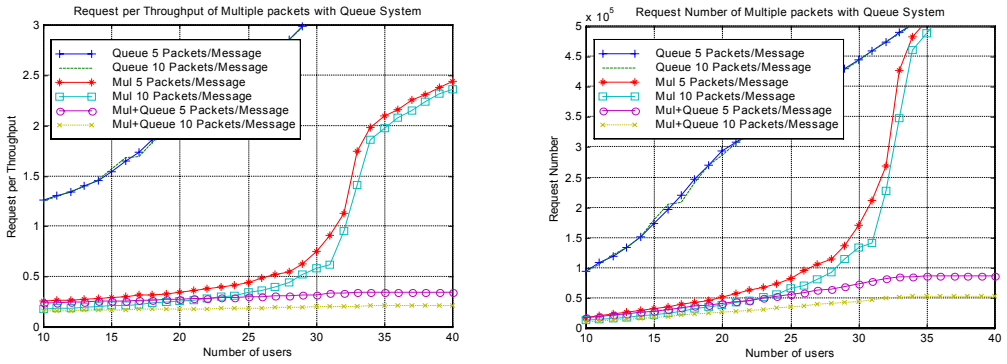
(ก) (ข)

รูปที่ 4.48 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและคิว



(ก) (ข)

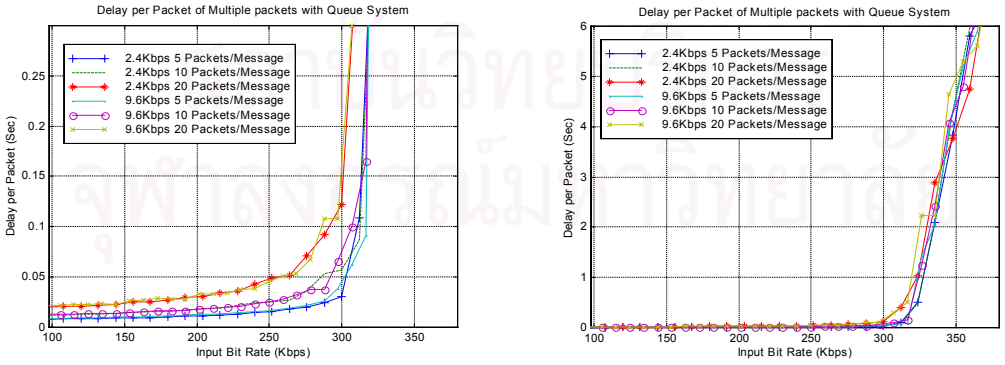
รูปที่ 4.49 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและคิว



(ก) (ข)

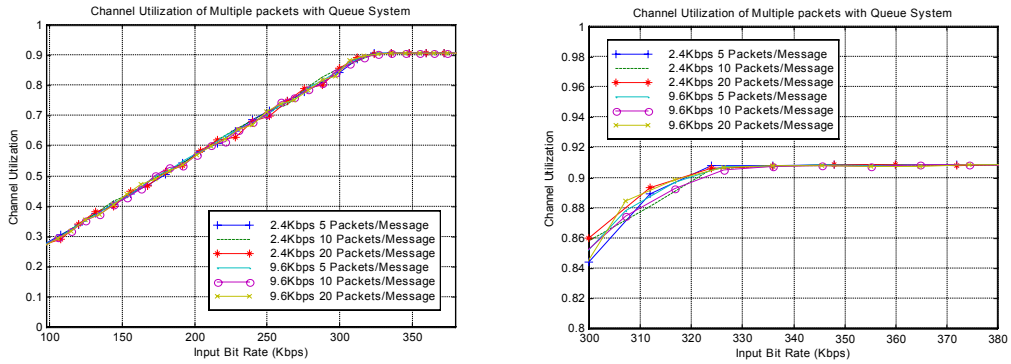
รูปที่ 4.50 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและคิว

ในแง่ของอัตราข้อมูลหรือจำนวนผู้ใช้บริการนั้นพบว่าผลที่ได้จากระบบอัตราข้อมูล 2.4 และ 9.6 กิโลบิตต่อวินาทีมีค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกขนาดความยาวแพ็กเกตทั้งนี้เพราะการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มสามารถลดจำนวนการร้องขอได้มากกว่าการเพิ่มขึ้นของผู้ใช้บริการ โดยการลดอัตราข้อมูลลง 4 เท่าหมายถึงจำนวนผู้ใช้ที่ระบบรองรับได้เพิ่ม 4 เท่าแต่จำนวนการร้องขอที่เกิดขึ้นจะมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 4 ทั้งนี้ขึ้นกับอัตราข้อมูลของผู้ใช้และโครงสร้างของระบบที่พิจารณา ในขณะที่การเพิ่มความยาวของข้อมูล 4 เท่านั้นจะทำให้จำนวนการร้องขอลดลง 4 เท่าจริงๆ แต่จำนวนการร้องขอที่ได้จากการทดสอบจะไม่เป็นเชิงเส้นกับความยาวของแพ็กเกตเพราะในการทำงานจริงอาจเกิดการชนขึ้นจำนวนการร้องขอจึงเพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้ต้องไม่ลืมว่าการทดสอบทั้งหมดนี้จะพิจารณาเฉพาะข้อมูลที่มีลักษณะแบบเบิรสต์ซึ่งมีลักษณะสอดคล้องกับเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณที่ออกแบบ แต่ถ้าข้อมูลที่ส่งไม่เป็นแบบเบิรสต์แล้วผลที่ได้จะต่ำกว่าที่ทดสอบเป็นอย่างมาก โดยผลที่ได้จะใกล้เคียงกับระบบที่ใช้เทคนิคคิวธรรมดา



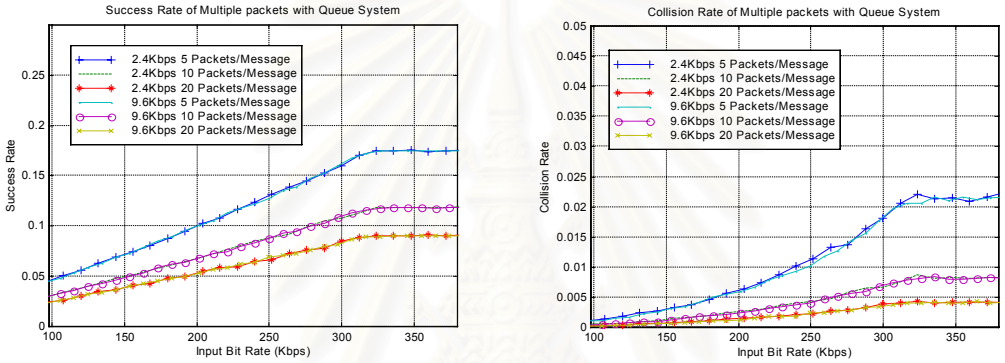
(ก) (ข)

รูปที่ 4.51 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและคิว



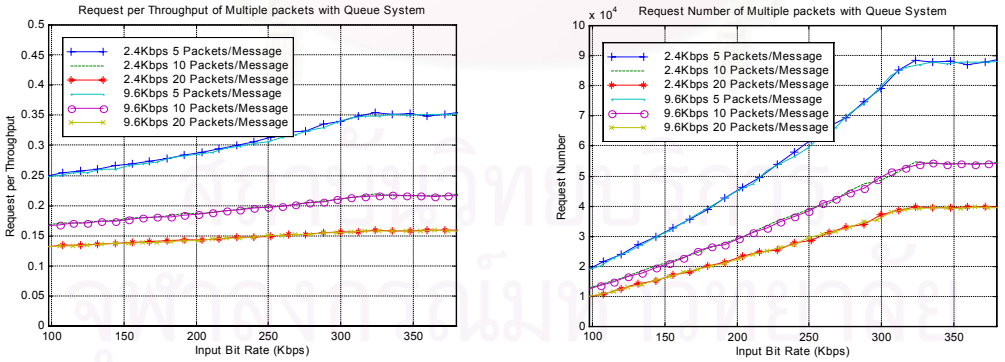
(ก) (ข)

รูปที่ 4.52 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและคิว



(ก) (ข)

รูปที่ 4.53 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและคิว



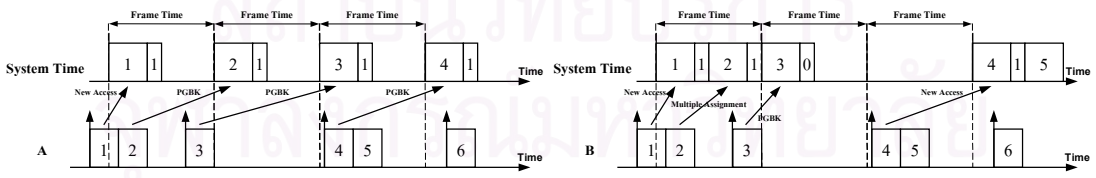
(ก) (ข)

รูปที่ 4.54 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและคิว

4.3.1.4.2 การจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มที่มีเทคนิคของ PGBK (Multiple Assignment with PGBK)

จากรูปที่ 4.56 พบว่าเวลาประวิงที่เกิดในสภาวะโหลดต่ำถึงปานกลางนั้นระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มจะมีค่าที่ต่ำกว่าระบบปกติอย่างชัดเจนดังเหตุผลในหัวข้อ 4.3.1.2 และเมื่อเทียบระหว่างระบบที่มีการจัดสรรแบบกลุ่มกับระบบที่มีการจัดสรรแบบกลุ่มร่วมกับ PGBK แล้วพบว่าเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบหลังสามารถให้ระบบมีค่าเวลาประวิงที่ต่ำกว่าเพราะเทคนิค PGBK ทำให้ผู้ใช้ส่งข้อมูลแบบเบิรสต์ได้มากขึ้นโดยไม่ต้องร้องขอช่องสัญญาณใหม่ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.55 แต่เมื่อพิจารณาในย่านทราฟฟิกสูงพบว่าเวลาประวิงของการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มมีค่าสูงกว่าระบบอื่นๆ ที่เหลือ เนื่องจากการขาดเสถียรภาพของระบบดังที่กล่าวข้างต้น สำหรับระบบ PGBK เมื่อเทียบกับระบบที่มีการจัดสรรแบบกลุ่มร่วมกับ PGBK พบว่าเวลาประวิงมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันเนื่องจากอยู่ในสภาวะทราฟฟิกสูงสุดที่ระบบรองรับได้ และมีการใช้เทคนิค PGBK ลดจำนวนการร้องขอเช่นเดียวกัน

ในแง่ของเสถียรภาพนั้นเมื่อพิจารณาจากค่าวิสัยสามารถแล้วพบว่าระบบการจัดสรรแบบกลุ่มมีเสถียรภาพต่ำในขณะระบบที่เหลือทั้งสองสามารถทำงานในสภาวะโหลดเกินได้อย่างมีเสถียรภาพ แต่เมื่อพิจารณาลงไปถึงการทำงานของระบบพบว่าระบบที่ใช้เทคนิค PGBK อย่างเดียวจะมีแนวโน้มของเสถียรภาพที่สูงกว่าการนำเทคนิคจัดสรรแบบกลุ่มมาทำงานร่วมกับ PGBK ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในสภาวะโหลดสูงนั้นมีผู้ต้องการรับบริการมาก การร้องขอแต่ละครั้งจึงเป็นไปได้ยากดังนั้นเมื่อผู้ใช้ทำการร้องขอได้ควรจะได้จึงควรได้รับการบริการ แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มข้างต้นคือการครอบครองช่องสัญญาณทำให้ผู้ใช้บริการที่ร้องขอสำเร็จบางส่วนต้องร้องขอใหม่ในเฟรมถัดไปจำนวนการร้องขอจึงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การนำเทคนิค PGBK มาทำงานร่วมกับการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มจะทำให้สมรรถนะในแง่ของการส่งข้อมูลแบบเบิรสต์ของเทคนิค PGBK ลดลงดังจำนวนการร้องขอที่เพิ่มขึ้นแสดงในรูปที่ 4.59

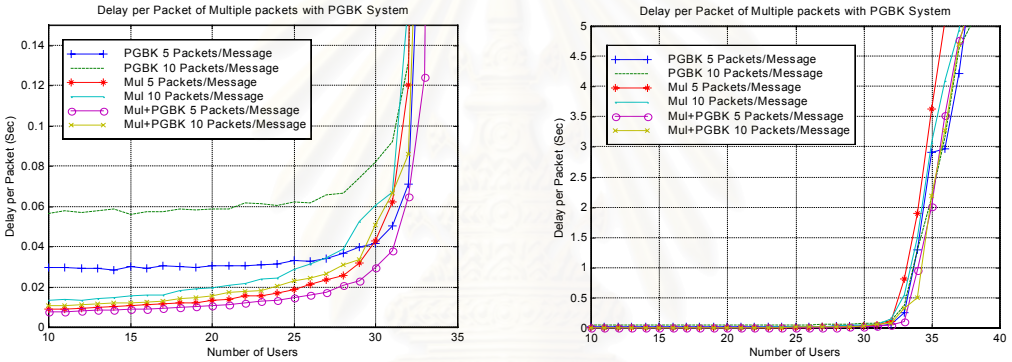


รูปที่ 4.55 การทำงานของเทคนิค PGBK และการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มร่วมกับ PGBK

เมื่อพิจารณาผลของความยาวแพ็กเกตข้อมูลแล้วพบว่าการเพิ่มความยาวของข้อมูลจะทำให้จำนวนการร้องขอมีค่าลดลงที่สภาวะทราฟฟิกไม่สูงนักเนื่องจากลักษณะความเป็นเบิรสต์ที่เพิ่มขึ้น แต่ในสภาวะทราฟฟิกสูงมากพบว่าแนวโน้มที่ได้จะมีลักษณะตรงกันข้ามกล่าวคือจำนวนการร้องขอที่เกิดจะมีค่ามากขึ้นตามขนาดของข้อมูล ที่เป็นเช่นนี้เพราะในสภาวะทราฟฟิกสูงมีจำนวนผู้ต้องการใช้บริการมากซึ่งจากผลการทดสอบที่ผ่านมาพบว่าเทคนิคที่ดีที่สุด ณ จุดนี้คือเทคนิคของคิว

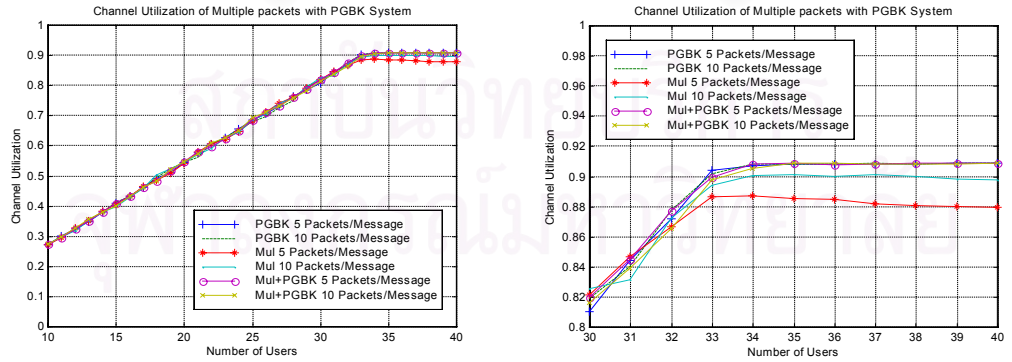
แต่ผลของการครอบครองช่องสัญญาณเนื่องจากเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มทำให้เทคนิค PGBK ที่ทำงานเสมือนเป็นคิวที่มีขนาดจำกัดไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มที่ ในขณะระบบที่มีเทคนิคของ PGBK เพียงอย่างเดียวนั้นจะคล้ายกับมีคิวเป็นจำนวนเท่ากับจำนวนช่องสัญญาณข้อมูล

เทคนิคการจัดสรรแบบกลุ่มและ PGBK ต่างก็เป็นการจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคนที่มีลักษณะข้อมูลแบบเบิรสต์ แต่จะแตกต่างกันที่เทคนิค PGBK จะมีลักษณะแบ่งกันใช้ช่องสัญญาณโดยจำนวนผู้ใช้บริการสูงสุดที่รองรับได้มีค่าเท่ากับจำนวนของดาต้าสล็อต ในขณะที่เทคนิคการจัดสรรแบบกลุ่มนั้นจำนวนผู้รับบริการที่รองรับได้สูงสุดจะมีค่าไม่เกินจำนวนดาต้าสล็อตโดยจะมีจำนวนลดลงตามความยาวของเบิรสต์ข้อมูลที่ส่งทำให้เกิดกรณีการครอบครองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการรายใดรายหนึ่ง นอกจากนี้ถ้าพิจารณาถึงลักษณะของเบิรสต์ที่ระบบรองรับแล้วพบว่าเทคนิค PGBK สามารถรองรับข้อมูลที่มีลักษณะไม่ต่อเนื่องกันได้ ในขณะที่เทคนิคการจัดสรรแบบกลุ่มจะรองรับได้แต่เบิรสต์ที่เกิดขึ้นพร้อมกันเท่านั้น



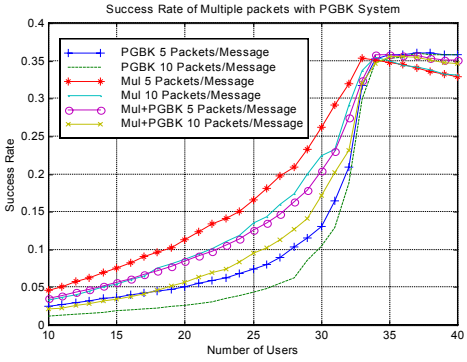
(ก) (ข)

รูปที่ 4.56 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและ PGBK

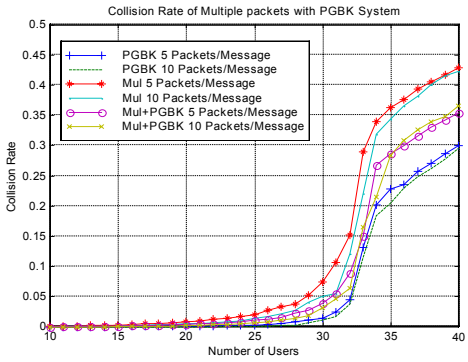


(ก) (ข)

รูปที่ 4.57 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและ PGBK

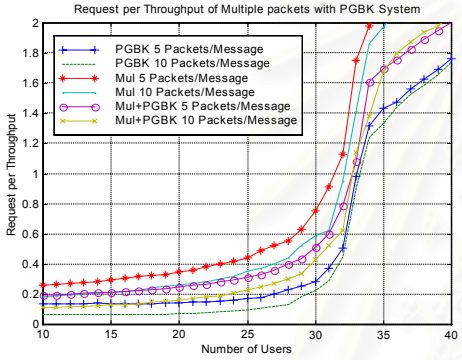


(ก)

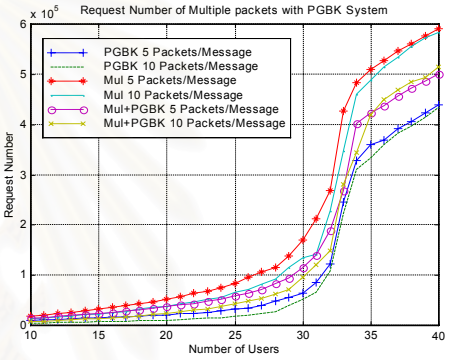


(ข)

รูปที่ 4.58 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและ PGBK



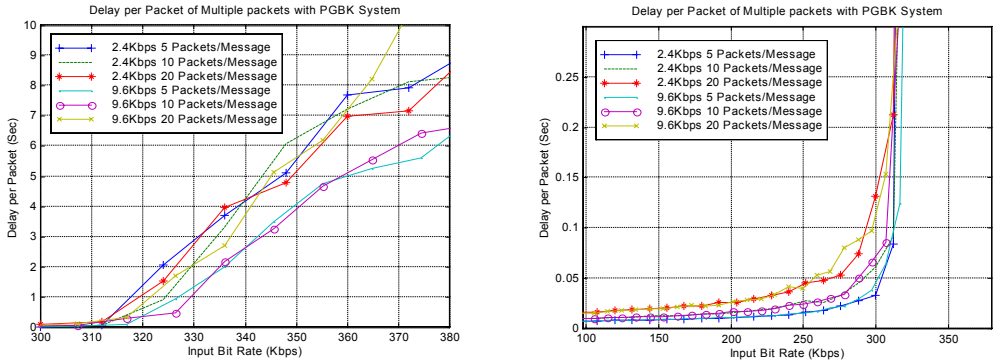
(ก)



(ข)

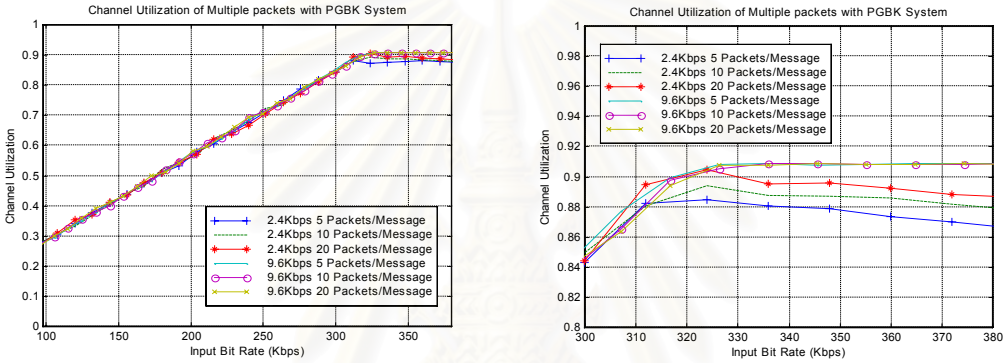
รูปที่ 4.59 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและ PGBK

จากผลการทดสอบรูปที่ 4.60 พบว่าค่าของเวลาประวิงที่สภาวะโหลดไม่สูงนั้นระบบอัตราข้อมูล 2.4 และ 9.6 กิโลบิตจะมีค่าเวลาประวิงใกล้เคียงกันที่ความยาวแพ็กเกตเดียวกัน แต่เมื่อเพิ่มปริมาณโหลดมากขึ้นพบว่าระบบที่มีอัตราข้อมูลต่ำทั้งหมดจะมีค่าเวลาประวิงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมากกว่าระบบอัตราข้อมูลสูงเนื่องจากเสถียรภาพที่ลดลงของระบบซึ่งสามารถสังเกตได้จากค่าวิสัยสามารถในรูปที่ 4.61 พบว่าในสภาวะทราฟฟิกสูงนั้นระบบอัตราข้อมูลต่ำจะมีค่าวิสัยสามารถที่ลดลง เพราะระบบอัตราข้อมูลต่ำจะมีช่วงการกำเนิดของข้อมูลที่ยาวกว่าระบบอัตราข้อมูลสูงทำให้ผลของจำนวนการร้องที่ลดลงจาก PGBK ต่ำลง นอกจากนี้เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มยังเป็นการเพิ่มโอกาสการครอบครองช่องสัญญาณในสภาวะทราฟฟิกสูงจำนวนการร้องขอที่เกิดจึงเพิ่มขึ้นระบบจึงขาดเสถียรภาพ



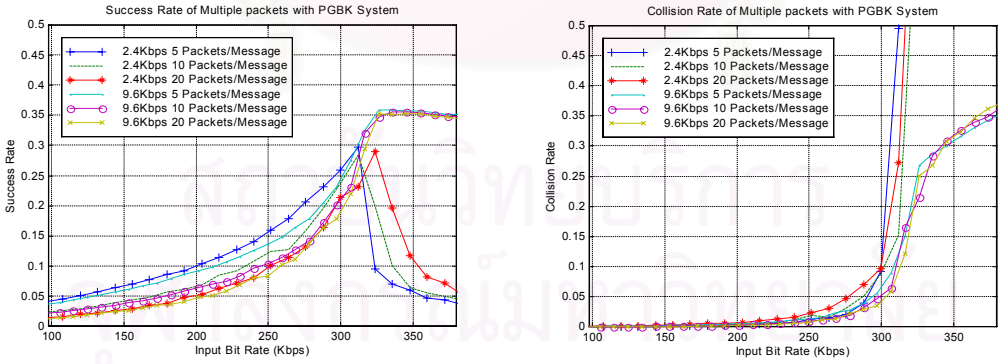
(ก) (ข)

รูปที่ 4.60 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและ PGBK



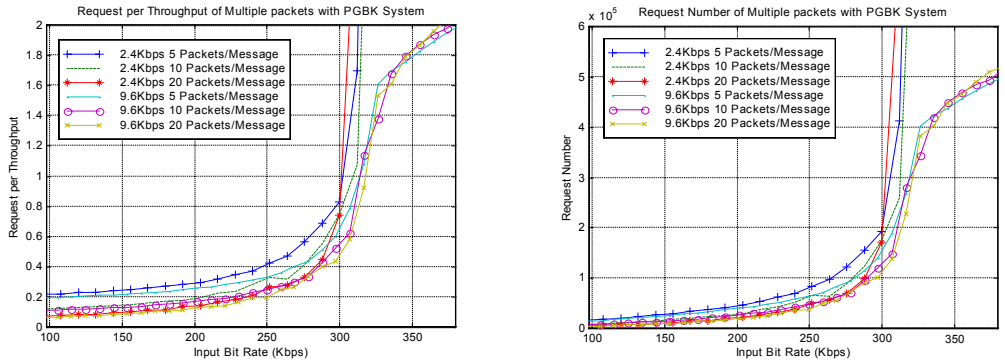
(ก) (ข)

รูปที่ 4.61 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและ PGBK



(ก) (ข)

รูปที่ 4.62 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและ PGBK



(ก) (ข)

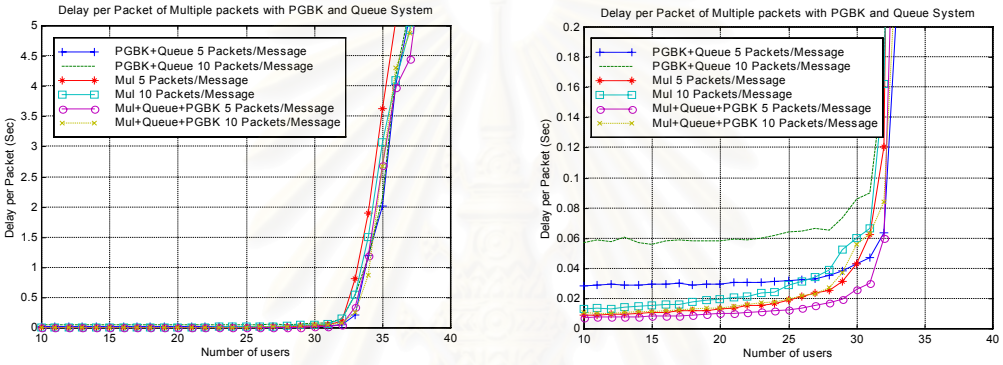
รูปที่ 4.63 จำนวนการร้องขอและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและ PGBK

4.3.1.4.3 การจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว (Multiple Assignment with PGBK and Queue Technique)

จากรูปที่ 4.64 พบว่าค่าเวลาประวิงที่ได้มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการทดสอบในข้างต้นคือระบบที่มีการจัดสรรแบบกลุ่มจะมีค่าที่ต่ำกว่าการจัดสรรทีละหนึ่งในสภาวะที่โหลดไม่สูงนัก โดยระบบที่ทำการรวมเทคนิคทั้งสามจะมีค่าที่ต่ำที่สุด และเมื่อทำการเพิ่มปริมาณทราฟฟิกมากขึ้นค่าที่ได้จะมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันคือเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากเป็นจุดสูงสุดที่ระบบรองรับได้ สำหรับค่าวิสัยสามารถนั้นพบว่ามีเพียงระบบเดียวที่ขาดเสถียรภาพในสภาวะทราฟฟิกสูงคือระบบที่มีการจัดสรรแบบกลุ่มสำหรับสองระบบที่เหลือจะสามารถทำงานที่จุดสูงสุดได้อย่างมีเสถียรภาพ ซึ่งจะเห็นได้ว่าระบบที่มีเทคนิคการจัดสรรแบบกลุ่มร่วมกับคิวและ PGBK นั้นจะมีลักษณะร่วมของระบบทั้งสองที่ทำการเปรียบเทียบด้วยกล่าวคือแม้ข้อมูลที่ส่งจะมีลักษณะเป็นแบบกลุ่มก็จะมีค่าเวลาประวิงที่ต่ำคล้ายระบบการจัดสรรแบบกลุ่ม อีกทั้งในสภาวะทราฟฟิกสูงระบบยังสามารถทำงานได้อย่างมีสมรรถนะที่จุดสูงสุดและเมื่อพิจารณาค่าที่เกี่ยวกับร้องขอทั้งหมดจะพบว่าใกล้เคียงกับระบบการส่งทีละแพ็กเกตที่มีเทคนิค PGBK และคิว โดยผลที่เกิดขึ้นจะใกล้เคียงกับการทำงานของระบบใดนั้นขึ้นกับลักษณะของทราฟฟิกที่ใช้เป็นสำคัญกล่าวคือ ในกรณีที่ผู้ใช้มีอัตราข้อมูลสูงแต่มีความยาวแพ็กเกตสั้นผลของ PGBK จะเป็นปัจจัยสำคัญต่อระบบแต่ในทำนองตรงกันข้ามถ้าอัตราข้อมูลที่ใช้ต่ำและข้อมูลมีขนาดค่อนข้างยาวผลที่ได้จะใกล้เคียงระบบการจัดสรรแบบกลุ่มมากกว่า สำหรับจำนวนการร้องขอนั้นเมื่อการเปรียบเทียบระหว่างระบบที่ใช้เทคนิค PGBK และคิวที่มีการส่งทีละหนึ่งแพ็กเกตเทียบกับการส่งทีละหลายแพ็กเกต การส่งทีละหลายแพ็กเกตนั้นจะมีแนวโน้มของจำนวนการร้องขอที่มากกว่าเพราะจากข้างต้นทราบแล้วว่าเทคนิคที่ลดจำนวนการร้องขอจากเบิรสต์นั้นมี 2 เทคนิคคือการจัดสรรแบบกลุ่มและ PGBK โดยเทคนิคของ PGBK สามารถจัดการข้อมูลที่มีความเป็นเบิรสต์ได้ดีกว่าเมื่อไม่คำนึงถึงค่าเวลาประวิง แต่เมื่อนำมาใช้ร่วมกับเทคนิค

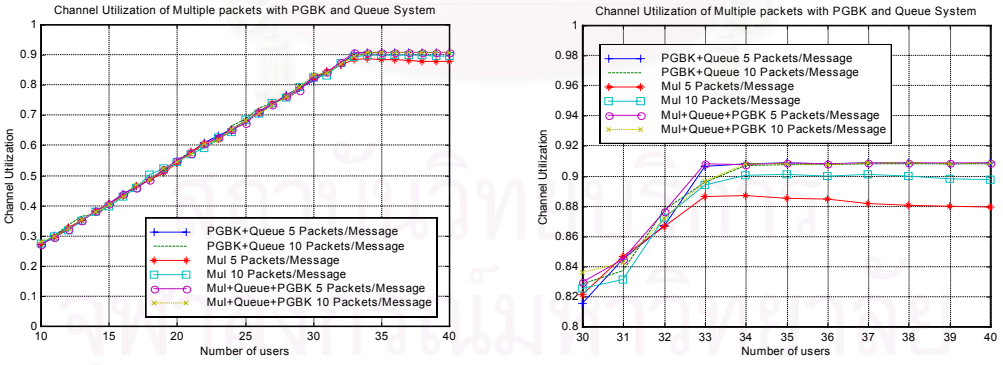
การจัดสรรแบบกลุ่มแล้วจำนวนการร้องขอบางส่วนจะกระทำผ่านการจัดสรแบบกลุ่มแทน PGBK ผลของ PGBK จึงลดลง แต่ทั้งนี้จำนวนการร้องขอที่เพิ่มขึ้นก็ไม่มากพอที่จะส่งผลต่อเสถียรภาพของระบบโดยตรงอีกทั้งเมื่อพิจารณาในแง่ของเวลาประวิงที่ลดลงแล้วการนำเทคนิคทั้งสองมาใช้ร่วมกันย่อมดีกว่า

สำหรับผลของความยาวแพ็กเกตนั้นจะส่งผลเช่นเดียวกับในระบบก่อนๆ ข้างต้นกล่าวคือในแง่ของเวลาประวิงถ้าแพ็กเกตมีความยาวเพิ่มขึ้นเวลาที่ใช้ในการส่งจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ ส่วนในแง่ของเสถียรภาพนั้นพบว่าการเพิ่มขนาดของแพ็กเกตข้อมูลจะทำให้จำนวนการร้องขอลดลงเพราะข้อมูลมีความเป็นเบิรสต์เพิ่มขึ้นและระบบยังไม่ประสบปัญหาของการครอบครองช่องสัญญาณเนื่องจากมีเทคนิคคิว



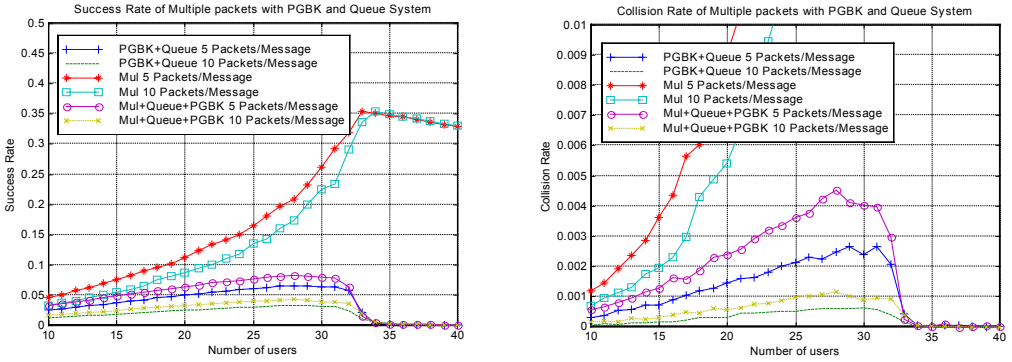
(ก) (ข)

รูปที่ 4.64 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม PGBK และคิว



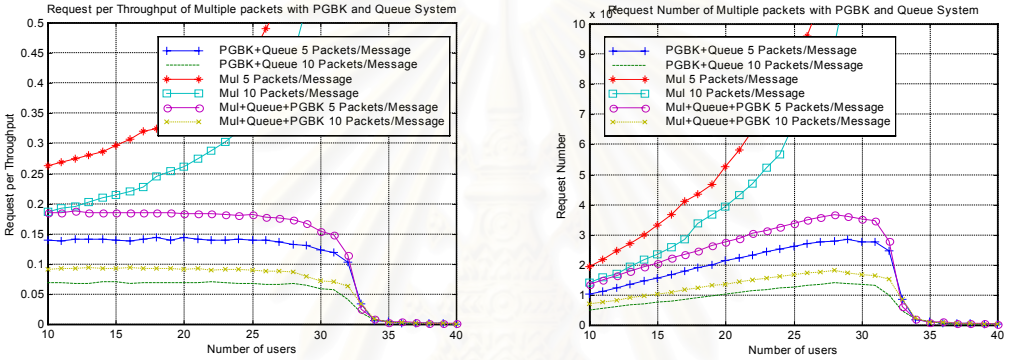
(ก) (ข)

รูปที่ 4.65 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม PGBK และคิว



(ก) (ข)

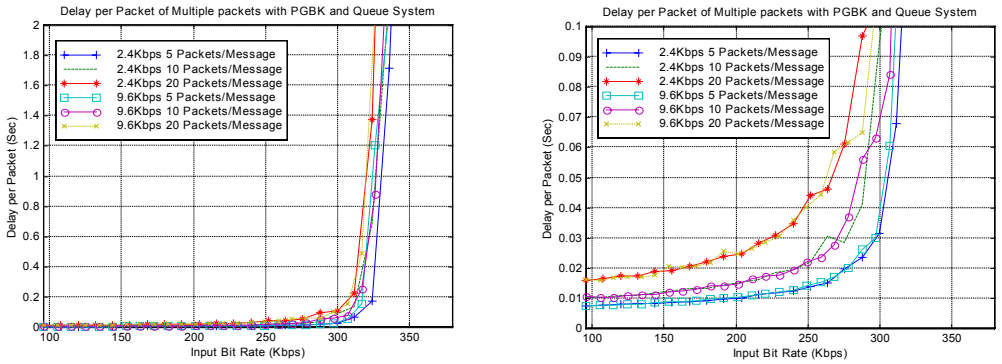
รูปที่ 4.66 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม PGBK และคิว



(ก) (ข)

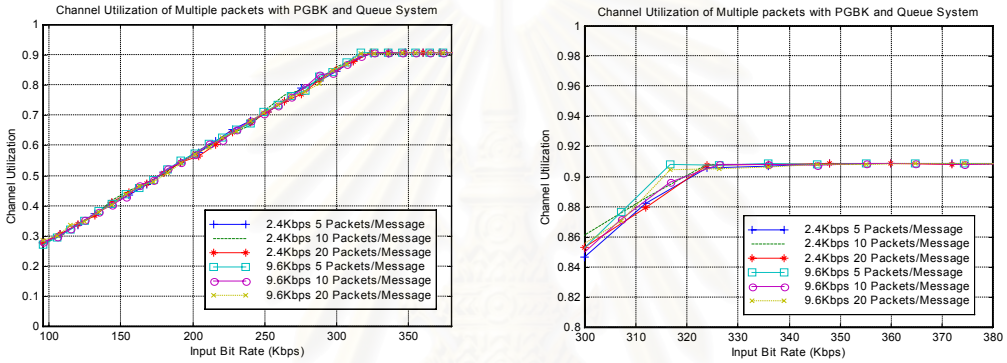
รูปที่ 4.67 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม PGBK และคิว

ผลการลดลงของอัตราข้อมูลมีลักษณะเช่นเดียวกันกับที่กล่าวในข้างต้นคือทำให้จำนวนของการร้องขอเพิ่มขึ้น ระบบจึงมีแนวโน้มที่ด้อยลง แต่จากผลที่ได้ทั้งในแง่ของเวลาประวิงและค่าวิสัยสามารถนั้นพบว่าใกล้เคียงกันมากที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าแม้ระบบจะมีแนวโน้มด้อยลงแต่สิ่งที่เกิดขึ้นยังไม่มากพอที่จะส่งผลต่อสมรรถนะโดยตรงต่อระบบที่พิจารณา เพราะในสภาวะทราฟฟิกต่ำระบบสามารถลดจำนวนการร้องขอส่วนใหญ่โดยเทคนิคการจัดสรรแบบกลุ่มและ PGBK เนื่องจากข้อมูลมีความเป็นเบิรสต์ และเมื่อปริมาณทราฟฟิกเพิ่มขึ้นเทคนิคของ PGBK และคิวจะเริ่มส่งผลออกมา โดยเฉพาะที่สภาวะทราฟฟิกสูงนั้นผลของจำนวนการร้องขอจะมีผลใกล้เคียงกันมากสำหรับอัตราข้อมูลทั้งสองเพราะเทคนิคของคิว



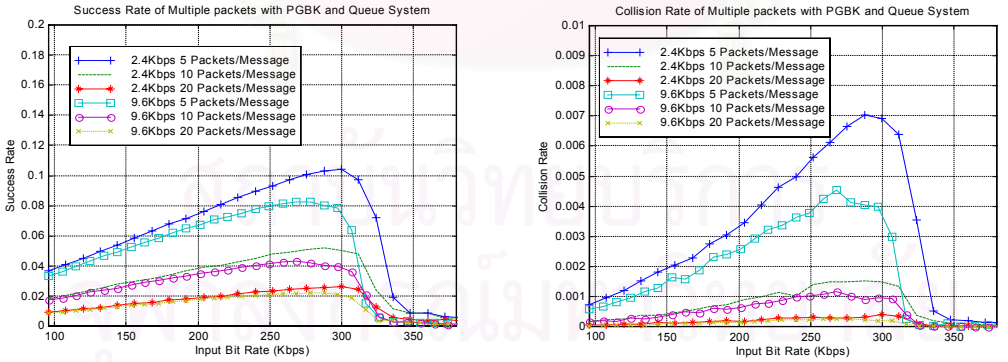
(ก) (ข)

รูปที่ 4.68 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม PGBK และคิว



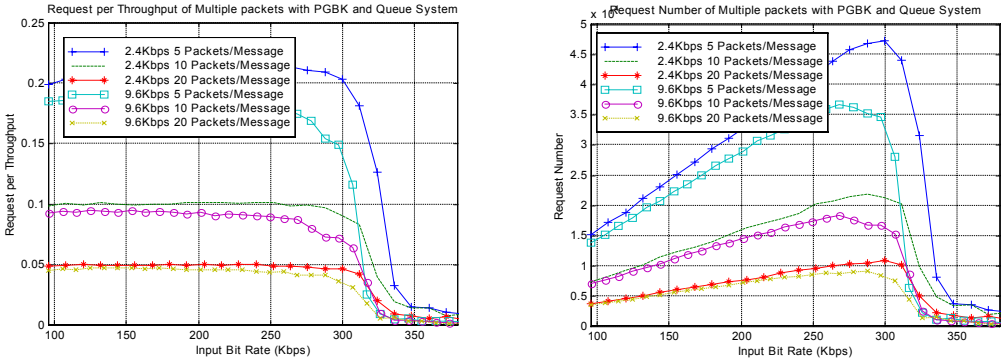
(ก) (ข)

รูปที่ 4.69 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม PGBK และคิว



(ก) (ข)

รูปที่ 4.70 อัตราการสำเร็จและการชนของช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม PGBK และคิว



(ก) (ข)

รูปที่ 4.71 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม PGBK และคิว

4.3.2 ผลของเทคนิคการเข้าถึงตัวกลางของบริการเสียง

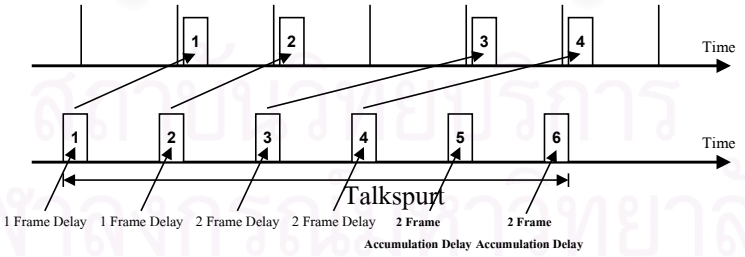
การศึกษาผลของเทคนิคที่ใช้กับบริการเสียงในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็นหัวข้อต่างๆ ที่สำคัญ 4 หัวข้อดังนี้ 1. ศึกษาธรรมชาติและลักษณะการทำงานของบริการเสียงในระบบแบบไฮบริดพื้นฐาน 2. ศึกษาการทำงานของเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบสำหรับบริการเสียง 3. ศึกษาการทำงานของเทคนิคที่ไม่ขึ้นกับลักษณะการบริการอันประกอบด้วย เทคนิคของ PGBK เทคนิคของคิวและการทำงานร่วมกันระหว่างเทคนิคคิวกับเทคนิค PGBK 4. ศึกษาการทำงานร่วมกันระหว่างเทคนิคที่ขึ้นกับการบริการและไม่ขึ้นกับการบริการอันประกอบด้วย เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบราบคาบเมื่อทำงานร่วมกับเทคนิค PGBK เทคนิคคิวและเทคนิคผสมระหว่าง PGBK กับคิว

4.3.2.1 การทำงานของบริการเสียงในแบบจำลองการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

จากผลการทดสอบเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยระหว่างช่วงพูดต่อช่วงเงียบในระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไฮบริดพื้นฐานพบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบได้อย่างชัดเจนที่ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาไม่สูงนัก แต่เมื่อทำการเพิ่มค่าเฉลี่ยช่วงเวลามากขึ้นผลของความแตกต่างที่เกิดจะค่อยๆ มีค่าลดลง โดยในการทดสอบนี้จะเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาที่ใช้เป็นจำนวนเท่าของค่าเฉลี่ยในการพูดของคนปกติ 1 ต่อ 1.35 วินาทีเป็นจำนวนทั้งหมด 6 ค่าดังนี้ 0.016/0.0216, 0.032/0.0432, 0.1/0.135, 0.5/0.675, 1/1.35 และ 2/2.7 ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าวิสัยสามารถของบริการเสียงในรูปที่ 4.74(ก) พบว่าข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยช่วงเวลาสั้นจะมีค่าวิสัยสามารถที่สูงกว่าระบบที่มีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลายาวโดยผลที่ได้นี้จะแตกต่างจากลักษณะของบริการข้อมูล กล่าวคือค่าวิสัยสามารถของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์นั้นจะขึ้นกับปริมาณทราฟฟิกทั้งหมดที่ระบบทำการรองรับทำให้ในสภาวะที่ระบบทำงานอย่างมีเสถียรภาพนั้นค่าวิสัยสามารถที่ได้จากระบบต่างๆ จะค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่สำหรับบริการเสียงนั้นจะมีลักษณะที่

แตกต่างกันออกไปกล่าวคือ ข้อมูลเสียงที่กำเนิดทั้งหมดนั้นอาจจะได้รับการบริการแค่บางส่วนโดยจะมีการละทิ้งแพ็กเกตข้อมูลบางส่วนที่มีเวลาประวิงเกินค่าที่กำหนดออกไป ทำให้ค่าวิสัยสามารถมีความแตกต่างกันได้แม้ในสภาวะที่ทราฟฟิกไม่สูงนัก

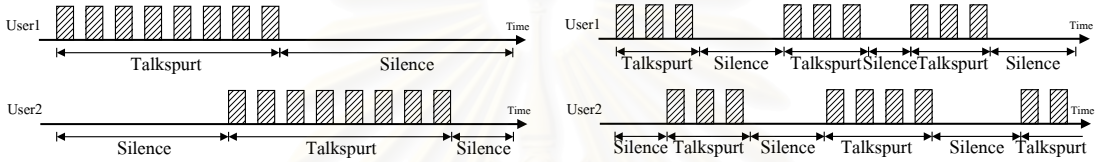
จากผลที่ได้พบว่าค่าต่างๆ ทั้งสามอันประกอบด้วย ค่าวิสัยสามารถ เวลาประวิงและโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตนั้นจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันกล่าวคือ เมื่อพิจารณาในช่วงที่ระบบมีเสถียรภาพคือค่าวิสัยสามารถยังไม่มีการลดลงนั้นระบบที่มีอัตราการสูญเสียข้อมูลต่ำจะมีค่าวิสัยสามารถที่สูงกว่าระบบที่มีการสูญเสียข้อมูลมาก โดยในทุกการทดสอบนั้นค่าเวลาประวิงในทุกช่วงของสภาวะทราฟฟิกจะไม่สูงกว่าค่าเวลาประวิงสูงสุดที่จะดร็อปแพ็กเกตคือ 32 มิลลิวินาทีแต่แนวโน้มของระบบที่มีการสูญเสียข้อมูลสูงจะทำให้มีค่าของเวลาประวิงที่มากตามไปด้วย ดังผลการทดสอบที่แสดงในรูป 4.74(ก), 4.74(ข) และ 4.75(ก) เมื่อพิจารณาพบว่าระบบที่ผู้รับบริการมีค่าเฉลี่ยช่วงเวลาพูดต่อช่วงเวลาเงียบสั้นจะมีค่าวิสัยสามารถที่มากกว่า เวลาประวิงและโอกาสในการดร็อปข้อมูลที่น้อยกว่าระบบที่มีค่าเฉลี่ยช่วงเวลายาว สำหรับสาเหตุที่ทำให้เป็นเช่นนี้เนื่องจากธรรมชาติการกำเนิดของบริการเสียงมีลักษณะเป็นแบบรายคาบอย่างต่อเนื่อง โดยการส่งแพ็กเกตข้อมูลนั้นจะมีลักษณะเป็นไปตามลำดับดังนั้นถ้าแพ็กเกตที่อยู่ข้างหน้ายังไม่ได้ส่งหรือถูกละทิ้งแพ็กเกตถัดๆ มาจะไม่สามารถส่งได้ นอกจากนี้ระบบที่พิจารณายังมีลักษณะเป็นแบบสุ่มจึงมีโอกาสที่ผู้ใช้ที่ต้องการส่งข้อมูลไม่สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ในบางช่วงจึงเกิดการสะสมของเวลาประวิงขึ้นและเมื่อการสะสมถึงค่าหนึ่งที่กำหนดแพ็กเกตนั้นจะถูกดร็อปไปจากนั้นจะเริ่มทำการสะสมเวลาประวิงต่อไปดังตัวอย่างในรูปที่ 4.72 ซึ่งในระบบที่ทำการพิจารณานี้มีความยาวของเฟรมเท่ากับช่วงเวลาการกำเนิดข้อมูลเสียงเท่ากับ 4 มิลลิวินาทีทำให้การสูญเสียแพ็กเกตข้อมูลเสียงจะเกิดขึ้นเมื่อไม่สามารถส่งแพ็กเกตเสียงได้ภายใน 8 เฟรม ซึ่งผลการสะสมค่าของเวลาประวิงและการละทิ้ง แพ็กเกตนี้จะเพิ่มขึ้นตามช่วงเวลาที่ผู้ใช้ทำการส่งข้อมูลหรือตามความยาวของค่าเวลาเฉลี่ยในช่วงพูด



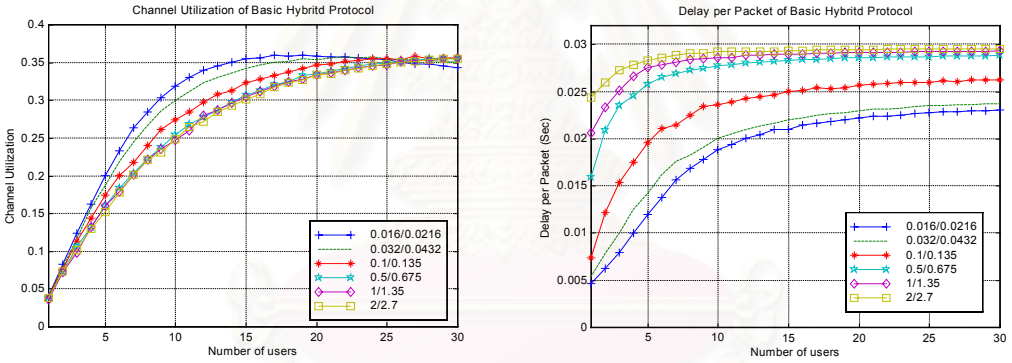
รูปที่ 4.72 การสะสมเวลาประวิงสำหรับบริการเสียง

แต่เมื่อพิจารณาในสภาวะทราฟฟิกสูงๆ พบว่าระบบที่มีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาสั้นจะมีเสถียรภาพที่ต่ำกว่าระบบค่าเฉลี่ยช่วงเวลายาว ที่เป็นเช่นนี้จะสามารถวิเคราะห์ได้จากกราฟอัตราการสำเร็จ อัตราการชน อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอในรูปที่ 4.75(ข), 4.76(ก), 4.76(ข) และ 4.77 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการทำงานภายในระบบที่มีค่าเฉลี่ยช่วงเวลาดังกล่าวสั้นนั้นจะมีแนวโน้มของเสถียรภาพที่ต่ำกว่าระบบค่าเฉลี่ยช่วงเวลายาวในทุก

สภาวะของทราฟฟิกซึ่งสามารถสังเกตได้จากค่าอัตราการชน อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอที่มากกว่า เพียงแต่ผลที่เกิดขึ้นนี้จะไม่แสดงออกมาที่สภาวะทราฟฟิกต่ำเนื่องจากจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอที่มากและค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่กำหนดไว้อย่างเหมาะสม โดยสาเหตุของเสถียรภาพดังกล่าวเกิดขึ้นเพราะระบบที่มีค่าเฉลี่ยช่วงเวลาสั้นจะทำให้ลักษณะการเกิดข้อมูลของผู้ใช้มีลักษณะกระจายออกไปยังส่วนต่างๆ ของเฟรม โอกาสที่จะเกิดการร้องขอขึ้นพร้อมกันจึงมีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับผู้ใช้ที่มีช่วงเวลาดังกล่าวยาวๆ เนื่องจากระบบที่มีช่วงเวลาพูดยาวจะต้องมีช่วงเวลาเงียบที่สูงตามไปด้วยเพื่อให้อัตราข้อมูลเฉลี่ยมีค่าคงที่ และช่วงเวลาเงียบที่ยาวนานนี่เองทำให้โอกาสในการชนมีค่าต่ำกว่า สำหรับอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ระบบค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาพูดยาวมีเสถียรภาพที่สูงกว่าคือค่าโอกาสในการดร็อปข้อมูลที่เพิ่มขึ้นทำให้เสมือนกับระบบมีปริมาณโหลดที่ลดลง ระบบจึงสามารถรองรับปริมาณผู้ใช้ได้มากขึ้น

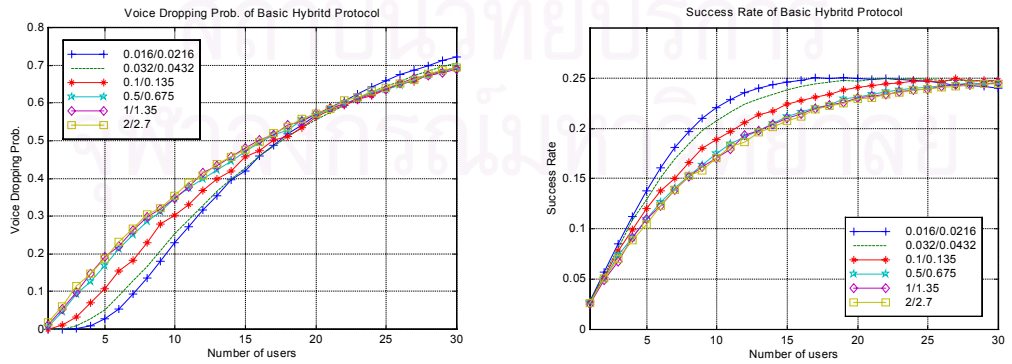


รูปที่ 4.73 การชนกันเนื่องจากลักษณะการสุ่ม



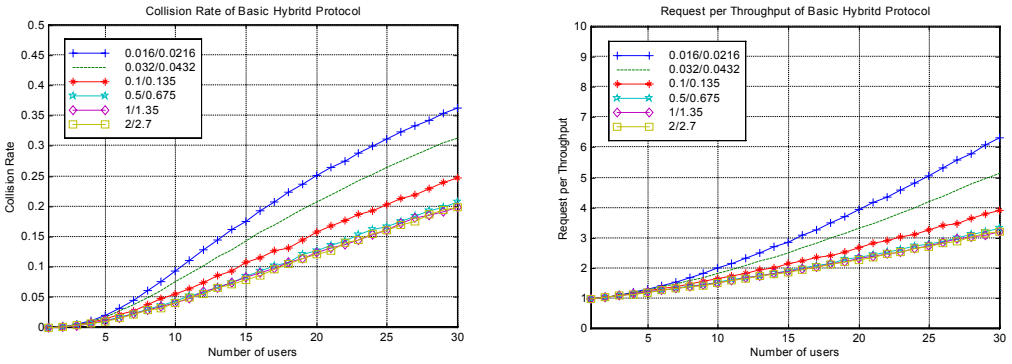
(ก) (ข)

รูปที่ 4.74 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



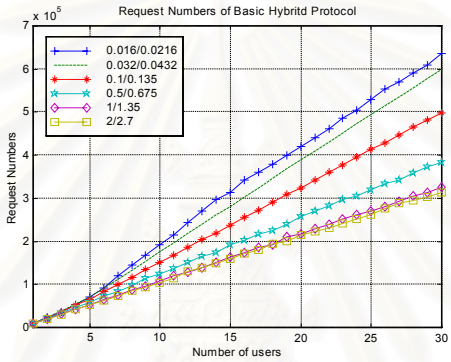
(ก) (ข)

รูปที่ 4.75 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

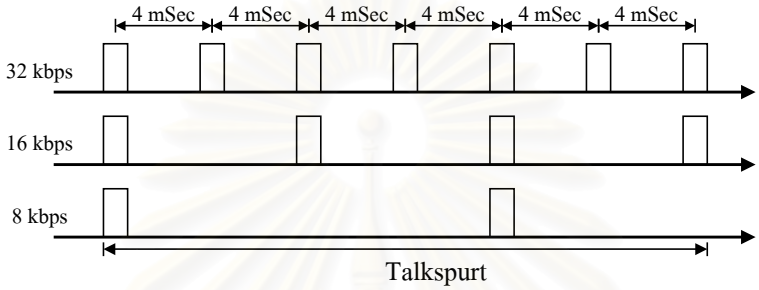
รูปที่ 4.76 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



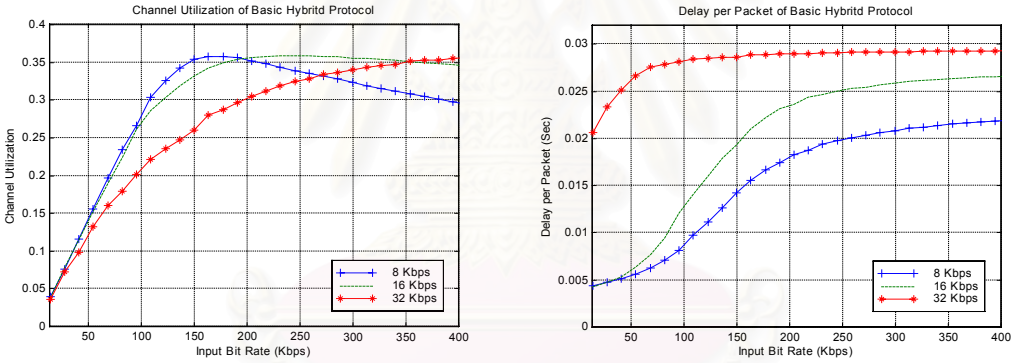
รูปที่ 4.77 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

เมื่อพิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงอัตราการเข้ารหัสข้อมูลเสียงพบว่าเมื่อทำการลดอัตราข้อมูลเสียงลงจะทำให้ช่วงเวลาการกำเนิดแพ็กเกตข้อมูลเสียงแบบรายคาบแต่ละแพ็กเกตห่างกันมากยิ่งขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.78 ทำให้ผลการสูญเสียเนื่องจากเวลาประวิงสะสมลดลง เนื่องจากแต่ละแพ็กเกตมีโอกาสที่จะพลาดการส่งข้อมูลได้หลายเฟรมโดยไม่ทำให้เกิดการสูญเสียได้ ยกตัวอย่างระบบที่ทำการทดสอบถ้าใช้อัตราข้อมูล 32 กิโลบิตต่อวินาทีผู้รับบริการจะต้องส่งข้อมูลในทุก ๆ เฟรมโดยไม่พลาดเลย แต่ถ้าอัตราข้อมูลผู้รับบริการลดลงเหลือ 16 กิโลบิตต่อวินาทีถ้าคิดอย่างง่ายคือภายใน 2 เฟรมต้องส่งได้หนึ่งแพ็กเกตจึงจะไม่มีการสะสมเวลาประวิง แต่ในความเป็นจริงผู้ใช้บริการสามารถพลาดการส่งข้อมูลได้มากกว่า 2 เฟรมขึ้นไปเพราะในกรณีที่ข้อมูลแพ็กเกตแรกพลาดการส่งข้อมูลเกินกว่า 2 เฟรมแต่ถ้าแพ็กเกตถัดๆ มาสามารถส่งได้ในเฟรมถัดไปทันทีเวลาประวิงที่สะสมในส่วนนี้จะสามารถลดลงได้ ดังนั้นโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตเมื่อผู้ใช้มีอัตราข้อมูลต่ำจึงน้อยกว่าระบบอัตราข้อมูลสูง ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่าในช่วงที่สภาวะทราฟฟิกไม่สูงนักระบบที่มีอัตราข้อมูลต่ำจะมีสมรรถนะของค่าต่างๆ ทั้งวิสัยสามารถ เวลาประวิงและโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตที่ดีกว่าระบบอัตราข้อมูลสูงดังแสดงในรูปที่ 4.79(ก), 4.79(ข) และ 4.80(ก) ตามลำดับ แต่เมื่อทำการเพิ่มปริมาณโหลดมากขึ้นถึงจุดหนึ่งค่าวิสัยสามารถของระบบอัตราข้อมูลต่ำจะเริ่มมีค่าน้อยกว่าระบบอัตราข้อมูลสูง อีกทั้งค่าโอกาสในการดร็อปข้อมูลในระบบอัตรา

ข้อมูลต่ำจะเริ่มมีค่าที่สูงกว่าระบบอัตราข้อมูลสูง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเสถียรภาพที่ลดลงเพราะจำนวนผู้รับบริการที่มากเกินไปโดยการลดอัตราข้อมูลลงสองเท่านั้นจะต้องทำการเพิ่มจำนวนผู้รับบริการสองเท่าจึงจะทำให้ปริมาณโหลดรวมมีค่าคงที่ ซึ่งปัจจัยของจำนวนผู้ใช้นี้จะส่งผลต่อระบบในทุกสภาวะทราฟฟิกดังจะเห็นได้จากกราฟแสดงอัตราการสำเร็จ อัตราการชน อัตราส่วนจำนวนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามากและจำนวนการร้องขอในรูปที่ 4.80(ข), 4.81(ก), 4.81(ข) และ 4.82 ตามลำดับ แต่จะสามารถส่งผลต่อสมรรถนะของระบบก็ต่อเมื่อทราฟฟิกมีปริมาณมากขึ้นถึงระดับหนึ่งเท่านั้น

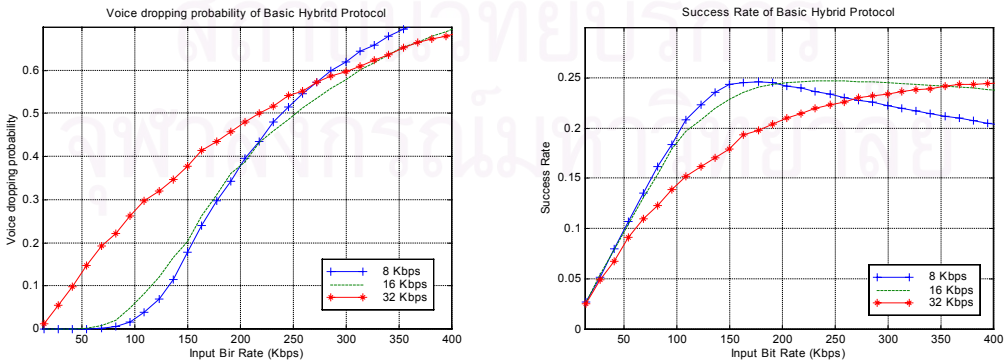


รูปที่ 4.78 ลักษณะการกำเนิดของแพ็กเกตเสียงที่อัตราข้อมูล 32, 16 และ 8 กิโลบิตต่อวินาที



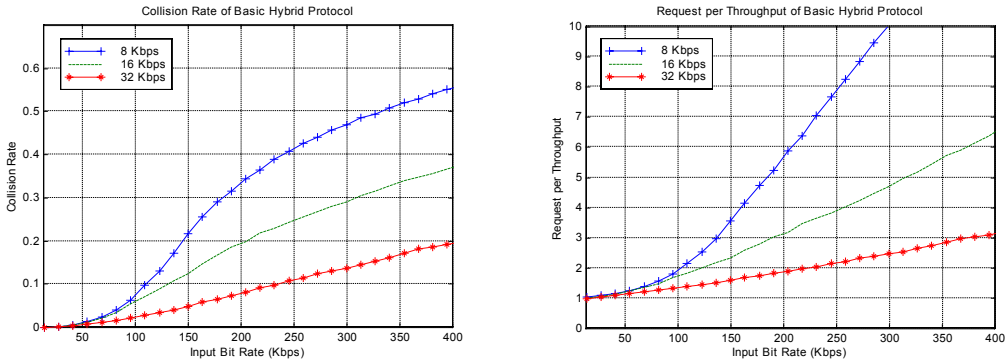
(ก) (ข)

รูปที่ 4.79 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



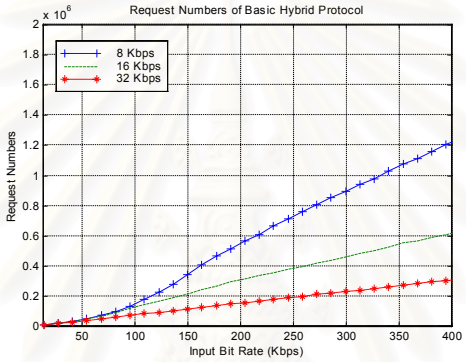
(ก) (ข)

รูปที่ 4.80 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

รูปที่ 4.81 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



รูปที่ 4.82 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

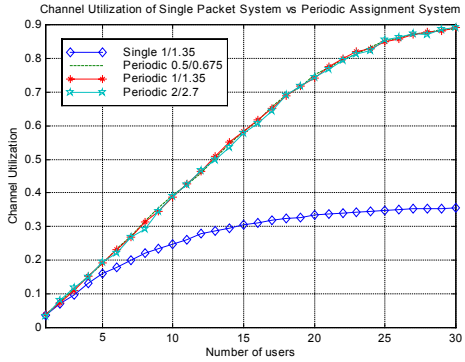
ในข้างต้นเป็นการทดสอบระบบแบบไฮบริดพื้นฐานสำหรับการรองรับบริการเสียงเพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางธรรมชาติและแนวโน้มที่เกิดขึ้นในการทำงาน จึงจะทำการพิจารณาระบบในทุกสภาวะของทราฟฟิกเพื่อให้เห็นแนวโน้มที่เกิดขึ้นตั้งแต่ในสภาวะโหลดต่ำจนถึงสภาวะโอเวอร์โหลดว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร แต่ในการนำไปใช้งานจริงนั้นพบว่าที่สภาวะโหลดสูงๆ เราไม่สามารถได้รับบริการจากระบบตามคุณภาพของการบริการที่ต้องการได้ เพราะปกติจุดที่ระบบสามารถให้บริการแก่ผู้ใช้บริการเสียงนั้นจะถูกกำหนดจากอัตราการสูญเสียข้อมูลของเสียงที่ค่าไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาระบบอื่นๆ ในส่วนถัดไปจะพบว่าจำนวนผู้รับบริการสูงสุดที่ระบบสามารถรองรับได้ตามคุณภาพของการบริการที่ต้องการนั้นจะเกิดขึ้นที่ค่าวิสัยสามารถไม่สูงนักทั้งนี้เป็นเพราะจำนวนผู้รับบริการสูงสุดจะถูกกำหนดจากอัตราข้อมูลเสียงสูงสุดไม่ใช่อัตราข้อมูลเฉลี่ยซึ่งโดยปกติจะมีค่าวิสัยสามารถประมาณ 42 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น (คำนวณที่อัตราช่วงเวลาเฉลี่ยช่วงพูดต่อช่วงเงียบเท่ากับ 1 ต่อ 1.35 วินาที) ซึ่งจุดประสงค์ของเทคนิคต่างๆ ที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกระทำเพื่อเพิ่มค่าวิสัยสามารถหรือการใช้ประโยชน์ช่องสัญญาณให้มีค่ามากขึ้น โดยที่ผู้ใช้ยังคงได้รับบริการตามคุณภาพของการบริการที่

ต้องการได้ ทางออกของแนวคิดดังกล่าวคือการนำช่วงเวลาที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ไปทำการจัดสรรให้แก่ผู้รับบริการอื่นๆ

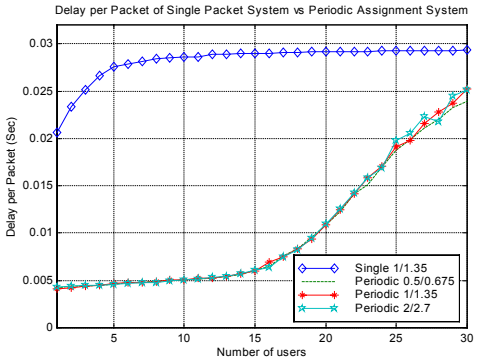
4.3.2.2 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ (Periodic Assignment)

จากผลการทดสอบในรูปที่ 4.83-4.86 พบว่าเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบทำให้ระบบมีสมรรถนะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระบบการเข้าใช้ตัวกลางพื้นฐานแบบไฮบริดอย่างมากในทุกๆ ค่า ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเทคนิคนี้สามารถทำการจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่ทราฟฟิกเสียงได้อย่างเหมาะสม กล่าวคือผู้ที่ต้องการใช้บริการจะทำการร้องขอช่องสัญญาณแบบสุ่มเพียงครั้งเดียวที่ต้นการสนทนาจากนั้นสถานีฐานจะจองช่องสัญญาณต่อให้จนกว่าผู้รับบริการจะหมดความต้องการทำให้ผลของเวลาประวิงสะสมดังที่กล่าวในข้างต้นมีค่าคงที่และไม่เพิ่มขึ้น โดยค่าเวลาประวิงดังกล่าวนี้จะขึ้นกับการเข้าถึงตัวกลางของแพ็กเกตข้อมูลแรกเท่านั้น นอกจากนี้ยังเสมือนเป็นการรับประกันว่าถ้าผู้ใช้สามารถส่งแพ็กเกตแรกได้สำเร็จ แพ็กเกตถัดๆ มาจะไม่มีการสูญเสียเกิดขึ้นอย่างแน่นอนทำให้ค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตเสียงมีค่าต่ำ อีกทั้งในแง่เสถียรภาพของระบบยังพบว่าวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณนี้จะทำให้เกิดจำนวนการร้องขอที่ต่ำมากยกตัวอย่างเช่น ในระบบปกติที่มีอัตราส่วนช่วงเวลาพูดต่อช่วงเงียบเท่ากับ 1 ต่อ 1.35 วินาที ซึ่งหมายความว่าโดยเฉลี่ยภายในเวลา 2.35 วินาทีหรือคิดเป็น 587.5 เฟรม (1 เฟรมเท่ากับ 4 มิลลิวินาที) จะมีการร้องขอเกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวเท่านั้น ซึ่งจำนวนการร้องขอที่ลดลงนี้จะทำให้ค่าต่างๆ ที่สัมพันธ์ตามมาคือ ค่าอัตราการสำเร็จ อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถมีปริมาณที่ลดลงจากระบบปกติอย่างมาก

จากนั้นเมื่อทำการพิจารณาถึงผลการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยช่วงเวลาในช่วงพูดต่อช่วงเงียบพบว่าปัจจัยดังกล่าวจะไม่มากพอที่จะส่งผลต่อค่าสมรรถนะของระบบทั้ง 3 คือ ค่าวิสัยสามารถเวลาประวิงและโอกาสในการดร็อปแพ็กเกต แต่ทั้งนี้ความแตกต่างที่เกิดจะสามารถสังเกตได้จากค่าที่เกี่ยวข้องกับการร้องขอ ซึ่งในสภาวะที่ทราฟฟิกต่ำๆ ความแตกต่างจะยังคงไม่เกิดขึ้นแต่เมื่อทำการเพิ่มปริมาณโหลดมากขึ้นความแตกต่างที่ได้แม้จะยังมีค่าที่น้อยแต่ก็สามารถทำการสังเกตได้ดังนี้คือ ระบบที่มีค่าเฉลี่ยช่วงเวลาพูดสั้นจะมีแนวโน้มของอัตราการสำเร็จ อัตราการชน อัตราส่วนจำนวนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอในรูป 4.84(ข)-4.86 ที่สูงกว่าระบบที่มีค่าเฉลี่ยดังกล่าวยาว ที่เป็นเช่นนี้เพราะการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบสามารถจัดการส่งข้อมูลได้เพียงทีละหนึ่งช่วงการพูดเท่านั้น ดังนั้นถ้าช่วงการพูดสั้นจำนวนแพ็กเกตที่เทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบจะสามารถจัดการได้ต่อหนึ่งการร้องขอได้ลดลง ทำให้ผู้รับบริการต้องทำการร้องขอช่องสัญญาณจากสถานีฐานมากขึ้น

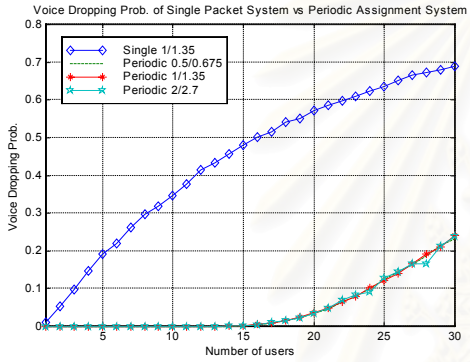


(ก)

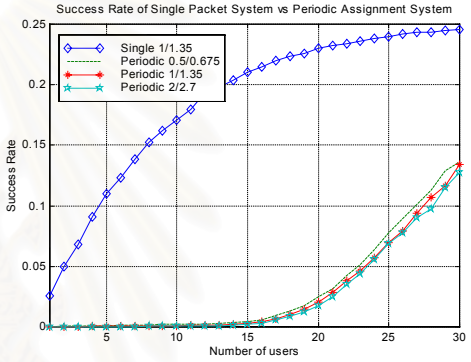


(ข)

รูปที่ 4.83 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ

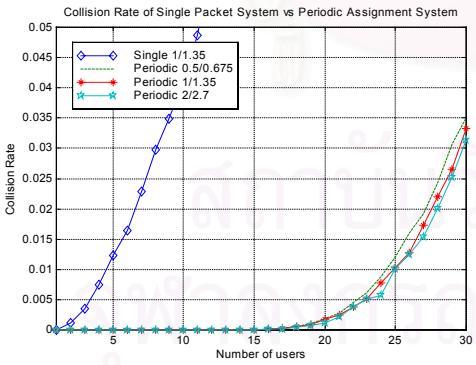


(ก)

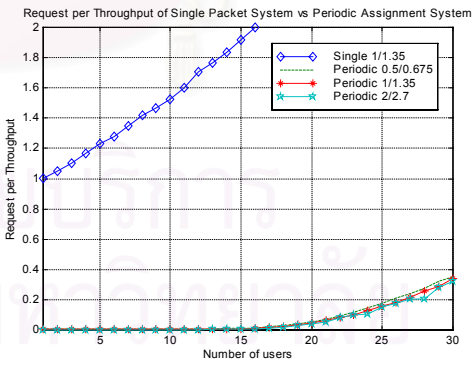


(ข)

รูปที่ 4.84 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ

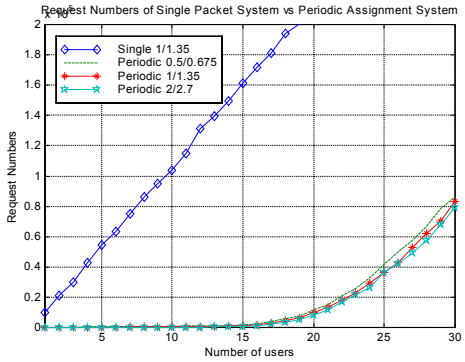


(ก)



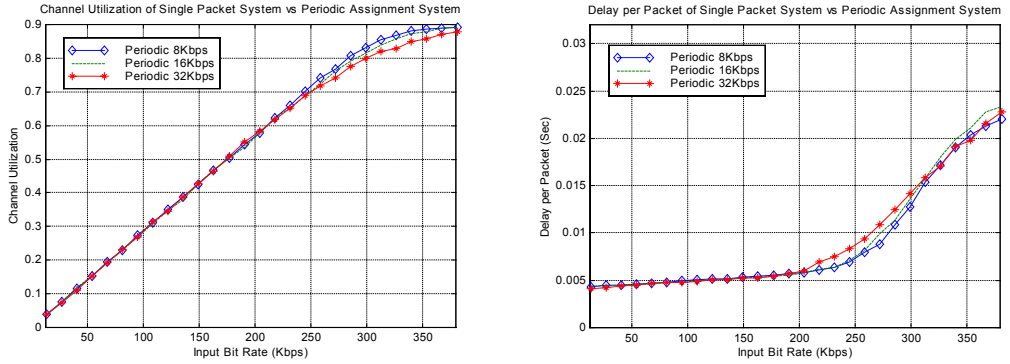
(ข)

รูปที่ 4.85 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ



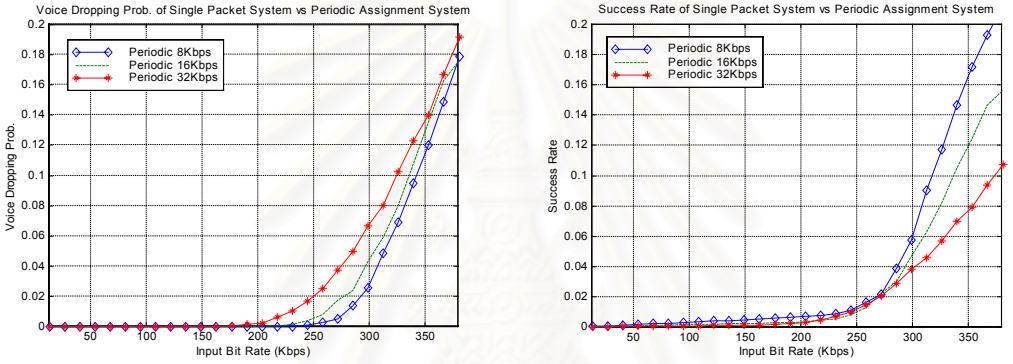
รูปที่ 4.86 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ

จากผลการทดสอบพบว่าระบบที่มีอัตราข้อมูลต่ำจะมีแนวโน้มของสมรรถนะคือค่าวิสัยสามารถและอัตราการสูญเสียข้อมูลดังรูปที่ 4.87(ก) และ 4.88(ก) ที่สูงกว่า เนื่องจากระบบที่มีอัตราข้อมูลต่ำสามารถพลาดการเข้าถึงตัวกลางครั้งแรกได้มากกว่าระบบอัตราข้อมูลสูงก่อนที่จะเกิดการสูญเสียขึ้นแต่เมื่อเข้าใช้ช่องสัญญาณครั้งแรกได้สำเร็จแล้วการทำงานของทั้งสองระบบจะไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อทำการพิจารณาค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการร้องขอจะพบว่าระบบที่มีอัตราข้อมูลต่ำมีค่าที่ค่อนข้างสูงกว่าระบบอัตราข้อมูลสูงพอสมควรเนื่องจากลักษณะของทราฟฟิกและจำนวนของผู้รับบริการที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาที่ปริมาณโหลดรวมคงที่หรืออาจมองว่าจำนวนแพ็กเกต ข้อมูลที่ต้องการส่งรวมคงที่พบว่าเทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบจะทำการจัดสรรช่องสัญญาณได้ในช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวคือช่วงพูดที่กำหนดให้มีค่าเท่ากัน แต่ในช่วงเวลาที่เท่ากันนี้ระบบที่มีอัตราข้อมูลต่ำย่อมมีจำนวนแพ็กเกตข้อมูลที่ต้องการส่งรวมน้อยกว่าระบบอัตรา ข้อมูลสูงดังแสดงในรูป 4.78 ข้างต้น ดังนั้นจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณเพื่อส่งแพ็กเกตข้อมูลจำนวนเท่ากันย่อมต้องเพิ่มขึ้นตามอัตราข้อมูลที่ลดลง นอกจากนี้ยังมีอีกเหตุผลหนึ่งซึ่งเป็นปัจจัยรองคือการเพิ่มจำนวนของผู้ใช้บริการขึ้นเพื่อให้ปริมาณทราฟฟิกรวมมีค่าเท่าเดิม โดยการเพิ่มจำนวนของผู้ใช้บริการนี้จะทำให้แนวโน้มการชนเพิ่มขึ้นซึ่งจะมีเหตุผลดังที่กล่าวไว้ในส่วนแรก แต่เมื่อทำการพิจารณาผลการทดสอบโดยรวมพบว่าจำนวนการร้องขอที่เพิ่มขึ้นนี้จะยังมีค่าที่น้อยมากเมื่อเทียบกับสมรรถนะของระบบที่เพิ่มขึ้นและจำนวนการร้องขอที่เกิดขึ้นในระบบไฮบริดพื้นฐาน



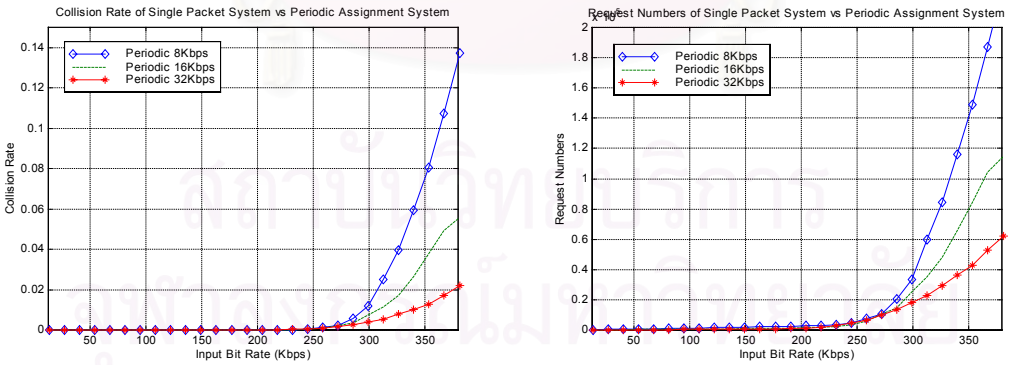
(ก) (ข)

รูปที่ 4.87 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ



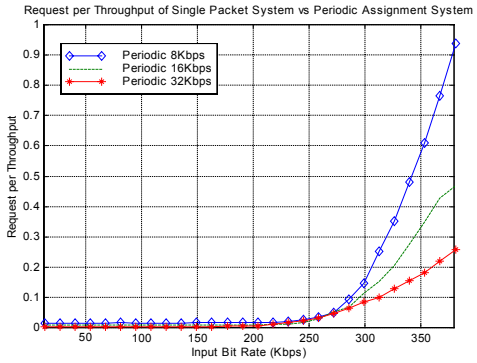
(ก) (ข)

รูปที่ 4.88 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ



(ก) (ข)

รูปที่ 4.89 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ



รูปที่ 4.90 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ

เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบเป็นเทคนิคที่ออกแบบมาให้เหมาะสมกับลักษณะการกำเนิดของแพ็กเกตข้อมูลเสียงโดยเฉพาะ จึงสามารถทำให้ระบบมีสมรรถนะที่ดีได้ในทุกๆ สภาวะของทราฟฟิกที่ทำการทดสอบ แต่เมื่อพิจารณาโดยละเอียดจะพบว่าเทคนิคนี้ยังมีข้อด้อยที่สำคัญคือ ในช่วงที่จะยกเลิกการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบนั้นจะต้องเกิดการว่างของช่องสัญญาณข้อมูลหนึ่งสล็อตเสมอเพียงแต่ผลที่เกิดขึ้นนี้จัดได้ว่ามีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับช่วงเวลาพูดและเงียบโดยปกติของมนุษย์คือ 1 ต่อ 1.35 วินาที คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 สล็อตในเวลา 2.35 วินาทีหรือคิดเป็น 0.0154 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

4.3.2.3 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณที่ไม่ขึ้นกับลักษณะของการบริการ

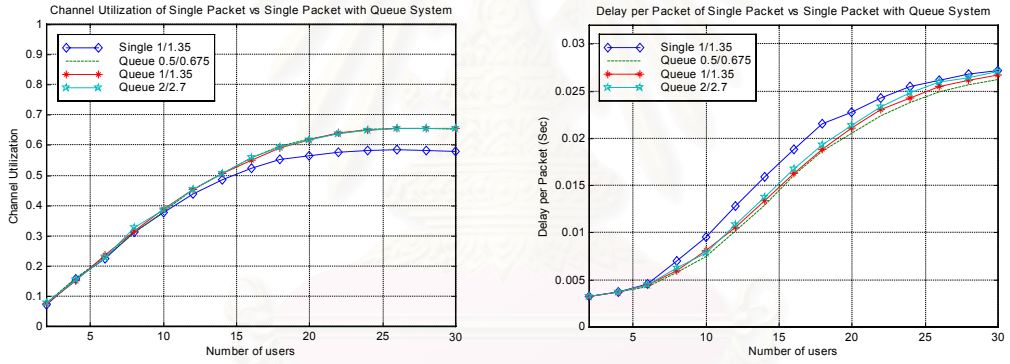
4.3.2.3.1 เทคนิคการทำงานของคิว (Queue Technique)

เช่นเดียวกับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ในข้างต้น การทดสอบเทคนิคของคิวในระบบพื้นฐานที่มีจำนวนช่องสัญญาณข้อมูล 10 ช่องภายในหนึ่งเฟรมจะไม่สามารถทำให้เกิดความแตกต่างของผลการทดสอบเมื่อเทียบกับระบบที่มีการทำงานแบบไฮบริดพื้นฐาน ดังนั้นการทดสอบในส่วนนี้จึงกระทำในระบบที่ประกอบด้วยจำนวนช่องสัญญาณร้องขอและช่องสัญญาณข้อมูลเท่ากับ 4 และ 2 สล็อตภายในหนึ่งเฟรมตามลำดับ

ผลการทดสอบในรูปที่ 4.91-4.94 พบว่าในสภาวะทราฟฟิกต่ำมากๆ จะไม่มีความแตกต่างใดๆ ระหว่างระบบที่มีเทคนิคของคิวและระบบพื้นฐานเพราะระบบยังไม่สามารถใช้ประโยชน์จากคิวที่มีอยู่ได้ แต่เมื่อทำการเพิ่มปริมาณทราฟฟิกถึงจุดหนึ่งระบบที่มีคิวจะเริ่มแสดงแนวโน้มของสมรรถนะที่สูงกว่าระบบพื้นฐานอย่างชัดเจน เพราะจำนวนของผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้นจะเป็นการเพิ่มโอกาสที่ช่องสัญญาณในแต่ละเฟรมเกิดการเต็มขึ้น ระบบจึงมีโอกาสใช้ประโยชน์จากเทคนิคของคิวได้ โดยผลของคิวจะทำให้ผู้ที่ทำการร้องขอช่องสัญญาณสำเร็จทุกคนจะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณอย่างแน่นอน โดยไม่ต้องทำการร้องขอช่องสัญญาณแบบสุ่มซึ่งอาจทำให้เกิดเวลาประวิงสะสมอีก และการที่ผู้ใช้ไม่ต้องทำการร้องขอช่องสัญญาณใหม่จนกว่าจะได้รับการบริการนี้ยังทำให้จำนวน

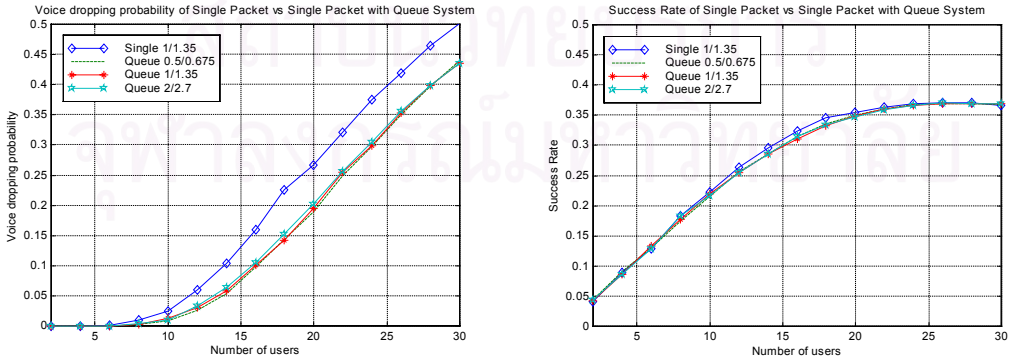
การร้องขอที่เกิดลดลงอีกทางหนึ่งดังแสดงในรูปที่ 4.94 และเมื่อจำนวนการร้องขอลดลงจะทำให้อัตราการสำเร็จและอัตราการชนลดลงตามไปด้วยดังรูปที่ 4.92(ข) และ 4.93(ก) เสถียรภาพของระบบจึงเพิ่มขึ้น

ผลที่เกิดจากเทคนิคของคิวทั้งสองข้อที่กล่าวในข้างต้นนั้นเมื่อทำการพิจารณาอย่างละเอียดจะพบว่าปัจจัยของการเข้าถึงตัวกลางโดยไม่ต้องทำการร้องขอใหม่มีผลต่อค่าวิสัยสามารถและโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตเสียงมีผลต่อระบบมากกว่าผลของจำนวนการร้องขอที่ลดลง ดังจะสังเกตได้จากกราฟค่าวิสัยสามารถและโอกาสในการดร็อปแพ็กเกต ซึ่งจะเริ่มเห็นผลของความแตกต่างในระบบทั้งสองได้ที่จำนวนของผู้ใช้บริการประมาณ 8 คน ในขณะที่กราฟเกี่ยวกับจำนวนการร้องขอภายในระบบนั้นจะเริ่มแตกต่างกันที่ผู้ใช้ประมาณ 10 และเมื่อพิจารณาในสภาวะที่โหลดมีปริมาณเพิ่มขึ้นพบว่าค่าอัตราการสำเร็จ อัตราการชน และจำนวนการร้องขอ ในระบบทั้งสองจะมีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ในขณะที่ค่าวิสัยสามารถและโอกาสในการดร็อปข้อมูลในระบบทั้งสองกลับมีค่าที่แตกต่างกันค่อนข้างชัดเจนอันเป็นผลจากการร้องขอที่สำเร็จทุกครั้งจะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณเสมอ



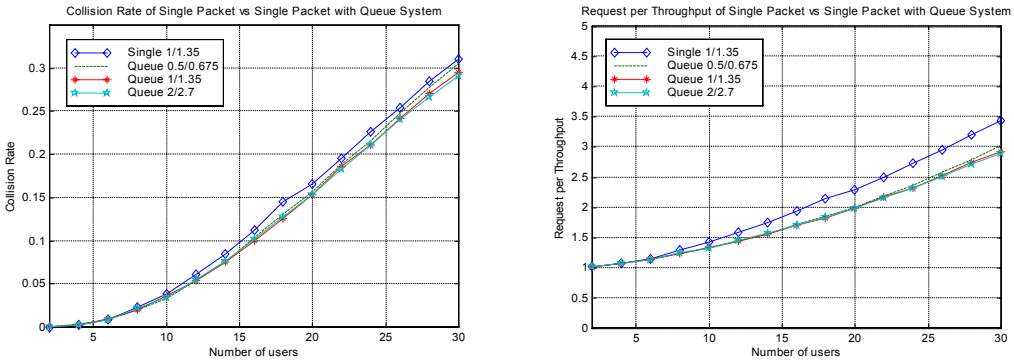
(ก) (ข)

รูปที่ 4.91 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว



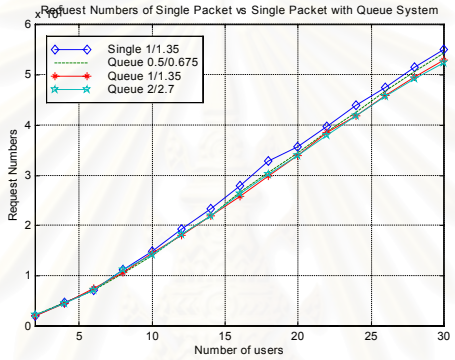
(ก) (ข)

รูปที่ 4.92 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว



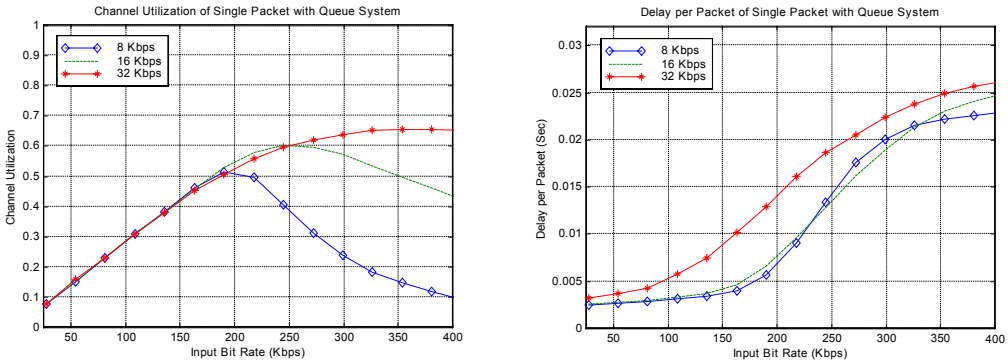
(ก) (ข)

รูปที่ 4.93 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว



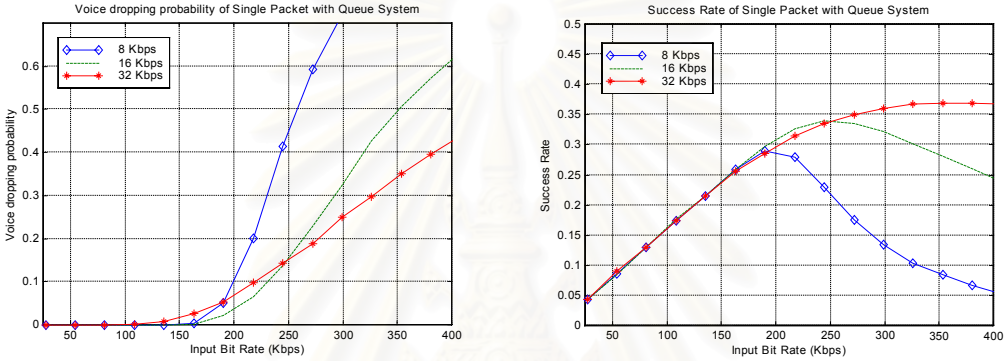
รูปที่ 4.94 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว

ผลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงอัตราข้อมูลผู้รับบริการนั้นจะมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการทดสอบระบบไฮบริดพื้นฐานในข้างต้น คือแนวโน้มของค่าวิสัยสามารถและค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตในระบบอัตราข้อมูลต่ำจะมีค่าที่ดีกว่าระบบอัตราข้อมูลสูงเฉพาะในสภาวะทราฟฟิกต่ำๆ เท่านั้น และผลที่ได้นี้จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนดังค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตในรูปที่ 4.96(ก) เพราะขนาดของเฟรมที่ใช้ในการทดสอบนี้มีขนาดที่สั้นมากเท่ากับ 0.81 มิลลิวินาทีเมื่อเทียบกับ 4 มิลลิวินาทีในการทดสอบข้างต้น จากนั้นเมื่อทำการเพิ่มปริมาณทราฟฟิกขึ้นระบบอัตราข้อมูลต่ำจะเริ่มขาดเสถียรภาพอันส่งผลให้ค่าต่างๆ ที่ทำการพิจารณามีแนวโน้มที่ด้อยลงอย่างรวดเร็วดังแสดงในกราฟที่ 4.95-4.98 ซึ่งเสถียรภาพที่ลดลงนี้เกิดจากการเพิ่มจำนวนของผู้ใช้บริการเพื่อให้ปริมาณโหลดรวมมีค่าคงที่ดังที่กล่าวถึงในข้างต้น



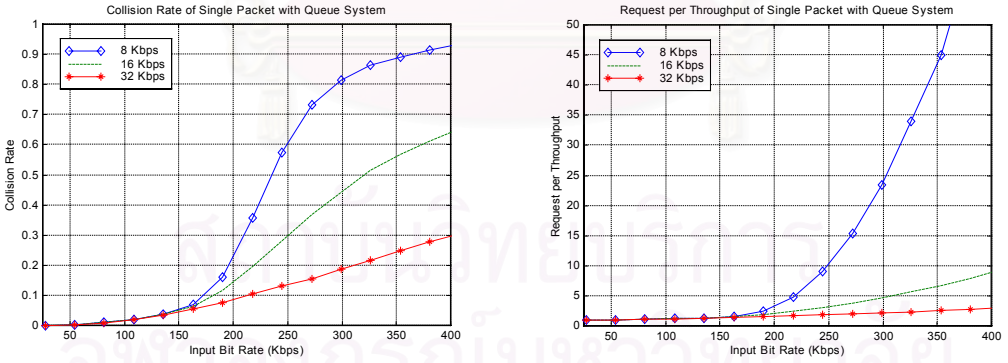
(ก) (ข)

รูปที่ 4.95 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว



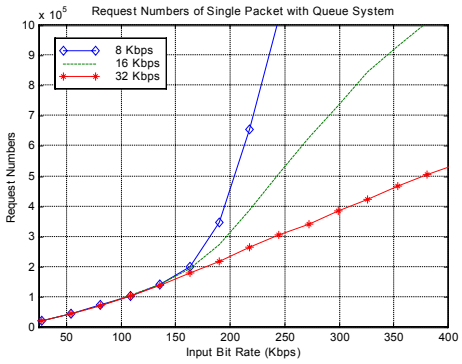
(ก) (ข)

รูปที่ 4.96 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว



(ก) (ข)

รูปที่ 4.97 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว

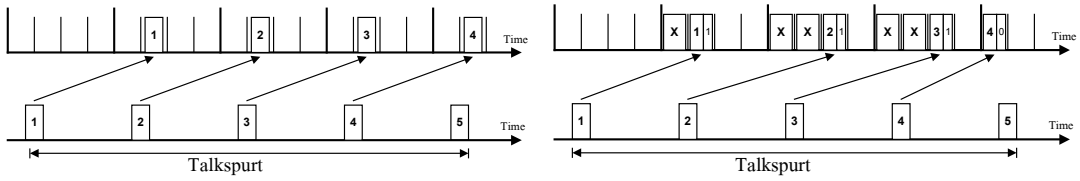


รูปที่ 4.98 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว

4.3.2.3.2 เทคนิคการทำงานของ PGBK (PGBK Technique)

ผลการทดสอบระบบที่มีเทคนิคของ PGBK เมื่อเทียบกับระบบการทำงานพื้นฐานพบว่าสมรรถนะของระบบที่มีเทคนิค PGBK จะมีแนวโน้มที่ดีกว่าระบบพื้นฐานอย่างชัดเจนในทุกๆ ด้าน กล่าวคือมีค่าวิสัยสามารถที่สูงกว่า ค่าเวลาประวิง ค่าโอกาสในการดร็อปข้อมูลและค่าที่เกี่ยวข้องกับการร้องขอที่ต่ำกว่าดังแสดงในรูปที่ 4.100-4.103 ที่เป็นเช่นนี้เพราะเทคนิค PGBK สามารถทำการจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่ข้อมูลภายในบัฟเฟอร์ของผู้ใช้บริการได้อย่างต่อเนื่องและไม่จำกัดภายใต้การร้องขอเพียงครั้งเดียว จึงทำให้ปัญหาที่เกิดเนื่องจากเวลาประวิงสะสมมีค่าต่ำคล้ายกับเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ

ซึ่งเมื่อพิจารณาการทำงานของเทคนิค PGBK โดยละเอียดแล้วจะเห็นได้ว่าเทคนิคนี้มีลักษณะการทำงานที่คล้ายคลึงกับเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบอย่างมาก คือจะทำการอนุญาตให้ผู้ใช้สามารถส่งข้อมูลที่มีอย่างต่อเนื่องเฟรมละหนึ่งแพ็กเกตจนกระทั่งหมดความต้องการเข้าถึงตัวกลาง ซึ่งคำว่าหมดความต้องการใช้ช่องสัญญาณนี้จะมีความแตกต่างกันระหว่างเทคนิคทั้งสองกล่าวคือ เทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบนั้นจะยกเลิกการจัดสรรช่องสัญญาณให้เมื่อผู้ใช้บริการส่งข้อมูลจนกระทั่งหมดช่วงพูด ในขณะที่ เทคนิค PGBK จะตรวจจับจากปริมาณข้อมูลที่มีภายในบัฟเฟอร์ซึ่งอาจจะเป็นการสิ้นสุดช่วงเวลาในการพูดได้ นอกจากความแตกต่างในข้างต้นแล้วเทคนิคทั้งสองยังมีความแตกต่างในแง่ของตำแหน่งการจัดสรรช่องสัญญาณข้อมูลกล่าวคือการจัดสรรแบบรายคาบนั้นผู้รับบริการจะได้ใช้ช่องสัญญาณตำแหน่งเดิมโดยตลอดในขณะที่เทคนิค PGBK นั้นจะไม่มีการกำหนดตำแหน่งของการจัดสรรอย่างแน่นอน แต่ระบบจะจัดช่องสัญญาณให้ผู้ใช้โดยทันทีเมื่อสามารถทำได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.99

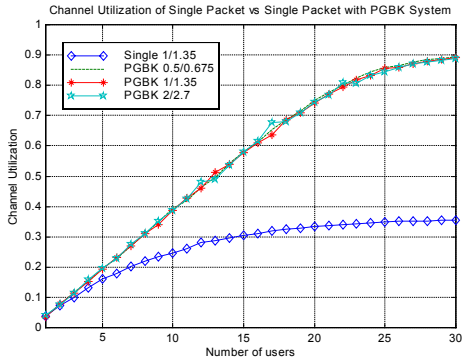


(ก) (ข)

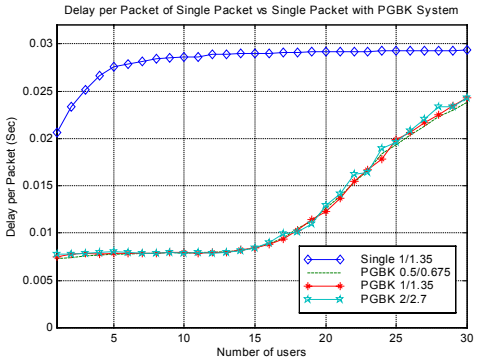
รูปที่ 4.99 ความแตกต่างระหว่างการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและเทคนิค PGBK

เนื่องจากเทคนิคทั้งสองมีความแตกต่างกันในรายละเอียดเช่นนี้ย่อมทำให้ผลการทดสอบที่ได้ในระบบทั้งสองไม่เท่ากัน โดยทั้งสองระบบต่างก็มีข้อดีและด้อยซึ่งจะได้ทำการพิจารณาโดยละเอียดในหัวข้อที่ 4.3.2.4.2 เรื่องการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบที่มีเทคนิคของ PGBK ถัดไป

เมื่อพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นของการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยระหว่างช่วงพูดต่อช่วงเงียบพบว่า ผลที่ได้จะมีลักษณะเช่นเดียวกับระบบการจัดสรรแบบรายคาบคือ ค่าวิสัยสามารถ เวลาประวิงและโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตจะไม่แตกต่างกันในทุกค่าเฉลี่ยของช่วงเวลา แต่ความแตกต่างจะสามารถสังเกตได้จากค่าที่เกี่ยวข้องกับการร้องขอคือ ระบบที่มีค่าเฉลี่ยช่วงเวลาดังกล่าวสูงจะช่วยให้เทคนิค PGBK ส่งผลได้อย่างชัดเจนกว่าโดยจะมีเหตุผลเช่นเดียวกับเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบในข้างต้น ซึ่งประเด็นที่น่าสนใจของระบบที่ใช้เทคนิค PGBK นี้จะอยู่ที่กราฟอัตราส่วนจำนวนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในรูปที่ 4.103(ข) ซึ่งพบว่าจะมีค่าที่ลดลงในช่วงแรกจากนั้นจึงค่อยๆ เพิ่มขึ้น อันเป็นการแสดงให้เห็นว่าผลของเทคนิค PGBK สามารถเพิ่มขึ้นตามปริมาณโหลดได้ในช่วงแรกแต่เมื่อโหลดเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่งการเพิ่มผลที่เกิดนี้จะค่อยๆ ลดลง สาเหตุที่เป็นเช่นนี้สามารถอธิบายได้จากการทำงานของ PGBK ในรูปที่ 4.99(ข) กล่าวคือการใช้เทคนิค PGBK สำหรับการส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องนี้มีโอกาสที่จะเกิดการขาดตอนได้ดังแพ็กเกตที่ 5 ในข้างต้น โดยการขาดช่วงของการส่งข้อมูลนี้จะเกิดขึ้นจากปัจจัยที่สำคัญสองประการคือ 1. ขนาดของเฟรมข้อมูลต้องมีขนาดอย่างน้อยเท่ากับช่วงเวลาการกำเนิดข้อมูลเสียง 2.เมื่อผู้รับบริการได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณอย่างรวดเร็วจนเกินไปยกตัวอย่างระบบที่ทำการทดสอบคือมีขนาดเฟรมข้อมูลเท่ากับช่วงเวลาการกำเนิดเสียงจะทำให้เกิดการขาดตอนเมื่อผู้ใช้สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ภายในระยะเวลาหนึ่งเฟรม จากเหตุผลนี้เองทำให้ที่สภาวะทราฟฟิกต่ำๆ เทคนิค PGBK ไม่สามารถจัดการข้อมูลในช่วงเวลาพูดได้อย่างเต็มที่เพราะการเข้าถึงตัวกลางเป็นไปอย่างรวดเร็วแต่เมื่อปริมาณของทราฟฟิกเพิ่มขึ้นผู้ใช้บริการจะต้องรอเป็นเวลาที่นานขึ้นก่อนที่จะได้เข้าใช้ช่องสัญญาณ โอกาสในการขาดช่วงจึงลดลงเทคนิค PGBK จึงสามารถแสดงสมรรถนะได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

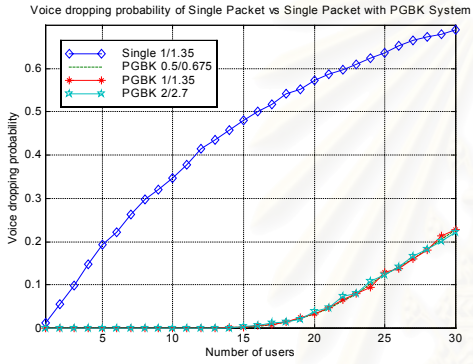


(ก)

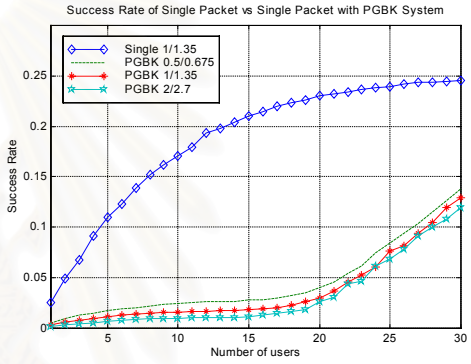


(ข)

รูปที่ 4.100 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK

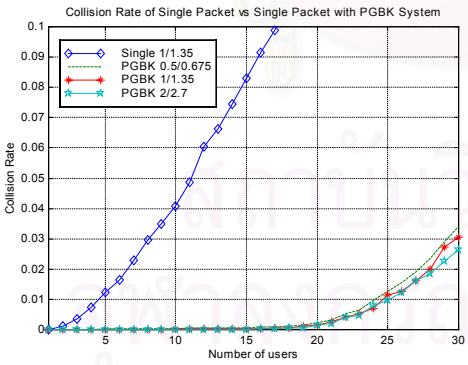


(ก)

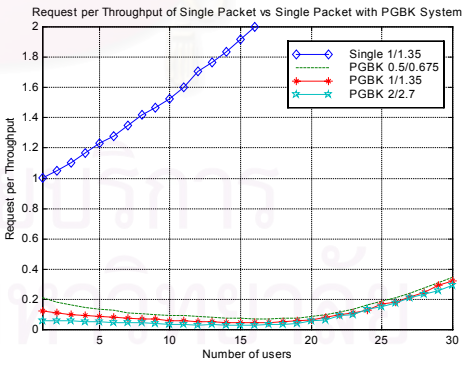


(ข)

รูปที่ 4.101 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK

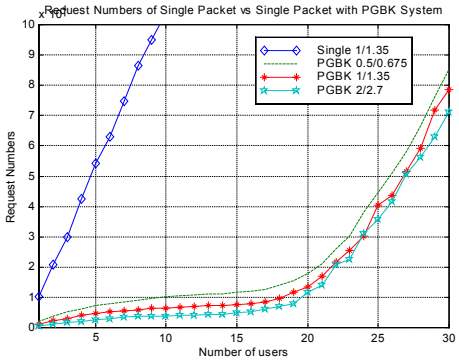


(ก)



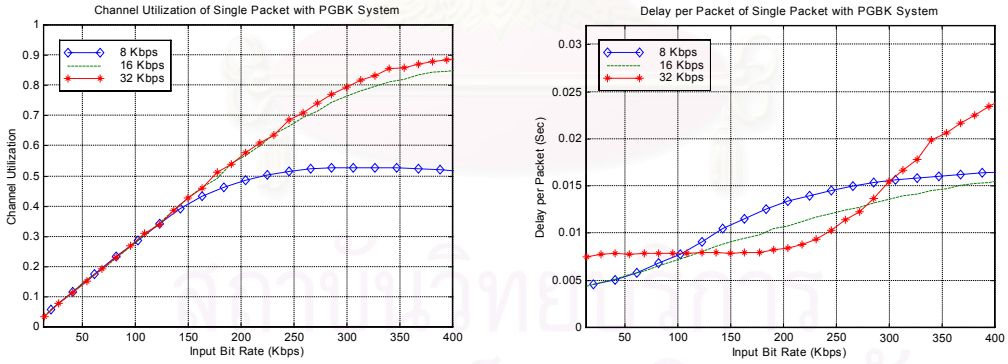
(ข)

รูปที่ 4.102 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK



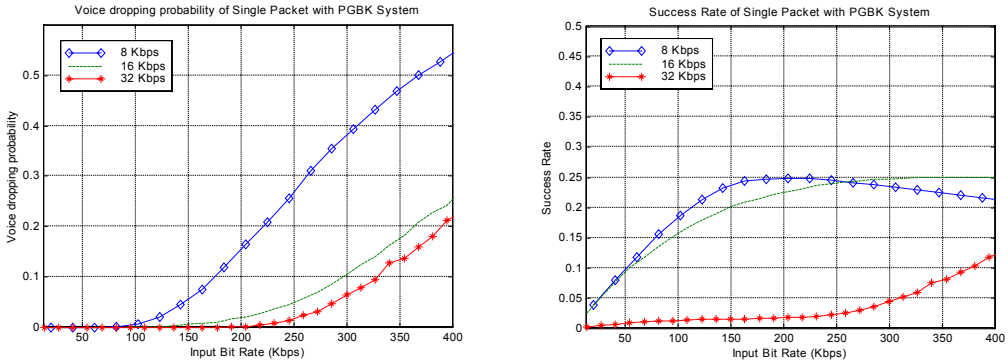
รูปที่ 4.103 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK

เมื่อทำการลดอัตราข้อมูลของผู้รับบริการจาก 32 กิโลบิตต่อวินาทีเหลือ 16 และ 8 กิโลบิตต่อวินาทีจะเป็นผลให้ช่วงการกำเนิดข้อมูลในแต่ละแพ็กเกตมีความเพิ่มขึ้นตามลำดับ อันจะเป็นผลให้การส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องของเทคนิค PGBK ไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังผลการทดสอบในในรูปที่ 4.104-4.107 ซึ่งพบว่าสมรรถนะที่ได้รับในทุกๆ ด้านคือ ค่าวิสัยสามารถ ค่าโอกาสในการดร็อปข้อมูล และค่าที่เกี่ยวข้องกับจำนวนการร้องขอทั้งหมดยังมีแนวโน้มที่ด้อยลงอย่างชัดเจนตามอัตราของข้อมูลที่ลดลง ซึ่งผลที่ได้ในการทดสอบนี้จะมีสาเหตุเช่นเดียวกับการทดสอบลดอัตราข้อมูลของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ในระบบที่มีเทคนิคของ PGBK ดังหัวข้อ 4.3.1.3.2 ข้างต้น



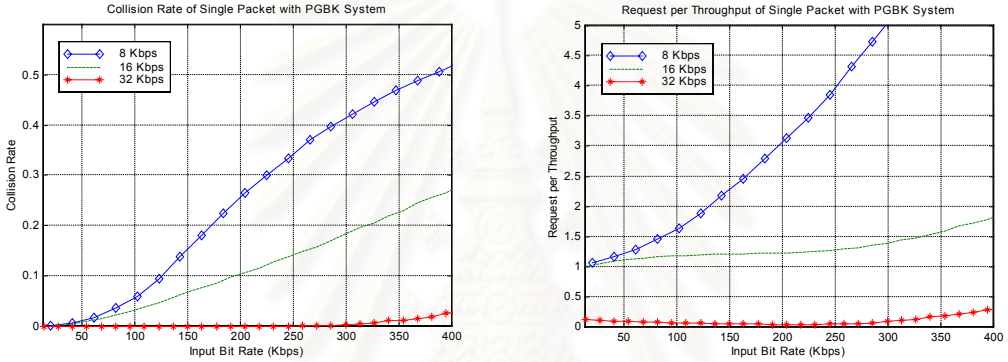
(ก) (ข)

รูปที่ 4.104 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK



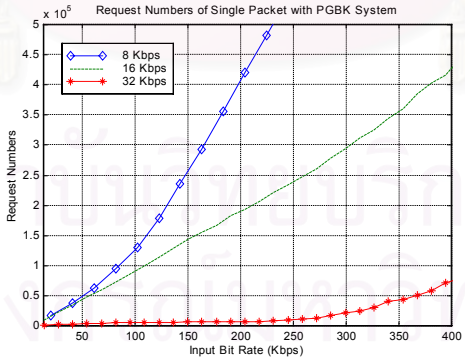
(ก) (ข)

รูปที่ 4.105 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK



(ก) (ข)

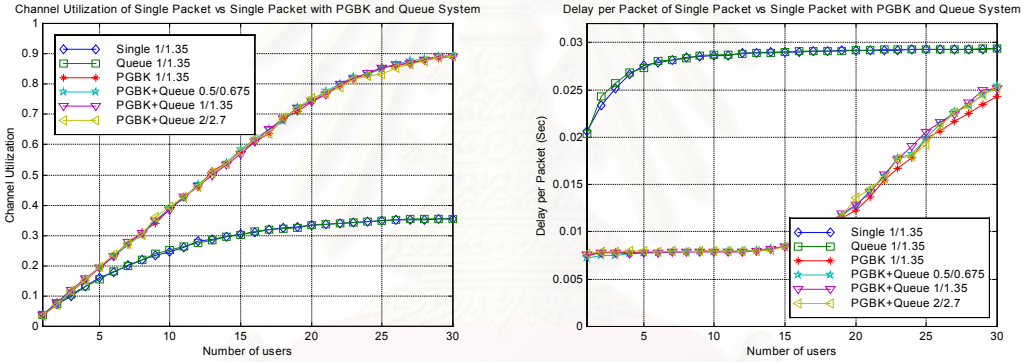
รูปที่ 4.106 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK



รูปที่ 4.107 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK

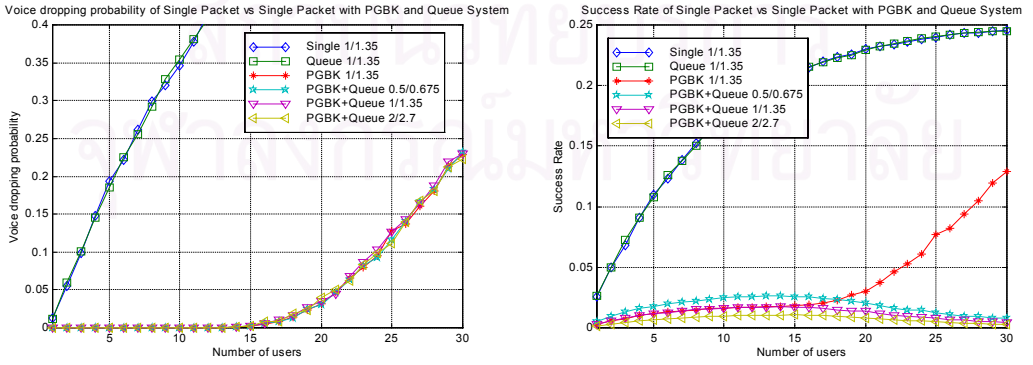
4.3.2.3.3 การทำงานร่วมกันระหว่างเทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว (PGBK and Queue Technique)

จากผลการทดสอบในรูปที่ 4.108-4.109(ก) พบว่าสมรรถนะโดยรวมจะมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกับระบบที่มีเทคนิคของ PGBK ในทุกสภาวะที่ทำการทดสอบ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเทคนิค PGBK ในการทดสอบนี้เป็นเทคนิคที่สามารถรองรับการกำเนิดของเสียงได้อย่างเหมาะสม และยังสามารถลดจำนวนการร้องขอที่เกิดได้เป็นจำนวนมากอยู่แล้วทำให้การเพิ่มเทคนิคของคิวไม่สามารถส่งผลใดต่อสมรรถนะได้ แต่ทั้งนี้ความแตกต่างจะสามารถเห็นได้จากค่าการทำงานของระบบทั้ง 4 ค่าในกราฟรูปที่ 4.109(ข)-4.111 ซึ่งความแตกต่างจะเริ่มขึ้นเมื่อปริมาณทราฟฟิกเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่งทั้งนี้เป็นเพราะเทคนิคคิวจะเกิดการทำงานเมื่อระบบมีการใช้ช่องสัญญาณอย่างเต็มที่ ซึ่งในระบบที่ประกอบด้วยช่องสัญญาณข้อมูลจำนวน 10 ช่องต่อหนึ่งเฟรมจะเกิดกรณีนี้ขึ้นในสภาวะทราฟฟิกสูงเท่านั้น ดังจะเห็นได้จากค่าที่เกี่ยวข้องกับจำนวนการร้องขอทั้งหมดจะเริ่มลดลงเมื่อปริมาณของผู้ใช้บริการมากกว่า 15 คนขึ้นไป



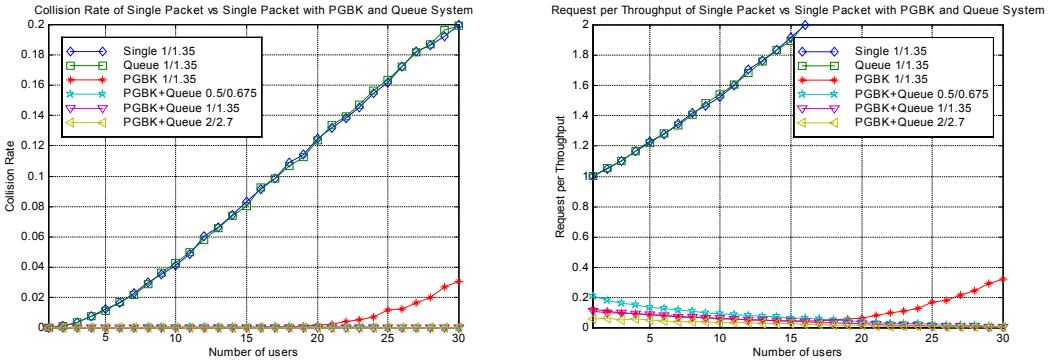
(ก) (ข)

รูปที่ 4.108 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว



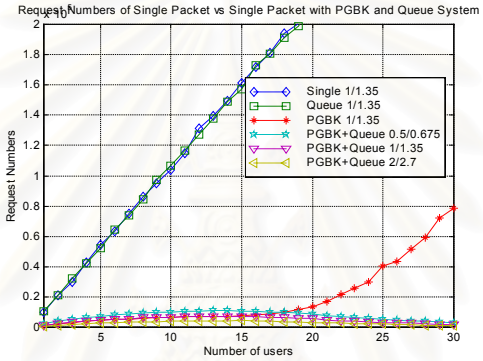
(ก) (ข)

รูปที่ 4.109 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว



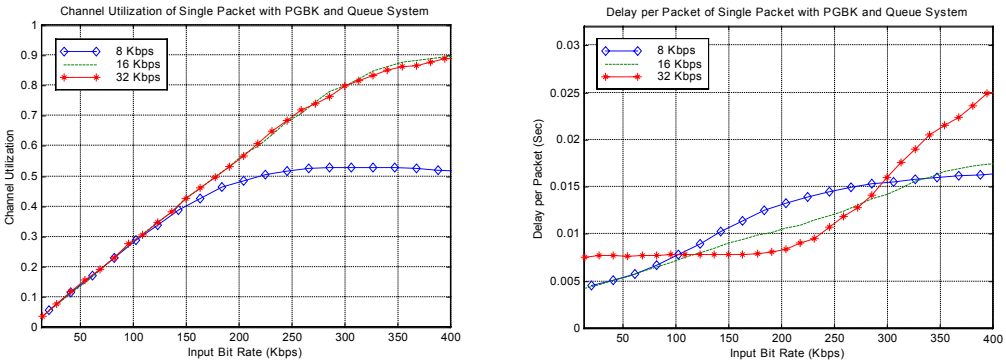
(ก) (ข)

รูปที่ 4.110 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว



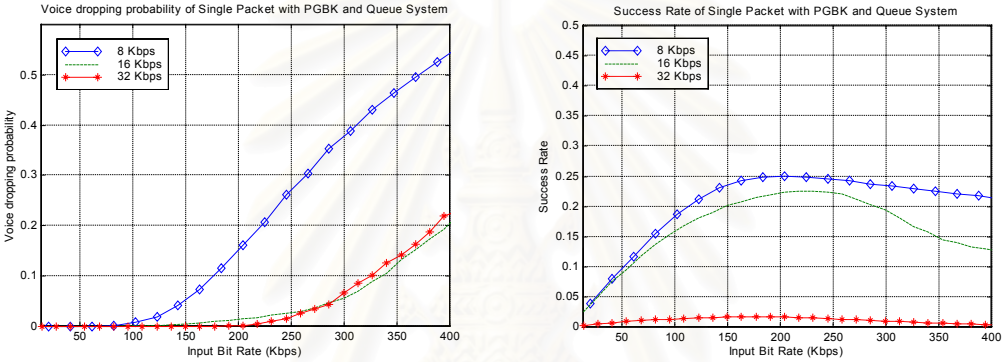
รูปที่ 4.111 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว

สำหรับผลการเปลี่ยนแปลงอัตราข้อมูลในส่วนนี้ก็ยังคงมีแนวโน้มเช่นเดียวกับผลการเปลี่ยนแปลงอัตราข้อมูลในระบบที่ใช้เทคนิค PGBK ข้างต้นทุกประการกล่าวคือ ระบบที่ผู้ใช้มีอัตราข้อมูลต่ำจะใช้ประโยชน์จากเทคนิคของ PGBK ได้น้อยลงเป็นผลให้สมรรถนะในด้านต่างๆ น้อยกว่าระบบอัตราข้อมูลสูง แต่เมื่อทำการเพิ่มปริมาณทราฟฟิกมากถึงค่าหนึ่งเทคนิคของคิวจะเริ่มส่งผลออกมา ดังจะสังเกตได้จากการลดลงของค่าที่เกี่ยวข้องกับจำนวนการร้องขอทั้งหมด แต่ผลที่กล่าวนี้จะไม่เกิดขึ้นกับระบบที่มีอัตราข้อมูลเท่ากับ 8 กิโลบิตต่อวินาทีเนื่องจากเป็นอัตราข้อมูลที่ต่ำเกินไปจนทำให้เทคนิค PGBK ส่งผลออกมาน้อยมาก ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะมีการใช้ช่องสัญญาณอย่างเต็มที่ในระบบที่ประกอบด้วยช่องสัญญาณข้อมูล 10 ช่อง ผลที่เกิดจากการใช้คิวจึงไม่สามารถแสดงออกมาได้อย่างชัดเจน



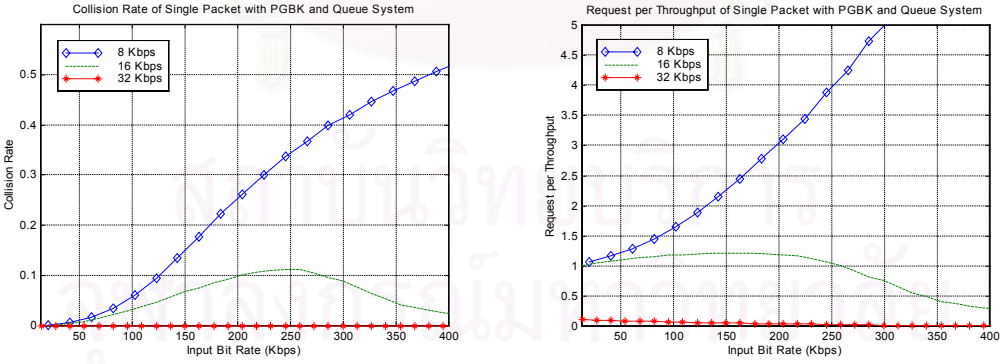
(ก) (ข)

รูปที่ 4.112 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว



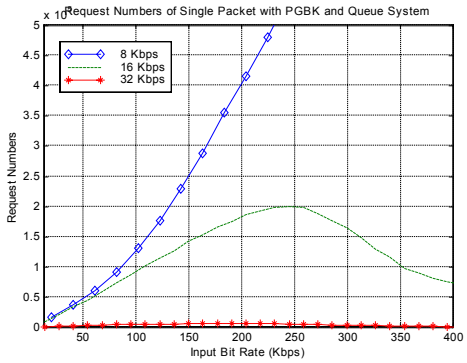
(ก) (ข)

รูปที่ 4.113 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว



(ก) (ข)

รูปที่ 4.114 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว



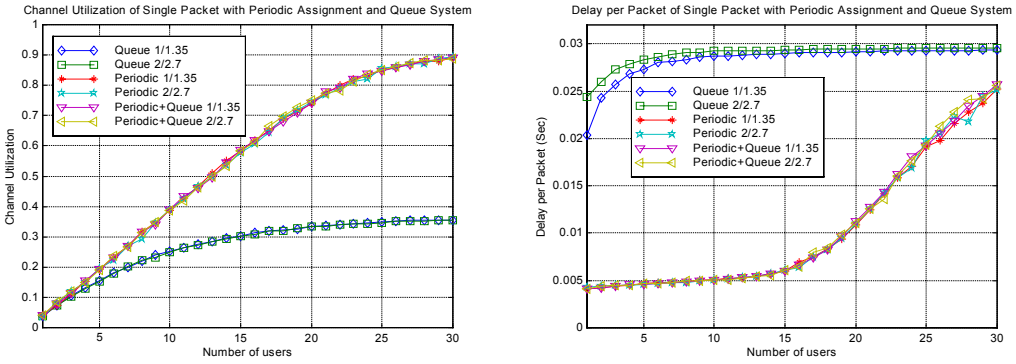
รูปที่ 4.115 จำนวนการร้องขอช่องสัญญาณของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด ที่มีเทคนิค PGBK และคิว

4.3.2.4 ผลการทำงานของเทคนิคที่ขึ้นกับการบริการร่วมกับเทคนิคที่ไม่ขึ้นกับการบริการ

4.3.2.4.1 การจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบที่มีเทคนิคของคิว (Periodic Assignment with Queue)

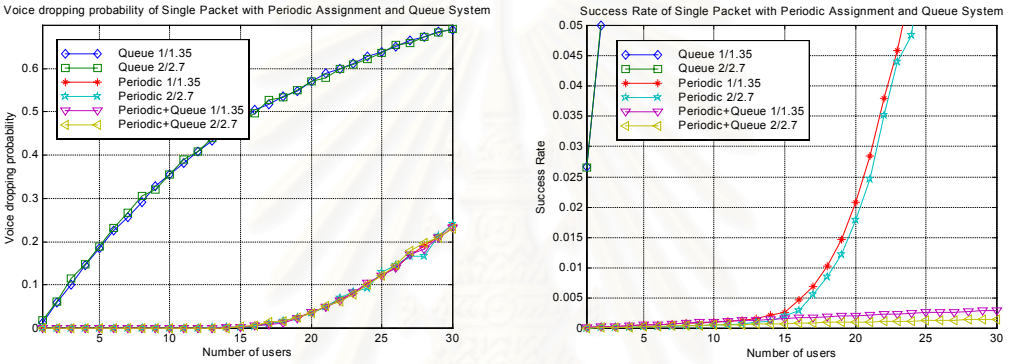
จากผลการทดสอบในรูปที่ 4.116(ก), 4.116(ข) และ 4.117(ก) นั้นสมรรถนะของระบบที่มีเทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบเพียงอย่างเดียวและระบบที่ใช้เทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบร่วมกับเทคนิคของคิวจะให้ค่าของสมรรถนะที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันในทุกสภาวะทราฟฟิก และค่าที่ได้นี้จะดีกว่าระบบที่มีการทำงานแบบไฮบริดพื้นฐานอย่างมาก ที่เป็นเช่นนี้เพราะเทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบมีความสามารถที่จะจัดการกับลักษณะการกำเนิดของเสียงได้ตลอดช่วงการสนทนาที่พิจารณา ซึ่งความแตกต่างที่เกิดระหว่างระบบที่มีการจัดสรรแบบรายคาบร่วมกับเทคนิคของคิวและไม่มีนั้นสามารถเห็นได้เฉพาะค่าที่เกี่ยวข้องกับจำนวนการร้องขอในสภาวะทราฟฟิกสูงเท่านั้นคือยังไม่มากพอที่จะส่งผลต่อสมรรถนะของระบบ ซึ่งความแตกต่างในสภาวะทราฟฟิกสูงที่เป็นผลจากคิวนั้นจะมีลักษณะเช่นเดียวกับการทำงานของเทคนิค PGBK ร่วมกับเทคนิคของคิวในข้างต้นคือ ทำให้ค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับจำนวนการร้องขอลดลงในสภาวะทราฟฟิกสูง

เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยระหว่างช่วงพูดและช่วงเงียบพบว่าผลที่ได้จะมีลักษณะเช่นเดียวกับระบบที่มีการใช้เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบหรือเทคนิค PGBK เพียงอย่างเดียว กล่าวคือการลดค่าเฉลี่ยดังกล่าวจะทำให้ค่าที่เกี่ยวข้องกับจำนวนการร้องขอทั้งหมดเพิ่มขึ้นเพราะจำนวนแพ็กเกตที่ระบบสามารถจัดการได้ภายใต้หนึ่งการร้องขอลดลง



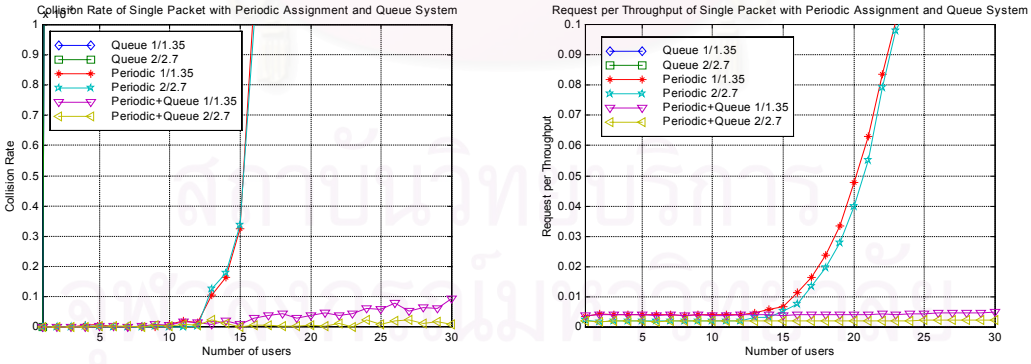
(ก) (ข)

รูปที่ 4.116 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและคิว



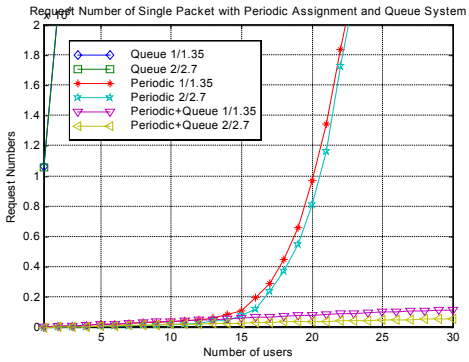
(ก) (ข)

รูปที่ 4.117 โอกาสในการดร็อปข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและคิว



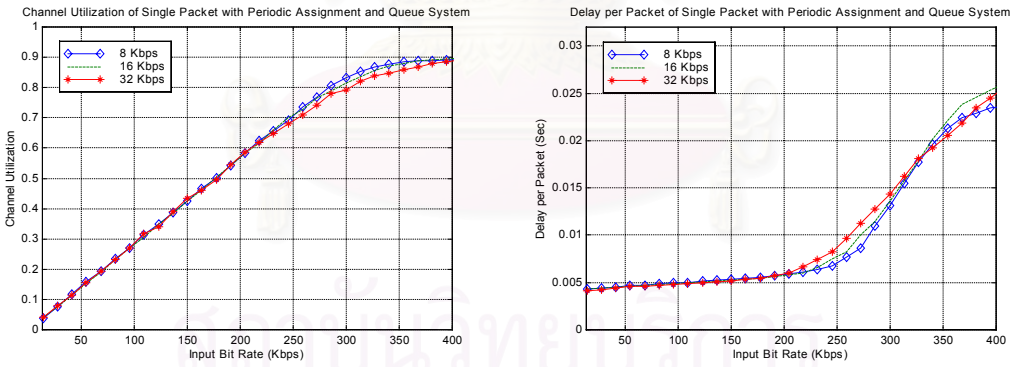
(ก) (ข)

รูปที่ 4.118 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและคิว



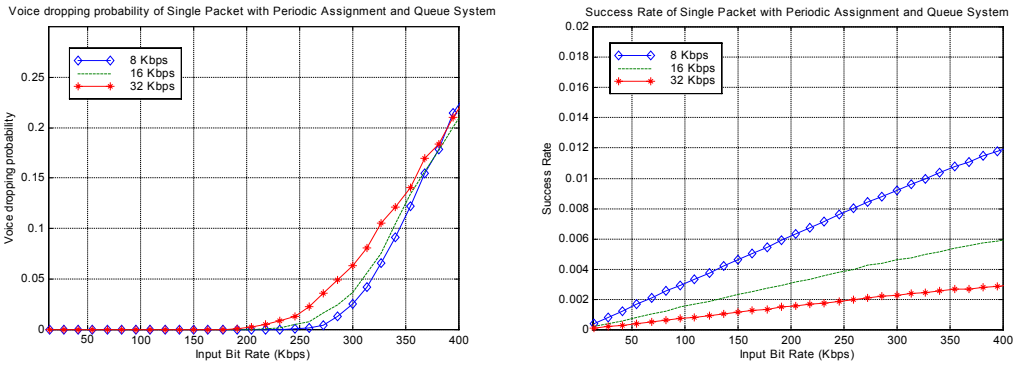
รูปที่ 4.119 จำนวนการร้องขอของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและคิว

สาเหตุและผลการทดสอบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอัตราข้อมูลนี้จะมีลักษณะเช่นเดียวกับผลที่ได้ในระบบการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบทุกประการ แต่จะมีความแตกต่างเกิดขึ้นกับค่าที่เกี่ยวข้องกับการร้องขอในสภาวะทราฟฟิกสูง ซึ่งพบว่าระบบที่มีการจัดสรรแบบรายคาบ ร่วมกับคิวนั้นจะทำให้จำนวนการร้องที่เกิดขึ้นมีค่าที่ลดลงอย่างมาก อาจจะกล่าวได้ว่าระบบแทบจะ ไม่เกิดการชนขึ้นเลยโดยอัตราการชนของระบบการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบที่อัตราข้อมูล 8 กิโลบิตต่อวินาทีในสภาวะโหลดสูงสุดจะเท่ากับ 0.14 แต่เมื่อนำเทคนิคคิวมาใช้จะทำให้อัตราการชนนี้ลดลงเหลือประมาณ 0.00014 เท่านั้น



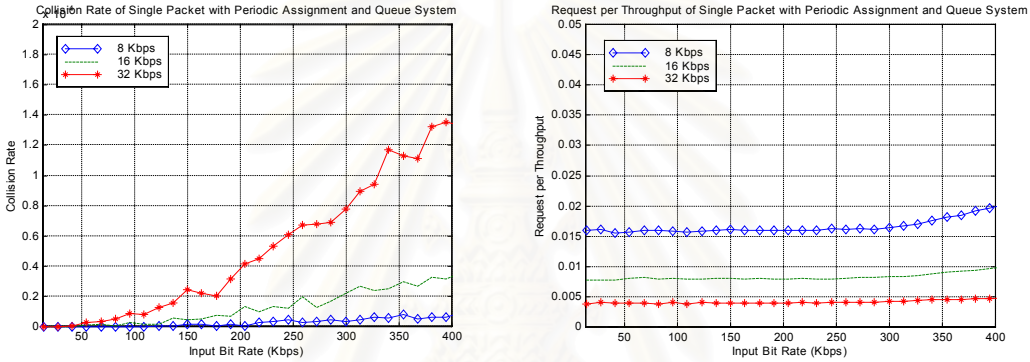
(ก) (ข)

รูปที่ 4.120 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและคิว



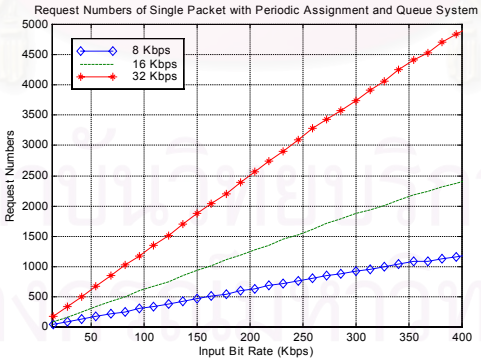
(ก) (ข)

รูปที่ 4.121 โอกาสในการดร็อปข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและคิว



(ก) (ข)

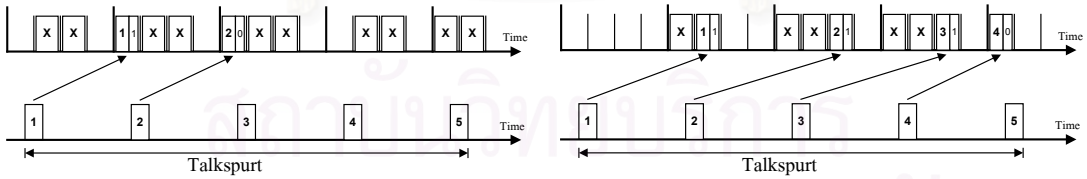
รูปที่ 4.122 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและคิว



รูปที่ 4.123 จำนวนการร้องขอของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและคิว

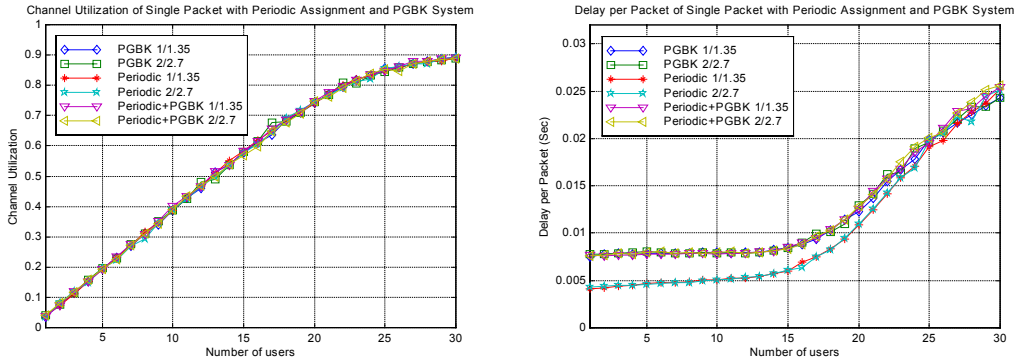
4.3.2.4.2 การจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบที่มีเทคนิคของ PGBK (Periodic Assignment with PGBK)

ผลการทดสอบที่ได้เมื่อนำเทคนิคของ PGBK มาทำงานร่วมกับเทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบพบว่าผลที่ได้ในแง่ของสมรรถนะนั้นไม่แตกต่างไปจากระบบที่มีใช้เทคนิคของ PGBK หรือเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบเพียงอย่างเดียวดังแสดงในรูปที่ 4.125(ข) และ 4.126(ก) แต่ผลของความแตกต่างนี้จะสามารถสังเกตได้จากปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการร้องขอ จากผลที่ได้ในรูป 4.126(ข)-4.128 พบว่าระบบที่ใช้เทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบร่วมกับเทคนิค PGBK จะมีแนวโน้มของค่าดังกล่าวคือ อัตราการสำเร็จ อัตราการชน อัตราส่วนจำนวนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอที่สูงสุด ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปัญหาการขาดช่วงของเทคนิค PGBK นั้นจะส่งผลกระทบรุนแรงขึ้นเมื่อเพิ่มเงื่อนไขการกำหนดช่องสัญญาณข้อมูลอย่างแน่นอนโดยเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ ยกตัวอย่างเหตุการณ์ดังกล่าวในรูปที่ 4.124 ซึ่งจากข้างต้นเราได้ทราบแล้วว่าผู้รับบริการที่ใช้เทคนิคของ PGBK จะมีโอกาสที่การส่งข้อมูลขาดช่วงลดลงเมื่อทำการร้องขอช่องสัญญาณ ณ ตำแหน่งท้ายเฟรม และเมื่อการขาดช่วงไม่เกิดขึ้นในเฟรมแรกแล้วการใช้เทคนิคของการกำหนดช่องสัญญาณแบบรายคาบจะทำให้ผู้ใช้สามารถส่งข้อมูลได้จนกระทั่งหมดช่วงสนทนา ทำให้โดยปกติช่องสัญญาณในส่วนท้ายๆ ของเฟรมจะเกิดการเต็มเนื่องจากเทคนิคนี้ดังแสดงในรูปที่ 4.124(ก) ทำให้ผู้ใช้ใหม่ที่ร้องขอช่องสัญญาณสำเร็จสามารถใช้ช่องสัญญาณได้เฉพาะที่ต้นเฟรมเท่านั้นเมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่มีเทคนิคของ PGBK ในรูปที่ 4.124(ข) ซึ่งพบว่าแม้การร้องขอที่สำเร็จของแพ็กเกตข้อมูลแรกในทั้ง 2 วิธีจะเกิดขึ้นที่ตำแหน่งของเฟรมเดียวกันแต่ช่องสัญญาณที่ไม่มีการกำหนดอย่างแน่นอนจะทำให้ผู้รับบริการสามารถทำการส่งข้อมูลได้เป็นจำนวนที่มากกว่าภายใต้หนึ่งการร้องขอ



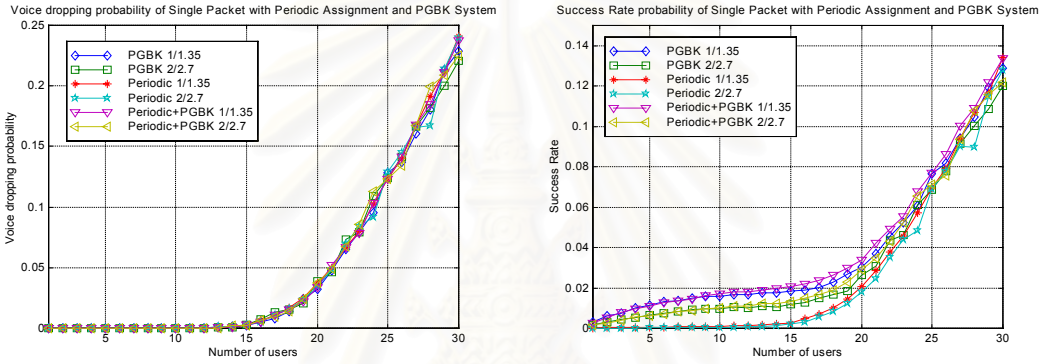
(ก) (ข)

รูปที่ 4.124 เปรียบเทียบการทำงานของ (ก) ระบบที่ใช้เทคนิคของ PGBK ร่วมกับเทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบและ (ข) ระบบที่มีการใช้เทคนิค PGBK เพียงอย่างเดียว



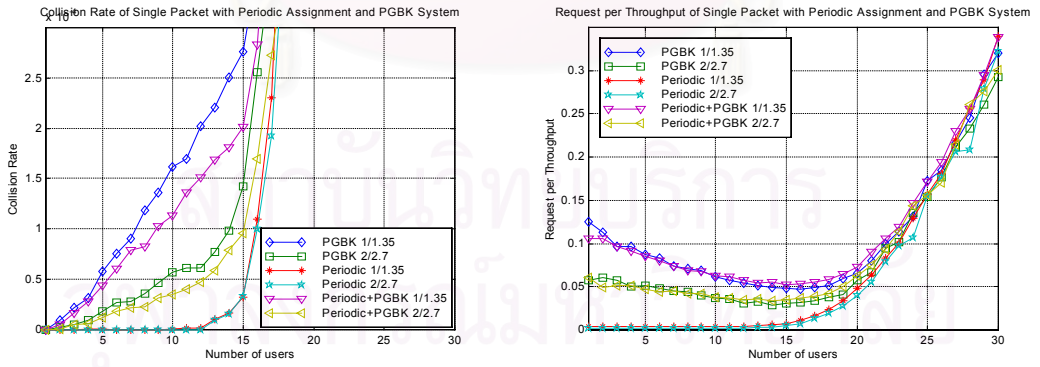
(ก) (ข)

รูปที่ 4.125 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและ PGBK



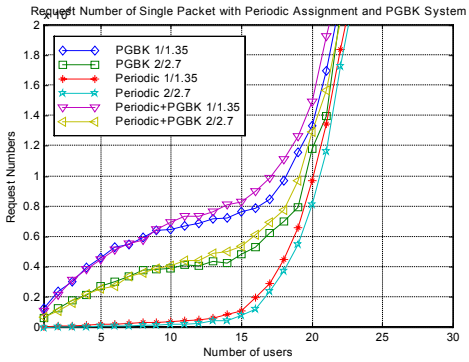
(ก) (ข)

รูปที่ 4.126 โอกาสในการดร็อปข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและ PGBK



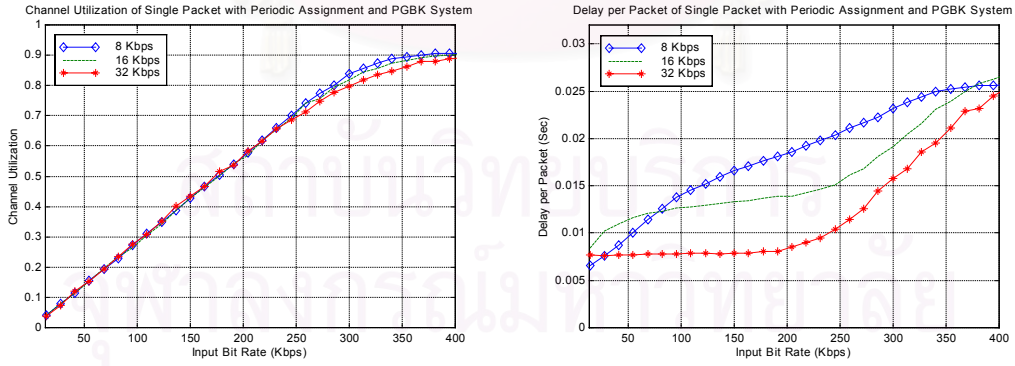
(ก) (ข)

รูปที่ 4.127 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและ PGBK



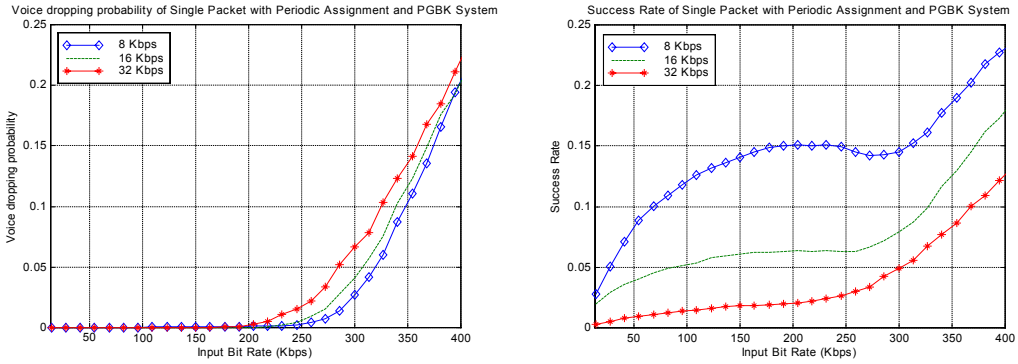
รูปที่ 4.128 จำนวนการร้องขอของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและ PGBK

ผลการทดสอบที่ได้เมื่อทำการลดอัตราข้อมูลของผู้รับบริการนั้นจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับระบบที่ใช้เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ กล่าวคือการลดอัตราข้อมูลจะทำให้ระบบมีสมรรถนะที่สูงขึ้นทั้งในแง่ของค่าวิสัยสามารถและโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตเสียงเพราะระบบอัตราข้อมูลต่ำสามารถพลาดการเข้าถึงตัวกลางครั้งแรกได้เป็นจำนวนครั้งที่มากกว่าระบบอัตราข้อมูลสูงก่อนที่จะเกิดการสูญเสียขึ้น แต่เมื่อพิจารณาค่าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานแล้วพบว่าระบบอัตราข้อมูลต่ำจะมีแนวโน้มของจำนวนการร้องขอที่สูงขึ้นเพราะระบบที่มีอัตราข้อมูลต่ำจะต้องรองรับผู้ใช้เป็นจำนวนที่สูงกว่าเมื่อพิจารณาปริมาณทราฟฟิกรวมมีค่าคงที่ นอกจากนี้ผลการทดสอบยังแสดงให้เห็นว่าการนำเทคนิคจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบเข้ามาทำงานร่วมกับระบบ PGBK จะทำให้ความแตกต่างของสมรรถนะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราข้อมูลลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับระบบ PGBK เพียงอย่างเดียวในข้างต้น



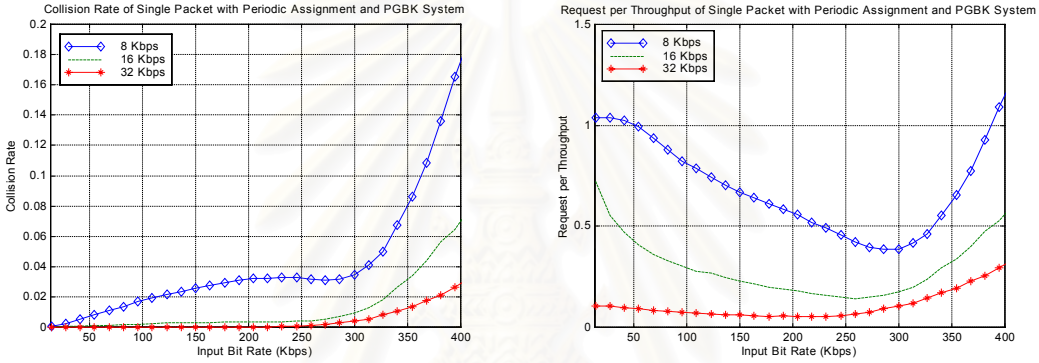
(ก) (ข)

รูปที่ 4.129 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและ PGBK



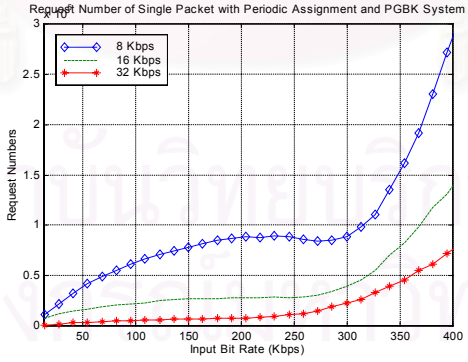
(ก) (ข)

รูปที่ 4.130 โอกาสในการดร็อปข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและ PGBK



(ก) (ข)

รูปที่ 4.131 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและ PGBK



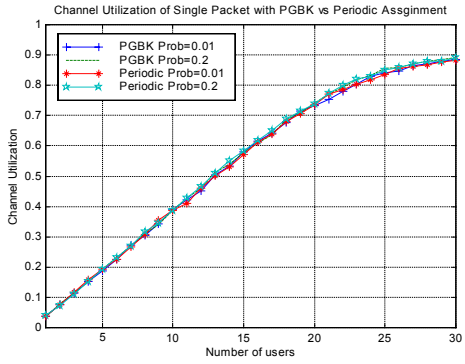
รูปที่ 4.132 จำนวนการร้องขอของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและ PGBK

ส่วนนี้จะเป็นการวิเคราะห์ถึงผลความแตกต่างระหว่างเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและเทคนิค PGBK ที่เกิดขึ้นโดยละเอียด การเปรียบเทียบนี้อาจมองเป็นการเปรียบเทียบระหว่างระบบการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบราย

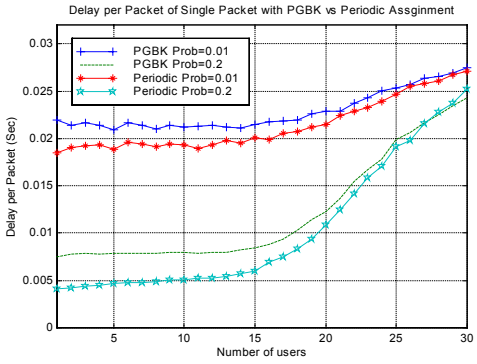
คาบร่วมกับเทคนิค PGBK ได้ เพราะผลที่ได้เนื่องจากเทคนิค PGBK ในทั้งสองการทดสอบมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันกัน โดยในการทดสอบนี้จะแบ่งประเด็นศึกษาออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญคือ ปัญหาของเทคนิค PGBK ที่อาจก่อให้เกิดการขาดช่วงในระหว่างการจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่บริการเสียงและปัญหาของเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบที่จะทำให้เกิดการว่างของช่องสัญญาณข้อมูลในทุกๆ ช่วงของการสนทนา

จากผลการทดสอบในข้างต้นเราพบว่าการขาดช่วงระหว่างทำการส่งข้อมูลนั้นทำให้ระบบ PGBK มีแนวโน้มของสมรรถนะที่ด้อยกว่าระบบการจัดสรรช่องสัญญาณรายคาบ ดังผลที่แสดงในรูปที่ 4.129-4.132 ข้างต้น เมื่อพิจารณาถึงสาเหตุการขาดช่วงที่เกิดพบว่าปัจจัยแรกที่ต้องพิจารณาคือขนาดของเฟรมข้อมูลเมื่อเทียบกับช่วงเวลาการกำเนิดแพ็กเกตเสียง กล่าวคือถ้าขนาดของเฟรมข้อมูลสั้นกว่าช่วงเวลาการกำเนิดของแพ็กเกต ระบบ PGBK จะไม่มีการขาดช่วงของข้อมูลคล้ายกับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ แต่ในกรณีที่ขนาดของเฟรมข้อมูลมีขนาดเท่ากับช่วงเวลาการกำเนิดแพ็กเกตนั้นการขาดช่วงจะเกิดขึ้นหรือไม่ต้องทำการพิจารณาจากความเร็วในการเข้ารับบริการของผู้ใช้กล่าวคือ ถ้าผู้ใช้ได้รับการบริการภายในช่วงเวลาน้อยกว่าหนึ่งเฟรมข้อมูลหลังจากมีข้อมูลจะทำให้เกิดการขาดช่วงขึ้นได้ สำหรับในกรณีที่ขนาดของเฟรมข้อมูลยาวกว่าช่วงการกำเนิดเสียงแล้วการขาดช่วงย่อมเกิดขึ้นอย่างแน่นอนดังเช่นการทดสอบลดอัตราข้อมูลในรูปที่ 4.104-4.107 ดังนั้นในการนำเทคนิคของ PGBK เข้ามาใช้ภายในระบบต้องคำนึงถึงผลของการขาดช่วงข้อมูล ผลดังกล่าวจะมากหรือน้อยขึ้นกับอัตราข้อมูล ค่าความน่าจะเป็นในการเข้าถึงตัวกลางและค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาการสนทนา ดังที่กล่าวในข้างต้น

เพื่อเป็นการทดสอบข้อสรุปเกี่ยวกับการขาดช่วงในกรณีที่เฟรมข้อมูลมีขนาดเท่ากับช่วงเวลาการกำเนิดข้อมูล จึงทำการทดสอบระบบเดิมแต่จะลดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางให้มีค่าต่ำลงจาก 0.2 เหลือเพียง 0.01 เพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสที่ผู้รับบริการจะต้องรอช่องสัญญาณมากกว่าหนึ่งช่วงเวลาเฟรมก่อนจะเริ่มส่งข้อมูล จากผลการทดสอบพบว่าผลการทำงานภายในระบบเนื่องจากเทคนิค PGBK ในรูปที่ 4.133-4.136 มีลักษณะใกล้เคียงกับเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบมากขึ้น ส่วนสมรรถนะที่ได้ในแง่ของค่าวิสัยสามารถและค่าโอกาสในการดร็อปข้อมูลเสียงนั้นจะไม่มีความแตกต่างกันเพราะผลความแตกต่างของการทำงานที่เกิดขึ้นยังมีค่าไม่มากพอที่จะส่งผลต่อสมรรถนะของระบบได้

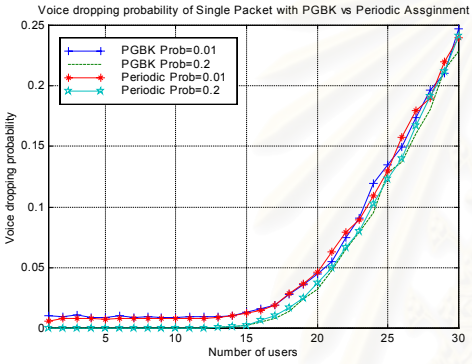


(ก)

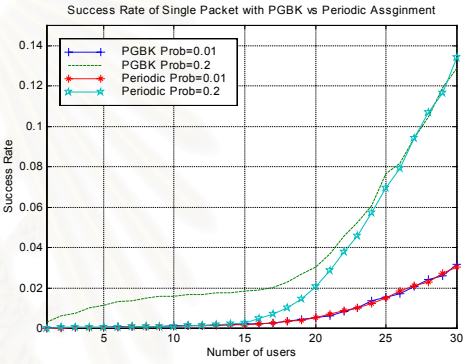


(ข)

รูปที่ 4.133 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ

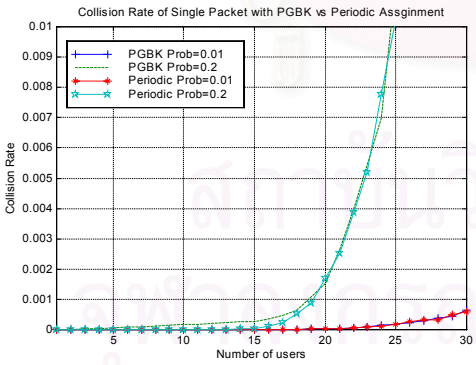


(ก)

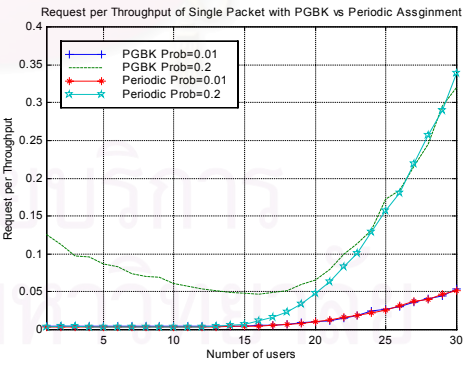


(ข)

รูปที่ 4.134 โอกาสในการดร็อปข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ

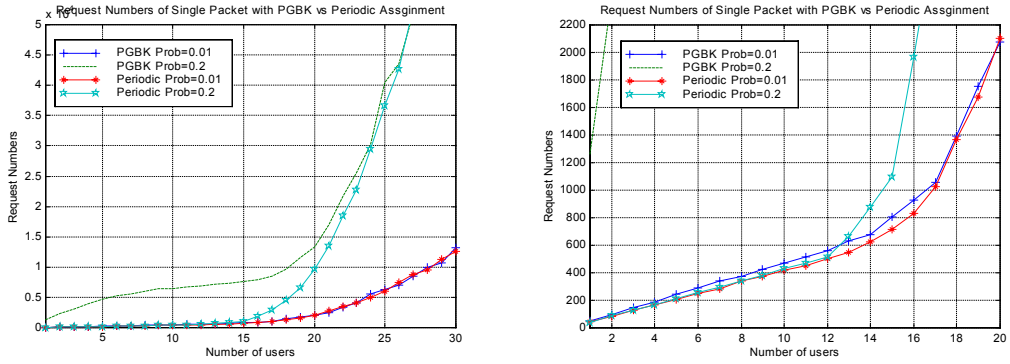


(ก)



(ข)

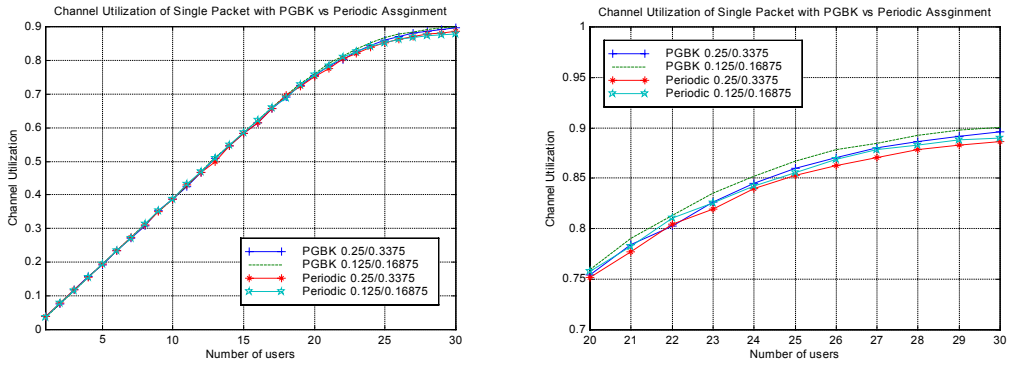
รูปที่ 4.135 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ



รูปที่ 4.136 จำนวนการร้องขอของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ

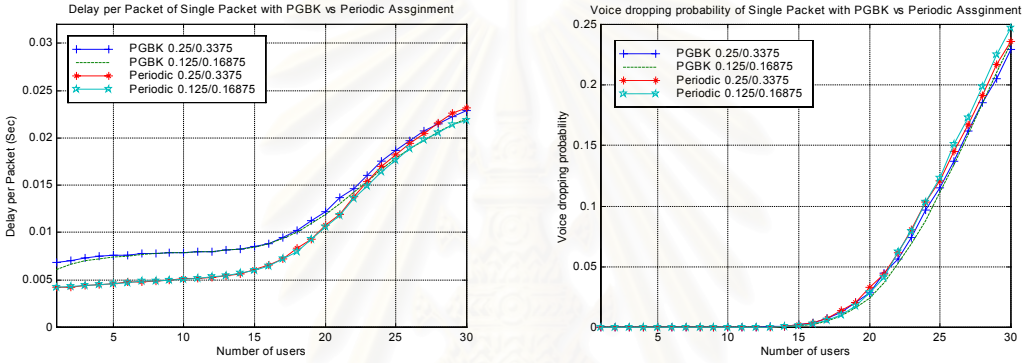
ประเด็นถัดมาที่ทำการพิจารณาคือปัญหาการว่างของช่องสัญญาณในทุกๆ ช่วงการสนทนาของระบบการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ อันเป็นเหตุทำให้เกิดการสูญเสียช่องสัญญาณไปโดยเปล่าประโยชน์แต่ทั้งนี้ในระบบทั้งหมดที่พิจารณาข้างต้นผลที่เกิดในข้อนี้จะไม่ชัดเจนเพราะช่วงการสนทนาเมื่อรวมกับช่วงการเงียบแล้วจะมีค่าที่มากเกินไป ทำให้การสูญเสียช่องสัญญาณเพียงหนึ่งไทม์สล็อตต่อหนึ่งรอบของการสนทนาคิดเป็นค่าที่น้อยมาก ดังนั้นเพื่อให้ผลในข้อนี้เกิดขึ้นอย่างชัดเจนจึงทำการทดสอบระบบที่ค่าเฉลี่ยช่วงการสนทนาเท่ากับ 0.125/0.16875 และ 0.25/0.3375 จากผลการทดสอบพบว่าที่สภาวะทราฟฟิกต่ำนั้นผลที่ได้ไม่แตกต่างจากในข้างต้นคือระบบ PGBK จะมีแนวโน้มของการทำงานที่ด้อยกว่าระบบการจัดสรรแบบรายคาบ แต่เมื่อทำการเพิ่มปริมาณทราฟฟิกมากขึ้นถึงจุดหนึ่งพบว่า ค่าวิสัยสามารถและโอกาสในการดร็อปข้อมูลของระบบ PGBK ในรูปที่ 4.137(ก) และ 4.138(ข) จะมีค่าที่สูงและต่ำกว่าระบบการจัดสรรแบบรายคาบตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากเทคนิค PGBK ไม่มีการสูญเสียช่องสัญญาณดังกล่าวเพราะการว่าง แต่สำหรับค่าเวลาประวิงและค่าที่เกี่ยวข้องกับการร้องขออื่นๆ ในรูปที่ 4.139 และ4.140 ซึ่งไม่ได้กล่าวถึงนั้นจะมีผลของแนวโน้มเช่นเดียวกับการทดสอบระบบ PGBK เทียบกับการจัดสรรแบบรายคาบที่ทำการพิจารณาในข้างต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



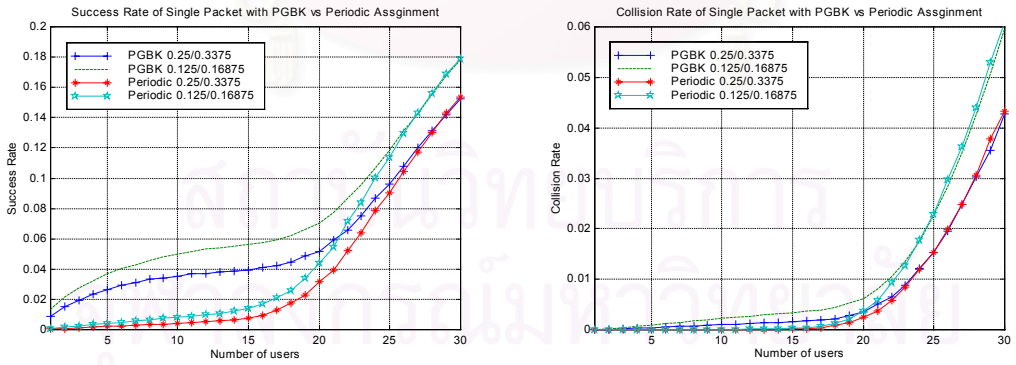
(ก) (ข)

รูปที่ 4.137 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ



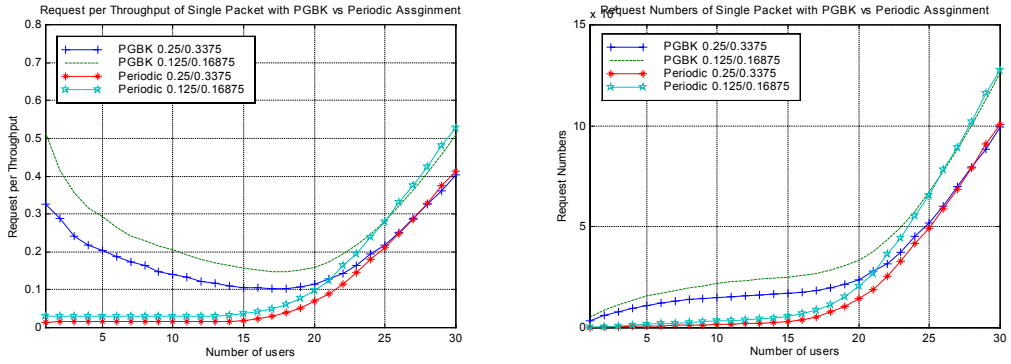
(ก) (ข)

รูปที่ 4.138 ค่าเวลาประวิงและโอกาสในการดร็อปข้อมูลเสียงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ



(ก) (ข)

รูปที่ 4.139 อัตราการสำเร็จและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ



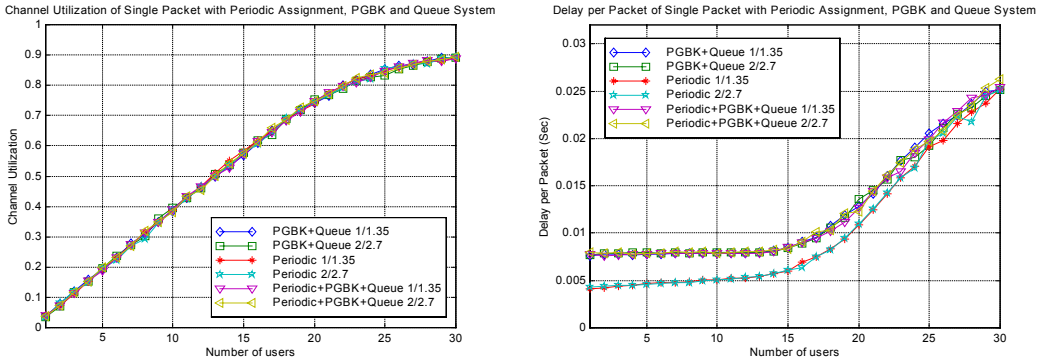
(ก) (ข)

รูปที่ 4.140 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ

4.3.2.4.3 การจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว (Periodic Assignment with PGBK and Queue Technique)

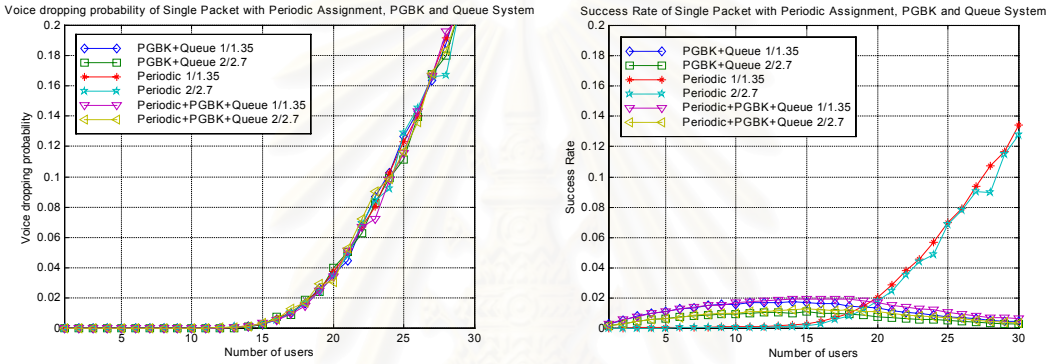
ผลการทดสอบที่ได้ในส่วนนี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับระบบที่ทำการทดสอบในข้างต้นกล่าวคือ ในแง่ของสมรรถนะอันประกอบด้วยค่าวิสัยสามารถและโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตนั้นจะให้ผลที่เหมือนกับระบบที่มีเทคนิคของการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบในทุกสภาวะทราฟฟิก เพราะความแตกต่างที่เกิดจากการทำงานภายในระบบทั้งสองคือระบบที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบร่วมกับ PGBK และ คิวเทียบกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบเพียงอย่างเดียวจะมีค่าที่น้อยจนไม่สามารถส่งผลกระทบใดๆ ต่อสมรรถนะของระบบได้ แต่ความแตกต่างจะเกิดขึ้นเมื่อพิจารณาถึงค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการร้องขอ ซึ่งจะค่อนข้างใกล้เคียงกับผลที่ได้ในระบบที่ใช้เทคนิคของ PGBK และคิว โดยจะมีค่าอยู่ระหว่างระบบที่ใช้เทคนิคของ PGBK และคิวกับระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ ที่เป็นเช่นนี้เพราะผลของ PGBK เป็นการเพิ่มโอกาสในการขาดช่วงการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบเช่นเดียวกับที่กล่าวในข้างต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



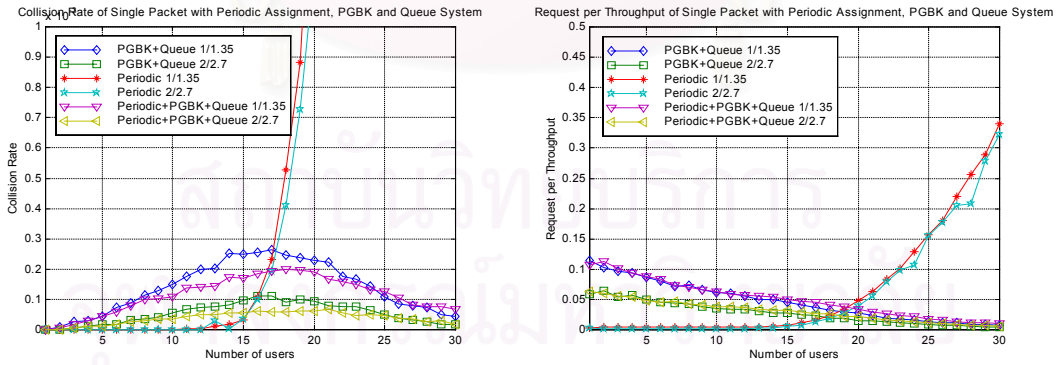
(ก) (ข)

รูปที่ 4.141 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว



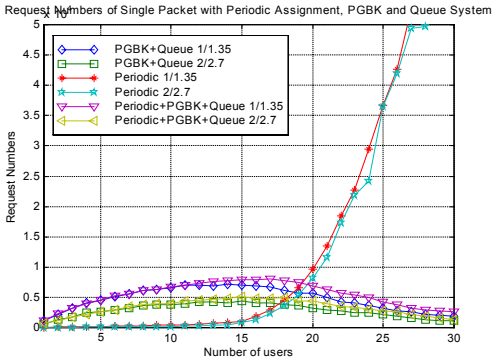
(ก) (ข)

รูปที่ 4.142 ค่าโอกาสในการดร็อปข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว



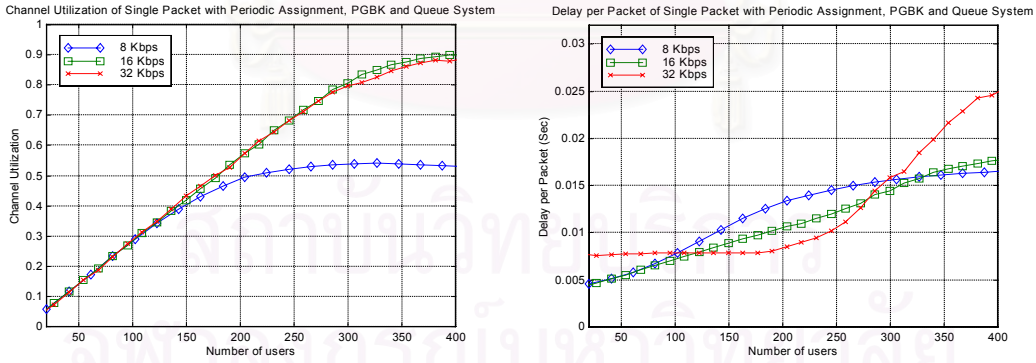
(ก) (ข)

รูปที่ 4.143 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว



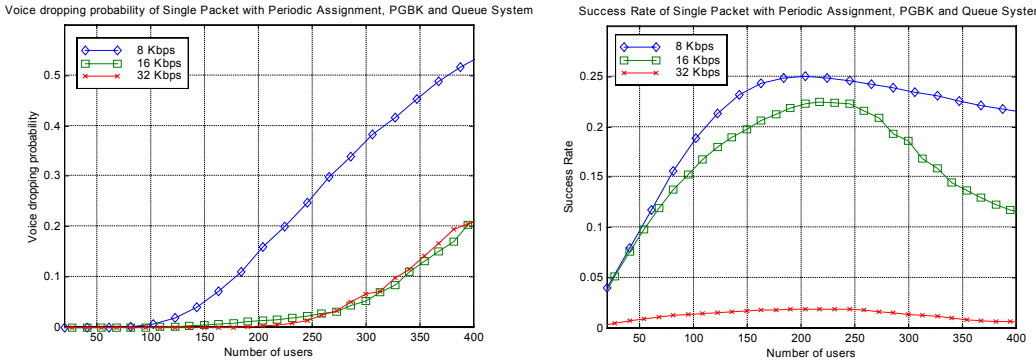
รูปที่ 4.144 จำนวนการร้องขอของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว

ผลที่ได้ในรูปที่ 4.145-4.148 ทั้งหมดจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับการทดสอบในระบบ PGBK และคิว ซึ่งจะเป็นผลเนื่องมาจากเทคนิค PGBK ขัดขวางการส่งข้อมูลแบบรายคาบของเทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบ ทำให้เกิดการขาดช่วงของการส่งข้อมูลขึ้น ผลที่ได้ในการทดสอบนี้จะมีสาเหตุเช่นเดียวกับการทดสอบลดอัตราข้อมูลของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ในระบบที่มีเทคนิคของ PGBK ดังหัวข้อ 4.3.1.3.2 ข้างต้น ส่วนผลของเทคนิคคิวนั้นจะสามารถแสดงออกมาได้เฉพาะในสภาวะทราฟฟิกสูงในระบบที่มีเสถียรภาพเท่านั้นดังจะเห็นได้จากค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการร้องขอจะมีค่าลดลงในสภาวะทราฟฟิกสูงที่อัตราข้อมูลเท่ากับ 32 และ 16 กิโลบิตต่อวินาทีเท่านั้น ส่วนในกรณีอัตราข้อมูล 8 กิโลบิตต่อวินาทีนั้นระบบไม่มีเสถียรภาพที่มากพอจนทำให้เกิดการใช้ช่องสัญญาณเต็มได้ เทคนิคของคิวจึงไม่สามารถลดจำนวนการร้องขอได้



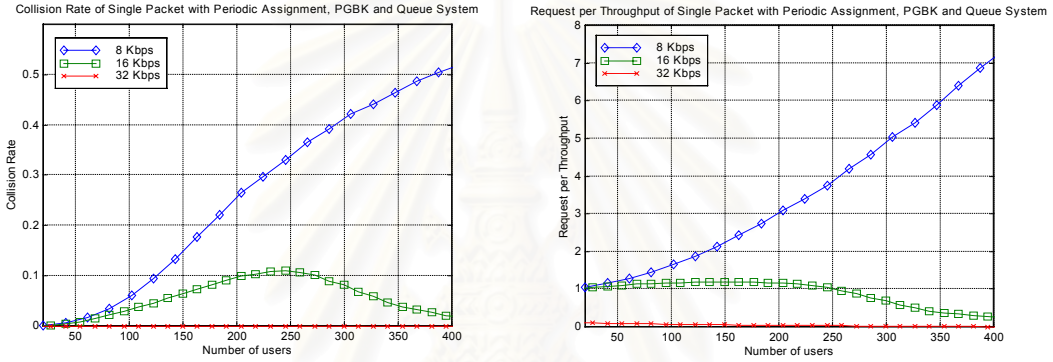
(ก) (ข)

รูปที่ 4.145 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว



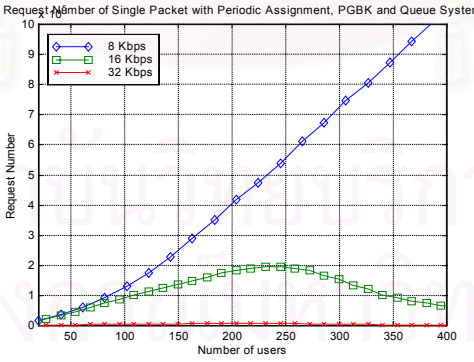
(ก) (ข)

รูปที่ 4.146 ค่าโอกาสในการดร็อปข้อมูลเสียงและอัตราการสำเร็จของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว



(ก) (ข)

รูปที่ 4.147 อัตราการชนและอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว



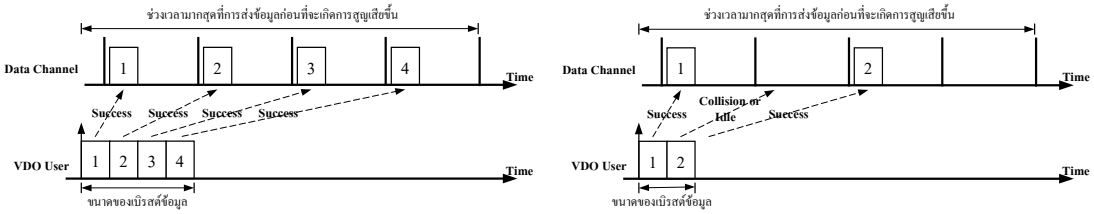
รูปที่ 4.148 จำนวนการร้องขอของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว

4.3.3 ผลของเทคนิคการเข้าถึงตัวกลางของบริการวิดีโอ

การศึกษาผลของเทคนิคที่ใช้กับบริการวิดีโอในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็นสามหัวข้อที่สำคัญดังนี้ 1. ศึกษาธรรมชาติและลักษณะการทำงานของบริการวิดีโอในระบบแบบไฮบริดพื้นฐาน 2. ศึกษาการทำงานของเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบผสมระหว่างการจัดสรรแบบรายคาบและการจัดสรรแบบกลุ่มสำหรับบริการวิดีโอ 3. ศึกษาการทำงานของเทคนิคที่ไม่ขึ้นกับลักษณะการบริการอันประกอบด้วย เทคนิคของ PGBK เทคนิคของคิวและการทำงานร่วมกันระหว่างเทคนิคคิวกับเทคนิค PGBK สำหรับผลการทำงานร่วมกันระหว่างเทคนิคที่ขึ้นกับการบริการและไม่ขึ้นกับการบริการนั้นจะไม่ทำการพิจารณาเพราะเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบผสมระหว่างรายคาบและกลุ่มนั้นจะมีลักษณะเป็นการควบคุมอย่างสมบูรณ์ที่สถานีฐานทำให้เทคนิคอื่นๆ ที่มีการนำเสนอไม่มีความจำเป็นสำหรับการทำงานเช่นนี้

4.3.3.1 การทำงานของบริการวิดีโอในแบบจำลองการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

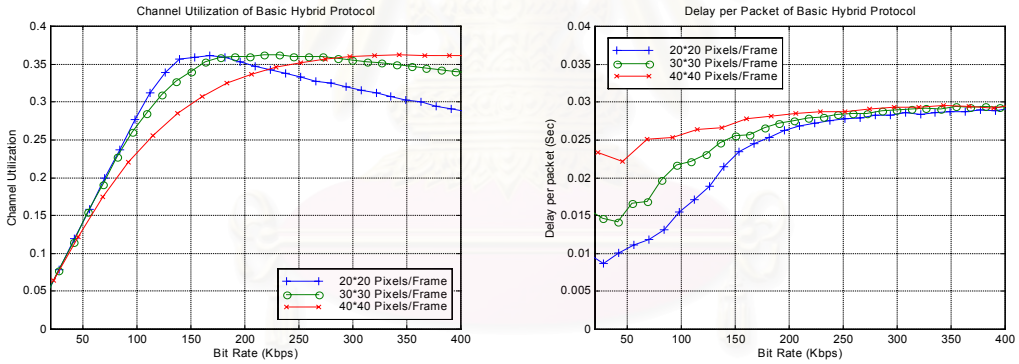
จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าบริการของวิดีโอจะมีลักษณะผสมระหว่างการกำเนิดแบบเบิรสต์ของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์และคล้ายกับบริการเสียงในแง่ของการการกำเนิดแบบรายคาบและการทนทานต่อเวลาประวิง กล่าวคือเมื่อพิจารณาค่าเวลาประวิงในรูปที่ 4.149(ข) จะพบว่าผู้ใช้ที่มีความละเอียดของภาพสูงจะมีค่าเวลาประวิงที่มากเช่นเดียวกับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์เมื่อขนาดของแพ็กเกตต่อข้อความยาวเพราะการเพิ่มความละเอียดหรือจำนวนพิกเซลของภาพจะทำให้ขนาดของเบิรสต์หรือจำนวนแพ็กเกตต่อเฟรมภาพเพิ่มขึ้น โดยค่าเวลาประวิงที่ได้นี้จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณโหลดถึงจุดหนึ่งเท่านั้นจากนั้นจะมีค่าที่ค่อนข้างคงที่แตกต่างจากบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ที่มีการเพิ่มขึ้นตามปริมาณโหลดอย่างไม่จำกัด ซึ่งลักษณะที่เกิดขึ้นนี้จะคล้ายกับบริการเสียงเพราะบริการวิดีโอไม่สามารถทนต่อเวลาประวิงได้ทำให้เมื่อเวลาประวิงเกินค่าที่กำหนดค่าหนึ่งระบบจะทำการละทิ้งแพ็กเกตข้อมูลนั้น เมื่อทำการพิจารณาค่าวิสัยสามารถและโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตวิดีโอในรูปที่ 4.149(ก) และ 4.150 พบว่าในสภาวะทราฟฟิกต่ำระบบที่มีจำนวนพิกเซลต่อภาพสูงจะมีการสูญเสียแพ็กเกตมากทำให้ค่าวิสัยสามารถต่ำไปด้วย ที่เป็นเช่นนี้เป็นเพราะเวลาประวิงสะสมเช่นเดียวกับบริการเสียงในข้างต้นกล่าวคือ จำนวนของแพ็กเกตทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในหนึ่งเฟรมภาพนั้นจะมีเวลาการกำเนิดเริ่มต้นที่เท่ากัน ทำให้ภายในเวลาที่เท่ากันผู้ใช้ต้องทำการส่งข้อมูลเป็นจำนวนที่มากกว่าเพื่อที่จะไม่ทำให้เกิดการสูญเสียขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.149 ซึ่งจากรูปแสดงให้เห็นว่าระบบที่มีจำนวนแพ็กเกตข้อมูลสูงในรูปที่ 4.149(ก) จะสามารถพลาดการส่งข้อมูลได้น้อยกว่าระบบจำนวนแพ็กเกตต่ำในรูปที่ 4.149(ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 4.149 การส่งข้อมูลแบบเบิรสต์ของบริการวิดีโอที่ความละเอียดของภาพสูง (ก) และต่ำ (ข) ในกรณีที่ไม่มีการสูญเสียข้อมูลเกิดขึ้น

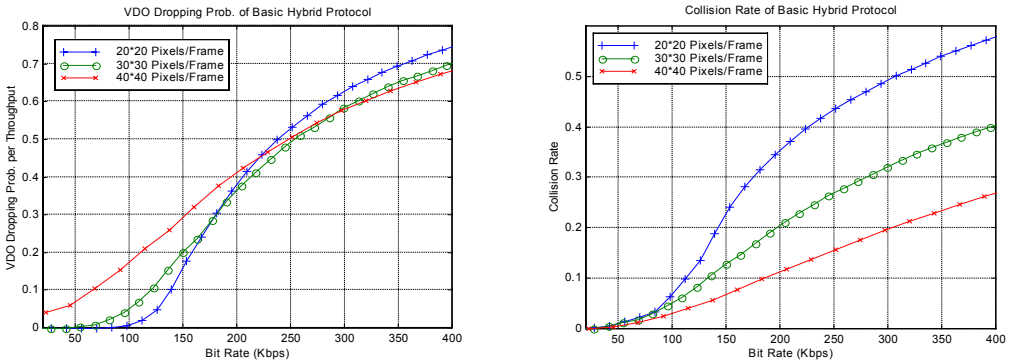
แต่เมื่อเพิ่มปริมาณทราฟฟิกมากขึ้นแนวโน้มที่เกิดจะมีลักษณะเปลี่ยนไปกล่าวคือระบบที่มีจำนวนพิกเซลต่อเฟรมภาพสูงจะมีค่าวิสัยสามารถที่สูงและอัตราการสูญเสียที่ต่ำกว่าเพราะ ณ จุดนี้ปัญหาของระบบคือเสถียรภาพที่ลดลงเนื่องจากการชนของแพ็กเกต ซึ่งเมื่อพิจารณาที่อัตราข้อมูลรวมมีค่าคงที่พบว่าระบบที่ผู้ใช้มีจำนวนพิกเซลต่อเฟรมภาพสูงจะมีจำนวนของผู้ใช้เมื่อคิดเป็นจำนวนคนที่ต่ำกว่าระบบที่มีจำนวนพิกเซลต่อเฟรมภาพต่ำ ทำให้ระบบมีจำนวนการชนที่เพิ่มขึ้นดังค่าอัตราการชนในรูปที่ 4.151(ข) และการชนที่เพิ่มขึ้นนี้ยังเป็นผลให้ค่าที่เกี่ยวข้องกับการร้องขอต่างๆ เพิ่มขึ้นดังผลการทดสอบนรูปที่ 4.152



(ก) (ข)

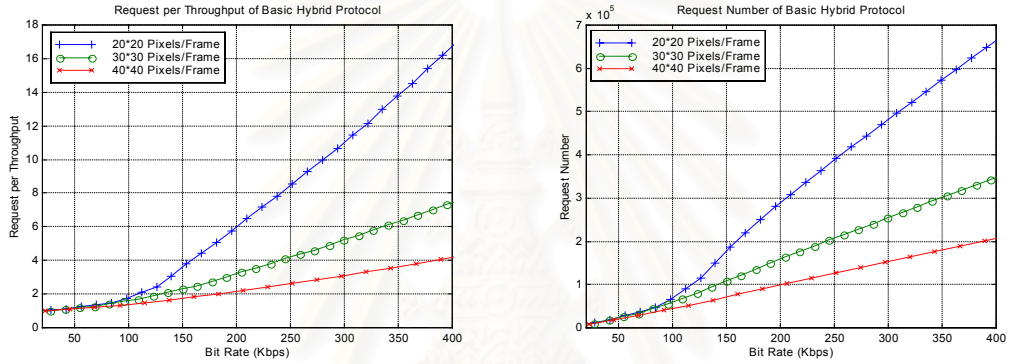
รูปที่ 4.150 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) (ข)

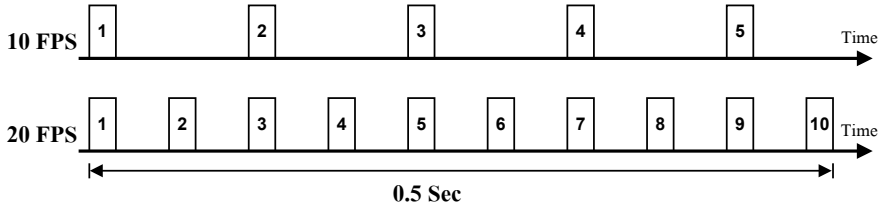
รูปที่ 4.151 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอและอัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

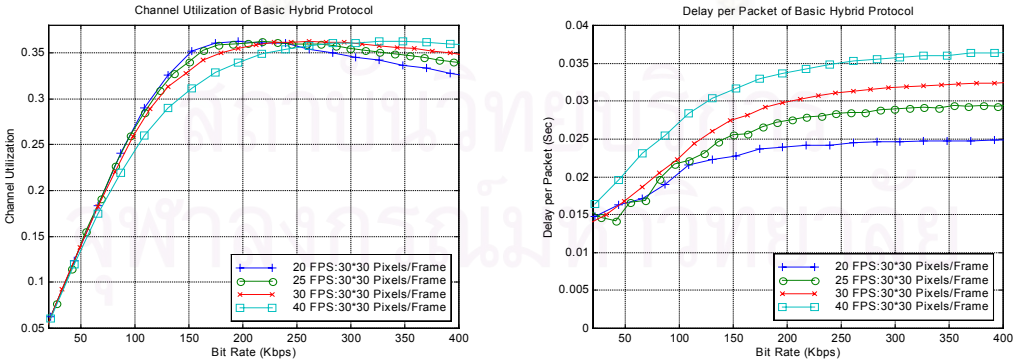
รูปที่ 4.152 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

การเพิ่มอัตราเฟรมภาพของผู้ใช้บริการนั้นจะให้ผลที่คล้ายกับการเพิ่มจำนวนของพิกเซลต่อเฟรมภาพในข้างต้นกล่าวคือ ในแง่ของการสูญเสียแพ็กเกตในรูปที่ 4.155 พบว่าที่สภาวะทราฟฟิกต่ำการสูญเสียจะมีค่าเพิ่มตามอัตราเฟรมภาพที่มากขึ้น โดยจะมีสาเหตุมาจากจำนวนของแพ็กเกตที่ต้องทำการส่งของผู้ใช้แต่ละคนมีจำนวนเพิ่มขึ้น และเมื่อไม่สามารถทำการส่งแพ็กเกตที่เกิดก่อนได้แพ็กเกตที่เกิดภายหลังจะไม่สามารถส่งได้ทำให้เกิดการสะสมของเวลาประวิงขึ้น ซึ่งระบบจะไม่เกิดการสะสมของเวลาประวิงก็ต่อเมื่อผู้ใช้บริการสามารถกระทำการส่งข้อมูลที่มีอยู่ได้ก่อนที่จะมีการกำเนิดแพ็กเกตข้อมูลใหม่ขึ้น ซึ่งผู้ใช้ที่มีอัตราเฟรมภาพเท่ากับ 20 เฟรมต่อวินาทีจะสามารถพลาดการส่งได้เป็นจำนวนมากที่สุดไม่เกิน 12 เฟรมข้อมูล ในขณะที่ผู้ใช้อัตราเฟรมภาพ 10 เฟรมนั้นสามารถพลาดการส่งข้อมูลได้ถึง 25 เฟรมโดยประมาณจึงจะไม่เกิดเวลาประวิงสะสมขึ้น เมื่อเฟรมข้อมูลมีขนาดเท่ากับ 0.004 วินาที



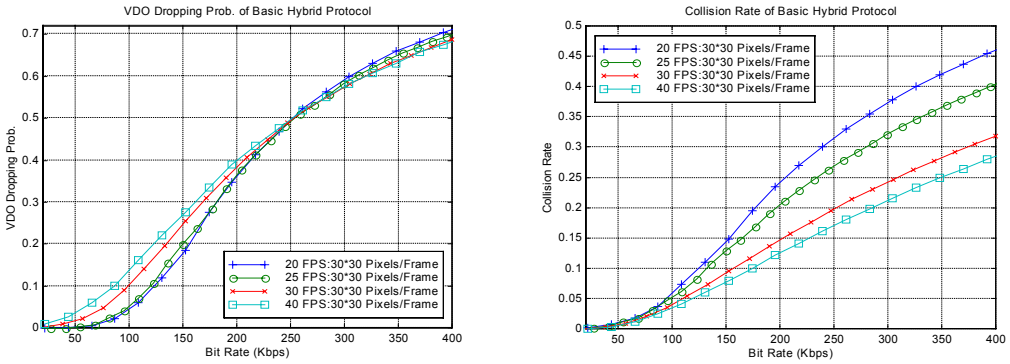
รูปที่ 4.153 ลักษณะการกำเนิดของแพ็กเกตวิดีโอที่อัตราเฟรมภาพเท่ากับ (ก) 20 และ (ข) 10 เฟรมต่อวินาทีเมื่อหนึ่งเฟรมภาพมีการกำเนิดหนึ่งแพ็กเกต

และเช่นเดียวกับบริการเสียงในข้างต้นคือเวลาประวิงสะสมที่เกิดสามารถลดลงได้ถ้าผู้ใช้บริการวิดีโอสามารถส่งแพ็กเกตข้อมูลของเฟรมภาพถัดไปได้ภายในช่วงเวลาระหว่างภาพสองภาพ นับจากการส่งข้อมูลเฟรมภาพแรกได้เป็นผลสำเร็จ สำหรับในสภาวะทราฟฟิกสูงนั้นผลที่ได้จะมีแนวโน้มตรงข้ามกับในสภาวะทราฟฟิกต่ำเพราะปัญหาเสถียรภาพของระบบที่ลดลงเนื่องจากการชนจะกลายเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าต่างๆ ทั้งหมด ทำให้ระบบที่มีจำนวนผู้ใช้น้อยๆ คือมีอัตราเฟรมภาพที่สูง จะมีค่าของอัตราการสูญเสียที่ต่ำกว่าระบบอัตราเฟรมข้อมูลน้อย ซึ่งเมื่อทำการพิจารณาค่าวิสัยสามารถในรูปที่ 4.154(ก) พบว่าค่าที่ได้จะสัมพันธ์กับอัตราการสูญเสียโดยตรงกล่าวคือระบบที่มีอัตราการสูญเสียต่ำจะมีค่าวิสัยสามารถที่สูงกว่าเมื่อทำการพิจารณาที่อัตราข้อมูลรวมของผู้ใช้เท่ากัน สำหรับในแง่ของเวลาประวิงในรูปที่ 4.154(ข) นั้นระบบที่มีอัตราเฟรมภาพต่ำจะมีค่าที่ต่ำกว่าระบบเฟรมภาพสูงเพราะจำนวนผู้ใช้บริการที่มากในขณะที่อัตราข้อมูลรวมเท่าเดิมจะทำให้เกิดการกระจายปริมาณโหลดออกไป เมื่อปริมาณแพ็กเกตไม่ถูกรวมที่ผู้ใช้คนใดคนหนึ่งเป็นพิเศษแล้วปัญหาคอขวดที่เกิดขึ้นในการส่งจึงลดลง สุดท้ายค่าที่เกี่ยวกับจำนวนการร้องขอทั้งหมดซึ่งประกอบด้วยอัตราการชน อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอจะมีค่าที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนของผู้ใช้บริการรวมภายในระบบดังที่ได้กล่าวในข้างต้น



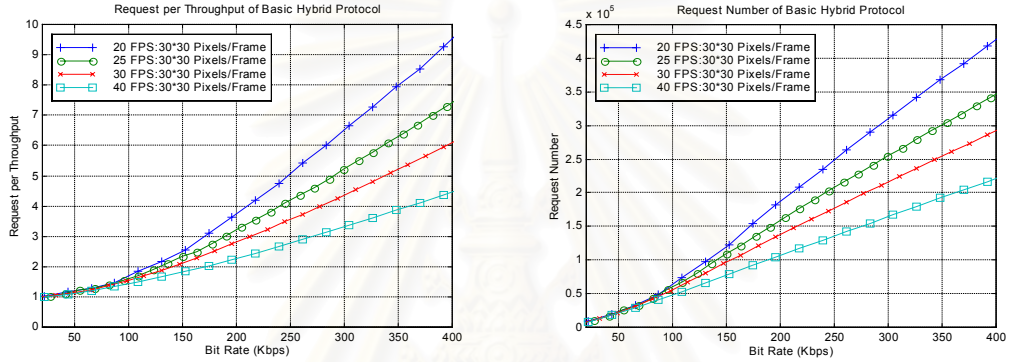
(ก) (ข)

รูปที่ 4.154 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

รูปที่ 4.155 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



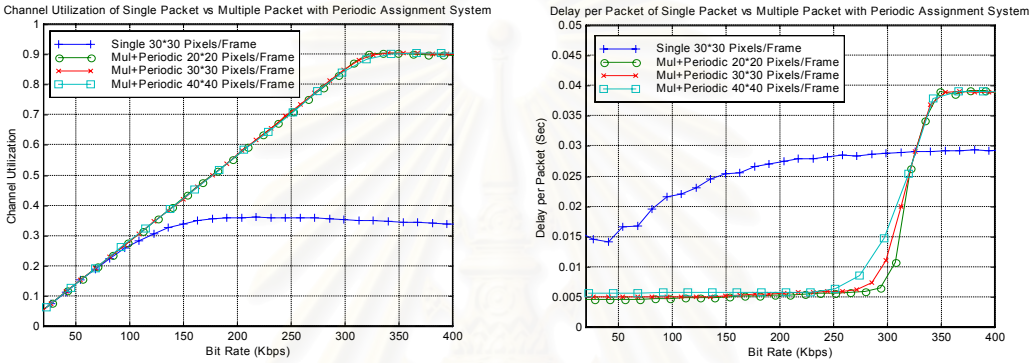
(ก) (ข)

รูปที่ 4.156 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

4.3.3.2 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและรายคาบ (Multiple and Periodic Assignment)

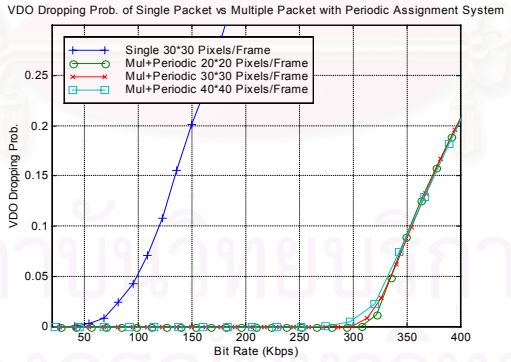
จากผลการทดสอบในรูปที่ 4.157 และ 4.158 พบว่าเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและกลุ่มทำให้ระบบมีสมรรถนะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระบบการเข้าถึงตัวกลางพื้นฐานแบบไฮบริดอย่างมากในทุกๆ ค่า ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเทคนิคนี้สามารถทำการจัดสรรช่องสัญญาณให้กับทราฟฟิกวิดีโอได้อย่างเหมาะสม กล่าวคือผู้ใช้บริการจะทำการร้องขอช่องสัญญาณแบบสุ่มเพียงครั้งเดียวที่ครั้งแรกของการร้องขอจากนั้นสถานีฐานจะทำจองช่องสัญญาณต่อให้จนกว่าผู้รับบริการจะหมดความต้องการเพราะตำแหน่งการกำเนิดของเฟรมภาพสามารถทราบค่าได้อย่างแน่นอน และเนื่องจากในการทดสอบระบบนี้เราสมมุติให้ผู้ใช้มีการทำงานตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา ทำให้จำนวนการร้องขอที่เกิดขึ้นของผู้ใช้แต่ละคนมีค่าต่ำมากคือ มีค่าประมาณหนึ่งครั้งต่อผู้ใช้หนึ่งคน ถ้าการร้องขอนั้นไม่เกิดการชนขึ้น ดังนั้นกราฟต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการร้องขอจึงมีค่าเข้าใกล้ศูนย์และไม่มีการแสดงในการทดสอบนี้ สำหรับค่าของเวลาประวิงในรูปที่ 4.157(ข) พบว่าการส่งข้อมูล

แบบกลุ่มสามารถลดค่าของเวลาประวิงจากการส่งข้อมูลที่ละหนึ่งแพ็กเกตได้เช่นเดียวกับการทดสอบบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ในข้างต้น โดยแนวโน้มของเวลาประวิงนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความละเอียดของภาพที่ใช้เพราะข้อมูลทั้งหมดที่เกิดขึ้นในแต่ละเบิรสต์จะมีจุดกำเนิดของเวลาที่เท่ากัน เท่ากับเวลาที่แพ็กเกตข้อมูลแรกกำเนิดขึ้น และสุดท้ายในแง่ของค่าวิสัยสามารถในรูปที่ 4.157(ก) พบว่าจะมีค่าที่เท่ากันในทุกๆ ความละเอียดของภาพและระบบสามารถทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพในทุกๆ สภาวะทราฟฟิก เพราะการร้องขอแบบสุ่มจะเกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวเท่านั้นจากนั้นจะเป็นหน้าที่ของสถานีฐานในการจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่ผู้ใช้บริการ การจัดสรรดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นการควบคุมอย่างสมบูรณ์จากสถานีฐาน



(ก) (ข)

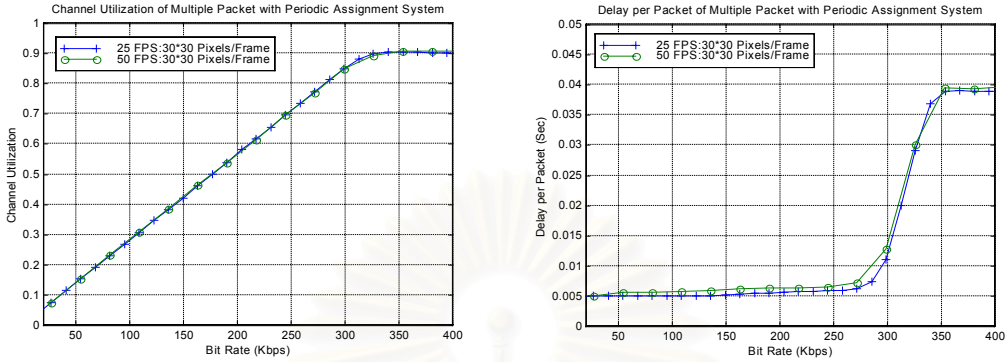
รูปที่ 4.157 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและกลุ่ม



รูปที่ 4.158 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและกลุ่ม

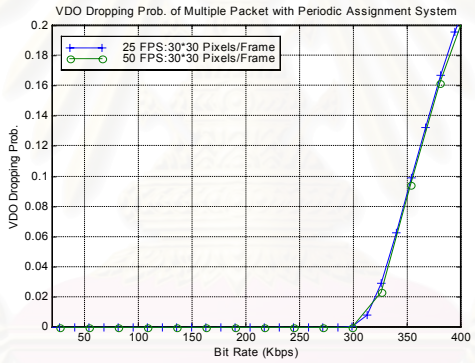
การทดสอบในส่วนนี้จะเป็นการเปลี่ยนค่าอัตราเฟรมภาพของวิดีโอ ซึ่งจากการทดสอบพบว่าการเปลี่ยนอัตราเฟรมภาพจะไม่ส่งผลกระทบต่อค่าวิสัยสามารถ ค่าเวลาประวิงและค่าโอกาสในการดร็อปข้อมูลเพราะลักษณะของทราฟฟิกที่ใช้ไม่สามารถส่งผลกระทบใดๆ ต่อการทำงานภายในระบบได้ เนื่องจากลักษณะการกำเนิดแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอที่ใช้ในการทดสอบนี้จะมีความแตกต่าง

ในแง่ของระยะห่างระหว่างแต่ละเบิรสต์ข้อมูลเท่านั้น ผลของเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบผสมซึ่งเป็นการควบคุมอย่างสมบูรณ์จากสถานีฐานนี้จึงให้ผลที่ไม่แตกต่างกันในสภาวะทราฟฟิกต่างๆ ที่พิจารณา



(ก) (ข)

รูปที่ 4.159 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและกลุ่ม



รูปที่ 4.160 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบและกลุ่ม

4.3.3.3 เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณที่ไม่ขึ้นกับลักษณะของการบริการ

4.3.3.3.1 เทคนิคการทำงานของคิว (Queue Technique)

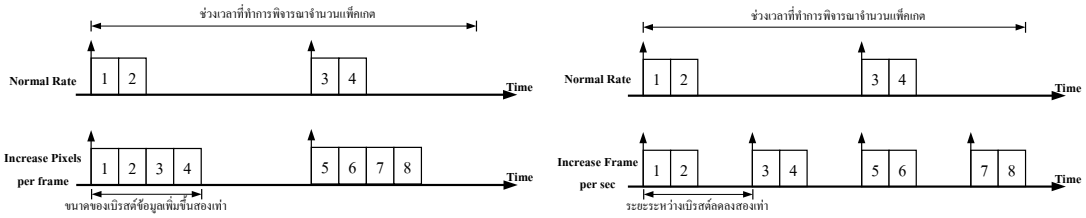
เช่นเดียวกับการทดสอบบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์และบริการเสียงในหัวข้อที่ 4.3.1.3.1 และ 4.3.2.3.1 ในข้างต้น คือการทดสอบคิวในระบบไฮบริดพื้นฐานที่มีจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลต่อเฟรมสูง ผลของเทคนิคคิวจึงมีไม่มาก ดังนั้นในการทดสอบนี้จึงต้องทำการลดจำนวนช่องสัญญาณร้องขอและช่องสัญญาณข้อมูลภายในหนึ่งเฟรมเหลือเท่ากับ 4 และ 2 ช่องตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดสอบที่ได้พบว่าเทคนิคคิวสามารถปรับปรุงสมรรถนะของระบบในทุกด้านคือ ค่าวิสัยสามารถ เวลาประวิง โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตและเสถียรภาพที่เกิดจากการร้องขอเมื่อเทียบกับระบบไฮบริดพื้นฐาน แต่การปรับปรุงนี้จะเป็นเช่นเดียวกับในข้างต้นคือจะเกิดขึ้นเมื่อระบบมีการใช้

ช่องสัญญาณข้อมูลอย่างเต็มที่หรือมีการเพิ่มปริมาณทราฟฟิกถึงค่าหนึ่งแล้วเท่านั้น แต่เมื่อทำการเพิ่มปริมาณทราฟฟิกสูงกว่าค่าที่ระบบรองรับได้แล้วผลที่ได้จากระบบที่มีการทำงานแบบไฮบริดพื้นฐานที่มีและไม่มีเทคนิคคิวจะไม่แตกต่างกันเนื่องจากจำนวนการร้องขอที่เพิ่มขึ้นจนทำให้ระบบขาดเสถียรภาพ ผู้ใช้ที่ร้องขอช่องสัญญาณได้สำเร็จจึงลดลง ผลของเทคนิคคิวจึงลดลงตามลำดับ

เมื่อพิจารณาอัตราการสำเร็จในรูปที่ 4.162 พบว่าผลที่ได้จากระบบที่มีและไม่มีคิวจะเกิดการตัดกันขึ้นแตกต่างจากค่าอื่นๆ เพราะในช่วงที่อัตราการสำเร็จของระบบที่มีคิวมีค่าต่ำกว่าระบบปกตินั้นเกิดจากเทคนิคคิวสามารถเก็บผู้ใช้บริการที่ทำการร้องขอสำเร็จแต่ไม่ได้เข้าใช้ช่องสัญญาณได้ ทำให้ผู้ใช้ในส่วนนี้ไม่ต้องทำการร้องขอช่องสัญญาณใหม่ อัตราการสำเร็จที่ได้จึงต่ำกว่าระบบปกติ สำหรับในสภาวะทราฟฟิกที่ระบบที่มีคิวมีค่าอัตราการสำเร็จสูงกว่านั้น เกิดจากระบบที่ไม่มีคิวจะมีจำนวนการร้องขอเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากกว่าระบบที่มีคิว และการร้องขอที่สูงย่อมทำให้ระบบมีอัตราการชนเพิ่มขึ้น อัตราการสำเร็จจึงลดลงในขณะที่ระบบที่มีคิวสามารถลดจำนวนการร้องขอลงได้บางส่วน อัตราการสำเร็จของผู้รับบริการจึงมีค่าที่สูงกว่าในช่วงสภาวะของทราฟฟิกหนึ่ง

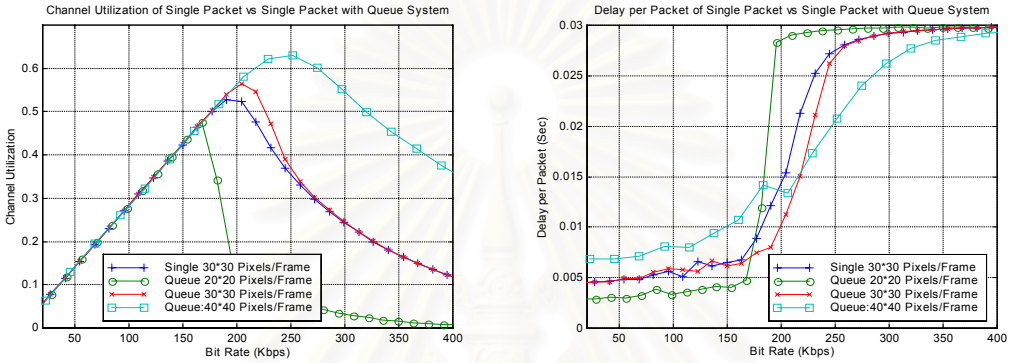
เมื่อพิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงจำนวนของพิกเซลต่อเฟรมภาพพบว่าผลที่ได้จะมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการทำงานในระบบไฮบริดพื้นฐานเพราะคิวเป็นเทคนิคที่ใช้ลดผลของจำนวนการร้องขอที่สำเร็จในขณะที่เกิดการเต็มของช่องสัญญาณเท่านั้น เหตุการณ์ที่กล่าวนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณการเข้าถึงตัวกลางที่เกิดขึ้นเท่านั้น ทำให้ความแตกต่างของขนาดของเฟรมภาพนี้ไม่สามารถส่งผลกระทบโดยตรงต่อการทำงานของคิว แต่จะส่งผลกระทบโดยอ้อมกล่าวคือขนาดของเฟรมภาพที่ต่ำจะทำให้จำนวนผู้ใช้ภายในระบบเพิ่มขึ้น และจำนวนผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้นนี้เองจะเป็นการเพิ่มโอกาสในการเต็มของช่องสัญญาณได้ทางหนึ่ง ผลของเทคนิคคิวจึงเพิ่มขึ้น

ผลของจำนวนแพ็กเกตข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในหนึ่งช่วงเวลานั้นอาจเกิดได้จากการเพิ่มจำนวนของข้อมูลในแต่ละเฟรมภาพหรือการเพิ่มอัตราของเฟรมภาพต่อวินาที ซึ่งการกระทำทั้งสองนี้จะทำให้เกิดผลที่แตกต่างกันกล่าวคือ จำนวนข้อมูลที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากจำนวนพิกเซลนั้นทั้งหมดจะมีการกำเนิดที่จุดต้นเบิรตส์เดียวกัน ในขณะที่จำนวนแพ็กเกตที่เพิ่มขึ้นจากอัตราเฟรมภาพนั้นจะมีจุดการกำเนิดที่แตกต่างกัน ซึ่งระยะเวลาของการกำเนิดที่แตกต่างกันนี้เองทำให้เราสามารถขจัดผลการทำงานที่แตกต่างกันของผู้ใช้ที่มีอัตราเฟรมภาพแตกต่างกันได้ดังผลในส่วนถัดไป โดยผลการเพิ่มอัตราข้อมูลเนื่องจากปัจจัยทั้งสองสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.161



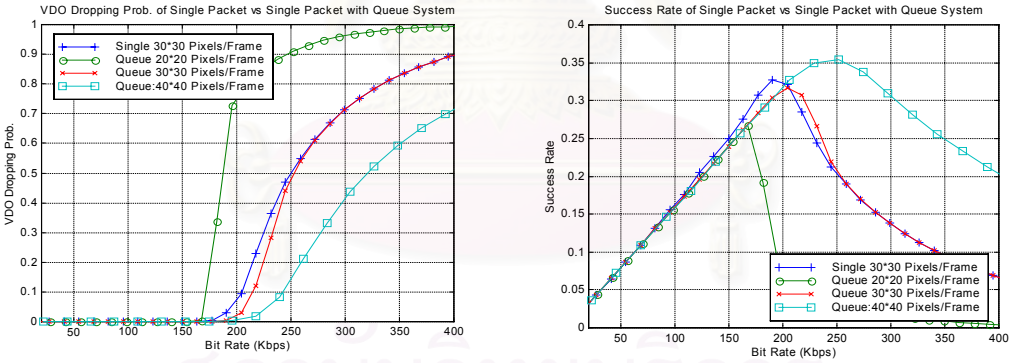
(ก) (ข)

รูปที่ 4.161 ผลการเพิ่มของอัตราข้อมูลจาก (ก) การเพิ่มจำนวนพิกเซลต่อเฟรมภาพ (ข) การเพิ่มของอัตราเฟรมภาพ



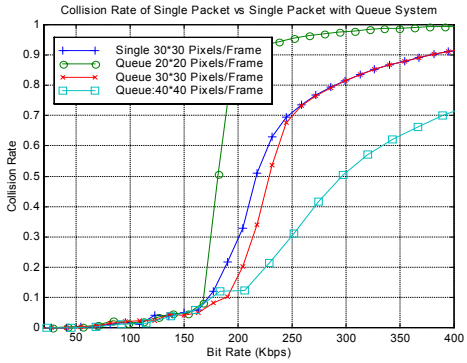
(ก) (ข)

รูปที่ 4.162 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว

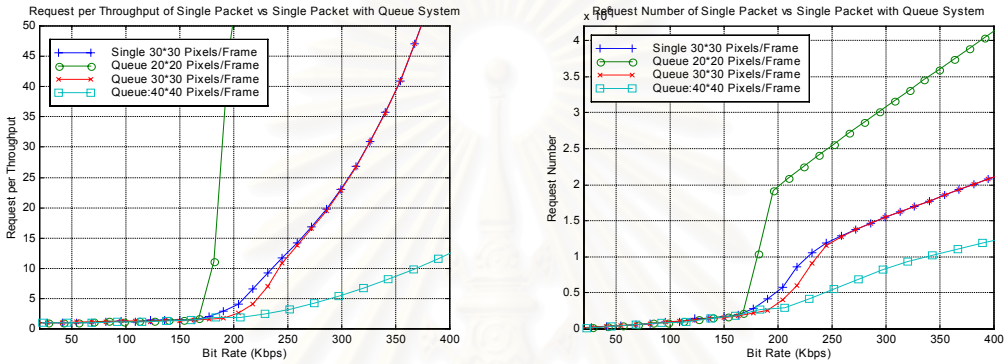


(ก) (ข)

รูปที่ 4.163 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอและอัตราการสำเร็จในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว



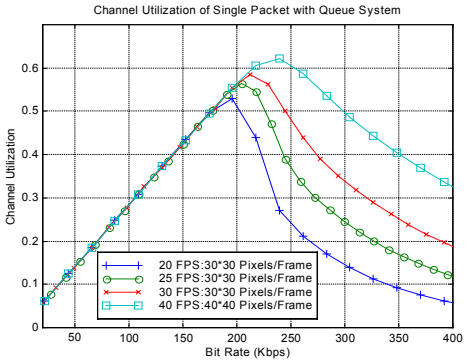
รูปที่ 4.164 อัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว



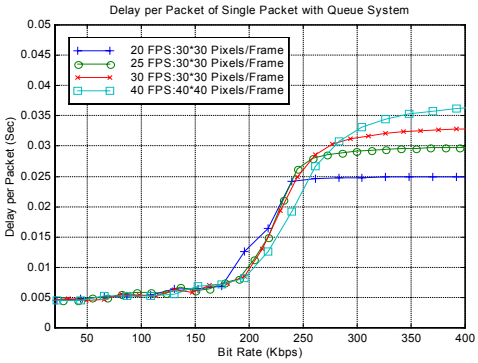
(ก) (ข)

รูปที่ 4.165 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

ผลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงอัตราเฟรมภาพของผู้รับบริการนั้นจะมีแนวโน้มที่แตกต่างจากในข้างต้นกล่าวคือในสภาวะทราฟฟิกต่ำพบว่าผลที่ได้ในแง่ของสมรรถนะคือ ค่าวิสัยสามารถ ค่าเวลาประวิงและค่าโอกาสในการดร็อปข้อมูลในรูปที่ 4.166-4.169 มีความแตกต่างกันน้อยมากในทุกๆ อัตราเฟรมภาพ ที่เป็นเช่นนี้เพราะระบบที่ทำการทดสอบนี้มีขนาดของเฟรมข้อมูลที่สั้นมาก โดยประมาณเท่ากับ 0.81 มิลลิวินาที ทำให้ผู้ใช้บริการมีโอกาสพลาดการส่งข้อมูลได้เป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับอัตราเฟรมภาพที่เพิ่มขึ้น เวลาประวิงสะสมจึงไม่สามารถส่งผลต่อค่าสมรรถนะของระบบได้ จากนั้นเมื่อทำการเพิ่มปริมาณทราฟฟิกขึ้นถึงจุดหนึ่งระบบอัตราเฟรมภาพต่ำจะประสบปัญหาการชนของแพ็กเกต ทำให้เสถียรภาพของระบบอัตราเฟรมภาพต่ำน้อยกว่าระบบอัตราเฟรมภาพสูง ซึ่งจะส่งผลให้ค่าของสมรรถนะในด้านต่างๆ ที่ทำการพิจารณามีแนวโน้มด้อยลงอย่างรวด โดยเสถียรภาพที่ลดลงนี้เกิดจากการเพิ่มจำนวนของผู้ใช้บริการเพื่อให้ปริมาณโหลดรวมมีค่าคงที่ดังที่กล่าวในข้างต้น

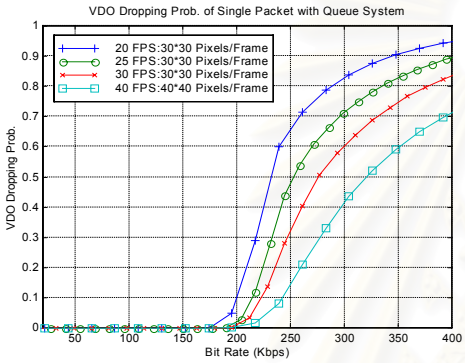


(ก)

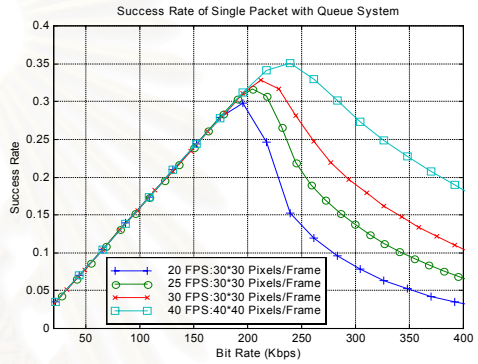


(ข)

รูปที่ 4.166 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว

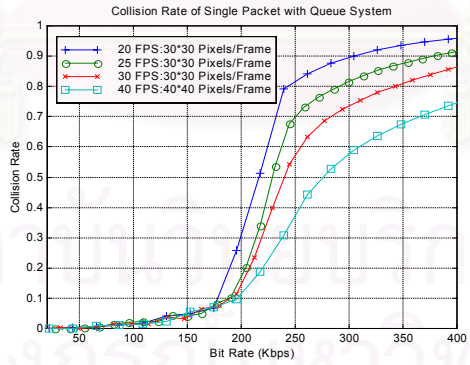


(ก)

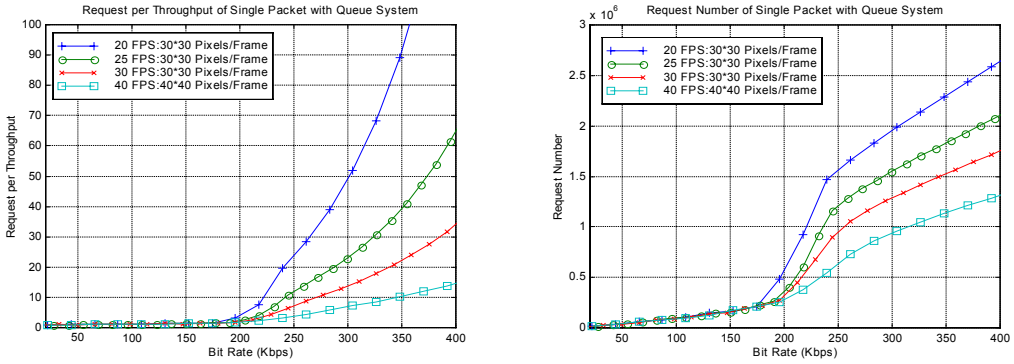


(ข)

รูปที่ 4.167 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอและอัตราการสำเร็จในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว



รูปที่ 4.168 อัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคคิว



(ก) (ข)

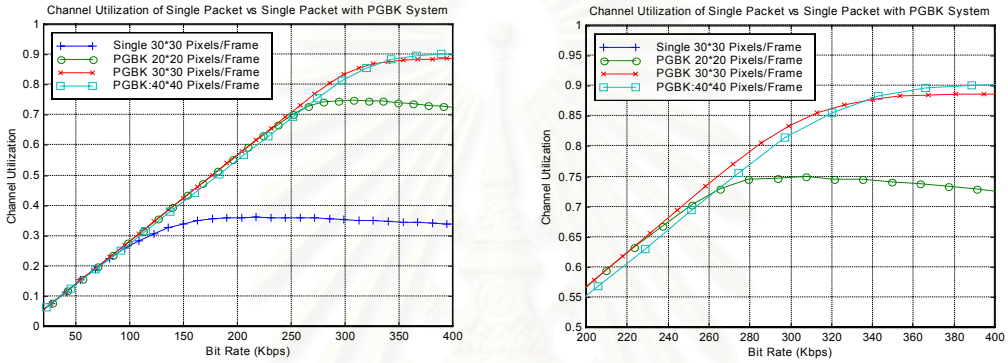
รูปที่ 4.169 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

4.3.3.3.2 เทคนิคการทำงานของ PGBK (PGBK Technique)

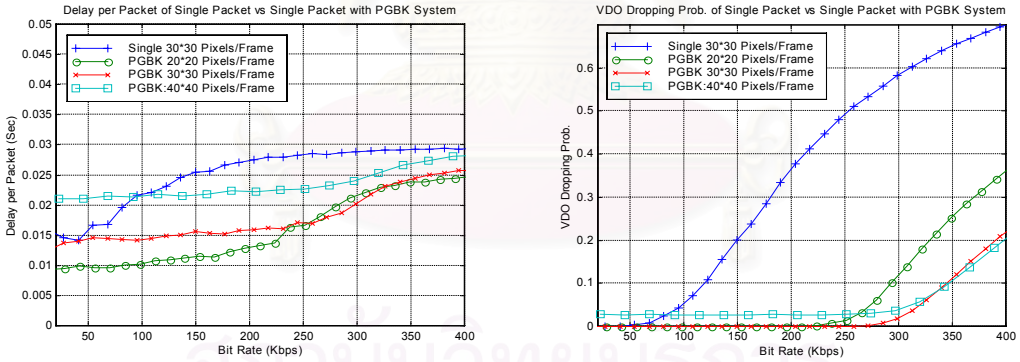
จากผลการทดสอบที่ได้ในรูปที่ 4.170 ถึง 4.173 พบว่าค่าวิสัยสามารถ ค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตวิดีโอและค่าที่เกี่ยวกับจำนวนการร้องขอของระบบที่มีเทคนิค PGBK นั้นมีการปรับปรุงขึ้นจากระบบไฮบริดพื้นฐานอย่างมากในทุกๆ ขนาดของเฟรมภาพ เนื่องจากเทคนิค PGBK สามารถทำการจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่ข้อมูลภายในบัฟเฟอร์ของผู้ใช้บริการได้อย่างต่อเนื่องและไม่จำกัดภายใต้การร้องขอเพียงครั้งเดียว จึงทำให้ปัญหาที่เกิดเนื่องจากเวลาประวิงสะสมมีค่าลดลง โดยผลของเวลาประวิงสะสมส่วนใหญ่จะเกิดได้เพียงตำแหน่งการร้องขอของแพ็กเกตข้อมูลแรกในแต่ละเฟรมภาพเท่านั้น ซึ่งหลังจากที่ผู้ใช้บริการสามารถส่งข้อมูลแพ็กเกตแรกได้เป็นผลสำเร็จแล้ว ข้อมูลที่เหลือในแต่ละเฟรมภาพจะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณจากสถานีฐานอย่างอัตโนมัติโดยไม่ต้องทำการร้องขอต่อไป

เมื่อทำการพิจารณาผลของ PGBK เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนของพิกเซลต่อเฟรมภาพ พบว่าการเพิ่มขนาดของเฟรมภาพจะส่งผลให้เทคนิค PGBK สามารถทำงานได้ดียิ่งขึ้นดังจะเห็นได้จากค่าจำนวนการร้องขอและค่าอัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถในรูปที่ 4.173 ซึ่งมีค่าลดลงตามความเป็นเบิรสต์ที่เพิ่มขึ้น เสถียรภาพของระบบจึงเพิ่มขึ้น แต่ประเด็นที่น่าสนใจของการใช้เทคนิค PGBK นี้อยู่ที่ค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลในรูปที่ 4.171(ข) ซึ่งพบว่าในสภาวะทราฟฟิกต่ำจนถึงปานกลางระบบที่มีขนาดของเฟรมภาพเท่ากับ 40×40 พิกเซลจะมีอัตราการสูญเสียที่สูงสุดแม้ว่าจะเป็นระบบที่มีเสถียรภาพสูงสุดในการทดสอบนี้ก็ตาม เนื่องจากระบบที่พิจารณานี้ผู้ใช้สามารถทำการส่งข้อมูลได้เฟรมละหนึ่งแพ็กเกต ดังนั้นถ้าจำนวนแพ็กเกตข้อมูลที่เกิดขึ้นในแต่ละเฟรมภาพมีจำนวนมากกว่าจำนวนของเฟรมข้อมูลระหว่างช่วงการกำเนิดภาพทั้งสองคือ $\frac{1}{25}$ วินาที จะทำให้เกิดการสะสมเวลาประวิงขึ้นอย่างแน่นอนและการสะสมของเวลาประวิงนั้นจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามปริมาณข้อมูลในแต่ละเบิรสต์ และจะมากจนทำให้เกิดการสูญเสีย

ข้อมูลอย่างแน่นอนเพราะบริการวิดีโอที่ทำการพิจารณานี้จะมีการกำเนิดข้อมูลตลอดเวลาในช่วงที่ทำการทดสอบ แตกต่างจากบริการเสียงซึ่งมีช่วงการกำเนิดข้อมูล (Talkspurt) และช่วงเงียบ (Silence) ซึ่งไม่มีข้อมูลเกิดขึ้น แต่สำหรับในสภาวะทราฟฟิกสูงพบว่าค่าโอกาสในการดร็อปที่เกิดขึ้นจะเพิ่มตามจำนวนของพิกเซลต่อเฟรมภาพที่ลดลงเนื่องจากที่จุดนี้ปัญหาที่สำคัญของระบบคือจำนวนการชนที่เกิดขึ้น ซึ่งเทคนิค PGBK สามารถลดจำนวนการร้องขอได้เพิ่มขึ้นตามความเป็นเบิรสต์ที่สูงขึ้น ดังนั้นในการออกแบบระบบโดยใช้เทคนิค PGBK เพื่อทำการส่งข้อมูลวิดีโอนี้ ปัจจัยประการแรกที่ต้องพิจารณาคือ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของเบิรสต์ข้อมูลในแต่ละเฟรมภาพกับขนาดของเฟรมภาพที่ใช้

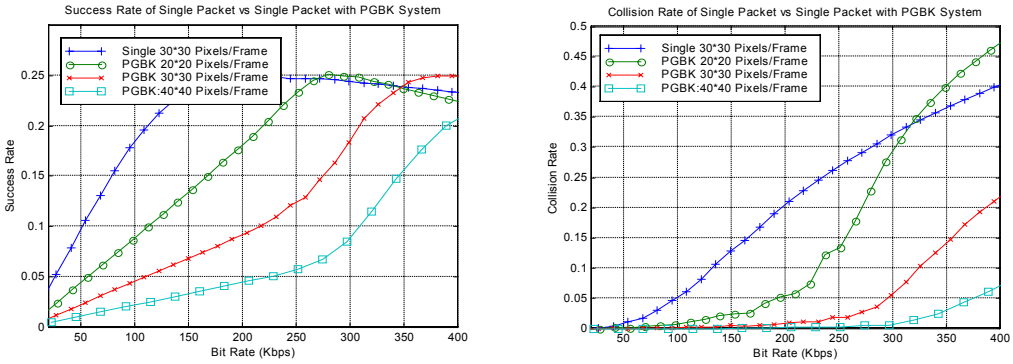


รูปที่ 4.170 ค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK



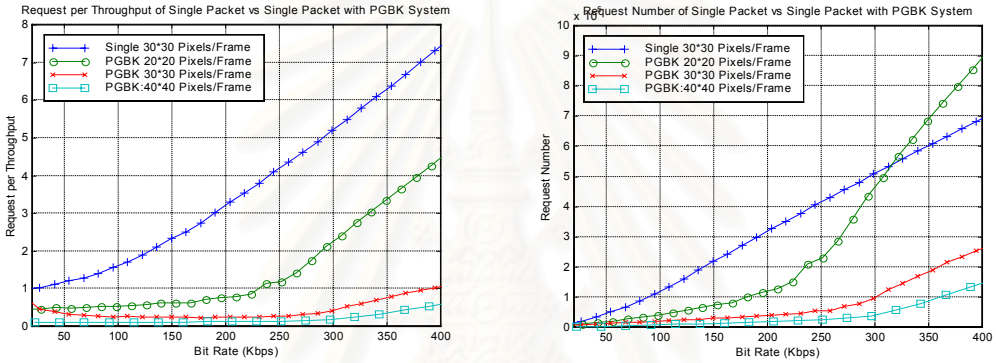
(ก) (ข)

รูปที่ 4.171 เวลาประวิงและค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK



(ก) (ข)

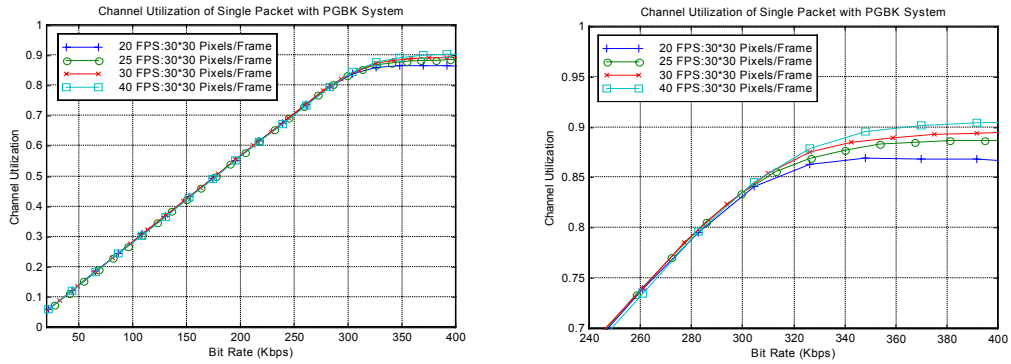
รูปที่ 4.172 อัตราการสำเร็จและอัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK



(ก) (ข)

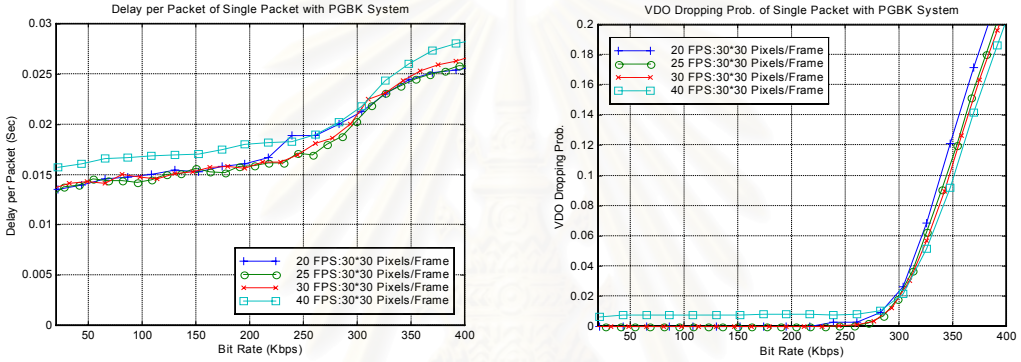
รูปที่ 4.173 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK

เมื่อพิจารณาผลการเพิ่มของอัตราเฟรมภาพพบว่าจะทำให้ช่วงเวลาระหว่างข้อมูลในแต่ละเบิรสต์สั้นลง อันจะเป็นผลให้การส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องของเทคนิค PGBK สามารถทำงานได้อย่างเต็มสมรรถนะมากยิ่งขึ้น ดังผลการทดสอบในในรูปที่ 4.174-4.177 ซึ่งพบว่าสมรรถนะที่ได้รับในทุกๆ ด้านคือ ค่าวิสัยสามารถ ค่าโอกาสในการดร็อปข้อมูล และค่าที่เกี่ยวข้องกับจำนวนการร้องขอทั้งหมดยังมีแนวโน้มที่ดีขึ้นตามอัตราของเฟรมภาพที่เพิ่มขึ้น ซึ่งผลที่ได้ในการทดสอบนี้จะมีสาเหตุเช่นเดียวกับการทดสอบเพิ่มอัตราข้อมูลของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ในระบบที่มีเทคนิคของ PGBK ดังหัวข้อ 4.3.1.3.2 ข้างต้น แต่ทั้งนี้การเพิ่มค่าอัตราเฟรมภาพอย่างไม่เหมาะสมกับโครงสร้างของเฟรมข้อมูลนั้นจะทำให้แพ็กเกตข้อมูลเกิดการสูญเสียเป็นอย่างมากในช่วงสภาวะทราฟฟิกต่ำได้ดังผลในรูปที่ 4.175(ข) ที่อัตราเฟรมภาพเท่ากับ 40 ภาพต่อวินาทีดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อนี้ข้างต้น



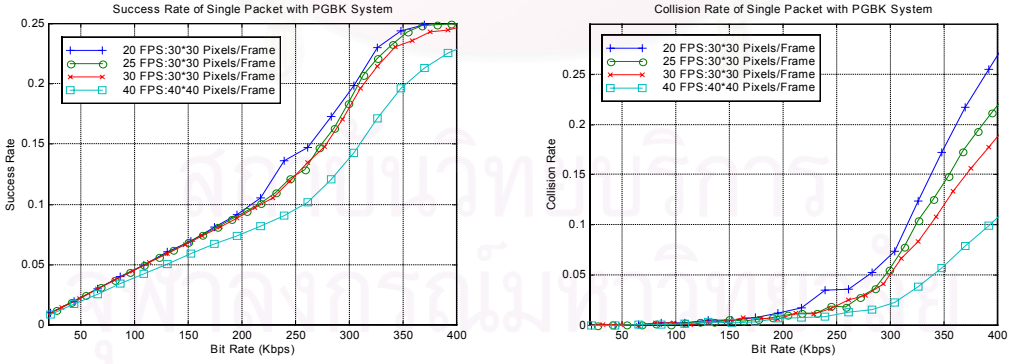
(ก) (ข)

รูปที่ 4.174 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK



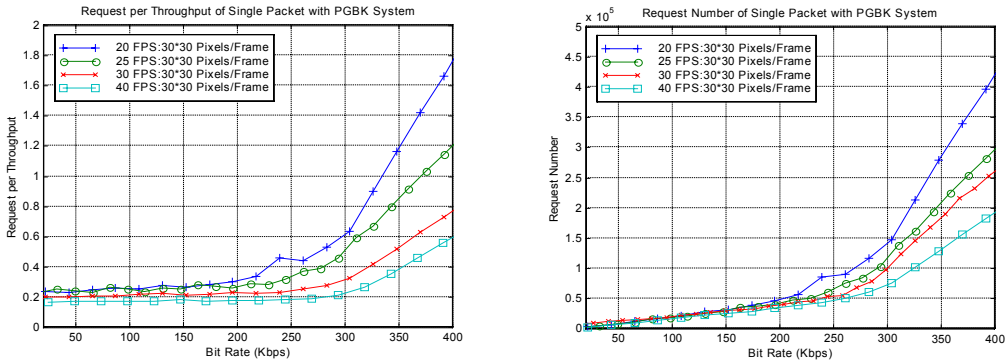
(ก) (ข)

รูปที่ 4.175 เวลาประวิงและค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK



(ก) (ข)

รูปที่ 4.176 อัตราการสำเร็จและอัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK



(ก) (ข)

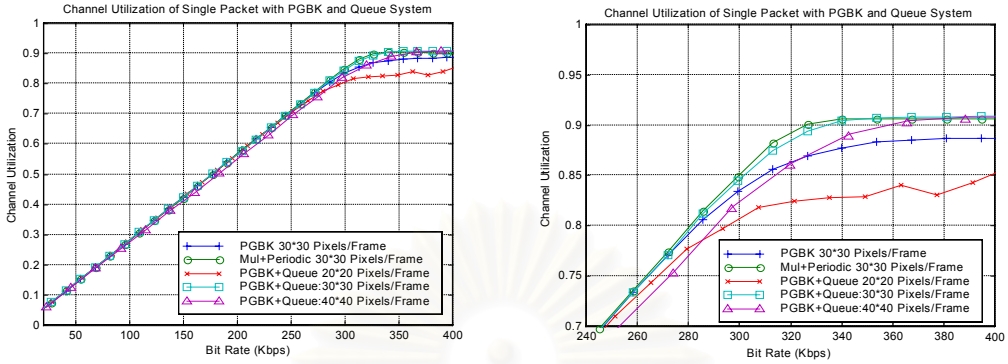
รูปที่ 4.177 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK

4.3.3.3.3 การทำงานร่วมกันระหว่างเทคนิค PGBK และเทคนิคของคิว (PGBK and Queue Technique)

จากผลการทดสอบในรูปที่ 4.178-4.181 พบว่าสมรรถนะโดยรวมที่ได้รับจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับระบบที่มีเทคนิคของ PGBK เพียงอย่างเดียวในทุกๆ สภาวะที่ทำการทดสอบ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเทคนิค PGBK ในการทดสอบนี้เป็นเทคนิคที่สามารถลดจำนวนการร้องขอที่เกิดได้เป็นจำนวนมากและยังมีความเหมาะสมสำหรับทราฟฟิกที่มีลักษณะแบบเบิรสต์ ส่วนเทคนิคของคิวนั้นจะส่งผลในสภาวะทราฟฟิกสูงเท่านั้น โดยจะมีหน้าที่ในด้านของเสถียรภาพเป็นสำคัญ แต่ทั้งนี้ความแตกต่างระหว่างเทคนิคทั้งสองจะสามารถเห็นได้จากค่าการทำงานของระบบทั้ง 4 ค่าในกราฟรูปที่ 4.180-4.181 ซึ่งความแตกต่างจะเริ่มขึ้นเมื่อปริมาณทราฟฟิกเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่งทั้งนี้เป็นเพราะเทคนิคคิวจะเกิดการทำงานเมื่อระบบมีการใช้ช่องสัญญาณอย่างเต็มที่ ซึ่งในระบบที่ประกอบด้วยช่องสัญญาณข้อมูลจำนวน 10 ช่องต่อหนึ่งเฟรมจะเกิดกรณีนี้ขึ้นในสภาวะทราฟฟิกสูงเท่านั้น ดังจะเห็นได้จากค่าที่เกี่ยวข้องกับจำนวนการร้องขอทั้งหมดจะเริ่มลดลงเมื่อปริมาณของผู้ใช้บริการมากกว่า 15 คนขึ้นไป

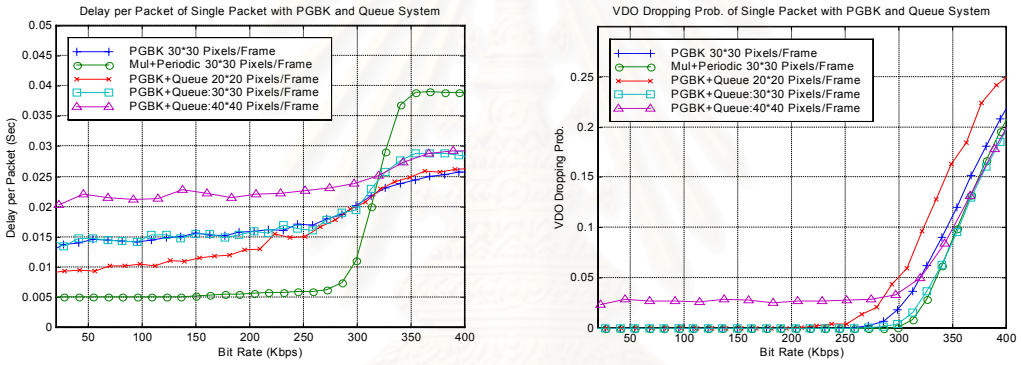
เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างเทคนิคผสมของ PGBK และเทคนิคของคิวกับเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มร่วมกับรายคาบพบว่า แม้เทคนิคของ PGBK จะมีความเหมาะสมในการจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่ทราฟฟิกวิดีโอที่มีลักษณะแบบกลุ่มก็ตามแต่สมรรถนะที่ได้รับทั้งในแง่ของโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตและค่าวิสัยสามารถจะยังคงมีค่าที่ต่ำกว่าระบบการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มร่วมกับรายคาบ เพราะเทคนิคการทำงานของ PGBK ร่วมกับคิวนั้นผู้ใช้บริการยังคงต้องทำการร้องขอช่องสัญญาณแบบสุ่มตลอดเวลา โดยจะสามารถใช้เทคนิคของ PGBK ในการส่งข้อมูลแบบต่อเนื่องได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ในขณะที่เทคนิคการจัดสัญญาณแบบกลุ่มร่วมกับ

รายคาบนั้นจะเกิดการร้องขอช่องสัญญาณเพียงหนึ่งครั้งสำหรับแต่ละผู้ใช้เท่านั้นดังกราฟที่เกี่ยวข้องกับการร้องขอในรูปที่ 4.180 และ 4.181



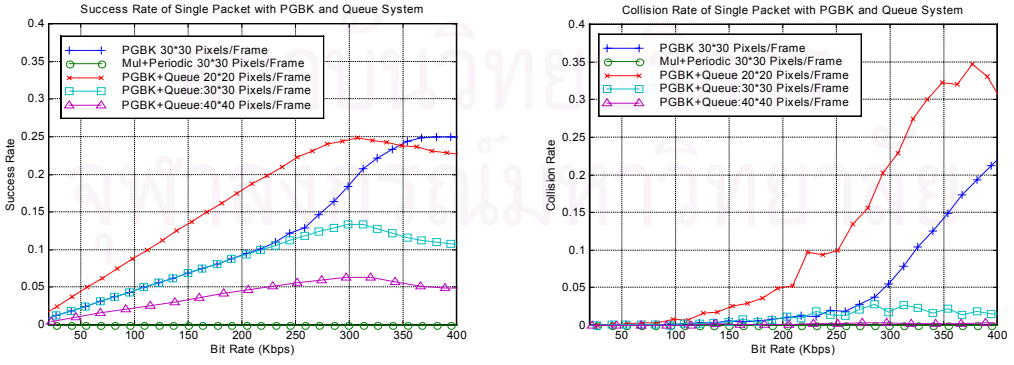
(ก) (ข)

รูปที่ 4.178 ค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว



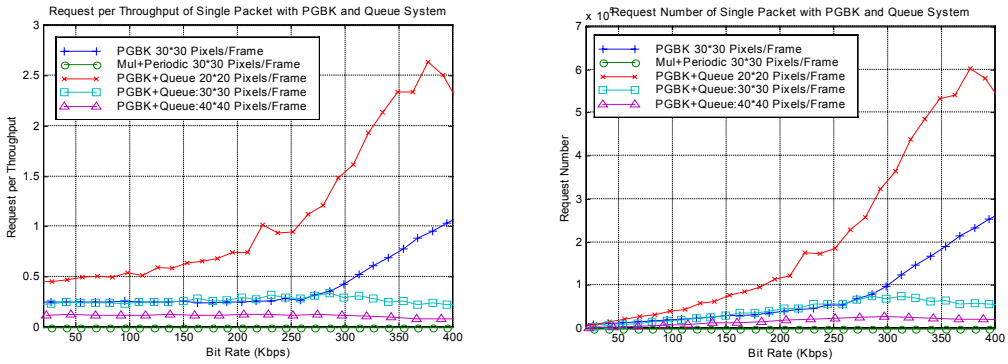
(ก) (ข)

รูปที่ 4.179 เวลาประวิงและโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว



(ก) (ข)

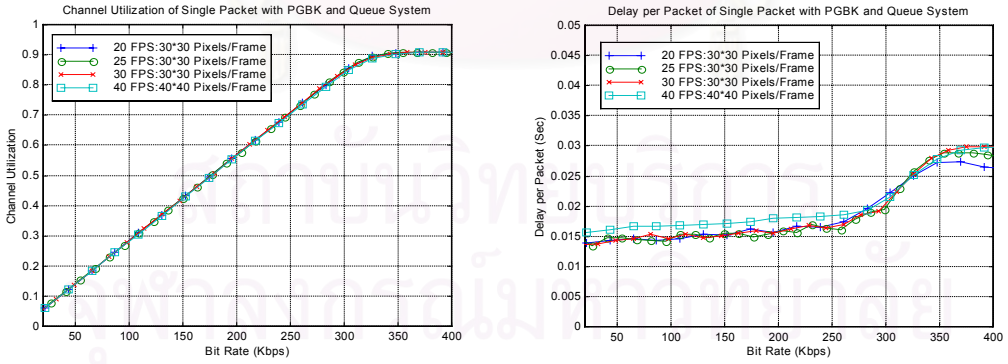
รูปที่ 4.180 อัตราการสำเร็จและอัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว



(ก) (ข)

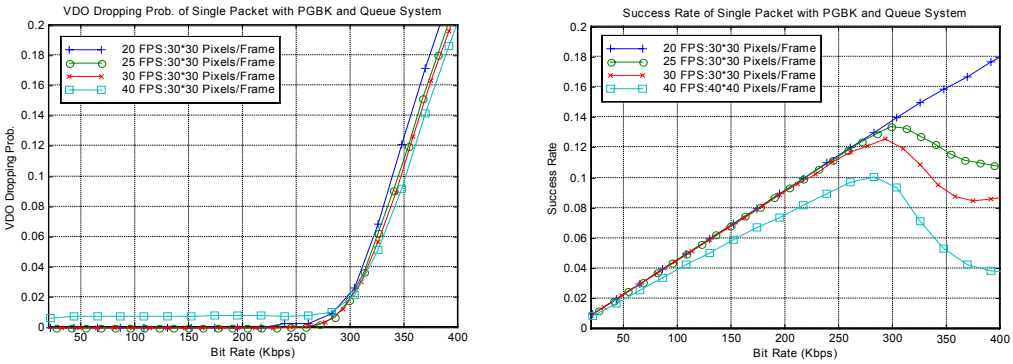
รูปที่ 4.181 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว

สำหรับผลการเปลี่ยนแปลงอัตราข้อมูลในส่วนนี้ก็ยังคงมีแนวโน้มเช่นเดียวกับผลการเปลี่ยนแปลงอัตราข้อมูลในระบบที่ใช้เทคนิค PGBK ข้างต้นทุกประการกล่าวคือ ระบบที่ผู้ใช้มีอัตราข้อมูลต่ำจะใช้ประโยชน์จากเทคนิคของ PGBK ได้น้อยลงเป็นผลให้สมรรถนะในด้านต่างๆ น้อยกว่าระบบอัตราข้อมูลสูง และเมื่อทำการเพิ่มปริมาณทราฟฟิกมากถึงค่าหนึ่งเทคนิคของคิวจะเริ่มส่งผลออกมา ดังจะสังเกตได้จากการลดลงของค่าที่เกี่ยวข้องกับจำนวนการร้องขอทั้งหมด แต่ผลที่กล่าวนี้จะไม่เกิดขึ้นกับระบบที่มีอัตราข้อมูลเท่ากับ 8 กิโลบิตต่อวินาทีเนื่องจากเป็นอัตราข้อมูลที่ต่ำเกินไปจนทำให้เทคนิค PGBK ส่งผลออกมาน้อยมาก ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะมีการใช้ช่องสัญญาณอย่างเต็มที่ในระบบที่ประกอบด้วยช่องสัญญาณข้อมูล 10 ช่องต่อเฟรม ผลที่เกิดจากการใช้คิวจึงไม่สามารถแสดงออกมาได้อย่างชัดเจน



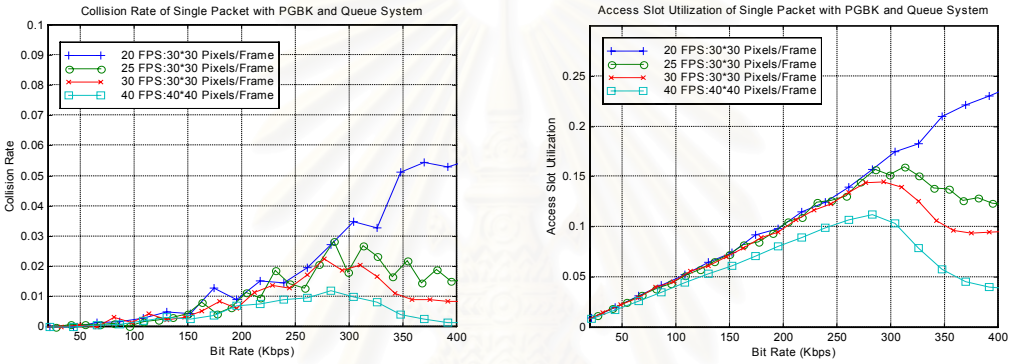
(ก) (ข)

รูปที่ 4.182 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว



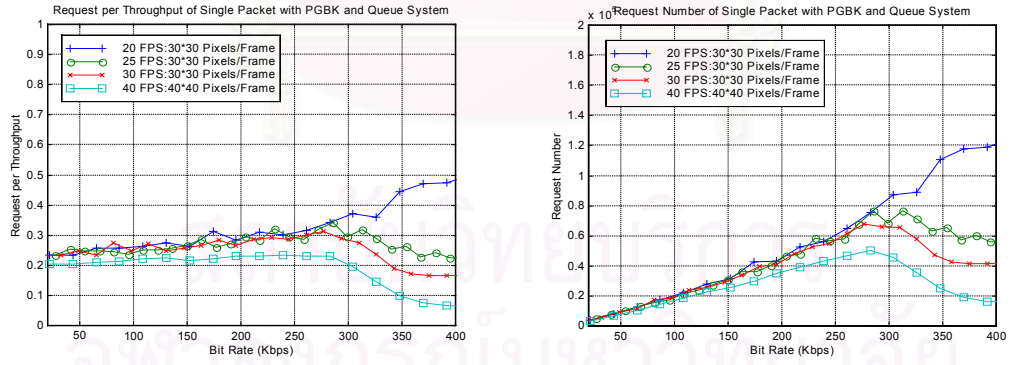
(ก) (ข)

รูปที่ 4.183 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลวิดีโอและอัตราการสำเร็จในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว



(ก) (ข)

รูปที่ 4.184 อัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว



(ก) (ข)

รูปที่ 4.185 อัตราส่วนการร้องขอต่อค่าวิสัยสามารถและจำนวนการร้องขอช่องสัญญาณในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิค PGBK และคิว

4.4 สรุปผลการทำงานของเทคนิคลดจำนวนการร้องขอ

เทคนิคลดจำนวนการร้องขอทั้งหมดที่นำเสนอจะอยู่บนแนวคิดที่ว่าทำอย่างไรผู้ใช้บริการจึงสามารถทำการส่งข้อมูลได้มากที่สุดภายใต้หนึ่งการร้องขอที่สำเร็จ ซึ่งการกระทำเช่นนี้สามารถ

เกิดขึ้นได้ต่อเมื่อระบบทราบปริมาณทราฟฟิกของผู้รับบริการ โดยปริมาณทราฟฟิกที่ทราบอาจจะเกิดจากข้อมูลที่ผู้ใช้ส่งมาโดยตรงหรือทราบจากการคาดคะเนลักษณะทางธรรมชาติของทราฟฟิกนั้นๆ ซึ่งสามารถสรุปผลการทำงานที่ออกเป็นข้อๆ ดังนี้คือ

- **เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม:** เทคนิคนี้ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับกับลักษณะทางธรรมชาติของข้อมูลประเภทข้อมูลคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะ ซึ่งปริมาณการร้องขอที่ลดลงเนื่องจากเทคนิคนี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความยาวข้อมูลที่มากขึ้น ในทางตรงกันข้ามเทคนิคนี้จะไม่เกิดประโยชน์ขึ้นเลยถ้าลักษณะการกำเนิดข้อมูลของผู้รับบริการมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับหนึ่งแพ็กเกตต่อข้อความ โดยประเด็นที่น่าสนใจของเทคนิคนี้คือการอนุญาตให้ผู้ใช้บริการที่ได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณสามารถทำการครอบครองช่องสัญญาณข้อมูลในแต่ละเฟรมได้อย่างไม่จำกัด ทำให้เทคนิคนี้ต้องมีการทำงานควบคู่กับระบบที่มีเทคนิคของการจัดสรรช่องสัญญาณที่ดีเพื่อป้องกันความไม่ยุติธรรมระหว่างผู้ใช้บริการ ในกรณีที่ปริมาณทราฟฟิกของแต่ละผู้ใช้มีค่าที่แตกต่างกันอย่างมาก

- **เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ:** เทคนิคนี้ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับลักษณะทางธรรมชาติของบริการเสียงซึ่งมีลักษณะการกำเนิดทีละหนึ่งแพ็กเกตแบบรายคาบ โดยปัจจัยที่สำคัญสองประการที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเทคนิคนี้คือ อัตราการเข้ารหัสข้อมูลและค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างช่วงพูดต่อช่วงเงียบ กล่าวคือเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบจะสามารถจัดการกับแพ็กเกตข้อมูลที่เกิดในช่วงหนึ่งการพูดเท่านั้น ถ้าช่วงการพูดยาวก็จะทำให้ระบบสามารถใช้ประโยชน์จากเทคนิคนี้ได้มากขึ้น ส่วนอัตราการเข้ารหัสข้อมูลนั้นจะส่งผลต่ออัตราการกำเนิดของแพ็กเกตข้อมูลในหนึ่งช่วงเวลา คือถ้ามีการเข้ารหัสข้อมูลสูงจำนวนแพ็กเกตที่พิจารณาในช่วงเวลาที่เท่ากันย่อมมีจำนวนที่มากกว่ากรณีการเข้ารหัสต่ำ จำนวนของอัตราการกำเนิดแพ็กเกตที่มากย่อมส่งผลให้เทคนิคนี้ทำงานได้เพิ่มขึ้น สำหรับข้อด้อยเนื่องจากเทคนิคนี้จะเกิดขึ้นในช่วงสิ้นสุดการสนทนา กล่าวคือสถานีฐานจะหยุดการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบก็ต่อเมื่อตรวจพบการว่างของช่องสัญญาณที่จองไว้ การสูญเสียที่เกิดขึ้นในทุกๆ ช่วงการสนทนานี้จะส่งผลอย่างชัดเจนในกรณีที่ลักษณะทราฟฟิกของผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยช่วงเวลาการพูดและช่วงการเงียบที่สั้น แต่ถ้าพิจารณาลักษณะทราฟฟิกเสียงโดยทั่วไปซึ่งมีค่าเฉลี่ยการพูดต่อช่วงเงียบเท่ากับ 1 ต่อ 1.35 แล้ว ผลของการสูญเสียที่เกิดขึ้นถือว่ามีค่าที่น้อยมากเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น

- **เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบผสมระหว่างการจัดสรรแบบกลุ่มและรายคาบ:** เทคนิคนี้ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับลักษณะทางธรรมชาติของบริการวิดีโอซึ่งมีลักษณะการกำเนิดข้อมูลแต่ละครั้งแบบรายคาบ โดยจำนวนของแพ็กเกตที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งจะมีเป็นจำนวนที่มากกว่าหนึ่งแพ็กเกตมากหรือน้อยตามความละเอียดของภาพที่ทำการพิจารณา โดยลักษณะเด่นที่สำคัญของเทคนิคนี้คือ การร้องขอช่องสัญญาณที่มีความเป็นแรนดอมจะเกิดขึ้นเพียงหนึ่งครั้งในช่วงการส่งข้อมูลแพ็กเกตแรกเท่านั้น หลังจากนั้นจะเป็นหน้าที่ของสถานีฐานในการคาดเดาตำแหน่งการกำเนิดของข้อมูลวิดีโอในทุกๆ เฟรม ทำให้การทำงานโดยรวมที่เกิดขึ้นเสมือนกับว่ามีการควบคุม

อย่างสมบูรณ์จากสถานีฐาน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่างๆ ของผู้ใช้บริการวิดีโอจึงสามารถส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบน้อยมาก ทำให้ระบบมีการทำงานที่ดีในทุกๆ สภาวะที่ทดสอบ เมื่อพิจารณาในแง่การทำงานของเทคนิคพบว่า เทคนิคที่นำเสนอนี้จะเกิดการทำงานได้ก็ต่อเมื่อสถานีฐานสามารถทราบจำนวนที่แน่นอนของแพ็กเกตที่ต้องการส่งในแต่ละรอบ ทำให้แม้จะไม่มีการร้องขอแบบสุ่มจากผู้ใช้แต่ระบบจำเป็นจะต้องมีการติดต่อระหว่างสถานีฐานและผู้ใช้บริการเพื่อให้ทราบข้อมูลจำนวนของแพ็กเกตวิดีโอดังกล่าวแบบรายคาบ

- **เทคนิคของ PGBK:** เทคนิคนี้ใช้ลดจำนวนการร้องขอของข้อมูลที่มีลักษณะการกำเนิดแบบต่อเนื่อง โดยคำว่าต่อเนื่องนั้นอาจจะหมายถึงข้อมูลที่มีความเป็นเบิรสต์หรือไม่ก็ได้แต่ขอให้ในขณะที่ผู้ใช้ทำการส่งข้อมูลนั้นจะต้องมีข้อมูลที่ต้องการส่งเพิ่มอยู่ภายในบัฟเฟอร์ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อเทคนิคการทำงานนี้จะขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราข้อมูลที่ใช้และช่วงระยะเวลาของเฟรมกล่าวคือเทคนิคของ PGBK อาจถูกใช้ตลอดช่วงการส่งข้อมูลได้ถ้าอัตราข้อมูลของผู้ใช้มีค่าสูงพอจนกระทั่งช่วงเวลาการกำเนิดของแพ็กเกตมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าขนาดของเฟรมข้อมูล แต่ถ้าช่วงเวลาการกำเนิดดังกล่าวมีค่ายาวกว่าขนาดของเฟรมแล้วอาจทำให้เทคนิค PGBK หยุดการทำงานก่อนที่จะมีการส่งข้อมูลภายในบัฟเฟอร์ได้หมด ซึ่งจำนวนแพ็กเกตข้อมูลที่ส่งได้ในกรณีนี้จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับระยะเวลาที่ผู้ใช้รอคอยช่องสัญญาณเป็นสำคัญ โดยประเด็นที่น่าสนใจของเทคนิคนี้คือเราสามารถเพิ่มผลการทำงานของเทคนิค PGBK ได้จากช่วงเวลาการรอคอยช่องสัญญาณของผู้ใช้ก่อนที่สถานีฐานจะทำการจัดสรรช่องสัญญาณให้ แต่ทั้งนี้การรอคอยช่องสัญญาณดังกล่าวอาจทำให้ผู้ใช้ได้รับคุณภาพของการบริการที่ต่ำลง ซึ่งในการออกแบบที่ดีจะต้องพิจารณาผลกระทบของปัจจัยทั้งสองดังกล่าวร่วมด้วย

- **เทคนิคคิว:** เทคนิคนี้ใช้ลดจำนวนการร้องขอของผู้รับบริการที่ทำการร้องขอช่องสัญญาณได้ในขณะที่มีการเต็มของช่องสัญญาณข้อมูลเกิดขึ้น โดยการทำงานของเทคนิคคิวนี้จะสามารถแสดงประสิทธิภาพออกมาได้ต้องอาศัยปัจจัยที่สำคัญหลายๆ ส่วนดังนี้คือ ปัจจัยประการแรกที่ถือว่าเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญคือปริมาณของทราฟฟิกซึ่งต้องมีค่ามากจนถึงระดับหนึ่งเพื่อให้เกิดการเต็มของการเข้าถึงตัวกลาง ปัจจัยประการที่สองคือจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลที่มีภายในหนึ่งเฟรม ซึ่งค่าที่น้อยจะเป็นการเพิ่มโอกาสในการเต็มของช่องสัญญาณข้อมูล และสำหรับปัจจัยที่สำคัญประการสุดท้ายคือขั้นตอนการทำงานของระบบที่พิจารณากล่าวคือ การเต็มของช่องสัญญาณจะสามารถเกิดขึ้นได้ที่ปริมาณทราฟฟิกสูงๆ และที่จุดนี้ระบบต้องทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพ จึงจะมีการใช้ช่องสัญญาณอย่างเต็มที่ นอกจากนี้การทำงานของระบบบางอย่างยังช่วยเสริมการทำงานของคิวมากขึ้น ยกตัวอย่างกรณีการใช้เทคนิคการจัดสรรแบบกลุ่มร่วมกับคิวซึ่งส่งผลให้เทคนิคคิวสามารถแสดงประสิทธิภาพออกมาได้ที่สภาวะทราฟฟิกไม่สูงนัก ถ้าการกำเนิดข้อมูลของผู้ใช้มีความเป็นเบิรสต์ที่สูง

- **เทคนิคของ PGBK และคิว:** การนำเทคนิค PGBK มาใช้ร่วมกับคิวนั้นจะให้ผลลัพธ์โดยส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับเทคนิค PGBK เพียงอย่างเดียว นอกจากในสภาวะทราฟฟิกสูงเท่านั้นเพราะเทคนิคคิวจะส่งผลในสภาวะทราฟฟิกสูงเท่านั้นและจะไม่ไปกระทบการทำงานของเทคนิคการทำงานประเภทอื่นๆ ดังที่กล่าวในข้างต้น

- **เทคนิคการทำงานแบบผสมระหว่างเทคนิคของ PGBK และเทคนิคที่ขึ้นกับการบริการทั้งสอง:** การนำเทคนิคของ PGBK มาทำงานร่วมกับเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบนั้นจะก่อให้เกิดทั้งผลดีและเสียเมื่อเทียบกับการทำงานดั้งเดิม ซึ่งจะขึ้นกับการทำงานและสภาวะทราฟฟิกที่ทำการพิจารณา กล่าวคือเมื่อนำเทคนิค PGBK มาใช้ร่วมกับเทคนิคการจัดสรรแบบกลุ่มจะช่วยให้การส่งข้อมูลแบบเบิรสต์ของทราฟฟิกข้อมูลคอมพิวเตอร์สามารถกระทำข้ามเบิรสต์ได้ จำนวนข้อมูลที่สามารถส่งได้ภายใต้หนึ่งการร้องขอจึงเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเทคนิคการจัดสรรแบบกลุ่มเพียงอย่างเดียว แต่ถ้านำมาเปรียบเทียบกับระบบที่มีเทคนิคของ PGBK เพียงอย่างเดียวพบว่าประสิทธิภาพที่ได้จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นกับจุดประสงค์ที่ระบบต้องการกล่าวคือ เทคนิคของการจัดสรรแบบกลุ่มจะทำให้ความสามารถในการส่งข้อมูลแบบต่อเนื่องของเทคนิค PGBK ลดลงเพราะผู้ใช้สามารถส่งข้อมูลหมดบัฟเฟอร์ได้เร็วขึ้น จำนวนการชนที่เกิดขึ้นภายในระบบจึงมากขึ้น แต่เมื่อพิจารณาในแง่คุณภาพของการบริการหรือค่าของเวลาประวิงนั้นพบว่าเวลาประวิงที่ได้จะมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับระบบ PGBK เพียงอย่างเดียว และการปรับปรุงนี้จะส่งผลมากยิ่งขึ้นเมื่อขนาดความยาวของแพ็กเกตเพิ่มขึ้น แต่เมื่อนำเทคนิคของ PGBK มาใช้ร่วมกับเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบสำหรับบริการเสียงแล้วพบว่า PGBK สามารถแก้ปัญหาการสูญเสียช่องสัญญาณหนึ่งช่องทุกๆ การสิ้นสุดช่วงเวลาพูดของระบบการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบเพียงอย่างเดียว แต่ในทางกลับกันเทคนิค PGBK อาจส่งผลให้สถานีฐานหยุดการส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องของผู้ใช้บริการก่อนสิ้นสุดช่วงการสนทนาได้ อันจะทำให้ปริมาณการชนภายในระบบมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้ปริมาณการชนที่เพิ่มขึ้นนั้นก็ถือว่ามีค่าที่น้อยมากจนยากที่จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบ โดยประเด็นที่น่าสนใจในส่วนนี้อยู่ที่เทคนิคของ PGBK สามารถลดปัญหาการสูญเสียช่องสัญญาณเมื่อสิ้นสุดการสนทนาได้ ซึ่งจะส่งผลการทำงานอย่างชัดเจนเมื่อลักษณะทราฟฟิกของผู้ใช้มีผลรวมระหว่างช่วงเวลาการสนทนาและช่วงเวลาเงียบน้อยมากๆ

- **เทคนิคการทำงานแบบผสมระหว่างเทคนิคของคิวและเทคนิคที่ขึ้นกับการบริการทั้งสอง:** จากข้างต้นเราได้ทราบว่าเทคนิคคิวจะค่อนข้างเป็นอิสระกว่าเทคนิคทุกๆ ตัวคือเมื่อนำไปรวมกับการทำงานใดๆ แล้วจะไม่ส่งผลต่อลักษณะการทำงานดั้งเดิม นอกจากนี้คิวยังมีลักษณะเฉพาะตัวคือทำงานได้ในสภาวะทราฟฟิกสูงเท่านั้นซึ่งผลที่เกิดในข้อนี้ยังคงไม่เปลี่ยนแปลง เพียงแต่เทคนิคอื่นๆ จะส่งผลให้การทำงานของคิวแสดงออกมาได้อย่างชัดเจนขึ้น และในกรณีที่มีการนำเทคนิคทั้งสามคือ เทคนิคของ PGBK เทคนิคของคิวและเทคนิคที่ขึ้นกับการทำงานทั้งสองมาทำงานร่วมกัน

จะให้ผลลัพธ์ไม่แตกต่างจากการทำงานของเทคนิค PGBK ร่วมกับเทคนิคที่ขึ้นกับการบริการข้างต้น เพราะคิวจะสามารถส่งผลกระทบที่สภาวะทราฟฟิกสูงเท่านั้นและค่อนข้างมีความเป็นอิสระในการทำงานจากส่วนอื่นๆ

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทำงานของเทคนิคประเภทต่าง ๆ ที่ขึ้นกับการบริการ

ประเภทของเทคนิค	**ผลการทำงาน**
การจัดสรรแบบกลุ่ม	- ลดจำนวนการร้องขอของข้อมูลที่มีความเป็นเบิรสต์เท่านั้น <u>บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์</u> - จำนวนการร้องขอที่ปรับปรุงจะเพิ่มตามความเป็นเบิรสต์ - ปรับปรุงเวลาประวิงจากระบบปกติอย่างมาก - ต้องมีการจัดสรรช่องสัญญาณที่ดีเพื่อป้องกันปัญหาการครอบครองช่องสัญญาณ
การจัดสรรแบบรายคาบ	- ลดจำนวนการร้องขอของข้อมูลภายใต้หนึ่งช่วงการสนทนา <u>บริการเสียง</u> - จำนวนการร้องขอที่ปรับปรุงจะเพิ่มตามความยาวของช่วงสนทนา - จำนวนการร้องขอที่ปรับปรุงจะเพิ่มตามอัตราข้อมูลที่เกิดในหนึ่งการสนทนา - มีการสูญเสียช่องสัญญาณข้อมูลเมื่อสิ้นสุดการสนทนา - ค่าดร็อปแพ็กเกตจะมีการปรับปรุงจากระบบปกติอย่างมาก - แก้ปัญหาเวลาประวิงสะสม
การจัดสรรผสมระหว่างรายคาบและกลุ่ม	- จัดสรรช่องสัญญาณให้แก่ระบบได้ตลอดช่วงการทำงานที่พิจารณา <u>บริการวิดีโอ</u> - ผู้ใช้ทำการร้องขอช่องสัญญาณเพียงหนึ่งครั้งต่อหนึ่งการทำงาน - ต้องอาศัยข้อมูลการทำงานระหว่างผู้ใช้และสถานีฐาน - ผลของทราฟฟิกไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพเนื่องจากเป็นการควบคุมอย่างสมบูรณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการทำงานของเทคนิคประเภทต่าง ๆ ที่ไม่ขึ้นกับการบริการ

ประเภทของเทคนิค	ผลการทำงาน
เทคนิค PGBK	- ลดจำนวนการร้องขอของข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง - ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราข้อมูลและเฟรมเป็นสิ่งที่ส่งผลต่อเทคนิคนี้อย่างมาก <u>บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์</u> - ความเป็นเบิรสต์และอัตราข้อมูลที่สูงเพิ่มผลของเทคนิค PGBK - อัตราข้อมูลที่ต่ำอาจทำให้เกิดการขาดช่วงของเทคนิค PGBK - เสถียรภาพเพิ่มตามความเป็นเบิรสต์และอัตราข้อมูล <u>บริการเสียง</u> - ช่วงการสนทนาและอัตราการเข้ารหัสที่มากจะเพิ่มผลการทำงานของ PGBK - สมรรถนะโดยรวมที่ได้คล้ายกับเทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบยกเว้น 1. ตำแหน่งการจัดสรรช่องสัญญาณ 2. อาจมีการขาดช่วงข้อมูลของ PGBK ได้ 3. ไม่มีการว่างขอช่องสัญญาณข้อมูลที่ท้ายการสนทนา บริการวิดีโอ - ขนาดเฟรมภาพและอัตราเฟรมภาพจะเพิ่มผลของเทคนิค PGBK - การเพิ่มผลทั้งสองต้องไม่มากเกินกว่าอัตราของเฟรมข้อมูลเพราะจะเกิดการดร็อปแพ็กเกต - แก้ปัญหาเวลาประวิงสะสม
เทคนิคคิวและเทคนิคคิวที่มีการทำงานร่วมกับเทคนิคประเภทอื่น	- ลดจำนวนการร้องขอของข้อมูลเมื่อเกิดการเต็มของช่องสัญญาณข้อมูล - ผลที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเช่นเดียวกันสำหรับทุกๆ ทราฟฟิก - เมื่อนำคิวไปรวมกับเทคนิคประเภทอื่น ผลที่ได้จะมีแนวโน้มเช่นเดียวกับระบบการทำงานดั้งเดิมแต่การปรับปรุงที่เกิดจะมีในสภาวะทราฟฟิกสูงเท่านั้น ซึ่งจะมีลักษณะเช่นเดียวกันในทุกๆ ระบบ <u>ปัจจัยที่ส่งผลต่อคิว</u> 1. ปริมาณทราฟฟิกและจำนวนผู้รับบริการ 2. จำนวนช่องสัญญาณข้อมูลต่อเฟรม 3. การทำงานของโพรโทคอลที่พิจารณา

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการทำงานของเทคนิคประเภทผสมระหว่างเทคนิคที่ขึ้นกับการบริการและไม่ขึ้นกับการบริการ

ประเภทของเทคนิค	ผลการทำงาน
เทคนิค PGBK เมื่อทำงานร่วมกับ	<u>เทคนิคการจัดสรรแบบกลุ่มของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์</u> - นำข้อดีของทั้งสองเทคนิคมาทำงานร่วมกัน 1. PGBK อนุญาตให้เกิดการจัดสรรข้ามเบิรสต์ของข้อมูลได้ เกิดการปรับปรุงในแง่ของเสถียรภาพ 2. เทคนิคการจัดสรรแบบกลุ่มอนุญาตให้ผู้ใช้ส่งข้อมูลได้ตามความต้องการจริง เกิดการปรับปรุงในแง่ของเวลาประวิง - ผลของความเป็นเบิรสต์และอัตราข้อมูลจะมีแนวโน้มเช่นเดียวกับ PGBK <u>เทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบของบริการเสียง</u> - นำข้อดีของทั้งสองเทคนิคมาทำงานร่วมกัน 1. PGBK แก้ปัญหาการสูญเสียช่องสัญญาณข้อมูลเมื่อสิ้นสุดการสนทนา 2. เทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบช่วยลดปัญหาการขาดช่วงของเทคนิค PGBK แต่สมรรถนะที่ได้ในสภาวะปกติคือช่วงพูดต่อช่วงเงียบเท่ากับ 1:1.35 นั้น เทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบจะให้ผลการทำงานที่สูงที่สุด

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงสมรรถนะเนื่องจากเทคนิคที่ขึ้นกับการบริการเทียบกับระบบที่มีการทำงานในสภาวะปกติดังตารางที่ 3.1

User	Multiple Assignment		Periodic Assignment		Per+Mul Assignment	
Number	Delay	Request	Dropping	Request	Dropping	Request
1-5	92.74	79.53	100	99.59	100	100
6-10	97.25	81.69	100	99.6	100	100
11-15	99.76	80.43	99.8	99.49	100	100
16-20	99.83	73.1	96.5	97.42	100	100
21-25	97.31	35.1	86.28	90.2	96.8	100
26-30	75.66	0.94	71.75	79.2	76.2	100

ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงสมรรถนะเนื่องจากเทคนิคคิวเทียบกับระบบที่มีการทำงานในสภาวะปกติดังตารางที่ 3.1
(จำนวนช่องสัญญาณข้อมูลและช่องสัญญาณร้องขอต่อเฟรมเท่ากับ 2 และ 4 ช่องตามลำดับ)

Queue Techniques						
User	Computer Data		Voice		VDO	
Number	Delay	Request	Dropping	Request	Dropping	Request
1-5	4.33	3.55	3.94	0.97	3.36	6.39
6-10	16.8	12.24	52.92	4.77	27.27	18.42
11-15	45.88	21.33	44.56	5.54	9.94	18.75
16-20	5.61	0.23	30.13	6.69	2.93	-7.68
21-25	0.92	0.1	19.61	4.64	1.79	0.17
26-30	0.14	0.07	14.04	4.29	0.76	0.09

ตารางที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงสมรรถนะเนื่องจากเทคนิค PGBK เทียบกับระบบที่มีการทำงานในสภาวะปกติดังตารางที่ 3.1

PGBK Techniques						
User	Computer Data		Voice		VDO	
Number	Delay	Request	Dropping	Request	Dropping	Request
1-5	77.99	89.49	100	89.56	96.18	58.19
6-10	92.77	91.77	100	92.84	100	82.92
11-15	99.51	92.13	99.84	94.82	100	87.05
16-20	99.75	89.38	96.98	94.73	99.86	86.65
21-25	98.42	65.09	86.52	89.02	93.02	77.13
26-30	82.49	29.08	72.71	79.56	73.92	64.74

ตารางที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงสมรรถนะเนื่องจากเทคนิคแบบผสมของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์เทียบกับระบบที่มีการทำงานในสภาวะปกติดังตารางที่ 3.1

Computer Data								
User	PGBK+Queue		MUL+PGBK		MUL+Queue		MUL+PGBK+Queue	
Number	Delay	Request	Dropping	Request	Dropping	Request	Dropping	Request
1-5	78.21	89.45	93.78	84.65	93.01	81.1	94.03	86.15
6-10	92.77	91.77	97.71	86.72	97.46	84.22	97.86	89.2
11-15	99.51	92.75	99.81	86.06	99.79	85.14	99.83	90.63
16-20	99.76	93.08	99.87	81.25	99.87	84.2	99.89	91.09
21-25	98.56	96.05	98.89	53.73	98.52	82.77	98.47	95.37
26-30	81.4	99.84	83.41	17.01	81.08	83.99	81.11	99.8

ตารางที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงสมรรถนะเนื่องจากเทคนิคแบบผสมของบริการเสียงเทียบกับระบบที่มีการทำงานในสภาวะปกติดังตารางที่ 3.1

Voice								
User	PGBK+Queue		PER+PGBK		PER+Queue		PER+PGBK+Queue	
Number	Delay	Request	Dropping	Request	Dropping	Request	Dropping	Request
1-5	100	89.81	100	90.1	100	99.59	100	89.79
6-10	100	92.88	100	92.8	100	99.6	100	92.78
11-15	99.82	94.87	99.82	94.37	99.83	99.6	99.78	94.53
16-20	96.56	96.73	96.82	94.05	96.85	99.6	96.82	96
21-25	86.1	98.31	86.24	88.36	86.37	99.6	86.88	97.79
26-30	71.96	99.21	72.03	78.69	72.19	99.62	72.42	98.96

ตารางที่ 4.9 เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงสมรรถนะเนื่องจากเทคนิคแบบผสมของบริการวิดีโอเทียบกับระบบที่มีการทำงานในสภาวะปกติดังตารางที่ 3.1

VDO		
User	PGBK+Queue	
Number	Delay	Request
1-5	98.06	67.32
6-10	100	81.84
11-15	100	84.64
16-20	99.92	84.35
21-25	93.04	86.95
26-30	72.17	91.24

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

เทคนิคกระจายโหลดการร้องขอช่องสัญญาณ

5.1 กล่าวนำ

บทนี้กล่าวถึงผลของเทคนิคกระจายโหลดการร้องขอช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการที่นำเสนอในบทที่ 3 การปรับปรุงระบบในส่วนนี้จะจัดอยู่ในส่วนการปรับปรุงการทำงานของระบบเช่นเดียวกับเทคนิคที่นำเสนอในบทที่ 4 แต่จะแตกต่างกันในแง่ของจุดประสงค์ที่ต้องการ กล่าวคือ การพัฒนาระบบที่กล่าวถึงในบทที่ 4 ทั้งหมดกระทำเพื่อลดจำนวนของการร้องขอที่เกิดขึ้นตามลักษณะการกำเนิดของทราฟฟิกประเภทต่างๆ จำนวนการร้องขอที่ระบบสามารถลดลงนั้นทั้งหมดเกิดจากความพยายามให้ผู้รับบริการสามารถส่งข้อมูลได้มากกว่าหนึ่งแพ็กเกตภายใต้การร้องขอหนึ่งครั้งที่สำเร็จ เหตุการณ์นี้จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ถ้าผู้ใช้บริการยังไม่สามารถกระทำการร้องขอช่องสัญญาณในครั้งแรกได้สำเร็จ ดังนั้นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการทำงานในช่วงร้องขอของระบบคือ กระบวนการที่ใช้สำหรับจัดการแพ็กเกตการร้องขอที่มีลักษณะแบบสุ่มเพื่อไม่ให้เกิดการร้องขอขึ้นพร้อมกันซึ่งประกอบด้วย เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางและเทคนิคกระจายตำแหน่งของช่องสัญญาณร้องขอ การทดสอบระบบในส่วนนี้ทั้งหมดจะกระทำกับระบบที่มีการทำงานแบบไฮบริดพื้นฐานดังที่กล่าวในหัวข้อที่ 3.4 ซึ่งจะมีค่าของตัวแปรที่ใช้ดังที่อธิบายในหัวข้อ 3.5 ถ้าไม่มีการกำหนดเป็นค่าอื่น สำหรับรูปแบบของการบริการที่ใช้ในการทดสอบคือบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์เท่านั้นเนื่องจากจุดประสงค์การศึกษาในส่วนนี้จะแสดงถึงแนวโน้มที่เกิดขึ้นของเทคนิคที่นำเสนอเท่านั้น อันจะเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับบริการประเภทอื่นๆ ต่อไป

เนื้อหาของบทนี้ในส่วนที่สองจะกล่าวถึงรายละเอียดการทำงานของเทคนิคกระจายโหลดการร้องขอทั้งสองประเภทอันประกอบด้วย 1.เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลาง 2.เทคนิคกระจายตำแหน่งช่องสัญญาณร้องขอ จากนั้นในส่วนสุดท้ายจะเป็นผลที่ได้จากการทดสอบและผลวิเคราะห์การทำงานของระบบตามลำดับ

5.2 รายละเอียดการทำงานของเทคนิคกระจายโหลดการร้องขอช่องสัญญาณ

แนวทางการพัฒนาระบบในส่วนนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้การร้องขอช่องสัญญาณที่มีลักษณะแบบสุ่มของผู้รับบริการเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน คือเป็นการกระจายโหลดการร้องขอออกไปยังช่อง

สัญญาณการร้องขอที่มีอยู่อย่างจำกัดอย่างสม่ำเสมอ โดยเทคนิคสำคัญที่ใช้จะประกอบด้วยส่วนต่างๆ สองส่วนคือ

1. เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลาง : แนวคิดในส่วนนี้จะเป็นความพยายามในการกระจายโหลดการร้องขอของผู้รับบริการที่เกิดขึ้นไปยังช่องสัญญาณการร้องขอที่มีอยู่อย่างจำกัดโดยอาศัยค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลาง โดยเทคนิคที่ใช้ในการทดสอบจะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

- การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางแบบคงที่ : เทคนิคนี้เป็นการกำหนดการเข้าถึงตัวกลางไว้อย่างคงที่ คือจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดการทำงานในทุกสภาวะของระบบ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการทดสอบระบบในข้างต้นและส่วนอื่นๆ ทั้งหมด

- การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางแบบ Exponential Backoff : เป็นการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางตามปริมาณของทราฟฟิกที่มีในขณะนั้น โดยค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ใช้ในสล็อตถัดไป (p(t+1)) จะทำการคำนวณจากค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ผ่านมา (p(t)) ดังแสดงในสมการที่ 1 [15] ดังนี้

$$p(t+1)=\min(p_{\max}, p(t)(\frac{1}{a}\times I_{Z(t)>1}+I_{Z(t)=1}+b\times I_{Z(t)=0})) \qquad (1)$$

สำหรับค่า $I_{Z(t)}$ ใช้ในการบอกสถานะของช่องสัญญาณร้องขอที่ผ่านมาเพื่อใช้สำหรับคำนวณสภาวะโหลด กล่าวคือ $I_{Z(t)=0}$ แสดงสภาวะการว่าง, $I_{Z(t)=1}$ แสดงสภาวะการร้องขอสำเร็จและ $I_{Z(t)>0}$ แสดงสภาวะการชน โดยจะใช้ตัวแปร Z(t) เพื่อบ่งบอกจำนวนการร้องขอที่เกิดขึ้นในช่องสัญญาณร้องขอนั้นๆ และค่าของ $I_{Z(t)}$ จะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อเกิดเหตุการณ์นั้นๆ และเป็นศูนย์เมื่อไม่เกิด โดยในระบบต้นแบบ [15] จะใช้ค่าในการคำนวณคือ a และ b ที่เท่ากันแต่ระบบต้นแบบนั้นจะมีการทำงานที่แตกต่างจากระบบที่พิจารณาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือ ระบบต้นแบบผู้ใช้บริการสามารถร้องขอช่องสัญญาณได้ในทุกๆ ไทม์สล็อตเนื่องจากสมมุติฐานที่ว่าสถานีฐานและผู้รับบริการสามารถส่งสัญญาณการตอบรับระหว่างกันได้ในทันที แต่ในระบบที่พิจารณานี้จะทำการตั้งสมมุติฐานว่าผู้รับบริการจะสามารถทราบการร้องขอได้เมื่อผ่านช่วงเวลาหนึ่ง ทำให้ไม่สามารถร้องขอได้ในทุกๆ ไทม์สล็อตแต่จะเป็นการร้องขอช่องสัญญาณเฟรมละหนึ่งครั้งเท่านั้น ทำให้ค่าที่เหมาะสมของ a และ b ที่เหมาะสมในสมการณ์ข้างต้นควรมีค่าที่ไม่เท่ากัน ซึ่งจะได้ทำการศึกษาในส่วนถัดไป

- การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางแบบ Pseudo Bayesian : การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางวิธีนี้จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับในข้างต้นคือจะกำหนดค่าตามปริมาณของทราฟฟิกในขณะนั้นดังสมการที่ 2 [12] และ 3 [12] คือ

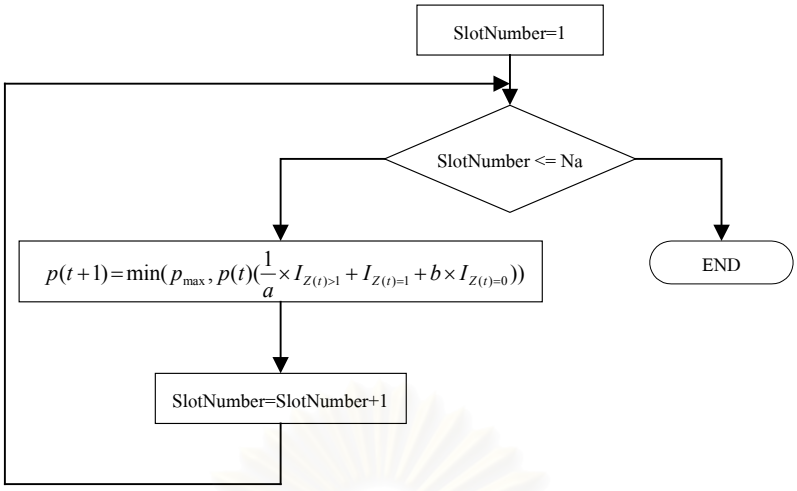
$$p(t+1)=\min(p_{\max},\frac{1}{n(t+1)}) \quad (2)$$

$$n(t+1)=\begin{cases}\max(\lambda(t+1),n(t)+\lambda(t+1)-1) & :Success\,or\,Idle\\ n(t)+\lambda(t+1)+\frac{1}{e-2} & :Collision\end{cases} \quad (3)$$

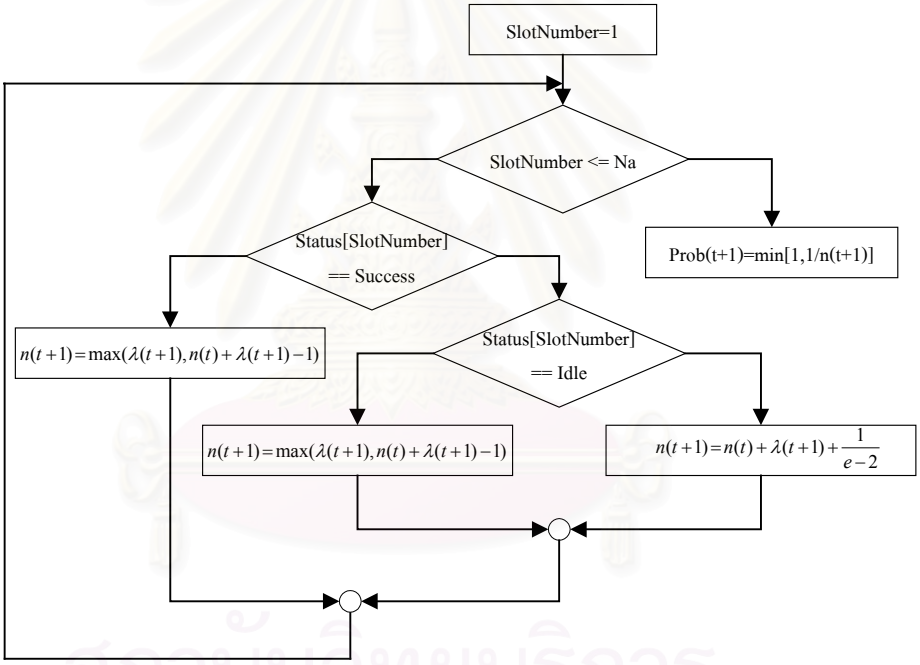
การทำงานของวิธีนี้จะไม่กำหนดค่าโอกาสการเข้าถึงตัวกลางโดยตรงแต่จะประมาณจำนวนผู้ต้องการใช้บริการ (n(t+1)) จากจำนวนผู้รับบริการในไทม์สล็อตที่ผ่านมา (n(t)) แล้วจึงนำค่าที่ได้ไปกำหนดค่าโอกาสการเข้าถึงตัวกลาง โดยวิธีนี้จะมีตัวแปรอีกหนึ่งตัวคืออัตราการร้องขอช่องสัญญาณต่อไทม์สล็อตของผู้รับบริการใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการร้องขอเดิม ($\lambda(t+1)$) ซึ่งค่าของ $\lambda(t+1)$ ที่ใช้ในการทดสอบนี้จะกำหนดให้มีค่าคงที่ในทุกๆ สภาวะทราฟฟิก [12]

โดยเทคนิคการปรับเปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่นำเสนอคือ เทคนิค Exponential backoff และ Pseudo Bayesian นั้น ผู้ออกแบบได้เสนอการทำงานของเทคนิคทั้งสองนี้ในระบบที่ผู้ใช้สามารถร้องขอได้ในทุกๆ ช่องสัญญาณร้องขอที่มีภายในเฟรม และการปรับเปลี่ยนค่าสามารถเกิดขึ้นได้ในทุกๆ ไทม์สล็อต แต่ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เห็นว่าการที่ผู้ใช้สามารถร้องขอได้ในทุกๆ ไทม์สล็อตนั้นจะเป็นการยากที่ผู้ใช้บริการสามารถทราบว่าการร้องขอที่กระทำไปนั้นสำเร็จเมื่อใดและควรจะหยุดการร้องขอเมื่อใด อีกทั้งในการปรับเปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางในทุกๆ ไทม์สล็อตโดยปรกติจะกระทำที่สถานีฐานเพราะการกระทำที่ผู้ใช้บริการนั้นอาจจะเกิดความผิดพลาดเนื่องจากจำนวนเหตุการณ์ที่รับได้แตกต่างกัน ซึ่งการประกาศค่าที่คำนวณได้จากสถานีฐานไปยังผู้ใช้นั้นการกระทำในทุกๆ ไทม์สล็อตจะไม่สามารถเกิดขึ้นในการทำงานจริงได้ ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงเสนอแนวทางในการประยุกต์ใช้เทคนิคดังกล่าวในระบบที่ผู้ใช้สามารถทำการร้องขอช่องสัญญาณได้เฟรมล่ะหนึ่งครั้ง และสถานีฐานจะทำการคำนวณค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางหนึ่งครั้งต่อเฟรมเช่นเดียวกัน ซึ่งจะมีการทำงานดังแสดงในรูปที่ 5.1 และ 5.2 สำหรับเทคนิค Exponential backoff และ Pseudo Bayesian ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

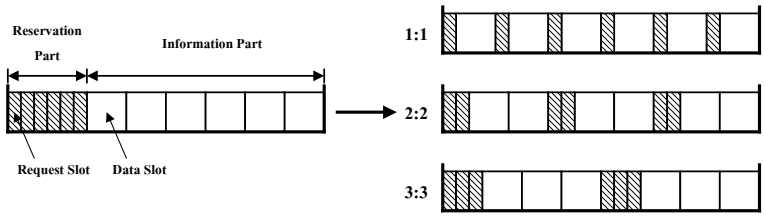


รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการเปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางแบบ Exponential Backoff หนึ่งครั้งต่อหนึ่งเฟรมในระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอเท่ากับ N_a ต่อเฟรม



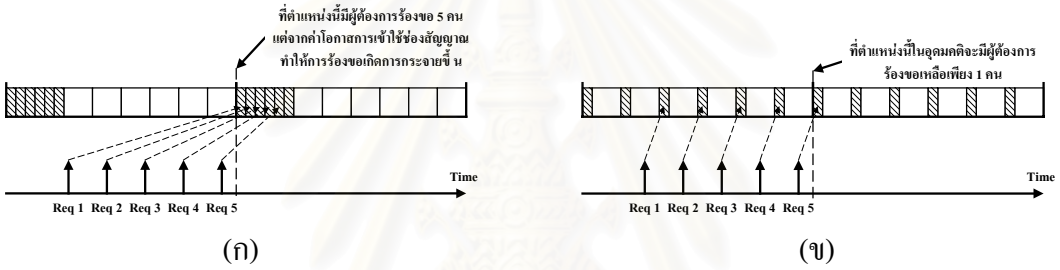
รูปที่ 5.2 ขั้นตอนการเปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางแบบ Pseudo Bayesian หนึ่งครั้งต่อหนึ่งเฟรมในระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอเท่ากับ N_a ต่อเฟรม

2. เทคนิคกระจายตำแหน่งช่องสัญญาณการร้องขอ : แนวคิดในส่วนนี้จะเป็นการกระจายตำแหน่งของช่องสัญญาณการร้องขอไปยังตำแหน่งต่างๆ ภายในเฟรมข้อมูล เพื่อให้ผู้รับบริการที่ต้องการร้องขอช่องสัญญาณนั้นไม่ต้องทำการรอจนกระทั่งถึงจุดเริ่มต้นของเฟรม กล่าวคือสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้เร็วที่สุดความต้องการการร้องขอช่องสัญญาณขึ้น ซึ่งจะทำให้ปริมาณโหลดสะสมที่ช่องสัญญาณการร้องขอหนึ่งๆ รองรับมีค่าต่ำลงและมีการกระจายไปยังทุกๆ ตำแหน่งอย่างทั่วถึง ดังแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 เทคนิคกระจายช่องสัญญาณการร้องขอด้วยอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

เทคนิคทั้งสองนี้แม้จะมีจุดประสงค์เดียวกันคือเพื่อลดอัตราการชนของการร้องขอที่มีลักษณะสุ่ม แต่ในทางปฏิบัตินั้นสามารถนำมาใช้ร่วมกันได้เนื่องจากทั้งสองส่วนจะมีการทำงานคนละด้านกล่าวคือ เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสการเข้าถึงตัวกลางจะเป็นการกระจายโหลดที่มีลักษณะเป็นกลุ่มไปยังช่องสัญญาณการร้องขอ แต่เทคนิคการกระจายช่องสัญญาณการร้องขอนั้นจะเป็นการกระจายช่องสัญญาณการร้องขอไปยังโหลดที่มีลักษณะแบบกลุ่มหรืออาจมองได้ว่าเป็นการพยายามเพื่อให้โหลดรวมมีค่าต่ำสุดก่อนที่จะร้องขอได้



(ก) (ข)

รูปที่ 5.4 แสดงผลการการทำงานของเทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลาง และเทคนิคกระจายตำแหน่งการร้องขอในอุดมคติ

5.3 การทดสอบและวิเคราะห์ผลจากเทคนิคกระจายโหลดการร้องขอช่องสัญญาณ

ส่วนนี้เป็นการศึกษาถึงข้อดี ข้อเสียและลักษณะของระบบที่เปลี่ยนไปเมื่อนำเทคนิคทั้งสองในข้างต้นมาประยุกต์ใช้ และเพื่อให้เห็นผลของการกระจายโหลดการร้องขออย่างชัดเจนจะแบ่งการทดสอบออกเป็นสองส่วนคือ 1. ผลของการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางในหัวข้อที่ 5.3.1 และ 2. ผลของเทคนิคกระจายตำแหน่งช่องสัญญาณร้องขอในหัวข้อที่ 5.3.2 ดังนี้

5.3.1 การทดสอบและวิเคราะห์ผลจากเทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลาง

ในส่วนนี้จะทำการศึกษาผลของเทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเพื่อเพิ่มโอกาสสำเร็จของการร้องขอและลดปัญหาการชนที่เกิดจากจำนวนการร้องขอมากกว่าหนึ่งในแต่ละช่วงของการร้องขอ โดยปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางนั้นจะพิจารณาออกเป็น 3 ส่วนที่สัมพันธ์กันคือ คุณภาพของการบริการที่ผู้ใช้ต้องการ จำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่มีภายในระบบและปริมาณของทราฟฟิกที่ทำการรองรับ โดยจะได้ทำการศึกษาผลของปัจจัยทั้งสามดังต่อไปนี้

5.3.1.1 คุณภาพของการบริการที่ผู้ใช้ต้องการ

การทดสอบระบบในส่วนนี้จะดูคุณภาพของการบริการที่ผู้ใช้บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ได้รับในระบบไฮบริดพื้นฐาน เมื่อทำการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังเป็นการศึกษาลักษณะการทำงานที่เกิดขึ้นจากการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่มีต่อระบบ ซึ่งจากผลที่ได้ในรูป 4.191-4.193 พบว่าในสภาวะโหลดต่ำการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่สูงจะทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้เร็วแต่ทั้งนี้ต้องแลกกับอัตราการชนที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นเวลาประวิงที่ได้จากค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่สูงจึงต่ำกว่าค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ต่ำ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของโหลดมากขึ้นจำนวนการชนที่เกิดขึ้นในระบบที่มีค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางสูงจะส่งผลออกมาอย่างรุนแรงจนทำให้การทำงานเป็นไปอย่างไม่มีเสถียรภาพ เวลาประวิงที่ได้จึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับระบบที่มีค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางต่ำ ดังนั้นการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ต่ำจะช่วยเพิ่มเสถียรภาพของระบบได้ แต่ค่าที่ต่ำนี้ต้องไม่น้อยเกินไปจนกระทั่งไปขัดขวางการเข้าใช้ของผู้รับบริการดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบที่ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเท่ากับ 0.01 ซึ่งพบว่าที่ค่าดังกล่าวแนวโน้มที่เกิดขึ้นมีลักษณะเปลี่ยนไปจากในข้างต้นกล่าวคือ ทำให้ค่าเวลาประวิงของระบบมีค่าสูงมากที่สุดในทุกสภาวะการทดสอบ ในขณะอัตราการชนที่เกิดขึ้นนั้นมีค่าต่ำที่สุดเนื่องจากผู้รับบริการไม่สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้

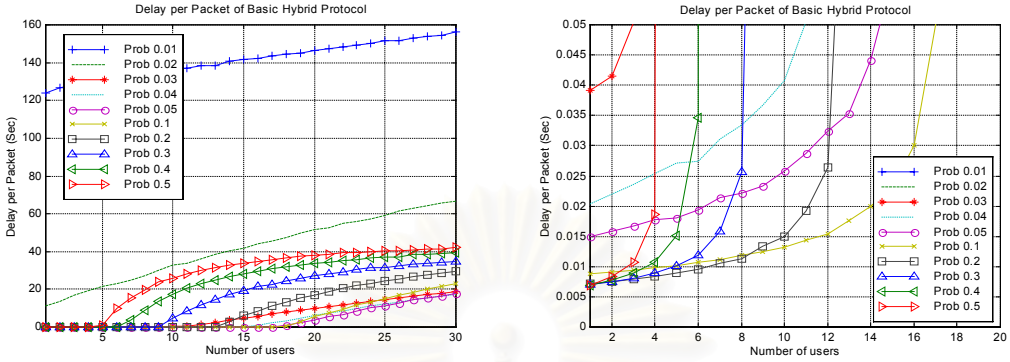
เมื่อพิจารณาค่าอัตราการชนอย่างละเอียดพบว่าระบบที่มีค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่สูงไม่จำเป็นต้องมีอัตราการชนที่สูงกว่าเสมอไป ยกตัวอย่างผลการทดสอบในรูปที่ 5.8 ในสภาวะที่มีผู้รับบริการเป็นจำนวนมากพบว่าอัตราการชนที่เกิดขึ้นในระบบที่มีโอกาสในการเข้าถึงตัวกลาง 0.5 จะมีค่าที่ต่ำกว่าค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลาง 0.2 0.3 และ 0.4 ที่เป็นเช่นนี้เพราะในสภาวะทราฟฟิกสูงระบบมีจำนวนผู้ต้องการเข้าใช้บริการเป็นจำนวนมากและค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่สูงย่อมทำให้ผู้ใช้มีโอกาสในการร้องขอพร้อมกันมากขึ้น การชนที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งจึงมาจากจำนวนของผู้ร้องขอที่มากกว่า จำนวนช่องสัญญาณที่เกิดการชนจึงมีค่าต่ำดังตัวอย่างการทำงานในรูปที่ 5.5

(ก) (ข)

รูปที่ 5.5 ตัวอย่างการชนที่เกิดขึ้นในระบบที่มีอัตราการเข้าถึงตัวกลางที่มาก (ก) และน้อย (ข)

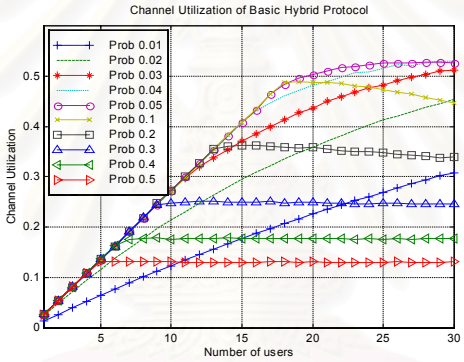
จากตัวอย่างนี้สมมุติว่ามีจำนวนผู้ต้องการเข้าถึงตัวกลางเริ่มต้นเท่ากับ 10 คนในระบบที่มีค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางแตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบที่มีค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางสูงจะมีโอกาสที่ผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมากเกิดการชนขึ้นภายในหนึ่งไทม์สล็อตเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันถ้า

ระบบมีค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางต่ำจะทำให้การชนในแต่ละครั้งเกิดจากกลุ่มของผู้ใช้ที่น้อยกว่า จำนวนไทม์สล็อตที่เกิดการชนจึงอาจมีจำนวนที่มากกว่าระบบที่มีค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางสูงได้ ซึ่งคล้ายกับมีการกระจายจำนวนการชนไปยังส่วนต่างๆ ภายในเฟรม

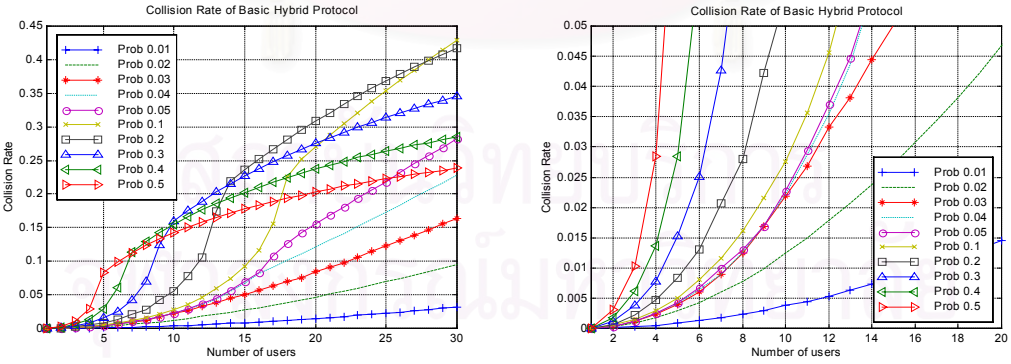


(ก) (ข)

รูปที่ 5.6 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



รูปที่ 5.7 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

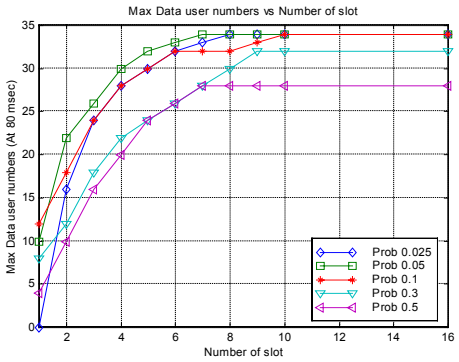
รูปที่ 5.8 อัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

จากการทดสอบในข้างต้นทำให้เข้าใจถึงผลกระทบที่เกิดจากค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่มีต่อการทำงานของระบบในด้านต่างๆ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่เหมาะสมจะมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของทราฟฟิกในขณะนั้นและเป็น

ปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อการทำงานของระบบ ซึ่งเทคนิคการปรับเปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่เหมาะสมตามปริมาณทราฟฟิกนั้นจะได้ทำการกล่าวถึงในส่วนถัดไป อีกทั้งการศึกษาในส่วนนี้ยังแสดงถึงผลของโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่มีต่อคุณภาพของการบริการกล่าวคือ บริการที่มีคุณภาพของการบริการสูงสมควรมีค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่สูงกว่าบริการที่มีคุณภาพของการบริการต่ำเพราะคุณภาพของการบริการที่คำนึงถึงในทุกประเภทของทราฟฟิกคือค่าของเวลาประวิง ดังนั้นผู้ใช้ที่มีโอกาสร้องขอช่องสัญญาณสำเร็จได้เร็วย่อมมีโอกาสในการส่งข้อมูลก่อนผู้ใช้บริการที่ร้องขอสำเร็จได้ช้า ซึ่งแนวคิดนี้เป็นแนวทางหนึ่งในการจัดสรรคุณภาพของการบริการที่แตกต่างกันให้แก่บริการแต่ละประเภทที่ผู้รับบริการโดยตรงแตกต่างจากการจัดสรรคุณภาพของการบริการที่สถานีฐานดังจะได้ทำการศึกษาในบทที่ 5 เพราะการจัดสรรที่สถานีฐานนั้นจะสามารถกำหนดคุณภาพของการบริการได้เพียงระดับหนึ่งคือ จัดการได้เฉพาะผู้ใช้บริการที่ร้องขอช่องสัญญาณสำเร็จแล้วเท่านั้น

5.3.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางและจำนวนช่องสัญญาณร้องขอ

จากข้างต้นเราได้ทราบถึงความสำคัญของค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ส่งผลต่อสมรรถนะของระบบ แต่เมื่อพิจารณาการทำงานของระบบแล้วพบว่าการร้องขอช่องสัญญาณของผู้รับบริการสามารถกระทำผ่านช่องสัญญาณร้องขอเท่านั้น ดังนั้นปัจจัยสำคัญประการถัดมาที่ต้องพิจารณาคือความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณร้องขอและค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ส่งผลต่อสมรรถนะของระบบ แบบจำลองที่ศึกษาในส่วนนี้โครงสร้างช่องสัญญาณในแต่ละเฟรมจะประกอบด้วย 1 ช่องสัญญาณข้อมูลที่มีขนาด 288 บิต ส่วนช่องสัญญาณร้องขอจะมีขนาด 1 บิต และมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนจาก 1 ถึง 16 ช่องเพื่อศึกษาถึงผลที่เกิดขึ้น ซึ่งการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลเพียงหนึ่งช่องภายในหนึ่งเฟรมและไม่มีการใช้คิวภายนั้นกระทำเพื่อต้องการดูผลการร้องขอสำเร็จที่เกิดขึ้นของผู้รับบริการภายในหนึ่งเฟรมเท่านั้น ส่วนขนาดของช่องสัญญาณร้องขอกำหนดให้มีขนาดเพียง 1 บิตนั้นกระทำเพื่อลดผลของการสูญเสียแบนด์วิดท์ เพื่อให้ผลการทดสอบที่ได้รับเกิดจากจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่แตกต่างกันเท่านั้น ส่วนจำนวนผู้รับบริการสูงสุดที่ระบบทำการรองรับได้จะพิจารณาจากจำนวนผู้รับบริการสูงสุดที่ระบบสามารถรองรับได้จะพิจารณาจากค่าเวลาประวิง โดยกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 80 มิลลิวินาที สำหรับค่าอื่นๆ ของระบบที่ไม่ได้ทำการกล่าวถึงจะมีค่าเท่ากับในตารางที่ 3.1 ของบทที่ 3



รูปที่ 5.9 จำนวนผู้รับบริการสูงสุดที่ระบบรองรับได้ที่จำนวนของช่องสัญญาณร้องขอต่างๆ

จากผลการทดสอบข้างต้นพบว่าในทุก ๆ ค่าของโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางนั้น การเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณร้องขอจะทำให้ระบบสามารถรองรับปริมาณผู้ใช้บริการได้มากขึ้น แต่ค่าที่ได้จะเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่งเท่านั้นหลังจากนั้นจะมีค่าคงที่ เพราะการเพิ่มจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอเป็นการเพิ่มโอกาสในการร้องขอสำเร็จให้แก่ผู้รับบริการ โดยระบบที่ใช้จำนวนช่องสัญญาณร้องขอน้อยที่สุดเพื่อให้จำนวนผู้รับบริการสูงสุดที่รองรับได้คงที่นั้นจะเป็นระบบที่มีค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางไม่มากหรือน้อยจนเกินไป เพราะค่าที่น้อยเกินไปจะทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถร้องขอช่องสัญญาณได้จนทำให้ช่องสัญญาณว่างการเพิ่มช่องสัญญาณร้องขอในกรณีนี้จึงเป็นการเพิ่มเพื่อ ชดเชยกับค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ต่ำ สำหรับค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่มากเกินไปนั้น การเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่เกิดจะกระทำเพื่อชดเชยกับจำนวนการชนภายในระบบ แต่ทั้งนี้การชดเชยทั้งในระบบที่มีค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางสูงและต่ำจะกระทำได้เป็นจำนวนหนึ่งเท่านั้น เพราะระบบที่พิจารณานี้ผู้รับบริการสามารถทำการร้องขอได้เพียงหนึ่งครั้งภายในหนึ่งเฟรมทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่เพิ่มขึ้นได้ ดังจะเห็นจากผลการทดสอบในรูปที่ 5.9 ระบบจะรองรับจำนวนผู้ใช้ได้คงที่ภายหลังจากการเพิ่มจำนวน ช่องสัญญาณร้องขอถึงค่าหนึ่ง

5.3.1.3 ปริมาณทราฟฟิกที่ระบบทำการรองรับ

ปัจจัยที่สำคัญประการสุดท้ายในการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่พิจารณาคือปริมาณของทราฟฟิกที่ระบบทำการรองรับ กล่าวคือค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่เหมาะสมนั้นจะมีค่าที่เปลี่ยนไปตามจำนวนของผู้รับบริการคือ ในสภาวะที่ระบบมีจำนวนของผู้รับบริการไม่มากค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ใช้ควรมีค่าสูงเพื่อให้ผู้รับบริการสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้อย่างรวดเร็วแต่เมื่อจำนวนของผู้รับบริการเพิ่มขึ้นค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่เหมาะสมควรจะมีค่าที่ลดลงเพื่อชดเชยกับจำนวนการชนที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากจำนวนผู้ใช้

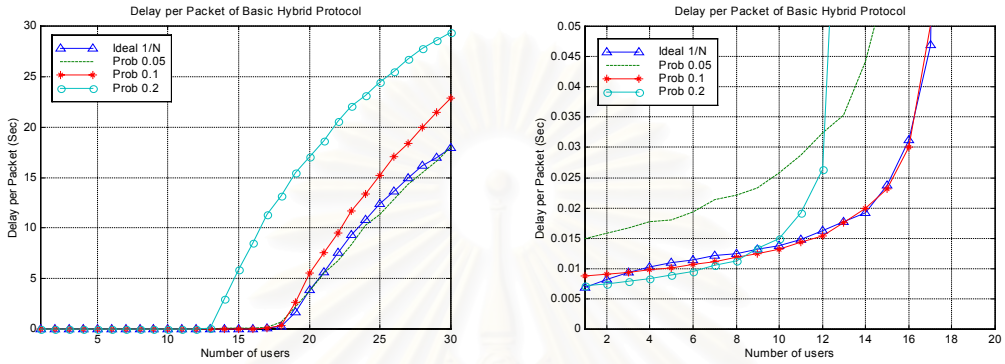
ซึ่งประเด็นการศึกษาในส่วนนี้จะทำการแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ การทดสอบระบบในกรณีอุดมคติคือ ระบบสามารถทราบปริมาณของโหลดหรือจำนวนของผู้ใช้บริการที่แน่นอนทำให้

ระบบสามารถกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่เหมาะสมอย่างแน่นอนได้ สำหรับในกรณีที่สองจะเป็นการศึกษาการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางตามปริมาณโหลดที่ได้จากการประมาณซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมากในการนำเทคนิคไปใช้ในทางปฏิบัติ ซึ่งเทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางตามปริมาณโหลดในส่วนนี้จะประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญสองกระบวนการคือ เริ่มจากระบบต้องประมาณจำนวนของผู้รับบริการที่มีขณะนั้นจากเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในระบบ จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการที่ใช้ในการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางของระบบ แต่เทคนิคที่พิจารณาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้บางเทคนิคอาจรวมกระบวนการทั้งสองไว้ในขั้นตอนเดียวกล่าวคือ ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่เหมาะสมจะถูกกำหนดจากเหตุการณ์ที่เกิดการชน เหตุการณ์การร้องขอสำเร็จและเหตุการณ์การว่างของช่องสัญญาณร้องขอโดยตรงดังเช่นเทคนิค Exponential backoff นอกจากนี้ยังมีอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญในการนำเทคนิคเหล่านี้ไปใช้คือ การประมาณค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่พิจารณาในวิทยานิพนธ์นี้จะมีการกระทำเพียงเฟรมละหนึ่งครั้งเท่านั้นไม่ใช่ในทุกๆ ไทม์สล็อตเนื่องจากระบบกำหนดให้การโต้ตอบระหว่างสถานีฐานกับผู้ใช้บริการกระทำเพียงเฟรมละหนึ่งครั้ง และการที่ผู้รับบริการการสามารถกระทำการร้องขอได้เพียงเฟรมละหนึ่งครั้ง ซึ่งจะได้ทำการกล่าวถึงผลข้อนี้ในแต่ละท้ายการทดสอบของเทคนิคที่พิจารณาต่อไป

5.3.1.3.1 การปรับเปลี่ยนโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางตามปริมาณโหลดในทางอุดมคติ

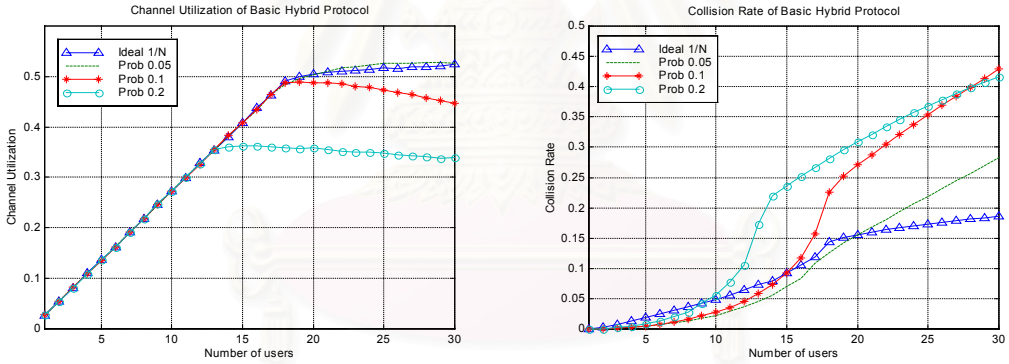
เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสการเข้าถึงตัวกลางในส่วนนี้จะทำการกำหนดค่าโดยอาศัยแนวคิดที่ว่าจำนวนผู้ที่สามารถร้องขอช่องสัญญาณได้ควรจะมีจำนวนเท่ากับหนึ่งคนภายในหนึ่งไทม์ล็อต ดังนั้นถ้าที่ต้นไทม์สล็อตมีจำนวนผู้ใช้จำนวน N คนค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่เหมาะสมควรจะเปิดโอกาสให้แก่ผู้รับบริการเพียงหนึ่งคนจาก N คนซึ่งจะมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{N}$ แต่สำหรับการทำงานในระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอมากกว่าหนึ่งช่องต่อเฟรมค่าที่ใช้จริงอาจจะเป็นเพียงแค่ที่เหมาะสมในไทม์สล็อตแรกเท่านั้นไม่ใช่ในทุกๆ ไทม์สล็อตเพราะระบบจะทำการปรับเปลี่ยนค่าได้ที่จุดเริ่มต้นของเฟรมเท่านั้น ซึ่งจากผลการจำลองระบบที่มีค่าของตัวแปรต่างๆ ดังแสดงใน ตารางที่ 3.1 นั้นพบว่าสมรรถนะของระบบในทุกๆ ด้านของระบบที่มีการปรับเปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางอันประกอบด้วย ค่าเวลาประวิง ค่าวิสัยสามารถและอัตราการชนในรูปที่ 5.10 และ 5.11 มีแนวโน้มที่ค่อนข้างดีมากในทุกๆ สภาวะทราฟฟิกกล่าวคือ ในขณะที่ปริมาณทราฟฟิกต่ำเวลาประวิงที่ได้จะมีค่าน้อยใกล้เคียงกับระบบที่มีค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางสูง และเมื่อเพิ่มปริมาณโหลดขึ้นระบบจะยังคงมีเสถียรภาพที่ดีใกล้เคียงกับระบบที่มีค่าโอกาสในการเข้าถึง ตัวกลางต่ำ ที่เป็นเช่นนี้เพราะระบบสามารถปรับเปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางได้อย่างเหมาะสมตามปริมาณของทราฟฟิกคือ จะมีค่าสูงในสภาวะทราฟฟิกต่ำแล้วค่อยๆ ลดลงตามปริมาณทราฟฟิกที่เพิ่มขึ้นดังค่าเฉลี่ยของโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางในรูปที่ 5.12(ข) แต่ผล

จากเทคนิค $\frac{1}{N}$ ที่ได้ในการทดสอบนี้ยังคงไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุดในสภาวะโหลดนั้นๆ ยกตัวอย่างกรณีของค่าเวลาประวิงในสภาวะทราฟฟิกต่ำมากๆ ระบบที่มีโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเท่ากับ 0.2 จะมีค่าต่ำกว่าระบบที่ทำการพิจารณาเพราะการปรับเปลี่ยนค่าที่ใช้สามารถกระทำได้เพียงเฟรมละหนึ่งครั้ง ทำให้ค่าที่พิจารณานี้ไม่ใช่ค่าที่เหมาะสมในทุกๆ ไทม์สล็อต ซึ่งผลการทดสอบระบบอุดมคติที่สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ในทุกๆ ไทม์สล็อตนั้นจะได้แสดงดังหัวข้อถัดไป



(ก) (ข)

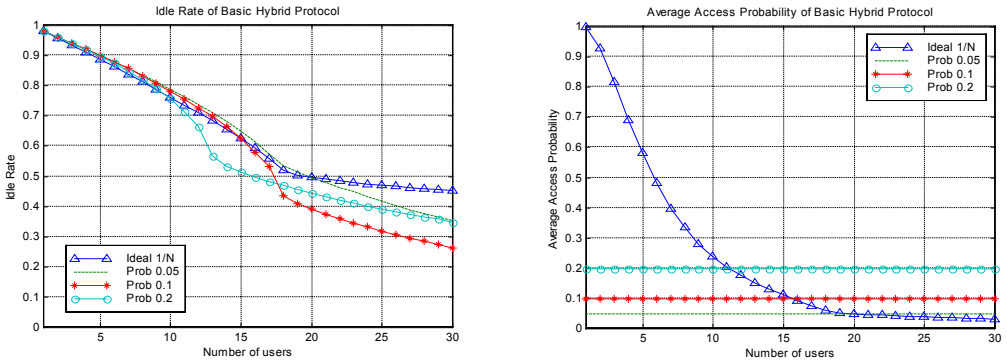
รูปที่ 5.10 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

รูปที่ 5.11 ค่าวิสัยสามารถและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) (ข)

รูปที่ 5.12 อัตราการว่างและค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเฉลี่ยของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

5.3.1.3.2 การปรับเปลี่ยนโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางโดยเทคนิคการประมาณปริมาณโหลด

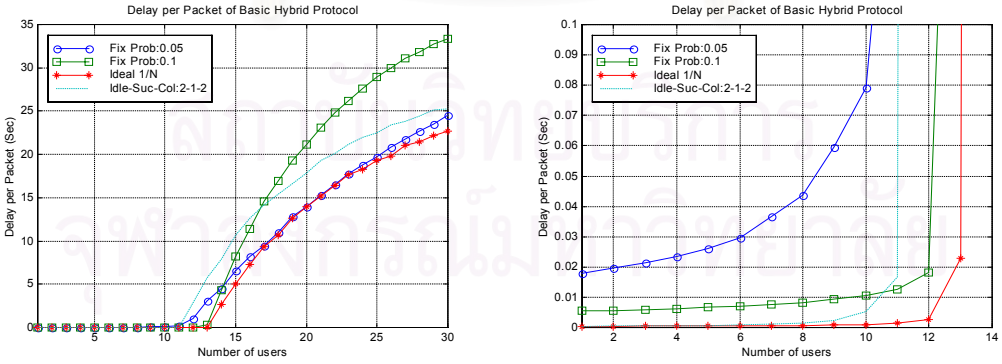
เทคนิคการปรับเปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางของผู้ใช้ที่พิจารณาในส่วนนี้เกิดจากการประมาณปริมาณโหลดทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้จริงในทางปฏิบัติได้ เทคนิคที่พิจารณาในวิทยานิพนธ์นี้จะมี 2 เทคนิคคือ วิธี Exponential backoff และวิธี Pseudo Bayesian ซึ่งทั้งสองวิธีนี้จะทำการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในระบบ 3 ประเภทคือ จำนวนการชน จำนวนการว่าง และจำนวนการสำเร็จที่เกิดขึ้นภายในช่องสัญญาณร้องขอเป็นสำคัญ แต่วิธี Pseudo Bayesian จะทำการพิจารณาตัวแปรที่สำคัญอีกตัวในการกำหนดค่าคือ ปริมาณการร้องขอของผู้ใช้บริการใหม่ที่เกิดขึ้นภายในระบบ เพื่อให้ผลการประมาณที่ได้ใกล้เคียงกับในกรณีอุดมคติมากยิ่งขึ้น

5.3.1.3.2.1 เทคนิคการปรับเปลี่ยนค่าโอกาสการเข้าถึงตัวกลางแบบ Exponential backoff

ประเด็นการศึกษาในส่วนนี้จะประกอบด้วยสามส่วนที่สำคัญคือ ทำการเปรียบเทียบสมรรถนะที่ได้ระหว่างเทคนิค Exponential backoff เทคนิค $\frac{1}{N}$ และระบบที่มีการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางแบบคงที่ จากนั้นจะศึกษาผลกระทบของค่าต่างๆ ที่ใช้ภายในระบบเมื่อระบบสามารถทำการเปลี่ยนแปลงค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางได้ในทุกๆ ไทม์สล็อตทั้งแบบสมมาตรและไม่สมมาตร จากนั้นในส่วนสุดท้ายจะนำแนวคิดที่ได้จากในส่วนที่สองไปประยุกต์ใช้กับระบบที่ผู้ใช้สามารถร้องขอช่องสัญญาณหนึ่งครั้งต่อเฟรมและไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ในทุกไทม์สล็อต

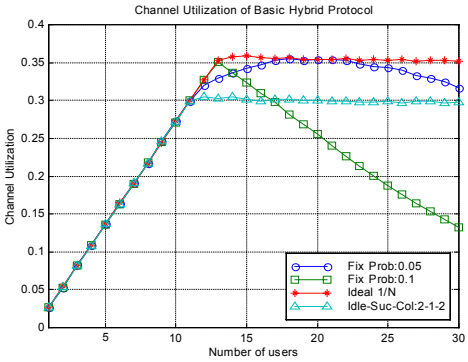
5.3.1.3.2.1.1 เปรียบเทียบการทำงานระหว่างเทคนิค Exponential backoff เทคนิคอุดมคติ $\frac{1}{N}$ และเทคนิคที่มีการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางแบบคงที่

เพื่อให้ระบบสามารถทำการเปลี่ยนแปลงค่าโอกาสการเข้าถึงตัวกลางให้เหมาะสมในทุกๆ ไทม์สล็อตและมีการทำงานตรงตามรูปแบบดั้งเดิมของเทคนิค Exponential backoff ที่ได้มีการนำเสนอคือ ผู้ใช้บริการสามารถทำการร้องขอช่องสัญญาณได้ในทุกๆ ไทม์สล็อตของเฟรม ดังนั้นการทดสอบในส่วนนี้จึงกำหนดให้จำนวนช่องสัญญาณร้องขอและช่องสัญญาณข้อมูลภายในหนึ่งเฟรมมีจำนวนเพียงอย่างละ 1 ช่องสำหรับค่าตัวแปรอื่นๆ ของระบบจะใช้ค่าดังแสดงในตารางที่ 3.1 จากผลการทดสอบที่ได้ในรูปที่ 5.13-5.15 เมื่อทำการเปรียบเทียบระบบ Exponential backoff กับระบบอื่นๆ พบว่า ระบบ Exponential Backoff ให้สมรรถนะโดยรวมที่ค่อนข้างดีทั้งในสภาวะทราฟฟิกต่ำและสูง โดยจะมีลักษณะการทำงานที่ใกล้เคียงกับระบบอุดมคติแบบ $\frac{1}{N}$ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นถึงลักษณะเด่นที่สำคัญประการหนึ่งของระบบปรับเปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ระบบกำหนดค่าแบบคงที่ไม่มีคือ ในด้านของเสถียรภาพพบว่าระบบที่มีการปรับเปลี่ยนค่าได้สามารถมีเสถียรภาพที่ดีในทุกๆ สภาวะของทราฟฟิก ดังจะพิจารณาได้จากค่าวิสัยสามารถในรูปที่ 5.14(ก) ซึ่งพบว่าจะมีค่าที่คงที่เมื่อระบบทำงานถึงจุดสูงสุดที่สามารถรองรับได้ ประกอบกับอัตราการใช้ช่องสัญญาณทั้งหมดคือ อัตราการชน อัตราการว่างและอัตราการสำเร็จ (ดูจากกราฟค่าวิสัยสามารถ) ของช่องสัญญาณร้องขอทุกค่าจะเริ่มคงที่ที่จุดสูงสุดนี้ โดยจะมีเพียงตัวแปรเดียวคือค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางในรูปที่ 5.15(ข) ที่มีการลดลงตามปริมาณโหลด การลดลงนี้จะเกิดขึ้นเพื่อชดเชยกับปริมาณของโหลดที่เพิ่มขึ้นระบบจึงสามารถมีเสถียรภาพอยู่ได้ในสภาวะทราฟฟิกสูง

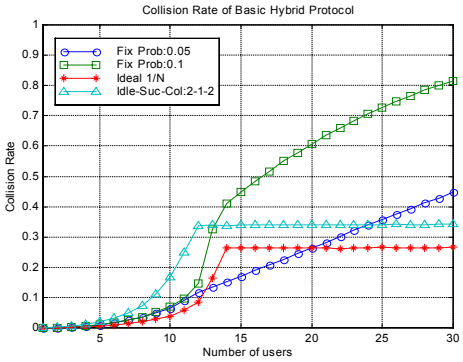


(ก) (ข)

รูปที่ 5.13 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

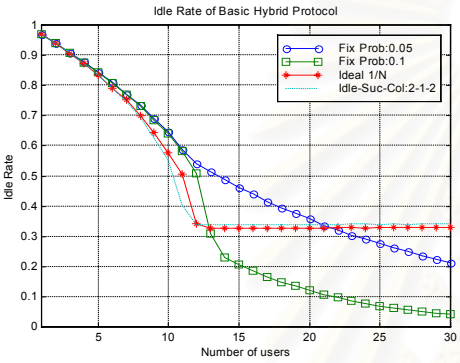


(ก)

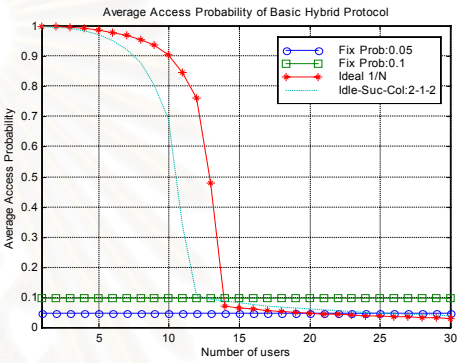


(ข)

รูปที่ 5.14 ค่าวิสัยสามารถและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก)



(ข)

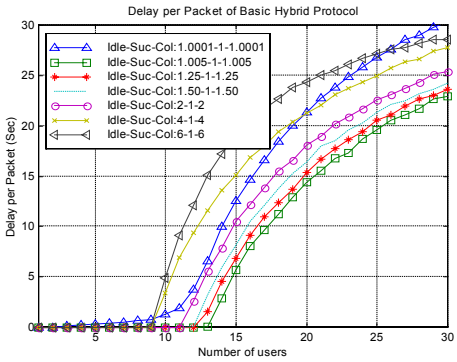
รูปที่ 5.15 อัตราการว่างและค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเฉลี่ยของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

5.3.1.3.2.1.2 ผลกระทบของอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางในระบบ Exponential backoff ทั้งแบบสมมาตรและไม่สมมาตร

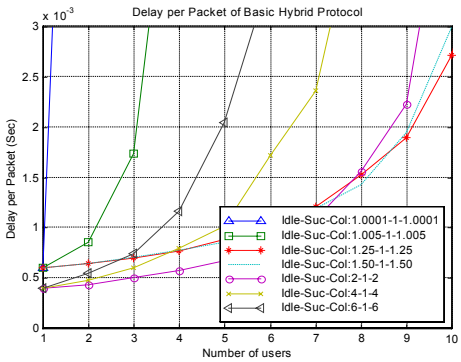
การศึกษาระบบในส่วนนี้จะพิจารณาผลกระทบของตัวแปร a และ b ในสมการ $p(t+1)=\min(p_{\max}, p(t)(\frac{1}{a}\times I_{Z(t)>1}+I_{Z(t)=1}+b\times I_{Z(t)=0}))$ ที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางของระบบ ซึ่งการปรับเปลี่ยนค่านั้นสามารถมองได้ว่าเมื่อเกิดการชนระบบจะลดค่าเป็นจำนวนเท่าของค่าเดิม การว่างจะทำการเพิ่มค่าเป็นจำนวนเท่าของค่าเดิมและเมื่อร้องขอสำเร็จจะไม่ทำการปรับเปลี่ยนค่า ซึ่งในผลการทดสอบจะแทนค่าที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนเมื่อเกิดการชน การว่างและการสำเร็จดังกล่าวด้วยตัวแปร Collision, Idle และ Success ตามลำดับ โดยการศึกษาผลที่เกิดนั้นในส่วนแรกนั้นจะพิจารณากรณีที่ระบบมีการเปลี่ยนแปลงค่าอย่างสมมาตรคือตัวแปร Collision และ Idle มีค่าเท่ากัน จากนั้นในส่วนถัดมาจะเป็นการพิจารณาผลในกรณีที่ระบบมีการเปลี่ยนแปลงค่าอย่างไม่สมมาตรคือตัวแปร Collision และ Idle ที่ใช้มีค่าไม่เท่ากัน อันจะเป็น

แนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอมากกว่าหนึ่งช่องต่อเฟรมต่อไป

จากผลการทดสอบพบว่าสมรรถนะโดยรวมของระบบจะมีค่าสูงสุดเมื่อการเปลี่ยนแปลงค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางมีลักษณะที่ไม่เร็วหรือช้าจนเกินไป โดยการเปลี่ยนแปลงของค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่เร็วเกินไปจะทำให้ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางในรูปที่ 5.19 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในช่วงการเปลี่ยนจากสภาวะโหลดต่ำไปยังโหลดสูง และการเปลี่ยนแปลงค่าที่เร็วนี้ยังทำให้ในสภาวะทราฟฟิกสูงค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ได้จึงมีค่าอยู่กลางๆ ไม่สูงหรือต่ำจนถึงที่สุด จากนั้นเมื่อทำการลดผลของตัวแปร Collision และ Idle คือลดอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางลง พบว่าสมรรถนะทั้งหมดของระบบมีแนวโน้มที่ดีขึ้นกล่าวคือ มีค่าวิสัยสามารถสูงขึ้น ในขณะที่ค่าเวลาประวิงและอัตราการชนลดลง ที่เป็นเช่นนี้เพราะระบบที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงช้าจะทำให้ระบบสามารถปรับเปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางได้เหมาะสมกับปริมาณทราฟฟิกมากยิ่งขึ้น แต่เมื่อทำการลดผลของค่า Collision และ Idle ลงต่ำกว่าค่าหนึ่งแนวโน้มที่เกิดจะมีลักษณะที่ตรงข้ามคือสมรรถนะที่ได้ทั้งหมดจะเริ่มลดลง เนื่องจากระบบไม่สามารถปรับค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางไปยังค่าที่เหมาะสมได้ทันซึ่งผลการเปลี่ยนแปลงค่าที่ช้านี้สามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนในสภาวะทราฟฟิกต่ำ ดังอัตราการชนที่เกิดขึ้นในรูป 5.18 ของระบบ 1.005-1-1.005 ที่สภาวะโหลดต่ำจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากที่สภาวะทราฟฟิกต่ำจนถึงปานกลางนั้นจำนวนการร้องขอที่เกิดมีปริมาณไม่มาก ทำให้เมื่อเกิดการชนที่ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางสูง ระบบจะต้องใช้เวลาเป็นจำนวนหลายเฟรมเพื่อลดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางดังกล่าวให้ต่ำจนสามารถมีผู้ร้องขอได้สำเร็จ จากนั้นเมื่อการร้องขอทั้งหมดสำเร็จจะทำให้ระบบเกิดการว่างของช่องสัญญาณอีกเป็นจำนวนมากก่อนที่จะมีการร้องขอครั้งต่อไป และปริมาณการว่างของช่องสัญญาณที่สูงจะทำให้ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเพิ่มไปยังค่าที่สูงอีกครั้ง จากนั้นเมื่อมีการร้องขอของผู้ใช้บริการเกิดขึ้น การร้องขอที่เกิดจึงมีโอกาสที่จะชนกันสูงเพราะขณะนี้ระบบมีค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางมาก และเมื่อเกิดการชนขึ้นระบบก็จะเริ่มทำการลดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางลงอีกครั้งซ้ำไปมา ทำให้การเปลี่ยนแปลงค่าในระบบมีลักษณะแกว่งไปมา การเปลี่ยนแปลงที่ช้าจึงไม่สามารถปรับไปยังค่าที่เหมาะสมได้ทัน แต่เมื่อเพิ่มปริมาณทราฟฟิกมากขึ้นจำนวนการว่างของช่องสัญญาณที่เกิดจะลดลงทำให้การเปลี่ยนแปลงค่าโอกาสในการเข้าถึง ตัวกลางระหว่างช่วงที่เกิดการร้องขอและการว่างลดลง ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางจึงมีการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับค่าที่เหมาะสมคือไม่มากหรือน้อยเกินไป ทำให้แม้ว่าระบบจะมีการเปลี่ยนแปลงค่านี้อย่างช้าๆ แต่ค่าที่ต้องการเปลี่ยนอยู่ในช่วงที่ไม่สูงนักจึงสามารถทำการเปลี่ยนแปลงได้ทัน อัตราการชนที่เกิดจึงมีค่าลดลง

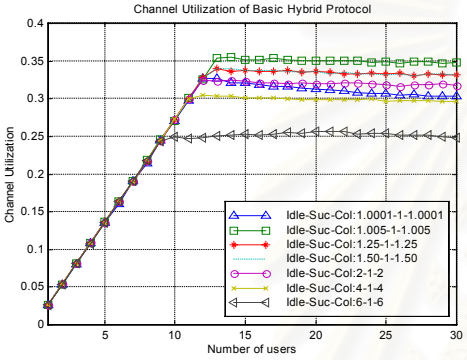


(ก)

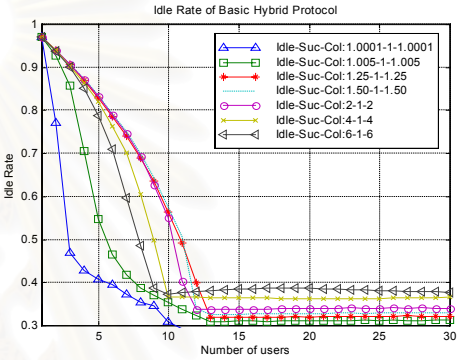


(ข)

รูปที่ 5.16 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

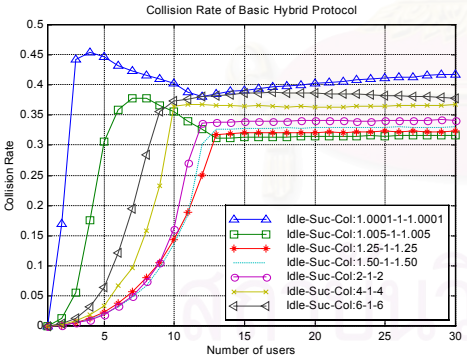


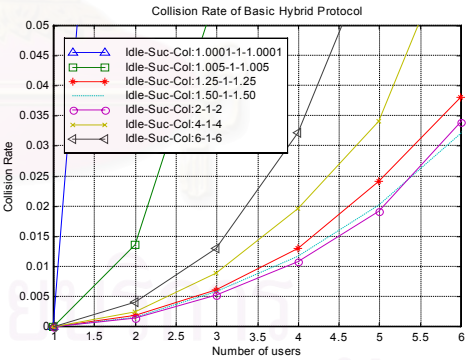
(ก)



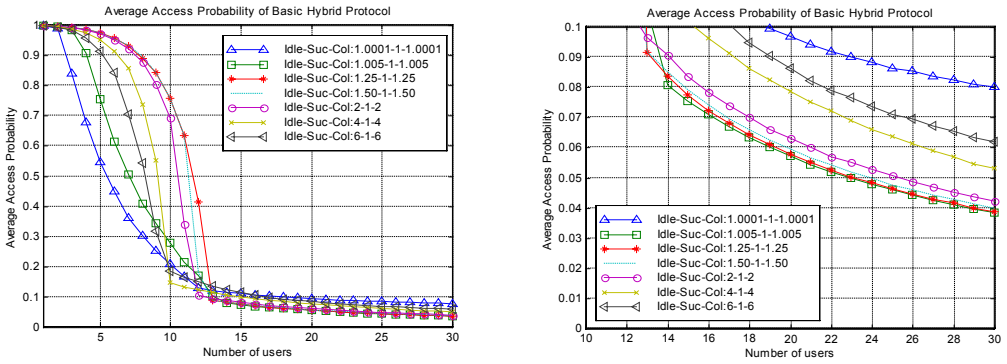
(ข)

รูปที่ 5.17 ค่าวิสัยสามารถและอัตราการว่างของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



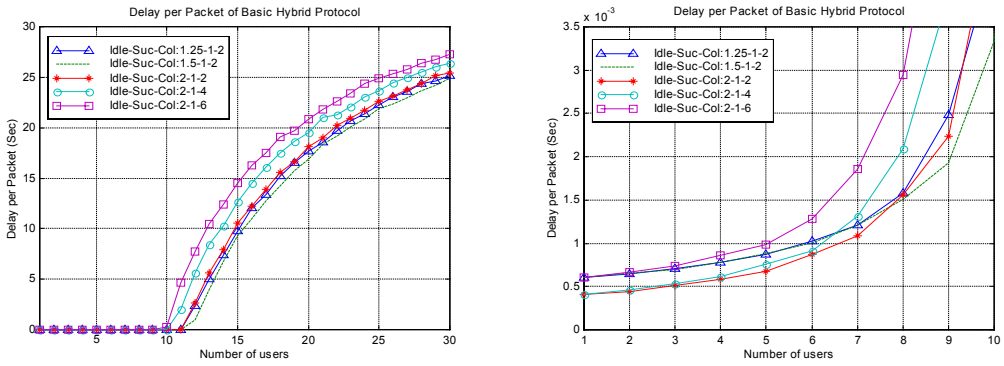


รูปที่ 5.18 อัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



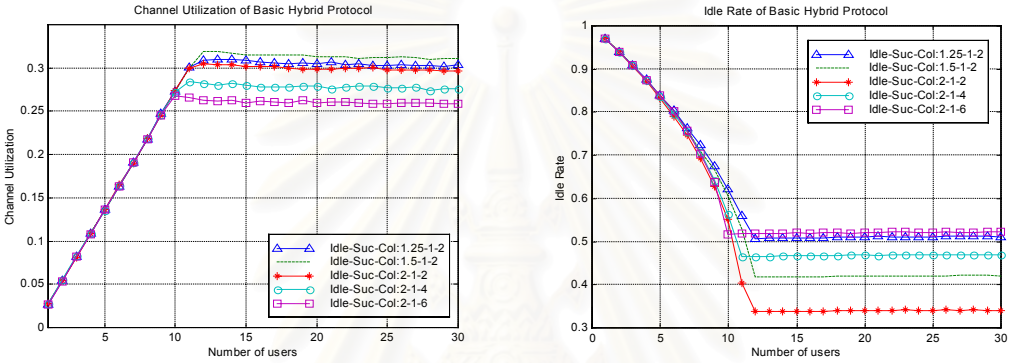
รูปที่ 5.19 ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเฉลี่ยของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

จากข้างต้นเราได้ทราบถึงผลของอัตราการเปลี่ยนแปลงโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่มีต่อระบบแบบสมมาตรแล้ว ทำให้เกิดแนวคิดที่ว่าเมื่อทำการเพิ่มหรือลดผลที่เกิดในกรณี Collision หรือ Idle แล้วจะส่งผลต่อสมรรถนะของระบบอย่างไร ดังนั้นประเด็นการศึกษาในส่วนนี้จึงเป็นการศึกษาสมรรถนะของระบบเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่า Collision และ Idle แบบไม่สมมาตร อันจะเพิ่มความยืดหยุ่นให้แก่การทำงานของเทคนิคและเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้กับระบบที่ภายในหนึ่งเฟรมประกอบด้วยช่องสัญญาณร้องขอที่มากกว่าหนึ่ง โดยจากสมการการปรับเปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางแบบ Exponential Backoff นั้นการเพิ่มค่าของ Collision หรือการลดค่าของ Idle นั้นจะหมายถึงการทำให้ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางลดลง ซึ่งจากผลการทดสอบที่ได้ในรูป 5.23 พบว่าให้ผลตรงกับสมการในข้างต้น กล่าวคือการเพิ่มผลของ Collision หรือการลดผลของ Idle จะทำให้ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ได้มีอัตราการลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับค่าอ้างอิงที่ 2-1-2 และค่าที่ได้ในสภาวะทราฟฟิกสูงจะยังคงมีค่าที่ต่ำกว่าระบบอ้างอิงเช่นเดียวกัน ซึ่งรายละเอียดการนำไปใช้และสาเหตุที่ต้องทำการปรับเปลี่ยนค่าโดยการลดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางดังกล่าวนี้จะได้ทำการกล่าวถึงในส่วนถัดไป ต่อมาจะทำการพิจารณาสมรรถนะโดยรวมของระบบในด้านต่างๆ ซึ่งจากผลการทดสอบรูปที่ 5.20 และ 5.21(ก) พบว่าระบบที่สามารถทำการปรับเปลี่ยนค่าในทุกๆ ไทม์สล็อตนั้นการทำให้ค่าของโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางลดลงทั้งวิธีเพิ่มผลของ Collision หรือการลดผลของ Idle นั้นถ้าทำอย่างเหมาะสมจะทำให้สมรรถนะโดยรวมเพิ่มขึ้นดังที่ค่า 1.5-1-2 แต่ถ้ามากจนเกินไปจะทำให้สมรรถนะลดลงอันเนื่องมาจากการปรับเปลี่ยนค่าในช่วงสั้นๆ เป็นไปอย่างไม่เหมาะสม ที่กล่าวว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงในช่วงสั้นๆ ไม่ใช่ค่าเฉลี่ยในทั้งระบบเพราะเมื่อพิจารณาค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเฉลี่ย อัตราการว่างเฉลี่ยและอัตราการชนเฉลี่ยในรูปที่ 5.23 5.21(ข) และ 5.22 ของระบบ 2-1-6 เทียบกับระบบ 1.25-1-2 และ 1.5-1-2 พบว่าค่าที่ได้แม้จะอยู่ระหว่างค่าที่ทำการเปรียบเทียบทั้งสองแต่เมื่อดูจากสมรรถนะของระบบ 2-1-6 แล้วกลับพบว่ามีค่าที่ต่ำที่สุด ทั้งในแง่ของเวลาประวิงที่สูงและค่าวิสัยสามารถที่ต่ำ



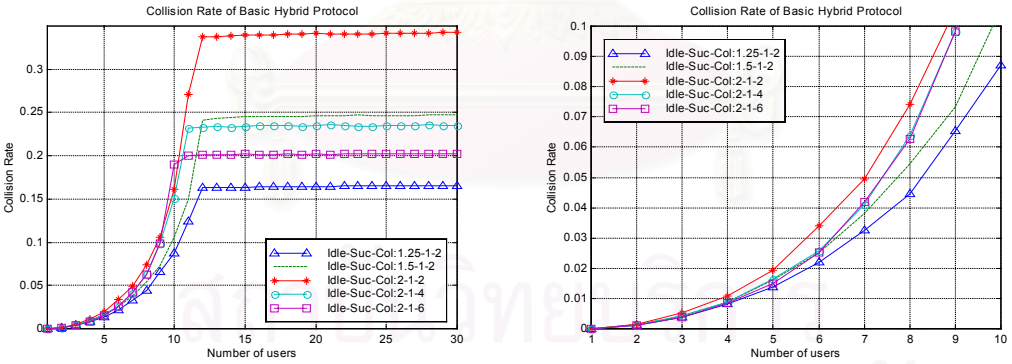
(ก) (ข)

รูปที่ 5.20 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

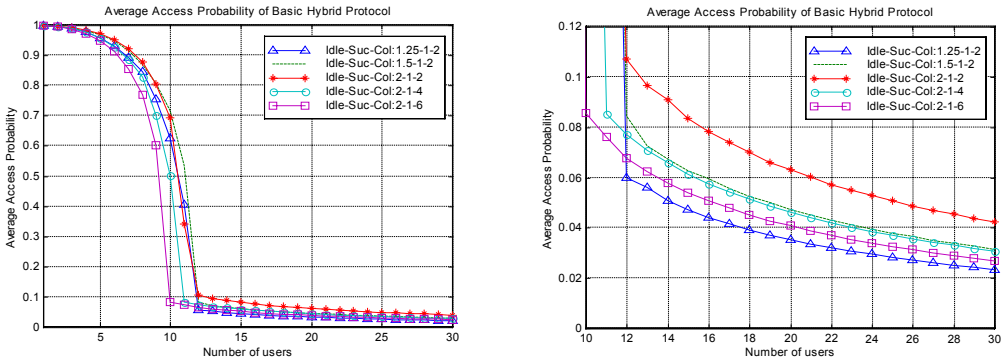


(ก) (ข)

รูปที่ 5.21 ค่าวิสัยสามารถและอัตราการว่างของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



รูปที่ 5.22 อัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



รูปที่ 5.23 ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเฉลี่ยของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

5.3.1.3.2.1.3 การประยุกต์ใช้เทคนิค Exponential backoff ในระบบที่มีการร้องขอหนึ่งครั้งต่อเฟรมที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอมากกว่าหนึ่งช่องต่อเฟรม

การนำเทคนิค Exponential Backoff มาใช้ภายในระบบที่ภายในหนึ่งเฟรมข้อมูลประกอบด้วยช่องสัญญาณร้องขอมากกว่าหนึ่งช่อง โดยผู้ใช้บริการสามารถทำการร้องขอช่องสัญญาณได้เพียงเฟรมละหนึ่งครั้งนั้น ปัญหาที่สำคัญที่สุดคือค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ได้ในระบบนี้จะมีค่าสูงกว่าในระบบที่ผู้ใช้สามารถร้องขอช่องสัญญาณมากกว่าหนึ่งครั้งภายในหนึ่งเฟรม เพราะเมื่อระบบมีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอภายในหนึ่งเฟรมมากขึ้นจะทำให้จำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่ว่างภายในระบบเพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังนั้นการใช้ค่า Idle และ Collision ที่มีความสมมาตรกันจะทำให้ระบบไม่สามารถทำงานได้เนื่องจากการว่างจะทำให้ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางสูงขึ้น ซึ่งจากการทดสอบในบางกรณีพบว่าค่าที่ได้โดยเฉลี่ยจะเท่ากับ 1 ในทุกสภาวะทราฟฟิกเมื่อกำหนดค่า Pmax เท่ากับ 1 ซึ่งทำให้ระบบไม่สามารถทำงานได้ ดังนั้นค่าของตัวแปรที่ทำให้ระบบสามารถใช้ประโยชน์จากเทคนิค Exponential backoff ได้นั้นจะต้องเป็นค่าที่สามารถลดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเนื่องจากการว่างที่เพิ่มขึ้นได้ โดยอาจจะเป็นการเพิ่มผลของ Collision หรือลดผลของ Idle ก็ได้ ซึ่งการเพิ่มผลของ Collision หรือลดผลของ Idle นี้จะมากหรือน้อยขึ้นกับจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอที่มีภายในหนึ่งเฟรม กล่าวคือการกระทำดังกล่าวจะกระทำเพื่อชดเชยกับค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่เพิ่มขึ้นจากจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่ว่าง

จากผลการทดสอบที่ได้ในตารางที่ 5.1 จะเป็นการยืนยันแนวคิดดังกล่าว คือค่าที่สามารถทำให้ระบบทำงานได้จะถูกแทนด้วย Yes ส่วนค่าที่ทำให้ระบบไม่สามารถทำงานได้จะถูกแทนด้วย No ซึ่งผลที่ได้ตรงกับการวิเคราะห์ในข้างต้นกล่าวคือการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณร้องมากขึ้นจะต้องลดหรือเพิ่มผลของ Idle และ Collision มากขึ้นตามลำดับ

ตารางที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Idle-Success-Collision และจำนวนช่องสัญญาณร้องขอภายในหนึ่งเฟรมที่ทำให้ระบบงานได้

Update Interval (Slots)	Update Value (Idle-Success-Collision)					
	1.25-1-2	1.5-1-2	1.7-1-2	2-1-2	2-1-4	2-1-6
1	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
2	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes
3	Yes	No	No	No	No	Yes
4	Yes	No	No	No	No	No

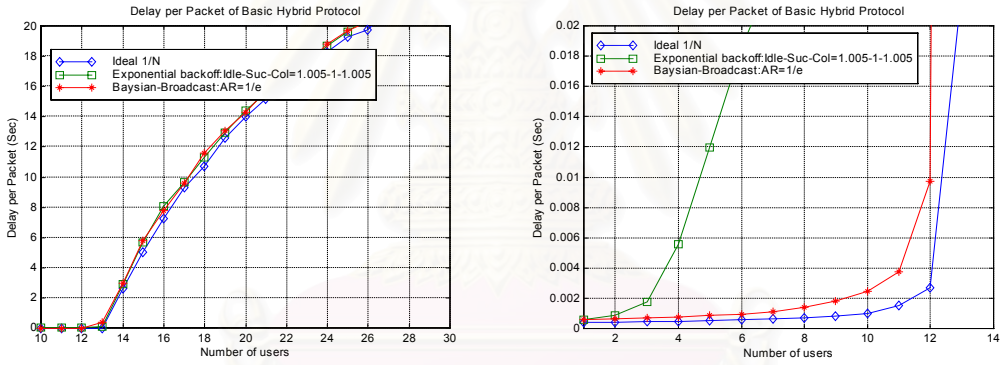
5.3.1.3.2.2 เทคนิคการปรับเปลี่ยนค่าโอกาสการเข้าถึงตัวกลางแบบ Pseudo Bayesian

ประเด็นการศึกษาในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนเช่นเดียวกับในหัวข้อที่ 5.3.1.3.2.1 คือ เริ่มต้นด้วยการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างระบบ Pseudo Bayesian กับระบบอุดมคติ $\frac{1}{N}$ และ Exponential backoff จากนั้นจึงทำการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากค่าอัตราการร้องขอใหม่ (Arrival Rate (AR, λ)) จากนั้นในส่วนสุดท้ายจะเป็นการนำเทคนิค Pseudo Bayesian นี้ไปประยุกต์ใช้กับระบบที่สามารถร้องขอช่องสัญญาณเฟรมละหนึ่งครั้งและไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าในทุกๆ ไทม์สล็อต

5.3.1.3.2.2.1 เปรียบเทียบการทำงานระหว่างเทคนิค Pseudo Bayesian เทคนิคอุดมคติ $\frac{1}{N}$ และเทคนิค Exponential backoff

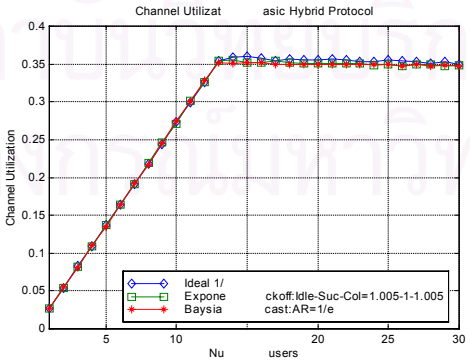
การเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างระบบที่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงค่าตามลักษณะทราฟฟิกนี้จะกระทำการทดสอบในระบบที่แต่ละเฟรมประกอบด้วย 1 ช่องสัญญาณข้อมูลและ 1 ช่องสัญญาณร้องขอเพื่อให้การเปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางสามารถกระทำได้ในทุกๆ ไทม์สล็อต โดยทราฟฟิกที่ใช้ในการทดสอบนี้จะเป็นบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ที่มีค่าของตัวแปรดังแสดงในตารางที่ 3.1 ซึ่งจากผลการทดสอบที่ได้พบว่าระบบ Pseudo Bayesian สามารถให้แนวโน้มของสมรรถนะที่ดีใกล้เคียงกับกรณีอุดมคติ $\frac{1}{N}$ มากกว่าระบบ Exponential backoff ทั้งในแง่ของเวลาประวิงและค่าวิสัยสามารถในรูปที่ 5.24 และ 5.25 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเทคนิค Pseudo Bayesian จะทำการประมาณจำนวนของผู้ใช้บริการภายในระบบก่อนจากนั้นจึงนำไปคำนวณค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลาง และการคำนวณจำนวนของผู้รับบริการนี้จะคำนึงถึงผลของจำนวนผู้รับบริการที่เกิดขึ้นมาใหม่เพิ่มขึ้นจากผลของจำนวนผู้ใช้บริการดั้งเดิมที่ตกค้างอยู่ภายในระบบ ทำให้ค่าที่ได้จากการประมาณนี้มีขนาดใกล้เคียงกับจำนวนผู้รับบริการจริงภายในระบบมากยิ่งขึ้น จากนั้นระบบจะทำการคำนวณค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเช่นเดียวกับเทคนิค $\frac{1}{N}$ ในขณะที่ระบบ

Exponential backoff นั้นจะใช้การปรับค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางจนถึงค่าที่เหมาะสมตามจำนวนของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในช่องสัญญาณร้องขอโดยตรง ทำให้การปรับค่าที่เกิดขึ้นเป็นการกระทำโดยทางอ้อมเท่านั้น ในขณะที่การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางตามปริมาณโหลดโดยตรง นอกจากนี้ระบบ Exponential backoff ยังไม่คำนึงผลของปริมาณผู้ใช้บริการใหม่ของระบบ ดังนั้นค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ได้ย่อมแตกต่างจากค่าที่ได้ในกรณีอุดมคติคือ $\frac{1}{N}$ มากกว่าดังแสดงในรูปที่ 5.27 ในขณะที่ระบบ Pseudo Bayesian มีค่าเฉลี่ยดังกล่าวใกล้เคียงกรณี $\frac{1}{N}$ มากกว่าที่ทุกสภาวะของทราฟฟิก แต่ทั้งนี้ต้องไม่ลืมว่าผลการเปรียบเทียบที่ได้นี้เกิดการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ คือ Collision Idle และ λ ไว้อย่างเหมาะสม แต่ถ้าการปรับค่าเหล่านี้เป็นไปอย่างไม่เหมาะสมเทคนิค Exponential backoff อาจให้สมรรถนะของระบบที่สูงกว่าเทคนิค Pseudo Bayesian ได้ เพียงแต่เมื่อทำการปรับค่าอย่างเหมาะสมแล้วระบบ Pseudo Bayesian สามารถให้ผลที่ดีใกล้เคียงเทคนิค $\frac{1}{N}$ ได้มากกว่าระบบ Exponential backoff เมื่อพิจารณาในทุกๆ ค่าของระบบคือสมรรถนะที่ได้รับ ค่าอัตราการว่าง ค่าอัตราการชนและค่าโอกาสในการร้องขอช่องสัญญาณเฉลี่ย

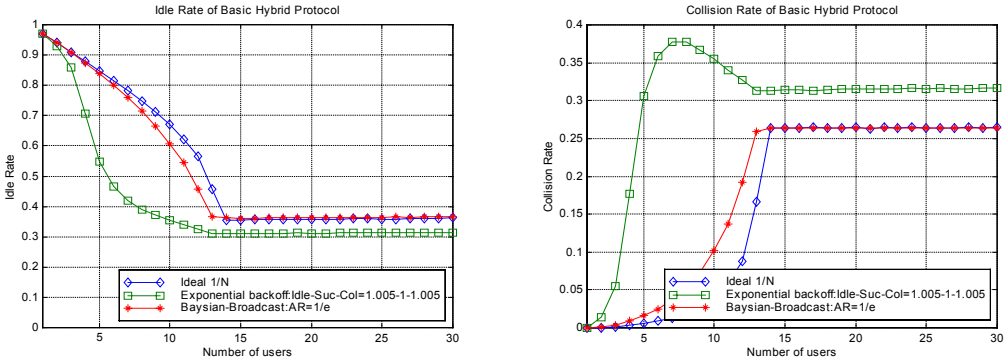


(ก) (ข)

รูปที่ 5.24 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

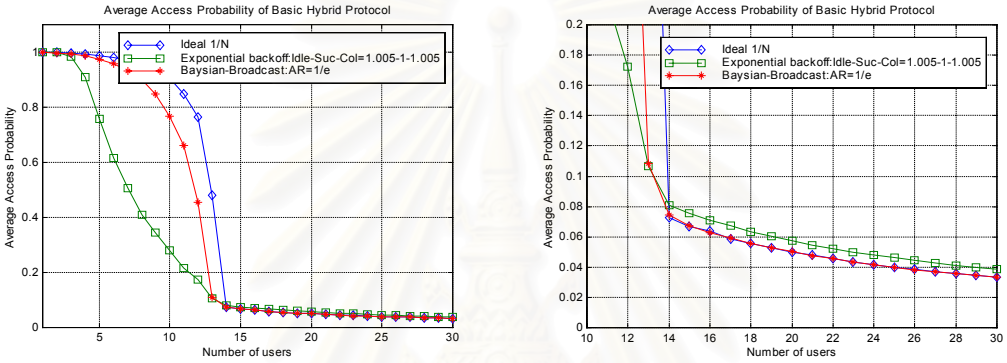


รูปที่ 5.25 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

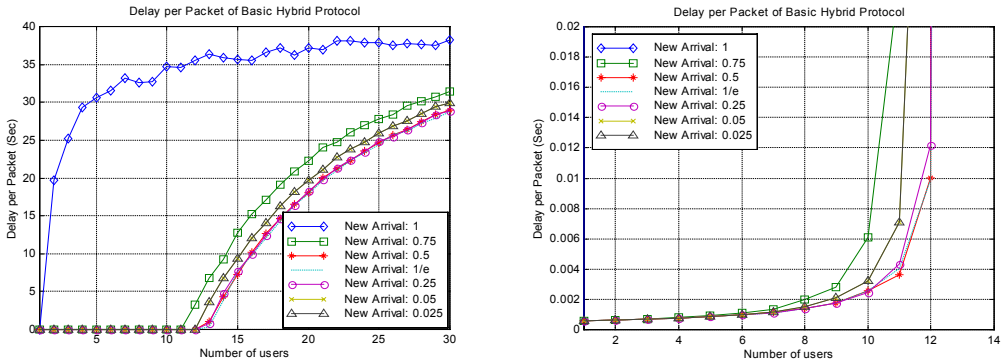
รูปที่ 5.26 อัตราการว่างและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



รูปที่ 5.27 ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเฉลี่ยของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

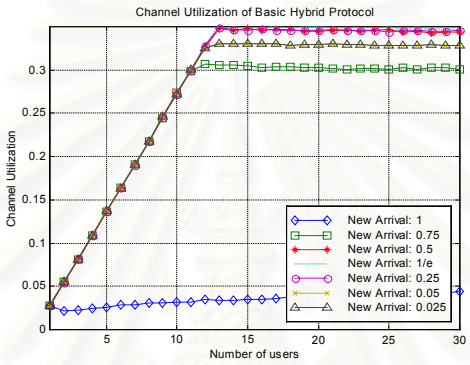
5.3.1.3.2.2.2 ผลกระทบของอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการร้องขอใหม่ในระบบ Pseudo Bayesian

จากผลการทดสอบที่ได้ในรูปที่ 5.31 พบว่าการเพิ่มค่าของอัตราการร้องขอใหม่หรือ λ นั้นจะทำให้ค่าเฉลี่ยของโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางลดลงเนื่องจากปริมาณผู้ใช้บริการที่ได้จากการประมาณมีจำนวนมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามการลดค่าของ λ จะทำให้โอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ซึ่งจากผลการทดสอบที่ได้ในแง่ของสมรรถนะในรูปที่ 5.28 และ 5.29 พบว่าระบบจะมีค่าเวลาประวิงที่ต่ำและค่าวิสัยสามารถที่สูงสุดเมื่อค่าของ λ ที่ใช้มีความเหมาะสมคือ ไม่มากหรือน้อยจนเกินไป โดยจากที่กล่าวในข้างต้น ปริมาณ λ ที่มากเกินไปจะทำให้ค่าโอกาสในการเข้าถึง ตัวกลางต่ำ โดยสมรรถนะที่ต่ำนั้นมีสาเหตุจากการว่างของช่องสัญญาณไม่ใช่ผลของการชน ในทางกลับกันเมื่อค่าดังกล่าวมีปริมาณมากจนเกินไปสมรรถนะที่ลดลงของระบบจะเป็นผลเนื่องจากการชนของผู้ใช้บริการดังผลของอัตราการว่างและอัตราการชนในรูปที่ 5.30(ก) และ 5.30(ข) ตามลำดับ

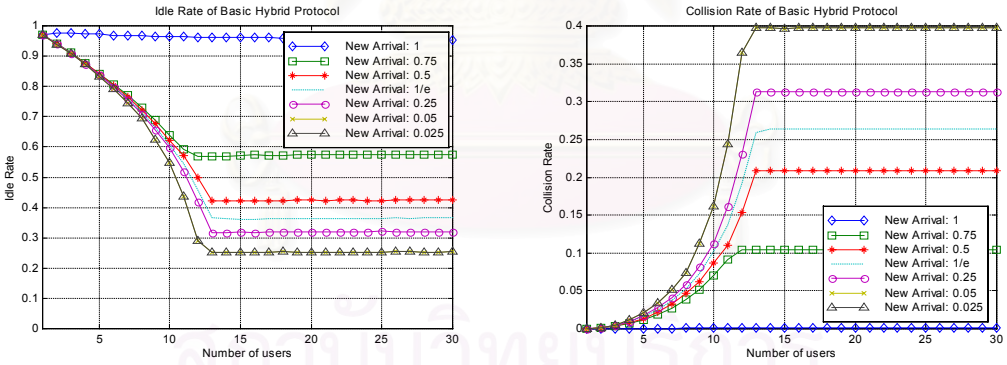


(ก) (ข)

รูปที่ 5.28 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

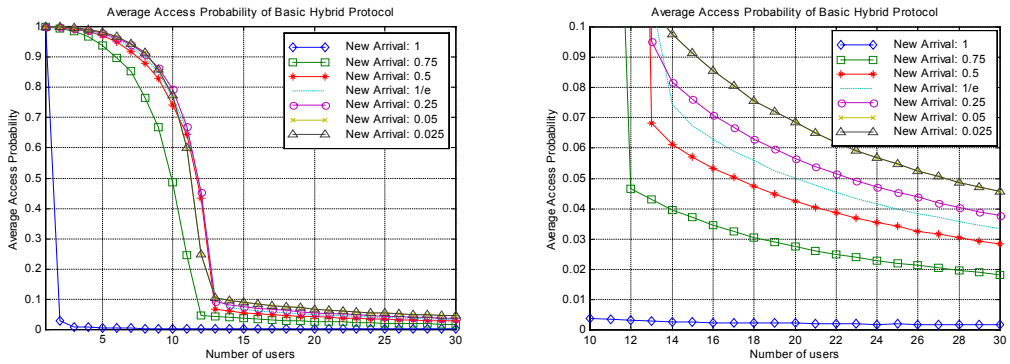


รูปที่ 5.29 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

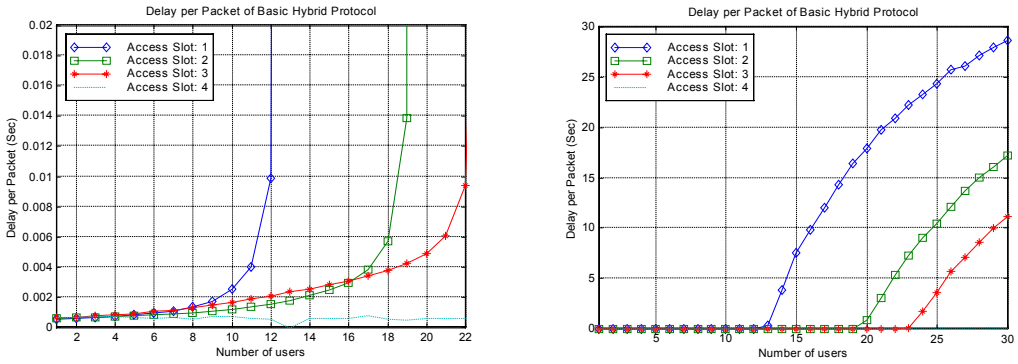
รูปที่ 5.30 อัตราการว่างและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



รูปที่ 5.31 ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเฉลี่ยของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

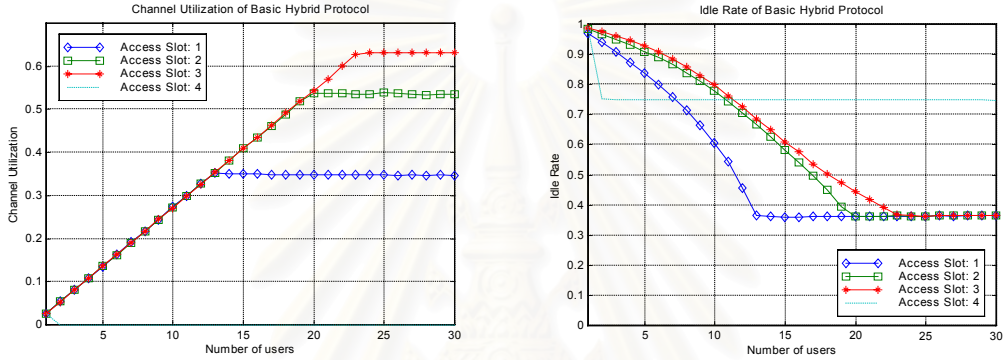
5.3.1.3.2.2.3 การประยุกต์ใช้เทคนิค Pseudo Bayesian ในระบบที่มีการร้องขอหนึ่งครั้งต่อเฟรมที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอมากกว่าหนึ่งช่องต่อเฟรม

การศึกษาในส่วนนี้จะเป็นการนำเทคนิคของ Pseudo Bayesian มาประยุกต์ใช้ในระบบที่หนึ่งเฟรมประกอบด้วยช่องสัญญาณร้องขอที่มากกว่าหนึ่ง โดยภายในช่วงเวลาหนึ่งเฟรมนั้นการร้องขอช่องสัญญาณของผู้ใช้แต่ละคนและการปรับเปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางสามารถกระทำได้เพียงครั้งเดียว การทดสอบในส่วนนี้จะทำการกำหนดให้ค่า λ คงที่เท่ากับ 0.36788 และโครงสร้างของระบบภายในหนึ่งเฟรมประกอบด้วยช่องสัญญาณข้อมูลที่มีจำนวนคงที่เท่ากับหนึ่งช่อง ส่วนจำนวนของสัญญาณร้องขอนั้นจะทำการเปลี่ยนค่าจาก 1 เพิ่มเป็น 2 3 และ 4 ช่องตามลำดับเพื่อดูผลที่เกิดจากจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอ ซึ่งจากผลการทดสอบในรูปที่ 5.32-5.34 พบว่าค่าสมรรถนะของระบบคือเวลาประวิงและค่าวิสัยสามารถจะมีแนวโน้มที่ด้อยลงตามจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งเมื่อจำนวนช่องสัญญาณร้องขอเท่ากับ 4 ระบบจะไม่สามารถทำงานได้เลยเนื่องจากค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางมีค่าเท่ากับ 1 ในทุกสภาวะทราฟฟิก ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปัจจัยสำคัญสองประการที่มีความเกี่ยวข้องกันคือ ประการแรกการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณร้องขอจะทำให้เวลาในแต่ละเฟรมมีค่าเพิ่มขึ้นดังนั้นจำนวนการร้องขอที่เกิดขึ้นใหม่หรือ λ จะต้องมีค่าเพิ่มขึ้นให้สอดคล้องกับช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้น สำหรับปัจจัยประการที่สองนั้นจัดได้ว่าเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลโดยตรงต่อเหตุการณ์นี้ กล่าวคือการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณร้องขอนั้นจะทำให้จำนวนการว่างของช่องสัญญาณร้องขอเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับระบบ Exponential backoff และเมื่อเกิดการว่างแล้วระบบจะประมาณว่าที่ขณะนั้นปริมาณของทราฟฟิกมีค่าลดลงจึงทำการเพิ่มค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางขึ้น ทำให้จำนวนการชนภายในระบบมีค่าเพิ่มขึ้น สมรรถนะที่ได้ของระบบจึงลดลง โดยผลการเพิ่มของค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นนั้นจะสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่เพิ่มขึ้นดังแสดงในรูป 5.34(ข)



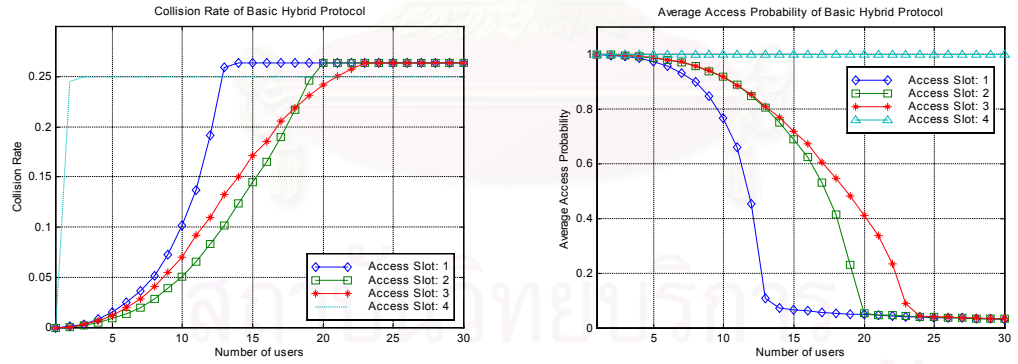
(ก) (ข)

รูปที่ 5.32 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

รูปที่ 5.33 ค่าวิสัยสามารถและอัตราการว่างของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

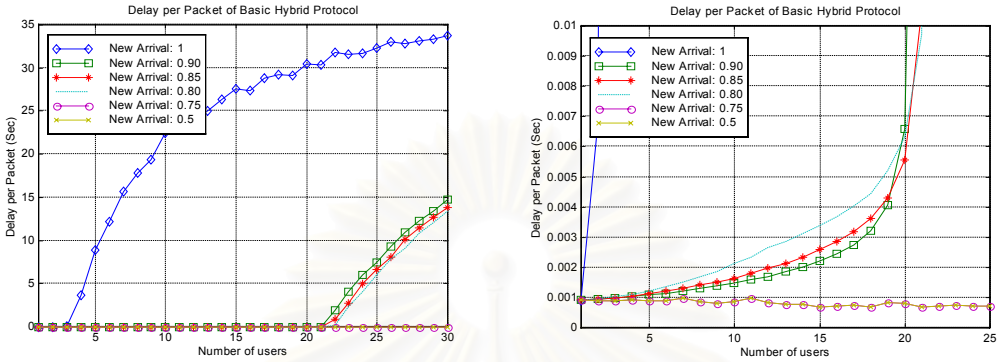


รูปที่ 5.34 อัตราการชนและค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเฉลี่ยของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

ดังนั้นเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีสมรรถนะเมื่อจำนวนช่องสัญญาณร้องขอภายในระบบเพิ่มขึ้นคือ การเพิ่มค่าของอัตราการร้องขอใหม่หรือ λ ให้มากขึ้นเพื่อชดเชยกับผลของช่องสัญญาณร้องขอที่ว่างและช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้น

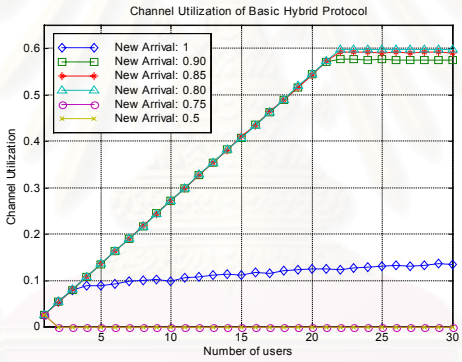
ซึ่งการทดสอบในส่วนสุดท้ายจะกระทำเพื่อทดสอบผลของค่าอัตราการร้องขอใหม่ที่เหมาะสมเมื่อโครงสร้างเฟรมที่ใช้ประกอบด้วยช่องสัญญาณร้องขอที่มากกว่าหนึ่ง จากผลการ

ทดสอบที่ได้ในรูป 5.35-5.38 พบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณร้องจาก 1 เป็น 10 จะทำให้ค่าของ λ ที่เหมาะสมอันจะทำให้ระบบมีสมรรถนะสูงสุดเพิ่มขึ้นมาอยู่ที่ประมาณ 0.85 เมื่อเทียบกับกรณีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอเท่ากับ 1 ช่องต่อเฟรมในข้างต้น ดังจะมีสาเหตุเช่นเดียวกับที่กล่าวในข้างต้น

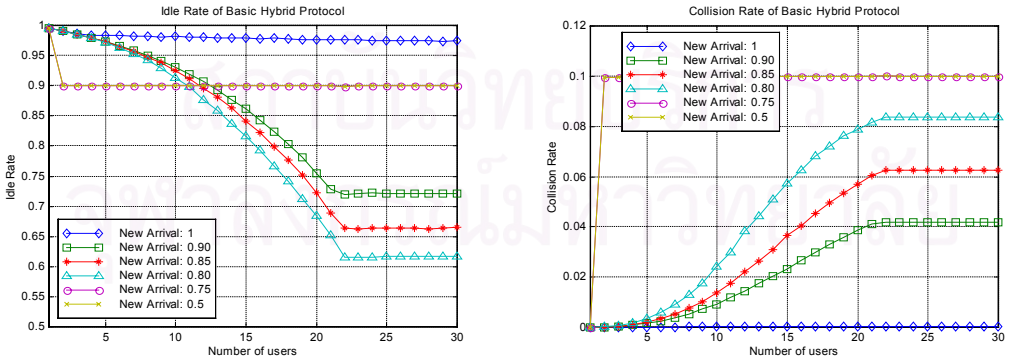


(ก) (ข)

รูปที่ 5.35 เวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

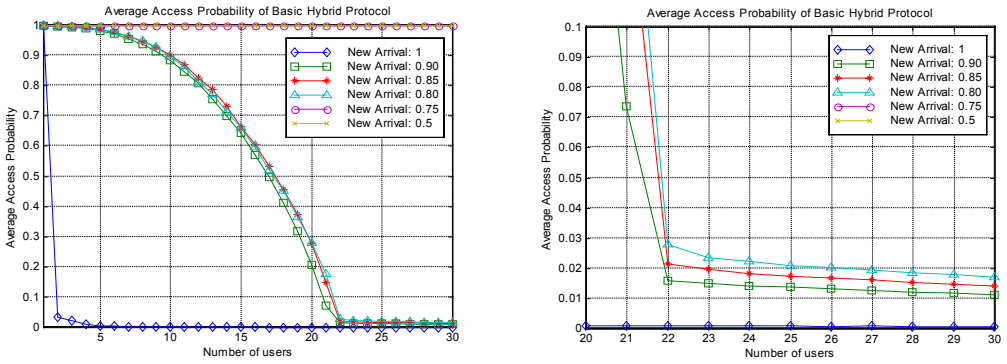


รูปที่ 5.36 ค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

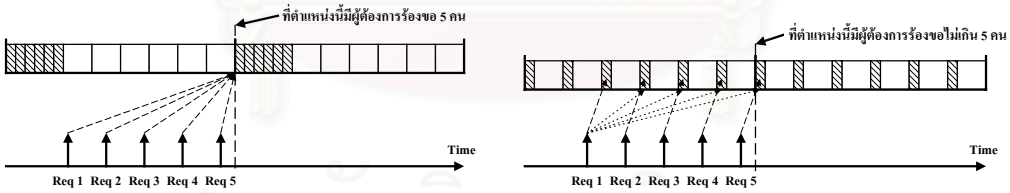
รูปที่ 5.37 อัตราการว่างและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



รูปที่ 5.38 ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเฉลี่ยของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

5.3.2 การทดสอบและวิเคราะห์ผลจากเทคนิคกระจายตำแหน่งช่องสัญญาณการร้องขอ

โดยธรรมชาติลักษณะการกำเนิดทราฟฟิกของผู้รับบริการจะมีลักษณะเป็นแบบสุ่มกระจายไปยังส่วนต่างๆ ของเฟรมดังแสดงในรูปที่ 5.39 แต่ความต้องการที่เกิดขึ้นนี้ยังคงไม่สามารถทำให้เกิดการร้องขอขึ้นได้แต่จะต้องทำการรอจนกระทั่งถึงช่วงเวลาที่ระบบอนุญาตให้ทำการร้องขอ ซึ่งเมื่อพิจารณาระบบที่มีโครงสร้างแบบเฟรมโดยทั่วไปพบว่า ที่ตำแหน่งต้นเฟรมจะเป็นจุดที่มีความต้องการร้องขอของผู้ใช้มากกว่าตำแหน่งอื่นๆ เพราะปริมาณการร้องขอทั้งหมดที่เป็นไปได้จะถูกนำมารวมที่ช่องสัญญาณร้องขอแรกดังตัวอย่างในรูปที่ 5.39(ก) ทำให้โอกาสในการชนของแพ็กเกต ณ จุดนี้มีค่าสูง ซึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าวนี้จึงมีการออกแบบโครงสร้างเฟรมแบบใหม่ที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอไปยังตำแหน่งต่างๆ ของเฟรมอันจะเป็นการเพิ่มความสามารถในการรองรับโหลดที่มีลักษณะสุ่มได้อย่างเหมาะสมดังตัวอย่างในรูปที่ 5.39(ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 5.39 ตัวอย่างการกำเนิดแบบสุ่มของทราฟฟิกและการทำงานใน (ก) ระบบเฟรมปรกติ และ (ข) โครงสร้างเฟรมที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอแบบ 1:1

เพื่อศึกษาผลกระทบของเทคนิคการกระจายช่องสัญญาณร้องขอที่เกิดขึ้นนั้นระบบที่ใช้ในการทดสอบจะมีการทำงานแบบไฮบริดพื้นฐานโดยจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอและช่องสัญญาณข้อมูลเท่ากับ 10 สล็อตต่อเฟรม ส่วนโครงสร้างของเฟรมที่ใช้ในการทดสอบจะมีทั้งแบบปรกติและแบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอต่อช่องสัญญาณข้อมูลด้วยอัตราส่วนเท่ากับ 1:1 2:2 และ 5:5 ตามลำดับ สำหรับโหลดที่ใช้ในการทดสอบนี้จะเป็นทราฟฟิกประเภทข้อมูลคอมพิวเตอร์ด้วยอัตราข้อมูล 9.6 กิโลบิตต่อวินาที ที่ค่าเฉลี่ยความยาวข้อความเท่ากับ 1 แพ็กเกตต่อ

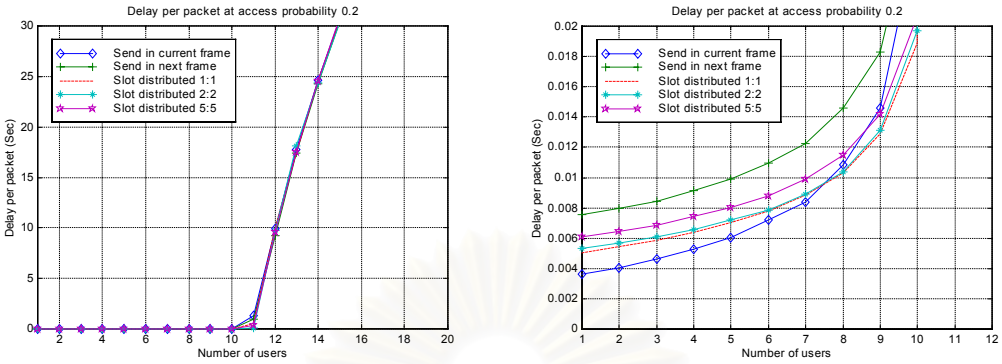
ข้อความ และเพื่อแสดงผลของการเข้าถึงตัวกลางที่รวดเร็วของโครงสร้างเฟรมแบบกระจายจึงเปรียบเทียบสมรรถนะกับระบบแบบไฮบริดพื้นฐานที่สามารถส่งข้อมูลได้ภายในเฟรมที่ร้องขอสำเร็จ โดยปรกติผู้ใช้จะสามารถกระทำการส่งข้อมูลได้ในเฟรมถัดไปภายหลังการร้องขอ โดยค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ใช้ในการทดสอบในส่วนนี้จะมีค่าเท่ากับ 0.2 ส่วนระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอในทุกการทดสอบนั้นจะอนุญาตให้ผู้รับบริการสามารถส่งข้อมูลได้ก็ต่อเมื่อทำการร้องขอสำเร็จเกิดขึ้นเป็นเวลาหนึ่งเฟรม

ในการศึกษาผลกระทบของเทคนิคกระจายช่องสัญญาณร้องขอนั้นจะมีประเด็นที่ทำการพิจารณาทั้งหมดสองประเด็นคือ 1 เปรียบเทียบระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณการร้องขอกับระบบที่มีโครงสร้างปรกติแบบที่ส่งข้อมูลได้ในเฟรมถัดไปหลังจากการร้องขอและในเฟรมปัจจุบันที่ทำการร้องขอได้สำเร็จ 2 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการกระจายช่องสัญญาณร้องขออันประกอบด้วย อัตราส่วนการกระจายช่องสัญญาณ ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางและปริมาณโหลดสะสมที่เพิ่มขึ้น

5.3.2.1 การเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างระบบที่มีการกระจายตำแหน่งช่องสัญญาณร้องขอและระบบที่มีโครงสร้างปรกติ

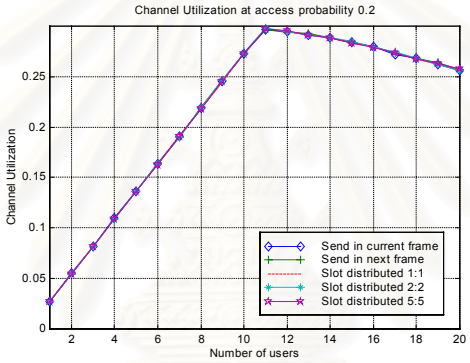
จากผลการทดสอบในรูปที่ 5.40 พบว่าที่สภาวะยังไม่โอเวอร์โหลดค่าเวลาประวิงของระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอจะมีค่าที่ต่ำกว่าระบบโครงสร้างปรกติที่สามารถส่งข้อมูลได้ในเฟรมถัดไปในทุกอัตราส่วนการกระจายช่องสัญญาณร้องขอ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้สามารถมองได้สองประเด็นคือ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มทำการร้องขอสำเร็จจนกระทั่งส่งข้อมูลได้ลดลงและจำนวนการชนที่เกิดขึ้นมีอัตราลดลง โดยประเด็นของเวลาในการส่งข้อมูลที่ลดลงนั้นสามารถแสดงให้เห็นดังตัวอย่างในรูปที่ 5.43 และ 5.44 ซึ่งพบว่าระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอนั้นผู้รับบริการจะมีโอกาสส่งข้อมูลได้สำเร็จเร็วที่สุดภายในเฟรมที่สอง หรือถ้าส่งได้สำเร็จในเฟรมที่สามจะหมายความว่าผู้ใช้จะสามารถร้องขอผิดพลาดได้หนึ่งครั้งจึงจะทำให้ค่าของเวลาประวิงเท่ากับระบบที่มีโครงสร้างเฟรมปรกติ ในขณะที่ระบบโครงสร้างเฟรมแบบปรกติที่ส่งข้อมูลในเฟรมถัดไปจะสามารถส่งข้อมูลได้เร็วที่สุดในเฟรมที่สามเท่านั้น สำหรับประเด็นพิจารณาที่สองในแง่ของอัตราการชนพบว่าระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอจะมีอัตราการชนที่ต่ำกว่าระบบที่มีโครงสร้างแบบปรกติดังแสดงในรูปที่ 5.42 ค่าของเวลาประวิงที่เกิดจึงลดลงเพราะการชนที่เกิดขึ้นหนึ่งครั้งจะเป็นการเพิ่มค่าของเวลาประวิงให้แก่ผู้ใช้ที่เกิดการชนเท่ากับหนึ่งเฟรมเนื่องจากผู้รับบริการสามารถทำการร้องขอได้เพียงหนึ่งครั้งต่อหนึ่งเฟรม รายละเอียดและสาเหตุของอัตราการชนที่ลดลงนั้นจะได้ทำการกล่าวถึงเพิ่มเติมในส่วนถัดไป จากนั้นเมื่อทำการเพิ่มปริมาณโหลดขึ้นถึงค่าหนึ่งพบว่าเวลาประวิงที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากันในทุกๆ ระบบเพราะที่จุดนี้เป็นต้นไปเป็นจุดที่ระบบอยู่

ในสภาวะโอเวอร์โหลดดังจะเห็นได้จากกราฟแสดงค่าวิสัยสามารถในรูปที่ 5.41 ที่มีการลดลงและกราฟแสดงอัตราการชนที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

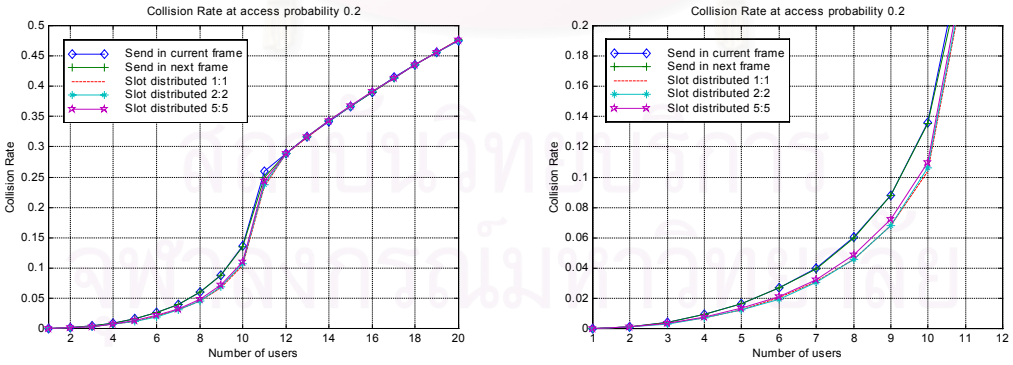


(ก) (ข)

รูปที่ 5.40 ค่าเวลาประวิงในระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอและไม่มีการกระจาย

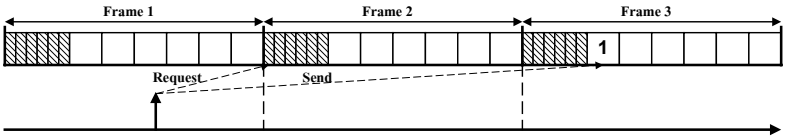


รูปที่ 5.41 สมรรถนะการเข้าถึงตัวกลางในระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอ ***และไม่มีการกระจาย***

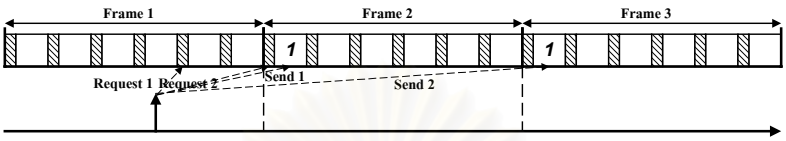


(ก) (ข)

รูปที่ 5.42 อัตราการชนของแพ็กเกตการร้องขอในระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอ ***และไม่มีการกระจาย***

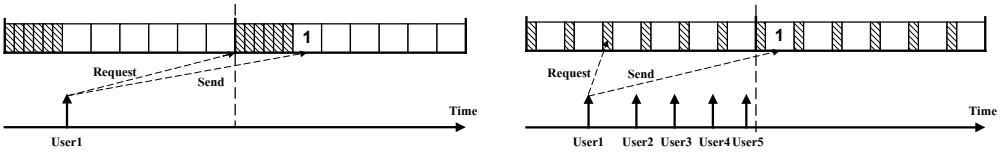


รูปที่ 5.43 การทำงานของระบบไฮบริดพื้นฐานที่มีการส่งข้อมูลในเฟรมถัดไปภายหลังการร้องขอสำเร็จในโครงสร้างช่องสัญญาณแบบพื้นฐาน



รูปที่ 5.44 การทำงานของระบบไฮบริดพื้นฐานที่มีการส่งข้อมูลในเฟรมถัดไปภายหลังการร้องขอสำเร็จในที่มีโครงสร้างช่องสัญญาณแบบกระจาย

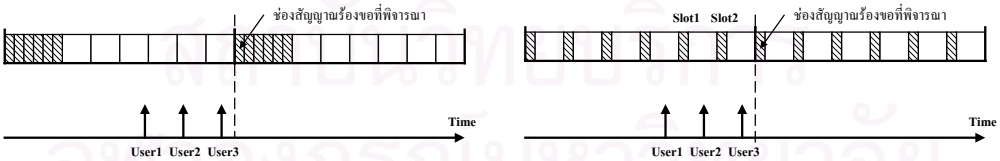
แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอกับระบบพื้นฐานที่ผู้รับบริการสามารถส่งแพ็กเกตข้อมูลได้ทันทีในเฟรมที่ร้องขอสำเร็จพบว่าผลที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกับระบบที่ส่งข้อมูลในเฟรมถัดไป โดยผลที่เกิดจะมีค่าแตกต่างจากข้างต้นกล่าวคือในสภาวะที่โหลดมีค่าต่ำมาก ค่าเวลาประวิงของระบบที่สามารถส่งข้อมูลได้ภายในเฟรมที่ร้องขอจะต่ำกว่าเพราะเวลาประวิงของระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอและส่งข้อมูลในเฟรมถัดจะสามารถมีค่าใกล้เคียงกับระบบที่ส่งข้อมูลในเฟรมที่ร้องขอสำเร็จเมื่อการร้องขอที่เกิดขึ้นมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 5.45(ข) และโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวจะมีค่าที่ลดลงตามระยะเวลาที่เกิดการร้องขอขึ้นดังตัวอย่างนี้คือ ผู้ใช้คนที่หนึ่งจะมีโอกาสได้รับค่าเวลาประวิงเท่ากับระบบที่ส่งข้อมูลในเฟรมที่ร้องขอสูงที่สุด โดยต้องทำการร้องขอช่องสัญญาณให้สำเร็จภายใน 4 ช่อง ซึ่งจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่ผู้ใช้จะต้องร้องขอสำเร็จนี้จะมีจำนวนลดลงโดยผู้ใช้บริการคนที่ 2 3 และ 4 จะมีค่าเหลือเพียง 3 2 และ 1 ช่องตามลำดับ หรือจนกระทั่งไม่มีโอกาสร้องขอสำเร็จได้ในเฟรมที่เกิดขึ้นเลยดังผู้ใช้บริการคนที่ 5 แต่เมื่อทำการเพิ่มปริมาณโหลดถึงจุดหนึ่งระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอจะเริ่มมีค่าเวลาประวิงที่ต่ำกว่าระบบโครงสร้างพื้นฐานแบบที่สามารถส่งข้อมูลได้ภายในเฟรมที่ทำการร้องขอ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปริมาณแพ็กเกตเมื่อปริมาณโหลดเพิ่มขึ้นย่อมมีมากขึ้นอันจะทำให้เกิดปริมาณการชนของข้อมูลมากขึ้น ซึ่งผลที่ได้จากกราฟแสดงการชนในรูปที่ 5.42 พบว่าอัตราการชนของการร้องขอในระบบที่ส่งข้อมูลได้ในเฟรมถัดไปและเฟรมปัจจุบันมีค่าที่เท่ากันและสูงกว่าระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณการร้องขอ จากนั้นเมื่อทำการเพิ่มปริมาณโหลดจนถึงจุดสูงสุดที่ระบบรองรับได้ผลที่ได้จะเท่ากันเนื่องจากการขาดเสถียรภาพของระบบ



(ก) (ข)

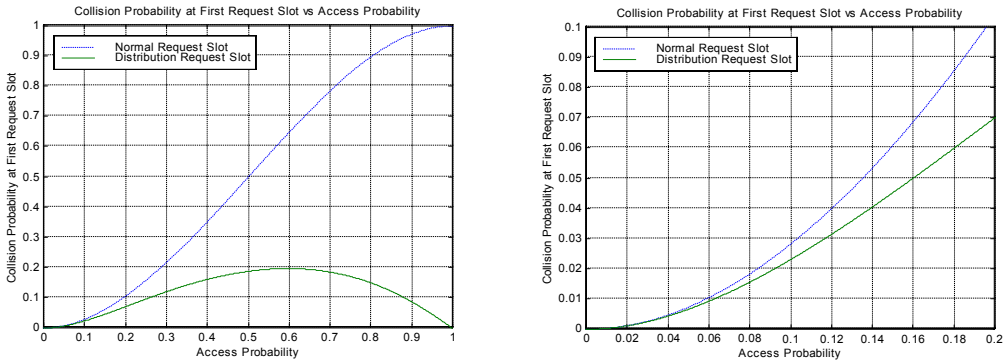
รูปที่ 5.45 เปรียบเทียบ (ก) ระบบที่สามารถส่งข้อมูลภายในเฟรมที่ร้องขอสำเร็จและ (ข) ระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอในกรณีที่ร้องขอสำเร็จ

**สำหรับอัตราการชนที่ลดลงในระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอนั้นสามารถพิจารณาได้ว่าเกิดจากปัจจัยที่สำคัญสองประการคือ การที่ผู้รับบริการเสมือนมีจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอเพิ่มขึ้น และจำนวนช่องสัญญาณร้องขอจะทำหน้าที่กระจายโหลดไม่ให้ไปรวมอยู่ที่ช่องสัญญาณร้องขอช่องใดช่องหนึ่งเป็นพิเศษดังตัวอย่างในรูปที่ 5.46 พบว่าในระบบที่มีโครงสร้างปรกติจะมีผู้ต้องการรับบริการถึงสามคนเปรียบเทียบกับระบบที่มีการกระจายตำแหน่งการร้องขอซึ่งพบว่าช่องสัญญาณที่พิจารณาในกรณีดีที่สุดคือผู้ใช้สามารถร้องขอได้สำเร็จทุกครั้งที่เจอช่องสัญญาณร้องขอ จะเหลือผู้ร้องขอบริการเพียงหนึ่งคนหรือในกรณีเลวร้ายสุดจึงจะมีผู้ใช้บริการสามคนที่จุดเริ่มต้นของเฟรมถัดไป จากตัวอย่างดังกล่าวนี้ถ้าสมมุติให้โอกาสในการเข้าถึงตัวกลางของผู้ใช้แต่ละคนเท่ากับ p จะสามารถหาค่าความน่าจะเป็นในการชนกันของช่องสัญญาณที่พิจารณาได้ดังนี้คือ ในระบบโครงสร้างปรกติจะมีค่าโอกาสในการชนเท่ากับ $3p^2(1-p)+p^3$ และในระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอจะมีค่าโอกาสในการชนเท่ากับ $p^2(1-p)\left[2p(1-p)+p(1-p)^2+3(1-p)^3+p\right]$ ซึ่งสามารถนำผลที่ได้ไปวาดกราฟดังแสดงในรูปที่ 5.47 จากผลที่ได้พบว่าค่าความน่าจะเป็นของการชนในช่องสัญญาณร้องขอที่พิจารณาในระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอจะมีค่าที่ต่ำกว่าระบบปรกติในทุกๆ ค่าของโอกาสในการเข้าถึงตัวกลาง (p)



(ก) (ข)

รูปที่ 5.46 ตัวอย่างระบบที่ใช้ในการพิจารณาค่าโอกาสในการชน

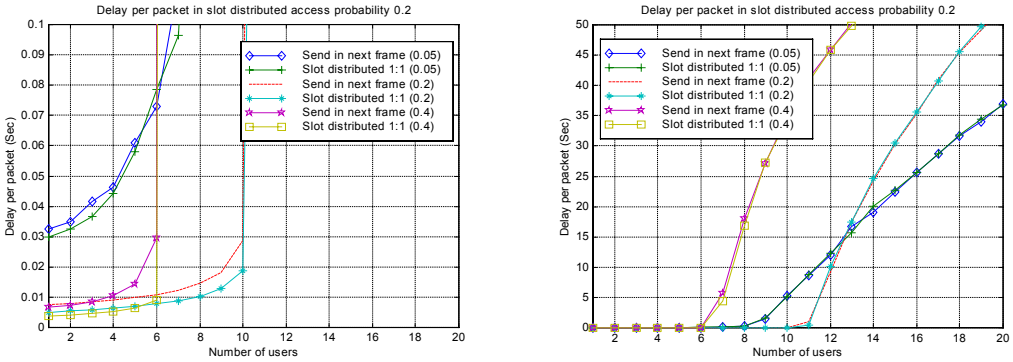


(ก) (ข)

รูปที่ 5.47 ค่าความน่าจะเป็นในการชนของช่องสัญญาณการร้องขอในตัวอย่างที่พิจารณา

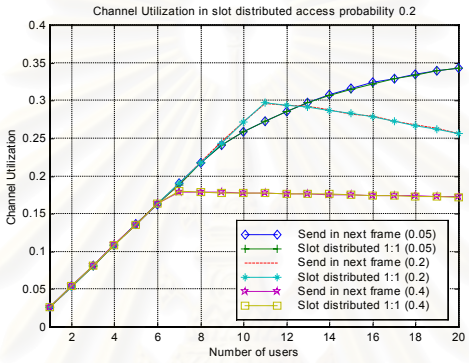
5.3.2.2 การศึกษาผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อระบบกระจายตำแหน่งช่องสัญญาณร้องขอ

จากข้างต้นเราได้ทราบแล้วว่าระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าระบบปรกติในแง่ใดบ้าง และเพื่อให้เข้าใจลักษณะที่เกิดขึ้นจากการกระจายช่องสัญญาณร้องขอในส่วนนี้จึงเป็นการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ อันจะส่งผลต่อสมรรถนะที่ได้รับจากระบบ โดยปัจจัยประการแรกที่ทำการพิจารณาคือค่าอัตราส่วนการกระจายช่องสัญญาณร้องขอต่อช่องสัญญาณข้อมูล ซึ่งจากผลการทดสอบในรูปที่ 5.48 ถึง 5.50 พบว่าการกระจายด้วยอัตราส่วน 1 ต่อ 1 จะเป็นค่าที่ทำให้ระบบมีสมรรถนะทั้งในแง่เวลาประวิงและอัตราการชนที่ต่ำสุด ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการกระจายช่องสัญญาณยิ่งทำได้ถี่มากเท่าไหร่จะเป็นการเพิ่มโอกาสในการกระจายโหลดไม่ให้เกิดการสะสมก่อนที่จะได้รับการอนุญาตให้ทำการร้องขอมากขึ้น สำหรับปัจจัยต่อมาที่จะทำการพิจารณาคือค่าของโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางซึ่งจากผลการทดสอบที่ได้พบว่าค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่สูงขึ้นจะทำให้สมรรถนะระหว่างระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอและไม่มีแตกต่างกันมากยิ่งขึ้น เพราะค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ต่ำนอกจากจะทำให้อัตราการชนมีค่าน้อยแล้วยังจะทำให้ช่องสัญญาณร้องขอที่กระจายอยู่ภายในเฟรมมีโอกาสที่จะถูกใช้จากโหลดที่กำเนิดขึ้นภายในเฟรมนั้นต่ำ ดังจะเห็นจากผลการทดสอบในรูป 5.48-5.50 ที่ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเท่ากับ 0.05 นั้นผลที่ได้ในระบบที่มีการกระจายและไม่มีการกระจายจะมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงว่าการลดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางจะเป็นการเพิ่มเสถียรภาพการทำงานและสมรรถนะที่ได้สำหรับระบบที่มีการทำงานแบบไฮบริดสูงขึ้น

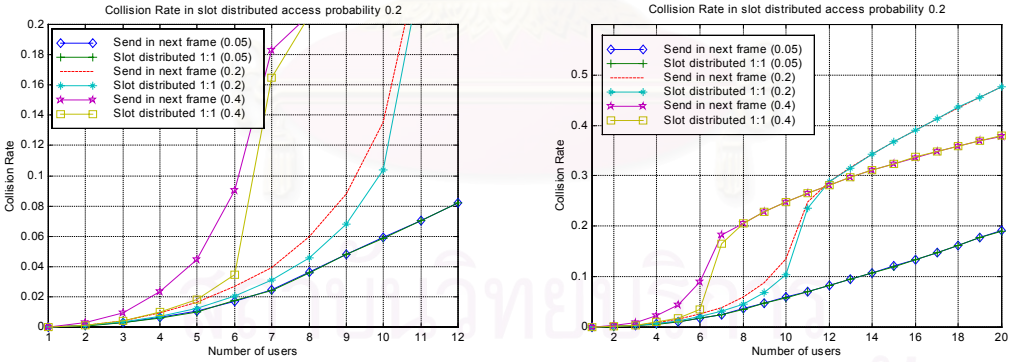


(ก) (ข)

รูปที่ 5.48 ค่าเวลาประวิงในระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอและไม่มีการกระจาย



รูปที่ 5.49 สมรรถนะการเข้าถึงตัวกลางในระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอ ***และไม่มีการกระจาย***

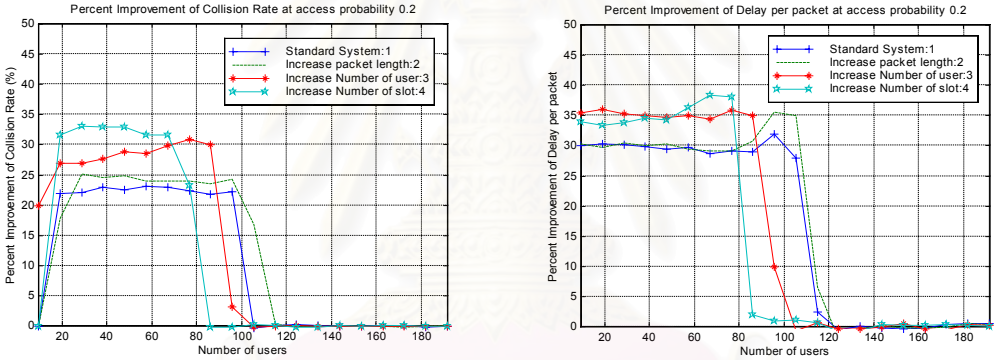


(ก) (ข)

รูปที่ 5.50 อัตราการชนของแพ็กเกตการร้องขอในระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอและไม่มีการกระจาย

สำหรับปัจจัยประการสุดท้ายที่ทำการพิจารณาในหัวข้อนี้คือ ตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณโหลดสะสมที่เพิ่มขึ้นในช่วงต้นของช่องสัญญาณร้องขอ การเพิ่มปริมาณโหลดสะสมนั้นจะกระทำโดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 4 ระบบดังนี้ ระบบที่หนึ่งจะใช้เป็นระบบอ้างอิงโดยมีค่าของตัวแปรต่างๆ เช่นเดียวกับที่ทำการทดสอบในหัวข้อ 5.3.2.1 และ 5.3.2.2 ที่อัตราส่วนของการ

กระจายช่องสัญญาณร้องขอต่อช่องสัญญาณข้อมูลเท่ากับ 1:1 ระบบที่สองจะทำการเพิ่มขนาดของช่องสัญญาณการร้องขอและช่องสัญญาณข้อมูลขึ้น 3 เท่าเป็น 54 และ 864 บิตตามลำดับ ระบบที่สามจะทำการลดอัตราข้อมูลของผู้รับบริการเหลือ 2.4 กิโลบิตต่อวินาทีเพื่อเพิ่มจำนวนของผู้ใช้ภายในระบบขึ้น 4 เท่า และระบบที่สี่จะทำการเพิ่มจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอและช่องสัญญาณข้อมูลภายในหนึ่งเฟรมเท่ากับ 20 ช่องสัญญาณ ซึ่งจากผลการทดสอบในรูปที่ 5.51 พบว่าการเพิ่มผลของปริมาณโหลดสะสมจะทำให้เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงระบบทั้งในแง่ของเวลาประวิงที่ลดลงและค่าวิสัยสามารถที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระบบอ้างอิงที่หนึ่ง พบว่าการปรับปรุงที่เพิ่มขึ้นนั้นจะเห็นได้ชัดเจนในระบบที่ 3 และ 4 ส่วนในระบบที่ 2 นั้นผลที่ได้จะค่อนข้างใกล้เคียงกับระบบอ้างอิงที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการเพิ่มขนาดของแพ็กเกตข้อมูลแม้จะทำให้ช่วงเวลาในแต่ละเฟรมมีค่ามากขึ้นแต่ก็จะทำให้ช่วงเวลาที่ใช้ในการกำเนิดแต่ละแพ็กเกตข้อมูลของผู้ใช้มีค่าสูงขึ้นเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาผลที่ได้จากการเพิ่มขนาดแพ็กเกตย่อมไม่น่าเกิดขึ้นแต่ความแตกต่างที่เกิดขึ้นไม่มากนี้เป็นเพราะช่องสัญญาณร้องขอมีขนาดที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้มีโอกาสที่จะเกิดโหลดสะสมได้เพิ่มขึ้น



(ก) (ข)

รูปที่ 5.51 เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงของระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอ ***เทียบกับระบบที่ไม่มีการกระจายในสภาวะการทำงานต่าง ๆ***

การสะสมของปริมาณโหลดที่กล่าวในข้างต้นนั้นเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญอันส่งผลต่อสมรรถนะของระบบ ซึ่งปัญหานี้จะส่งผลได้อย่างชัดเจนเมื่อเฟรมข้อมูลที่ใช้มีขนาดยาว หรือระบบทำการรองรับผู้ใช้ที่มีอัตราข้อมูลต่ำเป็นจำนวนมาก ในการแก้ปัญหาดังกล่าวนี้อาจจะใช้วิธีพื้นฐานคือลดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางแต่การกระทำเช่นนี้จะทำให้เกิดเวลาประวิงที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นวิธีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอจึงดูเป็นทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมกว่าเพราะนอกจากจะสามารถลดอัตราการชนได้แล้วยังสามารถลดค่าเวลาประวิงที่เกิดได้อีก

5.4 สรุปผลการทำงานเทคนิคกระจายปริมาณโหลดร้องขอ

เทคนิคที่นำเสนอในบทที่ 4 นั้นจะเกิดการทำงานก็ต่อเมื่อผู้ใช้บริการสามารถกระทำการร้องขอไปยังสถานีฐานได้สำเร็จ เทคนิคลดจำนวนการร้องขอแม้จะกระทำได้มากแต่ถ้าการร้องขอนั้นเกิดพร้อมกัน ปัญหาการชนย่อมเกิดขึ้น ในทางตรงข้ามปัญหาการชนอาจไม่เกิดขึ้นในระบบที่มีจำนวนการร้องขอมาก ถ้าหากมีการกระจายของการร้องขอ แนวคิดของการปรับปรุงระบบในบทนี้จะอยู่ที่การจัดการลักษณะการร้องขอแบบสุ่มของผู้ใช้บริการ เพื่อเพิ่มโอกาสการร้องขอสำเร็จและลดจำนวนการชนภายในระบบให้มากที่สุด ซึ่งสามารถแบ่งเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

- เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลาง: ลักษณะของค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางนั้นเมื่อมีค่ามากจะทำให้โอกาสในการชนเพิ่มขึ้นแต่ผู้ใช้บริการจะสามารถกระทำการเข้าถึงตัวกลางได้อย่างรวดเร็ว ในทางกลับกันการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ต่ำแม้จะสามารถลดจำนวนการชนได้แต่ก็จะทำให้การเข้าถึงตัวกลางกระทำได้ช้า ปัจจัยสำคัญสามตัวที่ใช้ในการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางคือ 1. คุณภาพของการบริการที่ผู้ใช้ต้องการ การกำหนดค่าในส่วนนี้จะเป็นการถ่วงน้ำหนักระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการที่ระบบรองรับได้และคุณภาพของการบริการของระบบ กล่าวคือถ้าระบบต้องการรองรับผู้ใช้เป็นจำนวนมากจะต้องทำการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ต่ำ แต่ทั้งนี้ค่าที่ต่ำจะต้องไม่น้อยจนเกินไป เพราะจะทำให้การเข้าใช้ช่องสัญญาณกระทำได้ช้าจนกระทั่งผู้ใช้ไม่สามารถได้รับคุณภาพของการบริการตามที่ต้องการได้ 2. จำนวนช่องสัญญาณร้องขอ การกำหนดค่าในส่วนนี้จะเป็นการกำหนดค่าจำนวนของการร้องขอช่องสัญญาณที่มากที่สุดที่สามารถกระทำได้ภายในหนึ่งเฟรมซึ่งค่าดังกล่าวนี้จะสัมพันธ์กับจำนวนการร้องขอสำเร็จที่เกิดขึ้น โดยการกำหนดค่าที่เหมาะสมนั้นจะต้องไม่มากหรือน้อยเกินไปเพราะค่าที่น้อยจนเกินไปจะเป็นการจำกัดโอกาสการร้องขอของผู้ใช้บริการทำให้ไม่สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ และต้องไม่มากเกินไปเพราะจำนวนการร้องขอที่สำเร็จนั้นจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอที่มากขึ้นถึงค่าหนึ่งเท่านั้น จากนั้นไม่ว่าจะทำการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณร้องขอมากขึ้นก็ไม่เป็นการเพิ่มโอกาสเข้าใช้ช่องสัญญาณ และยังเป็นการสูญเสียแบนด์วิดท์ในการส่งข้อมูลด้วยทางหนึ่ง 3. ปริมาณของทราฟฟิกที่ระบบรองรับ ในสภาวะทราฟฟิกต่ำควรใช้ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่สูงเพื่อเพิ่มคุณภาพการบริการของผู้ใช้ แต่เมื่อทราฟฟิกมีปริมาณเพิ่มขึ้นควรจะค่อยๆ ทำการลดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางลงเพื่อชดเชยกับปริมาณการชนที่เพิ่มขึ้น โดยเทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางตามปริมาณของทราฟฟิกในการทดสอบนี้จะประกอบด้วยเทคนิค Exponential backoff และ Pseudo Bayesianซึ่งพบว่าเทคนิคทั้งสองสามารถกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่เหมาะสมได้ในทุกสภาวะของทราฟฟิกกล่าวคือ ที่สภาวะทราฟฟิกต่ำสามารถให้ค่าของเวลาประวิงที่น้อย ส่วนในสภาวะทราฟฟิกสูงจนถึงโอเวอร์โหลดนั้นจะสามารถทำให้ระบบทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพ และเมื่อทำการเปรียบเทียบเทคนิคทั้งสองพบว่า

เทคนิค Pseudo Bayesian สามารถให้ข้อมูลคอมพิวเตอร์การทำงานที่สูงกว่าเทคนิค Exponential backoff ได้เพราะในการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางนั้นเทคนิค Exponential backoff จะคำนวณค่าจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นคือ จำนวนการชน จำนวนการสำเร็จและจำนวนการว่างของช่องสัญญาณ ซึ่งการคำนวณค่าเช่นนี้จะเสมือนกับการคิดเฉพาะผู้ใช้ที่ตกค้างอยู่ในระบบเท่านั้น ในขณะที่ระบบ Pseudo Bayesian นั้นจะมีการคำนึงถึงจำนวนผู้ร้องขอใหม่ภายในระบบที่เกิดขึ้นด้วย จึงสามารถทำการกำหนดค่าได้อย่างเหมาะสมกว่า นอกจากนี้การนำเทคนิคทั้งสองมาใช้นั้นจะต้องคำนึงถึงโครงสร้างเฟรมที่ออกแบบด้วย กล่าวคือการคำนวณค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางนี้จะพิจารณาจากเหตุการณ์ภายในระบบซึ่งจำนวนเหตุการณ์ทั้งหมดจะขึ้นกับจำนวนช่องสัญญาณร้องขอเป็นสำคัญกล่าวคือจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่เพิ่มขึ้นนั้นจะทำให้จำนวนเหตุการณ์ว่างของช่องสัญญาณร้องขอมากขึ้น ดังนั้นในการนำเทคนิคดังกล่าวไปใช้จึงต้องมีการปรับค่าต่างๆ เพื่อชดเชยกับผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดในระบบนั้นๆ โดยเฉพาะ

- เทคนิคการกระจายตำแหน่งช่องสัญญาณร้องขอ: การกระจายตำแหน่งของช่องสัญญาณร้องขอนั้นยิ่งมีการกระจายไปยังส่วนต่างๆ ของเฟรมมากเท่าไรยิ่งทำให้ระบบมีข้อมูลคอมพิวเตอร์การทำงานที่ดียิ่งขึ้นเพราะ การกระจายช่องสัญญาณร้องขอเป็นการช่วยลดอัตราการชนที่เกิดขึ้นในระบบและยังช่วยลดเวลาที่ผู้ใช้ต้องคอยในการร้องขอช่องสัญญาณด้วยอีกทางหนึ่ง โดยปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้เทคนิคกระจายช่องสัญญาณร้องขอแสดงข้อมูลคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้นคือ 1. อัตราส่วนการกระจายช่องสัญญาณร้องขอ 2. ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางและ 3. ปริมาณโหลดสะสมที่เกิดจากจำนวนการร้องขอที่กระจายอยู่ภายในเฟรม ซึ่งค่าดังกล่าวนี้จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนผู้ใช้บริการ และขนาดของเฟรมที่ใช้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 สรุปผลการทำงานของเทคนิคกระจายโหลดการร้องขอ

ประเภทของเทคนิค	ผลการทำงาน
1. เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลาง	ลักษณะโดยรวม - ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ต่ำจะลดผลของการชนที่เกิดขึ้น แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นการจำกัดโอกาสในการเข้าใช้ซึ่งเป็นการเพิ่มเวลาประวิง ปัจจัยในการกำหนดค่า 1. คุณภาพของการบริการ การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่ดีจะต้องสามารถรับประกันคุณภาพการบริการของผู้ใช้ได้ โดยยังสามารถรองรับผู้ใช้ได้เป็นจำนวนมาก 2. จำนวนช่องสัญญาณร้องขอ จะเป็นการชั่งน้ำหนักระหว่างการเพิ่มอัตราการร้องขอสำเร็จและผลการสูญเสียช่องสัญญาณข้อมูล 3. ปริมาณทราฟฟิก ในสภาวะทราฟฟิกต่ำควรกำหนดค่าที่สูงและน้อยลงตามปริมาณทราฟฟิกที่เพิ่มขึ้น ซึ่งวิธีการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางประกอบด้วย 2 วิธีคือ
- Exponential Backoff	ลักษณะโดยรวม - เป็นการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางจากสถานะของเหตุการณ์ในช่องสัญญาณร้องขอ ซึ่งเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแสดงปริมาณผู้ใช้ที่ตกค้างภายในระบบเพียงอย่างเดียว ผลของการชนและการว่าง - การเพิ่มผลของการชนหรือลดผลของการว่างนั้นเป็นแนวทางหนึ่งในการลดผลของค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลาง อันจะใช้เป็นแนวทางในการปรับค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางไปยังค่าที่เหมาะสมที่สภาวะต่างๆ ผลของจำนวนช่องสัญญาณร้องขอ - การเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณร้องขอต่อเฟรมจะทำให้ผลของการว่างช่องสัญญาณมากขึ้น ซึ่งเทคนิคนี้จะตีความว่าขณะนั้นมีปริมาณโหลดต่ำและทำการเพิ่มค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลาง ดังนั้นจึงต้องทำการปรับค่าของตัวแปรต่างๆ เพื่อลดผลของค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลาง

ตารางที่ 5.2 (ต่อ) สรุปผลการทำงานของเทคนิคกระจายโหลดการร้องขอ

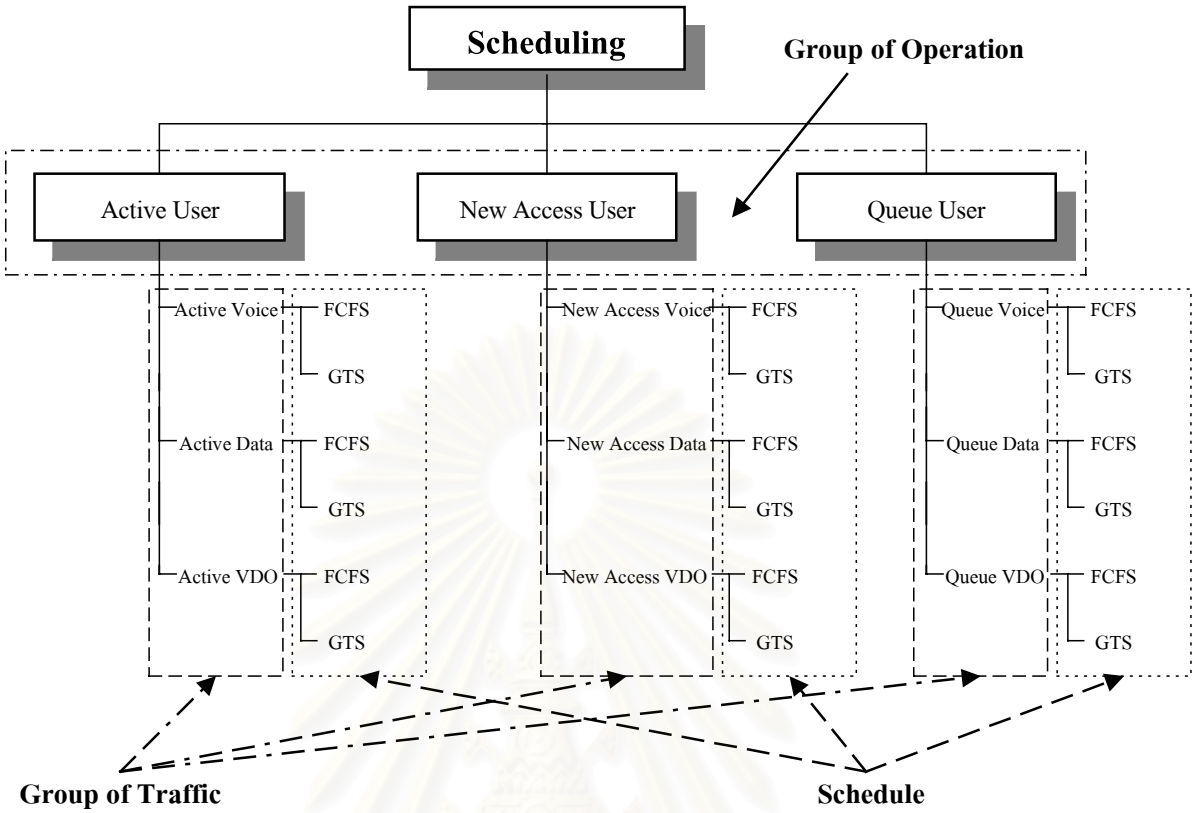
ประเภทของเทคนิค	ผลการทำงาน
- Pseudo Bayesian	ลักษณะโดยรวม - เป็นการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางจากการประมาณจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ ซึ่งประกอบด้วยจำนวนผู้ใช้บริการที่ตกค้างในระบบและจำนวนผู้ใช้บริการที่เกิดขึ้นใหม่ ผลของอัตราการร้องขอใหม่ (AR) - การเพิ่มผลของอัตราการร้องขอใหม่คือการเพิ่มจำนวนของผู้ใช้บริการรวมที่มี ซึ่งจะทำให้ผลของค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางลดลง ผลของจำนวนช่องสัญญาณร้องขอ - ผลที่ได้จะมีลักษณะเช่นเดียวกับเทคนิคแบบ Exponential Backoff ดังนั้นการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณร้องขอจึงต้องทำการเพิ่มค่า AR เพื่อชดเชยกับผลที่เกิดขึ้น
2. เทคนิคกระจายตำแหน่งช่องสัญญาณร้องขอ	ลักษณะโดยรวม - ลดเวลาประวิงในการร้องขอของผู้ใช้บริการเนื่องจากมีโอกาสที่จะร้องขอช่องสัญญาณได้สำเร็จภายในเฟรมที่ต้องการ - ลดอัตราการชนของระบบเนื่องจากผู้ใช้บริการเสมือนกับเจอช่องสัญญาณร้องขอเป็นจำนวนที่มากขึ้นและการกระจายช่องสัญญาณร้องขอยังเป็นการลดผลการรวมของโหลดในการร้องขอที่ต้นเฟรม ปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบ 1. อัตราส่วนการกระจายช่องสัญญาณร้องขอ ระบบที่มีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอได้ครอบคลุมปริมาณโหลดมาก คือมีการกระจายไปในทุกๆ ตำแหน่งของเฟรมจะให้สมรรถนะที่สูงสุด 2. ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลาง ถ้ามีค่าต่ำจะทำให้ผลความแตกต่างระหว่างระบบที่มีเทคนิคการกระจายและไม่มี เพราะผลของการกระจายโหลดจากค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางจะส่งผลต่อระบบมากกว่า 3. ปริมาณโหลดสะสม ยิ่งระบบมีปริมาณโหลดสะสมมาก สมรรถนะจะเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณโหลดสะสมนั้นจะขึ้นกับขนาดของเฟรมและอัตราข้อมูลของผู้ใช้บริการ

บทที่ 6

เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการ

6.1 กล่าวนำ

ในบทที่ 4 ข้างต้นเป็นการพิจาณาการส่งข้อมูลของระบบการทำงานแบบไฮบริดในช่วงแรกเท่านั้นคือ การร้องขอช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการ ซึ่งหลังจากที่ผู้ใช้ทำการร้องขอช่องสัญญาณได้สำเร็จแล้วนั้น การทำงานประการถัดมาของระบบจะเป็นหน้าที่ของสถานีฐานในการจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่ผู้ใช้บริการ ลักษณะการทำงานในส่วนนี้จะแตกต่างจากการร้องขอช่องสัญญาณในส่วนแรกกล่าวคือ สถานีฐานสามารถควบคุมผู้ใช้ในส่วนนี้ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งการจัดสรรช่องสัญญาณที่มีมาในอดีตจะเป็นลักษณะแบบเรียงตามลำดับความสำคัญ (First-Come-First-Serve, FCFS) กล่าวคือ ผู้ใช้บริการที่ทำการร้องขอช่องสัญญาณได้ก่อนจะได้รับการจัดสรรเป็นอันดับแรก ซึ่งวิธีการดังกล่าวเหมาะสมกับระบบที่มีการทำงานไม่ซับซ้อน เช่น โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดพื้นฐานในหัวข้อที่ 3.4 ในขณะที่ระบบควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในปัจจุบันนั้นจะมีการพัฒนาสมรรถนะที่เพิ่มขึ้นกว่าระบบในอดีตอย่างมาก ทั้งในแง่ของการทำงานและบริการที่รองรับอันจะเป็นการเพิ่มความซับซ้อนภายในระบบมากขึ้น วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเสนอแนวทางในการจัดสรรช่องสัญญาณอย่างเป็นระบบ ซึ่งการจัดสรรช่องสัญญาณที่พิจารณานี้จะเริ่มต้นจากการแบ่งผู้ใช้ทั้งหมดออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ตามเงื่อนไขของสถานะการทำงานและลักษณะของทราฟฟิก จากนั้นจึงทำการจัดสรรช่องสัญญาณตามลำดับความสำคัญของกลุ่มที่กำหนด การจัดสรรช่องสัญญาณภายในแต่ละกลุ่มนี้จะประกอบวิธีด้วยสองวิธีคือ เทคนิคการจัดสรรแบบเรียงตามลำดับความสำคัญการร้องขอ (FCFS) และเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณที่มีการจัดลำดับความสำคัญของผู้ใช้ตามเวลาการกำเนิดจริงของแพ็กเกตข้อมูล (Generation Time Schedule, GTS) ซึ่งวิธีการจัดสรรที่ง่ายและเป็นเทคนิคขั้นพื้นฐานคือ เทคนิค FCFS แต่วิธี FCFS นี้จะมีข้อเสียที่ว่าลำดับความสำคัญของการร้องขอที่เกิดขึ้นจะไม่ใช่ลำดับความต้องการในการใช้บริการจริงๆ เพราะในระบบการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไฮบริดนั้น ช่วงการร้องขอช่องสัญญาณจะมีลักษณะแบบสุ่ม ทำให้ผู้ใช้บริการที่เกิดขึ้นทีหลังอาจได้รับการบริการเร็วกว่าผู้ใช้ที่เกิดขึ้นก่อนได้ ส่วนเทคนิค GTS ที่นำเสนอนั้นจะทำการจัดสรรช่องสัญญาณตามลำดับของเวลาที่แนบมาในแต่ละแพ็กเกต ทำให้การจัดสรรที่ได้จะเป็นไปตามลำดับการกำเนิดที่เกิดขึ้นจริง อันจะเป็นการช่วยปรับปรุงสมรรถนะของบริการที่ไม่สามารถทนทานต่อเวลาประวิงได้ ซึ่งรายละเอียดของการแบ่งกลุ่มและการจัดสรรช่องสัญญาณที่ได้จะแสดงดังรูปที่ 6.1



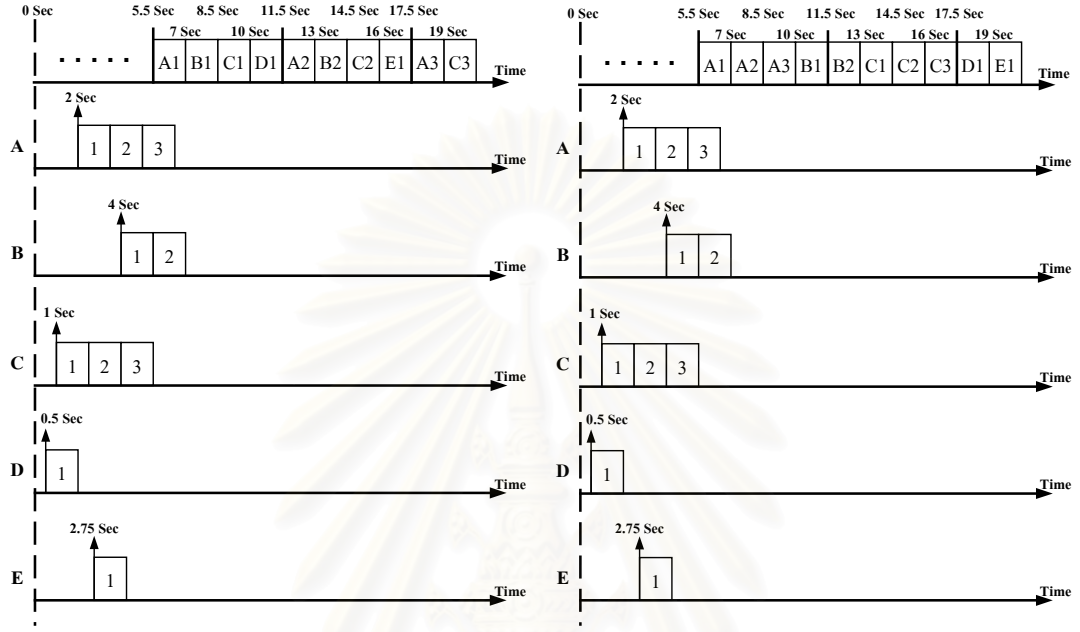
รูปที่ 6.1 การแบ่งกลุ่มและเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณของระบบ

การจัดสรรช่องสัญญาณที่พิจารณาในบทนี้ ในส่วนแรกจะเป็นการอธิบายถึงระบบที่ใช้ในการทดสอบและค่าต่างๆ ที่ใช้ในการจำลองระบบ ต่อมาจะเป็นการศึกษาผลของการแบ่งกลุ่มผู้ใช้บริการซึ่งประกอบด้วยการแบ่งกลุ่มตามสถานะการทำงานและการแบ่งกลุ่มตามประเภทของทราฟฟิกบนพื้นฐานการจัดสรรช่องสัญญาณแบบ FCFS สำหรับส่วนสุดท้ายจะเป็นการพิจารณาผลของเทคนิค GTS เปรียบเทียบกับเทคนิค FCFS ที่มีในปัจจุบัน

6.2 ตัวแปรในการจำลองระบบ

ระบบที่ใช้ในการทดสอบในบทที่ 5 นี้จะใช้ระบบการทำงานแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิวเพื่อให้ประเภทของกลุ่มการบริการตามสถานะการทำงานครบทุกประเภทดังที่จะได้กล่าวในหัวข้อ 6.3.1 ถัดไป แต่ในแต่ละการทดสอบจะแตกต่างกันในแง่ของลำดับความสำคัญและวิธีที่ใช้ในการจัดสรรช่องสัญญาณเท่านั้น สำหรับค่าต่างๆ ของระบบจะแสดงดังในตารางที่ 3.1 ของบทที่ 3 ส่วนบริการที่ทำการรองรับนั้นจะประกอบด้วยสองประเภทคือบริการเสียงและบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ บริการเสียงจะมีอัตราการเข้ารหัสข้อมูลเท่ากับ 32 กิโลบิตต่อวินาที ที่อัตราส่วนช่วงพูดต่อช่วงเงียบเท่ากับ 0.1 ต่อ 0.135 วินาที เพื่อให้ระบบเกิดการจัดสรรช่องสัญญาณได้บ่อยครั้งขึ้น สำหรับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบนั้นจะมีอัตราข้อมูลเท่ากับ 9.6 กิโลบิตต่อวินาทีที่ความยาวแพ็กเกตเฉลี่ยเท่ากับ 1 แพ็กเกตต่อข้อความ ในการทดสอบนี้จะมุ่งการพิจารณา

ไปยังบริการที่ไม่สามารถทนต่อเวลาประวิงได้คือเสียงเป็นหลักเพราะผลลัพธ์ที่ใช้ในการพิจารณานั้นเป็นค่าโดยเฉลี่ยทั้งค่าเวลาประวิงและค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกต ทำให้ผลของการจัดช่องสัญญาณอย่างไม่ยุติธรรมไม่แสดงออกมายังบริการที่ทนทานต่อเวลาประวิงได้เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย ดังตัวอย่างแสดงการส่งข้อมูลประเภทข้อมูลคอมพิวเตอร์ในรูปที่ 6.2



(ก) (ข)

รูปที่ 6.2 ตัวอย่างการจัดสรรช่องสัญญาณที่แตกต่างกันระหว่าง (ก) การจัดสรรทีละหนึ่งแพ็กเกต และ (ข) จัดสรรแบบกลุ่ม

จากรูปจะแสดงการจัดสรรช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการซึ่งประกอบด้วยสองวิธีคือ รูปที่ 6.2(ก) จะเป็นการจัดสรรช่องสัญญาณแบบเฟรมละหนึ่งแพ็กเกตต่อผู้ใช้หนึ่งคน ส่วนในรูปที่ 6.2(ข) จะเป็นการจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่ผู้ใช้บริการแต่ละคนอย่างไม่จำกัดตามที่ต้องการ การจัดสรรช่องสัญญาณทั้งหมดนี้จะกระทำตามลำดับของผู้ใช้ดังนี้คือ A, B, C, D และ E ซึ่งจะทำให้ได้ค่าเวลาประวิงดังแสดงในตารางที่ 6.1 จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณที่แตกต่างกันย่อมทำให้ผู้ใช้แต่ละคนมีค่าเวลาประวิงเฉลี่ยแตกต่างกัน ผลดังกล่าวนี้ไม่สามารถเห็นได้เมื่อทำการพิจารณาค่าดังกล่าวรวมกัน แต่สำหรับบริการที่ไม่สามารถทนต่อเวลาประวิงได้เช่น บริการเสียงนั้นพบว่าความไม่ยุติธรรมในการทำงานจะไม่สามารถถูกปิดบังจากค่าเฉลี่ยได้เพราะค่าโอกาสในการดร็อปข้อมูลโดยเฉลี่ยนั้น จะพิจารณาจากค่าเวลาประวิงของผู้ใช้เป็นรายบุคคล ดังนั้นการทดสอบทั้งหมดในส่วนนี้จึงพิจารณาเฉพาะบริการเสียงเป็นสำคัญ

ตารางที่ 6.1 ค่าเวลาประวิงของการส่งข้อมูลของการจัดสรรแบบทีละหนึ่งแพ็กเกต และการจัดสรรแบบกลุ่ม

ผู้ใช้บริการ	เวลาประวิงเฉลี่ยต่อแพ็กเกตของผู้ใช้แต่ละคน (วินาที)		เวลาประวิงเฉลี่ยทุกแพ็กเกต (วินาที)
	การจัดสรรช่องสัญญาณแบบเดี่ยว	การจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม	
A	9.5	5	10.225
B	6	6.75	10.225
C	13	13.5	10.225
D	9.5	17	10.225
E	13.25	16.25	10.225

โดยผลของเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับบริการแบบผสมนั้นจะพิจารณาเฉพาะการจัดสรรช่องสัญญาณแบบผสมระหว่างบริการเสียงและบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ เพราะเหตุผลที่สำคัญสองประการคือ 1. บริการวิดีโอเป็นบริการที่มีอัตราข้อมูลค่อนข้างสูงแม้จะลดขนาดของเฟรมภาพหรืออัตราเฟรมภาพลงเมื่อเทียบกับบริการทั้งสองประเภทดังกล่าว ทำให้การนำบริการวิดีโอเข้ามาใช้ภายในระบบปริมาณผู้ใช้ที่รองรับได้จะมีจำนวนไม่มาก การศึกษาผลดังกล่าวจึงไม่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนได้ 2. ประเด็นการศึกษาในส่วนนี้จะแสดงถึงความสำคัญของการจัดสรรช่องสัญญาณและผลการปรับปรุงที่ได้ของเทคนิคที่นำเสนอ ซึ่งการทดสอบกับบริการเสียงและข้อมูลคอมพิวเตอร์นั้นจะถึงแนวโน้มที่สำคัญได้ อันจะเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้กับบริการประเภทอื่นๆ เช่น วิดีโอ ได้ต่อไป

6.3 การแบ่งกลุ่มของการบริการ

กลุ่มของการบริการที่พิจารณาในส่วนนี้จะประกอบด้วยสองเงื่อนไขคือ การแบ่งกลุ่มของการบริการตามสถานะการทำงานและการแบ่งกลุ่มตามประเภทของทราฟฟิก ซึ่งการจะใช้เงื่อนไขใดในการแบ่งกลุ่มนั้นสามารถพิจารณาได้ดังนี้คือ กลุ่มของสถานะการทำงานนั้นจะขึ้นกับระบบที่พิจารณา ยกตัวอย่างกรณีระบบการทำงานแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิวนั้นจะทำให้ภายในระบบมีสถานะของการทำงานสามกลุ่มคือ ผู้ใช้ที่อยู่ภายในสถานะกำลังได้รับการบริการคือผู้ใช้ที่กำลังส่งข้อมูลผ่านเทคนิคของ PGBK ผู้ใช้ที่อยู่ภายในสถานะของคิวคือผู้ใช้ที่ร้องขอช่องสัญญาณได้แต่ไม่ได้รับการบริการ และสุดท้ายคือผู้ใช้ที่อยู่ในสถานะร้องขอสำเร็จใหม่คือผู้ใช้ที่ร้องขอได้สำเร็จในเฟรมนั้นๆ ซึ่งรายละเอียดของสถานะการทำงานนั้นจะได้ทำการกล่าวถึงในหัว

ข้อที่ 6.3.1 ถัดไป ส่วนกลุ่มของการบริการตามลักษณะของการทราฟฟิกนั้นจะขึ้นกับจำนวนของการบริการที่ระบบรองรับ ยกตัวอย่างระบบที่ทำการรองรับบริการเสียงและข้อมูลคอมพิวเตอร์จะประกอบด้วยกลุ่มของผู้ใช้สองกลุ่มคือ กลุ่มของผู้ใช้บริการเสียงและกลุ่มผู้ใช้บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์

6.3.1 **ประเภทของการบริการที่เกิดจากสถานะการทำงานของระบบ** (Group of Operation State)

กลุ่มของการบริการที่เกิดจากสถานะการทำงานนั้นสามารถจำแนกออกเป็น 3 กลุ่มดังมีรายละเอียดดังนี้คือ

1. ผู้ใช้ที่กำลังได้รับบริการ (Active User, A): หมายถึงผู้ใช้ที่เคยได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณแล้วและจะยังคงได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณให้ในเฟรมถัดๆ ไปโดยไม่ต้องร้องขอใหม่ โดยเทคนิคที่ทำให้มีผู้ใช้ประเภทนี้เกิดขึ้นได้แก่ เทคนิคการใช้ PGBK เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบรายคาบ เป็นต้น

2. ผู้ใช้ภายในคิว (Queue User, Q): หมายถึงผู้รับบริการที่สามารถร้องขอช่องสัญญาณได้สำเร็จแต่ยังคงไม่ได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณให้ในเฟรมที่ร้องขอ สำหรับระบบที่จะทำให้เกิดผู้รับบริการประเภทนี้ขึ้นได้แก่ระบบที่มีเทคนิคของคิว

3. ผู้ใช้ที่ร้องขอช่องสัญญาณใหม่ (New Access User, N): หมายถึงผู้รับบริการที่ร้องขอช่องสัญญาณสำเร็จในรอบการพิจารณานั้นๆ สำหรับผู้ใช้บริการประเภทนี้จะมีอยู่ในทุกๆ ระบบที่มีการร้องขอช่องสัญญาณเกิดขึ้น

โดยจำนวนกลุ่มของการบริการที่กล่าวในข้างต้นนี้อาจไม่เท่ากันในแต่ละระบบขึ้นกับเทคนิคการทำงานและการออกแบบที่ใช้ แต่อย่างที่กล่าวในข้างต้นว่าการทดสอบในส่วนนี้จะกระทำกับระบบที่มีกลุ่มของการบริการดังกล่าวครบทั้งสามประเภทคือ ใช้ระบบการทำงานแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว โดยแบบจำลองการทดสอบทั้งหมดจะประกอบด้วย 3 รูปแบบคือ

1 เมื่อระบบทำการรองรับบริการเสียงเพียงประเภทเดียวดังในหัวข้อที่ 6.3.1.1

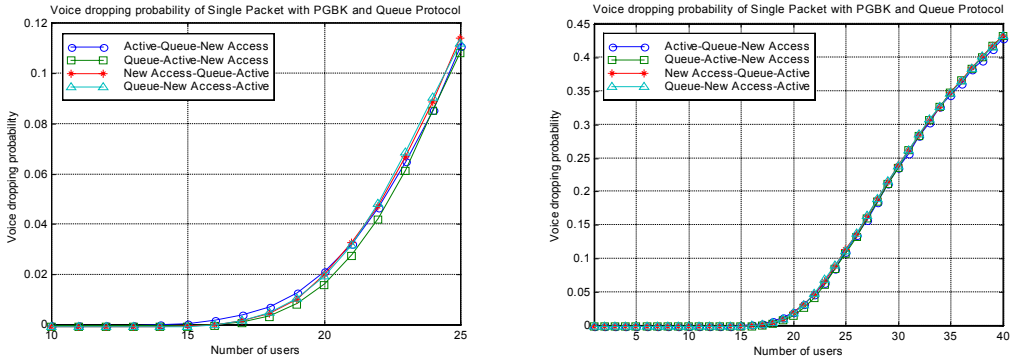
2 เมื่อระบบทำการรองรับบริการเสียงและข้อมูลคอมพิวเตอร์ร่วมกันในสภาวะโหลดปรกติ โดยผู้ใช้บริการแต่ละคนจะสามารถกำเนิดข้อมูลเสียงและข้อมูลคอมพิวเตอร์ได้อย่างอิสระ จากนั้นจะค่อยๆ ทำการเพิ่มจำนวนผู้รับบริการจาก 1 ถึง 40 คนดังในหัวข้อที่ 6.3.1.2

3. เมื่อระบบทำการรองรับบริการเสียงและข้อมูลคอมพิวเตอร์ร่วมกันในสภาวะโหลดข้อมูลคอมพิวเตอร์เต็ม คือเริ่มต้นระบบจะมีจำนวนผู้ใช้บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์เท่ากับ 40 คน (ครอบครองช่องสัญญาณเท่ากับ 110 เปอร์เซ็นต์) จากนั้นจึงทำการเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการเสียงจาก 1 ถึง 40 คนดังในหัวข้อที่ 6.3.1.3

6.3.1.1 การทดสอบบริการเสียงที่ลำดับความสำคัญของกลุ่มที่เกิดจากสถานะการทำงานแตกต่างกัน

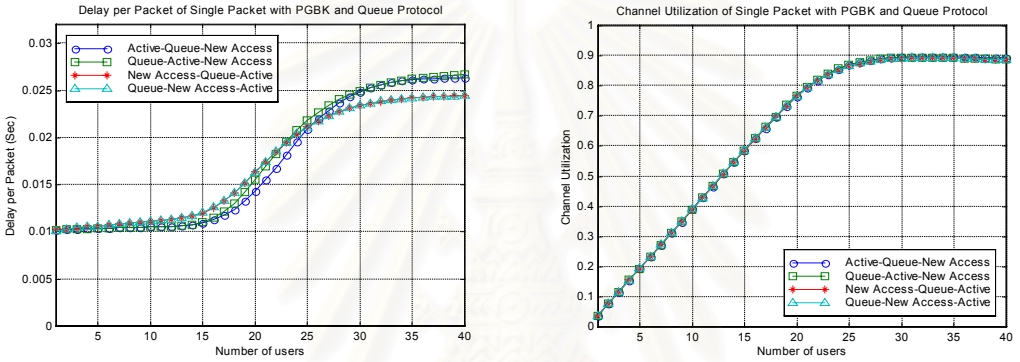
จากผลการทดสอบในรูปที่ 6.3-6.5 พบว่าผลที่ได้จากเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณทั้ง 4 แบบให้สมรรถนะที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้งในสภาวะโหลดต่ำและสภาวะโอเวอร์โหลด แต่จะเห็นความแตกต่างได้ที่สภาวะโหลดสูงคือมีจำนวนผู้รับบริการประมาณ 17-23 คนซึ่งพบว่าค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตเสียงของการจัดช่องสัญญาณแบบ Queue-Active-New Access จะมีค่าต่ำที่สุด ที่เป็นเช่นเกิดจากเหตุผลที่สำคัญสองประการคือ การจัดสรรช่องสัญญาณไปส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบดังจะเห็นจากกราฟอัตราการชนในรูปที่ 6.5 ซึ่งพบว่าระบบ Queue-Active-New Access และ Active-Queue-New Access จะมีค่าที่ต่ำที่สุดใกล้เคียงกันเพราะการใช้เทคนิค PGBK นั้นถ้าผู้ใช้ได้ทำการส่งข้อมูลอย่างรวดเร็วเกินไปหรืออาจกล่าวได้ว่าผู้รับบริการในระดับ New Access ได้เข้าใช้ช่องสัญญาณเป็นอันดับต้นๆ จะทำให้ขณะที่ทำการส่งข้อมูลนั้นภายในบัฟเฟอร์ของผู้ใช้ยังคงไม่มีข้อมูลเกิดขึ้น ระบบจึงไม่สามารถใช้เทคนิคของ PGBK ได้อย่างมีสมรรถนะ แต่การชนที่ต่ำเพียงอย่างเดียวไม่ได้ทำให้ระบบมีค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตเสียงที่ต่ำดังจะสังเกตได้จากระบบ Active-Queue-New Access จึงเป็นที่มาของเหตุผลข้อที่สองคือ การเข้าใช้ช่องสัญญาณที่ช้าของผู้รับบริการ New Access ทำให้แพ็กเกตเกิดเวลาประวิงสูงขึ้นจนกระทั่งเกิดการสูญเสียขึ้น

ผลการจัดสรรช่องสัญญาณที่เกิดในข้างต้นจะสังเกตเห็นได้เมื่อระบบมีสภาวะทราฟฟิกสูงถึงระดับหนึ่งเพราะในสภาวะทราฟฟิกต่ำผู้ใช้ที่ร้องขอช่องสัญญาณจะได้รับการบริการทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมดเวลาประวิงที่เกิดจึงมีความแตกต่างกันไม่มาก แต่เมื่อทราฟฟิกเพิ่มขึ้นจำนวนผู้ใช้ที่ไม่ได้รับการบริการภายในหนึ่งเฟรมจะมีมากขึ้นตามลำดับจนกระทั่งผลของการจัดสรรช่องสัญญาณสามารถแสดงออกมาได้ นอกจากนี้ผลการทดสอบในข้างต้นยังแสดงให้เห็นว่าการอนุญาตให้ผู้ใช้บริการที่ร้องขอสำเร็จก่อนสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณเร็วกว่าจึงจะเกิดโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตที่ต่ำนั้นเป็นความคิดที่ถูกต้องเพียงส่วนเดียว โดยอีกส่วนหนึ่งคือการพยายามออกแบบการจัดสรรให้เหมาะสมกับการทำงานของระบบดังการจัดสรรช่องสัญญาณแบบ New Access-Queue-Active เทียบกับ Active-Queue-New Access



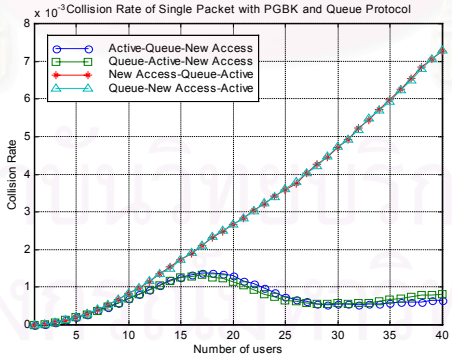
(ก) (ข)

รูปที่ 6.3 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว



(ก) (ข)

รูปที่ 6.4 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว



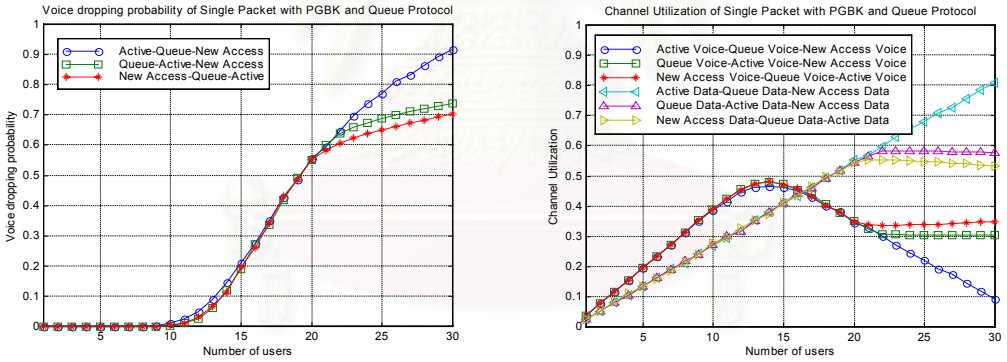
รูปที่ 6.5 อัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว

6.3.1.2 การทดสอบบริการเสียงที่ลำดับความสำคัญของกลุ่มที่เกิดจากสถานะการทำงานแตกต่างกันในสภาวะโหลดข้อมูลคอมพิวเตอร์ปรกติ

ผลการทดสอบที่ได้เมื่อพิจารณาสมรรถนะของบริการเสียงพบว่าบริการที่ไม่สามารถทนต่อเวลาประวิงเมื่อนำมาทำงานร่วมกับบริการที่ทนต่อเวลาประวิงได้จะทำให้

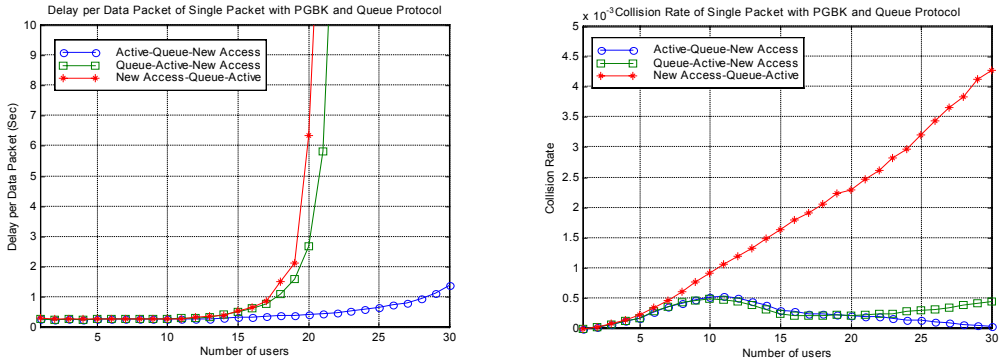
เกิดปัญหาขึ้นที่สภาวะทราฟฟิกสูงมาก ๆ คือบริการที่ไม่สามารถทนต่อเวลาประวิงซึ่งในที่นี้คือบริการเสียงจะมีค่าวิสัยสามารถเพิ่มขึ้นถึงค่าหนึ่งเท่านั้นจากนั้นจะมีค่าที่ลดลงตามโหลดที่มากขึ้นเนื่องจากการสูญเสียแพ็กเกต ในขณะที่บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถทนต่อเวลาประวิงได้นั้นจะสามารถแย่งชิงช่องสัญญาณได้มากขึ้นเรื่อย ๆ ตามลำดับความสำคัญดังในระบบ Active-Queue-New Access เพราะเมื่อโหลดมากขึ้นผู้ใช้ที่อยู่ภายใน Active User จะมีมากขึ้น ผู้รับบริการที่ร้องขอช่องสัญญาณใหม่จึงต้องรอเป็นเวลานานจนกระทั่งเกิดการสูญเสียแพ็กเกตของเสียงขึ้น บริการเสียงจึงไม่สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ในทางตรงกันข้ามบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์จะสามารถรอช่องสัญญาณจนกระทั่งได้เข้าใช้ตลอดแม้เวลาประวิงที่เกิดจะมีค่ามากขนาดใดก็ตาม ซึ่งเมื่อทำการเปลี่ยนลำดับความสำคัญการจัดสรรช่องสัญญาณโดยให้ผู้ร้องขอช่องสัญญาณก่อนมีโอกาสได้รับการบริการก่อนพบว่าแนวโน้มที่เกิดขึ้นเปลี่ยนไปคือ ค่าวิสัยสามารถของบริการเสียงจะลดลงถึงค่าหนึ่งจากนั้นจะคงที่ซึ่งแสดงว่าเกิดการแบ่งช่องสัญญาณระหว่างบริการทั้งสองขึ้นแม้ว่าการแบ่งช่องสัญญาณที่เกิดจะไม่เป็นแบบครึ่งต่อครึ่งก็ตาม

สำหรับปัจจัยการแบ่งช่องสัญญาณที่ส่งผลต่อเสถียรภาพของระบบนั้นจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับในข้างต้นคือการจัดสรรช่องสัญญาณแบบ New Access-Queue-Active จะมีค่าอัตราการชนสูงที่สุดเนื่องจากระบบไม่สามารถใช้เทคนิค PGBK ได้อย่างเต็มที่ดังที่กล่าว



(ก) (ข)

รูปที่ 6.6 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว



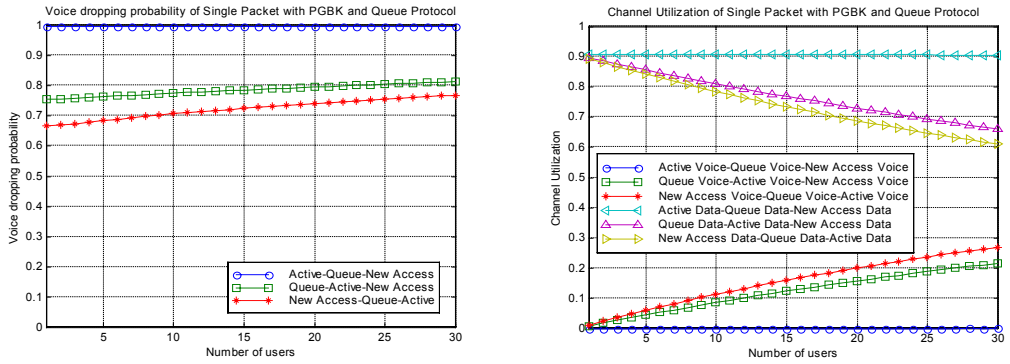
(ก) (ข)

รูปที่ 6.7 เวลาประวิงและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว

6.3.1.3 การทดสอบบริการเสียงที่ลำดับความสำคัญของกลุ่มที่เกิดจากสถานะการทำงานแตกต่างกันในสภาวะโหลดข้อมูลคอมพิวเตอร์เต็ม

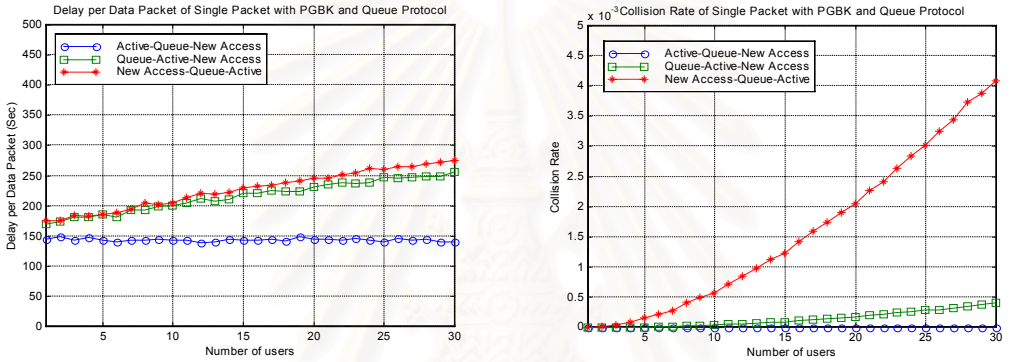
การทดสอบในส่วนนี้จะเป็นการยืนยันผลการแบ่งช่องสัญญาณระหว่างบริการทั้งสองข้างต้น ซึ่งค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตของเสียงและค่าวิสัยสามารถในรูปที่ 6.8 แสดงให้เห็นว่าการรอช่องสัญญาณของบริการที่ทนต่อเวลาประวิงไม่ได้ในการจัดสรรช่องสัญญาณแบบ Active-Queue-New Access ในสภาวะโหลดสูงมากจะเกิดการสูญเสียเกือบหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์ เพราะในขณะนั้นมีผู้ใช้บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ซึ่งจะรอทำการจัดสรรช่องสัญญาณอยู่เป็นจำนวนมาก บริการเสียงที่ร้องขอช่องสัญญาณได้สำเร็จจึงไม่สามารถรอจนกระทั่งได้เข้าใช้ช่องสัญญาณได้ ในขณะที่การจัดสรรช่องสัญญาณแบบให้ความสำคัญต่อผู้ใช้ใหม่คือ Q-A-N และ N-Q-A จะสามาถเปิดโอกาสให้ผู้ใช้บริการเสียงสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้บางส่วนเนื่องจากผู้ใช้ในกลุ่มของการบริการ Q และ N เป็นผู้ใช้ที่ทำการร้องขอช่องสัญญาณได้สำเร็จไม่นานและมีจำนวนที่ค่อนข้างจำกัดกล่าวคือผู้ใช้ที่อยู่ใน N ถ้าไม่ได้รับการจัดสรรภายในเฟรมนั้นจะเข้าไปอยู่ในคิว ส่วนผู้ใช้ที่อยู่ใน Q เมื่อได้รับการจัดสรรเพียงหนึ่งครั้งก็จะย้ายตำแหน่งเข้าไปยัง A ในขณะที่ผู้ใช้บริการใน A นั้นจะอยู่ในระดับชั้นนี้ตราบเท่าที่ยังต้องการส่งข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) (ข)

รูปที่ 6.8 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว



(ก) (ข)

รูปที่ 6.9 เวลาประวิงและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว

6.3.2 กลุ่มของการบริการที่แบ่งตามลักษณะของทราฟฟิกและสถานะการทำงานของระบบ (Group of Traffic and Operation State)

การกำหนดระดับของการบริการในส่วนนี้จะกระทำอย่างละเอียดมากขึ้นคือนอกจากจะแบ่งออกเป็น Active User, Queue User และ New Access User ดังข้างต้นแล้ว ในแต่ละประเภทยังแบ่งออกตามลักษณะของบริการ เช่น บริการเสียง บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์หรือบริการวิดีโอ เป็นต้น ยกตัวอย่างระบบที่รองรับบริการเสียงและข้อมูลคอมพิวเตอร์จะทำให้เกิดกลุ่มของการบริการเป็นจำนวน 6 ประเภทคือ Active Voice User, Queue Voice User, New Access Voice User, Active Data User, Queue Data User และ New Access Data User ซึ่งการแบ่งบริการเพิ่มตามลักษณะของทราฟฟิกนี้จะทำให้ระบบสามารถจัดสรรช่องสัญญาณได้อย่างเหมาะสมขึ้นตาม QoS ที่บริการนั้นต้องการ อันจะเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาคุณภาพของการบริการเสียงที่เกิดขึ้นแก่ผู้ใช้ในหัวข้อที่ 6.3.1.2 และ 6.3.1.3

ผลของการจัดลำดับความสำคัญ (Priority Assignment) ที่จะทำการศึกษานี้จะกระทำในระบบแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิวดังในข้างต้น จุดประสงค์ของการจัดลำดับความสำคัญในส่วนนี้จะให้ความสำคัญแก่บริการที่ทนต่อเวลาประวิงไม่ได้คือเสียงสูงกว่าบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ทั้งหมด กล่าวคือลำดับความสำคัญของการจัดสรรจะเริ่มต้นจากบริการเสียงก่อนจากนั้นเมื่อมีช่องสัญญาณเหลือบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์จึงจะสามารถเข้าใช้ได้ เพียงแต่ลำดับความสำคัญของการจัดสรรในระดับการบริการเดียวกันคือ Active User, Queue User และ New Access User นั้นจะมีการสลับดังนี้คือ A-Q-N, N-Q-A และ Q-A-N เช่นเดียวกับการทดสอบในหัวข้อ 6.2.1 โดยแบบจำลองของทราฟฟิกที่ใช้จะประกอบด้วยสองลักษณะคือ

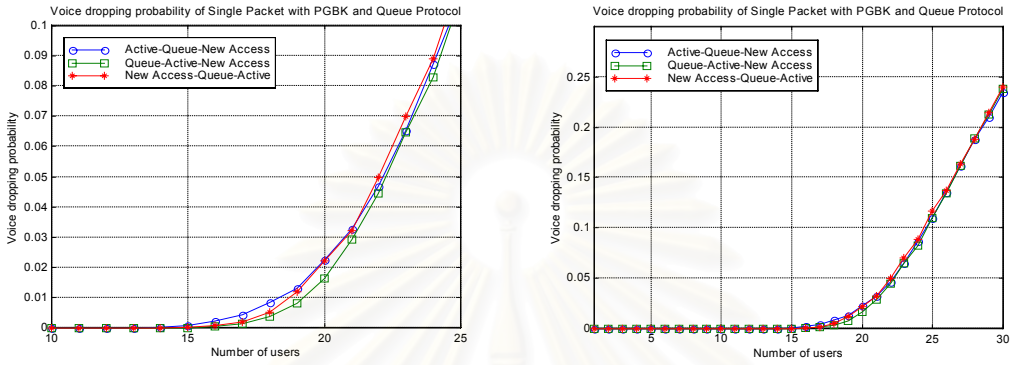
1 เมื่อระบบทำการรองรับบริการเสียงและข้อมูลคอมพิวเตอร์ร่วมกันในสภาวะโหลดปรกติ โดยผู้ใช้บริการแต่ละคนจะสามารถกำเนิดข้อมูลเสียงและข้อมูลคอมพิวเตอร์ได้อย่างอิสระจากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มจำนวนผู้รับบริการจาก 1 ถึง 40 คนดังในหัวข้อที่ 6.3.2.1

2. เมื่อระบบทำการรองรับบริการเสียงและข้อมูลคอมพิวเตอร์ร่วมกันในสภาวะโหลดข้อมูลคอมพิวเตอร์เต็ม คือเริ่มต้นระบบจะมีจำนวนผู้ใช้บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์เท่ากับ 40 คน (ครอบครองช่องสัญญาณเท่ากับ 110 เปอร์เซ็นต์) จากนั้นจึงเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการเสียงจาก 1 ถึง 40 คนดังในหัวข้อที่ 6.3.2.2

6.3.2.1 การทดสอบบริการเสียงที่แบ่งบริการตามลักษณะทราฟฟิกและการทำงานที่แตกต่างกันในสภาวะโหลดข้อมูลคอมพิวเตอร์ปรกติ

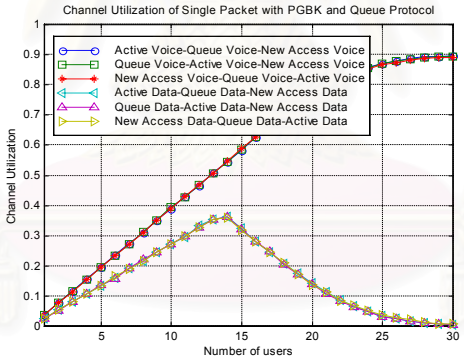
จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าค่าวิสัยสามารถของบริการทั้งสองในสภาวะทราฟฟิกต่ำจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณโหลดเพราะช่องสัญญาณที่ถูกใช้โดยบริการสองในขณะนี้ยังมีอยู่อย่างเพียงพอกับความต้องการ แต่เมื่อทำการเพิ่มปริมาณโหลดมากขึ้นจะพบว่าค่าวิสัยสามารถของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์กลับลดลงในขณะที่บริการเสียงจะยังมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อ ที่เป็นเช่นนี้เพราะสถานีฐานสามารถควบคุมการเข้าถึงตัวกลางได้อย่างสมบูรณ์ทำให้บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ที่มีลำดับการจัดสรรช่องสัญญาณหลังบริการเสียงสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ลดลงตามปริมาณโหลดเสียงที่เพิ่มขึ้น และเป็นที่น่าสังเกตว่าการลดลงนี้สามารถมีค่าที่น้อยจนกระทั่งเข้าใกล้ศูนย์คือบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ไม่สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ ที่เกิดเหตุการณ์เช่นนี้ได้เพราะระบบที่ทำการพิจารณานี้สามารถลดจำนวนการร้องขอที่เกิดให้น้อยลงจนกระทั่งไม่ส่งผลต่อสมรรถนะของระบบได้ แต่ถ้าผลของการร้องขอช่องสัญญาณยังคงมีอยู่การจัดสรรช่องสัญญาณอย่างสมบูรณ์ที่สถานีฐานจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้เลยเพราะสถานีฐานไม่สามารถทราบความต้องการที่มีอยู่ในขณะนั้นทั้งหมดได้ ซึ่งในกรณีนี้เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่เหมาะสมตามคุณภาพของการบริการจะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการควบคุมคุณภาพของการบริการดังที่ได้กล่าวในบทที่ 4

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตเสียงจะพบว่าผลที่ได้เมื่อเทียบกับระบบที่รองรับบริการเสียงเพียงอย่างเดียวในหัวข้อที่ 6.2.1.1 นั้นจะไม่มีความแตกต่างใดๆ อันจะเป็นการแสดงถึงผลของการกำหนดลำดับความสำคัญให้แก่บริการเสียงมากกว่าบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำให้ผู้ออกแบบสามารถกำหนดคุณภาพของการบริการที่ให้แก่ผู้ใช้บริการแต่ละประเภทได้ตามที่ต้องการ



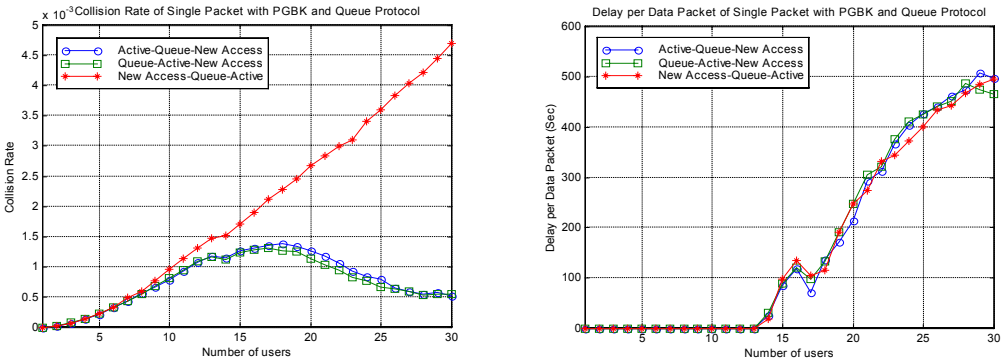
(ก) (ข)

รูปที่ 6.10 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว



รูปที่ 6.11 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงและค่าวิสัยสามารถของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

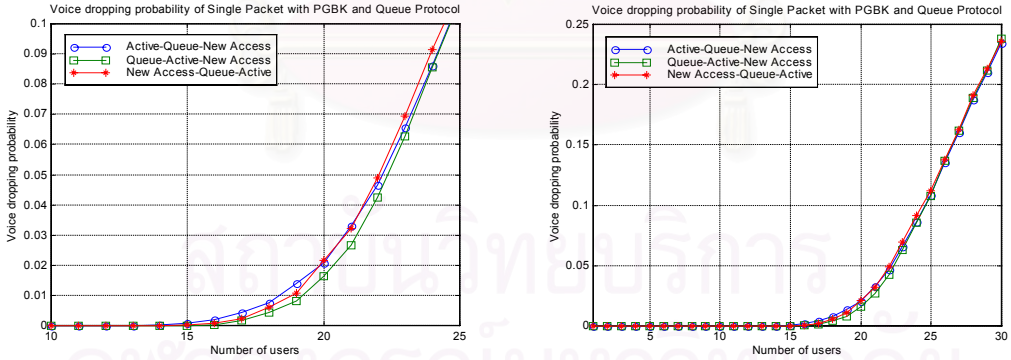


(ก) (ข)

รูปที่ 6.12 เวลาประวิงและอัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด ที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว

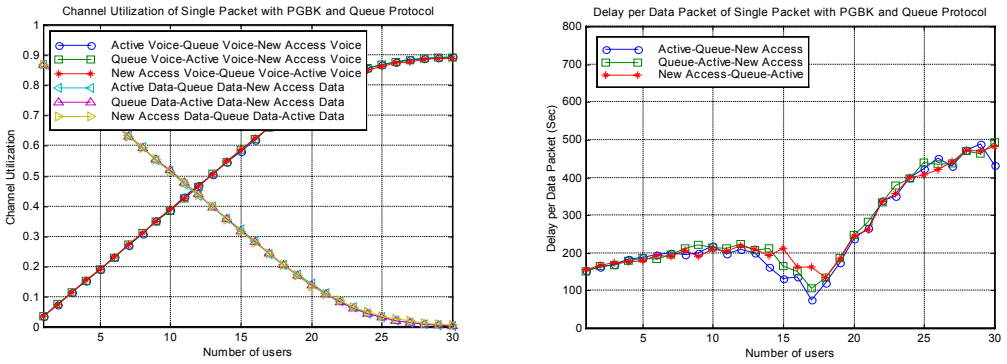
6.3.2.2 การทดสอบบริการเสียงที่แบ่งบริการตามลักษณะทราฟฟิกและสถานะของการทำงานที่แตกต่างกันในสภาวะโหลดข้อมูลคอมพิวเตอร์เต็ม

เมื่อลองทำการเพิ่มผลของอัตราการชนมากยิ่งขึ้นคือทำการทดสอบบริการเสียงในสภาวะโหลดข้อมูลคอมพิวเตอร์เต็มพบว่าการกำหนดให้ผู้ใช้บริการเสียงสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้มากเท่าที่ต้องการก่อนบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ ทำให้ค่าวิสัยสามารถของเสียงสามารถเพิ่มจนเต็มช่องสัญญาณแทนบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์เดิมที่ครอบครองอยู่ได้ดังกราฟรูปที่ 6.14 (ก) ซึ่งจะทำให้คุณภาพของการบริการเสียงคือโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำแม้ว่าปริมาณทราฟฟิกข้อมูลคอมพิวเตอร์ในขณะนั้นจะมีค่าสูงก็ตามดังแสดงในรูปที่ 6.13



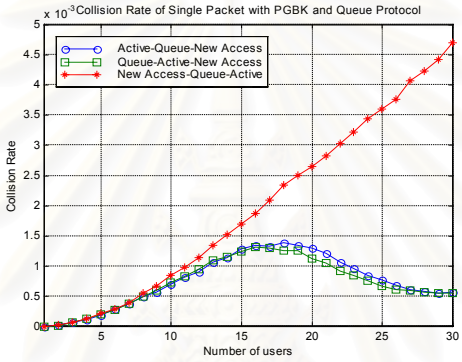
(ก) (ข)

รูปที่ 6.13 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด ที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว



(ก) (ข)

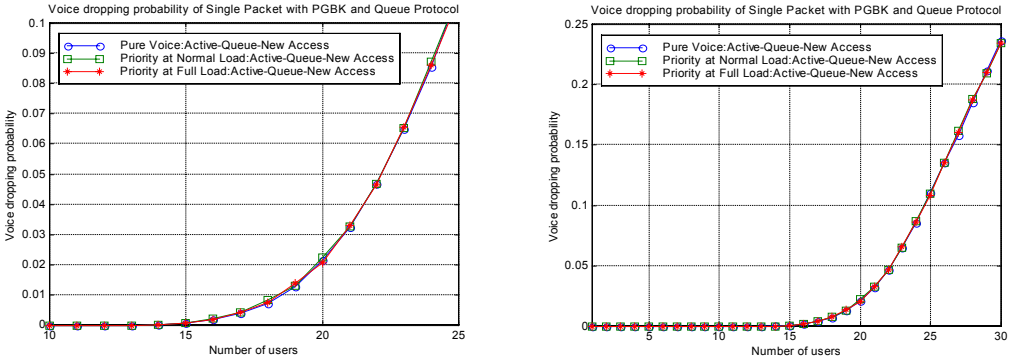
รูปที่ 6.14 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว



รูปที่ 6.15 อัตราการชนของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว

นอกจากนี้เมื่อนำค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตของบริการเสียงในการจัดช่องสัญญาณแบบ Active-Queue-New Access ของระบบที่มีบริการเสียงเพียงอย่างเดียว บริการเสียงในสภาวะโหลดบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ปรกติและบริการเสียงในสภาวะโหลดบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์เต็ม ของระบบที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญเสียงมากกว่าบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์พบว่าผลที่เกิดขึ้นในทั้งสามระบบไม่มีความแตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 6.16 อันเป็นการยืนยันผลการทดสอบในข้างต้นได้เป็นอย่างดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) (ข)

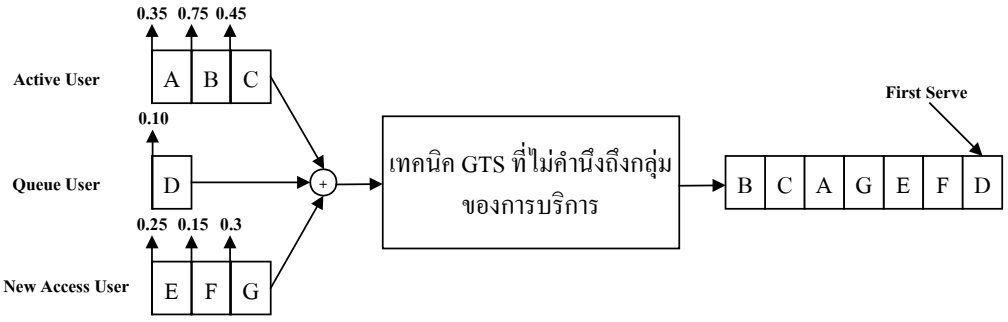
รูปที่ 6.16 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว

จากข้างต้นการแบ่งกลุ่มของการบริการตามเงื่อนไขทั้งสองนั้นจะให้ผลที่แตกต่างกันในสองประเด็นคือ การจัดกลุ่มตามสถานะของการทำงานนั้นจะส่งผลต่อการทำงานของเทคนิคต่างๆ โดยบางลำดับความสำคัญการบริการอาจทำให้เทคนิคบางประเภททำงานได้มากขึ้นหรือลดลงได้ ในขณะที่การจัดกลุ่มของการบริการตามประเภทของทราฟฟิกนั้นจะกระทำเพื่อให้เกิดความเหมาะสมตามคุณภาพของการบริการที่ผู้ใช้ต้องการ

6.4 **การจัดสรรช่องสัญญาณแบบตามเวลาการกำเนิด** (Generation Time Schedule, GTS)

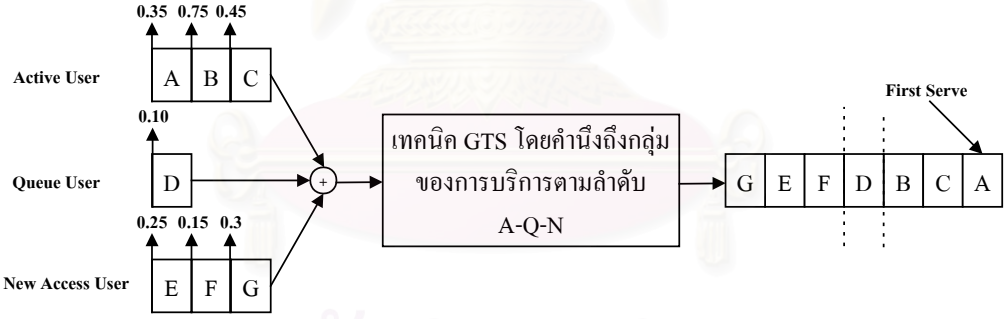
การจัดสรรช่องสัญญาณแบบ GTS ที่ทำการนำเสนอนี้ถูกนำเสนอขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาการจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับบริการที่ไม่สามารถทนต่อเวลาประวิงได้แทนเทคนิค FCFS ที่มี การทำงานของเทคนิคนี้จะอาศัยข้อมูลเวลาการกำเนิดของแต่ละแพ็กเกตที่ผู้ใช้บริการแจ้งต่อสถานีฐานเป็นข้อมูลในการตัดสินลำดับการเข้าใช้ช่องสัญญาณของผู้รับบริการ การทดสอบผลของเทคนิค GTS นี้จะทดสอบกับบริการที่ทนต่อเวลาประวิงไม่ได้คือบริการเสียงเท่านั้นเพราะในกรณีที่ระบบมีบริการมากกว่าหนึ่งประเภท ระบบก็จะให้ผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างกันถ้ามีการกำหนดกลุ่มของการบริการตามประเภทของทราฟฟิกได้อย่างเหมาะสมดังหัวข้อที่ 6.3.2 รูปแบบการทดสอบเทคนิคของ GTS ในหัวข้อนี้จะประกอบด้วยสองส่วนคือ

1. การจัดสรรช่องสัญญาณแบบ GTS โดยไม่คำนึงถึงกลุ่มของการบริการกล่าวคือ ในการจัดสรรช่องสัญญาณนั้นจะกระทำตามลำดับเวลาการกำเนิดของแพ็กเกตที่จะทำการจัดสรรให้ทั้งหมด เพื่อให้ผลของเทคนิค GTS ไม่ถูกจำกัดโดยการจัดสรรข้ามกลุ่มของการบริการไม่ได้ดังแสดงในรูปที่ 6.17



รูปที่ 6.17 ตัวอย่างการจัดสรรช่องสัญญาณแบบ GTS เมื่อไม่มีการพิจารณากลุ่มของการบริการตามลักษณะการทำงาน

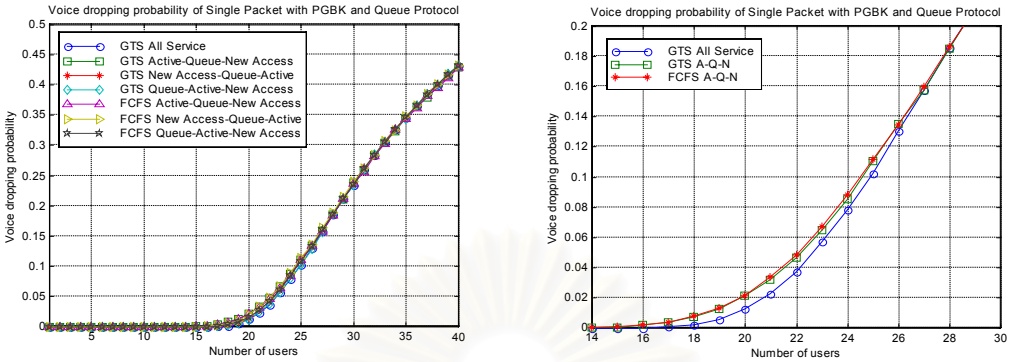
2. การจัดสรรช่องสัญญาณแบบ GTS เมื่อมีการแบ่งกลุ่มของการบริการตามลักษณะการทำงาน กล่าวคือระบบจะกระทำการจัดสรรช่องสัญญาณตามลำดับเวลาการกำเนิดของแพ็กเกตเฉพาะในแต่ละกลุ่มของการบริการเท่านั้น ยกตัวอย่างในกรณีที่สถานีฐานต้องทำการจัดสรรการบริการของผู้ใช้ในรูปที่ 6.18 คือเมื่อมีผู้ใช้ที่เป็น Active User 3 คนคือ A, B และ C ผู้ใช้ที่เป็น Queue User 1 คนคือ D และผู้ใช้ที่เป็น New Access User 2 คนคือ E และ F ถ้าลำดับของกลุ่มการบริการเรียงดังนี้ Active User, Queue User และ New Access User ตามลำดับ การจัดสรรช่องสัญญาณที่เกิดขึ้นจะได้ผลลัพธ์คือ ผู้ใช้บริการ B, C, A, D, F และ E



รูปที่ 6.18 ตัวอย่างการจัดสรรช่องสัญญาณแบบ GTS เมื่อมีการพิจารณากลุ่มของการบริการตามลักษณะการทำงาน

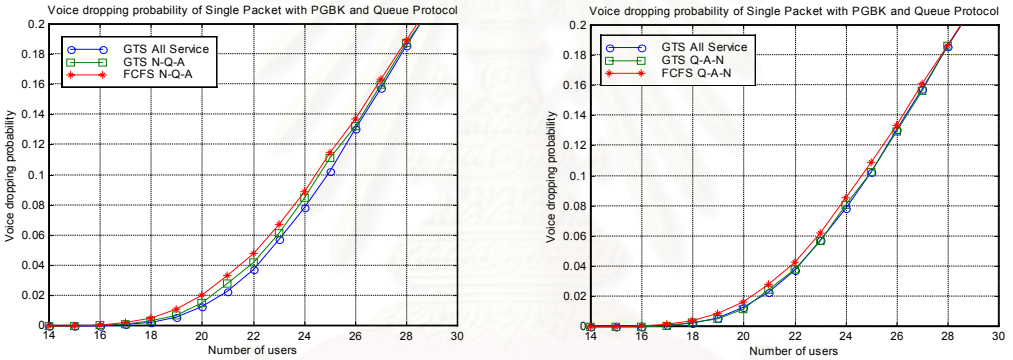
จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบ GTS สามารถลดค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตเสียงจากระบบการจัดสรร FCFS เดิมได้ดังผลในรูปที่ 6.19 และ 6.20 แต่ทั้งนี้สมรรถนะที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าที่น้อยมากเมื่อนำเทคนิค GTS ไปทำการจัดสรรช่องสัญญาณตามกลุ่มของการบริการที่เกิดจากการทำงาน เพราะการจัดสรรที่ได้จะเกิดจากการพิจารณาผู้ใช้บริการที่มีจำนวนไม่มากในแต่ละกลุ่มการบริการเท่านั้นทำให้การจัดสรรช่องสัญญาณที่เกิดขึ้นจึงไม่มีการเรียงตามลำดับเวลาการกำเนิดจริง แตกต่างจากการเปิดโอกาสให้เทคนิคของ GTS สามารถจัดสรร ผู้ใช้บริการทุกๆ คนที่ร้องขอสำเร็จ อันจะทำให้การจัดสรรช่องสัญญาณที่เกิดขึ้นนั้นเป็นการเรียงตาม

ลำดับของเวลาการกำเนิดจริงๆ ค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตเสียงของระบบในแบบจำลองที่ 1 จึงมีค่าที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับการจัดสรรแบบ FCFS หรือการจัดสรรแบบ GTS ในแบบจำลองที่ 2



(ก) (ข)

รูปที่ 6.19 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว



(ก) (ข)

รูปที่ 6.20 โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตข้อมูลเสียงของระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดที่มีเทคนิคของ PGBK และคิว

6.5 สรุปผลการปรับปรุงเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณ

การจัดสรรช่องสัญญาณที่พิจารณาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะประกอบด้วยสองส่วนที่สำคัญคือ

*- **การแบ่งกลุ่มของการบริการ**: ซึ่งประกอบด้วยสองส่วนคือการแบ่งกลุ่มตามสถานะการทำงานของระบบและการแบ่งกลุ่มตามลักษณะของทราฟฟิก โดยผลของการแบ่งกลุ่มของผู้ใช้บริการตามเงื่อนไขทั้งสองนั้นจะให้ผลที่แตกต่างกันในสองประเด็นคือ การจัดกลุ่มตามสถานะของการทำงานนั้นจะส่งผลต่อการทำงานของเทคนิคต่างๆ กล่าวคือลำดับความสำคัญของการบริการบางประเภทจะส่งผลให้บางเทคนิคที่ใช้สามารถทำงานได้มากขึ้นหรือลดลง ซึ่งจะขึ้นกับลำดับความสำคัญของการบริการกล่าวคือ การเปิดโอกาสให้ผู้ใช้ที่ทำการร้องขอใหม่ได้เข้าใช้ช่อง*

สัญญาณอย่างรวดเร็วจะทำให้บริการที่ไม่สามารถทนทานต่อเวลาประวิงได้มีคุณภาพของการบริการที่ดีขึ้น แต่การทำเช่นนี้จะส่งผลเสียต่อเทคนิคที่อนุญาตให้ผู้ใช้บริการสามารถส่งข้อมูลภายในบัฟเฟอร์ได้อย่างไม่จำกัด เช่น เทคนิคของ PGBK เพราะการจัดสรรช่องสัญญาณที่เร็วเกินไปจะทำให้ข้อมูลภายในบัฟเฟอร์มีน้อย การส่งข้อมูลแบบต่อเนื่องจึงไม่สามารถกระทำได้มาก จำนวนการร้องขอที่เกิดจึงเพิ่มขึ้น สำหรับการแบ่งกลุ่มของผู้ใช้ตามลักษณะของทราฟฟิกนั้นจะกระทำโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้ใช้สามารถได้รับการบริการตามคุณภาพของการบริการที่ต้องการจากระบบได้

- การจัดลำดับความสำคัญของผู้ใช้บริการภายใต้กลุ่มการบริการเดียวกันตามวิธี GTS: ซึ่งการจัดสรรในส่วนนี้สามารถกระทำได้ในสองระบบคือ 1 บนพื้นฐานของการแบ่งกลุ่มการบริการตามเงื่อนไขในข้างต้นและ 2 เมื่อไม่มีการแบ่งกลุ่มของการบริการคือผู้ใช้ทุกคนอยู่ในระดับการบริการเดียวกัน จากผลที่ได้พบว่าการใช้เทคนิค GTS แทนระบบ FCFS เดิมจะทำให้บริการที่ไม่สามารถทนต่อเวลาประวิงได้รับคุณภาพของการบริการที่ดีขึ้นในทุกการทดสอบ โดยการใช้เทคนิค GTS ในระบบการทำงานที่หนึ่งจะทำให้ข้อมูลคอมพิวเตอร์ของระบบถูกปรับปรุงขึ้นจากระบบ FCFS เพียงเล็กน้อย ในขณะที่การใช้เทคนิค GTS ในระบบการทำงานที่สองจะให้ผลของข้อมูลคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้นจากระบบ FCFS อย่างชัดเจน เนื่องจากการทำงานของ GTS ในระบบการทำงานที่สองนั้นสามารถจัดสรรลำดับความสำคัญการทำงานให้แก่ทุกๆ แพ็กเกตได้อย่างเหมาะสมที่สุดในขณะนั้นๆ ส่วนระบบการทำงานที่หนึ่งจะสามารถกระทำการจัดสรรได้เฉพาะภายในกลุ่มของการบริการเดียวกันเท่านั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

การปรับปรุงโครงสร้างช่องสัญญาณของระบบ

7.1 กล่าวนำ

เทคนิคต่างๆ ที่นำเสนอในบทที่ 4 5 และ 6 ในข้างต้นสามารถปรับปรุงการทำงานของระบบแบบไฮบริดพื้นฐานให้มีสมรรถนะการใช้ช่องสัญญาณหรือค่าวิสัยสามารถสูงสุดในระบบที่ทำการทดสอบเท่ากับ 91 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งข้อจำกัดที่เกิดขึ้นนี้ไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงการทำงานของระบบเนื่องจากระบบที่มีโครงสร้างแบบเฟรมในข้างต้นจะมีการจัดสรรแบนด์วิดท์ออกเป็นสองส่วนอย่างชัดเจนคือ ส่วนที่ใช้ในการร้องขอซึ่งไม่สามารถส่งข้อมูลได้และส่วนที่ใช้สำหรับการส่งข้อมูล ดังนั้นค่าวิสัยสามารถสูงสุดที่ระบบสามารถทำได้จึงไม่มากกว่าค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์วิดท์ที่ใช้ในการส่งข้อมูลต่อแบนด์วิดท์ทั้งหมดของระบบ

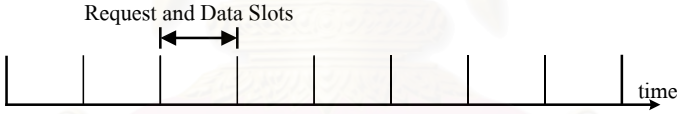
จากที่กล่าวในข้างต้นแสดงให้อีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญอันส่งผลต่อสมรรถนะของระบบคือโครงสร้างช่องสัญญาณของระบบ การศึกษาในบทนี้จะพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นของโครงสร้างช่องสัญญาณแบบต่างๆ ที่มีการนำเสนอในปัจจุบันอันประกอบด้วย โครงสร้างช่องสัญญาณแบบสล็อตและโครงสร้างแบบเฟรม จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ถึงข้อดีและด้อยที่มีในโครงสร้างช่องสัญญาณทั้งสองแบบที่กล่าว สุดท้ายจะนำเสนอโครงสร้างช่องสัญญาณแบบใหม่คือโครงสร้างช่องสัญญาณแบบปรับเปลี่ยนได้ อันเป็นแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ที่กล่าว

นอกจากโครงสร้างช่องสัญญาณที่มีการกำหนดอย่างแน่นอนเป็น ไทม์สล็อตหรือเฟรม แล้วหากพิจารณาอย่างละเอียด เช่น ในระบบ P-ALOHA จะพบว่ามีโครงสร้างช่องสัญญาณอีกแบบที่อยู่นอกเหนือการพิจารณาคือ โครงสร้างช่องสัญญาณแบบต่อเนื่องที่ไม่มีการกำหนดเวลาหรือจังหวะการรับส่งข้อมูล ผู้รับบริการจึงสามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ตลอดเวลาที่ต้องการซึ่งการทำงานเช่นนี้เป็นทั้งผลดีและผลเสียของระบบ ในด้านดีนั้นระบบสามารถให้ค่าของเวลาประวิงที่ค่าต่ำเพราะผู้รับบริการสามารถส่งข้อมูลทันทีที่ต้องการโดยไม่ต้องรอจนถึงช่วงหรือจังหวะที่ระบบอนุญาต แต่ข้อได้เปรียบทางด้านเวลาประวิงนี้จะมีค่าที่น้อยมากและเกิดขึ้นในสภาวะของทราฟฟิกที่ต่ำมากๆ เท่านั้น ในทางกลับกันข้อดีที่ระบบมีนั้นกลับส่งผลเสียต่อระบบมากกว่าผลดีกล่าวคือการที่ระบบไม่มีกฎเกณฑ์ทางด้านเวลาของการส่งข้อมูลจะทำให้การชนที่เกิดจากการทำงานแบบสุ่มมีค่าสูงขึ้นและจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณทราฟฟิกของระบบ ซึ่งจะทำให้ข้อได้เปรียบทางด้านของเวลาประวิงเมื่อเทียบกับระบบที่มีโครงสร้างแบบเฟรมหรือสล็อตลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งระบบแบบต่อเนื่องนี้ไม่สามารถทำงานได้ จึงมีการนำเอาการทำงานของระบบ P-ALOHA

บนโครงสร้างช่องสัญญาณแบบต่อเนื่องมากทำงานบนโครงสร้างช่องสัญญาณที่เป็นแบบสล็อต และเปลี่ยนชื่อเป็นโพรโทคอล Slotted-ALOHA (S-ALOHA)

7.2 โครงสร้างช่องสัญญาณแบบสล็อต

การจัดโครงสร้างช่องสัญญาณแบบสล็อตนี้จะนำช่องสัญญาณแบบต่อเนื่องมากระทำการแบ่งออกเป็นไทม์สล็อตย่อยๆ แบบ TDMA ดังแสดงในรูปที่ 7.1 ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความเป็นระเบียบในการทำงานมากขึ้น และเนื่องจากความเป็นระเบียบที่เพิ่มขึ้นนี้เองจะทำให้การชนกันของผู้ใช้ที่มีลักษณะแบบสุ่มลดน้อยลง ดังนั้นสมรรถนะของระบบโดยรวมจึงเพิ่มขึ้น โดยโพรโทคอลที่ทำงานอยู่บนโครงสร้างช่องสัญญาณแบบสล็อตที่มีการนำเสนออยู่ในปัจจุบันคือ S-ALOHA ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงการทำงานของโพรโทคอลดังกล่าวจะพบข้อด้อยที่เกิดขึ้นเนื่องจากโครงสร้างช่องสัญญาณแบบสล็อตคือ การร้องขอช่องสัญญาณของผู้ใช้จะเกิดขึ้นพร้อมกับการส่งแพ็กเกตข้อมูลทำให้เมื่อเกิดการสูญเสียเนื่องจากการชน การสูญเสียที่เกิดจะเป็นการสูญเสียของข้อมูลที่ส่งซึ่งมีขนาดใหญ่ ซึ่งการแก้ปัญหาที่เกิดในข้างต้นคือทำการลดขนาดของแพ็กเกตข้อมูลที่ใช้แต่การลดขนาดของแพ็กเกตข้อมูลนี้จะถูกจำกัดด้วยปริมาณของโอเวอร์เฮดที่มีภายในแพ็กเกตเพราะการลดขนาดแพ็กเกตข้อมูลทำให้อัตราส่วนระหว่างข้อมูลที่ต้องการและโอเวอร์เฮดต่ำลง การส่งข้อมูลที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จึงกลายเป็นการส่งข้อมูลในส่วนของโอเวอร์เฮดไม่ใช่ข้อมูลที่ต้องการ



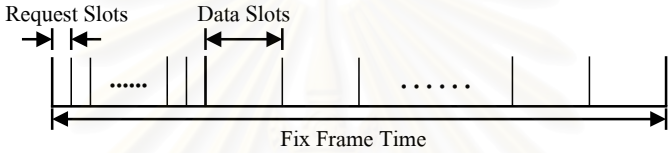
รูปที่ 7.1 โครงสร้างช่องสัญญาณแบบสล็อต

อีกแนวคิดหนึ่งที่ใช้ลดปริมาณการสูญเสียของแบนด์วิดท์เนื่องจากการชนภายในระบบแบบสล็อตคือ การแบ่งหน้าที่ช่องสัญญาณออกเป็นสองส่วนอันประกอบด้วย ส่วนที่ใช้ในการร้องขอที่มีขนาดเล็กและส่วนที่ใช้สำหรับส่งข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ดังแสดงในรูปที่ 7.2 คือเมื่อผู้ใช้บริการต้องการเข้าใช้ช่องสัญญาณจะต้องทำการร้องขอผ่านทางช่องสัญญาณร้องขอก่อนจึงจะได้รับอนุญาตการเข้าใช้ช่องสัญญาณข้อมูล ทำให้เมื่อเกิดการสูญเสียเนื่องจากการชนการสูญเสียที่เกิดจึงมีค่าที่ต่ำกว่าการสูญเสียช่องสัญญาณข้อมูลโดยตรง แต่การจัดโครงสร้างข้อมูลเช่นนี้จะได้ประโยชน์ลดลงถ้าระบบที่ทำการออกแบบมีการกำหนดค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนช่องสัญญาณร้องขอและจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลที่ไม่เหมาะสม ยกตัวอย่างกรณีการนำช่องสัญญาณดังกล่าวไปใช้กับระบบแบบไฮบริดพื้นฐานข้างต้น ในกรณีที่ไม่มีผู้รับบริการคนใดสามารถร้องขอช่องสัญญาณได้สำเร็จในช่วงร้องขอส่วนที่เป็นดาต้าสล็อตภายในเฟรมจะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การสูญเสียที่เกิดจึงเป็นการสูญเสียช่องสัญญาณข้อมูลคล้ายกับการทำงานบน

ช่องสัญญาณแบบสล็อตในข้างต้น และการสูญเสียที่เกิดขึ้นอาจมีค่ามากกว่าโครงสร้างช่องสัญญาณแบบสล็อตถ้าขนาดของ เฟรมที่ออกแบบมีความยาวมาก

7.3 โครงสร้างช่องสัญญาณแบบเฟรม

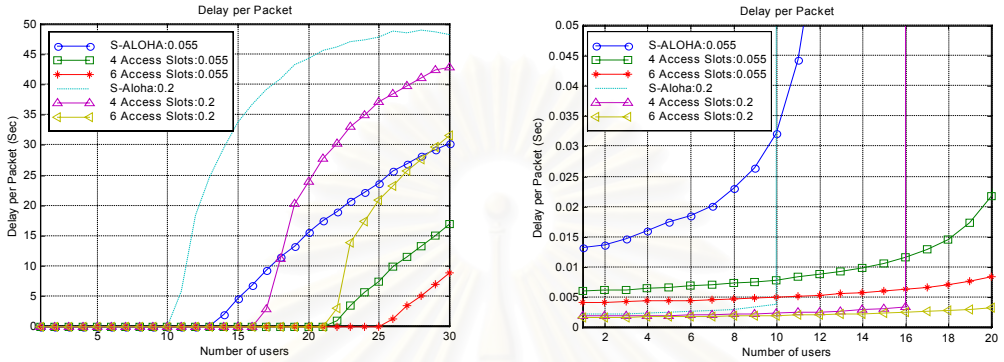
จากปัญหาที่กล่าวในหัวข้อที่ 7.2 พบว่าแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาที่เกิดคือ การนำกลุ่มของไทม์สล็อตมารวมกันเป็นเฟรม แล้วทำการแบ่งโครงสร้างเฟรมออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่ใช้ในการร้องขอและส่วนที่ใช้ในการส่งข้อมูล ซึ่งนอกจากจะทำให้ระบบมีการสูญเสียเนื่องจากการชนต่ำลงแล้วยังทำให้เกิดความยืดหยุ่นในแง่ของการกำหนดอัตราส่วนจำนวนช่องสัญญาณร้องขอต่อจำนวนช่องสัญญาณข้อมูล โดยโครงสร้างช่องสัญญาณแบบเฟรมจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 โครงสร้างช่องสัญญาณแบบเฟรม

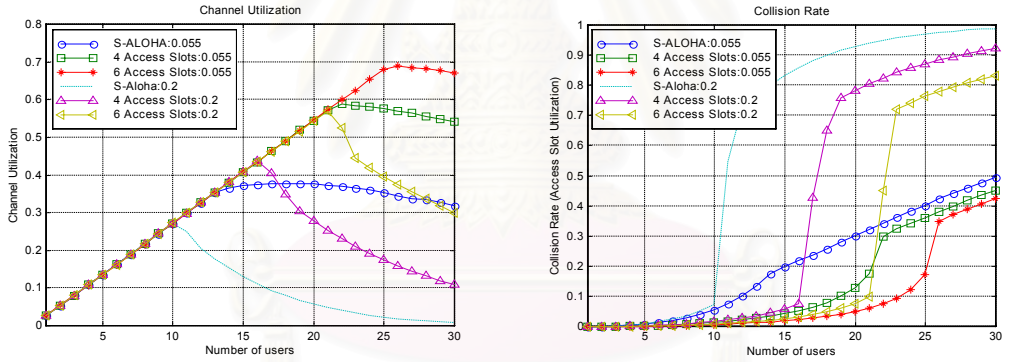
โครงสร้างช่องสัญญาณแบบเฟรมที่ใช้ในการทดสอบนี้จะทำงานบนพื้นฐานของระบบแบบไฮบริดพื้นฐานที่ภายในหนึ่งเฟรมประกอบด้วยช่องสัญญาณข้อมูลจำนวนหนึ่งช่อง และช่องสัญญาณร้องขอเท่ากับ 1, 4 และ 6 ตามลำดับ เพื่อศึกษาถึงความยืดหยุ่นและสมรรถนะของระบบที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการปรับเปลี่ยนจำนวนช่องสัญญาณร้องขอ สำหรับทราฟฟิกที่ใช้ในการทดสอบคือบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ที่อัตราข้อมูล 9.6 กิโลบิตต่อวินาทีและความยาวข้อความเฉลี่ยเท่ากับ 1 แพ็กเกต ซึ่งจากผลการทดสอบในรูปที่ 7.3-7.5 เมื่อทำการเปรียบเทียบกับระบบที่มีโครงสร้างแบบสล็อตคือ S-ALOHA ที่ค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ 0.055 และ 0.2 พบว่าระบบที่มีโครงสร้างแบบเฟรมสามารถให้ค่าเวลาประวิงและค่าวิสัยสามารถที่ดีกว่าระบบแบบสล็อตในทุกการทดสอบ โดยการเพิ่มจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอภายในเฟรมจะทำให้ระบบมีสมรรถนะเพิ่มขึ้นเพราะผู้ใช้มีโอกาสในการร้องขอช่องสัญญาณมากตามลำดับ และเมื่อพิจารณาถึงค่าอัตราการชนที่เกิดขึ้นเมื่อเทียบเป็นอัตราส่วนต่อช่องสัญญาณร้องขอทั้งหมดในรูปที่ 7.4 (ข) พบว่าระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอมากจะมีค่าอัตราการชนต่ำที่สุดเนื่องจากระบบมีช่องสัญญาณร้องขอสำหรับผู้ใช้เป็นจำนวนมากนั่นเอง เพื่อแสดงผลการชนที่เกิดขึ้นในอีกแง่มุมหนึ่งเราจะแสดงอัตราการชนในรูปของจำนวนครั้งที่เกิดขึ้นในหนึ่งวินาทีโดยจากรูปที่ 7.3 พบว่าในสภาวะที่ระบบยังคงมีเสถียรภาพนั้นจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่มากทำให้ระบบมีจำนวนการชนที่เกิดขึ้นจริงต่ำกว่าระบบช่องสัญญาณร้องขอน้อยเพราะผู้ใช้มีโอกาสในการร้องขอช่องสัญญาณมากขึ้น โอกาสในการร้องขอสำเร็จจึงเพิ่มขึ้นทำให้จำนวนการร้องขอใหม่เนื่องจากการร้องขอ

ไม่สำเร็จลดลงดังนั้นจำนวนการชนจึงลดลง แต่เมื่อปริมาณทราฟฟิกมีค่าสูงเกินกว่าที่ระบบจะรองรับจำนวนการชนของระบบแบบเฟรมที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอมากจะมีค่ามากกว่าระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณน้อยเพราะถ้าพิจารณาการชนที่เกิดขึ้นภายในหนึ่งเฟรม ระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอน้อยจะเป็นการจำกัดอัตราการชนที่เกิดขึ้นในขณะที่ระบบจำนวนช่องสัญญาณร้องขอมากจะแสดงถึงจำนวนการชนที่แท้จริงภายในระบบ



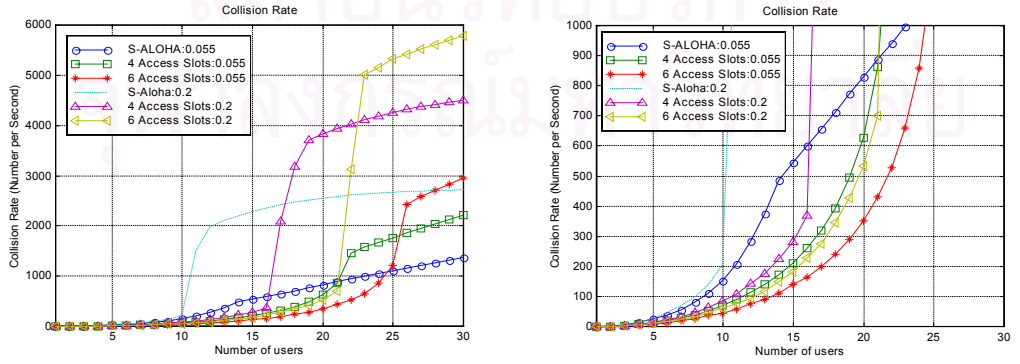
(ก) (ข)

รูปที่ 7.3 เวลาประวิงของแพ็กเกตข้อมูลเสียงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

รูปที่ 7.4 ค่าวิสัยสามารถและอัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

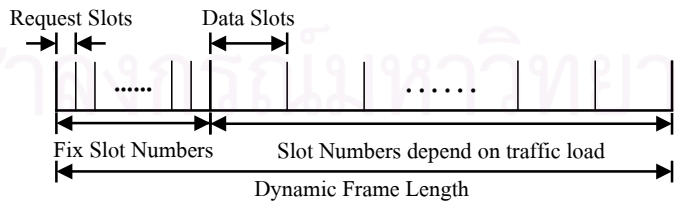
รูปที่ 7.5 อัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

แม้การเพิ่มจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอจะทำให้ระบบมีสมรรถนะที่เพิ่มขึ้นก็ตามแต่ในหัวข้อที่ 5.3.1.2 ในบทที่ 5 ข้างต้น ได้แสดงให้เห็นว่าจำนวนผู้ร้องขอสำเร็จที่เพิ่มขึ้นนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอถึงระดับหนึ่งเท่านั้น แต่เมื่อเพิ่มเกินค่านี้จะไม่เกิดประโยชน์ใดๆ ในแง่การร้องขอที่สำเร็จและยังเป็นผลให้เกิดการสูญเสียช่องสัญญาณข้อมูลเพิ่มขึ้นตามลำดับ

7.4 โครงสร้างช่องสัญญาณแบบปรับเปลี่ยนได้ตามสภาวะทราฟฟิก

การทำงานของโครงสร้างแบบเฟรมในข้างต้นแม้จะทำให้ระบบมีสมรรถนะสูงขึ้นเมื่อเทียบกับระบบสล็อต แต่ทั้งนี้โครงสร้างดังกล่าวยังพบข้อด้อยที่สำคัญสองประการคือ ในกรณีที่ไม่มีการร้องขอสำเร็จเกิดขึ้นอาจจะเนื่องจากการชนหรือการว่างจะทำให้ระบบโครงสร้างแบบเฟรมเกิดการสูญเสียแบนด์วิดท์ที่มีทั้งหมดภายในเฟรมเมื่อระบบทำงานแบบไฮบริดพื้นฐาน นอกจากนี้จำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่ผู้รับบริการต้องการในสภาวะทราฟฟิกต่างๆ ย่อมมีค่าแตกต่างกัน กล่าวคือในสภาวะทราฟฟิกต่ำนั้นผู้ใช้จะต้องการจำนวนช่องสัญญาณร้องขอมากกว่าช่องสัญญาณข้อมูลเพื่อให้เวลาประวิงที่เกิดจากการร้องขอมีค่าต่ำที่สุด ในทางตรงกันข้ามที่สภาวะทราฟฟิกสูงระบบจะต้องการจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลเป็นจำนวนมากเพื่อให้เพียงพอกับปริมาณผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งโครงสร้างแบบเฟรมไม่สามารถกำหนดจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอที่เหมาะสมในทุกสภาวะทราฟฟิกให้แก่ผู้รับบริการได้

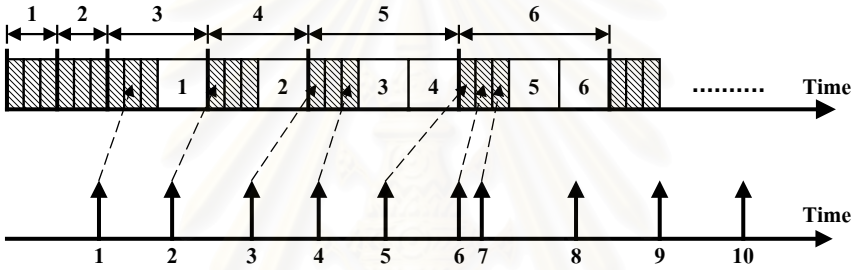
การแก้ปัญหาที่กล่าวมาในข้างต้นนั้นจะไม่สามารถกระทำได้ในระบบที่มีโครงสร้างช่องสัญญาณแบบกำหนดแน่นอนเพราะอัตราส่วนของจำนวนช่องสัญญาณร้องขอและช่องสัญญาณข้อมูลที่เหมาะสมจะมีค่าเปลี่ยนไปตามปริมาณโหลดที่รองรับ ในวิทยานิพนธ์นี้จะได้เสนอโครงสร้างช่องสัญญาณข้อมูลแบบใหม่ที่สามารถปรับเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่างจำนวนช่องสัญญาณร้องขอและช่องสัญญาณข้อมูลที่มีภายในเฟรมได้ โดยระบบสามารถเปลี่ยนแปลงขนาดความยาวในแต่ละเฟรมได้ผ่านทางจำนวนของช่องสัญญาณข้อมูล ส่วนจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอในแต่ละเฟรมจะถูกกำหนดขนาดไว้อย่างแน่นอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ดังแสดงในรูปที่ 7.6



รูปที่ 7.6 โครงสร้างช่องสัญญาณแบบปรับเปลี่ยนได้ตามปริมาณโหลด

โดยเงื่อนไขที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนจำนวนของช่องสัญญาณข้อมูลที่นำเสนอจะมีข้อกำหนดดังนี้คือ จำนวนช่องสัญญาณข้อมูลที่มีในแต่ละเฟรมจะถูกกำหนดให้มีขนาดเพียงพอกับปริมาณที่ผู้ใช้ต้องการใช้ในขณะนั้นๆ แต่ทั้งนี้จะต้องมีจำนวนไม่เกินค่าสูงสุดที่อนุญาต และในกรณีที่ไม่มีความ

ต้องการใช้ช่องสัญญาณภายในเฟรมนั้นๆ เลยจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลสามารถมีค่าลดลงจนเท่ากับศูนย์ได้ ซึ่งจะทำให้ระบบสามารถเริ่มวงรอบของเฟรมถัดไปขึ้นในทันทีดังตัวอย่างการทำงานในรูปที่ 7.7 โดยระบบที่ยกตัวอย่างนี้ภายในหนึ่งเฟรมจะประกอบด้วยช่องสัญญาณร้องขอ 3 ช่องและจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลมากที่สุด 2 ช่อง ซึ่งในเฟรมที่หนึ่งและสองระบบยังไม่มีการร้องขอที่สำเร็จเกิดขึ้นจึงทำการเริ่มวงรอบของการร้องขอใหม่ในทันที โดยการกำหนดขนาดจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลเท่ากับศูนย์ สำหรับในเฟรมที่ 3 4 และ 5 นั้นเมื่อมีผู้ร้องขอสำเร็จระบบก็จะกำหนดจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลที่มีในแต่ละเฟรมให้มีค่าเพียงพอกับความต้องการเท่านั้นคือ 1 1 และ 2 ช่องสัญญาณข้อมูลตามลำดับ สุดท้ายคือในเฟรมที่ 6 ซึ่งมีจำนวนผู้ใช้ที่ร้องขอช่องสัญญาณเท่ากับ 3 คนแต่ระบบจะสามารถจัดสรรช่องสัญญาณข้อมูลให้แก่ผู้รับบริการได้เพียง 2 ช่องเท่านั้นเนื่องจากเป็นจำนวนสูงสุดที่ระบบอนุญาตให้มีในแต่ละเฟรม



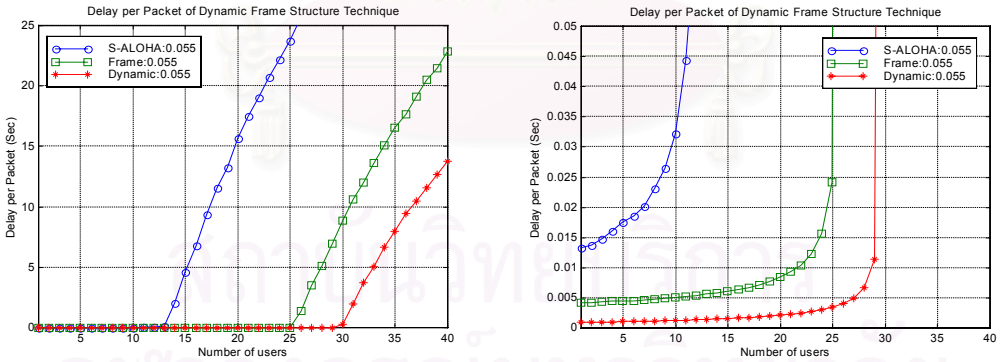
รูปที่ 7.7 โครงสร้างช่องสัญญาณแบบปรับเปลี่ยนได้ตามปริมาณโหลด

เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะและการทำงานที่เกิดขึ้นในโครงสร้างที่นำเสนอเราจะทำการศึกษาสมรรถนะของโครงสร้างที่นำเสนอนี้ใน 4 ประเด็นคือ 1. ทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของโครงสร้างแบบปรับเปลี่ยนได้กับโครงสร้างช่องสัญญาณแบบดั้งเดิมคือ โครงสร้างแบบสล็อตและโครงสร้างแบบเฟรมในระบบที่มีการทำงานแบบไฮบริดพื้นฐาน 2. ศึกษาผลของจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่มีในโครงสร้างแบบปรับเปลี่ยนได้อันมีต่อสมรรถนะของระบบที่มีการทำงานแบบไฮบริดพื้นฐาน 3. ศึกษาผลของจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่มีในโครงสร้างแบบปรับเปลี่ยนได้อันมีต่อสมรรถนะของระบบที่มีเทคนิคลดจำนวนการร้องขอในบทที่สี่ 4. ศึกษาข้อจำกัดของการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลสำหรับบริการที่ไม่สามารถทนต่อเวลาประวิงได้คือเสียงเมื่อทำงานรวมกับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ สำหรับการทดสอบในหัวข้อที่ 1 2 และ 3 นั้นทราฟฟิกที่ใช้ในการทดสอบคือบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์เพียงอย่างเดียว

7.4.1 การเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างระบบโครงสร้างสล็อต เฟรมและแบบปรับเปลี่ยนได้

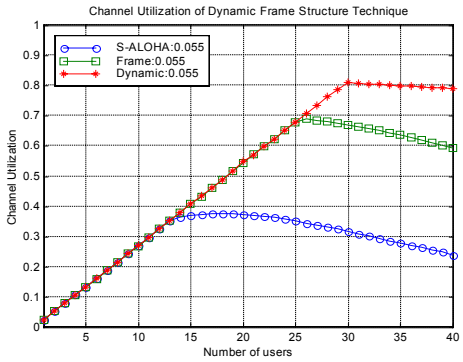
โครงสร้างแบบเฟรมที่ทำการทดสอบในหัวข้อนี้จะประกอบด้วยช่องสัญญาณร้องขอ 6 และช่องสัญญาณข้อมูลเท่ากับ 2 ช่องต่อเฟรม ส่วนโครงสร้างแบบปรับเปลี่ยนได้จะประกอบด้วยช่องสัญญาณร้องขอ 6 ช่องและช่องสัญญาณข้อมูลไม่เกิน 2 ช่องต่อเฟรม โดยระบบทดสอบทั้ง 2

จะมีการทำงานบนพื้นฐานของระบบไฮบริดโพรโทคอลพื้นฐาน ส่วนระบบโครงสร้างแบบสล็อตที่ทำการทดสอบจะมีการทำงานแบบ S-ALOHA ซึ่งผลการทดสอบที่ได้ในรูป 7.8 และ 7.9 แสดงให้เห็นว่าระบบที่มีโครงสร้างแบบปรับเปลี่ยนได้จะให้ผลของสมรรถนะที่สูงสุด กล่าวคือมีค่าเวลาประวิงที่ต่ำและค่าวิสัยสามารถที่สูงในทุกสภาวะทราฟฟิก เนื่องจากในสภาวะโหลดต่ำระบบที่มีโครงสร้างปรับเปลี่ยนได้จะมีจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอที่มากดังแสดงในรูปที่ 7.11 (ข) ทำให้ผู้ใช้สามารถร้องขอช่องสัญญาณได้รวดเร็วเมื่อต้องการ นอกจากนี้จำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่มากและวงรอบของเฟรมที่สั้นทำให้ระบบเสมือนกับมีการกระจายช่องสัญญาณร้องขอ จำนวนการชนที่เกิดขึ้น ณ จุดนี้จึงมีค่าที่ต่ำที่สุดดังรูปที่ 7.10 (ข) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณทราฟฟิกขึ้นจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่มีในระบบโครงสร้างแบบปรับเปลี่ยนได้จะถูกแทนที่ด้วยช่องสัญญาณข้อมูลทำให้จำนวนช่องสัญญาณร้องขอค่อยๆ มีค่าลดลงดังรูป 7.11 (ข) และเมื่อทำการเพิ่มปริมาณโหลดมากขึ้นจนเข้าใกล้จุดสูงสุดที่ระบบโครงสร้างแบบปรับเปลี่ยนสามารถรองรับได้จำนวนการชนที่เกิดในรูปที่ 7.10 (ข) จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งมีค่ามากกว่าระบบที่ทำการเปรียบเทียบทั้งหมด แต่ทั้งนี้จำนวนการชนที่มากกว่าจะไม่ทำให้โครงสร้างแบบปรับเปลี่ยนได้มีสมรรถนะต่ำกว่าระบบที่ทำการเปรียบเทียบ เพราะระบบแบบปรับเปลี่ยนโครงสร้างจะไม่มีการสูญเสียช่องสัญญาณข้อมูลเมื่อเกิดการชนหรือการว่าง อีกทั้งสามารถเริ่มต้นวงรอบของการร้องขอใหม่ได้ในทันที ดังนั้นภายในเวลาที่เท่ากันระบบจึงสามารถให้จำนวนช่องสัญญาณร้องขอได้เพียงพอกับปริมาณการชนและการร้องขอที่เกิดขึ้น ในขณะที่ระบบอื่นๆ จะถูกจำกัดจำนวนช่องสัญญาณร้องขอซึ่งเสมือนกับเป็นการจำกัดจำนวนการชนที่เกิดขึ้น จำนวนการชนที่ได้ในโครงสร้างแบบสล็อตและเฟรมจึงต่ำกว่า

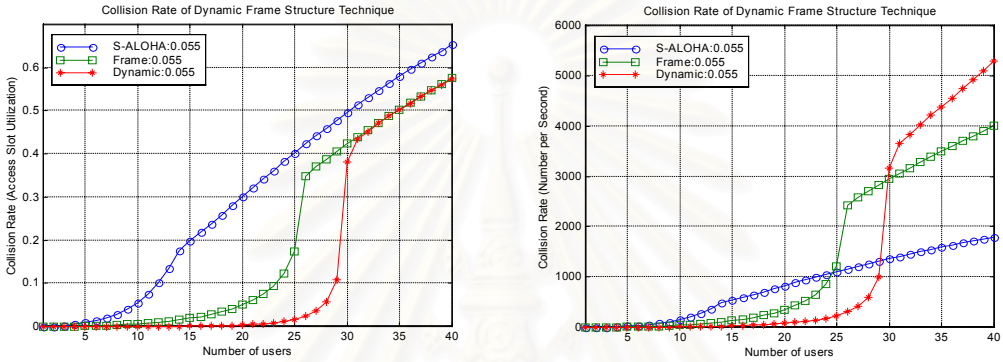


(ก) (ข)

รูปที่ 7.8 เวลาประวิงของแพ็กเกตข้อมูลเสียงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

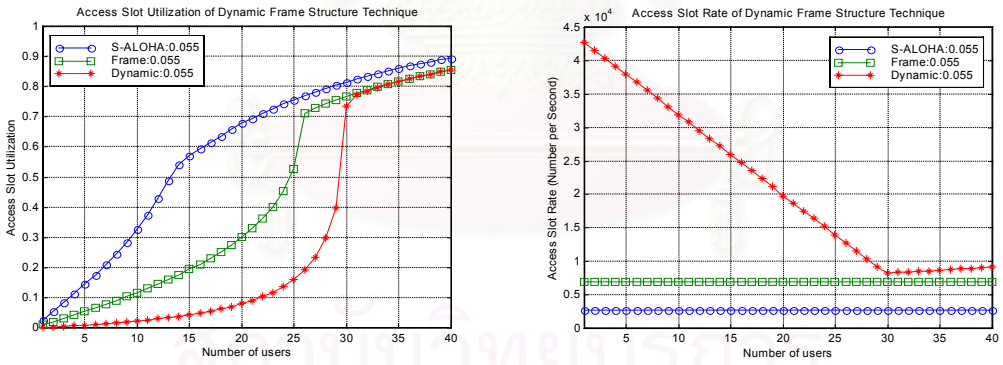


รูปที่ 7.9 ค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

รูปที่ 7.10 อัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

รูปที่ 7.11 อัตราการใช้ช่องสัญญาณร้องขอและจำนวนช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

7.4.2 ผลของโครงสร้างปรับเปลี่ยนได้ในระบบที่มีการทำงานแบบไฮบริดพื้นฐาน

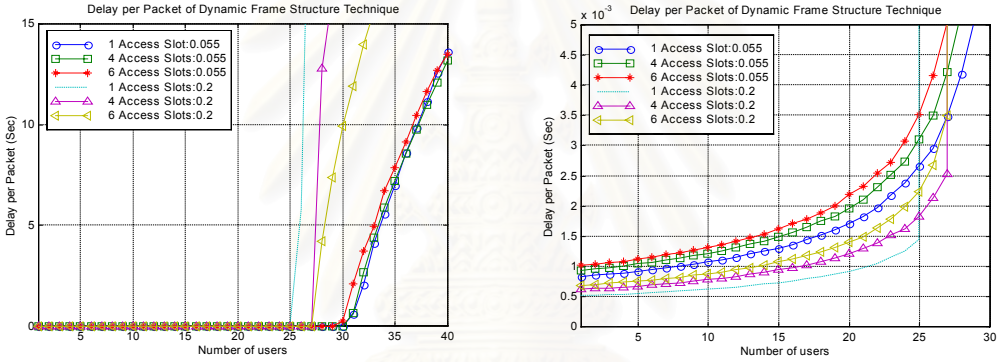
การทดสอบในส่วนนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากค่าอัตราส่วนของจำนวนช่องสัญญาณร้องขอต่อจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลเมื่อระบบมีจำนวนการร้องขอที่สูง ดังนั้นโพรโทคอลที่ใช้จึงมีการทำงานแบบไฮบริดพื้นฐาน สำหรับโครงสร้างช่องสัญญาณแบบปรับเปลี่ยนได้ที่ใช้ในการทดสอบภายในหนึ่งเฟรมจะประกอบด้วยช่องสัญญาณข้อมูลสูงสุดเท่ากับ 2 ช่อง ส่วนช่อง

สัญญาณร้องขอจะมีการเปลี่ยนค่าเท่ากับ 1 4 และ 6 ตามลำดับที่ค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณเท่ากับ 0.055 และ 0.2 เพื่อดูผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสมรรถนะของระบบ

จากผลการทดสอบที่ได้ในรูปที่ 7.12-7.16 พบว่าผลที่ได้จะมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปตามอิทธิพลของจำนวนของการร้องขอ โดยการทดสอบระบบที่ค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณเท่ากับ 0.055 นั้นจะกระทำเพื่อลดผลการชนเนื่องจากจำนวนการร้องขอที่เกิดแต่การใช้ค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณเท่ากับ 0.2 จะเป็นการเพิ่มผลกระทบของจำนวนการร้องขอ พิจารณาผลที่ได้ในกรณีที่ระบบมีค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณเท่ากับ 0.055 พบว่าสมรรถนะทั้งในแง่ของเวลาประวิงและค่าวิสัยสามารถจะมีค่าที่ดีที่สุดในระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอต่ำเนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่ต่ำทำให้วงรอบของการร้องขอสามารถเริ่มต้นได้อย่างรวดเร็วและถี่กว่า จึงเป็นการเพิ่มโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการ และเมื่อพิจารณาถึงการชนที่เกิดขึ้นในรูปที่ 7.14 พบว่าในสภาวะโหลดต่ำระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอมากหรือน้อยจะไม่ทำให้จำนวนการชนที่เกิดมีค่าแตกต่างกันเนื่องจากที่จุดนี้ปริมาณการร้องขอมีไม่มากทำให้ผลของโอกาสในการร้องขอช่องสัญญาณที่แตกต่างกันจากตำแหน่งของสล็อตภายในเฟรมไม่เกิดขึ้น โดยผลของตำแหน่งช่องสัญญาณร้องขอนั้นจะเห็นเด่นชัดและทำการกล่าวถึงอย่างละเอียดในส่วนถัดไป จากนั้นเมื่อทำการเพิ่มปริมาณทราฟฟิกจนถึงค่าสูงสุดที่ระบบรองรับได้จำนวนการชนที่เกิดขึ้นจะเริ่มมีค่าที่แตกต่างกันกล่าวคือระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอน้อยจะมีจำนวนการชนที่มากกว่าเพราะผู้ใช้มีโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณร้องขอที่มีในแต่ละช่องสูงกว่าระบบช่องสัญญาณร้องขอมาก แต่ทั้งนี้จำนวนการชนที่เกิดขึ้นนี้ก็ยังไม่สามารถส่งผลให้ระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอน้อยมีสมรรถนะที่ต่ำกว่าแต่อย่างใดเพราะผู้ใช้ยังมีโอกาสในการร้องขอช่องสัญญาณสำเร็จบ้างแม้จะมีการสูญเสียช่องสัญญาณร้องขอไปบางส่วนก็ตาม แต่การสูญเสียที่จะยังมีค่าที่ต่ำเมื่อเทียบกับแบนด์วิดท์ที่ต้องสูญเสียไปในทุกๆ เฟรมเพราะการกำหนดจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอที่มาก

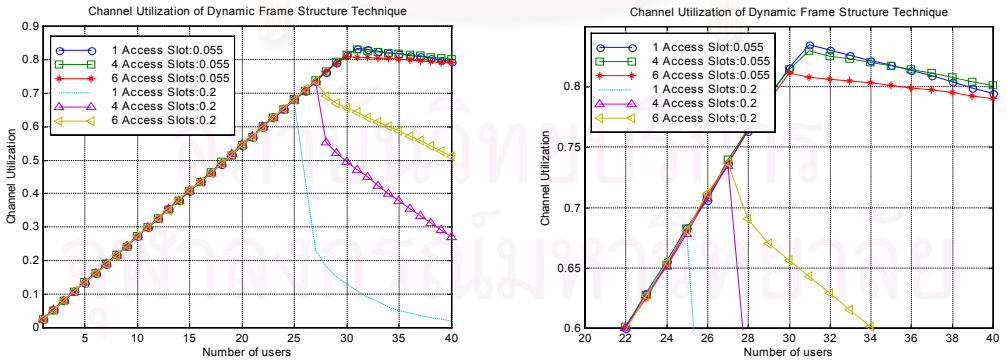
แต่เมื่อทำการเพิ่มผลของการชนคือทำการทดสอบระบบที่ค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณเท่ากับ 0.2 พบว่าผลที่ได้จะมีลักษณะตรงกันข้ามกับในข้างต้น กล่าวคือระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอต่ำจะให้ค่าของสมรรถนะคือ ค่าเวลาประวิงต่ำที่สุดในช่วงโหลดน้อยเท่านั้น แต่เมื่อจำนวนของผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้น ระบบที่อนุญาตให้ผู้ใช้สามารถร้องขอช่องสัญญาณได้บ่อยเนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณร้องขอต่อเฟรมที่ต่ำจะทำให้จำนวนการชนที่เกิดมีค่าสูงขึ้นดังแสดงในรูปที่ 7.14 และสูงมากจนทำให้สมรรถนะของระบบลดลง นอกจากนี้การชนที่เพิ่มขึ้นทำให้จำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่มีภายในระบบและอัตราการใช้ช่องสัญญาณร้องขอเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 7.15 และ 7.16 ซึ่งผลการเพิ่มนี้จะมากขึ้นตามปริมาณโหลดจนกระทั่งระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอต่อเฟรมต่ำกลับมีจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอรวมที่สูงกว่า

โดยผลการชนที่เกิดขึ้นที่สภาวะทราฟฟิกสูงในระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอแตกต่างกันนั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้คือ ระบบที่อนุญาตให้ผู้ใช้บริการสามารถร้องขอช่องสัญญาณเพียงหนึ่งครั้งต่อหนึ่งเฟรมจะทำให้โอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณที่ได้ของผู้ใช้บริการทุกคนในแต่ละสล็อตมีค่าที่แตกต่างกันไป กล่าวคือถ้ากำหนดค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณเท่ากับ P ผู้ใช้บริการแต่ละคนจะมีค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณเท่ากับ P เฉพาะช่องสัญญาณร้องขอแรกของเฟรมเท่านั้น จากนั้นจะมีค่าที่ลดลงตามตำแหน่งของช่องสัญญาณร้องขอภายในเฟรมยกตัวอย่างในช่องสัญญาณร้องขอที่สองและสามนั้นจะมีค่าเท่ากับ $(1-P)P$ และ $(1-P)^2 P$ ตามลำดับ ทำให้ในสภาวะทราฟฟิกสูงช่องสัญญาณแรกๆ จะทำหน้าที่ช่วยลดจำนวนของผู้ใช้บริการให้น้อยลงก่อนที่จะเริ่มร้องขอช่องสัญญาณในสล็อตถัดไปและค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณที่น้อยลงจะช่วยในการลดผลการชนที่เกิดขึ้น ดังนั้นโอกาสในการร้องขอที่ได้จึงเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระบบที่มีการเพิ่มวงรอบของการร้องขอเร็ว



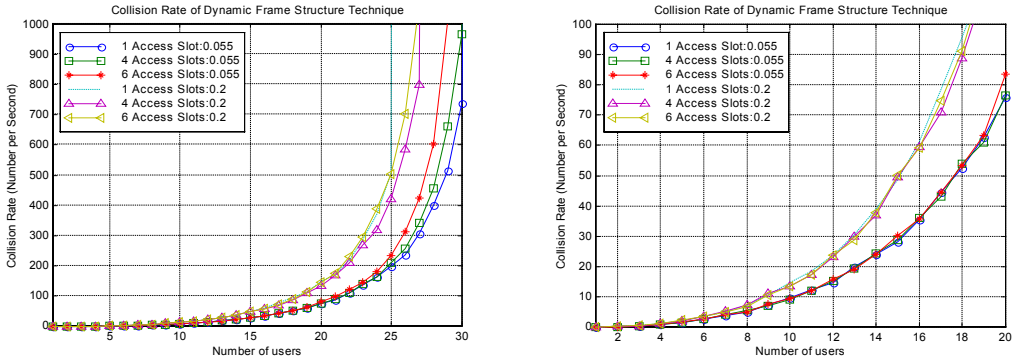
(ก) (ข)

รูปที่ 7.12 เวลาประวิงของแพ็กเกตข้อมูลเสียงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



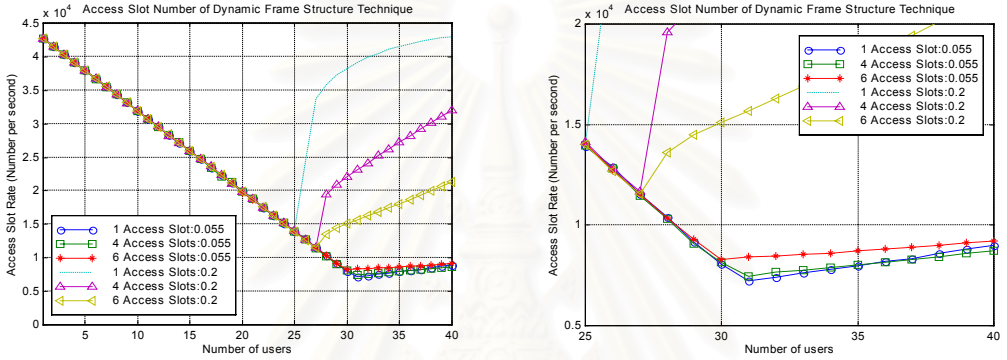
(ก) (ข)

รูปที่ 7.13 ค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



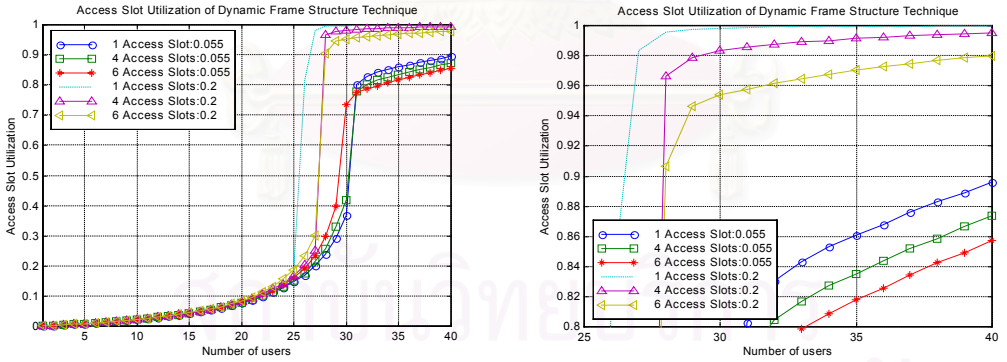
(ก) (ข)

รูปที่ 7.14 อัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

รูปที่ 7.15 จำนวนช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

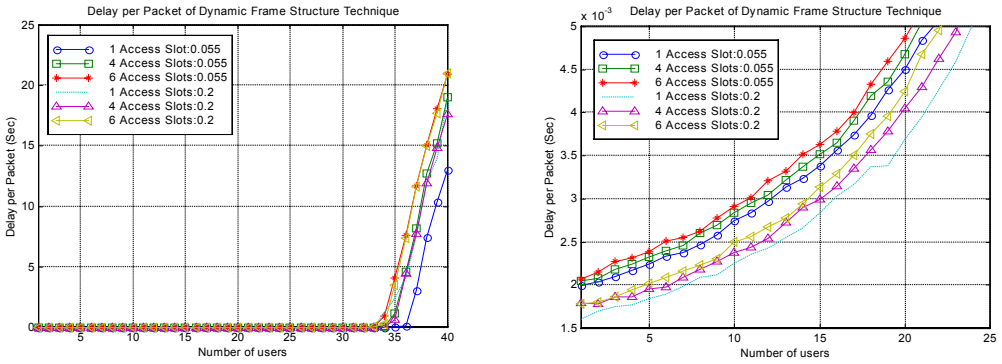
รูปที่ 7.16 อัตราการใช้ช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

7.4.3 ผลของโครงสร้างปรับเปลี่ยนได้ในระบบที่มีการใช้เทคนิคลดจำนวนของการร้องขอในระบบแบบไฮบริดพื้นฐาน

จากข้างต้นเราได้ทราบถึงปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการกำหนดจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอว่าจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่เหมาะสมจะขึ้นกับปริมาณการร้องขอของผู้ใช้และค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณที่พิจารณา กล่าวคือเราไม่สามารถลดจำนวนของช่องสัญญาณ

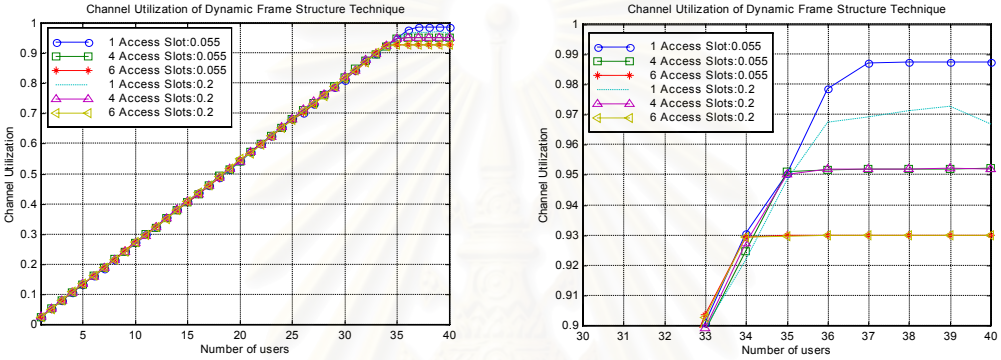
ร้องขอเพื่อเพิ่มค่าวิสัยสามารถของระบบหรือจำนวนของช่องสัญญาณข้อมูลได้อย่างอิสระ ดังนั้นเพื่อแสดงสมรรถนะของระบบที่ได้เมื่อระบบสามารถปรับเปลี่ยนจำนวนของช่องสัญญาณร้องขออย่างอิสระ คือไม่มีอิทธิพลของจำนวนการร้องขอเข้ามา โดยการทดสอบระบบในส่วนนี้จะกระทำกับระบบแบบไฮบริดพื้นฐานที่มีการใช้เทคนิคของการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่ม PGBK และคิวดังที่นำเสนอในบทที่ 4 และภายในหนึ่งเฟรมของโครงสร้างแบบปรับเปลี่ยนได้จะประกอบด้วยจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลมากที่สุดเท่ากับ 5 ส่วนจำนวนช่องสัญญาณร้องขอจะทำการปรับเปลี่ยนค่าเท่ากับ 1, 4 และ 6 ตามลำดับ สำหรับทราฟฟิกที่ใช้ในการทดสอบจะเป็นบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์อัตราเร็วข้อมูลเท่ากับ 9.6 กิโลบิตต่อวินาทีที่ขนาดความยาวของข้อความเท่ากับ 5 แพ็กเกต

จากผลการทดสอบที่ได้ในรูปที่ 7.17-7.22 พบว่าในระบบที่มีจำนวนการร้องขอต่ำจะมีสมรรถนะทั้งในแง่ของเวลาประวิงและค่าวิสัยสามารถดีที่สุดในระบบที่มีจำนวนของช่องสัญญาณร้องขอภายในหนึ่งเฟรมน้อยที่สุดในทุกสภาวะทราฟฟิกที่พิจารณา โดยค่าของเวลาประวิงที่ต่ำกว่าในสภาวะทราฟฟิกน้อยนั้นเกิดจากความยาวของเฟรมข้อมูลโดยเฉลี่ยเมื่อจำนวนช่องสัญญาณร้องขอต่ำจะมีค่าน้อยกว่า ผู้ใช้จึงมีโอกาสในการส่งข้อมูลได้เร็วขึ้นเพราะการส่งข้อมูลในระบบนี้จะกระทำในเฟรมถัดไปเสมอ สำหรับค่าของเวลาประวิงที่ต่ำในสภาวะทราฟฟิกสูงนั้นเกิดจากจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่ต่ำทำให้แบนด์วิดท์ที่สามารถใช้ส่งข้อมูลได้เพิ่มขึ้น ระบบจึงสามารถรองรับปริมาณโหลดได้มากขึ้นดังจะสังเกตได้จากค่าวิสัยสามารถในรูปที่ 7.18 ซึ่งจะเริ่มคงที่ ณ จุดที่เวลาประวิงมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงค่าวิสัยสามารถสูงสุดที่แต่ละระบบสามารถรองรับได้พบว่าระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอต่ำจะมีค่าวิสัยสามารถที่สูงกว่าโดยค่าที่ได้นี้จะเข้าใกล้อัตราส่วนระหว่างส่วนที่ใช้ในการส่งข้อมูลต่อช่องสัญญาณทั้งหมดภายในเฟรม ยกตัวอย่างกรณีระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอหนึ่งช่องต่อจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลสูงสุด 5 ช่องภายในหนึ่งเฟรมที่ค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ 0.055 จะมีค่าอัตราส่วนที่ใช้ในการส่งข้อมูลเท่ากับ $\frac{288\times 5}{288\times 5+18\times 1}=0.988$ ซึ่งใกล้เคียงกับค่าวิสัยสามารถที่ได้ในรูป 7.18 และผลที่เกิดขึ้นนี้ยังสามารถยืนยันได้จากจำนวนช่องสัญญาณร้องขอซึ่งจะมีค่าเข้าใกล้จำนวนช่องสัญญาณร้องขอน้อยที่สุดที่สามารถมีได้ในหนึ่งวินาทีเท่ากับ $\frac{792\times 10^3}{(288\times 5+18\times 1)\times 1}=543.21$ สล็อตต่อวินาที ซึ่งเป็นค่าที่เกิดขึ้นในกรณีที่ในแต่ละเฟรมมีจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลและร้องขอครบถ้วน และค่าที่ได้นี้ยังใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการทดสอบในรูปที่ 7.20 แต่ทั้งนี้ค่าจากการทดสอบจริงย่อมสูงกว่าค่าในทางอุดมคติเพราะระบบต้องทำการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณร้องขอเพื่อชดเชยกับจำนวนการชนที่เพิ่มเกิดขึ้น



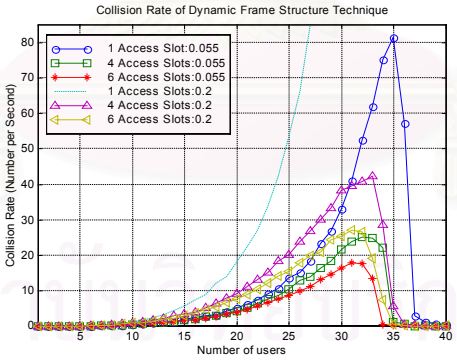
(ก) (ข)

รูปที่ 7.17 เวลาประวิงของแพ็กเกตข้อมูลเสียงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

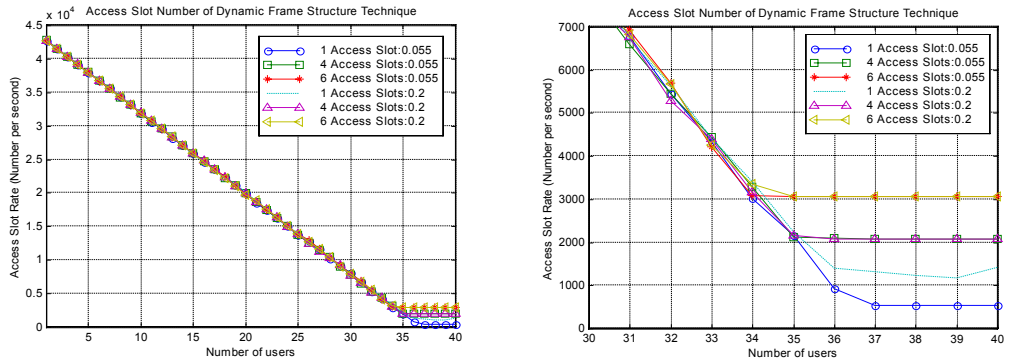


(ก) (ข)

รูปที่ 7.18 ค่าวิสัยสามารถในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

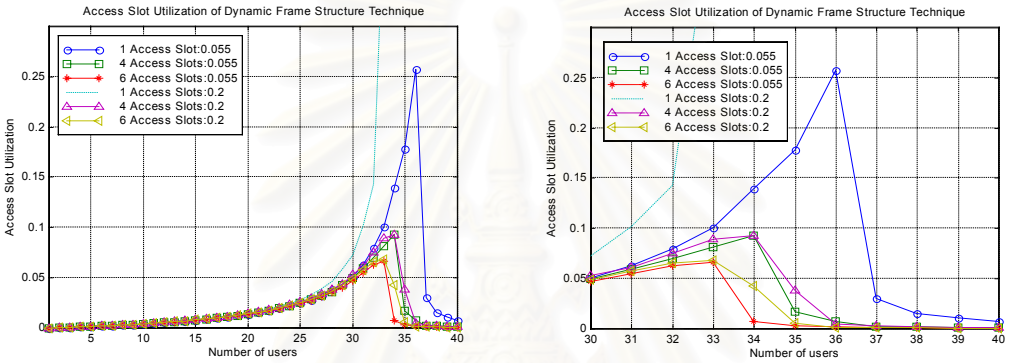


รูปที่ 7.19 อัตราการชนในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

รูปที่ 7.20 จำนวนช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

รูปที่ 7.21 อัตราการใช้ช่องสัญญาณร้องขอในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

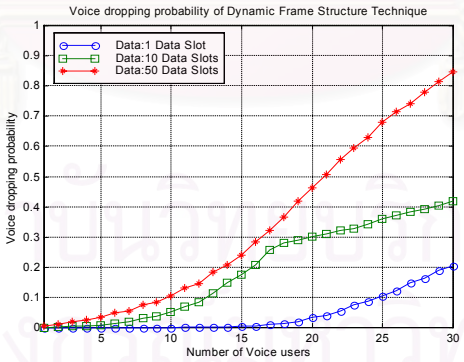
จากผลที่ได้ในข้างต้นการจะสรุปว่าระบบที่มีค่าอัตราส่วนของจำนวนช่องสัญญาณร้องขอต่อช่องสัญญาณข้อมูลที่ต่ำในระบบที่มีจำนวนการร้องขอน้อยจะให้สมรรถนะของระบบสูงที่สุดนั้นเป็นสิ่งที่ไม่ถูกต้องทั้งหมด เพราะค่าเวลาประวิงและค่าวิสัยสามารถที่ได้จากการทดสอบเป็นเพียงค่าเฉลี่ยของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดภายในระบบ ทำให้ไม่มีการคำนึงถึงความยุติธรรมในการให้บริการสำหรับผู้ใช้แต่ละคน ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้จะสามารถสังเกตได้เมื่อบริการที่ระบบรองรับมีลักษณะไม่สามารถทนทานต่อเวลาประวิงได้ดังจะได้ทำการกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

7.4.4 ผลการครอบครองช่องสัญญาณในระบบที่โครงสร้างปรับเปลี่ยนได้สำหรับบริการเสียง

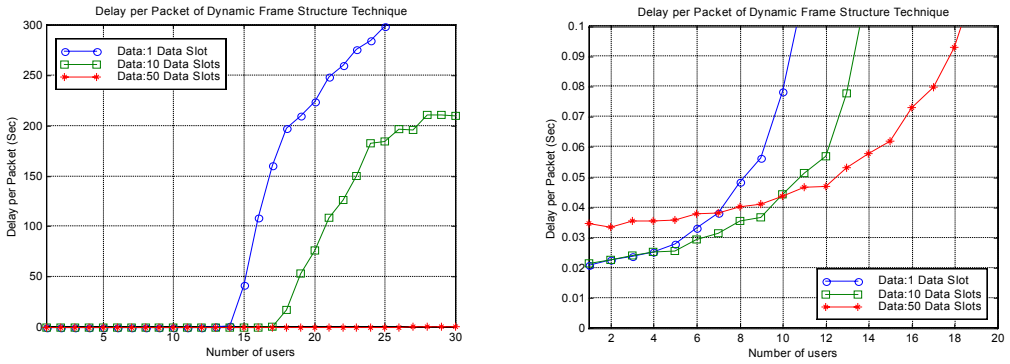
เพื่อแสดงผลของการครอบครองช่องสัญญาณที่กล่าวในข้างต้น การทดสอบระบบในส่วนนี้จะกระทำกับระบบที่มีเทคนิคของคิวสำหรับบริการเสียงและข้อมูลคอมพิวเตอร์ เทคนิคของ PGBK สำหรับบริการเสียง เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบกลุ่มและ PGBK สำหรับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังมีการกำหนดลำดับความสำคัญของการบริการให้แก่บริการเสียงโดยสถานีฐานจะทำการจัดสรรช่องสัญญาณตามลำดับดังนี้คือ Active Voice, Queue Voice, New Access Voice, Active Data, Queue Data และ New Access Data สำหรับโครงสร้างภายในหนึ่ง

เฟรมจะประกอบด้วยช่องสัญญาณร้องขอ 1 ช่อง ส่วนจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลจะทำการปรับเปลี่ยนค่าเท่ากับ 1 10 และ 50 ช่อง ซึ่งการทดสอบนี้ระบบจะรองรับทราฟฟิกสองประเภทคือเสียงและ ข้อมูลคอมพิวเตอร์โดยจะทำการเพิ่มจำนวนผู้ใช้ของบริการทั้งสองเป็นจำนวนที่เท่าๆ กันจาก 1 ถึง 30 คน สำหรับลักษณะของทราฟฟิกเสียงที่ใช้ในการทดสอบจะมีค่าของตัวแปรดังตารางที่ 3.1 ส่วนบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ที่ใช้จะมีอัตราข้อมูลเท่ากับ 9.6 กิโลบิตต่อวินาทีที่ความยาวข้อความเท่ากับ 50 แพ็กเกต

จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าการเพิ่มจำนวนของช่องสัญญาณข้อมูลสูงสุดทำให้โอกาสในการดร็อปแพ็กเกตของเสียงสูงขึ้นตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 7.22 ทั้งที่ระบบมีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบให้ความสำคัญสำหรับบริการเสียงก่อนบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ เพราะระบบที่มีโครงสร้างเฟรมยาวเกินไปจะทำให้บริการเสียงต้องรอเป็นเวลานานจึงจะมีโอกาสในการร้องขอช่องสัญญาณแต่ละครั้ง ยกตัวอย่างในกรณีช่องสัญญาณข้อมูล 50 ช่องช่วงเวลาในแต่ละเฟรมจะเท่ากับ $\frac{288\times 50}{792\times 10^{3}}=18$ มิลลิวินาที ดังนั้นบริการเสียงจะสามารถพลาดการร้องขอช่องสัญญาณได้เพียง 2 เฟรมเท่านั้นก่อนที่จะเกิดการสูญเสียแพ็กเกตขึ้นซึ่งเป็นค่าที่น้อยมากเมื่อเทียบกับค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณที่ 0.2 ซึ่งในกรณีนี้หมายความว่าโดยเฉลี่ยแล้วผ่านไป 5 เฟรมผู้ใช้บริการจึงจะร้องขอช่องสัญญาณหนึ่งครั้ง ผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการสูญเสียแพ็กเกตข้อมูลเสียงดังกล่าวจะทำให้บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณแทนบริการเสียงที่สูญเสียไปได้คือ มีค่าของเวลาประวิงที่ต่ำและค่าวิสัยสามารถที่สูงขึ้นตามจำนวนของช่องสัญญาณข้อมูลที่เพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 7.23 และ 7.24 ตามลำดับ

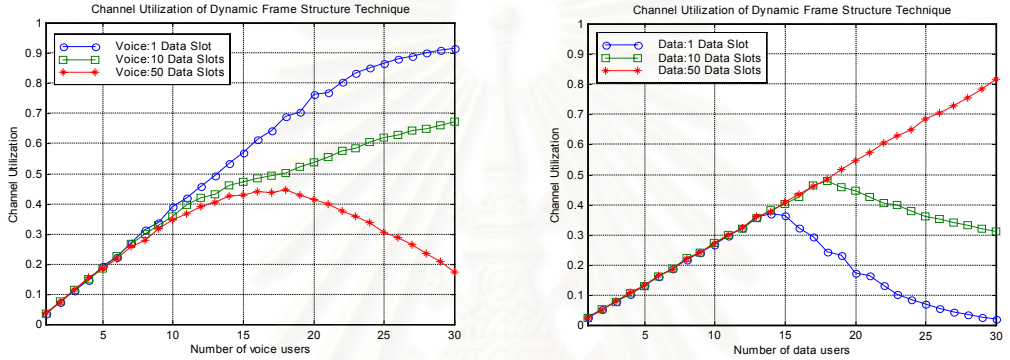


รูปที่ 7.22 เวลาประวิงของแพ็กเกตข้อมูลเสียงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

รูปที่ 7.23 เวลาประวิงของแพ็กเกตข้อมูลเสียงในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด



(ก) (ข)

รูปที่ 7.24 ค่าวิสัยสามารถของบริการเสียงและข้อมูลคอมพิวเตอร์ในระบบการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริด

ผลข้างต้นยังแสดงให้เห็นการทำงานในอีกมุมมองหนึ่งของระบบกล่าวคือ ระบบดังกล่าวขาดความยุติธรรมในการให้บริการต่อผู้ใช้บริการทั้งสองกลุ่มคือ กลุ่มที่สามารถร้องขอช่องสัญญาณได้สำเร็จจะได้รับการบริการจากสถานีฐานมากเท่าที่ผู้ใช้ต้องการ ในทางตรงกันข้ามผู้รับบริการที่รอคอยการร้องขอจะต้องรอคอยเป็นเวลานานก่อนที่จะได้รับการบริการ

จากผลการทดสอบข้างต้นทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าระบบที่มีโครงสร้างเฟรมแบบปรับเปลี่ยนได้สามารถให้ผลของสมรรถนะที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างแบบดั้งเดิมที่เคยนำเสนอมาทั้งหมด เนื่องจากระบบสามารถจัดสรรจำนวนช่องสัญญาณร้องขอและช่องสัญญาณข้อมูลให้แก่ผู้ใช้ได้เหมาะสมกับทุกสภาวะทราฟฟิกกล่าวคือ ในสภาวะทราฟฟิกต่ำระบบจะมีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่มากเพื่อให้ผู้ใช้สามารถร้องขอได้อย่างรวดเร็ว แต่เมื่อทราฟฟิกเพิ่มมากขึ้นระบบจะทำการลดจำนวนช่องสัญญาณร้องขอและเพิ่มช่องสัญญาณข้อมูลให้เพียงพอกับความต้องการของผู้ใช้ อีกทั้งยังสามารถแก้ปัญหาการสูญเสียแบนด์วิดท์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการชนหรือการว่างของช่องสัญญาณได้ แต่ทั้งนี้เพื่อให้ได้รับประโยชน์จากโครงสร้างที่นำเสนอมากที่สุดสิ่งสำคัญอยู่ที่การกำหนดค่าจำนวนช่องสัญญาณร้องขอและจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลที่มีภายในแต่เฟรมอย่าง

เหมาะสม โดยค่าที่เหมาะสมนี้จะขึ้นกับจำนวนการร้องขอที่ระบบต้องรองรับ ค่าโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณและคุณภาพของการบริการที่ผู้ใช้ต้องการ

7.5 สรุปผลการปรับปรุงโครงสร้างช่องสัญญาณ

โครงสร้างช่องสัญญาณแบบปรับเปลี่ยนได้ที่ทำการนำเสนอนี้สามารถปรับปรุงข้อมูลคอมพิวเตอร์ของระบบจากโครงสร้างเฟรมแบบดั่งเดิมทั้งในแง่ของความคุ้มค่าในการเข้าใช้ช่องสัญญาณและคุณภาพของการบริการที่ได้รับ กล่าวคือระบบโครงสร้างแบบปรับเปลี่ยนได้นี้จะให้จำนวนของช่องสัญญาณร้องขอที่มากในสภาวะทราฟฟิกต่ำทำให้ผู้ใช้สามารถทำการร้องขอช่องสัญญาณได้เกือบจะทันทีที่ต้องการคล้ายกับระบบ S-ALOHA เวลาประวิงที่ได้จึงมีค่าต่ำมาก แต่เมื่อปริมาณทราฟฟิกเพิ่มขึ้นระบบจะทำการแปลงช่องสัญญาณร้องขอบางส่วนที่เกิดในสภาวะทราฟฟิกต่ำเป็นช่องสัญญาณข้อมูลเพื่อรองรับกับปริมาณผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้โครงสร้างแบบปรับเปลี่ยนได้ยังช่วยให้ระบบไม่เกิดการสูญเสียช่องสัญญาณข้อมูลในทุกสภาวะทราฟฟิก เพราะถ้าในเฟรมนั้นไม่มีความต้องการใช้ช่องสัญญาณอาจจะเนื่องจากการชนหรือการว่าง ระบบก็จะทำการเริ่มวงรอบของการร้องขอใหม่ในทันที ซึ่งการกระทำเช่นนี้ก็ยังเป็นการเพิ่มโอกาสในการร้องขอของผู้ใช้บริการให้มากขึ้นอีกทางหนึ่ง แต่ข้อจำกัดอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นภายในระบบโครงสร้างช่องสัญญาณแบบปรับเปลี่ยนได้คือ การกำหนดอัตราส่วนระหว่างจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลและช่องสัญญาณร้องขอนั้น ถ้ามีค่าที่สูงเกินไปจะทำให้ในสภาวะทราฟฟิกสูงระบบจะประสบปัญหาความไม่ยุติธรรมของการบริการโดยเฉพาะบริการที่ไม่สามารถทนต่อเวลาประวิงได้ เพราะเสมือนกับระบบไม่มีการเปิดโอกาสให้ผู้ใช้ทำการร้องขอช่องสัญญาณได้ เนื่องจากในขณะนั้นมีการเข้าใช้ช่องสัญญาณข้อมูลอย่างเต็มที่ ดังนั้นแม้ว่าการทดสอบในข้างต้นโครงสร้างแบบปรับเปลี่ยนได้สามารถให้ค่าของวิสัยสามารถที่สูงมากเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ก็ตาม แต่การทดสอบนี้กระทำกับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ซึ่งทนทานต่อเวลาประวิงได้และค่าที่ได้ยังไม่มีการคำนึงถึงความยุติธรรมระหว่างผู้ใช้แต่ละคน ทำให้ในการนำไปใช้จริงนั้นต้องคำนึงถึงจุดเป็นอีกหนึ่งเหตุผลที่สำคัญด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 8

การออกแบบโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง

8.1 กล่าวนำ

จากข้างต้นเราได้ทราบถึงข้อดีและข้อด้อยของแต่ละเทคนิคที่มีต่อระบบการทำงานแบบไฮบริดพื้นฐานแล้ว ในส่วนนี้จะเป็นการนำเสนอโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่เกิดจากการนำแนวคิดข้างต้นมาทำการปรับปรุงระบบและเพื่อให้เห็นผลของสมรรถนะดังกล่าว การเปรียบเทียบสมรรถนะของโพรโทคอลที่พิจารณานี้จะนำมาเปรียบเทียบกับโพรโทคอล PRMA และ ALOHA-R ซึ่งเป็นโพรโทคอลที่มีผู้ให้ความสนใจในการพัฒนาอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ในบทนี้จะแบ่งออกเป็น 5 ส่วน เริ่มจากพิจารณาแนวทางการออกแบบระบบ การทำงานของโพรโทคอลที่พิจารณา พารามิเตอร์ในการจำลองระบบ จากนั้นจึงเป็นผลการทดสอบและวิเคราะห์เปรียบเทียบกับโพรโทคอลที่มีในปัจจุบัน และส่วนสุดท้ายจะเป็นการสรุปผลการทำงานของโพรโทคอล

8.2 แนวทางการออกแบบระบบ

การออกแบบระบบควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่พิจารณาในส่วนนี้จะมีจุดประสงค์เพื่อรองรับบริการประเภทเสียงในลักษณะของ Variable bit rate (VBR) และข้อมูลคอมพิวเตอร์ในลักษณะของ Available bit rate (ABR) โดยในการพิจารณานี้จะไม่กล่าวถึงการรวมบริการประเภทวิดีโอ เนื่องจากบริการวิดีโอเป็นบริการที่มีอัตราข้อมูลค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับทราฟฟิกทั้งสองประเภทและลักษณะของบริการที่ทนทานต่อเวลาประวิงไม่ได้นั้นจะสามารถเห็นแนวโน้มได้จากผลการทดสอบบริการเสียง

เมื่อทราบถึงลักษณะทราฟฟิกที่ต้องการรองรับหรือความต้องการของระบบแล้วสิ่งสำคัญประการถัดมาคือการพิจารณาการทำงานของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง เนื่องจากบริการที่รองรับประกอบด้วยข้อมูลคอมพิวเตอร์และบริการเสียงดังนั้นเทคนิคการเข้าถึงตัวกลางจากบทที่ 4 คือเทคนิคการจัดสรรแบบกลุ่มของข้อมูลคอมพิวเตอร์และเทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบของเสียงจึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจเพราะสามารถจัดการกับลักษณะของบริการทั้งสองประเภทได้อย่างเหมาะสม แต่เมื่อพิจารณาในแง่ของโครงสร้างเฟรมแล้วพบว่าโครงสร้างเฟรมที่น่าสนใจและมีแนวโน้มของสมรรถนะที่สูงคือโครงสร้างเฟรมแบบพลวัต ซึ่งโครงสร้างเฟรมแบบพลวัตนี้จะมีขนาดของเฟรมที่ไม่แน่นอนระบบจึงประสบปัญหาเมื่อนำมาใช้ร่วมกับเทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบของเสียง ซึ่งผลจากข้าง

ต้นเราพบว่าเทคนิคที่สามารถส่งข้อมูลแบบต่อเนื่องได้โดยไม่จำเป็นต้องทราบตำแหน่งของเวลาในการจัดสรรและให้สมรรถนะที่ดีใกล้เคียงกับเทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบ คือ เทคนิค PGBK และเพื่อเป็นการเพิ่มเสถียรภาพการทำงานของระบบจึงมีการนำเทคนิคคิวเข้ามาใช้ร่วมกับการทำงานในข้างต้น สำหรับส่วนการทำงานถัดมาที่พิจารณาคือระบบต้องมีการกระจายโหลดการร้องขอเพื่อลดปัญหาของการชน จากผลการทดสอบในบทที่ 5 พบว่าการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นกับลักษณะของทราฟฟิกเป็นปัจจัยที่สำคัญ ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มสมรรถนะของระบบจึงทำการเลือกเทคนิคการกระจายโหลดแบบ Pseudo Bayesian ซึ่งสามารถกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางดังกล่าวตามปริมาณโหลดรวมของระบบได้ ส่วนเทคนิคกระจายตำแหน่งช่องสัญญาณร้องขอนั้นจะไม่สามารถนำมาใช้ได้เนื่องจากโครงสร้างเฟรมที่ใช้เป็นแบบพลวัต

ประเด็นที่จะพิจารณาประการถัดมาเมื่อการร้องขอของผู้ใช้เป็นผลสำเร็จแล้วคือ เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณดังที่กล่าวในบทที่ 6 ในการพิจารณาในส่วนนี้สิ่งสำคัญคือคุณภาพของการบริการที่แตกต่างกันสำหรับบริการทั้งสองประเภท ดังนั้นการจัดลำดับความสำคัญตามประเภทของทราฟฟิกจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณา การจัดลำดับความสำคัญในส่วนนี้จะกำหนดลำดับความสำคัญให้แก่บริการเสียงสูงกว่าข้อมูลคอมพิวเตอร์ และสำหรับบริการที่ไม่สามารถทนต่อเวลาประวิงได้นั้นการจัดสรรช่องสัญญาณที่เหมาะสมสามารถลดผลการดร็อปของแพ็กเกตได้ ดังนั้นเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณ GTS จึงถูกนำมาใช้ภายในระบบ

ภายหลังจากกำหนดการทำงานของระบบดังที่กล่าวได้แล้วสิ่งสำคัญประการถัดมาที่มีต่อระบบไม่น้อยไปกว่าการออกแบบการทำงานคือ ค่าของพารามิเตอร์ที่เหมาะสม เริ่มต้นจากอัตราข้อมูลของระบบที่พิจารณานั้นจะกำหนดให้มีขนาดเท่ากับ 792 กิโลบิตต่อวินาที ขนาดของแพ็กเกตข้อมูลมีขนาด 288 บิต โดยจะแบ่งออกเป็นข้อมูลของผู้ใช้ 128 บิตและอีก 160 บิตเป็นส่วนของการเข้ารหัสและโอเวอร์เฮด ส่วนขนาดแพ็กเกตข้อมูลร้องขอกำหนดให้มีขนาดเท่ากับ 18 บิต เช่นเดียวกับตารางที่ 3.1 ในบทที่ 3 สำหรับขนาดของเฟรมข้อมูลนั้นถูกกำหนดให้ประกอบด้วยจำนวนช่องสัญญาณร้องขอ 1 ช่องและช่องสัญญาณข้อมูล 10 ช่องเพราะคาบการกำเนิดของบริการเสียงเท่ากับ 4 มิลลิวินาที และการส่งข้อมูลนั้นบริการเสียงจะกระทำได้เพียงเฟรมละหนึ่งแพ็กเกตเท่านั้นทำให้ขนาดเฟรมที่ยาวที่สุดควรมีค่าไม่เกิน 4 มิลลิวินาที ซึ่งในการทดสอบนี้กำหนดให้มีขนาดเท่ากับ 0.366 มิลลิวินาที และสาเหตุที่ไม่กำหนดให้ขนาดเฟรมมีค่าที่เล็กกว่านี้เพราะผลของ PGBK จะลดลงถ้าระบบมีโครงสร้างเฟรมที่สั้นเมื่อเทียบกับอัตราการกำเนิดแพ็กเกต ซึ่งจะสามารถสรุปการทำงานของระบบในข้างต้นได้ดังหัวข้อที่ 8.3

8.3. การทำงานของโพรโทคอลที่นำเสนอ

การทำงานของโพรโทคอลในข้างต้นนั้นจะใช้วิธี S-ALOHA ในการจองช่องสัญญาณและจัดสรรช่องสัญญาณในรูปแบบของเฟรม (Frame by frame assignment) โดยลักษณะโครงสร้างของเฟรมจะประกอบไปด้วยช่องสัญญาณสำหรับการจองและช่องสัญญาณสำหรับส่งข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งโครงสร้างของเฟรมจะมีการปรับเปลี่ยนขนาดของเฟรมตามปริมาณของทราฟฟิก กล่าวคือขนาดของช่วงเวลาการร้องขอจะมีขนาดที่คงที่ในทุกๆ เฟรมแต่ขนาดของช่องสัญญาณข้อมูลจะมากหรือน้อยขึ้นกับปริมาณโหลดในขณะนั้น โดยจำนวนช่องสัญญาณข้อมูลจะถูกจำกัดไม่เกินค่าๆ หนึ่งเพื่อป้องกันเฟรมข้อมูลมีขนาดที่ยาวเกินไปจนทำให้ผู้ใช้ไม่มีโอกาสร้องขอช่องสัญญาณ นอกจากนี้ในช่วงการร้องขอซึ่งมีการทำงานแบบ S-ALOHA นั้นระบบยังเพิ่มเทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางแบบ Pseudo Bayesian เพื่อลดผลของการชนและค่าเวลาประวิงที่เกิดขึ้น

การทำงานของระบบเริ่มจากเมื่อผู้ใช้มีความต้องการส่งข้อมูลจะต้องส่งแพ็กเกตเพื่อทำการจองช่องสัญญาณไปยังสถานีฐาน จากนั้นจึงคอยฟังสัญญาณตอบรับการจอง (acknowledge) จากสถานีฐาน ถ้าไม่ได้รับสัญญาณตอบรับภายในช่วงระยะเวลาหนึ่งเฟรม จะถือว่าการจองนั้นล้มเหลวและจะต้องจองใหม่ในเฟรมถัดไป แต่ถ้าการจองเป็นผลสำเร็จ สถานีฐานจะตอบรับและจัดสรรช่องสัญญาณให้ตามคุณภาพของการบริการสำหรับบริการข้อมูลแต่ละประเภท โดยบริการเสียงซึ่งต้องการคุณภาพของการบริการสูงกว่าบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์จะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณก่อนเสมอ (Priority Assignment) นอกจากนี้ในระดับการบริการเดียวกันยังได้เพิ่มเทคนิคการจัดลำดับผู้ใช้ตามลำดับของเวลาการกำเนิดแพ็กเกตข้อมูล (Generation Time Schedule,GTS) แทนระบบเก่าที่เป็นแบบตามลำดับการร้องขอ (First-Come-Firt-Serve,FCFS) นอกจากนี้บริการประเภทข้อมูลคอมพิวเตอร์ซึ่งมีธรรมชาติการกำเนิดเป็นแบบก้อนนั้นระบบสามารถจัดสรรช่องสัญญาณข้อมูลให้แก่ผู้ใช้ตามจำนวนแพ็กเกตที่ต้องการส่งในขณะนั้นๆ ได้แต่ต้องไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ (Limit Multiple Packet Assignment) เพื่อสลับให้ผู้ใช้อื่นที่ต้องการส่งข้อมูลได้รับโอกาสในการจัดสรรช่องสัญญาณบ้าง อันเป็นการเฉลี่ยช่องสัญญาณให้แก่ผู้ใช้ทุกๆ คนอย่างยุติธรรม และสำหรับในกรณีที่จำนวนผู้ทำการร้องขอช่องสัญญาณที่สำเร็จมีมากกว่าช่องสัญญาณสูงสุดที่มีได้ภายในหนึ่งเฟรม ทำให้มีผู้ใช้บางคนที่จะไม่ได้รับการบริการภายในเฟรมนั้นซึ่งระบบจะทำการเก็บผู้ใช้บริการนั้นไว้ภายในคิวของระบบทำให้ผู้ใช้บริการผู้นั้นไม่จำเป็นต้องทำการร้องขอช่องสัญญาณใหม่อันเป็นการลดจำนวนแพ็กเกตในการร้องขอที่เกิดขึ้น

ในกรณีที่ผู้ใช้ได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณจากสถานีฐานแล้วแต่ยังมีความต้องการในการส่งข้อมูลต่อ เราจะใช้บิตควบคุมพิเศษที่เรียกว่า “piggy backing bit (PGBK)” สำหรับบอกสถานีฐานว่าข้อมูลยังไม่หมดบัฟเฟอร์ เพื่อให้สถานีฐานทำการจัดสรรช่องสัญญาณให้ต่อโดยผู้ใช้ไม่ต้อง

ทำการจองในช่วงที่มีการแข่งขันแบบ S-ALOHA ซึ่งการทำงานเช่นนี้เสมือนกับการมีช่องสัญญาณเฉพาะในการร้องขอซึ่งเป็นการทำงานของระบบที่ไม่มีการแข่งขัน

8.4 พารามิเตอร์ในการจำลองระบบ

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบจะอาศัยเทคนิคของคอมพิวเตอร์ซิมูเลชันเพื่อจำลองการทำงานของระบบ ซึ่งการทดสอบสมรรถนะของระบบจะกระทำกับโพรโทคอลสามประเภทคือ 1. PRMA 2. ALOHA-R และ 3. โพรโทคอลที่ทำการออกแบบ โดยการทดสอบแรกจะทำการจำลองระบบเพื่อรองรับบริการประเภทเดียวคือเสียงหรือบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อทดสอบความสามารถของระบบในการให้บริการแก่ทราฟฟิกที่มีลักษณะการกำเนิดและความต้องการที่แตกต่างกัน ส่วนการทดสอบที่สองจะทดสอบให้ระบบทำการรองรับบริการทั้งสองประเภทเพื่อดูประสิทธิภาพในการจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่บริการที่มีคุณภาพของการบริการแตกต่างกัน โดยตัวแปรของระบบที่ใช้ในการจำลองระบบจะมีค่าตารางที่ 8.1 ดังนี้

ตารางที่ 8.1 **ตัวแปรในการจำลองระบบ**

Simulation Parameter	**PRMA**	**ALOHA-R**	**โพรโทคอลที่ออกแบบ**
Simulation Time		1000 (sec)	
1. System rate		792 (kbps)	
2. Size of request slot		18 (bits)	
3. Size of data slot		288 (bits)	
4. Number of data slots per frame	-	8 (slots)	1 (slots)
5. Number of request slots per	-	5 (slots)	10 (slots)
6. Data and request slots per frame	10 (slots)	-	-
Voice user			
1. Voice rate (PCM)		32 (kbps)	
2. Mean Talkspurst		1 (sec)	
3. Mean Silent		1.35 (sec)	
4. Access probability		Pseudo Bayesian	
Data User			
1. Data Rate		9.6 (kbps)	
2. Burst size		5 (packets per message)	
3. Access probability		Pseudo Bayesian	

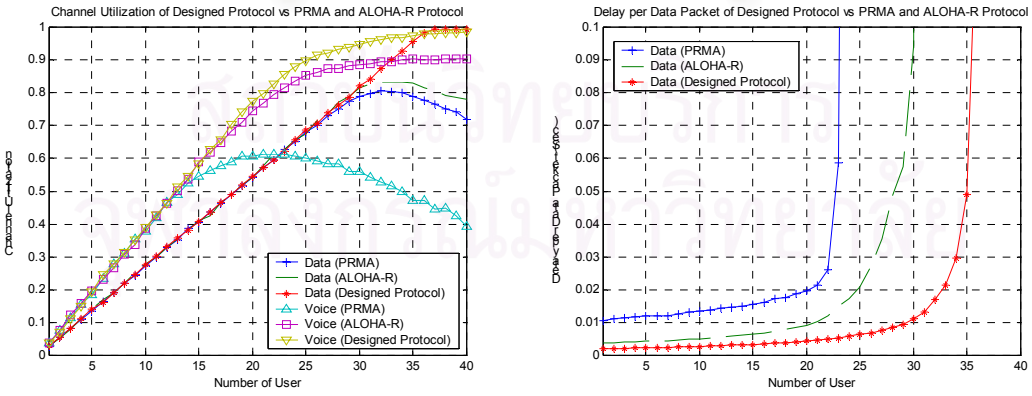
8.5 ผลการทดสอบและวิเคราะห์

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบในรูปที่ 8.1 (ก) พบว่าค่าวิสัยสามารถของโพรโทคอลที่นำเสนอนี้พบว่าค่าดังกล่าวของบริการเสียงและข้อมูลคอมพิวเตอร์จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณโหลดอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งถึงจุดสูงสุดที่ระบบรองรับได้คือประมาณ 99 เปอร์เซ็นต์จึงมีค่าคงที่ โดยหนึ่งเปอร์เซ็นต์ที่เหลือเกิดจากการชนกันหรือการว่างของช่องสัญญาณในการร้องขอเท่านั้นดังผลการทดสอบในรูปที่ 8.2 (ข) ที่จำนวนช่องสัญญาณร้องขอจะมีค่าค่อยๆ ลดลงตามปริมาณของโหลดที่เพิ่มขึ้น และการที่ค่าวิสัยสามารถของระบบ DFRMA มีค่าคงที่ได้ที่โหลดสูงๆ เนื่องมาจากการใช้เทคนิคของคิว, PGBK และการจัดสรรแบบกลุ่มทำให้จำนวนการร้องขอที่เกิดในสภาวะโหลดสูงมีค่าลดลง โดยคิวจะทำหน้าที่ลดจำนวนการร้องขอส่วนเกินที่ระบบไม่สามารถให้บริการได้ ส่วน PGBK จะทำหน้าที่ลดจำนวนการร้องขอที่เกิดจากผู้ใช้ที่ระบบสามารถให้บริการได้และมีลักษณะของข้อมูลที่ต่อเนื่อง ส่วนเทคนิคการจัดสรรแบบกลุ่มนั้นจะให้ผลในแง่ของการปรับปรุงค่าเวลาประวิงมากกว่าการปรับปรุงจำนวนการร้องขอ ส่วนเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบตามลำดับเวลาการกำเนิดนั้นจะช่วยลดปัญหาการดรอปแพ็กเกตได้ นอกจากนี้ระบบยังใช้เทคนิคกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางแบบ Pseudo Bayesian เพื่อลดปัญหาการชนโดยที่ยังคงสามารถทำการร้องขอช่องสัญญาณอย่างรวดเร็วได้ดังผลในรูปที่ 8.3 (ก) ซึ่งจะมีค่าที่สูงในสภาวะโหลดต่ำและจะค่อยๆ ลดลงชดเชยกับปริมาณโหลดที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ระบบ PRMA และ ALOHA-R นั้นเมื่อทำการเพิ่มปริมาณโหลดมากถึงค่าหนึ่งจะทำให้ค่าวิสัยสามารถลดลง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณการร้องขอในสภาวะโหลดสูงนั้นมีค่ามากทำให้เสถียรภาพในส่วนที่มีการแข่งขันแบบ Slotted-ALOHA มีค่าต่ำประสิทธิภาพที่ได้จึงมีค่าลดลง

เมื่อพิจารณาค่าเวลาประวิงในรูปที่ 8.1 (ข) พบว่าระบบที่ทำการออกแบบมีค่าเวลาประวิงของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ที่ต่ำกว่าระบบ PRMA และ ALOHA-R เนื่องมาจากลักษณะโครงสร้างของเฟรมที่ปรับเปลี่ยนได้ตามปริมาณโหลด ทำให้ที่โหลดต่ำๆ ผู้ใช้ที่ต้องการร้องขอช่องสัญญาณไม่ต้องทำการรอนานเพราะเฟรมที่พิจารณามีขนาดที่สั้นทำให้มีจำนวนช่องสัญญาณร้องขอเป็นจำนวนมากคล้ายระบบ S-ALOHA จากนั้นเมื่อทำการเพิ่มปริมาณโหลดถึงค่าสูงสุดที่ระบบรองรับได้เวลาประวิงของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ที่เกิดขึ้นในทั้งสามระบบจะมีแนวโน้มเดียวกันคือมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยระบบ DFRMA สามารถรองรับปริมาณผู้ใช้ได้มากที่สุดก่อนถึงจุดนี้เพราะการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของเวลาประวิงนั้นเกิดจากการใช้ช่องสัญญาณอย่างเต็มที่ของผู้รับบริการซึ่งสังเกตได้จากกราฟวิสัยสามารถในรูปที่ 8.1 (ก) แต่สำหรับในสองระบบที่เหลือการเพิ่มอย่างรวดเร็วของเวลาประวิงเกิดจากเสถียรภาพที่ลดลงของระบบทำให้ระบบไม่สามารถจัดสรรช่องสัญญาณให้ผู้ใช้บริการได้

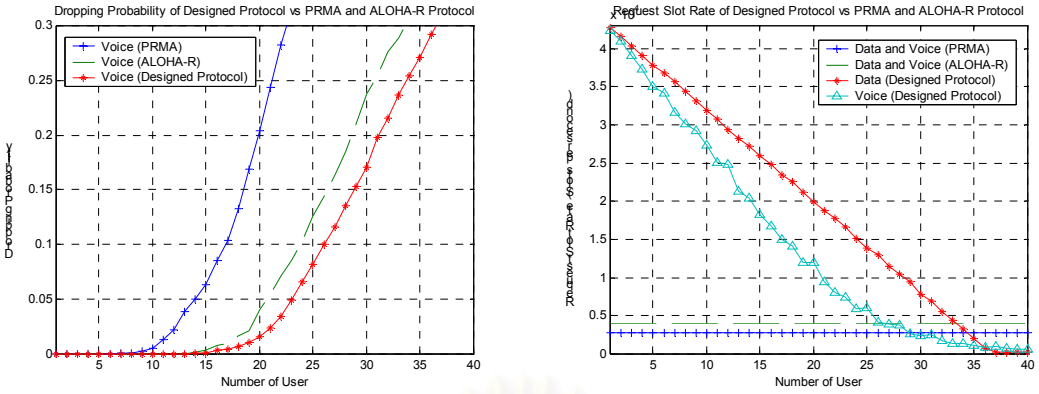
สำหรับเวลาประวิงของบริการเสียงนั้นจะมีลักษณะแนวโน้มเช่นเดียวกับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์กล่าวคือระบบที่ทำการออกแบบจะมีค่าเวลาประวิงที่ต่ำกว่าสองระบบในข้างต้น แต่เมื่อทำการเพิ่มปริมาณโหลดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เวลาประวิงของบริการเสียงจะไม่มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกับบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์แต่จะมีค่าค่อนข้างคงที่ทั้งนี้เพราะบริการเสียงไม่สามารถทนต่อเวลาประวิงได้ทำให้แพ็กเกตที่มีค่าเวลาประวิงเกิน 32 มิลลิวินาทีจะถูกละทิ้งไป ดังนั้น คุณภาพการบริการเสียงจึงต้องทำการพิจารณาจากค่าโอกาสในการสูญเสียแพ็กเกตเสียงแทน จากรูปที่ 8.2 (ก) พบว่าโพรโทคอลที่ออกแบบจะมีค่าโอกาสในการสูญเสียแพ็กเกตเสียงต่ำที่สุดและสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้บริการได้มากกว่าระบบ PRMA และ ALOHA-R

สำหรับผลการทดสอบระบบในรูปที่ 8.3 (ข) กระทำเพื่อทดสอบความสามารถในการรับประกันคุณภาพของการบริการ ในการทดสอบนี้จะรองรับจำนวนผู้ใช้บริการทั้งสองคือบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์และบริการเสียง ซึ่งในสภาวะเริ่มต้นจะให้ระบบทำการรองรับจำนวนผู้ใช้บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์เป็นจำนวน 40 คนซึ่งเป็นปริมาณโหลดสูงสุดที่ระบบรองรับได้ จากนั้นจะทำการเพิ่มจำนวนของผู้ใช้บริการเสียงจาก 1 ถึง 40 คน การที่ต้องกำหนดโหลดที่สูงเช่นนี้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่ผู้ใช้บริการเสียงและยังเป็นการทดสอบเสถียรภาพของระบบที่ปริมาณผู้ใช้มาก จากผลที่ได้พบว่าระบบที่นำเสนอสามารถจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่บริการเสียงได้ตามที่ผู้ใช้ต้องการ โดยบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ที่มีความสำคัญต่ำกว่านั้นจะได้รับบริการเมื่อมีช่องสัญญาณเหลือจากบริการเสียงเท่านั้น ดังผลการทดสอบในรูปที่ 8.3 (ข) ซึ่งพบว่าค่าวิสัยสามารถของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์จะลดลงตามปริมาณการเพิ่มผู้ใช้บริการเสียงและค่าวิสัยสามารถที่ลดลงนี้จะลดลงจนกระทั่งเข้าใกล้ศูนย์คือบริการเสียงสามารถกระทำการครอบครองช่องสัญญาณข้อมูลได้หมดตามลำดับของการบริการที่กำหนดไว้



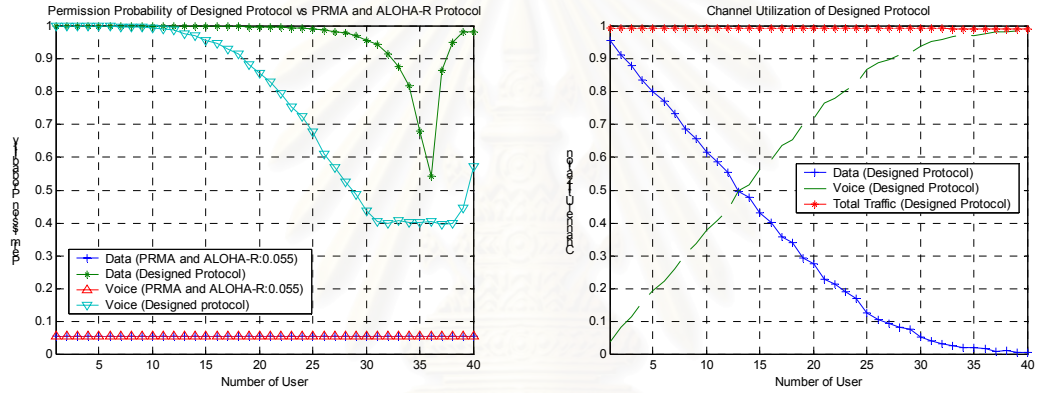
(ก) (ข)

รูปที่ 8.1 ค่าวิสัยสามารถและเวลาประวิงในโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบ PRMA, ALOHA-R และโพรโทคอลที่ออกแบบ



(ก) (ข)

รูปที่ 8.2 ค่าโอกาสในการดร็อปแพ็กเกตเสียงและจำนวนช่องสัญญาณร้องขอในโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบ PRMA, ALOHA-R และโพรโทคอลที่ออกแบบ



(ก) (ข)

รูปที่ 8.3 ค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางและค่าวิสัยสามารถในโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบ PRMA, ALOHA-R และโพรโทคอลที่ออกแบบ

8.3 สรุปผลการทำงานของโพรโทคอลที่ออกแบบ

การออกแบบโพรโทคอลที่นำเสนอในข้างต้นสามารถปรับปรุงสมรรถนะของระบบควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบไฮบริดผสมได้อย่างมาก ทั้งในแง่ของเวลาประวิง ค่าวิสัยสามารถและเสถียรภาพในการทำงานของระบบ ดังจะเห็นได้จากผลการเปรียบเทียบระหว่างโพรโทคอลที่ออกแบบกับโพรโทคอล PRMA และ ALOHA-R การออกแบบโพรโทคอลในข้างต้นอาจจะกำหนดให้มีรูปแบบที่แตกต่างจากนี้ได้ขึ้นกับความต้องการและจุดประสงค์ในการออกแบบ ยกตัวอย่างเช่น ในระบบที่มีการรองรับบริการเสียงเพียงอย่างเดียวและต้องการคุณภาพของการบริการที่สูงมาก โพรโทคอลที่พิจารณาอาจใช้เทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบเพียงอย่างเดียวได้ เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดช่วงข้อมูลระหว่างการสนทนา เป็นต้น

บทที่ 9

สรุปและข้อเสนอแนะ

9.1 บทสรุป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอเทคนิคที่ใช้ในการปรับปรุงโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง โดยแนวทางการปรับปรุงที่นำเสนอจะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ 1. พัฒนาเทคนิคการเข้าถึงตัวกลางของผู้ใช้ 2. พัฒนาเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณ 3. พัฒนาโครงสร้างเฟรมช่องสัญญาณ ซึ่งสามารถสรุปถึงข้อดีและลักษณะของแต่ละวิธีได้ดังนี้คือ

9.1.1 พัฒนาเทคนิคการเข้าถึงตัวกลางของผู้ใช้

การปรับปรุงเทคนิคการเข้าถึงตัวกลางของผู้ใช้นั้นจะกระทำเพื่อให้ผู้ใช้สามารถร้องขอช่องสัญญาณได้อย่างรวดเร็วและสามารถลดผลของปัญหาการชน ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้จะเสนอแนวทางที่ใช้ในการปรับปรุงสองส่วนคือ

1. เทคนิคลดจำนวนการร้องขอ: การทำงานของเทคนิคดังกล่าวนี้มีหลักการที่สำคัญคือพยายามให้ผู้ที่ร้องขอช่องสัญญาณสำเร็จสามารถส่งแพ็กเกตข้อมูลให้ได้มากที่สุดซึ่งประกอบด้วย

เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณตามลักษณะของการบริการซึ่งประกอบด้วยเทคนิคการจัดสรรแบบกลุ่ม เทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบและเทคนิคการจัดสรรแบบผสมระหว่างรายคาบและกลุ่ม ซึ่งแต่ละเทคนิคจะสามารถจัดสรรช่องสัญญาณได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะทราฟฟิกประเภทนั้นๆ คือบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ บริการเสียงและบริการวิดีโอตามลำดับ ทำให้จำนวนการร้องขอที่เกิดลดลง ระบบจึงมีเสถียรภาพเพิ่มขึ้น อีกทั้งการส่งข้อมูลได้ทีละเป็นจำนวนมากยังเป็นการลดผลของค่าเวลาประวิง

เทคนิค PGBK ซึ่งเป็นเทคนิคที่สามารถรองรับกับบริการที่มีลักษณะต่อเนื่องได้ทุกประเภท แต่ผลที่เกิดเนื่องจากเทคนิคดังกล่าวนี้จะมากหรือน้อยขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกำเนิดของแพ็กเกตและขนาดของเฟรม

เทคนิคคิว เป็นเทคนิคลดจำนวนการร้องขอเมื่อเกิดการเต็มของช่องสัญญาณซึ่งจะปรับปรุงการทำงานของระบบในแง่ของเสถียรภาพในสภาวะทราฟฟิกสูง

เทคนิคการทำงานแบบผสม เป็นการนำลักษณะการทำงานหรือข้อดีที่มีในเทคนิคหนึ่งมาใช้เพื่อแก้ปัญหาหรือเสริมสมรรถนะการทำงานของอีกเทคนิค ยกตัวอย่างการนำเทคนิค PGBK มาร่วมกับการจัดสรรแบบกลุ่มจะทำให้ระบบการจัดสรรแบบกลุ่มมี

เสถียรภาพเพิ่มขึ้นเพราะสามารถจัดสรรช่องสัญญาณข้ามเบิรสต์ข้อมูลได้ ในอีกด้านหนึ่งเทคนิค PGBK จะได้รับการปรับปรุงค่าเวลาประวิงเพราะสามารถส่งแพ็กเกตได้ตามปริมาณที่ต้องการ ส่วนการรวมเทคนิค PGBK และการจัดสรรแบบรายคาบนั้นในแง่ของเสถียรภาพพบว่าเทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบจะลดผลการขาดช่วงของการส่งข้อมูล PGBK สำหรับอีกด้านหนึ่งเทคนิค PGBK จะแก้ปัญหาการว่างของช่องสัญญาณข้อมูลเมื่อสิ้นสุดการสนทนา ส่วนการนำเทคนิคของคิวเข้ากับเทคนิคการทำงานประเภทอื่นๆ นั้นพบว่าจะให้ผลการปรับปรุงในแง่ของเสถียรภาพที่ได้ในสภาวะทราฟฟิกสูง

2. เทคนิคกระจายโหลดการขอช่องสัญญาณ: การทำงานของเทคนิคดังกล่าวนี้มีหลักการที่สำคัญคือพยายามให้การร้องขอของผู้ใช้เกิดขึ้นไม่พร้อมกันเพื่อลดปัญหาการชนที่เกิดขึ้นซึ่งประกอบด้วย

เทคนิคกำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลาง โดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอเทคนิคการปรับค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางแบบพลวัตสองวิธีคือ วิธี Exponential Backoff และวิธี Pseudo Bayesian สามารถปรับปรุงสมรรถนะของระบบได้ในทุกสภาวะทราฟฟิก กล่าวคือระบบมีค่าของเวลาประวิงที่ลดลงและเสถียรภาพของระบบที่เพิ่มขึ้น โดยเทคนิคของ Pseudo Bayesian สามารถให้ผลของสมรรถนะที่สูงกว่าระบบ Exponential Backoff เพราะการคำนวณค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางจะพิจารณาจากทั้งจำนวนผู้ใช้ที่ตกค้างภายในระบบและจำนวนผู้ใช้ที่ร้องขอใหม่ ในขณะที่เทคนิค Exponential Backoff จะคำนึงเฉพาะผู้ใช้บริการที่ตกค้างในระบบเท่านั้น

เทคนิคกระจายตำแหน่งช่องสัญญาณร้องขอ พบว่าการกระจายตำแหน่งช่องสัญญาณร้องขอจะปรับปรุงทั้งในแง่ของเวลาประวิงเพราะผู้ใช้สามารถร้องขอช่องสัญญาณได้สำเร็จภายในเฟรมที่เกิดความต้องการ และอัตราการชนที่ลดลงเพราะช่องสัญญาณร้องขอที่กระจายภายในเฟรมทำหน้าที่ป้องกันการสะสมของโหลด และยังเสมือนเป็นการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณร้องขอที่ผู้ใช้สามารถร้องขอได้

9.1.2 พัฒนาเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณของผู้ใช้

1. การแบ่งกลุ่มของการบริการ จะพิจารณาจากสองเงื่อนไขคือ การทำงานของระบบและลักษณะของทราฟฟิก ซึ่งพบว่าการจัดสรรกลุ่มของการบริการตามลักษณะการทำงานสามารถปรับปรุงสมรรถนะของระบบได้เช่น ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคที่มีเทคนิค PGBK ในบทที่ 6 สำหรับการจัดสรรช่องสัญญาณตามลักษณะของทราฟฟิกนั้นจะกระทำเพื่อรับประกันคุณภาพของการบริการให้แก่ผู้ใช้ จากผลการทดสอบพบว่าการกำหนดลำดับความสำคัญให้บริการเสียงสูงกว่าบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ส่งผลให้ปริมาณของข้อมูลคอมพิวเตอร์ไม่สามารถส่งผลต่อบริการเสียงได้

2. การจัดสรรช่องสัญญาณตามลำดับของการบริการ (GTS) เทคนิคนี้เป็นการจัดสรรช่องสัญญาณที่ออกแบบมาสำหรับบริการที่ไม่สามารถทนทานต่อเวลาประวิงได้ ซึ่งจากผลการทดสอบที่ได้พบว่าเทคนิคนี้สามารถลดการดร็อปแพ็กเกตเสียงได้จากเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณดั้งเดิม คือ แบบตามลำดับการร้องขอ (FCFS)

9.1.3 พัฒนาโครงสร้างช่องสัญญาณแบบพลวัต

โครงสร้างช่องสัญญาณแบบปรับเปลี่ยนได้ที่นำเสนอนี้สามารถปรับปรุงสมรรถนะของระบบจากโครงสร้างเฟรมแบบเดิมทั้งในแง่ของประโยชน์การใช้ช่องสัญญาณและคุณภาพของการบริการที่ได้รับ กล่าวคือระบบโครงสร้างแบบปรับเปลี่ยนได้นี้จะให้จำนวนของช่องสัญญาณร้องขอที่มากในสภาวะทราฟฟิกต่ำทำให้ผู้ใช้สามารถทำการร้องขอช่องสัญญาณได้เกือบจะทันทีที่ต้องการคล้ายกับระบบ S-ALOHA เวลาประวิงที่ได้จึงมีค่าต่ำมาก แต่เมื่อปริมาณทราฟฟิกเพิ่มขึ้นระบบจะแปลงช่องสัญญาณร้องขอบางส่วนที่เกิดในสภาวะทราฟฟิกต่ำเป็นช่องสัญญาณข้อมูลเพื่อรองรับกับปริมาณผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้โครงสร้างแบบปรับเปลี่ยนได้ยังช่วยให้ระบบไม่เกิดการสูญเสียช่องสัญญาณข้อมูลในทุกสภาวะทราฟฟิก เพราะถ้าในเฟรมนั้นไม่มีความต้องการใช้ช่องสัญญาณอาจจะเนื่องจากการชนหรือการว่าง ระบบก็จะทำการเริ่มวงรอบของการร้องขอใหม่ในทันที ซึ่งการกระทำเช่นนี้ก็ยังเป็นการเพิ่มโอกาสในการร้องขอของผู้ใช้บริการให้มากขึ้นอีกทางหนึ่ง

ผลการปรับปรุงระบบเนื่องจากเทคนิคในข้างต้นพบว่า ผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบมากที่สุดต่อระบบควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่พิจารณาคือ การปรับประปรุงวิธีร้องขอช่องสัญญาณซึ่งมีลักษณะแบบสุ่มและการปรับปรุงโครงสร้างช่องสัญญาณของระบบเพราะการปรับปรุงดังกล่าวสามารถเพิ่มสมรรถนะการเข้าถึงตัวกลางได้สูงมากเมื่อเทียบกับระบบการทำงานปรกติ และยังเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดเสถียรภาพในแง่ของอัตราการชนและจำนวนการร้องขอ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มคุณภาพของการบริการที่ผู้ใช้ได้รับ ส่วนการปรับปรุงเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณนั้นจะกระทำในแง่ของการรับประกันคุณภาพของการบริการเป็นสำคัญ ซึ่งจะเห็นได้ชัดกับบริการที่ไม่สามารถทนทานต่อเวลาประวิงได้ แต่ผลของสมรรถนะที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าไม่สูงนักเมื่อเทียบกับการปรับปรุงในข้างต้น

สุดท้ายนี้ในการออกแบบระบบทุกระบบเพื่อให้รองรับบริการที่เราต้องการในทุกสภาวะทราฟฟิกนั้นเป็นสิ่งที่กระทำได้ยาก เนื่องจากจุดประสงค์ในการออกแบบแต่ละระบบย่อมมีความแตกต่างกันทั้งคุณภาพของการบริการ ปริมาณทราฟฟิกที่รองรับ ลักษณะของทราฟฟิก เป็นต้น ทำให้ผลการวิเคราะห์และสรุปในข้างต้นเป็นเพียงมุมมองหนึ่งของผู้วิจัยเท่านั้น นอกจากนี้ในการนำเทคนิคดังกล่าวหรือเทคนิคที่นำเสนอขึ้นใหม่ไปใช้นั้นผลกระทบระหว่างแต่ละเทคนิคด้วยกันหรือผลระหว่างเทคนิคที่ใช้กับทราฟฟิกที่พิจารณาอาจจะมากเกินกว่าที่ได้ทำการวิเคราะห์ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบระบบที่ทำการออกแบบก่อนที่จะนำไปใช้ ซึ่งในการทดสอบระบบ

ทั้งหมดที่ทำนี้ผู้วิจัยได้พัฒนา Software เพื่อศึกษาค่าต่างๆ ดังกล่าว โดย Software ที่ทำการพัฒนานี้เขียนขึ้นจากภาษา C++ ทำให้เกิดความรวดเร็วในการทำงานและยังใช้พื้นฐานการเขียนโปรแกรมแบบ OOP ทำให้ง่ายต่อการนำไปพัฒนาหรือปรับปรุงแก้ไขต่อไป นอกจากจุดเด่นที่กล่าวในข้างต้นแล้ว Software ตัวนี้ยังมีความอิสระในการปรับเปลี่ยนค่าการทำงานต่างๆ ของระบบทำให้เกิดรูปแบบของโพรโทคอลที่มากกว่าการทดสอบในข้างต้น นอกจากนี้สำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาระบบ MAC ในหลายๆ แง่มุมก็ยังสามารถทำความเข้าใจกับการทำงานได้ไม่ยากเพราะผู้วิจัยได้ทำการเขียน User Interface แบบ GUI เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานดังรายละเอียดในภาคผนวก

9.2 ข้อเสนอแนะ

1. การทำงานของโครงสร้างช่องสัญญาณแบบปรับเปลี่ยนได้นั้นจะต้องมีการพิจารณาถึงค่าเวลาประวิงระหว่างการส่งข้อมูล (Propagation Delay) ด้วย ซึ่งในการทำงานจริงอาจต้องมีการแทรกช่วงเวลาป้องกัน (Guard Time) ที่ช่วงเวลาระหว่างการเปลี่ยนเฟรม ทำให้สมรรถนะการเข้าถึงตัวกลางมีค่าลดลงซึ่งควรจะได้รับการพิจารณาต่อไป
2. เพื่อลดจำนวนการชนของผู้ใช้บริการในช่วงการร้องขอแบบสุ่มนั้น อีกหนึ่งเทคนิคที่น่าสนใจคือ การกำหนดกลุ่มของผู้รับบริการที่สามารถร้องขอช่องสัญญาณได้ซึ่งจะมีการทำงานคล้ายกับโพรโทคอล Tree Walk [1] และ URN [1]
3. การทำงานในระบบการสื่อสารไร้สายนั้นจะต้องคำนึงถึงความผิดพลาดภายในระบบเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญ ซึ่งเมื่อเกิดความผิดพลาดขึ้นแล้วในกรณีที่ FEC ไม่สามารถแก้ไขข้อมูลดังกล่าวให้ถูกต้องได้ สถานีฐานหรือผู้ใช้จะต้องทำการส่งข้อมูลดังกล่าวซ้ำ (ARQ) อันจะเป็นอีกหนึ่งเทคนิคสำคัญที่ต้องพิจารณา
4. เพื่อเป็นการรับประกันคุณภาพของการบริการให้แก่ผู้ใช้บริการบางกลุ่มที่มีลำดับความสำคัญสูงมาก ระบบอาจจะจัดสรรช่องสัญญาณการร้องขอแบบ TDMA ให้แก่ผู้ใช้บริการในกลุ่มนั้นอย่างแน่นอน ซึ่งจะเป็นการแก้ปัญหาการเข้าถึงตัวกลางแบบสุ่มในช่วงของการร้องขอ
5. การกำหนดลำดับความสำคัญของการบริการนั้นควรจะเพิ่มการพิจารณา ผลของค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญ เพราะการจัดสรรช่องสัญญาณที่พิจารณาในวิทยานิพนธ์นี้จะกระทำเฉพาะผู้ใช้บริการที่สามารถร้องขอช่องสัญญาณได้สำเร็จแล้วเท่านั้น แต่ในบางกรณีที่ผู้ใช้บริการลำดับความสำคัญสูงไม่สามารถร้องขอช่องสัญญาณได้ ในขณะที่ผู้ใช้ลำดับความสำคัญต่ำสามารร้องขอได้ อันจะทำให้การกำหนดลำดับความสำคัญดังกล่าวไม่เกิดประโยชน์ใดๆ

6. ประเภทของทราฟฟิกที่กระทำการศึกษานั้นควรพิจารณาทราฟฟิก WWW, WAP, FTP, E-mail เพิ่มเติมเพราะแนวโน้มของบริการเหล่านี้ในปัจจุบันมีปริมาณที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว
7. การควบคุมลักษณะการร้องขอช่องสัญญาณของผู้ใช้ที่เป็นแบบสุ่มนั้น สถานีฐานจะกระทำผ่านค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลาง ดังนั้นวิธีหรือเทคนิคในการกำหนดค่าดังกล่าวที่เหมาะสมจึงควรจะได้ทำการพิจารณาเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อไป
8. ประเด็นสุดท้ายที่มีความสำคัญต่อการปรับปรุงระบบในข้อเสนอที่ 6 คือ วิธีการประมาณปริมาณของทราฟฟิกที่มีภายในระบบ เพื่อนำไปใช้กำหนดค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางที่เหมาะสมต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. Andrew S. Tanenbaum, Computer Networks, 3rd ed. (United States of America: Prentice-Hall International, 1996).
2. D. Bertsekas and R. Gallager, Data Networks, 2nd ed. (United States of America: Prentice-Hall International, 1992), p. 271-312.
3. Andrew S. Tanenbaum, เครือข่ายคอมพิวเตอร์, แปลโดย สัลยุทธ์ สว่างวรรณ (กรุงเทพมหานคร: บริษัท เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า, 2542), หน้า 193-209.
4. Jeong, D.G.; Jeon, W.S., Performance of exponential backoff scheme for slotted-ALOHA protocol in local wireless environment. IEEE Journal on Selected Areas in Communications 44-3 (1995): 470-479.
5. Brand, A.; Aghvami, A., Multidimensional PRMA with prioritized Bayesian broadcast a MAC strategy for multiservice traffic over UMTS. IEEE Journal on Selected Areas in VTC 47 (Nov. 1998): 1148-1161.
6. Goodman, D.J.; Valenzuela et al., R.A., Packet Reservation Multiple Access for Local Wireless Communications. IEEE Journal on Selected Areas in Communications 37-8 (August 1989): 885-890.
7. Karol, M.J., Distributed-queuing request update multiple access (DQRUMA) for wireless packet (ATM). IEEE Proceedings of ICC 2 (1995): 1224-1231.
8. Yamamoto, M.; Machida, S., Access Control Scheme for Multimedia ATM Wireless Local Area Networks. IEICE Journal on Selected Areas in Communications E81-B (November 1998).
9. พงศธร เศรษฐีธร. การออกแบบโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงแบบหลายช่องสัญญาณสำหรับบริการเสียงและข้อมูลร่วมกันในระบบการสื่อสารไร้สาย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544
10. William Stallings, Data and Computer Communications, 5th ed. (United States of America: Prentice-Hall International, 1997), p. 517-520.
11. Peyravi, H., Medium access control protocols performance in satellite communications. IEEE Journal on Selected Areas in Communications (March 1999): 62-71.
12. Suzuki, T.; Tasaka, S., A Performance Comparison of ALOHA-Reservation and PRMA in integrate voice and data wireless local area networks. IEEE Proceedings of TENCON 2 (1992): 754-758.

13. Jyh-Cheng, Chen; Krishna, M.; Sivalingam, Prathima, Agrawal; Raj, Acharya, On scheduling of Multimedia Services in a Low-Power for Wireless ATM NETWORK. IEEE Proceedings of PIMRC 1 (1998): 243-247.

14. Maglaris, B.; Anastassiou, D.; Sen, P.; Karlsson, G.; Robbins, J.D., Performance models of statistical multiplexing in packet video communications. IEEE Journal on Selected Areas in Communications (July 1988): 834 –844.

15. Wong, W.C.; Goodman, D.J., A Packet reservation multiple access protocol for integrated speech and data transmission. IEE Proceedings of TENCON 139-6 (December 1992): 607-612.

16. Akyildiz, I.F.; Levine, D.A.; Joe, I., A slotted CDMA protocol with BER scheduling for wireless multimedia networks. IEEE/ACM Journal on Selected Areas in Communications 7-2 (April 1999): 146-159.

17. Beraldi, R.; Iera, A.;Marano, S.;Salerno, P., A new D-RMA Protocol for supporting traffic in third generation cellular system. IEEE Proceedings on Communication Conference 1 (1994): 314-319.

18 Wai Chung Chan; Geraniotis, E.; Derrien, C., A medium access protocol for interconnecting ATM and wireless networks. IEEE Proceedings of ICC 3 (1997): 1448-1453

19 Beneli G.; Favalli L.; Filigheddu G., A data link layer protocol for wireless ATM. IEEE Proceedings of ICC 3 (1998): 1438-1422.

20. Salles, RM.; de Lira Gondim, P.R., Performance of Priority-Based Multiple Access with Dynamic Permission (PBMA-DP) for Multimedia Wireless Network. IEEE Proceedings of ICC98 1 (1998): 161-165.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทความซึ่งได้มาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ที่ได้รับการตีพิมพ์ในรายงานการประชุมวิชาการทั้งหมดจำนวน 4 ฉบับดังนี้

1 บทความ Media access protocol for supporting voice and data services in high-speed wireless communication systems ณ งานประชุมทางวิชาการ Electrical Engineering Conference 22nd (EE-CON22) ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศไทย ระหว่างวันที่ 2-3 ธันวาคม 1999

2 บทความ Designing an efficient MAC protocol for integrated Voice and Data Services in Wireless Networks ณ งานประชุมทางวิชาการ The 7th IEEE Singapore International Conference on Communication Systems (ICCS2000) ที่โรงแรม Sheraton Towers ประเทศ Singapore ระหว่างวันที่ 20-24 พฤศจิกายน 2000

3 บทความ Dynamic Frame Reservation Multiple Access (DFRMA) Protocol for Wireless Communication Systems ณ งานประชุมทางวิชาการ The 19th IASTED International Conference Applied Informatics (AI2001) ที่เมือง Innsbruck ประเทศ Austria ระหว่างวันที่ 19-22 กุมภาพันธ์ 2001

4 บทความ Performance of Dynamic Frame Reservation Multiple Access-Dynamic Permission (DFRMA-DP) Protocol for Integrated Voice and Data Service in Wirelsss Communication Systems ณ งานประชุมทางวิชาการ The 53rd IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference (VTC2001) ที่ Rodos Palace Hotel ประเทศ Greece ระหว่างวันที่ 6-9 พฤษภาคม 2001

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรโตคอลการเข้าใช้ตัวกลางสำหรับบริการข้อมูลเสียงและดาต้าในระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูง

Media access protocol for supporting voice and data services in high-speed wireless communication systems

อัครพล ธนสรวิศ พงศธร เศรษฐีธร พัดชา สุวรรณภักดี ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์ (02) 218-6512 โทรสาร (02) 251-8991 E-mail: lunch@ee.eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอโปรโตคอลที่ออกแบบขึ้นสำหรับระบบสื่อสารไร้สายอัตราข้อมูลสูง ที่สามารถให้บริการกับข้อมูลได้ทั้งเสียงและดาต้า ซึ่งจะมีการจัดสรรช่องสัญญาณตามคุณสมบัติและความต้องการคุณภาพในการบริการที่แตกต่างกันข้อมูล โดยจะสนับสนุนการส่งข้อมูลประเภทเสียงเป็นบริการหลัก ส่วนข้อมูลประเภทดาต้าซึ่งจะมีความสามารถในการทนเวลาประวิงได้มากกว่านั้น จะส่งข้อมูลได้ก็ต่อเมื่อมีแบนด์วิดท์ที่เหลือจากการส่งข้อมูลเสียง จากผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถจัดสรรแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณให้กับทราฟฟิกแต่ละประเภทได้อย่างเหมาะสมตามคุณภาพของการบริการที่ผู้ใช้ต้องการ นอกจากนี้ประสิทธิภาพการใช้งานของช่องสัญญาณภายในระบบมีค่าสูงถึง 93% ดังนั้นโปรโตคอลนี้จึงมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานกับระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูงในอนาคต

Abstract

This paper presents a new protocol for high-speed wireless communication systems. The protocol is designed to support both speech and data services. Communication channels are assigned according to the quality of services required by each traffic type. Since speech is a dealy-sensitive traffic, it is treated as a higher priority service. Channel bandwidth is always used to accommodate speech first, before it is used for data transmission. Computer simulations reveal that the system can allocate bandwidth properly and satisfy the user's quality of service requirements. In addition, channel utilization of the system is very high, *i.e.* 93%. As a result, this protocol is considered suitable for future high-speed wireless communications.

1. บทนำ

การพัฒนาระบบโทรคมนาคมไร้สายในปัจจุบันนี้เป็นไปอย่างรวดเร็วกล่าวคือ ในอดีตนั้นแบนด์วิดท์ที่ใช้ในการส่งข้อมูลจะอยู่ในหน่วยของกิโลบิตต่อวินาที ซึ่งสามารถให้บริการได้เฉพาะข้อมูลประเภทเสียงเท่านั้น แต่ต่อมาบริการที่ผู้ใช้ต้องการมีแนวโน้มเปลี่ยนไปคือ นอกจากบริการเสียงแล้วยังต้องการบริการประเภทข้อมูลต่างๆด้วย ซึ่งในอนาคตแบนด์วิดท์ในการรับส่งข้อมูลไร้สายจะอยู่ในหน่วยของเมกกะบิตต่อวินาที ทำให้ระบบสื่อสารไร้สายสามารถให้บริการกับข้อมูลประเภทอื่นเช่นดาต้าได้อีกด้วย หัวใจสำคัญในระบบสื่อสารไร้สายนั้นคือทำอย่างไรจึงจะใช้แบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างจำกัดนี้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยคำตอบของปัญหานี้คือการสรรหาโปรโตคอลที่ควบคุมการเข้าใช้ตัวกลาง (media access control, MAC) ที่เหมาะสมสำหรับระบบที่มีแบนด์วิดท์มากหรืออัตราข้อมูลสูง อันจะเป็นกุญแจสำคัญในการกำหนดคุณภาพในการบริการของผู้ใช้ โดยข้อมูลแต่ละประเภทต่างมีความต้องการคุณภาพในการบริการที่แตกต่างกัน อาทิเช่น ข้อมูลเสียงต้องการบริการที่ตอบสนองแบบทันทีทันใด แต่สามารถทนทานต่อความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในขณะส่งข้อมูลได้ เช่น การสูญเสียแพ็กเกตระหว่างการส่ง, การเกิดบิตผิดพลาดในแพ็กเกต ทั้งนี้ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นก็ต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ด้วย ในขณะที่การบริการที่ตอบสนองแบบทันทีทันใดจะไม่จำเป็นสำหรับข้อมูลประเภทดาต้า แต่ข้อมูลประเภทนี้ต้องการความถูกต้องในการส่งสูง การสูญเสียแพ็กเกต ระหว่างการส่งหรือการเกิดบิตผิดพลาดในแพ็กเกต จะส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อคุณภาพของข้อมูลประเภทนี้

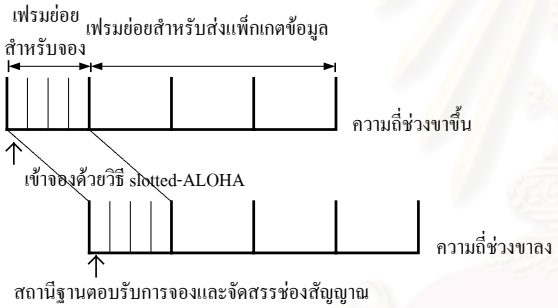
บทความชุดนี้นำเสนอโปรโตคอลที่ออกแบบขึ้นสำหรับระบบที่มีแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณสูง (ในย่านเมกกะบิตต่อวินาที) เพื่อรองรับบริการทั้งข้อมูลเสียงและดาต้า โดยระบบที่ออกแบบนี้จะให้บริการข้อมูลเสียงในลักษณะของ Constant bit rate (CBR) ส่วนข้อมูลดาต้าจะได้รับบริการแบบ Available bit rate (ABR) เมื่อทราบความต้องการของระบบในข้างต้นแล้ว ต่อมาเราต้องทำการเลือกพื้นฐานการทำงานของระบบที่มีแนวโน้มว่าจะมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยจะเลือกพื้นฐานการทำงานของระบบที่มีอยู่ 2 แนวทางคือการจัดสรรช่องสัญญาณแบบเฟรมต่อเฟรม (frame by frame assignment) ซึ่งใน 1 เฟรมจะประกอบไปด้วยสล็อตสำหรับการจองและสล็อตสำหรับส่งข้อมูล โดยอัตราส่วนระหว่างจำนวนสล็อตที่ใช้ในการจองและจำนวนสล็อตสำหรับส่งข้อมูลจะต่ำกว่าระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบสล็อตต่อสล็อต (slot by slot assignment) ที่มีอัตราส่วนเป็น 1 ต่อ 1 แต่ข้อเสียของการจัดสรรช่องสัญญาณประเภทนี้คือในการจัดสรรช่องสัญญาณแต่ละรอบ ผู้ใช้จะต้องรอการตอบรับจากสถานีฐานเป็นเวลาอย่างน้อย 1 เฟรม ก่อนที่จะเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ ในขณะที่การจัดสรรช่องสัญญาณแบบสล็อตต่อสล็อตผู้ใช้จะรอการตอบรับจากสถานีฐานเพียงในหน่วยของสล็อต ซึ่งจะมีค่าน้อยกว่าความยาวของเฟรมมาก

เนื่องจากระบบที่ทำการพิจารณามีความเร็วสูงทำให้ความยาวของเฟรมในหน่วยของเวลาสั้นลงมาก เป็นผลให้ปัญหาที่เกิดจากเวลาประวิงในการรอการตอบรับจากสถานีฐานของผู้ใช้ลดลงอย่างมาก ดังนั้นในการออกแบบโปรโตคอลสำหรับส่งข้อมูลในระบบที่มีความเร็วสูง จะใช้พื้นฐานการทำงานของระบบที่มีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบเฟรมต่อ-
เฟรม

2. การออกแบบโปรโตคอลสำหรับระบบสื่อสารไร้สายที่มีอัตราข้อมูลสูง

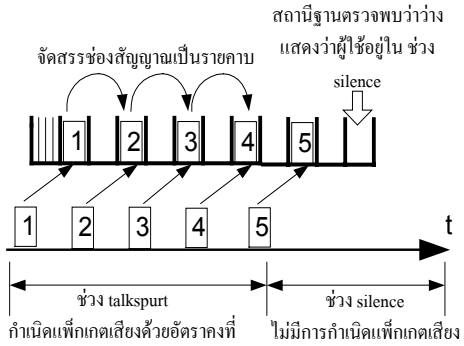
จากเอกสาร [1] กล่าวถึงการแบ่งประเภทของโปรโตคอลที่ควบคุมการเข้าใช้ตัวกลาง โปรโตคอลที่นำเสนอในบทความชุดนี้ จะจัดอยู่ในตระกูลลูกผสม (Hybrid Protocol) ระหว่างโปรโตคอลที่มีการเข้าถึงแบบสุ่ม (Random Access Protocol) และโปรโตคอลที่มีการจองช่องสัญญาณก่อนใช้ (Reservation Protocol) โปรโตคอลในตระกูลนี้ได้รับการพัฒนามาจากโปรโตคอลในตระกูลที่มีการจองช่องสัญญาณก่อนการใช้งาน โดยจุดประสงค์เพื่อลดจำนวนของโอเวอร์เฮด (overhead) หรือ จำนวนสล็อตที่ใช้ในการจองช่องสัญญาณลงจากเดิมที่จะต้องมีจำนวนเท่ากับผู้ใช้ทั้งหมดโดยบริการของระบบที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้เมื่อผู้ใช้มีความต้องการส่งข้อมูลก็ต้องหาวิธีการจองช่องสัญญาณแบบสุ่ม เช่น Slotted-ALOHA หรือ Binary Stack ในการจอง

สำหรับโปรโตคอลที่เสนอนี้จะใช้วิธี Slotted-ALOHA ในการจองช่องสัญญาณ และจัดสรรช่องสัญญาณในรูปแบบของเฟรม (frame by frame assignment) ทั้งนี้เนื่องจาก ลักษณะโครงสร้างของเฟรมจะประกอบไปด้วยเฟรมย่อยที่ใช้สำหรับการจองช่องสัญญาณ (reservation subframe) และเฟรมย่อยที่ใช้ในการส่งข้อมูล (information subframe) ดังรูปที่ 1



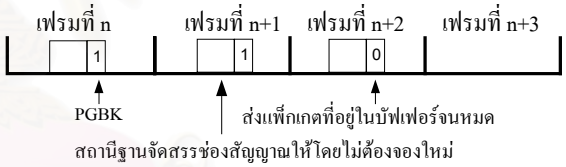
รูปที่ 1 โครงสร้างเฟรมของโปรโตคอลที่เสนอขึ้น

เมื่อผู้ใช้มีความต้องการส่งข้อมูลจะต้องส่งแพ็กเกตเพื่อทำการจองช่องสัญญาณไปยังสถานีฐาน จากนั้นจึงคอยฟังสัญญาณตอบรับการจอง (acknowledge) จากสถานีฐาน ถ้าไม่ได้รับสัญญาณตอบรับภายในช่วงระยะเวลาหนึ่งเฟรม จะถือว่าการจองนั้นล้มเหลว และจะต้องจองใหม่ใน เฟรมถัดไป แต่ถ้าการจองเป็นผลสำเร็จ สถานีฐานจะตอบรับและจัดสรรช่องสัญญาณให้ตามความต้องการบริการของข้อมูลแต่ละชนิด สำหรับข้อมูลเสียงจะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณเป็นรายคาบที่มีค่าสอดคล้องกับอัตราการกำเนิดแพ็กเกตเสียงจนกระทั่งสิ้นสุดเฟรมหรือหมดแพ็กเกตเสียงที่จะส่งดังรูปที่ 2 ซึ่งสถานีฐานจะตรวจสอบจากการที่ช่องสัญญาณนั้นว่างลง ในกรณีที่สิ้นสุดเฟรมแล้วแต่ผู้ใช้ยังมีความต้องการส่งแพ็กเกตเสียงอยู่ สถานีฐานจะจัดให้ไปต่อท้ายคิวของผู้ใช้ที่ต้องการส่งข้อมูลเสียงเพื่อสลับให้ผู้ใช้อื่น ๆ ที่ต้องการส่งข้อมูลเสียงซึ่งรอคิวอยู่ได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณบ้าง เพื่อเฉลี่ยช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้ทุกๆคนอย่างยุติธรรม สำหรับข้อมูลชนิดคาต้าซึ่งสามารถทนต่อเวลาประวิงจะถูกจัดให้มีลำดับในการจัดสรรช่องสัญญาณต่ำกว่าข้อมูลเสียงทำให้โอกาสที่ข้อมูลชนิดนี้จะไปแย่งช่องสัญญาณจากข้อมูลเสียงซึ่งมีความทนต่อเวลาประวิงต่ำกว่าลดลง



รูปที่ 2 การจัดสรรช่องสัญญาณให้กับข้อมูลเสียง

ค่าความน่าจะเป็นที่ใช้ในการส่งแพ็กเกตสำหรับจองในโปรโตคอลนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ค่าความน่าจะเป็นสำหรับการส่งแพ็กเกตจองครั้งแรก (Access Probability:Pa) ซึ่งสถานีฐานจะประกาศผ่านทางความถี่ขาลงเพื่อให้ผู้ใช้ทุกคนทราบและค่าความน่าจะเป็นสำหรับการส่งแพ็กเกตจองเมื่อเกิดการชน (Retransmission Probability:Pr) ดังนั้นเมื่อเกิดการชนขึ้นผู้ใช้จะใช้ค่าความน่าจะเป็นประเภทหลังเป็นพารามิเตอร์สำหรับควบคุมการจองช่องสัญญาณ ในกรณีที่ผู้ใช้ได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณจากสถานีฐานแล้วแต่ยังมีความต้องการที่จะส่งข้อมูลต่อ เราจะใช้บิตควบคุมพิเศษที่เรียกว่า “piggy backing bits (PGBK)” สำหรับบอกสถานีฐานว่าข้อมูลยังไม่หมดบัฟเฟอร์ (buffer) เพื่อให้สถานีฐานจัดสรรช่องสัญญาณต่อให้โดยที่ไม่ต้องทำการจองใหม่อีกครั้งเป็นการช่วยลดจำนวนผู้ใช้ที่ต้องแย่งชิงกันในการจองช่องสัญญาณ



รูปที่ 3 การใช้ PGBK ในการจองช่องสัญญาณ

3. การจำลองระบบ

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่นำเสนอ เราจะอาศัยเทคนิคของคอมพิวเตอร์ซิมูเลชั่นเพื่อใช้จำลองการทำงานของระบบเมื่อมีการรองรับบริการเสียงอย่างเดียวและเมื่อรองรับทั้งบริการเสียงและค้าต้า ซึ่งตัวแปรที่ใช้ในการจำลองระบบจะมีค่าดังนี้

<u>โครงสร้างของระบบ</u>

มีลักษณะการทำงานแบบ Frequency division duplex (FDD) คือ จะแบ่งช่องในการรับส่งข้อมูลออกเป็น Uplink และ Downlink ซึ่งอัตราข้อมูลในแต่ละช่องเท่ากับ 10 เมกกะบิตต่อวินาที และมีโครงสร้างเฟรมดังนี้ 1. ขนาด Data slot เท่ากับ 100 บิต 2. จำนวน Time slot ในหนึ่งเฟรมเท่ากับ 600 ช่อง 3. ขนาด Access slot เท่ากับ 16 บิต 4. จำนวน Access slot ในหนึ่งเฟรมเท่ากับ 100 ช่อง

<u>ลักษณะทราฟฟิกของผู้ใช้</u>

ผู้ใช้ข้อมูลประเภทเสียง : มีลักษณะเป็น Markov แบบสองสภาวะ โดยมีค่าเฉลี่ยช่วงพูดกับช่วงเงียบเท่ากับ 1/1.35 และอัตราการกำเนิดเสียงเท่ากับ 32 กิโลบิตต่อวินาที

ผู้ใช้ข้อมูลประเภทดาต้า : มีลักษณะการเกิดแพ็คเกตเป็นแบบปัวซองของผู้ใช้แต่ละคนด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 250 แพ็คเกต/วินาที

การทดสอบระบบจำลองนี้ในกรณีแรกจะพิจารณาเฉพาะบริการประเภทเสียง โดยจะทำการกำหนดค่า Pr เท่ากับหนึ่งแล้วปรับเปลี่ยนค่า Pa เพื่อพิจารณาผลกระทบของ Pa ที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบเสียงดังผลการทดสอบในรูปที่ 4 และ 5 ส่วนในกรณีที่สองจะพิจารณาเฉพาะบริการประเภทเสียงเช่นเดียวกับในกรณีแรก แต่จะพิจารณาถึงผลกระทบของ Pr ที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบแทน โดยจะทำการกำหนดค่า Pa คงที่ค่าหนึ่งแล้วปรับเปลี่ยนค่า Pr ส่วนในกรณีสุดท้ายจะพิจารณาบริการทั้งสองประเภทคือทั้งเสียงและดาต้า โดยจะทำการกำหนดจำนวนทราฟฟิกของดาต้าให้คงที่แล้วทำการเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการเสียงมากขึ้นเพื่อดูผลการจัดสรรแบนด์วิดท์ของระบบให้แก่บริการที่แตกต่างกัน ตลอดจนเป็นการทดสอบระบบว่ามีความสามารถในการรองรับบริการที่แตกต่างกันอย่างไร

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของระบบจะพิจารณาจากบริการที่ผู้ใช้เสียงได้รับ ซึ่งในธรรมชาติของเสียงนั้นจะมีการกำหนดค่าเวลาประวิงมากสุดที่ยอมรับได้เท่ากับ 32 มิลลิวินาที โดยถ้าข้อมูลใดมีเวลาประวิงมากกว่าที่กำหนดนี้ก็จะถูกละทิ้งไป ซึ่งจำนวนผู้ใช้บริการเสียงสูงสุดในระบบจะถูกจำกัดด้วยโอกาสในการสูญเสียแพ็คเกตไม่ให้เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ สำหรับข้อมูลดาต้านั้นจะถูกให้บริการแบบ ABR ดังนั้นบริการที่ผู้ใช้ดาต้าได้รับจะขึ้นกับจำนวนของผู้ใช้บริการเสียงเป็นหลัก

4. ผลการทดสอบ

เมื่อพิจารณากราฟในรูปที่ 4 และ 5 ซึ่งเป็นการศึกษาผลของ Pa ที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ เห็นได้ว่าการเพิ่มค่า Pa นี้ ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบดีขึ้น กล่าวคือจำนวนแพ็ตเกตที่เกิดการสูญ-เสียมีค่าลดลง เนื่องจากในระบบปรกติที่ไม่มี PGBK เมื่อผู้ใช้จะทำการส่งข้อมูลก็จะต้องทำการจองช่องสัญญาณผ่าน Access channel เท่านั้น จึงทำให้มีโอกาสจองไม่สำเร็จเนื่องจากเกิดการชนสูง แต่ภายในระบบที่พิจารณานี้เป็นระบบที่มีความเร็วสูงและยังมีการใช้ PGBK ผู้ใช้ส่วนใหญ่ที่ต้องการใช้ช่องสัญญาณจึงสามารถจองช่องสัญญาณผ่าน PGBK ได้ทำให้ Access Channel ส่วนใหญ่เกิดการว่าง การเพิ่มค่า Pa จึงเป็นการเพิ่มโอกาสในการจองให้กับผู้ใช้มากขึ้น เมื่อผู้ใช้สามารถจองช่องสัญญาณได้เร็วจึงทำให้โอกาสที่จะเกิดการสูญเสียแพ็ตเกตลงลง

สำหรับค่าเวลาประวิงที่เกิดนั้นจะพิจารณาเป็นสองกรณีคือ กรณีที่ค่า Channel utilization ต่ำๆ การลดค่า Pa ทำให้เวลาประวิงมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากที่โหลดต่ำๆผู้ใช้แต่ละคนจะมีความต้องการในการส่งแพ็กเกตต่ำ ทำมีให้โอกาสในการใช้ PGBK ของแต่ละคนเกิดได้ต่ำ ในขณะเดียวกันก็ทำให้โอกาสของผู้ใช้ในการจองช่องสัญญาณใหม่ผ่าน Access Channel สูงขึ้น เมื่อมีผู้จองช่องสัญญาณใน Access Channel สูงการชนที่เกิดจึงสูงไปด้วย ดังนั้นการลดค่า Pa จึงเป็นการลดโอกาสในการชนทำให้เวลาประวิงที่ได้ดีขึ้น แต่ในกรณีที่ค่า Channel utilization สูงๆนั้นผู้ใช้แต่ละคนจะมีข้อมูลที่ต้องการส่งมาก ทำให้โอกาสที่ข้อมูลจะค้างอยู่บัฟเฟอร์มีค่าสูง การจองช่องสัญญาณส่วนใหญ่จะทำผ่าน PGBK ดังนั้น Access Channel ที่ไม่ได้ใช้มีค่ามาก ทำให้การลดค่า Pa นี้จึงเป็นการลดโอกาสการจองช่องสัญญาณของผู้ใช้จึงทำให้ระบบเกิดเวลาประวิงสูงขึ้น

รูปที่ 6 และ 7 เป็นการพิจารณาผลของ Pr ที่มีผลต่อประสิทธิ-ภาพของระบบ ซึ่งเห็นได้ว่าเมื่อลดค่า Pr ประสิทธิภาพของระบบทั้งในด้านของการสูญเสียแพ็คเกตและเวลาประวิงจะมีค่าลดลง เนื่องจากเมื่อเกิดการชนขึ้นในระบบผู้ใช้ก็จะทำการจองช่องสัญญาณใหม่ โดยจะหน่วงเวลาเป็นค่าแรนดอมค่าหนึ่ง ทำให้โอกาสที่จะเกิดการชนกันก็ยังเกิดขึ้นได้อีก ดังนั้นจึงจะมีการลดค่า Pr เพื่อลดโอกาสในการชนนี้ลง ซึ่งการลดค่า Pr นี้จะมีค่าจำกัดที่ค่าหนึ่งเท่านั้น โดยเมื่อทำการลดค่า Pr เกินค่านี้แล้ว ทั้งการสูญเสียแพ็คเกตและเวลาประวิงจะเพิ่มสูงขึ้น เนื่องมาจากเกิดการหน่วงเวลามากเกินไปจนทำให้ผู้ใช้ไม่มีโอกาสส่งแพ็กเกตได้ตามความต้องการ

รูปที่ 8 และ 9 แสดงถึงผลการทดสอบระบบเมื่อมีการรองรับบริการของผู้ใช้สองประเภทคือข้อมูลเสียงและข้อมูลดาต้า โดยในการทดสอบนี้จะทำการเปลี่ยนจำนวนของผู้ใช้บริการเสียงจาก 175 ถึง 550 คน ส่วนโหลดของผู้ใช้บริการข้อมูลดาต้านี้จะถูกกำหนดไว้คงที่เท่ากับ 0.93 แพ็คเกตต่อหนึ่งไทม์สล็อตซึ่งเป็นโหลดที่มีค่าสูงมาก โดยการที่เราต้องกำหนดโหลดของผู้ใช้ข้อมูลดาต้าที่ค่าสูงๆเช่นนี้ ก็เพื่อจะทดสอบความสามารถของระบบในด้านการจัดสรรบริการที่แตกต่างกันตามลักษณะของผู้ใช้ได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งเมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบในรูปข้างต้นจะเห็นได้ว่าระบบมีความสามารถในการจัดการกับบริการทั้งสองได้อย่างดี กล่าวคือ เมื่อทำการเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการข้อมูลเสียงมากขึ้นเห็นได้ว่าค่า Voice channel utilization มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามจำนวนผู้ใช้จนกระทั่งคงที่ แต่ในทางกลับกันค่า Data channel utilization จะมีการลดลงเรื่อยๆจนกระทั่งคงที่ ในขณะที่ค่า Total channel utilization จะมีค่าคงที่เสมอในทุกๆจำนวนของผู้ใช้ แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถให้บริการข้อมูลเสียงได้อย่างมีคุณภาพเสมอแม้ว่าปริมาณโหลดของข้อมูลดาต้าจะมีค่ามากก็ตามทั้งนี้เนื่องมาจากบริการที่ระบบให้กับผู้ใช้ข้อมูลดาต้านั้นมีลักษณะเป็นแบบ ABR กล่าวคือผู้ใช้บริการข้อมูลดาต้าจะได้รับแบนวิดท์ที่เหลือใช้จากบริการข้อมูลเสียงเท่านั้นในขณะที่ผู้ใช้ข้อมูลเสียงจะได้รับบริการแบบ CBR จึงสามารถทำใช้ช่องสัญญาณได้เท่าที่ระบบจะสามารถจัดหาให้ได้โดยเมื่อพิจารณาให้ความน่าจะเป็นในการสูญเสียแพ็คเกตไม่เกิน 1 เปอร์เซนต์แล้วระบบที่มีบริการทั้งสองจะสามารถรองรับผู้ใช้บริการเสียงได้ถึง 350 คน

5. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้จะสำเร็จลงไม่ได้หากขาดการสนับสนุนจากโครงการ IMT2000 ของสถาบัน NECTEC และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือทั้งทางด้านเทคนิคและอุปกรณ์ต่างๆ ในการวิจัย

5. สรุป

จากผลการทดสอบในข้างต้นเห็นได้ว่าโปรโตคอลที่นำเสนอนี้ถูกออกแบบมาให้มีความเหมาะสมกับระบบที่มีเร็วสูงและสามารถรองรับการบริการผู้ใช้ประเภทเสียงและข้อมูล โดยโปรโตคอลนี้จะให้บริการข้อมูลประเภทดาต้าเป็นแบบ ABR คือจะทำการนำแบนด์วิทด์ที่เหลือจากบริการเสียงมาให้บริการผู้ใช้ประเภทดาต้า ซึ่งการทำเช่นนี้จะทำให้ปริมาณ ทราฟฟิกของดาต้านี้แทบไม่ส่งผลกระทบต่อบริการของเสียงเลย ซึ่งเป็นลักษณะการทำงานที่ตรงกับความต้องการในระบบการทำงานจริง นอกจากนี้โปรโตคอลที่นำเสนอยังได้อาศัยเทคนิคในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบหลายๆวิธี เช่น การกำหนดช่องสัญญาณให้เสียงแบบเป็นรายคาบ, การจัดสรรช่องสัญญาณเสียงโดยเฉลี่ยให้ผู้ใช้แต่ละคนเท่าๆกัน, การใช้ PGBK และค่าความน่าจะเป็นในการเข้าใช้ตัวกลาง ทำให้ประสิทธิภาพของระบบที่ได้ในข้างต้นมีค่าสูงมาก ซึ่งจะทำให้การใช้ช่องสัญญาณเป็นไปอย่างคุ้มค่า

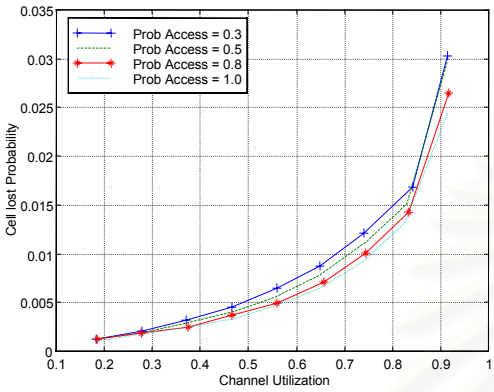
6. เอกสารอ้างอิง

[1] H.Peyravi, “Medium access control protocols performance in satellite communications,” IEEE Communication Magazine, vol.373, pp. 62-71, March 1999.

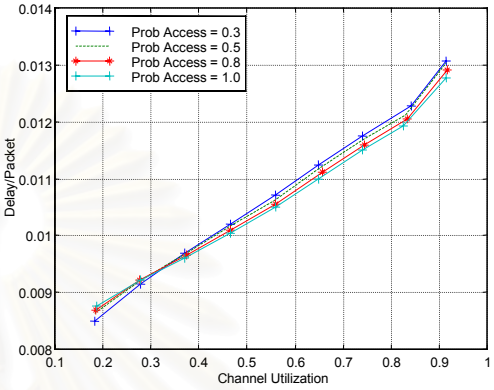
[2] Karol,M.J.,”Distributed-queueing request update multiple access (DQRUMA) for wireless packet (ATM) IEEE Communication Conference,vol 2,pp. 1224-1231,1995

[3] M. Yamamoto,”Access Control Scheme for Multimedia ATM Wireless Local Area Networks”,IEICE Trans. Commun. Vol. E81-B,No 11,pp. 2048-2055,November 1998

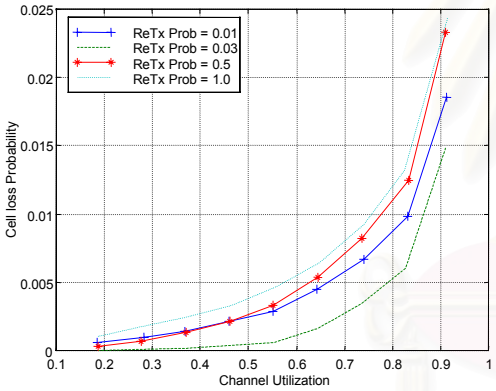
[4] D.J.Goodman,”Packet reservation multiple access for Local wireless communications,”IEEE Trans. Commun.,vol.37,no.8,pp.885-890,1989



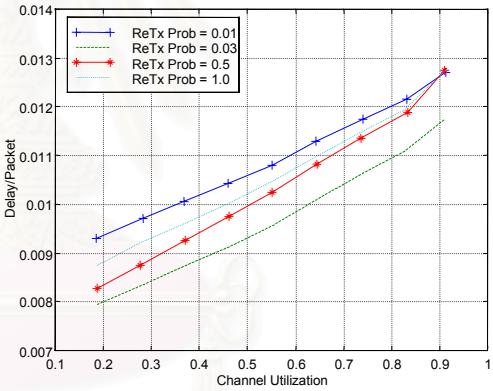
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Cell lost Probability กับ Channel Utilization ที่ค่า Access Probabilty ต่างๆ (Voice Users)



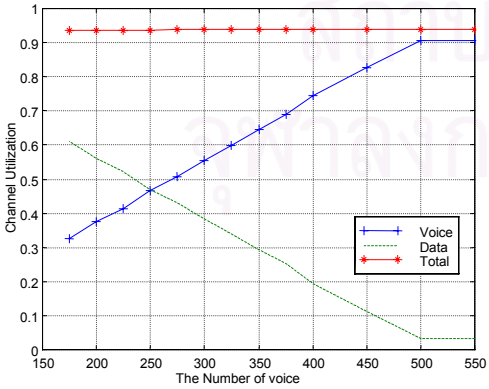
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงกับ Channel Utilization ที่ค่า Access Probability ต่างๆ (Voice Users)



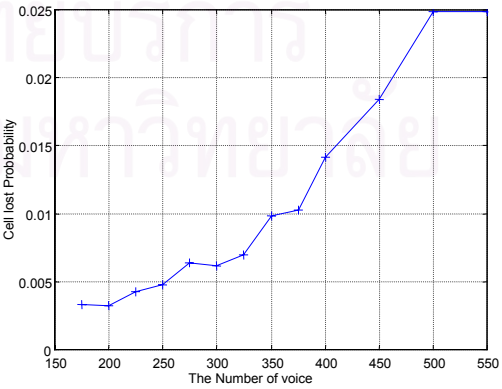
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง Cell lost Probability กับ Channel Utilization ที่ค่า ReTx Probabilty ต่างๆ (Voice Users)



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงกับ Channel Utilization ที่ค่า ReTx Probability ต่างๆ (Voice Users)



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่าง Channel Utilization กับจำนวน Voice users เมื่อกำหนดโหลดของ Data Users คงที่ (Voice Users และ Data Users)



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่าง Cell lost Probability กับ จำนวน Voice Users เมื่อกำหนดโหลดของ Data Users คงที่ (Voice Users และ Data Users)

Designing an efficient MAC protocol for integrated Voice and Data Services in Wireless Networks

A. Thanasorravit, P. Sedthetorn, P. Suwanpakdee and L. Wuttisittikulkij

Abstract-- *This paper presents a comprehensive study of a media access control (MAC) protocol design for integrated voice and data services in wireless communications. In order to achieve high levels of channel utilization and guarantee quality of services, key issues on the protocol design have been identified and extensively investigated. These include channel assignment, priority mechanism and the determination of a proper frame length. According to our intensive study results, it is found that the combination of channel assignment techniques between multiple packets with priority and queuing for already admitted terminal in short frame length conditions is suitable for supporting integrated voice and data services.*

Index terms-- MAC protocol, wireless ATM, channel assignment, integrated

I. Introduction

In order to satisfy the rapid growth in the demand for wireless communications, which support a wide range of applications including voice and data, a vast improvement in its spectral efficiency is required. One of the most important issues in the design of these systems is the medium access control (MAC) protocol. Over the past decade, a number of MAC protocols based on TDMA have been proposed for integrated voice and data services. These protocols can be classified into contention-free and contention-based schemes. For the contention-free scheme [1,2], each terminal has its own request slot in order to reserve an information slot, therefore packet collision never occur. For the contention-based scheme, all terminals share a fixed number of request slots. This scheme may cause collision; however, the overhead utilization can be made superior to the former.

As to the design of a MAC protocol in this paper, we emphasize the latter scheme because of its high overhead efficiency. Moreover, appropriate control of the request packet transmission can alleviate or minimize the packet collision problem.

Among contention based protocols, the notable one is PRMA [3]. In PRMA, when the terminal needs to transmit packets, it begins to contend for the channel by transmitting its packet in available slots until it succeeds in a transmission. After a successful transmission, the terminal will obtain a reservation for the exclusive use of the corresponding time slots in subsequent frames. This protocol is suitable for voice, which is a continuous traffic, but it may not be effective for supporting both voice and data traffic simultaneously. For example a variant of PRMA [4] requires each individual packet of the data terminal to contend for access. With this scheme, the effect of contentions from data packets will significantly reduce the quality of voice transmission. In addition, PRMA, which uses information packets for contention, does not have sufficient slots to reduce possible contentions caused by random access. Another protocol modified from PRMA to support data traffic is IPRMA [5]. In this protocol, voice or data terminals must contend only to send their first packet and the remaining packets are continually sent in the reservation mode, thereby reducing contention from data packets in comparison to PRMA [4]. However the problem of using information packets for requests is not solved. To overcome this, the MPRMA protocol was proposed [6]. It uses minislots for contention and exploits the last bit of each packet or continuation flag for transmitting subsequent packets. However, this protocol is not suitable for long data messages because a data terminal can send only one packet per frame. This implies that the remaining packets in the message must wait for transmission in the following frames, even if there may be empty slots available in the current frame. This could cause excessive delay to data packets. Another well-known protocol worth mentioning is DQRUMA [7]. This is a protocol designed specifically for data traffic. The protocol implements the same concept of using the last bit of each packet to indicate whether there are further packets waiting for transmission but this mechanism is referred to as “piggy backing (PGBK)”. Another protocol such as HAR [8] is superior to the above-mentioned protocols. The protocol allows a data terminal to send packets based on its requirement and periodically assigns available slots to voice terminals the same as in [3]. In addition, it uses minislots for contention as in [6]. However, the channel assignment of this protocol is not

Manuscript received July 15, 2000; Revised August 15,2000. This work was supported by Telecommunication Laboratory at Electrical Engineering Department of Chulalongkorn University.

The Authors are with the Telecommunication Laboratory at Electrical Engineering Department, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 10330 (telephone: +662 2186517, Fax: +662 2518991, e-mail: d1joe@ee.eng.chula.ac.th, d1pak@ee.eng.chula.ac.th, d1pad@ee.eng.chula.ac.th, Lunch@ee.eng.chula.ac.th)

based on priority of voice over data transmissions in order to guarantee the quality of voice connections. PRMA-DSA [9], RRA [10] and a published protocol [11] provide priority assignment based on the quality of services of both traffics but they require a complicated mechanism.

Another mechanism that can improve the system performance is that if a base station cannot assign information slots to the successful request terminals, these terminals have to contend for reserving slots again in the following frames. Therefore, the system may suffer from repeated collision especially when the number of terminals in the request state are high. As a result, a queue mechanism is applied to the terminal in which its request is successful but no available information slot can be assigned at that time. The slot-by-slot protocol such as DQRUMA [7] and a published protocol [12] use this technique to queue already-admitted terminals and assign available slots to them later.

In this paper, the operational mechanisms of each protocol mentioned above are addressed as well as their advantages and disadvantages. We intensively studied these MAC protocols and classified them as five protocols based on their channel assignments. Thereupon, we determined the appropriate protocol for integrated voice and data services. Furthermore, we also investigated the proper size of frame length and its effect on the system performance.

II. Key Design Considerations

A. Traffic characteristics

In general, voice traffic is treated as a time-ordered sequence of talkspurt and silent gap and its packets are constantly generated during the talkspurt period. Since voice packets require immediate transmission, packets delayed beyond a certain time (an upper limit of 32 ms [3]) are invalid and should be discarded. Therefore, both voice dropping probability and maximum tolerable delay are very important parameters for the system design. There is evidence that speech distortion due to a 1% packet dropping is barely audible; hence, a 1% dropping rate is adopted as the dropping constraint in our study. For data traffic, it is bursty by nature. Each burst or message of data traffic contains a variable number of packets. Consequently, the data terminals have to divide each message into a number of packets before the actual data transmission can take place. Besides, data traffic requires zero information loss, but the delay requirements are less stringent than those regarding voice traffic.

B. Channel Assignment

In order to understand the usage of each mechanism described above, it is useful to classify the MAC protocols studied into 5 categories according to the channel assignment, namely i) single packet with PGBK, ii) single packet with PGBK and priority assignment, iii) multiple packet assignment, iv) multiple packet with priority assignment and v) multiple packet with priority assignment and queuing. These protocols have three features in common.

1) They all operate on a contention-based scheme. Active terminals will contend (by slotted-Aloha) for information slots via request slots in the reservation part, see Figure 1.

2) To satisfy the nature of voice traffic, when an active voice terminal successfully transmits its first packet, the base station continually assigns the corresponding slots to subsequent frames until the end of the talkspurt.

3) They exploit the fact that the round trip propagation delay between wireless terminals is very short. Due to this short delay, terminals can respond to the outcomes of their transmission almost immediately since their acknowledgements can be received promptly.

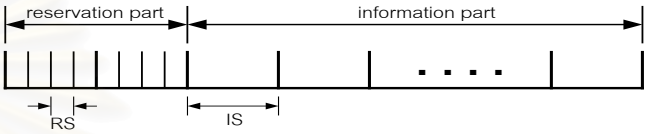


Fig 1: frame structure of designed protocols

The different features of each individual protocol can be described as follows.

1) Single packet with PGBK: each data terminal can send only one packet per frame and uses PGBK to indicate whether the terminal still has packets left for transmission. Whenever there are no slots available for the successful request terminals, these terminals have to make a new request in the next frames. An example of protocols using this channel assignment is MPRMA [6].

2) Single packet with PGBK and priority assignment: this protocol is developed from the first by assigning a higher priority to voice traffic than data. A base station assigns available slots in the following order; voice reserved packet, new access voice packet, PGBK data packet and new access data packet. When the terminal succeeds in request access, it must wait for at least one frame for channel allocation by the base station so that the priority assignment can be executed. A protocol described in [12] is an example of MAC protocols that have adopted this scheme.

3) Multiple packet assignment: each data terminal can send more than one packet per frame. If the number of available information slots in the present frame is not enough for the terminal's requirement, the remainders of data packets will be assigned to the next frame. In case the terminal continues to occupy the channel over a long period of time, other terminals will not be able to transmit their packets and must keep accessing the request slots until the channel is available. Examples of protocols classified into this category include ALOHA-r [4], IPRMA [5] and HAR [8]. Note that the channel allocations of PRMA/DA [13] and ATDMA [14] are partially different from this protocol.

4) Multiple packet with priority assignment: this protocol has been developed from the third protocol by applying the priority to traffics in the following order;

voice reserved packet, new access voice packet, remainder of data packet and new access data packet. As in the second protocol, the successful request terminals will have to wait for transmission permission for at least one frame. Examples of protocols falling into this category are PRMA-DSA [9], RRA [10], a published protocol [11] and PODA [15].

***5) Multiple packet with priority assignment and queuing*:** This model applies voice and data queue mechanisms to multiple packets with a priority assignment protocol for the already-admitted terminals the base station cannot assign available information slots to. This means that each terminal needs not re-access the request slot because its successful request will be kept in the queue and the terminal will only has to wait for information slots from the base station.

C. Frame length

Most protocols found in the literature [3-6, 8, and 13] have adopted the frame length equal to the voice packet generation period. However, there are certain protocols that choose other frame sizes devoid of specific criteria, [11]. It is not clear how the frame length will affect the system performance. Therefore, to understand its impacts, we investigated three different frame sizes, namely half, equal and twice the voice packet generation period. The base station continuously assigns one slot per two frames, one slot per frame and two slots per frame to each active voice terminal in the case of short, normal, and long frame lengths, respectively (see Figure 2).

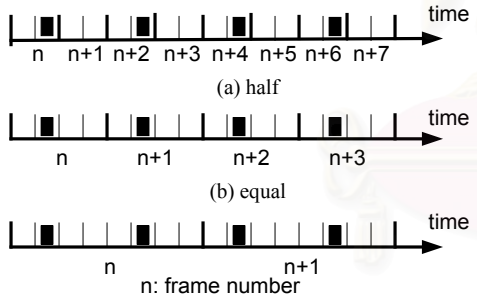


Fig 2: periodic assignment in half, equal and double frame lengths relative to voice generation period.

III. Simulation Parapeters

Our assumption as to the design of frame-based MAC protocols is that the system operates in the frequency division duplex (FDD) mode. The base station and the terminals communicate with each other using two separated channels. The base station uses the downlink channel to broadcast control and information traffic to the terminals, whereas the terminals use the uplink channel to transmit their traffic to the base station. In addition, it is further assumed that the propagation delays are negligible and each transmission channel is error free. The system operates in wireless ATM network environments with the channel rate of 792 kbps and each mobile user independently generates both voice and data packets during the entire simulation time. For voice traffic, the durations of talkspurt and silent gap are exponentially distributed with a mean value of 1 and 1.35 seconds, respectively. The bit rate generated by each terminal is 32 kbps. The data message arrival behavior of each user can be modeled by a Poisson process, and its length (i.e. number of packets) follows a geometric distribution with the mean varying from 1 to 100 packets at a rate of 5.76 kbps/user. Hence, that a shorter data message is generated more frequently than a longer one.

Each packet normally contains a 128-bit payload, but the use of a (31,16) cyclic redundancy code [16] increases the total payload of the MAC layer to become 248 bits. In addition, a 40-bit overhead is added for the purpose of identifying the terminal's ID (8 bits), type of services (1 bit), informing the base station as to the number of packets the data terminals want to send (8 bits) and the physical layer overhead (23 bits).

The frame structure used in our protocol is shown in Figure 1. The frame is divided into two parts; namely reservation part and information part. Users can contend for request slots (RSs) in the reservation part whereas regular slots are used for sending information packets. The size of the RS is 4 times smaller than that of the IS. For the ratio between the number of RSs and ISs, careful investigation has shown that the ratio of 4:10 is appropriate. The details of this investigation will be given in the later section.

IV. SimulationS And Disscussions

In this section, We first discuss the effects of data message length on the system performance of each class of the five protocols described above. We then compare the system performance between the single packet schemes and the multiple packet systems. After that, we examine the effect of the queue mechanism as to improving the performance of the multiple packet system with priority and investigate the impact of frame size on the system performance. To achieve efficient channel utilization, it is important to identify the overhead ratio, therefore we illustrate the determination of this ratio as examples in the multiple packet with priority and single with PGBK and priority systems. Finally, we highlight the essence of priority assignment on the system performance.

A. Effects of message length

1) Signle packet with PGBK system

Figure 3(a) shows that at low to medium offered loads, the mean data packet delay is increased along with the message length. This is as expected because each data terminal can send only one packet per frame; hence, long messages require more frames to complete their transmission. For the voice dropping probability, there are two influential factors that must be considered: the amount of data request packets and the channel occupancy period of each continuous transmission by a data terminal. For the same level of traffic load, short messages generate more request packets but they occupy the channel for a shorter period of time than long messages. Based on the results in Figure 3(b), it appears that the dropping probability of voice

packets is more severe in short data message environments. Therefore, the amount of data request packets has a greater impact on the quality on voice packet transmission than the data terminal occupancy period. It is worth mentioning that the PGBK mechanism is important for the single packet system protocol. Without it, the amount of data request accesses will increase considerably, causing serious collisions in the request slots.

2) Single packet with PGBK and priority assignment for the voice terminal system

In Figure 4, the priority assignment is applied to voice service. As in the previous case, similar results are observed but the mean delay of data packets is slightly worse than in the previous scheme. This is due to the fact that voice terminals are always allocated first and each terminal must wait at least for one frame before gaining priority. Contrasting that, the voice packet dropping probability is marginally improved from the first protocol as a result of the priority scheme. It should be noted that the improvement becomes significant only under heavy load conditions with very long data messages, because this is the only situation where the priority scheme can really make an impact.

3) Multiple packet system

The simulation results in Figure 5(a) show that the mean delay of data packets of the multiple packet technique is significantly improved in comparison to that of the single packet technique in Figure 3(a). This is mainly attributable to the bursty nature of the data arrival process. However, the dropping probability of voice packets becomes worse (Figure 5(b)), as the base station allows each data terminal to continue sending its packets until the end of the message; the channel occupancy of the terminal can span as many frames as it wishes. Any new arrival of voice packets during that period could be held up in the buffer until that particular data terminal releases the channel. If these voice packets are held up for over 32 ms, the equivalent of 8 frames or 88 timeslots (or packets) in this system configuration, they will be discarded. Therefore, transmission of a message longer than 80 packets can easily cause voice packet droppings; this is evident from the results in Figure 5(b) where the mean message length is 100 packets.

4) Multiple packet with priority system

As seen in Figure 6(b), applying priority to the multiple packet system can significantly improve the dropping probability of voice packets, particularly for long data messages. This is because with priority, no matter how long the data message is, its occupancy period can no longer affect the voice transmission quality. Therefore, in this system long messages should actually perform better than the shorter ones because they have fewer request packets. However, this voice dropping improvement is achieved at the expense of a slight increase in the mean data packet delay (Figure 6(a)). This investigation indicates clearly that the priority mechanism is crucial for the system performance of the multiple packet protocol.

B. Performance comparison among the techniques studied

1) Single packet with PGBK system vs Multiple packet system

In Figures 3(a) and 5(a), the mean data packet delay in the single packet with the PGBK system appears to be higher than that of the multiple packet case. This disparity is obviously greater if the message length is increased. The multiple packet system seems advantageous as it allows data terminals to send more than one packet per frame so their packets can be completely sent within one or just a few frames. On the other hand, the single packet with the PGBK system allows only one packet per frame, thus more frames are required and the mean data packet delay is clearly increased.

In Figures 3(b) and 5(b), the probability of voice dropping of the single packet with the PGBK system is lower than that of the multiple packet system. The latter allows data terminals to send many packets in one frame and, sometimes, there are not enough idle slots to support voice terminals. This difference is distinctive especially when the amount of packets per message is high which can be explained as follows. When the amount of packets is increased, data terminals in the multiple packet system tend to occupy most of the information slots, thus impeding the voice terminals from using the channel. Note however that under heavy traffic conditions the data terminals in the single packet system can also occupy most of the information slots, and hence causing the same problem.

2) Single packet with PGBK and Priority system vs Multiple packet with Priority system

The mean data packet delays in priority-assignment systems are depicted in Figures 4(a) and 6(a). It appears that the results are similar to non-priority assignment systems; however, as a consequence of higher priority given to voice terminals, the mean data packet delay is higher than that of a non-priority assignment system. Voice dropping is increased as a function of message length in both systems (Figures 4(b) and 6(b)). It can be seen that the improvement in voice dropping of the single packet with PGBK and priority system results from the use of PGBK. This system exploits PGBK in reducing the number of requests via access channels, leaving more available access slots. As a result, mobile users can succeed early and more easily in slot reservation. Nevertheless, this disparity is clearly greater particularly when the message length increases because the effect of PGBK is prominent.

Based on the above discussion, it can be seen that each technique is suitable for different traffic conditions. The single packet schemes are suitable for voice transmission whereas the multiple packet schemes are more suitable for data traffic. In the next section, we will examine how the performance of multiple packet schemes can be further improved to efficiently support both voice and data services simultaneously by introducing a queue concept.

C. *Effect of queue*

From Figure 7, it should be noted that the multiple packet with priority and queuing system can minimize the mean data packet delay and the voice dropping compared to all other systems above. This is because the applied queue results in the decrease of the number of requests. As all previous simulation results have revealed that the number of requests is the pivotal factor which influences the system performance, the queuing technique can greatly improve the system performance.

It is also interesting to note that the function of the queue mechanism is in effect similar to the PGBK operation to some extent. In the PGBK system, a successful request is effectively kept in the queue at the base station while it waits for channel assignment. Nonetheless, the maximum number of terminals waiting in the queues for the PGBK system does not exceed the amount of time slots in one frame whereas the amount of queuing terminals in the multiple packet system can be unlimited.

D. Effect of frame length

According to the frame structure used in this paper, a terminal will see request slots once per frame. If the traffic arrival time is uniformly distributed over each frame period, the terminal will wait on average for half a frame time before it acquires the first request slot. In case the terminal does not succeed in accessing the request slots either due to collisions or lack of empty information slots, the terminal will have to repeat the request in the following frames, causing an extra frame delay per each request attempted. Note that for the systems with priority there will be an additional one-frame delay for the base station to determine whether the terminal request can be accepted. It is not difficult to see that all these delays increase in direct proportion to the frame sizes.

According to the simulation results (Figures 8(b) and 9(b)), the voice dropping rate is rather high for long frame lengths which can be explained as follows. The frame size is 8 ms in length. Therefore, the voice terminal must succeed in accessing the request slots within 2-3 frames, otherwise packet dropping will inevitably occur. In contrast, for normal and short frame systems the voice terminal will have in excess of 6 and 14 frames respectively to try.

As to the mean delay performance of data packets (Figures 8(a) and 9(a)), the results are not as straightforward. The short frame length system is not necessarily always superior to the longer frame length systems; the performance is dependent on the system protocols used. For the single packet systems, the short frame length system performs better than the long frame length system. This is due to long frame length implying a large number of information slots and hence a greater likelihood for the information slots to be not fully utilized at all times in comparison with the shorter frames, thereby resulting in longer delays. In contrast, with heavy loads, long frame length is advantageous for multiple packet systems. This is primarily due to the excessive losses of voice packets that leave more empty slots to data packets. Unlike the single packet systems, the multiple packet systems are able to take advantage of these empty slots.

E. Effect of priority

In order to emphasize the necessity of priority assignment to ensure the quality of service requirements, we show this effect in multiples and define the source traffic of this experiment into 2 models as below:

Model 1: Each terminal can send only voice or data traffic. In the initial phase, the system has 125 data terminals, which occupy most bandwidth in the systems (throughput is about 0.909 and the remainder, which is 0.0909, is the overhead for request access). After that, we gradually add voice terminals to these systems from 1 to 60 terminals.

Model 2: Each terminal generates both voice and data simultaneously in the same manner as in section 3 and the number of terminals is increased from 1 to 60.

The common features of above models are those mean data message length is 400 packets per message to reduce the number of requests so that the quality of services is degraded due to channel assignment and the transmission probabilities of both services are equivalent.

Figure 10 illustrates that the voice dropping rate in the system with priority of two models –under full and normal data traffic load – is not different. Meaning that, quantity of data traffic load is not affected to voice service in the system with priority. Bandwidth contention from other voice terminals is the only effect that causes the deterioration of voice quality. This is because the base station firstly assigns bandwidth to voice terminals and assigns the remainder of bandwidth to data terminals. Figure 11a confirms that throughput of data traffic in system with priority is rapidly deceased in compared with the system without priority in Figure 11b when we increase the number of voice terminals to the system until it is nearly to zero. From this benefit, the quality of voice service that is the delay-sensitive is guaranteed. On the contrary, in system without priority, the system can not support any voice terminal under full data load in model 1 whereas, in model 2, voice dropping rate is rapidly increase in compared with the system with priority. It is clear to say that, voice quality is suffered from bandwidth contention of both data and voice traffics.

V. CONCLUSIONS

In this paper, a design study of MAC protocols for integrated voice and data services using several channel assignment techniques has been investigated. The effects of each technique and the frame length on the system performance have been identified. Each strategy has various advantages and disadvantages. The multiple packet system has been found superior to the single packet with the PGBK system in terms of the mean data packet delay, but voice dropping worsens and the disparity is clearly observed in long message conditions. By applying priority assignment to the above techniques, the voice service quality is improved especially in the multiple packet system.

Furthermore, the applied queue has the advantage of reducing access delay and yields better performance of the protocol.

In terms of frame size, the short frame length is particularly suitable for voice traffic. This is due to the fact that the interval between subsequent access slots is short and the terminal can gain earlier access to information slots. However, the average data delay in the long frame length system is shorter than that in the short frame length because there are enough information slots in each frame so that a message transmission can be completed within one frame. In the PGBK system, a short frame length system performs better than a long frame length system because the time required to complete sending each data message is decreased. This is particularly distinct for long messages.

In conclusions, our investigations indicate that the combination of channel assignment techniques between multiple packets with priority and queuing for already admitted terminal in short frame length conditions is suitable for supporting integrated voice and data services.

ACKNOWLEDGEMENT

This paper was supported by Chulalongkorn University.

REFERENCES

[1] J.H. Wen, J.W. Wang, "A new protocol for wireless voice communications- non-collision packet reservation multiple access," *IEEE Proc. of PIMRC*, 1995, pp.638-642.

[2] S.A. Tanenbaum, *Computer networks*, third edition, Prentice-Hall International, Inc., Chapter 4, 1996.

[3] D.J. Goodman, R.A. Valenzuela, K.T. Gayliard, B. Ramamurth, "Packet reservation multiple access for local wireless communications," *IEEE Trans. Commun.*, vol.37, no.8, 1989, pp.885-890.

[4] T. Suzuki, S. Tasaka, "A performance comparison of ALOHA-Reservation and PRMA in integrate voice and data wireless local area networks," *IEEE Proc. of TENCON*, vol.2, 1992, pp. 754-758.

[5] W.C. Wong, D.J. Goodman, " A packet reservation multiple access protocol for integrated speech and data transmission," *IEE Proc.-I*, vol.139, no. 6, Dec. 1992, pp.607-612.

[6] L-S Koh, M.T. Liu, "A wireless multiple access control for voice-data integration," *IEEE Proc. of Parallel and Distributed Systems*, 1996, pp.206-213.

[7] M.J. Karol, Z. Liu, K.Y. Eng, "Distributed queuing update multiple access (DQRUMA) for wireless packet (ATM) networks, " *IEEE Proc. of ICC*, Jun.1995, pp.1224-1231.

[8] W.S. Jeon, D.G. Jeong, C-H Choi, "An integrated services MAC protocol for local wireless communications," *IEEE Trans. Veh. Technol*, vol. 47, Feb. 1998, pp.352-364.

[9] G. Wu, K. Mukumoto, A. Fukuda, "A PRMA integrated voice and data system with data steal into voice (DSV) technique, " *IEEE Proc. of GLOBECOM*, 1994, pp.476-482.

[10] A.C. Clearly, M. Patterakis "An investigation of reservation random access algorithm for voice-data integration in microcellular wireless environments, " *IEEE Proc. of GLOBECOM*, 1994, pp.314-319.

[11] W.C. Chan, E. Geraniotis, "A medium access protocol for interconnecting ATM and wireless networks," *IEEE Proc. of ICC*, vol. 3, pp.1448-1453.

[12] M. Yamamoto, S. Machida, H. Ikeda, "Access control scheme for multimedia ATM wireless local area networks," *IEICE Trans. Commun*., vol. E81-B, No. 11, Nov. 1998, pp. 2048-2055.

[13] J.G. Kim, I. Widjaja "PRMA/DA: a new media access protocol for wireless ATM," *IEEE Proc. of ICC*, Jun. 1996, pp. 240-244.

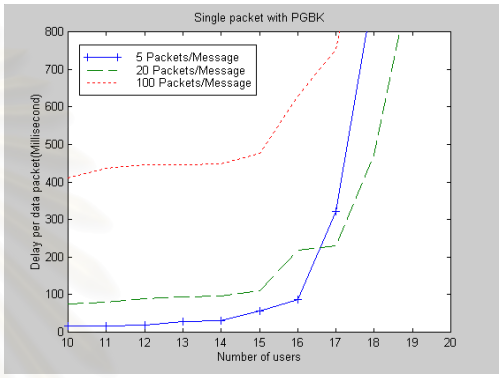
[14] D. Raychaudhuri, N.D. Wilson "ATM-based transport architecture for multiservices wireless personal communication network," *IEEE JSAC*, vol. 12, Oct. 1994, pp. 259-272.

[15] H. Peyravi, "Medium access control protocols performance in satellite communications, " *IEEE Commun. Mag*., vol.373, March 1999, pp. 62-71.

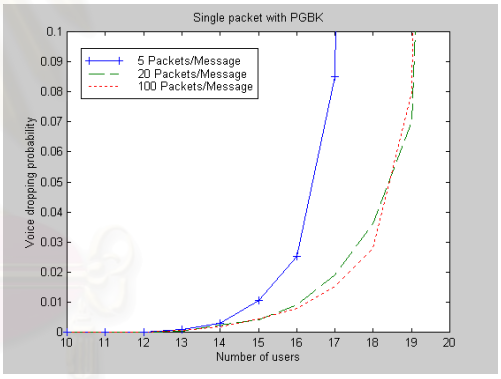
[16] G. Beneli, L. Favalli, G. Filigheddu, "A data link layer protocol for wireless ATM," *IEEE Proc. of ICC*, vol. 3, pp. 1438-1422.

[17] N. Passas, S. Paskalis, D.Vali , L.Merakos, "Quality-of-services-oriented medium access control for wireless ATM network," *IEEE Commun. Mag*., Nov. 1997, pp.42-50.

[18] J. Sanchez, R. Martinez, M.W. Marcellin, "A survey of MAC protocols proposed for wireless ATM," *IEEE Network*, vol. 116, Nov.-Dec. 1997, pp. 52-62.

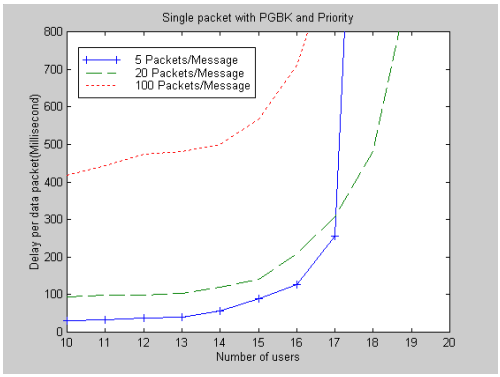


(a)

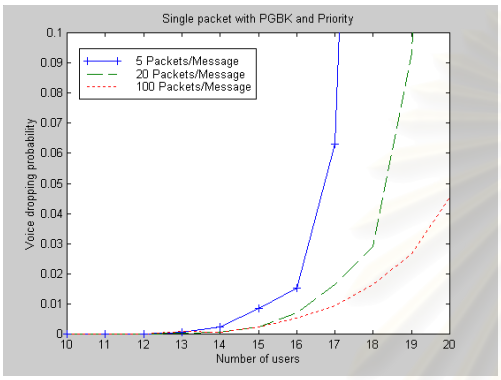


(b)

Figure 3: Single-Packet-with-PGBK system

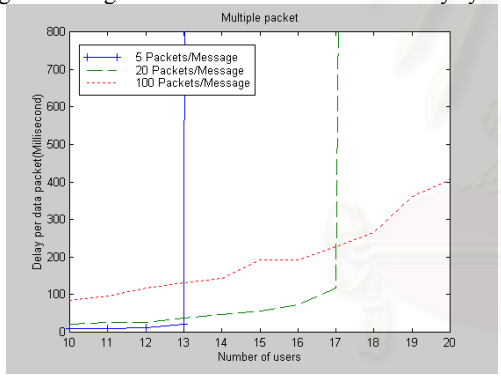


(a)

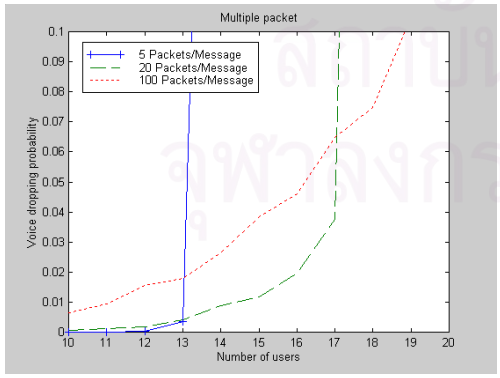


(b)

Figure 4: Single-Packet-with-PGBK-and-Priority system

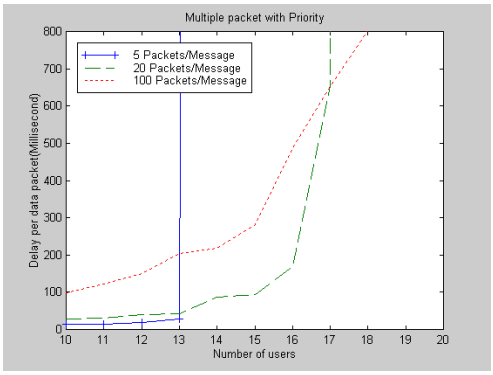


(a)

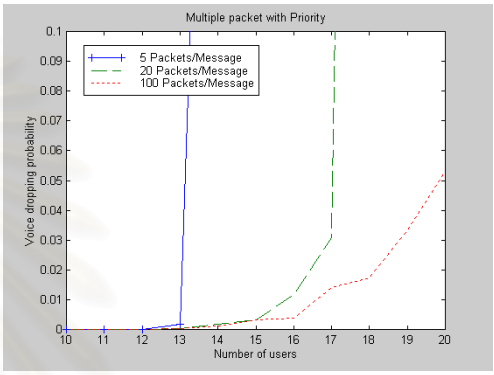


(b)

Figure 5: Multiple-Packet system

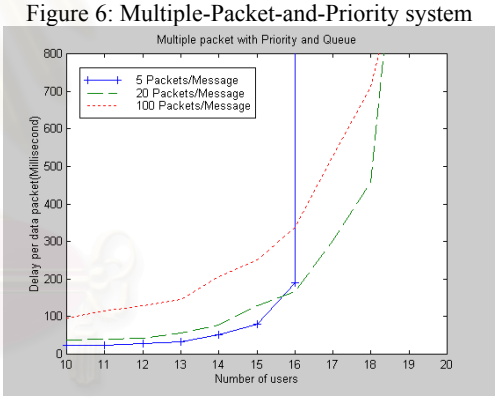


(a)

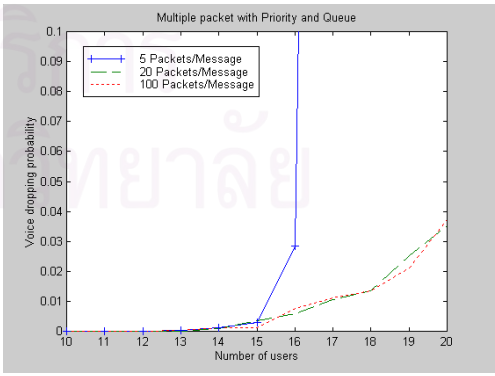


(b)

Figure 6: Multiple-Packet-and-Priority system

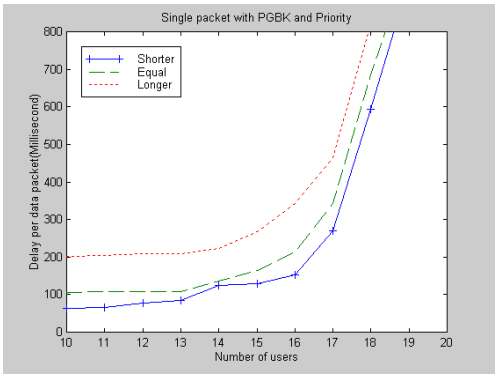


(a)

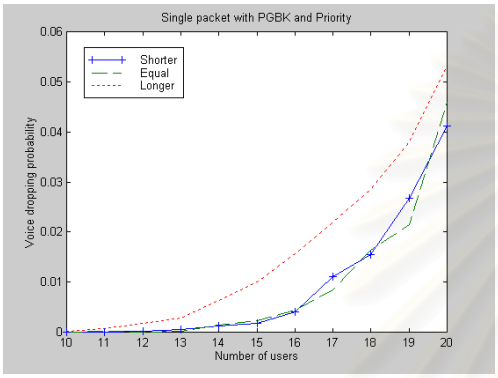


(b)

Figure 7: Multiple-Packet-and-Priority-with-Queuing system

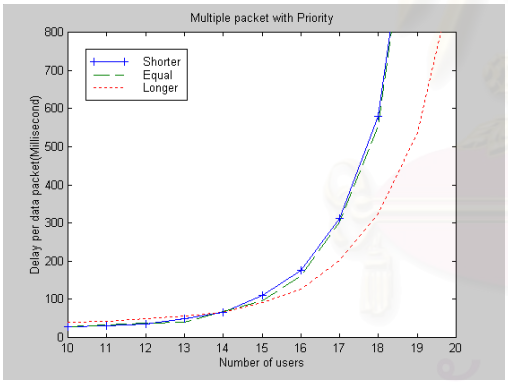


(a)

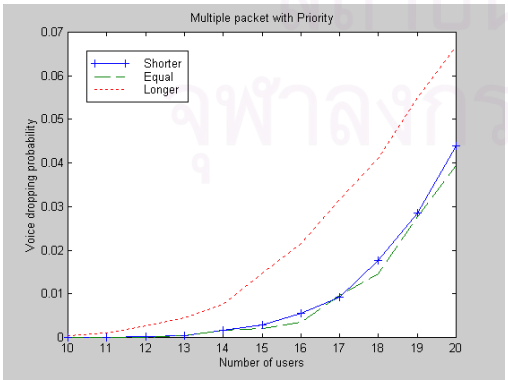


(b)

Figure 8: Single-packet-with-PGBK-and-priority system in different frame length situations (20 Packets/Message)



(a)



(b)

Figure 9: Multiple-packet-with-priority system in different frame length situations (20 Packets/Message)

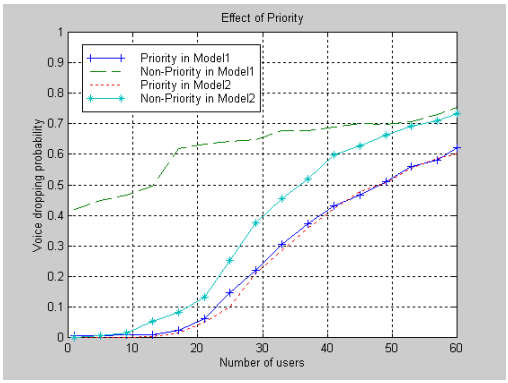
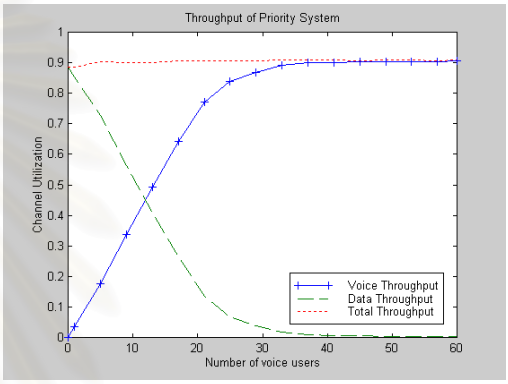
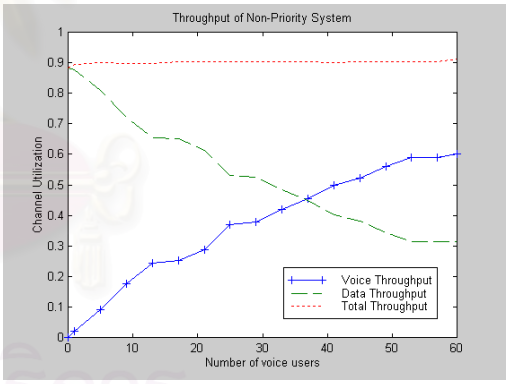


Figure 10: Voice dropping probability of Priority and Non-Priority system



(a)



(b)

Figure 11: Throughput of Priority and Non-Priority system

DYNAMIC FRAME RESERVATION MULTIPLE ACCESS (DFRMA) PROTOCOL IN WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS

AKKARAPOL THANASORRAVIT, AKKARAPAT CHAROENPANITKIT, NATTAPON SIVAMOK, and LUNCHAKORN WUTTISITTIKULKIJ
Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering
Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand 10330
Tel: (662) 2186512 Fax: (662) 2518991 Email: lunch@ee.eng.chula.ac.th

ABSTRACT-- This paper proposes a new media access control (MAC) protocol referred to as Dynamic Frame Reservation Multiple Access (DFRMA). The proposed protocol is based on a combination of contention-based and contention-free MAC protocols for supporting integrated voice and data services in wireless communication networks. Communication channels are assigned according to the quality of services (QoS) required by each traffic type. Since speech is a delay sensitive traffic, it is treated as a higher priority service. Channel bandwidth is always used to accommodate speech first, before it is used for data transmission. Computer simulations reveal that the system can allocate bandwidth properly and satisfy the user quality of service requirements. In addition, channel utilization of the system is very high, i.e. 98%, compared with 78% of PRMA and 82% of ALOHA-R. As a result, this protocol is considered suitable for wireless communication.

KEYWORDS-- MAC protocol, DFRMA, dynamic frame structure, voice and data

I. INTRODUCTION

In order to satisfy the rapid growth in the demand for wireless communications, which support a wide range of applications including voice and data, a vast improvement in its spectral efficiency is required. One of the most important issues in the design of these systems is the medium access control (MAC) protocol. Over the past decade, a number of MAC protocols based on TDMA have been proposed for integrated voice and data services. These protocols can be classified into contention-free, contention-based and the combination of contention-free and contention-based schemes. For the contention-free scheme (i.e. TDMA, FDMA, Binary-Countdown [1], NC-PRMA [3]), each terminal has its own request slot in order to reserve an information slot, therefore packet collision never occur. For the contention-based scheme (i.e. Pure-ALOHA [1], Slotted-ALOHA [1], CSMA [1]) all terminals share a fixed number of data slots. This scheme may cause collision particularly at high traffic loads; however, at light traffic loads, the delay performance is superior to the former. Finally, the combination of contention-free and contention-based (i.e. PRMA [4], ALOHA-R [5], DQRUMA [6]), the bandwidth is divided into 2 parts. The first part is used to contend among all users for channel reservation and the second part used for actual data transmission for users who succeed in reservation. This scheme causes collision in the same manner as the contention-based protocol but the collision occurs only during the reservation part, hence the wasted bandwidth is much smaller.

As the combination of contention-free and contention-based schemes can potentially offer efficient bandwidth utilization and provide guarantee QoS requirements for multi-traffic situations, our studies emphasize on the development of this class of protocols. In order to achieve the maximum throughput of the system, it is found that the vital part effecting the system performance is the number of request slots. Under provision of request slots will cause frequent unsuccessful channel requests and thus low information channel utilization. In contrast over provision of request slots will cause wasteful request channel bandwidth. In order to determine the appropriate number of slots, it is important to take the level of traffic loads and behaviors into account. In this paper, we propose a new protocol (Dynamic Frame Reservation Multiple Access, DFRMA) which can select an appropriate request slot numbers for channel reservation considering the number of successful request users.

The paper is organized as follow. Section 2 presents the DFRMA protocol. In Section 3, the simulation parameters and assumptions are explained. Next, in Section 4, the performance of various techniques especially DFRMA will be analyzed and compared. Finally, conclusions are given in section 5.

II. DFRMA PROTOCOL DESCRIPTION

The details of the DFRMA protocol are described as follows. The channel bandwidth is organized into a frame structure of variable lengths. Each frame is composed of two parts namely reservation part and information part. The reservation part consists of a fixed number of request slots, which are used by all users on a contention basis for channel reservation, whereas the information part consists of a varied number of data slots, which are used for actual user data transmission. Unlike most previously known MAC protocols, the proposed protocol employs variable lengths of the information part so that the system can dynamically allocate channel bandwidth in

accordance with the system load conditions. When terminals have packets to transmit, they send a reservation request at a request slot on a contention basis using the Slotted-ALOHA technique. Then, the terminals that succeeds in reservations will be scheduled and assigned channel bandwidth according to their Quality of Services requirements, *i.e.* voice terminals will always have higher priority than data terminals. Furthermore, if there are not enough IS to support successful request terminals, these terminals do not make a new access again at each frames. It only has to wait for information slot assignment from the base station.

Another important feature of this new protocol is the scheduling mechanism for the same type of traffic. It is different from the existing known schemes which are usually operated on a First Come First Served (FCFS) basis. Our propose protocol adopts a schedule algorithm that assigns channel bandwidth according to the packet generation time and this algorithm will be referred as the Generation Time Schedule (GTS) technique. The example of priority assignment and GTS schedule can be explained as follows. In the channel assignment cycle, if more than one terminal succeeds in the reservation, the base station will firstly assign IS to the terminal which has higher priority and then to lower priority terminal. Furthermore, terminals which have the same priority of QoS, the base station will assign IS according to the generation time of each packet.

In addition, if terminals still have packets to transmit, they can request for additional bandwidth via particularly bit called Piggy Backing (PGBK) [6]. This bit is appended at the end of Data Slots. In order to minimize the request packet and stabilize the system operation, DFRMA introduces a queue mechanism which is used to keep track of all successful requests. This means that once the terminals succeed in channel reservation, they may be assigned information slots at the current frame or the following frames.

III. Simulation Parameters

Our performance analysis is based on computer simulations. We focus our simulation results in 2 scenarios, single type of traffic (either voice or data) and integrated voice and data traffics. We assume that the propagation delays are negligible and each transmission channel is error free. The system operates in wireless network environments with the channel rate of 200 kbps and each mobile user independently generates both voice and data packets during the entire simulation time. For voice traffic, the duration of talkspurt and silent gap are exponentially distributed with a mean value of 1 and 1.35 seconds, respectively. The bit rate generated by each terminal is 32 kbps. Furthermore, voice packets require immediate transmission, i.e. packets delay beyond a certain time (an upper limit of 32 ms [5]) are considered invalid and should be discarded. For data traffic, its message arrival behavior of each user can be modeled by the Poisson process, and its length (i.e. number of packets) follows a geometric distribution with the mean of 1 packet at the rate of 9.6 kbps/user.

The frame structure used in DFRMA, PRMA and ALOHA-R protocol is shown in Figure 1(a), 1(b) and 1(c) respectively. DFRMA and ALOHA-R frame structures are divided into 2 parts; namely reservation part and information part. Users can contend for request slots (RSs) in the reservation part whereas regular slots are used for sending information packets. The size of the request slot (RS) length is 8 bits, and information slot (IS) length is 200 bits. The ratio between the number of RSs and Iss are 4:6 and 8:6 for DFRMA and ALOHA-R respectively. On the other hand, the PRMA frame structure is only composed of 6 ISs which acts as both RS and IS in one frame.

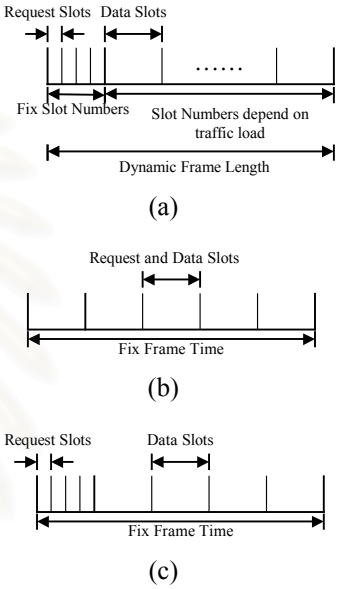


Figure 1: Frame structure of DFRMA, PRMA and ALOHA-R system

IV. Simulation Results And Discussion

A. System performance on each traffic characteristic

The simulation results in Figures 2, 3 and 4 show that the DFRMA protocol has much superior performance to the conventional protocols, *i.e.* PRMA and ALOHA-R, on all aspects in supporting either voice or data service. The maximum channel utilization of DFRMA is the highest 98% compared with only 78% of PRMA and 82% of ALOHA-R. The mean message delay of the DFRMA protocol is also the lowest for most traffic situations. In addition, the system can support voice terminals up to 9 terminals simultaneously in comparison to 5 and 7 terminals for PRMA and ALOHA-R respectively at the blocking probability of 1% (See Figure 4).

As we can see, among the three protocols the PRMA protocol gives the lowest channel utilization. Such a relatively poor performance arises from the fact that the same size of slot is used for information packet transmission and for channel request see Figure 1(b). Any collision will cause unnecessarily one large time slot bandwidth wasted. Accordingly, when the

ALOHA-R protocol opts two different sizes of slots, one of very small size for request access and another of large size for packet transmission see Figure 1(c), the amount of bandwidth wasted due to collision is minimized resulting in much improved channel utilization. However, this frame structure of ALOHA-R still poses some shortcomings. As the frame size is fixed, under heavy load conditions the number of accesses may be very high causing a large number of collisions. Thus in some cases it is possible that no terminals succeed in channel reservation. This means that the corresponding data slots will never be allocated and left unused. On the contrary, under the same condition the DFRMA will immediately set the length of data slots to zero and commence a new frame cycle. This means that no data slots are wasted as opposed to the ALOHA-R and a new set of request slots is made available for channel reservation right after that of the previous frame. This is the reason why the DFRMA protocol can accomplish much higher bandwidth utilization and support greater number of terminals than the ALOHA-R protocol.

We shall now consider the light and medium traffic load scenarios which there is enough bandwidth for packet transmission. It is always useful to speed up the reservation process so that the total delay of packet delivery is minimized. For the ALOHA-R protocol, terminals that wish to send their packets for the first time will have to wait till the beginning of the next frame to gain access. On average, this implies that an access delay of half of the frame period is always added to each series of data transmission given that the access is successful in the first attempt. In contrast, the DFRMA protocol allows the new frame cycle to begin again if no packet transmission is required at the data slots of the present frame. This mechanism allows new arrival terminals to acquire request slots instantly if the channel is idle, hence minimizing the access delay. This is the main reason why the delay performance of the DFRMA protocol is better than the other two protocols for light to medium loads.

Furthermore, Figure 5 confirms the above discussion that the number of request slots can be increased or decreased along with traffic load. Therefore, the number of request slots in DFRMA can be made suitable in all traffic loads.

B.Effect of priority assignment

In order to emphasize the necessity of priority assignment to ensure the quality of service requirements, we test all systems in high data traffic load condition. In the initial phase, the system has 22 data terminals which occupy most of bandwidths in the systems (throughput is about 100%). After that, we gradually add voice terminals to these systems from 1 to 22 terminals.

Figures 5 and 6 illustrate that the throughput of data traffic in DFRMA is rapidly decreased when we increase the number of voice terminals to the system until it is near to zero. This is because the base station will firstly assign bandwidth to voice terminals and assign the remainder of bandwidth to data terminals. In the contrary, other protocols such as PRMA and ALOHA-R will assign the IS according to the sequence of successful request terminals. Therefore, the QoS of the terminals can not be guaranteed. The throughput of delay-sensitive voice traffic can not increase proportion to the number of voice terminals.

V. CONCLUSIONS

In summary, the DFRMA protocol offers very high throughput at heavy traffic load (98%), gives very low message delay and is flexible to various system conditions. Such a superior performance is obtained by integrating many key features of various known techniques from both contention-free and contention-based schemes together with two new proposed mechanisms in a very effective manner. These features are as follows. First, the Slotted-Aloha technique is used in channel reservation. Second, the PGBK bit is employed to reduce the amount of access contention. Third, the protocol adopts different priority to various traffic types and uses the new scheduling algorithm (GTS) to schedule the packet transmission of the terminals which have the same Quality of Services. Fourth, the DFRMA protocol has a variable frame length so that the channel resources can be dynamically assigned in accordance with the system load condition leading to an increase of the chance for request and bandwidth utilization. Finally, the protocol also includes a queue technique to accommodate the successful request terminals, which have not been assigned channel bandwidth at the current frame.

REFERENCES

[1] H.Peyravi, "Medium access control protocols performance in satellite communications," *IEEE Communication Magazine*, vol.373, pp. 62-71.

[2] Andrew S. Tanenbaum, "*Computer Networks*", 3rd Edition, Prentice-Hall International, Inc., 1996

[3] D. Bertsekas and R. Gallager,"*Data Network*", Second Edition, Prentice Hall.

[4] J.H. Wen, J.W. Wang, "A new protocol for wireless voice communications non-collision packet reservation multiple access," *IEEE Proc. Of PIMRC*, 1995, pp. 638-642.

[5] D.J. Goodman, R.A. Valenzuela, K.T. Gayliard, B. Ramamurth, "Packet reservation multiple access for Local wireless communications," *IEEE Trans. Commun.*, vol.37, no.8, pp.885-890, 1989

[6] T.Suzuki, S.Tasaka, "A performance comparision of ALOHA-Reservation and PRMA in integrate voice and data wireless local area networks*," IEEE Region 10 International Conference*, vol.2, pp. 752-758, 1992

[7] M.J. Karol, Z. Liu, K.Y. Eng, "Distributed-queueing request update multiple access (DQRUMA) for wireless packet (ATM)," *IEEE Communication Conference*, vol.2, pp. 1224-1231

[8] M. Yamamoto, S. Machida, H. Ikeda, "A medium access protocol for interconnecting ATM and wireless local area networks," *IEICE Trans. Commun.*, vol. E81-B, No. 11, Nov. 1998, pp. 2048-2055

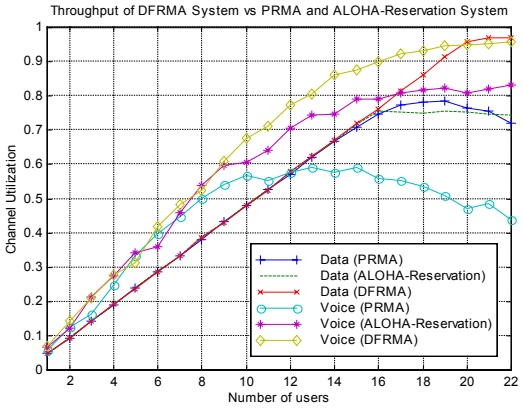


Figure 2: Channel Utilization of PRMA, ALOHA-R and DFRMA in single traffic situation

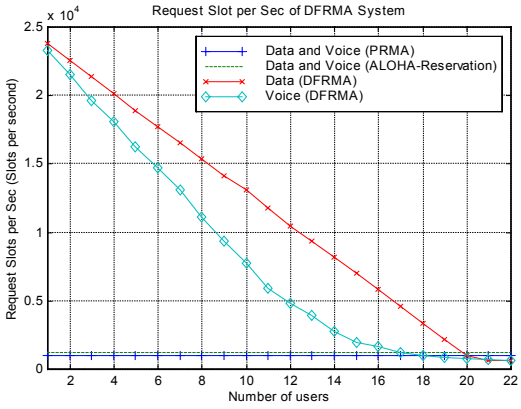


Figure 5: Average request slot per second of DFRMA in single traffic situation

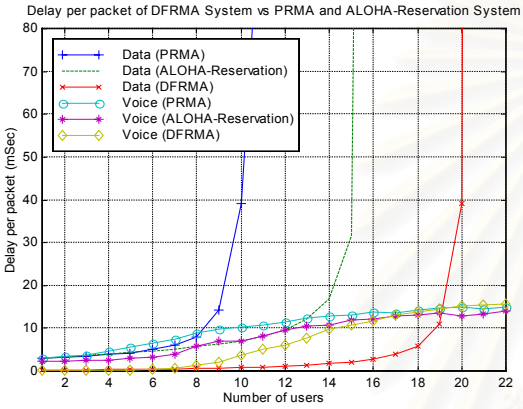


Figure 3: Delay per data packet of PRMA, ALOHA-R and DFRMA in single traffic situation

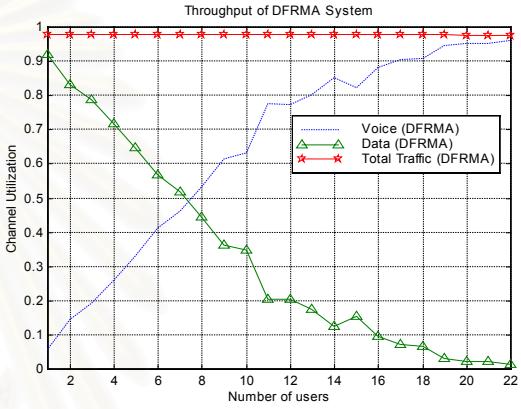


Figure 6: Channel Utilization of DFRMA in both voice and data traffic situation

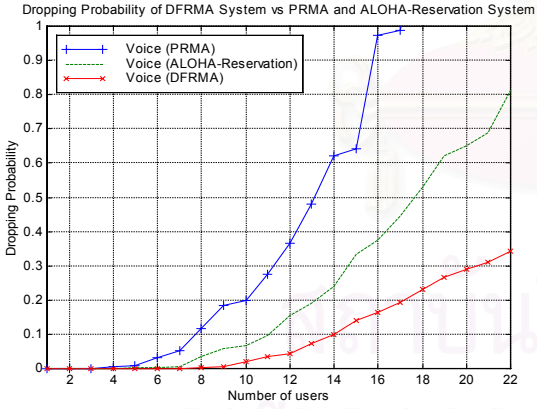


Figure 4: Voice packet dropping probability vs User numbers of PRMA, ALOHA-R and DFRMA in single traffic situation

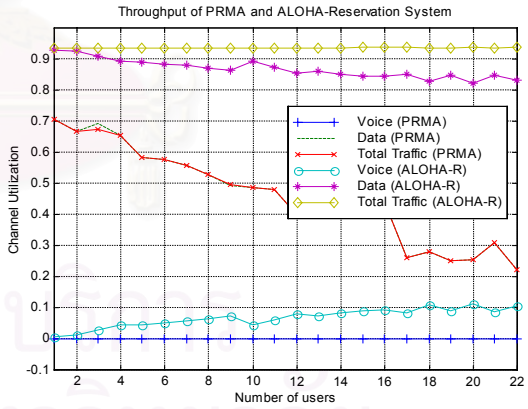


Figure 7: Channel Utilization of PRMA and ALOHA-R in both voice and data traffic situation

PERFORMANCE OF DYNAMIC FRAME RESERVATION MULTIPLE ACCESS-DYNAMIC PERMISSION (DFRMA-DP) PROTOCOL FOR INTEGRATED VOICE AND DATA SERVICE IN WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS

Akkarapol Thanasorravit, Akkarapat Charoenpanitkit and
Lunchakorn Wuttisittikulkij
Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering
Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand 10330
Tel: (662) 2186512 Fax: (662) 2518991 Email: lunch@ee.eng.chula.ac.th

Abstract

This paper proposes a new media access control (MAC) protocol referred to as Dynamic Frame Reservation Multiple Access-Dynamic Permission (DFRMA-DP). The proposed protocol is based on a combination of contention-based and contention-free MAC protocols for supporting integrated voice and data services in wireless communication networks. Communication channels are assigned according to the quality of services (QoS) required by each traffic type. Since speech is a delay sensitive traffic, it is treated as a higher priority service. Channel bandwidth is always used to accommodate speech first, before it is used for data transmission. Computer simulations reveal that the system can allocate bandwidth properly and satisfy the user quality of service requirements. In addition, channel utilization of the system is very high, i.e. 99%, compared with 80% of PRMA and 90% of ALOHA-R. As a result, this protocol is considered suitable for wireless communication.

KEYWORDS-- MAC protocol, DFRMA-DP, Dynamic frame structure, Dynamic permission, Bayesian Broadcast, Voice nd Data

1. INTRODUCTION

In order to satisfy the rapid growth in the demand for wireless communications, which support a wide range of applications including voice and data, a vast improvement in its spectral efficiency is required. One of the most important issues in the design of these systems is the medium access control (MAC) protocol. Over the past decade, a number of MAC protocols based on TDMA have been proposed for integrated voice and data services. These protocols can be classified into contention-free, contention-based and the combination of contention-free and contention-based schemes. For the contention-free scheme (i.e. TDMA, FDMA, Binary-Countdown [1], NC-PRMA [4]), each terminal has its own request slot in order to reserve an information slot, therefore packet collision never occur. For the contention-based scheme (i.e. Pure-ALOHA [1], Slotted-ALOHA [1], CSMA [1]) all terminals share a fixed number of data slots. This scheme may cause collision particularly at high traffic loads; however, at light traffic loads, the delay performance is superior to the former. Finally, the combination of contention-free and contention-based (i.e. PRMA [5], ALOHA-R [6], DQRUMA [7]), the bandwidth is divided into 2 parts. The first part is used to contend among all users for channel reservation and the second part used for actual data transmission for users who succeed in reservation. This scheme causes collision in the same manner as the contention-based protocol but the collision occurs only during the reservation part, hence the wasted bandwidth is much smaller.

As the combination of contention-free and contention-based schemes can potentially offer efficient bandwidth utilization and provide guarantee QoS requirements for multi-traffic situations, our studies emphasize on the development of this class of protocols. In order to achieve the maximum throughput of the system, it is found that the vital part effecting the system performance is the number of request slots. Under provision of request slots will cause frequent unsuccessful channel requests and thus low information channel utilization. In contrast over provision of request slots will cause wasteful request channel bandwidth. In order to determine the appropriate number of slots, it is important to take the level of traffic loads and behaviors into account. In this paper, we propose a new protocol (Dynamic Frame Reservation Multiple Access-Dynamic Permission, DFRMA-DP) which can select an appropriate request slot numbers for channel reservation considering the number of successful request users.

The paper is organized as follow. Section 2 presents the DFRMA-DP protocol. In Section 3, the simulation parameters and assumptions are explained. Next, in Section 4, the performance of various techniques especially DFRMA-DP will be analyzed and compared. Finally, conclusions are given in section 5.

2. DFRMA-DP PROTOCOL DESCRIPTION

The details of the DFRMA-DP protocol are described as follows. The channel bandwidth is organized into a frame structure of variable lengths. Each frame is

composed of two parts namely reservation part and information part. The reservation part consists of a fixed number of request slots, which are used by all users on a contention basis for channel reservation, whereas the information part consists of a varied number of data slots, which are used for actual user data transmission. Unlike most previously known MAC protocols, the proposed protocol employs variable lengths of the information part so that the system can dynamically allocate channel bandwidth in accordance with the system load conditions. When terminals have packets to transmit, they send a reservation request at a request slot on a contention basis using the Slotted-ALOHA technique. Then, the terminals that succeeds in reservations will be scheduled and assigned channel bandwidth according to their Quality of Services requirements, *i.e.* voice terminals will always have higher priority than data terminals. Furthermore, if there are not enough IS to support successful request terminals, these terminals do not make a new access again at each frames. It only has to wait for information slot assignment from the base station.

Furthermore, the other technique of access algorithm is dynamic permission access probability by Pseudo-Bayesian technique[8]. It is a particularly simple and effective way to stabilize Aloha and tries to estimate the number of contending terminals. Considering no priority, i.e., n identical contending terminals with access probability p, the attempt rate is np, the attempt rate is np and the probability of a successful transmission is $np\,(1-p)^{n-1}$ (maximum when np = 1). The algorithm operates by maintaining an estimate η of the contending terminals n before each slot, and calculates the permission probability by $p(\eta) = \min\{1, 1/\eta\}$. Thus, the attempt rate is $np(\eta)$ and tries to achieve np of 1. The value of η is calculated once at each time slot, given by the following rule:

$$\eta_{k+1} = \begin{cases} \max\{\lambda\}, \eta_k + \lambda - 1, & \textit{Idle or Success} \\ \eta_k + \lambda + (e-2)^{-1}, & \textit{Collision} \end{cases}$$

The addition of λ to the previous accounts for the average number of new contending terminals, and the max operation ensures that the estimate is never less than the contribution from new arrivals. For larger contends , and by the Poisson approximation, idles occur with probability $1/e$ and collisions with probability $e-2/e$, so that decreasing η by 1 on idles and increasing η by $(e-2)^{-1}$ on collisions it maintains the balance between n and η on the average.

Another important feature of this new protocol is the scheduling mechanism for the same type of traffic. It is different from the existing known schemes which are usually operated on a First Come First Served (FCFS) basis. Our propose protocol adopts a schedule algorithm that assigns channel bandwidth according to the packet generation time and this algorithm will be referred as the Generation Time Schedule (GTS) technique. The example of priority assignment and GTS schedule can be explained as follows. In the channel assignment cycle, if more than one terminal succeeds in the reservation, the base station will firstly assign IS to the terminal which has higher priority and then to lower priority terminal. Furthermore, terminals which have the same priority of QoS, the base station will assign IS according to the generation time of each packet.

In addition, if terminals still have packets to transmit, they can request for additional bandwidth via particularly bit called Piggy Backing (PGBK) [6]. This bit is appended at the end of Data Slots. In order to minimize the request packet and stabilize the system operation, DFRMA-DP introduces a queue mechanism which is used to keep track of all successful requests. This means that once the terminals succeed in channel reservation, they may be assigned information slots at the current frame or the following frames.

3. SIMULATION PARAMETERS

Our performance analysis is based on computer simulations. We focus our simulation results in 2 scenarios, single type of traffic (either voice or data) and integrated voice and data traffics. We assume that the propagation delays are negligible and each transmission channel is error free. The system operates in wireless network environments with the channel rate of 792 kbps and each mobile user independently generates both voice and data packets during the entire simulation time. For voice traffic, the duration of talkspurt and silent gap are exponentially distributed with a mean value of 1 and 1.35 seconds, respectively. The bit rate generated by each terminal is 32 kbps. Furthermore, voice packets require immediate transmission, i.e. packets delay beyond a certain time (an upper limit of 32 ms [6]) are considered invalid and should be discarded. For data traffic, its message arrival behavior of each user can be modeled by the Poisson process, and its length (i.e. number of packets) follows a geometric distribution with the mean of 1 packet at the rate of 9.6 kbps/user.

The frame structure used in DFRMA-DP, PRMA and ALOHA-R protocol is shown in Figure 1(a), 1(b) and 1(c) respectively. DFRMA-DP and ALOHA-R frame structures are divided into 2 parts; namely reservation part and information part. Users can contend for request slots (RSs) in the reservation part whereas regular slots are used for sending information packets. The size of the request slot (RS) length is 18 bits, and information slot (IS) length is 288 bits. Each packet normally contains a 128-bit payload, but the use of a (31,16) cyclic redundancy code [9] increase the total payload of the MAC layer to become 248 bits. In addition, a 40-bit overhead is added for the purpose of identifying the terminal's ID (8 bits), type of services (1 bit), informing the base station as to the number of packets the data terminals want to send (8 bits) and the physical layer overhead (23 bits).

The ratio between the number of RSs and Iss are 1:10 and 8:5 for DFRMA-DP and ALOHA-R respectively. On the other hand, the PRMA frame structure is only composed of 10 ISs which acts as both RS and IS in one frame.

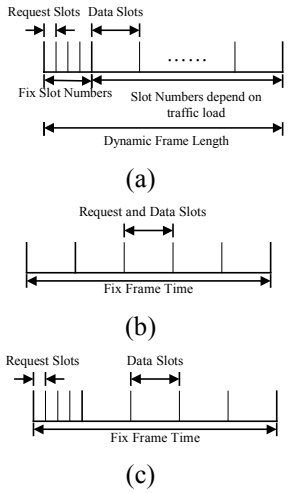


Figure 1: Frame structure of DFRMA-DP, PRMA and ALOHA-R system

4. Simulation Results And Discussion

4.1. System performance on each traffic characteristic

The simulation results in Figures 2, 3 and 4 show that the DFRMA-DP protocol has much superior performance to the conventional protocols, *i.e.* PRMA and ALOHA-R, on all aspects in supporting either voice or data service. The maximum channel utilization of DFRMA-DP is the highest 98% compared with only 78% of PRMA and 82% of ALOHA-R. The mean message delay of the DFRMA-DP protocol is also the lowest for most traffic situations. In addition, the system can support voice terminals up to 18 terminals simultaneously in comparison to 9 and 15 terminals for PRMA and ALOHA-R respectively at the blocking probability of 1% (See Figure 4).

As we can see, among the three protocols the PRMA protocol gives the lowest channel utilization. Such a relatively poor performance arises from the fact that the same size of slot is used for information packet transmission and for channel request see Figure 1(b). Any collision will cause unnecessarily one large time slot bandwidth wasted. Accordingly, when the ALOHA-R protocol opts two different sizes of slots, one of very small size for request access and another of large size for packet transmission see Figure 1(c), the amount of bandwidth wasted due to collision is minimized resulting in much improved channel utilization. However, this frame structure of ALOHA-R still poses some shortcomings. As the frame size is fixed, under heavy load conditions the number of accesses may be very high causing a large number of collisions. Thus in some cases it is possible that no terminals succeed in channel reservation. This means that the corresponding data slots will never be allocated and left unused. On the contrary, under the same condition the DFRMA-DP will immediately set the length of data slots to zero and commence a new frame cycle. This means that no data slots are wasted as opposed to the ALOHA-R and a new set of request slots is made available for channel reservation right after that of the previous frame. This is the reason why the DFRMA-DP protocol can accomplish much higher bandwidth utilization and support greater number of terminals than the ALOHA-R protocol.

We shall now consider the light and medium traffic load scenarios which there is enough bandwidth for packet transmission. It is always useful to speed up the reservation process so that the total delay of packet delivery is minimized. For the ALOHA-R protocol, terminals that wish to send their packets for the first time will have to wait till the beginning of the next frame to gain access. On average, this implies that an access delay of half of the frame period is always added to each series of data transmission given that the access is successful in the first attempt. In contrast, the DFRMA-DP protocol allows the new frame cycle to begin again if no packet transmission is required at the data slots of the present frame. This mechanism allows new arrival terminals to acquire request slots instantly if the channel is idle, hence minimizing the access delay. This is the main reason why the delay performance of the DFRMA-DP protocol is better than the other two protocols for light to medium loads.

Furthermore, Figure 5 confirms the above discussion that the number of request slots can be increased or decreased along with traffic load. Therefore, the number of request slots in DFRMA-DP can be made suitable in all traffic loads.

4.2. Effect of dynamic permission (Bayesian-Broadcast Algorithm)

In this section, we illustrate the performance of the system when using a fixed sending permission probability in every frame, namely DFRMA, compared to our proposed protocol DFRMA-DP which can dynamically adjust the permission access probability according to the number of contending terminals before the beginning of each frame by the use of Pseudo-Bayesian algorithm.

Figure 6, 7 and 8 show the channel utilization, delay per data packet and dropping probability of voice terminals using different number of users between DFRMA and DFRMA-DP. It is demonstrated that the use of DFRMA-DP can result in significant improvements in stable performance relative to DFRMA in all traffic load condition . It is resulted from the fact that DFRMA-DP can appropriately adjust the permission access probability before the beginning of each frame according to the estimation of the contending terminal number by using Pseudo-Bayesian algorithm. In addition, figure 9 shows the permission access probability versus number of users. It is found that when the number of contending terminals is low, the appropriate permission access probability should be high in order to reduce the mean access delay of user. On the contrary, when the number of contending terminals increases, the appropriate access probability should be lower to reduce collisions. Notice from figure 9 that when the number of contending terminals decrease, the permission access probability of the DFRMA-DP is high and tends to reduce when the

number of contending terminals is increase. After that, the permission access probability will increase again from the effect of queue technique which can reduce the number of request from terminals in high traffic condition.

4.3. Effect of priority assignment

In order to emphasize the necessity of priority assignment to ensure the quality of service requirements, we test all systems in high data traffic load condition. In the initial phase, the system has 40 data terminals which occupy most of bandwidths in the systems (throughput is about 100%). After that, we gradually add voice terminals to these systems from 1 to 40 terminals.

Figures 10 illustrate that the throughput of data traffic in DFRMA-DP is rapidly decreased when we increase the number of voice terminals to the system until it is near to zero. This is because the base station will firstly assign bandwidth to voice terminals and assign the remainder of bandwidth to data terminals. In the contrary, other protocols such as PRMA and ALOHA-R will assign the IS according to the sequence of successful request terminals. Therefore, the QoS of the terminals can not be guaranteed. The throughput of delay-sensitive voice traffic can not increase proportion to the number of voice terminals.

5. CONCLUSIONS

In summary, the DFRMA-DP protocol offers very high throughput at heavy traffic load (99%), gives very low message delay and is flexible to various system conditions. Such a superior performance is obtained by integrating many key features of various known techniques from both contention-free and contention-based schemes together with two new proposed mechanisms in a very effective manner. These features are as follows. First, the Slotted-Aloha technique is used in channel reservation. Second, the PGBK bit is employed to reduce the amount of access contention. Third, Pseudo- Bayesian Broadcast algorithm is used to adjust the permission access probability at the beginning of each frame for supporting all traffic load condition. Fourth, the protocol adopts different priority to various traffic types and uses the new scheduling algorithm (GTS) to schedule the packet transmission of the terminals which have the same Quality of Services. Fifth, the DFRMA-DP protocol has a variable frame length so that the channel resources can be dynamically assigned in accordance with the system load condition leading to an increase of the chance for request and bandwidth utilization. Finally, the protocol also includes a queue technique to accommodate the successful request terminals, which have not been assigned channel bandwidth at the current frame.

REFERENCES

[1] H.Peyravi, "Medium access control protocols performance in satellite communications," *IEEE Communication Magazine*, vol.373, pp. 62-71.

[2] Andrew S. Tanenbaum, "*Computer Networks*", 3rd Edition, Prentice-Hall International, Inc., 1996.

[3] D. Bertsekas and R. Gallager,"*Data Network*", Second Edition, Prentice Hall.

[4] J.H. Wen, J.W. Wang, "A new protocol for wireless voice communications non-collision packet reservation multiple access," *IEEE Proc. Of PIMRC*, 1995, pp. 638-642.

[5] D.J. Goodman, R.A. Valenzuela, K.T. Gayliard, B. Ramamurth, "Packet reservation multiple access for Local wireless communications," *IEEE Trans. Commun.*, vol.37, no.8, pp.885-890, 1989.

[6] T.Suzuki, S.Tasaka, "A performance comparison of ALOHA-Reservation and PRMA in integrate voice and data wireless local area networks*," IEEE Region 10 International Conference*, vol.2, pp. 752-758, 1992.

[7] M.J. Karol, Z. Liu, K.Y. Eng, "Distributed-queueing request update multiple access (DQRUMA) for wireless packet (ATM)," *IEEE Communication Conference*, vol.2, pp. 1224-1231.

[8] A. Brand, A.Aghvami, "Multidimensional PRMA with prioritized Bayesian broadcast – a MAC strategy for multiservice traffic over UMTS," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 47, Nov. 1998, pp. 1148-1161.

[9] G. Beneli, L. Favalli, G. Filigheddu, "A data link layer protocol for wireless ATM," IEEE Proc. of ICC, vol. 3, pp. 1438-1422.

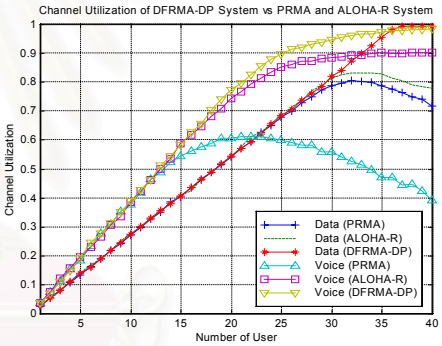


Figure 2: Channel Utilization of PRMA, ALOHA-R and DFRMA-DP in single traffic situation

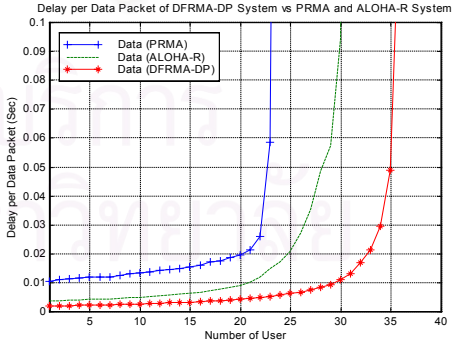


Figure 3: Delay per data packet of PRMA, ALOHA-R and DFRMA-DP in single traffic situation

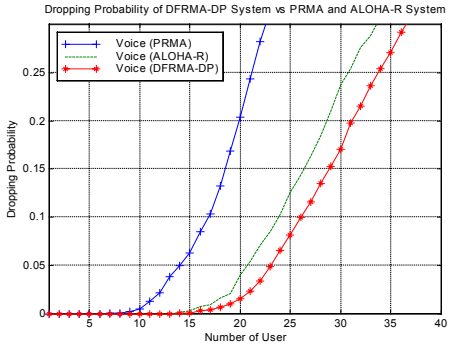


Figure 4: Voice packet dropping probability vs User numbers of PRMA, ALOHA-R and DFRMA-DP in single traffic situation

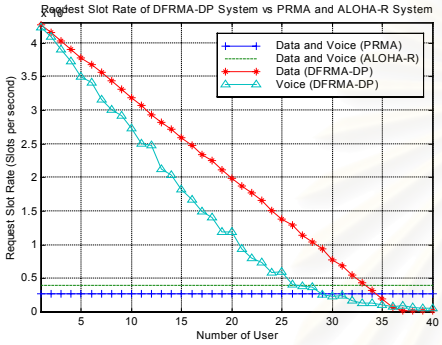


Figure 5: Average request slot per second of DFRMA-DP in single traffic situation

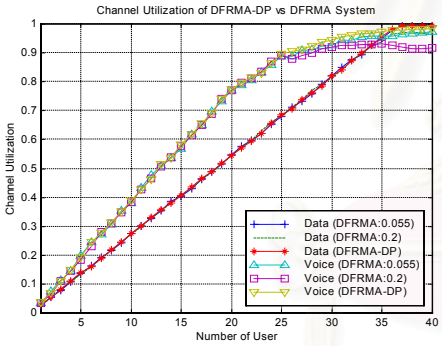


Figure 6: Channel Utilization of DFRMA-DP in single traffic situation

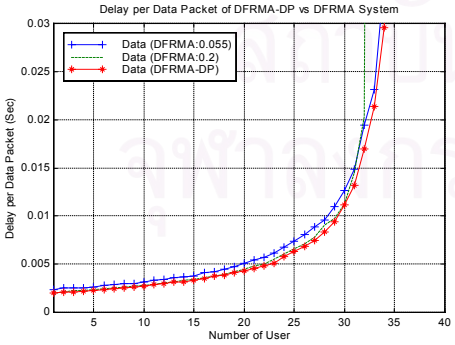


Figure 7: Delay per data packet of DFRMA-DP in single traffic situation

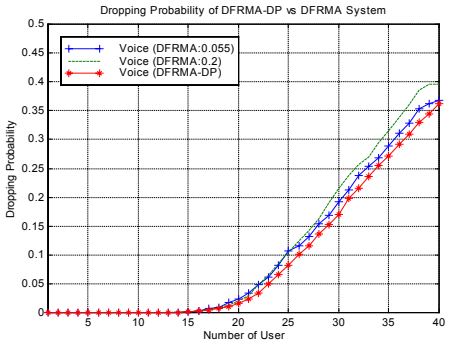


Figure 8: Voice packet dropping of DFRMA-DP in single traffic situation

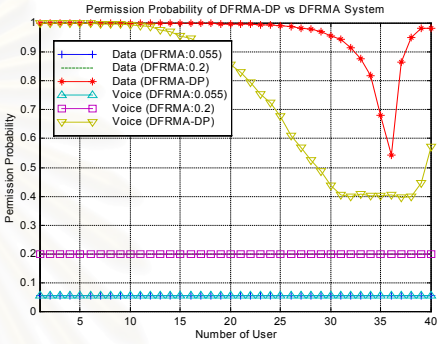


Figure 9: Permission probability of DFRMA-DP in single traffic situation

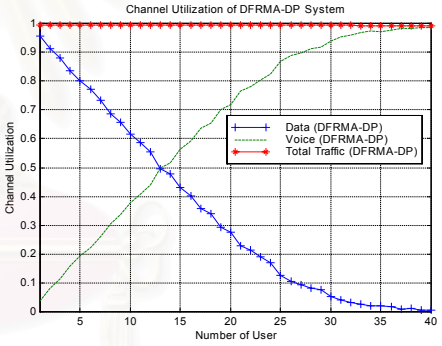


Figure 10: Channel Utilization of DFRMA-DP in both voice and data traffic situation

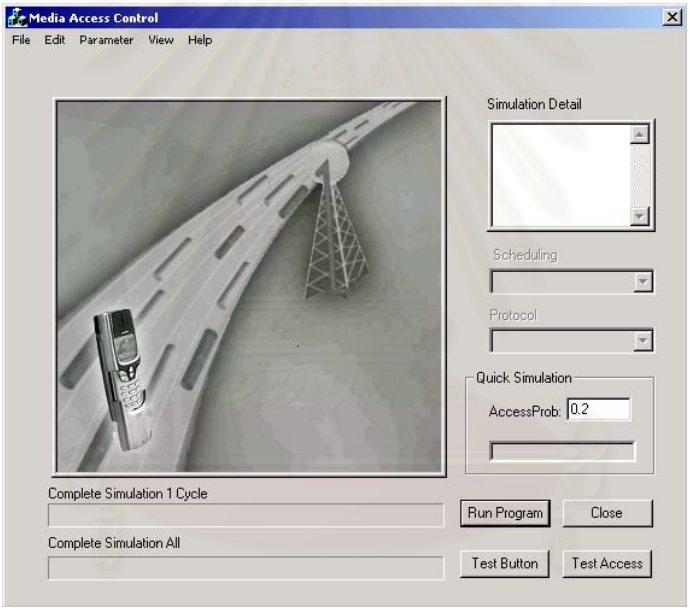
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบควบคุมการเข้าถึงช่องสัญญาณ

โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบควบคุมการเข้าถึงช่องสัญญาณที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ซึ่งจะมีลักษณะการทำงานและโครงสร้างโดยทั่วไปคือ

1. ลักษณะโดยทั่วไปของโปรแกรมที่ทำการพัฒนา

1. โปรแกรมที่พัฒนาและใช้ในการทดสอบในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของ OOP โดยอาศัยภาษา C++ เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในการรองรับบริการและลักษณะการทำงานที่เพิ่มขึ้นในอนาคต
2. โปรแกรมที่ทำการพัฒนามีการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้แบบกราฟฟิก (GUI) เพื่อให้เกิดความสะดวกและความรวดเร็วในการใช้งาน

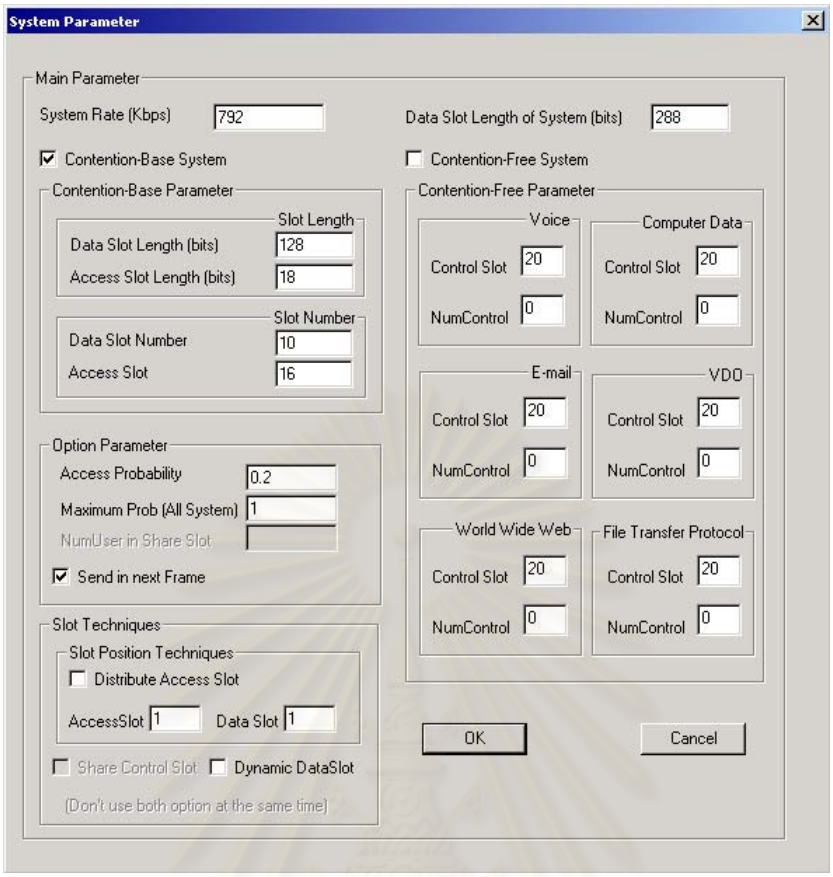


รูปที่ ผ.1 หน้าต่างแรกของโปรแกรม MAC

2 รายละเอียดของโปรแกรมที่พัฒนา (software specification)

2.1).input specification

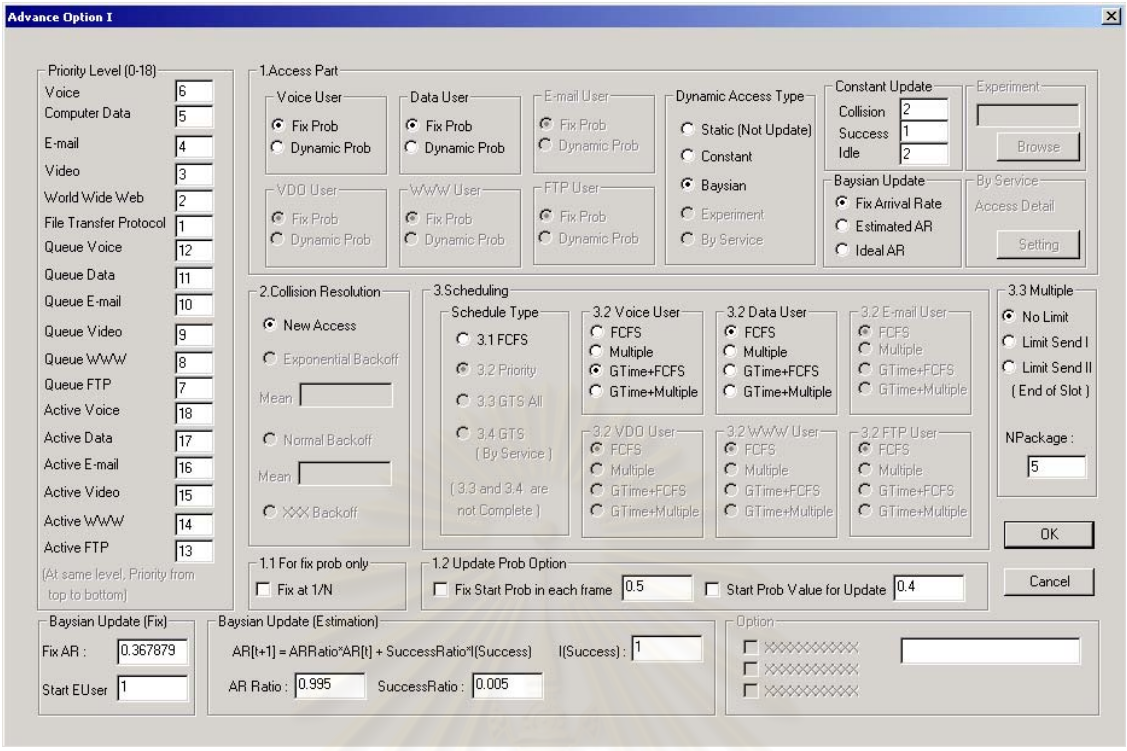
ผู้ใช้สามารถป้อนค่าหรือทำการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ เหล่านี้ผ่านทาง Dialog Box ของ Windows โดยในส่วนของการรับค่านั้นจะแบ่งออกเป็น 7 ส่วนคือ 4 ส่วนแรกสำหรับใช้กำหนดรูปแบบการทำงานของโพรโทคอล ส่วนที่ 5 ใช้สำหรับกำหนดลักษณะทราฟฟิกของผู้ใช้บริการ ส่วนที่ 6 ใช้สำหรับกำหนดรูปแบบการซิมูเลชั่นและส่วนสุดท้ายสำหรับตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรม



รูปที่ ผ.2 ส่วนรับค่าโครงสร้างของช่องสัญญาณ

ส่วนรับค่าในรูปที่ ผ.2 นี้ใช้สำหรับกำหนดลักษณะโครงสร้างเฟรมของโพรโทคอลอันประกอบด้วย จำนวนสล็อตร้องขอ จำนวนสล็อตข้อมูล ขนาดของสล็อตร้องขอ ขนาดของสล็อตข้อมูล ปริมาณของโอเวอร์เฮดในแต่ละแพ็กเกตข้อมูลและลักษณะโดยรวมของระบบอันประกอบด้วย อัตราข้อมูลของระบบ ตำแหน่งของสล็อตร้องขอภายในเฟรม ระบบการทำงานของโพรโทคอลซึ่งแบ่งเป็นระบบที่มีการแข่งขัน ระบบที่ไม่มีการแข่งขันและระบบแบบผสมระหว่างระบบที่มีการแข่งขันและไม่มี รวมถึงลักษณะการส่งข้อมูลว่าสามารถกระทำได้ภายในเฟรมนั้นหรือต้องรอจนกระทั่งถึงเฟรมหน้า

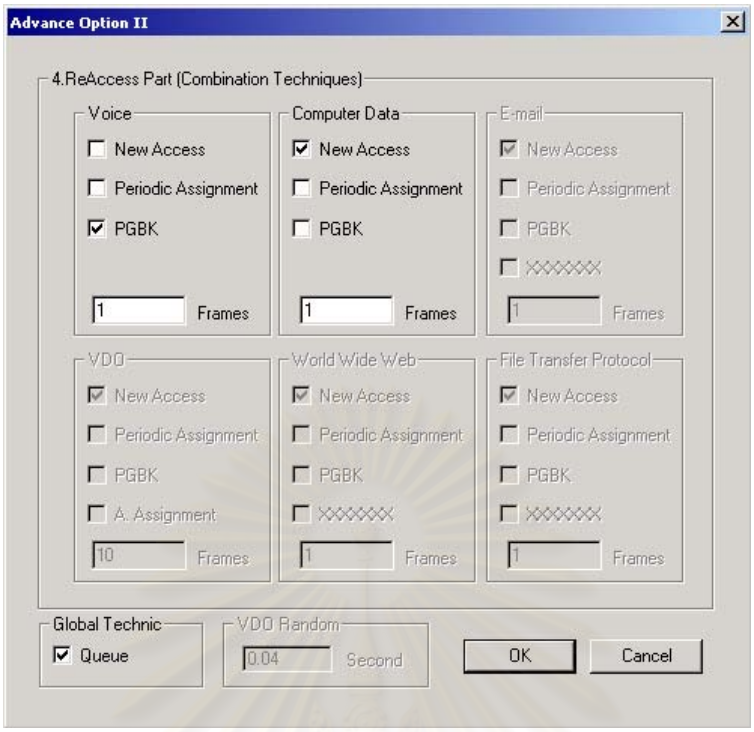
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ผ.3 ส่วนรับค่าการร้องขอช่องสัญญาณและส่วนรับค่าการจัดสรรช่องสัญญาณ

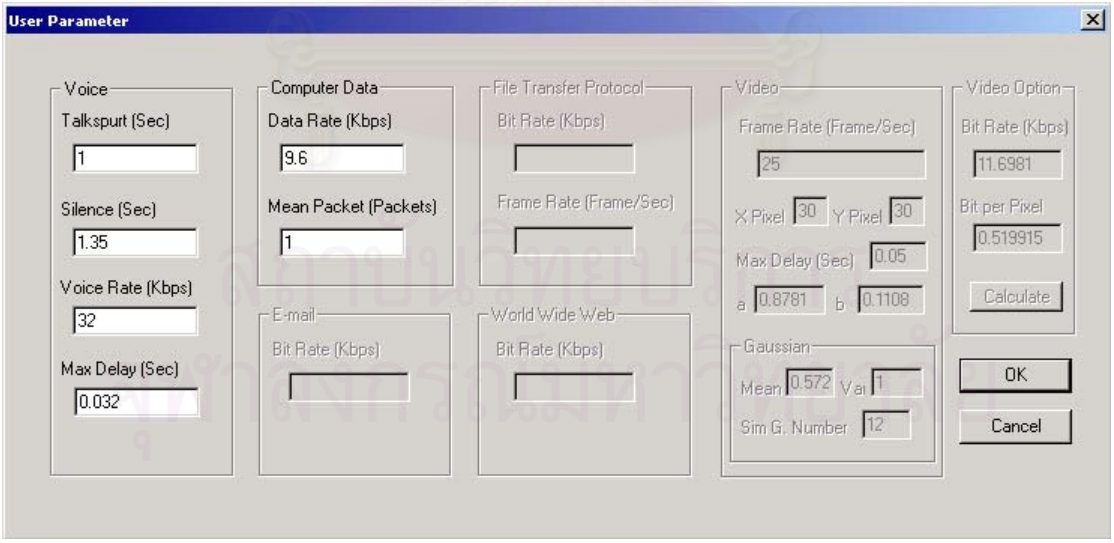
ส่วนรับค่าในรูปที่ ผ.3 นี้ใช้สำหรับกำหนดลักษณะการทำงานของโพรโทคอลอันประกอบด้วย รูปแบบวิธี Backoff Scheme ที่เหมาะสมอันประกอบด้วย วิธีแบบกำหนดค่าที่แน่นอน วิธีการเปลี่ยนแปลงค่าแบบ 1/N, วิธี Exponential Backoff และ Pseudo Bayesian ส่วนถัดมาคือการกำหนดรูปแบบการจัดสรรช่องสัญญาณว่าเป็นตามลำดับการร้องขอ (FCFS) หรือตามลำดับความสำคัญ (Priority) นอกจากนี้ในแต่ละกลุ่มการจัดสรรช่องสัญญาณยังประกอบด้วยรูปแบบการจัดสรรแบบกลุ่ม แบบหนึ่งแพ็กเกตหรือแบบตามลำดับการกำเนิด (GTS)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



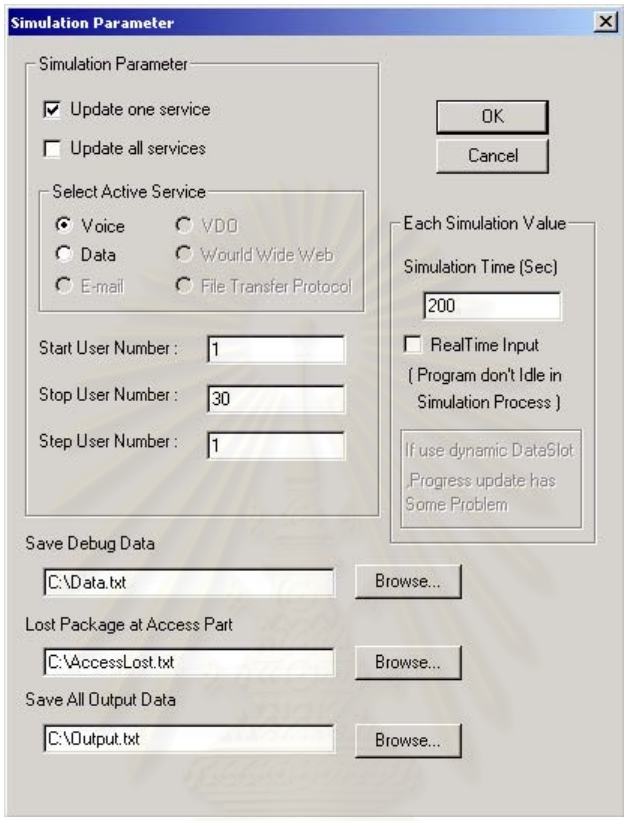
รูปที่ ผ.4 ส่วนรับค่าการร้องขอภายหลังได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณ

การกำหนดค่าในรูปที่ ผ.4 เป็นรูปแบบการทำงานของโพรโทคอลภายหลังจากผู้ใช้ร้องขอสำเร็จ ซึ่งการร้องขอนั้นอาจจะได้รับการบริการหรือยังไม่ได้รับการบริการ ซึ่งประกอบด้วยการร้องขอใหม่แบบปรกติ การใช้เทคนิคการจัดสรรแบบรายคาบ เทคนิคของ PGBK และเทคนิคของคิว



รูปที่ ผ.5 ส่วนที่ใช้ในการกำหนดลักษณะทราฟฟิกของผู้รับบริการ

การกำหนดค่าในรูปที่ ผ.5 เป็นการกำหนดปริมาณและรูปแบบของทราฟฟิกสำหรับบริการเสียงและข้อมูลคอมพิวเตอร์ซึ่งประกอบด้วย ช่วงเวลาในการสนทนา อัตราการเข้ารหัสและเวลาประวิงสูงสุดของบริการเสียงและความเป็นเบิรสต์ของบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์



รูปที่ ผ.6 ส่วนที่ใช้ในการกำหนดรูปแบบการซิมูเลชั่น

การกำหนดค่าในรูปที่ ผ.5 เป็นการกำหนดรูปแบบการซิมูเลชั่นของระบบซึ่งประกอบด้วย จำนวนผู้ใช้บริการที่จะทดสอล เวลาที่ใช้ในการซิมูเลชั่น ไฟล์ข้อมูลที่ใช้ในการเก็บค่าและสุดท้าย คือ จำนวนบริการที่ใช้ในการจำลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

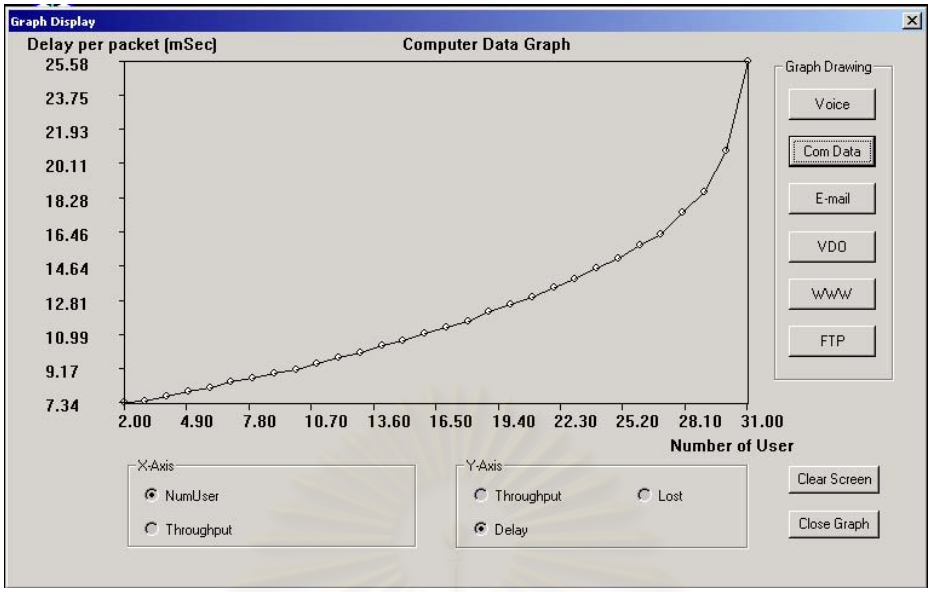
รูปที่ ผ.7 ส่วนที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

การกำหนดค่าในรูปที่ ผ.7 เป็นการกำหนดค่าที่ใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม ซึ่งจะสามารถนำค่าขณะที่ซิมูเลชันออกมาเพื่อพิจารณาความถูกต้อง โดยสามารถกำหนดจำนวนของลูปที่ใช้ก่อนที่ทำการแสดงผล

2.2. Output specification

ผลที่ได้จากการจำลองระบบจะแสดงออกทางหน้าจอ Windows เป็นกราฟที่สามารถเลือกค่าที่จะแสดงได้ และยังมีการเก็บค่าต่างๆ เหล่านี้ลง File เป็นแบบ Text ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ผ.8 แสดงผลการทำงานของระบบ

3. โครงสร้างของซอฟต์แวร์ (design)

โปรแกรมที่ทำการพัฒนาขึ้นนี้ประกอบขึ้นจากวัตถุ (Object) ที่มีหน้าที่ในการทำงานหลายๆ ส่วนดังแสดงในรูปที่ ผ.9 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ตัวกำเนิดข้อมูล ซึ่งมีหน้าที่สร้างข้อมูลของผู้ใช้ตามค่าของตัวแปรที่กำหนด (Generation Part) โดยข้อมูลของผู้ใช้จะประกอบด้วยบริการเสียง บริการคอมพิวเตอร์ดาต้าและบริการวีดีโอ

2) ส่วนที่ใช้ในการร้องขอช่องสัญญาณ (Access Part) ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่อยู่ระหว่างผู้ใช้กับสถานีฐานคือจะมีหน้าที่ตรวจสอบการร้องขอช่องสัญญาณของผู้รับบริการทุกคนภายในระบบ

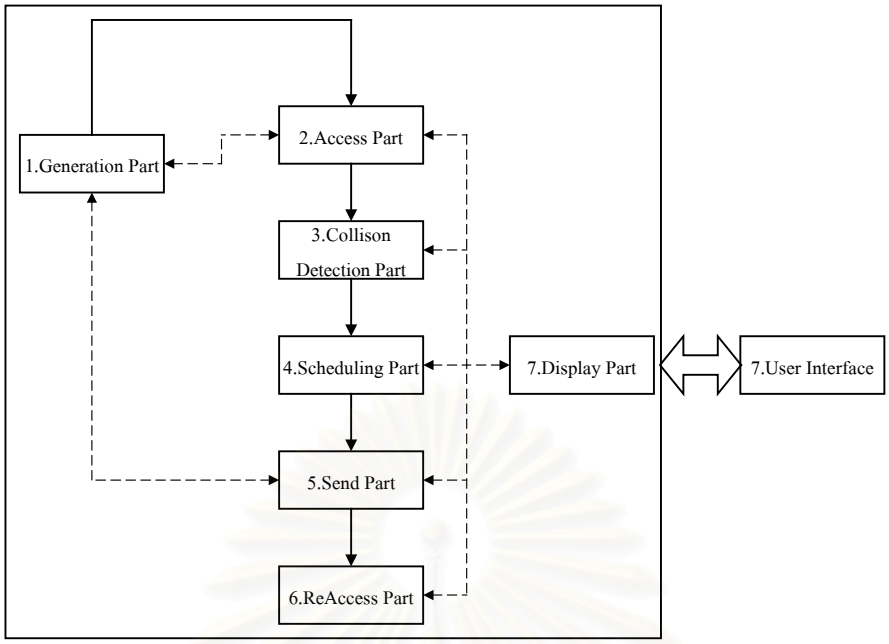
3) ส่วนที่ใช้ตรวจสอบการชน (Collision Detection Part) เนื่องจากจำนวนการร้องขอของผู้ใช้ในส่วนที่ 2 นี้จะมีลักษณะแบบสุ่ม ซึ่งเมื่อทำการร้องขอสำเร็จจึงต้องใช้ส่วนนี้ในการแปลความหมายของการร้องขอที่เกิดขึ้นนั้นว่าเกิดการสำเร็จขึ้น การชนหรือการว่าง

4) ส่วนที่ใช้ในการจัดสรรช่องสัญญาณ (Scheduling Part) ใช้ในการจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่ผู้รับบริการที่ร้องขอช่องสัญญาณสำเร็จ

5) ส่วนที่ใช้สำหรับทำการส่งข้อมูล (Send Part) เป็นส่วนที่ใช้ในการนับค่าและตรวจสอบการส่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการจัดสรรช่องสัญญาณในส่วนที่ 4

6) ส่วนที่ใช้สำหรับทำการร้องขอช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการใหม่ (ReAccess Part) เมื่อผู้ใช้ได้รับการบริการเป็นผลสำเร็จแล้วจะต้องทำการร้องขอแบบใด

7) ส่วนที่ใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้งาน (Display Part and User Interface) ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่ใช้ในการรับค่า แสดงค่าและตรวจสอบค่า



รูปที่ ผ.9 โครงสร้างของโปรแกรมที่พัฒนา

4 ข้อจำกัดของโปรแกรม

โปรแกรมทั้งหมดที่ทำการทดสอบนี้เขียนอยู่ในโครงสร้างหลักเดียวกันทั้งหมด แต่ในส่วนที่สามารถอนุญาตให้ใช้งานได้นั้นจะยังถูกจำกัดเนื่องจากส่วนที่เป็น GUI บางส่วนยังไม่มีการพัฒนาเพื่อให้ครอบคลุมการทำงานในส่วนนั้นๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายอัครพล ธนสรวิศ เกิดเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2520 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมจากโรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ในปีการศึกษา 2536 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2540 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อ พ.ศ. 2541

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย