การออกแบบและประเมินสมรรถนะของวิธีการแก้ปัญหาการช่วงชิงช่องสัญญาณที่สามารถรองรับคุณภาพการให้บริการ สำหรับทราฟฟิกมัลติมีเดีย ในระบบสื่อสารไร้สาย ที่มีค่าเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาว

นายวรากร ศรีเชวงทรัพย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DESIGN AND PERFORMANCE EVALUATION OF CONTENTION RESOLUTION SCHEMES WITH QOS SUPPORT FOR MULTIMEDIA TRAFFIC IN RELATIVELY LONG DELAY WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS

Mr. Warakorn Srichavengsup

ศูนย์วิทยทรัพยากร

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic year 2008

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและประเมินสมรรถนะของวิธีการแก้ปัญหาการช่วงชิงช่องสัญญาณที่สามารถรองรับคุณภาพการให้บริการ สำหรับทราฟฟิกมัลติมีเดีย ในระบบสื่อสารไร้สายที่มีค่าเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาว
โดย	นายวรากร ศรีเชวงทรัพย์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทับทิม อ่างแก้ว)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชาวน์ดิศ อัศวกุล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยเชษฐ์ สายวิจิตร)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ฤกษ์วรัญญู)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วรากร ศรีเชวงทรัพย์ : การออกแบบและประเมินสมรรถนะของวิธีการแก้ปัญหาการช่วงชิงช่องสัญญาณที่สามารถรองรับคุณภาพการให้บริการ สำหรับทราฟฟิกมัลติมีเดีย ในระบบสื่อสารไร้สายที่มีค่าเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาว. (Design and Performance Evaluation of Contention Resolution Schemes with QoS Support for Multimedia Traffic in Relatively Long Delay Wireless Communication Systems) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ดร.สัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ, 237 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมสำหรับระบบสื่อสารที่มีเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบ (Round-Trip Propagation Delay) ยาวกว่าเวลาประวิงการส่งสัญญาณ (Transmission Delay) โดยเทคนิคการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณที่นำเสนอ แบ่งออกเป็น 9 วิธี คือ เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI, UNI+MT, UNI+DS+MT, Partial UNI+MT, UNI+MT+MLA, UNI+DS+MT+MLA, Partial UNI+MT+MLA, CFP+MP และ CFP+SRT สมรรถนะของเทคนิคแต่ละเทคนิคที่เสนอถูกประเมินในรูปของจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ และความสามารถในการควบคุมคุณภาพการให้บริการ

ทั้งนี้การประเมินสมรรถนะของเทคนิคที่พัฒนาขึ้นทั้งหมดจะอาศัยการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์เป็นหลัก ผลการวิเคราะห์สมรรถนะของเทคนิคการจองที่นำเสนอ พบว่าในกรณีที่ระบบมีจำนวนผู้ใช้บริการน้อยกว่าจำนวนช่องสัญญาณ กลไกการใช้ใบจองหลายใบ (Multi-Token) จะช่วยเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณได้ และเมื่อระบบมีจำนวนผู้ใช้บริการมากกว่าจำนวนช่องสัญญาณ กลไกการใช้การจำกัดการเข้าจอง (Limited access) จะช่วยจำกัดโหลดในการเข้าจองช่องสัญญาณไม่ให้มีค่ามากเกินไปทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น นอกจากนี้กลไกการใช้การจำกัดการเข้าจองยังช่วยให้การควบคุมคุณภาพการให้บริการทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เมื่อนำเทคนิคการจองที่นำเสนอไปเปรียบเทียบกับเทคนิคที่นำเสนอในอดีต พบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA, UNI+DS+MT+MLA และ Partial UNI+MT+MLA CFP+SRT มีสมรรถนะเหนือกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีอยู่เดิมอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อระบบมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดน้อยกว่าจำนวนช่องสัญญาณอยู่มาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2551

4771823621 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORDS : CHANNEL RESERVATION / QUALITY OF SERVICE / MULTI-CLASS TRAFFIC / PRIORITY / WIRELESS COMMUNICATION

WARAKORN SRICHAVENGSUP : DESIGN AND PERFORMANCE EVALUATION OF CONTENTION RESOLUTION SCHEMES WITH QOS SUPPORT FOR MULTIMEDIA TRAFFICE IN RELATIVELY LONG DELAY WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS. ADVISOR : ASSOC. PROF. LUNCHAKORN WUTTISITTIKULKIJ. Ph.D., 237 pp.

This thesis presents the development of channel reservation techniques that support multi-class traffics and are suitable for the system in which the round-trip propagation delay is comparatively longer than the transmission delay. Nine distinct channel reservation techniques are proposed, namely Partial UNI, UNI+MT, UNI+DS+MT, Partial UNI+MT, UNI+MT+MLA, UNI+DS+MT+MLA, Partial UNI+MT+MLA, CFP+MP and CFP+SRT. The performance of each proposed technique is evaluated in terms of the average number of successful users, the average channel reservation delay time and the capability of controlling the system to satisfy the QoS requirement.

The performance of all proposed techniques are evaluated through mathematical analysis. The numerical results show that the introduction of Multi-Token mechanism can significantly increase the total average number of successful users under light load condition. In case of heavy loads, the Limited access mechanism can efficiently reduce the overloading, and improve the system performance. Finally when comparing between our proposed techniques and well-known techniques in terms of throughput performance, the average channel reservation delay time and the capability of controlling the system to satisfy the QoS requirement, we found that UNI+MT+MLA, UNI+DS+MT+MLA and Partial UNI+MT+MLA schemes are superior to the existing techniques, especially for systems with light load.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Electrical Engineering Student's Signature .....

Field of Study : Electrical Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year : 2008

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ ด้วยความช่วยเหลือของ รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์สุวิทย์ นาคพีระยุทธ ซึ่งผู้วิจัยได้รับคำปรึกษา คำแนะนำและความคิดเห็น ในด้านต่าง ๆ ระหว่างการทำวิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ เพื่อนพี่น้องนิสิตที่อยู่ภายในห้องปฏิบัติการไฟฟ้าสื่อสาร และนาย Chung Chan นักศึกษาในสถาบันเทคโนโลยีแห่งรัฐแมสซาชูเซตส์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาที่ดีและเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัย

ขอขอบคุณโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก ซึ่งเป็นโครงการของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โดยทางสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยได้สนับสนุนทางด้านการเงินสำหรับการศึกษาและวิจัยแก่ผู้วิจัย และได้มอบโอกาสให้ผู้วิจัยได้เดินทางไปทำวิจัยที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ทำให้ผู้วิจัยได้ประสบการณ์ที่ล้ำค่า ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งอย่างมาก

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่น้องของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและการสนับสนุนแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 3

1.3 เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์..... 3

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน..... 4

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ..... 5

1.6 เค้าโครงวิทยานิพนธ์... 5

2 ความรู้พื้นฐาน..... 7

2.1 โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง..... 7

2.1.1 โพรโทคอลที่ไม่มีการแข่งขันในการเข้าถึงตัวกลาง (Contention-free MAC Protocol)..... 8

2.1.2 โพรโทคอลที่มีการแข่งขันในการเข้าถึงตัวกลาง (Contention-based MAC Protocol)..... 8

2.1.3 โพรโทคอลแบบผสมระหว่างเทคนิคการแข่งขันและไม่แข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ (Contention-free&Contention-based MAC Protocol).... 8

2.2 คุณภาพของการบริการที่ต้องการ..... 9

2.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดสมรรถนะของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบสื่อสารไร้สาย..... 9

2.4 พื้นฐานการจองช่องสัญญาณ..... 10

2.5 เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณและเทคนิคจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในอดีต..... 14

2.5.1 วิธี Exponential Backoff..... 14

2.5.2 วิธี Pseudo Bayesian..... 14

2.5.3 วิธี Pseudo Bayesian with Priority..... 15

2.6 ผลของเวลาประวิงสัมพัทธ์..... 17
2.7 ปัญหาของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในอดีตและเทคนิคที่ถูกนำเสนอเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว..... 18
2..7.1 ปัญหาของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในอดีต..... 18
2..7.2 เทคนิคที่ถูกนำเสนอเพื่อแก้ไขปัญหาของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในอดีต..... 19
2..7.2.1 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบที่ไม่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ..... 19
2..7.2.2 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ..... 22
2.8 เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้..... 26
3 เทคนิคการจองช่องสัญญาณ..... 27
3.1 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI (Partial Uniform)..... 28
3.1.1 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส..... 28
3.1.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส..... 31
3.1.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส..... 33
3.2 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT (Uniform + Multi-token) 34
3.2.1 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส..... 35
3.2.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส..... 41
3.2.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส..... 43
3.3 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT (Uniform + Divided Slot + Multi-Token)..... 43
3.3.1 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส..... 44
3.3.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส..... 46
3.3.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส..... 48
3.4 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT (Partial Uniform + Multi-Token)..... 48
3.4.1 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส..... 49
3.4.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส..... 51
3.4.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส..... 55
3.5 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA (Uniform + Multi-Token + Multiple Limited Access)..... 56
3.5.1 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส..... 57
3.5.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส..... 58
3.5.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส..... 60

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA (Uniform + Divided Slot + Multi-Token + Multiple Limited Access)…….. 60
3.6.1 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส……..…… 61
3.6.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส……..…… 62
3.6.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส……..……..…… 64
3.7 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA (Partial Uniform + Multi-Token + Multiple Limited Access)..... 65
3.7.1 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส……..…… 65
3.7.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส……..…… 67
3.7.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส……..……..…… 68
3.8 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP (Cascade Fixed Probability + Multiple Permission Probability)..... 69
3.8.1 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส……..…… 70
3.8.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส……..…… 72
3.8.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส……..……..…… 74
3.9 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT (Cascade Fixed Probability + Shift Reservation Time)..... 74
3.9.1 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส……..…… 75
3.9.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส……..…… 77
3.9.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส…….. 80
4 ผลการทดสอบ..... 83
4.1 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบที่ไม่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ..... 84
4.1.1 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Uniform (UNI)…….... 84
4.1.2 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Uniform+Limited Access (UNI+LA)……..…….. 85
4.1.3 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Uniform+Multi-Token (UNI-MT)……..…….. 87
4.1.4 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Cascade Fixed Probability (CFP)…….. 88
4.2 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ โดยมีผู้ใช้บริการในระบบ จำนวน 2 คลาส……..... 91
4.2.1 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI……..….. 91
4.2.1.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ……. 91

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1.2 จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ..... 95
4.2.2 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT..... 99
4.2.2.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ..... 99
4.2.2.2 จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ..... 107
4.2.3 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT..... 123
4.2.3.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ..... 123
4.2.3.2 จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ..... 127
4.2.4 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT..... 133
4.2.4.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ..... 133
4.2.4.2 จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ..... 137
4.2.5 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA..... 143
4.2.5.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ..... 144
4.2.5.2 จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ..... 148
4.2.6 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA..... 154
4.2.6.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ..... 154
4.2.6.2 จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ..... 158
4.2.7 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT +MLA..... 165
4.2.7.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ..... 165
4.2.7.2 จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ..... 169
4.2.8 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP..... 176
4.2.8.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ..... 176
4.2.8.2 จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ..... 178
4.2.9 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT..... 182
4.2.9.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ..... 182
4.2.9.2 จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ..... 185

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ โดยมีผู้ใช้บริการในระบบ จำนวน 3 คลาส..... 190
4.3.1 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA..... 190
4.3.2 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA..... 192
4.4 ผลของเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จที่มีต่อการรับประกันคุณภาพการให้บริการ..... 193
5 ผลการเปรียบเทียบ..... 196
5.1 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้และเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอใน [13]..... 196
5.1.1 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT UNI+MLA และ UNI+MT+MLA..... 196
5.1.2 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS UNI+DS+MLA UNI+DS+MT และ UNI+DS+MT+MLA..... 200
5.1.3 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI Partial UNI+MT Partial UNI+MLA และ Partial UNI+MT+MLA..... 203
5.1.4 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และ CFP+SRT..... 206
5.2 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้และเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้มีผู้นำเสนอไว้ในอดีต..... 207
6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 214
6.1 บทสรุป..... 214
6.2 ข้อเสนอแนะ..... 221
รายการอ้างอิง..... 223
ภาคผนวก..... 226
บทความทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่..... 236
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 237

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่สัมพันธ์กับลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ.....	16
4.1	ตัวอย่างของค่าพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์การรับประกันคุณภาพการให้บริการ.	195
6.1	การเลือกใช้กลไกการเข้าจองช่องสัญญาณให้เหมาะสมกับความต้องการและสภาพทราฟฟิก.....	219

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
รูปที่ 1.1	โครงข่ายของระบบการสื่อสารไร้สาย.....	1
รูปที่ 2.1	ระบบสื่อสารไร้สายในพื้นที่ให้บริการหนึ่ง.....	7
รูปที่ 2.2	โครงสร้างเฟรมของโพรโทคอล ALOHA Reservation.....	9
รูปที่ 2.3	กลไกการทำงานของโพรโทคอลแบบผสม เมื่อใช้พื้นฐานการจองแบบ Slotted ALOHA.	12
รูปที่ 2.4	การทำงานของโพรโทคอล ALOHA Reservation.....	12
รูปที่ 2.5	กลไกการทำงานของโพรโทคอลแบบผสม เมื่อใช้ค่าความน่าจะเป็น ในการส่งแพ็กเกตการจอง.....	13
รูปที่ 2.6	โครงสร้างเฟรมและการทำงานเมื่อเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบมีค่าน้อย.....	17
รูปที่ 2.7	โครงสร้างเฟรมและการทำงานเมื่อเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบมีค่ามาก.....	17
รูปที่ 2.8	ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS.....	23
รูปที่ 2.9	ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA	23
รูปที่ 2.10	ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA.....	24
รูปที่ 2.11	ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA.....	25
รูปที่ 3.1	ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI.....	28
รูปที่ 3.2	ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT.....	35
รูปที่ 3.3	แผนภาพประกอบเพื่อการคำนวณหาความน่าจะเป็นในการจองช่องสัญญาณสำเร็จของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT กรณีจำนวนใบจองของผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 2 ใบ.....	35
รูปที่ 3.4	แผนภาพประกอบเพื่อการคำนวณหาความน่าจะเป็นในการจองช่องสัญญาณสำเร็จของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT กรณีจำนวนใบจองของผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 3 ใบ.....	37
รูปที่ 3.5	ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT.....	44
รูปที่ 3.6	ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT.....	49
รูปที่ 3.7	ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA.....	57
รูปที่ 3.8	ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA.....	61
รูปที่ 3.9	ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA.....	65
รูปที่ 3.10	กลไกการทำงานของระบบการจองแบบ CFP + MP.....	70
รูปที่ 3.11	กลไกการทำงานของระบบการจองแบบ CFP + SRT.....	75
รูปที่ 4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI.....	85

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดและจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA..... 86
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดและจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA..... 87
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองและจำนวนใบจอง เมื่อจำนวนผู้ใช้บริการ (M) เท่ากับ 2,4,8,16,32 และจำนวนช่องสัญญาณจอง (N) เท่ากับ 32..... 87
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เมื่อจำนวนช่องสัญญาณจอง (N) เท่ากับ 32 ช่อง และจำนวนใบจอง (T) เท่ากับ 1, 2, 4, 8, 16 ใบ..... 88
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP..... 90
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดและจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP..... 90
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดและจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP..... 90
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 93
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการแต่ละคลาสที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 93
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง... 94
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 94

รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 94
รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 96
รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการแต่ละคลาสที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 96
รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง.. 97
รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 97
รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 97
รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 98
รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการแต่ละคลาสที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 98
รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง.. 98
รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 99

รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 99

รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 101

รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 102

รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 103

รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 104

รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 105

รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 106

รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 107

รูปที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 109

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 110
รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 111
รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 112
รูปที่ 4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 113
รูปที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 114
รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 115
รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 116
รูปที่ 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 117
รูปที่ 4.40 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 118

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 119
รูปที่ 4.42 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 120
รูปที่ 4.43 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 121
รูปที่ 4.44 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 122
รูปที่ 4.45 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 124
รูปที่ 4.46 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 125
รูปที่ 4.47 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 125
รูปที่ 4.48 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 125
รูปที่ 4.49 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 126

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.50 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 126
รูปที่ 4.51 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 126
รูปที่ 4.52 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 129
รูปที่ 4.53 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 129
รูปที่ 4.54 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 129
รูปที่ 4.55 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 130
รูปที่ 4.56 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 130
รูปที่ 4.57 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 130
รูปที่ 4.58 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 131
รูปที่ 4.59 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 131

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.60 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 131
รูปที่ 4.61 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 132
รูปที่ 4.62 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 132
รูปที่ 4.63 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 132
รูปที่ 4.64 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 133
รูปที่ 4.65 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 133
รูปที่ 4.66 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 135
รูปที่ 4.67 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 135
รูปที่ 4.68 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 136

รูปที่ 4.69 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 136
รูปที่ 4.70 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 136
รูปที่ 4.71 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 137
รูปที่ 4.72 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 137
รูปที่ 4.73 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 139
รูปที่ 4.74 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 139
รูปที่ 4.75 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 139
รูปที่ 4.76 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 140
รูปที่ 4.77 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 140
รูปที่ 4.78 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 140

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.79 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 141
รูปที่ 4.80 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 141
รูปที่ 4.81 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 141
รูปที่ 4.82 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 142
รูปที่ 4.83 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 142
รูปที่ 4.84 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 142
รูปที่ 4.85 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 143
รูปที่ 4.86 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 143
รูปที่ 4.87 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 146
รูปที่ 4.88 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 146

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.89 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 146
รูปที่ 4.90 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 147
รูปที่ 4.91 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 147
รูปที่ 4.92 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 147
รูปที่ 4.93 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 148
รูปที่ 4.94 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 150
รูปที่ 4.95 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 150
รูปที่ 4.96 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 150
รูปที่ 4.97 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 151
รูปที่ 4.98 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 151
รูปที่ 4.99 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 151

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.100 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 152
รูปที่ 4.101 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 152
รูปที่ 4.102 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 152
รูปที่ 4.103 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 153
รูปที่ 4.104 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 153
รูปที่ 4.105 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 153
รูปที่ 4.106 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 154
รูปที่ 4.107 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 154
รูปที่ 4.108 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 156
รูปที่ 4.109 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง.. 156
รูปที่ 4.110 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 156

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.111 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 157
รูปที่ 4.112 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 157
รูปที่ 4.113 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 157
รูปที่ 4.114 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 158
รูปที่ 4.115 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 158
รูปที่ 4.116 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 160
รูปที่ 4.117 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง 160
รูปที่ 4.118 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 161
รูปที่ 4.119 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 161
รูปที่ 4.120 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 161
รูปที่ 4.121 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 162

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.122 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 162
รูปที่ 4.123 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 162
รูปที่ 4.124 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 163
รูปที่ 4.125 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง 163
รูปที่ 4.126 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 163
รูปที่ 4.127 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 164
รูปที่ 4.128 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 164
รูปที่ 4.129 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 164
รูปที่ 4.130 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 165
รูปที่ 4.131 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 165
รูปที่ 4.132 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 167

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.133 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 167
รูปที่ 4.134 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 167
รูปที่ 4.135 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 168
รูปที่ 4.136 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 168
รูปที่ 4.137 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 168
รูปที่ 4.138 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 169
รูปที่ 4.139 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 169
รูปที่ 4.140 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 171
รูปที่ 4.141 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 171
รูปที่ 4.142 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 171

รูปที่ 4.143 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 172
รูปที่ 4.144 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 172
รูปที่ 4.145 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 172
รูปที่ 4.146 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 173
รูปที่ 4.147 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 173
รูปที่ 4.148 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 173
รูปที่ 4.149 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 174
รูปที่ 4.150 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 174
รูปที่ 4.151 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 174
รูปที่ 4.152 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 175
รูปที่ 4.153 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 175

รูปที่ 4.154 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 175
รูปที่ 4.155 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 176
รูปที่ 4.156 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 177
รูปที่ 4.157 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 177
รูปที่ 4.158 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 177
รูปที่ 4.159 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 178
รูปที่ 4.160 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 178
รูปที่ 4.161 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 179
รูปที่ 4.162 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 179
รูปที่ 4.163 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 180
รูปที่ 4.164 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 180

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.165 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 180
รูปที่ 4.166 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 181
รูปที่ 4.167 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 181
รูปที่ 4.168 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 181
รูปที่ 4.169 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 182
รูปที่ 4.170 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 182
รูปที่ 4.171 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 183
รูปที่ 4.172 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 183
รูปที่ 4.173 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 184
รูปที่ 4.174 ความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่องสัญญาณที่เหมาะสมที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 เริ่มเข้าจองช่องสัญญาณได้และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 184
รูปที่ 4.175 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 184

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.176 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 185
รูปที่ 4.177 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 186
รูปที่ 4.178 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 186
รูปที่ 4.179 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 186
รูปที่ 4.180 ความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่องสัญญาณที่เหมาะสมที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 เริ่มเข้าจองช่องสัญญาณได้และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 187
รูปที่ 4.181 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 187
รูปที่ 4.182 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 187
รูปที่ 4.183 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 188
รูปที่ 4.184 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 188
รูปที่ 4.185 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 188
รูปที่ 4.186 ความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่องสัญญาณที่เหมาะสมที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 เริ่มเข้าจองช่องสัญญาณได้และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 189

รูปที่ 4.187 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 189
รูปที่ 4.188 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 189
รูปที่ 4.189 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 190
รูปที่ 4.190 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 191
รูปที่ 4.191 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 191
รูปที่ 4.192 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 191
รูปที่ 4.193 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 192
รูปที่ 4.194 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 192
รูปที่ 4.195 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 193
รูปที่ 4.196 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 193
รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT UNI+MLA และ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 199

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT UNI+MLA และ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 199
รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT UNI+MLA และ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 199
รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS UNI+DS+MT UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 202
รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS UNI+DS+MT UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 202
รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS UNI+DS+MT UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 203
รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI Partial UNI+MT Partial UNI+MLA และ Partial UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 205
รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI Partial UNI+MT Partial UNI+MLA และ Partial UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 205
รูปที่ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI Partial UNI+MT Partial UNI+MLA และ Partial UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 205
รูปที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง..... 206

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง..... 207
รูปที่ 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง..... 207
รูปที่ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอและเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เป็นรู้จัก เมื่อระบบมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง.. 210
รูปที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอและเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เป็นรู้จัก เมื่อระบบมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง.. 210
รูปที่ 5.15 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอและเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เป็นรู้จัก เมื่อระบบมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง.. 211
รูปที่ 5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอและเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เป็นรู้จัก เมื่อระบบมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง.. 212
รูปที่ 5.17 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอและเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เป็นรู้จัก เมื่อระบบมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง.. 213
รูปที่ 5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอและเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เป็นรู้จัก เมื่อระบบมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง.. 213
รูปที่ 6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI UNI+MLA, UNI+MT, UNI+MT+MLA, UNI+DS, UNI+DS+MLA, UNI+DS+MT, UNI+DS+MT+MLA, Partial UNI, Partial UNI+MLA, Partial UNI+MT และ Partial UNI+MT+MLA..... 221

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI, CFP, CAP, CFP+MP และ CFP+SRT..... 221

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

บทนำนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน ประโยชน์ที่ได้รับ และเค้าโครงวิทยานิพนธ์

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

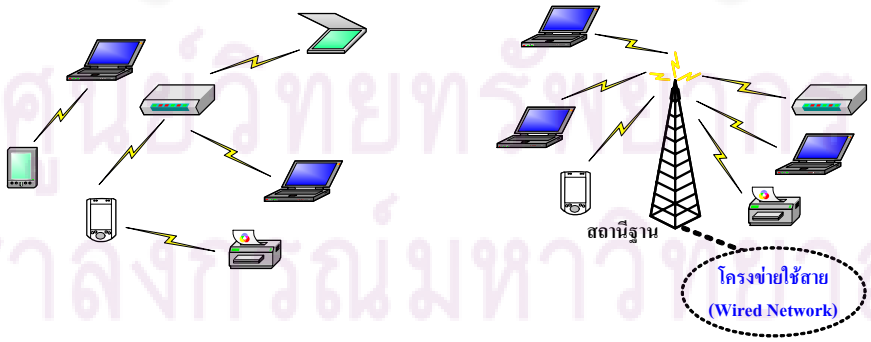
ในปัจจุบันจำนวนผู้ใช้บริการในระบบสื่อสารไร้สายได้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากประโยชน์ และความสะดวกที่ผู้ใช้บริการได้รับ ทั้งยังมีความยืดหยุ่น มีความสามารถในการจัดการกับบริการข้อมูลมัลติมีเดีย (Multimedia) และประยุกต์ใช้งานแบบเวลาจริง (Real Time Applications)

โครงข่ายของระบบสื่อสารไร้สายแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ [1] คือ

1. โครงข่ายไร้สายแบบกระจาย (Distributed Wireless Networks) หรือ Ad Hoc Networks ผู้ใช้บริการในระบบใช้สัญญาณความถี่วิทยุ (Radio Frequency) หรือสัญญาณอินฟราเรด (Infrared) ในการติดต่อกัน และมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกันในลักษณะการกระจาย โครงข่ายลักษณะนี้มีการทำงานในโมด Time Division Duplex (TDD) ดังแสดงในรูปที่ 1.1ก

2. โครงข่ายไร้สายแบบควบคุมจากศูนย์กลาง (Centralized Wireless Networks) หรือ Last Hop Networks ประกอบไปด้วยสถานีฐานคอยควบคุมจัดการและจัดสรรการให้บริการแก่ผู้ใช้บริการปลายทาง โครงข่ายลักษณะนี้สามารถทำงานได้ทั้งในโมด Time Division Duplex (TDD) และโมด Frequency Division Duplex (FDD) ดังแสดงในรูปที่ 1.1ข

สิ่งที่ถือเป็นหัวใจสำคัญในระบบการสื่อสารไร้สาย คือ ทำอย่างไรเพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากปริมาณแบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างจำกัดได้คุ้มค่าและสามารถให้บริการกับผู้ใช้ตามคุณภาพของการบริการที่ต้องการ ซึ่งแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าวคือการสรรหาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่มีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับบริการที่ระบบรองรับได้



(ก) โครงข่ายไร้สายแบบกระจาย (ข) โครงข่ายไร้สายแบบควบคุมจากศูนย์กลาง

รูปที่ 1.1 โครงข่ายของระบบการสื่อสารไร้สาย

ในช่วงเริ่มต้นนั้นโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่มีการนำเสนอจะอาศัยพื้นฐานการจัดสรรแบนด์วิดท์แบบที่ไม่มีการแข่งขันกันของผู้ใช้บริการ [2,3] เช่น TDMA และ FDMA หรือแบบที่มีการแข่งขันกันของผู้ใช้บริการ [2,3] เช่น Pure-ALOHA และ Slotted-ALOHA เป็นต้น โดยโพรโทคอลประเภทที่ไม่มีการแข่งขันนั้นผู้ใช้บริการแต่ละรายจะมีช่องสัญญาณสำหรับการจองหรือส่งข้อมูลของตน ดังนั้นคุณภาพของการบริการที่ผู้ใช้แต่ละรายได้รับจึงมีค่าสูง แต่มีข้อด้อยคือเมื่อผู้ใช้บริการไม่มีข้อมูลจะทำการส่งออกไป จะทำให้แบนด์วิดท์ที่จองไว้ไม่ได้ใช้ประโยชน์ กล่าวคือระบบจะมีสมรรถนะที่ต่ำเมื่อรองรับโหลดที่มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง ในทางตรงกันข้ามในประเภทที่มีการแข่งขันจะให้ผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข้อมูลต้องทำการแข่งขันกันเพื่อแย่งชิงช่องสัญญาณ ดังนั้นจึงทำให้ระบบดังกล่าวมีความยืดหยุ่นในการรองรับจำนวนผู้ใช้บริการเพิ่มมากขึ้น แต่ถ้าหากขณะเวลาหนึ่ง ๆ มีผู้ใช้บริการมากกว่าหนึ่งรายในระบบทำการส่งข้อมูลออกมาพร้อมกันก็จะทำให้เกิดปัญหาการชนและการสูญเสียช่องสัญญาณตามมา ดังนั้นระบบจึงขาดเสถียรภาพในสภาวะทราฟฟิกสูง ต่อมาได้มีการพัฒนาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางประเภทผสม [4,5] ที่รวมเอาข้อดีและข้อด้อยของโพรโทคอลทั้งสองประเภทข้างต้นเข้าไว้ด้วยกัน โดยก่อนที่ผู้ใช้บริการจะสามารถทำการส่งข้อมูลได้ ผู้ใช้บริการจะต้องทำการแข่งขันกันเพื่อจองช่องสัญญาณก่อน โดยเมื่อผู้ใช้บริการจองช่องสัญญาณสำเร็จแล้ว สถานีฐานจะจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับส่งข้อมูลให้กับผู้ใช้บริการต่อไป

จากที่กล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าการแข่งขันของผู้ใช้บริการในส่วนการจองช่องสัญญาณสำหรับโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางประเภทผสมนั้นเป็นส่วนสำคัญที่จะส่งผลต่อไปยังจำนวนผู้ใช้บริการที่สามารถส่งข้อมูลได้ ซึ่งเทคนิคที่ใช้ในส่วนการจองช่องสัญญาณจะอาศัยการทำงานของเทคนิค Slotted-ALOHA เพราะเป็นเทคนิคที่ง่ายและมีความยืดหยุ่นสูง อย่างไรก็ดีการทำงานของเทคนิค Slotted Aloha นี้จะเกิดปัญหาถ้าหากขณะเวลาหนึ่ง ๆ มีผู้ใช้บริการจำนวนมากเข้าทำการจองช่องสัญญาณพร้อมกัน ดังนั้นจึงมีการนำการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณมาใช้เพื่อจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการที่เข้าจองช่องสัญญาณในขณะหนึ่ง ๆ เช่น การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian [2,6] ซึ่งกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณสัมพันธ์กับปริมาณโหลดที่ระบบรองรับ (ซึ่งได้จากการประมาณ) ในขณะนั้น โดยมีสมมติฐานว่าผู้ใช้บริการสามารถทราบผลการจองช่องสัญญาณของตนได้ก่อนที่จะถึงช่องสัญญาณจองถัดไปและสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ใหม่ถ้าหากไม่ประสบความสำเร็จในการจอง

นอกจากนี้จะพบว่าประเภทของบริการที่ระบบรองรับในอดีตจะมีเพียงบริการประเภทเสียงเท่านั้น แต่ในปัจจุบันบริการของระบบที่ผู้ใช้บริการต้องการยังมีแนวโน้มเปลี่ยนไปจากในอดีตกล่าวคือ นอกจากบริการเสียงแล้วผู้ใช้บริการยังต้องการบริการประเภทต่าง ๆ เพิ่มขึ้น เช่น E-mail, Computer Data, File Transfer Protocol (FTP) และ World Wide Web (WWW) ซึ่งบริการแต่ละประเภทต่างก็มีคุณลักษณะและคุณภาพการบริการที่ต้องการแตกต่างกันไป ดังนั้นจึงได้มีผู้เสนอเทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการแต่ละประเภทแตกต่างกัน เช่น การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian ที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการ [7,8] อย่างไรก็ดีจะพบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีนำเสนอดังกล่าวออกแบบขึ้นมาสำหรับระบบที่ผู้ใช้บริการสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้มากกว่าหนึ่งครั้งต่อเฟรม

ดังนั้นเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดจึงอาจไม่เหมาะสมสำหรับระบบสื่อสารบางประเภทที่มีค่าเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาว ยกตัวอย่างเช่น ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม และระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูง [9-11] ซึ่งผู้ใช้บริการอาจทราบผลการจองช่องสัญญาณภายหลังจากสิ้นสุดส่วนการจองไปแล้ว

จากปัญหาที่กล่าวในข้างต้น วิทยานิพนธ์นี้จึงได้นำเสนอเทคนิคการจองช่องสัญญาณสำหรับระบบที่มีเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาว โดยกำหนดให้ผู้ใช้บริการแต่ละรายทราบผลการจองหลังจากหมดช่วงการจองในเฟรมนั้น ๆ ไปแล้ว นอกจากนี้เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่จะนำเสนอดังกล่าวยังสามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการเพื่อให้บริการตามคุณภาพของการบริการที่ต้องการได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.พัฒนาเทคนิคการจองช่องสัญญาณสำหรับโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบสื่อสารไร้สายสำหรับกรณีที่เวลาประวิงการแพร่กระจายกระจายครบรอบยาวกว่าเวลาประวิงการส่งสัญญาณ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรองรับบริการประเภทมัลติมีเดีย (Multimedia) อันประกอบด้วยบริการเสียง วิดีโอ และข้อมูลคอมพิวเตอร์เป็นต้นได้ตามคุณภาพของการบริการ (Quality of Service, QoS) ที่ต้องการ

2. วิเคราะห์และประเมินสมรรถนะของเทคนิคการจองที่พัฒนาขึ้น โดยสมรรถนะของระบบที่พิจารณาได้แก่ จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ (Average number of successful users) และเวลาประวิงโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณ (Average channel reservation delay time) ซึ่งตัวแปรที่ใช้วัดคุณภาพของการบริการในวิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วยอัตราส่วนความน่าจะเป็นในการประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและอัตราส่วนของเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสที่แตกต่างกัน

1.3 เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้มีเป้าหมายในการพัฒนาเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เหมาะสำหรับระบบที่มีเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาว และสามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการตามคุณภาพการบริการที่ต้องการได้ โดยจำนวนคลาสของผู้ใช้ในระบบที่จะนำมาวิเคราะห์และประเมินสมรรถนะในวิทยานิพนธ์นี้จะเน้นที่จำนวนคลาสของผู้ใช้บริการในระบบเท่ากับ 2 คลาส เป็นหลัก นอกจากนี้ยังแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์สมรรถนะของบางเทคนิคการจองช่องสัญญาณเมื่อมีจำนวนคลาสของผู้ใช้บริการในระบบเท่ากับ 3 คลาส เพื่อแสดงให้เห็นว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ออกแบบสามารถรองรับระบบที่มีผู้ใช้บริการ 3 คลาสได้ สำหรับสมรรถนะของระบบที่พิจารณาได้แก่ จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ (Average number of successful users) และเวลาประวิงโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณ (Average channel reservation delay time) และพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดคุณภาพการบริการในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือค่า γ_s และ γ_d โดย γ_s กำหนดเป็นอัตราส่วนค่าความน่าจะเป็นในการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 (กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 มีลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณสูงกว่าผู้ใช้บริการคลาส 2) และ γ_d กำหนดเป็นอัตราส่วนเวลาประวิงของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 1

นอกจากสมมติฐานในการออกแบบระบบแล้วผู้วิจัยยังได้กำหนดขอบเขตและสภาพแวดล้อมของโครงข่ายการสื่อสารไร้สาย ไว้ดังนี้

1. โครงข่ายการสื่อสารไร้สายที่พิจารณา เป็นแบบควบคุมจากศูนย์กลาง เซลล์หนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยสถานีฐาน 1 สถานีและผู้ใช้จำนวนหนึ่ง การติดต่อสื่อสารของผู้ใช้บริการทุกรายภายในเซลล์ จะต้องกระทำผ่านสถานีฐานที่ให้บริการภายในเซลล์นั้น ๆ เพียงอย่างเดียว

2. โพรโทคอลที่ทำการศึกษาจะประกอบด้วยช่องสัญญาณขาขึ้นและขาลง ซึ่งมีการแยกออกจากกันบนพื้นฐานของ Frequency Division Duplex (FDD) และภายในแต่ละช่องสัญญาณมีการใช้เทคนิคของระบบ TDMA ในการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณ โครงสร้างของช่องสัญญาณแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการจอง และส่วนการส่งข้อมูลข่าวสาร ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้จะพิจารณาการทำงานเฉพาะส่วนการจองเท่านั้น

3. ระบบสื่อสารไร้สายที่ใช้ในการพิจารณาและจำลองแบบในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นระบบซึ่งค่าของเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบมีค่ามากกว่าเวลาประวิงการส่งสัญญาณ ดังนั้นผู้ใช้บริการจะทราบผลการจองหลังจากหมดช่วงการจองในเฟรมนั้น ๆ ไปแล้ว

4. การจำลองแบบ กำหนดให้ช่องสัญญาณที่ทำการพิจารณาเป็นช่องสัญญาณในอุดมคติ กล่าวคือ ไม่มีความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูล รวมทั้งละเลยผลของเฟดดิงและผลของปรากฏการณ์ระงับ (Capture Effect)

5. สถานีฐานจะสามารถทราบจำนวนช่องสัญญาณจองในเฟรม จำนวนใบจองและจำนวนผู้ใช้บริการที่จุดเริ่มต้นเฟรมโดยจำนวนผู้ใช้บริการภายในโครงข่ายจะมีค่าคงที่ตลอดการทดสอบ เนื่องจากไม่ได้คำนึงถึงผลของการส่งต่อระหว่างเซลล์ (ไม่เกิดการแฮนด์โอเวอร์)

6. ค่าพารามิเตอร์ที่จะใช้แสดงถึงสมรรถนะของวิธีที่นำเสนอจะใช้อัตราส่วนค่าความน่าจะเป็นในการจองช่องสัญญาณสำเร็จและอัตราส่วนเวลาประวิงของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการแต่ละคลาสเป็นพารามิเตอร์หลักในการเปรียบเทียบ เพราะจุดประสงค์หลักในวิทยานิพนธ์นี้คือ การรับรองคุณภาพการบริการที่แตกต่างกันสำหรับผู้ใช้บริการในแต่ละคลาส

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

1. ศึกษาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบสื่อสารไร้สายแบบต่าง ๆ ที่ได้มีการพัฒนาและนำเสนอมาในปัจจุบัน ทั้งในแบบที่ไม่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ, แบบที่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ และแบบผสมเทคนิคการแข่งขันและไม่แข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ เพื่อให้ทราบข้อดีและข้อด้อยต่าง ๆ ที่มีในโพรโทคอลแต่ละประเภท

2. ศึกษาเทคนิคการจองช่องสัญญาณ ซึ่งได้มีผู้นำเสนอไว้ พร้อมทั้งเขียนโปรแกรมจำลองการทำงานของเทคนิคดังกล่าว เพื่อทราบแนวโน้มและผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆ

3. พัฒนาเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบใหม่ ซึ่งเป็นระบบที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการแต่ละระดับได้ และวิเคราะห์หาสมการทางคณิตศาสตร์ของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอ

4. เขียนโปรแกรมจำลองการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอ เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของเทคนิคดังกล่าว

5. วิเคราะห์และประเมินผล โดยการเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่มีการนำเสนอมาก่อนหน้านี้และวิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

6. สรุป วิจารณ์ และรวบรวมข้อมูลทั้งหมด พร้อมทั้งจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถวิเคราะห์สมรรถนะของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบต่าง ๆ ที่มีในปัจจุบัน

2. สามารถออกแบบและพัฒนาเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการแต่ละประเภทตามคุณภาพการบริการที่ต้องการได้

3. สามารถพัฒนาโปรแกรม เพื่อใช้ในการทดสอบสมรรถนะของโพรโทคอลและเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอ

1.6 เค้าโครงวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งรายละเอียดออกเป็น 6 บท ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน ประโยชน์ที่ได้รับ และเค้าโครงวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 ความรู้พื้นฐาน กล่าวถึงประเภทของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่มีในปัจจุบัน พื้นฐานการจองช่องสัญญาณ เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในอดีต ผลของเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบ ปัญหาที่เกิดขึ้นของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีนำเสนอในอดีตในกรณีที่มีเวลาประวิงการแพร่กระจายกระจายครบรอบยาวกว่าเวลาประวิงการส่งสัญญาณ และเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้มีผู้เคยนำเสนอเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ทั้งแบบที่ไม่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการได้แก่ Cascade Fixed Probability (CFP) และ Uniform (UNI) และเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ ได้แก่ 1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS 2. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA 3. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA และ 4. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA

บทที่ 3 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ ได้แก่เทคนิคการจองที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ ได้แก่ 1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI 2. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT 3. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT 4. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT 5. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และ 6. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA 7. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA 8. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และ 9. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT

บทที่ 4 ผลการทดสอบ กล่าวถึงผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบที่นำเสนอในบทที่ 3 ประกอบด้วย 1. ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI 2. ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT 3. ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT 4. ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT 5. ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA 6. ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA 7. ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA 8. ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และ 9. ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT

บทที่ 5 ผลการเปรียบเทียบ กล่าวถึงผลการเปรียบเทียบระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอและเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีผู้เคยนำเสนอไว้

บทที่ 6 บทสรุป กล่าวถึงบทสรุป และข้อเสนอแนะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

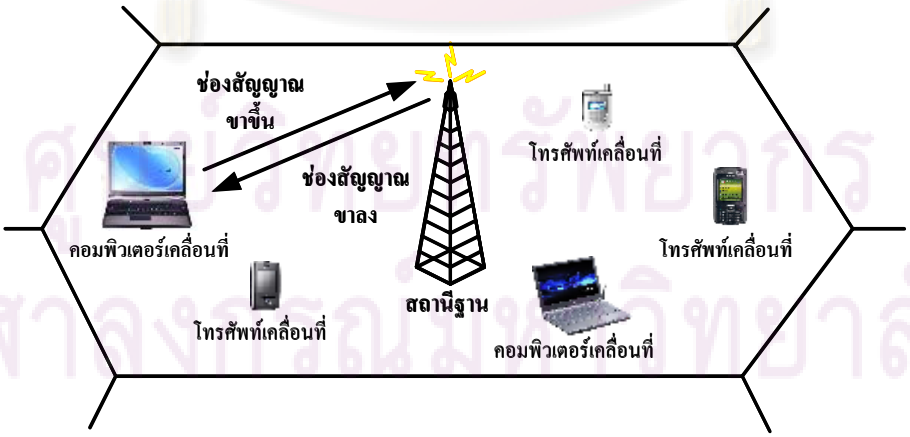
ความรู้พื้นฐาน

บทนี้กล่าวถึงความรู้พื้นฐาน ซึ่งประกอบด้วยความรู้เกี่ยวกับโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง โดยกล่าวถึงประเภทของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่มีนำเสนอและตัวอย่างของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง จากนั้นจะกล่าวถึงคุณภาพการบริการที่ผู้ใช้บริการต้องการ การจองช่องสัญญาณ เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีนำเสนอในอดีต ผลของเวลาประวิงสัมพัทธ์ ปัญหาของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีนำเสนอในอดีต และสุดท้ายจะกล่าวถึงเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์

2.1 โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง

โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง หรือ Media Access Control Protocol (MAC Protocol) คือ วิธีการที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการทำงานอยู่ในส่วนของชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer) ตามมาตรฐานของแบบจำลองอ้างอิง 7 ชั้น (Open Systems Interconnection (OSI) Reference Model) และมีหน้าที่จัดสรรช่องสัญญาณให้ผู้ใช้บริการหลาย ๆ ราย ซึ่งอาจเป็นโทรศัพท์มือถือ, คอมพิวเตอร์เคลื่อนที่ หรืออุปกรณ์สื่อสารไร้สายชนิดอื่น ๆ ให้สามารถติดต่อสื่อสารระหว่างกันและกัน และ/หรือติดต่อกับสถานีฐานได้

วิทยานิพนธ์นี้ เน้นในส่วนของโครงข่ายไร้สายแบบควบคุมจากศูนย์กลาง เนื่องจากโครงข่ายในลักษณะนี้สถานีฐานสามารถทำการควบคุมได้อย่างสมบูรณ์ อีกทั้งไม่เกิดปัญหาด้านการซิงโครไนซ์ และช่องสัญญาณขาขึ้นและขาลงสามารถใช้งานได้ในขณะเดียวกันจากโมดการทำงานแบบ Frequency Division Duplex (FDD) เพื่อให้เกิดความชัดเจนยิ่งขึ้นจะขอกล่าวในรายละเอียดส่วนของโครงข่ายไร้สายแบบควบคุมจากศูนย์กลาง เมื่อพิจารณาจะพบว่า ในบริเวณพื้นที่ให้บริการหนึ่งประกอบด้วยสถานีฐาน 1 สถานี (Base Station), ผู้ใช้อุปกรณ์ปลายทางเคลื่อนที่จำนวนหนึ่ง (Mobile Terminal Users) และช่องสัญญาณสำหรับสื่อสาร (Channel) [12,13] ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบสื่อสารไร้สายในพื้นที่ให้บริการหนึ่ง

สถานีฐานเป็นส่วนหนึ่งของโครงข่ายหลัก (Backbone Network) และผู้ใช้อุปกรณ์ปลายทางเคลื่อนที่ได้แก่ ผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือผู้ใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์เคลื่อนที่ โดยสถานีฐานและผู้ใช้บริการจะติดต่อสื่อสารกันผ่านทางช่องสัญญาณซึ่งจะแบ่งเป็นช่องสัญญาณขาขึ้น (Upward Channel) และช่องสัญญาณขาลง (Downward Channel) สถานีฐานใช้ช่องสัญญาณขาลงเพื่อส่งทราฟฟิกควบคุม (Broadcast Control Traffic) และ/หรือ ทราฟฟิกข่าวสาร (Information Traffic) ไปยังผู้ใช้บริการ ในขณะที่ผู้ใช้บริการส่งทราฟฟิกข่าวสารของตนไปยังสถานีฐานในช่องสัญญาณขาขึ้น

ประเภทของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบสื่อสารไร้สาย โพรโทคอลที่มีการนำเสนอมานั้นสามารถจำแนกออกตามการทำงาน [1,4-5,14] ได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้

2.1.1 **โพรโทคอลที่ไม่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ** (Contention-Free MAC Protocol)

โพรโทคอลประเภทนี้ ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้แน่นอน โดยระบบจะจัดสรรช่องสัญญาณที่กำหนดแน่นอนสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคน ตัวอย่างของโพรโทคอลที่ไม่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ เช่น Frequency Division Multiple Access (FDMA) , Time Division Multiple Access (TDMA) และ Code Division Multiple Access (CDMA) ข้อดีของโพรโทคอลประเภทนี้คือระบบจะมีเสถียรภาพในทุกสภาวะทราฟฟิก เพราะไม่เกิดการชนกันของแพ็กเกตผู้ใช้บริการ แต่ข้อเสียคือจะทำให้ไม่สามารถใช้แบนด์วิดท์ที่มีอย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เนื่องจากถ้าผู้ใช้บริการคนใดไม่ได้ส่งข่าวสาร จะทำให้สูญเสียแบนด์วิดท์ในส่วนนั้นไปเพราะผู้ใช้บริการคนอื่นไม่สามารถเข้ามาใช้ได้ นอกจากนี้ระบบยังไม่สามารถรองรับผู้ใช้บริการจำนวนมากได้

2.1.2 **โพรโทคอลที่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ** (Contention-Based MAC Protocol)

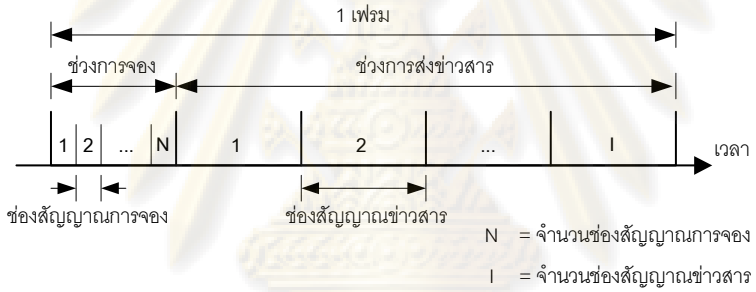
โพรโทคอลประเภทนี้ ช่องสัญญาณแต่ละช่องจะไม่มีการกำหนดให้กับผู้ใช้บริการคนใดคนหนึ่งอย่างแน่นอน ดังนั้นผู้ใช้บริการทุกคนจะต้องทำการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ ตัวอย่างของโพรโทคอลที่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ เช่น Pure ALOHA [2,3], Slotted ALOHA [2,3] และ Carrier Sense Multiple Access (CSMA) [2,3] ข้อดีของโพรโทคอลประเภทนี้คือสามารถรองรับผู้ใช้บริการได้จำนวนมาก และสามารถรองรับทราฟฟิกที่มีขนาดปรับเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลาได้ แต่ข้อเสียคือที่สภาวะทราฟฟิกสูง ๆ ระบบจะขาดเสถียรภาพในการทำงานเนื่องจากเกิดการชนกันมากเกินไปของแพ็กเกตผู้ใช้บริการ นอกจากนี้เราไม่สามารถคาดเดาเวลาประวิงในการส่งแพ็กเกตได้ จึงทำให้โพรโทคอลประเภทนี้ไม่เหมาะสมกับการส่งทราฟฟิกประเภทเสียงเพราะเป็นบริการที่ต้องการเวลาประวิงที่ต่ำ

2.1.3 **โพรโทคอลแบบผสมระหว่างเทคนิคการแข่งขันและไม่แข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ** (Contention-Free and Contention-Based MAC Protocol)

โพรโทคอลประเภทนี้ เป็นการนำเทคนิคที่ดีของโพรโทคอลทั้งสองกลุ่มแรกมารวมกัน จากการศึกษาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางประเภทต่าง ๆ พบว่าโพรโทคอลที่ผสมเทคนิคการแข่งขันและไม่แข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ ได้รับความสนใจในการนำมาพัฒนาเป็นจำนวนมาก เนื่องจากสมรรถนะที่ระบบได้รับคือ สามารถรองรับทราฟฟิกได้ทุกสภาวะ แม้ว่าสภาวะที่มีปริมาณ ทราฟฟิกสูง ๆ ระบบยังคงมีเสถียรภาพในการทำงาน โดย

ระบบสามารถรองรับปริมาณทราฟฟิกได้ใกล้เคียงกับระบบที่ไม่มีการแข่งขัน และยังสามารถรองรับผู้ใช้บริการจำนวนมากได้ จึงมีความยืดหยุ่นในการให้บริการสูงคล้ายกับระบบที่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ ตัวอย่างโพรโทคอล กลุ่มนี้ เช่น ALOHA Reservation [4,25-26], Round Robin Reservation (RRR) [5], DR-TDMA [15], PRMA [16,27-28] เป็นต้น

เนื่องจากโพรโทคอลแบบ ALOHA Reservation เป็นโพรโทคอลที่มีข้อดีหลายอย่างเมื่อเทียบกับโพรโทคอลแบบผสมเทคนิคการแข่งขันและไม่แข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณประเภทอื่น จึงมีผู้ให้ความสนใจและพัฒนาเป็นจำนวนมาก [12,18,19] โครงสร้างเฟรมเพื่อรองรับการทำงานของโพรโทคอลแบบนี้ แสดงในรูปที่ 2.2 โดยในแต่ละเฟรมจะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ช่วงการจอง (Reservation Period) ซึ่งถูกแบ่งเป็นช่องสัญญาณขนาดเล็กจำนวนหนึ่งเพื่อใช้ในการจอง (Minislots) เรียกว่า ช่องสัญญาณจอง (Reservation Slots) และช่วงการส่งข่าวสาร (Transmission Period) ซึ่งถูกแบ่งเป็นช่องสัญญาณเพื่อใช้ในการส่งข่าวสารเรียกว่า ช่องสัญญาณข้อมูลข่าวสาร (Information Slots) ดังนั้นข้อได้เปรียบที่สำคัญของโพรโทคอลประเภทนี้คือ ช่องสัญญาณจองมีขนาดเล็ก เมื่อเกิดการสูญเสียซึ่งอาจเกิดจากการชนกันหรือการว่าง ก็จะสูญเสียแบนด์วิดท์และข้อมูลเฉพาะในส่วนการจอง



รูปที่ 2.2 โครงสร้างเฟรมของโพรโทคอล ALOHA Reservation

2.2 คุณภาพของการบริการที่ต้องการ

พัฒนาการของเทคโนโลยีการสื่อสารในปัจจุบันทำให้แนวโน้มของบริการที่จะมีการนำเสนอในอนาคตมีความหลากหลายมากกว่าในอดีต กล่าวคือนอกจากบริการเสียงที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันแล้วยังมีบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ บริการวิดีโอ บริการไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ซึ่งบริการแต่ละประเภทต่างก็มีคุณลักษณะและคุณภาพของการบริการที่แตกต่างกัน เช่น ทราฟฟิกประเภทเสียง (Voice) [16] ต้องการบริการที่มีลักษณะเป็นแบบ Real-time กล่าวคือเสียงไม่สามารถทนต่อเวลาประวิงได้ แต่ในด้านความถูกต้องของข้อมูลนั้นเสียงสามารถยอมให้เกิดการสูญเสียข้อมูลได้บางส่วน สำหรับคุณภาพการบริการที่ทราฟฟิกข้อมูลคอมพิวเตอร์ต้องการ (Computer data) [19] คือข้อมูลต้องมีความถูกต้องสูงอัตราความผิดพลาดต่ำแต่จะสามารถทนต่อเวลาประวิงได้

2.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดสมรรถนะของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบสื่อสารไร้สาย

พารามิเตอร์ที่นิยมใช้ในการวัดเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะ [1] ได้แก่

1. ค่าวิสัยสามารถ (Throughput) คือ ค่าของจำนวนข้อมูลที่ได้ทำการส่งสำเร็จ เทียบกับค่าของจำนวนข้อมูลที่ทำการส่งทั้งหมด โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางโดยทั่วไป มีจุดประสงค์หลักในการทำให้ค่าวิสัยสามารถสูงที่สุด

2. ค่าการประวิงเวลา (Delay) คือ เวลาเฉลี่ยซึ่งใช้ไป ตั้งแต่ข้อมูลเข้าไปในระบบการจองจนกระทั่งประสบความสำเร็จในการจองข้อมูล ค่าการประวิงเวลาเป็นผลขึ้นกับลักษณะทราฟฟิกที่เข้ามาด้วย ดังนั้นในการเปรียบเทียบผล ต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ของทราฟฟิกที่เข้ามาเป็นค่าเดียวกัน

3. ความสามารถในการจัดการกับบริการแบบมัลติมีเดีย ซึ่งประกอบด้วยทั้งบริการเสียงและบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์

4. ความยุติธรรม (Fairness) ของการให้บริการ สำหรับผู้ใช้บริการทุก ๆ ราย

5. ความมีเสถียรภาพ (Stability) ระบบที่ดีต้องมีความสามารถรักษาเสถียรภาพได้ในทุก ๆ ปริมาณทราฟฟิก หรือรองรับปริมาณทราฟฟิกและจำนวนผู้ใช้บริการได้ทุก ๆ ขนาด

6. ความทนทานต่อการจางหายของช่องสัญญาณ (Robustness against Channel Fading) ซึ่งพารามิเตอร์ตัวนี้จะมีผลนำไปสู่การขาดเสถียรภาพของระบบ

7. การใช้พลังงาน (Power Consumption) โพรโทคอลที่ดีควรมีการใช้พลังงานอย่างประหยัดและคุ้มค่าที่สุด

สำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดสมมรรถนะทั้งหมดนี้ ในการออกแบบโพรโทคอลหนึ่ง ๆ ไม่สามารถที่จะได้สมรรถนะทุกตัวที่สูงทั้งหมด เนื่องจากเป็นลักษณะของการชดเชยข้อดีข้อเสีย (Tradeoff) กล่าวคือ เมื่อได้สมรรถนะบางอย่างที่สูง อาจทำให้สมรรถนะอีกอย่างลดลง จึงเป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบและพัฒนาโพรโทคอลในระบบสื่อสารไร้สายต้องทราบและหาจุดเด่นของโพรโทคอลที่ตนพัฒนาขึ้น จากการศึกษาพบว่าได้มีผู้พยายามออกแบบและพัฒนาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่แตกต่างกันออกไป และให้ค่าสมรรถนะที่เป็นจุดเด่นของโพรโทคอลแต่ละประเภท

2.4 พื้นฐานการจองช่องสัญญาณ

โดยทั่วไปกระบวนการจองช่องสัญญาณในช่วงการจองของโพรโทคอลแบบผสมเทคนิคการแข่งขันและไม่แข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ รวมถึงโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบต่าง ๆ ที่มีช่วงการจอง มักจะอาศัยวิธีที่มีพื้นฐานจากโพรโทคอล Slotted ALOHA กล่าวคือ เมื่อผู้ใช้บริการมีข่าวสารที่ต้องการส่ง ผู้ใช้บริการจะต้องรอจนกระทั่งถึงช่วงการจองจึงจะเริ่มเข้าจองช่องสัญญาณได้ โดยสถานีฐานจะเป็นผู้ทำหน้าที่ตรวจสอบผลการจองในช่วงการจอง ถ้าไม่มีผู้ใช้บริการคนใดเลยเข้าจอง ช่องสัญญาณจองนั้นจะอยู่ในสถานะว่างเปล่า (Idle) ถ้ามีผู้ใช้บริการเพียงคนเดียวที่เข้าจอง ผู้ใช้บริการคนนั้นจะประสบความสำเร็จ (Success) ในการจอง แต่ถ้าช่องสัญญาณจองใดมีผู้ใช้บริการตั้งแต่สองคนขึ้นไปเข้าจอง จะเกิดการชนกัน (Collision) ของแพ็กเกตการจอง (Reservation Packet) ทำให้ไม่มีผู้ใช้บริการคนใดประสบความสำเร็จในการจอง ในกรณีที่ผู้ใช้บริการประสบความสำเร็จในการจอง สถานีฐานจะตรวจสอบตำแหน่งช่องสัญญาณข่าวสารที่ยังว่างอยู่แล้วจึงจัดสรรช่องสัญญาณข่าวสารให้กับผู้ใช้บริการ แล้วแจ้งตำแหน่งช่องสัญญาณข่าวสารดังกล่าวให้ผู้ใช้บริการทราบ หลังจากนั้นผู้ใช้บริการจะรอเวลาจนกระทั่งถึงช่วงเวลาของช่องสัญญาณข่าวสารที่ได้รับการจัดสรรจึงเริ่มทำการส่งแพ็กเกตข่าวสาร

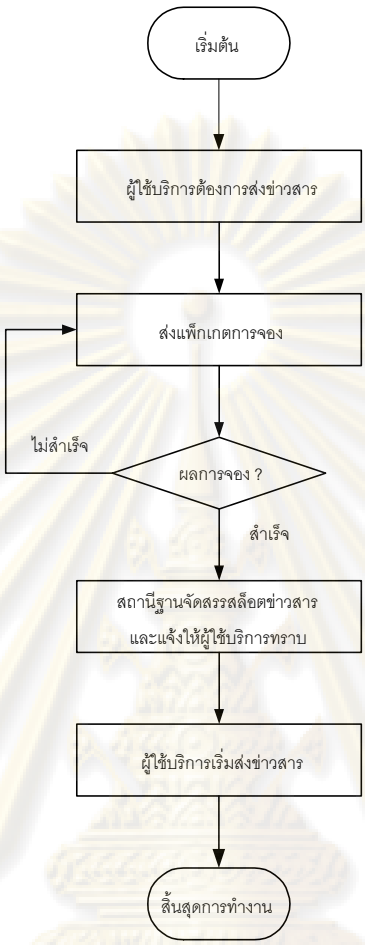
(Information Packet) โดยถ้าผู้ใช้บริการส่งข่าวสารไม่หมดภายเฟรมนั้นผู้ใช้บริการอาจได้สิทธิในการส่งแพ็กเกตข่าวสาร ณ ช่องสัญญาณข่าวสารเดิมในเฟรมถัดไป (Piggy backing) จนกว่าจะส่งข่าวสารหมด สำหรับผู้ใช้บริการที่ไม่ประสบความสำเร็จจะต้องเริ่มเข้าจองใหม่ซึ่งอาจจะสามารถเข้าจองในช่องสัญญาณจองถัดไปหรืออาจต้องเข้าจองในเฟรมถัดไป ทั้งนี้ขึ้นกับประเภทของทราฟฟิกที่ทำการส่งและโพรโทคอลแต่ละชนิดที่เลือกใช้ สำหรับกลไกการทำงานแสดงในรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างการทำงานของโพรโทคอล ALOHA Reservation จะเห็นว่าที่ ช่องสัญญาณจองที่ 1 มีผู้ใช้บริการ A เข้าจองในช่องสัญญาณจองเพียงคนเดียวจึงประสบความสำเร็จในการจอง สำหรับ ช่องสัญญาณจองที่ 2 มีผู้ใช้บริการ B และ C เข้าจอง ดังนั้นจึงเกิดการชนกันทำให้ไม่มีผู้ใช้บริการคนใดประสบความสำเร็จในการจอง ส่วนช่องสัญญาณจองที่ 3 ไม่มีผู้ใช้บริการคนใดเข้าจอง ในขณะที่ ช่องสัญญาณจองที่ 4 มีผู้ใช้บริการ D เข้าจองเพียงคนเดียว ดังนั้นจากตัวอย่างนี้ในช่วงการจองจะมีผู้ใช้บริการเพียง 2 คนที่ประสบความสำเร็จ เมื่อสถานีฐานจัดการจัดสรรช่องสัญญาณข่าวสารให้ผู้ใช้บริการคนที่ประสบความสำเร็จในการจองแล้ว ผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จจึงเริ่มส่งข่าวสาร ซึ่งจะเห็นว่าผู้ใช้บริการ A ส่งข่าวสารในช่องสัญญาณที่ 1 และผู้ใช้บริการ D ส่งข่าวสารใน ช่องสัญญาณที่ 2

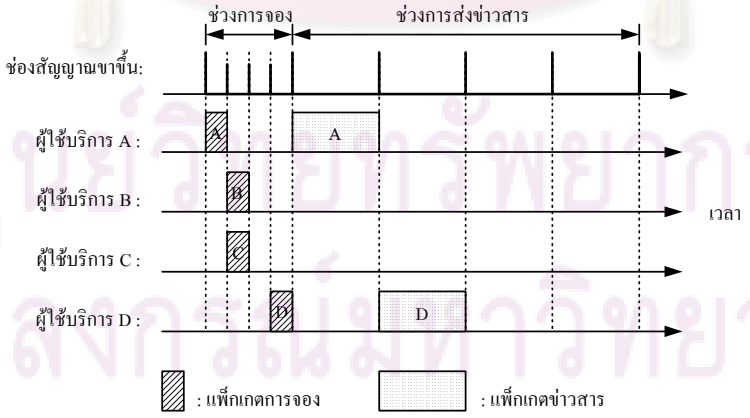
จากการศึกษาการทำงานของโพรโทคอลแบบ ALOHA Reservation พบว่าการทำงานในช่วงการจองจะมีความสำคัญมากต่อสมรรถนะของระบบเพราะผู้ใช้บริการทุกคนต้องผ่านการทำงานในช่วงการจองก่อนจึงจะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณในช่วงการส่งข่าวสาร ดังนั้นถ้าการจองในช่วงนี้ไม่ประสบความสำเร็จการบริการจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ โดยผลในข้อนี้จะแสดงอย่างชัดเจนเมื่อระบบรองรับทราฟฟิกเป็นปริมาณมาก ๆ ซึ่งที่สภาวะนี้จะทำให้เกิดปัญหาการชนกันของแพ็กเกตการจอง

เพื่อบรรเทาปัญหาการชน [7,16,21] จึงได้มีการเสนอเทคนิคที่ใช้ค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจอง (Transmission Probability) หรือค่าความน่าจะเป็นในการจองช่องสัญญาณ (Permission Probability) โดยสถานีฐานจะเป็นผู้กำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจอง (p) และแจ้งค่าที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการทราบ สำหรับขั้นตอนการทำงานจะเริ่มจากผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข่าวสารจะต้องสุ่มค่า 1 ค่า ซึ่งอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 (p_{rand}) ในกรณีที่ค่าที่สุ่มได้มีค่าน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจอง ผู้ใช้บริการจะส่งแพ็กเกตการจองในช่องสัญญาณจอง แต่ถ้าค่าที่สุ่มได้มีค่ามากกว่าค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจอง ผู้ใช้บริการจะไม่สามารถส่งแพ็กเกตการจอง และต้องรอช่องสัญญาณจองถัดไปจึงเริ่มสุ่มค่าขึ้นมาใหม่เพื่อเปรียบเทียบกับค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจอง จนกระทั่งค่าที่สุ่มได้มีค่าน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจอง จึงสามารถส่งแพ็กเกตการจอง ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 2.5

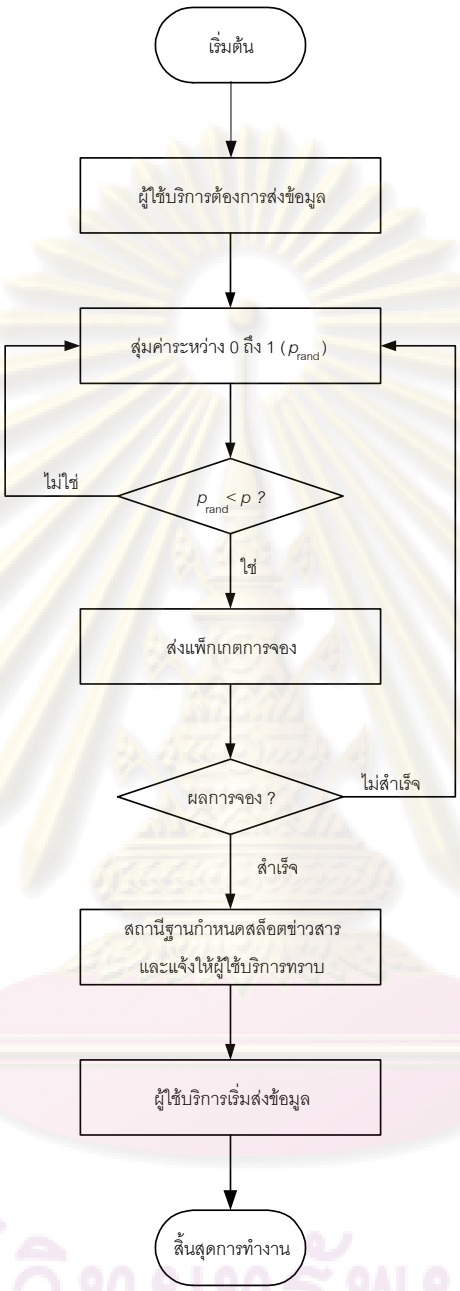
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.3 กลไกการทำงานของโพรโทคอลแบบผสม เมื่อใช้พื้นฐานการจองแบบ Slotted ALOHA



รูปที่ 2.4 การทำงานของโพรโทคอล ALOHA Reservation



รูปที่ 2.5 กลไกการทำงานของโพรโทคอลแบบผสม เมื่อใช้ค่าความน่าจะเป็น ในการส่งแพ็กเกตการจอง

เนื่องจากในสภาวะที่มีผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมาก ถ้ากำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองไว้สูงจะทำให้โอกาสที่จะเกิดการชนของแพ็กเกตการจองมีค่าสูง ซึ่งทำให้ผู้ใช้บริการไม่ประสบความสำเร็จในการจอง ในทางกลับกันสำหรับสภาวะที่มีผู้ใช้บริการเป็นจำนวนน้อย ถ้ากำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองไว้ต่ำจะทำให้โอกาสที่จะมีผู้ใช้บริการอย่างน้อยหนึ่งคนเข้าจองมีค่าต่ำ จึงทำให้ไม่มีผู้ใช้บริการคนใดมีสิทธิเข้าจอง

ช่องสัญญาณ ดังนั้นการกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองจึงเป็นหัวใจสำคัญสำหรับวิธีนี้ ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อค่าวิสัยสามารถของระบบ

2.5 เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณและเทคนิคจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในอดีต

ในอดีตที่ผ่านมาการกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองจะทำโดยกำหนดเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง (Fixed Probability) โดยไม่ได้คำนึงถึงปริมาณทราฟฟิก [20] โดยปกติปริมาณทราฟฟิกในระบบไม่คงที่เพราะบางช่วงเวลาปริมาณทราฟฟิกอาจเบาบางและบางช่วงเวลาปริมาณทราฟฟิกอาจหนาแน่น ทำให้การกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองแบบนี้ไม่เหมาะสมกับทราฟฟิกแบบพลวัต (Dynamic) ดังนั้นได้มีการเสนอเทคนิคการปรับค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองตามปริมาณทราฟฟิกในระบบ ได้แก่ Exponential Backoff [21-23] และ Pseudo-Bayesian [3,6] โดยมีลักษณะการทำงานดังนี้

2.5.1 วิธี Exponential Backoff

การกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองด้วยวิธีนี้ จะกำหนดตามสถานะของช่องการจองที่ผ่านมา กล่าวคือค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองในช่องสัญญาณจองถัดไป ($p(t+1)$) จะทำการคำนวณจากค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองของช่องสัญญาณจองที่ผ่านมา ($p(t)$) ดังแสดงในสมการที่ (2.1)

$$p(t+1) = \min\left\{ p_{\max}, p(t) \times \left(\frac{1}{q} \cdot I_{z(t)=0} + 1 \cdot I_{z(t)=1} + q \cdot I_{z(t)\geq 2} \right) \right\} \qquad (2.1)$$

เมื่อ $0 < p_{\max} \leq 1$ และ $0 < q \leq 1$

โดยที่ $z(t)$ เป็นตัวแปรบอกจำนวนผู้ใช้บริการที่ส่งแพ็กเกตการจองในช่องสัญญาณจองนั้น เพื่อใช้ในการบอกสภาวะของช่องสัญญาณจอง คือ $z(t) = 0$ แสดงสภาวะการว่าง, $z(t) = 1$ แสดงสภาวะการจองเป็นผลสำเร็จ และ $z(t) \geq 2$ แสดงสภาวะการชน สำหรับค่าของ I_A จะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อเกิดเหตุการณ์ A และเป็นศูนย์เมื่อไม่เกิดเหตุการณ์ สำหรับผลการทดสอบใน [21] ได้กำหนดค่า $p_{\max} = 1$ และได้สรุปว่าค่า $q = \frac{1}{2}$ เป็นค่าที่เหมาะสมที่จะทำให้ระบบได้สมรรถนะที่ดีในสภาวะทราฟฟิกปกติ

2.5.2 วิธี Pseudo Bayesian

การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณในวิธีนี้มีสมมติฐานที่ผู้ออกแบบกำหนดคือผู้ใช้บริการสามารถทราบผลการจองช่องสัญญาณได้ทันทีและสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ใหม่เมื่อไม่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ทางด้านสถานีฐานสามารถทำการปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณและแจ้งให้ผู้ใช้บริการทราบได้ทันก่อนที่จะถึงจุดเริ่มต้นของช่องสัญญาณจองถัดไป โดยค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่แต่ละต้นช่องสัญญาณจองจะมีค่าเปลี่ยนไปตามปริมาณโหลด (จำนวนผู้ใช้บริการ) ที่ประมาณได้ในระบบขณะนั้น โดยการประมาณจำนวนผู้ใช้บริการจะประมาณจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในระบบ 3 ประเภทคือการสำเร็จ

(Success) การชน (Collision) หรือการว่าง (Idle) นอกจากนี้จะทำการพิจารณาอัตราการเกิดของผู้ใช้บริการใหม่ (Arrival Rate , λ) ซึ่งค่าดังกล่าวจะช่วยให้การประมาณมีความใกล้เคียงกับจำนวนผู้ใช้บริการจริงเพิ่มมากขึ้น

พิจารณาระบบที่ต้นเฟรมซึ่งประกอบด้วยผู้ใช้บริการจำนวน n รายและกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณเท่ากับ p จะได้ว่าอัตราข้อมูลของระบบมีค่าเป็น np และความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าเป็น $np(1-p)^{n-1}$ โดยจะมีค่าสูงสุดเมื่อ $np=1$ โดยก่อนที่จะถึงช่องสัญญาณจองถัดไป กลไกการทำงานนี้จะทำการประมาณจำนวนผู้ใช้บริการในช่องสัญญาณช่องถัดไป (η_{t+1}) จากจำนวนผู้ใช้บริการในช่องสัญญาณจองก่อนหน้า (η_t) แล้วจึงกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของช่องสัญญาณจองถัดไป ($p(t+1)$) โดยจำนวนผู้ใช้บริการและค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณในช่องสัญญาณจองช่องถัดไป สามารถหาได้จากสมการ

$$\eta_{t+1}=\begin{cases}\max(\lambda,\eta_t+\lambda-1) & :Success\ or\ Idle\\ \eta_t+\lambda+(e-2)^{-1} & :Collision\end{cases} \qquad (2.2)$$

โดยที่ λ แทน อัตราการเกิดของผู้ใช้บริการใหม่และ $e\approx 2.71$

และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของช่องสัญญาณจองถัดไป ($p(t+1)$) หาได้จากสมการ

$$p(t+1)=\min\left(1,\frac{1}{\eta_{t+1}}\right)$$

หากต้องการให้วิธี Pseudo Bayesian รองรับผู้ใช้บริการที่มีลำดับความสำคัญแตกต่างกัน (Pseudo Bayesian with Priority) สามารถกระทำได้โดยการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณให้แตกต่างกันสำหรับผู้ใช้บริการที่มีลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณแตกต่างกัน [7,8]

2.5.3 วิธี Pseudo Bayesian with Priority

จากหลักการพื้นฐานของการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian ในหัวข้อที่แล้ว ได้มีผู้เสนอการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณในแบบ Pseudo Bayesian ที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณขึ้น โดยมีหลักการดังนี้

กำหนดให้ระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส ได้แก่ ผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และ ผู้ใช้บริการคลาส 3 และกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณจากมากไปหาน้อยให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และ ผู้ใช้บริการคลาส 3 ตามลำดับ โดยการกำหนดลำดับความสำคัญนี้จะกระทำผ่านทางการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณให้มีค่าแตกต่างกัน โดยจะกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าให้มีค่าสูงกว่า ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้บริการที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่ามีโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณมากกว่า

จากที่กล่าวข้างต้นหากกำหนดให้ลำดับความสำคัญของผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 มีค่าเป็น $\alpha_1,\alpha_2,\alpha_3$ ตามลำดับ จะสามารถกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการแต่ละคลาสได้ดังแสดงในตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่สัมพันธ์กับลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ

ผู้ใช้บริการ	ลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ	ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณ
ผู้ใช้บริการคลาส 1	α_1	$p/(PF)^{\alpha_1}$
ผู้ใช้บริการคลาส 2	α_2	$p/(PF)^{\alpha_2}$
ผู้ใช้บริการคลาส 3	α_3	$p/(PF)^{\alpha_3}$

ค่า p นั้นจะเปลี่ยนแปลงในทุกช่องสัญญาณจอง ในกรณีที่กำหนดค่า $PF=1$ หรือกำหนด $\alpha_1=\alpha_2=\alpha_3$ คือไม่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ สำหรับในบทความ [7] ได้กำหนดลำดับความสำคัญดังนี้ $\alpha_1=0,\ \alpha_2=1,\ \alpha_3=2$ และการคำนวณค่า p สามารถกระทำได้โดยอาศัยหลักการเดียวกันกับการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian ในหัวข้อที่แล้ว ซึ่งมีค่าดังสมการ

$$p(\eta_1^{t+1},\eta_2^{t+1},\eta_3^{t+1})=\min\left(1,\left(\eta_1^{t+1}+\frac{\eta_2^{t+1}}{PF}+\frac{\eta_3^{t+1}}{(PF)^2}\right)^{-1}\right) \tag{2.3}$$

โดยที่ค่า $\eta_1^{t+1},\eta_2^{t+1},\eta_3^{t+1}$ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\eta_1^{t+1}=\begin{cases}\max\left\{\lambda_1,\eta_1^t+\lambda_1-1\right\} & idle\ or\ success\ class\ 1\\ \min\left\{N_1,\eta_1^t+\lambda_1+(e-2)^{-1}\right\} & collision\\ \eta_1^t+\lambda_1 & success\ of\ class\ 2\ or\ class\ 3\end{cases} \tag{2.4}$$

$$\eta_2^{t+1}=\begin{cases}\max\left\{\lambda_2,\eta_2^t+\lambda_2-1\right\} & idle\ or\ success\ class\ 2\\ \min\left\{N_2,\eta_2^t+\lambda_2+(e-2)^{-1}\right\} & collision\\ \eta_2^t+\lambda_2 & success\ of\ class\ 1\ or\ class\ 3\end{cases} \tag{2.5}$$

$$\eta_3^{t+1}=\begin{cases}\max\left\{\lambda_3,\eta_3^t+\lambda_3-1\right\} & idle\ or\ success\ class\ 3\\ \min\left\{N_3,\eta_3^t+\lambda_3+(e-2)^{-1}\right\} & collision\\ \eta_3^t+\lambda_3 & success\ of\ class\ 1\ or\ class\ 2\end{cases} \tag{2.6}$$

โดยที่

$\eta_1^t,\eta_2^t,\eta_3^t$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการในช่องสัญญาณจองที่ t

$\eta_1^{t+1},\eta_2^{t+1},\eta_3^{t+1}$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการในช่องสัญญาณจองที่ $t+1$

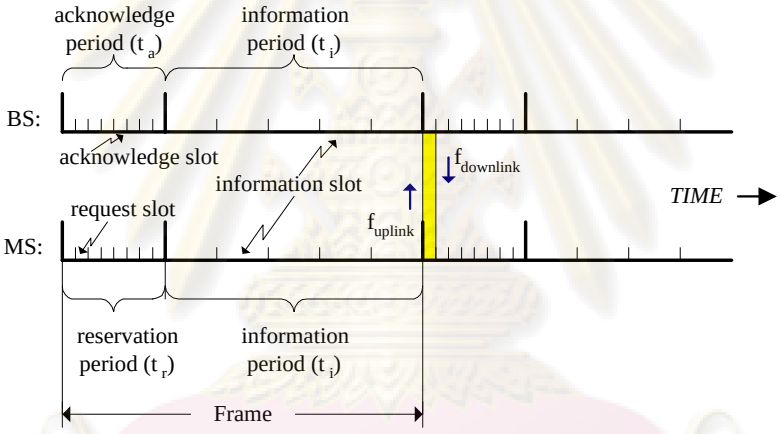
$\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3$ คือ ค่าเฉลี่ยของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่เกิดขึ้นใหม่

N_1,N_2,N_3 คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ในระบบ

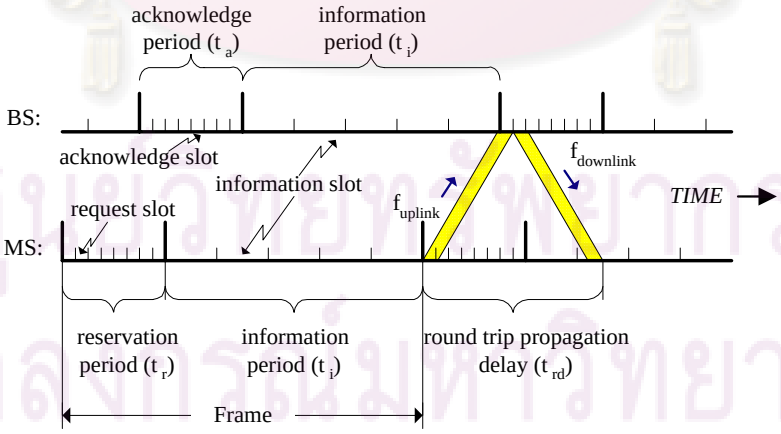
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.6 ผลของเวลาประวิงสัมพัทธ์

การทำงานของวิธี Exponential Backoff, Pseudo Bayesian และ Pseudo Bayesian with Priority จะใช้สมมุติฐานว่า สถานีฐานและผู้ใช้บริการสามารถส่งสัญญาณการตอบรับระหว่างกันได้ในทันที กล่าวคือ เมื่อผู้ใช้บริการทำการจองช่องสัญญาณในช่องสัญญาณจองที่ t ผ่านทางช่องสัญญาณขาขึ้น สถานีฐานจะทำการตรวจสอบผู้ใช้บริการที่ทำการจอง ณ ช่องสัญญาณจองนั้น แล้วจึงแจ้งผลการจองกลับไปยังผู้ใช้บริการผ่านทางช่องสัญญาณขาลงในทันทีก่อนจะเริ่มการจองในช่องสัญญาณจองที่ $t+1$ ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งในกรณีที่ผู้ใช้บริการไม่ประสบความสำเร็จในการจองเนื่องจากเกิดการชนกัน ผู้ใช้บริการเหล่านี้สามารถทำการจองช่องสัญญาณในช่องสัญญาณจองถัดไปได้เลย (ช่องสัญญาณจองที่ $t+1$) นั้นหมายความว่าระบบที่ใช้วิธีการทั้งสามจะต้องมีเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบ (Round-Trip Propagation Delay) ที่สั้นมาก ดังนั้นจึงทำให้ผู้ใช้บริการสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ทุกช่องสัญญาณจอง แต่ในความเป็นจริงแล้วการโต้ตอบกันระหว่างสถานีฐานและผู้ใช้บริการไม่สามารถทำได้ในทันทีเมื่อเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบมีค่ามาก [12] ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.6 โครงสร้างเฟรมและการทำงานเมื่อเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบมีค่าน้อย



รูปที่ 2.7 โครงสร้างเฟรมและการทำงานเมื่อเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบมีค่ามาก

ในระบบที่เวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบไม่ได้มีค่าน้อยจนสามารถละเลยได้ จะทำให้ผู้ใช้บริการสามารถทราบผลการจองได้เมื่อผ่านไปช่วงเวลาหนึ่ง ดังนั้นผู้ใช้บริการจึงไม่สามารถทำการจองได้ในทุกช่องสัญญาณจอง นั่นคือผู้ใช้บริการจะสามารถจองช่องสัญญาณได้อย่างมาก $\frac{N}{2}$, $\frac{N}{3}$, $\frac{N}{4}$, ..., 2 หรือ 1 ครั้งในหนึ่งเฟรม เมื่อ N คือ จำนวนช่องสัญญาณจองในหนึ่งเฟรม ซึ่งจำนวนการเข้าจองในแต่ละเฟรมจะขึ้นกับปัจจัย 3 อย่างคือ ระยะเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบ (t_{rd}), เวลาของหนึ่งช่องสัญญาณจอง (t_{rs}) และจำนวนช่องสัญญาณจองในหนึ่งเฟรม (N) สำหรับในกรณีที่เลวร้ายที่สุด คือ ผู้ใช้บริการสามารถจองช่องสัญญาณได้เพียง 1 ครั้งในหนึ่งเฟรม ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดเหตุการณ์นี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูง เช่น Wireless LAN, Wireless ATM, HIPERLAN และ Broadband Wireless Access เพราะในระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูงทำให้เวลาในการส่งข้อมูลภายในหนึ่งช่วงการจองมีขนาดสั้นและจะยิ่งสั้นลงเมื่อความเร็วในการส่งเพิ่มขึ้น (เมื่อใช้จำนวนบิตข้อมูลเท่าเดิม) ซึ่งอาจทำให้ขนาดของช่วงการจองสั้นกว่าเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบ ดังนั้นผู้ใช้บริการจะทราบผลการจองหลังจากหมดช่วงการจองในเฟรมแล้ว ผู้ใช้บริการจึงต้องรอเวลาจนถึงช่วงการจองของเฟรมถัดไป ผู้ใช้บริการถึงจะเริ่มจองใหม่ได้ จากเหตุผลดังกล่าวเมื่อนำวิธีทั้งสองมาใช้กับระบบที่เวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบยาวกว่าเวลาประวิงการส่งสัญญาณ การกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองด้วยวิธีทั้งสามอาจไม่เหมาะสม

ตัวอย่างเช่น สมมุติให้ช่องสัญญาณจองมีขนาด 16 บิต มีจำนวนช่องสัญญาณจอง 20 ช่องในแต่ละเฟรม และผู้ใช้บริการอยู่ห่างจากสถานีฐานเป็นระยะทาง 5 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งแพ็กเกตการจองจากผู้ใช้บริการไปยังสถานีฐาน (Propagation Delay) เท่ากับ $\frac{5\times10^3}{3\times10^8} = 16.67\ \mu\text{sec}$ ดังนั้นระยะเวลาประวิงหลังจากที่ผู้ใช้บริการเริ่มส่งข้อมูลจนกระทั่งได้รับสัญญาณตอบรับกลับมา (Round Trip Propagation Delay) มีค่าเท่ากับ $33\ \mu\text{sec}$ เมื่อพิจารณาระบบที่มีอัตราส่งข้อมูล (Transmission Rate) เท่ากับ 1 Mbps ช่วงการจองจะมีขนาด $\frac{16\times20}{1\times10^6} = 320\ \mu\text{sec}$ ผู้ใช้บริการยังมีโอกาสที่จะเข้าจองในช่องสัญญาณจองอื่น ๆ ได้อีก แต่ถ้าอัตราส่งข้อมูลเพิ่มเป็น 10 Mbps ช่วงการจองจะมีขนาด $\frac{16\times20}{10\times10^6} = 32\ \mu\text{sec}$ ดังนั้นผู้ใช้บริการจะทราบผลการจองหลังจากหมดช่วงการจองในเฟรมที่กำลังพิจารณาไปแล้วจึงต้องรอเข้าจองในเฟรมถัดไป

สำหรับความเป็นไปได้ในการปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของสถานีฐานและแจ้งให้ผู้ใช้บริการทราบนั้น พบว่าหากค่าเวลาประวิงมีค่ามาก อาจทำให้การแจ้งค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของช่องสัญญาณจองถัดไปส่งไปยังผู้ใช้บริการไม่ทันก่อนถึงช่องสัญญาณจองถัดไป ดังนั้นการปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณในกรณีดังกล่าวจึงอาจกระทำได้เพียงหนึ่งครั้งต่อเฟรมเช่นกัน

2.7 ปัญหาของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในอดีตและเทคนิคที่ถูกนำเสนอเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2.7.1 ปัญหาของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในอดีต

จากการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีนำเสนอในข้างต้น พบว่ายังมีปัญหาดังนี้

1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีนำเสนอในอดีตนั้นต่างออกแบบมาโดยมีสมมติฐานว่าผู้ใช้บริการสามารถทราบผลการจองช่องสัญญาณได้ทันที และสามารถเข้าจองช่องสัญญาณใหม่เมื่อไม่ประสบความสำเร็จในการเข้าจองช่องสัญญาณ ทางด้านสถานีฐานก็สามารถปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณและแจ้งให้ผู้ใช้บริการทราบได้ก่อนถึงช่องสัญญาณจองถัดไป ซึ่งเมื่อพิจารณาในระบบที่กำหนดในวิทยานิพนธ์พบว่าเป็นไปได้ยาก

2. การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณนั้นส่วนมากจะทำการกำหนดโดยคำนึงถึงเพียงปริมาณโหลดที่ระบบรองรับ (จำนวนผู้ใช้บริการ) โดยเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนมาก ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจะมีค่าต่ำลง แต่หากจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนน้อย ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจะเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ดีจะเห็นได้ว่าการพิจารณาเพียงปริมาณโหลดที่ระบบรองรับอาจทำให้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ได้เป็นค่าที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากยังมีพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ไม่ได้คำนึงถึงคือจำนวนช่องสัญญาณจองที่มีในเฟรม เช่น ในกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณจองในเฟรมมีมาก ผู้ใช้บริการอาจจะลดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณลง เพื่อหลีกเลี่ยงโอกาสที่ผู้ใช้บริการจะเกิดการชนกัน เพราะผู้ใช้บริการยังมีโอกาสอีกมากในการเข้าจองช่องสัญญาณ

2.7.2 เทคนิคที่ถูกนำเสนอเพื่อแก้ไขปัญหาของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในอดีต

2.7.2.1 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบที่ไม่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ

เพื่อแก้ไขปัญหาของเทคนิคการจองในอดีต กลุ่มผู้วิจัยได้เสนอเทคนิคการจองช่องสัญญาณสำหรับระบบที่มีเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาว 12 วิธี [24] ได้แก่ CFP, CAP, COP, COP+SPL, CFP+SPL, UNI, UNI+LA, MT-CFP, MT-CFP+SPL, MT-UNI, MT-UNI+LUA และ MT-UNI+LUT โดยแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP (Cascade Fixed Prob)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP จะกำหนดให้ผู้ใช้บริการแต่ละรายเข้าจองช่องสัญญาณทีละช่องตามลำดับตั้งแต่ช่องสัญญาณแรกจนถึงช่องสัญญาณสุดท้ายและใช้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณคงที่ นอกจากนี้เมื่อผู้ใช้บริการรายใดเข้าจองช่องสัญญาณแล้วจะไม่เข้าจองช่องสัญญาณอื่น ๆ ในเฟรมนั้นอีก จึงทำให้ปริมาณโหลดในการเข้าจองช่องสัญญาณแรก ๆ สูงกว่าปริมาณโหลดในการเข้าจองช่องสัญญาณท้าย ๆ

2. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CAP (Cascade Adaptive Prob)

สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CAP นั้น ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะเข้าจองช่องสัญญาณในลักษณะเดียวกันกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP แต่จะต่างกันตรงที่เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CAP จะไม่ใช้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณคงที่ โดยค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณแต่ละช่องจะถูกปรับเปลี่ยนไปตามจำนวนช่องสัญญาณที่เหลือในเฟรมและจำนวนผู้ใช้บริการที่ยังไม่ได้เข้าจองช่องสัญญาณ ยกตัวอย่างเช่น หากกำหนดให้ระบบประกอบด้วยผู้ใช้บริการจำนวน 5 ราย และช่องสัญญาณจองจำนวน 10 ช่อง ในช่องสัญญาณแรกผู้ใช้บริการแต่ละรายจะใช้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณค่าเดียวกันกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP หากสมมติให้ผู้ใช้บริการ 2 รายตัดสินใจเข้าจองช่องสัญญาณแรก จะทำให้เหลือจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ 3 ราย และจำนวนช่องสัญญาณจอง 9 ช่อง ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ 2 นี้สามารถ

หาได้โดยใช้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับเทคนิคการจองแบบ CFP ในกรณีที่มีช่องสัญญาณจอง 9 ช่อง และผู้ใช้บริการในระบบจำนวน 3 ราย และจะคำนวณหาค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณสำหรับช่องสัญญาณที่เหลือทีละช่องในลักษณะเช่นนี้เรื่อยไปจนไม่เหลือช่องสัญญาณจองหรือผู้ใช้บริการในระบบ

3. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ COP (Cascade Optimal Prob)

สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ COP นั้น ผู้ใช้แต่ละรายจะเข้าจองช่องสัญญาณในลักษณะเดียวกันกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CAP แต่จะต่างกันตรงที่เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ COP จะใช้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าสูงสุด โดยจะพบว่าหากเราทราบจำนวนผู้ใช้บริการที่ยังไม่เข้าจองช่องสัญญาณ ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมและดีที่สุดสำหรับช่องสัญญาณแต่ละช่องจะเท่ากับ $1/m$ [16] โดย m คือจำนวนผู้ใช้บริการที่ยังไม่เข้าจองช่องสัญญาณ

4. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SPL (Cascade Fixed Prob + Split)

เนื่องจากเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP มีลักษณะการเข้าจองสัญญาณทีละช่องตามลำดับตั้งแต่ช่องสัญญาณแรกจนถึงช่องสัญญาณสุดท้าย ทำให้ช่องสัญญาณแรก ๆ มีปริมาณโหลดในการเข้าจองสูงกว่าช่องสัญญาณหลัง ๆ กลไกการแบ่งกลุ่มช่องสัญญาณ (Split) จะช่วยในเรื่องการกระจายโหลดให้ช่องสัญญาณแรก ๆ มีปริมาณโหลดในการเข้าจองต่ำลง ในขณะที่ช่องสัญญาณหลัง ๆ มีปริมาณโหลดในการเข้าจองสูงขึ้น โดยกลไก Split จะแบ่งช่องสัญญาณออกเป็นหลาย ๆ กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีจำนวนช่องสัญญาณเท่า ๆ กัน ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะสุ่มเข้าจองช่องสัญญาณในกลุ่มใด กลุ่มหนึ่งเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น กำหนดให้มีจำนวนช่องสัญญาณจองทั้งหมด 8 ช่อง และสมมติให้มีการใช้กลไกการแบ่งกลุ่มช่องสัญญาณ (Split) เพื่อแบ่งช่องสัญญาณออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกได้แก่ช่องสัญญาณที่ 1 ถึง 4 และกลุ่มที่ 2 ได้แก่ช่องสัญญาณที่ 5 ถึง 8 ผู้ใช้แต่ละรายจะสุ่มว่าจะเข้าจองช่องสัญญาณในกลุ่มไหน หากผู้ใช้บริการรายหนึ่งสุ่มได้กลุ่มที่ 2 ผู้ใช้บริการรายนั้นจะเข้าจองช่องสัญญาณโดยใช้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณคงที่ในลักษณะเดียวกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP และเริ่มเข้าจองช่องสัญญาณที่ 5 เรื่อยไปจนถึงช่องสัญญาณที่ 8

5. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ COP+SPL (Cascade Optimal Prob + Split)

สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ COP+SPL นั้น จะมีลักษณะการแบ่งกลุ่มช่องสัญญาณจองเหมือนกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SPL แต่จะแตกต่างกันตรงที่เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ COP+SPL จะใช้ค่าโอกาสในการเข้าจองที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าสูงสุด ดังที่ได้อธิบายไว้ในส่วนของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ COP

6. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI (Uniform)

สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI นั้น จะกำหนดให้ผู้ใช้บริการแต่ละรายเข้าจองช่องสัญญาณโดยการสุ่มเลือกช่องสัญญาณจอง 1 ช่อง จากช่องสัญญาณจองทั้งหมด ทำให้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI มีการกระจายโหลดในการเข้าจองช่องสัญญาณอย่างสม่ำเสมอ

7. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA (Uniform with Limited Access)

สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA นั้น จะกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการแต่ละราย โดยก่อนที่ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะเข้าจองช่องสัญญาณจะสุ่มตัวเลขตั้งแต่ 0-1 ออกมาค่าหนึ่ง หากตัวเลขที่สุ่มได้มีค่าน้อยกว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่กำหนดไว้ ผู้ใช้บริการรายนั้นจะตัดสินใจเข้าจองช่องสัญญาณ แต่หากตัวเลขที่สุ่มได้มีค่ามากกว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่กำหนดไว้ ผู้ใช้บริการรายนั้นจะตัดสินใจไม่เข้าจองช่องสัญญาณ

8. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ MT-CFP (Multi-Token Cascade Fixed Prob)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณทั้ง 7 วิธีก่อนหน้านี้กำหนดให้ผู้ใช้บริการแต่ละรายเข้าจองช่องสัญญาณได้เพียงครั้งเดียวต่อเฟรม แต่เนื่องจากในสภาพทราฟฟิกที่มีปริมาณโหลดต่ำจะมีจำนวนช่องสัญญาณว่างอยู่มาก การที่ระบบอนุญาตให้ผู้ใช้บริการจองช่องสัญญาณได้มากกว่า 1 ช่อง จึงช่วยลดจำนวนช่องสัญญาณว่างลงได้ ดังนั้นเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ MT-CFP นี้ จึงกำหนดให้ผู้ใช้บริการแต่ละรายจองช่องสัญญาณได้มากกว่า 1 ช่อง และในการเข้าจองช่องสัญญาณแต่ละครั้ง ผู้ใช้แต่ละรายจะใช้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณคงที่เช่นเดียวกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP

9. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ MT-CFP+SPL (Multi-Token Cascade Fixed Prob with Split)

สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ MT-CFP+SPL นั้น เป็นการนำกลไกการแบ่งกลุ่มช่องสัญญาณ (Split) มาใช้กับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ MT+CFP เพื่อให้เกิดการกระจายโหลดจากช่องสัญญาณแรก ๆ ไปยังช่องสัญญาณหลัง ๆ มากขึ้น

10. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ MT-UNI (Multi-Token Uniform)

สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ MT-UNI นั้น จะกำหนดให้ผู้ใช้บริการแต่ละรายสุ่มเลือกจองช่องสัญญาณได้มากกว่า 1 ช่อง สมมติให้ผู้ใช้บริการรายหนึ่งมีสิทธิ์ในการจองช่องสัญญาณ 2 ช่อง ผู้ใช้บริการรายนั้นจะสุ่มเลือกจองช่องสัญญาณ 2 ช่อง จากช่องสัญญาณทั้งหมด

11. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ MT-UNI+LUA (Multi-Token Uniform with Limited User's Access)

สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ MT-UNI+LUA นั้น จะกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการแต่ละราย โดยก่อนที่ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะเข้าจองช่องสัญญาณ จะต้องสุ่มตัวเลขตั้งแต่ 0-1 ออกมาค่าหนึ่ง หากตัวเลขที่สุ่มได้มีค่าน้อยกว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่กำหนดไว้ ผู้ใช้บริการรายนั้นจะสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ โดยมีลักษณะการจองช่องสัญญาณเช่นเดียวกันกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ MT-UNI แต่หากตัวเลขที่สุ่มได้มีค่ามากกว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่กำหนดไว้ ผู้ใช้บริการรายนั้นจะตัดสินใจไม่เข้าจองช่องสัญญาณ

12. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ MT-UNI+LUT (Multi-Token Uniform with Limited User's Token)

สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ MT-UNI+LUT นั้น จะกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการแต่ละราย โดยก่อนที่ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะเข้าจองช่องสัญญาณ จะต้องสุ่มค่า

ตัวเลขตั้งแต่ 0-1 ออกมา โดยจำนวนตัวเลขที่สุ่มออกมาจะเท่ากับจำนวนสิทธิ์ในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการรายนั้นได้รับ ยกตัวอย่างเช่น หากผู้ใช้บริการรายหนึ่งมีสิทธิ์ในการเข้าจองช่องสัญญาณ 3 ครั้ง ก่อนที่จะใช้สิทธิ์ในการเข้าจองแต่ละครั้งจะต้องสุ่มตัวเลขตั้งแต่ 0-1 ออกมาค่าหนึ่ง หากตัวเลขที่สุ่มได้มีค่าน้อยกว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่กำหนดไว้ ผู้ใช้บริการรายนั้นจะใช้สิทธิ์นั้นในการเข้าจองช่องสัญญาณ แต่หากตัวเลขที่สุ่มได้มีค่ามากกว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่กำหนดไว้ ผู้ใช้บริการรายนั้นจะไม่ใช้สิทธิ์นั้นในการเข้าจองช่องสัญญาณ

จากผลการทดสอบระบบ พบว่าเป็นการยากที่จะนำเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CAP, COP และ COP+SPL มาใช้ในทางปฏิบัติ เนื่องจากการใช้เทคนิคการจองทั้ง 3 แบบข้างต้น จะต้องทราบจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการเข้าจองช่องสัญญาณเมื่อเสร็จสิ้นการเข้าจองช่องสัญญาณแต่ละช่อง ซึ่งเมื่อพิจารณาในระบบที่กำหนดในวิทยานิพนธ์พบว่าเป็นไปได้ยาก นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อมีปริมาณโหลดต่ำเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำกลไกการจองโดยใช้ใบจองหลายใบ (MT) มาใช้ เช่น MT-CFP, MT-UNI, MT-UNI+LUA และ MT-UNI+LUT จะมีจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงเมื่อเทียบกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้แต่ละรายจองช่องสัญญาณได้เพียงหนึ่งครั้งต่อเฟรม และเมื่อเปรียบเทียบเทคนิคการจองช่องสัญญาณทั้งหมดในแง่ของจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและการใช้งานได้จริงในทางปฏิบัติพบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ MT-UNI+LUA และ MT-UNI+LUT จะมีสมรรถนะดีที่สุด

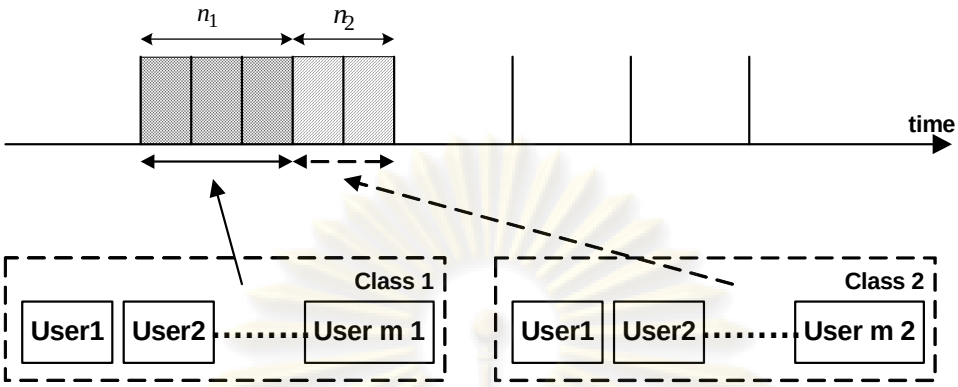
2.7.2.2 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ

เทคนิคทั้งหมดในหัวข้อ 2.7.2.1 ไม่ได้ถูกออกแบบเพื่อรองรับบริการประเภทมัลติมีเดีย (Multimedia) ซึ่งรองรับผู้ใช้บริการที่มีลำดับความสำคัญแตกต่างกัน สมาชิกในกลุ่มผู้วิจัยและผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการและเหมาะสำหรับระบบที่มีเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาว [13,17] โดยเทคนิคการเข้าจองช่องสัญญาณดังกล่าวเป็นเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่คำนึงถึงจำนวนผู้ใช้บริการและจำนวนช่องสัญญาณจองที่มีในเฟรม ทั้งนี้กำหนดให้ผู้ใช้บริการสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้เพียงหนึ่งครั้งต่อเฟรม โดยเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS (Uniform + Divided Slot)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณวิธีนี้จะทำการแบ่งส่วนช่องสัญญาณจองให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสหลังจากนั้นผู้ใช้บริการในแต่ละคลาสจะสุ่มเลือกช่องสัญญาณจองในกลุ่มของตน รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS ในกรณีที่มีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน m_1 และ m_2 ราย ช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน n_1 และ n_2 ช่อง

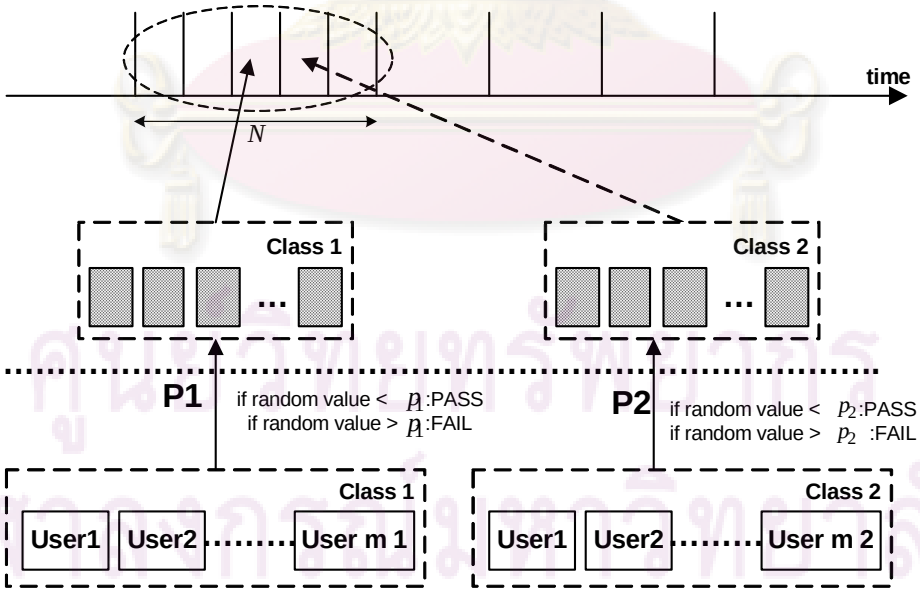
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS

2. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA (Uniform + Multiple Limited Access)

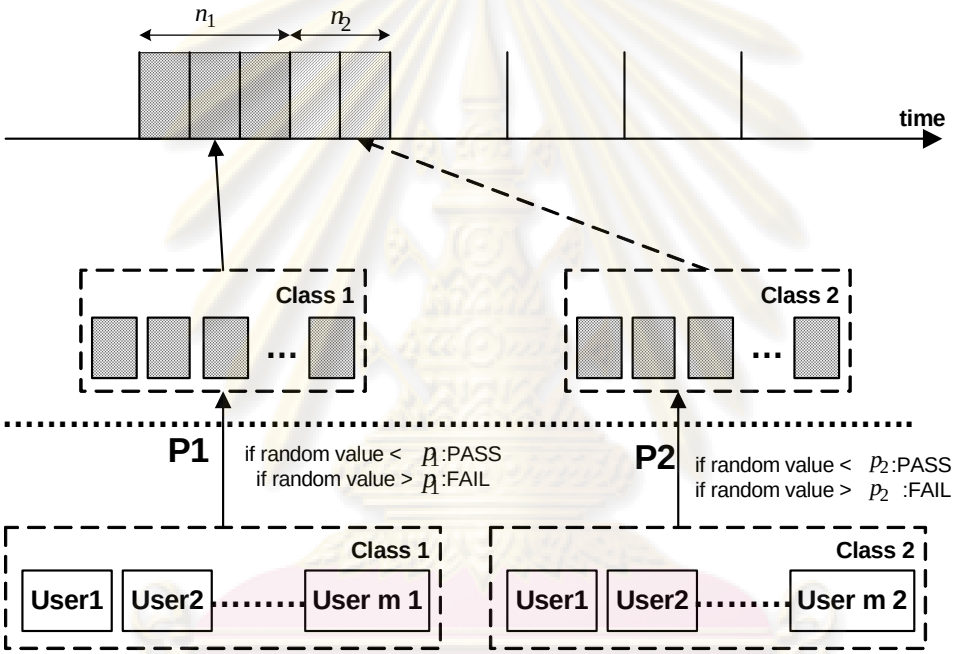
เทคนิคการจองช่องสัญญาณวิธีนี้มีพื้นฐานมาจากการที่ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสต้องการคุณภาพการบริการที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดในการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการแต่ละคลาสให้มีค่าต่างกัน โดยจะพบว่าการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาสที่มีลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณมากกว่าให้มีค่าสูงกว่าจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ผู้ใช้บริการคลาสนั้นจะจองช่องสัญญาณสำเร็จ รูปที่ 2.9 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA ในกรณีที่มีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน m_1 และ m_2 ราย ช่องสัญญาณจอง N ช่องและกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA

3. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA (Uniform + Divided Slot + Multiple Limited Access)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณนี้จะมีการแบ่งส่วนของช่องสัญญาณจองร่วมกับการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่แตกต่างกันให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA ในกรณีที่ระบบรองรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน m_1 และ m_2 ราย ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน n_1 และ n_2 ช่อง และกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2

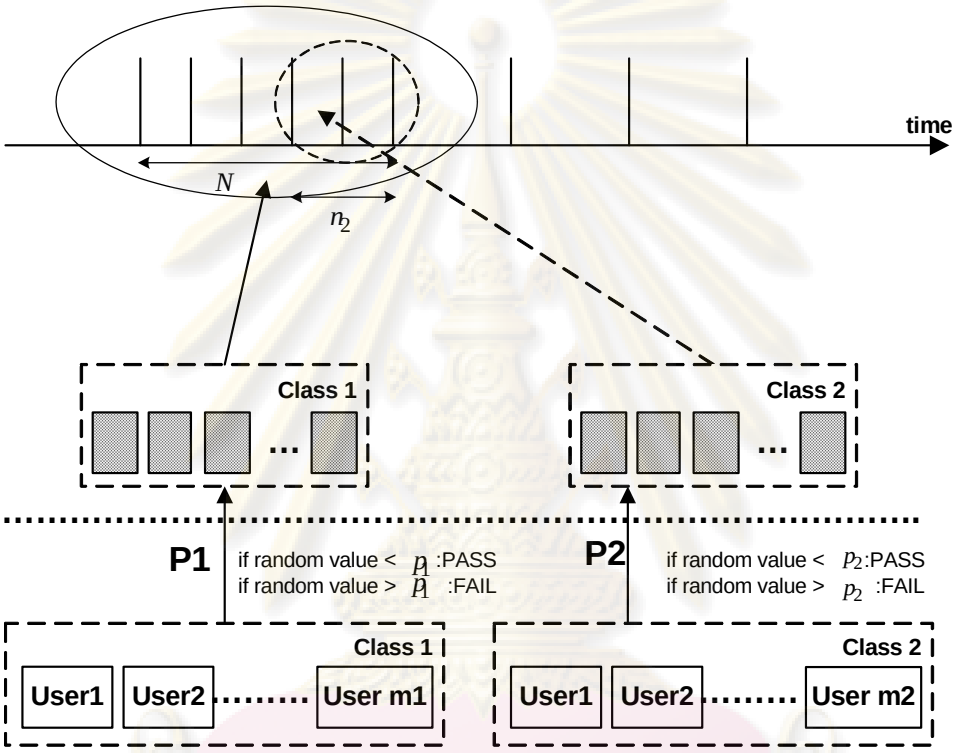


รูปที่ 2.10 ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA

4. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA (Partial Uniform + Multiple Limited Access)

เทคนิคนี้จะเป็นการปรับปรุงจากเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA ในด้านของการจำกัดจำนวนช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะสามารถเข้าจองได้ โดยค่าพารามิเตอร์ที่สามารถกำหนดได้ในวิธีนี้จะเหมือนกับในเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA แต่จะแตกต่างกันในแง่ของวิธีการจำกัดจำนวนช่องสัญญาณจอง กล่าวคือในเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA นั้น จะทำการแบ่งจำนวนช่องสัญญาณจองให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสอย่างชัดเจน ในขณะที่เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA นั้น จะทำการจำกัดจำนวนช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะสามารถเข้าจองได้ อย่างไรก็ดี ช่องสัญญาณจองดังกล่าวนั้นจะยังคงถูกใช้ร่วมกับผู้ใช้บริการคลาสอื่น ๆ ด้วย โดยผู้ใช้บริการคลาสที่มีลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณต่ำที่สุดจะสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ในจำนวนต่ำที่สุดและผู้ใช้บริการ

คลาสที่มีลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณสูงกว่าจะสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ในจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และผู้ใช้บริการคลาสที่มีลำดับความสำคัญสูงสุดจะสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ทั้งหมด รูปที่ 2.11 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA ในกรณีที่ระบบรองรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน m_1 และ m_2 ราย ช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จะสามารถเข้าจองได้เท่ากับ N และ n_2 ช่อง กำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA

งานวิจัย [13,17] ได้พัฒนาเทคนิคการจองช่องสัญญาณทั้ง 4 แบบ โดยกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการตามคุณภาพการบริการที่ต้องการ ในกรณีที่ระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส พารามิเตอร์ที่ใช้กำหนดและบ่งบอกถึงระดับของคุณภาพการบริการระหว่างผู้ใช้บริการสองคลาสในงานวิจัยดังกล่าวได้แก่ค่า γ_s ซึ่งนิยามเป็นอัตราส่วนความน่าเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2

ค่า γ_s สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\gamma_s = (S_1 / m_1)/(S_2 / m_2) \quad (2.7)$$

โดย

S_1 คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

S_2 คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

m_1 คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 ทั้งหมดที่เข้าจองช่องสัญญาณ

m_2 คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 ทั้งหมดที่เข้าจองช่องสัญญาณ

จากผลการทดสอบระบบของเทคนิคการจองช่องสัญญาณทั้ง 4 แบบ พบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีการใช้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจะสามารถควบคุมระดับคุณภาพการให้บริการ (ค่า γ_s) ได้ดี นอกจากนี้ยังพบว่าหากมีปริมาณโหลดสูงกลไกการจำกัดการเข้าจองช่องสัญญาณจะช่วยลดจำนวนผู้ใช้บริการที่เข้าจองช่องสัญญาณไม่ให้มีค่ามากจนเกินไปและทำให้ได้สมรรถนะของระบบที่ดี

2.8 เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

จากเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการและเหมาะสำหรับระบบที่มีเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาวทั้ง 4 แบบ ที่ได้กล่าวในหัวข้อที่แล้ว ในวิทยานิพนธ์นี้ได้เสนอเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เหมาะกับสภาพแวดล้อมดังกล่าวเพิ่มเติมอีก 9 แบบดังนี้

1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI (Partial Uniform)
2. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT (Uniform + Multi-Token)
3. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT (Uniform + Divided Slot + Multi-Token)
4. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT (Partial Uniform + Multi-Token)
5. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA (Uniform + Multi-Token + Multiple Limited Access)
6. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA (Uniform + Divided Slot + Multi-Token + Multiple Limited Access)
7. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA (Partial Uniform + Multi-Token + Multiple Limited Access)
8. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP (Cascade Fixed Probability + Multiple Permission Probability)
9. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT (Cascade Fixed Probability + Shift Reservation Time)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

เทคนิคการจองช่องสัญญาณ

บทนี้กล่าวถึงเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการและเหมาะสำหรับระบบที่มีเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาว ซึ่งเสนอโดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ โดยเทคนิคทั้งหมดที่เสนอมีด้วยกัน 9 เทคนิคคือ

1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI (Partial Uniform)
2. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT (Uniform + Multi-Token)
3. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT (Uniform + Divided Slot + Multi-Token)
4. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT (Partial Uniform + Multi-Token)
5. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA (Uniform + Multi-Token + Multiple Limited Access)
6. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA (Uniform + Divided Slot + Multi-Token + Multiple Limited Access)
7. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA (Partial Uniform + Multi-Token + Multiple Limited Access)
8. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP (Cascade Fixed Probability + Multiple Permission Probability)
9. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT (Cascade Fixed Probability + Shift Reservation Time)

ทั้งนี้การนำเสนอเทคนิคการจองช่องสัญญาณในแต่ละแบบจะนำเสนอในรูปการวิเคราะห์เป็นสมการคณิตศาสตร์ โดยในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้พารามิเตอร์ γ_s ซึ่งเป็นอัตราส่วนความน่าเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ในการกำหนดและบ่งบอกถึงระดับของคุณภาพการบริการระหว่างผู้ใช้บริการสองคลาส โดย γ_s คำนวณโดยใช้ค่าจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 และผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 นอกจากนี้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ยังคำนึงถึงค่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญอีกค่าหนึ่งสำหรับบริการประเภทมัลติมีเดีย ดังนั้นเพื่อเป็นการวิเคราะห์แต่ละวิธีอย่างสมบูรณ์ วิทยานิพนธ์นี้จึงนำค่าเวลาประวิงมาใช้ในการกำหนดระดับของคุณภาพการบริการระหว่างผู้ใช้บริการแต่ละคลาสด้วย โดยได้กำหนดค่า γ_d ซึ่งนิยามเป็นอัตราส่วนเวลาประวิงของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 1

ค่า γ_d สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\gamma_d = (D_2)/(D_1) \tag{3.1}$$

โดย

D_1 คือ เวลาประวิงของการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1

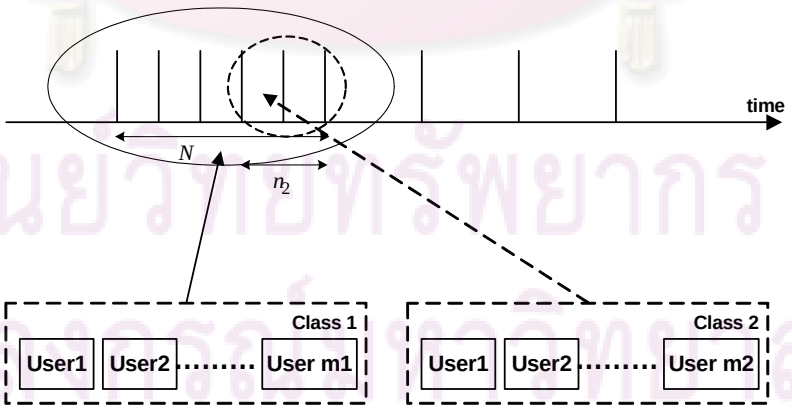
D_2 คือ เวลาประวิงของการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2

โดยค่าเวลาประวิงของการจองช่องสัญญาณสำเร็จในวิทยานิพนธ์นี้หมายถึงช่วงเวลาที่ผู้ใช้บริการเริ่มเข้าสู่ระบบการจองช่องสัญญาณจนกระทั่งประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ซึ่งเงื่อนไขของระบบที่นำมาคำนวณหาค่าเวลาประวิงของการจองช่องสัญญาณสำเร็จในวิทยานิพนธ์นี้ได้แก่ เงื่อนไขอิ่มตัว หรือ Saturation Conditions [29-33] โดยเงื่อนไขดังกล่าวจะมีจำนวนผู้ใช้บริการในระบบคงที่ตลอดการพิจารณาและผู้ใช้บริการแต่ละรายมีความต้องการในการส่งข้อมูลของตนเองตลอดเวลา แม้ผู้ใช้บริการรายนั้นจะประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณไปแล้วก็ตาม สาเหตุที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำการวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์ภายใต้เงื่อนไขอิ่มตัว เนื่องจากภาวะเงื่อนไขอิ่มตัวเป็นสภาวะที่มีการแข่งขันกันสูงมากเพราะผู้ใช้บริการแต่ละรายต้องการที่จะส่งข้อมูลตลอดเวลา ดังนั้นหากเทคนิคการจองที่ออกแบบมีสมรรถนะที่ดีภายใต้ภาวะเงื่อนไขอิ่มตัว เมื่อนำเทคนิคการจองดังกล่าวไปใช้ภายใต้สภาพทราฟฟิกอื่น ๆ สมรรถนะของระบบที่ได้ก็ไม่น่าจะแย่ไปกว่าสมรรถนะของระบบภายใต้เงื่อนไขอิ่มตัว

รายละเอียดของเทคนิคการจองช่องสัญญาณ 9 แบบ ที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI (Partial Uniform)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะสามารถเลือกเข้าจองช่องสัญญาณได้โดยการสุ่มเลือกช่องสัญญาณจอง 1 ช่อง และผู้ใช้บริการที่อยู่ในคลาสที่มีลำดับความสำคัญสูงสุดจะสามารถสุ่มเลือกเข้าจองช่องสัญญาณได้ทุกช่องสัญญาณ แต่บางส่วนของช่องสัญญาณดังกล่าวจะถูกใช้ร่วมกับผู้ใช้บริการที่อยู่ในคลาสอื่น ๆ ด้วย และผู้ใช้บริการที่อยู่ในคลาสที่มีลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณต่ำจะมีจำนวนช่องสัญญาณจองให้สุ่มเลือกได้ในจำนวนที่ต่ำกว่าผู้ใช้บริการที่อยู่ในคลาสที่มีลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณสูงกว่า รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI ในกรณีที่ระบบรองรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน m_1 และ m_2 ราย กำหนดให้ช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จะสามารถเข้าจองได้เท่ากับ N และ n_2 ช่อง



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI

3.1.1 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส

ค่าความน่าจะเป็นรวมตลอดเฟรมที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน k_1 และ k_2 รายสามารถจองช่องสัญญาณสำเร็จ กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 ทั้งหมดและผู้ใช้บริการคลาส 2 ทั้งหมดมี

จำนวน m_1 และ m_2 ตามลำดับ และจำนวนช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จะสามารถเข้าจองได้จำนวน N และ n_2 ช่อง ($P_{Partial\ UNI}[k_1,k_2 \mid m_1,m_2,N,n_2]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$P_{Partial\ UNI}[k_1,k_2 \mid m_1,m_2,N,n_2]$$
$$=\sum_{i_1=0}^{m_1}\sum_{j_1=0}^{k_1}\left(b[m_1,i_1,{}^{n_2}\!/\!_{N}]P[j_1,k_2 \mid i_1,m_2,n_2]P_{UNI}[k_1-j_1 \mid m_1-i_1,N-n_2] \right) \quad (3.2)$$

โดย $P_{UNI}[k \mid M,N]$ และ $P[j_1,k_2 \mid i_1,m_2,n_2]$ หาได้จากสมการ (3.3) และสมการ (3.4) ตามลำดับ

$$\begin{aligned} P_{UNI}[k \mid M,N] &= b[M,0,1/N]\ P_{UNI}[k \mid M,N-1] \\ &+ b[M,1,1/N]\ P_{UNI}[k-1 \mid M-1,N-1] \\ &+ \sum_{i=2}^{M} b[M,i,1/N]\ P_{UNI}[k \mid M-i,N-1] \end{aligned} \quad (3.3)$$

$$\begin{aligned} P[k_1,k_2 \mid a_1,a_2,N] &= b[a_1,0,1/N]b[a_2,0,1/N]P[k_1,k_2 \mid a_1,a_2,N-1] \\ &+ b[a_1,0,1/N]b[a_2,1,1/N]P[k_1,k_2-1 \mid a_1,a_2-1,N-1] \\ &+ b[a_1,0,1/N]\sum_{i_2=2}^{a2} b[a_2,i_2,1/N]P[k_1,k_2 \mid a_1,a_2-i_2,N-1] \\ &+ b[a_1,1,1/N]b[a_2,0,1/N]P[k_1-1,k_2 \mid a_1-1,a_2,N-1] \\ &+ b[a_1,1,1/N]b[a_2,1,1/N]P[k_1,k_2 \mid a_1-1,a_2-1,N-1] \\ &+ b[a_1,1,1/N]\sum_{i_2=2}^{a2} b[a_2,i_2,1/N]P[k_1,k_2 \mid a_1-1,a_2-i_2,N-1] \\ &+ \sum_{i_1=2}^{a1} b[a_1,i_1,1/N]b[a_2,0,1/N]P[k_1,k_2 \mid a_1-i_1,a_2,N-1] \\ &+ \sum_{i_1=2}^{a1} b[a_1,i_1,1/N]b[a_2,1,1/N]P[k_1,k_2 \mid a_1-i_1,a_2-1,N-1] \\ &+ \sum_{i_1=2}^{a1} b[a_1,i_1,1/N]\sum_{i_2=2}^{a2} b[a_2,i_2,1/N]P[k_1,k_2 \mid a_1-i_1,a_2-i_2,N-1] \end{aligned} \quad (3.4)$$

เมื่อ $b[m,i,x] = \binom{m}{i} x^i (1-x)^{m-i}$ และกำหนดค่าขอบเขตของสมการ (3.3) ไว้ดังนี้

$$P_{UNI}[k \mid M,N] = \begin{cases} 0 & if\ k<0, M\geq 0, N\geq 0 \\ 1 & if\ k=0, M\geq 0, N=0 \\ 0 & if\ k>0, M\geq 0, N=0 \\ 1 & if\ k=0, M\geq 2, N=1 \\ 0 & if\ k>0, M\geq 2, N=1 \\ 1 & if\ k=0, M=0, N\geq 1 \\ 0 & if\ k=0, M=1, N\geq 1 \\ 1 & if\ k=1, M=1, N\geq 1 \end{cases}$$

และกำหนดค่าขอบเขตของสมการ (3.4) ไว้ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$P[k_1,k_2\,|\,a_1,a_2,N]=\begin{cases}0 & if\ k_1<0\ or\ k_2<0, a_1+a_2\geq 0, N\geq 0\\ 0 & if\ k_1+k_2>N, a_1+a_2\geq 0, N\geq 0\\ 0 & if\ k_1>a_1\ or\ k_2>a_2, a_1+a_2\geq 0, N\geq 0\\ 1 & if\ k_1+k_2=0, a_1+a_2\geq 0, N=0\\ 1 & if\ k_1+k_2=0, a_1+a_2=0, N\geq 0\\ 1 & if\ k_1+k_2=0, a_1+a_2>1, N=1\\ 0 & if\ k_1+k_2>0, a_1+a_2>1, N=1\\ 0 & if\ k_1+k_2=0, a_1+a_2=1, N\geq 1\\ 1 & if\ k_1+k_2=1, a_1+a_2=1, N\geq 1\end{cases}$$

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ $(S_{Partial\ UNI}[m_1,m_2,N,n_2])$ หาได้จากสมการ

$$\begin{aligned}&S_{Partial\ UNI}[m_1,m_2,N,n_2]\\ &\quad=\sum_{j_1=0}^{m_1}\left(j_1\times P_{Partial\ UNI}[j_1|m_1,m_2,N,n_2]\right)\\ &\quad+\sum_{j_2=0}^{m_2}\left(j_2\times P_{Partial\ UNI}[j_2|m_1,m_2,N,n_2]\right)\end{aligned}\qquad (3.5)$$

หรือ

$$S_{Partial\ UNI}[m_1,m_2,N,n_2]=S_{Partial\ UNI1}[m_1,m_2,N,n_2]+S_{Partial\ UNI2}[m_1,m_2,N,n_2]$$

โดย

$S_{Partial\ UNI1}[m_1,m_2,N,n_2]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{Partial\ UNI2}[m_1,m_2,N,n_2]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

และ

$$P_{Partial\ UNI}[j_1|m_1,m_2,N,n_2]=\sum_{k_1=j_1}^{j_1}\sum_{k_2=0}^{m_2}P_{Partial\ UNI}[k_1,k_2\,|\,m_1,m_2,N,n_2]$$

$$P_{Partial\ UNI}[j_2|m_1,m_2,N,n_2]=\sum_{k_1=0}^{m_1}\sum_{k_2=j_2}^{j_2}P_{Partial\ UNI}[k_1,k_2\,|\,m_1,m_2,N,n_2]$$

ค่า γ_s ซึ่งเป็นอัตราส่วนความน่าเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 สามารถหาได้ดังนี้

$$\gamma_s=(S_{Partial\ UNI1}[m_1,m_2,N,n_2]/m_1)/(S_{Partial\ UNI2}[m_1,m_2,N,n_2]/m_2)\qquad (3.6)$$

หรือ

$$\gamma_s=\frac{\left(\sum_{j_1=0}^{m_1}\left(j_1\times P_{Partial\ UNI}[j_1|m_1,m_2,N,n_2]\right)/m_1\right)}{\left(\sum_{j_2=0}^{m_2}\left(j_2\times P_{Partial\ UNI}[j_2|m_1,m_2,N,n_2]\right)/m_2\right)}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 $(D_{Partial\ UNI1}[m_1,m_2,N,n_2], D_{Partial\ UNI2}[m_1,m_2,N,n_2])$ จะมีค่าดังนี้

$$D_{Partial\ UNI1}[m_1,m_2,N,n_2] = \frac{m_1}{S_{Partial\ UNI1}[m_1,m_2,N,n_2]}$$

$$D_{Partial\ UNI2}[m_1,m_2,N,n_2] = \frac{m_2}{S_{Partial\ UNI2}[m_1,m_2,N,n_2]}$$

ค่า γ_d ซึ่งเป็นอัตราส่วนเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 1 สามารถหาได้ดังนี้

$$\gamma_d = (D_{Partial\ UNI2}[m_1,m_2,N,n_2])/(D_{Partial\ UNI1}[m_1,m_2,N,n_2])$$

หรือ

$$\gamma_d = (m_2 / S_{Partial\ UNI2}[m_1,m_2,N,n_2])/(m_1 / S_{Partial\ UNI1}[m_1,m_2,N,n_2]) \quad (3.7)$$

จากสมการที่ (3.6) และ (3.7) พบว่าค่า γ_s และ γ_d มีค่าเท่ากันและค่าทั้งสองจะเท่ากันสำหรับทุกเทคนิคการจองช่องสัญญาณ ดังนั้นในส่วนที่เหลือของบทนี้จะไม่แสดงการหาค่า γ_d โดยจะแสดงการหาค่า γ_s เพียงอย่างเดียว

3.1.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส

เมื่อระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส จะสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 จองช่องสัญญาณสำเร็จจำนวน k_1, k_2 และ k_3 รายตามลำดับ จากผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 จำนวน m_1, m_2 และ m_3 ราย ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 จำนวน N, n_2 และ n_3 ช่อง ($P_{Partial\ UNI}[k_1,k_2,k_3 \mid m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3]$) ได้จากสมการ

$$P_{Partial\ UNI}[k_1,k_2,k_3 \mid m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3] =$$

$$\left(\begin{array}{l}
\left(\sum_{i_{11}=0}^{m_1}\sum_{i_{12}=0}^{m_2}\sum_{i_{13}=m_3}^{m_3}\right)\left(\sum_{j_{11}=0}^{k_1}\sum_{j_{12}=0}^{k_2}\sum_{j_{13}=k_3}^{k_3}\right) \\
\left(\sum_{i_{21}=0}^{m_1-i_{11}}\sum_{i_{22}=m_2-i_{12}}^{m_2-i_{12}}\right)\left(\sum_{j_{21}=0}^{k_1-j_{11}}\sum_{j_{22}=k_2-j_{12}}^{k_2-j_{12}}\right) \\
\left(\sum_{i_{31}=m_1-i_{11}-i_{21}}^{m_1-i_{11}-i_{21}}\sum_{j_{31}=k_1-j_{11}-j_{21}}^{k_1-j_{11}-j_{21}}\right)
\end{array}\right)$$

$$\left(\begin{array}{l}
\left(\prod_{a=1}^{2} b[m_a,i_{1a},{}^{n_3}\!/_{N}]\ P[j_{11},j_{12},j_{13} \mid i_{11},i_{12},i_{13},n_3]\right) \\
\times\left(b[m_1-i_{11},i_{21},{}^{(n_2-n_3)}\!/_{N}]\ P[j_{21},j_{22} \mid i_{21},i_{22},(n_2-n_3)]\right) \\
\times P_{UNI}[j_{31} \mid i_{31},N-n_2]
\end{array}\right) \quad (3.8)$$

ค่า $P_{UNI}[j_{31} \mid i_{31},N-n_2]$ สามารถหาได้ โดยใช้สมการต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$
\begin{aligned}
P_{UNI}[j_{31} \mid i_{31}, N-n_2] &= b[i_{31},0,1/(N-n_2)]\; P_{UNI}[j_{31} \mid i_{31}, N-n_2-1] \\
&\quad + b[i_{31},1,1/(N-n_2)]\; P_{UNI}[j_{31}-1 \mid i_{31}-1, N-n_2-1] \\
&\quad + \sum_{a=2}^{i_{31}} b[i_{31},a,1/(N-n_2)]\; P_{UNI}[j_{31} \mid i_{31}-a, N-n_2-1]
\end{aligned} \tag{3.9}
$$

และ $P[j_{11}, j_{12}, j_{13} \mid i_{11}, i_{12}, i_{13}, n_3]$ สามารถหาได้ดังนี้

$$
\begin{aligned}
&P[k_1,k_2,k_3 \mid a_1,a_2,a_3,n_3] \\
&\quad = \sum_{i_1=0}^{a_1} \cdots \sum_{i_3=0}^{a_3} \left(\left(\prod_{j=1}^{C} b[a_j,i_j,1/n_3] \right) P[k_1,k_2,k_3 \mid a_1-i_1,a_2-i_2,a_3-i_3,n_3-1] \right) \\
&\quad \textit{except}: \\
&\qquad i_1=1,i_2=0,i_3=0 \; or \\
&\qquad i_1=0,i_2=1,i_3=0 \; or \\
&\qquad i_1=0,i_2=0,i_3=1 \\
&\quad + \\
&\quad \sum_{i=1}^{3} \left(b[a_i,1,1/n_3] \left(\prod_{\substack{j=1 \\ j\neq i}}^{3} b[a_j,0,1/n_3] \right) P[k_1,\ldots,k_i-1,\ldots,k_3 \mid a_1,\ldots,a_i-1,\ldots,a_3,n_3-1] \right)
\end{aligned} \tag{3.10}
$$

กำหนดค่าขอบเขตของสมการ (3.10) ไว้ดังนี้

$$
P[k_1,k_2,k_3 \mid a_1,a_2,a_3,n_3] =
\begin{cases}
0 \;\; if\; k_1<0 \,or\, k_2<0, or\, k_3<0, a_1+a_2+a_3 \geq 0, n_3 \geq 0 \\
0 \;\; if\; k_1+k_2+k_3>N, a_1+a_2+a_3 \geq 0, n_3 \geq 0 \\
0 \;\; if\; k_1>a_1 \,or\, k_2>a_2 \,or\, k_3>a_3, a_1+a_2+a_3 \geq 0, n_3 \geq 0 \\
1 \;\; if\; k_1+k_2+k_3=0, a_1+a_2+a_3 \geq 0, n_3=0 \\
1 \;\; if\; k_1+k_2+k_3=0, a_1+a_2+a_3=0, n_3 \geq 0 \\
0 \;\; if\; k_1+k_2+k_3>0, a_1+a_2+a_3>1, n_3=1 \\
1 \;\; if\; k_1+k_2+k_3=0, a_1+a_2+a_3>1, n_3=1 \\
0 \;\; if\; k_1+k_2+k_3=0, a_1+a_2+a_3=1, n_3 \geq 1 \\
1 \;\; if\; k_1+k_2+k_3=1, a_1+a_2+a_3=1, n_3 \geq 1
\end{cases}
$$

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณหาได้จากสมการ

$$
\begin{aligned}
&S_{Partial\ UNI}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3] \\
&= \sum_{i=1}^{3} \sum_{j_i=0}^{m_i} \left(\; j_i \times P_{Partial\ UNI}[j_i \mid m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3 \; \right)
\end{aligned} \tag{3.11}
$$

โดยที่

$$
\begin{aligned}
&P_{Partial\ UNI}[j_1 \mid m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3] \\
&= \sum_{k_1=j_1}^{j_1} \sum_{k_2=0}^{m_2} \sum_{k_3=0}^{m_3} P_{Partial\ UNI}[k_1,k_2,k_3 \mid m_1,m_2,m_3,N,n_i,n_3] \\
&P_{Partial\ UNI}[j_2 \mid m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3] \\
&= \sum_{k_1=0}^{m_1} \sum_{k_2=j_2}^{j_2} \sum_{k_3=0}^{m_3} P_{Partial\ UNI}[k_1,k_2,k_3 \mid m_1,m_2,m_3,N,n_i,n_3]
\end{aligned}
$$

และ

$$
P_{Partial\ UNI}[j_3 \mid m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3]
$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$= \sum_{k_1=0}^{m_1} \sum_{k_2=0}^{m_2} \sum_{k_3=j_3}^{j_3} P_{Partial\ UNI}[k_1, k_2, k_3 \mid m_1, m_2, m_3, N, n_i, n_3]$$

3.1.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส

ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาสที่ i จำนวน k_i รายจะจองช่องสัญญาณสำเร็จ จากจำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ i จำนวน m_i ราย ช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการคลาสที่ i จะสามารถเข้าจองได้จำนวน n_i ช่อง (โดยที่ $n_1 = N$) ($P_{Partial\ UNI}[k_1, k_2, ..., k_C \mid m_1, m_2, ..., m_C, N, n_2, ..., n_C]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$P_{Partial\ UNI}[k_1, k_2, ..., k_C \mid m_1, m_2, ..., m_C, N, n_2, ..., n_C] =$$

$$\left(\begin{array}{l} \left(\sum_{i_{11}=0}^{m_1} \sum_{i_{12}=0}^{m_2} \cdots \sum_{i_{1(C-1)}=0}^{m_{C-1}} \sum_{i_{1C}=m_C}^{m_C} \right) \left(\sum_{j_{11}=0}^{k_1} \sum_{j_{12}=0}^{k_2} \cdots \sum_{j_{1(C-1)}=0}^{k_{C-1}} \sum_{j_{1C}=k_C}^{k_C} \right) \\ \left(\sum_{i_{21}=0}^{m_1-i_{11}} \sum_{i_{22}=0}^{m_2-i_{12}} \cdots \sum_{i_{2(C-2)}=0}^{m_{C-2}-i_{1(C-2)}} \sum_{i_{2(C-1)}=m_{C-1}-i_{1(C-1)}}^{m_{C-1}-i_{1(C-1)}} \right) \left(\sum_{j_{21}=0}^{k_1-j_{11}} \sum_{j_{22}=0}^{k_2-j_{12}} \cdots \sum_{j_{2(C-2)}=0}^{k_{C-2}-j_{1(C-2)}} \sum_{j_{2(C-1)}=k_{C-1}-j_{1(C-1)}}^{k_{C-1}-j_{1(C-1)}} \right) \\ \vdots \\ \left(\sum_{i_{(C-1)1}=0}^{m_1-i_{11}-i_{21}\cdots-i_{(C-2)1}} \sum_{i_{(C-1)2}=m_2-i_{12}-i_{22}\cdots-i_{(C-2)2}}^{m_2-i_{12}-i_{22}\cdots-i_{(C-2)2}} \right) \left(\sum_{j_{(C-1)1}=0}^{k_1-j_{11}-j_{21}\cdots-j_{(C-2)1}} \sum_{j_{(C-1)2}=k_2-j_{12}-j_{22}\cdots-j_{(C-2)2}}^{k_2-j_{12}-j_{22}\cdots-j_{(C-2)2}} \right) \\ \left(\sum_{i_{C1}=m_1-i_{11}-i_{21}\cdots-i_{(C-1)1}}^{m_1-i_{11}-i_{21}\cdots-i_{(C-1)1}} \sum_{j_{C1}=k_1-j_{11}-j_{21}..-j_{(C-1)1}}^{k_1-j_{11}-j_{21}..-j_{(C-1)1}} \right) \end{array} \right)$$

$$\left(\begin{array}{l} \left(\prod_{a=1}^{C-1} b[m_a, i_{1a}, {}^{n_C}/_{N}] \; P[j_{11}, j_{12}, ..., j_{1C} \mid i_{11}, i_{12}, ..., i_{1C}, n_C] \right) \\ \times \left(\prod_{a=1}^{C-2} b[m_{2a}, i_{2a}, {}^{(n_{C-1}-n_C)}/_{N}] \; P[j_{21}, j_{22}, ..., j_{2(C-1)} \mid i_{21}, i_{22}, ..., i_{2(C-1)}, (n_{C-1}-n_C)] \right) \\ \vdots \\ \times \left(b[m_{(C-1)1}, i_{(C-1)1}, {}^{(n_2-n_3)}/_{N}] \; P[j_{(C-1)1}, j_{(C-1)2} \mid i_{(C-1)1}, i_{(C-1)2}, (n_2-n_3)] \right) \\ \times P_{UNI}[j_{C1} \mid i_{C1}, N-n_2] \end{array} \right) \quad (3.12)$$

โดยที่ $m_{yz} = m_z - \sum_{x=1}^{y-1} i_{xz}$ เมื่อ $y \geq 2$

ค่า $P_{UNI}[j_{C1} \mid i_{C1}, N-n_2]$ สามารถหาได้ โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} P_{UNI}[j_{C1} \mid i_{C1}, N-n_2] &= b[i_{C1}, 0, 1/(N-n_2)] \; P_{UNI}[j_{C1} \mid i_{C1}, N-n_2-1] \\ &+ b[i_{C1}, 1, 1/(N-n_2)] \; P_{UNI}[j_{C1}-1 \mid i_{C1}-1, N-n_2-1] \\ &+ \sum_{a=2}^{i_{C1}} b[i_{C1}, a, 1/(N-n_2)] \; P_{UNI}[j_{C1} \mid i_{C1}-a, N-n_2-1] \end{aligned} \quad (3.13)$$

และ $P[j_{x1}, ..., j_{xC} \mid i_{x1}, ..., i_{xC}, n_C]$ สามารถหาได้ดังนี้

$$
\begin{aligned}
&P[k_1,k_2,...,k_C \mid a_1,a_2,...,a_C,N] \\
&\quad=\sum_{i_1=0}^{a_1}\cdots\sum_{i_C=0}^{a_C}\left(\left(\prod_{j=1}^{C}b[a_j,i_j,1/N]\right)P[k_1,k_2,...,k_C \mid a_1-i_1,a_2-i_2,...,a_C-i_C,N-1]\right) \\
&\quad\quad except: \\
&\quad\quad\quad i_1=1,i_2=0,...,i_C=0\ or \\
&\quad\quad\quad i_1=0,i_2=1,...,i_C=0\ or \\
&\quad\quad\quad\quad\vdots \\
&\quad\quad\quad i_1=0,i_2=0,...,i_C=1 \\
&\quad+ \\
&\quad\sum_{i=1}^{C}\left(b[a_i,1,1/N]\left(\prod_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{C}b[a_j,0,1/N]\right)P[k_1,...,k_i-1,...,k_C \mid a_1,...,a_i-1,...,a_C,N-1]\right)
\end{aligned}
\tag{3.14}
$$

กำหนดค่าขอบเขตของสมการ (3.14) ไว้ดังนี้

$$
P[k_1,k_2,...,k_C \mid a_1,a_2,...,a_C,N]
$$

$$
=\begin{cases}
0 & if\ k_1<0 \text{ or } k_2<0,...., \text{ or } k_C<0, a_1+a_2+...+a_C\geq 0, N\geq 0 \\
0 & if\ k_1+k_2+...+k_C>N, a_1+a_2+...+a_C\geq 0, N\geq 0 \\
0 & if\ k_1>a_1 \text{ or } k_2>a_2,...., \text{ or } k_C>a_C, a_1+a_2+...+a_C\geq 0, N\geq 0 \\
1 & if\ k_1+k_2+...+k_C=0, a_1+a_2+...+a_C\geq 0, N=0 \\
1 & if\ k_1+k_2+...+k_C=0, a_1+a_2+...+a_C=0, N\geq 0 \\
0 & if\ k_1+k_2+...+k_C>0, a_1+a_2+...+a_C>1, N=1 \\
1 & if\ k_1+k_2+...+k_C=0, a_1+a_2+...+a_C>1, N=1 \\
0 & if\ k_1+k_2+...+k_C=0, a_1+a_2+...+a_C=1, N\geq 1 \\
1 & if\ k_1+k_2+...+k_C=1, a_1+a_2+...+a_C=1, N\geq 1
\end{cases}
$$

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณหาได้จากสมการ

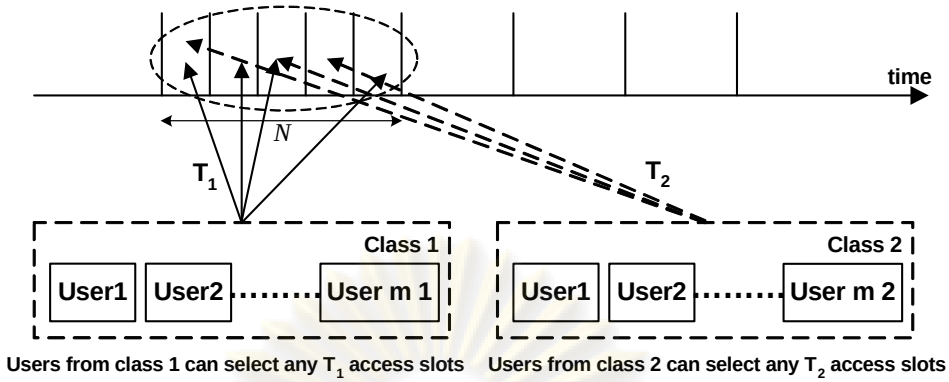
$$
\begin{aligned}
&S_{Partial\ UNI}[m_1,m_2,...,m_C,N,n_2,...,n_C] \\
&=\sum_{i=1}^{C}\sum_{j_i=0}^{m_i}\left(\ j_i\times P_{Partial\ UNI}[j_i \mid m_1,m_2,...,m_C,N,n_2,...,n_C\ \right)
\end{aligned}
\tag{3.15}
$$

โดยที่

$$
\begin{aligned}
&P_{Partial\ UNI}[j_i \mid m_1,m_2,...,m_C,N,n_2,...,n_C] \\
&=\sum_{k_1=0}^{m_1}\sum_{k_2=0}^{m_2}...\sum_{k_i=j_i}^{j_i}...\sum_{k_C=0}^{m_C}P_{Partial\ UNI}[k_1,k_2,...,k_i,...,k_C \mid m_1,m_2,...,m_i,...,m_C,N,n_2,...,n_i,...,n_C]
\end{aligned}
\tag{3.16}
$$

3.2 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT (Uniform + Multi-Token)

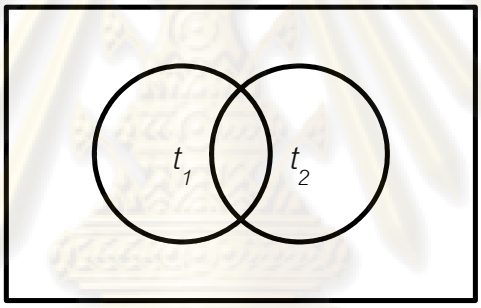
เทคนิคนี้เป็นวิธีที่ใช้เทคนิคการเลือกช่องสัญญาณจองอย่างสุ่ม โดยกำหนดให้ผู้ใช้บริการทั้งหมด ณ เวลาเริ่มต้นของแต่ละเฟรมสุ่มเลือกช่องสัญญาณจอง ซึ่งจำนวนช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะเลือกได้มีค่าเท่ากับจำนวนของใบจองที่สถานีฐานได้กำหนดและแจ้งให้ผู้ใช้บริการคลาสนั้นทราบ (Multi - Token) และยังมีข้อกำหนดเพิ่มเติมคือ ผู้ใช้บริการแต่ละรายประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณได้เพียงครั้งเดียว หลังจากจบช่วงการจองในแต่ละเฟรมสถานีฐานจะตรวจสอบผลการจองและจัดสรรช่องสัญญาณข่าวสารให้ผู้ใช้บริการผ่านทางช่องสัญญาณขาลง รูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT ในกรณีที่ระบบรองรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน m_1 และ m_2 ราย ช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จะสามารถเข้าจองได้เท่ากับ N ช่อง และจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_1 และ T_2



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT

3.2.1 **กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส**

สำหรับการวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์ของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT สามารถทำได้โดยการนำความรู้เกี่ยวกับเรื่องเซตมาใช้ โดยจะเริ่มต้นการวิเคราะห์จากกรณีที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 แต่ละรายมีจำนวนใบจองเท่ากับ 2 ใบ และผู้ใช้บริการคลาส 2 แต่ละรายมีจำนวนใบจองเท่ากับ T_2 ใบ



รูปที่ 3.3 แผนภาพประกอบเพื่อการคำนวณหาความน่าจะเป็นในการจองช่องสัญญาณสำเร็จของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT กรณีจำนวนใบจองของผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 2 ใบ

กำหนดสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังนี้

t_1 แทนเหตุการณ์ที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่กำลังพิจารณา ใช้ใบจองที่ 1 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จ

t_2 แทนเหตุการณ์ที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่กำลังพิจารณา ใช้ใบจองที่ 2 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จ

$P(t_1)$ แทนความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่กำลังพิจารณา ใช้ใบจองที่ 1 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จ

$P(t_2)$ แทนความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่กำลังพิจารณา ใช้ใบจองที่ 2 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จ

$P(t_1 \cap t_2)$ แทนความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่กำลังพิจารณา ใช้ใบจองที่ 1 และใบจองที่ 2 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จทั้งคู่

$P(t_1 \cup t_2)$ แทนความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่กำลังพิจารณา ใช้ใบจองที่ 1 หรือใบจองที่ 2 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยกรณีที่ใช้ใบจองที่ 1 และใบจองที่ 2 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จทั้งคู่จะนับความสำเร็จเพียงครั้งเดียว

T_1 แทนจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ได้รับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

T_2 แทนจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับ

m_1 แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ในระบบ

m_2 แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ในระบบ

N แทนจำนวนช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จะสามารถเข้าจองได้

$p_1(T_1, N)$ แทนค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 จะเข้าจองช่องสัญญาณจองใด ๆ โดยมีจำนวนช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการจะสามารถเข้าจองได้จำนวน N ช่อง และจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ได้รับเท่ากับ T_1 ใบ

$p_2(T_2, N)$ แทนค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 จะเข้าจองช่องสัญญาณจองใด ๆ โดยมีจำนวนช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการจะสามารถเข้าจองได้จำนวน N ช่อง และจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_2 ใบ

ผู้ใช้บริการคลาส 1 แต่ละรายจะใช้ใบจองใดใบจองหนึ่งเข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จก็ต่อเมื่อผู้ใช้บริการรายอื่น ๆ จะต้องไม่เข้าจองช่องสัญญาณเดียวกับผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่เราพิจารณา ดังนั้น

$$\begin{aligned} P(t_1) &= P(t_2) \\ &= \left(1 - p_1(2, N)\right)^{m_1 - 1} \left(1 - p_2(T_2, N)\right)^{m_2} \end{aligned} \tag{3.17}$$

เนื่องจากการจองช่องสัญญาณเป็นแบบเอกรูป (Uniform) จึงทำให้ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการรายหนึ่งจะใช้ใบจองใดใบจองหนึ่งเข้าจองช่องสัญญาณที่กำลังพิจารณาเท่ากับ $\frac{1}{N}$ แต่เนื่องจากผู้ใช้บริการคลาส 1 มีใบจองทั้งหมด 2 ใบ ทำให้ความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณที่กำลังพิจารณานั้นถูกจองโดยผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่งเพิ่มขึ้น โดยมีค่าดังนี้

$$\begin{aligned} p_1(2, N) &= \frac{1}{N} + \left(1 - \frac{1}{N}\right)\frac{1}{N-1} \\ &= \frac{2}{N} \end{aligned} \tag{3.18}$$

ทำนองเดียวกันเราจะพบว่า ความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณที่กำลังพิจารณานั้นถูกจองโดยผู้ใช้บริการคลาส 2 รายหนึ่งมีค่าดังนี้

$$p_2(T_2, N) = \frac{T_2}{N} \tag{3.19}$$

สำหรับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่ง ใช้ใบจองที่ 1 และใบจองที่ 2 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จทั้งคู่ ($P(t_1 \cap t_2)$) เกิดขึ้นเมื่อ ผู้ใช้บริการคลาส 1 ใช้ใบจองที่ 1 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จไปแล้ว จากนั้นจึงใช้ใบจองที่ 2 เข้าจองช่องสัญญาณที่เหลือจำนวน $N-1$ ช่องสัญญาณ โดยที่ผู้ใช้บริการรายอื่น ไม่เข้าจองช่องสัญญาณทั้ง 2 ช่องนี้ ดังนั้น $P(t_1 \cap t_2)$ สามารถหาได้ดังนี้

$$\begin{aligned} P(t_1 \cap t_2) &= P(t_2 \mid t_1) P(t_1) \\ &= \left(1 - p_1(2, N-1)\right)^{m_1 - 1} \times \left(1 - p_2(T_2, N-1)\right)^{m_2} \times \left(1 - p_1(2, N)\right)^{m_1 - 1} \times \left(1 - p_2(T_2, N)\right)^{m_2} \\ &= \left(1 - \frac{2}{N-1}\right)^{m_1 - 1} \times \left(1 - \frac{T_2}{N-1}\right)^{m_2} \times \left(1 - \frac{2}{N}\right)^{m_1 - 1} \times \left(1 - \frac{T_2}{N}\right)^{m_2} \end{aligned} \tag{3.20}$$

โดย $P(t_2 \mid t_1)$ แทนความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่กำลังพิจารณาใช้ใบจองที่ 2 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีเงื่อนไขว่า ผู้ใช้รายนั้นใช้จองใบจองที่ 1 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จไปก่อนหน้านี้แล้ว

สำหรับความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่กำลังพิจารณาใช้ใบจองที่ 1 หรือใบจองที่ 2 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จ $P(t_1 \cup t_2)$ สามารถหาได้ดังนี้

จากรูปที่ 3.3 จะพบว่า

$$t_1 \cup t_2 = (t_1 - t_2) \cup (t_1 \cap t_2) \cup (t_2 - t_1) \tag{3.21}$$

และเซตทั้ง 3 ทางด้านขวามือของสมการ (3.21) เป็นเซตทุกที่ไม่มีสมาชิกร่วมกันเลย (Pairwise disjoint) ดังนั้นจะได้

$$\begin{aligned} P(t_1 \cup t_2) &= P(t_1 - t_2) + P(t_1 \cap t_2) + P(t_2 - t_1) \\ &= \big(P(t_1 - t_2) + P(t_1 \cap t_2)\big) + \big(P(t_2 - t_1) + P(t_1 \cap t_2)\big) - P(t_1 \cap t_2) \\ &= P(t_1) + P(t_2) - P(t_1 \cap t_2) \end{aligned} \tag{3.22}$$

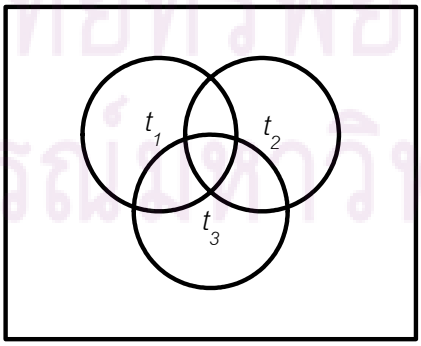
จากสมการ (3.17), (3.20) และ (3.22) จะได้

$$\begin{aligned} P(t_1 \cup t_2) = {} & 2\left(1-\frac{2}{N}\right)^{m_1-1} \times \left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2} \\ & - \left(1-\frac{2}{N-1}\right)^{m_1-1} \times \left(1-\frac{T_2}{N-1}\right)^{m_2} \times \left(1-\frac{2}{N}\right)^{m_1-1} \times \left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2} \end{aligned} \tag{3.23}$$

ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 รายหนึ่งจะจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ทั้งหมดจำนวน m_1 ราย และจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ทั้งหมดจำนวน m_2 ราย ช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการจะสามารถเข้าจองได้จำนวน N ช่อง และจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ 2 ใบและ T_2 ใบ ตามลำดับ ($P_1[m_1, m_2, N, T_1 = 2, T_2]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$\begin{aligned} & P_1[m_1, m_2, N, T_1 = 2, T_2] = P(t_1 \cup t_2) \\ & = 2\left(1-\frac{2}{N}\right)^{m_1-1} \times \left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2} - \left(1-\frac{2}{N-1}\right)^{m_1-1} \times \left(1-\frac{T_2}{N-1}\right)^{m_2} \times \left(1-\frac{2}{N}\right)^{m_1-1} \times \left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2} \end{aligned} \tag{3.24}$$

สำหรับการวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์ ในกรณีที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 แต่ละรายมีจำนวนใบจองเท่ากับ 3 ใบ และผู้ใช้บริการคลาส 2 มีจำนวนใบจองเท่ากับ T_2 ใบ สามารถแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 3.4 แผนภาพประกอบเพื่อการคำนวณหาความน่าจะเป็นในการจองช่องสัญญาณสำเร็จของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT กรณีจำนวนใบจองของผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 3 ใบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรณีที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 แต่ละรายมีใบจองเท่ากับ 3 ใบ เราจะนิยามตัวแปรใหม่เพิ่มเติมจากกรณีที่ผู้ใช้คลาส 1 แต่ละรายมีใบจองเท่ากับ 2 ใบ ดังนี้

t_3 แทนเหตุการณ์ที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่ง ใช้ใบจองที่ 3 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จ

$P(t_3)$ แทนความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่ง ใช้ใบจองที่ 3 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จ

$P(t_2 \cap t_3)$ แทนความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่ง ใช้ใบจองที่ 2 และใบจองที่ 3 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จทั้งคู่

$P(t_3 \cap t_1)$ แทนความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่ง ใช้ใบจองที่ 3 และใบจองที่ 1 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จทั้งคู่

$P(t_1 \cap t_2 \cap t_3)$ แทนความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่ง ใช้ใบจองที่ 1 ใบจองที่ 2 และใบจองที่ 3 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จทั้ง 3 ใบ

$P(t_1 \cup t_2 \cup t_3)$ แทนความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่ง ใช้ใบจองที่ 1 หรือใบจองที่ 2 หรือใบจองที่ 3 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยกรณีที่ผู้ใช้บริการรายนั้นประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากกว่า 1 ครั้ง จะนับความสำเร็จเพียงครั้งเดียว

ผู้ใช้บริการคลาส 1 แต่ละรายจะใช้ใบจองใดใบจองหนึ่งเข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จก็ต่อเมื่อผู้ใช้บริการรายอื่น ๆ จะต้องไม่เข้าจองช่องสัญญาณเดียวกับผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่เราพิจารณา ดังนั้น

$$\begin{aligned} P(t_1) &= P(t_2) \\ &= P(t_3) \\ &= \left(1-p_1(3,N)\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(T_2,N)\right)^{m_2} \\ &= \left(1-\frac{3}{N}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2} \end{aligned} \qquad (3.25)$$

สำหรับค่าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่ง ใช้ใบจอง 2 ใบใด ๆ เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จทั้งคู่ ($P(t_1 \cap t_2), P(t_2 \cap t_3)$ และ $P(t_3 \cap t_1)$) เกิดขึ้นเมื่อ ผู้ใช้บริการคลาส 1 ใช้ใบจองใบใด ๆ เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จไปแล้ว จากนั้นจึงใช้ใบอีกใบหนึ่ง เข้าจองช่องสัญญาณที่เหลือจำนวน $N-1$ ช่องสัญญาณ โดยที่ผู้ใช้บริการรายอื่น ไม่เข้าจองช่องสัญญาณทั้ง 2 ช่องนี้ ดังนั้น $P(t_1 \cap t_2), P(t_2 \cap t_3)$ และ $P(t_3 \cap t_1)$ จะมีค่าเท่ากัน และสามารถหาได้ดังนี้

$$\begin{aligned} &P(t_1 \cap t_2) = P(t_2 \cap t_3) \\ &= P(t_3 \cap t_1) \\ &= P(t_2 \mid t_1)P(t_1) \\ &= \left(1-p_1(3,N-1)\right)^{m_1-1} \times \left(1-p_2(T_2,N-1)\right)^{m_2} \times \left(1-p_1(3,N)\right)^{m_1-1} \times \left(1-p_2(T_2,N)\right)^{m_2} \\ &= \left(1-\frac{3}{N-1}\right)^{m_1-1} \times \left(1-\frac{T_2}{N-1}\right)^{m_2} \times \left(1-\frac{3}{N}\right)^{m_1-1} \times \left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2} \end{aligned} \qquad (3.26)$$

โดย $P(t_2 \mid t_1)$ แทนความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่งใช้ใบจองที่ 2 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีเงื่อนไขว่า ผู้ใช้รายนั้นใช้จองใบจองที่ 1 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จไปก่อนหน้านี้แล้ว

สำหรับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่ง ใช้ใบจองที่ 1 ใบจองที่ 2 และใบจองที่ 3 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จทั้ง 3 ใบ ($P(t_1 \cap t_2 \cap t_3)$) เกิดขึ้นเมื่อ ผู้ใช้บริการคลาส 1 ใช้ใบจองที่ 1 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จไปแล้ว จากนั้นจึงใช้ใบจองที่ 2 เข้าจองช่องสัญญาณที่เหลือจำนวน $N-1$ ช่อง และใช้ใบจองที่ 3 เข้าจองช่องสัญญาณที่เหลือจำนวน $N-2$ ช่อง โดยที่ผู้ใช้บริการรายอื่น ไม่เข้าจองช่องสัญญาณทั้ง 3 ช่องนี้ ดังนั้น $P(t_1 \cap t_2 \cap t_3)$ สามารถหาได้ดังนี้

$$P(t_1 \cap t_2 \cap t_3) = P(t_3 \mid t_1 \cap t_2)P(t_1 \cap t_2)$$
$$= \left(1-\frac{3}{N-2}\right)^{m_1-1} \times \left(1-\frac{T_2}{N-2}\right)^{m_2} \times \left(1-\frac{3}{N-1}\right)^{m_1-1} \times \left(1-\frac{T_2}{N-1}\right)^{m_2} \quad (3.27)$$
$$\times \left(1-\frac{3}{N}\right)^{m_1-1} \times \left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2}$$

โดย $P(t_3 \mid t_1 \cap t_2)$ แทนความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่งใช้ใบจองที่ 3 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีเงื่อนไขว่า ผู้ใช้รายนั้นใช้จองใบจองที่ 1 และใบจองที่ 2 เข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จไปก่อนหน้านี้แล้ว

สำหรับการคำนวณหาค่า $P(t_1 \cup t_2 \cup t_3)$ สามารถทำได้ดังนี้

กำหนดให้ $D = (t_2 \cup t_3)$ ดังนั้น

$$P(t_1 \cup t_2 \cup t_3) = P(t_1 \cup D)$$
$$= P(t_1) + P(D) - P(t_1 \cap D)$$
$$= P(t_1) + P(t_2 \cup t_3) - P(t_1 \cap D)$$
$$= P(t_1) + \left(P(t_2) + P(t_3) - P(t_2 \cap t_3)\right) - P(t_1 \cap D)$$
$$= P(t_1) + \left(P(t_2) + P(t_3) - P(t_2 \cap t_3)\right) - P\left(t_1 \cap (t_2 \cup t_3)\right)$$
$$= P(t_1) + \left(P(t_2) + P(t_3) - P(t_2 \cap t_3)\right) - P\left((t_1 \cap t_2) \cup (t_1 \cap t_3)\right)$$
$$= P(t_1) + \left(P(t_2) + P(t_3) - P(t_2 \cap t_3)\right) - \left(P(t_1 \cap t_2) + P(t_1 \cap t_3) - P(t_1 \cap t_2 \cap t_1 \cap t_3)\right)$$
$$= P(t_1) + P(t_2) + P(t_3) - P(t_1 \cap t_2) - P(t_2 \cap t_3) - P(t_1 \cap t_3) + P(t_1 \cap t_2 \cap t_3) \quad (3.28)$$

จากสมการ (3.25), (3.26), (3.27) และ (3.28) จะได้

$$P(t_1 \cup t_2 \cup t_3) = 3\left(1-\frac{3}{N}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2}$$
$$-3\left(1-\frac{3}{N-1}\right)^{m_1-1} \times \left(1-\frac{T_2}{N-1}\right)^{m_2} \times \left(1-\frac{3}{N}\right)^{m_1-1} \times \left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2}$$
$$+\left(1-\frac{3}{N-2}\right)^{m_1-1} \times \left(1-\frac{T_2}{N-2}\right)^{m_2} \times \left(1-\frac{3}{N-1}\right)^{m_1-1} \times \left(1-\frac{T_2}{N-1}\right)^{m_2} \times \left(1-\frac{3}{N}\right)^{m_1-1} \times \left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2} \quad (3.29)$$

ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 รายหนึ่งจะจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ทั้งหมดจำนวน m_1 ราย และจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ทั้งหมดจำนวน m_2 ราย ช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการจะสามารถเข้าจองได้จำนวน N ช่อง และจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ 3 ใบและ T_2 ใบ ตามลำดับ ($P_1[m_1, m_2, N, T_1 = 3, T_2]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$P_1[m_1,m_2,N,T_1=3,T_2]=P(t_1\cup t_2\cup t_3)$$
$$=3\left(1-\frac{3}{N}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2}-3\left(1-\frac{3}{N-1}\right)^{m_1-1}\times\left(1-\frac{T_2}{N-1}\right)^{m_2}\times\left(1-\frac{3}{N}\right)^{m_1-1}\times\left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2}$$
$$+\left(1-\frac{3}{N-2}\right)^{m_1-1}\times\left(1-\frac{T_2}{N-2}\right)^{m_2}\times\left(1-\frac{3}{N-1}\right)^{m_1-1}\times\left(1-\frac{T_2}{N-1}\right)^{m_2}\times\left(1-\frac{3}{N}\right)^{m_1-1}\times\left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2} \quad (3.30)$$

สำหรับการวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์ในกรณีที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 แต่ละรายมีจำนวนใบจองเท่ากับ T_1 ใบ และผู้ใช้บริการคลาส 2 มีจำนวนใบจองเท่ากับ T_2 ใบ สามารถแสดงได้ดังนี้

จากสมการ (3.23), (3.24), (3.28) และ (3.30) จะพบว่าเมื่อใช้การอุปนัยทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Induction) มาช่วยในการคำนวณ จะสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่งจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ทั้งหมดจำนวน m_1 ราย และจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ทั้งหมดจำนวน m_2 ราย ช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการจะสามารถเข้าจองได้จำนวน N ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_1 และ T_2 ใบ ตามลำดับ ($P_1[m_1,m_2,N,T_1,T_2]$) ได้ดังนี้

$$P_1[m_1,m_2,N,T_1,T_2]=\binom{T_1}{1}\left(1-\frac{T_1}{N}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2}$$
$$-\binom{T_1}{2}\left(1-\frac{T_1}{N-1}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N-1}\right)^{m_2}\left(1-\frac{T_1}{N}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2}$$
$$+\binom{T_1}{3}\left(1-\frac{T_1}{N-2}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N-2}\right)^{m_2}\left(1-\frac{T_1}{N-1}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N-1}\right)^{m_2}\left(1-\frac{T_1}{N}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2}$$
$$\vdots$$
$$+(-1)^{T_1+1}\binom{T_1}{T_1}\left(\begin{array}{l}\left(1-\frac{T_1}{N-T_1+1}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N-T_1+1}\right)^{m_2}\left(1-\frac{T_1}{N-T_1+2}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N-T_1+2}\right)^{m_2}\\ \times\left(1-\frac{T_1}{N-T_1+3}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N-T_1+3}\right)^{m_2}\cdots\left(1-\frac{T_1}{N}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2}\end{array}\right) \quad (3.31)$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$P_1[m_1,m_2,N,T_1,T_2]=\sum_{i=1}^{T_1}\left((-1)^{i+1}\binom{T_1}{i}\prod_{j=1}^{i}\left(\left(1-\frac{T_1}{N-j+1}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N-j+1}\right)^{m_2}\right)\right) \quad (3.32)$$

ในทำนองเดียวกันเราสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 รายหนึ่งจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ทั้งหมดจำนวน m_1 ราย และจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ทั้งหมดจำนวน m_2 ราย ช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการจะสามารถเข้าจองได้จำนวน N ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ได้รับเท่ากับ T_1 ใบและผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_2 ใบ ($P_2[m_1,m_2,N,T_1,T_2]$) โดยใช้วิธีการเดียวกันกับการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่งจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดย $P_2[m_1,m_2,N,T_1,T_2]$ จะมีค่าดังนี้

$$P_2[m_1,m_2,N,T_1,T_2]=\sum_{i=1}^{T_2}\left((-1)^{i+1}\binom{T_2}{i}\prod_{j=1}^{i}\left(\left(1-\frac{T_1}{N-j+1}\right)^{m_1}\left(1-\frac{T_2}{N-j+1}\right)^{m_2-1}\right)\right) \quad (3.33)$$

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ $(S_{UNI+MT}[m_1,m_2,N,T_1,T_2])$ สามารถหาได้จากสมการ

$$\begin{aligned}S_{UNI+MT}[m_1,m_2,N,T_1,T_2]&=S_{UNI+MT1}[m_1,m_2,N,T_1,T_2]+S_{UNI+MT2}[m_1,m_2,N,T_1,T_2]\\&=\binom{m_1}{1}P_1[m_1,m_2,N,T_1,T_2]+\binom{m_2}{1}P_2[m_1,m_2,N,T_1,T_2]\end{aligned} \quad (3.34)$$

โดย

$S_{UNI+MT1}[m_1,m_2,N,T_1,T_2]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{UNI+MT2}[m_1,m_2,N,T_1,T_2]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

และค่า γ_s ซึ่งเป็นอัตราส่วนความน่าเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 สามารถหาได้ดังนี้

$$\gamma_s=(S_{UNI+MT1}[m_1,m_2,N,T_1,T_2]/m_1)/(S_{UNI+MT2}[m_1,m_2,N,T_1,T_2]/m_2)$$

หรือ

$$\begin{aligned}\gamma_s&=\frac{\left(\binom{m_1}{1}P_1[m_1,m_2,N,T_1,T_2]/m_1\right)}{\left(\binom{m_2}{1}P_2[m_1,m_2,N,T_1,T_2]/m_2\right)}\\&=\frac{P_1[m_1,m_2,N,T_1,T_2]}{P_2[m_1,m_2,N,T_1,T_2]}\end{aligned}$$

3.2.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส

เมื่อระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส จะสามารถคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่งจองช่องสัญญาณสำเร็จ เมื่อกำหนดให้มีผู้ใช้บริการคลาส 1 ทั้งหมดจำนวน m_1 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 ทั้งหมดจำนวน m_2 ราย และผู้ใช้บริการคลาส 3 ทั้งหมดจำนวน m_3 ราย ช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการจะสามารถเข้าจองได้จำนวน N ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ได้รับเท่ากับ T_1 ใบ จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_2 ใบ และจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 3 ได้รับเท่ากับ T_3 ใบ ($P_1[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3]$) ได้ดังนี้

$$P_1[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3]=\binom{T_1}{1}\left(1-\frac{T_1}{N}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2}\left(1-\frac{T_3}{N}\right)^{m_3}$$
$$-\binom{T_1}{2}\left(1-\frac{T_1}{N-1}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N-1}\right)^{m_2}\left(1-\frac{T_3}{N-1}\right)^{m_3}\left(1-\frac{T_1}{N}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2}\left(1-\frac{T_3}{N}\right)^{m_3}$$
$$\vdots$$
$$+(-1)^{T_1+1}\binom{T_1}{T_1}\left(1-\frac{T_1}{N-T_1+1}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N-T_1+1}\right)^{m_2}\left(1-\frac{T_3}{N-T_1+1}\right)^{m_3}$$
$$\left(1-\frac{T_1}{N-T_1+2}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N-T_1+2}\right)^{m_2}\left(1-\frac{T_3}{N-T_1+2}\right)^{m_3}\cdots\left(1-\frac{T_1}{N}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N}\right)^{m_2}\left(1-\frac{T_3}{N}\right)^{m_3} \quad (3.35)$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$P_1[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3]$$
$$=\sum_{i=1}^{T_1}\left((-1)^{i+1}\binom{T_1}{i}\prod_{j=1}^{i}\left(\left(1-\frac{T_1}{N-j+1}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{N-j+1}\right)^{m_2}\left(1-\frac{T_3}{N-j+1}\right)^{m_3}\right)\right) \quad (3.36)$$

ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 รายหนึ่งจองช่องสัญญาณสำเร็จ เมื่อกำหนดให้มีผู้ใช้บริการคลาส 1 ทั้งหมดจำนวน m_1 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 ทั้งหมดจำนวน m_2 ราย และผู้ใช้บริการคลาส 3 ทั้งหมดจำนวน m_3 ราย ช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการจะสามารถเข้าจองได้จำนวน N ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ได้รับเท่ากับ T_1 ใบ จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_2 ใบ และจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 3 ได้รับเท่ากับ T_3 ใบ ($P_2[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3]$) สามารถเขียนได้ดังสมการต่อไปนี้

$$P_2[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3]$$
$$=\sum_{i=1}^{T_2}\left((-1)^{i+1}\binom{T_2}{i}\prod_{j=1}^{i}\left(\left(1-\frac{T_1}{N-j+1}\right)^{m_1}\left(1-\frac{T_2}{N-j+1}\right)^{m_2-1}\left(1-\frac{T_3}{N-j+1}\right)^{m_3}\right)\right) \quad (3.37)$$

ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 3 รายหนึ่งจองช่องสัญญาณสำเร็จ เมื่อกำหนดให้มีผู้ใช้บริการคลาส 1 ทั้งหมดจำนวน m_1 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 ทั้งหมดจำนวน m_2 ราย และผู้ใช้บริการคลาส 3 ทั้งหมดจำนวน m_3 ราย ช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการจะสามารถเข้าจองได้จำนวน N ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ได้รับเท่ากับ T_1, T_2 และ T_3 ใบตามลำดับ ($P_3[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3]$) สามารถเขียนได้ดังสมการต่อไปนี้

$$P_3[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3]$$
$$=\sum_{i=1}^{T_3}\left((-1)^{i+1}\binom{T_3}{i}\prod_{j=1}^{i}\left(\left(1-\frac{T_1}{N-j+1}\right)^{m_1}\left(1-\frac{T_2}{N-j+1}\right)^{m_2}\left(1-\frac{T_3}{N-j+1}\right)^{m_3-1}\right)\right) \quad (3.38)$$

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ $(S_{UNI+MT}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3])$ สามารถหาได้จากสมการ

$$\begin{aligned}&S_{UNI+MT}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3]\\&=S_{UNI+MT1}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3]+S_{UNI+MT2}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3]+S_{UNI+MT3}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3]\\&=\binom{m_1}{1}P_1[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3]+\binom{m_2}{1}P_2[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3]+\binom{m_3}{1}P_3[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3]\end{aligned} \tag{3.39}$$

โดย

$S_{UNI+MT1}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{UNI+MT2}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{UNI+MT3}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 3 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

3.2.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส

เมื่อระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส จะสามารถคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส k รายหนึ่งจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส i ทั้งหมดจำนวน m_i ราย ช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการจะสามารถเข้าจองได้จำนวน N ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส i ได้รับเท่ากับ T_i ใบ ($P_k[m_1,\ldots,m_C,N,T_1,\ldots,T_C]$) ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}&P_k[m_1,\ldots,m_C,N,T_1,\ldots,T_C]\\&=\sum_{i=1}^{T_k}\left((-1)^{i+1}\binom{T_k}{i}\prod_{j=1}^{i}\left(\begin{array}{l}\left(1-\dfrac{T_1}{N-j+1}\right)^{m_1}\\\times\left(1-\dfrac{T_2}{N-j+1}\right)^{m_2}\cdots\left(1-\dfrac{T_k}{N-j+1}\right)^{m_k-1}\cdots\left(1-\dfrac{T_C}{N-j+1}\right)^{m_C}\end{array}\right)\right)\end{aligned} \tag{3.40}$$

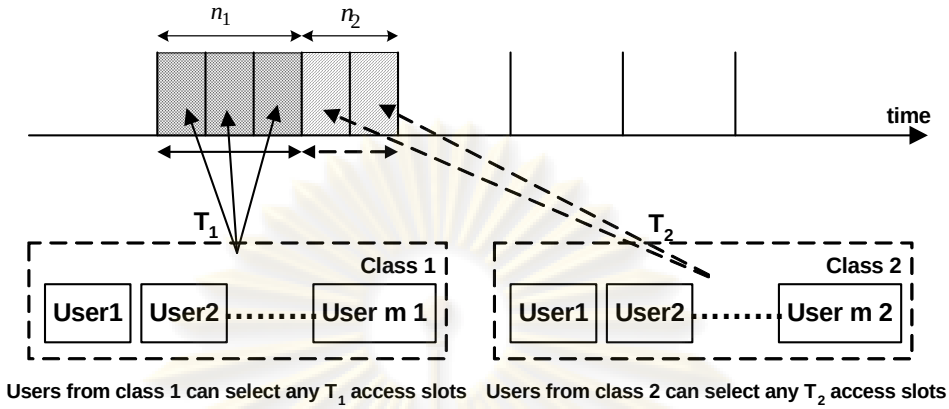
สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ $(S_{UNI+MT}[m_1,\ldots,m_C,N,T_1,\ldots,T_C])$ สามารถหาได้จากสมการ

$$S_{UNI+MT}[m_1,\ldots,m_C,N,T_1,\ldots,T_C]=\sum_{i=1}^{C}\binom{m_i}{1}P_i[m_1,\ldots,m_C,N,T_1,\ldots,T_C] \tag{3.41}$$

3.3 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT (Uniform + Divided Slot + Multi-Token)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบนี้จะแยกส่วนช่องสัญญาณจองให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสออกจากกัน จากนั้นผู้ใช้บริการในแต่ละคลาสจะสุ่มเลือกช่องสัญญาณจองในกลุ่มของตนเท่ากับจำนวนของใบจองที่สถานีฐานได้แจ้งให้กับผู้ใช้บริการในคลาสนั้นทราบ รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT ในกรณีที่มีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน m_1 และ m_2

ราย ช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน n_1 และ n_2 ช่อง และจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_1 และ T_2



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT

3.3.1 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส

จากการแบ่งผู้ใช้บริการและช่องสัญญาณจองออกเป็น 2 ส่วน ทำให้ค่าความน่าจะเป็นที่ ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะสามารถจองช่องสัญญาณสำเร็จเป็นอิสระกัน ดังนั้นจะสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่งจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 และ m_2 ราย ช่องสัญญาณจองทั้งหมดจำนวน N ช่อง ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน n_1 และ n_2 ช่อง โดยที่ $n_1+n_2=N$ และจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_1 และ T_2 ($P_1[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2]$) ได้จากสมการ

$$
\begin{aligned}
&P_1[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2] \\
&=\binom{T_1}{1}\left(1-\frac{T_1}{n_1}\right)^{m_1-1}-\binom{T_1}{2}\left(1-\frac{T_1}{n_1-1}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_1}{n_1}\right)^{m_1-1} \\
&+\binom{T_1}{3}\left(1-\frac{T_1}{n_1-2}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_1}{n_1-1}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_1}{n_1}\right)^{m_1-1} \\
&\qquad\vdots \\
&+(-1)^{T_1+1}\binom{T_1}{T_1}\left(\begin{array}{l}\left(1-\dfrac{T_1}{n_1-T_1+1}\right)^{m_1-1}\left(1-\dfrac{T_1}{n_1-T_1+2}\right)^{m_1-1} \\ \times\left(1-\dfrac{T_1}{n_1-T_1+3}\right)^{m_1-1}\cdots\left(1-\dfrac{T_1}{n_1}\right)^{m_1-1}\end{array}\right)
\end{aligned}
\qquad (3.42)
$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$
P_1[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2]=\sum_{i=1}^{T_1}\left((-1)^{i+1}\binom{T_1}{i}\prod_{j=1}^{i}\left(\left(1-\frac{T_1}{n_1-j+1}\right)^{m_1-1}\right)\right) \qquad (3.43)
$$

สำหรับค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 รายหนึ่งจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 และ m_2 ราย ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน n_1 และ n_2 ช่อง และจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_1 และ T_2 ($P_2[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$
\begin{aligned}
&P_2[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2] \\
&=\binom{T_2}{1}\left(1-\frac{T_2}{n_2}\right)^{m_2-1}-\binom{T_2}{2}\left(1-\frac{T_2}{n_2-1}\right)^{m_2-1}\left(1-\frac{T_2}{n_2}\right)^{m_2-1} \\
&+\binom{T_2}{3}\left(1-\frac{T_2}{n_2-2}\right)^{m_2-1}\left(1-\frac{T_2}{n_2-1}\right)^{m_2-1}\left(1-\frac{T_2}{n_2}\right)^{m_2-1} \\
&\qquad\vdots \\
&+(-1)^{T_2+1}\binom{T_2}{T_2}\left(\begin{array}{l}\left(1-\dfrac{T_2}{n_2-T_2+1}\right)^{m_2-1}\left(1-\dfrac{T_2}{n_2-T_2+2}\right)^{m_2-1} \\ \times\left(1-\dfrac{T_2}{n_2-T_2+3}\right)^{m_2-1}\cdots\left(1-\dfrac{T_2}{n_2}\right)^{m_2-1}\end{array}\right)
\end{aligned}
\tag{3.44}
$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$
P_2[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2]=\sum_{i=1}^{T_2}\left((-1)^{i+1}\binom{T_2}{i}\prod_{j=1}^{i}\left(\left(1-\frac{T_2}{n_2-j+1}\right)^{m_2-1}\right)\right) \tag{3.45}
$$

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{UNI+DS+MT}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$
\begin{aligned}
&S_{UNI+DS+MT}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2]=S_{UNI+DS+MT1}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2]+S_{UNI+DS+MT2}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2] \\
&=\binom{m_1}{1}P_1[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2]+\binom{m_2}{1}P_2[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2]
\end{aligned}
\tag{3.46}
$$

โดย

$S_{UNI+DS+MT1}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{UNI+DS+MT2}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

และค่า γ_s ซึ่งเป็นอัตราส่วนความน่าเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 สามารถหาได้ดังนี้

$$
\gamma_s=(S_{UNI+DS+MT1}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2]/m_1)/(S_{UNI+DS+MT2}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2]/m_2)
$$

หรือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\gamma_s = \frac{\left(\binom{m_1}{1} P_1[m_1, m_2, n_1, n_2, T_1, T_2]/m_1\right)}{\left(\binom{m_2}{1} P_2[m_1, m_2, n_1, n_2, T_1, T_2]/m_2\right)} = \frac{P_1[m_1, m_2, n_1, n_2, T_1, T_2]}{P_2[m_1, m_2, n_1, n_2, T_1, T_2]} \quad (3.47)$$

3.3.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส

เมื่อระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส จะสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่ง จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 จำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย ช่องสัญญาณจองทั้งหมดจำนวน N ช่อง ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 จำนวน n_1 n_2 และ n_3 ช่อง โดยที่ $n_1 + n_2 + n_3 = N$ และจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ได้รับเท่ากับ T_1 T_2 และ T_3 ใบ ($P_1[m_1, m_2, m_3, n_1, n_2, n_3, T_1, T_2, T_3]$) ได้จากสมการ

$$\begin{aligned} & P_1[m_1, m_2, m_3, n_1, n_2, n_3, T_1, T_2, T_3] \\ &= \binom{T_1}{1}\left(1-\frac{T_1}{n_1}\right)^{m_1-1} - \binom{T_1}{2}\left(1-\frac{T_1}{n_1-1}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_1}{n_1}\right)^{m_1-1} \\ &+ \binom{T_1}{3}\left(1-\frac{T_1}{n_1-2}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_1}{n_1-1}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_1}{n_1}\right)^{m_1-1} \\ &\quad \vdots \\ &+ (-1)^{T_1+1}\binom{T_1}{T_1}\left(\left(1-\frac{T_1}{n_1-T_1+1}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_1}{n_1-T_1+2}\right)^{m_1-1}\right. \\ &\quad \left.\times\left(1-\frac{T_1}{n_1-T_1+3}\right)^{m_1-1}\cdots\left(1-\frac{T_1}{n_1}\right)^{m_1-1}\right) \end{aligned} \quad (3.48)$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$P_1[m_1, m_2, m_3, n_1, n_2, n_3, T_1, T_2, T_3] = \sum_{i=1}^{T_1}\left((-1)^{i+1}\binom{T_1}{i}\prod_{j=1}^{i}\left(\left(1-\frac{T_1}{n_1-j+1}\right)^{m_1-1}\right)\right) \quad (3.49)$$

สำหรับค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 รายหนึ่งจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 จำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 จำนวน n_1 n_2 และ n_3 ช่อง และจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ได้รับเท่ากับ T_1 T_2 และ T_3 ใบ ($P_2[m_1, m_2, m_3, n_1, n_2, n_3, T_1, T_2, T_3]$)ได้จากสมการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$
\begin{aligned}
&P_2[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3] \\
&=\binom{T_2}{1}\left(1-\frac{T_2}{n_2}\right)^{m_2-1}-\binom{T_2}{2}\left(1-\frac{T_2}{n_2-1}\right)^{m_2-1}\left(1-\frac{T_2}{n_2}\right)^{m_2-1} \\
&+\binom{T_2}{3}\left(1-\frac{T_2}{n_2-2}\right)^{m_2-1}\left(1-\frac{T_2}{n_2-1}\right)^{m_2-1}\left(1-\frac{T_2}{n_2}\right)^{m_2-1} \\
&\qquad\vdots \\
&+(-1)^{T_2+1}\binom{T_2}{T_2}\left(\begin{array}{l}\left(1-\dfrac{T_2}{n_2-T_2+1}\right)^{m_2-1}\left(1-\dfrac{T_2}{n_2-T_2+2}\right)^{m_2-1} \\ \times\left(1-\dfrac{T_2}{n_2-T_2+3}\right)^{m_2-1}\cdots\left(1-\dfrac{T_2}{n_2}\right)^{m_2-1}\end{array}\right)
\end{aligned}
\tag{3.50}
$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$
P_2[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]=\sum_{i=1}^{T_2}\left((-1)^{i+1}\binom{T_2}{i}\prod_{j=1}^{i}\left(\left(1-\frac{T_2}{n_2-j+1}\right)^{m_2-1}\right)\right) \tag{3.51}
$$

สำหรับค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 3 รายหนึ่งจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 จำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 จำนวน n_1 n_2 และ n_3 ช่อง และจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ได้รับเท่ากับ T_1 T_2 และ T_3 ใบ ($P_3[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]$)ได้จากสมการ

$$
\begin{aligned}
&P_3[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3] \\
&=\binom{T_3}{1}\left(1-\frac{T_3}{n_3}\right)^{m_3-1}-\binom{T_3}{2}\left(1-\frac{T_3}{n_3-1}\right)^{m_3-1}\left(1-\frac{T_3}{n_3}\right)^{m_3-1} \\
&+\binom{T_3}{3}\left(1-\frac{T_3}{n_3-2}\right)^{m_3-1}\left(1-\frac{T_3}{n_3-1}\right)^{m_3-1}\left(1-\frac{T_3}{n_3}\right)^{m_3-1} \\
&\qquad\vdots \\
&+(-1)^{T_3+1}\binom{T_3}{T_3}\left(\begin{array}{l}\left(1-\dfrac{T_3}{n_3-T_3+1}\right)^{m_3-1}\left(1-\dfrac{T_3}{n_3-T_3+2}\right)^{m_3-1} \\ \times\left(1-\dfrac{T_3}{n_3-T_3+3}\right)^{m_3-1}\cdots\left(1-\dfrac{T_3}{n_3}\right)^{m_3-1}\end{array}\right)
\end{aligned}
\tag{3.52}
$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$
P_3[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]=\sum_{i=1}^{T_3}\left((-1)^{i+1}\binom{T_3}{i}\prod_{j=1}^{i}\left(\left(1-\frac{T_3}{n_3-j+1}\right)^{m_3-1}\right)\right) \tag{3.53}
$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{UNI+DS+MT}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$\begin{aligned}
&S_{UNI+DS+MT}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3] \\
&=S_{UNI+DS+MT1}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]+S_{UNI+DS+MT2}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3] \\
&+S_{UNI+DS+MT3}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3] \qquad (3.54)\\
&=\binom{m_1}{1}P_1[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]+\binom{m_2}{1}P_2[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3] \\
&+\binom{m_3}{1}P_3[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]
\end{aligned}$$

โดย

$S_{UNI+DS+MT1}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{UNI+DS+MT2}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{UNI+DS+MT3}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 3 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

3.3.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส

เมื่อระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส จะสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาสที่ k รายหนึ่ง สามารถจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีจำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ i จำนวน m_i ราย และช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาสที่ i จำนวน n_i ช่อง โดยที่ $\sum_{i=1}^{C} n_i = N$ และใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส i ได้รับจำนวน T_i ใบ ($P_k[m_1,...,m_C,n_1,...,n_C,T_1,...,T_C]$) ได้จากสมการ

$$\begin{aligned}
&P_k[m_1,...,m_C,n_1,...,n_C,T_1,...,T_C] \\
&=\sum_{i=1}^{T_k}\left((-1)^{i+1}\binom{T_k}{i}\prod_{j=1}^{i}\left(\left(1-\frac{T_k}{n_k-j+1}\right)^{m_k-1}\right)\right) \qquad (3.55)
\end{aligned}$$

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{UNI+DS+MT}[m_1,\ldots,m_C,n_1,\ldots,n_C,T_1,\ldots,T_C]$) สามารถหาได้จากสมการ

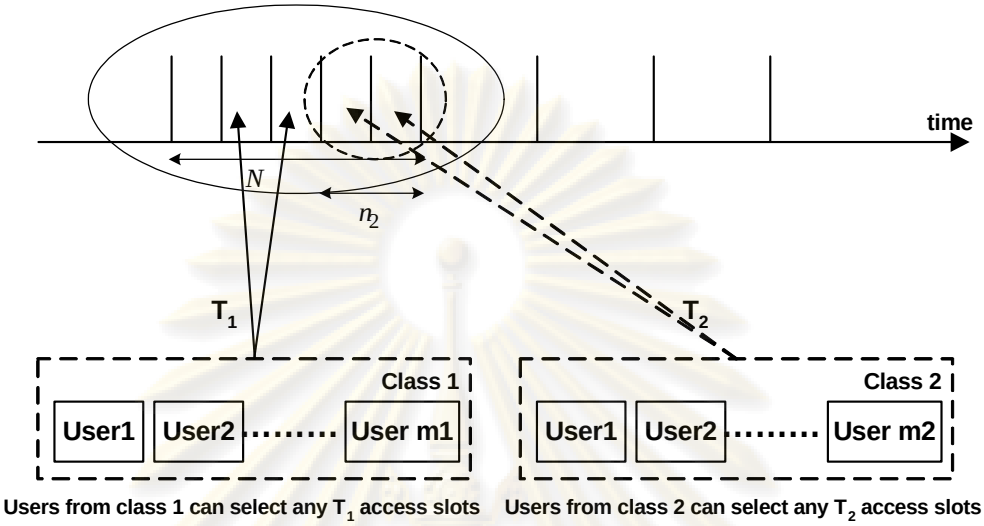
$$\begin{aligned}
&S_{UNI+DS+MT}[m_1,..,m_C,n_1,..,n_C,T_1,..,T_C] \\
&=\sum_{i=1}^{C}\binom{m_i}{1}P_i[m_1,..,m_C,n_1,..,n_C,T_1,..,T_C] \qquad (3.56)
\end{aligned}$$

3.4 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT (Partial Uniform + Multi-Token)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT นั้น เป็นเทคนิคที่ปรับปรุงมาจากเทคนิคการจองแบบ Partial UNI แตกต่างตรงที่ผู้ใช้บริการในแต่ละคลาสจะสามารถจองช่องสัญญาณได้เท่ากับจำนวนใบจองที่ได้รับแจ้งจากสถานีฐาน รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

UNI+MT ในกรณีที่ระบบรองรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน m_1 และ m_2 ราย ช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จะสามารถเข้าจองได้เท่ากับ N และ n_2 ช่อง และจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_1 และ T_2 ใบ



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT

3.4.1 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส

จากการแบ่งผู้ใช้บริการและช่องสัญญาณจองออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนหนึ่งเป็นส่วนที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 เข้าจองได้เพียงเท่านั้น อีกส่วนเป็นส่วนที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 หรือ ผู้ใช้บริการคลาส 2 เข้าจองได้ ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 และ m_2 ราย ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เข้าจองได้จำนวน N ช่อง และช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เข้าจองได้จำนวน n_2 ช่อง โดยที่ $n_2 \le N$ จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_1 และ T_2 ใบ ($P_{Partial\,UNI+MT1}[m_1, m_2, N, n_2, T_1, T_2]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$P_{Partial\,UNI+MT1}[m_1, m_2, N, n_2, T_1, T_2]$$
$$= \sum_{i=1}^{T_1} \binom{T_1}{i} (-1)^{i+1} \sum_{\substack{k_1+k_2=i \\ k_1 \in \{0,\ldots,n_1\} \\ k_2 \in \{0,\ldots,n_2\}}} \left(\frac{i!}{k_1! k_2!} \right) P_1^{k_1}(m_1, m_2, n_1, n_2, T_1, T_2) P_2^{k_2}(m_1, m_2, n_1 - k_1, n_2, T_1, T_2) \quad (3.57)$$

โดยกำหนดให้ $n_1 = N - n_2$ เราสามารถหาค่าของ $P_1^{k_1}(m_1, m_2, n_1, n_2, T_1, T_2)$ และ $P_2^{k_2}(m_1, m_2, n_1 - k_1, n_2, T_1, T_2)$ ได้จากสมการ (3.58) และสมการ (3.59) ตามลำดับ

$$P_1^{k_1}(m_1, m_2, n_1, n_2, T_1, T_2) = P_1^{k_1-1}(m_1, m_2, n_1, n_2, T_1, T_2) P_1^1(m_1, m_2, n_1 - (k_1 - 1), n_2, T_1, T_2) \quad (3.58)$$

$$P_2^{k_2}(m_1, m_2, n_1, n_2, T_1, T_2) = P_2^{k_2-1}(m_1, m_2, n_1, n_2, T_1, T_2) P_2^1(m_1, m_2, n_1, n_2 - (k_2 - 1), T_1, T_2) \quad (3.59)$$

โดยค่า $P_1^1(m_1, m_2, n_1, n_2, T_1, T_2)$ และ $P_2^1(m_1, m_2, n_1, n_2, T_1, T_2)$ มีค่าดังนี้

$$P_1^1(m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2)=\frac{n_1}{n_1+n_2}\left(1-\frac{T_1}{n_1+n_2}\right)^{m_1-1} \tag{3.60}$$

$$P_2^1(m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2)=\frac{n_2}{n_1+n_2}\left(1-\frac{T_1}{n_1+n_2}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{n_2}\right)^{m_2} \tag{3.61}$$

กำหนดค่าขอบเขตของสมการ (3.58) และ (3.59) ไว้ดังนี้

$$P_1^k(m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2)=\begin{cases}0 & if\ k<0,n_1\geq 0,n_2\geq 0\\ 1 & if\ k=0,n_1\geq 0,n_2\geq 0\\ 0 & if\ k>n_1,n_1\geq 0,n_2\geq 0\end{cases} \tag{3.62}$$

$$P_2^k(m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2)=\begin{cases}0 & if\ k<0,n_1\geq 0,n_2\geq 0\\ 1 & if\ k=0,n_1\geq 0,n_2\geq 0\\ 0 & if\ k>n_2,n_1\geq 0,n_2\geq 0\end{cases} \tag{3.63}$$

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 2 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 และ m_2 ราย ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เข้าจองได้จำนวน N ช่อง และช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เข้าจองได้จำนวน n_2 ช่อง โดยที่ $n_2 \leq N$ จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_1 และ T_2 ใบ ($P_{Partial UNI+MT2}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$\begin{aligned}&P_{Partial UNI+MT2}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2]\\&=\sum_{i=1}^{T_2}\binom{T_2}{i}(-1)^{i+1}P_2^i(m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2)\end{aligned} \tag{3.64}$$

โดย $P_2^{k_2}(m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2)$ มีค่าดังนี้

$$P_2^{k_2}(m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2)=P_2^{k_2-1}(m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2)P_2^1(m_1,m_2,n_1,n_2-(k_2-1),T_1,T_2) \tag{3.65}$$

และ $P_2^1(m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2)$ มีค่าดังนี้

$$P_2^1(m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2)=\left(1-\frac{T_2}{n_2}\right)^{m_2-1}\left(1-\frac{T_1}{n_1+n_2}\right)^{m_1} \tag{3.66}$$

กำหนดค่าขอบเขตของสมการ (3.65) ไว้ดังนี้

$$P_2^k(m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2)=\begin{cases}0 & if\ k<0,n_1\geq 0,n_2\geq 0\\ 0 & if\ k=0,n_1\geq 0,n_2\geq 0\\ 0 & if\ k>n_2,n_1\geq 0,n_2\geq 0\end{cases}$$

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{Partial\ UNI+MT}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2]$) หาได้จากสมการ

$$\begin{aligned}&S_{Partial\ UNI+MT}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2]\\&=S_{Partial\ UNI+MT1}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2]+S_{Partial\ UNI+MT2}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2]\end{aligned} \tag{3.67}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หรือ

$$S_{Partial\ UNI+MT}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2]$$
$$=\binom{m_1}{1}P_{Partial UNI+MT1}(m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2)+\binom{m_2}{1}P_{Partial UNI+MT2}(m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2)$$

โดย

$S_{Partial\ UNI+MT1}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{Partial\ UNI+MT2}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

และค่า γ_s ซึ่งเป็นอัตราส่วนความน่าเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 สามารถหาได้ดังนี้

$$\gamma_s=(S_{Partial\ UNI+MT1}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2]/m_1)/(S_{Partial\ UNI+MT2}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2]/m_2)$$

หรือ

$$\gamma_s=\frac{\binom{m_1}{1}P_{Partial UNI+MT1}(m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2)/m_1}{\binom{m_2}{1}P_{Partial UNI+MT2}(m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2)/m_2}$$
$$=\frac{P_{Partial UNI+MT1}(m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2)}{P_{Partial UNI+MT2}(m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2)} \quad (3.68)$$

3.4.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 m_2 และ m_3 รายช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เข้าจองได้จำนวน N ช่อง ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เข้าจองได้จำนวน n_2 ช่อง และช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 3 เข้าจองได้จำนวน n_3 ช่อง โดยที่ $n_3<n_2<N$ จำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ T_1, T_2 และ T_3 ใบ ตามลำดับ ($P_{Partial UNI+MT1}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$P_{Partial UNI+MT1}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]$$
$$=\sum_{i=1}^{T_1}\binom{T_1}{i}(-1)^{i+1}\sum_{\substack{k_1+k_2+k_3=i\\k_1\in\{0,\ldots,n_1\}\\k_2\in\{0,\ldots,n_2\}\\k_3\in\{0,\ldots,n_3\}}}\left(\frac{i!}{k_1!k_2!k_3!}\right)\begin{pmatrix}P_1^{k_1}(m_1,m_2,m_3,n_1',n_2',n_3',T_1,T_2,T_3)\\ \times P_2^{k_2}(m_1,m_2,m_3,n_1'-k_1,n_2',n_3',T_1,T_2,T_3)\\ \times P_3^{k_3}(m_1,m_2,m_3,n_1'-k_1,n_2'-k_2,n_3',T_1,T_2,T_3)\end{pmatrix} \quad (3.69)$$

โดยกำหนดให้ $n_1'=N-n_2$ $n_2'=n_2-n_3$ และ $n_3'=n_3$ เราสามารถหาค่าของ $P_1^{k_1}(m_1,m_2,m_3,n_1',n_2',n_3',T_1,T_2,T_3)$ $P_2^{k_2}(m_1,m_2,m_3,n_1',n_2',n_3',T_1,T_2,T_3)$ และ $P_3^{k_3}(m_1,m_2,m_3,n_1',n_2',n_3',T_1,T_2,T_3)$ ได้จากสมการ (3.70) (3.71) และสมการ (3.72) ตามลำดับ

$$P_1^{k_1}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'},n_2^{'},n_3^{'},T_1,T_2,T_3)$$
$$=P_1^{k_1-1}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'},n_2^{'},n_3^{'},T_1,T_2,T_3)P_1^{1}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'}-(k_1-1),n_2^{'},n_3^{'},T_1,T_2,T_3) \quad (3.70)$$

$$P_2^{k_2}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'},n_2^{'},n_3^{'},T_1,T_2,T_3)$$
$$=P_2^{k_2-1}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'},n_2^{'},n_3^{'},T_1,T_2,T_3)P_2^{1}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'},n_2^{'}-(k_2-1),n_3^{'},T_1,T_2,T_3) \quad (3.71)$$

$$P_3^{k_3}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'},n_2^{'},n_3^{'},T_1,T_2,T_3)$$
$$=P_3^{k_3-1}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'},n_2^{'},n_3^{'},T_1,T_2,T_3)P_3^{1}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'},n_2^{'},n_3^{'}-(k_3-1),T_1,T_2,T_3) \quad (3.72)$$

โดยค่า $P_1^{1}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'},n_2^{'},n_3^{'},T_1,T_2,T_3)$ $P_2^{1}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'},n_2^{'},n_3^{'},T_1,T_2,T_3)$ และ $P_3^{1}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'},n_2^{'},n_3^{'},T_1,T_2,T_3)$ มีค่าดังนี้

$$P_1^{1}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'},n_2^{'},n_3^{'},T_1,T_2,T_3)=\frac{n_1^{'}}{n_1^{'}+n_2^{'}+n_3^{'}}\left(1-\frac{T_1}{n_1^{'}+n_2^{'}+n_3^{'}}\right)^{m_1-1} \quad (3.73)$$

$$P_2^{1}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'},n_2^{'},n_3^{'},T_1,T_2,T_3)=\frac{n_2^{'}}{n_1^{'}+n_2^{'}+n_3^{'}}\left(1-\frac{T_1}{n_1^{'}+n_2^{'}+n_3^{'}}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{n_2^{'}+n_3^{'}}\right)^{m_2} \quad (3.74)$$

$$P_3^{1}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'},n_2^{'},n_3^{'},T_1,T_2,T_3)$$
$$=\frac{n_3^{'}}{n_1^{'}+n_2^{'}+n_3^{'}}\left(1-\frac{T_1}{n_1^{'}+n_2^{'}+n_3^{'}}\right)^{m_1-1}\left(1-\frac{T_2}{n_2^{'}+n_3^{'}}\right)^{m_2}\left(1-\frac{T_3}{n_3^{'}}\right)^{m_3} \quad (3.75)$$

กำหนดค่าขอบเขตของสมการ (3.70) (3.71) และ (3.72) ไว้ดังนี้

$$P_1^{k}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'},n_2^{'},n_3^{'},T_1,T_2,T_3)=\begin{cases}0 & if\ k<0,n_1^{'}\geq 0,n_2^{'}\geq 0,n_3^{'}\geq 0\\ 1 & if\ k=0,n_1^{'}\geq 0,n_2^{'}\geq 0,n_3^{'}\geq 0\\ 0 & if\ k>n_1^{'},n_1^{'}\geq 0,n_2^{'}\geq 0,n_3^{'}\geq 0\end{cases} \quad (3.76)$$

$$P_2^{k}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'},n_2^{'},n_3^{'},T_1,T_2,T_3)=\begin{cases}0 & if\ k<0,n_1^{'}\geq 0,n_2^{'}\geq 0,n_3^{'}\geq 0\\ 1 & if\ k=0,n_1^{'}\geq 0,n_2^{'}\geq 0,n_3^{'}\geq 0\\ 0 & if\ k>n_2^{'},n_1^{'}\geq 0,n_2^{'}\geq 0,n_3^{'}\geq 0\end{cases} \quad (3.77)$$

$$P_3^{k}(m_1,m_2,m_3,n_1^{'},n_2^{'},n_3^{'},T_1,T_2,T_3)=\begin{cases}0 & if\ k<0,n_1^{'}\geq 0,n_2^{'}\geq 0,n_3^{'}\geq 0\\ 1 & if\ k=0,n_1^{'}\geq 0,n_2^{'}\geq 0,n_3^{'}\geq 0\\ 0 & if\ k>n_3^{'},n_1^{'}\geq 0,n_2^{'}\geq 0,n_3^{'}\geq 0\end{cases} \quad (3.78)$$

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 2 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เข้าจองได้จำนวน N ช่อง ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เข้าจองได้จำนวน n_2 ช่อง และช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส

3 เข้าจองได้จำนวน n_3 ช่อง โดยที่ $n_3 < n_2 < N$ จำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ T_1, T_2 และ T_3 ใบ ตามลำดับ ($P_{PartialUNI+MT2}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, T_1, T_2, T_3]$) ได้จากสมการ

$$P_{PartialUNI+MT2}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, T_1, T_2, T_3]$$
$$= \sum_{i=1}^{T_2} \binom{T_2}{i} (-1)^{i+1} \sum_{\substack{k_2+k_3=i \\ k_2 \in \{0,\ldots,n_2\} \\ k_3 \in \{0,\ldots,n_3\}}} \left(\frac{i!}{k_2!k_3!} \right) \left(\begin{matrix} P_2^{k_2}(m_1, m_2, m_3, n_1', n_2', n_3', T_1, T_2, T_3) \\ \times P_3^{k_3}(m_1, m_2, m_3, n_1', n_2' - k_2, n_3', T_1, T_2, T_3) \end{matrix} \right) \quad (3.79)$$

โดยกำหนดให้ $n_1' = N - n_2$ $n_2' = n_2 - n_3$ และ $n_3' = n_3$ เราสามารถหาค่าของ $P_2^{k_2}(m_1, m_2, m_3, n_1', n_2', n_3', T_1, T_2, T_3)$ และ $P_3^{k_3}(m_1, m_2, m_3, n_1', n_2', n_3', T_1, T_2, T_3)$ ได้จากสมการ (3.80) และสมการ (3.81) ตามลำดับ

$$P_2^{k_2}(m_1, m_2, m_3, n_1', n_2', n_3', T_1, T_2, T_3)$$
$$= P_2^{k_2-1}(m_1, m_2, m_3, n_1', n_2', n_3', T_1, T_2, T_3) P_2^1(m_1, m_2, m_3, n_1', n_2' - (k_2 - 1), n_3', T_1, T_2, T_3) \quad (3.80)$$

$$P_3^{k_3}(m_1, m_2, m_3, n_1', n_2', n_3', T_1, T_2, T_3)$$
$$= P_3^{k_3-1}(m_1, m_2, m_3, n_1', n_2', n_3', T_1, T_2, T_3) P_3^1(m_1, m_2, m_3, n_1', n_2', n_3' - (k_3 - 1), T_1, T_2, T_3) \quad (3.81)$$

โดยค่า $P_2^1(m_1, m_2, m_3, n_1', n_2', n_3', T_1, T_2, T_3)$ และ $P_3^1(m_1, m_2, m_3, n_1', n_2', n_3', T_1, T_2, T_3)$ มีค่าดังนี้

$$P_2^1(m_1, m_2, m_3, n_1', n_2', n_3', T_1, T_2, T_3) = \frac{n_2'}{n_2' + n_3'} \left(1 - \frac{T_2}{n_2' + n_3'} \right)^{m_2 - 1} \left(1 - \frac{T_1}{n_1' + n_2' + n_3'} \right)^{m_1} \quad (3.82)$$

$$P_3^1(m_1, m_2, m_3, n_1', n_2', n_3', T_1, T_2, T_3)$$
$$= \frac{n_3'}{n_2' + n_3'} \left(1 - \frac{T_2}{n_2' + n_3'} \right)^{m_2 - 1} \left(1 - \frac{T_1}{n_1' + n_2' + n_3'} \right)^{m_1} \left(1 - \frac{T_3}{n_3'} \right)^{m_3} \quad (3.83)$$

กำหนดค่าขอบเขตของสมการ (3.80) และ (3.81) ไว้ดังนี้

$$P_2^k(m_1, m_2, m_3, n_1', n_2', n_3', T_1, T_2, T_3) = \begin{cases} 0 & if\ k < 0, n_1' \geq 0, n_2' \geq 0, n_3' \geq 0 \\ 1 & if\ k = 0, n_1' \geq 0, n_2' \geq 0, n_3' \geq 0 \\ 0 & if\ k > n_2', n_1' \geq 0, n_2' \geq 0, n_3' \geq 0 \end{cases} \quad (3.84)$$

$$P_3^k(m_1, m_2, m_3, n_1', n_2', n_3', T_1, T_2, T_3) = \begin{cases} 0 & if\ k < 0, n_1' \geq 0, n_2' \geq 0, n_3' \geq 0 \\ 1 & if\ k = 0, n_1' \geq 0, n_2' \geq 0, n_3' \geq 0 \\ 0 & if\ k > n_3', n_1' \geq 0, n_2' \geq 0, n_3' \geq 0 \end{cases} \quad (3.85)$$

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 3 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เข้าจองได้จำนวน N ช่อง ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เข้าจองได้จำนวน n_2 ช่อง และช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 3 เข้าจองได้จำนวน n_3 ช่อง โดยที่ $n_3 < n_2 < N$ จำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ T_1, T_2 และ T_3 ใบ ตามลำดับ ($P_{Partial UNI+MT3}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]$) ได้จากสมการ

$$P_{Partial UNI+MT3}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3] = \sum_{i=1}^{T_3}\binom{T_3}{i}(-1)^{i+1}P_3^i(m_1,m_2,m_3,n_1',n_2',n_3',T_1,T_2,T_3) \quad (3.86)$$

โดยกำหนดให้ $n_1' = N - n_2$ $n_2' = n_2 - n_3$ และ $n_3' = n_3$ เราสามารถหาค่าของ $P_3^{k_3}(m_1,m_2,m_3,n_1',n_2',n_3',T_1,T_2,T_3)$ ได้จากสมการต่อไปนี้

$$P_3^{k_3}(m_1,m_2,m_3,n_1',n_2',n_3',T_1,T_2,T_3) = P_3^{k_3-1}(m_1,m_2,m_3,n_1',n_2',n_3',T_1,T_2,T_3)P_3^1(m_1,m_2,m_3,n_1',n_2',n_3'-(k_3-1),T_1,T_2,T_3) \quad (3.87)$$

โดย $P_3^1(m_1,m_2,m_3,n_1',n_2',n_3',T_1,T_2,T_3)$ มีค่าดังนี้

$$P_3^1(m_1,m_2,m_3,n_1',n_2',n_3',T_1,T_2,T_3) = \left(1-\frac{T_3}{n_3'}\right)^{m_3-1}\left(1-\frac{T_2}{n_2'+n_3'}\right)^{m_2}\left(1-\frac{T_1}{n_1'+n_2'+n_3'}\right)^{m_1} \quad (3.88)$$

กำหนดค่าขอบเขตของสมการ (3.87) ไว้ดังนี้

$$P_3^k(m_1,m_2,m_3,n_1',n_2',n_3',T_1,T_2,T_3) = \begin{cases} 0 & if\ k<0, n_1'\ge 0, n_2'\ge 0, n_3'\ge 0 \\ 1 & if\ k=0, n_1'\ge 0, n_2'\ge 0, n_3'\ge 0 \\ 0 & if\ k>n_3', n_1'\ge 0, n_2'\ge 0, n_3'\ge 0 \end{cases} \quad (3.89)$$

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{Partial UNI+MT}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]$) หาได้จากสมการ

$$\begin{aligned} &S_{Partial UNI+MT}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3] \\ &= S_{Partial UNI+MT1}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3] + S_{Partial UNI+MT2}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3] \\ &+ S_{Partial UNI+MT3}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3] \end{aligned} \quad (3.90)$$

หรือ

$$\begin{aligned} &S_{Partial UNI+MT}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3] \\ &= \binom{m_1}{1}P_{Partial UNI+MT1}(m_1,m_2,m_3,n_1',n_2',n_3',T_1,T_2,T_3) \\ &+ \binom{m_2}{1}P_{Partial UNI+MT2}(m_1,m_2,m_3,n_1',n_2',n_3',T_1,T_2,T_3) \\ &+ \binom{m_3}{1}P_{Partial UNI+MT3}(m_1,m_2,m_3,n_1',n_2',n_3',T_1,T_2,T_3) \end{aligned}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย

$S_{Partial\ UNI+MT1}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{Partial\ UNI+MT2}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{Partial\ UNI+MT3}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 3 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

3.4.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส j รายหนึ่งจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส i ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_i ราย ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส i เข้าจองได้จำนวน n_i ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส i ได้รับเท่ากับ T_i ใบ ($P_{PartialUNI+MTj}[m_1,\ldots,m_C,n_1,\ldots,n_C,T_1,\ldots,T_C]$) สามารถหาได้จากสมการ

$P_{PartialUNI+MTj}[m_1,\ldots,m_C,n_1,\ldots,n_C,T_1,\ldots,T_C]$

$$=\sum_{i=1}^{T_j}\left(\begin{array}{l}\binom{T_j}{i}(-1)^{i+1}\\ \times\sum\limits_{\substack{k_j+k_{j+1}+\ldots+k_C=i\\ k_j\in\{0,\ldots,n_j\}\\ \vdots\\ k_C\in\{0,\ldots,n_C\}}}\left(\begin{array}{l}\left(\frac{i!}{k_j!k_{j+1}!\cdots k_C!}\right)\\ \left(\begin{array}{l}P_j^{k_j}(m_1,\ldots,m_C,n_1',\ldots,n_{j-1}',n_j',n_{j+1}',n_{j+2}',\ldots,n_C',T_1,\ldots,T_C)\\ \times P_{j+1}^{k_{j+1}}(m_1,\ldots,m_C,n_1',\ldots,n_{j-1}',n_j'-k_j,n_{j+1}',n_{j+2}',\ldots,n_C',T_1,\ldots,T_C)\\ \times P_{j+2}^{k_{j+2}}(m_1,\ldots,m_C,n_1',\ldots,n_{j-1}',n_j'-k_j,n_{j+1}'-k_{j+1},n_{j+2}',\ldots,n_C',T_1,\ldots,T_C)\\ \vdots\\ \times P_C^{k_C}(m_1,\ldots,m_C,n_1',\ldots,n_{j-1}',n_j'-k_j,n_{j+1}'-k_{j+1},\ldots,n_{C-1}'-k_{C-1},n_C',T_1,\ldots,T_C)\end{array}\right)\end{array}\right)\end{array}\right)$$

(3.91)

โดยกำหนดให้ $n_1'=n_1-n_2$ $n_2'=n_2-n_3$ ... $n_{C-1}'=n_{C-1}-n_C$ $n_C'=n_C$ เราสามารถหาค่าของ $P_j^{k_j}(m_1,\ldots,m_C,n_1',\ldots,n_{j-1}',n_j',n_{j+1}',n_{j+2}',\ldots,n_C',T_1,\ldots,T_C)$ ได้ดังนี้

$$P_j^{k_j}(m_1,\ldots,m_C,n_1',\ldots,n_{j-1}',n_j',n_{j+1}',n_{j+2}',\ldots,n_C',T_1,\ldots,T_C)$$
$$=P_j^{k_j-1}(m_1,\ldots,m_C,n_1',\ldots,n_{j-1}',n_j',n_{j+1}',n_{j+2}',\ldots,n_C',T_1,\ldots,T_C)$$
$$\times P_j^1(m_1,\ldots,m_C,n_1',\ldots,n_{j-1}',n_j'-(k_j-1),n_{j+1}',n_{j+2}',\ldots,n_C',T_1,\ldots,T_C)$$

(3.92)

โดยค่า $P_j^1(m_1,\ldots,m_C,n_1',\ldots,n_{j-1}',n_j',n_{j+1}',n_{j+2}',\ldots,n_C',T_1,\ldots,T_C)$ มีค่าดังนี้

$$P_j^1(m_1,\ldots,m_C,n_1^{'},\ldots,n_{j-1}^{'},n_j^{'},n_{j+1}^{'},n_{j+2}^{'},\ldots,n_C^{'},T_1,\ldots,T_C)$$
$$=\frac{n_j^{'}}{n_j^{'}+\ldots+n_C^{'}}\left(1-\frac{T_j}{n_j^{'}+\ldots+n_C^{'}}\right)^{m_j-1}\prod_{\substack{s=1\\ j\neq 1}}^{j-1}\left(1-\frac{T_s}{n_s^{'}+n_{s+1}^{'}+\ldots+n_j^{'}}\right)^{m_j} \quad (3.93)$$

สำหรับกรณี $j=1$ จะได้

$$P_1^1(m_1,\ldots,m_C,n_1^{'},\ldots,n_C^{'},T_1,\ldots,T_C)$$
$$=\frac{n_1^{'}}{n_1^{'}+\ldots+n_C^{'}}\left(1-\frac{T_1}{n_1^{'}+\ldots+n_C^{'}}\right)^{m_1-1}$$

กำหนดค่าขอบเขตของสมการ (3.92) ไว้ดังนี้

$$P_j^k(m_1,\ldots,m_C,n_1^{'},\ldots,n_C^{'},T_1,\ldots,T_C)$$
$$=\begin{cases}0 & if\ k<0,n_1^{'}\geq 0,\ldots,n_j^{'}\geq 0,\ldots,n_C^{'}\geq 0\\ 1 & if\ k=0,n_1^{'}\geq 0,\ldots,n_j^{'}\geq 0,\ldots,n_C^{'}\geq 0\\ 0 & if\ k>n_j^{'},n_1^{'}\geq 0,\ldots,n_j^{'}\geq 0,\ldots,n_C^{'}\geq 0\end{cases} \quad (3.94)$$

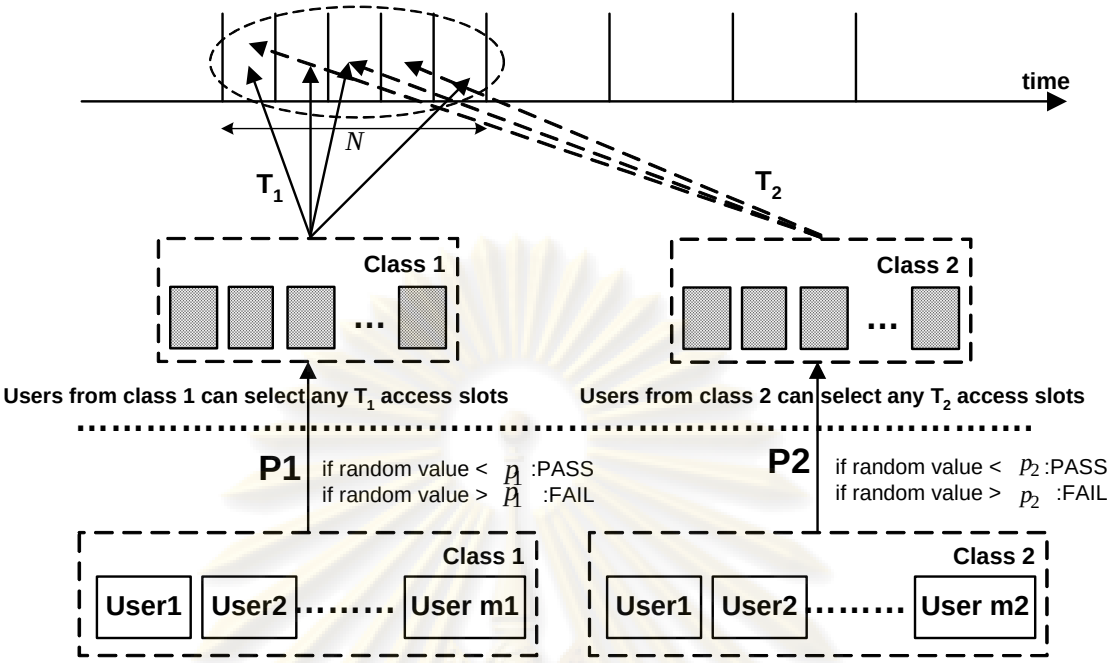
สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ $(S_{PartialUNI+MT}[m_1,\ldots,m_C,n_1^{'},\ldots,n_C^{'},T_1,\ldots,T_C])$ สามารถหาได้จากสมการ

$$S_{PartialUNI+MT}[m_1,..,m_C,n_1^{'},..,n_C^{'},T_1,..,T_C]$$
$$=\sum_{j=1}^{C}\binom{m_j}{1}P_{PartialUNI+MTj}(m_1,..,m_C,n_1^{'},..,n_C^{'},T_1,..,T_C) \quad (3.95)$$

3.5 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA (Uniform + Multi-Token + Multiple Limited Access)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA นั้น จะมีการกำหนดจำนวนใบจองร่วมกับการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่แตกต่างกันให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส รูปที่ 3.7 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA ในกรณีที่ระบบรองรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน m_1 และ m_2 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จะสามารถเข้าจองได้เท่ากับ N ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_1 และ T_2 ใบ และกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA

3.5.1 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 และ m_2 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ N ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_1 และ T_2 ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2 ($P_{UNI+MT+MLA1}[m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2]$) แสดงได้ดังสมการ

$$P_{UNI+MT+MLA1}[m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2]$$
$$=\sum_{a_1=0}^{m_1}\sum_{a_2=0}^{m_2}\left(b[m_1,a_1,p_1]\,b[m_2,a_2,p_2]P_{UNI+MT1}[a_1,a_2,N,T_1,T_2]\right) \quad (3.96)$$

โดย $P_{UNI+MT1}[a_1,a_2,N,T_1,T_2]$ หาได้จากสมการ (3.32)

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 2 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 และ m_2 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ N ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_1 และ T_2 ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2 ($P_{UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2]$) แสดงได้ดังสมการ

$$P_{UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2]$$
$$=\sum_{a_1=0}^{m_1}\sum_{a_2=0}^{m_2}\left(b[m_1,a_1,p_1]\,b[m_2,a_2,p_2]P_{UNI+MT2}[a_1,a_2,N,T_1,T_2]\right) \quad (3.97)$$

โดย $P_{UNI+MT2}[a_1,a_2,N,T_1,T_2]$ หาได้จากสมการ (3.33)

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{UNI+MT+MLA}[m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2]$) หาได้จากสมการ

$$S_{UNI+MT+MLA}[m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2]$$
$$= S_{UNI+MT+MLA1}[m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2]+S_{UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2] \quad (3.98)$$

หรือ

$$S_{UNI+MT+MLA}[m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2]$$
$$=\binom{m_1}{1}P_{UNI+MT+MLA1}(m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2)+\binom{m_2}{1}P_{UNI+MT+MLA2}(m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2) \quad (3.99)$$

โดย

$S_{UNI+MT+MLA1}[m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

และค่า γ_s ซึ่งเป็นอัตราส่วนความน่าเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 สามารถหาได้ดังนี้

$$\gamma_s = (S_{UNI+MT+MLA1}[m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2]/m_1)/(S_{UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2]/m_2)$$

หรือ

$$\gamma_s = \frac{\binom{m_1}{1}P_{UNI+MT+MLA1}(m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2)/m_1}{\binom{m_2}{1}P_{UNI+MT+MLA2}(m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2)/m_2} \quad (3.100)$$
$$= \frac{P_{UNI+MT+MLA1}(m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2)}{P_{UNI+MT+MLA2}(m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2)}$$

3.5.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ N ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ได้รับเท่ากับ T_1 T_2 และ T_3 ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ p_1 p_2 และ p_3 ($P_{UNI+MT+MLA1}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$) แสดงได้ดังสมการ

$$P_{UNI+MT+MLA1}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$$
$$=\sum_{a_1=0}^{m_1}\sum_{a_2=0}^{m_2}\sum_{a_3=0}^{m_3}\left(b[m_1,a_1,p_1]\,b[m_2,a_2,p_2]b[m_3,a_3,p_3]P_{UNI+MT1}[a_1,a_2,a_3,N,T_1,T_2,T_3]\right) \quad (3.101)$$

โดย $P_{UNI+MT1}[a_1,a_2,a_3,N,T_1,T_2,T_3]$ หาได้จากสมการ (3.36)

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 2 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ N ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ได้รับเท่ากับ T_1 T_2 และ T_3 ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ p_1 p_2 และ p_3 ($P_{UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$) แสดงได้ดังสมการ

$$P_{UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$$
$$=\sum_{a_1=0}^{m_1}\sum_{a_2=0}^{m_2}\sum_{a_3=0}^{m_3}\left(b[m_1,a_1,p_1]\,b[m_2,a_2,p_2]b[m_3,a_3,p_3]P_{UNI+MT2}[a_1,a_2,a_3,N,T_1,T_2,T_3]\right) \quad (3.102)$$

โดย $P_{UNI+MT2}[a_1,a_2,a_3,N,T_1,T_2,T_3]$ หาได้จากสมการ (3.37)

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 3 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ N ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ได้รับเท่ากับ T_1 T_2 และ T_3 ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ p_1 p_2 และ p_3 ($P_{UNI+MT+MLA3}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$) แสดงได้ดังสมการ

$$P_{UNI+MT+MLA3}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$$
$$=\sum_{a_1=0}^{m_1}\sum_{a_2=0}^{m_2}\sum_{a_3=0}^{m_3}\left(b[m_1,a_1,p_1]\,b[m_2,a_2,p_2]b[m_3,a_3,p_3]P_{UNI+MT3}[a_1,a_2,a_3,N,T_1,T_2,T_3]\right) \quad (3.103)$$

โดย $P_{UNI+MT3}[a_1,a_2,a_3,N,T_1,T_2,T_3]$ หาได้จากสมการ (3.38)

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{UNI+MT+MLA}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$) หาได้จากสมการ

$$\begin{aligned}S_{UNI+MT+MLA}&[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]\\&=S_{UNI+MT+MLA1}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]\\&+S_{UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]\\&+S_{UNI+MT+MLA3}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]\end{aligned} \quad (3.104)$$

หรือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$
\begin{aligned}
&S_{UNI+MT+MLA}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3] \\
&=\binom{m_1}{1}P_{UNI+MT+MLA1}(m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3) \\
&+\binom{m_2}{1}P_{UNI+MT+MLA2}(m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3) \\
&+\binom{m_3}{1}P_{UNI+MT+MLA3}(m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3)
\end{aligned}
\tag{3.105}
$$

โดย

$S_{UNI+MT+MLA1}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{UNI+MT+MLA3}[m_1,m_2,m_3,N,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 3 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

3.5.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส k รายหนึ่งจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส i ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_i ราย ช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการทุกคลาสเข้าจองได้จำนวน N ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส i ได้รับเท่ากับ T_i ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส i เท่ากับ p_i ($P_{UNI+MT+MLAk}[m_1,...,m_C,N,T_1,...,T_C,p_1,...,p_C]$) แสดงได้ดังสมการ

$$
\begin{aligned}
&P_{UNI+MT+MLAk}[m_1,...,m_C,N,T_1,...,T_C,p_1,...,p_C] \\
&=\sum_{a_1=0}^{m_1}\cdots\sum_{a_C=0}^{m_C}\left(\prod_{i=1}^{C}b[m_i,a_i,p_i]\times P_{UNI+MTk}[m_1,...,m_C,N,T_1,...,T_C]\right)
\end{aligned}
\tag{3.106}
$$

โดย $P_{UNI+MTk}[m_1,...,m_C,N,T_1,...,T_C]$ หาได้จากสมการ (3.40)

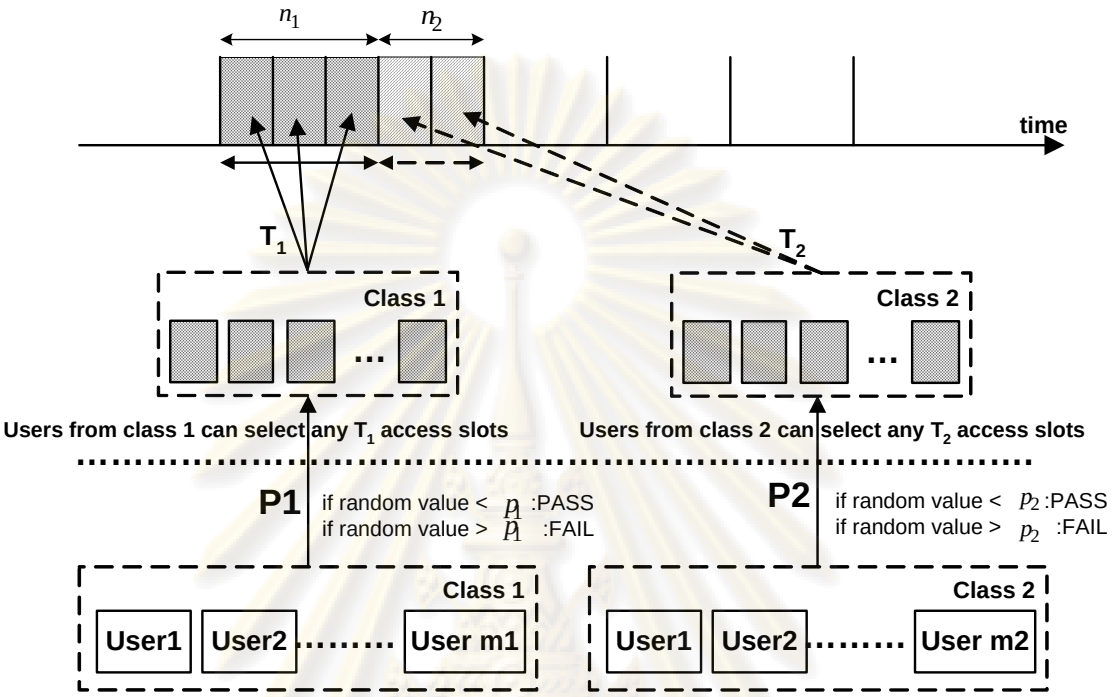
สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{UNI+MT+MLA}[m_1,...,m_C,N,T_1,...,T_C,p_1,...,p_C]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$
\begin{aligned}
&S_{UNI+MT+MLA}[m_1,...,m_C,N,T_1,...,T_C,p_1,...,p_C] \\
&=\sum_{i=1}^{C}\binom{m_i}{1}P_{UNI+MT+MLAi}[m_1,...,m_C,N,T_1,...,T_C,p_1,...,p_C]
\end{aligned}
\tag{3.107}
$$

3.6 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA (Uniform + Divided Slot + Multi-Token + Multiple Limited Access)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA นั้น จะมีการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองจำนวนใบจองและค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่แตกต่างกันให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส รูปที่ 3.8 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA ในกรณีที่ระบบรองรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน m_1 และ m_2 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการ

คลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จะสามารถเข้าจองได้เท่ากับ n_1 และ n_2 ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_1 และ T_2 ใบ และกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA

3.6.1 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 และ m_2 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ n_1 และ n_2 ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_1 และ T_2 ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2 ($P_{UNI+DS+MT+MLA1}[m_1, m_2, n_1, n_2, T_1, T_2, p_1, p_2]$) แสดงได้ดังสมการ

$$P_{UNI+DS+MT+MLA1}[m_1, m_2, n_1, n_2, T_1, T_2, p_1, p_2]$$
$$= \sum_{a_1=0}^{m_1} \left(b[m_1, a_1, p_1] \; P_{UNI+DS+MT1}[a_1, a_2, n_1, n_2, T_1, T_2] \right) \quad (3.108)$$

โดย $P_{UNI+DS+MT1}[a_1, a_2, n_1, n_2, T_1, T_2]$ หาได้จากสมการ (3.43)

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 2 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 และ m_2 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ n_1 และ n_2 ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_1 และ T_2 ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2 ($P_{UNI+DS+MT+MLA2}[m_1, m_2, n_1, n_2, T_1, T_2, p_1, p_2]$) แสดงได้ดังสมการ

$$P_{UNI+DS+MT+MLA2}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]$$
$$=\sum_{a_2=0}^{m_2}\left(b[m_2,a_2,p_2]\ P_{UNI+DS+MT2}[a_1,a_2,n_1,n_2,T_1,T_2]\right) \quad (3.109)$$

โดย $P_{UNI+DS+MT2}[a_1,a_2,n_1,n_2,T_1,T_2]$ หาได้จากสมการ (3.45)

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ $(S_{UNI+DS+MT+MLA}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2])$ หาได้จากสมการ

$$S_{UNI+DS+MT+MLA}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]$$
$$=S_{UNI+DS+MT+MLA1}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]+S_{UNI+DS+MT+MLA2}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2] \quad (3.110)$$

หรือ

$$S_{UNI+DS+MT+MLA}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]$$
$$=\binom{m_1}{1}P_{UNI+DS+MT+MLA1}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]$$
$$+\binom{m_2}{1}P_{UNI+DS+MT+MLA2}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2] \quad (3.111)$$

โดย

$S_{UNI+DS+MT+MLA1}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{UNI+DS+MT+MLA2}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

และค่า γ_s ซึ่งเป็นอัตราส่วนความน่าเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 สามารถหาได้ดังนี้

$$\gamma_s=\frac{(S_{UNI+DS+MT+MLA1}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]/m_1)}{(S_{UNI+DS+MT+MLA2}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]/m_2)}$$

หรือ

$$\gamma_s=\frac{\binom{m_1}{1}P_{UNI+DS+MT+MLA1}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]/m_1}{\binom{m_2}{1}P_{UNI+DS+MT+MLA2}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]/m_2} \quad (3.112)$$
$$=\frac{P_{UNI+DS+MT+MLA1}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]}{P_{UNI+DS+MT+MLA2}[m_1,m_2,n_1,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]}$$

3.6.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ n_1 n_2

และ n_3 ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ได้รับเท่ากับ T_1 T_2 และ T_3 ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 p_2 และ p_3 ($P_{UNI+DS+MT+MLA1}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$) แสดงได้ดังสมการ

$$P_{UNI+DS+MT+MLA1}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$$
$$=\sum_{a_1=0}^{m_1}\left(b[m_1,a_1,p_1]\ P_{UNI+DS+MT1}[a_1,a_2,a_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]\right) \quad (3.113)$$

โดย $P_{UNI+DS+MT1}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]$ หาได้จากสมการ (3.49)

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 2 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ n_1 n_2 และ n_3 ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ได้รับเท่ากับ T_1 T_2 และ T_3 ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 p_2 และ p_3 ($P_{UNI+DS+MT+MLA2}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$) แสดงได้ดังสมการ

$$P_{UNI+DS+MT+MLA2}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$$
$$=\sum_{a_2=0}^{m_2}\left(b[m_2,a_2,p_2]\ P_{UNI+DS+MT2}[a_1,a_2,a_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]\right) \quad (3.114)$$

โดย $P_{UNI+DS+MT2}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]$ หาได้จากสมการ (3.51)

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 3 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ n_1 n_2 และ n_3 ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ได้รับเท่ากับ T_1 T_2 และ T_3 ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 p_2 และ p_3 ($P_{UNI+DS+MT+MLA3}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$) แสดงได้ดังสมการ

$$P_{UNI+DS+MT+MLA3}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$$
$$=\sum_{a_3=0}^{m_3}\left(b[m_3,a_3,p_3]\ P_{UNI+DS+MT3}[a_1,a_2,a_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]\right) \quad (3.115)$$

โดย $P_{UNI+DS+MT3}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]$ หาได้จากสมการ (3.53)

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{UNI+DS+MT+MLA}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$) หาได้จากสมการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$
\begin{aligned}
&S_{UNI+DS+MT+MLA}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3] \\
&\quad = S_{UNI+DS+MT+MLA1}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3] \\
&\quad + S_{UNI+DS+MT+MLA2}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3] \\
&\quad + S_{UNI+DS+MT+MLA3}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]
\end{aligned}
\tag{3.116}
$$

หรือ

$$
\begin{aligned}
&S_{UNI+DS+MT+MLA}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3] \\
&\quad = \binom{m_1}{1} P_{UNI+DS+MT+MLA1}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3] \\
&\quad + \binom{m_2}{1} P_{UNI+DS+MT+MLA2}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3] \\
&\quad + \binom{m_3}{1} P_{UNI+DS+MT+MLA3}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]
\end{aligned}
\tag{3.117}
$$

โดย

$S_{UNI+DS+MT+MLA1}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{UNI+DS+MT+MLA2}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{UNI+DS+MT+MLA3}[m_1,m_2,m_3,n_1,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 3 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

3.6.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส k รายหนึ่งจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส j ทั้งหมดจำนวน m_j ราย ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส j เข้าจองได้จำนวน n_j ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส j ได้รับเท่ากับ T_j ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส j เท่ากับ p_j ($P_{UNI+DS+MT+MLAk}[m_1,...,m_C,n_1,...,n_C,T_1,...,T_C,p_1,...,p_C]$) แสดงได้ดังสมการ

$$
\begin{aligned}
&P_{UNI+DS+MT+MLAk}[m_1,...,m_C,n_1,...,n_C,T_1,...,T_C,p_1,...,p_C] \\
&= \sum_{a_k=0}^{m_k} \left(b[m_k,a_k,p_k] \times P_{UNI+DS+MTk}[m_1,...,m_C,n_1,...,n_C,T_1,...,T_C] \right)
\end{aligned}
\tag{3.118}
$$

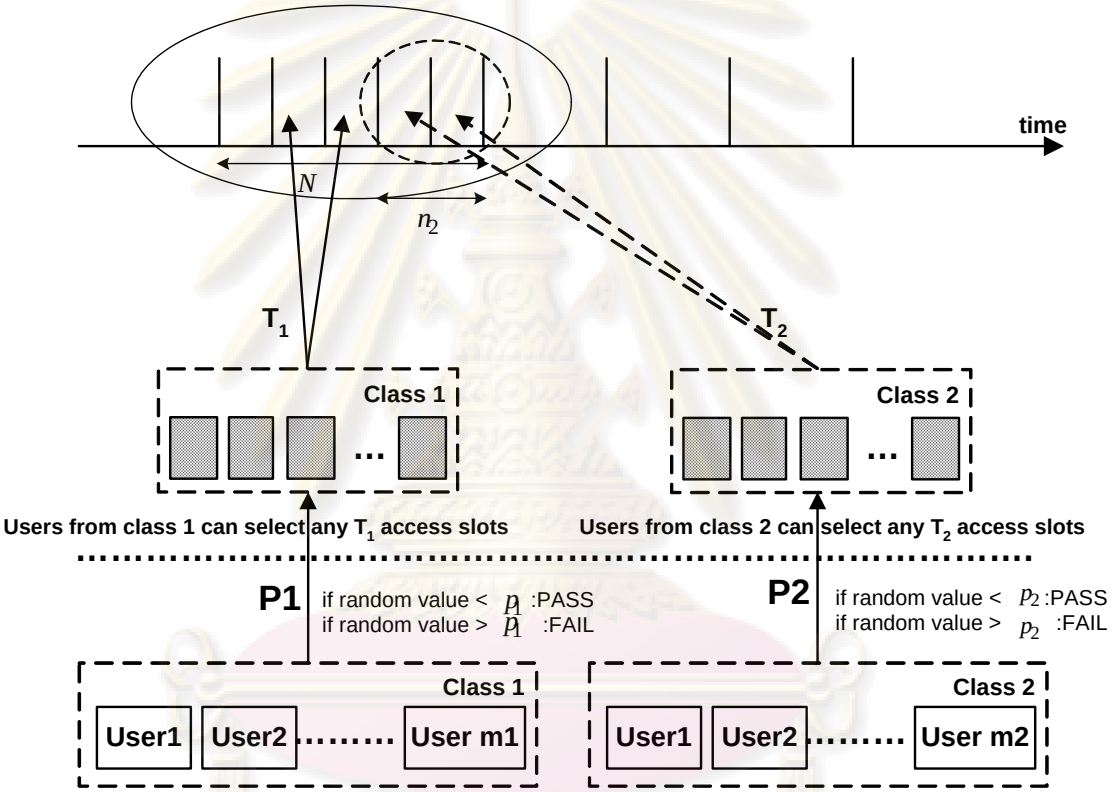
โดย $P_{UNI+DS+MTk}[m_1,...,m_C,n_1,...,n_C,T_1,...,T_C]$ หาได้จากสมการ (3.55)

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{UNI+DS+MT+MLA}[m_1,...,m_C,n_1,...,n_C,T_1,...,T_C,p_1,...,p_C]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$
\begin{aligned}
&S_{UNI+DS+MT+MLA}[m_1,...,m_C,n_1,...,n_C,T_1,...,T_C,p_1,...,p_C] \\
&\quad = \sum_{i=1}^{C} \binom{m_i}{1} P_{UNI+DS+MT+MLAi}[m_1,...,m_C,n_1,...,n_C,T_1,...,T_C,p_1,...,p_C]
\end{aligned}
\tag{3.119}
$$

3.7 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA (Partial Uniform + Multi-Token + Multiple Limited Access)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA นั้น จะมีการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง จำนวนใบจองและค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่แตกต่างกันให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส รูปที่ 3.9 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA ในกรณีที่ระบบรองรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน m_1 และ m_2 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จะสามารถเข้าจองได้เท่ากับ N และ n_2 ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_1 และ T_2 ใบ และกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA

3.7.1 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 และ m_2 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ N และ n_2 ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_1 และ T_2 ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2 ($P_{Partial\ UNI+MT+MLA1}[m_1, m_2, N, n_2, T_1, T_2, p_1, p_2]$) แสดงได้ดังสมการ

$$P_{Partial\ UNI+MT+MLA1}[m_1, m_2, N, n_2, T_1, T_2, p_1, p_2]$$
$$= \sum_{a_1=0}^{m_1} \sum_{a_2=0}^{m_2} \Big(b[m_1, a_1, p_1]\, b[m_2, a_2, p_2]\, P_{Partial\ UNI+MT1}[a_1, a_2, N, n_2, T_1, T_2] \Big) \quad (3.120)$$

โดย $P_{Partial\ UNI+MT1}[a_1,a_2,N,n_2,T_1,T_2]$ หาได้จากสมการ (3.57)

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 2 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 และ m_2 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ N และ n_2 ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_1 และ T_2 ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2 ($P_{Partial\ UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]$) แสดงได้ดังสมการ

$$P_{Partial\ UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]$$
$$=\sum_{a_1=0}^{m_1}\sum_{a_2=0}^{m_2}\Big(\,b[m_1,a_1,p_1]\,b[m_2,a_2,p_2]\,P_{Partial\ UNI+MT2}[a_1,a_2,N,n_2,T_1,T_2]\,\Big) \quad (3.121)$$

โดย $P_{Partial\ UNI+MT2}[a_1,a_2,N,n_2,T_1,T_2]$ หาได้จากสมการ (3.64)

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ $\left(S_{Partial\ UNI+MT+MLA}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]\right)$ หาได้จากสมการ

$$S_{Partial\ UNI+MT+MLA}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]$$
$$=S_{Partial\ UNI+MT+MLA1}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]+S_{Partial\ UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2] \quad (3.122)$$

หรือ

$$S_{Partial\ UNI+MT+MLA}[m_1,m_2,N,T_1,T_2,p_1,p_2]$$
$$=\binom{m_1}{1}P_{Partial\ UNI+MT+MLA1}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2] \quad (3.123)$$
$$+\binom{m_2}{1}P_{Partial\ UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]$$

โดย

$S_{Partial\ UNI+MT+MLA1}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{Partial\ UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

และค่า γ_s ซึ่งเป็นอัตราส่วนความน่าเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 สามารถหาได้ดังนี้

$$\gamma_s=\frac{(S_{Partial\ UNI+MT+MLA1}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]/m_1)}{(S_{Partial\ UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,N,n_2,T_1,T_2,p_1,p_2]/m_2)}$$

หรือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\gamma_s = \frac{\binom{m_1}{1} P_{Partial\ UNI+MT+MLA1}[m_1, m_2, N, n_2, T_1, T_2, p_1, p_2]/m_1}{\binom{m_2}{1} P_{Partial\ UNI+MT+MLA2}[m_1, m_2, N, n_2, T_1, T_2, p_1, p_2]/m_2} \quad (3.124)$$

$$= \frac{P_{Partial\ UNI+MT+MLA1}[m_1, m_2, N, n_2, T_1, T_2, p_1, p_2]}{P_{Partial\ UNI+MT+MLA2}[m_1, m_2, N, n_2, T_1, T_2, p_1, p_2]}$$

3.7.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ N n_2 และ n_3 ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ได้รับเท่ากับ T_1 ใบ จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_2 ใบ และจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 3 ได้รับเท่ากับ T_3 ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ p_1 p_2 และ p_3 ($P_{Partial\ UNI+MT+MLA1}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, T_1, T_2, T_3, p_1, p_2, p_3]$) แสดงได้ดังสมการ

$$P_{Partial\ UNI+MT+MLA1}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, T_1, T_2, T_3, p_1, p_2, p_3]$$

$$= \sum_{a_1=0}^{m_1} \sum_{a_2=0}^{m_2} \sum_{a_3=0}^{m_3} \left(\begin{matrix} b[m_1, a_1, p_1]\, b[m_2, a_2, p_2]\, b[m_3, a_3, p_3] \\ \times P_{Partial\ UNI+MT1}[a_1, a_2, a_3, N, n_2, n_3, T_1, T_2, T_3] \end{matrix} \right) \quad (3.125)$$

โดย $P_{Partial\ UNI+MT1}[a_1, a_2, a_3, N, n_2, n_3, T_1, T_2, T_3]$ หาได้จากสมการ (3.69)

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 2 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ N n_2 และ n_3 ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ได้รับเท่ากับ T_1 ใบ จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_2 ใบ และจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 3 ได้รับเท่ากับ T_3 ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ p_1 p_2 และ p_3 ($P_{Partial\ UNI+MT+MLA2}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, T_1, T_2, T_3, p_1, p_2, p_3]$) แสดงได้ดังสมการ

$$P_{Partial\ UNI+MT+MLA2}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, T_1, T_2, T_3, p_1, p_2, p_3]$$

$$= \sum_{a_1=0}^{m_1} \sum_{a_2=0}^{m_2} \sum_{a_3=0}^{m_3} \left(\begin{matrix} b[m_1, a_1, p_1]\, b[m_2, a_2, p_2]\, b[m_3, a_3, p_3] \\ \times P_{Partial\ UNI+MT2}[a_1, a_2, a_3, N, n_2, n_3, T_1, T_2, T_3] \end{matrix} \right) \quad (3.126)$$

โดย $P_{Partial\ UNI+MT1}[a_1, a_2, a_3, N, n_2, n_3, T_1, T_2, T_3]$ หาได้จากสมการ (3.79)

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 3 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ N n_2 และ n_3 ช่อง จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ได้รับเท่ากับ T_1 ใบ จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้รับเท่ากับ T_2 ใบ และจำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 3 ได้รับเท่ากับ T_3 ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ p_1 p_2 และ p_3 ($P_{Partial\ UNI+MT+MLA3}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, T_1, T_2, T_3, p_1, p_2, p_3]$) แสดงได้ดังสมการ

$$P_{Partial\ UNI+MT+MLA3}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$$
$$=\sum_{a_1=0}^{m_1}\sum_{a_2=0}^{m_2}\sum_{a_3=0}^{m_3}\begin{pmatrix} b[m_1,a_1,p_1]\,b[m_2,a_2,p_2]\,b[m_3,a_3,p_3] \\ \times P_{Partial\ UNI+MT3}[a_1,a_2,a_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3] \end{pmatrix} \quad (3.127)$$

โดย $P_{Partial\ UNI+MT3}[a_1,a_2,a_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3]$ หาได้จากสมการ (3.86)

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ $\left(S_{Partial\ UNI+MT+MLA}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]\right)$ หาได้จากสมการ

$$S_{Partial\ UNI+MT+MLA}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$$
$$=S_{Partial\ UNI+MT+MLA1}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$$
$$+S_{Partial\ UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$$
$$+S_{Partial\ UNI+MT+MLA3}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3] \quad (3.128)$$

หรือ

$$S_{Partial\ UNI+MT+MLA}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$$
$$=\binom{m_1}{1}P_{Partial\ UNI+MT+MLA1}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$$
$$+\binom{m_2}{1}P_{Partial\ UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$$
$$+\binom{m_3}{1}P_{Partial\ UNI+MT+MLA3}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3] \quad (3.129)$$

โดย

$S_{Partial\ UNI+MT+MLA1}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{Partial\ UNI+MT+MLA2}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{Partial\ UNI+MT+MLA3}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,T_1,T_2,T_3,p_1,p_2,p_3]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 3 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

3.7.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส k รายหนึ่งจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส j ทั้งหมดจำนวน m_j ราย ช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการคลาส j เข้าจองได้จำนวน n_j ช่อง (โดยที่ $n_1=N$) จำนวนใบจองที่ผู้ใช้บริการคลาส j ได้รับเท่ากับ T_j ใบ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส j เท่ากับ p_j ($P_{Partial\ UNI+MT+MLAk}[m_1,...,m_C,n_1,...,n_C,T_1,...,T_C,p_1,...,p_C]$) แสดงได้ดังสมการ

$$P_{Partial\ UNI+MT+MLAk}[m_1,...,m_C,n_1,...,n_C,T_1,...,T_C,p_1,...,p_C]$$
$$=\sum_{a_1=0}^{m_1}\cdots\sum_{a_j=0}^{m_j}\cdots\sum_{a_C=0}^{m_C}\left(\prod_{i=1}^{C}b[m_i,a_i,p_i]\times P_{Partial\ UNI+MTk}[a_1,...,a_C,n_1,...,n_C,T_1,...,T_C]\right) \quad (3.130)$$

โดย $P_{Partial\ UNI+MTk}[a_1,...,a_C,n_1,...,n_C,T_1,...,T_C]$ หาได้จากสมการ (3.91)

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{Partail\ UNI+MT+MLA}[m_1,...,m_C,n_1,...,n_C,T_1,...,T_C,p_1,...,p_C]$) สามารถหาได้จากสมการ

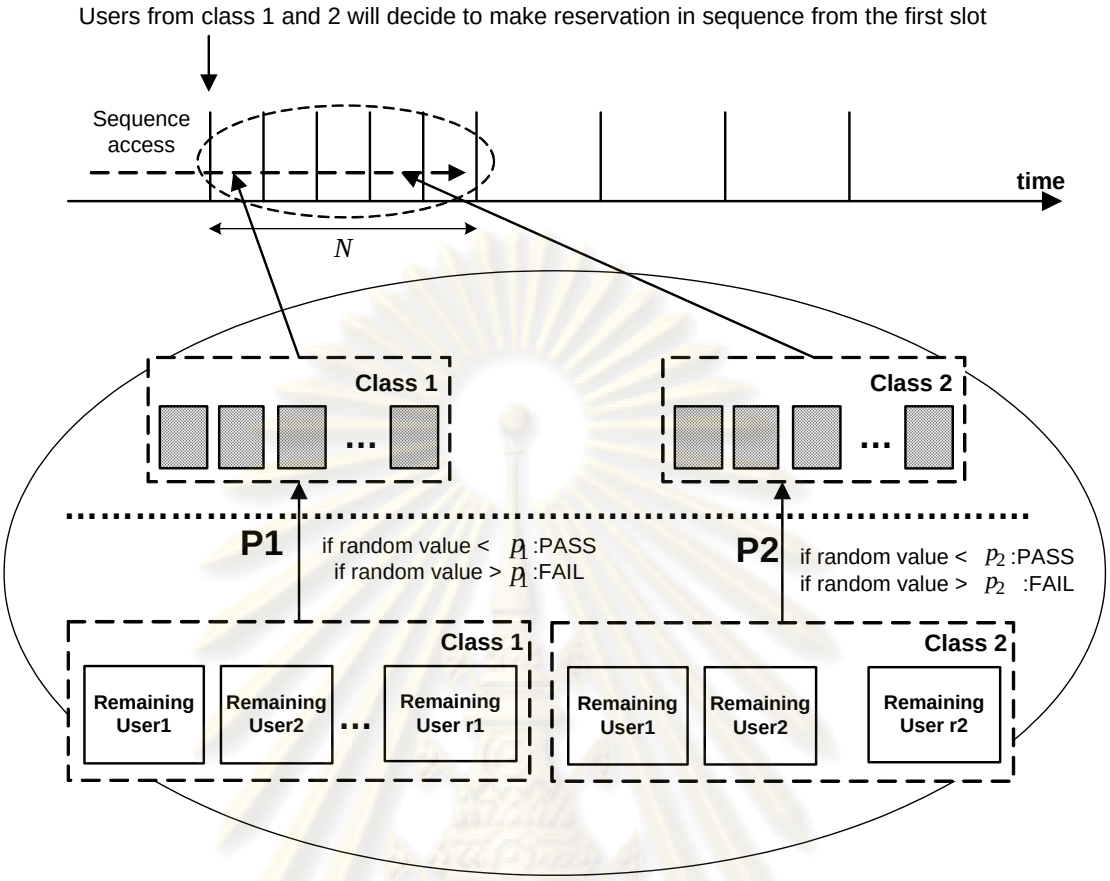
$$S_{Partail\ UNI+MT+MLA}[m_1,...,m_C,n_1,...,n_C,T_1,...,T_C,p_1,...,p_C]$$
$$=\sum_{i=1}^{C}\binom{m_i}{1}P_{Partail\ UNI+MT+MLAi}[m_1,...,m_C,n_1,...,n_C,T_1,...,T_C,p_1,...,p_C] \quad (3.131)$$

3.8 **เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ** CFP+MP (Cascade Fixed Probability + Multiple Permission Probability)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP นี้ ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะเข้าจองช่องสัญญาณทีละช่องตามลำดับจากช่องสัญญาณแรกถึงสุดท้าย (Cascade) และผู้ใช้บริการในแต่ละคลาสจะถูกกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการจองช่องสัญญาณ (Permission Probability) ที่แตกต่างกัน ทำให้มีโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณต่างกัน โดยผู้ใช้บริการในแต่ละคลาสจะสุ่มค่าความน่าจะเป็นก่อนทำการเข้าจองทุกครั้ง เพื่อจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการซึ่งจะช่วยลดโอกาสในการชนกันได้ หากค่าความน่าจะเป็นในการสุ่มน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในการจองช่องสัญญาณก็จะสามารถทำการเข้าจองได้ และผู้ใช้แต่ละรายสามารถเข้าจองได้เพียงครั้งเดียวภายใน 1 เฟรม รูปที่ 3.10 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP + MP ในกรณีที่ระบบรองรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน m_1 และ m_2 ราย กำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2

จากรูปตัวอย่างการเข้าจองช่องสัญญาณ เนื่องจากการจองช่องสัญญาณจะเริ่มต้นจากช่องสัญญาณแรกไปยังช่องสัญญาณสุดท้าย และผู้ใช้แต่ละรายสามารถเข้าจองได้เพียงครั้งเดียวภายใน 1 เฟรม ทำให้ในช่องสัญญาณหลัง ๆ เหลือจำนวนผู้ใช้บริการที่ยังไม่ได้เข้าจองช่องสัญญาณน้อยลง และเฉพาะผู้ใช้บริการดังกล่าวจึงจะสามารถตัดสินใจเข้าจองได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.10 กลไกการทำงานของระบบการจองแบบ CFP + MP

3.8.1 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 และ m_2 ราย ช่องสัญญาณจองทั้งหมดจำนวน N ช่อง ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2 ($P_{CFP+MP1}[m_1, m_2, N, p_1, p_2]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$P_{CFP+MP1}[m_1, m_2, N, p_1, p_2]$$

$$= \begin{pmatrix} \left(p_1(1-p_1)^{m_1-1}(1-p_2)^{m_2}\right) + \left(p_1(1-p_1)\left(1-p_1(1-p_1)\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)\right)^{m_2}\right) \\ + \left(p_1(1-p_1)^2\left(1-p_1(1-p_1)^2\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^2\right)^{m_2}\right) \\ \vdots \\ + \left(p_1(1-p_1)^{N-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{N-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{N-1}\right)^{m_2}\right) \end{pmatrix} \quad (3.132)$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$P_{CFP+MP1}[m_1, m_2, N, p_1, p_2]$$
$$= \sum_{i=1}^{N} \left(p_1(1-p_1)^{i-1} \left(1 - p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1-1} \left(1 - p_2(1-p_2)^{i-1}\right)^{m_2} \right) \quad (3.133)$$

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 2 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 และ m_2 ราย ช่องสัญญาณจองทั้งหมดจำนวน N ช่อง ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2 ($P_{CFP+MP2}[m_1, m_2, N, p_1, p_2]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$P_{CFP+MP2}[m_1, m_2, N, p_1, p_2]$$
$$= \begin{pmatrix} \left(p_2(1-p_2)^{m_2-1}(1-p_1)^{m_1}\right) + \left(p_2(1-p_2)\left(1-p_2(1-p_2)\right)^{m_2-1}\left(1-p_1(1-p_1)\right)^{m_1}\right) \\ + \left(p_2(1-p_2)^2\left(1-p_2(1-p_2)^2\right)^{m_2-1}\left(1-p_1(1-p_1)^2\right)^{m_1}\right) \\ \vdots \\ + \left(p_2(1-p_2)^{N-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{N-1}\right)^{m_2-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{N-1}\right)^{m_1}\right) \end{pmatrix} \quad (3.134)$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$P_{CFP+MP2}[m_1, m_2, N, p_1, p_2]$$
$$= \sum_{i=1}^{N} \left(p_2(1-p_2)^{i-1} \left(1 - p_2(1-p_2)^{i-1}\right)^{m_2-1} \left(1 - p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1} \right) \quad (3.135)$$

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{CFP+MP}[m_1, m_2, N, p_1, p_2]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$S_{CFP+MP}[m_1, m_2, N, p_1, p_2] = S_{CFP+MP1}[m_1, m_2, N, p_1, p_2] + S_{CFP+MP2}[m_1, m_2, N, p_1, p_2]$$
$$= \binom{m_1}{1} P_{CFP+MP1}[m_1, m_2, N, p_1, p_2] + \binom{m_2}{1} P_{CFP+MP2}[m_1, m_2, N, p_1, p_2] \quad (3.136)$$

โดย

$S_{CFP+MP1}[m_1, m_2, N, p_1, p_2]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{CFP+MP2}[m_1, m_2, N, p_1, p_2]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

และค่า γ_s ซึ่งเป็นอัตราส่วนความน่าเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 สามารถหาได้ดังนี้

$$\gamma_s = (S_{CFP+MP1}[m_1, m_2, N, p_1, p_2] / m_1) / (S_{CFP+MP2}[m_1, m_2, N, p_1, p_2] / m_2)$$

หรือ

$$\gamma_s = \frac{\left(\binom{m_1}{1} P_{CFP+MP1}[m_1, m_2, N, p_1, p_2]/m_1\right)}{\left(\binom{m_2}{1} P_{CFP+MP2}[m_1, m_2, N, p_1, p_2]/m_2\right)} = \frac{P_{CFP+MP1}[m_1, m_2, N, p_1, p_2]}{P_{CFP+MP2}[m_1, m_2, N, p_1, p_2]} \quad (3.137)$$

3.8.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส

เมื่อระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส จะสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 รายหนึ่งจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 จำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย ช่องสัญญาณจองทั้งหมดจำนวน N ช่อง ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ p_1 p_2 และ p_3 ($P_{CFP+MP1}[m_1, m_2, m_3, N, p_1, p_2, p_3]$) ได้จากสมการ

$$P_{CFP+MP1}[m_1, m_2, m_3, N, p_1, p_2, p_3] = \begin{pmatrix} \left(p_1(1-p_1)^{m_1-1}(1-p_2)^{m_2}(1-p_3)^{m_3}\right) \\ +\left(p_1(1-p_1)\left(1-p_1(1-p_1)\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)\right)^{m_2}\left(1-p_3(1-p_3)\right)^{m_3}\right) \\ +\left(p_1(1-p_1)^2\left(1-p_1(1-p_1)^2\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^2\right)^{m_2}\left(1-p_3(1-p_3)^2\right)^{m_3}\right) \\ \vdots \\ +\left(p_1(1-p_1)^{N-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{N-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{N-1}\right)^{m_2}\left(1-p_3(1-p_3)^{N-1}\right)^{m_3}\right) \end{pmatrix} \quad (3.138)$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$P_{CFP+MP1}[m_1, m_2, N, p_1, p_2] = \sum_{i=1}^{N}\left(p_1(1-p_1)^{i-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{i-1}\right)^{m_2}\left(1-p_3(1-p_3)^{i-1}\right)^{m_3}\right) \quad (3.139)$$

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 2 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 จำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย ช่องสัญญาณจองทั้งหมดจำนวน N ช่อง ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ p_1 p_2 และ p_3 ($P_{CFP+MP2}[m_1, m_2, m_3, N, p_1, p_2, p_3]$) ได้จากสมการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$P_{CFP+MP2}[m_1,m_2,m_3,N,p_1,p_2,p_3]$$

$$=\begin{pmatrix}\left(p_2(1-p_2)^{m_2-1}(1-p_1)^{m_1}(1-p_3)^{m_3}\right)\\+\left(p_2(1-p_2)\left(1-p_2(1-p_2)\right)^{m_2-1}\left(1-p_1(1-p_1)\right)^{m_1}\left(1-p_3(1-p_3)\right)^{m_3}\right)\\+\left(p_2(1-p_2)^2\left(1-p_2(1-p_2)^2\right)^{m_2-1}\left(1-p_1(1-p_1)^2\right)^{m_1}\left(1-p_3(1-p_3)^2\right)^{m_3}\right)\\\vdots\\+\left(p_2(1-p_2)^{N-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{N-1}\right)^{m_2-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{N-1}\right)^{m_1}\left(1-p_3(1-p_3)^{N-1}\right)^{m_3}\right)\end{pmatrix} \quad (3.140)$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$P_{CFP+MP2}[m_1,m_2,m_3,N,p_1,p_2,p_3]$$

$$=\sum_{i=1}^{N}\left(p_2(1-p_2)^{i-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{i-1}\right)^{m_2-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1}\left(1-p_3(1-p_3)^{i-1}\right)^{m_3}\right) \quad (3.141)$$

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 3 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 จำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย ช่องสัญญาณจองทั้งหมดจำนวน N ช่อง ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ p_1 p_2 และ p_3 ($P_{CFP+MP3}[m_1,m_2,m_3,N,p_1,p_2,p_3]$) ได้จากสมการ

$$P_{CFP+MP3}[m_1,m_2,m_3,N,p_1,p_2,p_3]$$

$$=\begin{pmatrix}\left(p_3(1-p_3)^{m_3-1}(1-p_1)^{m_1}(1-p_2)^{m_2}\right)\\+\left(p_3(1-p_3)\left(1-p_3(1-p_3)\right)^{m_3-1}\left(1-p_1(1-p_1)\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)\right)^{m_2}\right)\\+\left(p_3(1-p_3)^2\left(1-p_3(1-p_3)^2\right)^{m_3-1}\left(1-p_1(1-p_1)^2\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^2\right)^{m_2}\right)\\\vdots\\+\left(p_3(1-p_3)^{N-1}\left(1-p_3(1-p_3)^{N-1}\right)^{m_3-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{N-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{N-1}\right)^{m_2}\right)\end{pmatrix} \quad (3.142)$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$P_{CFP+MP3}[m_1,m_2,m_3,N,p_1,p_2,p_3]$$

$$=\sum_{i=1}^{N}\left(p_3(1-p_3)^{i-1}\left(1-p_3(1-p_3)^{i-1}\right)^{m_3-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{i-1}\right)^{m_2}\right) \quad (3.143)$$

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{CFP+MP}[m_1,m_2,m_3,N,p_1,p_2,p_3]$) สามารถหาได้จากสมการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$S_{CFP+MP}[m_1,m_2,m_3,N,p_1,p_2,p_3]$$
$$=S_{CFP+MP1}[m_1,m_2,m_3,N,p_1,p_2,p_3]+S_{CFP+MP2}[m_1,m_2,m_3,N,p_1,p_2,p_3]+S_{CFP+MP3}[m_1,m_2,m_3,N,p_1,p_2,p_3]$$
$$=\binom{m_1}{1}P_{CFP+MP1}[m_1,m_2,m_3,N,p_1,p_2,p_3]+\binom{m_2}{1}P_{CFP+MP2}[m_1,m_2,m_3,N,p_1,p_2,p_3]$$
$$+\binom{m_3}{1}P_{CFP+MP3}[m_1,m_2,m_3,N,p_1,p_2,p_3] \quad (3.144)$$

โดย

$S_{CFP+MP1}[m_1,m_2,m_3,N,p_1,p_2,p_3]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{CFP+MP2}[m_1,m_2,m_3,N,p_1,p_2,p_3]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{CFP+MP3}[m_1,m_2,m_3,N,p_1,p_2,p_3]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 3 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

3.8.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส

จากหลักการดังกล่าวข้างต้นสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส k จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส i จำนวน m_i ราย และช่องสัญญาณทั้งหมดจำนวน N ช่อง ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส i เท่ากับ p_i ($P_{CFP+MPk}[m_1,\ldots,m_C,N,p_1,\ldots,p_C]$) ได้จากสมการ

$$P_{CFP+MPk}[m_1,\ldots,m_C,N,p_1,\ldots,p_C]$$
$$=\sum_{i=1}^{N}\left(p_k(1-p_k)^{i-1}\left(1-p_k(1-p_k)^{i-1}\right)^{m_k-1}\left(\prod_{\substack{j=1\\ j\neq k}}^{C}\left(1-p_j(1-p_j)^{i-1}\right)^{m_j}\right)\right) \quad (3.145)$$

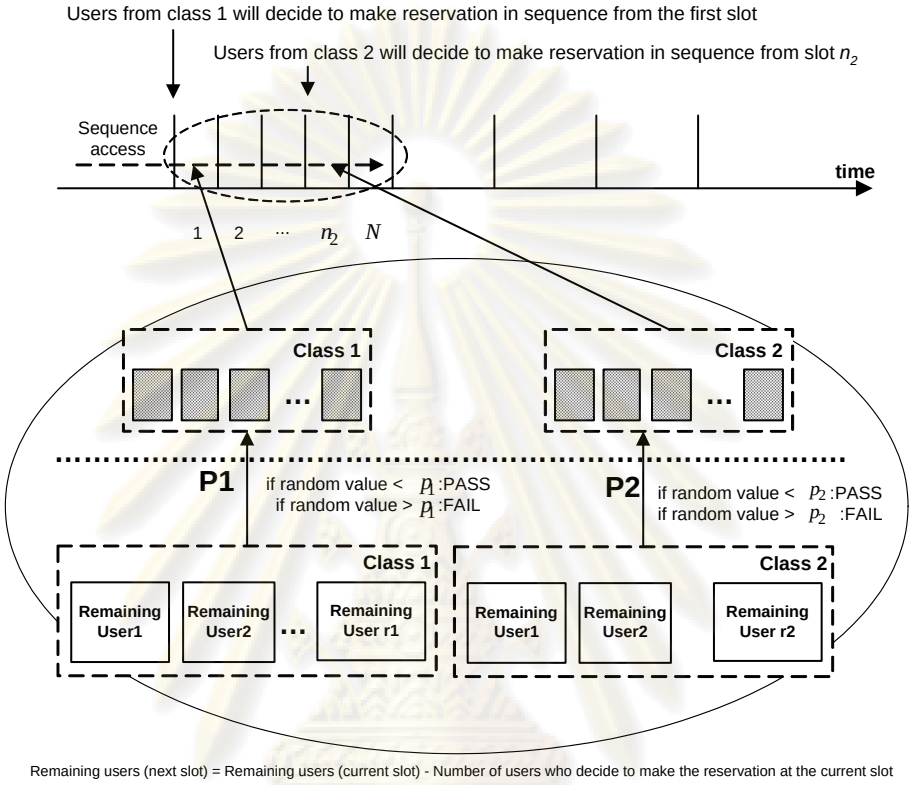
สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{CFP+MP}[m_1,\ldots,m_C,N,p_1,\ldots,p_C]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$S_{CFP+MP}[m_1,\ldots,m_C,N,p_1,\ldots,p_C]$$
$$=\sum_{i=1}^{C}\binom{m_i}{1}P_{CFP+MPi}[m_1,\ldots,m_C,N,p_1,\ldots,p_C] \quad (3.146)$$

3.9 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT (Cascade Fixed Probability + Shift Reservation Time)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT นี้ ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะเข้าจองช่องสัญญาณทีละช่องตามลำดับจากช่องสัญญาณแรกจนถึงช่องสัญญาณสุดท้าย โดยผู้ใช้บริการที่อยู่ในคลาสที่มีลำดับความสำคัญสูงสุดจะเริ่มต้นตัดสินใจเข้าจองช่องสัญญาณตั้งแต่ช่องสัญญาณจองแรก ในขณะที่ผู้ใช้บริการที่อยู่ในคลาสที่มีลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณต่ำกว่าจะตัดสินใจเข้าจองช่องสัญญาณช้ากว่าผู้ใช้บริการที่อยู่ในคลาสที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่า และผู้ใช้แต่ละรายสามารถเข้าจองได้เพียงครั้งเดียวภายใน 1 เฟรม รูปที่

3.11 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP + SRT ในกรณีที่ระบบรองรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน m_1 และ m_2 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองทั้งหมดเท่ากับ N ช่อง หมายเลขช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 จะเริ่มเข้าจองเท่ากับ n_2 กำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2



รูปที่ 3.11 กลไกการทำงานของระบบการจองแบบ CFP + SRT

3.9.1 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 และ m_2 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองทั้งหมดเท่ากับ N ช่อง หมายเลขช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 จะเริ่มเข้าจองเท่ากับ n_2 กำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2 ($P_{CFP+SRT1}[m_1, m_2, N, n_2, p_1, p_2]$) สามารถหาได้จากสมการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$
\begin{aligned}
&P_{CFP+SRT1}[m_1, m_2, N, n_2, p_1, p_2] \\
&= p_1(1-p_1)^{m_1-1} \\
&+\left(\begin{array}{l}
\left(p_1(1-p_1)\left(1-p_1(1-p_1)\right)^{m_1-1}\right) \\
+\left(p_1(1-p_1)^2\left(1-p_1(1-p_1)^2\right)^{m_1-1}\right) \\
\vdots \\
+\left(p_1(1-p_1)^{(n_2-1)-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_2-1)-1}\right)^{m_1-1}\right)
\end{array}\right) \\
&+\left(p_1(1-p_1)^{n_2-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{n_2-1}\right)^{m_1-1}(1-p_2)^{m_2}\right) \\
&+\left(\begin{array}{l}
\left(p_1(1-p_1)^{(n_2+1)-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_2+1)-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)\right)^{m_2}\right) \\
+\left(p_1(1-p_1)^{(n_2+2)-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_2+2)-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^2\right)^{m_2}\right) \\
\vdots \\
+\left(p_1(1-p_1)^{N-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{N-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{N-n_2}\right)^{m_2}\right)
\end{array}\right)
\end{aligned}
\tag{3.147}
$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$
\begin{aligned}
&P_{CFP+SRT1}[m_1, m_2, N, n_2, p_1, p_2] \\
&= p_1(1-p_1)^{m_1-1} + \sum_{i=1}^{n_2-1}\left(p_1(1-p_1)^{i-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1-1}\right) \\
&+\left(p_1(1-p_1)^{n_2-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{n_2-1}\right)^{m_1-1}(1-p_2)^{m_2}\right) \\
&+\sum_{i=n_2+1}^{N}\left(p_1(1-p_1)^{i-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{i-n_2}\right)^{m_2}\right)
\end{aligned}
\tag{3.148}
$$

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 2 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 และ m_2 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองทั้งหมดเท่ากับ N ช่อง หมายเลขช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 จะเริ่มเข้าจองเท่ากับ n_2 โดยที่ $n_2 \le N$ ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2 ($P_{CFP+SRT2}[m_1, m_2, N, n_2, p_1, p_2]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$
\begin{aligned}
&P_{CFP+SRT2}[m_1, m_2, N, n_2, p_1, p_2] \\
&=\left(p_2(1-p_2)^{m_2-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{n_2-1}\right)^{m_1}\right) \\
&+\left(\begin{array}{l}
\left(p_2(1-p_2)\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_2+1)-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)\right)^{m_2-1}\right) \\
+\left(p_2(1-p_2)^2\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_2+2)-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^2\right)^{m_2-1}\right) \\
\vdots \\
+\left(p_2(1-p_2)^{N-n_2}\left(1-p_1(1-p_1)^{N-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{N-n_2}\right)^{m_2-1}\right)
\end{array}\right)
\end{aligned}
\tag{3.149}
$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$P_{CFP+SRT2}[m_1, m_2, N, n_2, p_1, p_2]$$
$$= \left(p_2(1-p_2)^{m_2-1} \left(1 - p_1(1-p_1)^{n_2-1}\right)^{m_1} \right) \quad (3.150)$$
$$+ \sum_{i=n_2+1}^{N} \left(p_2(1-p_2)^{i-n_2} \left(1 - p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1} \left(1 - p_2(1-p_2)^{i-n_2}\right)^{m_2-1} \right)$$

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{CFP+SRT}[m_1, m_2, N, n_2, p_1, p_2]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$S_{CFP+SRT}[m_1,m_2,N,n_2,p_1,p_2] = S_{CFP+SRT1}[m_1,m_2,N,n_2,p_1,p_2] + S_{CFP+SRT2}[m_1,m_2,N,n_2,p_1,p_2]$$
$$= \binom{m_1}{1} P_{CFP+SRT1}[m_1,m_2,N,n_2,p_1,p_2] + \binom{m_2}{1} P_{CFP+SRT2}[m_1,m_2,N,n_2,p_1,p_2] \quad (3.151)$$

โดย

$S_{CFP+SRT1}[m_1, m_2, N, n_2, p_1, p_2]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{CFP+SRT2}[m_1, m_2, N, n_2, p_1, p_2]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

และค่า γ_s ซึ่งเป็นอัตราส่วนความน่าเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 สามารถหาได้ดังนี้

$$\gamma_s = (S_{CFP+SRT1}[m_1, m_2, N, n_2, p_1, p_2]/m_1)/(S_{CFP+SRT2}[m_1, m_2, N, n_2, p_1, p_2]/m_2)$$

หรือ

$$\gamma_s = \frac{\left(\binom{m_1}{1} P_{CFP+SRT1}[m_1, m_2, N, n_2, p_1, p_2]/m_1 \right)}{\left(\binom{m_2}{1} P_{CFP+SRT2}[m_1, m_2, N, n_2, p_1, p_2]/m_2 \right)} \quad (3.152)$$
$$= \frac{P_{CFP+SRT1}[m_1, m_2, N, n_2, p_1, p_2]}{P_{CFP+SRT2}[m_1, m_2, N, n_2, p_1, p_2]}$$

3.9.2 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส

เมื่อระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส จะสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองทั้งหมดเท่ากับ N ช่อง หมายเลขช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 จะเริ่มเข้าจองเท่ากับ n_2 และ n_3 ตามลำดับ โดยที่ $n_2 \le n_3 \le N$ ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ p_1 p_2 และ p_3 ($P_{CFP+SRT1}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, p_1, p_2, p_3]$) ได้ดังนี้

$$
\begin{aligned}
&P_{CFP+SRT1}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, p_1, p_2, p_3] \\
&= p_1(1-p_1)^{m_1-1} \\
&+\left(\begin{array}{l}
\left(p_1(1-p_1)\left(1-p_1(1-p_1)\right)^{m_1-1}\right) \\
+\left(p_1(1-p_1)^2\left(1-p_1(1-p_1)^2\right)^{m_1-1}\right) \\
\vdots \\
+\left(p_1(1-p_1)^{(n_2-1)-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_2-1)-1}\right)^{m_1-1}\right)
\end{array}\right) \\
&+\left(p_1(1-p_1)^{n_2-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{n_2-1}\right)^{m_1-1}(1-p_2)^{m_2}\right) \\
&+\left(\begin{array}{l}
\left(p_1(1-p_1)^{(n_2+1)-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_2+1)-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)\right)^{m_2}\right) \\
+\left(p_1(1-p_1)^{(n_2+2)-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_2+2)-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^2\right)^{m_2}\right) \\
\vdots \\
+\left(p_1(1-p_1)^{(n_3-1)-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_3-1)-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{(n_3-1)-n_2}\right)^{m_2}\right)
\end{array}\right) \\
&+\left(p_1(1-p_1)^{n_3-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{n_3-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{n_3-n_2}\right)^{m_2}(1-p_3)^{m_3}\right) \\
&+\left(\begin{array}{l}
\left(p_1(1-p_1)^{(n_3+1)-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_3+1)-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{(n_3+1)-n_2}\right)^{m_2}\left(1-p_3(1-p_3)\right)^{m_3}\right) \\
+\left(p_1(1-p_1)^{(n_3+2)-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_3+2)-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{(n_3+2)-n_2}\right)^{m_2}\left(1-p_3(1-p_3)^2\right)^{m_2}\right) \\
\vdots \\
+\left(p_1(1-p_1)^{N-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{N-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{N-n_2}\right)^{m_2}\left(1-p_3(1-p_3)^{N-n_3}\right)^{m_2}\right)
\end{array}\right)
\end{aligned}
\tag{3.153}
$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$
\begin{aligned}
&P_{CFP+SRT1}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, p_1, p_2, p_3] \\
&= p_1(1-p_1)^{m_1-1} + \sum_{i=1}^{n_2-1}\left(p_1(1-p_1)^{i-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1-1}\right) \\
&+\left(p_1(1-p_1)^{n_2-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{n_2-1}\right)^{m_1-1}(1-p_2)^{m_2}\right) \\
&+\sum_{i=n_2+1}^{n_3-1}\left(p_1(1-p_1)^{i-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{i-n_2}\right)^{m_2}\right) \\
&+\left(p_1(1-p_1)^{n_3-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{n_3-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{n_3-n_2}\right)^{m_2}(1-p_3)^{m_3}\right) \\
&+\sum_{i=n_3+1}^{N}\left(p_1(1-p_1)^{i-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{i-n_2}\right)^{m_2}\left(1-p_3(1-p_3)^{i-n_3}\right)^{m_2}\right)
\end{aligned}
\tag{3.154}
$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 2 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองทั้งหมดเท่ากับ N ช่อง หมายเลขช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 จะเริ่มเข้าจองเท่ากับ n_2 และ n_3 ตามลำดับ โดยที่ $n_2 \le n_3 \le N$ ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ p_1 p_2 และ p_3 ($P_{CFP+SRT2}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, p_1, p_2, p_3]$) ได้จากสมการ

$$
\begin{aligned}
&P_{CFP+SRT2}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, p_1, p_2, p_3] \\
&= p_2(1-p_2)^{m_2-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_2-1)}\right)^{m_1} \\
&+\left(\begin{array}{l}
\left(p_2(1-p_2)\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_2+1)-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)\right)^{m_2-1}\right) \\
+\left(p_2(1-p_2)^2\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_2+2)-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^2\right)^{m_2-1}\right) \\
\vdots \\
+\left(p_2(1-p_2)^{(n_3-1)-n_2}\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_3-1)-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{(n_3-1)-n_2}\right)^{m_2-1}\right)
\end{array}\right) \\
&+\left(p_2(1-p_2)^{n_3-n_2}\left(1-p_1(1-p_1)^{n_3-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{n_3-n_2}\right)^{m_2-1}(1-p_3)^{m_3}\right) \\
&+\left(\begin{array}{l}
\left(p_2(1-p_2)^{(n_3+1)-n_2}\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_3+1)-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{(n_3+1)-n_2}\right)^{m_2-1}\left(1-p_3(1-p_3)\right)^{m_3}\right) \\
+\left(p_2(1-p_2)^{(n_3+2)-n_2}\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_3+2)-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{(n_3+2)-n_2}\right)^{m_2-1}\left(1-p_3(1-p_3)^2\right)^{m_3}\right) \\
\vdots \\
+\left(p_2(1-p_2)^{N-n_2}\left(1-p_1(1-p_1)^{N-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{N-n_2}\right)^{m_2-1}\left(1-p_3(1-p_3)^{N-n_3}\right)^{m_3}\right)
\end{array}\right)
\end{aligned}
\tag{3.155}
$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$
\begin{aligned}
&P_{CFP+SRT2}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, p_1, p_2, p_3] \\
&= p_2(1-p_2)^{m_2-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_2-1)}\right)^{m_1} \\
&+\sum_{i=n_2+1}^{n_3-1}\left(p_2(1-p_2)^{i-n_2}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{i-n_2}\right)^{m_2-1}\right) \\
&+\left(p_2(1-p_2)^{n_3-n_2}\left(1-p_1(1-p_1)^{n_3-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{n_3-n_2}\right)^{m_2-1}(1-p_3)^{m_3}\right) \\
&+\sum_{i=n_3+1}^{N}\left(p_2(1-p_2)^{i-n_2}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{i-n_2}\right)^{m_2-1}\left(1-p_3(1-p_3)^{i-n_3}\right)^{m_3}\right)
\end{aligned}
\tag{3.156}
$$

ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 3 จองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 m_2 และ m_3 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองทั้งหมดเท่ากับ N ช่อง หมายเลขช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 จะเริ่มเข้าจองเท่ากับ n_2 และ n_3 ตามลำดับ โดยที่ $n_2 \le n_3 \le N$ ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 เท่ากับ p_1 p_2 และ p_3 ($P_{CFP+SRT3}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, p_1, p_2, p_3]$) ได้จากสมการ

$$
\begin{aligned}
&P_{CFP+SRT3}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, p_1, p_2, p_3] \\
&= p_3(1-p_3)^{m_3-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{n_3-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{n_3-n_2}\right)^{m_2} \\
&+\left(\begin{array}{l}
\left(p_3(1-p_3)\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_3+1)-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{(n_3+1)-n_2}\right)^{m_2}\left(1-p_3(1-p_3)\right)^{m_3-1}\right) \\
+\left(p_3(1-p_3)^2\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_3+2)-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{(n_3+2)-n_2}\right)^{m_2}\left(1-p_3(1-p_3)^2\right)^{m_3-1}\right) \\
\vdots \\
+\left(p_3(1-p_3)^{N-m_3}\left(1-p_1(1-p_1)^{N-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{N-n_2}\right)^{m_2}\left(1-p_3(1-p_3)^{N-n_3}\right)^{m_3-1}\right)
\end{array}\right)
\end{aligned}
\tag{3.157}
$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$
\begin{aligned}
&P_{CFP+SRT3}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, p_1, p_2, p_3] \\
&= p_3(1-p_3)^{m_3-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{n_3-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{n_3-n_2}\right)^{m_2} \\
&+\sum_{i=n_3+1}^{N}\left(p_3(1-p_3)^{i-m_3}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{i-n_2}\right)^{m_2}\left(1-p_3(1-p_3)^{i-n_3}\right)^{m_3-1}\right)
\end{aligned}
\tag{3.158}
$$

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{CFP+SRT}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, p_1, p_2, p_3]$) สามารถหาได้จากสมการ

$$
\begin{aligned}
&S_{CFP+SRT}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,p_1,p_2,p_3] \\
&=S_{CFP+SRT1}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,p_1,p_2,p_3]+S_{CFP+SRT2}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,p_1,p_2,p_3]+S_{CFP+SRT3}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,p_1,p_2,p_3] \\
&=\binom{m_1}{1}P_{CFP+SRT1}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,p_1,p_2,p_3]+\binom{m_2}{1}P_{CFP+SRT2}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,p_1,p_2,p_3] \\
&+\binom{m_3}{1}P_{CFP+SRT3}[m_1,m_2,m_3,N,n_2,n_3,p_1,p_2,p_3]
\end{aligned}
\tag{3.159}
$$

โดย

$S_{CFP+SRT1}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, p_1, p_2, p_3]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{CFP+SRT2}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, p_1, p_2, p_3]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

$S_{CFP+SRT3}[m_1, m_2, m_3, N, n_2, n_3, p_1, p_2, p_3]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 3 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

3.9.3 กรณีระบบรองรับผู้ใช้บริการ C คลาส

จากหลักการดังกล่าวข้างต้นสามารถหาค่าค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส k รายหนึ่งจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการคลาส j ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_j ราย หมายเลขช่องสัญญาณ

จองที่ผู้ใช้บริการคลาส j เริ่มเข้าจองได้เท่ากับ n_j โดยที่ $n_1 = N$ และ $n_{j-1} \geq n_j \geq n_{j+1}$ ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส j เท่ากับ p_j ($P_{CFP+SRTk}[m_1,...,m_C,N,n_2,...,n_C,p_1,...,p_C]$) ได้จากสมการ

$$
\begin{aligned}
&P_{CFP+SRT1}[m_1,...,m_C,N,n_2,...,n_C,p_1,...,p_C] \\
&= p_1(1-p_1)^{m_1-1} \\
&+\sum_{i=1}^{n_2-1}\left(p_1(1-p_1)^{i-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1-1}\right) \\
&+\left(p_1(1-p_1)^{n_2-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{n_2-1}\right)^{m_1-1}(1-p_2)^{m_2}\right) \\
&+\sum_{i=n_2+1}^{n_3-1}\left(p_1(1-p_1)^{i-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{i-n_2}\right)^{m_2}\right) \\
&+\left(p_1(1-p_1)^{n_3-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{n_3-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{n_3-n_2}\right)^{m_2}(1-p_3)^{m_3}\right) \\
&+\sum_{i=n_3+1}^{n_4-1}\left(p_1(1-p_1)^{i-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1-1}\left(1-p_2(1-p_2)^{i-n_2}\right)^{m_2}\left(1-p_3(1-p_3)^{i-n_3}\right)^{m_2}\right) \\
&\qquad\qquad\vdots \\
&+\left(\begin{array}{l}\left(p_1(1-p_1)^{n_C-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{n_C-1}\right)^{m_1-1}\right) \\ \left(\begin{array}{l}\left(1-p_2(1-p_2)^{n_C-n_2}\right)^{m_2} \\ \times\left(1-p_3(1-p_3)^{n_C-n_3}\right)^{m_3}\cdots\left(1-p_{C-1}(1-p_{C-1})^{n_C-n_{C-1}}\right)^{m_{C-1}}(1-p_C)^{m_C}\end{array}\right)\end{array}\right) \\
&+\sum_{i=n_{C-1}+1}^{N}\left(\begin{array}{l}\left(p_1(1-p_1)^{i-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1-1}\right) \\ \left(\begin{array}{l}\left(1-p_2(1-p_2)^{i-n_2}\right)^{m_2} \\ \times\left(1-p_3(1-p_3)^{i-n_3}\right)^{m_3}\cdots\left(1-p_{C-1}(1-p_{C-1})^{i-n_{C-1}}\right)^{m_{C-1}}\left(1-p_C(1-p_C)^{i-n_C}\right)^{m_C}\end{array}\right)\end{array}\right)
\end{aligned}
\tag{3.160}
$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$
\begin{aligned}
&P_{CFP+SRT2}[m_1,...,m_C,N,n_2,...,n_C,p_1,...,p_C] \\
&= p_2(1-p_2)^{m_2-1}\left(1-p_1(1-p_1)^{(n_2-1)}\right)^{m_1} \\
&+\sum_{i=n_2+1}^{n_3-1}\left(p_2(1-p_2)^{i-n_2}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{i-n_2}\right)^{m_2-1}\right) \\
&+\left(p_2(1-p_2)^{n_3-n_2}\left(1-p_1(1-p_1)^{n_3-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{n_3-n_2}\right)^{m_2-1}(1-p_3)^{m_3}\right) \\
&+\sum_{i=n_3+1}^{n_4-1}\left(p_2(1-p_2)^{i-n_2}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1}\left(1-p_2(1-p_2)^{i-n_2}\right)^{m_2-1}\left(1-p_3(1-p_3)^{i-n_3}\right)^{m_3}\right) \\
&\qquad\qquad\vdots \\
&+\left(\begin{array}{l}\left(p_2(1-p_2)^{n_C-n_2}\left(1-p_2(1-p_2)^{n_C-n_2}\right)^{m_2-1}\right) \\ \left(\begin{array}{l}\left(1-p_1(1-p_1)^{n_C-1}\right)^{m_1}\left(1-p_3(1-p_3)^{n_C-n_3}\right)^{m_3} \\ \times\left(1-p_4(1-p_4)^{n_C-n_4}\right)^{m_4}\cdots\left(1-p_{C-1}(1-p_{C-1})^{n_C-n_{C-1}}\right)^{m_{C-1}}\end{array}\right)(1-p_C)^{m_C}\end{array}\right) \\
&+\sum_{i=n_C+1}^{N}\left(\begin{array}{l}p_2(1-p_2)^{i-n_2}\left(1-p_2(1-p_2)^{i-n_2}\right)^{m_2-1} \\ \left(\begin{array}{l}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1}\left(1-p_3(1-p_3)^{i-n_3}\right)^{m_3} \\ \left(1-p_4(1-p_4)^{i-n_4}\right)^{m_4}\cdots\left(1-p_{C-1}(1-p_{C-1})^{i-n_{C-1}}\right)^{m_{C-1}}\left(1-p_C(1-p_C)^{i-n_C}\right)^{m_C}\end{array}\right)\end{array}\right) \\
&\qquad\qquad\vdots \\
&P_{CFP+SRTC}[m_1,...,m_C,N,n_2,...,n_C,p_1,...,p_C] \\
&=\left(p_C(1-p_C)^{m_C-1}\right)\left(\begin{array}{l}\left(1-p_1(1-p_1)^{n_C-1}\right)^{m_1} \\ \left(1-p_2(1-p_2)^{n_C-n_2}\right)^{m_2}\cdots\left(1-p_{C-1}(1-p_{C-1})^{n_C-n_{C-1}}\right)^{m_{C-1}}\end{array}\right) \\
&+\sum_{i=n_C+1}^{N}\left(\begin{array}{l}\left(p_C(1-p_C)^{i-m_3}\left(1-p_C(1-p_C)^{i-n_C}\right)^{m_C-1}\right) \\ \left(\begin{array}{l}\left(1-p_1(1-p_1)^{i-1}\right)^{m_1} \\ \left(1-p_2(1-p_2)^{i-n_2}\right)^{m_2}\cdots\left(1-p_{C-1}(1-p_{C-1})^{i-n_{C-1}}\right)^{m_{C-1}}\end{array}\right)\end{array}\right)
\end{aligned}
$$

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ $(S_{CFP+SRT}[m_1,...,m_C,N,n_2,...,n_C,p_1,...,p_C])$ สามารถหาได้จากสมการ

$$
\begin{aligned}
&S_{CFP+SRT}[m_1,...,m_C,N,n_2,...,n_C,p_1,...,p_C] \\
&=\sum_{i=1}^{C}\binom{m_i}{1}P_{CFP+SRTi}[m_1,...,m_C,N,n_2,...,n_C,p_1,...,p_C]
\end{aligned}
\tag{3.161}
$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

บทนี้กล่าวถึงผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบต่าง ๆ ที่นำเสนอในบทที่ 3 ผลการทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการทดสอบระบบ โดยอาศัยเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI และ CFP ที่ไม่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ โดยเราจะทดสอบระบบตามลำดับดังนี้ 1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI 2. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณ และ 3. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือค่าจำนวนใบจองที่ได้รับ 4. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณ ส่วนที่สองจะเป็นการทดสอบระบบเมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการตามคุณภาพการบริการที่ต้องการ ในกรณีที่ระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส โดยพารามิเตอร์ที่ใช้กำหนดและบ่งบอกถึงระดับของคุณภาพการบริการระหว่างผู้ใช้บริการสองคลาสในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือค่า $\gamma_s = (S_1 / m_1)/(S_2 / m_2)$ และค่า $\gamma_d = (D_2)/(D_1)$ ซึ่งนิยามเป็นอัตราส่วนความน่าเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จ และอัตราส่วนเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 โดยการทดสอบในส่วนที่สองนี้จะประกอบด้วยเทคนิคการจองช่องสัญญาณทั้งหมด 9 แบบ ได้แก่ 1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส 2. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือจำนวนใบจองที่ได้กำหนดไว้สำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส 3. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT 4. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT ซึ่งเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และ Partial UNI+MT มีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือจำนวนช่องสัญญาณจองและจำนวนใบจองที่ได้กำหนดไว้สำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส อย่างไรก็ดีเทคนิคทั้งสองนั้นมีความแตกต่างกันทางด้านรูปแบบในการเข้าใช้ช่องสัญญาณจองดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 5. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือค่าโอกาสในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส 6. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือจำนวนช่องสัญญาณ จำนวนใบจองและค่าโอกาสในการจองช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส 7. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือจำนวนช่องสัญญาณ จำนวนใบจองและค่าโอกาสในการจองช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส 8. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือค่าโอกาสในการจองช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส และ 9. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือค่าโอกาสในการจองช่องสัญญาณและค่าเวลาประวิงเวลาในการเข้าจองช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส

กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในบทนี้ไว้ดังนี้

กรณีที่ไม่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ

M จำนวนผู้ใช้บริการในระบบ

N จำนวนช่องสัญญาณจองในเฟรม

p ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณ

S จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

กรณีที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ

m_1 จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ในระบบ

m_2 จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ในระบบ

m_3 จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 3 ในระบบ

n_1 จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1

n_2 จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2

n_3 จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 3

T_1 จำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1

T_2 จำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2

T_3 จำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 3

S_1 จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

S_2 จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

S_3 จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 3 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

S_{total} จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

p_1 ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1

p_2 ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2

p_3 ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 3

γ_s อัตราส่วนความน่าจะเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 $= (S_1 / m_1)/(S_2 / m_2)$

γ_d อัตราส่วนเวลาประวิงระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 1 $= (D_2)/(D_1)$

γ_1 อัตราส่วนความน่าจะเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ในกรณีที่ระบบมีผู้ใช้บริการ 3 คลาส $= (S_1 / m_1)/(S_3 / m_3)$

γ_2 อัตราส่วนความน่าจะเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ในกรณีที่ระบบมีผู้ใช้บริการ 3 คลาส $= (S_2 / m_2)/(S_3 / m_3)$

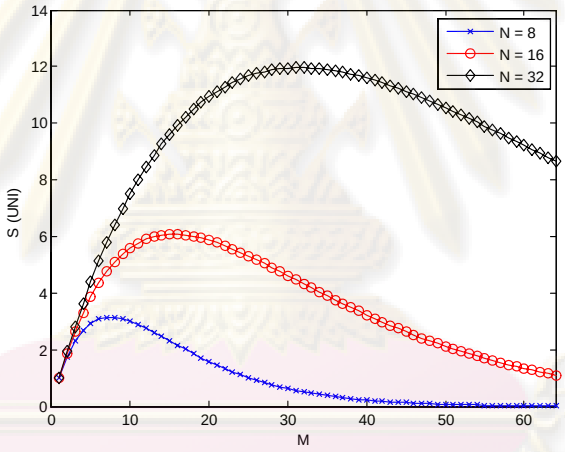
จากบทที่ 3 พบว่าค่า γ_s และ γ_d มีค่าเท่ากัน ดังนั้นเพื่อความสะดวกในบทนี้จะใช้สัญลักษณ์ γ เพื่อแทนค่าทั้ง γ_s และ γ_d

4.1 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบที่ไม่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ

4.1.1 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Uniform (UNI)

รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่จองช่องสัญญาณสำเร็จและจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 16 และ 32 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนเท่ากับ 1 ราย ค่าความน่าจะเป็นในการประสบความสำเร็จของทุกระบบจะมีค่าเป็น 1 เนื่องจากผู้ใช้บริการรายนั้นจะประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณอย่างแน่นอน แต่เมื่อจำนวน

ผู้ใช้บริการในระบบมีจำนวนเพิ่มขึ้น ในช่วงแรกจะพบว่าจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของระบบจะเพิ่มขึ้น เพราะการเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการที่เข้าไปจองช่องสัญญาณจะช่วยลดโอกาสในการว่างของช่องสัญญาณ อย่างไรก็ดีจะเห็นได้ว่าจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของระบบจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนเท่ากับจำนวนช่องสัญญาณจอง หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการเข้าไปในระบบ จำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองของระบบจะมีแนวโน้มลดลง โดยสาเหตุที่จำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองเพิ่มขึ้นจนกระทั่งจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนเท่ากับจำนวนช่องสัญญาณจองเนื่องมาจากการจองช่องสัญญาณจะสำเร็จก็ต่อเมื่อมีผู้ใช้บริการที่เข้าจองเพียง 1 รายต่อ 1 ช่องสัญญาณจอง ดังนั้นจำนวนผู้ใช้บริการสูงสุดที่ระบบสามารถรองรับได้ในขณะหนึ่งจึงเท่ากับจำนวนช่องสัญญาณจอง แต่หลังจากนั้นเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนสูงกว่าจำนวนช่องสัญญาณจอง จะทำให้ผู้ใช้บริการบางรายสุ่มเลือกช่องสัญญาณจองได้เป็นช่องเดียวกัน จึงเกิดการชนกันขึ้นและส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลง นอกจากนี้จะพบว่าจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองในเฟรมมากกว่าจะมีค่าสูงกว่า เพราะการที่ช่องสัญญาณจองมากขึ้น จะเพิ่มทางเลือกในการสุ่มเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการและช่วยลดโอกาสที่ผู้ใช้บริการจะเลือกช่องสัญญาณเดียวกันและเกิดการชนกัน



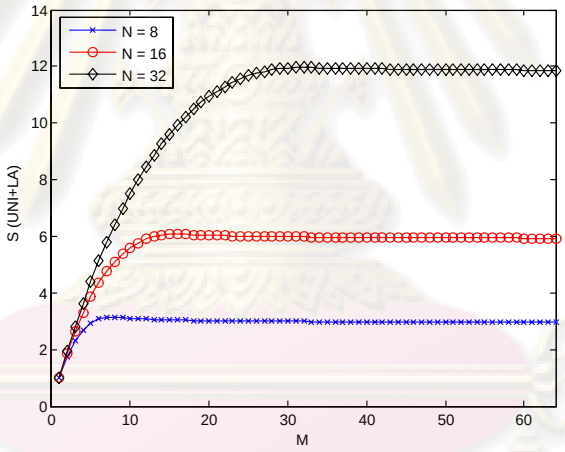
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI

4.1.2 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Uniform+Limited Access (UNI+LA)

รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองสูงสุดและจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 16 และ 32 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการต่ำกว่าจำนวนช่องสัญญาณจอง จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของระบบจะมีค่าเท่ากับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของระบบเมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI ในทางตรงกันข้ามเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนเกินกว่าจำนวนช่องสัญญาณจอง จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของระบบจะมีค่าคงที่หรือลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับผลที่ได้เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI นั่นคือระบบจะยังคงมีเสถียรภาพถึงแม้จะเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการเข้าไปในระบบก็จะไม่ส่งผลต่อการลดลงของจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของระบบมาก

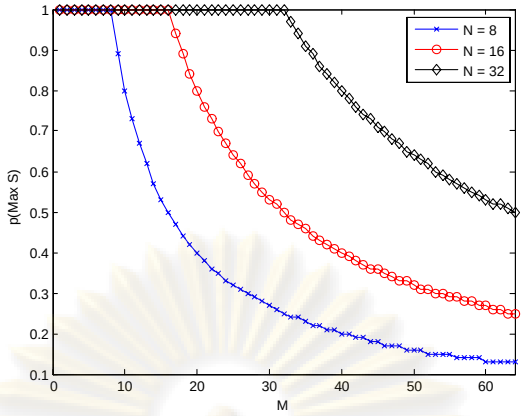
นัก ทั้งนี้เนื่องจากการใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA จะช่วยให้สามารถกำหนดจำนวนผู้ใช้บริการที่จะผ่านเข้าไปจองช่องสัญญาณได้ผ่านทางการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสม

รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดและจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 16 และ 32 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าในช่วงแรกที่จำนวนผู้ใช้บริการในระบบน้อยกว่าจำนวนช่องสัญญาณจอง ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมจะมีค่าเท่ากับ 1.0 แต่เมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนเกินกว่าจำนวนช่องสัญญาณจอง ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมในกรณีนี้จะมีค่าไม่เท่ากับ 1.0 โดยค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมจะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ เมื่อจำนวนผู้ใช้บริการเพิ่มสูงขึ้น และจะลดลงเข้าใกล้ศูนย์เมื่อจำนวนผู้ใช้บริการเข้าใกล้อนันต์ ทั้งนี้เพื่อเป็นการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการที่จะสามารถผ่านเข้าไปจองช่องสัญญาณได้ในขณะหนึ่ง ๆ ไม่ให้มีจำนวนสูงเกินกว่าจำนวนช่องสัญญาณจอง และทำให้ระบบสามารถรักษาระดับของจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองให้มีค่าคงที่ ดังนั้นเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนสูงเกินกว่าจำนวนช่องสัญญาณจอง การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมจะช่วยให้สามารถรักษาระดับของจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของระบบได้



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดและจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

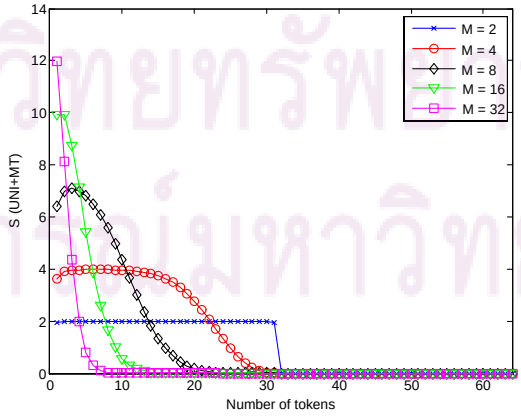


รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดและจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA

4.1.3 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Uniform+Multi-Token (UNI-MT)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT เป็นเทคนิคที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการทั้งหมดสุ่มเลือกช่องสัญญาณจอง ซึ่งจำนวนช่องสัญญาณจองที่ถูกเลือกของผู้ใช้บริการแต่ละรายจะมีค่าเท่ากับจำนวนของใบจองที่สถานีฐานได้แจ้งบอกผู้ใช้บริการรายนั้นและยังมีข้อกำหนดเพิ่มเติมคือ ผู้ใช้บริการแต่ละรายประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณได้เพียงครั้งเดียว

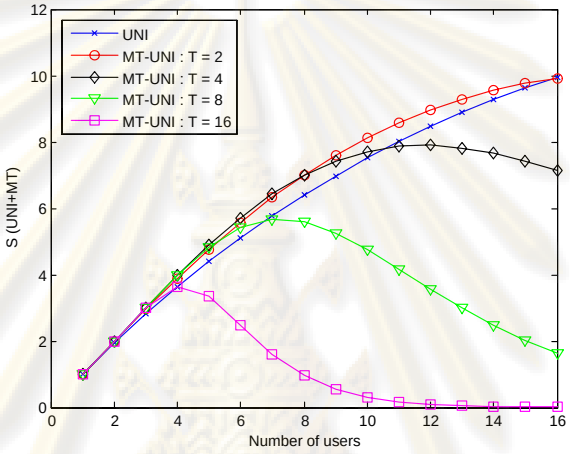
รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองและจำนวนใบจอง เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 32 ช่อง และจำนวนผู้ใช้บริการในระบบเท่ากับ 2, 4, 8, 16 ราย จากผลที่ได้พบว่าภายใต้สภาวะที่จำนวนผู้ใช้บริการมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนช่องสัญญาณจองมาก (M=2, 4, 8) ค่าของจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองเพิ่มขึ้นตามจำนวนของใบจองที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากจำนวนใบจองที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการใช้งานของช่องสัญญาณจองที่ว่างอยู่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและส่งผลถึงค่าสมรรถนะของระบบที่ดีขึ้นด้วย แต่ค่าที่เพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจอง ก็ถูกจำกัดด้วยค่าของจำนวนใบจองที่เหมาะสม หากเพิ่มจำนวนใบจองมากกว่าค่าดังกล่าวนี้ จะไม่ส่งผลต่อการปรับปรุงสมรรถนะของระบบ กลับจะทำให้สมรรถนะของระบบลดลงและไม่มีผู้ใดประสบความสำเร็จในการจอง หากจำนวนใบจองมีจำนวนมากเกินไป



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองและจำนวนใบจอง เมื่อจำนวนผู้ใช้บริการ (M) เท่ากับ 2,4,8,16,32 และจำนวนช่องสัญญาณจอง (N) เท่ากับ 32

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เมื่อจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 32 ช่องและจำนวนของใบจอง 1, 2, 4, 8, 16 แสดงดังในรูปที่ 4.5 จากผลที่ได้พบว่าการเพิ่มจำนวนใบจองมีผลให้การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะของระบบ แต่การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะของระบบจะถูกจำกัดด้วยจำนวนของผู้ใช้บริการในระบบ ถ้าหากผู้ใช้บริการในระบบมีจำนวนมากการเพิ่มขึ้นของใบจองจะไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสมรรถนะของระบบ ในทางกลับกันยิ่งเป็นการทำให้สมรรถนะลดลงด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าสำหรับระบบที่มีจำนวนของผู้ใช้บริการน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนช่องสัญญาณจอง เช่น ผู้ใช้บริการ 2 คน ในระบบที่มีช่องสัญญาณจอง 32 ช่องสัญญาณ เป็นต้น การเพิ่มจำนวนใบจองจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสมรรถนะของระบบเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะว่าภายใต้สภาวะเช่นนี้ระบบที่มีใบจอง 1 ใบ ให้สมรรถนะที่ค่อนข้างจะดีมากอยู่แล้ว



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เมื่อจำนวนช่องสัญญาณจอง (N) เท่ากับ 32 ช่อง และจำนวนใบจอง (T) เท่ากับ 1, 2, 4, 8, 16 ใบ

จากผลการจำลองแบบที่ได้แสดงข้างต้น จำนวนของใบจองถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อสมรรถนะของระบบ หากใช้จำนวนใบจองที่เหมาะสมจะส่งผลให้ได้ค่าสมรรถนะของระบบที่ดีที่สุด

4.1.4 **เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ** Cascade Fixed Probability (CFP)

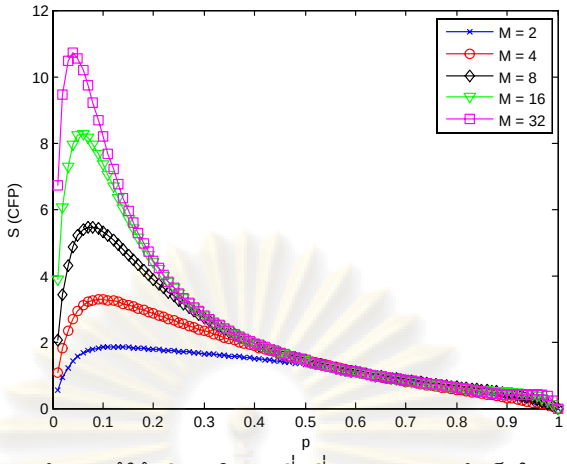
การทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณวิธีนี้กำหนดให้ผู้ใช้บริการแต่ละรายสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้เพียงครั้งเดียวต่อเฟรม โดยสถานีฐานจะเป็นผู้กำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมที่ต้นเฟรม ซึ่งพิจารณาจากจำนวนช่องสัญญาณจองในเฟรมและจำนวนผู้ใช้บริการที่ต้นเฟรม โดยค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจะมีค่าคงที่ตลอดเฟรม และการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการจะเป็นไปทีละช่องเริ่มจากช่องสัญญาณจองต้นเฟรมไปยังช่องสัญญาณจองท้ายเฟรม (Cascade Fixed Probability) โดยผู้ใช้บริการจะต้องสุ่มค่าระหว่าง 0-1 โดยถ้าค่าที่สุ่มได้ต่ำกว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่กำหนด ผู้ใช้บริการรายนั้นจะสามารถผ่านเข้าไปจองช่องสัญญาณได้ แต่หากค่าที่สุ่มได้สูงกว่าผู้ใช้บริการก็จะต้องทำการสุ่มค่าใหม่ในช่องสัญญาณจองถัดไป

รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง

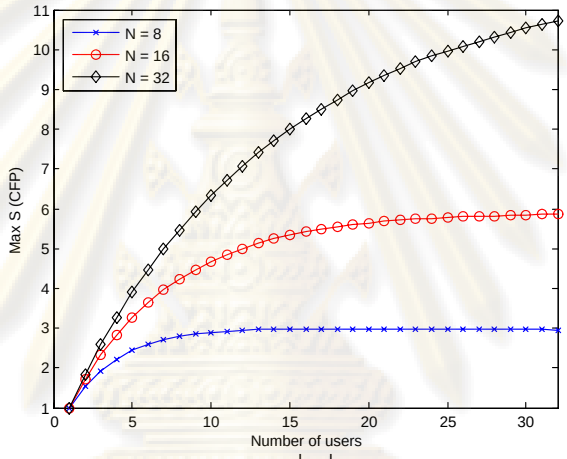
และจำนวนผู้ใช้บริการเท่ากับ 8 16 และ 32 ราย จากรูปจะเห็นได้ว่าในช่วงแรกจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของทุกระบบจะเพิ่มขึ้นตามค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณในช่วงแรกมีค่าต่ำ ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการที่สามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้มีจำนวนน้อย ช่องสัญญาณจองส่วนมากจึงเกิดการว่าง ดังนั้นการเพิ่มค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจึงช่วยลดโอกาสที่ช่องสัญญาณจะเกิดการว่างและส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของระบบเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ดีเมื่อเพิ่มค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจนถึงค่าหนึ่ง จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของระบบจะเพิ่มจนถึงจุดสูงสุด ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของระบบสูงสุดจะมีค่าแตกต่างกันโดยค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของระบบสูงสุดของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการจำนวนมากกว่าจะมีค่าต่ำกว่า หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณขึ้นไปอีกจะทำให้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของระบบลดลง โดยสาเหตุที่จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของระบบมีค่าลดลงนั้นเป็นผลมาจากการชนกันของผู้ใช้บริการ

รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการและจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จสูงสุดของระบบเมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเป็น 8 16 และ 32 ช่อง จากรูปพบว่าในช่วงแรกเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้น จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จสูงสุดของทุกระบบจะเพิ่มสูงขึ้น แต่จะพบว่าอัตราส่วนของจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าลดลง และถึงแม้จะทำการเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการจนสูงกว่าจำนวนช่องสัญญาณจอง จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของระบบจะยังค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากระบบสามารถจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการที่จะเข้าจองช่องสัญญาณได้ผ่านทางการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณ นอกจากนี้จะสังเกตได้ว่าระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองมากกว่า จะมีจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จสูงสุดของระบบที่สูงกว่า เพราะระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองมากย่อมจะสามารถลดโอกาสที่จะเกิดการชนกันของผู้ใช้บริการได้

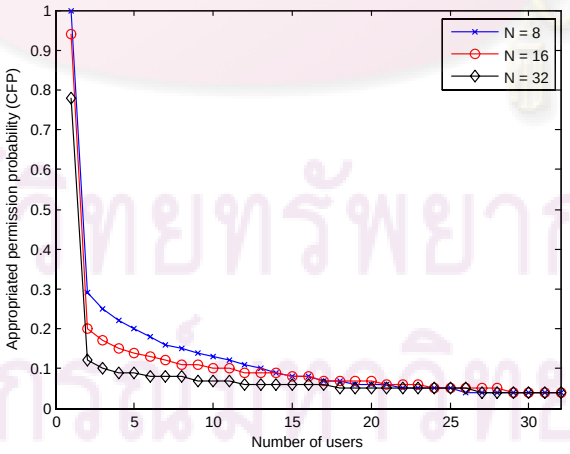
รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดและจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 16 และ 32 ช่อง จากรูปจะพบว่าเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนเพิ่มขึ้น ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดจะมีค่าลดต่ำลง นอกจากนี้จะพบว่าเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนเท่ากัน ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของระบบสูงสุดของระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองมากกว่าจะมีค่าต่ำกว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่า เนื่องจากการที่จำนวนช่องสัญญาณจองมีจำนวนมาก ทำให้ผู้ใช้บริการไม่ต้องรีบทำการเข้าจองช่องสัญญาณในช่องสัญญาณจองต้นเฟรม เพราะผู้ใช้บริการยังมีโอกาสในการเข้าจองในช่องสัญญาณจองส่วนท้ายของเฟรม นอกจากนี้การที่ผู้ใช้บริการไม่ต้องรีบเข้าจองช่องสัญญาณนั้นจะช่วยหลีกเลี่ยงโอกาสที่ผู้ใช้บริการจะเกิดการชนกันได้อีกด้วย



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดและจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดและจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในส่วนถัดไปจะเป็นการศึกษาผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ ทั้งนี้การทดสอบจะกระทำโดยสมมติให้ระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส และกำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 มีลำดับความสำคัญสูงกว่าผู้ใช้บริการคลาส 2 สำหรับการทดสอบจะกระทำโดยใช้ระบบที่แตกต่างกัน 3 ระบบคือ 1. ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย 2. ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย และ 3. ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย นอกจากนี้การทดสอบระบบจะแบ่งออกเป็น 3 กรณีคือกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ กรณีที่จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับจำนวนผู้ใช้บริการและกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณจองมีจำนวนมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ ซึ่งใช้ช่องสัญญาณจองจำนวน 8, 16 และ 32 ช่องตามลำดับ

4.2 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ โดยมีผู้ใช้บริการในระบบ จำนวน 2 คลาส

4.2.1 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI

4.2.1.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.9 พบว่าเมื่อจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 มีจำนวนเท่ากับ 1 ช่อง จำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 รายจะมีค่าต่ำสุดและจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 รายจะสูงสุด เพราะจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณทั้งหมดนั้นมาจากจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเพียงอย่างเดียว เนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 ในทุกระบบจะมีค่าเป็นศูนย์เพราะผู้ใช้บริการเกิดการชนกันทั้งหมด และจากรูปที่ 4.1 พบว่าสำหรับวิธีการจองช่องสัญญาณแบบ UNI นั้นผู้ใช้บริการจะมีโอกาสประสบความสำเร็จสูงสุดเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการในระบบเท่ากับจำนวนช่องสัญญาณ ดังนั้นในกรณีที่กำหนดจำนวนช่องสัญญาณให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 1 ช่อง จะทำให้จำนวนช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 เข้าจองได้เพียงคลาสเดียวเท่ากับ 7 ช่อง ส่งผลให้ระบบที่มีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ใกล้เคียงกับจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 มีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุด

เมื่อพิจารณาระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย จะพบว่าในกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 เมื่อจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เพิ่มสูงขึ้น จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะลดต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากการที่จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ในระบบมีจำนวนน้อย และจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ในระบบมีจำนวนมาก ดังนั้นการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณจองให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 ทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 ถูกแย่งชิงช่องสัญญาณโดยผู้ใช้คลาส 2 มากขึ้น ทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลง และเนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 มีมากเมื่อเทียบกับจำนวนช่องสัญญาณที่สามารถทำการจองได้ ทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 ประสบความสำเร็จในการจองไม่มากนัก และ

จากรูปที่ 4.10 จะพบว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณน้อยกว่าอัตราการลดลงของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลง แต่เมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 สูงขึ้น และมีค่ามากกว่า 4 ผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีอัตราการประสบความสำเร็จสูงขึ้นมากกว่า อัตราการลดลงของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจอง ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย และระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย จะพบว่าเมื่อจำนวนช่องสัญญาณมากกว่าหรือเท่ากับ 4 อัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าใกล้เคียงกันอัตราการลดลงของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ จึงทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก

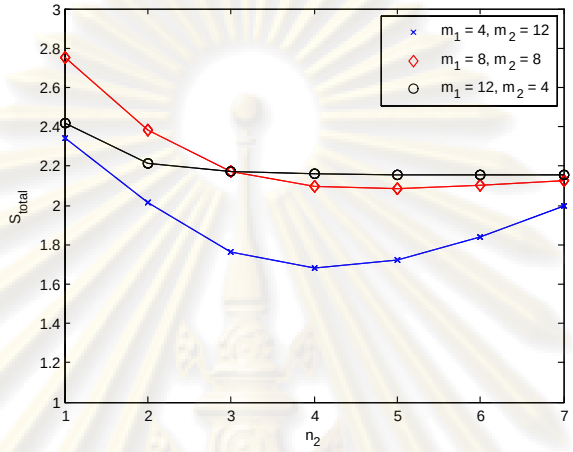
ดังนั้นจะเห็นได้ว่าหากแบ่งกลุ่มช่องสัญญาณจองให้จำนวนช่องสัญญาณจองของผู้ใช้บริการคลาส 2 น้อยกว่าจำนวนช่องสัญญาณจองของผู้ใช้บริการคลาส 1 จะเป็นการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่สามารถผ่านเข้าไปจองช่องสัญญาณได้ทางหนึ่ง และเราสามารถนำวิธีการจำกัดจำนวนช่องสัญญาณจองของผู้ใช้บริการคลาสต่ำไปใช้ในการควบคุมคุณภาพการให้บริการของผู้ใช้บริการในแต่ละคลาสได้

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 และเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จของผู้ใช้บริการแต่ละคลาส ดังแสดงในรูปที่ 4.11 พบว่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จของผู้ใช้บริการคลาส 1 จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ในขณะที่เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จของผู้ใช้บริการคลาส 2 จะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 ทำให้เกิดการชนระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และคลาส 2 มากขึ้น ทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 ประสบความสำเร็จในการจองลดลง ผู้ใช้บริการคลาส 1 จึงต้องรอนานขึ้นจึงจะประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ในขณะที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเพิ่มขึ้น จึงส่งผลทำให้เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จของผู้ใช้บริการคลาส 2 ลดลง

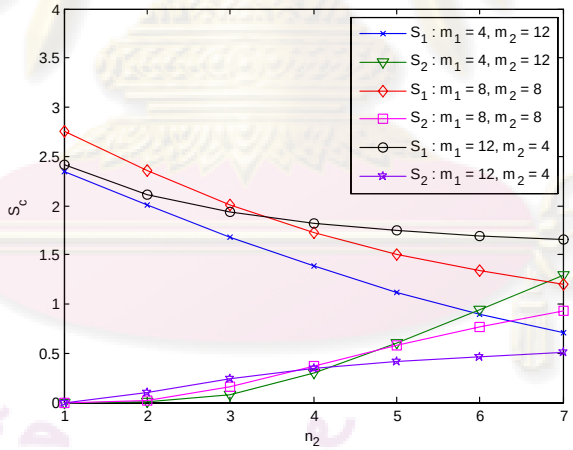
เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.12 พบว่าเมื่อจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 มีค่าเท่ากับ 1 ช่อง ค่า γ ของทุกระบบจะมีค่าเป็นอนันต์ เนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 มีค่าเป็นศูนย์ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 มีจำนวนเพิ่มขึ้น ค่า γ จะลดต่ำลง เนื่องจากการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 ทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากขึ้น ในขณะที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณน้อยลง

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ในช่วงพิจารณาและจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่อง ในรูปที่ 4.13 พบว่าเนื่องจากค่า γ ที่ได้จะมีค่าไม่ต่อเนื่อง โดยจะขึ้นกับการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองให้กับผู้ใช้บริการแต่ละ

คลาส ซึ่งการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองไม่สามารถกระทำได้อย่างต่อเนื่องและการเพิ่มหรือลดจำนวนช่องสัญญาณจองให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการแต่ละคลาสเพิ่มสูงขึ้นหรือลดลงอย่างไม่สามารถกำหนดได้ ดังนั้นจะพบว่าการควบคุมระบบเพื่อให้ได้ค่า γ ตามต้องการในกรณีนี้จะทำได้ยากหรือไม่สามารถทำได้ นอกจากนี้เราจะพบว่าเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 มีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่จำนวนผู้ใช้การคลาส 2 มีค่าลดลง ช่วงการเปลี่ยนแปลงของค่า γ จะมีค่าลดลง

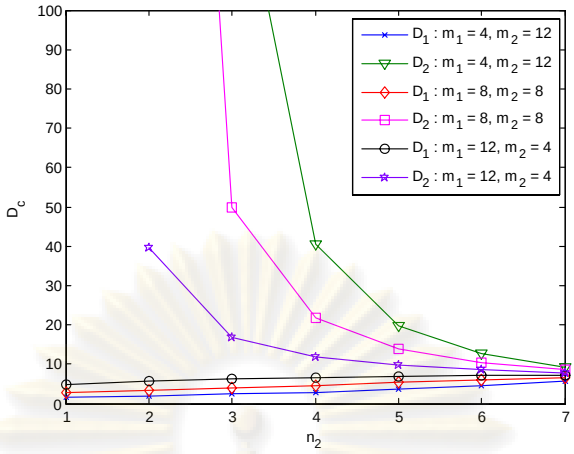


รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

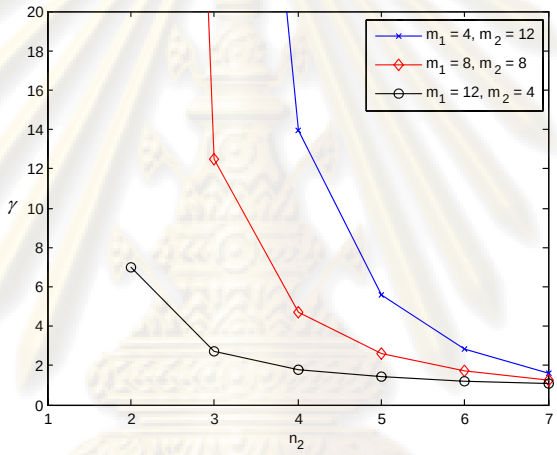


รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการแต่ละคลาสที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

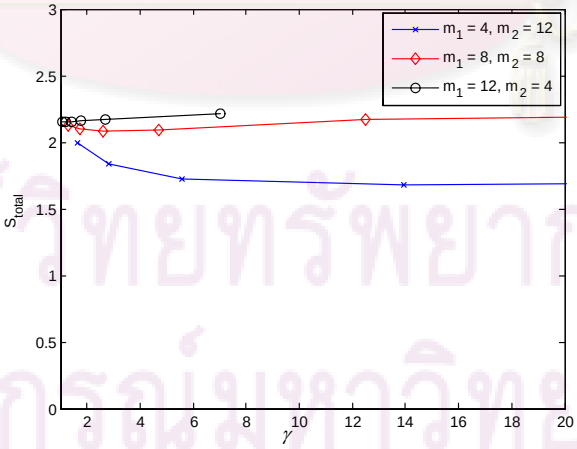
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1.2 จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.14 พบว่าในช่วงที่จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 มีจำนวนน้อย เมื่อเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าต่ำลง เนื่องจากการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวนน้อย ทำให้ไม่เพียงพอสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 ส่งผลให้เกิดการชนกันเองของผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวนมาก นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการชนกันระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ในช่องสัญญาณดังกล่าว ส่งผลให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 ประสบความสำเร็จในการจองลดลงและผู้ใช้บริการคลาส 2 ประสบความสำเร็จในการจองเพียงเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 4.15 แต่เมื่อเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 ขึ้นไปจนมีจำนวนช่องสัญญาณเพียงพอ ทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 มีโอกาสประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากขึ้นและผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีโอกาสในการประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลงเพียงเล็กน้อย เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดเพียงพอสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ทำให้การเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 ไม่ส่งผลกระทบต่อจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากนัก นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อจำนวนช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 15 จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของทุกระบบจะมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากในกรณีนี้จำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 16 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 ทำให้ผู้ใช้ทั้งสองคลาสมีโอกาสในการประสบความสำเร็จใกล้เคียงกัน จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณในกรณีนี้จึงมีค่าใกล้เคียงกับกรณีที่มีผู้ใช้บริการในระบบทั้งหมด 16 คนและไม่มีการแบ่งคลาสระหว่างผู้ใช้บริการ

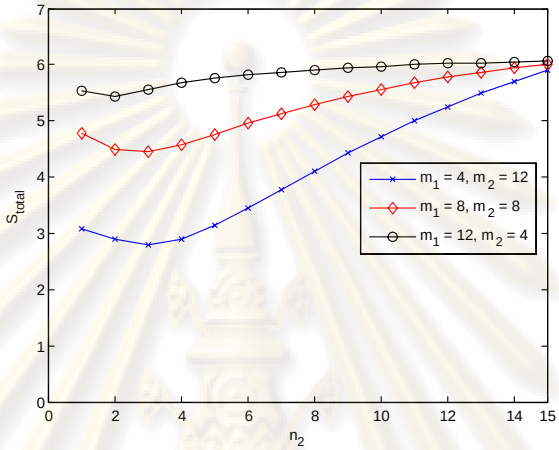
ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 แสดงได้ดังรูปที่ 4.16 พบว่าผลที่ได้จะคล้ายกับกรณีที่กำหนดจำนวนช่องสัญญาณเท่ากับ 8 ช่อง

รูปที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 พบว่าสำหรับทุกระบบเมื่อจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่า γ มีค่าลดลง และมีค่าใกล้เคียง 1 เมื่อจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 15 ช่อง เนื่องจากการเพิ่มช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้คลาส 2 ทำให้ความแตกต่างระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เข้าจองได้ลดลง และเมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่ผู้ใช้คลาส 2 เข้าจองได้เท่ากับ 15 ทำให้โอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณสำเร็จของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 มีค่าใกล้เคียงกันมาก ทำให้ค่า γ ที่ได้ใกล้เคียง 1

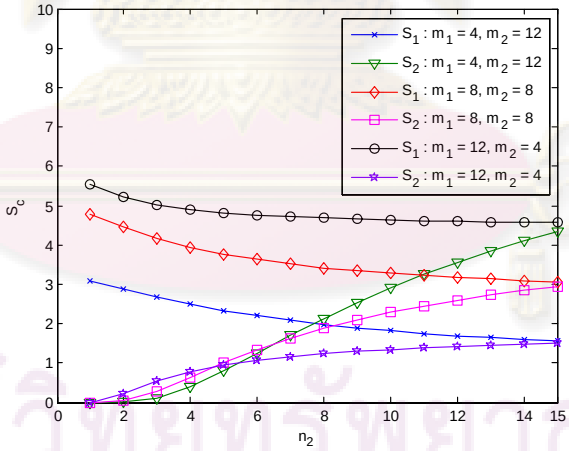
สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ในช่วงพิจารณา แสดงได้ดังรูปที่ 4.18 พบว่าทุกระบบจะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณใกล้เคียงกันมากเมื่อค่า γ ใกล้เคียง 1 ซึ่งกรณีนี้จะเกิดขึ้นเมื่อกำหนดช่องสัญญาณให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 15 นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบ

ความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าลดลงเมื่อค่า γ เพิ่มขึ้น เราจึงสามารถสรุปได้ว่า การควบคุมคุณภาพการให้บริการระหว่างผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลง เนื่องจากหากต้องการค่า γ สูง ๆ จะต้องจำกัดการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 มากตามไปด้วย ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดต่ำลง

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.19, 4.20, 4.21, 4.22 และ 4.23 ซึ่งมีจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 32 ช่อง พบว่าผลที่ได้จะคล้ายกับกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง

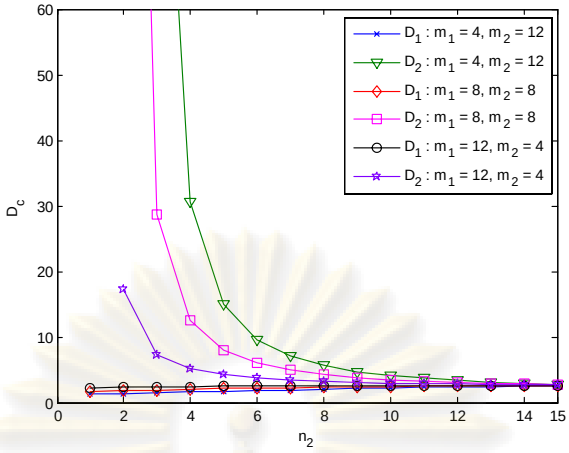


รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

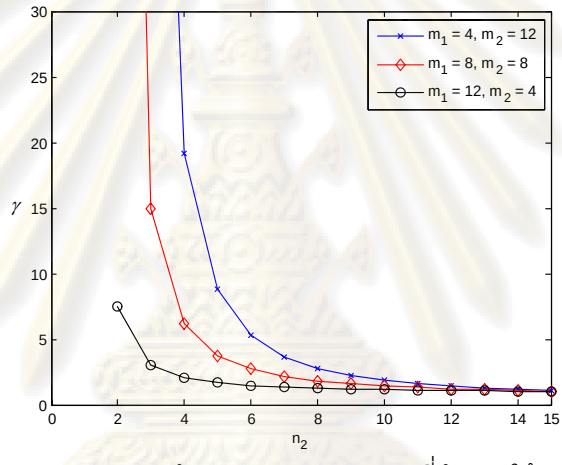


รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการแต่ละคลาสที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

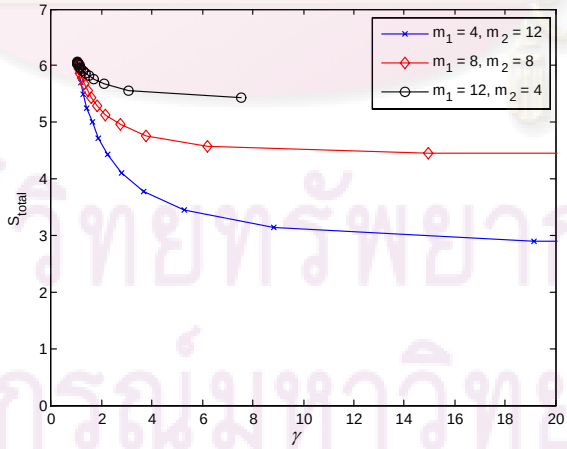
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

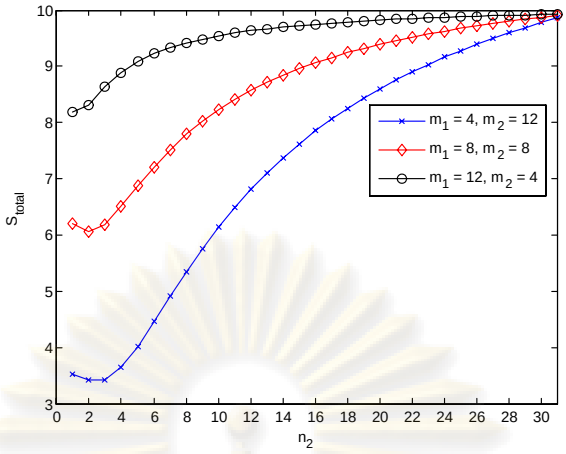


รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

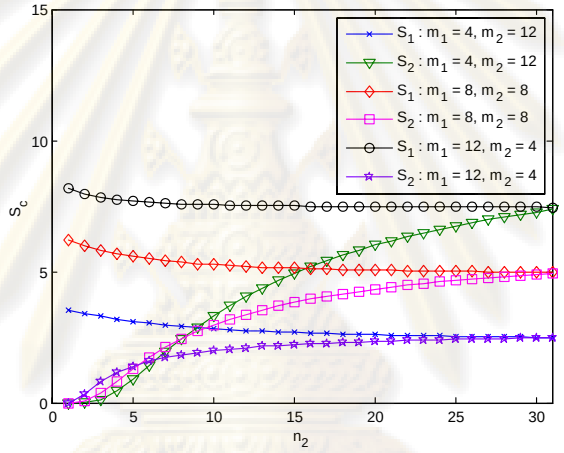


รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

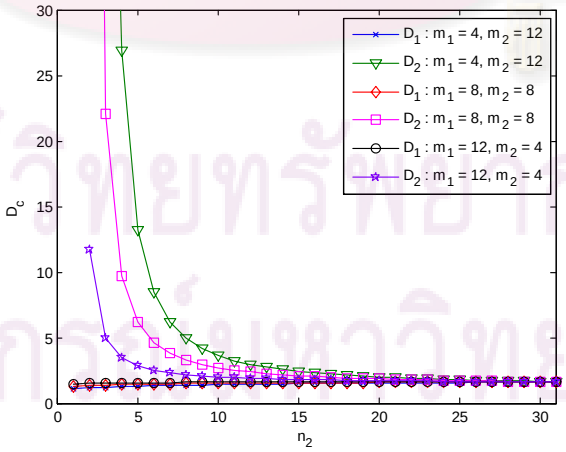
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

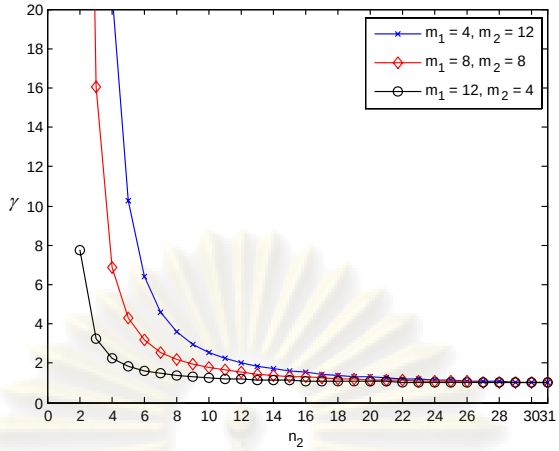


รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการแต่ละคลาสที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

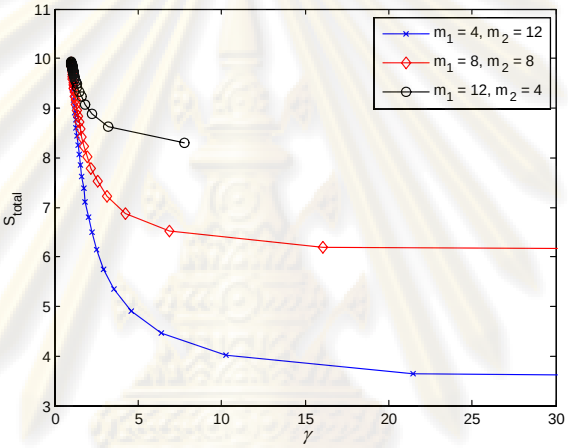


รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง



รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

4.2.2 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI + MT

4.2.2.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

รูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่อง จากรูปพบว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าสูงสุด เมื่อจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 1 ใบ และมีค่าต่ำลงเมื่อจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดมีน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด การเพิ่มจำนวนใบจองทำให้เกิดการชนมากขึ้น

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.25 พบว่าสำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 1 จะประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดเมื่อจำนวนใบจองสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1

เท่ากับ 2 ใบ และจำนวนใบจองสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 1 ใบ เนื่องจากในระบบนี้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 น้อยกว่าจำนวนช่องสัญญาณ 2 เท่า การใช้จำนวนใบจองเท่ากับ 2 ใบ ช่วยเพิ่มโอกาสในการประสบความสำเร็จในการจองมากขึ้น แต่เมื่อพิจารณารูปที่ 4.26 พบว่าการที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 เพิ่มจำนวนใบจองจาก 1 ใบ ไปเป็น 2 ใบ ส่งผลให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณน้อยลง

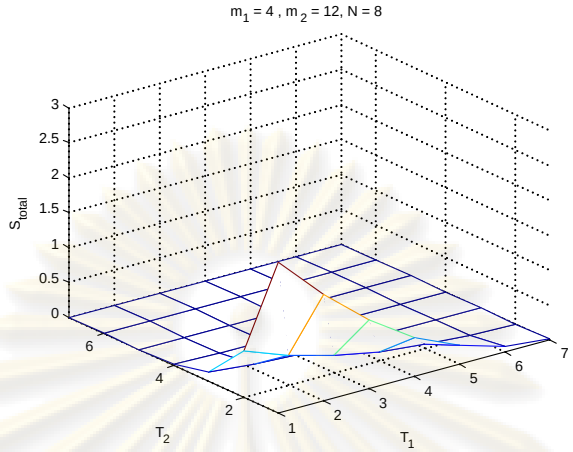
เมื่อพิจารณาระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย และระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย พบว่าผู้ใช้บริการคลาส 1 จะประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดเมื่อจำนวนใบจองสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 1 ใบ เนื่องจากใน 2 ระบบนี้มีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับหรือมากกว่าจำนวนช่องสัญญาณจอง การเพิ่มจำนวนใบจองส่งผลให้เกิดการชนกันมากขึ้นระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 ด้วยกัน แต่เราจะสังเกตว่าในระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย จำนวนใบจองสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดเท่ากับ 2 ใบ เนื่องจากผู้ใช้บริการคลาส 2 มีจำนวนน้อยกว่าช่องสัญญาณ 2 เท่า การเพิ่มจำนวนใบจองทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากขึ้น แต่ก็ทำให้เกิดการชนกับผู้ใช้บริการคลาส 1 มากขึ้นเช่นกัน ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าลดลง

เมื่อพิจารณาเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และ ผู้ใช้บริการคลาส 2 ดังรูปที่ 4.27 และ 4.28 พบว่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จจะสัมพันธ์กับจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ กล่าวคือเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่ามาก เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จจะมีค่าต่ำ เนื่องจากผู้ใช้บริการมีโอกาสประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูง จึงใช้เวลาไม่นานในการประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ อย่างในระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีค่าต่ำสุดเมื่อจำนวนใบจองสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 2 ใบ และจำนวนใบจองสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 1 ใบ ซึ่งจำนวนใบจองดังกล่าวจะทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุด

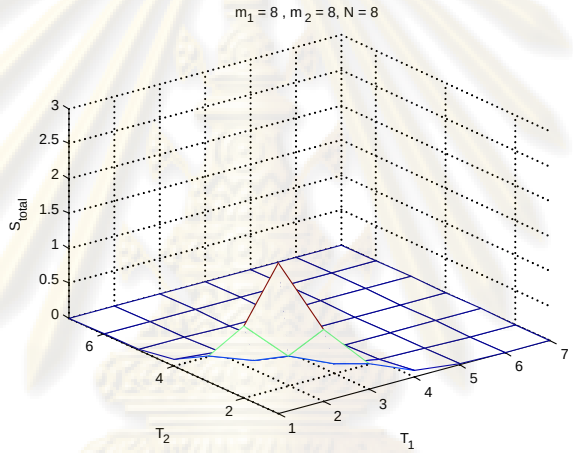
รูปที่ 4.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่อง จากรูปพบว่าค่า γ จะมีค่าสูงสุด เมื่อจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 7 ใบ และ 1 ใบ ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 พบว่าเมื่อใช้จำนวนใบจองตามข้างต้น จะทำให้ค่าเวลาประวิงมีค่าสูงเกินไปทำให้ไม่สามารถส่งสัญญาณที่ต้องการเวลาประวิงต่ำอย่างสัญญาณเสียงหรือสัญญาณวิดีโอได้

รูปที่ 4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่อง จากรูปพบว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมี

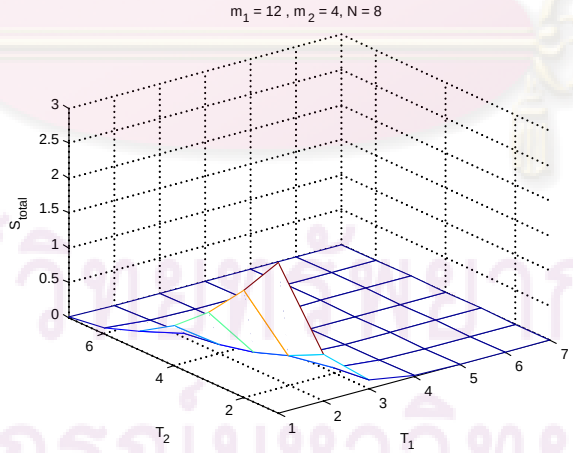
ค่าสูงสุด เมื่อค่า γ เท่ากับ 1 ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อกำหนดจำนวนใบจองสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 1 ใบ



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย

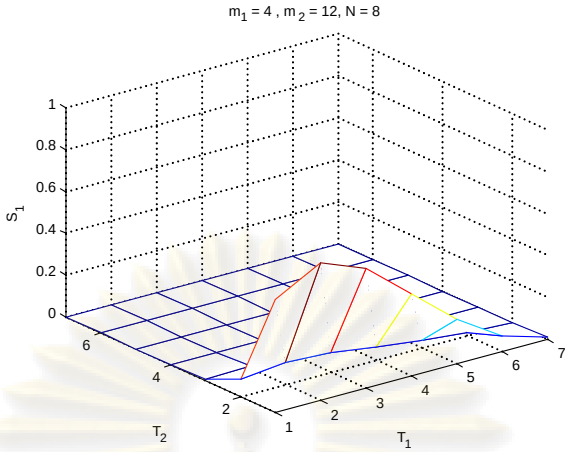


(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย

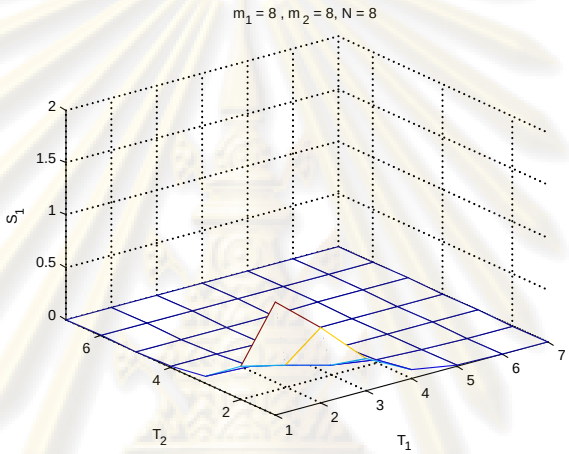


(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

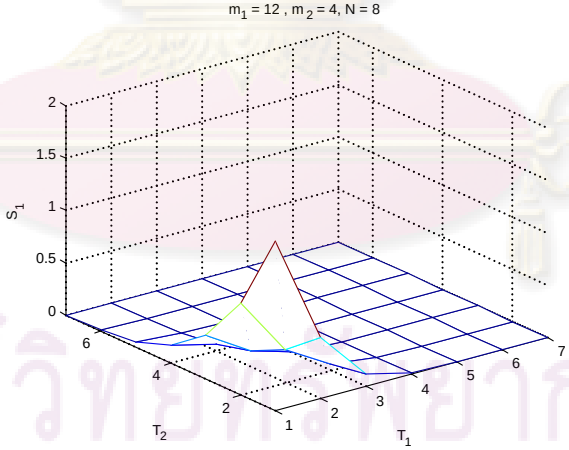
รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย



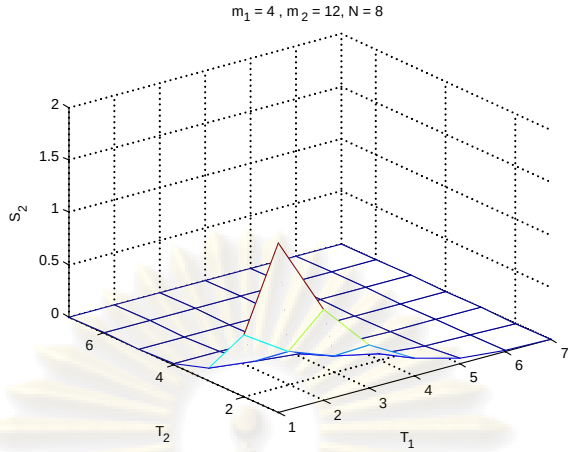
(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย



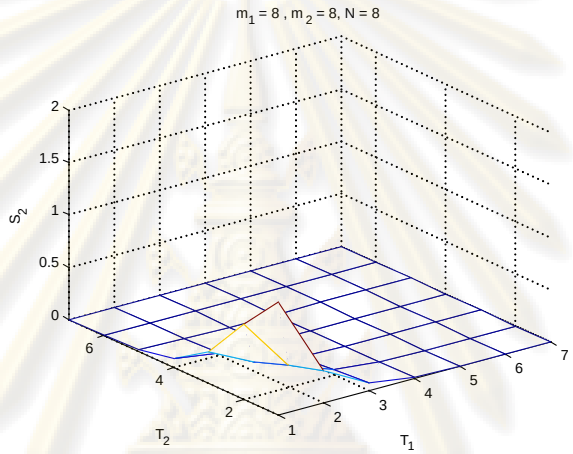
(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

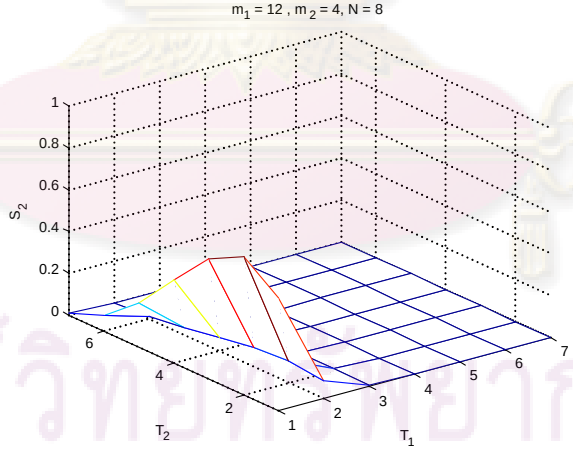
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย



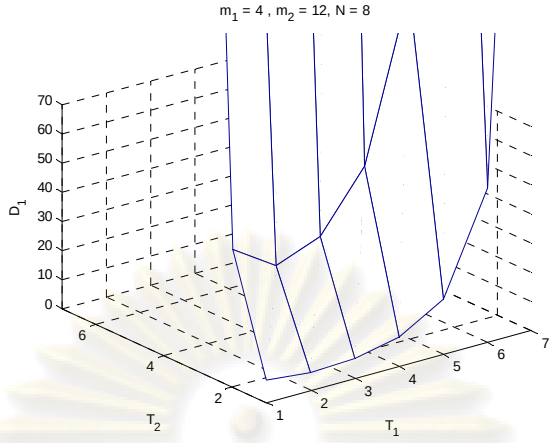
(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย



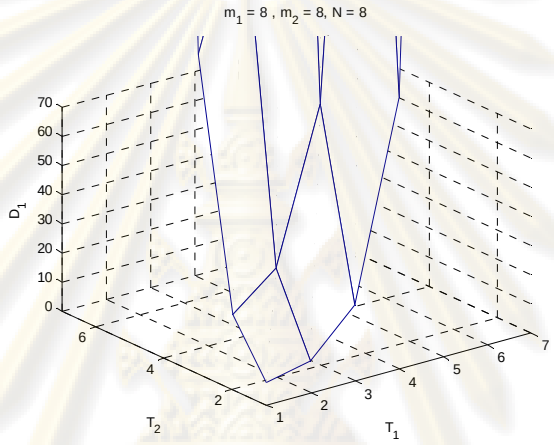
(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

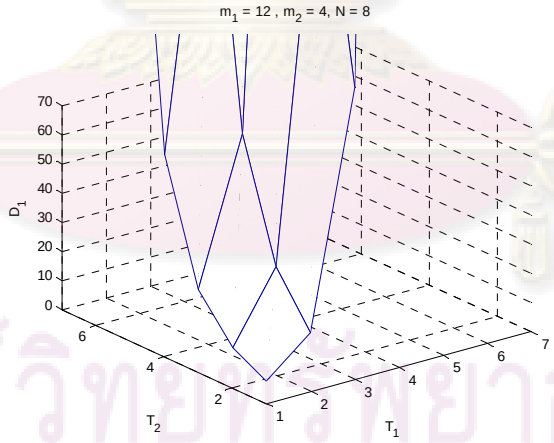
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย



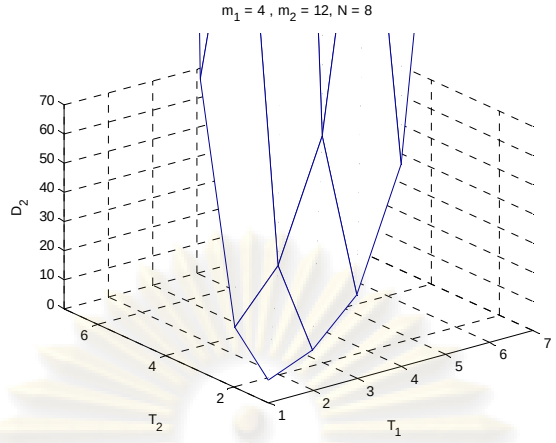
(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย



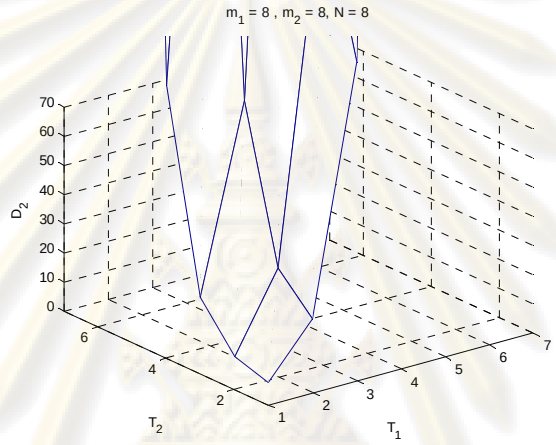
(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

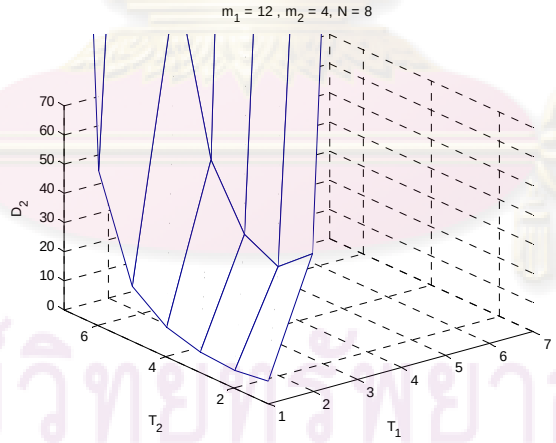
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย



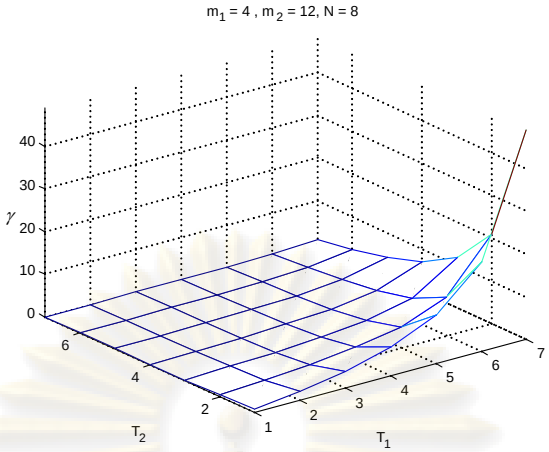
(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย



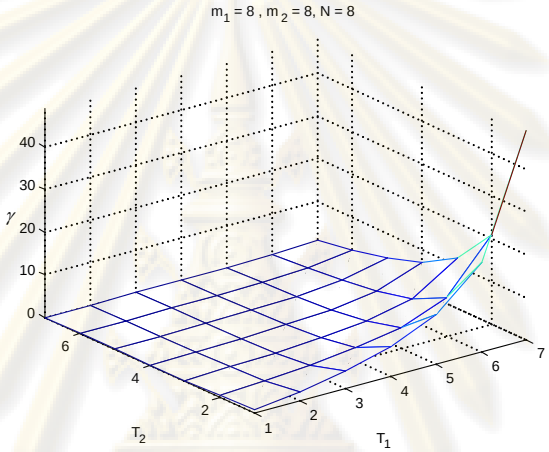
(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

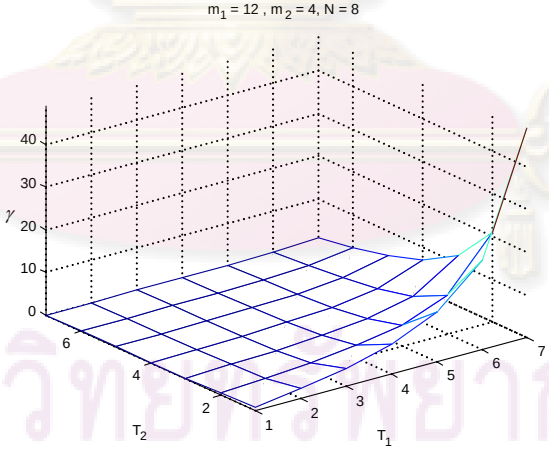
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย



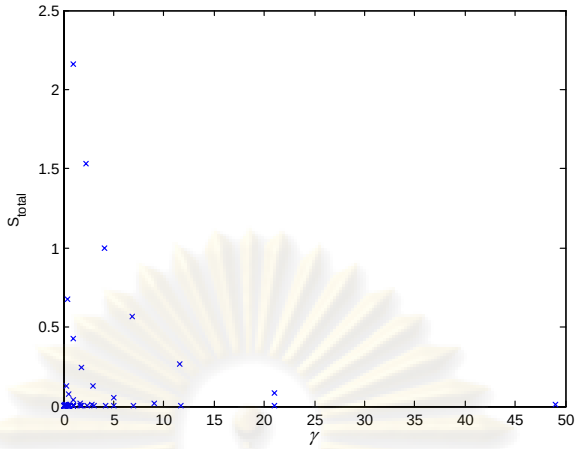
(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย



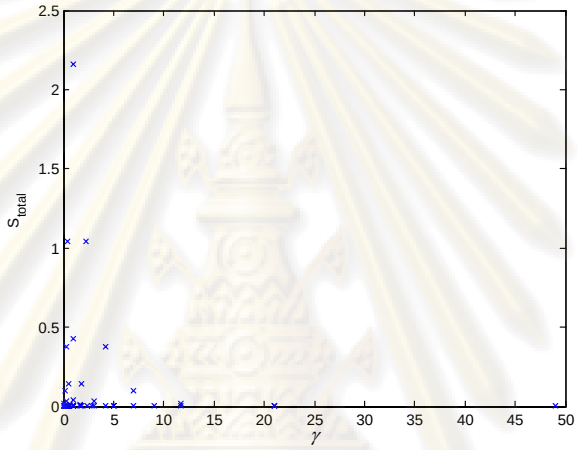
(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

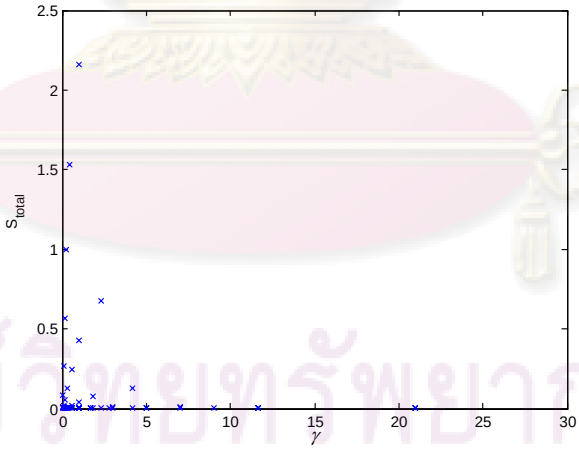
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย



(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย



(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

4.2.2.2 จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

รูปที่ 4.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง พบว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

ทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าสูงสุด เมื่อจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 1 และมีค่าต่ำลงเมื่อจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ดังรูปที่ 4.32 พบว่าสำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 1 จะประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดเมื่อจำนวนใบจองสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 4 ใบ และจำนวนใบจองสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 1 ใบ สำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย พบว่าผู้ใช้บริการคลาส 1 จะประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดเมื่อจำนวนใบจองสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 2 ใบ และจำนวนใบจองสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 1 ใบ และสำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย พบว่าผู้ใช้บริการคลาส 1 จะประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดเมื่อจำนวนใบจองสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับและผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 1 ใบ

จากผลที่ได้ เราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของใบจองที่ทำให้ผู้ใช้บริการคลาสหนึ่ง ๆ ประสบความสำเร็จสูงสุด ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อ $m_i = 1$ หรือ $m_i > N$ และจะมีค่าเท่ากับ $\left\lfloor \frac{N}{m_i} \right\rfloor$ สำหรับกรณีที่ $m_i \le N$ โดยที่ m_i คือจำนวนผู้ใช้บริการคลาส i ในระบบ N คือจำนวนช่องสัญญาณในระบบ $\lfloor x \rfloor$ คือเลขจำนวนเต็มที่มากที่สุดซึ่งน้อยกว่า x

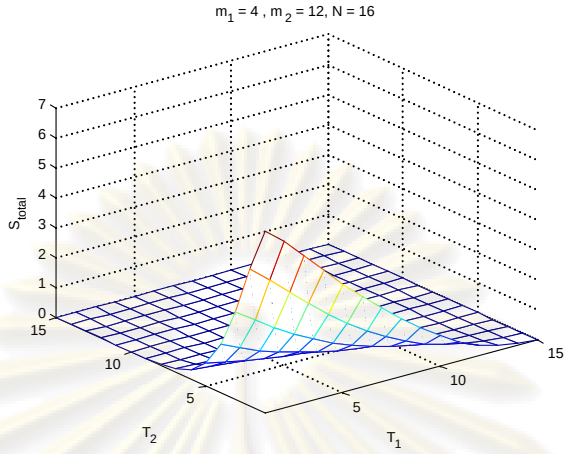
เมื่อพิจารณาเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และ ผู้ใช้บริการคลาส 2 ดังรูปที่ 4.34 และ 4.35 พบว่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จของผู้ใช้บริการคลาสหนึ่ง ๆ จะมีค่าต่ำสุดเมื่อผู้ใช้บริการคลาสนั้นประสบความสำเร็จสูงสุด

รูปที่ 4.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จากรูปพบว่าค่า γ จะมีค่าสูงสุด เมื่อจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 15 ใบ และ 1 ใบ ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 พบว่าเมื่อใช้จำนวนใบจองตามข้างต้น จะทำให้ค่าเวลาประวิงมีค่าสูงเกินไปจนไม่สามารถนำมาใช้ส่งข้อมูลประเภทที่ต้องการเวลาประวิงต่ำได้

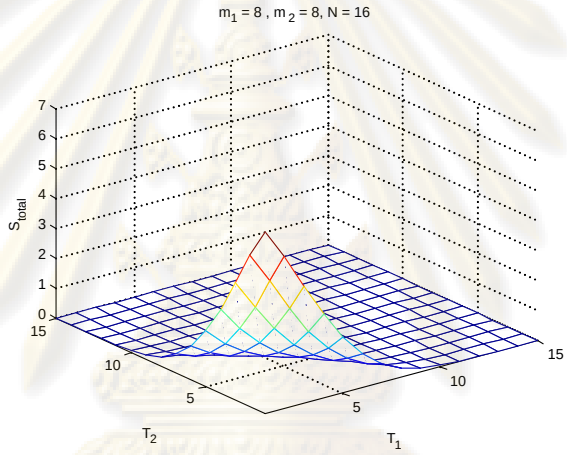
รูปที่ 4.37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง จากรูปพบว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าสูงสุด เมื่อค่า γ เท่ากับ 1 และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 1 ใบ และจะมีค่าต่ำลงเมื่อใช้จำนวนใบจองค่าอื่น ๆ

เมื่อพิจารณากรณีที่กำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 32 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.38 พบว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าสูงสุด เมื่อจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 2 ใบ เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณมีค่ามากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบ ดังนั้นการเพิ่มจำนวนใบจองจาก 1 ใบ ไปเป็น 2 ใบ จะช่วยลดจำนวนช่องสัญญาณที่ว่างอยู่ พร้อมทั้งทำให้ผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบประสบความสำเร็จมากขึ้น สำหรับผลของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ,

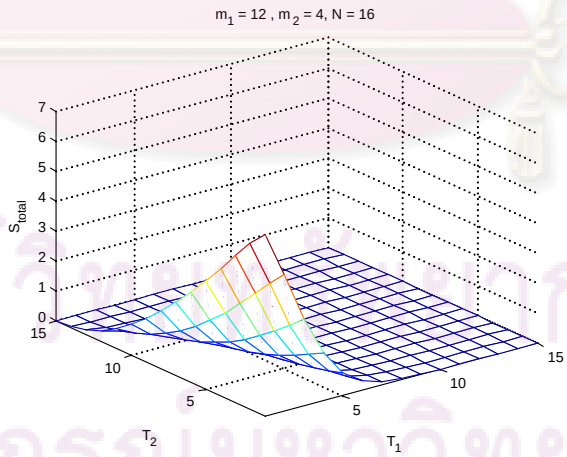
เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จและค่า γ พบว่าผลที่ได้คล้ายกับกรณีที่กำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย



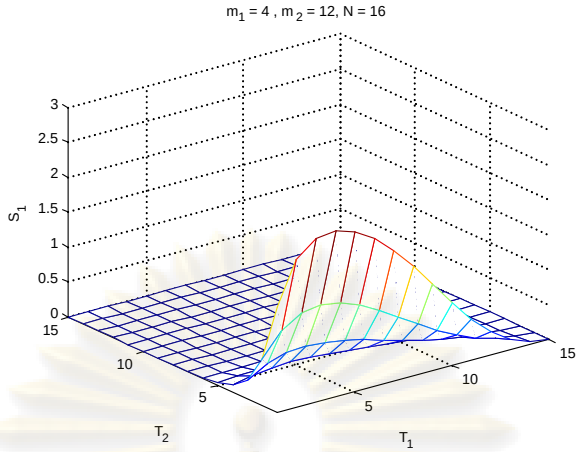
(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย



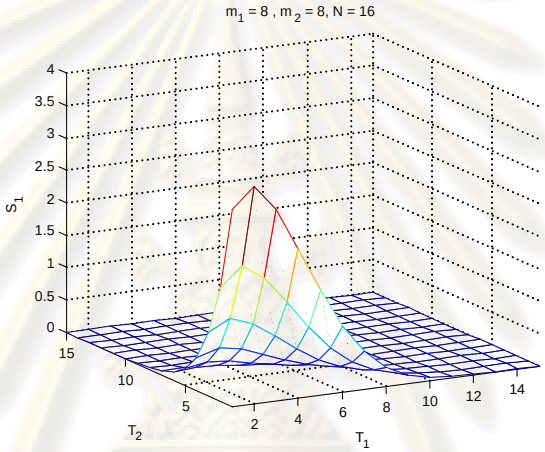
(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

รูปที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

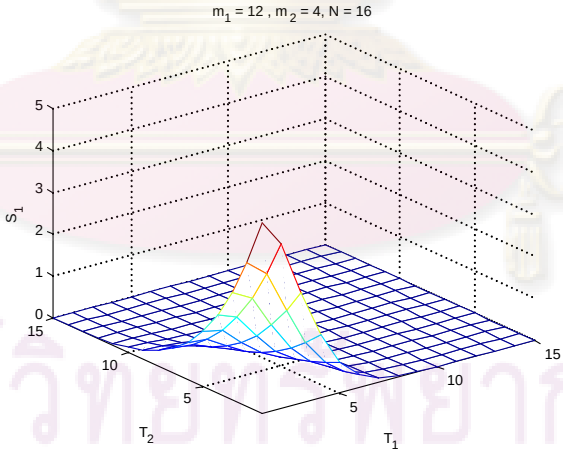
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย



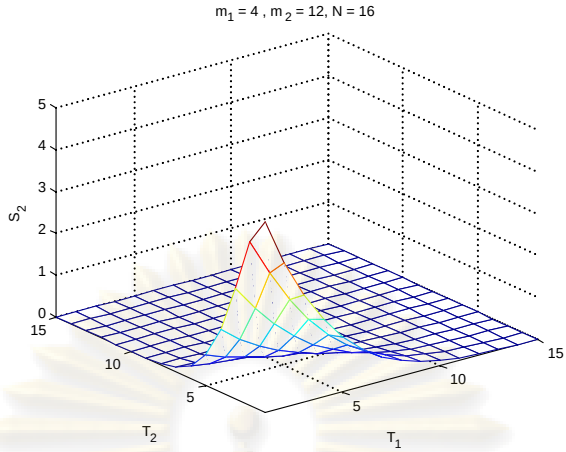
(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย



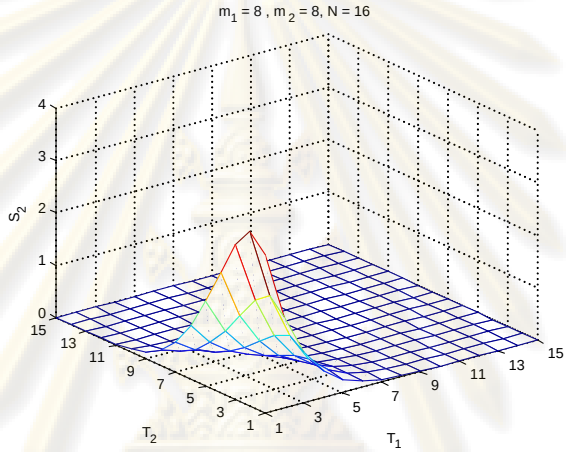
(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

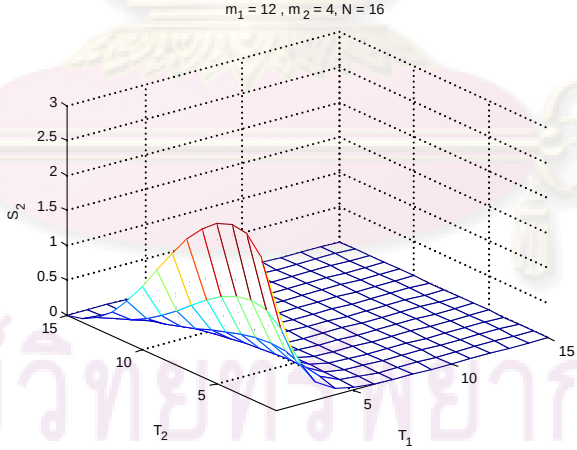
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย



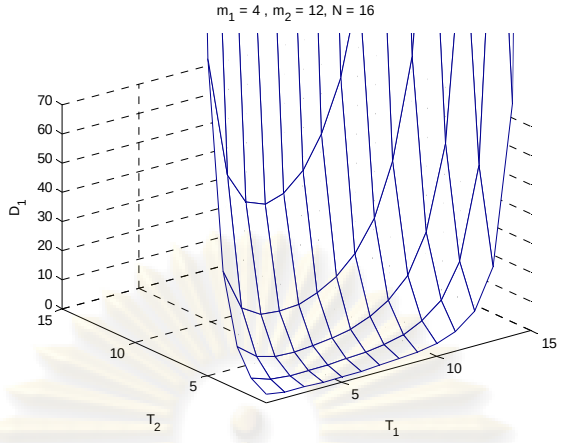
(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย



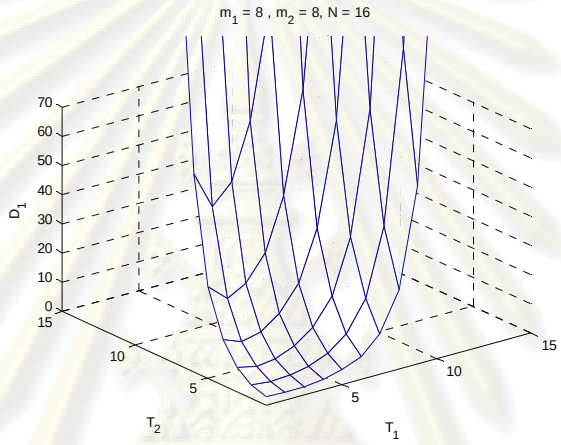
(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

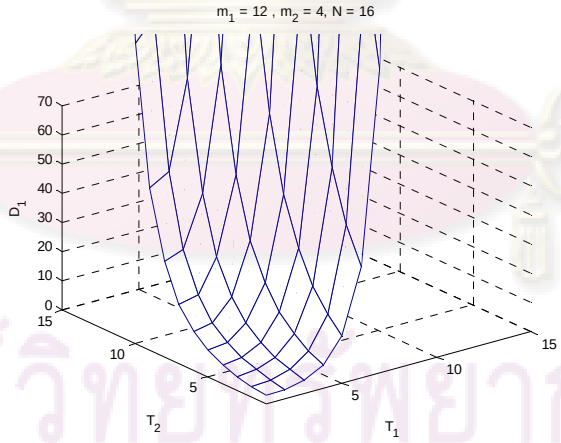
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย



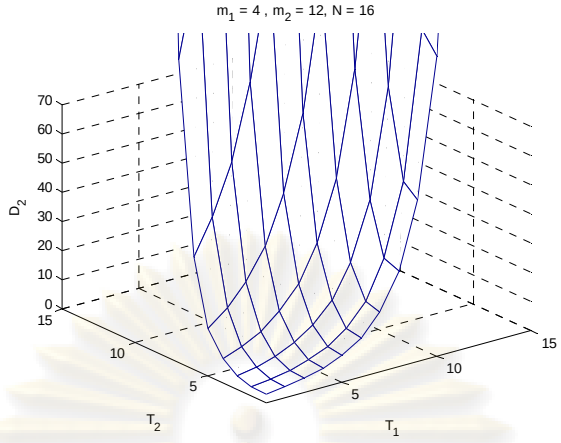
(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย



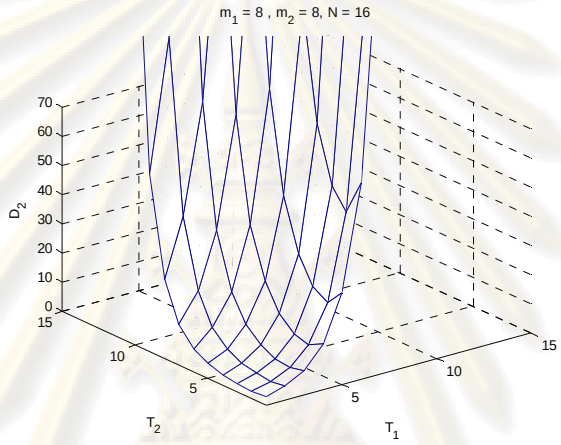
(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

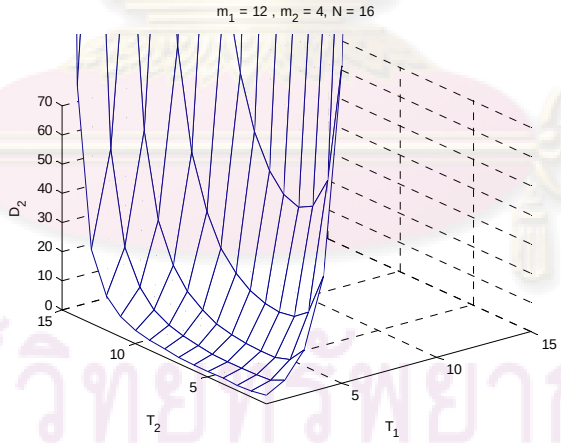
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย



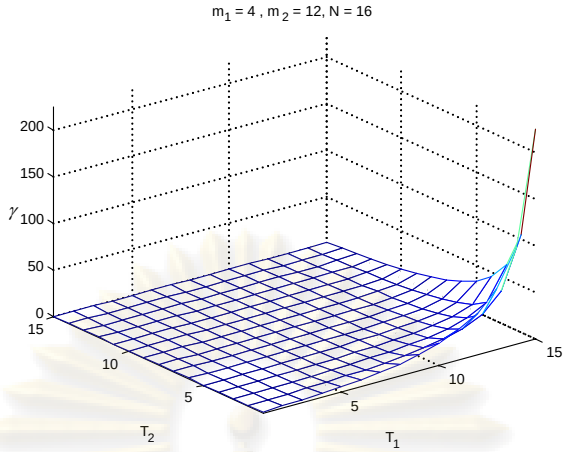
(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย



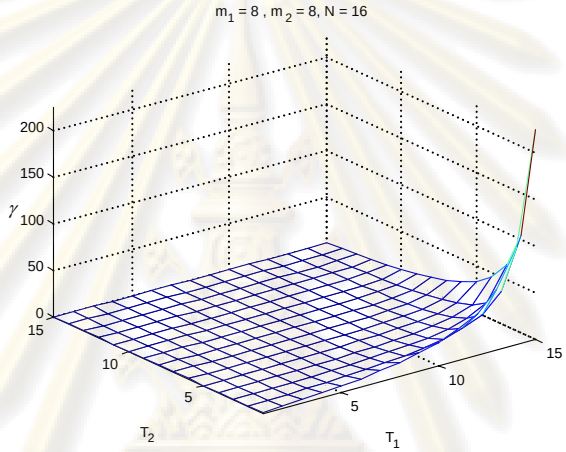
(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

รูปที่ 4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

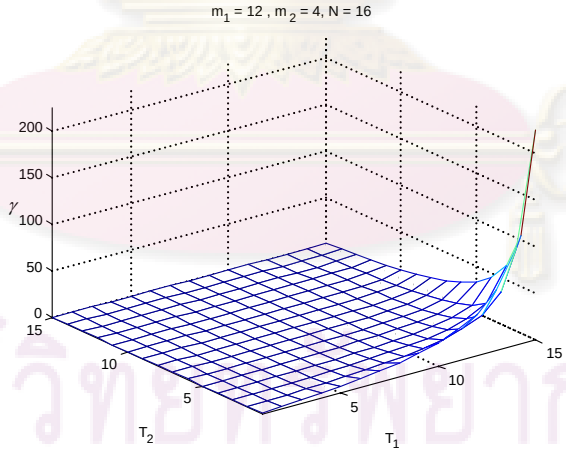
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย



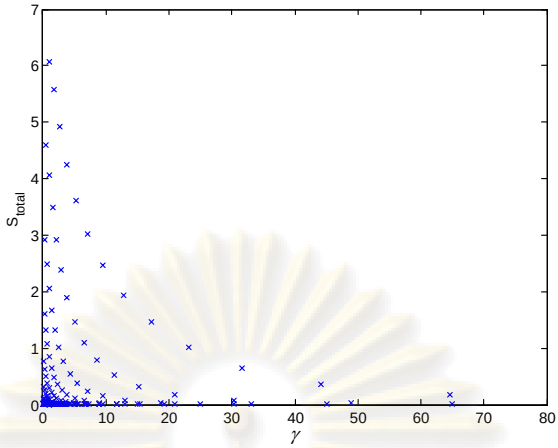
(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย



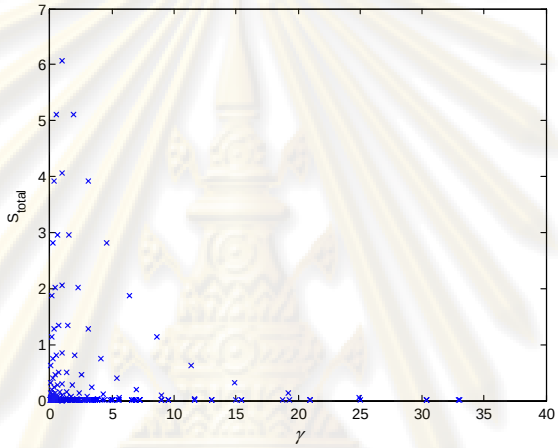
(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

รูปที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

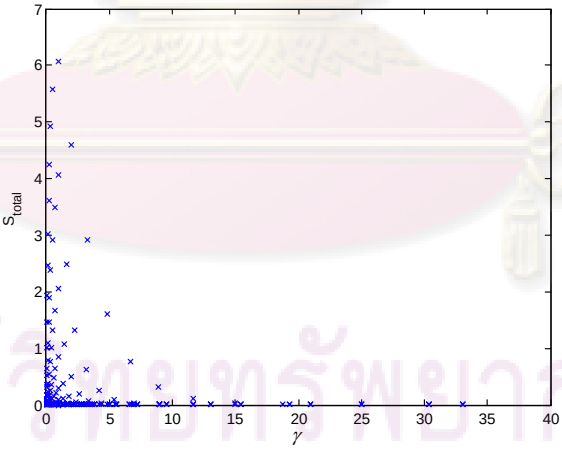
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย

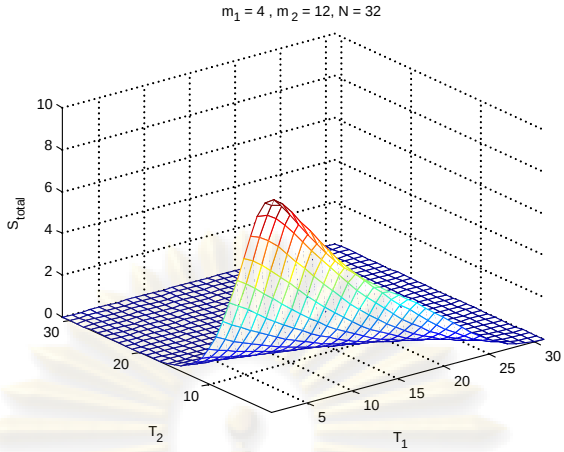


(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย

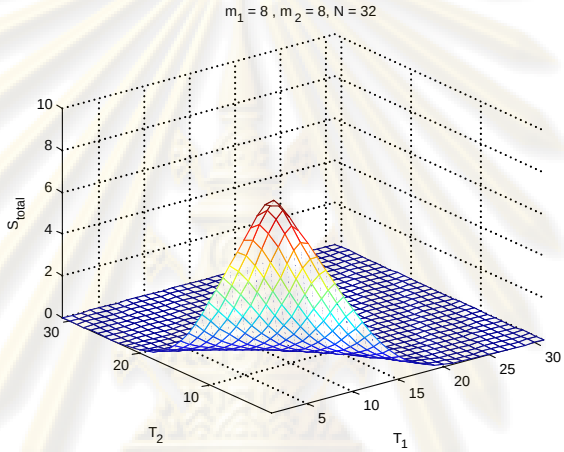


(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

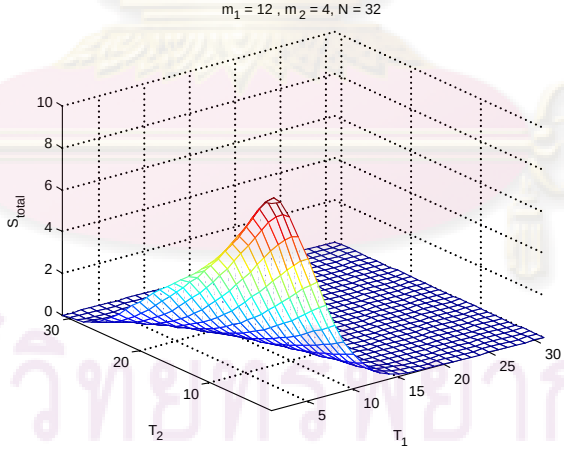
รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย

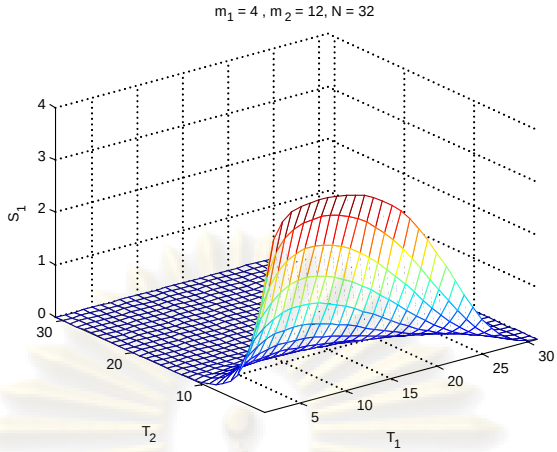


(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย

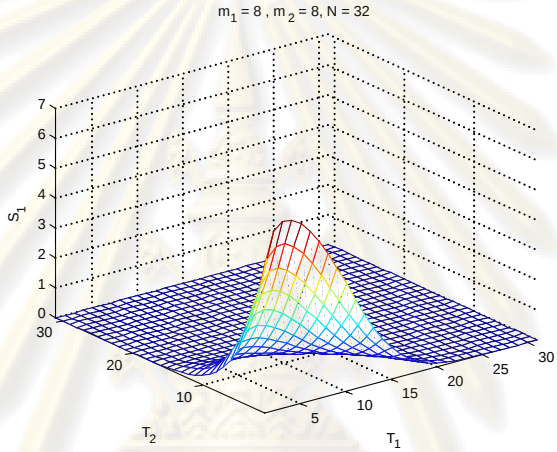


(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

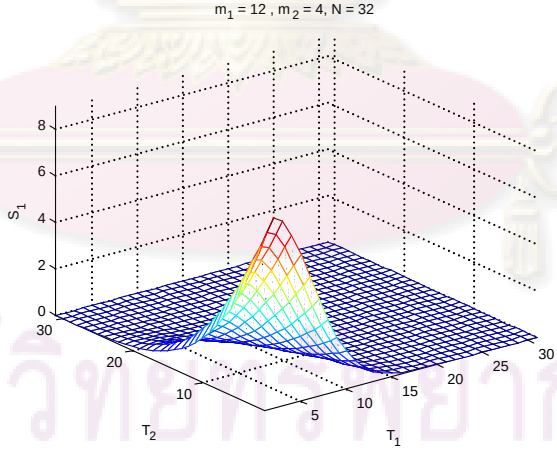
รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย



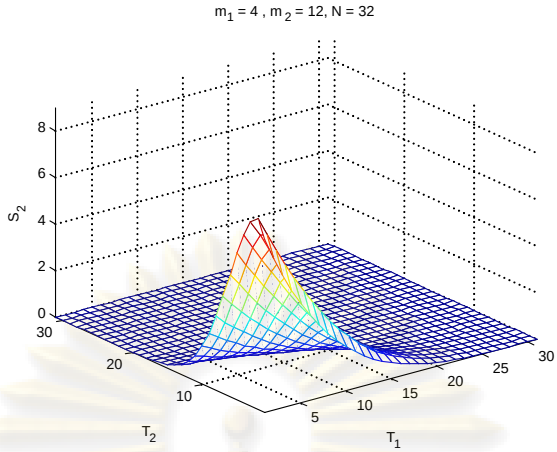
(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย



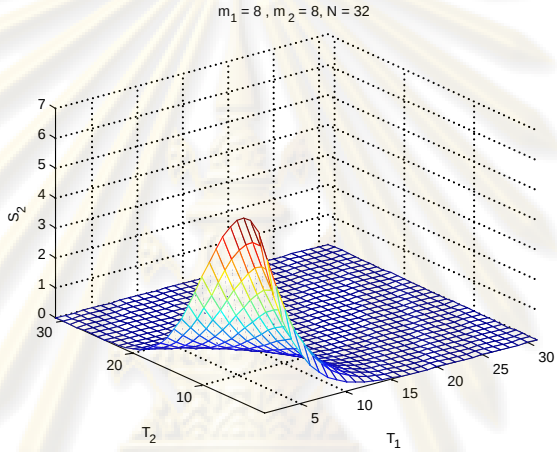
(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

รูปที่ 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

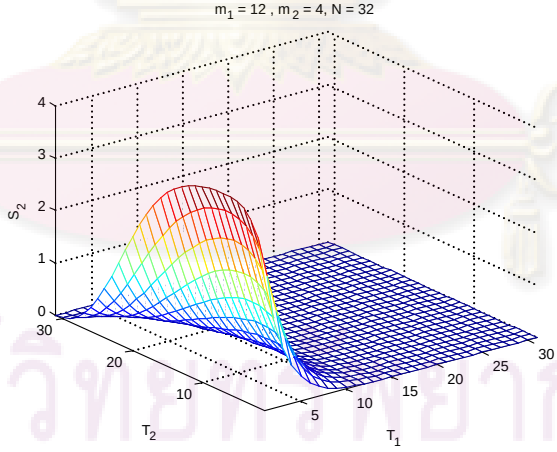
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย



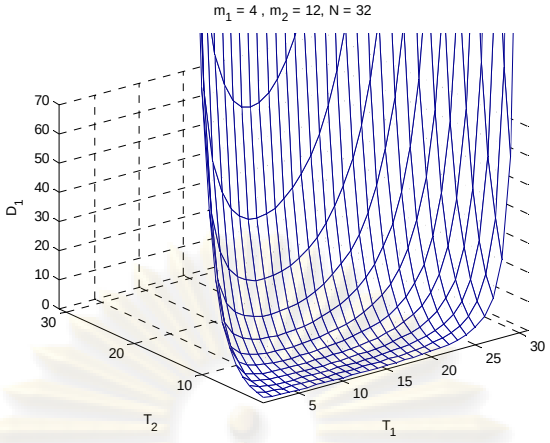
(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย



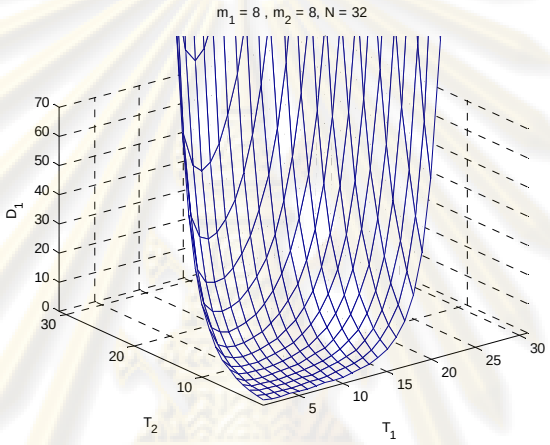
(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

รูปที่ 4.40 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

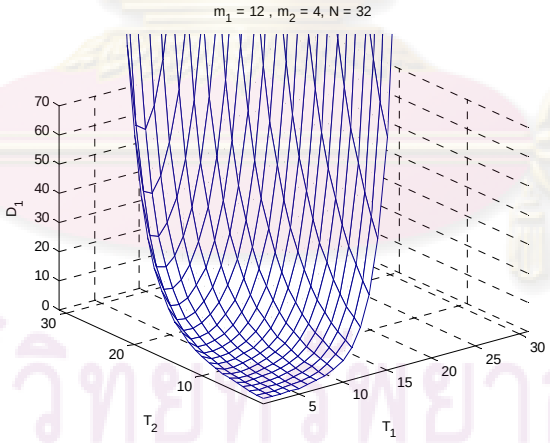
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย



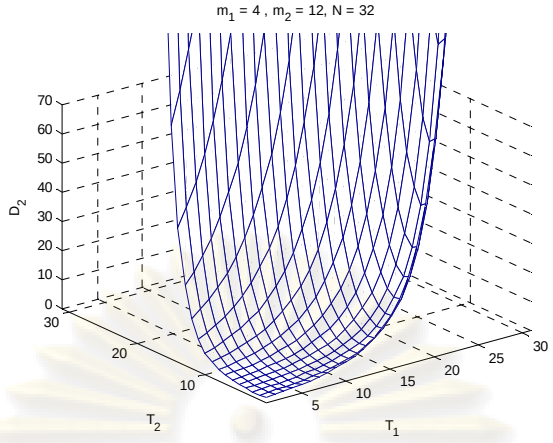
(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย



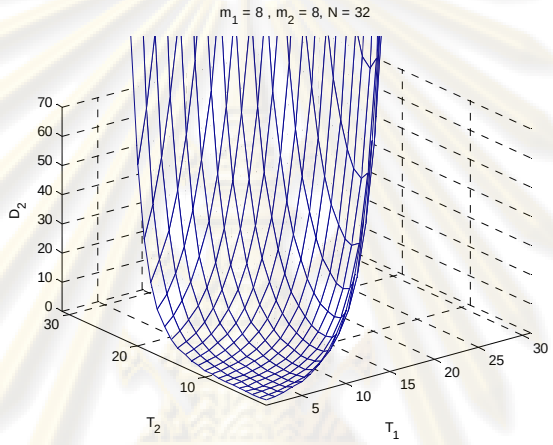
(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

รูปที่ 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

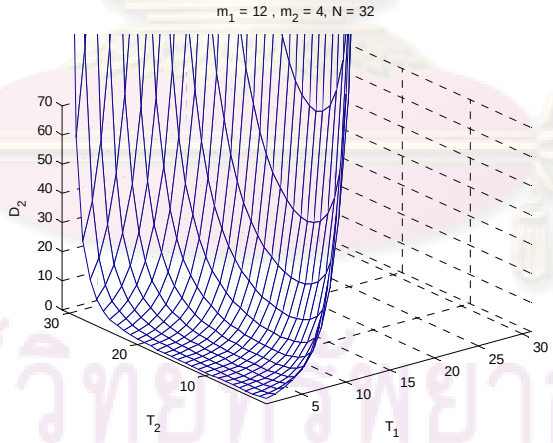
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย

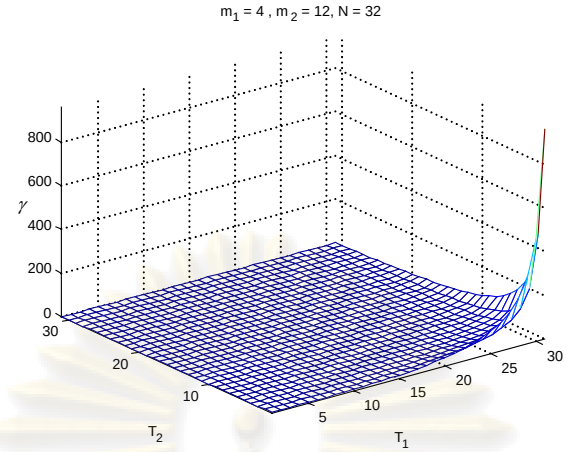


(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย

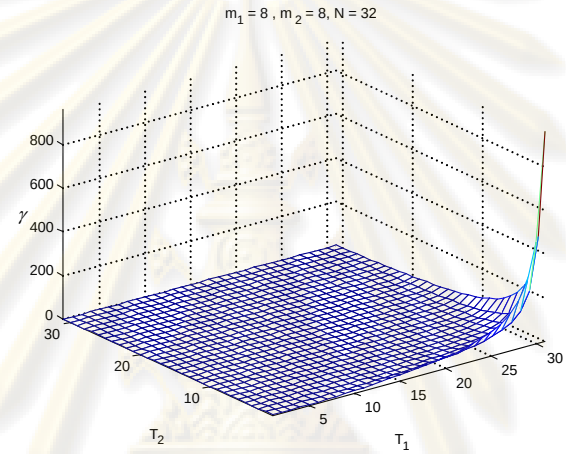


(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

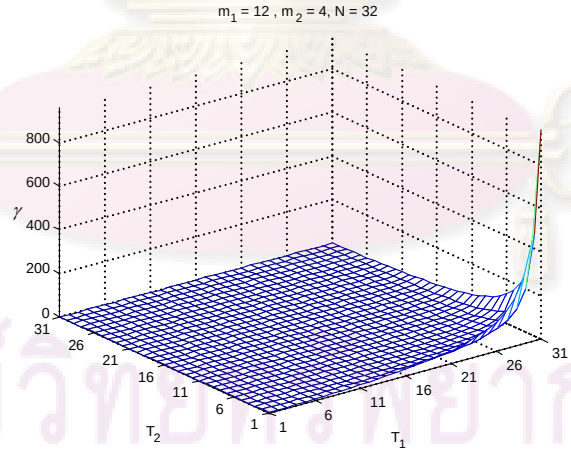
รูปที่ 4.42 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย

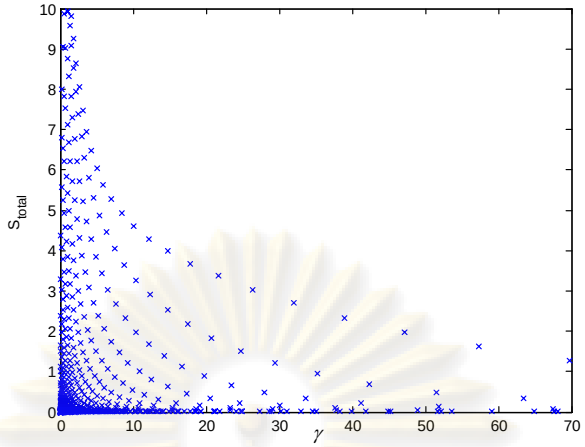


(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย

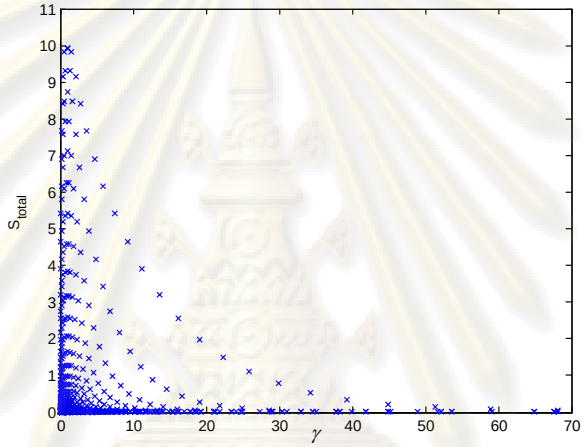


(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

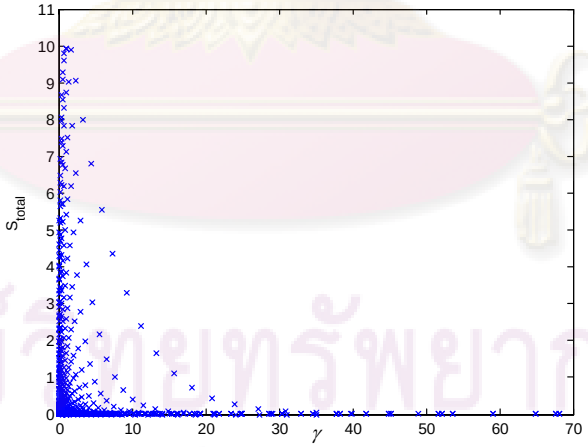
รูปที่ 4.43 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง



(ก) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย



(ข) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย



(ค) ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

รูปที่ 4.44 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT

4.2.3.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

รูปที่ 4.45 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าที่ค่าจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 1 ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย และระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย เนื่องจากเมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 1 จะไม่มีผู้ใช้บริการคลาส 1 รายใดประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเลย เพราะผู้ใช้บริการคลาส 1 ทุกรายเลือกจองช่องสัญญาณเดียวกันทำให้เกิดการชนกันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ จึงมีเฉพาะผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่านั้นที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 4.46 และอย่างที่ทราบจากเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI ว่าจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าสูงสุดเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการเท่ากับจำนวนช่องสัญญาณ ในกรณีนี้จำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดไว้สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 7 ช่อง ส่งผลให้ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย มีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าอีก 2 ระบบที่เหลือ เนื่องจากระบบดังกล่าวมีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ใกล้เคียงกับจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดไว้สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 มากกว่าระบบที่เหลือ และเมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดไว้สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 7 ช่อง จำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะเท่ากับ 1 ช่อง ในกรณีนี้จะไม่มีผู้ใช้บริการคลาส 2 รายใดประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเลย มีเพียงเฉพาะผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่านั้นที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ส่งผลให้ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุด เนื่องจากมีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ใกล้เคียงกับจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 มากกว่าระบบอื่น ๆ

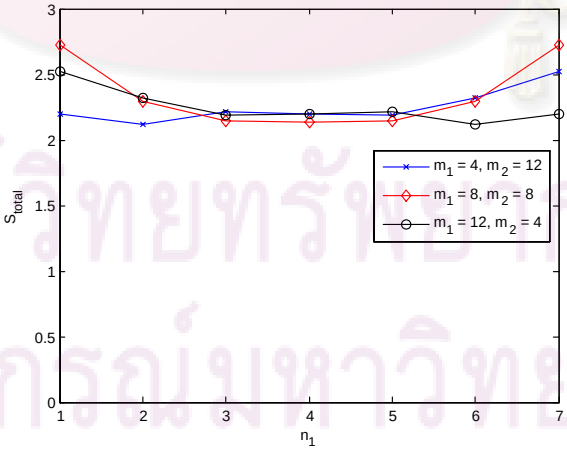
รูปที่ 4.47 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จจะมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ กล่าวคือเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าต่ำจะส่งผลให้เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จมีค่าสูง แต่เมื่อจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าสูง จะส่งผลให้เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จมีค่าต่ำ

รูปที่ 4.48 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าค่า γ จะเพิ่มตามจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เนื่องจากการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ก็คือการลดจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 ทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 มีโอกาสในการประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากขึ้น แต่ทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลง ดังนั้นค่า γ ซึ่งนิยามเป็นอัตราส่วนความน่าจะเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่าง

ผู้ใช้บริการระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จึงมีค่าสูงขึ้น สำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย การเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะส่งผลให้ค่า γ เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เพราะว่าจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 มากกว่าจำนวนช่องสัญญาณมาก ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าต่ำ และการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 เพียงเล็กน้อยจึงไม่เพียงพอที่จะรองรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จึงส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก สำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย การเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะส่งผลให้ค่า γ เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและเข้าสู่อนันต์ เนื่องจากผู้ใช้บริการคลาส 2 มีจำนวนมากเมื่อเทียบกับจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 และการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 จะทำให้จำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 ลดลง ทำให้โอกาสที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 จะประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลงและเข้าสู่ศูนย์ นอกจากนี้เรายังสังเกตพบว่าในรูปที่ 4.48 ไม่ได้แสดงค่า γ เมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 7 เนื่องจากในกรณีนี้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเท่ากับ 0 ทำให้ค่า γ เท่ากับอนันต์ จึงไม่สามารถแสดงค่า γ ในรูปได้

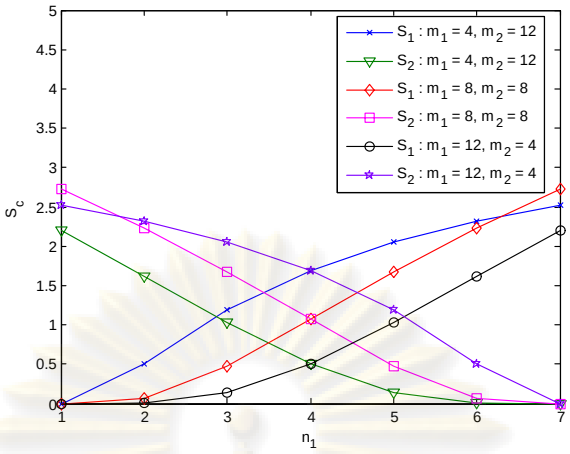
รูปที่ 4.49 และ 4.50 แสดงจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 หลาย ๆ ค่า จากผลที่ได้พบว่าจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 1 เนื่องจากระบบมีจำนวนช่องสัญญาณน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบ การเพิ่มจำนวนใบจองทำให้เกิดการชนกันมากขึ้นและส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลง

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองและค่า γ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่องดังแสดงในรูปที่ 4.51 พบว่าจะมีค่า γ เพียงไม่กี่ค่าเท่านั้น และเราไม่สามารถควบคุมค่า γ ให้เป็นจำนวนเต็มที่เราต้องการได้

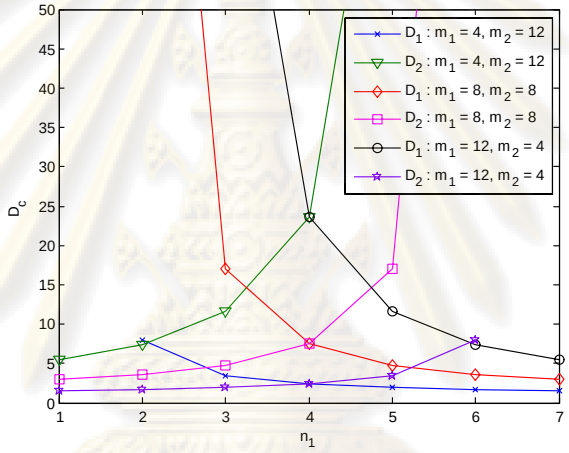


รูปที่ 4.45 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

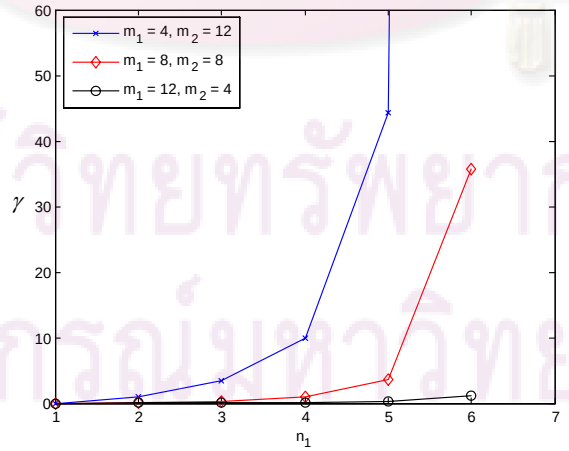
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.46 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

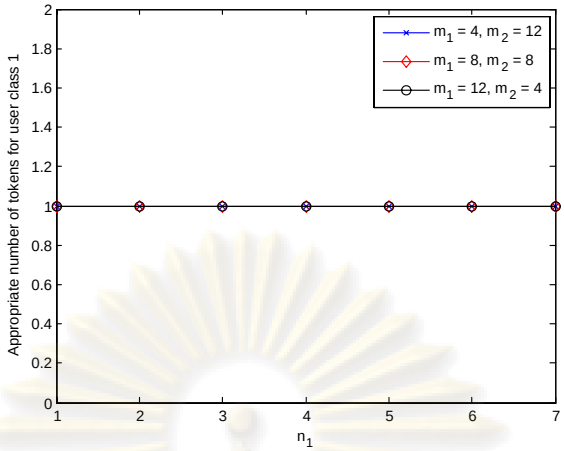


รูปที่ 4.47 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

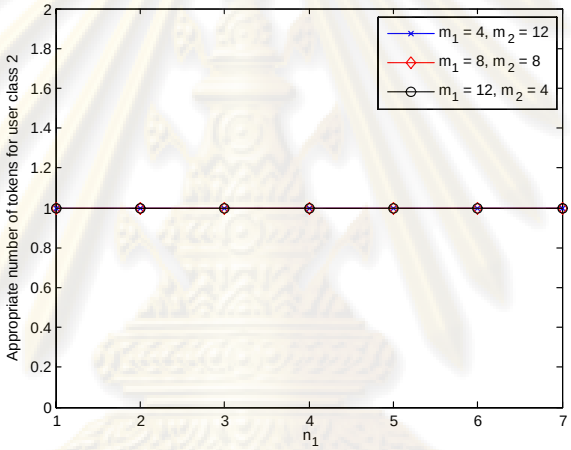


รูปที่ 4.48 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

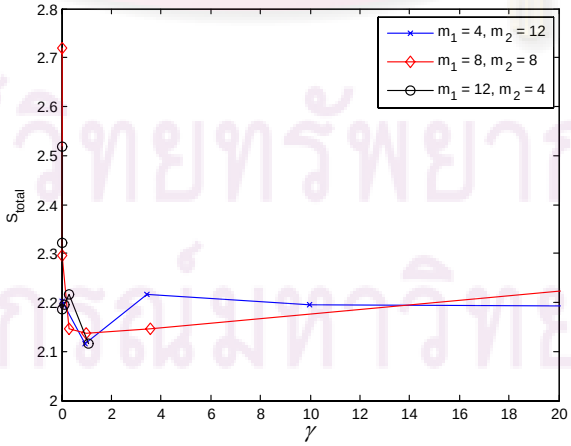
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.49 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 4.50 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 4.51 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3.2 เมื่อจำนวนช่องสัญญาณจองมีจำนวนเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

รูปที่ 4.52 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าสูงสุดเมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 เนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบเท่ากับ 16 คน ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมด ดังนั้นเมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 จะส่งผลให้จำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ด้วย ยกตัวอย่างในระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย เมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 12 ช่อง จำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะเท่ากับ 4 ช่อง ซึ่งจากเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI ระบบจะมีจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการในระบบเท่ากับจำนวนช่องสัญญาณในระบบ ส่งผลให้มีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดเมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1

รูปที่ 4.53 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง พบว่าการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ส่งผลให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเพิ่มขึ้น ในขณะที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลง เนื่องจากการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ทำให้จำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 ลดลง ส่งผลให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 เกิดการชนกันมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 15 ช่อง ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย และระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย เนื่องจากเมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 15 ช่อง จะทำให้จำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 1 ช่อง ทำให้การชนกันขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้และไม่มีผู้ใช้บริการคลาส 2 รายใดประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ดังนั้นจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะเป็นผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่านั้น และจากที่ทราบในระบบ UNI ระบบจะมีจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการในระบบเท่ากับจำนวนช่องสัญญาณในระบบ ทำให้ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย มีจำนวนผู้ใช้บริการสูงสุด เนื่องจากมีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ใกล้เคียงกับจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 มากกว่าระบบอื่น ๆ ในทางกลับกันเมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 1 ช่อง จะทำให้จำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 15 ช่อง ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย มีจำนวนผู้ใช้บริการสูงสุด ด้วยเหตุผลเดียวกันกับกรณีข้างต้น

รูปที่ 4.54 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จจะมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ กล่าวคือเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าต่ำจะส่งผลให้เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จมีค่าสูง แต่เมื่อจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าสูง จะส่งผลให้เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จมีค่าต่ำ

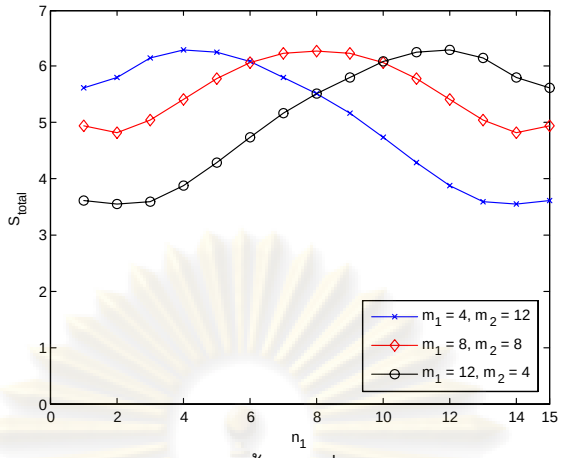
รูปที่ 4.55 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง พบว่าผลที่ได้คล้ายกับกรณีที่กำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง กล่าวคือ ค่า γ จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ จะเข้าสู่อนันต์เมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้คลาส 1 เท่ากับ 15 ช่อง

รูปที่ 4.56 แสดงจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 หลาย ๆ ค่า จากผลที่ได้พบว่า สำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะเท่ากับ 1 เมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 มีค่าต่ำและจะมีค่าเท่ากับ 2 เมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 8 ช่อง และจะมีค่าเท่ากับ 3 เมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 มากกว่า 12 ช่อง เนื่องจากเมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้คลาส 1 มีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้มีจำนวนช่องสัญญาณว่างมากขึ้นตามไปด้วย การเพิ่มจำนวนใบจองช่วยให้มีการเข้าจองช่องสัญญาณที่ว่างมากขึ้น ส่งผลให้การเข้าจองช่องสัญญาณมีประสิทธิภาพและมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงขึ้น สำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย และระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะเท่ากับ 1 เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 มีค่าไม่มากนัก เมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 การเพิ่มจำนวนใบจอง ส่งผลให้เกิดการชนกันมากขึ้น

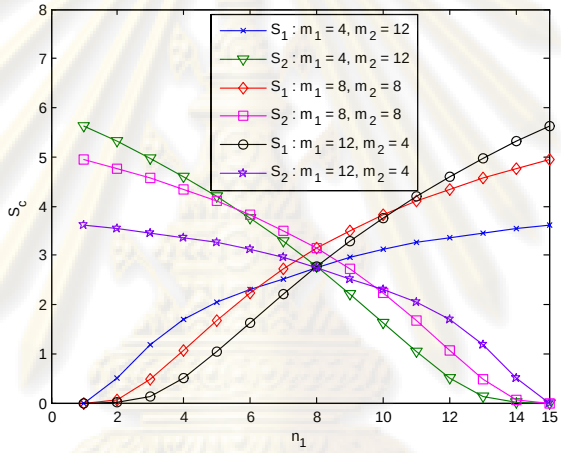
เมื่อพิจารณาจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 ดังรูปที่ 4.57 จะได้ผลที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือจำนวนใบจองที่เหมาะสมจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 น้อยกว่าจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 มาก

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่องดังแสดงในรูปที่ 4.58 พบว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าสูงสุดเมื่อค่า γ เท่ากับ 1 การเพิ่มหรือลดค่า γ จะส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลง

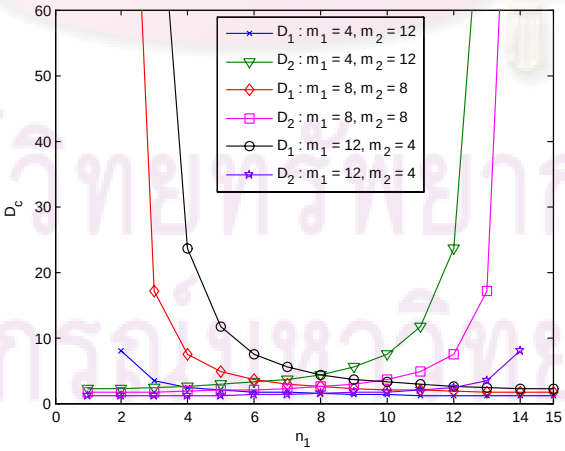
เมื่อพิจารณาผลการทดสอบของระบบที่กำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 32 ช่อง พบว่าผลที่ได้จะคล้ายกับผลของกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง



รูปที่ 4.52 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

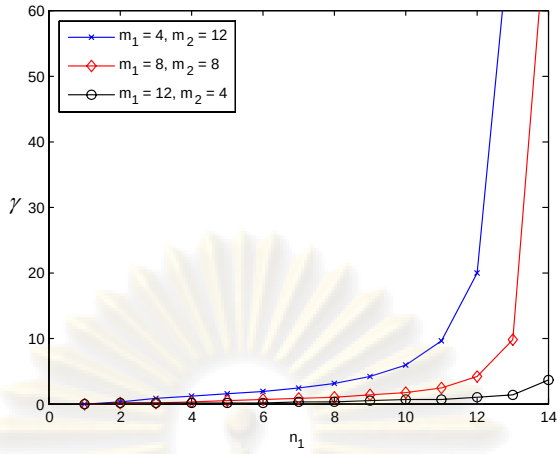


รูปที่ 4.53 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

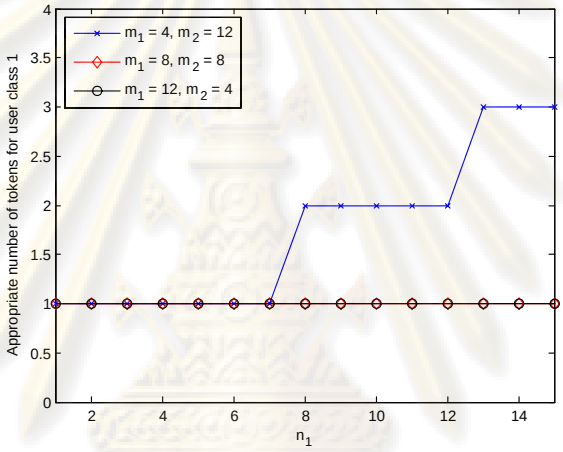


รูปที่ 4.54 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

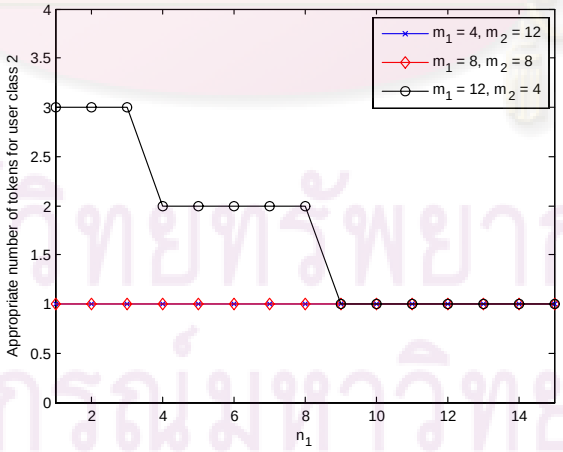
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.55 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

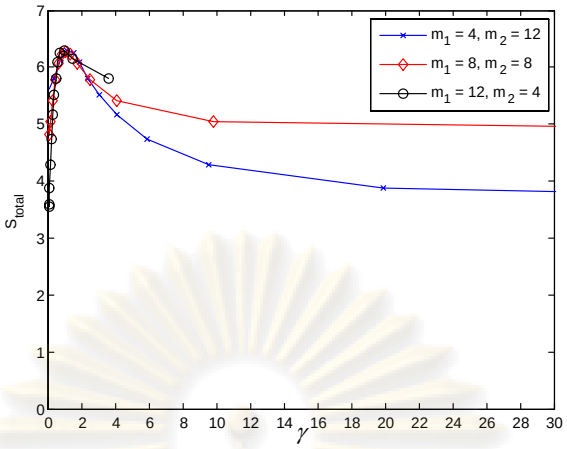


รูปที่ 4.56 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

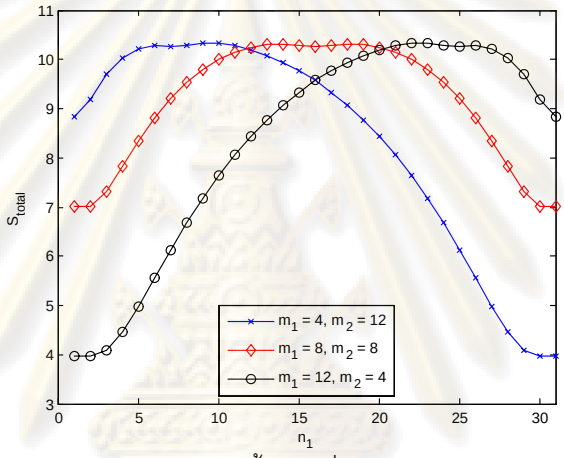


รูปที่ 4.57 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

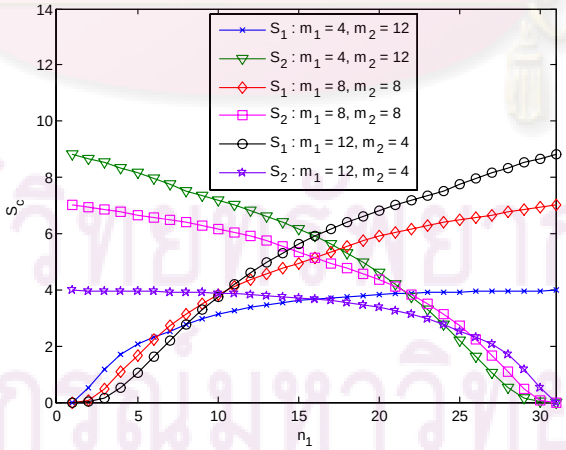
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.58 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

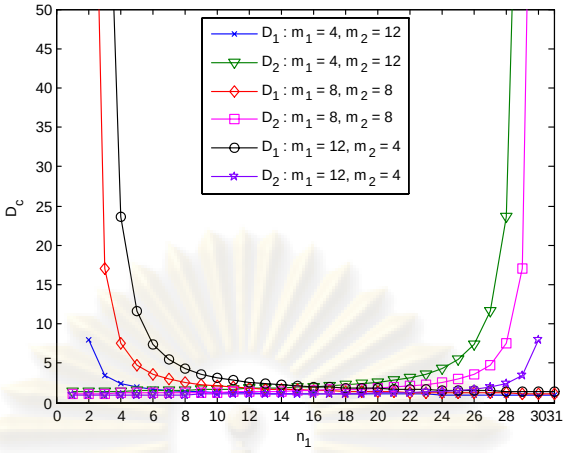


รูปที่ 4.59 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

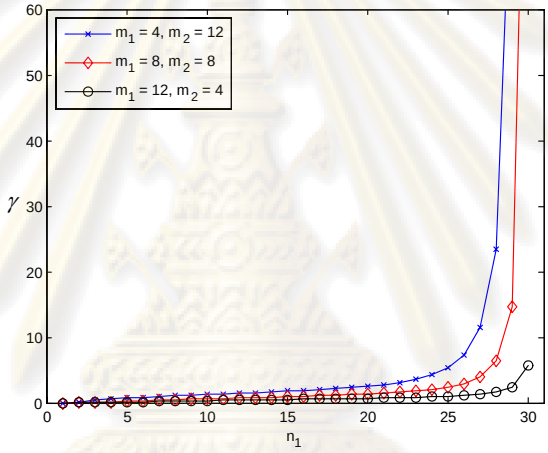


รูปที่ 4.60 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

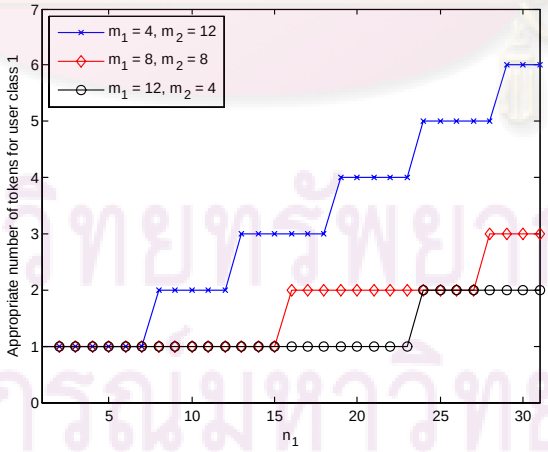
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.61 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

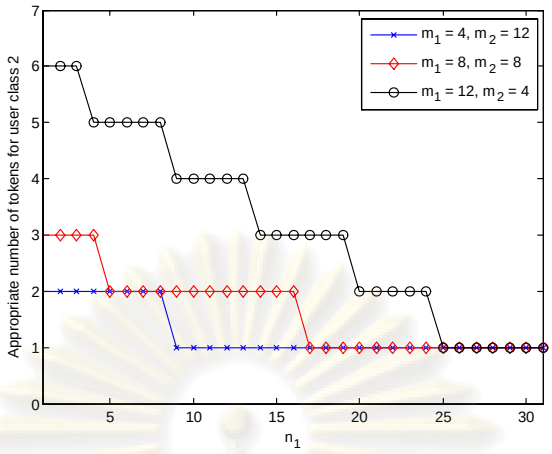


รูปที่ 4.62 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

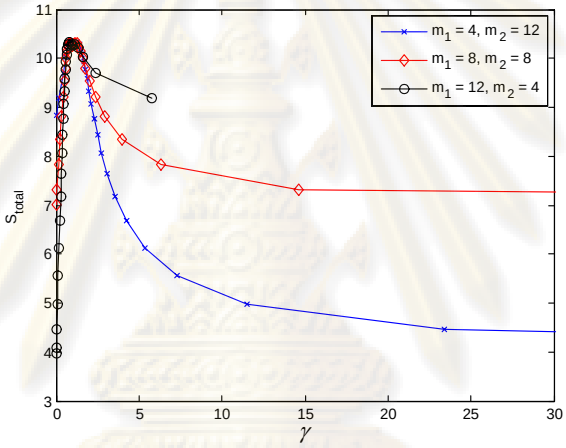


รูปที่ 4.63 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.64 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง



รูปที่ 4.65 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

4.2.4 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT

4.2.4.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

จากผลการทดสอบที่ได้ในรูปที่ 4.66 และ 4.67 พบว่าการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะทำให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเพิ่มขึ้น และทำให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลง นอกจากนี้เรายังพบว่าเมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 น้อยกว่า 4 อัตราการลดลงของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลง แต่เมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 มากกว่า 4 อัตราการลดลงของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะใกล้เคียงกับอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณค่อนข้างคงที่หรือเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

รูปที่ 4.68 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง พบว่าเมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 1 เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีเป็นอนันต์ นั่นคือผู้ใช้คลาส 2 ไม่มีโอกาสในการจองช่องสัญญาณสำเร็จเลย เนื่องจากในกรณีนี้ผู้ใช้บริการคลาส 2 ทุกรายจะจองช่องสัญญาณเดียวกัน ส่งผลให้เกิดการชนกันขึ้น ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเท่ากับ 0 และเมื่อเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะลดลง เนื่องจากการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 ส่งผลให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 มีโอกาสในการประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากขึ้น จึงใช้เวลารอไม่นานก่อนที่จะประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ สำหรับเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีค่าไม่มากและเมื่อเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีการเพิ่มขึ้นไม่มาก เนื่องจากผู้ใช้บริการคลาส 1 สามารถเข้าจองได้ทุกช่องสัญญาณ การเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะส่งผลให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 มีโอกาสในการประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลงแต่ลดลงไม่มากเนื่องจากยังคงมีบางช่องสัญญาณที่มีเพียงผู้ใช้บริการคลาส 1 เข้าจองได้

รูปที่ 4.69 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าเมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 มีค่าต่ำ ค่า γ จะมีค่าสูง เนื่องจากในกรณีนี้ผู้ใช้บริการคลาส 1 สามารถเข้าจองได้ทุกช่องสัญญาณ ในขณะที่จำนวนช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 เข้าจองได้มีน้อย ส่งผลให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 มีโอกาสในการประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากกว่าผู้ใช้บริการคลาส 2 มาก นอกจากนี้เรายังพบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 ค่า γ จะมีค่าลดลง เนื่องจากการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 ทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 มีโอกาสในการประสบความสำเร็จมากขึ้น ในขณะที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 มีโอกาสในการประสบความสำเร็จลดลง

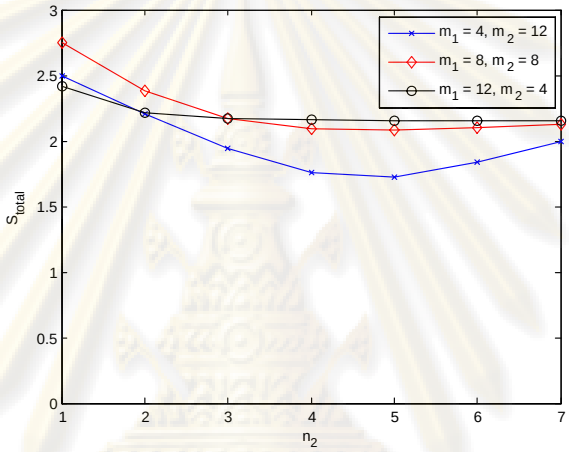
รูปที่ 4.70 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าสำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย เมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 น้อยกว่า 5 จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 2 ใบ เนื่องจากผู้ใช้บริการคลาส 2 ถูกจำกัดให้จองช่องสัญญาณได้เพียงบางช่อง และผู้ใช้บริการคลาส 1 มีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมด หลังจากที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ทุกรายเข้าจองช่องสัญญาณโดยใช้ใบจองใบเดียว จะยังมีช่องสัญญาณว่างเหลืออยู่ ดังนั้นการที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 ใช้ใบจอง 2 ใบ ส่งผลให้เป็นการใช้ช่องสัญญาณที่ว่างอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่เมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 มากกว่า 4 ช่อง จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะเท่ากับ 1 ใบ

สำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย และระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จะเท่ากับ 1 ใบ เนื่องจากจำนวน

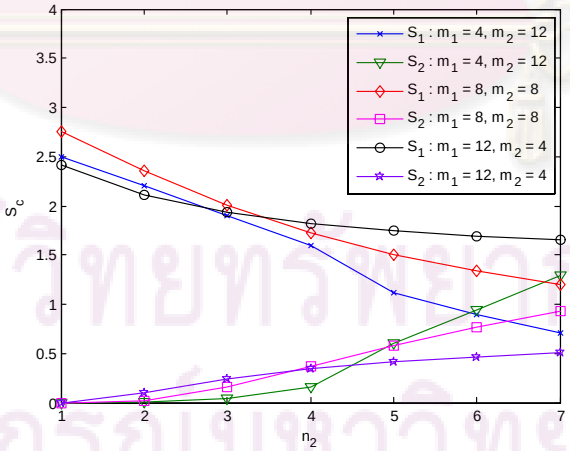
ช่องสัญญาณจองทั้งหมดมีน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ ส่งผลให้เกิดการชนกันมากขึ้นทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลง

รูปที่ 4.71 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง พบว่าจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ของทุกระบบเท่ากับ 1 ใบ เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดมีน้อย เมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ จึงทำให้เกิดการชนกันมากขึ้น

รูปที่ 4.72 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าการควบคุมค่า γ ให้เป็นจำนวนเต็มทำได้ยาก และจะมีค่า γ เพียงไม่กี่ค่าเท่านั้น

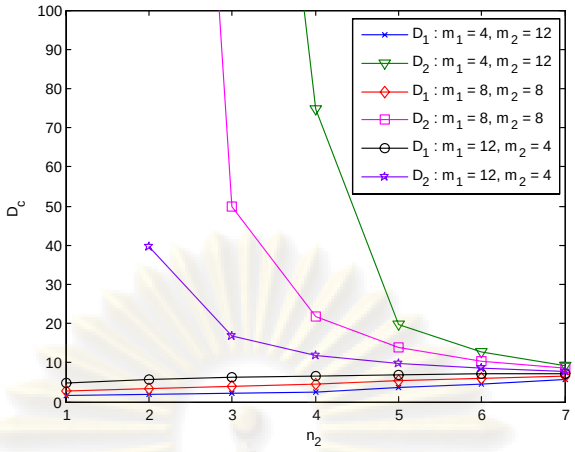


รูปที่ 4.66 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

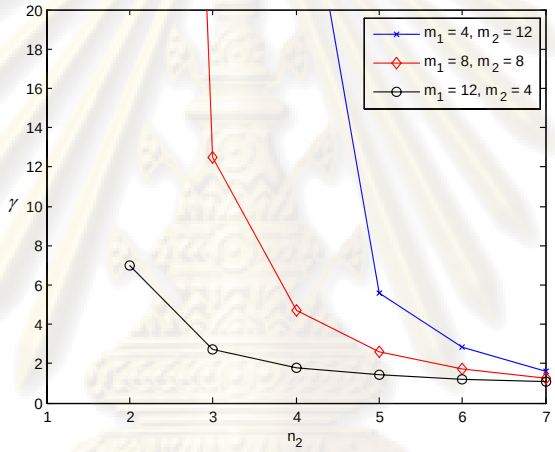


รูปที่ 4.67 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

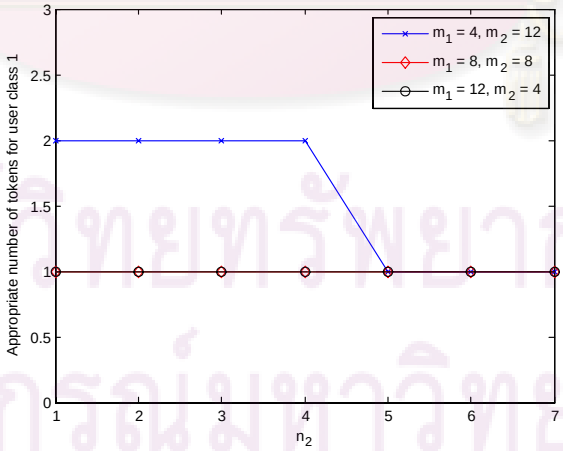
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.68 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

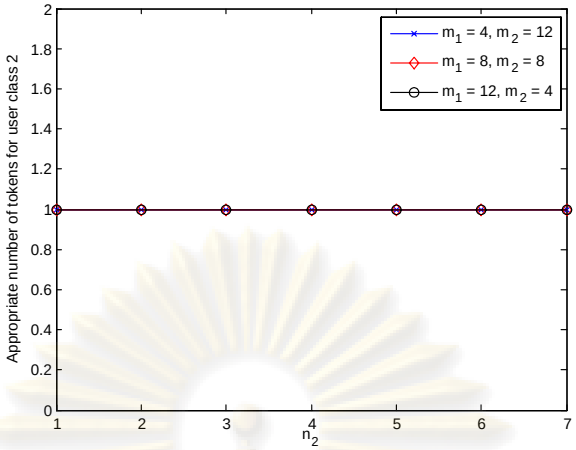


รูปที่ 4.69 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

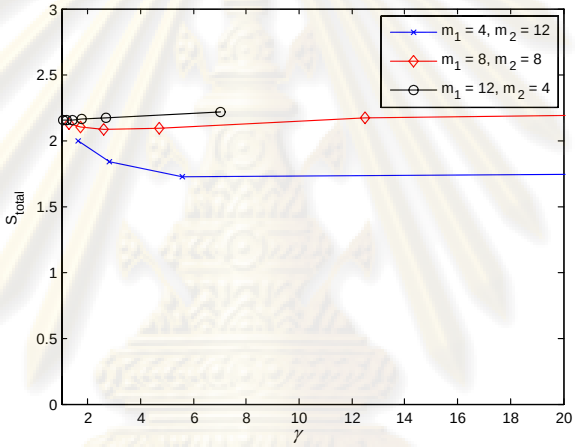


รูปที่ 4.70 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.71 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 4.72 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

4.2.4.2 จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

จากผลการทดสอบระบบดังรูปที่ 4.73 และ 4.74 พบว่าการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะทำให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเพิ่มขึ้น และทำให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวนน้อยกว่าจะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวนมากกว่า เนื่องจากทุกระบบมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดเท่ากัน ระบบใดที่มีผู้ใช้บริการจำนวนมากถูกจำกัดช่องสัญญาณในการเข้าจอง จะทำให้ระบบนั้นมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณต่ำ

รูปที่ 4.75 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง พบว่าสำหรับทุกระบบเมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 15 ช่อง เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จของผู้ใช้บริการคลาส 1 จะใกล้เคียงกับเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จของผู้ใช้บริการคลาส 2 เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 สามารถ

เข้าจองได้มีค่าใกล้เคียงกับจำนวนช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 เข้าจองได้ จึงมีโอกาสในการจองช่องสัญญาณสำเร็จใกล้เคียงกัน เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จึงใกล้เคียงกับเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2

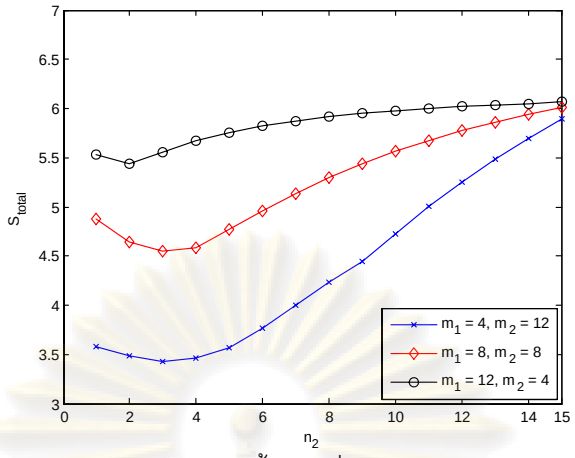
รูปที่ 4.76 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง พบว่าเมื่อจำนวนช่องสัญญาณมีค่าเท่ากับ 15 ค่า γ ของทุกระบบจะมีค่าใกล้เคียง 1 เนื่องจากที่ค่าดังกล่าวจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะใกล้เคียงกับจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 จึงทำให้ผู้ใช้บริการทั้ง 2 คลาส มีค่าความน่าจะเป็นในการจองช่องสัญญาณสำเร็จใกล้เคียงกัน

จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.77 และ 4.78 จากรูปพบว่าเมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 มีค่าต่ำ ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวนน้อย จะมีจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 มากกว่า 1 ใบ เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณที่มีเพียงผู้ใช้บริการคลาส 1 เข้าจองได้ มีค่ามากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 มาก การใช้หลายใบจองจึงช่วยลดจำนวนช่องสัญญาณว่างและทำให้การจองช่องสัญญาณมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่เมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 มีค่าเพิ่มขึ้นมาก จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีค่าเท่ากับ 1 ใบ เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณที่มีเพียงผู้ใช้บริการคลาส 1 เข้าจองได้มีค่าต่ำ การใช้ใบจองจำนวนมาก จึงทำให้เกิดการชนกันมากขึ้น สำหรับจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 1 ใบ แม้แต่ในระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวนน้อย อย่างเช่น ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย เนื่องจากผู้ใช้บริการคลาส 1 สามารถเข้าจองได้ทุกช่องสัญญาณ และจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 เพียงคลาสเดียวก็มีค่ามากใกล้เคียงกับจำนวนช่องสัญญาณ ดังนั้นการที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 ใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ จึงทำให้เกิดการชนกันมากขึ้นและทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลง

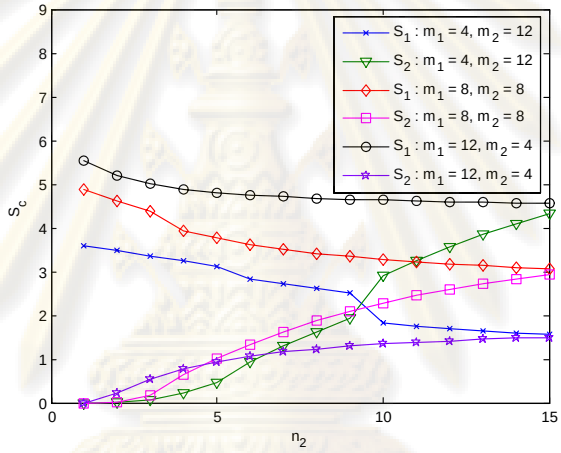
รูปที่ 4.79 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง พบว่าค่า γ ที่ได้จะมีค่าไม่ต่อเนื่อง โดยจะขึ้นกับจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนใบจองสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส ซึ่งการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนใบจองไม่สามารถกระทำได้อย่างต่อเนื่องและการเพิ่มหรือลดจำนวนช่องสัญญาณจองสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 หรือจำนวนใบจองสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเพิ่มสูงขึ้นหรือลดลงอย่างไม่สามารถกำหนดได้ ดังนั้นจะพบว่าการควบคุมระบบเพื่อให้ได้ค่า γ ตามต้องการในกรณีนี้จะทำได้ยากหรือไม่สามารถทำได้

สำหรับผลการทดสอบระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง พบว่าจะให้ผลคล้ายกับกรณีที่ระบบมีจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

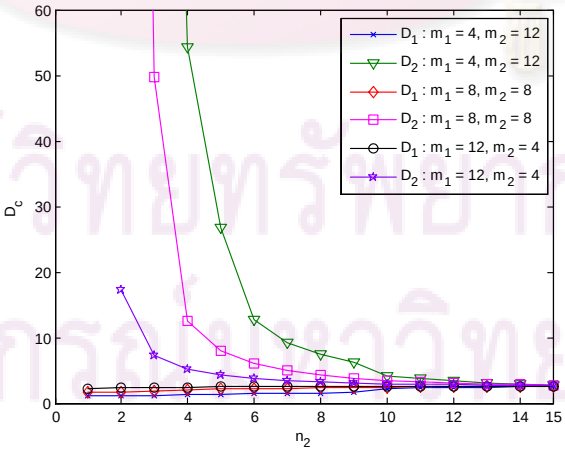
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.73 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

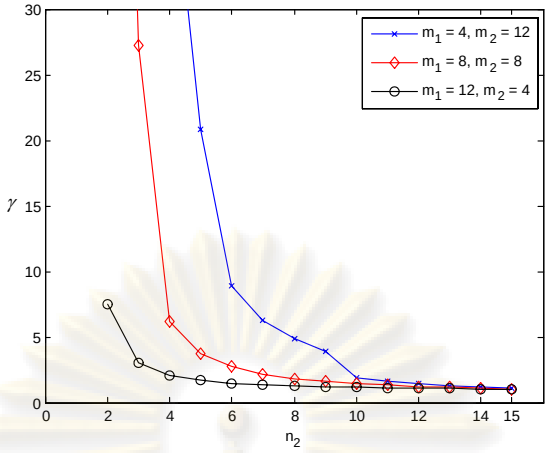


รูปที่ 4.74 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

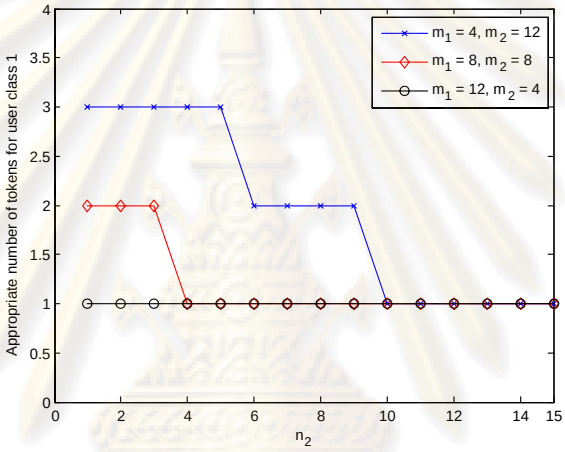


รูปที่ 4.75 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

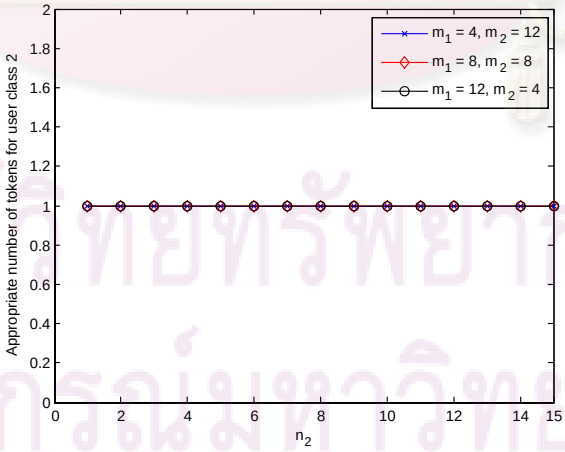
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.76 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

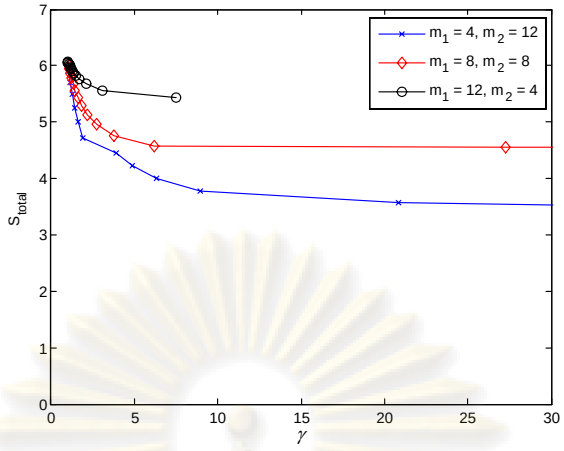


รูปที่ 4.77 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

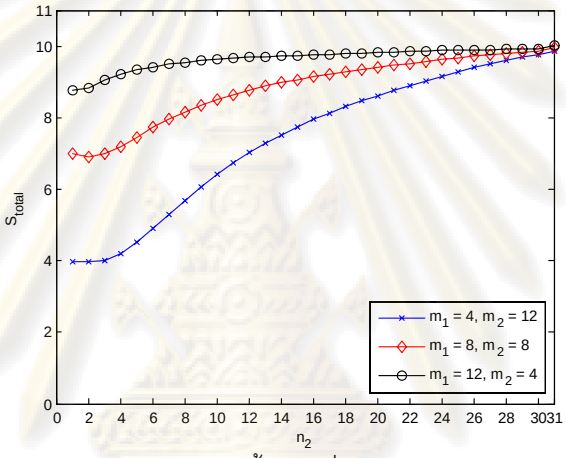


รูปที่ 4.78 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

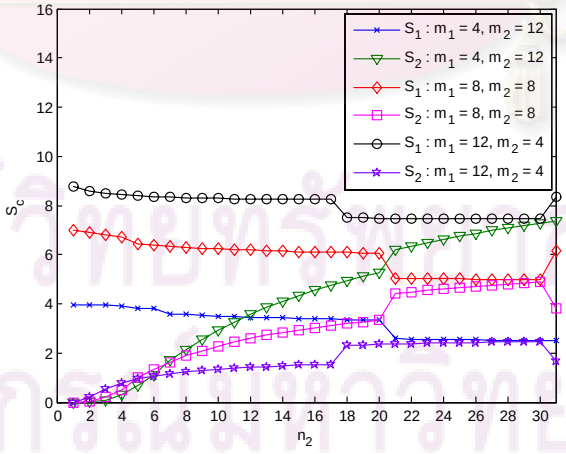
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.79 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

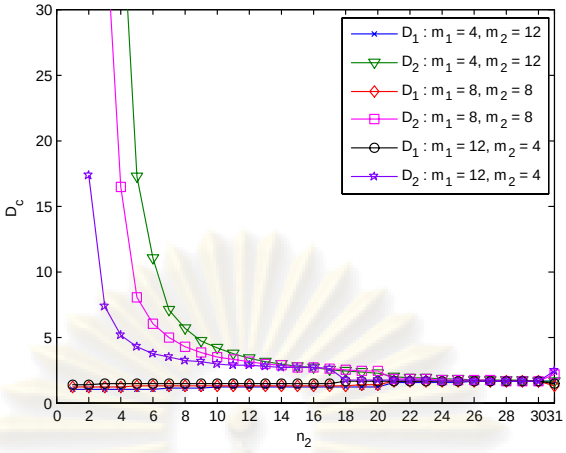


รูปที่ 4.80 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

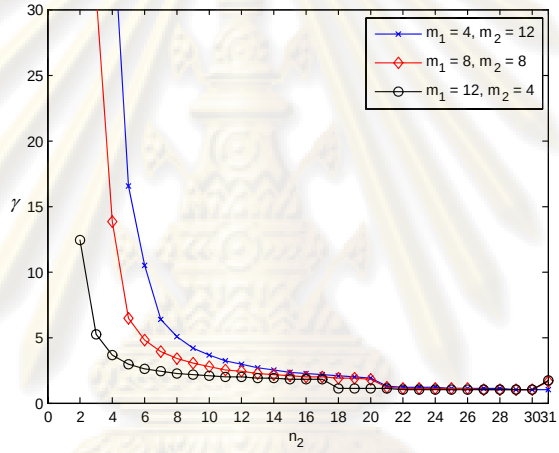


รูปที่ 4.81 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

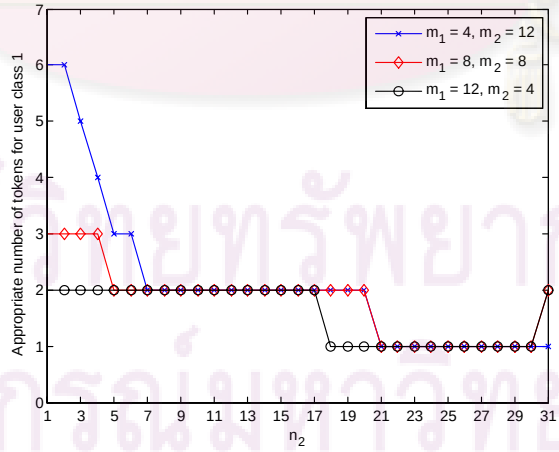
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.82 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

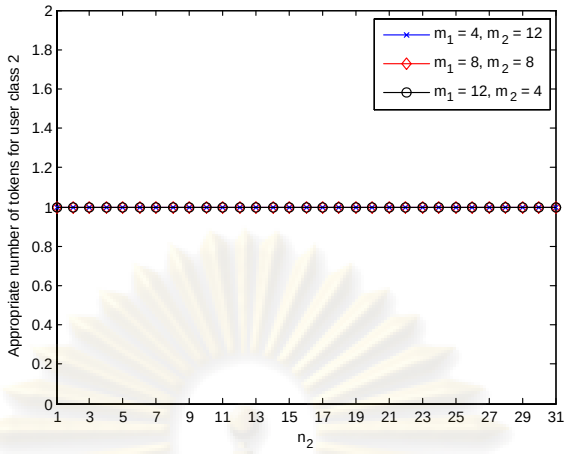


รูปที่ 4.83 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

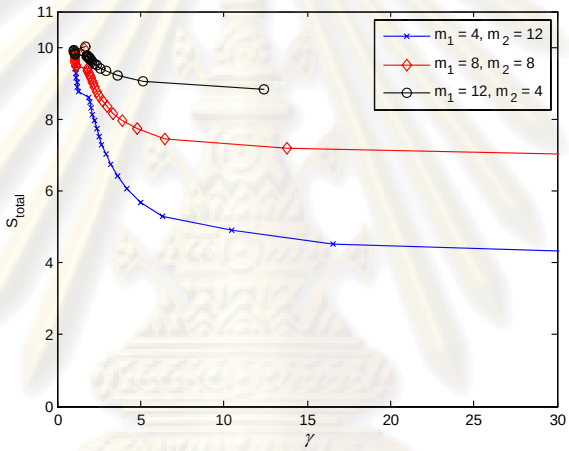


รูปที่ 4.84 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.85 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง



รูปที่ 4.86 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

4.2.5 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA

สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA นั้น ได้นำกลไกการใช้ใบจองหลายใบ (Multi-Token mechanism) และกลไกการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณ (Multiple Limited Access mechanism) มาใช้เพื่อควบคุมให้ได้ระดับคุณภาพการให้บริการที่ต้องการ เราจะสังเกตได้ว่าหากต้องการให้ได้ค่า γ ที่ต้องการสูง ๆ จะต้องมีการควบคุมค่าโอกาสในการประสบความสำเร็จในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาสต่ำให้มีค่าน้อย ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี วิธีการแรกได้แก่การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาสต่ำให้มีค่าน้อย เพื่อให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาสต่ำที่ผ่านเข้าไปจองช่องสัญญาณได้มีค่าน้อย วิธีการที่ 2 คือการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาสต่ำให้มีค่ามาก เพื่อให้มีผู้ใช้บริการคลาสต่ำจำนวนมากผ่านเข้าไปจองช่องสัญญาณ ส่งผลให้เกิดการชนกันมากขึ้นตามไปด้วย วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเลือกใช้วิธีการแรกสำหรับทุกเทคนิคการจองช่องสัญญาณเพื่อให้ระบบมีปริมาณการชนที่ต่ำและเสถียรภาพที่ดี

4.2.5.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

รูปที่ 4.87 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าที่ค่า γ เท่ากับ 1 คือไม่มีความแตกต่างระหว่างผู้ใช้บริการทั้ง 2 กลุ่ม ทุกระบบจะมีการทำงานเช่นเดียวกับเมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA ที่มีจำนวนผู้ใช้บริการ 16 ราย ดังนั้นค่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของทุกระบบจึงมีค่าเท่ากัน หลังจากนั้นเมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มสูงขึ้น จะพบว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เนื่องจากอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณใกล้เคียงกับอัตราการลดลงของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 4.88

รูปที่ 4.89 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าที่ค่า γ เท่ากับ 1 ผู้ใช้บริการแต่ละรายของทุกระบบจะมีเวลาประวิงเท่ากัน เนื่องจากที่ค่า γ เท่ากับ 1 จะไม่มีความแตกต่างระหว่างผู้ใช้บริการทั้ง 2 กลุ่ม ทุกระบบจะมีการทำงานเช่นเดียวกับเมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA แต่เมื่อค่า γ มีค่าเพิ่มขึ้นเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีค่าลดลง ในขณะที่เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เราจะพบว่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าสูงสุดไม่มากจนเกินไปอย่างที่เกิดขึ้นในกรณีของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT, UNI+DS+MT และ Partial UNI+MT เนื่องจากการใช้ค่าความน่าจะเป็นในการจำกัดการเข้าจองของผู้ใช้คลาส 2 ทำให้ลดจำนวนการชนกันของผู้ใช้คลาส 2 ได้ ทำให้เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จของผู้ใช้บริการคลาส 2 ลดลง

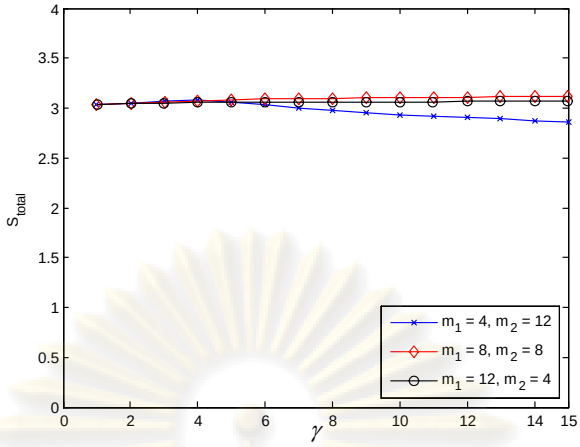
จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 แสดงได้ดังรูปที่ 4.90 และ 4.91 จากผลที่ได้พบว่าจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ 1 เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณมีน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด ดังนั้นการใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ ทำให้เกิดการชนกันมากขึ้นส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลงได้

จากเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA พบว่าเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนน้อยกว่าจำนวนช่องสัญญาณจอง ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดจะมีค่าเป็น 1 แต่หากจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนมากกว่ากว่าจำนวนช่องสัญญาณจอง ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดจะมีค่าต่ำกว่า 1 ดังนั้นเมื่อพิจารณารูปที่ 4.92 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่อง จะพบว่าที่ค่า γ เท่ากับ 1 ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ในทุกระบบจะมีค่าเท่ากันและเท่ากับ 0.5 ซึ่งเป็นค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA มีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดเมื่อระบบประกอบด้วย

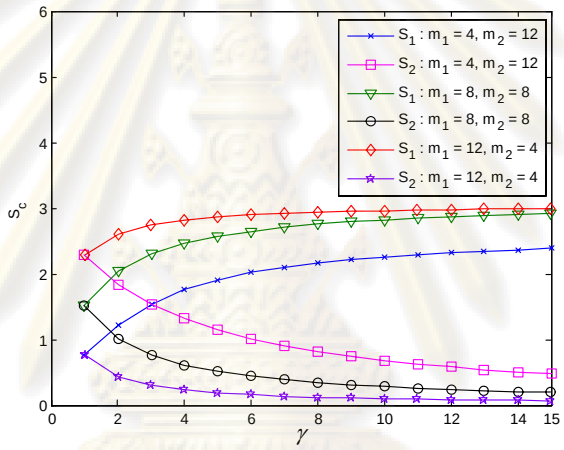
ผู้ใช้บริการจำนวน 16 ราย และช่องสัญญาณจองจำนวน 8 ช่อง เมื่อพิจารณาที่ค่า $\gamma > 1$ จะสังเกตได้ว่าที่ค่า γ ที่ต้องการค่าเดียวกัน ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวนต่ำกว่าจะมีค่าสูงกว่า และเมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มสูงขึ้น จะพบว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ในทุกระบบจะมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะการเพิ่มค่า γ คือการเพิ่มลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 สามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้เพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มขึ้นของค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 นั้นจะแตกต่างกันขึ้นกับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ในระบบและค่า γ ที่ต้องการ เช่นในช่วงแรกค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย จะยังมีค่าไม่เท่ากับ 1 ถึงแม้ระบบจะมีจำนวนช่องสัญญาณจองเพียงพอที่จะรองรับกับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ทั้งนี้เนื่องจากลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ยังมีค่าไม่สูงพอ แต่เมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มสูงขึ้นถึงค่าหนึ่ง ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเท่ากับ 1 ได้ สำหรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 รายและระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย จะยังคงต่ำกว่า 1 เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณจองมีไม่เพียงพอรองรับกับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส1

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.93 พบว่าที่ค่า γ เท่ากับ 1 ซึ่งไม่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการ ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 จะเท่ากับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 (เท่ากับ 0.5) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาที่ค่า $\gamma > 1$ จะพบว่าผลที่ได้จะมีลักษณะตรงข้ามกับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 กล่าวคือเมื่อค่า γ เพิ่มขึ้น ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าต่ำลง โดยจะพบว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 ของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 รายจะมีค่าสูงสุด ในขณะที่ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 รายจะมีค่าต่ำสุด โดยสาเหตุที่ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 รายจะมีค่าต่ำสุดเนื่องจากการที่จำนวนช่องสัญญาณจองมีไม่เพียงพอรองรับกับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ มีค่าต่ำ ส่งผลให้ต้องจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่จะผ่านเข้าไปจองช่องสัญญาณให้มีจำนวนน้อยตามไปด้วย (กำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 ให้มีค่าต่ำ) เพื่อทำให้ได้ค่า γ ที่ต้องการ

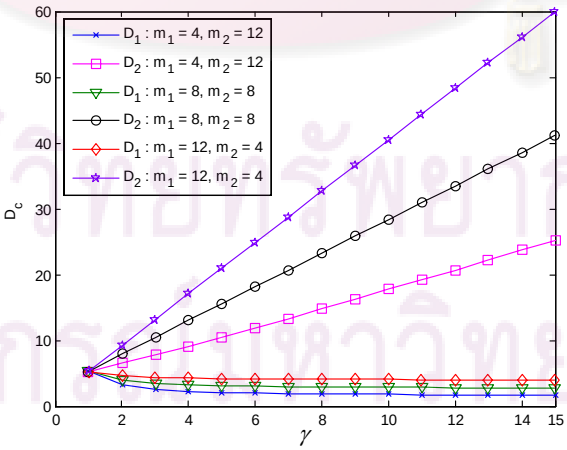
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.87 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

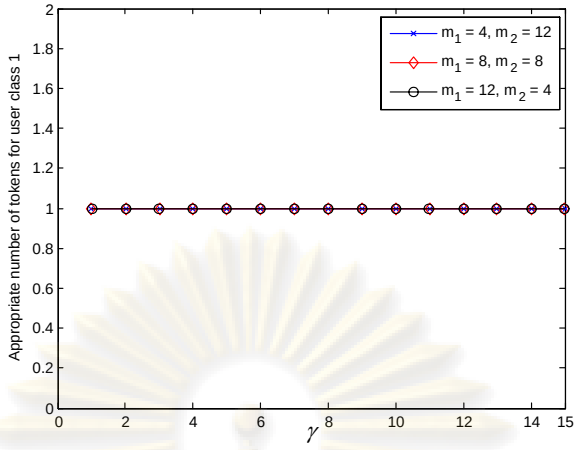


รูปที่ 4.88 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

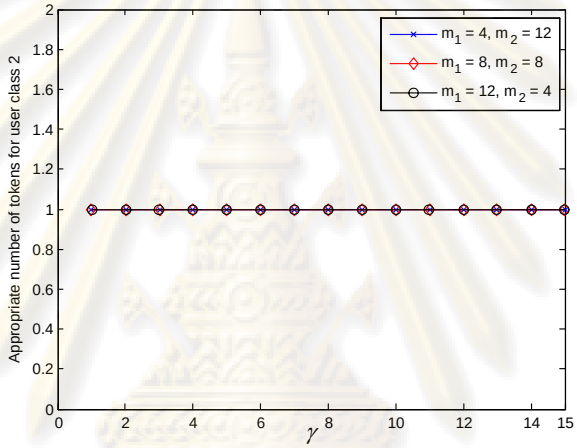


รูปที่ 4.89 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

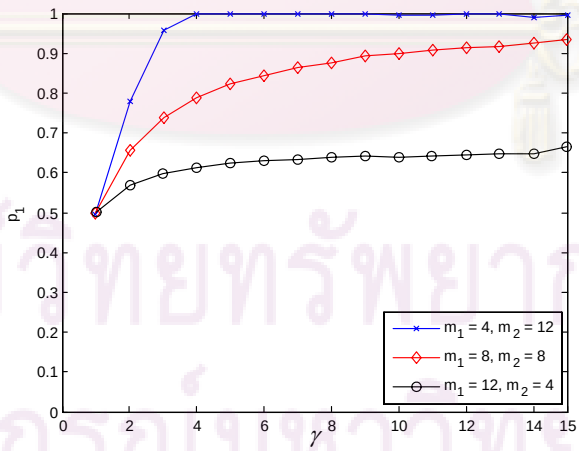
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.90 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

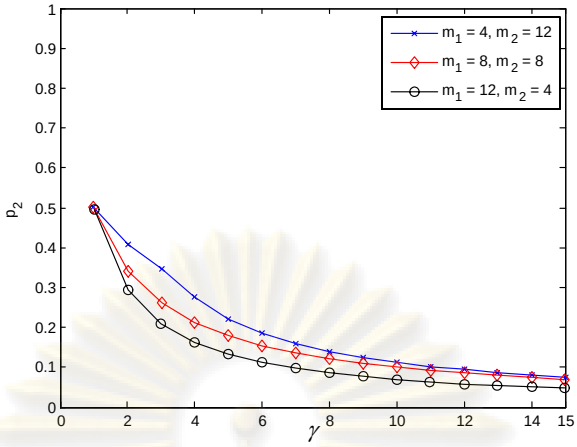


รูปที่ 4.91 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 4.92 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.93 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

4.2.5.2 จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

รูปที่ 4.94 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าสูงสุดที่ค่า γ เท่ากับ 1 เนื่องจากระบบไม่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณระหว่างผู้ใช้บริการทั้ง 2 คลาสและการที่ระบบมีจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับจำนวนผู้ใช้บริการพอดี ทำให้ไม่ต้องจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการที่จะผ่านเข้าไปจองช่องสัญญาณ ดังนั้นจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณที่จุดนี้จะมีค่าสูงสุด แต่เมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มขึ้นจะพบว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของทุกระบบจะมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ทำให้ต้องจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณ ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลง

รูปที่ 4.96 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าที่ค่า γ เท่ากับ 1 ผู้ใช้บริการแต่ละรายของทุกระบบจะมีเวลาประวิงเท่ากัน เนื่องจากที่ค่า γ เท่ากับ 1 จะไม่มีความแตกต่างระหว่างผู้ใช้บริการทั้ง 2 กลุ่ม แต่เมื่อค่า γ มีค่าเพิ่มขึ้นเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีค่าลดลง ในขณะที่เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่จะพบว่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าสูงสุดไม่มากจนเกินไปอย่างที่เกิดขึ้นในกรณีของเทคนิคการจองแบบ UNI+MT, UNI+DS+MT และ Partial UNI+MT

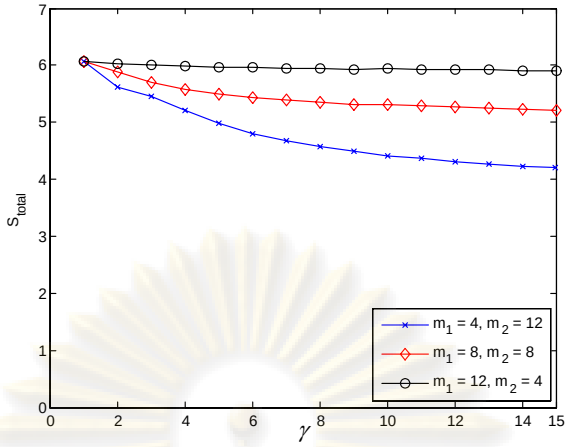
จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 แสดงได้ดังรูปที่ 4.97 และ 4.98 จากผลที่ได้พบว่าสำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมากกว่า 1 เมื่อค่า γ มากกว่า 1 เนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 มีน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนช่องสัญญาณจอง หากผู้ใช้บริการคลาส 1 ใช้

เพียงใบจองเดียวจะทำให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณต่ำ และเพื่อให้ได้ค่า γ ที่ต้องการ ทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณต่ำไปด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการเพิ่มจำนวนใบจองสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 เพื่อช่วยให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 ประสบความสำเร็จในการจองมากขึ้นและส่งผลให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 ถูกจำกัดการเข้าจองช่องสัญญาณลดลง

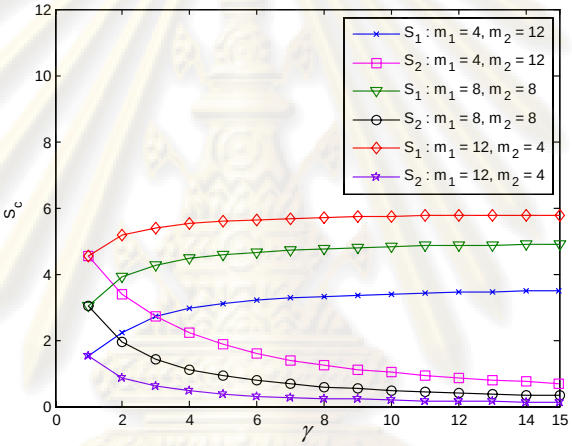
จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 สำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย และระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย มีค่าเท่ากับ 1 เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณมีไม่มากเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด ดังนั้นการใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ ทำให้เกิดการชนกันมากขึ้นส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลงได้และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าสูงสุด และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.99 พบว่าที่ γ เท่ากับ 1 นั้นระบบจะมีการทำงานเช่นเดียวกับเมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA โดยในกรณีนี้ระบบมีจำนวนช่องสัญญาณจองที่เพียงพอจะรองรับกับจำนวนผู้ใช้บริการ ดังนั้นค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าสูงสุดจึงมีค่าเท่ากับ 1 อย่างไรก็ดีเมื่อค่า γ เพิ่มขึ้น จะพบว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ในทุกระบบที่ทำการทดสอบจะยังคงมีค่าใกล้เคียง 1 เพราะการที่จะทำให้ได้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงสุดที่ค่า γ ค่าหนึ่ง จะต้องพยายามทำให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าสูงสุด โดยจะพบว่ายิ่งจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าสูงเท่าไหร่ การจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่จะสามารถเข้าจองช่องสัญญาณจะลดน้อยลง และทำให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาสทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเพิ่มขึ้นได้ ดังนั้นในกรณีนี้ ซึ่งมีจำนวนช่องสัญญาณจองเพียงพอรองรับกับจำนวนผู้ใช้บริการ ระบบจึงกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ไว้ใกล้เคียง 1

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าสูงสุดและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่องในรูปที่ 4.100 พบว่าที่ค่า γ เท่ากับ 1 ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 ในทุกระบบจะมีค่าเท่ากับ 1 เช่นเดียวกับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 แต่เมื่อค่า γ เพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าระบบจะมีจำนวนช่องสัญญาณจองเพียงพอรองรับกับจำนวนผู้ใช้บริการ แต่เนื่องจากเพื่อที่จะให้ได้ค่า γ ที่ต้องการ จึงทำให้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 มีค่าลดลง

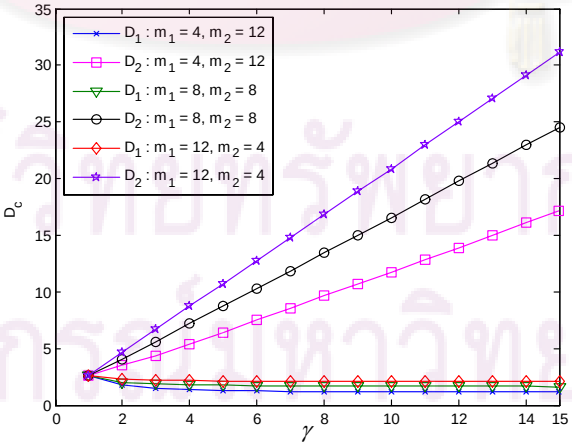
เมื่อพิจารณาผลของระบบที่กำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 32 ช่อง พบว่าผลที่ได้คล้ายกับกรณีที่กำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง



รูปที่ 4.94 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

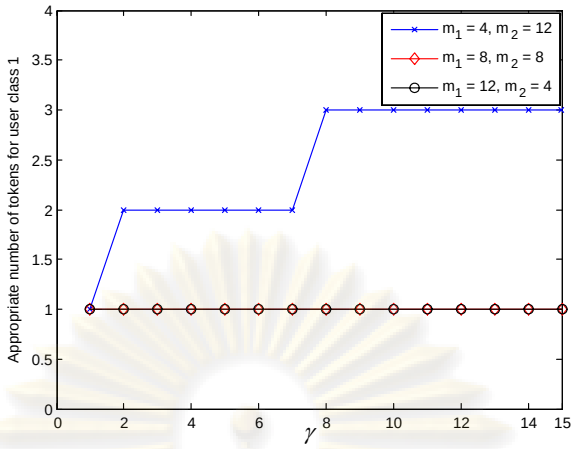


รูปที่ 4.95 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

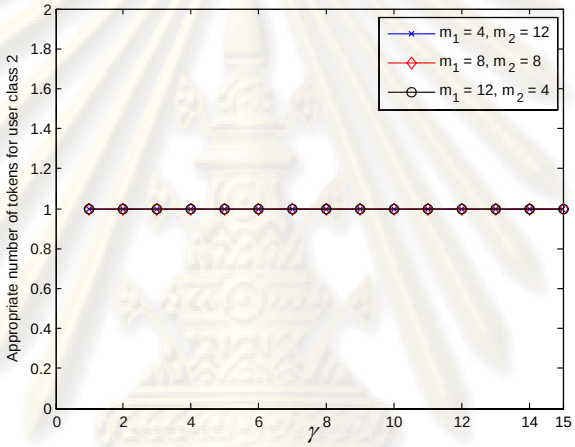


รูปที่ 4.96 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

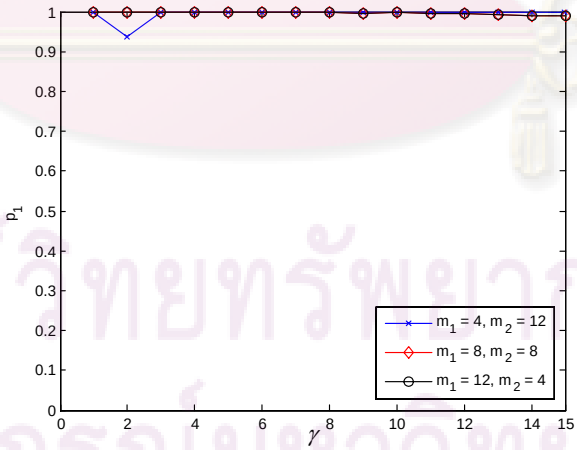
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.97 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

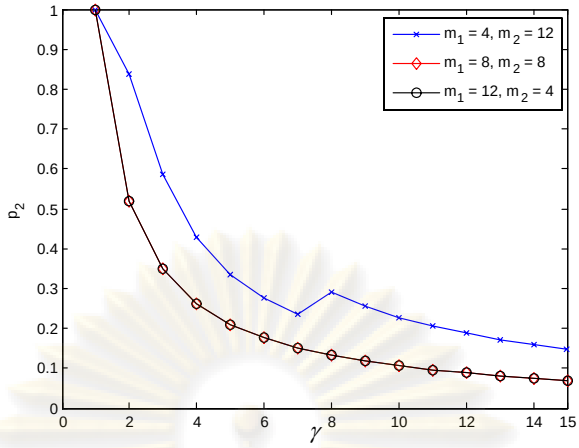


รูปที่ 4.98 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

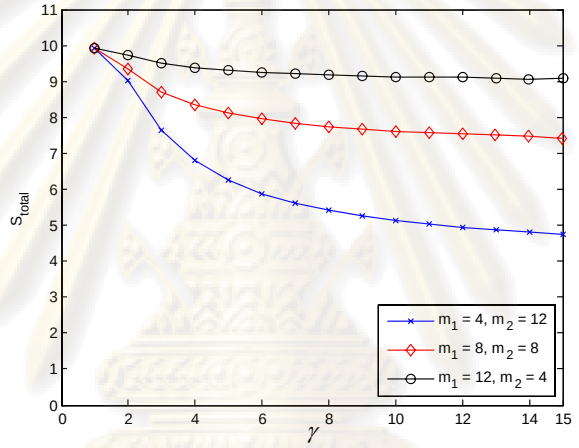


รูปที่ 4.99 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

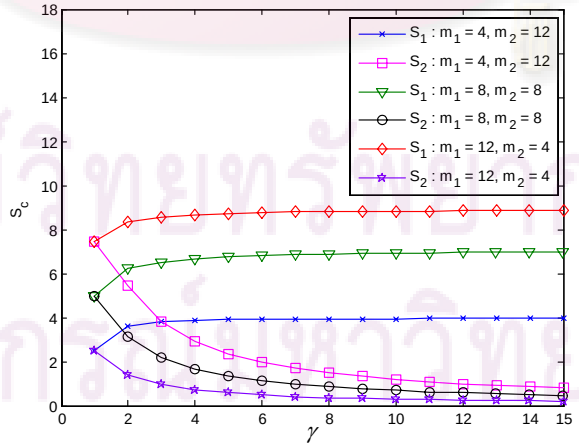
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.100 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

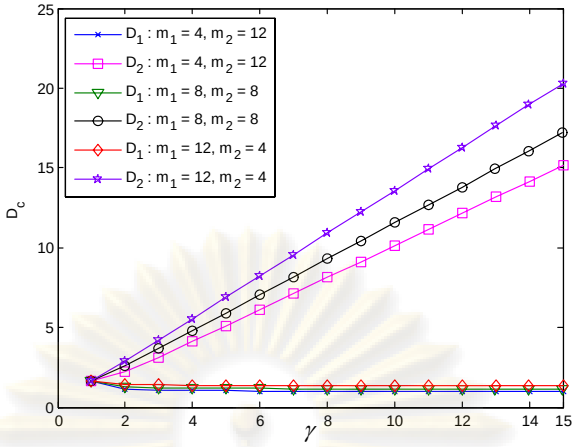


รูปที่ 4.101 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

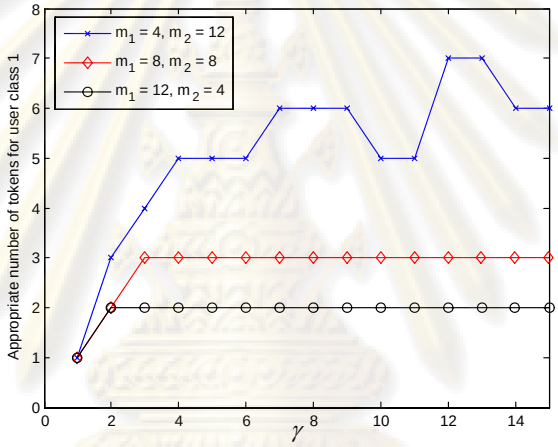


รูปที่ 4.102 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

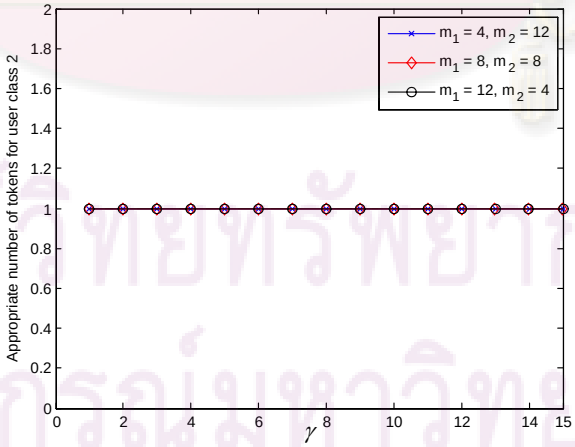
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.103 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

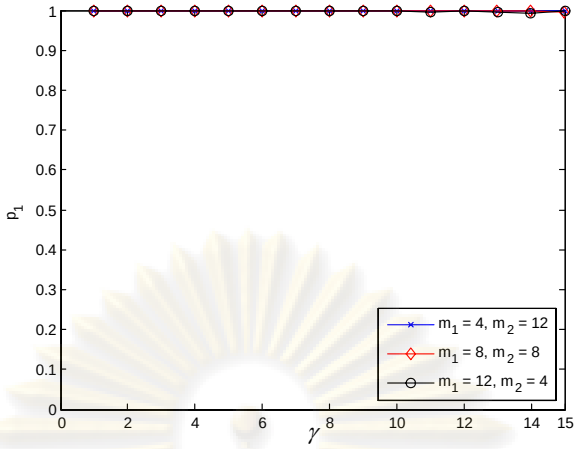


รูปที่ 4.104 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

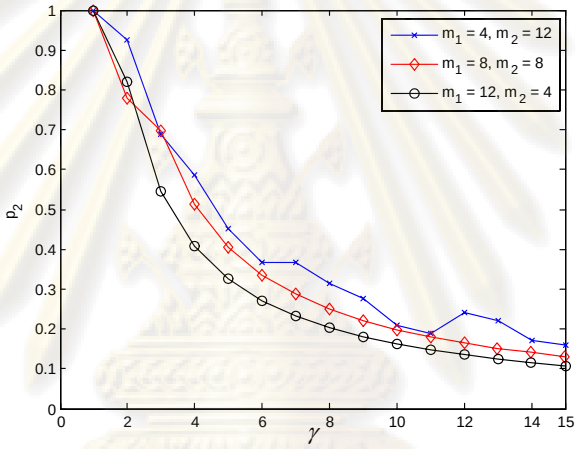


รูปที่ 4.105 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.106 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง



รูปที่ 4.107 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

4.2.6 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA

4.2.6.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

รูปที่ 4.108 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าที่ค่า γ ที่ต้องการค่าหนึ่ง จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย มักจะมีค่าต่ำสุด เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณจองไม่เพียงพอที่จะรองรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าต่ำ และทำให้ต้องไปจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ เพื่อทำให้ได้ค่า γ ที่ต้องการ

รูปที่ 4.109 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าเมื่อค่า γ เพิ่มขึ้น จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีแนวโน้ม

เพิ่มขึ้นและคงที่เมื่อค่า γ มีค่ามาก และเพื่อให้ได้ค่า γ ที่ต้องการ จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจึงมีค่าลดลงตามค่า γ ที่เพิ่มขึ้น

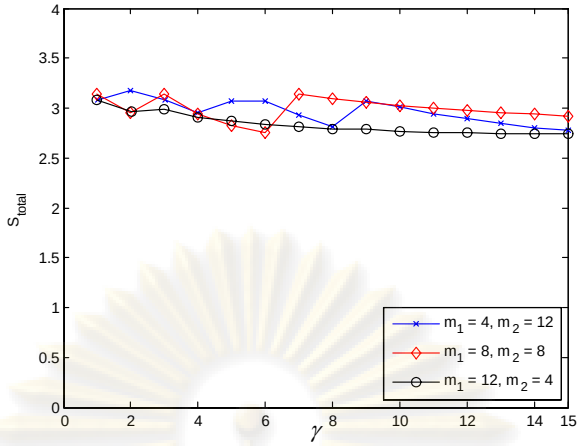
รูปที่ 4.110 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าค่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 มีแนวโน้มลดลงตามค่า γ ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่จะสังเกตเห็นว่าค่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับเทคนิคการช่องสัญญาณแบบ UNI+MT, UNI+DS+MT และ Partial UNI+MT

รูปที่ 4.111 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและคงที่เมื่อค่า γ ที่ต้องการมีค่ามาก เนื่องจากเพื่อให้ได้ค่า γ ที่เพิ่มขึ้น จึงต้องมีการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 ทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 มีโอกาสประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากขึ้นและผู้ใช้บริการคลาส 2 มีโอกาสประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณต่ำลง

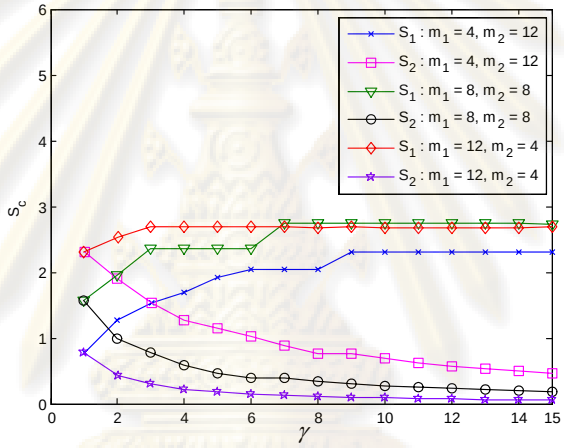
จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.112 และ 4.113 จากผลที่ได้พบว่าจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ส่วนใหญ่จะมีค่าเท่ากับ 1 เนื่องจากระบบมีจำนวนช่องสัญญาณน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด การเพิ่มจำนวนใบจองทำให้เกิดการชนกันมากขึ้น

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.114 และ 4.115 พบว่ามีค่าขึ้นลงสลับกันเป็นช่วง ๆ เนื่องจากการควบคุมค่า γ สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA สามารถทำได้โดยการควบคุมจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวนใบจองที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการ 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการ 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ดังนั้นเมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนใบจองที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการ 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 มีการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลให้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการ 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 มีการเปลี่ยนแปลงแบบเพิ่มขึ้นและลดลงเป็นช่วง ๆ หากกำหนดให้จำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวนใบจองที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการ 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 คงที่ เมื่อเพิ่มค่า γ จะพบว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการ 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าค่อนข้างต่อเนื่องดังแสดงในรูปของผลการทดสอบของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA

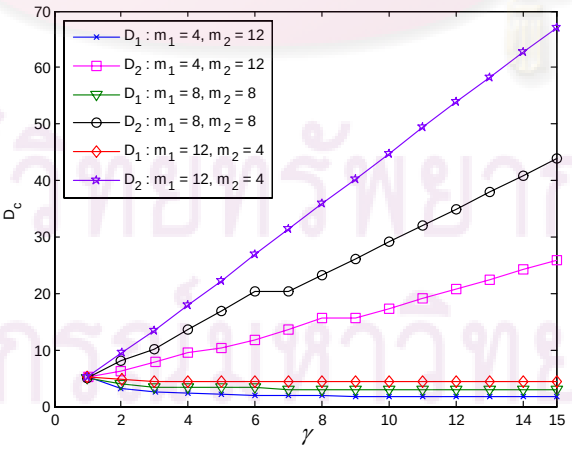
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.108 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

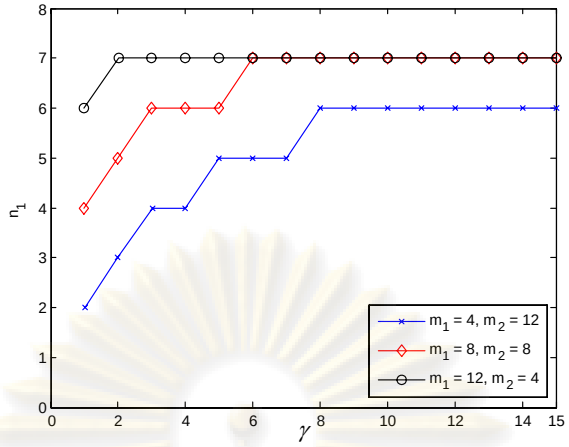


รูปที่ 4.109 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

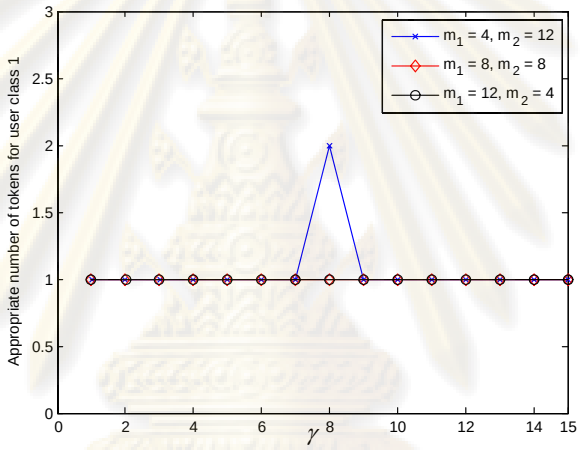


รูปที่ 4.110 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

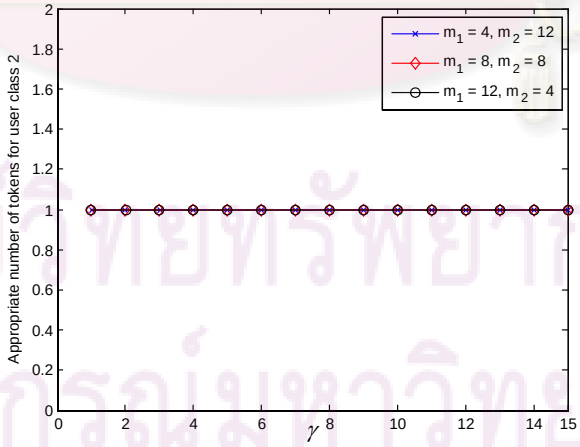
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.111 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

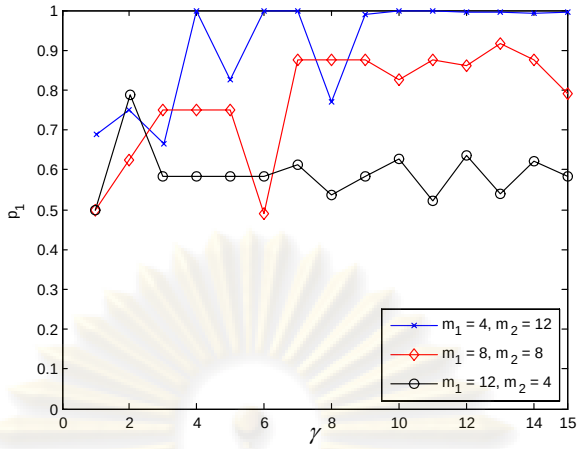


รูปที่ 4.112 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

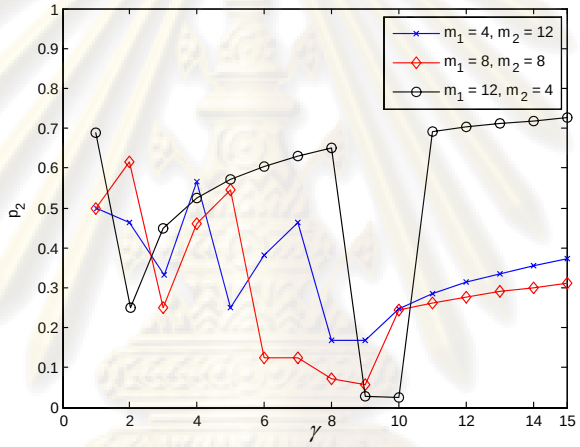


รูปที่ 4.113 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.114 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 4.115 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

4.2.6.2 **จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ**

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.116 พบว่าผลที่ได้คล้ายกับในกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ แต่ในกรณีนี้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย จะมีค่าสูงสุด ซึ่งตรงข้ามกับกรณีที่กำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่อง เนื่องจากในกรณีนี้จำนวนช่องสัญญาณจองที่มีเพียงพอรองรับจำนวนผู้ใช้บริการ ดังนั้นจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวนมากกว่าจึงมีค่าสูงกว่า ดังแสดงในรูปที่ 4.17 และเพื่อทำให้ได้ค่า γ ที่ต้องการ จึงมีการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณลดลง ดังนั้นจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจึงเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณเท่ากับ 8 ช่อง

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ พบว่าผลที่ได้คล้ายกับในกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ แต่เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จมีค่าลดลง เนื่องจากระบบมีจำนวนช่องสัญญาณเพียงพอ ผู้ใช้บริการจึงมีโอกาสในการประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากกว่ากรณีที่กำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่อง และส่งผลให้ค่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จมีค่าต่ำลง

รูปที่ 4.119 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง พบว่าผลที่ได้คล้ายกับในกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ กล่าวคือเมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มขึ้น จำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเพิ่มขึ้นในขณะที่ผู้ใช้คลาส 2 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลง

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง แสดงได้ดังรูปที่ 4.120 จากผลที่ได้พบว่าสำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย เมื่อค่า γ มากกว่า 1 จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมากกว่า 1 ใบ เนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 มีน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ดังแสดงในรูปที่ 4.119 การเพิ่มจำนวนใบจองทำให้สามารถลดจำนวนช่องสัญญาณว่างลงได้และเป็นการใช้ช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพ

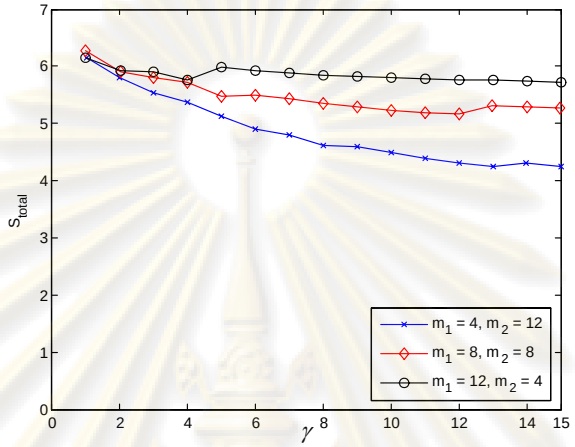
สำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย และระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะเท่ากับ 1 ใบ เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 มีค่าไม่มากนักเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ดังแสดงในรูปที่ 4.119 การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ จึงทำให้เกิดการชนกันมากขึ้นและไม่ได้ช่วยให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่ามากขึ้น

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง แสดงได้ดังรูปที่ 4.121 จากผลที่ได้พบว่าที่ค่า γ ที่ต้องการต่าง ๆ จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 ส่วนมากจะเท่ากับ 1 ใบ เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 มีค่าไม่มากนักเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ จึงไม่ได้ช่วยให้สมรรถนะของระบบดีขึ้น

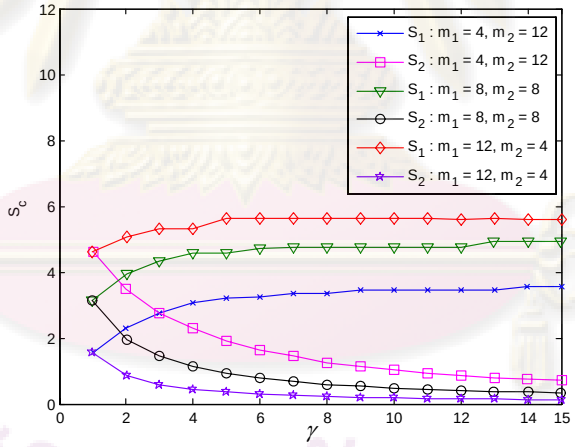
เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.122 และ 4.123 พบว่ามีค่าขึ้นลงสลับกันเป็นช่วง ๆ ดังเช่นกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด แต่แตกต่างกันตรงที่ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ในกรณีที่กำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง จะมีค่าส่วนใหญ่เป็น 1 เนื่องจากในกรณีที่

จำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 มีเพียงพอสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จึงไม่ต้องมีการจำกัดการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบระบบในกรณีที่กำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 32 ช่อง พบว่าผลที่ได้คล้ายกับกรณีที่กำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง

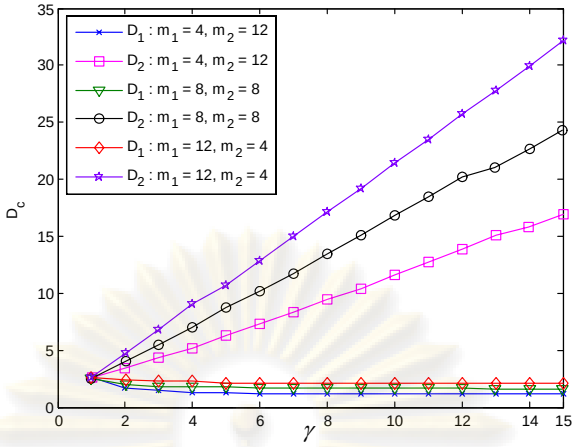


รูปที่ 4.116 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

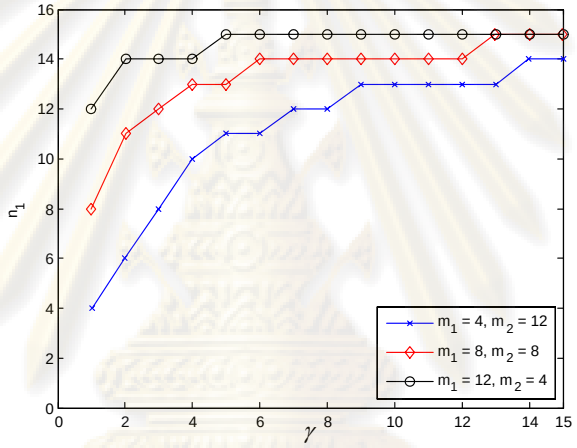


รูปที่ 4.117 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

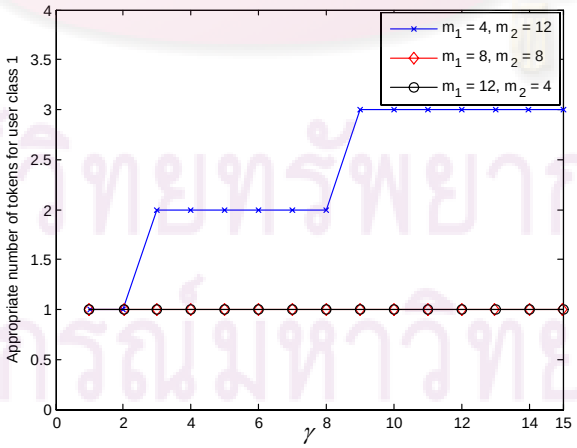
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.118 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

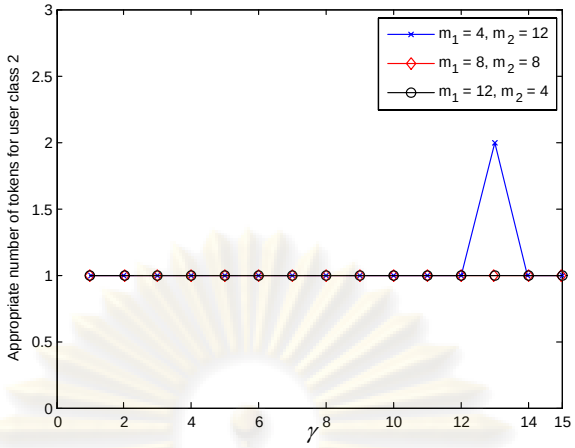


รูปที่ 4.119 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

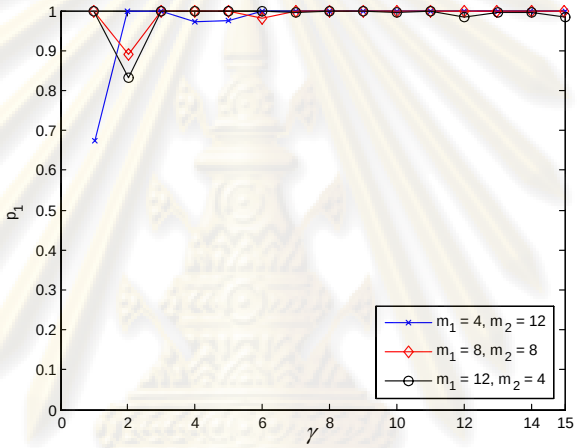


รูปที่ 4.120 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

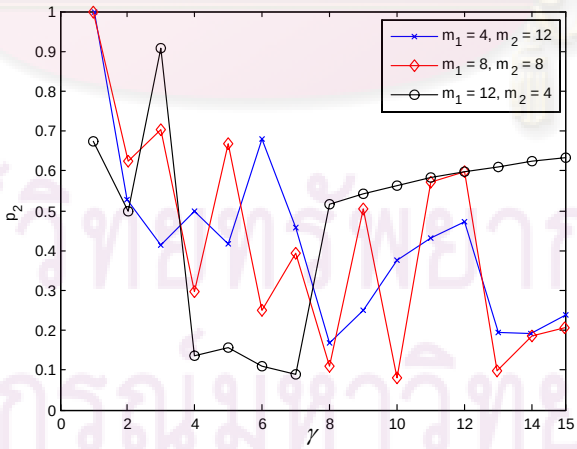
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.121 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

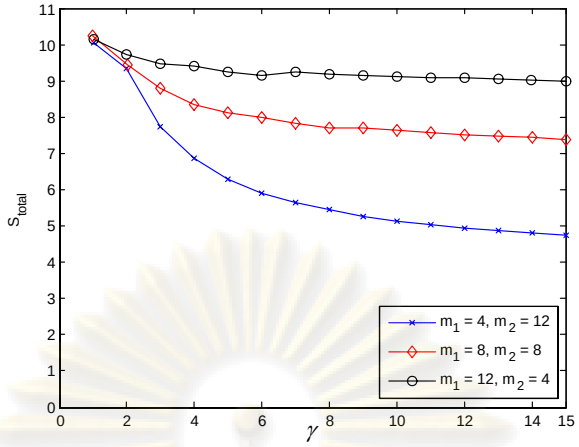


รูปที่ 4.122 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

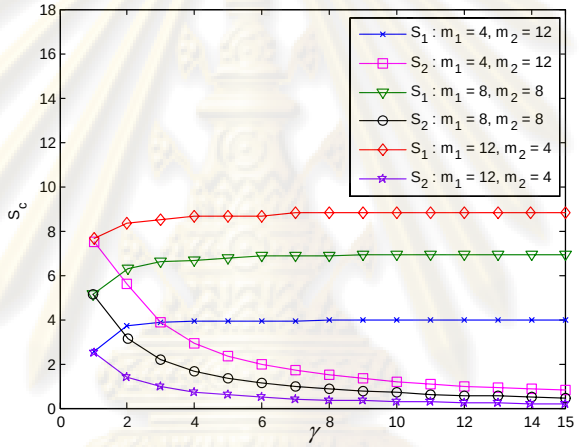


รูปที่ 4.123 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

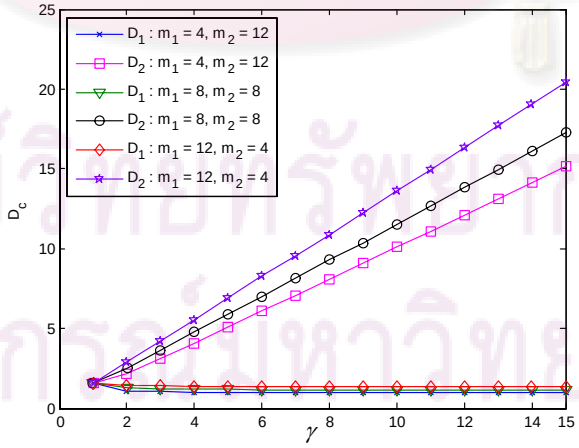
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.124 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

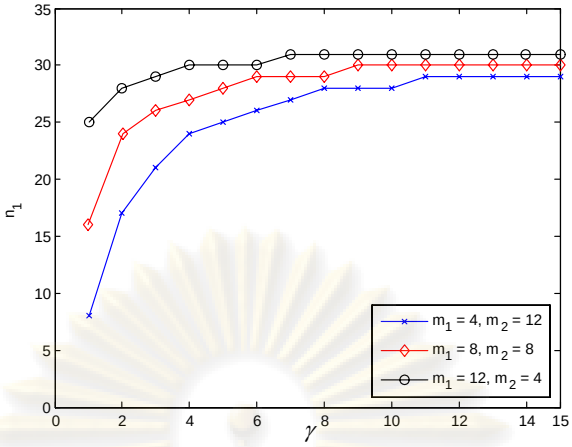


รูปที่ 4.125 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

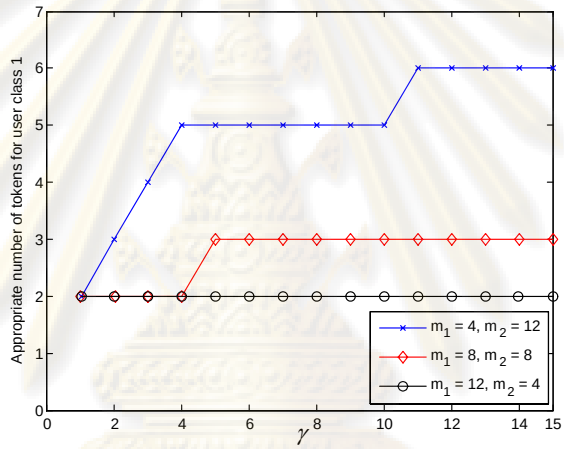


รูปที่ 4.126 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

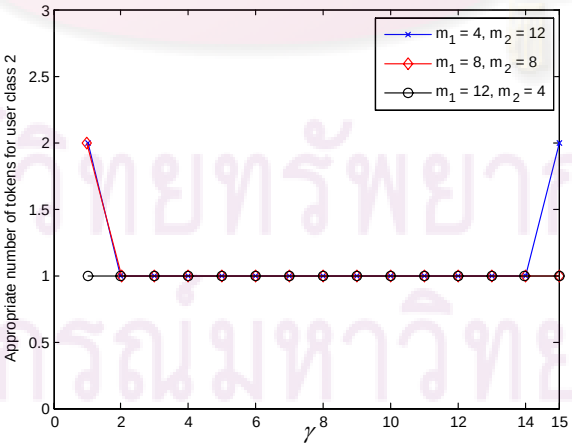
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.127 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

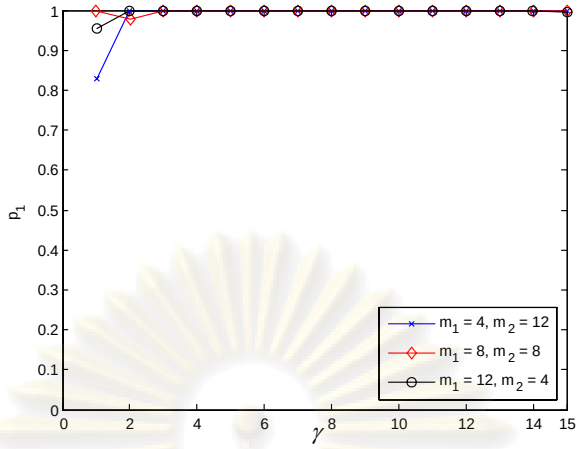


รูปที่ 4.128 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

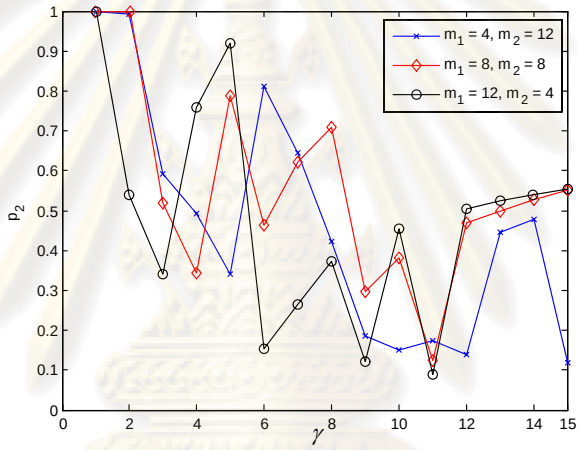


รูปที่ 4.129 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.130 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง



รูปที่ 4.131 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

4.2.7 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA

4.2.7.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

จากผลการทดสอบที่ได้ในรูปที่ 4.132 และ 4.133 พบว่าเพื่อที่จะให้ได้ค่า γ ที่ต้องการเพิ่มขึ้น ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและอัตราการลดลงของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะใกล้เคียงกัน ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของทุกระบบมีค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แม้ว่าค่า γ ที่ต้องการจะสูงขึ้น

รูปที่ 4.134 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง เนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า γ ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้

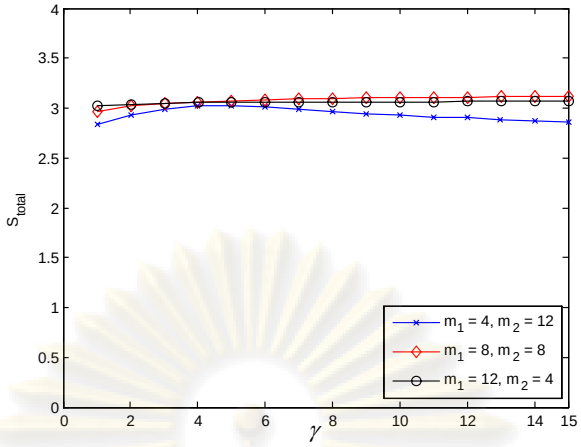
เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีค่าลดลง ในขณะที่เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า γ ที่เพิ่มขึ้น และเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าเวลาประวิงไม่สูงนักเมื่อเทียบกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT, UNI+DS+MT และ Partial UNI+MT

รูปที่ 4.135 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าเท่ากับ 7 เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งทำให้จำนวนช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 เข้าจองได้ใกล้เคียงกับจำนวนช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 เข้าจองได้ ในกรณีนี้จำนวนช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 เข้าจองได้จึงไม่ใช่พารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการจำกัดการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2

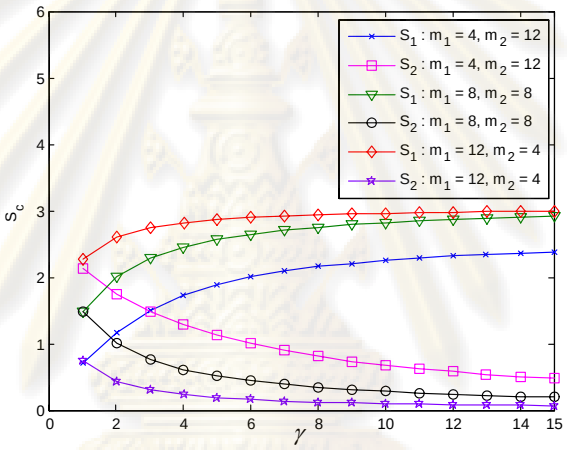
รูปที่ 4.136 และ 4.137 แสดงจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จากผลที่ได้พบว่าจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 มีค่าเท่ากับ 1 เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณมีน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้ทั้งหมด การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ จึงทำให้เกิดการชนกันมากขึ้นและส่งผลให้สมรรถนะของระบบลดลง

รูปที่ 4.138 และ 4.139 แสดงค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าเมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มขึ้น ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเงื่อนไขของค่า γ ที่เป็นอัตราส่วนความน่าจะเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 การเพิ่มค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และการลดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 ส่งผลให้ได้ค่า γ ที่ต้องการเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าที่ค่า γ ที่ต้องการเดียวกัน ระบบที่มีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 มากกว่าจะมีค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ต่ำกว่า เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณจองมีน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด ระบบที่มีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 มาก จึงต้องถูกจำกัดการเข้าจองเพื่อไม่ให้เกิดการชนกันมากจนเกินไป และเนื่องจากผู้ใช้บริการคลาส 1 ของระบบที่มีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 มากกว่าถูกจำกัดการเข้าจองมาก และเพื่อที่จะให้ได้ค่า γ ที่ต้องการจึงต้องมีการจำกัดการเข้าจองของผู้ใช้บริการคลาส 2 มากขึ้นด้วยเช่นกัน ทำให้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 ของระบบที่มีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 มากกว่าจะมีค่าต่ำไปด้วย

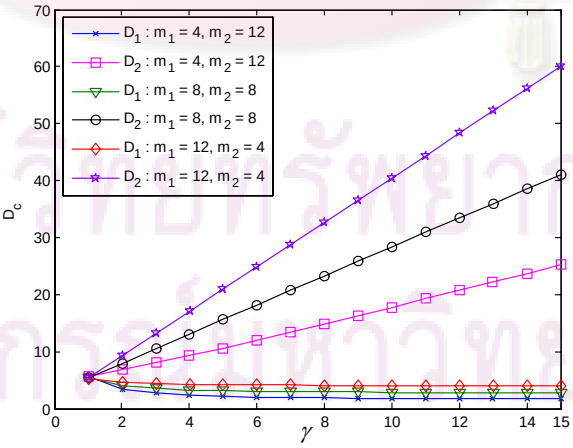
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.132 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

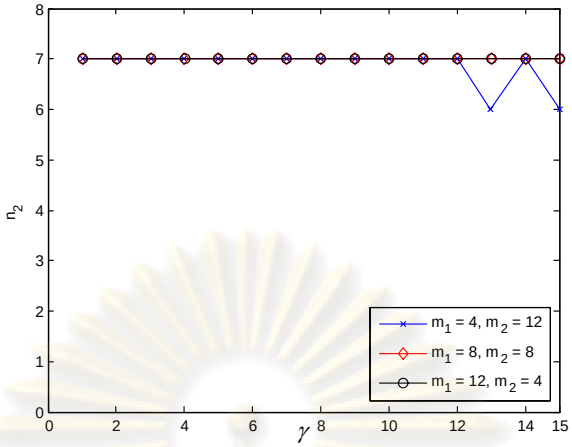


รูปที่ 4.133 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

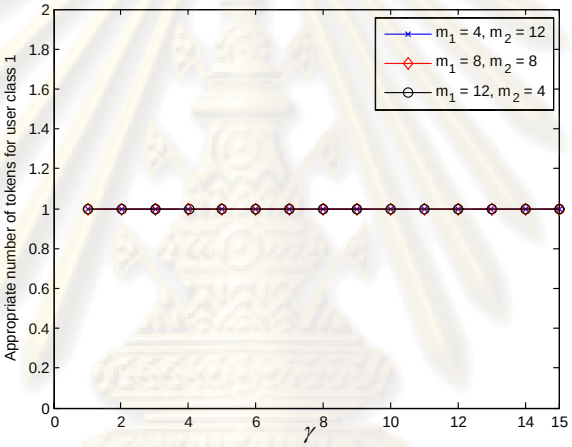


รูปที่ 4.134 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

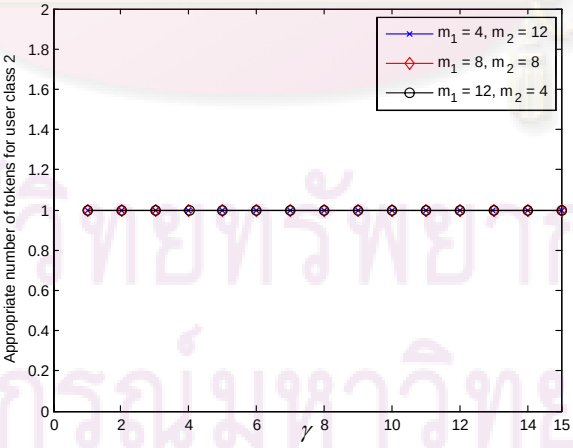
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.135 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

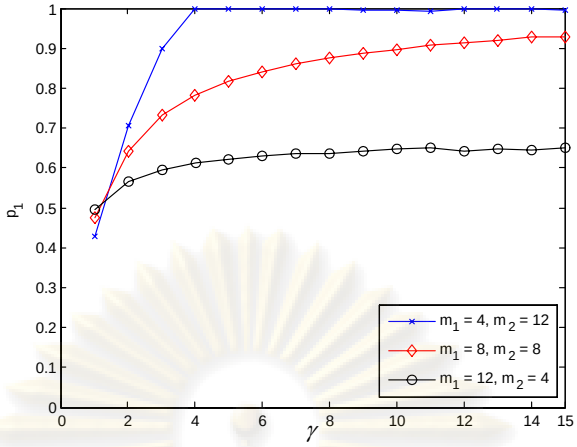


รูปที่ 4.136 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

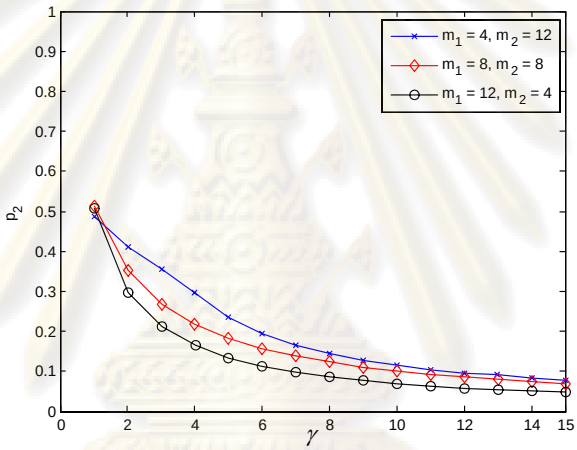


รูปที่ 4.137 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.138 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 4.139 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

4.2.7.2 จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

จากผลการทดสอบที่ได้ในรูปที่ 4.140 และ 4.141 พบว่าผลที่ได้จะคล้ายกับกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ กล่าวคือเมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มขึ้น จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าลดลง และอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณน้อยกว่าอัตราการลดลงของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของทุกระบบมีแนวโน้มลดลงเมื่อค่า γ ที่ต้องการสูงขึ้น

รูปที่ 4.142 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง พบว่าผลที่ได้จะคล้ายกับกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ นั่นคือเวลาประวิงในการจอง

ช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีค่าลดลงตามค่า γ ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า γ ที่เพิ่มขึ้น

รูปที่ 4.143 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าสูงต่ำเป็นช่วง ๆ

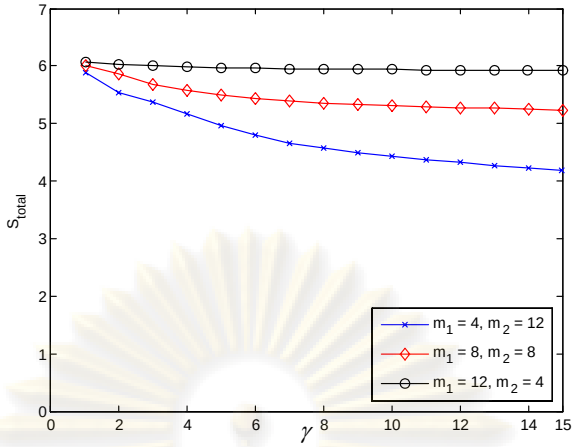
รูปที่ 4.144 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าสำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมากกว่า 1 ใบ เมื่อค่า γ มากกว่า 1 เนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 มีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 การเพิ่มจำนวนใบจองทำให้เกิดการลดจำนวนช่องสัญญาณว่างและเป็นการใช้ช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย และระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะเท่ากับ 1 ใบ เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 มีค่าไม่มากนักเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ จึงทำให้เกิดการชนกันมากขึ้นและไม่ได้ช่วยให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่ามากขึ้น

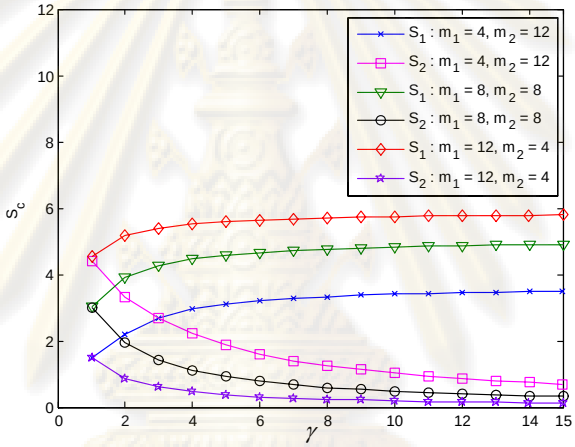
รูปที่ 4.145 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าที่ค่า γ ที่ต้องการต่าง ๆ จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะเท่ากับ 1 ใบ เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 มีค่าไม่มากนักเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ จึงไม่ได้ช่วยให้สมรรถนะของระบบดีขึ้น

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.146 และ 4.147 พบว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีค่าส่วนใหญ่เป็น 1 เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 มีเพียงพอสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 การใช้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 เท่ากับ 1 ส่งผลให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูง ในขณะที่ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าลดลง เนื่องจากเพื่อที่จะให้ได้ค่า γ ที่ต้องการมากขึ้น จึงต้องมีการจำกัดการเข้าจองของผู้ใช้บริการคลาส 2 มากขึ้น

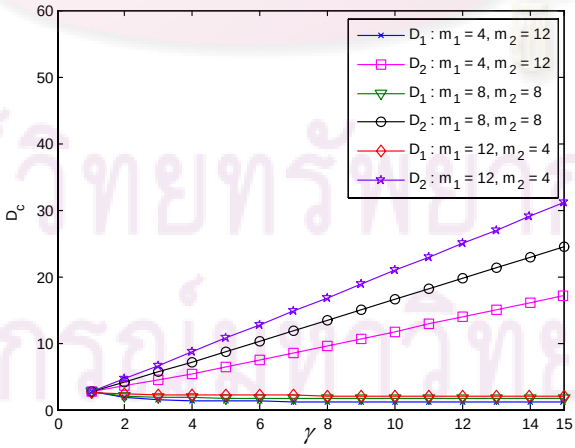
เมื่อพิจารณาผลการทดสอบระบบในกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 32 ช่อง พบว่าผลที่ได้จะคล้ายกับกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง



รูปที่ 4.140 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

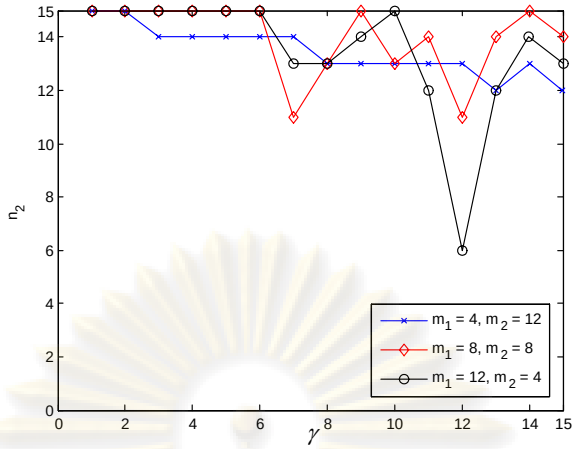


รูปที่ 4.141 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

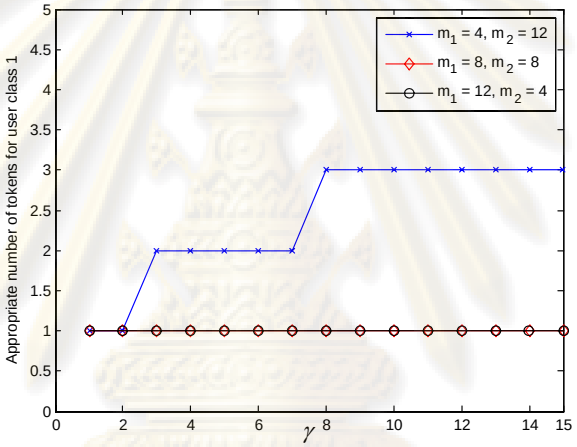


รูปที่ 4.142 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

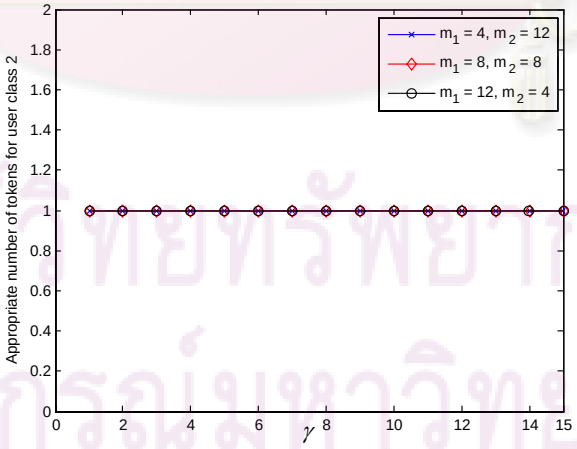
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.143 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

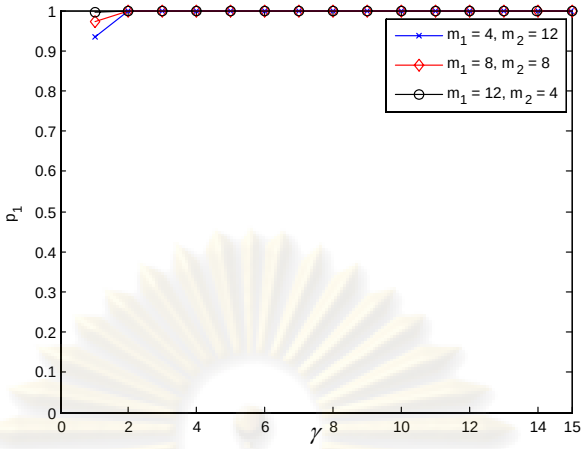


รูปที่ 4.144 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

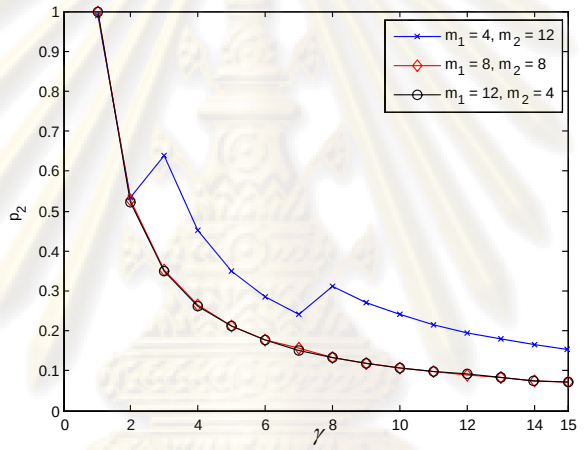


รูปที่ 4.145 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

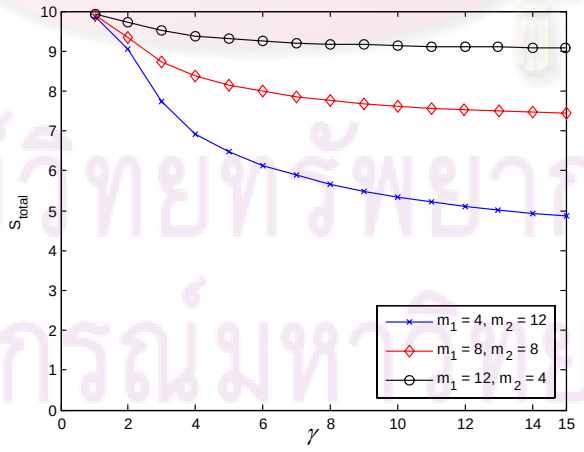
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.146 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

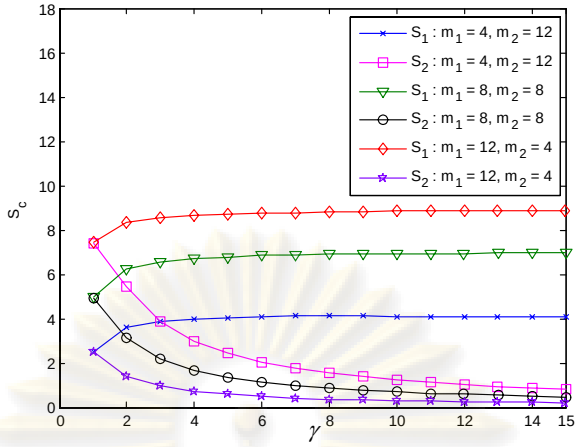


รูปที่ 4.147 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

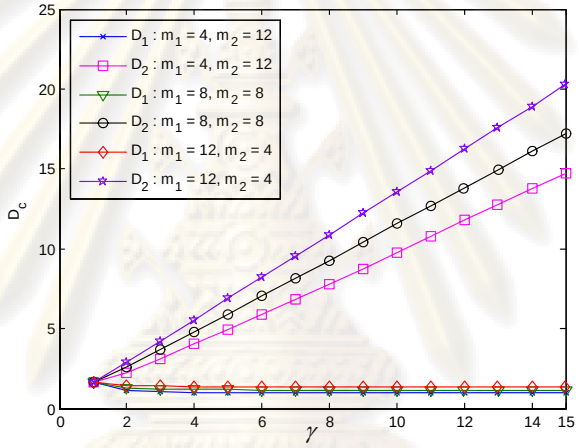


รูปที่ 4.148 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

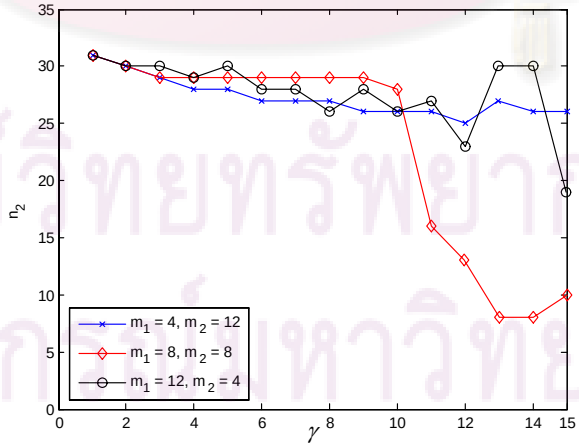
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.149 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

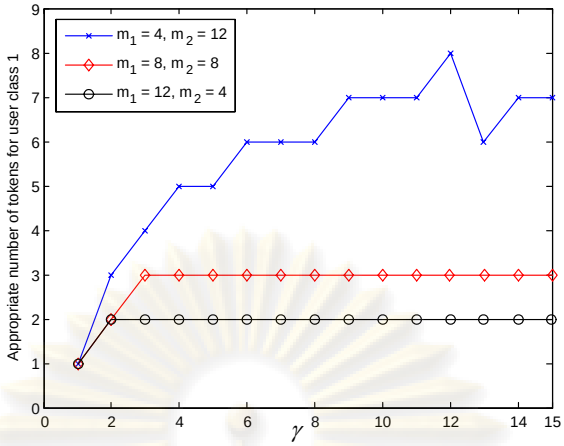


รูปที่ 4.150 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

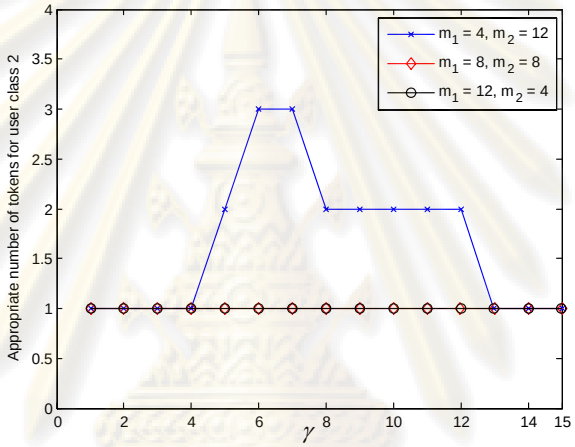


รูปที่ 4.151 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

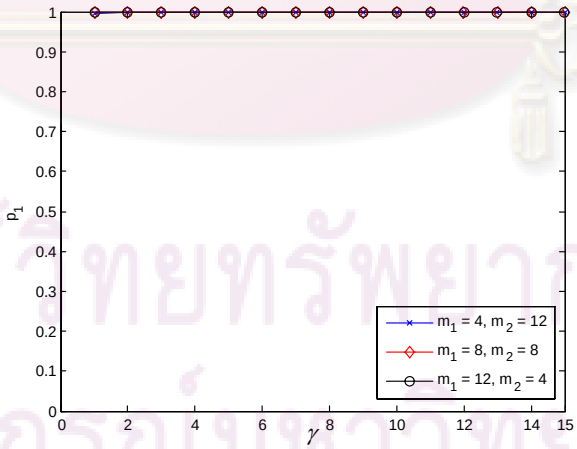
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.152 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

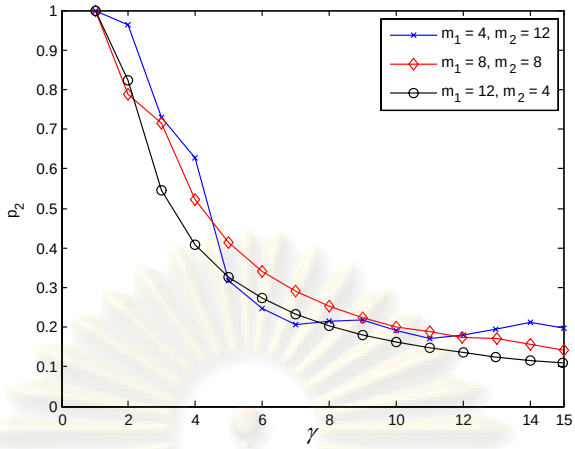


รูปที่ 4.153 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง



รูปที่ 4.154 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.155 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ PARTIAL UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

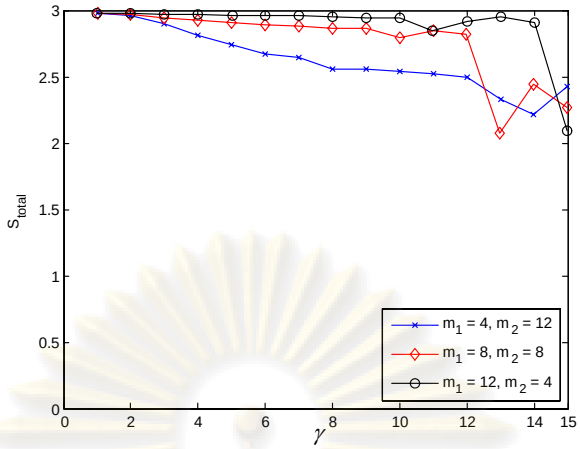
4.2.8 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP

4.2.8.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

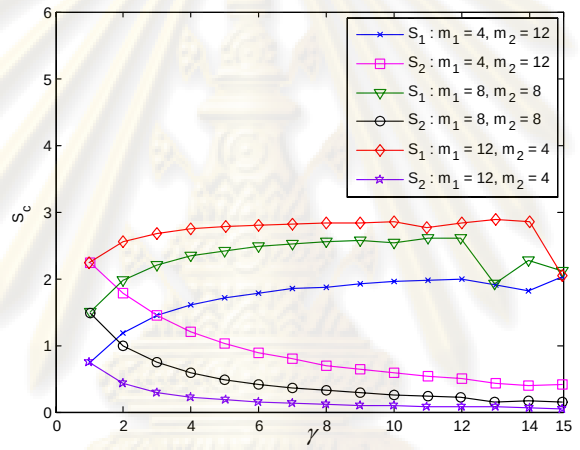
จากผลการทดสอบที่ได้ในรูปที่ 4.156 และ 4.157 พบว่าที่ค่า γ เท่ากับ 1 จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของทุกระบบจะมีค่าเท่ากัน เนื่องจากทุกระบบจะมีการทำงานเช่นเดียวกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP ที่มีจำนวนผู้ใช้บริการ 16 ราย ดังนั้นค่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของทุกระบบจึงมีค่าเท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเพิ่มค่า γ ที่ต้องการจะส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าลดลง โดยมีค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณน้อยกว่าอัตราการลดลงของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของทุกระบบมีค่าลดลงเมื่อค่า γ ที่ต้องการสูงขึ้น

รูปที่ 4.158 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง เนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าเพิ่มตามค่า γ ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีค่าลดลง ในขณะที่เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า γ ที่เพิ่มขึ้น

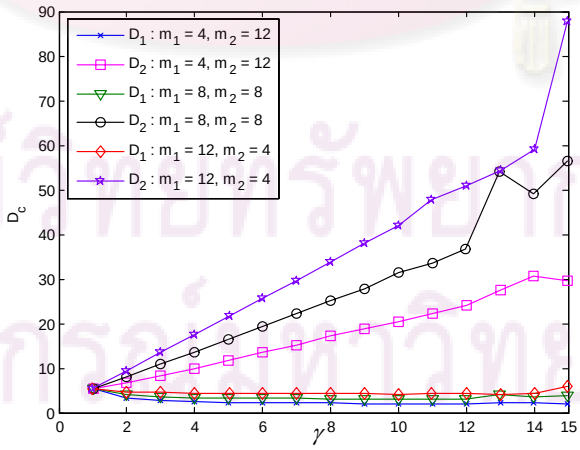
รูปที่ 4.159 และ 4.160 แสดงค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าเมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มขึ้น ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 มีแนวโน้มลดลง



รูปที่ 4.156 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

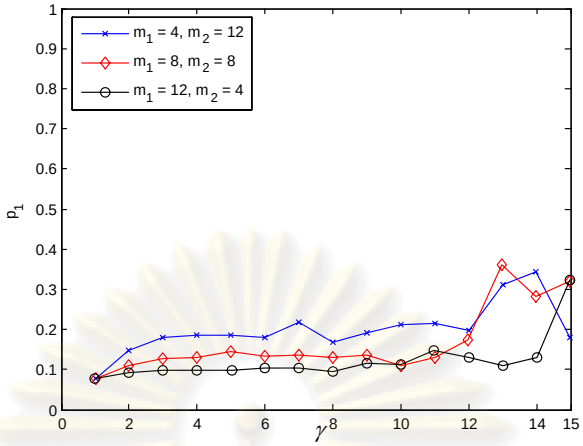


รูปที่ 4.157 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

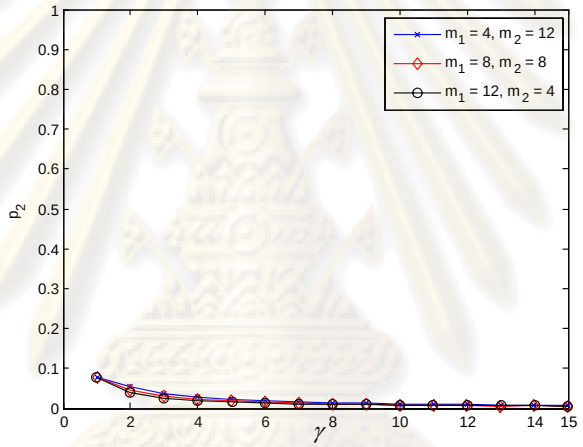


รูปที่ 4.158 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.159 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 4.160 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

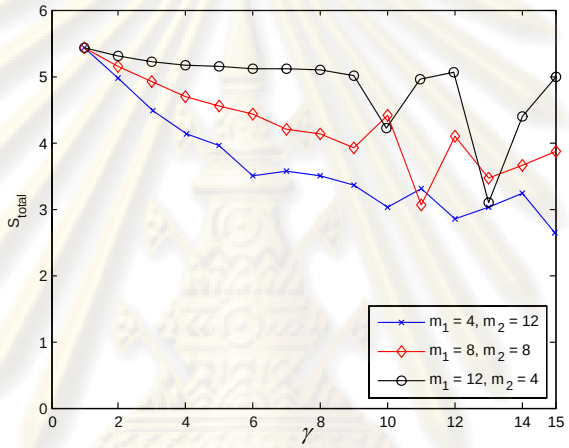
4.2.8.2 **จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ**

จากผลการทดสอบที่ได้ในรูปที่ 4.161 และ 4.162 พบว่าผลที่ได้จะคล้ายกับกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ แต่แตกต่างกันตรงที่ระบบที่ประกอบผู้ใช้บริการคลาส 1 มากกว่าจะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าระบบที่ประกอบผู้ใช้บริการคลาส 1 น้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัด สำหรับสาเหตุที่ระบบที่ประกอบผู้ใช้บริการคลาส 1 มากกว่าจะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่า เนื่องจากระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาสต่ำจำนวนมากกว่า จะมีจำนวนผู้ใช้บริการที่ถูกจำกัดการเข้าจองมากกว่าระบบอื่น ๆ ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าต่ำกว่าระบบอื่น ๆ

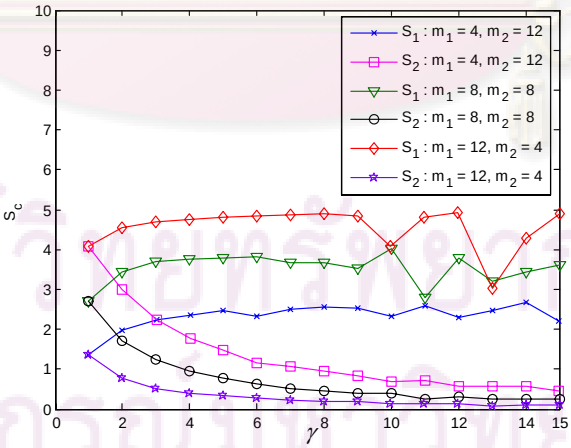
รูปที่ 4.163 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง ผลที่ได้จะคล้ายกับกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ นั่นคือค่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จของผู้ใช้บริการคลาส 1 จะลดลง และค่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จของผู้ใช้บริการคลาส 2 จะเพิ่มขึ้นตามค่า γ ที่เพิ่มขึ้น

รูปที่ 4.164 และ 4.165 แสดงค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง ผลที่ได้จะคล้ายกับกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

เมื่อพิจารณากรณีที่กำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 32 ช่องพบว่าผลที่ได้คล้ายกับกรณีที่กำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง

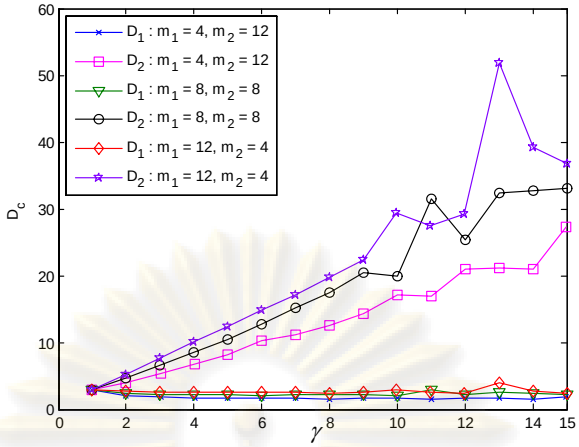


รูปที่ 4.161 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

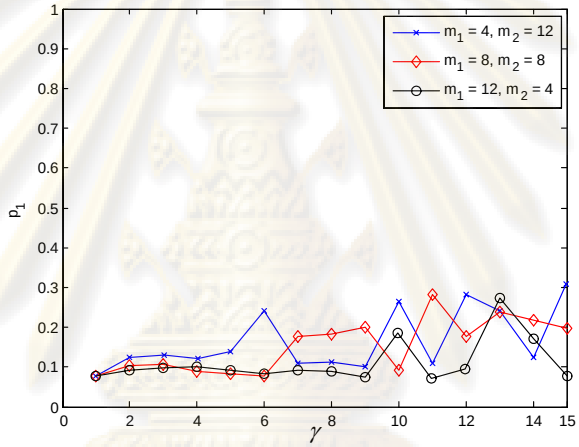


รูปที่ 4.162 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

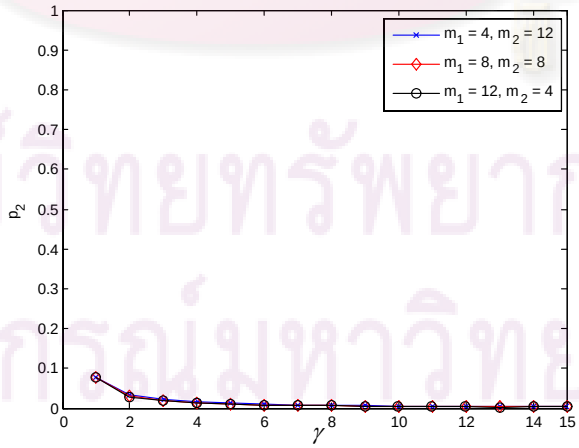
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.163 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

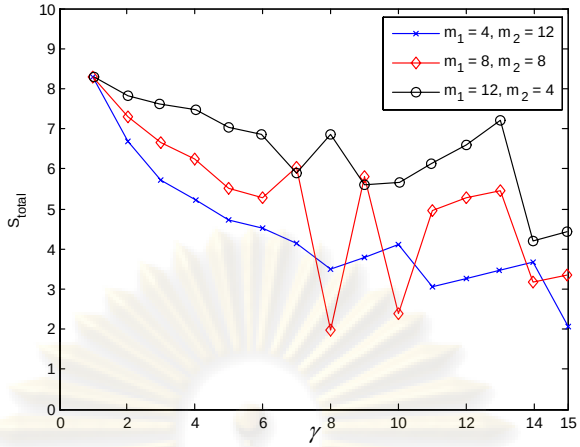


รูปที่ 4.164 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

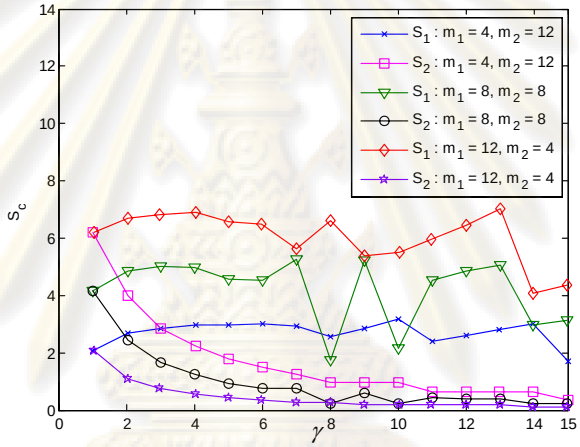


รูปที่ 4.165 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

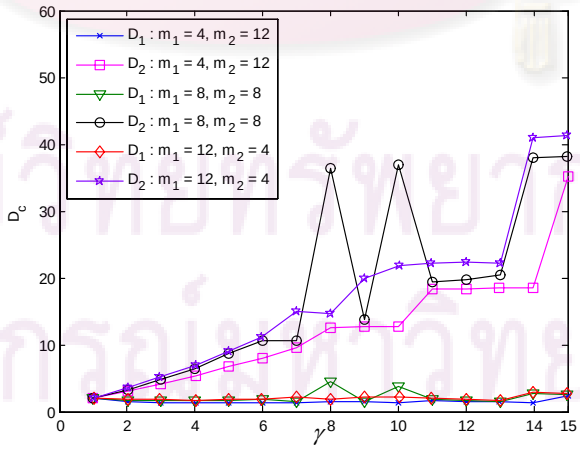
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.166 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

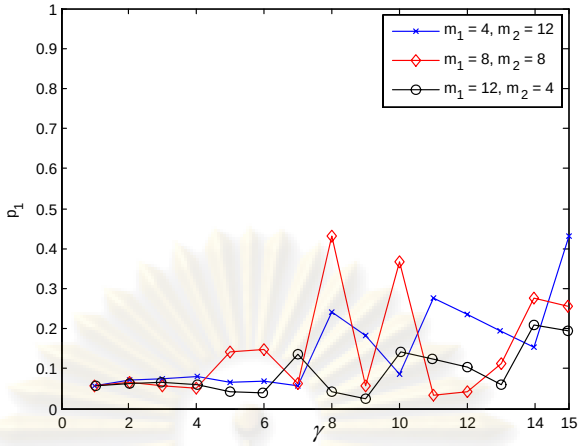


รูปที่ 4.167 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

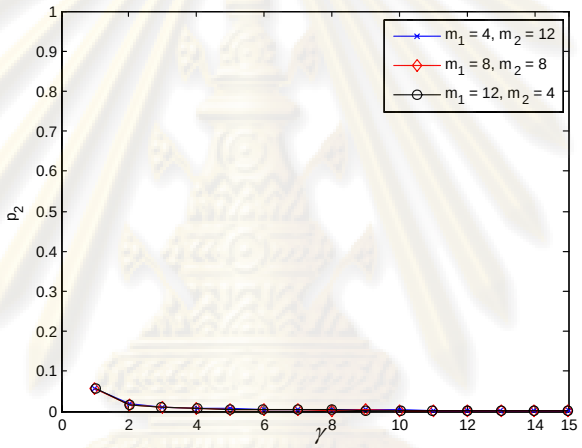


รูปที่ 4.168 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.169 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง



รูปที่ 4.170 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

4.2.9 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT

4.2.9.1 จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

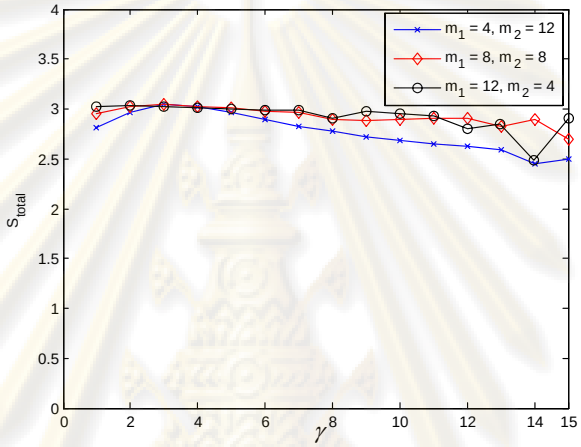
จากผลการทดสอบที่ได้ในรูปที่ 4.171 และ 4.172 พบว่าเมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มขึ้น จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ น้อยกว่าอัตราการลดลงของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของทุกระบบมีแนวโน้มลดลงเมื่อค่า γ ที่ต้องการสูงขึ้น

รูปที่ 4.173 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง เนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าเพิ่มตามค่า γ ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าลดลง ส่งผลให้เวลาประวิงใน

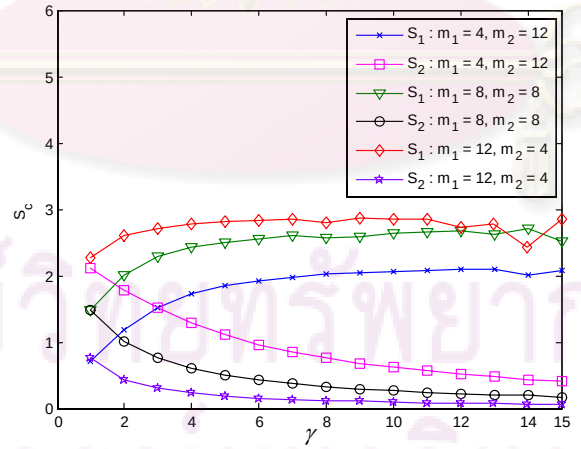
การจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีค่าลดลงตามค่า γ ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า γ ที่เพิ่มขึ้น

รูปที่ 4.174 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่องสัญญาณจองที่เหมาะสมที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 เริ่มเข้าจองช่องสัญญาณได้และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าค่าหมายเลขช่องสัญญาณที่เหมาะสมที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 เริ่มเข้าจองช่องสัญญาณได้จะมีคาสูงต่ำเป็นช่วง ๆ

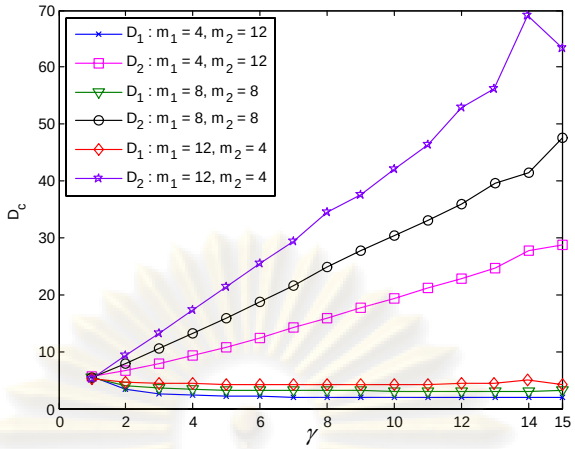
รูปที่ 4.175 และ 4.176 แสดงค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าเมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มขึ้น ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 มีแนวโน้มลดลง



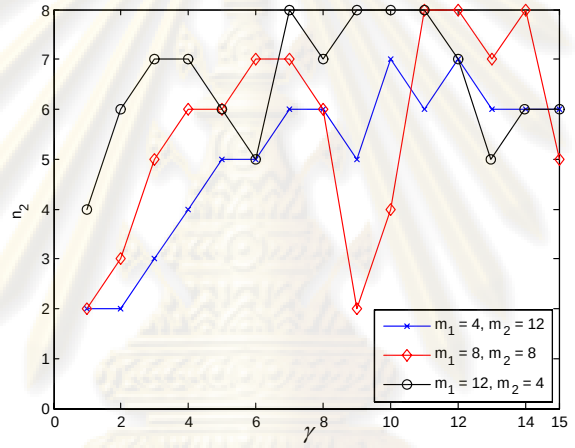
รูปที่ 4.171 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



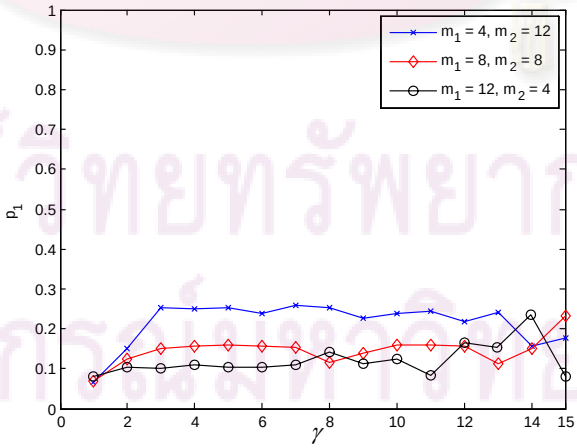
รูปที่ 4.172 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 4.173 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

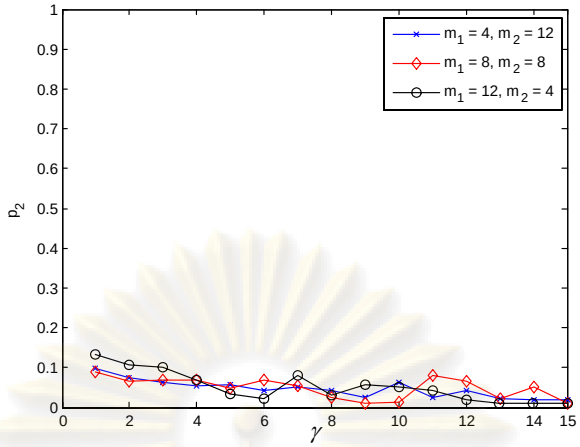


รูปที่ 4.174 ความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่องสัญญาณที่เหมาะสมที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 เริ่มเข้าจองช่องสัญญาณได้และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 4.175 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.176 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

4.2.9.2 จำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ

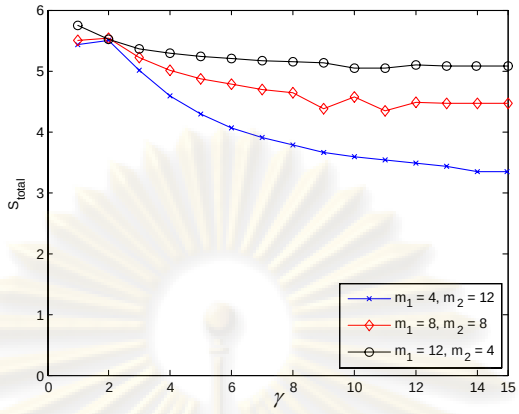
จากผลการทดสอบที่ได้ในรูปที่ 4.177 และ 4.178 พบว่าผลที่ได้จะคล้ายกับกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ กล่าวคือเมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มขึ้น จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะมีค่าลดลง และอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าน้อยกว่าอัตราการลดลงของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของทุกระบบมีแนวโน้มลดลงเมื่อค่า γ ที่ต้องการสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวนมากกว่าจะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากกว่า

รูปที่ 4.179 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง พบว่าผลที่ได้จะคล้ายกับกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ นั่นคือเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีค่าลดลงตามค่า γ ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า γ ที่เพิ่มขึ้น

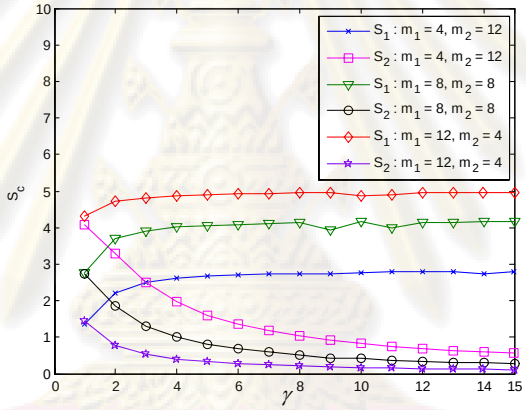
รูปที่ 4.180 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่องสัญญาณที่เหมาะสมที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 เริ่มเข้าจองช่องสัญญาณได้และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าค่าหมายเลขช่องสัญญาณจองที่เหมาะสมที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 เริ่มเข้าจองช่องสัญญาณได้จะมีคาสูงต่ำเป็นช่วง ๆ เช่นเดียวกันกับกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

รูปที่ 4.181 และ 4.182 แสดงค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าเมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มขึ้น ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีแนวโน้มลดลง

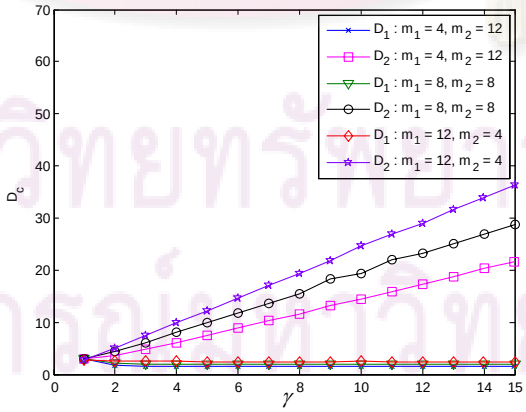
เมื่อพิจารณาผลที่ได้ในกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 32 ช่อง พบว่าผลที่ได้จะคล้ายกับกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง



รูปที่ 4.177 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

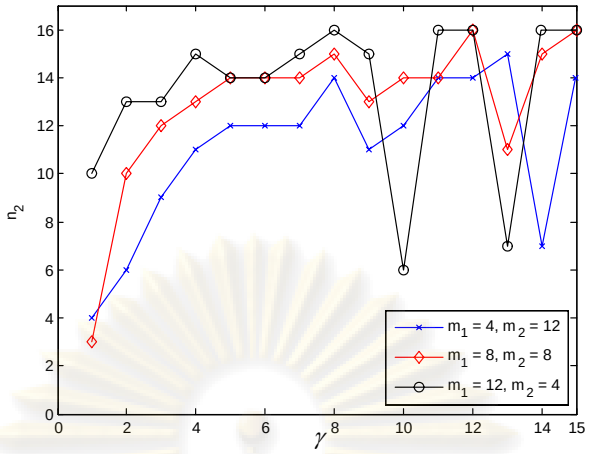


รูปที่ 4.178 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

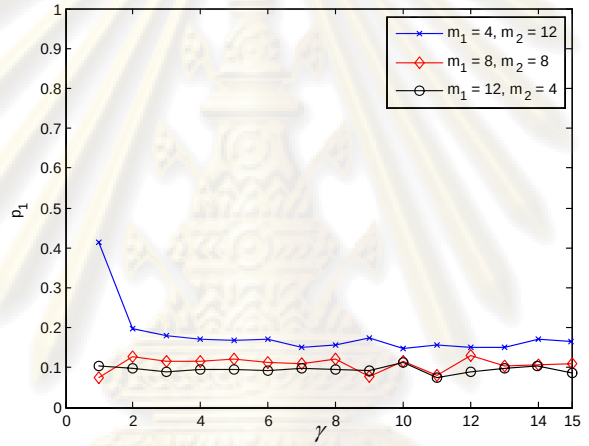


รูปที่ 4.179 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

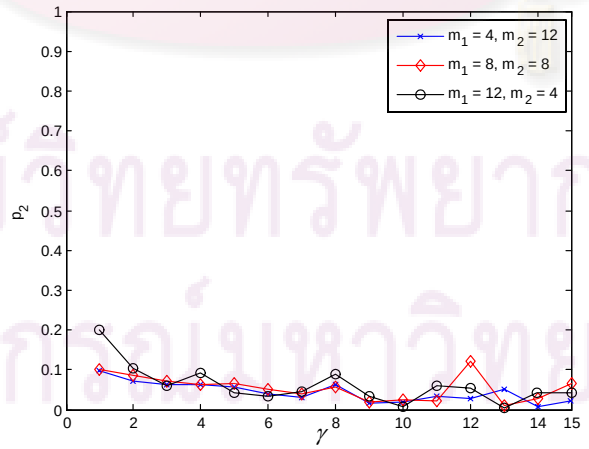
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.180 ความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่องสัญญาณที่เหมาะสมที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 เริ่มเข้าจองช่องสัญญาณได้และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

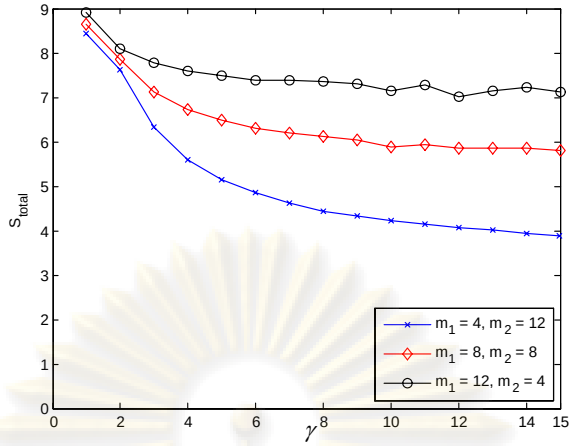


รูปที่ 4.181 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

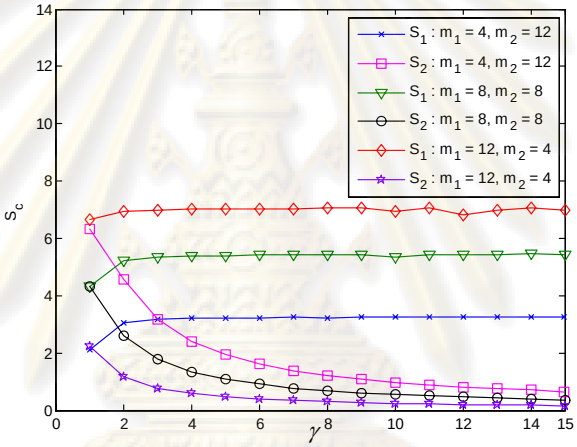


รูปที่ 4.182 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

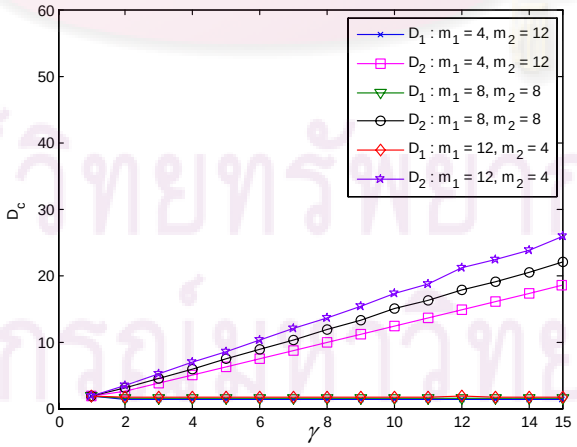
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.183 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

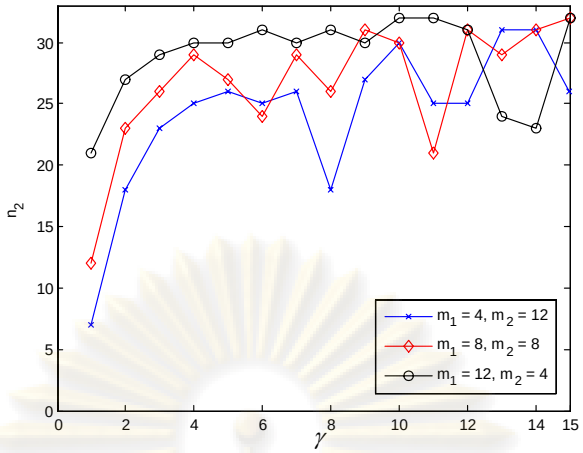


รูปที่ 4.184 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

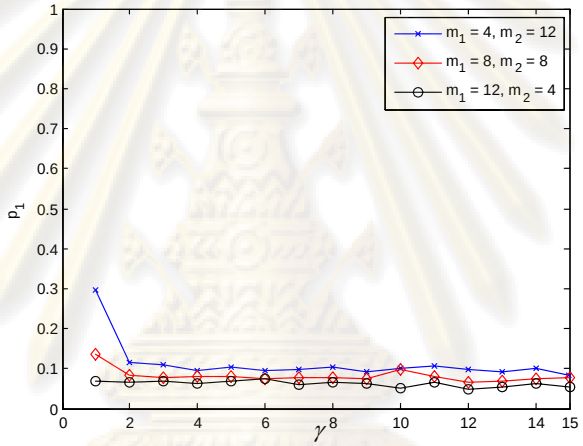


รูปที่ 4.185 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

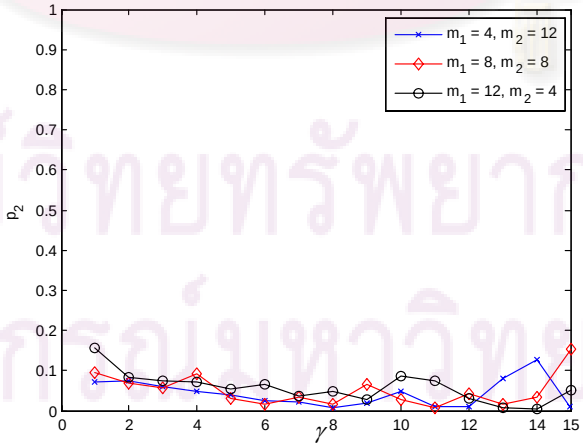
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.186 ความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่องสัญญาณที่เหมาะสมที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 เริ่มเข้าจองช่องสัญญาณได้และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง



รูปที่ 4.187 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง



รูปที่ 4.188 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2 และค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

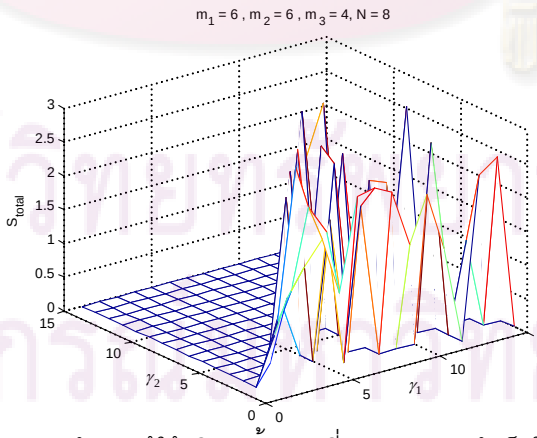
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ โดยมีผู้ใช้บริการในระบบ จำนวน 3 คลาส

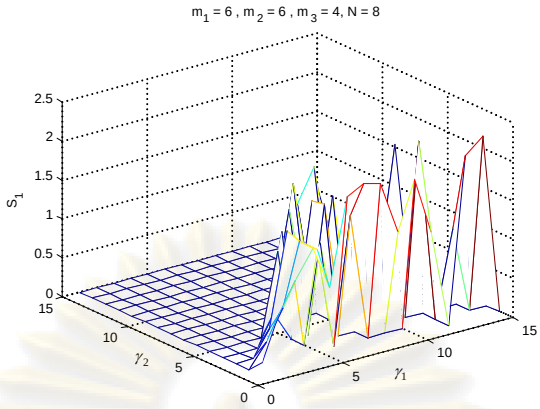
ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงผลการเข้าจองช่องสัญญาณเมื่อมีผู้ใช้บริการในระบบทั้งหมด 3 คลาส โดยมีจุดประสงค์เพื่อแสดงให้เห็นว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้ออกแบบในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาสได้ โดยจะนำเทคนิคการจองช่องสัญญาณเพียง 2 แบบมาแสดงเป็นตัวอย่าง เนื่องจากการทดสอบระบบในกรณีที่รองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส จะมีความซับซ้อนและใช้เวลาในการทดสอบระบบมากกว่าระบบที่รองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาสอยู่มาก ในที่นี่จึงขอแสดงผลการทดสอบระบบของเทคนิคการจองเพียงแค่ 2 แบบ ส่วนเทคนิคการจองสัญญาณแบบที่เหลือ สามารถทำได้เช่นกัน โดยใช้สมการที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 3 โดยเทคนิคการจองที่นำมาเป็นตัวอย่างมีอยู่ 2 แบบ ได้แก่ เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และ UNI+DS+MT+MLA

4.3.1 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA

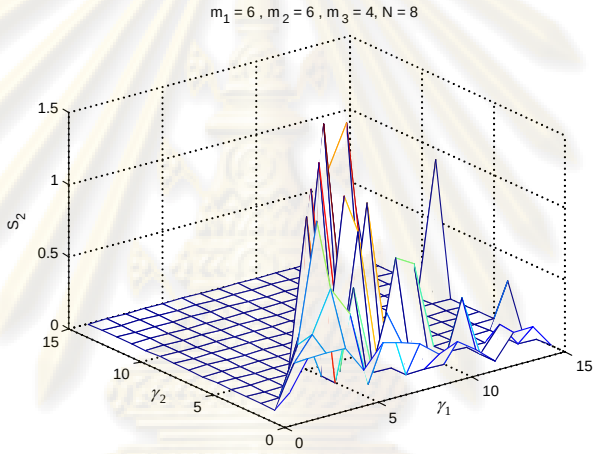
รูปที่ 4.189 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง และระบบประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 6 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 6 ราย และผู้ใช้บริการคลาส 3 จำนวน 4 ราย จากผลการทดสอบระบบที่ได้พบว่าเราไม่สามารถควบคุมระบบเพื่อให้ได้ค่า γ_1 และ γ_2 ที่ต้องการทุกค่าได้ เนื่องจากบางครั้งระบบสามารถควบคุมให้ได้ค่า γ_1 ที่ต้องการ แต่ไม่สามารถควบคุมให้ได้ค่า γ_2 ได้ นอกจากนี้เพื่อให้ได้ค่า γ_1 และ γ_2 ที่ต้องการ ทำให้ต้องมีการจำกัดการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 3 ส่งผลให้ผู้ใช้บริการคลาส 3 มีจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองน้อยกว่าผู้ใช้บริการคลาส 1 และ 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองอยู่มาก ดังแสดงในรูปที่ 4.190 4.191 และ 4.192 ปัญหาที่พึงระวังในระบบที่มีผู้ใช้บริการ 3 คลาส ได้แก่ปัญหาเรื่องเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ เนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าต่ำ ทำให้เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จมีค่าสูง หากประเภทของข้อมูลที่ผู้ใช้บริการคลาส 3 ต้องการส่ง ไม่อาจทนทานเวลาประวิงได้มาก จะทำให้ระบบไม่สามารถประกันคุณภาพการให้บริการที่ค่า γ_1 และ γ_2 ที่ต้องการในขณะนั้นได้



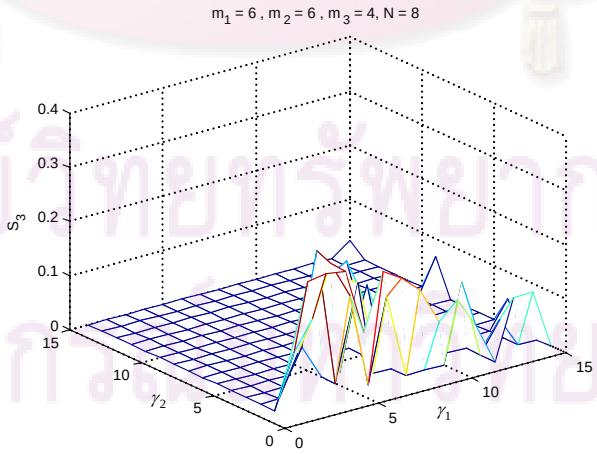
รูปที่ 4.189 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 4.190 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 4.191 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

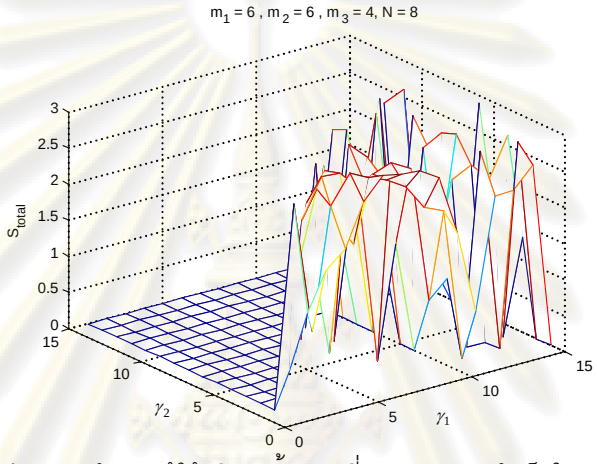


รูปที่ 4.192 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

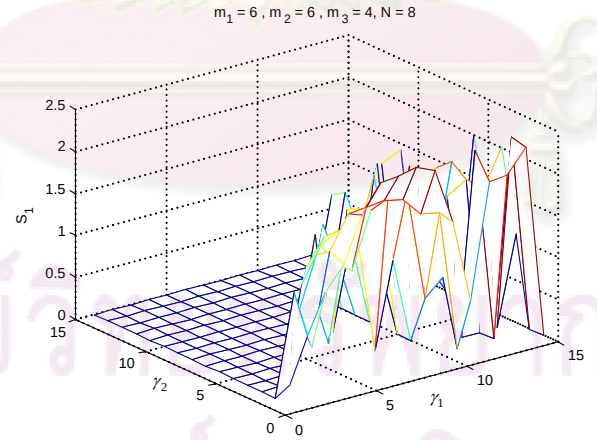
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.2 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA

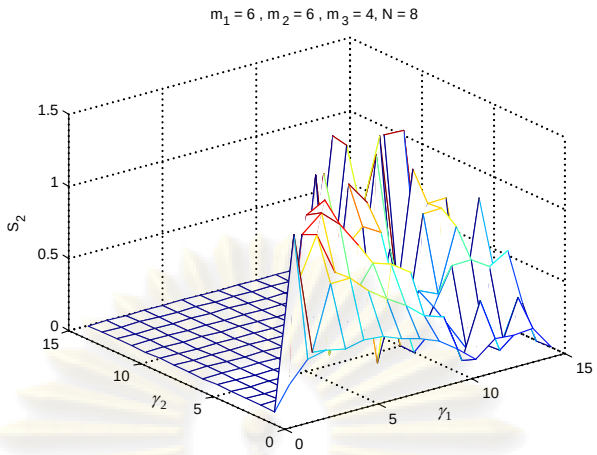
รูปที่ 4.193 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง และระบบประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 6 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 6 ราย และผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย จากผลที่ได้พบว่าได้ผลที่คล้ายกับผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA กล่าวคือระบบไม่สามารถควบคุมเพื่อให้ได้ค่า γ_1 และ γ_2 ที่ต้องการทุกค่าได้ และผู้ใช้บริการคลาส 3 มีจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองน้อยกว่าผู้ใช้บริการคลาส 1 และ 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองอยู่มาก ดังแสดงในรูปที่ 4.194 4.195 และ 4.196



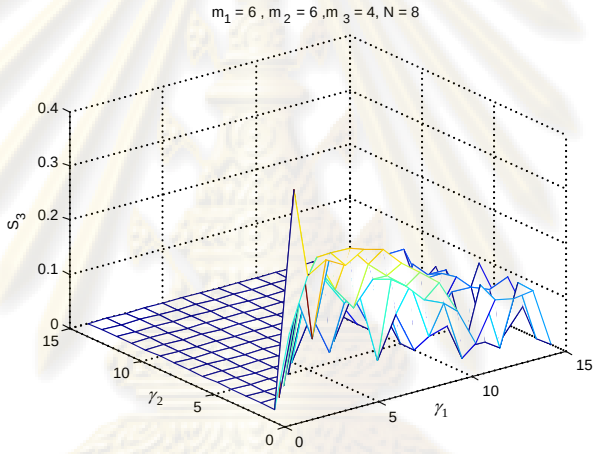
รูปที่ 4.193 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 4.194 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 4.195 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 4.196 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ_1 กับ γ_2 ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

4.4 ผลของเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จที่มีต่อการรับประกันคุณภาพการให้บริการ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงผลของเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จที่มีต่อการรับประกันคุณภาพการให้บริการ จากหัวข้อที่ 4.2 พบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ไม่ได้นำค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณมาใช้ในการจำกัดการเข้าจองช่องสัญญาณอย่างเช่น เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI, UNI+MT, UNI+DS+MT และ Partial UNI+MT จะมีค่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสูงมาก หากใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ไม่เหมาะสม และเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณมาใช้เพื่อจำกัดการเข้าจองช่องสัญญาณอย่างเช่น เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA, UNI+DS+MT+MLA, Partial UNI+MT+MLA, CFP+MP และ CFP+SRT จะมีค่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณต่ำ เนื่องจากเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จจะขึ้นอยู่กับจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ หากจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่ามากจะส่งผลให้เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จมีค่าต่ำ แต่เมื่อจำนวนผู้ใช้บริการที่

ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าต่ำจะส่งผลให้เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จมีค่ามาก การนำค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณมาใช้จะช่วยจำกัดการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการในระบบไม่ให้มีค่ามากจนเกินไป ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าไม่ต่ำมาก เวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จจึงมีค่าไม่มากนัก แต่หากว่ามีจำนวนผู้ใช้บริการมากกว่า 2 คลาส อย่างเช่น ในหัวข้อที่ 4.3 ระบบมีจำนวนผู้ใช้บริการ 3 คลาส พบว่าแม้ว่ามีการนำค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณมาใช้ แต่จำนวนผู้ใช้บริการคลาสต่ำที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณยังคงมีค่าต่ำมาก เนื่องจากยิ่งมีผู้ใช้บริการหลาย ๆ คลาส ยิ่งต้องมีการจำกัดการเข้าจองของผู้ใช้บริการคลาสต่ำเพื่อให้ได้ระดับคุณภาพการให้บริการที่ต้องการ ในกรณีนี้ระบบอาจจะไม่สามารถให้บริการได้ที่ระดับคุณภาพการให้บริการที่ต้องการบางระดับ

ข้อมูลประเภทต่าง ๆ จะทนทานต่อเวลาประวิงได้ต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูลประเภทเสียง (Voice) สำหรับคุณภาพของการบริการนั้นเสียงต้องการบริการที่มีลักษณะเป็นแบบ Real-time กล่าวคือเสียงสามารถทนต่อเวลาประวิงได้ต่ำ โดยจะยอมให้มีเวลาประวิงได้ไม่เกิน 32 มิลลิวินาที

2. ข้อมูลประเภทวิดีโอ (Video) เนื่องจากบริการวิดีโอเป็นทราฟฟิกที่ประกอบด้วยภาพนิ่งที่ถูกแสดงอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นตำแหน่งของข้อมูลที่เกิดจึงมีลักษณะคงที่ขึ้นกับอัตราเร็วของภาพ (Frame Rate) ในการแสดงผลซึ่งโดยปกติเท่ากับ 25 ภาพต่อวินาที เวลาประวิงสูงสุดก่อนที่ข้อมูลวิดีโอจะถูกละทิ้งเท่ากับ 50 มิลลิวินาที

3. ข้อมูลคอมพิวเตอร์ (Computer data) ทราฟฟิกประเภทข้อมูลนี้มีธรรมชาติการเกิดเป็นแบบเบิรสต์ กล่าวคือข้อมูลจะเกิดเป็นกลุ่มของแพ็กเกต บริการข้อมูลประเภทนี้สามารถทนทานต่อเวลาประวิงได้มาก

ตารางที่ 4.1 แสดงตัวอย่างของค่าพารามิเตอร์ที่นำมาใช้วิเคราะห์ความทนทานต่อค่าเวลาประวิง โดยจะพบว่าหากใช้ค่าพารามิเตอร์ดังตารางที่ 4.1 ใน 1 เฟรมจะประกอบด้วยข้อมูลทั้งหมดจำนวน 18*10+288*16 = 4,788 บิต หากอัตราการส่งข้อมูลเท่ากับ 10 Mbps ในหนึ่งวินาทีจะสามารถส่งแพ็กเกตได้ถึง 2,085 เฟรม

หากข้อมูลที่ส่งเป็นข้อมูลประเภทเสียงซึ่งทนเวลาประวิงได้ไม่เกิน 32 มิลลิวินาที พบว่าที่อัตราการส่งข้อมูลเท่ากับ 10 Mbps ในเวลา 32 มิลลิวินาทีจะสามารถส่งข้อมูลได้ถึง 66 แพ็กเกต และเมื่อคำนึงถึงจำนวนแพ็กเกตข้อมูลที่ต้องส่งอย่างต่อเนื่อง ผู้ใช้บริการแต่ละรายควรที่จะส่งข้อมูลแต่ละเฟรมให้สำเร็จโดยใช้จำนวนครั้งที่ส่งต่ำกว่า 66 ครั้งอยู่มากเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเรื่องเวลาประวิงสะสมมากกว่าเวลาประวิงที่ข้อมูลประเภทเสียงสามารถทนทานได้ ซึ่งจากผลการทดสอบในหัวข้อ 4.2 พบว่าในกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณมาใช้เพื่อจำกัดการเข้าจองช่องสัญญาณอย่างเช่น เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA, UNI+DS+MT+MLA, Partial UNI+MT+MLA, CFP+MP และ CFP+SRT จะมีค่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณต่ำกว่า 66 เฟรมอยู่มาก จึงสามารถรับประกันคุณภาพการให้บริการได้ ในขณะที่เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ไม่ได้นำค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณมาใช้ในการจำกัดการเข้าจองอย่างเช่น เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI, UNI+MT, UNI+DS+MT และ Partial UNI+MT จะมีค่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสูงมาก หากใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลให้เวลาประวิงในการส่งข้อมูลสำเร็จมากกว่า 66 เฟรม ในกรณีนี้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI, UNI+MT, UNI+DS+MT และ Partial UNI+MT จึงไม่สามารถ

รับประกันคุณภาพการให้บริการได้ ทั้งนี้หากมีการเปลี่ยนประเภทข้อมูลที่ส่ง, ค่าอัตราการส่งข้อมูลหรือค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ จะต้องนำค่าพามามิเตอร์ทั้งหมดมาวิเคราะห์เกี่ยวกับการรับประกันคุณภาพการให้บริการอีกครั้งหนึ่ง

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างของค่าพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์การรับประกันคุณภาพการให้บริการ

พารามิเตอร์	ค่า
ขนาดของช่องสัญญาณจอง	18 บิต
ขนาดของช่องสัญญาณข้อมูล	288 บิต
จำนวนช่องสัญญาณจองต่อเฟรม	16 ช่อง
จำนวนช่องสัญญาณข้อมูลต่อเฟรม	10 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

ผลการเปรียบเทียบ

บทนี้กล่าวถึงผลการเปรียบเทียบซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ส่วนแรกกล่าวถึงผลการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ 9 แบบ ได้แก่ เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT, UNI+MT+MLA, Partial UNI, Partial UNI+MT, Partial UNI+MT+MLA, UNI+DS+MT, UNI+DS+MT+MLA, CFP+MP และ CFP+SRT กับเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอใน [13] 4 แบบ ได้แก่ เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA, Partial UNI+MLA, UNI+DS และ UNI+DS+MLA ส่วนที่สองกล่าวถึงผลการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณข้างต้น 13 แบบ กับเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้มีผู้นำเสนอไว้แต่ถูกนำมาประยุกต์เพื่อให้เหมาะสมกับระบบที่ทำการพิจารณาในวิทยานิพนธ์

5.1 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้และเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอใน [13]

5.1.1 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT UNI+MLA และ UNI+MT+MLA

ในส่วนนี้จะแบ่งการเปรียบเทียบออกเป็น 4 ส่วน คือ 1. การเปรียบเทียบกันเองระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA, UNI+MT และ UNI+MT+MLA 2. การเปรียบเทียบกันเองระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS, UNI+DS+MLA, UNI+DS+MT และ UNI+DS+MT+MLA 3. การเปรียบเทียบกันเองระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI, Partial UNI+MLA, Partial UNI+MT และ Partial UNI+MT+MLA 4. การเปรียบเทียบกันเองระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และ CFP+SRT

โดยในการเปรียบเทียบจะนำระบบที่มีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 รายและระบบที่มีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 รายมาเปรียบเทียบเท่านั้น สาเหตุที่ไม่นำระบบที่มีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย มาเปรียบเทียบเนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของระบบที่มีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 รายของทุกเทคนิคการจองช่องสัญญาณจะมีค่าอยู่ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของระบบที่มีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 รายและจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของระบบที่มีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย ดังแสดงในรูปผลการทดสอบระบบของทุกเทคนิคในบทที่ 4

รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT UNI+MLA และ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าที่ค่า γ ที่ต้องการเดียวกัน เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA จะให้ผลลัพธ์เดียวกันกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณมีน้อยเมื่อเทียบจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดส่งผลให้การใช้ใบจอง

มากกว่า 1 ใบ ทำให้เกิดการชนกันมากขึ้น ดังนั้นจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจึงมีค่าเท่ากับ 1 ใบ ในกรณีเฉพาะนี้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA จึงกลายเป็นเทคนิคการจองแบบ UNI+MLA

นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT จะมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA และ UNI+MT+MLA เนื่องจากระบบมีจำนวนช่องสัญญาณน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด การใช้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจำกัดการเข้าจองของผู้ใช้บริการแต่ละคลาส จะช่วยลดโอกาสในการชนกันและส่งผลให้สมรรถนะของระบบดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบเทคนิคการจองช่องสัญญาณทั้ง 3 แบบในเรื่องการควบคุมระบบเพื่อให้ได้ค่า γ ที่ต้องการ พบว่าเราไม่สามารถควบคุมค่า γ ของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT ให้เป็นจำนวนเต็มที่ต้องการได้ เนื่องจากค่า γ ของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT ขึ้นกับจำนวนใบจองที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการแต่ละคลาส และเพราะว่าจำนวนใบจองเป็นจำนวนเต็ม ทำให้การเพิ่มจำนวนใบจองทำได้โดยการเพิ่มทีละ 1 ใบจอง ส่งผลให้การปรับจำนวนใบจองไม่ละเอียดพอที่จะให้ได้ค่า γ ที่ต้องการได้ ยกเว้นที่ค่า γ เท่ากับ 1 สามารถกระทำได้โดยให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ใช้ใบจองจำนวนเท่ากัน

รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT UNI+MLA และ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าที่ค่า γ เท่ากับ 1 จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของทุกเทคนิคและทุกระบบจะมีค่าเท่ากัน เนื่องจากที่ค่า γ เท่ากับ 1 จะไม่การกำหนดลำดับความสำคัญให้ผู้ใช้บริการและเนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณมีเพียงพอสำหรับผู้ใช้บริการทั้งหมดพอดี จำนวนใบจองที่เหมาะสมของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และ UNI+MT+MLA และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA และ UNI+MT+MLA จึงมีค่าเท่ากับ 1 ทุกระบบจึงมีการทำงานเช่นเดียวกับเมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI ที่มีจำนวนผู้ใช้บริการ 16 ราย

เมื่อพิจารณาที่ค่า γ อื่น ๆ พบว่าในระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA เนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 มีน้อยกว่าจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดถึง 4 เท่า การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ จะช่วยให้ลดช่องสัญญาณว่างได้และทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากขึ้น และเพื่อให้ได้ค่า γ ที่ต้องการ เมื่อผู้ใช้บริการคลาส 1 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากขึ้นจะส่งผลให้การจำกัดการเข้าจองของผู้ใช้บริการคลาส 2 น้อยลงไปด้วย ในกรณีนี้การใช้กลไกใบจองหลายใบจึงช่วยให้สมรรถนะของระบบดีขึ้นได้

สำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA และ UNI+MT+MLA จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเท่ากัน เนื่องจากถึงแม้ว่าจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีน้อยกว่าจำนวน

ช่องสัญญาณทั้งหมด แต่ก็มีค่าน้อยกว่าไม่มาก การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ ทำให้เกิดการชนกันมากขึ้นและทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลงได้

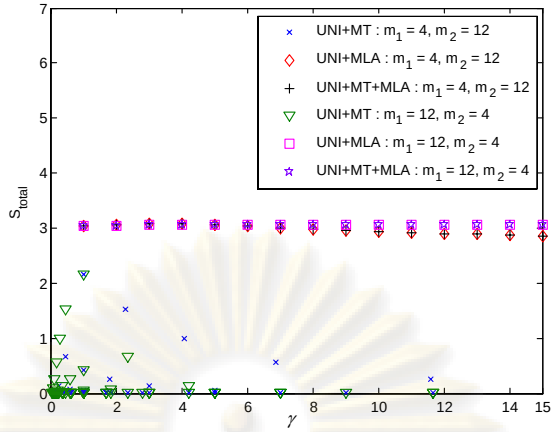
เมื่อพิจารณาเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT พบว่าได้ผลที่คล้ายกับกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการกล่าวคือ ไม่สามารถควบคุมค่า γ เพื่อให้ได้จำนวนเต็มที่ต้องการ และมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณน้อยกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA และ UNI+MT+MLA

รูปที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT UNI+MLA และ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองแบบ UNI+MT+MLA จะสูงกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองแบบ UNI+MLA เนื่องจากช่องสัญญาณมีจำนวนมากเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ ช่วยลดจำนวนช่องสัญญาณว่างได้ และเป็นการเข้าจองช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพ

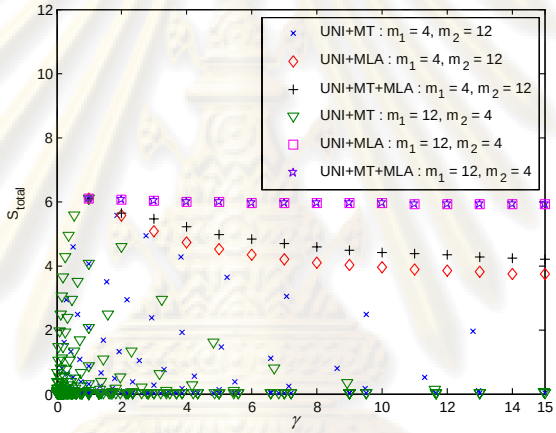
เมื่อพิจารณาผลของเทคนิคการจองแบบ UNI+MT สำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย พบว่าเมื่อใช้จำนวนใบจองที่เหมาะสมเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณใกล้เคียงกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA และ UNI+MT+MLA เนื่องจากช่องสัญญาณมีจำนวนมากเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ ทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 ประสบความสำเร็จมากขึ้นได้ เมื่อพิจารณาระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย พบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณต่ำกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA และ UNI+MT+MLA เนื่องจากถึงแม้ช่องสัญญาณมีจำนวนมากเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 แต่ไม่ได้มากกว่าอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ จึงไม่ได้ช่วยให้ผู้ใช้บริการทั้งหมดให้ประสบความสำเร็จมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดได้

เมื่อพิจารณาสมรรถนะระบบในเรื่องการควบคุมค่า γ เพื่อให้ได้ค่า γ เป็นจำนวนเต็มตามที่ต้องการและจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ พบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA จะมีสมรรถนะที่ดีกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT และเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA โดยเฉพาะระบบที่มีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดน้อยกว่าจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดมาก ๆ

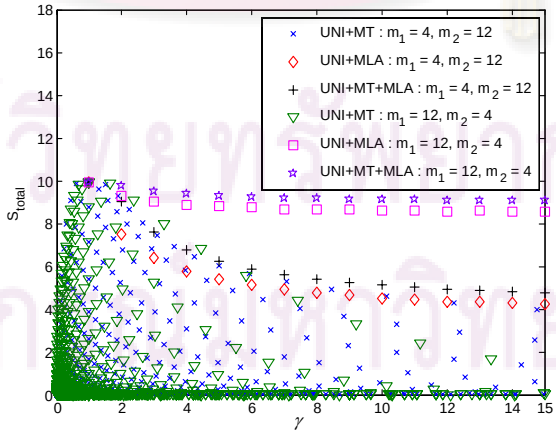
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT UNI+MLA และ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT UNI+MLA และ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT UNI+MLA และ UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.2 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS UNI+DS+MLA UNI+DS+MT และ UNI+DS+MT+MLA

รูปที่ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS UNI+DS+MT UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าที่ค่า γ ที่ต้องการเดียวกัน เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA จะให้ผลลัพธ์เดียวกันกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณมีน้อยเมื่อเทียบจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดส่งผลให้การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ ทำให้เกิดการชนกันมากขึ้น ดังนั้นจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจึงมีค่าเท่ากับ 1 ใบ ในกรณีนี้ระบบการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA จึงเป็นแบบเดียวกันกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA และด้วยเหตุผลเดียวกันทำให้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS และ UNI+DS+MT มีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเท่ากันที่ค่า γ เดียวกันด้วย

เมื่อพิจารณาจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ พบว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS และ UNI+DS+MT จะมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA เนื่องจากระบบมีจำนวนช่องสัญญาณน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด การใช้ค่าโอกาสในการเข้าจองจำกัดการเข้าจองของผู้ใช้บริการแต่ละคลาส จะช่วยลดโอกาสในการชนกันและส่งผลให้สมรรถนะของระบบดีขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบเทคนิคการจองช่องสัญญาณทั้ง 4 แบบในเรื่องการควบคุมค่า γ เพื่อให้ได้ค่าตามที่ต้องการ พบว่าเราไม่สามารถควบคุมค่า γ ของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS และ UNI+DS+MT ให้เป็นจำนวนเต็มที่ต้องการได้ เนื่องจากค่า γ ของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS และ UNI+DS+MT ขึ้นกับจำนวนช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการแต่ละคลาส และทั้ง 2 จำนวนเป็นจำนวนเต็ม ซึ่งการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณและจำนวนใบจองทำได้โดยเพิ่มค่าทีละ 1 ทำให้การปรับค่า γ ไม่ละเอียดพอที่จะให้ได้ค่า γ ที่เป็นจำนวนเต็มตามต้องการได้ ยกเว้นที่ค่า γ เท่ากับ 1 สามารถกระทำได้โดยการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณและจำนวนใบจองสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ให้มีค่าเท่ากับจำนวนช่องสัญญาณและจำนวนใบจองสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2

รูปที่ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS UNI+DS+MT UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าสำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA เนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 มีน้อยกว่าจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดมาก การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ จะช่วยให้ลดจำนวนช่องสัญญาณว่างลงได้และทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากขึ้น และส่งผลให้การจำกัดการเข้าจองของผู้ใช้บริการคลาส 2 เพื่อให้ได้ค่า γ ที่ต้องการลดลงไปด้วย

สำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเท่ากัน เนื่องจากระบบมีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 น้อยกว่าจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดไม่มากนัก การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ จึงทำให้เกิดการชนกันมากขึ้นและไม่ได้ช่วยให้สมรรถนะของระบบดีขึ้น

เมื่อพิจารณาเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS และ UNI+DS+MT พบว่าได้ผลที่คล้ายกับกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการกล่าวคือ ไม่สามารถควบคุมค่า γ เพื่อให้ได้ค่า γ ที่เป็นจำนวนเต็มที่ต้องการ แต่มีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณใกล้เคียงกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA

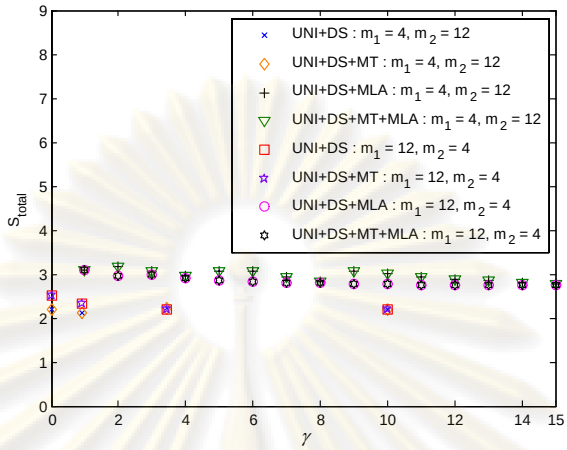
รูปที่ 5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS UNI+DS+MT UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองแบบ UNI+DS+MT+MLA จะสูงกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองแบบ UNI+DS+MLA เนื่องจากช่องสัญญาณมีจำนวนมากเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ ช่วยลดจำนวนช่องสัญญาณว่างได้ และเป็นการเข้าจองช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อพิจารณาระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย พบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณทั้ง 4 แบบ จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณใกล้เคียงกัน แต่เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA สามารถควบคุมค่า γ ให้เป็นจำนวนเต็มตามที่ต้องการได้ดีกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS และ UNI+DS+MT

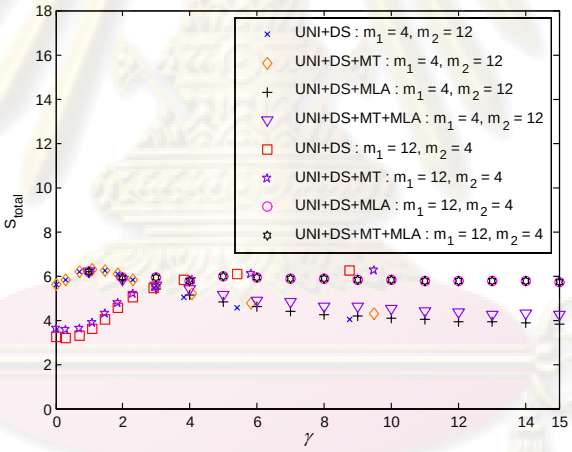
เมื่อพิจารณาระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย พบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA สามารถควบคุมค่า γ ได้ดีกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS และ UNI+DS+MT แต่เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS และ UNI+DS+MT จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการเข้าจองช่องสัญญาณสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณมีมากเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้ทั้งหมด เพื่อให้ได้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากที่สุด ผู้ใช้แต่ละคลาสจึงไม่ควรถูกจำกัดการเข้าจอง แต่หากต้องการควบคุมค่า γ เพื่อให้ได้ค่าที่ต้องการ จะต้องมีการจำกัดการเข้าจองของผู้ใช้บริการบางคลาส เพื่อให้ได้ค่า γ ที่ต้องการ จึงสังเกตได้ว่าแม้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณต่ำกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS และ UNI+DS+MT แต่สามารถควบคุมค่า γ เพื่อให้ได้ค่าตามที่ต้องการได้ดีกว่า

เมื่อพิจารณาสมรรถนะระบบในเรื่องการควบคุมค่า γ เพื่อให้ได้ค่า γ เป็นจำนวนเต็มตามที่ต้องการและจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ พบว่าเทคนิคการจอง

ช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA จะมีสมรรถนะที่ดีกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS UNI+DS+MT และ UNI+DS+MLA

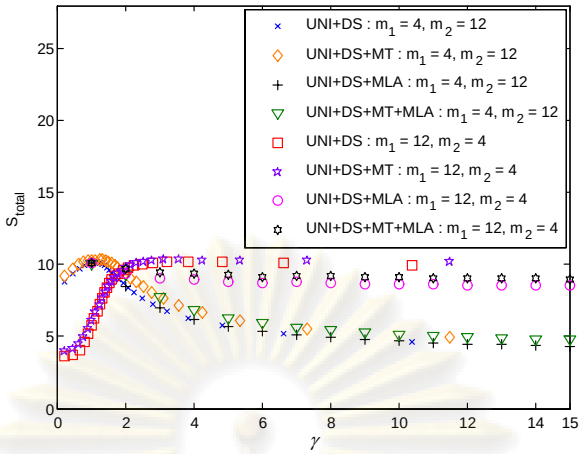


รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS UNI+DS+MT UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS UNI+DS+MT UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS UNI+DS+MT UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

5.1.3 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI Partial UNI+MT Partial UNI+MLA และ Partial UNI+MT+MLA

รูปที่ 5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI Partial UNI+MT Partial UNI+MLA และ Partial UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าที่ค่า γ ที่ต้องการเดียวกัน เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI จะให้ผลลัพธ์เดียวกันกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT และเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA จะให้ผลลัพธ์เดียวกันกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณมีน้อยเมื่อเทียบจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดส่งผลให้การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ ทำให้เกิดการชนกันมากขึ้น ดังนั้นจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจึงมีค่าเท่ากับ 1 ใบ ทำให้ระบบการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT ในกรณีนี้เป็นแบบแบบเดียวเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และด้วยเหตุผลเดียวกันทำให้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA และ Partial UNI+MT+MLA มีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเท่ากันที่ค่า γ เดียวกัน

เมื่อพิจารณาจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ พบว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และ Partial UNI+MT จะมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA และ Partial UNI+MT+MLA เนื่องจากระบบมีจำนวนช่องสัญญาณมีน้อยเมื่อเทียบจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด การใช้ค่าโอกาสในการเข้าจองจำกัดการเข้าจองของผู้ใช้บริการแต่ละคลาส จะช่วยลดโอกาสในการชนกันและส่งผลให้สมรรถนะของระบบดีขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบเทคนิคการจองช่องสัญญาณทั้ง 4 แบบในเรื่องการควบคุมค่า γ เพื่อให้ได้ค่าตามที่ต้องการ พบว่าเราไม่สามารถควบคุมค่า γ ของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และ Partial UNI+MT ให้เป็นจำนวนเต็มที่ต้องการได้ เนื่องจากค่า γ ของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI

และ Partial UNI+MT ขึ้นกับจำนวนช่องสัญญาณและจำนวนใบจองที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการแต่ละคลาส และทั้ง 2 จำนวนเป็นจำนวนเต็ม ซึ่งการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณและจำนวนใบจองทำได้โดยเพิ่มค่าทีละ 1 ทำให้การปรับค่า γ ไม่ละเอียดพอที่จะให้ได้ค่า γ ที่เป็นจำนวนเต็มตามต้องการได้

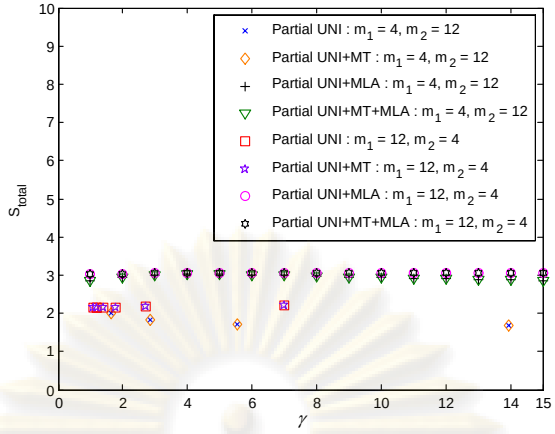
รูปที่ 5.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI Partial UNI+MT Partial UNI+MLA และ Partial UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าสำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA เนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 มีน้อยกว่าจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดมาก การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ จะช่วยให้ลดจำนวนช่องสัญญาณว่างลงได้และทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากขึ้น และส่งผลให้การจำกัดการเข้าจองของผู้ใช้บริการคลาส 2 ลดลงไปด้วย

สำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA และ Partial UNI+MT+MLA จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเท่ากัน เนื่องจากระบบมีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 น้อยกว่าจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดไม่มากนัก ทำให้การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ ทำให้เกิดการชนกันมากขึ้นและไม่ได้ช่วยให้สมรรถนะของระบบดีขึ้น

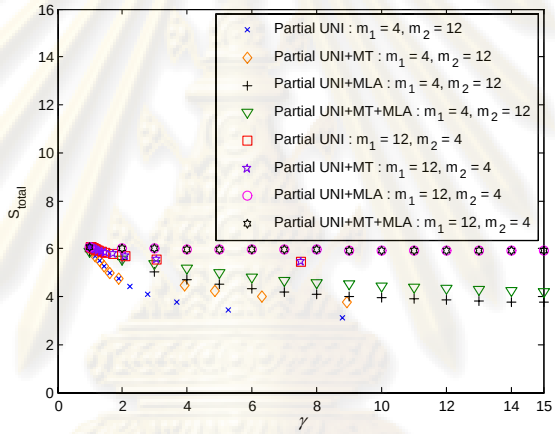
เมื่อพิจารณาเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI และ Partial UNI+MT พบว่าได้ผลที่คล้ายกับกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการกล่าวคือ ไม่สามารถควบคุมค่า γ เพื่อให้ได้ค่า γ ที่เป็นจำนวนเต็มที่ต้องการ และยังมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณน้อยกว่ากับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA และ Partial UNI+MT+MLA

รูปที่ 5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI Partial UNI+MT Partial UNI+MLA และ Partial UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองแบบ Partial UNI+MT และ Partial UNI+MT+MLA จะสูงกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองแบบ Partial UNI และ Partial UNI+MLA เนื่องจากช่องสัญญาณมีจำนวนมากเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ ช่วยลดจำนวนช่องสัญญาณว่างได้ และเป็นการเข้าจองช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพ

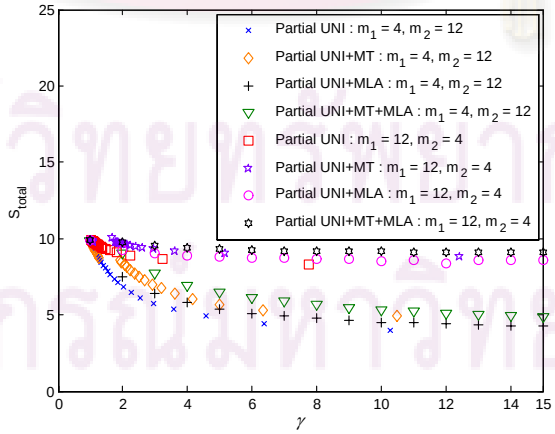
เมื่อพิจารณาสมรรถนะระบบในเรื่องการควบคุมค่า γ เพื่อให้ได้ค่า γ เป็นจำนวนเต็มตามที่ต้องการและจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ พบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA จะมีสมรรถนะที่ดีกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI Partial UNI+MT และ Partial UNI+MLA



รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI Partial UNI+MT Partial UNI+MLA และ Partial UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI Partial UNI+MT Partial UNI+MLA และ Partial UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง



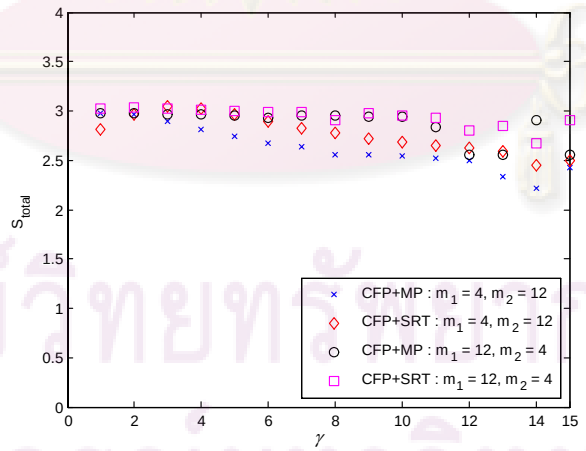
รูปที่ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI Partial UNI+MT Partial UNI+MLA และ Partial UNI+MT+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

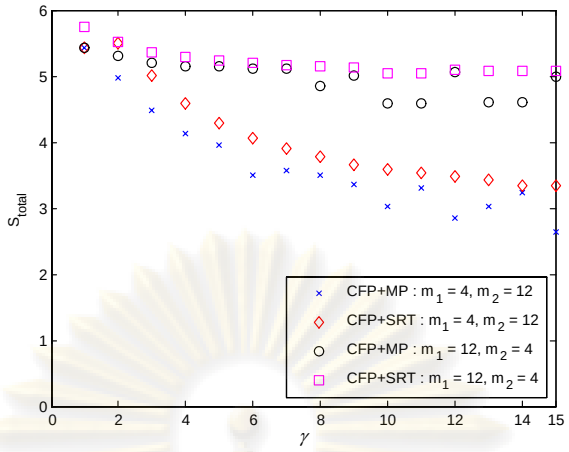
5.1.4 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และ CFP+SRT

รูปที่ 5.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าที่ค่า γ ที่ต้องการเดียวกัน ส่วนใหญ่จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT จะสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP เนื่องจากในเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP จะมีเพียงพารามิเตอร์ 2 ตัวเท่านั้นที่จะถูกปรับเพื่อให้ได้ค่า γ ที่ต้องการ ซึ่งพารามิเตอร์ 2 ตัวได้แก่ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และ ผู้ใช้บริการคลาส 2 ในขณะที่เทคนิคการจองแบบ CFP+SRT จะมีพารามิเตอร์ 3 ตัวที่จะถูกปรับเพื่อให้ได้ค่า γ ที่ต้องการ ซึ่งพารามิเตอร์ตัวแรกได้แก่ หมายเลขช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 สามารถเริ่มเข้าจองได้ พารามิเตอร์อีก 2 ตัวที่เหลือได้แก่ ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และ ผู้ใช้บริการคลาส 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเทคนิคการจองแบบ CFP+SRT มีความยืดหยุ่นมากกว่าในด้านการปรับค่าพารามิเตอร์เพื่อให้ได้ค่า γ ที่ต้องการ จึงมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่า

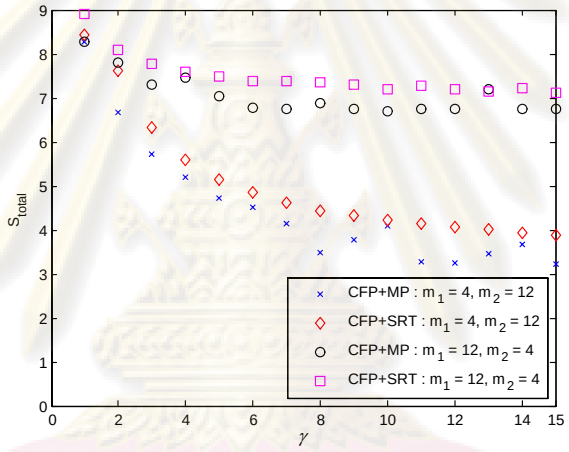
รูปที่ 5.11 และ 5.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง และ 32 ช่อง ตามลำดับ พบว่าผลที่ได้จะคล้ายกับผลของกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด กล่าวคือ ที่ค่า γ ที่ต้องการเดียวกัน เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP แต่ความแตกต่างระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของทั้ง 2 เทคนิค จะเห็นได้ชัดเจนกว่ากรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด



รูปที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง



รูปที่ 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP และ CFP+SRT และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

5.2 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้และเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้มีผู้นำเสนอไว้ในอดีต

ในส่วนนี้จะเป็นการเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอใน [13] และเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้มีผู้นำเสนอไว้ในอดีตแต่ถูกนำมาประยุกต์เพื่อให้เหมาะสมกับระบบที่ทำการพิจารณาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ โดยเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้มีผู้นำเสนอไว้ในอดีตมีดังต่อไปนี้

1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian ที่นำเสนอในบทที่ 2 แต่ได้มีการปรับเปลี่ยนใหม่ โดยเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian ในบทที่ 2 จะกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจากส่วนกลับของจำนวนผู้ใช้บริการ ซึ่งได้จากการประมาณค่าจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น แต่เนื่องจากระบบที่พิจารณาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าระบบสามารถทราบปริมาณโหลด (จำนวนผู้ใช้บริการ) ได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian ที่พิจารณาจะถูก

เปลี่ยนชื่อเป็นเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ 1/M นอกจากนี้สมมติฐานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian กำหนดให้ผู้ใช้บริการเข้าจองช่องสัญญาณได้ทุกช่องสัญญาณอย่างต่อเนื่อง และระบบจะแจ้งผลการจองช่องสัญญาณไปยังผู้ใช้บริการได้ทันทีก่อนที่จะเข้าจองช่องสัญญาณถัดไป แต่ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้กำหนดให้ผู้ใช้บริการไม่สามารถทราบผลการจองได้ทันที ทำให้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian หรือ 1/M ต้องถูกปรับเปลี่ยน โดยระบบจะทราบเฉพาะจำนวนผู้ใช้บริการแต่ละคลาสที่ต้นเฟรมเท่านั้น จากนั้นจะนำค่าจำนวนผู้ใช้บริการแต่ละคลาสที่ต้นเฟรมไปใช้ในการคำนวณหาค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณ โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้กำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ดังนี้ ให้ $\alpha_1 = 0$ และ $\alpha_2 = 1$

2. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ p-persistent โดยในเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ p-persistent ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะมีค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณคงที่ และจะเข้าจองช่องสัญญาณอย่างต่อเนื่องและเป็นลำดับ ตั้งแต่ช่องสัญญาณแรกจนถึงช่องสัญญาณสุดท้าย ซึ่งคล้ายกับการจองช่องสัญญาณแบบ CFP แต่ต่างกันตรงที่ผู้ใช้บริการที่เข้าจองช่องสัญญาณแล้ว จะไม่หยุดการเข้าจองผู้ใช้บริการรายนั้นจะยังคงเข้าจองช่องสัญญาณไปเรื่อย ๆ จนถึงช่องสัญญาณสุดท้าย

3. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ p-persistent+Delay โดยในเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ p-persistent+Delay จะมีหลักการทำงานเช่นเดียวกันกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ p-persistent นั่นคือผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะมีค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณคงที่ และจะเข้าจองช่องสัญญาณอย่างต่อเนื่องและเป็นลำดับ แต่ต่างกันตรงที่ผู้ใช้บริการคลาสต่ำ จะเข้าจองช่องสัญญาณช้ากว่าผู้ใช้บริการคลาสสูง โดยระบบจะกำหนดเวลาประวิงในการเข้าจองช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการคลาสต่ำ

สำหรับผลการเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอใน [13] และเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้มีผู้นำเสนอไว้ในอดีต มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

รูปที่ 5.13 และ 5.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA UNI+DS+MLA และ Partial UNI+MLA จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเท่ากับ เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA UNI+DS+MT+MLA และ Partial UNI+MT+MLA ตามลำดับ เนื่องจากระบบมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดน้อยกว่าช่องสัญญาณจองทำให้จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสเท่ากับ 1 ใบ ในกรณีนี้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA UNI+DS+MT+MLA และ Partial UNI+MT+MLA จึงมีระบบการทำงานเช่นเดียวกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA UNI+DS+MLA และ Partial UNI+MLA ตามลำดับ

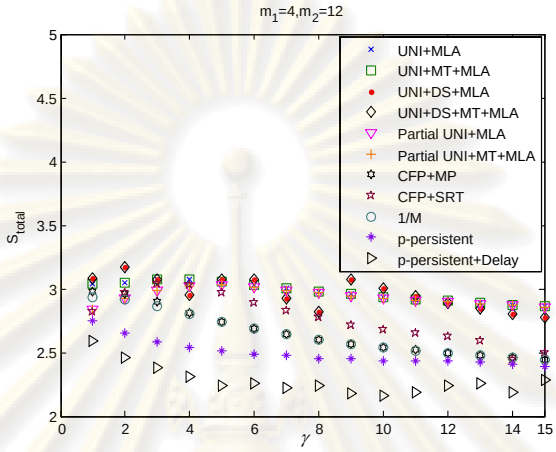
เมื่อพิจารณาจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย พบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA UNI+DS+MLA Partial UNI+MLA UNI+MT+MLA UNI+DS+MT+MLA และ Partial UNI+MT+MLA มีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP CFP+SRT 1/M p-persistent และ p-persistent+Delay เนื่องจากเทคนิค

การจองช่องสัญญาณแบบ CFP เป็นการเข้าจองช่องสัญญาณโดยใช้ค่าโอกาสในการเข้าจองคงที่ค่าหนึ่ง และจะเข้าจองช่องสัญญาณทีละช่องสัญญาณตามลำดับจากช่องสัญญาณแรกไปยังช่องสัญญาณสุดท้ายของเฟรม และหากผู้ใช้รายใดเข้าจองช่องสัญญาณแล้วไม่มีสิทธิในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหลือ ทำให้โหลดในการเข้าจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP จะสูงในช่วงช่องสัญญาณแรก ๆ ของเฟรม ในขณะที่ช่องสัญญาณท้าย ๆ ของเฟรม จะรองรับโหลดไม่มากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคการจองแบบ UNI+LA แล้ว ทุกช่องสัญญาณในเฟรมจะรองรับโหลดในการเข้าจองช่องสัญญาณเท่ากัน ทำให้สมรรถนะของเทคนิคการจองแบบ UNI+LA สูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP ส่งผลให้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA UNI+DS+MLA Partial UNI+MLA UNI+MT+MLA UNI+DS+MT+MLA และ Partial UNI+MT+MLA มีสมรรถนะสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ 1/M CFP+MP และ CFP+SRT และเมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเทคนิคการจองแบบ 1/M CFP+MP และ CFP+SRT พบว่าโดยรวมแล้ว เทคนิคการจองแบบ CFP+SRT จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ 1/M และ CFP+MP เนื่องการเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT มีการประวิงเวลาในการจองช่องสัญญาณของผู้ใช้คลาส 2 จึงทำให้โหลดในการเข้าจองช่องสัญญาณกระจายไปยังช่องสัญญาณหลัง ๆ มากขึ้น ส่งผลให้สมรรถนะของระบบดีขึ้น

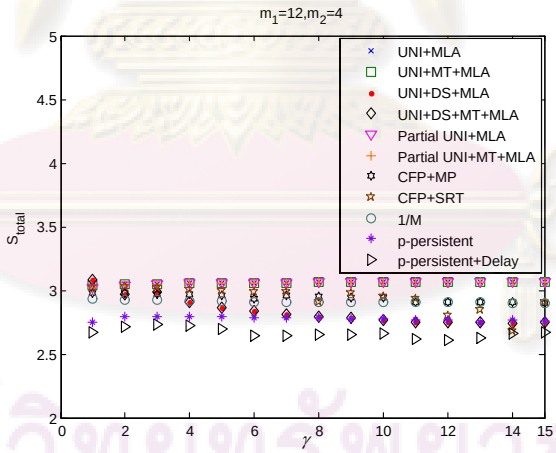
ในขณะที่โหลดในการเข้าจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองช่องสัญญาณ p-persistent จะเท่ากันทุกช่องสัญญาณ เช่นเดียวกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA แต่ต่างกันตรงที่เมื่อผู้ใช้แต่ละรายเข้าจองช่องสัญญาณแล้ว จะไม่หยุดการเข้าจองช่องสัญญาณ โดยยังคงเข้าจองช่องสัญญาณทีละช่องสัญญาณตามลำดับจากช่องสัญญาณแรกไปยังช่องสัญญาณสุดท้ายของเฟรม ทำให้ผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณแรก ๆ ไปแล้ว ไปแย่งชิงการเข้าจองช่องสัญญาณในช่องสัญญาณท้าย ๆ ของเฟรมกับผู้ใช้บริการที่ยังไม่ประสบความสำเร็จในการเข้าจองช่องสัญญาณได้ ส่งผลให้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA มีสมรรถนะสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ p-persistent เมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเทคนิคการจองแบบ p-persistent และ p-persistent+Delay พบว่าเทคนิคการจองแบบ p-persistent จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ p-persistent+Delay เนื่องการเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ p-persistent+Delay มีการกระจายโหลดในการเข้าจองช่องสัญญาณไม่สม่ำเสมอ เพราะการประวิงเวลาในการจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 ส่งผลให้โหลดในช่องสัญญาณไม่เท่ากัน โดยช่องสัญญาณท้าย ๆ จะมีโหลดสูงกว่าช่องสัญญาณต้น ๆ ของเฟรม

สำหรับระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย พบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA Partial UNI+MLA UNI+MT+MLA และ Partial UNI+MT+MLA มีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP CFP+SRT 1/M p-persistent และ p-persistent+Delay ด้วยเหตุผลเดียวกันกับกรณีที่ระบบประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย นอกจากนี้ยังพบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA Partial UNI+MLA UNI+MT+MLA และ Partial UNI+MT+MLA มีสมรรถนะสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA เนื่องจากระบบมีจำนวนช่องสัญญาณน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด กลไก

การแบ่งช่องสัญญาณออกเป็นสองส่วนแบบ DS ยิ่งทำให้จำนวนช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการแต่ละคลาสลดลง ประกอบกับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่มีมากถึง 12 ราย ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าต่ำและเพื่อให้ได้ค่า γ ที่ต้องการ ทำให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 มีโอกาสในการประสบความสำเร็จต่ำไปด้วย ส่งผลให้สมรรถนะของระบบต่ำ



รูปที่ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอและเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เป็นรู้จัก เมื่อระบบมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



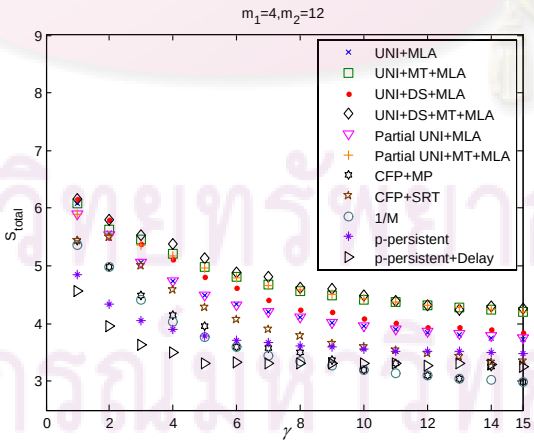
รูปที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอและเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เป็นรู้จัก เมื่อระบบมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

รูปที่ 5.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอใน [13] และเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เป็นรู้จัก โดยกำหนดจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย และจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

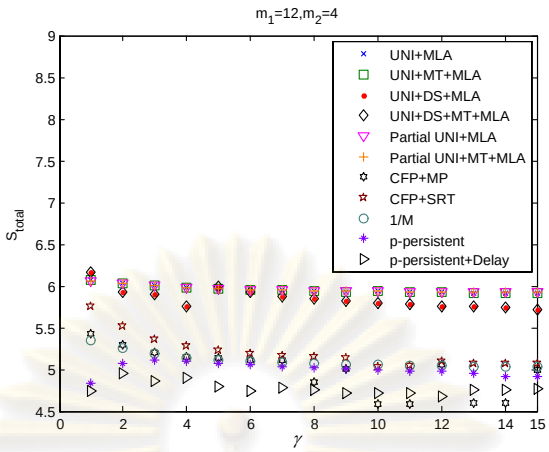
จากผลที่ได้พบว่า เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA UNI+DS+MT+MLA และ Partial UNI+MT+MLA จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA UNI+DS+MLA และ Partial UNI+MLA เนื่องจากระบบมีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 น้อยกว่าจำนวนช่องสัญญาณจองอยู่มาก การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ ช่วยลดจำนวนช่องสัญญาณว่างได้ และส่งผลให้สมรรถนะของระบบดีขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA UNI+DS+MLA Partial UNI+MLA UNI+MT+MLA UNI+DS+MT+MLA และ Partial UNI+MT+MLA มีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าเทคนิคการจองจองสัญญาณแบบ CFP+MP CFP+SRT 1/M p-persistent และ p-persistent+Delay ด้วยเหตุผลเดียวกับกรณีที่มีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย และจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

รูปที่ 5.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอใน [13] และเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เป็นรู้จัก โดยกำหนดจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย และจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง จากผลที่ได้พบว่า เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA UNI+DS+MLA และ Partial UNI+MLA จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเท่ากับ เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA UNI+DS+MT+MLA และ Partial UNI+MT+MLA ตามลำดับ เนื่องจากระบบมีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ต่ำกว่าช่องสัญญาณจองไม่มาก ทำให้จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสเท่ากับ 1 ใบ นอกจากนี้ยังพบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA และ UNI+DS+MT+MLA มีสมรรถนะไม่ต่ำดังเช่นกรณีที่ระบบมีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย และจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณมีเพียงพอเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ทำให้ไม่ต้องจำกัดการเข้าจองช่องสัญญาณมากนัก ส่งผลให้สมรรถนะของระบบดีขึ้น



รูปที่ 5.15 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอและเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เป็นรู้จัก เมื่อระบบมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

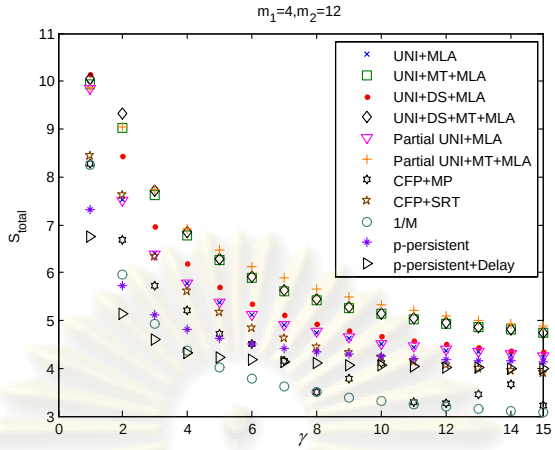


รูปที่ 5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอและเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เป็นรู้จัก เมื่อระบบมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 16 ช่อง

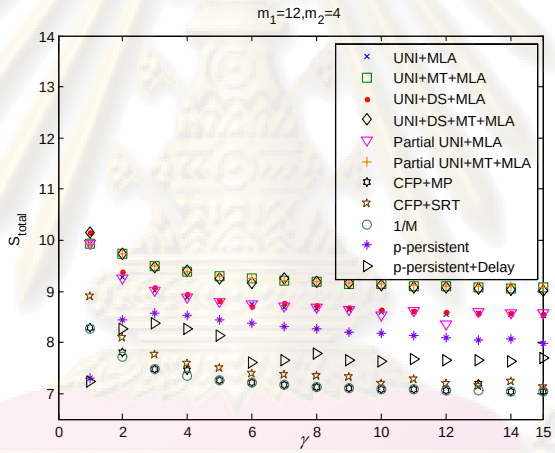
รูปที่ 5.17 และ 5.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอใน [13] และเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เป็นรู้จัก โดยกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA UNI+DS+MT+MLA และ Partial UNI+MT+MLA จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA UNI+DS+MLA และ Partial UNI+MLA อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากระบบมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดน้อยกว่าจำนวนช่องสัญญาณจองอยู่มาก การใช้ใบจองมากกว่า 1 ใบ ช่วยลดจำนวนช่องสัญญาณว่างได้ และส่งผลให้สมรรถนะของระบบดีขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA UNI+DS+MLA Partial UNI+MLA UNI+MT+MLA UNI+DS+MT+MLA และ Partial UNI+MT+MLA มีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าเทคนิคการจองจองสัญญาณแบบ CFP+MP CFP+SRT 1/M p-persistent และ p-persistent+Delay ด้วยเหตุผลเดียวกับกรณีที่มีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย และจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.17 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอและเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เป็นรู้จัก เมื่อระบบมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง



รูปที่ 5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณและค่า γ ที่ต้องการ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอและเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เป็นรู้จัก เมื่อระบบมีผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 32 ช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทนี้กล่าวถึงบทสรุปของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการตามคุณภาพการบริการและเหมาะสมสำหรับระบบที่มีเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาว เช่นระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูง ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม เนื่องจากระบบที่พิจารณาเป็นระบบที่มีเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาว ทำให้ผู้ใช้บริการไม่สามารถทราบผลการจองได้ทันก่อนที่จะสิ้นสุดช่วงการจอง

เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มี 9 เทคนิค ดังต่อไปนี้

1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI เป็นเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการได้ง่าย โดยการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณจะกระทำโดยการแบ่งช่องสัญญาณจองให้ผู้ใช้บริการแต่ละคลาส ซึ่งผู้ใช้บริการคลาสสูงสุดจะสามารถเข้าจองได้ทุกช่องสัญญาณ ในขณะที่ผู้ใช้บริการคลาสต่ำกว่าจะเข้าจองช่องสัญญาณได้เพียงบางส่วนของผู้ใช้บริการคลาสสูงกว่า จากการทดสอบพบว่าหากกำหนดจำนวนช่องสัญญาณให้ผู้ใช้บริการคลาสต่ำอย่างเหมาะสม จะทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงขึ้นได้ อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาระบบที่มีการกำหนดคุณภาพการให้บริการ การควบคุมระบบเพื่อให้ได้คุณภาพการให้บริการตามที่ต้องการ (ค่า γ) ทำได้ยาก เนื่องจากการกำหนดช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการคลาสต่ำจะกระทำได้เป็นขั้น ๆ ไม่ต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อจำนวนช่องสัญญาณจองมากขึ้น จำนวนค่า γ ที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะมากขึ้น เนื่องจากจำนวนค่า γ ขึ้นอยู่กับจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาสต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาสต่ำเพิ่มขึ้น ทำให้ค่า γ ลดต่ำลง เนื่องจากการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาสต่ำทำให้ผู้ใช้บริการคลาสต่ำจะประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากขึ้น ในขณะที่ผู้ใช้บริการคลาสสูงจะประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลง

2. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT เป็นเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการโดยการกำหนดจำนวนใบจองให้ผู้ใช้บริการแต่ละคลาส จากการทดสอบพบว่าหากจำนวนช่องสัญญาณมีมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดมาก การเพิ่มจำนวนใบจองที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณเพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากการเพิ่มจำนวนใบจองจะช่วยลดช่องสัญญาณว่างและทำให้การใช้ช่องสัญญาณมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสมากเกินไปจะส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลงมาก เนื่องจากการใช้ใบ

จองมากเกินไปทำให้เกิดการชนกันขึ้นมาก ส่งผลให้สมรรถนะของระบบลดลง และหากระบบมีช่องสัญญาณน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดจำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะเท่ากับ 1 ใบ เนื่องจากในกรณีนี้การใช้ใบจองมากเกินไปทำให้เกิดการชนกันขึ้นมาก และทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณลดลง อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาในเรื่องการกำหนดคุณภาพการให้บริการ การควบคุมระบบเพื่อให้ได้คุณภาพการให้บริการตามที่ต้องการ (ค่า γ) ทำได้ยาก เนื่องจากการกำหนดใบจองให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะกระทำได้เป็นขั้น ๆ ไม่ต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อจำนวนช่องสัญญาณจองมากขึ้น จำนวนของค่า γ ที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะมากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากจำนวนของค่า γ ขึ้นอยู่กับจำนวนใบจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส และจำนวนใบจองที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะมีค่าสูงสุดไม่เกินจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาสนั้น ๆ

3. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT เป็นเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการโดยการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองและจำนวนใบจองให้ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสแตกต่างกัน จากผลการทดสอบพบว่าในกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณจองมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดมาก หากกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองและจำนวนใบจองให้กับผู้ใช้บริการอย่างเหมาะสมจะทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงขึ้นกว่าเทคนิคการจองแบบ UNI+DS แต่หากจำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะเท่ากับ 1 ใบ ในกรณีนี้สมรรถนะของเทคนิคการจองแบบ UNI+DS+MT และ UNI+DS จะเท่ากัน เมื่อพิจารณาในเรื่องการกำหนดคุณภาพการให้บริการ จะพบว่าการควบคุมระบบเพื่อให้ได้คุณภาพการให้บริการตามที่ต้องการ (ค่า γ) ทำได้ยาก เนื่องจากการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณและจำนวนใบจองให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะกระทำได้เป็นขั้น ๆ ไม่ต่อเนื่อง นอกจากนั้นยังพบว่าเมื่อจำนวนช่องสัญญาณจองมากขึ้น จำนวนของค่า γ ที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะมากขึ้นตามไปด้วย

4. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT เป็นเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการโดยการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองและจำนวนใบจองให้ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสแตกต่างกัน โดยข้อแตกต่างของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT และ UNI+DS+MT ได้แก่การแบ่งใช้ช่องสัญญาณจอง ในเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT ช่องสัญญาณจะถูกแบ่งให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสอย่างชัดเจน ผู้ใช้บริการคลาสเดียวกันเท่านั้นจึงจะสามารถเข้าจองช่องสัญญาณที่ถูกกำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาสนั้นได้ สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT จะมีช่องสัญญาณบางส่วนที่ผู้ใช้บริการต่างคลาสกันแย่งชิงการเข้าจอง โดยผู้ใช้บริการคลาสสูงสุดจะสามารถเข้าจองได้ทุกช่องสัญญาณ ในขณะที่ผู้ใช้บริการคลาสต่ำกว่าจะสามารถเข้าจองได้เพียงบางส่วนของช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการคลาสสูงกว่าเข้าจองได้ จากการทดสอบพบว่าในกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณจองมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดมาก หากกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองและจำนวนใบจองให้กับผู้ใช้บริการอย่างเหมาะสมจะทำให้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงขึ้นกว่าเทคนิคการจองแบบ Partial UNI แต่หากจำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะเท่ากับ 1 ใบ ในกรณีนี้สมรรถนะ

ของเทคนิคการจองแบบ Partial UNI+MT และ Partial UNI จะเท่ากัน เมื่อพิจารณาในเรื่องการกำหนดคุณภาพการให้บริการ การควบคุมระบบเพื่อให้ได้คุณภาพการให้บริการตามที่ต้องการ (ค่า γ) ทำได้ยาก เนื่องจากการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณและจำนวนใบจองให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะกระทำได้เป็นขั้น ๆ ไม่ต่อเนื่อง และเมื่อจำนวนช่องสัญญาณจองมากขึ้น จำนวนค่า γ ที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะมากขึ้นตามไปด้วย

5. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA เป็นเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการโดยการกำหนดจำนวนใบจองและค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณให้ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสแตกต่างกัน จากการทดสอบพบว่าในกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบมาก จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA และ UNI+MLA จะเท่ากัน เนื่องจากในกรณีนี้จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสเท่ากับ 1 ใบ การใช้จำนวนใบจองมากกว่า 1 ใบ ทำให้เกิดการชนกันมากขึ้นและส่งผลให้สมรรถนะของระบบต่ำลง แต่เมื่อจำนวนช่องสัญญาณมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบมาก จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA จะสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA เนื่องจากในกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณว่างมีมาก การใช้ใบจองหลายใบจะช่วยให้ผู้ใช้บริการประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากขึ้น ส่งผลให้สมรรถนะดีกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA เมื่อพิจารณาในเรื่องการกำหนดคุณภาพการให้บริการ พบว่าระบบจะสามารถควบคุมให้ได้ค่า γ ที่ต้องการได้เพราะว่าการปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณสามารถทำได้ละเอียดและมีลักษณะต่อเนื่อง

6. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA เป็นเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการโดยการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณ จำนวนใบจองและค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณให้ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสแตกต่างกัน จากการทดสอบพบว่าในกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบมาก จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA และ UNI+DS+MLA จะเท่ากัน เนื่องจากในกรณีนี้จำนวนใบจองที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสเท่ากับ 1 ใบ การใช้จำนวนใบจองมากกว่า 1 ใบ ทำให้เกิดการชนกันมากขึ้นและส่งผลให้สมรรถนะของระบบต่ำลง แต่เมื่อจำนวนช่องสัญญาณมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบมาก จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MT+MLA จะสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA เนื่องจากในกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณว่างมีมาก การใช้ใบจองหลายใบทำให้ผู้ใช้บริการประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากขึ้นได้ เมื่อพิจารณาในเรื่องการกำหนดคุณภาพการให้บริการ พบว่าระบบจะสามารถควบคุมให้ได้ค่า γ ที่ต้องการได้เพราะว่าการปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณสามารถทำได้ละเอียดและมีลักษณะต่อเนื่อง

7. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA เป็นเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการโดยการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณ

จำนวนใบจองและค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณให้ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสแตกต่างกัน จากการทดสอบพบว่าในกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบ จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA และ Partial UNI+MLA จะเท่ากัน และเมื่อจำนวนช่องสัญญาณมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบมาก จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MT+MLA จะสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA เนื่องจากในกรณีจำนวนช่องสัญญาณว่างมีมาก การใช้ใบจองหลายใบทำให้ผู้ใช้บริการประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมากขึ้นได้ เมื่อพิจารณาในเรื่องการกำหนดคุณภาพการให้บริการ พบว่าระบบจะสามารถควบคุมให้ได้ค่า γ ที่ต้องการได้เพราะว่าการปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณสามารถทำได้ละเอียดและมีลักษณะต่อเนื่อง

8. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP มีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือค่าโอกาสในการจองช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส จากการทดสอบระบบพบว่าระบบจะสามารถควบคุมเพื่อให้ได้ค่า γ ที่ต้องการได้ และเมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มขึ้น ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีแนวโน้มลดลง โดยการที่ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 เพิ่มขึ้นเป็นการเพิ่มโอกาสให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 ผ่านเข้าไปจองช่องสัญญาณได้มากขึ้น ส่วนการที่ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 ลดลงเป็นการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 เพื่อให้ได้ค่า γ ที่ต้องการ

9. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT มีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือค่าโอกาสในการจองช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสและค่าเวลาประวิงที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส จากการทดสอบระบบพบว่าระบบจะสามารถควบคุมเพื่อให้ได้ค่า γ ที่ต้องการได้ และเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+SRT จะมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณจะสูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP เนื่องจากโหลดในการเข้าจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP จะมากในช่วงช่องสัญญาณแรก ๆ ของเฟรม ในขณะที่ช่องสัญญาณท้าย ๆ ของเฟรม จะรองรับโหลดไม่มากนัก การที่ผู้ใช้บริการคลาสต่ำประวิงเวลาในการเข้าจองทำให้เกิดการกระจายโหลดมากขึ้น ส่งผลให้สมรรถนะของระบบดีขึ้นตามไปด้วย

ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณทั้งหมดที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้และเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอใน [13] หากพิจารณาสมรรถนะของระบบในเชิงของจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ พบว่าในกรณีที่จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดมีมากกว่าจำนวนช่องสัญญาณ เทคนิคการเข้าจองที่มีการกระจายโหลดในการเข้าจองและมีการจำกัดการเข้าจอง เช่น UNI+MLA UNI+DS+MLA Partial UNI+MLA UNI+MT+MLA UNI+DS+MT+MLA และ Partial UNI+MT+MLA จะมีสมรรถนะสูงกว่าเทคนิคการจองที่มีการเข้าจองอย่างเป็นลำดับต่อเนื่องจากช่องสัญญาณแรกไปยังช่องสัญญาณสุดท้าย เช่น CFP+MP และ CFP+SRT เนื่องจากเทคนิคการจองที่มีการเข้าจองอย่างเป็นลำดับต่อเนื่องจะมีการกระจายโหลดที่ไม่สม่ำเสมอทำให้ช่วงช่องสัญญาณแรก ๆ รองรับปริมาณโหลดมากกว่าช่องสัญญาณท้าย ๆ ของเฟรม ส่งผลให้มีสมรรถนะต่ำกว่าเทคนิคการเข้าจองที่มีการกระจายโหลดในการเข้า

จอง นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดมีมากกว่าจำนวนช่องสัญญาณ กลไกจำกัดการเข้าจองสามารถช่วยให้สมรรถนะของระบบดีขึ้น เนื่องจากกลไกจำกัดการเข้าจองช่วยลดปริมาณโหลดไม่ให้เข้าสู่ระบบมากเกินไปและส่งผลให้สมรรถนะดีขึ้น ยกตัวอย่างเช่นเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA Partial UNI+MLA UNI+MT+MLA UNI+DS+MT+MLA และ Partial UNI+MT+MLA มีสมรรถนะดีกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS และ Partial UNI UNI+MT UNI+DS+MT และ Partial UNI+MT ตามลำดับ

เมื่อจำนวนช่องสัญญาณมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบ เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ใช้กลไกการใช้ใบจองหลายใบ (Multi-Token) จะมีสมรรถนะสูงกว่าเทคนิคการจองที่ใช้ใบจองเพียงใบเดียว เนื่องจากการใช้ใบจองหลายใบช่วยลดจำนวนช่องสัญญาณว่างลงได้ และทำให้การใช้ช่องสัญญาณจองมีประสิทธิภาพมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA UNI+DS+MT UNI+DS+MT+MLA Partial UNI+MT และ Partial UNI+MT+MLA มีสมรรถนะที่สูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA UNI+DS UNI+DS+MLA Partial UNI และ Partial UNI +MLA ตามลำดับ

หากพิจารณาสมรรถนะของระบบในเชิงของการควบคุมคุณภาพการให้บริการเพื่อให้ได้ค่า γ ที่ต้องการ พบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS Partial UNI UNI+MT UNI+DS+MT และ Partial UNI+MT จะไม่สามารถควบคุมค่า γ เพื่อให้ได้คุณภาพการให้บริการตามที่ต้องการได้ ยกเว้นที่ค่า γ เท่ากับ 1 ซึ่งสามารถทำได้โดยการปรับพารามิเตอร์ของผู้ใช้บริการแต่ละรายให้มีค่าเดียวกัน สาเหตุที่การควบคุมค่า γ ทำได้ยาก เนื่องจากการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณหรือจำนวนใบจองให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะกระทำได้เป็นขั้น ๆ ไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นเพื่อให้ระบบสามารถควบคุมค่า γ ได้ตามที่ต้องการ จึงต้องนำกลไกการจำกัดการเข้าจองมาใช้เพราะว่าการปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณสามารถทำได้ละเอียดและมีลักษณะต่อเนื่อง ทำให้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA UNI+DS+MLA Partial UNI+MLA UNI+MT+MLA UNI+DS+MT+MLA Partial UNI+MT+MLA CFP+MP และ CFP+SRT สามารถควบคุมค่า γ ได้ตามที่ต้องการ

สำหรับผลการเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอใน [13] และเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้มีผู้นำเสนอไว้ในอดีต พบว่าเมื่อนำเฉพาะเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่สามารถควบคุมค่า γ ได้มาเปรียบเทียบกัน เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้และเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอใน [13] ยกเว้นเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+MP จะมีสมรรถนะที่สูงกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้มีผู้นำเสนอไว้ในอดีตอย่าง 1/M p-persistent และ p-persistent+Delay เนื่องจากเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ 1/M เป็นการเข้าจองช่องสัญญาณทีละช่องตั้งแต่ช่องสัญญาณต้นเฟรมจนถึงช่องสัญญาณท้ายเฟรมเช่นเดียวกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP ทำให้ช่องสัญญาณแรก ๆ ของเฟรมรองรับปริมาณโหลดมากกว่าช่องสัญญาณท้าย ๆ ของเฟรม ส่งผลให้มีสมรรถนะต่ำกว่าเทคนิคการเข้าจองที่มีการกระจายโหลดในการเข้าจอง ส่วนเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ p-persistent จะมีลักษณะการจองช่องสัญญาณเป็นลำดับแบบต่อเนื่อง และมีการกระจายโหลดอย่างสม่ำเสมอ แต่ผู้ใช้บริการที่เข้าจองช่องสัญญาณแล้ว สามารถไปแย่งชิงการเข้าจองช่องสัญญาณกับผู้ใช้บริการรายอื่นที่ยังไม่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณในช่องสัญญาณท้าย ๆ ได้ ส่งผลให้เทคนิคการจองแบบ p-persistent มีสมรรถนะต่ำ

และเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ p-persistent+Delay จะมีสมรรถนะต่ำกว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ p-persistent เนื่องจากในเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ p-persistent+Delay ผู้ใช้บริการคลาสต่ำจะประวิงเวลาในการเข้าจองช่องสัญญาณส่งผลให้มีการกระจายโหลดไม่สม่ำเสมอ ช่องสัญญาณท้าย ๆ จะรองรับโหลดสูงกว่าช่องสัญญาณต้น ๆ จึงทำให้สมรรถนะของระบบต่ำ

จากผลการทดสอบและวิเคราะห์ในข้างต้นจะพบว่าหลักเกณฑ์การออกแบบเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมกับระบบที่มีเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาวมีดังต่อไปนี้

1. หากมีปริมาณโหลดมากเมื่อเทียบกับจำนวนช่องสัญญาณในระบบ ควรมีการจำกัดการเข้าจองช่องสัญญาณโดยใช้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณ

2. หากมีปริมาณโหลดต่ำเมื่อเทียบกับจำนวนช่องสัญญาณในระบบ ควรมีการใช้ใบจองหลายใบเพื่อให้การใช้ช่องสัญญาณมีประสิทธิภาพ

3. ช่องสัญญาณที่กำหนดสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสควรมีโหลดในการเข้าจองช่องสัญญาณอย่างสม่ำเสมอ

จากหลักการข้างต้นพบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีหลักการจองช่องสัญญาณแบบ UNI, ใช้กลไกในการจำกัดการเข้าจองช่องสัญญาณแบบ MLA และใช้กลไกใบจองหลายใบแบบ MT จะให้สมรรถนะที่สูงกว่าเทคนิคการจองแบบอื่น ๆ โดยเทคนิคการจองที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้และมีคุณสมบัติดังกล่าว ได้แก่ เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT+MLA UNI+DS+MT+MLA และ Partial UNI+MT+MLA

สำหรับความเหมาะสมในการเลือกใช้กลไกต่าง ๆ ภายใต้สภาพทราฟฟิกและความต้องการในการควบคุมระดับคุณภาพการให้บริการ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6.1 จากตารางจะสังเกตได้ว่าหากมีปริมาณโหลดสูงควรนำกลไกการจำกัดการเข้าจองแบบ MLA (Multiple Limited Access) หรือ MP (Multiple Permission Probability) มาใช้ เนื่องจากกลไกดังกล่าวจะช่วยลดจำนวนผู้ใช้บริการที่ตัดสินใจเข้าจองช่องสัญญาณไม่ให้มีมากจนเกินไป แต่หากมีปริมาณโหลดต่ำควรนำกลไกการใช้ใบจองหลายใบแบบ MT (Multi-Token) มาใช้ เนื่องจากกลไกดังกล่าวสามารถช่วยลดจำนวนช่องสัญญาณว่างลงได้และทำให้เกิดการใช้ช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังพบว่ากลไกการจำกัดการเข้าจองช่องสัญญาณแบบ MLA หรือ MP ยังช่วยในเรื่องการควบคุมระดับคุณภาพการให้บริการ เนื่องจากการปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณมีความละเอียดสูง จึงสามารถควบคุมระดับคุณภาพการให้บริการ (ค่า γ) ให้มีค่าตามที่ต้องการได้

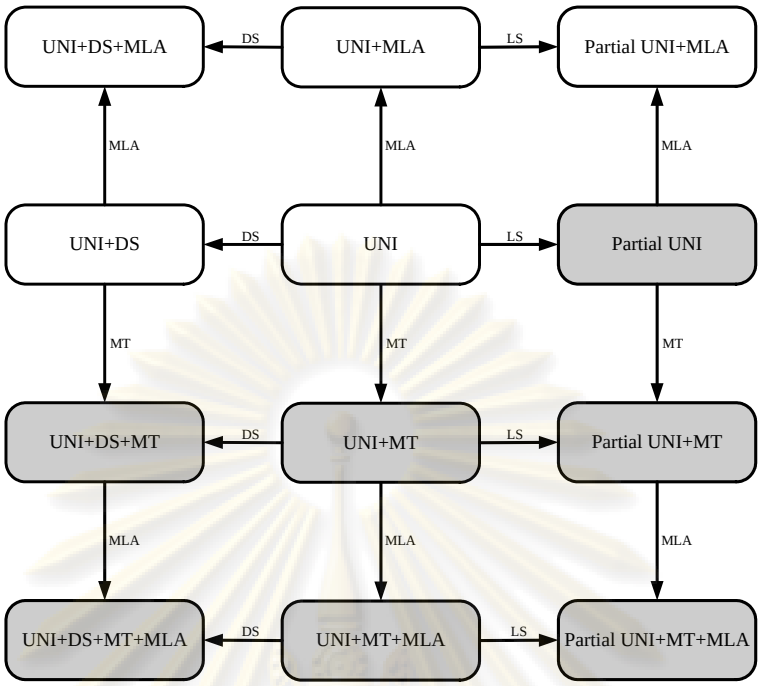
ตารางที่ 6.1 การเลือกใช้กลไกการเข้าจองช่องสัญญาณให้เหมาะสมกับความต้องการและสภาพทราฟฟิก

เทคนิคการจอง	กลไก	จำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ	จำนวนช่องสัญญาณจองมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการ	ความสามารถในการควบคุมระดับคุณภาพการให้บริการ
UNI	MT		/	
	MLA	/		/
Partial UNI	MT		/	
	MLA	/		/
UNI+DS	MT		/	
	MLA	/		/
CFP	MP	/		/
	MP+SRT	/		/

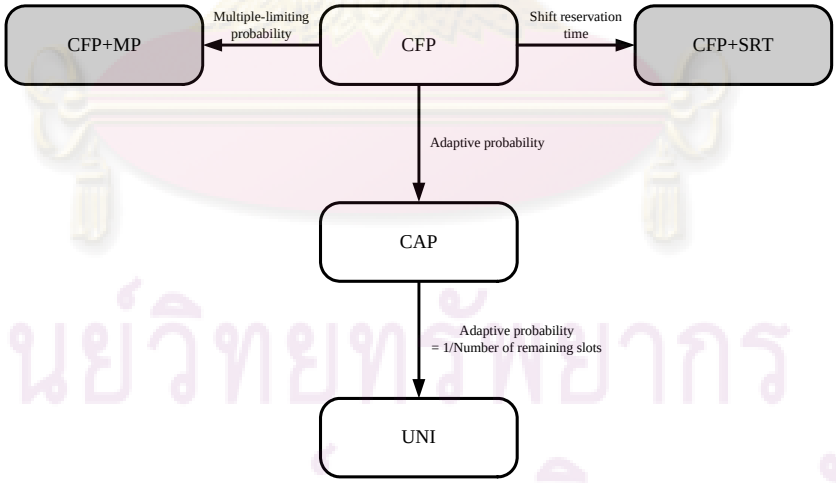
สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณทั้งหมดที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้และที่นำเสนอใน [13] สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.1 และ 6.2 โดยจะขอยกตัวอย่างเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละวิธีดังนี้ เริ่มต้นจากเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ไม่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการจองช่องสัญญาณอย่าง UNI เมื่อมีการจำกัดจำนวนช่องสัญญาณที่เข้าจองได้สำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส จะทำให้เกิดเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการจองช่องสัญญาณอย่าง UNI+DS หรือ Partial UNI หากเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI มีการใช้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจำกัดการเข้าจองช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสแตกต่างกัน ทำให้เกิดเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการจองช่องสัญญาณอย่าง UNI+MLA หรือหากเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI มีการกำหนดจำนวนใบจองที่ใช้ในการเข้าจองช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสแตกต่างกัน ทำให้เกิดเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MT สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เหลือสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.1

รูปที่ 6.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI, CFP CFP+MP และ CFP+SRT จากรูปพบว่าหากเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP มีการปรับเปลี่ยนโดยไม่ใช้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณคงที่ แต่เปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณตามจำนวนช่องสัญญาณที่เหลือ โดยให้มีค่าเท่ากับ 1/จำนวนช่องสัญญาณที่เหลือในเฟรม พบว่าสมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI และ CFP จะเท่ากัน ซึ่งการพิสูจน์ความสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI และ CFP ที่มีการปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณตามจำนวนช่องสัญญาณที่เหลือในเฟรม ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และจากเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ไม่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการจองช่องสัญญาณอย่าง CFP เมื่อมีการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสแตกต่างกัน ทำให้เกิดเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการจองช่องสัญญาณอย่าง CFP+MP หรือหากมีการกำหนดเวลาประวิงในการเข้าจองช่องสัญญาณและค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสแตกต่างกัน ทำให้เกิดเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการจองช่องสัญญาณอย่าง CFP+SRT ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI UNI+MLA, UNI+MT, UNI+MT+MLA, UNI+DS, UNI+DS+MLA, UNI+DS+MT, UNI+DS+MT+MLA, Partial UNI, Partial UNI+MLA, Partial UNI+MT และ Partial UNI+MT+MLA



รูปที่ 6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI, CFP, CAP, CFP+MP และ CFP+SRT

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางประเภทอื่น ๆ ที่มีการช่วงชิงการใช้บริการระหว่างผู้ใช้บริการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้กำหนดให้ผู้ใช้บริการ 1 ราย ส่งข้อมูลได้เพียง 1 ประเภท โดยกำหนดให้ข้อมูลประเภทเดียวกันต้องการคุณภาพการให้บริการเหมือนกัน แต่ในอนาคตผู้ใช้บริการแต่ละรายมีแนวโน้มที่จะส่งข้อมูลหลาย ๆ ประเภทพร้อมกัน จึงอาจจะต้องปรับเปลี่ยนเทคนิคการจองช่องสัญญาณในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สามารถรองรับการให้บริการที่ผู้ใช้บริการแต่ละรายสามารถส่งข้อมูลหลาย ๆ ประเภทพร้อมกันได้ ซึ่งตัวอย่างการทดสอบและการวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์ของระบบที่ผู้ใช้บริการแต่ละรายสามารถส่งข้อมูลหลาย ๆ ประเภทได้ ถูกแสดงไว้ใน [17]

3. การทดสอบระบบของงานวิจัยในอดีตและปัจจุบันที่เกี่ยวของกับการให้บริการที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการตามคุณภาพการบริการที่ต้องการจะแสดงให้เห็นเพียงแค่ผู้ใช้บริการคลาสสูงได้ใช้ทรัพยากรมากกว่าผู้ใช้บริการคลาสต่ำหรือเวลาประวิงในการส่งข้อมูลสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาสสูงมีค่าต่ำกว่าผู้ใช้บริการคลาสต่ำ แต่ไม่ได้กำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้แสดงให้ว่าผู้ใช้บริการคลาสสูงได้ใช้ทรัพยากรมากกว่าผู้ใช้บริการคลาสต่ำกี่เท่าหรือเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาสสูงน้อยกว่าเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณสำเร็จสำหรับผู้ใช้บริการคลาสต่ำกี่เท่า การใช้ค่า γ ที่นิยามไว้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงอาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้แสดงหรือเป็นตัวบ่งชี้การได้เปรียบหรือเสียเปรียบระหว่างผู้ใช้บริการคลาสสูงและผู้ใช้บริการคลาสต่ำได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. Chandra, A.; Gummalla, V.; O.Limb, John, Wireless Medium Access Control Protocols. IEEE Communications Surveys (2000): 2-15.
2. Tanenbaum, A.S. Computer Networks, 3rd ed. (n.p.): Prentice-Hall, 1996.
3. Bertsekas, D.; and Gallager, R. Data Network 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1992.
4. Nguyen, T.; Suda, T., Survey and Evaluation of Multiple Access Protocols in Multimedia Satellite Networks. IEEE Proceedings of Southeastcon (1990): 408-413.
5. Peyravi, H., Medium Access Control Protocols Performance in Satellite Communications. IEEE Communication Magazine 37 (March 1999): 62-71.
6. Brand, A.; Aghvami, A, Multidimensional PRMA with prioritized Bayesian broadcast-a MAC strategy for multiservice traffic over UMTS. IEEE Transaction on Selected Areas 4 (November 1998): 1148-1161.
7. Frigon, J.F.; Leung, V.C.M. A Pseudo-Bayesian Aloha Algorithm with Mixed Priorities for Wireless ATM. IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications 1 (1998): 45-49.
8. Salles, R.M.; de Lira Gondim, P.R., Performance of priority-based multiple access with dynamic permission (PBMA DP) for multimedia wireless networks. IEEE Proceedings of ICC 1 (1998): 161-165.
9. Raychaudhuri, D., Wireless ATM Networks: Technology Status and Future Directions. Proceedings of the IEEE 87 (October 1999): 1790-1806.
10. Anastasi, G.; Lenzini, L., HIPERLAN/1 MAC Protocol: Stability and Performance Analysis. IEEE Journal on Selected Area in Communications 18 (September 2000): 1787-1798.
11. Bolcskei, H.; Pauiraj, A.J.; Hari, K.V.S.; Nabar, R.U., Fixed Broadband Wireless Access: State of the Art, Challenges, and Future Directions. IEEE Communications Magazine 39 (January 2001): 100-108.
12. Sivamok, N.; Wuttisittikulkij, L.; Charoenpanitkit A., New Channel Reservation Technique for Media Access Control Protocol in High Bit-Rate Wireless Communication Systems. IEEE Proceedings of Globecom (November 2001): 3558-3562.
13. อัครภัทร เจริญพาณิชกิจ. การพัฒนาเทคนิคการจองช่องสัญญาณสำหรับโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบที่มีเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
14. Akyildiz, I. F.; McNair, J., Medium Access Control Protocols for Multimedia Traffic in Wireless Networks. IEEE Network 3 (July/August 1999): 39-47.

15. Frigon, J.; Leung, V.C.M.; Chan, H.C.B., Dynamic Reservation TDMA Protocol for Wireless ATM Networks. IEEE Journal on Selected Area in Communications 19 (February 2001): 370-383.

16. Goodman D. J.; Valenzuela, R. A.; Gayliard, K. T.; Ramamurthi, B., Packet reservation multiple access for local wireless communications. IEEE Transactions on Communications 37 (August 1989): 885-890.

17. Srichavengsup, W.; Charoenpanichkit, A.; Wuttisittikulkij, L., Design and Performance Evaluation of Contention Resolution Schemes with QoS Support for Multimedia Traffic in High Bit-Rate Wireless Communications. IEICE Transactions on Communications 91-B (May 2008): 1295-1308.

18. Suwanpakdee, P.; Sedtheetorn, P.; Thanasorawit, A.; Wuttisittikulkij, L., On the Design of a Media Access Control Protocol for Integrated Voice and Data Services in Wireless Communication. the 6th International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis (July 2000).

19. Suzuki, T.; Tasaka, S., A Performance Comparison of ALOHA-Reservation and PRMA in Integrated Voice and Data Wireless Local Area Networks. IEEE Proceedings of TENCON 2 (1992): 754-758.

20. Anastasi, G., Lenzini, L., HIPERLAN/1 MAC Protocol: Stability and Performance Analysis. IEEE Journal on Selected Area in Communications 18 (September 2000): 1787-1798.

21. Jeong, D.G.; Jeon, W.S., Performance of an Exponential Backoff Scheme for Slotted-ALOHA Protocol in Local Wireless Environment. IEEE Transactions on Vehicular Technology 44 (August 1995): 470-479.

22. Cunningham, G. A., Delay versus throughput comparisons for stabilized Slotted Aloha. IEEE Transactions on Communications 38 (November 1990): 1932-1934.

23. Steppler, M.; Buter, M., Collision Resolution for TETRA Systems Proceedings of the Second European Personal Mobile Communications Conference (EPMCC'97) (September 1997): 559-565.

24. Srichavengsup, W.; Sivamok, N.; Suriya, A.; Wuttisittikulkij, L., A Design and Performance Evaluation of a Class of Channel Reservation Techniques for Medium Access Control Protocols in High Bit-Rate Wireless Communications. IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences E88-A (July 2005): 1824-1835.

25. Tasaka, S.; Ishibashi, Y., A reservation protocol for satellite packet communication - A performance analysis and stability considerations. IEEE Transactions on Communications COM-32 (August 1984) : 920- 927.

26. Tasaka, S.; Hayashi, K.; Ishibashi, Y., Integrated video and data transmission in the TDD ALOHA-reservation wireless LAN. IEEE INFOCOM'95 3 (1995): 1387-1393.
27. Frullone, M.; Riva, G.; Grazioso, P.; Carciofi, C., Investigation on dynamic channel allocation strategies suitable for PRMA schemes. IEEE International Symposium on Circuits and Systems 1993 (ISCAS'93) 4 (May 1993): 2216 – 2219.
28. Qi , H.; Wei, L., Simple and channel efficient scheme for voice data integration over PRMA. IEE Proceedings – Communications 146 (December 1999): 354-358.
29. Bianchi, G., Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function. IEEE Journal on Selected Area in Communications 18 (March 2000): 535-547,.
30. Chung, M. Y.; Jung, M.-H.; Lee, T.-J.; Lee, Y., Performance analysis of HomePlug 1.0 MAC with CSMA/CA. IEEE Journal on Selected Area in Communications 24 (July 2006): 1411-1420.
31. Hsu, J.; Rubin, I., Performance analysis of directional CSMA/CA MAC protocol in mobile ad hoc networks. IEEE International Conference on Communications 2006 (ICC'06) 8 (June 2006): 3657 - 3662.
32. Hui, J.; Devetsikiotis, M., A unified model for the performance analysis of IEEE 802.11e EDCA. IEEE Transactions on Communications 53 (September 2005) 1498–1510.
33. Wang, S.; Helmy, A., Performance Limits and Analysis of Contention-based IEEE 802.11 MAC. IEEE Conference on Local Computer Networks 2006 (November 2006): 418-425.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

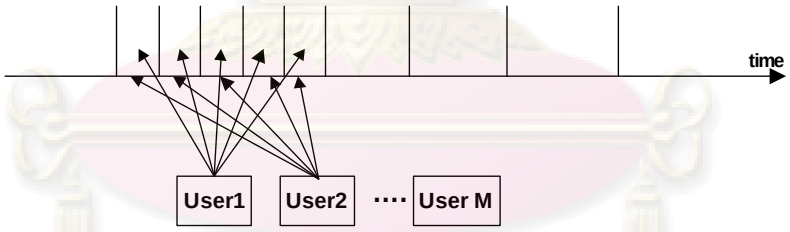
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเปรียบเทียบระหว่างเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI และ CFP ที่มีการปรับเปลี่ยนค่าโอกาสในการจองช่องสัญญาณตามจำนวนช่องสัญญาณที่เหลืออยู่ในเฟรม

ในส่วนนี้จะแสดงให้เห็นว่า หากกำหนดให้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP สามารถเปลี่ยนค่าโอกาสในการจองช่องสัญญาณตามจำนวนช่องสัญญาณที่เหลืออยู่ในเฟรมได้ จะทำให้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบใหม่ที่ได้ มีค่าโอกาสในการจองช่องสัญญาณและสมรรถนะเช่นเดียวกันเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI โดยรายละเอียดในการเปรียบเทียบมีดังต่อไปนี้

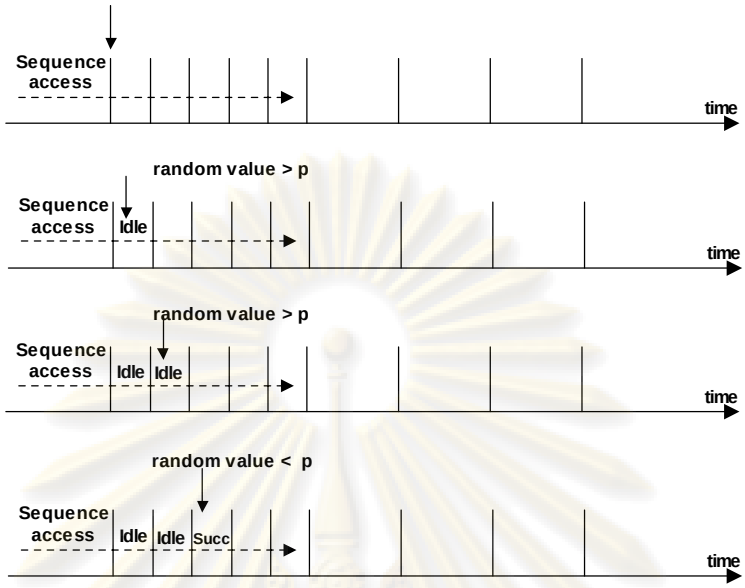
กำหนดให้จำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดมีค่าเท่ากับ N ช่อง ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะสุ่มเลือกช่องสัญญาณจองขึ้นมา 1 ช่องจากช่องสัญญาณทั้งหมด N ช่อง ดังนั้นโอกาสที่ช่องสัญญาณแต่ละช่องจะถูกเลือกจะมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{N}$ รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI เมื่อระบบประกอบด้วยผู้ใช้บริการจำนวน M ราย ช่องสัญญาณจองจำนวน N ช่อง

สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP นั้น กำหนดให้ผู้ใช้บริการแต่ละรายสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้เพียงครั้งเดียวต่อเฟรม โดยสถานีฐานจะเป็นผู้กำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมที่ต้นเฟรม ซึ่งพิจารณาจากจำนวนช่องสัญญาณจองในเฟรมและจำนวนผู้ใช้บริการที่ต้นเฟรม โดยค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจะมีค่าคงที่ตลอดเฟรม และการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการจะเป็นไปทีละช่องเริ่มจากช่องสัญญาณจองต้นเฟรมไปยังช่องสัญญาณจองท้ายเฟรม (Cascade Fixed Probability) โดยผู้ใช้บริการจะต้องสุ่มค่าระหว่าง 0-1 โดยถ้าค่าที่สุ่มได้ต่ำกว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่กำหนด ผู้ใช้บริการรายนั้นจะสามารถผ่านเข้าไปจองช่องสัญญาณได้ แต่หากค่าที่สุ่มได้สูงกว่าผู้ใช้บริการก็จะต้องทำการสุ่มค่าใหม่ในช่องสัญญาณจองถัดไปดังตัวอย่างในรูปที่ 2



รูปที่ 1 การทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2 การทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP

สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP หากต้องการให้ค่าโอกาสในการช่องสัญญาณช่องแรกสุดของเฟรมเท่ากับ $\frac{1}{N}$ เช่นเดียวกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI สามารถทำได้โดยกำหนดให้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณเท่ากับ $\frac{1}{N}$ แต่จะพบว่าค่าโอกาสในการเลือกเข้าจองช่องสัญญาณช่องที่ 2 ของเฟรมจะเท่ากับ $\left(1-\frac{1}{N}\right)\frac{1}{N}$ ซึ่งค่าดังกล่าวได้มาจากการที่ผู้ใช้บริการตัดสินใจไม่เข้าจองช่องสัญญาณแรก แต่ตัดสินใจเข้าจองช่องสัญญาณที่ 2 และพบว่าค่า $\left(1-\frac{1}{N}\right)\frac{1}{N}$ หรือ $\frac{N-1}{N^2}$ มีค่าไม่เท่ากับ $\frac{1}{N}$

ดังนั้นเพื่อให้ค่าโอกาสในการเลือกเข้าจองช่องสัญญาณช่องที่ 2 ของเฟรมจะเท่ากับ $\frac{1}{N}$ จึงกำหนดให้เมื่อพิจารณาที่ช่องสัญญาณใด ๆ ของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP ค่าโอกาสในการจองช่องสัญญาณเฉพาะช่องดังกล่าวเท่ากับ 1/จำนวนช่องสัญญาณที่เหลืออยู่ในเฟรม และเมื่อปรับเปลี่ยนค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณตามหลักการข้างต้น จะพบว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณช่องที่ 2 ของเฟรมจะเท่ากับ $\left(1-\frac{1}{N}\right)\frac{1}{N-1}=\frac{1}{N}$

ด้วยหลักการเดียวกันทำให้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณช่องที่ 3 ของเฟรมจะเท่ากับ $\left(1-\frac{1}{N}\right)\left(1-\frac{1}{N-1}\right)\frac{1}{N-2}=\frac{1}{N}$ และค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณช่องใด ๆ ในเฟรมจะเท่ากับ $\frac{1}{N}$ ดังนั้นในกรณีนี้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI และ CFP ที่มีการปรับเปลี่ยนค่าโอกาสในการจองช่องสัญญาณตามจำนวนช่องสัญญาณที่เหลืออยู่ในเฟรม จะมีค่าโอกาสในการเลือกเข้าจองช่องสัญญาณเท่ากัน จึงทำให้สมรรถนะของระบบเท่ากันด้วย

ภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์ของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการจองช่องสัญญาณ

วิธีการที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์ของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการจองช่องสัญญาณนั้น มีอยู่หลายวิธี ในส่วนนี้จะยกตัวอย่างบางวิธีการที่สามารถนำมาใช้ได้ โดยเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่จะนำมาเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์ได้แก่ เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS และในการวิเคราะห์นี้ กำหนดให้มีผู้ใช้บริการทั้งหมด 2 คลาส โดยรายละเอียดของแต่ละวิธีที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้มีดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์ด้วยสมการ Recursive

สำหรับสำหรับการวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์ของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS ด้วยสมการ Recursive นั้นได้ถูกแสดงใน [13] แต่ในที่นี่จะขอแสดงรายละเอียดในการวิเคราะห์อีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากในเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS นั้น ช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะถูกแบ่งออกจากกันอย่างชัดเจน ทำให้ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะสามารถจองช่องสัญญาณสำเร็จเป็นอิสระกัน ดังนั้นจะสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จองช่องสัญญาณสำเร็จจำนวน k_1 และ k_2 ราย จากผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 และ m_2 ราย ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน n_1 และ n_2 ช่อง โดยที่ $n_1 + n_2 = N$ ($P_{UNI+DS}[k_1, k_2 | m_1, m_2, n_1, n_2]$) ได้จากสมการ

$$\begin{aligned} &P_{UNI+DS}[k_1, k_2 | m_1, m_2, n_1, n_2] \\ &\quad = P_{UNI}[k_1 | m_1, n_1] \times P_{UNI}[k_2 | m_2, n_2] \end{aligned} \tag{1}$$

โดย

$$\begin{aligned} P_{UNI}[k|M,N] = {} & b[M,0,1/N]\, P_{UNI}[k|M,N-1] \\ & + b[M,1,1/N]\, P_{UNI}[k-1|M-1,N-1] \\ & + \sum_{i=2}^{M} b[M,i,1/N]\, P_{UNI}[k|M-i,N-1] \end{aligned} \tag{2}$$

เมื่อ $b[m,i,x] = \binom{m}{i} x^i (1-x)^{m-i}$ และกำหนดค่าเริ่มต้นของสมการ (2) ไว้ดังนี้

$$P_{UNI}[k|M,N] = \begin{cases} 0 & if\ k<0, M\geq 0, N\geq 0 \\ 1 & if\ k=0, M\geq 0, N=0 \\ 0 & if\ k>0, M\geq 0, N=0 \\ 1 & if\ k=0, M\geq 2, N=1 \\ 0 & if\ k>0, M\geq 2, N=1 \\ 1 & if\ k=0, M=0, N\geq 1 \\ 0 & if\ k=0, M=1, N\geq 1 \\ 1 & if\ k=1, M=1, N\geq 1 \end{cases}$$

สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{UNI+DS}[m_1, m_2, n_1, n_2]$) หาได้จากสมการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$S_{UNI+DS}[m_1,m_2,n_1,n_2]$$
$$=\sum_{j_1=0}^{m_1}\left(\ j_1\times P_{UNI+DS}[j_1\,|m_1,m_2,n_1,n_2]\ \right) \quad (3)$$
$$+\sum_{j_2=0}^{m_2}\left(\ j_2\times P_{UNI+DS}[j_2\,|m_1,m_2,n_1,n_2]\ \right)$$

โดยที่

$$P_{UNI+DS}[j_1\,|m_1,m_2,n_1,n_2]=\sum_{k_1=j_1}^{j_1}\sum_{k_2=0}^{m_2}P_{UNI+DS}[k_1,k_2\,|m_1,m_2,n_1,n_2]$$
$$P_{UNI+DS}[j_2\,|m_1,m_2,n_1,n_2]=\sum_{k_1=0}^{m_1}\sum_{k_2=j_2}^{j_2}P_{UNI+DS}[k_1,k_2\,|m_1,m_2,n_1,n_2] \quad (4)$$

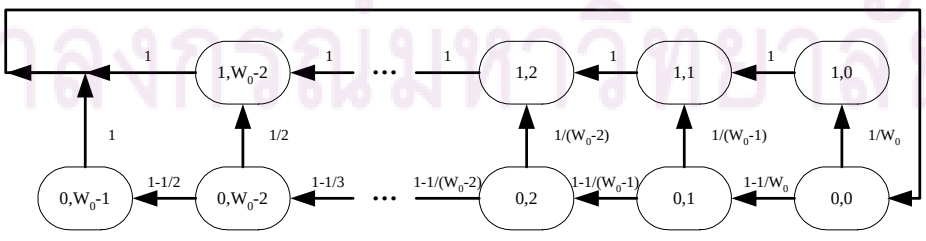
2. การวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์โดยการใช้กระบวนการมาร์คอฟ (Markov process) หรือลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov chain)

กระบวนการมอร์คอฟสามารถถูกนำมาใช้เพื่ออธิบายกระบวนการนับถอยหลัง (backoff process) ของแต่ละสถานี โดยกำหนดให้โครงข่ายที่พิจารณาอยู่ในสภาวะเงื่อนไขอิ่มตัว (saturation condition) กล่าวคือ แต่ละสถานีต้องการที่จะส่งข้อมูลอยู่ตลอดเวลา แม้ว่าจะพึ่งส่งข้อมูลไปแล้วก็ตาม สำหรับรายละเอียดการวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กำหนดให้ระบบมีสถานีทั้งหมด n สถานี และ $\{i, j\}$ แทนสถานะของสถานีที่เวลาใด ๆ โดย i แสดงถึงสถานะในการส่งแพ็กเกตเพื่อขอจองช่องสัญญาณ หาก i เท่ากับ 0 หมายถึงสถานีที่กำลังพิจารณายังไม่มีการส่งแพ็กเกตเพื่อขอจองช่องสัญญาณ หาก i เท่ากับ 1 หมายถึงสถานีที่กำลังพิจารณาได้ส่งแพ็กเกตเพื่อขอจองช่องสัญญาณไปแล้ว

ในขณะที่ j แสดงถึงตัวนับถอยหลังซึ่งเป็นจำนวนเต็มศูนย์หรือจำนวนเต็มบวกค่าหนึ่งที่สถานีที่กำลังพิจารณากำลังนับถึง หลังจากผ่านไปหนึ่งช่องสัญญาณ ตัวนับถอยหลังจะมีค่าลดลงทีละหนึ่ง หากตัวนับถอยหลังมีค่าเท่ากับศูนย์สถานีที่กำลังพิจารณาจะส่งแพ็กเกตเพื่อขอจองช่องสัญญาณ โดย j จะมีค่าตั้งแต่ 0 จนถึง $W-1$ โดยกำหนดให้ W แทนจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดใน 1 เฟรม

สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI เมื่อสถานีเลือกจองช่องสัญญาณแล้วจะรอจนกระทั่งหมดช่วงการจองหรือเฟรม หลังจากนั้นสถานีดังกล่าวจะสุ่มตัวเลขการจองขึ้นมาใหม่ (ค่า j) เพื่อใช้ในการจองช่องสัญญาณในเฟรมถัดไป และเมื่อตัวนับถอยหลังนับถึงค่า j สถานีที่กำลังพิจารณาจะส่งแพ็กเกตเพื่อขอจองช่องสัญญาณและค่า i จะเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 โดยแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟสำหรับวิธีการจองแบบ UNI

กำหนดให้ $b_{i,j}$ เป็นความน่าจะเป็นที่สถานี ณ เวลานั้นมีสถานะของสถานีเป็น $\{i,j\}$ โดยสามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ของค่า $b_{i,j}$ ในสภาวะอยู่ตัว (steady state) ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} b_{0,j} &= \frac{W-j}{W} b_{0,0} \qquad j \in (0, W-1) \\ b_{1,j} &= \frac{j+1}{W} b_{0,0} \qquad j \in (0, W-2). \end{aligned} \tag{5}$$

นำค่า $b_{i,j}$ ข้างต้น มาคำนวณหาค่า $b_{0,0}$ ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} 1 &= \sum_{j=0}^{W-1} b_{0,j} + \sum_{j=0}^{W-2} b_{1,j} \\ &= \left(\frac{W-(W-1)}{W} \right) + \sum_{j=0}^{W-2} \left(b_{0,j} + b_{1,j} \right) \\ &= \left(\frac{1}{W} + \left(\sum_{i=0}^{W-2} \left(1 + \frac{1}{W} \right) \right) \right) b_{0,0} \\ &= \left(\frac{1}{W} + W - 1 + \frac{W-1}{W} \right) b_{0,0} \end{aligned} \tag{6}$$

จะได้

$$b_{0,0} = \frac{1}{W} \tag{7}$$

กำหนดให้ค่า τ เป็นค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะส่งข้อมูลการร้องขอ ณ ช่องสัญญาณจองนั้น ๆ ซึ่งค่า τ สามารถหาได้จาก

$$\begin{aligned} \tau &= \sum_{j=0}^{W-1} \frac{b_{0,j}}{W-j} \\ &= \sum_{j=0}^{W-1} \frac{W-j}{W} \frac{b_{0,0}}{W-j} \\ &= \sum_{j=0}^{W-1} \frac{1}{W} b_{0,0} \\ &= b_{0,0} \end{aligned} \tag{8}$$

ดังนั้นจะได้

$$\tau = \frac{1}{W} \tag{9}$$

เมื่อได้ค่า τ มาแล้ว จะนำค่า τ ที่ได้จากกระบวนการมาร์คอฟไปคำนวณหาจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณได้ดังนี้

กำหนดให้ $P_s(n,W)$ แทนค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการรายหนึ่งประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณที่กำลังพิจารณา โดยค่า $P_s(n,W)$ มีค่าดังต่อไปนี้

$$P_s(n,W) = n\tau(1-\tau)^{n-1} = n\left(\frac{1}{W} \right)\left(1 - \frac{1}{W} \right)^{n-1} \tag{10}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กำหนดให้ S แทนจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณโดยใน 1 เฟรม โดย S จะมีค่าดังนี้

$$S = W * P_s(n,W) = nW\left(\frac{1}{W}\right)\left(1-\frac{1}{W}\right)^{n-1} = n\left(1-\frac{1}{W}\right)^{n-1} \qquad (11)$$

จากสมการข้างต้น สามารถนำไปใช้เพื่อหาจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS ได้ดังนี้

หากจำนวนช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 สามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้เท่ากับ W_1 และ W_2 ช่อง ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จะเข้าจองช่องสัญญาณจองใด ๆ ที่ถูกกำหนดไว้เพื่อผู้ใช้บริการคลาสนั้น ๆ จะเท่ากับ $\frac{1}{W_1}$ และ $\frac{1}{W_2}$ ตามลำดับ

กำหนดให้จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณเท่ากับ m_1 และ m_2 ราย จากสมการ (11) จะพบว่าจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ (S_1) จะมีค่าดังนี้

$$S_1 = m_1\left(1-\frac{1}{W_1}\right)^{m_1-1} \qquad (12)$$

จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ (S_2) จะมีค่าดังนี้

$$S_2 = m_2\left(1-\frac{1}{W_2}\right)^{m_2-1} \qquad (13)$$

จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{UNI+DS}[m_1,m_2,W_1,W_2]$) หาได้จากสมการ

$$S_{UNI+DS}[m_1,m_2,W_1,W_2] = m_1\left(1-\frac{1}{W_1}\right)^{m_1-1} + m_2\left(1-\frac{1}{W_2}\right)^{m_2-1} \qquad (14)$$

3. การวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์โดยการนำค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการแต่ละคลาสมาใช้ในการคำนวณ

กำหนดให้มีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน m_1 และ m_2 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ n_1 และ n_2 ช่อง

เนื่องจากเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS นั้น ช่องสัญญาณที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จะแยกแยะออกจากกันอย่างชัดเจน ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 รายใด รายหนึ่ง จองช่องสัญญาณสำเร็จ ($P_1[m_1,m_2,n_1,n_2]$) เกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่เหลือไม่เข้าจองในช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการรายนั้นได้เข้าจอง โดย $P_1[m_1,m_2,n_1,n_2]$ มีค่าดังนี้

$$P_1[m_1,m_2,n_1,n_2] = \left(1-\frac{1}{n_1}\right)^{m_1-1} \qquad (15)$$

ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 รายใด รายหนึ่ง จองช่องสัญญาณสำเร็จ ($P_2[m_1, m_2, n_1, n_2]$) เกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่เหลือไม่เข้าจองในช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการรายนั้นได้เข้าจอง โดย $P_2[m_1, m_2, n_1, n_2]$ มีค่าดังนี้

$$P_2[m_1, m_2, n_1, n_2] = \left(1 - \frac{1}{n_2}\right)^{m_2 - 1} \tag{16}$$

จำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ($S_{UNI+DS}[m_1, m_2, n_1, n_2]$) หาได้จากสมการ

$$\begin{aligned} & S_{UNI+DS}[m_1, m_2, n_1, n_2] \\ &= \binom{m_1}{1} P_1[m_1, m_2, n_1, n_2] + \binom{m_2}{1} P_2[m_1, m_2, n_1, n_2] \\ &= \binom{m_1}{1}\left(1 - \frac{1}{n_1}\right)^{m_1 - 1} + \binom{m_2}{1}\left(1 - \frac{1}{n_2}\right)^{m_2 - 1} \end{aligned} \tag{17}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทความทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการระดับนานาชาติและได้ถูกนำเสนอในงานประชุมทางวิชาการต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการระดับนานาชาติ

1. บทความทางวิชาการที่มีชื่อว่า Design and Performance Evaluation of Contention Resolution Schemes with QoS Support for Multimedia Traffic in High Bit-Rate Wireless Communications ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการ IEICE Transactions on Communications ในเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2551 ฉบับที่ 91-B หน้า 1295-1308

2. บทความทางวิชาการที่มีชื่อว่า A Design and Performance Evaluation of a Class of Channel Reservation Techniques for Medium Access Control Protocols in High Bit-Rate Wireless Communications ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการ IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences ในเดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2548 ฉบับที่ 88-A หน้า 1824-1835

บทความวิจัยที่ได้นำเสนอในงานประชุมทางวิชาการระดับนานาชาติ

1. บทความทางวิชาการที่มีชื่อว่า On Improving WLAN Medium Access Control via Uniform Transmission Cycle and Performance Analysis ซึ่งเป็นบทความที่ได้นำเสนอในงานประชุมทางวิชาการ IEEE AINA ซึ่งจัดที่เมืองโอกินาวา ประเทศญี่ปุ่น วันที่ 25-28 มีนาคม พ.ศ. 2551

2. บทความทางวิชาการที่มีชื่อว่า Delay Performance Analysis of Two Slot-Based Contention Resolution Algorithms ซึ่งเป็นบทความที่ได้นำเสนอในงานประชุมทางวิชาการ CITA'07 ซึ่งจัดที่เมืองเมืองกูชิง รัฐซาราวัก ประเทศมาเลเซีย วันที่ 9-12 กรกฎาคม พ.ศ. 2550

3. บทความทางวิชาการที่มีชื่อว่า Delay Performance Analysis of Two Channel Reservation Algorithms, CFP+SPL and UNI+LA in High-Speed Wireless Communication Systems ซึ่งเป็นบทความที่ได้นำเสนอในงานประชุมทางวิชาการ IEEE ISCIT ซึ่งจัดที่เมืองกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย วันที่ 18-20 ตุลาคม พ.ศ. 2549

4. บทความทางวิชาการที่มีชื่อว่า Design and Performance Evaluation of Channel Reservation Schemes for QoS Constrained Multimedia Traffic ซึ่งเป็นบทความที่ได้นำเสนอในงานประชุมทางวิชาการ IEEE TENCON ซึ่งจัดที่เมืองเมลเบิร์น ประเทศออสเตรเลีย วันที่ 21-24 พฤศจิกายน พ.ศ. 2548

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวรากร ศรีเชวงทรัพย์ เกิดเมื่อวันที่ 10 ธันวาคม พ.ศ.2519 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร เข้าศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2537 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2545 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2547

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย