การวิเคราะห์สมรรถนะของสวิตช์กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน

นายณัฐกิจ ทองสว่าง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2539

ISBN 974-632-921-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16923881

PERFORMANCE ANALYSIS OF FAST PACKET SWITCH WITH PREEMPTIVE PRIORITY QUEUE

Mr. Natkij Tongswang

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1996

ISBN 974-632-921-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์สมรรถนะของสวิตช์กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน
โดย	นายณัฐกิจ ทองสว่าง
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉรงค์ อยู่ฉนอม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัศมี)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ณัฐกิจ ทองล่วาง : การวิเคราะห์สมรรถนะของสวิตช์กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน (PERFORMANCE ANALYSIS OF FAST PACKET SWITCH WITH PREEMPTIVE PRIORITY QUEUE) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ, 83 หน้า. ISBN 974-632-921-9

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มอัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด โดยวิธีการจัดลำดับความสำคัญของกลุ่มข้อมูล ให้มีความสำคัญ 2 ระดับ คือ กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน และกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อน

ผลการวิจัยที่ผ่านมา J. S. C. Chen และ R. Guerin 1991 ได้อัตราปริมาณงานสูงสุดที่อัตราการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนมีค่าเท่ากับ 0.45 เมื่อสวิตช์มีขนาด 64x64 โดยวิธีการประมาณ ผลการวิจัยครั้งนี้ได้ค่าที่ถูกต้องคือ 0.375 และ L. Li, C. Hu และ P. Liu 1994 ได้อัตราปริมาณงานสูงสุดที่อัตราการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน มีค่าเท่ากับ 0.425 เมื่อสวิตช์มีขนาด 128x128 โดยใช้วิธีการวนซ้ำ ผลการวิจัยครั้งนี้ ได้ค่าที่ถูกต้องคือ 0.421875 ซึ่งทั้ง J. S. C. Chen และ L.Li มีเพียงค่า อัตราการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนเป็นตัวแปร

ผลการวิจัยพบว่า อัตราปริมาณงานสูงสุดขึ้นอยู่กับ อัตราการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน และขนาดของสวิตช์ อัตราปริมาณงานสูงสุดของสวิตช์ จะอยู่ในช่วงที่อัตราการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน มีค่าตั้งแต่ 0.25 - 0.5 ของกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา เมื่อสวิตช์มีขนาด N เท่ากับ 4096 อัตราการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน มีค่าเท่ากับ 0.4531 ของกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา บัฟเฟอร์ที่จำเป็นต้องใช้เพื่อป้องกันการสูญเสียของข้อมูล มีค่าตั้งแต่ 27.6 - 100% ของจำนวนร่องเวลาที่เข้ามา เวลารอคอยมีค่าตั้งแต่ 13 - 23% และ เวลาประวิง มีค่าตั้งแต่ 14 - 24% ของจำนวนร่องเวลาที่เข้ามา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต ณัฐกิจ ทองล่วาง

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C515550 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD: PERFORMANCE/ PACKET SWITCH/ PREEMPTIVE

NATKIJ TONGSWANG : PERFORMANCE ANALYSIS OF FAST PACKET SWITCH WITH PREEMPTIVE PRIORITY QUEUE. THESIS ADVISER : ASSO. PROF. PRASIT PRAPINMONGKOLKARN, Ph.D. 83 pp.
ISBN 974-632-921-9

The purpose of this paper was to increase the throughput of nonblocking switch by arranging the priority packet into 2 levels which were high priority packet and low priority packet.

The study of J. S. C. Chen and R. Guerin (1991) showed that the maximum throughput of 64x64 nonblocking switch was attained at the arrival rate of high priority packet 0.45 by using an approximate analysis. The result of this study found that the exact number of high priority packets which gave the maximum throughput was 0.375 and L. Li, C. Hu and P. Liu (1994) showed that the maximum throughput of 128x128 nonblocking switch was attained at the arrival rate of high priority packets 0.425 by using the iteration method. The result of this study found that the exact number of high priority packets which gave the maximum throughput was 0.421875. However,only the arrival rate of high priority packet was used in J. S. C. Chen and L. Li study.

The result of this research was found that the maximum throughput depended on the arrival rate of the high priority packets and the number of inputs. The maximum throughput of switch was found between 0.25 and 0.5. As an example,when the switch had 4096 input ports,the arrival rate of high priority packet which yielded the maximum throughput was 0.4531. The minimum buffers which were used for preventing the loss of packets is between 27.6 and 100 % of time slots. The waiting time is between 13 and 23 % of time slots and the delay time is between 14 and 24 % of time slots.

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต ณัฐกิจ ทองสว่าง

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณาอย่างยิ่ง จากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาและควบคุมวิทยานิพนธ์ คือ รองศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ ที่ได้สละเวลา เอาใจใส่ ดูแล ให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และช่วยผลักดันวิทยานิพนธ์นี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ อยู่ถนอม คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัศมี อาจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะ และให้คำแนะนำแก้ไขวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณผู้บังคับบัญชาของข้าพเจ้าทุกคน และเพื่อนๆ ในการสื่อสารแห่งประเทศไทยที่มี ส่วนสนับสนุนทั้งในด้านการเรียน การเงิน และเวลา ในการลาศึกษา

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิสาขาต่างๆ ที่ช่วยเหลือแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ เช่น นอ.วีระชัย เชาว์กำเนิด และ คุณวิชัย ศิริอุยานนท์

ขอขอบคุณผู้จุดประกายแห่งความคิด พี่และเพื่อนร่วมภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ร่วมหอพักศึกษิตนิเวศน์จุฬา

ขอขอบใจน้องๆ ร่วมสถาบันและร่วมหอพักทุกคน ที่ช่วยสนันสนุนในการบันทึกผลการจำลอง

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา และครู-อาจารย์ทุกท่าน ที่ให้การอบรมสั่งสอน และ ให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ณัฐกิจ ทองสว่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฌ

คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ ..... ฅ

บทที่

1. บทนำ 1
   - ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
   - วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
   - ขอบเขตของการวิจัย 4
   - ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย 4
2. สวิตช์กลุ่มข้อมูล 5
   - ประเภทของสวิตช์กลุ่มข้อมูล 5
   - ระบบของสวิตช์ 5
   - รายละเอียดของกลุ่มข้อมูล 6
   - เงื่อนไขการทำงานของสวิตช์กลุ่มข้อมูล 6
   - การทำงานของสวิตช์กลุ่มข้อมูล 6
   - เงื่อนไขการทำงานของสวิตช์กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน 8
   - การทำงานของสวิตช์กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน 8
3. การวิเคราะห์สมรรถนะของสวิตช์กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน 10
   - สมรรถนะของสวิตช์กลุ่มข้อมูล 10
   - อัตราปริมาณงาน (Throughput) 10
     1. อัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดที่ไม่มีบัฟเฟอร์ทางด้าน

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

ขาเข้าของกลุ่มข้อมูลที่มีความสำคัญเดียว 10
2. อัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดที่มีบัฟเฟอร์ทางด้านขาเข้าของกลุ่มข้อมูลที่มีความสำคัญเดียว 16
3. อัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดที่มีบัฟเฟอร์ทางด้านขาเข้าของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนและกลุ่มข้อมูลไม่มีสิทธิ์ก่อน 22
- วิธีการจำลอง (Simulation) 33
- การสูญเสีย (Loss) 47
- เวลารอคอย (Waiting time) 49
- เวลาประวิง (Delay time) 51
4. การประเมินผลและการประยุกต์การจัดกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนไปใช้งาน ... 53
- การประเมินผลกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน 53
- การประยุกต์กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนไปใช้งาน 55
5. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 56
- สรุปผลการวิจัย 56
- ข้อเสนอแนะ 56
รายการอ้างอิง 57
ภาคผนวก 59
ประวัติผู้เขียน 83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

3.1 การเข้ามา,ออกไปและการสูญเสียของกลุ่มข้อมูล ของสวิตช์ 3x3 13
3.2 อัตราปริมาณงานสูงสุดของสวิตช์ที่ไม่มีบัฟเฟอร์ที่ขาเข้า 15
3.3 อัตราปริมาณงานสูงสุดของสวิตช์ที่มีบัฟเฟอร์จำนวนมากทางด้านขาเข้า 21
3.4 อัตราปริมาณงานสูงสุดของสวิตช์ เมื่อกลุ่มข้อมูลที่เข้ามามีความสำคัญ 1 และ 2 ระดับ เมื่อใช้การจำลองตามโปรแกรม 1.CPP 24
3.5 เปรียบเทียบอัตราปริมาณงานสูงสุดของสวิตช์ เมื่อกลุ่มข้อมูลที่เข้ามามีความสำคัญ 2 ระดับ 45
3.6 จำนวนบัฟเฟอร์ที่น้อยที่สุดที่ต้องใช้เพื่อป้องกันการสูญเสียกลุ่มข้อมูล 48
3.7 เวลารอคอยของกลุ่มข้อมูล 50
3.8 เวลาประวิงของกลุ่มข้อมูล 52
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสวิตช์, จำนวนช่วงเวลา, จำนวนบัฟเฟอร์, อัตราปริมาณงาน, การสูญเสีย, เวลารอคอยและเวลาประวิงจากการจำลองโปรแกรม [1.CPP] เมื่อกลุ่มข้อมูลมีความสำคัญระดับเดียว 54
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสวิตช์, จำนวนช่วงเวลา, จำนวนบัฟเฟอร์, อัตราปริมาณงาน, การสูญเสีย, เวลารอคอยและเวลาประวิงจากการจำลองโปรแกรม [1.CPP] เมื่อกลุ่มข้อมูลมีความสำคัญ 2 ระดับ 54

สารบัญภาพ

รูป หน้า

2.1 แสดงระบบการทำงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด 7

2.2 แสดงระบบการทำงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด เมื่อกลุ่มข้อมูลมีความสำคัญ 2 ระดับ 7

3.1 แสดงวิธีการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดขนาด 2x2 11

3.2 แสดงวิธีการออกไปของกลุ่มข้อมูลของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดขนาด 2x2 11

3.3 เปรียบเทียบอัตราปริมาณงานสูงสุดของสวิตช์ในบทความ [4] และการจำลอง 24

3.4 แสดงการเข้ามาและออกไปของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน และไม่มีสิทธิ์ก่อน a1, a2 = high priority b1, b2 = low priority H=0.5 25

3.5 แสดงการเข้ามาและออกไปของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนและไม่มีสิทธิ์ก่อน a1, b2 = high priority b1, a2 = low priority H=0.5 26

3.6 แสดงการเข้ามาและออกไปของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน a1, a2, b1, b2 = high priority H =1 27

3.7 แสดงการเข้ามาและออกไปของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน a1, a2, b1, b2 = high priority H =1 28

3.8 แสดงการเข้ามาและออกไปของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนและไม่มีสิทธิ์ก่อน A111.XLS 29

3.9 แสดงการเข้ามาและออกไปของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนและไม่มีสิทธิ์ก่อน B111.XLS 30

3.10 แสดงการเข้ามาและออกไปของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนและไม่มีสิทธิ์ก่อน C111.XLS 31

3.11 แสดง FLOWCHART ของการ SIMULATION 32

3.12 แสดงพื้นที่และกลุ่มข้อมูลของ b[3], w[3] และ s[3][10] 33

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป หน้า

3.13 แสดงพื้นที่และกลุ่มข้อมูลของ b[i], b[j], x[i], x[j], และ s[3][10] 34
3.14 แสดงวิธีการจัดเรียงกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนและไม่มีสิทธิ์ก่อน 35
3.15 แสดงวิธีออกไปและการจัดเรียงกลุ่มข้อมูลหลังจากกลุ่มข้อมูลออกไป 36
3.16 แสดงกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาและกลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์ที่เวลา t0-->t1 37
3.17 แสดงกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาและกลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์ที่เวลา t1-->t2 38
3.18 แสดงกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาและกลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์ที่เวลา t2-->t3 40
3.19 แสดงกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาและกลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์ที่เวลา t3-->t4 41
3.20 แสดงกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาและกลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์ที่เวลา t4-->t5 42
3.21 แสดงกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาและกลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์ที่เวลา t5-->t6 43
3.22 ผลการจำลอง (Simulation) ตามโปรแกรม [1.CPP] 46
3.23 เปรียบเทียบผลการจำลอง (Simulation) ตามผลงานวิจัยของ Chen 46
3.24 แสดงจำนวนบัฟเฟอร์ที่น้อยที่สุดที่ใช้เพื่อป้องกันการสูญเสียกลุ่มข้อมูล 47
3.25 แสดงจำนวนเวลารอคอยของกลุ่มข้อมูล 49
3.26 แสดงจำนวนเวลาประวิงของกลุ่มข้อมูล 51

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

A	ขาเข้าขาที่ 1
a1	กลุ่มข้อมูลที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 ในร่องเวลาที่ 1
a2	กลุ่มข้อมูลที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 ในร่องเวลาที่ 2
ATM	Asynchronous Transfer Mode
B	1. ช่องสัญญานเสียง 2. ขาเข้าขาที่ 2 3. จำนวนบัฟเฟอร์ที่อยู่ทางด้านขาเข้าของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด
b1	กลุ่มข้อมูลที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 ในร่องเวลาที่ 1
b2	กลุ่มข้อมูลที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 ในร่องเวลาที่ 2
b[i]	พื้นที่ของตัวแปร b ที่บรรจุกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อน
b[j]	พื้นที่ของตัวแปร b ที่บรรจุกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน
b[3]	พื้นที่ของตัวแปร b มีขนาดของอาร์เรย์ (array) เท่ากับ 3
C	ขาเข้าขาที่ 3
D	ช่องกลุ่มข้อมูล
d	เวลาประวิง
FCFS	First Come First Serve (เข้าก่อนออกก่อน)
FIFO	First In First Out (เข้าก่อนออกก่อน)
Gb/s	กิกะบิตต่อวินาที
H	กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิก่อน
H1	กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิก่อนที่ไปยังปลายทางขาที่ 1
HDTV	High-definition television
hip	จำนวนกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิก่อนที่เข้ามา
HOL	Head of Line (หัวแถวคอย)
hop	จำนวนกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิก่อนที่ผ่านสวิตช์ออกไป
HN	กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิก่อนที่ไปยังปลายทางขาที่ N
H1..HN	กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิก่อนที่ไปยังปลายทางขาที่ 1 จนถึงกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิก่อนที่ไปยังปลายทางขาที่ N

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

i	Input (จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา)
ip	Input (จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา)
ISDN	Integrated Services Digital Networks (โครงข่ายบริการสื่อสารร่วมระบบดิจิตอล)
Kb/s	กิโลบิตต่อวินาที
kbps	กิโลบิตต่อวินาที
L	กลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิก่อน
LANs	Local Area Networks
LCFS	Last Come First Serve (เข้าทีหลังออกก่อน)
lip	จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิก่อนที่เข้ามา
LN	กลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิก่อนที่ไปยังปลายทางขาที่ N
lo	จำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสียไปเนื่องจากบัฟเฟอร์ของแต่ละขาเต็ม
los	อัตราจำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสียไป เนื่องจากบัฟเฟอร์ของแต่ละขาเต็มต่อจำนวนกลุ่มข้อมูลทั้งหมดที่เข้ามา
L1	กลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิก่อนที่ไปยังปลายทางขาที่ 1
L1..LN	กลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิก่อนที่ไปยังปลายทางขาที่ 1 จนถึงกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิก่อนที่ไปยังปลายทางขาที่ N
MANs	Metropolitan Area Networks
N	จำนวนขาเข้าและขาออกของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด
nh	พื้นที่เก็บกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน
nl	พื้นที่เก็บกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อน
no	พื้นที่เก็บกลุ่มข้อมูลที่ถูกเลือกให้ส่งผ่านสวิตช์
op	จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ผ่านสวิตช์ออกไป
oph	จำนวนกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนที่ผ่านสวิตช์ที่ออกไป
opl	จำนวนกลุ่มข้อมูลที่มีไม่สิทธิ์ก่อนที่ผ่านสวิตช์ที่ออกไป
PCM	Pulse Code Modulation
p	Input utilization
S	Service time (เวลาบริการของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด)
s[3]	พื้นที่ของตัวแปร s มีขนาดของอาร์เรย์ (array) เท่ากับ 3x10
T	Time slot (ร่องเวลา)
t	Time slot (ร่องเวลา)
T	Throughput (อัตราปริมาณงาน)

T_{max}	อัตราปริมาณงานสูงสุด
t1	ร่องเวลาที่ 1
TH	Throughput (อัตราปริมาณงาน)
th	Throughput (อัตราปริมาณงาน)
thh	Throughput of high priority packet (อัตราปริมาณงานของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน)
thl	Throughput of low priority packet (อัตราปริมาณงานของกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อน)
TH.M	โปรแกรมหาค่าของอัตราปริมาณงาน โดยใช้แมตแลบ
VLSI	Very Large Scale Integrated circuit
wa	waiting time เวลารอคอยสะสม
wai	average waiting time เวลารอคอยเฉลี่ย
WANs	Wide Area Networks
w[3]	พื้นที่ของตัวแปร w มีขนาดของอาร์เรย์ (array) เท่ากับ 3
xw	เวลารอคอยในแต่ละร่องเวลา
x[i]	พื้นที่ของตัวแปร x ที่บรรจุกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อน
x[j]	พื้นที่ของตัวแปร j ที่บรรจุกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน
1.CPP	โปรแกรมที่ตั้งชื่อเป็น 1 เขียนบน Borland C ++
λ_H	อัตราการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน
λ_{max}	อัตราการเข้ามาสูงสุดของกลุ่มข้อมูล
ρ_0	Utilization of output trunks (the switch throughput)
[ ]	ตัวเลขในวงเล็บใหญ่คือบทความตามตัวเลข ในรายการอ้างอิง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย