การวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของเอทีเอ็มมัลติคาสต์สวิตช์ภายใต้ทราฟฟิกแบบเบิรสต์

นาย ชัยพร เขมะภาตะพันธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-156-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17601733

PERFORMANCE ANALYSIS OF AN ATM MULTICAST SWITCH UNDER BURSTY TRAFFIC

Mr. Chaiyaporn Khemapatapan

สถาบันวิทยบริการ
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
Academic Year 1997

ISBN 974-637-156-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของเอทีเอ็มมัลติคาสต์สวิตช์ภายใต้ทราฟฟิกแบบเบิรสต์
โดย นาย ชัยพร เขมะภาตะพันธ์
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร. ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย จิตะพันธ์กุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล)

..... กรรมการ
(ดร.สุพจน์ เธียรวุฒิ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ชัยพร เขมะภาตะพันธ์ : การวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของเอทีเอ็มมัลติคาสต์สวิตช์ภายใต้ทราฟฟิกแบบเบิรสต์ (PERFORMANCE ANALYSIS OF AN ATM MULTICAST SWITCH UNDER BURSTY TRAFFIC) อ. ที่ปรึกษา : ศ. ดร. ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ , 50 หน้า. ISBN 974-637-156-8

วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาหาสมรรถนะการทำงานของอุปกรณ์เอทีเอ็มมัลติคาสต์สวิตช์ที่นำมาใช้ในการส่งผ่านข้อมูลจากต้นทางหนึ่งไปยังหลายปลายทาง โดยการกำหนดทราฟฟิกของเซลล์ข้อมูลที่เข้ามายังหัวแถวคอยของสวิตช์เป็นกระบวนการแบบเบิรสต์ปะปนกับเซลล์ข้อมูลแบบที่ไม่มีสหสัมพันธ์ต่อกันในสัดส่วนต่างๆ กัน ซึ่งสามารถจำลองได้ด้วยกระบวนการแบบ MMPP (Markov Modulated Poisson Process) ที่มี 2 สถานะ โดยแบบจำลองแถวคอยแบบ G/D/1 ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาอัตราที่จะมีเซลล์ข้อมูลออกจากสวิตช์และเวลาหน่วงในการส่งเซลล์ข้อมูลผ่านสวิตช์ ท้ายสุดจะได้ผลการวิเคราะห์ตัวสวิตช์เป็นแถวคอยแบบ MMPP/D/1

ผลการศึกษาที่ได้พบว่าความยาวของเซลล์ข้อมูลที่เป็นแบบเบิรสต์จะไม่มีผลกระทบต่อสมรรถนะการทำงานของสวิตช์หลังจากค่าเฉลี่ยของเบิรสต์ซึ่งเท่ากับ 4 รอบเวลา เมื่อกำหนดให้สัดส่วนระหว่างเวลาเฉลี่ยที่เซลล์ข้อมูลที่เป็นแบบเบิรสต์ต่อเซลล์ข้อมูลแบบที่ไม่มีสหสัมพันธ์ต่อกันมีค่าคงที่แล้ว จะพบว่าสัดส่วนดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการรองรับภาระการทำงานของเอทีเอ็มมัลติคาสต์สวิตช์อย่างมากและยังทำให้สมรรถนะการทำงานของเอทีเอ็มมัลติคาสต์สวิตช์ลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสัดส่วนดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นตามผลการศึกษาวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต ชัยพร เขมะภาตะพันธ์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C715476 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD: ATM MULTICAST SWITCH / BURSTY TRAFFIC

CHAIYAPORN KHEMAPATAPAN : PERFORMANCE ANALYSIS OF AN ATM MULTICAST SWITCH UNDER BURSTY TRAFFIC. THESIS ADVISOR : PROF. PRASIT PRAPINMONGKOLKARN, Ph.D. 50 pp. ISBN 974-637-156-8

This thesis is to study the performance of an ATM Multicast Switch which transfers the data from a node to other destination nodes. By defining the input traffic of data cells at the Head Of Line (HOL) as burst process mixed with uncorrelated data cells at several ratios which can be modeled by 2-state of Markov Modulated Poisson Process (MMPP), the G/D/1 queue is applied to analyse the throughput and delay time. The final result will be the analytical model of switch in MMPP/D/1 queue.

The study finds that the length of burst period does not affect the performance of the switch beyond the value of mean burst which is 4 time slots when the average ratio of burst cells to uncorrelated cells is fixed. The ratio will have influence on the performance of an ATM Multicast Switch. The performance and capability of an ATM Multicast Switch decrease when the ratio increases.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต ชัยพร เขมะภาพัสร์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร. ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ท่านได้กรุณาแนะนำและให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงได้ช่วยสั่งสอนและแนะนำจัดหาเอกสารต่างๆ เพื่อใช้ในการค้นคว้าทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย จิตะพันธ์กุล ซึ่งเป็นประธานสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. วาทิต เบญจพลกุล และ ดร. สุพจน์ เธียรวุฒิ ซึ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

ยิ่งไปกว่านั้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณพ่อ, แม่ และพี่ๆ ที่ได้อบรมและสั่งสอนจนทำให้ข้าพเจ้ามีพื้นฐานการศึกษาอันมีผลมาสู่ความสำเร็จในการศึกษานี้

สุดท้ายขอขอบพระคุณ คุณจุฑารัตน์ โพธิ์เอี่ยม ที่ช่วยเป็นกำลังใจแก่ข้าพเจ้ามาตลอดเวลาจนได้รับความสำเร็จในครั้งนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฒ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ 2

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย 2

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 เอทีเอ็มมัลติดาสต์สวิตช์ 3

2.2 สมรรถนะการทำงาน 7

3. การวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของเอทีเอ็มมัลติดาสต์สวิตช์ภายใต้ทราฟฟิกแบบเบิรสต์ 15

3.1 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาวิจัย 15

3.2 กระบวนการเข้ามาของเซลล์ข้อมูลตามกระบวนการแบบ MMPP ที่มี 2 สถานะ 17

3.3 ทราฟฟิกของเซลล์ข้อมูลที่เป็นแบบเบิรสต์ปะปนกับแบบที่ไม่มีสหสัมพันธ์ต่อกัน 22

3.4 การวิเคราะห์การทำงานของสวิตช์ 23

3.5 การจำลองการทำงาน 28

4. ผลการวิเคราะห์ 35

4.1 ค่าเฉลี่ยของการรอคอยของการส่งเซลล์ข้อมูลผ่านสวิตช์ 35

4.2 อัตราสูงสุดที่จะมีเซลล์ข้อมูลออกจากสวิตช์ 42

5. บทสรุปและเสนอแนะ 43
5.1 บทสรุป 43
5.2 ข้อเสนอแนะ 44
รายการอ้างอิง 45
ภาคผนวก 46
ประวัติผู้เขียน 50

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

3.1 เปรียบเทียบอัตราสูงสุดที่จะมีเซลล์ข้อมูลออกจากสวิตช์ระหว่างผลการวิเคราะห์กับการจำลองการทำงาน เมื่อ N = 64 ที่ 1000 รอบเวลา 33

4.1 ค่า $\sigma_H^{-1}/\sigma_L^{-1}$ ที่ทำให้เกิด saturation throughput ในกรณีที่ $\lambda_{input\ H} = 1$, $\lambda_{input\ L} = 0$ 42

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่

2.1 รูปแบบของการส่งผ่านข้อมูล 3

2.2 สถาปัตยกรรมของเอทีเอ็มมัลติคาสต์สวิตช์ 4

2.3 การให้บริการหัวแถวคอยวิธีต่างๆ 5

2.4 เปรียบเทียบผลการให้บริการหัวแถวคอยวิธีต่างๆ จากการจำลองการทำงานที่ 10^6 รอบเวลา 6

2.5 เปรียบเทียบค่า $\bar{q}$ ที่ได้จากการคำนวณกับการจำลองการทำงาน 10

2.6 แสดงค่าเฉลี่ยการรอคอย $E[W]$ กับ λ ที่ได้จากการคำนวณ 12

2.7 เปรียบเทียบค่าอัตราที่เซลล์ข้อมูลออกจากสวิตช์มีค่าสูงสุด λ เมื่อสวิตช์ทำงานแบบต่างๆ 13

3.1 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาวิจัย 17

3.2 Markov chain ที่แสดงกระบวนการของ MMPP ที่มี 2 สถานะ 18

3.3 ลักษณะของข้อมูลที่เกิดจากกระบวนการแบบ MMPP ที่มี 2 สถานะ 19

3.4 ลักษณะของทราฟฟิกของเซลล์ที่เป็นแบบเบิรสต์ปะปนกับแบบที่ไม่มีสหสัมพันธ์ต่อกัน 23

3.5 การวิเคราะห์หาจำนวนของเซลล์ข้อมูลที่อยู่ในหัวแถวคอยและต้องการออกไปยังปลายทางใดๆ เป็นแบบ MMPP/D/1 24

3.6 ค่า q เมื่อ $\sigma_H^{-1}/\sigma_L^{-1} = 0.01$ และ $\sigma_H^{-1} = 1$ รอบเวลา 25

3.7 ผลกระทบของค่า σ_H^{-1} ต่อ q เมื่อ $\sigma_H^{-1}/\sigma_L^{-1} = 0.25$, $\lambda_L = 0$ 26

3.8 ค่า q เมื่อ $\sigma_H^{-1}/\sigma_L^{-1}$ มีค่าต่างๆ โดย $\lambda_L = 0$ 26

3.9 ขั้นตอนการทำงานโดยรวมของโปรแกรมที่ใช้จำลองการทำงานเอทีเอ็มมัลติคาสต์สวิตช์ 29

3.10 เปรียบค่า $E[W]$ ระหว่างผลการวิเคราะห์กับการจำลองการทำงานเมื่อ $N = 64$ และที่ 1000 รอบเวลา 33

4.1 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่า $E[W]$ กับที่ศึกษาโดย J. Y. Hui และ T. Renner [5] เมื่อค่าเฉลี่ยของ $\sigma_L/\sigma_H \approx 0$ (หรือ $\sigma_H/\sigma_L \approx 0$) แล้วให้ $\lambda_H = \lambda$ 35

4.2 เปรียบเทียบค่า $E[W]$ เมื่อ $(\sigma_H^{-1}/\sigma_L^{-1})_{ave} = 0.1$, $(\sigma_H^{-1})_{ave} = 8$ รอบเวลา และ fanout = 1 37

4.3 เปรียบเทียบค่า $E[W]$ เมื่อ $(\sigma_H^{-1}/\sigma_L^{-1})_{ave}$ = 0.3, $(\sigma_H^{-1})_{ave}$ = 9 รอบเวลา และ fanout = 1 37

4.4 เปรียบเทียบค่า $E[W]$ เมื่อ $(\sigma_H^{-1}/\sigma_L^{-1})_{ave}$ = 0.5, $(\sigma_H^{-1})_{ave}$ = 10 รอบเวลา และ fanout = 1 38

4.5 เปรียบเทียบค่า $E[W]$ เมื่อ $(\sigma_H^{-1}/\sigma_L^{-1})_{ave}$ = 0.05, $(\sigma_H^{-1})_{ave}$ = 8 รอบเวลา และ fanout = 2 38

4.6 เปรียบเทียบค่า $E[W]$ เมื่อ $(\sigma_H^{-1}/\sigma_L^{-1})_{ave}$ = 0.1, $(\sigma_H^{-1})_{ave}$ = 8 รอบเวลา และ fanout = 2 39

4.7 เปรียบเทียบค่า $E[W]$ เมื่อ $(\sigma_H^{-1}/\sigma_L^{-1})_{ave}$ = 0.2, $(\sigma_H^{-1})_{ave}$ = 8 รอบเวลา และ fanout = 2 39

4.8 เปรียบเทียบค่า $E[W]$ เมื่อ $(\sigma_H^{-1}/\sigma_L^{-1})_{ave}$ = 0.025, $(\sigma_H^{-1})_{ave}$ = 8 รอบเวลา และ fanout = 4 40

4.9 เปรียบเทียบค่า $E[W]$ เมื่อ $(\sigma_H^{-1}/\sigma_L^{-1})_{ave}$ = 0.05, $(\sigma_H^{-1})_{ave}$ = 8 รอบเวลา และ fanout = 4 40

4.10 เปรียบเทียบค่า $E[W]$ เมื่อ $(\sigma_H^{-1}/\sigma_L^{-1})_{ave}$ = 0.075, $(\sigma_H^{-1})_{ave}$ = 8 รอบเวลา และ fanout = 4 41

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

λ_{input}	อัตราที่จะมีเซลล์ข้อมูลเข้ามาที่สวิตช์
$\lambda_{input\ H}$	อัตราที่จะมีเซลล์ข้อมูลจากสถานะ H ของกระบวนการแบบ MMPP เข้ามาที่สวิตช์
$\lambda_{input\ L}$	อัตราที่จะมีเซลล์ข้อมูลจากสถานะ L ของกระบวนการแบบ MMPP เข้ามาที่สวิตช์
λ	อัตราที่จะมีเซลล์ข้อมูลออกจากสวิตช์
λ_H	อัตราที่จะมีเซลล์ข้อมูลจากสถานะ H ของกระบวนการแบบ MMPP ออกจากสวิตช์
λ_L	อัตราที่จะมีเซลล์ข้อมูลจากสถานะ L ของกระบวนการแบบ MMPP ออกจากสวิตช์
σ_H	ค่าความน่าจะเป็นที่ Markov chain จะเปลี่ยนจากสถานะ H ไปสถานะอื่น
σ_L	ค่าความน่าจะเป็นที่ Markov chain จะเปลี่ยนจากสถานะ L ไปสถานะอื่น
$(\sigma_H^{-1}/\sigma_L^{-1})_{ave}$	เวลาเฉลี่ยที่ Markov chain อยู่ในสถานะ H ต่อสถานะ L
q	ค่าความน่าจะเป็นที่หัวแถวคอยใดๆ ได้รับการให้บริการ
$E[N_j]$	จำนวนเฉลี่ยของหัวแถวคอยที่มีเซลล์ข้อมูลหรือสำเนาเซลล์ข้อมูลที่ต้องการออกไปยังปลายทาง j ใดๆ รวมกัน
$E[\mathcal{E}(N_j)]$	จำนวนเฉลี่ยของหัวแถวคอยที่มีเซลล์ข้อมูลหรือสำเนาเซลล์ข้อมูลที่ต้องการออกไปยังปลายทาง j ใดๆ ที่ได้รับการให้บริการรวมกัน
$E[A_j]$	จำนวนเฉลี่ยของเซลล์ข้อมูลหรือสำเนาเซลล์ข้อมูลที่ต้องการออกไปยังปลายทาง j ใดๆ เข้ามายังหัวแถวคอยรวมกัน
$E[F]$	จำนวนปลายทางเฉลี่ยของแต่ละเซลล์ข้อมูล
$E[X]$	เวลาเฉลี่ยที่หัวแถวคอยใดๆ ได้รับการให้บริการจนครบทุกสำเนาเซลล์ข้อมูล
$E[T]$	เวลาเฉลี่ยที่เซลล์ข้อมูลใช้ในการเดินทางผ่านสวิตช์
$E[W]$	เวลาเฉลี่ยที่เซลล์ข้อมูลใช้ในการรอคอยก่อนออกจากสวิตช์
$E[g]$	จำนวนเฉลี่ยที่จะมีเซลล์ข้อมูลที่เกิดจากกระบวนการแบบ MMPP
var(g)	ค่าความแปรปรวนที่จะมีเซลล์ข้อมูลที่เกิดจากกระบวนการแบบ MMPP
M/D/1	วิธีการวิเคราะห์แถวคอยโดยเซลล์ข้อมูลที่เข้ามาด้วยกระบวนการแบบปัวส์ซอง มีเวลาที่ให้บริการคงที่ตลอดเวลา มีทางออก 1 ช่องทาง
G/D/1	วิธีการวิเคราะห์แถวคอยโดยเซลล์ข้อมูลที่เข้ามาด้วยกระบวนการแบบใดๆ ก็ได้ มีเวลาที่ให้บริการคงที่ตลอดเวลา มีทางออก 1 ช่องทาง
MMPP/D/1	วิธีการวิเคราะห์แถวคอยโดยเซลล์ข้อมูลที่เข้ามาด้วยกระบวนการแบบ MMPP มีเวลาที่ให้บริการคงที่ตลอดเวลา มีทางออก 1 ช่องทาง