

การวิเคราะห์สมรรถนะของแพ็คเก็ตสวิตช์ความเร็วสูงแบบแชร์บัฟเฟอร์
กรณีในอนูนิฟอร์มแทรฟฟิก

นายฉัตรชัย ศิริหล้า



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-296-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PERFORMANCE ANALYSIS OF SHARED - BUFFER FAST PACKET SWITCH
UNDER NONUNIFORM TRAFFIC LOAD

Mr. Chatchai Sirilar

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

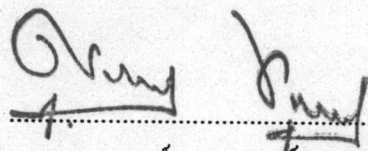
Chulalongkorn University

Academic Year 1996


ISBN 974-636-296-8

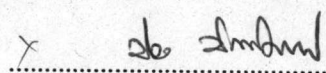
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์สมรรถนะของแพ็คเกจสวิตช์ความเร็วสูงแบบแชร์บัฟเฟอร์
กรณีออนยูนิฟอร์มแทรฟฟิก
โดย นายฉัตรชัย ศิริหล้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร. ประสิทธิ์ ประพัฒน์มงคลการ

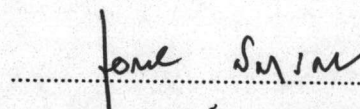
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

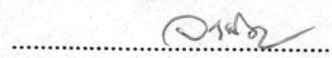

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ สุภวัฒน์ ชุตินวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย จิตะพันธุกุล)

x 
..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร. ประสิทธิ์ ประพัฒน์มงคลการ)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เอกชัย ลีลารัศมี)

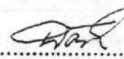

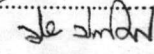

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วาทีต เบนจพกุล)

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ฉัตรชัย ศิริหวัช: การวิเคราะห์สมรรถนะของแพ็คเกจสวิตช์ความเร็วสูงแบบแชร์บัฟเฟอร์กรณี
นอนยูนิฟอร์มแทรฟฟิก (PERFORMANCE ANALYSIS OF SHARED-BUFFER FAST PACKET
SWITCH UNDER NONUNIFORM TRAFFIC LOAD) อ.ที่ปรึกษา: ศ.ดร.ประสิทธิ์ ประพัฒมมงคล-
การ; 88 หน้า. ISBN 974-636-296-8.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึงการวิเคราะห์หาสมการ queueing model ของแชร์บัฟเฟอร์สวิตช์
เพื่อใช้ในการคำนวณ throughput, delay time และ loss probability ของแชร์บัฟเฟอร์สวิตช์
ภายใต้สภาวะข้อมูลนอนยูนิฟอร์มแทรฟฟิกแบบ hot spot traffic และ point to point traffic
โดยเลือกใช้สมการต่างๆ ที่สอดคล้องทำการวิเคราะห์ภายในสวิตช์อิลีเมนต์ก่อนแล้วนำผลที่ได้จากทุกสวิตช์
อิลีเมนต์มาประกอบกันเพื่อหาคุณสมบัติโดยรวมของแชร์บัฟเฟอร์สวิตช์ จากนั้นจึงนำชุดของสมการที่ได้ไป
เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่า throughput, delay time และ loss
probability ที่ขนาดของสวิตช์อิลีเมนต์(d) และขนาดของบัฟเฟอร์(B) ต่างๆ ได้แก่ d=2 กับ B=4,
d=2 กับ B=6, d=4 กับ B=8 และ d=4 กับ B=12 โดยทำการทดสอบที่ nonuniform traffic rate
ต่างๆกัน จากการวิเคราะห์จะพบว่าสิ่งที่มีอิทธิพลต่อ throughput และ loss probability ของระบบ
ก็คือ อัตราส่วนระหว่างขนาดของบัฟเฟอร์ต่อขนาดของสวิตช์อิลีเมนต์และสิ่งที่มีอิทธิพลต่อ delay time
ของระบบก็คือขนาดของสวิตช์อิลีเมนต์และขนาดของบัฟเฟอร์ กรณีที่ระบบมี nonuniform traffic rate
เพิ่มขึ้นจะทำให้คุณสมบัติทั้งสองอย่างเพิ่มขึ้นที่เอาท์พุทแอดเดอเรสที่เกิดนอนยูนิฟอร์มแทรฟฟิกแต่ในแอดเดอเรสนั้นๆ
จะลดลง.

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
ปีการศึกษา 2539

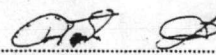
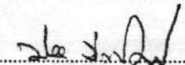
ลายมือชื่อนิสิต  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

##C615483 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD: SHARED-BUFFER / FAST PACKET SWITCH / NONUNIFORM TRAFFIC LOAD
CHATCHAI SIRILAR : PERFORMANCE ANALYSIS OF SHARED-BUFFER FAST PACKET
SWITCH UNDER NONUNIFORM TRAFFIC LOAD: THESIS ADVISOR: PROF. PRASIT
PRAPINMONGKOLKARN, Ph.D. 88 pp. ISBN-974-636-296-8.

This thesis presented the analysis of mathematical equations for queueing model of shared-buffer fast packet switch which can be used to find characteristics such as throughput, delay time, and loss probability under non-uniform traffic load condition such as hot spot traffic and point to point traffic. The principle of analysis is to analyze each switch element and combine each result to be the total result of shared-buffer switch. We relatively use the mathematical equations to create the computer program to calculate throughput, delay time, and loss probability at each size of switch element (d) and buffer (B) such as d=2 with B=4, d=2 with B=6, d=4 with B=8, and d=4 with B=12.

The result of testing show that throughput and loss probability depend on the ratio of buffer size to switch element size. The delay time depends on switch element size or buffer size. It is found that nonuniform traffic load causes raise in the three characters of nonuniform output address but opposite in the other output address.

ภาควิชา..... วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา..... วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
ปีการศึกษา..... 2539

ลายมือชื่อนิสิต..... 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... -



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประพัฒมงคลการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆในการวิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย จิตะพันธ์กุล รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลาธรรมี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล ที่ช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา ที่สนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา ขอขอบคุณคุณคุณลาวัลย์ ประโยชน์วิรัช และคุณชัยรัตน์ พิณทอง ที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

นิตรชัย ศิริหล้า

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2 ฟอสต์แพ็คเก็ตสวิตชิง	4
2.1 เฟรมรีเลย์	5
2.2 เซลรีเลย์	7
2.3 อะซิงโครนัสทรานสเฟอร์โมด	9
2.3.1 ส่วนประกอบ	9
2.3.2 ลักษณะของโปรโตคอล	10
2.4 เอทีเอ็มสวิตช์	19
2.4.1 เน็ทเวอร์คคอนเน็คทิวิตี้	20
2.4.2 สวิตช์อิลิเมนต์	20
2.5 คุณสมบัติของสวิตชิงเน็ทเวอร์ค	21
2.5.1 ทรูกุด	21
2.5.2 ดีเลย์ไทม์	22
2.5.3 ลอสหรือบออะบิลิตี้	23
2.5.4 ฌิมพลิซิตี	23
2.5.5 โมคูลาริตี้	23
2.6 สภาวะของข้อมูล	23

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.6.1 ยูนิฟอร์มแทรฟฟิค	23
2.6.2 นอนยูนิฟอร์มแทรฟฟิค	24
2.6.2.1 ฮีตสปอตแทรฟฟิค	24
2.6.2.2 ซิงเกิลชอร์ตซิงเกิลเดสทินเนชั่นแทรฟฟิค	24
3 การวิเคราะห์แพ็คเก็ตเกิดสวิทช์ความเร็วสูงแบบแชร์บัฟเฟอร์กรณีนอนยูนิฟอร์มแทรฟฟิค	25
3.1 ลักษณะทั่วไป	25
3.2 การวิเคราะห์	26
3.2.1 ฮีตสปอตแทรฟฟิค	30
3.2.2 ซิงเกิลชอร์ตซิงเกิลเดสทินเนชั่นแทรฟฟิค	47
3.3 คุณสมบัติของสวิทช์	51
3.3.1 ทรุพุด	51
3.3.2 ลอสฟรีอบอะบิลิตี้	51
3.3.3 ดีเลย์ไทม์	52
4 การทดสอบแพ็คเก็ตเกิดสวิทช์ความเร็วสูงแบบแชร์บัฟเฟอร์กรณีนอนยูนิฟอร์มแทรฟฟิค	55
4.1 ทรุพุด	56
4.2 ดีเลย์ไทม์	66
4.3 ลอสฟรีอบอะบิลิตี้	75
4.4 ซิมพลิซิตี	84
4.5 โมดูลาริตี้	84
5 สรุปและวิจารณ์	85
5.1 สรุปผลการวิจัย	85
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	86
รายการอ้างอิง	87
ประวัติผู้วิจัย	88

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แทรฟฟิกของบริการต่างๆบนบรอดแบนด์ ไอเอสดีเอ็น	8
ตารางที่ 2.2 หน้าที่ของโปรโตคอลในเลเยอร์ต่างๆของเอทีเอ็มสวิตจิงเน็ตเวิร์ค	12
ตารางที่ 2.3 การให้บริการของ AAL	18
ตารางที่ 3.1 สมการที่ในการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการวิเคราะห์แซร์บัพเฟอร์สวิตซ์.....	54

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะของแพ็คเก็ตสวิตชิงเน็ตเวิร์ค	5
รูปที่ 2.2 ลักษณะของเฟรมรีเลย์	6
รูปที่ 2.3 บันยันสวิตช์	9
รูปที่ 2.4 การต่อเชื่อมของเอทีเอ็มระหว่างผู้ใช้กับเน็ตเวิร์ค	10
รูปที่ 2.5 เวอร์ช่วลเซนเนล,เวอร์ช่วลพาร์ท	11
รูปที่ 2.6 การสวิตซ์ของเวอร์ช่วลเซนเนลและเวอร์ช่วลพาร์ท	11
รูปที่ 2.7 แบบจำลองโปรโตคอลเลขอร์ของเอทีเอ็มสวิตซ์เน็ตเวิร์ค	12
รูปที่ 2.8 รูปแบบเฟรมข้อมูลของ STM-1	14
รูปที่ 2.9 รูปแบบของเซล	15
รูปที่ 2.10 รูปแบบของเสดเคอร์ของเอทีเอ็มเซล	16
รูปที่ 2.11 การทำงานของ AAL	17
รูปที่ 2.12 รูปแบบของเซล	18
รูปที่ 2.13 สวิตซ์แบบต่างๆ	19
รูปที่ 2.14 Partially Connected Network	20
รูปที่ 2.15 Fully Connected Network	21
รูปที่ 2.16 สวิตซ์อีลิเมนต์แบบต่างๆ	22
รูปที่ 3.1 แชรี่ปฟ์เฟอร์แพ็คเก็ตสวิตซ์ขนาด 8x8	25
รูปที่ 3.2 แชรี่ปฟ์เฟอร์แพ็คเก็ตสวิตซ์ขนาด 2x2	26
รูปที่ 3.3 State Markov Chain ของสวิตซ์อีลิเมนต์ขนาด dxd	27
รูปที่ 3.4 แชรี่ปฟ์เฟอร์แพ็คเก็ตสวิตซ์ขนาด 2x2	28
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการแบ่งกลุ่มของสวิตซ์อีลิเมนต์ที่มีภาวะของข้อมูลต่างกัน ในแชรี่ปฟ์เฟอร์สวิตซ์เน็ตเวิร์คขนาด 8x8 ที่เกิด hot spot traffic ที่เอาท์พุต 1	31
รูปที่ 3.6 แชรี่ปฟ์เฟอร์แพ็คเก็ตสวิตซ์ขนาด 2x2 ที่เกิดที่เกิด hot spot traffic ที่เอาท์พุต 1	38
รูปที่ 3.7 แชรี่ปฟ์เฟอร์แพ็คเก็ตสวิตซ์ขนาด 4x4 ที่เกิดที่เกิด hot spot traffic ที่เอาท์พุต 1	41
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการแบ่งกลุ่มของสวิตซ์อีลิเมนต์ที่มีภาวะของข้อมูลต่างกัน ในแชรี่ปฟ์เฟอร์สวิตซ์เน็ตเวิร์คขนาด 8x8 ภายใต้ภาวะ SSSD traffic จากอินพุต 1 สู่อเอาท์พุต 1	47

รูปที่ 4.1	แผนภูมิแสดงกระบวนการคำนวณหาค่า $\pi(i)$ ในสถานะ steady state	56
รูปที่ 4.2ก	กราฟแสดงค่า Throughput กรณี hot spot traffic (d=2,B=4)	57
รูปที่ 4.2ข	กราฟแสดงค่า Throughput กรณี hot spot traffic (d=2,B=6)	58
รูปที่ 4.2ค	กราฟแสดงค่า Throughput กรณี hot spot traffic (d=4,B=8)	59
รูปที่ 4.2ง	กราฟแสดงค่า Throughput กรณี hot spot traffic (d=4,B=12)	60
รูปที่ 4.3ก	กราฟแสดงค่า Throughput กรณี Point to point traffic (d=2,B=4)	62
รูปที่ 4.3ข	กราฟแสดงค่า Throughput กรณี Point to point traffic (d=2,B=6)	63
รูปที่ 4.3ค	กราฟแสดงค่า Throughput กรณี Point to point traffic (d=4,B=8)	64
รูปที่ 4.3ง	กราฟแสดงค่า Throughput กรณี Point to point traffic (d=4,B=12)	65
รูปที่ 4.4ก	กราฟแสดงค่า Delay time กรณี hot spot traffic (d=2,B=4)	67
รูปที่ 4.4ข	กราฟแสดงค่า Delay time กรณี hot spot traffic (d=2,B=6)	68
รูปที่ 4.4ค	กราฟแสดงค่า Delay time กรณี hot spot traffic (d=4,B=8)	69
รูปที่ 4.4ง	กราฟแสดงค่า Delay time กรณี hot spot traffic (d=4,B=12)	70
รูปที่ 4.5ก	กราฟแสดงค่า Delay time กรณี Point to point traffic (d=2,B=4)	71
รูปที่ 4.5ข	กราฟแสดงค่า Delay time กรณี Point to point traffic (d=2,B=6)	72
รูปที่ 4.5ค	กราฟแสดงค่า Delay time กรณี Point to point traffic (d=4,B=8)	73
รูปที่ 4.5ง	กราฟแสดงค่า Delay time กรณี Point to point traffic (d=4,B=12)	74
รูปที่ 4.6ก	กราฟแสดงค่า Loss probability กรณี hot spot traffic (d=2,B=4)	76
รูปที่ 4.6ข	กราฟแสดงค่า Loss probability กรณี hot spot traffic (d=2,B=6)	77
รูปที่ 4.6ค	กราฟแสดงค่า Loss probability กรณี hot spot traffic (d=4,B=8)	78
รูปที่ 4.6ง	กราฟแสดงค่า Loss probability กรณี hot spot traffic (d=4,B=12)	79
รูปที่ 4.7ก	กราฟแสดงค่า Loss probability กรณี Point to point traffic (d=2,B=4)	80
รูปที่ 4.7ข	กราฟแสดงค่า Loss probability กรณี Point to point traffic (d=2,B=6)	81
รูปที่ 4.7ค	กราฟแสดงค่า Loss probability กรณี Point to point traffic (d=4,B=8)	82
รูปที่ 4.7ง	กราฟแสดงค่า Loss probability กรณี Point to point traffic (d=4,B=12)	83