

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์ขนาดของบัฟเฟอร์ในระบบ
เครือข่ายสวิตช์ทางแสง

OUTPUT BUFFER ANALYSIS IN OPTICAL NETWORK SWITCHING



ณัฐพงศ์ กิจสุวรรณ
NATTAPONG KITSUWAN



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

จพ.
พ.ร.บ.ก
2547
๘-1

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย

เลขหมู่.....สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขทะเบียน.....50944

พ.ศ. 2547

วัน,เดือน,ปี 26 พ.ค. 2547

ISBN 974-324-974-5

b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๒๑๖๘๓๖๔

OUTPUT BUFFER ANALYSIS IN OPTICAL NETWORK SWITCHING

NATTAPONG KITSUWAN



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2004

ISBN 974-324-974-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2004

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ขนาดของบัฟเฟอร์ในระบบเครือข่ายสวิตช์ทางแสง
นักศึกษา	นายณัฐพงศ์ กิจสุวรรณ
รหัสประจำตัว	43061068
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2547

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.สุทธิชัย นพนาดีพงษ์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอถึงการวิเคราะห์คุณสมบัติ และการหาขนาดของบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่สุดของสวิตช์ซึ่ง ทำการหาขนาดของสวิตช์ที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงปัจจัย 2 อย่างคือโอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหายและค่าการประวิงเฉลี่ย การที่ทำให้ระบบมีโอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญเสียน้อยโดยการเพิ่มขนาดของบัฟเฟอร์เพื่อรองรับปริมาณข้อมูลที่เข้ามาในสวิตช์ จะทำให้เกิดค่าการประวิงเฉลี่ยมาก กล่าวคือทำให้ระบบมีความล่าช้า ในทางกลับกันถ้าจะทำให้ระบบมีค่าการประวิงเฉลี่ยน้อยลงหรือทำให้ระบบมีความเร็วขึ้นด้วยการลดขนาดของบัฟเฟอร์ จะทำให้โอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญเสียนั้นมีมากขึ้น เพื่อที่จะทำให้ปัจจัยทั้งสองมีความสมดุลกันจึงนำมาใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ระบบ โดยใช้วิธีการ 2 แบบคือ การกำหนดเปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ต และ วิธีเปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ ซึ่งโอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหายจะมีค่าที่เหมาะสมในขณะที่ค่าเฉลี่ยการประวิงของการให้บริการมีความเร็วที่ไม่ช้าเกินไป นอกจากนี้ยังทำให้สามารถลดความซับซ้อนและราคาของระบบลงได้

Thesis Title	Output buffer analysis in optical network switching
Student	Mr. Nattapong Kitsuwat
Student ID.	43061068
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2004
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Suthichai Noppanakeepong

ABSTRACT

This thesis presents, through characteristic analysis, findings of an optimal buffer size for packet switching. It considers 2 parameters, which are the Packet Loss Probability and Mean Delay. Reduction of the packet loss probability by increasing the buffer size to bear the traffic load of switching drastically increases mean delay. In other words, it makes the system slow. However, decreasing mean delay, thereby making the system faster, by decreasing the buffer size will see a rise in packet loss probability. In order to balance these 2 parameters we use them in 2 methods called Percentage of Packet Loss Probability and Approximate Percentage Relative Delay, thus finding an acceptable packet loss probability while keeping the mean delay of service low. Moreover, it can reduce the cost and complexity of the system.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับระบบโครงข่ายและระบบสวิตซิงจาก ผศ.ดร.สุทธิชัย นพนาดีพงษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ศ.ดร.เทชียะ มิชิ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาขณะที่ผู้วิจัยกำลังทำวิจัยอยู่ ณ ประเทศญี่ปุ่น

ขอขอบคุณบิดาและมารดา นายศักดิ์ชัย กิจสุวรรณ และ นางศรีรัตน์ กิจสุวรรณ ที่อบรมเลี้ยงดูมาตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ และนางโยชิโกะ ยามาตะ ที่เชื่อเพื่อดูแลผู้วิจัยโดยตลอดในขณะที่ทำวิจัยอยู่ที่ประเทศญี่ปุ่น

ขอขอบคุณรัฐบาลญี่ปุ่น ซึ่งได้เป็นผู้ให้ทุน AIEJ ไปทำวิจัยที่ประเทศญี่ปุ่นในโครงการ "การศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในมหาวิทยาลัยญี่ปุ่น" (JUSST) ที่มหาวิทยาลัย The University of Electro-Communications เป็นเวลา 1 ปี

ขอขอบคุณ นายลี โจเซฟ คลาก ที่ให้คำแนะนำและปรึกษาในเรื่องภาษาอังกฤษ และเพื่อนๆ นักศึกษาทั้งในประเทศไทยและเพื่อนต่างชาติทุกคนที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำต่างๆ เป็นอย่างดี จนสำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ณัฐพงศ์ กิจสุวรรณ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการการศึกษา	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย	2
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา	3
1.7 รายละเอียดและเนื้อหาในบทต่างๆ	3
บทที่ 2 สวิตช์และบัฟเฟอร์ในสวิตช์ของระบบเน็ตเวิร์ค	5
2.1 กล่าวนำ	5
2.2 แนวคิดของสวิตช์	6
2.2.1 การถูกบล็อกภายใน (Internal Link Blocking)	6
2.2.2 การแย่งชิงกันที่เอาต์พุทพอร์ต (Output Port Contention)	7
2.2.3 การบล็อกที่ส่วนหัว (Head-of-Line Blocking)	7
2.3 ประเภทของสวิตช์แสง	8
2.3.1 สวิตช์แบบแสง-ไฟฟ้า-แสง (OEO)	8
2.3.2 สวิตช์แบบที่ใช้อุปกรณ์ทางแสงเพียงอย่างเดียว (OOO)	9
2.4 โครงสร้างและการแก้ไขปัญหาการแย่งชิงของแพกเก็ตในสวิตช์	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการ IV เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.1 การทำบัพเฟอร์ทางแสง	10
2.4.2 การกำหนดเส้นทางการหักเหของแพกเก็ตข้อมูลแสง	12
2.4.3 การเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นแสง	12
2.5 บัพเฟอร์ทางแสงและหลักการทำงาน	13
2.5.1 ตัวอย่างการคำนวณความยาวของสายประวิง	14
2.5.2 การแบ่งประเภทของบัพเฟอร์ทางแสง	14
2.5.2.1 Feed-Forward Delay Line	14
2.5.2.2 Feed-Backward Delay Line	15
2.6 สรุป	16
บทที่ 3 คุณสมบัติของบัพเฟอร์ชนิดต่างๆในสวิตช์ของระบบเน็ตเวิร์ค	17
3.1 กล่าวนำ	17
3.2 เอาร์ทพุทบัพเฟอร์	17
3.3 อินพุทบัพเฟอร์	21
3.4 แชนร์บัพเฟอร์	23
3.5 พาเซิลลีแชนร์บัพเฟอร์	24
3.6 การคำนวณตามทฤษฎี	25
3.7 ตัวอย่างการคำนวณ	26
3.8 สรุป	28
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลข	29
4.1 กล่าวนำ	29
4.2 เอาร์ทพุทบัพเฟอร์	29
4.2.1 โอกาสของการสูญหายของแพกเก็ต	30
4.2.2 การประวิงเฉลี่ย	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 พาเซี่ยลลีแซร์บัพเฟอร์	34
4.3.1 โอกาสของการสูญหายของแพกเก็ต	34
4.3.2 การประวิงเฉลี่ย	39
4.4 สรุป	47
บทที่ 5 การวิเคราะห์ขนาดของบัพเฟอร์	48
5.1 กล่าวนำ	48
5.2 เปอร์เซนต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ (Approximate Percentage Relative Delay หรือ APRD)	48
5.3 ผลการวิเคราะห์ขนาดของบัพเฟอร์โดยใช้เปอร์เซนต์การ ประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ	49
5.3.1 เอาร์ทพุทบัพเฟอร์	49
5.3.2 พาเซี่ยลลีแซร์บัพเฟอร์	50
5.4 การวิเคราะห์ขนาดของบัพเฟอร์ที่เหมาะสมในสถานการณ์ต่างๆ โดยใช้เปอร์เซนต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ	54
5.4.1 เอาร์ทพุทบัพเฟอร์	55
5.4.2 พาเซี่ยลลีแซร์บัพเฟอร์	56
5.5 การวิเคราะห์ขนาดของบัพเฟอร์ที่เหมาะสมในสถานการณ์ต่างๆ โดยใช้เปอร์เซนต์ของโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ต (Percentage of Packet Loss Probability)	57
5.5.1 เอาร์ทพุทบัพเฟอร์	57
5.5.2 พาเซี่ยลลีแซร์บัพเฟอร์	59
5.6 สรุป	60
บทที่ 6 บทสรุป	61

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.1 สรุปผลการวิเคราะห์ขนาดของบัฟเฟอร์	61
6.2 ปัญหาที่พบและวิเณทางการแก้ไขต่อไป	62
เอกสารอ้างอิง	63
ภาคผนวก	65
ก. ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์	66
ประวัติผู้เขียน	67



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการ VII เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
5.1 ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่ปริมาณกราฟฟิกต่างๆเมื่อพิจารณาจาก เปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ	55
5.2 ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่ขนาดของสวิตช์ต่างๆเมื่อพิจารณาจาก เปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ	55
5.3 ขนาดของแชนร์บัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่ปริมาณกราฟฟิกต่างๆเมื่อพิจารณาจาก เปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ	56
5.4 ขนาดของแชนร์บัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่ขนาดของสวิตช์ต่างๆเมื่อพิจารณาจาก เปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ	56
5.5 ขนาดของแชนร์บัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ต่างๆเมื่อ พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ	57
5.6 ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่ปริมาณกราฟฟิกต่างๆเมื่อพิจารณาจาก เปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ต	58
5.7 ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่ขนาดของสวิตช์ต่างๆเมื่อพิจารณาจาก เปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ต	59
5.8 ขนาดของแชนร์บัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่ปริมาณกราฟฟิกต่างๆเมื่อพิจารณาจาก เปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ต	59
5.9 ขนาดของแชนร์บัฟเฟอร์ที่เหมาะสมเมื่อสวิตช์มีขนาดต่างๆเมื่อพิจารณาจาก เปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ต	60
5.10 ขนาดของแชนร์บัฟเฟอร์ที่เหมาะสมเมื่อเอาท์พุทบัฟเฟอร์มีขนาดต่างๆเมื่อ พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ต	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการ VIII เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การบล็อกภายใน มี 2 เซลล์ที่ถูกส่งไปยังพอร์ตที่ 4 และ 5 จะมีการบล็อกภายใน	6
2.2 การแย่งชิงกันที่เอาท์พุทพอร์ต	7
2.3 การบล็อกที่ส่วนหัว	8
2.4 สวิตช์ทางแสงชนิด แสง-ไฟฟ้า-แสง (OEO)	9
2.5 สวิตช์แบบที่ใช้อุปกรณ์ทางแสงเพียงอย่างเดียว (OOO)	9
2.6 การเรียงลำดับแพกเก็ตในบัฟเฟอร์แสง	13
2.7 แพกเก็ตที่มีโครงสร้างพื้นฐานของข้อมูลแบบ ATM	14
2.8 บัฟเฟอร์แบบ Feed-Forward Delay Line	15
2.9 การทำงานของ Feed-Forward delay line	15
2.10 บัฟเฟอร์แบบ Feed-Backward Delay Line	15
2.11 การทำงานของ Feed-Backward Delay Line	16
3.1 สวิตช์ที่มีเอาท์พุทบัฟเฟอร์	17
3.2 แผนผังสภาวะการส่งผ่านข้อมูลสำหรับเอาท์พุทบัฟเฟอร์	18
3.3 สวิตช์ที่มีอินพุทบัฟเฟอร์	21
3.4 สวิตช์ที่มีแชร์บัฟเฟอร์	23
3.5 สวิตช์ที่มีบัฟเฟอร์แบบพาเซิลลีแชร์	24
3.6 ค่าการประวิงเฉลี่ยที่คำนวณได้ตามทฤษฎีเทียบกับปริมาณทราฟฟิก	28
4.1 โอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหายเทียบกับขนาดของสวิตช์	29
4.2 การประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของสวิตช์	30
4.3 โอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหายที่เอาท์พุทบัฟเฟอร์ขนาดต่างๆเทียบกับปริมาณทราฟฟิก	31
4.4 โอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหายที่เอาท์พุทบัฟเฟอร์เทียบกับขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ	31
4.5 โอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหายที่เอาท์พุทบัฟเฟอร์เทียบกับขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่ขนาดของสวิตช์ต่างๆ	32

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 การประวิงเฉลี่ยเทียบกับปริมาณกราฟฟีกที่ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ต่างๆ	32
4.7 การประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่ปริมาณกราฟฟีกต่างๆ	33
4.8 การประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์เมื่อขนาดของสวิตช์มีค่าต่างๆ	33
4.9 โอกาสของการสูญหายของแพกเก็ตในแซร์บัฟเฟอร์เทียบกับปริมาณกราฟฟีกที่ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ต่างๆ	35
4.10 โอกาสของการสูญหายของแพกเก็ตที่แซร์บัฟเฟอร์เทียบกับปริมาณกราฟฟีกที่ขนาดของแซร์บัฟเฟอร์ต่างๆ	35
4.11 โอกาสของการสูญหายของแพกเก็ตของแซร์บัฟเฟอร์เทียบกับขนาดของแซร์บัฟเฟอร์ที่ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ต่างๆ	36
4.12 โอกาสของการสูญหายของแพกเก็ตของแซร์บัฟเฟอร์เทียบกับขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่ปริมาณกราฟฟีกต่างๆ	37
4.13 โอกาสของการสูญหายของแพกเก็ตของแซร์บัฟเฟอร์เทียบกับขนาดของแซร์บัฟเฟอร์ที่ปริมาณกราฟฟีกต่างๆ	37
4.14 โอกาสของการสูญหายของแพกเก็ตของแซร์บัฟเฟอร์เทียบกับขนาดของแซร์บัฟเฟอร์เมื่อขนาดของสวิตช์มีค่าๆ	38
4.15 การประวิงเฉลี่ยของระบบทั้งหมดเทียบกับปริมาณกราฟฟีกที่ขนาดของแซร์บัฟเฟอร์ต่างๆ	39
4.16 การประวิงเฉลี่ยที่แซร์บัฟเฟอร์เพียงอย่างเดียวเทียบกับปริมาณกราฟฟีกที่ขนาดของแซร์บัฟเฟอร์ต่างๆ	40
4.17 การประวิงเฉลี่ยของระบบทั้งหมดเทียบกับขนาดของสวิตช์ที่ขนาดของแซร์บัฟเฟอร์ต่างๆ	41
4.18 การประวิงเฉลี่ยของแซร์บัฟเฟอร์เพียงอย่างเดียวเทียบกับขนาดของสวิตช์ที่ขนาดของแซร์บัฟเฟอร์ต่างๆ	41

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 การประวิงเฉลี่ยของระบบทั้งหมดเทียบกับขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่ขนาด ของแชนร์บัฟเฟอร์ต่างๆ	42
4.20 การประวิงเฉลี่ยแชนร์บัฟเฟอร์เพียงอย่างเดียวเทียบกับขนาดของเอาท์พุท บัฟเฟอร์ที่ขนาดของแชนร์บัฟเฟอร์ต่างๆ	42
4.21 ค่าการประวิงเฉลี่ยของระบบรวมเทียบกับขนาดของแชนร์บัฟเฟอร์เมื่อ ปริมาณทราฟฟิกเปลี่ยนไป	44
4.22 ค่าการประวิงเฉลี่ยของแชนร์บัฟเฟอร์เพียงอย่างเดียวเทียบกับขนาดของแชนร์ บัฟเฟอร์เมื่อปริมาณทราฟฟิกเปลี่ยนไป	44
4.23 ค่าการประวิงเฉลี่ยของระบบรวมเทียบกับขนาดของแชนร์บัฟเฟอร์เมื่อขนาดของ สวิตช์เปลี่ยนไป	45
4.24 ค่าการประวิงเฉลี่ยของแชนร์บัฟเฟอร์เพียงอย่างเดียวเทียบกับขนาดของแชนร์ บัฟเฟอร์เมื่อขนาดของสวิตช์เปลี่ยนไป	45
4.25 ค่าการประวิงเฉลี่ยของระบบรวมเทียบกับขนาดของแชนร์บัฟเฟอร์เมื่อขนาดของ เอาท์พุทบัฟเฟอร์เปลี่ยนไป	46
4.26 ค่าการประวิงเฉลี่ยของแชนร์บัฟเฟอร์เพียงอย่างเดียวเทียบกับขนาดของเอาท์พุท บัฟเฟอร์เมื่อปริมาณทราฟฟิกเปลี่ยนไป	46
5.1 เปอร์เซนต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณเทียบกับขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ เมื่อปริมาณทราฟฟิกมีค่าต่างๆ	49
5.2 เปอร์เซนต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณเทียบกับขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ เมื่อขนาดของสวิตช์มีค่าต่างๆ	50
5.3 เปอร์เซนต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณของระบบทั้งหมดในสวิตช์แบบ พาเซิลลีแชนร์บัฟเฟอร์เทียบกับขนาดของแชนร์บัฟเฟอร์ที่เปลี่ยนไป	51
5.4 เปอร์เซนต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณของแชนร์บัฟเฟอร์เพียงอย่างเดียวในสวิตช์ แบบพาเซิลลีแชนร์บัฟเฟอร์เทียบกับขนาดของแชนร์บัฟเฟอร์ที่เปลี่ยนไป	51

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.5 เปรอร์เซ็นต์การประวิงสัมพันธ์โดยประมาณของระบบทั้งหมดในสวิตช์แบบพาเซิลลีแซร์บ์ฟเฟอร์เทียบกับขนาดของแซร์บ์ฟเฟอร์ที่เปลี่ยนไป	52
5.6 เปรอร์เซ็นต์การประวิงสัมพันธ์โดยประมาณของแซร์บ์ฟเฟอร์อย่างเดียวในสวิตช์แบบพาเซิลลีแซร์บ์ฟเฟอร์เทียบกับขนาดของแซร์บ์ฟเฟอร์ที่เปลี่ยนไป	52
5.7 เปรอร์เซ็นต์การประวิงสัมพันธ์โดยประมาณของระบบทั้งหมดในสวิตช์แบบพาเซิลลีแซร์บ์ฟเฟอร์เทียบกับขนาดของแซร์บ์ฟเฟอร์ที่เปลี่ยนไป	53
5.8 เปรอร์เซ็นต์การประวิงสัมพันธ์โดยประมาณของแซร์บ์ฟเฟอร์ในสวิตช์แบบพาเซิลลีแซร์บ์ฟเฟอร์เทียบกับขนาดของแซร์บ์ฟเฟอร์ที่เปลี่ยนไป	53
5.9 การหาขนาดของบัพเฟอร์ตามเปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพันธ์โดยประมาณที่กำหนด	54
5.10 การหาขนาดของบัพเฟอร์ตามเปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ตที่กำหนด	58

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการติดต่อสื่อสารเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากในชีวิตประจำวัน การสื่อสารทางอิเล็กทรอนิกส์จึงถูกนำมาใช้เพื่อความสะดวกรวดเร็ว ปัจจุบันมีผู้ใช้เป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ จึงทำให้ความต้องการความเร็วและความจุของข้อมูลเพิ่มขึ้น ออปติคัลไฟเบอร์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการสื่อสาร เนื่องจากมีความจุของข้อมูลสูงและมีความเร็วในการส่งผ่านมาก เทคนิคการมัลติเพล็กซ์ในโครงข่ายออปติกก็มีหลายอย่าง พื้นฐานของ WDM, All-Optical Network (AON) ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเทคโนโลยีในโครงข่ายออปติคัลความเร็วสูง โดยนำเอาความยาวคลื่นที่ต่างกันส่งเข้าไปในออปติคัลไฟเบอร์เดียวกัน WDM ออปติคัลแพกเก็ตสวิตซิงจึงถูกศึกษากันอย่างแพร่หลาย แพกเก็ตข้อมูลเหล่านี้จะถูกสวิตช์จากอินพุตไปยังเอาต์พุต อย่างไรก็ตามอาจเกิดการแย่งชิงกันเมื่อมีแพกเก็ตมากกว่าหนึ่งแพกเก็ตมาถึงยังเอาต์พุตเดียวกันในเวลาเดียวกัน ซึ่งในกรณีนี้จะมีแพกเก็ตเพียงหนึ่งเดียวเท่านั้นที่สามารถผ่านออกจากเอาต์พุตไปได้และแพกเก็ตที่เหลือจะถูกกำจัดทิ้ง เพื่อแก้ปัญหานี้จึงต้องมีบัฟเฟอร์มารองรับเพื่อไม่ให้แพกเก็ตที่เหลือสูญหาย ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้สายประวิงแบบออปติคัลมารองรับแพกเก็ตที่เหลือ ดังนั้นถ้าเกิดการแย่งชิงกันของข้อมูล แพกเก็ตที่เหลือจะถูกเก็บไว้ในบัฟเฟอร์เพื่อรอการส่งในภายหลัง บัฟเฟอร์ส่วนใหญ่จะมี 3 แบบ คือ อินพุตบัฟเฟอร์ เอาต์พุตบัฟเฟอร์ และแชร์บัฟเฟอร์ ทั้งนี้สามารถประยุกต์บัฟเฟอร์อีกชนิดซึ่งสามารถทำได้โดยนำเอาต์พุตบัฟเฟอร์และแชร์บัฟเฟอร์มาผสมกัน เรียกว่าพาเซียลลิแชร์บัฟเฟอร์

การทำอินพุตบัฟเฟอร์มีทรูพุตจำกัดเพียงแค่ 0.586 เท่านั้น ความเป็นไปได้ที่จะสามารถปรับปรุงคุณสมบัติให้ดีขึ้นได้ โดยการเลือกอัลกอริทึมของการควบคุมที่เหมาะสม แต่จะทำให้อุปกรณ์มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น ส่วนการทำเอาต์พุตและแชร์บัฟเฟอร์มีคุณสมบัติการส่งผ่านที่เหมาะสม และสามารถประยุกต์ใช้ในสถาปัตยกรรม WDM ออปติคัลแพกเก็ตสวิตซิงได้อย่างกว้างขวาง ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงไม่พิจารณาในส่วนของอินพุตบัฟเฟอร์

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการการศึกษา

งานวิจัยชิ้นนี้ทำขึ้นเพื่อการศึกษาลักษณะของบัฟเฟอร์ในสวิตช์ และนำข้อมูลเหล่านั้นมาเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ขนาดของบัฟเฟอร์ในกรณีต่างๆ ซึ่งการวิเคราะห์นี้สามารถทำให้ระบบมีความเร็วที่ไม่ช้าจนเกินไปในขณะที่โอกาสที่จะเกิดการสูญหายของแพกเก็ตยังน้อยอีกด้วย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังสามารถลดความยุ่งยากซับซ้อนและงบประมาณในการทำบัพเฟอร์ให้กับระบบอีกด้วย

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า แพกเก็ตที่เข้ามายังสวิตช์อาจเกิดการแย่งชิงขึ้นเนื่องจากมีปลายทางมุ่งไปยังเอาท์พุทเดียวกัน จะมีแพกเก็ตเพียงหนึ่งเท่านั้นที่สามารถสวิตช์ออกไปได้ ส่วนแพกเก็ตที่เหลือจะสูญหาย จึงต้องมีการนำเอาบัพเฟอร์มาเพื่อรองรับแพกเก็ตจำนวนนี้เพื่อการส่งครั้งต่อไป อย่างไรก็ตามหากบัพเฟอร์จุแพกเก็ตเต็มตามขนาดของบัพเฟอร์ แพกเก็ตที่เข้ามาใหม่ก็จะเกิดการสูญหายอีกเช่นกันเนื่องจากเกิดการล้นของบัพเฟอร์ วิธีแก้ไขคือการเพิ่มขนาดของบัพเฟอร์เพื่อให้สามารถรองรับแพกเก็ตได้มากยิ่งขึ้น แต่ถ้าทำเช่นนี้จะทำให้การประวิงเวลาในระบบมีมากยิ่งขึ้น ทำให้ระบบเกิดการล่าช้า ทั้งนี้เนื่องมาจากบัพเฟอร์แต่ละตัวการให้บริการเพียงแค่ว่าหนึ่งแพกเก็ตเท่านั้น แต่เมื่อมีแพกเก็ตจำนวนมากรออยู่ในบัพเฟอร์ต้องใช้เวลาให้บริการนานมากยิ่งขึ้น ในทางกลับกันถ้าต้องการทำให้ระบบมีความเร็วมากขึ้นโดยการลดขนาดของบัพเฟอร์ จะทำให้เกิดการสูญหายของแพกเก็ตเนื่องจากการล้นของบัพเฟอร์มากขึ้น จะทำอย่างไรเพื่อให้ระบบยังคงความเร็วในขณะที่โอกาสของการสูญหายของแพกเก็ตต้องไม่มากด้วย จึงคิดว่าการวิเคราะห์ขนาดของบัพเฟอร์น่าจะบรรลุถึงจุดประสงค์

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

จากการสังเกตลักษณะการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของโอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหาย และค่าการประวิงเฉลี่ย จึงเสนอวิธีการวิเคราะห์ขนาดของบัพเฟอร์โดยวิเคราะห์จากการประมาณอัตราการเพิ่มค่าการประวิง และการกำหนดเปอร์เซ็นต์ของโอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหาย ซึ่งอัตราการเพิ่มหรือลดของโอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหายหรือค่าการประวิงเฉลี่ยนั้น เราจะสามารถกำหนดได้ว่า อัตราการเพิ่มหรือลดแค่ไหนที่ระบบสามารถรองรับได้ เพื่อที่จะได้ไม่ต้องใช้ขนาดของบัพเฟอร์ฟุ่มเฟือย

1.5 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้จะทำการวิเคราะห์ขนาดของบัพเฟอร์ที่มีเอาท์พุทบัพเฟอร์เป็นส่วนประกอบ ได้แก่ เอาท์พุทบัพเฟอร์และ พาเซี่ยลส์แชร์บัพเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของเอาท์พุทบัฟเฟอร์และพาเซิลลีแชร้บัฟเฟอร์ ทั้งโอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหาย และค่าการประวิงเฉลี่ย จากผลการทดลองของคุณสมบัติพื้นฐานจะทำการประมาณอัตราการเพิ่มของค่าการประวิงเฉลี่ย เพื่อที่จะวิเคราะห์ขนาดของบัฟเฟอร์เมื่อคำนึงถึงค่าประวิงเฉลี่ย และทำการกำหนดเปอร์เซ็นต์ของโอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหายเพื่อวิเคราะห์ขนาดของบัฟเฟอร์เมื่อคำนึงถึงโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ต ซึ่งการวิเคราะห์นี้จะทำการเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ เช่น ขนาดของสวิตช์ ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ ขนาดของแชร้บัฟเฟอร์ หรือปริมาณทราฟฟิก เป็นต้น

1.7 รายละเอียดและเนื้อหาในบทต่างๆ

บทที่ 1 ได้กล่าวถึงที่มาและแนวคิดต่างๆของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จากการศึกษาได้สังเกตลักษณะการเพิ่มหรือลดลงของการประวิงเฉลี่ย และโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ตซึ่งเป็นผลกระทบเมื่อมีการเพิ่มหรือลดขนาดของบัฟเฟอร์ จึงเกิดแนวคิดที่ว่าน่าจะทำการหาขนาดของบัฟเฟอร์ที่เหมาะสม

บทที่ 2 กล่าวถึงความรู้พื้นฐานและลักษณะการทำงาน พร้อมทั้งส่วนประกอบของสวิตช์ทางแสง ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในสวิตช์ทางแสง เช่น การแย่งชิงของแพกเก็ต และยังเสนอแนวทางการในการแก้ไขพร้อมทั้งข้อดีข้อเสียในแต่ละวิธี และยังอธิบายถึงการนำเอาสายประวิงมาทำเป็นบัฟเฟอร์ทางแสงอีกด้วย

บทที่ 3 แสดงถึงรายละเอียดของบัฟเฟอร์พื้นฐานชนิดต่างๆ คือ เอาท์พุทบัฟเฟอร์ อินพุทบัฟเฟอร์ แชร้บัฟเฟอร์ และการประยุกต์บัฟเฟอร์ โดยการนำเอาเอาท์พุทบัฟเฟอร์มาทำงานร่วมกับแชร้บัฟเฟอร์ ซึ่งเรียกสวิตช์ชนิดนี้ว่าพาเซิลลีแชร้บัฟเฟอร์ และยังแสดงวิธีการคำนวณทางทฤษฎีทั้งค่าการประวิงเฉลี่ยและโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ต

บทที่ 4 เป็นการวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลขของค่าการประวิงเฉลี่ย และโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ต ในบัฟเฟอร์แบบเอาท์พุทบัฟเฟอร์และแบบพาเซิลลีแชร้บัฟเฟอร์ โดยในสวิตช์แบบพาเซิลลีแชร้บัฟเฟอร์นั้นจะแยกการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนคือ วิเคราะห์จากส่วนที่เป็นแชร้บัฟเฟอร์อย่างเดียวและวิเคราะห์จากส่วนที่เป็นระบบทั้งหมด โดยการวิเคราะห์นี้จะเน้นปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อค่าการประวิงเฉลี่ยและโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ต ซึ่งก็คือ ขนาดของสวิตช์ ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ ขนาดของแชร้บัฟเฟอร์ และปริมาณทราฟฟิก

บทที่ 5 ได้เสนอถึงวิธีการหาขนาดของบัฟเฟอร์ที่เหมาะสม ทั้งในเอาท์พุทบัฟเฟอร์และพาเซิลลีแชร้บัฟเฟอร์ ซึ่งมีการจาก 2 ปัจจัยคือ ค่าการประวิงเฉลี่ยซึ่งอาศัยวิธีเปอร์เซ็นต์การเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวิงสัมพันธ์โดยประมาณ และโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ตซึ่งอาศัยการกำหนด
เปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตช์และบัฟเฟอร์ในสวิตช์ของระบบเน็ตเวิร์ค

2.1 กล่าวนำ

สวิตช์คืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจัดสร้างการเชื่อมต่อเส้นทางจากต้นทางของข้อมูลไปยังปลายทางที่ต้องการให้กับข้อมูลต่างๆได้อย่างถูกต้อง การสื่อสารโทรคมนาคมในปัจจุบันมีข้อมูลซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกัน เช่นอัตราการสื่อสารข้อมูล รูปแบบของข้อมูล และอื่นๆ ดังนั้นเพื่อให้การสื่อสารเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเลือกรูปแบบการสวิตช์ที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลจะทำให้ได้การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น แพกเก็ตสวิตช์จึงเข้ามามีบทบาทเนื่องจากมีความสามารถในการจัดการข้อมูลที่หลากหลายต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแพกเก็ตสวิตช์นั้นจะจัดการข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารโดยจะแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยๆ เรียกว่าแพกเก็ต การเชื่อมต่อระหว่างต้นทางและปลายทางที่ต้องการจะทำได้โดยข้อมูลพิเศษที่ส่วนหัวของแพกเก็ตที่เรียกว่าเฮดเดอร์ ซึ่งข้อมูลนี้จะเก็บรายละเอียดความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งต้นทางและปลายทางที่ต้องการจะส่งไปของข้อมูลนั้นๆ การเชื่อมต่อสื่อสารของแพกเก็ตสวิตช์จะทำเพียงชั่วคราวเท่านั้น เมื่อข้อมูลได้ถูกส่งออกไปยังปลายทางที่ต้องการแล้ววงจรการเชื่อมต่อที่ถูกสร้างขึ้นชั่วคราวนี้ก็จะถูกยกเลิก หน้าที่หลักของแพกเก็ตสวิตช์ทางแสงมีดังนี้

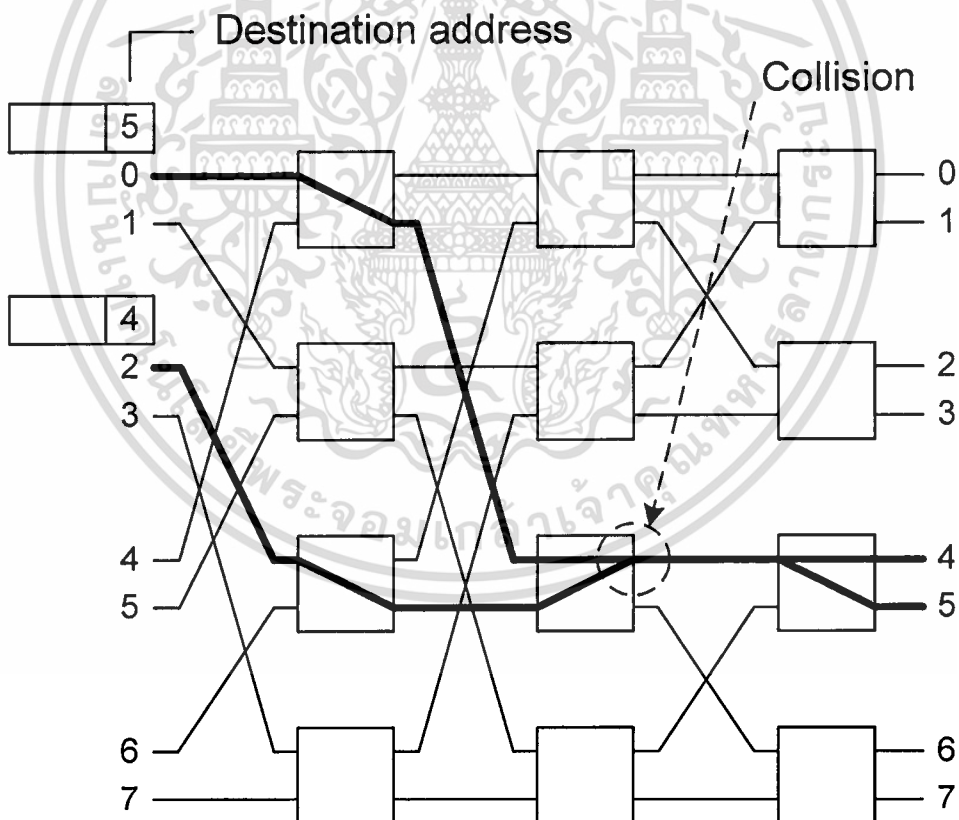
1. ทำการกำหนดเส้นทางให้กับแพกเก็ตทางแสงจากอินพุตไปยังเอาต์พุต โดยการอ่านข้อมูลจากส่วนหัวของแพกเก็ตและทำการตั้งค่าการสวิตช์
2. แก้ไขการแย่งชิงกันของข้อมูลที่ถูกส่งไปยังเอาต์พุตเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การเก็บข้อมูลไว้ในบัฟเฟอร์เพื่อรอให้เอาต์พุตพอร์ตที่ต้องการจะส่งออกว่างก่อน
3. จัดการการเข้าจังหวะของแพกเก็ตข้อมูลทาง

ปัจจุบันข้อมูลที่ถูกส่งผ่านระบบสื่อสารสัญญาณส่วนใหญ่มักจะใช้เส้นใยแก้วนำแสง ซึ่งสามารถนำแสงเข้ามาได้ด้วยอัตราที่สูงมาก แม้ว่าเทคโนโลยีการสวิตช์ทางอิเล็กทรอนิกส์สามารถที่จะสวิตช์ข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงอย่างมากแล้วก็ตาม แต่สวิตช์ทางอิเล็กทรอนิกส์ก็มีความเป็นไปได้ที่จะไม่สามารถรองรับหรือสนับสนุนต่อแบนด์วิดท์ที่เส้นใยแก้วนำแสงสามารถมีให้ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่แบนด์วิดท์ของการสื่อสารสัญญาณของสวิตช์จะต้องเข้ากันได้กับแบนด์วิดท์ที่เส้นใยแก้วนำแสงสามารถมีให้ได้ การสวิตช์ทางแสงโดยไม่มีการแปลงสัญญาณข้อมูลแสงไปเป็นไฟฟ้าหรือจากสัญญาณไฟฟ้ากลับไปเป็นสัญญาณแสงจึงจำเป็นต่อความต้องการ

2.2 แนวคิดของสวิตช์

2.2.1 การกบฏล็อกภายใน (Internal Link Blocking)

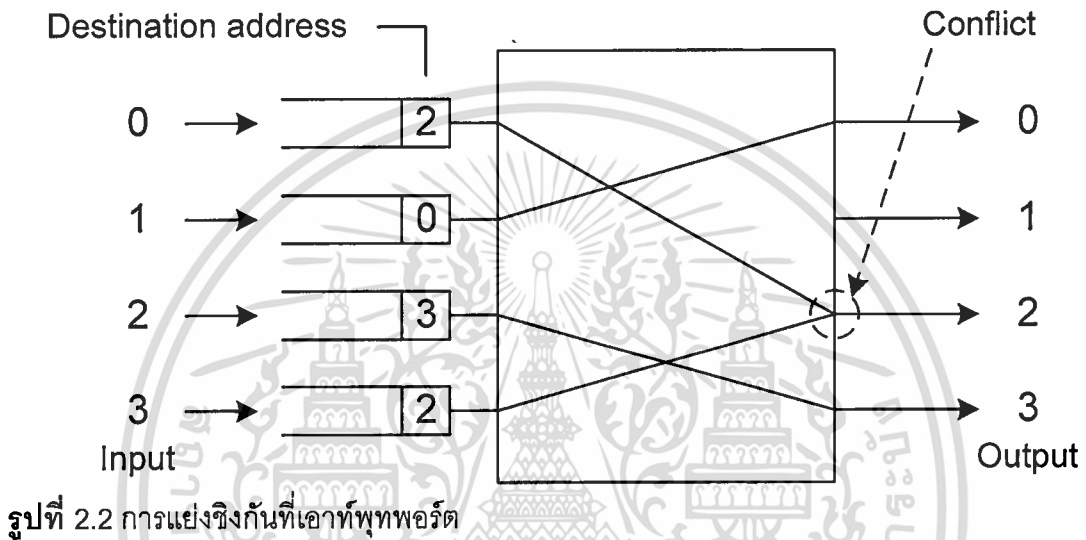
เมื่อเซลล์ถูกระบุเส้นทางไปยังสวิตช์ อาจเกิดปัญหาของการแย่งชิงเกิดขึ้นเนื่องจากมีตั้งแต่ 2 เซลล์ขึ้นไปแย่งกันเพื่อจะออกไปยังพอร์ตเดียวกัน การกบฏล็อกภายในก็เหมือนกัน จะเกิดขึ้นเมื่อมีหลายเซลล์แย่งการเชื่อมโยงกัน ณ เวลาเดียวกันภายในสวิตช์ตามรูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นเรื่องปกติที่เกิดขึ้นในสวิตช์ที่เป็นมีพื้นฐานมาจากการมัลติเพลกซ์แบบ space-division เมื่อการเชื่อมโยงทางกายภาพมีการทำงานร่วมกับแบบหลายการเชื่อมโยงระหว่างอินพุตและเอาต์พุตพอร์ต ดังนั้นสวิตช์ที่มีการบล็อก (Blocking switch) ก็คือสวิตช์ที่มีการบล็อกภายใน ส่วนสวิตช์ที่ไม่มีการบล็อกภายในเรียกว่า Nonblocking switch การแย่งชิงภายในจะถูกจัดการโดยวางบัฟเฟอร์เข้าไปยังจุดที่มีการแย่งชิงกัน ซึ่งการวางบัฟเฟอร์ภายในจะทำให้เพิ่มเวลาในการประวิงแต่จะลดทกรูทลง



รูปที่ 2.1 การบล็อกภายใน มี 2 เซลล์ที่ถูกส่งไปยังพอร์ตที่ 4 และ 5 จะมีการบล็อกภายใน

2.2.2 การแย่งชิงกันที่เอาต์พุทพอร์ต (Output Port Contention)

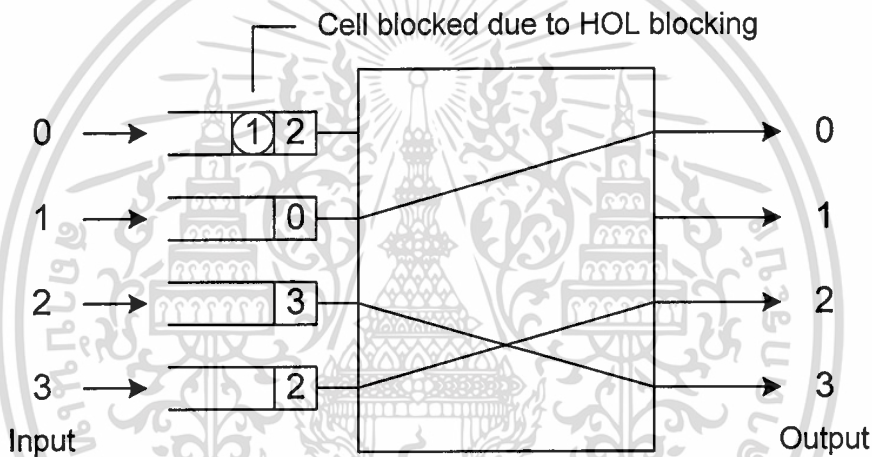
การแย่งชิงกันที่เอาต์พุทเกิดขึ้นเมื่อมีตั้งแต่ 2 เซลล์ขึ้นไปจากอินพุทพอร์ตที่ต่างกัน มาถึงพร้อมกันยังเอาต์พุทพอร์ต ดังรูปที่ 2.2 หนึ่งเอาต์พุทพอร์ตสามารถส่งข้อมูลได้เพียงหนึ่งเซลล์เท่านั้นต่อช่วงเวลา ดังนั้นเซลล์อื่นที่เหลือจะถูกทำเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ หรือเกิดการสูญหาย ในสวิตช์ที่มีเอาต์พุทบัฟเฟอร์ ตัวบัฟเฟอร์จะถูกวางที่แต่ละเอาต์พุทเพื่อเก็บเซลล์ที่ถูกส่งออกของเอาต์พุทพอร์ตนั้น



2.2.3 การบล็อกที่ส่วนหัว (Head-of-Line Blocking)

อีกทางเลือกหนึ่งในการแก้ไขปัญหาการแย่งชิงกันที่เอาต์พุทพอร์ตคือการวางบัฟเฟอร์ไว้ที่แต่ละอินพุทพอร์ต และการเลือกเพียงเซลล์เดียวเท่านั้นสำหรับเอาต์พุทพอร์ตในบรรดาเซลล์ที่ถูกระบุไปยังเอาต์พุทพอร์ตนั้นๆก่อนการส่งเซลล์ สวิตช์ชนิดนี้เรียกว่าสวิตช์ที่มีการทำบัฟเฟอร์ที่อินพุท (Input-buffered switch) จะมีตัวตัดสินใจว่าจะเลือกเซลล์ไหนให้ส่งไปยังเอาต์พุท การตัดสินใจนี้อาจใช้หลักการบุริมสิทธิ (Priority) หรือการประทับเวลา (Timestamp) หรือการสุ่ม ตัวช่วยในการตัดสินใจมีหลายแบบ เช่น การสงวนวงแหวน (Ring reservation) การเรียงลำดับและตัดสินใจ (Sort-and-arbitrate) กำหนดเส้นทางและตัดสินใจ (Route-and-arbitrate) แบบสงวนวงแหวนอินพุทพอร์ตจะถูกเชื่อมกันผ่านวงแหวน ซึ่งใช้สำหรับร้องขอที่จะเข้าไปยังเอาต์พุทพอร์ต สำหรับสวิตช์ที่เป็นแบบมีตัวช่วยในการเรียงลำดับ เซลล์ทั้งหมดที่ร้องขอไปยังเอาต์พุทพอร์ตเดียวกันจะเรียงติดกันหลังจากทำการเรียงลำดับข้อมูลแล้ว สำหรับการกำหนดเส้นทางและตัดสินใจ เซลล์จะถูกระบุเส้นทางและผ่านเข้าไปยังสวิตช์และตัวจับการแย่งชิงกันที่ตำแหน่งที่มีการแย่งชิงกัน

ปัญหาที่ทราบกันดีในสวิตช์แบบที่มีอินพุทเพียงอย่างเดียวที่มีการให้บริการแบบเข้าก่อนออกก่อน (First-in-first-out หรือ FIFO) อินพุทบัฟเฟอร์จะมีปัญหาเรื่องการถูกบล็อกที่หัว (Head-of-line หรือ HOL) ปัญหานี้เกิดขึ้นเมื่อเซลล์ถูกขัดขวางจากการบรรจุไปยังเอาต์พุทที่ว่าง เนื่องจากเซลล์อื่นที่อยู่ข้างหน้าในบัฟเฟอร์ไม่สามารถส่งผ่านไปในสวิตช์ได้ ดังที่แสดงในรูปที่ 2.3 เซลล์ที่อยู่หลังจากเซลล์ HOL ที่อินพุทพอร์ตที่ 0 ซึ่งถูกกำหนดให้ไปยังเอาต์พุทพอร์ตที่ 1 ที่ยังว่างอยู่ แต่ยังไม่สามารถออกไปได้เนื่องจากยังมีเซลล์ที่อยู่ข้างหน้าซึ่งถูกกำหนดให้ไปยังเอาต์พุทพอร์ตที่ 2 แต่ยังไม่สามารถสวิตช์ออกไปได้เพราะมีเซลล์ที่ต้องการสวิตช์ไปยังเอาต์พุทพอร์ตที่ 2 ในเวลานั้นเนื่องจากมีเกิดการบล็อกที่ HOL ดังนั้นจะมีทราฟฟิกของสวิตช์ที่มีอินพุทบัฟเฟอร์สูงสุด 58.6 เปอร์เซ็นต์



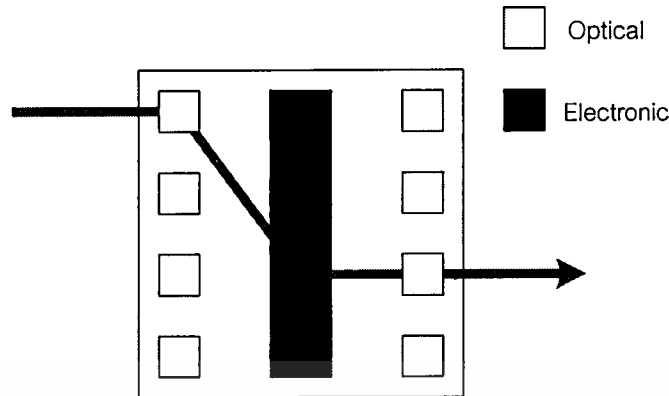
รูปที่ 2.3 การบล็อกที่ส่วนหัว

2.3 ประเภทของสวิตช์แสง

2.3.1 สวิตช์แบบแสง-ไฟฟ้า-แสง (OEO)

สวิตช์แบบนี้ สัญญาณข้อมูลแสงที่เข้ามายังสวิตช์จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณข้อมูลทางไฟฟ้าเพื่อทำการประมวลผลทางอิเล็กทรอนิกส์ แล้วแปลงกลับเป็นสัญญาณทางแสงอีกครั้งหนึ่งเพื่อส่งออกไปยังนอกสวิตช์ดังรูปที่ 2.4

ข้อดีของสวิตช์ชนิด แสง-ไฟฟ้า-แสง คือ เนื่องมีการแปลงสัญญาณแสงที่เข้ามาให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าก่อน ทำให้สัญญาณที่ถูกส่งไปยังนอกสวิตช์มีความสมบูรณ์ทางดิจิทัล กล่าวคือ จะมีการสร้างสัญญาณใหม่ที่มีการทวนสัญญาณทั้งทางรูปร่างของสัญญาณ และจังหวะของสัญญาณ แต่สวิตช์ชนิดนี้จะมีข้อเสียคือ ส่วนที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ไม่สามารถรองรับการสื่อสารที่มีความเร็วสูงได้เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องความเร็วทางอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 2.4 สวิตช์ทางแสงชนิด แสง-ไฟฟ้า-แสง (OEO)

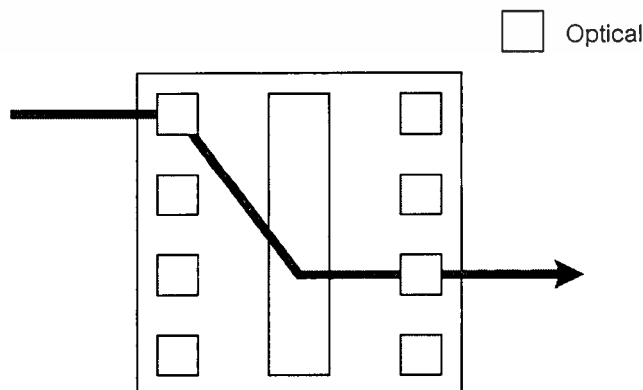
ในปัจจุบันแนวโน้มของอัตราความเร็วในการสื่อสารเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเทคโนโลยีโทรคมนาคม การที่ยังคงต้องใช้สวิตช์แบบแสง-ไฟฟ้า-แสงอยู่นั้นจำเป็นต้องใช้โปรโตคอลในการจัดการที่เหมาะสม

2.3.2 สวิตช์แบบที่ใช้อุปกรณ์ทางแสงเพียงอย่างเดียว (OOO)

สวิตช์แบบนี้เป็นสวิตช์แบบที่ใช้สัญญาณแสงทั้งหมด เปรียบได้กับอุปกรณ์ที่เป็นแบบอนาล็อกทั้งหมด ซึ่งทั้งทางด้านอินพุตและเอาต์พุตจะมีการจัดการเฉพาะทางแสงเท่านั้นดังรูปที่

2.5

เนื่องจากสวิตช์ชนิดนี้ใช้อุปกรณ์ทางแสงเพียงอย่างเดียวมีข้อดีคือสามารถรองรับปริมาณข้อมูลได้มหาศาล และมีความเร็วสูงกว่าสวิตช์แบบแสง-ไฟฟ้า-แสง และใช้การขยายสัญญาณแทนการสร้างสัญญาณใหม่จากตัวกำเนิดสัญญาณใหม่ (regenerator) แต่เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในสวิตช์แบบนี้เป็นแบบอนาล็อก จึงสามารถตรวจจับอัตราความผิดพลาดบิตได้ด้วยวิธีการทั่วไปได้ง่าย



รูปที่ 2.5 สวิตช์แบบที่ใช้อุปกรณ์ทางแสงเพียงอย่างเดียว (OOO)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โครงสร้างและการแก้ไขปัญหาการแย่งชิงของแพ็กเก็ตในสวิตช์

โครงสร้างของสวิตช์ทางแสงแบบแพ็กเก็ตสวิตช์ประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลักๆดังนี้

1. การเชื่อมต่อทางด้านอินพุท ในส่วนนี้จะทำการเข้าจังหวะ และทำการแยกสายละเอียดของแพ็กเก็ตข้อมูล
2. โครงสร้างสวิตช์ ทำหน้าที่กำหนดเส้นทางให้กับแพ็กเก็ตต่างๆสามารถเชื่อมต่อไปยังเอาต์พุทที่ถูกต้องได้ และทำการแก้ไขปัญหาการแย่งชิงของแพ็กเก็ต
3. ส่วนควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมโครงสร้างของการสวิตช์ข้อมูล โดยใช้ข้อมูลจากส่วนหัวของแพ็กเก็ต
4. การเชื่อมต่อทางด้านเอาต์พุท จะทำการจัดการการเข้าจังหวะทางด้านเอาต์พุท และสร้างข้อมูลกลับขึ้นมาใหม่ และทำการเขียนส่วนหัวของแพ็กเก็ตขึ้นมาใหม่

ในการสร้างสวิตช์ทางแสงแบบแพ็กเก็ตสวิตช์นั้นยังมีข้อจำกัดทางเทคนิคอยู่บางประการ เช่น ไม่มีหน่วยความจำทางแสงในการทำบัฟเฟอร์ ทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหานี้คือ การใช้สายใยแก้วประวิง หรือ Fiber Delay Lines (FDLs) ซึ่งใช้ความยาวของเส้นใยแก้วนำแสงและการประวิงการแพร่กระจาย (Propagation Delay) ซึ่งเกิดจากความเร็วของแสงเพื่อเก็บข้อมูลทางแสงนี้ไว้

อย่างไรก็ตามทั้งสวิตช์แบบแสง-ไฟ-แสง และสวิตช์แบบที่ใช้อุปกรณ์แสงเพียงอย่างเดียว ยังมีปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างหนึ่งคือ การแย่งชิงกันของข้อมูลดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น จึงต้องมีวิธีการที่จะแก้ไขปัญหานี้

ในโครงข่ายแพ็กเก็ตสวิตช์ทางแสง ข้อมูลแพ็กเก็ตแต่ละแพ็กเก็ตจะส่งผ่านไปยังสวิตช์ย่อยๆต่างๆไปจนถึงปลายทางที่ต้องการ เมื่อแพ็กเก็ตข้อมูลได้ถูกสวิตช์ไปยังเอาต์พุทอาจจะมีการแย่งชิงกันของแพ็กเก็ตข้อมูลเกิดขึ้นได้หากมีแพ็กเก็ตมากกว่าหนึ่งแพ็กเก็ตขึ้นไปพยายามที่จะสวิตช์ออกไปยังเอาต์พุทเดียวกันในเวลาพร้อมกัน ในการแก้ปัญหการแย่งชิงกันของแพ็กเก็ตข้อมูลนั้นจะส่งผลอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพของโครงข่าย วิธีการแก้ไขการแย่งชิงกันของแพ็กเก็ตข้อมูลให้กับแพ็กเก็ตสวิตช์ทางแสงมีอยู่ 3 แบบหลัก ดังนี้คือ

1. การทำบัฟเฟอร์ทางแสง (optical buffering)
2. การกำหนดเส้นทางการหักเหของแพ็กเก็ตข้อมูลแสง (deflection routing)
3. การเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นแสง (wavelength conversion)

2.4.1 การทำบัฟเฟอร์ทางแสง

การแย่งชิงกันของแพ็กเก็ตข้อมูลในอุปกรณ์จัดวางเส้นทาง (router) ทางอิเล็กทรอนิกส์นั้นสามารถแก้ไขได้โดยวิธีการเก็บและป้อนไปข้างหน้า (store-and forward) ซึ่งหมายความว่าแพ็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดต่างๆที่อยู่ในช่วงที่เกิดการแย่งชิงกันของข้อมูลนั้นจะถูกเก็บไว้ชั่วคราวในคิวของบัฟเฟอร์แล้ว จึงถูกส่งออกไปที่เอาต์พุตที่ต้องการทีละ 1 แพคเกจ ซึ่งหลักการดังนี้สามารถทำได้หากเรามี หน่วยความจำทางอิเล็กทรอนิกส์ (RAM) แต่ในการสวิตช์ทางแสงแบบแพคเกจสวิตช์นั้น จำเป็นต้องใช้วิธีที่แตกต่างออกไปเพื่อใช้สำหรับจัดคิวแพคเกจที่เรากำลังต้องการ ด้วยเหตุผลที่ว่าในปัจจุบันนี้ยังไม่มีเทคโนโลยีหน่วยความจำทางแสงที่สามารถรองรับความต้องการดังกล่าวได้ ความแตกต่างอย่างหลักระหว่างหน่วยความจำทางอิเล็กทรอนิกส์และหน่วยความจำทางแสงหรือ บัฟเฟอร์ทางแสงก็คือ บัฟเฟอร์ทางแสงนั้นจะถูกสร้างขึ้นมาจากเส้นใยแก้วนำแสงแบบสายประวง ซึ่งก็คือเส้นใยแก้วนำแสงที่มีค่าความยาวที่แน่นอนค่าหนึ่ง เมื่อแพคเกจข้อมูลทางแสงนั้นถูกส่งเข้ามา ยังเส้นใยแก้วนำแสงแบบสายประวงนี้แล้ว มันจะถูกส่งออกมาที่อีกปลายด้านหนึ่งของเส้นใย แก้วนำแสงหลังจากผ่านช่วงเวลาที่มีแน่นอนช่วงหนึ่งไปแล้ว โดยที่เราไม่สามารถจะรับแพคเกจทาง แสงนี้ได้ก่อนหน้านั้น

บัฟเฟอร์ที่ทำมาจากเส้นใยแก้วนำแสงแบบสายประวงนี้ ได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. feed-forward หรือ ประเภทป้อนไปข้างหน้า
2. feedback หรือ ประเภทป้อนวนกลับ

ในบัฟเฟอร์ทางแสงประเภท feed-forward นั้น จะประกอบไปด้วยเส้นใยแก้วนำแสงแบบสาย ประวง ที่มีความยาวแตกต่างกันทำงานร่วมกับสวิตช์ทางแสงต่างๆ เวลาที่ใช้ในการเก็บแพคเกจ ทางแสงจะถูกกำหนดได้โดยความยาวของเส้นใยแก้วนำแสงแบบสายประวง ในรูปแบบนี้ถ้าหาก เราต้องการเพิ่มปริมาณเวลาในการประวง เราก็จะต้องเพิ่มจำนวนของเส้นใยแก้วนำแสงแบบสาย ประวงและขนาดของสวิตช์ทางแสงด้วย บัฟเฟอร์ทางแสงอีกประเภทหนึ่งก็คือ บัฟเฟอร์ทางแสง แบบ feedback ซึ่งจะมีความยาวรอบที่มีเวลาในการวนกลับของแพคเกจทางแสงเท่ากับเวลาในการ เดินทางของแพคเกจ 1 แพคเกจในช่วงเวลา 1 รอบเวลา ในบัฟเฟอร์ทางแสงประเภทนี้จะมีความ ชับซ้อนมากกว่า เมื่อมีความต้องการในการที่จะเพิ่มจำนวนเวลาในการประวงโดยการวนกลับใน วงรอบ อย่างไรก็ตามสัญญาณทางแสงของแพคเกจทางแสงก็ต้องถูกขยายเพิ่มไปด้วยใน ระหว่างที่มีการวนวงรอบแต่ละวงรอบเพื่อที่จะชดเชยการสูญเสียทางกำลังงาน ซึ่งข้อนี้เองทำให้ เกิดสัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับขยายสัญญาณทางกำลังของแสง (optical amplifier) และทำให้เกิดการกระเพื่อมขึ้นของสัญญาณ ซึ่งในที่สุดก็จะทำให้เกิดการจำกัดค่าเวลาในการ ประวงสูงที่สุดของบัฟเฟอร์ทางแสงนี้ได้ การทำบัฟเฟอร์ทางแสงนี้มีปัญหามากมาย เนื่องมาจาก ว่ามันจำเป็นต้องการใช้อุปกรณ์ที่มีความซับซ้อนอย่างมาก ปัญหาเหล่านี้รวมไปถึงการสูญเสีย ต่างๆ ภายในเส้นใยแก้วนำแสงแบบสายประวงและสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมต่อ อุปกรณ์ขยายสัญญาณหลายๆตัวเข้าด้วยกัน จึงได้มีการพัฒนาเทคนิค 2 เทคนิคขึ้นมาเพื่อ

หลีกเลี่ยงหรือลดปัญหาต่างๆในการทำบัฟเฟอร์ทางแสง โดยที่เทคนิคที่ถูกพัฒนาขึ้นมาดังกล่าวก็คือ การกำหนดเส้นทางการเหของแพกเก็ตข้อมูลแสง และการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นแสง

สถาปัตยกรรมการทำบัฟเฟอร์ทางแสงนั้น สามารถทำได้เหมือนกับสถาปัตยกรรมการทำบัฟเฟอร์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นเพื่อให้ง่ายจึงใช้การเปรียบเทียบกับการทำบัฟเฟอร์ทางอิเล็กทรอนิกส์ทำให้สามารถจำแนกแบบสถาปัตยกรรมการทำบัฟเฟอร์ทางแสงได้หลักๆดังนี้

1. การทำอินพุตบัฟเฟอร์ (input buffering)
2. การทำเอาต์พุตบัฟเฟอร์ (output buffering)
3. การทำแชร์บัฟเฟอร์ (shared buffering)
4. การทำพาร์เชียลแชร์บัฟเฟอร์ (partially shared buffering)

2.4.2 การกำหนดเส้นทางการหักเหของแพกเก็ตข้อมูลแสง

ในวิธีการกำหนดเส้นทางการเหของแพกเก็ตข้อมูลแสงนั้น พวกแพกเก็ตทางแสงที่เกิดการชนกันขึ้นจะถูกกำหนดให้หักเหออกไปยังเอาต์พุตที่ยังไม่ถูกกำหนด และที่เหลือก็คือต้องพยายามไปให้ถึงโหนดปลายทางที่กำหนดไว้โดยเส้นทางเพื่อเลือกให้ได้ นี่ทำให้ง่ายต่อการนำมาทำให้เป็นฮาร์ดแวร์ (hardware) เมื่อเปรียบเทียบกับการทำบัฟเฟอร์ทางอิเล็กทรอนิกส์แล้ว ข้อเสียของการวางเส้นทางให้กับแพกเก็ตทางแสงให้ไปผิดที่นั่นก็คือจะมีเวลาการประวิงเกิดขึ้นมากกว่า และแพกเก็ตสวิตช์นี้จะให้วิสัยสามารถได้น้อยกว่า เพื่อที่จะแก้ไขปัญหานี้ จึงได้มีการนำเอาบัฟเฟอร์ทางแสงขนาดเล็กมาใช้ในการกำหนดเส้นทางการเห อันทำให้วิธีการกำหนดเส้นทางการเห สามารถถูกออกแบบได้ในหลายๆทางเลือก แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นเช่นการจัดเรียงลำดับแพกเก็ตใหม่ (packet reordering) และการวนวงรอบไม่สิ้นสุด (deadlock) ก็ยังคงเป็นปัญหาสำคัญๆที่ต้องพิจารณาแก้ไขกันต่อไป

2.4.3 การเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นแสง

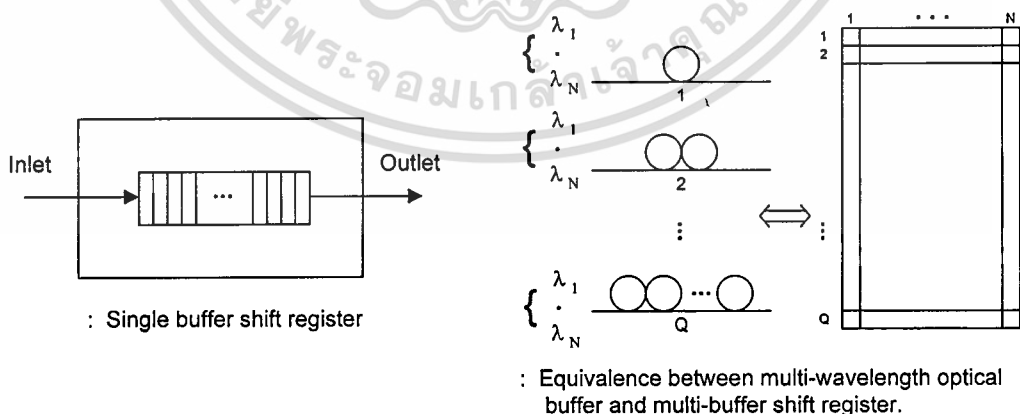
การเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นแสง สามารถนำมาใช้เพื่อลดจำนวนของบัฟเฟอร์ทางแสงที่จะนำมาใช้ การชวงชิงกันของข้อมูลแพกเก็ตทางแสงระหว่างแพกเก็ต 2 แพกเก็ต สามารถถูกแก้ไขได้โดยการส่งแพกเก็ตทางแสงทั้งสองนั้นออกไปด้วยความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน วิธีการที่ใช้ในสวิตช์แบบ wavelength switched packet network (WASPNET) นั้นรวมเอาบัฟเฟอร์ทางแสงที่ทำมาจากเส้นใยแก้วนำแสงแบบสายประวิงแบบบ่อนวนกลับที่มี arrayed waveguide grating (AWGs) เข้าไว้ด้วยกัน การใช้การเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นแสงนั้นยังมีการระงับสัญญาณรบกวน (noise suppression) และการทวนจัดรูปร่างของสัญญาณ (signal reshaping) ด้วย ในอนาคตอาจจะเป็นไปได้ที่จะรวมเอาทั้งบัฟเฟอร์ทางแสง, การกำหนดเส้นทางการเหของแพกเก็ต

ข้อมูลแสง และการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นแสงเข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งอาจนำไปสู่ทางแก้ปัญหาการ
 ชวงชิงกันของข้อมูล ซึ่งเป็นผลทำให้ได้อุปกรณ์ที่มีราคาต่ำและยังคงให้สมรรถนะของโครงข่ายที่ดี

2.5 บัฟเฟอร์ทางแสงและหลักการทำงาน

ในสวิตช์ทางอิเล็กทรอนิกส์มีการแก้ไขปัญหาการแย่งชิงของแพคเกจต์โดยการให้บัฟเฟอร์
 ทางอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อทำการเก็บข้อมูลไว้ชั่วคราว และทำการส่งออกไปยังเอาต์พุตที่ต้องการใน
 เวลาถัดไปเมื่อเอาต์พุตนั้นว่าง แต่ในสวิตช์ทางแสงนั้น จะมีการจัดการทางแสงเพียงอย่างเดียว ไม่
 มีการแปลงสัญญาณจากแสงเป็นไฟฟ้า หรือ แปลงจากไฟฟ้าเป็นแสง จึงจำเป็นต้องมีบัฟเฟอร์ทาง
 แสงเพื่อทำการเก็บข้อมูลแทนบัฟเฟอร์ทางอิเล็กทรอนิกส์ แต่ในปัจจุบันยังไม่มีหน่วยความจำที่มี
 ความสามารถเหมือนหน่วยความจำทางอิเล็กทรอนิกส์ จึงต้องมีการนำเอาเส้นใยแก้วที่มีความยาว
 ต่างๆ และอุปกรณ์อื่นๆมาช่วยเพื่อทำให้เกิดการประวิงขึ้น

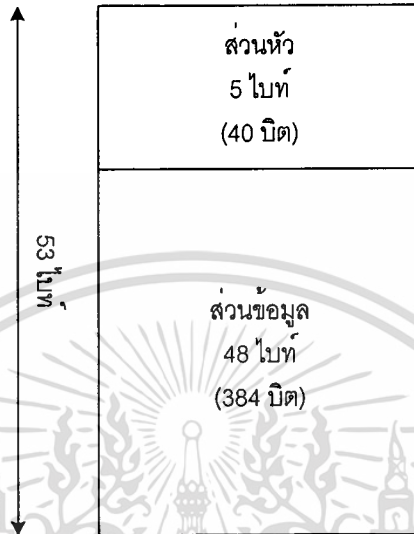
ดังที่กล่าวไปข้างต้นแล้วว่า จุดประสงค์หลักของการทำบัฟเฟอร์ทางแสงคือ เพื่อให้
 สามารถเก็บข้อมูลทางแสงได้ แต่เนื่องจากข้อมูลทางแสงไม่สามารถหยุดนิ่งได้ จึงต้องใช้วิธีการ
 ประวิงสัญญาณแสงแทน ซึ่งบัฟเฟอร์ทางแสงนี้ถูกสร้างมาจากกลุ่มของสายประวิง (Fiber Delay
 Lines หรือ FDLs) ที่มีความยาวต่างกันซึ่งถูกใช้เพื่อให้แสงเดินทางอยู่ใน FDLs ตามช่วงเวลา
 กำหนด ซึ่งหลักการโดยทั่วไปของบัฟเฟอร์ทางแสงนี้จะคล้ายกับหลักการของบัฟเฟอร์ทาง
 อิเล็กทรอนิกส์ กล่าวคือข้อมูลจะถูกประวิงไว้ชั่วขณะก่อนที่จะถูกส่งออกไปที่ละ 1 แพคเกจต์ ซึ่ง
 เวลาที่ใช้ในการประวิงจะขึ้นอยู่กับความยาวของสายประวิง การเรียงลำดับของข้อมูลในบัฟเฟอร์
 แสงเป็นไปดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การเรียงลำดับแพคเกจต์ในบัฟเฟอร์แสง

2.5.1 ตัวอย่างการคำนวณความยาวของสายประวิง

เมื่อข้อมูลอยู่ในรูปแบบของ ATM ซึ่งมีโครงสร้างข้อมูลดังรูปที่ 2.7 ที่มีอัตราความเร็วในการส่งข้อมูล 2.488 Gb/s



รูปที่ 2.7 แพกเก็ตที่มีโครงสร้างพื้นฐานของข้อมูลแบบ ATM

ข้อมูล 1 เซลล์ (48 ไบท์ หรือ 384 บิต) จะใช้เวลาในการส่ง $\frac{384}{2.488 \text{ Gb}} = 154.34 \text{ ns}$

เมื่อแสงมีความเร็วในการเดินทางภายในเส้นใยแก้วแบบซิลิกา 2×10^8 เมตร/วินาที

ดังนั้นจะต้องใช้ความยาวของสายประวิง $154.34 \text{ ns} \times 2 \times 10^8 = 30.9$ เมตร

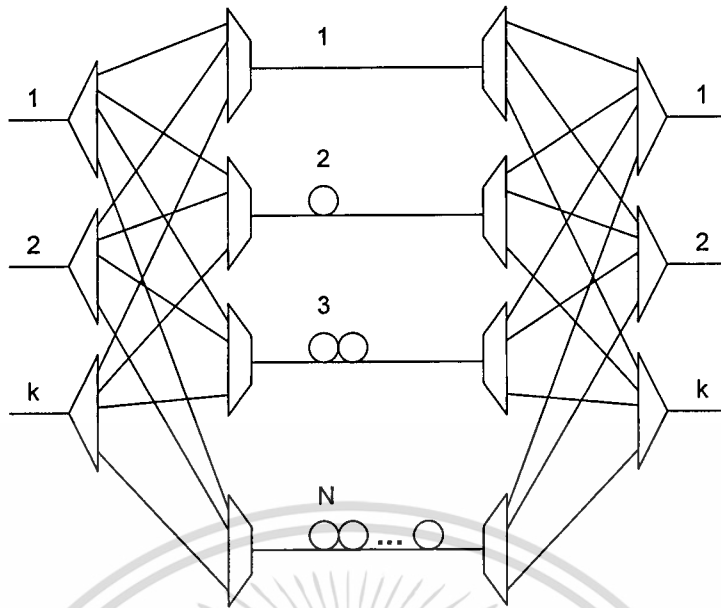
2.5.2 การแบ่งประเภทของบัฟเฟอร์ทางแสง

บัฟเฟอร์ทางแสงที่ทำจากสายประวิง (FDLs) สามารถแบ่งประเภทตามได้ 2 ประเภทดังนี้

1. Feed-Forward Delay Line
2. Feed-Backward Delay Line

2.5.2.1 Feed-Forward Delay Line

บัฟเฟอร์ชนิดนี้สามารถเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Fixed Delay Line สร้างจากสวิตช์ขนาด 2×2 ต่อแบบอนุกรมกันโดยใช้สายประวิงในการเชื่อมต่อกันระหว่างสวิตช์ มีลักษณะดังรูปที่ 2.8 เวลาที่ใช้ในการประวิงจะถูกกำหนดโดยสวิตช์ ซึ่งสามารถส่งข้อมูลไปยังสายประวิงที่มีระยะเวลาการประวิงตามที่ต้องการ มีลักษณะการทำงานดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.8 บัฟเฟอร์แบบ Feed-Forward Delay Line

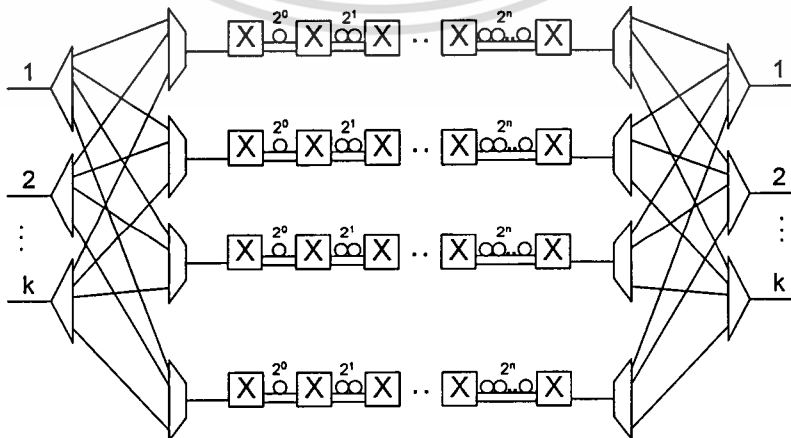


รูปที่ 2.9 การทำงานของ Feed-Forward delay line

2.5.2.2 Feed-Backward Delay Line

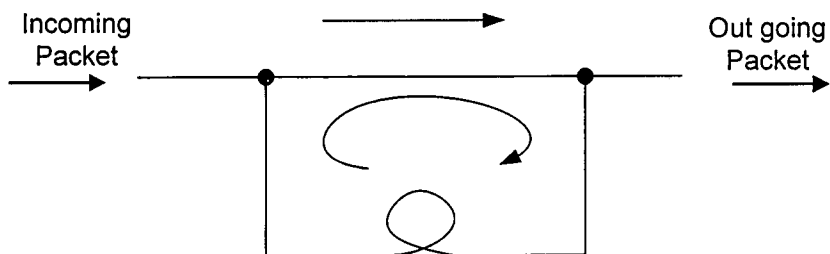
เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Variable Delay Line โครงสร้างของบัฟเฟอร์ชนิดนี้จะมีการนำเอาสายประวิงทางด้านเอาต์พุตย้อนกลับเข้ามาทางอินพุตดังรูปที่ 2.10 ทำให้แพคเกจมีการประวิงได้แบบไม่จำกัด เนื่องจากสามารถกำหนดให้แพคเกจควมอยู่ในสายประวิงได้ มีการทำงานดังรูปที่

2.11



รูปที่ 2.10 บัฟเฟอร์แบบ Feed-Backward Delay Line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การทำงานของ Feed-Backward Delay Line

2.6 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงความรู้พื้นฐานรวมทั้งการทำงานของสวิตช์และบัฟเฟอร์ทางแสง และการแบ่งแยกประเภทออกเป็นชนิดต่างๆ อีกทั้งยังได้กล่าวถึงสาเหตุของการบล็อกและการแย่งชิงกันของแพคเกจ รวมทั้งการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงการทำบัฟเฟอร์แสงซึ่งต้องใช้เส้นใยแก้วชนิดสายประวิงในการทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

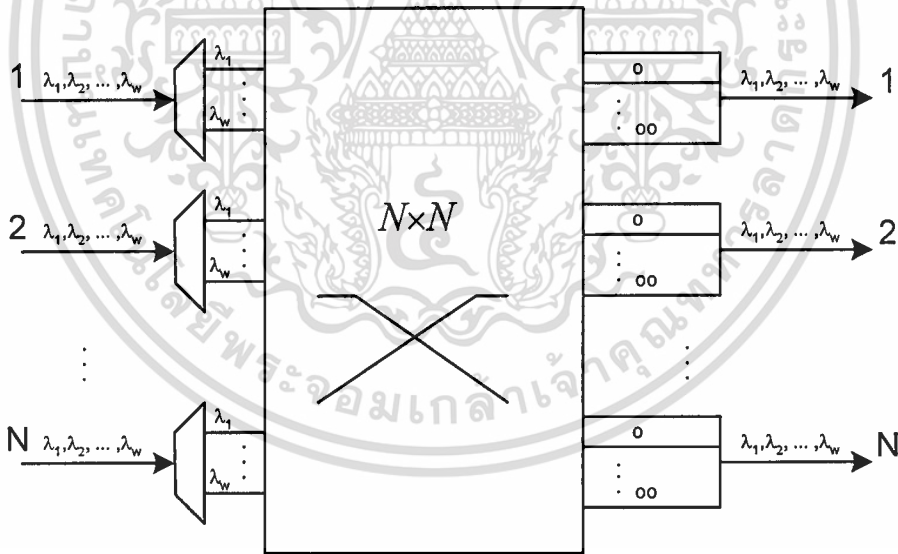
บทที่ 3

คุณสมบัติของบัฟเฟอร์ชนิดต่างๆในสวิตช์ของระบบเน็ตเวิร์ค
เน็ตเวิร์ค

3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงลักษณะบัฟเฟอร์ชนิดต่างๆในสวิตช์ของระบบเน็ตเวิร์ค ซึ่งจะมีอยู่ 3 ประเภทที่สำคัญคือ เอาท์พุทบัฟเฟอร์ อินพุทบัฟเฟอร์ และแชร์บัฟเฟอร์ นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์นำเอาเอาท์พุทบัฟเฟอร์มาใช้งานร่วมกับกับแชร์บัฟเฟอร์ ซึ่งบัฟเฟอร์แบบนี้จะเรียกว่า พาเซี่ยลลิแชร์บัฟเฟอร์ นอกจากนี้ลักษณะโดยทั่วไปแล้วยังจะกล่าวถึงทฤษฎีและการคำนวณคุณสมบัติต่างๆทั้งโอกาสของการสูญหายของแพคเกจและค่าการประวิงเฉลี่ย รวมถึงตัวอย่างการคำนวณอีกด้วย

3.2 เอาท์พุทบัฟเฟอร์

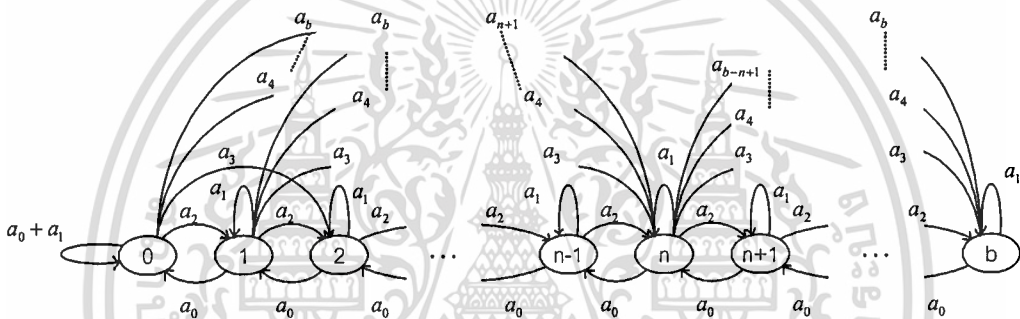


รูปที่ 3.1 สวิตช์ที่มีเอาท์พุทบัฟเฟอร์

เมื่อแพคเกจที่เข้ามาถึงสวิตช์ถูกสวิตช์ไปยังเอาท์พุท แต่ละเอาท์พุทต้องการบัฟเฟอร์ดังที่แสดงในรูปที่ 3.1 เพื่อที่จะเก็บทราฟฟิคที่เข้ามามากกว่า 1 แหล่งกำเนิดในเวลาเดียวกัน ซึ่งเอาท์พุทบัฟเฟอร์จะถูกบรรจุอยู่ทุกๆเอาท์พุทพอร์ต บัฟเฟอร์จึงเปรียบเสมือนระบบการคิวซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราใช้โมเดลของมาคอฟในการวิเคราะห์ระบบ ให้ขนาดของแต่ละบัพเฟอร์สามารถรองรับแพกเก็ตที่เข้ามาได้ b แพกเก็ต ซึ่งหมายถึงแพกเก็ตสามารถสวิตช์เข้ามายังเอาท์พุทเดียวกันได้ b แพกเก็ต กำหนดให้ a_x คือโอกาสที่ x แพกเก็ตจะเข้ามา ถ้าให้สภาวะของระบบเขียนแทนจำนวนของแพกเก็ตในบัพเฟอร์ เราสามารถจำลองโดยการใช้อนุกรมการสมดุลงจากสภาวะการส่งผ่านข้อมูลดังรูปที่ 3.2 ได้ดังนี้ ที่สภาวะ n แพกเก็ตสามารถเข้ามาได้โดยตรงจากทุกสภาวะตั้งแต่สภาวะ 0 จนถึงสภาวะ $n+1$ และยังคงสภาวะที่มีจำนวนแพกเก็ต n จากสภาวะนี้ระบบอาจจะส่งต่อไปยังสภาวะ $n-1$ จนถึง b กล่าวคือ ตัวเลขของสภาวะของระบบคือจำนวนแพกเก็ตคงเหลือที่อยู่ในเอาท์พุทบัพเฟอร์นั่นเอง และความน่าจะเป็นสำหรับแต่ละการส่งผ่านถูกเขียนกำกับไว้บนลูกศรแต่ละเส้นในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนผังสภาวะการส่งผ่านข้อมูลสำหรับเอาท์พุทบัพเฟอร์

กำหนดให้ Q_m คือจำนวนแพกเก็ตที่อยู่ในช่วงเวลา m และให้ A_m เป็นจำนวนแพกเก็ตที่เข้ามาในช่วงเวลา m ซึ่ง Q_m สามารถหาได้ดังนี้

$$Q_m = \min\{\max(0, Q_{m-1} + A_{m-1}), b\} \tag{3.1}$$

เมื่อ $Q_{m-1} = 0$ และ $A_m > 0$ จะมีหนึ่งแพกเก็ตที่สามารถส่งผ่านในเวลาที่ m ได้ทันที ซึ่งก็คือแพกเก็ตจะไม่มีภาวะการประวิงเกิดขึ้น สำหรับกรณีที่จำนวนอินพุทเอาท์พุทพอร์ตและขนาดของเอาท์พุทบัพเฟอร์เป็นอนันต์ ขนาดของคิว Q_m สามารถหาได้จากการใช้คิวแบบ M/D/1 แต่สำหรับกรณีที่จำนวนอินพุทเอาท์พุทพอร์ตและขนาดของเอาท์พุทบัพเฟอร์มีจำนวนจำกัด สามารถหา Q_m ได้จากห่วงโซ่ของมาคอฟซึ่งมีการจัดคิวแบบ B/D/1 ดังรูปที่ 3.2 ซึ่ง $p_{ij} \triangleq \Pr[Q_m = j | Q_{m-1} = i]$ เป็นดังนี้

$$p_{ij} = \begin{cases} a_0 + a_1 & i=0, j=0 \\ a_0 & 1 \leq i \leq b, j=i-1 \\ a_{j-i+1} & 1 \leq j \leq b-1, 0 \leq i \leq j \\ \sum_{m=j-i+1}^N a_m & j=b, 0 \leq i \leq j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.2)$$

ถ้าเราพิจารณาแผนผังสภาวะการส่งผ่าน จะเห็นได้ว่าความน่าจะเป็นของการเข้ามาในสภาวะ 0 เป็น $(a_0 + a_1)p_0 + a_0p_1$ และว่าความน่าจะเป็นของการออกจากสภาวะ 0 เป็น $(a_0 + a_1)p_0 + (a_2 + a_3 + \dots + a_b)p_0$ จากทั้งสองนี้ เมื่อทำการสมดุลสมการในสภาวะคงตัว เราสามารถเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} (a_0 + a_1)p_0 + a_0p_1 &= (a_0 + a_1)p_0 + (a_2 + a_3 + \dots + a_b)p_0 \\ p_1 &= \frac{1}{a_0}(a_2 + a_3 + \dots + a_b)p_0 \end{aligned} \quad (3.3)$$

และจาก

$$\sum_{i=0}^b a_i = 1 \quad (3.4)$$

จากสมการที่ (3.1) เราสามารถเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$p_1 = \frac{1}{a_0}(1 - a_0 - a_1)p_0 \quad (3.5)$$

ในทำนองเดียวกัน เมื่อพิจารณาการไหลของความน่าจะเป็นที่สภาวะ 1 จะได้ดังนี้

$$p_2 = \frac{1}{a_0}\{(1 - a_1)p_1 - a_2p_0\} \quad (3.6)$$

ในสภาวะ n ซึ่ง $1 < n < b$ เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$p_{n+1} = \frac{1}{a_0} \left\{ (1-a_1)p_n - \sum_{i=2}^{n+1} a_i p_{n-i+1} \right\} \quad (3.7)$$

และในสภาวะ b เป็นดังนี้

$$p_b = \frac{1}{a_0} \sum_{j=1}^{b-1} \sum_{i=1}^j a_{b-i+1} p_j \quad (3.8)$$

ดังนั้นเราจะได้สมการทั้งหมด b สมการจากสมการที่ 3.3 ถึง 3.6 นอกจากนี้ยังต้องมีอีกสมการเพื่อที่จะวิเคราะห์ระบบได้คือ

$$p_0 = 1 - \sum_{i=1}^b p_i \quad (3.9)$$

สมมติให้แพกเก็ตที่เข้ามาเป็นแบบสุ่ม ดังนั้นความน่าจะเป็นของการส่งผ่านสามารถจำลองได้โดยใช้การกระจายแบบเบอร์นูลลี

$$a_i = \binom{N}{i} \left(\frac{\rho}{N} \right)^i \left(1 - \frac{\rho}{N} \right)^{N-i} \quad (3.10)$$

เมื่อ ρ คือความน่าจะเป็นที่จะมีแพกเก็ตเกิดขึ้นในสล็อตเมื่อจำนวนอินพุตมีค่าจำกัด เนื่องจากข้อมูลที่เข้ามาตั้งแต่ละเอาท์พุทคิวจะเป็นแบบเบอร์นูลลี จึงใช้การวิเคราะห์คิวแบบ $B/D/1$ ซึ่งตอนนี้เรามีสมการที่สามารถแก้ได้โดยวิธีทางตัวเลขที่ใช้ในการกระจายความน่าจะเป็นของระบบ เราสามารถคำนวณคุณสมบัติต่างๆได้

ความน่าจะเป็นที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหายเนื่องจากการล้นของบัฟเฟอร์สามารถหาได้จาก

$$p_{LOSS} = 1 - \frac{\rho_0}{\rho} \quad (3.11)$$

เมื่อ ρ_0 คือ normalized switch throughput สามารถหาได้จาก

$$\rho_0 = 1 - a_0 p_0 \quad (3.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราพิจารณาถึงค่าการประวิงเวลาเฉลี่ย ซึ่งก็คือค่าที่บ่งบอกการประวิงเวลาเนื่องมาจาก การให้บริการภายในบัฟเฟอร์ ในกรณีที่จำนวนอินพุตเอาต์พุตพอร์ตและขนาดของเอาต์พุต บัฟเฟอร์มีค่าจำกัด สามารถหาค่าการประวิงเวลาเฉลี่ยได้ดังนี้

$$\bar{W} = \frac{\bar{Q}}{\rho_0} = \frac{\sum_{n=1}^b np_n}{1 - a_0 p_0} \quad (3.13)$$

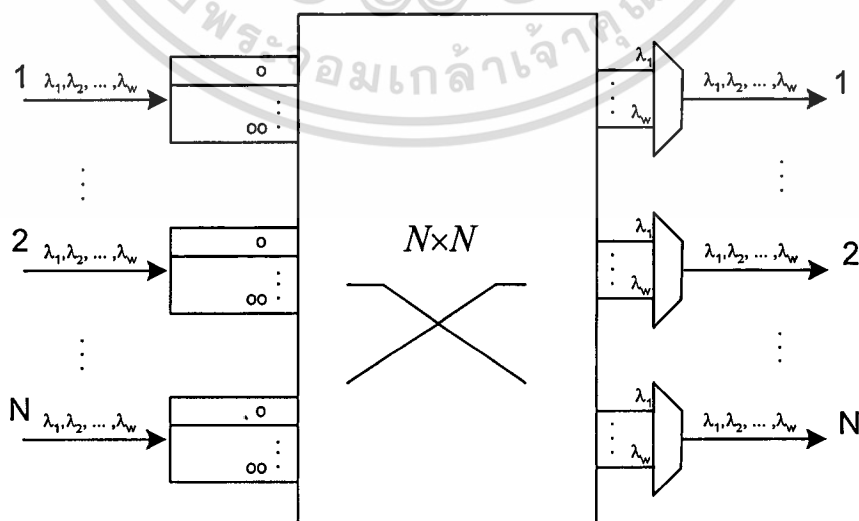
เมื่อขนาดของเอาต์พุตบัฟเฟอร์มีค่าเป็นอนันต์จะมีการจัดเรียงคิวแบบ $B/D/1$ ซึ่งค่าการประวิงเวลาเฉลี่ยจะเป็นดังนี้

$$\bar{W} = \frac{N-1}{N} \frac{\rho}{2(1-\rho)} \quad (3.14)$$

หากจำนวนอินพุตเอาต์พุตพอร์ตและขนาดของเอาต์พุตบัฟเฟอร์มีค่าเป็นอนันต์ ค่าการประวิง เวลาเฉลี่ยจะเป็นไปตามคิวแบบ $M/D/1$ ดังนี้

$$\bar{W} = \frac{\rho}{2(1-\rho)} \quad (3.15)$$

3.3 อินพุตบัฟเฟอร์



รูปที่ 3.3 สวิตช์ที่มีอินพุตบัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุตบัฟเฟอร์สามารถทำได้คล้ายกับเอาท์พุทบัฟเฟอร์ โดยทำการเปลี่ยนบัฟเฟอร์จากเอาท์พุทพอร์ตมาไว้ที่อินพุทพอร์ตดังรูปที่ 3.3 จากรูปสวิตช์จะทำการตรวจสอบแอดเดรสปลายทางสำหรับแพกเก็ตที่หัวของคิว จากนั้นจะทำการเชื่อมต่อไปยังปลายทางที่เหมาะสม และแพกเก็ตจะถูกผ่านออกไปยังเอาท์พุทพอร์ตของสวิตช์ถ้าความเร็วของเอาท์พุทหนึ่งหรือการให้บริการเพียงพอ แพกเก็ตจะไม่มีการประวิงเวลาในอินพุทคิว ดังนั้นระบบต้องการความเร็วอย่างน้อยเท่ากับผลรวมทั้งหมดของอัตราการส่งผ่านข้อมูลสำหรับทุกๆอินพุท สมมติให้ความเร็วของแต่ละอินพุทและสวิตช์มีค่าเท่ากัน สวิตช์จะมีทราฟฟิคสูงสุด ในการคำนวณจะสมมติให้ระบบอยู่ในสภาวะคงตัว ให้ A_m^i คือจำนวนแพกเก็ตที่เข้ามาใหม่ที่ต้นอินพุทในสล็อตที่ m มีปลายทางไปยังเอาท์พุท i และให้ B_m^i เป็นจำนวนแพกเก็ตที่ต้นอินพุทที่ไม่สามารถสวิตช์ในสล็อตที่ m

$$B_m^i = \max(0, B_{m-1}^i + A_m^i - 1) \quad (3.16)$$

ถ้าเราสมมติให้การเข้ามาของแพกเก็ตเป็นแบบไบนอมิเยล จะได้ดังนี้

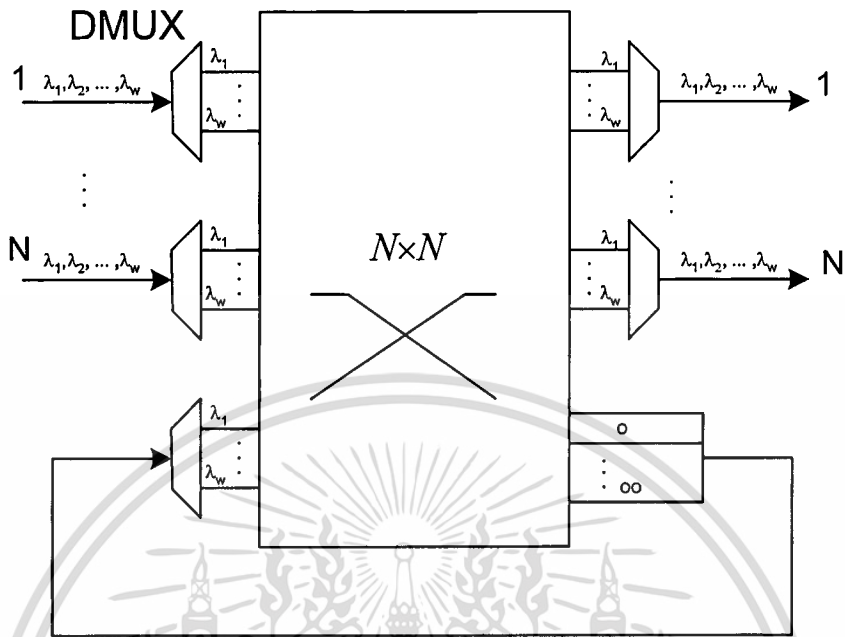
$$\Pr[A_m^i = k] = \binom{F_{m-1}}{k} \left(\frac{1}{N}\right)^k \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{F_{m-1}-k} \quad (3.17)$$

เมื่อ F_{m-1} เป็นจำนวนของอินพุทที่ว่างที่ปลายของสล็อตที่ $m-1$ พจน์ที่ $\frac{1}{N}$ คือโอกาสที่จะสำเร็จในการสวิตช์ เนื่องจากแต่ละแพกเก็ตที่หัวของคิวจำนวน N อินพุทจะถูกสวิตช์ไปยังเอาท์พุทหนึ่งใน N ในความน่าจะเป็นที่เท่ากัน

เมื่อจำนวนของแพกเก็ตที่เข้ามาเป็นแบบไบนอมิเยล จะมีการกระจายแบบจีโอเมทริกซ์ เมื่อ $N \rightarrow \infty$ แพกเก็ตที่เข้ามาจะมีการกระจายแบบเอกซ์โพเนนเชียลและ A_m^i จะเป็นแบบพัวของ ซึ่งสามารถจำลองแบบการคิวแบบ M/D/1 จากทฤษฎีการคิว เราสามารถคำนวณแพกเก็ตที่ถูกบล็อกได้เป็น

$$\overline{B}_i = \frac{\rho^2}{2(1-\rho)} \quad (3.18)$$

3.4 แชนด์บัฟเฟอร์



รูปที่ 3.4 สวิตช์ที่มีแชนด์บัฟเฟอร์

แชนด์บัฟเฟอร์ดังแสดงในรูปที่ 4 คล้ายกับการทำบัฟเฟอร์ในเอาต์พุต เมื่อมีแพคเกจที่เข้ามาใหม่สวิตช์ไปยังเอาต์พุตพอร์ตเดียวกัน จะมีเพียงแพคเกจเดียวเท่านั้นที่ผ่านไปได้ ส่วนแพคเกจที่เหลือจะถูกสวิตช์ไปเก็บไว้ยังส่วนของแชนด์บัฟเฟอร์ ส่วนของแชนด์บัฟเฟอร์นี้จะทำการส่งย้อนกลับเข้าไปยังส่วนของอินพุตใหม่ ดังนั้นในสล็อตถัดไป แพคเกจที่เข้ามาใหม่และแพคเกจที่ถูกบล็อกก่อนหน้านี้ก็จะถูกสวิตช์ไปยังเอาต์พุตใหม่ แชนด์บัฟเฟอร์เป็นวิธีการในการลดขนาดของบัฟเฟอร์

การทำแชนด์บัฟเฟอร์สามารถทำได้โดยการเพิ่มอินพุตและเอาต์พุตพอร์ตอย่างละหนึ่งพอร์ต ดังนั้นขนาดของสวิตช์จะกลายเป็น $N + 1 \times N + 1$ แต่ประสิทธิภาพยังคงคิดแค่อินพุตและเอาต์พุตเท่านั้นโดยแยกกับแชนด์บัฟเฟอร์ อย่างไรก็ตามขนาดของสวิตช์ยังคงเป็น $2N$ อยู่

ถ้าแชนด์บัฟเฟอร์มีขนาดเพียงพอ ทราฟฟิกทั้งหมดจะมาถึงยังพอร์ตปลายทางที่ต้องการ และทรูพุตที่ถึงจุดอิมิตัวจะเหมือนกับเอาต์พุตคิว แม้ว่าขนาดของบัฟเฟอร์มีจำนวนจำกัด เราสามารถจำลองการวิเคราะห์แชนด์บัฟเฟอร์โดยสมมติขนาดของบัฟเฟอร์เป็นอนันต์ กำหนดให้จำนวนแพคเกจในระบบที่ถูกสวิตช์ไปยังเอาต์พุต i ณ ปลายสล็อต m เป็น Q_m^i ซึ่งเขียนในเทอมของแพคเกจที่เข้ามาใหม่ A_m^i ได้ดังนี้

$$q_m^i = \max\{0, Q_{m-1}^i + A_m^i - 1\} \quad (3.19)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

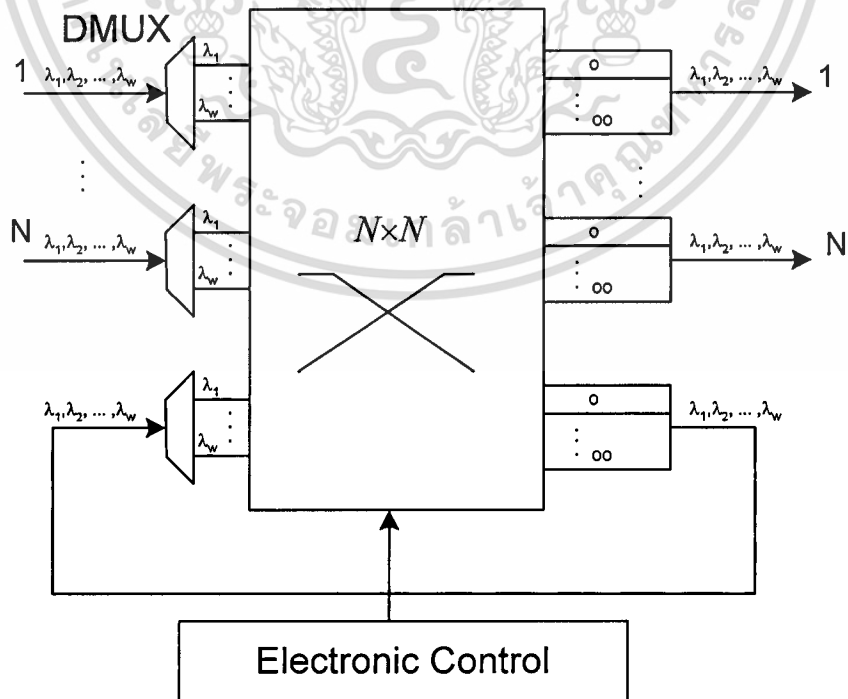
เมื่ออยู่ในสภาวะอิมิตัวจำนวนแพกเก็ตเฉลี่ยในบัฟเฟอร์เป็นดังนี้

$$\bar{Q} = \sum_{i=1}^N \rho^i \quad (3.20)$$

3.5 พาเซี่ยลลีแซร์บัฟเฟอร์

โครงสร้างของสวิตช์ที่มีบัฟเฟอร์แบบพาเซี่ยลลีแซร์จะมีโครงสร้างผสมระหว่างบัฟเฟอร์ 2 ส่วนคือ เอาท์พุทบัฟเฟอร์กับแซร์บัฟเฟอร์ทำงานร่วมกัน เมื่อมีแพกเก็ตสวิตช์ไปยังเอาท์พุทเดียวกัน แพกเก็ตซึ่งที่ไม่สามารถสวิตช์ออกไปได้จะถูกเก็บไว้ในเอาท์พุท แต่เมื่อเอาท์พุทบัฟเฟอร์มีแพกเก็ตเก็บอยู่เต็ม แพกเก็ตที่เหลือจะถูกสวิตช์ไปยังส่วนของแซร์บัฟเฟอร์ แพกเก็ตจะถูกส่งออกและวนเข้าไปยังสวิตช์ทางด้านอินพุทอีกครั้ง ในกรณีที่แพกเก็ตที่ยังไม่สามารถส่งออกไปยังเอาท์พุทบัฟเฟอร์ได้ แพกเก็ตตัวนั้นก็จะถูกส่งเข้ามายังแซร์บัฟเฟอร์อีกครั้งหนึ่ง เราเรียกกรณีนี้ว่าการประวิงที่แย่มากที่สุด (worst delay) ซึ่งเงื่อนไขการเกิดการประวิงที่แย่มากที่สุดมีดังนี้

1. แพกเก็ตนั้นเคยถูกส่งเข้ามายังแซร์บัฟเฟอร์แล้ว
2. เกิดการแย่งชิงของแพกเก็ตในช่องเวลาที่ส่งจากสวิตช์ไปยังเอาท์พุท
3. เอาท์พุทบัฟเฟอร์ถูกใช้ไปจนหมดแล้ว
4. ยังมีที่ว่างในแซร์บัฟเฟอร์



รูปที่ 3.5 สวิตช์ที่มีบัฟเฟอร์แบบพาเซี่ยลลีแซร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคำนวณจะกำหนดให้แพกเก็ตที่เข้ามาเป็นแบบอิสระและเป็นกระบวนการแบบเบอร์นูลลีเช่นกัน เนื่องจากมีเอาท์พุทและอินพุทพอร์ตถูกใช้เพื่อทำเป็นแชร์บัฟเฟอร์ ขนาดของอินพุทพอร์ตจะถูกเปลี่ยนเป็น $N-1$ ซึ่งโอกาสที่จะมี i แพกเก็ตเข้ามายังแชร์บัฟเฟอร์จะเป็นดังนี้

$$a_s(i) = \frac{\binom{N-1}{k-1}}{\binom{N}{k}} a(i) = \frac{k}{N} a(i) \quad (3.21)$$

$a(i)$ คือโอกาสที่จะมี i แพกเก็ตเข้ามายังเอาท์พุทบัฟเฟอร์

โอกาสที่จะมี 0 แพกเก็ตอยู่ในแชร์บัฟเฟอร์เป็น

$$q_0 = (a_s(0) + a_s(1) + a_s(2)) \sum_{n=0}^b q_{out}(n) + \sum_{k=3}^N a_s(k) \sum_{n=0}^{b-k+2} q_{out}(n) \quad (3.22)$$

และโอกาสที่จะมี k แพกเก็ตอยู่ในแชร์บัฟเฟอร์เป็น

$$q_k = \sum_{i=k+1}^N \frac{k}{i} a_s(i) q_{out}(b-i+k+1) \quad (3.23)$$

ดังนั้นโอกาสการสูญหายของแพกเก็ตในพาเซี่ยลตีแชร์บัฟเฟอร์เป็น

$$P_{loss\ share} = \sum_{n=0}^{sb} n q_n \quad (3.24)$$

3.6 การคำนวณตามทฤษฎี

การคำนวณการจัดคิวของแพกเก็ตชนิดแสงจะใช้หลักการเดียวกันกับบัฟเฟอร์ทางไฟฟ้า ซึ่งมีหลักการคำนวณดังนี้

$$\text{ปริมาณทราฟฟิก หรือ Traffic load } (\rho) = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3.25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

λ คือ อัตราการเข้ามาของแพ็กเก็ตโดยเฉลี่ย

μ คือ อัตราการให้บริการแพ็กเก็ตโดยเฉลี่ย

กำหนดให้ $E(n)$ คือ เวลาในการให้บริการโดยเฉลี่ย

$E(T)$ คือ เวลาคอยของแพ็กเก็ตในคิวโดยเฉลี่ย

เมื่อมีการจัดคิวแบบ M/G/1 จะเป็นไปตามดังต่อไปนี้

$$E(n) = \left(\frac{\rho}{1-\rho} \right) \left[1 - \frac{\rho}{2} (1 - \mu^2 \sigma^2) \right] \quad (3.26)$$

$$E(T) = \frac{E(n)}{\lambda} = \left(\frac{1/\mu}{1-\rho} \right) \left[1 - \frac{\rho}{2} (1 - \mu^2 \sigma^2) \right] \quad (3.27)$$

โดยที่ σ^2 คือส่วนเบี่ยงเบนของเวลาการให้บริการ ซึ่งถ้าเป็นการจัดคิวแบบ M/D/1 $\sigma^2 = 0$ ผลที่ได้จะเป็นไปตามสมการดังนี้

$$E(n) = \left(\frac{\rho}{1-\rho} \right) \left[1 - \frac{\rho}{2} \right] \quad (3.28)$$

$$E(T) = \left(\frac{1/\mu}{1-\rho} \right) \left[1 - \frac{\rho}{2} \right] \quad (3.29)$$

$E(w)$ คือเวลาในการรอโดยเฉลี่ย ซึ่งหาได้จากสมการดังนี้

$$E(w) = E(T) - \frac{1}{\mu} \quad (3.30)$$

$$E(w) = \frac{\lambda}{2\mu^2(1-\rho)} \quad (3.31)$$

3.7 ตัวอย่างการคำนวณ

กำหนดให้แพ็กเก็ตสวิตช์ทางแสงมีอัตราความเร็ว 10 Gb/s โดยมีโครงสร้างข้อมูลแบบ ATM ดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่วนหัวของข้อมูล (Header) มีขนาด 5 ไบท์ (40 บิต)
2. ส่วนของข้อมูล มีขนาด 48 ไบท์ (384 บิต)

ในส่วนของข้อมูลจะถูกจัดการโดยส่วนของการควบคุมโดยอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นการคำนวณจึงพิจารณาเฉพาะส่วนที่เป็นข้อมูลเท่านั้น

เนื่องจากสวิตช์มีความเร็ว 1 Gb/s ดังนั้น 1 บิตของข้อมูลจะถูกส่งออกจากคิวของบัพเฟอร์ด้วยอัตรา

$$\mu = \frac{10 \times 10^9}{384} \text{ บิต/วินาที}$$

และใช้เวลาในการส่งต่อ 1 บิตเป็น

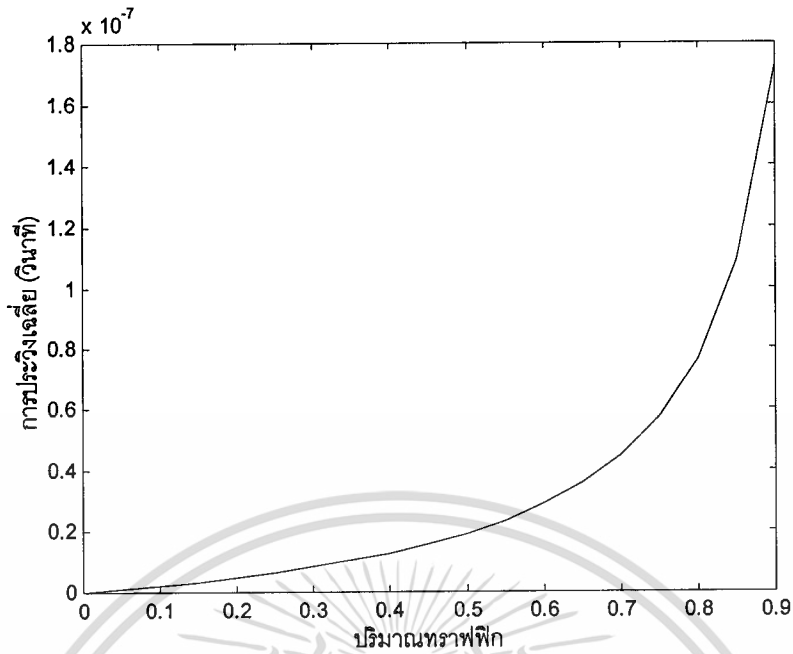
$$\frac{1}{\mu} = 38.4 \times 10^{-9} \text{ วินาที}$$

กำหนดให้ปริมาณทราฟฟิก (ρ) เป็น 0.8 จากสมการที่ 3.21 จะได้ค่า λ เป็น 20.8333 Mb/s และจากสมการที่ 3.27 จะได้

$$E(w) = 76.8 \times 10^{-9} \text{ วินาที}$$

เมื่อ $E(w)$ คือการประวิงเฉลี่ยของแพกเก็ตทุกๆแพกเก็ตที่เข้ามายังบัพเฟอร์ จะต้องทำการรอคิวเป็นเวลา 76.8×10^{-9} วินาที

รูปที่ 3.6 เป็นค่าการประวิงเฉลี่ยที่คำนวณตามทฤษฎีเทียบกับปริมาณทราฟฟิกต่างๆ



รูปที่ 3.6 ค่าการประวิงเฉลี่ยที่คำนวณได้ตามทฤษฎีเทียบกับปริมาณธาตุฟอสฟอรัส

3.8 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงลักษณะการทำงานของบัพเฟอร์ต่างๆดังนี้ เอทิลพาทบัพเฟอร์ อินพาทบัพเฟอร์ แครบบัพเฟอร์ นอกจากนี้ยังกล่าวถึงการประยุกต์บัพเฟอร์ที่เรียกว่าพาเซิลลิแอตบัพเฟอร์ ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างเอทิลพาทบัพเฟอร์และแครบบัพเฟอร์ นอกจากนี้ยังได้อธิบายทฤษฎีและการคำนวณโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ตและค่าการประวิงเฉลี่ยในบัพเฟอร์แบบต่างๆ ด้วย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลข

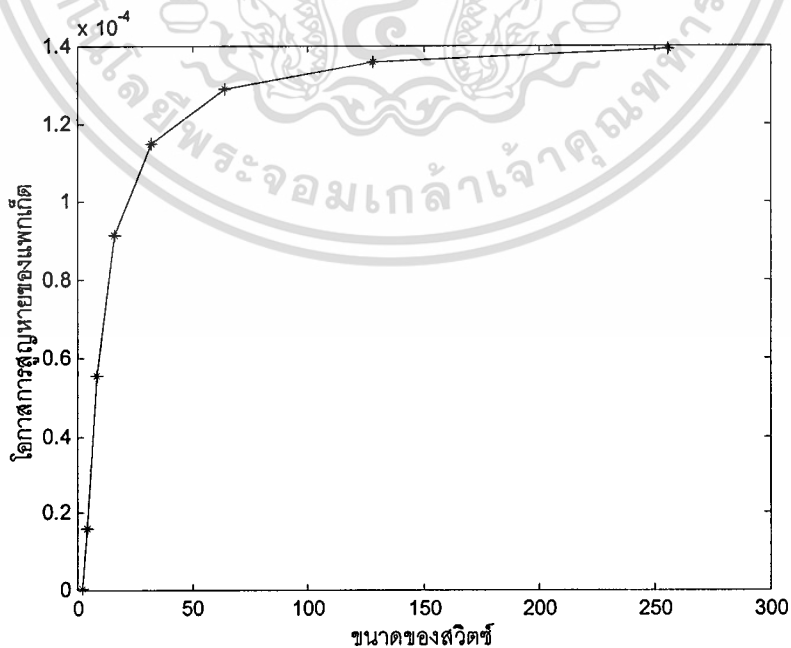
4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะเป็นการจำลองสถานการณ์ต่างๆเพื่อวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลขจากทฤษฎีในบทที่แล้ว ผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลขนี้ทำให้สามารถทราบแนวโน้มของปัจจัยต่างๆได้ แนวโน้มของปัจจัยเหล่านี้จะบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งจะทราบได้จากโอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหายและค่าการประวิงเฉลี่ย

4.2 เอาท์พุทบัฟเฟอร์

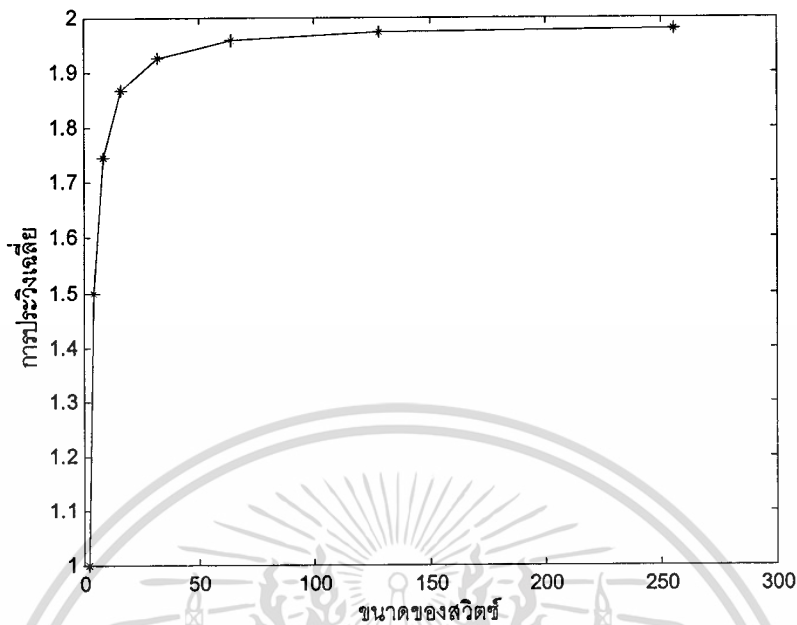
ในส่วนี้จะเป็นการแสดงคุณลักษณะของโอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหาย และการประวิงเฉลี่ยในระบบสวิตช์ซึ่งมีเอาท์พุทบัฟเฟอร์

ในการทดลองเปรียบเทียบคุณสมบัติของสวิตช์ เราจะเปรียบเทียบจากคุณสมบัติ 2 อย่างคือ โอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหาย และค่าการประวิงเฉลี่ย จากการทดลองพบว่าแนวโน้มของโอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหาย และการประวิงเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อขนาดของสวิตช์เพิ่มขึ้นดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 ในการทดลองครั้งต่อไปจะใช้ขนาดของสวิตช์เพียงขนาดเดียวเพื่อง่ายต่อการเปรียบเทียบผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 โอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหายเทียบกับขนาดของสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

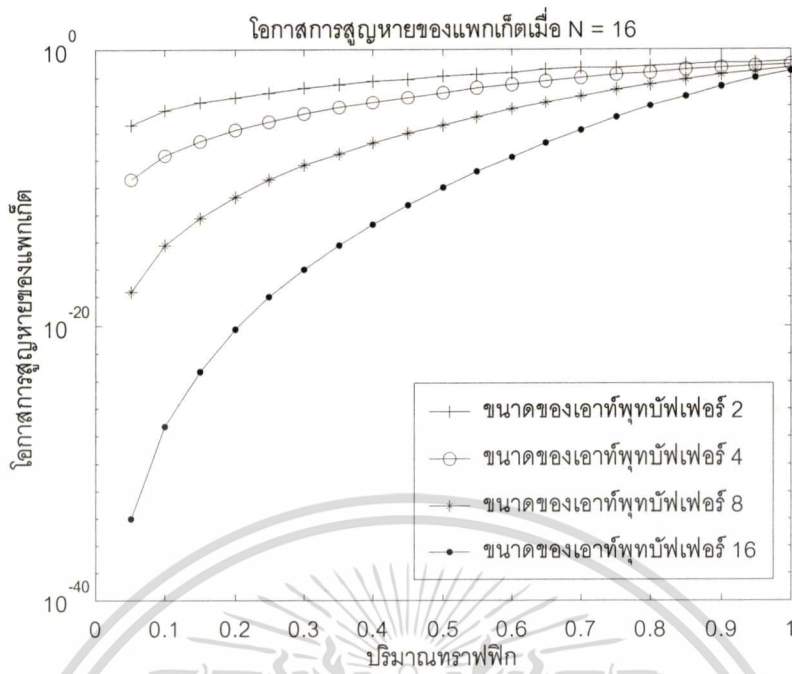


รูปที่ 4.2 การประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของสวิตช์

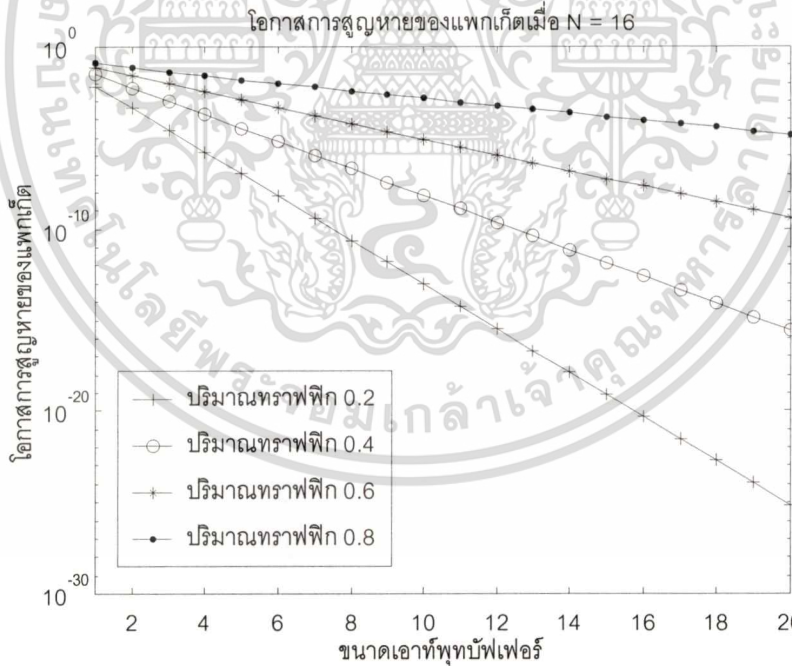
4.2.1 โอกาสของการสูญหายของแพคเกจ

รูปที่ 4.3 เป็นผลการเปรียบเทียบโอกาสที่แพคเกจจะเกิดการสูญหายเมื่อมีปริมาณทราฟฟิกเพิ่มขึ้น โดยจำนวนขนาดของสวิตช์เป็น 16 และขนาดของเอ้าท์พุทบัฟเฟอร์เป็น 2, 4, 8 และ 16 ตามลำดับ ส่วนรูปที่ 4.4 เป็นผลการทดลองเปรียบเทียบขนาดของเอ้าท์พุทบัฟเฟอร์เมื่อมีขนาดใหญ่อขึ้น โดยจะกำหนดให้เอ้าท์พุทบัฟเฟอร์มีขนาดตั้งแต่ 1 จนถึง 20 และปริมาณทราฟฟิกเป็น 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ตามลำดับ โอกาสที่แพคเกจจะเกิดการสูญหายจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณทราฟฟิกมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการแย่งชิงกันของข้อมูลมากขึ้น แต่จะลดลงเมื่อขนาดของเอ้าท์พุทบัฟเฟอร์มากขึ้น เป็นเพราะว่ามีเนื้อที่ในการเก็บแพคเกจมากขึ้น

รูปที่ 4.5 เป็นการเปรียบเทียบเปรียบเทียบโอกาสที่แพคเกจจะเกิดการสูญหายเมื่อขนาดของเอ้าท์พุทบัฟเฟอร์เพิ่มขึ้น แต่จะพิจารณาเมื่อปริมาณทราฟฟิกเป็น 0.8 ในขณะที่ขนาดของสวิตช์ (N) ถูกกำหนดเป็น 2, 4, 8, 16, 32 และ 64 ตามลำดับ จากผลการทดลองจะคล้ายกับรูปที่ 4.4 แต่มีข้อสังเกตว่า เมื่อสวิตช์มีจำนวนอินพุทเอ้าท์พุทพอร์ทมาก จะทำให้อัตราการลดลงของโอกาสที่แพคเกจจะเกิดการสูญเสียมีค่าใกล้เคียงกันมาก

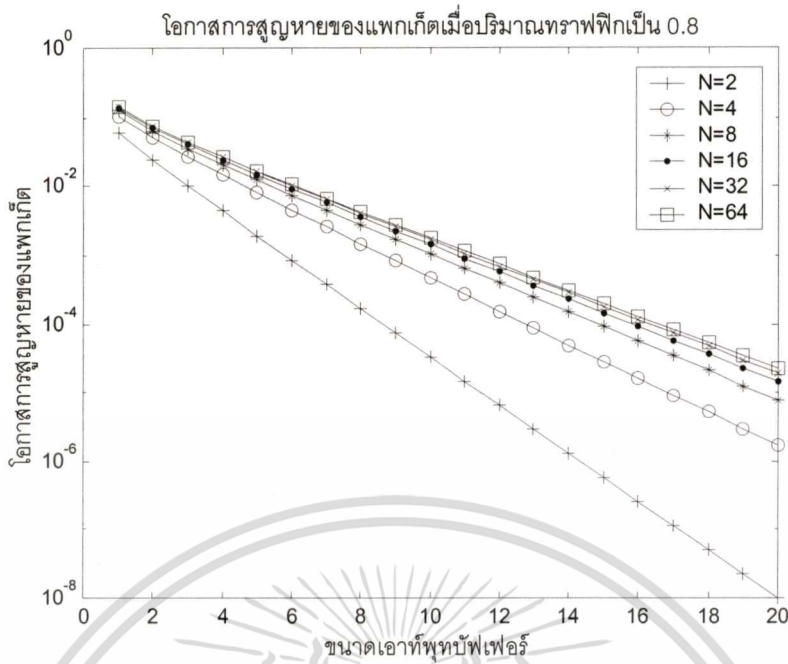


รูปที่ 4.3 โอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหายที่เอ้าท์พุทบัฟเฟอร์ขนาดต่างๆเทียบกับปริมาณทราฟฟิก



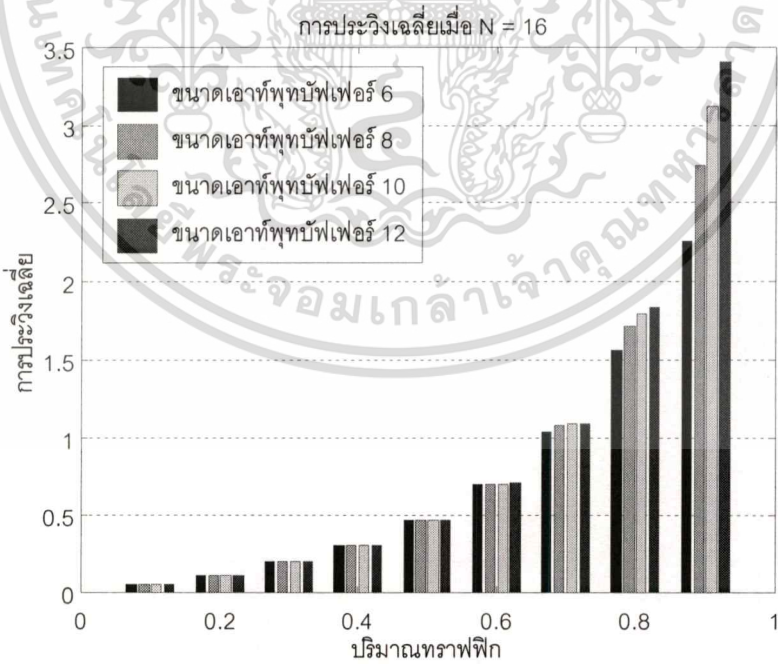
รูปที่ 4.4 โอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหายที่เอ้าท์พุทบัฟเฟอร์เทียบกับขนาดของเอ้าท์พุทบัฟเฟอร์ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 โอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหายที่เอาต์พุตบัพเฟอร์เทียบกับขนาดของเอาต์พุตบัพเฟอร์ที่ขนาดของสวิตช์ต่างๆ

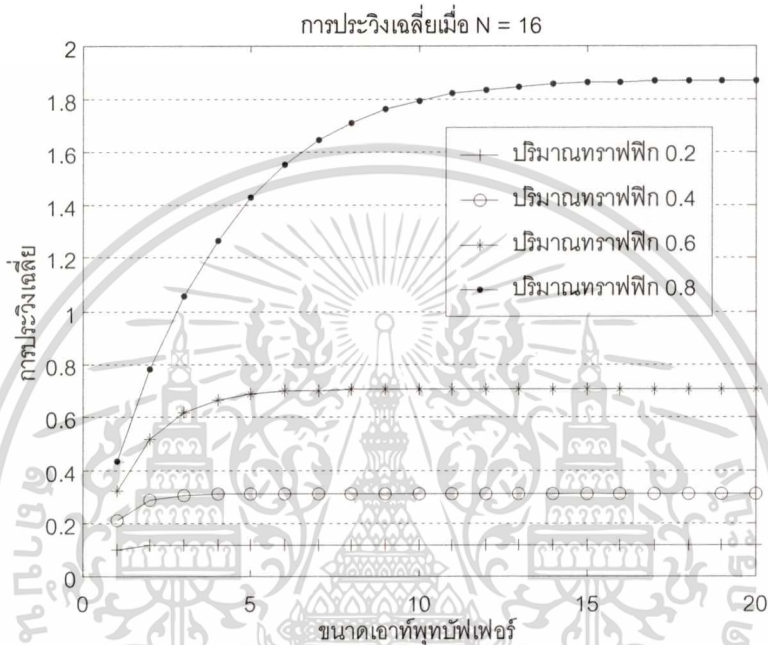
4.2.2 การประวิงเฉลี่ย



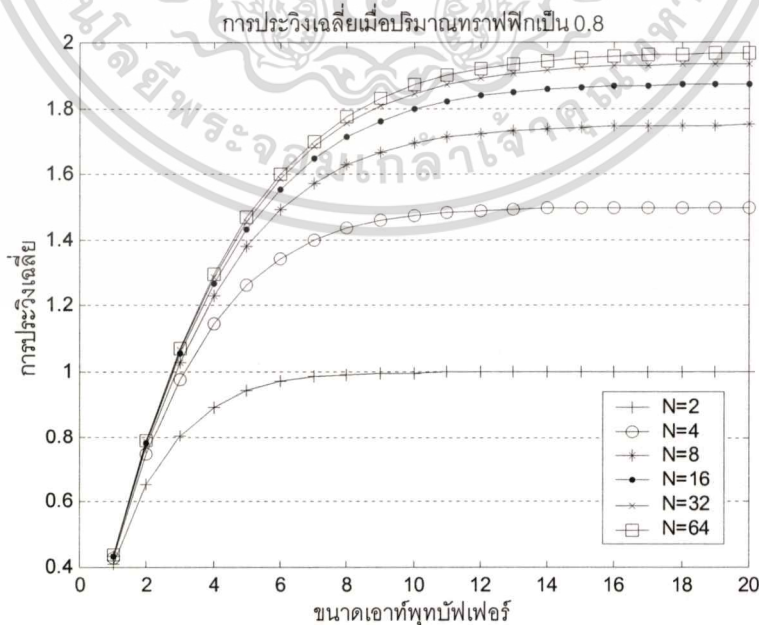
รูปที่ 4.6 การประวิงเฉลี่ยเทียบกับปริมาณทราฟฟิกที่ขนาดของเอาต์พุตบัพเฟอร์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 การประวิงเฉลี่ยเทียบกับปริมาณทรานฟฟิกเมื่อขนาดของสวิตช์เป็น 16 กำหนดขนาดของเอาต์พุตบัพเฟอร์เป็น 6, 8, 10 และ 12 ตามลำดับ การประวิงเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณทรานฟฟิกมากขึ้น และเมื่อดูจากการเพิ่มของเอาต์พุตบัพเฟอร์ การประวิงเฉลี่ยจะมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อปริมาณทรานฟฟิกไม่เกิน 0.7 แต่จะเพิ่มขึ้นตามขนาดของเอาต์พุตบัพเฟอร์เมื่อมีปริมาณทรานฟฟิกมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากการให้บริการในเอาต์พุตบัพเฟอร์มีมากขึ้น



รูปที่ 4.7 การประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของเอาต์พุตบัพเฟอร์ที่ปริมาณทรานฟฟิกต่างๆ



รูปที่ 4.8 การประวิงเฉลี่ยเทียบกับ ขนาดของเอาต์พุตบัพเฟอร์เมื่อขนาดของสวิตช์มีค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 เป็นผลการทดลองการเปรียบเทียบค่าการประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่มีขนาดตั้งแต่ 1 จนถึง 20 โดยกำหนดให้ปริมาณกราฟฟิกเป็น 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ค่าการประวิงเฉลี่ยจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์เพิ่มขึ้น แต่จะมีค่าเพิ่มไปถึงแค่ค่าๆหนึ่งเท่านั้น (ถึงจุดอิ่มตัว) แสดงว่าเมื่อขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์มากจะไม่มีผลกับค่าการประวิงเฉลี่ย

รูปที่ 4.8 เป็นผลการทดลองของการประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์เหมือนกับรูปที่ 4.7 เพียงแต่กำหนดปริมาณกราฟฟิกเป็น 0.8 และ ขนาดของสวิตช์เป็น 2, 4, 8, 16, 32 และ 64 ตามลำดับ จากรูปจะเห็นว่าการเมื่อขนาดของสวิตช์มีจำนวนมากๆ อัตราการเพิ่มและจุดอิ่มตัวของค่าการประวิงมีค่าใกล้เคียงกัน คล้ายกับผลการทดลองของโอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหาย

4.3 พาเซิลลีแซร์บัฟเฟอร์

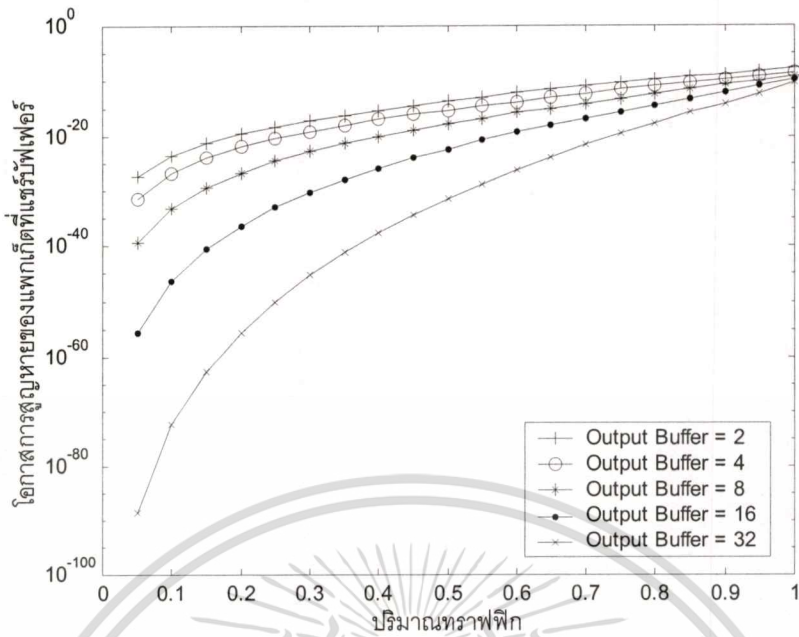
ในส่วนนี้จะเป็นการวิเคราะห์เชิงตัวเลขของสวิตช์ที่มีบัฟเฟอร์แบบพาเซิลลีแซร์ ซึ่งมีการทำงานร่วมกันระหว่างเอาท์พุทบัฟเฟอร์และแซร์บัฟเฟอร์ ในการวิเคราะห์จะแยกเป็นส่วนๆ ดังนี้

1. วิเคราะห์เฉพาะส่วนที่เป็นแซร์บัฟเฟอร์เพียงอย่างเดียว
2. วิเคราะห์การทำงานรวมทั้งหมดระหว่างเอาท์พุทบัฟเฟอร์และแซร์บัฟเฟอร์

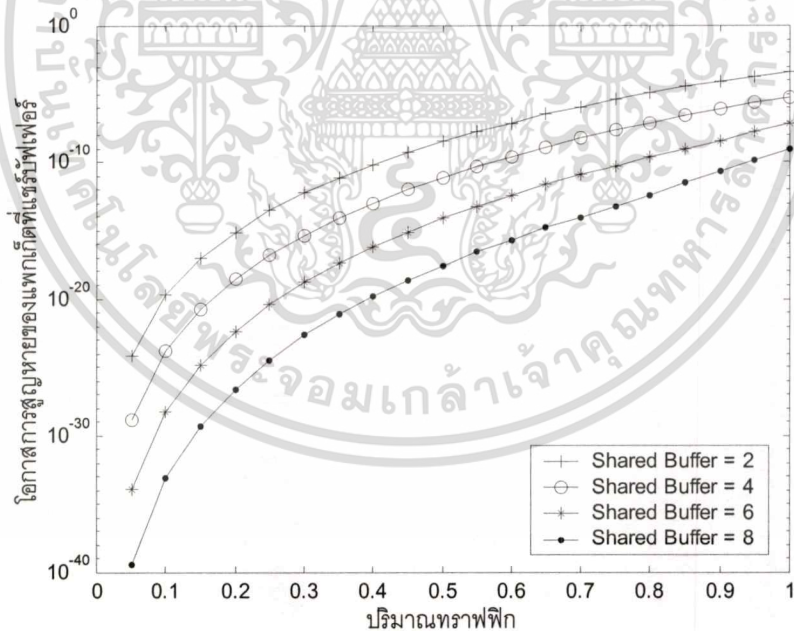
แต่จะไม่วิเคราะห์ในส่วนที่เป็นเอาท์พุทบัฟเฟอร์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากการวิเคราะห์นี้จะคล้ายกับในส่วนของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ ในแต่ละส่วนที่ทำการวิเคราะห์จะพิจารณา 2 ส่วนเหมือนเดิมคือ โอกาสที่แพกเก็ตจะเกิดการสูญหาย และค่าการประวิงเฉลี่ย เมื่อทำการจำลองสถานการณ์ต่างๆ

4.3.1 โอกาสของการสูญหายของแพกเก็ต

เมื่อกำหนดขนาดของสวิตช์เป็น 16 และขนาดของแซร์บัฟเฟอร์เป็น 8 และทำการเปลี่ยนปริมาณกราฟฟิกตั้งแต่ 0.05 จนถึง 1 ในขณะที่เอาท์พุทบัฟเฟอร์เป็น 2, 4, 8, 16 และ 32 ตามลำดับ จะได้ผลดังรูปที่ 4.9 ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ที่แซร์บัฟเฟอร์เท่านั้น จากรูปจะสังเกตเห็นว่าโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ตในแซร์บัฟเฟอร์จะต่ำกว่าที่เอาท์พุทบัฟเฟอร์ ทั้งนี้เนื่องมาจากเอาท์พุทบัฟเฟอร์จะทำการเก็บข้อมูลที่ยังไม่สามารถส่งออกได้ในชองเวลานั้นๆก่อน เมื่อเอาท์พุทบัฟเฟอร์นั้นเต็ม จึงส่งแพกเก็ตไปเก็บยังแซร์บัฟเฟอร์ จึงทำให้โอกาสของการสูญหายของแพกเก็ตที่แซร์บัฟเฟอร์น้อยกว่าที่เอาท์พุทบัฟเฟอร์



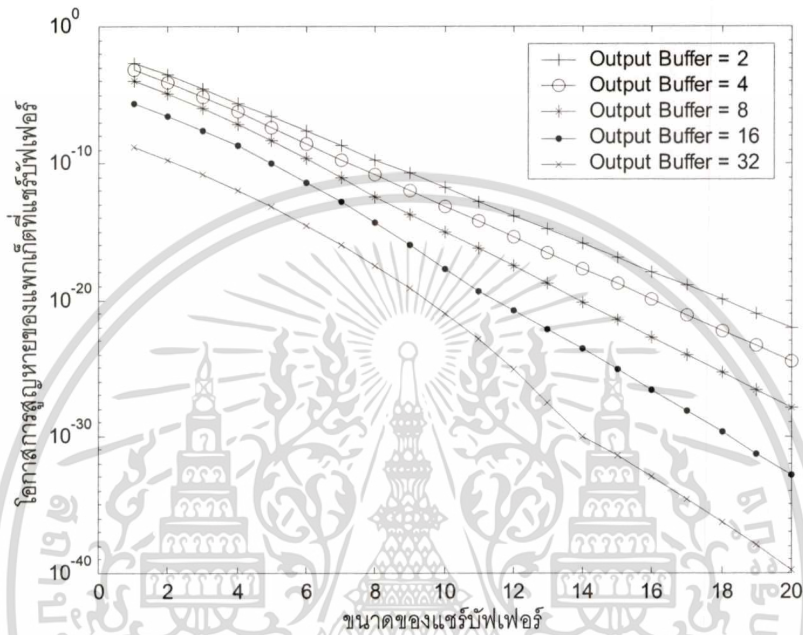
รูปที่ 4.9 โอกาสของการสูญหายของแพคเกจในแควร์บัพเฟอร์เทียบกับปริมาณทราฟฟิกที่ขนาดของเอาท์พุทบัพเฟอร์ต่างๆ



รูปที่ 4.10 โอกาสของการสูญหายของแพคเกจที่แควร์บัพเฟอร์เทียบกับปริมาณทราฟฟิกที่ขนาดของแควร์บัพเฟอร์ต่างๆ

รูปที่ 4.10 แสดงถึงโอกาสของการสูญหายของแพคเกจที่แควร์บัพเฟอร์เทียบกับปริมาณทราฟฟิก เมื่อเอาท์พุทบัพเฟอร์ถูกกำหนดเป็น 8 และขนาดของสวิตช์ถูกกำหนดเป็น 16 ในขณะที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของแชนด์บัฟเฟอร์เป็น 2, 4, 6 และ 8 ตามลำดับ จากรูปโอกาสของการสูญหายของแพ็กเก็ตยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณทราฟฟิกเพิ่มมากขึ้น แต่ลักษณะการเพิ่มในแต่ละขนาดของแชนด์บัฟเฟอร์มีเป็นคู่ขนานกัน ทั้งนี้เนื่องจากขนาดของเอาต์พุตบัฟเฟอร์เท่ากันทำให้อัตราการสูญเสียแพ็กเก็ตจากเอาต์พุตบัฟเฟอร์เข้ามายังแชนด์บัฟเฟอร์มีค่าเท่ากัน



รูปที่ 4.11 โอกาสของการสูญหายของแพ็กเก็ตของแชนด์บัฟเฟอร์เทียบกับขนาดของแชนด์บัฟเฟอร์ที่ขนาดของเอาต์พุตบัฟเฟอร์ต่างๆ

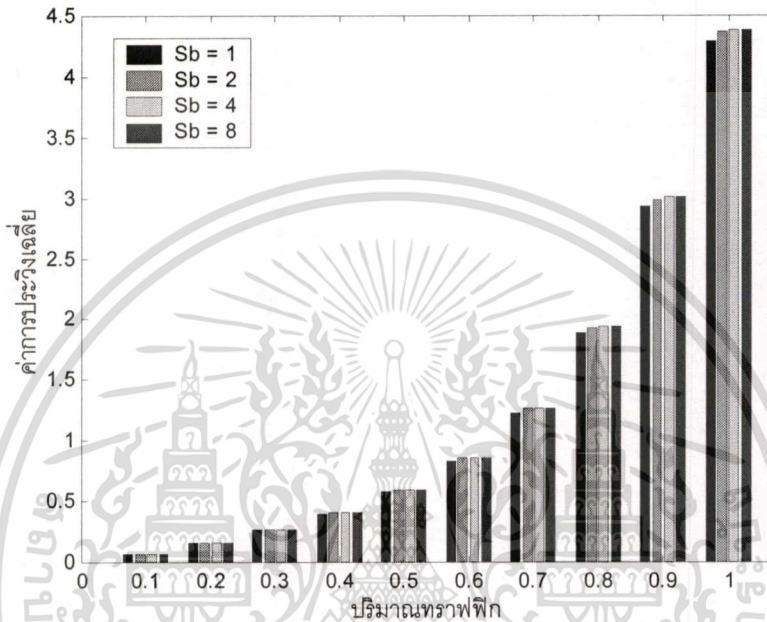
รูปที่ 4.11 เป็นโอกาสของการสูญหายของแพ็กเก็ตที่แชนด์บัฟเฟอร์เทียบกับขนาดของแชนด์บัฟเฟอร์ที่ปริมาณทราฟฟิกเป็น 0.8 และเอาต์พุตบัฟเฟอร์เป็น 2, 4, 8, 16 และ 32 ตามลำดับ จากรูปพบว่าเมื่อเอาต์พุตบัฟเฟอร์มีขนาดเล็กอัตราการลดลงของโอกาสของการสูญหายของแพ็กเก็ตจะสม่ำเสมอ แต่เมื่อเอาต์พุตบัฟเฟอร์มีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้อัตราการลดลงของโอกาสของการสูญหายของแพ็กเก็ตลดลงแบบไม่สม่ำเสมอ แต่ยังมีแนวโน้มในการลดลงที่ขนานกันอยู่

รูปที่ 4.12 เป็นโอกาสของการสูญหายของแพ็กเก็ตของแชนด์บัฟเฟอร์เทียบกับขนาดของเอาต์พุตบัฟเฟอร์ โดยกำหนดขนาดของแชนด์บัฟเฟอร์คงที่คือ 8 และพิจารณาที่ปริมาณทราฟฟิกเป็น 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ตามลำดับ เมื่อปริมาณทราฟฟิกและขนาดของแชนด์บัฟเฟอร์คงที่โอกาสของการสูญหายของแพ็กเก็ตจะลดลงเมื่อขนาดของเอาต์พุตบัฟเฟอร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากเอาต์พุตบัฟเฟอร์สามารถจุแพ็กเก็ตได้มากขึ้น จึงมีการสูญเสียมายังแชนด์บัฟเฟอร์น้อยลง ทำให้แชนด์บัฟเฟอร์มีการสูญเสียน้อยลงตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การประวิงเฉลี่ย

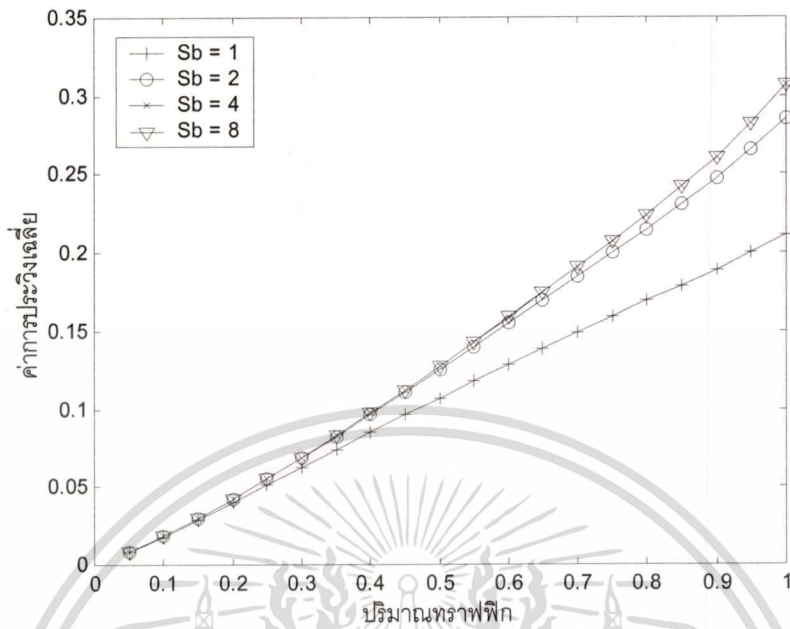
ในส่วนนี้จะเป็นการวิเคราะห์การประวิงของระบบ ทั้งที่แชร์บัพเฟอร์อย่างเดียวและระบบรวมทั้งหมด แต่จะไม่พิจารณาในส่วนของเขาท์พุทบัพเฟอร์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากผลที่ได้จะเหมือนกันในส่วนการวิเคราะห์ของสวิตช์ที่มีเอาท์พุทบัพเฟอร์



รูปที่ 4.15 การประวิงเฉลี่ยของระบบทั้งหมดเทียบกับปริมาณทราฟฟิกที่ขนาดของแชร์บัพเฟอร์ต่างๆ

รูปที่ 4.15 แสดงถึงแนวโน้มของค่าการประวิงเฉลี่ยของทั้งระบบเทียบกับปริมาณทราฟฟิก เมื่อขนาดของสวิตช์ถูกกำหนดเป็น 16 ขนาดของเอาท์พุทบัพเฟอร์เป็น 8 และแชร์บัพเฟอร์มีขนาดต่างๆดังนี้ 1, 2, 4 และ 8 ตามลำดับ ซึ่งค่าประวิงโดยรวมของระบบมีแนวโน้มสูงขึ้นมากเมื่อปริมาณทราฟฟิกเพิ่มขึ้นเมื่อแชร์บัพเฟอร์มีขนาดเท่ากัน เมื่อมีปริมาณทราฟฟิกเท่ากัน ค่าการประวิงเฉลี่ยจะมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อมีปริมาณทราฟฟิกต่ำ แต่เมื่อมีปริมาณทราฟฟิกสูง จะทำให้ระบบที่มีแชร์บัพเฟอร์น้อยค่าการประวิงต่ำกว่าระบบที่มีขนาดของแชร์บัพเฟอร์มาก แต่ยังคงมีค่าใกล้เคียงกัน

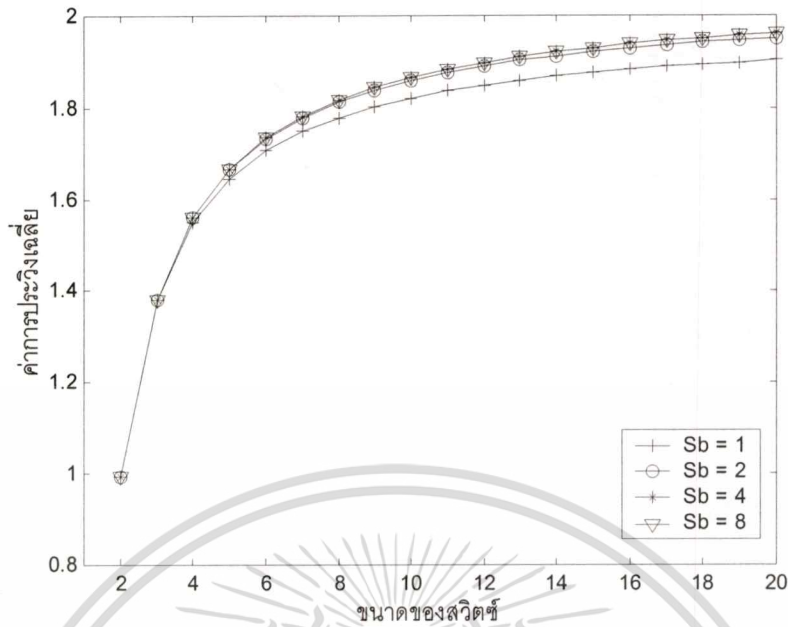
รูปที่ 4.16 แสดงค่าการประวิงเฉลี่ยเฉพาะที่แชร์บัพเฟอร์เท่านั้นเทียบกับปริมาณทราฟฟิก เมื่อขนาดของสวิตช์และขนาดของแชร์บัพเฟอร์เป็น 16 และ 8 ตามลำดับ แนวโน้มการประวิงเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นเหมือนเดิม แต่อัตราการเพิ่มจะมีค่าน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากมีแพกเก็ตเข้ามายังแชร์บัพเฟอร์น้อย จึงทำให้เกิดการประวิงที่แชร์บัพเฟอร์น้อย



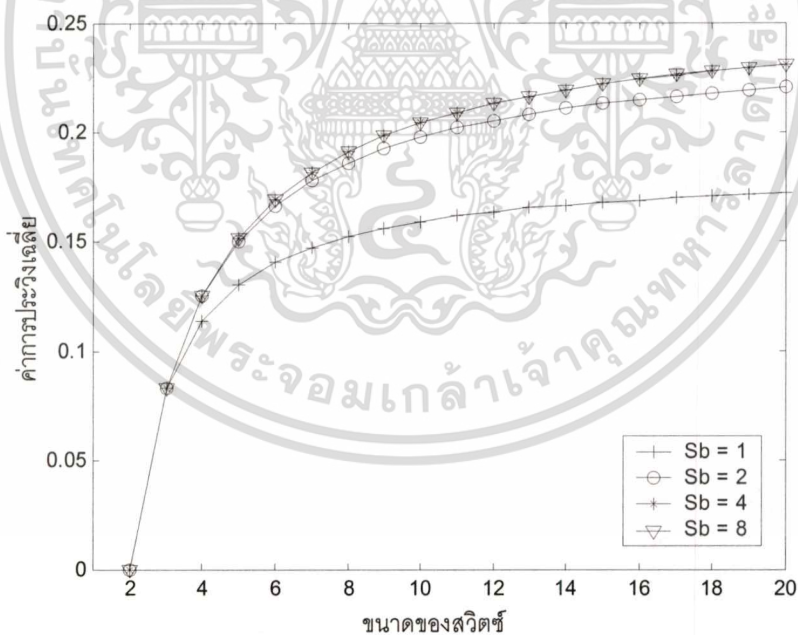
รูปที่ 4.16 การประจิงเฉลี่ยที่แซร์บัพเฟอร์เพียงอย่างเดียวเทียบกับปริมาณทรานฟิสิกที่ขนาดของแซร์บัพเฟอร์ต่างๆ

รูปที่ 4.17 และรูปที่ 4.18 เป็นค่าการประจิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของสวิตช์ โดยกำหนดของเอาท์พุทบัพเฟอร์เป็น 8 และปริมาณทรานฟิสิกคงที่ที่ 0.8 และทำการเปลี่ยนขนาดของแซร์บัพเฟอร์เป็น 1, 2, 4 และ 8 ตามลำดับ รูปที่ 4.18 จะคิดเพียงที่แซร์บัพเฟอร์เท่านั้น ในขณะที่รูปที่ 4.16 จะคิดจากระบบรวมทั้งหมด ค่าประจิงของระบบจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของสวิตช์เพิ่มขึ้น สำหรับค่าการประจิงรวมทั้งระบบจะมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อแซร์บัพเฟอร์มีขนาดตั้งแต่ 2 ขึ้นไป แต่ค่าการประจิงที่คิดเฉพาะแซร์บัพเฟอร์เท่านั้นจะมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อขนาดของแซร์พุทบัพเฟอร์เป็น 4 ขึ้นไป โดยอัตราการเพิ่มของค่าการประจิงในแซร์บัพเฟอร์จะต่ำเมื่อขนาดของแซร์บัพเฟอร์มีค่าน้อย

รูปที่ 4.19 และรูปที่ 4.20 เป็นค่าการประจิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของเอาท์พุทบัพเฟอร์ เมื่อกำหนดให้ขนาดของสวิตช์เป็น 16 ปริมาณทรานฟิสิกเป็น 0.8 และขนาดของแซร์บัพเฟอร์เป็น 1, 2, 4 และ 8 ตามลำดับ รูปที่ 4.19 เป็นค่าประจิงรวมของทั้งระบบ ค่าการประจิงของแต่ละขนาดของแซร์บัพเฟอร์มีค่าใกล้เคียงกันมากจนแทบจะเท่ากันเมื่อแซร์บัพเฟอร์มีขนาดตั้งแต่ 2 ขึ้นไป ในขณะที่รูปที่ 4.20 เป็นค่าประจิงเฉพาะที่แซร์บัพเฟอร์เท่านั้น ค่าการประจิงจะลดลงเมื่อขนาดของเอาท์พุทบัพเฟอร์เพิ่มขึ้น แต่อัตราการลดลงของแต่ละขนาดของแซร์บัพเฟอร์จะเท่ากัน

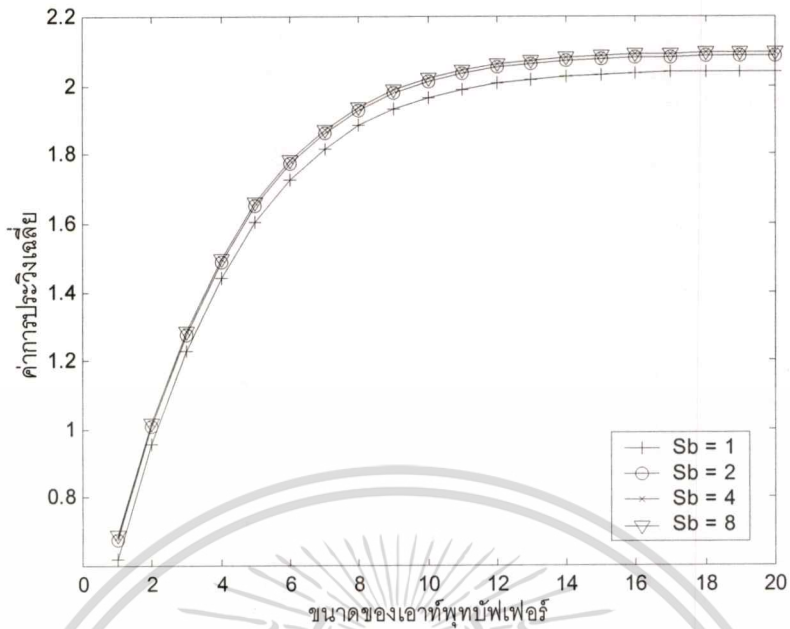


รูปที่ 4.17 การประวิงเฉลี่ยของระบบทั้งหมดเทียบกับขนาดของสวิตช์ที่ขนาดของแร็บบัฟเฟอร์ต่างๆ

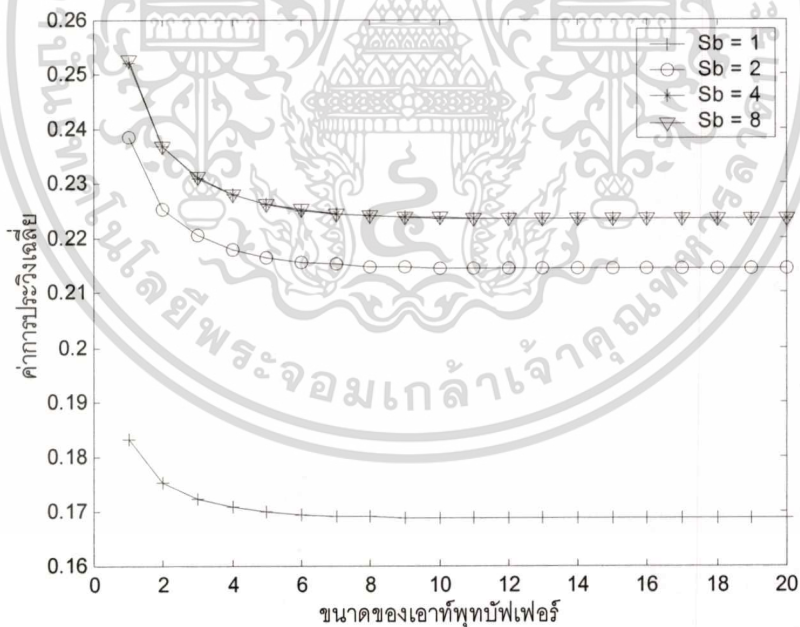


รูปที่ 4.18 การประวิงเฉลี่ยของแร็บบัฟเฟอร์เพียงอย่างเดียวเทียบกับขนาดของสวิตช์ที่ขนาดของแร็บบัฟเฟอร์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 การประวิงเฉลี่ยของระบบทั้งหมดเทียบกับขนาดของเอาต์พุตพีเพอร์ที่ขนาดของเซิร์ฟเวอร์ต่างๆ



รูปที่ 4.20 การประวิงเฉลี่ยเซิร์ฟเวอร์เพียงอย่างเดียวเทียบกับขนาดของเอาต์พุตพีเพอร์ที่ขนาดของเซิร์ฟเวอร์ต่างๆ

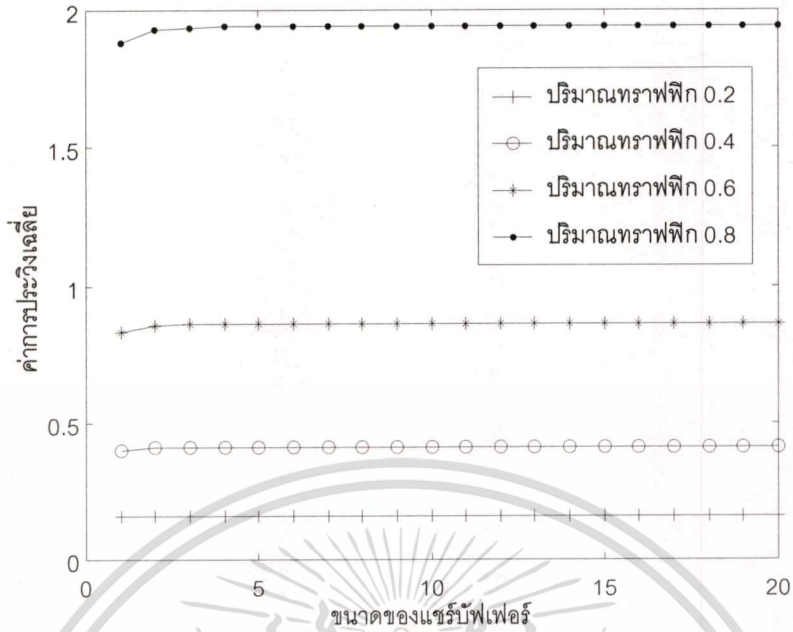
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.21 ถึงรูปที่ 4.26 เป็นแนวโน้มของค่าการประวิงเฉลี่ยในสวิตช์แบบที่มีพาเซียมลิเธียมที่เทียบกับค่าการประวิงเฉลี่ยในสวิตช์แบบที่มีพาเซียมลิเธียม โดยจะกำหนดตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการประวิงดังนี้

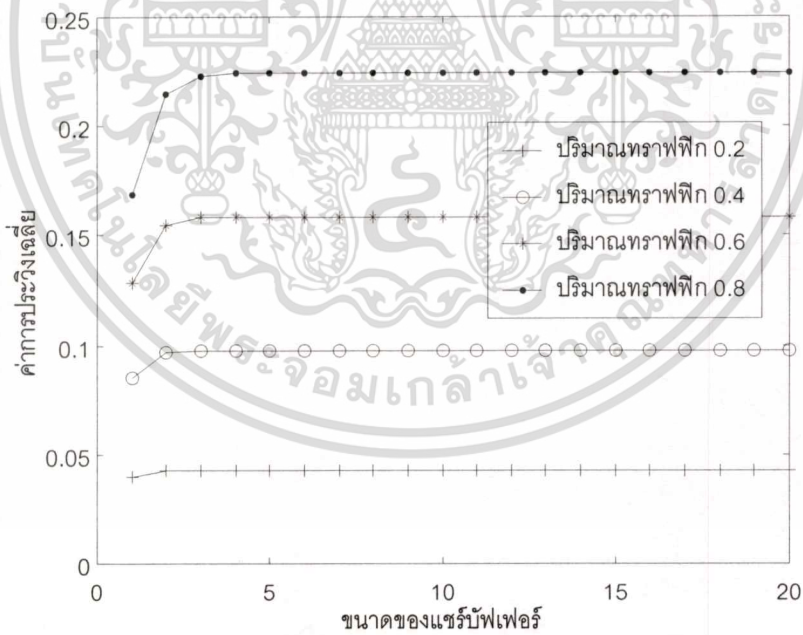
รูปที่ 4.21 และรูปที่ 4.22 กำหนดขนาดของสวิตช์เป็น 16 ขนาดของเอาต์พุตพัลส์เฟอไรต์เป็น 8 และปริมาณกราฟฟิคมีค่า 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ตามลำดับ แต่มีข้อแตกต่างคือรูปที่ 4.21 เป็นการหาค่าการประวิงรวมของระบบซึ่งรวมทั้งที่เอาต์พุตพัลส์เฟอไรต์และพัลส์เฟอไรต์ ส่วนรูปที่ 4.22 เป็นการประวิงเฉพาะที่พัลส์เฟอไรต์เท่านั้น แนวโน้มค่าการประวิงจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของพัลส์เฟอไรต์เพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณกราฟฟิคไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่จะเพิ่มขึ้นถึงค่าใดค่าหนึ่งเท่านั้นที่เรียกว่าจุดอิ่มตัว (Saturation point) ซึ่งจะคล้ายกับในส่วนของเอาต์พุตพัลส์เฟอไรต์ แต่การเพิ่มขึ้นของค่าการประวิงในเอาต์พุตพัลส์เฟอไรต์จะถึงจุดอิ่มตัวช้ากว่าในพัลส์เฟอไรต์ ทั้งนี้เนื่องจากโอกาสที่แพคเกจจะเข้ามายังพัลส์เฟอไรต์มีน้อยมาก และเมื่อมีปริมาณกราฟฟิคน้อยจะทำให้ค่าการประวิงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสู่จุดอิ่มตัวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

สำหรับรูปที่ 4.23 และรูปที่ 4.24 ขนาดของเอาต์พุตพัลส์เฟอไรต์ถูกกำหนดเป็น 8 และปริมาณกราฟฟิคคงที่ที่ 0.8 โดยทดลองเปลี่ยนขนาดของสวิตช์เป็น 4, 8, 16, 32 และ 64 ตามลำดับ ลักษณะการเพิ่มขึ้นของค่าการประวิงจะคล้ายกับรูปที่ 4.21 และรูปที่ 4.22 แต่อัตราการเพิ่มจะถึงจุดอิ่มตัวจะสูงกว่า

รูปที่ 4.25 และรูปที่ 4.26 ขนาดของสวิตช์ถูกกำหนดเป็น 16 ปริมาณกราฟฟิคคงที่ที่ 0.8 และทดลองเปลี่ยนขนาดของเอาต์พุตพัลส์เฟอไรต์เป็น 6, 8, 10 และ 12 ตามลำดับ การเพิ่มของการประวิงรวมทั้งระบบจะมีลักษณะคล้ายๆกันลักษณะรูปที่ผ่านมา แต่ในกรณีที่เป็นการประวิงเฉลี่ยจากพัลส์เฟอไรต์เพียงอย่างเดียว การเพิ่มของค่าการประวิงเฉลี่ยในแต่ละเอาต์พุตพัลส์เฟอไรต์จะใกล้เคียงกันมาก หรือเกือบจะไม่มีผลเลยเมื่อเอาต์พุตพัลส์เฟอไรต์มีขนาดใหญ่

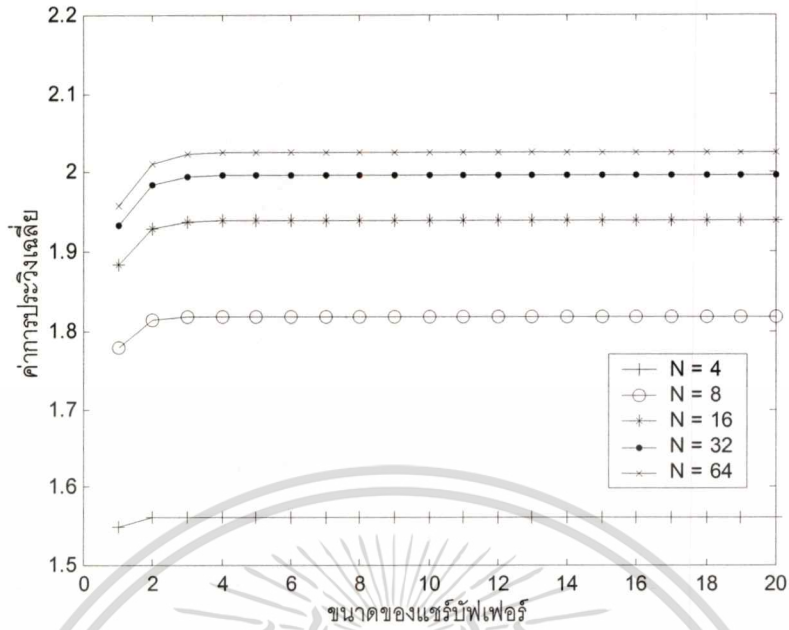


รูปที่ 4.21 ค่าการประวิงเฉลี่ยของระบบรวมเทียบกับขนาดของแซร์บัพเฟอร์เมื่อปริมาณทราฟฟิคเปลี่ยนไป

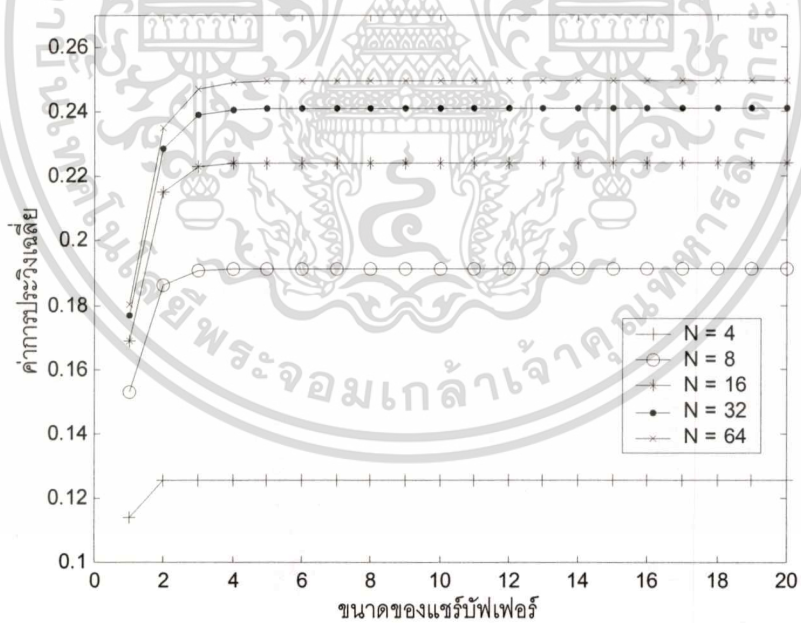


รูปที่ 4.22 ค่าการประวิงเฉลี่ยของแซร์บัพเฟอร์เพียงอย่างเดียวเทียบกับขนาดของแซร์บัพเฟอร์เมื่อปริมาณทราฟฟิคเปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

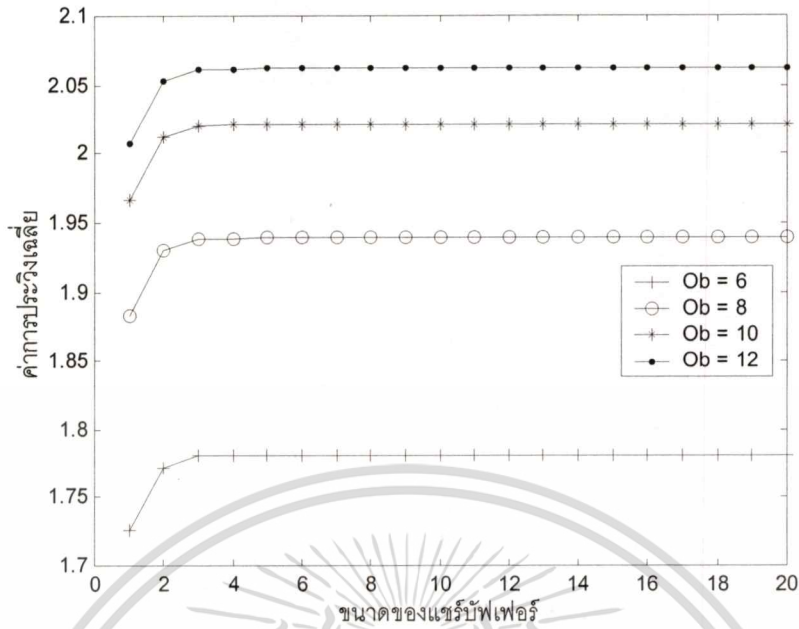


รูปที่ 4.23 ค่าการประวิงเฉลี่ยของระบบรวมเทียบกับขนาดของแชรพ์เฟอร์เมื่อขนาดของสวิตช์เปลี่ยนไป

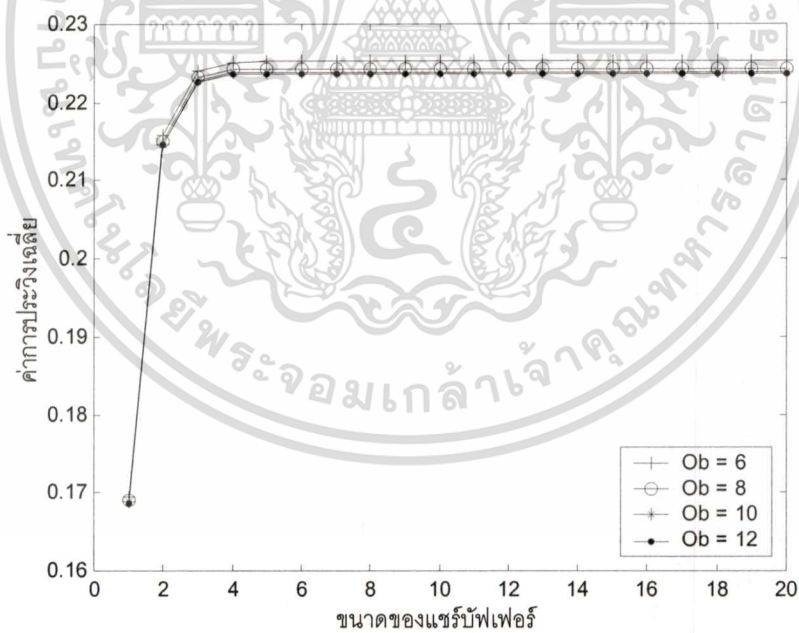


รูปที่ 4.24 ค่าการประวิงเฉลี่ยของแชรพ์เฟอร์เพียงอย่างเดียวเทียบกับขนาดของแชรพ์เฟอร์เมื่อขนาดของสวิตช์เปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 ค่าการประวิงเฉลี่ยของระบบรวมเทียบกับขนาดของแชนัลเฟอริ์เมื่อขนาดของเอทพุทบัฟเฟอริ์เปลี่ยนไป



รูปที่ 4.26 ค่าการประวิงเฉลี่ยของแชนัลเฟอริ์เพียงอย่างเดียวเทียบกับขนาดของเอทพุทบัฟเฟอริ์เมื่อปริมาณทราฟฟิกเปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงผลของการวิเคราะห์เชิงตัวเลขของสวิตช์ที่มีเอาท์พุทบัฟเฟอร์เพียงอย่างเดียวและสวิตช์ที่มีพาเซียมลีสแตรบัฟเฟอร์ ซึ่งได้มาจากทฤษฎีในบทที่ 3 ผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลขนี้จะพิจารณาผลกระทบต่อระบบอยู่ 2 อย่างคือโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ตและค่าการประวิงเฉลี่ย โดยในการพิจารณานี้จะคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อระบบดังนี้ ขนาดของสวิตช์ ปริมาณทราฟฟิก ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ และ ขนาดของแตรบัฟเฟอร์ โดยทำการหาแนวโน้มของผลกระทบต่อในแตรบัฟเฟอร์จะแยกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของแตรบัฟเฟอร์เพียงอย่างเดียว และ ส่วนของระบบโดยรวม แต่จะไม่พิจารณาในส่วนของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ ทั้งนี้เนื่องจากส่วนนี้จะเหมือนกันส่วนของสวิตช์แบบที่มีเอาท์พุทบัฟเฟอร์เพียงอย่างเดียว

ในสวิตช์แบบที่มีเอาท์พุทบัฟเฟอร์เพียงอย่างเดียว จะมีแนวโน้มของโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ตที่ลดลง เมื่อขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์เพิ่มขึ้น แต่จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณทราฟฟิกและขนาดของสวิตช์เพิ่มมากขึ้น แนวโน้มของค่าการประวิงเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณทราฟฟิกและขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์เพิ่มขึ้น แต่ในกรณีการเพิ่มของขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์จะทำให้การเพิ่มของค่าการประวิงเฉลี่ยเข้าใกล้จุดอิมิตัว

ในสวิตช์แบบที่มีพาเซียมลีสแตรบัฟเฟอร์นั้นประกอบไปด้วยบัฟเฟอร์ 2 ส่วนคือ เอาท์พุทบัฟเฟอร์และแตรบัฟเฟอร์ ซึ่งในการวิเคราะห์ในบทนี้จะคิดเฉพาะในส่วนที่เป็นแตรบัฟเฟอร์เท่านั้น ดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น และในส่วนของแตรบัฟเฟอร์นี้จะแยกย่อยเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นแตรบัฟเฟอร์เพียงอย่างเดียว และส่วนที่เป็นระบบรวมทั้งหมด เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของแต่ละแบบ ในการพิจารณาเฉพาะแตรบัฟเฟอร์นั้น แนวโน้มของโอกาสการสูญเสียของแพกเก็ตจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณทราฟฟิกเพิ่มขึ้น แต่จะลดลงเมื่อขนาดของแตรบัฟเฟอร์และเอาท์พุทบัฟเฟอร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีเนื้อที่ในการเก็บแพกเก็ตได้มากขึ้น ส่วนแนวโน้มของค่าการประวิงเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณทราฟฟิกที่เพิ่มมากขึ้น แต่จะมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละปริมาณทราฟฟิกเมื่อแตรบัฟเฟอร์มีขนาดมาก และค่าการประวิงจะเพิ่มขึ้นจนเข้าใกล้จุดอิมิตัวเมื่อขนาดของสวิตช์ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์และขนาดของแตรบัฟเฟอร์เพิ่มขึ้น ค่าการประวิงเฉลี่ยจะเข้าใกล้จุดอิมิตัวอย่างรวดเร็วเมื่อขนาดของแตรบัฟเฟอร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากโอกาสที่แพกเก็ตจะสูญเสียดังกล่าวจากเอาท์พุทบัฟเฟอร์เข้ามายังแตรบัฟเฟอร์มีน้อยอยู่แล้ว แต่ค่าการประวิงเฉลี่ยจะลดลงหากขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์เพิ่มขึ้นเมื่อพิจารณาในแตรบัฟเฟอร์เพียงอย่างเดียว

การวิเคราะห์ขนาดของบัฟเฟอร์

5.1 กล่าวนำ

ดังที่ได้กล่าวมาในบทก่อนหน้านี้อีกแล้วว่า การเพิ่มหรือลดขนาดของบัฟเฟอร์ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบ ทั้งค่าการประวิงเฉลี่ยและโอกาสของการสูญหายของแพคเกจ ดังนั้นในบทนี้จะเป็นการวิเคราะห์ขนาดของบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่สุดในสภาวะการใช้งานต่างๆ ซึ่งไม่ทำให้อโอกาสของการสูญหายของแพคเกจไม่มากจนเกินไปในขณะที่ค่าประวิงเฉลี่ยยังยอมรับได้ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพิจารณาจากองค์ประกอบ 2 ส่วนคือ ค่าการประวิงเฉลี่ยซึ่งจะอยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ (Approximate Percentage Relative Delay หรือ APRD) และโอกาสของการสูญหายของแพคเกจซึ่งจะอยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพคเกจ (Percentage of Packet Loss Probability) ซึ่งการพิจารณานี้จะพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้นหรือลดลงขององค์ประกอบทั้งสอง โดยจะต้องมีการกำหนดค่าๆหนึ่งเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

5.2 เปอร์เซนต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ (Approximate Percentage Relative Delay หรือ APRD)

เปอร์เซนต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ ได้มาจากการสังเกตอัตราการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าการประวิงเฉลี่ย จากการวิเคราะห์เชิงตัวเลขของบทที่แล้ว ค่าประวิงเฉลี่ยจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นแบบเส้นโค้งเข้าสู่ค่าใดค่าหนึ่ง หรือเรียกว่าจุดอิ่มตัว (Saturation) เปอร์เซนต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณนี้จะทำการคำนวณอัตราการเพิ่มที่ละจุด และดูว่าขนาดของบัฟเฟอร์เท่าไรที่ทำให้ให้อัตราการเพิ่มสามารถยอมรับได้ ทำให้สามารถประหยัดบัฟเฟอร์และลดความซับซ้อนของบัฟเฟอร์ลงได้ ซึ่งค่าเปอร์เซนต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณสามารถหาได้จากสมการข้างล่างนี้

$$APRD(n) = \left| \frac{\bar{W}(n) - \bar{W}(n-1)}{\bar{W}(n)} \right| \times 100\% \quad (5.1)$$

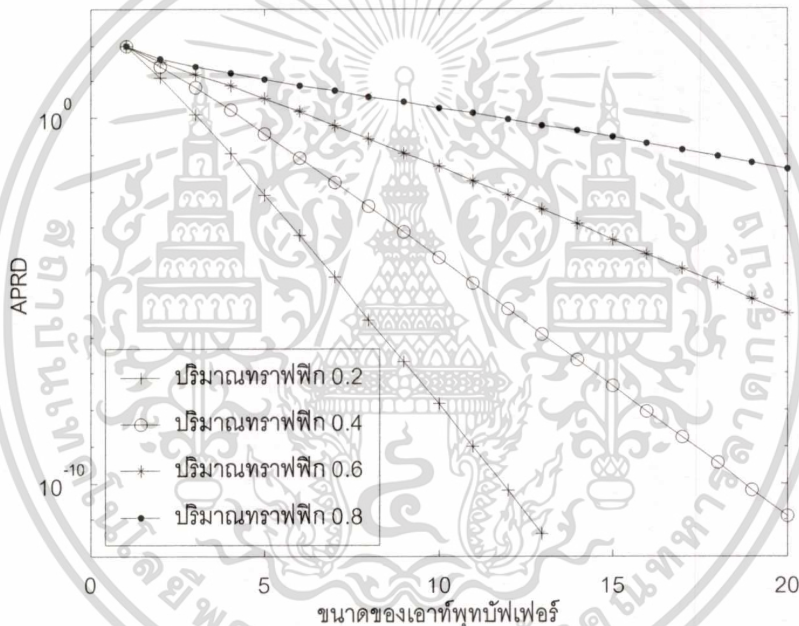
$\bar{W}(n)$: ค่าการประวิงของระบบที่บัฟเฟอร์ขนาด n ปัจจุบัน

$\bar{W}(n-1)$: ค่าการประวิงของระบบที่บัฟเฟอร์ขนาดก่อนหน้า

5.3 ผลการวิเคราะห์ขนาดของบัพเฟอร์โดยใช้เปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพันธ์โดยประมาณ

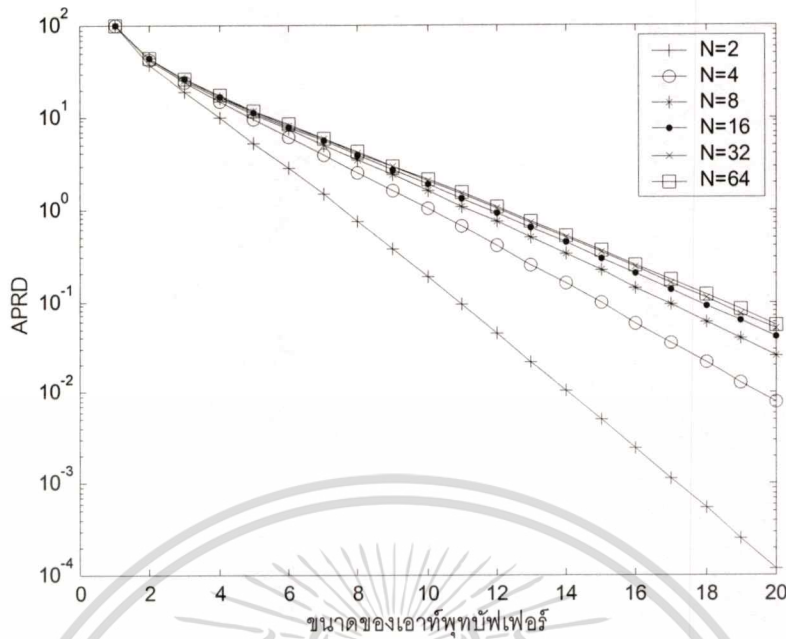
5.3.1 เอาท์พุทบัพเฟอร์

ในส่วนนี้จะเป็นการหาค่าประมาณเปอร์เซ็นต์ความสัมพันธ์ของค่าการประวิงซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 1 โดยกำหนดขนาดของสวิตช์เป็น 16 ขนาดของเอาท์พุทถูกเปลี่ยนจาก 1 ไปจนถึง 20 ในปริมาณกราฟฟีกค่าต่างๆ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ตามลำดับ ซึ่งค่าการประวิงได้ทำการหาไว้แล้วในบทที่แล้วดังรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 จากรูปเหล่านั้น สามารถหาค่าประมาณเปอร์เซ็นต์ความสัมพันธ์ของค่าการประวิงได้ดังรูปที่ 5.1 และรูปที่ 5.2 ตามลำดับ



รูปที่ 5.1 เปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพันธ์โดยประมาณเทียบกับขนาดของเอาท์พุทบัพเฟอร์ เมื่อปริมาณกราฟฟีกมีค่าต่างๆ

จากรูปที่ 5.1 และ 5.2 แนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพันธ์โดยประมาณเทียบกับค่าลดลงอย่างสม่ำเสมอเมื่อขนาดของเอาท์พุทเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณกราฟฟีกหรือขนาดของสวิตช์มีค่าคงที่ ซึ่งค่าที่ได้นี้จะถูกนำไปใช้ในส่วนถัดไป



รูปที่ 5.2 เปรอ์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณเทียบกับขนาดของเอาต์พุตเฟออร์ เมื่อขนาดของสวิตช์มีค่าต่างๆ

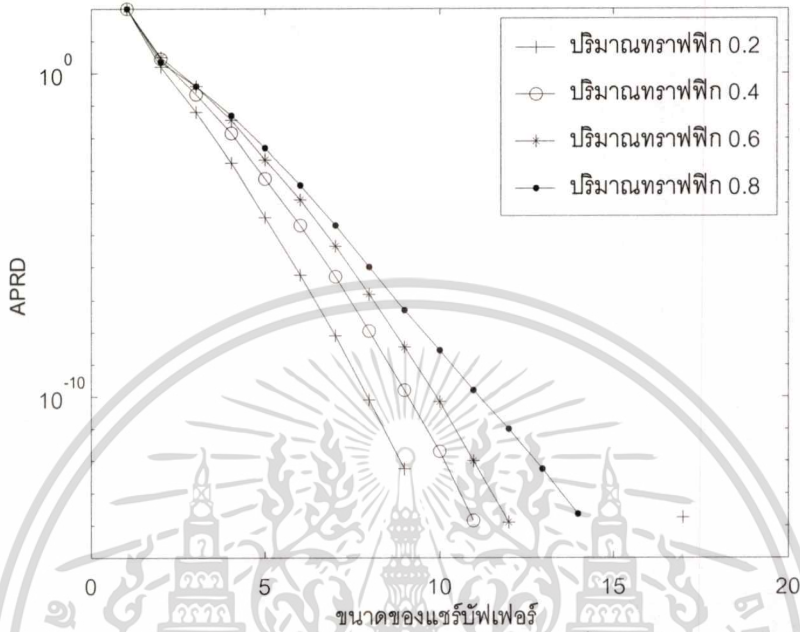
5.3.2 พาเซียลลิเชอร์บ์เฟออร์

ในส่วนนี้จะเป็นการหาค่าเปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณในสวิตช์ชนิดพาเซียลลิเชอร์บ์เฟออร์ เนื่องจากสวิตช์แบบพาเซียลลิเชอร์บ์เฟออร์มีบัพเฟออร์ 2 ส่วนทำงานร่วมกันคือเอาต์พุตเฟออร์และเชอร์บ์เฟออร์ จึงจะทำการหาค่าโดยแยกเป็นส่วนของเชอร์บ์เฟออร์เพียงอย่างเดียว และระบบรวมทั้งหมด แต่จะไม่หาในส่วนของเอาต์พุตเฟออร์ เนื่องจากมีผลเหมือนกันกับสวิตช์แบบที่มีเอาต์พุตเฟออร์เพียงอย่างเดียว

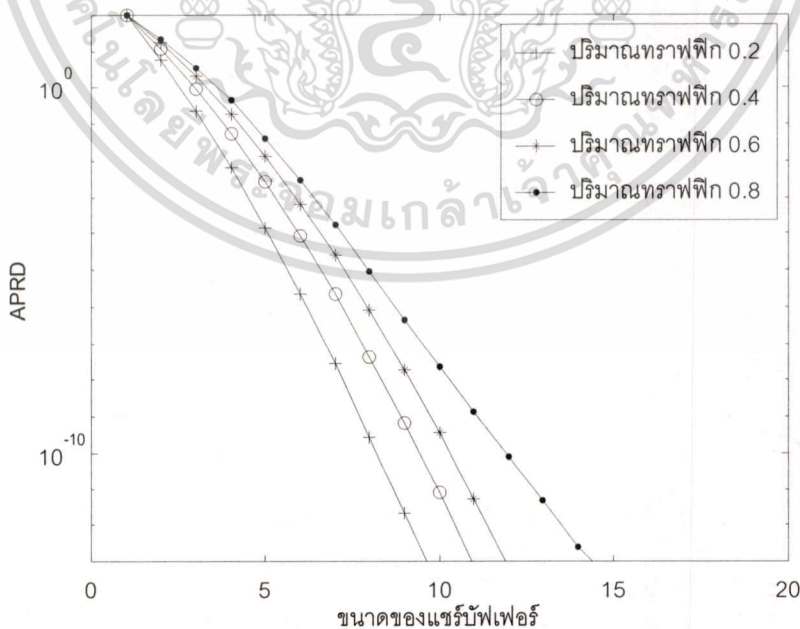
รูปที่ 5.3 และ 5.8 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างเปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณและขนาดของเชอร์บ์เฟออร์ แต่จะมีตัวแปรบางตัวถูกเปลี่ยน รูปที่ 5.3 และ 5.4 สวิตช์ถูกกำหนดให้มีขนาด 16 เอาต์พุตเฟออร์มีขนาด 8 ในขณะที่ปริมาณทราฟฟิกเป็น 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ตามลำดับ ซึ่งได้มาจากรูปที่ 4.21 และรูปที่ 4.22 ข้อแตกต่างระหว่างรูปที่ 5.3 และ 5.4 คือ รูปที่ 5.3 คิดจากการประวิงทั้งระบบ แต่รูปที่ 5.4 คิดเฉพาะเชอร์บ์เฟออร์เท่านั้น รูปที่ 5.5 และ 5.6 ขนาดของเอาต์พุตเฟออร์ถูกกำหนดเป็น 8 ปริมาณทราฟฟิกคงที่ที่ 0.8 และขนาดของสวิตช์ถูกกำหนดเป็น 4, 8, 16, 32 และ 64 ตามลำดับ ซึ่งได้มาจากรูปที่ 4.23 และรูปที่ 4.24 ตามลำดับ รูปที่ 5.5 จะคิดจากการประวิงทั้งหมด ในขณะที่รูปที่ 5.6 จะคิดจากเชอร์บ์เฟออร์เท่านั้น รูปที่ 5.7 และ 5.8 ขนาดของสวิตช์ถูกกำหนดเป็น 16 ปริมาณทราฟฟิกเป็น 0.8 ขนาดของเอาต์พุตเฟออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น 6, 8, 10 และ 12 ตามลำดับซึ่งได้มาจากรูปที่ 4.25 และรูปที่ 4.26 ตามลำดับ รูปที่ 5.7 คิดจากการประวิงของระบบทั้งหมด ส่วนรูปที่ 5.8 คิดจากการประวิงเฉลี่ยที่แชร์บัพเฟอร์เท่านั้น

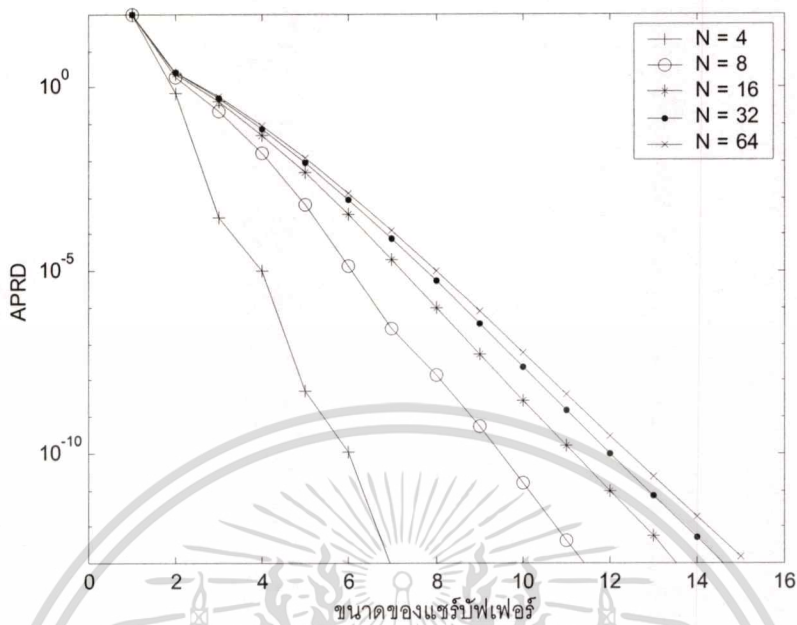


รูปที่ 5.3 เปอร์เซนต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณของระบบทั้งหมดในสวิตช์แบบพาเซี่ยลลีแชร์บัพเฟอร์เทียบกับขนาดของแชร์บัพเฟอร์ที่เปลี่ยนไป

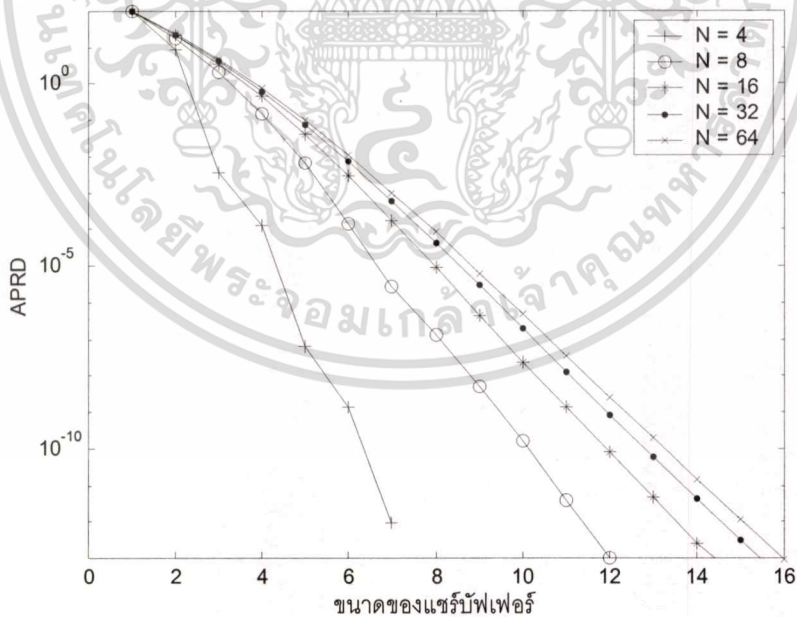


รูปที่ 5.4 เปอร์เซนต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณของแชร์บัพเฟอร์เพียงอย่างเดียวในสวิตช์แบบพาเซี่ยลลีแชร์บัพเฟอร์เทียบกับขนาดของแชร์บัพเฟอร์ที่เปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

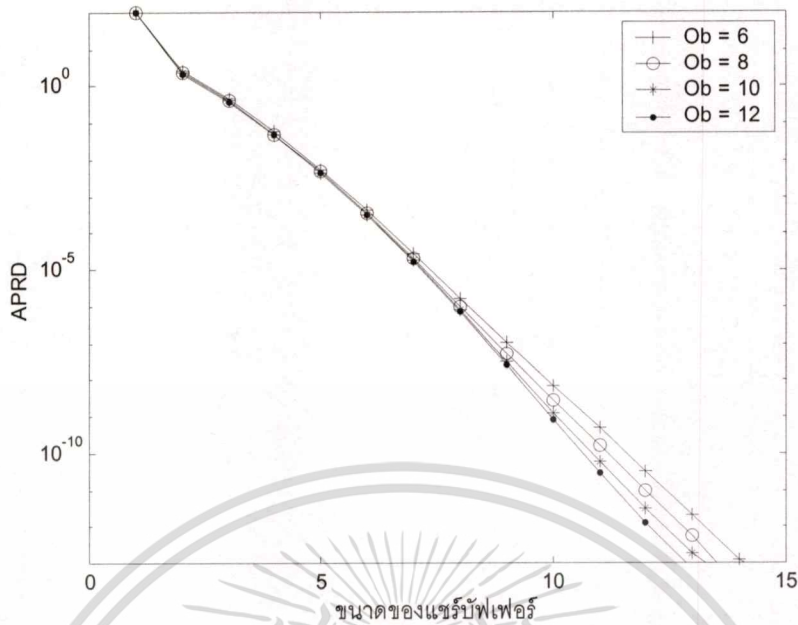


รูปที่ 5.5 เปอร์เซนต์การประวิงสัมพันธ์โดยประมาณของระบบทั้งหมดในสวิตช์แบบพาเซิลลีแชรพ์เฟอร์เทียบกับขนาดของแชรพ์เฟอร์ที่เปลี่ยนไป

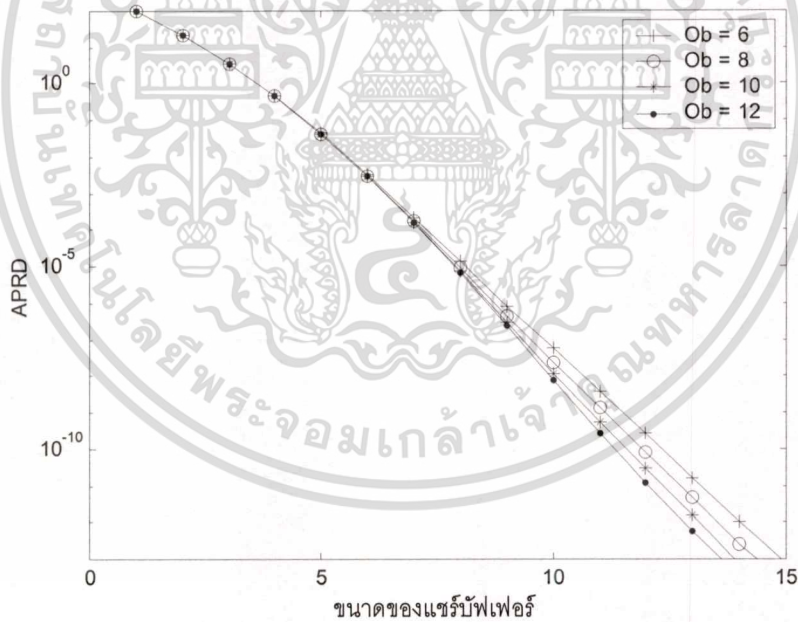


รูปที่ 5.6 เปอร์เซนต์การประวิงสัมพันธ์โดยประมาณของแชรพ์เฟอร์อย่างเดียวในสวิตช์แบบพาเซิลลีแชรพ์เฟอร์เทียบกับขนาดของแชรพ์เฟอร์ที่เปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 เปอร์เซนต์การประวิงสัมพันธ์โดยประมาณของระบบทั้งหมดในสวิตช์แบบพาเซี่ยลสี่ชั้น
บัพเฟอร์เทียบกับขนาดของแชนแนลที่เปลี่ยนไป



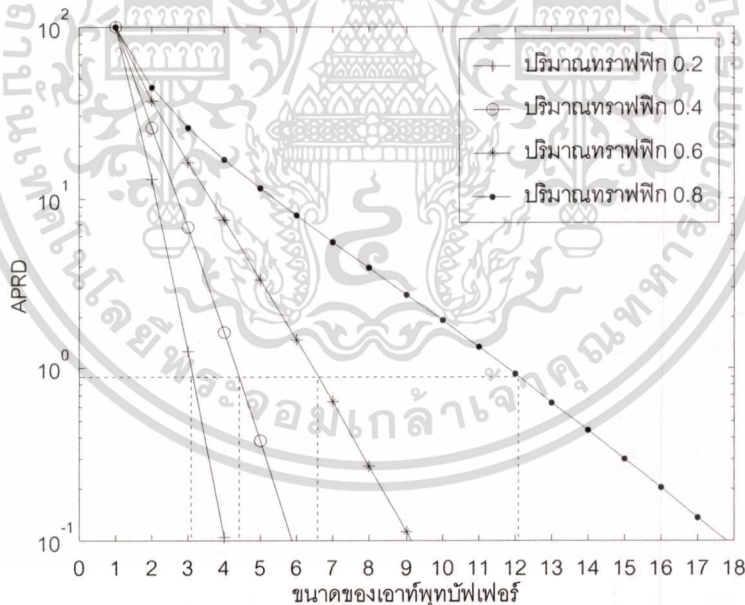
รูปที่ 5.8 เปอร์เซนต์การประวิงสัมพันธ์โดยประมาณของแชนแนลในสวิตช์แบบพาเซี่ยลสี่ชั้น
บัพเฟอร์เทียบกับขนาดของแชนแนลที่เปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การวิเคราะห์ขนาดของบัพเฟอร์ที่เหมาะสมในสถานการณ์ต่างๆโดยใช้เปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพันธ์โดยประมาณ

ในส่วนนี้จะเป็นการวิเคราะห์ขนาดของบัพเฟอร์ที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ทั้งสวิตช์ที่มีเอาท์พุทบัพเฟอร์ และสวิตช์ที่มีพาเซี่ยลลิเชอร์บัพเฟอร์ ซึ่งการจำลองสถานการณ์ต่างๆจะทำให้โดยเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการประวิงเฉลี่ย และโอกาสของการสูญหายของแพคเกจซึ่งได้แก่ ปริมาณทราฟฟิก ขนาดของสวิตช์ ขนาดของเอาท์พุทบัพเฟอร์ ขนาดของเชอร์บัพเฟอร์ ดังที่ได้แสดงแนวโน้มพื้นฐานของค่าต่างๆไปแล้วในบทที่แล้ว โดยการวิเคราะห์ขนาดของบัพเฟอร์ที่เหมาะสมในส่วนนี้จะอาศัยเปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพันธ์โดยประมาณ จะทำการกำหนดเปอร์เซ็นต์ของความสัมพันธ์การประวิง จากนั้นจึงสามารถหาขนาดของบัพเฟอร์ที่เหมาะสมกับสถานการณ์นั้นๆได้ตามเปอร์เซ็นต์ความสัมพันธ์ของค่าการประวิงตามที่กำหนดได้

รูปที่ 5.9 เป็นตัวอย่างการหาขนาดของเอาท์พุทบัพเฟอร์ในสวิตช์แบบที่มีเอาท์พุทบัพเฟอร์ ซึ่งก็คือรูปที่ 5.1 เพียงแต่นำมาขยายใหญ่ขึ้น จากรูปทำการกำหนดเปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพันธ์โดยประมาณที่ 0.9 เปอร์เซนต์ จะได้ขนาดของเอาท์พุทบัพเฟอร์ที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆ



รูปที่ 5.9 การหาขนาดของบัพเฟอร์ตามเปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพันธ์โดยประมาณที่กำหนด

5.4.1 เอาท์พุทบัฟเฟอร์

ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมโดยใช้เปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ ซึ่งหาได้จากกระบวนการตามที่กล่าวมาแล้วนั้น ได้ผลตามตารางที่ 5.1 และ 5.2 โดยตารางที่ 5.1 เป็นขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่ปริมาณกราฟฟิกต่างๆ ซึ่งได้มาจากรูปที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 เป็นการหาขนาดที่เหมาะสมของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ตามขนาดของสวิตช์ ซึ่งได้มาจากรูปที่ 5.2 จากตารางจะสังเกตเห็นว่า เมื่อกำหนด APRD ให้สูงขึ้น ซึ่งความหมายก็คือต้องการอัตราการเพิ่มที่ลดลง จะต้องใช้เอาท์พุทบัฟเฟอร์น้อยลง จากตารางที่ 5.1 การใช้เอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่มีขนาด 13 ร่องเวลาก็เพียงพอสำหรับกรณีที่มีปริมาณกราฟฟิก 0.8 ในกรณีของขนาดของสวิตช์ การใช้เอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่มีขนาด 14 ร่องเวลาก็เพียงพอกับสวิตช์ที่มีขนาด 64 พอร์ต

ตารางที่ 5.1 ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่มีปริมาณกราฟฟิกต่างๆเมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ

APRD(%)	ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่มีปริมาณกราฟฟิก (ρ)			
	$\rho=0.2$	$\rho=0.4$	$\rho=0.6$	$\rho=0.8$
0.7	4	5	7	13
0.9	4	5	7	13
1.1	4	5	7	12
1.3	4	5	7	12

ตารางที่ 5.2 ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่มีขนาดของสวิตช์ต่างๆเมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ

APRD(%)	ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่มีขนาดของสวิตช์ (N)					
	$N=2$	$N=4$	$N=8$	$N=16$	$N=32$	$N=64$
0.7	9	11	13	13	14	14
0.9	8	11	12	13	13	13
1.1	8	10	11	12	12	12
1.3	8	10	11	12	12	12

5.4.2 พาเซี่ยลลีแซร์บัพเฟอร์

การหาขนาดของบัพเฟอร์ที่เหมาะสมในพาเซี่ยลลีแซร์บัพเฟอร์นี้ จะมีวิธีคิดเหมือนกันกับ ส่วนของเอาท์พุทบัพเฟอร์ แต่ในส่วนของพาเซี่ยลลีแซร์บัพเฟอร์นี้จะทำการหาขนาดของแซร์ บัพเฟอร์ที่คิดจากการประวิงทั้งหมดเท่านั้น

ตารางที่ 5.3 เป็นขนาดของแซร์บัพเฟอร์ที่เหมาะสมสำหรับปริมาณกราฟฟิกต่างๆ ซึ่งค่าที่ ได้คิดจากรูปที่ 5.3 จะเห็นว่าการใช้ขนาดของแซร์บัพเฟอร์เพียงแค่ 3 ร่องเวลาก็เพียงพอสำหรับทุก ปริมาณกราฟฟิกแล้ว ส่วนตาราง 5.4 เป็นขนาดของแซร์บัพเฟอร์ที่เหมาะสมสำหรับขนาดของ สวิตช์ต่างๆ ซึ่งได้มาจากรูปที่ 5.5 ขนาดของแซร์บัพเฟอร์ใช้เพียง 3 ร่องเวลาก็เพียงพอต่อสวิตช์ที่มี ขนาด 64 ตารางที่ 5.5 แสดงถึงขนาดของแซร์บัพเฟอร์ที่เหมาะสมเมื่อใช้เอาท์พุทบัพเฟอร์ที่มี ขนาดต่างๆ ซึ่งได้มาจากรูปที่ 5.7 สามารถใช้ขนาดของแซร์บัพเฟอร์เป็น 3 ร่องเวลาก็เพียงพอ จาก การสังเกตรูปที่ 4.21 ถึงรูปที่ 4.26 จะพบว่า การเพิ่มขึ้นของค่าการประวิงเมื่อขนาดของแซร์ บัพเฟอร์เป็น 3 ขึ้นไปจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากหรือแทบจะไม่เปลี่ยนแปลงเลย

ตารางที่ 5.3 ขนาดของแซร์บัพเฟอร์ที่เหมาะสมที่ปริมาณกราฟฟิกต่างๆเมื่อพิจารณาจาก เปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ

APRD(%)	ขนาดของแซร์บัพเฟอร์ที่เหมาะสมที่ปริมาณกราฟฟิก (ρ)			
	$\rho=0.2$	$\rho=0.4$	$\rho=0.6$	$\rho=0.8$
0.7	3	3	3	3
0.9	3	3	3	3
1.1	3	3	3	3
1.3	3	3	3	3

ตารางที่ 5.4 ขนาดของแซร์บัพเฟอร์ที่เหมาะสมที่ขนาดของสวิตช์ต่างๆเมื่อพิจารณาจาก เปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ

APRD(%)	ขนาดของแซร์บัพเฟอร์ที่เหมาะสมที่ขนาดของสวิตช์ (N)				
	$N=4$	$N=8$	$N=16$	$N=32$	$N=64$
0.7	3	3	3	3	3
0.9	2	3	3	3	3
1.1	2	3	3	3	3
1.3	2	3	3	3	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 ขนาดของแชนแนลที่ที่เหมาะสมที่ขนาดของเอชทีทีทีพีเฟออร์ต่างๆเมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การประวิงล้มพัทธ์โดยประมาณ

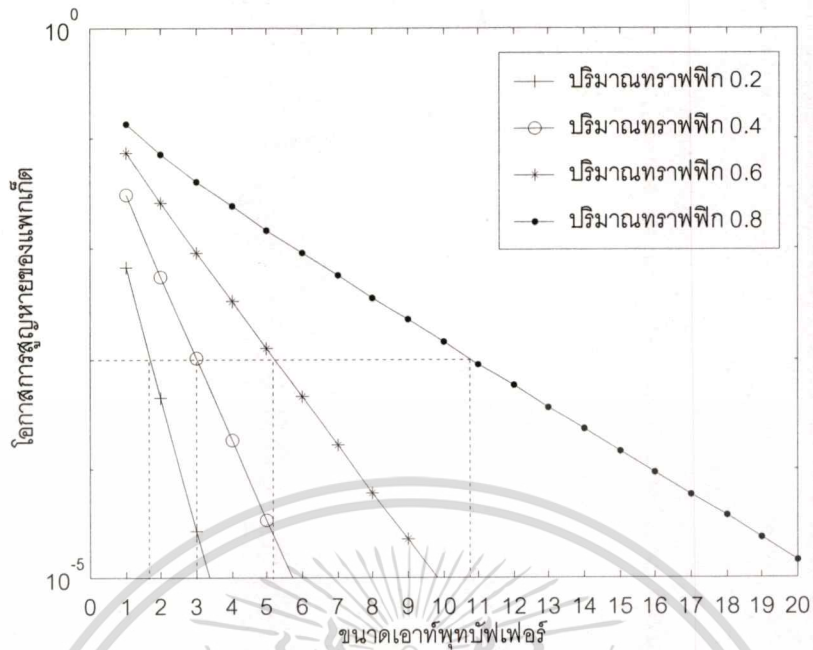
APRD(%)	ขนาดของแชนแนลที่ที่เหมาะสมที่ขนาดของเอชทีทีทีพีเฟออร์ (b)			
	$b=6$	$b=8$	$b=10$	$b=12$
0.7	3	3	3	3
0.9	3	3	3	3
1.1	3	3	3	3
1.3	3	3	3	3

5.5 การวิเคราะห์ขนาดของบัฟเฟออร์ที่เหมาะสมในสถานการณ์ต่างๆโดยใช้เปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ต (Percentage of Packet Loss Probability)

ในส่วนนี้จะเป็นการหาขนาดที่เหมาะสมของบัฟเฟออร์ในสถานการณ์ต่างๆ ซึ่งจะใช้โอกาสของการสูญหายของแพกเก็ตเป็นตัวแปรในการหา วิธีนี้จะทำได้โดยการกำหนดเปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ต จากนั้นจึงจะสามารถหาขนาดที่เหมาะสมของบัฟเฟออร์ได้ ซึ่งจะคล้ายๆกับวิธีของเปอร์เซ็นต์การประวิงล้มพัทธ์โดยประมาณ ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.10 เป็นการหาขนาดของเอชทีทีทีพีเฟออร์ในสวิตช์ที่มีเอชทีทีทีพีเฟออร์เพียงอย่างเดียว โดยกำหนดเปอร์เซ็นต์ของการสูญหายของแพกเก็ตเป็น 0.1 เปอร์เซ็นต์ เราจะได้ขนาดของเอชทีทีทีพีเฟออร์ที่เหมาะสมดังเส้นประ

5.5.1 เอชทีทีทีพีเฟออร์

ตารางที่ 5.6 เป็นขนาดของเอชทีทีทีพีเฟออร์ที่เหมาะสมในขณะที่ปริมาณทราฟฟิกมีค่าต่างๆ โดยมีเงื่อนไขมาจากรูปที่ 4.4 สามารถใช้ขนาดของเอชทีทีทีพีเฟออร์เป็น 11 ก็เพียงพอสำหรับปริมาณทราฟฟิก 0.8 และรูปที่ 5.7 เป็นขนาดของเอชทีทีทีพีเฟออร์ที่สวิตช์มีขนาดต่างๆ ซึ่งหามาจากรูปที่ 4.5 การใช้ขนาดของบัฟเฟออร์ 12 ก็เพียงพอกับโอกาสของการสูญหายของแพกเก็ตในสวิตช์ที่มีขนาดของสวิตช์เป็น 64



รูปที่ 5.10 การหาขนาดของบัพเฟอร์ตามเปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพคเกจที่กำหนด

ตารางที่ 5.6 ขนาดของเอาต์พุตบัพเฟอร์ที่เหมาะสมที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆเมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพคเกจ

Percent of Loss(%)	ขนาดของเอาต์พุตบัพเฟอร์ที่เหมาะสมที่ปริมาณทราฟฟิก (ρ)			
	$\rho=0.2$	$\rho=0.4$	$\rho=0.6$	$\rho=0.8$
0.1	2	3	6	11
0.3	2	3	5	9
0.5	2	3	4	8
0.7	1	2	4	7
0.9	1	2	4	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่ขนาดของสวิตช์ต่างๆเมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพคเกจ

Percent of Loss(%)	ขนาดของสวิตช์ขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่ (N)					
	$N=2$	$N=4$	$N=8$	$N=16$	$N=32$	$N=64$
0.1	6	9	11	11	12	12
0.3	5	7	8	9	9	9
0.5	4	6	7	8	8	8
0.7	4	6	7	7	7	7
0.9	4	5	6	7	7	7

5.5.2 พาเซิลลีแซร์บัฟเฟอร์

ส่วนของพาเซิลลีแซร์บัฟเฟอร์จะทำการหาเฉพาะแซร์บัฟเฟอร์เท่านั้น และทำการหาโดยใช้เงื่อนไขเดียวกับในการหาโดยใช้วิธีการประมาณเปอร์เซ็นต์ของค่าการประวิงเฉลี่ยซึ่งได้อธิบายไปแล้ว รูปที่ 5.8, 5.9 และ 5.10 เป็นขนาดของแซร์บัฟเฟอร์ที่ปริมาณทราฟฟิก ขนาดของสวิตช์ และขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ตามลำดับ ซึ่งได้มาจากรูปที่ 4.13, 4.14 และ 4.11 ตามลำดับ การใช้แซร์บัฟเฟอร์เพียงแค่ 3 ร่องเวลาก็เพียงพอกับสวิตช์ที่มีขนาด 64 เอาท์พุทบัฟเฟอร์ขนาด 16 ที่มีปริมาณทราฟฟิก 0.8 เมื่อกำหนดเปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพคเกจเป็น 0.001 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5.8 ขนาดของแซร์บัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่ปริมาณทราฟฟิกต่างๆเมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพคเกจ

Percent of Loss(%)	ขนาดของแซร์บัฟเฟอร์ที่เหมาะสมที่ปริมาณทราฟฟิก (ρ)			
	$\rho=0.2$	$\rho=0.4$	$\rho=0.6$	$\rho=0.8$
10^{-3}	1	1	1	3
10^{-4}	1	1	2	4
10^{-5}	1	1	2	4
10^{-6}	1	1	3	5

ตารางที่ 5.9 ขนาดของแชนแนลที่เหมาะสมเมื่อสวิตช์มีขนาดต่างๆเมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพคเกจ

Percent of Loss(%)	ขนาดของแชนแนลที่เหมาะสมที่ขนาดของสวิตช์ (N)				
	$N=4$	$N=8$	$N=16$	$N=32$	$N=64$
10^{-3}	1	2	3	3	3
10^{-4}	2	3	4	4	4
10^{-5}	2	4	4	5	5
10^{-6}	2	4	5	6	6

ตารางที่ 5.10 ขนาดของแชนแนลที่เหมาะสมเมื่อเอาท์พุทบัฟเฟอร์มีขนาดต่างๆเมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพคเกจ

Percent of Loss(%)	ขนาดของแชนแนลที่เหมาะสมเมื่อขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์ (b)				
	$b=2$	$b=4$	$b=8$	$b=16$	$b=32$
10^{-3}	1	1	3	3	4
10^{-4}	1	2	3	4	5
10^{-5}	1	3	4	5	6
10^{-6}	1	4	5	6	7

5.6 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์หาขนาดของบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมสำหรับสถานการณ์นั้นๆ โดยอาศัยหลักการพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของโอกาสของการสูญหายของแพคเกจและค่าการประวิงเฉลี่ย ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ไปแล้วในบทที่แล้ว ซึ่งวิธีการพิจารณานี้จะเรียกว่า เปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ และเปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพคเกจ วิธีนี้สามารถหาขนาดของบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมโดยประมาณได้โดยกำหนดเปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ และกำหนดเปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพคเกจ การใช้เอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่มีขนาด 13 ร่องเวลาและการใช้แชนแนลที่มีขนาด 3 ร่องเวลาก็เพียงพอสำหรับสวิตช์ที่มีขนาด 32 พอร์ตและปริมาณทราฟฟิกที่ 0.8

บทที่ 6

บทสรุป

6.1 สรุปผลการวิเคราะห์ขนาดของบัฟเฟอร์

จากการวิเคราะห์เชิงตัวเลขของโอกาสของการสูญหายของแพคเกจ และ ค่าการประวิงเฉลี่ยในบทที่ 4 สามารถสรุปได้เป็นข้อๆดังต่อไปนี้

1. โอกาสของการสูญหายของแพคเกจจะแปรผกผันกับค่าการประวิงเฉลี่ย โดยโอกาสของการสูญหายของแพคเกจจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อสวิตช์มีขนาดไม่มาก และจะค่อยๆเพิ่มเมื่อสวิตช์มีขนาดใหญ่ และค่าการประวิงเฉลี่ยก็มีผลคล้ายๆกัน
2. โอกาสของการสูญหายของแพคเกจจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณทราฟฟิกเนื่องจากมีปริมาณข้อมูลเข้ามาในระบบมากขึ้น อัตราการเพิ่มของโอกาสของการสูญหายของแพคเกจจะมากเมื่อมีปริมาณทราฟฟิกน้อย และจะมีอัตราการเพิ่มต่ำเมื่อมีปริมาณทราฟฟิกมาก
3. โอกาสของการสูญหายของแพคเกจจะลดลงอย่างสม่ำเสมอเมื่อขนาดของบัฟเฟอร์ลดลง เพราะว่าบัฟเฟอร์สามารถรองรับแพคเกจได้มากขึ้น
4. โอกาสของการสูญหายของแพคเกจในแชนแนลบัฟเฟอร์จะน้อยกว่าในเอาท์พุทบัฟเฟอร์มาก เนื่องจากแพคเกจที่เข้ามายังแชนแนลบัฟเฟอร์ทั้งหมดเป็นแพคเกจที่สูญเสียมาจากเอาท์พุทบัฟเฟอร์
5. การประวิงเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นและอัตราการเพิ่มจะมากขึ้นเรื่อยๆเมื่อปริมาณทราฟฟิกเพิ่มขึ้น
6. การประวิงเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นแต่อัตราการเพิ่มจะลดลงจนเข้าสู่จุดอิ่มตัวเมื่อขนาดของเอาท์พุทบัฟเฟอร์และขนาดของสวิตช์เพิ่มมากขึ้น
7. อัตราการเพิ่มขึ้นการประวิงเฉลี่ยในแชนแนลบัฟเฟอร์จะน้อยกว่าในเอาท์พุทบัฟเฟอร์ และจะเข้าสู่จุดอิ่มตัวเร็วกว่าเอาท์พุทบัฟเฟอร์

ส่วนการวิเคราะห์ขนาดที่เหมาะสมของบัฟเฟอร์จะพิจารณาจากอัตราการเพิ่มขึ้นของการประวิงเฉลี่ย และโอกาสของการสูญหายของแพคเกจเช่นเดียวกัน ซึ่งจะทำได้โดยการกำหนดเปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพัทธ์โดยประมาณ และกำหนดเปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพคเกจ การกำหนดค่าเหล่านี้จะทำให้สามารถลดการใช้บัฟเฟอร์ลงได้ การใช้เอาท์พุทบัฟเฟอร์ที่มีขนาด 13 ร่องเวลา และแชนแนลบัฟเฟอร์ที่มีขนาด 3 ร่องเวลา ก็เพียงพอสำหรับสวิตช์ที่มีขนาด 16 พอร์ตและมีปริมาณทราฟฟิก 0.8 เป็นตัวอย่างการหาขนาดของบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขต่อไป

การหาขนาดของบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำโดยการกำหนดค่าเปอร์เซ็นต์การประวิงสัมพันธ์โดยประมาณ และกำหนดเปอร์เซ็นต์ของโอกาสของการสูญหายของแพคเกจ ซึ่งเป็นวิธีการอย่างง่าย ๆ และไม่ยังคงมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน อาจมีการหาโดยวิธีอื่นที่สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณทราฟฟิกได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Diao and P. L. Chu, "Analysis of Partially Shared Buffering for WDM Optical Packet Switching", J. Lightwave Tech., Vol. 17, No. 12, Dec 1999, pp. 2461–2469.
- [2] N. Kitsuwon, C. Srikoon, W. Singhaudom, S. Noppanakeepong " The Evaluation of Optimal Output Buffer Size in Optical Switching", Proceeding of the International Conference on Telecommunications 2002, Beijing, China, Volume 1,.,Page 1310 - 1313
- [3] G. N. Higginbottom, Performance Evaluation of Communication Networks, London: Artech House, 1998.
- [4] D. Gross and C. M. Harris, Fundamentals of Queueing Theory. New York: Wiley, 1998.
- [5] M. Calzavara, P. Gambini, M. Puleo, B. Bostica, P. Cinato, and E. Vezzoni, "Simultaneous buffering of ATM packets in a multi-wavelength optical-fiber-loop memory", in Proc. OFC'94, pp. 195-196.
- [6] M. J. Karol, M. G. Hluchyj, and S. P. Morgan, "Input versus output queueing on a space-division packet switch", IEEE Trans. Comm., Vol. COM-35, No.12, Dec. 1987, pp. 1347-1356.
- [7] M. G. Hluchyj and M. J. Karol, "Queueing in high-performance packet switching", IEEE J. Select. Areas Comm., Vol. 6, Dec. 1988, pp. 1587-1589
- [8] S. Kuroyagagi, T. Nishi, and T. Maeda, "A photonic ATM switching system using wavelength routing cell selector and optical fiber traveling type buffer memory", in Proc. ECOC'94, Florence, Italy, 1994, vol. 2, pp. 545-548.
- [9] T. G. Robertazzi, Performance Evaluation of High Speed Switching Fabrics and Networks, New York: IEEE PRESS, 1993.
- [10] D. K. Hunter, W. D. Cornwell, T. H. Gilfedder, A. Franzen, and I. Andonovic, "SLOB: A switch with large optical buffers for packet switching", J. Lightwave Technol., vol. 16, Oct 1998.

- [11] R. Ramaswami, "Multi-wavelength lightwave networks", IEEE Commun. Mag., Feb. 1993.
- [12] S. Suzuki, M. Nishio, T. Numai, M. Fujiwara, M. Itoh, S. Murata and N. Shimosaka, "J. Lightwave Technol., vol. 8 no. 5, pp.660-665, May 1990.
- [13] C. A. Brackett, "Dense wavelength division multiplexing networks principles and applications", IEEE. J. Select. Areas Commun. Vol. 8, pp. 948, 1990.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

- 1) Jirakorn Srikoon, Natthapong Kitsuan, Preecha Thongyad and Suthichai Nopphanakeepong "Performance Analysis of Partially Shared Buffering for Packet Switching." *Extended Abstracts The 3rd National Symposium on Graduate Research*, July 2002, Page 231 – 232.
- 2) N. Kitsuan, C. Srikoon, W. Singhaudom, S. Noppanakeepong " The Evaluation of Optimal Output Buffer Size in Optical Switching" *Proceeding of the International Conference on Telecommunications 2002, Beijing, China, Volume 1, Page 1310 - 1313*
- 3) Nattapong Kitsuan, Chirakorn Srikoon, Suthichai Noppanakeepong "The evaluation of optimal output buffer size and shared buffer size in partially shared buffering for packet switching architecture" *SCOReD 2003, Putrajaya, Malaysia 25th – 26th August 2003*

ประวัติผู้เขียน

นายณัฐพงศ์ กิจสุวรรณ เกิดเมื่อวันที่ 1 มกราคม 2522 ที่จังหวัดจันทบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ไฟฟ้าสาขาโทรคมนาคม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปีการศึกษา 2543 เคยเป็นตัวแทนประเทศไทยเข้าร่วมโครงการ Japan Tent ที่ประเทศญี่ปุ่นเมื่อปี พ.ศ. 2540 และเคยได้รับทุน AIEU ไปทำการวิจัยเกี่ยวกับระบบเน็ตเวิร์คที่มหาวิทยาลัย The University of Electro-Communications (UEC) โตเกียวประเทศญี่ปุ่นเป็นเวลา 1 ปีเมื่อปี พ.ศ. 2545 และได้รับรางวัลนักเรียนดีเด่นจากมหาวิทยาลัย UEC ปี 2546

ปี พ.ศ. 2542 ถึงปี พ.ศ. 2544 เป็นผู้ช่วยอาจารย์ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปี พ.ศ. 2544 ถึงปี พ.ศ. 2545 เป็นผู้ช่วยอาจารย์ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขณะนี้ดำรงตำแหน่งผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ บริษัทโรห์ม อินทิเกรเต็ด เซมิคอนดักเตอร์ ประเทศไทยจำกัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้