

การศึกษาสมรรถนะทางการประวิงเวลาของระเบียบวิธีการจองช่องสัญญาณ
ในระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูง



นายชัยรัตน์ นิตยารมย์

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

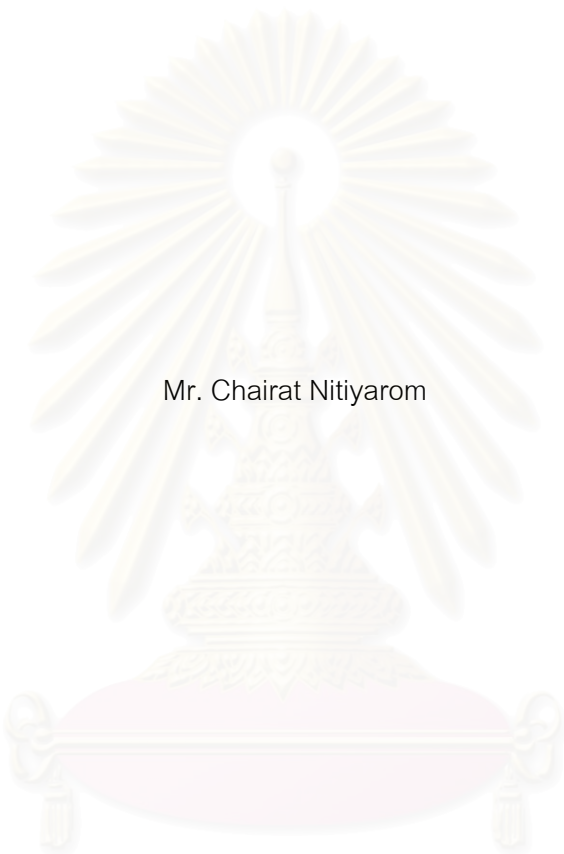
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-5322-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

STUDY OF DELAY PERFORMANCE OF CHANNEL RESERVATION ALGORITHMS
IN HIGH SPEED WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS



Mr. Chairat Nitiyarom

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-17-5322-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาศมรรถนะทางด้านการประวิงเวลาของระเบียบวิธีการของ
ช่องสัญญาณในระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูง

โดย

นายชัยรัตน์ นิตยารมย์


สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา

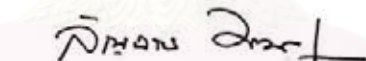
รองศาสตราจารย์ ดร.ลัญจนกร วุฒิสัทธาธิกุลกิจ


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ติเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ลัญจนกร วุฒิสัทธาธิกุลกิจ)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชาวนิต ธีศวกุล)

สถาบันวิจัยสมรรถนะ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชัยรัตน์ นิตยารมย์ : การศึกษาสมรรถนะทางด้านการประวิงเวลาของระเบียบวิธีการจองช่องสัญญาณในระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูง (STUDY OF DELAY PERFORMANCE OF CHANNEL RESERVATION ALGORITHMS IN HIGH SPEED WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS) อ.ที่ปรึกษา: รศ.ดร.ลัญจกร วุฒิสัทธาธิกุลกิจ, 81 หน้า. ISBN 974-17-5322-5.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการศึกษาสมรรถนะทางด้านประวิงเวลา และปรับปรุงสมรรถนะเพื่อลดการประวิงเวลาของระเบียบวิธีการจองช่องสัญญาณในระบบสื่อสารไร้สายที่ใช้ 7 วิธี ได้แก่ CFP, CAP, COP, COP+SPL, CFP+SPL, UNI และ UNI+LA โดยทั้ง 7 วิธีได้รับการออกแบบสำหรับกรณีที่มีการประวิงเวลาการแพร่กระจายครบรอบ (Round-Trip Propagation Delay) ยาวกว่าเวลาประวิงการส่งสัญญาณ (Transmission Delay) ในระบบที่สามารถรับทราบข้อมูลจำนวนผู้ใช้บริการ และจำนวนสล็อตการจอง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองในการทดสอบ จากการประเมินสมรรถนะของระบบในแต่ละวิธี ปรากฏว่าจำนวนสล็อตการจองต่อเฟรมเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญกับระบบ เพราะจำนวนสล็อตการจองต่อเฟรมที่เหมาะสมจะทำให้เวลาประวิงมีค่าน้อยที่สุดเมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการที่ต่างกัน จากการเปรียบเทียบทั้ง 7 วิธีปรากฏว่าวิธี COP+SPL ให้ค่าเวลาประวิงในช่วงการจองต่ำที่สุด เนื่องจากจำนวนสล็อตการจองต่อเฟรมเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญกับระบบ ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอระบบที่สามารถปรับเปลี่ยนจำนวนสล็อตต่อเฟรม ทำให้สมรรถนะในช่วงการจองมีค่าเพิ่มขึ้นในวิธี UNI และ COP+SPL ใน 2 กรณี ได้แก่ กรณีระบบสามารถรับทราบข้อมูลจำนวนผู้ใช้บริการตอนต้นเฟรม และ กรณีที่ระบบจะทำการประเมินผู้ใช้บริการจากผลการร้องขอของผู้ใช้บริการ โดยในกรณีแรกพบว่าสามารถเพิ่มสมรรถนะในช่วงเวลาประวิงได้ทั้ง UNI และ COP+SPL และในกรณีหลังสามารถเพิ่มสมรรถนะให้วิธี UNI ซึ่งการปรับเปลี่ยนจำนวนสล็อตต่อเฟรมกรณีนี้มีความซับซ้อนน้อยที่สุดเหมาะกับการใช้ทางปฏิบัติ

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า..... ลายมือชื่อนิสิต *Dr. Awt*
 สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *Dr. Awt*
 ปีการศึกษา...2548...

4470695121 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: DELAY / CHANNEL RESERVATION / MAC / WIRELESS COMMUNICATION

CHAIRAT NITIYAROM : STUDY OF DELAY PERFORMANCE OF CHANNEL RESERVATION ALGORITHMS IN HIGH SPEED WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. LUNCHAKORN WUTTISITTIKULIJ. Ph.D., 81 pp. ISBN 974-17-5322-5.

This thesis presents a performance evaluation study of 7 channel reservation schemes namely CFP, CAP, COP, COP+SPL, CFP+SPL, UNI and UNI+LA in terms of average delay time per packet for systems with relatively long round trip propagation delay time. Based on Monte Carlo Computer simulations, results indicate that the number of request slots per frame is an important factor impacting the delay performance of the system, i.e. appropriate number of slots for frame needs to be carefully set to suit different traffic load conditions to achieve minimal delay. It is clear that channel reservation scheme with high throughput performance will also offer low delay. When comparing amongst all schemes it is found that the COP+SPL scheme is the most efficient with respect to delay as well as throughput performance. In addition, this thesis further investigates the possibilities of applying an adaptive frame technique to improve the delay performance of UNI and COP+SPL schemes for systems with assumptions of both perfect and partial knowledge of the number of remaining users at the start of each frame. Simulation results reveal that with perfect knowledge of remaining users delay performance can be noticeably improved for both schemes. However, with partial knowledge of remaining users system delay performance gain exists only for UNI.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department.....Electrical Engineering..... Student's signature *Par Ch*
Field of study.....Electrical Engineering..... Advisor's signature *Wuttisittikulij*
Academic year .2005.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้หากขาดความช่วยเหลือ และแนะนำจากผู้เกี่ยวข้องทั้งหลาย

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสีทธิกุลกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในการวิจัยอย่างใกล้ชิด ขอขอบคุณต่อรุ่นพี่รุ่นน้อง และเพื่อน ๆ ในห้องปฏิบัติการไฟฟ้าสื่อสารทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและกำลังใจที่ดีเสมอมา และคุณวรารกร ศรีไชวงทรัพย์ ผู้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำที่ดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและทุกคนในครอบครัวของข้าพเจ้า ซึ่งให้การสนับสนุนด้านการศึกษา รวมถึงกำลังใจและความเข้าใจที่มีให้ข้าพเจ้าเสมอมา



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	4
1.3 เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	4
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	5
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	5
1.6เค้าโครงวิทยานิพนธ์.....	6
2 ความรู้พื้นฐาน.....	7
2.1 โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง.....	7
2.1.1 โพรโทคอลที่ไม่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ (Contention-Free MAC Protocol).....	8
2.1.2 โพรโทคอลที่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ (Contention-Based MAC Protocol).....	9
2.1.3 โพรโทคอลแบบผสมเทคนิคการแข่งขันและไม่แข่งขันในการเข้า ใช้ช่องสัญญาณ (Contention-Free and Contention-Based MAC Protocol)	10
2.2 พื้นฐานการจองช่องสัญญาณ.....	11
2.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดสมรรถนะของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึง ตัวกลางในระบบสื่อสารไร้สาย.....	12
2.4 เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในอดีต	14

บทที่		หน้า
	2.4.1	วิธี Exponential Backoff..... 14
	2.4.2	วิธี Pseudo-Bayesian..... 15
	2.5	ผลของเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบ..... 16
	2.6	เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ใช้ศึกษา..... 18
3		เทคนิคการจองช่องสัญญาณ..... 19
	3.1	เทคนิคการใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแบบค่าคงที่ 20
	3.1.1	หลักการทํางานของเทคนิค CFP (Cascade Fixed Probability) 20
	3.2	เทคนิคการใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแบบปรับค่าได้..... 21
	3.2.1	เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Cascade Adaptive Probability (CAP) 22
	3.2.2	เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Cascade Optimal Probability (COP)..... 22
	3.3	เทคนิคการแบ่งกลุ่มย่อยอย่างสุ่ม 22
	3.3.1	เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Cascade Optimal Probability +Split (COP+SPL)..... 23
	3.3.2	เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Cascade Fixed Probability +Split (CFP+SPL)..... 23
	3.4	เทคนิคการเลือกสล็อตการจองอย่างสุ่ม 23
	3.4.1	เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Uniform (UNI)..... 24
	3.5	เทคนิคการจำกัดจำนวนผู้ให้บริการ..... 25
	3.5.1	เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Uniform + Limited Access (UNI+LA)..... 25
	3.6	การศึกษาว่าวิสัยสามารถของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแต่ละวิธี 26
	3.6.1	สมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณ CFP..... 27
	3.6.2	สมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณ CAP..... 30
	3.6.3	สมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณ COP..... 31

บทที่		หน้า
	3.6.4	สมรรถนะของเทคนิคการกรองช่องสัญญาณ COP+SPL 31
	3.6.5	สมรรถนะของเทคนิคการกรองช่องสัญญาณCFP+SPL..... 32
	3.6.6	สมรรถนะของเทคนิคการกรองช่องสัญญาณ UNI..... 32
	3.6.7	สมรรถนะของเทคนิคการกรองช่องสัญญาณ UNI+LA 34
4		งานวิจัยสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงที่เสนอ..... 37
	4.1	ช่วงเวลาประวิงเฉลี่ยต่อแพ็กเก็ต..... 37
	4.2	แนวทางการปรับปรุงสมรรถนะของระบบ..... 41
	4.2.1	ระบบที่สามารถปรับจำนวนสลิตต่อการกรองแบบรู้จำนวน ผู้ใช้บริการ..... 42
	4.2.2	ระบบที่สามารถปรับจำนวนสลิตต่อการกรองแบบไม่รู้จำนวน ผู้ใช้บริการ..... 43
5		ผลการทดสอบ..... 46
	5.1	ผลการทดสอบและวิเคราะห์กรณีศึกษา..... 46
	5.1.1	ผลการทดสอบวิธี CFP CAP และ COP..... 46
	5.1.2	ผลการทดสอบวิธี COP+SPL และ CFP+SPL..... 56
	5.1.3	ผลการทดสอบวิธี UNI และ UNI+LA..... 61
	5.1.4	ผลการเปรียบเทียบช่วงเวลาประวิงในแต่ละวิธี..... 67
	5.2	ผลการทดสอบระบบที่ใช้เทคนิค Adaptive Frame 69
6		บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 77
	6.1	บทสรุป..... 77
	6.2	ข้อเสนอแนะ..... 78
		รายการอ้างอิง..... 79
		ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 81

สารบัญรูป

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 1.1	โครงข่ายของระบบการสื่อสารไร้สาย..... 2
รูปที่ 2.1	ระบบสื่อสารไร้สายในพื้นที่ให้บริการหนึ่ง..... 8
รูปที่ 2.2	การทำงานของโพรโทคอลที่ไม่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ TDMA..... 9
รูปที่ 2.3	การทำงานของโพรโทคอลที่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ Slotted ALOHA..... 10
รูปที่ 2.4	โครงสร้างเฟรมของโพรโทคอล ALOHA Reservation..... 11
รูปที่ 2.5	ผลการจองช่องสัญญาณของโพรโทคอล ALOHA Reservation..... 12
รูปที่ 2.6	โครงสร้างเฟรมและการทำงานเมื่อเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบมีค่าน้อย..... 16
รูปที่ 2.7	โครงสร้างเฟรมและการทำงานเมื่อเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบมีค่ามาก..... 17
รูปที่ 3.1	กลไกการทำงานของเทคนิคการจองแบบ Cascade Fixed Probability (CFP)..... 22
รูปที่ 3.2	กลไกการทำงานของเทคนิคการจองแบบ Uniform (UNI)..... 24
รูปที่ 3.3	กลไกการทำงานของเทคนิคการจองแบบ Uniform + Limited Access..... 26
รูปที่ 3.4	ตัวอย่างการหาค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมของวิธี CFP..... 30
รูปที่ 4.1	แบบจำลองการเข้าของสัญญาณ..... 37
รูปที่ 4.2	แบบจำลองการเข้าของสัญญาณของวิธี CFP ของผู้ใช้บริการ 4 คน และสล๊อตการจอง 5 สล๊อต..... 39
รูปที่ 4.3	แบบจำลองการเข้าของสัญญาณของวิธี CFP ของผู้ใช้บริการที่เหลือ 3 คน และสล๊อตการจอง 5 สล๊อต..... 40
รูปที่ 4.4	แบบจำลองการเข้าของสัญญาณของวิธี UNI ของผู้ใช้บริการ 4 คน และสล๊อตการจอง 5 สล๊อต..... 41
รูปที่ 4.5	แบบจำลองการเข้าของสัญญาณของวิธี UNI ของผู้ใช้บริการที่เหลือ 2 คน และสล๊อตการจอง 5 สล๊อต..... 42

	หน้า
รูปประกอบ	
รูปที่ 4.6 แบบจำลองการเข้าของสัญญาณของวิธี UN+LA ของผู้ให้บริการ 4 คน และ สล็ตการจอง 5 สล็ต.....	41
รูปที่ 4.7 ไดอะแกรมแสดงการปรับจำนวนสล็ตการจองของวิธี UNI.....	43
รูปที่ 4.8 ไดอะแกรมแสดงการปรับจำนวนสล็ตการจองของระบบที่สามารถปรับจำนวน สล็ตการจองแบบไม่รู้จำนวนผู้ให้บริการ.....	45
รูปที่ 5.1 จำนวนผู้ให้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจอง และค่าความ น่าจะเป็นในการจอง เมื่อจำนวนผู้ให้บริการ 1, 2, 4, 8 และ 16 คน.....	49
รูปที่ 5.2 จำนวนผู้ให้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองของวิธี CFP และ จำนวนสล็ตการจอง เมื่อจำนวนผู้ให้บริการ 1, 2, 4, 8 และ 16 คน.....	50
รูปที่ 5.3 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CFP เมื่อมีจำนวนสล็ตการจอง 1 ถึง 32 และผู้ให้บริการ 2, 4, 8 และ 16.....	50
รูปที่ 5.4 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CFP เมื่อมีจำนวนสล็ตการจอง 1 ถึง 32 และผู้ให้บริการ 2, 4, 8 และ 16.....	51
รูปที่ 5.5 จำนวนผู้ให้บริการที่ประสบความสำเร็จในการเข้าจองของวิธี CFP.....	52
รูปที่ 5.6 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CAP เมื่อมีจำนวนสล็ตการจอง 1 ถึง 32 และผู้ให้บริการ 2, 4, 8 และ 16.....	53
รูปที่ 5.7 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CAP เมื่อมีจำนวนสล็ตการจอง 1 ถึง 32 และ ผู้ให้บริการ 2, 4, 8 และ 16.....	53
รูปที่ 5.8 จำนวนผู้ให้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองของวิธี COP และ จำนวนสล็ตการจอง เมื่อจำนวนผู้ให้บริการ 1, 2, 4, 8 และ 16 คน.....	54
รูปที่ 5.9 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี COP เมื่อมีจำนวนสล็ตการจอง 1 ถึง 32 และผู้ให้บริการ 2, 4, 8 และ 16 คน.....	54
รูปที่ 5.10 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี COP เมื่อมีจำนวนสล็ตการจอง 1 ถึง 32 และผู้ให้บริการ 2, 4, 8, 16 คน.....	55
รูปที่ 5.11 แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CFP, CAP และ COP... แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยในหน่วยเฟรม ของวิธี CFP, CAP และ COP.....	55
รูปที่ 5.12 แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยในหน่วยเฟรม ของวิธี CFP, CAP และ COP.....	56

	หน้า
รูปประกอบ	
รูปที่ 5.13 จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี COP+SPL เมื่อมีผู้ใช้บริการจำนวน 1 ถึง 32 คน และสล็อตการจอง 16 สล็อต โดยแบ่งกลุ่ม 1, 2, 4, 8, 16 กลุ่ม.....	58
รูปที่ 5.14 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี COP+SPLเมื่อมีผู้ใช้บริการ 1 ถึง 32 และสล็อตการจอง 16 สล็อต โดยแบ่งกลุ่มเป็น 2, 4, 8 และ 16 กลุ่ม.....	58
รูปที่ 5.15 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี COP+SPLเมื่อมีสล็อตการจอง 1 ถึง 32 และจำนวนผู้ใช้บริการ 2, 4, 8 และ 16 คน.....	59
รูปที่ 5.16 จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี CFP+SPL เมื่อมีผู้ใช้บริการจำนวน 1 ถึง 32 คน และสล็อตการจอง 16 สล็อต โดยแบ่งกลุ่ม 1, 2, 4, 8, 16 กลุ่ม.....	59
รูปที่ 5.17 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CFP+SPLเมื่อมีผู้ใช้บริการ 1 ถึง 16 คนและสล็อตการจอง 16 สล็อต โดยแบ่งกลุ่มเป็น 2, 4, 8 และ 16 กลุ่ม.....	60
รูปที่ 5.18 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CFP+SPLเมื่อมีสล็อตการจอง 1 ถึง 32 และจำนวนผู้ใช้บริการ 2, 4, 8 และ 16 คน.....	60
รูปที่ 5.19 จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี UNI เมื่อมีผู้ใช้บริการจำนวน 1 ถึง 32 คน และสล็อตการจอง 2, 4, 8, 16 16 สล็อต.....	62
รูปที่ 5.20 จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี UNI เมื่อมีสล็อตการจอง 1 ถึง 32 สล็อต และจำนวนผู้ใช้บริการ 2, 4, 8, 16.....	63
รูปที่ 5.21 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี UNI เมื่อมีจำนวนสล็อตการจอง 1 ถึง32 และผู้ใช้บริการ 2, 4, 8 และ 16.....	63
รูปที่ 5.22 ช่วงเวลาประวิงในหน่วยเฟรมของวิธี UNI ต่อสล็อตการจองและผู้ใช้บริการ 2, 4, 8, 16.....	64
รูปที่ 5.23 จำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการเข้าจองของวิธี UNI.....	65
รูปที่ 5.24 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี UNI+LA ต่อ สล็อตการจอง 1 ถึง 32	66
รูปที่ 5.25 ช่วงเวลาประวิงโดยต่อของวิธี UNI+LA ต่อ สล็อตการจอง 1 ถึง 32 และผู้ใช้บริการ 2, 4, 8, 16	66
รูปที่ 5.26 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงเมื่อมีจำนวนสล็อตการจอง 1 ถึง 32 และจำนวนผู้ใช้ 16 คน.....	68
รูปที่ 5.27 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงเมื่อมีจำนวนสล็อตการจอง 1 ถึง 16 และจำนวนผู้ใช้บริการ 16 คน.....	68

	หน้า จี้
รูปประกอบ	
รูปที่ 5.28 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงเมื่อมีจำนวนสล็ตการจอง 16 ถึง 32 และจำนวนผู้ให้บริการ 16 คน.....	69
รูปที่ 5.29 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี UNI กับ UNI + Adaptive Frame I.....	72
รูปที่ 5.30 ปรีียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี COP กับ COP+SPL: Adaptive Frame I.....	72
รูปที่ 5.31 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงของระบบที่สามารถเปลี่ยนจำนวนสล็ตการจองได้.....	73
รูปที่ 5.32 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี CFP กับ CFP + Adaptive Frame II.....	73
รูปที่ 5.33 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี CAP กับ CAP + Adaptive Frame II	74
รูปที่ 5.34 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี COP กับ COP + Adaptive Frame II	74
รูปที่ 5.35 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี UNI กับ UNI + Adaptive Frame II.....	75
รูปที่ 5.36 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี UNI+LA กับ UNI +LA + Frame II.....	75
รูปที่ 5.37 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี UNI + Adaptive Frame I กับ UNI + Adaptive Frame II.....	76
รูปที่ 5.38 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงของระบบ Adaptive Frame II กับ วิธี CFP+SPL และ COP+SPL	76

บทที่ 1

บทนำ

บทนำนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน ประโยชน์ที่ได้รับ และเค้าโครงวิทยานิพนธ์

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

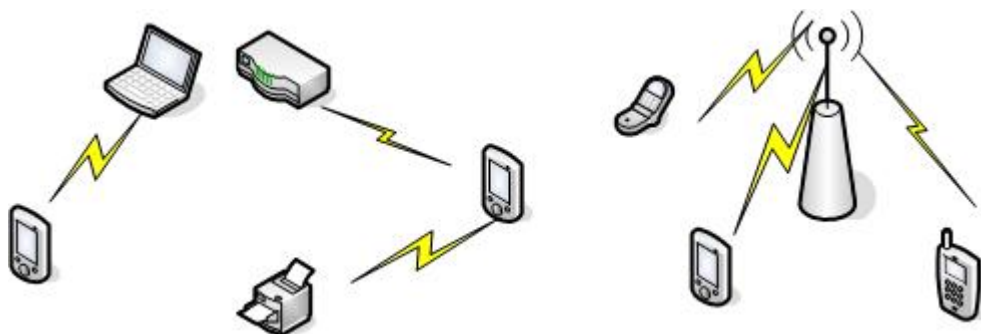
ในปัจจุบันนี้ ระบบสื่อสารซึ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างมากคือ ระบบสื่อสารไร้สาย ดังจะเห็นได้จากจำนวนผู้ใช้บริการที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากประโยชน์ และความสะดวกที่ผู้ใช้บริการได้รับ ทั้งยังมีความยืดหยุ่น มีความสามารถในการจัดการกับบริการข้อมูลมัลติมีเดีย (Multimedia) และประยุกต์ใช้งานแบบเวลาจริง (Real Time Applications)

การจัดการทรัพยากรและผู้ใช้บริการในระบบสื่อสารไร้สาย มีความแตกต่างกันไปตามลักษณะโครงข่ายที่พิจารณา ซึ่งโครงข่ายของระบบสื่อสารไร้สาย แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ [1] คือ

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

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

สิ่งที่ถือเป็นหัวใจสำคัญในระบบการสื่อสารไร้สาย คือ ทำอย่างไรเพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากปริมาณแบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างจำกัดได้คุ้มค่าและสามารถให้บริการกับผู้ใช้ตามคุณภาพของการบริการที่ต้องการ ซึ่งแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าวคือ การสรรหาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่มีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับบริการที่ระบบรองรับได้



1.1 ก. โครงข่ายไร้สายแบบกระจาย

1.1 ข. โครงข่ายไร้สายแบบควบคุมจากศูนย์กลาง

รูปที่ 1.1 โครงข่ายของระบบการสื่อสารไร้สาย

โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบสื่อสารไร้สายได้เริ่มมีการศึกษาและพัฒนาในช่วงปีคริสต์ศักราช 1970 เป็นต้นมา หลังจากที่ Norman Abramson ได้ค้นพบโพรโทคอล ALOHA ซึ่งโพรโทคอลในยุคแรกๆ จะนำมาประยุกต์ใช้กับการสื่อสารข้อมูลและดาวเทียม (Data and Satellite Communications) หลังจากนั้นเป็นต้นมา ระบบสื่อสารไร้สายได้มีการพัฒนาขึ้นมาเป็นลำดับพร้อมกับปัญหา และความท้าทายในการคิดค้นพัฒนาโพรโทคอลนำมาใช้จัดการกับระบบสื่อสารไร้สาย เพื่อให้เกิดสมรรถนะของระบบสูงสุด

จากความสำคัญของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางจึงมีผู้ให้ความสนใจในการพัฒนางานด้านนี้ตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน ในช่วงเริ่มต้นนั้นโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่มีการนำเสนอจะอาศัยพื้นฐานการจัดสรรแบนด์วิดท์แบบที่ไม่มีการแข่งขันกันของผู้ใช้บริการ [1-2] เช่น TDMA, FDMA หรือแบบที่มีการแข่งขันกันของผู้ใช้บริการ [1-2] เช่น Pure ALOHA, Slotted ALOHA เป็นต้น

โดยทั่วไปเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ใช้จะอาศัยการทำงานของเทคนิค Slotted ALOHA เพราะเป็นเทคนิคที่ง่ายและมีความยืดหยุ่นสูง อย่างไรก็ตามการทำงานของเทคนิค Slotted Aloha จะเกิดปัญหาถ้าหากขณะเวลาหนึ่ง ๆ มีผู้ใช้บริการจำนวนมากเข้าทำการจองช่องสัญญาณพร้อมกัน จึงมีการพัฒนาให้เกิดการจัดการที่ง่ายขึ้นโดยรวมกลุ่มของสลิตของ Slotted ALOHA ออกเป็นเฟรม ๆ นอกจากนี้ยังได้มีการคิดหาแนวทางในการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการที่เข้าสู่ระบบ ในกรณีผู้ใช้บริการเข้าระบบเป็นจำนวนมาก จึงมีการนำการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณมาใช้เพื่อจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการที่เข้าจองช่องสัญญาณในขณะหนึ่ง ๆ เช่น การปรับค่าโอกาสในการเข้าถึงตัวกลางเพิ่มหรือลดสอดคล้องกับปริมาณทราฟฟิกที่เปลี่ยนแปลงโดยวิธีการที่ถือว่าเป็นพื้นฐานคือ เทคนิค Exponential Backoff [3] หรือว่าจะเป็นการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian [4] ซึ่งกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณสัมพันธ์กับปริมาณโหลดที่ระบบรองรับ (ซึ่งได้จากการประมาณ) ในขณะนั้น โดยมีสมมติฐานว่าผู้ใช้บริการสามารถทราบผลการจองช่องสัญญาณของตนได้ก่อนที่จะถึง

ช่องสัญญาณจะกดไปและสามารถเข้าช่องสัญญาณได้ใหม่ถ้าหากไม่ประสบความสำเร็จในการจอง

เนื่องจากคุณสมบัติที่แตกต่างกันในโพรโทคอลทั้ง 2 ประเภทจึงได้มีการพัฒนาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางประเภทผสม [3] ที่รวมเอาข้อดีของโพรโทคอลทั้งสองประเภทข้างต้นเข้าไว้ด้วยกัน โครงสร้างเฟรมของโพรโทคอลประเภทนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ช่วงการจอง และช่วงการส่งข่าวสาร โดยลักษณะการทำงานของโพรโทคอล เริ่มจากผู้ให้บริการที่ต้องการส่งข่าวสารทำการจองช่องสัญญาณ ณ ช่องสัญญาณจองก่อน ซึ่งเป็นการแข่งขันกับผู้ให้บริการคนอื่น ถ้าหากว่าการจองเป็นผลสำเร็จ สถานีฐานผู้ซึ่งเป็นศูนย์กลางการควบคุมจะทำการจัดสรรช่องสัญญาณให้กับผู้ให้บริการคนนั้น โดยผู้ให้บริการจะส่งข่าวสารในช่องสัญญาณที่สถานีฐานกำหนด

การทำงานในช่วงการจองจึงมีความสำคัญมากต่อสมรรถนะ (Performance) ของระบบ เพราะผู้ให้บริการทุกคนต้องผ่านการทำงานในช่วงการจองก่อนจึงจะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณในช่วงการส่งข่าวสาร ดังนั้นถ้าการจองในช่วงนี้ไม่ประสบความสำเร็จ การบริการจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ โดยผลในข้อนี้จะแสดงอย่างชัดเจนเมื่อระบบรองรับทราฟฟิกเป็นปริมาณมาก ๆ ซึ่งที่สภาวะนี้จะทำให้เกิดปัญหาการชนกันในช่วงการจอง

ในอดีตที่ผ่านมาได้มีผู้เสนอวิธีการจองช่องสัญญาณในช่วงการจองเป็นจำนวนมาก [3, 5] บางบทความอาจเรียกวิธีการนี้ว่า อัลกอริทึมสำหรับการจัดการการแข่งขัน/การชน [6] (Contention/Collision Resolution Algorithm, CRA) แต่วิธีการส่วนใหญ่เป็นวิธีที่ตั้งอยู่บนข้อกำหนดที่ว่าเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบ (Round-Trip Propagation Delay) มีค่าน้อยจนสามารถละเลยได้ ซึ่งเป็นข้อกำหนดที่เป็นจริงสำหรับระบบสื่อสารไร้สายในอดีตที่ผ่านมา แต่ในปัจจุบันผู้ให้บริการมีความต้องการที่จะส่งข้อมูลข่าวสารเป็นจำนวนมากผ่านระบบสื่อสารไร้สายทำให้ระบบสื่อสารไร้สายในอนาคตอันใกล้จะเป็นระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูง [7] ส่งผลให้เวลาประวิงการแพร่กระจายมีผลต่อการจองช่องสัญญาณ ดังนั้นวิธีการจองช่องสัญญาณที่เคยมีผู้นำเสนอจึงไม่เหมาะสมสำหรับกรณีนี้

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะศึกษาเวลาประวิงสำหรับโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบการสื่อสารไร้สาย ซึ่งมีเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบยาวกว่าเวลาประวิงการส่งสัญญาณ (กำหนดให้เวลาประวิงในการส่งสัญญาณคือ ระยะเวลาในการ ส่งข้อมูลภายในหนึ่งช่วงการจอง) จากนั้นจะวิเคราะห์สมรรถนะในช่วงการจองของโพรโทคอลต่างๆที่นำเสนอ

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาช่วงเวลาประวิงสำหรับโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบการสื่อสารไร้สาย สำหรับกรณีที่เวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบยาวกว่าเวลาประวิงการส่งสัญญาณ ซึ่งผู้ใช้บริการสามารถเข้าช่องสัญญาณได้เพียงหนึ่งครั้งต่อเฟรมโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงให้เห็นว่า ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในช่วงการจองมีค่าลดลง ในขณะที่จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในช่วงการจองมีค่าเพิ่มขึ้น

2. ทดสอบและปรับปรุงสมรรถนะของระเบียบวิธีที่น่าเสนอ เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดช่วงเวลาประวิงของของระเบียบวิธีการจองช่องสัญญาณในระบบสื่อสารไร้สาย ความเร็วสูง

1.3 เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์

เป้าหมายของงานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้จะมุ่งเน้นในการศึกษาช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ย และ เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านการประวิงเวลาของระเบียบวิธีการจองช่องสัญญาณในระบบสื่อสารไร้สาย 7 วิธี คือ CFP, CAP, COP, COP+SPL, CFP+SPL, UNI และ UNI+LA ระบบทั้ง 7 ได้รับการออกแบบสำหรับกรณีที่เวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบ (Round-Trip Propagation Delay) ยาวกว่าเวลาประวิงการส่งสัญญาณ (Transmission Delay) เพื่อที่จะเปรียบเทียบช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในช่วงการจองในแต่ละวิธี และหาจำนวนสล็อตต่อเฟรมที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง ทำให้สมรรถนะในช่วงการจองมีค่าเพิ่มขึ้น โดยสมรรถนะในช่วงการจองจะวัดจากช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในช่วงการจอง โดยระเบียบวิธีที่น่าเสนอจะใช้กับโพรโทคอลควบคุมการแย่งเข้าถึงตัวกลางที่มีช่วงการจอง ที่มีค่าเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบยาวกว่าเวลามากกว่าประวิงการส่งสัญญาณ ซึ่งผู้ใช้บริการสามารถเข้าช่องได้เพียงหนึ่งครั้งต่อหนึ่งเฟรม ทั้งนี้จะไม่กำหนดพฤติกรรมของทราฟฟิก คือจำนวนผู้ใช้ บริการที่เข้าจองว่าเป็นรูปแบบใด แต่กำหนดให้สถานีฐานสามารถทราบจำนวนผู้ใช้บริการที่เข้าจองที่ต้นเฟรมเท่านั้น สำหรับการหาสมรรถนะของระเบียบวิธีที่น่าเสนอจะใช้ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยจะนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับสมรรถนะของการประยุกต์วิธีที่เคย ถูกนำเสนอ คือวิธี Pseudo-Bayesian และ Exponential Back off ทั้งนี้จะสนใจและปรับปรุงสมรรถนะในช่วงการจองโดยศึกษาช่วงเวลาประวิงเป็นหลัก

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

1. ศึกษาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบสื่อสารไร้สายแบบต่างๆ ที่ได้มีการพัฒนาและนำเสนอมาในปัจจุบัน ทั้งในแบบที่ไม่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ของสัญญาณ แบบที่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ของสัญญาณ และแบบผสมเทคนิคการแข่งขันและไม่แข่งขันในการเข้าใช้ของสัญญาณ เพื่อให้ทราบข้อดีและข้อด้อยต่างๆ ที่มีในโพรโทคอลแต่ละประเภท
2. ศึกษาเทคนิคการจองช่องสัญญาณ ซึ่งได้มีผู้นำเสนอไว้ พร้อมทั้งเขียนโปรแกรมจำลองการทำงานของเทคนิคดังกล่าว เพื่อทราบแนวโน้มและผลกระทบของตัวแปรต่างๆ
3. ศึกษาวิธีการกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการแย่งเข้าจองช่องสัญญาณของระเบียบวิธีการแย่งเข้าจองต่างๆ ที่นำเสนอ และวิเคราะห์หาค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมในการส่งแพ็กเก็ตการจองในช่วงการจอง สำหรับระเบียบวิธีแต่ละวิธี
4. ใช้การจำลองผลทางคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณหาสมรรถนะของระเบียบวิธีที่นำเสนอ โดยมุ่งเน้นในการศึกษาช่วงเวลาโดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการ และปรับปรุงสมรรถนะในช่วงการจองเพื่อลดช่วงเวลาประวิงเป็นหลัก
5. วิเคราะห์และประเมินผล โดยการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการก่อนหน้า และวิธีการที่นำเสนอ
6. สรุป วิจารณ์ และรวบรวมข้อมูลทั้งหมด พร้อมทั้งจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทหาระเบียบวิธีที่เหมาะสม ในการเข้าจองช่องสัญญาณ ซึ่งให้ค่าสมรรถนะสูงและกลไกของระเบียบวิธีมีความซับซ้อนในการทำงานไม่มากเกินไป สำหรับโพรโทคอลควบคุมการแย่งเข้าถึงตัวกลาง ที่มีช่วงการจอง และเวลาประวิง การแพร่กระจายครบรอบยาวกว่าเวลาประวิงการส่งสัญญาณ สามารถออกแบบและพัฒนาเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบใหม่ ซึ่งใช้ปรับเปลี่ยนจำนวนสลิตต่อการจองตามผลการร้องขอไทม์สลิตของผู้ใช้ ในโครงข่ายการสื่อสารไร้สายความเร็วสูง
2. สามารถนำการศึกษาช่วงประวิงเวลาของระเบียบวิธีการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอไปประยุกต์ใช้กับโพรโทคอลควบคุมการแย่งเข้าถึงตัวกลาง ที่มีช่วงการจอง และมีข้อกำหนดแบบอื่นๆ เช่นระบบที่มีค่าเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบสั้นกว่าเวลาประวิงการส่งสัญญาณ หรือระบบที่มีทราฟฟิกหลายชนิดเป็นต้น

1.6 คำโครงวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งรายละเอียดออกเป็น 6 บท ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน ประโยชน์ที่ได้รับ และคำโครงวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 ความรู้พื้นฐาน กล่าวถึงประเภทของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่มีในปัจจุบัน พื้นฐานการจองช่องสัญญาณ เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในอดีต ผลของเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบ ปัญหาของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีนำเสนอในอดีต และเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอ

บทที่ 3 เทคนิคการจองช่องสัญญาณ กล่าวถึงหลักการทำงาน

บทที่ 4 ศึกษาช่วงเวลาประวิงของเทคนิคจองช่องสัญญาณ

บทที่ 5 ผลการทดสอบ กล่าวถึงผลการจำลองแบบและการวิเคราะห์ผลการจำลอง

บทที่ 6 บทสรุป กล่าวถึงบทสรุป และข้อเสนอแนะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

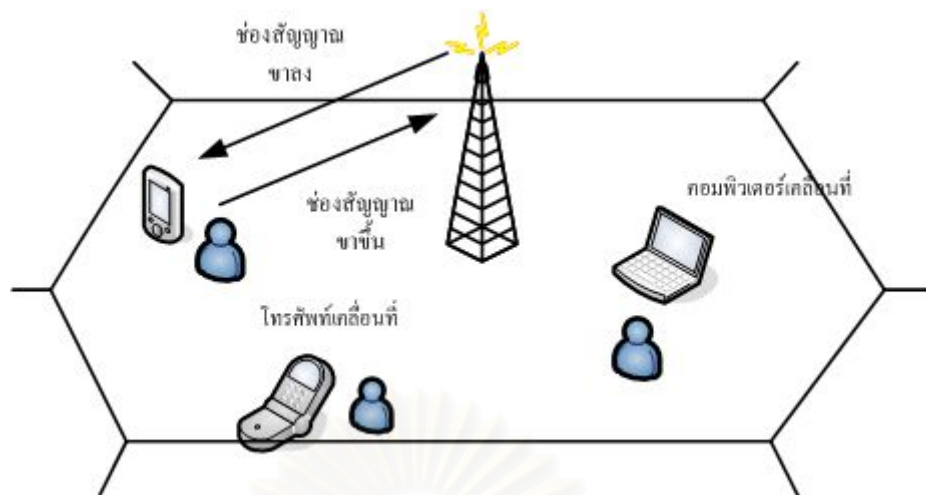
ความรู้พื้นฐาน

บทนี้กล่าวถึงความรู้เกี่ยวกับโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง โดยกล่าวถึงประเภทของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่มีการนำเสนอและตัวอย่างของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง จากนั้นจะกล่าวถึงพื้นฐานการจองช่องสัญญาณ เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในอดีต ผลของเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบ จะกล่าวถึงเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ที่นำมาศึกษาถึงผลของช่วงเวลาประวิงต่อไป

2.1 โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง

โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง หรือ Media Access Control Protocol (MAC Protocol) คือ วิธีการที่กำหนดให้ผู้ให้บริการสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการทำงานอยู่ในส่วนของชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer) ตามมาตรฐานของแบบจำลองอ้างอิง 7 ชั้น (Open Systems Interconnection (OSI) Reference Model) และมีหน้าที่จัดสรรช่องสัญญาณให้ผู้ให้บริการหลาย ๆ ราย ซึ่งอาจเป็นโทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์เคลื่อนที่ หรืออุปกรณ์สื่อสารไร้สายชนิดอื่น ๆ ให้สามารถติดต่อสื่อสารกัน และ/หรือ ติดต่อกับสถานีฐานได้

วิทยานิพนธ์นี้ จะศึกษาช่วงเวลาประวิงของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง โดยใช้โครงข่ายที่ใช้ในการพิจารณาเป็นโครงข่ายไร้สายแบบควบคุมจากศูนย์กลาง เนื่องจากโครงข่ายในลักษณะนี้ สถานีฐานสามารถทำการควบคุมได้อย่างสมบูรณ์ อีกทั้งไม่เกิดปัญหาด้านการชิงโครไนซ์ และช่องสัญญาณขาขึ้นและขาลงสามารถใช้งานได้ในขณะเดียวกันจากโหมดการทำงานแบบ Frequency Division Duplex (FDD) เมื่อพิจารณาโครงข่ายไร้สายแบบควบคุมจากศูนย์กลางพบว่า ในบริเวณพื้นที่ให้บริการหนึ่งประกอบด้วยสถานีฐาน (Base Station) 1 สถานี ผู้ใช้อุปกรณ์ปลายทางเคลื่อนที่จำนวนหนึ่ง (Mobile Terminal Users) และช่องสัญญาณสำหรับสื่อสาร (Channel) [8, 9] ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบสื่อสารไร้สายในพื้นที่ให้บริการหนึ่ง

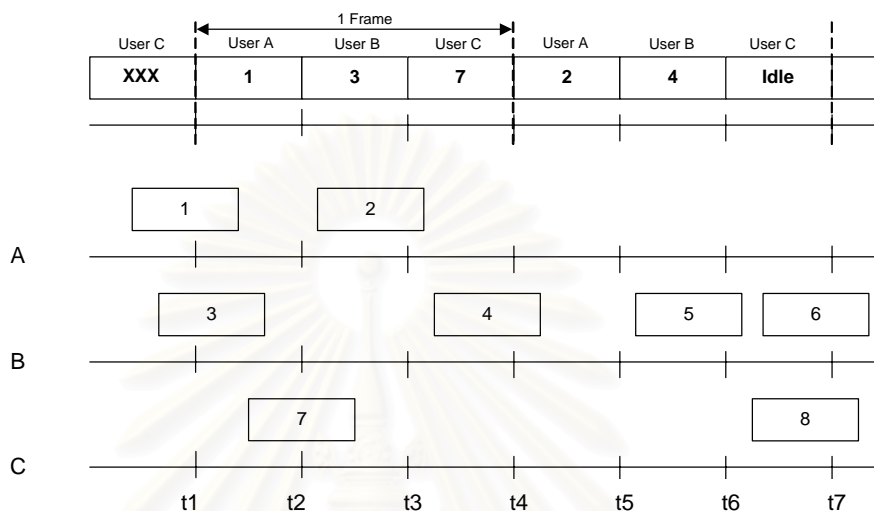
สถานีฐานเป็นส่วนหนึ่งของโครงข่ายหลัก (Backbone Network) และผู้ใช้อุปกรณ์เคลื่อนที่ ได้แก่ ผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือผู้ใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์เคลื่อนที่ โดยสถานีฐานและผู้ใช้บริการจะติดต่อสื่อสารกันผ่านทางช่องสัญญาณ ซึ่งจะแบ่งเป็นช่องสัญญาณขาขึ้น (Upward Channel) และช่องสัญญาณขาลง (Downward Channel) สถานีฐานใช้ช่องสัญญาณขาลงเพื่อส่งทราฟฟิกควบคุม (Broadcast Control Traffic) หรือ ทราฟฟิกข่าวสาร (Information Traffic) ไปยังผู้ใช้บริการ ในขณะที่ผู้ใช้บริการส่งทราฟฟิกข่าวสารของตนไปยังสถานีฐานในช่องสัญญาณขาขึ้น

จากพัฒนาการของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่มีการนำเสนอมานั้น สามารถจำแนกออกตามลักษณะการทำงาน [10] ได้เป็นสามกลุ่มดังต่อไปนี้คือ

2.1.1 โพรโทคอลที่ไม่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ (Contention-Free MAC Protocol)

โพรโทคอลประเภทนี้ ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้แน่นอน โดยระบบจะจัดสรรช่องสัญญาณที่กำหนดแน่นอนสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคน ตัวอย่างของโพรโทคอลที่ไม่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ เช่น Frequency Division Multiple Access (FDMA), Time Division Multiple Access (TDMA) , Code Division Multiple Access (CDMA) เป็นต้น ข้อดีของโพรโทคอลประเภทนี้คือระบบจะมีเสถียรภาพในทุกสภาวะทราฟฟิก เพราะไม่เกิดการชนกันของโทเค็นของผู้ใช้บริการ แต่ข้อเสียคือจะทำให้ไม่สามารถใช้แบนด์วิดท์ที่มีอย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เนื่องจากถ้าผู้ใช้บริการคนใดไม่ได้ส่งข่าวสาร จะทำให้สูญเสียแบนด์วิดท์ในส่วนนั้นไปเพราะผู้ใช้บริการคนอื่นไม่สามารถเข้ามาใช้ได้ นอกจากนี้ระบบยังไม่สามารถรองรับ

ผู้ใช้บริการจำนวนมากได้ รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการทำงานของโพรโทคอลที่ไม่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ TDMA การทำงานของโพรโทคอลนี้ ช่องสัญญาณแต่ละช่องจะมีการกำหนดช่องสัญญาณล่วงหน้าให้แก่ผู้ใช้บริการแต่ละคน จากนั้นผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข้อมูลจะทำการรอจนถึงช่องสัญญาณของตนจึงจะส่งข้อมูล

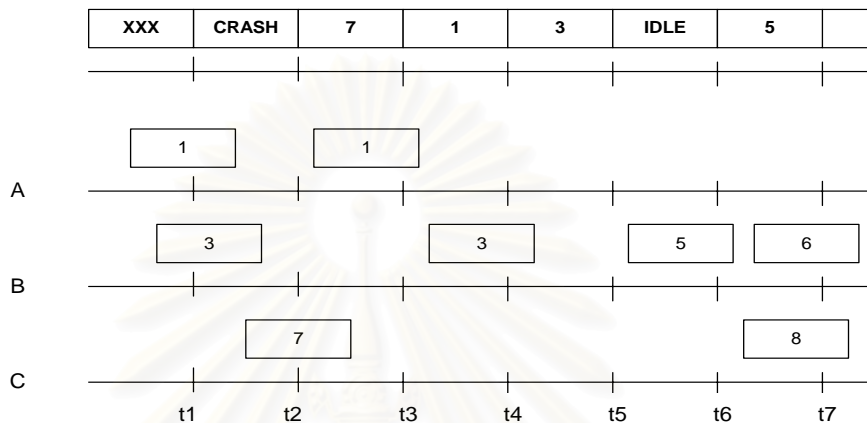


รูปที่ 2.2 การทำงานของโพรโทคอลที่ไม่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ TDMA

2.1.2 โพรโทคอลที่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ (Contention-Based MAC Protocol)

โพรโทคอลประเภทนี้ ช่องสัญญาณแต่ละช่องจะไม่มีกำหนดให้กับผู้ใช้บริการคนใดคนหนึ่งอย่างแน่นอน ดังนั้นผู้ใช้บริการทุกคนจะต้องทำการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ ตัวอย่างของโพรโทคอลที่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ เช่น Pure ALOHA [1,2], Slotted ALOHA [1,2] และ Carrier Sense Multiple Access (CSMA) [1,2] ข้อดีของโพรโทคอลประเภทนี้คือ สามารถรองรับผู้ใช้บริการได้จำนวนมาก และสามารถรองรับทราฟฟิกที่มีขนาดปรับเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลาได้ แต่ข้อเสียคือที่สภาวะทราฟฟิกสูง ๆ ระบบจะขาดเสถียรภาพในการทำงานเนื่องจากเกิดการชนกันมากเกินไปของโหนดผู้ใช้บริการ นอกจากนี้ยังไม่สามารถคาดเดาเวลาประวิงเนื่องจากการส่งโหนดได้ จึงทำให้โพรโทคอลประเภทนี้ไม่เหมาะสมกับการส่ง ทราฟฟิกประเภทเสียงเพราะเป็นบริการที่ต้องการเวลาประวิงที่ต่ำ รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างการทำงานของระบบที่มีการแข่งขันแบบ Slotted ALOHA การทำงานของระบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกับระบบ Pure-ALOHA คือผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข้อมูลจะสามารถส่งข้อมูลได้ทันทีเมื่อต้องการแต่มีข้อยกเว้นว่าการส่งข้อมูลนั้นจะต้องกระทำที่ต้นช่องสัญญาณย่อยเท่านั้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะ

ลักษณะโครงสร้างของระบบนี้จะแบ่งเวลาออกเป็นช่องสัญญาณย่อยๆ ไม่ต่อเนื่องเหมือนระบบ Pure-ALOHA ทำให้ผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข้อมูลจะต้องรอจนถึงจุดเริ่มต้นของช่องสัญญาณย่อยๆ จึงจะสามารถส่งข้อมูลได้ และหากมีผู้ใช้มากกว่าหนึ่งคนทำการส่งข้อมูลลงบนช่องสัญญาณช่องเดียวกันแล้ว ข้อมูลทั้งหมดก็จะชนกันและเกิดความเสียหาย ในกรณีแบบนี้ผู้ใช้บริการทุกคนจะต้องส่งข้อมูลใหม่อีกครั้งในช่องสัญญาณย่อยถัดไป



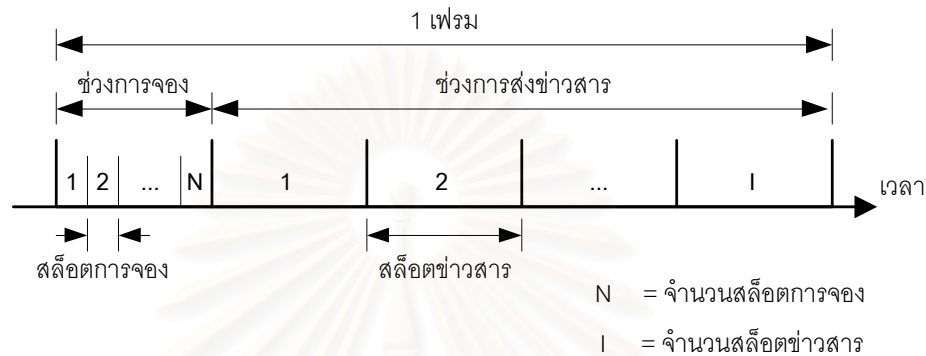
รูปที่ 2.3 การทำงานของโพรโทคอลที่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ Slotted ALOHA

2.1.3 โพรโทคอลแบบผสมเทคนิคการแข่งขันและไม่แข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ (Contention-Free and Contention-Based MAC Protocol)

โพรโทคอลประเภทนี้ เป็นการนำเทคนิคที่ดีของโพรโทคอลทั้งสองกลุ่มแรกมารวมกัน จากการศึกษาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางประเภทต่าง ๆ พบว่าโพรโทคอลที่ผสมเทคนิคการแข่งขันและไม่แข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ ได้รับความสนใจในการนำมาพัฒนาเป็นจำนวนมาก เนื่องจากสมรรถนะที่ระบบได้รับคือ สามารถรองรับทราฟฟิกได้ทุกสภาวะ แม้ว่าสภาวะที่มีปริมาณทราฟฟิกสูง ๆ ระบบยังคงมีเสถียรภาพในการทำงาน โดยระบบสามารถรองรับปริมาณทราฟฟิกได้ใกล้เคียงกับระบบที่ไม่มีการแข่งขัน และยังสามารถรองรับผู้ใช้บริการจำนวนมากได้ จึงมีความยืดหยุ่นในการให้บริการสูงคล้ายกับระบบที่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ ตัวอย่างโพรโทคอลกลุ่มนี้ เช่น ALOHA Reservation [3], Round Robin Reservation (RRR) [11], PRMA [12], DR-TDMA [13] เป็นต้น

เนื่องจากโพรโทคอลแบบ ALOHA Reservation เป็นโพรโทคอลที่มีข้อดีหลายอย่างเมื่อเทียบกับโพรโทคอลแบบผสมเทคนิคการแข่งขันและไม่แข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณประเภทอื่น จึงมีผู้ให้ความสนใจและพัฒนาเป็นจำนวนมาก [8,14] โครงสร้างเฟรมเพื่อรองรับการทำงานของโพรโทคอลแบบนี้ แสดงในรูปที่ 2.4 โดยในแต่ละเฟรมประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ช่วงการจอง

(Reservation Period) ซึ่งถูกแบ่งเป็นสล็อตขนาดเล็กจำนวนหนึ่งเพื่อใช้ในการจอง (Minislots) เรียกว่า สล็อตการจอง (Reservation Slots) และ ช่วงการส่งข่าวสาร (Transmission Period) ซึ่งถูกแบ่งเป็นสล็อตเพื่อใช้ในการส่งข่าวสารเรียกว่า สล็อตข้อมูลข่าวสาร (Information Slots) ดังนั้นข้อได้เปรียบที่สำคัญของโพรโทคอลประเภทนี้คือ สล็อตการจองมีขนาดเล็ก เมื่อเกิดการสูญเสียซึ่งอาจเกิดจากการชนกันหรือการว่าง ก็จะไม่สูญเสียแบนด์วิดท์และข้อมูลเฉพาะในส่วนการจอง



รูปที่ 2.4 โครงสร้างเฟรมของ โพรโทคอล ALOHA Reservation

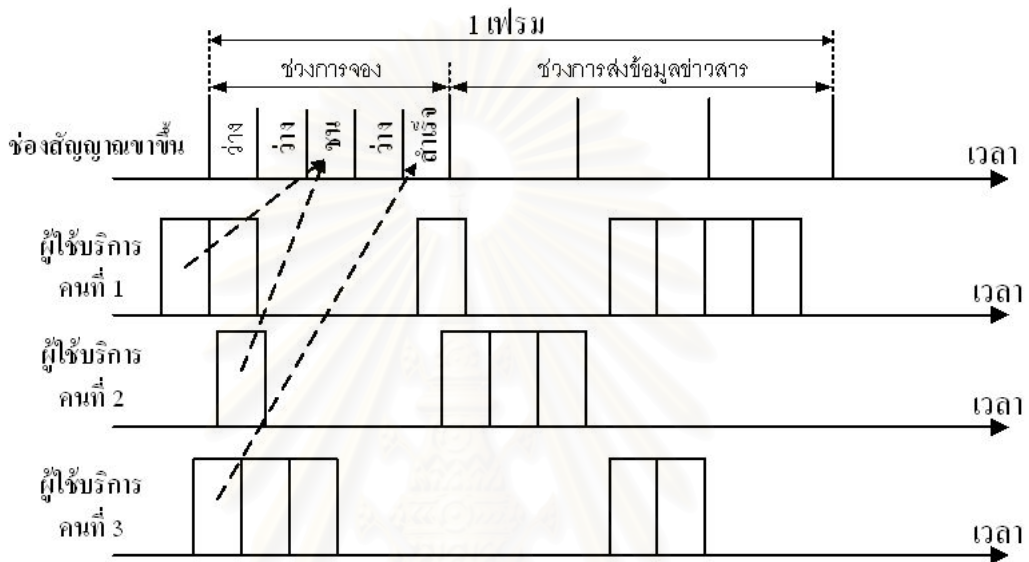
2.2 พื้นฐานการจองช่องสัญญาณ

โดยทั่วไปกระบวนการจองช่องสัญญาณในช่วงการจองของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบผสมเทคนิคการแข่งขันและไม่แข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ รวมถึงโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบต่าง ๆ ที่มีช่วงการจอง มักจะอาศัยวิธีที่มีพื้นฐานจากโพรโทคอล Slotted ALOHA กล่าวคือ เมื่อผู้ใช้บริการมีข่าวสารที่ต้องการส่ง ผู้ใช้บริการจะต้องรอจนกระทั่งถึงช่วงการจองจึงจะเริ่มเข้าจองช่องสัญญาณได้ โดยสถานีฐานจะเป็นผู้ทำหน้าที่ตรวจสอบผลการจองในช่วงการจอง ซึ่งผลจากการจองช่องสัญญาณที่เกิดขึ้นภายหลังจากที่ผู้ใช้บริการทำการเข้าจองช่องสัญญาณนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

- การสำเร็จ (Success) เกิดขึ้นเมื่อมีผู้ใช้บริการเพียงรายเดียวเข้าจองในช่องสัญญาณจองนั้น ๆ
- การชน (Collision) เกิดขึ้นเมื่อมีผู้ใช้บริการเกินกว่า 1 ราย ทำการเข้าจองช่องสัญญาณพร้อมกันในช่องสัญญาณจองเดียวกัน
- การว่าง (Idle) เกิดขึ้นเมื่อไม่มีผู้ใช้บริการรายใดในระบบเข้าจองในช่องสัญญาณจองนั้น

ในกรณีที่ผู้ใช้บริการประสบความสำเร็จในการจอง สถานีฐานจะตรวจสอบตำแหน่งสล็อตข่าวสารที่ยังว่างอยู่แล้วจึงจัดสรรสล็อตข่าวสารให้กับผู้ใช้บริการ แล้วแจ้งตำแหน่งสล็อตข่าวสารดังกล่าวให้ผู้ใช้บริการทราบ หลังจากนั้นผู้ใช้บริการจะรอเวลาจนกระทั่งถึงช่วงเวลาของสล็อต

ข่าวสารที่ได้รับการจัดสรรจึงเริ่มทำการส่งโทเคนข่าวสาร (Information Packet) โดยถ้าผู้ใช้บริการส่งข่าวสารไม่หมดภายในเฟรมนั้นผู้ใช้บริการอาจได้สิทธิในการส่งโทเคนข่าวสาร ณ สล็อตข่าวสารเดิมในเฟรมถัดไป (Piggy backing) จนกว่าจะส่งข่าวสารหมด สำหรับผู้ใช้บริการที่ไม่ประสบความสำเร็จจะต้องเริ่มเข้าจองใหม่ ซึ่งอาจจะสามารถเข้าจองในสล็อตการจองถัดไปหรืออาจต้องเข้าจองในเฟรมถัดไป ทั้งนี้ขึ้นกับประเภทของทราฟฟิกที่ทำการส่งและโพรโทคอลแต่ละชนิดที่เลือกใช้



รูปที่ 2.5 ผลการจองช่องสัญญาณของโพรโทคอล ALOHA Reservation

รูปที่ 2.5 แสดงผลการจองช่องสัญญาณของโพรโทคอล ALOHA Reservation ในระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการจำนวน 3 คน และช่องสัญญาณจองจำนวน 5 ช่อง จะเห็นได้ว่าในช่องสัญญาณจองที่ 1 ช่องสัญญาณจองที่ 2 และช่องสัญญาณจองที่ 4 จะไม่มีผู้ใช้บริการคนใดทำการเข้าจอง ดังนั้นช่องสัญญาณจึงเกิดการว่าง ในขณะที่ในช่องสัญญาณจองช่องที่ 3 นั้นจะมีผู้ใช้บริการคนที่ 1 และผู้ใช้บริการคนที่ 2 เข้าจองช่องสัญญาณพร้อมกัน ดังนั้นจึงเกิดการชนกันขึ้น และไม่มีผู้ใช้บริการคนใดประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ในขณะที่ในช่องสัญญาณจองช่องที่ 5 นั้นจะมีผู้ใช้บริการคนที่ 3 เพียงคนเดียวเข้าจองช่องสัญญาณ ดังนั้นผู้ใช้บริการคนที่ 3 จะสามารถจองช่องสัญญาณได้สำเร็จ

2.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดสมรรถนะของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบสื่อสารไร้สาย

พารามิเตอร์ที่นิยมใช้ในการวัดเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบสื่อสารไร้สาย [15] ได้แก่

- ค่าวิสัยสามารถ (Throughput) คือ ค่าของจำนวนข้อมูลที่ได้รับการส่งสำเร็จ เทียบกับค่าของข้อมูลที่ทำกาส่งทั้งหมด หรือจำนวนการส่งที่ประสบความสำเร็จเทียบกับจำนวนช่องสัญญาณที่มีอยู่ในระบบ ซึ่งโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางโดยทั่วไป มีจุดประสงค์หลักในการทำให้ค่าวิสัยสามารถมีค่าสูงที่สุด

- ช่วงประวิงเวลา (Delay) คือ เวลาเฉลี่ยซึ่งใช้ไปตั้งแต่ข้อมูลเข้าไปรอในคิวจนกระทั่งได้รับการบริการ ค่าการประวิงเวลาเป็นผลขึ้นกับลักษณะทราฟฟิกที่เข้ามาด้วย ดังนั้น เพื่อให้การเปรียบเทียบผลมีความถูกต้อง จำเป็นต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ของทราฟฟิกที่เข้ามาให้เป็นพารามิเตอร์เดียวกัน

- ความสามารถในการจัดการกับบริการแบบมัลติมีเดีย ซึ่งประกอบด้วยทั้ง บริการเสียง บริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ และบริการวิดีโอ

- ความยุติธรรม (Fairness) ของการให้บริการ สำหรับผู้ใช้บริการทุก ๆ ราย

- ความมีเสถียรภาพ (Stability) ระบบที่ดีต้องมีความสามารถรักษาเสถียรภาพได้ในทุก ๆ ปริมาณทราฟฟิก หรือรองรับปริมาณทราฟฟิกและจำนวนผู้ใช้บริการได้ทุก ๆ ขนาด

- ความทนทานต่อการจางหายของช่องสัญญาณ (Robustness against Channel Fading) ซึ่งพารามิเตอร์ตัวนี้จะมีผลนำไปสู่การขาดเสถียรภาพของระบบ

- การใช้พลังงาน (Power Consumption) โพรโทคอลที่ดีควรมีการใช้พลังงานอย่างประหยัดและคุ้มค่าที่สุด

สำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดสมรรถนะทั้งหมดนี้ ในการออกแบบโพรโทคอลหนึ่ง ๆ ไม่สามารถที่จะได้สมรรถนะทุกตัวที่สูงทั้งหมด เนื่องจากเป็นลักษณะของการชดเชยข้อดีข้อเสีย (Tradeoff) กล่าวคือ เมื่อได้สมรรถนะบางอย่างที่สูง อาจทำให้สมรรถนะอีกอย่างลดลง สาเหตุดังกล่าวเป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบและพัฒนาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบสื่อสารไร้สายต้องทราบและหาจุดเด่นของโพรโทคอลที่พัฒนาขึ้น จากการศึกษาพบว่า ได้มีผู้พยายามออกแบบและพัฒนาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่แตกต่างกันออกไป และให้ค่าสมรรถนะที่เป็นจุดเด่นของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแต่ละโพรโทคอล

วิทยานิพนธ์นี้ วัดสมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง โดยใช้พารามิเตอร์ที่สำคัญคือ ช่วงประวิงเวลา ซึ่งนิยามว่าค่าเฉลี่ยของระยะเวลาตั้งแต่แพ็กเก็ตการจองที่ถูกสร้างขึ้นในโครงข่ายจนกระทั่งระบบสามารถส่งแพ็กเก็ตการจองได้สำเร็จ และพิจารณาการทำงานเฉพาะส่วนการจองเท่านั้น นอกจากนี้ ระบบยังให้ความยุติธรรมสำหรับผู้ใช้บริการทุกรายในการเข้าจองช่องสัญญาณ โดยผู้ใช้บริการแต่ละรายมีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณได้เท่าเทียมกัน

2.4 เทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าของช่องสัญญาณที่นำเสนอในอดีต

การแข่งขันกันของผู้ใช้บริการในส่วนการจองของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางประเภทผสมนั้นส่วนมากจะอาศัยกลไกการทำงานแบบ Slotted Aloha [1, 2] เนื่องจากเป็นกลไกที่ง่ายและมีความยืดหยุ่นสูง โดยเมื่อผู้ให้บริการมีความต้องการส่งข้อมูล ผู้ให้บริการจะต้องรอให้ถึงจุดเริ่มต้นของช่องสัญญาณจอง แล้วจึงทำการส่งสล็อตการจองออกมาอย่างสุ่ม หลังจากนั้น ผู้ให้บริการจะต้องรอเพื่อทราบผลการจองช่องสัญญาณของตน โดยถ้าหากไม่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ผู้ให้บริการจะต้องรอให้ถึงจุดเริ่มต้นของช่องสัญญาณจองถัดไปหรืออาจทำการประวิงเวลาก่อนที่จะทำการเข้าจองช่องสัญญาณใหม่

อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาจากกลไกการแข่งขันกันของผู้ให้บริการแบบ Slotted Aloha พบว่า อาจเกิดปัญหาต่อระบบ ถ้าหากในเวลาใด ๆ มีผู้ให้บริการจำนวนมากเข้าทำการจองช่องสัญญาณพร้อมกัน เพราะจะเกิดปัญหาการชนกันของผู้ให้บริการ และส่งผลให้แบนด์วิดท์ในส่วนส่งข้อมูลไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นจึงได้มีผู้เสนอแนวทางสำหรับการแก้ไขโดยใช้การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณรวมกับการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Slotted Aloha ทั้งนี้เพื่อเป็นการจำกัดจำนวนผู้ให้บริการขณะหนึ่ง ๆ ที่จะสามารถผ่านเข้าไปจองช่องสัญญาณ โดยผู้ให้บริการจะต้องทำการสุ่มค่าระหว่าง 0-1 และหากค่าที่สุ่มได้มีค่าต่ำกว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่กำหนด ผู้ให้บริการรายนั้นจะสามารถผ่านเข้าไปจองช่องสัญญาณได้ ทั้งนี้สถานีฐานจะเป็นผู้กำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณและแจ้งค่าดังกล่าวให้ผู้ให้บริการในระบบทราบ

การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณในเทคนิคที่มีการนำเสนออันมีหลักการพื้นฐานคือจะทำการปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณตามปริมาณโหลดที่ระบบรองรับ (จำนวนผู้ให้บริการ) โดยจะทำการลดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณเมื่อจำนวนผู้ให้บริการมีจำนวนมาก ในทางตรงกันข้ามจะทำการเพิ่มค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณเมื่อจำนวนผู้ให้บริการลดต่ำลง ดังนี้

2.4.1 วิธี Exponential Backoff

การกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งโทเค็นการจองด้วยวิธีนี้ จะกำหนดตามสถานะของช่องการจองที่ผ่านมา กล่าวคือค่าความน่าจะเป็นในการส่งโทเค็นการจองในสล็อตการจองถัดไป ($p(t+1)$) จะทำการคำนวณจากค่าความน่าจะเป็นในการส่งโทเค็นการจองของสล็อตการจองที่ผ่านมา ($p(t)$) ดังแสดงในสมการที่ (2.1)

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

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

โดยที่ $z(t)$ เป็นตัวแปรบอกจำนวนผู้ใช้บริการที่สังเกตเห็นการจองในสล็อตการจองนั้น เพื่อใช้ในการบอกสถานะของสล็อตการจอง คือ $z(t) = 0$ แสดงสถานะการว่าง, $z(t) = 1$ แสดงสถานะการจองเป็นผลสำเร็จ และ $z(t) \geq 2$ แสดงสถานะการชน สำหรับค่าของ I_A จะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อเกิดเหตุการณ์ A และเป็นศูนย์เมื่อไม่เกิดเหตุการณ์ สำหรับผลการทดสอบใน [19] ได้กำหนดค่า $p_{\max} = 1$ และได้สรุปว่าค่า $q = \frac{1}{2}$ เป็นค่าที่เหมาะสมที่จะทำให้ระบบได้สมรรถนะที่ดีในสถานะทราฟฟิกปกติ

2.4.2 วิธี Pseudo Bayesian

การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณในวิธีนี้มีสมมติฐานที่ผู้ออกแบบกำหนด คือผู้ใช้บริการสามารถทราบผลการจองช่องสัญญาณได้ทันทีและสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ใหม่เมื่อไม่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ทางด้านสถานีฐานสามารถทำการปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณและแจ้งให้ผู้ใช้บริการทราบได้ทันทีก่อนที่จะถึงจุดเริ่มต้นของช่องสัญญาณจองถัดไป โดยค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่แต่ละต้นช่องสัญญาณจองจะมีค่าเปลี่ยนไปตามปริมาณโหลดหรือจำนวนผู้ใช้บริการที่ประมาณได้ในระบบขณะนั้น โดยการประมาณจำนวนผู้ใช้บริการจะประมาณจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในระบบ 3 ประเภท คือ การสำเร็จ การชน หรือการว่าง นอกจากนี้จะทำการพิจารณาอัตราการเกิดของผู้ใช้บริการใหม่ (Arrival Rate, λ) ซึ่งค่าดังกล่าวจะช่วยให้การประมาณมีความใกล้เคียงกับจำนวนผู้ใช้บริการจริงเพิ่มมากขึ้น

พิจารณาระบบที่ต้นเฟรมซึ่งประกอบด้วยผู้ใช้บริการจำนวน n รายและกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณเท่ากับ p จะได้ว่าอัตราข้อมูลของระบบมีค่าเป็น np และความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าเป็น $np(1-p)^{n-1}$ โดยจะมีค่าสูงสุดเมื่อ $np = 1$ โดยก่อนที่จะถึงช่องสัญญาณจองถัดไป กลไกการทำงานนี้จะทำการประมาณจำนวนผู้ใช้บริการในช่องสัญญาณจองถัดไป (η_{t+1}) จากจำนวนผู้ใช้บริการในช่องสัญญาณจองก่อนหน้า (η_t) แล้วจึงกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของช่องสัญญาณจองถัดไป ($p(t+1)$) จำนวนผู้ใช้บริการและค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณในช่องสัญญาณจองช่องถัดไป สามารถหาได้จากสมการที่ (2.2)

$$\eta_{t+1} = \left\{ \begin{array}{ll} \max(\lambda, \eta_t + \lambda - 1) & : \text{Successor Idle} \\ \eta_t + \lambda + (e - 2)^{-1} & : \text{Collision} \end{array} \right\} \quad (2.2)$$

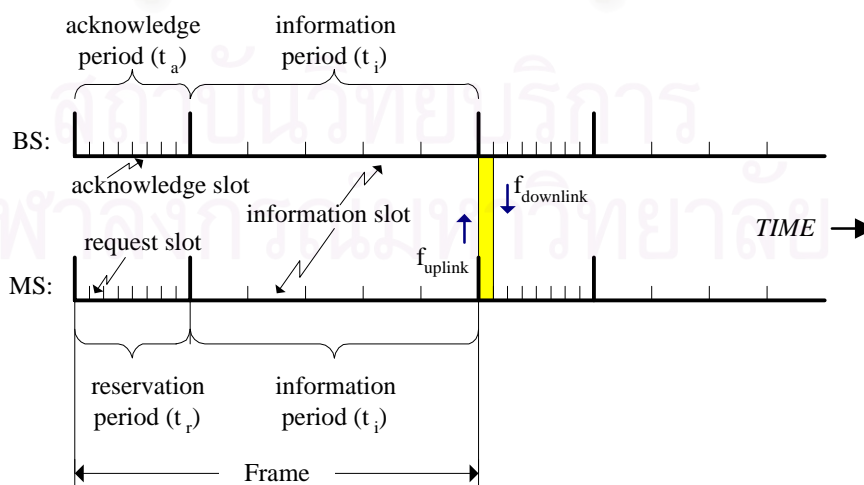
โดยที่ λ แทน อัตราการเกิดของผู้ใช้บริการใหม่ และ $e \approx 2.71$

ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของช่องสัญญาณองถัดไป ($p(t+1)$) สามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ (2.3)

$$p(t+1) = \min\left(1, \frac{1}{\eta_{t+1}}\right) \quad (2.3)$$

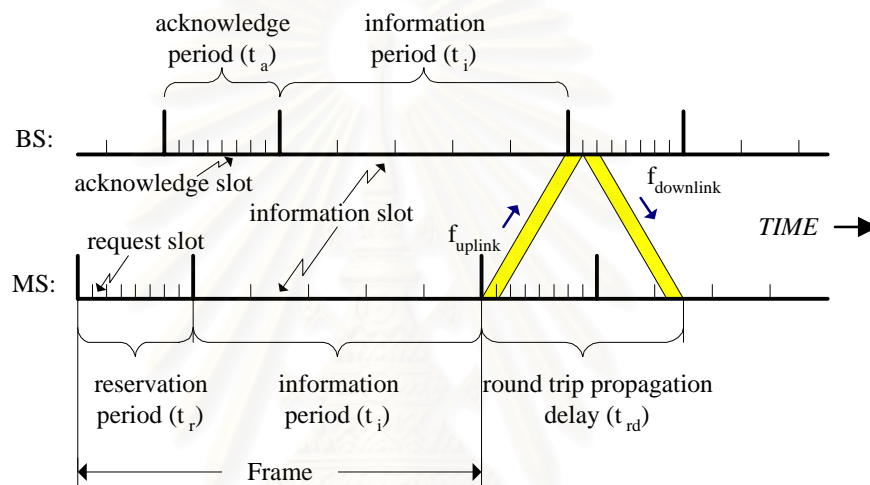
2.5 เวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบ

การทำงานของระบบทั้งสอง (Exponential Backoff และ Pseudo Bayesian) จะทำบนสมมติฐานว่า สถานีฐานและผู้ให้บริการสามารถส่งสัญญาณการตอบรับระหว่างกันได้ทันที กล่าวคือ เมื่อผู้ให้บริการทำการจองช่องสัญญาณในสล็อตการจองที่ t ผ่านทางช่องสัญญาณขาขึ้น สถานีฐานจะทำการตรวจสอบผู้ให้บริการที่ทำการจอง ณ สล็อตการจองนั้น แล้วจึงแจ้งผลการจองกลับไปยังผู้ให้บริการผ่านทางช่องสัญญาณขาลงในทันทีก่อนจะเริ่มการจองในสล็อตการจองที่ $t+1$ ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งในกรณีที่ผู้ให้บริการไม่ประสบความสำเร็จในการจองเนื่องจากเกิดการชนกัน ผู้ให้บริการเหล่านี้สามารถทำการจองช่องสัญญาณในสล็อตการจองถัดไปได้เลย (สล็อตการจองที่ $t+1$) หมายความว่าระบบที่ใช้วิธีการทั้งสองจะต้องมีเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบ (Round-Trip Propagation Delay) ที่สั้นมาก ดังนั้นจึงทำให้ผู้ให้บริการสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ทุกสล็อตการจอง



รูปที่ 2.6 โครงสร้างเฟรมและการทำงานเมื่อเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบมีค่าน้อย

อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาระบบสื่อสารบางประเภทซึ่งค่าเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบมีค่ามากกว่าเวลาประวิงการส่งสัญญาณ เช่น ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม ระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูง เป็นต้น พบว่าในระบบสื่อสารดังกล่าวนี้ ผู้ใช้บริการไม่สามารถทราบผลการจองช่องสัญญาณได้ทันทีและอาจทราบผลการจองช่องสัญญาณภายหลังจากสิ้นสุดส่วนการจองไปแล้ว นั่นหมายถึงว่าผู้ให้บริการจะสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้เพียงครั้งเดียวต่อเฟรม หรืออาจเข้าจองได้หลายครั้งต่อเฟรม แต่ไม่สามารถทราบผลการจองว่าประสบความสำเร็จหรือไม่ในช่วงการจอง และจะประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 โครงสร้างเฟรมและการทำงานเมื่อเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบมีค่ามาก

เพื่อแสดงให้เห็นภาพที่ชัดเจนขึ้น สำหรับระบบที่มีค่าเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบมากกว่าค่าเวลาประวิงการส่งข้อมูลข่าวสาร ยกตัวอย่างเช่น สมมุติให้สล๊อตการจองมีขนาด 16 บิต มีจำนวนสล๊อตการจอง 10 สล๊อตในแต่ละเฟรม และผู้ให้บริการอยู่ห่างจากสถานีฐานเป็นระยะทาง 3 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งแพ็กเก็ตเกิดการจองจากผู้ให้บริการไปยังสถานีฐาน (Propagation Delay) เท่ากับ $\frac{3 \times 10^3}{3 \times 10^8} = 10 \mu\text{sec}$ ดังนั้นระยะเวลาประวิงหลังจากที่ผู้ให้บริการเริ่มส่งข้อมูลจนกระทั่งได้รับสัญญาณตอบรับกลับมา (Round Trip Propagation Delay) มีค่าเท่ากับ $20 \mu\text{sec}$ เมื่อพิจารณาระบบที่มีอัตราส่งข้อมูล (Transmission Rate) เท่ากับ 1 Mbps ช่วงการจองจะมีขนาด $\frac{16 \times 10}{1 \times 10^6} = 160 \mu\text{sec}$ ผู้ให้บริการยังมีโอกาสที่จะเข้าจองในสล๊อตการจองอื่น ๆ ได้อีก แต่ถ้าอัตราส่งข้อมูลเพิ่มเป็น 10 Mbps ช่วงการจองจะมีขนาด $\frac{16 \times 10}{10 \times 10^6} = 16 \mu\text{sec}$ ดังนั้นผู้ให้บริการจะทราบผลการจองหลังจากหมดช่วงการจองในเฟรมที่กำลังพิจารณาไปแล้วจึงต้องรอเข้าจองในเฟรมถัดไป

2.6 เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ใช้ศึกษา

เนื่องจาก [9] ได้มีการศึกษาเทคนิคการจองช่องสัญญาณในโครงข่ายความเร็วสูงได้ 5 เทคนิคได้วิเคราะห์ค่าวิสัยสามารถของทุกวิธีที่นำเสนอไปแล้ว แต่ยังไม่ได้ศึกษาหาเวลาประวิงในการส่งแพ็กเก็ตเกิดการจอง ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญอีกค่าหนึ่งอีกค่าหนึ่งสำหรับสมรรถนะการทำงาน [16] ดังนั้นเพื่อเป็นการวิเคราะห์แต่ละวิธีอย่างสมบูรณ์ผู้วิจัยจึงนำวิธีดังกล่าวมาศึกษาหาช่วงเวลาประวิงในการส่งแพ็กเก็ตเกิดการจองได้แก่เทคนิค1.การใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแบบค่าคงที่ ,2.การใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแบบปรับค่าได้ ,3.การแบ่งกลุ่มอย่างสุ่ม, 4.การเลือกสลอตการจองอย่างสุ่ม ,5.เทคนิคการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการ

วิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาช่วงเวลาประวิง และปรับปรุงสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงของระเบียบวิธีการจองช่องสัญญาณในระบบสื่อสารไร้สายโดยใช้เทคนิคปรับจำนวนสลอตเพื่อให้ระบบสามารถใช้จำนวนช่องสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

เทคนิคการจองช่องสัญญาณ

บทนี้กล่าวถึงเทคนิคการจองช่องสัญญาณโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูงที่ได้ถูกนำเสนอไว้แล้ว และแนวการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอแต่ละเทคนิค โดยเทคนิคการจองช่องสัญญาณทั้งหมดที่เสนอมีด้วยกัน 5 เทคนิค ได้แก่

1. เทคนิคการใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแบบค่าคงที่ วิธีที่ใช้เทคนิคนี้คือ Cascade Fixed Probability(CFP)
2. เทคนิคการใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแบบปรับค่าได้ วิธีที่ใช้เทคนิคนี้คือ Cascade Adaptive Probability (CAP) และ Cascade Optimal Probability (COP)
3. เทคนิคการแบ่งกลุ่มอย่างสุ่ม วิธีที่ใช้เทคนิคนี้คือ Cascade Optimum Probability with Split (COP+SPL) และ Cascade Fixed Probability with Split (CFP+SPL)
4. เทคนิคการเลือกสล็อตการจองอย่างสุ่ม วิธีที่ใช้เทคนิคนี้คือ Uniform (UNI)
5. เทคนิคการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการ วิธีที่ใช้เทคนิคนี้คือ Uniform with Limited Access (UNI+LA)

วัตถุประสงค์หลักของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอเป็นการทำให้ระบบมีสมรรถนะในช่วงการจองสูงสุด กล่าวคือ ต้องการทำให้ผู้ใช้บริการที่เข้าจองประสบความสำเร็จมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งสมรรถนะในช่วงการจองมีค่าเท่ากับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในช่วงการจอง (Average Number of Successful Users) หรือ ค่าวิสัยสามารถในช่วงการจอง (Throughput) เมื่อค่าวิสัยสามารถคือ จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จต่อจำนวนสล็อตการจองที่มีในระบบ และจะนำวิธีดังกล่าวมาคำนวณหาช่วงเวลาประวิงเวลาโดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในช่วงการจอง (Average Delay per packet) ในบทที่ 4

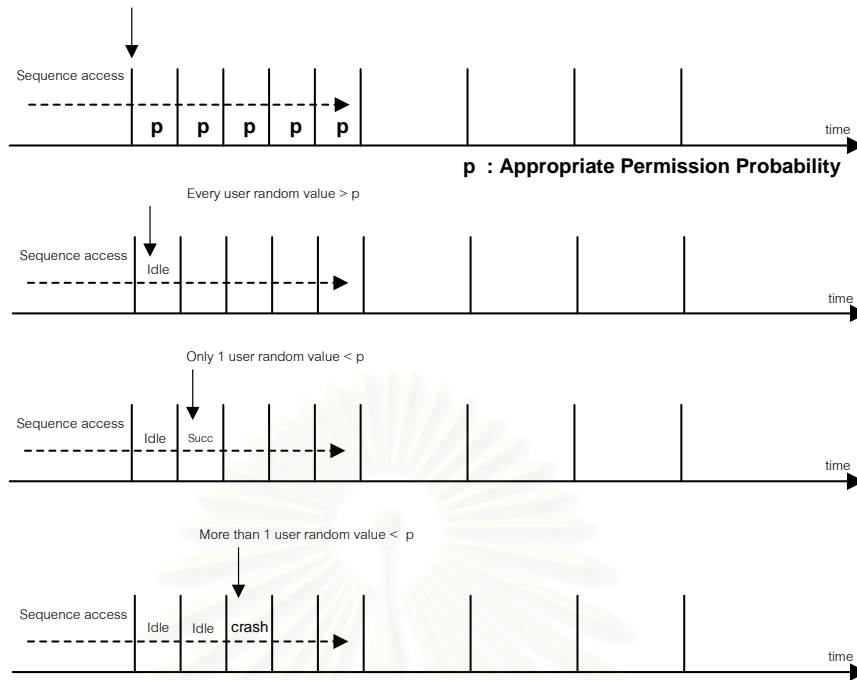
3.1 เทคนิคการใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแบบค่าคงที่

จากการศึกษาเทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าของช่องสัญญาณ พบว่าค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเก็ตการจอง (p) เป็นพารามิเตอร์สำคัญที่มีผลต่อสมรรถนะของระบบ การเลือกค่านี้จึงต้องเลือกอย่างเหมาะสม ถ้าค่า p มีค่ามากเกินไปจะทำให้ผู้ใช้บริการเกือบทั้งหมดจะเข้าจองในสล็อตการจองอันดับแรก ๆ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้บริการเกิดการชน หลังจากนั้น ผู้ใช้บริการที่เหลืออยู่จำนวนน้อยจะเข้าจองในสล็อตที่เหลือ ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองมีเพียงเล็กน้อยเนื่องจากการชนกัน ในสล็อตการจองแรก ๆ ในทางตรงกันข้ามถ้าค่า p มีค่าน้อยเกินไป ทำให้แทบจะไม่มีผู้ใช้บริการคนใดตัดสินใจเข้าจอง สล็อตการจองจำนวนมากจะไม่ถูกใช้ และจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการจองคาดว่าจะมีเพียงเล็กน้อยเช่นกัน เพราะสล็อตการจองมีการใช้งานน้อยเกินไป

ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวและเพื่อให้ระบบได้รับสมรรถนะสูงสุดในช่วงการจอง วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเสนอ “เทคนิคการใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแบบค่าคงที่”

3.1.1 หลักการทำงานของเทคนิค CFP (Cascade Fixed Probability)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP นี้ ผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข่าวสารแต่ละรายจะตัดสินใจเข้าจองช่องสัญญาณด้วยค่าความน่าจะเป็นค่าหนึ่งเท่ากันทุกราย ตั้งแต่สล็อตการจองแรกจนถึงสล็อตการจองสุดท้ายภายใน 1 เฟรม โดยก่อนจะตัดสินใจเข้าจองผู้ใช้บริการแต่ละราย จะทำการสุ่มค่าความน่าจะเป็นซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 เพื่อลดโอกาสการชนกันของแพ็กเก็ตการจอง หากค่าความน่าจะเป็นในการสุ่มของผู้ใช้บริการรายใดมีค่าน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองที่กำหนดไว้ ผู้ใช้บริการรายนั้นก็จะสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ ซึ่งผู้ใช้บริการแต่ละรายสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้เพียงครั้งเดียวภายใน 1 เฟรม กลไกการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กลไกการทำงานของเทคนิคการจองแบบ Cascade Fixed Probability (CFP)

3.2 เทคนิคการใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแบบปรับค่าได้

ในหัวข้อ 3.1 ได้เสนอเทคนิคการใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแบบค่าคงที่ ผู้ให้บริการทุกคนใช้ค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเก็ตเกิดการจองเท่ากันในทุกสล็อตการจองในเฟรมแต่ละเฟรม ดังนั้นเพื่อปรับปรุงสมรรถนะของระบบให้ดียิ่งขึ้น จึงเกิดแนวคิดที่จะใช้ค่าความน่าจะเป็นที่ไม่เท่ากันในสล็อตการจองแต่ละสล็อต นั่นหมายความว่าผู้ให้บริการจะต้องปรับค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเก็ตการจองให้เหมาะสม ตามจำนวนผู้ให้บริการและสล็อตการจองที่มีอยู่ ณ สล็อตการจองที่กำลังพิจารณาแม้เงื่อนไขข้อนี้จะขัดแย้งกับข้อสมมุติฐานตอนต้น เพราะแทบจะเป็นไปไม่ได้เลยที่สถานีฐานจะประมาณจำนวนผู้ให้บริการที่ต้องการจอง ณ สล็อตการจองที่กำลังพิจารณาแล้วแจ้งไปบอกผู้ให้บริการได้ทันเนื่องจากผลของเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบที่ยาวกว่าเวลาในการส่งข้อมูลในระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูงแต่เพื่อทดสอบแนวคิดนี้ว่าเป็นจริง จึงใช้แนวคิดนี้บนวิธีที่เสนอ 2 วิธีซึ่งจะอธิบายในหัวข้อย่อยถัดไป และจะเรียกแนวคิดที่กล่าวมานี้ว่า "เทคนิคการใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแบบปรับค่าได้"

3.2.1 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Cascade Adaptive Probability (CAP)

จากวิธี CFP จะเห็นว่าค่าที่เหมาะสมของ p มีอยู่จริง ซึ่งเป็นค่าที่หาได้บนเทคนิคการใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแบบค่าคงที่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอวิธีที่จะใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมที่คำนวณได้ สูตร มาใช้กับเทคนิคการใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแบบปรับค่าได้ ดังนั้นวิธีนี้กำหนดให้ผู้ให้บริการทุกคนพยายามเข้าจองในสล็อตการจองจากสล็อตแรกจนถึงสล็อตสุดท้าย โดยผู้ให้บริการจะปรับเปลี่ยนค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเก็ตการจองในสล็อตการจองแต่ละสล็อต ตามจำนวนผู้ให้บริการและสล็อตการจองที่เหลืออยู่ ณ เวลานั้น จะเรียกวิธีนี้ว่า "Cascade Adaptive Probability" หรือ "CAP"

3.2.2 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Cascade Optimal Probability (COP)

เนื่องจากวิธี CAP เป็นวิธีใช้ค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเก็ตการจองแบบปรับค่าได้ โดยค่าที่ใช้มาจากวิธี CFP ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณบนระบบที่กำหนดให้ผู้ให้บริการทุกคนใช้ค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเก็ตการจองเท่ากันทุกสล็อตการจอง ดังนั้นเมื่อนำค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมจากวิธี CFP ที่ได้มาใช้กับระบบที่ผู้ให้บริการสามารถปรับค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเก็ตการจองได้ทุกสล็อตการจอง ค่านี้จึงไม่น่าจะใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมที่สุดในการเข้าจอง ดังนั้นเพื่อให้ระบบได้รับสมรรถนะสูงที่สุดบนเทคนิคการใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแบบปรับค่าได้ จึงต้องหาค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมในการส่งแพ็กเก็ตการจองสำหรับผู้ให้บริการ ณ สล็อตการจองใดๆ ที่กำลังพิจารณาอยู่ ดังนั้นจึงเรียกวิธีนี้ว่า "Cascade Optimal Probability" หรือ "COP"

3.3 เทคนิคการแบ่งกลุ่มย่อยอย่างสุ่ม

เทคนิคนี้เป็นการเทคนิคที่พัฒนาต่อจากเทคนิคทั้งสองที่ผ่านมา (หัวข้อ 3.1 และ 3.2) โดยที่แนวคิดของเทคนิคนี้ได้จากการสังเกตว่า จำนวนผู้ให้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของระบบที่มีผู้ให้บริการและสล็อตการจองจำนวนน้อย มีแนวโน้มที่ดีกว่าระบบที่มีผู้ให้บริการและสล็อตการจองจำนวนมาก ด้วยสัดส่วนของจำนวนผู้ให้บริการต่อสล็อตการจองที่เท่ากัน ด้วยเหตุนี้จึงคาดว่าจะได้รับประโยชน์จากการแบ่งจำนวนสล็อตการจองเป็นครั้งหนึ่ง และแบ่งจำนวนผู้ให้บริการเป็นสองกลุ่มด้วยวิธีสุ่มเมื่อผู้ให้บริการจะตัดสินใจเข้าจองใน สล็อตการจองและผู้ให้บริการที่เหลือเข้าจองในครั้งหลัง การที่ผู้ให้บริการจะตัดสินใจเข้าจองใน สล็อตการจองกลุ่ม

แรกหรือกลุ่มหลังนั้นทำโดยหลักการง่ายๆ เหมือนกับการโยนเหรียญ ถ้าผู้ใช้บริการสามารถแบ่งกลุ่มได้อย่างสมบูรณ์คือ จำนวนผู้ใช้บริการในแต่ละกลุ่มมีขนาดเท่ากันสมรรถนะของระบบจะเพิ่มขึ้น อย่างไร

3.3.1 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Cascade Optimal Probability +Split (COP+SPL)

วิธีนี้เป็นการพัฒนาต่อจากวิธี COP โดยจะใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มย่อยอย่างสุ่มเข้ามาช่วย ดังนั้นวิธีนี้กำหนดให้ผู้ใช้บริการทุกคนจะต้องทำการเลือกกลุ่มอย่างสุ่มหนึ่งกลุ่ม หลังจากนั้นผู้ใช้บริการในแต่ละกลุ่มจะเข้าจองสล็อตการจองที่มีอยู่ในแต่ละกลุ่มด้วยวิธี COP จะเรียกวิธีนี้ว่า "Cascade Optimal Probability with Split" หรือ "COP+SPL"

3.3.2 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Cascade Fixed Probability +Split (CFP+SPL)

เนื่องจากวิธีที่ผ่านมา COP+SPL เป็นวิธีที่ใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มย่อยอย่างสุ่มสำหรับระบบที่ผู้ใช้บริการสามารถปรับค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเก็ตการจองได้ทุกสล็อตการจองระบบจะต้องทราบจำนวนผู้ใช้บริการที่เข้าจองในแต่ละกลุ่มในความเป็นจริงแล้วเป็นไปได้ยากหรือเป็นไปได้ที่สถานีฐานจะสามารถรู้จำนวนผู้ใช้บริการในแต่ละกลุ่มและยังต้องรู้จำนวนผู้ใช้บริการ ณ สล็อตใดๆ ในแต่ละกลุ่ม จึงได้เสนอวิธีซึ่งใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มย่อยอย่างสุ่มสำหรับระบบที่ผู้ใช้บริการปรับค่าความน่าจะเป็นในการ ส่งแพ็กเก็ตการจองได้เพียงครั้งเดียวต่อเฟรม โดยผู้ใช้บริการทุกคนทุกกลุ่มทุกสล็อตจะใช้ค่าความน่าจะเป็นในการจองค่าเดียวกัน เราจะเรียกวิธีนี้ว่า "Cascade Fixed Probability with Split" หรือ "CFP+SPL"

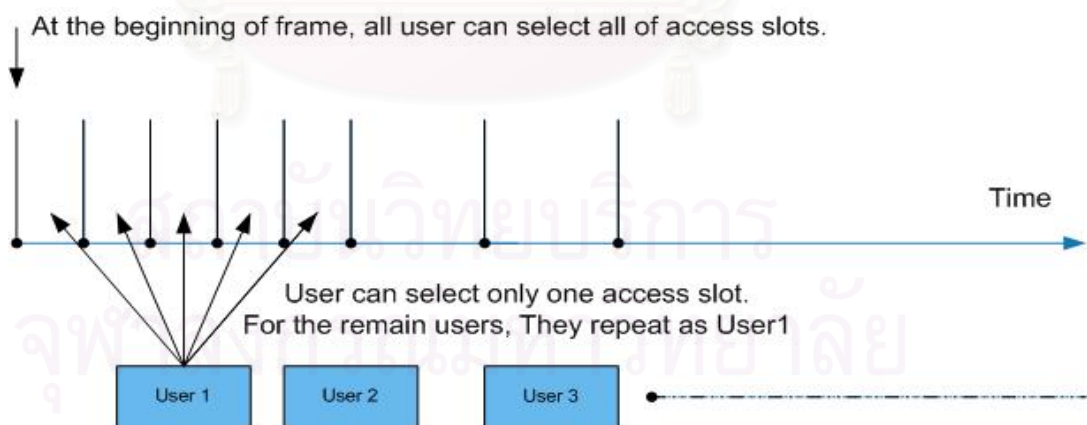
3.4 เทคนิคการเลือกสล็อตการจองอย่างสุ่ม

วิธีก่อนหน้า 3 วิธี CFP, CAP, และ COP มีข้อกำหนดที่สำคัญอย่างหนึ่งร่วมกันคือ ผู้ใช้บริการจะเข้าจองสล็อตการจองเรียงตามลำดับสล็อตจากสล็อตแรกถึงสล็อตสุดท้าย ซึ่งการจองเรียงตามลำดับสล็อตเป็นขั้นตอนควบคุมการเข้าถึงที่งานวิจัยส่วนใหญ่ในอดีตได้เสนอ วิธีในอดีตที่ใช้เทคนิคนี้จะกำหนดให้ผู้ใช้บริการสามารถเข้าจองในสล็อตการจองแต่ละสล็อตได้เรื่อยๆ เรียงตามลำดับสล็อตจนกว่าจะประสบความสำเร็จในสล็อตใดสล็อตหนึ่ง เมื่อผู้ใช้บริการทราบผลการจองในแต่ละสล็อตทันที ดังนั้นผู้ใช้ที่ไม่ประสบความสำเร็จก็จะเข้าจองในสล็อตถัดไป นั่นคือผู้ใช้บริการสามารถตัดสินใจเข้าจองได้มากกว่าหนึ่งครั้งในแต่ละเฟรม แต่ในระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูง ผู้ใช้บริการไม่สามารถได้รับโอกาสนี้ คือ ผู้ใช้บริการเข้าจองพยายามเข้าจองได้เพียง

ครั้งเดียวในแต่ละเฟรมภายใต้เงื่อนไขนี้เทคนิคการจองโดยพิจารณาลำดับของสล็อตอาจไม่ใช่เทคนิคที่เหมาะสมที่สุด ผู้ใช้บริการไม่จำเป็นต้องพิจารณาเรียงตามลำดับสล็อต ผู้ใช้บริการสามารถใช้เทคนิคง่ายๆ ในการจองสล็อตโดยเลือกที่จะเข้าจองในสล็อตการจองสล็อตใดสล็อตหนึ่ง ซึ่งจะไม่ขึ้นกับการตัดสินใจของผู้ใช้บริการคนอื่น ดังนั้นจะเรียกเทคนิคนี้ว่า "เทคนิคการเลือกสล็อตการจองอย่างสุ่ม"

3.4.1 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Uniform (UNI)

วิธีนี้เป็นวิธีที่เทคนิคการเลือกสล็อตการจองอย่างสุ่ม โดยกำหนดให้ผู้ให้บริการทั้งหมด ณ เวลาเริ่มต้นของแต่ละเฟรม สุ่มเลือกสล็อตการจองสล็อตใดสล็อตหนึ่ง หลังจากจบช่วงการจองในแต่ละเฟรมสถานีฐานจะตรวจสอบผลการจองและจัดสรรสล็อตข่าวสารให้ผู้ให้บริการผ่านทางช่องสัญญาณขาหลัง ผู้ใช้บริการที่ไม่ประสบความสำเร็จจะสุ่มเลือกสล็อตการจองในเฟรมถัดไป จะเห็นได้ว่าวิธีนี้มีคุณสมบัติที่น่าสนใจหลายอย่าง อย่างแรกคือ ระบบไม่จำเป็นต้องรู้จำนวนผู้ใช้งาน ณ เวลาเริ่มต้นของแต่ละเฟรม อย่างที่สองคือ วิธีทั้งหมดที่ได้นำเสนอก่อนหน้านี้ สล็อตการจองแรกๆ จะต้องรองรับความต้องการเข้าจองมากกว่าสล็อตท้ายๆ แต่ด้วยวิธีนี้จะทำให้สล็อตการจองทุกสล็อตรองรับความต้องการการเข้าจองเท่าเทียมกัน (Uniform) ดังนั้นจะเรียกวิธีนี้ว่า "Uniform" หรือ "UNI" กลไกการทำงานของเทคนิคการจองแบบ Uniform (UNI) แสดงดังรูปที่ 3.2



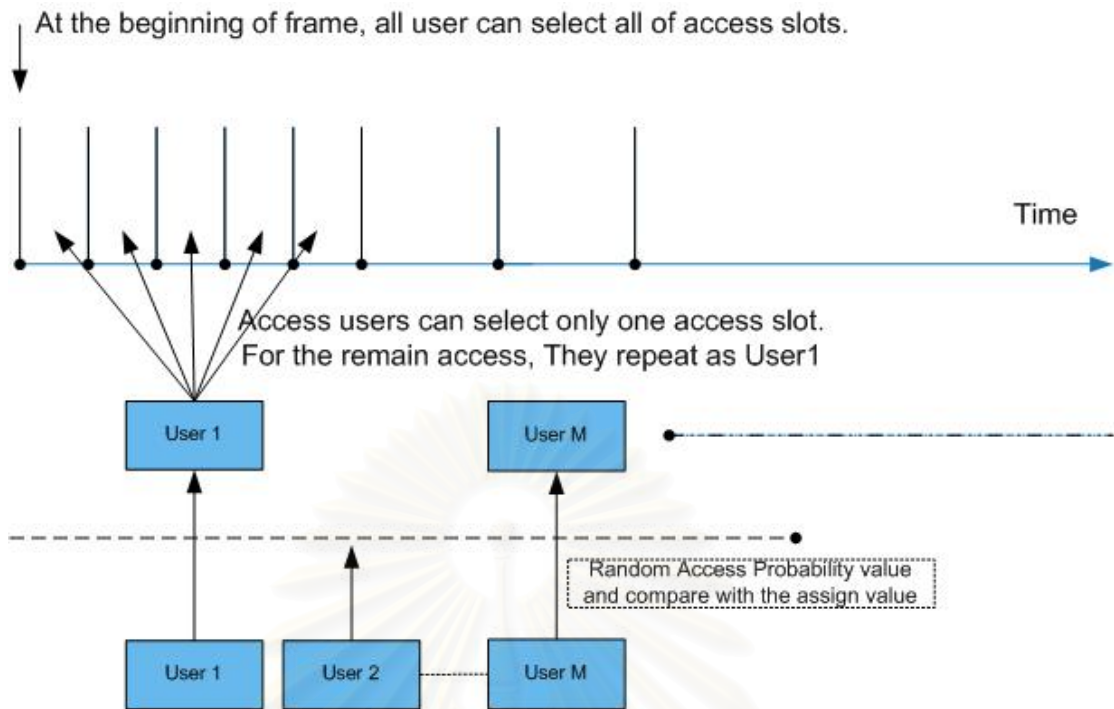
รูปที่ 3.2 กลไกการทำงานของเทคนิคการจองแบบ Uniform (UNI)

3.5 เทคนิคการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการ

เนื่องจากวิธี UNI เป็นวิธีที่ไม่คำนึงถึงจำนวนผู้ใช้บริการที่มีอยู่ ดังนั้นสมรรถนะของระบบจะลดลงเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีมากกว่าจำนวนสล็อตการจองอยู่มาก ($\frac{m}{n} \gg 1$) ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ผู้ใช้บริการจะต้องเลือกสล็อตการจอง 1 สล็อต จึงหลีกเลี่ยงการชนกันได้ง่าย ตัวอย่างเช่น ถ้ามีสล็อตการจองเพียง 2 สล็อต แต่มีผู้ใช้บริการที่ต้องการจองอยู่ 10 คน ผลการจองในสภาวะเช่นนี้ แทบจะต้องเกิดการชนกันในสล็อตทั้งสองเสมอ การที่ผู้ใช้บริการประสบความสำเร็จมีได้เพียงกรณีเดียวและเป็นไปได้ด้วยโอกาสที่น้อยมากคือ ผู้ใช้บริการทั้ง 9 คนเข้าจองในสล็อตหนึ่ง และผู้ใช้บริการอีกคนหนึ่งเข้าจองในอีกสล็อตหนึ่ง จำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จจึงมีได้อย่างมากที่สุดเพียง 1 คน ดังนั้นชัดเจนว่าวิธี UNI จะไม่มีประสิทธิภาพในสถานการณ์นี้ เพื่อที่จะไม่ให้เกิดเหตุการณ์เช่นนี้จำเป็นต้องหาอะไรบางอย่างมาจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการ (Limited Access) ที่ตัดสินใจเข้าจองคงเป็นการดีถ้าผู้ใช้บริการส่วนใหญ่ไม่เข้าจอง ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหานี้โดยผู้ใช้บริการจะต้องตัดสินใจก่อนว่าจะเข้าจองในช่วงการจองที่กำลังพิจารณาหรือไม่ด้วยค่าความน่าจะเป็น (p) ค่าหนึ่ง ขอเรียกเทคนิคนี้ว่า "เทคนิคการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการสำหรับค่า p ที่เหมาะสมจะกำหนดจากจำนวนผู้ใช้บริการและจำนวนสล็อตการจองที่มีอยู่"

3.5.1 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Uniform + Limited Access (UNI+LA)

วิธีนี้เป็นวิธีที่พัฒนาต่อจากวิธี UNI โดยใช้เทคนิคการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการเข้ามาช่วยเพื่อแก้ไขปัญหาที่จะเกิดขึ้นของวิธี UNI ในกรณีที่ผู้ใช้บริการมากเกินไป วิธีนี้กำหนดให้ผู้ใช้บริการแต่ละคนตัดสินใจว่าจะเข้าจองในช่วงการจองที่กำลังพิจารณาหรือไม่ด้วยค่าความน่าจะเป็น p ถ้าผู้ใช้บริการตัดสินใจที่จะไม่เข้าจองจะไม่ทำอะไรและจะคอยจนถึงช่วงการจองในเฟรมถัดไปแต่ถ้าผู้ใช้ตัดสินใจเข้าจองผู้ใช้บริการจะดำเนินการต่อไปเหมือนกับวิธี UNI จะเรียกวิธีที่กล่าวมานี้ว่า "Uniform with Limited Access" หรือ "UNI+LA" แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 กลไกการทำงานของเทคนิคการจองแบบ Uniform + Limited Access (UNI+LA)

3.6 การศึกษาค่าวิสัยสามารถของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแต่ละวิธี

กำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จะใช้ในการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณดังนี้

M	แทนจำนวนของผู้ใช้บริการในระบบ
N	แทนจำนวนสล็อตการจองที่ต่อเฟรม
p	แทนค่าความน่าจะเป็นในการเข้าจองหรือส่งโทเค็นการจอง (Permission Probability)
k	แทนจำนวนผู้บริการที่ประสบความสำเร็จต่อเฟรม
R	แทนจำนวนของผู้บริการที่เหลืออยู่ในระบบ

$\Pr[k | M, N, p]$ แทนความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการ k คนประสบความสำเร็จในการจอง เมื่อมีผู้ใช้บริการ M คน จำนวนสล๊อตการจอง N สล๊อต และผู้ใช้บริการตัดสินใจเข้าจองด้วยค่าความน่าจะเป็น p

$T[M, N, p]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จ เมื่อมีผู้ใช้บริการ M คน จำนวนสล๊อตการจอง N สล๊อต และผู้ใช้บริการตัดสินใจเข้าจองด้วยค่าความน่าจะเป็น p

$T[M, N, f]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จ เมื่อมีผู้ใช้บริการ M คน จำนวนสล๊อตการจอง N สล๊อต และ f เพรม

3.6.1 สมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณ CFP

เมื่อพิจารณาระบบที่มีผู้ใช้บริการที่เข้าจองช่องของเทคนิค CFP สัญญาณจำนวน M รายและสล๊อตการจองจำนวน N สล๊อต กำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณเท่ากับ p พบว่าเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นเมื่อพิจารณาช่องสัญญาณจองช่องใด ๆ เป็นไปได้ 3 กรณีคือ

- การว่าง เกิดเนื่องจากไม่มีผู้ใช้บริการรายใดในระบบเข้าจองช่องสัญญาณ โดยความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณจะเกิดการว่าง $= b[M, 0, p]$
- การสำเร็จ เกิดเนื่องจากมีผู้ใช้บริการเพียงรายเดียวในระบบเข้าจองช่องสัญญาณ โดยความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณจะเกิดการสำเร็จ $= b[M, 1, p]$
- การชน เกิดเนื่องจากมีผู้ใช้บริการตั้งแต่ 2 รายขึ้นไปเข้าจองช่องสัญญาณพร้อมกัน โดยความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณจะเกิดการชน $= \sum_{i=2}^M b[M, i, p]$

$$\text{โดยที่ } b[m, i, x] = \binom{m}{i} x^i (1-x)^{m-i}$$

จากค่าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นในช่องสัญญาณจองช่องใด ๆ จะสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการจำนวน k รายสามารถจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยอาศัยหลักการเรีเคอร์ซีฟดังนี้

$$\begin{aligned}
P_{CFP}[k | M, N] &= b[M, 0, p]P_{CFP}[k | M, N - 1] \\
&+ b[M, 1, p]P_{CFP}[k - 1 | M - 1, N - 1] \\
&+ \sum_{i=2}^M b[M, i, p]P_{CFP}[k | M - i, N - 1]
\end{aligned} \tag{3.1}$$

โดยที่ $P_{CFP}[k | M, N]$ คือ ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการ k รายสามารถจองช่องสัญญาณได้สำเร็จ จากระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการจำนวน M ราย สล็อตการจองจำนวน N สล็อต กำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณเท่ากับ p และกำหนดค่าเริ่มต้นหรือเงื่อนไขขอบ (Boundary Condition) ของสมการ (3.1) ไว้ดังนี้

$$P_{CFP}[k | M, N] = \begin{cases} 0 & \text{if } k < 0, M \geq 0, N \geq 0 \\ 1 & \text{if } k = 0, M \geq 0, N = 0 \\ 0 & \text{if } k > 0, M \geq 0, N = 0 \\ 1 & \text{if } k = 0, M = 0, N \geq 0 \\ 0 & \text{if } k > 0, M = 0, N \geq 0 \end{cases}$$

นอกจากนี้จะสามารถนำค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการจองช่องสัญญาณสำเร็จกรณีต่าง ๆ มาคำนวณหาค่าวิสัยสามารถของระบบ ($T_{CFP}[M, N]$) ซึ่งนิยามว่าเป็นจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่จองช่องสัญญาณได้สำเร็จ ได้จากสมการ (3.22)

$$T_{CFP}[M, N] = \sum_{j=0}^M (j \times P_{CFP}[j | M, N]) \tag{3.2}$$

สำหรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการ คือค่า p ที่ทำให้อนุพันธ์ของสมการ (3.2) เทียบกับ p เป็นศูนย์ ($\frac{\partial}{\partial p} T_{CFP}[M, N] = 0$) และทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบสูงสุด

นอกจากนี้ ยังสามารถหาสมรรถนะของวิธี CFP ด้วยหลักการรีเคอร์ซีฟในรูปของจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากในแต่ละสล็อตการจองจะมีผู้ใช้บริการเพียงคนเดียวที่สามารถประสบความสำเร็จในการจอง ซึ่งจะเกิดเมื่อไม่มีผู้ใช้บริการคนอื่นยกเว้นผู้ใช้บริการคนนี้เข้าจอง พิจารณาสล็อตการจองแรกจะมีเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ 3 เหตุการณ์คือ

กรณี $i = 0$: ไม่มีผู้ใช้บริการคนใดเลยเข้าจอง สล็อตการจองจะอยู่ในสถานะว่าง และในสล็อตการจองถัดไปไม่มีผู้ใช้บริการเหลืออยู่เท่าเดิม M คน ดังนั้นจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของกรณีนี้หาได้จากผลคูณของความน่าจะเป็นที่เกิดเหตุการณ์ ($b[M, 0, p]$) กับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในสล็อตการจองถัดไป ($T[M, N-1, p]$)

$$b[M,0,p] \cdot T[M,N-1,p] \quad (3.3)$$

กรณี $i = 1$: มีผู้ใช้บริการเพียงคนเดียวเข้าจอบ ผู้ใช้บริการจะประสบความสำเร็จในการจอบ และในสล็อตการจอบถัดไปมีจำนวนผู้ใช้บริการเหลือ $M - 1$ คน ดังนั้นจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของกรณีนี้หาได้จากผลคูณของความน่าจะเป็นที่เกิดเหตุการณ์ ($b[M,1,p]$) กับผลรวมของ 1 และจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในสล็อตการจอบถัดไป ($1 + T[M-1,N-1,p]$) เมื่อ 1 เป็นจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จที่เพิ่มขึ้นเพราะมีผู้ใช้บริการประสบความสำเร็จในการจอบ 1 คน

$$b[M,1,p] \cdot (1 + T[M-1,N-1,p]) \quad (3.4)$$

กรณี $i > 1$: มีผู้ใช้บริการมากกว่าหนึ่งคนเข้าจอบ จึงเกิดการชนกันทำให้ผู้ใช้บริการทั้ง i คนไม่ประสบความสำเร็จในการจอบ และในสล็อตการจอบถัดไปมีจำนวนผู้ใช้บริการเหลือ $M - i$ คน ดังนั้นจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของกรณีนี้หาได้จากผลคูณของความน่าจะเป็นที่เกิดเหตุการณ์ ($b[M,i,p]$) กับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในสล็อตการจอบถัดไป ($T[M-i,N-1,p]$)

$$b[M,i,p] \cdot T[M-i,N-1,p] \quad (3.5)$$

ดังนั้นในระบบที่มีผู้ใช้บริการ M คน จำนวนสล็อตการจอบ N สล็อต และผู้ใช้บริการตัดสินใจเข้าจอบด้วยค่าความน่าจะเป็น p จะหาจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จด้วยหลักการรีเคอร์ซีฟในรูปของ T ได้คือ

$$T_{CFP}[M,N,p] = b[M,0,p] \cdot T[M,N-1,p] \quad (3.6)$$

$$+ b[M,1,p] \cdot (1 + T[M-1,N-1,p])$$

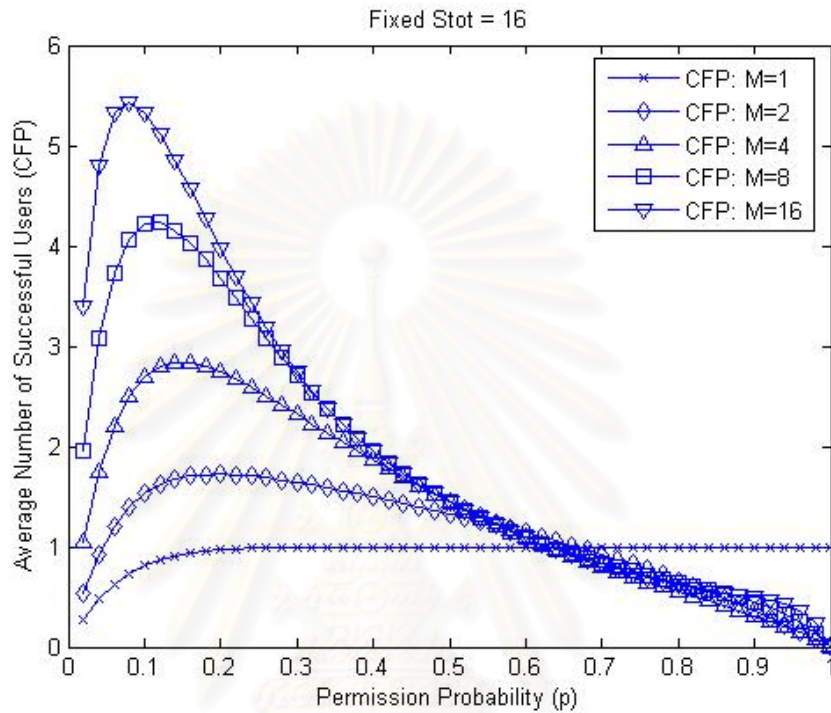
$$+ \sum_{i=2}^M b[M,i,p] \cdot T[M-i,N-1,p]$$

$$= b[M,1,p] + \sum_{i=0}^M b[M,i,p] \cdot T[M-i,N-1,p]$$

เมื่อเงื่อนไขขอบเขตของสมการ (3.6) คือ

$$T[M,0,p] = T[0,N,p] = 0 \quad (3.7)$$

ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมในการจอง ($p_{CFP}[m,n]$) ในแต่ละเฟรม คือ ค่า p ที่ทำให้อรรถนะของสมการ (3.6) เทียบกับ p เป็นศูนย์ ซึ่งค่า $p_{CFP}[m,n]$ ที่ได้จะทำให้ได้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยสูงสุดที่ประสบความสำเร็จ ($T_{CFP}[m,n]$) ดังแสดงตัวอย่างการหาค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมจากสมการ (3.6) ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างการหาค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมของวิธี CFP

3.6.2 สมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณ CAP

กำหนดให้ ($T_{CAP}[m,n]$) แทนจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี CAP เมื่อมีผู้ใช้บริการ m คน จำนวนสล롯การจอง n สล롯 และผู้ใช้บริการตัดสินใจเข้าจองด้วยค่าความน่าจะเป็น $p_{CFP}[m,n]$ โดยที่ $p_{CFP}[m,n]$ คือค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมที่หาได้จากวิธี CFP

$$\begin{aligned}
 T_{CAP}[m,n] &= b[m,0, p_{CFP}[m,n]]T_{CAP}[m,n-1] \\
 &+ b[m,1, p_{CFP}[m,n]](1 + T_{CAP}[m-1,n-1]) \\
 &+ \sum_{i=2}^m b[m,i, p_{CFP}[m,n]]T_{CAP}[m-i,n-1]
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

เมื่อเงื่อนไขขอบเขตของสมการ (3.8) คือ

$$T_{CAP}[m,0] = T_{CAP}[0,n] = 0 \quad (3.9)$$

3.6.3 สมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณ COP

กำหนดให้ $(T_{COP}[m,n])$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี COP เมื่อมีผู้ใช้บริการ m คน จำนวนสล๊อตการจอง n สล๊อต

$$\begin{aligned} T_{COP}[m,n] &= b[m,0, p[m,n]]T[m,n-1] \\ (3.10) \quad &+ b[m,1, p[m,n]](1 + T[m-1,n-1]) \\ &+ \sum_{i=2}^m b[m,i, p[m,n]]T[m-i,n-1] \end{aligned}$$

เมื่อเงื่อนไขขอบเขตของสมการ (3.10) คือ

$$T_{COP}[m,0] = T_{COP}[0,n] = 0 \quad (3.11)$$

ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมในการส่งแพ็กเก็ตเกิดการจอง $p_{cop}[m,n]$ ในเฟรมแต่ละเฟรม คือ ค่า $p[m,n]$ ที่ทำให้อนุพันธ์ของสมการ (3.10) เทียบกับ $p[m,n]$ เป็นศูนย์ซึ่งค่าศูนย์ที่ได้ จะทำให้ได้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จสูงสุด $T_{COP}[m,n]$

3.6.4 สมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณ COP+SPL

กำหนดให้ g แทนจำนวนกลุ่ม และ $\frac{n}{g}$ คือจำนวนสล๊อตการจองในแต่ละกลุ่ม ดังนั้นจึง กำหนดให้ $(T_{COP+SPL}[m,n,g])$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี COP เมื่อมีผู้ใช้บริการ m คน จำนวนสล๊อตการจอง n สล๊อต

$$T_{COP+SPL}[m,n,g] = g \sum_{i=0}^m b[m,i, \frac{1}{g}]T_{COP}[i, \frac{n}{g}] \quad (3.12)$$

3.6.5 สมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณ CFP+SPL

กำหนดให้ g แทนจำนวนกลุ่ม และ $\frac{n}{g}$ คือจำนวนสล็อตการจองในแต่ละกลุ่ม ดังนั้นจึงกำหนดให้ $(T_{CFP+SPL}[m, n, g])$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี COP เมื่อมีผู้ใช้บริการ m คน จำนวนสล็อตการจอง n สล็อต

$$T_{CFP+SPL}[m, n] = g \sum_{i=0}^m b[m, i, \frac{1}{g}] T_{CFP}[i, \frac{n}{g}] \quad (3.13)$$

3.6.6 สมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณ UNI

การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ จะมีแนวทางการวิเคราะห์คล้ายกับเทคนิคการใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแบบค่าคงที่ (CFP) กล่าวคือ หากวิเคราะห์เทคนิคการเลือกสล็อตการจองอย่างสุ่ม (UNI) โดยการพิจารณาสล็อตการจองเป็นลำดับจะพบว่า ในแต่ละสล็อตการจองมีโอกาสที่จะถูกใช้หรือถูกเข้าจองได้เท่า ๆ กัน ดังนั้น ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมในการเข้าจองของแต่ละสล็อตการจองจึงมีค่า $p = \frac{1}{N}$ เมื่อ N คือ จำนวนของสล็อตการจองที่มีอยู่ในระบบ เมื่อวิเคราะห์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละสล็อตการจอง พบว่าเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นเป็นไปได้อีก 3 กรณีคือ

- การว่าง เกิดเนื่องจากไม่มีผู้ใช้บริการรายใดในระบบเข้าจองช่องสัญญาณ โดยความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณจะเกิดการว่าง $= b[M, 0, 1/N]$
- การสำเร็จ เกิดเนื่องจากมีผู้ใช้บริการเพียงรายเดียวในระบบเข้าจองช่องสัญญาณ โดยความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณจะเกิดการสำเร็จ $= b[M, 1, 1/N]$
- การชน เกิดเนื่องจากมีผู้ใช้บริการตั้งแต่ 2 รายขึ้นไปเข้าจองช่องสัญญาณพร้อมกัน โดยความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณจะเกิดการชน $= \sum_{i=2}^M b[M, i, 1/N]$

$$\text{โดยที่ } b[m, i, x] = \binom{m}{i} x^i (1-x)^{m-i}$$

จากค่าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นในช่องสัญญาณจองช่องใด ๆ จะสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการจำนวน k รายสามารถจองช่องสัญญาณสำเร็จโดยอาศัยหลักการรีเคอร์ซีฟดังนี้

$$\begin{aligned}
P_{UNI}[k | M, N] &= b[M, 0, 1/N] P_{UNI}[k | M, N-1] \\
&+ b[M, 1, 1/N] P_{UNI}[k-1 | M-1, N-1] \\
&+ \sum_{i=2}^M b[M, i, 1/N] P_{UNI}[k | M-i, N-1]
\end{aligned} \tag{3.14}$$

โดยที่ $P_{UNI}[k | M, N]$ คือ ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการ k รายสามารถจองช่องสัญญาณได้สำเร็จ จากระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการจำนวน M ราย สล็อตการจองจำนวน N สล็อต กำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณเท่ากับ $p = \frac{1}{N}$ และกำหนดค่าเริ่มต้น (Boundary Condition) ของสมการ (3.15) ไว้ดังนี้

$$P_{UNI}[k | M, N] = \begin{cases} 0 & \text{if } k < 0, M \geq 0, N \geq 0 \\ 1 & \text{if } k = 0, M \geq 0, N = 0 \\ 0 & \text{if } k > 0, M \geq 0, N = 0 \\ 1 & \text{if } k = 0, M \geq 2, N = 1 \\ 0 & \text{if } k > 0, M \geq 2, N = 1 \\ 1 & \text{if } k = 0, M = 0, N \geq 1 \\ 0 & \text{if } k = 0, M = 1, N \geq 1 \\ 1 & \text{if } k = 1, M = 1, N \geq 1 \end{cases} \tag{3.15}$$

นอกจากนี้จะสามารถนำค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการจองช่องสัญญาณสำเร็จกรณีต่าง ๆ มาคำนวณหาค่าวิสัยสามารถของระบบ ($T_{UNI}[M, N]$) ซึ่งนิยามว่าเป็นจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่จองช่องสัญญาณได้สำเร็จ ได้จากสมการ (3.16)

$$T_{UNI}[M, N] = \sum_{j=0}^M (j \times P_{UNI}[j | M, N]) \tag{3.16}$$

สำหรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการ คือค่า p ที่ทำให้อนุพันธ์ของสมการ (3.17) เทียบกับ p เป็นศูนย์ ($\frac{\partial}{\partial p} T_{UNI}[M, N] = 0$) และทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบสูงสุด

นอกจากนี้หากวิเคราะห์ด้วยหลักการรีเคอร์ซีฟในเทอมของ T สามารถหาจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จ $T_{UNI}[M, N]$ ได้ดังสมการที่ (3.17)

$$\begin{aligned}
T_{UNI}[M, N] &= b\left[M, 0, \frac{1}{N}\right] \cdot T_{UNI}[M, N-1] \\
&+ b\left[M, 1, \frac{1}{N}\right] \cdot (1 + T_{UNI}[M-1, N-1])
\end{aligned} \tag{3.17}$$

$$\begin{aligned}
& + \sum_{i=2}^M b \left[M, i, \frac{1}{N} \right] \cdot T_{UNI} [M - i, N - 1] \\
& = b \left[M, 1, \frac{1}{N} \right] + \sum_{i=0}^M b \left[M, i, \frac{1}{N} \right] \cdot T_{UNI} [M - i, N - 1]
\end{aligned}$$

เมื่อเงื่อนไขขอบเขตของสมการ (3.17) คือ

$$T_{UNI} [M, 0] = T_{UNI} [0, N] = 0 \quad (3.18)$$

3.6.7 สมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณ UNI+LA

กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญต่าง ๆ ดังนี้

p แทนค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองของผู้ใช้บริการในช่วงการจองที่กำลังพิจารณา (ณ เฟรมที่กำลังพิจารณา)

$T[M, N, p]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จ เมื่อระบบมีผู้ใช้บริการ M คน จำนวนสล๊อตการจอง N สล๊อต และผู้ใช้บริการแต่ละคนตัดสินใจว่าจะเข้าจอง ณ ช่วงการจองที่กำลังพิจารณาด้วยค่าความน่าจะเป็น p

$T_{UNI+LA}[M, N]$ แทนจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของเทคนิค UNI+LA เมื่อระบบมีผู้ใช้บริการ M คน จำนวนสล๊อตการจอง N สล๊อต

$p_{UNI+LA}[M, N]$ แทนค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมในการจำกัดจำนวนของผู้ใช้บริการด้วยเทคนิค UNI+LA เมื่อระบบมีผู้ใช้บริการ M คน จำนวนสล๊อตการจอง N สล๊อต

เหตุการณ์ที่เกิดเมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณนี้คือ ผู้ใช้บริการแต่ละคนจะต้องตัดสินใจว่าจะเข้าจองหรือไม่เข้าจองในช่วงการจองที่กำลังพิจารณา ดังนั้นความน่าจะเป็นที่มีผู้ใช้บริการ i คนจากทั้งหมด M คนตัดสินใจเข้าจองคือ

$$b[M, i, p] \quad (3.19)$$

หลังจากนั้นผู้ใช้บริการทั้ง i คนจะสุ่มเข้าจองในสล๊อตการจอง จากทั้งหมด N สล๊อต ดังนั้นจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในเหตุการณ์นี้หาได้จาก ผลคูณความ

น่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ ($b[M, i, p]$) กับจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ ประสบความสำเร็จ ที่ได้จากเทคนิค UNI ($T_{UNI}[i, N]$) คือ

$$b[M, i, p] \cdot T_{UNI}[i, N] \quad (3.20)$$

เมื่อรวมจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จตามสมการ (3.20) สำหรับค่า i ในทุกกรณีที่เป็นไปได้ ($i=0,1,2,\dots,M$) จะหาจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จ ($T[M, N, p]$) สำหรับระบบที่มีผู้ใช้บริการ M คน จำนวนสล๊อตการจอง N สล๊อต และผู้ใช้บริการแต่ละคนตัดสินใจว่าจะเข้าจอง ณ ช่วงการจองที่กำลังพิจารณาด้วยค่าความน่าจะเป็น p ได้คือ

$$T[M, N, p] = \sum_{i=0}^M (b[M, i, p] \cdot T_{UNI}[i, N]) \quad (3.21)$$

เมื่อ $T_{UNI}[i, N]$ หาได้จากสมการ (3.17)

ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมในการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการ ($p_{UNI+LA}[M, N]$) ในแต่ละเฟรมคือ ค่า p ที่ทำให้อนุพันธ์ของสมการ (3.21) เทียบกับ p เป็นศูนย์ ซึ่งค่า $p_{UNI+LA}[M, N]$ ที่ได้จะทำให้ได้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยสูงสุดที่ประสบความสำเร็จ ($T_{UNI+LA}[M, N]$)

บทที่ 4

งานวิจัยสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงที่เสนอ

บทที่ 3 ได้เสนอเทคนิคในการจองช่องสัญญาณและได้มีการวิเคราะห์หาค่าวิสัยสามารถในระบบสื่อสารไร้สาย สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาช่วงเวลาประวิงในการส่งแพ็กเก็ตการจอง ซึ่งเป็นพารามิเตอร์สำคัญสำหรับการวัดสมรรถนะของระบบ เนื่องจากการรับประกันคุณภาพในการให้บริการในปัจจุบันได้สนใจเวลาประวิงมากกว่าค่าวิสัยสามารถในช่วงการจอง ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาสมรรถนะด้านเวลาประวิงในการส่งแพ็กเก็ตการจองเพิ่มเติมในบทนี้และปรับปรุงสมรรถนะในด้านเวลาประวิงของในช่วงการจองต่อไป

ช่วงเวลาประวิง (Delay) คือ ระยะเวลาตั้งแต่แพ็กเก็ตการจองที่ถูกสร้างขึ้นในโครงข่ายจนกระทั่งระบบสามารถส่งแพ็กเก็ตการจองได้สำเร็จ

4.1 ช่วงเวลาประวิงเฉลี่ยต่อแพ็กเก็ต

ในหัวข้อนี้จะแสดงวิธีการหาช่วงเวลาประวิงเฉลี่ยในทุกสล็อตการจองโดยนำวิธีในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เสนอในบทที่แล้วจากนั้นจะจำลองผลโดยคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 4.1 โดยจะจำลองโปรแกรมหาช่วงเวลาประวิงเฉลี่ยเป็นจำนวนเฟรมและจำนวนไทม์สล็อตที่ผู้ใช้บริการสามารถเข้าจองสัญญาณได้จนมีจำนวนผู้ใช้บริการเท่ากับศูนย์ ($M - \sum_{i=1}^F m_i = 0$) โดยช่วงเวลาประวิงจะมีค่าเท่ากับ จำนวนเฟรม*จำนวนสล็อตการจอง ($D_{AV} = F * N$)

โดยกำหนดให้

$$\sum_{i=1}^F m_i \quad \text{แทนผลรวมของผู้ใช้บริการที่เข้าจองในระบบ}$$

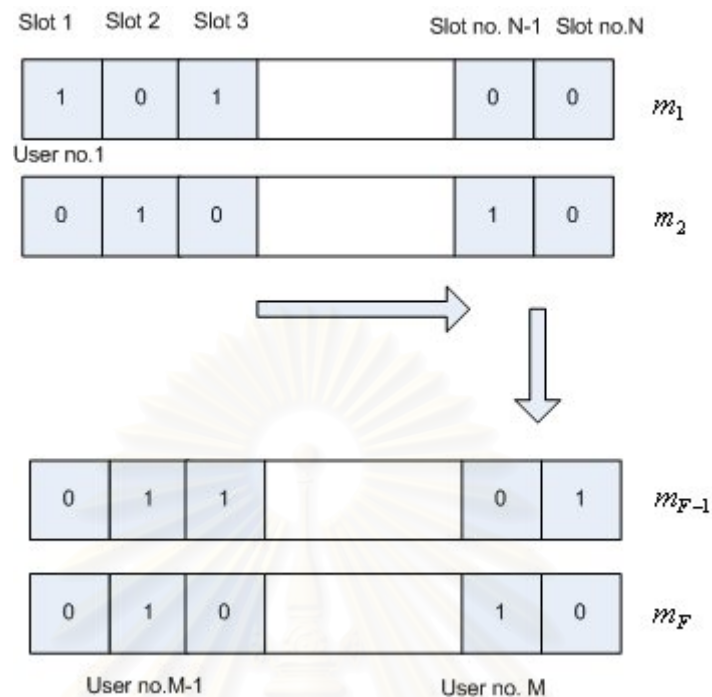
$$M \quad \text{แทนจำนวนผู้ใช้บริการ}$$

$$N \quad \text{แทนจำนวนสล็อตการจองต่อเฟรม}$$

$$F \quad \text{แทนจำนวนเฟรมที่ผู้ใช้บริการสามารถเข้าจองได้หมด}$$

$$RSF \quad \text{แทนจำนวนสล็อตการจองต่อเฟรม}$$

$$D_{AV} \quad \text{แทนช่วงเวลาประวิงเฉลี่ย}$$

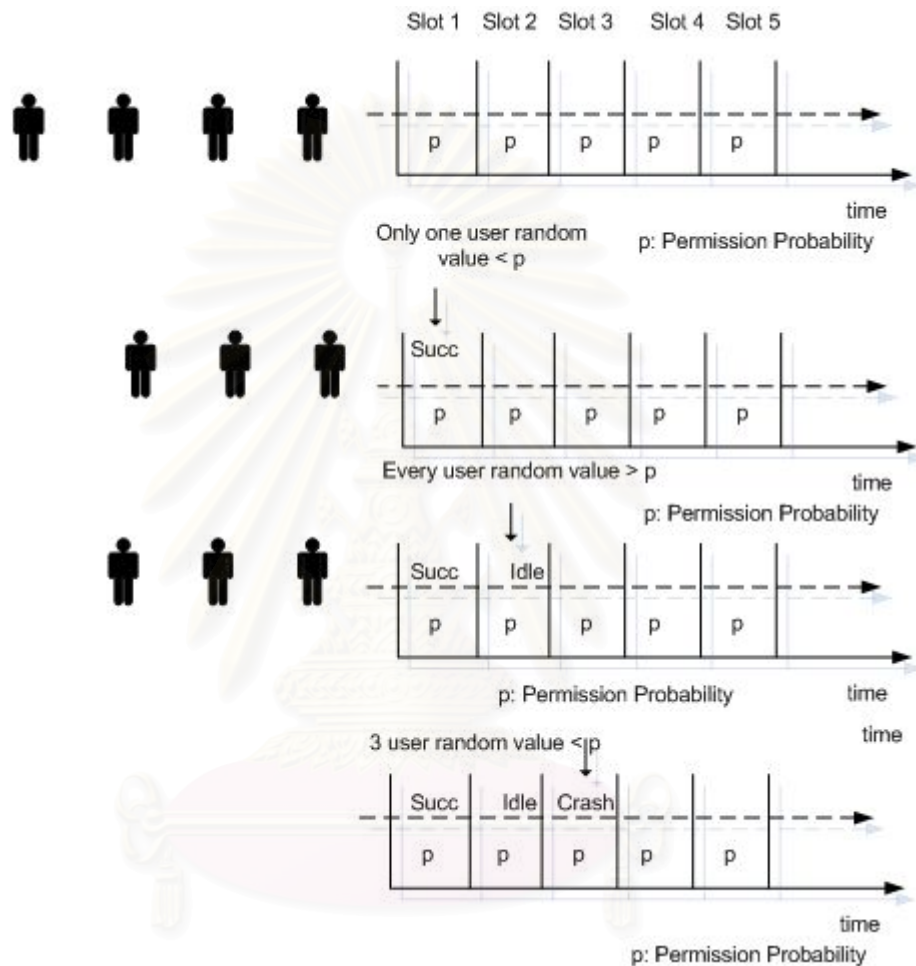


รูปที่ 4.1 แบบจำลองการเข้าของสัญญาณ

โดยนำวิธีการจองช่องสัญญาณจากบทที่ผ่านมาได้แก่ วิธี 1. Cascade Fixed Probability (CFP), 2. Cascade Adaptive Probability (CAP), 3. Cascade Optimum Probability (COP), 4. Cascade Optimum Probability with Split (COP+SPL), 5. Cascade Fixed Probability with Split (CFP+SPL), 6. Uniform (UNI) และ 7. Uniform with Limited Access (UNI+LA) มาคำนวณหาช่วงเวลาประวิงโดยจะจำลองผลหาช่วงเวลาประวิงในกรณีศึกษาต่างๆกันไป ต่อไปจะแสดงการจำลองระบบในการหาช่วงเวลาประวิงของวิธี CFP, UNI และ วิธี UNI+LA

สำหรับวิธี CFP ผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข่าวสารแต่ละรายจะตัดสินใจเข้าจองช่องสัญญาณด้วยค่าความน่าจะเป็นค่าหนึ่งเท่ากันทุกราย โดยระบบได้ตั้งค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมไว้ตั้งแต่สถิตการจองแรกจนถึงสถิตการจองสุดท้ายภายใน 1 เฟรม โดยก่อนจะตัดสินใจเข้าจองผู้ใช้บริการแต่ละรายจะทำการสุ่มค่าความน่าจะเป็นซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 เพื่อลดโอกาสการชนกันของแพ็กเก็ตการจอง จะแสดงดังรูป 4.2 ในกรณีที่ผู้ใช้บริการ 5 คน และสถิตการจอง 4 สถิตระบบจะมีการตั้งค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมเท่ากับ 0.26 ในสถิตที่ 1 มีจำนวนผู้ใช้บริการเพียง 1 คนที่ใช้ค่าความน่าจะเป็นในการสุ่มน้อยกว่า 0.26 จึงสามารถเข้าจองเพื่อขอใช้ช่องสัญญาณในระบบได้ ในสถิตที่ 2 ปรากฏว่าไม่มีผู้ใช้บริการคนใดที่ใช้ค่าความน่าจะเป็น

เป็นในการสุ่มน้อยกว่า 0.26 ทำให้เกิดสถานะว่างเกิดขึ้น ในสล็อตที่สามปรากฏว่ามีผู้ให้บริการ 3 รายที่ใช้ค่าความน่าจะเป็นในการสุ่มน้อยกว่า 0.26 ทำให้เกิดการชนขึ้นในสล็อตนี้จึงทำให้ไม่มีผู้ให้บริการคนใดสามารถเข้าจองได้ในสล็อตที่ 4 และ 5

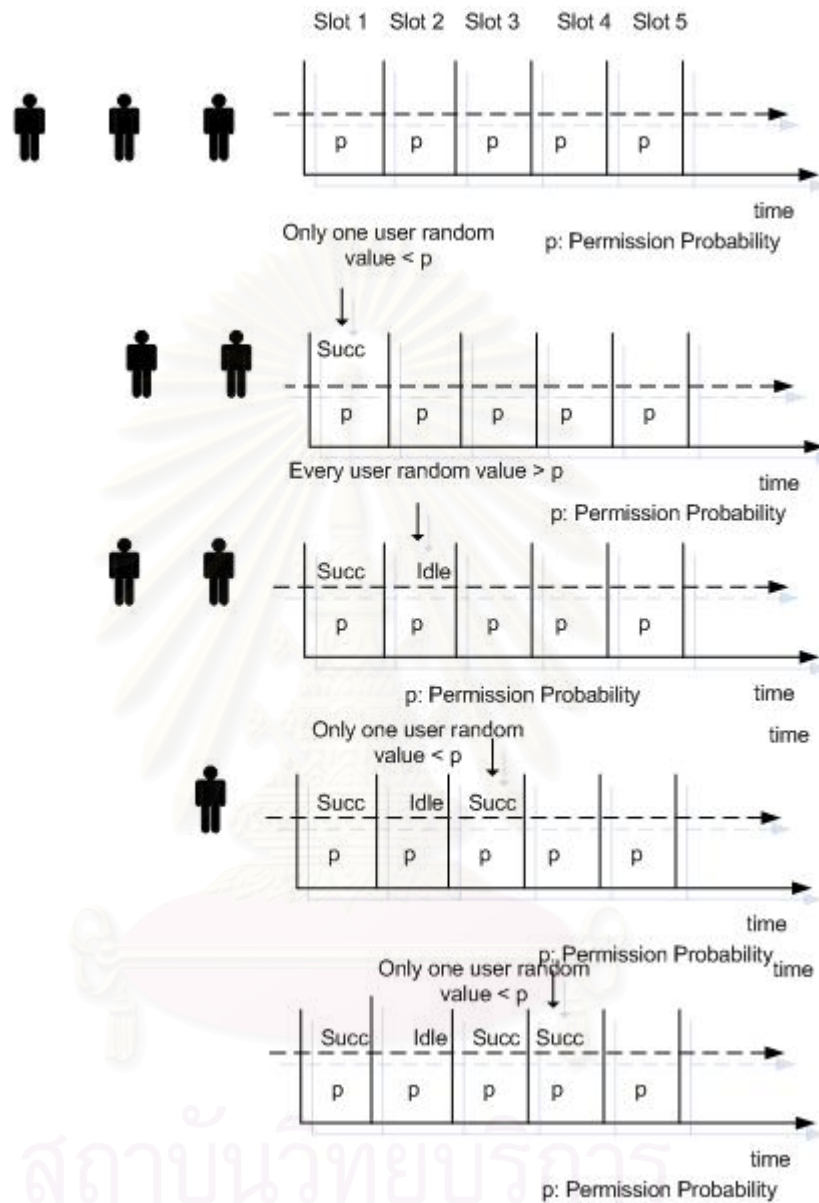


รูปที่ 4.2 แบบจำลองการเข้าจองสัญญาณของวิธี CFP ของผู้ให้บริการ 4 คน

และสล็อตการจอง 5 สล็อต

รูปที่ 4.3 แสดงผู้ให้บริการที่เหลืออยู่ในเฟรมที่ 2 ผู้ให้บริการในเฟรมนี้จะเหลืออยู่ 3 ราย เพราะฉะนั้นระบบได้ตั้งค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมไว้ในเฟรมนี้ใหม่คือ 0.31 เนื่องจากมีผู้ให้บริการเหลืออยู่แค่ 3 รายจากรูปในเฟรมนี้สล็อตแรกมีจำนวนผู้ให้บริการเพียง 1 คนที่ใช้ค่าความน่าจะเป็นในการสุ่มน้อยกว่า 0.31 จึงสามารถเข้าจองเพื่อขอใช้ช่องสัญญาณในระบบได้ในสล็อตที่ 2 ปรากฏว่าไม่มีผู้ให้บริการคนใดที่ใช้ค่าความน่าจะเป็นในการสุ่มน้อยกว่า 0.31 ทำให้

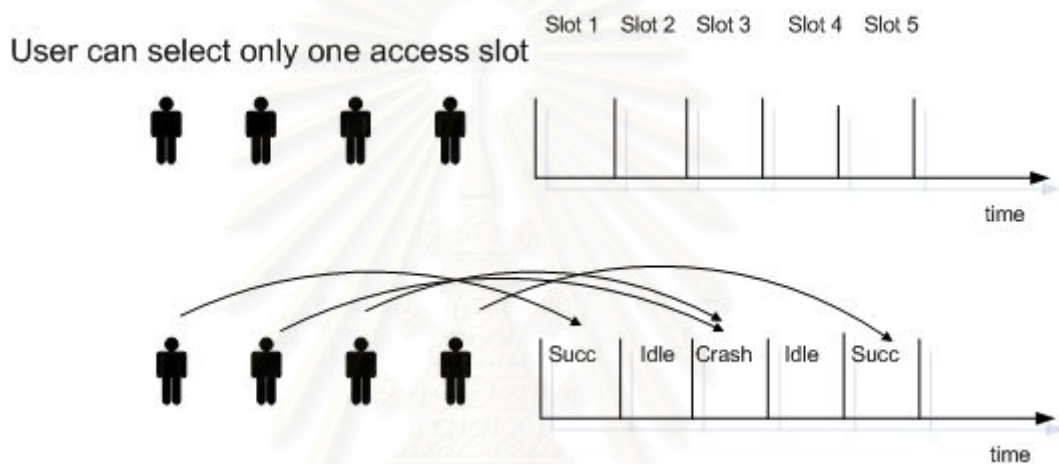
เกิดสถานะว่างเกิดขึ้นในสล็อตนี้ สำหรับสล็อต 3, 4 มีจำนวนผู้ใช้บริการเพียง 1 คนที่ใช้ค่าความน่าจะเป็นในการสุ่มน้อยกว่า 0.31 ทำให้เกิดการจองได้สำเร็จใน 2 สล็อตนี้



รูปที่ 4.3 แบบจำลองการเข้าของสัญญาณของวิธี CFP ของผู้ใช้บริการที่เหลือ 3 คน และสล็อตการจอง 5 สล็อต

จากตัวอย่างนี้จะแสดงให้เห็นว่าช่วงเวลาประวิงมีค่าเท่ากับจำนวนเฟรม*จำนวนสล็อต
ช่วงเวลาประวิงสำหรับตัวอย่างนี้มีค่าเท่ากับ 10 ไทม์สล็อต

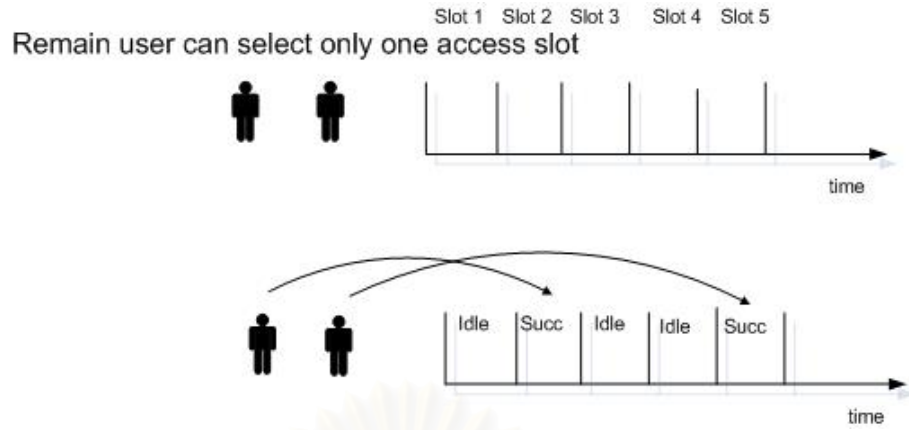
วิธี UNI กำหนดให้ผู้ใช้บริการทั้งหมด ณ เวลาเริ่มต้นของแต่ละเฟรม สุ่มเลือกสล็อตการจองสล็อตใดสล็อตหนึ่ง หลังจากจบช่วงการจองในเฟรมสถานีฐานจะตรวจสอบผลการจองและจัดสรรสล็อตข่าวสารให้ผู้ใช้บริการผ่านทางช่องสัญญาณขาลง ผู้ใช้บริการที่ไม่ประสบความสำเร็จจะสุ่มเลือกสล็อตการจองในเฟรมถัดไป ดังแสดงในรูปที่ 4.4 สล็อตการจองในสล็อตที่ 1 และ 5 มีผู้ใช้บริการเพียงคนเดียวที่สุ่มเลือกทั้ง 2 สล็อตนี้ทำให้ทั้ง 2 สล็อตนี้เกิดสถานะสำเร็จเกิดขึ้น (Success) สำหรับในสล็อตที่ 3 นั้นผู้ใช้บริการเข้าจอง 2 คนในสล็อตการนี้ทำให้ผู้ใช้บริการทั้ง 2 รายที่เข้าจองจะไม่ประสบความสำเร็จในการจอง เนื่องจากจะเกิดการชนกัน (Collision) ในสล็อตนี้



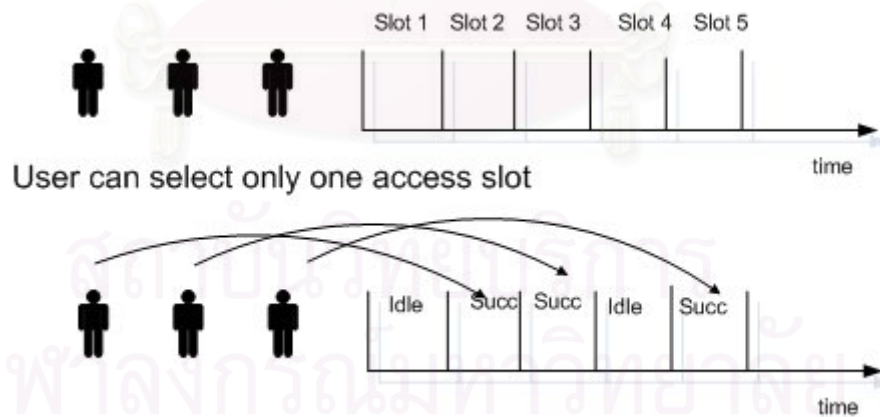
รูปที่ 4.4 แบบจำลองการเข้าจองสัญญาณของวิธี UNI ของผู้ใช้บริการ 4 คน และสล็อตการจอง 5 สล็อต

รูปที่ 4.5 แสดงในเฟรมที่ 2 จากรูปที่ 4.4 มีผู้ใช้บริการเหลือเพียง 2 ราย ในเฟรมนี้สล็อตการจองในสล็อตที่ 2 และ 5 ผู้ใช้ทั้ง 2 คนที่เหลือสุ่มเลือกในสล็อตที่ต่างกันผู้ใช้บริการทั้ง 2 รายจึงประสบความสำเร็จ (Success) ในการจองสำหรับในสล็อตการจองที่ 1, 3, 4 ไม่มีผู้ใช้บริการเข้าจองเลย สล็อตการจองก็จะอยู่ในสถานะว่างเปล่า (Idle)

จากตัวอย่างนี้จะแสดงให้เห็นว่าช่วงเวลาประวิงมีค่าเท่ากับจำนวนเฟรม*จำนวนสล็อต ช่วงเวลาประวิงสำหรับตัวอย่างนี้มีค่าเท่ากับ 10 ไทม์สล็อต



รูปที่ 4.5 แบบจำลองการเข้าของสัญญาณของวิธี UNI ของผู้ใช้บริการที่เหลือ 2 คน และ-slotการของ 5 slot



รูปที่ 4.6 แบบจำลองการเข้าของสัญญาณของวิธี UN+LA ของผู้ใช้บริการ 4 คน และ-slotการของ 5 slot

วิธี UNI+LA เป็นวิธีที่พัฒนาต่อจากวิธี UNI โดยใช้เทคนิคการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการเข้ามาช่วยเพื่อแก้ไขปัญหาคollisionที่เกิดขึ้นของวิธีUNI ในกรณีที่ผู้ใช้บริการมากเกินไป วิธีนี้กำหนดให้

ผู้ใช้บริการแต่ละคนตัดสินใจว่าจะเข้าจองในช่วงการจองที่กำลังพิจารณาหรือไม่ด้วยค่าความน่าจะเป็น p ถ้าผู้ใช้บริการตัดสินใจที่จะไม่เข้าจองจะไม่ทำอะไรและจะคอยจนถึงช่วงการจองในเฟรมถัดไป แต่ถ้าผู้ใช้ตัดสินใจเข้าจองผู้ใช้บริการจะดำเนินการต่อไปเหมือนกับวิธี UNI ดังแสดงในรูปที่ 4.6 แบบจำลองการเข้าจองสัญญาณของวิธี UN+LA ของผู้ใช้บริการ 4 คน และสล๊อตการจอง 5 สล๊อตมีผู้ใช้บริการ 1 คนถูกจำกัดออกไปและผู้ใช้บริการที่เหลือสามารถสุ่มเลือกเข้าจองได้ทุกคน

4.2 แนวทางการปรับปรุงสมรรถนะของระบบ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการปรับปรุงสมรรถนะในช่วงการจองด้วยวิธีปรับจำนวนสล๊อตการจอง เนื่องจากสาเหตุที่ทำให้เวลาประวิงในช่วงการจองมีค่าสูงนั้นมาจาก

- เกิดการชนกันของของแพ็กเก็ตการจอง ทำให้ไม่มีผู้ใช้คนใดสามารถเข้าใช้โทรมสล๊อตได้สำเร็จ ส่งผลให้โทรมสล๊อตนี้ต้องสูญเสียเปล่าประโยชน์
- ไม่มีการจองเข้าจองของแพ็กเก็ตการจอง ส่งผลให้โทรมสล๊อตนี้ต้องสูญเสียเปล่าประโยชน์

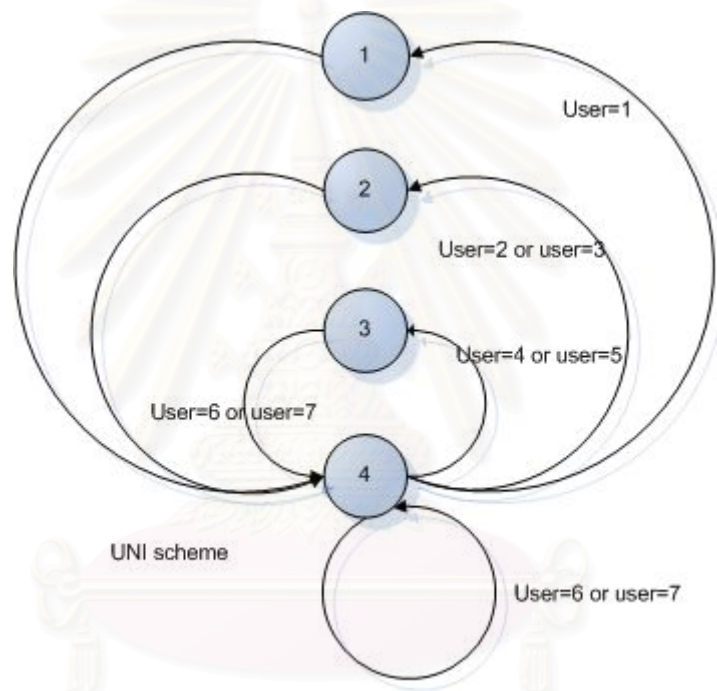
สถานะทั้ง 2 ทำให้เกิดเวลาประวิงในช่วงการจองสูงขึ้นเพื่อให้ช่วงเวลาประวิงในช่วงการจองน้อยที่สุดผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีปรับสล๊อตในช่วงการจอง 2 วิธี

4.2.1 ระบบที่สามารถปรับจำนวนสล๊อตการจองแบบรู้จำนวนผู้ใช้บริการ

จำนวนสล๊อตการจองต่อเฟรม (The number of reservation Slots per frame) เป็นค่าที่มีความสำคัญต่อสมรรถนะในช่วงการจอง และ เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการทำให้เวลาประวิงให้มีค่าน้อยลง โดยในแต่ละวิธีจะมีค่าสล๊อตการจองที่เหมาะสมตามแต่จำนวนผู้ใช้บริการ ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะหาค่า สล๊อตการจองที่เหมาะสมของระบบ และ นำมาใช้กับระบบ โดยอยู่บนสมมุติฐานที่ว่าระบบจะต้องรู้ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนผู้ใช้บริการที่จุดเริ่มต้นของแต่ละเฟรม เพื่อที่จะปรับจำนวนสล๊อตการจองที่เหมาะสมในเฟรมดังกล่าว ดังรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าเมื่อระบบทราบจำนวนผู้ใช้บริการที่ต้นเฟรมระบบจะสามารถปรับจำนวนสล๊อตการจองที่เหมาะสมให้กับจำนวนผู้ใช้บริการทันที เช่นเมื่อระบบทราบว่า มีจำนวนผู้ใช้บริการ 5 คนระบบจะทำการปรับสล๊อตการจองเท่ากับ 3 โดยการปรับสล๊อตการจองของวิธี UNI, COP+SPL มีการปรับจำนวนสล๊อตการจองเท่ากับสมการที่ (4.1) และ (4.2) ตามลำดับ

$$RSF_{UNI} = \begin{cases} \frac{M}{2} + \frac{1}{2}, M = 1,3,5,7,9,11 \\ \frac{M}{2} + 1, M = 2,4,6,8,10 \end{cases} \quad (4.1)$$

$$RSF_{COP+SPL} = \begin{cases} 5, \text{when } 19 \geq M \geq 16 \\ 4, \text{when } 15 \geq M \geq 12 \\ 3, \text{when } 11 \geq M \geq 8, g = N \\ 2, \text{when } 7 \geq M \geq 4 \\ 1, \text{when } 3 \geq M \geq 1 \end{cases} \quad (4.2)$$



รูปที่ 4.7 ไดอะแกรมแสดงการปรับจำนวนสล๊อตการจองของวิธี UNI

4.2.2 ระบบที่สามารถปรับจำนวนสล๊อตการจองแบบไม่รู้จำนวนผู้ใช้บริการ

เนื่องจากเป็นไปได้ยากที่ระบบจะประมาณจำนวนผู้ใช้บริการที่ต้องการจองตามข้อสมมุติฐานตอนต้นและเพื่อให้ระบบมีทราบจำนวนผู้ใช้บริการโดยประมาณในเฟรมที่แล้วผู้วิจัยจึงได้นำระบบที่สามารถปรับจำนวนสล๊อตการจองตามผลการร้องขอโทรม์สล๊อตของผู้ใช้เข้ามาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ

วิธีปรับจำนวนสล๊อตการจองตามผลการร้องขอโทรม์สล๊อตของผู้ใช้ [17] มีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีจำนวนแบนด์วิดธ์รองรับผู้ใช้บริการในการจองได้สำเร็จและเป็นการลดช่วงเวลาประวิงใน

การเข้าใช้โทรม์สล็อตของผู้ให้บริการ ซึ่งในกรณีที่ไม่มีผู้เข้าใช้โทรม์สล็อตผู้ให้บริการจะจัดให้มีสล็อตอย่างน้อย 1 สล็อตแต่เมื่อปริมาณทราฟฟิกเพิ่มขึ้น การที่ระบบมีสล็อตในการจองเพียงสล็อตเดียวจะไม่เพียงพอต่อความต้องการจะเข้าใช้โทรม์สล็อต ดังนั้นระบบจึงมีการปรับจำนวนสล็อตการจอง สล็อตการจองตามความต้องการใช้โทรม์สล็อตโดยจะการประมาณจำนวนผู้ให้บริการที่มีความต้องการในการส่งแพ็กเก็ตโดยใช้วิธีประมาณค่าจำนวนผู้ใช้ขณะใดๆ โดยใช้ผลการร้องขอในเฟรมก่อนหน้า

ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่เฟรม X มีสล็อตการจองเพียง 1 สล็อต และสมมติว่าเกิดการชนกันในสล็อตนี้ ผู้ให้บริการก็จะทราบว่าผู้ให้บริการอย่างน้อย 2 คน ส่งแพ็กเก็ตการจองมาเพื่อร้องขอโทรม์สล็อตในสล็อตการจองนี้ ดังนั้นผู้ให้บริการก็จะเพิ่มจำนวนสล็อตการจองในเฟรม X+1 เป็น 2 สล็อต และถ้าผู้ให้บริการพบว่าภายในเฟรม X+1 นี้เกิดการชนในสล็อตการจองทั้ง 4 สล็อต ผู้ให้บริการจะประมาณว่ามีผู้ให้บริการที่มีความต้องการจะส่งแพ็กเก็ต 4 คน ทำให้ผู้ให้บริการเพิ่มจำนวนสล็อตร้องขอในเฟรมที่ X+2 เป็น 4 สล็อต

สมมติให้ในเฟรมที่ X+2 มีสล็อตร้องขอที่ผู้ให้บริการที่สามารถจองได้สำเร็จ 2 สล็อต สล็อตร้องขอที่อยู่ในสถานะว่าง 1 สล็อต และสล็อตร้องขอที่เกิดการชนกัน 1 สล็อต ผู้ให้บริการก็จะทราบว่าผู้ใช้สามารถร้องขอโทรม์สล็อตได้สำเร็จ 2 คน และยังมีผู้ใช้ที่มีความต้องการจะส่งแพ็กเก็ตอีก 2 คน ดังนั้นสถานะฐานจะลดจำนวนสล็อตการจองในเฟรม X+3 จาก 4 สล็อตมาเหลือเพียง 2 สล็อต

จากตัวอย่างข้างต้น จะเห็นว่าผู้ให้บริการจะปรับจำนวนสล็อตการจองในแต่ละเฟรมตามจำนวนผู้ใช้น้อยที่สุดที่มีความต้องการในการส่งแพ็กเก็ต โดยที่จำนวนผู้ใช้ที่มีความต้องการในจะส่งแพ็กเก็ตพิจารณาจาก จำนวนการร้องขอทั้งหมดภายในเฟรม (N_a), จำนวนสล็อตร้องขอที่ผู้ให้บริการสามารถร้องขอได้สำเร็จ (N_s), จำนวนสล็อตร้องขอที่เกิดการชน (N_c) และจำนวนสล็อตร้องขอที่อยู่ในสถานะว่าง (N_u) จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 4.1

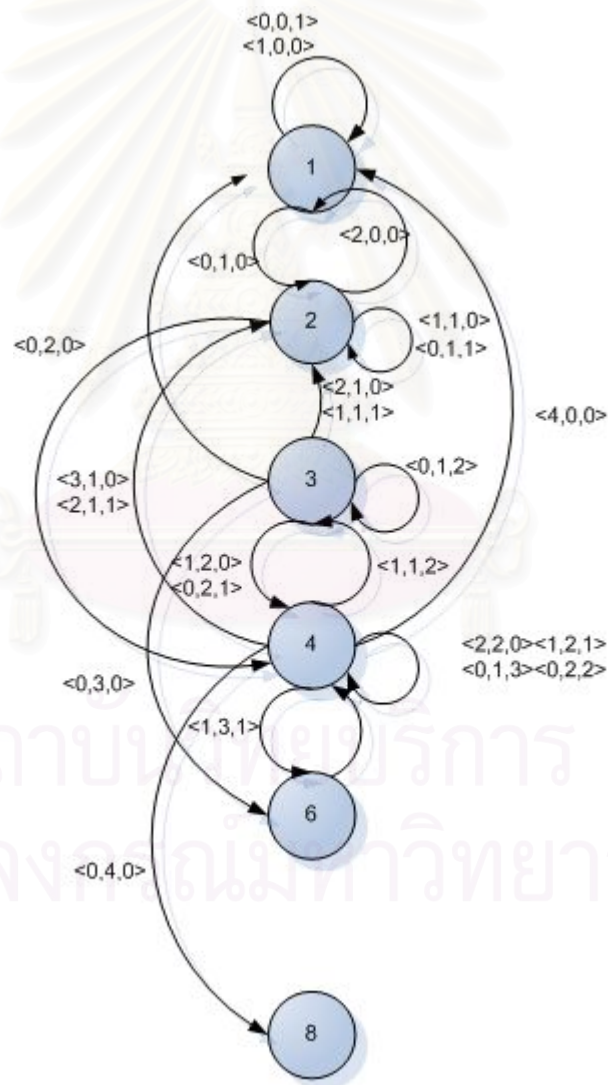
$$N_a = N_c + N_s + N_u \quad (4.1)$$

การพิจารณาจำนวนสล็อตร้องขอในเฟรมที่ X+1 จะใช้ผลของการร้องขอในเฟรมที่ X ซึ่งจะอธิบายได้จากไดอะแกรมรูปที่ 4.8 เมื่อสถานะภายในวงกลมคือจำนวนสล็อตร้องขอและการเปลี่ยนแปลงจำนวนสล็อตร้องขอในแต่ละเฟรมขึ้นอยู่กับค่า $\langle N_s, N_c, N_u \rangle$

จากรูปที่ 4.7 สามารถเขียนสมการเพื่อคำนวณจำนวนสล็อตการจองร้องขอในเฟรมที่ X+1 ได้ดังสมการที่ (4.2)

$$N_a^{(k+1)} = \begin{cases} \min(\max(N_a^{(k)} - N_s^{(k)}, 2N_c^{(K)}), N_a(\max)) \text{ for } N_a^{(K)} \neq N_s^{(k)} \\ N_a(\min) \text{ for } N_a^{(k)} = N_s^{(k)} \end{cases} \quad (4.2)$$

จากสมการที่ (4.2) ในกรณีที่จำนวนสล็ตร้องขอที่ผู้ใช้บริการสามารถร้องขอได้สำเร็จมีค่าน้อยกว่าจำนวนสล็ตร้องขอทั้งหมดภายในเฟรมนั้น ระบบจะปรับจำนวนของสล็ตขอที่ตอนท้ายเฟรม โดยพิจารณาจากผลของจำนวนสล็ตร้องขอที่ผู้ใช้สามารถร้องขอได้สำเร็จและจำนวนสล็ตร้องขอที่เกิดการชนกัน ทั้งนี้จำนวนสล็ตร้องขอสูงสุดจะมีจำกัดค่าหนึ่ง แต่ถ้าผู้ใช้บริการพบว่าผู้ใช้บริการสามารถร้องขอได้สำเร็จในทุกๆสล็ตร้องขอภายในเฟรม ระบบจะลดจำนวนสล็ตร้องขอลง โดยที่จำนวนสล็ตร้องขอภายในเฟรมจะต้องมีค่าต่ำสุดที่ค่าๆหนึ่งเพื่อรองรับผู้ใช้บริการที่มีความต้องการจะส่งแพ็กเกตในเฟรมถัดไป



รูปที่ 4.8 ไดอะแกรมแสดงการปรับจำนวนสล็ตจองของระบบที่สามารถปรับ

จำนวนสล็ตการจองแบบไม่รู้จำนวนผู้ใช้บริการ [17]

บทที่ 5

ผลการทดสอบ

บทนี้เป็นการแสดงผลทดสอบสมรรถนะของเทคนิคต่างๆที่นำมาใช้ของระเบียบวิธีการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอในบทที่ 3 และระบบที่สามารถปรับจำนวนสล롯การจองตามผลการร้องขอโทรม์สลอตของผู้ใช้ที่ได้เสนอไว้ในบทที่ 4

กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปดังนี้

M	แทนจำนวนผู้ใช้บริการ
N	แทนจำนวนสลอตการจองต่อเฟรม (The number of reservation slots per frame)
p	แทนค่าความน่าจะเป็นในการเข้าจอง
g	แทนจำนวนกลุ่ม (วิธี COP+SPL และ วิธี CFP+SPL)
CFP	แทนวิธี Cascade Fixed Probability
CAP	แทนวิธี Cascade Adaptive Probability
COP	แทนวิธี Cascade Optimum Probability
CFP+SPL	แทนวิธี Cascade Fixed Probability + Split
COP+SPL	แทนวิธี Cascade Optimum Probability + Split
UNI	แทนวิธี Uniform
UNI+LA	แทนวิธี Uniform with Limited Access
APB	แทนวิธี Applied Pseudo Bayesian ($1/m$)
Adaptive Frame I	แทนระบบที่ปรับจำนวนสลอตการจองแบบรู้จำนวนผู้ใช้บริการ
Adaptive Frame II	แทนระบบที่ปรับจำนวนสลอตการจองแบบไม่รู้จำนวนผู้ใช้บริการ

5.1 ผลการทดสอบและวิเคราะห์กรณีศึกษา

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบกรณีศึกษาแบ่งออกเป็น 4 ส่วน 1.ผลการทดสอบวิธี CFP, CAP และ COP 2.ผลการทดสอบวิธี COP+SPL และ CFP+SP 3.ผลการทดสอบวิธี UNI และ UNI+LA, 4.ผลการเปรียบเทียบช่วงเวลาประวิงในแต่ละวิธี

5.1.1 ผลการทดสอบวิธี CFP CAP และ COP

รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจอง และค่าความน่าจะเป็นในการจอง เมื่อกำหนดจำนวนสล๊อตการจองเท่ากับ 16 สล๊อต และจำนวนผู้ใช้บริการ 1 2 4 8 และ 16 คน โดยได้แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์จากสมการที่ (3.6) จากรูปจะเห็นได้ว่าถ้าใช้ความน่าจะเป็นที่เหมาะสมในการเข้าจองจะทำให้ผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จมีค่าสูงขึ้น ซึ่งจะช่วยให้โอกาสในการชนกันของแพ็กเกจการจองน้อยลง ซึ่งแนวทางการวิเคราะห์ดังกล่าวจะนำไปใช้ในทุกรณีของวิธี CFP

รูปที่ 5.2 แสดงจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี CFP เมื่อใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมในการส่งแพ็กเกจการจอง พบว่ากรณีที่มีผู้ใช้บริการเพียงคนเดียว จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จมีค่าเท่ากับ 1 เสมอ ดังนั้นการเพิ่มจำนวนสล๊อตการจองให้แก่ระบบที่มีผู้ใช้บริการเพียงคนเดียวจึงไม่มีผลต่อจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จ แต่สำหรับ 2 คนขึ้นไป การเพิ่มจำนวนจำนวนสล๊อตการจองทำให้ผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จประสบความสำเร็จเพิ่มขึ้น

รูปที่ 5.3 แสดงช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CFP ต่อจำนวนสล๊อตการจอง เมื่อใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมในการส่งแพ็กเกจการจอง และจำนวนผู้ใช้บริการ 2 4 8 และ 16 คน จากรูปแสดงว่าเมื่อมีการเพิ่มจำนวนสล๊อตการจอง จะทำให้เวลาประวิงมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย และเป็นไปในลักษณะเดียวกับเมื่อมีผู้ใช้บริการมากขึ้นก็จะทำให้เกิดการประวิงเวลาที่สูงขึ้นตามไปด้วย โดยจะสรุปได้ว่าจำนวนสล๊อตการจองที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 1 สล๊อตต่อเฟรม ผลที่ออกมาในลักษณะนี้น่าจะมาจากความน่าจะเป็นที่เหมาะสมของวิธี CFP มีการคำนวณค่ามาจากจำนวน ผู้ใช้บริการ และ จำนวนสล๊อตต่อเฟรม ในตอนต้นเฟรมเท่านั้นไม่ได้คำนวณทุกสล๊อตการจอง

รูปที่ 5.4 แสดงช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CFP ในหน่วยเป็นเฟรมต่อจำนวนสล๊อตการจอง เมื่อจำนวนผู้ใช้บริการ 2 4 8 และ 16 คน จากรูปแสดงว่าเมื่อมีการเพิ่มจำนวนสล๊อตการจอง จะทำให้ใช้จำนวนเฟรมมีค่าน้อยลงเนื่องจากยังใช้จำนวนสล๊อตต่อเฟรมมากขึ้นเท่าไร

ผู้ให้บริการจะมีโอกาสเข้าจองในสล็อตถัดไปมากขึ้นเท่านั้นแต่ผลดังกล่าวไม่สามารถสรุปได้ว่าค่าที่มีจำนวนมากจะเป็นค่าที่เหมาะสม

รูปที่ 5.5 แสดงจำนวนผู้ให้บริการที่ประสบความสำเร็จในการเข้าจองของวิธี CFP จากรูปจะเห็นว่าเมื่อมีจำนวนสล็อตการจองมากขึ้นการกระจายของจำนวนผู้ให้บริการที่ประสบความสำเร็จในการเข้าจองจะกว้างขึ้นตามไปด้วย

รูปที่ 5.6 แสดงช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CAP ต่อจำนวนสล็อตการจอง เมื่อมีค่าจำนวนผู้ให้บริการ 2 4 8 และ 16 คน จากรูปแสดงว่าเมื่อมีการเพิ่มจำนวนสล็อตการจอง จะทำให้เวลาประวิงมีค่าสูงขึ้นไปด้วย และเมื่อมีผู้ให้บริการมากขึ้นก็จะทำให้เกิดการประวิงเวลาที่สูงขึ้นไปด้วย เป็นไปในแนวทางเดียวกับวิธี CFP โดยจะสรุปได้ว่าจำนวนสล็อตการจองที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 1 สล็อตต่อเฟรม ผลที่ออกมาในลักษณะนี้เป็นไปได้ว่าถึงแม้ว่าวิธี CAP จะมีการปรับเปลี่ยนค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมในทุกสล็อตแต่ความน่าจะเป็นดังกล่าวยังเป็นค่าที่คำนวณได้จากวิธี CFP ดังนั้นผลที่ออกมายังมีค่าเป็นไปในแนวทางเดียวกับวิธี CFP

รูปที่ 5.7 แสดงช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CAP ในหน่วยเป็นเฟรมต่อจำนวนสล็อตการจอง เมื่อจำนวนผู้ให้บริการ 2 4 8 และ 16 คน จากรูปแสดงว่าเมื่อมีการเพิ่มจำนวนสล็อตการจอง จะทำให้ใช้จำนวนเฟรมมีค่าน้อยลง

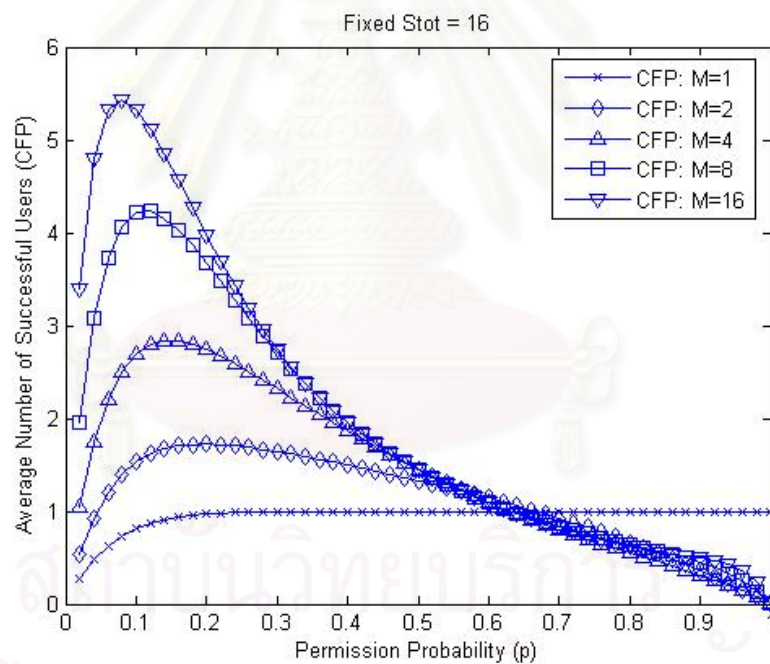
รูปที่ 5.8 แสดงจำนวนผู้ให้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี COP เมื่อใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมในการส่งแพ็กเก็ตการจอง พบว่ากรณีที่ผู้ให้บริการเพียงคนเดียวจำนวนผู้ให้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จมีค่าเท่ากับ 1 เสมอ ดังนั้นการเพิ่มจำนวนสล็อตการจองให้แก่ระบบที่มีผู้ให้บริการเพียงคนเดียวจึงไม่มีผลต่อจำนวนผู้ให้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จ แต่สำหรับ 2 คนขึ้นไป การเพิ่มจำนวนจำนวนสล็อตการจองทำให้ผู้ให้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จประสบความสำเร็จเพิ่มขึ้นเป็นไปในลักษณะเดียวกับวิธี CFP แต่ค่าประสบความสำเร็จในการจองมีค่ามากกว่า

รูปที่ 5.9 แสดงช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี COP ต่อจำนวนสล็อตการจอง เมื่อมีค่าจำนวนผู้ให้บริการ 2 4 8 และ 16 คน จากรูปแสดงว่าเมื่อมีการเพิ่มจำนวนสล็อตการจอง จะทำให้เวลาประวิงมีค่าสูงขึ้นไปด้วย และเมื่อมีผู้ให้บริการมากขึ้นก็จะทำให้เกิดการประวิงเวลาที่สูงขึ้นไปด้วย เป็นไปในลักษณะเดียวกับวิธี CFP และ CAP โดยจะสรุปได้ว่าจำนวนสล็อตการจองที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 1 สล็อตต่อเฟรมผลที่ออกมาในลักษณะนี้น่าจะมาจากวิธีทั้ง 3 ไม่มีการกระจายไหลออกไปในสล็อตท้ายๆ จึงทำให้สล็อตท้ายๆไม่มีผู้ให้บริการเข้าจอง สล็อตการจองก็จะอยู่ในสถานะว่างเปล่าจึงทำให้ช่วงเวลาประวิงมีค่าสูงขึ้นไป

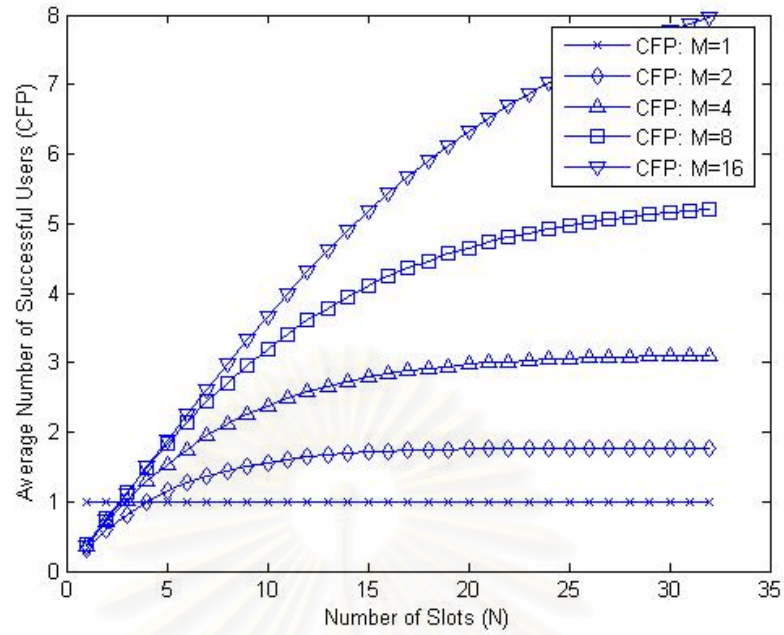
รูปที่ 5.10 แสดงค่าเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี COP ในหน่วยเป็นเฟรมต่อจำนวนสล็ตต่อการจอง เมื่อจำนวนผู้ให้บริการ 2 4 8 และ 16 คน จากรูปแสดงว่าเมื่อมีการเพิ่มจำนวนสล็ตต่อการจอง จะทำให้ใช้จำนวนเฟรมมีค่าน้อยลง

รูปที่ 5.11 แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CFP, CAP และ COP ต่อสล็ตต่อการจองเมื่อมีจำนวนผู้ให้บริการเท่ากับ 16 คน จากรูปจะแสดงให้เห็นว่าวิธี COP มีช่วงเวลาประวิงที่น้อยกว่าวิธี CAP และวิธี CAP มีช่วงเวลาประวิงที่น้อยกว่าวิธี CFP เมื่อมีจำนวนสล็ตต่อเฟรมที่สูงขึ้น เนื่องจากวิธี COP ใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Probability) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อมีจำนวนสล็ตต่อเฟรมเท่ากับ 1 ทั้ง 3 วิธีให้สมรรถนะที่เท่ากัน

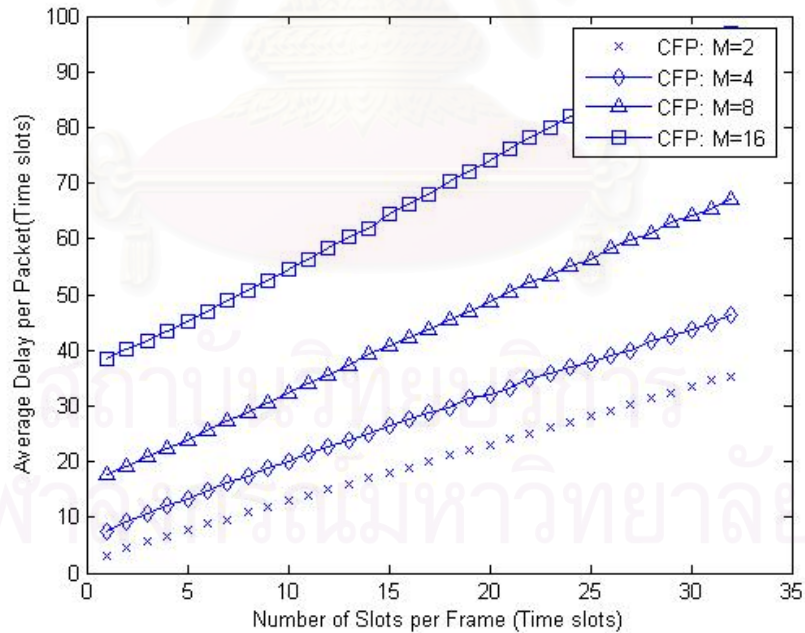
รูปที่ 5.12 แสดงการเปรียบเทียบเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CFP, CAP และ COP ในหน่วยเป็นเฟรม ต่อสล็ตต่อการจองเมื่อมีจำนวนผู้ให้บริการเท่ากับ 16 คนจากรูปจะแสดงให้เห็นว่าวิธี COP มีค่าเวลาประวิงที่น้อยกว่าวิธี CAP และวิธี CAP มีค่าเวลาประวิงที่น้อยกว่าวิธี CFP



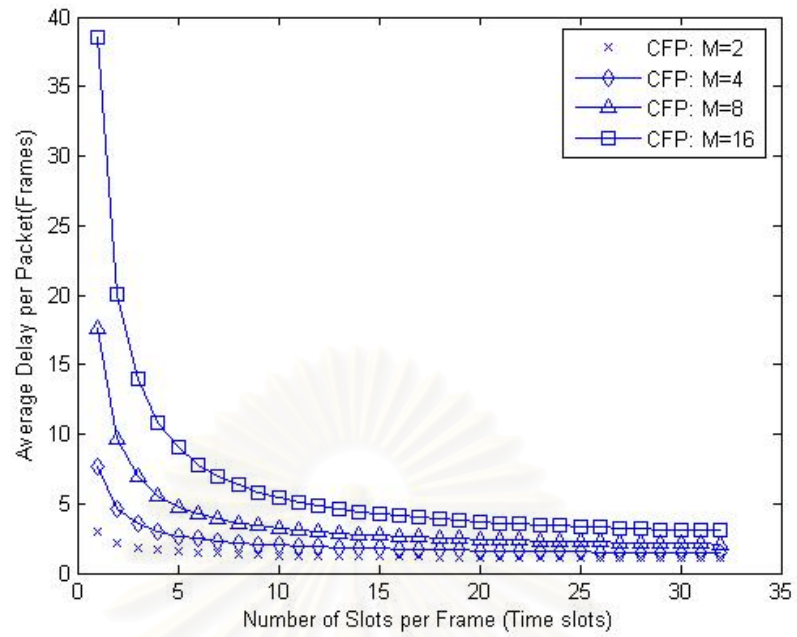
รูปที่ 5.1 จำนวนผู้ให้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจอง และค่าความน่าจะเป็นในการจอง เมื่อจำนวนผู้ให้บริการ 1, 2, 4, 8 และ 16 คน



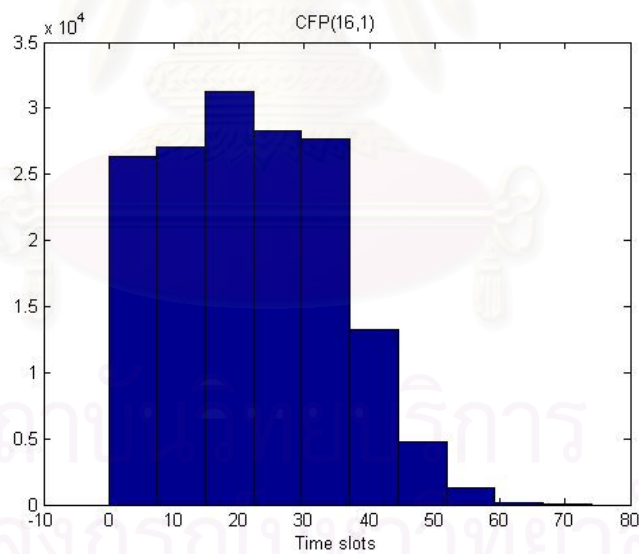
รูปที่ 5.2 จำนวนผู้ให้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองของวิธี CFP และ จำนวน สล็อตการจอง เมื่อจำนวนผู้ให้บริการ 1, 2, 4, 8 และ 16 คน



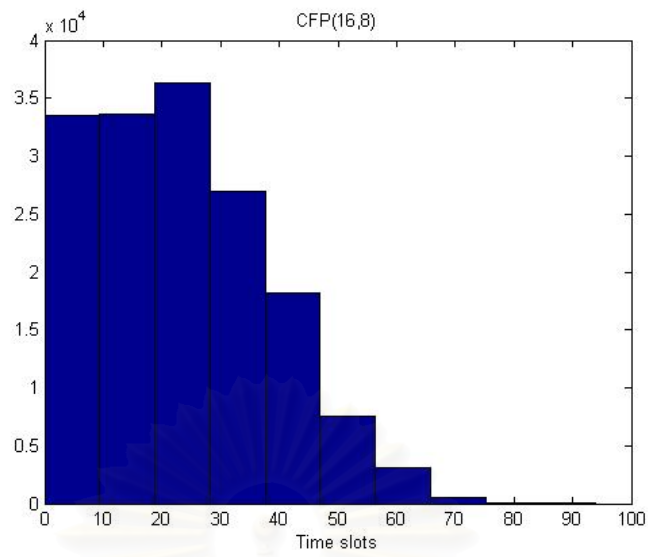
รูปที่ 5.3 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CFP เมื่อมีจำนวนสล็อตการจอง 1 ถึง 32 และ ผู้ให้บริการ 2, 4, 8 และ 16



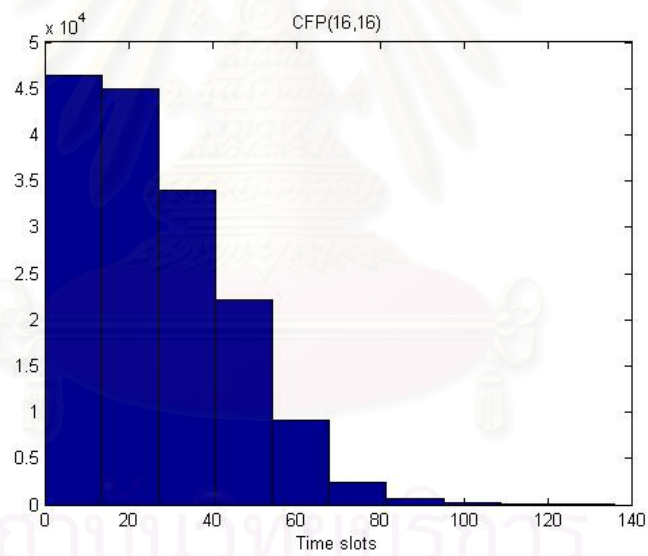
รูปที่ 5.4 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CFP เมื่อมีจำนวนสลอตการจอง 1 ถึง 32 และ ผู้ใช้บริการ 2, 4, 8 และ 16



(ก)

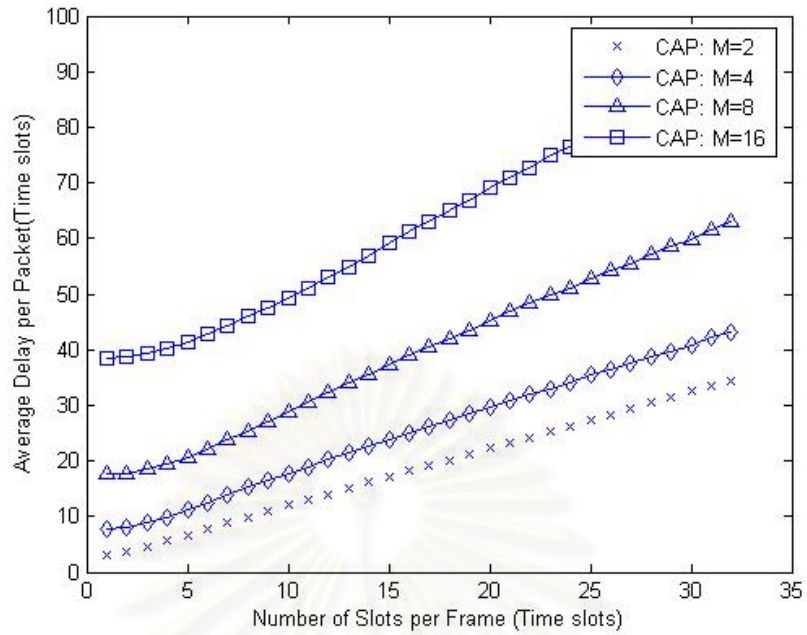


(จ)

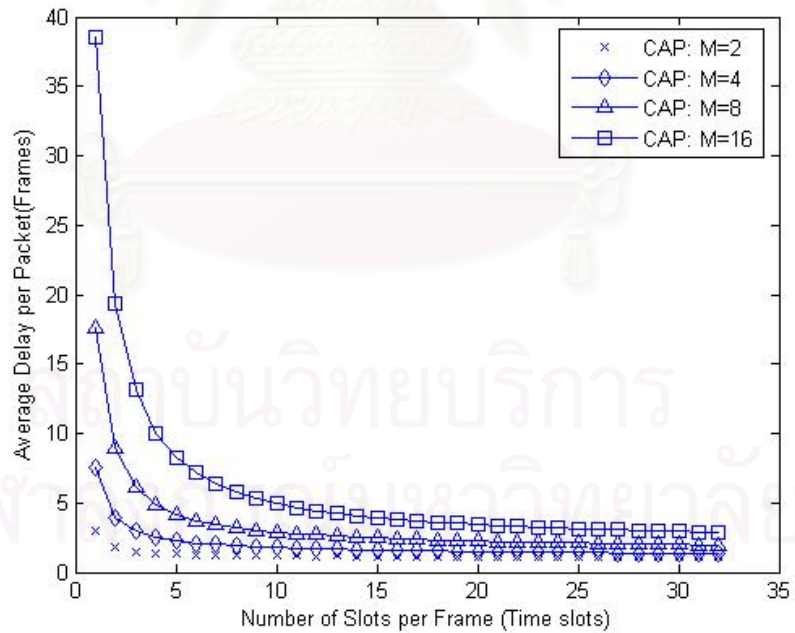


(ค)

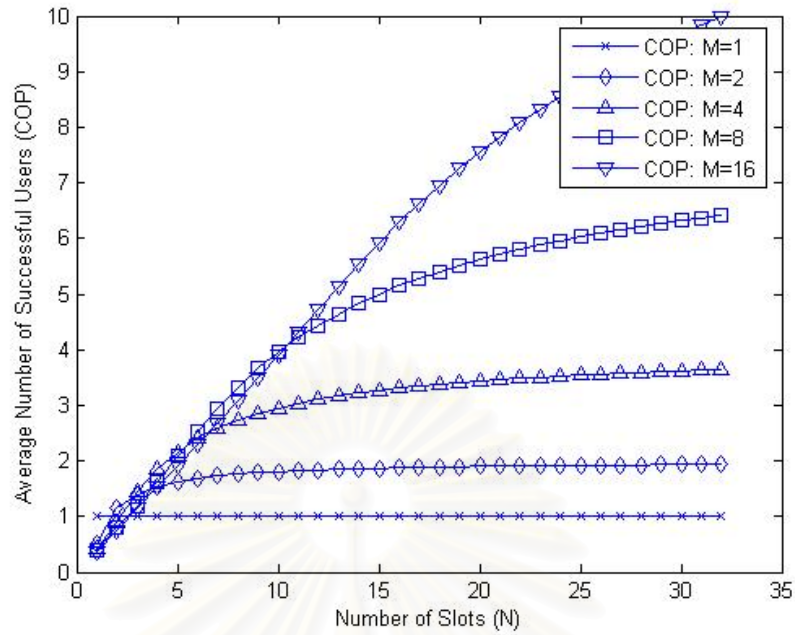
รูปที่ 5.5 จำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการเข้าจองของวิธี CFP



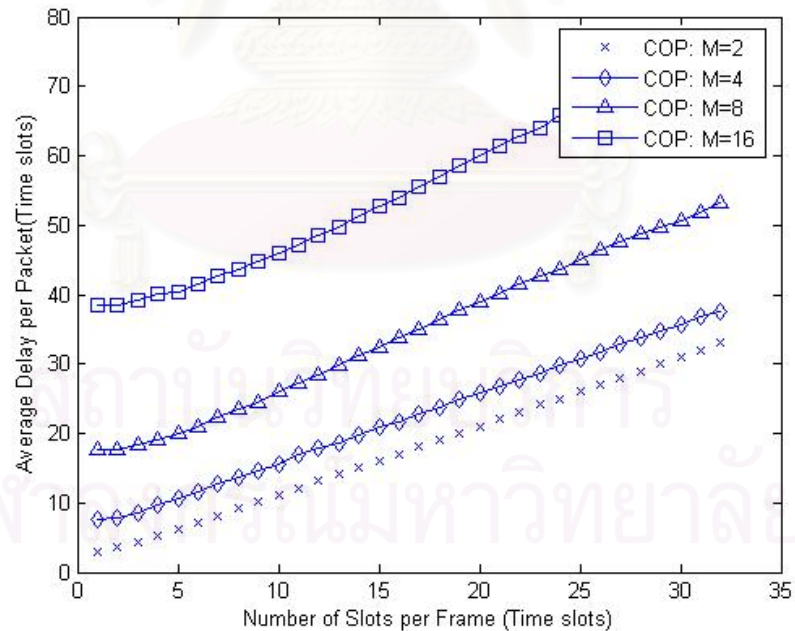
รูปที่ 5.6 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CAP เมื่อมีจำนวนสลอตการจอง 1 ถึง 32 และ ผู้ใช้บริการ 2, 4, 8 และ 16



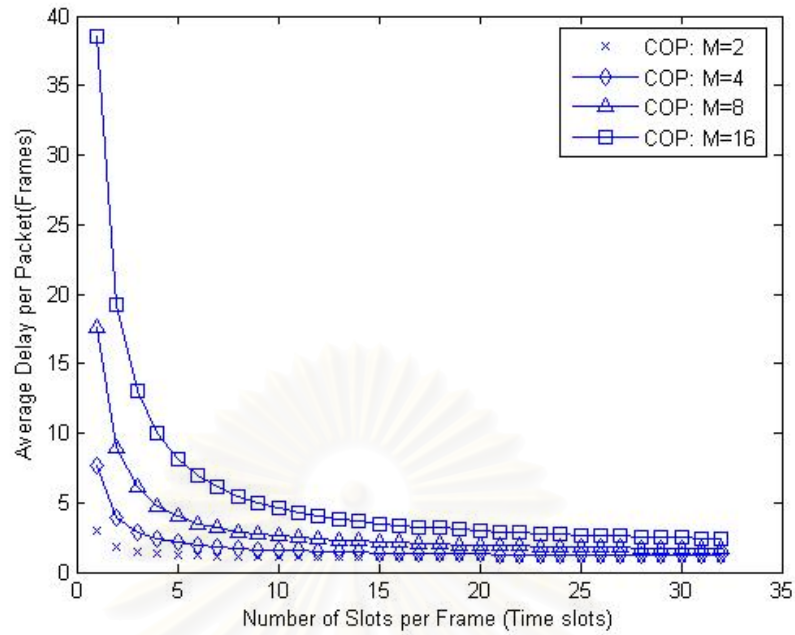
รูปที่ 5.7 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CAP เมื่อมีจำนวนสลอตการจอง 1 ถึง 32 และ ผู้ใช้บริการ 2, 4, 8 และ 16



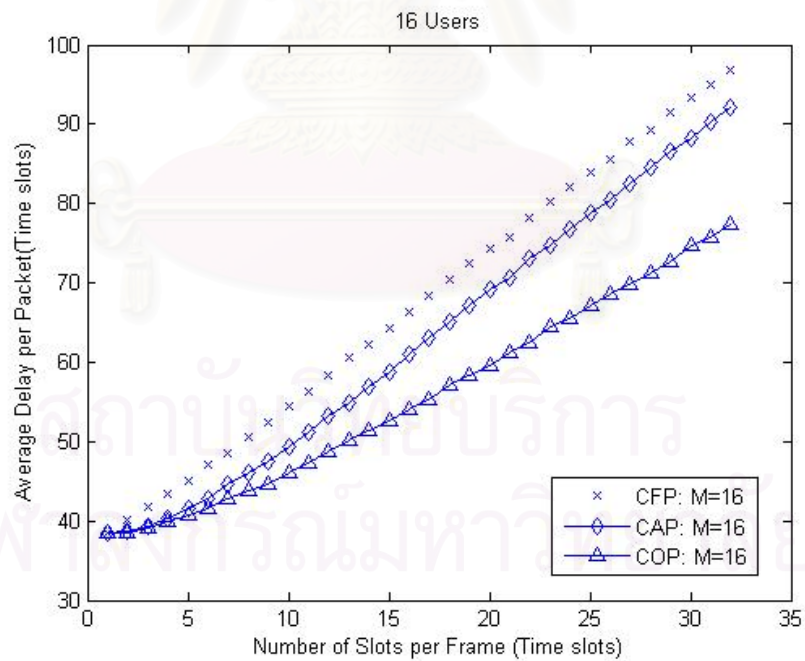
รูปที่ 5.8 จำนวนผู้ให้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองของวิธี COP และ จำนวนสล็อตการจอง เมื่อจำนวนผู้ให้บริการ 1, 2, 4, 8 และ 16 คน



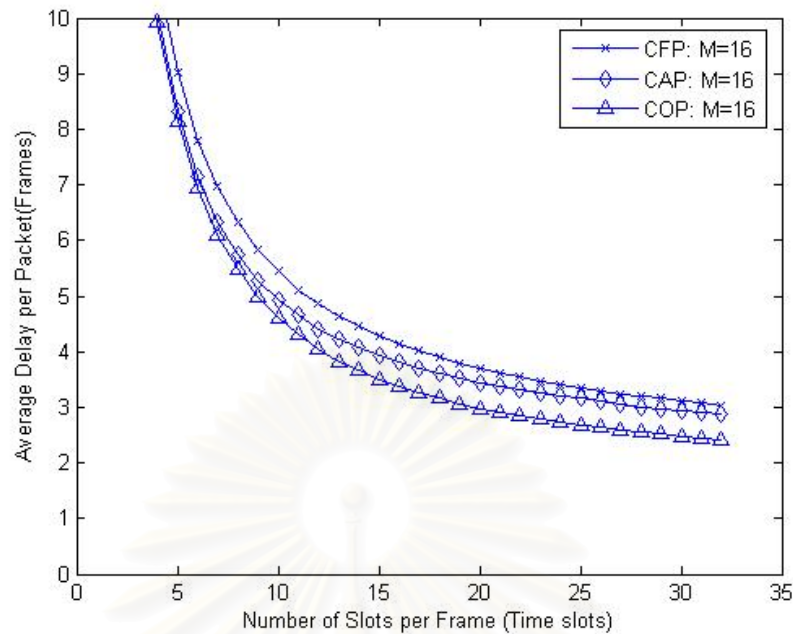
รูปที่ 5.9 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี COP เมื่อมีจำนวนสล็อตการจอง 1 ถึง 32 และผู้ให้บริการ 2, 4, 8 และ 16 คน



รูปที่ 5.10 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี COP เมื่อมีจำนวนสล็อตการจอง 1 ถึง 32 และ ผู้ใช้บริการ 2, 4, 8, 16 คน



รูปที่ 5.11 การเปรียบเทียบช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CFP, CAP และ COP



รูปที่ 5.12 การเปรียบเทียบช่วงเวลาระวังโดยเฉลี่ยในหน่วยเฟรมของวิธี CFP, CAP และ COP

5.1.2 ผลการทดสอบวิธี COP+SPL และ CFP+SPL

รูปที่ 5.13 แสดงจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี COP+SPL เมื่อระบบมีจำนวนผู้ใช้บริการ 1 ถึง 32 คน และมีสล็อตการจอง 16 สล็อต โดยแบ่งกลุ่มเป็น 1, 2, 4, 8 และ 16 กลุ่ม หมายความว่ากรณี 1 กลุ่มจะให้ผลเช่นเดียวกับวิธี COP สำหรับกรณี 2 กลุ่มคือ ผู้ใช้บริการแต่ละคนจะเลือกที่จะเข้าในกลุ่มแรกหรือ กลุ่มที่สองอย่างสุ่ม และในกรณีกลุ่มอื่นๆ ก็จะทำด้วยในหลักการเช่นเดียวกัน จากกราฟพบว่าการแบ่งกลุ่มทำให้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จมากขึ้น และ การแบ่งกลุ่มให้จำนวนกลุ่มเท่ากับจำนวนสล็อตการจอง หรือจำนวนสล็อตการจองในแต่ละกลุ่มมีเพียงสล็อตเดียวจะให้ผลดีที่สุด

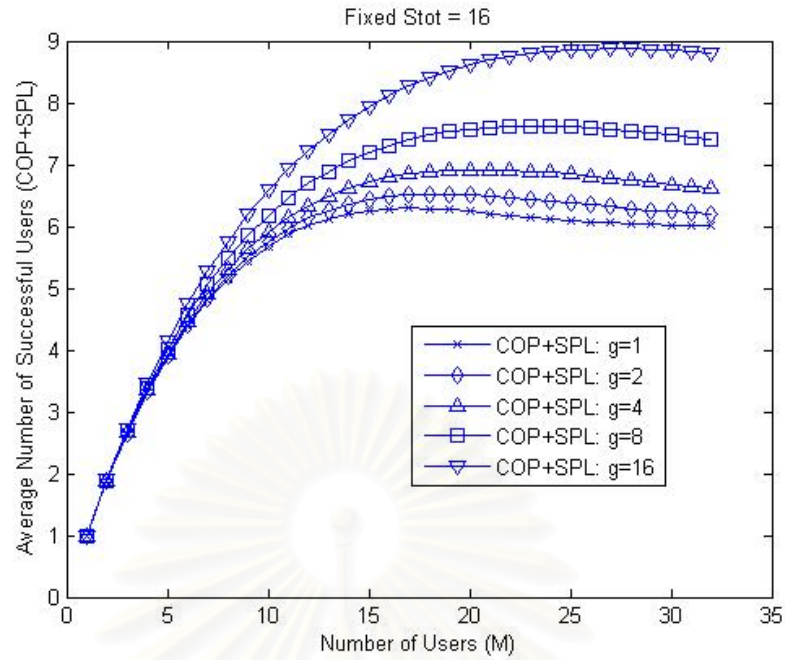
รูปที่ 5.14 แสดงช่วงเวลาระวังโดยเฉลี่ยของวิธี COP+SPL เมื่อมีผู้ใช้บริการ 1 ถึง 32 และสล็อตการจอง 16 สล็อต โดยแบ่งกลุ่มเป็น 2, 4, 8 และ 16 จากรูปแสดงให้เห็นว่าสำหรับระบบที่มีผู้ใช้บริการจำนวนมาก ($M > N$) กลไกการแบ่งกลุ่มย่อยอย่างสุ่มจะช่วยให้มีค่าเวลาประวิงที่น้อยลงโดยเมื่อแบ่งกลุ่มเท่ากับจำนวนผู้ใช้บริการจะทำให้มีช่วงประวิงเวลาน้อยที่สุดซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการหาผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการเข้าจองในรูปแบบ 5.12

รูปที่ 5.15 แสดงช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี COP+SPL เมื่อมีสล๊อตการจอง 1 ถึง 32 รวมถึงจำนวนกลุ่มเท่ากับจำนวนสล๊อต และจำนวนผู้ใช้บริการ 2, 4, 8 และ 16 จากรูปแสดงให้เห็นว่าเป็นการหาจำนวนสล๊อตต่อเฟรมที่เหมาะสมเมื่อมีจำนวนกลุ่มที่เท่ากับจำนวนสล๊อตการจอง ($g = N$) จากกราฟเมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการเท่ากับ 16 คนจะมีจำนวนสล๊อตต่อเฟรมที่เหมาะสมที่สุดเท่ากับ 5, เมื่อมีผู้ใช้บริการเท่ากับ 8 จะมีจำนวนสล๊อตต่อเฟรมที่เหมาะสมที่สุดเท่ากับ 3 และเมื่อมีผู้ใช้บริการเท่ากับ 4 จะมีจำนวนสล๊อตต่อเฟรมที่เหมาะสมที่สุดเท่ากับ 2 จากวิธี COP+SP แสดงให้เห็นว่ากลไกการแบ่งกลุ่มย่อยอย่างสุ่มมีส่วนช่วยในการลดช่วงเวลาประวิงเพราะวิธีดังกล่าวจะมีการกระจายโหลดอย่างเหมาะสม

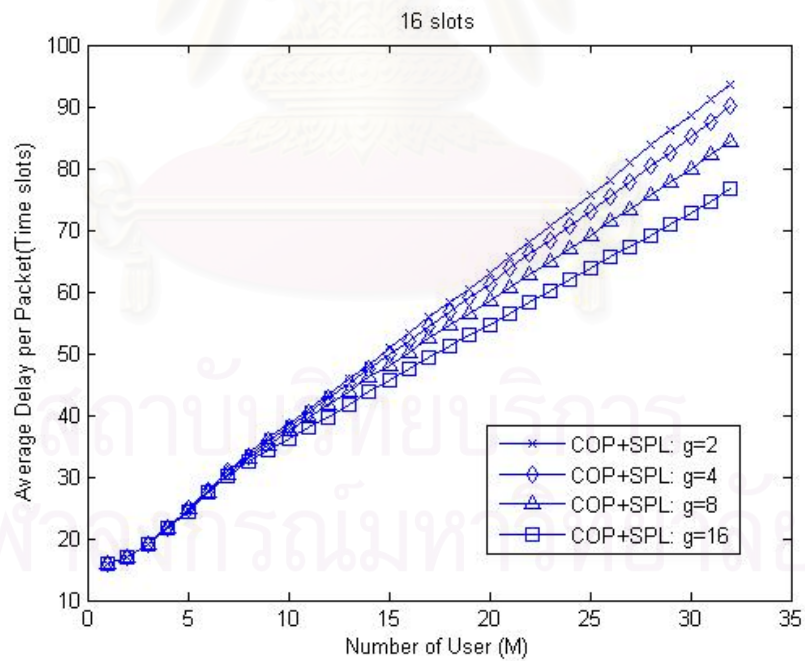
รูปที่ 5.16 แสดงจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี CFP+SPL เมื่อมีผู้ใช้บริการจำนวน 1 ถึง 32 คน และสล๊อตการจอง 16 สล๊อต โดยแบ่งกลุ่ม 1, 2, 4, 8 และ 16 กลุ่ม จากรูปพบว่ากลไกการแบ่งกลุ่มย่อยอย่างสุ่มไม่ช่วยให้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จมีค่าเพิ่มขึ้นเลยในกรณีแบ่ง 2, 4, 8 กลุ่มโดยเทียบกับกรณี 1 กลุ่ม (วิธี CFP) ทั้งนี้เนื่องจากวิธี CFP+SPL กำหนดให้ผู้ใช้ทุกกลุ่มทุกสล๊อตใช้ความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเก็ตการจองเท่ากัน แต่สำหรับกรณี 16 กลุ่ม จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีอื่น ทั้งนี้เป็นเพราะว่าจำนวนกลุ่มเท่ากับจำนวนสล๊อตการจอง ($g = N$) ในแต่ละกลุ่มจึงมีจำนวนสล๊อตการจองเท่ากับ 1 สล๊อต ส่งผลให้กลไกการทำงานเสมือนกับว่าผู้ใช้บริการผู้ใช้บริการแต่ละคนเลือกจำนวนสล๊อตการจองแล้วตัดสินใจเข้าจองหรือไม่ด้วยความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเก็ตค่าหนึ่ง ซึ่งเป็นกลไกที่ต่างจากกรณีอื่น ($g < N$)

รูปที่ 5.17 แสดงช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CFP+SPL เมื่อมีผู้ใช้บริการ 1 ถึง 32 และสล๊อตการจอง 16 สล๊อต โดยแบ่งกลุ่มเป็น 2, 4, 8 และ 16 จากรูปแสดงให้เห็นว่าช่วงเวลาประวิง 2, 4, 8 มีค่าใกล้เคียงกัน แต่สำหรับกรณี 16 กลุ่มจะมีช่วงเวลาประวิงที่น้อยกว่าใน 3 กรณีแรกเนื่องจากกลไกในการแบ่งกลุ่ม ($g = N$) มีผลทำให้ช่วงเวลาประวิงมีค่าน้อยสุด

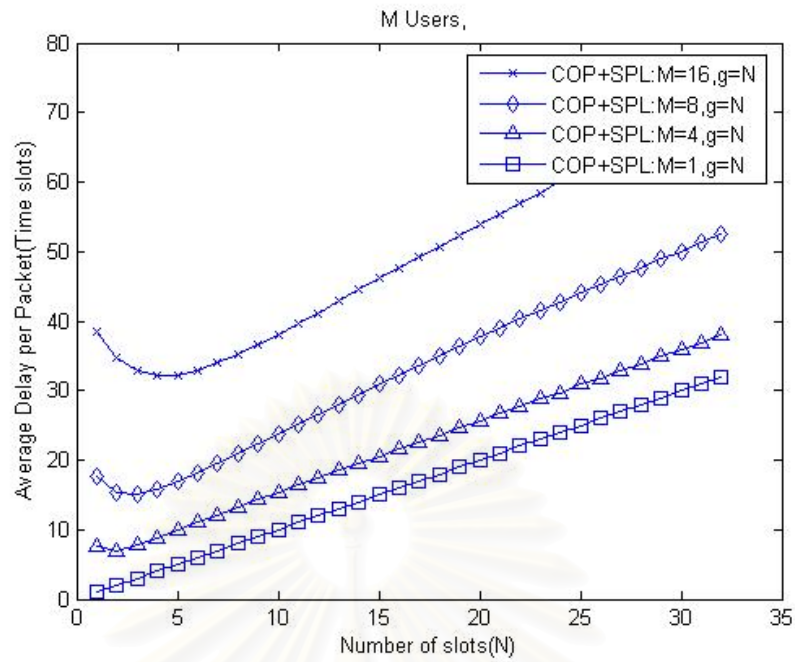
รูปที่ 5.18 แสดงช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CFP+SPL เมื่อมีสล๊อตการจอง 1 ถึง 32 และจำนวนผู้ใช้บริการ 2, 4, 8 และ 16 รวมถึงจำนวนกลุ่มเท่ากับจำนวนสล๊อต และจำนวนผู้ใช้บริการ 2, 4, 8 และ 16 คนจากรูปแสดงให้เห็นว่าเป็นการหาจำนวนสล๊อตต่อเฟรมที่เหมาะสมเมื่อมีจำนวนกลุ่มที่เท่ากับจำนวนสล๊อตการจอง ($g = N$) เนื่องจากวิธี CFP+SPL กำหนดให้ผู้ใช้บริการทุกกลุ่มทุกสล๊อตใช้ความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเก็ตการจองเท่ากันค่าความน่าจะเป็นที่ได้จึงไม่ใช่ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมในแต่ละกลุ่มดังนั้นจำนวนสล๊อตต่อเฟรมที่เหมาะสมถึงมีค่าเท่ากับ 1 เช่นเดียวกับวิธี CFP



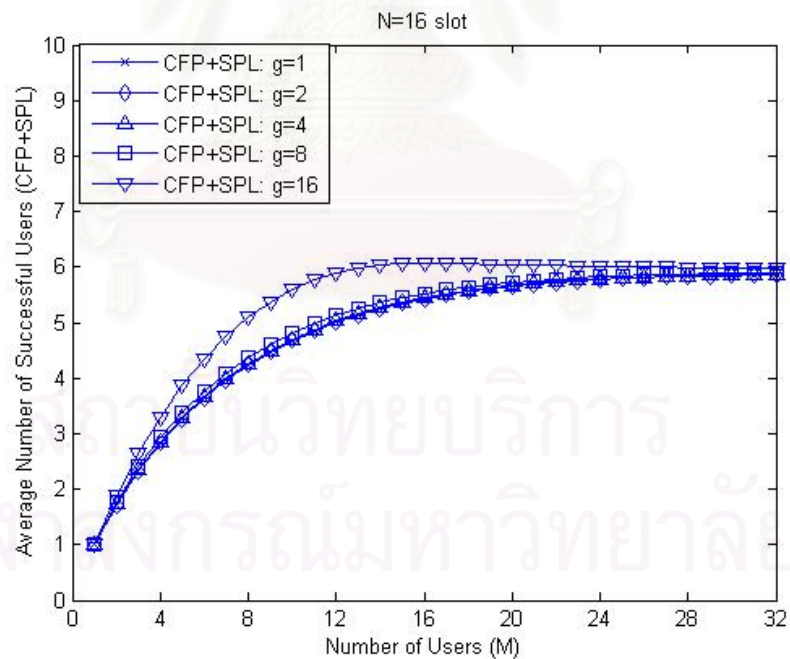
รูปที่ 5.13 จำนวนผู้ให้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี COP+SPL เมื่อมีผู้ให้บริการจำนวน 1 ถึง 32 คน และสล็อตการจอง 16 สล็อต โดยแบ่งกลุ่ม 1, 2, 4, 8 และ 16 กลุ่ม



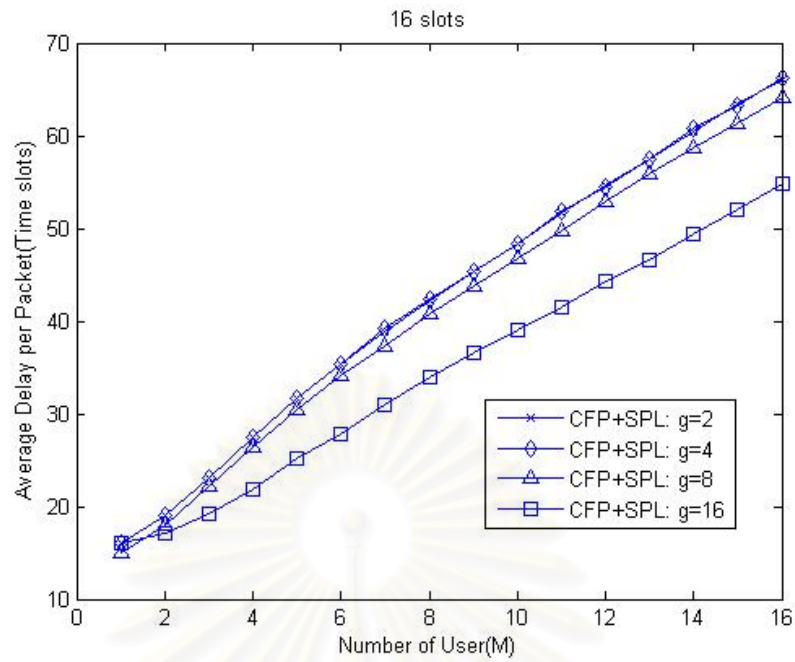
รูปที่ 5.14 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี COP+SPL เมื่อมีผู้ให้บริการ 1 ถึง 32 และสล็อตการจอง 16 สล็อต โดยแบ่งกลุ่มเป็น 2, 4, 8 และ 16 กลุ่ม



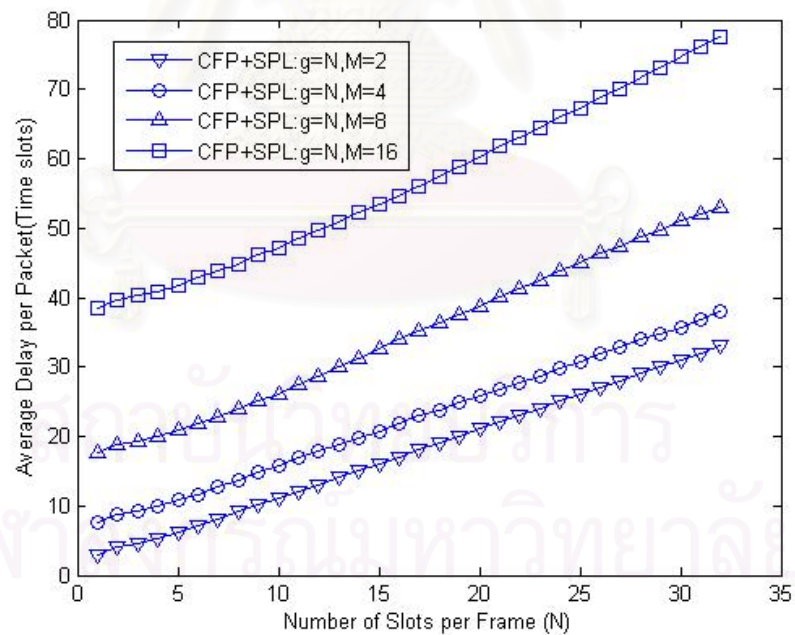
รูปที่ 5.15 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี COP+SPLเมื่อมีสล็อตการจอง 1 ถึง 32 และจำนวนผู้ให้บริการ 2, 4, 8 และ 16 คน



รูปที่ 5.16 จำนวนผู้ให้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี CFP+SPL เมื่อมีผู้ให้บริการจำนวน 1 ถึง 32 คน และสล็อตการจอง 16 สล็อต โดยแบ่งกลุ่ม 1, 2, 4, 8, 16



รูปที่ 5.17 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CFP+SPL เมื่อมีผู้ให้บริการ 1 ถึง 16 คนและสล็อด การจอง 16 สล็อด โดยแบ่งกลุ่มเป็น 2, 4, 8, 16



รูปที่ 5.18 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี CFP+SPL เมื่อมีสล็อดการจอง 1 ถึง 32 และจำนวน ผู้ให้บริการ 2, 4, 8 และ 16 คน

5.1.3 ผลการทดสอบวิธี UNI และ UNI+LA

รูปที่ 5.19 แสดงจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี UNI เมื่อมีผู้ใช้บริการจำนวน 1 ถึง 32 คน และสล็อตการจอง 2, 4, 8, 16 สล็อต พบว่าจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงแรกๆที่มีจำนวนผู้ใช้บริการน้อยกว่าจำนวนสล็อตการจอง แต่เมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมากกว่าสล็อตการจอง จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จมีค่าลดลงและมีค่าเข้าใกล้ศูนย์

รูปที่ 5.20 แสดงจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี UNI เมื่อมีสล็อตการจอง 1 ถึง 32 สล็อต และจำนวนผู้ใช้บริการ 2, 4, 8, 16 คน จากรูปแสดงให้เห็นว่าเมื่อจำนวนสล็อตการจองสูงขึ้นไปจะทำให้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

รูปที่ 5.21 แสดงช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี UNI เมื่อมีจำนวนสล็อตการจอง 1 ถึง 32 และผู้ใช้บริการ 2, 4, 8 และ 16 คน จากรูปแสดงให้เห็นเวลาที่จำนวนสล็อตต่อเฟรม มีความสำคัญกับวิธี UNI มากเพราะวิธีดังกล่าวไม่มีการจำกัดผู้ใช้บริการเข้าสู่ระบบทำให้เกิดการชนมากเมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการมากกว่าสล็อตการจอง ($M > N$) ทำให้ช่วงเวลาประวิงมีค่าสูงมากจากกราฟเมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการ 16 คนและมีจำนวนสล็อตต่อเฟรมเท่ากับ 2 ทำให้มีค่าเวลาประวิงสูงมาก (>1000 ไทม์สล็อต) และเมื่อมีจำนวนสล็อตต่อเฟรมสูงขึ้นไปจะทำให้มีช่วงเวลาประวิงมีค่าลดลงจนมีค่าเหมาะสมที่สุดเมื่อมีสล็อตต่อเฟรมเท่ากับ 9 สล็อตดังนั้นวิธี UNI จึงมีค่าสล็อตต่อเฟรมที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับจำนวนผู้ใช้บริการว่าจะมีจำนวนเท่าไร

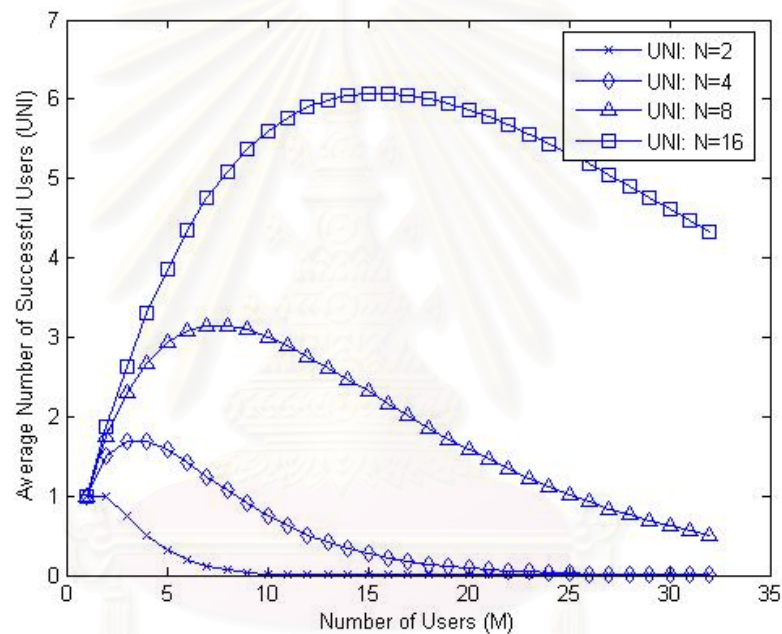
รูปที่ 5.22 แสดงช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยในหน่วยเฟรม ของวิธี UNI เมื่อมีจำนวนสล็อตการจอง 1 ถึง 32 และผู้ใช้บริการ 2, 4, 8 และ 16 คนจากรูปแสดงให้เห็นเมื่อมีจำนวนสล็อตต่อเฟรมมีค่าเพิ่มขึ้น จากรูปแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีสล็อตการจองมากขึ้นจำนวนเฟรมที่ใช้ก็จะมีค่าลดลงตามไปด้วยจนเมื่อมีค่าจำนวนสล็อตการจองเท่ากับจำนวนผู้ใช้บริการจะทำให้กราฟเข้าใกล้ 1 มากขึ้น

รูปที่ 5.23 แสดงจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการเข้าจองของวิธี UNI จากรูปจะเห็นว่าเมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการ 8 รายจำนวนสล็อตการจองที่มีการกระจายตัวของจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จจำนวนที่ดีที่สุดคือ 4 สล็อตการ (ข) ตามด้วย 8 สล็อตการจองรูป (ค) และ 2 สล็อตการจองรูป (ก)

รูปที่ 5.24 แสดงช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี UNI+LA เมื่อมีจำนวนสล็อตการจอง 1 ถึง 32 และผู้ใช้บริการ 2, 4, 8 และ 16 คน จากรูปแสดงว่าเมื่อมีการเพิ่มจำนวนสล็อตการจอง จะทำให้เวลาประวิงมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย และเป็นไปในลักษณะเดียวกับเมื่อมีผู้ใช้บริการมากขึ้นก็

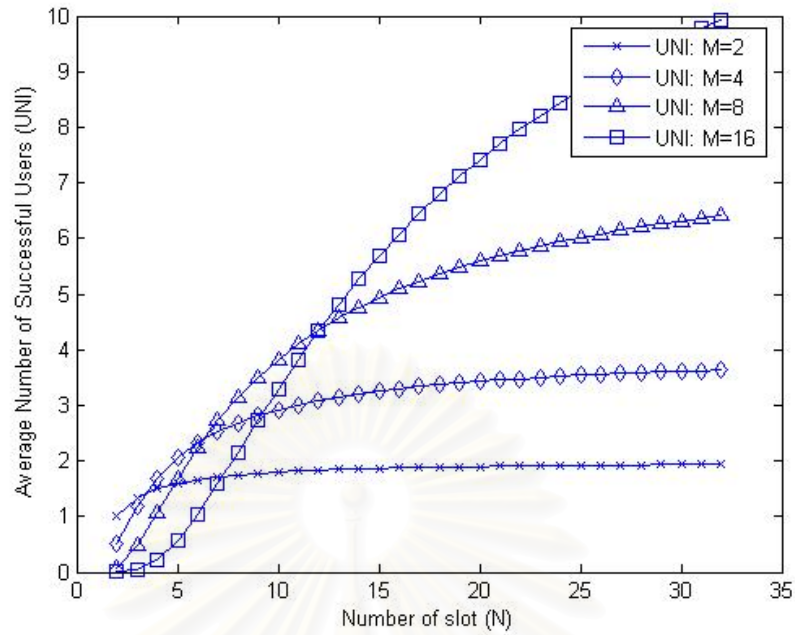
จะทำให้เกิดการประวิงเวลาที่สูงขึ้นตามไปด้วย โดยจะสรุปได้ว่าจำนวนสล็อตการจองที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 1 สล็อตต่อเฟรม ผลที่ออกมาในลักษณะนี้น่าจะมาจากความน่าจะเป็นที่เหมาะสมที่จำกัดผู้ใช้บริการของวิธี UNI+LA ทำให้เกิดมีการว่างของโทรมสล็อตน้อยที่สุดเมื่อมีค่าสล็อตการจองเท่ากับ 1

รูปที่ 5.25 แสดงช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี UNI+LA เมื่อมีจำนวนสล็อตการจอง 1 ถึง 32 และผู้ใช้บริการ 2, 4, 8 และ 16 คนจากรูปแสดงให้เมื่อจำนวนสล็อตต่อเฟรม มีค่าเพิ่มขึ้นจากรูปแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีสล็อตการจองมากขึ้นจำนวนเฟรมที่ใช้ก็จะมีค่าลดลงตามไปด้วยจนเมื่อมีค่าจำนวนสล็อตการจองเท่ากับจำนวนผู้ใช้บริการจะทำให้กราฟเข้าใกล้ 1 มากขึ้น

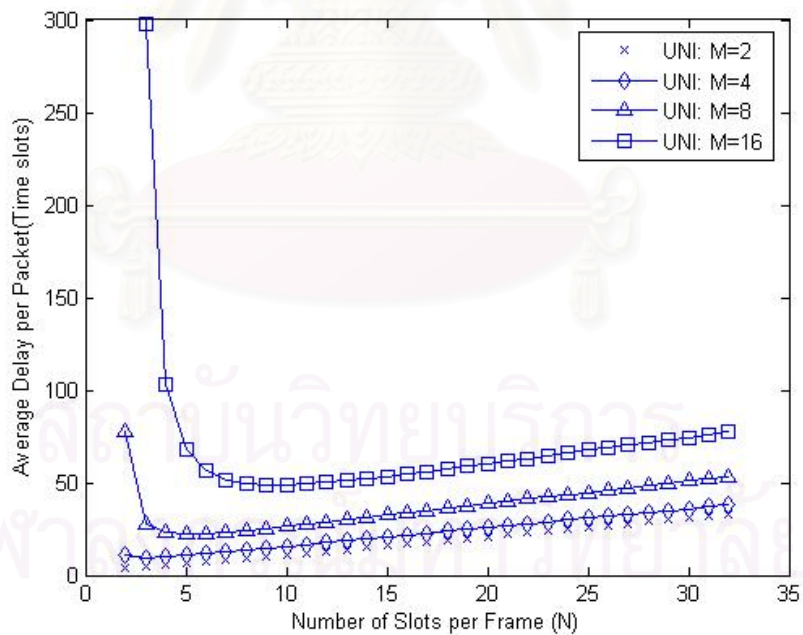


รูปที่ 5.19 จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี UNI เมื่อมีผู้ใช้บริการจำนวน 1 ถึง 32 คน และสล็อตการจอง 2, 4, 8, 16 สล็อต

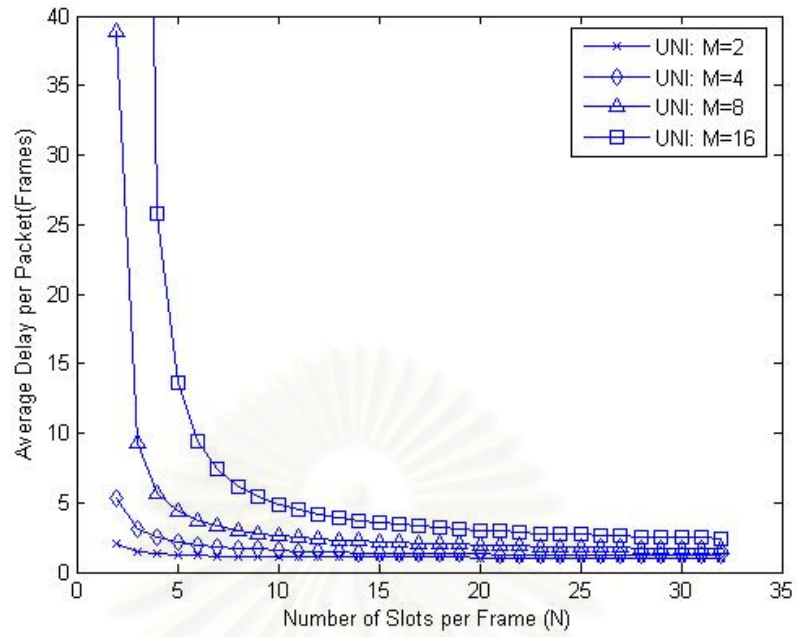
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.20 จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของวิธี UNI เมื่อมีสล็อตการจอง 1 ถึง 32 สล็อต และจำนวนผู้ใช้บริการ 2, 4, 8, 16

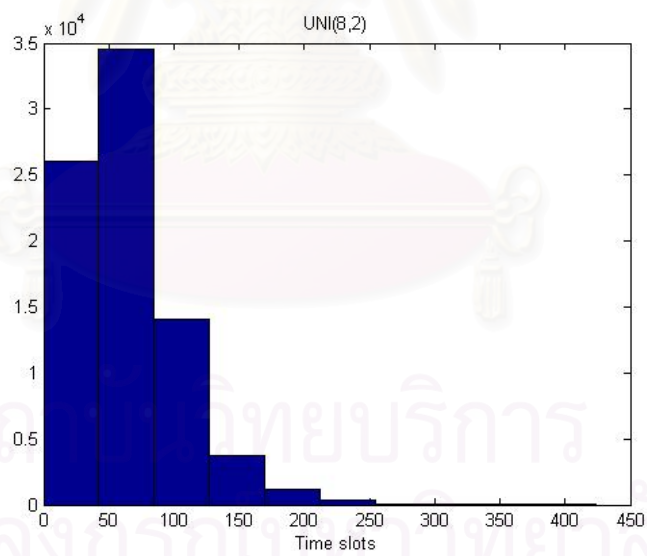


รูปที่ 5.21 ช่วงเวลาประเวริงโดยเฉลี่ยของวิธี UNI เมื่อมีจำนวนสล็อตการจอง 1 ถึง 32 และผู้ใช้บริการ 2, 4, 8 และ 16

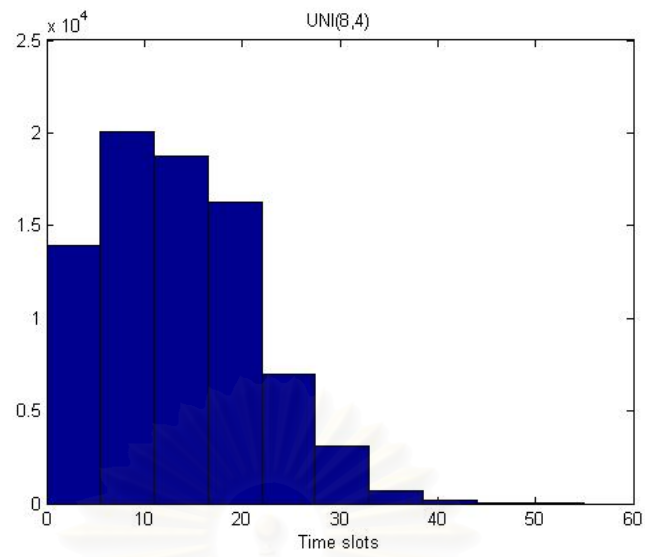


รูปที่ 5.22 ช่วงเวลาประวิงในหน่วยเฟรมของวิธี UNI ต่อสล็อตการจองและผู้ให้บริการ 2, 4, 8, 16

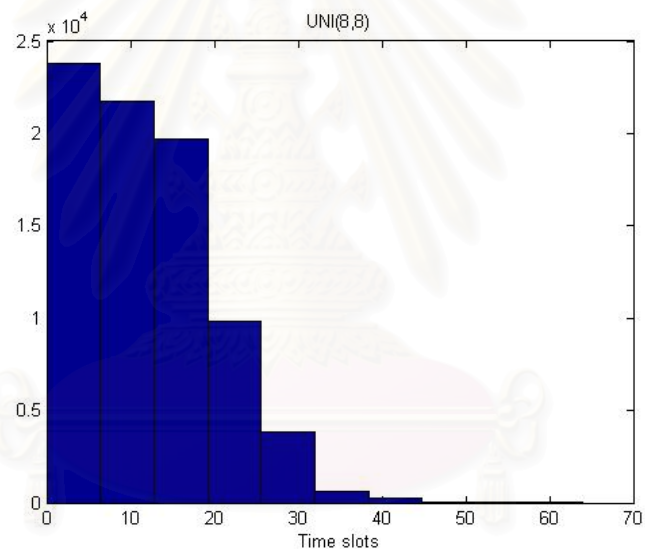
คน



(ก)

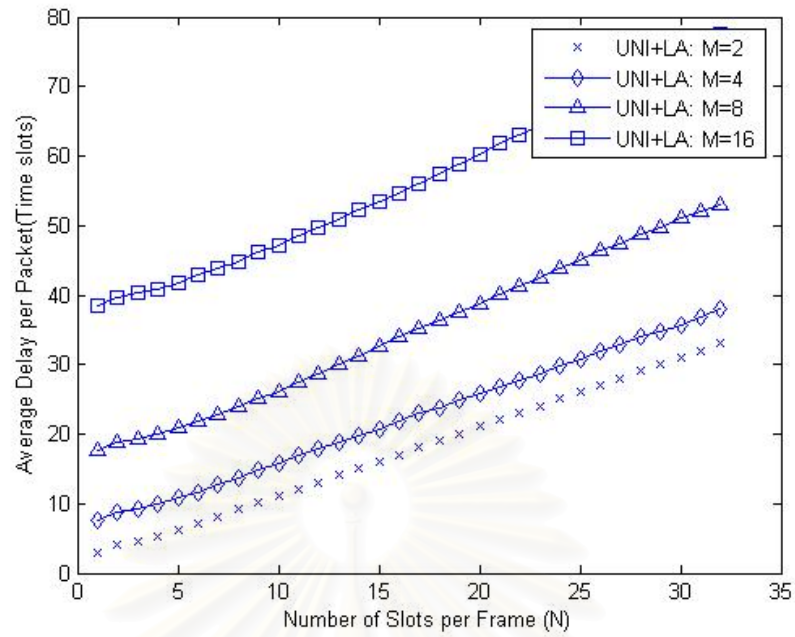


(ข)

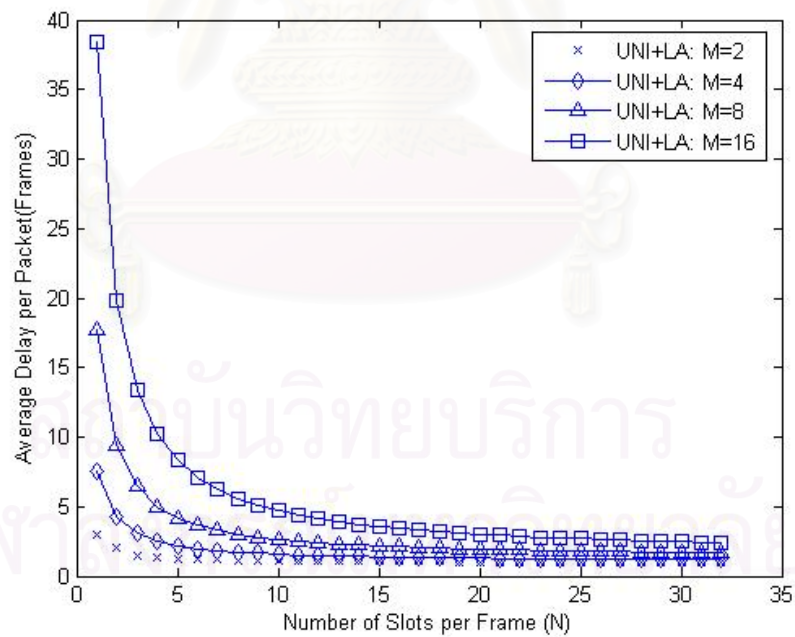


(ค)

รูปที่ 5.23 จำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในการเข้าจองของวิธี UNI



รูปที่ 5.24 ช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของวิธี UNI+LA ต่อ สล็อตการจอง 1 ถึง 32



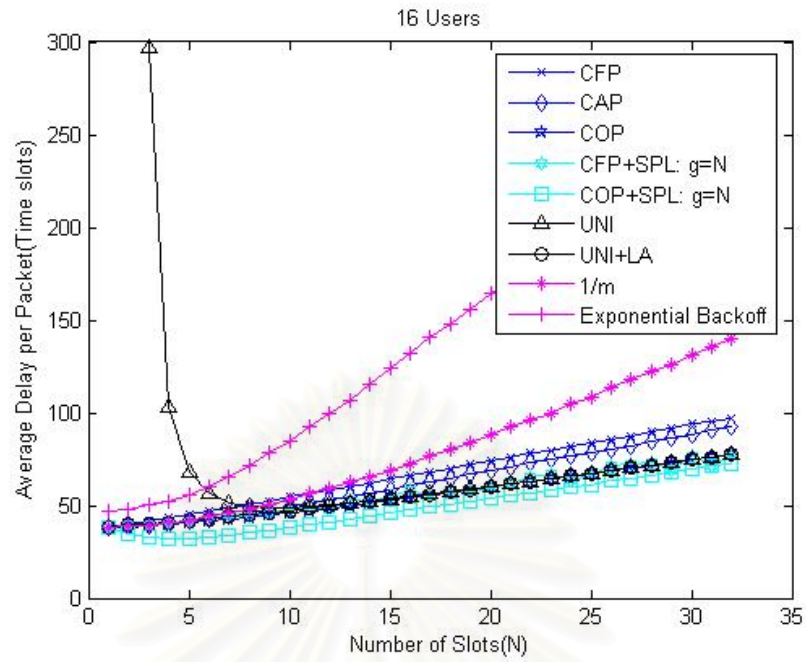
รูปที่ 5.25 ช่วงเวลาประวิงโดยต่อของวิธี UNI+LA ต่อ สล็อตการจอง 1 ถึง 32 และผู้ให้บริการ 2,

4, 8, 16

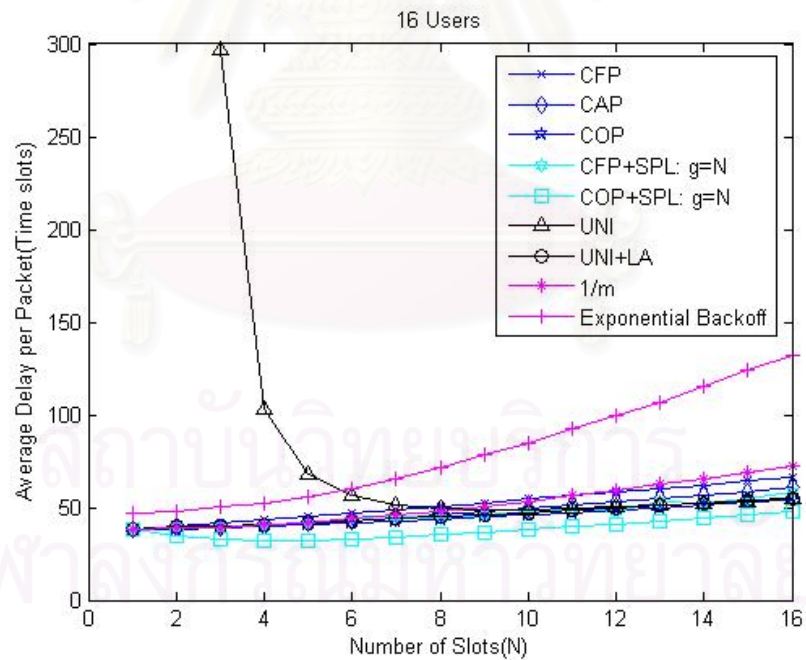
5.1.4 ผลการเปรียบเทียบช่วงเวลาประวิงในแต่ละวิธี

รูปที่ 5.26 และ 5.27 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงเมื่อมีจำนวนสล็อตการจอง 1 ถึง 16 และจำนวนผู้ใช้บริการ 16 คน จากรูปแสดงให้เห็นว่า วิธี UNI มีค่าเวลาประวิงที่สูงมากเมื่อมีจำนวน $M \gg N$ เพราะระบบมีสถานะการชนกันมากนั่นเองทำให้ช่วงเวลาประวิงมีค่าสูงขึ้นและทำให้มีเวลาประวิงสูงกว่าวิธี APB และ Exponential Backoff แต่มีช่วงเวลาประวิงลดลงเมื่อมีจำนวน สล็อตต่อเฟรมที่สูงขึ้น สำหรับ วิธี COP+SPL มีช่วงเวลาประวิงต่ำสุดเมื่อมีจำนวนกลุ่มเท่ากับเท่ากับจำนวนสล็อต ตามด้วย UNI+LA และ CFP+SPL ที่มีการกระจายโหลดอย่างเหมาะสมและมีการใช้เทคนิคความน่าจะเป็นที่เหมาะสมมาช่วย

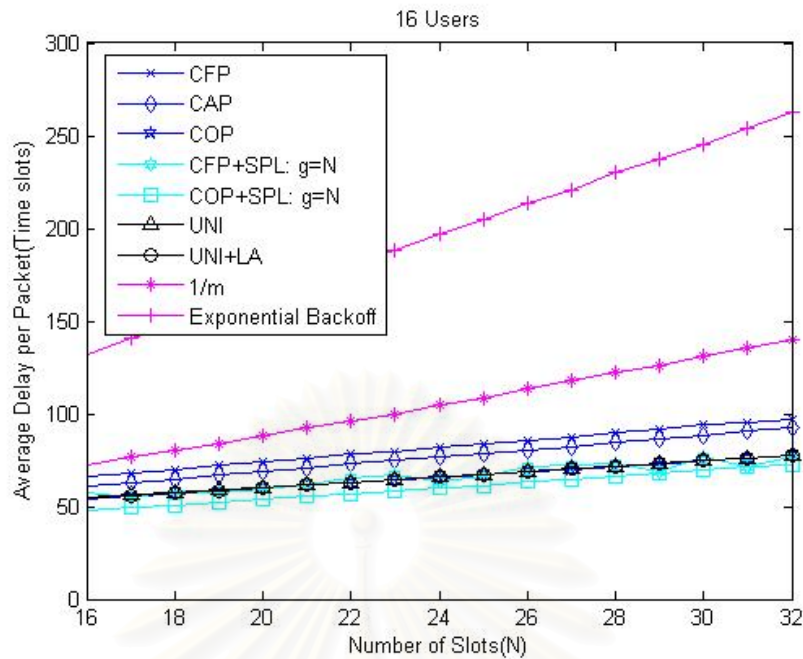
รูปที่ 5.26 และ 5.28 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงเมื่อมีจำนวนสล็อตการจอง 16 ถึง 32 และ จำนวนผู้ใช้บริการ 16 คนจากรูปแสดง วิธี COP+SPL มีช่วงเวลาประวิงต่ำสุดเมื่อมีจำนวนกลุ่มเท่ากับเท่ากับจำนวนสล็อต ตามด้วย UNI+LA ,UNI และ CFP+SPL ที่มีการกระจายโหลดอย่างเหมาะสมตามด้วย COP, CAP, CFP, APB และ Exponential Backoff ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมื่อมีจำนวนสล็อตจำนวนมากกว่าผู้ใช้บริการ วิธีที่มีการกระจายโหลดอย่างเหมาะสมจะให้ช่วงเวลาประวิงน้อยกว่าวิธี CFP, COP, CAP เพราะวิธีดังกล่าวจะมีจะมีสล็อตที่มีการใช้การใช้งานน้อยในสล็อตต่างๆทำให้เกิดสถานะว่างในสล็อตต่างๆทำให้เกิดช่วงเวลาประวิงที่สูงขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 5.26 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงเมื่อมีจำนวนสถานีการจอบ 1 ถึง 32 และจำนวนผู้ใช้ 16 คน



รูปที่ 5.27 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงเมื่อมีจำนวนสถานีการจอบ 1 ถึง 16 และจำนวนผู้ใช้บริการ 16 คน



รูปที่ 5.28 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงเมื่อมีจำนวนสล็อตการจอง 16 ถึง 32 และจำนวนผู้ใช้บริการ 16 คน

5.2 ผลการทดสอบระบบที่ใช้เทคนิค Adaptive Frame

ในส่วนนี้จะนำระบบปรับจำนวนสล็อตการจอง (Adaptive Frame) 2 ระบบมาใช้ โดยใช้ระบบปรับจำนวนสล็อตการจองต่อเฟรมที่เหมาะสม (Adaptive Frame I) มาใช้กับวิธี UNI และ COP+SPL เนื่องจากผลการศึกษาทั้ง 2 วิธีปรากฏว่าทั้ง 2 วิธีมีจำนวนสล็อตการจองที่เหมาะสมไม่เท่ากันในทุกๆ โหลด และระบบที่ปรับจำนวนสล็อตการจองตามผลการร้องขอโทรมสล็อตของผู้ใช้มาทดสอบใช้กับวิธี CFP, CAP, COP, UNI และ UNI + LA โดยเปรียบเทียบกับวิธีที่ไม่มีการปรับจำนวนสล็อตต่อเฟรม โดยมีค่าสล็อตร้องขอภายในเฟรมต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 1 และสล็อตสูงสุดมีค่าเท่ากับ 16 แต่สำหรับวิธี UNI ให้มีสล็อตร้องขอภายในเฟรมต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 2 จากการทดสอบปรากฏว่าวิธี UNI เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมในการใช้เทคนิค Adaptive Frame ทั้ง 2 วิธีได้สูงสุดเพราะถ้าระบบจะมีการปรับจำนวนสล็อตต่อเฟรมให้เหมาะสมกับจำนวนผู้ใช้บริการโดยจะปรับค่าให้จำนวนสล็อตการจองมีค่าใกล้เคียงกับจำนวนผู้ใช้บริการ เพราะถ้าระบบมีจำนวนสล็อตน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้บริการมากๆ จะทำให้เกิดการชนกันสูง และ ถ้ามีจำนวนสล็อตมากเกินไป สล็อตที่มีสถานะว่างสูงทำให้เกิดค่าเวลาประวิงที่สูงขึ้นตามไปด้วย

สำหรับวิธี CFP+SPL และ วิธี COP+SPL จะนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ด้วยโดยจะกำหนดจำนวนสลิตต่อเฟรมให้ช่วงเวลาที่ประวิงมีค่าน้อยที่สุดขึ้นอยู่กับผู้ใช้บริการ โดยวิธี CFP+SPL จะกำหนดให้มีจำนวนสลิตต่อเฟรม เท่ากับ 1 (จากรูป 5.18) และมีจำนวน $g = 1$ ด้วย สำหรับวิธี COP+SPL จะกำหนดจำนวนสลิตต่อเฟรมตามสมการที่ 4.2 (จากรูป 5.15)

รูปที่ 5.29 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี UNI กับ UNI + Adaptive Frame I จากรูปแสดงให้เห็นว่า UNI + Adaptive Frame I ทำให้สมรรถนะในช่วงการจอนมีค่าดีขึ้นจะเห็นได้ช่วงการประวิงเวลาของการใช้ระบบแบบนี้มีค่าน้อยที่สุดในทุกจำนวนผู้ใช้บริการที่เข้ามาในระบบ

รูปที่ 5.30 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี COP กับ COP+SPL+ Adaptive Frame I จากรูปแสดงให้เห็นว่า COP+SPL+ Adaptive Frame I ทำให้สมรรถนะในช่วงการจอนมีค่าดีขึ้นจะเห็นได้ช่วงการประวิงเวลาของการใช้ระบบแบบนี้มีค่าน้อยที่สุดในทุกจำนวนผู้ใช้บริการที่เข้ามาในระบบ

รูปที่ 5.31 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงเมื่อ UNI และ COP+SPL ใช้กับระบบ โดยใช้วิธีปรับจำนวนสลิตต่อเฟรมที่เหมาะสมกับวิธี CFP, CAP, COP, UNI+LA และ CFP+SPL ที่ใช้จำนวนสลิตต่อเฟรมเท่ากับ 1 จากรูปแสดงให้เห็นว่า COP+SPL+ Adaptive Frame I ทำให้สมรรถนะในช่วงการจอนมีค่าดีที่สุด

รูปที่ 5.32 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี CFP กับ CFP + Adaptive Frame II เมื่อมีการตั้งค่าเริ่มต้นให้มีค่าสลิตต่อเฟรมเท่ากับ 1 จากรูปแสดงให้เห็นว่า วิธี CFP + Adaptive Frame II มีค่าเวลาประวิงใกล้เคียงกับ วิธี CFP ที่มีสลิตต่อเฟรมเท่ากับ 1

รูปที่ 5.33 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี CAP กับ CAP + Adaptive Frame II เมื่อมีการตั้งค่าเริ่มต้นให้มีค่าสลิตต่อเฟรมเท่ากับ 1 จากรูปแสดงให้เห็นว่า วิธี CAP + Adaptive Frame II มีค่าเวลาประวิงใกล้เคียงกับ วิธี CAP ที่มีสลิตต่อเฟรมเท่ากับ 1

รูปที่ 5.34 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี COP กับ COP + Adaptive Frame II เมื่อมีการตั้งค่าเริ่มต้นให้มีค่าสลิตต่อเฟรมเท่ากับ 1 จากรูปแสดงให้เห็นว่า วิธี COP + Adaptive Frame II มีค่าเวลาประวิงใกล้เคียงกับ วิธี COP ที่มีสลิตต่อเฟรมเท่ากับ 1

รูปที่ 5.35 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี UNI กับ UNI + Adaptive Frame II เมื่อมีการตั้งค่าเริ่มต้นให้มีค่าสลิตต่อเฟรมเท่ากับ 2 จากรูปแสดงให้เห็นว่า

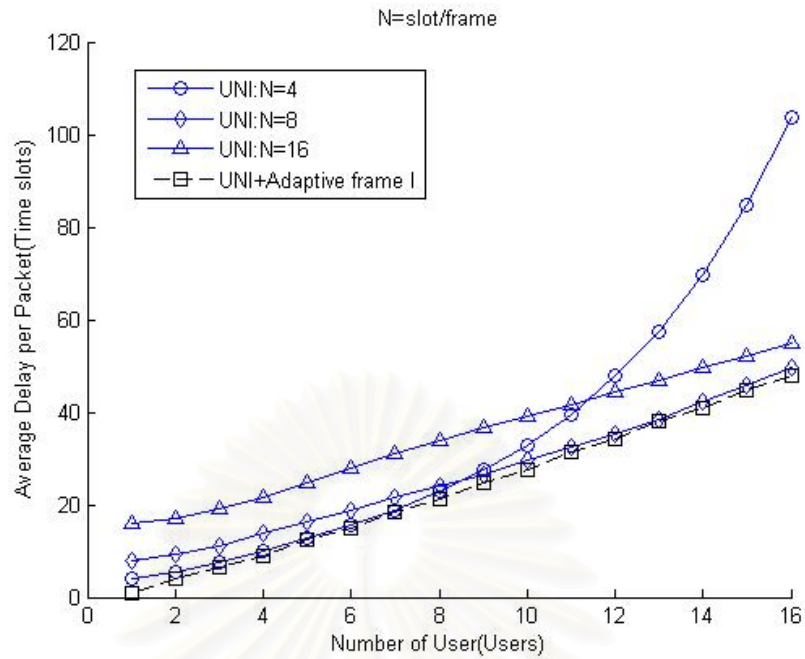
เมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการน้อยค่าเวลาประวิงของวิธี UNI + Adaptive Frame II ค่าใกล้เคียงกับ UNI ที่มีจำนวนสลิตการจองเท่ากับ 4 และเมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการมาก UNI + Adaptive Frame II จะมีค่าเวลาประวิงเท่ากับ UNI ที่มีจำนวนสลิตการจอง 16 จึงนับได้ว่าเทคนิคปรับจำนวนสลิตการจองตามผลการร้องขอโทรมสลิตของผู้ใช้ (Adaptive Frame II) มีประโยชน์กับวิธี UNI เนื่องจากวิธีดังกล่าวสามารถปรับจำนวนสลิตการจองให้เหมาะสมสำหรับจำนวนผู้ใช้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่ว่าในกรณีผู้ใช้บริการมีมากกว่าสลิตการจองและ จำนวนผู้ใช้บริการมีเท่ากับจำนวนสลิตการจอง

รูปที่ 5.36 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี UNI+LA กับ UNI +LA +Adaptive Frame II เมื่อมีการตั้งค่าเริ่มต้นให้มีค่าสลิตการจองเท่ากับ 1 จากรูปแสดงให้เห็นว่าวิธี UNI+LA + Adaptive Frame II มีค่าเวลาประวิงใกล้เคียงกับ วิธี UNI+LA ที่มีสลิตต่อเฟรมเท่ากับ 1

รูปที่ 5.37 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี UNI+ Adaptive Frame I กับ UNI+ Adaptive Frame II จากรูปแสดงให้เห็นว่าช่วงเวลาประวิง UNI+ Adaptive Frame I มีค่าน้อยกว่า UNI+ Adaptive Frame II แต่นับว่าวิธี UNI+ Adaptive Frame II ได้ผลการทดลองที่ดีเพราะระบบไม่สามารถรู้จำนวนผู้ใช้บริการตอนต้นเฟรมได้

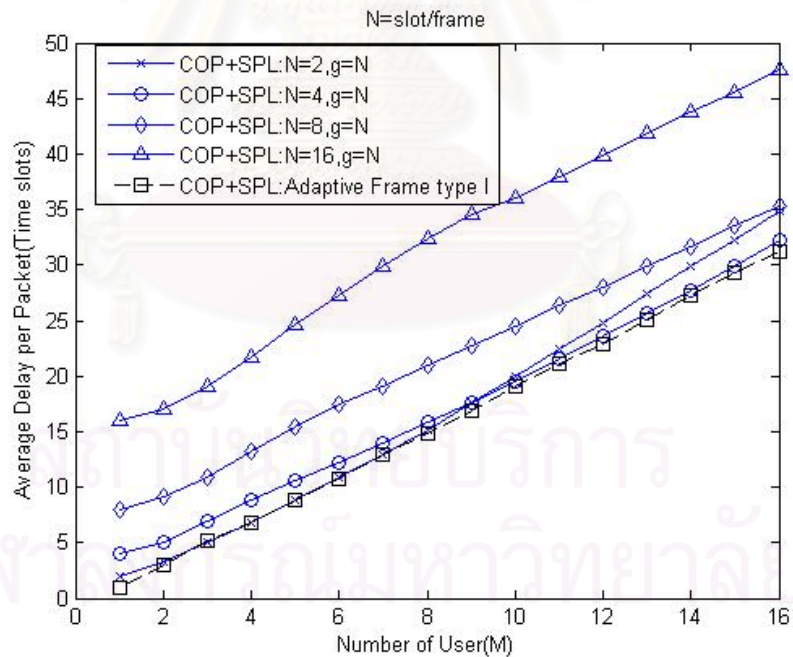
รูปที่ 5.38 แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาประวิงที่ใช้จำนวนสลิตการจองที่ให้ช่วงเวลาประวิงที่น้อยที่สุดของแต่ละวิธีจากรูปแสดงให้เห็นว่าวิธี COP+SPL ที่ใช้สลิตการจองต่อเฟรมอย่างเหมาะสมทำให้จำนวนช่วงเวลาประวิงมีค่าน้อยที่สุดในทุกจำนวนผู้ใช้บริการตั้งแต่ 2 ถึง 16 สำหรับวิธีที่ให้ช่วงเวลาประวิงสูงกว่าวิธีอื่นๆ คือวิธี UNI+ Adaptive Frame II สำหรับวิธีที่เหลือจะมีช่วงเวลาประวิงที่ใกล้เคียงกันมากได้แก่วิธี CFP, CAP, COP, UNI+LA ที่ใช้ระบบการปรับจำนวนสลิตการจองตามผลการร้องขอโทรมสลิตของผู้ใช้ (Adaptive Frame II) และวิธี CFP+SPL เมื่อ $N=1, g=1$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



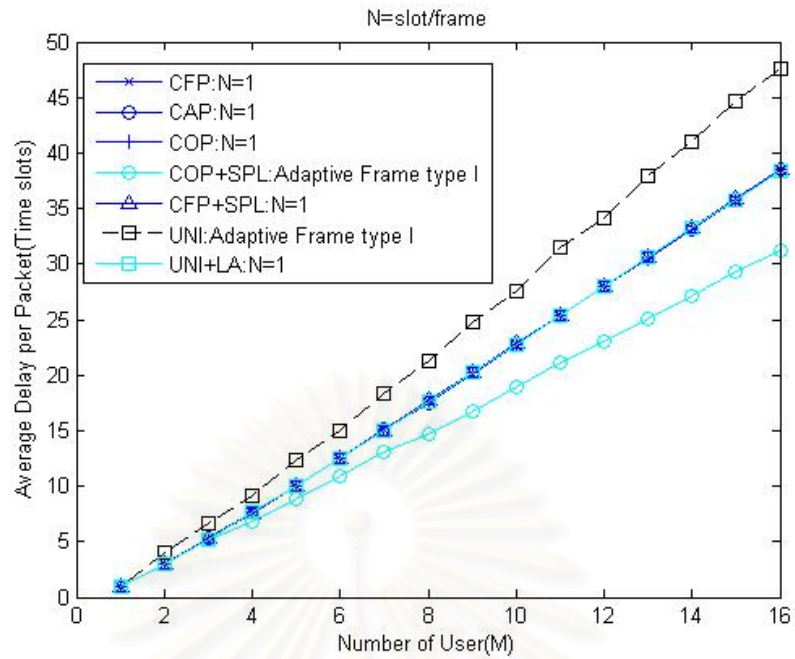
รูปที่ 5.29 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี UNI กับ UNI + Adaptive

Frame I

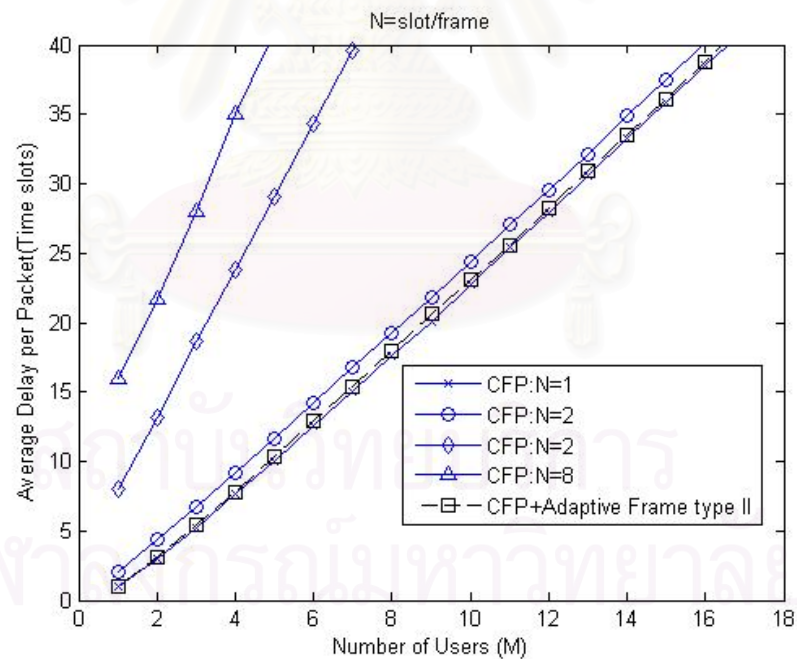


รูปที่ 5.30 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี COP กับ COP+SPL: Adaptive

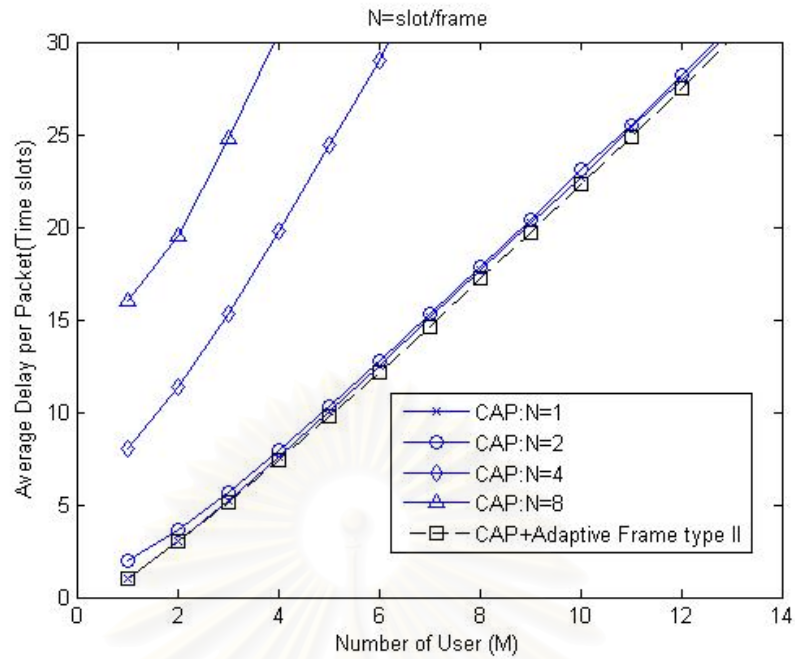
Frame I



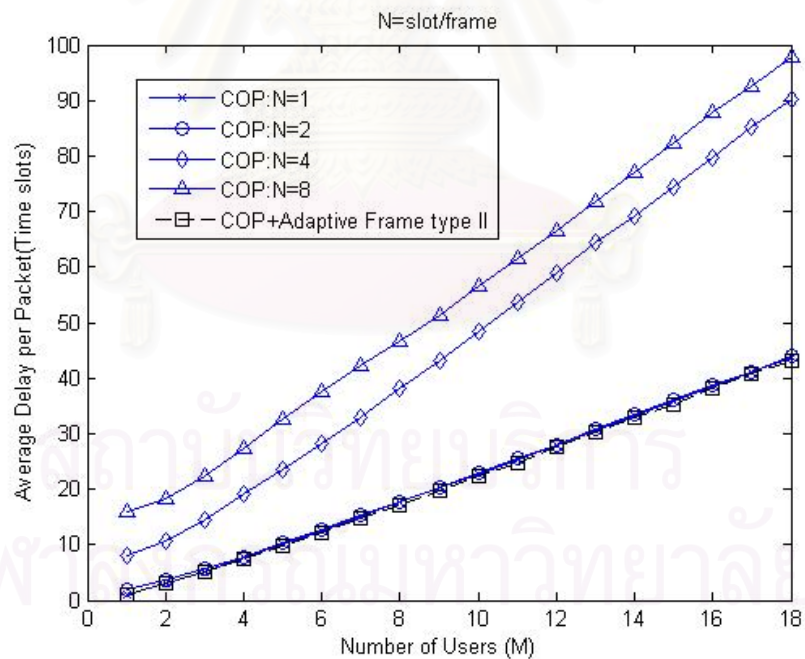
รูปที่ 5.31 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงของระบบที่สามารถเปลี่ยนจำนวน สล็อตการจองได้



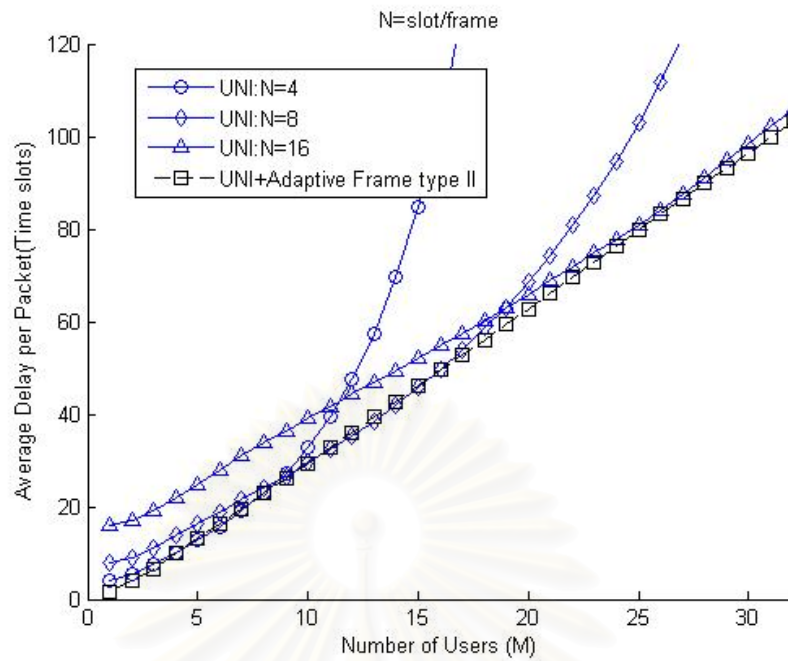
รูปที่ 5.32 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี CFP กับ CFP + Adaptive Frame II



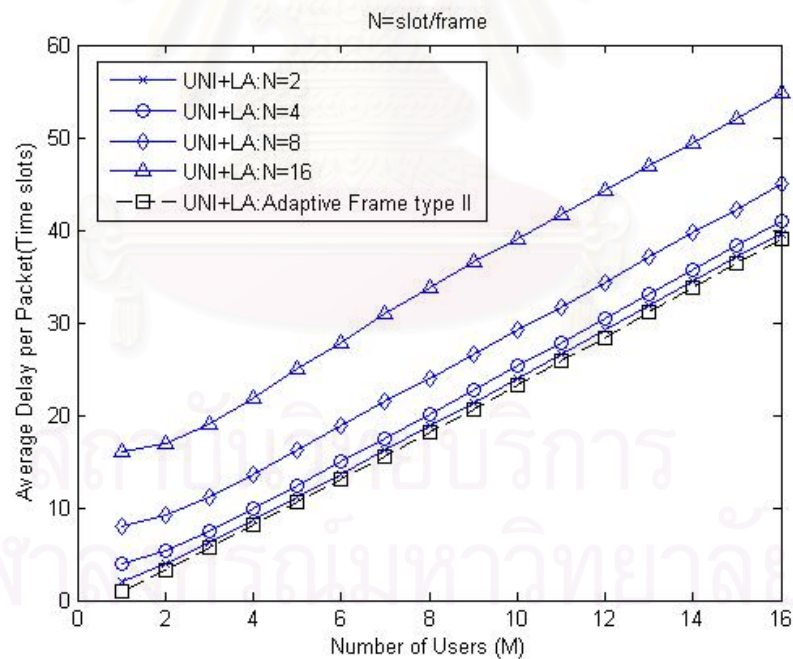
รูปที่ 5.33 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี CAP กับ CAP + Adaptive Frame II



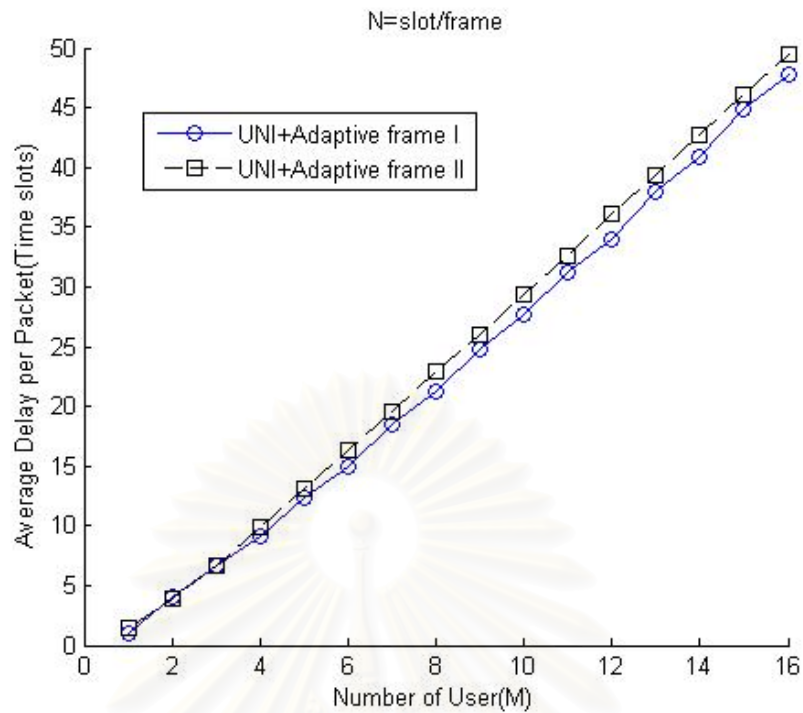
รูปที่ 5.34 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี COP กับ COP + Adaptive Frame II



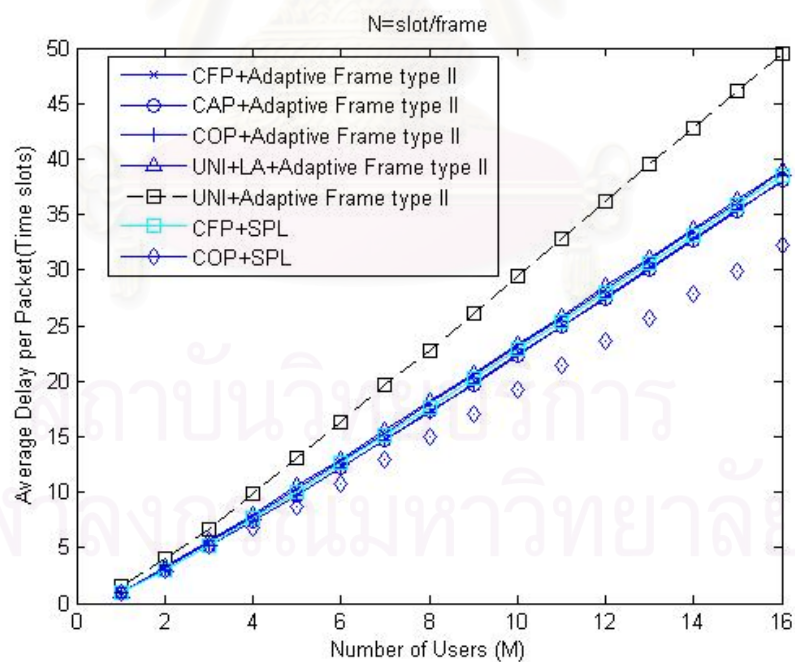
รูปที่ 5.35 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี UNI กับ UNI + Adaptive Frame II



รูปที่ 5.36 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี UNI+LA กับ UNI +LA + Frame II



รูปที่ 5.37 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงระหว่างวิธี UNI + Adaptive Frame I กับ
UNI + Adaptive Frame II



รูปที่ 5.38 เปรียบเทียบสมรรถนะทางด้านเวลาประวิงของระบบ Adaptive Frame II กับวิธี
CFP+SPL และ COP+SPL

บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทนี้กล่าวถึงบทสรุปของศึกษาสมรรถนะทางการประวิงเวลาของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

6.1 บทสรุป

วิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาช่วงเวลาประวิง และ ปรับปรุงสมรรถนะเพื่อลดช่วงเวลาประวิงของระเบียบวิธีการจองช่องสัญญาณในระบบสื่อสารไร้สายโดยใช้ 6 เทคนิค คือ 1.เทคนิคการใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแบบค่าคงที่ 2.เทคนิคการใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแบบปรับค่าได้ 3.เทคนิคการแบ่งกลุ่มอย่างสุ่ม 4.เทคนิคการเลือกสล็อตการจองอย่างสุ่ม 5.เทคนิคการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการ และ 6.เทคนิคปรับจำนวนสล็อตการจองตามผลการร้องขอโทรมสล็อตของผู้ใช้ โดยเทคนิคทั้ง 6 วิธี ทำให้ได้รูปแบบวิธีในการจองช่องสัญญาณ 7 วิธีโดยทั้ง 7 วิธีได้รับการออกแบบสำหรับกรณีใช้เวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบ (Round-Trip Propagation Delay) ยาวกว่าเวลาประวิงการส่งสัญญาณ (Transmission Delay) เพื่อที่จะศึกษาช่วงเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในช่วงการจองในแต่ละวิธี และวิเคราะห์หาจำนวนสล็อตการจองต่อเฟรมที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง ทำให้สมรรถนะในช่วงการจองมีค่าเพิ่มขึ้น โดยมีจุดมุ่งหมายไปที่สมรรถนะค่าเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในช่วงการจองมีค่าน้อยลง โดยระเบียบวิธีที่นำเสนอจะใช้กับโพรโทคอลควบคุมการแย่งเข้าถึงตัวกลางที่มีช่วงการจอง ทั้งนี้จะไม่กำหนดพฤติกรรมของทราฟฟิก คือจำนวนผู้ใช้ บริการที่เข้าจองว่าเป็นรูปแบบใด แต่กำหนดให้สถานีฐานสามารถทราบจำนวนผู้ใช้บริการที่เข้าจองที่ต้นเฟรมเท่านั้น สำหรับการหาสมรรถนะของระเบียบวิธีที่นำเสนอจะใช้ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยจะนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับสมรรถนะของการประยุกต์วิธีที่เคย ถูกนำเสนอ คือวิธี Pseudo-Bayesian และ Exponential Back off

ผลทดสอบในบทที่ 5 ผลการวิเคราะห์จากกรณีศึกษาสรุปได้ว่าโดยรวมแล้ว วิธีที่มีสมรรถนะสูงสุดคือ วิธี COP+SPL เพราะเป็นวิธีที่ใช้ความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเก็ตการจองอย่างเหมาะสมรวมถึงกระจายโหลดอย่างเท่าเทียมกันในทุกสล็อต และมีค่าจำนวนสล็อตการจองต่อเฟรมที่เหมาะสมตามสมการที่ (4.2) ในขณะที่วิธี CFP, CAP และ COP เป็นวิธีที่พยายามใช้ความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเก็ตจองอย่างเหมาะสม แต่สล็อตการจองแรกๆจะต้องรองรับโหลดมากกว่า สล็อตท้ายๆ จึงทำให้จำนวนสล็อตการจองต่อเฟรมที่เหมาะสมเท่ากับ 1 สำหรับวิธี UNI จะมีสมรรถ

นะต่ำในช่วงที่มีผู้ให้บริการมากกว่าสล็อตการจอง แต่ในช่วงที่มีจำนวนผู้ให้บริการมากกว่าสล็อตการจองจะมีช่วงเวลาประวิงต่ำกว่าวิธี Applied Pseudo-Bayesian , Exponential Back off และมีสมรรถนะในช่วงการจองเท่ากับ UNI+LA สำหรับวิธี UNI+LA จะให้สมรรถนะในช่วงการจองที่เท่ากับวิธี CFP+SPL เมื่อวิธี CFP+SPL มีจำนวนกลุ่มเท่ากับจำนวนสล็อตการจอง

เนื่องจากจำนวนสล็อตการจองต่อเฟรมเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญกับระบบดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอระบบที่สามารถปรับเปลี่ยนจำนวนสล็อตต่อเฟรม โดยระบบดังกล่าวจะไม่มีผลกับวิธี CFP, CAP, COP, CFP+SPL และ UNI+LA เพราะทั้งหมดมีจำนวนสล็อตการจองที่เหมาะสมเท่ากับ 1 ในทุกๆจำนวนของผู้ให้บริการ แต่จะทำให้สมรรถนะในช่วงการจองมีค่าเพิ่มขึ้นในวิธี UNI และ COP+SPL ใน 2 กรณี ได้แก่ กรณีระบบสามารถรับทราบข้อมูลจำนวนผู้ให้บริการตอนต้นเฟรม และ กรณีที่ระบบจะทำการประเมินผู้ให้บริการจากผลการร้องขอของผู้ให้บริการ โดยในกรณีแรกพบว่าสามารถเพิ่มสมรรถนะในช่วงเวลาประวิงได้ทั้ง UNI และ COP+SPL และในกรณีหลังสามารถเพิ่มสมรรถนะให้วิธี UNI ซึ่งการปรับเปลี่ยนจำนวนสล็อตต่อเฟรมกรณีนี้มีความซับซ้อนน้อยเหมาะกับการใช้ทางปฏิบัติเพราะระบบไม่จำเป็นต้องรับทราบข้อมูลจำนวนผู้ให้บริการตอนต้นเฟรม

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. ทราฟฟิกประเภทมัลติมีเดีย (Multimedia) กำลังเป็นที่ได้รับความสนใจในเวลานี้ แต่ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กำหนดให้ผู้ให้บริการทุกคนมีความสำคัญเท่ากันหรือเป็นระบบที่มีทราฟฟิกประเภทเดียว ดังนั้นเพื่อรองรับระบบที่มีทราฟฟิกหลายประเภท ผู้ให้บริการแต่ละคนจะมีลำดับความสำคัญไม่เท่ากัน จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจสำหรับการวิจัยต่อไป

2. เนื่องจากวิธี UNI เป็นวิธีที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุดโดยระบบไม่จำเป็นต้องทราบจำนวนผู้ให้บริการตอนต้นเฟรมและมีความเหมาะสมกับระบบที่สามารถปรับเปลี่ยนจำนวนสล็อตต่อเฟรมได้ดีจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการปรับปรุงต่อไป

3. ในทางปฏิบัติการทำงานในระบบสื่อสารไร้สายนั้น จะต้องคำนึงการส่งข้อมูลในระบบด้วยแต่ในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คำนึงถึงในส่วนการจองอย่างเดียวจึงเป็นแนวทางเพื่อจะศึกษาต่อไป

รายการอ้างอิง

1. Tanenbaum, A. S. Computer Networks . 3rd ed. New Jersey : Prentice Hall, 1996.
2. Bertsekas, D.; and Gallager, R. Data Network . 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1992.
3. Nguyen, T.; and Suda, T. Survey and Evaluation of Multiple Access Protocols in Multimedia Satellite Networks. IEEE Proceedings of Southeastcon (1990) : 408-413.
4. Bertsekas, D.; and Gallager, R. Data Network . 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1992.
5. Rivest, R.L., Network Control by Bayesian Broadcast. IEEE Transactions on Information Theory 33, 3 (May 1987): 323-328.
6. Sala, D.; Limb, J.O.; and Khaunte, S.U. Adaptive Control Mechanism for Cable Modem MAC Protocols. IEEE Proceedings of Infocom 3 (1998): 1392-1399.
7. Raychaudhuri, D. Wireless ATM Networks: Technology Status and Future Directions. Proceedings of the IEEE. 87, 10 (October 1999): 1790-1806
8. Sivamok, N.; Wuttisittikulkij, L. ; and Charoenpanitkit, A. New Channel Reservation Technique for Media Access Control Protocol in High Bit-Rate Wireless Communication Systems. IEEE Proceedings of Globecom (November 2001)
9. ณัฐพล ศิวาโมกษ์. เทคนิคการจองช่องสัญญาณสำหรับโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบสื่อสารไร้สาย . วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
10. Akyildiz, I. F.; and McNair, J. Medium Access Control Protocols for Multimedia Traffic in Wireless Networks. IEEE Network 3, 4 (July / August 1999) : 39-47.
11. Peyravi, H. Medium Access Control Protocols Performance in Satellite Communications. IEEE Communication Magazine Vol. 37, No. 3 (March 1999) : 62-71.
12. Goodman, D.J.; Valenzuela, R.A.; Gayiard, K.T.; and Ramamurthi, B. Packet Reservation Multiple Access for Local Wireless Communications. IEEE Transactions on Communications 37, 8 (August 1989): 885-890.

13. Frigon, J. ; Leung , V.C.M. ; and Chan, H.C.B. Dynamic Reservation TDMA Protocol for Wireless ATM Networks. IEEE Journal on Selected Area in Communications 19, 2 (February 2001) :370-383.
14. Suwanpakdee, P. ; Sedtheetorn, P.; Thanasorawit, A. ; and Wuttisittikulkij, L. On the Design of a Media Access Control Protocol for Integrated Voice and Data Services in Wireless Communications. ISAS2000 (July 2000).
15. Chandra, A.; Gummalla, V.; and Limb, J.O. Wireless Medium Access Control Protocols. IEEE Communications Surveys , Second Quarter 2000 : 2-15.
16. A. Thanasorawit, A. Charoenpanitkit, A. Suriya, L. Wuttisittikulkij and and S. Aramvith, :Delay performance analysis of Uniform (UNI) and Uniform with limited access Techniques (UNI+LA) in Wireless Communication Systems. IEEE Vehicular Technology (2002.) :962-966,
17. Jeong Geun Kim; Widjaja, I.PRMA/DA: a new media access control protocol for wireless ATM. IEEE International Conference on Communications(1996) :240-244

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายชัยรัตน์ นิตยารมย์ เกิดเมื่อวันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2521 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในปีการศึกษา 2544 จากนั้นได้ศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2544



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย