

ระเบียบการเข้าถึงแบบสุ่มสำหรับ ATM ไร้สาย

RANDOM ACCESS PROTOCOL IN WIRELESS ATM



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-109-6

ระเบียบการเข้าถึงแบบสุ่มสำหรับ ATM ไร้สาย

RANDOM ACCESS PROTOCOL IN WIRELESS ATM



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษิตตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2544

ISBN 974-648-109-6

เลขที่.....
เลขทะเบียน..... 39629
วัน, เดือน, ปี..... 8 ส.ย. 2544

.b.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RANDOM ACCESS PROTOCOL IN WIRELESS ATM



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

2001

ISBN 974-648-109-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2001

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ระเบียบการเข้าถึงแบบสุ่มสำหรับ ATM ไร้สาย
RANDOM ACCESS PROTOCOL IN WIRELESS ATM

ชื่อนักศึกษา นายเอกพล ใจรักธรรม

รหัสประจำตัว 40061036

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.สุวิพล สิริธิชีวะภาค

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ศ.มณูญ	สุกเกษม	
รศ.ดร.รัตติกกร	วรากุลศิริพันธุ์	
ดร.สุทธิชัย	นพนาถิพงษ์	
รศ.ณรงค์	เหมกรณ	
รศ.ดร.สุวิพล	สิริธิชีวะภาค	

วัน/เดือนปี ที่สอบ 5 มีนาคม 2544 เวลา 12.00-13.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร 12 ชั้น ชั้น 4 (ห้อง E12-402)



วันที่.....๓๑.....เดือน.....พ.ศ. ๒๕๔๔.....

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระเบียบการเข้าถึงแบบสุ่มสำหรับ ATM ไร้สาย
นักศึกษา	นาย เอกพล ใจรักธรรม
รหัสประจำตัว	40061036
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2544
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. สุวิพล สิทธีชีวะภาค

บทคัดย่อ

แนวความคิดเรื่อง “ ATM ไร้สาย” หรือ “WATM” ซึ่งได้รับการเสนออย่างเป็นทางการครั้งแรกในปี.ศ. 1992 นั้น ในปัจจุบันนี้ได้มีการพิจารณาว่าระบบนี้จะกลายเป็นโครงสร้างหลักที่เป็นไปได้ในการที่จะนำมาใช้งานในยุคต่อไปของเครือข่ายการสื่อสารไร้สาย ซึ่งระบบนี้มีความสามารถในการรองรับการสื่อสารแบบ ISDN(Integrated Service Digital Network) ได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำระบบ ATM มาใช้กับระบบการสื่อสารไร้สายแล้วจะมีประเด็นสำคัญที่จะต้องนำมาพิจารณา นั่นก็คือระเบียบการเข้าถึงที่เหมาะสมสำหรับระบบ WATM

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้เสนอแนะระเบียบการเข้าถึงแบบสต็อคโกลฮ่าซึ่งเป็นวิธีการเข้าถึงแบบสุ่มที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานในระบบ WATM ที่มีทราฟฟิกแบบเบิร์ต และเพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของระบบ จึงได้ทำการแสดงผลการทดลองทั้งโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์และวิธีการจำลองแบบ

Thesis Title	Random Access Protocol in Wireless ATM
Student	Mr. Eakapol Chairaktram
Student ID	40061036
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2001
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Suvepon Sittichevapak

ABSTRACT

The concept of "wireless ATM" or "WATM", first proposed in 1992, is now being actively considered as a potential framework for next-generation wireless communication networks capable of supporting ISDN (Integrated Service Digital Network). However, when we use ATM in wireless communication system there is the key issue must be considered. It is the suitable access protocol for WATM system.

This thesis presents slotted ALOHA random access protocol, which is suitable for application in WATM system with burstly traffic. In order to show the performance of the system the results from arithmetic and simulation are presented.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาด้านการเขียนโปรแกรมจำลองแบบจาก รศ.ดร.สุวิพล สิริชิวภาค ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และนายกิตติเจริญ สุภชัยศิริกุล ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่ทำให้กำลังใจจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ นางสาวรังสิมา เหลืองอ่อน นางสาวกัลยา จันทรชานา นางสาวกาญจนา วงศ์ศรีทอง นายศุภรัตน์ ตั้งศรีวงษ์ นายปริญญา ปานะกุล นายพงษ์ศักดิ์ วิทยากรวณิช รวมทั้งทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำต่างๆพร้อมทั้งช่วยให้กำลังใจที่ดีเสมอมา

สุดท้ายขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัยที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เอกพล ใจรักธรรม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 กล่าวนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์และข้อกำหนดในการทำวิทยานิพนธ์.....	1
1.3 โครงร่างวิทยานิพนธ์.....	2
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบ WATM.....	4
2.1 กล่าวนำ.....	4
2.2 หลักการเบื้องต้นของระบบ ATM.....	4
2.3 ข้อแตกต่างระหว่างระบบ WATM กับระบบ ATM.....	15
2.4 โครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของ WATM.....	17
2.5 ประเด็นสำคัญที่จะทำให้ระบบ WATM ทำงานได้ผลดี.....	19
บทที่ 3 ระเบียบการเข้าถึง แบบสล็อตอะ โลฮา.....	21
3.1 กล่าวนำ.....	21
3.2 ระเบียบการเข้าถึงประเภทต่างๆ.....	21
3.3 ระเบียบการเข้าถึง แบบสล็อตอะ โลฮาสำหรับระบบWATM.....	29
3.4 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระเบียบการเข้าถึง แบบสล็อตอะ โลฮา กับ ระเบียบการ เข้าถึงแบบอื่นๆ.....	30

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลของระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโหลสำหรับระบบ WATM โดยวิธีทางคณิตศาสตร์.....	32
4.1 กล่าวนำ.....	32
4.2 แบบจำลองของระบบWATMที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	32
4.3 โมเดลทางคณิตศาสตร์.....	34
4.4 แผนภูมิโปรแกรมคำนวณค่าเพื่อวิเคราะห์โดยทางคณิตศาสตร์.....	41
4.5 ผลการทดลอง.....	43
4.6 สรุป.....	45
บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลของระเบียบการเข้าถึง แบบสล็อตอะโหล สำหรับระบบ WATM โดยวิธีการจำลองแบบ.....	49
5.1 กล่าวนำ.....	49
5.2 ระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	49
5.3 อัลกอริทึมของโปรแกรมจำลองแบบ.....	50
5.4 ผลการทดลอง.....	60
5.5 สรุป.....	62
บทที่ 6 บทสรุป.....	63
6.1 กล่าวนำ.....	63
6.2 การเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์โดยทางคณิตศาสตร์ กับ ผลที่ได้ จากการจำลองแบบ.....	63
6.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป.....	64
เอกสารอ้างอิง.....	65
ภาคผนวก.....	66
ก. ซอฟต์แวร์สำหรับการคำนวณโดยวิธีทางคณิตศาสตร์.....	67
ข. ซอฟต์แวร์สำหรับการคำนวณโดยวิธีการจำลองแบบ.....	76
ค. ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์.....	86

สารบัญ(ต่อ)

ประวัติผู้เขียน.....87



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่า PTI(Payload Type Indicators)	10
2.2 คุณลักษณะกราฟฟิกของบริการB-ISDN บางชนิด	15



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การเชื่อมต่อในระบบ ATM.....	5
2.2 โมเดลอ้างอิงโพรโทคอลของ ATM.....	6
2.3 โครงสร้างของเซลล์ ATM.....	8
2.4 โครงสร้างส่วนหัวของเซลล์ ATM ที่ UNI และ NNI.....	9
2.5 คลาสต่างๆในเลเยอร์ AAL.....	11
2.6 โครงสร้างของเลเยอร์ AAL.....	12
2.7 การเปรียบเทียบรูปแบบของเซลล์ WATM กับเซลล์ ATM.....	16
2.8 รายละเอียดรูปแบบของเซลล์ WATM กับเซลล์ ACK.....	17
2.9 โครงสร้างทางสถาปัตยกรรมแบบ โหมด Native.....	18
2.10 โครงสร้างทางสถาปัตยกรรมแบบ โหมด TCP/IP.....	19
3.1 รูปแบบการเข้าถึงโดยวิธี FDMA.....	22
3.2 รูปแบบการเข้าถึงโดยวิธี TDMA.....	23
3.3 กลไกการชนกันของแพ็กเก็ตในวิธีอะโลฮา.....	24
3.4 ช่วงเวลาที่สามารถเกิดการชนกันของแพ็กเก็ต.....	25
3.5 กลไกการชนกันของแพ็กเก็ตในวิธีสล็อตอะโลฮา.....	28
3.6 ระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮาในระบบ WATM.....	30
4.1 การเชื่อมต่อระหว่างโครงข่ายWATMกับโครงข่ายATM.....	33
4.2 แบบจำลองของระบบWATM.....	34
4.3 โมเดลทางคณิตศาสตร์ของระบบ.....	37
4.4 แผนภูมิโปรแกรมคำนวณค่าทราฟฟิคและค่าหน่วงเวลาโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์.....	42
4.5 กราฟแสดงค่าทราฟฟิคเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ในกรณีที่ $d=100, ta=0.001, K=3,4$ และ 5	43
4.6 กราฟแสดงค่าหน่วงเวลาเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ในกรณีที่ $d=100, ta=0.001, K=3,4$ และ 5	43
4.7 กราฟแสดงค่าทราฟฟิคเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ในกรณีที่ $K=4, ta=0.001, d=100, 500, 1000$ และ 5000	44
4.8 กราฟแสดงค่าหน่วงเวลาเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธีการ	

สารบัญญภาพ(ต่อ)

ทางคณิตศาสตร์ในกรณีที่ $K=4, ta=0.001, d=100, 500, 1000$ และ 5000	44
5.1 แผนภูมิโปรแกรมการจำลองแบบ.....	52
5.2 แผนภูมิโปรแกรมการจำลองแบบส่วนที่1.....	53
5.3 แผนภูมิโปรแกรมการจำลองแบบส่วนที่2.....	54
5.4 แผนภูมิโปรแกรมการจำลองแบบส่วนที่3.....	55
5.5 แผนภูมิโปรแกรมการจำลองแบบส่วนที่4.....	56
5.6 แผนภูมิโปรแกรมการจำลองแบบส่วนที่5.....	58
5.7 แผนภูมิโปรแกรมการจำลองแบบส่วนที่6.....	59
5.8 กราฟแสดงค่าทรูพหุเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธีการจำลองแบบในกรณีที่ $d=100, ta=0.001, K=3, 4$ และ 5	60
5.9 กราฟแสดงค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธีการจำลองแบบในกรณีที่ $d=100, ta=0.001, K=3, 4$ และ 5	60
5.10 กราฟแสดงค่าทรูพหุเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธีการจำลองแบบในกรณีที่ $K=4, ta=0.001, d=100, 1000$ และ 5000	61
5.11 กราฟแสดงค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธีการจำลองแบบในกรณีที่ $K=4, ta=0.001, d=100, 1000$ และ 5000	61

บทที่ 1

บทนำ

1.1. กล่าวนำ

ในปัจจุบันระบบ ATM (Asynchronous Transfer Mode) ได้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายทั่วโลกเนื่องจากเป็นระบบที่มีความสามารถในการรองรับการสื่อสารแบบ ISDN ซึ่งสามารถที่จะให้บริการด้านการสื่อสาร เช่น เสียง (Voice), ข้อมูล (Data), โทรสาร (Facsimile) ได้เป็นอย่างดี ซึ่งระบบ WATM (Wireless Asynchronous Transfer Mode) นี้ได้รับการพัฒนาขึ้นมาโดยแนวความคิดที่จะใช้ประโยชน์จากการรวมข้อดีและจุดเด่นของระบบ ATM และการสื่อสารแบบไร้สายเข้าด้วยกันและเมื่อนำระบบ ATM มาใช้กับการสื่อสารแบบไร้สายแล้วประเด็นสำคัญที่จะต้องนำมาพิจารณาก็คือระเบียบการในการเข้าถึง (Access Protocol) ที่จะนำมาใช้กับระบบ WATM เนื่องจากว่าระเบียบการในการเข้าถึงแบบต่างๆซึ่งใช้กันอยู่ในระบบ ATM นั้นจะให้ผลที่แตกต่างกันเมื่อนำมาใช้กับระบบ WATM เนื่องมาจากว่าสภาพแวดล้อมต่างๆของระบบทั้งสองมีความแตกต่างกันมาก โดยที่ในระบบ ATM นั้นใช้การส่งสัญญาณผ่านสายส่ง เช่น ใยแก้วนำแสง เป็นต้น แต่ในระบบ WATM จะทำการส่งสัญญาณผ่านอากาศโดยใช้คลื่นวิทยุเป็นคลื่นพาห้ทำให้มีปัญหาดังกล่าวที่จะต้องนำมาพิจารณามากขึ้น เช่น การตรวจจับสัญญาณของคลื่นพาห้ และเวลาที่ใช้ในการเดินทางของคลื่นพาห้ เป็นต้น

ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงได้ทำการเสนอแนะการนำระเบียบการในการเข้าถึงแบบสุม โดยวิธีสล็อตอะโลฮามาใช้ในระบบ WATM และทำการสร้างแบบจำลองสำหรับวิเคราะห์สมรรถนะในการเข้าถึงสถานีฐานของเทอร์มินอลเสนอโมเดลทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนทำการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบด้วยการคำนวณทางคณิตศาสตร์และการจำลองแบบการทำงานของระบบ

1.2. วัตถุประสงค์และข้อกำหนดในการทำวิทยานิพนธ์

ปัญหาดังกล่าวที่จะต้องพิจารณาในการพัฒนาระบบ WATM มีมากมายแต่ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการพิจารณาเฉพาะเรื่องผลของระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮาสำหรับระบบ WATM ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอวิธีการของระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮาสำหรับระบบ WATM โมเดลทางคณิตศาสตร์ของระบบที่พิจารณาและผลการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบซึ่งจะพิจารณาจากค่าหน่วยเวลาและทรูพุทซึ่งได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์และการจำลองแบบ

สำหรับหลักการใหม่ที่จะได้ทำการนำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ก็คือการนำวิธีการเข้าถึงแบบสุมโดยวิธีสล็อตอะโลฮามาใช้กับระบบ WATM ซึ่งระเบียบการเข้าถึงวิธีนี้เป็นวิธีที่มีการใช้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อข่าวสารที่ส่งมีลักษณะของการเกิดขึ้นเป็นแบบเบิร์ต โดยในที่นี้จะทำการวิเคราะห์ผลของการเข้าถึงสถานีฐานของเทอร์มินอล ดังนั้นในแบบจำลองของระบบที่ใช้ในการศึกษาจะประกอบไปด้วยสถานีฐานจำนวน 1 สถานี กับเทอร์มินอล จำนวน N เทอร์มินอลซึ่งตั้งอยู่ห่างจากสถานีฐานเป็นระยะทางเท่าๆกัน โดยการสื่อสารระหว่างสถานีฐานกับเทอร์มินอลจะใช้คลื่นวิทยุ การส่งข่าวสารจากสถานีฐาน ไปยังเทอร์มินอลจะใช้วิธีแพร่สัญญาณโดยเทอร์มินอลที่มีแอดเดรสตรงกับที่เซลล์ WATM ระบุจะปรับเซลล์ WATM นั้นไว้ ส่วนเทอร์มินอลอื่นที่มีแอดเดรสไม่ตรงกับที่เซลล์ WATM ระบุก็จะทำการทิ้งเซลล์นั้นไป ส่วนการส่งข่าวสารจากเทอร์มินอลมายังสถานีฐานจะใช้การเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮา ซึ่งเทอร์มินอลในระบบจะมีสถานะได้ 2 สถานะ คือสถานะซิงค์กิ้งหรือบล็อก ในกรณีที่เทอร์มินอลอยู่ในสถานะซิงค์กิ้งนั้นเทอร์มินอลจะทำการส่งเซลล์ที่สร้างขึ้นใหม่ด้วยการกระจายแบบปัวซอง (Poisson Distribution) ที่มีค่าเฉลี่ย (Mean) $\alpha \ll 1$ เซลล์ต่อสล็อตเวลา โดยที่ช่วงเวลา 1 สล็อตเวลามีค่าเท่ากับช่วงเวลาที่ใช้ส่งเซลล์ WATM 1 เซลล์ ซึ่ง α ก็คือค่าความน่าจะเป็นที่เทอร์มินอลจะส่งเซลล์ WATM ที่สร้างขึ้นใหม่ในช่วงสล็อตเวลาที่พิจารณานั้นเอง

จากนั้นเพื่อให้สะดวกในการศึกษาระบบ WATM วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกำหนดให้เทอร์มินอลอยู่กับที่และผลของมัลติพาร์เฟดดิ้งมีค่าน้อยมากจนสามารถที่จะตัดทิ้งได้ จากนั้นก็จะทำการสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายสถานะของระบบ โดยในที่นี้จะใช้โมเดลของมาร์คอฟ จากนั้นจะนำโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ได้ไปคำนวณเพื่อหาค่าทรูพุทและกำหนดวงเวลาที่ให้นำไปใช้แสดงสมรรถนะของระบบ และเพื่อเป็นการยืนยันว่าผลที่ได้รับมาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์มีความน่าเชื่อถือเพียงใด โดยจะทำการเปรียบเทียบผลจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์กับผลจากการจำลองการทำงาน

1.3. โครงร่างวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทคัดย่อและ Abstract

บทที่ 1 กล่าวถึงบทนำ

บทที่ 2 กล่าวถึงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบ WATM

บทที่ 3. กล่าวถึงระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮา

บทที่ 4 กล่าวถึงการวิเคราะห์ผลของระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮาสำหรับระบบ WATM โดยวิธีทางคณิตศาสตร์

บทที่ 5 กล่าวถึงการวิเคราะห์ผลของระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮาสำหรับ WATM โดยการจำลองแบบการทำงานของระบบ

บทที่ 6 กล่าวถึงการสรุปผลการวิจัย , ปัญหาที่พบ และแนวทางการนำไปประยุกต์ใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบ WATM

2.1 กล่าวนำ

แนวความคิดเรื่อง ATM ไร้สายหรือ WATM นี้ ได้รับการเสนอขึ้นอย่างเป็นทางการครั้งแรกในปี ค.ศ. 1992 ซึ่งปัจจุบันได้มีการพิจารณาว่าระบบนี้จะเป็นโครงสร้างหลักที่เป็นไปได้ในการที่จะนำมาใช้งานในยุคต่อไปของโครงข่ายการสื่อสารไร้สาย ซึ่งระบบนี้มีความสามารถในการรองรับการรวมโครงข่ายการสื่อสารแบบต่างๆ เข้าด้วยกันหรือที่เรียกกันว่า ISDN ได้เป็นอย่างดี ซึ่งในบทนี้จะได้อธิบายถึง หลักการเบื้องต้นของระบบ ATM ข้อแตกต่างระหว่างระบบ WATM กับระบบ ATM โครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของ WATM และประเด็นสำคัญที่จะทำให้ระบบ WATM ทำงานได้ผลดี

2.2 หลักการเบื้องต้นของระบบ ATM

เนื่องจากระบบ WATM นั้นได้นำหลักการของระบบ ATM มาใช้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำความเข้าใจกับหลักการเบื้องต้นของระบบ ATM ก่อน

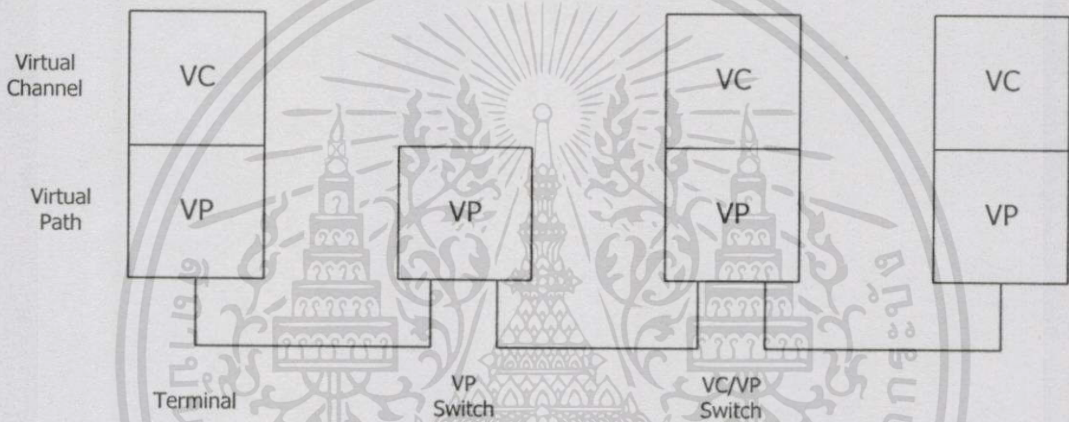
2.2.1 การถ่ายโอนข่าว

การถ่ายโอนข่าว (Information Transfer) ในระบบ ATM นั้นจะใช้วิธีการส่งข่าวสารเป็นแพ็กเก็ตสั้นๆที่มีความยาวคงที่เรียกว่าเซลล์ โดยที่แต่ละเซลล์จะประกอบไปด้วยฟิลด์ข่าวสาร (Information Field) และส่วนหัว(Header) ซึ่งส่วนหัวนี้จะเป็นส่วนที่มีความสำคัญอย่างมากในการจำแนกเซลล์ต่างๆที่ส่งผ่าน VC (Virtual Channel) เดียวกันในการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลาด้วยวิธีอะซิงโครนัส (Asynchronous Time Division Multiplex) และการจัดเส้นทาง (Routing)

ส่วนฟิลด์ข่าวสารของเซลล์ ATM นั้นจะถูกส่งผ่านโครงข่ายโดยที่ไม่มีกระบวนการตรวจสอบการผิดพลาดภายในโครงข่ายเลย ข่าวสารจากแหล่งข่าวสารต่างๆทุกชนิด เช่น สัญญาณเสียง,สัญญาณภาพ รวมทั้งข้อมูลที่สามารถที่จะส่งผ่านระบบATM ได้รวมทั้งข่าวสารประเภท คอนเนกชันเลส ด้วย และเพื่อที่จะสามารถให้บริการกับข่าวสารประเภทต่างๆได้อย่างเหมาะสม AAL (ATM Adaptation Layers) ประเภทต่างๆจึงได้ถูกนิยามขึ้น ขึ้นอยู่กับลักษณะของข่าวสารนั้นเพื่อที่จะสามารถบรรจุข่าวสารนั้นลงไปเซลล์ATM ได้พอดี และจัดหาฟังก์ชันจำเพาะในการบริการ (Service Specific Function) ซึ่งข่าวสารจำเพาะของ AAL นี้จะถูกบรรจุอยู่ในส่วนฟิลด์ข่าวสารของเซลล์ATM

2.2.2 การจัดเส้นทาง

ระบบ ATM นั้นมีการเชื่อมต่อแบบคอนเนกชัน ซึ่งหมายความว่าก่อนที่ข่าวสารจะถูกส่งจากเทอร์มินอลเข้าไปในโครงข่ายนั้นในช่วงการเริ่มต้นการเชื่อมต่อโครงข่ายจะทำการตรวจสอบรหัสเพื่อที่จะรวมกันเป็นเส้นทางที่สมบูรณ์และจะถูกแปลเมื่อมีการสวิตช์จากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่ง แต่ถ้ามีรหัสไม่เพียงพอแล้วการเชื่อมต่อนั้นจะถูกปฏิเสธ โดยที่การเชื่อมต่อนั้นจะมีอยู่ 2 ประเภท คือ VCC (Virtual Channel Connections) และ VPC (Virtual Path Connections) โดยที่ VPC นั้นสามารถที่จะพิจารณาว่าเกิดจากการที่นำ VCC มารวมเข้าด้วยกัน เมื่อมีการสวิตช์ และมัลติเพลกซ์ขึ้น จะต้องเริ่มต้นกระทำกับ VPC แล้วจึงสามารถที่จะกระทำกับ VCC ได้ ดังที่ได้แสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การเชื่อมต่อในระบบ ATM

2.2.3 รหัส

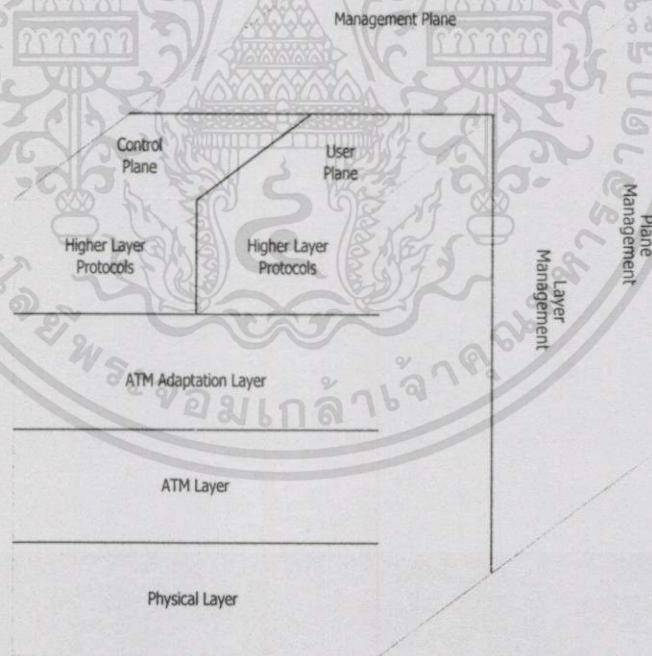
ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าระบบ ATM นั้นมีการเชื่อมต่อแบบคอนเนกชัน การสร้างการเชื่อมต่อจะมีทั้งแบบกึ่งถาวร หรือแบบตลอดช่วงเวลาการเรียก การสร้างการเชื่อมต่อนี้จะรวมถึงการจัดสรร VCI (Virtual Channel Identifier) และ VPI (Virtual Path Identifier) ให้แก่โครงข่ายของระบบ ตลอดจนการจัดสรรรหัสที่จำเป็น ซึ่งรหัสเหล่านี้จะถูกแสดงในรูปของทรูพุด และคุณภาพของการให้บริการ (Quality of Service) ซึ่งทั้งสองสิ่งนี้จะถูกตกลงกันระหว่างผู้ใช้กับโครงข่าย

แบนด์วิดท์ จะต้องถูกรักษาไว้ในโครงข่ายสำหรับแต่ละการเชื่อมต่อ ในระบบ ATM นั้นมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถทำการประหยัดแบนด์วิดท์โดยใช้การมัลติเพลกซ์สำหรับการเชื่อมต่อแบบ VBR (Variable Bit Rate) อย่างไรก็ตามปริมาณที่จะสามารถประหยัดได้ก็ขึ้นอยู่กับจำนวนของการเชื่อมต่อที่ถูกมัลติเพลกซ์, ความเป็นเบิร์สต์ (Burstiness) ความสัมพันธ์ระหว่างการเชื่อมต่อและคุณภาพของการให้บริการที่ต้องการ

2.2.4 โมเดลอ้างอิงโพรโทคอล ของ ATM

โมเดล OSI (Open Standard Interconnect) ของ ISO (International Standard Organization) ซึ่งเป็นที่นิยมและถูกนำไปใช้เป็นโมเดลของระบบการสื่อสารทุกชนิด ลำดับชั้นทางตรรกที่ใช้ในโมเดล OSI ได้ถูกนำมาใช้สำหรับโครงข่าย ATM ในข้อเสนอแนะที่ I.321 อย่างไรก็ตามมีเพียงเลเยอร์ระดับต่ำ (Lower Layer) เท่านั้นที่ได้ทำการอธิบายไว้ โดย ITU-T (International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector) ยังไม่ได้ทำการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง ATM และ OSI

โมเดลอ้างอิงโพรโทคอล (Protocol Reference Model) ของ ATM นั้นแสดงในภาพที่ 2.2 ซึ่งมีอยู่ 3 ระนาบ (Plane) คือระนาบผู้ใช้ (User Plane) ที่ใช้ส่งข่าวสารของผู้ใช้ ระนาบควบคุม (Control Plane) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นส่วนข่าวสารด้านการส่งสัญญาณ (Signalling Information) และระนาบการจัดการ (Management Plane) ที่ใช้ในการบำรุงรักษาโครงข่ายและปฏิบัติตามฟังก์ชันดำเนินการ (Operational Function) นอกจากนี้ยังมีมิติที่ 3 ที่ถูกเพิ่มเข้าไปในโมเดลอ้างอิงโพรโทคอล ซึ่งเรียกว่า การจัดการระนาบ (Plane Management) ซึ่งมีหน้าที่สำหรับจัดการระนาบต่างๆ



ภาพที่ 2.2 โมเดลอ้างอิงโพรโทคอลของ ATM

2.2.4.1 ฟิสิกัลเลเยอร์

ฟิสิกัลเลเยอร์จะทำหน้าที่ส่งเซลล์ ATM จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งเลเยอร์นี้จะประกอบด้วย 2 เลเยอร์ย่อย (Sublayer) คือ เลเยอร์ย่อย PM (Physical Medium) และ เลเยอร์ย่อย TC (Transmission Convergence)

เลเยอร์ย่อย PM จะรับผิดชอบเกี่ยวกับฟังก์ชันที่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพของตัวกลางและทำการส่งข่าวสารในระดับบิตรวมทั้งการปรับบิตที่รับได้ทางด้านรับให้ตรงกับที่ทางด้านส่งทำการส่งมา ซึ่งจะมีกระบวนการต่างๆรวมไปถึงการเข้ารหัส (Coding) และการแปลงไฟฟ้าเป็นแสง (Electrical Optical Transformation)

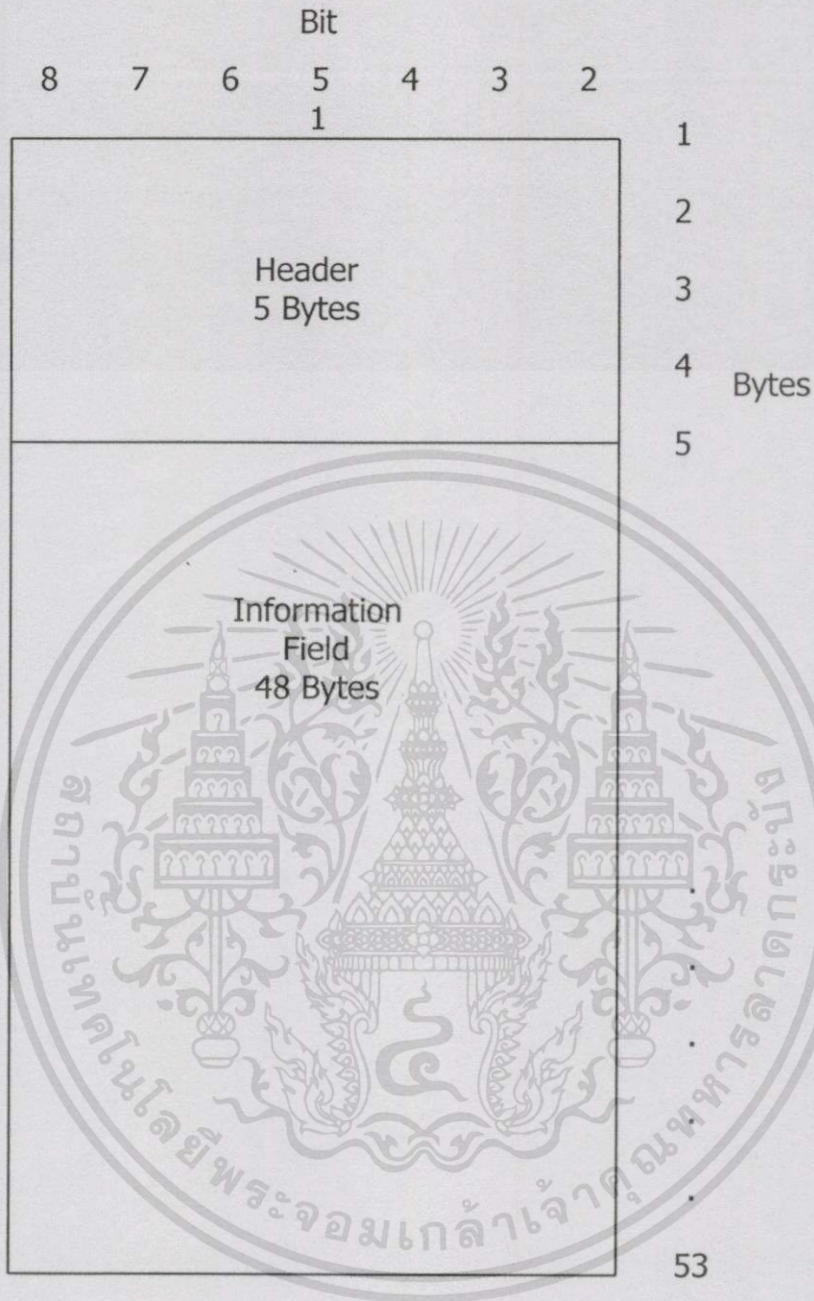
ส่วนเลเยอร์ย่อย TC จะทำหน้าที่เกี่ยวกับฟังก์ชันที่จำเป็นในการแปลงเซลล์ที่เข้ามาเป็นหน่วยข้อมูลในระดับบิต ซึ่งสามารถที่จะทำการรับส่งโดยผ่านเลเยอร์ย่อย PM ได้

จากฟิสิกัลเลเยอร์ไปยัง เลเยอร์ ATM ข้อมูลที่ผ่านขึ้นไปจะกลายเป็นเซลล์ที่มีความหมาย (Valid Cell) โดยที่เซลล์ที่มีความหมายก็คือเซลล์ที่ส่วนหัวไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น โดยการตรวจสอบความผิดพลาดของส่วนหัวจะกระทำในเลเยอร์ย่อย TC

ในทิศทางตรงกันข้าม จากเลเยอร์ ATM ลงไปยังฟิสิกัลเลเยอร์ เซลล์ ATM จะถูกรวมกับข่าวสารที่จำเป็นสำหรับการกำหนดโครงสร้างของเซลล์ การบำรุงรักษาตลอดจนการดำเนินการต่างๆ

2.2.4.2 เลเยอร์ ATM

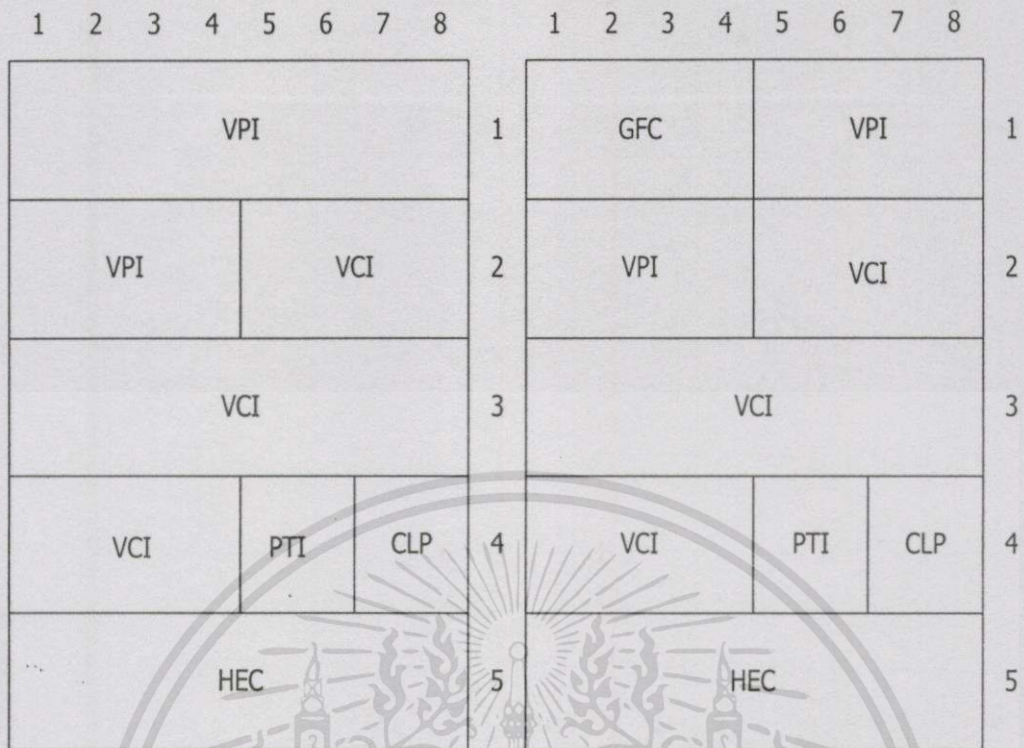
ในข้อเสนอแนะที่ I.361 ได้ทำการอธิบายถึงรายละเอียดในการเข้ารหัสของเซลล์ ATM โดยโครงสร้างของเซลล์ที่ได้รับเลือกโดย ITU-R (International Telecommunication Union Recommendation) จะประกอบไปด้วย 48 ไบต์ ของส่วนฟิสิกัลข่าวสารและ 5 ไบต์ ของส่วนหัว ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของเซลล์ ATM

โดยส่วนหัวของเซลล์ ATM จะประกอบไปด้วยฟิลด์ต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ GFC (Generic Flow Control), VPI (Virtual Path Identifier), VCI (Virtual Channel Identifier), PT (Payload Type), CLP (Cell Loss Priority) และ HEC (Header Error Control) ซึ่งรูปแบบของส่วนหัวนี้แสดงในภาพที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างส่วนหัวของเซลล์ ATM ที่ UNI และ NNI

จากภาพจะเห็นว่ารูปแบบของส่วนหัวนี้จะแตกต่างกันในกรณีของ UNI (User Network Interface) และ NNI (Network node Interface)

GFC มีขนาด 4 บิต จะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของข่าวสารที่ UNI สำหรับกราฟฟิกที่ส่งมาจากอุปกรณ์ทางด้านผู้ใช้เข้าไปยังโครงข่ายแต่ไม่ได้ควบคุมการไหลของข่าวสารจากโครงข่ายไปยังด้านผู้ใช้ ส่วน GFC นี้ จะไม่ถูกใช้ภายในโครงข่ายแต่จะถูกใช้โดยกลไกในการเข้าถึง (Access Mechanisms) ดังนั้นส่วนนี้จะถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของ VPI ในกรณีของ NNI เพื่อที่จะเพิ่มความสามารถในการระบุเส้นทางให้มากขึ้น มี 2 โหมดในการดำเนินการของส่วน GFC คือ Uncontrolled Access และ Controlled Access โหมดแรกจะถูกใช้ในช่วงแรกๆ ที่ยังมีกราฟฟิกไม่มากนัก ส่วนโหมดที่ 2 นั้นจะใช้ในกรณีที่มิกราฟฟิกมากขึ้น และอัตราการไหลของเซลล์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยผู้ใช้จะถูกควบคุมที่ UNI

ATM มีการเชื่อมต่อแบบคอนเนกชันและเวอรัซวลเซอร์กิตจำเป็นที่จะต้องถูกสร้างขึ้นระหว่างโหนดปลายทางก่อนที่การส่งจะเริ่มขึ้น และเช่นเดียวกันกับโครงข่ายแพ็กเกตสวิตชิงอื่นๆ การจัดเส้นทางจะมีขึ้นที่ทุกโหนดสำหรับแต่ละเซลล์ที่มาถึง ซึ่งข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางนี้จะถูกบรรจุอยู่ในส่วน VPI ซึ่งมีขนาด 8 หรือ 12 บิต และส่วน VCI ซึ่งมีขนาด 16

บิต มี 3 บิต ในส่วนหัวของเซลล์ ATM ที่ทำหน้าที่ระบุชนิดของแพย์โหลด ส่วนค่า 7 ค่าที่นิยามนั้น แสดงในตาราง 2.1 ส่วนค่าอื่น ๆ นั้นได้สงวนไว้สำหรับฟังก์ชันในอนาคต

ตารางที่ 2.1 ค่า PTI (Payload Type Indicators)

PTI	Meaning
000	User data cell, congestion not experienced, SDU type=0
001	User data cell, congestion not experienced, SDU type=1
010	User data cell, congestion experienced, SDU type=0
011	User data cell, congestion experienced, SDU type=1
100	Segment OAM flow-related cell
101	End-to-end OAM flow-related
110	Resource management cell
111	Reserved

ส่วน CLP ของเซลล์ ATM จะมีขนาด 1 บิต ใช้สำหรับระบุค่า CLP เนื่องมาจากการใช้สแตติสติกอลมัลติเพลกซ์ทำให้ไม่สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาเซลล์ลอสได้ โดยเซลล์ที่มีค่า CLP ถูกตั้งค่าเป็น 1 จะถูกกำจัดออกจากโครงข่ายก่อนเมื่อเกิดการชนกันขึ้นของเซลล์ ในขณะที่เซลล์ที่มีค่า CLP เป็น 0 จะไม่ถูกกำจัด โดยกลไกในการควบคุมการไหล จะต้องถูกกำหนดให้พิจารณาค่าของ CLP

ส่วน HEC จะมีจุดประสงค์ในการใช้หลัก 2 ประการ คือ กำจัดเซลล์ที่เกิดการผิดพลาดขึ้นที่ส่วนหัวและใช้วาดโครงสร้างของเซลล์โดยส่วนนี้จะมีขนาด 8 บิต

2.2.4.3 เลเยอร์ AAL (ATM Adaptation Layer)

หน้าที่ของเลเยอร์ AAL นี้ก็คือการจัดหาฟังก์ชันต่างๆที่จะทำให้ได้รับคุณภาพของการให้บริการที่ระดับบริการต่างๆ ต้องการ ซึ่งอาจจะเป็นการขยายการให้บริการซึ่งจัดหาไว้โดยเลเยอร์ ATM

AAL จะรองรับฟังก์ชันของเลเยอร์สูงกว่าสำหรับระนาบผู้ใช้, ระนาบการจัดการและระนาบควบคุมและมันยังรองรับการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่อร่วมที่เป็น ATM และไม่เป็น ATM อีกด้วย ข่าวดสารที่ส่งมายังชั้น AAL จากเลเยอร์ที่สูงกว่าจะถูกแบ่งเป็นส่วนๆและรวบรวมเพื่อที่จะทำการบรรจุเข้าไปในเซลล์ ATM ส่วนเซลล์ที่ถูกส่งขึ้นมายังเลเยอร์ AAL จากเลเยอร์ ATM นั้นแบ่งออกเป็น 4 คลาส โดยแต่ละคลาสจะมีข้อกำหนดเฉพาะของต้นเกี่ยวกับ AAL

การแบ่งการให้บริการออกเป็น 4 คลาส นั้นได้มาจากการพิจารณาพารามิเตอร์ 3 ตัวคือ

1. ความสัมพันธ์ทางด้านเวลาระหว่างต้นทางและปลายทางบริการบางประเภทจะมีความสัมพันธ์ทางด้านเวลากันระหว่างต้นทางและปลายทางในขณะที่บริการบางประเภทไม่มีความสัมพันธ์ทางด้านเวลาระหว่างต้นทางและปลายทาง ตัวอย่างเช่นสัญญาณเสียง 64 kbps จะมีความสัมพันธ์ทางด้านเวลาระหว่างต้นทางและปลายทางอย่างเห็นได้ชัดในขณะที่การส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่มีความสัมพันธ์ทางด้านเวลาระหว่างต้นทางและปลายทาง โดยบางครั้งบริการที่มีความสัมพันธ์ทางด้านเวลาระหว่างต้นทางและปลายทางนี้จะถูกเรียกว่า บริการแบบเวลาจริง (Real Time)

2. อัตราบิต (Bit Rate)

บริการบางประเภทมีอัตราบิตที่คงที่ในขณะที่บริการบางประเภทมีอัตราบิตที่เปลี่ยนแปลงได้

3. โหมดในการเชื่อมต่อ

บริการต่างๆ นั้นอาจจะเป็นแบบคอนเนคชันหรือคอนเนคชันเลสก็ได้ ซึ่งมีเพียงคลาส 4 คลาสเท่านั้นจาก 8 กรณีนี ซึ่งได้มาจากการรวมลักษณะของพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวที่ตรงกับบริการที่มีอยู่จริง ดังนั้น ITU-T จึงได้นิยามคลาส 4 คลาส ขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
VPI				1	GFC				VPI				1		
VPI		VCI			2	VPI		VCI			2				
VCI						3	VCI						3		
VCI		PTI		CLP		4	VCI		PTI		CLP		4		
HEC					5	HEC					5				
NNI								UNI							

ภาพที่ 2.5 คลาสต่างๆในเลขอร์ AAL

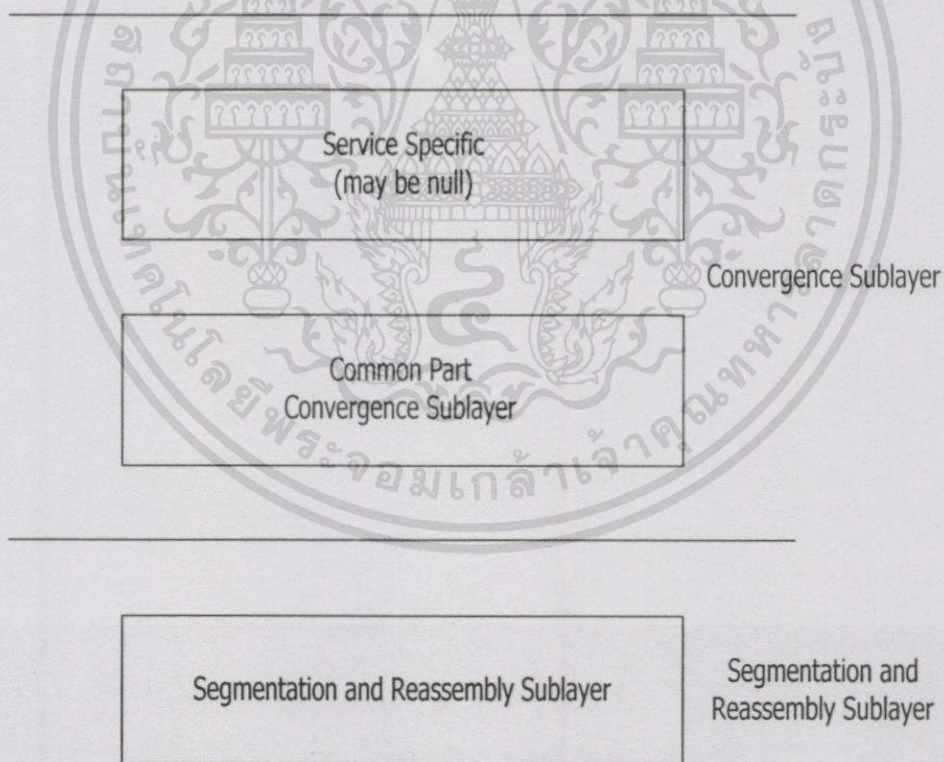
ในคลาส A นั้นระหว่างต้นทางและปลายทางจะมีความสัมพันธ์กันทางด้านเวลา มีอัตราบิทที่คงที่และมีการเชื่อมต่อแบบคอนเนกชัน ตัวอย่างที่เห็นโดยทั่วไปคือสัญญาณเสียง 64 kbps ใน N-ISDN ที่ส่งผ่านระบบ ATM และสัญญาณวิดีโอที่มีอัตราบิทคงที่

ในคลาส B ความสัมพันธ์ทางด้านเวลาระหว่างต้นทางกับปลายทางนั้นก็ยังคงมีอยู่สำหรับบริการที่มีการเชื่อมต่อแบบคอนเนกชัน แต่อย่างไรก็ตามความแตกต่างระหว่างคลาส A กับคลาส B ก็คือต้นทางจะมีอัตราบิทเปลี่ยนแปลงได้ ตัวอย่างโดยทั่วไปของคลาสนี้ได้แก่สัญญาณเสียงและสัญญาณวิดีโอที่มีอัตราบิทที่เปลี่ยนแปลงได้

ในคลาส C จะไม่มีความสัมพันธ์ทางด้านเวลาระหว่างต้นทางและปลายทางรวมทั้งอัตราบิทที่เปลี่ยนแปลงได้ ส่วนการเชื่อมต่อเป็นแบบคอนเนกชัน ตัวอย่างเช่น การส่งข้อมูลและการส่งสัญญาณแบบคอนเนกชัน

คลาสสุดท้าย คือคลาส D ซึ่งมีข้อแตกต่างจากคลาส C คือมีการเชื่อมต่อแบบคอนเนกชันเลส ตัวอย่างเช่น การส่งข้อมูลแบบคอนเนกชันเลส

โดยทั่วไปแล้วเลขอร์ AAL ประกอบด้วย 2 เลขอร์ย่อยดังแสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของเลขอร์ AAL

เลเยอร์ย่อย SAR (Segmentation and Reassembly) จะรับ CS-PDU (Convergence Sublayer Protocol Data Unit) และทำการเพิ่มส่วนส่วนหัวและส่วนท้ายของ SAR เข้าไปสู่สุดท้าย แล้วจะได้เพย์โหลดของเซลล์ ATM 1 เซลล์ที่มีขนาด 48 ไบต์ ทางด้านรับเลเยอร์ SAR จะทำการสร้าง CS-PDU ขึ้นมาใหม่จากเซลล์ ATM ที่รับเข้ามาและทำการส่งต่อไปให้เลเยอร์ย่อย CS

เลเยอร์ย่อย CS จะแบ่งเป็นส่วน CPCS (Common Part CS) และ SSCS (Service Specific CS)

ส่วน CPCS จะปฏิบัติการเกี่ยวกับฟังก์ชันที่เหมือนกันสำหรับทุกๆผู้ใช้ เช่น การมัลติเพลกซ์และการตรวจหาเซลล์ที่สูญหาย ส่วนความต้องการจำเพาะสำหรับบริการแต่ละชนิดนั้นจะปฏิบัติในส่วน SSCS สำหรับบริการที่ไม่ต้องการฟังก์ชันจำเพาะแล้ว SSCS จะเป็นศูนย์

โพรโทคอล AAL 4 ประเภทที่ถูกระบุโดย ITU-T มีชื่อดังต่อไปนี้ คือ AAL 1, AAL 2, AAL 3/4 และ AAL 5 ข้อเสนอแนะที่ I.362 กล่าวว่าบริการแบบที่อัตราบิทมีค่าคงที่ที่จะใช้ AAL 1 บริการข้อมูลแบบคอนเนกชันเลสจะใช้ AAL 3/4 บริการเพอร์มิเลย์จะใช้ AAL 5

AAL 1 ใช้บริการแบบอัตราบิทคงที่ที่ต้องการให้ข่าวสารที่ถูกส่งระหว่างต้นทางและปลายทางมีอัตราบิทคงที่หลังจากที่การเชื่อมต่อเสมือนได้ถูกจัดตั้งขึ้นแล้ว บริการที่ AAL จัดหาให้แก่ผู้ใช้คือ

1. ส่ง SDU ที่มีอัตราบิทของต้นทางคงที่และทำการส่งด้วยอัตราบิทเดียวกัน
2. ส่งข่าวสารเกี่ยวกับเวลาระหว่างต้นทางและปลายทาง
3. ส่งข่าวสารเกี่ยวกับโครงสร้างข้อมูล
4. บ่งชี้ถึงข่าวสารที่ผิดพลาดหรือสูญหายซึ่งไม่สามารถนำกลับมาได้โดย

AAL เองในกรณีที่ทำเป็น

AAL 2 จะทำการส่งข่าวสารที่มีอัตราบิทที่เปลี่ยนแปลงได้ นอกจากข่าวสารเกี่ยวกับเวลาที่จะถูกส่งระหว่างต้นทางและปลายทาง เนื่องจากต้นทางทำการส่งด้วยอัตราบิทที่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่เซลล์จะไม่ได้บรรจุข่าวสารทั้งหมดและการเติมข่าวสารลงในเซลล์จะเปลี่ยนแปลงไปเซลล์ต่อเซลล์ ดังนั้นฟังก์ชันที่จำเป็นจึงมีมากขึ้นใน SAR

AAL 3/4 ทาง ITU-T ได้กำหนดการใช้ AAL 3/4 สำหรับส่งข้อมูลที่มีความไวต่อการสูญเสียแต่ไม่ไวต่อความล่าช้า โดย AAL อาจจะถูกใช้โดยบริการที่มีการเชื่อมต่อแบบคอนเนกชันหรือแบบคอนเนกชันเลสได้ แต่ AAL จะไม่ปฏิบัติการตามฟังก์ชันทั้งหมดที่จำเป็นสำหรับบริการแบบคอนเนกชันเลสเนื่องจากว่าฟังก์ชันต่างๆ เช่น การจัดเส้นทาง จะถูกกระทำบนเลเยอร์โครงข่าย (Network Layer)

AAL 5 ถูกกำหนดขึ้นมานี้เนื่องจากว่าการใช้ AAL 3/4 ในกรณีที่อุปกรณ์ปลายทางมีการเชื่อมต่อแบบคอนเนกชันและมีความเร็วสูงจะไม่เหมาะสมเพราะว่า AAL 3/4 จะมีส่วนหัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 4 ไบท์ต่อ SAR-PDU ขนาด 48 ไบท์ และ CRC ขนาด 10 บิท นั้นไม่เพียงพอในการป้องกันความผิดพลาดในการส่งข้อมูลที่มีความยาว

ดังนั้น AAL 5 จึงถูกกำหนดขึ้นมาให้มีส่วนหัวที่สั้นและมีการตรวจสอบความผิดพลาดที่ดีกว่าในเลเยอร์ CPCS ที่เลเยอร์นี้ AAL 3/4 จะต่างกันเพียงไม่มีการสนับสนุนการมัลติเพล็กซ์เท่านั้น AAL5 ได้ถูกกำหนดให้ใช้งานสำหรับการส่งสัญญาณข้าม UNI และ NNI ใน B-ISDN

2.2.5 บริการประเภทต่างๆ

มีประเด็นต่างๆหลายประเด็นซึ่งจำเป็นที่จะต้องทำการแก้ไขก่อนจึงจะสามารถทำให้การทำงานของโครงข่าย ATM เป็นจริงขึ้นมาได้ ผู้ออกแบบโครงข่ายจะต้องประสบปัญหาต่างๆ เช่น การควบคุมกราฟฟิก, การควบคุมความหนาแน่นของข่าวสาร, การจัดการเกี่ยวกับการเรียกและการจัดเส้นทาง เพื่อที่จะออกแบบและพัฒนาฟังก์ชันของโครงข่ายจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเข้าใจในคุณลักษณะและความต้องการของกราฟฟิกที่จะทำการส่งเสียก่อน

โครงข่าย ATM นั้นได้ถูกออกแบบมาเพื่อที่จะรองรับการประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆที่มีคุณสมบัติซึ่งแตกต่างกันมาก แต่อยู่ในขณะนี้ยังไม่มีการวัดซึ่งครอบคลุมการประยุกต์ใช้ด้านต่างๆที่น่าพอใจ ซึ่งจะระบุคุณลักษณะของการประยุกต์ใช้งานประเภทต่างๆของ B-ISDN การระบุคุณลักษณะของระดับมหภาค (Macro Level) จะเป็นตัวกำหนด คุณลักษณะกราฟฟิกและคุณภาพของการให้บริการ คุณลักษณะกราฟฟิกคือกลุ่มของพารามิเตอร์ที่เล็กที่สุดที่มีข่าวสารมากพอที่โครงข่ายจะใช้ในการควบคุมกราฟฟิกและให้บริการอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผู้ใช้จะทำการประกาศกลุ่มของพารามิเตอร์นี้เมื่อจะเข้าสู่โครงข่าย

2.2.5.1 การกำหนดพารามิเตอร์ของกราฟฟิก

แนวความคิดที่จะอธิบายถึงคุณลักษณะของบริการด้วยกลุ่มของพารามิเตอร์ที่น้อยที่สุดซึ่งเป็นที่มาของการใช้พารามิเตอร์ 4 ตัว ในการแสดงคุณลักษณะของบริการอย่างแพร่หลายซึ่งพารามิเตอร์ทั้ง 4 ตัวนั้นประกอบไปด้วย

1. อัตราการมาถึงสูงสุด (Peak Arrival Rate) ของเซลล์ ATM เมื่อบริการอยู่ในลักษณะเปิด : P:M

2. อัตราการมาถึงเฉลี่ย (Mean Arrival Rate) ของเซลล์ ATM

3. ช่วงเวลาเฉลี่ยของสถานะเปิด : t_{on}

4. ความเป็นเบิร์ตซ์ของกราฟฟิก $\beta = P/M$

ซึ่งการนิยามค่าความเป็นเบิร์ตซ์ของกราฟฟิกนี้เป็นไปตามนิยามของ ITU-R ซึ่งก็คืออัตราส่วนของค่าสูงสุดต่อค่าเฉลี่ยของอัตราการสร้างกราฟฟิก (Traffic Generation Rate)

ในที่นี้จะได้แสดงคุณลักษณะกราฟฟิกของบริการบางชนิดในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะกราฟฟิกของบริการ B-ISDN บางชนิด

Source	Peak Bit Rate (p)	Mean Bit Rate (m)	t_{on}	p/m
Packet Voice	32 kbps	11.2 kbps	352 ms	3.85
Still Picture	2 Mbps	87 kbps	500 ms	23
Broadband Service	10 Mbps	2 Mbps	5 ms	5

2.2.5.2 บริการที่มีอัตราบิตคงที่

บริการที่มีอัตราบิตคงที่ที่จะสร้างกราฟฟิกที่มีอัตราคงที่ซึ่งสามารถอธิบายได้ง่ายโดยค่าอัตราการมาถึงสูงสุดของมัน โดยที่ค่าความเป็นเบิร์ต ของบริการแบบอัตราบิตคงที่นี้จะเท่ากับ 1 และบริการจะทำงานระหว่างช่วงเวลาในการเชื่อมต่อแม้จะเป็นช่วงที่ไม่มีข่าวสารก็จะส่งด้วยอัตราการมาถึงสูงสุด ตัวอย่างของบริการประเภทนี้ได้แก่สัญญาณเสียงและสัญญาณวิดีโอ

2.3 ข้อแตกต่างระหว่างระบบ ATM กับระบบ WATM

ถึงแม้ว่าระบบ WATM จะได้นำหลักการพื้นฐานของระบบ ATM มาใช้ก็ตาม แต่เนื่องจากว่าระบบ WATM นั้นได้ถูกใช้งานในสภาพแวดล้อมของการสื่อสารแบบไร้สาย ดังนั้นจึงมีข้อแตกต่างกับระบบ ATM อยู่บ้าง ซึ่งข้อแตกต่างระหว่างระบบ ATM กับระบบ WATM มีดังต่อไปนี้

2.3.1 ข้อจำกัดทางด้านสเปคตรัม

เนื่องจากระบบ WATM ใช้คลื่นวิทยุเป็นตัวนำข้อมูลผ่านตัวกลางซึ่งก็คืออากาศ ซึ่งจะต่างกับระบบ ATM ที่ใช้สายเป็นตัวกลาง ดังนั้น ระบบ WATM จะต้องคำนึงถึงช่วงความถี่ที่ใช้ซึ่งจะถูกควบคุมจากกฎข้อบังคับทางการสื่อสารต่างๆ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนกันขึ้นนั่นเอง

2.3.2 คุณภาพของการให้บริการซึ่งเปลี่ยนไปตามเวลา

เนื่องจากตัวกลางของระบบ WATM คือ อากาศ ดังนั้นคุณภาพของการให้บริการซึ่งโดยทั่วไปจะพิจารณาจากสัญญาณที่รับได้ทางด้านรับอาจจะเปลี่ยนไปตามเวลาเนื่องจากสภาพแวดล้อมการนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล้อมมีการเปลี่ยนแปลง เช่น ฝนตก, เกิดวัตถุเคลื่อนที่มาบังทางเดินของคลื่นหรือการที่ผู้ใช้บริการเคลื่อนที่ในกรณีที่เทอร์มินอลสามารถเคลื่อนที่ได้

2.3.3 ความคล่องตัว

เนื่องจากไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใส่สายส่งเป็นตัวกลางจึงทำให้สามารถนำระบบเทอร์มินอลเคลื่อนที่มาใช้ได้ ทำให้ผู้ใช้มีอิสระในการเคลื่อนที่ที่เป็นผลให้เกิดความคล่องตัวในการสื่อสาร

2.3.4 ความสะดวกในการขยายโครงข่ายและการบำรุงรักษา

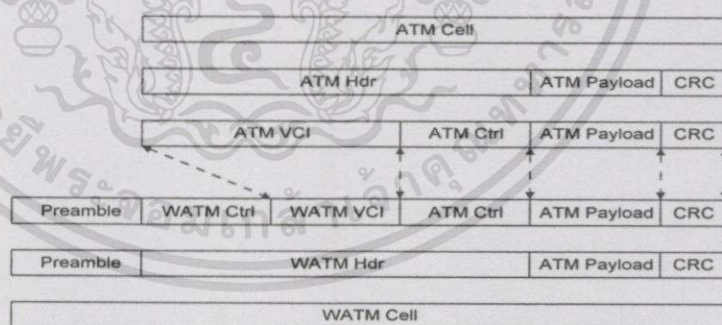
เนื่องจากระบบ WATM ไม่ได้ใส่สายส่ง ดังนั้นจึงมีความสะดวกในการขยายโครงข่ายเพียงแค่ทำการติดตั้งสถานีฐานเท่านั้น โดยไม่ต้องทำการเดินสายส่วนในด้านการบำรุงรักษาที่เฉพาะที่เครื่องรับและเครื่องส่งเท่านั้น

2.3.5 ความประหยัด

ด้านความประหยัดนี้จะเห็นได้ชัดเจนจากการที่ไม่ต้องจ่ายค่าสายส่งใดๆสำหรับระบบ WATM โดยจะประหยัดมากขึ้นถ้าเป็นกรณีที่มีการสื่อสารระยะทางไกลๆ

2.3.6 รูปแบบของเซลล์

รูปแบบของเซลล์ WATM จะมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับรูปแบบของเซลล์ ATM [1],[2] โดยที่การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างรูปแบบของเซลล์ WATM กับรูปแบบของเซลล์ ATM [3] ได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 การเปรียบเทียบรูปแบบของเซลล์ WATM กับเซลล์ ATM

จากภาพจะเห็นว่าขนาดของเพย์โหลด, ATM Ctrl (ATM Control) และ CRC (Cyclic Redundancy Check) ของเซลล์ WATM จะเหมือนกับเซลล์ ATM แต่ว่าด้วยเหตุผลบางประการทำให้ส่วนหัวของเซลล์ WATM มีความแตกต่างจากส่วนหัวของเซลล์ ATM โดยส่วน VCI ของเซลล์ WATM จะถูกย่อให้สั้นลงและจะมีการเพิ่มส่วน WATM Ctrl (WATM Control) ขึ้นมา นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มส่วนพรีแอมเบิลของ WATM ขึ้นมาอีกด้วยทำให้ขนาดเซลล์ของ WATM มีขนาดที่แตกต่างเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างจากเซลล์ ATM ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับรูปแบบของเซลล์ WATM และเซลล์ ACK (Acknowledge Cell) [4]แสดงในภาพที่ 2.8

WATM Cell			ACK Cell			
TYPE	GFC	0	TYPE	VCI	0	
CSN		1	VCI		1	
CONTROL		2	MODE	CSN	2	
VCI		3	CSN	BITMAP	3	
VCI	PLT	CLP	4	BITMAP		4
HEC		5	BITMAP		5	
48 BYTE PAYLOAD		6-53	CRC		6	
CRC		54	CRC		7	
CRC		55				

ภาพที่ 2.8 แสดงรายละเอียดรูปแบบของเซลล์ WATM กับเซลล์ ACK

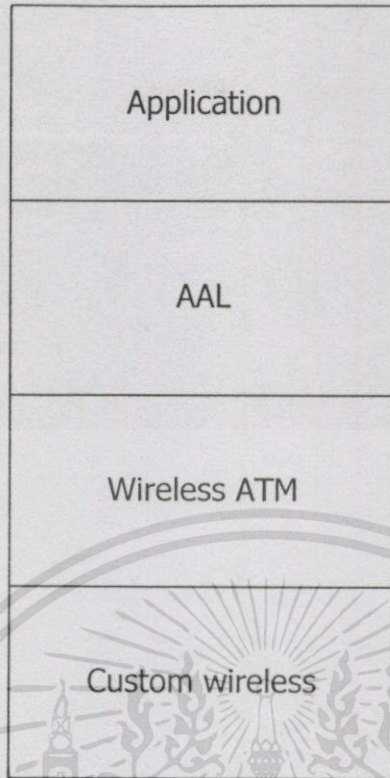
ซึ่งจากภาพจะเห็นว่าเซลล์ WATM มีขนาด 56 ไบต์ ซึ่งจะมากกว่าเซลล์ ATM ที่มีขนาด 53ไบต์ ส่วนเซลล์ ACK จะมีขนาด 8 ไบต์ ซึ่งขนาดของเซลล์ทั้งสองประเภทนี้จะมีผลต่อค่าหน่วงเวลาของระบบ[9]

2.4 โครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของ WATM

โดยทั่วไปแล้วโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของระบบ WATM แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.4.1 โหมด Native

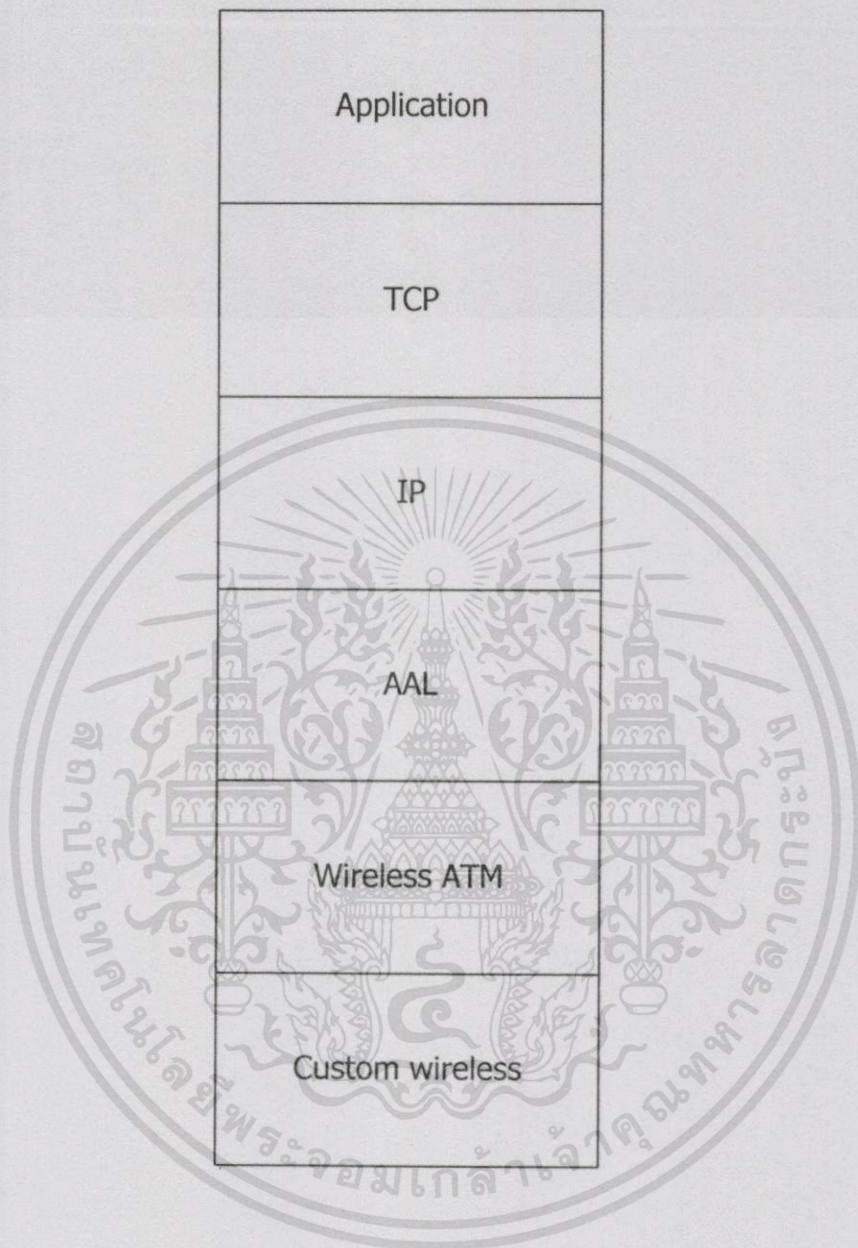
ในโหมดนี้โปรแกรมประยุกต์ต่างๆ จะใช้ระบบ ATM โดยตรงที่เลขอร์ AAL ซึ่งโครงสร้างของโหมดนี้แสดงในภาพที่ 2.9 ตัวอย่างของบริการที่ใช้โหมดนี้ก็คือ สัญญาณวิดีโอและสัญญาณภาพเป็นต้น



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างทางสถาปัตยกรรมแบบโหมค Native

2.4.2 โหมค TCP/IP

ในโหมคนี้ ระบบ ATM จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางส่งผ่านกลุ่มของ TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) ตัวอย่างของบริการที่ใช้โหมคนี้ก็คือ LAN (Local Area Network) โครงสร้างในภาพนี้แสดงในภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 โครงสร้างทางสถาปัตยกรรมแบบโหมค TCP/IP

2.5 ประเด็นสำคัญที่จะทำให้ระบบ WATM ทำงานได้ผลดี

ประเด็นสำคัญที่จะทำให้ระบบ WATM ทำงานได้ผลดีมี 3 ประการ คือ

1. เพื่อจะได้ไม่ต้องกำหนดค่าคุณภาพของการให้บริการเมื่อมีการร้องขอการเชื่อมต่อใหม่ในโครงข่าย ATM จะมี VP เพื่อแยก VC ออกเป็นกลุ่มๆ เพื่อที่จะควบคุมได้สะดวก ซึ่งในโครงข่ายจริง วิศวกรจะถูกกำหนดให้ใช้งาน โดย VP ที่กำหนดและแต่ละกลุ่มของ VC จะแบ่งกันใช้ VP แต่ละ VC ที่ใช้ VP ร่วมกันเรียกว่า VC ซึ่งจะใช้ วิศวกรร่วมกัน ดังนั้น VP จะเปรียบเสมือนท่อระหว่างจุด
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลาย 2 จุด โดยที่มีความจุของ VP สามารถปรับได้อย่างซ้ำๆ ซึ่งแนวความคิดเรื่อง VP นี้เป็นจุดสำคัญ โดยที่แนวคิดนี้จะทำการแบ่งงานใหญ่ลงเป็นกลุ่มที่เล็กกว่า

2. สัญญาหรือขอร้องการเชื่อมต่อหรือขอยกเลิกการเชื่อมต่อของผู้ใช้บริการ จะผ่านไปยังคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุม

3. ไม่จำเป็นที่ VC เดียวกันที่จะต้องเหมือนกันเมื่อมีเลขหมายเดียวกัน และ VC เดียวกันอาจจะมีหมายเลขไม่เหมือนกันก็ได้



บทที่ 3

ระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮา

3.1 กล่าวนำ

ในการนำระบบ WATM มาใช้งานนั้น การพิจารณาถึงระเบียบการเข้าถึงที่นำมาใช้นับเป็นประเด็นสำคัญที่จะต้องคำนึงถึง เนื่องจากระเบียบการเข้าถึงแต่ละประเภทก็จะมีผลต่อค่าหน่วยเวลาและทรูพุทของระบบที่แตกต่างกัน ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะได้นำเสนอการนำระเบียบการเข้าถึงโดยวิธีสล็อตอะโลฮามาใช้งานกับระบบ WATM โดยในบทนี้จะกล่าวถึงระเบียบการเข้าถึงโดยวิธีการต่างๆ การนำระเบียบเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮามาใช้งานกับระบบ WATM และข้อเปรียบเทียบระหว่างระเบียบการเข้าถึงโดยวิธีสล็อตอะโลฮากับระเบียบการเข้าถึงประเภทอื่น

3.2 ระเบียบการเข้าถึงประเภทต่างๆ

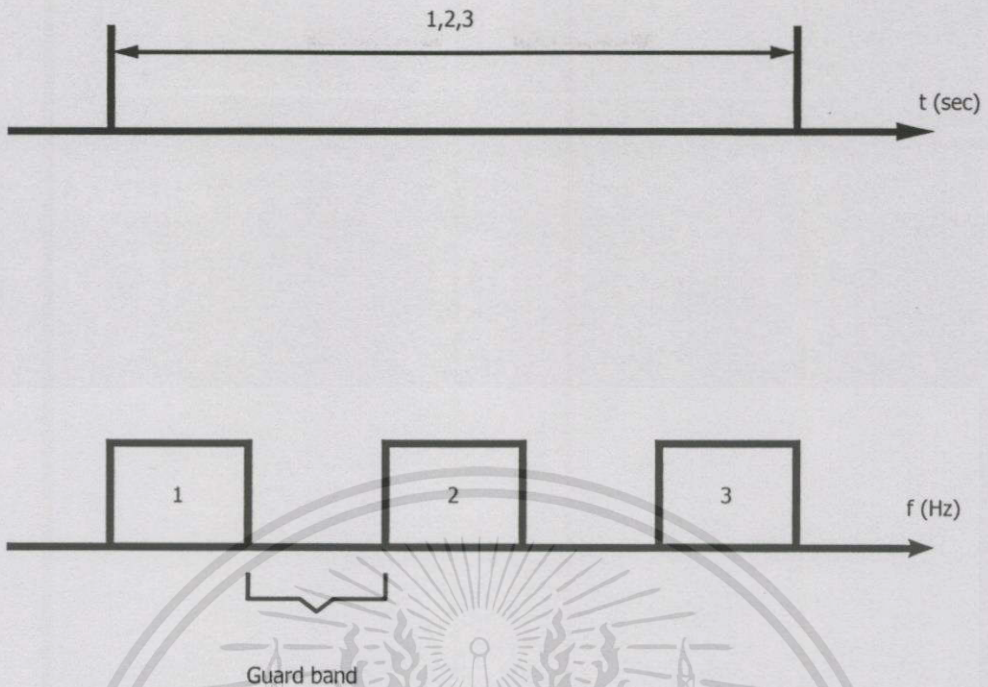
สำหรับระเบียบการเข้าถึงประเภทต่างๆนั้นพอจะแบ่งได้ดังนี้

3.2.1 วิธีการกำหนดแบบคงที่

ในระเบียบการเข้าถึงที่ใช้วิธีการกำหนดแบบคงที่นั้นจะมีการจัดสรรริชของช่องสัญญาณซึ่งอาจจะเป็นช่วงเวลา, ความถี่ หรือทั้งสองอย่างไว้อย่างคงที่ สำหรับผู้ใช้แต่ละรายในที่นี่จะอธิบายวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย 3 วิธี อย่างคร่าวๆ คือ

3.2.1.1 FDMA

FDMA (Frequency-Division Multiple Access) ได้ถูกสร้างขึ้นบนพื้นฐานของวิธีFDM (Frequency-Division Multiplex) สำหรับการรวมช่องสัญญาณของผู้ใช้ที่ไม่ซ้อนทับกันเพื่อที่จะทำการส่งไปในรูปของสัญญาณที่มีแบนด์วิดท์กว้างกว่าเดิม ซึ่งรูปแบบของ FDMA นี้เป็นรูปแบบที่ง่ายที่สุดและเก่าแก่ที่สุดที่มีการใช้งานกันทั้งด้านโทรศัพท์ตลอดจนการแพร่สัญญาณวิทยุและโทรทัศน์โดยรูปแบบของ FDMA นี้ แสดงในภาพที่ 3.1

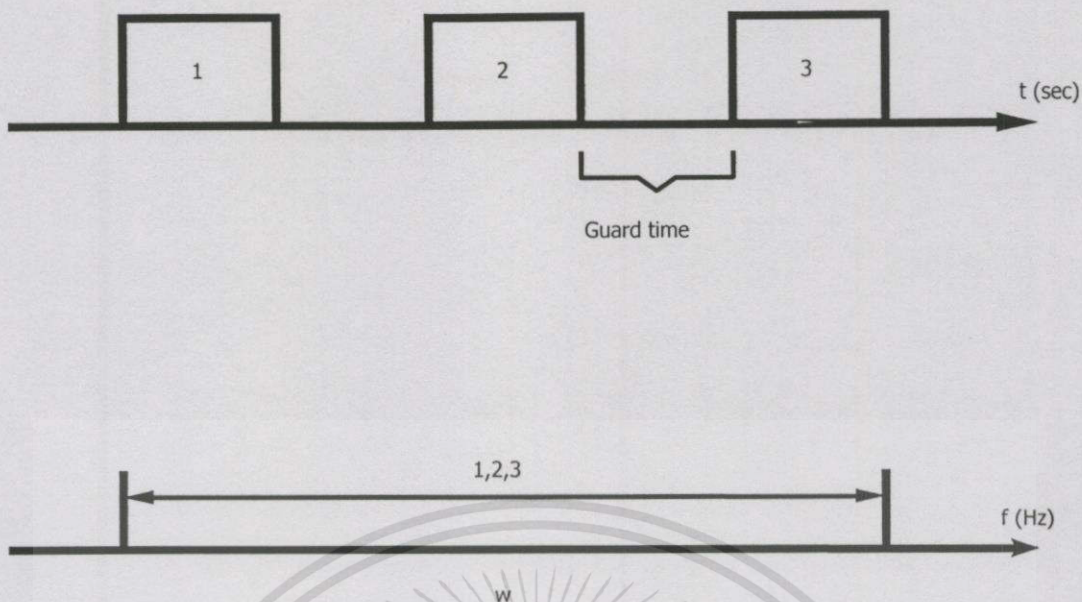


ภาพที่ 3.1 รูปแบบการเข้าถึงโดยวิธี FDMA

ในระเบียบการเข้าถึงประเภทนี้ช่องสัญญาณแยกกันที่จะถูกกำหนดให้แก่เทอร์มินอลของผู้ใช้และถูกส่งวนไวกนกระทั่งได้รับการปลดปล่อยจากผู้ใช้ ที่ด้านรับจะมีวงจรกรองความถี่ทำหน้าที่กรองเอาสัญญาณที่ต้องการของเทอร์มินอลตนเองออกมา FDMA ถูกใช้ใน ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบไร้สายและระบบวิทยุเคลื่อนที่ ตลอดจนโครงข่ายดาวเทียม ซึ่งระเบียบ การเข้าถึงวิธีนี้จะมีประสิทธิภาพดี ถ้าผู้มีการส่งข่าวสารด้วยอัตราการใช้ที่คงที่ แต่จะไม่มี ประสิทธิภาพถ้าข้อมูลของผู้ใช้มีลักษณะกระจาย

3.2.1.2 TDMA

ในวิธี TDMA (Time-Division Multiple Access) สายของข้อมูลดิจิทัลที่ใช้ ในการส่งข่าวสารนั้นจะถูกแบ่งปันกันใช้ระหว่างผู้ใช้หลายคนโดยการจัดสรรช่วงเวลาเรียกว่า สล็อตเวลา ให้แก่แต่ละผู้ใช้ สำหรับสล็อตเวลา 1 สล็อต หรือมากกว่าสำหรับแต่ละผู้ใช้บวกด้วย ส่วนหัวจะเรียกว่าเฟรมดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 รูปแบบการเข้าถึงโดยวิธี TDMA

ระเบียบการเข้าถึงแบบ TDMA นี้ได้สร้างขึ้นมาบนพื้นฐานของ TDM (Time-Division Multiplex) ในการดำเนินการเครื่องควบคุมการส่งจะกำหนดว่าแต่ละสล็อตเวลาใด เป็นของผู้ใช้รายใดและสล็อตเวลานั้นก็จะถูกใช้โดยผู้ใช้นั้น จนกว่าผู้ใช้จะปลดปล่อย ที่ทางด้านรับทางผู้ใช้จะทำการดึงสล็อตเวลาของตนเองออกมาและเช่นเดียวกับกรณีของ FDMA ระเบียบการเข้าถึงแบบนี้จะมีการใช้รีซอร์สอย่างมีประสิทธิภาพเมื่อผู้ใช้มีการส่งข้อมูลด้วยอัตราที่คงที่ แต่จะไม่มีประสิทธิภาพในการใช้รีซอร์สของช่องสัญญาณเมื่ออัตราการส่งข้อมูลของผู้ใช้มีลักษณะกระจาย วิธี TDMA นี้ได้รับการพัฒนาขึ้นมาในช่วงปี ค.ศ.1960 สำหรับใช้ในระบบการสื่อสารดาวเทียมดิจิทัล จากนั้นจึงได้เริ่มมีการนำมาใช้งานทางด้านธุรกิจ ปัจจุบันรูปแบบที่มีการกำหนดคงที่ของ TDMA มักจะไม่ถูกนำมาใช้ในระบบดาวเทียมแต่อย่างใดก็ตาม TDMA นี้ ก็ยังเป็นระเบียบการเข้าถึงที่ถูกนำมาใช้ในระบบบรอดแบนด์ดิจิทัล

3.2.1.3 CDMA

จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งเมื่อเราพิจารณาถึงระเบียบการเข้าถึงแบบ FDMA และ TDMA ซึ่งทั้งสองวิธีจะมีวิธีการที่แตกต่างกันในการแบ่งโดเมนสัญญาณด้าน เวลา-ความถี่ (Time-Frequency Signal Domain) ให้แก่ผู้ใช้งานจำนวนมาก ในวิธี FDMA โดเมนสัญญาณจะถูกแบ่งเป็นแถบความถี่โดยอาจจะมีแถบกัน (Guard Band) กั้นระหว่างแต่ละแถบของผู้ใช้ โดยผู้ใช้แต่ละรายสามารถที่จะใช้แถบความถี่ของตนได้อย่างไม่จำกัดเวลาในวิธี TDMA โดเมนสัญญาณจะถูกแบ่งเป็นสล็อตเวลา โดยอาจจะมีเวลาคุม (Guard Time) กั้นระหว่างแต่ละสล็อตหรือเฟรมและแต่ละผู้ใช้สามารถที่จะใช้แถบความถี่ได้ทั้งหมดภายในสล็อตเวลาของตน ดังนั้นจาก 2 วิธีจะเห็นว่าช่องสัญญาณของผู้ใช้แต่ละช่องจะถูกแบ่งแยกกันอย่างเด็ดขาดโดยโดเมนเวลาหรือโดเมนความถี่ แต่

สำหรับระเบียบการเข้าถึงแบบ CDMA (Code-Division Multiple Access) นี้สามารถที่จะมองว่าเป็นวิธีการที่เกิดจากการนำวิธี FDMA มาผสมกับวิธี TDMA โดยวิธี CDMA นี้ผู้ใช้หลายรายจะดำเนินการพร้อมกันบนแบนด์วิดท์ทั้งหมดของโดเมนสัญญาณ เวลา-ความถี่ และสัญญาณจะถูกแบ่งแยกโดยรหัสของผู้ใช้ที่ต่างกัน โดยใช้พื้นฐานด้านการแผ่สเปกตรัม (Spread Spectrum)

3.2.2 วิธีการเข้าถึงแบบสุ่ม

จากการอธิบายเกี่ยวกับระเบียบการเข้าถึง โดยวิธีการกำหนดแบบคงที่นั้นจะเห็นว่าแต่ละวิธีนั้นจะมีการใช้รหัสอย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อผู้ใช้แต่ละรายทำการส่งข่าวสารด้วยอัตราคงที่ แต่อย่างไรก็ตามถ้าข่าวสารที่จะต้องทำการส่งมีลักษณะเป็นเบิสต์แล้ววิธีการกำหนดคงที่ก็จะเป็นการใช้รหัสอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ยิ่งไปกว่านั้นในกรณีของระบบที่ผู้ใช้ต้องจ่ายค่าบริการตามเวลา เช่น ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบไร้สายนั้น วิธีการกำหนดแบบคงที่ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายสูงในกรณีที่ทำการส่งข่าวสารสั้นๆ

ในขณะที่ระเบียบการเข้าถึงแบบสุ่มนั้น จะมีความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพในการส่งข่าวสารสั้นๆ และในทางตรงกันข้ามกับระเบียบการเข้าถึงที่ใช้วิธีการกำหนดแบบคงที่ ใช้ระเบียบการเข้าถึงแบบสุ่มนั้นผู้ใช้แต่ละรายจะมีอิสระในการเข้าถึงมากกว่าเมื่อมีข่าวสารที่จะทำการส่ง ซึ่งผลที่ตามมาคือจะมีการแข่งขันกันขึ้นระหว่างผู้ใช้ในโครงข่ายเมื่อทำการเข้าถึง ซึ่งจะเห็นได้จากการชนกันเมื่อมีการแย่งกันขอส่งข่าวสาร โดยในที่นี้จะทำการอธิบายถึงวิธีที่ใช้กันทั่วไปสำหรับระเบียบการเข้าถึงแบบสุ่มได้แก่ วิธีอะโลฮา, สลิตอะโลฮา, และ CSMA/CD (Carrier - Sense Multiple Access with Collision Detection)

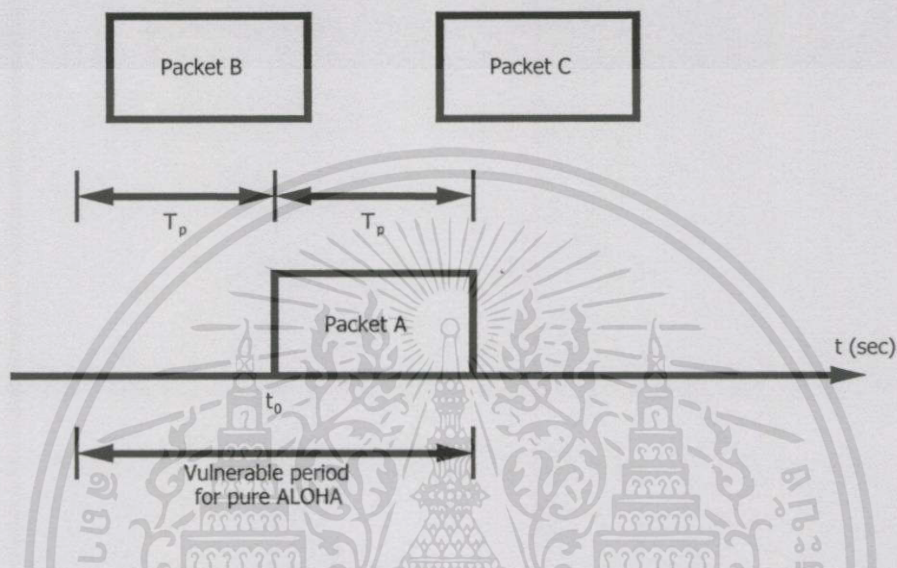
3.2.2.1 วิธีอะโลฮา

ระเบียบการเข้าถึงแบบนี้ได้ชื่อมาจากระบบอะโลฮา ซึ่งเป็นโครงข่ายการสื่อสารที่พัฒนาขึ้นมาโดยมหาวิทยาลัยแห่งฮาวาย และได้นำมาใช้เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1971 ในช่วงเริ่มต้นระบบนี้ใช้คลื่นวิทยุย่าน UHF ในการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ซึ่งอยู่บนเกาะต่างๆ กับคอมพิวเตอร์หลักของมหาวิทยาลัย โดยใช้วิธีการเข้าถึงแบบสุ่มซึ่งเรียกว่าระเบียบการเข้าถึงโดยวิธีอะโลฮา



ภาพที่ 3.3 กลไกการชนกันของแพ็กเก็ตในวิธีอะโลฮา

แนวความคิดของวิธีอะโลฮานี้ง่ายมาก ดังแสดงในภาพที่ 3.3 ผู้ใช้จะทำการส่งข่าวสารได้ทันทีทุกเวลาที่มีข่าวสารจะส่ง ผู้ใช้จะส่งข่าวสารในลักษณะเป็นแพ็กเก็ต โดยแต่ละแพ็กเก็ตจะถูกเข้ารหัสด้วยรหัสตรวจความผิดพลาด และแน่นอนเนื่องจากผู้ใช้แต่ละรายสามารถที่จะทำการส่งข่าวสารเมื่อใดก็ได้ ดังนั้นจึงอาจจะมีการชนกันระหว่างแพ็กเก็ตได้ตลอดเวลา เมื่อการส่งแพ็กเก็ตมีการซ้อนทับกันของเวลาขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ช่วงเวลาที่สามารถเกิดการชนกันของแพ็กเก็ต

ดังนั้นหลังจากที่ได้ทำการส่งแพ็กเก็ตแล้วผู้ใช้จะต้องทำการรอเป็นช่วงเวลาเท่ากับค่าหน่วงเวลาในการเดินทางไปและกลับของคลื่นเพื่อรอรับสัญญาณ ACK (Acknowledgment) จากทางด้านรับ ถ้าทางด้านส่งไม่ได้รับ ACK จากทางด้านรับจะสรุปว่า การส่งแพ็กเก็ตนั้นไม่เป็นผลสำเร็จ และจะมีการบวนการในการส่งซ้ำโดยจะทำการหน่วงเวลาแบบสุ่มก่อนเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของแพ็กเก็ตอีก

สมมุติว่าทุกแพ็กเก็ตมีความยาวที่เป็นมาตรฐานและแต่ละแพ็กเก็ตต้องการช่วงเวลา T_p เท่ากันที่จะใช้ในการส่งแพ็กเก็ต จากภาพที่ 3.4 พิจารณาการส่งแพ็กเก็ต A ซึ่งเริ่มต้นที่เวลา t_0 กรณีที่อาจจะเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตขึ้นก็คือ มีผู้ใ้รายอื่นที่ทำการส่งแพ็กเก็ต B ในช่วงเวลาระหว่าง $t_0 - T_p$ ถึง t_0 โดยปลายของแพ็กเก็ต B จะชนกับจุดเริ่มต้นของแพ็กเก็ต A ซึ่งกรณีนี้จะเกิดขึ้นได้เมื่อช่วงเวลาในการเดินทางของคลื่นยาวนาน จนผู้ใช้ที่ทำการส่งแพ็กเก็ต A ไม่สามารถที่จะรู้ได้ว่าการส่งแพ็กเก็ต B ได้เริ่มขึ้นแล้ว ในทำนองเดียวกันถ้าผู้ใ้รายอื่นเริ่มต้นทำการส่งแพ็กเก็ต C ระหว่างช่วงเวลา t_0 ถึง $t_0 + T_p$ จุดเริ่มต้นของแพ็กเก็ต C ก็จะชนกับจุดปลายของแพ็กเก็ต A จากที่กล่าวมานี้จะเห็นว่าช่วงเวลาที่สามารถเกิดการชนกันของแพ็กเก็ต A กับแพ็กเก็ตอื่นจะมีค่าเป็น $2T_p$ ซึ่งเป็น 2 เท่า ของช่วงเวลาที่ใช้ในการส่งแพ็กเก็ต ถ้าหากว่ามีแพ็กเก็ต 2 แพ็กเก็ตเกิดการซ้อนทับกัน

แม้แต่เพียงเล็กน้อยแต่ละแพ็กเก็ตจะเกิดความผิดพลาดขึ้นซึ่งจะรู้ได้ทางด้านรับโดยตรวจจากบิตตรวจสอบความผิดพลาดของแต่ละแพ็กเก็ต และทางด้านรับจะไม่ทำการส่ง ACK สำหรับแพ็กเก็ตที่เกิดการชนกัน ดังนั้นแพ็กเก็ตที่เกิดการชนกันจะต้องทำการส่งซ้ำทุกแพ็กเก็ต

ต่อมากำหนดให้ S เป็นค่าทรูพุทของช่องสัญญาณซึ่งนิยามโดยจำนวนเฉลี่ยของแพ็กเก็ตที่ส่งสำเร็จต่อช่วงเวลา T_p ดังนั้นถ้าสมมุติว่ามีผู้ใช้ไม่จำกัดและให้ G เป็นค่าทราฟฟิกโหลด ซึ่งนิยามโดยจำนวนของความพยายามส่งแพ็กเก็ตต่อช่วงเวลา T_p ซึ่งจะรวมทั้งการส่งแพ็กเก็ตใหม่และการส่งแพ็กเก็ตเก่าซ้ำ ส่วนหน่วยมาตรฐานในการไหลของทราฟฟิกก็คือเออร์ลิ่ง ซึ่งตั้งตามชื่อของ A.K. Erlang นักคณิตศาสตร์ชาวเดนมาร์ก

ในที่นี้จะทำการนิยามค่าเออร์ลิ่ง โดยทำการแบ่งช่วงเวลาของช่องสัญญาณออกเป็นช่วงๆ ช่วงละ T_p วินาที และให้การไหลของทราฟฟิก 1 แพ็กเก็ตต่อเวลา T_p วินาที มีค่า 1 เออร์ลิ่ง โดยนิยามนี้จะเห็นว่าค่า S ไม่สามารถที่จะมีค่ามากกว่า 1 เออร์ลิ่งได้ โดยปราศจากการชนกันและค่าทรูพุทจะมีขอบเขตคือ $0 < S < 1$ ซึ่งจะเห็นว่าถ้า G มีค่าน้อย จะมีการชนกันเกิดขึ้นน้อยและมีการส่งซ้ำน้อย ดังนั้น $S \cong G$ ที่ทราฟฟิกน้อยๆ

ส่วนในกรณีที่มิตราฟฟิกมากก็จะเกิดการชนกันมากและมีผลทำให้การส่งซ้ำเพิ่มขึ้น ดังนั้นจะได้ว่า $S \ll G$ และ S มีค่าลดลงเรื่อยๆจนเป็น 0

เพื่อที่จะทำการคำนวณค่าทรูพุท S ซึ่งเป็นฟังก์ชันของทราฟฟิกโหลด G จะทำการสมมุติว่ามีความน่าจะเป็นที่แพ็กเก็ตจำนวน k แพ็กเก็ตจะถูกสร้างภายในช่วงเวลาเท่ากับความยาว 1 แพ็กเก็ต จากการกระจายแบบชิวของ (Poisson Distribution) ด้วยค่าเฉลี่ย G แพ็กเก็ตต่อความยาว 1 แพ็กเก็ตจะได้ว่า

$$P(k) = \frac{G^k e^{-G}}{k!} \quad (3.1)$$

ค่าทรูพุท S จะมีค่าเท่ากับทราฟฟิกโหลด G คูณกับค่าความน่าจะเป็นที่การส่งแพ็กเก็ตนั้นสำเร็จซึ่งสามารถที่จะเขียนได้เป็น

$$S = GP_0 \quad (3.2)$$

เมื่อเรานิยาม P_0 เป็นค่าความน่าจะเป็นที่จะไม่เกิดการชนซึ่งก็คือ ค่าความน่าจะเป็นที่จะไม่มีผู้ใ้รายใดทำการส่งแพ็กเก็ตขึ้นมาในช่วงเวลาที่อาจจะเกิดการชนนั่นเอง จากสมการ (3.1) อัตราเฉลี่ยของการเข้ามาของแพ็กเก็ตใน 2 ช่อง สล็อตเป็น $2G$ ดังนั้นความน่าจะเป็นที่จะไม่มีแพ็กเก็ตอื่นถูกส่งในช่วงเวลานี้คือ

$$P_0 = e^{-2G} \quad (3.3)$$

ดังนั้นทรูพูทจะมีค่าเป็น

$$S = Ge^{-2G} \quad (3.4)$$

โดยที่ค่าทรูพูทสูงสุดจะเกิดที่ค่าทรอฟิกโหลด

$$G = 0.5 \quad (3.5)$$

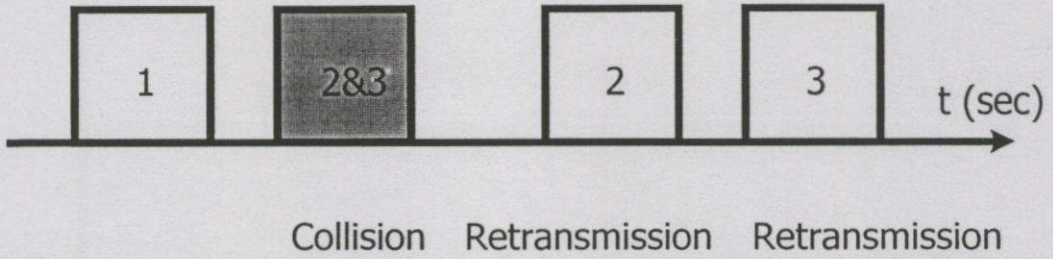
และค่าทรูพูทจะมีค่าเป็น

$$S = 0.5e \quad (3.6)$$

ซึ่งมีค่าประมาณ 0.184 ซึ่งหมายความว่าประสิทธิภาพในการใช้ช่องสัญญาณสูงสุดของระบบการเข้าถึงโดยวิธีอะโหลฮาจะมีค่าเพียง 18% โดยประมาณเท่านั้น ซึ่งตามที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นว่าทรอฟิกโหลด G เป็นผลรวมของทรอฟิกของโครงข่ายซึ่งรวมทั้งแพ็กเกตที่ถูกสร้างขึ้นใหม่และแพ็กเกตเก่าที่ทำการส่งซ้ำ

3.2.2.2 วิธีสล็อตอะโหลฮา

เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการเข้าถึงโดยวิธีอะโหลฮา ดังนั้นระบบการเข้าถึงโดยวิธีสล็อตอะโหลฮาจึงได้ถูกพัฒนาขึ้น โดยในวิธีนี้ช่วงเวลาในการส่งจะถูกแบ่งออกเป็นสล็อตเวลาโดยที่แต่ละสล็อตเวลาจะมีความยาวเท่ากับความยาวของแพ็กเกต และผู้ใช้ทั้งหมดจะทำงานสอดคล้องกับสล็อตเวลาเหล่านี้ซึ่งทำได้โดยการส่งสัญญาณพัลส์ที่ใช้ในการชิงโครโนซ์จากสถานีควบคุมในโครงข่าย ดังนั้นเมื่อเทอร์มินอลผู้ใช้ทำการสร้างแพ็กเกตของข้อมูลขึ้นมาที่จะถูกส่งในสล็อตเวลาถัดไป ด้วยวิธีการเช่นนี้ช่วงเวลาที่จะเกิดการชนกันของแพ็กเกตจะลดลงเหลือเพียงเพียงช่วงเวลา 1 แพ็กเกตเท่านั้น จาก 2 แพ็กเกตในวิธีอะโหลฮา โดยที่ระบบการเข้าถึงโดยวิธีสล็อตอะโหลฮาแสดงในภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 กลไกการชนกันของแพ็กเก็ตในวิธีสล็อตอะโลฮา

เนื่องจากว่าช่วงเวลาที่จะเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตลดลง 2 เท่า ดังนั้นความน่าจะเป็นที่จะไม่เกิดการชนกันของแพ็กเก็ตจากสมการ 3.1 จะกลายเป็น

$$P_0 = e^{-G} \quad (3.7)$$

และทรูพุทของวิธีสล็อตอะโลฮาจะกลายเป็น

$$S = Ge^{-G} \quad (3.8)$$

ซึ่งค่าทรูพุทต่อทราฟฟิกโหลดของระบบการเข้าถึงโดยวิธีสล็อตอะโลฮานี้ได้แสดงไว้ในภาพที่ 3.4 โดยจะเห็นว่าค่าทรูพุทจะมีค่าสูงสุดที่

$$G = 1 \quad (3.9)$$

ในขณะที่

$$S = 1/e \quad (3.10)$$

หรือประมาณ 0.368 ซึ่งมีค่าเป็น 2 เท่าของวิธีอะโลฮา สังเกตว่าที่ค่าสูงสุดของทรูพุทนั้น 37% ของแพ็กเก็ตจะส่งได้สำเร็จในขณะที่ 37% วางเปล่าซึ่งก็คือความน่าจะเป็นที่จะไม่มีแพ็กเก็ตในสล็อตเวลาที่ G มีค่าเป็น 1 ดังนั้นจะมี 26% ที่เกิดการชน ถ้าเราทำการดำเนินการที่ทราฟฟิกโหลดที่มีค่าสูงมากแล้วจำนวนของสล็อตที่ว่างและส่งสำเร็จจะลดลงในขณะที่จำนวนการชนกันจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ระเบียบการเข้าถึง โดยวิธีสล็อตอะโลซานั้นถูกนำไปใช้ในการสื่อสารไร้สายในกรณีที่กำหนดเวลาในการสื่อสารมีค่ามาก เช่น โครข่ายดาวเทียมและการสื่อสารด้วยการส่งข้อมูลแบบเคลื่อนที่

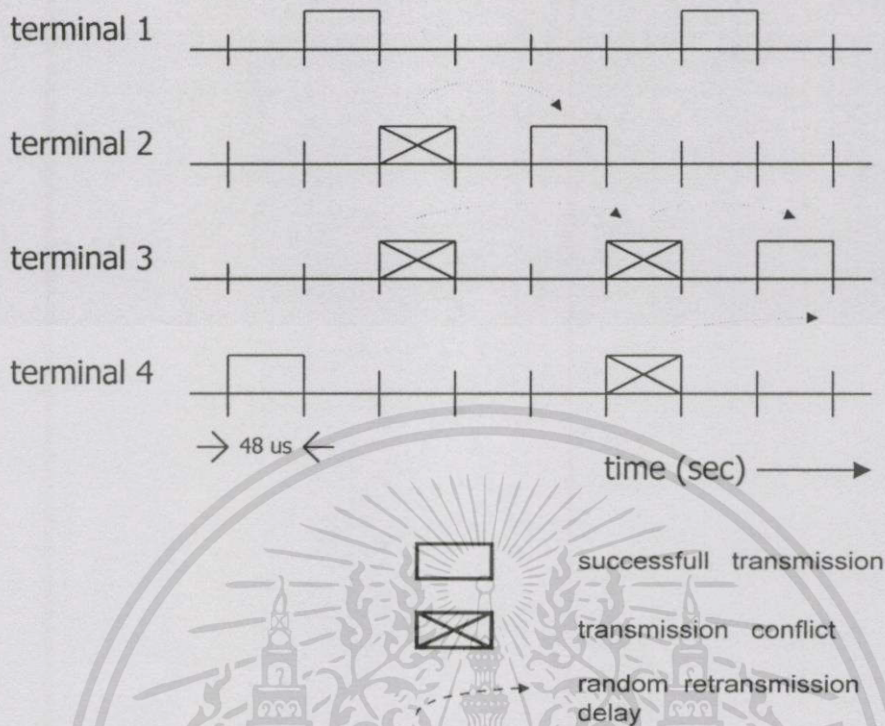
3.2.2.2 วิธี CSMA/CD

ความไม่มีประสิทธิภาพของวิธีอะโลซานั้นเกิดจากความจริงที่ว่าผู้ใช้แต่ละรายไม่สามารถที่จะทราบถึงการเคลื่อนไหวของผู้ใช้รายอื่นเลย ดังนั้นจึงเกิดปัญหาการชนกันขึ้นของแพ็กเกตมากเมื่อมีผู้ใช้เพิ่มขึ้น ส่วนวิธี CSMA/CD นี้จะแก้ปัญหาโดยให้ผู้ใช้ทำการตรวจสอบช่วงสัญญาณก่อนที่จะทำการส่งแพ็กเกตจึงสามารถลดปัญหาการชนกันของแพ็กเกตได้อย่างมาก แต่ถึงอย่างไรก็ตามการชนกันของแพ็กเกตก็สามารถที่จะเกิดขึ้นได้ในกรณีที่ผู้ใช้ตั้งแต่ 2 รายขึ้นไปต้องการที่จะทำการส่งแพ็กเกตและทำการตรวจสอบช่องสัญญาณและพบว่าว่างเมื่อทำการส่งแพ็กเกตก็จะเกิดการชนกันขึ้น

3.3 ระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลสาสำหรับระบบ WATM

กรรมวิธีในการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลสาสำหรับ WATM นี้จะเริ่มเมื่อเซลล์ WATM ที่เทอร์มินอลถูกสร้างขึ้นมาเสร็จแล้วก็จะทำการรอให้ถึงเวลาเริ่มต้นใหม่ของสล็อตเวลาถัดไป โดยที่แต่ละสล็อตเวลาจะมีช่วงเวลาเท่ากับช่วงความยาวเซลล์ WATM 1 เซลล์ เมื่อถึงจุดเริ่มต้นของสล็อตเวลาถัดไปเทอร์มินอลที่มีเซลล์ WATM ที่พร้อมจะส่งก็จะทำการส่ง ถ้าเกิดมีเทอร์มินอลจำนวนมากกว่า 1 เทอร์มินอล ทำการส่งเซลล์พร้อมกันก็จะเกิดการชนกันของเซลล์ขึ้นและทุกเซลล์ที่เกิดการชนกันซึ่งเรียกว่าแบคสล็อตเซลล์ นั้นจะต้องทำการส่งซ้ำ โดยจะมีการแบคสล็อตไปเป็นช่วงระยะเวลาเท่ากับค่าจำนวนเต็มของจำนวนสล็อตเวลาที่ได้จากการสุ่มดังแสดงในภาพที่ 3.6

โดยในทางปฏิบัติแม้จะเกิดการเหลื่อมล้ำของเวลาเนื่องจากระยะห่างจากเทอร์มินอลแต่ละเทอร์มินอลมายังสถานีฐานมีค่าไม่เท่ากันก็ตาม แต่เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาที่แตกต่างกัน เนื่องจากระยะห่างที่ต่างกันของแต่ละเทอร์มินอลมายังสถานีฐานกับช่วงเวลา 1 สล็อตเวลา ซึ่งมีค่า 48 us เมื่อความเร็วของช่องสัญญาณเป็น 10 Mbps แล้ว ถือว่าน้อยมากจนตัดทิ้งได้



ภาพที่ 3.6 ระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮาในระบบ WATM เมื่อความเร็วของสัญญาณเท่ากับ 10Mbps

ในการพิจารณาว่าการส่งเซลล์ WATM ของแต่ละเทอร์มินอลจะสำเร็จหรือไม่นั้นจะพิจารณาจากการที่เทอร์มินอลที่ทำการส่งเซลล์ได้รับเซลล์ ACK ที่สถานีฐานส่งมาเมื่อได้รับเซลล์ WATM ภายในช่วงเวลาไทม์เอาท์หรือไม่ ซึ่งเงื่อนไขนี้จะสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อความน่าจะเป็นที่เซลล์ ACK ส่งสำเร็จมีค่าเป็น 1 ซึ่งทำได้โดยการสร้างช่องสัญญาณเฉพาะสำหรับส่งเซลล์ ACK เพื่อที่จะควบคุมทราฟฟิกของเซลล์ ACK เนื่องจากถ้าทำการส่งเซลล์ ACK ไปในช่องสัญญาณเดียวกับเซลล์ WATM จะเกิดผลกระทบจากเซลล์ ACK

3.4 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮากับระเบียบการเข้าถึงแบบอื่น

สำหรับระเบียบการเข้าถึงแบบอื่นๆเปรียบเทียบกับระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮานั้นมีข้อเปรียบเทียบต่างๆดังต่อไปนี้

สำหรับระเบียบการเข้าถึงแบบคงที่ เช่น TDMA , FDMA ซึ่งเป็นวิธีที่ได้มาตรฐานและมีโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดขึ้นน้อยมาก แต่ก็มีข้อเสียคือเมื่อข่าวสารที่จะส่งมีลักษณะการเกิดขึ้นแบบเบรสต์จะทำให้ประสิทธิภาพในการใช้ช่องสัญญาณลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งระเบียบการเข้าถึงที่เหมาะสมในการเข้าถึงสำหรับกรณีที่ว่าสารมีการเกิดขึ้นแบบเบิร์สต์ก็คือ ระเบียบการเข้าถึงแบบสุ่มนั่นเอง เมื่อเราพิจารณาวิธีการแบบต่างๆที่ใช้ในระเบียบการเข้าถึงแบบสุ่มแล้วจะเห็นว่าวิธีสล็อตอะโลฮามีความเหมาะสมสำหรับระบบ WATM ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างวิธีอะโลฮากับวิธีสล็อตอะโลฮาแล้ว วิธีสล็อตอะโลฮาจะมีค่าทรูพุตสูงกว่า เนื่องจากว่าวิธีอะโลฮานั้นมีโอกาสที่จะเกิดการชนกันของเซลล์ได้ง่ายกว่าวิธีสล็อตอะโลฮาทำให้มีค่าทรูพุตต่ำกว่าวิธีสล็อตอะโลฮา

และเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างวิธีสล็อตอะโลฮากับวิธี CSMA จะเห็นได้ว่าแม้ว่าวิธี CSMA จะมีค่าทรูพุตที่สูงกว่าวิธีสล็อตอะโลฮาในกรณีของโครงข่ายที่ใช้สายส่ง แต่เมื่อนำมาใช้กับระบบการสื่อสารแบบไร้สายแล้วจะเกิดปัญหาต่างๆขึ้น[6] ได้แก่

ความล่าช้าในการตรวจสอบคลื่นพาห์ เนื่องจากในอากาศการตรวจสอบคลื่นพาห์ต้องใช้เวลาอย่างน้อย 30 ถึง 50 ไมโครวินาที

เทอร์มินอลไม่สามารถตรวจสอบการชนกันของเซลล์ที่ส่งได้เนื่องจากปัญหาเรื่องความแรงของสัญญาณในอากาศ

การเกิดไฮเคนเทอร์มินอลเมื่อขอบเขตของพื้นที่บริการกว้างจนเทอร์มินอลไม่สามารถทราบความเคลื่อนไหวของเทอร์มินอลอื่นในพื้นที่บริการได้ทั้งหมด

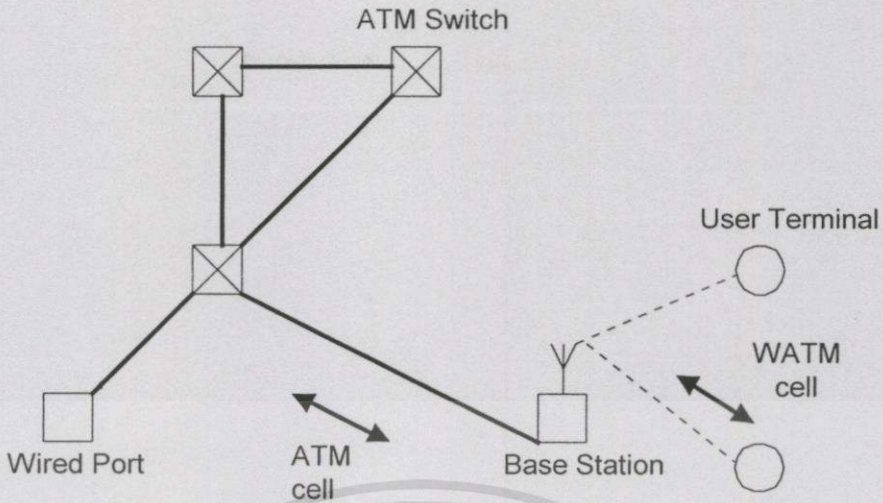
การวิเคราะห์ผลของระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโหลฮาสำหรับระบบ WATM โดยวิธีทางคณิตศาสตร์

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะเป็นการวิเคราะห์และศึกษาผลของระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโหลฮาสำหรับระบบ ATM ไร้สาย โดยวิธีทางคณิตศาสตร์ โดยจะกำหนดระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ซึ่งมีมาจากการศึกษาและสร้าง โมเดลทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาเพื่อที่จะอธิบายถึงความเป็นไปของระบบ ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้โมเดลของมาร์คอฟในการวิเคราะห์ จากนั้นจะทำการคำนวณหาค่าทรูพุทและกำหนดเวลาซึ่งจะใช้แสดงถึงสมรรถนะของระบบต่อไป

4.2 แบบจำลองของระบบWATMที่ใช้ในการวิเคราะห์

โครงข่ายWATMนั้นจะเชื่อมต่ออยู่กับโครงข่าย ATMดังแสดงในภาพที่ 4.1 โดยที่จะมีสถานีฐาน เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างเทอร์มินอลกับโครงข่าย ATM โดยการสื่อสารระหว่างสถานีฐานกับเทอร์มินอลจะใช้คลื่นวิทยุ การส่งข่าวสารจากสถานีฐานมายังเทอร์มินอลจะใช้วิธีแพร่สัญญาณ โดยเทอร์มินอลที่มีแอดเดรสตรงกับที่เซลล์ระบุจะรับเซลล์นั้นไว้ ส่วนเทอร์มินอลอื่นที่มีแอดเดรสไม่ตรงกับที่เซลล์ระบุก็จะทำการทิ้งเซลล์นั้นไป ส่วนการส่งข่าวสารจากเทอร์มินอลมายังสถานีฐานจะใช้การเข้าถึงแบบสล็อตอะโหลฮา โดยเซลล์ที่ส่งระหว่างเทอร์มินอลกับสถานีฐานจะเป็นเซลล์ WATM ในขณะที่เซลล์ที่ส่งระหว่างสถานีฐานกับโครงข่าย ATMนั้นจะเป็นเซลล์ATM



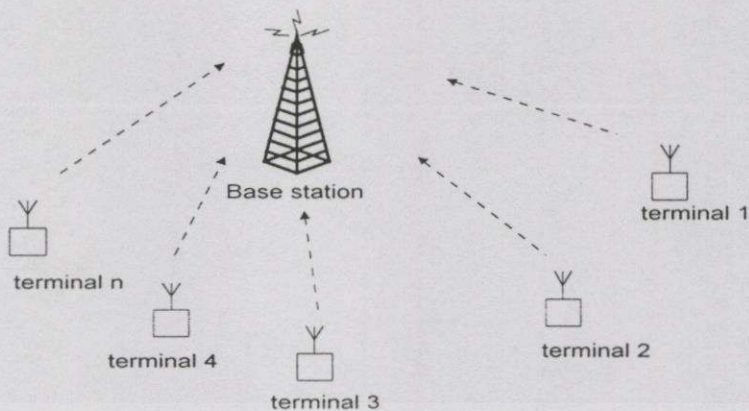
ภาพที่ 4.1 การเชื่อมต่อระหว่างโครงข่ายWATMกับโครงข่ายATM

สำหรับแบบจำลองของระบบที่เราจะใช้ในการพิจารณาเพื่อวิเคราะห์ผลของการเข้าถึงสถานีฐานของเทอร์มินอลนั้นจะประกอบไปด้วย 1 สถานีฐาน กับ n เทอร์มินอลซึ่งตั้งอยู่กับที่ห่างจากสถานีฐานเป็นระยะทาง d เมตร โดยแต่ละเทอร์มินอลจะเป็นได้ 2 สถานะคือ ริงค์กิ้งหรือ บล็อก ในกรณีริงค์กิ้งนั้นเทอร์มินอลจะทำการส่งเซลล์ที่สร้างขึ้นใหม่ด้วยการกระจายแบบปัวซอง (Poisson Distribution) ที่มีค่าเฉลี่ย $\alpha \ll 1$ เซลล์/สล็อตเวลา โดยที่ 1 สล็อตเวลาใช้เวลา τ วินาที เมื่อ τ มีค่าเท่ากับความยาวของเซลล์WATM ซึ่ง α ก็คือค่าความน่าจะเป็นที่เทอร์มินอลจะส่งเซลล์WATMที่สร้างขึ้นใหม่ในสล็อตเวลาทำการพิจารณา ถ้า t_a เป็นช่วงเวลาระหว่างการเกิดขึ้นของแต่ละเซลล์WATMแล้ว

$$\alpha = \frac{\tau}{t_a} \quad (4.1)$$

และเพื่อความสะดวกในการพิจารณาจะกำหนดให้ผลของมัลติพาสเฟดดิ้ง มีค่าน้อยมากจนตัดทิ้งได้

ส่วนแบบจำลองของระบบที่ใช้ในการพิจารณาแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แบบจำลองของระบบ WATM

4.3 โมเดลทางคณิตศาสตร์

พิจารณาช่วงเวลา T (วินาที) ที่ใช้ระหว่างที่เซลล์ WATM สร้างสำเร็จจนกระทั่งทำการส่งไปยังปลายทางได้สำเร็จจะมีค่าเป็น

$$T = \tau + T_R + E\{T\} + T_W \tag{4.2}$$

โดยที่

T_R

คือค่าหน่วงเวลาที่เกิดจากการเดินทางของคลื่น (Round Trip Propagation Delay Time) (วินาที)

τ

คือค่าหน่วงเวลาที่ใช้ในการส่งเซลล์ WATM (Transmission Time of WATM Cell) (วินาที)

$E\{T\}$

คือค่าหน่วงเวลาที่เกิดจากการส่งซ้ำทั้งหมด (Retransmission Delay) (วินาที)

T_W

คือค่าหน่วงเวลาที่เกิดจากการรอให้ถึงจุดเริ่มต้นของสล็อต (Waiting Time) (วินาที)

ซึ่งค่า T_R มีค่าเป็น

$$T_R = 2 \frac{d}{c} \tag{4.3}$$

โดยที่

d

คือ ระยะห่างระหว่างสถานีฐานกับเทอร์มินอล(เมตร)

c

คือ ความเร็วในการเดินทางของคลื่น(เมตร/วินาที)

ซึ่งค่า τ มีค่าเป็น

$$\tau = \frac{(56 * 8)}{v} \quad (4.4)$$

โดยที่

v คือ ความเร็วของช่องสัญญาณ(บิต/วินาที)

พิจารณาค่า T_w เนื่องจากในการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลซานั้นเซลล์ WATM ที่สร้างเสร็จแล้วที่เทอร์มินอลยังไม่สามารถที่จะทำการส่งได้ทันทีแต่จะต้องรอให้ถึงจุดเริ่มต้นของสล็อตเวลาถัดไปก่อน ดังนั้นเซลล์ WATM จะพร้อมที่จะทำการส่งในช่วงเวลา $(0, \tau)$ ซึ่งมีการกระจายแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) เนื่องจากว่าความน่าจะเป็นที่เซลล์ WATM จะถูกส่งในช่วงเวลาดังกล่าวมีโอกาสเท่า ๆ กัน ทำให้ช่วงเวลาเฉลี่ยในการรอ T_w ซึ่งค่านี้นี้จะต้องนำไปพิจารณาในการส่งซ้ำเช่นกันมีค่าเป็น

$$T_w = \frac{\tau}{2} \quad (4.5)$$

พิจารณาช่วงเวลาที่ใช้ในการแบคค็อก ถ้าให้ B เป็นค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยที่เกิดจากการแบคค็อกแล้ว ด้วยเหตุผลที่ว่าค่าการเลือกค่าของจำนวนสล็อตที่ใช้ในการแบคค็อกเป็นไปแบบสุ่มระหว่าง 1 ถึง K ดังนั้นค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยที่เกิดจากการแบคค็อกจะมีค่าเป็น

$$B = \frac{(K+1)\tau}{2} \quad (4.6)$$

โดยที่

K คือค่าจำนวนสล็อตสูงสุดที่ใช้ในการแบคค็อก

ส่วนค่า t ซึ่งเป็นค่าไทม์เอาต์ที่จะนำมาใช้ในการพิจารณาว่าการส่งเซลล์ WATM ในแต่ละครั้งจะประสบความสำเร็จหรือไม่นั้นจะมีค่าเป็น

$$t = \tau + T_R + \tau_{ACK} + \tau \quad (4.7)$$

โดยที่

τ_{ACK} คือค่าหน่วงเวลาที่ใช้ในการส่งเซลล์ ACK และเวลาที่ใช้ในการสร้างเซลล์ ACK ของสถานีฐานรวมทั้งเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบเซลล์ ACK มีค่าน้อยมากจนสามารถที่จะตัดทิ้งได้ ถ้าให้ R เป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการส่งซ้ำแต่ละครั้งจะได้ว่า

$$R = 2T_R + \tau_{ACK} + \frac{(K+1)\tau}{2} + \frac{\tau}{2} \quad (4.8)$$

$$= 2T_R + \frac{(K+2)\tau}{2} + \tau_{ACK}$$

เพื่อความสะดวกในการพิจารณาจะใช้โมเดลของมาร์คอฟ (Markov Model) [7] ในการพิจารณา โดยให้ค่า p เป็นความน่าจะเป็นที่แบคทีอกรเซลล์จะถูกส่งซ้ำในสล็อตเวลาต่อมาจากสล็อตเวลาแรกจนกว่าจะส่งสำเร็จ ซึ่งค่าหน่วงเวลาเฉลี่ยก่อนที่จะทำการส่งซ้ำจะสมมุติว่ามีการกระจายแบบเรขาคณิต (Geometric Distribution) [5] โดยมีค่าความน่าจะเป็นของ n สล็อตเป็น $p(1-p)^{n-1}$ ทำให้ค่าหน่วงเวลาเฉลี่ยก่อนที่จะทำการส่งซ้ำมีค่าเป็น

$$\sum_{n=1}^{\infty} np(1-p)^{n-1} = \frac{1}{p} \quad (4.9)$$

เพื่อที่จะใช้โมเดลของมาร์คอฟในการวิเคราะห์ค่าหน่วงเวลาและทรูพุทจะต้องทำการประมาณค่าหน่วงเวลาเฉลี่ยก่อนที่จะทำการส่งซ้ำ $1/p$ ให้เท่ากับค่าหน่วงเวลาจากการส่งซ้ำแบบสุ่ม (Randomization Retransmission Delay) ดังนั้นจะได้ความสัมพันธ์

$$\frac{1}{p} = \frac{2T_R}{\tau} + \frac{1}{2} + \frac{(K+1)}{2} + \frac{\tau_{ACK}}{\tau} \quad (4.10)$$

จากความสัมพันธ์นี้จะเห็นว่าถ้าหากทราบค่า p ก็จะสามารถหาค่า K ได้ในทางกลับกัน เมื่อเราทราบค่า K ก็สามารหที่จะหาค่า p ได้เช่นกัน

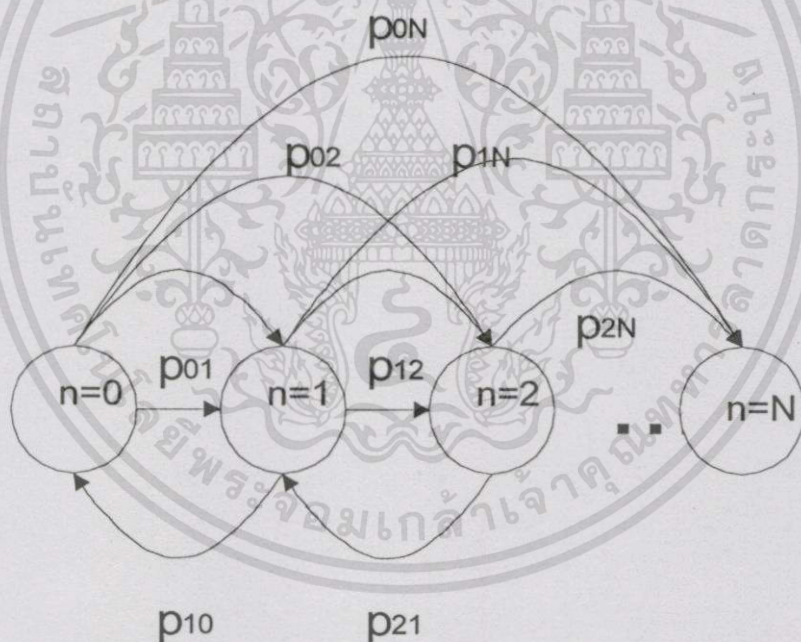
สถานะของระบบที่เวลา t นั้นสามารถที่จะอธิบายได้ด้วยจำนวนของแบคทีอกรเซลล์ นั่นก็คือ ในสถานะ n จะมีแบคทีอกรเซลล์อยู่ n เซลล์ซึ่งมีโอกาสที่จะทำการส่งซ้ำในสล็อตนั้นเป็น p ดัง

นั่นจะมีค่าเฉลี่ยในการส่งซ้ำของกราฟฟิกอยู่ np เซลล์ต่อ 1 สล็อตเวลา และมีเทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะบล็อกจำนวน n เทอร์มินอล เนื่องจาก 1 เทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะบล็อกจะเกิดจากแบคบล็อกเซลล์ 1 เซลล์

นอกจากนี้จะมีเทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะริงค์กิงจำนวน $N-n$ เทอร์มินอล ซึ่งจะทำการส่งเซลล์ WATM ที่สร้างขึ้นใหม่ด้วยอัตรา $(N-n)\alpha$ เซลล์ / สล็อตเวลา ซึ่งค่านี้จะต้องมีค่าเท่ากับทรูพุทที่จุดสมดุล

พิจารณากรรมวิธีของมาร์คอฟ (Markov Process) ให้ r เป็นจำนวนของแบคบล็อกเซลล์ ที่ส่งซ้ำโดยเทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะบล็อกจำนวน i เทอร์มินอลในช่วงเวลาของสล็อตเวลานั้น โดยที่ $0 \leq r \leq i$

ให้ m เป็นจำนวนของเซลล์ที่สร้างขึ้นใหม่และถูกส่งโดยเทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะริงค์กิงจำนวน $N-n$ เทอร์มินอล ในช่วงเวลาของสล็อตเวลานั้น โดยที่ $0 \leq m \leq N-i$ ค่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะ (Transmission Probability) p_{ij} ที่ระบบจากสถานะ i จะเปลี่ยนเป็นสถานะ j ในสล็อตเวลาต่อไปในโมเดลของมาร์คอฟ [9] ดังแสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 โมเดลทางคณิตศาสตร์ของระบบ

โดยค่า p_{ij} จะมีค่าเป็นดังสมการ

$$p_{ij} = \begin{cases} 0 & ; j \leq i - 2 & (4.11) \\ \Pr [m = 0] \Pr [r = 1] & ; j = i - 1 & (4.12) \\ \Pr [m = 0] \Pr [r \neq 1] + \Pr [m = 1] \Pr [r = 0] & ; j = i & (4.13) \\ \Pr [m = 1] \Pr [r \geq 1] & ; j = i + 1 & (4.14) \\ \Pr [m = j - 1] & ; j \geq i + 2 & (4.15) \end{cases}$$

โดยที่

$\Pr [m = x]$,เมื่อ $x = 0, 1, 2, \dots, N - i$ คือ ความน่าจะเป็นที่เซลล์ WATM ซึ่งถูกสร้างขึ้นใหม่จะถูกส่งเป็นจำนวน x เซลล์ในช่วงสล็อตเวลานั้น

$\Pr [r = 0]$ คือ ความน่าจะเป็นที่ไม่มีเทอร์มินอลใดที่อยู่ในสถานะบดล็อกพยายามที่จะทำการส่งแบคค็อกเซลล์ในช่วงสล็อตเวลานั้น

$\Pr [r = 1]$ คือ ความน่าจะเป็นที่มีเทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะบดล็อกพยายามที่จะทำการส่งแบคค็อกเซลล์ในช่วงสล็อตเวลานั้นจำนวน 1 เทอร์มินอล

$\Pr [r \geq 1]$ คือ ความน่าจะเป็นที่มีเทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะบดล็อกพยายามที่จะทำการส่งแบคค็อกเซลล์ในช่วงสล็อตเวลานั้นจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 1 เทอร์มินอล

$\Pr [r \neq 1]$ คือ ความน่าจะเป็นที่มีเทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะบดล็อกพยายามที่จะทำการส่งแบคค็อกเซลล์ในช่วงสล็อตเวลานั้นจำนวนมากกว่า 1 เทอร์มินอล หรือไม่มีเทอร์มินอลใดที่พยายามจะส่งเซลล์ WATM เลย

ซึ่งในแต่ละกรณีจะมีค่าดังต่อไปนี้

$$\Pr [m = 0] = (1 - \alpha)^{N-i} \quad (4.16)$$

$$\Pr [m = 1] = (N - i) \alpha (1 - \alpha)^{N-i-1} \quad (4.17)$$

$$\Pr [m = j - i] = \binom{N-i}{j-i} \alpha^{j-i} (1 - \alpha)^{N-j} \quad (4.18)$$

$$\Pr [r = 0] = (1 - p)^i \quad (4.19)$$

$$\Pr [r = 1] = ip(1 - p)^{i-1} \quad (4.20)$$

$$\Pr [r \geq 1] = 1 - (1 - p)^i \quad (4.21)$$

$$\Pr [r \neq 1] = 1 - ip(1 - p)^{i-1} \quad (4.22)$$

สมมติว่า N และ α ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาแล้วกรรมวิธีของมาร์คอฟที่แสดงจำนวนของเทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะบล็อก n สามารถที่จะอธิบายได้โดยความน่าจะเป็นในการกระจายแบบคงที่ (Stationary Probability Distribution) P_n ซึ่งก็คือค่าความน่าจะเป็นที่จะได้พบจุดที่สมดุลของระบบอยู่ในสถานะ n ซึ่งค่า P_n นี้สามารถที่จะทำการหาค่าได้จาก

$$P_n = \sum_{i=0}^N P_i p_{in} \quad ; n=0,1,\dots,N \quad (4.23)$$

เมื่อ p_{in} คือค่าความน่าจะเป็นที่ระบบจะเปลี่ยนสถานะจากสถานะ i ไปเป็นสถานะ n ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดที่ว่า

$$\sum_{i=0}^N P_i = 1 \quad (4.24)$$

ซึ่งมีความหมายว่าความน่าจะเป็นที่ระบบจะเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปยังสถานะใดๆอีกสถานะหนึ่งรวมกันแล้วมีค่าเป็น 1 [5] นั่นเอง

จากการกำหนดค่า P_n ค่าเฉลี่ยของจำนวนเทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะบล็อกซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนเฉลี่ยของแบคบล็อกเซลล์จะมีค่าเป็น

$$E\{n\} = \sum_{n=0}^N n P_n \quad (4.25)$$

ถ้าให้ $S(n)$ แทนค่าทรูพุทที่แต่ละสถานะ n ซึ่งเป็นค่าความน่าจะเป็นที่ทำการส่งเซลล์ได้สำเร็จเมื่อมีเทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะบล็อกจำนวน n เทอร์มินอล และมีเทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะริงค์กิงจำนวน $N-n$ เทอร์มินอล ซึ่งการส่งสำเร็จจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีเทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะริงค์กิงเพียง 1 เทอร์มินอลที่ทำการส่งเซลล์ WATM ที่สร้างขึ้นใหม่ และไม่มีเทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะบล็อกใดเลยที่ทำการส่งแบคบล็อกเซลล์ในสล็อตเวลานั้น หรือมีเทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะบล็อกเพียง 1 เทอร์มินอลที่ทำการส่ง แบคบล็อกเซลล์และไม่มีเทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะริงค์กิงใดเลยที่ทำการส่งเซลล์ WATM ที่สร้างขึ้นใหม่ในสล็อตเวลานั้น ดังนั้นค่า $S(n)$ จะมีค่าเป็น

$$S(n) = \Pr[r=0] \Pr[m=1] + \Pr[r=1] \Pr[m=0] \quad (4.26)$$

ในกรณีที่จำนวนเทอร์มินอลมีจำนวนจำกัดจะได้ว่า $N < \infty, \alpha > 0$

$$S(n) = (1-p)^n (N-n) \alpha (1-\alpha)^{N-n-1} + np(1-p)^{n-1} (1-\alpha)^{N-n} \quad (4.27)$$

ค่า S ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของทรูพุทหาได้จากผลรวมของทรูพุทในแต่ละสถานะที่ทำการถ่วงน้ำหนักด้วยค่า P_n ดังนั้น

$$S = \sum_{n=0}^N P_n S(n) \quad (4.28)$$

โดยการใช้กฎของลิตเติล (Little's Law) ช่วงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการแบคค็อกในหน่วยของวินาทีจะมีค่าเป็น

$$E\{T\} = \tau \left[\frac{E\{n\}}{S} \right] \quad (4.29)$$

ทำการแทนค่าจากสมการ (4.25) และ (4.28) ลงในสมการ (4.29) จะได้ว่า

$$E\{T\} = \tau \left[\frac{\sum_{n=0}^N n P_n}{\sum_{n=0}^N P_n S(n)} \right] \quad (4.30)$$

ดังนั้นเมื่อทำการแทนค่าจากสมการ (4.5) และ (4.29) ลงในสมการ (4.2) จะได้ว่า ค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการส่งเซลล์ในหน่วยวินาทีจะมีค่าเป็น

$$T = T_R + 1.5\tau + \tau \left[\frac{\sum_{n=0}^N n P_n}{\sum_{n=0}^N P_n S(n)} \right] \quad (4.31)$$

จะเห็นว่าจากสมการต่างๆข้างต้น เราสามารถที่จะนำสมการ (4.28) มาใช้ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของทรูพุทและนำสมการ (4.31) มาใช้ในการคำนวณหาค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งเซลล์ได้ ซึ่งค่าทั้ง 2 นี้สามารถที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ถึงสมรรถนะของระบบ WATM ที่มี การเข้าถึงแบบสล็อตอะโหลฮาได้

เพื่อความสะดวกในการคำนวณ การแสดงผลการทดลอง การรวบรวมผลการทดลอง และการ วิเคราะห์ผลการทดลองจึงได้สร้าง โปรแกรมขึ้นมาเพื่อใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ยของทรูพุทและ ค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการส่งเซลล์

4.4 แผนภูมิโปรแกรมคำนวณค่าเพื่อวิเคราะห์โดยทางคณิตศาสตร์

สำหรับการคำนวณค่าต่างๆด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์นั้นจะใช้โปรแกรมแม่แบบในการ เขียนโปรแกรมคำนวณ โดยจะมีขั้นตอนดังนี้

1 กำหนดค่าพารามิเตอร์ ที่อินพุทให้กับโปรแกรมเพื่อทำการคำนวณทางคณิตศาสตร์ซึ่งค่า พารามิเตอร์ต่างๆได้แก่

D ซึ่งก็คือระยะทางระหว่างสถานีฐานไปยังเทอร์มินอล

K ซึ่งก็คือค่าของจำนวนสล็อตสูงสุดที่ใช้ในการที่แบคค็อก

N ซึ่งก็คือค่าของจำนวนเทอร์มินอลในระบบ

2. ทำการคำนวณหาค่า p ซึ่งก็คือค่าความน่าจะเป็นที่แบคค็อกเซลล์ จะถูกส่งซ้ำในสล็อต เวลาที่ทำการพิจารณานั้นๆ

3. ทำการคำนวณหาค่า p_{ij} ซึ่งก็คือค่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะ จากสถานะ i จะ เปลี่ยนเป็นสถานะ j ในสล็อตเวลาต่อไปในโมเดลของมาร์คอฟ

4. ทำการคำนวณหาค่า P_n ซึ่งก็คือค่าความน่าจะเป็นที่จะได้พบจุดที่สมดุลย์ของระบบอยู่ใน สถานะ n

5. ทำการคำนวณหาค่า $E\{n\}$ ซึ่งก็คือค่าเฉลี่ยของจำนวนเทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะบล็อทซึ่ง มีค่าเท่ากับจำนวนเฉลี่ยของแบคค็อกเซลล์

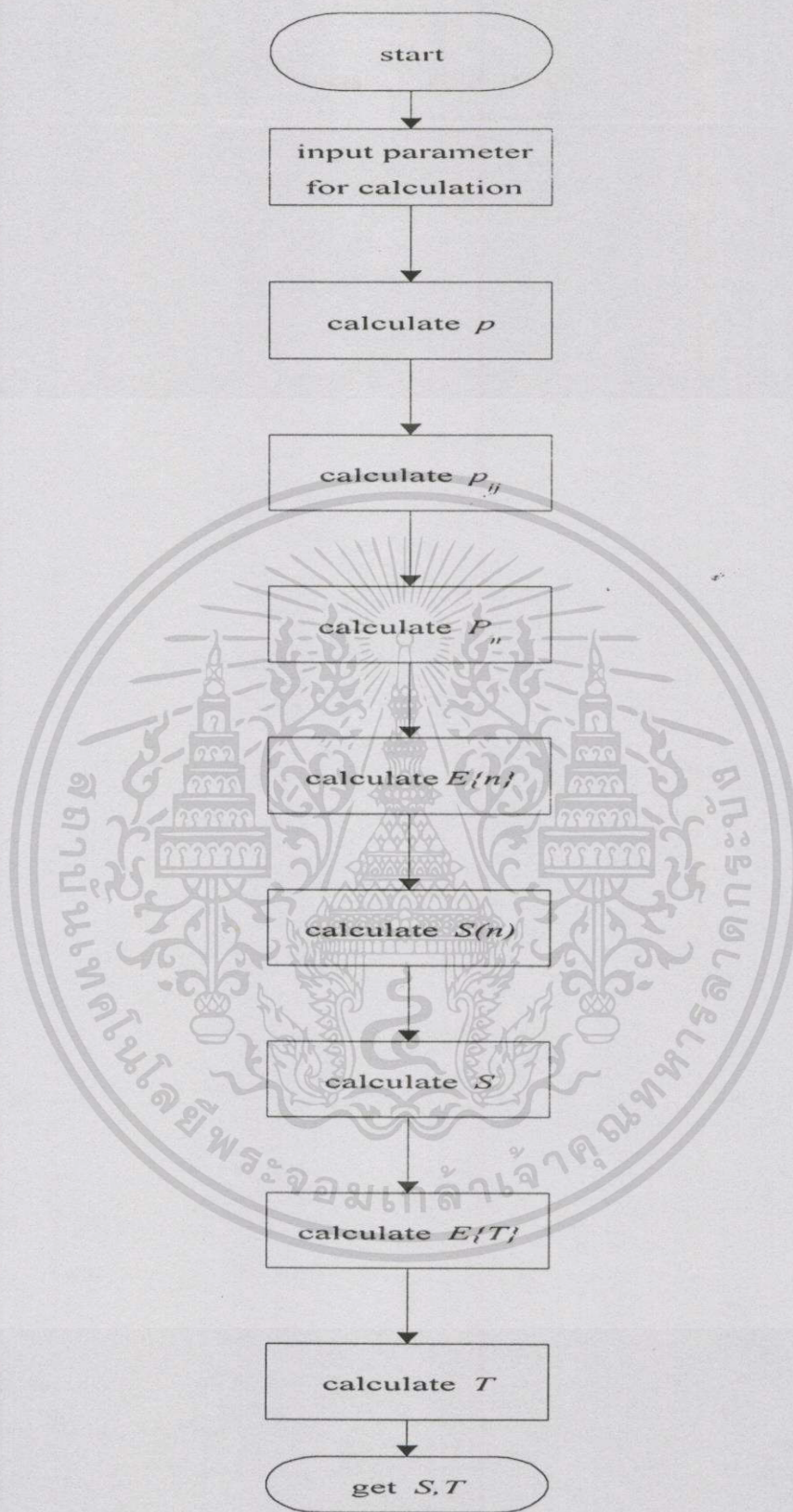
6. ทำการคำนวณหาค่า $S(n)$ ซึ่งก็คือค่าทรูพุทที่แต่ละสถานะ n

7. ทำการคำนวณหาค่า S ซึ่งก็คือค่าเฉลี่ยของทรูพุท

8. ทำการคำนวณหาค่า $E\{T\}$ ซึ่งก็คือค่าช่วงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการแบคค็อก

9. ทำการคำนวณหาค่า T ซึ่งก็คือค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการส่งเซลล์

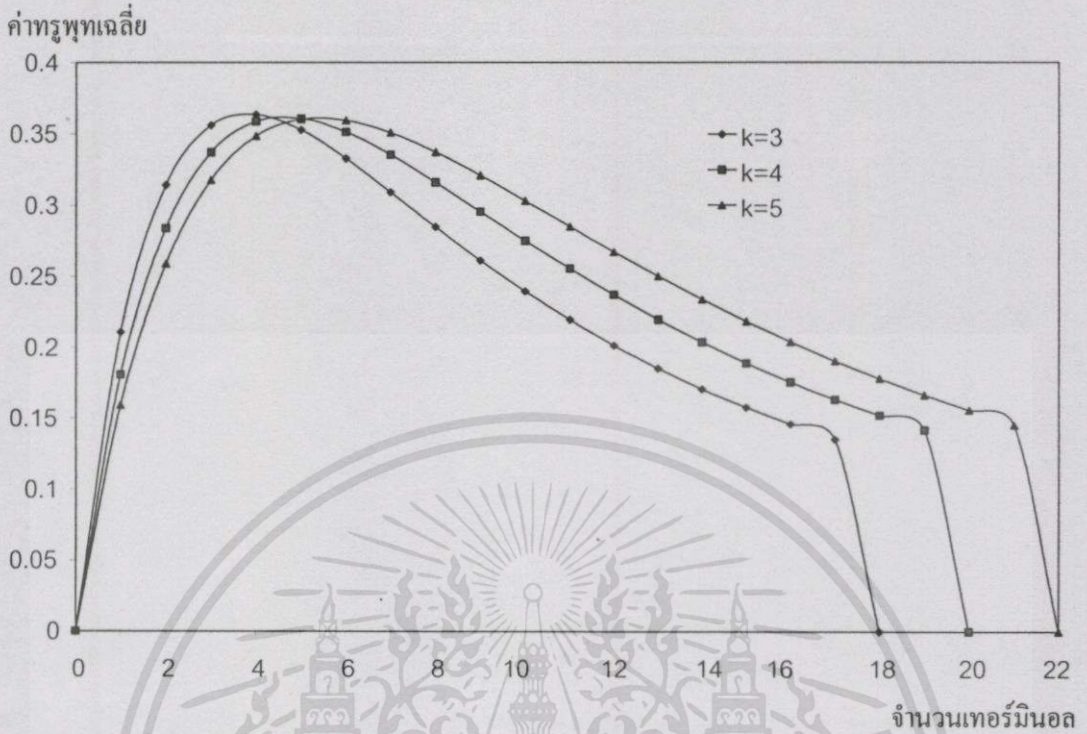
10. นำค่า T และ S ที่ได้จากการคำนวณมาวิเคราะห์เพื่อพิจารณาถึงสมรรถนะของระบบ



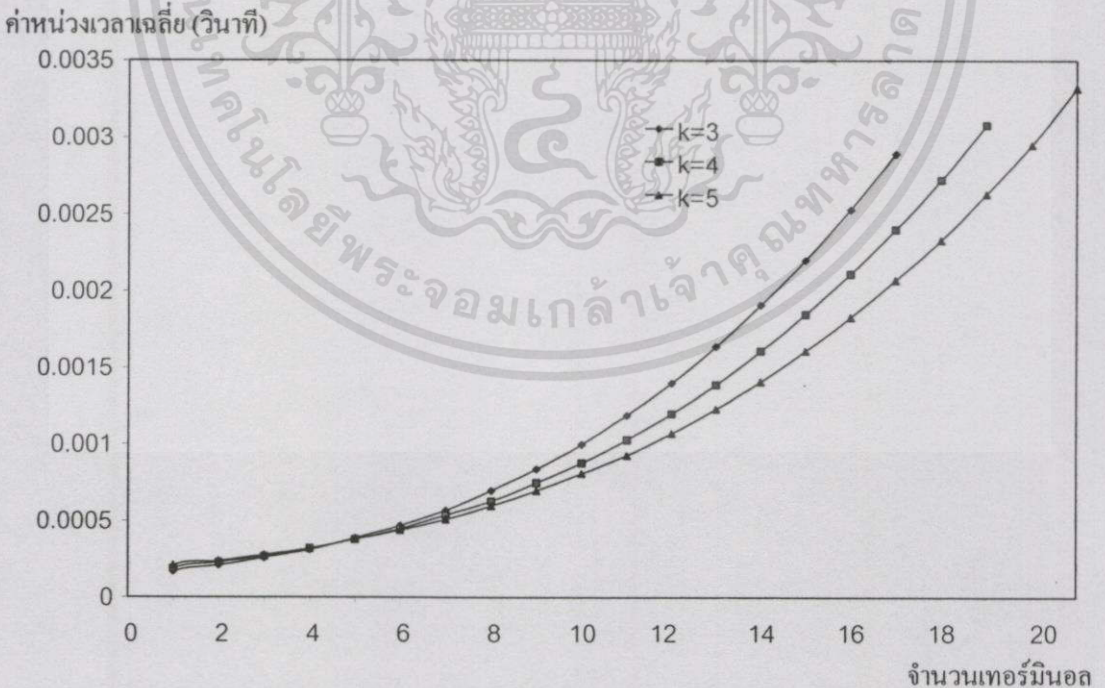
ภาพที่ 4.4 แผนภูมิโปรแกรมคำนวณค่าทรูพุทและค่าหน่วยเวลาโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

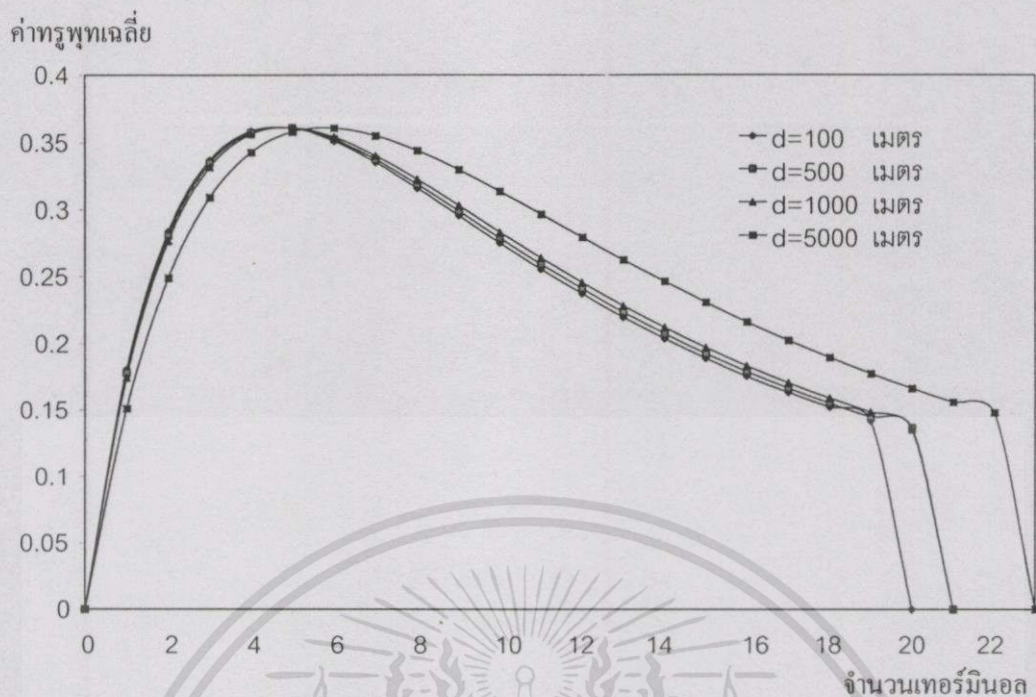
4.5. ผลการทดลอง



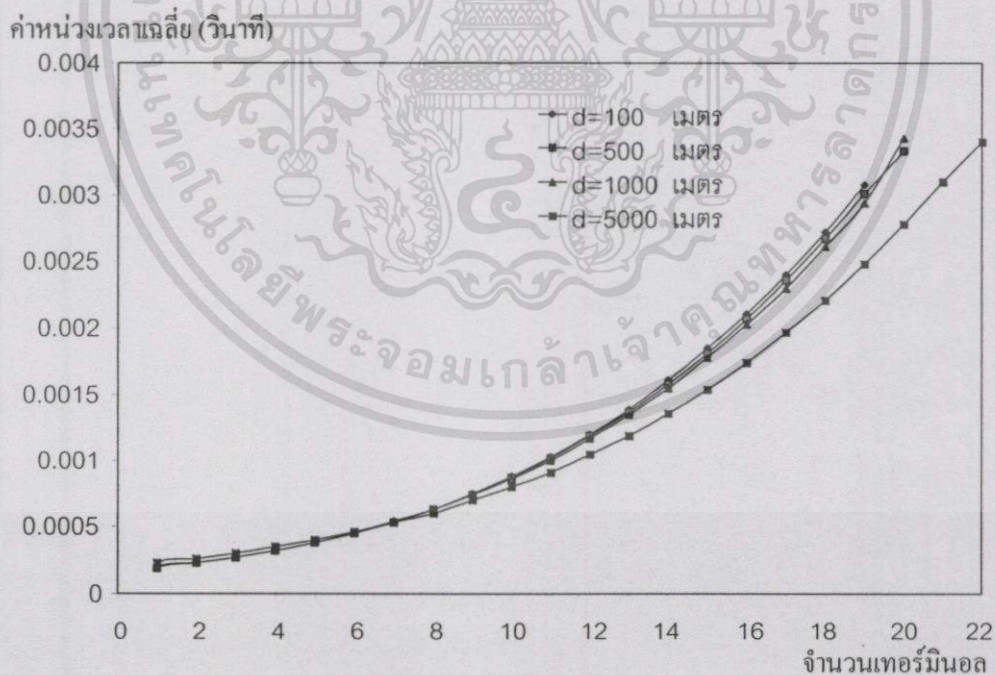
ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงค่าทรูพหุเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ในกรณีที่มี $d=100$ เมตร, $t_a=0.001$ วินาที, $K=3, 4$ และ 5



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ในกรณีที่มี $d=100$ เมตร, $t_a=0.001$ วินาที, $K=3, 4$ และ 5



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงค่าทรูพุทเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ในกรณีนี้ $K=4$, $t_a=0.001$ วินาที, $d=100$ เมตร, 500 เมตร, 1000 เมตร และ 5000 เมตร



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงค่าหน่วงเวลาเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ในกรณีนี้ $K=4$, $t_a=0.001$ วินาที, $d=100$ เมตร, 500 เมตร, 1000 เมตร และ 5000 เมตร

4.6. สรุป

ในกรณีนี้ได้ทำการแสดงผลการคำนวณโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ โดยจะทำการพิจารณาใน 2 กรณีด้วยกันดังต่อไปนี้คือ

กรณีแรกจะให้เทอร์มินอลแต่ละเทอร์มินอลตั้งอยู่ห่างจากสถานีฐานเป็นระยะทาง $d=100$ เมตร โดยมีความเร็วของช่องสัญญาณเท่ากับ 10 Mbps และค่า $t_a=0.001$ แล้วทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของทรูพุทและค่าหน่วงเวลาเฉลี่ยเมื่อจำนวนของเทอร์มินอลภายในระบบเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งระบบไม่สามารถที่จะทำการส่งเซลล์ WATM ได้ โดยจะทำการคำนวณเปรียบเทียบที่ค่า K ที่แตกต่างกันไป เพื่อที่จะพิจารณาผลของค่า K และจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบว่าจะมีผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบอย่างไรบ้าง

จากกราฟในภาพที่ 4.5 ได้ทำการเปรียบเทียบผลของค่าทรูพุทเฉลี่ยของระบบที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ ในกรณีที่ระบบมีค่า K 3 ค่าที่แตกต่างกันคือ ค่า $K = 3$, ค่า $K=4$ และค่า $K = 5$

จากกราฟจะเห็นว่าค่าทรูพุทเฉลี่ยจะมีค่าเริ่มต้นที่ $S = 0$ เมื่อจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบ $N = 0$ ซึ่งก็คือไม่มีเทอร์มินอลใด ๆ อยู่ในระบบเลยนั่นเอง ทำให้ไม่มีการส่งเซลล์ WATM จึงเป็นผลให้ $S = 0$ จากนั้นค่า S จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อจำนวนของเทอร์มินอลภายในระบบมีค่าเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากที่มีการส่งเซลล์ WATM เพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งถึงจุด ๆ หนึ่งค่าทรูพุทเฉลี่ยของระบบจะมีค่าสูงสุด หลังจากนั้นค่าทรูพุทเฉลี่ยของระบบก็จะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ ตามจำนวนของเทอร์มินอลภายในระบบที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลที่เกิดมาจากการชนกันของเซลล์ WATM นั่นเอง จนกระทั่งเมื่อจำนวนของเทอร์มินอลภายในระบบเพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งที่ทำให้ค่า $S = 0$ ซึ่งก็คือการที่ระบบไม่สามารถที่จะทำการส่งเซลล์ WATM ได้อีกต่อไป โดยจุดนี้จะเป็นจุดที่บอกถึงความสามารถในการรองรับจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบนั่นเอง

จากกราฟในภาพที่ 4.5 นี้จะเห็นว่าค่า K ที่ต่างกันจะส่งผลให้ค่าทรูพุทเฉลี่ยที่คำนวณได้มีค่าแตกต่างกันไปด้วย แม้ว่าจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบนั้นจะมีค่าเท่าก็ตาม โดยจากกราฟจะเห็นว่าในกรณีที่ค่า K ที่ใช้มีค่าน้อย ค่าทรูพุทเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดเมื่อจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบมีจำนวนน้อยกว่าในกรณีที่ค่า K ที่ใช้มีค่ามากกว่า ดังเช่นในกรณีที่ค่า $K = 3$ จะมีค่าทรูพุทเฉลี่ยสูงสุดเมื่อจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบ $N = 4$ ในขณะที่กรณีค่า $K = 4$ จะมีค่าทรูพุทเฉลี่ยสูงสุดเมื่อจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบ $N = 5$ และในกรณีที่ค่า $K = 5$ จะมีค่าทรูพุทเฉลี่ยสูงสุดเมื่อจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบ $N = 6$ ตามลำดับ นอกจากนี้อัตราการลดลงของค่าทรูพุทเฉลี่ยก็จะแตกต่างกัน รวมทั้งความสามารถของระบบในการรองรับจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบก็จะแตกต่างกันโดยที่ในกรณีที่ค่า K มีค่ามากจะสามารถรองรับจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบได้มากกว่าในกรณีที่ค่า K มีค่าน้อย ดังเช่นในกรณีที่ค่า $K = 5$ จะรองรับจำนวนเทอร์มินอลได้ 21 เทอร์มินอล ส่วนกรณีที่ค่า $K = 4$ จะรองรับจำนวนเทอร์มินอลได้ 19 เทอร์มินอล และในกรณีที่ค่า

$K = 3$ จะรองรับจำนวนเทอร์มินอลได้ 17 เทอร์มินอลตามลำดับ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากเหตุผลที่ว่าเมื่อเรานำค่า K ที่สูงกว่ามาใช้โอกาสชนกันใหม่ของเซลล์ WATM ที่ทำการส่งซ้ำจะลดลง แต่ค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

จากกราฟในภาพที่ 4.6 ได้ทำการเปรียบเทียบกราฟของค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ ในกรณีที่ระบบมีค่า $K = 3$ ค่าที่แตกต่างกันคือ ค่า $K = 3$, ค่า $K = 4$ และค่า $K = 5$

จากกราฟจะเห็นว่า ณ จุดที่จำนวนเทอร์มินอลภายในระบบ $N = 0$ จะไม่แสดงค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยเนื่องมาจากไม่มีการส่งเซลล์ WATM โดยค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยจะมีค่าต่ำสุดเมื่อจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบ $N = 1$ และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อจำนวนของเทอร์มินอลภายในระบบมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการชนกันของเซลล์ WATM ที่แต่ละเทอร์มินอลทำการส่งนั่นเอง จนกระทั่งจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบ N มีค่าเพิ่มมากขึ้นจนถึงจุดหนึ่ง ค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยจะมีค่าเป็นอนันต์ ซึ่งก็คือจุดเดียวกับที่ค่าทรูพุตเฉลี่ย S มีค่าเป็นศูนย์นั่นเอง เช่นกรณีที่ $N = 18$ เมื่อค่า $K = 3$, $N = 19$ เมื่อค่า $K = 4$ และ $N = 21$ เมื่อค่า $K = 5$ ซึ่งก็เนื่องมาจากการชนกันของเซลล์ WATM จนกระทั่งระบบไม่สามารถทำการส่งเซลล์ WATM ต่อไปได้อีก

กรณีที่ 2 จะให้ระบบมีความเร็วของช่องสัญญาณเท่ากับ 10 Mbps ค่า $t_a = 0.001$ และค่า K ที่ใช้มีค่าคงที่โดยให้ค่า $K = 4$ แล้วทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของทรูพุตและค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยเมื่อจำนวนของเทอร์มินอลภายในระบบเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งระบบไม่สามารถที่จะทำการส่งเซลล์ WATM ได้ โดยจะทำการคำนวณเปรียบเทียบที่ค่าระยะทาง d ที่แตกต่างกันไป เพื่อที่จะพิจารณาผลของระยะทาง และจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบว่าจะมีผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบอย่างไรบ้าง

จากกราฟในภาพที่ 4.7 ได้ทำการเปรียบเทียบผลของค่าทรูพุตเฉลี่ยของระบบที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ ในกรณีที่ระบบมีค่า $d = 4$ ค่าที่แตกต่างกันคือ ค่า $d = 100$ เมตร, ค่า $d = 500$ เมตร, ค่า $d = 1000$ เมตร และค่า $d = 5000$ เมตรตามลำดับ

จากกราฟจะเห็นว่าค่าทรูพุตเฉลี่ยจะมีค่าเริ่มต้นที่ $S = 0$ เมื่อจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบ $N = 0$ ซึ่งก็คือไม่มีเทอร์มินอลใด ๆ อยู่ในระบบเลยนั่นเอง ทำให้ไม่มีการส่งเซลล์ WATM จึงเป็นผลให้ $S = 0$ จากนั้นค่า S จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อจำนวนของเทอร์มินอลภายในระบบมีค่าเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากที่มีการส่งเซลล์ WATM เพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งถึงจุด ๆ หนึ่งค่าทรูพุตเฉลี่ยของระบบจะมีค่าสูงสุด หลังจากนั้นค่าทรูพุตเฉลี่ยของระบบก็จะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ ตามจำนวนของเทอร์มินอลภายในระบบที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลที่เกิดมาจากการชนกันของเซลล์ WATM นั่นเอง จนกระทั่งเมื่อจำนวนของเทอร์มินอลภายในระบบเพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งที่ทำให้ค่า $S = 0$ ซึ่งก็คือการที่ระบบไม่สามารถที่จะทำการส่งเซลล์ WATM ได้อีกต่อไป โดยจุดนี้จะเป็นจุดที่บอกถึงความสามารถในการรองรับจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบนั่นเอง

จากกราฟในภาพที่ 4.7 นี้จะเห็นว่าค่า d ที่ต่างกันจะส่งผลให้ค่าทรูพุทเฉลี่ยที่คำนวณได้มีค่าต่างกันไปด้วย แม้ว่าจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบนั้นจะมีค่าเท่าก็ตาม โดยจากกราฟจะเห็นว่าในกรณีที่ค่า d ที่ใช้มีค่าน้อย ค่าทรูพุทเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดเมื่อจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบมีจำนวนน้อยกว่าในกรณีที่ค่า d ที่ใช้มีค่ามากกว่า ดังเช่นในกรณีที่ค่า $d = 100$ เมตรจะมีค่าทรูพุทเฉลี่ยสูงสุดเมื่อจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบ $N = 5$ กรณีค่า $d = 500$ เมตรจะมีค่าทรูพุทเฉลี่ยสูงสุดเมื่อจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบ $N = 5$ กรณีที่ค่า $d = 1000$ เมตรจะมีค่าทรูพุทเฉลี่ยสูงสุดเมื่อจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบ $N = 5$ แต่เมื่อค่า $d = 5000$ เมตร จะมีค่าทรูพุทเฉลี่ยสูงสุดเมื่อจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบ $N = 6$ นอกจากนี้อัตราการลดลงของค่าทรูพุทเฉลี่ยก็จะแตกต่างกัน รวมทั้งความสามารถของระบบในการรองรับจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบก็จะแตกต่างกันโดยที่ในกรณีที่ค่า d มีค่ามากจะสามารถรองรับจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบได้มากกว่าในกรณีที่ค่า d มีค่าน้อย ดังเช่นในกรณีที่ค่า $d = 5000$ เมตรจะรองรับจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบได้ 22 เทอร์มินอล ส่วนกรณีที่ค่า $d = 1000$ เมตรจะรองรับจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบได้ 20 เทอร์มินอล กรณีที่ค่า $d = 500$ เมตรจะรองรับจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบได้ 20 เทอร์มินอล และในกรณีที่ค่า $d = 100$ เมตรจะรองรับจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบได้ 19 เทอร์มินอลตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้ก็ด้วยเหตุผลที่ว่าระยะทางที่ไกลจะมีค่าหน่วยเวลาจากการเดินทางของคลื่นมาก แต่แต่ก็มีโอกาสชนกันของเซลล์ WATM น้อยลงด้วย

จากกราฟในภาพที่ 4.8 ได้ทำการเปรียบเทียบของค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ ในกรณีที่ระบบมีค่า d ที่แตกต่างกันเป็นจำนวน 4 ค่าคือ ค่า $d = 100$ เมตร, ค่า $d = 500$ เมตร, ค่า $d = 1000$ เมตร และค่า $d = 5000$ เมตรตามลำดับ

จากกราฟจะเห็นว่า ณ จุดที่จำนวนเทอร์มินอลภายในระบบ $N = 0$ จะไม่แสดงค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยเนื่องมาจากไม่มีการส่งเซลล์ WATM โดยค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยจะมีค่าต่ำสุดเมื่อจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบ $N = 1$ และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อจำนวนของเทอร์มินอลภายในระบบมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการชนกันของเซลล์ WATM ที่แต่ละเทอร์มินอลทำการส่งนั่นเอง จนกระทั่งจำนวนเทอร์มินอลภายในระบบ N มีค่าเพิ่มมากขึ้นจนถึงจุดหนึ่ง ค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยจะมีค่าเป็นอนันต์ ซึ่งก็คือจุดเดียวกับที่ค่าทรูพุทเฉลี่ย S มีค่าเป็นศูนย์นั่นเอง เช่นกรณีที่ $N = 19$ เมื่อค่า $d = 100$ เมตร, $N = 20$ เมื่อค่า $d = 500$ เมตร, $N = 20$ เมื่อค่า $d = 1000$ เมตร, และ $N = 22$ เมื่อค่า $d = 5000$ เมตร ซึ่งก็เนื่องมาจากการชนกันของเซลล์ WATM จนกระทั่งระบบไม่สามารถทำการส่งเซลล์ WATM ต่อไปได้อีก

จากผลที่ได้จะเห็นว่าแม้ว่าค่า K ค่า d และค่า N ต่างก็มีผลต่อสมรรถนะของระบบก็ตามแต่ค่า d จะมีผลน้อยมากเมื่อเทียบกับค่า K ดังจะเห็นได้จากการที่เราเปลี่ยนค่า K ที่นำมาใช้กับระบบเพียงเล็กน้อยก็ทำให้ค่าของทรูพุทเฉลี่ยและค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงไปมากกว่าการที่เราเปลี่ยนค่า d

ต่างกันมากๆ เสียอีก ดังนั้นตัวแปรสำคัญที่เราควรพิจารณาในการออกแบบระบบก็คือ ค่าKที่จะนำมาใช้ในการส่งซ้ำกับจำนวนของเทอร์มินอลภายในระบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ผลของระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮาสำหรับ ระบบ WATM โดยวิธีการจำลองแบบ

5.1 กล่าวนำ

ในบทนี้เป็นการวิเคราะห์ผลของระบบ ATM ไร้สายหรือ WATM ที่ใช้ระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮาโดยวิธีการจำลองแบบซึ่งก็คือการจำลองหรือเลียนแบบเหตุการณ์ต่างๆ ซึ่งบางครั้งเหตุการณ์นั้นเราไม่สามารถที่จะทดลองด้วยของจริงได้ ซึ่งการจำลองเหตุการณ์นั้นสามารถที่จะทำได้หลายวิธีการด้วยกัน เช่น การใช้สมการทางคณิตศาสตร์ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยในที่นี้จะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองเหตุการณ์ของการส่งเซลล์ WATM ที่ใช้ระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮา ซึ่งการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองเหตุการณ์นั้นเราสามารถที่จะทำได้ทุกเหตุการณ์ ส่วนการที่จะประสบผลสำเร็จมากน้อยแค่ไหนนั้นขึ้นอยู่กับว่าผู้ที่เขียนโปรแกรมมีความเข้าใจเกี่ยวกับระบบหรือเหตุการณ์ที่ทำการจำลองมากน้อยเพียงใด โดยในทางปฏิบัติไม่สามารถที่จะเขียนโปรแกรมจำลองเหตุการณ์ให้เหมือนกับเหตุการณ์ หรือการทดลองจริงๆ ได้ทุกอย่าง แต่สามารถที่จะทำการจำลองเหตุการณ์ให้ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุดได้ นอกจากนี้การจำลองเหตุการณ์ยังมีข้อดีคือ สามารถที่จะทำการเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อที่จะพิจารณาความแตกต่างของผลที่เกิดขึ้นได้ ถึงแม้ว่าในเหตุการณ์จริงแล้วการทำเช่นนั้นจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายมากหรืออาจเกิดอันตรายขึ้นได้ตัวอย่างเช่น การจำลองพลังงานนิวเคลียร์เพื่อดูผลการเกิดความผิดพลาดโดยปราศจากอันตราย แต่จุดประสงค์ที่สำคัญที่สุดในส่วนนี้ก็คือใช้การจำลองเหตุการณ์เพื่อตรวจสอบเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ ว่าวิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่คิดขึ้นมีความถูกต้องมากน้อยเพียงไร

5.2 ระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์

ระบบที่ใช้ในการพิจารณาเพื่อวิเคราะห์ผลของการเข้าถึงสถานีฐานของเทอร์มินอลนั้นจะประกอบไปด้วย 1 สถานีฐานกับ N เทอร์มินอลซึ่งตั้งอยู่กับที่ห่างจากสถานีฐานเป็นระยะทาง d เมตร โดยแต่ละเทอร์มินอลจะเป็นได้ 2 สถานะคือ ชิงคัง หรือ บล็อก ในกรณีชิงคังนั้นเทอร์มินอลจะทำการส่งเซลล์ที่สร้างขึ้นใหม่ด้วยการกระจายแบบปัวซองที่มีค่าเฉลี่ย $\alpha << 1$ เซลล์/สล็อต โดยที่ 1 สล็อตใช้เวลา τ วินาทีเมื่อ τ มีช่วงเวลาเท่ากับความยาวของเซลล์ WATM และ α คือค่าความน่าจะเป็นที่เทอร์มินอลจะส่งเซลล์ WATM ที่สร้างขึ้นใหม่ในสล็อตที่พิจารณา

โดยการเกิดของเซลล์ WATM จะใช้รูปแบบการสร้างค่าสุ่มที่เรียกว่าเรนดอมนัมเบอร์ เจเนอเรเตอร์ หรือ LLRANDOM[8] ซึ่งมีรูปแบบ ดังสมการ 5.1

$$I_n + 1 = \alpha I_n \text{ mod } M \quad (5.1)$$

เมื่อ $\alpha = 7^5 \quad (5.2)$

$$M = 2^{23} - 1 \quad (5.3)$$

ซึ่งในระบบจริง ๆ นั้นจะมีเทอร์มินอลเป็นตัวส่งเซลล์ WATM แต่ในการเขียนโปรแกรมนั้นเราจะใช้ทรานแซคชัน แทนเซลล์ WATM โดยการอาศัยคำสั่งของภาษาคอมพิวเตอร์ เพื่อปฏิบัติการกับทรานแซคชันให้เข้าสู่เหตุการณ์ซึ่งจำลองการเคลื่อนไหวของเซลล์ WATM ในระบบ

5.3 อัลกอริทึมของโปรแกรมจำลองแบบ

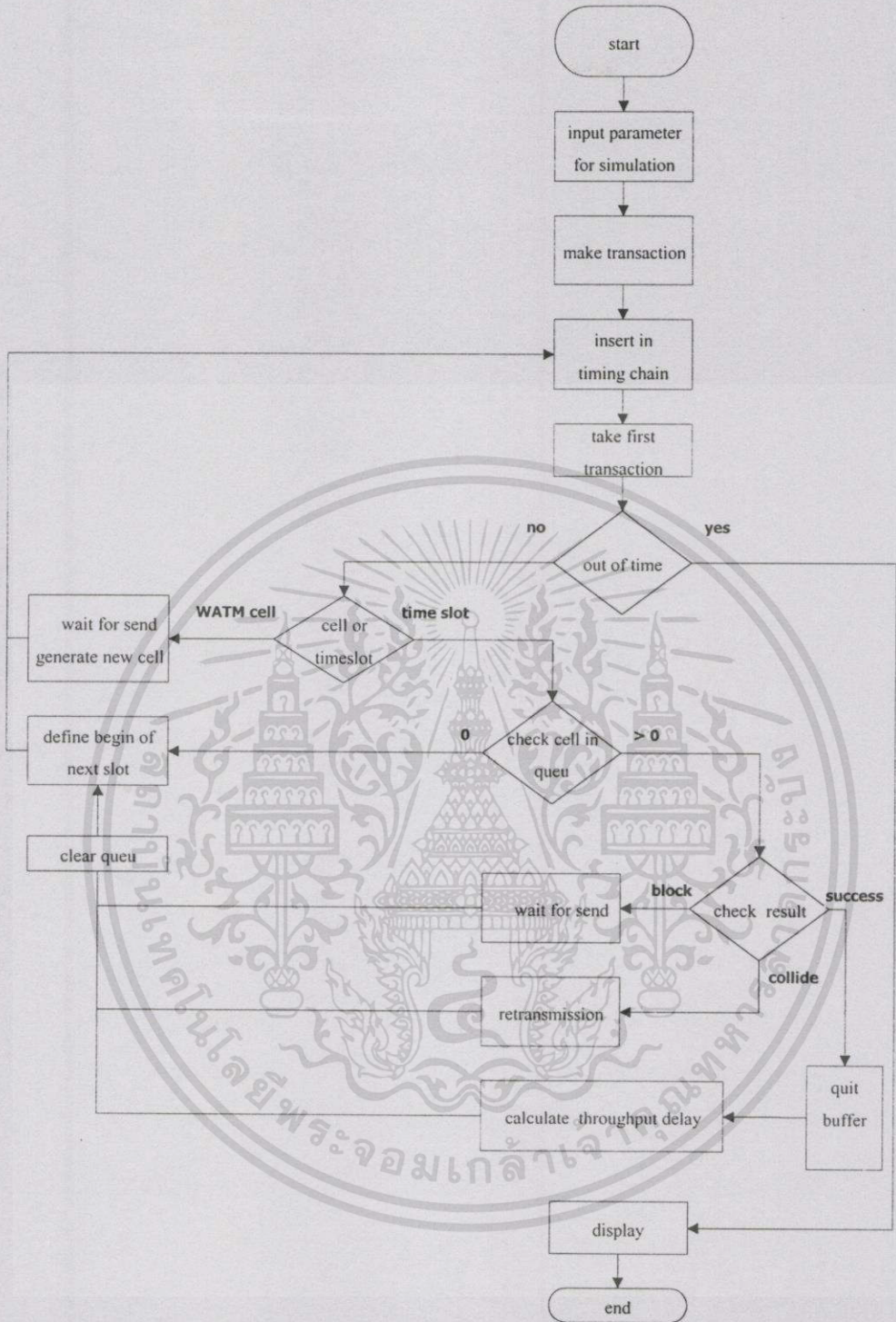
อัลกอริทึมของโปรแกรมจำลองแบบมีขั้นตอน ดังนี้

- 5.3.1 ทำการกำหนดระยะเวลาในการทำงานของโปรแกรม และสร้างตัวแปรเพื่อเก็บค่าต่างๆที่เกิดขึ้น
- 5.3.2 ทำการรับค่าอินพุตจากคีย์บอร์ด ซึ่งได้แก่
 - (1) จำนวนเทอร์มินอลในระบบ
 - (2) ระยะทางระหว่างสถานีฐานกับเทอร์มินอล
 - (3) ความเร็วของช่องสัญญาณของเทอร์มินอล
 - (4) จำนวนสล๊อตเวลาที่ใช้การแบคสล็อต
- 5.3.3 ทำการสร้างทรานแซคชันซึ่งแทนเซลล์ WATM ที่ถูกสร้างขึ้นและทรานแซคชันที่แทนจุดเริ่มต้นของสล๊อตเวลา
- 5.3.4 นำทรานแซคชันที่สร้างขึ้นไปเรียงตามลำดับเวลาที่เกิดขึ้นในลูกโซ่เวลา
- 5.3.5 นำทรานแซคชันที่อยู่บนสุดมาพิจารณาเวลาที่เกิดว่าอยู่ภายในช่วงระยะเวลาที่กำหนดไว้ ให้โปรแกรมทำงานหรือไม่
 - (1) ถ้าหมดเวลาที่จะทำการแสดงผล และหยุดการทำงานของโปรแกรม
 - (2) ถ้ายังอยู่ในช่วงเวลาที่โปรแกรมทำงาน จะทำการตรวจสอบต่อไปว่า ทรานแซคชันที่เข้ามาเป็นทรานแซคชันแทนเซลล์ WATM หรือทรานแซคชันแทนจุดเริ่มต้นของสล๊อตเวลา

- (2.1) ถ้าเป็นทรานแซกชันแทนเซลล์WATM โปรแกรมจะทำการคัดลอกข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณของเซลล์WATM นั้นไว้เพื่อรอถึงจุดเริ่มต้นของสล็อตเวลาถัดไป และทำการสร้างเซลล์WATMใหม่จากเทอร์มินอลเดิม โดยใช้ ทรานแซกชัน นี้เก็บข้อมูลแทน แล้วนำทรานแซกชัน ไปเรียงลำดับในลูกโซ่เวลา
- (2.2) ถ้าเป็นทรานแซกชันแทนจุดเริ่มต้นของสล็อตเวลา โปรแกรมจะทำการตรวจว่ามีเซลล์WATMที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาของสล็อตเวลาก่อนหน้านั้นเป็นจำนวนเท่าไร
- (2.2.1) ถ้าจำนวนเซลล์WATM ในคิว มีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งแสดงว่าไม่มีสถานีใดทำการส่งเซลล์WATMเลย โปรแกรมก็จะทำการคำนวณ และกำหนดเวลาของจุดเริ่มต้นของสล็อตเวลาถัดไปลงในทรานแซกชันของสล็อตเวลา แล้วส่งไปเรียงลำดับในลูกโซ่เวลา
- (2.2.2) ถ้าจำนวนเซลล์WATMมีค่าไม่เท่ากับ 0 โปรแกรมจะทำการตรวจสอบว่าการที่มีทรานแซกชันของเซลล์WATMเกิดขึ้นนั้นมีผลอย่างไร ซึ่งเป็นไปได้ 3 กรณี
1. เซลล์WATMที่เกิดขึ้นยังไม่สามารถทำการส่งได้ จะมีการคำนวณเวลาที่เทอร์มินอล พยายามที่จะส่งเซลล์นี้ในสล็อตเวลาถัดไป
 2. เซลล์WATM ที่เกิดขึ้น สามารถส่งได้ แต่ส่งไม่สำเร็จ จะต้องไปกระทำตามขั้นตอนในการส่งซ้ำ
 3. เซลล์WATM ที่เกิดขึ้นสามารถส่งได้สำเร็จ จะทำการลบเซลล์WATM นั้นออกจากบัฟเฟอร์ของเทอร์มินอล แล้วทำการคำนวณค่าทรูพุท และ กำหนดวงเวลาดำเนิน

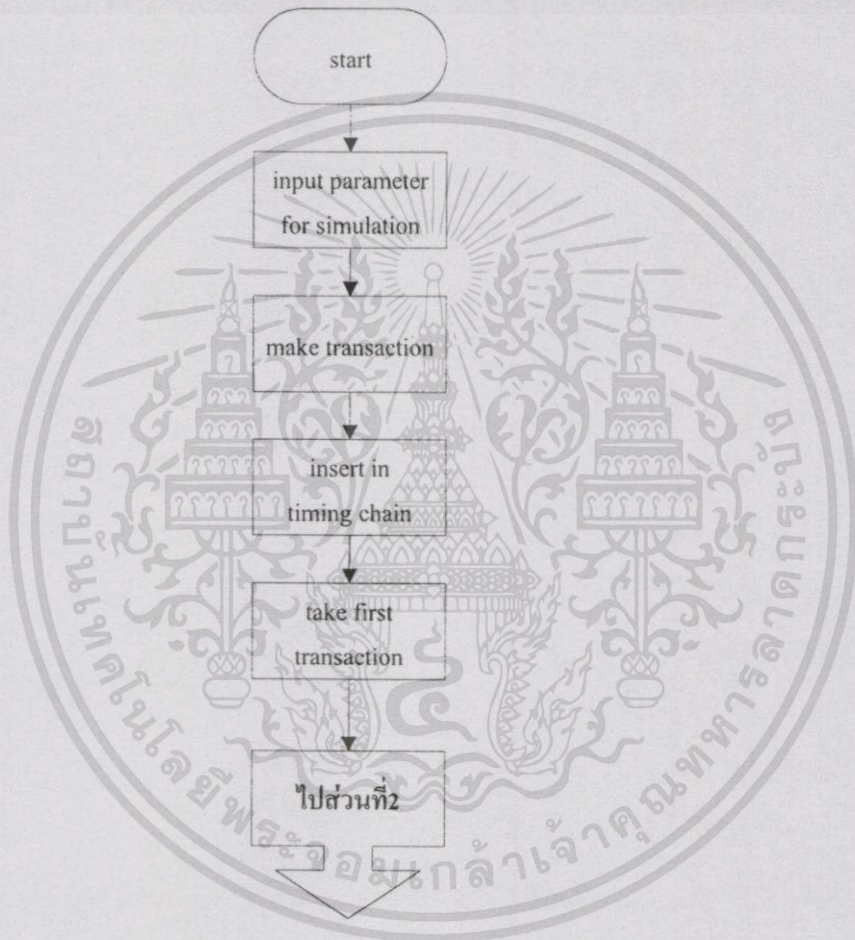
หลังจากนั้นทั้ง 3 กรณี จะทำการเคลียร์คิวของช่องสัญญาณ เพื่อที่จะใช้เก็บข้อมูลของเซลล์WATMสำหรับช่วงสล็อตเวลาถัดไป จากนั้นจะทำการคำนวณเวลาเริ่มต้นของสล็อตเวลาถัดไป และกำหนดค่าเวลานั้น ลงในทรานแซกชันของจุดเริ่มต้นสล็อตเวลา แล้วจึงนำกลับไปเรียงลำดับในลูกโซ่เวลา

- 5.3.6 โปรแกรมจะนำทรานแซกชันบนสุดของลูกโซ่เวลามาผ่านระบบต่อไปจนกระทั่งทรานแซกชันบนสุดของลูกโซ่เวลา จะมีค่าของเวลาที่เกิดขึ้นกว่าเวลาในการจำลองแบบ โปรแกรมจึงจะทำการแสดงผล และยุติการทำงานของโปรแกรม



ภาพที่ 5.1 แผนภูมิโปรแกรมจำลองแบบ

ส่วนที่ 1 ทำการป้อนค่าพารามิเตอร์ให้กับโปรแกรม พร้อมทั้งตั้งค่าต่างๆ ทั้งตัวแปรเริ่มต้น และตัวแปรที่ใช้เก็บผลคำตอบ กำหนดระยะเวลาที่โปรแกรมทำงาน สร้าง ทรานแซคชัน แทน เซลล์ WATM ที่เกิดขึ้น และ ทรานแซคชัน แทนจุดเริ่มต้นของสล็อตเวลา แล้วนำไปเรียงลำดับตามเวลาที่เกิดขึ้นในลูกโซ่เวลา จากนั้นโปรแกรมจะนำ ทรานแซคชัน แรกในลูกโซ่เวลา ซึ่งก็คือเหตุการณ์แรกที่เกิดขึ้นมาพิจารณา



ภาพที่ 5.2 แผนภูมิโปรแกรมจำลองแบบส่วนที่ 1

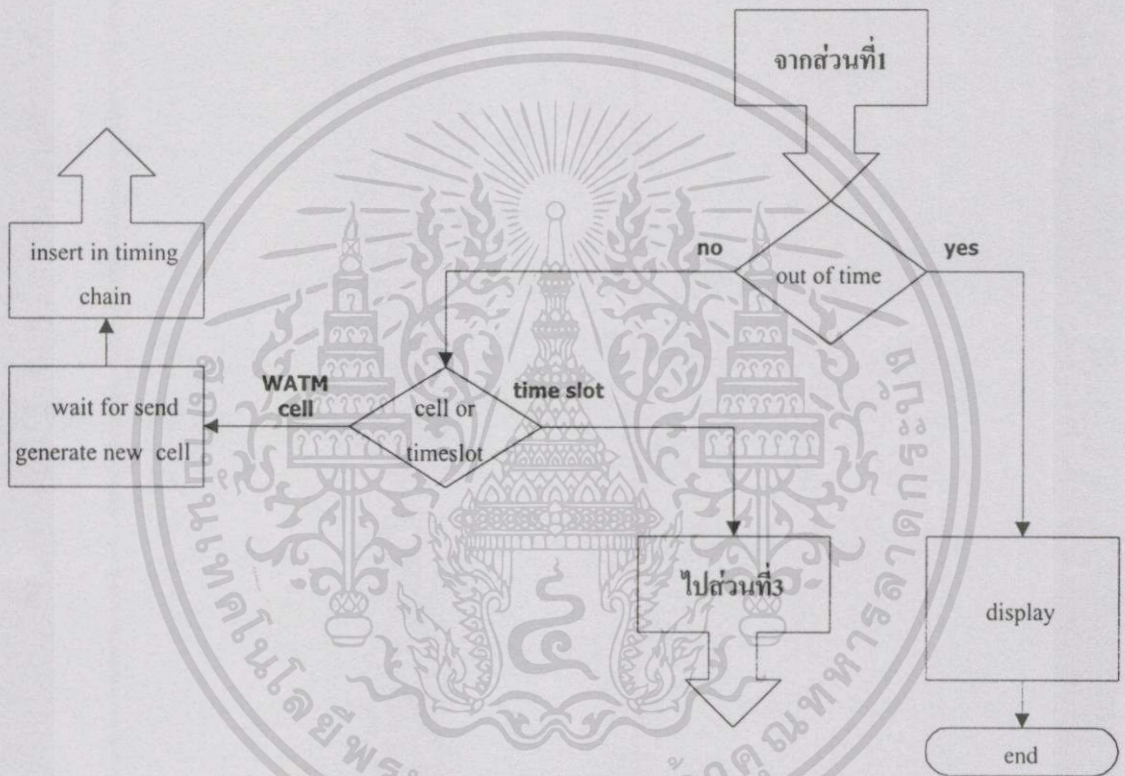
ส่วนที่ 2 จากส่วนที่ 1 จะทำการตรวจสอบว่าเวลาเกิดของ ทรานแซคชัน นั้นมีค่าเกินกว่าเวลาที่ใช้ในการจำลองแบบหรือไม่

- (1) ถ้าใช่ ก็จะไปส่วนแสดงผล ซึ่งจะแสดงค่าทรูพุตเฉลี่ย และค่าหน่วยเวลาเฉลี่ย จากนั้นโปรแกรมจะหยุดทำงาน
- (2) ถ้าไม่ใช่ ก็จะนำ ทรานแซคชัน นั้นเข้ามาตรวจสอบว่าเป็น ทรานแซคชัน ของเซลล์ WATM หรือ ทรานแซคชัน ของสล็อตเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2.1) ในกรณีที่ ทรานแซคชัน ที่เข้ามาเป็น ทรานแซคชัน ของเซลล์ WATM โปรแกรม จะนำข้อมูลของ ทรานแซคชัน ที่จำเป็นในการคำนวณ ไปเก็บไว้ในคิวของช่วงสล็อต เวลานั้น และที่บัพเฟอร์ของเทอร์มินอลที่ส่ง จากนั้นจะใช้ ทรานแซคชัน เก็บข้อมูล ของเซลล์ WATM ที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ หลังจากนั้นก็จะนำ ทรานแซคชัน ของเซลล์ WATM ที่สร้างขึ้นใหม่นี้ไปเรียงลำดับในลูกโซ่เวลา

(2.2) ในกรณีที่ ทรานแซคชัน ที่เข้ามาเป็น ทรานแซคชัน ของสล็อตเวลา จะทำการส่ง ไปยังส่วนที่ 3

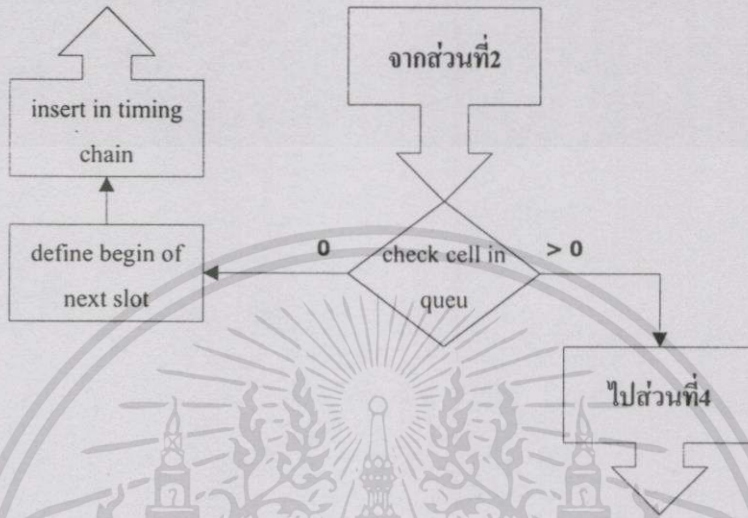


ภาพที่ 5.3 แผนภูมิโปรแกรมจำลองแบบส่วนที่ 2

ส่วนที่ 3 จะทำหน้าที่ตรวจสอบจำนวนเซลล์ WATM ที่อยู่ในคิวในช่วงของสล็อตเวลาก่อนหน้านั้น โดยมี 2 กรณี

- (1) จำนวนเซลล์ WATM ในคิวเท่ากับ 0 หมายความว่าไม่มีเทอร์มินอลใดในระบบที่ทำการส่งเซลล์ WATM โปรแกรมจะทำการคำนวณจุดเริ่มต้นของสล็อตเวลาถัดไป และกำหนดค่านี้ลงบนทรานแซคชันของสล็อตเวลา จากนั้นจึงนำทรานแซคชันนั้นไปเรียงในลูกโซ่เวลา

- (2) จำนวนเซลล์ WATM ในคิวไม่เท่ากับ 0 หมายความว่าเมื่อเทอร์มินอลในระบบทำการสร้างเซลล์ WATM ขึ้นใหม่ หรือทำการส่งเซลล์ WATM ซึ่งอาจจะเป็นการส่งครั้งแรก หรือการส่งซ้ำก็ได้ โดยจะส่งไปพิจารณาใน ส่วนที่ 4 ต่อไป



ภาพที่ 5.4 แผนภูมิโปรแกรมจำลองแบบส่วนที่ 3

ส่วนที่ 4 ทำหน้าที่ตรวจสอบว่าเซลล์ที่เข้ามา ได้ทำการส่งหรือไม่ และถ้าได้ทำการส่งผลการส่งเป็นอย่างไร

โดยจะทำการวนรอบตรวจสอบทีละเซลล์โดยมีขั้นตอนดังนี้

- (1) กำหนดค่า m คือจำนวนเซลล์ทั้งหมดที่เข้ามาในคิวภายในช่วงของสล็อตเวลาที่พิจารณา
- (2) ทำการตรวจสอบเซลล์แรกว่าเทอร์มินอลที่ส่งมีสถานะใด
- (3) ถ้าเป็นเชิงคิก แสดงว่าส่งได้ ดังนั้นข้อมูลของเซลล์ WATM นั้นจะถูกเก็บไว้ใน เซนดิงลิสต์
- (4) ถ้าเป็นบล็อกต้องตรวจสอบต่อไปว่าเป็นเซลล์แรกสุดของบัพเฟอร์ของเทอร์มินอลนั้นหรือไม่
 - (4.1) ถ้าใช่ แสดงว่าเป็นการส่งซ้ำ จะนำข้อมูลของเซลล์ WATM นั้นไปเก็บไว้ใน เซนดิงลิสต์
 - (4.2) ถ้าไม่ใช่ แสดงว่าไม่สามารถส่งได้ เนื่องจากมีเซลล์ WATM ในเทอร์มินอลเดียวกันที่ยังส่งไม่สำเร็จรอการส่งอยู่ ดังนั้น โปรแกรมจะทำการคำนวณเวลาที่เทอร์มินอลจะส่งเซลล์ในสล็อตเวลาต่อไป แล้วกำหนดค่านั้นลงในทรานแซกชันที่สร้างขึ้นใหม่

สำหรับเซลล์ WATM นั้น แล้วนำทรานแซกชันแทนเซลล์ WATM นั้นไปเรียงลำดับในลูกโซ่เวลา

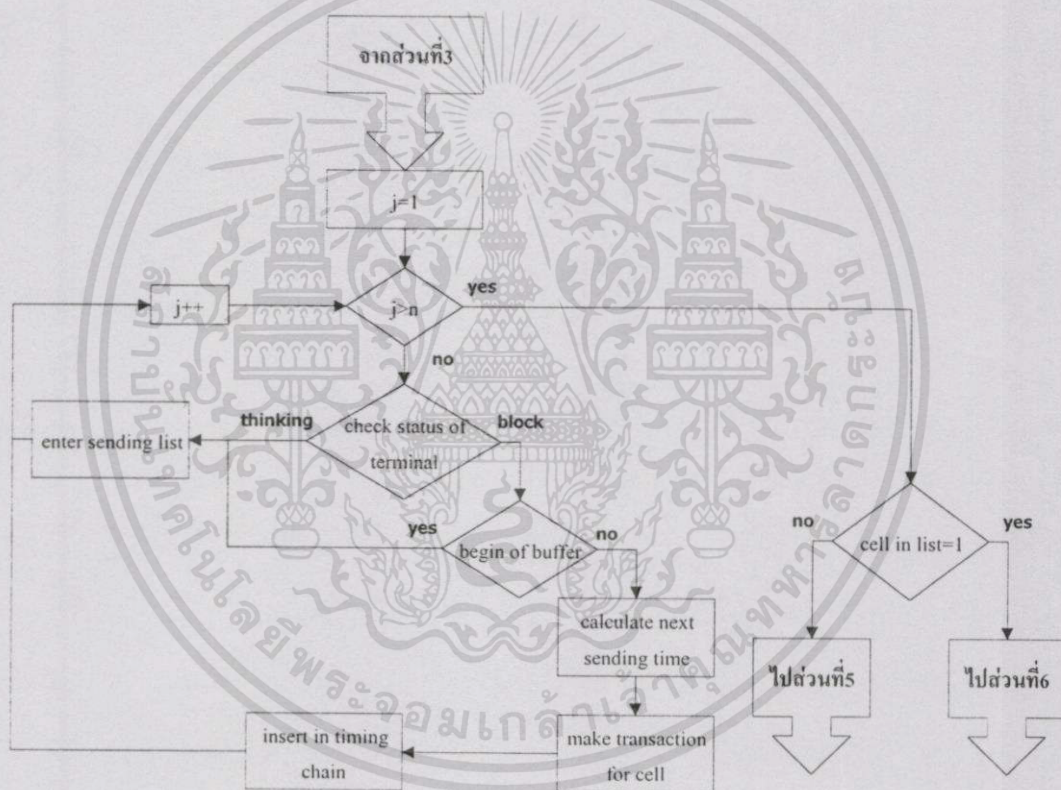
(5) ทำการเพิ่มค่า j ขึ้น 1

(6) นำเซลล์ WATM ถัดไปมาตรวจสอบ

(7) เมื่อครบทุกเซลล์แล้วทำการตรวจสอบว่ามีเซลล์ WATM ใน เซนดิงลิสต์ อยู่เป็นจำนวนเท่าไร

(7.1) ถ้าไม่เท่ากับ 1 เซลล์ แสดงว่าส่งเกิดการชนกันของเซลล์โปรแกรม จะไปทำใน ส่วนที่ 5

(7.2) ถ้าเท่ากับ 1 เซลล์ แสดงว่าส่งโปรแกรมสำเร็จ จะนำไปทำในส่วนที่ 6



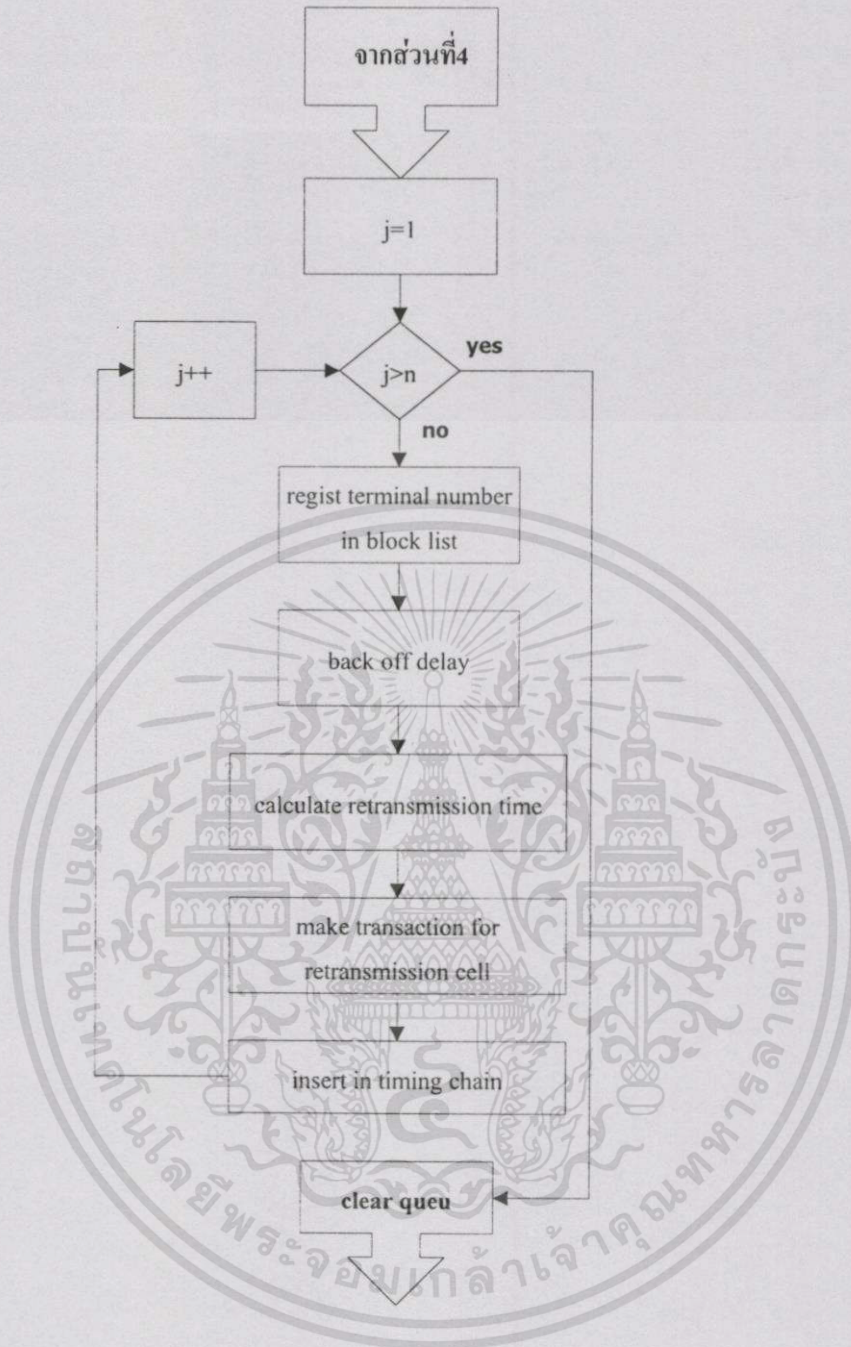
ภาพที่ 5.5 แผนภูมิโปรแกรมจำลองแบบส่วนที่ 4

ส่วนที่ 5 ทำหน้าที่ในการส่งซ้ำโดยจะวนรอบส่งทีละเซลล์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

- (1) กำหนดให้ m แทน จำนวนเซลล์ WATM ที่ต้องการส่งซ้ำ
- (2) นำเซลล์ WATM แรกมาเข้ากรรมวิธีการส่งซ้ำ

- (3) บันทึกหมายเลขของเทอร์มินอลที่ส่งเซลล์นั้นลงในบล็อกคลิสต์ เพื่อใช้พิจารณาสถานะของสถานีในช่วงสล็อตเวลาต่อไป
- (4) ทำการแบคอัพดีเลย์ โดยการสุ่มค่าคงที่ระหว่าง 1 ถึง K แล้วทำการคูณค่าคงที่ที่ได้กับช่วงเวลา 1 สล็อตเวลา
- (5) กำหนดเวลาที่จะทำการส่งซ้ำ
- (6) สร้าง ทรานแซคชัน แทนเซลล์ WATM ที่จะทำการส่งซ้ำ
- (7) นำไปเรียงในลูกโซ่เวลา
- (8) เพิ่มค่า j ขึ้น 1 เพื่อนำเซลล์ WATM ถัดไปมาส่งซ้ำ
- (9) เมื่อส่งครบทำการเคลียร์คิว





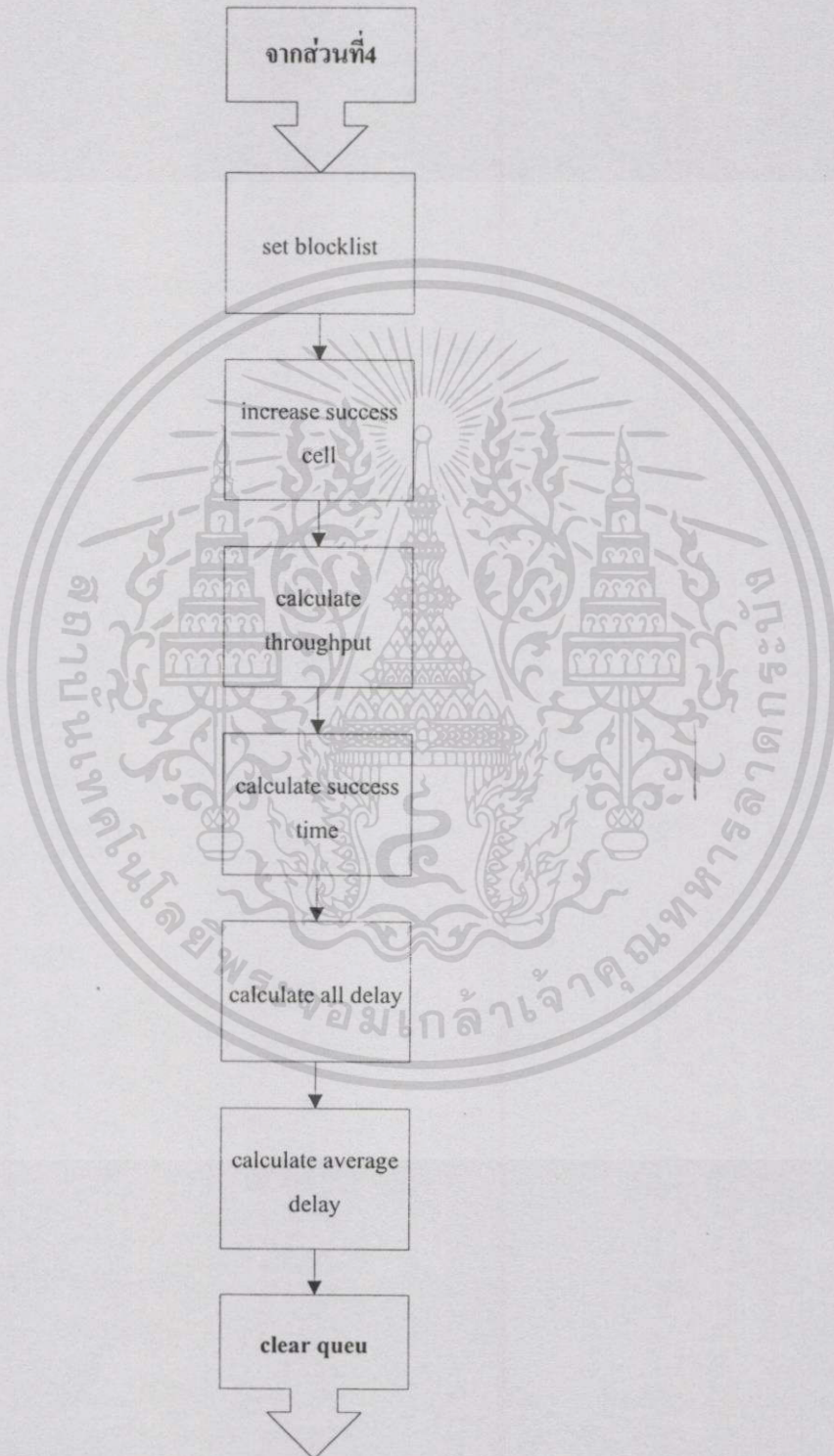
ภาพที่ 5.6 แผนภูมิโปรแกรมจำลองแบบส่วนที่ 5

ส่วนที่ 6 ในกรณีที่มีการส่งเซลล์ WATM สำเร็จ โปรแกรมจะมาดำเนินการ ดังต่อไปนี้

- (1) จัดการปรับบล็อกลิสต์ใหม่
- (2) เพิ่มจำนวนเซลล์ WATM ที่ส่งสำเร็จขึ้นอีก 1
- (3) คำนวณค่าทรูพุต ซึ่งก็คือค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนของเซลล์ WATM ที่ส่งสำเร็จต่อจำนวนของเซลล์ WATM ทั้งหมดที่เทอร์มินอลสร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

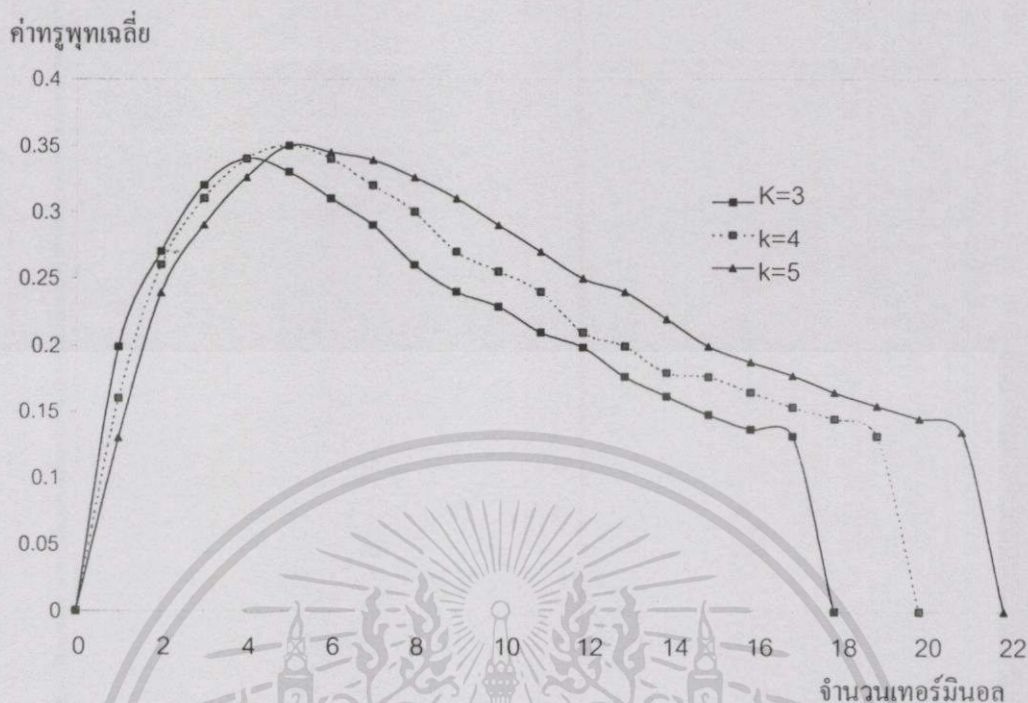
- (4) คำนวณค่าหน่วยเวลาทั้งหมด
- (5) คำนวณค่าหน่วยเวลาเฉลี่ย ซึ่งก็คือค่าอัตราส่วนระหว่างค่าหน่วยเวลาทั้งหมดต่อจำนวนของเซลล์ WATM ที่ส่งสำเร็จต่อ
- (6) ทำการเคลียร์คิว



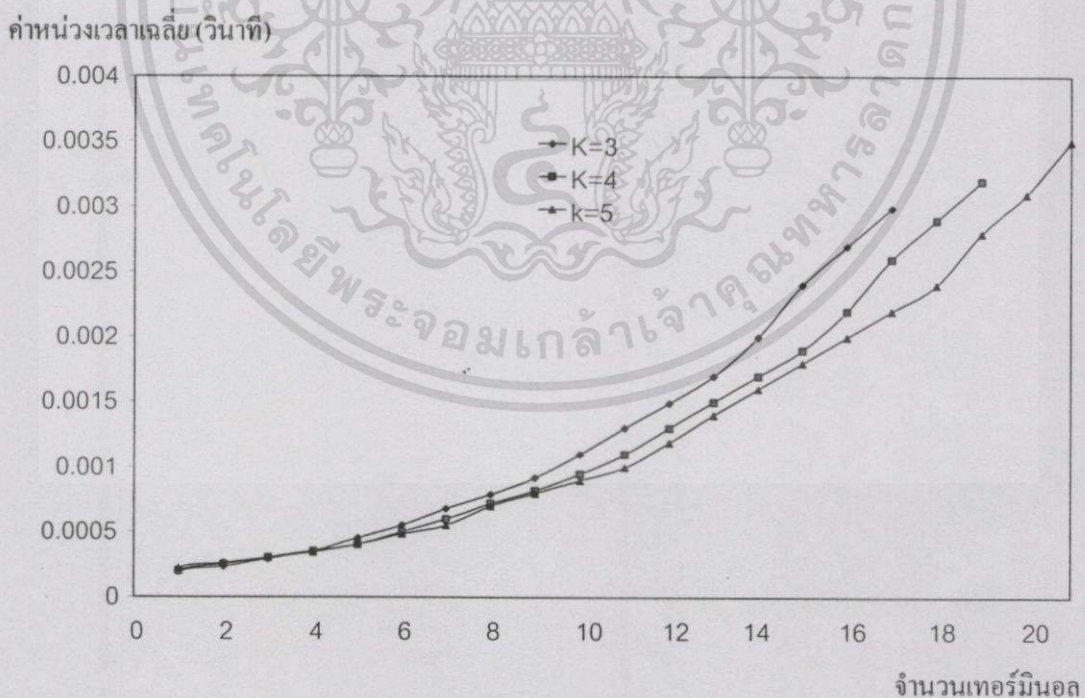
ภาพที่ 5.7 แผนภูมิโปรแกรมจำลองแบบส่วนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ผลการทดลอง

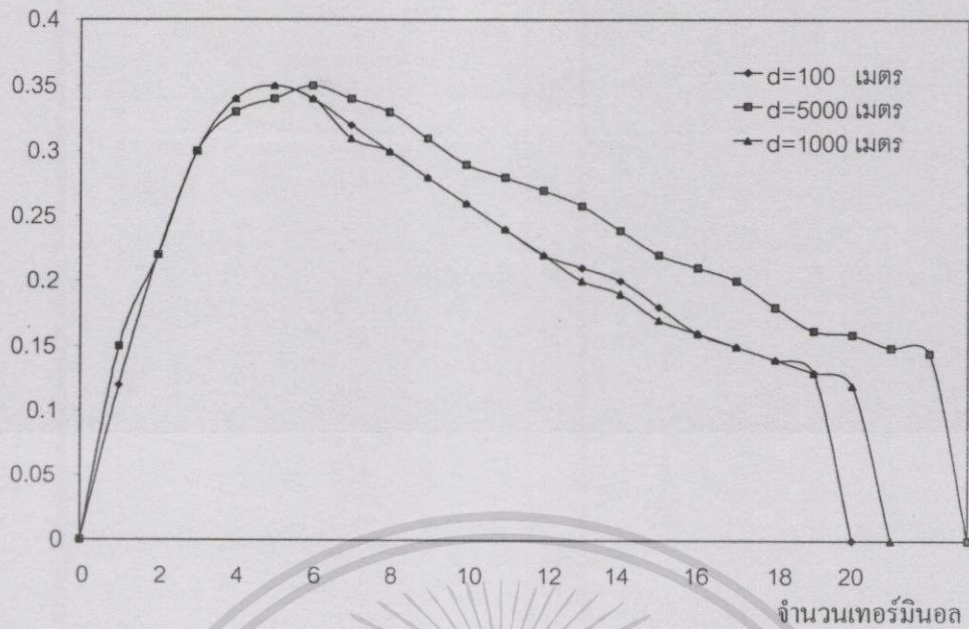


ภาพที่ 5.8 กราฟแสดงค่าทรูพู่เฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ในกรณีนี้ที่ $d=100$ เมตร, $t_a=0.001$ วินาที, $K=3, 4$ และ 5



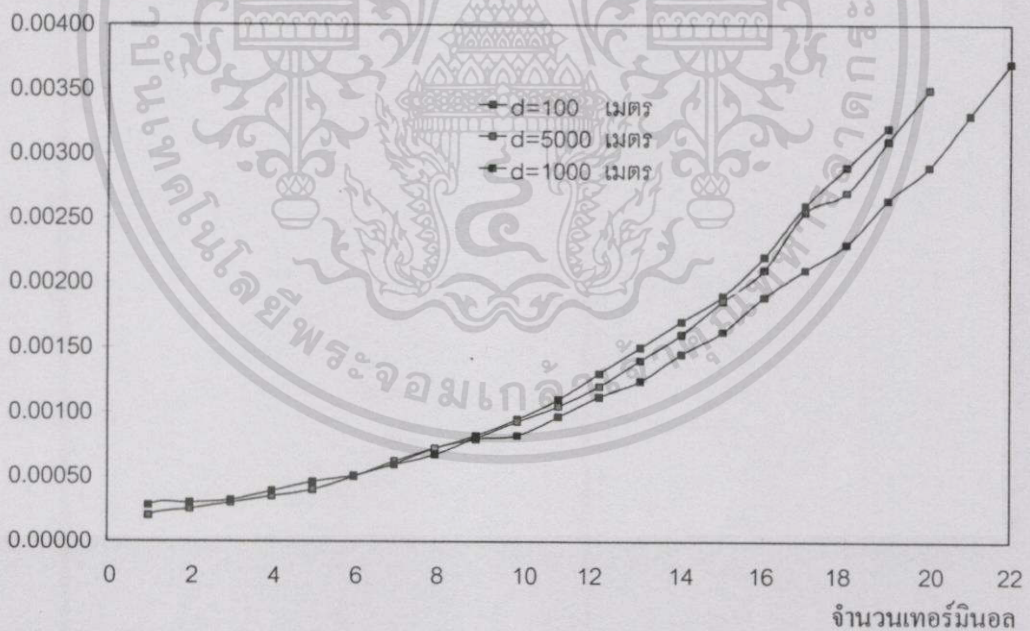
ภาพที่ 5.9 กราฟแสดงค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ในกรณีนี้ที่ $d=100$ เมตร, $t_a=0.001$ วินาที, $K=3, 4$ และ 5

ค่าทรูพหุเฉลี่ย



ภาพที่ 5.10 กราฟแสดงค่าทรูพหุเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ในกรณีนี้ $K=4$, $t_a=0.001$ วินาที, $d=100$ เมตร, 1000 เมตรและ 5000 เมตร

ค่าหน่วยเวลาเฉลี่ย (วินาที)



ภาพที่ 5.11 กราฟแสดงค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ได้จากการคำนวณ โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ในกรณีนี้ $K=4$, $t_a=0.001$ วินาที, $d=100$ เมตร, 1000 เมตรและ 5000 เมตร

5.5 สรุป

จากการทดลองที่ได้ในภาพที่ 5.8, 5.9, 5.10 และ 5.11 จะพิจารณาได้ดังนี้ ในกรณีที่ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ และกำหนดให้ค่า K ซึ่งเป็นจำนวนช่องสัญญาณที่ใช้ในการแบคค็อกมีค่าแตกต่างกันไป $K=3,4$ และ 5 ตามลำดับ เพื่อที่จะพิจารณาผลของค่า K ที่มีต่อค่า ทรุษุพและค่าหน่วยเวลาเฉลี่ย ซึ่งได้ผลดังนี้ จากกราฟในภาพที่ 5.8 ค่าทรุษุพเฉลี่ยจะมีค่าเริ่มต้นที่ $S=0$ เมื่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบ $N=0$ และมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนเทอร์มินอลในระบบจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งค่าทรุษุพจะมีค่าสูงสุด หลังจากนั้นจะลดลงจน $S=0$ ในที่สุด ซึ่งเกิดมาจากการที่เซลล์ WATM ที่ส่งเกิดการชนกันมาก เนื่องจากเทอร์มินอลในระบบมากเกินไป จนระบบไม่สามารถรองรับได้นั่นเอง ซึ่งค่า K ที่ต่างกันจะส่งผลต่อค่าทรุษุพต่างกัน โดยค่า K ที่มีค่าน้อยจะให้ทรุษุพเฉลี่ยขึ้นสูงสุดเมื่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบมีค่าน้อยกว่ากรณีที่มีค่า K มาก และจะถึงจุดที่ค่าทรุษุพเฉลี่ย $S=0$ เมื่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบมีค่าน้อยกว่ากรณีที่มีค่า K มีค่ามาก ซึ่งหมายความว่าระบบสามารถรองรับเทอร์มินอลได้เป็นจำนวนน้อยกว่าในกรณีที่ค่า K มีค่ามากนั่นเอง

จากกราฟในภาพที่ 5.9 ค่าหน่วยเวลาเฉลี่ย จะเริ่มพิจารณาที่จำนวนเทอร์มินอลในระบบ $N=1$ เป็นต้นไป โดยค่า K ที่ต่างกันจะส่งผลให้ค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยที่ได้ต่างกัน คือในขณะที่จำนวนเทอร์มินอลในระบบมีค่าน้อย ค่า K ที่น้อยกว่าจะให้ค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยที่ต่ำกว่า ในกรณีที่ค่า K มีค่ามากเนื่องมาจากไม่ต้องเสียเวลามากในการแบคค็อก แต่เมื่อจำนวนของเทอร์มินอลในระบบมีค่าสูงขึ้น ค่า K ที่น้อย จะให้ค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยที่สูงกว่าในกรณีที่ K มีค่ามากเนื่องจากโอกาสที่เซลล์ WATM ที่ส่งไปชนกันมีมากขึ้น และอาจต้องเสียเวลาในการส่งซ้ำหลายครั้ง ในกรณีที่ให้ค่าตัวแปรอื่นคงที่และกำหนดให้ค่า d ซึ่งเป็นระยะห่างระหว่างสถานีฐานกับเทอร์มินอล มีค่าต่างกันไปคือ $d=100$ เมตร, 1000 เมตร และ 5000 เมตร เพื่อจะพิจารณาผลของค่า d ที่มีต่อค่าทรุษุพ และค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยซึ่งได้ผลดังนี้คือ

จากกราฟภาพที่ 5.10 ซึ่งแสดงค่าของทรุษุพเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบ จะพิจารณาได้ว่า ในกรณีที่ค่า d มีค่าน้อยจะให้ค่าทรุษุพเฉลี่ยที่สูงกว่ากรณีที่มีค่า d มีค่ามาก เมื่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบมีค่าน้อย แต่จะให้ค่าทรุษุพเฉลี่ยที่ต่ำกว่ากรณีที่มีค่า d มีค่ามาก เมื่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบมีค่ามาก ซึ่งเป็นผลจากการชนกันของเซลล์ WATM นั่นเอง

จากกราฟในภาพที่ 5.11 ซึ่งแสดงค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบ จะพิจารณาได้ว่าที่ค่า d มีค่ามากจะส่งผลให้ค่าหน่วยเวลาเฉลี่ย มีค่ามากกว่ากรณีที่มีค่า d มีค่าน้อยเมื่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบมีค่าน้อย แต่จะส่งผลให้ค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่าในกรณีที่ค่า d มีค่าน้อย เมื่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบมีค่ามาก ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากระยะเวลาในการเดินทางของคลื่น และโอกาสในการชนกันของเซลล์ WATM นั่นเอง

ซึ่งจากกราฟทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าผลการทดลองที่ได้จากวิธีการจำลองแบบมีความใกล้เคียง และเป็น ไปในแนวทางเดียวกันกับการคำนวณโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุป

6.1 กล่าวนำ

ในบทที่ 1 ได้กล่าวถึงที่มาของระบบ WATM ว่ามีที่มาจากแนวคิดที่จะรวมข้อดีของระบบ ATM เข้ากับระบบการสื่อสารแบบไร้สายเข้าด้วยกัน และแสดงให้เห็นว่าระเบียบในการเข้าถึงเป็นประเด็นที่สำคัญประเด็นหนึ่งที่จะทำให้ระบบ WATM ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด

ในบทที่ 2 ได้กล่าวถึงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบ WATM โดยเริ่มจากการอธิบายถึงระบบ ATM ซึ่งเป็นพื้นฐานและที่มาของระบบ จากนั้นก็อธิบายรูปแบบของเซลล์ WATM และ เซลล์ ACK ซึ่งจะมีผลต่อการคำนวณค่าหน่วยเวลาของระบบ

ในบทที่ 3 ได้กล่าวถึงระเบียบการเข้าถึงโดยวิธีสล็อตอะโลฮา รวมทั้งมีการเปรียบเทียบข้อแตกต่างกับระเบียบการเข้าถึงโดยวิธีอื่นๆ เมื่อนำมาใช้กับระบบการสื่อสารไร้สายด้วย

ในบทที่ 4 ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์ผลของระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮาสำหรับระบบ WATM โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ โดยได้แสดงถึงขั้นตอนต่างๆ ในการคำนวณค่าทรูพุทและค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยซึ่งจะเป็นค่าคงที่บอกถึงสมรรถนะในการทำงานของระบบ รวมทั้งได้แสดงแผนภูมิภาพของโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณและกราฟแสดงผลจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ไว้ด้วย

ในบทที่ 5 ได้กล่าวถึงกรวิเคราะห์ผลของระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮาสำหรับระบบ WATM โดยวิธีการจำลองแบบ โดยกล่าวถึงเงื่อนไขของระบบอัลกอริธึมและแผนภูมิภาพของโปรแกรมจำลองแบบ และเพื่อให้เกิดความสะดวกในการพิจารณาจึงได้แบ่งโปรแกรมออกเป็นส่วนๆ รวมทั้งแสดงแผนภูมิประกอบคำอธิบายไว้ด้วย ในส่วนของผลการทดลองก็ได้ทำการแสดงไว้ในบทนี้ด้วย

6.2 การเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์โดยทางคณิตศาสตร์ กับผลที่ได้จากการจำลองแบบ

สำหรับผลการทดลองที่ได้จากวิธีการจำลองแบบในบทที่ 5 และ ผลการคำนวณโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากบทที่ 4 นั้นให้ผลที่ใกล้เคียงกัน และเป็นไปในแนวทางเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีการคำนวณหาค่าทรูพุทและค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ได้ค้นคว้าขึ้นนี้สามารถที่จะนำไปใช้วิเคราะห์สมรรถนะของระบบ WATM ได้ ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีการ

ทางคณิตศาสตร์และการจำลองแบบ ได้แสดงลักษณะของค่าทรูพุทและค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยที่สำคัญไว้ดังนี้คือ

- 1) ตัวแปรที่สำคัญต่อสมรรถนะระบบคือ จำนวนเทอร์มินอลในระบบ และค่า K ที่ใช้ในการแบคคี่อก
- 2) ระยะห่างระหว่างสถานีฐานกับเทอร์มินอลก็ส่งผลต่อค่าทรูพุท และค่าหน่วยเวลาเฉลี่ย แต่มีผลไม่มากนัก

ส่วนข้อแตกต่างของผลที่ได้จากการทดลอง โดยวิธีการจำลองแบบกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ก็คือ

- 1) ค่าทรูพุทเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองแบบจะมีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์เล็กน้อย
- 2) ค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยจากการจำลองแบบจะมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์เล็กน้อย

โดยข้อแตกต่างที่กล่าวมามีเหตุผลสืบเนื่องมาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์นั้นใช้ค่าเฉลี่ยในการคำนวณ ส่วนการจำลองแบบนั้นใช้ค่าสุ่ม เพื่อให้ใกล้เคียงกับการเกิดเหตุการณ์จริงมากที่สุด ทำให้วิธีการคำนวณแตกต่างกัน ตั้งแต่ช่วงเวลาในการกำหนดเซลล์ WATM ให้แก่เทอร์มินอล และเนื่องจากว่าวิธีการทางคณิตศาสตร์จะให้ผลคงที่เมื่อตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณคงที่ ในขณะที่การจำลองแบบแต่ละครั้งจะให้ผลที่แตกต่างกัน

6.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป

ระบบ WATM นั้นสามารถที่จะนำไปพัฒนาเพื่อประยุกต์ใช้งานต่างๆ มากมาย โดยในวิทยานิพนธ์นี้จะเน้นในการนำมาใช้งานด้านโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (Wireless LAN) ที่มีเทอร์มินอลอยู่กับที่ ซึ่งถ้าพัฒนาต่อไปเป็นเทอร์มินอลเคลื่อนที่ก็จะสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานด้านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ แต่ก็ต้องพิจารณาการส่งสัญญาณที่ซับซ้อนขึ้นด้วย

นอกจากนี้ถ้าพิจารณาในด้านระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮา ก็สามารถที่จะพัฒนานำหลักการด้าน CDMA มาพัฒนา เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ช่องสัญญาณให้ดีขึ้น แต่ทั้งนี้ก็ต้องพิจารณาปัญหาเกี่ยวกับการรบกวนกันระหว่างเทอร์มินอลที่จะมีเพิ่มขึ้นตามมาด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Prycker,M. 1993. Asynchronous Transfer Mode Solution for Broadband ISDN. Ellis Horwood.
- [2] Clark,M.P. 1996. ATM Network Principle and Use. Wiley-Teubner.
- [3] Porter,J. and Hopper,A. 1994. An ATM –Based Protocol for Wireless LANs. Olivetti Research.
- [4] Raychaduri,D.et.al. 1997. WATM net A Prototype Wireless ATM System for Multimedia Personal Communication. IEEE J. select. Areas Commun. ,vol.15,pp. 83-95.
- [5] Ha,T.T 1990. Digital Satellite Communication. McGraw-Hill.
- [6] Pahlavan,K. and Levasque,A.H. 1995. Wireless Information Network. John Wiley and Sons.
- [7] Lipschutz,S. 1974. Theory and Problems of Probability. McGraw-Hill.
- [8] MacDougall,M.H. 1987. Simulating Computer Systems Techniques and Tools. MIT Press.
- [9] เอกพล ใจรักธรรม, กัลยา จันทน์ขาวนา, เสรี อัครวารีภย์ และสุวิมล สิทธิชีวกภาค. "การวิเคราะห์ผลของระเบียบการเข้าถึงแบบสุ่มสำหรับ ATM ไร้สาย โดยวิธีสล็อตอะโด้ฮา." วิศวกรรมลาดกระบัง, ปีที่16, ฉบับที่ 1, มีนาคม 2542. หน้า96-101.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ซอฟต์แวร์สำหรับการคำนวณผลของระเบียบการเข้าถึงแบบ สล็อตอะโลฮาสำหรับระบบ WATM

```

clear; clc;
En=0;%clear E{n}
ET=0;%clear E{T}
S =0;%clear S
Sn=0;%clear Sn

v = 10000000; %Speed of network
R = 1; %The row that was filled with 1
D = input('Enter the value of D ='); %Distance between terminal and base
N = input('Enter the number of N ='); %Number of terminal
ta = input('Enter the value of ta ='); %Value of arrival time
K1 = input('Enter the value of K1 ='); %Maximum value of slot in back off delay
K2 = input('Enter the value of K2 ='); %Maximum value of slot in back off delay
K3 = input('Enter the value of K3 ='); %Maximum value of slot in back off delay
Taw = (56*8)/v; %Value of cell length
Tack = (8*8)/v; %Value of Ack cell length
u = Taw/ta; %Value of Alfa
Tr = D/(300000000); %Value of transmission time

%K1
p=(2*Taw)/((4*Tr)+(Taw*(K1+2))+(2*Tack));
J=N+1;
SS1=ones(J,1);%Matrix of S
TT1=ones(J,1);%Matrix of T
for h=0:1:N
H=h;

```

```

P=zeros(H+1);                                %Matrix of pij
for j=1:1:H+1
for i=1:1:H+1
if j<=(i-2)
P(i,j)=0;
elseif j==(i-1)
P(i,j)=[(1-u)^(H-(i-1))]*[((i-1)*p)*[(1-p)^((i-1)-1)]];
elseif j==i
P(i,j)=[[(1-u)^(H-(i-1))]*[1-(((i-1)*p)*[(1-p)^((i-1)-1)])]+[(H-(i-1))*u*[(1-u)^(H-(i-1)-1)]]*[(1-p)^(i-1)]]-1;
elseif j==(i+1)
P(i,j)=(H-(i-1))*u*[(1-u)^(H-(i-1)-1)]*[1-[(1-p)^(i-1)]];
elseif j>=(i+2)
P(i,j)=[fact(H-(i-1))/[fact((j-1)-(i-1))]*[fact(H-(j-1))]]*[u^((j-1)-(i-1))]*[(1-u)^(H-(j-1))];
end
end
end
%Get matrix of pij
P(R,:)=1; d=det(P);
L=H+1;
X=ones(L,1);
Q=P;
for M=0:1:H
Q=P;
for j=1:1:H+1
for i=1:1:H+1
if j==M+1
if i==R
Q(i,j)=1;
else

```

```

        Q(i,j)=0;
    end
end
end
end
e=det(Q);
f=e/d;%Value of Pn
B=M+1;
X(B,1)=f;%Matrix of the values of Pn
end
En=fEn(X,H);%Get E(n)
Sn=ones(L,1);
for n=0:1:H
    m=n;
    i=m+1;
    Sn(i,1)=(n*p*((1-p)^(n-1))*((1-u)^(H-n))+(((1-p)^n)*(H-n)*u*((1-u)^(H-n-1))));
end %Get Sn
S=fS(Sn,X,H);%Get S
ET=(En*Taw)/S;%Get ET
T=Tr+1.5*Taw+ET;
I=H+1;
SS1(I,1)=S;
TT1(I,1)=T;
end

%K2
p=(2*Taw)/((4*Tr)+(Taw*(K2+2))+(2*Tack));
J=N+1;
SS2=ones(J,1);%Matrix of S
TT2=ones(J,1);%Matrix of T
for h=0:1:N

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

H=h;
P=zeros(H+1);%Matrix of pij
for j=1:1:H+1
for i=1:1:H+1
if j<=(i-2)
P(i,j)=0;
elseif j==(i-1)
P(i,j)=[(1-u)^(H-(i-1))]*[((i-1)*p)*[(1-p)^((i-1)-1)]];
elseif j==i
P(i,j)=[[(1-u)^(H-(i-1))]*[1-[(i-1)*p)*[(1-p)^((i-1)-1)]]]+[(H-(i-1))*u*(1-u)^(H-(i-1)-1)]*[(1-p)^(i-1)]]-1;
elseif j==(i+1)
P(i,j)=(H-(i-1))*u*[(1-u)^(H-(i-1)-1)]*[1-[(1-p)^(i-1)]];
elseif j>=(i+2)
P(i,j)=[fact(H-(i-1))/[fact((j-1)-(i-1))*fact(H-(j-1))]]*[u^((j-1)-(i-1))]*[(1-u)^(H-(j-1))]];
end
end
end
%Get matrix of pij
P(R,:)=1;
d=det(P);
L=H+1;
X=ones(L,1);
Q=P;
for M=0:1:H
Q=P;
for j=1:1:H+1
for i=1:1:H+1
if j==M+1
if i==R

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        Q(i,j)=1;
            else
                Q(i,j)=0;
            end
        end
    end
end
end

e=det(Q);
f=e/d;%Value of Pn
B=M+1;
X(B,1)=f;%Matrix of the values of Pn
end
En=fEn(X,H);%Get E(n)
Sn=ones(L,1);
for n=0:1:H
    m=n;
    i=m+1;
    Sn(i,1)=(n*p*((1-p)^(n-1))*((1-u)^(H-n)))+(((1-p)^n)*(H-n)*u*((1-u)^(H-n-1)));
end %Get Sn
S=fS(Sn,X,H);%Get S
ET=(En*Taw)/S;%Get ET
T=Tr+1.5*Taw+ET;
I=H+1;
SS2(I,1)=S;
TT2(I,1)=T;
end

%K3
p=(2*Taw)/((4*Tr)+(Taw*(K3+2))+(2*Tack));
J=N+1;
SS3=ones(J,1);%Matrix of S

```

```

TT3=ones(J,1);%Matrix of T
for h=0:1:N
    H=h;
    P=zeros(H+1);%Matrix of pij
    for j=1:1:H+1
        for i=1:1:H+1
            if j<=(i-2)
                P(i,j)=0;
            elseif j==(i-1)
                P(i,j)=[(1-u)^(H-(i-1))]*[(i-1)*p]*[(1-p)^(i-1)-1];
            elseif j==i
                P(i,j)=[[(1-u)^(H-(i-1))]*[1-[(i-1)*p]*[(1-p)^(i-1)-1]]+[(H-(i-1))*u]*[(1-u)^(H-(i-1)-1)]*[(1-p)^(i-1)]]-1;
            elseif j==(i+1)
                P(i,j)=(H-(i-1))*u*[(1-u)^(H-(i-1)-1)]*[(1-p)^(i-1)];
            elseif j>=(i+2)
                P(i,j)=[fact(H-(i-1))/[fact((j-1)-(i-1))*fact(H-(j-1))]]*u^((j-1)-(i-1))*[(1-u)^(H-(j-1))];
            end
        end
    end
    %Get matrix of pij
    P(R,:)=1;
    d=det(P);
    L=H+1;
    X=ones(L,1);
    Q=P;
    for M=0:1:H
        Q=P;
        for j=1:1:H+1
            for i=1:1:H+1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if j==M+1
    if i==R
        Q(i,j)=1;
    else
        Q(i,j)=0;
    end
end
end
end
end
e=det(Q);
f=e/d; %Value of Pn
B=M+1;
X(B,1)=f;%Matrix of the values of Pn
end
En=fEn(X,H);%Get E(n)
Sn=ones(L,1);for n=0:1:H
    m=n;
    i=m+1;
    Sn(i,1)=(n*p*((1-p)^(n-1))*((1-u)^(H-n)))+(((1-p)^n)*(H-n)*u*((1-u)^(H-n-1)));
end %Get Sn
S=fS(Sn,X,H);%Get S
ET=(En*Taw)/S;%Get ET
T=Tr+1.5*Taw+ET;
l=H+1;
SS3(l,1)=S;
TT3(l,1)=T;
end

%Display
fprintf('S1\n');
fprintf('%.5f\n',SS1);

```

```

fprintf('T1\n');
fprintf('%0.5f\n',TT1);
fprintf('S2\n');
fprintf('%0.5f\n',SS2);
fprintf('T2\n');
fprintf('%0.5f\n',TT2);
fprintf('S3\n');
fprintf('%0.5f\n',SS3);
fprintf('T3\n');
fprintf('%0.5f\n',TT3);

```

```

figure(1);%fig of throughput
title('S per N');
xlabel('N');
ylabel('S');
x11=0:1:N;
y11=SS1(:,1);
x12=0:1:N;
y12=SS2(:,1);
x13=0:1:N;
y13=SS3(:,1);
plot(x11,y11,'r:o',x12,y12,'g-s',x13,y13,'b:s');

```

```

figure(2);%fig of delay
title('T per N');
xlabel('N');
ylabel('T');
x21=0:1:N;
y21=TT1(:,1);
x22=0:1:N;
y22=TT2(:,1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
x23=0:1:N;
```

```
y23=TT3(:,1);
```

```
plot(x21,y21,'r:o',x22,y22,'g-s',x23,y23,'b:s');
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

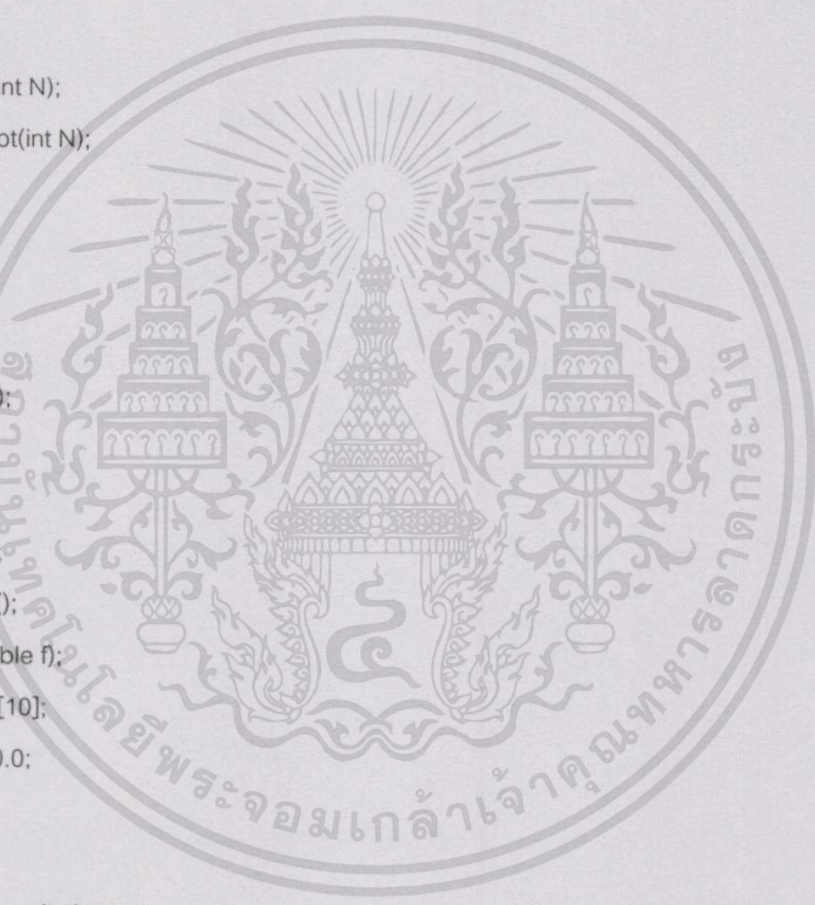
ซอฟต์แวร์สำหรับการคำนวณโดยวิธีการจำลองแบบ

```

#include <math.h>
#include <conio.h>
#include <stdlib.h>
#include <alloc.h>

void windo();
void set_trans(int N);
void set_timeslot(int N);
void event_1();
void event_2();
void event_3();
void timeslot();
void insert_list();
void sert_list();
void sending();
void blocking();
void retransmit();
double log(double f);
float trans[300][10];
float numpac=0.0;
int allpac=0;
int d,ds;
float val,taw,transmit_tim;
float nod;
float timnow=0.0
float th_put=0.0;
float delay=0.0;
float aldelay=0.0;
float avdelay=0.0;
float transmit_tim=0.0;
float ta=0.001;

```



```

float q[300];
int q_send,qq;
float npac[300];
float q_tim[300];
float qq_tim[300];
float qq_number[300];
float list_tim[300];
float list_number[300];
int pac,n,s,nowtrans;
float simulate=0.0;
int N,K,z;
int y=100;
typedef struct node *NODEPTR;
struct node{
    float number;
    float data;
    NODEPTR
    next;
};
NODEPTR link=NULL; /* the sorted linked list */
NODEPTR curr,prev=NULL,temp;
NODEPTR del();

float generate(float x);
int random(int i,n)

void main()
{
    int terminal,x,t;
    float t_trans;
        clrscr();
        windo();
        gotoxy(25,1);
        printf("PARAMETER OF SIMULATION");
        randomize();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gotoxy(20,8);
printf("ENTER NUMBER OF TERMINAL\n");
gotoxy(50,8);
scanf("%d",&terminal);
N=terminal;
gotoxy(20,10);
printf("ENTER NUMBER OF TERMINAL\n");
gotoxy(50,10);
scanf("%d",&ds);
d=ds;
simulate=5;    /* ms */
tau=0.0000448
transmit_tim=d/300000000;
set_trans(N);
set_timeslot(N);
nowtrans=link->number;
while ( link->data<=simulate)
{
    nowtrans=link->number;
    t=trans[nowtrans][4];
    switch (t)
    {
        case 1 : event_1();
                break;

        case 2 : event_3();
                break;

        case 3 : timeslot(N);
                break;
    }
}
clrscr();
windo();

```

```

gotoxy(25,1);
printf("SIMULATION RESULT ");
gotoxy(20,12);
printf("delay time    = %f\n", avdelay);
gotoxy(20,14);
printf("success packet = %f\n", numpac);
gotoxy(20,18);
printf("ALL packet    =%d\n", allpac);
th_put=numpac/allpac;
gotoxy(20,20);
printf("throughput    =%f\n",th_put);

```

```

getch();
} //void main

```

```

// *****BLOCK*****//
void blocking()
{
y=y++;
i=nod+y;
val=qq_tim[j]+taw;
trans[i][3]=val;
trans[i][4]=1;
trans[i][5]=nod;
insert_list();
}

```

```

//*****DELETE*****//
NODEPTR del()
{
link=link->next;
return link;
}

```

```

//*****EVENT 2*****//

```

```

void event_2(int pac)

```

```

{
    float time;
    int j,m,p,s;
    s=0;
    m=qq;
    for(j=1;j<=m;m++)
    {
        nod=qq_number[j];
        if (blocklist[nod]==0)
            sending();
        else if (q_tim[nod][1]=qq_tim[j])
            sending();
        else
            blocking();
    }
    if q_send==1
        success();
    else
        retransmit();
    time=taw;
    val=trans[nowtrans][3]+time;
    trans[nowtrans][3]=val;
    link->data=val;
    link=link->next;
    sert_list(temp)
}

```

```

//*****EVENT 3*****//

```

```

void event_3()

```

```

{
    nod=trans[nowtrans][5];
    q_tim[nod][0]=q_tim[nod][1];
    q[nod]=q[nod]-1;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for(m=0;m<=q[nod];m++)
q_tim[nod][m]=q_tim[nod][m+1];
numpac=numpac++;
if(q[nod]==0) /* change status to be thinking*/
blocklist[nod]=0;
aldelay=(trans[nowtrans][3]-q_tim[nod][0])+aldelay;
avdelay=aldelay/numpac;
del();
}

```

```

//*****EVENT1*****//

```

```

void event_1()

```

```

{
float time;
NODEPTR temp;
nod=trans[nowtrans][5];
q[nod]=q[nod]+1.0;
q_tim[nod][q[nod]]=trans[nowtrans][3];
qq=qq+1;
time=generate(ta);
allpac=allpac++;
gotoxy(20,18);
printf("All pac= %d\n",allpac);
val=time+trans[nowtrans][3];
trans[nowtrans][3]=val;/* gen transmit time (new slot)*/
link->data=val;
temp=link;
link=link->next;
sert_list(temp);
}

```

```

//*****GENERATE*****//

```

```

float generate(x)

```

```

{
float x;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

return(-x*log(ranf()));
}

//*****INSERT_LIST*****//
void insert_list()
{
    NODEPTR make_node(float val);
    curr=link;
    prev=NULL;
    for(;curr!=NULL&&val>curr->data;prev=curr,curr=curr->next);
    if ((temp=make_node(val)) !=NULL)
    {
        temp->next=curr;
        if(prev==NULL)
            link=temp;
        else
            prev->next=temp;
    }
}

//*****MAKE NODE*****//
NODEPTR make_node(float value)
{
    NODEPTR newptr;
    if ((newptr=(NODEPTR) malloc(sizeof(struct node))) !=NULL)
    {
        newptr->number = i;
        newptr->data=value;
        newptr->next=NULL;
    }
    return (NODEPTR) newptr;
}

//*****RANDOM*****//
int random(i,n)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int i,n;
{
n-=i;
n=(n+1.0)*ranf();
return(i+n);
}

```

```

//*****RETRANSMIT*****//

```

```

void retransmit(k)

```

```

float time;

```

```

y=y++;

```

```

i=nod+y;

```

```

z=random(k);

```

```

time=z* taw;

```

```

val=qq_tim[j]+time;

```

```

trans[i][3]=val;

```

```

trans[i][4]=1;

```

```

trans[i][5]=nod;

```

```

insert_list();

```

```

}

```

```

//*****SENDING*****//

```

```

void sending()

```

```

{

```

```

s=s++;

```

```

q_send=q_send++;

```

```

list_number[s]=nod;

```

```

list_tim[s]=qq_tim[j];

```

```

}

```

```

//*****SERT_LIST*****//

```

```

void sert_list(NODEPTR temp)

```

```

{

```

```

curr=link;

```

```

prev=NULL;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for(;curr!=NULL&&val>curr->data;prev=curr,curr=curr->next);
    if(temp!=NULL)
    {
        temp->next=curr;
        if(prev==NULL)
            link=temp;
        else
            prev->next=temp;
    }
}

```

```

//*****SET_TIMESLOT*****//

```

```

void set_timeslot()

```

```

{
    i=0;
    val=0;
    insert_list();
    trans[0][0]=prev->number;
    trans[0][1]=curr->number;
    trans[0][2]=temp->number;
    trans[0][3]=val;
    trans[0][4]=3;        /* timeslot */
    trans[0][5]=1;
}

```

```

//*****SET_TRANS*****//

```

```

void set_trans(int pac)

```

```

{
    for(i=1;i<=pac;i++)
    {
        val=generate(ta);
        insert_list();
        trans[1][0]=prev->number;
        trans[1][1]=curr->number;
        trans[1][2]=temp->number;
        trans[1][3]=temp->data;    /* gen transmit time */
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

trans[1][4]=1;      /* packet */
trans[1][5]=i;     /* packet each node. */
}

//*****SUCCESS*****//
void success()
{
i=nod+100;
val=trans[nowtrans][3]+transmit_tim;
trans[i][3]=val;
trans[i][4]=3;
trans[i][5]=nod;
insert_list();
}

//*****TIMESLOT*****//
void timeslot(int pac)
{
float time;
if (q[nod]==0)
{
time =taw;
val=time+trans[nowtrans][3];
trans[nowtrans][3]=val;
link ->data=val;
link=link->next;
sert_list(temp);
}
else
{
event_2(pac);
}
}
}

```

ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

- 1) เอกพล ใจรักธรรม, กัลยา จันทร์ชานนา, เสรี อัครวรักษ์ และสุวิมล สิทธิชีวะภาค. "การวิเคราะห์ผลของระเบียบการเข้าถึงแบบสุ่มสำหรับ ATM ไร้สาย โดยวิธีสล็อตอะโหลฮา." วิศวกรรมลาดกระบัง, ปีที่16, ฉบับที่ 1, มีนาคม 2542. หน้า96-101.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน	นายเอกพล ใจรักธรรม
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ.2519
สถานที่เกิด	จังหวัด กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถานที่สำเร็จการศึกษา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีที่สำเร็จการศึกษา	ปีการศึกษา 2539

