

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์ทราฟฟิกการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็มโดยใช้การ
เข้าถึงแบบสุ่มสล็อตอะโลฮาที่มีการส่งซ้ำแบบเอกซ์โพเนนเชียล

TRAFFIC ANALYSIS OF SATELLITE ATM COMMUNICATION WITH
SLOTTED-ALOHA RANDOM ACCESS AND EXPONENTIAL
BACKOFF RETRANSMISSION SCHEME



กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี
KIDSANAPONG PUNTSRI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

จพ.

บัณฑิตวิทยาลัย

ก 2๕/ ๗

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

๒๕๔๗

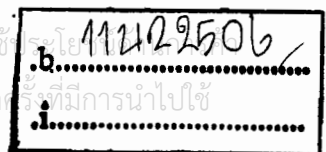
พ.ศ. 2547

เลขหมู่.....

ISBN 974-15-1124-8

เลขทะเบียน..... 58524

วัน,เดือน,ปี..... 25 ส.ค. 2549



TRAFFIC ANALYSIS OF SATELLITE ATM COMMUNICATION WITH
SLOTTED-ALOHA RANDOM ACCESS AND EXPONENTIAL BACKOFF
RETRANSMISSION SCHEME



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

2004

ISBN 974-15-1124-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2004

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title Traffic Analysis of Satellite ATM Communication with Slotted-ALOHA
Random Access and Exponential Backoff Retransmission Scheme

Student Mr.Kidsanapong Puntsri

Student ID. 45060522

Degree Master of Engineering

Programme Telecommunication Engineering

Year 2004

Thesis Advisor Assoc.Prof.Dr. Suvepon Sittichivapak

ABSTRACT

This thesis presents performance analysis of satellite ATM (SATM) communication that uses random access Slotted-ALOHA, which has random multiple access. From this method, the collision of ATM cells occurs and causes a lot of cell loss. Therefore, we propose a new retransmission scheme with exponential backoff algorithm to reduce the collision problem. This thesis is investigated by simulation and mathematical method. The simulation method uses self-similar traffic input and the mathematical method uses poisson traffic with mutichannels link system. The effect of parameter in the system such as number of earth station, number of channels and location parameter is considered in the simulation and mathematical method. Finally the performance results are expressed in term of general performance of throughput and delay time of the system.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	3
1.5 รายละเอียดในวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์.....	4
2.1 ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง.....	4
2.1.1 ความคล้ายคลึงตัวเองคืออะไร.....	4
2.1.2 ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง.....	7
2.1.3 คณิตศาสตร์สำหรับทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง.....	8
2.1.4 การขึ้นกับเวลายาวๆ.....	8
2.1.5 การกระจายแบบพาวเรได้.....	9
2.1.6 การเข้าถึงแบบกลุ่ม.....	10
2.2 การจำลองแบบระบบคิว.....	12
2.2.1 ทฤษฎีระบบคิว.....	12
2.2.2 โครงสร้างระบบพื้นฐานของระบบคิว.....	13
2.2.3 รูปแบบการเข้ามาถึงของระบบ.....	13
2.2.4 การให้บริการและความสามารถในการบริการที่รองรับได้.....	13
2.2.5 กฎการสับหลัก.....	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2.6 ขบวนการของบิวของ	14
2.2.7 รูปแบบสัญลักษณ์สำหรับระบบคิว	17
2.2.8 การวัดค่าทางสถิติของแบบจำลอง	19
บทที่ 3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม	22
3.1 หลักการเบื้องต้นของระบบ ATM	22
3.2 การเชื่อมต่อในเครือข่ายเอทีเอ็ม	22
3.3 โมเดลอ้างอิงโพรโทคอล ของเอทีเอ็ม	26
3.3.1 Physical Layer	27
3.3.2 เลเยอร์ เอทีเอ็ม	27
3.3.3 เลเยอร์ AAL (ATM Adaptation Layer)	30
3.3.4 Higher Layer	31
3.4 สถาปัตยกรรมโครงข่ายการเชื่อมต่อการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็ม	32
3.4.1 สถาปัตยกรรมโครงข่ายการเชื่อมต่อระหว่างสถานีฐานด้วยตนเอง	33
3.4.2 โครงข่ายการเชื่อมต่อระหว่างสถานีฐานกับผู้ใช้บริการ	35
3.4.3 การให้บริการการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็ม	36
3.5 การเข้าถึงหลายทาง	36
3.5.1 วิธีอะโลฮา	37
3.5.2 วิธีสล็อตอะโลฮา	40
บทที่ 4 แบบจำลองและผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการจำลองแบบ	42
4.1 กล่าวนำ	42
4.2 แบบจำลองของระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์	42
4.3 การกำหนดช่วงเวลาการเข้ามาถึงของเซลล์เอทีเอ็ม	43
4.4 อัลกอริทึมการทำงานของแบบจำลอง	44
4.5 ผลการจำลองแบบ	52

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.5.2	กรณีที 2 วิเคราะห์ผลกระทบของค่า Location parameter (LP) ต่อระบบ	54
4.5.3	กรณีที 3 วิเคราะห์ผลกระทบของความยาวเซลล์เอทีเอ็ม (Cell length) ต่อระบบ	56
4.5.4	กรณีที 4 วิเคราะห์ผลกระทบของค่าหน่วยเวลาต่อค่าวิสัยสามารถ	58
บทที่ 5	การวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์	61
5.1	กล่าวนำ	61
5.2	แบบจำลองของระบบดาวเทียมเอทีเอ็มที่ใช้ในการวิเคราะห์	61
5.3	โมเดลคณิตศาสตร์ที่ใช้วิเคราะห์	65
5.4	ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์	67
5.4.1	กรณีที 1 วิเคราะห์ผลกระทบต่อจำนวนของสัญญาณว่าจะมีผลต่อระบบอย่างไร	68
5.4.2	กรณีที 2 วิเคราะห์ผลกระทบของค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำต่อระบบ	70
5.4.3	กรณีที 3 วิเคราะห์ผลกระทบของระดับของการส่งเซลล์ซ้ำว่าจะมีผลต่อระบบอย่างไร	72
บทที่ 6	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	74
6.1	สรุปผลการวิจัย	74
6.2	ข้อเสนอแนะ	75
	เอกสารอ้างอิง	76
	ผลงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่	78
	ประวัติผู้เขียน	79

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 PTI (Payload Type Indicators)	29
4.1 ตารางแสดงผลค่าวิสัยสมารถที่จำนวนบิต 424, 848 และ 1274 บิต.....	60
4.2 ตารางแสดงผลค่าหน่วยเวลาที่จำนวนบิต 424, 848 และ 1274 บิต.....	60
4.3 ตารางแสดงผลค่าวิสัยสมารถที่ค่า Location parameter เท่ากับ 0.8, 0.9 และ 1	60
4.4 ตารางแสดงผลค่าหน่วยเวลาที่ค่า Location parameter เท่ากับ 0.8, 0.9 และ 1.....	60



สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 โครงสร้างโครงข่ายการสื่อสารดาวเทียมเอทีเอ็ม	42
4.2 แผนภูมิรูปภาพโปรแกรมการจำลองแบบ	44
4.3 แผนภูมิรูปภาพโปรแกรมส่วนที่ 1	45
4.4 แผนภูมิรูปภาพโปรแกรมส่วนที่ 2	46
4.5 แผนภูมิรูปภาพโปรแกรมส่วนที่ 3	47
4.6 แผนภูมิรูปภาพโปรแกรมส่วนที่ 4	48
4.7 แผนภูมิรูปภาพโปรแกรมส่วนที่ 5	49
4.8 แผนภูมิรูปภาพโปรแกรมส่วนที่ 6	50
4.9 ค่าวิสัยสามารถต่ออัตราการเข้ามาถึงที่ ค่าความยาวเซลล์เอทีเอ็มเท่ากับ 424 บิต, ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps และค่า Location parameter เท่ากับ 1	52
4.10 ค่าหน่วงเวลาต่ออัตราการเข้ามาถึงที่ ค่าความยาวเซลล์เอทีเอ็มเท่ากับ 424 บิต ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps และค่า Location parameter เท่ากับ 1	53
4.11 ค่าวิสัยสามารถต่ออัตราการเข้ามาถึงที่ ค่าความยาวเซลล์เอทีเอ็มเท่ากับ 424 บิต ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps และที่ค่า Location parameter ต่างๆ	54
4.12 ค่าหน่วงเวลาต่ออัตราการเข้ามาถึงที่ ค่าความยาวเซลล์เอทีเอ็มเท่ากับ 424 บิต ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps และที่ค่า Location parameter ต่างๆ	55
4.13 ค่าวิสัยสามารถต่ออัตราการเข้ามาถึงที่ ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps ค่า Location parameter เท่ากับ 1 และค่าความยาวเซลล์เอทีเอ็มเท่าต่างๆ	56
4.14 ค่าหน่วงเวลาต่ออัตราการเข้ามาถึงที่ ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps ค่า Location parameter เท่ากับ 1 และค่าความยาวเซลล์เอทีเอ็มเท่าต่างๆ	57
4.15 ค่าหน่วงเวลาต่อค่าวิสัยสามารถที่ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps, ค่า Location parameter 1 และค่าความยาวเซลล์เอทีเอ็มต่างๆ	58
4.16 ค่าหน่วงเวลาต่อค่าวิสัยสามารถที่ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps, ค่าความยาวเซลล์เอทีเอ็ม 424 บิต และที่ค่า Location parameter เท่ากับต่างๆ	59
5.1 โครงข่ายดาวเทียมเอทีเอ็มในระบบแบบหลายช่องสัญญาณ	61
5.2 การเชื่อมต่อระหว่างโครงข่ายเอทีเอ็มกับสถานีฐาน	62
5.3 รูปแบบการเข้าถึงแบบหลายช่องสัญญาณ	63

สารบัญญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.4 การเปลี่ยนสถานะของ Markov chain	65
5.5 ค่าวิสัยสามารถต่อจำนวนสถานะพื้นฐานที่ช่องสัญญาณ (M) เท่ากับ 5,10, 20 และค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำ (r) เท่ากับ 0.8	68
5.6 ค่าหน่วยเวลาต่อจำนวนสถานะพื้นฐานที่ช่องสัญญาณ (M) เท่ากับ 5,10, 20 และค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำ (r) เท่ากับ 0.8	69
5.7 ค่าวิสัยสามารถต่อจำนวนสถานะพื้นฐานที่ช่องสัญญาณ (M) เท่ากับ 10 และค่าความน่าจะเป็นที่จะส่ง เซลล์ซ้ำ (r) เท่ากับ 0.7, 0.8, 0.9	70
5.8 ค่าหน่วยเวลาต่อจำนวนสถานะพื้นฐานที่ช่องสัญญาณ (M) เท่ากับ 10 และค่าความน่าจะเป็นที่จะส่ง เซลล์ซ้ำ (r) เท่ากับ 0.7, 0.8, 0.9	71
5.9 ค่าวิสัยสามารถต่อจำนวนสถานะพื้นฐานที่ช่องสัญญาณ (M) เท่ากับ 10 ค่าความน่าจะเป็นที่จะส่ง เซลล์ซ้ำ (r) เท่ากับ 0.9 และระดับขบวนการส่งเซลล์ซ้ำเท่ากับ (n) 5, 10 และ 15 ครั้ง	72
5.10 ค่าหน่วยเวลาต่อจำนวนสถานะพื้นฐานที่ช่องสัญญาณ (M) เท่ากับ 10 ค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำ (r) เท่ากับ 0.9 และระดับขบวนการส่งเซลล์ซ้ำเท่ากับ (n) 5, 10 และ 15 ครั้ง	73

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เทคโนโลยีอะซิงโครนัสทรานเฟอร์โหมด (Asynchronous transfer mode หรือ ATM) นี้ ได้กลายเป็นที่ยอมรับในอนาคตสำหรับโครงข่ายความเร็วสูง ดังนั้น สถาบัน Global information infrastructure (GIT) ของอเมริกา และ Telecommunication Industry Association (TIA) ได้นำระบบเอทีเอ็มนี้มาใช้บนโครงข่ายการสื่อสารดาวเทียมเอทีเอ็ม สำหรับการสื่อสารข้อมูล, การสื่อสารแบบเคลื่อนที่และ เอทีเอ็มยังสามารถรองรับการบริการได้ทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นภาพ, เสียง, วิดีโอ และยังสามารถรองรับโครงข่ายความเร็วสูงแบบดิจิทัล เช่น B-ISDN เป็นต้น ซึ่งปัจจัยหลักของการส่งข้อมูลผ่านดาวเทียมคือ ความยืดหยุ่นในส่วนของโครงสร้างของส่วนประกอบโครงข่าย โดยที่ สามารถสื่อสารกันในพื้นที่ ที่กว้างขวาง, สามารถสื่อสารกันแบบ หลายจุด-ต่อ-หลายจุด (Multipoint to Multipoint) ของโครงข่ายเอทีเอ็ม, และเมื่อการสื่อสารผ่านเส้นใยแก้วนำแสงเกิดการสูญเสียหรือมีปัญหา การสื่อสารผ่านดาวเทียมสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ [1,2]

และจากที่กล่าวมาข้างต้นนี้ โครงข่ายความเร็วสูงได้กลายเป็นส่วนสำคัญมากในปัจจุบัน เช่น Ethernet LAN, WAN, TCP, Telnet ทราฟฟิก ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วโครงข่ายเหล่านี้ จะแสดงตัวเป็นทราฟฟิกแบบ คล้ายคลึงตัวเอง (Self-Similar traffic หรือ Fractal-like) (Leland et al., 1994) ซึ่ง ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเองนี้จะแสดงความสัมพันธ์ (correlation) บนสเกลของขอบเขตเวลาที่ยาวนาน หรือขึ้นกับเวลาที่ยาวๆ (Long-range dependent) โดยที่เมื่อเปรียบเทียบกับทราฟฟิกแบบดั้งเดิมเช่น บัวซอง (Poisson traffic) ซึ่งทราฟฟิกแบบบัวซองนี้ จะขึ้นกับเวลาที่สั้นๆ (Short-range dependent) และการกระจายแบบพาเรโต (Pareto distribution) จะมีคุณสมบัติที่ขึ้นกับเวลาที่ยาวๆ (Long-range dependent) หรือมีการกระจายแบบคล้ายคลึงตัวเองด้วยเช่นกันดังนั้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ในส่วนแรกของวิทยานิพนธ์จะใช้การกระจายแบบพาเรโต สำหรับการกำเนิดช่วงเวลาระหว่างการเกิดของเซลล์ (Inter-arrival distribution)

ส่วนการเข้าถึงระหว่างตัวดาวเทียมกับตัวสถานีฐานจะใช้ สล็อตอะโลยา ซึ่งเป็นการเข้าถึงแบบสุ่มและมีค่าหน่วยเวลามาก (พิจารณาค่าการเดินทางของคลื่นระหว่างตัวดาวเทียมกับสถานีฐาน) ดังนั้น จึงเหมาะสำหรับการสื่อสารผ่านดาวเทียม และในส่วนที่สองของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพิจารณาการสื่อสารแบบหลายช่องสัญญาณ ซึ่งระบบการสื่อสารแบบหลายช่องสัญญาณนี้ โดยธรรมชาติทั่วไปแล้วมักจะเกิดการชนกันระหว่างเซลล์ เมื่อมีผู้ใช้บริการส่งเซลล์

เดียวกันก็จะเกิดการชนกันขึ้นได้เช่นกัน ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้จะวิเคราะห์ออกมาในรูปทั่วไปคือ ค่าวิสัยสามารถ และค่าหน่วงเวลาในระบบ ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพหลักของระบบการสื่อสารต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารผ่านดาวเทียมเองก็ตาม และปัญหาดังที่ได้กล่าวมานั้นน่าสนใจเนื่องจากในการสื่อสารในปัจจุบันต้องการความเร็ว และความจุของช่องสัญญาณที่สูงมาก ซึ่งระบบเอทีเอ็มมีคุณสมบัติดังกล่าวและเมื่อนำมาใช้ร่วมกับการสื่อสารผ่านดาวเทียม เรียกว่าการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็ม และเมื่อนำมาใช้กับการสื่อสารผ่านดาวเทียมแล้วจะสามารถรองรับหรือครอบคลุมเขตพื้นที่กว้างขวางมากเมื่อใช้ดาวเทียมที่วงโคจรแบบคงที่ และยังเป็น การสื่อสารแบบหลายช่องสัญญาณอีกด้วย

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

ขอบเขตในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการวิเคราะห์ทราฟฟิกของการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็ม โดยใช้การเข้าถึงแบบสุ่มสล็อตตอโลฮา โดยจะแบ่งการพิจารณาออกเป็นสองส่วน คือ การวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางการจำลองแบบ ภายใต้ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง และการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์นี้จะพิจารณาแบบหลายช่องสัญญาณ และที่ทั้งสองส่วนนี้จะวิเคราะห์ออกมาในรูปของ ค่าหน่วงเวลา (Delay time) และค่าวิสัยสามารถ (Throughput) เท่านั้น

1.5 รายละเอียดในวิทยานิพนธ์

รายละเอียดในวิทยานิพนธ์ประกอบไปด้วย

บทที่ 1 บทนำ ในบทนี้ได้กล่าวถึงแนวความคิดที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ วัตถุประสงค์ของการทำวิทยานิพนธ์ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และขอบเขตของการทำวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ ในบทนี้ได้กล่าวถึง ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเองเป็นอย่างไร และการจำลองแบบด้วยระบบคิว ซึ่งเป็นพื้นฐานที่เกี่ยวข้องในวิทยานิพนธ์นี้

บทที่ 3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม ในบทนี้ได้กล่าวถึงระบบเอทีเอ็ม และการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็ม

บทที่ 4 แบบจำลองและผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการจำลองแบบ ในบทนี้ได้กล่าวถึงวิธีการจำลองแบบที่ใช้ในระบบ และผลการวิเคราะห์ของระบบด้วยวิธีการทางการจำลองแบบ

บทที่ 5 การวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ ในบทนี้ได้กล่าวถึงวิธีการวิเคราะห์แบบหลายช่องสัญญาณ และผลของการวิเคราะห์ระบบด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์

บทที่ 6 สรุป ในบทนี้ได้กล่าวถึงบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์

2.1 ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง

2.1.1 ความคล้ายคลึงตัวเองคืออะไร

ความคล้ายคลึงตัวเอง (Self-Similarity) ถูกบุกเบิกหรือถูกพิจารณาโดย Mr. Benoit B. Mandelbrot โดยที่อธิบายปรากฏการณ์ความคล้ายคลึงตัวเองนี้ได้ด้วยวัตถุหรือสิ่งของต่างๆไป ซึ่งปรากฏการณ์คล้ายคลึงตัวเองนั้นมีคุณสมบัติความคล้ายคลึงตัวเอง (Self-similarity) ตลอดช่วงความกว้างของการสเกลเวลา ทราฟฟิกที่แสดงได้หลายสเกลเวลานั้นจะสามารถอธิบายคุณสมบัติทางสถิติได้โดยใช้ Self-similarity เราจะยกตัวอย่างของ Self-similarity ดังนี้

กำหนดให้มีการแสดงผลของเฟรมข้อมูลของ Frame Relay ที่มีความเร็วในการส่งข้อมูลเท่ากับ 1 Mbps และเฟรมมีขนาดคงที่เท่ากับ 4000 บิต จะได้เวลาในการส่งแต่ละเฟรมเท่ากับ 4 mS ซึ่งเวลาในการเข้าถึงที่ถูกบันทึกที่เครื่องรับ (เวลาในขณะที่บิตแรกของแต่ละเฟรมมาถึง) แสดงได้ดังนี้

0	8	24	32	72	80	96	104	216	224	240	248	288	296	312	320
648	656	672	680	720	728	744	752	864	872	888	896	936	944	960	968

เฟรมแรกเข้ามาเมื่อ $t = 0$ mS เฟรมที่สองเข้ามาเมื่อ $t = 8$ mS และเฟรมต่อไปก็เข้ามาเรื่อยๆ

จากลำดับเวลาข้างต้นนั้นจะยากต่อการกำหนดรูปแบบหรือคุณสมบัติทางสถิติ เวลาในการเข้าถึงบางช่วงถูกรวมกันเป็นกลุ่มและมีช่องว่างเป็นบางช่วง ช่องว่างที่ใหญ่ที่สุดมีขนาด 328 mS จากเวลา 320 ถึง 648 mS แต่ก็มีช่องว่างที่เล็กกว่าด้วยซึ่งมีขนาด 40 mS (เท่ากับ 10 เท่าของเฟรม) หรือมากกว่านั้น ต่อไปจะทำการรวมทราฟฟิกและจะพิจารณาคลาสเตอร์ได้เป็นกลุ่มของเฟรมซึ่งช่องว่างจะมีขนาดไม่ใหญ่เกิน 5 เท่าของเฟรม (20 mS) และสามารถบันทึกเวลาเริ่มต้นของแต่ละ คลัสเตอร์ได้ดังนี้

0	72	216	288	648	720	864	936
---	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

ต่อจากนี้ให้รวมทราฟฟิกเข้าด้วยกันอีก ซึ่งคลัสเตอร์เป็นกลุ่มของเฟรมที่มีขนาดของช่องว่างไม่ใหญ่เกิน 10 เท่าของเฟรม (40 mS) เวลาในการเข้าถึงแสดงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีนี้ช่องว่างมีขนาด 216, 432 และ 216 โดยรูปแบบของทราฟฟิกเป็นคลัสเตอร์ 2 คลัสเตอร์ที่มีช่องว่างขนาดเล็กคั่นกลางตามด้วยช่องว่างขนาดใหญ่ และตามด้วยคลัสเตอร์ 2 คลัสเตอร์ที่มีช่องว่างขนาดเล็กคั่นกลาง กลับไปดูที่กรณีข้างต้นที่มี 8 arrival รูปแบบของทราฟฟิกจะเป็นดังนี้

(arrival, short gap, arrival, long gap, arrival, short gap, arrival)

ซึ่งรูปแบบนี้จะเหมือนกับรูปแบบทราฟฟิกของกรณีที่มี 32 arrival

สรุปได้ว่าลำดับเวลาข้างต้นมีรูปแบบของทราฟฟิกเหมือนกันโดยที่ความละเอียดของเวลามีค่าต่างกัน ซึ่งเป็นความหมายของคำว่า "ความคล้ายคลึงตัวเอง (Self-similarity)"

รูปแบบของทราฟฟิกข้างต้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.1 รูปที่ 3.1(a) แสดงลำดับของการเข้าถึงของเฟรมบนแกนเวลา เส้นในแนวตั้งแต่ละเส้นแทนเฟรม 1 เฟรมที่มีความกว้างเท่ากับ 4 mS ซึ่งเป็นช่วงเวลาเริ่มตั้งแต่บิตแรกไปจนถึงบิตสุดท้ายของเฟรม รูปที่ 3.1(b) แสดงการรวมข้อมูลเข้าด้วยกันเป็น 4 คลัสเตอร์ใหญ่ ความสูงและความกว้างของเส้นแนวตั้งนี้จะเปลี่ยนแปลงตามการสเกล ในรูปนี้จะเห็นได้ว่ามีรูปแบบของทราฟฟิกเป็น

(arrival, short gap, arrival, long gap, arrival, short gap, arrival)

เมื่อมีความละเอียดของข้อมูลต่างกัน



(a) An Interesting time series



(b) Aggregated time series

รูปที่ 2.1 ลำดับเวลาการเข้าถึงของทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง (Self-similar time series)

เราจะใช้วิธีการ Cantor set ในการอธิบายรูปแบบของทราฟฟิกลักษณะนี้ ซึ่งจะมีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์กับการแข่งขันเอกสารที่ขอให้นำไปใช้ เมื่อผู้จัดทำเห็นประโยชน์ของการนำเอกสารไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เริ่มต้นด้วยแถบของเส้นตรงที่อยู่ในช่วง $[0,1]$
2. แบ่งเส้นตรงนี้ออกเป็น 3 ส่วน แล้วตัดส่วนตรงกลางทิ้ง
3. ทำการตัดส่วนกลางที่มีขนาด $1/3$ เท่าของเดิมทิ้ง และทำเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ

กำหนดให้ S_i คือ Cantor Set ที่ระดับ i จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

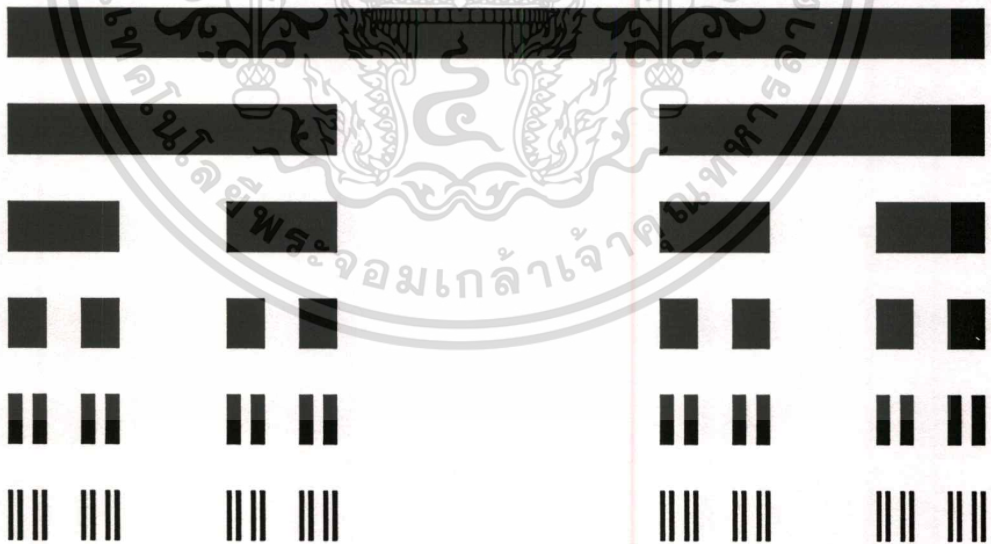
$$S_0 = [0,1]$$

$$S_1 = \left[0, \frac{1}{3}\right] \cup \left[\frac{2}{3}, 1\right]$$

$$S_2 = \left[0, \frac{1}{9}\right] \cup \left[\frac{2}{9}, \frac{1}{3}\right] \cup \left[\frac{2}{3}, \frac{7}{9}\right] \cup \left[\frac{8}{9}, 1\right]$$

เป็นเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ

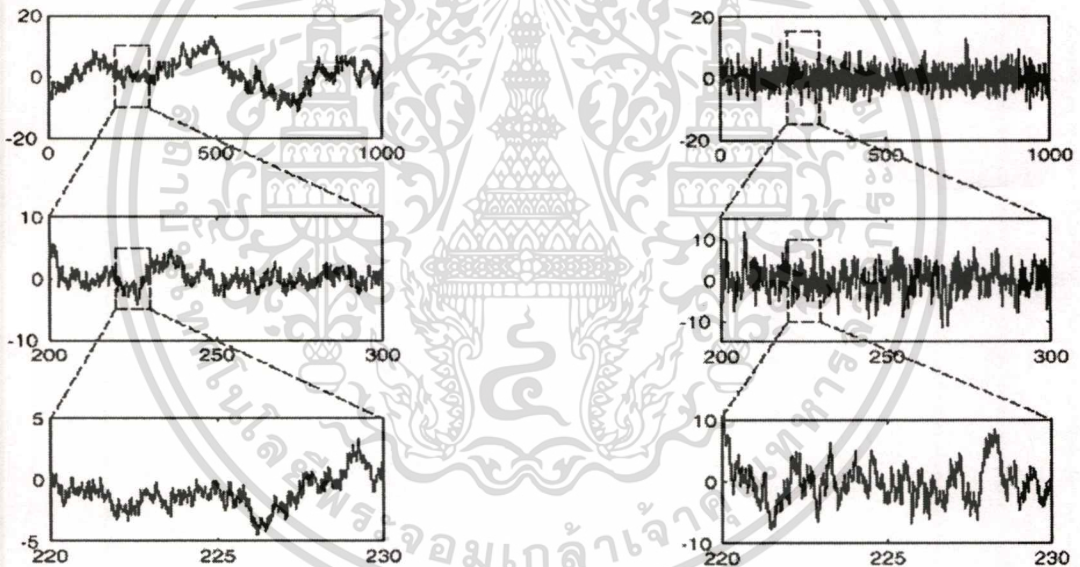
รูปที่ 3.2 แสดงรูปแบบของวิธีการ Cantor Set จะเห็นได้ว่ารูปแบบของ Cantor Set นี้มีโครงสร้างแบบคล้ายคลึงตัวเอง ซึ่งชิ้นส่วนซ้ายและขวาของ Cantor Set ของทุกระดับนั้นได้มาจาก Cantor Set ของระดับก่อนหน้า ในหัวข้อถัดไปจะกล่าวถึงคุณสมบัติทางสถิติของกราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง



รูปที่ 2.2 แสดง Cantor Set ที่ถูกแบ่งเป็น 5 ระดับ

2.1.2 ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง

ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเองสามารถกล่าวได้ว่า รูปร่างของทราฟฟิกที่มีความคล้ายคลึงตัวเองนี้เมื่อถูกสเกล (ถูกลดและ/หรือเพิ่มด้วยเวลา) ด้วยเวลา เช่น 1 ms, 10 ms, 100 Sec แล้ว ทราฟฟิกจะยังคงมีรูปร่างหน้าตาคล้ายคลึงกันอยู่เช่นเดิมเมื่อถูกสเกลด้วยเวลาต่างๆ ตัวอย่างเช่นจากรูปที่ 2.3 เป็นตัวอย่างทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง โดยที่แกน x แทนด้วยเวลา ส่วนแกน y แทนด้วยขนาด ซึ่งทั้ง a และ b ถูกสเกลด้วยเวลาเท่าๆ กัน (หรือขยายออกทางด้านเวลา) จะพบว่ารูปร่างหน้าตาของทราฟฟิกรูปร่างสุดท้ายของรูป a จะยังคงมีรูปร่างหน้าตาของทราฟฟิกคล้ายคลึงกันกับรูปด้านบนสุดของรูป a อยู่ ส่วนรูปร่างสุดท้ายของรูป b นั้น จะมองดูเหมือนถูกยืดออกให้ห่างขึ้น (ความหนาแน่นของทราฟฟิกลดลง) ยิ่งมีความห่างออกไปเรื่อยๆ เมื่อถูกสเกลด้วยเวลาที่น้อยลงๆ นั่นคือรูปร่างหน้าตาของทราฟฟิกจะไม่เหมือนเดิมเมื่อเปรียบเทียบรูปด้านล่างสุดกับรูปด้านบนสุดดังรูป b



(a) Self-Similar Process

(b) Non-Self-Similar Process

รูปที่ 2.3 การเปรียบเทียบทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง และทราฟฟิกที่ไม่คล้ายคลึงตัวเอง

ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเองนี้ จะมีคุณสมบัติทางสถิติอยู่ 2 รูปแบบที่สำคัญ คือการขึ้นกับเวลาที่ยาวๆ (Long-Range Dependent), ค่าความแปรปรวนจะมีการลดลงอย่างช้าๆ ของกฎของพลังงาน (Slowly Decaying Variance) และทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเองนี้จะมีตัวแปรที่สำคัญคือ Hurst Parameter (เรียกสั้นๆ ว่า H Parameter) โดยที่ตัวแปร H หรือ Hurst parameter เป็นตัววัดหรือตรวจสอบระดับของความคล้ายคลึงตัวเองของทราฟฟิกของลำดับเวลา ดังนั้นถ้าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเกลด้วยเวลาแล้วกราฟฟิกันยังคงคล้ายคลึงตัวเองอยู่แล้วค่า H จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 1 ซึ่งคุณสมบัติต่างๆ ดังที่กล่าวมานี้จะกล่าวต่อไปในหัวข้อต่อไป

2.1.3 คณิตศาสตร์สำหรับกราฟฟิกันแบบคล้ายคลึงตัวเอง

กำหนดให้ X คือ Wide send stationary random process ที่มีค่าเฉลี่ยเป็น μ , ค่าความแปรปรวนเป็น σ^2 และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ตัวเอง (Auto-correlation function) เป็น ρ โดยทั่วไปแล้วจะมีค่าดังสมการ [3,7]

$$\rho(\tau) \approx \tau^{-\beta} \text{ เมื่อ } \tau \rightarrow \infty \quad (2.1)$$

และที่ $L(\tau)$ คือการลดลงอย่างช้าๆ ที่จุดอนันต์แล้วจะได้เป็น

$$\frac{\lim_{\tau \rightarrow \infty} L(x\tau)}{L(\tau)} = 1 \text{ ที่ } x > 0 \quad (2.2)$$

กำหนดให้ $X^{(m)}$ แทน Wide send stationary random process ตัวใหม่กำหนดได้จากลำดับของ X ซึ่งค่าของ (m) นี้จะมีค่าไม่ซ้ำกัน และจะได้ $X^{(m)}$ ใหม่นี้ได้เป็น

$$X^{(m)}(t) = \frac{1}{m} (X_{tm-m+1} + X_{tm-m+2} + \dots + X_{tm}) \quad (2.3)$$

จากสมการที่ (2.3) สามารถแจกแจงได้เป็นดังนี้ ตัวอย่างเช่นกำหนดให้ $(m) = 3$

$$X^{(3)}(t) = \frac{X_{3t-2} + X_{3t-1} + X_{3t}}{3} \quad (2.4)$$

และสำหรับทุกๆ ค่าของ (m) นี้ $X^{(m)}$ ตัวใหม่สามารถเรียกได้ว่าความคล้ายคลึงกันอันดับที่สอง (Second - order Self-similar) ซึ่งจะมีตัวแปรที่สำคัญคือ Hurst Parameter (H) มีค่าเท่ากับ $H = 1 - \frac{\beta}{2}$ ที่ $(0 < \beta < 1)$ ส่วนค่าสหสัมพันธ์ตัวเองจะได้เป็น

$$\rho^{(m)}(\tau) \rightarrow 0 \text{ เมื่อ } (m) \rightarrow \infty \text{ และ } \tau = 1, 2, 3, \dots \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 การขึ้นกับเวลายาวๆ

การขึ้นกับเวลาที่ยาวๆ (Long – range dependent) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของ-ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง โดยที่ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ตัวเองจะลดลงอย่างช้าๆ มีค่าดังสมการ

$$\rho(\tau) \sim \tau^{-\beta} \quad \text{ที่ } \tau \rightarrow \infty \text{ และ } 0 < \beta < 1 \quad (2.6)$$

ที่ $\tau \rightarrow \infty$ ค่าสหสัมพันธ์ตัวเองจะยังคงมีค่าไม่เป็น 0 และ $\sum_r \rho(\tau) = \infty$ ส่วนฟังก์ชันสหสัมพันธ์ตัวเองของการขึ้นกับเวลาที่สั้นๆ (Short-range dependent) มีค่าดังสมการ

$$\rho(\tau) \sim c^\tau \quad \text{ที่ } \tau \rightarrow \infty \text{ และ } 0 < \tau < 1 \quad (2.7)$$

ที่ค่า $\tau \rightarrow \infty$ จะมีค่าเป็น 0 และ $\sum_r \rho(\tau)$ จะมีค่าที่จำกัด

2.1.5 การกระจายแบบพาราเรโต้

การกระจายแบบพาราเรโต้จะเป็น heavy-tailed ถ้า

$$\Pr\{X > x\} = 1 - F(x) \approx \frac{1}{x^\alpha} \quad (2.8)$$

ที่ $x \rightarrow \infty$ โดยทั่วไปแล้วจะกำหนดให้ Shape parameter (α) จะอยู่ในช่วง 1 ถึง 2 และการกระจายแบบพาราเรโต้สามารถกำหนดได้เป็น

$$\Pr\{X > x\} = \left(\frac{\delta}{x}\right)^\alpha \quad (2.9)$$

จะมีฟังก์ชันการกระจายสะสม (cdf) ดังสมการที่ (2.10)

$$F(x) = 1 - \left(\frac{\delta}{x}\right)^\alpha \quad (2.10)$$

ที่ δ คือ Location parameter ซึ่งเป็นเวลาการเข้ามาถึงที่น้อยที่สุดระหว่างแพ็กเก็ต (โดยทั่วไปจะกำหนดให้มีค่า มากกว่า 0.75 ระบบจึงจะมีเสถียรภาพแต่จะไม่เกิน 1) และการกระจายแบบพาราเรโต้จะมีฟังก์ชันการกระจายความน่าจะเป็น (pdf) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f(x) = \frac{\alpha}{\delta} \cdot \left(\frac{\delta}{x}\right)^{\alpha+1} \quad (2.11)$$

ค่าเฉลี่ยของการกระจายแบบพาราเรโต้ คือ

$$E[x] = \delta \cdot \frac{\alpha}{\alpha - 1} \quad (2.12)$$

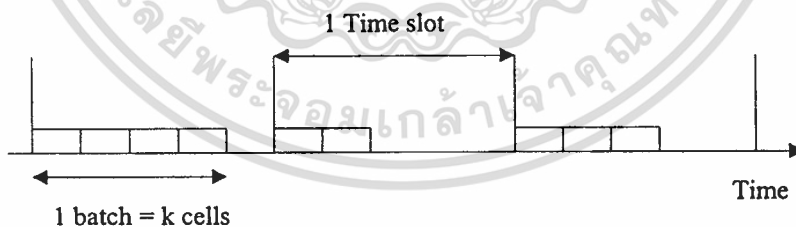
และค่าความแปรปรวนมีค่าดังนี้

$$\text{Var}[x] = \frac{\alpha\delta^2}{(\alpha - 1)^2(\alpha - 2)} \quad (2.13)$$

ในส่วนของการกระจายแบบพาราเรโต้นี้ แดว (tail) จะมีความน่าจะเป็นที่จะเสื่อมลงตามกฎของพลังงานนั้น ซ้ำกว่าการกระจายแบบเอกซ์โพเนนเชียลแสดงดังรูปที่ 2.5 ในที่นี้ฟังก์ชันการกระจายความน่าจะเป็นแบบ เอกซ์โพเนนเชียลจะมีค่าเป็นดังนี้ [3,4,5]

2.1.5 การเข้าถึงแบบกลุ่ม

ในวิทยานิพนธ์นี้ในแบบจองของการวิเคราะห์ด้วยวิธีการจำลองแบบที่อินพุตทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเองนี้จะมีการเข้ามาถึงของเซลล์แบบกลุ่มก้อน (Batch Arrival) ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แบบจำลองของการเข้ามาถึงของเซลล์แบบกลุ่มก้อน

ในหนึ่งช่วงเวลา (1 time slot) จะมีเซลล์เข้ามาเป็นกลุ่มก้อน (Batch) และจะมีจำนวน k เซลล์ โดยที่เซลล์ในแต่ละช่วงเวลาจะมีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับการกระจายที่ใช้ ในที่นี้จะทำการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นที่มีเซลล์มากกว่า x เซลล์ในแต่ละช่วงเวลา ($P[X > x]$) ของการเข้ามาถึงของเซลล์ที่มีฟังก์ชันการกระจายแบบเอกซ์โพเนนเชียล (ปัวส์ซองทราฟฟิก) และการกระจายแบบพาราเรโต้ (ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ความน่าจะเป็นที่มีเซลล์มากกว่า x เซลล์ในแต่ละช่วงเวลาแบบเอกซ์โพเนนเชียล จะมีค่าดังนี้

$$P[X > x] = e^{-\lambda x} \quad \text{ที่ } \lambda \text{ คืออัตราการเข้ามาถึง} \quad (2.14)$$

และจากสมการที่ (2.14) จะสามารถหาฟังก์ชันการกระจายสะสม (cdf) ได้ดังนี้

$$F(x) = 1 - P[X > x] = 1 - e^{-\lambda x} \quad (2.15)$$

ส่วนความน่าจะเป็นที่มีเซลล์มากกว่า x เซลล์ในแต่ละช่วงเวลาแบบพาราโบลิกจะมีค่าดังสมการที่ (2.9)

ต่อไปจะทำการยกตัวอย่างให้เข้าใจมากขึ้น โดยจะกำหนดให้ $E[x] = 2$ และ $x = 10$ พิจารณาความน่าจะเป็นที่มีเซลล์มากกว่า x เซลล์ในแต่ละช่วงเวลาแบบเอกซ์โพเนนเชียล

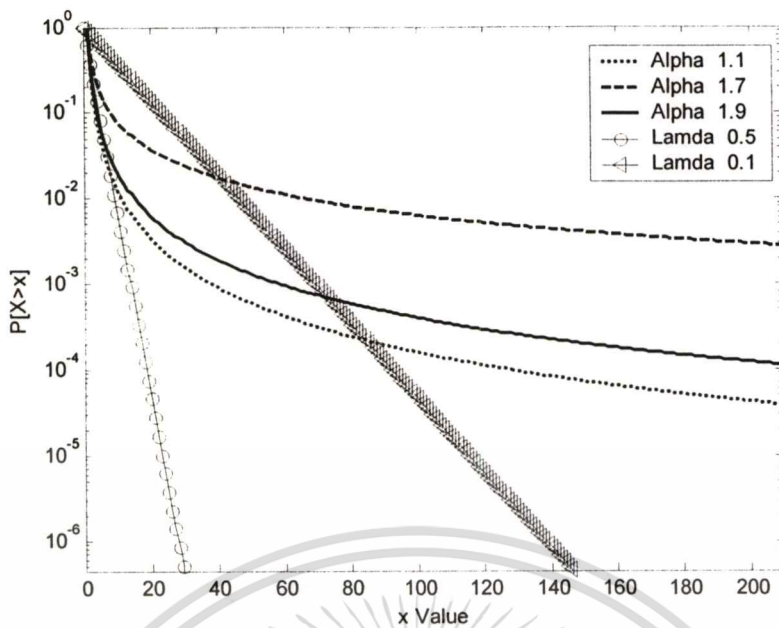
$$P[X > x] = e^{-\lambda x} = e^{-10/2} = 0.0067$$

ต่อมาพิจารณาความน่าจะเป็นที่มีเซลล์มากกว่า x เซลล์ในแต่ละช่วงเวลาแบบพาราโบลิก โดยจะกำหนดให้ $\delta = 1$ โดยที่ $E[x] = 1 \cdot \frac{\alpha}{\alpha - 1} = 2$ เมื่อแก้สมการหาค่า α จะเท่ากับ 2 นำ α ที่ได้มาแทนลงสมการ

$$P[X > x] = \left(\frac{1}{x}\right)^\alpha = \left(\frac{1}{10}\right)^2 = 0.01$$

ต่อไปนี้ลองพิจารณาที่ $x = 1000$ ดูบ้าง จะพบว่าที่ความน่าจะเป็นที่มีเซลล์มากกว่า x เซลล์ในแต่ละช่วงเวลาแบบเอกซ์โพเนนเชียลมีค่าเท่ากับ $7.1246 \cdot 10^{-218}$ ส่วนความน่าจะเป็นที่มีเซลล์มากกว่า x เซลล์ในแต่ละช่วงเวลาแบบพาราโบลิกจะมีค่าเท่ากับ $1.0 \cdot 10^{-6}$ ซึ่งต่างกันมาก แสดงว่าความน่าจะเป็นที่มีเซลล์มากกว่า x เซลล์ในแต่ละช่วงเวลาแบบพาราโบลิกนั้นจะมีค่ามากกว่าความน่าจะเป็นที่มีเซลล์มากกว่า x เซลล์ในแต่ละช่วงเวลาแบบเอกซ์โพเนนเชียล เมื่อขนาดของกลุ่มก้อนของเซลล์เพิ่มมากขึ้น และจะเสื่อมลงตามกฎของพลังงานช้ากว่าแบบเอกซ์โพเนนเชียลอีกด้วยดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ความน่าจะเป็นที่จะเสื่อมลงตามกฎของพลังงานระหว่างการกระจายแบบพาราไดต์ และเอกซ์โพเนนเชียล

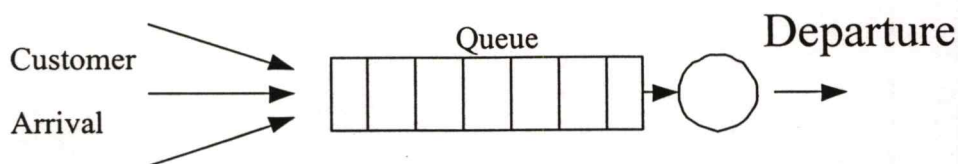
2.2 การจำลองแบบระบบคิว

2.2.1 ทฤษฎีระบบคิว

ทฤษฎีระบบคิวเป็นสาขาหนึ่งของทฤษฎีความน่าจะเป็นที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ ที่ศึกษาระบบคิว ในชีวิตประจำวันมักพบเหตุการณ์รอในคิวเสมอเช่นรอที่จุดตรวจไฟสัญญาณจราจรซื้อตั๋วชมภาพยนตร์ ลูกค้าที่รอรับบริการในธนาคาร เป็นต้น ซึ่งคิวเกิดจากเหตุการณ์ที่อัตราการเข้ารับบริการมีค่าสูงกว่าอัตราการให้บริการ ในการจำลองแบบต่างๆ มักเริ่มต้นจากการศึกษาระบบคิวเนื่องด้วย ระบบที่ซับซ้อนจำนวนมากที่มีระบบย่อยเป็นส่วนประกอบก็คือคิว คิวเป็นระบบง่าย ๆ โดยที่การจำลองแบบสามารถเห็นพฤติกรรมได้ชัดเจน ระบบคิวบางระบบมีแบบแผนการวิเคราะห์ที่ค่าคำตอบซึ่งสามารถนำมาประเมินความแม่นยำของการจำลองแบบทางคอมพิวเตอร์ได้ เมื่อพิจารณาการรอรับของผู้ให้บริการ ถ้าผู้ให้บริการว่างมากเกินไปการให้บริการนั้นจะไม่มีค่าทางเศรษฐกิจแต่อย่างไร และอาจเกิดการซ้ำซ้อนในระบบ สุดท้ายก็คือค่าเฉลี่ยความยาวของคิวสามารถนำมาออกแบบสถานที่รองรับลูกค้าได้อย่างเพียงพอ และต้องพิจารณาว่าคุ้มค่าต่อทางเศรษฐกิจหรือไม่ และการที่มีคิวยาวมากเกินไปก็จะเป็นผลดี ซึ่งการที่ลูกค้าออกไปจากคิวแสดงให้เห็นว่าคุณค่าของการรอรับบริการนั้นไม่คุ้มค่าแก่การรอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 โครงสร้างระบบพื้นฐานของระบบคิว



รูปที่ 2.6 โครงสร้างพื้นฐานของระบบคิว

โครงสร้างระบบพื้นฐานของระบบคิวแสดงได้ดังรูปที่ 2.6 โดยที่หน่วยอินพุตของระบบ เรียกว่าลูกค้า (Customer) หรืองาน (Jobs) ในที่นี้จะใช้คำว่าลูกค้าสำหรับอธิบาย ซึ่งลูกค้าต้อง เรียงกันเข้ามารับการบริการ ณ จุดให้บริการ (Server) เมื่อลูกค้าเดินทางจนมาถึงจุดบริการ ถ้า ขณะนั้นผู้ให้บริการว่าง ลูกค้าก็จะเข้ารับบริการและออกจากคิวเมื่อรับบริการเสร็จแล้ว ถ้าผู้ให้ บริการไม่ว่าง ลูกค้าต้องเข้ารอคิวเพื่อรอรับการให้บริการในเวลาถัดไปตามกฎของการให้บริการ (Service discipline) พฤติกรรมของระบบคิวมีความแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับข้อสมมติของ องค์ประกอบหลัก คือรูปแบบการเข้ามาถึงของลูกค้า (Arrival pattern) กลไกการให้บริการ (Service mechanism) และกฎของคิวเอง (Queue pattern) ดังที่จะกล่าวในข้อต่อไป

2.2.3 รูปแบบการเข้ามาถึงของระบบ

ลูกค้ามาจากประชากรหรือแหล่งอินพุตของระบบ คุณลักษณะอย่างหนึ่งของลูกค้าคือ ขนาด (Size) อาจจะเป็นแบบขนาดจำกัด (Finite size) หรือไม่จำกัด (Infinite size) ก็ได้ และคุณ ลักษณะอีกอย่างที่สำคัญ คือแบบแผนของลูกค้าที่เข้ามาถึงเมื่อเทียบกับเวลา การเข้ามาถึงแบบ พื้นฐานคือการเข้ามาถึงแบบปกติ (Regular arrivals) หมายถึงลูกค้าเข้ามาในระบบคิวในระยะ เวลาที่เท่าๆ กัน กำหนดสัญลักษณ์ได้เป็น τ และในกรณีที่อัตราการเข้ามาถึงคือ $\lambda = 1/\tau$ ต่อ หน่วยเวลา แต่ในแง่ของความเป็นจริงแล้ว การเข้ามาถึงแบบนี้เป็นไปได้น้อยมากแต่ข้อสมมุติทาง คณิตศาสตร์ทำได้ง่าย โดยทั่วไปแล้วการเข้ามาถึงที่นิยม คือจะเป็นแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ [15,6,17] (Completely random process) โดยการศึกษา มักอ้างถึงการเข้ามาถึงแบบปัวซอง ซึ่งจะกล่าวใน หัวข้อต่อไป

2.2.4 การให้บริการและความสามารถในการบริการที่รองรับได้

องค์ประกอบอีกอย่างของระบบคิวคือลักษณะการให้บริการแก่ลูกค้าแต่ละคนมักเรียก ว่าความต้องการบริการ (Service demand) หรืองาน (Work) หน่วยของการบริการขึ้นอยู่กับ ลักษณะของผู้ให้บริการและลูกค้า เช่นถ้าผู้ให้บริการคือซีพียู และลูกค้าคือโปรแกรม หน่วยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมก็คือคำสั่ง หรือถ้าผู้ให้บริการคือ Transaction Line และผู้รับบริการคือเมสเสจหรือข้อความ หน่วยที่เหมาะสมก็คือบิตหรือไบต์ เป็นต้น ในการคิดโดยทั่วไปจะกำหนดให้ลูกค้าเป็นประเภทเดียวกัน นั่นคือความต้องการในการรับบริการเป็นการกระจายแบบปกติ หรือเรียกว่า Service distribution แต่กรณีระบบที่ซับซ้อนลูกค้าที่เข้ามาจะมีหลากหลายรูปแบบ และแต่ละแบบก็ต้องการการกระจายการบริการที่แตกต่างกัน

ลักษณะการเข้ามาถึงและการให้บริการ ซึ่งสององค์ประกอบนี้ยังไม่เพียงพอในการกำหนดคุณลักษณะของระบบคิว ซึ่งต้องมีการกำหนดความสามารถของผู้ให้บริการด้วย ว่ามีศักยภาพในการให้บริการเร็วเพียงใดในงานที่เราพิจารณา สมมติให้ C (Service capacity) แทนด้วยความสามารถของการบริการ กำหนดให้ S (Service Unit) แทนด้วยจำนวนความต้องการของลูกค้า ดังนั้นอัตราส่วนของ S / C เรียกว่า (Service time) ส่วนค่าคาดหวังของ S / C เรียกว่าเวลาการให้บริการเฉลี่ย (Average service time) และกลับเศษส่วน จะได้ว่าอัตราบริการ (Service rate) จะได้ $\mu = C / \bar{S}$ โดยที่ C คือค่าคงที่

2.2.5 กฎการสับหลัก

กฎการสับหลัก (Scheduling) จะพิจารณาที่ลูกค้าเข้ามารับบริการ โดยที่การสับหลักที่เห็นได้ง่ายๆ คือการที่ลูกค้าเข้ามาก่อนก็จะได้รับบริการก่อน (FCFS : First-come first-served) แต่ในสถานการณ์บางอย่างมักมีระดับความสำคัญบางอย่างมักมีความสำคัญมาร่วมด้วย จึงต้องจัดการสับหลักระดับความสำคัญ (Priority scheduling) เรียกกระบวนการประเภทนี้ว่าคิวแบบมีระดับความสำคัญ (Priority queue) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะแบ่งระบบคิวที่มีระดับความสำคัญอยู่สองประเภท คือแบบแซงคิวไปทันที (Preemptive) เมื่อคนที่สำคัญกว่าเข้ามาถึงจุดบริการ และแบบแซงคิวไม่ได้ทันที (Non-preemptive) จนกว่าลูกค้าที่รับบริการอยู่จะเสร็จธุระแล้ว แต่ในบทความนี้สนใจการทำงานแบบเข้ามาก่อนจะได้รับบริการก่อน

2.2.6 ขบวนการของปั๊วของ



รูปที่ 2.7 การแบ่งช่วง $(0, T)$ ออกเป็นช่วงย่อยทั้งหมด m ช่วง

เมื่อพิจารณาช่วงเวลาที่มีจำกัด $(0, T)$ และหาค่าการกระจายความน่าจะเป็นของจำนวนลูกค้าที่เข้ามาถึงในระยะเวลา ในการคำนวณจะแบ่งช่วงเวลาเป็นช่วงย่อยๆ จำนวน m ช่วง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ความถี่ที่ได้คือ $h = T / m$ ดังรูปที่ 2.7 ถ้ากำหนดให้ λ เป็นค่าเฉลี่ยอัตราการเข้ามาถึงของลูกค้า สำหรับในแต่ละช่วงย่อยแล้วความน่าจะเป็นที่ลูกค้าคนใดคนหนึ่งเข้ามาถึงคือ $\lambda h + o(h)$ นั่นคือจำนวนลูกค้าที่มากกว่าสองคนหรือมากกว่าสองคนที่เข้ามาถึงคือ $o(h)$ ดังนั้นจะได้ว่า เวลาที่ลูกค้าไม่ได้มาถึงคือ $1 - (\lambda h + o(h))$ โดยที่ $o(h)$ แทนจำนวนใดๆ ก็ได้ที่เข้าใกล้ค่า 0 ก่อนค่า h เมื่อ $h \rightarrow 0$ นั่นคือ $o(h) / h \rightarrow 0$

เมื่อกล่าวว่การกระบวนการเข้ามาถึงแบบสุ่มโดยสมบูรณ์หรือปัวส์ซอง จะมีความหมายดังต่อไปนี้ ถ้าสังเกตช่วงย่อยใดๆ ให้เหตุการณ์เป็นอิสระต่อกันและไม่ทับซ้อนกัน ถ้ากำหนดให้การมาถึงแบบสำเร็จของการทดลองเบอร์โนลี (Bernoulli trial) [16] แล้ว รูปแบบการเข้ามาถึงของช่วงเวลา T คือ $T = m / h$ ความน่าจะเป็นที่ลูกค้าคนที่ i เข้ามาถึงที่ช่วงย่อย m จะสามารถประมาณค่าได้จากกรการกระจายแบบทวินาม (Binomial distribution) ดังนี้

$$\binom{m}{i} [\lambda h + o(h)]^i [1 - (\lambda h + o(h))]^{m-i} \quad (2.16)$$

เมื่อกล่าวถึงลิมิตโดย $h \rightarrow 0$ และ $m \rightarrow \infty$ ที่ $mh = T$ กำหนดให้เป็นค่าคงที่ จะพบว่า $n(T)$ เป็นจำนวนลูกค้าเข้ามาถึงในช่วงเวลา T มีความน่าจะเป็นคือ

$$P[n(T) = i] = \frac{(\lambda T)^i}{i!} \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{m!}{m^i (m-i)!} \lim_{m \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{\lambda T}{m}\right)^{m-i} \quad (2.17)$$

$$= \frac{(\lambda T)^i}{i!} e^{-\lambda T} \quad (2.18)$$

ซึ่งก็คือการกระจายแบบปัวส์ซอง (Poisson distribution) จะสังเกตได้ว่าสมการที่ (2.18) มี λT เป็นตัวแปรการกระจาย ค่าเฉลี่ย และตัวแปรค่าความแปรปรวนของตัวแปรสุ่ม $n(T)$ มีค่าเท่ากับ λT ค่าเฉลี่ยสามารถอนุมานได้ว่า $E[n(T) / T]$ และ ค่าความแปรปรวนมีค่าเท่ากับ $\lambda T \rightarrow$ ที่ $T \rightarrow 0$ ดังนั้นค่า $n(T) / T$ จะลู่เข้าสู่ λ

คุณสมบัติที่สำคัญอีกประการของขบวนการปัวส์ซอง คือการกระจายของช่วงที่อยู่ระหว่างเวลาการเข้ามาถึงของแต่ละค่า ให้ X เป็นช่วงเวลาจากเริ่มต้นใดๆ ถึงช่วงเวลาอันแรกสุด จะได้ว่าค่าการกระจายของ X ที่ไม่มีค่าใดๆ และไม่มีการมาถึงเกิดขึ้นในช่วง $(0, x)$ ถ้ากำหนดให้ $X > x$ เท่านั้น

$$P[X > x] = P[n(x) = 0] \quad (2.19)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $n(x)$ แทนจำนวนของการมาถึงระหว่างเวลา x หน่วย จากสมการที่ (2.19) ทราบว่า $P[n(x) = 0] = e^{-\lambda x}$

$$o(h) = 2h^2, o(h) = \frac{h^2}{2!} + \frac{h^3}{3!} + \dots \quad (2.20)$$

กำหนดให้ $F_x(x)$ เป็นฟังก์ชันการกระจายของ X และ $f_x(x)$ เป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็น จะได้ว่า

$$F_x(x) = 1 - e^{-\lambda x}, x \geq 0 \quad (2.21)$$

และ

$$f_x(x) = F_x'(x) = \lambda e^{-\lambda x}, x \geq 0 \quad (2.22)$$

ดังนั้นสำหรับกระบวนการการเข้ามาถึงแบบปัวส์ของ ช่วง X ระหว่างค่าคงที่ใดๆ และ เวลาของช่วงแรกเป็นการกระจายแบบเอกซ์โปเนนเชียลด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1/\lambda$ และฟังก์ชันการกระจายในสมการที่ (2.22) สามารถหาได้อีกวิธีโดยการกำหนดตัวแปรดังนี้ เลือกเวลาเริ่มต้น ณ ค่าที่ใดๆ และกำหนดให้ $P_0(x)$ แทนความน่าจะเป็นที่ไม่มีลูกค้ามาถึงในช่วงเวลา $(0, x)$ จะได้ $P_0(x) = P[n(x) = 0]$ ดังนั้น

$$P_0(x + dx) = P[\text{No costumers arrive during } (0, x) \text{ nor during } (x, x + dx)] \quad (2.23)$$

$$= P_0(x) \{1 - dx + o(dx)\}$$

ดังนั้นถ้าใช้คุณสมบัติการเป็นอิสระทางสถิติของการเข้ามาถึงแบบปัวส์ของและ อาศัยกฎการคูณของความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่มีเงื่อนไข ได้ว่า

$$\{P_0(x + dx) - P_0(x)\} / dx = P_0(x) \{-\lambda + o(dx)\} \quad (2.24)$$

เมื่อลิมิต $dx \rightarrow 0$ จะพบว่า

$$P_0'(x) = -\lambda P_0(x) \quad (2.25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำสมการที่ (2.24) มาทำการ Differential จะได้ดังนี้

$$P_0'(x) = -\alpha e^{-\lambda x} \quad (2.26)$$

โดยที่ α คือค่าคงที่ เพราะค่า $P_0(0) = 1$ โดยนิยามเมื่อพิจารณาที่ค่า $\alpha - 1$ ได้ว่า

$$P_0(x) = e^{-\lambda x} \quad (2.27)$$

2.2.7 รูปแบบสัญลักษณ์สำหรับระบบคิว

รูปแบบสัญลักษณ์สำหรับระบบคิวจะมีรูปแบบคือ A/S/c/k/m โดยที่ [17]

A แทน การกระจายเวลาการเข้ามาถึงของลูกค้า (Inter-arrival time distribution)

S แทน การกระจายของเวลาการบริการ (Service time distribution)

c แทน จำนวนผู้ให้บริการ (Servers)

k แทน จำนวนสูงสุดของลูกค้าที่ยอมให้มีในคิว (Total customers)

m แทน จำนวนของลูกค้าที่สามารถมีได้ (Customer Available at source)

ในการนิยามหรืออธิบายระบบคิวนิยมใช้สัญลักษณ์ คือ

D แทน ค่าคงตัวของการมาถึง หรือ เวลาให้บริการ

M แทน การกระจายแบบเอกซ์โพเนนเชียล

Ek แทน K-Erlang Distribution

Hk แทน k-stage Hyperexponential distribution

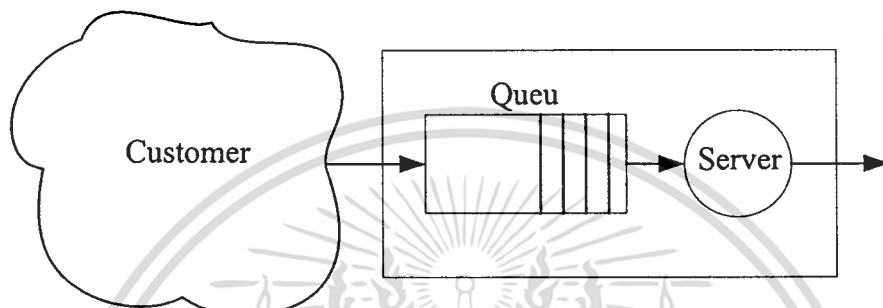
G แทน การกระจายแบบปกติได้ (General distribution)

ถ้าขนาดลูกค้าเป็นแบบไม่จำกัด มักจะไม่เอาค่า m มาคำนวณในแบบจำลองในทำนองเดียวกันถ้าความจุของระบบไม่จำกัดก็จะไม่เอาค่า k มาคำนวณกันสมมุติให้กฎควบคุมคิวเป็นแบบมาก่อนได้รับบริการก่อน (FIFO: First-in First-out) เมื่อพิจารณาตามคุณสมบัติข้างต้นจะได้ว่า ระบบคิวที่มีรูปแบบการเข้ามาถึงเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล เวลาการให้บริการแบบคงที่ และมีผู้ให้บริการคนเดียว สามารถแทนได้คือระบบคิว M/D/1 หรือระบบที่มีการเข้ามาถึงเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล เวลาในการบริการเป็นแบบปกติ จำนวนผู้ให้บริการสองคน และสามารถจุลูกค้าได้จำนวน k คน สามารถเขียนแทนด้วย M/G/2/k เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

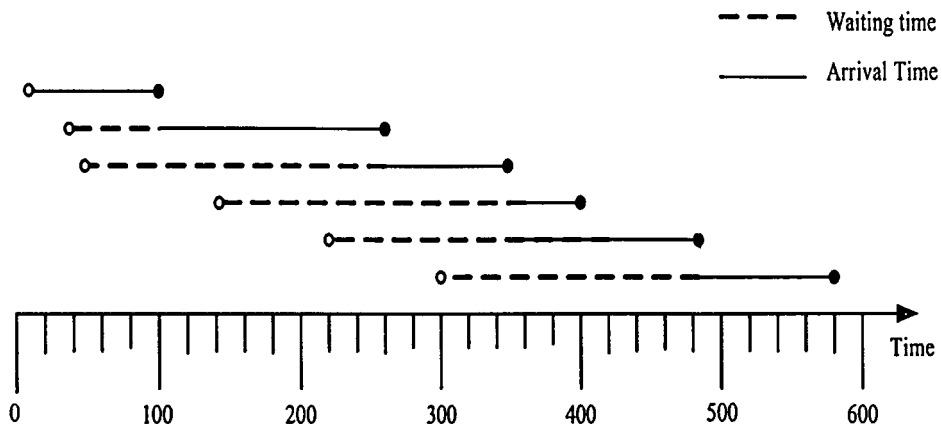
สมมุติให้ระบบมีผู้ให้บริการคนเดียว ดังรูปที่ 2.8 งานของระบบจะมาจากประชากรที่ไม่จำกัด การเข้ามาถึงของประชากรเป็นการกระจายแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ด้วยค่าเฉลี่ย T_a เมื่อประชากรเข้ามาถึง ถ้าผู้ให้บริการว่างก็สามารถเข้ารับบริการได้ แต่ถ้าผู้ให้บริการไม่ว่างก็ต้องรอเข้าคิว ในที่นี้กำหนดให้ขนาดความจุของคิวเป็นแบบไม่จำกัด มีกฎการสับหลักแบบเข้ามาก่อนได้รับบริการก่อนและเวลาการบริการเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ด้วยค่าเฉลี่ย T_s สามารถเขียนสัญลักษณ์แทนโมเดลได้คือ M/M/1



รูปที่ 2.8 ระบบคิวที่มีผู้ให้บริการคนเดียว

ในที่นี้สมมุติให้ $T_a = 200$ หน่วยเวลา, $T_s = 100$ หน่วยเวลา, เวลาในการรัน (Run) ของการจำลองแบบ = 200,000 หน่วยเวลา (คาดว่ามีการเข้ามาถึงของลูกค้าประมาณ 1000 ครั้ง), Time แทนเวลาในการจำลองแบบ, n แทนจำนวนลูกค้าในระบบ ณ จุดเวลาใดๆ มีเหตุการณ์ 2 อยู่เหตุการณ์ คือ แบบที่ 1 แทนภาวะการเข้ามาถึง แบบที่ 2 แทนภาวะการรับบริการโดยเหตุการณ์จะสัมพันธ์กับเวลา t_1 และ t_2 ซึ่งจะเป็นเวลาบอกเหตุการณ์ถัดไปที่จะเกิดขึ้น กำหนดให้ t_1 เป็นเวลาของการเข้ามาถึงเวลาถัดไป (Next arrival) และ t_2 เป็นเวลาของช่วงรับบริการช่วงถัดไป (Next Completion) การพิจารณาว่าเหตุการณ์ถัดไปว่าจะเป็นอะไรจะพิจารณาได้จากการนำเวลา t_1 และ t_2 มาเปรียบเทียบกัน ถ้าเกิดว่า $t_1 < t_2$ แล้ว เหตุการณ์ถัดไปคือการเข้ามาถึง และเวลา (Time) จะถูกเซตให้เป็นเวลาของการเข้ามาถึง มีการเพิ่มจำนวนประชากร (n) ในระบบจากนั้นจะคำนวณเวลาสำหรับเหตุการณ์ถัดไปที่จะเกิดขึ้น ถ้าผู้ให้บริการว่างขณะที่ลูกค้าเข้ามาถึง เวลาที่เป็นของการให้บริการจะถูกคำนวณค่าใหม่ ถ้า $t_1 > t_2$ แล้ว เหตุการณ์ถัดไปคือการให้บริการ ตัวแปรเวลาจะถูกเพิ่มให้เป็นของเวลาให้บริการ จำนวนประชากรจะถูกลดลง ถ้ายังมีประชากรอยู่ในระบบหลังจากที่ให้บริการเสร็จแล้วผู้ให้บริการก็จะให้บริการต่อไป จึงจำเป็นต้องคำนวณเวลาให้เป็นของการให้บริการ ถ้าเวลาปัจจุบันของการให้บริการยังมีอยู่แต่ไม่มีลูกค้าเข้ามา เวลา t_2 จะถูกเซตใหม่เพื่อบังคับให้เหตุการณ์ถัดไปต้องเป็นการเข้ามาถึงคล้ายกับเป็นเหตุการณ์ครั้งแรกสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างผลของการจำลองระบบคิวแบบ M/M1

2.2.8 การวัดค่าทางสถิติของแบบจำลอง

สมมติให้เวลาของระบบทั้งหมด คือ T จำนวนลูกค้าที่เข้ามาถึงทั้งหมดคือ A และจำนวนที่ให้บริการเสร็จแล้วคือ C จะได้ว่า อัตราการเข้ามาถึง (Arrival Rate)

$$\lambda = \frac{A}{T} \quad (2.28)$$

และงานที่ได้หรือค่าวิสัยสามาร (Throughput Rate)

$$X = \frac{C}{T} \quad (2.29)$$

ในการพิจารณาระบบจริงอาจจะมีลูกค้ารับบริการอยู่ทั้งเวลาจุดเริ่มต้นและเวลาจุดสิ้นสุดของช่วงเวลาที่วัด อย่างไรก็ตามถ้าสมมติว่าเวลานั้นยาวนานพอ จะพบว่าจำนวนลูกค้าที่เข้ามาควรใกล้เคียงกับจำนวนลูกค้าที่ให้บริการ นั่นก็คือสมมติให้ $\lambda = X$ ข้อสมมตินี้เรียกว่า Flow Valance [17] จากข้อสมมตินั้นจำเป็นต้องนับจำนวนของการเข้ามาถึงหรือจำนวนที่ให้บริการอย่างใดอย่างหนึ่ง และในการวัดสนใจค่าเฉลี่ยของเวลาให้บริการ (Server Busy Time) B จะได้ว่าการใช้ประโยชน์ของผู้ให้บริการ (Server Utilization) เป็น

$$U = \frac{B}{T} \quad (2.30)$$

และค่าเฉลี่ยเวลาให้บริการลูกค้า (Mean Service Time/Customer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_s = \frac{B}{C} \quad (2.31)$$

เมื่อพิจารณา Utilization Law นำสมการที่ (2.29) (2.30) และ (2.31) มารวมกันจะได้ดังนี้

$$U = \frac{B}{T} = \frac{B}{(C/X)} = \frac{BX}{C} = XT_s \quad (2.32)$$

หรือถ้าสมมติตาม Flow Balance

$$U = \lambda T_s \quad (2.33)$$

จะสามารถอธิบายได้ว่า Utilization ของผู้ให้บริการคือผลคูณของค่าวิสัยสามารถ (Throughput Rate) กับเวลาการบริการเฉลี่ย (T_s)

พิจารณา Little's Law กำหนดให้ L แทนค่าเฉลี่ยของจำนวนลูกค้าในระบบในช่วงเวลาที่วัด และ W คือเวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในระบบ กำหนดให้ w_i เป็นเวลาที่ใช้ในระบบโดยลูกค้าคนที่ i th จะได้ว่า $W = \sum w_i / C$ จากที่ 2.9 จะได้ว่าจำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในระบบเท่ากับค่าเฉลี่ยความสูงของกราฟ หรือค่าของพื้นที่ใต้กราฟหารด้วยช่วงเวลาทั้งหมด ลูกค้าแต่ละคนจะสร้างพื้นที่ขนาด $1 \times w_i$ ผลรวมของพื้นที่คือ $\sum w_i$ ของจำนวนลูกค้าทั้งหมดที่รับบริการในช่วงเวลาการจำลองแบบ ซึ่งมีค่าเท่ากับ WC จำนวนลูกค้าเฉลี่ยคือพื้นที่ใต้กราฟหารด้วยเวลาทั้งหมดคือ $L = WC / T$ ดังนั้นจาก $C/T = X$ จะได้

$$L = \frac{X}{W} \quad (2.34)$$

กำหนดให้ Flow Balance

$$L = \lambda W \quad (2.35)$$

สามารถอธิบายได้ว่าจำนวนเฉลี่ยของลูกค้าในระบบคือผลคูณของ System's Throughput Rate และ เวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในระบบ ถ้ากำหนดให้ Lq ค่าเฉลี่ยของจำนวนลูกค้าที่เข้าคิวในระบบ (ยังไม่ได้รับบริการ) และให้ Wq เวลาเฉลี่ยที่รอในคิวสามารถประยุกต์ใช้ Little's Law ได้ว่า

$$Lq = \lambda Wq \quad (2.36)$$

เนื่องจาก $L = Lq + U$ และ $W = Wq + Ts$ ซึ่งสามารถพิจารณา Utilization Law จาก Little Law โดยให้ U แทนค่าเฉลี่ยจำนวนลูกค้าที่กำลังรับบริการอยู่ และจากรูปที่ 2.9 ซึ่งตัวอย่างนี้วัดค่าต่างๆ ได้ดังนี้ มีจำนวน Completion = 6, เวลาที่วัด = 600 หน่วย และค่าอื่นๆ ตามรูปจะได้

$$\text{Throughput: } X = 6 / 600 = 0.01$$

$$\text{Total Busy Time: } B = (100 - 20) + (250 - 100) + (340 - 250) + \\ (400 - 340) + (480 - 400) + (570 - 480) = 550$$

$$\text{Mean Service Time: } Ts = 550 / 6 = 91.7$$

$$\text{Utilization: } U = 550 / 600 = 0.917 \text{ หรือ } U = 0.01 \times 91.7 = 0.917$$

$$\text{Residence Time Sum: } \sum wi = (100 - 20) + (250 - 50) + (340 - 75) + \\ (400 - 140) + (480 - 220) + (570 - 330) = 1335$$

$$\text{Mean Residence Time: } W = 1335 / 6 = 222.5$$

$$\text{Mean queueing Time: } Wq = 222.5 - 91.7 = 130.8$$

$$\text{Mean Number in System: } L = 1335 / 600 = 2.225$$

$$\text{Mean Number in System: } Lq = 2.225 - 0.917 = 1.308$$

บทที่ 3

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม

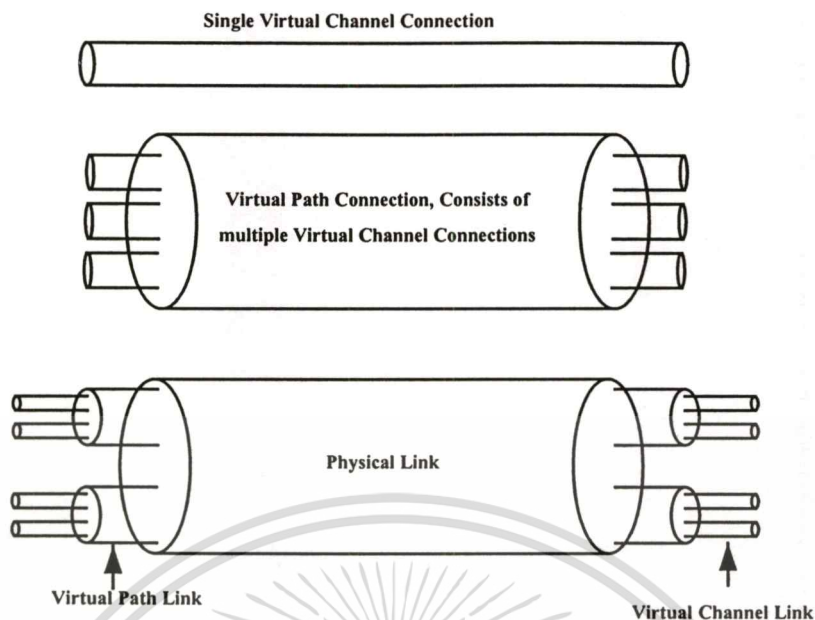
3.1 หลักการเบื้องต้นของระบบ ATM

การถ่ายโอนข่าวสาร (Information transfer) ในระบบเอทีเอ็ม นั้นจะใช้วิธีการส่งข่าวสารเป็นแพ็กเก็ตที่มีความยาวสั้นๆ ที่เรียกว่าเซลล์ (Cell) โดยที่แต่ละเซลล์จะประกอบไปด้วยฟิลด์ข่าวสาร (Information field) และส่วนหัว (Header) ซึ่งส่วนหัวนี้จะเป็นส่วนที่มีความสำคัญอย่างมากในการจำแนกเซลล์ต่างๆ ที่ส่งผ่าน VC (Virtual channel) เดียวกันในการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลาด้วยวิธีอะซิงโครนัส (Asynchronous Time Division Multiplex) และการจัดเส้นทาง (Routing)

ส่วนฟิลด์ข่าวสารของเซลล์เอทีเอ็มนั้นจะถูกส่งผ่านโครงข่ายโดยที่ไม่มีการตรวจสอบการผิดพลาดภายในโครงข่ายเลย ข่าวสารจากแหล่งข่าวสารต่างๆ ทุกชนิด เช่น สัญญาณเสียง, สัญญาณภาพ รวมทั้งข้อมูลที่สามารถที่จะส่งผ่านระบบเอทีเอ็ม ได้รวมทั้งข่าวสารประเภท คอนเนกชันเลส ด้วย และเพื่อที่จะสามารถให้บริการกับข่าวสารประเภทต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม AAL (ATM Adaptation Layers) ประเภทต่างๆ จึงได้ถูกนิยามขึ้น ขึ้นอยู่กับลักษณะของข่าวสารนั้นเพื่อที่จะสามารถบรรจุข่าวสารนั้นลงไปในเซลล์เอทีเอ็มได้พอดี และจัดหาฟังก์ชันจำเพาะในการบริการ (Service specific function) ซึ่งจำเพาะของ AAL นี้จะถูกบรรจุอยู่ในส่วนฟิลด์ข่าวสารของเซลล์เอทีเอ็ม

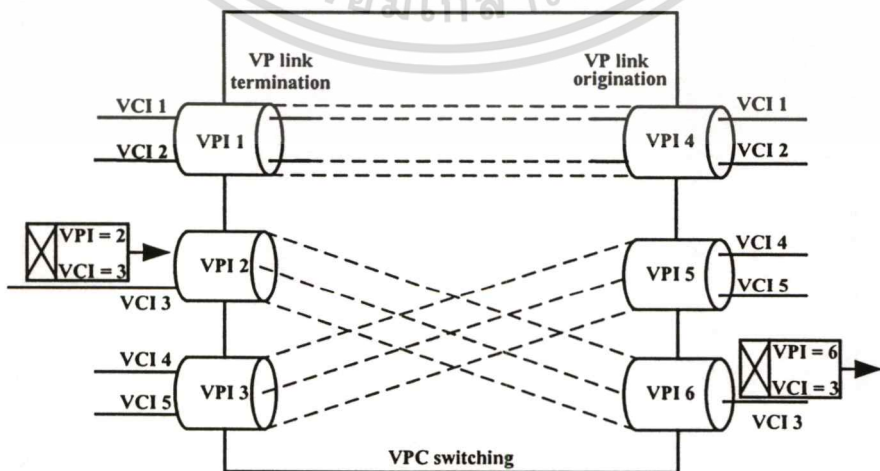
3.2 การเชื่อมต่อในเครือข่ายเอทีเอ็ม

การเชื่อมต่อเครือข่ายเอทีเอ็ม เป็นจุดเริ่มต้นในสถาปัตยกรรมที่มีระดับชั้นของการเชื่อมต่อสองชั้น เพื่อใช้เป็นช่องทางและเป็นทางเดินของสัญญาณ ในระดับที่ต่ำกว่าเราเรียกว่า VCC (Virtual Channel Connection) ซึ่งมีการเชื่อมต่อที่เป็นลำดับ ความจุในการรองรับการไหลที่มีองค์ประกอบเป็นลำดับเช่นเดียวกันทั้งสองทิศทางในเซลล์ของเอทีเอ็ม ระดับที่สูงกว่าเรียกว่า VPC (Virtual Path Connection) ซึ่งเป็นกลุ่มของ VCC แสดงให้เห็นได้ในรูปที่ 3.1 ซึ่งการติดต่อในเครือข่ายเอทีเอ็ม จะรวมกันและมีความข้องเกี่ยวกับหลายๆ เส้นทาง ในกรณีของ VCC จะเป็นการรวมเข้าด้วยกันของ VCL (Virtual Channel Links) และในกรณีของ VPC เป็นการรวมเข้าด้วยกันของ VPL เพราะว่าสิ่งที่สร้างขึ้นในการติดต่อซึ่งกันและกัน มีเพียงสองระดับที่สร้างขึ้นมาจากใน Virtual Links โดยที่ VPL บรรจุด้วย VCL เสมอ



รูปที่ 3.1 Virtual Path Link และ Virtual Channel Link ในการเชื่อมโยงทางกายภาพ

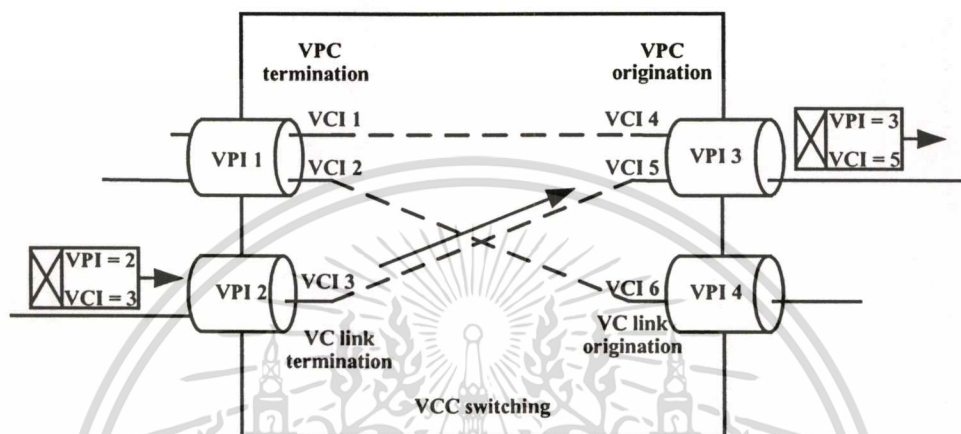
ในรูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงทางกายภาพ (Physical link) ที่ประกอบด้วย VPL และ VCL มีความสัมพันธ์กันในการรับส่ง เซลล์ บนกายภาพ (Physical) เป็นความสัมพันธ์ที่มีรายละเอียดเฉพาะของ Virtual Link ที่มีทั้งการรวบรวมและแยกเฉพาะเจาะจงลงไป โดยใช้วิธีการของ VPI และ VCI ฟิลด์ ที่ส่วนหัวของเซลล์ โดยค่า VPI และ VCI ของช่องทางนั้นที่ประกอบเข้าด้วยกันในเส้นทางหนึ่งๆ กลุ่มของเส้นทางจะถูกกำหนดโดยค่า VPI เท่านั้น ส่วนภายใน โดยเฉพาะส่วนของเส้นทาง (Path) เท่านั้นที่มีรายละเอียดเหมือนกันมีค่า VPI เดียวกัน แต่แตกต่างกันที่ค่าของ VCI ดังในรูปที่ 3.2 ซึ่งเป็นตัวอย่างของค่า VPC และรูปที่ 3.3 ซึ่งเป็นตัวอย่างของค่า VCC ในแต่ละการติดต่อสื่อสารที่มีขึ้นจะประกอบด้วยการรวมกันของทั้ง 2 เสมอ



รูปที่ 3.2 รูปแสดงตัวอย่างของ VPC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในของกรมการศึกษานานาชาติเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 3.2 ในส่วนของ VCC ทั้งหมดใน VPC ถูกบรรจุอย่างชัดเจนระหว่าง End-System ใน VPI ถูกเปลี่ยนแปลงได้ในตัวกลางที่เป็น ATM Switch ที่มีการต่อใช้งานหลายๆ เครื่องในแต่ละช่องทางที่เลื่อนออกไปเหมือนกัน เหมือนกับตัวอย่างของ VPI ของ VPC ถูกเปลี่ยนแปลงจากที่ 2 ไปที่ 6 ใน ATM Switch เป็นต้น และ VCI ค่าที่ 3 ก็เลื่อนออกไปเหมือนกัน ATM Switch ที่สวิตซ์การติดต่อกันจะทำที่ในระดับของเส้นทาง (Path) เท่านั้น เรียกว่า VP Switch



รูปที่ 3.3 รูปแสดงตัวอย่างของ VCC

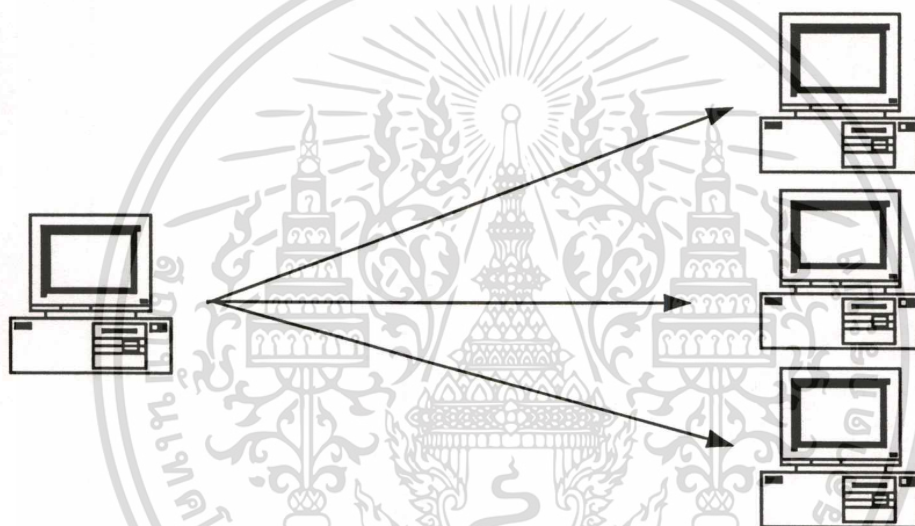
ในส่วน รูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นถึง VCC เส้นทางเดียวแต่มี VPIs และ VCIs ซึ่งแตกต่างกันเดินทางผ่านออกไปจากเครือข่าย และมี VCI ที่แตกต่างกันที่ปลายทั้งสองด้าน จะเห็นได้ว่าในกรณีนี้ ATM Switch สามารถสวิตซ์แต่ละ VCCs ที่เจาะจงลงไป การทำงานลักษณะนี้เรียกว่า VC Switch ATM Switch โครงสร้างของการติดต่อสื่อสารที่มีสองระดับนั้นมีความหมายและให้ประโยชน์มาก ในขนาดของตาราง VP Switch ในการส่งผ่านข้อมูลถูกเก็บไว้ในลักษณะที่เล็ก จำนวนส่วนใหญ่จะเป็นเหตุการณ์ของการติดต่อสื่อสาร เหตุที่เป็นเช่นนั้นก็เพราะว่ามีทิศทางเดียวนั้น โดยที่หลาย VCC เป็นที่ต้องการเป็นอย่างสูงใน VPC นั้นๆ ผลที่ตามมาคือสถาปัตยกรรมที่ทำการแบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆ จะทำให้สะดวกกับการติดต่อสื่อสารในเครือข่าย โดยเฉพาะที่เป็นเครือข่ายอย่าง Virtual Private Network (VPN) ที่เป็นเครือข่ายลักษณะของเส้นทางผู้ที่กำหนดการให้บริการชนิดนี้สามารถจัดการ การติดต่อสื่อสารให้ทำงานแบบต้นทางถึงปลายทางโดยตรง (End-to-End) ของ VPC เป็นไปอย่างสมบูรณ์ใน VPC ระหว่างสองสถานีที่อยู่ห่างกันออกไป และแต่ละสถานีที่สามารถใช้ VPC เหมือนกับเครือข่ายที่จองเส้นทางไว้ระหว่างสองสถานีใช้งานได้ อย่างสะดวกโดยแบ่ง VCCs ภายในเส้นทาง VPC ระหว่างสองสถานีนั้น ผู้ให้บริการทั่วไปไม่ต้องการให้มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทุกๆ ครั้งในตารางเส้นทางของเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ATM มีการให้บริการในการติดต่อสื่อสารแบบพื้นฐาน 2 ชนิด คือการเชื่อมต่อแบบจุด-ต่อ-จุด (Point-to-Point) และการเชื่อมต่อแบบจุด-ต่อ-หลายจุด (Point-to-Multipoint) การติดต่อสื่อสารทั้งสองมีตัวอย่างแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.4 และ 3.5



รูปที่ 3.4 รูปการเชื่อมต่อแบบจุด-ต่อ-จุด Point-to-Point



รูปที่ 3.5 รูปการเชื่อมต่อแบบจุด-ต่อ-หลายจุด (Point-to-Multipoint)

ชนิดของการติดต่อสื่อสารที่ปรากฏเห็นนั้นจะขาดก็แต่เพียงการติดต่อสื่อสารแบบหลายจุด-ต่อ-หลายจุด (Multipoint-to-Multipoint) การติดต่อที่เป็นลักษณะนี้ถูกใช้งานกับงานอย่าง Video conference กับเส้นทางของการใช้เสียงที่มีหลายจำนวน (n จำนวน) ซึ่งสามารถรับและส่งข่าวสารระหว่างกันได้คราวละหลายๆ คน การใช้การติดต่อสื่อสารเส้นทางเดียวมีเหตุผลว่าทำไมการติดต่อสื่อสารแบบ Point-to-Multipoint เป็นการติดต่อสื่อสารเพียงแบบเดียวที่กำหนดในเส้นทางทิศทางเดียวของโพรโทคอลที่ระดับชั้นของ AAL ของเอทีเอ็ม ในระดับชั้นของ AAL ที่ AAL5 เป็นระดับชั้นที่ถูกใช้งานมากที่สุด โดยเป็นไปไม่ได้ที่จะแทรกเซลล์ของข้อมูลใน AAL ที่แตกต่างกันบนการติดต่อสื่อสารเส้นทางเดียวได้ เพราะเซลล์ของข้อมูล AAL5 ไม่มีรายละเอียดของเส้นทางที่จะจัดพวก เพื่อกำหนดข้อมูล ซึ่งข้อมูลจะอยู่ในที่ที่เหมาะสมเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีทางเป็นไปได้ที่จะทำการติดต่อสื่อสารแบบ Multipoint-to-Multipoint เกิดขึ้นมาได้จริง กับช่องทางจำนวน n นั้น ก็โดยการกำหนดค่าหรือสมมติค่า $n-1$ แยกออกมาต่างหากในการติดต่อสื่อสารแบบ Point-to-Multipoint ที่มีทิศทางเดียว สิ่งนี้เป็นวิธีที่ไม่สามารถวัดได้เพราะค่าที่ได้มีขนาดใหญ่มากถึง n ค่า จำนวนที่ถูกกำหนดเป็นบิต รองรับไว้ในส่วนหัวของเซลล์ เพื่อใช้จัดพวก และจะไม่ได้รับการอนุมัติหรือยินยอมสำหรับจำนวนที่สูงมากๆ ในการติดต่อสื่อสาร วิธีการแก้ไขของปัญหานี้คือ การใช้ Server Multicast โดยที่จำนวนทั้งหมดของกลุ่ม Multicast มีการติดต่อสื่อสารแบบ Point-to-Point กับ Server และให้มีการติดต่อสื่อสารแบบ Point-to-Multipoint จาก Server กับสมาชิกทั้งหมด ปัญหาการเคลื่อนตัวกลับหรือการถอยหลัง เป็นสิ่งสำคัญมากของวิธีการแก้ไขนี้เพราะว่าข้อเท็จจริงที่พบเห็นที่ Server-Multicast จะเป็นข้อบกพร่องเพียงจุดเดียวในเครือข่ายที่สามารถทำให้เครือข่ายมีปัญหาได้ทั้งหมดและเกิดปัญหาอื่นตามมา (Single point of failure)

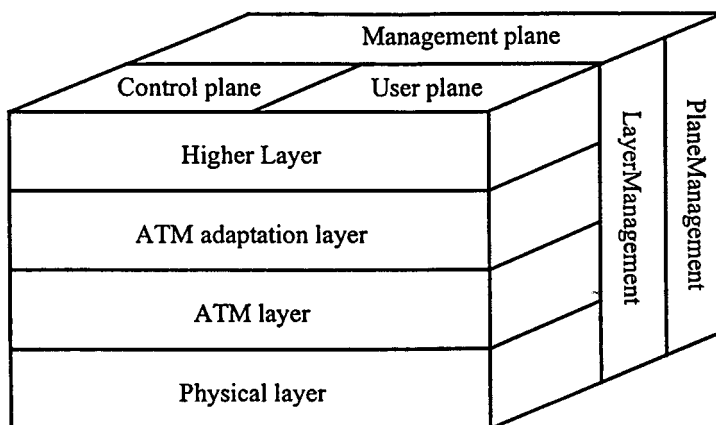
ข้อแตกต่างระหว่างเครือข่ายเอทีเอ็ม และ LANs แบบเก่าที่ใช้กับเอทีเอ็ม จะเกิดข้อบกพร่องเมื่อถูกใช้งานร่วมกันหรือการแบ่งตัวกลางในการสื่อสารและส่วนท้ายของการซ้อนกันในโพรโทคอล สำหรับเหตุผลนี้เอทีเอ็ม ไม่มีคุณสมบัติที่จะสามารถกระจายข้อมูลได้ ก็จะเป็นงานหนักในระดับชั้น ATM ใน ATM Switch ที่จำลองเซลล์ของการติดต่อสื่อสารแบบ Point-to-Multipoint โดยที่ส่งออกไปเส้นทางขาออกหลายๆ เส้นทาง

3.3 โมเดลอ้างอิงโพรโทคอล ของเอทีเอ็ม

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

โมเดลอ้างอิงโพรโทคอล (Protocol Reference Model) ของเอทีเอ็ม นั้นแสดงในรูปที่ 3.6 ซึ่งมีอยู่ 3 ระนาบ (Plane) คือระนาบผู้ใช้ (User Plane) ที่ใช้ส่งข่าวสารของผู้ใช้ ระนาบควบคุม (Control Plane) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นข่าวสารด้านการส่งสัญญาณ (Signalling Information) และระนาบการจัดการ (Management Plane) ที่ใช้ในการบำรุงรักษาโครงข่ายและปฏิบัติตามฟังก์ชันดำเนินการ (Operational Function) นอกจากนี้ยังมีมิติที่ 3 ที่ถูกเพิ่มเข้าไปในโมเดลอ้างอิงโพรโทคอลซึ่งเรียกว่า การจัดการระนาบ (Plane Management) ซึ่งมีหน้าที่สำหรับจัดการระนาบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 โมเดลอ้างอิงโพรโทคอลของเอทีเอ็ม

3.3.1 ระดับชั้นทางกายภาพ (Physical layer)

เป็นข้อกำหนดเกี่ยวกับตัวนำสัญญาณที่ใช้ในการส่งสัญญาณดิจิทัลเป็นการนำเอทีเอ็มมาใช้ในเครือข่ายโทรคมนาคมร่วมกับ SONET (Synchronous Optical Network)/SDH (Synchronous Digital Hierarchy) โดยมีเส้นใยแก้วนำแสงเป็นตัวนำสัญญาณ

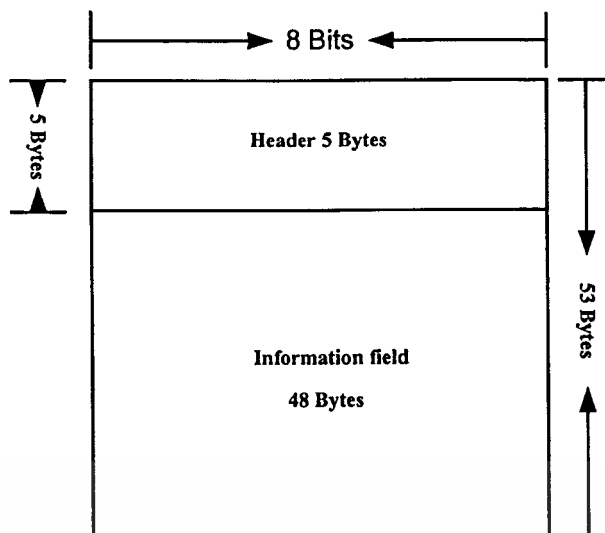
รายละเอียดของระดับชั้นทางกายภาพ (Physical layer) ในรูปแบบที่อ้างอิงขึ้นของโพรโทคอล เอทีเอ็ม เป็นการกำหนดรูปแบบของการให้บริการ เพื่อรับส่งข้อมูลของเอทีเอ็ม ที่เป็นเซลล์บนเส้นทางที่เป็นเครือข่ายเอทีเอ็ม ด้วยวิธีที่ไม่เหมือนใครนี้ ระดับชั้นของเอทีเอ็ม (ATM Layer) ในลักษณะที่กำหนดขึ้นให้เข้ากับตัวกลางที่นำมาใช้งานทางตัวกลางของ Physical ที่รับส่งเฟรมเหมือนกับ SDH คุณลักษณะเหล่านี้เป็นหน้าที่ของระดับ Physical ที่ถูกฝังอยู่ในเซลล์ของ เอทีเอ็ม ผ่านลงไปเรื่อยๆ ตั้งแต่ระดับชั้น ATM Layer ไปถึงส่วนข้อมูลระดับเฟรมของการรับส่งในทางตรงข้าม ระดับ Physical Layer ส่งผ่าน, เคลื่อนย้ายเฟรม และรับส่งเฟรมข้อมูลรวมทั้งตัดทอนเซลล์ของ เอทีเอ็ม เซลล์เหล่านี้ถูกส่งผ่านมาจากระดับที่สูงกว่าเสมอ จนถึงระดับชั้นของ ATM Layer และ ระดับชั้น Physical Layer ของ ATM ที่แตกต่างกันตามแต่การกำหนดที่กำหนดไว้อย่างเหมาะสมกับเส้นทางเอทีเอ็ม ที่มีความเร็วสูงมากขึ้นต่อไปในอนาคตเหมือนกับเทคโนโลยีการรับส่งข้อมูล เช่น ในฟิลด์ของระบบการรับส่งข้อมูลของเส้นใยแก้วที่มีการวิวัฒนาการขึ้น สิ่งเหล่านี้มีส่วนเกี่ยวข้องกับตัวกลางที่นำมาใช้ ซึ่งใน Physical นี้ทั้งความเร็วและ ความจุของเส้นทาง

3.3.2 เลเยอร์ เอทีเอ็ม

ในข้อเสนอแนะที่ I.361 ได้ทำการอธิบายถึงรายละเอียดในการเข้ารหัสของเซลล์ เอทีเอ็ม โดยโครงสร้างของเซลล์ที่ได้รับเลือกโดย ITU-R (International Telecommunication Union Recommendation) จะประกอบไปด้วย 48 ไบต์ ของส่วนฟิลด์ข่าวสารและ 5 ไบต์ ของส่วนหัว

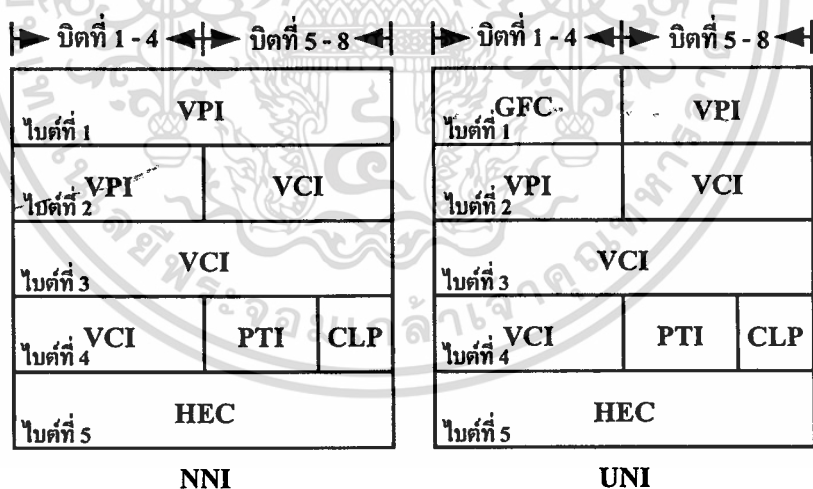
ดังแสดงในรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 โครงสร้างของเซลล์ เอทีเอ็ม

โดยส่วนหัวของเซลล์ เอทีเอ็ม จะประกอบไปด้วยฟิลด์ต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ GFC (Generic Flow Control), VPI (Virtual Path Identity), VCI (Virtual Channel Identifier), PT (Payload Type), CLP (Cell Loss Priority) และ HEC (Header Error Control) ซึ่งรูปแบบของส่วนหัวนี้แสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 โครงสร้างส่วนหัวของเซลล์ เอทีเอ็ม ที่ UNI และ NNI

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

GFC มีขนาด 4 บิต จะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของข่าวสารที่ UNI สำหรับกราฟฟิกที่ส่งมาจากอุปกรณ์ทางด้านผู้ใช้เข้าไปยังโครงข่ายแต่ไม่ได้ควบคุมการไหลของข่าวสารจากโครงข่ายไป เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้มาเป็ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังด้านผู้ใช้ ส่วน GFC นี้ จะไม่ถูกใช้ภายในโครงข่ายแต่จะถูกใช้โดยกลไกในการเข้าถึง (Access mechanisms) ดังนั้นส่วนนี้จะถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของ VPI ในกรณีของ NNI เพื่อที่จะเพิ่มความสามารถในการระบุเส้นทางให้มากขึ้น มี 2 โหมดในการดำเนินการของส่วน GFC คือ Uncontrolled Access และ Controlled Access โหมดแรกจะถูกใช้ในช่องแรกๆ ที่ยังมีทราฟฟิกไม่มากนัก ส่วนโหมดที่ 2 นั้นจะใช้ในกรณีที่มีทราฟฟิกมากขึ้น และอัตราการไหลของเซลล์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยผู้ใช้จะถูกควบคุมที่ UNI และ ATM ยังมีการเชื่อมต่อแบบคอนเนคชันและเวอร์ชวลเซอร์กิตจำเป็นที่จะต้องถูกสร้างขึ้นระหว่างโหนดปลายทางก่อนที่การส่งจะเริ่มขึ้น และเช่นเดียวกันกับโครงข่ายแพ็ก-เกตสวิตชิงอื่นๆ การจัดเส้นทางจะมีขึ้นที่ทุกโหนดสำหรับแต่ละเซลล์ที่มาถึง ซึ่งข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางนี้จะถูกบรรจุอยู่ในส่วน VPI ซึ่งมีขนาด 8 หรือ 12 บิต และส่วน VCI ซึ่งมีขนาด 16 บิต มี 3 บิต ในส่วนหัวของเซลล์ เอทีเอ็ม ที่ทำหน้าที่ระบุชนิดของเพย์โหลด ส่วนค่า 7 ค่าที่นิยามนั้นแสดงในตาราง 3.1 ส่วนค่าอื่นๆ นั้นได้สงวนไว้สำหรับฟังก์ชันในอนาคต

ตารางที่ 3.1 PTI (Payload Type Indicators)

PTI	Meaning
000	เซลล์ข้อมูลของผู้ใช้, ไม่เคยเกิดความแออัด, SDU ชนิด 0
001	เซลล์ข้อมูลของผู้ใช้, ไม่เคยเกิดความแออัด, SDU ชนิด 1
010	เซลล์ข้อมูลของผู้ใช้, เคยเกิดความแออัด, SDU ชนิด 0
011	เซลล์ข้อมูลของผู้ใช้, เคยเกิดความแออัด, SDU ชนิด 1
100	เซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการไหลของ Segment OAM
101	เซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการไหลของ End-to-end OAM
110	เซลล์ในการจัดการทรัพยากร
111	เซลล์สำรอง

ส่วน CLP (Cell loss priority) ของเซลล์ เอทีเอ็ม จะมีขนาด 1 บิต ใช้สำหรับระบุค่า CLP เนื่องมาจากการใช้สแตติสติกคอลมัลติเพลกซ์ทำให้ไม่สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาเซลล์ลอสได้ โดยเซลล์ที่มีค่า CLP ถูกตั้งค่าเป็น 1 จะถูกกำจัดออกจากโครงข่ายก่อนเมื่อเกิดการชนกันขึ้นของเซลล์ ในขณะที่เซลล์ที่มีค่า CLP เป็น 0 จะไม่ถูกกำจัด โดยกลไกในการควบคุมการไหล จะต้องถูกกำหนดให้พิจารณาค่าของ CLP ส่วน HEC (Header error control) จะมีจุดประสงค์ในการใช้หลัก 2 ประการ คือ กำจัดเซลล์ที่เกิดการผิดพลาดขึ้นที่ส่วนหัวและใช้วาดโครงสร้างของเซลล์โดยส่วนนี้จะมีขนาด 8 บิต

3.3.3 เลเยอร์ AAL (ATM Adaptation Layer)

หน้าที่ของเลเยอร์ AAL นี้ก็คือการจัดหาฟังก์ชันต่างๆ ที่จะทำให้ได้รับคุณภาพของการให้บริการที่ระดับบริการต่างๆ ตามต้องการ ซึ่งอาจจะเป็นการขยายการให้บริการซึ่งจัดหาไว้โดยเลเยอร์ ATM

AAL จะรองรับฟังก์ชันของเลเยอร์สูงกว่าสำหรับระนาบผู้ใช้ ระนาบการจัดการและระนาบควบคุมและมันยังรองรับการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่อรวมที่เป็น เอทีเอ็ม และไม่เป็น เอทีเอ็ม อีกด้วย ข่าวสารที่ส่งมายังชั้น AAL จากเลเยอร์ที่สูงกว่าจะถูกแบ่งเป็นส่วนๆ และรวบรวมเพื่อที่จะทำการบรรจุเข้าไปในเซลล์ เอทีเอ็ม ส่วนเซลล์ที่ถูกส่งมายังเลเยอร์ AAL จากเลเยอร์ เอทีเอ็ม นั้นแบ่งออกเป็น 4 คลาส โดยแต่ละคลาสจะมีข้อกำหนดเฉพาะของตนเกี่ยวกับ AAL

การแบ่งการให้บริการออกเป็น 4 คลาส นั้นได้มาจากการพิจารณาพารามิเตอร์ 3 ตัวคือ

1. ความสัมพันธ์ทางด้านเวลาระหว่างต้นทางและปลายทางบริการบางประเภทจะมีความสัมพันธ์ทางด้านเวลาทันระหว่างต้นทางและปลายทางในขณะที่บริการบางประเภทจะมีความสัมพันธ์ทางด้านเวลาทันระหว่างต้นทางและปลายทาง ตัวอย่างเช่นสัญญาณเสียง 64 kbps จะมีความสัมพันธ์ทางด้านเวลาระหว่างต้นทางและปลายทางอย่างเห็นได้ชัดในขณะที่การส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่มีความสัมพันธ์ทางด้านเวลาระหว่างต้นทางและปลายทางโดยบางครั้งบริการที่มีความสัมพันธ์ทางด้านเวลาระหว่างต้นทางและปลายทางนี้จะเรียกว่า บริการแบบเวลาจริง (Real Time)
2. อัตราบิต (Bit Rate) บริการบางประเภทมีอัตราบิตที่คงที่ในขณะที่บริการบางประเภทมีอัตราบิตที่เปลี่ยนแปลงได้
3. โหมดในการเชื่อมต่อ บริการต่างๆ นั้นอาจจะเป็นแบบคอนเนคชันหรือคอนเนคชันเลสก็ได้เพียงคลาส 4 คลาสเท่านั้นจาก 8 กรณี ซึ่งได้มาจากการรวมลักษณะของพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวที่ตรงกับบริการที่มีอยู่จริง ดังนั้น ITU-T จึงได้นิยามคลาส 4 คลาส ขึ้น

ในคลาส A นั้นระหว่างต้นทางและปลายทางจะมีความสัมพันธ์กันทางด้านเวลา มีอัตราบิตที่คงที่และมีการเชื่อมต่อแบบคอนเนคชัน ตัวอย่างที่เห็นโดยทั่วไปคือสัญญาณเสียง 64 kbps ใน N-ISDN ที่ส่งผ่านระบบเอทีเอ็ม และสัญญาณวิดีโอที่มีอัตราบิตคงที่

ในคลาส B ความสัมพันธ์ทางด้านเวลาระหว่างต้นทางกับปลายทางนั้นก็ยังคงมีอยู่สำหรับบริการที่มีการเชื่อมต่อแบบคอนเนคชัน แต่อย่างไรก็ตามความแตกต่างระหว่างคลาส A กับคลาส B ก็คือต้นทางจะมีอัตราบิตเปลี่ยนแปลงได้ ตัวอย่างโดยทั่วไปของคลาสนี้ได้แก่สัญญาณเสียงและสัญญาณวิดีโอที่มีอัตราบิตที่เปลี่ยนแปลงได้

ในคลาส C จะไม่มีความสัมพันธ์ทางด้านเวลาระหว่างต้นทางและปลายทางรวมทั้งอัตราบิตก็เปลี่ยนแปลงได้ ส่วนการเชื่อมต่อแบบคอนเนคชัน ตัวอย่างเช่น การส่งข้อมูลและการส่งสัญญาณแบบคอนเนคชัน (Connection-Oriented)

คลาสสุดท้าย คือคลาส D ซึ่งมีข้อแตกต่างจากคลาส C คือมีการเชื่อมต่อแบบคอนเนคชันเลส ตัวอย่างเช่น การส่งข้อมูลแบบคอนเนคชันเลส (Connectionless)

โพรโทคอล AAL 4 ประเภทที่ถูกระบุโดย ITU-T มีชื่อดังต่อไปนี้ คือ AAL 1, AAL 2, AAL 3/4 และ AAL 5 ข้อเสนอนี้ 1.362 กล่าวว่าบริการแบบที่อัตราบิตมีค่าคงที่จะใช้ AAL 1 บริการข้อมูลคอนเนคชันเลสจะใช้ AAL 3/4 บริการเฟรมรีเลย์จะใช้ AAL 5

AAL 1 ใช้บริการแบบอัตราบิตคงที่ต้องการให้ข่าวสารที่ถูกส่งระหว่างต้นทางและปลายทางมีอัตราบิตคงที่หลังจากที่การเชื่อมต่อเสมือนได้ถูกจัดตั้งขึ้นแล้ว บริการที่ AAL จัดหาให้แก่ผู้ใช้คือ

1. ส่ง SDU ที่มีอัตราบิตของต้นทางคงที่และทำการส่งด้วยอัตราบิตเดียวกัน
2. ส่งข่าวสารเกี่ยวกับเวลาระหว่างต้นทางและปลายทาง
3. ส่งข่าวสารเกี่ยวกับโครงสร้างข้อมูล
4. บังคับข่าวสารที่ผิดพลาดหรือสูญหายซึ่งไม่สามารถนำกลับมาได้โดย AAL เองในกรณีที่เป็น

AAL 2 จะทำการส่งข่าวสารที่มีอัตราบิตที่เปลี่ยนแปลงได้ นอกจากข่าวสารเกี่ยวกับเวลาที่จะถูกส่งระหว่างต้นทางและปลายทาง เนื่องจากต้นทางทำการส่งอัตราบิตที่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่เซลล์จะไม่ได้บรรจุข่าวสารทั้งหมดและการเติมข่าวสารลงไปเซลล์จะเปลี่ยนแปลงไปเซลล์ต่อเซลล์ ดังนั้นฟังก์ชันที่จำเป็นจึงมีมากขึ้นใน SAR

AAL 3/4 ทาง ITU-T ได้กำหนดการใช้ AAL3/4 สำหรับส่งข้อมูลที่มีความไวต่อการสูญเสียแต่ไม่ไวต่อความล่าช้า โดย AAL อาจจะถูกใช้โดยบริการที่มีการเชื่อมต่อแบบคอนเนคชันหรือคอนเนคชันเลสได้ แต่ AAL จะไม่ปฏิบัติตามฟังก์ชันทั้งหมดที่จำเป็นสำหรับบริการแบบคอนเนคชันเลสเนื่องจากว่าฟังก์ชันต่างๆ เช่น การจัดเส้นทาง จะถูกกระทำบนเลเยอร์โครงข่าย (Network Layer)

AAL 5 ถูกกำหนดขึ้นมาเนื่องจากว่าการใช้ AAL 3/4 ในกรณีที่อุปกรณ์ปลายทางมีการเชื่อมต่อแบบคอนเนคชันและมีความเร็วสูงจะไม่เหมาะสมเพราะว่า AAL 3/4 จะมีส่วนหัวถึง 4 ไบต์ต่อ SAR-PDU ขนาด 48 ไบต์ และ CRC ขนาด 10 บิต นั้นไม่เพียงพอในการป้องกันความผิดพลาดในการส่งข้อมูลที่มีความยาว

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

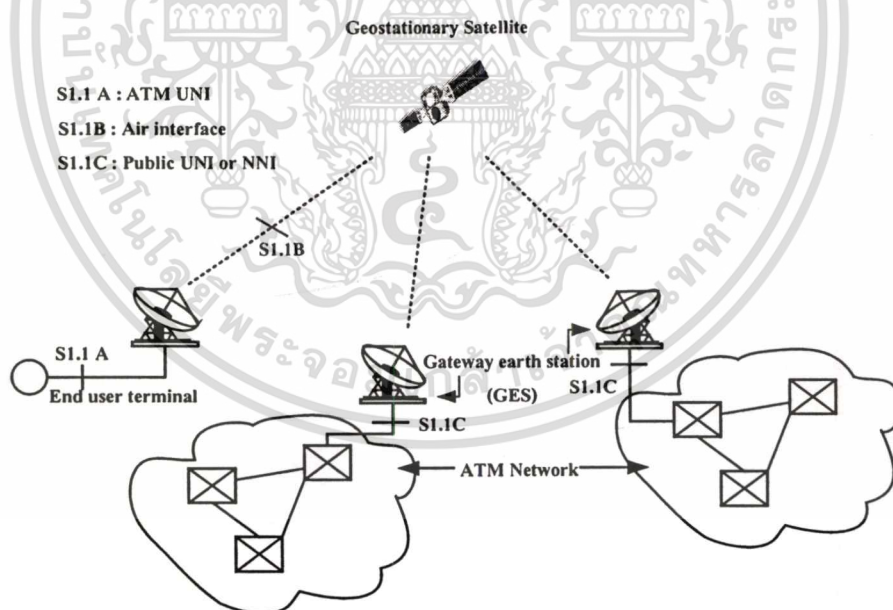
3.3.4 Higher Layer

โพรโทคอลที่มีอยู่ในระดับชั้นนี้แสดงให้เห็นในรูปแล้ว ซึ่งใช้บริการของ เอทีเอ็ม ที่เตรียมไว้เพื่อกำหนดการให้ระดับที่สูงขึ้นไป ในระหว่างระดับชั้น AAL จะปรับเข้าหากันในการให้บริการที่ระดับชั้น ATM Layer จะเฉพาะเจาะจงลงไปตามที่ต้องการในการให้บริการที่ระดับนี้

ขอบเขตของการให้บริการในระดับนี้ จะเป็นตั้งแต่การรับส่งข้อมูลแบบง่าย ๆ ของ ATM Cell (Cell relay) จนถึงการให้บริการที่ซับซ้อนเหมือนกับ Video conferencing ที่มีอยู่หลากหลายตามความแตกต่างที่มีอยู่ของโพรโทคอล

3.4 สถาปัตยกรรมโครงข่ายการเชื่อมต่อการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็ม

ในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็มมีการสื่อสารระหว่างผู้ใช้บริการกับสถานีฐาน (Gateway Earth Stations: GESs) และผู้ใช้บริการที่ไม่ใช่เป็นสถานีฐานกับตัวผู้ใช้บริการเอทีเอ็มด้วยกันเองก็ได้ (ดังรูปที่ 3.9) ดังที่จะกล่าวในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 3.9 สถาปัตยกรรมโครงข่ายการเข้าถึงของการสื่อสารผ่านดาวเทียม

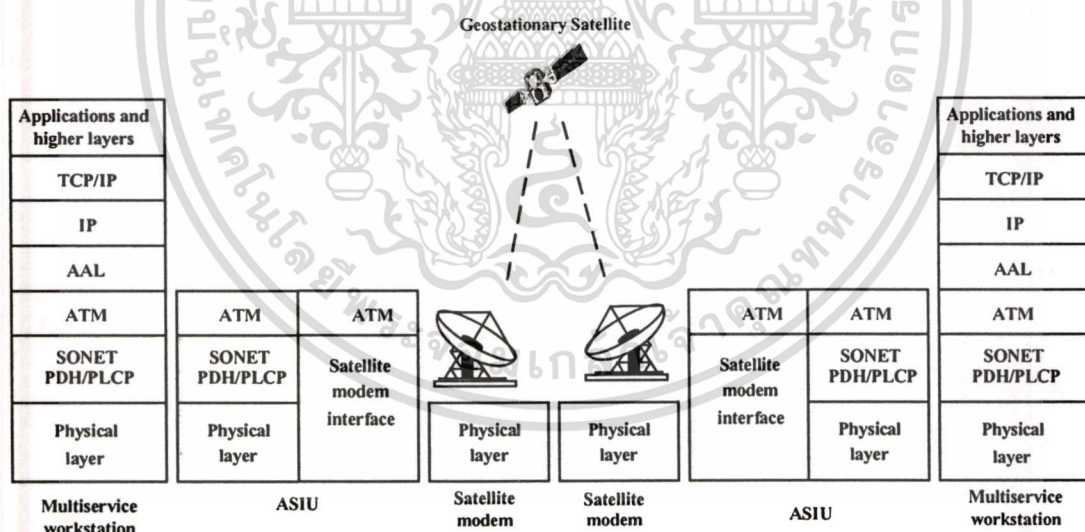
จากรูป 3.9 ที่จุด S1.1A คือมาตรฐานของ ATM UNI ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนของผู้ใช้บริการควบคุม และระนาบควบคุมตามสถาปัตยกรรมโพรโทคอลเอทีเอ็ม S1.1B คือ ส่วนของการเชื่อมต่อระหว่างอากาศกับเทอมินอล (user terminals) และสถานีฐาน (GESs) S1.1C คือ เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

public UNI ถ้าเกิดเป็นการเชื่อมต่อกับโครงข่าย public ATM หรือเป็น PNNI ถ้าเกิดเป็นการเชื่อมต่อกับโครงข่าย private ATM

3.4.1 สถาปัตยกรรมโครงข่ายการเชื่อมต่อระหว่างสถานีฐานด้วยตนเอง

สถาปัตยกรรมการเข้าถึงของสถานีฐานกับตัวดาวเทียมระหว่างสถานีฐานกับสถานีฐาน แสดงดังรูปที่ 3.10 ซึ่งเป็นโปรโตคอลอ้างอิงสำหรับโครงข่ายการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็ม โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ส่วนของ ASIU, Satellite Modem, ATM Switch และสถานีฐาน เป็นต้น

โดยที่จากรูปที่ 3.10 ATM Satellite Interworking unit (ASIU) เป็นส่วนประกอบสำคัญของสถาปัตยกรรม ASIU นี้ จะเป็นตัวรับผิดชอบต่างๆ สำหรับการบริหารควบคุมทรัพยากรของระบบ และบริหารฟังก์ชันต่างๆ เช่น ฟังก์ชันการจัดสรรแบนด์วิธ ระบบเวลาควบคุมการเข้าถึงของโครงข่าย และควบคุมการชิงโครนัส ตรวจสอบความผิดพลาดของบิตและ ควบคุมทราฟฟิก ASIU ยังทำการดัดแปลงเอทีเอ็มเซลล์เพื่อส่งเข้าไปในโครงข่าย SONET (Synchronous Optical Network) /SDH (Synchronous Digital hierarchy), PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) PLCP (Physical Layer Convergence Protocol) ให้เหมาะสมกับระบบอีกด้วย

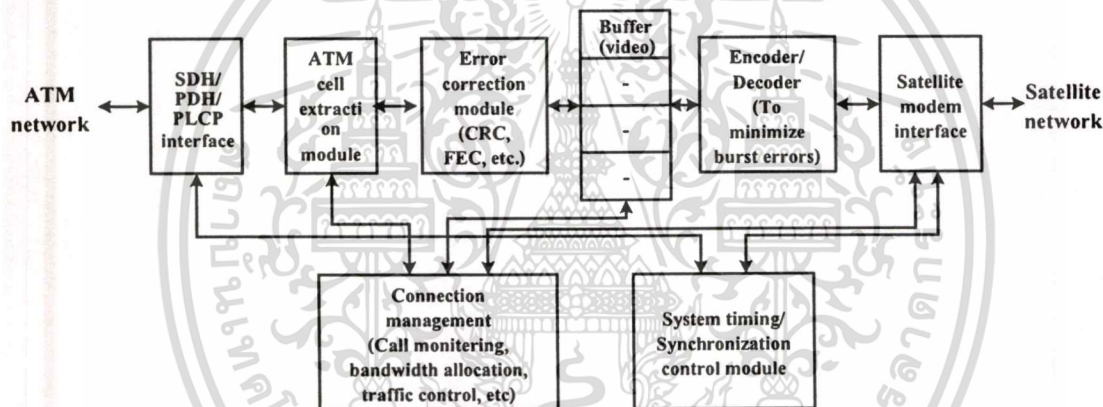


รูปที่ 3.10 โปรโตคอลอ้างอิงสำหรับโครงข่ายการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็ม

จากรูปที่ 3.11 เป็นสถาปัตยกรรมการเชื่อมต่อระหว่างสถานีฐานภาคพื้นดินกับโครงข่ายอินเทอร์เน็ต พิจารณาด้านส่งเมื่อ SONET / PDH / PLCP เฟรมส่งเข้าไปใน ASIU แล้วจากนั้นเอทีเอ็มเซลล์จะถูกดึงออกมาจากเฟรม เมื่อเอทีเอ็มเซลล์ถูกดึงออกมาเป็น Streams แล้ว จะถูกคัดเลือกตามคลาสต่างๆ และแต่ละเอทีเอ็มเซลล์ตามคลาสที่ทำการคัดเลือกออกมานั้นจะถูกนำไปเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บไว้ที่บัฟเฟอร์ (Buffer) เพื่อจัดลำดับระดับความสำคัญก่อนหลังก่อนส่งขึ้นไปบนช่องสัญญาณดาวเทียมต่อไป

เมื่อพิจารณาด้านรับ โดยที่สัญญาณจะเข้ามาที่โมเด็ม (Modem) เพื่อแปลงสัญญาณจาก อนาล็อกให้เป็นดิจิทัล จากนั้นทำการถอดรหัสสัญญาณ และนำเอาที่เอ็มเซลล์ที่ได้จากการถอดรหัสแล้วไปเก็บไว้ที่บัฟเฟอร์ เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเซลล์ก่อนหลัง (Priority) ต่อไปจะทำการแก้บิตที่ผิดพลาดให้ถูกต้องด้วยวิธีการต่างๆ เช่น FEC (Forward error control) หรือ CRC (Cyclic redundancy check) เป็นต้น จากนั้นทำการดึงเซลล์เอเอ็มที่ได้ออกมาจากเฟรมข้อมูลว่าเป็นทราฟฟิกคลาสใด สุดท้ายเป็นการเชื่อมต่อระหว่างโครงข่ายเอเอ็มกับคลาสที่สามารถดึงออกมาได้ โดยที่ในแต่ละขบวนการจะมีหน่วยควบคุมการจัดสรรการเชื่อมต่อต่างๆ (Connection management) และระบบเวลาหรือหน่วยควบคุมการทำงาน (System timing) ให้มีความสัมพันธ์ในแต่ละขบวนการต่างๆ



รูปที่ 3.11 สถาปัตยกรรมการเชื่อมต่อระหว่างสถานีฐานภาคพื้นดินกับโครงข่ายอินเทอร์เน็ต

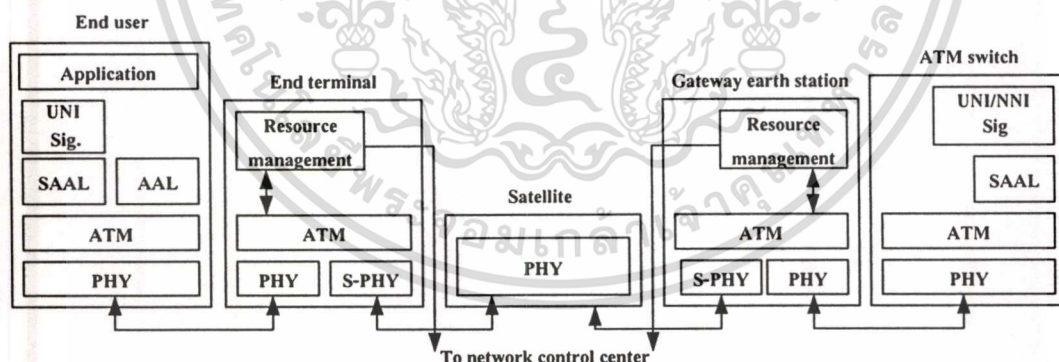
ประสิทธิภาพวิธีการเข้ารหัสเพื่อแก้บิตผิดพลาดถูกนำมาใช้ใน ASIU เพราะว่าโครงข่ายดาวเทียมส่วนใหญ่จะเกิดบิตผิดพลาดขึ้น ดังนั้นเมื่อนำโครงข่ายดาวเทียมมาใช้กับโครงข่ายเอเอ็มความเร็วสูง ซึ่งใช้เส้นใยแก้วนำแสงเป็นตัวกลางในการส่งข่าวสารแล้ว อัตราบิตผิดพลาด (Bit error ratio: BER) ของการเชื่อมโยงดาวเทียมควรนำไปเปรียบเทียบกับอัตราบิตผิดพลาดของการเชื่อมโยงของโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงด้วย ส่วนวิธีการเข้ารหัสนั้นจะนำไปใช้หลังจากทำการดึงเซลล์ออกจากเฟรมข้อมูลแล้ว ในที่นี้ แบนด์วิดท์ (Bandwidth) ถูกกำหนดด้วยทรัพยากร (Resource) และควรแบ่งให้เท่ากันของแต่ละสถานีฐาน และมีความคล่องตัวหรือปรับตัวได้ ใน ASIU ยังต้องการวิธีการจัดการประสิทธิภาพต่างๆ ของการใช้งานแบนด์วิดท์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการกำหนดแบนด์วิดท์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและประสิทธิภาพของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละผู้ใช้บริการตามความต้องการให้เหมาะสม และปัจจัยสำคัญอื่นๆ ที่น่าสนใจสำหรับประสิทธิภาพโดยรวมของระบบคือ ประสิทธิภาพการเชื่อมโยงโครงข่ายดาวเทียม อัตราข้อมูล (Data rate) วิธีการบริหารจำนวนบัพ-เฟอร์ ค่าวิสัยสามารถ (Throughput), ค่าหน่วงเวลา (Delay time) และการเชื่อมต่อ (Interface) เป็นต้น ซึ่งควรเลือกใช้หรือกำหนดตามเงื่อนไขของโครงข่ายและผู้ใช้บริการตามความต้องการให้เหมาะสม [11]

3.4.2 โครงข่ายการเชื่อมต่อระหว่างสถานีฐานกับผู้ใช้บริการ

สถาปัตยกรรมที่จะกล่าวถึงนี้จัดเตรียมไว้เพื่อการเข้าถึงโครงข่ายเอทีเอ็มไปยังผู้บริการ (End Devices หรือ (End user) การเชื่อมต่อเอทีเอ็มสามารถเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้บริการเอทีเอ็ม (ATM user) กับโครงข่ายเอทีเอ็ม (ATM network) หรือระหว่างผู้ใช้บริการเอทีเอ็มด้วยกันเอง ส่วนวิธีการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้บริการเอทีเอ็ม กับการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็ม (Satellite ATM: SATM) จะใช้ส่วนหัวของเซลล์เป็นแบบ public private user network interface (UNI) ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบของโครงข่ายเอทีเอ็มดังรูปที่ 3.9 ซึ่งจากรูปที่ 3.9 การเชื่อมต่อระหว่าง ATM end devices กับจุดเข้าถึงแบบคงที่หรือเรียกว่าสถานีฐาน (Gateway Earth Stations: GESs) จะเป็นแบบใช้สายหรือไม่มีสายก็ได้ โดยที่สถานีฐาน (GES) ทำหน้าที่เป็นตัวมัลติเพลกซ์และถูกเชื่อมต่อกับโครงข่ายเอทีเอ็ม ด้วยส่วนหัวของเซลล์ที่เป็นแบบ network network interface (NNI) โดยที่ถ้าเป็น ATM Forums จะใช้ Private NNI (PNNI) หรือถ้าเชื่อมต่อกับ public ATM network การเชื่อมต่อแบบนี้จะใช้ public UNI



รูปที่ 3.12 สถาปัตยกรรมระดับชั้นโพรโตคอลการเข้าถึงของการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็มระหว่างสถานีฐานกับผู้ใช้บริการ

โมเดลโพรโตคอลอ้างอิงสำหรับการเข้าถึง SATM แสดงดังรูปที่ 3.12 ที่ผู้ใช้บริการ (End user) ข้อมูลจะถูกกำหนดโดยทาง ATM adaptation layer (AAL) ให้เป็นเซลล์เอทีเอ็มขนาดที่คงที่ก่อนทำการส่งไปบนอากาศและต้องการรูปแบบสัญญาณ UNI เพื่อยอมให้ผู้ใช้บริการสร้างการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อมต่อบนโครงข่าย ATM โดยที่สัญญาณจะสอดคล้องกับ private UNI/NNI อื่นๆ อยู่ที่เอทีเอ็ม สวิตช์ทางไกล ซึ่งเอทีเอ็มสวิตช์ทางไกลนี้คือ GESs และเป็นการกำหนดส่วนหัวที่เป็นแบบ UNI อีก ด้วย โดยที่สถานีฐานจะเป็นผู้กำหนด ไม่ใช่เทอร์มินอลผู้ใช้บริการ (user terminal) เป็นผู้กำหนด เทอร์มินอลผู้ใช้บริการเป็นแค่อุปกรณ์ทำหน้าที่คล้ายกับกับสถานีฐานกับสถานีฐานเอทีเอ็มแบบใช้ สาย ในที่นี้สถานีฐาน (GES) จะมีระดับชั้นทางกายภาพทั้งแบบ ระดับชั้นทางกายภาพดาวเทียม และระดับชั้นทางกายภาพแบบเอทีเอ็ม

ที่ระดับชั้นเอทีเอ็มยังต้องการ การสวิตช์เซลล์ การมัลติเพลกซ์เซลล์ และการตีความหมายเซลล์ส่วนของ VCs/VPs และเทอร์มินอลผู้ใช้บริการต้องการการบริหารควบคุมทรัพยากร ศูนย์กลาง โครงข่าย NCC (Network Control Center) จากทรัพยากรของโครงข่าย

3.4.3 การให้บริการการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็ม

ในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็มหรือ Multimedia โดยที่ผู้ใช้บริการจะเป็นแบบ TCP/IP, ISDN, native ATM หรือ MPEG ด้วยการสร้างหรือกำเนิดเอทีเอ็มเซลล์ออกเป็นประเภทต่างๆ คือ Constant Bit Rate (CBR), Variable Bit Rate (VBR), Available Bit Rate (ABR) และ Unspecified bit rate (UBR)

ส่วนในระดับชั้นเอทีเอ็ม ลำดับขบวนของทราฟฟิกที่มีหลายทางจะถูกมัลติเพลกซ์ในเฟรม (frame ATM) ของเอทีเอ็มเซลล์ให้เป็นลำดับขบวน การส่งทราฟฟิกเอทีเอ็มไปบนช่องสัญญาณดาวเทียมและในการมัลติเพลกซ์จะใช้โมเด็มแบบเฉพาะที่เทอร์มินอลและบนตัวดาวเทียม โดยที่เอทีเอ็มสวิตช์บนตัวดาวเทียมใช้เพื่อจัดสรรเส้นทางเอทีเอ็มเซลล์ของการส่งสัญญาณลงมายังพื้นโลก และการให้บริการผู้ใช้ส่วนใหญ่หรือเป็นที่นิยมคือ Video telephone, Video conferencing และ Video on demand ส่วนการนำไปใช้งานทางด้านอินเทอร์เน็ตจะเป็น WWW browsing email และ file transfer เป็นต้น

3.5 การเข้าถึงหลายทาง

การเข้าถึงหลายทาง (Multiple Access) เกิดขึ้นจากมีความต้องการของผู้ส่งมากกว่าหนึ่งคนขึ้นไปยังเครื่องรับเครื่องเดียว และการมัลติเพลกซ์ (Multiplexing) สัญญาณดาวเทียมเพื่อส่งไปในตัวกลางเดียวกันนั้น สัญญาณจะถูกแบ่งด้วยจำนวนความถี่ของช่องสัญญาณ แบ่งเป็นสล็อตเวลาหรือจะถูกแบ่งเป็นรหัสช่องสัญญาณ

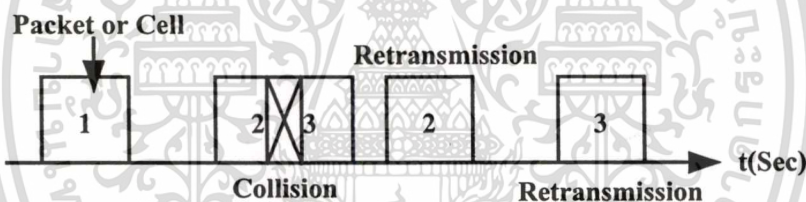
ถ้าการมัลติเพลกซ์เปลี่ยนแปลงช่องสัญญาณเช่นเดียวกับผู้ใช้บริการ ช่องสัญญาณจะถูกกำหนดหรือสร้างขึ้นเพื่อให้บริการแก่ผู้ใช้บริการ (Fixed assignment multiple access) อย่างไรก็ตามในระบบโครงข่ายการสื่อสารผ่านดาวเทียมจะมีช่องสัญญาณน้อยกว่าผู้ใช้บริการ

โดยที่ช่องสัญญาณสื่อสารถูกสร้างหรือกำหนดให้ ผู้ให้บริการเฉพาะผู้บริการที่พร้อมทำการส่งข้อ-
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

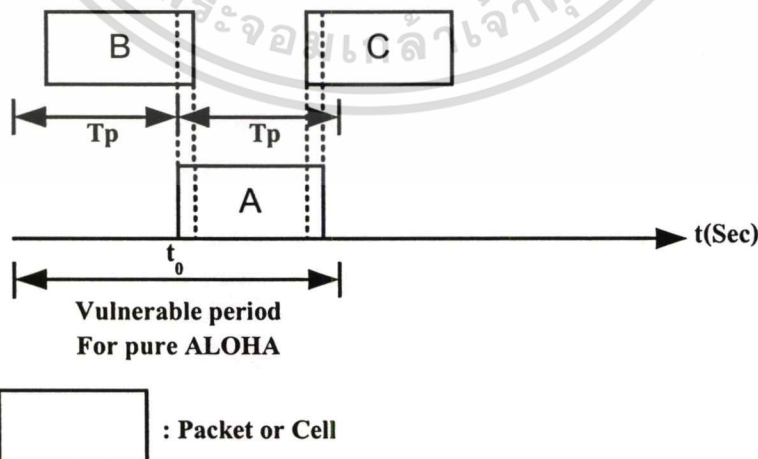
มูลข่าวสารโดยการมัลติเพล็กซ์ช่องสัญญาณเป็นแบบความถี่ (FDMA), เวลา (TDMA) หรือจะเป็น (CDMA) แต่ในวิทยานิพนธ์นี้จะสนใจ การเข้าถึงหลายทางแบบสล็อตอะโลฮา (Stotted-Aloha) การเข้าถึงที่กล่าวมานี้จะมีคุณลักษณะที่สามารถนำไปใช้ได้กับการให้บริการต่างๆ ได้เช่น real-time/non-real-time หรือ Continuous/ Packet transmission เป็นต้น ซึ่งการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮาจะกล่าวถึงหัวข้อต่อไป และเนื่องจากสล็อตอะโลฮานี้เป็นการเข้าถึงแบบสุ่ม (Random access) ซึ่งมีค่าหน่วยเวลาจึงเหมาะสมและนิยมใช้ในระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมเพราะมีระยะห่างระหว่างตัวดาวเทียมกับสถานีฐานมาก [11]

3.5.1 วิธีอะโลฮา

วิธีการเข้าถึงแบบนี้ได้ชื่อมาจากระบบอะโลฮา ซึ่งเป็นโครงข่ายการสื่อสารที่พัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัยแห่งฮาวาย และได้นำมาใช้เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1971 ในช่วงเริ่มต้นระบบนี้ใช้คลื่นวิทยุในย่าน UHF ในการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ซึ่งอยู่บนเกาะต่างๆ กับคอมพิวเตอร์หลักของมหาวิทยาลัย โดยใช้วิธีการเข้าถึงแบบสุ่มซึ่งเรียกว่าวิธีการเข้าถึงโดยวิธีอะโลฮา



รูปที่ 3.13 กลไกการชนกันของแพ็กเก็ตในวิธีอะโลฮา



รูปที่ 3.14 ช่วงเวลาที่อาจเกิดการชนกันของแพ็กเก็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวความคิดของวิธีอะโลฮานี้้ง่ายมาก ดังแสดงในรูปที่ 3.13 ผู้ใช้จะทำการส่งข่าวสารได้ทันทีทุกเวลาที่มีข่าวสารจะส่ง ผู้ใช้จะส่งข่าวสารในลักษณะเป็นแพ็กเก็ตโดยแต่ละแพ็กเก็ตจะถูกเข้ารหัสตรวจความผิดพลาด และแน่นอนเนื่องจากผู้ใช้แต่ละรายสามารถที่จะทำการส่งข่าวสารเมื่อใดก็ได้ ดังนั้นจึงอาจจะมีกรณีชนกันระหว่างแพ็กเก็ตได้ตลอดเวลา เมื่อการส่งแพ็กเก็ตมีการซ้อนทับกันของเวลาขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.14

ดังนั้นหลังจากที่ได้ทำการส่งแพ็กเก็ตแล้วผู้ใช้ต้องทำการรอเป็นช่วงเวลาที่เท่ากับค่าหน่วงเวลาในการเดินทางไปและกลับของคลื่นเพื่อรอรับสัญญาณ ACK (Acknowledgment) จากทางด้านรับ ถ้าทางด้านส่งไม่ได้รับ ACK จากทางด้านรับจะสรุปว่า การส่งแพ็กเก็ตนั้นไม่เป็นผลสำเร็จ และจะมีกระบวนการในการส่งซ้ำโดยจะทำการหน่วงเวลาแบบสุ่มก่อนเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของแพ็กเก็ตอีก

สมมุติว่าทุกแพ็กเก็ตมีความยาวที่เป็นมาตรฐานและแต่ละแพ็กเก็ตต้องการช่วงเวลา T_p เท่ากันที่จะใช้ในการส่งแพ็กเก็ต จากรูปที่ 3.14 พิจารณาการส่งแพ็กเก็ต A ซึ่งเริ่มต้นที่เวลา t_0 กรณีที่อาจจะเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตขึ้นก็คือ มีผู้ใช้รายอื่นที่ทำการส่งแพ็กเก็ต B ในช่วงเวลา ระหว่าง $t_0 - T_p$ ถึง t_0 โดยปลายของแพ็กเก็ต B จะชนกับจุดเริ่มต้นของแพ็กเก็ต A ซึ่งกรณีนี้จะเกิดขึ้นได้เมื่อช่วงเวลาในการเดินทางของคลื่นยาวนาน จนผู้ใช้ที่ทำการส่งแพ็กเก็ต A ไม่สามารถที่จะรู้ได้ว่าการส่งแพ็กเก็ต B ได้เริ่มขึ้นแล้ว ในทำนองเดียวกันถ้าผู้ใช้รายอื่นเริ่มต้นทำการส่งแพ็กเก็ต C ระหว่างช่วงเวลา t_0 ถึง $t_0 + T_p$ จุดเริ่มต้นของแพ็กเก็ต C ก็ชนกับจุดปลายของแพ็กเก็ต A จากที่กล่าวมานี้จะเห็นว่าช่วงเวลาที่จะเกิดการชนกันของแพ็กเก็ต A กับแพ็กเก็ตอื่นจะมีค่าเป็น $2 T_p$ ซึ่งเป็น 2 เท่า ของช่วงเวลาที่ใช้ในการส่งแพ็กเก็ต ถ้าหากว่ามีแพ็กเก็ต 2 แพ็กเก็ตเกิดการชนกัน แม้แต่เพียงเล็กน้อยแต่ละแพ็กเก็ตจะเกิดความผิดพลาดขึ้นซึ่งจะรู้ได้ทางด้านรับโดยตรวจจากบิตตรวจสอบความผิดพลาดของแต่ละแพ็กเก็ต และทางด้านรับจะไม่ทำการส่ง ACK สำหรับแพ็กเก็ตที่เกิดการชนกัน ดังนั้นแพ็กเก็ตที่เกิดการชนกันจะต้องทำการส่งซ้ำทุกแพ็กเก็ต

ต่อมากำหนดให้ S เป็น ค่าค่าวิสัยสามารถของช่องสัญญาณซึ่งนิยามโดยจำนวนเฉลี่ยของแพ็กเก็ตที่ส่งสำเร็จต่อช่วงเวลา T_p ดังนั้นถ้าสมมุติว่ามีผู้ใช้ไม่จำกัดและให้ G เป็น ค่าทราฟฟิกโหลด ซึ่งนิยามโดยจำนวนของความพยายามส่งแพ็กเก็ตต่อช่วงเวลา T_p ซึ่งจะรวมทั้งการส่งแพ็กเก็ตใหม่และการส่งแพ็กเก็ตเก่าซ้ำ ส่วนหน่วยมาตรฐานในการไหลของทราฟฟิกก็คือเออร์ลิ่ง ซึ่งตั้งตามชื่อของ A.K.Erlang นักคณิตศาสตร์ชาวเดนมาร์ก

ในที่นี้จะทำการนิยามค่าเออร์ลิ่ง โดยทำการแบ่งช่วงเวลาของช่องสัญญาณออกเป็นช่วงๆ ช่วงละ T_p วินาที และให้การไหลของทราฟฟิก 1 แพ็กเก็ตต่อเวลา T_p มีค่า 1 เออร์ลิ่งโดยนิยามนี้จะเห็นว่าค่า S ไม่สามารถที่จะมีค่ามากกว่า 1 เออร์ลิ่งได้ โดยปราศจากการชนกันและค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าวิสัยสามารถจะมีขอบเขตคือ $0 < S < 1$ ซึ่งจะเห็นว่าถ้า G มีค่าน้อย จะมีการชนกันเกิดขึ้นน้อยและมีการส่งชำน้อย ดังนั้น $S \cong G$ ที่กราฟฟิคน้อยๆ

ส่วนในกรณีที่ มีกราฟฟิกมากก็จะเกิดการชนกันมากและมีผลทำให้การส่งชำเพิ่มขึ้น ดังนั้นจะได้ว่า $S \ll G$ และ S มีค่าลดลงเรื่อยๆจนเป็น 0

เพื่อที่จะทำการคำนวณค่าวิสัยสามารถ S ซึ่งเป็นฟังก์ชันของกราฟฟิกโหนด G จะทำการสมมุติว่ามีความน่าจะเป็นที่แพ็กเกตจำนวน k แพ็กเกตจะถูกสร้างภายในช่วงเวลาเท่ากับ ความยาว 1 แพ็กเกต จากการกระจายแบบปัวส์ซงของ (Poisson Distribution) ด้วยค่าเฉลี่ย G แพ็กเกตต่อความยาว 1 แพ็กเกตจะได้ว่า

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

ค่าวิสัยสามารถ S จะมีค่าเท่ากับกราฟฟิกโหนด G คูณกับค่าความน่าจะเป็นที่การส่งแพ็กเกตนั้นสำเร็จซึ่งสามารถที่จะเขียนได้เป็น

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

เมื่อเรานิยาม p_0 เป็นค่าความน่าจะเป็นที่จะไม่เกิดการชนซึ่งก็คือ ค่าความน่าจะเป็นที่จะไม่มีผู้ใช้รายใดทำการส่งแพ็กเกตขึ้นมาในช่วงเวลาที่อาจจะเกิดการชนนั่นเอง จากสมการ (3.1) อัตราเฉลี่ยของการเข้ามาของแพ็กเกตใน 2 ช่อง สลิตเป็น $2G$ ดังนั้นความน่าจะเป็นที่จะไม่มีแพ็กเกตอื่นถูกส่งในช่วงเวลานี้คือ

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

ดังนั้นค่าวิสัยสามารถจะมีค่าเป็น

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

โดยที่ค่าวิสัยสามารถสูงสุดจะเกิดที่ค่ากราฟฟิกโหนด

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และค่าวิสัยสามารถจะมีค่าเป็น

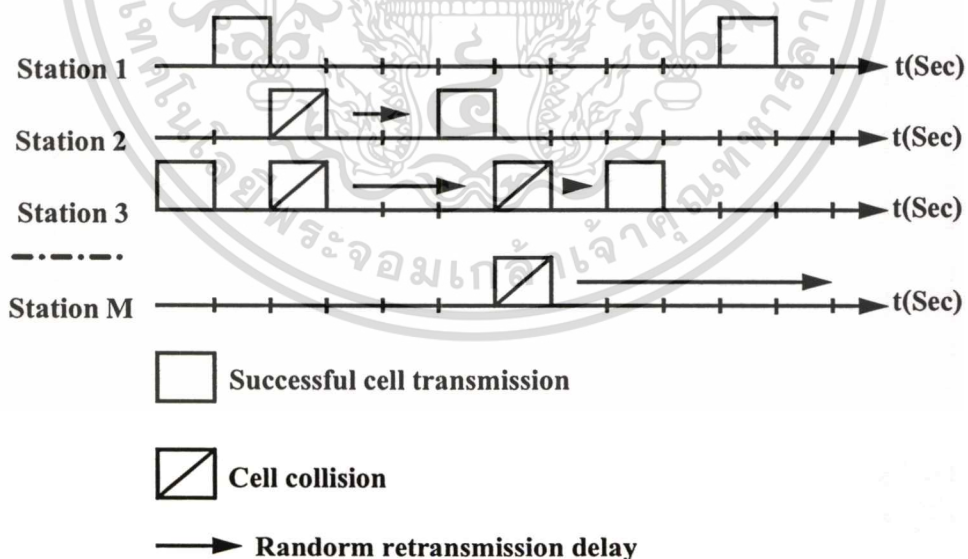
$$S = 0.5e \quad (3.6)$$

ซึ่งมีค่าประมาณ 0.184 ซึ่งหมายความว่าประสิทธิภาพในการใช้ช่องสัญญาณสูงสุดของวิธีการเข้าถึงโดยวิธีอะโลฮ่าจะมีค่าเพียง 18% โดยประมาณเท่านั้น

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นว่ากราฟฟิกโพลด G เป็นผลรวมของกราฟฟิกของโครงข่ายซึ่งรวมทั้งแพ็กเก็ตที่ถูกสร้างขึ้นใหม่และแพ็กเก็ตเก่าที่ทำการส่งซ้ำ

3.5.2 วิธีสล็อตอะโลฮ่า

เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการเข้าถึงโดยวิธีอะโลฮ่า ดังนั้นวิธีการเข้าถึงโดยวิธีสล็อตอะโลฮ่าจึงได้ถูกพัฒนาขึ้น โดยในวิธีนี้ช่วงเวลาในการส่งจะถูกแบ่งออกเป็นสล็อตเวลาโดยที่แต่ละ สล็อตเวลาจะมีความยาวเท่ากับความยาวของเซลล์ และผู้ใช้ทั้งหมดจะทำงานสอดคล้องกับ สล็อตเวลาเหล่านี้ซึ่งทำได้โดยการส่งสัญญาณพัลส์ที่ใช้ในการซิงโครไนซ์จากสถานีควบคุมในโครงข่าย ดังนั้นเมื่อเทอร์มินอลผู้ใช้ทำการสร้างเซลล์ของข้อมูลขึ้นมาก็จะถูกส่งในสล็อตเวลาถัดไปด้วยวิธีการเช่นนี้ช่วงเวลาที่จะเกิดการชนกันของเซลล์จะลดลงเหลือเพียงช่วงเวลา 1 เซลล์เท่านั้น จาก 2 เซลล์ในวิธีอะโลฮ่า โดยที่วิธีการเข้าถึงโดยวิธีสล็อตอะโลฮ่านี้แสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 กลไกการชนกันของแพ็กเก็ตในวิธีสล็อตอะโลฮ่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากว่าช่วงเวลาที่จะเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตลดลง 2 เท่า ดังนั้นความน่าจะเป็นที่จะไม่เกิดการชนกันของแพ็กเก็ตจากสมการ 3.1 จะกลายเป็น

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

และค่าวิสัยสามารถของวิธีสล็อตอะโลฮ่าจะกลายเป็น

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

ซึ่งค่าวิสัยสามารถต่อทราฟฟิกโหลดของวิธีการเข้าถึงโดยวิธีสล็อตอะโลฮ่านี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.14 โดยจะเห็นว่าค่าวิสัยสามารถมีค่าสูงสุดที่

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

ในขณะที่

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

หรือประมาณ 0.368 ซึ่งมีค่าเป็น 2 เท่าของวิธีอะโลฮ่า สังเกตว่าที่ค่าสูงสุดของค่าวิสัยสามารถนั้น 37% ของแพ็กเก็ตจะส่งได้สำเร็จในขณะที่ 37% วางเปล่าซึ่งก็คือความน่าจะเป็นที่จะไม่มีแพ็กเก็ตในสล็อตเวลาที่ G มีค่าเป็น 1 ดังนั้นจะมี 26% ที่เกิดการชน ถ้าเราทำการดำเนินการที่ ทราฟฟิกโหลดที่มีค่าสูงมากแล้วจำนวนของสล็อตที่ว่างและส่งสำเร็จจะลดลงในขณะที่จำนวนการชนกันจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว [14]

วิธีการเข้าถึงโดยวิธีสล็อตอะโลฮ่านั้นถูกนำมาใช้ในการสื่อสารไร้สายในกรณีที่มีค่าหน่วงเวลาในการสื่อสารมีค่ามาก เช่นโครงข่ายดาวเทียมและการสื่อสารด้วยการส่งข้อมูลแบบเคลื่อนที่

บทที่ 4

แบบจำลองและผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการจำลองแบบ

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะเป็นการวิเคราะห์และศึกษาผลของการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็มที่มีอินพุตกราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง (Self-similar traffic) ด้วยวิธีการจำลองแบบ โดยที่ใช้การเข้าถึงแบบสุ่มสล็อตอะโลฮา และในการเข้าถึงแบบสุ่ม (Random access) จะเกิดการชนกันของเซลล์เอทีเอ็มขึ้น ดังนั้นจึงต้องการการส่งเซลล์เอทีเอ็มเหล่านั้นซ้ำ ในบทความนี้จึงใช้การส่งเซลล์เอทีเอ็มซ้ำแบบเอกซ์โพเนนเชียล โดยที่จะพิจารณาออกมาในรูปแบบโดยทั่วไปคือ ค่าวิสัยสามารถ (Throughput) และ (Delay time) โดยจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป ดังนี้

4.2 แบบจำลองของระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์



รูปที่ 4.1 โครงสร้างโครงข่ายการสื่อสารดาวเทียมเอทีเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 สถานีฐานภาคพื้นดิน (Gate way) จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ ที่สำคัญ คือ ส่วนของเครื่องส่ง (Transmitter Unit) และส่วนของตัวตรวจจับ (monitoring) เซลล์เอทีเอ็ม ACK (Acknowledgment cell) ว่ามี ACK เซลล์เอทีเอ็มตอบกลับมาหรือไม่ที่ภาครับ ถ้าไม่มีเซลล์-เอทีเอ็ม ACK ตอบกลับภายในหนึ่งสล็อตเวลาแสดงว่าเกิดการสูญหายของเซลล์เอทีเอ็ม อาจจะเป็นการชนกันระหว่างเซลล์เอทีเอ็ม หรือที่เครื่องรับ รับเซลล์เอทีเอ็มที่มีค่าความผิดพลาด บิต ในส่วนของช่องสัญญาณ ในบทความนี้จะใช้การเข้าถึงแบบสุ่มสล็อตอะโลฮา ซึ่งเป็นการเข้าถึงแบบสุ่มหลายทาง (Random multiple access) และแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนเล็กๆ ที่เรียกว่า เซลล์เอทีเอ็ม ส่วนโครงข่ายจะประกอบไปด้วยดาวเทียมหนึ่งดวงซึ่งอยู่ในวงโคจร GEO (Geostationary earth orbit) และจะมีสถานีลูกข่ายจำนวน N สถานีฐานภาคพื้นดิน ส่วนสถานีฐานภาคพื้นดินจะต่อกับโครงข่าย Internet ATM [8,9] อีกที

4.3 การกำเนิดช่วงเวลาการเข้ามาถึงของเซลล์เอทีเอ็ม

จากสมการที่ (2.10) เราจะสามารถสร้างการกำเนิดช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาถึงของเซลล์เอทีเอ็มที่ใช้การกระจายแบบพาราโด้ได้โดยใช้การแปลงผกผันกลับของฟังก์ชันการกระจายแบบสะสม (cdf) โดยที่จะกำหนดให้ จำนวนการสุ่มเป็นแบบสม่ำเสมอ (uniform random number) เท่ากับ r ซึ่งจะอยู่ในช่วง 0.001 ถึง 0.999 และการแปลงผกผันกลับของฟังก์ชันการกระจายสะสมแบบสุ่มของตัวแปร x ด้วย $F(x)$ จะได้

$$F(x) = r \quad (4.1)$$

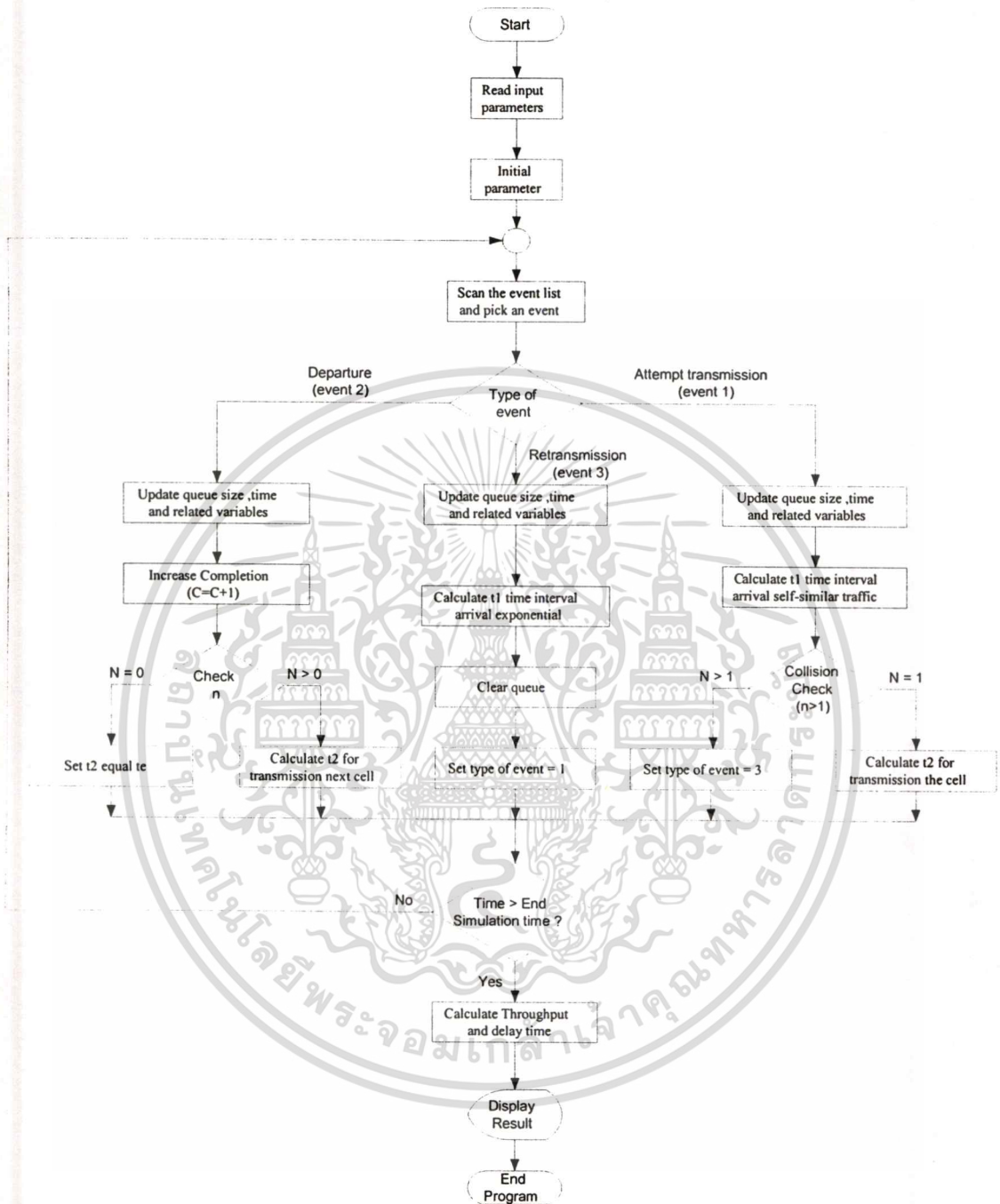
ดังนั้นการแปลงผกผันกลับของฟังก์ชันการกระจายแบบ สะสมคือ

$$x = F^{-1}(r) \quad (4.2)$$

เมื่อเทียบสมการที่ (2.9) และ (4.2) จะได้การแปลงผกผันกลับของฟังก์ชันการกระจายแบบสะสมดังสมการที่ (4.3)

$$x = \frac{\delta}{(1-r)^{1/\alpha}} \quad (4.3)$$

4.4 อัลกอริทึมการทำงานของกรจำลองแบบ



รูปที่ 4.2 แผนภูมิรูปภาพโปรแกรมการจำลองแบบ

จากแผนภูมิรูปภาพด้านบนมีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมหาดังนี้

1. ทำการกำหนดระยะเวลาในการจำลองแบบของโปรแกรม และสร้างตัวแปรเก็บค่าต่างๆ ที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กำหนดค่าตัวแปรเริ่มต้นให้กับโปรแกรม เช่น

- Simulation time	200000
- Transmission speed	155.52 Mbps
- Time Slot length	2.83 us
- Propagation time on free space	0.25 ms

3. ทำการตรวจสอบเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นและเลือกกระทำตามเหตุการณ์นั้นๆ

4. ถ้าเหตุการณ์ที่ 1 จะทำการกำหนดช่วงเวลาการเข้ามาถึงของเซลล์เอทีเอ็มแบบ คล้ายคลึงตัวเองที่จะส่งโดยการคำนวณ t_1 ซึ่งจะทำให้การส่งได้ก็ต่อเมื่อมีสถานีฐานเดี่ยวที่ส่ง ณ เวลานั้น ($n=1$) ถ้ามีสถานีฐานส่งมากกว่า 1 สถานีฐานพร้อมกัน ($n > 1$) ณ เวลานั้นแสดงว่าเกิดการชนกันขึ้น

5. ถ้าเหตุการณ์ที่ 2 จะทำการส่งเซลล์เอทีเอ็มตามเวลาที่คำนวณ

6. ถ้าเหตุการณ์ที่ 3 เมื่อมีการส่งเซลล์เอทีเอ็มพร้อมกันมากกว่า 1 สถานีฐาน ทำให้เกิดการชนกันขึ้น ดังนั้นทำการส่งซ้ำแบบเอ็กซีโพเนนเชียล

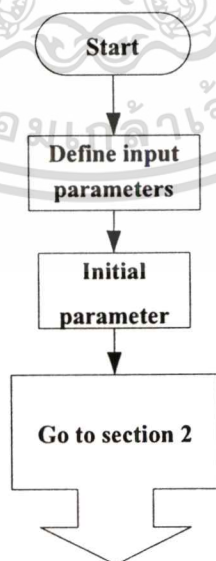
7. ตรวจสอบว่าเวลามากกว่าเวลาที่กำหนดในการจำลองแบบหรือยัง

- ถ้ายัง จะทำการตรวจสอบเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นต่อไป (ไปยังข้อที่ 3)

- ถ้ามากกว่าแล้ว จะทำการคำนวณค่าวิสัยสามารถ และคำนวณเวลา แสดงผล และจบโปรแกรม

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถอธิบายได้โดยละเอียดด้วยการแบ่งออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

ส่วนที่ 1



รูปที่ 4.3 แผนภูมิรูปภาพโปรแกรมส่วนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

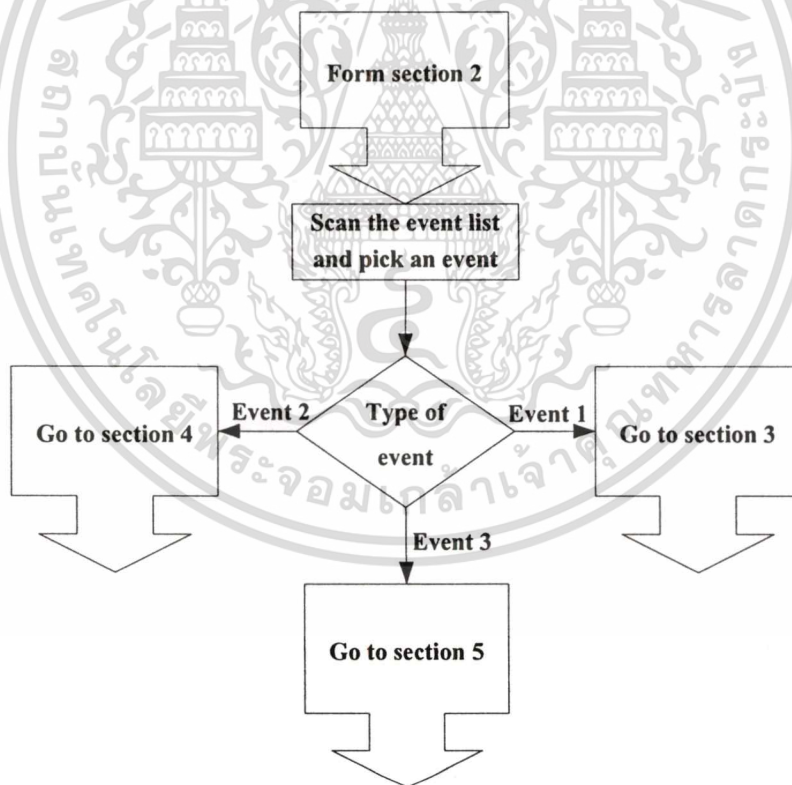
จากรูปที่ 4.3 ทำการกำหนดระยะเวลาในการจำลองแบบของโปรแกรม และสร้างตัวแปรเก็บค่าต่างๆ ที่เกิดขึ้นกำหนดค่าตัวแปรเริ่มต้นให้กับโปรแกรม เช่น

- Simulation time	200000
- Transmission speed	155.52 Mbps
- Time Slot length	2.83 us
- Propagation time on free space	0.25 ms

และในการจำลองแบบจะกำหนดตัวแปรที่สำคัญๆ โดยให้ n แทนจำนวนเซลล์เอทีเอ็มในระบบ และ C แทนการส่งเซลล์เอทีเอ็มแล้วสำเร็จ เพื่อตรวจสอบเหตุการณ์ต่างๆ ในระบบ และอัตราการเข้ามาถึง (λ) ของระบบจะมีค่าดังสมการที่ (4.4)[1]

$$\lambda = \frac{\alpha - 1}{\alpha \delta} \quad (4.4)$$

ส่วนที่ 2



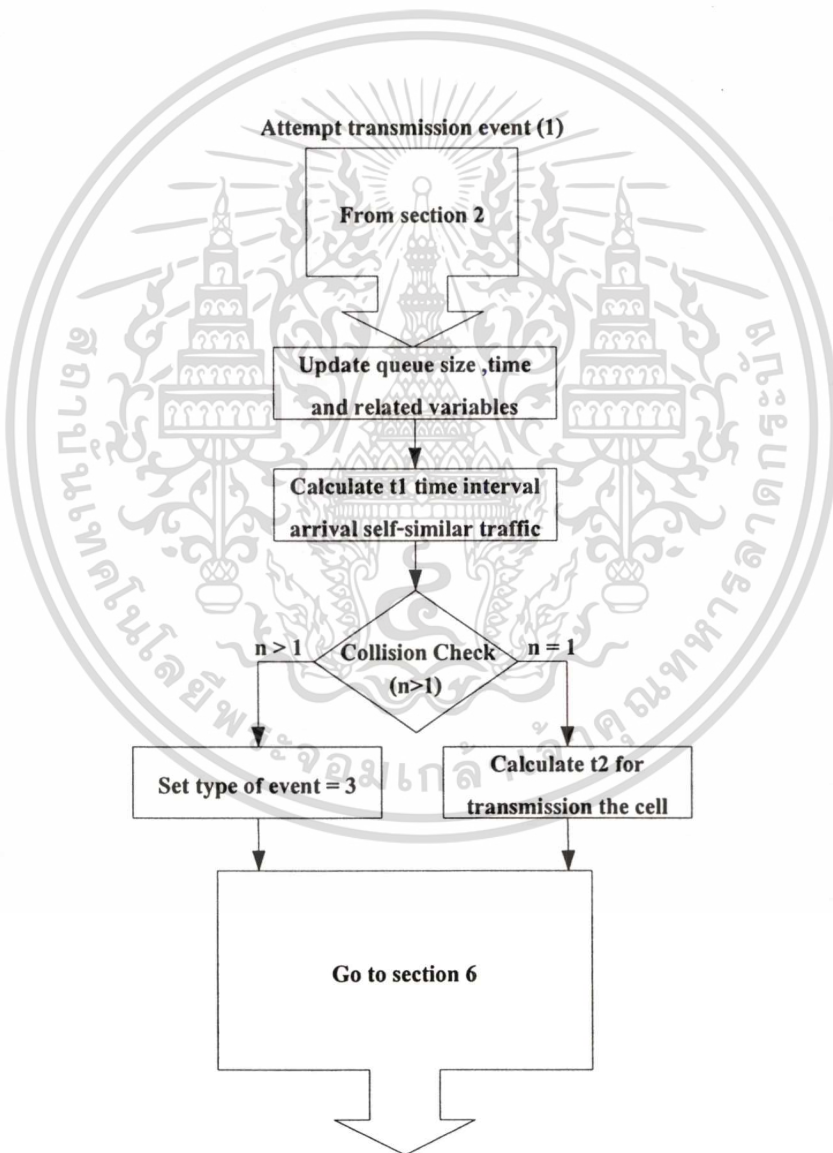
รูปที่ 4.4 แผนภูมิรูปภาพโปรแกรมส่วนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 จากส่วนที่ 1 เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ให้กับโปรแกรมแล้ว จะทำการตรวจสอบเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยจะประกอบไปด้วย 3 เหตุการณ์หลักๆ คือ

- เหตุการณ์ที่ 1 (ไปยังส่วนที่ 3) ทำการกำเนิดช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาถึงของเซลล์เอทีเอ็ม และตรวจสอบว่ามี การเข้ามาถึงของเซลล์เอทีเอ็มมีค่าเท่าใด
- เหตุการณ์ที่ 2 (ไปยังส่วนที่ 4) ทำการส่งเซลล์เอทีเอ็มตามเวลาที่คำนวณและ ตรวจสอบจำนวนเซลล์เอทีเอ็มที่เหลืออยู่ในระบบ
- เหตุการณ์ที่ 3 (ไปยังส่วนที่ 5) เมื่อมีการส่งเซลล์เอทีเอ็มพร้อมกันก็จะเกิดการชนกันขึ้นจึงทำการส่งเซลล์เอทีเอ็มซ้ำแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล

ส่วนที่ 3



รูปที่ 4.5 แผนภูมิรูปภาพโปรแกรมส่วนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 3 ในส่วนที่ 3 นี้ จะเป็นการสร้างช่วงเวลาการเข้ามาถึงของเซลล์เอทีเอ็ม โดยจะกำหนดให้ n เป็นจำนวนเซลล์เอทีเอ็มในคิว

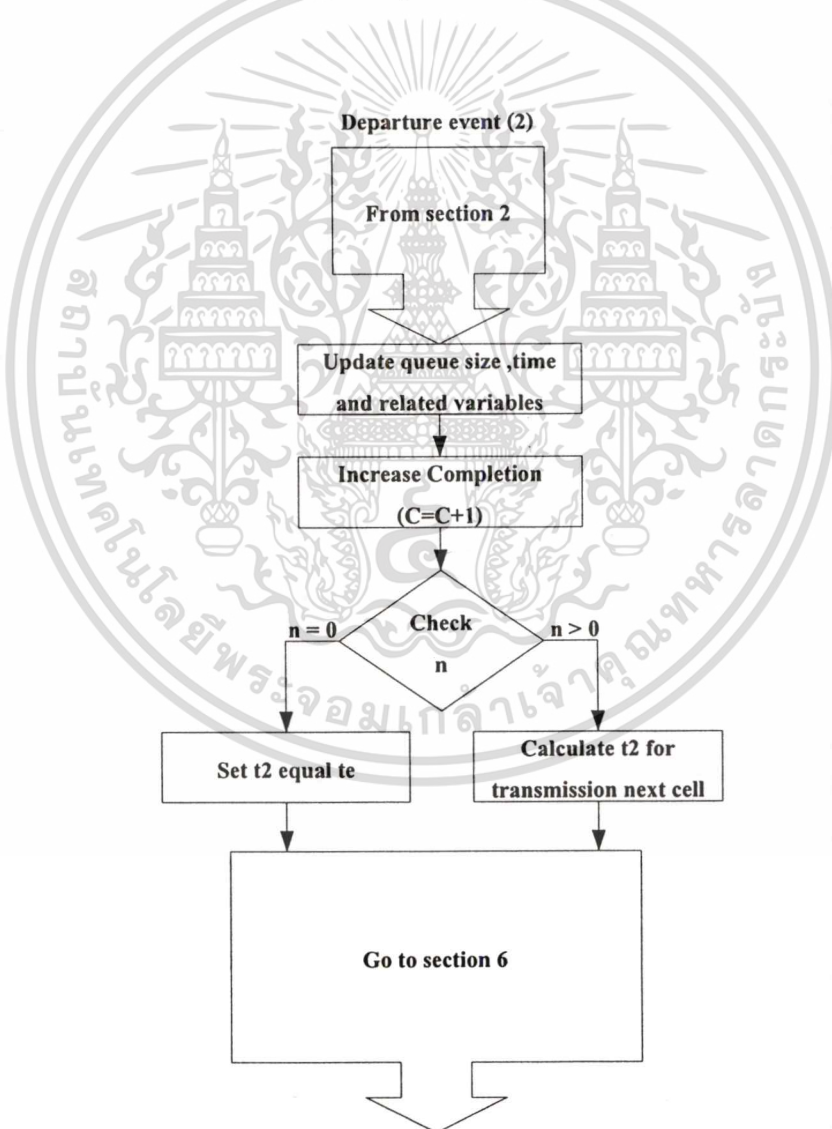
จากส่วนที่ 2 จะทำการเพิ่มค่าคิวขึ้นหนึ่ง ($n + 1$) จากนั้นอัปเดต เวลาในระบบ และตัวแปรต่างๆ และคำนวณ t_1 ซึ่งก็คือช่วงเวลาการเข้ามาถึงของเซลล์เอทีเอ็มแบบคล้ายคลึงตัวเอง

เมื่อทำการคำนวณค่า t_1 เสร็จแล้ว จะทำการตรวจสอบว่ามีการเข้ามาถึงของเซลล์เอทีเอ็มมากกว่า 1 เซลล์เอทีเอ็มหรือไม่

- ถ้ามีการเข้ามาถึงของเซลล์เอทีเอ็มมากกว่า 1 ($n > 1$) จะกำหนดให้เหตุการณ์ต่อไปเป็นการส่งซ้ำ (เหตุการณ์ที่ 3) และจะไปยังส่วนที่ 6

- ถ้ามีการเข้ามาถึงของเซลล์เอทีเอ็มเพียง 1 เซลล์เอทีเอ็ม ($n = 1$) จะทำการคำนวณเวลาที่ใช้ในการส่งเซลล์เอทีเอ็ม (t_2 นั้นเอง) นั้นๆ และจะไปทำต่อยังส่วนที่ 6

ส่วนที่ 4



รูปที่ 4.6 แผนภูมิรูปภาพโปรแกรมส่วนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

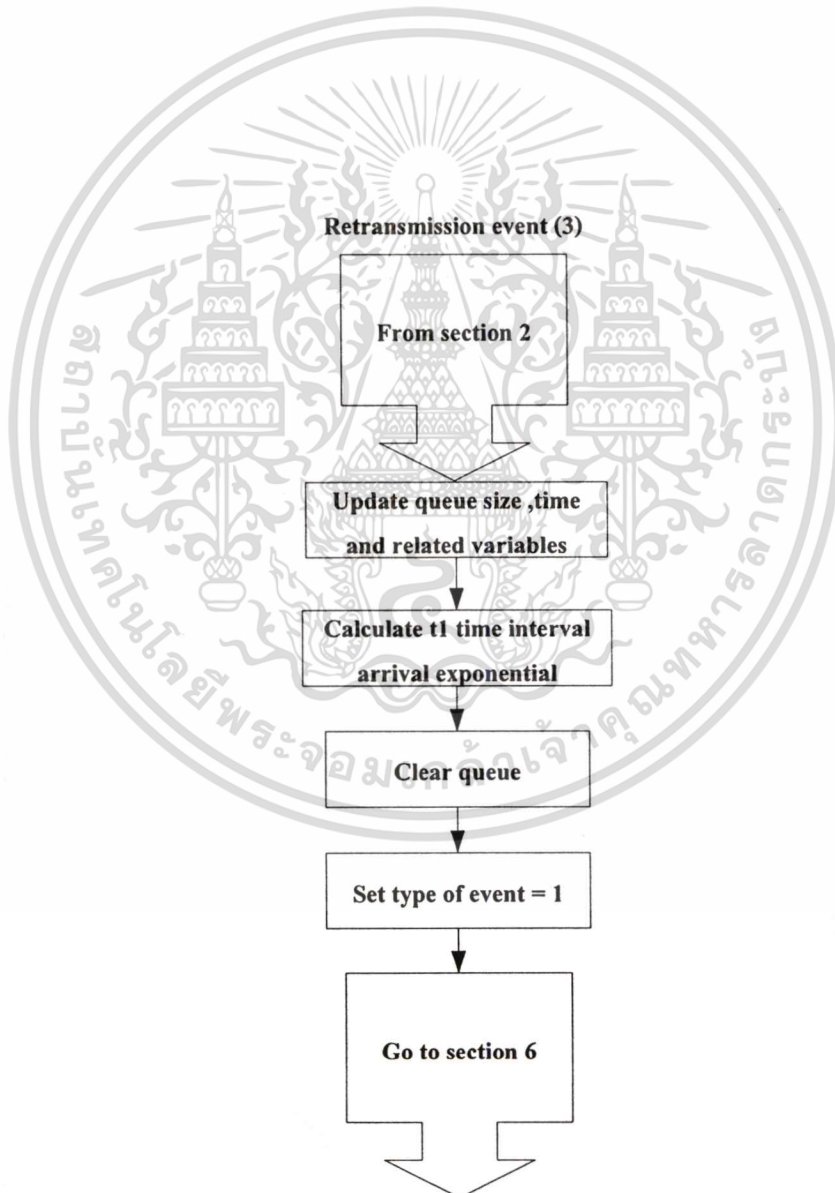
ส่วนที่ 4 ในส่วนที่ 4 นี้ จะเป็นการส่งเซลล์เอทีเอ็มตามที่คำนวณโดยจะกำหนดให้ C เป็นจำนวนของการส่งเซลล์เอทีเอ็มสำเร็จ

จากส่วนที่ 2 จะทำการลดค่าคิวลงหนึ่ง ($n - 1$) จากนั้นนับเด็ด เวลาในระบบ และตัวแปรต่างๆ และทำการเพิ่มค่าการส่งสำเร็จ ($C + 1$) จากนั้นทำการตรวจสอบจำนวนเซลล์เอทีเอ็มที่มีเหลือในระบบ ซึ่ง

- ถ้ามีเซลล์เอทีเอ็มเหลืออยู่ในระบบ ($n > 0$) จะคำนวณเวลาที่ใช้ในการส่งเซลล์เอทีเอ็มที่เหลือต่อไป จากนั้นจะไปยังส่วนที่ 6 ต่อไป

- ถ้าไม่มีเซลล์เอทีเอ็มเหลืออยู่ในระบบ ($n = 0$) จะกำหนดให้เหตุการณ์ต่อไป (เหตุการณ์ที่ 1) คือ $t_2 = t_e$ โดยที่ t_e คือค่าเวลาที่ใช้ในการจำลองแบบ จากนั้นจะไปยังส่วนที่ 6 ต่อไป

ส่วนที่ 5



รูปที่ 4.7 แผนภูมิรูปภาพโปรแกรมส่วนที่ 5

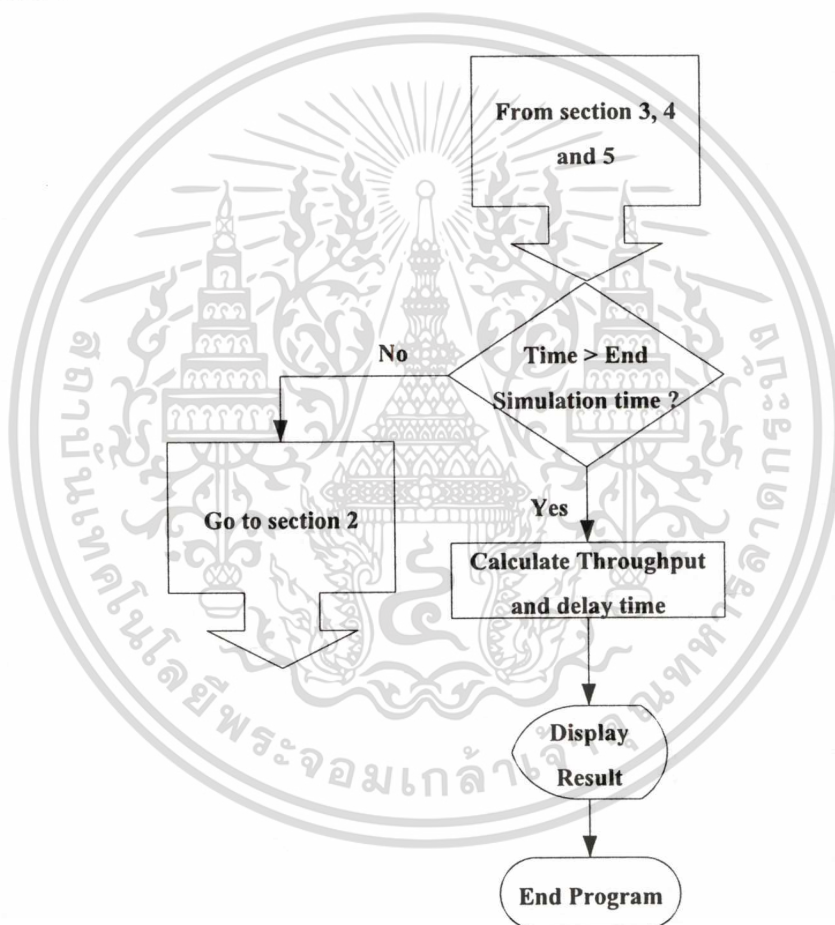
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 5 ในส่วนที่ 5 นี้ จะเป็นการสร้างช่วงเวลาการเข้ามาถึงของเซล์เอทีเอ็มที่ใช้ในการส่งซ้ำโดยจะกำหนดให้ n เป็นจำนวนเซล์เอทีเอ็มในคิว

จากส่วนที่ 2 จะทำการเพิ่มค่าคิวขึ้นหนึ่ง ($n + 1$) จากนั้นอัปเดต เวลาในระบบ และตัวแปรต่างๆ และคำนวณ t_1 ซึ่งก็คือช่วงเวลาการเข้ามาถึงของเซล์เอทีเอ็มแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล

จากนั้นทำการเคลียร์จำนวนคิวในระบบ (Set $n = 0$) และกำหนดให้เหตุการณ์ต่อไป (เหตุการณ์ที่ 1) คือ $t_2 = t_e$ โดยที่ t_e คือค่าเวลาที่ใช้ในการจำลองแบบ จากนั้นจะไปยังส่วนที่ 6 ต่อไป

ส่วนที่ 6



รูปที่ 4.8 แผนภูมิรูปภาพโปรแกรมส่วนที่ 6

ส่วนที่ 6 ในส่วนที่ 6 นี้ จากส่วนที่ 3,4 และ 5 จะทำการตรวจสอบเวลาว่ามากกว่าเวลาของการจำลองแบบหรือยัง ($time > t_e$) ซึ่ง

- ถ้ายัง จะกลับไปวนรอบทำในส่วนที่ 2 ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ถ้าเวลามากกว่าเวลาที่ใช้ในการจำลองแบบ จะทำการคำนวณค่าวิสัยสามารถ (Throughput) และค่าหน่วงเวลา (Delay time) ของระบบ โดยที่

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Completion}}{\text{time}} \quad (4.5)$$

และ ค่าหน่วงเวลา คือ ผลรวมของเวลาที่ใช้ในการรอเพื่อที่จะส่งข้อมูล (W) กับเวลาของการบริการ (T_s) และเวลาการเดินทางบนอากาศ (*propation on freespace*)

$$\text{Delay time} = T_s + W + \text{propation on freespace} \quad (4.6)$$

จากนั้นแสดงผลการทำงานของ การจำลองแบบ และจบโปรแกรมในการจำลองแบบ



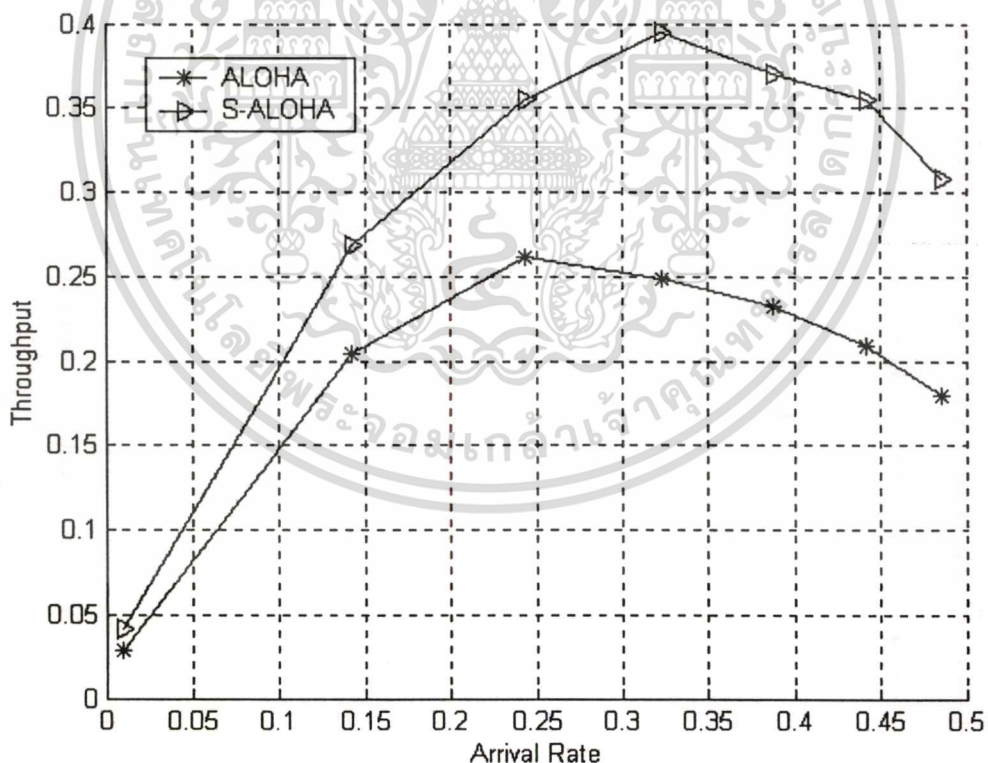
4.5 ผลการจำลองแบบ

จากการทำการจำลองแบบ ในหัวข้อนี้จะพิจารณาผลของการจำลองแบบ โดยที่จะแบ่งออกเป็น 4 กรณี เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากตัวแปรต่างๆ ในระบบคือ

- กรณีที่ 1 วิเคราะห์การเข้าถึงแบบสุ่มอะโลฮารธรรมดา และเข้าถึงแบบสุ่มสล็อตอะโลฮา ว่าจะมีผลต่อระบบอย่างไร
- กรณีที่ 2 วิเคราะห์ผลกระทบของค่า Location parameter (LP) ต่อระบบ
- กรณีที่ 3 วิเคราะห์ผลกระทบของความยาวเซลล์เอทีเอ็ม (Cell length) ต่อระบบ
- กรณีที่ 4 วิเคราะห์ผลกระทบของค่านวงเวลาต่อค่าวิสัยสามารถ

4.5.1 กรณีที่ 1 วิเคราะห์การเข้าถึงแบบสุ่มอะโลฮารธรรมดา และเข้าถึงแบบสุ่มสล็อตอะโลฮา

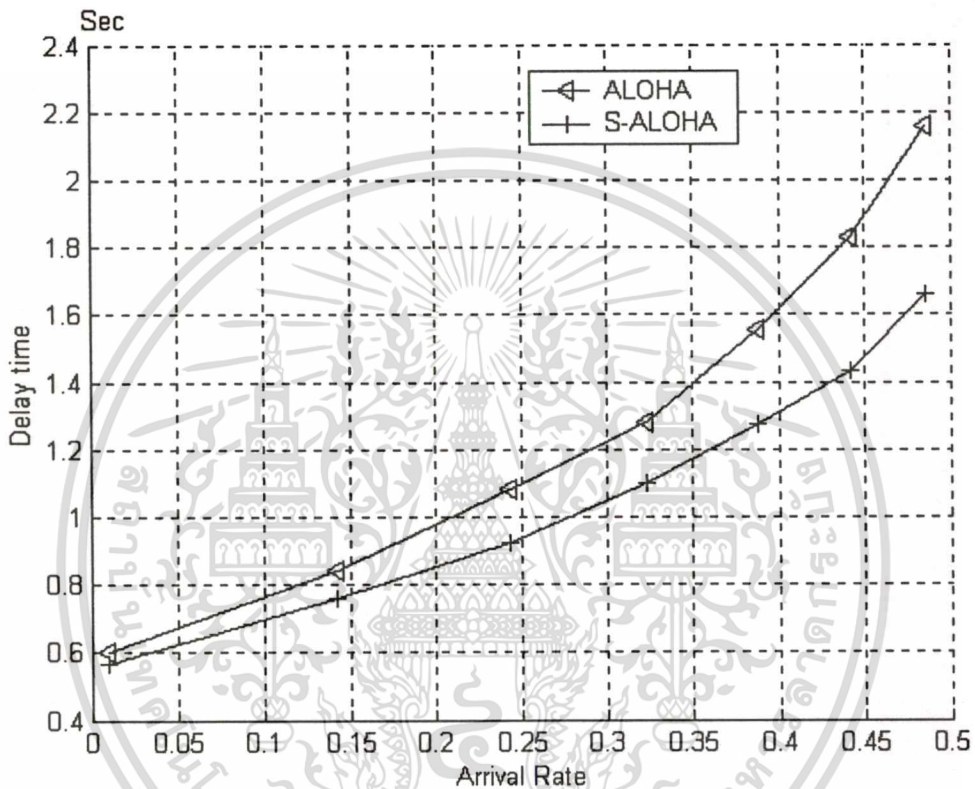
กรณีที่ 1 วิเคราะห์การเข้าถึงแบบสุ่มอะโลฮารธรรมดา และเข้าถึงแบบสุ่มสล็อตอะโลฮา โดยที่จะกำหนดให้ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps, ค่า Location parameter มีค่าเท่ากับ 1 และความยาวของเซลล์เอทีเอ็มเท่ากับ 424 บิต



รูปที่ 4.9 ค่าวิสัยสามารถต่ออัตราการเข้ามาถึงที่ ค่าความยาวเซลล์เอทีเอ็มเท่ากับ 424 บิต, ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps และค่า Location parameter เท่ากับ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

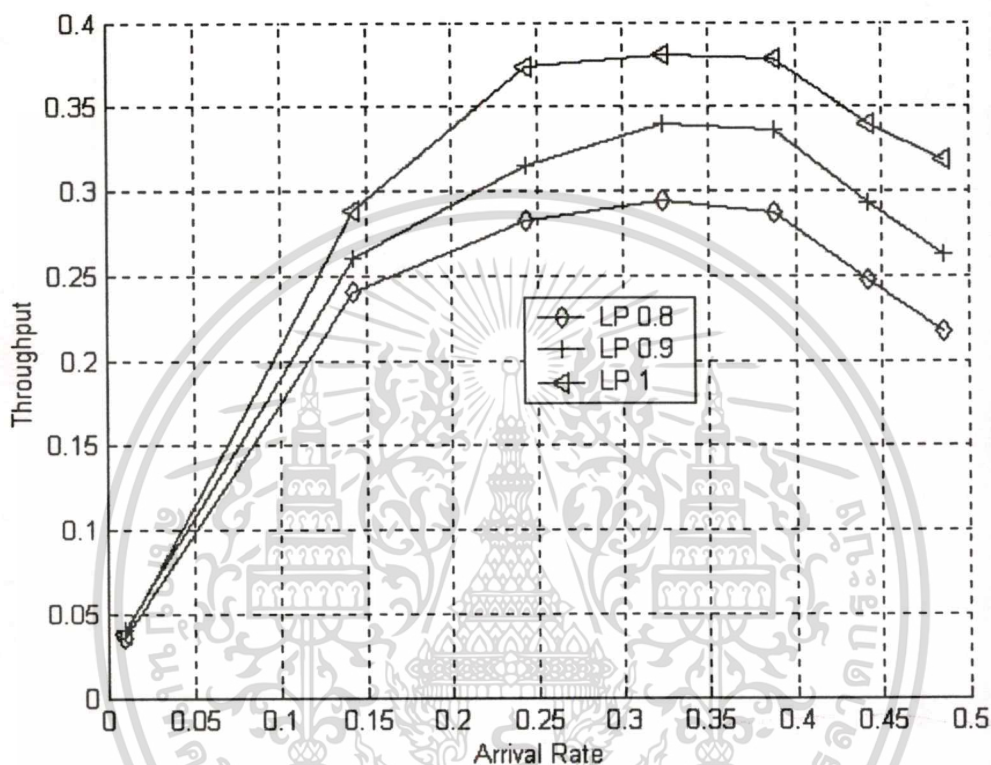
จากรูปที่ 4.9 จะพบว่าที่อัตราการเข้ามาถึง (Arrival rate: λ), ความเร็วในการส่ง, ความยาวของเซลล์เอทีเอ็ม และที่ค่า Location parameter เท่าๆ กัน การเข้าแบบถึงสุ่มอะโลฮารวมดา จะมีค่าวิสัยสามารถสูงสุดน้อยกว่า การเข้าแบบถึงสุ่มสล็อตอะโลฮา โดยที่การเข้าแบบถึงสุ่มอะโลฮารวมดาจะมีค่าวิสัยสามารถสูงสุดอยู่ที่อัตราการเข้ามาถึงประมาณ 0.24 ส่วนการเข้าแบบถึงสุ่มสล็อตอะโลฮาจะมีค่าวิสัยสามารถสูงสุดอยู่ที่อัตราการเข้ามาถึงประมาณ 0.325



รูปที่ 4.10 ค่าหน่วยเวลาต่ออัตราการเข้ามาถึงที่ ค่าความยาวเซลล์เอทีเอ็มเท่ากับ 424 บิต ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps และค่า Location parameter เท่ากับ 1

จากรูปที่ 4.10 จะพบว่าที่อัตราการเข้ามาถึง (Arrival rate: λ), ความเร็วในการส่ง, ความยาวของเซลล์เอทีเอ็ม และที่ค่า Location parameter เท่าๆ กัน การเข้าแบบถึงสุ่มอะโลฮารวมดาจะมีค่าหน่วยเวลามากกว่า การเข้าแบบถึงสุ่มสล็อตอะโลฮา เช่นที่อัตราการเข้ามาถึงเท่ากับ 0.45 การเข้าแบบถึงสุ่มอะโลฮารวมดาจะมีค่าหน่วยเวลาประมาณ 1.9 วินาที ส่วนการเข้าแบบถึงสุ่มสล็อตอะโลฮาจะมีค่าหน่วยเวลาประมาณ 1.45 วินาที เป็นต้น

4.5.2 กรณีที่ 2 วิเคราะห์ผลกระทบของค่า Location parameter (LP) ต่อระบบ
กรณีที่ 2 วิเคราะห์ผลกระทบของค่า Location parameter (LP) ต่อระบบ โดยที่ใช้การ
เข้าแบบถึงสุ่มสล็อตอะโหลฮา และจะกำหนดให้ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps, ความยาว
ของเซลล์เอ-ทีเอ็มเท่ากับ 424 บิต และค่า Location parameter มีค่าเท่ากับ 0.8 0.9 และ 1



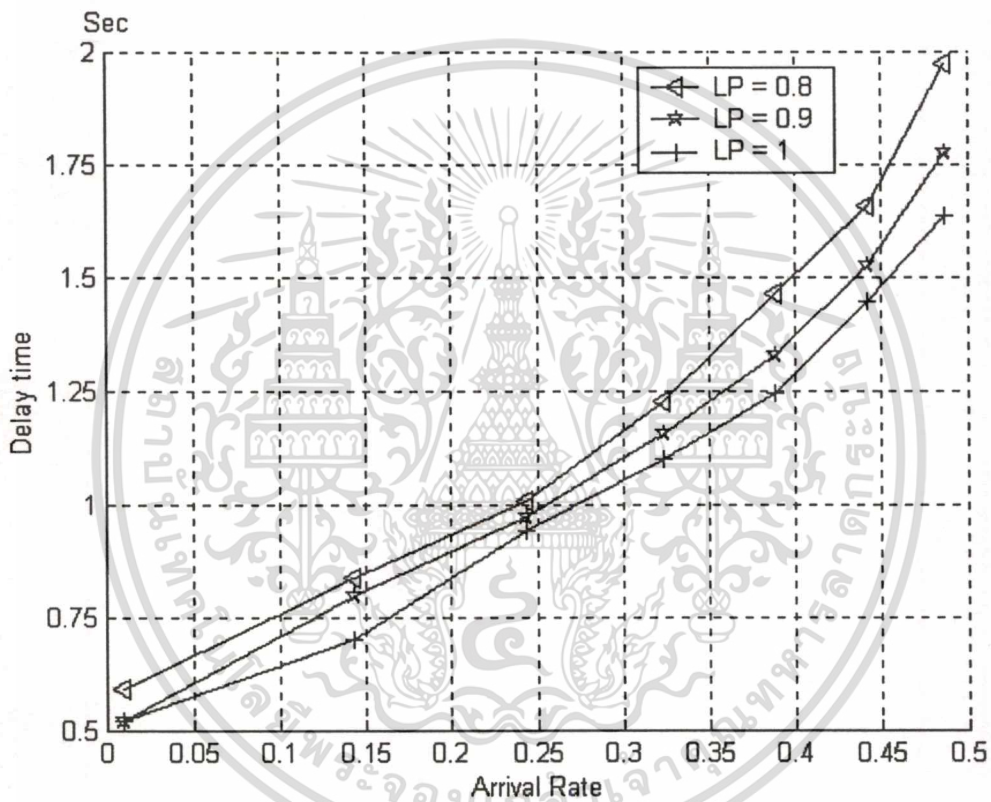
รูปที่ 4.11 ค่าวิสัยสามารถต่ออัตราการเข้ามาถึงที่ ค่าความยาวเซลล์เอทีเอ็มเท่ากับ 424 บิต
ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps และที่ค่า Location parameter ต่างๆ

จากรูปที่ 4.11 จะพบว่าที่อัตราการเข้ามาถึง (Arrival rate: λ), ความเร็วในการส่ง,
ความยาวของเซลล์เอทีเอ็มเท่าๆ กัน ที่ค่า Location parameter เท่ากับ 1 จะมีค่าวิสัยสามารถสูง
สุดมากกว่า ที่ค่า Location parameter เท่ากับ 0.8

โดยที่ค่า Location parameter เท่ากับ 0.8 มีค่าวิสัยสามารถสูงสุดประมาณ 0.29, ที่ค่า
Location parameter เท่ากับ 0.9 มีค่าวิสัยสามารถสูงสุดประมาณ 0.34 และที่ค่า Location
parameter เท่ากับ 1 มีค่าวิสัยสามารถสูงสุดประมาณ 0.38 ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.12 จะพบว่าที่อัตราการเข้ามาถึง (Arrival rate: λ), ความเร็วในการส่ง, ความยาวของเซลล์เอทีเอ็มเท่าๆ กัน ที่ค่า Location parameter เท่ากับ 1 จะมีค่านองเวลาน้อยกว่า ที่ค่า Location parameter เท่ากับ 0.8

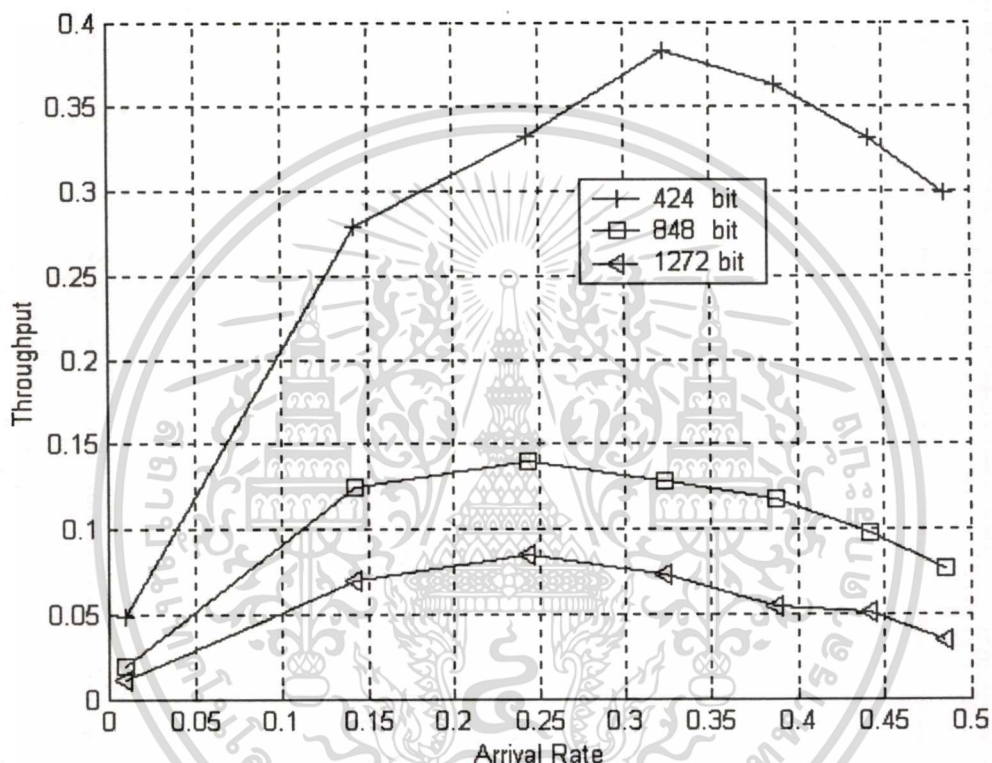
โดยที่สามารถพิจารณาที่อัตราการเข้ามาถึงเท่ากับ 0.45 ที่ค่า Location parameter เท่ากับ 0.8 จะมีค่านองเวลาประมาณ 1.74 วินาที, ที่ค่า Location parameter เท่ากับ 0.9 จะมีค่านองเวลาประมาณ 1.62 วินาที และที่ค่า Location parameter เท่ากับ 1 จะมีค่านองเวลาประมาณ 1.48 วินาที ตามลำดับ



รูปที่ 4.12 ค่านองเวลาต่ออัตราการเข้ามาถึงที่ ค่าความยาวเซลล์เอทีเอ็มเท่ากับ 424 บิต ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps และที่ค่า Location parameter ต่างๆ

4.5.3 กรณีที่ 3 วิเคราะห์ผลกระทบของความยาวเซลล์เอทีเอ็ม (Cell length) ต่อระบบ

กรณีที่ 2 วิเคราะห์ผลกระทบความยาวของเซลล์เอทีเอ็ม (Cell length) ต่อระบบ โดยที่ใช้การเข้าแบบถึงสุ่มสล็อตอะโลฮา และจะกำหนดให้ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps, ค่า Location parameter มีค่าเท่ากับ 1 และความยาวของเซลล์เอทีเอ็มเท่ากับ 424, 848 และ 1272 บิต



รูปที่ 4.13 ค่าวิสัยสามารถต่ออัตราการเข้ามาถึงที่ ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps ค่า Location parameter เท่ากับ 1 และค่าความยาวเซลล์เอทีเอ็มเท่าต่างๆ

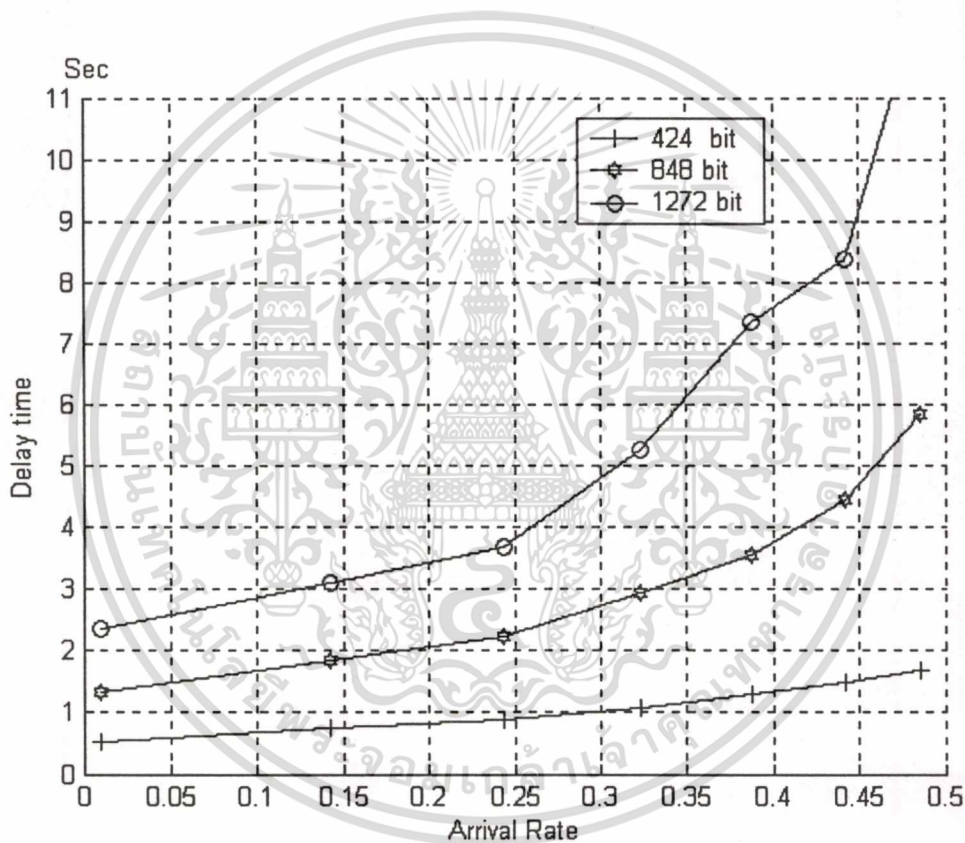
จากรูปที่ 4.13 จะพบว่าที่อัตราการเข้ามาถึง, ความเร็วในการส่ง และที่ค่า Location parameter เท่าๆ กัน ค่าความยาวของเซลล์เอทีเอ็มที่มีค่าเท่ากับ 424 บิต จะมีค่าวิสัยสามารถสูงสุดมากกว่า ค่าความยาวของเซลล์เอทีเอ็มที่มีค่าเท่ากับ 1272 บิต

โดยที่ค่าความยาวของเซลล์เอทีเอ็มที่มีค่าเท่ากับ 424 บิต มีค่าวิสัยสามารถสูงสุดประมาณ 0.38 ที่ค่าความยาวของเซลล์เอทีเอ็มที่มีค่าเท่ากับ 828 บิต มีค่าวิสัยสามารถสูงสุดประมาณ 0.14 และค่าความยาวของเซลล์เอทีเอ็มที่มีค่าเท่ากับ 1272 บิต มีค่าวิสัยสามารถสูงสุดประมาณ 0.085 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.14 จะพบว่าที่อัตราการเข้ามาถึง (Arrival rate: λ) และที่ค่า Location parameter เท่าๆ กัน ค่าความยาวของเซลล์เอทีเอ็ม เอทีเอ็มที่มีค่าเท่ากับ 424 บิต จะมีค่าหน่วงเวลาน้อยกว่า ค่าความยาวของเซลล์เอทีเอ็มที่มีค่าเท่ากับ 1272 บิต

โดยที่สามารถพิจารณาที่อัตราการเข้ามาถึงเท่ากับ 0.25 ที่ค่าความยาวของเซลล์เอทีเอ็มที่มีค่าเท่ากับ 424 บิต มีค่าหน่วงเวลาประมาณ 0.9 วินาที ที่ค่าความยาวของเซลล์เอทีเอ็มที่มีค่าเท่ากับ 828 บิต มีค่าหน่วงเวลาประมาณ 2.2 วินาที และค่าความยาวของเซลล์เอทีเอ็มที่มีค่าเท่ากับ 1272 บิต มีค่าหน่วงเวลาประมาณ 3.9 วินาที ตามลำดับ

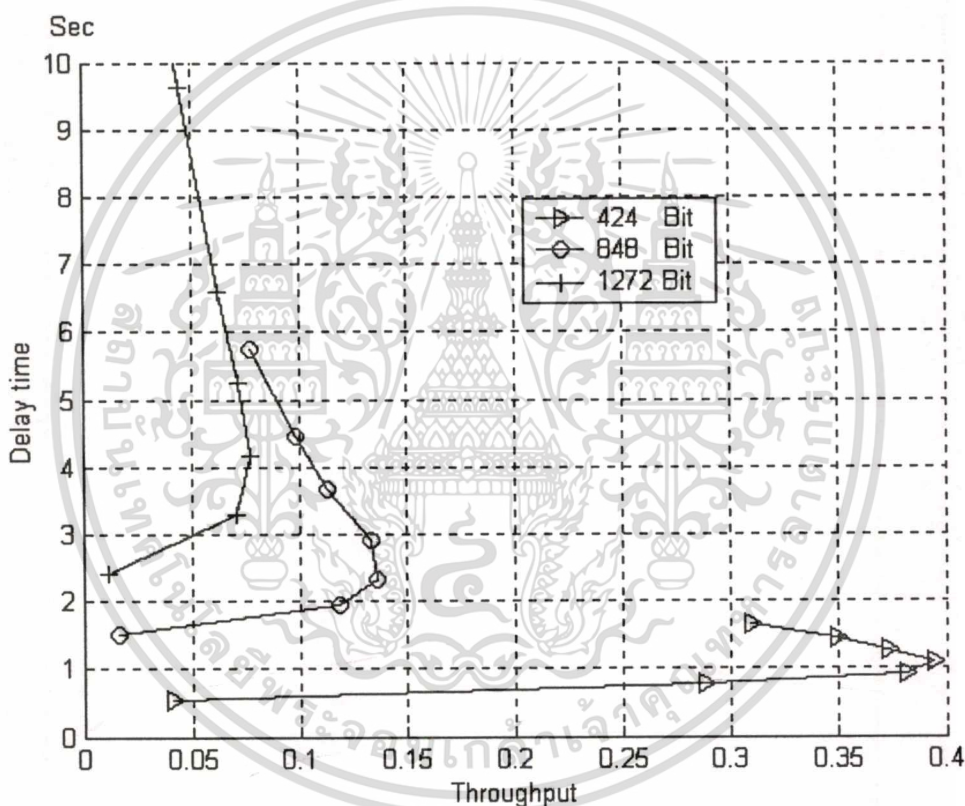


รูปที่ 4.14 ค่าหน่วงเวลาต่ออัตราการเข้ามาถึงที่ ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps ค่า Location parameter เท่ากับ 1 และค่าความยาวเซลล์เอทีเอ็มเท่าต่างๆ

4.5.4 กรณีที่ 4 วิเคราะห์ผลกระทบของค่าหน่วยเวลาต่อค่าวิสัยสามารถ

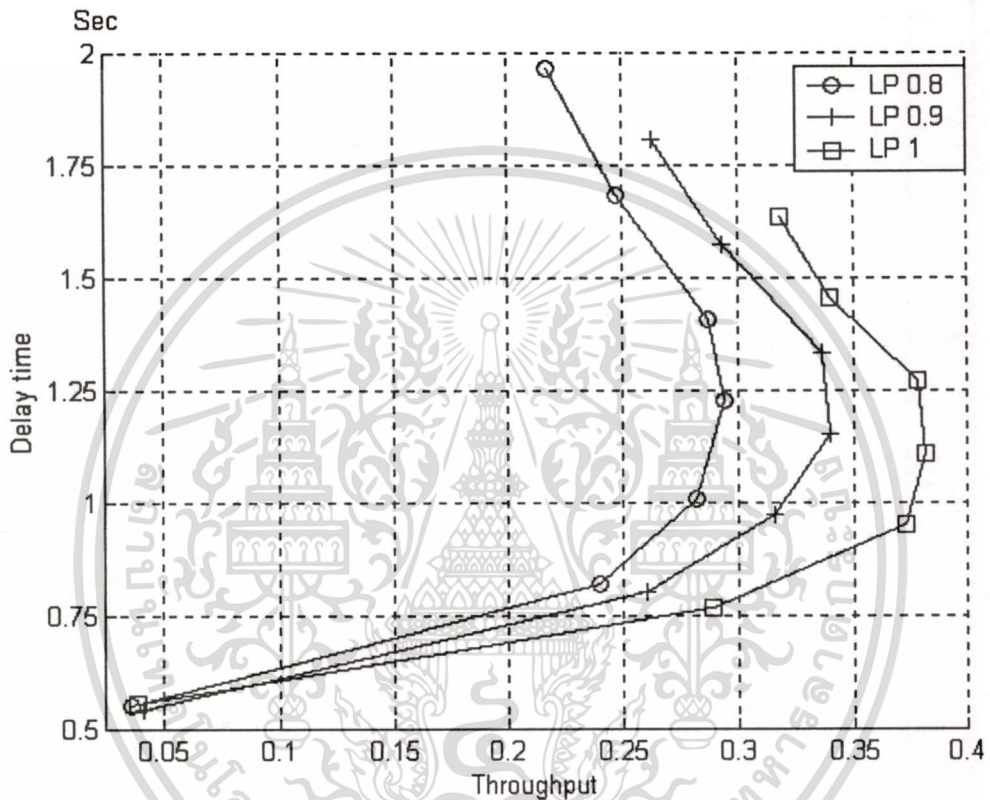
กรณีที่ 4 วิเคราะห์ผลกระทบของค่าหน่วยเวลาต่อค่าวิสัยสามารถ โดยที่ใช้การเข้าแบบ ถึงสุ่มสล็อตอะโลฮา และจะกำหนดให้ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps

จากรูปที่ 4.15 กำหนดให้ความยาวของเซลล์เอทีเอ็มเท่ากับ 424, 848 และ 1272 บิต และค่า Location parameter มีค่าเท่ากับ 1 จะพบว่าความเร็วในการส่งเท่าๆ กัน ค่าความยาวของเซลล์เอทีเอ็มที่มีค่าเท่ากับ 424 บิต จะมีค่าวิสัยสามารถมากกว่า ค่าความยาวของเซลล์เอทีเอ็มที่มีค่าเท่ากับ 1272 บิต และในทำนองเดียวกันนี้ ที่ค่าวิสัยสามารถสูงสุด จะมีค่าหน่วยเวลาน้อยกว่าอีกด้วยดังตารางที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.15 ค่าหน่วยเวลาต่อค่าวิสัยสามารถที่ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps, ค่า Location parameter 1 และค่าความยาวเซลล์เอทีเอ็มต่างๆ

จากรูปที่ 4.16 กำหนดให้ความยาวของเซลล์เอทีเอ็มเท่ากับ 424 บิต และค่า Location parameter มีค่าเท่ากับ 0.8, 0.9 และ 1 จะพบว่าความเร็วในการส่งเท่าๆ กัน ค่า Location parameter มีค่าเท่ากับ 1 จะมีค่าวิสัยสามารถมากกว่าค่า Location parameter มีค่าเท่ากับ 0.8 และในทำนองเดียวกันนี้ ที่ค่าวิสัยสามารถสูงสุด จะมีค่าหน่วงเวลาน้อยกว่าอีกด้วย ดังตารางที่ 4.3 และ 4.4



รูปที่ 4.16 ค่าหน่วงเวลาต่อค่าวิสัยสามารถที่ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps, ค่าความยาวเซลล์เอทีเอ็ม 424 บิต และที่ค่า Location parameter เท่ากับต่างๆ

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลค่าวิสัยที่สามารถที่จำนวนบิต 424, 848 และ 1274 บิต

จำนวน-บิต	ค่าวิสัย สามารถ	ค่าวิสัย สามารถ	ค่าวิสัย สามารถ	ค่าวิสัย สามารถ	ค่าวิสัย สามารถ	ค่าวิสัย สามารถ	ค่าวิสัย สามารถ
424	0.0399	0.28842	0.36288	0.3984	0.3756	0.33786	0.31764
848	0.01266	0.11448	0.13236	0.12486	0.11382	0.09839	0.0765
1272	0.0099	0.07193	0.07626	0.07115	0.05898	0.0417	0.03636

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลค่าหน่วงเวลาที่จำนวนบิต 424, 848 และ 1274 บิต

จำนวน-บิต	ค่าหน่วง เวลา	ค่าหน่วง เวลา	ค่าหน่วง เวลา	ค่าหน่วง เวลา	ค่าหน่วง เวลา	ค่าหน่วง เวลา	ค่าหน่วง เวลา
424	0.5296	0.7733	0.9167	1.0953	1.2634	1.4908	1.6318
848	1.2881	1.8315	2.4331	2.965	3.6842	4.4549	5.8022
1272	2.4852	3.1491	4.2331	5.3179	7.0194	10.301	11.972

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลค่าวิสัยที่สามารถที่ค่า Location parameter เท่ากับ 0.8, 0.9 และ 1

Location parameter	ค่าวิสัย สามารถ	ค่าวิสัย สามารถ	ค่าวิสัย สามารถ	ค่าวิสัย สามารถ	ค่าวิสัย สามารถ	ค่าวิสัย สามารถ	ค่าวิสัย สามารถ
0.8	0.0304	0.2362	0.2944	0.3007	0.2784	0.2497	0.2234
0.9	0.0379	0.2674	0.3285	0.3424	0.3291	0.2991	0.2595
1	0.0435	0.2992	0.3382	0.4000	0.3826	0.3501	0.3137

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลค่าหน่วงเวลาที่ค่า Location parameter เท่ากับ 0.8, 0.9 และ 1

Location parameter	ค่าหน่วง เวลา	ค่าหน่วง เวลา	ค่าหน่วง เวลา	ค่าหน่วง เวลา	ค่าหน่วง เวลา	ค่าหน่วง เวลา	ค่าหน่วง เวลา
0.8	0.5947	0.8232	1.0301	1.2091	1.4251	1.6361	1.18
0.9	0.5501	0.7392	0.98456	1.1603	1.3432	1.5676	1.71
1	0.5413	0.7727	0.93556	1.0837	1.2642	1.4557	1.647

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

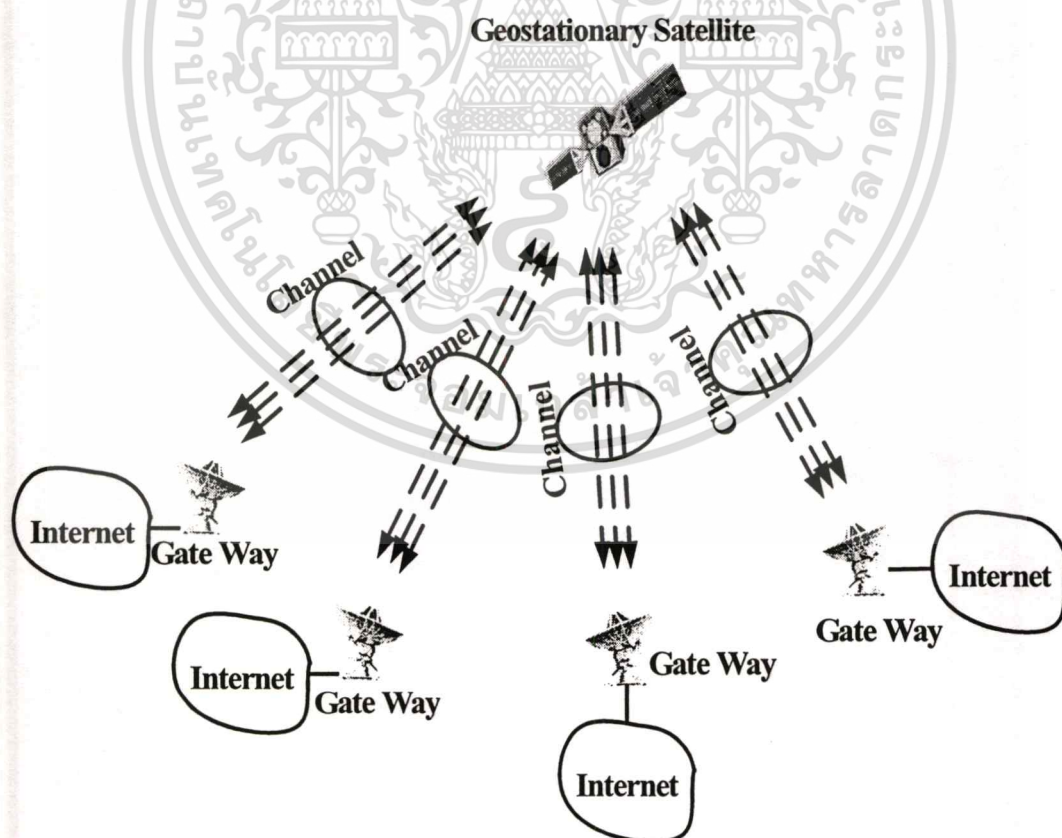
บทที่ 5

การวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์

5.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะเป็นการวิเคราะห์และศึกษาผลของการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็มด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ โดยที่ให้การเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮา และในการเข้าถึงแบบสุ่มจะเกิดการชนกันของเซลล์เอทีเอ็มขึ้น ดังนั้นจึงต้องการการส่งเซลล์เอทีเอ็มเหล่านั้นซ้ำ ในบทความนี้จะใช้การส่งเซลล์เอทีเอ็มซ้ำแบบเอกซ์โพเนนเชียล และยังวิเคราะห์ระบบการเข้าถึงระหว่างตัวตามเทียบกับสถานีฐานเป็นแบบหลายช่องสัญญาณ โดยที่จะพิจารณาออกมาในรูปแบบโดยทั่วไปคือ ค่าวิสัย-สามารถ (Throughput) และ (Delay time) โดยจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป ดังนี้

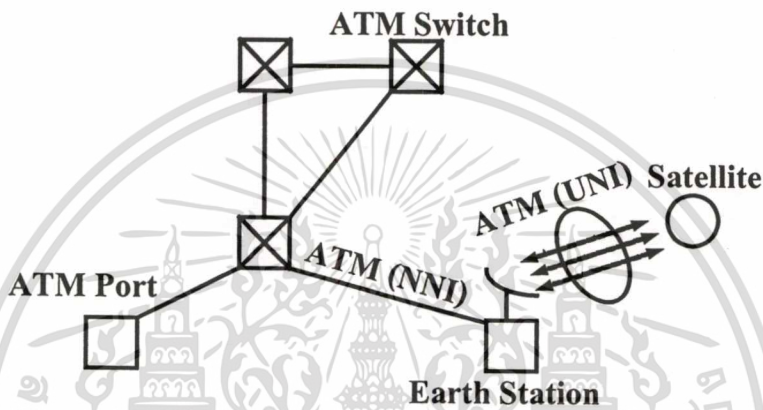
5.2 แบบจำลองของระบบดาวเทียมเอทีเอ็มที่ใช้ในการวิเคราะห์



รูปที่ 5.1 โครงข่ายดาวเทียมเอทีเอ็มในระบบแบบหลายช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงข่ายดาวเทียมเอทีเอ็ม (Satellite ATM) นั้นสถานีฐานจะเชื่อมต่อกับโครงข่าย Internets ATM ความเร็วสูงดังรูปที่ 5.1 โดยที่การสื่อสารระหว่างตัวดาวเทียมกับสถานีฐานจะใช้คลื่นวิทยุ และการกระจายข่าวสารจากดาวเทียมมายังสถานีฐานจะใช้วิธีการกระจายข่าวสาร (Broadcast) ส่วนการส่งข่าวสารจะใช้การเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮา โดยที่เซลล์ที่ส่งระหว่างสถานีฐานกับดาวเทียมจะเป็นเซลล์เอทีเอ็มที่มีส่วนหัวแบบ UNI ในขณะที่การส่งระหว่างสถานีฐานกับโครงข่ายเอทีเอ็มนั้นจะเป็นเซลล์เอทีเอ็ม ที่มีส่วนหัวแบบ NNI ดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 การเชื่อมต่อระหว่างโครงข่ายเอทีเอ็มกับสถานีฐาน

สำหรับแบบจำลองของระบบที่ใช้ในการพิจารณาเพื่อวิเคราะห์นั้นจะประกอบไปด้วยดาวเทียม 1 ดวงที่อยู่วงโคจรแบบคงที่ (Geostationary earth orbit) กับสถานีฐานจำนวน N สถานีฐาน โดยที่แต่ละสถานีฐานจะทำการส่งเซลล์ที่สร้างขึ้นใหม่ด้วยการกระจายแบบปัวส์ซองที่มีค่าเฉลี่ยเป็น $\alpha \leq 1$ เซลล์/สล็อต โดยที่ 1 สล็อตเวลาใช้เวลา τ วินาที เมื่อ τ มีค่าเท่ากับความยาวของเซลล์เอทีเอ็ม โดยที่จะมีค่า α ดังสมการที่ (5.1)

$$\alpha = \frac{\tau}{t_a} \quad (5.1)$$

ที่ α เป็นค่าเฉลี่ยในการกระจายแบบปัวส์ซองมีหน่วยเป็น เซลล์/สล็อต

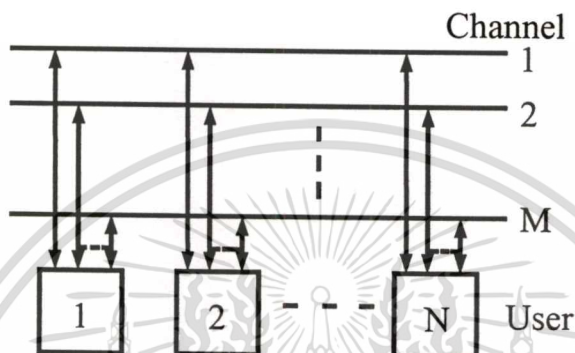
τ คือช่วงเวลาของ 1 สล็อตเวลา

t_a คือเวลาระหว่างการเกิดของแต่ละเซลล์เอทีเอ็มมีหน่วยเป็นวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาก็เท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการเข้าถึงแบบหลายช่องสัญญาณ (Multichannel Slotted ALOHA) นั้น ทุกๆ สถานี-ฐานจะต่อขนานกันกับช่องสัญญาณ จำนวน M ช่องสัญญาณ โดยที่จะมีแบนด์วิดท์ทั้งหมดเท่ากับ V เฮิรตซ์ (Hz) ซึ่งแบนด์วิดท์ของแต่ละช่องสัญญาณ M ช่องสัญญาณจะเท่ากับ V/M ดังรูปที่ 5.3 และทำการส่งเข้าไปในช่องสัญญาณ ดังนั้นโอกาสที่จะชนกันของเซลล์คือ สถานีฐานเลือกช่องสัญญาณที่จะส่งเดียวกัน และส่งที่สล็อตเวลาเดียวกันนั่นเอง[10] และเมื่อเกิดการชนกันของเซลล์ขึ้นจะทำการส่งเซลล์เหล่านั้นซ้ำแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลในช่วงเวลาถัดๆ ไป



รูปที่ 5.3 รูปแบบการเข้าถึงแบบหลายช่องสัญญาณ

จากรูปที่ 5.3 เมื่อพิจารณาช่วงเวลา T ที่ใช้ในการส่งและรับเซลล์เอทีเอ็มที่สร้างเสร็จจนกระทั่งส่งได้สำเร็จจะมีค่าดังสมการ [7]

$$T = \tau + T_R + E\{T\} + T_w \quad (5.2)$$

เมื่อ

- T_R คือ ค่าหน่วยเวลาที่เกิดจากการเดินทางของคลื่น
- τ คือ ค่าเวลาของความยาวที่ใช้ในการส่งเซลล์
- $E\{T\}$ คือ ค่าหน่วยเวลาจากการส่งซ้ำ
- T_w คือ ค่าหน่วยเวลาในการรอให้ถึงจุดเริ่มต้นของสล็อต
- T_R มีค่าดังสมการที่ (5.3)

$$T_R = 2 \cdot \frac{d}{c} \quad (5.3)$$

ที่ d คือ ระยะห่างระหว่างสถานีฐานกับดาวเทียม (เมตร) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

c คือ ความเร็วในการเดินทางของคลื่น (เมตร/วินาที)

และที่ T_w นี้เนื่องจากเซลล์เอทีเอ็มจะพร้อมที่จะทำการส่งในช่วงเวลา $(0, \tau)$ ซึ่งมีการกระจายแบบยูนิฟอร์มทำให้ช่วงเวลาเฉลี่ยในการรอเป็น 0.5τ ซึ่งค่านี้จะต้องนำมาพิจารณาในการส่งซ้ำเช่นกัน และ τ มีค่าเป็น

$$\tau = \frac{L(\text{bit})}{v} \quad (5.4)$$

ซึ่ง v คือ ความเร็วของช่องสัญญาณ(บิต/วินาที)

L คือ ความยาวของเซลล์ (บิต)

ให้ t เป็นค่าการส่งที่สำเร็จแต่ละครั้งจะมีการตอบรับกลับมาของ τ_{ACK} ว่าส่งสำเร็จมีค่าดังสมการที่ (5.5)

$$t = \tau + T_R + \tau_{ACK} + \tau \quad (5.5)$$

ขณะที่ให้ R เป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการส่งซ้ำจะมีค่าดังสมการ

$$R = 2T_R + \tau_{ACK} + \frac{(i+1)}{2} \tau + \frac{\tau}{2} \quad (5.6)$$

โดยที่ i คือจำนวนสลิตที่ทำการ backlogged เพื่อความสะดวกในการพิจารณาจะใช้โมเดลของมาร์คอฟในการพิจารณาค่า โดยที่ p คือความน่าจะเป็นที่ backlogged ของเซลล์จะถูกส่งซ้ำในสลิตต่อมาจากสลิตแรกจนกว่าจะสำเร็จ และ n คือเซลล์เอทีเอ็มที่ทำการส่งจะมีค่าดังสมการที่ (5.7)

$$\sum_{n=1}^{\infty} np (1-p)^{n-1} = \frac{1}{p} \quad (5.7)$$

กำหนดให้ p_n คือค่าที่ส่งเซลล์แล้วชน จะได้ค่าเฉลี่ยของการ backlogged ดังสมการที่ (5.8)

$$E\{n\} = \sum_{n=0}^N np_n \quad (5.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ S คือค่าวิสัยสามารถและใช้กฎของลิตเติล (Little's Law) จะได้ช่วงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการ backlogged ได้หน่วยเป็นวินาที

$$E\{T\} = \tau \left[\frac{E\{n\}}{S} \right] \quad (5.9)$$

จากนั้นนำสมการที่ (5.8) และ (5.9) แทนลงในสมการที่ (5.2) จะได้คำนวณช่วงเวลาเฉลี่ยทั้งหมด

5.3 โมเดลคณิตศาสตร์ที่ใช้วิเคราะห์

ในการพิจารณานี้จะอธิบายโดย Discrete time Markov Chain ดังรูปที่ 5.4 ซึ่งจะพิจารณาอยู่ 2 สถานะ คือช่องสัญญาณว่าง (หรือส่งสำเร็จ) และช่องสัญญาณไม่ว่าง (หรือเกิดการชนกันขึ้น) กำหนดให้ $p(t)$ แทนความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์เอทีเอ็มเข้า ณ สล็อตเวลานั้นๆ (t^{th}) และ r คืออัตราความน่าจะเป็นของความสำเร็จที่จะส่งซ้ำ ที่ $r = (1/p)$ ดังสมการที่ (5.7) โดยที่เมื่อพิจารณา $p(t)$ ที่ช่วงเวลาถัดไป $p(t+1)$ จะสามารถพิจารณาได้ดังนี้

$$\text{- ถ้าจำนวนช่องสัญญาณว่าง } (M) \geq \lfloor x * M \rfloor, p(t+1) = \min\{p_{\max}, p(t)/r\}$$

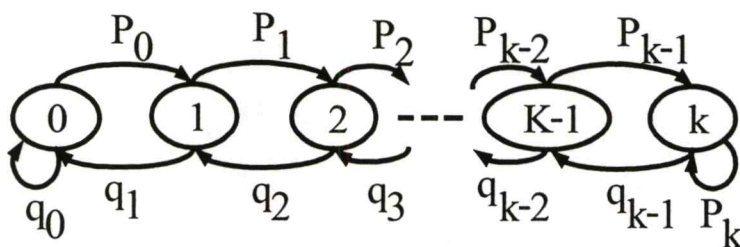
$$\text{- ถ้าจำนวนช่องสัญญาณว่าง } (M) < \lfloor x * M \rfloor, p(t+1) = \max\{p_{\min}, p(t) * r\}$$

ที่ $0 < x < 1, x$ คืออัตราความน่าจะเป็นที่จะส่งซ้ำในการเลือกช่องสัญญาณ,

$0 < r < 1, 0 < p_{\max} \leq 1, k$ คือระดับของขบวนการ backlogged (หรือส่งซ้ำ) ซึ่งเป็นตัวกำหนดความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำที่น้อยที่สุด และเป็นเลขจำนวนเต็มบวก ดังนั้นจะได้

$$p_{\min} = r^k$$

ส่วนเงื่อนไขการส่งจะสมมุติว่าทุกๆ สถานะฐานมีเซลล์ที่ถูกส่งอยู่ทุกๆ สล็อต โดยสถานะของการ backlog คือ $X_n = (n = 0, 1, 2, \dots, k)$ ดังนั้น $p = r^k$ และความน่าจะเป็นที่ระบบจากสถานะที่ n จะมีการเปลี่ยนเป็นสถานะ $j, P(n, j)$ ในสล็อตต่อไปดังรูปที่ 5.4 จะมีค่าดังสมการที่ (5.10)



รูปที่ 5.4 การเปลี่ยนสถานะของ Markov chain

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P(n, j) = \begin{cases} q_0, & n = j = 0 \\ p_k, & n = j = k \\ p_n, & j = n + 1 \text{ and } 0 \leq n \leq k - 1 \\ q_n, & j = n - 1 \text{ and } 0 < n \leq k \end{cases} \quad (5.10)$$

ที่ p_n คือความน่าจะเป็นของจำนวนช่องสัญญาณว่าง ($M < [x * M]$) ที่สถานะ n ของระบบมีค่าดังนี้ (ส่งแล้วชน)

$$p_n = \sum_{j=0}^{[x * M]-1} \binom{M}{j} \left\{ 1 - \frac{r^n}{M} \right\}^j \left\{ 1 - \left(1 - \frac{r^n}{M} \right)^N \right\}^{M-j} \quad (5.11)$$

และที่ q_n คือความน่าจะเป็นของจำนวนช่องสัญญาณว่าง ($M \geq [x * M]$) ที่สถานะ n ของระบบมีค่าดังนี้ (ส่งสำเร็จ)

$$q_n = 1 - p_n \quad (5.12)$$

กำหนดให้ Π และ P เป็นความน่าจะเป็นของลิมิตเวกเตอร์ซึ่งเป็นเมตริกซ์ ของการเปลี่ยนสถานะแต่ละสถานะ ตามลำดับ และเมื่อคูณกันเข้าไปแล้วจะได้เป็นค่าความน่าจะเป็นระบบที่ i เปลี่ยนเป็นสถานะ k ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดที่ว่า

$$\Pi = \Pi P \quad \text{ที่} \quad \sum_{i=0}^k \Pi_i = 1 \quad (5.13)$$

ซึ่งหมายความว่าความน่าจะเป็นที่ระบบจะเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปยังสถานะหนึ่งรวมการกันแล้วมีค่าเป็น 1 นั้นเอง แสดงว่าเข้าสู่ภาวะสมดุลของระบบหลังจากนั้นจะได้สมการค่าวิสัย-สามารถ (Throughput) ดังสมการที่ (5.16)

ดังนั้นจากการกำหนดค่า Π ค่าเฉลี่ยของจำนวนสถานีที่อยู่ในสถานะบล็อกที่ n (Π_n) ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนแบคล็อก (backlogged) เซลล์มีค่าดังนี้

$$E\{n\} = \sum_{n=0}^k n \Pi_n \quad (5.14)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และค่าวิสัยสามารถที่สถานีฐานนั้นๆจะมีค่าเป็นดังสมการที่ (5.15) โดยที่ N คือจำนวนสถานีฐาน

$$s(N) = \frac{1}{M} \cdot \sum_{j=0}^N \left\{ \binom{N}{j} (r^n)^j (1-r^n)^{N-j} j \left(1 - \frac{1}{M}\right)^{j-1} \right\} \quad (5.15)$$

จะได้ค่าวิสัยสามารถเฉลี่ยมีค่าเป็น

$$S = \sum_{n=0}^k \Pi_n s(N) \quad (5.16)$$

และช่วงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งซ้ำจะมีค่าเป็น

$$E\{T\} = \tau \left[\frac{E\{n\}}{S} \right] \quad (5.17)$$

นำสมการที่ (5.16) และ (5.17) มาแทนลงในสมการที่ (5.2) จะได้ค่าหน่วงเวลาทั้งหมดในการส่งเซลล์เอทีเอ็มซึ่งมีค่าเป็นดังนี้

$$T_{Delay} = T_R + 0.5\tau + \tau \left[\frac{\sum_{n=0}^k n \Pi_n}{\sum_{n=0}^k \Pi_n s(N)} \right] \quad (5.18)$$

5.4 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์

จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ ในหัวข้อนี้จะพิจารณาผลของการวิเคราะห์ โดยจะแบ่งออกเป็น 3 กรณี เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากตัวแปรต่างๆ ในระบบคือ

- กรณีที่ 1 วิเคราะห์ผลกระทบต่อจำนวนช่องสัญญาณว่าจะมีผลต่อระบบอย่างไร
- กรณีที่ 2 วิเคราะห์ผลกระทบของค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำ (r) ต่อระบบ
- กรณีที่ 3 วิเคราะห์ผลกระทบของระดับของการส่งเซลล์ซ้ำ (n) ว่าจะมีผลต่อระบบอย่างไร

โดยจะสามารถพิจารณาในหัวข้อที่ 5.4.1, 5.4.2 และ 5.4.3 ต่อไป

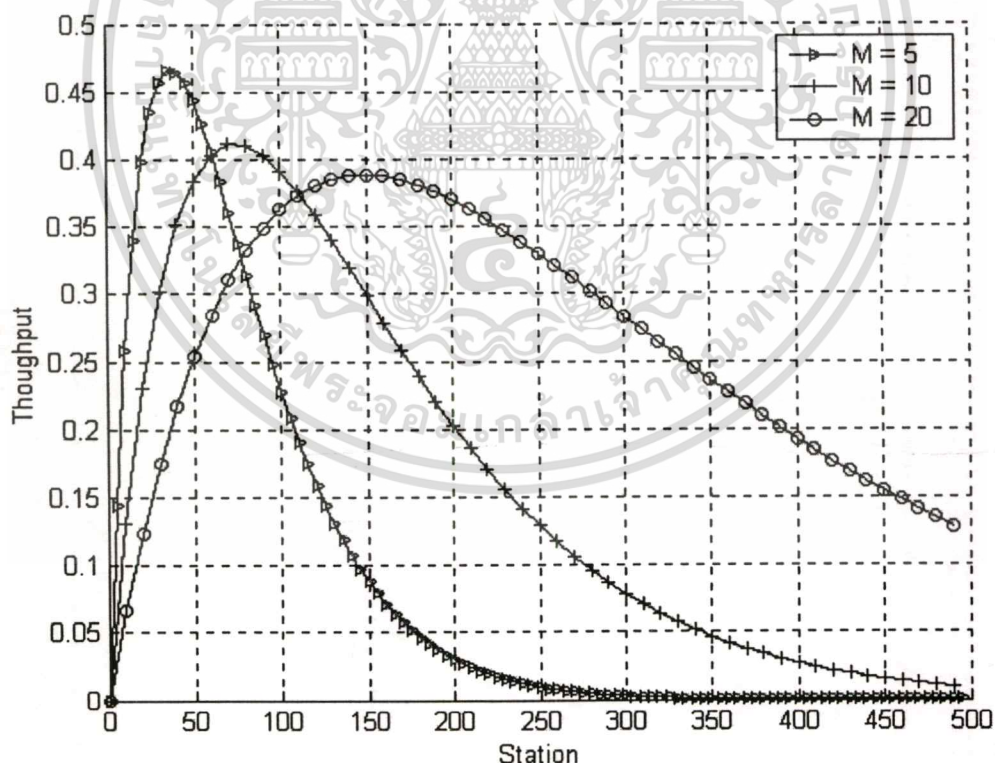
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.1 กรณีที่ 1 วิเคราะห์ผลกระทบต่อจำนวนช่องสัญญาณว่าจะมีผลต่อระบบอย่างไร

กรณีที่ 1 วิเคราะห์ผลกระทบต่อจำนวนช่องสัญญาณว่าจะมีผลต่อระบบอย่างไร โดยที่จะกำหนดให้ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps, ความยาวของเซลล์ไอทีเอ็มเท่ากับ 424 บิต, ระดับของการส่งเซลล์ซ้ำเท่ากับ 9, ความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำเท่ากับ 0.8 และจำนวนช่องสัญญาณเท่ากับ 5, 10 และ 20 ช่องสัญญาณ

จากรูปที่ 5.5 จะพบว่าเมื่อช่องสัญญาณเพิ่มมากขึ้นจาก 5 ช่องสัญญาณไปเป็น 20 ช่องสัญญาณ ค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบจะลดลง และเมื่อจำนวนช่องสัญญาณเพิ่มมากขึ้นจะสามารถรองรับผู้ใช้บริการได้มากขึ้น แต่ในทำนองเดียวกันนี้จำนวนช่องสัญญาณเท่ากับ 5 ช่องสัญญาณจะมีค่าวิสัยสามารถสูงสุดมากกว่า 20 ช่องสัญญาณ

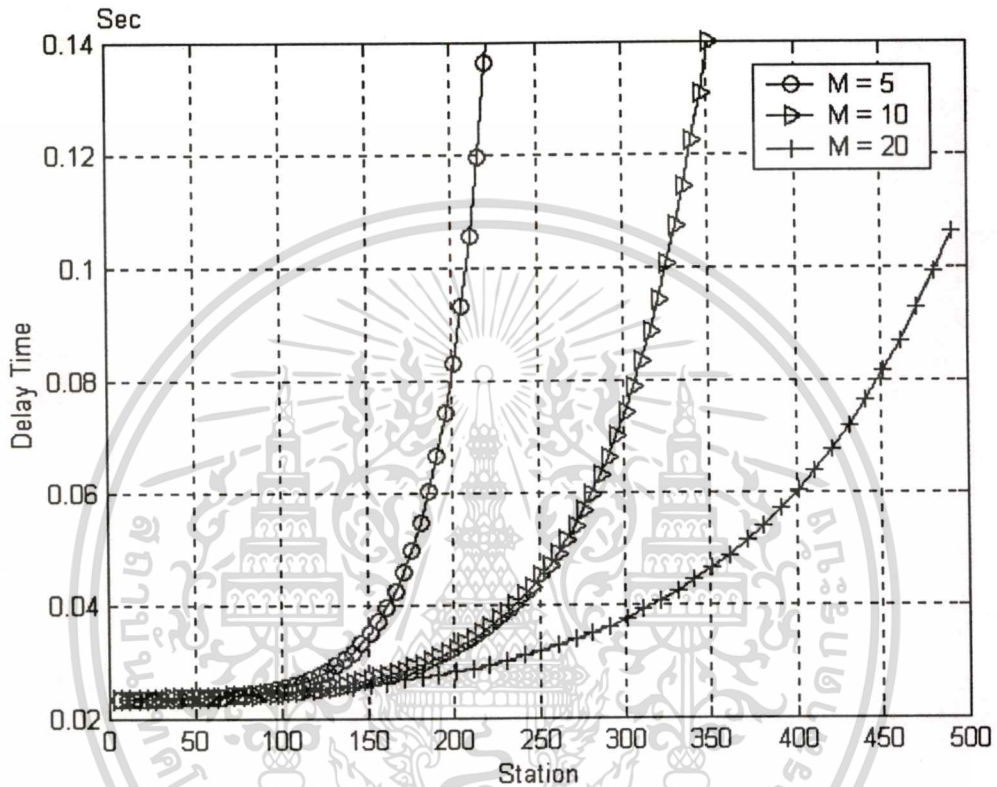
โดยที่ค่าวิสัยสามารถสูงสุดที่จำนวนช่องสัญญาณเท่ากับ 5 ช่องสัญญาณ มีค่าประมาณ 0.47, ที่ค่าวิสัยสามารถสูงสุดที่จำนวนช่องสัญญาณเท่ากับ 10 ช่องสัญญาณ มีค่าประมาณ 0.41 และที่ค่าวิสัยสามารถสูงสุดที่จำนวนช่องสัญญาณเท่ากับ 20 ช่องสัญญาณ มีค่าประมาณ 0.37



รูปที่ 5.5 ค่าวิสัยสามารถต่อจำนวนสถานีฐานที่ช่องสัญญาณ (M) เท่ากับ 5, 10, 20 และค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำ (r) เท่ากับ 0.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.6 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลาต่อจำนวนสถานีฐาน โดยที่จะกำหนดให้ช่องสัญญาณ และค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำเท่ากับรูปที่ 5.5 จะพบว่าเมื่อช่องสัญญาณเพิ่มขึ้นจาก 5 ช่องสัญญาณไปเป็น 20 ช่องสัญญาณ ค่าการหน่วงเวลาก็ลดลงมาก ทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้นตามไปด้วย



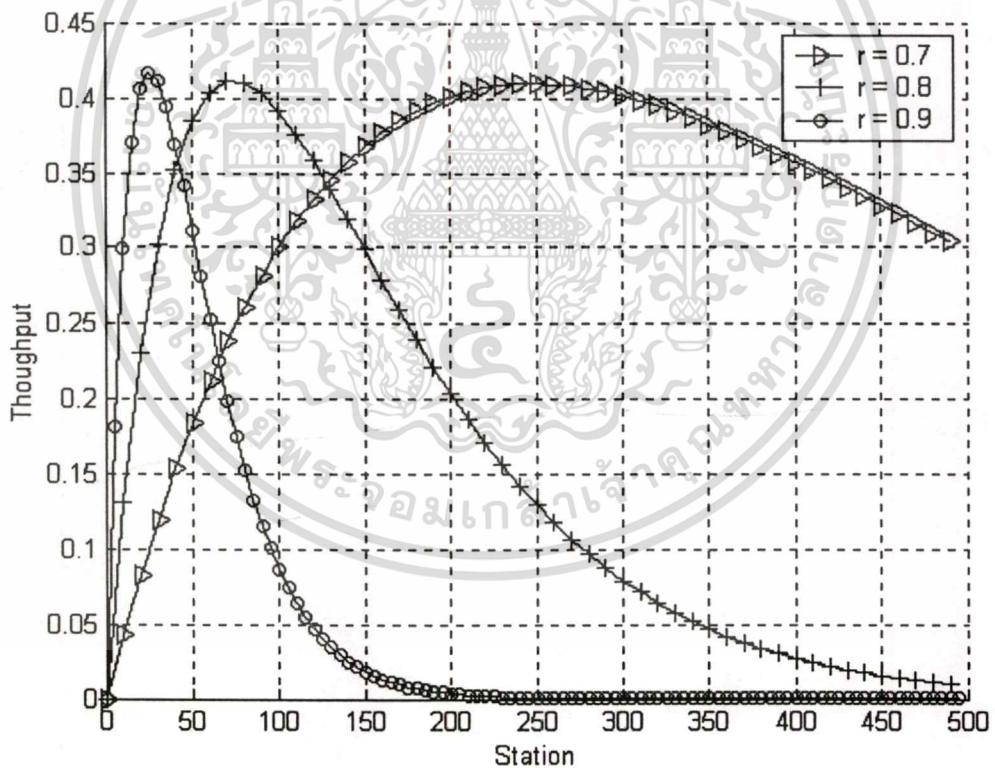
รูปที่ 5.6 ค่าหน่วงเวลาต่อจำนวนสถานีฐานที่ช่องสัญญาณ (M) เท่ากับ 5, 10, 20 และค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำ (r) เท่ากับ 0.8

5.4.2 กรณีที่ 2 วิเคราะห์ผลกระทบของค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำต่อระบบ

กรณีที่ 2 วิเคราะห์ผลกระทบของค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำต่อระบบ โดยที่จะกำหนดให้ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps, ความยาวของเซลล์เอทีเอ็มเท่ากับ 424 บิต, ระดับของการส่งเซลล์ซ้ำเท่ากับ 9, จำนวนช่องสัญญาณเท่ากับ 10 ช่องสัญญาณ และ ความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำเท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9

จะพบว่าเมื่อค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำเพิ่มจาก 0.7 เป็น 0.9 ค่าวิสัยสามารถของระบบจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อจำนวนสถานีฐานเพิ่มขึ้น แต่ค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบยังคงมีค่าเท่ากัน และในทำนองเดียวกันเมื่อค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำมีค่าน้อยก็ยังสามารถรองรับสถานีฐานได้มากขึ้นเช่นกัน

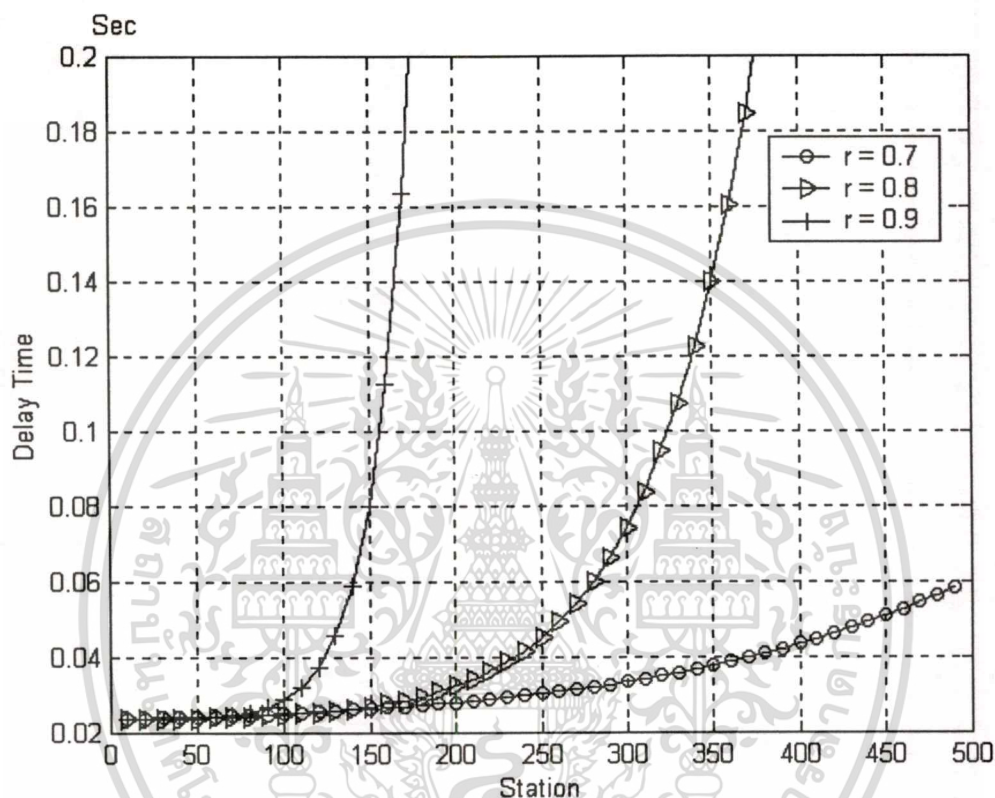
โดยที่ค่าวิสัยสามารถสูงสุดที่ค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำเท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 มีค่าประมาณ 0.41



รูปที่ 5.7 ค่าวิสัยสามารถต่อจำนวนสถานีฐานที่ช่องสัญญาณ (M) เท่ากับ 10 และค่าความน่าจะเป็นที่จะส่ง เซลล์ซ้ำ (r) เท่ากับ 0.7, 0.8, 0.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลาต่อจำนวนสถานีฐาน โดยที่จะกำหนดให้ช่องสัญญาณเท่ากับ 10 และระดับของการส่งเซลล์ซ้ำเท่ากับ 9 ซึ่งเท่ากับรูปที่ 5.7 จะพบว่าเมื่อค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำลดลงจาก 0.9 เป็น 0.7 ค่าการหน่วงเวลาก็ลดลงมากทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้นตามไปด้วย



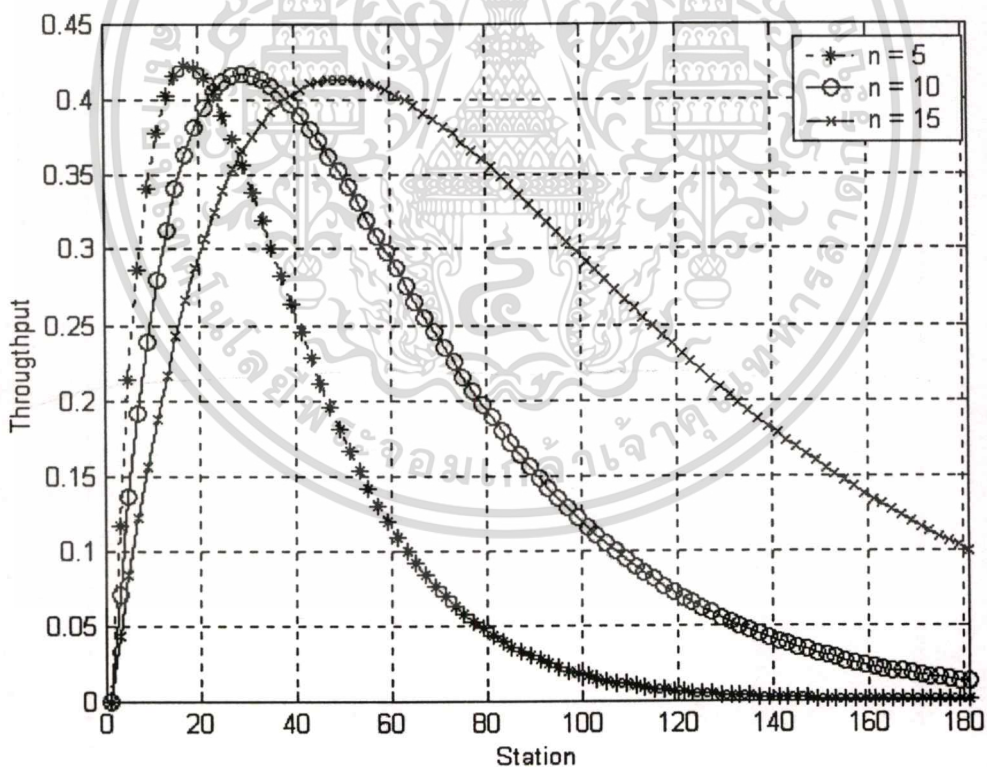
รูปที่ 5.8 ค่าหน่วงเวลาต่อจำนวนสถานีฐานที่ช่องสัญญาณ (M) เท่ากับ 10 และค่าความน่าจะเป็นที่จะส่ง เซลล์ซ้ำ (r) เท่ากับ 0.7, 0.8, 0.9

5.4.3 กรณีที่ 3 วิเคราะห์ผลกระทบของระดับของการส่งเซลล์ซ้ำว่าจะมีผลต่อระบบอย่างไร

กรณีที่ 3 วิเคราะห์ผลกระทบของระดับของการส่งเซลล์ซ้ำว่าจะมีผลต่อระบบอย่างไร โดยที่จะกำหนดให้ความเร็วที่ใช้ในการส่ง 155.52 Mbps, ความยาวของเซลล์เอทีเอ็มเท่ากับ 424 บิต, ระดับของการส่งเซลล์ซ้ำเท่ากับ 5, 10 และ 15, จำนวนช่องสัญญาณเท่ากับ 10 ช่องสัญญาณ และ ความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำเท่ากับ 0.8

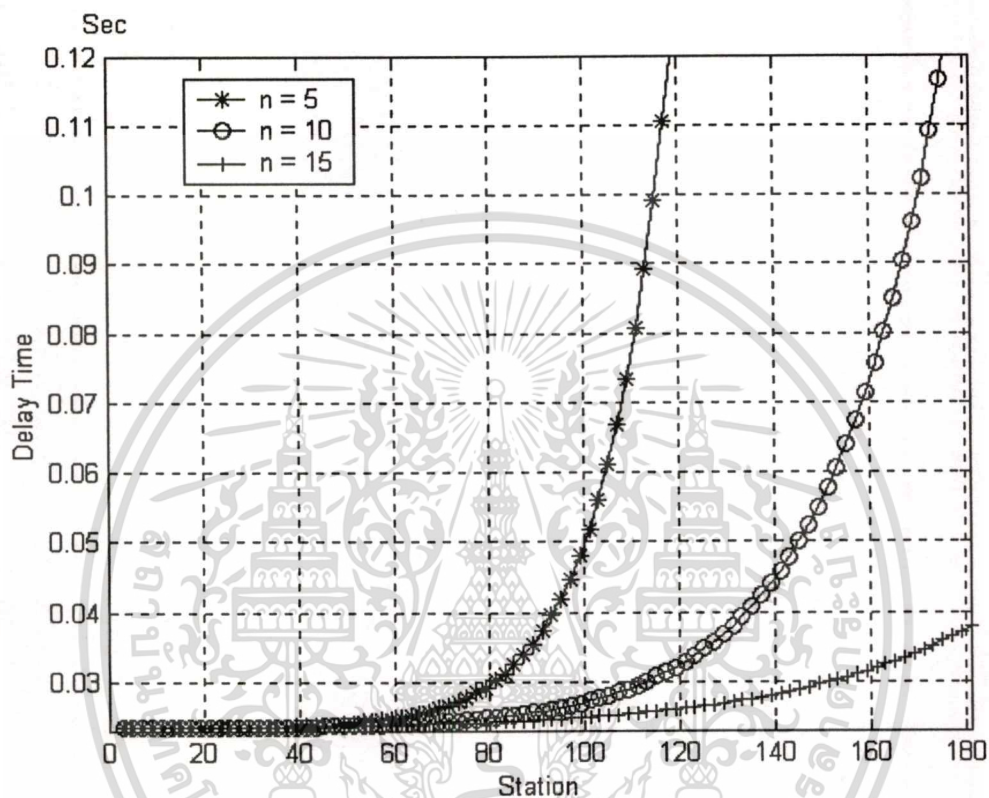
จากรูปที่ 5.9 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิสัยสามารถต่อจำนวนสถานีฐาน โดยจะกำหนดให้จำนวนช่องสัญญาณเท่ากับ 10 ค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำเท่ากับ 0.8 และระดับขบวนการที่จะส่งเซลล์ซ้ำเท่ากับ 5, 10 และ 15 ครั้ง จะพบว่าเมื่อค่าระดับขบวนการส่งเซลล์ซ้ำเพิ่มจาก 5 เป็น 15 ครั้ง ค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบยังคงมีค่าเท่ากัน แต่ในทำนองเดียวกันจะสามารถรองรับจำนวนสถานีฐานได้มากขึ้นตามไปด้วยเมื่อเพิ่มระดับขบวนการส่งเซลล์ซ้ำมากขึ้น

โดยที่ค่าวิสัยสามารถสูงสุดที่ระดับขบวนการที่จะส่งเซลล์ซ้ำเท่ากับ 5, 10 และ 15 ครั้ง มีค่าประมาณ 0.42



รูปที่ 5.9 ค่าวิสัยสามารถต่อจำนวนสถานีฐานที่ช่องสัญญาณ (M) เท่ากับ 10 ค่าความน่าจะเป็นที่จะส่ง เซลล์ซ้ำ (r) เท่ากับ 0.9 และระดับขบวนการส่งเซลล์ซ้ำเท่ากับ (n) 5, 10 และ 15 ครั้ง

จากรูปที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเวลาต่อจำนวนสถานีฐาน โดยที่จะกำหนดให้ช่องสัญญาณเท่ากับ 10 และค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำเท่ากับ 0.8 ซึ่งเท่ากับรูปที่ 5.9 จะพบว่า เมื่อค่าระดับขบวนการส่งเซลล์ซ้ำเพิ่มจาก 5 เป็น 15 ครั้ง ค่าหน่วงเวลาของระบบจะลดน้อยลง เนื่องจากการสูญเสียเซลล์ก็จะลดน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 5.10 ค่าหน่วงเวลาต่อจำนวนสถานีฐานที่ช่องสัญญาณ (M) เท่ากับ 10 ค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำ (r) เท่ากับ 0.9 และระดับขบวนการส่งเซลล์ซ้ำเท่ากับ (n) 5, 10 และ 15 ครั้ง

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ทราฟฟิกการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็ม โดยใช้การเข้าถึงแบบสุ่มสล็อตอะโลฮา และการเข้าถึงแบบสุ่มสล็อตอะโลฮานี้เป็นการเข้าถึงหลายทาง ดังนั้น จะเกิดการชนกันของเซลล์ขึ้น ซึ่งจะเกิดการสูญเสียเซลล์ขึ้นได้ เพื่อลดปัญหาดังกล่าว เราจึงมีการส่งเซลล์ที่เกิดการชนกันซ้ำด้วยวิธีการเอกซ์โพเนนเชียลแบ็คคอฟ ส่วนในการศึกษาและวิเคราะห์สมรรถนะนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือส่วนที่ 1 วิเคราะห์ระบบด้วยวิธีการจำลองแบบ โดยที่มีอินพุตทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง และส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ระบบทางคณิตศาสตร์ในส่วนการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์นี้จะมีทราฟฟิกแบบบิวส์ของแต่ละจะวิเคราะห์ในรูปแบบหลายช่องสัญญาณ ในการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีนี้จะพิจารณาค่าพารามิเตอร์สำคัญที่มีผลต่อระบบ เช่น จำนวนสถานีฐานภาคพื้นดิน จำนวนช่องสัญญาณ หรือ พารามิเตอร์ Location parameter (LP) เป็นต้น และจะวิเคราะห์ออกมาในรูปแบบทั่วไปคือ ค่าวิสัยสามารถ (Throughput) และค่าหน่วงเวลา (Delay time) ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญของระบบที่ต้องพิจารณา จึงสรุปได้ว่า

ส่วนที่ 1 วิเคราะห์ระบบด้วยวิธีการจำลองแบบ โดยที่มีอินพุตทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง และมีการส่งซ้ำแบบเอกซ์โพเนนเชียล พบว่าจะมีจำนวนเซลล์ในแบทช์ (Batch) มาก และเป็นกลุ่มก้อนทราฟฟิกที่ใหญ่ จึงต้องการความเร็วของช่องสัญญาณที่สูง ดังนั้นเมื่อเพิ่มความยาวเซลล์มากขึ้น ค่าวิสัยสามารถและค่าหน่วงเวลาของระบบจะลดต่ำลง ส่วนค่า Location parameter (LP) ก็มีผลต่อระบบมากด้วยเช่นกัน ซึ่งเมื่อเพิ่มค่า LP มากขึ้นจะพบข้อดีของค่า LP อย่างมาก ต่อค่าหน่วงเวลาในระบบจะลดลงมาก และในทำนองเดียวกันนี้ค่าวิสัยสามารถของระบบก็มากขึ้นตามไปด้วยทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้นตามไปด้วย

ส่วนที่ 2 วิเคราะห์ระบบด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ จะพบว่าเมื่อค่าความนำจะเป็นที่ส่งเซลล์ซ้ำและจำนวนช่องสัญญาณเท่าๆ กัน จำนวนสถานีฐานมากขึ้นค่าวิสัยสามารถจะลดต่ำลง แต่ค่าหน่วงเวลากลับเพิ่มมากขึ้น ส่วนผลกระทบของจำนวนช่องสัญญาณ จะพบว่าจำนวนช่องสัญญาณที่มีจำนวนน้อยจะมีค่าวิสัยสามารถสูงสุดมากกว่า จำนวนช่องสัญญาณที่มีมาก แต่จะรองรับสถานีฐานได้ไม่มากนัก และค่าหน่วงเวลาในระบบจะมากขึ้นตามไปด้วยเช่นกันเมื่อจำนวนช่องสัญญาณน้อยลง เมื่อพิจารณาผลกระทบของจำนวนระดับขบวนการส่งเซลล์ซ้ำเพิ่มมากขึ้น ระบบจะสามารถรองรับจำนวนสถานีฐานได้มากขึ้น แต่ค่าวิสัยสามารถกลับมีค่าเท่าๆ กัน และมีค่าหน่วงเวลาของระบบลดน้อยลงด้วยเช่นกัน ดังนั้นประสิทธิภาพของระบบก็จะดีขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อค่านิ่งถึงผลกระทบของค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำมีค่าเพิ่มขึ้นแล้วค่าวิสัยสามารถจะลดลงอย่างรวดเร็ว และรองรับสถานีฐานได้น้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำมีค่าน้อย แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบแล้ว จะมีค่าเท่าๆ กันทุกค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำ และในทำนองเดียวกันค่าหน่วงเวลากลับเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกันเมื่อค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำเพิ่มมากขึ้น

ซึ่งจะพบว่าทั้งสองตอนที่ไดวิเคราะห์ของการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็มนั้น ผลของค่าหน่วงเวลาจะมีผลมากที่สุดต่อระบบ อย่างในตอนที่ 2 แม้ว่าจริงๆ แล้วจากการกำหนดค่า T_r ซึ่งมีค่าคงที่เพราะระยะห่างระหว่างตัวดาวเทียมกับสถานีฐานกำหนดให้คงที่ ที่ประมาณ 36000 กิโลเมตร (วงโคจรแบบคงที่) ซึ่งเมื่อเพิ่มค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งเซลล์ซ้ำมีค่าเพิ่มขึ้น หรือ ลดจำนวนระดับขบวนการส่งเซลล์ซ้ำลง จะทำให้ค่าหน่วงเวลาเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วแต่ค่าวิสัยสามารถสูงสุดจะมีค่าเท่าๆ กัน และรองรับจำนวนสถานีฐานได้น้อยลง (เพราะค่าวิสัยสามารถลดลงเมื่อเพิ่มจำนวนเพิ่มขึ้น) หรือแม้แต่เมื่อเพิ่มค่า Location parameter มากขึ้นในตอนที 1 เองก็ตาม

6.2 ข้อเสนอนแนะ

ในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็มนั้นสามารถนำไปประยุกต์หรือพัฒนาเพื่อใช้งานต่างๆ ได้มากมาย เช่น การสื่อสารแบบ Real-time หรือจะเป็น การสื่อสาร ภาพ และ เสียง ที่ส่งไปพร้อมกันเป็นต้น โดยที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยได้เน้นการวิเคราะห์ในการนำมาใช้งานทางด้าน การสื่อสารที่มีผู้ใช้บริการแบบคงที่ หรือ สถานีฐานอยู่กับที่ ซึ่งสามารถพัฒนาต่อไปให้รองรับบริการที่เป็นผู้ใช้บริการแบบเคลื่อนที่ และแบบคงที่ได้ แต่ก็จะมีการส่งข้อมูลที่ซับซ้อนขึ้นตามไปด้วย และระบบก็จะมีควมซับซ้อนมากขึ้นด้วยเช่นกัน

นอกจากนี้ถ้าพิจารณาในด้านการเข้าถึงของทราฟฟิกแบบสล็อตอะโลฮา ก็สามารถที่จะพัฒนาไปเป็น สล็อตอะโลฮา ร่วมกับ ซีดีเอ็มเอ (Slotted-ALOHA CDMA) หรือจะเป็น เอ็มเอฟ-ทีดีเอ็มเอ (MF-TDMA) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าถึงของทราฟฟิกให้ดีขึ้นรวมถึงช่องสัญญาณด้วยเช่นกัน แต่ทั้งนี้ก็ต้องพิจารณาปัญหา ตัวแปร และระบบที่ใหญ่มากขึ้นตามไปด้วย และยังมีปัญหาการรบกวนระหว่างกันและกันของผู้ใช้บริการที่จะมีเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

- [11] E. Lutz, M, Werner, et. al., **Satellite Systems for Personal Broadband Communication**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2000.
- [12] M. Prycker, **Asynchronous Transfer Mode Solution for Broadband ISDN**. Horwood. 1993.
- [13] M. P. Claek, **ATM Networks: Principle and Use**. Wilay Teubner. 1990.
- [14] T. T. Ha, **Digital satellite communication**. McGraw–Hill. 1990.
- [15] L. Kleinrock, **Queuing system, Vol 1,2**. New York: John Wiley & Sons. 1978.
- [16] Kobayashi, Hisashi. **Modeling and Analysis an Introduction to System Performance Evaluation Methodology**, Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- [17] Macdougall, M.H., **Simulation Computer Techniques and Tool**, Massachusetts The MIT Press.



ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

- [1] กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี, เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์ และ สุวิพล สิทธิชีวะภาค "การวิเคราะห์สมรรถนะการสื่อสารผ่านดาวเทียมเอทีเอ็มที่มีทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง โดยการจำลองแบบและมีการส่งซ้ำแบบเอกซ์โพเนนเชียล" วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง, ปีที่ 11 ฉบับที่ 1, เมษายน 2546
- [2] สุพัตรา ทองเกษม, กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี, กอบชัย เดชหาญ และ นภัทร สระเอี่ยม "การวิเคราะห์ระบบเครือข่ายท้องถิ่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ" วิศวกรรมลาดกระบัง, ปีที่ 20 ฉบับที่ 3, กันยายน 2546.
- [3] เอกอนันต์ สมบัติสกุลกิจ, กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี และ สุวิพล สิทธิชีวะภาค "วิธีการปรับตัวส่ง-ปรับตัวรับสำหรับเข้าถึงโครงข่ายวงแหวน สล็อตมัลติเพล็กซ์ทางความยาวคลื่นแบบหลายช่องสัญญาณบนโครงข่ายเมืองภายใต้ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง" การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42, หน้าที่ 130-137, วันที่ 3-4 กุมภาพันธ์ 2547.
- [4] ไกรรงค์ กรแก้วสมนึก, กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี, สุวิพล สิทธิชีวะภาค และ เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์ "การวิเคราะห์สมรรถนะของโครงข่าย CSMA/CA แบบไร้สายที่มีทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเองโดยจำลองแบบของระบบอินฟราเรด" การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42, หน้าที่ 176-183, วันที่ 3-4 กุมภาพันธ์ 2547.
- [5] กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี, ปิยะ ยืนยงสุวรรณ, สุวิพล สิทธิชีวะภาค, เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์ และ สุรพล บุญจันทร์ "การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบเส้นใยแก้วนำแสงที่ใช้การเข้าถึงแบบ CDMA ด้วยการเข้ารหัสแบบ 2nd extended prime code" การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 25 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 21-22 พฤศจิกายน 2545
- [6] นิติกรณ์ แสนสุข, กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี, สุวิพล สิทธิชีวะภาค, เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์ และ สุรพล บุญจันทร์ "การวิเคราะห์สมรรถนะการเข้าถึงแบบสุ่มของสล็อตอะโลฮานบนช่องสัญญาณลึกลงนอร์มอลสำหรับโครงข่ายเอทีเอ็มไร้สาย" การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 25 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 21-22 พฤศจิกายน 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายกฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี เกิดเมื่อวันที่ 16 เดือน พฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2522 ที่จังหวัด ร้อยเอ็ด อำเภอพนมทอง สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า (วิศวกรรมโทรคมนาคม) จากนั้นปี พ.ศ 2544 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ใน สาขาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี การศึกษา 2545



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้