

การวิเคราะห์ระบบแลนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในเครือข่าย

LAN SYSTEM ANALYSIS FOR IMPROVING THE PERFORMANCE IN NETWORK

สุพัตรา ทองเกษม
SUPATRA THONGKASEM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาความถนัดสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2546

ISBN 974-324-861-7

การวิเคราะห์ระบบแลนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในเครือข่าย

LAN SYSTEM ANALYSIS FOR IMPROVING THE PERFORMANCE IN NETWORK



สุพัตรา ทองเกษม

SUPATRA THONGKASEM

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน... 48956
วัน, เดือน, ปี 13 ส.ค. 2547

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2546

ISBN 974-324-861-7

LAN SYSTEM ANALYSIS FOR IMPROVING THE PERFORMANCE IN NETWORK

SUPATRA THONGKASEM

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

2003

ISBN 974-324-861-7

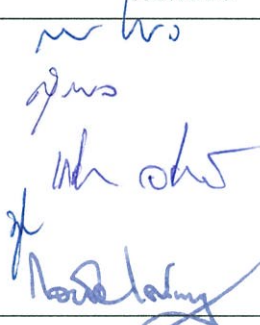
COPYRIGHT 2003

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์ระบบแลนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในเครือข่าย
LAN SYSTEM ANALYSIS FOR IMPROVING THE PERFORMANCE
IN NETWORK
ชื่อนักศึกษา นางสาวสุพัตรา ทองเกษม
รหัสประจำตัว 43061080
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.สมยศ	จุมณะปิยะ	
รศ.ดร.สุวิพล	สิทธิชีวกาศ	
ผศ.เกรียงไกร	วงศ์โรจนภรณ์	
รศ.ดร.พุศศักดิ์	ชีวสุวิทย์	
รศ.ดร.กอบชัย	เดชหาญ	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 27 ตุลาคม 2546 เวลา 10.30-12.30 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร 12 ชั้น ชั้น 4 (ห้อง E12-404)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัครฐ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....12.....เดือน.....พฤษภาคม.....พ.ศ.....๒๕๔๖.....

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ระบบแลนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในเครือข่าย
นักศึกษา	นางสาวสุพัตรา ทองเกษม
รหัสประจำตัว	43061080
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้กล่าวถึงการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในระบบเครือข่ายท้องถิ่น (LAN) แบบอีเทอร์เน็ตโดยใช้การเข้าถึงแบบ CSMA/CD ทุกสถานีจะใช้สายสัญญาณร่วมกัน ดังนั้นจึงมีโอกาสชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลสูง หากมีจำนวนสถานีและปริมาณการใช้งานในเครือข่ายเพิ่มมากขึ้น จะเกิดการสูญเสียของแพ็กเก็ตได้ ในวิทยานิพนธ์จะวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบด้วยวิธีการจำลองแบบภายใต้ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง (Self-Similar traffic) ซึ่งสามารถวัดอัตราการชนเวลาหน่วยเฉลี่ย อัตราการใช้ช่องสัญญาณ ผลจากการจำลองแบบพบว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบ เช่น Location parameter ความยาวแพ็กเก็ต ความยาวสายสัญญาณ จำนวนสถานีและอัตราการส่งข้อมูล จะมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบเป็นอย่างมาก ซึ่งสามารถนำผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองมาประยุกต์ใช้กับระบบเครือข่ายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการสื่อสารต่อไป

Thesis Title	LAN System Analysis for Improving the Performance in Network
Student	Miss Supatra Thongkasem
Student ID.	43061080
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2003
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Kobchai Dejhan

ABSTRACT

This thesis presents the performance analysis of the Ethernet local area network using CSMA/CD random access. All stations share transmission media so the data collision packets continuously occur and cause packets loss if number of stations and traffic in network are increased. The performance is investigated by simulation method uses self-similar traffic input that is the measurement of collision rate, average delay and utilization. The simulation results show the modified parameter of system such as location parameter, packet length, transmission length, number of station and transmission rate has affected with system. Furthermore, the results are analyzed and the outcome can be employed to improve the system performance.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ คำปรึกษาและแนวคิดต่างๆ จาก รองศาสตราจารย์ ดร. กอบชัย เดชหาญ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ ความเอาใจใส่และความช่วยเหลือทุกอย่างจากท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุวิพล ลิทธิชีวะภาค อาจารย์นภัทร สระเอี่ยม และอาจารย์ธนา หงษ์สุวรรณ ที่ได้ให้คำแนะนำและแลกเปลี่ยนความรู้เกี่ยวกับระบบเครือข่าย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ณรงค์ เหมกรณ์ รองศาสตราจารย์ภา ลีลารุจิ และท่านอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสานวิชาทั้งหมดให้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณคุณกฤษณะพงษ์ พันธุ์ศรีและคุณปิติพงษ์ ประภามณฑลที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม จำลองแบบและทฤษฎีกราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง

ขอขอบคุณคุณชญญรัตน์ จิตรยังยืน คุณจิตามาส จงรักษ์และเพื่อนร่วมงานที่กรุณาช่วยในการจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณคุณตา คุณยาย คุณพ่อ คุณแม่ คุณน้า ญาติ พี่ น้อง รุ่นพี่ในห้อง Lab และเพื่อนๆ ทุกคนที่ทำให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์เสมอมาจนวิทยานิพนธ์สำเร็จอย่างสมบูรณ์

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุพัตรา ทองเกษม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 แนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำวิทยานิพนธ์.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.4 ขอบเขตในการทำวิทยานิพนธ์.....	3
1.5 รายละเอียดในวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 ระบบเครือข่ายท้องถิ่น.....	4
2.1 ระบบการใช้หลายคน.....	4
2.2 ความหมายและคำจำกัดความของระบบเครือข่ายท้องถิ่น.....	5
2.3 บัสโทโปโลยี.....	6
2.4 โพรโทคอลของ LAN.....	7
2.5 โพรโทคอล CSMA/CD.....	9
บทที่ 3 ระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ต.....	14
3.1 ส่วนประกอบของระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ต.....	14
3.2 คุณลักษณะของอีเทอร์เน็ต.....	16
3.2.1 ระยะห่าง.....	19
3.2.2 โทโปโลยี.....	20
3.3.3 ตัวกลาง.....	20
3.2.4 โพรโทคอลในการเข้าถึงข้อมูล.....	21
3.2.5 สัญญาณ.....	21

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2.6 รูปแบบของแพ็กเก็ต.....	22
3.3 สถาปัตยกรรมของอีเทอร์เน็ต.....	24
3.3.1 ฟิสิคัลเลเยอร์.....	24
3.3.2 คาต้าลิงก์เลเยอร์.....	27
3.4 การประเมินผลประสิทธิภาพของอีเทอร์เน็ต.....	30
3.4.1 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพ.....	30
3.4.2 ค่าต่างๆที่ใช้วัดประสิทธิภาพ.....	31
บทที่ 4 ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเองและทราฟฟิกแบบไม่คล้ายคลึงตัวเอง.....	33
4.1 ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง.....	33
4.1.1 ความหมาย : เวลาแบบไม่ต่อเนื่อง.....	33
4.1.2 คุณสมบัติของทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง.....	36
4.1.2.1 การกระจายแบบหางหนัก.....	36
4.1.2.2 การขึ้นกับช่วงเวลายาว.....	37
4.1.3 การสเกลเวลา.....	38
4.1.4 การกำเนิดช่วงเวลาการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต.....	40
4.2 ทราฟฟิกแบบไม่คล้ายคลึงตัวเอง.....	41
4.2.1 การแจกแจงแบบพัซซอง.....	41
4.2.2 การแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล.....	42
บทที่ 5 แบบจำลอง.....	45
5.1 จุดมุ่งหมายของวิธีการจำลองปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์.....	45
5.2 รูปแบบการจำลอง.....	45
5.3 ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง.....	48

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 ผลการจำลองและการวิเคราะห์ผล.....	50
6.1 กรณีที่ 1 ศึกษาค่า Location Parameter (LP) ที่มีผลต่อระบบ.....	51
6.2 กรณีที่ 2 ศึกษาความยาวแพ็กเก็ตที่มีผลต่อระบบ.....	52
6.3 กรณีที่ 3 ศึกษาความยาวสายสัญญาณที่มีผลต่อระบบ.....	54
6.4 กรณีที่ 4 ศึกษาจำนวนสถานีที่มีผลต่อระบบ.....	55
6.5 กรณีที่ 5 ศึกษาอัตราการส่งที่มีผลต่อระบบ.....	58
บทที่ 7 บทสรุปและแนวทางการพัฒนาในอนาคต.....	61
เอกสารอ้างอิง.....	62
ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	63
ประวัติผู้เขียน.....	64

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เทคนิคการส่งสัญญาณในบัส.....	6
2.2 แสดงคุณลักษณะของ CSMA/CD แบบต่างๆ.....	10
3.1 แสดงรายละเอียดของอีเทอร์เน็ตในโมเดลต่างๆ.....	16
5.1 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพของระบบเครือข่าย.....	46

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงโพรโทคอลเปรียบเทียบกับ OSI	8
2.2 แสดงตัวอย่างต่างๆของCSMA/CD.....	11
2.3 แสดงขั้นตอนการตรวจสอบการชนกัน.....	12
3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการเชื่อมต่อเครือข่าย.....	15
3.2 แสดงถึงการเชื่อมต่อของ Thick Ethernet.....	17
3.3 แสดงถึงการเชื่อมต่อของ Thin Ethernet.....	17
3.4 แสดงถึงการเชื่อมต่อของ Twisted Ethernet.....	18
3.5 แสดงถึงการเชื่อมต่อของ 10BASE-FL.....	18
3.6 แสดงตัวอย่างระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ต.....	19
3.7 แสดงถึงโทโปโลยีรูปบัส.....	20
3.8 แสดงถึงสัญญาณแบบเบสแบนด์.....	22
3.9 แสดงรูปแบบของแพ็กเก็ตที่ใช้ในระบบอีเทอร์เน็ต	22
3.10 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ต.....	25
3.11 แสดงถึงหน้าที่ของฟิสิคัลเลเยอร์ คาด้าลิงก์เลเยอร์ และไคลเอ็นซ์เลเยอร์ของระบบ อีเทอร์เน็ต.....	26
3.12 แสดงถึงหน้าที่ของฟิสิคัลเลเยอร์ ของระบบอีเทอร์เน็ต.....	27
3.13 แสดงถึงหน้าที่ของคาด้าลิงก์เลเยอร์ของระบบอีเทอร์เน็ต.....	29
4.1 การเปรียบเทียบระหว่าง Self-similar และ Non-self-similar stochastic process	35
4.2 แสดงความน่าจะเป็นที่จะเสื่อมลงตามกฎของพลังงานระหว่างการกระจายแบบ Pareto และการกระจายแบบ Exponential.....	38
4.3 การเปรียบเทียบกราฟฟิสิกอีเทอร์เน็ตที่เกิดขึ้นจริงกับกราฟฟิสิกที่สังเคราะห์ขึ้น.....	39
5.1 รูปแบบของเครือข่ายอีเทอร์เน็ต.....	46
5.2 โพลีชาร์ทที่ใช้ในแบบจำลอง.....	48
6.1 เปรียบเทียบค่าทรูพุตต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ตระหว่าง Self-similar และ Poisson..	50
6.2 อัตราการชนต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่อค่า LP มีค่า 0.8 0.9 และ 1.0.....	51
6.3 ค่าเวลาหน่วงเฉลี่ยต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่อความยาวแพ็กเก็ต มีค่า 576 6,392 และ 12,208 bits.....	52

สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
6.4 อัตราการใช้ช่องสัญญาณต่ออัตราการเข้ามาของแพ็กเก็ต เมื่อความยาวแพ็กเก็ต มีค่า 576 6,392 และ 12,208 bits.....	53
6.5 ค่าเวลาหน่วงเฉลี่ยต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่อความยาวสายสัญญาณ มีค่า 1,000 1,500 และ 2,000 ม.	54
6.6 อัตราการชนต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่อจำนวนสถานี มีค่า 10 20 และ 50 สถานี.....	55
6.7 ค่าเวลาหน่วงเฉลี่ยต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่อจำนวนสถานี มีค่า 10 20 และ 50 สถานี.....	56
6.8 อัตราการใช้ช่องสัญญาณต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่อจำนวนสถานี มีค่า 10 20 และ 50 สถานี.....	57
6.9 อัตราการชนต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่ออัตราการส่ง มีค่า 10 20 50 และ 100 Mbps.....	58
6.10 ค่าเวลาหน่วงเฉลี่ยต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่ออัตราการส่ง มีค่า 10 20 50 และ 100 Mbps.....	59
6.11 อัตราการใช้ช่องสัญญาณต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่ออัตราการส่ง มีค่า 10 20 50 และ 100 Mbps.....	60

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์

จุดประสงค์การเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์เข้าเป็นเครือข่ายคือต้องการให้ใช้ทรัพยากรร่วมกัน ทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ให้สามารถสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันได้ โดยมีการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์หรือข้ามเครือข่าย ซึ่งเริ่มจากเครือข่ายขนาดเล็กภายในองค์กรซึ่งเรียกว่าเครือข่ายท้องถิ่น (LAN: Local Area Network) โดยเครือข่ายที่นิยมมากที่สุดคืออีเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นเครือข่ายที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นเครือข่ายมีความน่าเชื่อถือสูง ง่ายในการติดตั้ง ราคาถูกและสามารถใช้ได้หลายโทโพโลยี เช่น โทโพโลยีแบบบัสหรือสตาร์ โดยมีอัตราการส่งข้อมูลเป็น 10 Mbps และภายหลังพัฒนาอัตราการส่งให้สูงขึ้นเป็น 100 Mbps (Fast Ethernet) และ 1000 Mbps (Gigabit Ethernet) ตามลำดับ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายความเร็วสูงทำให้รับส่งข้อมูลต่างๆ ได้รวดเร็วยิ่งขึ้นและยังมีอัตราความผิดพลาดต่ำ

ในทางปฏิบัติเครือข่ายอีเทอร์เน็ตจะแสดงตัวเป็นกราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง ซึ่งจะแสดงสหสัมพันธ์ (correlation) บนสเกลของขอบเขตเวลาที่ยาวๆ (Long-range dependent) เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟฟิกแบบเดิม[1] เช่น กราฟฟิกแบบ Poisson ซึ่งเป็นกราฟฟิกที่ขึ้นกับเวลาที่สั้นๆ (Short-range dependent) เมื่อเพิ่ม time scale ให้ยาวขึ้น รูปแบบกราฟฟิกแบบ Poisson จะมีลักษณะราบเรียบเนื่องจากไม่สามารถแยก white noise ได้ ซึ่งไม่เหมือนกราฟฟิกจริงที่เกิดขึ้น

อย่างไรก็ตามการใช้งาน CSMA/CD เป็นโพรโทคอลในการส่งข้อมูลในเครือข่ายอีเทอร์เน็ต จะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อมีการใช้เครือข่ายเพิ่มมากขึ้นเพราะโอกาสที่จะส่งข้อมูลพร้อมกันในสายสัญญาณและเกิดการชนกันจะมีมากขึ้น วิทยานิพนธ์นี้เสนอการประยุกต์ใช้งานกราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง ซึ่งเป็นกราฟฟิกใหม่มาใช้เป็นอินพุตกราฟฟิกในระบบ โดยมีลักษณะคล้ายกราฟฟิกจริงมากกว่าแบบ Poisson และใช้การกระจายแบบ Pareto ซึ่งมีคุณสมบัติที่ขึ้นกับเวลาที่ยาวๆ สำหรับการกำเนิดช่วงเวลาระหว่างการเกิดของแพ็กเก็ต โดยทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ โดยเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบ การเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์จะมีผลต่อประสิทธิภาพของเครือข่ายเป็นอย่างมาก ซึ่งสามารถนำผลจากการจำลองแบบมาประยุกต์ใช้ในเครือข่ายในกรณีที่ต้องการขยายหรือปรับปรุงเครือข่ายให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้จัดทำขึ้นตามวัตถุประสงค์ดังนี้

1. ศึกษาการทำงานของระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบอีเทอร์เน็ตภายใต้ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์ระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในเครือข่าย

2. วิเคราะห์ระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบอีเทอร์เน็ต โดยการจำลองแบบเพื่อวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพต่างๆของระบบ เช่น อัตราการชน(Collision rate) เวลาคงเฉลี่ย(Average delay) อัตราการใช้งานของช่องสัญญาณ(Utilization) โดยเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆของระบบ เช่น

- ค่า Location parameter
- ความยาวแพ็กเก็ตข้อมูล (Packet length)
- ความยาวสายสัญญาณ (Transmission line length)
- จำนวนสถานี (Number of stations)
- อัตราการส่ง (Transmission rate)

ผลลัพธ์ของการจำลองแบบสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในเครือข่ายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในเครือข่ายได้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้เป็นการวิเคราะห์ระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบอีเทอร์เน็ต ภายใต้ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเองโดยการจำลองแบบ ดังนั้นประโยชน์ที่คาดว่าจะได้คือ

1. สามารถศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบอีเทอร์เน็ต เช่น อัตราการชน(Collision rate) เวลาคงเฉลี่ย(Average delay) อัตราการใช้ช่องสัญญาณ(Utilization) โดยเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีความจำเป็นต่อระบบ

2. สามารถนำผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครือข่ายมาประยุกต์ใช้ในเครือข่าย ในกรณีที่ต้องการขยายหรือเพิ่มประสิทธิภาพในเครือข่าย ซึ่งช่วยทำให้ผู้ออกแบบระบบประหยัดค่าใช้จ่ายในการออกแบบระบบ

1.4 ขอบเขตการทำวิทยานิพนธ์

ขอบเขตในการทำวิทยานิพนธ์นี้ เป็นการวิเคราะห์ระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบอีเทอร์เน็ต ภายใต้ ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง โดยการจำลองแบบ ซึ่งสามารถใช้จำลองการทำงานของระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบอีเทอร์เน็ตเพียงหนึ่งเซกเมนต์และทราฟฟิกที่เกิดขึ้นจะเกิดจากการใช้งานในเครือข่ายเท่านั้น

1.5 รายละเอียดในวิทยานิพนธ์

รายละเอียดในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 กล่าวถึงแนวความคิดที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ วัตถุประสงค์ของการทำวิทยานิพนธ์ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขอบเขตของการทำวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงระบบเครือข่ายท้องถิ่นโดยทั่วไป และการทำงานของ CSMA/CD หรือ Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

บทที่ 3 กล่าวถึงระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ต รวมทั้งสถาปัตยกรรมของอีเทอร์เน็ต

บทที่ 4 กล่าวถึงทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเองซึ่งเป็นอินพุตทราฟฟิกของระบบและทราฟฟิกแบบไม่คล้ายคลึงตัวเอง

บทที่ 5 กล่าวถึงรูปแบบการจำลองแบบการทำงานของระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบอีเทอร์เน็ต

บทที่ 6 กล่าวถึงผลลัพธ์จากแบบจำลองและการวิเคราะห์ผลการจำลองแบบ

บทที่ 7 กล่าวถึงบทสรุปและแนวทางการพัฒนาในอนาคต

บทที่ 2

ระบบเครือข่ายท้องถิ่น

พัฒนาการทางด้านไมโครคอมพิวเตอร์เจริญก้าวหน้าขึ้นอย่างรวดเร็ว ราคาของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ได้ลดลง แต่ขีดความสามารถของไมโครคอมพิวเตอร์กลับเพิ่มขึ้นปัจจุบันราคาของไมโครโปรเซสเซอร์ไม่เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดต้นทุนของระบบอีกต่อไปแล้วและเมื่อราคาของระบบลดลง จำนวนผู้ใช้ก็เพิ่มมากขึ้น ผู้ใช้จึงต้องการที่จะได้รับข้อมูลและข่าวสารที่รวดเร็วเพื่อการตัดสินใจที่ถูกต้องและแข่งขันกับเวลา ไมโครคอมพิวเตอร์ได้รับการออกแบบมาให้เหมาะสมกับผู้ใช้ โดยได้กำหนดรูปแบบการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์แบบผู้ใช้คนเดียว และทำงานทีละงาน (single user single tasking) การทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์ในยุคแรกนี้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีขีดความสามารถทางด้านความเร็วในการทำงานจำกัด ดังนั้นหากทำเป็นระบบแบ่งเวลาการทำงาน (time sharing) ก็จะทำให้ระบบมีการทำงานช้าลงไปอีกมากกว่าการทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์อาจจะไม่เพียงต้องการของผู้ใช้ก็ได้ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาในเชิงระบบจัดการให้ไมโครคอมพิวเตอร์ทำงานได้ดีขึ้นต้องอาศัยเวลาในการพัฒนา การแบ่งอุปกรณ์บางอย่างที่มีราคาแพงมาใช้ร่วมกันจึงจะมีความต้องการมากขึ้น โดยเฉพาะระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กเพราะในสำนักงานอาจมีการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์กันหลายเครื่องแต่ก็ไม่สามารถจะให้ทุกเครื่องมีเครื่องพิมพ์คุณภาพสูง ดังนั้นจึงอาจต้องใช้วิธีการในการใช้ร่วมกัน เพื่อให้เกิดประโยชน์คุ้มค่ามากยิ่งขึ้น

2.1 ระบบการใช้หลายคน (Multiuser)

การพัฒนาไมโครคอมพิวเตอร์ได้ก้าวหน้าขึ้นเป็นลำดับ ขีดความสามารถทางด้านฮาร์ดแวร์ของระบบสูงขึ้น ไมโครคอมพิวเตอร์จึงได้รับการพัฒนาเพื่อให้ใช้งานได้ดีขึ้น โดยมีแนวทางในการพัฒนา เพื่อให้ใช้งานได้หลายคนพร้อมกัน (multiuser) รูปแบบของการพัฒนาเป็นไปในแนวทางสองแนวทางคือระบบโปรแกรมจัดระบบงานที่จะให้ใช้งานร่วมกันหลาย ๆ คน และระบบเครือข่าย

โปรแกรมจัดระบบงานที่ทำงานในระบบให้ผู้ใช้ใช้งานได้หลายคนนี้ มีหลักการเหมือนกับระบบการแบ่งเวลาที่ใช้กันมาในอดีต ผู้ใช้อาจจะพึงพอใจได้ในกรณีเมื่อระบบยังแบ่งเวลาไม่มากนักและให้ความเร็วในการทำงานแต่ละคนพอเพียง แต่หากระบบเริ่มมีจำนวนผู้เข้ามาขึ้นความเร็วของการทำงานจะช้าลง ทำให้ผู้ใช้เริ่มรู้สึกว่าเป็นระบบที่ทำงานได้ไม่ทันใจตามความต้องการ

การพัฒนาในอีกแนวทางหนึ่ง คือการนำเอาระบบไมโครคอมพิวเตอร์หลาย ๆ เครื่องมาต่อรวมกันเป็นเครือข่าย เพื่อให้ได้ใช้งานคล้ายระบบ multi-user โดยแต่ละคนจะมีไมโครโปรเซสเซอร์ของตัวเองที่จะทำงานโดยอิสระได้ ระบบเครือข่ายที่ต่อเป็นระบบนี้จะครอบคลุมในพื้นที่ขนาดไม่กว้างมากนักเราจะใช้ชื่อเรียกว่า ระบบเครือข่ายท้องถิ่น (Local Area Network)

2.2 ความหมายและคำจำกัดความของระบบเครือข่ายท้องถิ่น

ทุกวันนี้การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีทางด้านฮาร์ดแวร์เป็นไปอย่างรวดเร็ว ความต้องการของผู้ใช้ในการนำเอาไมโครคอมพิวเตอร์หลาย ๆ เครื่องต่อเป็นเครือข่ายก็ด้วยเหตุผลดังนี้

- ต้องการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารซึ่งกันและกัน
- ต้องการใช้งานข้อมูลด้วยความเร็ว สามารถทำการแก้ไข เปลี่ยนแปลงข้อมูลในฐานข้อมูล

ในที่ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

- ต้องการแบ่งการใช้งานอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ที่มีราคาแพง

การเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายนี้จึงเท่ากับต้องการเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ และเมื่อกำหนดพื้นที่จำกัดจึงเป็นระบบเครือข่ายท้องถิ่นนั่นเอง

การเชื่อมโยงระบบเครือข่ายท้องถิ่น ซึ่งประกอบเป็นระบบที่แยกออกได้ 3 ส่วนคือ

1. ส่วนของการสื่อสารข้อมูลในเครือข่าย ซึ่งจะมีซอฟต์แวร์ที่ควบคุมการทำงาน และระเบียบการสื่อสารโต้ตอบในเครือข่ายที่เรียกว่า โพรโทคอล

2. อุปกรณ์การสื่อสารข้อมูลในเครือข่ายซึ่งก็ประกอบด้วยอุปกรณ์หลายอย่าง เช่น คอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์คการ์ด รีพีเตอร์ ฮับ และสายเคเบิลต่าง ๆ เป็นต้น

3. สภาพทั่วไปทางภูมิศาสตร์และรูปร่างของเครือข่าย ซึ่งโดยทั่วไปจะจัดวางพื้นที่อยู่ในอาคารเดียวกัน หรืออยู่ในอาคารใกล้เคียงกัน เช่น ในมหาวิทยาลัย ในโรงงานเดียวกัน หรือบางทีเราจะจำกัดว่า ระบบเครือข่ายท้องถิ่น ก็คือระบบเครือข่ายของส่วนตัวที่ไม่จำเป็นต้องใช้สายสัญญาณที่ให้บริการสื่อสาร เช่น องค์กร โทรศัพท์ การสื่อสารแห่งประเทศไทย เป็นต้น

คุณสมบัติทั่วไปของการสื่อสารข้อมูลของระบบเครือข่ายท้องถิ่น

- อัตราการส่งข้อมูลได้สูง 0.1 ถึง 1 Gbps
- ระยะทางการส่ง 0.1 ถึง 2 กิโลเมตร
- มีอัตราการผิดพลาดของข้อมูลต่ำ (10^{-3} ถึง 10^{-11})

2.3 บัสโทปโพลี

โครงสร้างแบบบัส เป็นโครงสร้างที่ลากสายยาวออกไป แล้วต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ บนบัสได้หลายตัว นั่นหมายถึง เราสามารถต่ออุปกรณ์ได้มากกว่า 2 ตัวลงบนตัวกลางรับสัญญาณข้อมูลโดยอุปกรณ์ทุกตัวจะต่อกับเส้นทางส่งสัญญาณร่วมกัน ข้อมูลจะได้รับการกำหนดเป็นแพ็กเก็ตแต่ละแพ็กเก็ตจะประกอบด้วยกลุ่มของข้อมูลที่จะรับส่ง โดยมีส่วนบอกตำแหน่งแอดเดรสต้นทาง แอดเดรสปลายทาง แพ็กเก็ตนั้นจะวิ่งไปตามบัสซึ่งอุปกรณ์ทุกตัวมีโอกาสที่จะรับได้เท่าเทียมกัน แต่จะรับเฉพาะแอดเดรสปลายทางที่กำหนดมาในแพ็กเก็ตที่ตรงกับแอดเดรสของผู้รับเท่านั้น

ในการรับส่งสัญญาณในตัวกลางนี้ เรามีเทคนิคอยู่ 2 รูปแบบ คือ เบสแบนด์(baseband) และบรอดแบนด์(broadband) เบสแบนด์เป็นการส่งข้อมูลแบบดิจิทัล ซึ่งสามารถส่งได้ทั้งในตัวกลางแบบสายคู่บิดเกลียว หรือสายโคแอกเซียล ส่วนบรอดแบนด์ใช้สัญญาณอะนาล็อก ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีความถี่ในย่านความถี่วิทยุ ความแตกต่างของเบสแบนด์และบรอดแบนด์แสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เทคนิคของการส่งสัญญาณในบัส

เบสแบนด์	บรอดแบนด์
1. สัญญาณที่ส่งเป็นสัญญาณดิจิทัล	1. สัญญาณที่ส่งเป็นสัญญาณอะนาล็อก
2. สัญญาณที่ส่งมีแถบความกว้างเต็มที่ใช้ FDM	2. ส่งแบบ FDM ได้ จึงส่งข้อมูลได้หลายช่อง
3. สัญญาณส่งในสองทิศทาง	3. สัญญาณที่ส่งทิศทางเดียว
4. ใช้โทปโพลีแบบบัส	4. ใช้บัสโทปโพลี
5. ระยะทางที่ใช้เพียง 2-3 กิโลเมตร	5. ระยะทางไกลได้ถึง 10 กิโลเมตร

การส่งแบบบัสนี้มีปัญหาที่น่าสนใจอยู่สองประการ ประการแรก คือ เมื่อมีอุปกรณ์ต่อบนบัส การส่งสัญญาณไปบนบัสจึงต้องให้อุปกรณ์คอยตรวจสอบดูบัสว่า ข้อมูลที่ส่งมาใช่ของตนเองหรือไม่ กรรมวิธีการรับข้อมูลก็ดี กรรมวิธีการส่งข้อมูลก็ดี การชนกันของข้อมูลก็ดี เป็นเรื่องที่จะต้องพิจารณาเพื่อให้การรับส่งข้อมูลเป็นไปด้วยประสิทธิภาพและความถูกต้อง ปัญหาที่สอง คือ สัญญาณข้อมูลที่ออกจากตัวส่ง เมื่อวิ่งไปบนบัสจะได้รับการบั่นทอน ทำให้ขนาดของสัญญาณลดลง และสัญญาณรบกวนที่เข้ามาทำให้เกิดอุปสรรคข้อผิดพลาด ระบบนี้จึงต้องมีการจัดการเรื่องสัญญาณให้มีขนาดพอเหมาะที่จะรับส่งข้อมูลได้โดยไม่ผิดพลาด

ในหัวข้อที่แล้วได้กล่าวถึงสถาปัตยกรรมของ LAN มาแล้ว แต่การสื่อสารข้อมูลของ LAN จะประสบความสำเร็จต้องใช้หลักการการควบคุมการสื่อสารและวิธีการสื่อสารข้อมูลอย่างมีหลักการ และในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงโพรโทคอลที่ใช้กับ LAN โดยอ้างอิงกับมาตรฐาน IEEE 802 การอ้างอิงกับมาตรฐานนี้ก็เพราะเป็นมาตรฐานที่กำลังได้รับการกำหนดขึ้นมา และได้รับการยอมรับในหลายวงการทั้ง ISO และ ANSI และเป็นมาตรฐานที่บริษัทผู้สร้าง LAN ในปัจจุบันยอมรับและมีผลงานตามมาตรฐานนี้เป็นจำนวนมาก เช่น อีเทอร์เน็ต เป็นต้น

2.4 โพรโทคอลของ LAN

จากรูปแบบของการสื่อสารข้อมูล ตามการกำหนดโดย ISO ได้แบ่งระดับการสื่อสารข้อมูลออกเป็น 7 ระดับ การสื่อสารในระดับต่าง ๆ จะอาศัยการควบคุมเพื่อให้ระบบการทำงานนั้นเป็นไปอย่างถูกต้องมีมาตรฐาน โดยการสื่อสารข้อมูลแบบแพ็กเกตจะเกี่ยวข้องกับ 3 ระดับล่างซึ่งได้แก่

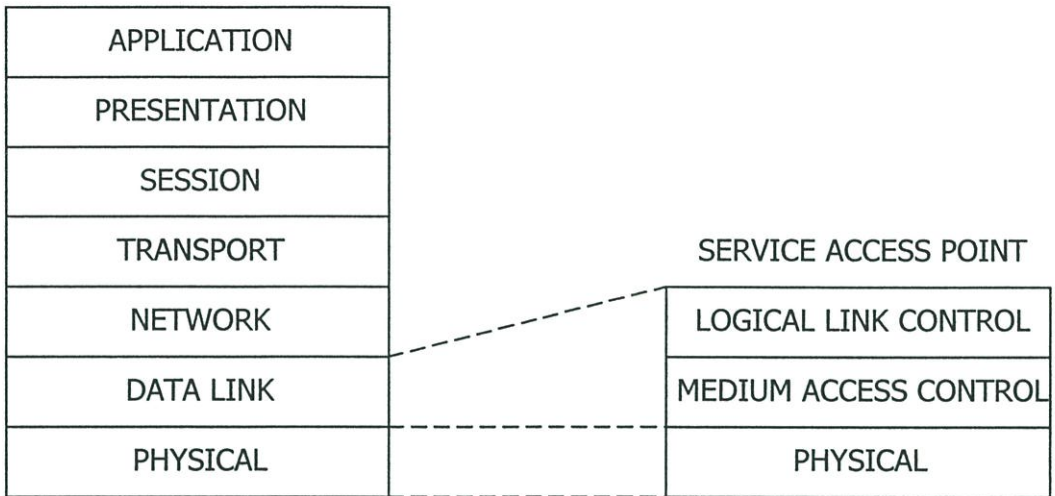
1. **ระดับฟิสิคัล (Physical layer)** ระดับที่เกี่ยวข้องกับการรับส่งข้อมูลเป็นบิต ซึ่งเกี่ยวข้องกับระดับแรงดันไฟฟ้า ช่วงความถี่ คาบเวลา เกี่ยวข้องโดยตรงกับคุณสมบัติทางไฟฟ้าและทางกลของอุปกรณ์ ที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมต่อที่ทำให้เกิดการสื่อสารได้

2. **ระดับดาต้าลิงก์ (Data link layer)** เป็นระดับที่ทำการแปลงการรับส่งข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนให้แน่นอนขึ้น โดยการจัดรูปแบบข้อมูลเป็นบิต็อก เป็นเฟรม (frame) พร้อมทั้งมีการตรวจสอบข้อผิดพลาด เช่น CRC เพื่อจะรับรู้ว่าคุณสมบัติข้อมูลที่ได้รับมานั้นถูกต้องหรือไม่

3. **ระดับเน็ตเวิร์ก (Network layer)** ทำการหาเส้นทางในการส่งข้อมูลเข้าไปในเครือข่าย โดยอาจจะต้องใช้อุปกรณ์การเชื่อมต่อเช่น ไรเตอร์ เป็นต้น

LAN นี้จะอยู่ในทุกระดับของ OSI โมเดล ตั้งแต่ระดับฟิสิคัลจนถึงระดับแอปพลิเคชันแต่ลักษณะเฉพาะตัวที่สำคัญคือข้อมูลที่ส่งออกไปจะได้รับการกำหนดเป็นเฟรม มีแอดเดรสที่แน่นอน นอกจากนั้นยังสามารถหาเส้นทางในการส่ง (routing) ขึ้นอยู่กับโพรโทคอลที่ใช้ในการส่ง เช่น TCP/IP, IPX/SPX, NETBEUI เป็นต้น

ดังนั้นอีเทอร์เน็ตซึ่งจัดอยู่ในระดับฟิสิคัลและระดับดาต้าลิงก์ จึงมีความสำคัญตามหน้าที่ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงได้ทำการจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตเพื่อให้เห็นถึงอัลกอริทึมที่ใช้ในการทำงานและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง



ภาพที่ 2.1 แสดง โพรโทคอลเปรียบเทียบกับ OSI

จากข้อกำหนดของ IEEE 802 ได้จัดแบ่งระดับของ LAN ขึ้นใหม่เป็นการแยกระดับออก ดังภาพที่ 2.1

การจัดระดับของ IEEE 802 แบ่งเป็น 3 ระดับ ซึ่งเทียบได้กับ OSI สองระดับโดยส่วนบนของระดับที่กำหนด คือ

1. Logical Link Control (LLC) ซึ่งอยู่ในชั้น Data Link Layer ซึ่งมีหน้าที่สำคัญดังนี้

- มีจุดเชื่อมต่อที่เรียกว่า SAP (Service Access Point) เพื่อให้เชื่อมต่อกับระดับที่อยู่ข้างเคียงได้

- ในการส่งข้อมูล จะจัดข้อมูลเป็นเฟรม มีการกำหนดแอดเดรสต้นทางและปลายทาง และฟิลด์ที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้อง (CRC)

- ในการรับข้อมูล จะตรวจสอบแอดเดรส ถ้าเป็นแอดเดรสของผู้รับจะแยกข้อมูลออกจากเฟรมและตรวจสอบความถูกต้องของเฟรมที่ส่ง

2. Medium Access Control (MAC) ซึ่งอยู่ในระดับล่างถัดลงมา แต่เมื่อเทียบกับ OSI โมเดล ก็ยังอยู่ในระดับดาตาลิงค์ จะทำงานในหน้าที่ต่อไปนี้

- เป็นการจัดการสำหรับการเข้าถึงข้อมูลที่มาจากต้นทางหลายแห่ง และไปยังปลายทางได้หลายที่ (CSMA/CD)

3. Physical Layer มีหน้าที่

- เข้ารหัสและถอดรหัสสัญญาณ
- ทำหน้าที่ชิงโครโมส สร้างสัญญาณ
- ทำการรับและส่งบิตข้อมูล

2.5 โพรโทคอล CSMA/CD หรือ Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

เทคนิคที่ใช้ในกรณีของ (CSMA/CD) เป็นเทคนิคที่ได้รับการพัฒนามานานแล้ว โดยใช้เทคนิคที่ชื่อว่า Random Access Methods กล่าวคือเป็นการชิงการใช้บัส ซึ่งเสมือนเป็นของร่วมกัน ดังนั้นอุปกรณ์ทุกอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับบัสจะต้องหาทางใช้บัสโดยให้ประสิทธิภาพและความถูกต้องของการทำงานเป็นไปด้วยดี เทคนิคที่ใช้จึงเท่ากับเป็นการแย่งการใช้ตัวกลางรับส่งข้อมูล โดยใช้เทคนิคที่ชื่อว่า Random access ซึ่งมีความหมายว่าไม่มีการกำหนดเวลาที่แน่นอน ไม่มีการจัดลำดับของสถานีต่างๆ ในการรับและส่ง ทุกสถานีสามารถรับและส่งได้อย่างสุ่มจึงเท่ากับเป็นการชิงชัยการใช้ตัวกลางในการส่งข้อมูล

เทคนิคลักษณะนี้ในตอนเริ่มแรกเป็นที่รู้จักกันดี คือ ALOHA เป็นวิธีการส่งสัญญาณวิทยุเป็นแพ็กเก็ต โดยมีสถานีภาคพื้นดินหลายสถานีรวมกันเป็นเครือข่าย การรับส่งจะผ่านตัวกลางคืออากาศ ดังนั้นจะเห็นว่าโครงสร้างของ ALOHA คล้ายกับระบบบัสที่มีตัวกลางเป็นอากาศที่คลื่นวิทยุจะวิ่งไปได้

การทำงานของ ALOHA มีวิธีการดังนี้ เมื่อสถานีมีเฟรมข้อมูลที่ต้องการส่ง มันจะทำการส่งทันทีและหลังจากที่ส่งแล้วมันจะรอเวลาหนึ่งซึ่งเป็นค่าเวลาที่สัญญาณเดินทางไปและกลับระหว่างที่รอนี้จะตรวจสอบคู่สัญญาณตอบรับจากสถานีรับ ถ้ามีการตอบรับก็แสดงว่าการส่งถูกต้อง แต่ถ้าไม่ได้รับคำตอบ มันจะทำการส่งซ้ำไปอีกครั้งและจะทำซ้ำด้วยจำนวนครั้งค่าหนึ่ง ถ้าได้รับสัญญาณตรวจกลับ มันจะเลิกส่ง แสดงว่าการรับส่งข้อมูลถูกต้อง ทางด้านตัวรับสัญญาณ เมื่อรับสัญญาณ จะตรวจสอบสัญญาณ Checksum หากถูกต้องก็จะรับตอบทันที หากผิดพลาดมันจะไม่ตอบรับการผิดพลาดอาจเกิดจากสัญญาณรบกวนหรือจากสถานีอื่นที่ส่งเข้ามาขณะเดียวกัน ซึ่งกรณีที่มีข้อมูลสองเฟรมเกิดขึ้นในเวลาเดียวกันนี้เราเรียกว่าการชนกัน (collision) การชนกันนี้จะเกิดขึ้นมากหากเพิ่มจำนวนสถานีมากขึ้น

ในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ALOHA ทำได้ด้วยการแบ่งเวลาของสัญญาณที่ส่งเป็นช่อง ๆ ช่องเวลา 1 ช่องจะทำการส่ง 1 เฟรมพอดี โดยมีสัญญาณนาฬิกาส่งออกมาเป็นตัวซิงโครไนซ์ สถานีส่งทุกสถานีจะต้องส่งลงในช่องเวลานี้ด้วย วิธีการแบบนี้ทำให้ประสิทธิภาพการรับส่งของระบบเพิ่มขึ้นเรียกว่า Slotted ALOHA

ALOHA และ Slotted ALOHA ยังเหมาะกับการสื่อสารแบบแพ็กเก็ตผ่านดาวเทียมด้วย ซึ่งในกรณีนี้ช่วงเวลาหน่วงระหว่างการรับส่งเมื่อเปรียบเทียบกับเฟรมของการส่งแล้วจะเห็นว่าการใช้วิธีแบบ Random แล้วตรวจสอบการชนกันจะมีประสิทธิภาพดีสู้แบบใช้ระยะทางสั้น ๆ เช่น โทโปโลยีแบบบัสไม่ได้เพราะว่าถ้าหากมีช่วงเวลาหน่วงช้า จะเห็นว่าสถานีที่ส่งข้อมูลออกไปกว่า

จะได้รับคำตอบต้องใช้เวลานานกว่า และการที่จะรับรู้ว่ามีการส่งเฟรมข้อมูลมาหรือไม่ ต้องใช้เวลาให้สัญญาณเคมิตามมาถึง ดังนั้นการส่งข้อมูลออกไป จึงมีโอกาสชนกันมากกว่ากรณีที่ระยะสั้นเมื่อสถานีหนึ่งส่งข้อมูลออก สถานีอื่น ๆ จะรับรู้ได้ทันที และเมื่อรู้แล้วก็จะไม่ส่งข้อมูลเข้ามาชน

1. โพรโทคอล Carrier Sense Multiple Access (CSMA)

CSMA เป็นเทคนิคที่เรียกว่า Carrier Sense Multiple Access หรือที่เรียกว่าฟังก่อนพูด (LBT: Listen Before Talk) การส่งข้อมูลของสถานีใด จะเริ่มต้นจากการตรวจสอบตัวกลางนำสัญญาณก่อน(Listen) ถ้าหากว่าสายนำสัญญาณกำลังมีข้อมูลส่งผ่านอยู่ สถานีก็จะฟังหรืออ่านสัญญาณข้อมูลอย่างเดียว แต่เมื่อไรสายว่าง สถานีที่มีข้อมูลก็จะส่งการตรวจสอบครั้งใหม่ที่อาจกระทำเป็นช่วงเวลาดำหนึ่ง หลังจากที่ได้ตรวจสอบดูแล้วว่าสายไม่ว่าง การตรวจสอบจะกระทำด้วยอัลกอริทึมที่จะได้กล่าวต่อไปในเรื่องของ CSMA/CD หลังจากสถานีส่งสัญญาณข้อมูลไปแล้ว สถานีจะรอเวลาช่วงหนึ่งเพื่อรับสัญญาณตอบรับ (acknowledge) ซึ่งค่าเวลาที่รอรับสัญญาณนี้จะ เป็นค่าเวลาของการเดินทางของสัญญาณไปและกลับนั่นเอง การตอบรับนี้สถานีปลายทางต้องตอบรับทันทีที่ได้รับสัญญาณข้อมูลมาอย่างถูกต้อง อัลกอริทึมสำหรับ CSMA จะเป็นอย่างไรเมื่อสถานีตรวจสอบแล้วพบว่าสายนำสัญญาณหรือตัวกลางไม่ว่างวิธีการที่ใช้กันมี 3 วิธี ดังตารางที่ 2.2 [2]

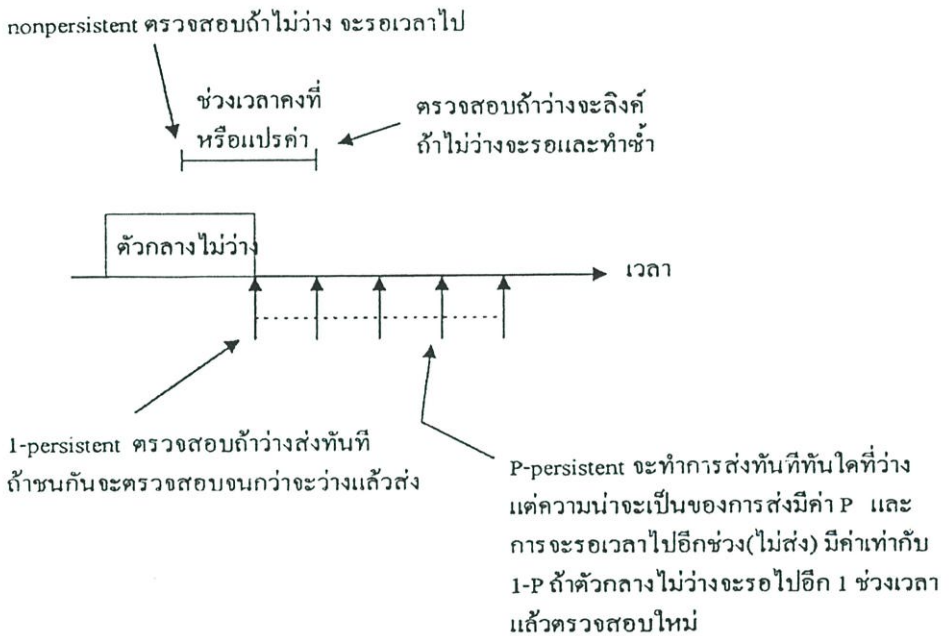
ตารางที่ 2.2 แสดงคุณลักษณะของ CSMA/CD แบบต่าง ๆ

CSMA/CD protocol	Characteristics
nonpersistent	<ol style="list-style-type: none"> 1. หากตัวกลางว่างจะส่งสัญญาณข้อมูล 2. ถ้าตัวกลางนำสัญญาณไม่ว่าง จะให้รอด้วยช่วงเวลาดำหนึ่งซึ่งมีค่าเป็นเลขสุ่มตามกฎความน่าจะเป็นและหลังจากนั้นก็กลับไปทำข้อ 1
1-persistent	<ol style="list-style-type: none"> 1. หากตัวกลางว่างจะส่งสัญญาณข้อมูล 2. ถ้าตัวกลางนำสัญญาณไม่ว่างก็จะตรวจสอบจนกระทั่งการตรวจสอบตัวกลางได้สถานะตัวกลางว่างและจะส่งสัญญาณข้อมูลทันที
p-persistent	<ol style="list-style-type: none"> 1. หากตัวกลางว่างจะส่งสัญญาณข้อมูลด้วยความน่าจะเป็น p 2. ถ้าตัวกลางนำสัญญาณไม่ว่างก็จะทำให้การตรวจสอบตัวกลางต่อไปจนกระทั่งสถานีว่าง หลังจากนั้นจะส่งสัญญาณข้อมูลด้วยความน่าจะเป็น p

การปรับปรุง CSMA จะอธิบายข้างล่างโดยเทคนิคเรียกว่า Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection ซึ่งเทคนิคนี้เรียกว่า ฟังขณะพูด (Listen while talk)

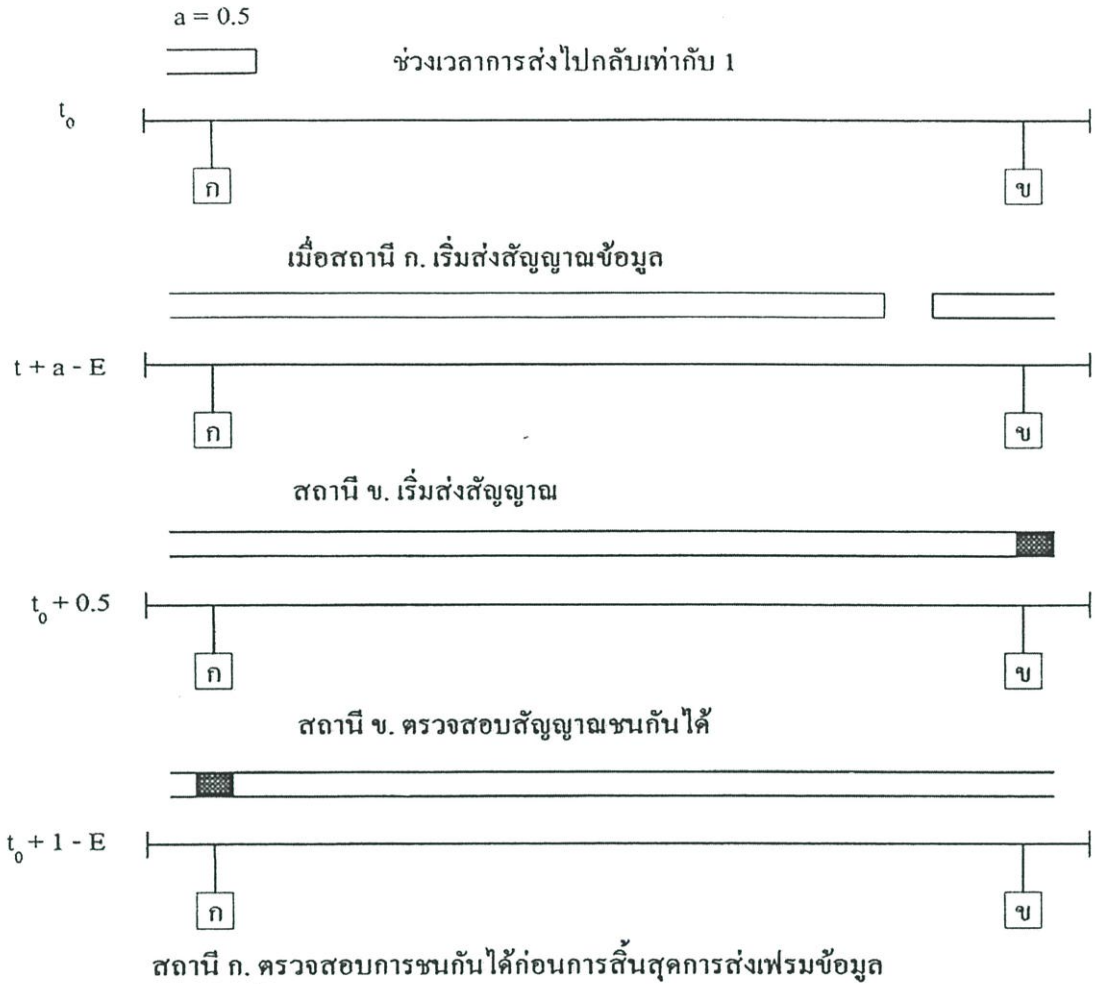
1. ให้มีการตรวจสอบการชนกันระหว่างการส่งสัญญาณข้อมูล หากตรวจสอบพบจะส่งสัญญาณแยม (Jamming) เพื่อให้ทุกสถานีรู้ว่าเกิดการชนกัน

2. หลังจากที่ส่งสัญญาณแยมแล้ว ให้รอเวลาด้วยค่าตัวเลขสุ่มค่าหนึ่งจากนั้นจึงทำการส่งสัญญาณใหม่ด้วยวิธีการของ CSMA



ภาพที่ 2.2 แสดงตัวอย่างต่าง ๆ ของ CSMA/CD

จะเห็นได้ว่าระบบดังกล่าวนี้จะเป็นระบบที่ให้ประสิทธิภาพดี ถ้าหากว่าขนาดของเฟรมข้อมูลมีความยาวกว่าช่วงเวลาการเดินทางไปและกลับของข้อมูล ทั้งนี้เพราะการเกิดการชนขึ้นเมื่ออย่างน้อยสองสถานีส่งสัญญาณในช่วงเวลาต่างกันอย่างน้อยกว่าช่วงเวลาของสัญญาณที่เดินทางมาถึง เช่น สถานี ก. เริ่มส่งสัญญาณที่เวลา t ขณะเวลา t นี้ สถานี ข. ยังไม่รู้ว่าสถานี ก. ส่งสัญญาณใช้เวลานานมาขงสถานี ข. ด้วยเวลา E ดังนั้นหากในช่วงเวลา t ถึง $t+E$ สถานี ข. ตรวจสอบตัวกลางก็ยังคงเห็นว่างอยู่ จึงส่งข้อมูลเข้าไปผลคือเกิดการชนกัน ดังนั้นในระบบ CSMA มีประสิทธิภาพดีเพียงไร จึงขึ้นอยู่กับขนาดของเฟรมข้อมูลและช่วงเวลาหน่วง ประสิทธิภาพของระบบจะดีขึ้นถ้าหากให้ขนาดของเฟรมมากขึ้น หรือช่วงเวลาหน่วงของการเดินทางของสัญญาณสั้นลง



ภาพที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการตรวจสอบการชนกัน

อัลกอริทึม สำหรับ CSMA จะเป็นอย่างไร เมื่อสถานีตรวจสอบแล้วพบว่าสายนำสัญญาณหรือตัวกลางไม่ว่าง วิธีการที่ใช้กันมี 3 วิธี ซึ่งได้แสดงให้เห็นภาพที่ 2.3

ปัญหาอยู่ที่ว่าค่า p ที่ใช้ควรจะเป็นเท่าไร เพราะถ้าให้โอกาสของการส่งมีมากก็จะเหมือนกับแบบ 1-persistent (กรณี $p=1$) คือโอกาสส่งข้อมูล 100 เปอร์เซ็นต์ ใดๆก็ดี จะเห็นได้ว่าถ้ามีสถานีทั้งสิ้น n สถานี และทุกสถานีมีโอกาสส่ง p เมื่อตัวกลางว่าง ดังนั้น $np > 1$ ก็หมายถึงว่ามีโอกาสชนกัน ค่า p จึงขึ้นกับ n ด้วยถ้า p มีค่าน้อยโอกาสของการรอเวลาที่จะมีค่าสูง

การตรวจสอบการชนกันได้ก่อนก็เท่ากับเป็นการลดช่องว่างของปัญหาที่เกิดขึ้นทำให้มีเวลาในการส่งสัญญาณข้อมูลได้มากขึ้นจึงเท่ากับเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบ หากพิจารณาการทำงานของ CSMA/CD ที่ใช้กันอยู่ไม่ว่าจะเป็นระบบอีเทอร์เน็ตหรือแม้แต่ในมาตรฐาน IEEE 802.3 จะใช้อัลกอริทึมแบบ 1-persistent ทั้งนี้เพราะในอัลกอริทึมแบบ nonpersistent และ p-persistent ยังคงมีปัญหาในเรื่องประสิทธิภาพของระบบ ในกรณีอัลกอริทึมแบบ nonpersistent จะต้องเสียเวลาช่วงหนึ่งในการตรวจสอบทำให้เกิดช่วงเวลามากขึ้นในตัวยกกลางนำสัญญาณและเท่ากับว่าเป็นการทำให้สถานีเกิดการรอในการส่งสัญญาณข้อมูล สำหรับอัลกอริทึมแบบ p-persistent นั้นเรามักจะให้ p มีค่าต่ำ ๆ เพื่อให้การส่งข้อมูลมีการชนกันไม่มากแต่ให้ข้อเสียโดยรวมเมื่อโหลด(Load) ของบัสน้อยลงและสำหรับ 1-persistent คือ อัลกอริทึมแบบ p-persistent ที่มีค่า p เท่ากับ 1 จะพบว่าในระบบเครือข่ายค่าช่วงเวลาหน่วยจะมีค่าน้อยมากเพราะคลื่นไฟฟ้าวิ่งในตัวยกกลางสายนำสัญญาณได้ด้วยความเร็วเกือบเท่าแสง ดังนั้นการตรวจสอบว่าว่างแล้วส่งข้อมูลเข้าไปนั้นจะ ปรากฏว่าสายขณะนั้นว่างและเมื่อส่งแล้วสถานีอื่นจะตรวจได้ว่าสายไม่ว่างเกือบจะทันที และหากพิจารณาว่า 2 สถานีตรวจสอบการชนกันได้แล้ว ในการส่งครั้งต่อไปก็จะชนกันอีกซึ่งในกรณีของ 1-persistent จะใช้วิธีถอยออกและกลับไปตรวจสอบสายใหม่ด้วยเวลาที่แตกต่างกัน บางสถานีตรวจสอบสายเร็ว บางสถานีตรวจสอบสายช้า ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ไม่เท่ากันเพื่อที่จะไม่เกิดการชนกันในครั้งต่อไป

บทที่ 3

ระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ต

ระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตได้ถูกสร้างขึ้นที่ศูนย์วิจัยซีรอกซ์ (Xerox) โดยความร่วมมือของ 3 บริษัทคือดิจิทัล (Digital) ซีรอกซ์ (Xerox) และอินเทล (Intel) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยจะแสดงอยู่ในข้อกำหนดของอีเทอร์เน็ต (Ethernet Specification v2.0) [3] นอกจากนี้อีเทอร์เน็ตได้ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานโดย ANSI/IEEE 802.3 มาตรฐานของระบบเครือข่ายท้องถิ่นนี้จะประกอบด้วย 4 ตัวกลางที่ใช้ในระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตนั่นคือ 10BASE5 10BASE2 10BASE-T 10BASE-FL การเลือกใช้ตัวกลางแต่ละตัวขึ้นอยู่กับระยะทาง การติดตั้ง และค่าใช้จ่าย เป็นต้น

โดยหลักการการทำงานของอีเทอร์เน็ต ทุกสถานีจะใช้สายสัญญาณร่วมกัน มีลักษณะการใช้งานโดยเป็นการจัดการช่องสัญญาณร่วมกันโดยกระจายการควบคุม ซึ่งเรียกว่า CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) เมื่อสถานีต้องการที่จะส่งข้อมูล ก็จะขอสิทธิในการส่งข้อมูลไปยังส่วนไปยังส่วนที่ทำหน้าที่กระจายการสื่อสาร (Shared Communication Channel) เมื่อได้รับสิทธิ สถานีก็สามารถส่งข้อมูลแต่ก็เกิดออกไปได้ [4] ในขณะที่ส่งข้อมูลอยู่ ต้องตรวจสอบว่ามีสัญญาณการชนกันของข้อมูลหรือไม่ หากตรวจพบการชนกันของข้อมูลขึ้น สถานีจะต้องหยุดทำส่งแพ็กเก็ตโดยทันทีและต้องทำการส่งข้อมูลออกไปใหม่ (Retransmission) การส่งข้อมูลออกไปใหม่จะใช้ช่วงเวลาของการสุ่ม โดยใช้เทคนิค Truncated Binary Exponential Back off

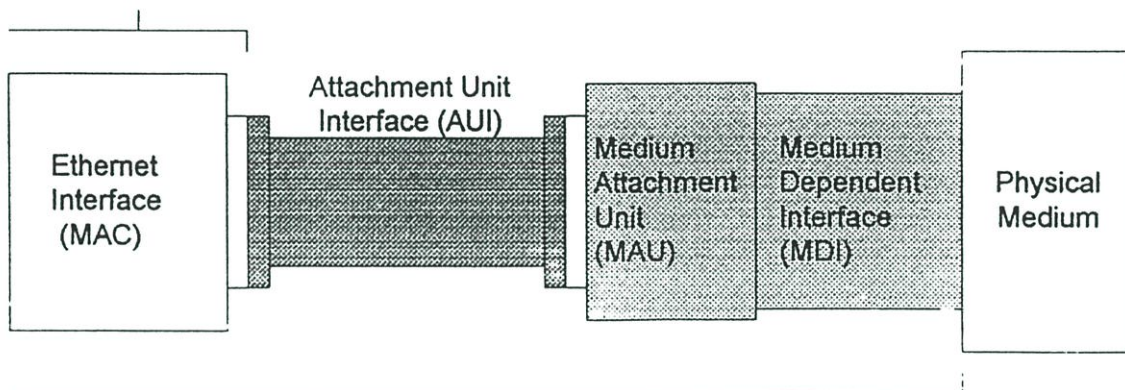
3.1 ส่วนประกอบของระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ต

ก่อนที่จะศึกษาเกี่ยวกับสื่อ (Medium) ต่างๆของอีเทอร์เน็ต จะทำการศึกษากันก่อนว่า IEEE 802.3 กำหนดส่วนประกอบที่ใช้ติดต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับสื่อ

ภาพที่ 3.1 แสดงมาตรฐานของ IEEE เพื่ออธิบายส่วนที่ติดต่อกับระบบอีเทอร์เน็ตเริ่มต้นทางขวามือของรูปจะเป็นตัวกลางทางฟิสิกส์ (Physical Medium) ซึ่งใช้ในการนำสัญญาณข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างเช่น สายโคแอกเชียล สายคู่บิดเกลียว สายไฟเบอร์ออฟติก เป็นต้น ถัดมาจะเป็น Medium Dependent Interface (MDI) จะใช้เพื่อสร้างสัญญาณไฟฟ้าส่งไปให้สื่อในกรณีของสายโคแอกเชียลแบบหนาจะใช้ MDI ชนิด Clamp ซึ่งจะต่อโดยตรงบนสายโคแอกเชียล สำหรับสายคู่พันเกลียวนั้น MDI ที่ใช้คือ RJ-45 ซึ่งจะมีสายสัญญาณ 2 คู่ คู่หนึ่งมีไว้สำหรับส่งอีกคู่หนึ่งมีไว้สำหรับรับอุปกรณ์ต่อไปจะเรียกว่า Medium Attachment Unit (MAU) อุปกรณ์นี้จะเรียก

ว่าทรานซีฟเวอร์ซึ่งมีหน้าที่คือจะจัดการเกี่ยวกับการรับและส่งสัญญาณบนสื่อต่าง ๆ โดยที่ MDI จะเป็นส่วนของ MAU ซึ่งจะติดต่อกับตัวกลางฟิสิกัล ถัดจาก MAU คือ Attachment Unit Interface(AUI) จะมีหน้าที่คือจัดหาเส้นทางและนำสัญญาณข้อมูลและสัญญาณไฟฟ้าระหว่าง การ์ดอีเทอร์เน็ตและ MAU โดยที่ AUI จะต่อกับการ์ดในคอมพิวเตอร์ด้วยคอนเนคเตอร์ขนาด 15 ขา

DTE With External MAU



DTE With Internal MAU. AUI Not Exposed

ภาพที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการเชื่อมต่อเครือข่าย

MAU และ MDI ได้ถูกออกแบบมาอย่างเฉพาะสำหรับแต่ละสื่อที่ใช้ในอีเทอร์เน็ตซึ่ง MAU ของสายโคแอกเซียลจะต่างจาก MAU ของสายคู่พันเกลียว แต่ทั้งคู่จะใช้สำหรับส่งสัญญาณข้อมูล และตรวจสอบการชนกัน

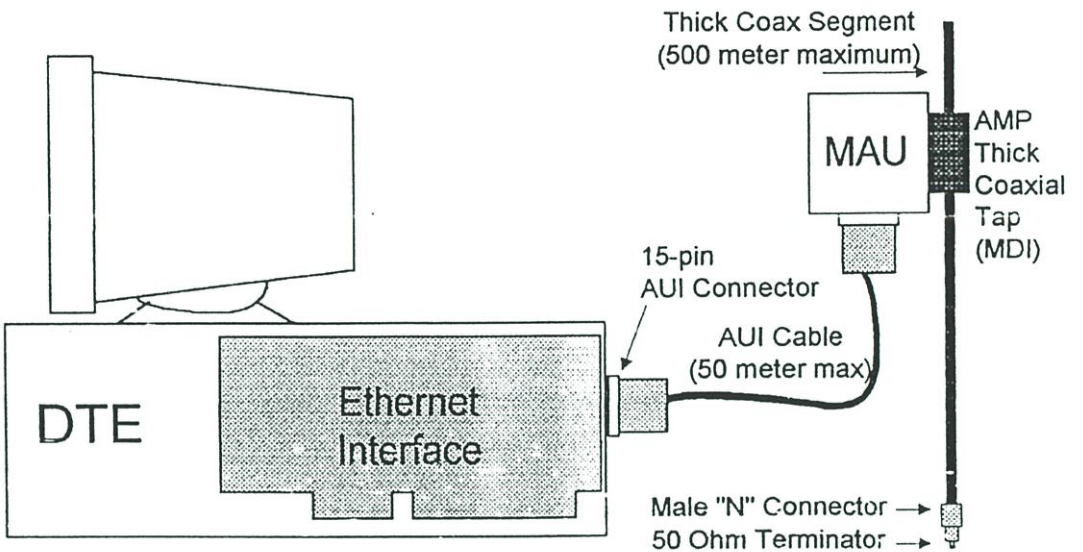
สังเกตจากภาพที่ 3.1 จะเห็นได้ว่ามี DTE Configuration 2 ชนิดคือ MAU ที่อยู่ภายนอก และ MAU ที่อยู่ภายใน โดยที่ DTE ที่อยู่ภายนอกจะประกอบด้วยการ์ดอีเทอร์เน็ต และ AUI, MAU ซึ่งทั้งคู่จะอยู่ข้างนอก DTE ตัวอย่างเช่น 10BASE5 เป็นต้น นอกจากนั้นยังมี MAU และ AUI ที่จะเป็นส่วนหนึ่งของการ์ดอีเทอร์เน็ตภายใน DTE เพียงแต่อุปกรณ์ที่จะเชื่อมต่อโดยตรงกับสื่อนี้เป็นชนิดการต่อด้วยสายโคแอกเซียลแบบบางและสายคู่พันเกลียว ในกรณีนี้ AUI จะเป็นกลุ่มของสายบนการ์ดเพื่อเชื่อมโยงอีเทอร์เน็ตเข้าด้วยกัน

3.2 คุณลักษณะของอีเทอร์เน็ต (Characteristic of Ethernet)

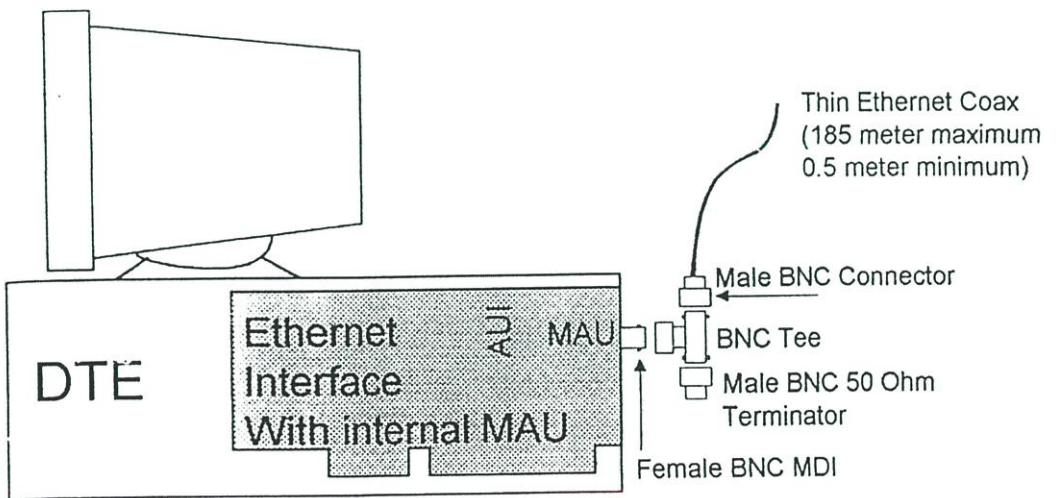
ระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบอีเทอร์เน็ตจะทำการติดต่อสื่อสารอย่างง่ายสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลความเร็วสูงระหว่างคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ดิจิทัลอื่น ๆ ในตาราง 3.1 จะแสดงรายละเอียดอย่างคร่าว ๆ ของมาตรฐานของอีเทอร์เน็ต โดยที่ทุก ๆ ประเภทของระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตที่แสดงในตารางจะเป็นรายละเอียดของระบบเครือข่าย 1 เซกเมนต์ และในภาพที่ 3.2 3.3 3.4 และ 3.5 จะแสดงการเชื่อมต่อของระบบอีเทอร์เน็ต 10BASE-5 10BASE-2 10BASE-T 10BASE-FL ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของอีเทอร์เน็ตในโมเดลต่างๆ

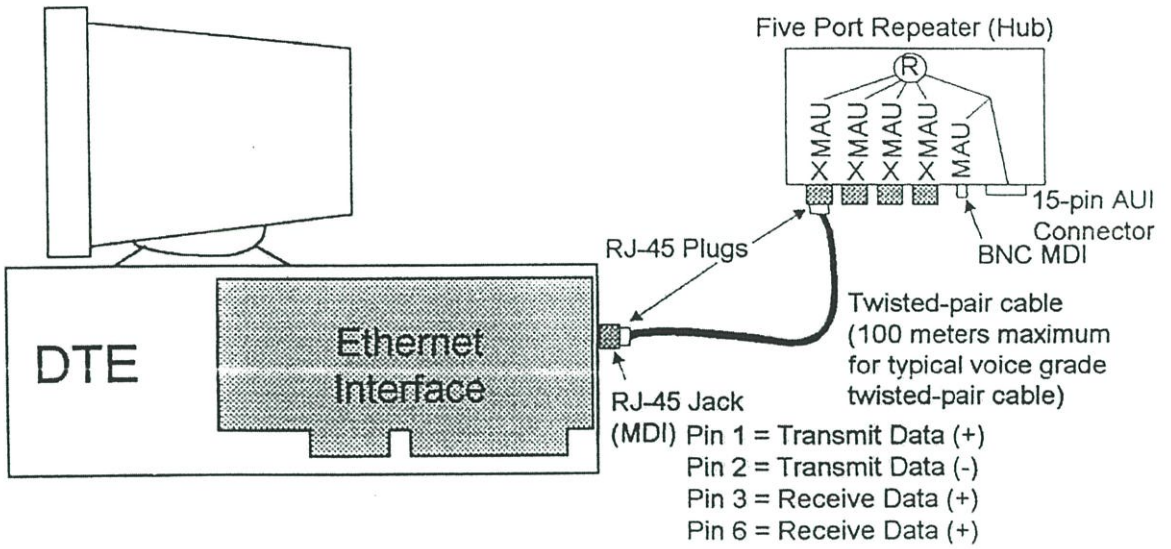
	10BASE-5	10BASE-2	10BASE-T	10BASE-FL
อัตราการส่งข้อมูล (ล้านบิตต่อวินาที)	10	10	10	10
ตัวกลาง	สายโคแอกเชียล	สายโคแอกเชียล	สายคู่บิดเกลียว	สายไฟเบอร์
	แบบหนา	แบบบาง		ออปติก
โพรโทคอลในการเข้าถึงข้อมูล	CSMA/CD	CSMA/CD	CSMA/CD	CSMA/CD
จำนวนสถานสูงสุดในแต่ละเซกเมนต์	100	30	Up to hub port	Up to hub port
ระยะทางสูงสุดใน 1 เซกเมนต์	500 m	185 m	100 m	2 km
การส่งสัญญาณ	เบสแบนด์	เบสแบนด์	เบสแบนด์	เบสแบนด์
โทโปโลยี	BUS	BUS	STAR	STAR



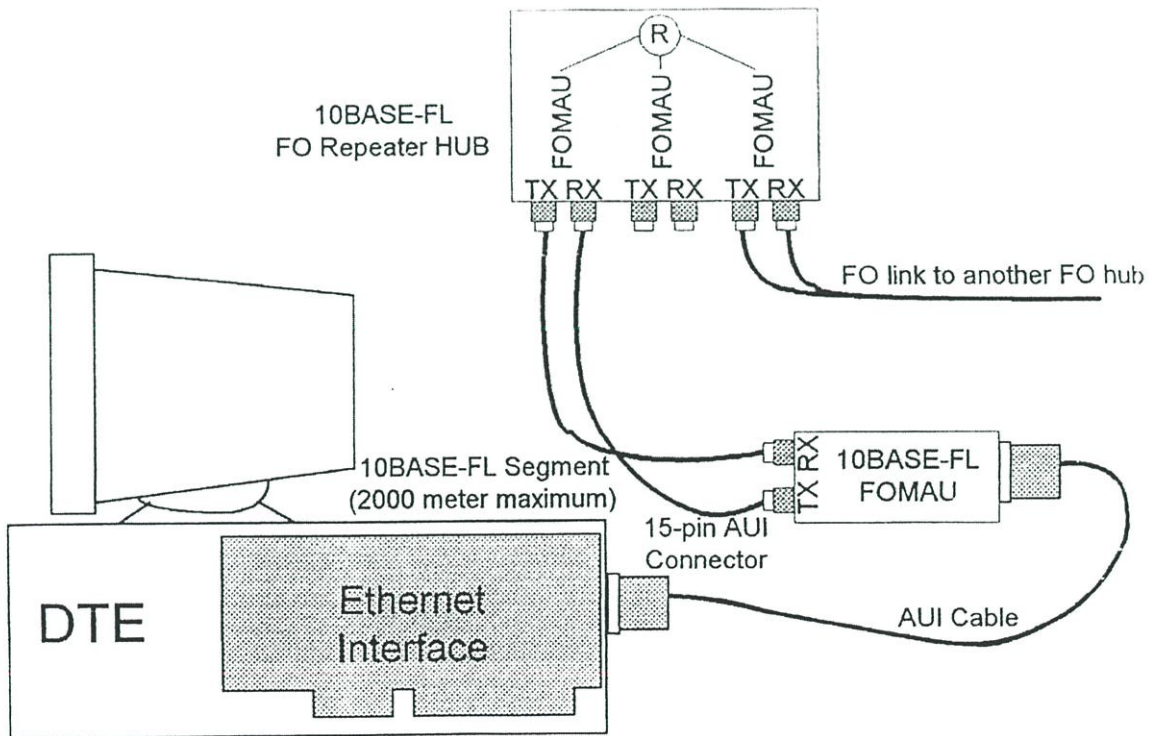
ภาพที่ 3.2 แสดงถึงการเชื่อมต่อของ Thick Ethernet



ภาพที่ 3.3 แสดงถึงการเชื่อมต่อของ Thin Ethernet



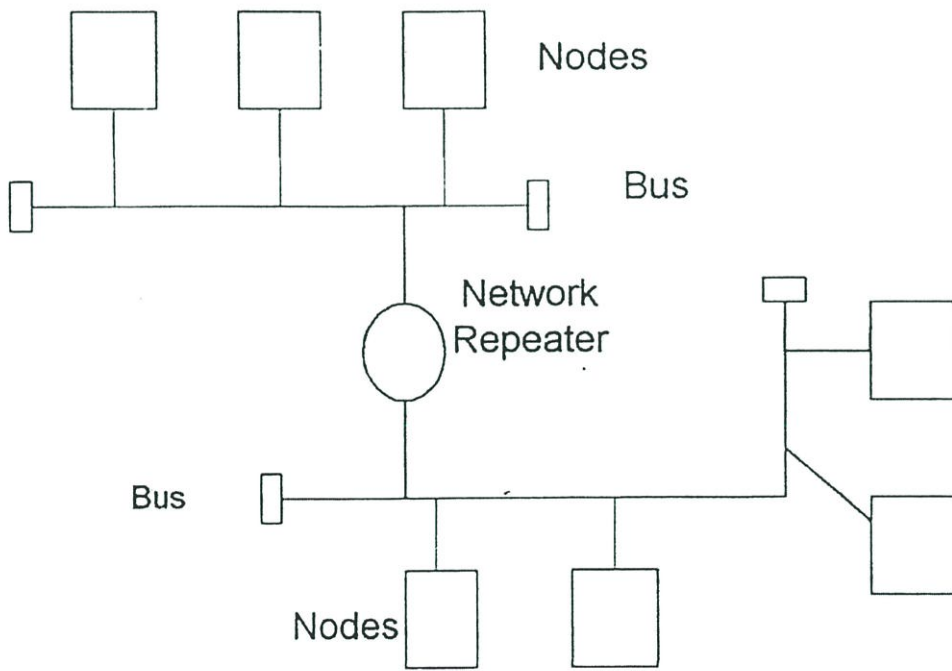
ภาพที่ 3.4 แสดงถึงการเชื่อมต่อของ Twisted-pair Ethernet



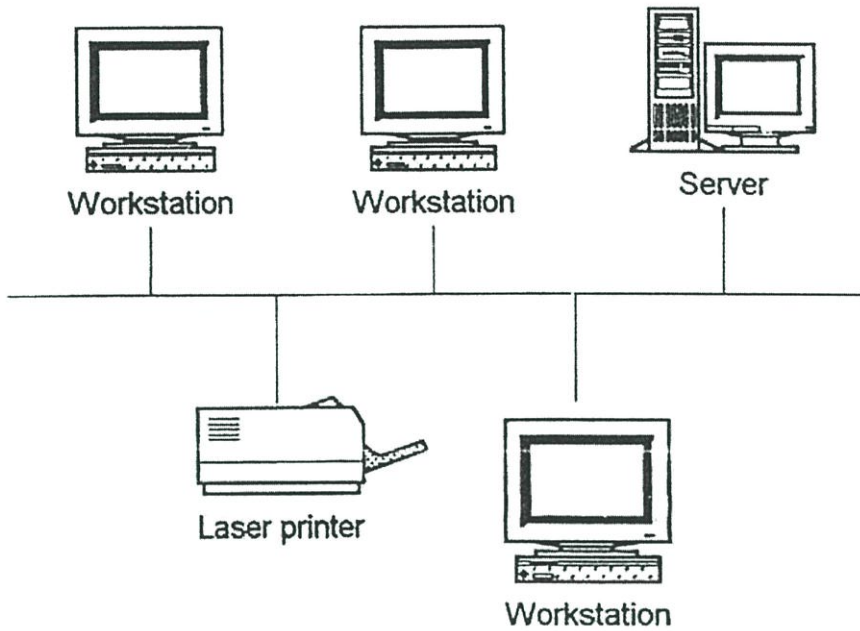
ภาพที่ 3.5 แสดงถึงการเชื่อมต่อของ 10BASE-FL

3.2.1 ระยะห่าง (Range)

ระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตซึ่งจะใช้เพื่อแบ่งปันทรัพยากรได้ถูกจำกัดระยะทางโดยจะอยู่ระหว่าง 0.1 – 2.0 กม. โดยที่อาจจะบอกได้ว่าอีเทอร์เน็ตได้ถูกนำมาเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อ เช่น เครื่องพิมพ์ เป็นต้น ในระยะสั้น ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับ WAN (Wide Area Network) ซึ่งใช้เพื่อเชื่อมต่อในระยะทางมากกว่า 10 กม. ในรายละเอียดของอีเทอร์เน็ตได้ระบุว่าอัตราการส่งข้อมูลคือ 10 Mbps และระยะทางสูงสุดใน 1 เซกเมนต์จะเป็นไปตามตารางที่ 3.1 ซึ่งเพียงพอต่อการสนับสนุนงานต่าง ๆ เช่น Video Conferencing CAD/CAM Database Application และ Office Automation เป็นต้น อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องการขยายความยาวของระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตสามารถทำได้โดยใช้รีพีตเตอร์ (Repeater) โดยการทวนสัญญาณซึ่งสัญญาณจะเพิ่มขึ้นถ้าระยะทางไกลเกินไป ซึ่งค่าสูงสุดของสถานี คือ 1024 ตามทฤษฎี (Ethernet Specification v2.0)[3] ภาพที่ 3.6 จะแสดงตัวอย่างในการเชื่อมต่อจากเครือข่ายไปอีกเครือข่ายหนึ่ง



ภาพที่ 3.6 แสดงตัวอย่างระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ต



ภาพที่ 3.7 แสดงโทโปโลยีรูปบัส

3.2.2 โทโปโลยี (Topology)

โทโปโลยีของระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตคือบัส นั่นคือจะไม่มีการจัดลำดับของสถานีต่างๆ ทุกสถานีสามารถรับส่งแพ็คเกจได้อย่างสุ่ม โดยที่ลักษณะการส่งของแพ็คเกจในระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตเป็นแบบการแผ่กระจาย (Broadcast) ซึ่งหมายถึงสถานีที่ส่งจะส่งแพ็คเกจออกไปแผ่กระจายในเครือข่าย ทุก ๆ สถานีที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกันสามารถจะรับแพ็คเกจนั้นขึ้นมา ตรวจสอบว่าเป็นแพ็คเกจที่ส่งมายังตัวมันเองหรือไม่ ถ้าใช่ก็จะรับแพ็คเกจนั้นแต่ถ้าไม่ใช่ก็จะปล่อยแพ็คเกจนั้นไป ในรูปที่ 3.7 จะแสดงโทโปโลยีรูปบัส

3.2.3 ตัวกลาง (Media)

ปัจจุบันตัวกลางในการส่งข้อมูลของระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตมีหลายประเภท เช่น

- สายโคแอกเซียลแบบบาง (Thin Coaxial Cable) สำหรับ 10BASE2
- สายโคแอกเซียลแบบหนา (Thick Coaxial Cable) สำหรับ 10BASE5
- สายคู่บิดเกลียว (Twisted pair) สำหรับ 10BASET
- สายไฟเบอร์ออฟติก (Fiber Optic) สำหรับ 10BASE-FL

ซึ่งการเลือกใช้ตัวกลางแต่ละประเภทจะขึ้นอยู่กับระยะทางและความเหมาะสมทางกายภาพของสถานที่รวมทั้งจำนวนโหนดในเครือข่ายอีเทอร์เน็ต

3.2.4 โพรโทคอลในการเข้าถึงข้อมูล

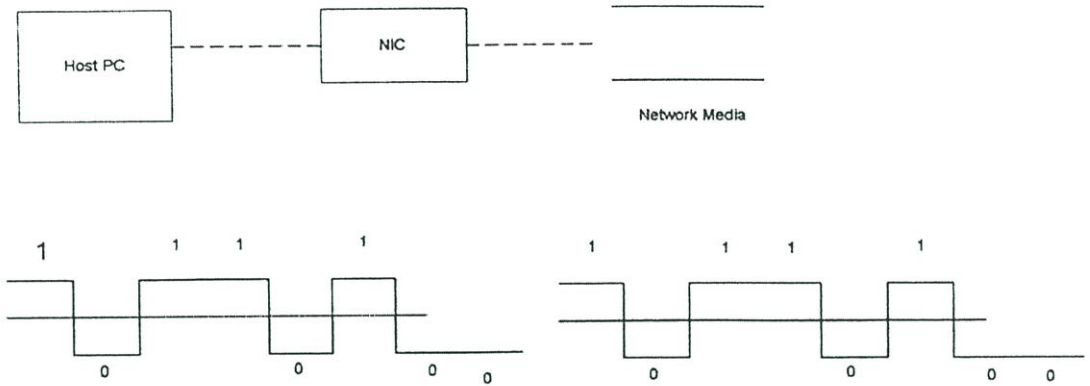
กลยุทธ์ของ Media Access Control (MAC) ที่ใช้ในระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ต สำหรับการรับส่งแพ็กเก็ตข้อมูลคือ Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) โดยที่ CSMA/CD เป็นเทคนิคซึ่งการรับและส่งทุกสถานีสามารถรับและส่งได้อย่างสุ่มและทุก ๆ สถานีมีความสำคัญ (Priority) ที่สามารถใช้สายส่งข้อมูลเท่ากัน

3.2.5 สัญญาณ (Signalling)

ในภาพที่ 3.8 จะเป็นเทคนิคการส่งสัญญาณที่เรียกว่าเบสแบนด์ (Baseband) ซึ่งใช้สำหรับส่งสัญญาณดิจิทัลในระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ต แต่ในความหมายที่แท้จริงของเบสแบนด์นั้นคือการส่งสัญญาณดิจิทัลในระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ต แต่ในความหมายที่แท้จริงของเบสแบนด์นั้นคือการส่งสัญญาณข้อมูลเดิมแท้จริงโดยไม่มีการมอดูเลต ดังนั้นเมื่อมาใช้กับ LAN จึงกำหนดว่าสัญญาณที่ไม่มีการมอดูเลตก็คือสัญญาณข้อมูลดิจิทัลที่ส่งนั่นเอง รูปแบบของสัญญาณดิจิทัลก็คือการกำหนดให้แรงดันที่ป้อนออกมาเป็นสัญญาณแรงดันสองระดับในแบบพัลส์ และเมื่อสัญญาณที่ส่งเป็นสัญญาณที่ส่งเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งจำเป็นต้องใช้แถบความถี่กว้างมาก ดังนั้นจึงไม่สามารถนำเอาหลักการของการแบ่งช่วงความถี่มาใช้ได้ (FDM) การส่งสัญญาณจึงเป็นในลักษณะสองทิศทางคือตลอดเส้นทางจะมีแรงดันเดียวกันตามที่ส่งนั่นเอง

สืบเนื่องจากสัญญาณมีแถบความถี่กว้างและเป็นสัญญาณพัลส์ ดังนั้นการส่งสัญญาณไปในสายจึงมีปัญหา การส่งสัญญาณจึงยากที่จะกระจายไปตามกิ่งก้านของโทโปโลยีแบบทรี (Tree) ทั้งนี้เพราะจะต้องผ่านอุปกรณ์เชื่อมต่อบางอย่าง เช่น รีพีตเตอร์ เป็นต้น ดังนั้นเบสแบนด์จึงเหมาะสมกับโทโปโลยีแบบบัสและสายส่งมักมีความยาวไม่มากนัก การที่ส่งได้ระยะไม่มากนักนี้ขึ้นอยู่กับแถบความถี่ทางความถี่ของสายที่มีผลในการบั่นทอนสัญญาณที่ความสูงได้มากกว่า จึงทำให้ระยะทางขึ้นอยู่กับอัตราการส่งข้อมูลด้วย

โดยใช้เทคนิคนี้สัญญาณดิจิทัลซึ่งออกมาจากอีเทอร์เน็ตอะแดปเตอร์จะถูกผ่านไปยังตัวกลางโดยตรง โดยที่สัญญาณบนสายโคแอกเซียลสามารถเดินทางด้วยอัตรา 1-10 ล้านบิตต่อวินาที ลักษณะการติดต่อสื่อสารในระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตจะเป็นแบบ Half Duplex นั่นคือจะมีเพียง 1 แพ็กเก็ตเท่านั้นที่อยู่บนเครือข่ายในช่วงเวลาหนึ่งและทุก ๆ สถานีบนเครือข่ายจะรับหรือส่งแพ็กเก็ตได้แต่จะไม่ทำทั้งสองกรณีในเวลาเดียวกัน



ภาพที่ 3.8 แสดงถึงสัญญาณแบบเบสแบนด์ (Baseband Signalling)

3.2.6 รูปแบบของแพ็กเก็ต (Packet Format)

ประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตจะขึ้นอยู่กับขนาดของแพ็กเก็ต ประสิทธิภาพของระบบจะสูงเมื่อขนาดของแพ็กเก็ตมีขนาดใหญ่ แต่จะทำให้มีเวลาตอบสนอง (Response Time) ค่อนข้างสูง แต่ถ้าขนาดของแพ็กเก็ตมีขนาดเล็กลง ประสิทธิภาพของอีเทอร์เน็ตจะลดลงแต่เวลาตอบสนองจะดีขึ้น ดังนั้นเพื่อให้เหมาะสมระหว่างค่าตัวรบกวน และเวลาตอบสนองของระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ต ดังนั้นอีเทอร์เน็ตจึงได้กำหนดค่าสูงสุดของความยาวของแพ็กเก็ตคือ 1526 ไบต์ และค่าต่ำสุดของความยาวของแพ็กเก็ตคือ 72 ไบต์ ดังภาพที่ 3.9

ขนาดของแพ็กเก็ตน้อยที่สุด = 72 ไบต์

ขนาดของแพ็กเก็ตมากที่สุด = 1526 ไบต์

Ethernet

8 bytes	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46-1500 bytes	4 bytes
Preamble	Destination Address	Source Address	Type	Data	CRC

IEEE 802.3

7 bytes	1 bytes	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46-1500 bytes	4 bytes
Preamble	Start of Frame	Destination Address	Source Address	Length	802.2 Header and data	CRC

ภาพที่ 3.9 แสดงรูปแบบของแพ็กเก็ตที่ใช้ในระบบอีเทอร์เน็ต

ในระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบอีเทอร์เน็ต ข้อมูลจะถูกส่งในรูปแบบโครงสร้างของแพ็กเก็ตโดยที่โครงสร้างของแพ็กเก็ตจะต้องการข้อมูลที่เหมาะสม เช่น ที่อยู่ต้นทางและปลายทาง และมีความถูกต้องเพื่อที่จะส่งและรับแพ็กเก็ต แต่ละฟิลด์ของแพ็กเก็ตจะถูกอธิบายไว้ข้างล่างนี้

Preamble and Start of Frame Delimiters

ในส่วนของฟิลด์นี้ ในเฟรมอีเทอร์เน็ตจะใช้ 8 ไบต์ เป็น Preamble ทั้งหมดโดยจะเห็นชุดของตัวเลข 1 และ 0 สลับกัน (10101010)

ส่วนของ IEEE 802.3 จะใช้เพียง 7 ไบต์เท่านั้นที่เป็น Preamble ส่วนในไบต์ที่ 8 จะเรียกว่าเป็น Start of Frame Delimiters โดยใน 2 บิตสุดท้ายของไบต์นี้จะเป็น 11 (10101011)

Destination Address

จะเป็นหมายเลขที่อยู่ทางฟิสิกส์ของเน็ตเวิร์กการ์ดปลายทาง โดยหมายเลขปลายทางนี้ยังสามารถที่จะระบุได้เป็นแบบจุดต่อจุด แบบหลายจุด หรือแบบกระจายจุด

Source Address

จะเป็นหมายเลขที่อยู่ของเน็ตเวิร์กการ์ดต้นทาง มีขนาด 6 ไบต์ โดย 3 ไบต์แรกนั้น IEEE จะเป็นผู้กำหนดให้กับผู้ผลิตแต่ละรายไป และอีก 3 ไบต์หลังนั้นผู้ผลิตจะเป็นผู้กำหนดเอง

Length versus Type

ในเฟรม IEEE 802.3 จะใช้เป็นฟิลด์ความยาว (length) ใช้ระบุความยาวเป็นจำนวนไบต์ของข้อมูลที่อยู่ในฟิลด์ข้อมูล แต่ในเฟรมอีเทอร์เน็ต จะใช้ระบุประเภท (type) ของเฟรมนั้น

Data and Padding

ในเฟรม 802.3 จะใช้ฟิลด์นี้ในการเก็บข้อมูล โดยตัวเลขที่อยู่ในฟิลด์ความยาว จะระบุขนาดของข้อมูลที่อยู่ในฟิลด์นี้ ถ้าหากว่าขนาดของข้อมูลนั้นสั้นเกินไป คือความยาวในฟิลด์ไม่ถึง 46 ไบต์ (ซึ่งจะทำให้ขนาดของเฟรมไม่ถึง 64 ไบต์) ทำให้เมื่อเกิดข้อผิดพลาดขึ้นกับเฟรมนั้นๆ หรือหากเกิดการชนกันของข้อมูลจะไม่สามารถตรวจพบได้ทันที ก็จะมีการใส่ค่าเพิ่ม (padding) ให้กับฟิลด์นี้

Frame Check Sequence

ใช้ในการตรวจเช็คความถูกต้องของเฟรมข้อมูลโดยใช้วิธีการ CRC

3.3 สถาปัตยกรรมของอีเทอร์เน็ต

สถาปัตยกรรมของระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตถูกแบ่งออกเป็น 3 ระดับ(layer) นั่นคือ

1. ระดับควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง(MAC) เป็นระดับย่อยของดาต้าลิงก์ (Data link layer)
2. ระดับฟิสิคัลเลเยอร์ (Physical layer) ตาม OSI โมเดล
3. ระดับไคลเอ็นซ์เลเยอร์ (Client layer) หมายถึงระดับที่อยู่สูงกว่าระดับดาต้าลิงก์ ดังแสดงในภาพที่ 3.10

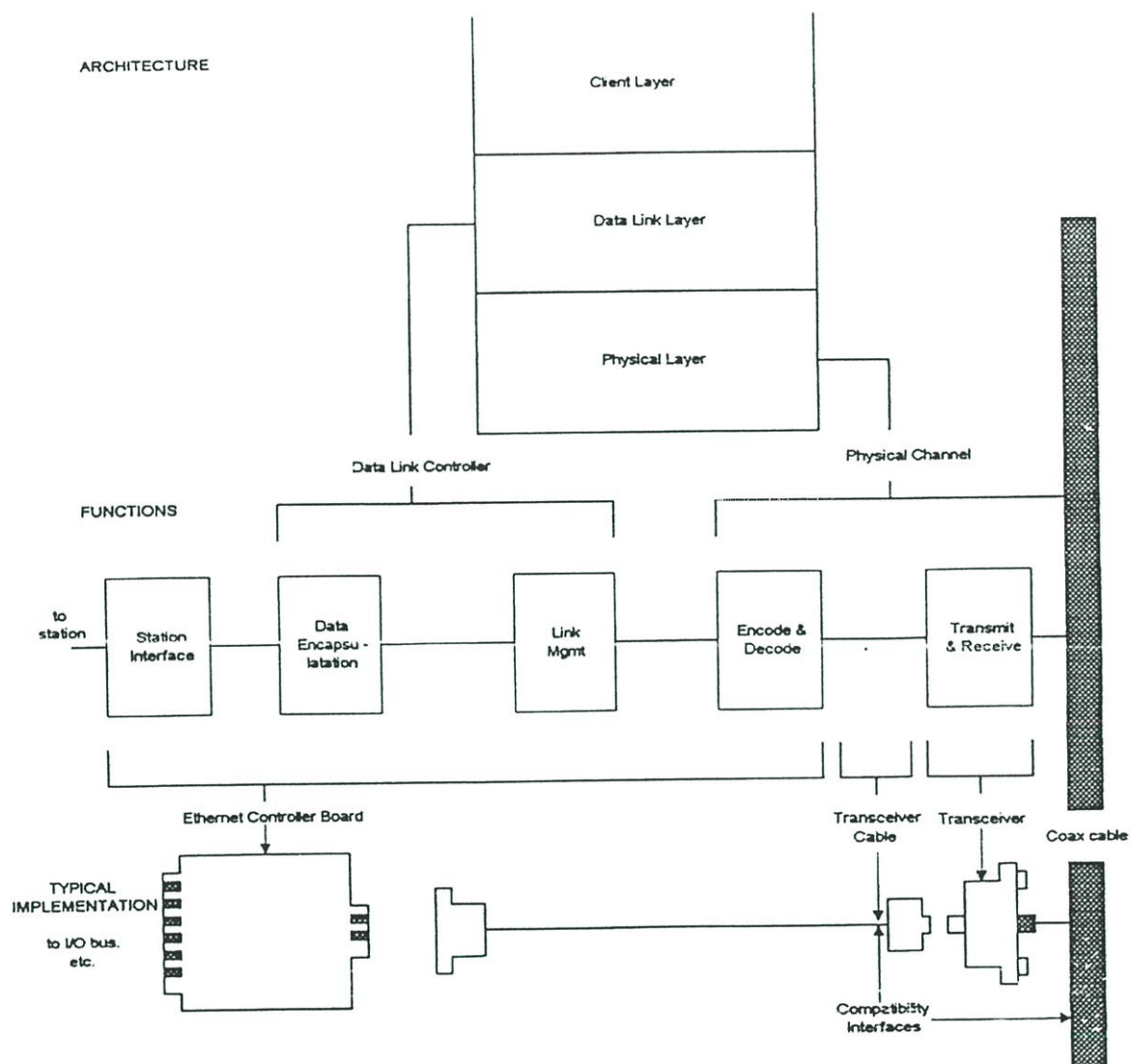
3.3.1 ฟิสิคัลเลเยอร์ (Physical Layer)

ฟิสิคัลเลเยอร์มี 4 หน้าที่หลัก ดังภาพที่ 3.12 คือ

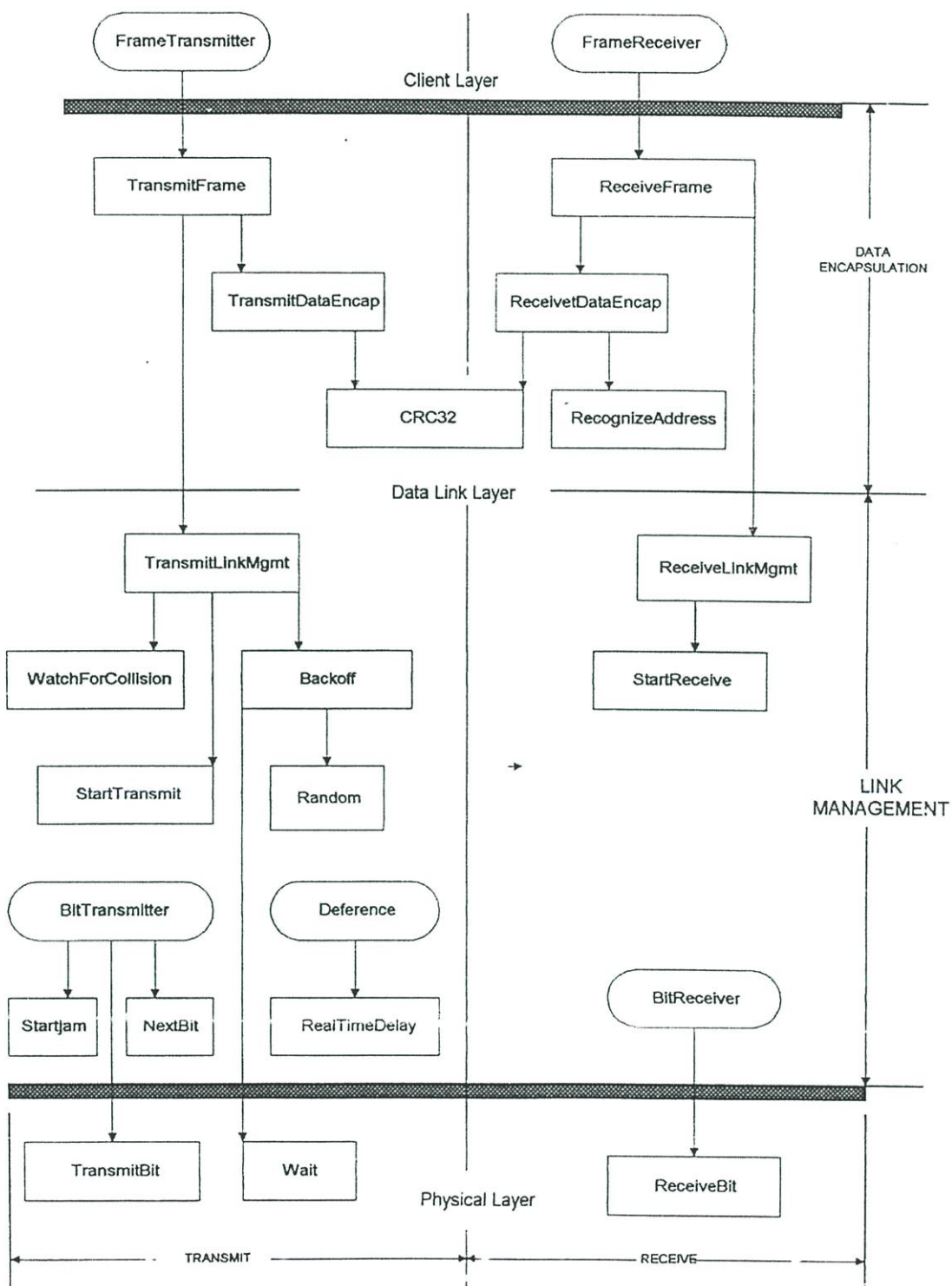
1. เข้ารหัสสำหรับส่งข้อมูล
2. เข้าถึงแขนนำที่ส่ง
3. ถอดรหัสสำหรับรับข้อมูล
4. เข้าถึงแขนนำที่รับ

เมื่อช่องการสื่อสารว่างดาต้าลิงก์เลเยอร์จะส่ง Encapsulated เฟรมไปเข้ารหัสสำหรับส่งข้อมูล โดยที่เฟรมเหล่านี้ยังไม่สามารถส่งไปยังบัสได้ทันที เพราะว่าการส่งบิตอาจจะไม่ตรงกันระหว่างสถานี ดังนั้นก่อนการเข้ารหัสจะทำการส่ง preamble เพื่อให้ตัวรับและตัวทวนสัญญาณที่สัญญาณนาฬิกา (clock) ที่ตรงกัน (Synchronization) หลังจากนั้นจะทำการแปลงสัญญาณนาฬิกาและข้อมูลเป็น Bit Stream โดยใช้ Manchester Encoding สำหรับการส่งข้อมูลบนตัวกลางด้วยทรานซีฟเวอร์

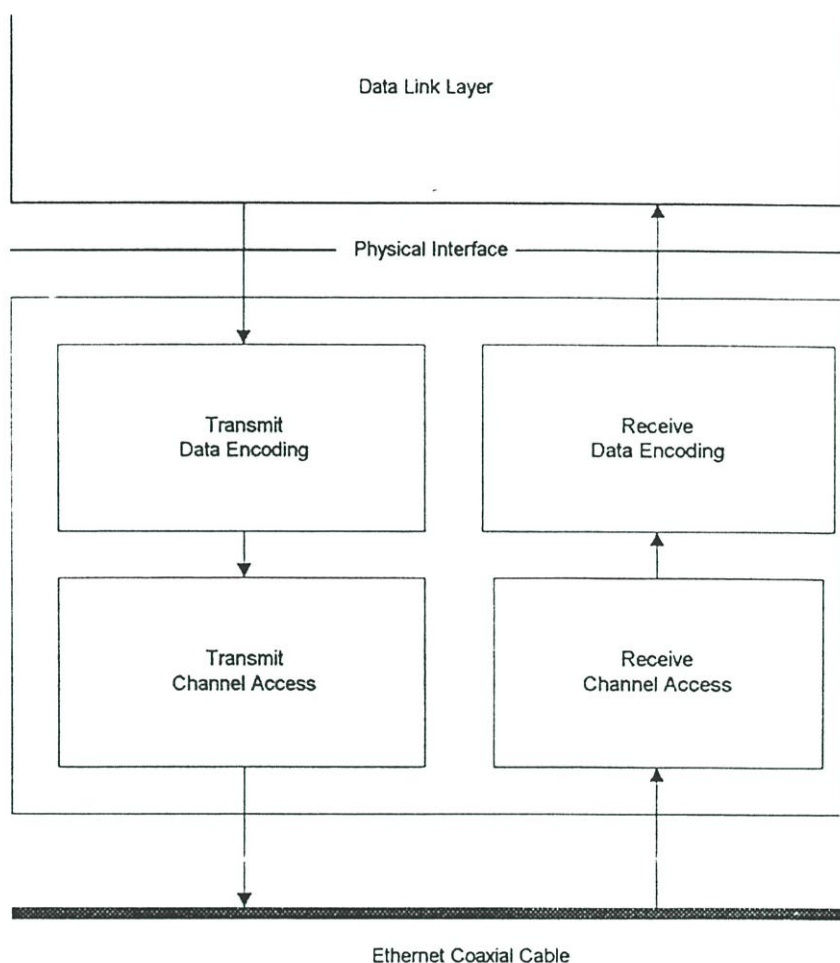
หลังจากนั้น Bit Stream ที่เข้ารหัสโดยวิธี Manchester Encoding จะถูกส่งไปเพื่อเข้าถึงแขนนำที่ส่ง โดยจะส่งสัญญาณไฟฟ้าจริง ๆ ไปบนตัวกลาง ส่วนนี้ของฟิสิคัลเลเยอร์จะคอยตรวจสอบบิตและส่งสัญญาณ Carrier Sense และ Collision Detection ที่ได้รับไปเพื่อจัดการสำหรับการส่งสำหรับดาต้าลิงก์เลเยอร์ ฝ่ายรับจะถอดรหัสสำหรับบิตที่รับมา



ภาพที่ 3.10 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ต



รูปที่ 3.11 แสดงถึงหน้าที่ของ ฟิสิคัลเลเยอร์ ดาต้าลิงก์เลเยอร์ และไคลเอ็นซ์เลเยอร์ของระบบอีเทอร์เน็ต



รูปที่ 3.12 แสดงถึงหน้าที่ของ ฟิสิคัลเลเยอร์ ของระบบอีเทอร์เน็ต

3.2.2 ดาต้าลิงค์เลเยอร์ (Data Link layer)

ในดาต้าลิงค์เลเยอร์ดังรูปที่ 3.13 จะรับข้อมูลจากเลเยอร์ที่อยู่เหนือกว่า และจะสร้างเฟรมที่สมบูรณ์โดยการเพิ่มที่อยู่ต้นทาง(source Address) ที่อยู่ปลายทาง(Destination Address) CRC (Cyclic Redundancy Check) และ Type Field ลงไปในเฟรม หลังจากนั้นเฟรมที่สมบูรณ์จะถูกส่งไปยังของดาต้าลิงค์เลเยอร์ ซึ่งจะรอการผ่านของเฟรมโดยตรวจสอบสัญญาณ Carrier Sense จากฟิสิคัลเลเยอร์เมื่อสัญญาณมีสถานะของ Carrier Sense ระบุว่า เป็นเท็จ (ช่องว่างการสื่อสารว่าง) หลังจากนั้น Transmit Link Management จะคอยสำหรับเวลาที่เรียกว่า Interframe Spacing ซึ่งมีค่า 9.6 ไมโครวินาที ตามมาตรฐาน IEEE802.3 ก่อนที่จะส่งเฟรมที่คอยการส่งไปยังฟิสิคัลเลเยอร์ สังเกตว่าการตรวจสอบการชนกัน (Collision Detection) จะถูกกระทำโดยตรวจสอบสัญญาณที่เกิดการชนกันจากฟิสิคัลเลเยอร์ ถ้าเกิดการชนกันจะคำนวณเวลาในการส่งใหม่ (Retransmission time) โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า ‘Truncated Binary Exponential Back off’ ก่อนที่จะส่งเฟรมนี้ออกไปอีกครั้งหนึ่ง

Truncated Binary Exponential Back off

เทคนิคที่ใช้ในการกำหนดเวลาอย่างสุ่มสำหรับการส่งในครั้งต่อไปจะใช้เทคนิคที่ชื่อว่า Truncated Binary Exponential Back off เพื่อให้เวลาที่หน่วงไว้มีค่าน้อยที่สุดก่อนที่จะส่งแพ็กเก็ตใหม่หลังจากเกิดการชนกัน จำนวนเวลานี้จะถูกรเรียกว่า สล็อตการส่งใหม่ (Retransmission slot time) สำหรับเทคนิคที่ใช้ในวิธีนี้ก็คือ โหนดจะพยายามส่งใหม่เมื่อมีการชนกันเกิดขึ้น โดยที่จะพยายามส่งจนกระทั่งสำเร็จหรือพยายามส่งไม่เกิน 16 ครั้ง (ครั้งแรก+พยายามอีก 15 ครั้ง) หลังจากส่งครบ 16 ครั้งนี้แพ็กเก็ตจะถูกแจ้งว่าเกิดความผิดพลาดขึ้น

จุดประสงค์ของการส่งใหม่จะมีอยู่ 2 ข้อ คือ

1. กำหนดเวลาที่จะส่งใหม่ทันทีและดูแลการใช้เซชนันต์
2. การ backing off เพื่อที่จะลดจำนวนของการติดต่อบนเน็ตเวิร์ค หลังจากที่จำนวนการชนกันเป็นครั้งที่ "15" แล้วการส่งจะถูกยกเลิกและส่งข้อผิดพลาดกลับไปสู่โหนดที่พยายามส่งอยู่

เทคนิคอย่างง่ายของ backing off คือ ถ้าแพ็กเก็ตส่งไม่สำเร็จจำนวน n ครั้ง ($1 \leq n \leq 16$) การส่งครั้งต่อไปจะคอยเป็นเวลา r ซึ่งค่า r เลือจากการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มอยู่ในช่วง $0 \leq r \leq 2^k$ ซึ่ง $(n, 10)$ โดย k เป็นค่าต่ำสุดระหว่างจำนวนที่พยายามส่ง n ครั้ง และจำนวนเต็ม 10 หลังจากได้ค่า r แล้ว จะนำค่า r ไปคูณกับ slot time เพื่อจะได้เป็นเวลาที่เหมาะสมซึ่งเกิดการชนกันต้องถูกส่งใหม่นั้นเอง

โดยที่ slot time จะคำนวณจาก [5]

$$\text{slot time} = 2 \times \text{transmission path delay}$$

$$\text{transmission path delay} = \text{worse case (signal propagation delay)}$$

$$T_p = \text{propagation delay}$$

$$= \text{physical separation, } S, \text{ in metres / velocity of propagation, } V, \text{ in metres per second}$$

เช่น

$$\text{สมมติความยาวสูงสุดของบัส} = 500 \text{ m.}$$

$$\text{Velocity of propagation} = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$T_p = 500 / 2 \times 10^8 = 0.0025$$

$$\text{slot time} = 2 \times 0.0025 = 0.005 \text{ ms}$$

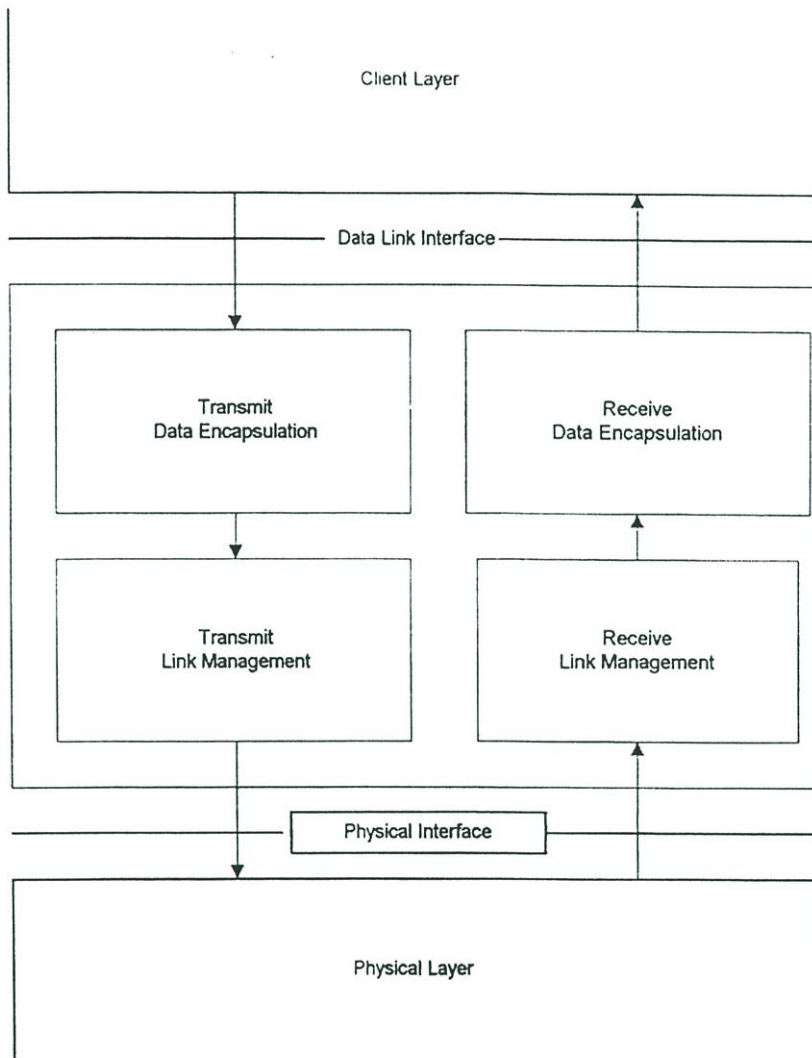
$$\text{แพ็กเก็ตส่งไม่สำเร็จ 5 ครั้ง (n = 5)}$$

$$K = \min(5, 10) \text{ เลือก } k = 5$$

ค่า r เลือกจากการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มอยู่ในช่วง $0 \leq r \leq 2^k$ ดังนั้นค่า r จะอยู่
ระหว่าง 0-32 สมมติว่าสุ่ม $r=10$

ดังนั้นเวลาในการส่งออกไปใหม่ของแพคเกจคือ $r \times \text{slot time} = 10 \times 0.005 = 0.05 \text{ ms}$

นั่นคือแพคเกจจะต้องรอเวลาก่อนส่งออกไป = 0.05 ms



รูปที่ 3.13 แสดงถึงหน้าที่ของ ดาต้าลิงค์เลเยอร์ของระบบอีเทอร์เน็ต

หน้าที่หลักของ Receiving link Management คือ การตรวจสอบส่วนที่ชนกันจากเฟรมที่ได้รับมา และเฟรมที่ชนกันนั้นจะถูกทิ้งไปโดยที่ Receive Data Decapsulation จะทำหน้าที่ดังนี้ คือ

1. ตรวจสอบความยาวของเฟรม
2. ตรวจสอบความถูกต้องของเฟรม
3. จุดจำที่อยู่ของเฟรม
4. การรวมเฟรมที่ได้มาเพื่อส่งต่อไปให้เลเยอร์ที่อยู่เหนือกว่า

ซึ่ง Receive Data Decapsulation จะตรวจสอบขนาดสูงสุดของเฟรม และตัดเฟรมที่ยาวกว่า 1518 ไบต์ jabber ทิ้ง หลังจากนั้นจะรายงานข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น สำหรับการตรวจสอบ Frame Check Sequence จะทำดังนี้ คือ ถ้าบิตที่คำนวณจากเฟรมที่ได้รับ ไม่ได้สร้างค่า CRC ที่เหมือนกัน จะมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น

3.4 การประเมินผลประสิทธิภาพของอีเทอร์เน็ต [6]

3.4.1 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพ

Performance ของอีเทอร์เน็ตขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ซึ่งอธิบายดังนี้

-Bit rate : มาตรฐานของอีเทอร์เน็ตคือ 10 เมกะบิตต่อวินาที

-Maximum propagation delay : ค่าเวลาสูงสุดที่ต้องรอในการเดินทางไปและกลับของสัญญาณ (round trip) ระหว่างผู้ส่งถูกกำหนดไว้ที่ 464 bit times ซึ่งจะเหมาะสมสำหรับ 5 กิโลเมตรของสายโคแอกเชียล

-Maximum jam time : ผู้ส่งสามารถ detect การชนกันที่เกิดขึ้นจากการส่งอย่างต่อเนื่องโดยจะอยู่ในช่วงเวลา 32-48 bit times ซึ่งแน่นอนว่าจะมีความน่าเชื่อถือว่าสถานีอื่น ๆ จะสามารถจะตรวจพบการชนกัน

-Slot time : ขอบเขตของเวลาในการเข้าถึงสิทธิ์ของเครือข่ายซึ่งจะต้องมีค่ามากกว่าผลรวมของเวลาสูงสุดในการเดินทางไปและกลับของสัญญาณกับ Maximum jam time ซึ่งถูกกำหนดไว้ที่ 512 bit times (51.2 ไมโครวินาที)

-Minimum packet length : ขนาดของแพ็กเก็ตที่สั้นที่สุดต้องไม่น้อยกว่าขนาดของ Slot time สำหรับถ้ามีการชนกันมันสามารถตรวจสอบได้ สิ่งเหล่านี้จะนำไปสู่ขนาดของแพ็กเก็ตที่น้อยที่สุดซึ่งมีค่า 72 ไบต์

-Maximum packet length : ขนาดสูงสุดของแพ็กเก็ตคือ 1526 ไบต์

-Number of hosts : ในระบบอีเทอร์เน็ตจะระบุจำนวนของสถานีต่อ 1 Segment คือ 100 และจำนวนของสถานีทั้งหมดในหลาย ๆ Segment ของอีเทอร์เน็ตคือ 1024

-Persistent : ระบบอีเทอร์เน็ตคือ 1-persistent CSMA/CD ที่เรียกเช่นนี้เพราะว่าในขณะที่สถานีพร้อมที่จะส่งแต่ในขณะนั้นแชนแนลไม่ว่างแต่ในไม่ช้า แชนแนลจะว่างและสถานีจะส่งออกไปด้วยความน่าจะเป็นเท่ากับ 1 ในกรณีของ CSMA/CD อื่น ๆ ได้ถูกวิเคราะห์ non-persistent จะคอยเวลาอย่างสุ่มเมื่อ channel ไม่ว่าง และ p-persistent หลังจาก channel ว่างแล้วผู้ส่งจะส่งออกไปทันทีที่ทันใจด้วยความน่าจะเป็น p โดยที่ non-persistent จะนำไปสู่การรอคอยเป็นเวลานาน

-Packet length distribution ข้อจำกัดของระบบอีเทอร์เน็ตได้ระบุไว้ว่ามีอิสระในการเลือกขนาดของแพ็กเก็ต ภายในระบบเครือข่ายจะพบว่า packet length distribution เป็นแบบ bimodal ซึ่งขนาดของแพ็กเก็ตส่วนใหญ่จะอยู่ระหว่าง minimum length และ maximum length

-Distribution of packet arrivals : ทฤษฎีแต่ก่อนส่วนใหญ่จะสมมุติการมาของแพ็กเก็ตเป็นแบบปัวซอง (Poisson) แต่ในบทความนี้จะสมมุติการมาเป็นแบบคล้ายคลึงตัวเอง (Self-similar)

-Buffering : สมมุติฐานจะบอกว่าแต่ละสถานีจะมีบัฟเฟอร์ เพื่อเก็บแพ็กเก็ตไว้สำหรับการส่ง ในกรณีที่บัฟเฟอร์เต็มจะทิ้งแพ็กเก็ตนั้นไป ในระบบเครือข่ายจริง ๆ Flow control จะจำกัดการมาถึงของแพ็กเก็ตเมื่อระบบเครือข่ายมีปริมาณข้อมูลหนาแน่นมาก ๆ (Overload) และแพ็กเก็ตจะไม่ถูกละทิ้ง

3.4.2 ค่าต่าง ๆ ที่ใช้วัดประสิทธิภาพ

- **Average delay** : เวลาหน่วงเฉลี่ยซึ่งเกิดจากผลรวมของเวลาของการให้บริการ (Service time) กับเวลาที่ใช้ในการรอเพื่อที่จะส่งข้อมูลทั้งหมด (Waiting time) และเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากต้นทางไปยังปลายทาง (Propagation time) หน่วยเป็นวินาที (s)

$$D = W + S + T_p \quad (3.1)$$

D : เวลาหน่วงเฉลี่ย (Average delay)

W : เวลาที่ใช้ในการรอเพื่อที่จะส่งข้อมูลทั้งหมด (Waiting time)

S : เวลาของการให้บริการ (Service time)

T_p : เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากต้นทางไปยังปลายทาง (Propagation time)

- **Throughput** : จำนวนบิตจริงที่ส่งสำเร็จระหว่างสถานีต่อวินาที

$$S = \frac{P_L}{(P_L / R) + P} \quad (3.2)$$

S : ทROUGHPUT (Throughput) หน่วย bits/second

P_L : ความยาวของแพ็กเก็ต (Length of packet) หน่วย bits

P_L/R : เวลาที่ใช้ส่งแพ็กเก็ต (Transmission time) หน่วย second

- **Channel capacity** หรือ **Data rate (R)** : ค่าสูงสุดของ Data rate โดยที่ Capacity คือ ฟังก์ชันที่ขึ้นอยู่กับขนาดของแพ็กเก็ตและความยาวของเครือข่าย หน่วย bits/second

- **Channel Utilization (U)** : อัตราการใช้ช่องสัญญาณซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราส่วนของ Throughput กับ Channel capacity ไม่มีหน่วย

$$U = \frac{S}{R} \quad (3.3)$$

U : อัตราการใช้ช่องสัญญาณ (Channel Utilization)

S : ทROUGHPUT (Throughput)

R : ความจุช่องสัญญาณ (Channel capacity)

หากระบบอิสระจากการควบคุมของ MAC ค่า $U = 1$

หรือ

$$U = \frac{P_L}{P_L + RP} \quad (3.4)$$

โดย ค่า P คือ Average maximum signal delay หน่วย second

- **Fairness** : แต่ละสถานียังคงมีปริมาณข้อมูล(traffic) ค้างอยู่ซึ่งควรจะมีค่าเท่ากับความน่าจะเป็นของการได้เข้าถึงสิทธิ์ channel (สิ่งเหล่านี้จะไม่เท่ากับการแบ่งการใช้ bandwidth ซึ่งแต่ละสถานีจะใช้ขนาดของแพ็กเก็ตที่แตกต่างกัน)

- **Stability** : ถ้า Throughput มีค่าตกลงเมื่อปริมาณข้อมูลหนาแน่นมาก (high loads) หลังจากนั้นจะเรียกว่ามัน “unstable”

นั่นคือระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจะทำงานอยู่ภายใน 2 ระดับของ OSI โมเดลคือ ระดับฟิสิคัลและระดับดาต้าลิงก์

บทที่ 4

ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง (Self-Similar traffic) และ ทราฟฟิกแบบไม่คล้ายคลึงตัวเอง (Non-Self-Similar traffic)

สำหรับนักออกแบบระบบและนักวิเคราะห์ระบบที่วางแผนเกี่ยวกับ Capacity และทำนายประสิทธิภาพของเครือข่าย เราพบว่าการผลลัพธ์ของการทำนายจากการวิเคราะห์โดยระบบคิวมีความแตกต่างจากประสิทธิภาพที่วัดได้จริงมาก แต่ก่อนการวิเคราะห์ระบบคิวจะใช้รูปแบบของทราฟฟิกแบบไม่คล้ายคลึงตัวเอง เช่น แบบ Poisson ซึ่งพบว่าผลลัพธ์จากการทำนายมีความแตกต่างจากประสิทธิภาพจริงที่เกิดขึ้น หลายปีมานี้มีการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบทราฟฟิกแบบ Self-similar มากกว่าการศึกษารูปแบบทราฟฟิกแบบ Non-Self-similar

Self-similarity มีแนวคิดสัมพันธ์กับทฤษฎีของ fractals และ chaos โดยทราฟฟิกแบบ Self-similar จะมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนและมีความคล้ายคลึงตัวเอง เมื่อพิจารณาที่ time scale ต่างกัน ในบทนี้จะกล่าวถึง

- ทราฟฟิกข้อมูลแบบ Self-similar (Self-similar data traffic)
- ทราฟฟิกข้อมูลแบบ Non-Self-similar (Non-Self-similar data traffic)

4.1 ทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง (Self-Similar traffic)

4.1.1 ความหมาย: เวลาแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete-time Definition)

สำหรับ Stationary time series X , เรากำหนดให้ m -aggregated time series [1]

$$X^{(m)} = \{X_k^{(m)}, k = 0, 1, 2, \dots\} \quad (4.1)$$

โดยผลรวม Original time series บน nonoverlapping m คือ adjacent blocks size

$$X_k^{(m)} = \frac{1}{m} \sum_{i=km-(m-1)}^{km} X_i \quad (4.2)$$

ตัวอย่าง $X^{(3)}$ จะอธิบายได้ดังนี้

$$X_k^{(3)} = \frac{X_{3k-2} + X_{3k-1} + X_{3k}}{3}$$

เราพิจารณา aggregated time series โดยเทคนิคการบีบ time scale พิจารณาที่ $X^{(1)}$ มีค่า magnification สูงสุดหรือค่า resolution possible ใน time series, $X^{(m)}$ ในกระบวนการเดิม จะมีค่า magnification ลดลงเป็น factor ของ m แต่ค่าทางสถิติของกระบวนการ (mean, variance, correlation, etc) ยังคงรักษาค่าด้วยการบีบ

สำหรับกระบวนการ X ให้เป็น ‘exactly self-similar’ ด้วยพารามิเตอร์ β ($0 < \beta < 1$) ถ้า $m = 1, 2, \dots$ จะได้

$$\text{Variance} \quad \text{Var}(X^{(m)}) = \frac{\text{Var}(X)}{m^\beta} \quad (4.3)$$

$$\text{Autocorrection} \quad R_{X^{(m)}}(k) = R_X(k) \quad (4.4)$$

พารามิเตอร์ β สัมพันธ์กับ Hurst Parameter โดย

$$H = 1 - (\beta/2) \quad (4.5)$$

สำหรับกระบวนการ X ให้เป็น ‘Asymptotically self-similar’ ถ้า k มีค่าใหญ่มาก

$$\text{Variance} \quad \text{Var}(X^{(m)}) = \frac{\text{Var}(X)}{m^\beta} \quad (4.6)$$

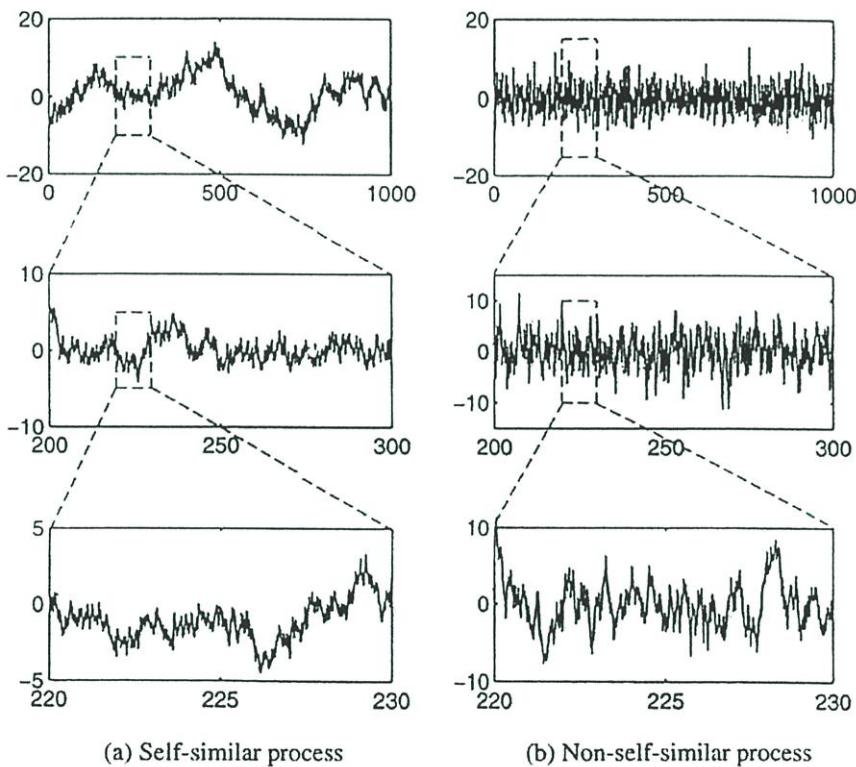
$$\text{Autocorrection} \quad R_{X^{(m)}}(k) \rightarrow R_X(k) \quad \text{เมื่อ } m \rightarrow \infty \quad (4.7)$$

ดังนั้น Autocorrection ของ aggregated process จะเหมือน original process ซึ่ง degree ของ variability หรือ burstiness จะมีค่าเท่าเดิมที่ time scale ต่างกัน

เอกลักษณ์ที่น่าสนใจของ Self-similar

1. Autocorrelation ของ aggregated self-similar process จะไม่เข้าใกล้ 0 เมื่อ $m \rightarrow \infty$ ถ้า nonself-similar ค่า Autocorrelation จะเข้าใกล้ 0 เมื่อ $m \rightarrow \infty$ ซึ่งไม่สามารถแยก white noise ได้ ดังภาพที่ 4.1 เป็นการเปรียบเทียบระหว่าง Self-similar และ non-self-similar stochastic process ภาพ 4.1a เมื่อระดับของ aggregated เพิ่มขึ้น (m เพิ่ม) ลักษณะกราฟฟิคยังคงคล้ายคลึงตัวเอง แต่ ภาพ 4.1b เมื่อระดับของ aggregated เพิ่มขึ้น (m เพิ่ม) ลักษณะกราฟฟิคไม่คล้ายคลึงตัวเอง

2. Variance ของ $X^{(m)}$ จะลดลงช้ากว่าสัดส่วน $\frac{1}{m}$ โดยลดลงเป็นสัดส่วนของ $\frac{1}{m^\beta}$ เมื่อ $m \rightarrow \infty$ ถ้า nonself-similar ค่า Variance ของ $X^{(m)}$ จะลดลงเป็นสัดส่วน $\frac{1}{m}$ เมื่อ $m \rightarrow \infty$



ภาพที่ 4.1 การเปรียบเทียบระหว่าง Self-similar และ non-self-similar stochastic process

4.1.2 คุณสมบัติของกราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง

4.1.2.1 การกระจายแบบหางหนัก (Heavy-tailed distribution)

ให้ X เป็นตัวแปรสุ่มซึ่งมีฟังก์ชันการกระจายสะสม (cumulative distribution function: cdf) ดังนี้

$$F(x) = P[X \leq x] \quad (4.8)$$

และฟังก์ชัน cdf ประกอบ (complementary cdf) มีค่า

$$1 - F(x) = P[X > x] \quad (4.9)$$

กล่าวได้ว่า $F(x)$ เป็น Heavy-tailed ถ้า [7]

$$P[X > x] \approx cx^{-\alpha}, \quad 0 < \alpha < 2 \quad (4.10)$$

ซึ่ง $x \rightarrow \infty$ ค่า c เป็นคงที่ซึ่งเป็นค่าบวก และ α คือ Shape parameter ของการกระจายแบบ Pareto มีค่าระหว่าง 0 กับ 2 และการกระจายแบบ Pareto ซึ่งเป็นหนึ่งในการกระจายที่มีคุณสมบัติเป็น heavy-tailed แสดงได้ดังนี้ [8]

$$P[X > x] = \left(\frac{\delta}{x}\right)^\alpha, \quad 0 < \alpha < 2, \quad x \geq \delta \quad (4.11)$$

ซึ่ง δ คือ Location parameter ของการกระจายแบบ Pareto เป็นค่าที่บอกถึงค่าที่ต่ำสุดที่ยังสามารถเกิดการกระจายแบบ Pareto ได้ ($x \geq \delta$) โดยทั่วไปจะกำหนดให้มีค่ามากกว่า 0.75 ระบบจึงจะมีเสถียรภาพ แต่จะมีค่าไม่เกิน 1 ในบทความนี้ให้ $\delta = 1$ และฟังก์ชันการกระจายสะสม (cdf) ของการกระจายแบบ Pareto คือ [8]

$$F(x) = 1 - \left(\frac{\delta}{x}\right)^\alpha \quad (4.12)$$

และฟังก์ชันการกระจายความน่าจะเป็น probability density function (pdf)ของการกระจายแบบ Pareto คือ [8]

$$f(x) = \left(\frac{\alpha}{\delta}\right) \cdot \left(\frac{\delta}{x}\right)^{\alpha+1} \quad (4.13)$$

ค่าเฉลี่ยของการกระจายแบบ Pareto คือ

$$E[x] = \delta \cdot \frac{\alpha}{\alpha - 1} \quad (4.14)$$

ในส่วนของการกระจายแบบ Pareto นี้ ปลายหางของกราฟ (tail) จะมีความน่าจะเป็นที่จะเสื่อมลงตามกฎของพลังงานนั้น ซ้ำกว่าการกระจายแบบเอกซ์โพเนนเชียลแสดงรูปดังภาพที่ 4.2 ในที่นี้ฟังก์ชันการกระจายความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียลและค่าเฉลี่ยของการกระจายแบบเอกซ์โพเนนเชียล [7] ดังนั้นอัตราการเข้ามถึงจะเท่ากับสมการที่ 4.15 [9]

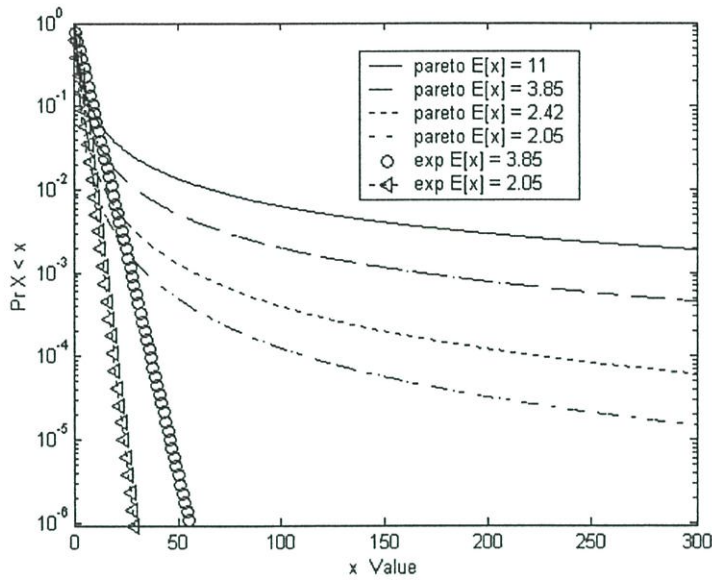
$$\lambda = \frac{\alpha - 1}{\alpha \delta} \quad (4.15)$$

4.1.2.2 การขึ้นอยู่กับช่วงเวลายาว (Long-range Dependence)

เนื่องจากการกระจายแบบ Pareto จะมีคุณสมบัติการขึ้นกับช่วงเวลายาวๆ โดยกำหนดให้ X เป็น Wide-sense stationary random process ที่มีค่าเฉลี่ย (μ) และค่าแปรปรวน (σ^2) ไม่แปรผันกับเวลาซึ่งค่า autocorrelation $\rho(\tau)$ แสดงได้ดังนี้ [10, 11]

$$\rho(\tau) = \tau^{-\beta} L(\tau), \tau \rightarrow \infty, 0 < \beta < 1 \quad (4.16)$$

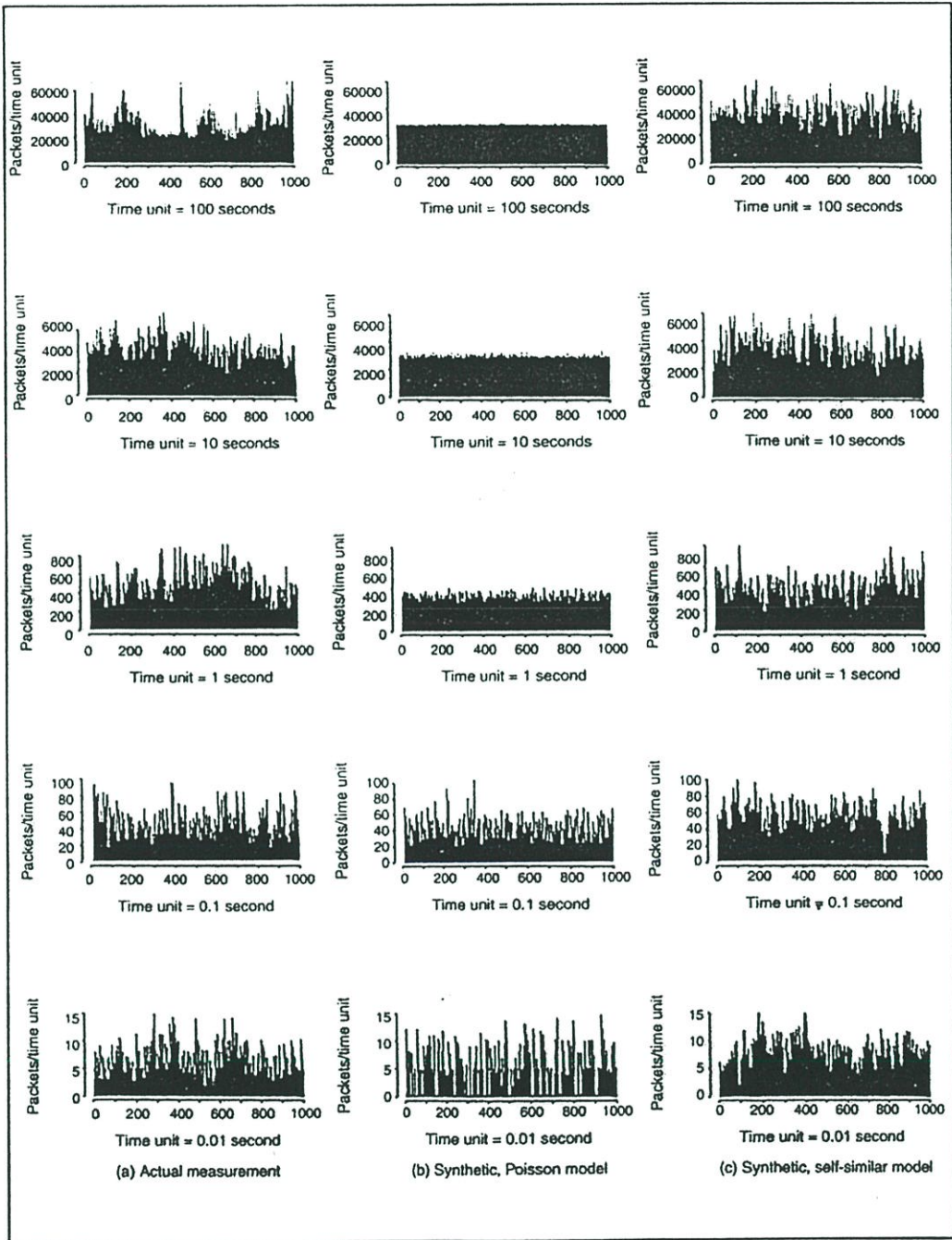
ซึ่ง $L(\tau)$ จะมีค่าลดลงอย่างช้าๆเมื่อ $\tau \rightarrow \infty$ โดย $\lim_{\tau \rightarrow \infty} L(\tau X) / L(\tau) = 1$ เมื่อ $X > 0$ สมการ(4.16) แสดงถึงคุณสมบัติการขึ้นกับช่วงเวลายาวๆ โดย autocorrelation จะลดลงแบบไฮเปอร์โบลิกเมื่อ τ เพิ่มขึ้น และผลรวมของ autocorrelation มีค่าไม่จำกัด $\sum_r \rho(\tau) = \infty$ คุณสมบัติ Long-range dependence จะตรงข้ามกับ Short-range dependence ซึ่งฟังก์ชัน autocorrelation จะลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล เมื่อ τ เพิ่มขึ้น และผลรวมของฟังก์ชัน autocorrelation จะมีค่าจำกัด $\sum_r \rho(\tau) < \infty$



ภาพที่ 4.2 ความน่าจะเป็นที่จะเล็กลงตามกฎของพลังงานระหว่างการกระจายแบบ Pareto และการกระจายแบบ Exponential

4.1.3 การสเกลเวลา (Time scale)

ในทางปฏิบัติเครือข่ายอีเทอร์เน็ตจะแสดงตัวเป็นกราฟฟิคแบบคล้ายคลึงตัวเอง ซึ่งจะแสดงสหสัมพันธ์ (Correlation) บนสเกลของขอบเขตเวลาที่ยาวๆ (Long-range dependent) เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟฟิคแบบดั้งเดิม[1] เช่น การกระจายแบบ Poisson ซึ่งเป็นกราฟฟิคที่ขึ้นกับเวลาที่สั้นๆ (Short-range dependent) เมื่อเพิ่ม time scale ให้ยาวขึ้น รูปแบบกราฟฟิคแบบ Poisson จะมีลักษณะราบเรียบเนื่องจากไม่สามารถแยก white noise ได้ ซึ่งไม่เหมือนกราฟฟิคจริงที่เกิดขึ้น แต่กราฟฟิคแบบคล้ายคลึงตัวเอง มีลักษณะคล้ายกราฟฟิคจริงมากกว่าแบบ Poisson ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 การเปรียบเทียบกราฟฟลักซ์เน็ตที่เกิดขึ้นจริงและกราฟฟลักซ์ที่สังเคราะห์ขึ้น[12]

เราจะนำเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่สังเคราะห์ขึ้นดังรูปที่ 3.3 ซึ่งรูปในคอลัมน์ซ้ายเป็นการพล็อตค่ากราฟฟิคของอีเทอร์เน็ตที่วัดได้ของ Leland [12] คอลัมน์กลางและขวาเป็นการสังเคราะห์กราฟฟิคของอีเทอร์เน็ตแบบพัวของและแบบคล้ายคลึงตัวเอง พบว่าการสังเคราะห์กราฟฟิคของอีเทอร์เน็ตแบบพัวของที่ high resolution (unit time = 0.1 วินาที) กราฟฟิคจะ bursty เหมือนกราฟฟิคที่เกิดขึ้นจริง แต่เมื่อเพิ่ม time scale ให้ยาวขึ้น รูปแบบของกราฟฟิคที่สังเคราะห์ได้จะมีลักษณะราบเรียบเนื่องจากไม่สามารถแยก white noise ได้ ซึ่งไม่เหมือนกราฟฟิคที่เกิดขึ้นจริง ส่วนการสังเคราะห์กราฟฟิคของอีเทอร์เน็ตแบบคล้ายคลึงตัวเองนั้น มีลักษณะคล้ายกราฟฟิคจริงมากกว่าแบบพัวของ ไม่ว่า time scale จะมีค่าเท่าใดลักษณะของกราฟฟิคที่เกิดขึ้นโดยการสังเคราะห์กราฟฟิคแบบ Self-Similar จะมีความคล้ายคลึงตัวเองซึ่งเป็นคุณสมบัติ “Time Sacling”

กราฟฟิคแบบคล้ายคลึงตัวเอง ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาหลายวิธี เช่น กระบวนการ Fractional Brownian Motion (FBM) และ non-linear chaotic maps เป็นต้น ในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการจำลองแบบที่ต่างออกไป โดยให้การเข้ามาถึงของแพ็กเกตเป็นแบบแบทช์ (Batch) การสุ่มแบบ Uniform และจำนวนแพ็กเกตในแบทช์จะใช้การกระจายแบบ Pareto [7,8,11]

4.1.4 การกำเนิดช่วงเวลาการเข้ามาถึงของแพ็กเกต

จากสมการที่ (4.13) เราจะสามารถสร้างการกำเนิดช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาถึงของแพ็กเกตที่ใช้การกระจายแบบ Pareto ได้ โดยการใช้การแปลงผกผันกลับของฟังก์ชันการกระจายแบบสะสม (cdf) โดยที่จะกำหนดให้ จำนวนการสุ่มเป็นแบบสม่ำเสมอ (uniform random number) เท่ากับ r ซึ่งจะอยู่ในช่วง 0.001 ถึง 0.999 และการแปลงผกผันกลับของฟังก์ชันการกระจายแบบสะสมของตัวแปร x ด้วย $F(x)$ ดังนั้นเราจะได้

$$F(x) = r \quad (4.17)$$

ดังนั้นการแปลงผกผันกลับของฟังก์ชันการกระจายแบบสะสมคือ

$$x = F^{-1}(r) \quad (4.18)$$

เมื่อเทียบสมการที่ (4.12) และ (4.18) จะได้การแปลงผกผันกลับของฟังก์ชันการกระจายแบบสะสมดังสมการที่ (4.19)

$$x = \frac{\delta}{(1-r)^{1/\alpha}} \quad (4.19)$$

4.2 ทราฟฟิกแบบไม่คล้ายคลึงตัวเอง (Non-Self-Similar traffic)

ตัวอย่างการแจกแจงของทราฟฟิกแบบไม่คล้ายคลึงตัวเองมีดังนี้

- การแจกแจงแบบพัวซอง (Poisson Distribution)
- การแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution)

4.2.1 การแจกแจงแบบพัวซอง (Poisson Distribution)

การแจกแจงแบบพัวซองเป็นเรื่องของการศึกษาสถานการณ์ของการเกิดปรากฏการณ์ที่อุบัติขึ้น โดยการสุ่ม (Random occurrence) ส่วนใหญ่จะเป็นอุบัติการณ์ในช่วงเวลา (Time Interval) มากกว่าอย่างอื่น เช่น ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นภายในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง (Fixed Time Interval) แต่ช่วงหรือขอบเขตของการเฝ้าติดตามนับ (Count) จำนวนการปรากฏการณ์ที่อุบัติขึ้นนี้มีได้หมายถึงเฉพาะช่วงหรือขอบเขตของเวลาเท่านั้น หากรวมไปถึงการเฝ้าติดตามนับจำนวนปรากฏการณ์ที่อุบัติขึ้นในขอบเขตของพื้นที่ ขอบเขตของปริมาตร ระยะทาง จุดนัดพบหรืออื่นๆอีกด้วย เช่น จำนวนครั้งของโทรศัพท์ที่หมุนเข้ามายังโอเปอเรเตอร์ในช่วงเวลาหนึ่ง (โดยเฉพาะช่วงเวลาที่ผู้ใช้โทรศัพท์มาก)

1. ต้องเป็นสถานะการณ์ที่สามารถนับจำนวนปรากฏการณ์ได้ (Counting Event)
2. อัตราเฉลี่ยของการเกิดปรากฏการณ์ (Average Rate of Occurrence) จะต้องคงที่
3. จะต้องกำหนดช่วงหรือเขตของการศึกษาให้แน่นอน อาจเป็นช่วงเวลา ระยะทาง จุด พื้นที่ ปริมาตรที่แน่นอน หรืออื่นใดก็ได้

การศึกษาเพื่อพัฒนาฟังก์ชันของความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มพัวซองจำเป็นต้องมีข้อตกลงต่อไปนี้ และเพื่อความสะดวกจะเริ่มด้วยการศึกษาของเขตของ “ช่วงเวลา” ส่วนช่วงหรือเขตอื่นก็สามารถสรุปผลได้โดยนัยเดียวกัน

1. จำนวนปรากฏการณ์ที่อุบัติขึ้นในช่วงเวลาคนละช่วง (Nonoverlapping Time Interval) เป็นตัวแปรสุ่มอิสระต่อกัน

2. ความน่าจะเป็นที่จะเกิดปรากฏเพียง 1 ครั้งในช่วงเวลา h สั้นๆ มีค่าเท่ากับ mh โดยที่ m^2 เป็นจำนวนเต็มบวกใดๆ นัยหนึ่ง ความน่าจะเป็นที่จะเกิดปรากฏการณ์เพียงครั้งในช่วงเวลา h สั้นๆ มีค่าเป็นสัดส่วนกับความยาวของช่วงเวลา h นั่นคือ $P_1(h) = mh$

3. ความน่าจะเป็นที่จะเกิดปรากฏการณ์เกินกว่า 1 ครั้งในช่วงเวลา h สั้นๆ มีค่าน้อยมาก (เมื่อเทียบกับ mh) จนเราสามารถตัดออกจากการพิจารณาได้ นั่นคือ $\sum P_k(h) \cong 0$ เมื่อ $k = 2, 3, \dots, N$

4. ความน่าจะเป็นที่จะไม่มีปรากฏการณ์ใดเกิดขึ้นเมื่อเริ่มต้นศึกษามีค่าเท่ากับ 1 นั่นคือ $P_0(0) = 1$

จะนำข้อตกลงเหล่านี้ไปใช้พัฒนาการแจกแจงแบบพัชของดังต่อไปนี้

ถ้า “ข้อตกลง” ทั้ง 4 ประการข้างต้นเป็นจริงจำนวนปรากฏการณ์ที่อุบัติขึ้นในช่วงเวลา t จะมีการกระจายแบบพัชของ มีพารามิเตอร์เป็น $\lambda = mt$ นั่นคือ ถ้าให้ตัวแปรสุ่ม X แทนจำนวนปรากฏการณ์ที่อุบัติขึ้นในช่วงเวลา t แล้ว

$$\Pr(X = x) = \frac{e^{-mt} (mt)^x}{x!} ; x = 0, 1, 2, \dots \quad (4.20)$$

และจะมีค่า

$$\text{Mean} \quad \mu = E[X] = \lambda \quad (4.21)$$

$$\text{Variance} \quad \sigma^2 = E[X(X-1)] = \lambda \quad (4.22)$$

4.2.2 การแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution)

การแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลเป็นการแจกแจงของตัวแปรสุ่มที่แสดงระยะเวลา ระหว่างเหตุการณ์ (Time Between Event) เมื่อสิ่งที่มุ่งศึกษานั้นหมายถึง “เหตุการณ์” หรือแสดงอายุการใช้งาน (LifeTime) ของวัตถุสิ่งของเมื่อสิ่งที่มุ่งหมายถึง “อายุ”

คำว่า “เหตุการณ์” ที่กล่าวถึงในตอนต้นอาจหมายถึงอะไรก็ได้ เช่น ระยะเวลาการพูดโทรศัพท์ ระยะเวลาที่รถคอยผ่านสัญญาณไฟแดง เหล่านี้ล้วนเป็นตัวอย่างที่แสดงสถานการณ์ของการศึกษาหมายถึงเหตุการณ์ จะเห็นได้ว่า “เวลาระหว่างเหตุการณ์” หมายถึง ระยะเวลาระหว่างเหตุการณ์ทำนองเดียวกันที่เกิดขึ้นแล้วกับเหตุการณ์ที่กำลังจะเกิดขึ้นอีก ส่วนอายุการใช้งานที่กล่าวถึงความทนทานของวัตถุสิ่งของโดยวัดด้วยเวลาตั้งแต่เริ่มใช้ ($t=0$) จนกระทั่งวัตถุนั้นเสียหรือเสื่อมสภาพ ($t=t$) เช่น อายุใช้งานของทรานซิสเตอร์

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจึงเห็นได้ว่า ตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลโดยส่วนใหญ่เป็นเรื่องของตัวแปรเวลา T (Time Variable) มากกว่าอื่นๆ ที่เริ่มต้นนับเมื่อใช้วัตถุ เวลา ดังกล่าวจะนับติดต่อกันไปเรื่อยๆ จนกระทั่งปรากฏการณ์ที่รอคอยนั้นอุบัติขึ้นอีก

ณ จุดนี้จึงสามารถให้ข้อสรุปเกี่ยวกับลักษณะของการแจกแจงเอกซ์โพเนนเชียลได้เป็น 4 ประการ

1. การแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลเป็นการศึกษาถึงระยะเวลาที่รอคอย (Continuous Waiting Time) จนกระทั่งเกิดปรากฏการณ์ที่มุ่งศึกษาเป็นครั้งแรก
2. การแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลมีความเกี่ยวข้องกับการแจกแจงแบบพัชของอย่างลึกซึ้ง กล่าวคือ การแจกแจงแบบพัชของศึกษาถึงจำนวนครั้ง (แผ่นับ) ของการเกิดอุบัติการณ์ที่

มุ่งศึกษาในช่วงเวลา (ระยะทาง พื้นที่ ปริมาตร จุด) ที่แน่นอนช่วงหนึ่ง ส่วนการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลถือว่าเวลาเป็นตัวแปร (ไม่คงที่เช่นกรณีพัชของ) และนับเวลาหรือบันทึกเวลาติดต่อกันเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดอุบัติการณ์พัชของเป็นครั้งแรก (Occurrence of Poisson Event) (เฝ้าคอย) อย่างไม่รู้กำหนด เวลาอาจไม่จำเป็นต้องเริ่มที่ 0 เสมอไป ณ จุดนี้เราจึงเห็นได้ว่าการแจกแจงทั้งสองแบบมีลักษณะร่วมกันคือเฝ้านับปรากฏการณ์ที่จะอุบัติขึ้นโดยสุ่ม (Random Occurrence)

3. การแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลเป็นอีกโฉมหน้าหนึ่งของการแจกแจงแบบอนุกรมเรขาคณิต เพียงแต่การแจกแจงแบบอนุกรมเรขาคณิตศึกษาถึงสถานการณ์ของตัวแปรสุ่มแบบตัดตอน ส่วนการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลศึกษาถึงสถานการณ์ของตัวแปรแบบต่อเนื่อง

4. ฟังก์ชันการแจกแจงของตัวแปรสุ่มเอกซ์โพเนนเชียลพัฒนาขึ้นจากความน่าจะเป็นที่จะเกิดอุบัติการณ์พัชของเป็นครั้งแรกดังนี้

ให้ตัวแปรสุ่ม

T = ช่วงเวลาที่ต้องรอคอยจนกระทั่งเกิดอุบัติการณ์พัชของเป็นครั้งแรก

X = จำนวนครั้งของการเกิดปรากฏการณ์ที่อุบัติในช่วงเวลา $(0,t)$ ของกระบวนการพัชของ
ดังนั้น $P_r(T > t)$ จึงหมายถึงความน่าจะเป็นที่ยังไม่เกิดอุบัติการณ์พัชของใดในช่วงเวลายาว t หน่วย λ

$$\begin{aligned} P_r(T > t) &= P_r(\text{ไม่เกิดอุบัติการณ์พัชของในช่วงเวลา } t \text{ หน่วย}) \\ &= P_r(X=0) \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\Pr(T > t) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^0}{0!} = e^{-\lambda t} ; t > 0 \quad (4.23)$$

โดย λ คือ อัตราถัวเฉลี่ยของอุบัติการณ์ต่อ 1 หน่วยเวลา

$$1 - \Pr(T < t) = e^{-\lambda t} ; t \geq 0 \quad (4.24)$$

$$1 - Fr(t) = e^{-\lambda t} \quad (4.25)$$

$$Fr(t) = \Pr(T \leq t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (4.26)$$

$$fr(t) = \lambda e^{-\lambda t} ; t > 0 \quad (4.27)$$

นั่นคือ $fr(t) = \lambda e^{-\lambda t}$; $t > 0$ คือฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่จะเกิดอุบัติเหตุครั้งแรกในช่วงเวลาขนาดความยาว t หน่วย เมื่อ λ คือ อัตราถัวเฉลี่ยของจำนวนอุบัติเหตุจะเกิดขึ้นใน 1 หน่วยเวลา (λ ในที่นี้มีความหมายเช่นเดียวกับการแจกแจงแบบปัวซองเมื่อนำมาศึกษาในแง่ของเอกซ์โพเนนเชียล) จึงหมายถึงระยะเวลาถัวเฉลี่ยระหว่างเหตุการณ์หรืออัตราการเสื่อมสภาพของวัตถุต่อหน่วยเวลา (Time Between Event หรือ Failure) ทั้งนี้แล้วแต่ว่าสถานการณ์ที่กำลังศึกษาอยู่นั้นเป็น “เหตุการณ์” หรือ “อายุการใช้งาน”

และจะมีค่า

$$\text{Mean} \quad \mu = E[X] = 1 / \lambda \quad (4.28)$$

$$\text{Variance} \quad \sigma^2 = E[X(X - 1)] = 1 / \lambda^2 \quad (4.29)$$

บทที่ 5

แบบจำลอง

การจำลองแบบปัญหา (Simulation) คือการจำลองหรือเลียนแบบเหตุการณ์ต่างๆ ซึ่งบางครั้งเหตุการณ์นั้นไม่สามารถที่จะทดลองด้วยของจริงได้ การจำลองเหตุการณ์สามารถทำได้หลายๆแบบ เช่น การใช้สมการคณิตศาสตร์ การใช้คอมพิวเตอร์ เป็นต้น การใช้คอมพิวเตอร์ในการจำลองเหตุการณ์นั้นสามารถที่จะทำได้ทุกเหตุการณ์ ซึ่งจะประสบผลสำเร็จมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับว่า ผู้เขียนโปรแกรมมีความเข้าใจเกี่ยวกับระบบหรือเหตุการณ์ที่จำลองมากน้อยเพียงใด เพราะว่าการจำลองเหตุการณ์จริงๆนั้นมีพารามิเตอร์มากมาย ซึ่งก็มีหลายเหตุการณ์ยากแก่การจำลองให้เหมาะสม

5.1 จุดมุ่งหมายของวิธีการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์มีดังนี้

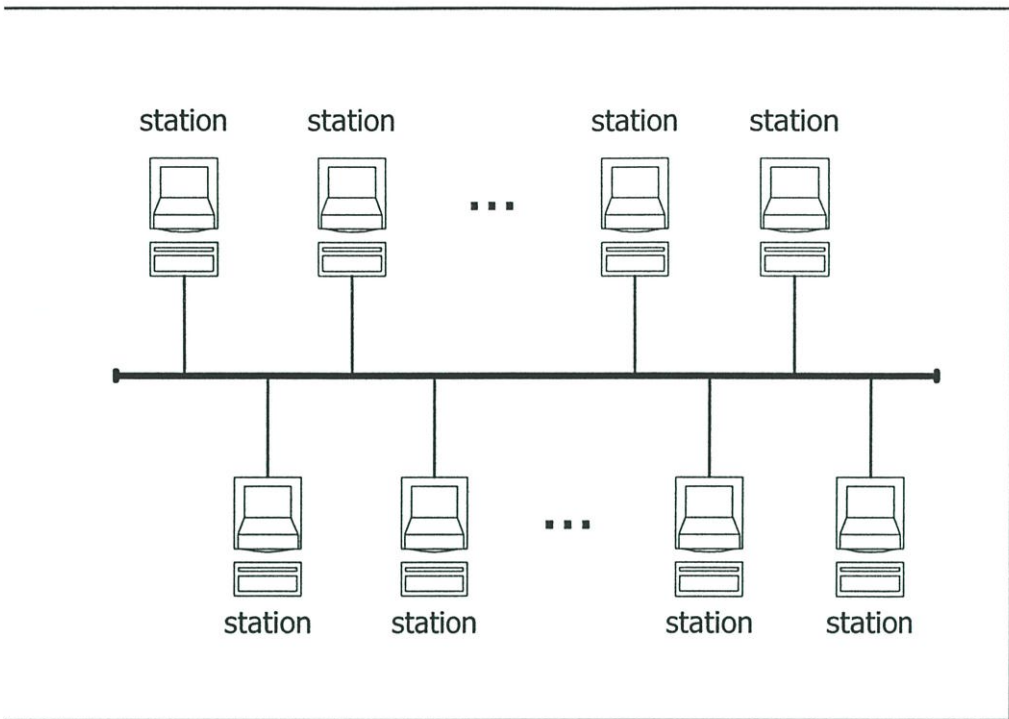
1. ใช้ทดลองกับโมเดลต่างๆ ที่วิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ไม่สามารถทำได้
2. ใช้สำหรับพิสูจน์วิธีคำนวณทางคณิตศาสตร์

เหตุผลที่ต้องมีการจำลองเหตุการณ์

1. ในการจำลองเหตุการณ์เราสามารถเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อดูผลที่เกิดขึ้นได้ถึงแม้ว่าในเหตุการณ์จริงแล้ว การทำเช่นนั้นอาจทำให้เสียค่าใช้จ่ายมากหรืออาจจะเกิดอันตรายได้ดังอย่างเช่น การจำลองพลังงานนิวเคลียร์เพื่อดูผลการเกิดความผิดพลาดโดยปราศจากอันตราย
2. การจำลองเหตุการณ์ สามารถสร้างเหตุการณ์ที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในเหตุการณ์จริง ตัวอย่างเช่น นักจิตวิทยาต้องการศึกษาการพัฒนาทางการเรียนรู้ของหนู โดยให้หนูอยู่ในบริเวณที่ทววนหรือเขาวงกตและดูว่าเส้นทางใดที่หนูวิ่งได้เร็วที่สุด ถึงแม้ว่าเราไม่สามารถทดลองได้จริงๆ แต่เราก็สามารถดูผลได้จากการจำลองเหตุการณ์

5.2 รูปแบบการจำลอง

ในวิทยานิพนธ์นี้จะวิเคราะห์ระบบ LAN โดยใช้แบบจำลอง ด้วยภาษา C ซึ่งได้ทำการจำลองการทำงานของระบบ LAN แบบอีเทอร์เน็ตโดยใช้การเข้าแบบ CSMA/CD โดยมีโทโปโลยีแบบบัสดังภาพที่ 5.1 ซึ่งในแบบจำลองนี้มีการกำหนดสมมติฐาน อินพุตที่ระบบต้องการเพื่อวัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดข้างล่างนี้



ภาพที่ 5.1 รูปแบบของเครือข่ายอีเทอร์เน็ต

พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการวัดประสิทธิภาพของระบบเครือข่าย

พารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับพิจารณาเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบอีเทอร์เน็ตนั้น คือ อัตราการชน (Collision rate) เวลาค้างเฉลี่ย (Average delay) ทราฟฟิค (Throughput) อัตราการใช้ช่องสัญญาณ (Utilization)

ตารางที่ 5.1 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพของระบบเครือข่าย

1. Collision rate	อัตราการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูล
2. Average Delay	ผลรวมของเวลาของการให้บริการกับเวลาที่ใช้ในการรอเพื่อที่จะส่งข้อมูล และเวลาที่ใช้เดินทางจริง
3. Network Throughput	ผลรวมของข้อมูลที่ส่งสำเร็จระหว่างสถานีในเครือข่ายต่อ 1 หน่วยเวลา = ผลรวมของบิตที่ส่งสำเร็จ / เวลาทั้งหมด (Mbps) = ผลรวมเวลาในการส่งแพ็กเก็ตที่สำเร็จ / เวลาทั้งหมด
4. Utilization	อัตราการใช้ช่องสัญญาณ = ทราฟฟิค/อัตราการส่ง

สมมุติฐานของการจำลองแบบ

1. การมาถึงของแพ็กเก็ตข้อมูลจะเป็นไปตามกระบวนการคล้ายคลึงตัวเอง (Self-similar process)
2. ทราฟฟิกที่เกิดขึ้นกับสถานีทั้งหมดมีอัตราเดียวกัน
3. ความยาวแพ็กเก็ตคงที่
4. ในสายส่งสัญญาณสมมุติให้ไม่มีความผิดพลาด(error)เกิดขึ้น ค่าความผิดพลาด(error) จะเกิดจากการชนกันของข้อมูลเท่านั้น
5. ระยะห่างระหว่างสถานีมีค่าเท่ากัน
6. Propagation delay มีค่าเท่ากับ $5 \mu \text{ s/km}$

อินพุท

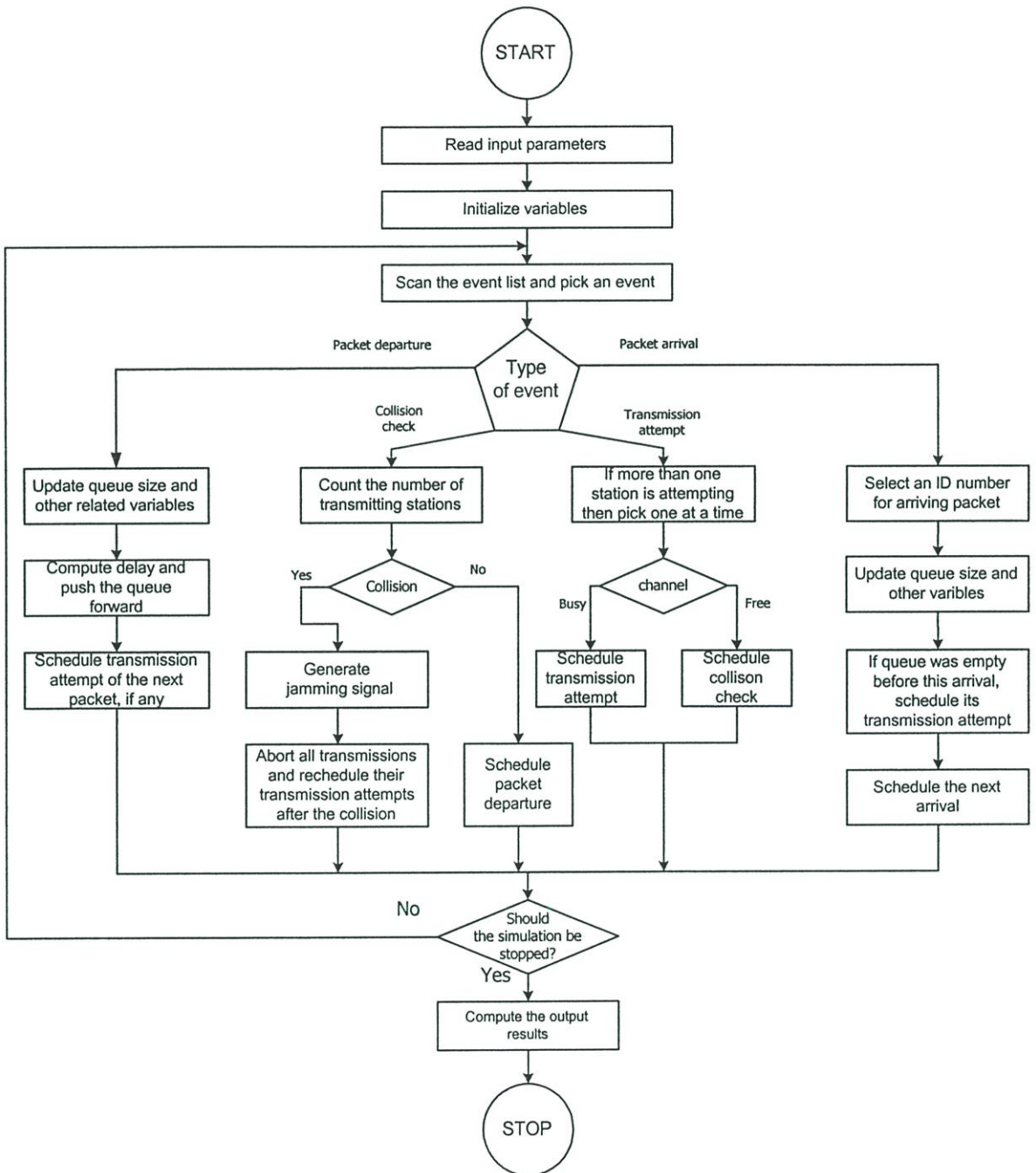
ตัวแปรที่กำหนดให้มีค่าคงที่

- | | |
|---|-----|
| - Maximum length of the back off interval | 15 |
| - persistent parameter | 1.0 |

ตัวแปรที่กำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อใช้วิเคราะห์ระบบ

- | | |
|--|---------------------------|
| - ค่า Location parameter | มีค่า 0.8 0.9 1.0 |
| - ความยาวแพ็กเก็ต (Packet line length) | มีค่า 576 6392 12208 bits |
| - ความยาวสายสัญญาณ (Transmission length) | มีค่า 1000 1500 2000 m. |
| - จำนวนสถานี (Number of stations) | มีค่า 10 20 50 stations |
| - อัตราการส่ง (Transmission rate) | มีค่า 10 20 50 100 Mbps |

5.3 ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง



ภาพที่ 5.2 โพลัวซาร์ที่ใช้ในแบบจำลอง

ในการจำลองแบบนี้มีขั้นตอนดังนี้

1. เริ่มต้นการทำงาน
2. รับค่าอินพุต
3. กำหนดค่าตัวแปรเริ่มต้น
4. พิจารณาเหตุการณ์และเลือกเหตุการณ์

เหตุการณ์ 1 คือ การมาของแพ็กเกต (Packet arrival)

จะเลือก ID Number สำหรับแพ็กเกตที่มาถึง จะทำการปรับขนาดคิวและตัวแปรอื่นๆให้เหมาะสม ถ้าคิวว่างก่อนการมาถึง ก็จะดำเนินไปที่เหตุการณ์ที่ 2

เหตุการณ์ 2 คือ พยายามที่จะส่ง (Transmission attempt)

ระบบจะเลือกเพียงสถานีเดียวที่สามารถส่งแพ็กเกตได้ จากนั้นจะตรวจสอบว่าช่องสัญญาณว่างหรือไม่ ถ้าว่างก็จะดำเนินไปยังเหตุการณ์ที่ 3 ถ้าไม่ว่างจะดำเนินไปที่เหตุการณ์ที่ 2 ใหม่

เหตุการณ์ 3 คือ ตรวจสอบการชน (Collision check)

จะทำการนับจำนวนสถานีที่ส่งแพ็กเกต จากนั้นจะตรวจสอบว่ามีการชนกันของแพ็กเกตหรือไม่ ถ้ามีการชนกัน ระบบจะส่งสัญญาณการชน (Jamming signal) เพื่อแจ้งให้สถานีอื่นๆทราบ และจะทำการยุติการส่งและดำเนินไปที่เหตุการณ์ที่ 2 ถ้าไม่มีการชนกัน จะดำเนินไปยังเหตุการณ์ที่ 4

เหตุการณ์ 4 คือ การส่งแพ็กเกต (Packet departure)

จะทำการปรับขนาดคิวและตัวแปรที่เกี่ยวข้องอื่นๆให้เหมาะสม จากนั้นจะคำนวณค่าเวลาหน่วง(Delay)และเลื่อนค่าคิวขึ้นไป จากนั้นจะดำเนินไปยังเหตุการณ์ที่ 2 เพื่อส่งแพ็กเกตต่อไป (ถ้ามี)

5. การจำลองควรจะจบการทำงานหรือไม่ ถ้าไม่จะกลับไปทำในข้อ 4 หากใช่จะประมวลผลการจำลอง

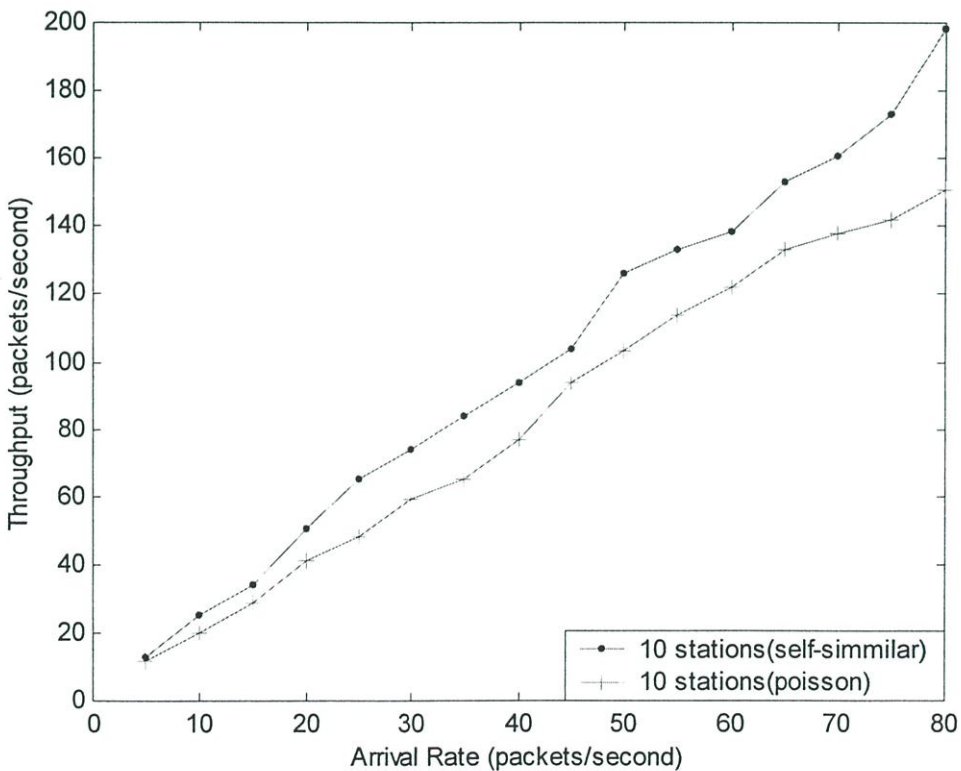
6. ประมวลผล
7. จบการทำงาน

บทที่ 6

ผลจากแบบจำลองและการวิเคราะห์ผล

ในวิทยานิพนธ์นี้จะวิเคราะห์ระบบ LAN โดยใช้แบบจำลอง ซึ่งได้ทำการจำลองการทำงานของระบบ LAN แบบอีเทอร์เน็ตภายใต้อินพุตทราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง (Self-similar traffic) โดยใช้การเข้าแบบ CSMA/CD

ภาพที่ 6.1 เปรียบเทียบค่าทราฟฟิกของระบบที่มีอินพุตทราฟฟิกที่ต่างกัน กำหนดให้ ความยาวแพ็กเก็ตมีค่า 12,208 bits ความยาวสายสัญญาณ 1,000 ม. จำนวนสถานี 10 สถานี อัตราการส่ง 10 Mbps พบว่าที่ Arrival rate เดียวกัน ระบบที่มีอินพุตทราฟฟิกแบบ Self-similar จะให้ทราฟฟิกสูงกว่าระบบที่มีอินพุตทราฟฟิกแบบ Poisson



ภาพที่ 6.1 เปรียบเทียบค่าทราฟฟิกต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต ระหว่าง Self-similar และ Poisson

จากนั้นศึกษาระบบที่มีอินเทอร์เน็ตกราฟฟิกแบบ Self-similar โดยทำการศึกษาและวิเคราะห์ 5 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ศึกษาค่า Location Parameter (LP) ที่มีผลต่อระบบ

กรณีที่ 2 ศึกษาความยาวแพ็กเก็ต (Packet Length) ที่มีผลต่อระบบ

กรณีที่ 3 ศึกษาความยาวสายสัญญาณ (Transmission line Length) ที่มีผลต่อระบบ

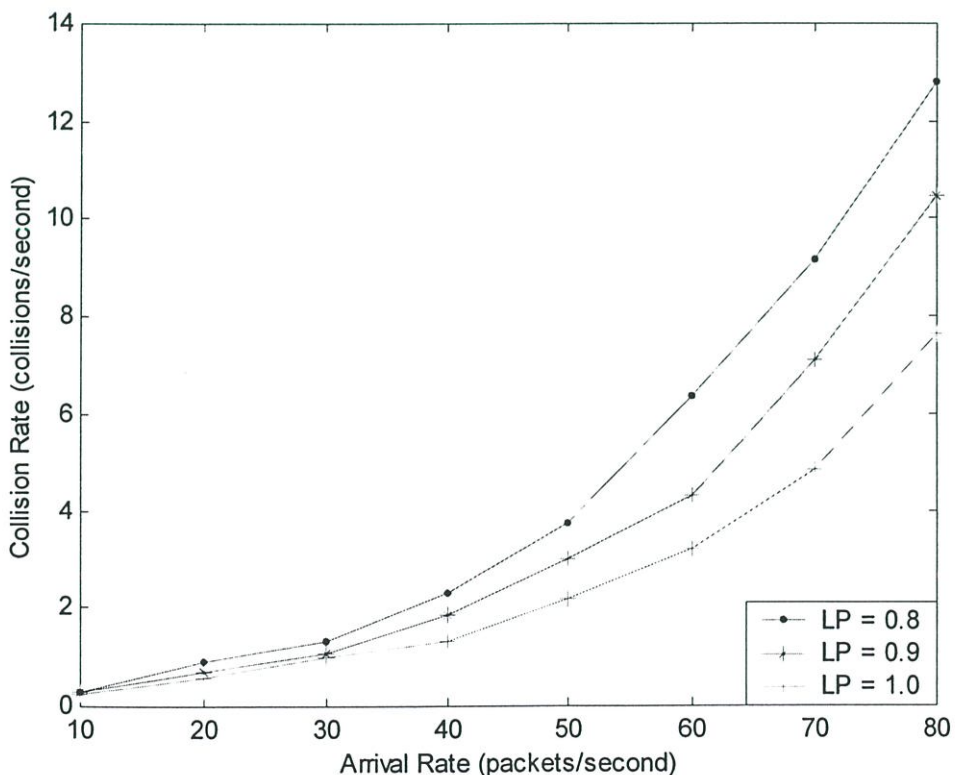
กรณีที่ 4 ศึกษาจำนวนสถานี (Number of Stations) ที่มีผลต่อระบบ

กรณีที่ 5 ศึกษาอัตราการส่ง (Transmission Rate) ที่มีผลต่อระบบ

ซึ่งจะได้ผลดังนี้

6.1 กรณีที่ 1 ศึกษาค่า Location Parameter (LP) ที่มีผลต่อระบบ

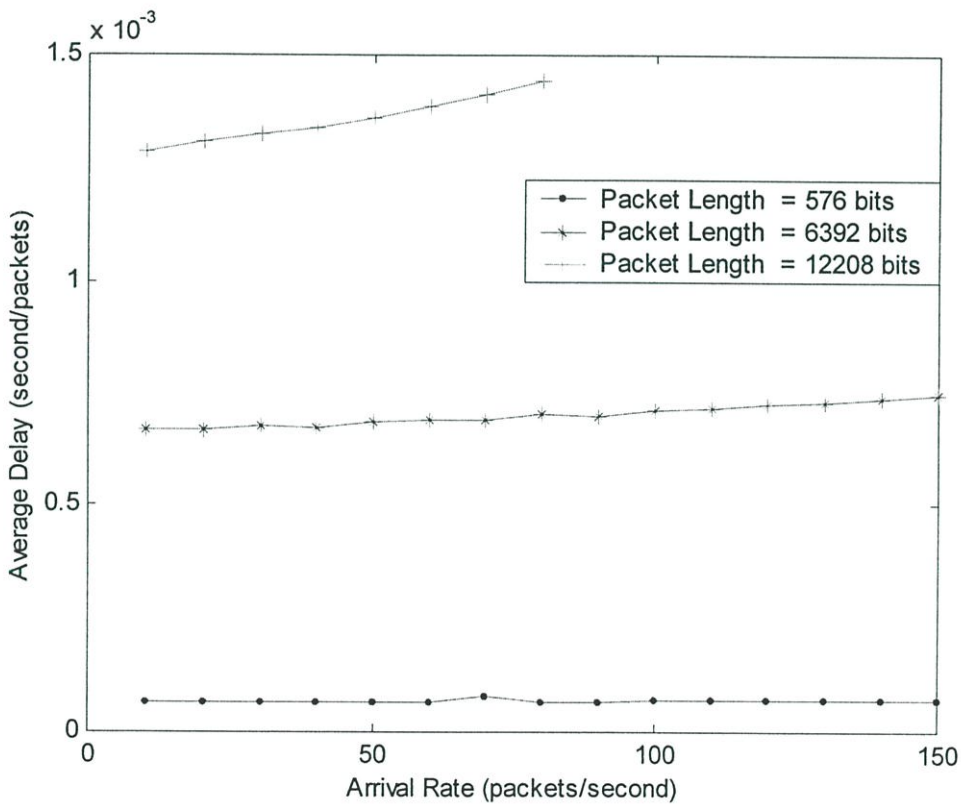
กำหนดให้ ความยาวแพ็กเก็ตมีค่า 12,208 bits ความยาวสายสัญญาณ 1,000 ม. จำนวนสถานี 10 สถานี อัตราการส่ง 10 Mbps และเปลี่ยนค่า LP มีค่าเท่ากับ 0.8 0.9 และ 1.0 จะพบว่าที่ Arrival rate เดียวกัน เมื่อเพิ่มค่า LP มากขึ้น อัตราการชน (Collision rate) จะมีค่าลดลง และทำการเพิ่ม Arrival rate ให้มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการชนมีค่ามากขึ้นด้วยดังภาพที่ 6.2 ค่า LP เท่ากับ 1 ทำให้ระบบมีอัตราการชนของแพ็กเก็ตต่ำที่สุดในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้ค่า LP เท่ากับ 1



ภาพที่ 6.2 อัตราการชนต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่อค่า LP มีค่า 0.8 0.9 และ 1.0

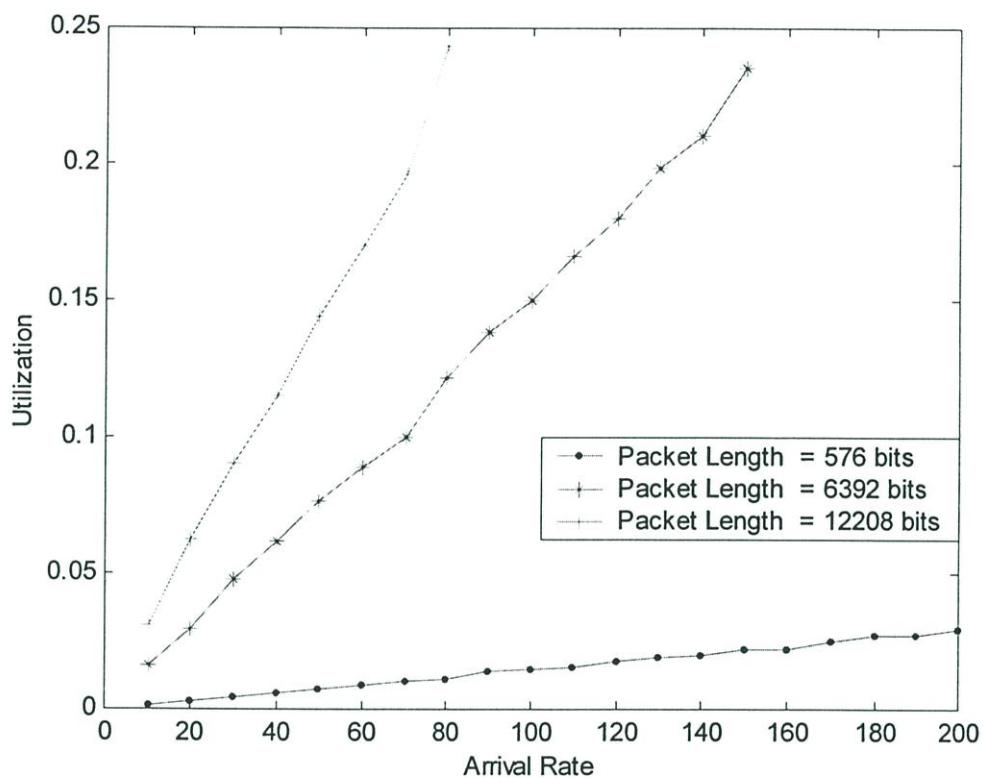
6.2 กรณีที่ 2 ศึกษาความยาวแพ็กเก็ต (Packet Length) ที่มีผลต่อระบบ

กำหนดให้ ค่า LP มีค่าเท่ากับ 1 ความยาวสายสัญญาณ 1,000 ม. จำนวนสถานี 10 สถานี อัตราการส่ง 10 Mbps และเปลี่ยนค่าความยาวแพ็กเก็ตเป็น 576(minimum packet) 6,392 และ 12,208(maximum packet) bits ตามลำดับ พบว่า ที่ Arrival rate เดียวกัน เมื่อความยาวแพ็กเก็ตเพิ่มขึ้นค่าเวลาหน่วงเฉลี่ย (Average delay) จะมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าเวลาหน่วงเฉลี่ยจะมีค่ามากขึ้น เมื่อ Arrival rate มีค่าเพิ่มขึ้นดังภาพที่ 6.3 โดยที่ความยาวแพ็กเก็ต 576 bits สามารถรองรับจำนวนแพ็กเก็ตได้สูงสุด 1,736 packets/s ส่วนที่ความยาวแพ็กเก็ต 6,392 และ 12,208 bits สามารถรองรับจำนวนแพ็กเก็ตได้สูงสุด 156 และ 81 packets/s ตามลำดับ



ภาพที่ 6.3 ค่าเวลาหน่วงเฉลี่ยต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่อความยาวแพ็กเก็ตมีค่า 576 6,392 และ 12,208 bits

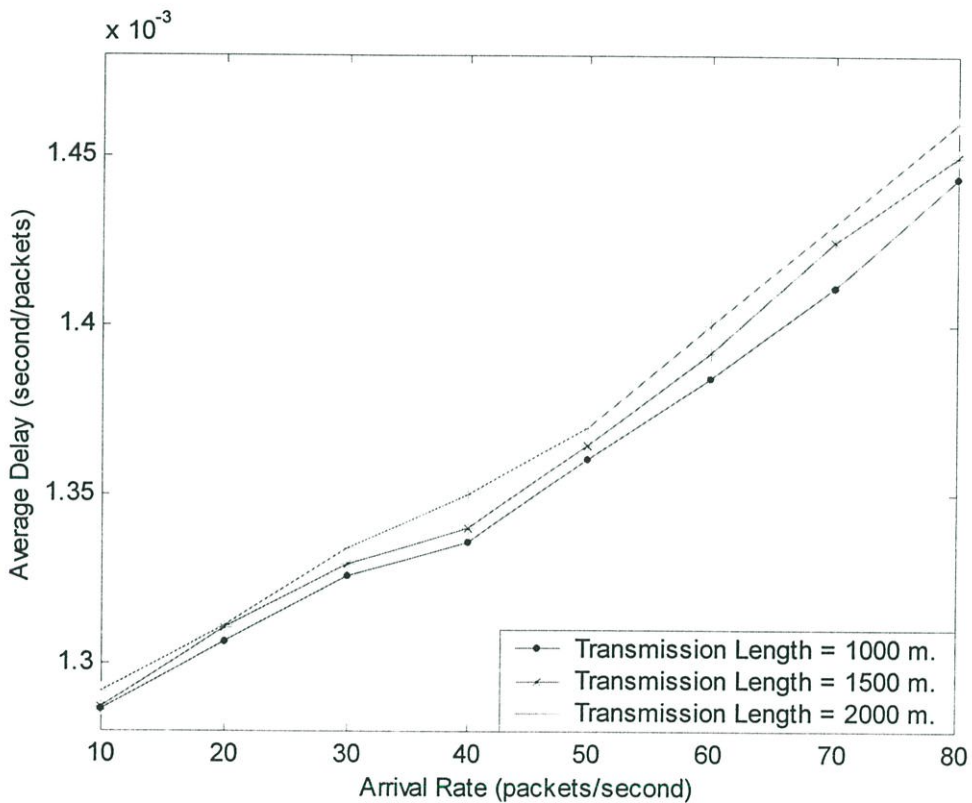
จากภาพที่ 6.4 แสดงอัตราการใช้ช่องสัญญาณ (Utilization) ของระบบที่มีความยาวแพ็กเก็ต 576, 6,392 และ 12,208 bits โดยที่ Arrival rate เดียวกัน ระบบที่มีความยาวแพ็กเก็ต 12,208 bits จะมีการใช้ช่องสัญญาณสูงที่สุด



ภาพที่ 6.4 อัตราการใช้ช่องสัญญาณต่ออัตราการเข้ามาของแพ็กเก็ต เมื่อความยาวแพ็กเก็ตมีค่า 576, 6,392 และ 12,208 bits

6.3 กรณีที่ 3 ศึกษาความยาวสายสัญญาณ (Transmission line Length) ที่มีผลต่อระบบ

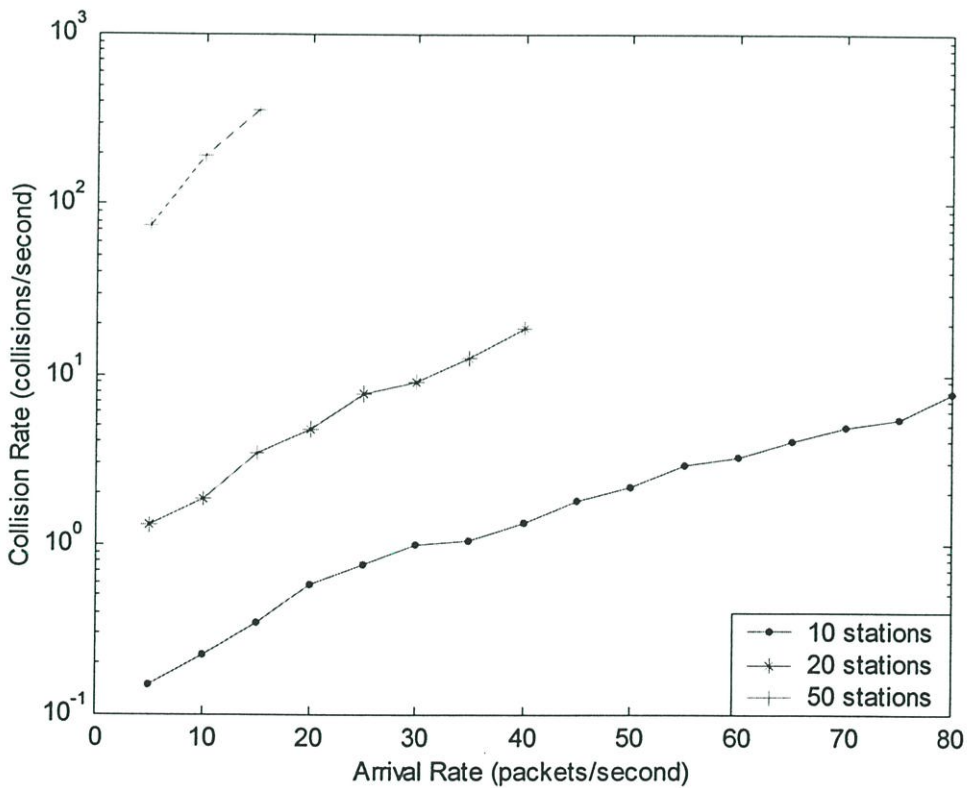
กำหนดให้ ค่า LP มีค่าเท่ากับ 1 ความยาวแพ็กเก็ตมีค่า 12,208 bits จำนวนสถานี 10 สถานี อัตราการส่ง 10 Mbps และเปลี่ยนค่าความยาวสายสัญญาณเป็น 1,000 1,500 และ 2,000 ม. ตามลำดับ พบว่าที่ Arrival rate เดียวกันเมื่อระบบความยาวสายสัญญาณเพิ่มขึ้น ค่าเวลาหน่วงเฉลี่ยก็จะ มีค่ามากขึ้น เพราะแพ็กเก็ตต้องใช้เวลาเดินทางในเครือข่ายมากขึ้นดังภาพที่ 6.5



ภาพที่ 6.5 ค่าเวลาหน่วงเฉลี่ยต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่อความยาวสายสัญญาณมีค่า 1,000 1,500 และ 2,000 ม.

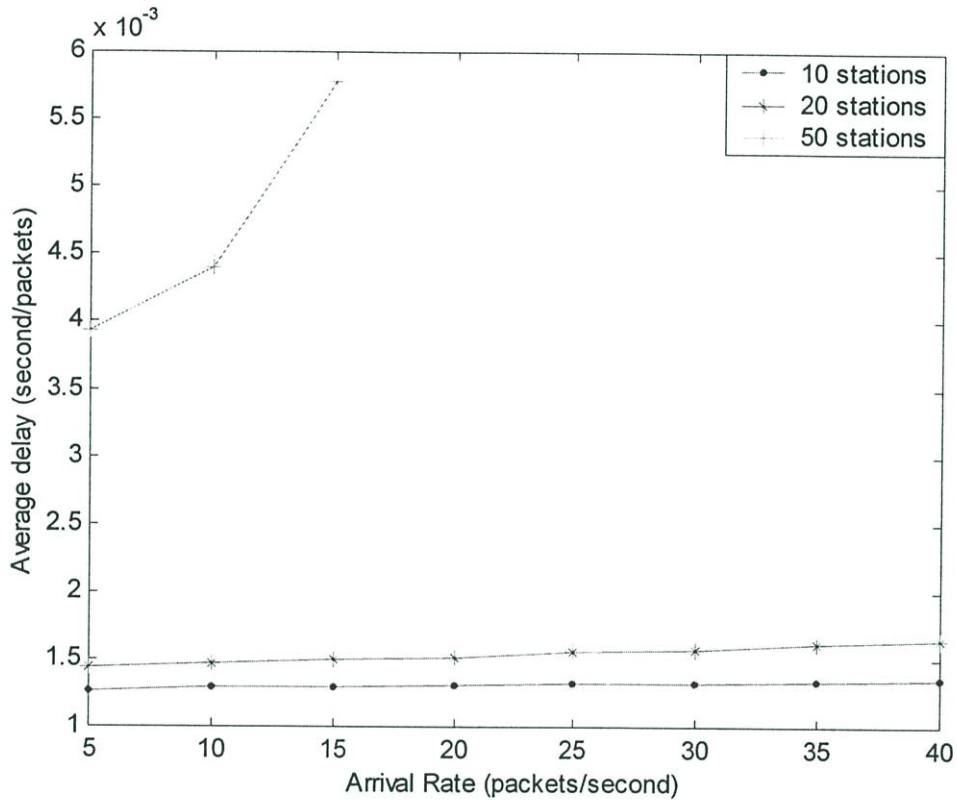
6.4 กรณีที่ 4 ศึกษาจำนวนสถานี (Number of Stations) ที่มีผลต่อระบบ

กำหนดให้ ค่า LP เท่ากับ 1 ความยาวแพ็กเก็ตมีค่า 12,208 bits ความยาวสายสัญญาณ 1,000 ม. อัตราการส่ง 10 Mbps และเปลี่ยนจำนวนสถานีเป็น 10 20 และ 50 สถานีตามลำดับ พบว่าที่ Arrival rate เดียวกัน เมื่อจำนวนสถานีเพิ่มขึ้น อัตราการชนของแพ็กเก็ตจะมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่มจำนวนสถานี ทำให้ความน่าจะเป็นของการชนกันจะเพิ่มตาม โดยจะเพิ่มการแข่งขันใช้ช่องสัญญาณเพื่อส่งแพ็กเก็ต และอัตราการชนจะมีค่ามากขึ้น เมื่อ Arrival rate มีค่าเพิ่มขึ้นดังภาพที่ 6.6 โดยระบบที่มีจำนวนสถานีเท่ากับ 10 สถานีสามารถรองรับจำนวนแพ็กเก็ตได้สูงสุด 81 packets/s ส่วนระบบที่มีจำนวนสถานีเท่ากับ 20 และ 50 สามารถรองรับจำนวนแพ็กเก็ตได้สูงสุด 40 และ 16 packets/s ตามลำดับ



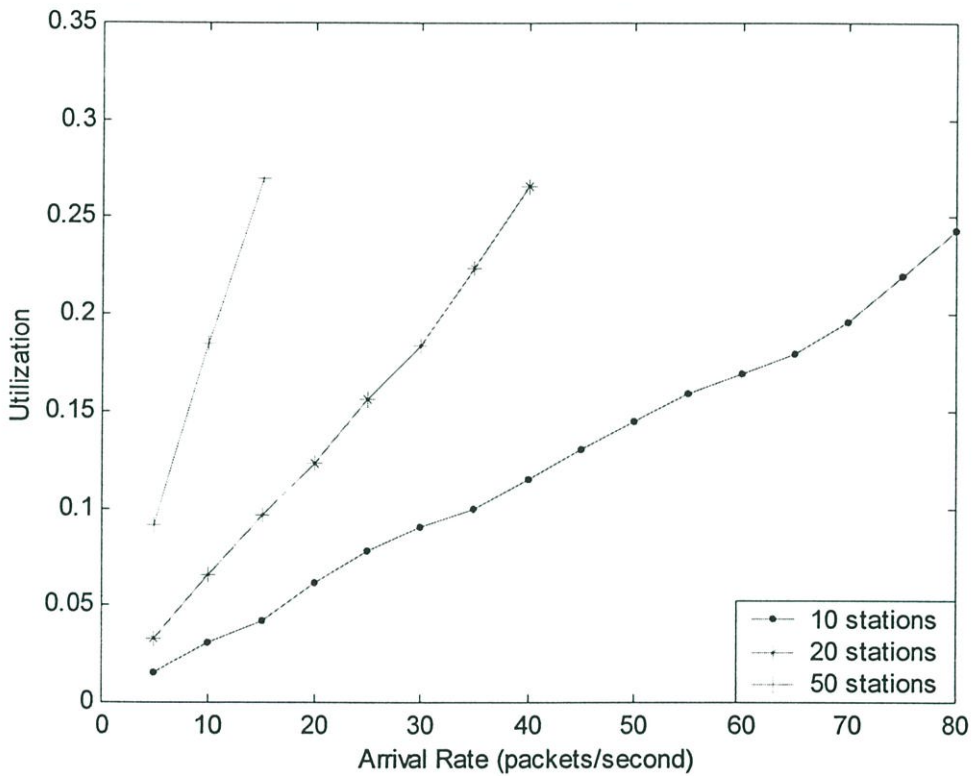
ภาพที่ 6.6 อัตราการชนต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่อจำนวนสถานี มีค่า 10 20 และ 50 สถานี

ภาพที่ 6.7 แสดงให้เห็นว่าเมื่อระบบมีจำนวนสถานีเพิ่มขึ้น ค่าเวลาหน่วงเฉลี่ยก็จะมีค่ามากขึ้นเนื่องจากในเครือข่ายมีจำนวนสถานีเพิ่มขึ้น โอกาสที่แต่ละสถานีจะส่งข้อมูลพร้อมกันก็มากขึ้นด้วย ทำให้เกิดการชนกันของแพ็กเก็ต และจะต้องทำการส่งแพ็กเก็ตนั้นใหม่



ภาพที่ 6.7 ค่าเวลาหน่วงเฉลี่ยต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่อจำนวนสถานี มีค่า 10 20 และ 50 สถานี

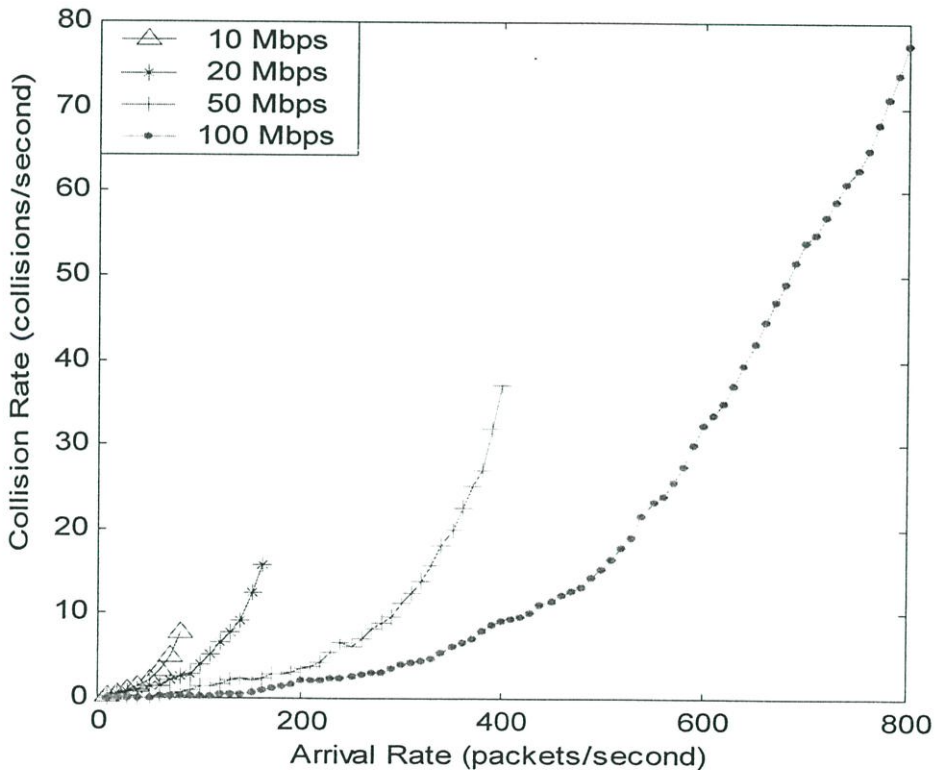
ภาพที่ 6.8 แสดงอัตราการใช้ช่องสัญญาณ (Utilization) ของระบบที่มีจำนวนสถานีเท่ากับ 10 20 และ 50 สถานี โดยที่ Arrival rate เดียวกันระบบที่มีจำนวนสถานี 50 สถานี จะมีอัตราการใช้ช่องสัญญาณสูงที่สุด เนื่องจากมีจำนวนสถานีใช้งานในระบบมาก ทำให้ค่าทรูพุดมีค่ามากขึ้น



ภาพที่ 6.8 อัตราการใช้ช่องสัญญาณต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่อจำนวนสถานีมีค่า 10 20 และ 50 สถานี

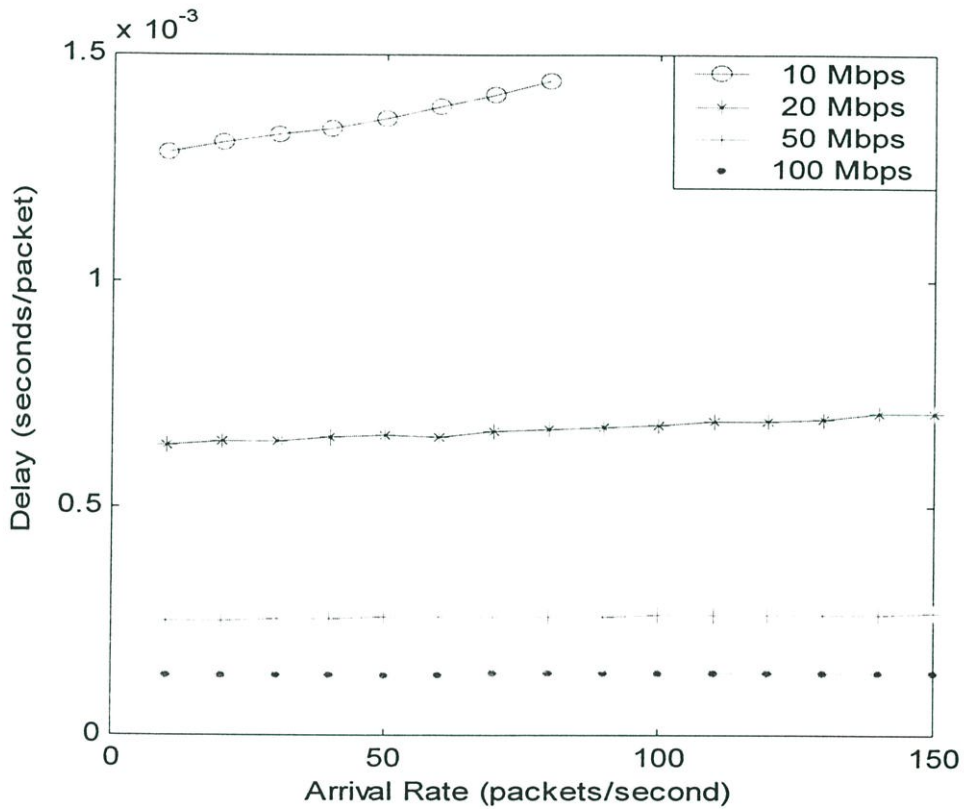
6.5 กรณีที่ 5 ศึกษาอัตราการส่ง (Transmission Rate) ที่มีผลต่อระบบ

กำหนดให้ ค่า LP เท่ากับ 1 ความยาวแพ็กเก็ตเท่ากับ 12,208 bits ความยาวสายสัญญาณ 1000 ม. จำนวนสถานีเท่ากับ 10 และเปลี่ยนอัตราการส่งเป็น 10 20 50 และ 100 Mbps ตามลำดับ พบว่า ที่ Arrival rate เดียวกัน เมื่อเพิ่มค่าอัตราการส่งให้มีค่ามากขึ้น อัตราการชนของแพ็กเก็ตจะมีค่าลดลง แต่อัตราการชนจะเพิ่มขึ้นเมื่อ Arrival rate มีค่าเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 6.9 โดยระบบที่มีอัตราการส่งเท่ากับ 10 Mbps สามารถรองรับจำนวนแพ็กเก็ตได้สูงสุด 81 packets/s ส่วนที่มีอัตราการส่งเท่ากับ 20 50 และ 100 Mbps สามารถรองรับจำนวนแพ็กเก็ตได้สูงสุด 163 409 และ 819 packets/s ตามลำดับ



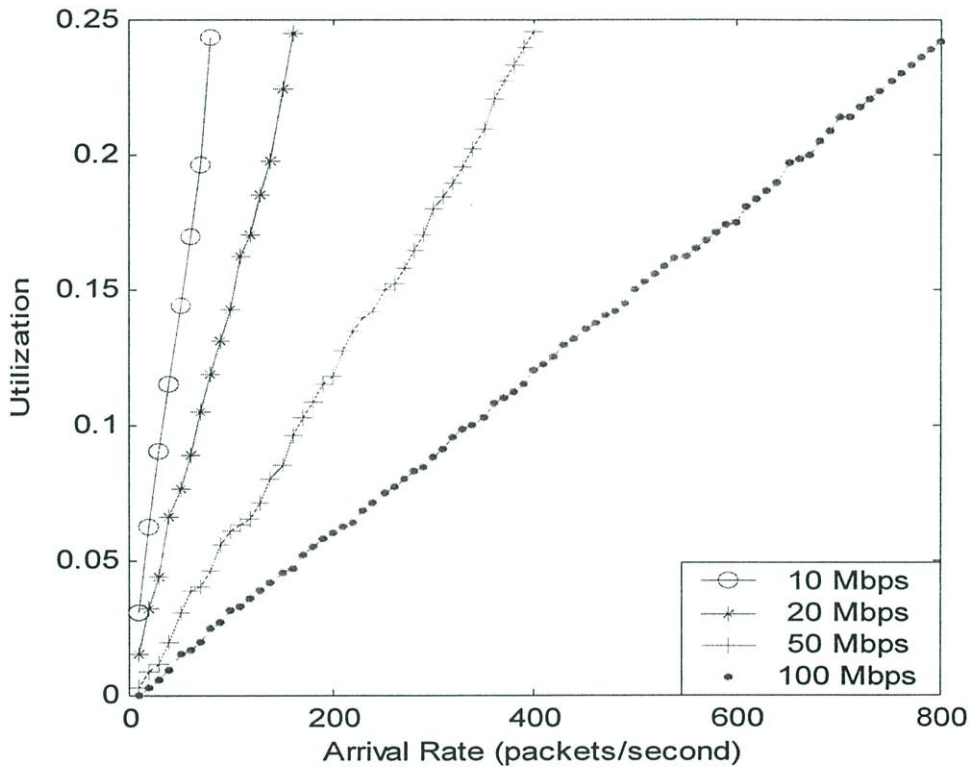
ภาพที่ 6.9 อัตราการชนต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่ออัตราการส่งมีค่า 10 20 50 และ 100 Mbps

ภาพที่ 6.10 แสดงให้เห็นว่าเมื่อระบบที่มีอัตราการส่งจาก 10 เป็น 20, 50 และ 100 Mbps ตามลำดับ โดยที่ Arrival rate เดียวกัน เมื่อระบบมีอัตราการส่งเพิ่มขึ้น ค่าเวลาหน่วงเฉลี่ยก็จะมีค่าจะลดลง



ภาพที่ 6.10 ค่าเวลาหน่วงเฉลี่ยต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่ออัตราการส่งมีค่า 10 20 50 และ 100 Mbps

ภาพที่ 6.11 แสดงอัตราการใช้ช่องสัญญาณ(Utilization) ของระบบที่มีอัตราการส่งจาก 10 เป็น 20 50 และ 100 Mbps ตามลำดับ โดยที่ Arrival rate เดียวระบบที่มีอัตราการส่ง 10 Mbps จะมีอัตราการใช้ช่องสัญญาณสูงที่สุด เนื่องจากมีปริมาณการใช้งานหนาแน่นกว่าระบบที่มีอัตราการส่งอื่น



ภาพที่ 6.11 อัตราการใช้ช่องสัญญาณต่ออัตราการเข้ามาถึงของแพ็กเก็ต เมื่ออัตราการส่งมีค่า 10 20 50 และ 100 Mbps

บทที่ 7

บทสรุปและแนวทางการพัฒนาในอนาคต

เราได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพในระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบอีเทอร์เน็ต สรุปดังนี้

ระบบที่มีอินพุตกราฟฟิกแบบ Self-similar จะให้ทรูพุตสูงกว่าระบบที่มีอินพุตกราฟฟิกแบบ Poisson

และเมื่อระบบที่มีอินพุตกราฟฟิกแบบ Self-similar จะสรุปได้ดังนี้

1. ค่า Location parameter ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้กำหนดอินพุตกราฟฟิกมีผลอย่างมากต่อระบบ เมื่อ LP มีค่าเพิ่มขึ้นจะสามารถลดการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูล และค่า LP ที่ดีที่สุดจะมีค่าเท่ากับ 1

2. เมื่อความยาวแพ็กเก็ตเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเวลาหน่วงเฉลี่ยมีค่ามากขึ้น

3. เมื่อความยาวสายสัญญาณเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเวลาหน่วงเฉลี่ยมีค่ามากขึ้น

4. จำนวนสถานีมีผลต่อระบบอย่างมาก เมื่อระบบมีจำนวนสถานีเพิ่มขึ้น อัตราการชนกันของแพ็กเก็ตและเวลาหน่วงเฉลี่ยในระบบก็เพิ่มขึ้นด้วย

5. เมื่อเพิ่มอัตราการส่งข้อมูลในระบบ จะทำให้อัตราการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลมีค่าลดลงและสามารถรองรับจำนวนแพ็กเก็ตต่อวินาทีได้เพิ่มขึ้น

หากในเครือข่ายมีจำนวนสถานี 10-20 สถานี การเลือกใช้อัตราการส่งที่ 10 Mbps ก็เพียงพอต่อการใช้งาน แต่ถ้าต้องการขยายเครือข่ายโดยมีจำนวนสถานีมากกว่า 50 สถานีขึ้นไป ควรเพิ่มอัตราการส่งให้สูงกว่า 10 Mbps เพื่อลดอัตราการชนกันของข้อมูลและลดค่าเวลาหน่วงเฉลี่ยได้ ซึ่งทำให้การใช้งานในเครือข่ายมีประสิทธิภาพดีขึ้น

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบแลนแบบอีเทอร์เน็ต โดยใช้แบบจำลอง สามารถนำผลการวิเคราะห์มาประยุกต์ใช้กับระบบที่ใช้งานอยู่เพื่อปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพในเครือข่ายให้ดียิ่งขึ้น และช่วยให้ผู้ออกแบบระบบเครือข่ายนำไปวิเคราะห์กับระบบที่จะออกแบบได้ โดยพิจารณาจากอัตราการชน อัตราการใช้ช่องสัญญาณ เวลาหน่วงเฉลี่ย ซึ่งทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์หรือออกแบบเครือข่าย

สำหรับการจำลองแบบนี้ยังไม่สามารถจำลองการทำงานของระบบอีเทอร์เน็ตกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการแบ่งแยกเซกเมนต์ของเครือข่าย เช่น Hub, Router รวมทั้งการอินเทอร์เฟซในรูปของกราฟฟิกเพื่อให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] W. Stallings, **High-Speed Network:TCP/IP and ATM Design, Principles**, Prentice-Hall International Inc.,1998.
- [2] G. E. Keiser. **Local Area Network**, : McGraw-Hill Publication Company, pp 215-238, 1989
- [3] The Ethernet, "A Local Area Network Data Link Layer and Physical Layer Specification Version 2.0," November 1982 : Xerox, Digital, Intel.
- [4] C. E. Spurgeon, **Ethernet : The Definitive Guide**, O'Reilly & Associates, 2000.
- [5] J. L. Hammond and P. J. P. O'Reilly. **Performance Analysis of Local Computer Network:** Addison-Wesley Publish Company, 1989, pp 279-341.
- [6] D. R. Boggs, J. C. Mogul and C. A. Kent, "Measured Capacity of an Ethernet: Myths and Reality," Western Research Laboratory, Sep, 1988.
- [7] K. Park and W. Willinger, **Self-Similar Network Traffic and Performance Evaluation**, John Willey & Sons, 2000.
- [8] J. M. Pitts and J.A. Schormans., **Introduction to IP and ATM Design and Performance with Application Analysis Software Second Edition**, John Wiley&Sons, 2000.
- [9] Z. Harpantidou, M. Paterakis, "Random multiple access of broadcast channels with Pareto distributed Cell interarrival times," IEEE Personal communications, April 1998, pp 48-55.
- [10] P.R. Morin and J. Neilson, "The Impact of Self-Similarity on Network Performance Analysis," Comp. Science, Carleton University, December 4, 1995.
- [11] W. E. Leland, M. S. Taqqu, W. Willinger and D. V. Wilson., "On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic (Extended Version)," IEEE/ACM Trans. Networking, Vol.2, No. 1, Feb. 1994.
- [12] W. Willinger, M. Taqqu, R. Sherman and D. Wilson, "Self-similarity through High Variability: Statistical Analysis of Ethernet LAN Traffic at the Source Level, " IEEE/ACM Trans. Networking, Vol. 2, No. 1, Feb. 1997.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

- [1] สุพัตรา ทองเกษม, กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี, กอบชัย เดชหาญ และ นภัทร สระเอี่ยม “การวิเคราะห์ระบบเครือข่ายท้องถิ่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ” วิศวกรรมลาดกระบัง, ปีที่ 20 ฉบับที่ 3, กันยายน 2546.

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุพัตรา ทองเกษม เกิดเมื่อวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2521 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จ การศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีการศึกษา 2542 และ เข้าศึกษาต่อที่บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2543

ปี พ.ศ. 2543 ถึง พ.ศ. 2545 เข้าทำงานในตำแหน่งนักวิชาการแรงงาน ศูนย์เทคโนโลยี สารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงแรงงาน กระทรวงแรงงาน