การเพิ่มประสิทธิภาพทีซีพีโพรโตคอลบนระบบเครือข่ายไร้สาย ด้วยการใช้สนูฟแบบปรับปรุงเพื่อชะลอการลดขนาดขอบหน้าต่างควบคุมความคับคั่งของทีซีพี

IMPROVING TCP PROTOCOL PERFORMANCE OVER WIRELESS NETWORKS WITH THE MODIFIED SNOOP PROTOCOL

ยุทธพงษ์ มานุษยานนท์
YUTTHAPONG MANAUTSAYANON

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2549
ISBN 974-13-2745-4

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเพิ่มประสิทธิภาพทีซีพีโพรโตคอลบนระบบเครือข่ายไร้สาย ด้วยการใช้สนูฟแบบปรับปรุงเพื่อชะลอการลดขนาดของหน้าต่างควบคุมความคับคั่งของทีซีพี

IMPROVING TCP PROTOCOL PERFORMANCE OVER WIRELESS NETWORKS WITH THE MODIFIED SNOOP PROTOCOL

ยุทธพงษ์ มานุษยานนท์

YUTTHAPONG MANAUTSAYANON

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....65452
วัน,เดือน,ปี.....11 ต.ค. 2549

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2549

ISBN 974-15-2745-4

IMPROVING TCP PROTOCOL PERFORMANCE OVER WIRELESS NETWORKS WITH THE MODIFIED SNOOP PROTOCOL

YUTTHAPONG MANAUTSAYANON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2006

ISBN 974-15-2745-4

COPYRIGHT 2006

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเพิ่มประสิทธิภาพทีซีพีโพรโตคอลบนระบบเครือข่ายไร้สาย ด้วยการใช้สนูฟแบบปรับปรุงเพื่อชะลอการลดขนาดของหน้าต่างควบคุมความคับคั่งของทีซีพี
นักศึกษา	นาย ยุทธพงษ์ มานุษยานนท์
รหัสนักศึกษา	44061825
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ. มยุรี เลิศเวชกุล

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีบนระบบเครือข่ายแบบไร้สาย โดยปรับปรุงโพรโตคอลสนูฟ (Snoop protocol) สำหรับสถานีฐาน (Base station) มีหน้าที่เก็บข้อมูลไว้และส่งต่อไปยังสถานีไร้สายเป็นการเพิ่มความเร็วในการส่งซ้ำเมื่อเกิดการสูญหายของข้อมูล วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์นี้คือการปรับปรุงโพรโตคอลสนูฟที่มีอยู่ โดยมีแนวคิดที่จะตรวจสอบการหมดอายุของแพ็กเกจเพื่อชะลอการลดขนาดของหน้าต่างควบคุมความคับคั่งของโพรโตคอลทีซีพี และให้โพรโตคอลสนูฟสามารถตอบกลับสัญญาณยืนยันการได้รับข้อมูลแทนผู้รับไปยังผู้ส่งเพื่อเร็งการเพิ่มขนาดของหน้าต่างควบคุมความคับคั่ง ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการสื่อสารด้วยโพรโตคอลทีซีพี ในการทดลองนั้นได้สร้างแบบจำลองโพรโตคอลสนูฟที่ปรับปรุงแล้วบนโปรแกรมจำลองเครือข่าย NS2 และทำการทดลองเปรียบเทียบอัตราการสัมฤทธิผลของการส่งข้อมูลเทียบกันระหว่างโพรโตคอลสนูฟที่ได้ปรับปรุงแล้วกับโพรโตคอลสนูฟที่ยังไม่ได้ปรับปรุงและได้ทำการเปรียบเทียบกับทีซีพีแบบดั้งเดิม พบว่าโพรโตคอลสนูฟแบบที่ได้ปรับปรุงขึ้นมานั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโพรโตคอลทีซีพีบนระบบเครือข่ายไร้สายได้เพิ่มขึ้นถึง 1.5 เท่า

Thesis Title	Improving TCP Protocol Performance over Wireless Networks with the Modified Snoop Protocol.
Student	Mr. Yutthapong Manutsayanon
Student ID.	44061825
Degree	Master of Engineering
Program	Information Engineering
Year	2006
Thesis Advisor	Asst. Prof. Mayuree Lertwatechakul

ABSTRACT

This thesis proposes a new Snoop protocol to improve TCP performance for mobile network. The Snoop protocol is a caching technique implemented in base station to do fast local retransmission in wireless LAN instead of end-to-end TCP retransmission. The thesis objective is to modify the existing Snoop protocol by decreasing unnecessary timeout that reduces the congestion window size. The new Snoop protocol was added with the capability to acknowledge the received TCP segment in manner of the destination host. The idea is to slow down the congestion window size reduction process that decreases the transmission rate of TCP session. As to evaluate the performance of the proposed idea, the simulation model of the modified Snoop protocol was developed. The simulation results show that the proposed protocol gain more performance for TCP mobile node compared with the unmodified Snoop protocol significantly.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพทีซีพีโพรโตคอลบนระบบเครือข่ายไร้สาย จาก ผศ. มยุรี เลิศเวชกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ. อุทัย ศรีธีระวิโรจน์ รศ. นภพินทุ์ อนันตรศิริชัย ดร. พิทักษ์ ธรรมวาริน และ รศ.ดร. ชวลิต เบญจางคประเสริฐ กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาแนะนำตลอดจนชี้แนะทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี ขอขอบพระคุณ คุณพรรณภา ไชยธิสาร ที่ช่วยดำเนินเรื่องตีพิมพ์บทความลงวิศวกรรมสารมหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งให้ความดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่และคอยเป็นกำลังใจให้เสมอมาในทุกๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ยุทธพงษ์ มานุษยานนท์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูป.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 2

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....3

1.5 ขอบเขตการวิจัย.....3

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา.....3

บทที่ 2 การเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีบนระบบเครือข่ายไร้สาย.....5

2.1 กล่าวนำ.....5

2.2 โพรโตคอลทีซีพี/ไอพี 5

2.2.1 ความเป็นมาของโพรโตคอลทีซีพี/ไอพี.....5

2.2.2 การเปรียบเทียบเลเยอร์ของโอเอสไอกับเลเยอร์ของทีซีพี/ไอพี.....5

2.2.3 การทำงานและโครงสร้างของระบบโพรโตคอลทีซีพี /ไอพี.....7

2.3 เครือข่ายไร้สาย.....11

2.3.1 ประโยชน์ของระบบไร้สาย.....12

2.3.2 มาตรฐาน IEEE 802.11 ระบบแลนไร้สาย.....13

2.3.3 วิวัฒนาการของมาตรฐาน IEEE 802.11.....13

2.3.4 ลักษณะการเชื่อมต่อของระบบเครือข่าย.....15

2.3.5 เทคนิคที่ใช้ในการส่งข้อมูลในเครือข่ายไร้สาย.....16

2.3.6 ลักษณะเฉพาะของระบบสื่อสารแบบไร้สาย.....17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 การเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีบนระบบเครือข่ายไร้สาย.....20
2.5 การแบ่งกลุ่มวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีบนเครือข่ายไร้สาย.....22
2.5.1แบบแบ่งการเชื่อมต่อทีซีพี (Splitting TCP Connections).....22
2.5.2 แบบโพรโตคอลสนูฟ (Snoop Protocol).....23
2.5.3 การแจ้งเตือนสาเหตุที่แพ็กเก็ตสูญหาย
(Notifying the Causes of Packet Loss).....24
2.5.4 การเพิ่ม SACK ให้แก่โพรโตคอลทีซีพี
(Adding Selective Acknowledgments to TCP).....24
2.5.5 บทสรุปและเปรียบเทียบการเสริมประสิทธิภาพในรูปแบบต่างๆ.....25

บทที่ 3 การเพิ่มประสิทธิภาพทีซีพีโพรโตคอลด้วยการปรับปรุงโพรโตคอลสนูฟ.....26
3.1 เปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบเดิม.....26
3.2 โพรโตคอลสนูฟ.....26
3.3 ปรับปรุงโพโตคอลสนูฟเพื่อชะลอการลดขนาดของหน้าต่างควบคุม
ความคับคั่งของทีซีพี.....28
3.4 แนวคิดในการออกแบบและเปรียบเทียบกับหลักการเดิมของโพรโตคอลสนูฟ.....31

บทที่ 4 ผลการทดลองและผลการทดลอง.....38
4.1 การทดลอง.....38
4.2 ผลการทดลอง.....39

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและงานที่น่าจะวิจัยต่อไป.....45

บรรณานุกรม.....47
ภาคผนวก.....49
ภาคผนวก ก. โปรแกรมที่ใช้ในการจำลองการทำงานโพรโตคอลสนูฟ.....50
ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....52
ประวัติผู้เขียน.....60

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การทำงานของแต่ละระดับชั้นของทีซีพี/ไอพี.....5

2.2 ตารางเปรียบเทียบการเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพี.....25

4.1 เปรียบเทียบขนาดของหน้าต่างและอัตราสัมฤทธิผลการส่งข้อมูล.....44

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงการเปรียบเทียบเลเยอร์ของโอเอสไอกับเลเยอร์ของทีซีพี/ไอพี.....5

2.2 แสดงการข้อมูลที่ส่งผ่านในโมเดลของทีซีพี/ไอพี.....5

2.3 แสดงการทำงานของทีซีพีและเมื่อเกิดข้อมูลสูญหาย.....10

2.4 แสดงส่วนประกอบของเซ็กเมนต์.....10

2.5 ระบบไร้สายที่เชื่อมต่อเข้าสู่เครือข่าย.....12

2.6 ลักษณะการเชื่อมต่อของระบบเครือข่ายแบบ.....16

2.7 แบ่งการเชื่อมต่อทีซีพี.....23

2.8 การทำงานแบบสนูฟโพรโตคอล.....23

3.1 โฟลว์ชาร์ตของฟังก์ชัน snoop_data().....27

3.2 โฟลว์ชาร์ตของฟังก์ชัน snoop_ack() 28

3.3 การเริ่มต้นอย่างช้าของทีซีพีโพรโตคอล.....29

3.4 โฟลว์ชาร์ตของฟังก์ชัน modified snoop_data().....30

3.5 โฟลว์ชาร์ตของฟังก์ชัน modified snoop_ack().....31

3.6 กรณีโพรโตคอลสนูฟทำงานปกติ.....32

3.7 กรณีแพ็กเก็ตข้อมูลสูญหายในเครือข่ายไร้สาย.....33

3.8 กรณีแพ็กเก็ตข้อมูลสูญหายในเครือข่ายใช้สาย.....34

3.9 กรณีแพ็กเก็ตตอบรับสูญหายในเครือข่ายไร้สาย.....35

3.10 กรณีแพ็กเก็ตตอบรับสูญหายในเครือข่ายใช้สาย.....36

3.11 กรณีแพ็กเก็ตข้อมูลผิดลำดับ.....37

4.1 ลักษณะรูปแบบการจำลองเครือข่าย.....38

4.2 ลักษณะรูปแบบการจำลองเครือข่ายจากNS2.....39

4.3 กราฟเปรียบเทียบขนาดหน้าต่างความคับคั่งของทีซีพี.....41

4.4 กราฟเปรียบเทียบอัตราสัมฤทธิผลการส่งข้อมูลทุกโพรโตคอล.....42

4.5 กราฟเปรียบเทียบขนาดหน้าต่างความคับคั่งทุกโพรโตคอล.....43

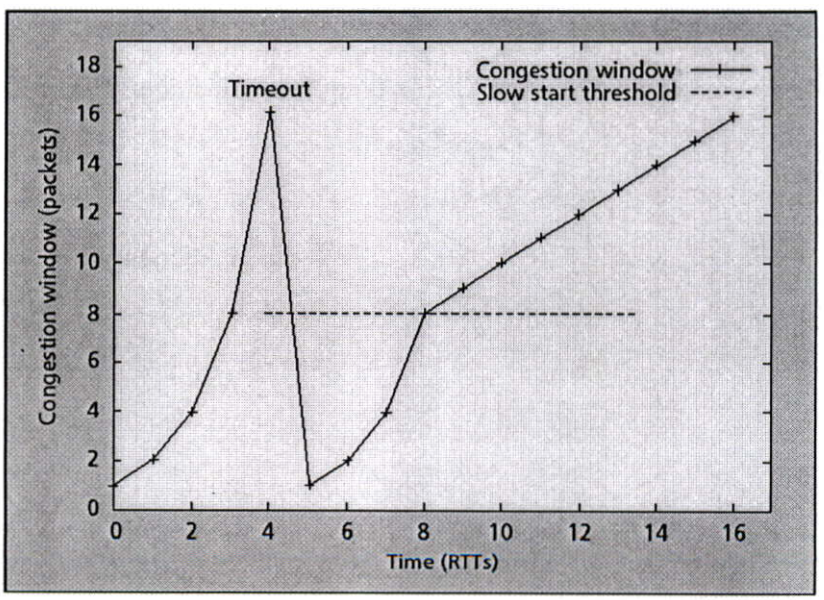
4.6 กราฟเปรียบเทียบอัตราสัมฤทธิผลการส่งข้อมูลทุกโพรโตคอล.....43

4.7 กราฟเปรียบเทียบอัตราการส่งข้อมูลรวมทุกโพรโตคอล.....44

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การสื่อสารคอมพิวเตอร์ในระบบเครือข่ายแบบไร้สายที่ใช้โพรโตคอลทีซีพีดั้งเดิมนั้นจะมีการรับประกันการส่งของข้อมูลเนื่องจากโพรโตคอลทีซีพีไม่ได้ออกแบบมาให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของระบบเครือข่ายไร้สาย ดังนั้นถ้ามีการสูญหายของข้อมูลในระหว่างที่รับส่ง ฝ่ายส่งจะทำการส่งข้อมูลซ้ำไปยังปลายทางอีกจึงอาจจะทำให้เกิดความคับคั่งของข้อมูลในระบบเครือข่าย รูปที่ 1.1 แสดงการลดขนาดของหน้าต่างของการรับส่งของโพรโตคอลทีซีพี (Congestion window size) [1] , [9] จะเห็นได้ว่าเมื่อเกิดความคับคั่งหรือแพ็กเก็ตสูญหายทีซีพีจะทำการลดขนาดของหน้าต่างลงแล้วค่อยๆเพิ่มขึ้น ด้วยกระบวนการที่เรียกว่า slow start ดังนั้นถ้านำทีซีพีไปใช้กับเครือข่ายแบบไร้สายจะเกิดปัญหานี้มากขึ้นเพราะระบบไร้สายจะมีอัตราการผิดพลาดสูงกว่า (high error rate) เนื่องมาจากสัญญาณที่ส่งไปในอากาศนั้นอาจจะมีวัตถุมาบังหรือระยะทางที่ห่างไกลกัน ทำให้สัญญาณระหว่างตัวรับส่งมีคุณภาพของสัญญาณลดลง ดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นคือประสิทธิภาพของการรับส่งข้อมูลลดลงทำให้เวลาในการตอบสนองต่อผู้ใช้นั้นช้ากว่าการสื่อสารด้วยโพรโตคอลทีซีพีในระบบเครือข่ายแบบใช้สายสัญญาณ



รูปที่ 1.1 การลดขนาดของหน้าต่างของการส่งลง

1.2 ความหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ในปัจจุบันได้มีการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์แบบไร้สายมากขึ้น ซึ่งทำให้สะดวกในการย้าย และง่ายในการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกันเป็นเครือข่าย ประโยชน์ของการสื่อสารแบบไร้สายมีมากมาย เช่น ความยืดหยุ่น ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการติดตั้งทำได้ง่าย โดยเฉพาะการดำเนินงานเพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ การนำติดตัว (Mobility) การขยายเครือข่ายได้ง่าย เครือข่ายแบบไร้สายและยัง ทำให้เครือข่ายองค์กรไม่ต้องยุ่งยากในเรื่องการเดินสายสื่อสาร ให้ผลคุ้มค่าทั้งนี้เพราะอุปกรณ์เชื่อมโยงระบบไร้สายมีแนวโน้มที่ถูกลง [22] แต่เทคโนโลยีความเร็วในการรับส่งข้อมูลแบบไร้สายนั้นยังน้อยกว่าที่ใช้สาย ดังนั้นจึงต้องหาวิธีที่เหมาะสมที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการรับส่งข้อมูลที่ในสภาพแวดล้อมแบบเครือข่ายไร้สาย เพื่อให้ได้อัตราสัมฤทธิผลการส่งข้อมูล (Throughput) และเวลาในการตอบสนองที่ดีขึ้น

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

จากปัญหาหลักที่เกิดจากทำงานของทีซีพีในสภาพแวดล้อมของเครือข่ายไร้สาย ประสิทธิภาพการทำงานของโพรโตคอลจะลดลงจากปัญหาที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ที่ส่งผลมาจากการลดขนาดของหน้าต่างควบคุมความคับคั่ง (CWND) ของทีซีพี ทันทีที่ฝ่ายส่งทราบว่าเกิดการสูญหายของข้อมูลขึ้น ทีซีพีจะทำการลดขนาดของหน้าต่างลงต่ำและค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆตามกระบวนการแบบ slow start จนกว่าจะเกิดการสูญหายของข้อมูลขึ้นอีกครั้ง ถ้าแก้ปัญหาการลดลงของหน้าต่างได้ก็จะได้อัตราสัมฤทธิผลการส่งข้อมูลนั้นดีขึ้นด้วย และเพราะว่าการเดินทางของแพ็กเก็ตจากต้นทางไปยังปลายทางนั้นอาจจะเดินทางมาคนละเส้นทางกัน ดังนั้นลำดับของแพ็กเก็ตจะมาถึงยังปลายทางอาจสลับกันได้ ส่งผลให้แพ็กเก็ตที่ปลายทางอาจมาล่าช้าแต่ไม่สูญหายแต่ปลายทางเข้าใจว่าแพ็กเก็ตนั้นสูญหายไป และลดขนาดของหน้าต่างสื่อสารลง

เพื่อแก้ปัญหาข้างต้นนี้ จึงได้เสนอวิธีการการปรับปรุงการทำงานของโพรโตคอลสนูฟที่มีอยู่เดิม คือสร้างสัญญาณการตอบรับ (ACK) และชะลอการตอบปฏิเสธ (NAK) หรือตอบรับซ้ำ (DUPACK) จากสถานีฐานไปยังฝ่ายส่งเมื่อเกิดสูญหายของข้อมูลขึ้น โดยมีสองแนวคิดที่เสนอคือ เมื่อมีแพ็กเก็ตข้อมูลส่งเข้ามายังสถานีฐาน สนูฟเอเจนต์จะคอยส่งสัญญาณตอบกลับ (Ack) จากสถานีฐานกลับไปให้ยังฝ่ายส่ง เพื่อเป็นการเร่งอัตราขยายของหน้าต่างความคับคั่ง (CWND) และเมื่อมีการส่งสัญญาณการตอบรับซ้ำ ที่ส่งมาจากฝ่ายรับมายังสถานีฐาน สนูฟเอเจนต์จะทำการหน่วงเวลาการตอบรับนี้ไว้ก่อนที่จะส่งต่อไปยังฝ่ายส่งเพื่อเป็นการชะลอการลดขนาดของหน้าต่างลง

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

หนึ่งในกลยุทธที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วนั้นคือ โพรโตคอลสนูฟ ที่มีหน้าที่หลักในการเก็บแพ็กเก็ตไว้ที่สถานีฐาน (Base station) และทำการส่งต่อออกไปอีกครั้ง (local retransmission) ไปยังเครือข่ายไร้สายทำให้โพรโตคอลสนูฟสามารถปรับปรุงการสื่อสารระหว่างต้นทางกับปลายทางได้ดี การปรับปรุงทำงานของเครือข่ายไร้สายด้วยโพรโตคอลสนูฟนี้ยังช่วยให้ไม่ต้องยุ่งยากกับการเปลี่ยนแปลงทีซีพีโพรโตคอลที่มีอยู่เดิมซึ่งมีความซับซ้อนมากอยู่แล้ว และถ้ามีการแก้ไขโพรโตคอลทีซีพี จะทำให้เกิดความยุ่งยากในการนำไปใช้งานยังทุกๆเครื่องที่อยู่ในระบบเครือข่ายไร้สาย เช่น สถานีรับส่งและสถานีฐาน

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีปรับปรุงโพรโตคอลสนูฟที่ทำงานอยู่ในสถานีฐานซึ่งทำงานเป็นตัวแทนในการรับส่งข้อมูลระหว่างสถานีส่งและสถานีรับ โดยได้ปรับปรุงวิธีการทำงานพื้นฐานของโพรโตคอลสนูฟที่มีอยู่เดิม คือสร้างสัญญาณการตอบรับและชะลอการตอบรับซ้ำจากสถานฐานไปยังฝ่ายส่งเมื่อเกิดสูญหายของข้อมูล แนวทางนี้ได้แก้ช่วยปัญหาของโพรโตคอลสนูฟโดยสร้างสัญญาณควบคุมการทำงานของการส่งสัญญาณตอบรับแพ็กเก็ตและการชะลอการส่งสัญญาณการตอบรับซ้ำ โดยใช้การจำลองโพรโตคอลสนูฟด้วยโปรแกรม NS2 เพื่อเปรียบเทียบผลในด้านขนาดของหน้าต่างการควบคุมความคับคั่งของทีซีพีและประสิทธิภาพการส่งสำเร็จ และทดลองเปรียบเทียบกับวิธีการสนูฟแบบพื้นฐาน

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมาย วัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย โพรโตคอลทีซีพี เครือข่ายไร้สาย และการเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีบนระบบเครือข่ายไร้สาย

บทที่ 3 ได้เปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบเดิมและการเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพี ด้วยการปรับปรุงโพรโตคอลสนูฟ

บทที่ 4 กล่าวถึงการหาค่าสมรรถนะของระบบพารามิเตอร์ที่ใช้และผลที่ได้จากการจำลองการทำงานระบบ เพื่อแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอนั้นสามารถที่ช่วยให้ระบบมีสมรรถนะที่ดีขึ้น

บทที่ 5 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและงานที่น่าจะวิจัยต่อไป

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

หนึ่งในกลยุทธที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วนั้นคือ โพรโตคอลสนูฟ ที่มีหน้าที่หลักในการเก็บแพ็กเก็ตไว้ที่สถานีฐาน (Base station) และทำการส่งต่อออกไปอีกครั้ง (local retransmission) ไปยังเครือข่ายไร้สายทำให้โพรโตคอลสนูฟสามารถปรับปรุงการสื่อสารระหว่างต้นทางกับปลายทางได้ดี การปรับปรุงทำงานของเครือข่ายไร้สายด้วยโพรโตคอลสนูฟนี้ยังช่วยให้ไม่ต้องยุ่งยากกับการเปลี่ยนแปลงทีซีพีโพรโตคอลที่มีอยู่เดิมซึ่งมีความซับซ้อนมากอยู่แล้ว และถ้ามีการแก้ไขโพรโตคอลทีซีพี จะทำให้เกิดความยุ่งยากในการนำไปใช้งานยังทุกๆเครื่องที่อยู่ในระบบเครือข่ายไร้สาย เช่น สถานีรับส่งและสถานีฐาน

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีปรับปรุงโพรโตคอลสนูฟที่ทำงานอยู่ในสถานีฐานซึ่งทำงานเป็นตัวแทนในการรับส่งข้อมูลระหว่างสถานีส่งและสถานีรับ โดยได้ปรับปรุงวิธีการทำงานพื้นฐานของโพรโตคอลสนูฟที่มีอยู่เดิม คือสร้างสัญญาณการตอบรับและชะลอการตอบรับซ้ำจากสถานฐานไปยังฝ่ายส่งเมื่อเกิดสูญหายของข้อมูล แนวทางนี้ได้แก้ช่วยปัญหาของโพรโตคอลสนูฟโดยสร้างสัญญาณควบคุมการทำงานของการส่งสัญญาณตอบรับแพ็กเก็ตและการชะลอการส่งสัญญาณการตอบรับซ้ำ โดยใช้การจำลองโพรโตคอลสนูฟด้วยโปรแกรม NS2 เพื่อเปรียบเทียบผลในด้านขนาดของหน้าต่างการควบคุมความคับคั่งของทีซีพีและประสิทธิภาพการส่งสำเร็จ และทดลองเปรียบเทียบกับวิธีการสนูฟแบบพื้นฐาน

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมาย วัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย โพรโตคอลทีซีพี เครือข่ายไร้สาย และการเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีบนระบบเครือข่ายไร้สาย

บทที่ 3 ได้เปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบเดิมและการเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีด้วยการปรับปรุงโพรโตคอลสนูฟ

บทที่ 4 กล่าวถึงการหาค่าสมรรถนะของระบบพารามิเตอร์ที่ใช้และผลที่ได้จากการจำลองการทำงานระบบ เพื่อแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอนั้นสามารถที่ช่วยให้ระบบมีสมรรถนะที่ดีขึ้น

บทที่ 5 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและงานที่น่าจะวิจัยต่อไป

บทที่ 2
การเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีบนระบบเครือข่ายไร้สาย

2.1 กล่าวนำ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานและโพรโตคอลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการวิจัย เช่น โพรโตคอลทีซีพี เครือข่ายไร้สาย โพรโตคอลสนูฟและวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีบนระบบเครือข่ายไร้สาย ซึ่งเนื้อหาทั้งหมดนี้จำเป็นสำหรับการศึกษาวิจัย และประเมินประสิทธิภาพของโพรโตคอลสนูฟ

2.2 โพรโตคอลทีซีพี/ไอพี (TCP/IP: Transmission Control Protocol/ Internet Protocol)

2.2.1 ความเป็นมาของโพรโตคอลทีซีพี/ไอพี

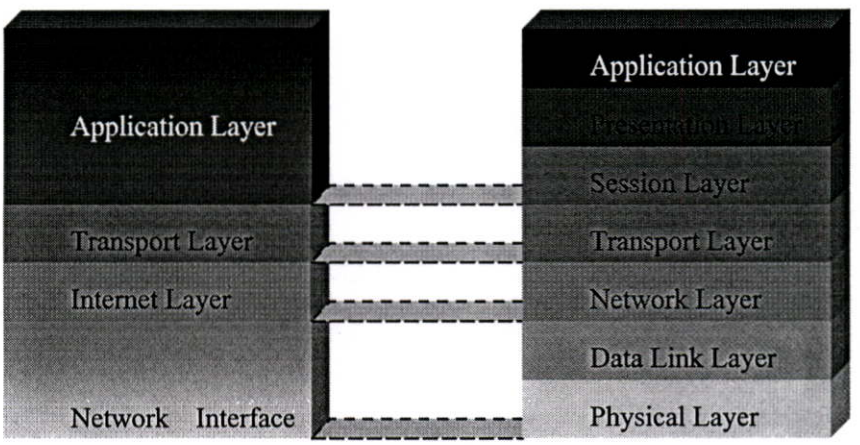
ทีซีพี/ไอพี เป็นโพรโตคอลมาตรฐานที่ใช้กันอยู่ในระบบปฏิบัติการแบบยูนิกซ์ เริ่มพัฒนาโดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐฯ ในปี ค.ศ. 1969 เพื่อเชื่อมโยงเครื่องคอมพิวเตอร์ทางทหารของแต่ละหน่วยที่อยู่ห่างไกลกัน โดยมีจุดประสงค์คือสร้างระบบเครือข่ายให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถรับส่งข้อมูลกันได้แม้ว่าสายส่งข้อมูลบางส่วนจะถูกทำลายเสียหายไปก็ตามเพื่อใช้งานในยามเกิดสงคราม โดยเครือข่ายที่จัดตั้งในระยะแรกชื่อว่า Advanced Research Projects Agency Network หรือ อาร์พาเน็ต (ARPANET)

ต่อมาได้พัฒนาเป็นเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (INTERNET) โพรโตคอลนี้เหมาะสำหรับเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ทั้งใกล้และไกลเข้าด้วยกัน เนื่องจากมีมาตรฐานรองรับทำให้ผู้ผลิตฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สามารถสร้างอุปกรณ์และโปรแกรมที่จะรองรับการทำงานของโพรโตคอลนี้ ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถรับส่งข้อมูลกันได้ไม่ว่าจะเป็นเครื่องขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่หรือใช้ระบบปฏิบัติการอะไรก็ได้

2.2.2 การเปรียบเทียบเลเยอร์ของโอเอสไอกับเลเยอร์ของทีซีพี/ไอพี

ทีซีพี/ไอพี (TCP/IP หรือ Transmission Control Protocol/Internet Protocol) เป็นโพรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารในระบบอินเทอร์เน็ต และอินทราเน็ต มีหน้าที่ตรวจสอบการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ของฝ่ายรับและฝ่ายส่งให้ได้รับข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วน หากข้อมูลที่ส่งมาเกิดการสูญหายระหว่างทางจะมีการแจ้งให้ต้นทางส่งข้อมูลมาใหม่ การทำงานของทีซีพี/ไอพีสามารถเปรียบเทียบกับโมเดลอ้างอิงโอเอสไอ (Open System Interconnection Reference

Model: OSI) ตามมาตรฐานไอเอสโอ (International Organization for Standardization: ISO) ได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบเลเยอร์ของโอเอสไอกับเลเยอร์ของทีซีพี/ไอพี

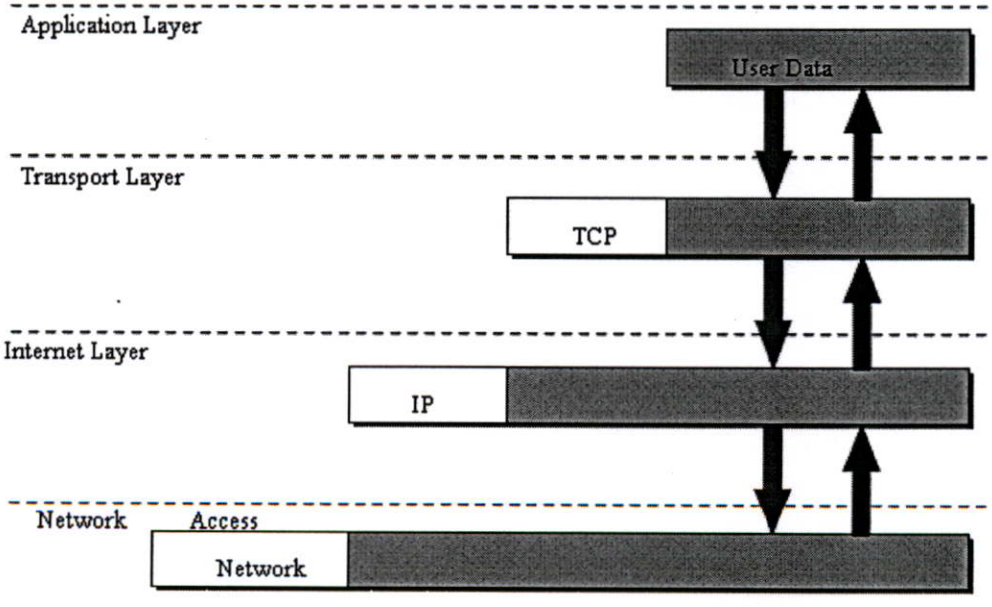
ในแต่ละระดับชั้นของทีซีพี/ไอพีมีการทำงานที่แตกต่างกัน ตั้งแต่การติดต่อกับแอพพลิเคชันจนกระทั่งแปลงเป็นสัญญาณส่งไปตามสายสัญญาณ ซึ่งการทำงานในแต่ละระดับชั้นของทีซีพี/ไอพี มีดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การทำงานของแต่ละระดับชั้นของทีซีพี/ไอพี

ชื่อระดับชั้น	หน้าที่
ชั้นแอพพลิเคชัน (Application Layer)	รองรับการทำงานของแอพพลิเคชันต่าง ๆ ที่ทำงานเป็นโพรเซสอยู่ในเครื่องต้นทางและปลายทาง โดยจัดการเชื่อมต่อระหว่างโพรเซสหรือแอพพลิเคชันที่อยู่ต่างเครื่องกัน โดยการทำงานของแอพพลิเคชันต่าง ๆ มีการติดต่อกันตามแต่ละโพรโตคอลเฉพาะแล้วแต่แอพพลิเคชันที่ใช้งาน ซึ่งจะขอบริการจากชั้นทรานสปอร์ตอีกทีหนึ่ง

ตารางที่ 2.1 การทำงานของแต่ละระดับชั้นของทีซีพี/ไอพี (ต่อ)

ชื่อระดับชั้น	หน้าที่
ชั้นทรานสปอร์ต (Transport Layer)	สร้างการเชื่อมต่อกันระหว่างแอพพลิเคชันแบบ end-to-end โดยจุดที่เชื่อมต่อกันเพื่อรับส่งข้อมูลนี้เรียกว่า พอร์ต (port) หรือซ็อกเก็ต (Socket) ในชั้นนี้มีบริการหลักอยู่ 2 แบบ คือ Connection Oriented โดยเรียกผ่านโพรโตคอลทีซีพี (TCP: Transmission Control Protocol) และ Connectionless ซึ่งเรียกผ่านโพรโตคอลยูดีพี (UDP: User Datagram Protocol) ซึ่งกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป
ชั้นอินเทอร์เน็ต (Internet Layer)	ส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายโดยมีโพรโตคอลที่ทำงานเป็นกลไกสำคัญในการส่งผ่านข้อมูลไปยังเครือข่ายใด ๆ ในอินเทอร์เน็ต คือ ไอพี (Internet Protocol: IP) ซึ่งกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป นอกจากนี้ในชั้นนี้ยังมีโพรโตคอลทำงานอยู่ด้วยอีก 2 ชนิด คือ ไอซีเอ็มพี (Internet Control Message Protocol: ICMP) และเออาร์พี (Address Resolution Protocol: ARP)
ชั้นเน็ตเวิร์กอินเตอร์เฟส (Network Interface Layer)	แปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมกับเครือข่ายแต่ละแบบซึ่งแตกต่างกันออกไป และแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งไปยังเครือข่าย

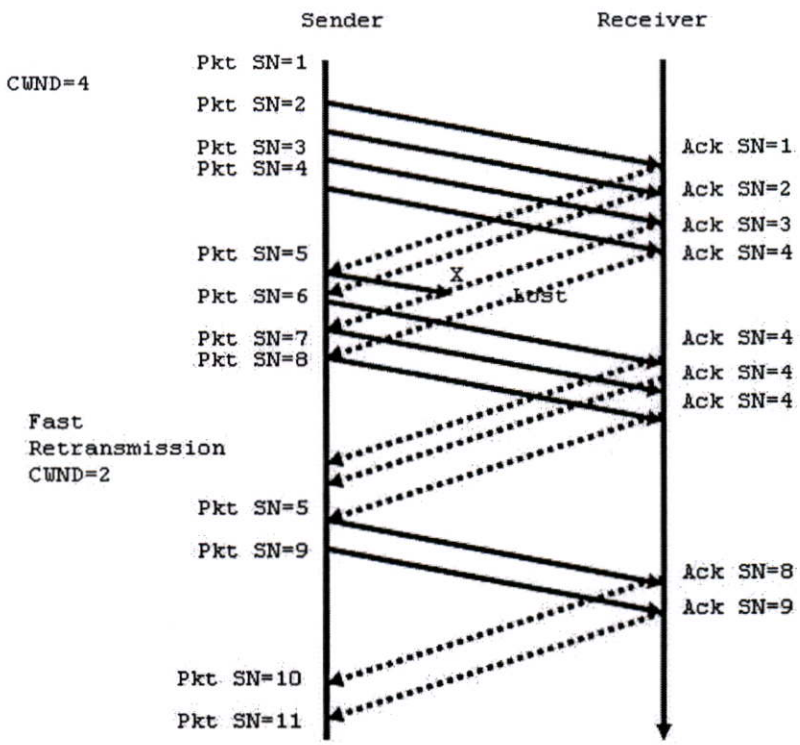


รูปที่ 2.2 แสดงการข้อมูลที่ส่งผ่านในโมเดลของทีซีพี/ไอพี

2.2.3 การทำงานและโครงสร้างของระบบโพรโตคอลทีซีพี /ไอพี

ในชุดโพรโตคอลทีซีพี/ไอพีนี้มีโพรโตคอลหลักที่ขอกล่าวถึง 3 โพรโตคอล ได้แก่ โพรโตคอลทีซีพี โพรโตคอลยูดีพี ซึ่งทำงานในชั้นทรานสปอร์ต และโพรโตคอลไอพีซึ่งทำงานในชั้นอินเทอร์เน็ต โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

โพรโตคอลทีซีพี (TCP: Transmission Control Protocol) การทำงานของโพรโตคอลทีซีพีที่สำคัญอย่างหนึ่งของโพรโตคอลทีซีพี คือ การทำ "3-Way Handshake" ซึ่งเป็นกระบวนการเริ่มต้นในการสร้างการเชื่อมต่อในชั้นทรานสปอร์ต กล่าวคือ ในการติดต่อกันระหว่างผู้ใช้และผู้ให้บริการในเครือข่ายต้องมีการสร้างการเชื่อมต่อไปยังระบบที่ให้บริการก่อน โดยผู้ขอบริการส่งสัญญาณ SYN เพื่อขอบริการจากนั้นผู้ให้บริการจะส่งสัญญาณ ACK เพื่อตอบรับการเชื่อมต่อที่ร้องขอมาจึงสามารถรับส่งข้อมูลกันได้ ดังรูปที่ 2.3 แสดงเหตุการณ์การรับส่งข้อมูลขณะที่ขนาดของหน้าต่างควบคุมความคับคั่งเท่ากับ 4 และจะเห็นได้ว่าเมื่อเกิดการสูญหายของข้อมูลในที่นี้คือแพ็กเก็จที่ 5 หายไปผู้รับก็จะได้แต่รับแพ็กเก็ตที่ 6, 7 และ 8 และผู้รับจะทำการส่ง ACK ที่ 4 ตอบกลับไปเพราะว่ามีแพ็กเก็ตในชุดข้อมูลนี้หายไปให้ส่งแพ็กเก็ตที่ 5 กลับมาใหม่ จากการส่ง ACK ที่ 4 กลับไปถึง 3 ครั้งกรณีเราเรียกเหตุการณ์นี้ว่าการเกิดการตอบกลับซ้ำ (DUPACK : Duplicate Acknowledgements) ซึ่งส่งผลให้เป็นภาระของระบบขึ้นและทำให้ขนาดของหน้าต่างควบคุมความคับคั่งจะต้องลดขนาดลงในที่นี้เหลือเท่ากับ 2 ในที่นี้เรียกว่า Slow start จากนั้นทีซีพีก็ทำการส่งแพ็กเก็จขนาดหน้าต่างเท่ากับ 2 ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของทีซีพีลดลง



รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานของทีซีพีและเมื่อเกิดข้อมูลสูญหาย

การเชื่อมต่อแบบ 3-Way Handshake นี้ เป็นการตรวจสอบความพร้อมของทั้งฝ่ายส่ง และฝ่ายรับ และเพื่อกำหนดค่าเริ่มต้นของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของทั้งสองฝ่ายให้ตรงกัน หลังจากกระบวนการทำ 3-Way Handshake สิ้นสุด ทั้งสองฝ่ายจึงสามารถรับและส่งข้อมูลซึ่งกันและกันได้

ดังนั้นโพรโตคอลทีซีพีจึงเป็นโพรโตคอลที่มีการรับส่งข้อมูลแบบ “Connection Oriented” ทำให้การทำงานของทีซีพีมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

หน้าที่การทำงานของทีซีพีในการรับส่งข้อมูลมีหน้าที่หลัก 6 ข้อคือ

ควบคุมการรับส่งข้อมูล (Basic Data Transfer)

ความน่าเชื่อถือในการรับส่งข้อมูล (Reliability)

ควบคุมการไหลของข้อมูล (Flow Control)

การทำมัลติเพล็ก (Multiplexing)

ควบคุมการเชื่อมต่อ (Connection)

ความปลอดภัยในการรับส่งข้อมูล (Security)

ส่วนประกอบของทีซีพีเฮดเดอร์

Source Port : เป็นหมายเลขพอร์ตของบริการที่เครื่องต้นทาง

Destination Port : เป็นหมายเลขพอร์ตของบริการเครื่องปลายทาง

Sequence Number : เป็นหมายเลขที่บอกลำดับของการรับส่งข้อมูลของเครื่องที่ต้องการขอส่งข้อมูล

Acknowledgement Number : เป็นหมายเลขที่บอกลำดับของการรับส่งข้อมูลที่ด้านรับข้อมูล ปกติ ค่าของ Acknowledgement Number มีค่าเท่ากับ Sequence Number (ของอีกด้านหนึ่ง) + 1 เสมอ

Data Offset: เป็นตัวบอกค่าออฟเซตของข้อมูล เพราะทีซีพีนั้นไม่มีการกำหนดความยาวที่แน่นอนของข้อมูล จึงต้องมีออฟเซตเป็นตัวบอก

Flag : เป็นบิตที่บอกชนิดของข้อมูล ได้แก่

URG : Urgent Pointer Field Significant - แสดง Urgent Pointer

ACK : Acknowledgement Field Significant – แสดงการ Acknowledgement

PSH : Push Function

RST : Reset The Connection - แสดงเมื่อรีเซ็ทการเชื่อมต่อ

SYN : Synchronize Sequence Number - หมายเลขแพ็กเก็ตที่ส่งแบบซิงโครนัส

FIN : No more data from sender - แสดงว่าไม่มีข้อมูลที่ส่งจากผู้ส่งแล้ว

Window : เป็นเลขบอกจำนวนของอ็อกเต็ต (octet) ของข้อมูล จัดการในส่วนของ end-to-end flow control

Checksum : เป็นส่วนที่ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

Urgent Pointer : เป็นตัวชี้ตำแหน่งของ Urgent Data

Option and Padding : เป็นตัวบอกออปชันของโพรเซสที่ใช้ทีซีพี

Data : เนื้อข้อมูลที่ต้องการสื่อสาร มีขนาดได้ไม่ต่ำกว่า 5 32-บิตเวิร์ด (6 บิตแรกสงวนไว้และกำหนดให้เป็นศูนย์)

<table>
<tr><td colspan="5">Source Port</td><td colspan="4">Destination Port</td></tr>
<tr><td colspan="9">Sequence Number</td></tr>
<tr><td colspan="9">Acknowledgement Number</td></tr>
<tr><td>Offset</td><td>Reserved</td><td>U</td><td>A</td><td>P</td><td>R</td><td>S</td><td>F</td><td>Window</td></tr>
<tr><td colspan="5">Checksum</td><td colspan="4">Urgent Pointer</td></tr>
<tr><td colspan="9">Options + Padding</td></tr>
<tr><td colspan="9">Data</td></tr>
</table>

รูปที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบของเซ็กเมนต์

โพรโตคอลยูดีพี เป็นโพรโตคอลในการติดต่อสื่อสารในชั้นทรานสปอร์ต (Transport Layer) เช่นเดียวกับทีซีพีแต่เป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Connectionless) คือทั้งฝ่ายส่งและฝ่ายรับไม่จำเป็นต้องอาศัยการสร้างช่องทางเชื่อมต่อกัน โดยไม่ต้องมีการแจ้งให้ฝ่ายรับข้อมูลเตรียมรับข้อมูลเหมือนโพรโตคอลทีซีพีและไม่มีการส่งสัญญาณตรวจสอบว่าข้อมูลถึงเครื่องปลายทางอย่างถูกต้องครบถ้วนในการส่งข้อมูลแต่ละครั้ง จึงไม่มีการส่งข้อมูลใหม่อีกในกรณีที่เกิดความผิดพลาดของการส่งข้อมูล

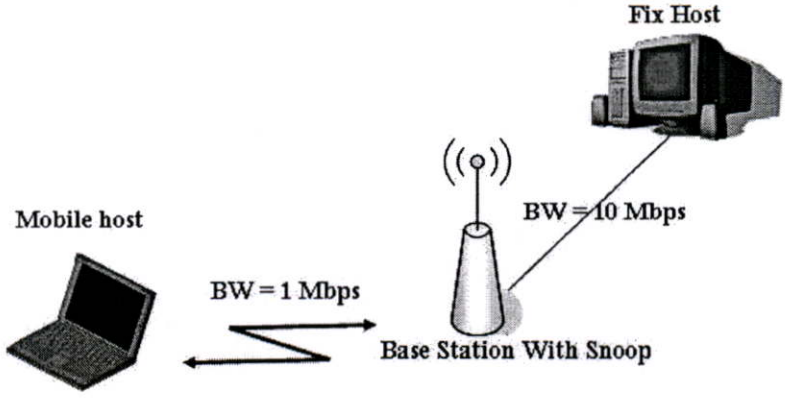
โพรโตคอลไอพี (IP: Internet Protocol) เป็นโพรโตคอลที่จัดการเกี่ยวกับการหาเส้นทางของแต่ละแพ็กเก็ตเพื่อให้ส่งแพ็กเก็ตต่าง ๆ ไปยังเป้าหมายได้ถูกต้อง การทำงานของไอพีเป็นเพียงการส่งข้อมูลไปยังเครื่องเป้าหมายเท่านั้น ไม่มีการส่งสัญญาณขอบริการหรือสัญญาณให้บริการระหว่างกันเหมือนทีซีพี เรียกว่าการเชื่อมต่อแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานว่าการเชื่อมต่อระหว่างกันไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้นแน่ เนื่องจากมาตรฐานในเครือข่ายมีหลากหลายขนาดของแพ็กเก็ตทีละมาตรฐานรองรับได้จึงมีความแตกต่างกันออกไป ทำให้การส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ในเครือข่ายนั้นอาจมีการแบ่งข้อมูลออกเป็นแพ็กเก็ตย่อย ๆ ในระหว่างการส่ง เรียกว่า การทำ แฟร็กเมนเตชัน (Fragmentation) เช่น แพ็กเก็ตของ FDDI มีขนาด 4,500 ไบต์ หากเครื่องปลายอยู่ในเครือข่าย Ethernet ซึ่งมีขนาดของแพ็กเก็ตสูงสุดเพียง 1,500 ไบต์ ดังนั้นการส่งแพ็กเก็ตไปยังเครื่องปลายทางจึงต้องมีการแบ่งเป็นแพ็กเก็ตย่อย และเมื่อแพ็กเก็ตย่อยมาถึงเครื่องเป้าหมายก็จะมา

รวมกันเป็นแพ็กเก็ตเดิมที่มีขนาด 4,500 ไบต์อีกครั้ง เรียกการรวมกันนี้ว่า การรีแอสเซมเบิ้ล (Reassemble) ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลเหมือนที่ส่งมาจากเครื่องต้นทาง

2.3 เครือข่ายไร้สาย

การใช้งานคอมพิวเตอร์เปลี่ยนรูปแบบมาเป็นงานที่ต้องเชื่อมโยงกับเครือข่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลสำหรับ การเชื่อมต่อเครือข่ายจึงมีพัฒนาการอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะสำหรับระบบการเชื่อมโยงแบบต้องใช้สาย ซึ่งมีเครือข่ายท้องถิ่นแบบอีเทอร์เน็ตเป็นเทคโนโลยีหลักที่เชื่อมต่อด้วยสายยูทีพีผ่านฮับ ทำให้เข้าสู่เครือข่ายด้วยความเร็วสูงถึง 100 เมกะบิตต่อวินาที อีกด้านหนึ่งคือการเชื่อมด้วยสายโทรศัพท์โดยเฉพาะการใช้โมเด็ม และ ADSL ที่เปิดบริการกันมากอยู่ในขณะนี้

จุดเด่นของระบบไร้สายมีหลายประการ โดยเฉพาะในอดีตปัญหาทางเทคโนโลยีเป็นข้อจำกัด เพราะไม่สามารถสร้างระบบ VLSI (วงจรรวมขนาดใหญ่มาก) ที่ใช้งานย่านความถี่สูงมาก กินกำลังไฟฟ้าต่ำ มีขนาดเล็กและเบา ปัจจุบันสามารถพัฒนาวงจร CMOS ซึ่งเป็นหัวใจของการผลิตชิพที่มีวงจรซับซ้อนให้กินกำลังงานไฟฟ้าต่ำมาก และใช้กับความถี่สูงย่านไมโครเวฟได้ เมื่อเป็นเช่นนี้ระบบไร้สายจึงตอบสนองความต้องการในเรื่องของความยืดหยุ่นในการใช้งาน สภาพปัจจุบันผู้ใช้งานมีเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาที่เรียกว่า โน้ตบุคกันเป็นส่วนใหญ่ โน้ตบุคมีขนาดเล็กลงจนสามารถนำติดต่อไปใช้ที่ต่าง ๆ ได้สะดวก การนำโน้ตบุคต่อกับสายแลนจึงไม่สะดวก อีกทั้งสภาพการทำงานเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ทำให้ผู้ใช้ไม่ถูกยึดติดอยู่กับที่ เช่น การนำโน้ตบุคเข้าห้องประชุม การปรึกษาหารือระหว่างกลุ่มย่อย เครือข่ายท้องถิ่นที่ใช้ถ้าเป็นระบบสายจะยุ่งยากในการปรับเปลี่ยน แต่สำหรับระบบไร้สายจะประกอบด้วย การ์ดไคลแอนต์ ซึ่งเป็นแผนวงจรขนาดเล็กแบบ PCMCIA ที่ต่อเข้ากับโน้ตบุคเท่านั้น และส่วนที่เป็นแอกเซสพอยต์ ซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อที่นำไปวางไว้ที่ใดก็ได้ หรือจะติดยึดกับฝาผนังฝ้าเพดานหรือจะเคลื่อนย้ายไปที่ใดก็ได้ โดยด้านหนึ่งรับสัญญาณวิทยุอีกด้านหนึ่งเป็นสายต่อเชื่อมเข้าสู่ระบบเครือข่าย การติดตั้งระบบไร้สายจึงทำได้ง่ายกว่ามาก ดังแสดงการเชื่อมต่อในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ระบบไร้สายที่เชื่อมต่อเข้าสู่เครือข่าย

2.3.1 ประโยชน์ของระบบไร้สาย

ในปัจจุบันได้มีการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์แบบไร้สายมากขึ้นเพราะได้เห็นว่าประโยชน์ของการเชื่อมต่อแบบแบบไร้สายดังจะกล่าวต่อไปนี้

• ความยืดหยุ่น (Flexibility) จึงหมายถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการติดตั้งทำได้ง่าย โดยเฉพาะการดำเนินงานเพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้

• การนำติดตัว (Mobility) การเคลื่อนย้ายของผู้ใช้อาจไม่เฉพาะเจาะจงอยู่ในที่ทำงานอย่างเดียว อาจครอบคลุมเลยไปยังที่ต่าง ๆ เช่น การจัดประชุมสัมมนา การเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ โดยผู้ใช้ติดตั้งไปเฉพาะโน้ตบุคก็สามารถเข้าถึงเครือข่ายได้

• การขยายเครือข่ายได้ง่าย (Scalability) เครือข่ายแบบไร้สาย ทำให้เครือข่ายองค์กรปรับขนาดและความเหมาะสมได้ง่าย ไม่ยุ่งยากในเรื่องการเดินสายสื่อสาร ซึ่งมีปัญหาในเรื่องสถานที่การปรับปรุงสถานที่เพื่อเดินสายสัญญาณเป็นเรื่องไม่พึงปรารถนา เครือข่ายไร้สายสามารถครอบคลุมพื้นที่เป็นเซลเล็ก ๆ โดยมีการเชื่อมโยงระหว่างอาคารได้ด้วยระบบแบบจุดต่อจุด ทำให้ดำเนินการได้เร็วและสะดวกต่อการติดตั้ง

• ให้ผลคุ้มค่า การออกแบบสร้างเครือข่ายเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย เริ่มให้ผลตอบแทนต้องการลงทุนที่คุ้มค่ามากขึ้น ทั้งนี้เพราะอุปกรณ์เชื่อมโยงระบบไร้สายมีแนวโน้มที่ถูกลง จึงสามารถชดเชยกับการลงทุนการเดินสายสัญญาณและการออกแบบ ระบบไร้สายแบบจุดต่อจุดสามารถเชื่อมต่อได้ด้วยระยะทางไกลถึง 25 ไมล์ ซึ่งทำให้ประหยัดในเรื่องค่าใช้จ่ายด้านต่าง ๆ ลงไปได้มาก

นอกจากนี้ จุดเด่นของระบบไร้สายยังอยู่ที่การมีมาตรฐานที่ยอมรับกันทั่ว หมายถึงสามารถใช้งานร่วมกันได้ และเป็นมาตรฐานกลางที่กำหนดโดย IEEE มีการวางรูปแบบให้รับส่งกันได้อย่างดี โดยเฉพาะเรื่องการรักษาความปลอดภัยของคลื่นสัญญาณที่อาจถูกดักฟังได้ กรณีนี้ก็มีวิธีการเข้ารหัส การให้บริการการใช้งาน และการดูแลรักษาเครือข่ายทำได้ง่ายกว่าแบบใช้สายมาก ทั้งนี้

เพราะระบบได้รับการออกแบบมาให้เป็นแบบอัตโนมัติ และตรวจสอบกันเอง ระบบไร้สายจึงมีจุดเด่นที่ชัดเจน และจะมีบทบาทที่สำคัญของเครือข่ายในอนาคตอันใกล้นี้

2.3.2 มาตรฐาน IEEE 802.11 ระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

ปัจจุบันเทคโนโลยีเครือข่าย LAN แบบไร้สาย หรือ WLAN (Wireless LAN) กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากประโยชน์ของ WLAN มีอยู่มากมายโดยเฉพาะอย่างยิ่ง WLAN สร้างความสะดวกและอิสระในการใช้งานและติดตั้งเครือข่าย เทคโนโลยี WLAN ทำให้การเชื่อมต่ออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในบ้านหรือสำนักงานเข้าด้วยกันหรือต่อเข้ากับเครือข่ายไม่จำเป็นจะต้องใช้สายนำสัญญาณให้ยุ่งยากและดูเกะกะอีกต่อไป อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทั้งแบบตั้งโต๊ะและพกพาสามารถเชื่อมต่อถึงกันหรือเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายจากตำแหน่งต่าง ๆ ที่อยู่ในรัศมีของสัญญาณได้อย่างอิสระ

เทคโนโลยีสำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านสื่อไร้สายที่รู้จักกันมีอยู่หลายเทคโนโลยี เช่น Bluetooth, IEEE 802.11, IrDA, HyperLAN, HomeRF, และ GPRS เป็นต้น แต่เทคโนโลยีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดสำหรับ WLAN คือเทคโนโลยีตามมาตรฐาน IEEE 802.11 [22] เนื่องจากอุปกรณ์ IEEE 802.11 WLAN มีราคาไม่แพงนักและถูกลงเรื่อย ๆ อีกทั้งมีสมรรถนะในการรับส่งข้อมูลค่อนข้างสูง ง่ายต่อการติดตั้งและใช้งาน IEEE 802.11 WLAN ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายมากขึ้นเรื่อย ๆ และมีแนวโน้มว่าในอนาคตอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่าง ๆ จะมีอุปกรณ์ IEEE 802.11 WLAN ติดตั้งจากโรงงานหรือ Built-in มาด้วย

การพัฒนาเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย มิได้หยุดอยู่เพียงแค่การทำให้เชื่อมต่อถึงกันได้เท่านั้น ระบบการดูแลรักษาความปลอดภัยของสัญญาณข้อมูลที่แพร่กระจายในอากาศ มีการวางมาตรฐานทางด้านการเข้ารหัส และการสร้างระบบดูแลรักษาความปลอดภัยการเข้าถึง มีการพัฒนาระบบการเคลื่อนย้ายเข้าสู่เครือข่ายหนึ่งไปอีกเครือข่ายหนึ่ง หรือที่เรียกว่า โรมมิ่ง (Roaming) มีการแบ่งโหลดระหว่างเซล โดยการตรวจสอบความแรงของสัญญาณเพื่อให้ขนาดของพื้นที่ทับซ้อนกันได้ และยังได้วิจัยการทำให้ประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้นด้วยดังในงานที่ได้กำลังวิจัย

2.3.3 วิวัฒนาการของมาตรฐาน IEEE 802.11

มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้รับการตีพิมพ์ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2540 ซึ่งอุปกรณ์ตามมาตรฐานดังกล่าวจะมีความสามารถในการรับส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 1 และ 2 Mbps ด้วยสื่อ อินฟราเรด (Infrared) หรือคลื่นวิทยุที่ความถี่ 2.4 GHz และมีกลไก WEP ซึ่งเป็นทางเลือกสำหรับสร้างความปลอดภัยให้กับเครือข่าย WLAN ได้ในระดับหนึ่ง เนื่องจากมาตรฐาน IEEE 802.11 เวอร์ชันแรกเริ่มมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำและไม่มีการรองรับหลักการ Quality of Service (QoS) ซึ่งเป็นที่

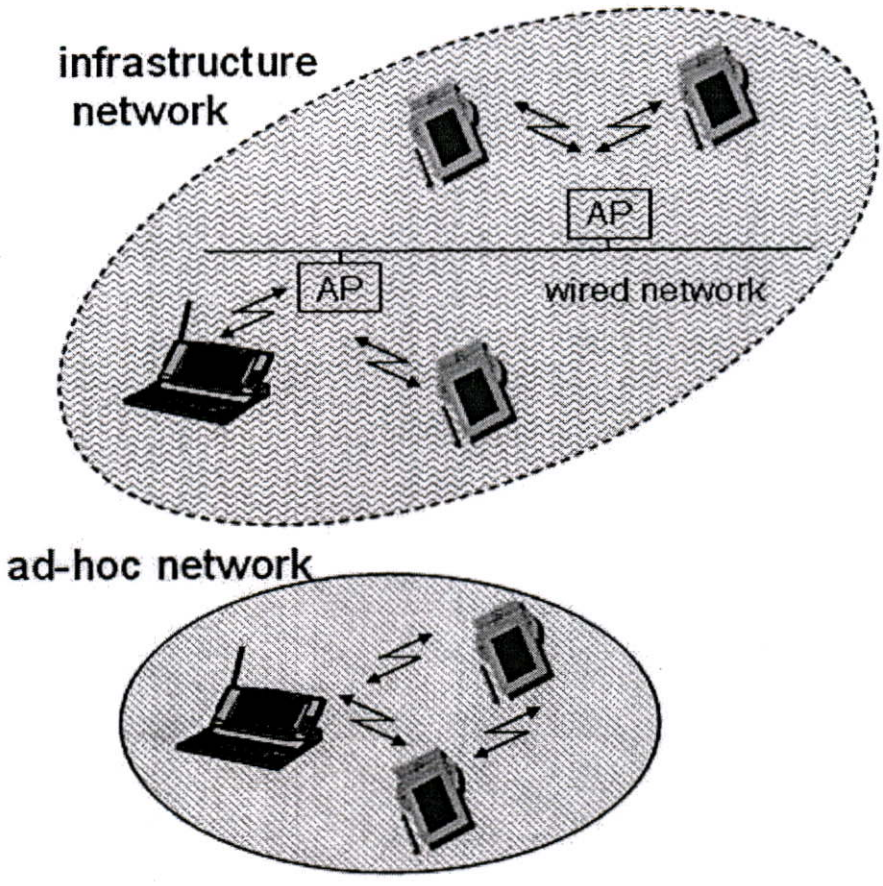
ต้องการของตลาด อีกทั้งกลไกรักษาความปลอดภัยที่ใช้ยังมีช่องโหว่อยู่มาก IEEE จึงได้จัดตั้งคณะทำงาน (Task Group) ขึ้นมาหลายชุดด้วยกันเพื่อทำการปรับปรุงเพิ่มเติมมาตรฐานให้มีศักยภาพสูงขึ้น โดยคณะทำงานกลุ่มที่มีผลงานที่น่าสนใจและเป็นที่รู้จักกันดีได้แก่ IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11e, IEEE 802.11g, และ IEEE 802.11i

IEEE 802.11b คณะทำงานชุด IEEE 802.11b ได้ตีพิมพ์มาตรฐานเพิ่มเติมนี้เมื่อปี พ.ศ. 2542 ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีและใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด มาตรฐาน IEEE 802.11b ใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า CCK (Complimentary Code Keying) ผนวกกับ DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) เพื่อปรับปรุงความสามารถของอุปกรณ์ให้รับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงสุดที่ 11 Mbps ผ่านคลื่นวิทยุความถี่ 2.4 GHz (เป็นย่านความถี่ที่เรียกว่า ISM (Industrial Scientific and Medical) ซึ่งถูกจัดสรรไว้อย่างสากลสำหรับการใช้งานอย่างสาธารณะด้านวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม และการแพทย์ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ความถี่ย่านนี้ก็เช่น IEEE 802.11, Bluetooth, โทรศัพท์ไร้สาย, และเตาไมโครเวฟ) ส่วนใหญ่แล้วอุปกรณ์ IEEE 802.11WLAN ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะเป็นอุปกรณ์ตามมาตรฐาน IEEE 802.11b นี้และใช้เครื่องหมายการค้าที่รู้จักกันดีในนาม Wi-Fi ซึ่งเครื่องหมายการค้าดังกล่าวถูกกำหนดขึ้นโดยสมาคม WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) โดยอุปกรณ์ที่ได้รับเครื่องหมายการค้าดังกล่าวได้ผ่านการตรวจสอบแล้วว่าเป็นไปตามมาตรฐาน IEEE 802.11b และสามารถนำไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ยี่ห้ออื่น ๆ ที่ได้รับเครื่องหมาย Wi-Fi ได้ IEEE 802.11a คณะทำงานชุด IEEE 802.11a ได้ตีพิมพ์มาตรฐานเพิ่มเติมนี้เมื่อปี พ.ศ. 2542 มาตรฐาน IEEE 802.11a ใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) เพื่อปรับปรุงความสามารถของอุปกรณ์ให้รับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงสุดที่ 54 Mbps แต่จะใช้คลื่นวิทยุที่ความถี่ 5 GHz ซึ่งเป็นย่านความถี่สาธารณะสำหรับใช้งานในประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีสัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์อื่นน้อยกว่าในย่านความถี่ 2.4 GHz อย่างไรก็ตามข้อเสียหนึ่งของมาตรฐาน IEEE 802.11a ที่ใช้คลื่นวิทยุที่ความถี่ 5 GHz ก็คือในบางประเทศย่านความถี่ดังกล่าวไม่สามารถนำมาใช้งานได้อย่างสาธารณะ ตัวอย่างเช่น ประเทศไทยไม่อนุญาตให้มีการใช้งานอุปกรณ์ IEEE 802.11a เนื่องจากความถี่ย่าน 5 GHz ได้ถูกจัดสรรสำหรับกิจการอื่นอยู่ก่อนแล้ว นอกจากนี้ข้อเสียอีกอย่างหนึ่งของอุปกรณ์ IEEE 802.11a WLAN ก็คือรัศมีของสัญญาณมีขนาดค่อนข้างสั้น (ประมาณ 30 เมตร ซึ่งสั้นกว่ารัศมีสัญญาณของอุปกรณ์ IEEE 802.11b WLAN ที่มีขนาดประมาณ 100 เมตร สำหรับการใช้งานภายในอาคาร) อีกทั้งอุปกรณ์ IEEE802.11a WLAN ยังมีราคาสูงกว่า IEEE 802.11b WLAN ด้วย ดังนั้นอุปกรณ์ IEEE 802.11a WLAN จึงได้รับความนิยมน้อยกว่า IEEE 802.11b WLAN มาก IEEE 802.11g คณะทำงานชุด IEEE 802.11g ได้ใช้นำเทคโนโลยี OFDM มาประยุกต์ใช้ในช่องสัญญาณวิทยุความถี่ 2.4 GHz ซึ่งอุปกรณ์ IEEE 802.11g WLAN มีความสามารถในการรับส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงสุดที่ 54 Mbps ส่วนรัศมีสัญญาณของอุปกรณ์ IEEE 802.11g

WLAN จะอยู่ระหว่างรัศมีสัญญาณของอุปกรณ์ IEEE 802.11a และ IEEE 802.11b เนื่องจากความถี่ 2.4 GHz เป็นย่านความถี่สาธารณะสากล อีกทั้งอุปกรณ์ IEEE 802.11g WLAN สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ IEEE 802.11b WLAN ได้ (backward- compatible) ดังนั้นจึงมีแนวโน้มสูงว่าอุปกรณ์ IEEE 802.11g WLAN จะได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายหากมีราคาไม่แพงจนเกินไปและน่าจะมาแทนที่ IEEE 802.11b ในที่สุด ตามแผนการแล้วมาตรฐาน IEEE 802.11g จะได้รับการตีพิมพ์ประมาณช่วงกลางปี พ.ศ. 2546 IEEE 802.11e คณะทำงานชุดนี้ได้รับมอบหมายให้ปรับปรุง MAC Layer ของ IEEE 802.11 เพื่อให้สามารถรองรับการใช้งานหลักการรับประกันคุณภาพสำหรับโปรแกรมประยุคก์ เกี่ยวกับมัลติมีเดีย (Multimedia) เนื่องจาก IEEE 802.11e เป็นผลมาจากการปรับปรุง MAC Layer ดังนั้นมาตรฐานเพิ่มเติมนี้จึงสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ IEEE 802.11 WLAN ทุกเวอร์ชันได้ คณะทำงานชุด IEEE 802.11i ได้รับมอบหมายให้ปรับปรุง MAC Layer ของ IEEE 802.11 ในด้านความปลอดภัย เนื่องจากเครือข่าย IEEE 802.11 WLAN มีช่องโหว่อยู่มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเข้ารหัสข้อมูล (Encryption) ด้วยคีย์ ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง คณะทำงานชุด IEEE 802.11i จะนำเอาเทคนิคขั้นสูงมาใช้ในการเข้ารหัสข้อมูลด้วยคีย์ ที่มีการเปลี่ยนค่าอยู่เสมอ และการตรวจสอบผู้ใช้ที่มีความปลอดภัยสูง มาตรฐานเพิ่มเติมนี้จึงสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ IEEE 802.11 WLAN ทุกเวอร์ชันได้

2.3.4 ลักษณะการเชื่อมต่อของระบบเครือข่ายแบบไร้สาย

โดยปกติเครือข่ายไร้สายจะมีลักษณะโทโปโลยี หรือลักษณะการเชื่อมต่อเพื่อรับ-ส่งสัญญาณ 2 รูปแบบด้วยกันดังได้แสดงในรูปที่ 2.6 นั่นคือแบบมีโครงสร้างพื้นฐาน และแบบไม่มีโครงสร้างพื้นฐานการเชื่อมต่อแบบมีโครงสร้างพื้นฐานเป็นลักษณะของการใช้ AP (Access Point) เป็นตัวกระจายสัญญาณเพื่อ รับ -ส่ง ข้อมูลเป็นรัศมีสัญญาณโดยรอบ เครื่องลูกข่ายที่อยู่ในรัศมีของ AP จะกลายเป็นเครือข่ายที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันทันทีโดยที่ AP เชื่อมต่ออยู่กับเครือข่ายท้องถิ่นอีกทีหนึ่ง การเชื่อมต่อแบบ Adhoc เป็นลักษณะการเชื่อมต่อแบบเครือข่าย โดยไม่ต้องอาศัย AP แต่ใช้การเชื่อมต่อโดยตรงระหว่างเครื่องลูกในแต่ละโหนดและจะมีระยะการส่งข้อมูลซึ่งถ้าโหนดแต่ละโหนดอยู่ในระยะการรับ-ส่งสัญญาณก็จะสามารถเชื่อมต่อกันได้ทันที วิธีการเช่นนี้ก็เหมือนกับการเชื่อมต่อแบบบลูทูธ (Blue Tooth) นั่นเอง



รูปที่ 2.6 ลักษณะการเชื่อมต่อของระบบเครือข่ายแบบ

จาก 2 วิธีข้างต้น ก็ยังสามารถประยุกต์การเชื่อมต่อได้อีกหลายแบบ เช่น Roaming คือการเชื่อมต่อในลักษณะการใช้งาน AP มากกว่า 1 เครื่อง ซึ่งถ้าทำให้ระยะเหลื่อมซ้อนกัน ดังนั้นไม่ว่าจะย้ายเครื่องลูกข่ายไปวงใดก็ทำงานได้ตามปกติเสมือนเป็นเครือข่ายเดียวกัน

และในกรณีที่ต้องการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายเข้ากับเครือข่ายอีเทอร์เน็ตปกตินอกจากจะสามารถเชื่อมต่อผ่าน AP ผ่านช่องอีเทอร์เน็ตที่มีให้แล้วยังสามารถประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์บริดจ์ติดตั้งเข้ากับเครื่องพีซีตัวใดตัวหนึ่งในเครือข่ายให้ทำหน้าที่เป็นสะพานส่งข้อมูลข้ามไปมาระหว่างเครือข่ายไร้สายและอีเทอร์เน็ตได้อีกด้วย

2.3.5 เทคนิคที่ใช้ในการส่งข้อมูลในเครือข่ายไร้สาย

เทคนิคที่ใช้ในการส่งข้อมูลในเครือข่ายไร้สายนั้น มีด้วยกัน 5 วิธีดังนี้คือ เทคนิคแบบ Narrowband Technology เป็นลักษณะการ รับ-ส่ง สัญญาณคลื่นวิทยุโดยระบุคลื่นความถี่ที่ใช้ คลื่นความถี่ดังกล่าวจะใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างต้นทางกับปลายทางเพียง 1 คู่ การรับ-ส่งข้อมูลแบบนี้ จะใช้แถบความถี่แคบ ๆ สำหรับรับ-ส่งข้อมูลและจะไม่สามารถส่งสัญญาณข้ามโหนดไป

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

มาได้ การส่งสัญญาณแบบนี้เปรียบได้กับคู่สายโทรศัพท์ที่สามารถคุยได้เฉพาะต้นทางกับปลายทางเท่านั้น ไม่สามารถคุยพร้อมกันหลายคนได้ เทคนิคแบบ Spread Spectrum Technology ต่างจากการส่งสัญญาณแบบ Narrowband ตรงที่จะใช้แถบความถี่กว้างกว่าทำให้ส่งข้อมูลได้มากกว่าแต่ก็เปลืองแบนด์วิดธ์มากกว่าเช่นกัน การส่งสัญญาณด้วยวิธีการนี้เริ่มจากทางด้านการทหารก่อน เนื่องจากต้องการส่งปริมาณข้อมูลที่มากกว่าและต้องการความน่าเชื่อถือมากกว่า เนื่องจากแถบความถี่ที่กว้างกว่า ทำให้สามารถแทรกการเข้ารหัสได้หลากหลายกว่าถ้าทางด้านผู้รับไม่ทราบรหัสดีโค้ด ก็จะรับได้เพียงสัญญาณรบกวนเท่านั้น ปัจจุบันวิธีการส่งสัญญาณแบบนี้เป็นที่นิยมใช้ในระบบเครือข่ายไร้สาย เทคนิคแบบ Frequency-Hopping Spread Spectrum Technology หรือตัวย่อว่า FHSS เป็นลักษณะการผสมผสานระหว่างการส่งสัญญาณแบบ Spread Spectrum และ Narrowband โดยในแถบความถี่ที่กว้างระดับ Spread Spectrum จะใช้คลื่นพาหะที่มีแถบคลื่นเพียงแค่ Narrowband เป็นตัวส่งข้อมูล และจะกระโดดข้ามแถบคลื่นไปมาภายในการส่งแต่ละครั้ง ดังนั้นจะมีแต่ผู้รับและผู้ส่งที่รู้กันเท่านั้นจึงจะรับข้อมูลได้ การส่งข้อมูลแบบนี้จำเป็นที่จะต้องมีการซิงโครไนซ์ หรือนับจังหวะให้พร้อมกันทั้งผู้ส่งและผู้รับเพื่อให้ข้อมูลตรงกัน เทคนิคแบบDirect-Sequence Spread Spectrum Technology หรือตัวย่อ DSSS เป็นการส่งสัญญาณที่เพิ่มเทคนิคทางด้านการกู้คืนข้อมูลเข้ามา กล่าวคือ ทุก ๆ การส่งข้อมูลจะมีบิตที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่เรียกว่า Chipping Code ควบคู่ไปด้วย ดังนั้นแม้ข้อมูลที่ส่งไปถึงผู้รับจะเสียหายก็สามารถกู้คืนกลับมาได้ โดยไม่จำเป็นต้องส่งมาใหม่ทั้งหมดและเนื่องจากต้องมีการใช้ Chipping Code คู่ไปกับข้อมูล ดังนั้นจึงต้องการแบนด์วิดธ์ที่มากกว่าเดิมในการส่งข้อมูลแต่ละครั้ง เทคนิคการสื่อสารด้วยคลื่นอินฟาเรดไม่ค่อยนิยมใช้กันมากนัก สำหรับการใช้คลื่นอินฟราเรดแทนคลื่นวิทยุสำหรับส่งข้อมูลเนื่องจากข้อจำกัดทางด้านระยะทางและแบนด์วิดธ์ต่ำจึงมักนิยมใช้เป็นฟังก์ชันเสริม มากกว่าจะเป็นฟังก์ชันหลัก อย่างเช่นในมือถือ หรือโน้ตบุ๊ก เป็นต้น

2.3.6 ลักษณะเฉพาะของระบบสื่อสารแบบไร้สาย

ระยะการส่งสัญญาณโดยทั่วไปอุปกรณ์ส่งสัญญาณเครือข่ายไร้สายมีระยะการส่งสัญญาณสูงสุดถึง 300 เมตรหรืออาจจะมากกว่าในที่โล่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ณ ที่นั้น อย่าลืมว่าสัญญาณ ซึ่งสามารถเกิดการรบกวนจากคลื่นสัญญาณ ซึ่งสามารถเกิดการรวบกวนคลื่นสัญญาณในแบบอื่น ๆ ที่มีอยู่มากมายในชั้นบรรยากาศ โดยทั่วไปแล้ว การใช้งานออฟฟิศที่มีสิ่งกีดขวางมากมาย ไม่ว่าจะเป็นผนัง ไม้ เหล็ก ซีเมนต์ หรือเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ เหล่านี้ มีผลต่อการส่งสัญญาณเครือข่ายทั้งสิ้น ระยะการส่งสัญญาณก็อาจจะสั้นลงได้ แต่โดยทั่วไปแล้ว ในระยะรัศมี 5 – 10 เมตร เครือข่ายไร้สายทั่วไปจะยังคงใช้งานอยู่ได้ปกติ ลักษณะเฉพาะของระบบสื่อสารแบบไร้สายนั้นจะมีลักษณะดังนี้

65452

• อัตราการส่งข้อมูล

โดยตามมาตรฐานแล้ว จะอยู่ที่ 11 mbps แต่ในทางปฏิบัตินั้น ความเร็วในการ รับ-ส่ง ข้อมูลจะอยู่ในระดับไหน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม การติดตั้ง จำนวนผู้ใช้ และปัจจัยอื่น ๆ รวมทั้งซอฟท์แวร์ที่ใช้ในเครือข่าย ล้วนมีผลต่ออัตราการส่งข้อมูลทั้งสิ้น ซึ่งในการใช้งานจริง ความเร็วในการ รับ-ส่ง ข้อมูลอาจจะลดต่ำลงเหลือเพียง 1 - 2 mbps เท่านั้น ก็เป็นได้

• เสถียรภาพของเครือข่าย

ถ้าเทียบกับการส่งข้อมูลแบบไร้สายแบบอื่น ๆ อย่างเช่นเซลโฟนแล้ว เครือข่ายไร้สายถือว่ามีความเสถียรภาพพอ ๆ กับเครือข่ายแบบใช้สายเคเบิลทั่ว ๆ ไป เลยทีเดียว เสถียรภาพในที่นี้คือ อัตราการผิดพลาดในการ รับ-ส่ง และความน่าเชื่อถือของข้อมูล เป็นต้น จึงเป็นเรื่องหนึ่งที่ผู้ใช้สามารถวางใจได้

• การใช้งานร่วมกับเครือข่ายแบบเดิม

เครือข่ายไร้สายที่ผลิตออกมาตามมาตรฐาน สามารถใช้ร่วมกับเครือข่ายเดิมได้ทันที ไม่ว่าจะเป็นเครือข่ายแบบอีเทอร์เน็ตหรือโทเค็นริงก็ตาม นอกจากนี้ระหว่างเครือข่ายไร้สายด้วยกันเอง ก็สามารถเชื่อมต่อสัญญาณเข้ากันได้ ถ้าอยู่ในมาตรฐานเดียวกัน

• ความเข้ากันได้ของอุปกรณ์ไร้สายยี่ห้อต่าง ๆ

อีกปัญหาหนึ่ง ที่ผู้ใช้อาจจะต้องพึงระวังนั่นก็คืออุปกรณ์ทางด้านเครือข่ายไร้สาย ไม่ว่าจะเป็นพีซีการ์ดหรือ AP อาจจะไม่สามารถทำงานร่วมกันได้ เหตุผลก็คือ

1. ลักษณะการส่งสัญญาณที่แตกต่างกันไม่สามารถสื่อสารกันได้ เช่น การส่งสัญญาณแบบ FHSS ไม่สามารถสื่อสารกับสัญญาณแบบ DSSS ได้

2. ย่านความถี่ที่ใช้แตกต่างกัน ก็ไม่สามารถสื่อสารกันได้ ถึงแม้จะใช้เทคโนโลยีเดียวกันก็ตาม

3. ระบบที่พัฒนาจากต่างบริษัท มักจะทำงานเข้ากันไม่ค่อยได้

ทางที่ดีที่สุด ก็คือ สมควรเลือกใช้อุปกรณ์เครือข่ายไร้สายจากผู้ผลิตเดียวกันทั้งหมดเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้

• ผลกระทบจากคลื่นรบกวน

ยังมีคลื่นวิทยุอีกหลายรูปแบบทั้งที่มาจากเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ และมาจากธรรมชาติ คลื่นรบกวนที่ส่งผลต่อเครือข่ายไร้สาย มักจะเป็นคลื่นความถี่สูง ๆ อย่าง ไมโครเวฟ โดยมาตรฐานแล้ว ผู้ผลิตอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายจะออกแบบให้ผลิตภัณฑ์ของตนป้องกันจากคลื่นไมโครเวฟอยู่แล้ว แต่ทั้งนี้ นอกจากต้องระวังเรื่องคลื่นรบกวนแล้ว ก็ยังต้องระวังสัญญาณจากเครือข่ายไร้สายไปรบกวนอุปกรณ์อื่น ๆ ในสำนักงานด้วย แต่อย่างไรก็ตาม

มาตรฐาน 802.11b นั้นได้รับการรับรองแล้วว่าสัญญาณจากเครือข่ายไร้สายจะไม่มีผลกระทบใด ๆ กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ

• ใบอนุญาต

ในบ้านเราผู้ออกใบอนุญาตในการใช้งานสัญญาณวิทยุก็คือ กรมไปรษณีย์โทรเลข โดยปกติแล้ว ผู้จัดจำหน่ายเมื่อนำเข้าอุปกรณ์ทางด้านเครือข่ายไร้สายแล้ว จะต้องนำไปจดทะเบียนเพื่อขอใบอนุญาตในการจัดจำหน่ายคลื่นความถี่ อุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องมีหมายเลขทะเบียนที่ถูกต้องจากกรมไปรษณีย์โทรเลข เพื่อความถูกต้อง แต่ทั้งนี้ ในบ้านเรายังไม่มีกฎหมายที่แน่นอนออกมารองรับ เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ประกอบการและผู้ใช้งาน

• การติดตั้งและใช้งาน

เครือข่ายไร้สายได้เปรียบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตอย่างเห็นได้ชัดในเรื่องของการติดตั้ง และใช้งาน เนื่องจากไม่จำเป็นต้องเดินสายเคเบิลให้ยุ่งยากแต่อย่างใด ภายในรัศมีของตัว AP ที่ครอบคลุมทั้งหมด จะมีการเดินสายเคเบิลก็เพียงแค่จากสวิตซ์หรือเราเตอร์ไปยังตัว AP เท่านั้น ผู้ใช้เครื่องโน้ตบุ๊ก หรือพีซีที่เป็นลูกข่ายจะได้รับความสะดวกสบายจากเครือข่ายไร้สาย ในเรื่องของการเคลื่อนย้าย การทำงาน โดยที่ไม่ต้องกังวลว่าจะมีสายเคเบิล หรือพอร์ตเชื่อมต่อเครือข่ายท้องถิ่น หรือไม่ตราบใดที่ยังอยู่ในรัศมีของ AP ก็ยังสามารถใช้งานได้ตามปกติ

• ความปลอดภัย

เนื่องจากเครือข่ายไร้สายเริ่มต้นใช้งานทางด้านการทหารมาก่อน ดังนั้น เรื่องของความปลอดภัยของข้อมูล จึงถูกพัฒนาให้อยู่ในระดับที่น่าเชื่อถือได้ การป้องกันการโจรกรรมข้อมูลที่ดีที่สุด ก็คือ การเข้ารหัสข้อมูลในขณะ รับ-ส่ง ซึ่งเครือข่ายไร้สายตามมาตรฐานสามารถเข้ารหัสข้อมูลได้มากถึง 128 บิต อยู่แล้ว นอกจากนี้ ใน AP บางรุ่น ยังสามารถกำหนดให้ใช้สิทธิจากระบบวินโดวส์ก่อนที่จะผ่านเข้ามาที่ AP ได้อีกด้วย

• ต้นทุนค่าใช้จ่าย

ในปัจจุบัน อุปกรณ์ทางด้านเครือข่ายไร้สาย ไม่ว่าจะเป็น AP หรือ Wireless PC Card นั้นราคายังคงสูงอยู่พอสมควร เมื่อเทียบกับอุปกรณ์ทางด้านเครือข่ายอื่น ๆ นอกจากนี้ ถ้าระยะในการใช้งานเครือข่ายกว้างขึ้นก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายสำหรับซื้อ AP เพื่อเพิ่มระยะของเครือข่าย ทำให้การลงทุนในระยะแรกจะสูงอยู่พอสมควร เนื่องจากอุปกรณ์ แต่ทั้งนี้ก็ชดเชยไปกับการลดต้นทุนทางด้านการติดตั้ง ทั้งเรื่องของค่าใช้จ่ายสำหรับสายเคเบิล และกำลังคนในการติดตั้ง อีกทั้งยังเป็นการลดต้นทุนระยะยาว กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลง หรือ

ย้ายที่โหนดต่าง ๆ อีกด้วย เมื่อเทียบกันแล้ว การลงทุนกับเครือข่ายไร้สายจึงไม่มาก ไม่น้อยไปกว่าเครือข่ายธรรมดาเท่าใดนัก

- **การขยายเครือข่าย**

  เครือข่ายไร้สาย ถูกออกแบบมาให้สามารถขยายเครือข่าย และจำนวนโหนดได้อย่างง่ายดาย เพียงแค่เพิ่ม AP และ PC Card เท่านั้น

- **การประหยัดพลังงาน**

  ไม่อาจปฏิเสธได้ว่า เครือข่ายไร้สายพัฒนาขึ้นเพื่อผู้ใช้งานโน้ตบุ๊กเป็นหลัก ดูได้จากอุปกรณ์ลูกข่ายที่ออกแบบมาในลักษณะของ PCMCIA Card ดังนั้นคุณสมบัติการประหยัดพลังงานของอุปกรณ์ดังกล่าว จึงเป็นส่วนสำคัญในการใช้งานของผู้ใช้เครื่องโน้ตบุ๊กเป็นหลัก ที่ต้องคำนึงถึงระยะเวลาการใช้งานให้นานที่สุด โดยมาตรฐานแล้ว อุปกรณ์ไร้สายที่ดีควรจะมีคุณสมบัติทางด้านการประหยัดพลังงานด้วย

2.4 การเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีบนเครือข่ายไร้สาย

โพรโตคอลทีซีพี [1, 2, 7, 8, 9, 10] เป็นโพรโตคอลที่เชื่อถือที่ได้ออกแบบเพื่อทำงานในสภาวะเครือข่ายที่มีอัตราการผิดพลาดบิตต่ำเช่นในเครือข่ายสื่อสารกันแบบใช้สาย โพรโตคอลทีซีพีจะสมมุติว่าในการเกิดผิดพลาดทั้งหมดนั้นเกิดจากความคับคั่งของเครือข่ายมากกว่าที่จะเป็นการเกิดผิดพลาดที่เกิดจาการสูญหายของข้อมูล เมื่อเกิดคับคั่งขึ้นโพรโตคอลทีซีพีก็จะทำการลดขนาดของหน้าต่างควบคุมความคับคั่งของทีซีพีลงและทำการส่งข้อมูลไปอีกครั้ง อย่างไรก็ตามในระบบเครือข่ายแบบไร้สายนั้นการสูญหายของข้อมูลนั้นเกิดขึ้นมากและเหตุที่ว่าโพรโตคอลทีซีพีดั้งเดิมนั้นไม่ได้ออกแบบมาให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมกับระบบเครือข่ายแบบไร้สาย ดังนั้นถ้ามีการสูญหายของข้อมูลในระหว่างที่รับส่ง ผู้ส่งจะทำการส่งข้อมูลซ้ำไปยังตัวรับอีกจึงทำให้เกิดให้เกิดการคับคั่งของข้อมูลในระบบเครือข่าย ถ้านำไปใช้กับเครือข่ายแบบไร้สายจะเกิดปัญหาขึ้นมากจากระบบไร้สายจะมีอัตราการผิดพลาดสูงกว่า และเนื่องมาจากสัญญาณที่ส่งไปในอากาศนั้นมีวัตถุมาบังหรือระยะทางห่างกันทำให้สัญญาณระหว่างตัวรับส่งมีคุณภาพของสัญญาณลดลงดั้งนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นคือประสิทธิภาพของการรับส่งข้อมูลจึงลดลงทำให้เวลาในการตอบสนองต่อผู้ส่งนั้นช้า

ได้มีบทความที่เสนอออกมามากมายในการวิจัยที่จะแก้ไขปัญหาการรับส่งกันผ่านเครือข่ายไร้สายให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ตัวอย่างการวิจัยหลัก ๆ ที่ได้วิจัยไปแล้วดังนี้ Berkeley's SNOOP, M-TCP, I-TCP and WTCP

โพรโตคอลสนูฟ [4, 5, 11, 12, 13] มีความสามารถหลักของมันคือเก็บแพ็กเก็ตไว้ที่สถานีฐาน (Base station) และทำการส่งต่อออกไปอีกครั้ง (local retransmission) ไปยังเครือข่ายไร้สายทำให้โพรโตคอลสนูฟสามารถปรับปรุงการทำงานแบบต้นทางกับปลายทาง (end-to-end) ได้ดียิ่งขึ้นด้วย

การใช้การปรับปรุงทำงานของเครือข่ายแบบโพรโตคอลสนูฟนี้ยังช่วยให้ไม่ต้องยุ่งยากกับการเปลี่ยนแปลงโพรโตคอลทีซีพีที่มีอยู่เดิมและมีความซับซ้อนมากอยู่แล้ว เพราะถ้ามีการแก้ไขโพรโตคอลทีซีพีและจะทำให้เกิดความยุ่งยากในการนำไปใช้งานยังทุกๆเครื่องที่อยู่ในระบบเครือข่ายไร้สาย เช่น สถานีรับส่งและสถานีฐาน

I-TCP (Indirect TCP) [17] เป็นวิธีที่แบ่งการเชื่อมต่อ (split connection) ออกเป็นสองการเชื่อมต่อเป็นด้านไร้สายกับด้านใช้สายจากสถานีฐาน โดยการสูญหายที่เกิดขึ้นในระบบเครือข่ายไร้สายนั้นจะแก้ไขภายในระบบเครือข่ายไร้สายโดยไม่ต้องเกิดการส่งข้อมูลใหม่ระหว่างเครื่องต้นทางในระบบเครือข่ายมีสายแต่อย่างใด ข้อดีคือไม่ต้องปรับเปลี่ยนโพรโตคอลที่เครื่องที่ใช้สาย และการเกิดการสูญหายจากเครือข่ายไร้สายนั้นจะไม่เกี่ยวข้องกันกับเครือข่ายใช้สาย ข้อเสียคือการรับแพ็กเก็ตตอบรับ (Ack) จากผู้รับมาถึงผู้ส่งนั้นไม่ได้รับประกันว่าผู้รับจะได้รับแพ็กเก็ตแล้วจริง ๆ ทำให้เกิดการสูญหายแบบ end-to-end

M-TCP (Mobile-TCP) [16] ใช้หลักการของการเชื่อมต่อแบบแบ่งแต่ช่วยในเรื่องของ end-to-end แต่ในการแบ่งจะแยกเป็นระดับโดยให้ระดับเป็นซุปเปอร์โฮสที่มีระดับที่ความสำคัญสูงกว่าสถานีฐาน โดยM-TCPนี้จะใช้ติดต่อกันระหว่างซุปเปอร์โฮสต์กับโฮสต์เคลื่อนที่ แพ็กเก็ตจะไม่ถูกตอบกลับถ้าแพ็กเก็ตยังไม่ไปถึงปลายทาง ที่ซุปเปอร์โฮสต์จะเก็บสัญญาณ Ack ที่ได้รับมาครั้งสุดท้ายไว้จากโฮสต์เคลื่อนที่โดยจะไม่ส่งต่อไปยังให้กับผู้ส่ง การเก็บสัญญาณ Ack ไว้นี้ก็เพื่อในกรณีเมื่อโฮสต์เคลื่อนที่ย้ายและเกิดการขาดการเชื่อมต่อในขั้นตอนการเปลี่ยนสถานีฐาน (handover) จากนั้นซุปเปอร์โฮสต์ถึงจะส่งสัญญาณ Ack ไปให้ยังผู้ส่ง สัญญาณ Ack ก็จะบอกกับผู้ส่งว่าต้องการให้ผู้ส่งสลับการทำงานไปเป็นโหมดถาวร (persist) แสดงให้ผู้ส่งรู้ว่าโฮสต์เคลื่อนที่ยังคงอยู่ดังนั้นผู้ส่งก็จะไม่ทำกระบวนการลดความคับคั่งของทีซีพี โฮสต์เคลื่อนที่ก็จะทำได้เชื่อมต่อกับระบบอีกครั้งและส่งสัญญาณ ACK ของแพ็คเก็ตอื่น ๆ ต่อไป และทำการส่งข้อมูลกันตามปกติอีกครั้ง

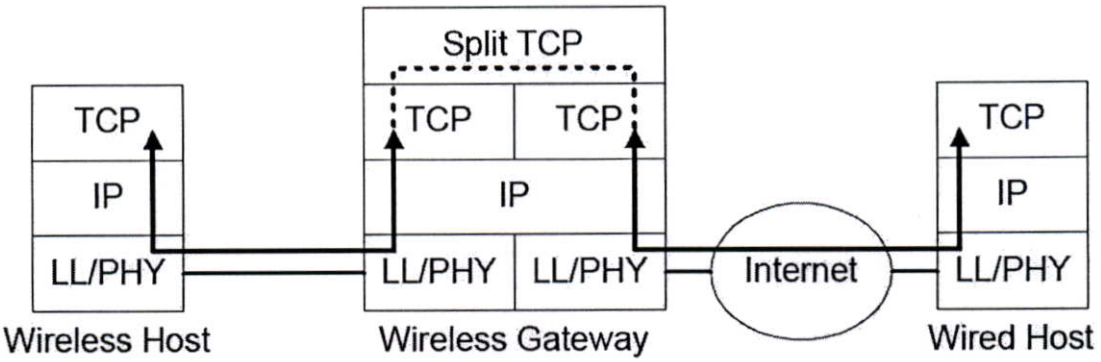
WTCP (Wireless Transmission Control Protocol) [20] เป็นวิธีการแบบรับประกันต้นทางถึงปลายทาง (end-to-end) โดยใช้ inter-packet เพื่อควบคุมอัตราการรับส่งที่ตัวผู้รับขึ้นอยู่กับความคับคั่งที่ตรวจสอบได้ โดยจะทำการสำรองไว้ อุปสรรคที่ใหญ่ที่สุดซึ่งหลีกเลี่ยงไม่ได้ของ WTCP ก็คือจะต้องมีการปรับเปลี่ยนทั้งด้านไร้สายและด้านใช้สาย แม้ว่าฝ่ายรับมีการคาดการณ์การรับส่งของแพ็กเก็ต แต่รูปแบบการส่งข้อมูลของแบบใช้สายไม่เหมือนกันกับแบบไร้สาย ซึ่งก็ยังเป็นวิธีแบ่งการเชื่อมต่อที่สถานีฐาน อย่างไรก็ตามมันจะตอบกลับไปยังผู้ส่งก็ต่อเมื่อหลังจากที่ได้รับการตอบกลับมาจากโฮสต์เคลื่อนที่แล้ว WTCP จะทำการปรับเปลี่ยนค่าเวลา timestamp ของแพ็กเก็จเพื่อยืดเวลาออกไปอีกของสถานีฐาน

2.5 การแบ่งกลุ่มวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีบนเครือข่ายไร้สาย

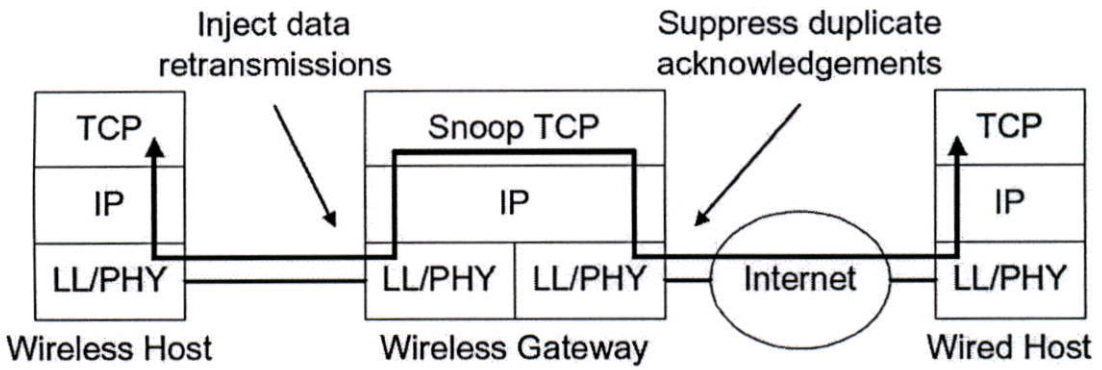
จากปัญหาที่เกิดจากการใช้งานโพรโตคอลทีซีพีบนเครือข่ายไร้สายซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของโพรโตคอลทีซีพีลดลง ดังนั้นได้มีการศึกษาค้นคว้าและวิจัยหาวิธีการที่จะช่วยให้โพรโตคอลทีซีพีนั้นทำงานได้ดีขึ้น จึงได้มีการเสนอแนวคิดต่าง ๆ และได้จำแนกวิธีการในการเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีบนเครือข่ายไร้สายออกเป็นกลุ่มได้ 4 วิธีดังนี้

2.5.1 แบบแบ่งการเชื่อมต่อทีซีพี (Splitting TCP Connections)

เนื่องจากการส่งซ้ำจากต้นทางไปยังปลายทางนั้นจะล่าช้าเมื่อมีเส้นทางการรับส่งที่ไกลกัน การเชื่อมต่อของโพรโตคอลทีซีพีนั้นสามารถแบ่งการเชื่อมต่อจากสถานีฐาน โดยแบ่งระหว่างส่วนที่ใช้สายกับส่วนที่ไม่ใช้สายออกจากกัน ดังได้แสดงในรูปที่ 2.7 โดยวิธีการนี้เมื่อเกิดมีการสูญหายของแพ็กเก็ตในเครือข่ายไร้สายมันจะทำการส่งซ้ำบนเส้นทางของเครือข่ายไร้สายเท่านั้น ตัวอย่างที่เป็นการใช้วิธีแบ่งการเชื่อมต่อนี้คือ I-TCP ข้อเสียของ วิธีการนี้คือทำให้เสียความสัมพันธ์การเชื่อมต่อของต้นทางปลายทาง (end-to-end) โดยเหตุที่การตอบกลับจากสถานีฐานจะไปถึงผู้ส่งก่อนที่แพ็กเก็ตข้อมูลจะไปถึงปลายทางของมันคือถ้าสถานีฐานมีปัญหาหลังจากที่สัญญาณการตอบกลับนั้นกลับไปถึงผู้ส่งก่อนที่แพ็กเก็ตข้อมูลจะไปถึงยังผู้รับดังนั้นผู้ส่งจะไม่ทราบว่าแพ็กเก็ตนั้นถูกส่งไปถึงผู้รับได้อย่างปลอดภัยไม่สูญหายและสถานีฐานยังจะต้องทำการประมวลผลโพรโตคอลทีซีพีเพิ่มถึงสองเท่า



รูปที่ 2.7 การทำงานแบบแบ่งการเชื่อมต่อทีซีพี



รูปที่ 2.8 การทำงานแบบโพรโตคอลสนูฟ

2.5.2 แบบโพรโตคอลสนูฟ (Snoop Protocol)

มีวัตถุประสงค์เหมือนกันกับแบบแบ่งการเชื่อมต่อโพรโตคอลทีซีพีคือจะทำการส่งซ้ำกันในส่วนของเครือข่ายไร้สาย โดยการรับส่งจะเป็นแบบซ้อน (Transparent) โดยทั้งสองด้านจะไม่ทราบเลยว่ามีการสนูฟเกิดขึ้นจึงทำให้ไม่ไปทำลายการความสัมพันธ์เชื่อมต่อแบบต้นทางปลายทาง (end-to-end semantics) วิธีนี้จะมีสนูฟเอเจนต์ที่เป็นโปรแกรมที่คอยดูแลและตรวจสอบแพ็กเก็จที่เข้ามายังสถานีฐานดังได้แสดงในรูปที่ 2.8 แพ็กเก็จที่ส่งจากต้นทางมาปลายทางจะถูกสถานีฐานเก็บไว้จะลบออกก็ต่อเมื่อมีการตอบรับส่งมาจากผู้รับมายังสถานีฐานแล้วเท่านั้น และจะทำการระงับการตอบรับซ้ำที่ส่งมาจากเครือข่ายไร้สายในกรณีที่เกิดการสูญหายขึ้นจากนั้นก็จะส่งแพ็กเก็จที่ต้องการกลับไป ดังนั้นจึงทำให้ไม่ต้องส่งแพ็กเก็จกลับไปใหม่จากต้นทางไปปลายทางและยังหลีกเลี่ยงการควบคุมความคับคั่ง (congestion control) จะได้กล่าวถึงโพรโตคอลสนูฟอย่างละเอียดอีกครั้งในบทต่อไป

2.5.3 การแจ้งเตือนสาเหตุที่แพ็กเก็ตสูญหาย (Notifying the Causes of Packet Loss)

จากการนำเสนอข้างต้น เหตุผลหลักของการด้อยประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีในเครือข่ายไร้สาย คือ โพรโตคอลทีซีพีไม่สามารถทราบได้ว่าแพ็กเก็ตที่สูญหายไปนั้นเนื่องมาจากการสื่อสารผิดพลาดหรือเกิดจากความคับคั่ง Explicit Loss Notification (ELN) [23] เป็นรูปแบบหนึ่งที่ช่วยให้โพรโตคอลทีซีพีแยกแยะความแตกต่างระหว่างข้อผิดพลาดและความคับคั่งได้ ซึ่งผู้ส่งจะสามารถตอบสนองได้อย่างถูกต้องในแต่ละกรณี เมื่อใดก็ตามที่เอเจนต์บนไวร์เลสเกตเวย์ (ดังเช่นสนูปเอเจนต์) ตรวจพบการสูญหายที่ไม่เกี่ยวกับความคับคั่ง มันจะตั้งค่าบิต ELN ในส่วนหัวของทีซีพีเซ็กเมนต์อันถัดไปแล้วส่งต่อไปถึงผู้รับ แล้วผู้รับจะรายงานกลับไปยังผู้ส่ง เอเจนต์ใช้ข้อมูลความยาวคิวในการแยกแยะกรณีความคับคั้งออกจากกรณีความผิดพลาด เมื่อผู้ส่งได้รับการเตือนผ่านบิต ELN ก็จะส่งแพ็กเก็ตที่สูญหายใหม่โดยปราศจากกระบวนการควบคุมความคับคั่ง

หากมีข้อมูลปริมาณพอเหมาะจากสถานีไร้สาย (ดังเช่นจากอินเทอร์แอ็กทีฟแอพพลิเคชัน) การใช้งาน ELN นั้นถือได้ว่าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพขึ้น รูปแบบนี้ทำงานได้ดีกับรูปแบบสนูฟ เนื่องจากทั้งสองรูปแบบจำเป็นต่อการส่งใหม่ในทั้งสองทิศทางบนเครือข่ายไร้สาย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากแพ็กแก็ตที่สูญหายจะส่งใหม่ได้ก็ต่อเมื่อระยะเวลาสื่อสารรวมหมดลงและการตอบรับ ACK พร้อมบิต ELN กลับคืนมา การกู้คืนสภาวะนี้จึงช้ากว่าสนูฟเพียงอย่างเดียว แม้ว่า ELN สามารถใช้งานได้ในแทบทุกโทโพโลยี แต่เมื่อใช้กับโฮสต์ใช้สายจะต้องแก้ไขบางอย่างในชั้นทรานสปอร์ตด้วยนอกจากเพิ่มที่เอเจนต์บนไวร์เลสเกตเวย์

2.5.4 การเพิ่ม SACK ให้แก่โพรโตคอลทีซีพี (Adding Selective Acknowledgments to TCP)

เมื่อแพ็กเก็ตหลายอันสูญหายในวินโดว์การสื่อสารเดียวกัน ผู้ส่งอาจตั้งข้อสงสัยเพียงอย่างเดียวว่าแพ็กเก็ตแรกสูญหายจากการที่มี ACK ซ้ำเดิมตอบกลับมา หลังจากนำส่งแพ็กเก็ตที่สูญหายไปใหม่อีกครั้ง ผู้ส่งต้องรอ ACK ซ้ำอันใหม่กลับมาเสียก่อนจึงจะตรวจพบการสูญหายของแพ็กเก็ตถัดไป ผลคือ โพรโตคอลทีซีพีสามารถกู้คืนได้เพียงหนึ่งการสูญหายต่อรอบ [13] เครือข่ายไร้สายมักทำให้แพ็กเก็ตหลายอันในวินโดว์เดียวเสียหาย จึงนำไปสู่ความล่าช้าในการกู้คืนจากความผิดพลาดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเส้นทางที่มีความล่าช้าสูงอยู่แล้ว

ทางเลือก Selective Acknowledgment (SACK) สำหรับโพรโตคอลทีซีพีช่วยให้การตอบรับของแพ็กเก็ต บ่งบอกถึงชิ้นส่วนข้อมูลได้ 3 แพ็กเก็ตที่เข้ามาติดๆกัน [24] ผู้ส่งจึงสามารถอนุมานได้ว่าเกิดการสูญหายขึ้นและส่งใหม่โดยไม่ต้องรอการตอบรับซ้ำ เช่นกรณีข้างต้น ทีซีพีพร้อมทางเลือก SACK ใช้ได้ทั้งกรณี End-to-End และเฉพาะระหว่างส่วนที่เป็นเครือข่ายไร้สาย ซึ่งจะช่วยปรับปรุงอัตราผลสัมฤทธิ อย่างเห็นได้ชัด [12] ในกรณี End-to-End การกู้คืนอาจยังช้าเมื่อเส้นทางมีความหน่วงสูง เนื่องจาก SACK ไม่ได้ช่วยเร่งความเร็วในการส่งซ้ำเพียงแพ็กเก็ตเดียว

2.5.5 บทสรุปและเปรียบเทียบการเสริมประสิทธิภาพในรูปแบบต่าง ๆ

เพื่อให้ประเมินการเสริมประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีในรูปแบบต่าง ๆ ข้างต้น จึงจำต้องคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

• ลักษณะจากจุดเริ่มต้นแรกสุดไปยังจุดสุดท้าย โพรโตคอลชั้นทรานสปอร์ตที่น่าเชื่อถือต้องมองลักษณะการสื่อสารแบบ End-to-End นั่นคือ การตอบ ACK ต้องคือการได้รับแพ็กเก็ตข้อมูลจริง ๆ นี้เป็นประเด็นสำคัญยิ่งในการดำรงไว้ซึ่งแนวคิดแบบ End-to-End ของโพรโตคอล ทีซีพี

• การเข้าถึงส่วนข้อมูลของแพ็กเก็ตไอพี รูปแบบที่ต้องให้ไวร์เลสเกตเวย์เข้าถึงไอพีดาต้าแกรมนั้นเป็นการละเมิดหลักการทำงานเป็นระดับชั้น ยิ่งไปกว่านั้นหากมีการนำ IPSEC มาใช้งานโหนดระหว่างทางจะไม่สามารถเข้าถึงเปย์โหลดได้เลยเนื่องจากเข้ารหัสลับไว้

• โอเวอร์เฮดของระบบเครือข่ายไร้สาย ขณะที่การเสริมประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีต้องได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากไวร์เลสเกตเวย์ รูปแบบนั้น ๆ ก็ควรทำให้โอเวอร์เฮดมีน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ รูปแบบที่ต้องมีการดูแลรักษาสถานะในแต่ละการเชื่อมต่อย่อมไม่เหมาะสำหรับเครือข่ายขนาดใหญ่

• ความง่ายในการใช้งานจริง รูปแบบที่ต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างพื้นฐานเดิม เช่นที่สถานีเครือข่ายแบบสายกับกับไวร์เลสเกตเวย์ นับว่าไม่ง่ายต่อการใช้งานจริง

ตารางที่ 2.2 ตารางเปรียบเทียบการเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพี

Enhancement Scheme	End-to-end Semantics	IP Payload Access	Wireless Gateway Overhead	Ease of Deployment
Split TCP	No	Yes	High	Not Easy
Snoop TCP	Yes	Yes	High	Not Easy
ELN	Yes	Yes	Low	Not Easy
SACK	Yes	No	None	Easy

ตารางเปรียบเทียบการเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีซึ่งได้กล่าวข้างต้นในแฟกเตอร์ดังกล่าว หากไม่ใช้ทางเลือก SACK ที่ใช้แล้วก็ไม่ได้เพิ่มประสิทธิภาพขึ้นนัก การไม่เพิ่มประสิทธิภาพเลยกลับทำงานได้ดีในทุกสภาวะ นั่นหมายถึงต้องแลกกันระหว่างการใช้และไม่ใช้แฟกเตอร์เหล่านั้น ควรให้ความสำคัญต่อแฟกเตอร์ก่อนหลังนั้นขึ้นกับสภาวการณ์เครือข่าย เช่น รูปแบบการเพิ่มประสิทธิภาพทีซีพีที่ต้องการสำหรับเครือข่ายประมวลผลด้านการเงินนั้นการปรับเปลี่ยนโครงสร้างพื้นฐานเดิมไม่ใช่เรื่องร้ายแรง แต่การรักษารูปแบบ End-to-End นั้นคือหัวใจที่ไม่อาจละเลยการสนองต่อความต้องการความน่าเชื่อถือระดับสูง

บทที่ 3
การเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีด้วยการปรับปรุงโพรโตคอลสนูฟ

3.1 เปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบเดิม

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีบนระบบเครือข่ายแบบไร้สาย โดยการปรับปรุงโพรโตคอลสนูฟที่เป็นตัวแทนในการตอบรับทีซีพีเซ็กเมนต์เพื่อชะลอการลดขนาดของหน้าต่างควบคุมความคับคั่งของทีซีพี ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการสื่อสารด้วยโพรโตคอลทีซีพีระหว่างสถานีในระบบเครือข่ายแบบใช้สายและสถานีเครือข่ายแบบไร้สาย และได้ทำการจำลองโพรโตคอลสนูฟตามแนวคิดใหม่เพื่อใช้ในการวัดประสิทธิภาพเปรียบเทียบกับโพรโตคอลที่ยังไม่ได้ปรับปรุงโดยได้ทำการเปรียบเทียบผลการทดลองในแบบที่ใช้ทีซีพีแบบดั้งเดิมกับแบบใช้โพรโตคอลสนูฟ และได้เทียบกับโพรโตคอลสนูฟที่ได้พัฒนาขึ้นมา

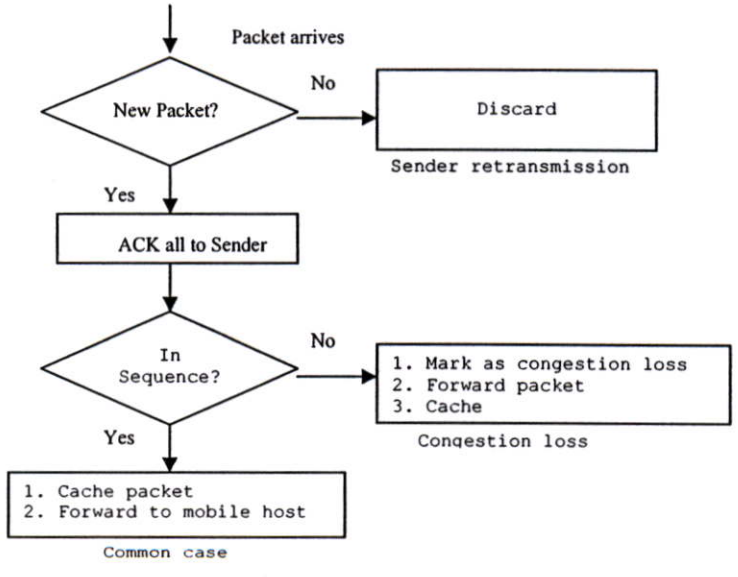
3.2 โพรโตคอลสนูฟ

หนึ่งในการค้นค้าและวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นในบทที่ 2 นั้นคือ โพรโตคอลสนูฟ มีความสามารถหลักของมันคือเก็บแพ็กเก็ตไว้ที่สถานีฐาน (Base station) และทำการส่งต่อออกไปอีกครั้ง (local retransmission) ไปยังเครือข่ายไร้สายทำให้โพรโตคอลสนูฟสามารถปรับปรุงการทำงานแบบต้นทางกับปลายทาง (end-to-end) ได้ดียิ่งขึ้น ด้วยการใช้การปรับปรุงทำงานของเครือข่ายแบบโพรโตคอลสนูฟนี้ยังช่วยให้ไม่ต้องยุ่งยากกับการเปลี่ยนแปลงโพรโตคอลทีซีพีที่มีอยู่เดิมและมีความซับซ้อนมากอยู่แล้ว เพราะถ้ามีการแก้ไขโพรโตคอลทีซีพีและจะต้องตามไปแก้ไขในทุก ๆ เครื่องของสถานี เช่น เครื่องสถานีรับส่ง และเครื่องสถานีฐาน

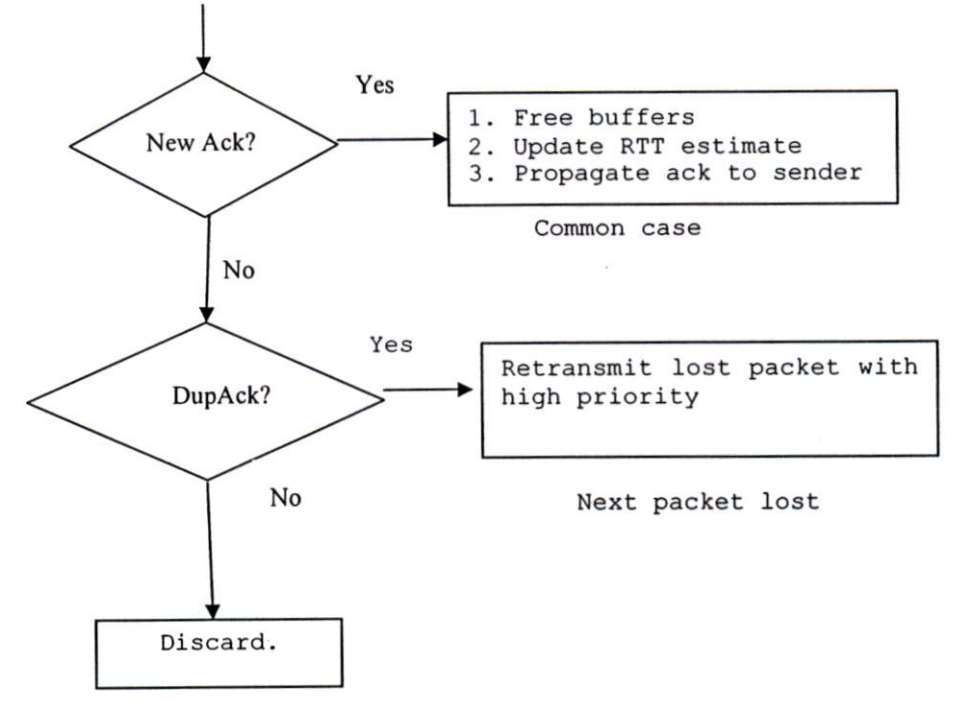
โพรโตคอลสนูฟจะเป็นโปรแกรมเล็ก ๆ ที่ฝังเพิ่มเข้าไปยังสถานีฐานและจะถูกเรียกว่าสนูฟเอเจนต์ โดยจะคอยตรวจสอบแพ็กเก็ตทุก ๆ แพ็กเก็ตที่ผ่านเข้ามายังสถานีฐานทั้งฝ่ายรับและฝ่ายส่งของการเชื่อมต่อของทีซีพีและดำเนินการกับแพ็กเก็ตที่จะเก็บไว้ในแต่ละทีซีพีเซ็กเมนต์ให้เป็นไปตามหลักการของโพรโตคอลสนูฟ กล่าวคือการสูญหายของแพ็กเก็ตจะทราบได้โดยการตรวจสอบการตอบรับซ้ำ (Duplicate Acknowledgments) จากฝ่ายรับหรือรอแพ็กเก็ตตอบรับจนหมดเวลารอคอยการตอบรับ สนูฟเอเจนต์ก็จะทำการตรวจสอบแพ็กเก็ตที่ได้เก็บเอาไว้และถ้ามีแพ็กเก็ตอยู่ก็จะส่งแพ็กเก็ตที่สูญหายไปกลับไปยังฝ่ายรับอีกครั้ง อย่างไรก็ตามโพรโตคอลสนูฟก็ยังมีปัญหาอยู่คือ

จะไม่ทราบว่าแพ็กเก็ตตอบรับซ้ำอาจสูญหายไปดังนั้นมันจะรอจนกว่าเวลาในการส่งนั้นหมดไป วิธีการนี้จึงต้องมีการแก้ไขในกรณีการสูญหายของแพ็กเก็ตนี้ ที่ทำให้อัตราการส่งสำเร็จของทีซีพีนั้นลดต่ำลง

สนูฟโมดูลนั้นประกอบด้วยสองโพรซีเจอร์ดังนี้ Snoop_data() และ Snoop_ack() โมดูล Snoop_data() คอยดูแลจัดสรรและเก็บแพ็กเก็ตเพื่อสถานีเคลื่อนที่ ส่วนโมดูล Snoop_ack() คอยดูแลสัญญาณการตอบกลับ (Acks) ที่มาจากสถานีเคลื่อนที่เพื่อส่งต่อไปยังสถานีของผู้ส่งและจะทำการส่งซ้ำ (local retransmissions) ในกรณีที่สถานีฐานได้รับแพ็กเก็ตตอบรับซ้ำจากสถานีเคลื่อนที่ โดยจะรับส่งกันระหว่างสถานีฐานกับสถานีเคลื่อนที่ รูปที่ 3.1 และ 3.2 ได้แสดงโฟลว์ชาร์ตของฟังก์ชัน Snoop_data() และ Snoop_ack() ที่เป็นหลักการซึ่งการทำงานของโพรโตคอลสนูฟ ดังต่อไปนี้ Snoop_Data() จะตรวจสอบว่าแพ็กเก็ตที่เข้ามานั้นเป็นแพ็กเก็ตที่ส่งมาใหม่และเป็นแพ็กเก็ตที่ลำดับถูกต้องหรือไม่ ถ้าใช่ก็ทำการส่งออกไปและทำการเก็บแพ็กเก็ตนั้นไว้ชั่วคราว ในกรณีนี้คือไม่เกิดข้อผิดพลาดในการสื่อสารแต่ถ้าลำดับไม่ถูกต้องก็จะแจ้งให้ทราบว่าเกิดการสูญหายแล้วส่งแพ็กเก็ตต่อไปยังฝ่ายรับ แต่ถ้าแพ็กเก็ตนั้นเคยถูกส่งมาแล้วก็จะทำการเช็คว่าแพ็กเก็ตนั้นมีการร้องขอมาหรือไม่ ถ้ามีก็ให้ส่งไปใหม่แต่ถ้าไม่ต้องการก็ทำการลบแพ็กเก็ตนั้นทันที ส่วน Snoop_Ack() จะตรวจสอบการร้องขอแพ็กเก็ตว่าเป็นการร้องขอแพ็กเก็ตมาใหม่หรือไม่ ถ้าใหม่แสดงว่าเป็นกรณีปรกติดังนั้นจะทำการลบแพ็กเก็ตที่ได้เก็บไว้ก่อนหน้านั้นและส่งตอบรับไปยังผู้ส่ง แต่ถ้าสัญญาณตอบรับนั้นเคยมีการส่งมาแล้วก็ให้ลบแพ็กเก็ตนั้นทิ้งไปและตรวจดูว่าเป็นการซ้ำครั้งแรกหรือไม่ ถ้าใช่ก็ทำการส่งแพ็กเก็ตที่สูญหายไปยังสถานีเคลื่อนที่ใหม่เพราะเกิดข้อผิดพลาดในการสื่อสารขึ้น



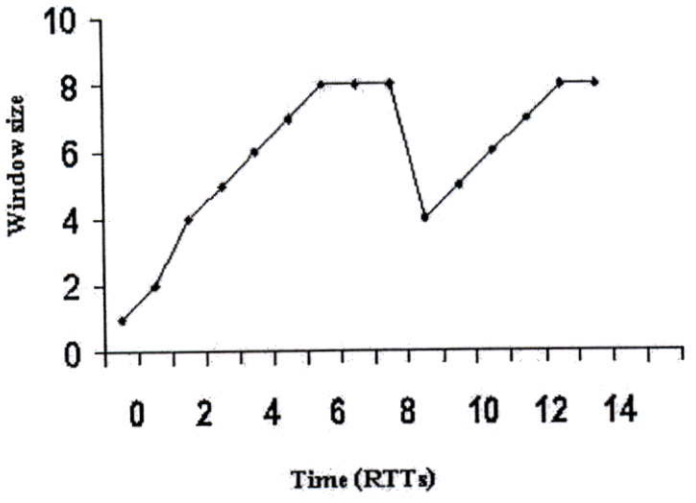
รูปที่ 3.1 โฟลว์ชาร์ตของฟังก์ชัน Snoop_data()



รูปที่ 3.2 โฟลว์ชาร์ตของฟังก์ชัน Snoop_ack()

3.3 ปรับปรุงโพรโตคอลสนูฟเพื่อชะลอการลดขนาดของหน้าต่างควบคุมความคับคั่งของทีซีพี

จากปัญหาหลักที่เกิดจากโพรโตคอลสนูฟที่ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของโพรโตคอลลดลงจากปัญหาที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ที่ส่งผลมาจากการลดขนาดของหน้าต่างควบคุมความคับคั่ง (CWND) ของทีซีพีทันทีที่ผู้ส่งทราบว่าเกิดการสูญหายของข้อมูลขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.3



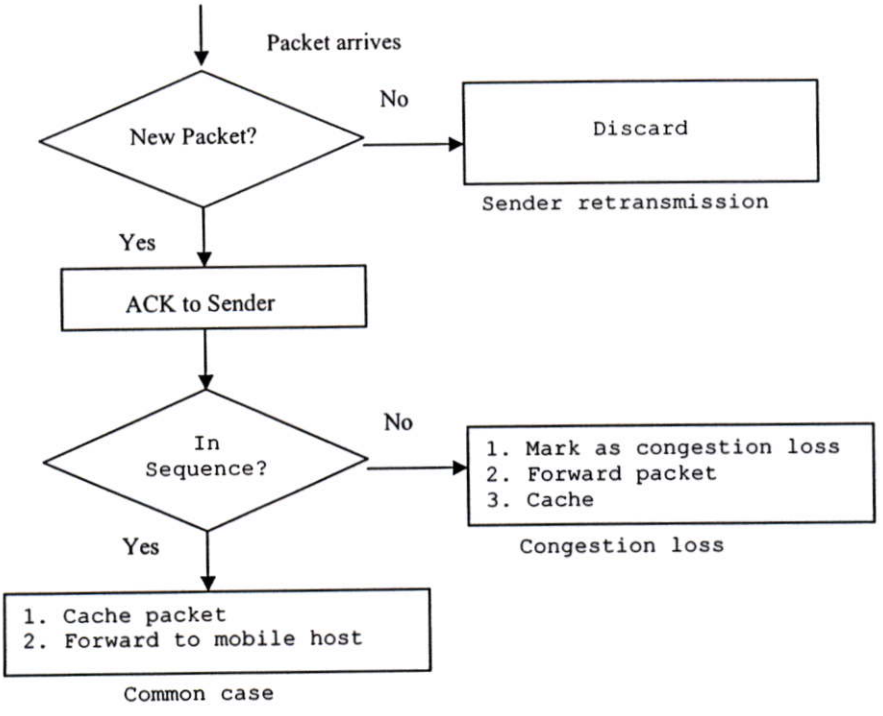
รูปที่ 3.3 การเริ่มต้นอย่างช้าของโพรโตคอลทีซีพี

ทีซีพีก็จะทำการเริ่มต้นการส่งข้อมูลในอัตราที่ต่ำ (Slow start) ซึ่งขนาดเริ่มต้นของหน้าต่างเริ่มที่ค่าต่ำสุด และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกว่าจะเกิดการสูญหายของข้อมูลขึ้นอีกครั้ง ถ้าแก้ปัญหาการลดลงของหน้าต่างได้ก็จะได้อัตราการส่งสำเร็จนั้นดีขึ้นด้วย ดังนั้นได้เสนอวิธีการเพิ่มเข้าไปจากจากทำงานพื้นฐานของโพรโตคอลสนูฟที่มีอยู่เดิม คือสร้างสัญญาณการตอบรับและชะลอการตอบรับจากสถานีฐานไปยังฝ่ายส่งเมื่อเกิดสูญหายของข้อมูลขึ้น

แนวคิดของงานวิจัยนี้คือการเสนอวิธีที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สายโดยเร่งการเพิ่มขนาดของหน้าต่างความคับคั่งของโพรโตคอลทีซีพีและชะลอการลดลงของหน้าต่างความคับคั่งของโพรโตคอลทีซีพี โดยสองแนวคิดที่เสนอจะได้อธิบายดังต่อไปนี้

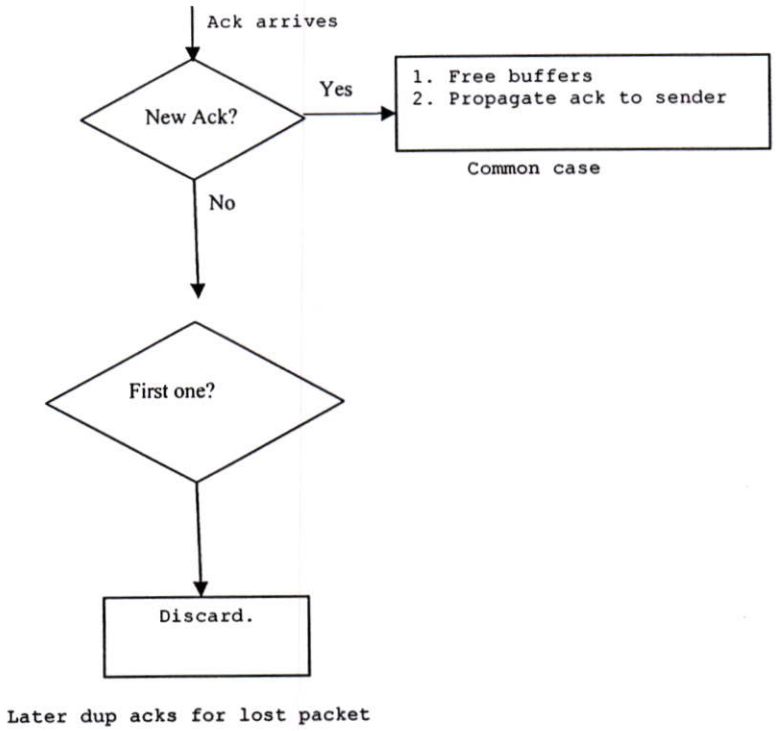
- เมื่อมีแพ็กเก็ตข้อมูลส่งเข้ามายังสถานีฐาน สนูฟเอเจนต์จะคอยส่งสัญญาณตอบกลับ (Ack) จากสถานีฐานกลับไปให้ยังผู้ส่งเสมือนดังว่าเป็นการตอบรับจากทีซีพีผู้รับเอง เพื่อเป็นการเร่งการขยายของหน้าต่างความคับคั่งให้เพิ่มขึ้น

- เมื่อมีการส่งสัญญาณการตอบรับซ้ำ (DupAck) ที่ส่งมาจากผู้รับมายังสถานีฐาน สนูฟเอเจนต์จะทำการหน่วงเวลาการตอบรับนี้ไว้ก่อนที่จะส่งต่อไปยังผู้ส่ง เพราะว่าการเดินทางของแพ็กเก็ตจากต้นทางไปยังปลายทางนั้นอาจจะเดินทางมาคนละเส้นทางกันดังนั้นลำดับของแพ็กเก็ตจะมาถึงยังปลายทางอาจสลับกันได้ ส่งผลให้แพ็กเก็ตที่ปลายทางต้องนั้นอาจมาล่าช้าแต่ไม่สูญหายแต่ปลายทางเข้าใจว่าแพ็กเก็ตนั้นอาจจะสูญหายไปวิธีการนี้จะช่วยให้ชะลอการลดลงของหน้าต่างความคับคั่งของโพรโตคอลทีซีพี



รูปที่ 3.4 โฟลว์ชาร์ตของฟังก์ชัน modified Snoop_data()

รูปที่ 3.4 และ 3.5 เป็นโฟลว์ชาร์ตของฟังก์ชัน snoop_data() และ snoop_ack() ที่ได้ปรับแต่งแล้ว และได้เสนอแนวทางที่จะแก้ปัญหาของโพรโตคอลสนูฟโดยสร้างสัญญาณควบคุมการทำงานของการส่งสัญญาณตอบรับแพ็กเก็ตและการชะลอการส่งสัญญาณการตอบรับซ้ำ ซึ่งทั้งสองแนวคิดนี้มีวิธีการดังนี้คือ สนูฟเอเจนต์จะเป็นตัวแทนสร้างสัญญาณควบคุมการทำงานของการส่งสัญญาณตอบรับแพ็กเก็ตขึ้น เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่มีแพ็กเก็ตข้อมูลส่งเข้ามาจาก ผู้ส่งโดยสนูฟเอเจนต์จะส่งสัญญาณตอบรับไปให้ผู้ส่งทั้งหมดก่อน แทนที่จะรอสัญญาณตอบรับจากฝั่งผู้รับ และสนูฟเอเจนต์ก็จะเป็นทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลต่อไปให้กับผู้รับ วิธีการนี้จะช่วยเร่งให้การขยายของขนาดของหน้าต่างความคับคั่งเพิ่มขึ้น และอีกวิธีหนึ่งคือหน่วงเวลาการส่งตอบรับซ้ำที่จะส่งไปบอกยังผู้ส่งก่อน เพื่อให้แน่ใจว่าแพ็กเก็ตนั้นไม่ได้สูญหายไปจริงอันเนื่องมาจากการสลับกันของการเดินทางมาของแพ็กเก็จคนละเส้นทางกัน ดังนั้นแนวคิดนี้จึงช่วยให้ผู้ส่งไม่ต้องลดหน้าต่างลง



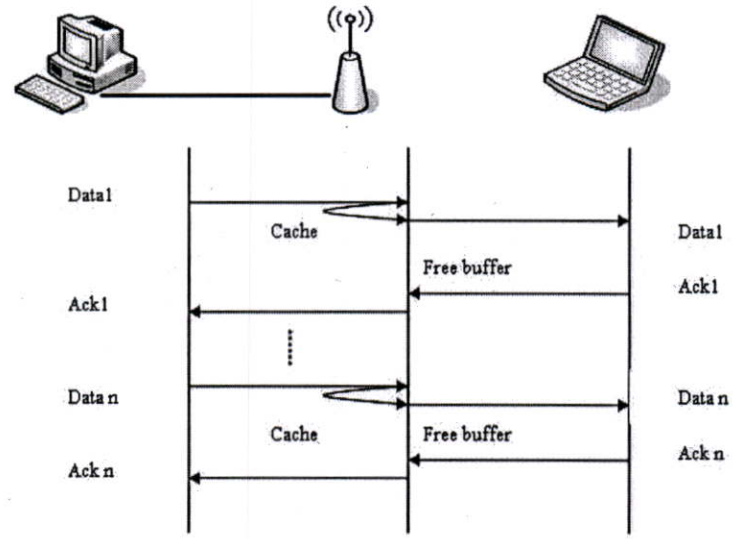
รูปที่ 3.5 โฟลว์ชาร์ตของฟังก์ชัน modified Snoop_ack()

3.4 แนวคิดในการออกแบบและเปรียบเทียบกับหลักการเดิมของโพรโตคอลสนูฟ

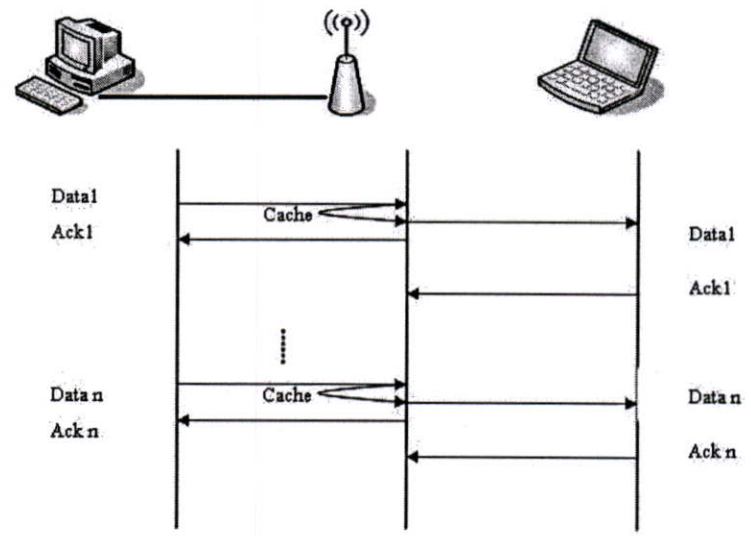
จากการทำงานของโพรโตคอลสนูฟ ได้วิเคราะห์หาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากโพรโตคอลสนูฟเดิม เพื่อจะนำมาแก้ไขปรับปรุงให้โพรโตคอลสนูฟทำงานได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งจะเปรียบเทียบการทำงานโดยใช้ Sequence Diagram ระหว่างโพรโตคอลสนูฟเดิมกับที่ได้ปรับปรุงขึ้นแล้ว และได้แยกปัญหาการทำงานออกเป็นกรณีดังต่อไปนี้

• **กรณีโพรโตคอลสนูฟทำงานปกติ** จากการเปรียบเทียบการทำงานระหว่างโพรโตคอลสนูฟที่ปรับปรุงในรูปที่ 3.6 (ก) จะเป็นการทำงานของโพรโตคอลสนูฟเดิมและ รูปที่ 3.6 (ข) จะเป็นการทำงานของโพรโตคอลสนูฟที่ได้ปรับปรุงขึ้นมา ในกรณีปกตินี้จะเห็นได้ว่าการทำงานทั้งสองแตกต่างกันตรงที่ โพรโตคอลสนูฟเดิมจะส่งแพ็กเก็ตตอบรับกลับให้กับฝ่ายส่งก็ต่อเมื่อฝ่ายส่งได้รับแพ็กเก็ตข้อมูลและส่งแพ็กเก็ตตอบรับกลับมาให้แล้วจึงส่งต่อกลับไปยังฝ่ายส่งเพื่อแจ้งให้ทราบว่าฝ่ายรับได้รับแพ็กเก็ตข้อมูลนั้นเรียบร้อยแล้ว แต่โพรโตคอลสนูฟที่ได้ปรับปรุงนั้นจะทำการส่งแพ็กเก็ตตอบรับกลับให้กับฝ่ายส่งทันทีที่ได้รับแพ็กเก็ตข้อมูล ซึ่งทำให้ช่วยเร่งการขยาย

หน้าต่างความคับคั่งทีซีพีและทำให้การทำงานของการรับส่งข้อมูลของฝ่ายส่งนั้นมีการตอบสนองที่ดีกว่าแบบเดิม



(ก)

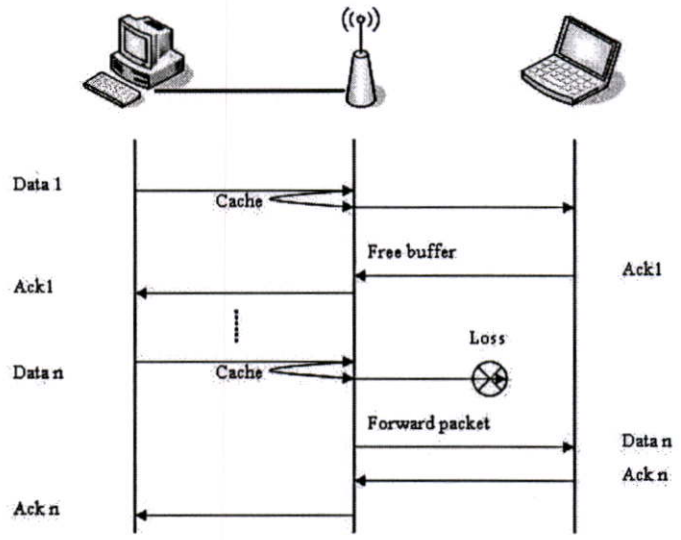


(ข)

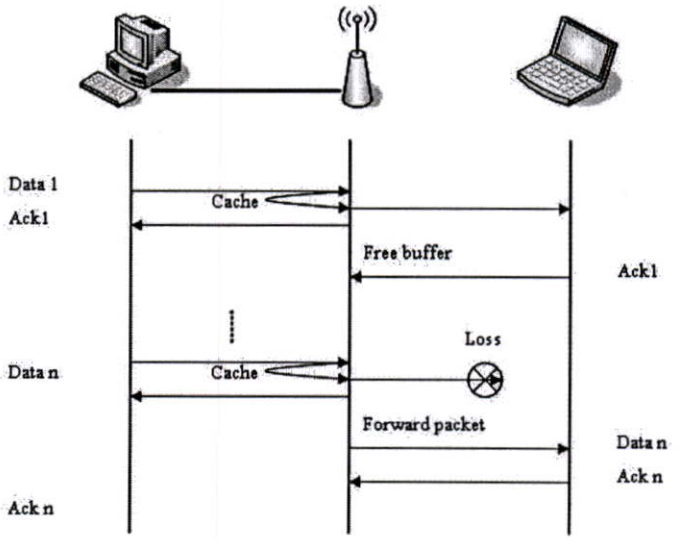
รูปที่ 3.6 กรณีโพรโตคอลสนูฟทำงานปกติ

• **กรณีแพ็กเก็ตข้อมูลสูญหายในเครือข่ายไร้สาย** จากการเปรียบเทียบการทำงานระหว่างโพรโตคอลสนูฟที่ปรับปรุงในรูปที่ 3.7 (ก) จะเป็นการทำงานของโพรโตคอลสนูฟเดิมและ รูปที่ 3.7 (ข) จะเป็นการทำงานของโพรโตคอลสนูฟที่ได้ปรับปรุงขึ้นมา จะเห็นได้ว่าเมื่อเกิดการสูญหายของแพ็กเก็ตข้อมูลในเครือข่ายไร้สาย ซึ่งในกรณีเหตุการณ์นี้จะเกิดการสูญหายขึ้นมากใน

สภาพแวดล้อมเครือข่ายไร้สายจากรูปทั้งสองโพรโตคอลสนูฟจะส่งแพ็กเก็ตข้อมูลจากสถานีฐานไปให้ยังฝ่ายรับโดยไม่ต้องรอการส่งข้อมูลมาอีกครั้งจากฝ่ายส่ง ทำให้ช่วยลดเวลาในการรอแพ็กเก็ตข้อมูลที่จะต้องส่งมาใหม่จากฝ่ายรับมายังฝ่ายส่งอีกครั้ง และยังดีกว่าโพรโตคอลสนูฟเดิมคือซึ่งทำให้ช่วยเร่งการขยายหน้าต่างความคับคั่งทีซีพีและทำให้การทำงานของการรับส่งข้อมูลของฝ่ายส่งนั้นมีการตอบสนองที่ดีกว่าแบบเดิมเหมือนดังกรณีแรก



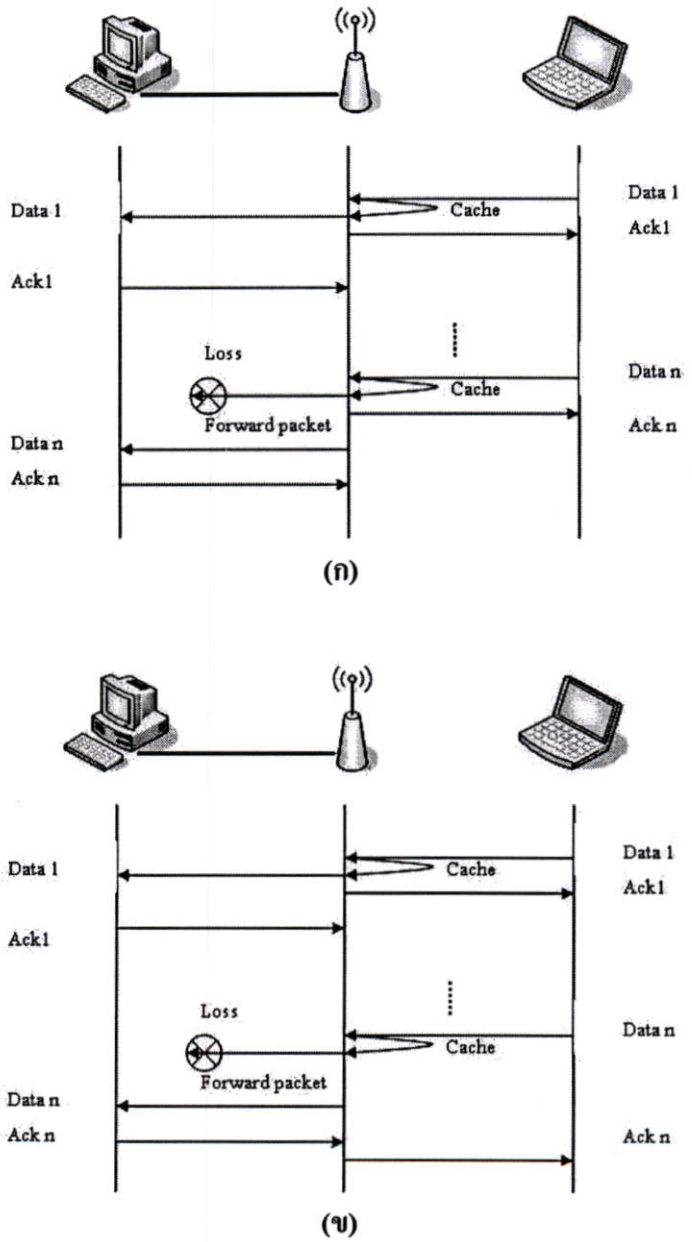
(ก)



(ข)

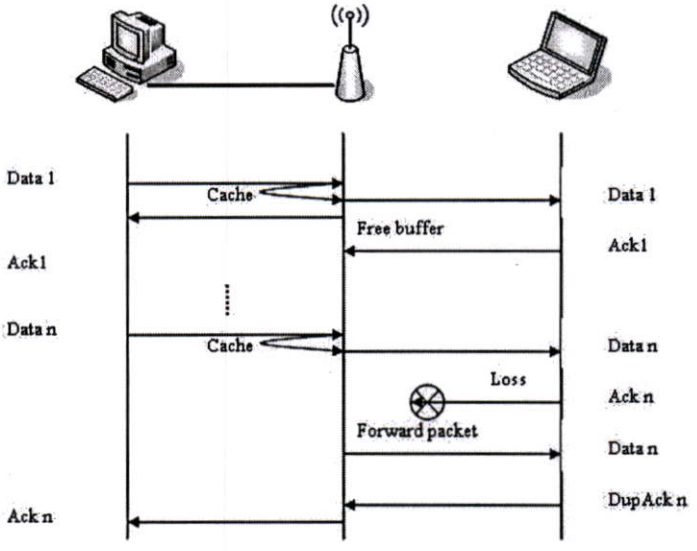
รูปที่ 3.7 กรณีแพ็กเก็ตข้อมูลสูญหายในเครือข่ายไร้สาย

• **กรณีแพ็กเก็ตข้อมูลสูญหายในเครือข่ายแบบใช้สาย** จากการเปรียบเทียบการทำงานระหว่างโพรโตคอลสนูฟที่ปรับปรุงในรูปที่ 3.8 (ก) จะเป็นการทำงานของโพรโตคอลสนูฟเดิมและรูปที่ 3.8 (ข) จะเป็นการทำงานของโพรโตคอลสนูฟที่ได้ปรับปรุงขึ้นมา ในกรณีนี้จะเหมือนกับกรณีแพ็กเก็ตข้อมูลสูญหายในเครือข่ายไร้สาย กล่าวคือโพรโตคอลสนูฟจะส่งแพ็กเก็ตข้อมูลจากสถานีฐานไปให้ยังฝ่ายรับโดยไม่ต้องรอการส่งข้อมูลมาอีกครั้งจากฝ่ายส่ง ทำให้ช่วยลดเวลาในการรอแพ็กเก็ตข้อมูลที่จะต้องส่งมาใหม่จากฝ่ายรับมายังฝ่ายส่งอีกครั้ง

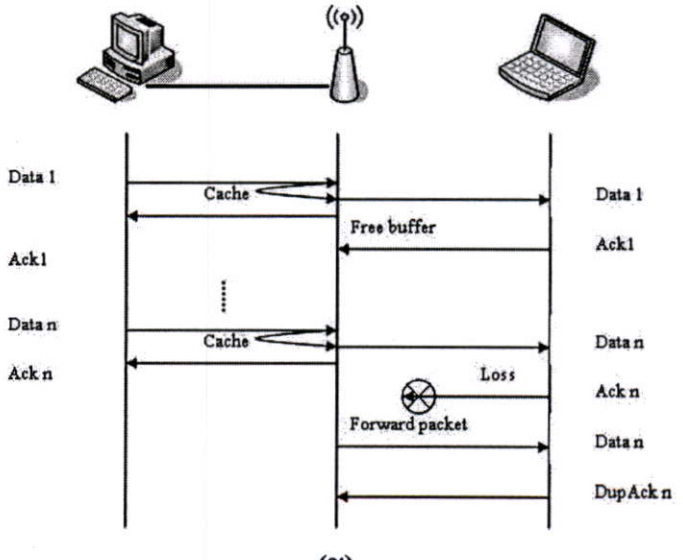


รูปที่ 3.8 กรณีแพ็กเก็ตข้อมูลสูญหายในเครือข่ายใช้สาย

• **กรณีแพ็กเก็ตตอบรับสูญหายในเครือข่ายแบบไร้สาย** จากการเปรียบเทียบการทำงานระหว่างโพรโตคอลสนูฟที่ปรับปรุงในรูปที่ 3.9 (ก) จะเป็นการทำงานของโพรโตคอลสนูฟเดิมและรูปที่ 3.9 (ข) จะเป็นการทำงานของโพรโตคอลสนูฟที่ได้ปรับปรุงขึ้นมา จะเห็นได้ว่าแบบเดิมนั้นกว่าที่ฝ่ายส่งแพ็กเก็ตตอบรับต้องรอจนกว่าแพ็กเก็ตข้อมูลส่งไปถึงฝ่ายรับ ซึ่งส่งผลให้เสียเวลาในการรอ ถ้าเป็นโพรโตคอลสนูฟที่ได้ปรับปรุงขึ้นนั้นฝ่ายส่งจะได้รับแพ็กเก็ตตอบรับทันทีที่ได้รับแพ็กเก็ตข้อมูลเพื่อที่จะได้ให้ฝ่ายส่งนั้นส่งแพ็กเก็ตข้อมูลต่อไปได้อีก



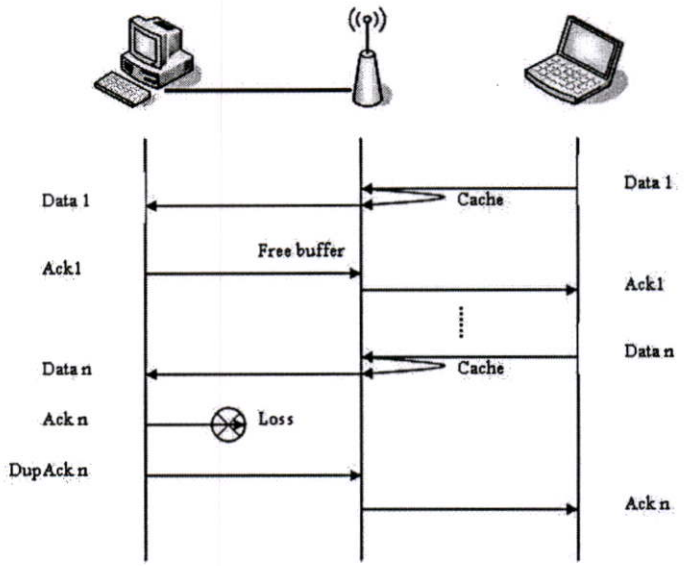
(ก)



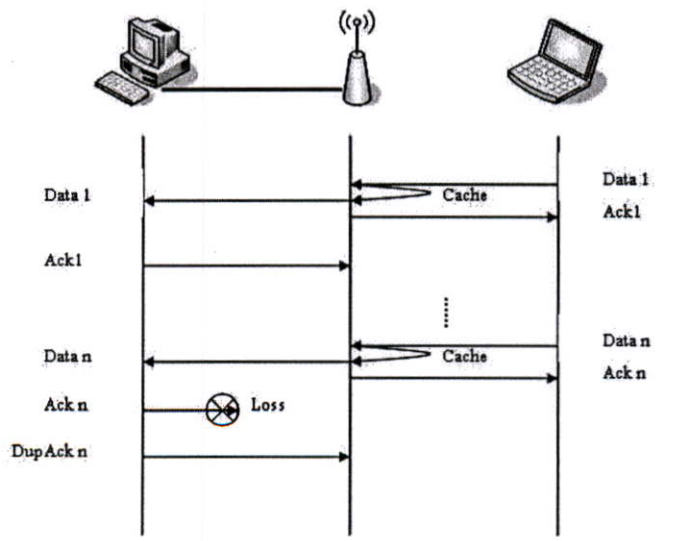
(ข)

รูปที่ 3.9 กรณีแพ็กเก็ตตอบรับสูญหายในเครือข่ายไร้สาย

• **กรณีแพ็กเก็ตตอบรับสูญหายในเครือข่ายแบบใช้สาย** จากการเปรียบเทียบการทำงานระหว่างโพรโตคอลสนูฟที่ปรับปรุงในรูปที่ 3.10 (ก) จะเป็นการทำงานของโพรโตคอลสนูฟเดิม และ รูปที่ 3.10 (ข) จะเป็นการทำงานของโพรโตคอลสนูฟที่ได้ปรับปรุงขึ้นมา จะเห็นได้ว่าแบบเดิมนั้นกว่าที่ฝ่ายส่งแพ็กเก็ตตอบรับต้องรอจนกว่าแพ็กเก็ตข้อมูลส่งไปถึงฝ่ายรับ เหมือนกันกับกรณีแบบสูญหายเครือข่ายไร้สาย ซึ่งส่งผลให้เสียเวลาในการรอ ถ้าเป็นโพรโตคอลสนูฟที่ได้ปรับปรุงขึ้นนั้นฝ่ายส่งจะได้รับแพ็กเก็ตตอบรับทันทีที่ได้รับแพ็กเก็ตข้อมูลเพื่อที่จะได้ให้ฝ่ายส่งนั้นส่งแพ็กเก็ตข้อมูลต่อไปได้อีก



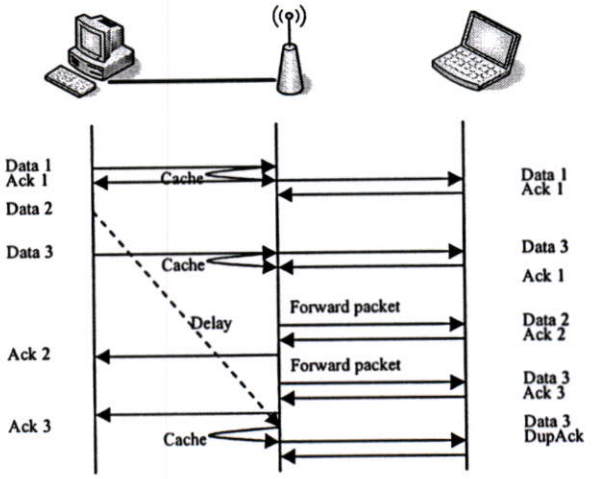
(ก)



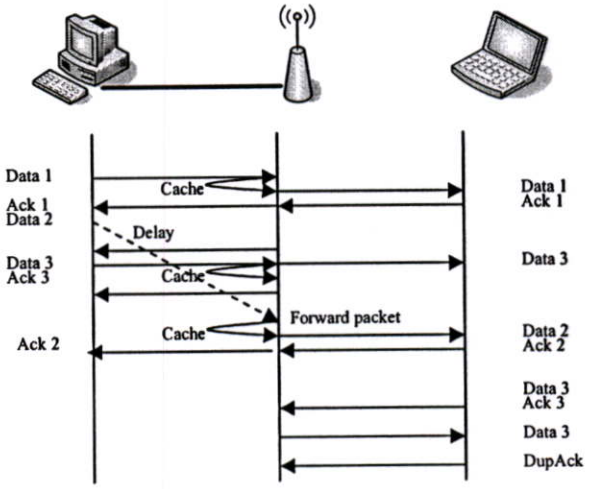
(ข)

รูปที่ 3.10 กรณีแพ็กเก็ตตอบรับสูญหายในเครือข่ายใช้สาย

• **กรณีแพ็กเก็ตข้อมูลผิดลำดับ** จากการเปรียบเทียบการทำงานระหว่างโพรโตคอลสนูฟที่ปรับปรุงในรูปที่ 3.11 (ก) จะเป็นการทำงานของโพรโตคอลสนูฟเดิมและ รูปที่ 3.11 (ข) จะเป็นการทำงานของโพรโตคอลสนูฟที่ได้ปรับปรุงขึ้นมา โพรโตคอลสนูฟจะทำการหน่วงเวลาการตอบรับนี้ไว้ก่อนที่จะส่งต่อไปยังผู้ส่ง เพราะว่าการเดินทางของแพ็กเก็ตจากต้นทางไปยังปลายทางนั้นอาจจะเดินทางมาคนละเส้นทางกันดังนั้นลำดับของแพ็กเก็ตจะมาถึงปลายทางอาจสลับกันได้ ส่งผลให้ปลายทางเข้าใจว่าแพ็กเก็ตนั้นสูญหาย ดังนั้นวิธีการนี้จะช่วยให้ชะลอการลดลงของหน้าต่างความคับคั่งของโพรโตคอลทีซีพี



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.11 กรณีแพ็กเก็ตข้อมูลผิดลำดับ

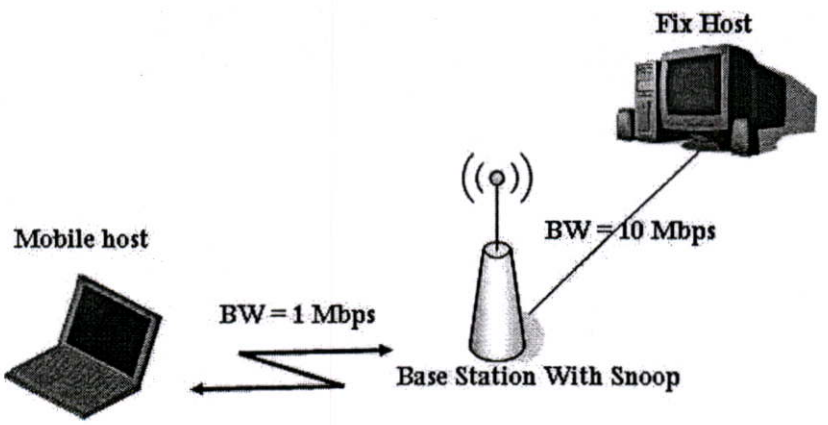
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

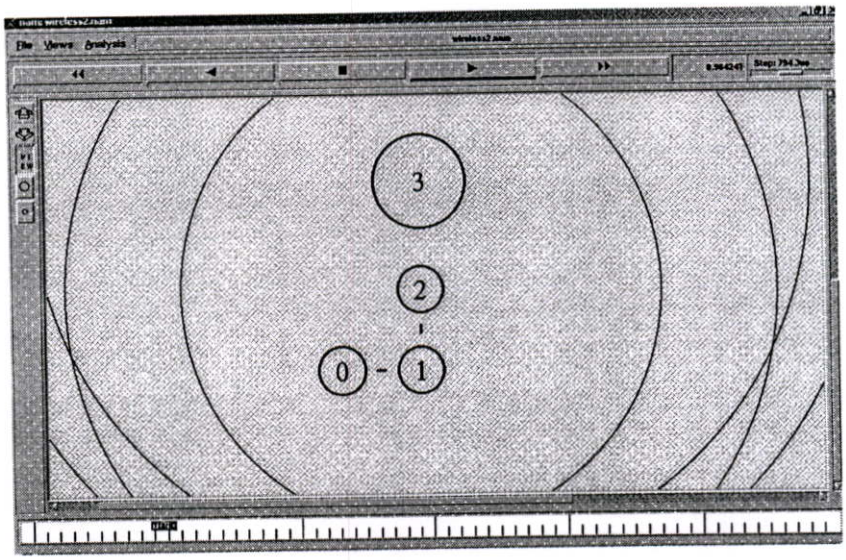
เนื่องจากการวิจัยนี้เสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีบนระบบเครือข่ายแบบไร้สายโดยการปรับปรุงโพรโตคอลสนูฟ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการจำลองการทำงานของวิธีการในงานวิจัยนี้ลงบนโปรแกรมจำลองระบบเครือข่าย NS2 ในบทนี้จะกล่าวถึงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองระบบและผลที่ได้จากการจำลองระบบโดยผลที่ได้จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของโพรโตคอลสนูฟ ที่ได้ปรับปรุงแล้วที่นำเสนอมาเปรียบเทียบกับวิธีการแบบเดิม

4.1 การทดลอง

จากรูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายใน 4.1 เป็นการจำลองการทำงานของโพรโตคอลสนูฟ โดยมีสถานีส่งเชื่อมต่อเครือข่ายแบบสายกับสถานีฐานมีแบนด์วิดธ์ที่ 10 เมกกะบิตต่อวินาที โอนถ่ายข้อมูลกันแบบ เอฟทีพีขนาด 1000 ไบท์ต่อ 1 แพ็กเก็จ มีสนูฟเอเจนต์ทำงานอยู่ในสถานีฐานและเชื่อมต่อแบบไร้สายไปยังสถานีเคลื่อนที่มีแบนด์วิดธ์ที่ 1 เมกะบิตต่อวินาที มีอัตราการผิดพลาดที่เกิดจากเครือข่ายไร้สายแบบสุ่มเฉลี่ยที่ 10 เปอร์เซ็นต์ จากรูปที่ 4.2 เป็นผลที่ได้จาก NS2 โดยใช้ NAM จำลองเป็นรูปแบบเครือข่ายเชื่อมต่อเครือข่ายแบบสายผ่านสถานีฐานและเครือข่ายไร้สาย โดยมีความหมายของอุปกรณ์ต่างๆดังนี้ หมายเลข 0 คือ สถานีแบบใช้สายสัญญาณ หมายเลข 1 คือ Switch/Hub หมายเลข 2 คือ สถานีฐาน และ หมายเลข 3 คือ สถานีไร้สาย โดยเครื่องที่ใช้ในการทดลองคือมีความเร็วของซีพียู PIII 800 เมกกะเฮิร์ตซ ขนาดของหน่วยความจำ 256 เมกกะไบท์



รูปที่ 4.1 ลักษณะรูปแบบการจำลองเครือข่าย



รูปที่ 4.2 ลักษณะรูปแบบการจำลองเครือข่ายจากNS2

4.2 ผลการทดลอง

ในหัวข้อนี้ได้ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองจากการจำลองจาก NS2 โดยใช้ NAM จำลองเป็นรูปแบบเครือข่ายเชื่อมต่อเครือข่ายแบบสายผ่านสถานีฐานและเครือข่ายไร้สาย ที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 4.1 และได้ทำการเปรียบเทียบผลระหว่างโพรโตคอลทีซีพี คือ Reno, New Reno, Sack, Vegas, สนูฟ และ สนูฟที่ได้ทำการปรับปรุงแล้วกับโหมดต่าง ๆ ดังโทโปโลยีแสดงดังรูปที่ 4.2 จากรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.5 ได้แสดงกราฟเปรียบเทียบขนาดหน้าต่างความคับคั่งของทีซีพีทุกโพรโตคอลค่าของหน้าต่างความคับคั่งของทีซีพีนี้จะบอกได้ว่าในแต่ละโพรโตคอลนั้นมีขนาดของการส่งข้อมูลในแต่ละรอบการส่งเท่าใด ซึ่งรูปกราฟที่ได้ของ Reno, New Reno, Sack, Vegas นั้นจากปัญหาที่เกิดจากทำงานของทีซีพีในสภาพแวดล้อมของเครือข่ายไร้สาย ประสิทธิภาพการทำงานของโพรโตคอลจะลดลงจากปัญหาการสูญหายของแพ็กเก็ตจึงส่งผลให้เกิดการลดขนาดของหน้าต่างควบคุมความคับคั่งของทีซีพี ทันทีที่ฝ่ายส่งทราบว่าเกิดการสูญหายของข้อมูลขึ้น ทีซีพีจะทำการลดขนาดของหน้าต่างลงต่ำและค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกว่าจะเกิดการสูญหายของข้อมูลขึ้นอีกครั้ง จึงทำให้รูปกราฟ มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของหน้าต่างถี่มากและทำให้ขนาดหน้าต่างควบคุมความคับคั่งของทีซีพีนั้นต่ำกว่าสนูฟ

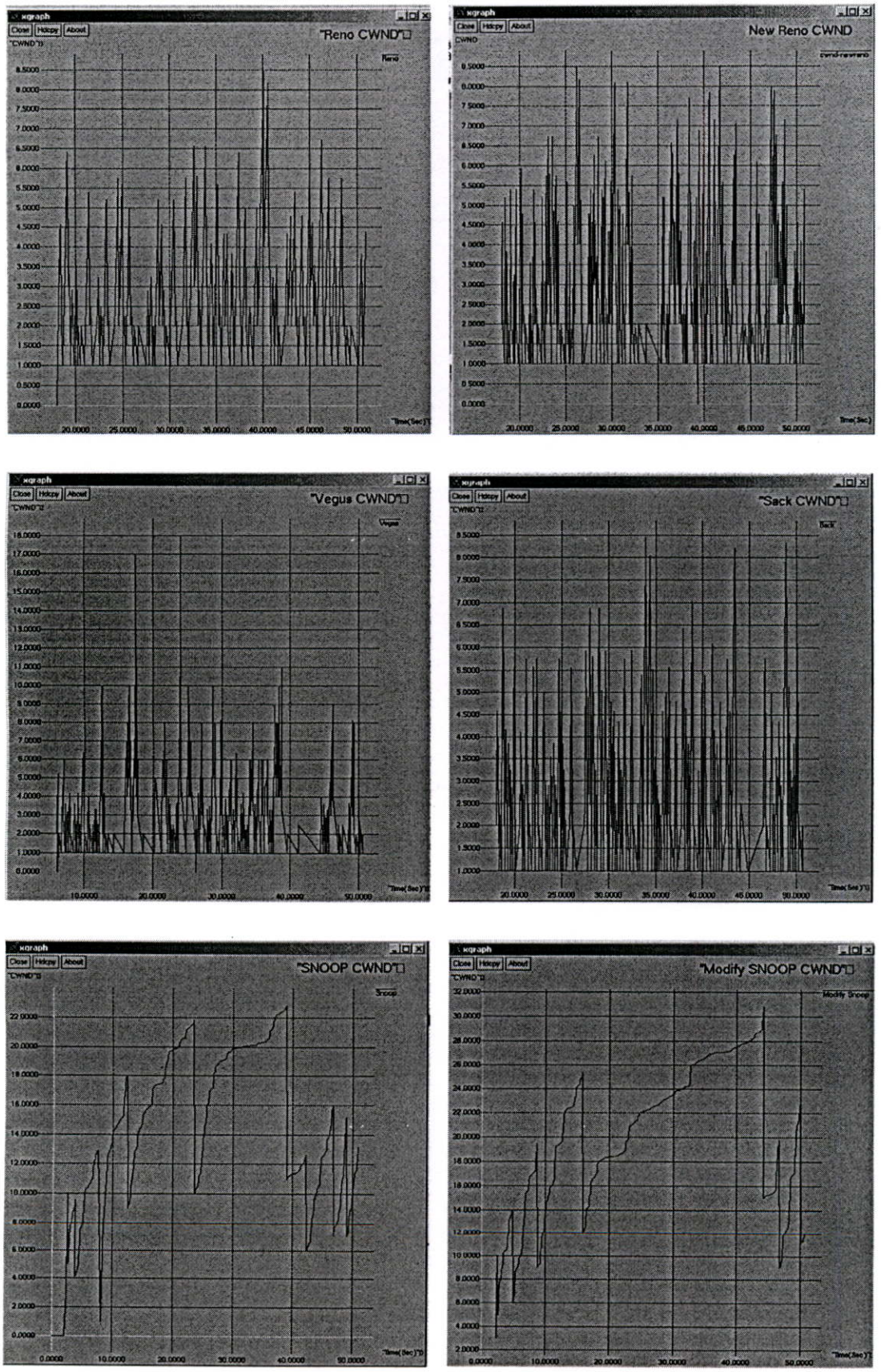
จากรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.6 เป็นกราฟเปรียบเทียบอัตราสัมฤทธิผลการส่งข้อมูลทุกโพรโตคอลค่าที่ได้ก็จะสอดคล้องกับค่าขนาดหน้าต่างความคับคั่งของทีซีพีกล่าวคือถ้าขนาดหน้าต่างความคับคั่งของทีซีพีเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราสัมฤทธิผลมีค่าที่เพิ่มขึ้นด้วยโดยสองค่านี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยจนกว่าจะเกิดการผิดพลาดของข้อมูลจึงจะเกิดการลดลง ซึ่งเป็นผลที่เกิดมาจากกลไก

การทำงานของโพรโตคอลที่จะลดความคับคั่งของเครือข่ายลง แต่ความผิดพลาดนี้ไม่ได้เกิดจากความคับคั่งแต่เกิดจากการหายของข้อมูลดังนั้นทีซีพีโพรโตคอลจึงไม่ได้ช่วยให้การสื่อสารข้อมูลในสภาวะแวดล้อมแบบไร้สายได้ดีนัก

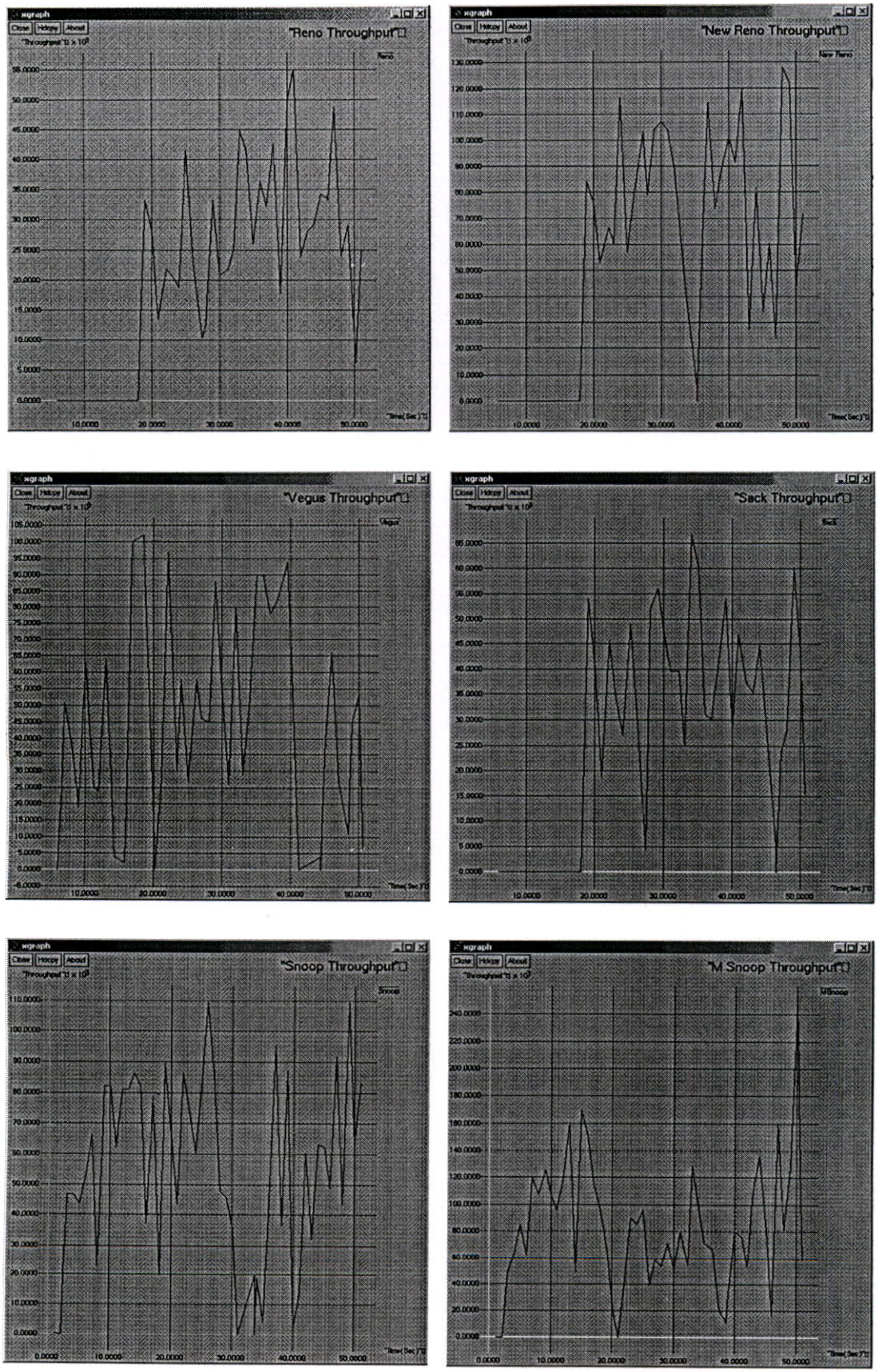
จากรูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบอัตราส่งข้อมูลรวมทุกโพรโตคอล ผลที่ได้จะสรุปได้ชัดเจนว่าการทำงานของโพรโตคอลที่เราปรับปรุงขึ้นนั้นดีกว่าโพรโตคอลเดิมที่เคยมีมาแล้ว จะเห็นได้ว่าขนาดหน้าต่างควบคุมความคับคั่งของทีซีพีของวิธีการที่ได้ปรับปรุงนั้นมีขนาดเพิ่มขึ้นและจะไม่ลดลงถึงแม้ว่าวิธีสนูฟแบบเดิมนั้นลดลงไป ดังนั้นวิธีการนี้จึงสามารถชะลอการลดลงของหน้าต่างได้ ส่งผลให้อัตราสัมฤทธิผลการส่งข้อมูลนั้นเพิ่มขึ้นด้วย กล่าวคือที่ได้ปรับปรุงขึ้นนั้นจะสร้างสัญญาณควบคุมการทำงานของการส่งสัญญาณตอบรับแพ็กเก็ตและการชะลอการส่งสัญญาณการตอบรับซ้ำ ซึ่งทั้งสองแนวคิดนี้มีวิธีการดังนี้คือ สนูฟเอเจนต์จะเป็นตัวแทนสร้างสัญญาณควบคุมการทำงานของการส่งสัญญาณตอบรับแพ็กเก็ตขึ้น เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่มีแพ็กเก็ตข้อมูลส่งเข้ามาจากผู้ส่งโดยสนูฟเอเจนต์จะส่งสัญญาณตอบรับไปให้ผู้ส่งทั้งหมดก่อน แทนที่จะรอสัญญาณตอบรับจากฝั่งผู้รับและสนูฟเอเจนต์ก็จะเป็นทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลต่อไปให้กับผู้รับ วิธีการนี้จะช่วยเร่งให้การขยายของขนาดของหน้าต่างความคับคั่งเพิ่มขึ้น และอีกวิธีหนึ่งคือหน่วงเวลาการส่งตอบรับซ้ำที่จะส่งไปบอกยังผู้ส่งก่อน เพื่อให้แน่ใจว่าแพ็กเก็ตนั้นไม่ได้สูญหายไปจริงอันเนื่องมาจากการสลับกันของการเดินทางมาของแพ็กเก็จคนละเส้นทางกัน ดังนั้นแนวคิดนี้จึงช่วยให้ผู้ส่งไม่ต้องลดหน้าต่างลง

ตารางที่ 4-1 เป็นการคิดค่าเฉลี่ยของหน้าต่างควบคุมความคับคั่งและอัตราสัมฤทธิผลการส่งข้อมูล และเพื่อให้เห็นผลทดลองอย่างชัดเจน จึงได้แยกกราฟของหน้าต่างควบคุมความคับคั่งและอัตราสัมฤทธิผลการส่งข้อมูลออกเป็นของแต่ละโพรโตคอลคือ Reno NewReno Vegus Sack Fack สนูฟ และรวมถึงโพรโตคอลสนูฟที่ได้ปรับปรุงขึ้นด้วย จะสังเกตได้ว่าขนาดของหน้าต่างควบคุมความคับคั่งที่ได้ปรับปรุงนั้น ได้เพิ่มขึ้นมากกว่าและได้ชะลอการลดขนาดหน้าต่างควบคุมความคับคั่งลงโพรโตคอลสนูฟเดิมซึ่งส่งผลให้อัตราสัมฤทธิผลการส่งข้อมูลดีกว่า

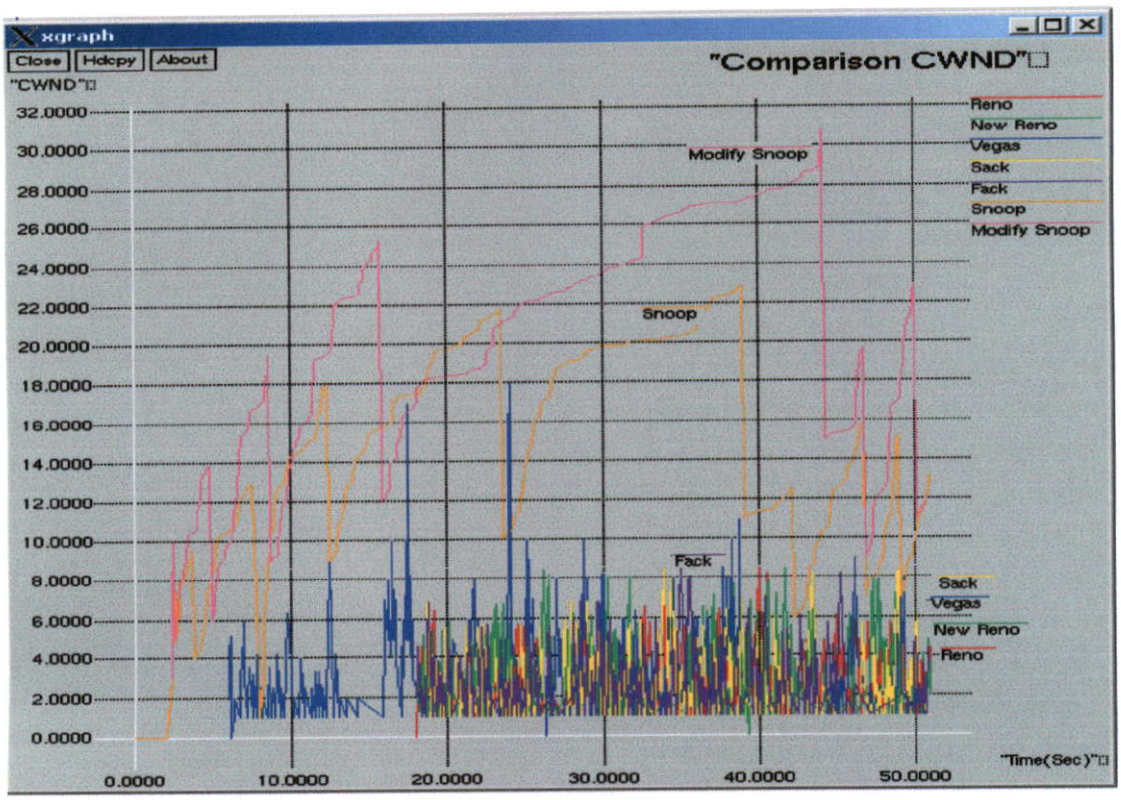
สรุปแล้วผลรวมของอัตราการส่งสำเร็จตั้งแต่เวลาทำงานของการจำลองเหตุการณ์ที่สถานีฐานสามารถส่งได้ตั้งแต่เวลาที่ 0 ถึง 50 วินาที ค่าที่ได้ของหน้าต่างควบคุมความคับคั่งและอัตราการส่งข้อมูลเฉลี่ย โดยวัดประสิทธิภาพการทำงานได้จากอัตราการส่งข้อมูลเฉลี่ยจะเห็นได้ว่าโพรโตคอลพื้นฐาน TCP Reno, NewReno, Vegus, Sack, โพรโตคอลสนูฟเดิม ได้ค่าการส่งข้อมูลเฉลี่ยที่ 18,680 48,410 37,666 23,797 54,570.2 ไบต์ ตามลำดับ และโพรโตคอลสนูฟที่เราได้ปรับปรุงขึ้นมานั้นได้ค่าการส่งข้อมูลเฉลี่ยที่ 81,018.8 ไบต์ จึงสรุปได้ว่าในช่วงเวลาที่เท่า ๆ กัน โพรโตคอลสนูฟที่เราได้ปรับปรุงขึ้นมานั้นสามารถโอนแฟ้มถ่ายข้อมูลได้มากกว่า Reno 4.337 เท่า NewReno 1.6 เท่า Vegus 2.15 เท่า Sack 3.4 เท่า และมากกว่าโพรโตคอลสนูฟเดิมถึง 1.5 เท่า



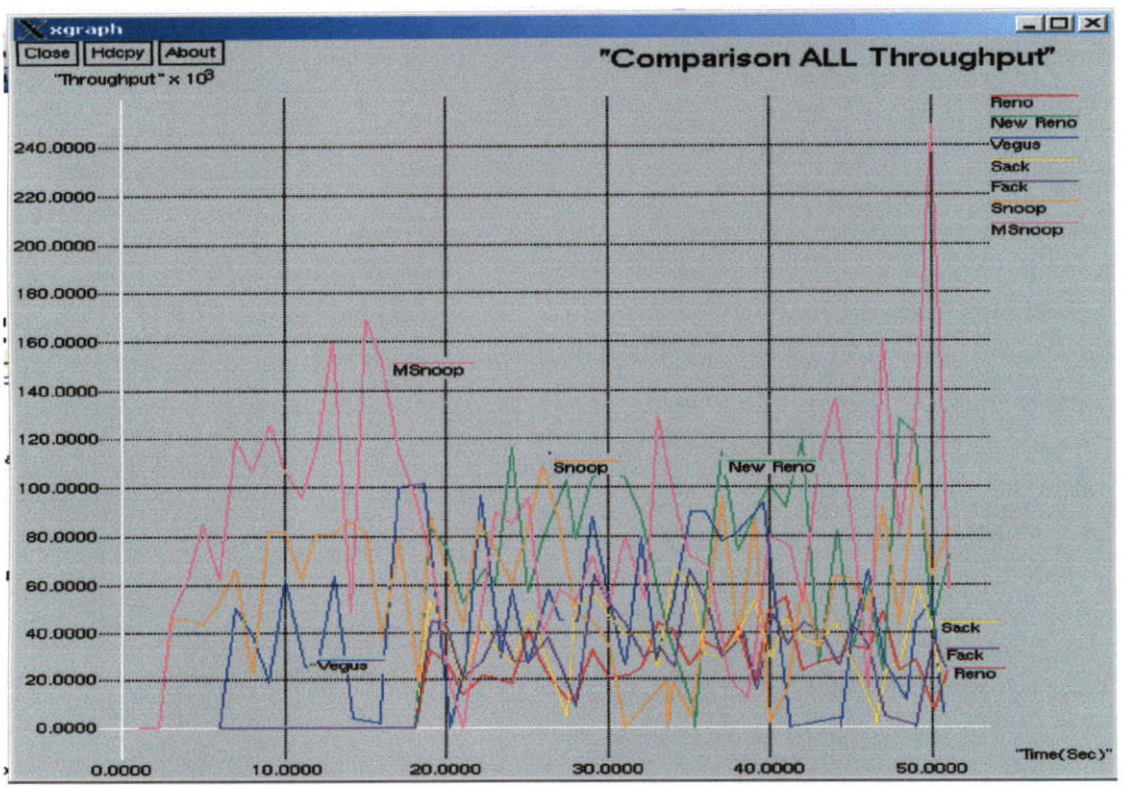
รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบขนาดหน้าต่างความคับคั่งของทีซีพี



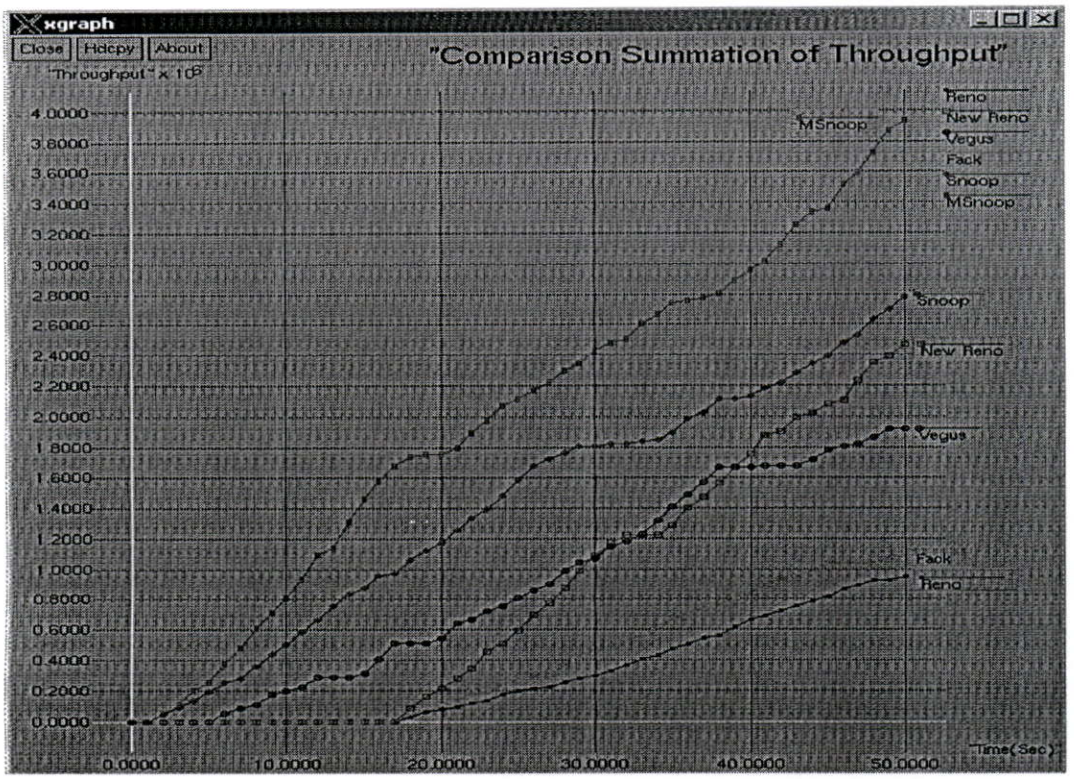
รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบอัตราสัมฤทธิผลการส่งข้อมูลทุกโพรโตคอล



รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบขนาดหน้าต่างความคับคั่งทุกโพรโตคอล



รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบอัตราสัมฤทธิผลการส่งข้อมูลทุกโพรโตคอล



รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบอัตราการส่งข้อมูลรวมทุกโพรโตคอล

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบขนาดของหน้าต่างและอัตราสัมฤทธิผลการส่งข้อมูล

โพรโตคอล	ขนาดหน้าต่างความคับคั่งเฉลี่ย (Segment)	อัตราสัมฤทธิผลการส่งข้อมูลเฉลี่ย (Byte)
Reno	3.79	18680
Sack	3.87	23797
New Reno	4.01	48410
Vegas	3.82	37666
Snoop	13.58	54570.2
Modify Snoop	18.2	81018.8

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและงานที่สามารถวิจัยต่อไป

• สรุปผลการวิจัย

บทความนี้ได้เสนอการปรับปรุงโปรโตคอลสนูฟที่เป็นโปรแกรมสำหรับควบคุมการสื่อ-สารของสถานีฐานซึ่งทำงานเป็นตัวแทนในการรับส่งข้อมูลระหว่างสถานีส่งและรับ โดยงานวิจัยได้เสนอให้ปรับปรุงการทำงานพื้นฐานของโพรโตคอลสนูฟที่มีอยู่เดิม คือสร้างสัญญาณการตอบรับและชะลอการตอบรับจากสถานีฐานไปยังฝ่ายส่งเมื่อเกิดสูญหายของข้อมูล แนวทางนี้ได้แก้ปัญ-หาของโพรโตคอลสนูฟโดยการสร้างสัญญาณตอบรับแพ็กเกตและการชะลอการส่งสัญญาณการตอบรับซ้ำ ซึ่งทั้งสองแนวคิดนี้จะช่วยเร่งให้การขยายของขนาดของหน้าต่างความคับคั่งเพิ่มขึ้นและช่วยให้ผู้ส่งชะลอการลดขนาดของหน้าต่างโดยไม่จำเป็นลงได้ จากการทดลองได้เปรียบเทียบขนาดหน้าต่างความคับคั่งของทีซีพีทุกโพรโตคอลและอัตราสัมฤทธิผลการส่งข้อมูลของทุกโพร-โตคอล ค่าของอัตราสัมฤทธิผลที่ได้ก็สอดคล้องกับค่าขนาดหน้าต่างความคับคั่งของทีซีพีกล่าวคือถ้าขนาดหน้าต่างความคับคั่งของทีซีพีเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราสัมฤทธิผลมีค่าที่เพิ่มขึ้นด้วยโดยสองค่านี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยจนกว่าจะเกิดการผิดพลาดของข้อมูลจึงจะเกิดการลดลง ซึ่งเป็นผลที่เกิดมาจากกลไกการทำงานของโพรโตคอลที่จะลดความคับคั่งของเครือข่ายลง ค่าที่ได้ของหน้าต่างควบคุมความคับคั่งและอัตราการส่งข้อมูลเฉลี่ยโดยวัดประสิทธิภาพการทำงานได้จากอัตราการส่งข้อมูลเฉลี่ยจะเห็นได้ว่าโพรโตคอลพื้นฐาน TCP Reno NewReno Vegus Sack โพรโตคอลสนูฟเดิม ได้ค่าการส่งข้อมูลเฉลี่ยที่ 18,680 48,410 37,666 23,797 54,570.2 ไบต์ ตามลำดับ และโพรโตคอลสนูฟที่เราได้ปรับปรุงขึ้นมานั้นได้ค่าการส่งข้อมูลเฉลี่ยที่ 81,018.8 ไบต์ จึงสรุปได้ว่าในช่วงเวลาที่เท่า ๆ กันโพรโตคอลสนูฟที่เราได้ปรับปรุงขึ้นมานั้นสามารถโอนแฟ้มถ่ายข้อมูลได้มากกว่า Reno 4.337 เท่า NewReno 1.6 เท่า Vegus 2.15 เท่า Sack 3.4 เท่า และมากกว่าโพรโตคอลสนูฟเดิมถึง 1.5 เท่า

• แนวทางที่น่าจะทำการวิจัยต่อไป

การพิจารณาขนาดของบัฟเฟอร์ที่ใช้สำหรับการเก็บแพ็กเกตให้มีขนาดที่เหมาะสมเพื่อประหยัดทรัพยากรที่จะต้องใช้ในสถานีฐาน เนื่องจากโพรโตคอลสนูฟนั้นมีการเก็บแพ็กเกตไว้แล้วจึงค่อยส่งต่อไปยังผู้ส่งขนาดของการเก็บนั้นถ้าเกิดมีการสูญหายของข้อมูลมาก ๆ ก็จะทำให้โพรโตคอลสนูฟต้องเก็บต้องแพ็กเกตนั้นไว้ในหน่อยความจำซึ่งทำให้เป็นภาระ ดังนั้นในการใช้งานกับอุปกรณ์จริงจึงต้องพิจารณาในส่วนนี้ด้วย เพราะในวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้โปรแกรมจำลองการทดลองและได้สมมุติว่าขนาดของหน่วยความจำนั้นมีไม่จำกัด แต่ถ้านำไปใช้ในอุปกรณ์จริงนั้นควรนำส่วนนี้มาพิจารณาด้วยจึงจะทำให้การออกแบบอุปกรณ์ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

บรรณานุกรม

[1] W. R. Stevens, TCP/IP Illustrated, Volume 1. Reading, MA:Addison Wesley, Professional Computing Series, 1984.

[2] A. S. Tanenbaum, Computer Networks, Third Edition. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall Press, 1996.

[3] A. S. Tanenbaum. Computer Networks. Third Edition. Englewood Cliffs. NJ: Prentice-Hall Press. IEEE802.11. 1988.

[4] J. Border. Performance Enhancing Proxy (PEP). 1999.

[5] Hari Balakrishnan, Srinivasan Seshan, Elan Amir and Randy H. Katz. Improving TCP/IP Performance over Wireless Networks.In Proc. 1st ACM Int'l Conf. on Mobile Computing and Networking (Mobicom), 1995.

[6] E Amir, H Balakrishnan, S Seshan and R. H. Katz, "Efficient TCP over networks with wireless links," in Proc. of HofOs-V Wwhhop, OrcusIsland, WA, May 1995, pp. 35-40

[7] J. Postel, "Transmission Control Protocol," IETF RFC 793, Sept. 1981

[8] V. Javobson, "Congestion Avoidance and Control," ACM SIGCOMM '88, pp. 273-288, 1988

[9] W. Stevens, "TCP Slow Start, Congestion Avoidance, Fast Retransmit, and Fast Recovery Algorithms," RFC 2001, January 1997

[10] M. Allen, V. Paxon, W. Stevens, "TCP Congestion Control," RFC 2581, April1999

[11] H. Balakrishnan, S. Seshan, R. Katz, "Improving reliable transport and handoff performance in cellular wireless networks," ACM wireless networks 1, Page(s): 469-481, December 1995.

[12] H. Balakrishnan, V.N. Padmanabhan, S. Seshan, and R.H. Katz. "A comparison of mechanisms for improving TCP performance over wireless links," Networking,IEEE/ACM Transactions on, Volume: 5 Issue: 6, Dec. 1997, Page(s): 756 -769

[13] H. Balakrishnan, S. Seshan, and R. H. Katz, "Improving reliable transport and handoff performance in cellular wireless networks," ACM Wireless Networks, vol. 1, no. 4, Dec. 1995, pp469-481

[14] Prasun Sinha, Narayanan Venkitaraman, Raghupathy Sivakumar and Vaduvur Bharghavan "WTCP: A Reliable Transport Protocol for Wireless Wide-Area Networks" ACM Mobicom '99, pp231-241

[15] UCB/LBNL/VINT, Network Simulator (ns-2), 2006: available on-line at http://www.isi.edu/nsnam/ns

[16] K. Brown and S. Singh, ``M-TCP: TCP for Mobile Cellular Networks '', ACM Computer Communication Review, 1997

[17] A. Bakre and B. R. Badrinath, ``I-TCP: Indirect TCP for mobile hosts", In Proc. of the 15th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems, pages 136-143, Vancouver, BC, May 1995.

[18] T. Go , J. Moronski, D. S. Phatak and V. Gupta, ``Freeze-TCP: A true end-to-end enhancement mechanism for mobile environments," In Proceedings of IEEE INFOCOM 2000, Israel.

[19] K. Ratnam and I. Matta, ``W-TCP: An Efficient Transmission Control Protocol for Networks with Wireless Links", In Proceedings of Third IEEE Symposium on Computer and Communications (IEEE ISCC), 1998.

[20] P. Sinha, N. Venkitaraman, R. Sivakumar and V. Bhargavan, ``WTCP: A Reliable Transport Protocol for Wireless Wide-Area Networks", In Proceedings of ACM MOBICOM 1999.

[21] C. Casetti, M. Gerla, S. Mascolo, M. Y. Sanadidi, and R. Wang, ``TCP Westwood: Bandwidth Estimation for Enhanced Transport over Wireless Links", In Proceedings of ACM Mobicom 2001

[22] IEEE 802.11 Workgroup:http://grouper.ieee.org/groups/802/11/index.html

[23] H. Balakrishnan and R. Katz. Explicit loss notification and wireless web performance. In IEEE Globecom, November 1998.

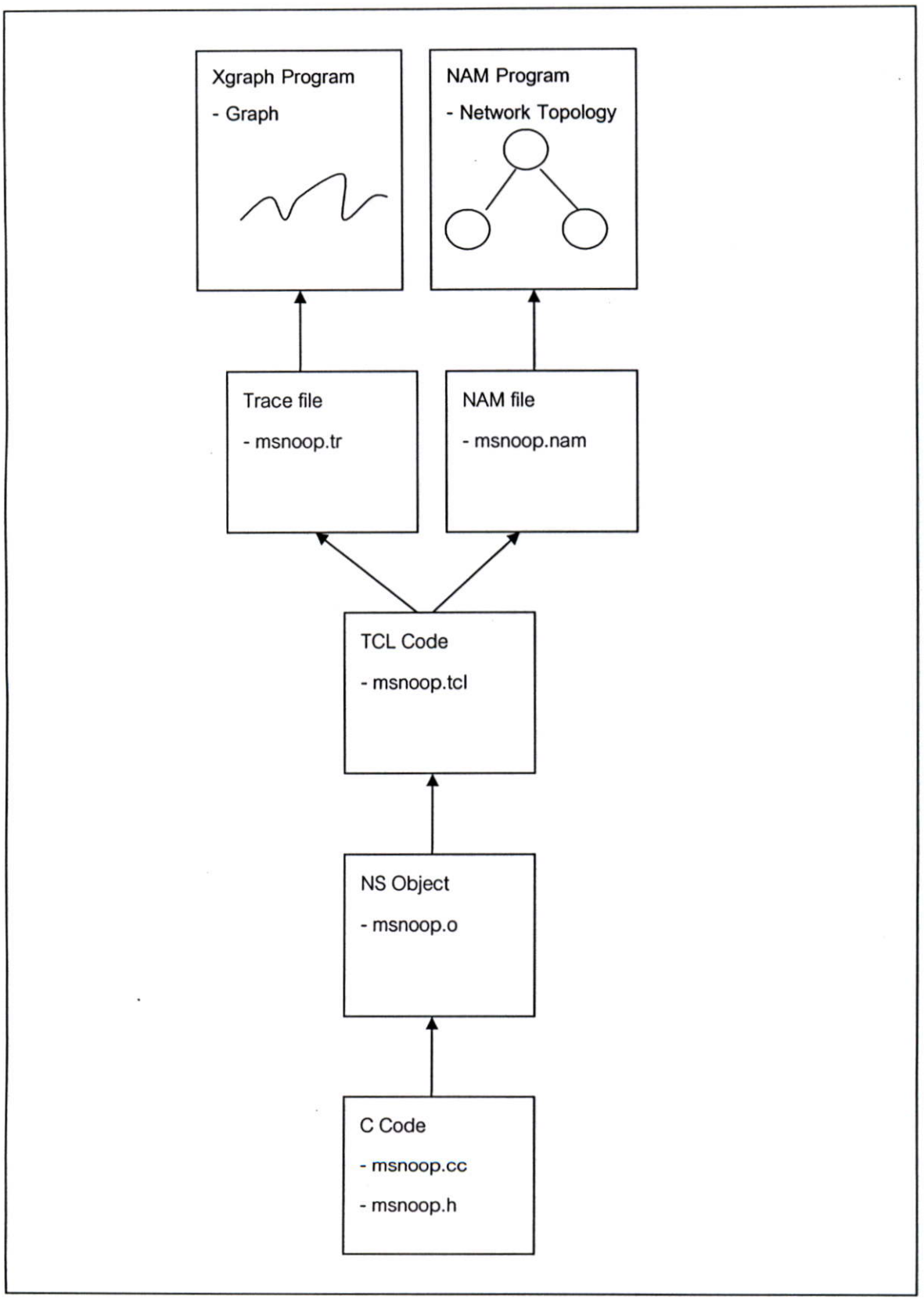
[24] M. Mathis, J. Mahdavi, S. Floyd, and A. Romanow. TCP selective acknowledgment options. Internet Request For Comments, October 1996. RFC 2018.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

โปรแกรมที่ใช้ในการจำลองการทำงานของสนูฟโปรโตคอล

ขั้นตอนการออกแบบและเขียนโปรแกรม



ภาคผนวก ข.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

1. Y. Manutsayanon and M. Lertwatechakul **"Improving TCP Protocol Performance over Wireless Networks with the Modified Snoop Protocol"** Khonkean University engineering journal, September – October 2006.

การเพิ่มประสิทธิภาพทีซีพีโพรโตคอลบนระบบเครือข่ายไร้สายด้วยการใช้สนูฟแบบปรับปรุงเพื่อชะลอการลดขนาดของหน้าต่างควบคุมความคับคั่งของทีซีพี

ยุทธพงษ์ มานุษยานนท์[1] มยุรี เลิศเวชกุล[2]

[1] นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

m_yutthapong@hotmail.com klmayure@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้เสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพโพรโตคอลทีซีพีบนระบบเครือข่ายแบบไร้สาย โดยปรับปรุงโพรโตคอลสนูป (SNOOP protocol) ที่เป็นโพรโตคอลที่เพิ่มเข้าไปในสถานีฐานเพื่อที่จะคอยเก็บข้อมูลไว้และส่งต่อไปยังสถานีไร้สายเพื่อเป็นการเพิ่มความเร็วในการส่งซ้ำเมื่อเกิดการสูญหายของข้อมูล วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์นี้คือปรับปรุงโพรโตคอลสนูปที่มีอยู่ โดยมีแนวคิดที่จะตรวจสอบการเวลาการหมดอายุของแพ็กเกจเพื่อชะลอการลดขนาดของหน้าต่างควบคุมความคับคั่งของโพรโตคอลทีซีพี และให้โพรโตคอลสนูปมีการการตอบกลับสัญญาณยืนยันการได้รับข้อมูลแทนผู้รับไปยังผู้ส่งเพื่อเร่งการเพิ่มขนาดของหน้าต่างควบคุมความคับคั่ง แนวคิดนี้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการสื่อสารด้วยโพรโตคอลทีซีพี ในการทดลองนั้นได้ทำการจำลองโพรโตคอลสนูป โดยเปรียบเทียบอัตราการสัมฤทธิผลของการส่งข้อมูลเทียบกันระหว่างโพรโตคอลสนูปที่ได้ปรับปรุงกับโพรโตคอลสนูปที่ยังไม่ได้ปรับปรุงและได้ทำการเปรียบเทียบกับทีซีพีแบบดั้งเดิม พบว่าโพรโตคอลสนูปแบบที่ได้ปรับปรุงขึ้นมานั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโพรโตคอลทีซีพีบนระบบเครือข่ายไร้สายได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : เครือข่ายไร้สาย การปรับปรุงการทำงาน, ทีซีพีโปรโตคอล, สนูปโปรโตคอล

Improving TCP Protocol Performance over Wireless Networks with the Modified Snoop Protocol.

Yutthapong Manutsayanon[1] Mayuree Lertwatechakul[2]

[1] Student, Department of Information Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

[2] Assistant Professor, Department of Information Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

m_yutthapong@hotmail.com klmayure@kmitl.ac.th

ABSTRACT

This paper proposes a modified SNOOP protocol to improve TCP performance for mobile network. The SNOOP protocol utilizes a caching technique implemented in base station to do fast local retransmission in wireless LAN instead of end-to-end TCP retransmission. The paper objective is to modify the existing SNOOP protocol to decrease unnecessary timeout that reduces the congestion window size. The new SNOOP protocol was added with the capability to acknowledge the received TCP segment in manner of the destination host. The idea is to slow down the congestion window size reduction method that decreases the transmission rate of TCP session. As to evaluate the performance of the proposed idea, we implement the protocol into a simulation model and compare the simulation results with the based model. The simulation results show that the proposed protocol gain more performance for TCP mobile node compared to the unmodified SNOOP protocol significantly.

Keywords: Wireless Networks, Improving Performance, TCP protocol, SNOOP protocol

1. INTRODUCTION

Transport Control Protocol (TCP) (W. R. Stevens. 1984, A. S. Tanenbaum. 1996, J. Postel. 1981, V. Javobson. 1988, W. Stevens. 1997, M. Allen. V. Paxon. W. Stevens. 1999) is a reliable protocol designed to perform well in networks with low bit-error rates, such as wired networks. TCP assumes that all errors are due to network congestion, rather than to loss. When congestion is encountered, TCP adjusts its window size and retransmits the lost packets. In wireless networks, however, packet loss is mainly caused by high bit-error rates over air-links. Thus, TCP window adjustment and retransmission mechanisms result in poor end-to-end performance.

The academic literature contains of solutions for elevating performance over wireless links. Berkeley's SNOOP (J. Border. Performance Enhancing Proxy (PEP). 1999) , (Hari Balakrishnan, Srinivasan Seshan, Elan Amir and Randy H. Katz. 1995) , (H. Balakrishnan. S. Seshan. R. Katz. 1995) , (H. Balakrishnan. V.N. Padmanabhan. S. Seshan. and R.H. Katz. Dec. 1997) , (H. Balakrishnan. S. Seshan. and R. H. Katz. 1995) , M-TCP (K. Brown and S. Singh. 1997), I-TCP (A. Bakre and B. R. Badrinath. 1995) , Freeze-TCP (T. Go . J. Moronski. D. S. Phatak and V. Gupta. 2000), W-TCP (K. Ratnam and I. Matta. 1998) , WTCP (P. Sinha. N. Venkitaraman. R. Sivakumar and V. Bhargavan. 1999) and TCP Westwood (C. Casetti. M. Gerla. S. Mascolo. M. Y. Sanadidi. and R. Wang. 2001) are some of the more important ones. Careful examination of existing schemes suggests four broadly different approaches: link-layer based schemes (both TCP aware and unaware) (e.g. SNOOP), split connection based approaches (e.g. I-TCP, W-TCP), early warning based approaches (e.g. Freeze-TCP) and finally those necessitating end system changes (e.g. WTCP, Freeze-TCP, TCP Westwood).

One of these approaches is the SNOOP protocol. Its main feature is to cache packets at the base station and to perform local retransmissions across the wireless links. The SNOOP protocol based on local retransmission scheme can improve end-to-end performance on networks with wireless links without changing existing TCP implementations at the end hosts and without recompiling or relinking existing applications. The SNOOP protocol introduces a module, called the SNOOP agent, at the Base Station (BS). The agent monitors every packet that passes through the TCP connection in both directions and maintains a cache of TCP segments sent across the link that have not yet been acknowledged by the receiver. A packet loss is detected by the arrival of a small number of duplicate acknowledgments (ACKs) from the receiver or by a local timeout. The SNOOP agent retransmits the lost packet if it has the packet in the SNOOP buffer with suppressing the duplicate ACKs (DUPACKs) to be sent to the sender (E Amir. H Balakrishnan. S Seshan and R. H. Katz. 1995). However, the SNOOP protocol has a problem; if there were no arrivals of DUPACKs, the SNOOP agent does not notice the packet loss until the local retransmission timer is expired. This scheme requires so much time to retransmit the lost packets that TCP throughput performance is degraded as a result.

The SNOOP module has two linked procedures, SNOOP_data() and SNOOP_ACK(). SNOOP_data() processes and caches packets these intending for the MH (Mobile host) while SNOOP_ACK() processes acknowledgments coming from the MH and drives local retransmissions from the base station to the MH.

2. Modified SNOOP.

The serious problem of TCP performance is due to the reduction of the CWND (congestion window) make the TCP sender get into unnecessary slow start. And the redundant retransmissions also make base station sent and TCP source can consume the original low bandwidth on the wireless link.

We propose a new SNOOP scheme by adding some mechanisms, to make the SNOOP protocol work more efficiently, the idea is to avoid CWND reduction and the mechanism is described as follow:

- The modified SNOOP will acknowledge all received packets in manner of MH. This accelerates sender's CWND size expansion.

- As to avoid the sender's CWND shrink size caused by DUPACK from MH, the modified SNOOP buffers DUPACK that would cause congestion control process. The advantage of this mechanisms is elimination the unnecessary congestion control process because if the packet intended by the DUPACK would come in time. The DUPACK will be discarded or else the DUPACK will be forwarded to FH (fix host) as the normal process.

To solve this problem and make the SNOOP protocol more robust, we generate a control ACK packet to reply all ACK when receives packet from sender and wait DUPACK notify sender on random loss occurred every time. The base station detects the packet from sender then reply ACK all which it will cache packet that in buffer and sent subsequently submit go to still the receiver. This accelerates sender's CWND size expansion and discarded the DUPACK as to avoid the sender's CWND shrink size. The mechanisms are shown in a picture 1, 2, 3 and 4.

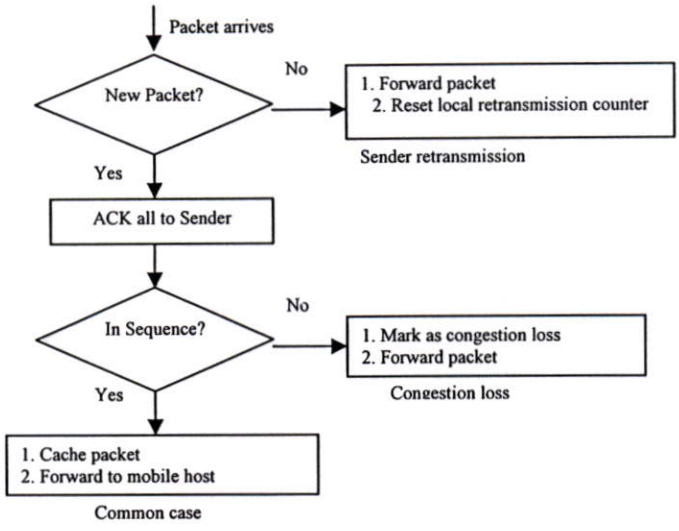


Figure 1 Flowchart for SNOOP_data().

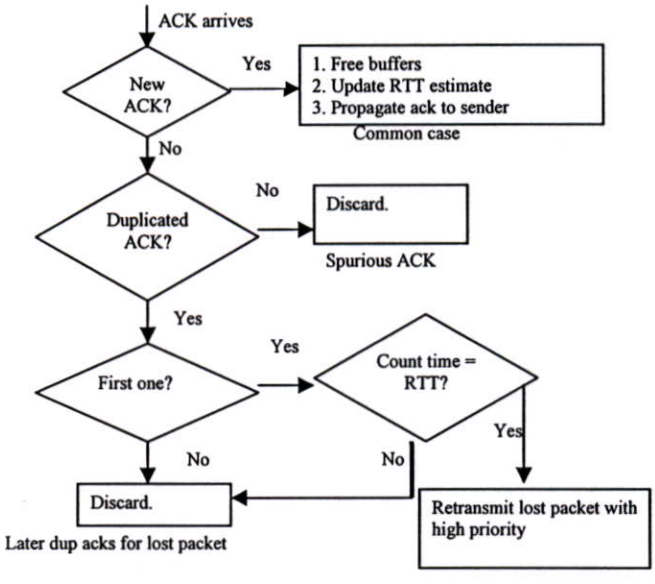


Figure 2 Flowchart for SNOOP_ACK().

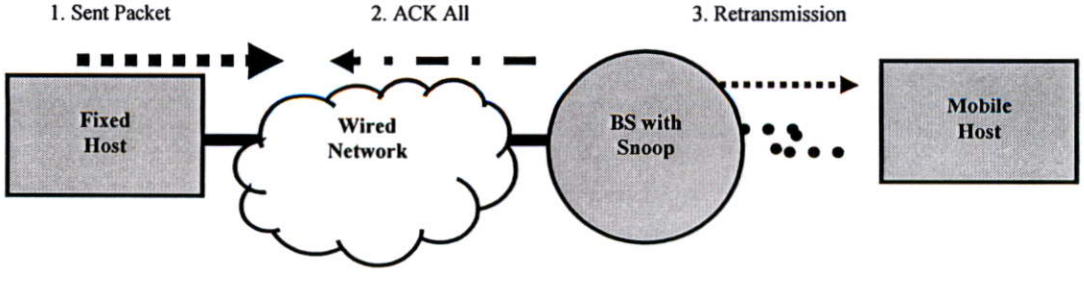


Figure 3 ACK all to sender.

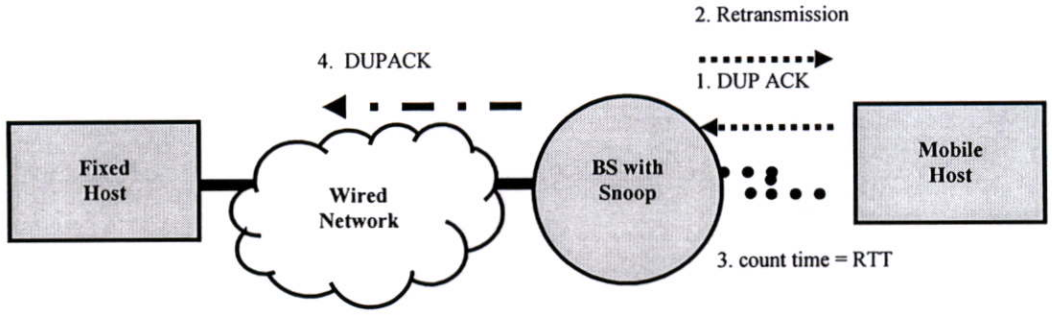


Figure 4 wait until RTT.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Our network topology shows in Figure 5. We have implemented modified SNOOP in the NS2 (UCB/LBNL/VINT. 2006) and compared its performance to TCP Reno and the original SNOOP over the network shown in below. The network consists of a wired network segment with some cloud of internet and connected to a base station with an interface to a wireless LAN. Losses are randomly applied to the wireless link with loss rate 10%, and traffic congestions are caused by the simulating infinite source agent FTP Application data transferred on the wire link, packet size 1000 byte. The bandwidth between the fixed host (the TCP source) and the base station is set to 10 Mbps and between the base station and the mobile station (the TCP receiver) is 1 Mbps. we observe variation of the congestion window size to get characteristics of the three scenarios. Also compare the throughputs and the gain of our method.

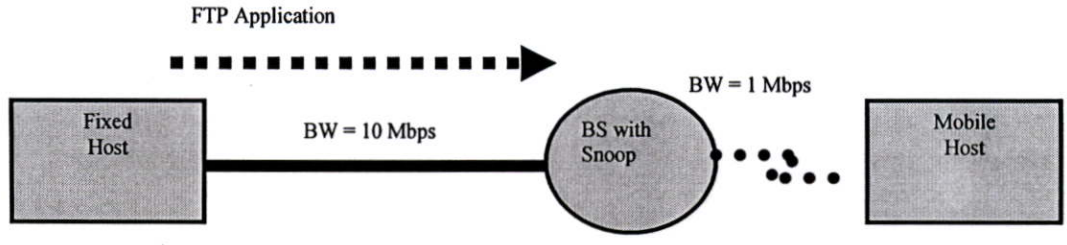


Figure .5 The topology for simulation.

Since our effort is to solve the problem of SNOOP, we will focus on comparing of congestion window size and throughput, in figures 6 and Figure 7 shows the comparison three scenarios of TCP-Reno SNOOP and Modified SNOOP. In table 1 show the average congestion window and throughput.

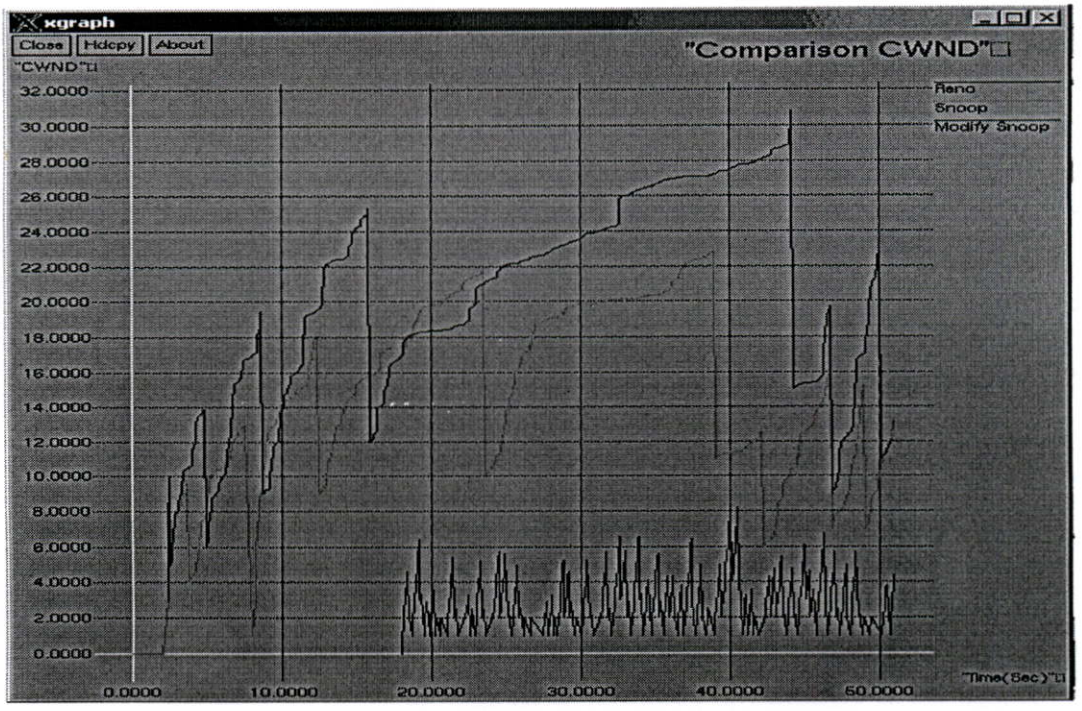


Figure 6. Comparison three scenarios of the CWND.

Figure 7. Comparison three scenarios of throughput.

Table 1 *Comparison CWND and throughput.*

	CWND (segment)	Throughput (bps)
Reno	3.8	18680
SNOOP	13.58	54570.2
Modify SNOOP	18.2	81018.8

4. CONCLUSIONS

We modified the SNOOP protocol to ACK to sender and wait the DUPACK to sender method at the base station. The new SNOOP protocol capable of acknowledge the received TCP segment in manner of the destination host. The idea is to slow down the congestion window size reduction process that decreases the transmission rate of TCP session. To solve this problem and make the SNOOP protocol more robust on wireless networks. In our experiment can improve the average throughput about 34 % to SNOOP and 378 % to TCP Reno.

REFERENCES

A. Bakre and B. R. Badrinath. 1995. ``I-TCP: Indirect TCP for mobile hosts". **In Proc. of the 15th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems**. pages 136-143.

A. S. Tanenbaum. 1996. Computer Networks. Third Edition. Englewood Cliffs. NJ: **Prentice-Hall Press.**

IEEE802.11. 1988. Workgroup:http://grouper.ieee.org/groups/802/11/

C. Casetti. M. Gerla. S. Mascolo. M. Y. Sanadidi. and R. Wang. 2001. ``TCP Westwood: Bandwidth Estimation for Enhanced Transport over Wireless Links". **In Proceedings of ACM Mobicom.**

E Amir. H Balakrishnan. S Seshan and R. H. Katz. 1995. "Efficient TCP over networks with wireless links." **in Proc. of HofOs-V Wwhhop. OrcusIsland. WA**. pp. 35-40

H. Balakrishnan. S. Seshan. R. Katz. 1995. "Improving reliable transport and handoff performance in cellular wireless networks." **ACM wireless networks 1. Page(s): 469-481.**

H. Balakrishnan. V.N. Padmanabhan. S. Seshan. and R.H. Katz. Dec. 1997. "A comparison of mechanisms for improving TCP performance over wireless links." **Networking.IEEE/ACM Transactions on. Volume: 5 Issue: 6..** Page(s): 756 -769

H. Balakrishnan. S. Seshan. and R. H. Katz. 1995. "Improving reliable transport and handoff performance in cellular wireless networks." **ACM Wireless Networks. vol. 1.** no. 4.pp469-481

Hari Balakrishnan, Srinivasan Seshan, Elan Amir and Randy H. Katz. 1995. Improving TCP/IP Performance over Wireless Networks.In **Proc. 1st ACM Int'l Conf. on Mobile Computing and Networking (Mobicom).**

J. Border. Performance Enhancing Proxy (PEP). 1999. Request for Comments: http://www3.ietf.org/proceedings/99jul/I-D/draft-ietf-pilc-pep-00.txt

J. Postel. 1981. "Transmission Control Protocol." **IETF RFC 793.**

K. Brown and S. Singh. 1997. ``M-TCP: TCP for Mobile Cellular Networks ". **ACM Computer Communication Review.**

K. Ratnam and I. Matta. 1998. ``W-TCP: An Efficient Transmission Control Protocol for Networks with Wireless Links". **In Proceedings of Third IEEE Symposium on Computer and Communications (IEEE ISCC).**

M. Allen. V. Paxon. W. Stevens. 1999. "TCP Congestion Control." **IETF. RFC 2581**. : availableonline at http://www.ietf.org/rfc/rfc2581.txt

Prasun Sinha. Narayanan Venkitaraman. Raghupathy Sivakumar and Vaduvur Bharghavan 1999. "WTCP: A Reliable Transport Protocol for Wireless Wide-Area Networks" **ACM Mobicom '99**. pp231-241

P. Sinha. N. Venkitaraman. R. Sivakumar and V. Bhargavan. 1999. ``WTCP: A Reliable Transport Protocol for Wireless Wide-Area Networks". **In Proceedings of ACM MOBICOM.**

T. Go . J. Moronski. D. S. Phatak and V. Gupta. 2000. ``Freeze-TCP: A true end-to-end enhancement mechanism for mobile environments." **In Proceedings of IEEE INFOCOM.**

UCB/LBNL/VINT. 2006. Network Simulator (ns-2) **available on-line** at http://www.isi.edu/nsnam/ns/doc/ns_doc.pdf

V. Javobson. 1988 . "Congestion Avoidance and Control." **ACM SIGCOMM '88**. pp. 273-288.

W. Stevens. 1997. "TCP Slow Start. Congestion Avoidance. Fast Retransmit. and Fast Recovery Algorithms." **IETF. RFC 2001**.:available online at http://www.ietf.org/rfc/rfc2001.txt

W. R. Stevens. 1984. TCP/IP Illustrated. Volume 1. Reading. MA:Addison Wesley. **Professional Computing.**

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายยุทธพงษ์ มานุษยานนท์

วัน เดือน ปีเกิด 20 กรกฎาคม 2520

ที่อยู่ปัจจุบัน 22/233 หมู่บ้านเอเวอร์กรีน ถนน บางนา-ตราด แขวง บางนา เขต บางนา กรุงเทพฯ 10260

ประวัติการศึกษา

2544	จบการศึกษาในระดับปริญญาตรี หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
	และเข้ารับการศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงาน

2544-2546	ตำแหน่ง นักวิชาการคอมพิวเตอร์ ฝ่ายระบบเครือข่ายและสื่อสารข้อมูล สำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
2546-2547	ตำแหน่ง System Engineer บริษัทเนชั่นดิจิตอลมีเดีย
2547- ปัจจุบัน	ตำแหน่ง Senior System Engineer บริษัททีซีซีเทคโนโลยี จำกัด