พฤติกรรมประสิทธิภาพของเสียงบนเครือข่ายไร้สาย

PERFORMANCE BEHAVIOUR OF VOICES OVER WLAN

กฤษมุข เจียมจุฬาสุจิตต์

KRITTAMOOK JAIMJOCKSUJIT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-EN-M-010-112

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

พฤติกรรมประสิทธิภาพของเสียงบนเครือข่ายไร้สาย

Performance Behaviour of Voices over WLAN

กฤตมุข เจียมสุขสุจิตต์

KRITTAMOOK JAIMSOOKSUJIT

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ค.ม.
ก 975 พ
2552

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 105461
วัน,เดือน,ปี 24 พ.ย. 2562

b 12120094
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL 2009-EN-M-010-112

Performance Behaviour of Voices over WLAN

KRITTAMOOK JAIMSOOKSUJIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN TELECOMMUNICATIONS ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2009

KMITL 2009-EN-M-010-112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2009

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ พฤติกรรมประสิทธิภาพของเสียงบนเครือข่ายไร้สาย

Thesis Title Performance Behaviour of Voices over WLAN

นักศึกษา นายกฤตมุข เจียมสุขสุจิตต์

รหัสประจำตัว 49060930

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2009-EN-M-010-112

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ดร.มนตรี	คำเงิน	
ผศ.ดร.พิพัฒน์	พรหมมี	
รศ.ดร.สุรพันธ์	ยิ้มมั่น	
รศ.ดร.ฟูศักดิ์	ชีวสุวิทย์	
รศ.ดร.กอบชัย	เดชหาญ	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันจันทร์ที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2552 เวลา 11.00 – 13.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 1

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	พฤติกรรมประสิทธิภาพของเสียงบนเครือข่ายไร้สาย
นักศึกษา	นายกฤตมุข เจียมสุขสุจิตต์
รหัสนักศึกษา	49060930
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ

บทคัดย่อ

ในการศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีการส่งข้อมูลเสียงบนเครือข่ายไร้สาย (Voices over WLAN) นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจกลไกและพารามิเตอร์ในชั้น MAC Layer ซึ่งเป็นชั้นที่มีหน้าที่ควบคุมการส่งข้อมูลในระดับแพ็คเก็ตโดยตรง โดยในบทความนี้นำเสนอการทดสอบพารามิเตอร์ต่างๆในชั้น MAC layer เพื่อใช้อธิบายพฤติกรรมประสิทธิภาพของข้อมูลเสียงบนเครือข่าย WLAN โดยเปรียบเทียบผลพฤติกรรมการส่งข้อมูลเสียงในหลายตัวอย่างการใช้งาน ได้แก่ การใช้งานด้วยอุปกรณ์มาตรฐานเดิมคือ IEEE802.11b การใช้งานมาตรฐาน 802.11g Hybrid Mode และ Normal Mode การเพิ่มประสิทธิภาพด้วยวิธีการ IEEE 802.11e และ การเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการควบคุมข้อมูลดาต้าที่ส่งร่วม สำหรับวิธีการทดสอบจะใช้โปรแกรม Network simulation 2 เป็นเครื่องมือในการจำลองเครือข่าย เนื่องจากเป็นโปรแกรม Open Source ที่เหมาะสมสำหรับการใช้ทดสอบพฤติกรรมของการขนส่งในระดับแพ็คเก็ตและการทำงานของทราฟฟิคบนระบบเครือข่าย Wireless Lan ได้อย่างแม่นยำ โดยสำหรับเกณฑ์ในการวัดผลประสิทธิภาพของเสียงคือค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของเสียง ค่าเฉลี่ยของทรูพุตและค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Performance Behaviour of Voices over WLAN
Student	Mr. Krittamook Jaimsooksujit
Student ID.	49060930
Degree	Master of Engineering
Program	Telecommunications Engineering
Year	2009
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Kobchai Dejhan

ABSTRACT

To study and develop voice communication via wireless broadband network (Voice over Wireless Lan). It does necessary to learn Mechanism and perimeters in MAC Layer which had mainly assigned to control communication package layer. In this article had shown several perimeters test in MAC layer for describing performance behaviour of voice over WLAN network. The result had been compared behavior of voices by using different methods such as the IEEE 802.11b standard, 802.11g Hybrid Mode and Normal Mode, To enhance efficiency and increase voice quality by IEEE 802.11e standard and the frame data control method. The test would use Network simulation 2 program to assume network situation. According to open source program is suited for package transferring behaviour and conducting traffic via Wireless LAN network tests. There are rules to measure voice quality as followed average voice delay, average throughput and average voice packet loss.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดีด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจาก รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้ารู้สึกทราบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษาและบัณฑิตวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือ ในเรื่องต่างๆ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กฤตมุข เจียมสุขสุจิตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญรูป..... VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....1

1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....2

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....2

1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน.....3

1.6 ขอบเขตการวิจัย.....3

1.7 ขั้นตอนการศึกษา.....3

บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การสื่อสารโดยใช้เสียงผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต..... 5

2.1.1 ขั้นตอนการส่งข้อมูลเสียงบนเครือข่ายแบบ IP..... 6

2.1.2 โครงสร้างโปรโตคอล H.323 8

2.1.3 ลับดับชั้นโปรโตคอลการส่งข้อมูลเสียงบนเครือข่ายWLAN..... 9

2.1.4 คุณภาพการบริการ (QOS) ของเสียง.....10

2.2 เครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย.....11

2.2.1 ข้อดีข้อเสียของเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย.....11

2.2.2 ลักษณะโครงข่ายของเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย.....13

2.3 ชั้นฟิสิคัลในเครือข่ายไร้สาย.....15

2.3.1 เทคนิคการส่งข้อมูลในชั้นฟิสิคัล 15

2.3.2 โมเดลการแพร่กระจายในชั้นฟิสิคัล 17

2.3.3 ค่าขอบเขตที่ใช้ในการตัดสินสถานะการรับแพ็คเก็จข้อมูลในชั้นฟิสิคัล.....19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 ชั้น MAC ในเครือข่ายไร้สาย.....20
2.4.1 หลักการควบคุมการใช้สื่อแบบกระจาย.....21
2.4.2 หลักการควบคุมการใช้สื่อแบบรวมศูนย์.....24
2.5 มาตรฐาน 802.11.....25
2.5.1 มาตรฐาน 802.11 ในชั้นฟิสิคัล.....26
2.5.2 มาตรฐาน 802.11 ในชั้น MAC layer.....29
2.6 โปรแกรม Network Simulator 2.....30
2.6.1 การติดตั้งโปรแกรม Network Simulator 2.....30
2.6.2 หลักการทำงานของโปรแกรม Network Simulator 2.....31
2.6.3 ความสามารถของโปรแกรม NS 2.....32
2.6.4 รายละเอียดของ CBR Trace File.....33
2.6.5 การจัดการข้อมูลเกี่ยวกับ Trace files.....33
2.6.6 การจัดการไฟล์ข้อมูลด้วย Perl.....34

บทที่ 3 วิธีการทดสอบพฤติกรรมประสิทธิภาพของเสียงบนเครือข่าย WLAN ที่นำเสนอ.....35
3.1 ขั้นตอนในการทดสอบ.....36
3.2 การกำหนดลักษณะแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงและคุณสมบัติในชั้น Physical Layer.....37
3.2.1 การกำหนดคุณลักษณะของข้อมูลแพ็คเก็ตข้อมูลเสียง.....37
3.2.2 การกำหนดคุณสมบัติสื่อกลางในชั้น Physical Layer.....37
3.2.3 การกำหนดคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบและการคำนวณค่าขอบเขต Rx_Threshold.....38
3.3 การทดสอบพารามิเตอร์ในชั้น MAC Layer.....41
3.3.1 ช่วงเวลาการแย่งเข้าใช้สื่อ (Contention Window).....42
3.3.2 ช่วงเวลาก่อนการสุ่มเข้าใช้สื่อ (Attribution Interframe Space : AIFS).....43
3.3.3 ขนาดของ Payload size และ อัตราความเร็วในการส่งข้อมูล (Data rate).....44
3.3.4 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ใช้ในการจำลองในชั้น MAC Layer.....45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการจำลองระบบ.....47
4.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองเครือข่ายในการทดสอบ.....47
4.1.1 คุณสมบัติของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงและดาต้าที่ใช้ในการทดสอบ.....47
4.1.2 พารามิเตอร์ในชั้น PHYSICAL LAYERของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ 48
4.2 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบพารามิเตอร์ชั้น MAC LAYER.....49
4.2.1 ผลการทดสอบช่วงการแย่งเข้าใช้สื่อ).....49
4.2.2 ผลการทดสอบ Backoff Slottime.....52
4.2.3 ค่าช่วงเวลาก่อนเข้าสุ่ม (AIFS: Arbitration Inter-Frame Space).....54
4.2.4 ผลการทดสอบขนาด Payload size และ Data rate ของข้อมูลดาต้าที่ส่งร่วม.....57
4.2.5 ผลการทดสอบขนาด ขนาดของ Preamble length.....59

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....64

บรรณานุกรม.....65

ภาคผนวก.....66
ภาคผนวก ก. Script TCL/TK สำหรับ Compile บนโปรแกรม NS2.....68
ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....77

ประวัติผู้เขียน.....85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ข้อกำหนดโปรโตคอล H.323.....7

2.2 ชนิดของรหัสและขนาดของเฟรม.....7

2.3 ชนิดของค่า Path loss exponent ในสภาวะ Outdoor และ Indoor.....18

2.4 ค่า loss ที่เกิดจากการหันเหทิศทางเนื่องจากการกระทบผ่านวัตถุต่างๆ.....19

2.5 อัตราการส่งข้อมูลจำเพาะ ของ IEEE 802.11b.....27

2.6 Default ของกลไกแบบ EDCF ตามมาตรฐาน IEEE 802.11e.....30

3.1 ค่า Default ของ Orinoco 11b Card.....38

3.2 ค่า Physical Default ของโปรแกรม NS-2.....40

3.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองเครือข่ายในชั้น MAC Layer.....45

4.1 ลักษณะของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงและข้อมูลดาต้า.....47

4.2 พารามิเตอร์ในชั้น PHYSICAL LAYERของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ.....48

4.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบค่า CWmin.....49

4.4 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบค่า Backoff Slottime.....52

4.5 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบค่า AIFSN.....54

4.6 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบค่าผลกระทบจากขนาด Payload Size และ Data Rate 57

4.7 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบค่า Preamble Length 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ขั้นตอนการทำงานของเทคโนโลยี VoIP.....6

2.2 ตัวอย่างแพ็กเก็ตของ H.323(G.711).....8

2.3 โครงสร้างโปรโตคอลการส่งรับส่งข้อมูลเสียงที่จำลองในเครือข่าย.....14

2.4 ลักษณะเครือข่ายแบบ Ad-hoc.....14

2.5 ลักษณะเครือข่ายแบบ Infrastructure 14

2.6 ระยะขอบเขตกำลังงานของ CS_Threshold และ Rx_ Threshold ใน 802.11 b 19

2.7 ขนาดของช่องว่างระหว่างเฟรมต่างๆของมาตรฐาน 802.11.....21

2.8 ขั้นตอนการส่งข้อมูลในการควบคุมใช้สื่อแบบ DCF แบบ 2 way-handshake.....22

2.9 DCF Flowchart 22

2.10 ปัญหาการชนกันของข้อมูลเนื่องจากสถานีที่ซ่อนอยู่ (Hidden Terminal).....23

2.11 การเข้าใช้สื่อของโปรโตคอลหลีกเลี่ยงการชน (CSMA/CA) ที่ใช้ RTS/CTS 24

2.12 ลักษณะของเครือข่ายที่มีการควบคุมแบบรวมศูนย์.....25

2.13 ช่วงเวลาที่มีการควบคุมใช้สื่อแบบรวมศูนย์ร่วมกับการควบคุมใช้สื่อแบบกระจาย.....25

2.14 เปรียบเทียบชั้นเครือข่ายไร้สาย IEEE 802.11 กับชั้น OSI 26

2.15 การจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลในมาตรฐาน 29

2.16 วิธีการใช้งานโปรแกรม Network Simulation2.....31

2.17 รายละเอียดของ Trace file.....32

3.1 ลักษณะเครือข่าย Voice over WLAN จำลองที่ใช้ในการทดสอบ 35

3.2 ลำดับขั้นตอนการทดสอบเครือข่าย Voice over WLAN เสมือนด้วย NS-2.....36

3.3 ตัวอย่างแพ็กเก็ตของ H.323(G.711).....37

3.4 ลักษณะโมเดลในชั้น Physical ที่ใช้ในการจำลอง.....38

3.5 ขั้นตอนการคำนวณหา Rx_threshold ใน NS-2.....39

3.6 พารามิเตอร์ต่างๆในชั้น MAC Layer.....41

3.7 วิธีการทดสอบค่าช่วงเวลาแย่งเข้าใช้สื่อ.....42

3.8 วิธีทดสอบการส่งข้อมูลเสียงกับดาต้าใน 3 ลักษณะการปรับค่า AIFS.....44

4.1 ผลค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า CWmin 48

4.2 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตของข้อมูลเสียง.....49

4.3 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยทรูพุตที่กำหนดค่า CWmin 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.4 ผลค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของข้อมูลเสียงที่กำหนด Backoff Slottime =9us และ 20us.....51
4.5 ค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตของที่กำหนด Backoff Slottime = 9us และ 20us 52
4.6 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยทรูพุตของแพ็คเก็ตที่กำหนด Backoff Slottime = 9us และ 20us.....52
4.7 ผลค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของข้อมูลเสียงที่กำหนด ค่า AIFS ที่ค่าต่างๆ.....54
4.8 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตเมื่อกำหนดค่า AIFS ที่ค่าต่างๆ.....54
4.9 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยทรูพุตของแพ็คเก็ตเมื่อกำหนดค่า AIFSN ที่ค่าต่างๆ.....55
4.10 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของข้อมูลเสียงที่ส่งร่วมกับข้อมูลดาต้าลักษณะต่างๆ.....56
4.11 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงเมื่อส่งร่วมกับข้อมูล
ดาต้าที่กำหนดขนาด Payload size และ Data rate ที่ค่าต่างๆ.....57
4.12 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการทรูพุตของข้อมูลเสียงเมื่อส่งร่วมกับข้อมูลดาต้าที่
กำหนดขนาด Payload size และ Data rate ที่ค่าต่างๆ.....58
4.13 ค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของข้อมูลเสียงที่ทดสอบ Long Short และ OFDM Preamble 59
4.14 ค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงที่ทดสอบ Long Short
และ OFDM Preamble.....60
4.15 ค่าเฉลี่ยทรูพุตของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงที่ทดสอบ Long Short
และ OFDM Preamble.....60
4.16 ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของข้อมูลเสียงที่การใช้งาน ตามมาตรฐานต่างๆ.....61
4.17 ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงที่การใช้งานตาม
มาตรฐานต่างๆ.....62
4.18 ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรูพุตของข้อมูลเสียงที่การจำลองการใช้งานตาม
มาตรฐานต่างๆ.....63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความมุ่งหมายที่จะนำเสนอการทดสอบพารามิเตอร์ต่างๆในชั้น MAC Layer เพื่อใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมประสิทธิของการส่งข้อมูลเสียงร่วมกับข้อมูลดาต้าบนเครือข่าย WLAN และหาข้อสรุปผลเปรียบเทียบพฤติกรรมประสิทธิภาพการใช้งานเครือข่าย Voice over WLAN บนการใช้งานอุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐาน IEEE 802.11b/g ซึ่งใช้งานกันอยู่เป็นส่วนใหญ่ในปัจจุบัน รวมถึงเปรียบเทียบการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการตามมาตรฐาน IEEE 802.11e และการปรับปรุงด้วยการควบคุมลักษณะข้อมูลดาต้าที่ส่งร่วมในเครือข่าย

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การปรับปรุงคุณภาพการบริการ (QOS) ของการส่งข้อมูลเสียงบนเครือข่าย Voice over WLAN นั้นสามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์บนชั้น MAC Layer ซึ่งได้แก่ ค่าช่วงเวลาแย่งเข้าใช้สื่อ (Contention Window) ขนาดของ Backoff Slottime ช่วงเวลาก่อนเข้าใช้สื่อ (Attribution Inter frame Space) และขนาดของ Payload และ Data rate ของข้อมูลดาต้าที่ส่งร่วมในเครือข่าย

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพเครือข่าย Voice over WLAN ซึ่งจำเป็นที่ต้องเข้าใจในทฤษฎีพื้นฐานของเทคโนโลยี VoIP และ เครือข่าย WLAN เป็นอย่างดี โดยได้เลือกวิธีศึกษาโดยใช้วิธีการจำลองเครือข่ายเสมือนด้วยโปรแกรม Network Simulation 2 ซึ่งเป็นโปรแกรม Open source ที่เหมาะสมสำหรับการใช้ทดสอบพฤติกรรมของการขนส่งในระดับแพ็คเก็ตและการทำงานของทราฟฟิคบนระบบเครือข่ายได้อย่างแม่นยำ

1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่นำเสนอวิธีแบบพื้นฐาน

ในปัจจุบันการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของเสียงบนเครือข่าย WLAN นั้นมีหลายวิธีการด้วยกัน เช่นการใช้อุปกรณ์จริงในการทดสอบซึ่ง เป็นวิธีการที่จะได้ผลที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงมากที่สุด แต่มีข้อเสียในเรื่องของงบประมาณและเสียเวลาในการทดสอบมาก สำหรับวิธีการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์นั้นก็จะได้ผลการทดสอบเชิงอุดมคติซึ่งมีข้อเสียในเรื่องของผลที่อาจจะผิดเพี้ยนไป สำหรับวิธีการในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการทดสอบโดยใช้วิธีการจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยโปรแกรม Network Simulation 2 ซึ่งเป็นที่ยอมรับในการวิจัยในระดับสากล ซึ่งมีความแม่นยำของผลการทดลองมาก และใช้งบประมาณใน การทำวิจัยน้อยมากเนื่องจากเป็นโปรแกรม Freeware สามารถดาวโหลดจากเว็ปไซต์ได้

1.6 ขอบเขตการศึกษา

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอศึกษาพฤติกรรมประสิทธิภาพของเสียงบนเครือข่าย WLAN โดยใช้ผลการทดสอบพารามิเตอร์ต่างๆในชั้น MAC Layerในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อทำการส่งข้อมูลเสียงบนเครือข่าย WLAN สำหรับวิธีการทดสอบนั้นจะใช้โปรแกรม Network Simulation 2 ซึ่งเป็นเครื่องมือในการสร้างเครือข่ายจำลองซึ่งเกณฑ์ในการวัดคุณภาพของเสียงคือ ค่า เฉลี่ยการ delay ของเสียง (Latency) ค่าเฉลี่ยของทรูพุต (Throughput) และค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็กเกตข้อมูลเสียง (Package Loss)

1.7 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงความรู้พื้นฐานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ที่ใช้ในการวิจัย

บทที่ 3 กล่าวถึงวิธีการจำลองเครือข่าย Voice over WLAN ด้วยโปรแกรม Network Simulation 2

บทที่ 4 กล่าวถึงผลที่ได้จากการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

บทที่ 5 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ความรู้พื้นฐานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในอดีตหากต้องการสื่อสารกันโดยทั่วไปเราสามารถติดต่อกันผ่านทางโทรศัพท์พื้นฐาน โทรศัพท์บ้านหรือโทรศัพท์มือถือซึ่งยังมีข้อเสียในเรื่องของการติดตั้งสายสัญญาณและค่าบริการ แต่ในปัจจุบันเราสามารถนำประโยชน์จากเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย (Wireless Local Area Network) ซึ่งมีประโยชน์ในเรื่องความสะดวกสบายในการติดต่อสื่อสารและความยืดหยุ่นในการใช้งานมาประยุกต์รวมกับการสื่อสารโดยใช้เสียงผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตหรือ VoIP ซึ่งเรียกว่า Voice over WLAN โดยผู้ใช้งานสามารถใช้งานโทรศัพท์ในองค์กรโดยไม่ต้องเสียค่าบริการและยังสามารถใช้งานได้อย่างอิสระในพื้นที่ที่สัญญาณ Wi-Fi ครอบคลุมสำหรับวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการศึกษาการศึกษาพฤติกรรมประสิทธิภาพของการส่งข้อมูลเสียงบนเครือข่าย Wireless Lan โดยจำลองเครือข่ายเสมือนด้วยโปรแกรม NS-2 ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจในเนื้อหาและทฤษฎีพื้นฐานของทั้ง VoIP WLAN และ NS2 โดยต่อไปนี้จะเริ่มกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ (VoIP) ดังหัวข้อต่อไปนี้

2.1 การสื่อสารโดยใช้เสียงผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

การสื่อสารโดยใช้เสียงผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตหรือที่เรียกกันว่า VoIP (Voice over IP) หมายถึงการส่งเสียงบนเครือข่ายไอพีเป็นระบบที่แปลงสัญญาณเสียงในรูปของสัญญาณไฟฟ้ามาเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอล คือ การนำข้อมูลเสียงมาบีบอัดและบรรจุลงเป็นแพ็กเก็ตไอพี (IP) แล้วส่งไปโดยมีเราเตอร์ (Router) ที่เป็นตัวรับสัญญาณแพ็กเก็ต VoIP ถูกเริ่มต้นใช้งานกันอย่างกว้างขวาง เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลสามารถสนทนาระหว่างกันได้ รวมถึงการสนทนากับโทรศัพท์พื้นฐานได้โดยไม่เสียค่าบริการ และคุณภาพของบริการก็ถูกพัฒนาขึ้นมาจนเทียบเท่าระบบโทรศัพท์พื้นฐาน การใช้งานเทคโนโลยี VoIP นั้นจริงๆแล้วทุกองค์กรสามารถนำเทคโนโลยีนี้มาประยุกต์ใช้งานได้ แต่สำหรับกลุ่มเป้าหมายที่ตรงและน่าจะได้รับประโยชน์จากการนำเทคโนโลยี VoIP มาประยุกต์ใช้งานมากที่สุด ได้แก่ กลุ่มธุรกิจขนาดย่อม หรือ SME (Small/Medium Enterprise) รวมถึงกลุ่ม ISP (Internet Service Provider) ต่างๆสำหรับกลุ่มธุรกิจ SME อาจจะต้องเป็นกลุ่มที่มีระบบเครือข่ายข้อมูลของตนเองอยู่แล้วไม่ว่าจะเป็นเครือข่าย Leased Line, Frame Relay ISDN หรือแม้กระทั่งเครือข่าย E1/T1 รวมถึงมีระบบตู้สาขาโทรศัพท์ในการใช้งานด้วยการนำเทคโนโลยี VoIP มาใช้งานนั้นจะทำให้องค์กรลดค่าใช้จ่ายในการใช้งานการสื่อสารสัญญาณเสียงไปได้อย่างมาก และเนื่องด้วยในปัจจุบันการขยายตัวของระบบเครือข่ายสัญญาณข้อมูลหรือ Data Network มีอัตราการเติบโตที่รวดเร็วกว่าการขยายตัวของเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเสียงค่อนข้างมากจึงทำให้มีการนำเทคโนโลยีที่สามารถที่จะนำสัญญาณเสียงเหล่านั้นมารวมอยู่บนระบบเครือข่ายของสัญญาณข้อมูลและมีการรับ-ส่งสัญญาณทั้งคู่ได้ในเวลาเดียวกันอีกทั้งเพื่อเป็นการสะดวกและประหยัดค่าใช้จ่ายไม่ว่าจะเป็นค่าโทรศัพท์ทางไกลต่างจังหวัดหรือค่าโทรศัพท์ทางไกลต่างประเทศ ถ้าหากองค์กรนั้นมีสาขาอยู่ในต่างประเทศด้วยโดยการใช้งาน VoIP สามารถแบ่งเป็น 3 ลักษณะได้แก่

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลไปยังคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC to PC) PC มีการติดตั้ง sound card และไมโครโฟนที่เชื่อมต่ออยู่กับเครือข่าย IP การประยุกต์ใช้ PC และ IP-enabled telephones สามารถสื่อสารกันได้แบบจุดต่อจุดหรือแบบจุดต่อหลายจุดโดยอาศัย software ทางด้าน IP telephony

2. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลไปยังโทรศัพท์พื้นฐาน (PC to Phone) เป็นการเชื่อมเครือข่ายโทรศัพท์เข้ากับเครือข่าย IP ทำให้โดยอาศัย Voice trunks ที่สนับสนุน voice packet ทำให้สามารถใช้ PC ติดต่อกับโทรศัพท์ระบบปกติได้

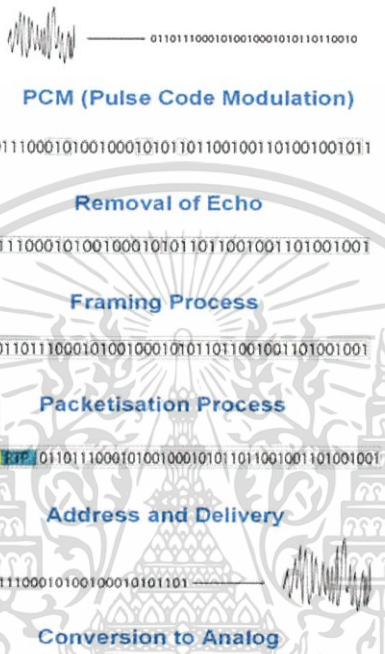
3. โทรศัพท์กับโทรศัพท์ (Telephony) เป็นการใช้โทรศัพท์ธรรมดาติดต่อกับโทรศัพท์ธรรมดาแต่ในกรณีนี้จริงๆแล้วประกอบด้วยขั้นตอนการส่งเสียงบนเครือข่าย Packet ประเภทต่างๆซึ่งทั้งหมดติดต่อกันระหว่างชุมสายโทรศัพท์ (PSTN) การติดต่อกับ PSTN หรือการใช้โทรศัพท์ร่วมกับเครือข่ายข้อมูลจำเป็นต้องใช้ gateway

2.1.1 ขั้นตอนการส่งข้อมูลเสียงบนเครือข่ายแบบ IP

1. ในขั้นตอนแรกจะเป็นการแปลงสัญญาณ Analog ให้ไปอยู่ในรูปแบบสัญญาณ Digital หรือที่เรียกว่า PCM
2. แยกสัญญาณออกเป็นส่วนๆ เพื่อทำการตัดสัญญาณ Echo ออก ซึ่งกระบวนการนี้จะถูกจัดการโดย DSP (Digital Signal Processor)
3. การทำแฟรมมิ่ง (Framing) สัญญาณที่เหลือนั้น ก็จะถูกแบ่งและจัดรูปแบบขึ้นมาใหม่ในรูปของ Frame ซึ่งกระบวนการนี้จะถูกจัดการโดยรูปแบบการบีบอัดที่เรียกว่า Codec หลังจากกระบวนการนี้แล้ว Frame ของสัญญาณเสียงจะถูกสร้างขึ้น
4. Packetisation ในกระบวนการนี้จะเป็นการแปลง Frame ของสัญญาณให้มาอยู่ในรูปของ Packet ซึ่งจะมีการเพิ่ม Header เข้าไปใน Packet โดยในส่วนของ Header นั้นก็จะประกอบไปด้วยข้อมูลที่เรียกว่า Sequence Number และ Time Stamp หลังจากนั้น Packet นี้จะถูกส่งต่อไปที่ Host Processor
5. Address and Delivery หลังจากที่ได้แปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปของ Packet แล้วข้อมูลนั้นจะถูกนำมาวิเคราะห์และใส่ค่า IP Address ปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Conversion to Analog หลังจากที่ได้ทำการใส่ค่าของ IP Address ปลายทางไปใน Header ของ Packet แล้วนั้น เมื่อ Packet เหล่านั้นไปถึงด้านปลายทางข้อมูล Header เหล่านี้จะถูกแยกออกเพื่อให้เหลือแค่ Voice Frame หลังจากนั้นก็จะทำการแปลงสัญญาณ Digital PCM ให้กลับมาเป็นสัญญาณรูปแบบ Analog ที่เป็นสัญญาณเสียงที่เราได้ยินกันอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการทำงานของเทคโนโลยี VoIP

7. Error Correction กระบวนการนี้จะเป็นกระบวนการที่ใช้ในการตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดซึ่งอาจจะเกิดขึ้นระหว่างการส่งสัญญาณ และนำมาซึ่งความผิดเพี้ยนหรือความเสียหายของสัญญาณจน ทำให้เราไม่สามารถทำการสื่อสารอย่างถูกต้องได้โดยต่อไปนี้จะกล่าวถึงการกำหนดคุณลักษณะของข้อมูลเสียงที่อ้างอิงมาตรฐานที่ ITU กำหนด คือ มาตรฐาน H.323

2.1.2 โครงสร้างของโปรโตคอล H.323

H.323 เป็นมาตรฐานที่กำหนดในด้านเสียง หรือโปรโตคอลส่งเสียงพูดในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตใช้ช่วยในการสื่อสารระหว่างระบบโทรศัพท์และระบบสื่อผสมต่างๆ ซึ่งครอบคลุมทั้งการสื่อสารแบบจุดต่อจุดและหลายจุดพร้อมๆกันซึ่งออกโดยหน่วยงาน ITU หรือ สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศโดยมีโครงสร้างแสดงดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H.323 Protocol Suite			
Video	Audio	Data	Transport
H.261 H.263	G.711 G.722 G.723.1 G.728 G.729	T.122 T.124 T.125 T.126 T.127	H.225 H.235 H.245 H.450.1 H.450.2 H.450.3 RTP X.224.0

ตารางที่ 2.1 ข้อกำหนดโปรโตคอล H.323

จากตารางที่ 2.1 แสดงมาตรฐานย่อยในโครงสร้างของโปรโตคอล H.323 ซึ่งแบ่งเป็น 4 ส่วนย่อยได้แก่ มาตรฐานสำหรับ Video, Audio, Data และ Transport สำหรับมาตรฐานที่ใช้สำหรับเสียงหรือ การเข้ารหัสเสียง Audio Codec ได้แก่

- G.711 PCM สำหรับย่านความถี่เสียงพูด
- G.722 7 kHz audio coding ที่ 64kb/s
- G.723.1 dual rate speech coders สำหรับส่งข้อมูล multimedia ที่ 5.3 และ 6.3 kb/s
- G.728 Coding สำหรับเสียงพูดที่ 16 kb/s ใช้ Linear prediction
- G.729 Coding สำหรับเสียงพูดที่ 16 kb/s ใช้ conjugate-structure algebraic code excite linear prediction สำหรับรหัสและขนาดของเฟรมแสดงดังตารางที่ 2.2 ดังนี้

Voice Coder	Bandwidth in bits/sec	Frame Duration in milliseconds	Frame Size In bytes
G.711	64000	15	120
G.723.1	5300-6300	30	24
G.729a	8000	10	10
SX7300	7300	15	14
SX9600	9600	15	18

ตารางที่ 2.2 ชนิดของรหัสและขนาดของเฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.2 แสดงแบนวิทด์ ระยะเวลาในการส่งต่อเฟรม และขนาดของเฟรมหรือ Payload ซึ่งในการทดสอบนี้เลือกใช้มาตรฐานการเข้ารหัสแบบ G.711 เนื่องจากโดยปกติแล้วอัลกอริทึมในการเข้ารหัสเสียงที่ใช้ในระบบโทรศัพท์ผ่านไอพีบนเครือข่ายแลนนั้น จะเป็น G.711 โดยมีการแบ่งข้อมูลเสียงออกเป็นแพ็กเก็ตที่ต้องส่งด้วยความเร็ว 64 กิโลบิตต่อวินาที ซึ่งเทียบเท่ากับคุณภาพเสียงในโทรศัพท์ปกติ โดยจัดเก็บข้อมูลได้ 160 ไบต์ดังแสดงรายละเอียดของเฟรมในรูปที่ 2.2

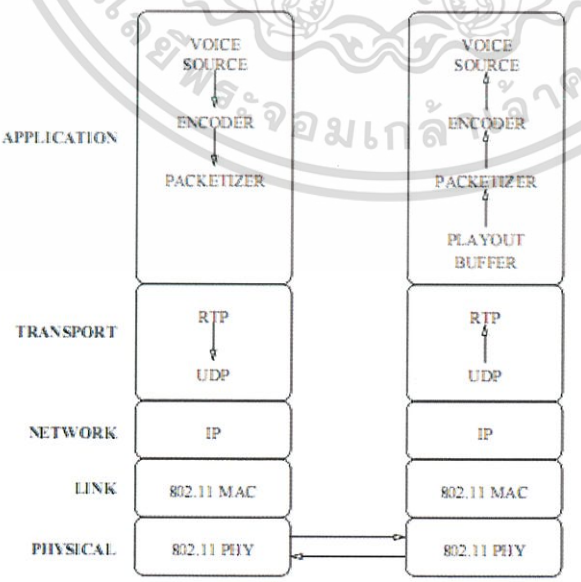
IP IIeader	UDP IIeader	RTP Header	Voice Payload
20 bytes	8 bytes	12 bytes	120 bytes

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างแพ็กเก็ตของ H.323 (G.711)

จากรูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างแพ็คเก็ตที่จะใช้ในการจำลองเป็นข้อมูลเสียงเฟรมข้อมูล 160 ไบท์แบ่งเป็นส่วนของ Voice Payload ขนาด 120 bytes รวมกับ RTP Header 12 bytes, UDP Header 8 bytes และ IP Header 20 Bytes โดยต่อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีระบบเครือข่าย Wireless Lan

2.1.3 ลำดับชั้น Protocol การส่งข้อมูลเสียง บนเครือข่าย Wireless Lan

ในการกำหนดลักษณะของข้อมูลแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงที่ใช้จำลองในเครือข่าย Voice over WLAN จำเป็นจะต้องเข้าใจโครงสร้างลำดับชั้นโปรโตคอลซึ่งแสดงดังรูป 2.3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างโปรโตคอลการส่งรับส่งข้อมูลเสียงที่จำลองในเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างโปรโตคอลการส่งรับส่งข้อมูลเสียงที่จำลองในเครือข่าย Voice over WLAN เริ่มจากแหล่งจ่ายเสียงมาเข้ารหัสในชั้น Application Layer ตามด้วยขั้นตอนการบรรจุสัญญาณข้อมูลเสียงลงในแพ็กเก็ตเพิ่ม Transport header ที่เรียกว่า RTP/RTCP คือ IETF RFC1889 ใช้สำหรับส่งข้อมูลเวลาจริงซึ่งมีโปรโตรคอล UDP (User Datagram Protocol) อยู่ใน Transport Layer เช่นกันซึ่งทำหน้าที่จัดการและควบคุมการรับส่งข้อมูล แต่ไม่มีกลไกควบคุมการรับส่งข้อมูลให้มีเสถียรภาพและเชื่อถือได้ (Unreliable and Connectionless) โดยปล่อยให้เป็นหน้าที่ของแอพพลิเคชั่นเลเยอร์แต่ UDP มีข้อได้เปรียบในการส่งข้อมูลซึ่งเป็นข้อสำคัญคือมีความสามารถในการติดต่อสื่อสารได้เร็วกว่า TCP เนื่องจาก TCP ต้องเสีย Overhead ให้กับขั้นตอนการสื่อสารที่ทำให้ TCP มีความน่าเชื่อถือในการรับส่งข้อมูลนั่นเอง ต่อจากนั้นก็จะมาถึงขั้นตอนใส่ Address ในชั้น Network Layer และส่งต่อถึงชั้น MAC Layer ซึ่งเป็นชั้นที่มีความสำคัญในการควบคุมการส่งแพ็คเก็ตให้ถูกต้องและส่งถึงปลายทาง ซึ่งในชั้นนี้จะเป็นหลักในการทดสอบในวิทยานิพนธ์และขั้นตอนคือการส่งลงไปยังชั้นสุดท้ายคือ Physical Layer ตามลำดับ

2.1.4 คุณภาพการบริการ (Qos) ของเสียง

คุณภาพของเสียงนั้นมีผลโดยตรงกับการออกแบบระบบ ซึ่งมาจาก 4 ปัจจัยหลักประกอบด้วยความสามารถในการให้บริการ (Availability) ค่าหน่วงเวลา หรือค่าความล่าช้า (Latency or Delay) ทรูพุต (Throughput) และจำนวนแพ็กเก็ตที่สูญหาย (Packet Loss)

1. ความสามารถในการให้บริการ (Availability) คือ เปอร์เซ็นต์ที่เครือข่ายสามารถทำงานและให้บริการได้ โดยค่าที่เหมาะสมกับเครือข่ายที่ให้บริการเสียงคือ 99.999 เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการให้บริการที่สูง สามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์ที่มีเสถียรภาพและเครือข่ายที่ไว้ใจได้ อย่างไรก็ตามการคำนวนความสามารถในการให้บริการนี้จะคิดโดยใช้หลักความน่าจะเป็น เพราะฉะนั้นการคำนวนโดยรวมค่า MTBF (Mean Time Between Failure) ของอุปกรณ์แต่ละตัวเข้าด้วยกันจึงไม่ใช่มาตรฐานวัดที่ถูกต้องนัก

2. ค่าหน่วงเวลาหรือความล่าช้า (Latency or Delay) จะคำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ข้อมูลเข้าจนถึงออกจากเครือข่ายเซอร์วิสหลายอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสื่อสารด้วยเสียงค่าหน่วงเวลานับว่ามีผลอย่างมากต่อคุณภาพเพราะถ้าค่าหน่วงเวลาอยู่ระหว่าง 100 - 150 มิลลิวินาทีก็จะทำให้การสนทนาระหว่างผู้ใช้ไม่เป็นธรรมชาติ ในขณะที่ถ้ามากกว่า 200 มิลลิวินาทีก็จะทำให้การสื่อสารเกิดความยากลำบาก ซึ่งถ้าต้องการให้คุณภาพของเสียงดีพอนั้นระบบเครือข่ายจำเป็นต้องมีค่าหน่วงเวลาที่ไม่มากเกินไปโดย ITU-T G.114 แนะนำว่าค่าหน่วงเวลาไปกลับ (Round Trip Delay) ของการสื่อสารด้วยเสียงระหว่างเกตเวย์ของ VoIP นั้นไม่ควรมากกว่า 300 มิลลิวินาทีหรือคิดเป็น 150 มิลลิวินาทีในการส่งข้อมูลทางเดียว สำหรับค่าหน่วงเวลาของการสื่อสารนั้นเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าหน่วงเวลาของแพ็กเก็ตข้อมูล (Packetization Delay) เป็นเวลาที่ตัวเข้า/ถอดรหัส ใช้ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นข้อมูลดิจิตอล
- ค่าหน่วงเวลาในการกระจายข้อมูล (Propagation Delay) เป็นเวลาที่ข้อมูลใช้ในการเดินทางผ่านเคเบิล (ทองแดง ไฟเบอร์ออปติกหรือคลื่นวิทยุ) ถึงแม้ว่าข้อมูลจะเดินทางผ่านสื่อเหล่านี้ด้วยความเร็วที่ใกล้เคียงกับความเร็วของแสง ซึ่งเป็นค่าคงที่ก็ตามแต่ถ้าแพ็กเก็ตต้องเดินทางอ้อมโดยไม่จำเป็นค่าหน่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากการกระจายข้อมูลก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย
- เวลาในการเข้าคิว (Queuing Delay) เมื่อแพ็กเก็ตถูกส่งลงในเครือข่ายแล้ว ข้อมูลหลาย ๆ แหล่งจำเป็นต้องเข้าคิวเพื่อถูกส่งไปบนเส้นทางเดียวกันซึ่งการเข้าคิวเพื่อรอรับการส่งนี้ก่อให้เกิดค่าหน่วงเวลาขึ้น สำหรับเทคโนโลยีบางอย่างเช่น ATM จึงพยายามลดค่าหน่วงเวลาในการเข้าคิว ด้วยการตัดแพ็กเก็ตต้นฉบับออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นก็จับรวมกันเป็นเซลล์แล้วส่งลงไปในคิวที่มีการจัดลำดับความสำคัญ (Priority Queue)ไว้แล้ว ด้วยขนาดของเซลล์ที่เล็ก ทำให้ข้อมูลในคิวที่มีความสำคัญมากกว่าจะถูกส่งบ่อยกว่า ซึ่งก็เท่ากับว่าเวลาที่คอยในคิวก็น้อยลงและสามารถคาดเดาได้ (Deterministic) โดยในการคำนวณค่าหน่วงเวลาแสดงได้ดังสมการที่ 1

$$Latency\ (s) = SimTime - TxTime \qquad (1)$$

เมื่อ *SimTime* คือ เวลาในการจำลองเหตุการณ์ซึ่งจะเริ่มจับเวลาเมื่อเริ่มการจำลอง

TxTime คือ เวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูล

3. ทรูพุต คือ จำนวนทราฟฟิก (Throughput) ที่ถ่ายโอนในช่วงเวลาใด ๆ โดยปกติแล้วการสนทนาบนระบบแลน ถ้ามีแบนด์วิดธ์มากเท่าใดคุณภาพก็จะดีตามไปด้วย หากเป็นระบบแวนซึ่งมีความเร็วของจุดเชื่อมต่อจำกัดแล้วทรูพุตจะขึ้นอยู่กับจำนวนเงินที่จ่ายให้กับการเช่าคู่สาย ดังนั้นองค์กรจำเป็นต้องคำนวนประสิทธิภาพการบีบอัดข้อมูล และการจำกัดแบนด์วิดธ์ที่เหมาะสมเพื่อให้การสื่อสารด้วยเสียงมีคุณภาพดีพอในขณะที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายมากเกินไปโดยในการคำนวณค่าทรูพุตแสดงได้ดังสมการที่ 2

$$Throughput\ (Kbps) = \frac{Bytes\ Received\ x\ 8}{Session\ length} \qquad (2)$$

เมื่อ *Bytes Received* คือ จำนวนข้อมูลที่ได้รับ

Session length คือ ช่วงเวลาที่ทำการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จำนวนแพ็กเก็ตที่สูญหาย ประกอบด้วยจำนวนบิตที่ผิดพลาดและแพ็กเกตที่ถูกดร็อปไป จำนวนแพ็กเกตที่สูญหายนี้มีความสำคัญมากต่อการสื่อสารข้อมูลของแอพพลิเคชัน เช่น ข้อมูลที่ใช้ในแอพพลิเคชันคำนวนทางด้านการเงิน แต่อาจจะมีผลไม่มากนักสำหรับการสื่อสารด้วยเสียง เพราะอาจแค่มีเสียงรบกวนหรือขาดหายไปบ้างเล็กน้อยเท่านั้น อย่างไรก็ตามถ้ามีจำนวนแพ็กเกตที่สูญหายมีมากเกินไปก็จะทำให้คุณภาพของการสนทนาลดลงด้วย ตามปกติแล้วอัตราการสูญหายของแพ็กเก็ตในระบบโทรศัพท์ผ่านไอพีไม่ควรมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ (1 เปอร์เซ็นต์สำหรับคุณภาพเสียงที่สื่อสารด้วยโทรศัพท์ปกติ)ในการคำนวณค่าหน่วงเวลาแสดงได้ดังสมการที่3

$$Packetloss(\%) = \frac{(Tx\ data\ Packets - Rx\ data\ Packets) \times 100}{Tx\ data\ Packets} \quad (3)$$

เมื่อ *Tx data Packets* คือ จำนวนแพ็คเก็ตที่ส่ง

Rx data Packets คือ จำนวนแพ็คเก็ตที่รับ

2.2 ระบบเครือข่าย Wireless Lan

การใช้งานเครือข่ายไร้สายมีอัตราการเติบโตเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วนับตั้งแต่มาตรฐาน IEEE 802.11 เกิดขึ้นเครือข่ายไร้สายก็ได้รับการปรับปรุงและพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งปัจจุบันเครือข่ายไร้สายสามารถใช้งานได้สะดวก และมีความปลอดภัยสูงขึ้นมากนอกจากนั้นก็ยังให้อัตราความเร็วของการสื่อสารที่เพิ่มสูงขึ้น จนสามารถตอบรับกับการใช้งานในด้านต่างๆได้อย่างดีไม่ว่าจะเป็นการใช้งานอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง การใช้งานวิดีโอสตรีมมิงมัลติมีเดียและการใช้งานด้านความบันเทิงต่างๆ โดยต่อไปนี้จะกล่าวถึงข้อดีข้อเสียของระบบเครือข่าย Wireless Lan ดังต่อไปนี้

2.2.1 ข้อดีและข้อเสียของระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายมีดังนี้

สำหรับข้อดีของระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายแสดงได้ดังนี้

- ความยืดหยุ่นในการใช้งาน (Installation Flexibility) ภายในระยะการครอบคลุมของการให้บริการผู้ใช้สามารถติดต่อสื่อสารถึงกันได้โดยปราศจากข้อจำกัดคลื่น หรือสัญญาณวิทยุสามารถที่จะส่งผ่านผนังหรือกำแพงต่างๆได้ผู้ส่งและผู้รับข้อมูลสามารถติดต่อถึงกัน ได้แม้ว่าจะไม่สามารถมองเห็นได้ก็ตาม (LOS: Line of Sight) นอกจากนี้ ระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายยังเอื้อประโยชน์ให้สามารถใช้งานได้ในบริเวณที่ยากแก่การเข้าถึงหรือการติดตั้งสายเคเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ความคล่องตัว (Mobility Improves Productivity and Service)** ในบางครั้งการเคลื่อนย้ายของผู้ใช้อาจไม่เฉพาะเจาะจงอยู่ในพื้นที่ใดพื้นที่เดียวอาจครอบคลุมไปยังที่ต่างๆใกล้เคียง เช่น เจ้าหน้าที่ห้องสมุดสามารถสำรวจทรัพยากรสารนิเทศภายในห้องสมุดแบบระบบออนไลน์ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์แบบโน้ตบุ๊กกับเครื่องอ่านบาร์โค้ดส่วนผู้ใช้ห้องสมุดสามารถย้ายจากที่นั่งได้โดยสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายได้ตลอดเวลาตราบใดที่ยังอยู่ในระยะการส่งข้อมูลเป็นต้น

- **การขยายเครือข่าย (Scalability)** ระบบเครือข่ายแบบไร้สาย ทำให้เครือข่ายขององค์กรสามารถปรับขนาดและความเหมาะสมได้ง่ายไม่ยุ่งยาก เพราะสามารถโยกย้ายตำแหน่งการใช้งานโดยเฉพาะระบบที่มีการเชื่อมระหว่างจุดต่อจุด เช่น ระหว่างตึก

- **การติดตั้งง่ายและรวดเร็ว (Installation Speed and Simplicity)** ระบบเครือข่ายไร้สายสามารถครอบคลุมพื้นที่เล็กๆโดยมีการเชื่อมโยงระหว่างอาคารได้ด้วยระบบแบบจุดต่อจุดให้ดำเนินการได้เร็วและสะดวกต่อการติดตั้งเพราะไม่ต้องเดินสายไฟสายเคเบิลหรือสายสื่อสารข้อมูล

- **ลดค่าใช้จ่ายโดยรวมในระยะยาว (Reduced Cost of Ownership)** ในระยะแรกอาจจะต้องลงทุนค่อนข้างสูงเนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้กับระบบเครือข่ายไร้สายมีราคาสูง แต่เมื่อต้องการขยายเครือข่ายสามารถทำได้ด้วยเงินลงทุนที่น้อยกว่าเดิมหลายเท่าเนื่องด้วยความง่ายในการติดตั้งอีกทั้งระบบเครือข่ายไร้สายยังไม่ต้องเสียค่าบำรุงรักษาด้วย

- **สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์การสื่อสารที่หลากหลาย (Multiple Equipment)** อุปกรณ์การสื่อสารเหล่านี้เป็นทางผ่านที่ทำให้ผู้ใช้ติดต่อกับระบบเครือข่ายได้ซึ่ง ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพีซีหรือเครื่องคอมพิวเตอร์แบบโน้ตบุ๊ค PDA หรือ Pocket PC โทรศัพท์มือถือที่รองรับการทำงานกับระบบเครือข่ายไร้สายอุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องพิมพ์ (Printer) แฟกซ์ (Fax) กล้องโทรทัศน์วงจรปิด เป็นต้น

- **มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ (Robustness)** โครงข่ายของระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายจะมีความคงทนถาวรมากกว่าระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบใช้สายเช่นในสภาวะที่เกิดแผ่นดินไหวอาจจะทำให้สายเคเบิลขาดได้ส่งผลให้ระบบโดยรวมเกิดการขัดข้องได้ แต่ในกรณีที่เป็นระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายนั้นยังสามารถที่จะทำงานได้

สำหรับข้อเสียของระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายมีดังนี้

- **คุณภาพของการบริการ (Quality of Service)** โดยทั่วไปแล้วระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายจะมีคุณภาพของการบริการต่ำกว่าระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบใช้สายเหตุผลที่สำคัญก็คือความกว้างแถบที่ขนาดไม่มากนัก เนื่องจากข้อกำหนดของการส่งสัญญาณวิทยุความเร็วโดยประมาณคือ 1-10 Mbps นอกจากนี้แล้วยังมีอัตราความผิดพลาดในการส่งข้อมูลสูงกว่าข้อมูลแบบมีสายเพราะว่ามีสัญญาณรบกวน (Interference) มากกว่า (ประมาณ 10-4 เมื่อเทียบ 10-10 ในเส้นใยนำแสง) อีกทั้งยังมีการหน่วงข้อมูลที่สูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ราคาแพง (Cost)** ขณะที่อะแดปเตอร์ของระบบอีเทอร์เนตความเร็วสูง (High-Speed Ethernet Adapter) จะอยู่ที่ประมาณ 10 ปอนด์ (Pound) แต่สำหรับในอะแดปเตอร์ของระบบแลนแบบไร้สายนั้น เช่น PC-Card จะมีราคาอยู่ที่ 100 ปอนด์

- **การพัฒนาที่ไม่ร่วมกัน (Proprietary Solutions)** เนื่องจากความล่าช้าของการกำหนดมาตรฐานซึ่งเกิดจากการที่บริษัทผู้ผลิตต่างๆที่มีการจดสิทธิบัตรในการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆในระบบนี้ได้เสนอวิธีการต่างๆในการกำหนดมาตรฐานตามเทคโนโลยีที่ตนเองพัฒนาขึ้น ซึ่งโดยมากแล้วจะมีคุณลักษณะที่ไม่เหมือนกัน ทำให้การใช้งานจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ที่ผลิตมาจากบริษัทผู้ผลิตเดียวกันเจึงจะสามารถทำงานร่วมกันได้

- **ข้อจำกัดของแต่ละประเทศ (Restrictions)** อุปกรณ์ต่างๆในระบบไร้สายโดยมากจะถูกจำกัดด้วยข้อกำหนดต่างๆของแต่ละประเทศนั้นๆเนื่องจากในแต่ละประเทศจะมีการกำหนดความถี่ใช้งานในด้านต่างๆไว้เพื่อให้การใช้งานความถี่จะไม่เกิดการรบกวนกันหรือให้เกิดการรบกวนกันน้อยที่สุด ในปัจจุบันได้มีการกำหนดมาตรฐานระดับโลกในการใช้ความถี่ขึ้นมา เช่น IMT-2000 เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายนั้นจะถูกจำกัดให้มีกำลังส่งต่ำๆ และจะใช้ช่วงความถี่ที่ไม่ได้กำหนดให้มีการใช้งาน Unlicensed Band ISM Band

- **ความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัว (Safety and Security)** การใช้คลื่นหรือสัญญาณวิทยุในการส่งข้อมูลนั้นอาจจะเข้าไปรบกวนกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ต่างๆซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการทำงานที่ผิดพลาดได้การทำงานที่ผิดพลาดนี้อาจจะมีความสำคัญมากๆก็ได้นอกจากนี้แล้วการสื่อสารกันโดยใช้สัญญาณวิทยุนั้นมักจะถูกดักฟังได้ง่ายกว่าแบบมีสายซึ่งก็เป็นอีกปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก

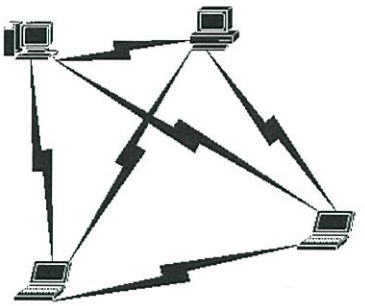
2.2.2 ลักษณะโครงข่ายของระบบ Wireless LAN

การทำงานจะมีอุปกรณ์ในการส่งสัญญาณและกระจายสัญญาณ หรือที่เราเรียกว่า Access Point และมี PC Card ที่เป็น LAN card สำหรับในการเชื่อมกับ access point โดยเฉพาะการทำงานจะใช้คลื่นวิทยุเป็นการรับส่งสัญญาณ โดยมีให้เลือกใช้ตั้งแต่ 2.4 to 2.4897 GHz และสามารถเลือก config ใน Wireless Lan (ภายในระบบเครือข่าย Wireless Lan ควรเลือกช่องสัญญาณเดียวกัน)โดยการเชื่อมต่อของระบบเครือข่าย Wireless LAN มี 2 ลักษณะดังนี้

1. ลักษณะของโครงข่ายแบบแอดฮอก (Characteristic of Ad Hoc Networks)

โครงข่ายแอดฮอกมีข้อแตกต่างจากโครงข่ายแบบมีสาย (Wire Network) คือ โหนดในโครงข่ายมีความสามารถในการเคลื่อนที่ (Mobility) ได้อย่างอิสระไม่ขึ้นกับโหนดอื่น ๆ อีกทั้งโหนดจะสื่อสารกันผ่านตัวกลางแบบไร้สาย ดังแสดงรูปเครือข่ายดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



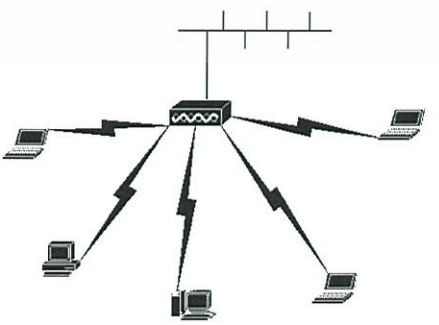
Ad-Hoc

รูปที่ 2.4 ลักษณะเครือข่ายแบบ Ad-hoc

โดยสัญญาณที่ผ่านตัวกลางไร้สายอาจจะถูกลดทอนเนื่องจากหลายๆสาเหตุ ทำให้ทอพอโลยีของโครงข่ายแอดฮอกมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้โหนดในโครงข่ายยังมีความสามารถในการจัดสรรเส้นทางสำหรับการส่งข้อมูลได้ด้วยตัวเอง ทำให้โครงข่ายแอดฮอกจึงไม่จำเป็นต้องอาศัยสถานีฐานเป็นตัวกลางเพื่อส่งสัญญาณควบคุมเหมือนกับระบบเซลลูล่าร์เพราะฉะนั้นโหนดทุกโหนดในโครงข่ายจึงทำหน้าที่เปรียบเสมือนกับอุปกรณ์หาเส้นทาง (Router) ซึ่งจะหาเส้นทางการเคลื่อนที่ของแพ็กเกตข้อมูลและหน้าที่อย่างที่สองคือการส่งต่อ (Forward) แพ็กเกตไปยังโหนดอื่นๆในโครงข่ายจากคุณสมบัติและเงื่อนไขต่างๆ

2. ลักษณะของโครงข่ายเชื่อมโยงระบบแบบ Infrastructure (Client/Server)

โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ในเครือข่าย IEEE 802.11 WLAN จะเชื่อมต่อกันในลักษณะของโหมด Infrastructure ซึ่งเป็นโหมดที่อนุญาตให้อุปกรณ์ภายใน WLAN สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอื่นได้ในโหมด Infrastructure นี้เครือข่าย IEEE 802.11 WLAN จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 2 ประเภทได้แก่ สถานีผู้ใช้ (Client Station) ซึ่งก็คืออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (Desktop Laptopหรือ PDA ต่างๆ) ที่มีอุปกรณ์ Client Adapter เพื่อใช้รับส่งข้อมูลผ่าน IEEE 802.11 WLAN และสถานีแม่ข่าย (Access Point) ซึ่งทำหน้าที่ต่อเชื่อมสถานีผู้ใช้เข้ากับเครือข่ายอื่นดังแสดงในรูปที่ 2.5



Infrastructure

รูปที่ 2.5 ลักษณะเครือข่ายแบบ Infrastructure

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งโดยปกติจะเป็นเครือข่าย IEEE 802.3 Ethernet LAN การทำงานในโหมด Infrastructure มีพื้นฐานมาจากระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ กล่าวคือสถานีผู้ใช้จะสามารถรับส่งข้อมูลโดยตรงกับสถานีแม่ข่ายที่ให้บริการแก่สถานีผู้ใช้นั้นอยู่เท่านั้น ส่วนสถานีแม่ข่ายจะทำหน้าที่ส่งต่อ (forward) ข้อมูลที่ได้รับจากสถานีผู้ใช้ไปยังจุดหมายปลายทางหรือส่งต่อข้อมูลที่ได้รับจากเครือข่ายอื่นมายังสถานีผู้ใช้

ในระบบเครือข่ายไร้สาย IEEE 802.11 นั้นจะแบ่งระดับชั้นของเทคโนโลยีออกเป็น 4 ระดับ นั่นคือ Application (แอพพลิเคชั่น) OS (ระบบปฏิบัติการ) MAC (Media Access Controller หรือตัวควบคุมการเข้าถึงสื่อ) และชั้นล่างสุดคือ PHY (Physical Layer หรือ ชั้นกายภาพ) โดยชั้นที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการสื่อสารข้อมูลจะอยู่ในชั้น MAC Layer และ Physical Layer โดยต่อไปนี้จะเริ่มกล่าวถึงชั้น Physical Layer ซึ่งเป็นชั้นล่างสุดดังหัวข้อต่อไปนี้

2.3 ชั้นฟิสิคัลในเครือข่ายไร้สาย (Physical layer)

802.11 Physical Layer แบ่งเป็น Layer ย่อยได้ 2 Layer ได้แก่

1. PLCP Sub layer Physical Layer Convergence Procedure (PLCP) มีหน้าที่แปลงรูปแบบข้อมูลผู้ใช้ให้สามารถส่งไปบนระบบรับส่งสัญญานได้บริการในส่วนของ Mac Layer ในการเตรียมMac Protocol Data Unit ที่จะส่งไปยัง PMD Mac Protocol Data Unit คือจะรวม Data ที่มาจาก Higher Layer และ MAC Header

2. PMD Sub layer Physical Medium Dependent (PMD) คือ ทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลจริง ๆ ผ่านทาง Wireless มีการทำ modulation และ demodulation รวมทั้งมีการทำ carrier sense ด้วย เป็นไปตามมาตรฐาน CSMA Base โดย carrier sense ก็คือตรวจสอบ Channel ก่อนว่ามีการส่งข้อมูลอยู่หรือไม่โดยใช้เทคนิคการส่งข้อมูลในชั้นฟิสิคัล

2.3.1 เทคนิคการส่งข้อมูลในชั้นฟิสิคัล

การรับ-ส่งข้อมูลในชั้นสื่อสารนี้จะทำในระดับเลขฐานสอง คือ การในมาตรฐาน IEEE 802.11 มีเทคนิคในการถ่ายทอดข้อมูล 5 แบบ คือ

1. เทคนิคอินฟราเรด (IR) ใช้การกระจายของลำแสงอินฟราเรด ดังนั้น ผู้รับและผู้ส่งไม่จำเป็นต้องอยู่ในแนวเส้นตรง มีความเร็วในการส่งข้อมูลที่ 1 เมกกะบิตต่อวินาที (Mbps) และ 2 เมกกะบิตต่อวินาที (Mbps)

2. Frequency – Hopping Spread Spectrum (FHSS) การส่งสัญญาณรูปแบบนี้จะใช้ความถี่แคบพาหะเพียงความถี่เดียว (Narrow Band) และจะเปลี่ยนแปลงความถี่ (กระโดด)ไปมาอย่างต่อเนื่อง ในลักษณะหรือรูปแบบที่เป็นที่เข้าใจตรงกันระหว่างเครื่องส่งกับเครื่องรับสามารถทำงานประสานกันได้แล้ววิธีการส่งแบบนี้ป้องกันสัญญาณรบกวนที่เกิดจากความถี่ข้างเคียงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นอย่างดี เพราะว่าความถี่จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยการส่งและรับแต่ละครั้งที่ส่วนหัวของ Packet ข้อมูลจะบอกรับก็สามารถที่จะปรับเปลี่ยนไปได้ตลอดเวลาอันจะทำให้เกิดความปลอดภัยของข้อมูลสูงมากขึ้น ผู้ผลิตระบบเครือข่ายเฉพาะที่ไร้สายแบบ Frequency Hopping ให้ความเห็นว่าการส่งข้อมูล วิธีนี้สามารถส่งข้อมูลไปพร้อมๆกันหลายช่องสัญญาณได้ด้วยการกำหนดให้มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงหลายๆรูปแบบทำงานไปพร้อมกันซึ่งจะทำสามารถใช้ประโยชน์แถบความถี่ได้ดีกว่าและทำให้เครือข่ายมีประสิทธิภาพสูงกว่า

3. DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) เป็นเทคโนโลยีในการกระจายสัญญาณแบนด์วิดธ์สูง ในเทคโนโลยีนี้จะมีการสร้างบิตข้อมูลเผื่อไว้ (เรียกว่า Chip) โดยจะส่งไปพร้อมกับบิตข้อมูล และถ้ามีบิตข้อมูลเกิดความเสียหายตัวรับก็จะตรวจพบและแจ้งให้มีการส่งข้อมูลซ้ำได้ด้วยกระบวนการในการตรวจสอบความผิดพลาดนี้ ทำให้ระบบเน็ตเวิร์กมีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้นผู้ใช้สามารถใช้ DSSS แทนสายเช่า (Lease Line) หรือสายไฟเบอร์ออปติกในการเชื่อมต่อระหว่างวงของเน็ตเวิร์กแลน ทั้งที่เชื่อมต่อแบบจุดต่อจุดและแบบจุดต่อหลายๆจุดระหว่างตัวตึกของสำนักงานได้ ในDSSSนั้นการค้นหาเส้นทางจะทำผ่านจุดเชื่อมต่อบนช่องสัญญาณเดียวกันเท่านั้นส่งผลให้การค้นหาเส้นทางบนเน็ตเวิร์ก DSSS มีความคงทนน้อยกว่า FHSS ระบบ DSSS นั้นสามารถส่งข้อมูลที่แบนด์วิดธ์สูงสุด 11 เมกะบิตต่อวินาทีสำหรับการเชื่อมต่อระหว่างจุดต่อจุดที่ระยะทาง 25 ไมล์ ในการเชื่อมต่อแบบหลายๆจุด ก็จำเป็นต้องมีการกระจายสัญญาณให้ครอบคลุมไซต์สื่อสารทั้งหมด ซึ่งทำให้ระยะทำงานของเน็ตเวิร์กลดเหลือน้อยกว่า 25 ไมล์ แต่ทั้งนี้ก็ต้องขึ้นอยู่กับจำนวนไซต์และระยะทางระหว่างไซต์ด้วย ส่วนปัญหาอีกข้อของ DSSS ก็คือการสูญเสียสัญญาณ ซึ่งปัญหานี้แก้ได้ด้วยการใช้วงจรขยายสัญญาณและเสาอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง นอกจากการใช้ DSSS เป็นเน็ตเวิร์กหลักแล้ว หลายๆ องค์กรยังมีแผนที่จะใช้เน็ตเวิร์ก DSSS ในการแบ็กอัพข้อมูลเพื่อป้องกันความสูญเสียถ้าเกิดภัยธรรมชาติ

4. HR-DSSS (High Rate Direct Sequence Spread Spectrum) ข้อมูลจะส่งออกไปเป็นชิพจำนวน 11 ล้านชิพ เพื่อให้ได้ความเร็วที่ 11 เมกกะบิตต่อวินาที (Mbps) ที่ความถี่ 2.4 GHz

5. OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) เทคนิคนี้ถูกนำมาใช้ในเพื่อเพิ่มความเร็วในการส่งข้อมูลในมาตรฐานใหม่ๆ ของระบบเครือข่ายไร้สาย คือ IEEE 802.11a และ 802.11g การส่งสัญญาณคลื่นวิทยุแบบนี้เป็นการมัลติเพล็กสัญญาณ โดยช่องสัญญาณความถี่จะถูกแบ่งออกเป็นความถี่พาหะย่อย (subcarrier) หลายๆความถี่ โดยแต่ละความถี่พาหะย่อยจะตั้งฉากซึ่งกันและกันทำให้มันเป็นอิสระต่อกัน ความถี่ที่คลื่นพาหะที่ตั้งฉากกันนั้นทำให้ไม่มีปัญหาการซ้อนทับกันของสัญญาณที่อยู่ติดกัน OFDM เป็นเทคนิคการมัลติเพล็กโดยการแบ่งความถี่ เมื่อช่องความถี่ถูกแบ่งออกเป็นขนาดเล็กๆ N ช่องแต่ละช่องมีขนาดเท่ากับขนาดของสัญลักษณ์ (bitrate) ดิจิตอล ทางด้านส่งจะมีสัญญาณดิจิตอลความเร็วสูงที่ถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มข้อมูลย่อยๆ ที่มีความถี่ต่ำกว่า จะถูกม้อดูเลตกับสัญญาณพาหะย่อย 1 สัญญาณ และนำสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ทั้งหมดส่งขนานกันออกไป รูปแบบในการมอดูเลตสัญญาณพาหะย่อยที่นิยมทั่วไปได้แก่ QAM, 16 QAM หรือ 64 QAM เป็นต้น ในOFDM กลุ่มของข้อมูลจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปขนานกัน โดยการมอดูเลตกับสัญญาณพาหะย่อย ดังนั้นจะกลายมาเป็นสัญญาณบนแกนความถี่ซึ่งการแปลงสัญญาณกลับให้อยู่บนแกนเวลาอีกครั้งโดยการแปลงกลับฟาสท์ฟูเรียร์ (IFFT) จากนั้นสัญลักษณ์บนแกนเวลาจะถูกมัลติเพล็กเข้าด้วยกันให้เป็นอนุกรมของสัญญาณ แล้วจึงส่งสัญญาณออกไปทางเสาอากาศ

2.3.2 โมเดลการแพร่กระจายในชั้น Physical Layer

ในโปรแกรม Network simulation2 มีหลายโมเดล การแพร่กระจายที่ใช้งานในชั้น Physical Layer ซึ่งโมเดลหลักที่เป็นค่าส่วนประกอบของโปรแกรมมี 3 โมเดลได้แก่

1. Freespace Model คือโมเดลใช้ในการจำลอง Path loss ของการสื่อสารเมื่อมีสภาพแวดล้อมแบบ Line of Sight หรือไม่มีสิ่งกีดขวางระหว่างสถานีส่งและสถานีรับสัญญาณซึ่งสามารถแสดงโมเดลได้ดังสมการที่ 1 ดังนี้

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L} \quad (1)$$

- Pr = กำลังที่รับได้
- Gt =อัตราขยายของสายอากาศเครื่องส่ง
- Gr =อัตราขยายของสายอากาศเครื่องรับ
- Lamda=ความยาวคลื่น
- D = ระยะห่างจาก AP
- L=การสูญเสียในระบบ

2.Two Ray Ground Model คือการสื่อสารแบบ Line of Sight และนำการกระทบสัญญาณกับพื้นมาคิดรวมด้วย โดยทั้ง Free space Model และ Two Ray Ground Model จะมีลักษณะระยะสื่อสารที่เป็นแบบวงกลมในอุดมคติ ซึ่งใช้เป็นโมเดลในการกำหนดสภาวะแวดล้อมสำหรับการทดสอบในวิทยานิพนธ์นี้ เนื่องจากเป็นโมเดลที่ไม่ได้คิดผลกระทบที่เกิดจากการที่สัญญาณถูกลดทอนลงไป ทำให้มีความแรงสัญญาณอ่อนลงด้วยตัวแปรอื่น หรือเฟดดิ้ง (Fading) เช่น การลดทอนที่เกิดจากฝนซึ่งนิยมใช้เป็นโมเดลที่ใช้ในการ Simulate งานวิจัยที่เจาะจงที่จะศึกษาพฤติกรรมการส่งเพ็คเก็ตในชั้น MAC layer โดยสามารถแสดงโมเดลได้ดังสมการที่ 2 ดังนี้

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r h_t^2 h_t^2}{d^4 L} \quad (2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

105461

- Pr = กำลังที่รับได้
- Gt =อัตราขยายของสายอากาศเครื่องส่ง
- Gr =อัตราขยายของสายอากาศเครื่องรับ
- ht =ความสูงของสายอากาศเครื่องส่ง
- hr=ความสูงของสายอากาศเครื่องรับ
- d = ระยะห่างจาก AP
- L=การสูญเสียในระบบ

3. Shadowing Model เป็นโมเดลที่ใช้จำลองการสื่อสารที่ใกล้เคียงความจริง ซึ่งเป็นค่าโดยเพิ่มผลกระทบจากการที่มีสิ่งกีดขวางระหว่างสถานีส่งและสถานีรับสัญญาณหรือเฟดดิ้ง (Fading) ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้จำลองสภาวะแบบ Indoor ซึ่งคำนวณ loss จากสิ่งกีดขวางต่างๆ เช่น loss ผนังเบา ผนังหนา หรือ ชั้นปูน เป็นต้น ตามแต่สภาพแวดล้อมของผู้วิจัยที่นำผลกระทบ โดย Shadowing Model ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ในส่วนแรก คือ Path loss model ซึ่งทำนายกำลังงานรับเฉลี่ย ที่ระยะ d ซึ่งจะใช้ระยะปิดในการอ้างอิง โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3 ดังนี้

$$\frac{P_r(d_0)}{P_r(d)} = -10\beta \log(\frac{d}{d_0}) + X_{dB} \qquad (3)$$

- β = Path loss exponent
- X_{dB} = ค่าสุ่มแบบ Gaussian กับ zero mean รวมกับ ค่าloss ที่เกิดจากการหันเหทิศทางเนื่องจากการกระทบของวัตถุ (σ_{dB})
- σ_{dB} = ค่าloss ที่เกิดจากการหันเหทิศทางเนื่อจากการกระทบผ่านวัตถุต่างๆ

โดยชนิดของค่า Path loss exponent (β) แสดงได้ดังตารางที่ 2.3

Environment		β
Outdoor	Free space	2
	Shadowed urban area	2.7 to 5
In building	Line-of-sight	1.6 to 1.8
	Obstructed	4 to 6

ตารางที่ 2.3 ชนิดของค่า Path loss exponent ในสภาวะ Outdoor และ Indoor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.3 แสดงชนิดของค่า Path loss exponent ในสภาวะ Outdoor และ Indoor ซึ่งจะเห็นว่าค่าการลดทอนในแต่ละสภาวะแตกต่างกันไป โดยต่อไปนี้จะแสดงค่า loss ที่เกิดจากการหันเหทิศทางเนื่องจากการกระทบผ่านวัตถุต่างๆได้ดังตารางที่ 2.4

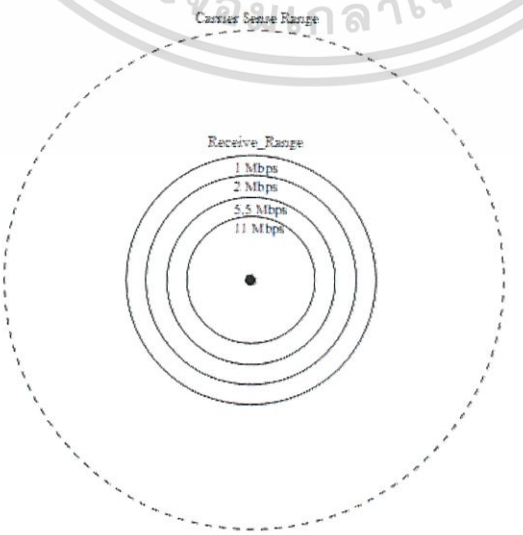
Environment	σ_{dB} (dB)
Outdoor	4 to 12
Office, hard partition	7
Office, soft partition	9.6
Factory, line-of-sight	3 to 6
Factory, obstructed	6.8

ตารางที่ 2.4 ค่า loss ที่เกิดจากการหันเหทิศทางเนื่องจากการกระทบผ่านวัตถุต่างๆ

จากตารางที่ 2.4 แสดงค่า loss ที่เกิดจากการหันเหทิศทางเนื่องจากการกระทบผ่านวัตถุต่างๆโดย จะเห็นได้ว่า Shadowing Model นั้นมีตัวแปรอื่นๆที่แปรผันตามสภาวะแวดล้อมที่ผู้วิจัยสามารถกำหนดใช้เป็นสภาวะแวดล้อมที่ต้องการจะทดสอบได้ ซึ่งเหมาะสำหรับการ Simulate ก่อนเพื่อใช้ในการติดตั้งระบบเพื่อใช้งานจริง

2.3.3 ค่าขอบเขตที่ใช้ในการตัดสินสถานะการรับแพ็คเกตในชั้นฟิสิคัล

โดยปกติแล้วโปรแกรม Network Simulation 2 จะมีการกำหนดค่าขอบเขต (Thresholds) ซึ่งเป็นตัวกำหนดสถานะของการส่งเฟรมข้อมูล 1 เฟรมที่จะสามารถรับข้อมูลได้อย่างถูกต้องโดยแบ่งเป็น 3 ขอบเขตซึ่งในส่วนของค่าขอบเขตกำลังงานของ CS_Threshold และ Rx_ Threshold แสดงได้ดังรูปที่ 2.6 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.6 ระยะขอบเขตกำลังงานของ CS_Threshold และ Rx_ Threshold ใน 802.11 b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Carrier Sense Power Threshold (CS_Threshold) เป็นค่าขอบเขตกำลังงานที่จะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการตรวจจับเฟรมข้อมูลที่ส่งมา โดยสถานีรับสัญญาณจะตรวจจับค่ากำลังงานที่ส่งเฟรมมา ถ้ามีค่ากำลังงานน้อยกว่าค่า CS_Threshold เฟรมนั้นก็จะถูกละทิ้งและไม่สามารถมองเห็นชั้น MAC Layer ฝั่งสถานีรับได้
2. Receive Threshold (Rx_Threshold) คือค่าขอบเขตที่ใช้กำหนดสภาวะที่ยอมให้แพ็คเกตที่ส่งมานั้นสถานีรับสามารถจะรับข้อมูลที่ส่งมาได้เสร็จสมบูรณ์ และสามารถเข้าสู่กระบวนการ Decode ต่อในชั้น MAC Layer ต่อไปได้ จากที่ได้กล่าวในข้างต้นถ้ากำลังงานของเฟรมที่ส่งมานั้นอยู่ในช่วงระหว่าง CS_Threshold และ Rx_Threshold สถานีรับจะยังคงที่จะสามารถตรวจจับเจอแพ็คเก็ตข้อมูลที่ส่งมา แต่จะแสดงสถานะว่าเป็นเฟรมที่มีบิต Error ซึ่งมันจะไม่สามารถรับต่อไปยังกระบวนการ Decode ต่อในชั้น MAC Layer ต่อไปได้เช่นกัน
3. Capture Threshold (CP_Threshold) คือค่าขอบเขตที่ตั้งขึ้นเมื่อเกิดกรณีเฟรมข้อมูลที่เข้ามาหลายเฟรม (Multiframe) เข้ามาที่สถานีรับก็จะคำนวณอัตราส่วนของกำลังงานของเฟรมที่มีกำลังงานแรงที่สุดต่อผลลัพท์กำลังงานของสัญญาณอีกเฟรมซึ่งถ้าคำนวณแล้วเฟรมที่มีกำลังงานแรงที่สุดมีค่ามากกว่าค่า CP_Threshold เฟรมนั้นก็จะสามารถรับได้ถูกต้องและเฟรมอื่นก็จะถูกละทิ้งไปซึ่งโดยปกติแล้ว ตามมาตรฐาน 802.11b นั้นกำหนดเป็นค่า Default ไว้ที่ 10 dB

2.4 ชั้น MAC ในเครือข่ายไร้สาย (Media Access Control)

MAC (Media Access Control) เป็นเลเยอร์ย่อยที่อยู่ล่างสุดของดาต้าลิงค์เลเยอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่เชื่อมต่อกับฟิสิคัลเลเยอร์ และรับผิดชอบในการรับส่งข้อมูลให้สำเร็จและถูกต้อง โดยจะแบ่งหน้าที่ออกเป็นสองส่วนคือการส่งข้อมูลและการรับข้อมูล MAC จะทำหน้าที่ห่อหุ้มข้อมูลที่ส่งผ่านจากชั้น LLC และทำให้อยู่ในรูปแบบเฟรมข้อมูล ซึ่งเฟรมข้อมูลนี้จะประกอบด้วยที่อยู่ (Address) และข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการส่งข้อมูลให้ถึงปลายทาง ชั้น MAC ยังรับผิดชอบการสร้างกลไกสำหรับตรวจสอบข้อผิดพลาดของข้อมูลของเฟรมนั้นในระหว่างการรับส่งเฟรม ด้วยนอกจากนี้ MAC ยังต้องตรวจสอบชั้นกายภาพว่าช่องสัญญาณพร้อมสำหรับการส่งข้อมูลหรือไม่ถ้าไม่พร้อมเฟรมก็จะถูกส่งต่อไปยังชั้นกายภาพเพื่อทำการส่งไปตามสายสัญญาณต่อไป แต่ถ้ายังไม่พร้อมชั้น MAC ก็จะรอจนกว่าจะว่างแล้วค่อยทำการส่งข้อมูลหน้าที่สุดท้ายของชั้น MAC คือ การตรวจสอบสถานะภาพของเฟรมที่กำลังส่งว่ามีการชนกันของข้อมูลเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้าหากมีการชนกันเกิดขึ้นก็หยุดการส่งข้อมูล และเข้าสู่กลไกการรอด้วยช่วงเวลาที่เป็นเลขสุ่มเพื่อการส่งข้อมูลใหม่อีกครั้ง ซึ่งจะทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะทำการส่งข้อมูลได้สำเร็จ

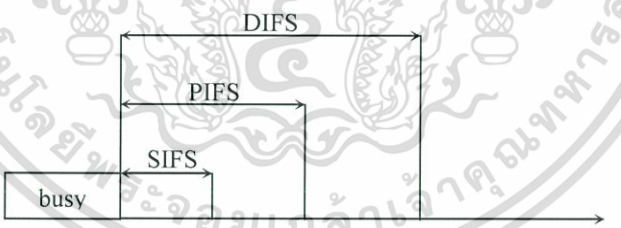
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในชั้นสื่อสารย่อยนี้ IEEE 802.11 ได้กำหนดสถานะการทำงานขึ้นมา 2 แบบ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว แบบแรกเรียกว่า DCF (Distributed Coordination Function) และแบบที่สองเรียกว่า PCF (Point Coordination Function)

2.4.1 การควบคุมการใช้สื่อแบบกระจาย (Distributed Coordination Function)

การควบคุมการใช้สื่อแบบกระจายเป็นการควบคุมพื้นฐานของมาตรฐาน 802.11 แต่ละสถานีสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยตรงโดยไม่ต้องอาศัยสถานีฐานหรือโครงสร้างทางเครือข่าย กลุ่มของสถานีที่มีการติดต่อสื่อสารดังกล่าวเรียกว่า เครือข่าย ad-hoc โดยแต่ละสถานีในเครือข่าย ad-hocส่งข้อมูลโดยการแย่งกันใช้ช่องสัญญาณด้วยโปรโตคอลหลีกเลี่ยงการการชน (CSMA/CA) ในการควบคุมการใช้สื่อแบบกระจายมีอยู่สองวิธี คือ การควบคุมแบบง่ายหรือ 2way-handshake และแบบ 4way-handshake หรือที่เรียกว่า RTS/CTS

โดยการทำงานของโปรโตคอลหลีกเลี่ยงการชน แต่ละสถานีจะส่งข้อมูลก็ต่อเมื่อตรวจพบว่าช่องสัญญาณว่างเป็นระยะเวลาหนึ่งเรียกระยะเวลาดังกล่าวว่า "ช่องว่างระหว่างเฟรม" มาตรฐาน 802.11 แบ่งเฟรมออกเป็น 3 ประเภทคือ เฟรมการจัดการ (Management frame) เฟรมควบคุม (Control frame) และเฟรมข้อมูล (Data frame) ซึ่งเฟรมควบคุมทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของการรับส่งข้อมูลในเครือข่ายเช่นเฟรมตอบรับ หรือเฟรม RTS/CTS เป็นต้น ดังนั้นเฟรมควบคุมจึงควรได้ส่งทันทีเมื่อถึงเวลาส่ง มาตรฐาน 802.11 จึงกำหนดขนาดช่องว่างระหว่างเฟรมดังนี้



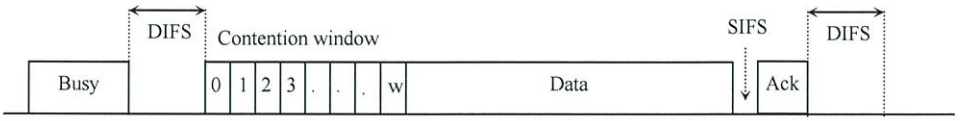
รูปที่ 2.7 ขนาดของช่องว่างระหว่างเฟรมต่างๆของมาตรฐาน 802.11

จากรูปที่ 2.7 DIFS เป็นช่องว่างระหว่างเฟรมที่ยาวที่สุด จึงมีไพรออริตีต่ำสุดใช้สำหรับการส่งข้อมูลที่มีการควบคุมใช้สื่อแบบกระจาย PIFS เป็นช่องว่างระหว่างเฟรมที่สั้นกว่า DIFS ใช้สำหรับเฟรมที่ใช้ในการควบคุมใช้สื่อแบบรวมศูนย์ และเฟรมการจัดการ เช่น บีคอนจากแอคเซสพอยต์ จึงถูกออกแบบให้มีไพรออริตีสูงกว่า DIFS ช่องว่างระหว่างเฟรมที่มีไพรออริตีสูงสุดคือ SIFS ถูกออกแบบมาสำหรับเฟรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครือข่ายซึ่งต้องการการตอบรับทันทีเช่นเฟรมตอบรับ เฟรมร้องขอการส่งข้อมูลเป็นต้น

การควบคุมอย่างง่ายแสดงดังรูปที่ 2.8 โดยแต่ละสถานีที่ต้องการส่งข้อมูลจะตรวจดูการใช้ช่องสัญญาณด้วยฮาร์ดแวร์ซึ่งเป็นการตรวจช่องสัญญาณในระดับชั้นฟิสิคัล เมื่อตรวจพบว่า

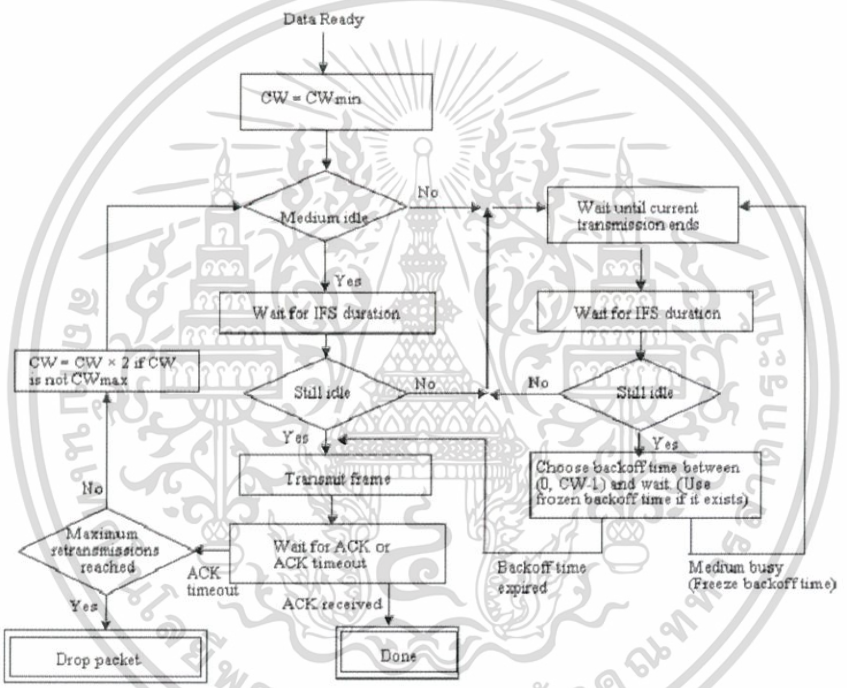
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องสัญญาณว่างเป็นระยะเวลา DIFS สถานีนั้นจึงเริ่มใช้วิธีการสุ่มช่วงเวลาการเข้าใช้สื่อด้วยวิธี random back-off และเริ่มทำงานตัวนับเวลา



รูปที่ 2.8 ขั้นตอนการส่งข้อมูลในการควบคุมใช้สื่อแบบ DCF แบบ 2 way-handshake

จากรูปที่ 2.8 สามารถอธิบายเพิ่มเติมด้วย DCF Flowchart ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 DCF Flowchart

การควบคุมการใช้สื่อแบบกระจายในเครือข่ายแลนไร้สายใช้การสุ่มเวลาเข้าใช้สื่อโดยแต่ละสถานีจะสุ่มเวลาเข้าใช้สื่ออยู่ในช่วง (0, w-1) ค่า w คือช่วงเวลาสำหรับแข่งขันของแต่ละสถานี ซึ่งค่า w จะขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งการชนกันของข้อมูล ในภาวะเริ่มต้นค่า w จะถูกตั้งไว้เท่ากับ CW_{min} ซึ่งเป็นช่วงการแข่งขันที่สั้นที่สุด ค่า w จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าทุกครั้งที่เกิดการชนกันของข้อมูล ดังนั้นค่า w จึงเท่ากับ $2^i CW_{min}$ เมื่อ i คือจำนวนครั้งของการชนกัน แต่ละสถานีจะเริ่มส่งข้อมูลเมื่อตัวนับลดค่า w จนเท่ากับศูนย์ ซึ่งตัวนับเวลาจะทำงานก็ต่อเมื่อตรวจพบว่าช่องสัญญาณว่างและจะหยุดทำงานเมื่อตรวจดูพบว่าช่องสัญญาณถูกใช้อยู่ เมื่อตัวนับเวลามีค่าเท่ากับศูนย์สถานีจึงเริ่มส่งข้อมูล หลังจากสถานีปลายทางได้รับข้อมูลเป็นระยะเวลา SIFS สถานีปลายทางจะส่งเฟรมตอบรับมาที่สถานีต้นทาง หากเกิดการชนกันของข้อมูลสถานีปลายทางจะไม่ส่งเฟรมตอบ

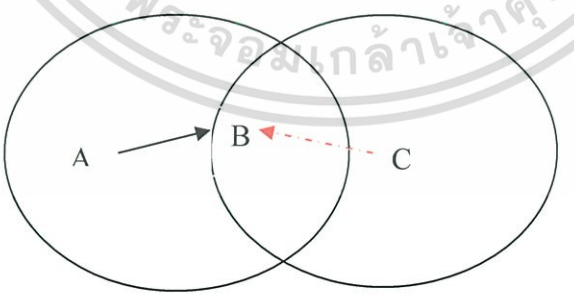
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับมาที่สถานีต้นทาง เมื่อสถานีต้นทางไม่ได้รับเฟรมตอบรับในช่วงเวลาที่กำหนดจะถือว่าเกิดการชนกันของข้อมูลสถานีต้นทางจะเริ่มสุ่มเวลาเข้าใช้สื่อและตรวจช่องสัญญาณเพื่อส่งข้อมูลใหม่

การควบคุมการใช้สื่อแบบกระจายอีกวิธีหนึ่งคือ 4 way-handshake หรือที่เรียกกันว่า RTS/CTS ถูกใช้กันมากจนกลายเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐาน โดยจะส่งเฟรมควบคุมขนาดเล็กไปก่อนเฟรมข้อมูลเรียกว่าเฟรม RTS หลังจากที่สถานีปลายทางได้รับเฟรม RTS แล้วรอจนช่องสัญญาณว่างเป็นเวลาเท่ากับ SIFS จะส่งเฟรม CTS กลับมาที่สถานีต้นทาง สถานีที่ไม่ใช่สถานีต้นทางและปลายทางหากได้รับเฟรม RTS หรือเฟรม CTS จะเซ็ตค่า NAV ให้มีค่าเท่ากับช่วงเวลาเท่ากับที่สถานีต้นทางส่งข้อมูลไปที่สถานีปลายทางจนเสร็จ ซึ่งหากค่า NAV ไม่เท่ากับศูนย์สถานีนั้นจะไม่สามารถส่งข้อมูลได้ ซึ่งเป็นการตรวจช่องสัญญาณแบบเสมือนที่ชั้นควบคุมการใช้สื่อ เมื่อสถานีต้นทางได้รับเฟรม CTS เป็นเวลา SIFS จึงเริ่มส่งข้อมูลได้

เนื่องจากในเครือข่ายแลนไร้สายไม่สามารถตรวจการชนกันของข้อมูลได้เหมือนกับเครือข่ายแบบมีสาย ดังนั้นโปรโตคอลหลีกเลี่ยงการชนจึงตรวจการชนโดยการรอฟังสัญญาณตอบรับของสถานีปลายทาง เมื่อได้รับการตอบรับที่ถูกต้องจากสถานีปลายทางแสดงว่าการส่งข้อมูลนั้นสำเร็จ ถ้าสถานีต้นทางไม่ได้รับเฟรมตอบรับจากปลายทางเป็นระยะเวลามากกว่าที่ระบุไว้หรือได้รับข้อมูลอื่นที่ไม่ใช่เฟรมตอบรับสถานีต้นทางจะถือว่าเกิดการชนกันของข้อมูลและจะเริ่มการสุ่มเวลาเข้าใช้สื่อเพื่อส่งข้อมูลซ้ำโดยปัญหาชนกันของข้อมูลมีสาเหตุสำคัญอยู่ 2 เหตุผลได้แก่

ปัญหาการชนที่เกิดจากสถานีที่หลบซ่อน (Hidden Terminal) เกิดขึ้นเนื่องจากแต่ละสถานีไม่สามารถตรวจการชนกันได้โดยตรง เช่น โหนด A กำลังส่งคลื่นสัญญาณออกไปยัง B แล้ว C ต้องการส่งไปยัง B เช่นกัน และ C จะไม่รู้ว่า B กำลังติดต่อกับ A อยู่ จึงส่งข้อมูลออกไปทำให้เกิดการชนกันของข้อมูล โดยแสดงได้ดังรูปที่ 2.10

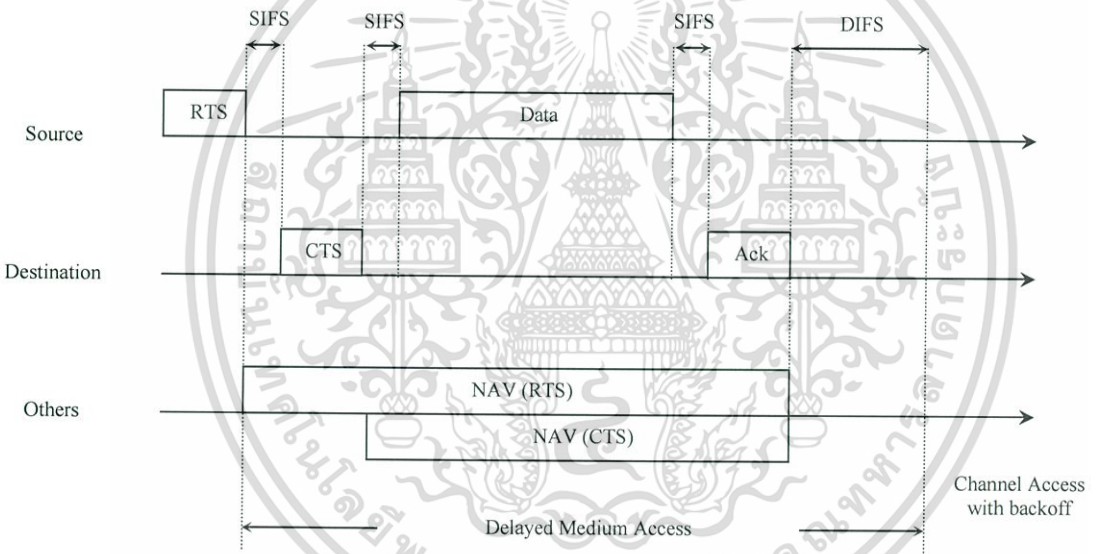


รูปที่ 2.10 ปัญหาการชนกันของข้อมูลเนื่องจากสถานีที่ซ่อนอยู่ (Hidden Terminal)

ในทางกลับกัน ถ้า B ต้องการส่งข้อมูลไปยัง C โดยที่ A นั้นกำลังส่งสัญญาณออกไปติดต่อกับเครื่องอื่น B อยู่ในรัศมีของ A แล้ว B จะไม่สามารถทำการส่งข้อมูลไปยัง C ได้ เนื่องจากพบว่าช่องสัญญาณไม่ว่าง ปัญหานี้เรียกว่า Exposed Terminal Problem ดังนั้น

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ... นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ปัญหาดังกล่าวทำได้โดยใช้วิธี 4-way handshaking หรือที่เรียกว่า RTS/CTS ดังรูปที่ 2.11 สถานีที่ต้องการส่งข้อมูลจะตรวจช่องสัญญาณจนกระทั่งช่องสัญญาณว่างเป็นระยะเวลาระหว่างเฟรมเท่ากับ DIFS จึงเริ่มเข้าสู่ช่วงการสุ่มเข้าใช้สื่อ เมื่อได้ส่งสถานีต้นทางจะส่งเฟรม RTS ไปที่สถานีปลายทางเพื่อจองช่องสัญญาณสถานีอื่นที่ไม่ใช่สถานีปลายทางเมื่อได้รับเฟรมนี้จะเซ็ตค่าการจัดสรรเครือข่าย (NAV) ไว้ค่าหนึ่งซึ่ง เมื่อค่า NAV ของสถานีใดไม่เท่ากับศูนย์สถานีนั้นจะไม่สามารถส่งข้อมูลได้ค่า NAV นี้จะถูกตั้งไว้เท่ากับช่วงเวลาเท่ากับสถานีต้นทางจะส่งข้อมูลไปยังสถานีปลายทางเสร็จ เมื่อสถานีปลายทางเมื่อได้รับเฟรม RTS จะตอบกลับมาด้วยเฟรม CTS เพื่อเป็นการจองช่องสัญญาณเช่นกัน เมื่อสถานีต้นทางได้รับเฟรม CTS จึงเริ่มส่งข้อมูลไปให้สถานีปลายทาง



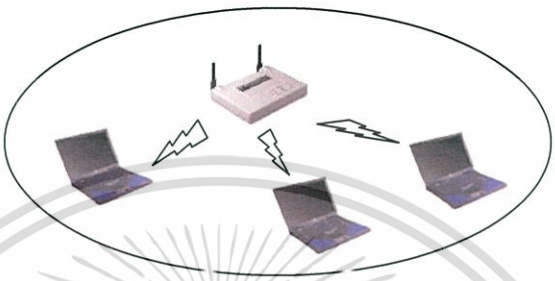
รูปที่ 2.11 การเข้าใช้สื่อของโปรโตคอลหลีกเลี่ยงการชน (CSMA/CA) ที่ใช้ RTS/CTS

2.4.2 การควบคุมการใช้สื่อแบบรวมศูนย์ (Pointed Coordination Function)

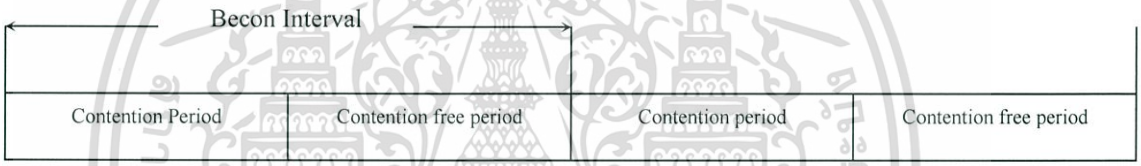
การควบคุมการใช้สื่อแบบรวมศูนย์เป็นทางเลือกหนึ่งของการควบคุมใช้สื่อในมาตรฐาน 802.11 แต่ละสถานีสามารถส่งข้อมูลโดยไม่ต้องแย่งกันเพราะทุกสถานีถูกควบคุมการส่งข้อมูลโดยแอคเซสพอยต์ แอคเซสพอยต์จะส่งเฟรมจัดการที่เรียกว่า บีคอน ภายในช่วงเวลา PIFS เพื่อเป็นการเริ่มต้นเข้าสู่การควบคุมใช้สื่อแบบรวมศูนย์ แอคเซสพอยต์จะส่งสัญญาณบีคอนเป็นคาบเวลาที่แน่นอนทุกสถานีที่ได้รับสัญญาณบีคอนจะเซ็ตค่า NAV เท่ากับระยะเวลาที่จะมีการใช้การควบคุมแบบรวมศูนย์ ดังนั้นแต่ละสถานีจึงไม่สามารถควบคุมการส่งข้อมูลด้วยตัวเองได้จะส่งข้อมูลได้ก็ต่อเมื่อได้รับเฟรมโพลจากแอคเซสพอยต์ โดยสามารถส่งข้อมูลได้หนึ่งแพ็กเก็ตต่อการโพลหนึ่งครั้ง แอคเซสพอยต์จะโพลให้สถานีที่ลงทะเบียนกับแอคเซสพอยต์ในช่วงเวลาที่มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แย่งกันใช้สื่อแบบเวียนรอบ การควบคุมใช้สื่อแบบรวมศูนย์สิ้นสุดลงเมื่อค่า NAV ของแต่ละสถานีที่ถูกเซ็ตไว้ลดลงจนเท่ากับศูนย์ หรือไม่มีสถานีที่ใช้การควบคุมใช้สื่อแบบรวมศูนย์ในลิสต์ของแอคเซสพอยต์ แสดงลักษณะของเครือข่าย และการทำงานของการใช้สื่อแบบรวมศูนย์ดังรูปที่ 2.12 และ 2.13 ตามลำดับ



รูปที่ 2.12 ลักษณะของเครือข่ายที่มีการควบคุมแบบรวมศูนย์



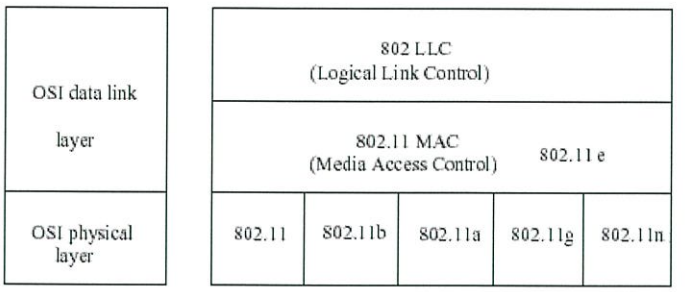
รูปที่ 2.13 ช่วงเวลาที่มีการควบคุมใช้สื่อแบบรวมศูนย์ร่วมกับการควบคุมใช้สื่อแบบกระจาย

เนื่องจากการควบคุมการใช้สื่อแบบรวมศูนย์ต้องอาศัยเครือข่ายที่เป็นโครงสร้างและการพัฒนาได้ยากเมื่อเทียบกับการควบคุมใช้สื่อแบบกระจาย จึงไม่เป็นที่นิยมที่จะพัฒนาการควบคุมการใช้สื่อแบบแบบรวมศูนย์ โดยต่อไปนี้จะกล่าวถึงมาตรฐาน IEEE 802.11

2.5 มาตรฐาน IEEE 802.11

มาตรฐาน IEEE 802.11 เหมือนกับมาตรฐาน IEEE 802.3 Ethernet ซึ่งใช้กับเครือข่าย LAN แบบใช้สาย และ IEEE 802.5 สำหรับเครือข่าย Token Ring ตรงที่ มาตรฐาน IEEE 802.11 จะมุ่งความสนใจไปที่ระดับล่างสุดสองระดับของ OSI model (คือ physical layer และ data link layer) ซึ่งจะทำให้ Application ,Network, OS , Protocol รวมทั้ง TCP/IP ใดๆก็ตามสามารถใช้งานบน 802.11 compliant WLAN ได้ง่ายๆเช่นเดียวกับใช้งานบน Ethernet โดยทั่วๆไปโดยแสดงรูปแบบดังรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.14 เปรียบเทียบชั้นเครือข่ายไร้สาย IEEE 802.11 กับชั้น OSI

2.5.1 มาตรฐาน 802.11 ในชั้นฟิสิคคัล

1. มาตรฐาน IEEE 802.11b ซึ่งเป็นมาตรฐานระบบเครือข่ายไร้สายที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดในโลก เพราะมีการเปิดตัวก่อนมาตรฐานอื่นและมีผลิตภัณฑ์ออกวางจำหน่ายแล้วมากและแพร่หลายที่สุด มาตรฐาน IEEE 802.11b นั้นล่าสุดได้รับการตั้งชื่อใหม่ว่า Wi-Fi โดยได้รับการรับรองมาตรฐานและกำหนดรายละเอียดโดยกลุ่ม WECA หรือ Wireless Ethernet Compatibility Alliance สำหรับรายละเอียดด้านคุณสมบัติ ของ IEEE 802.11b จะสามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงสุดที่ 11 Mbps โดยใช้ความถี่คลื่นวิทยุที่ 2.4 GHz และใช้เทคนิคการส่งสัญญาณแบบ DSSS โดยย่านความถี่ที่ใช้เป็น ISM (Industrial, Scientific and Medical) band จากระดับความเร็วที่ค่อนข้างต่ำ คือทำได้เพียง 11 Mbps เท่านั้น เมื่อเทียบกับ ระบบ LAN แบบมีสายที่มาตรฐานปัจจุบันอยู่ที่ระดับ 100 Mbps และล่าสุดมาตรฐานความเร็ว 1 Gbps กำลังเป็นที่ยอมรับและนิยมใช้งานมากขึ้นเรื่อย ๆ ก็จะเห็นว่า IEEE 802.11b นั้นค่อนข้างช้ากว่ามาก ไม่เพียงเท่านั้น คลื่นความถี่วิทยุที่ 2.4 GHz ที่ IEEE 802.11b ใช้อยู่นั้นยังมีอุปกรณ์อื่นๆ ร่วมใช้งานอยู่ด้วยหลายชนิด เช่น เตาไมโครเวฟ หรือ โทรศัพท์มือถือ ซึ่งหากมีอุปกรณ์เหล่านี้ทำงานอยู่ใกล้ๆ กับเครือข่าย IEEE 802.11b ก็จะทำให้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลช้าลง แต่จุดเด่นก็คือการใช้ความถี่คลื่นวิทยุที่ค่อนข้างต่ำ เพียง 2.4 GHz นั้นทำให้ IEEE 802.11b มีระยะทางในการติดต่อระหว่างอุปกรณ์ค่อนข้างไกล ทำให้ชุดเครือข่ายไร้สายแบบ IEEE 802.11b ไม่จำเป็นต้องมีจุด รับส่งสัญญาณ หรือที่เรียกกันว่า Access Point หรือ Hot Spot มากนัก ซึ่งช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้ดี สำหรับอัตราการส่งข้อมูลจำเพาะ ของ IEEE 802.11b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Rate (Mbps) อัตราการส่งข้อมูล	Code Length ความยาวของรหัส	Modulation ชนิดของการมอดดูเลต	Symbol Rate (Mbps) อัตรา Symbol	Bits/Symbol
1	11 (Barker sequence) ลำดับของบาร์เกอร์	BPSK	1	1
2	11 (Barker sequence) ลำดับของ บาร์เกอร์	QPSK	1	2
5.5	8(CCK)	QPSK	1.375	4
11	8(CCK)	QPSK	1.375	8

ตารางที่ 2.5 อัตราการส่งข้อมูลจำเพาะ ของ IEEE 802.11b

2. มาตรฐาน IEEE 802.11g เป็นมาตรฐานที่กำลังอยู่ระหว่างการพัฒนาและคาดว่าจะสามารถวางตลาดได้ในช่วงปลาย ปี 2002 จุดเด่นของ IEEE 802.11g ก็คือการใช้คลื่นความถี่วิทยุ 2.4 GHz ซึ่งเป็นคลื่นสาธารณะที่ได้รับอนุญาตให้ใช้งานได้โดยไม่ผิดกฎหมายเหมือนมาตรฐาน 802.11b แต่ใช้เทคโนโลยีแบบ OFDM ในการส่งสัญญาณ ทำให้มีความเร็วสูงสุดมากกว่า 20 Mbps เหมือนมาตรฐาน IEEE 802.11a จุดเด่นที่สำคัญของ 802.11 g ก็คือสามารถใช้งานร่วมกับ 802.11bที่มีอยู่แล้วได้

3. มาตรฐาน IEEE 802.11a นั้นเกิดขึ้นหลังการวางตลาดของมาตรฐาน IEEE 802.11b โดยผลิตภัณฑ์ IEEE 802.11a มีจุดเด่นที่เหนือกว่า IEEE 802.11b ตรงที่ความเร็วในการรับส่งข้อมูลนั้นจะเร็วกว่า คือ ทำได้สูงสุดถึง 54 Mbps และเร็วกว่า IEEE 802.11b ในทุกระยะทาง (ความเร็วของเครือข่ายไร้สายทุกมาตรฐานจะลดลงเมื่อระยะทางมากขึ้น) โดยมีความถี่คลื่นวิทยุอยู่ที่ 5 GHz ซึ่งเป็นย่านความถี่วิทยุ ของ Unlicensed National Information Infrastructure (U-NII) band มีความกว้างของความถี่ทั้งหมด 300 MHz โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ ระดับละ 100 MHz คือ ต่ำ ปานกลาง และสูง ซึ่งแต่ละระดับมีระดับมีการสามารถใช้งานและกำลังส่งแตกต่างกัน

- ย่านความถี่ระดับต่ำ (low band) ย่านความถี่ที่ทำงานจาก 5.15 ถึง 5.25 GHz กำลังส่งสูงสุด เท่ากับ 50 mW

- ย่านความถี่ระดับปานกลาง (middle band) ย่านความถี่ที่ทำงานจาก 5.25 ถึง 5.35 GHz ด้วยกำลังส่งสูงสุด เท่ากับ 250 mW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ย่านความถี่ระดับสูง (high band) ย่านความถี่ที่ทำงานจาก 5.725 ถึง 5.825 GHz ด้วยกำลังส่งสูงสุด เท่ากับ 1000 mW

โดยกำลังส่งที่สูงของเครื่องรับ-ส่งสัญญาณของระบบเครือข่ายไร้สายและช่วงความถี่ 5.8 GHz จะทำให้สามารถส่งสัญญาณติดต่อกัน ระหว่างอาคารหนึ่ง กับอีกอาคารหนึ่งได้ ส่วนการใช้งานภายในอาคารจะใช้งานในย่านความถี่ระดับปานกลางและต่ำ ซึ่งในอเมริกาสามารถใช้งานได้ทั้ง 3 ย่านความถี่ แต่ปัญหาเรื่องของกฎหมายเกี่ยวกับคลื่นความถี่ ระดับ 5 GHz ที่ในแถบยุโรปและประเทศญี่ปุ่นมีข้อกำหนด ค่อนข้างเคร่งครัด คือ ในยุโรปกำลังทำข้อตกลงร่วมกันระหว่าง IEEE และ European Telecommunications Standards Institute (ETSI) ส่วนในประเทศญี่ปุ่นอนุญาตให้ใช้ได้เฉพาะ ย่านความถี่ต่ำเท่านั้น ดังนั้นการใช้งานในย่านความถี่ปานกลางและต่ำ จึงมีความกว้างของสัญญาณรวมกันเท่ากับ 200 MHz สามารถส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราเร็วสูงสุดถึง 54 Mbps ได้สำเร็จ โดยใช้หลักการส่งสัญญาณความถี่ย่อยโดยอัตราเร็วต่ำๆ พร้อมๆกัน เมื่อนำทั้งหมดมารวมกันก็จะสามารถสร้างช่องสัญญาณที่มีอัตราเร็วสูงขึ้นได้ตามที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ช่วงความถี่ดังกล่าว สามารถแบ่งการใช้งานได้ถึง 8 ช่องสัญญาณโดยไม่ทับซ้อนกัน แต่ละช่องสัญญาณมีความกว้าง เท่ากับ 20 MHz ใช้การมอดดูเลชั่นแบบ OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) ในการส่งสัญญาณ ซึ่งเป็นเทคนิคการส่งสัญญาณแบบแยกส่งเป็นความถี่ย่อย ๆ (Narrow - band sub carriers) และมีความเป็นอิสระต่อกันแต่ละความถี่ย่อยจะมีความกว้างเท่ากับ 300 KHz จำนวน 52 ช่องสัญญาณความถี่ย่อย สัญญาณความถี่ย่อยจะทำการรับและส่งข้อมูลโดยส่งไปแบบขนาน ด้านรับสัญญาณจะได้รับข้อมูลทั้งหมดพร้อมกัน ซึ่งนั้นก็หมายความว่าข้อมูลที่ส่งจะมีขนาดใหญ่ และต้องการความต่อเนื่องในการส่งสัญญาณ เพราะฉะนั้นเพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูล (data loss feature) จึงเพิ่ม Forward Error Correction (FEC) เข้าไปใน 802.11 a ด้วย ซึ่งจะมีเฉพาะใน 802.11 a เท่านั้น (ไม่พบใน 802.11 b) สำหรับอัตราการส่งข้อมูลและระยะทางในการส่งข้อมูลของมาตรฐาน 802.11 a รองรับอัตราความเร็วของการส่งข้อมูล เท่ากับ 6 , 9 , 12 , 18 , 24 , 36 , 48 และ 54 Mbps อัตราความเร็วจะลดลงเองอย่างอัตโนมัติขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่าง Access point กับ เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย โดยที่ความเร็วสูงสุดที่ 54 Mbps นั้นใช้การมอดูเลชั่นสัญญาณความถี่ย่อย แบบ 64- level Quadrature Amplitude Modulation (64 QAM) คล้ายกันกับ 802.11 b ที่ เครื่องลูกข่ายมาตรฐาน 802.11 a จะมีอัตราเร็วลดลงเหมือนระยะทางจาก Access Point มากขึ้น แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้ว 802.11 a ยังมีความเร็วที่เหนือกว่าในทุกระยะทาง

4. IEEE 802.11n เป็นมาตรฐานของเครือข่ายไร้สายที่คาดหมายกันว่า จะเข้ามาแทนที่มาตร ฐาน IEEE 802.11a, IEEE 802.11b และ IEEE 802.11g ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน โดยให้อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลในระดับ 100 เมกะบิตต่อวินาที

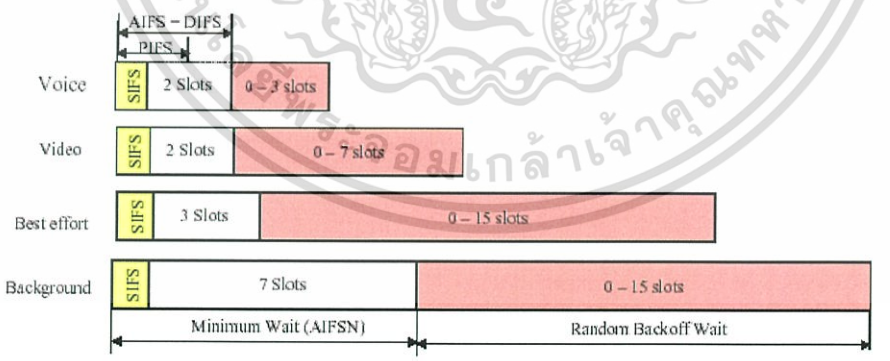
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสามารถเปรียบเทียบข้อดีที่เพิ่มขึ้นกับมาตรฐาน IEEE 802.11g ได้ดังนี้

1. ระยะส่งเป็น 4 เท่าของ 802.11g
2. ความเร็วเป็น 4 เท่าของ 802.11g (ก็ 802.11g บางรุ่นก็วิ่งที่ 108Mbps ทางทฤษฎี)
3. เพิ่มความสามารถในการกันสัญญาณกวนจาก Wireless Network ข้างเคียง รวมทั้งอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ความถี่ 2.4GHz เหมือนกัน
4. เพิ่มประสิทธิภาพการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ทั้ง 802.11b และ 802.11g
5. การใช้งานของอุปกรณ์ 802.11b ในระบบ Wireless Network จะไม่ทำให้ความเร็วทั้งระบบลดลงเหมือน 802.11g
6. Compatible กับ 802.11b และ 802.11g

2.5.2 มาตรฐาน 802.11 ในชั้น MAC layer

IEEE 802.11e เป็นมาตรฐานที่ปรับปรุง MAC Layer ของ IEEE 802.11 เพื่อให้สามารถรองรับการใช้งานหลักการ Quality of Service สำหรับ application เกี่ยวกับมัลติมีเดีย (Multimedia) เนื่องจาก IEEE 802.11e เป็นการปรับปรุง MAC Layer ดังนั้นมาตรฐานเพิ่มเติมนี้จึงสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ IEEE 802.11 WLAN ทุกเวอร์ชั่นได้ โดยอาศัยหลักการปรับปรุงการควบคุมการเข้าใช้สื่อในชั้น MAC Layer ซึ่งมีกลไกการแบ่งแยกความสำคัญของข้อมูลที่เรียกว่า EDCF โดยแบ่งประเภทข้อมูลออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลเสียง ข้อมูลวิดีโอ และ ข้อมูลที่เป็นดาต้าอื่นตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลในมาตรฐาน 802.11e

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.15 จะเห็นว่าพารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการจัดสรรการเข้าสุ่มก่อน-หลังคือ ช่วงเวลา AIFS และ พารามิเตอร์ที่กำหนดช่วงเวลาการเข้าสุ่มเพื่อใช้สื่อคือ Contention Window ซึ่งเกี่ยวข้องกับความถี่ในการเข้าสุ่ม (Random Backoff) โดยมาตรฐาน IEEE 802.11e มีตารางค่า Default ดังต่อไปนี้

AC	Cwmin	Cwmax	AIFS
AC_BK	Cwmin	Cwmax	7
AC_BE	Cwmin	Cwmax	3
AC_VI	(Cwmin)/2 -1	Cwmin	2
AC_VO	(Cwmin)/4 -1	(Cwmin)/2 -1	2

ตารางที่ 2.6 Default ของกลไกแบบ EDCF ตามมาตรฐาน IEEE 802.11e

จากรูปที่ 2.15 และตารางที่ 2.6 จะเห็นว่ามาตรฐาน 802.11e จะให้ความสำคัญกับข้อมูลเสียงมากที่สุดตามด้วยและวิดีโอและข้อมูลดาต้าอื่นๆตามลำดับ

2.6 โปรแกรม Network Simulation 2

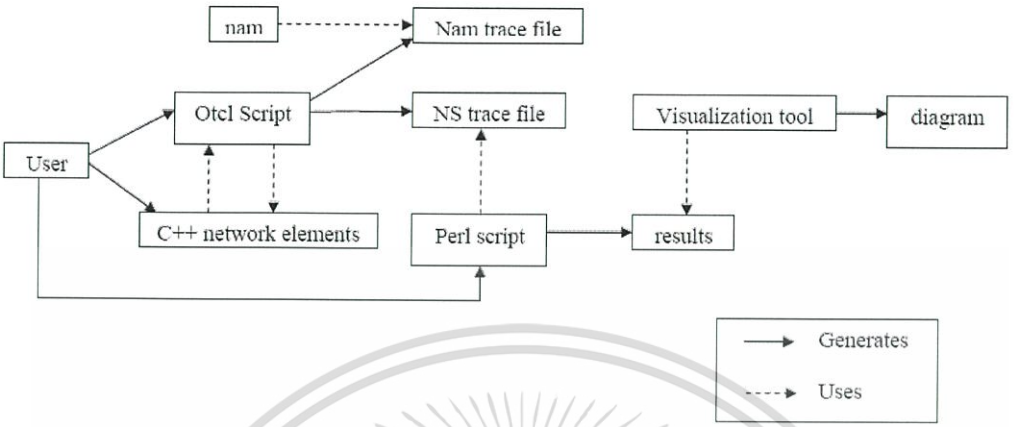
NS2 เป็น open-source และสามารถที่จะ run ได้ทั้งบน Linux ,FreeBSD , SunOS ,Solaris และ Windows ถูกพัฒนาขึ้นโดย ISI (Information Sciences Institute) NS2 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองการทำงานของ Network ในแบบที่ เป็น discrete event simulator ซึ่งสนับสนุนการจำลองการเลือกเส้นทางในการขนส่ง packet จำลองการทำงานของ multicast protocol และ IP protocol เช่น UDP TCP RTP SRM ที่อยู่บนเครือข่ายประเภทที่เป็น wire และ wireless (local และ satellite) ซึ่งNS2 เป็น tool ที่มีประโยชน์มากทั้งยังสนับสนุน multiple protocol และยังมีความสามารถในการแสดงรายละเอียดของ network traffic ออกมาในรูปแบบของกราฟฟิกและยังสนับสนุน algorithm ในการ routing และ queuing เช่น FIFO, round-robin เป็นต้น

2.6.1 การติดตั้งโปรแกรม Network Simulator (NS) บน Linux

Network Simulator คือ โปรแกรมที่ช่วยในการฝึกการออกแบบและติดตั้งระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ซึ่งโปรแกรมนี้สามารถใช้งานได้ทั้งบน Windows และ Unix (FreeBSD, Linux, SunOS, Solaris) สำหรับการลงโปรแกรมนี้มี 2 วิธีในการลงโปรแกรม คือ สามารถลงแบบที่ละ Component หรือ ลงแบบ all at one ซึ่งในที่นี้จะเลือกลงโปรแกรมแบบ all at once ซึ่งคือ NS-allinone-2.28 เป็นโปรแกรม NS allinone Version 2.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 หลักการทำงานของ NS2



รูปที่ 2.16 วิธีการใช้งานโปรแกรม Network Simulation 2

User จะสามารถสร้าง Otcl Script, C++ Network elements และ Perl Script เพื่อที่จะนำมาใช้ในการออกแบบเพื่อจำลองการทำงานของ Network ซึ่ง User สร้าง C++ network ขึ้นมาเพื่อให้เป็น object ที่อยู่ใน library ที่สามารถจะเรียกใช้ได้โดยเรียกใช้ผ่าน Command ของ Otcl Script ซึ่งจะมี Otcl linkage เป็นตัวที่จะเรียก Object ใน library ขึ้นมาใช้งาน เมื่อ Otcl script ถูกประมวลผล Otcl script จะสร้าง nam trace file และns trace file ซึ่งตัว nam trace file ที่ได้นั้นจะถูกเรียกใช้โดย nam เพื่อที่จะนำไปประมวลผลแล้วแสดงผลออกมาในรูปกราฟฟิก ในส่วนของ perl script นั้นจะเรียกใช้ ns trace file เพื่อนำ ns trace file มา filter ให้ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็น Result ที่จะถูกเรียกใช้โดย Visualization tool เช่น Xgraph เพื่อที่จะนำมาใช้สร้างกราฟที่แสดงผลการทำงานของการจำลอง Network ภาษาที่ใช้ใน NS2 มีอยู่ 2 ภาษา เนื่องจาก Simulator มีลักษณะการทำงาน 2 อย่างที่แตกต่างกัน ซึ่งงานส่วนแรกจะเป็นการจำลองรายละเอียดต่างๆเกี่ยวกับ Protocol จึงจำเป็นต้องใช้ System programming language ซึ่งมีประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลที่มีหน่วยของขนาดข้อมูลเป็น byte , packet header และสร้าง algorithm ที่สามารถประมวลผลข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ได้ ซึ่งงานในส่วนนี้จะเน้น และให้ความสำคัญในเรื่องของ run-time speed ส่วนในเรื่องของ turn-around time (ค้นหา bug re-run recompile) นั้น จะมีความสำคัญน้อยกว่า ส่วนงานในส่วนที่ 2 ส่วนใหญ่จะเป็นเรื่องของการทำวิจัยเกี่ยวกับ network ซึ่งจะต้องยุ่งเกี่ยวกับพวก Parameters หรือ การทำ Configuration ซึ่ง iteration time (change the model and re-run) นั้นเป็นสิ่งสำคัญ เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นที่ NS2 จะใช้ 2 ภาษา คือ C++ หรือ OTCL (Object Tool Command Language)เอาไว้ใช้ในการเขียน Simulation script , Configuration และ setup

- ทดสอบผลของ network parameter โดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าใน object ของ C++
- วิเคราะห์ผลของการเปลี่ยนแปลง parameter โดยใช้การ trace และแสดงผลทางหน้าจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 ความสามารถของ โปรแกรม NS 2

- จำลองความแตกต่างของ protocol (TCP/UDP)
- Wired Routing protocols, Ad-Hoc Routing protocol
- วิธีการที่ใช้ในการจัด packet เพื่อเรียงเข้า Queue เช่น Drop Tail, RED, WFQ, DRR, LQD เป็นต้น
- คุณลักษณะของ Traffic เช่น Poisson, Exponential, Pareto เป็นต้น สำหรับ Traffic ของจุดเริ่มต้น คือ CBR หรือ VBR
- ปรับเปลี่ยน NS2 เพื่อสร้าง protocol ใหม่ หรือพัฒนา protocol เดิมให้เป็น Version ใหม่
- การวัดทางสถิติ เช่น Throughput, Delay Jitter, Queue Monitoring, Drops at Queues
- Graphic visualization ใช้ NAM (Network Animator) ในการจำลอง visualize wired และใช้ Ad-Hockey ในการจำลอง visualize wireless

2.6.4 รายละเอียดของ CBR Trace file Format

cbr trace file เป็นไฟล์ที่บรรจุข้อมูลเหตุการณ์ต่างๆตั้งแต่เริ่มทำการ Simulate สำหรับ Traffic แบบ cbr (Constant bit rate) โดยรายละเอียดของ Trace file แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2.17

Event	Time	From node	Trace Generated	Event Packet ID	Packet Typt	Packet size	MAC Transmit Defial	Sender and Recive address

```
r 10.337063818 _3_ AGT  --- 6098 cbr 180 [13a 3 0 800] ------- [0:2 3:0 32 3] [445] 1 0
r 10.339491727 _0_ AGT  --- 7055 tcp 1560 [13a 0 b 800] ------- [11:0 0:10 32 0] [187 0] 1
s 10.339491727 _0_ AGT  --- 7058 ack 40 [0 0 0 0] ------- [0:10 11:0 32 0] [187 0] 0 0
s 10.340000000 _0_ AGT  --- 7059 cbr 160 [0 0 0 0] ------- [0:0 1:0 32 0] [517] 0 0
D 10.340000000 _0_ RTR  IFQ 6991 cbr 180 [0 0 0 0] ------- [0:0 1:0 32 0] [512] 0 0
s 10.340000000  2  AGT  --- 7060 cbr 160 [0 0 0 0] ------- [2:0 0:1 32 0] [517] 0 0
```

รูปที่ 2.17 รายละเอียดของ Trace file

จากรูปที่ 2.17 แสดงรายละเอียดของ Trace file ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

1. Event คือ Event type มีสัญลักษณ์ได้แก่

   r หมายถึง receive

   s หมายถึง send

   d หมายถึง drop

2. Time คือ ระยะเวลาขณะที่เกิด Event
3. From node คือ input node ของ link ที่เกิด event
4. Trace Generated คือ ชนิดของ Trace Gendered

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Event packet ID คือ หมายเลขของ Packet
6. Packet type คือ ชนิดของ Packet สำหรับข้อมูลเสียงใช้ Traffic เป็นประเภท cbr และข้อมูลดาต้า เป็นประเภท ftp
7. Packet size คือ ขนาดของ Packet
8. MAC Transmit detail คือ รายละเอียดของ Mac ซึ่งประกอบไปด้วย Sender Mac ID, Transmit Mac ID, Packet type
9. Sender and Receive address ประกอบด้วย Sender and Receive address port และ next hop address

2.6.5 การจัดการข้อมูลเกี่ยวกับ Trace file

ใน NS simulator นั้นสามารถจัดเตรียมรายละเอียดของข้อมูลในแต่ละเหตุการณ์บน Network ได้ซึ่งถ้าผู้ใช้ต้องการที่จะวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ผู้ใช้จะต้องทำการ trace ข้อมูลต่างมาไว้ใน file แล้วทำการวิเคราะห์จัดการข้อมูลต่างๆ เองซึ่งอาจจะวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆเหล่านี้โดยการใช้ภาษาที่ ใช้ในการเขียนโปรแกรมต่าง ๆ ในการจัดการกับไฟล์ ซึ่งส่วนใหญ่จะจัดการกับไฟล์ต่างๆโดยใช้ภาษา script เนื่องจากภาษาเหล่านี้จะทำงานโดยการแปลคำสั่งและประมวลผลได้โดยที่ไม่ต้องทำการคอมไพล์

การจัดการไฟล์ข้อมูลด้วย awk

awk เป็นภาษาที่สามารถจะนำมาใช้ในการจัดการกับไฟล์ข้อมูลได้ด้วยคำสั่งง่ายๆ ที่มีใน awk ซึ่ง awk มีความสามารถดังต่อไปนี้

- จัดการกับ database เล็กๆ
- สร้าง report
- ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล
- สร้าง index และแสดงเอกสารของงานต่างๆ
- ใช้ทดสอบ algorithm ก่อนที่จะมีการนำไปประยุกต์ใช้ด้วยภาษาอื่นๆเช่น การแสดงค่าในแต่ละ column ในไฟล์, การคำนวณหาผลรวม, การหาผลหาร เป็นต้น

ตัวอย่าง awk script ที่คำนวณค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ 4 จากไฟล์

```
BEGIN {FS = "\t"} {nl++} {s=s+$4} END
{print "average:" s/n1}
```

ตัวอย่างข้างต้นมีชื่อไฟล์ว่า Average.awk ซึ่งถ้าต้องการนำ code ดังกล่าวไปใช้งานกับ file ที่ชื่อ out.ns ให้ใช้คำสั่งในการประมวลผล file ดังนี้ awk –f Average.awk out.ns ซึ่งผลลัพธ์ก็คือการหาค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ 4 ของไฟล์ out.ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการประมวลผล awk กรณีที่ awk อยู่ใน OTcl script

exec awk $<function> <fileName>

เช่น exec awk $awkCode all.q

กรณีที่ awk อยู่ใน file

awk –f <program> <input-file>

เช่น awk –f advice

คำสั่ง –f มีเพื่อที่จะนำโปรแกรม awk มาจากไฟล์ source file

2.6.6 การจัดการไฟล์ข้อมูลด้วย Perl

Perl ย่อมาจาก Practical Extraction and Report Language ซึ่ง Perl สามารถที่จะทำการประมวล ผลไฟล์ข้อมูลประเภท ASCII ใน Unix ซึ่งภาษานี้ถูกสร้างมาเพื่อช่วยให้งานของผู้ดูแลระบบนั้นง่ายขึ้น โดยข้อดีของการใช้ Perl Script คือ

- ง่ายต่อการเขียนโปรแกรมเล็กที่ใช้ในการกรองข้อมูลจากไฟล์ต่างๆ
- สามารถใช้ได้ในหลายๆ OS โดยที่ไม่ต้องทำการเปลี่ยนแปลง code
- การดูแลและการตรวจสอบ Bug ใน Perl script นั้นทำได้ง่าย
- ภาษา Perl เป็นที่นิยมกันมาก

ซึ่งใน NS simulator สามารถที่จะนำข้อดีของ Perl Script มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่ใน trace file ต่างๆ เพื่อที่จะได้นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในการสร้างกราฟหรือไปใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการทำงานของ ns simulator ดังตัวอย่างต่อไปนี้ที่จะแสดงการนำ Perl Script มาช่วยในการจัดการประมวลผลข้อมูลที่อยู่ใน trace file ซึ่งตัวอย่างนี้จะคำนวณค่า throughput ของการติดต่อกับ TCP ซึ่งตัวโปรแกรมจะทำการหาค่าเฉลี่ยของ throughput ที่อยู่ในช่วงตามค่าที่ ได้รับจาก parameter ซึ่งเรียกว่า “granularity” ซึ่ง input ที่รับมานั้นมี 3 ค่า คือชื่อของ trace file (ในตัวอย่างนี้คือ out.tr), node ที่ต้องการตรวจสอบค่า throughput ค่า granularity

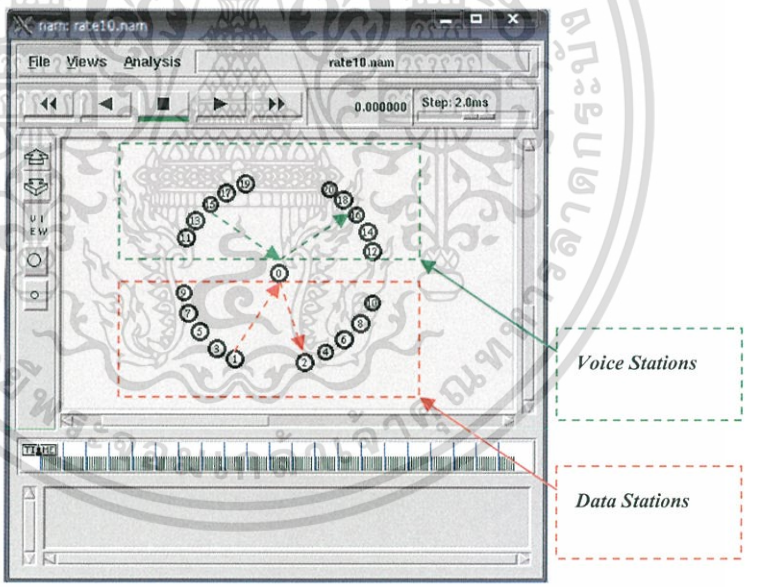
ยกตัวอย่างเมื่อต้องการทดสอบการทำงานของไฟล์ตัวอย่างข้างต้นให้ใช้คำสั่ง

perl throughput.pl <trace file> <required node> <granlarity> > Resultfile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการทดสอบพฤติกรรมประสิทธิภาพของเสียงบนเครือข่าย WLAN ที่นำเสนอ

ในบทที่ผ่านมานั้นได้กล่าวถึงเนื้อหาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี Voice over IP เครือข่าย Wireless Lan และ การใช้งานโปรแกรม Network Simulation 2 เบื้องต้น สำหรับในบทที่ 3 นี้จะกล่าวถึงวิธีการทดสอบพฤติกรรมประสิทธิภาพของเสียงบนเครือข่าย Wireless Lan ซึ่งจะทำการจำลองข้อมูลเสียงและข้อมูลดาต้าในรูปแบบเฟรมข้อมูลวิ่งบนเครือข่าย Wireless Lan ที่สร้างขึ้นด้วยการเขียน Wireless Scenario ด้วยภาษา TCL/CK แล้วทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม Network Simulation 2 ซึ่งเป็นโปรแกรม Open source ที่เหมาะสมสำหรับการใช้ทดสอบพฤติกรรมของการขนส่งในระดับแพ็คเก็ตและการทำงานของทราฟฟิคบนระบบเครือข่ายได้อย่างแม่นยำโดยจะเริ่มกล่าวถึงลักษณะโครงข่ายที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการทดสอบดังรูปต่อไปนี้

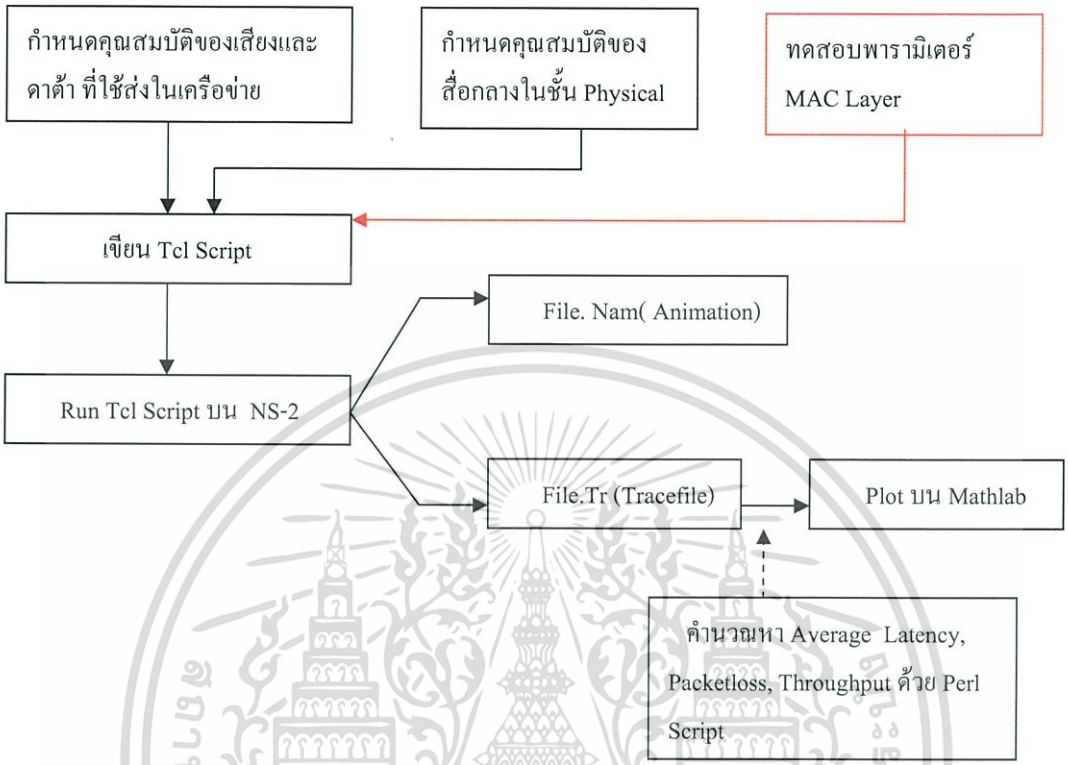


รูปที่ 3.1 ลักษณะเครือข่าย Voice over WLAN จำลองที่ใช้ในการทดสอบ

จากรูปที่ 3.1 ไฟล์ Animation แสดงลักษณะเครือข่าย Voice over WLAN ที่จำลองขึ้นมาประกอบด้วย สถานีลูกข่ายที่รับส่งแพ็คเก็ตข้อมูลเสียง และ ดาต้ารับผ่านโหนดศูนย์กลางที่เปรียบเสมือน Access Point สำหรับการทดสอบจะทำการจำลองสถานการณ์ที่เกิดการคับคั่งของแพ็คเก็ต (Congestion) โดยการบันทึกผลการทดสอบขณะที่มีทำการเพิ่มสถานีรับส่งข้อมูลเสียงและดาต้าตั้งแต่ 2-30 โหนด โดยเกณฑ์การพิจารณาจะดูจากค่าเฉลี่ยการดีเลย์ การสูญหายของแพ็คเก็ต และทรูพุต โดยต่อไปนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ขั้นตอนในการทดสอบ



รูปที่ 3.2 ลำดับขั้นตอนการทดสอบเครือข่าย Voice over WLAN เสมือนด้วย NS-2

จากรูปที่ 3.2 แสดงลำดับขั้นตอนในการทดสอบเครือข่าย Voice over WLAN โดยเริ่มจากการกำหนดคุณลักษณะของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงและข้อมูลดาต้าที่จะใช้ส่งในเครือข่ายต่อจากนั้นจะทำการออกแบบลักษณะสื่อกลางในชั้น Physical layer และทำการทดสอบพารามิเตอร์ในชั้น MAC layer โดยการกำหนดคุณสมบัติทั้งในชั้น Physical layer และ MAC นั้นจะใช้ภาษา TCL/TK ในการเขียน TCL Script เพื่อใช้ในการประมวลผลด้วยโปรแกรม Network Simulation 2 ซึ่งผลลัพท์จากการประมวลผลแบ่งเป็น 2 ส่วนไฟล์แรกคือไฟล์ .nam ซึ่งเป็นไฟล์ที่ใช้ในการแสดงเอนิเมชั่น สำหรับไฟล์ที่ 2 เป็นไฟล์ .tr หรือ Trace file ซึ่งเป็นไฟล์ที่บรรจุข้อมูลเหตุการณ์ต่างๆตั้งแต่เริ่มทำการ Simulate โดย Trace file นี้จะใช้เป็นไฟล์ข้อมูลเพื่อทำการ Compile ด้วย Perl Script ที่เขียนขึ้นมาเพื่อหาค่าเฉลี่ยของการดีเลย์ (Latency.pl) ค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ต (Packetloss.pl) และ ค่าเฉลี่ยทรูพุตของข้อมูลเสียง (Throughput.pl) ซึ่งจะได้เป็นผลค่าเฉลี่ยในแต่ละการเพิ่มของโหนด ต่อจากนั้นก็จะนำผลค่าเฉลี่ยทั้งหมดมาพล็อตด้วยโปรแกรม Matlab โดยต่อไปนี้จะเริ่มกล่าวถึงการกำหนดคุณลักษณะของข้อมูลแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงและข้อมูลดาต้าที่ใช้ในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การกำหนดลักษณะแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงและคุณสมบัติในชั้น Physical Layer

3.2.1 การกำหนดคุณลักษณะของข้อมูลแพ็คเก็ตข้อมูลเสียง

สำหรับในการทดสอบนี้เลือกใช้มาตรฐานการเข้ารหัสแบบ G.711ซึ่งเป็นมาตรฐานที่เป็นย่านความถี่เสียงพูดซึ่งนิยมใช้ในการ Simulate ในงานวิจัยที่เกี่ยวกับ VoIP โดยสื่อสารแบบดิจิตอลในระดับ 64 Kbps แบบไม่บีบอัดข้อมูล ซึ่งจัดเก็บข้อมูลได้ 160 ไบต์รวม Header ดังแสดงรายละเอียดเฟรมข้อมูลเสียงดังรูปที่ 3.3

IP Header	UDP Header	RTP Header	Voice Payload
20 bytes	8 bytes	12 bytes	120 bytes

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างแพ็กเก็ตของ H.323 (G.711)

จากรูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างแพ็คเก็ตที่จะใช้ในการจำลองเป็นข้อมูลเสียงเฟรมข้อมูล 160 ไบท์แบ่งเป็นส่วนของ Voice Payload ขนาด 120 bytes รวมกับ RTP Header 12 bytes, UDP Header 8 bytes และ IP Header 20 Bytes โดยต่อนี้จะกล่าวถึงการกำหนดคุณสมบัติในชั้น Physical Layer

3.2.2 การกำหนดคุณสมบัติสื่อกลางในชั้น Physical Layer

ในโปรแกรม Network Simulation 2 มีหลายโมเดลการแพร่กระจายที่ใช้งานในชั้น Physical Layer ซึ่งในการทดสอบนี้จะใช้โมเดล Two Ray Ground Model ซึ่งมีลักษณะระยะสื่อสารที่เป็นแบบวงกลมในอุดมคติ สามารถแสดงโมเดลได้ดังสมการที่ 3.1 ดังนี้

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r h_t^2 h_t^2}{d^4 L} \tag{3.1}$$

- Pr = กำลังที่รับได้
- Gt=อัตราขยายของสายอากาศเครื่องส่ง
- Gr=อัตราขยายของสายอากาศเครื่องรับ
- ht=ความสูงของสายอากาศเครื่องส่ง
- hr=ความสูงของสายอากาศเครื่องรับ
- d = ระยะห่างจาก AP
- L=การสูญเสียในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

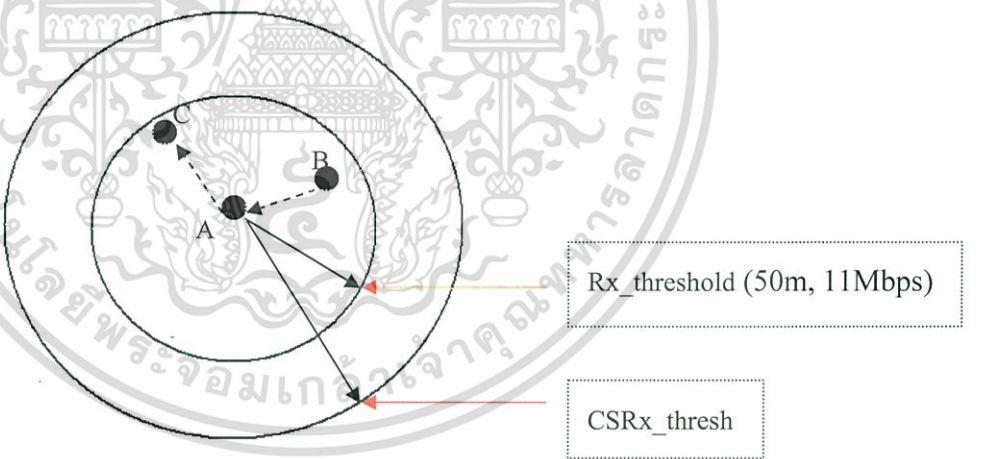
3.2.3 การกำหนดคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบและการคำนวณค่าขอบเขต Rx_Threshold

การกำหนดค่าพารามิเตอร์ใช้ในการจำลองในชั้น Physical Layer ในการทดสอบนี้จะยึดคุณสมบัติตามมาตรฐาน IEEE 802.11b สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้จะกำหนดคุณสมบัติตาม Orinoco 11b Card ดังตารางที่ 3.1

	BPSK	QPSK	CCK5.5	CCK11
Receiver Sensitivity	-94dBm	-91dBm	-87dBm	-82dBm
Range-Open(m)	550	400	270	160
Range-SemiOpen(m)	115	90	70	50
Range-Closed(m)	50	40	35	25
Transmit Power	15dBm=0.031622777Watt			
Frequency	2.472GHz			

ตารางที่ 3.1 ค่า Default ของ Orinoco 11b Card

จากตารางที่ 3.1 ในการทดสอบนี้จะออกแบบให้ระยะ Communication Range ของแต่ละโหนดมีระยะเท่ากับ 50 เมตรซึ่งเป็นสภาวะแบบ Semi-Open ดังแสดงได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะโมเดลในชั้น Physical ที่ใช้ในการจำลอง

จากรูปที่ 3.4 จะทำการกำหนดให้โหนดทุกโหนดอยู่ในระยะ Communication Range ทั้งหมด โดยมีโหนดศูนย์กลางเปรียบเสมือน Access Point (A) โดยกำหนดแต่ละโหนดที่จำลองให้มีกำลังงานส่งที่ 15dBm (0.0316227 Watt) และใช้งานย่านความถี่ 2.472 GHz

สำหรับขั้นตอนต่อไปคือการคำนวณหาค่ากำลังงานที่ระยะ Communication Range หรือค่า Receive Threshold (Rx_threshold) ให้มีค่าเท่ากับ 50 m นั้น จะสามารถคำนวณได้จากส่วนของโปรแกรมที่อยู่ใน -/ns-allinone-2.28/ns-2.28/indep-utils/Propagation ซึ่งต้องทำการ Compile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Threshold.cc ก่อน ด้วยคำสั่ง g++ threshold.cc – threshold จึงรัน $./threshold เมื่อรันเสร็จโปรแกรมก็จะถามหาลักษณะทั้งหมดในชั้น Physical layer ได้แก่

SYSNOPSIS : threshold –m (propagation - model) [other-option] distance

//ลักษณะคำสั่งในการคำนวณ

(propagation - model) : Freespace, TwoRayGround or Shadowing

//ลักษณะ Propagation Model ที่มีให้เลือก

[other-option]: Set parameters Other than default values

// พารามิเตอร์อื่นๆที่จะทำการกำหนดลงไป

Common parameter

-Pt(Transmit-Power)

-Fr(frequency)

-Gt(transmit-antenna-gain)

-Gr(receive-antenna-gain)

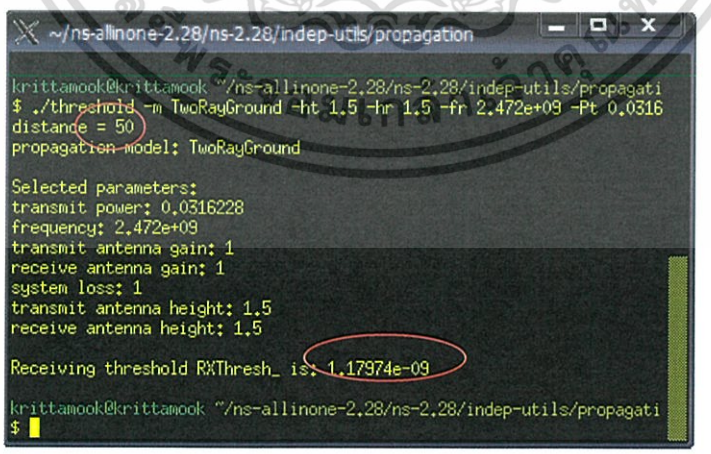
-L(system-loss)

สำหรับ two-ray ground Model มีพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญซึ่งเป็นส่วนที่เพิ่มเติมจาก Freespace model นั่นก็คือความสูงของสายอากาศฝั่งส่งและรับ ได้แก่

-ht(transmit-Antenna-height)

-hr(receive-antenna-height)

จากขั้นตอนที่กล่าวมาในข้างต้นโดยต่อไปนี้จะแสดงวิธีการหา Rx_threshold เพื่อใช้ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ใน TCL Script ในการทดสอบนี้ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงขั้นตอนการคำนวณหา Rx_threshold ใน NS-2

จากรูปที่ 3.5 จะเห็นว่าที่ระยะ Communication Range เท่ากับ 50 เมตรจะได้ค่า Rx_threshold เท่ากับ 1.1797e-09 Watt สำหรับค่าพารามิเตอร์อื่นๆได้แก่ ค่า Carrier Sense Power

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Threshold (CS_Threshold), Capture Threshold (CP_Threshold) และ Systemloss Factor จะใช้ค่าตามตารางที่ 3.2 เป็นค่า Physical Default ของ โปรแกรม NS-2 ดังนี้

Standard	NS-2 default	802.11b	802.11b	802.11g	802.11g
freq_ [2]	914e+6	2.472e+9	2.472e+9	2.472e+9	2.472e+9
dataRate_ [1]	2e+6	11e+6	1e+6	54e+6	6e+6
basicRate_ [1]	1e+6	1e+1	1e+1	6e+1	6e+1
CSThresh_ [2]	1.559e-11	5.012e-12	5.012e-12	5.012e-12	5.012e-12
RXThresh_ [2]	3.652e-10	1.585e-9	3.162e-10	6.310e-8	1e-9
CPThresh_ [2]	10	10	10	10	10
L_ [2]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

ตารางที่ 3.2 ค่า Physical Default ของโปรแกรม NS-2

จากตารางที่ 3.2 แสดงค่า Physical Default ของโปรแกรม NS-2 ซึ่งในการทดสอบจะใช้ค่าตามมาตรฐาน 802.11b ที่ใช้ datarate 11 Mbps โดยจะกำหนดค่า CS_Threshold เท่ากับ 5.012e-12 Watt , CP_Threshold เท่ากับ 10 dBi และ Systemloss Factor เท่ากับ 1 ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดคุณสมบัติในชั้น Physical Layer สำหรับการเขียน TCL Script ในส่วนนี้แสดงได้ดังนี้

Antenna/OmniAntenna set Gt_ 1

// เกนสายอากาศส่งเท่ากับ 1 dBi

Antenna/OmniAntenna set Gr_ 1

// เกนสายอากาศรับเท่ากับ 1 dBi

Phy/Wireless set L_1.0

// กำหนด Systemloss Factor ในระบบเท่ากับ 1

Phy/Wireless set freq_2.472e9

// กำหนดความถี่ที่ใช้ในการส่งเท่ากับ 2.472 GHz

Phy/Wireless set bandwidth_11Mb

// กำหนดแบนวิทด์ เท่ากับ 11 Mbit

Phy/Wireless set Pt_0.036122777

//กำหนดกำลังงานส่งเท่ากับ 0.03162277 Watt

Phy/Wireless set CPThresh_ 10.0

// กำหนด ค่า Capture Threshold เท่ากับ 10 dBm

Phy/Wireless set CSThresh_5.011872e-12

// กำหนดค่า Carrier Sense Power Threshold เท่ากับ 5.011872e-12

Phy/Wireless set RXThresh_1.17974e-09

// กำหนดค่า Receive Threshold ตามที่ได้คำนวณค่าไว้ดังแสดงในรูปที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mac/802_11 set dataRate_11Mb

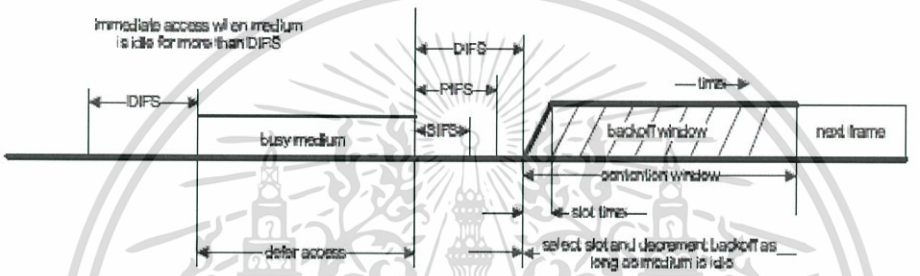
//กำหนดอัตตราส่งข้อมูล เท่ากับ 11 Mbit/s

Mac/802_11 set basicRate_1Mb

//กำหนดดาต้าเรทสำหรับการควบคุมเฟรม

3.3 การทดสอบพารามิเตอร์ในชั้น MAC Layer

ชั้น Mac layer เป็นเลเยอร์ที่รับผิดชอบในการควบคุมการรับส่งข้อมูลให้สำเร็จและถูกต้อง โดย เวลาในการส่งเฟรมข้อมูล 1 เฟรมนั้นจะประกอบไปด้วยช่วงเวลาต่างๆซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 พารามิเตอร์ต่างๆในชั้น MAC Layer

จากรูปที่ 3.6 แสดงพารามิเตอร์ต่างๆในชั้น MAC Layer ซึ่งเป็นค่าช่วงเวลาต่างๆ โดยเวลาที่ใช้ในการส่งเฟรมสำเร็จใน 1 เฟรมข้อมูลสามารถรายละเอียดได้ดังสมการที่ 3.2

$$T_Frame = T_Difs + T_Backoff + T_Data + T_Sifs + T_Ack \qquad (3.2)$$

โดยที่ - T_Difs/T_Aifs คือ ช่วงเวลาก่อนการเข้าสุ่มข้อมูล ซึ่งในมาตรฐาน 802.11e จะใช้ตัวแปล TAifs แทน โดยที่ TAifs > = TDifs

- T_Backoff คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการสุ่มเพื่อใช้เข้าสื่อ
- T_Data คือ ช่วงเวลาในการส่งแพ็คเก็ตข้อมูล
- T_Sifs คือ ช่วงเวลาก่อนการส่งเฟรม Ack
- T_Ack คือ ช่วงเวลาส่งเฟรม Ack

โดยช่วงเวลาที่เราสนใจคือ T_Backoff, T_DIFs/T_AIFS, T_Data ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เราจะสามารถปรับเปลี่ยนเพื่อควบคุมพฤติกรรมการรับส่งแพ็คเก็ตได้ โดยพารามิเตอร์ในชั้น MAC Layer ที่มีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาดังกล่าวได้แก่ค่าช่วงเวลาแย่งเข้าใช้สื่อ (Contention Window :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CW) Backoff Slottime ช่วงเวลาก่อนเข้าใช้สื่อ (Attribution Inter-frame Space : AIFS) และขนาดของ Payload size และ อัตราความเร็วในการส่งข้อมูล (Data rate) ของข้อมูลดาต้าที่ส่งร่วม

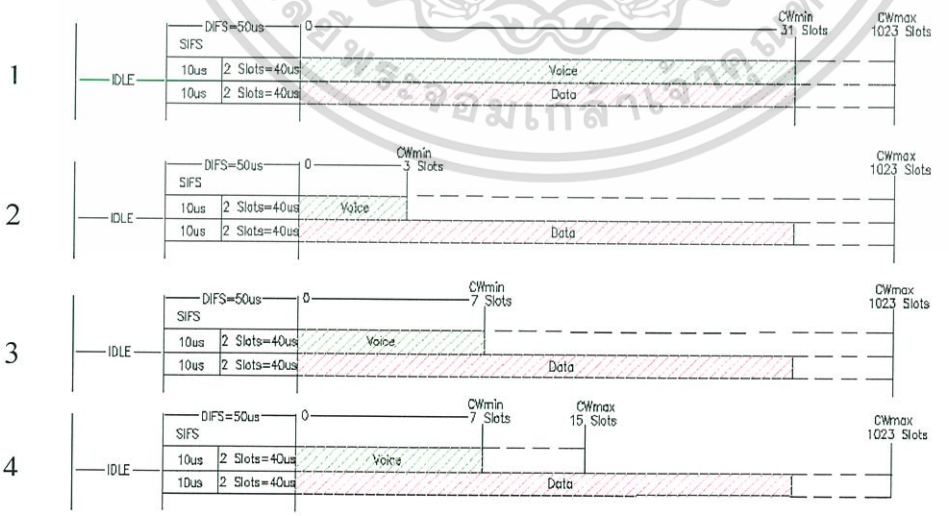
3.3.1 ช่วงเวลาการแย่งเข้าใช้สื่อ (Contention Window) และ Backoff Slottime

ช่วงเวลาการแย่งเข้าใช้สื่อ (Contention Window) เป็นช่วงเวลาที่แบ่งเป็นช่องเวลาหรือ (Slottime) เพื่อให้สถานีใน BSS หรือ IBSS สามารถแข่งขันเพื่อใช้สิทธิ์ในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ โดยวิธีการสุ่มเป็นเลขจำนวนเต็มระหว่าง CWmin กับ CWmax โดยค่าช่วงเวลาการแย่งเข้าใช้สื่อ (Contention Window) และขนาดของ Backoff Slottime จะมีความสัมพันธ์กับเวลาในการ Backoff (T_Backoff) ดังสมการที่ 3.3 ดังต่อไปนี้

$$T_backoff = CWmin/2*Slottime\ [us] \tag{3.3}$$

โดยที่ T_backoff คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการสุ่มเพื่อใช้เข้าสื่อ (us)
CWmin คือ ช่วงเวลาแย่งเข้าใช้สื่อขั้นต่ำสุด (Slot)
Slottime คือ ขนาดของSlot (us)

จากสมการที่ 3.3 จะเห็นว่าช่วงเวลาที่ใช้ในการสุ่มเพื่อใช้เข้าสื่อหรือ T_Backoff จะมีความสัมพันธ์แบบแปรผันกับค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาการแย่งเข้าใช้สื่อ (Contention Window: CW) และขนาดของ Backoff Slottime ซึ่งในการทดสอบนี้จะทำการศึกษาผลกระทบของค่าช่วงเวลาการแย่งเข้าใช้สื่อต่อประสิทธิภาพของข้อมูลเสียงบนเครือข่ายจำลองดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วิธีการทดสอบค่าช่วงเวลาแย่งเข้าใช้สื่อ

จากรูปที่ 3.7 จะทำการทดสอบค่าช่วงเวลาแย่งเข้าใช้สื่อโดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการส่งข้อมูลเสียง 4 ครั้งดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. จำลองการส่งข้อมูลเสียงและดาต้าโดยกำหนดให้ค่าช่วงเวลาแย่งเข้าใช้สื่อทั้งเท่ากันคือ (Cwmin = 31,CWmax = 1023)
2. จำลองการส่งข้อมูลเสียงโดยกำหนดให้ค่า(Cwmin = 3, CWmax = 1023)และดาต้าเท่ากับ (Cwmin = 31,CWmax = 1023)
3. จำลองการส่งข้อมูลเสียงโดยกำหนดให้ค่า(Cwmin = 7, CWmax = 1023)และดาต้าเท่ากับ (Cwmin = 31,CWmax = 1023)
4. จำลองการส่งข้อมูลเสียงโดยกำหนดให้ค่า (Cwmin = 7,CWmax = 15) และข้อมูลดาต้าเท่ากับ (Cwmin = 31,CWmax = 1023)

จากนั้นจะทำการการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของข้อมูลเสียงจะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยการดีเลย์ ของข้อมูล การสูญหายของแพ็คเก็ตและทรูพุต

3.3.2 ช่วงเวลาก่อนการสุ่มเข้าใช้สื่อ (Attribution Inter-frame Space : AIFS)

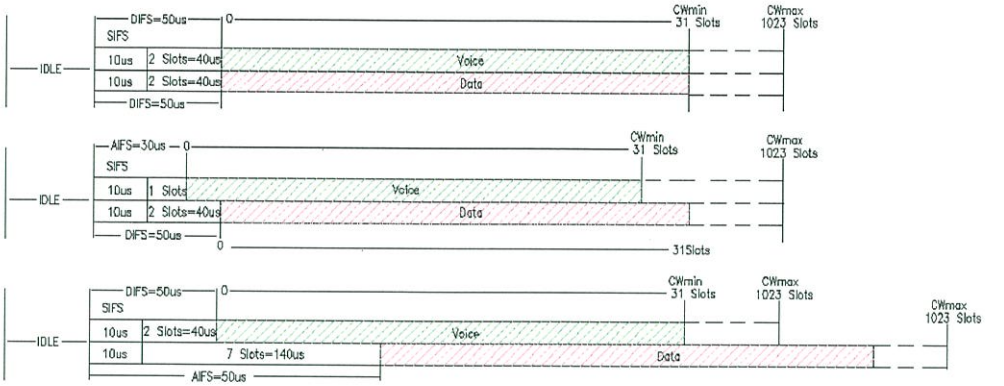
ช่วงเวลาก่อนเข้าใช้สื่อ (Attribution Inter-frame Space : AIFS) เป็นช่วงเวลาเว้นไว้หลังจากสถานะของช่องสัญญาณว่างแล้ว (Idle Channel) เพื่อให้แต่ละสถานีเข้าสุ่มเพื่อแย่งสิทธิ์ในการเข้าใช้สื่อต่อไป โดยสามารถคำนวณช่วงเวลาก่อนเข้าใช้สื่อได้ดังสมการต่อไปนี้

$$AIFS = SIFS + X*Slottime \tag{3.4}$$

โดยที่ AIFS คือ ช่วงเวลาก่อนการสุ่มเพื่อเข้าใช้สื่อ (us)
X คือ จำนวน Slot
SIFS คือ ช่วงเวลาก่อนส่งเฟรม ACK (us)

โดยปกติแล้ว การส่งข้อมูลตามกลไกมาตรฐาน IEEE802.11 DCF นั้นจะไม่มีการจัดลำดับความสำคัญของข้อมูล โดยเมื่อช่องสัญญาณว่างทุกๆสถานีที่กำลังรอส่งข้อมูลก็จะเริ่มสุ่มเข้าใช้สื่อพร้อมกัน ซึ่งจะเกิดผลกระทบโดยตรงต่อข้อมูลที่ต้องการความเป็นเวลาจริง เช่น ข้อมูลเสียงทำให้เกิดปัญหาเรื่องการดีเลย์ของส่งข้อมูลตามมา ดังนั้น ค่า AIFS จึงเป็นพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญซึ่งจะนำมาทำการทดสอบเพื่อศึกษาผลกระทบต่อคุณภาพของเครือข่าย Voice over WLAN โดยการทดสอบนั้นจะอ้างอิงหลักการตามค่า Default มาตรฐาน IEEE 802.11e ดังที่กล่าวในบทที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วิธีทดสอบการส่งข้อมูลเสียงกับดาต้าใน 3 ลักษณะการปรับค่า AIFS

จากรูปที่ 3.8 แสดงวิธีการทดสอบค่าช่วงเวลาก่อนเข้าใช้สื่อ (AIFS) โดยการเปรียบเทียบส่งข้อมูลเสียง 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะกำหนดค่า AIFS ต่างกันดังนี้

1. จำลองการส่งข้อมูลเสียงและดาต้าโดยกำหนดให้ค่าช่วงเวลาก่อนเข้าสุ่มเท่ากันคือ SIFS+2Slot (50us)
2. จำลองการส่งข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า AIFS เท่ากับ SIFS+1Slot (30us) และดาต้าเท่ากับ SIFS+2Slot (50us)
3. จำลองการส่งข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า AIFS เท่ากับ SIFS+2Slot (50us) และดาต้าเท่ากับ SIFS+7Slot (150us)

3.3.3 ขนาดของ Payload size และ อัตราความเร็วในการส่งข้อมูล (Data rate) ของข้อมูลดาต้า

ในเครือข่าย Voice over WLAN นั้นนอกจากความสำคัญในการควบคุมการส่งแพ็คเก็จของข้อมูลเสียงแล้ว ปัญหาที่พบบ่อยคือผลกระทบที่เกิดจากข้อมูลดาต้าอื่นๆที่ส่งร่วมในเครือข่าย ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อข้อมูลเสียงทำให้เกิดปัญหาการดีเลย์และการแย่งแบนวิทด์ของข้อมูลเสียง โดยเมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ของช่วงเวลา T_Data ของการส่งข้อมูลในแต่ละเฟรมถ้าข้อมูลดาต้ามีช่วงเวลา T_Data มากเมื่อช่องสัญญาณว่างและข้อมูลดาต้าได้แย่งเข้าใช้สื่อสำเร็จจะทำให้ช่องสัญญาณถูกจองเป็นเวลานานเป็นผลทำให้ข้อมูลเสียงต้องรอเพื่อเข้าสุ่มเป็นเวลานานเช่นกัน โดยช่วงเวลา T_Data นั้นมีความสัมพันธ์กับ Payload size, อัตราส่งข้อมูล (Data Rate) และ Plcp Header (Physical Layer Convergence Procedure Header) ดังสมการที่ 7

$$T_data = T_plcp + L_data/R \qquad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ T_plcp คือ Preamble length ของแพ็คเก็ตข้อมูล

L_data คือ Payload ของข้อมูล

R คือ data rate ของข้อมูล

ในการทดสอบผลกระทบของข้อมูลดาต้าจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของข้อมูลเสียงโดยจะทำการส่งไปพ้อมกับข้อมูลดาต้าที่มีคุณสมบัติแตกต่าง 4 ค่าดังนี้

1. จำลองการส่งข้อมูลเสียงพร้อมกับข้อมูลดาต้าที่มีขนาด Payload size เท่ากับ 500 ไบท์ และมีอัตราส่งข้อมูลเท่ากับ 54 Mbit/s
2. จำลองการส่งข้อมูลเสียงพร้อมกับข้อมูลดาต้าที่มีขนาด Payload size เท่ากับ 1500 ไบท์ และมีอัตราส่งข้อมูลเท่ากับ 54 Mbit/s
3. จำลองการส่งข้อมูลเสียงพร้อมกับข้อมูลดาต้าที่มีขนาด Payload size เท่ากับ 500 ไบท์ และมีอัตราส่งข้อมูลเท่ากับ 11 Mbit/s
4. จำลองการส่งข้อมูลเสียงพร้อมกับข้อมูลดาต้าที่มีขนาด Payload size เท่ากับ 1500 ไบท์ และมีอัตราส่งข้อมูลเท่ากับ 11 Mbit/s

จากการทดสอบดังกล่าวมีจุดประสงค์ที่จะศึกษาผลกระทบจากข้อมูลดาต้าที่ส่งร่วมเพื่อให้รู้ถึงวิธีการควบคุมทราฟฟิคในเครือข่ายเพื่อให้ Voice over WLAN มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

3.3.4 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ใช้ในการจำลองในชั้น MAC Layer ใน TCL Script

ต่อไปนี้จะยกตัวอย่างการการกำหนด ค่าพารามิเตอร์ใช้ในการจำลองในชั้น MAC Layer ใน TCL Script โดยใช้คุณสมบัติตามตารางที่ 3.3 ดังต่อไปนี้

พารามิเตอร์ในชั้น Mac Layer		
พารามิเตอร์	Voice	Data
CW min	31	31
CW max	1023 us	1023 us
SIF	10 us	10 us
DIF	50us	50us
Slottime	20 us	20 us
Datarate in 802.11b	11 Mb/s	11 Mb/s
PF	2	2

ตารางที่ 3.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองเครือข่ายในชั้น MAC Layer

จากตารางที่ 3.3 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองเครือข่ายในชั้น MAC Layer ซึ่งสามารถจะกำหนดลงใน TCL Script ได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mac/802_11 set CWMin_ 31

// กำหนด ค่าช่วงเวลาแย่งเข้าใช้สื่อค่าแรก (CWmin) เท่ากับ 31 Slot

Mac/802_11 set CWMax_ 1024

// กำหนด ค่าช่วงเวลาสุดท้ายหรือขอบเขตของช่วงเวลาแย่งเข้าใช้สื่อ (CWmax) เท่ากับ 1024 Slot

Mac/802_11 set SIFS_ 0.000010

//กำหนดค่าช่วงเวลาก่อนการส่งเฟรม Ack เท่ากับ 10us

Mac/802_11 set DIFS_ 0.000050

//กำหนดช่วงเวลาก่อนการเข้าสุ่มเพื่อเข้าใช้สื่อ(DIFS=AIFS) เท่ากับ 50us

Mac/802_11 set Slottime_ 0.000020

//กำหนด Slottime เท่ากับ 20us

Mac/802_11 set dataRate_ 11Mb

//กำหนด Data rate เท่ากับ 11Mb

Mac/802_11 set PF_ 2

//กำหนดค่า Persistence Factor ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดการ Re-Random Backoff เท่ากับ 2 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการจำลองระบบ

รายละเอียดของงานวิทยานิพนธ์ในบทที่ 4 นี้นำเสนอผลการทดสอบพารามิเตอร์ต่างๆในชั้น MAC Layer เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์พฤติกรรมของข้อมูลเสียงบนเครือข่าย WLAN โดยจะทำการจำลองและเปรียบเทียบการใช้งานเครือข่าย Voice over WLAN ในรูปแบบต่างๆได้แก่ การใช้งานด้วยอุปกรณ์มาตรฐานในปัจจุบันคือ IEEE 802.11b การใช้งานมาตรฐาน 802.11g Hybrid Mode และ Normal Mode การเพิ่มประสิทธิภาพด้วยวิธีการ IEEE 802.11e และ การเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการควบคุมข้อมูลดาต้าที่ส่งร่วม สำหรับการทดสอบจะทำการบันทึกผลโดยทำการเพิ่มขึ้นจำนวนสถานีส่งขึ้นเรื่อยๆเพื่อจำลองสถานะการแบบแออัด (Heavy load)โดยใช้เกณฑ์ในการวัดคุณภาพของเสียงคือค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของเสียงค่าเฉลี่ยของทรูพุตและค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียง โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองในการทดสอบแสดงดังหัวข้อต่อไปนี้

4.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองเครือข่ายในการทดสอบ

ในการทดสอบนั้นจะแบ่งพารามิเตอร์ได้เป็น 3 ส่วนซึ่งโดยในส่วนแรกจะเป็นการกำหนดคุณสมบัติของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงและดาต้า ในส่วนที่ 2 เป็นการกำหนดพารามิเตอร์ในชั้น Physical Layer ของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ และส่วนที่ 3 คือพารามิเตอร์ในชั้น MAC Layer ซึ่งเป็นส่วนที่ทำการทดสอบเพื่อใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของเสียงบนเครือข่าย สำหรับการกำหนดคุณสมบัติของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงและดาต้าแสดงได้ดังนี้

4.1.1 คุณสมบัติของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงและดาต้าที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดสอบจะกำหนดลักษณะแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงและข้อมูลดาต้าซึ่งจำลองตามมาตรฐาน Codec แบบ G.711 โดยจะสามารถกำหนดคุณสมบัติได้ตามตารางที่ 4.1 ดังนี้

ลักษณะของแพ็คเก็ต	
แพ็คเก็ตข้อมูลเสียง	ค่าที่ใช้
ชนิดของทราฟฟิค	Constant Bitrate(CBR)
โปรโตคอลที่ใช้ในการส่ง	RTP/UDP
Payload size	160 bytes
Voice codec	64 kbit/s
แพ็คเก็ตข้อมูลดาต้า	ค่าที่ใช้
ชนิดของทราฟฟิค	TCP
โปรโตคอลที่ใช้ในการส่ง	TCP/IP
Payload size	1500 bytes

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงและข้อมูลดาต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 ชนิดของทราฟฟิคเป็นประเภท Constant Bit Rate (CBR) ใช้โปรโตคอล RTP/UDP ในการส่งข้อมูล ซึ่งมี Voice codec 64 kbit/s และกำหนดขนาดของ Payload size เท่ากับ 160 bytes สำหรับแพ็คเก็ตข้อมูลดาต้านั้นจะกำหนดข้อมูลเป็นประเภท TCP ใช้โปรโตคอล TCP/IP ในการส่งข้อมูลโดยกำหนดขนาดของ Payload size เท่ากับ 1500 bytes สำหรับการกำหนดคุณสมบัติในชั้น Physical แสดงดังหัวข้อต่อไปนี้

4.1.2 พารามิเตอร์ในชั้น PHYSICAL LAYERของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ

สำหรับการกำหนดคุณสมบัติในชั้น Physical Layer ของอุปกรณ์ที่จำลองในเครือข่าย WLAN จะอ้างอิงตามอุปกรณ์ที่ใช้งานทั่วไปคือ Orinoco 11b Card ซึ่งแสดงตามตารางที่ 4.2

พารามิเตอร์ในชั้น Physical Layer	
พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้
Frequency	2.472 GHz
Transmit Power	0.031622 Watt
CPthreshold	10
CSthreshold	5.01E-12
RXthreshold	1.17974e-09
Transmit antenna gain	1 dBi
System Loss Factor	1

ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์ในชั้น PHYSICAL LAYER ของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ

จากตารางที่ 4.2 กำหนดให้อุปกรณ์ในเครือข่ายสื่อสารที่ความถี่ 2.472 GHz ใช้กำลังงานในการส่ง 0.031622 Watt และกำหนดค่า Default threshold ได้แก่ค่า CP_threshold (Collision Threshold) CS_threshold (Carrier Sense Power) และ RX_Threshold (Receive Power Threshold) ตามคุณสมบัติโปรแกรม NS2 ดังแสดงไว้ในบทที่ 3 สำหรับ Gian สายอากาศเท่ากับ 1dBi และค่า System Loss Factor กำหนดไว้เท่ากับ 1 โดยการทดสอบพารามิเตอร์ในชั้น MAC LAYER แสดงได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

4.2 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบพารามิเตอร์ชั้น MAC LAYER

ในขั้นตอนนี้นำเสนอการทดสอบพารามิเตอร์ต่างๆในชั้น MAC Layer ได้แก่ ช่วงการแย่งเข้าใช้สื่อ (CW) ค่าช่วงเวลาก่อนเข้าสุ่ม(AIFS) ขนาดของ Backoff Slottime และ ขนาดของ Payload size ของข้อมูลดาต้าที่ส่งร่วม โดยจะเริ่มกล่าวถึงจากผลการทดสอบช่วงการแย่งเข้าใช้สื่อดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

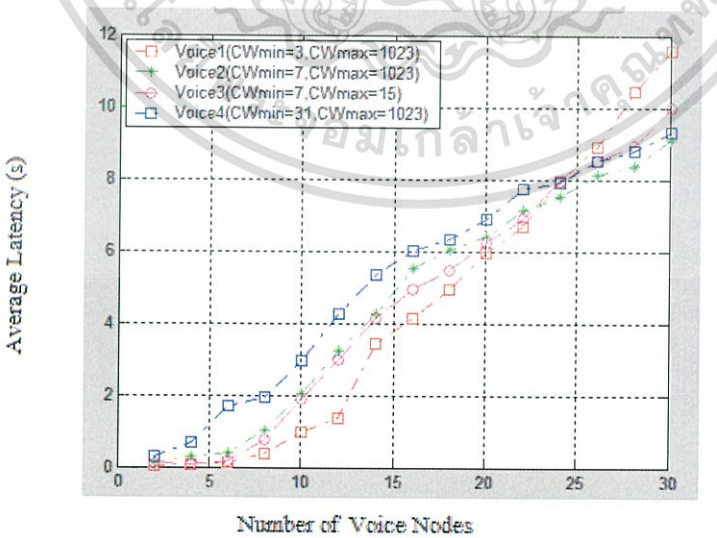
4.2.1 ผลการทดสอบ ช่วงการแย่งเข้าใช้สื่อ (CW: Contention Window)

การทดสอบช่วงการแย่งเข้าใช้สื่อ (CW: Contention Window) จะอ้างอิงพารามิเตอร์อื่นๆ ในชั้น MAC ตามค่า Default ในมาตรฐาน 802.11b และทำการปรับเปรียบค่า CW ตามวิธีการดังที่กล่าวในบทที่ 3 สำหรับพารามิ เตอร์ที่ใช้ในการทดสอบนี้แสดงตามตารางที่ 4.3

พารามิเตอร์ในชั้น MAC Layer ที่ใช้ในการทดสอบ CW					
พารามิเตอร์	Voice1	Voice2	Voice3	Voice4	Data
Payload	160 bytes	160 bytes	160 bytes	160 bytes	1500 byte
CW min (Slot)	0-3	0-7	0-7	0-31	0-31
CW max(Slot)	1023	1023	15	1023	1023
SIF	10 us	10 us	10 us	10 us	10 us
DIF-AIFS(Slot)	2	2	2	2	2
Slottime	20 us	20 us	20 us	20 us	20 us
Datarate in 802.11b	11 Mb/s	11 Mb/s	11 Mb/s	11 Mb/s	11 Mb/s
Interval time	20 us	20 us	20 us	20 us	20 us
PF	2	2	2	2	2

ตารางที่ 4.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบค่า CW

จากตารางที่ 4.3 แสดงค่าพารามิเตอร์ในชั้น MAC Layer ที่ใช้ในการทดสอบค่า CWmin ซึ่งจะสามารถเปรียบเทียบผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการดีเลย์ (Average Latency) ของการส่งแต่ละข้อมูลเสียงแสดงได้ดังรูปที่ 4.1

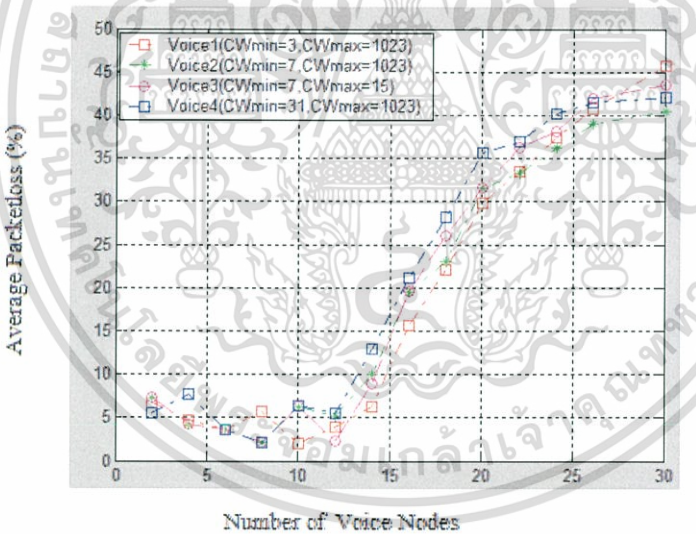


รูปที่ 4.1 ผลค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า CWmin ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า (CWmin = 3, CWmax = 1023) จะมีค่าเฉลี่ยการดีเลย์ที่น้อยที่สุด เนื่องจากมีระยะเวลาการสุ่มเข้าใช้สื่อ (Backoff time) สั้นที่สุด ซึ่งจะทำให้มีสามารถเข้าสุ่มใช้สื่อได้ถี่กว่าการส่งแบบอื่น แต่จะสังเกตได้ว่าเมื่อระบบมีจำนวนสถานเพิ่มมากขึ้นค่าเฉลี่ยการดีเลย์ก็จะเริ่มสูงขึ้นกว่าการส่งแบบอื่นเช่นกัน เพราะค่า CWminที่น้อยเกินไปในขณะที่เกิดความแออัดของสถานีมากจะทำให้เกิดการชนกันของแพ็คเก็ตได้มากกว่า ซึ่งเมื่อเกิดการชนกันของแพ็คเก็ตมากก็จะเกิดการดีเลย์สะสมจากการสุ่มรอบใหม่(Retransmission)ตามกลไกของ CSMA/CA โดยการส่งข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า (CWmin = 31, CWmax = 1023)นั้นจะมีค่าเฉลี่ยการดีเลย์มากที่สุด เนื่องจากมีช่วงเวลาในการสุ่มนานที่สุดนั่นเอง

สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการดีเลย์ระหว่างค่า (CWmin = 7, CWmax = 1023) และ (CWmin = 7, CWmax = 15) นั้นจะเห็นว่าการส่งทั้งสองแบบจะมีค่าเฉลี่ยการดีเลย์ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่า CWmax มิได้มีผลกระทบต่อคุณภาพของเสียงมากนัก แต่ถ้า CWmax น้อยเกินไปในขณะที่จำนวนสถานีมากขึ้นก็จะทำให้เกิดการดีเลย์ได้มากขึ้นเช่นกัน สำหรับผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตแสดงดังรูปที่ 4.2

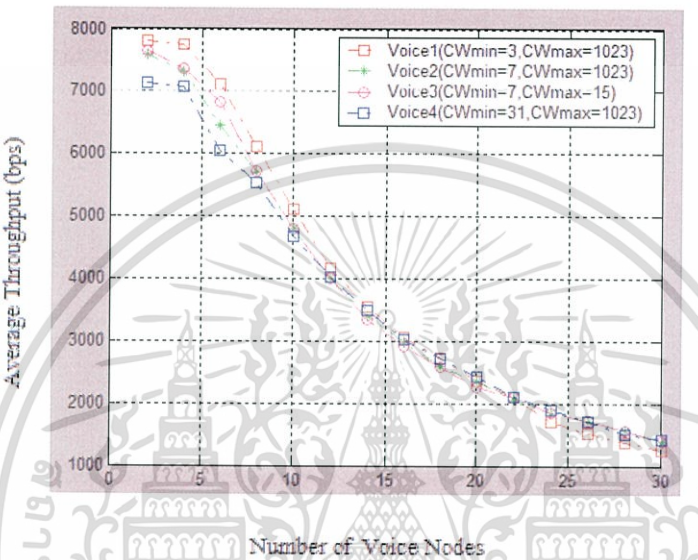


รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตของข้อมูลเสียง ที่กำหนดค่า CWmin ต่างๆ

จากรูปที่ 4.2 การส่งข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า (CWmin = 3, CWmax = 1023) จะมีค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตน้อยที่สุด เนื่องจากมีระยะเวลาการสุ่มเข้าใช้สื่อต่างจากข้อมูลดาต้ามาก ซึ่งจะทำให้โอกาสที่จะเกิดการชนกันระหว่างข้อมูลเสียงกับดาต้านั้นน้อยที่สุด ในขณะที่การส่งข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า (CWmin = 31, CWmax = 1023) จะมีค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตมากที่สุด เนื่องจากข้อมูลเสียงมีระยะเวลาการสุ่มเข้าใช้สื่อเท่ากันกับการส่งข้อมูลดาต้า ทำให้โอกาสที่จะสุ่มเข้าใช้สื่อพร้อมกันมีมากกว่ากรณีอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตระหว่างการส่งข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า (CWmin = 7, CWmax = 1023) และ (CWmin = 7, CWmax = 15) จะสื่อให้เห็นว่าเมื่อค่า CWmax ที่มีค่าน้อยเกินไปในขณะที่จำนวนสถานีมากจะทำให้เกิดการชนกันของแพ็คเก็ตได้มากกว่า ดังนั้นจึงไม่ควรลดค่า CWmax ลงในระบบที่มีจำนวนสถานีมาก โดยต่อไปนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบค่าเฉลี่ยทรูพุตของแพ็คเก็ตแพ็คเก็ตแสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยทรูพุตที่กำหนดค่า CWmin ต่างๆ

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า (CWmin=3, CWmax=1023) จะมีค่าเฉลี่ยทรูพุตมากที่สุด เนื่องจากมีระยะเวลาการสุ่มเข้าใช้สื่อหรือ (Backoff time) น้อยกว่าการส่งแบบอื่น ซึ่งทำให้มีโอกาสในการสุ่มเข้าใช้สื่อได้ถี่กว่าค่าอื่นๆ จำนวนแพ็คเก็ตที่ได้รับในระยะเวลาที่ทำการ Simulate ก็จะมากกว่าการส่งแบบอื่น แต่จะเห็นได้ว่าเมื่อมีจำนวนสถานีในระบบเพิ่มมากขึ้นค่าเฉลี่ยทรูพุตก็เริ่มต่ำลงกว่าการส่งแบบอื่นเช่นกันด้วยสาเหตุอันเนื่องมาจากการเกิดการชนกันดังที่ได้กล่าวในผลการทดลองที่ผ่านมา

จากผลการทดสอบทั้งหมดที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะสามารถสรุปได้ว่าเมื่อจำนวนสถานีในเครือข่ายมีไม่มากจนเกินไปการปรับลดค่า (CWmin) ของการข้อมูลเสียงจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเสียงในเรื่องการดีเลย์ การสูญหายของแพ็คเก็ต และทรูพุตได้ แต่ถ้าค่า CWmin น้อยเกินไปในขณะที่ในเครือข่ายมีจำนวนสถานีมากก็จะส่งผลให้เกิดการชนกันของข้อมูลมากขึ้นเช่นกันเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพของเครือข่ายลดลง ดังนั้นจะเห็นว่าพารามิเตอร์นี้จึงเป็นตัวแปรสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลเสียงที่ส่งบน WLAN และเป็นส่วนหนึ่งของวิธีการปรับปรุงตามมาตรฐาน 802.11e โดยต่อไปนี้จะกล่าวถึงคือผลกระทบจากขนาดของ Backoff Slottime

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

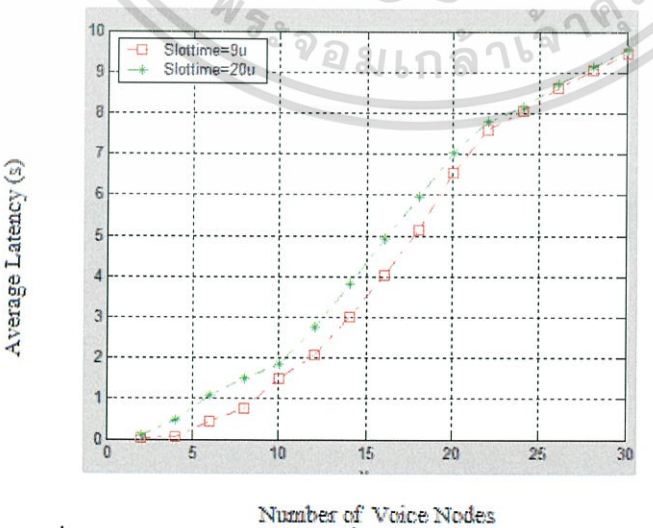
4.2.2 ผลการทดสอบ Backoff Slottime

ขนาดของ Backoff Slottime เป็นพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาการสุ่มเข้าใช้สื่อ (T_Backoff) โดยตรงเช่นกัน ดังแสดงในสมการที่ (3.3) โดยในการทดสอบนี้จะแสดงให้เห็นความแตกต่างของพฤติกรรมประสิทธิภาพของเสียงที่กำหนดค่า (Backoff Slottime =20) ซึ่งใช้ในอุปกรณ์มาตรฐาน 802.11b และมาตรฐาน 802.11g (Hybrid Mode) กับ (Backoff Slottime = 9) ที่ใช้ในอุปกรณ์ตามมาตรฐาน 802.11g (Normal Mode)โดยพารามิเตอร์ในการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.4

พารามิเตอร์ในชั้น MAC Layer ที่ใช้ในการทดสอบ Slottime			
พารามิเตอร์	Voice1	Voice2	Data
Payload	160 bytes	160 bytes	160 bytes
CW min (Slot)	0-15	0-15	0-15
CW max(Slot)	1023	1023	1023
SIF	16 us	16 us	16 us
DIF-AIFS(Slot)	2	2	2
Slottime	9 us	20 us	20 us
Datarate in 802.11b	54 Mb/s	54 Mb/s	54 Mb/s
Interval time	20 us	20 us	20 us
PF	2	2	2

ตารางที่ 4.4 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบค่า Backoff Slottime

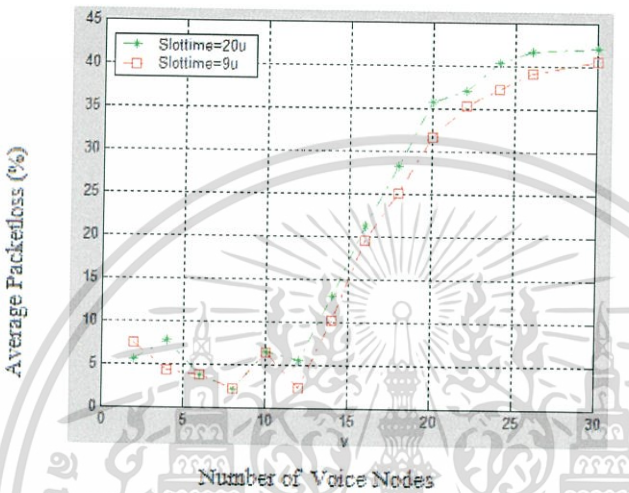
จากตารางที่ 4.4 จะทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบผลกระทบจาก Backoff Slottime โดยผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการดีเลย์ (Average Latency) ของข้อมูลเสียงแสดงได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 ผลค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของข้อมูลเสียงที่กำหนด Backoff Slottime เท่ากับ 9us และ 20us

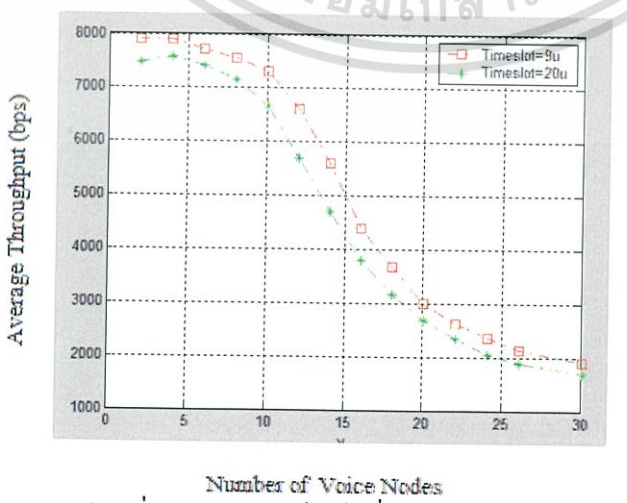
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า การส่งข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า (Backoff Slottime =9) นั้นจะมีค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของข้อมูลเสียงน้อยกว่าการกำหนดค่า (Backoff Slottime=20) อย่างชัดเจนเนื่องจากเมื่อคำนวณดังสมการที่ 3.3 จะเห็นว่าข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า (Backoff Slottime=9) จะมีเวลาเข้าสุ่มเข้าใช้สื่อ (T_backoff) สั้นกว่าข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า (Backoff Slottime=20) อยู่ถึง 55% หรือ 82.5us ซึ่งสั้นกว่าเป็นเท่าตัวเลยทีเดียว ดังนั้นจึงมีความถี่ในการสุ่มเข้าใช้สื่อได้มากกว่ามากสำหรับผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตแสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตของที่กำหนด Backoff Slottime เท่ากับ 9us และ 20us

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า (Backoff Slottime=9) จะมีค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตน้อยกว่าการส่งข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า (Backoff Slottime=20) อย่างชัดเจนเนื่องจากการส่งข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า (Backoff Slottime=9) จะมีความต่างกันของช่วงเวลาสุ่มเข้าใช้สื่อ (T_Backoff) ระหว่างข้อมูลเสียงกับข้อมูลดาต้ามากกว่า ซึ่งจะทำให้โอกาสที่จะเกิดการเข้าสุ่มพร้อมกันนั้นมีน้อยกว่านั่นเอง สำหรับผลการทดสอบค่าเฉลี่ยทรูพุตแสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยทรูพุตของแพ็คเก็ตที่กำหนด Backoff Slottime เท่ากับ 9 และ 20us

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า (Backoff Slottime = 9) จะมีค่าเฉลี่ยทรูพุตของแพ็คเก็ตมากกว่าการส่งข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า (Backoff Slottime = 20) อยู่มากทีเดียว เนื่องจากค่า T_Backoff ที่มากกว่าเป็นเท่าตัว และยังมีค่าเฉลี่ยการสูญหายที่น้อยกว่าอีกด้วย

จากผลการทดสอบจะเห็นว่าขนาดของ Backoff Slottime เป็นพารามิเตอร์ที่ผลต่อประสิทธิภาพการใช้งาน Voice over WLAN อย่างมาก เพราะการลดหรือเพิ่ม Backoff Slottime จะมีผลกระทบต่อช่วงเวลาการสุ่มเข้าใช้สื่อ (T_Backoff) มากตามไปด้วย ซึ่งปัญหาที่เกิดจากขนาดของ Backoff Slottime ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้ประสิทธิภาพเครือข่ายลดลงคือ การใช้งานอุปกรณ์ในโหมด 802.11g Hybrid Mode ซึ่งในเครือข่ายจะมีทั้งอุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐาน 802.11g และ 802.11b ใช้งานร่วมกัน ซึ่งอุปกรณ์มาตรฐาน 802.11g จะต้องปรับมาใช้ Backoff Slottime เท่ากับ 20us นั่นเอง สำหรับพารามิเตอร์ที่จะกล่าวต่อไปนี้คือ ค่าช่วงเวลาก่อนเข้าสุ่ม (AIFS)

4.2.3 ค่าช่วงเวลาก่อนเข้าสุ่ม (AIFS: Attribution Inter-Frame Space)

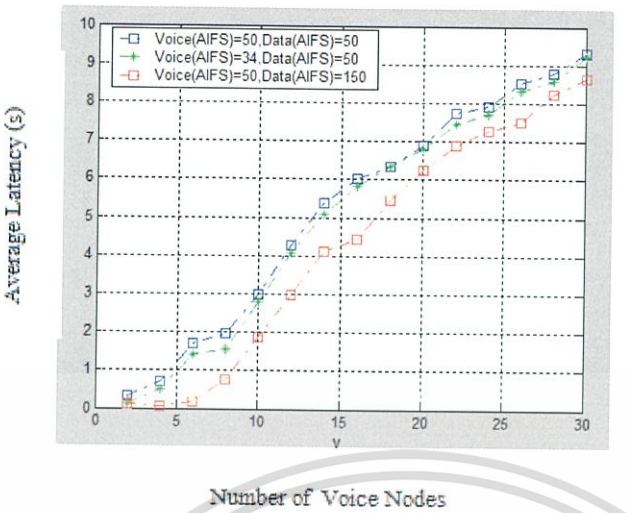
ค่าช่วงเวลาก่อนเข้าสุ่ม(AIFS) หรือค่า DIF ในมาตรฐาน 802.11b เป็นช่วงเวลาเว้นวรรคก่อนที่แต่ละสถานีต่างๆจะเริ่มสุ่มเข้าใช้สื่อกลางเมื่อช่องสัญญาณว่าง ซึ่งช่วงเวลา AIFS นี้จะเป็นพารามิเตอร์สำคัญที่ใช้ในการจัดลำดับช่วงเวลาการสุ่มเข้าใช้สื่อของข้อมูลแพ็คเก็ตของแต่ละสถานี โดยพารามิเตอร์ในการทดสอบนี้แสดงดังตารางที่ 4.5

พารามิเตอร์ในชั้น MAC Layer ที่ใช้ในการทดสอบ AIFS				
พารามิเตอร์	Voice1	Voice2	Voice3	Data
Payload	160 bytes	160 bytes	160 bytes	160 bytes
CW min (Slot)	0-31	0-31	0-31	0-31
CW max(Slot)	1023	1024	1025	1026
SIF	10 us	10 us	10 us	10 us
DIF-AIFS(Slot)	2 (50us)	1 (30us)	7 (150us)	2 (50us)
Slottime	20 us	20 us	20 us	20 us
Datarate in 802.11b	11 Mb/s	11 Mb/s	11 Mb/s	11 Mb/s
Interval time	20 us	20 us	20 us	20 us
PF	2	2	2	2

ตารางที่ 4.5 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบค่า AIFSN

จากตารางที่ 4.5 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบค่าช่วงเวลาก่อนการสุ่มเข้าใช้สื่อ (AIFS) โดยจะทำการเปรียบเทียบผลระหว่างการส่งข้อมูลเสียงร่วมกับข้อมูลดาต้าที่กำหนดค่าAIFS เท่ากับ (AIFS=50us Data=50us), (AIFS=30us Data=50us) และ (AIFS=50us Data=150us) โดยผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการดีเลย์ (Average Latency)ของข้อมูลเสียงแสดงได้ดังรูปที่ 4.7

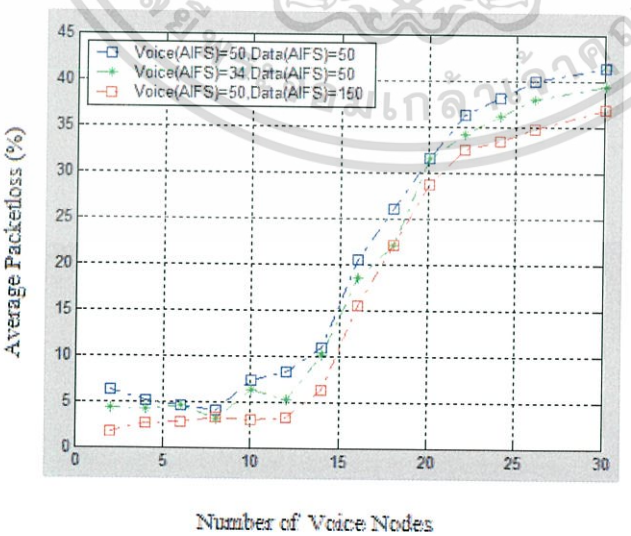
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ผลค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของข้อมูลเสียงที่กำหนด ค่า AIFS ที่ค่าต่างๆ

จากรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า (AIFS=50us Data=150us) นั้นมีค่าเฉลี่ยการดีเลย์ที่น้อยที่สุด เนื่องจากการจัดลำดับให้สถานีส่งข้อมูลเสียงนั้นได้มีโอกาสในการเข้าสุ่มก่อนสถานีส่งข้อมูลดาต้าเป็นเวลานานที่สุดนั่นเอง โดยเมื่อเปรียบเทียบกับการส่งข้อมูลเสียงที่กำหนดค่า (AIFS=30us Data=50us) และ (AIFS=50us Data=50us) จะเห็นว่าจะค่าเฉลี่ยการดีเลย์ต่ำกว่ามาก

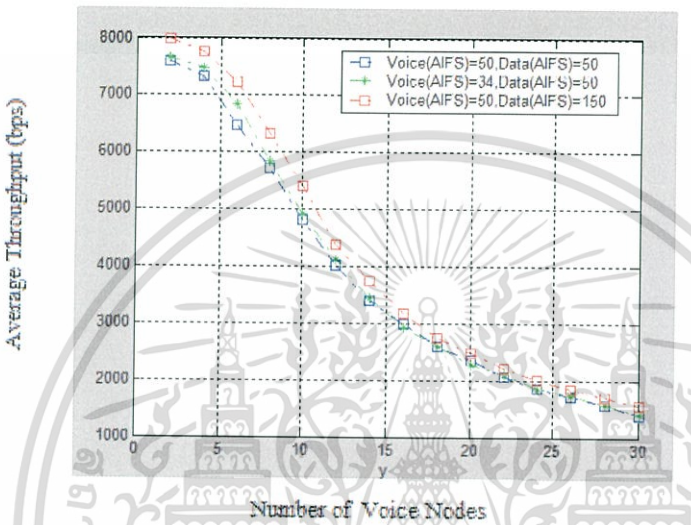
โดยข้อสังเกตุจะเห็นว่าการดีเลย์ของข้อมูลเสียงไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่า AIFS ที่มีค่าน้อย แต่จะขึ้นอยู่กับช่วงความห่างของค่า AIFS ระหว่างข้อมูลเสียงกับข้อมูลดาต้าที่ส่งในเครือข่ายเดียวกัน สำหรับผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตแสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตเมื่อกำหนดค่า AIFS ที่ค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.8 จะเห็นว่าการส่งข้อมูลเสียงที่กำหนดค่าช่วงเวลาก่อนการสุ่มเข้าใช้สื่อ (AIFS) เท่ากับ (AIFS=50us Data=150us) นั้นจะมีค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตน้อยที่สุด เนื่องจากความต่างกันของ AIFS ระหว่างการส่งข้อมูลเสียงกับข้อมูลดาต้าที่มีช่วงห่างมาก ทำให้โอกาศที่จะเกิดการสุ่มเข้าใช้สื่อพร้อมกันระหว่างข้อมูลเสียงและดาต้านั้นจะน้อยกว่าการส่งแบบอื่น สำหรับผลการทดสอบค่าเฉลี่ยทรูพุตของแพ็คเก็ตแสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยทรูพุตของแพ็คเก็ตเมื่อกำหนดค่า AIFSN ที่ค่าต่างๆ

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยทรูพุตของข้อมูลเสียงของเครือข่ายที่กำหนดค่า AIFS เท่ากับ (AIFS=50us Data=150us) นั้นจะมีค่าเฉลี่ยทรูพุตของแพ็คเก็ตมากที่สุด เนื่องจากข้อมูลเสียงจะมีสิทธิ์เข้าสุ่มใช้สื่อก่อนข้อมูลดาต้าเป็นเวลานาน รวมถึงระบบจะมีการสูญเสียของแพ็คเก็ตของเสียงน้อยที่สุดดังแสดงในรูปที่ 4.8

จากผลการทดสอบจะเห็นว่าช่วงเวลาก่อนเข้าสุ่ม (AIFS) เป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการจัดลำดับการส่งข้อมูล ซึ่งการส่งข้อมูลที่มีความสำคัญเช่นข้อมูลเสียงควรจะกำหนดช่วงเวลาก่อนเข้าสุ่มหรือ (AIFS) ให้มีค่าน้อยและมีความห่างจากข้อมูลอื่นๆที่ส่งร่วมในเครือข่ายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ในเรื่องของการลดการดีเลย์ และ ลดการชนกันของแพ็คเก็ต แต่การกำหนดค่า AIFS ที่ห่างกันเกินไป ก็จะเป็นผลเสียกับข้อมูลที่ถูกกำหนดความสำคัญไว้ต่ำกว่า เนื่องจากจะเกิดปัญหาการแช่แข็งของข้อมูลซึ่งข้อมูลนั้นจะมีโอกาสที่จะได้เข้าใช้สื่อน้อยลงนั่นเอง สำหรับพารามิเตอร์ที่จะกล่าวต่อไปนี้คือ ขนาดของ Payload และ Data rate ของข้อมูลดาต้าที่ส่งร่วมดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

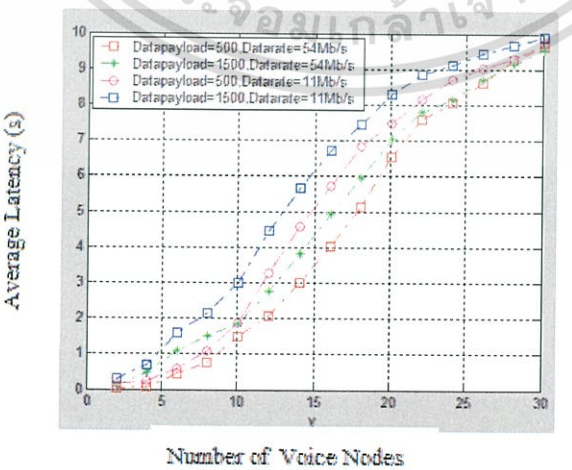
4.2.4 ผลการทดสอบขนาด Payload size และ Data rate ของข้อมูลดาต้าที่ส่งร่วม

ขนาด Payload size และ Data rate ของข้อมูลดาต้าที่ส่งร่วมกับข้อมูลเสียงบนเครือข่าย WLAN นั้นเป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่มีความสำคัญที่จะมีผลกระทบโดยตรงกับคุณภาพของข้อมูลเสียง โดยในบทความนี้จะนำเสนอการทดสอบพฤติกรรมการส่งข้อมูลเสียงร่วมกับการส่งข้อมูลดาต้าที่มีลักษณะต่างๆกันในเรื่องของ ขนาด Payload size และ Data rate เพื่อหาข้อสรุปถึงผลกระทบที่มีต่อคุณภาพของข้อมูลเสียง โดยในการทดสอบนี้จะทำการทดลองส่งข้อมูลเสียงร่วมกับข้อมูลดาต้าที่มีการขนาด Payload size และ Data rate ต่างๆกัน 4 ค่าดังแสดงในตารางที่ 4.6

พารามิเตอร์ในชั้น MAC Layer ที่ใช้ในการทดสอบ ผลกระทบจากข้อมูลดาต้า					
พารามิเตอร์	Voice1	Data1	Data2	Data3	Data4
Payload	160 bytes	500 bytes	1500 bytes	500 bytes	1500 byte
CW min (Slot)	0-31	0-31	0-31	0-31	0-31
CW max(Slot)	1023	1023	1023	1023	1023
SIF	10 us	10 us	10 us	10 us	10 us
DIF-AIFS(Slot)	2	2	2	2	2
Slottime	20 us	20 us	20 us	20 us	20 us
Datarate	11 Mb/s	54 Mb/s	54 Mb/s	11 Mb/s	11 Mb/s
Interval time	20 us	20 us	20 us	20 us	20 us
PF	2	2	2	2	2

ตารางที่ 4.6 พารามิเตอร์ที่ใช้ทดสอบผลกระทบจากขนาด Payload และ Data Rate ของข้อมูลดาต้า

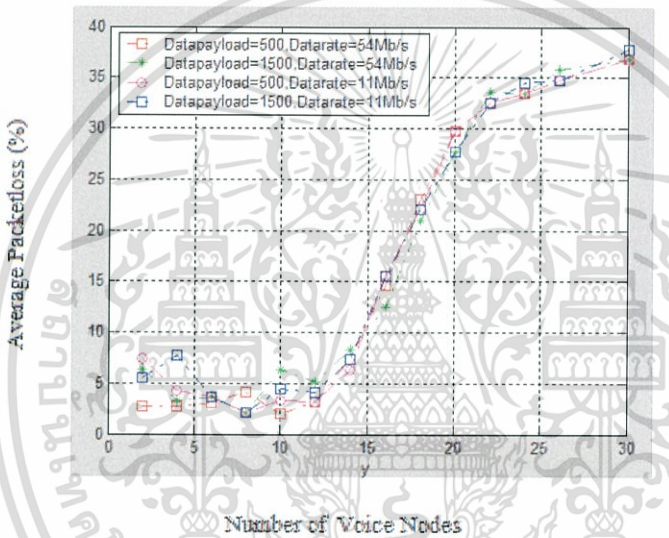
จากตารางที่ 4.6 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบผลกระทบจากขนาด Payload Size และ Data rate ของข้อมูลดาต้าที่ส่งร่วมในเครือข่ายต่อพฤติกรรมประสิทธิภาพข้อมูลเสียง โดยค่าเฉลี่ยการดีเลย์ดังรูปที่ 4.10 ดังนี้



รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของข้อมูลเสียงที่ส่งร่วมกับข้อมูลดาต้าลักษณะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

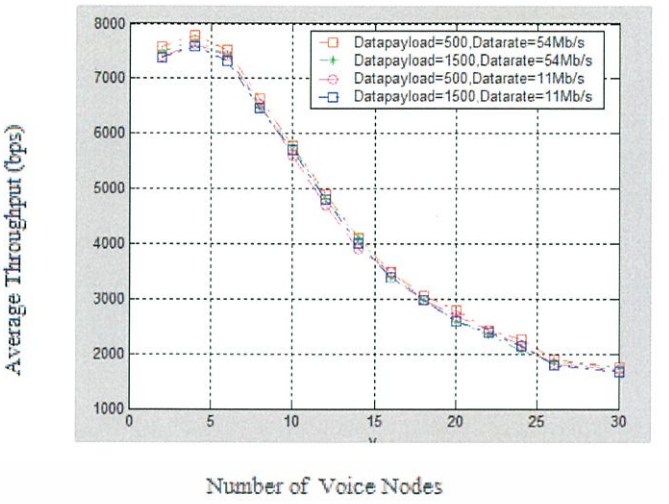
จากรูปที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าข้อมูลเสียงที่ส่งร่วมกับข้อมูลดาต้าที่มีขนาดของ Payload size =500 bytes และ Data rate =54Mbit/s จะมีค่าเฉลี่ยการดีเลย์ที่น้อยที่สุด เนื่องจากข้อมูลดาต้าดังกล่าวนั้นจะใช้เวลาในจองช่องสัญญาณ (T_data) ในขณะส่งข้อมูลน้อยที่สุด ซึ่งจะช่วยให้สถานีอื่นที่กำลังรอส่งข้อมูลเสียงจะสามารถเข้าสุ่มได้เร็วขึ้นตามไปด้วย โดยเมื่อพิจารณาได้จากสมการที่ (3.5) จะสามารถคำนวณช่วงเวลา T_data ของข้อมูลดาต้าที่มีขนาด Payload size=500 bytes และ Data rate =54Mbit/s ได้เท่ากับ 170 us เมื่อคิดรวม T_plcp แบบ Short preamble ซึ่งมีค่าเท่ากับ 96 us ซึ่งใช้เวลาจองช่องสัญญาณขณะส่งแพ็คเก็ตข้อมูลน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับค่าอื่น โดยผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตแสดงดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงเมื่อส่งร่วมกับข้อมูลดาต้าที่กำหนดขนาด Payload size และ Data rate ที่ค่าต่างๆ

จากรูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่า เมื่อทำการเพิ่มจำนวนสถานีรับ-ส่งข้อมูลเสียง ค่าเฉลี่ยการสูญหายของข้อมูลเสียงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยการส่งข้อมูลเสียงร่วมกับข้อมูลดาต้าที่กำหนดขนาด Payload และ Data rate ในแต่ละค่านั้น จะมีค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตเสียงใกล้เคียงกัน เนื่องจากขนาด Payload size และ Data rate จะมีผลกระทบต่อการจองช่องสัญญาณขณะส่งข้อมูลดาต้าเท่านั้น ซึ่งข้อมูลเสียงและดาต้ายังจะยังคงมีช่วงเวลาการเข้าสุ่มเข้าใช้สื่อ (T_Backoff) เท่าๆกัน ดังนั้นจึงมีโอกาศที่จะสุ่มเข้าใช้สื่อพร้อมกันหรือเกิดการสูญหายของแพ็คเก็ตใกล้เคียงกันนั่นเอง สำหรับผลการทดสอบค่าเฉลี่ยทรูพุต(Average throughput) แสดงดังรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการทรูพุตของข้อมูลเสียงเมื่อส่งร่วมกับข้อมูลดาต้าที่กำหนดขนาด Payload size และ Data rate ที่ค่าต่างๆ

จากรูปที่ 4.12 เมื่อทำการเพิ่มจำนวนสถานีรับ-ส่งข้อมูลเสียงและดาต้า ค่าเฉลี่ยทรูพุตของข้อมูลเสียงจะมีแนวโน้มลดลง โดยจะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลเสียงร่วมกับข้อมูลดาต้าที่กำหนดขนาด Payload และ Data rate ในแต่ละค่านั้นจะมีค่าเฉลี่ยทรูพุตข้อมูลเสียงใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีการสูญหายของแพ็คเก็ตเสียงที่ใกล้เคียงกันดังแสดงในรูปที่ 4.12

จากการทดสอบผลกระทบจากขนาด Payload size และ Data rate ของข้อมูลดาต้าที่ส่งร่วมในเครือข่ายจะเห็นว่าผลกระทบที่เห็นเด่นชัดต่อคุณภาพการส่งข้อมูลเสียงคือเรื่องของการดีเลย์ ซึ่งเกิดจากเวลาในการใช้ช่องสัญญาณ (T_Data) นั่นเอง สำหรับผลกระทบในเรื่องการสูญหายของแพ็คเก็ตและทรูพุตของข้อมูลนั้นทุกค่าที่ทดสอบจะใกล้เคียงกัน เนื่องจากทั้งข้อมูลเสียงและดาต้ายังคงมีช่วงเวลาการเข้าสุ่มเข้าใช้สื่อ (T_Backoff) เท่าๆกันนั่นเอง โดยพารามิเตอร์ที่จะกล่าวต่อไปคือ ขนาดของ Preamble Overhead ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

4.2.5 ผลการทดสอบขนาดของ Preamble length

Preamble length คือ Overhead ในชั้น Physical Layer ซึ่งเป็นส่วนที่ระบุ Information ในการรับส่งข้อมูลระดับชั้น Physical Layer เช่น การ Synchronization การกำหนดการเริ่มต้นของเฟรมที่จะส่งเป็นต้น โดยปกติแล้วในมาตรฐาน 802.11b นั้นจะมีการกำหนด Preamble length ไว้ 2 ค่า ได้แก่ Short Preamble เท่ากับ 96 us และ Long Preamble เท่ากับ 192 us โดย Long Preamble จะใช้เมื่อเครือข่ายมีลักษณะการทำงานแบบ 802.11g (Hybrid Mode) ส่วนเครือข่ายที่มีเพียงอุปกรณ์มาตรฐาน 802.11g เพียงมาตรฐานเดียวนั้นจะใช้ OFDM Preamble ซึ่งเท่ากับ 20 us ดังนั้นในการทดสอบนี้จะนำเสนอผลกระทบจาก Overhead ในชั้น Physical Layer โดยทำการเปรียบเทียบผลพฤติกรรมของเสียงที่ใช้มาตรฐาน 802.11g ที่ส่งทั้ง Short Preamble, Long Preamble และ OFDM

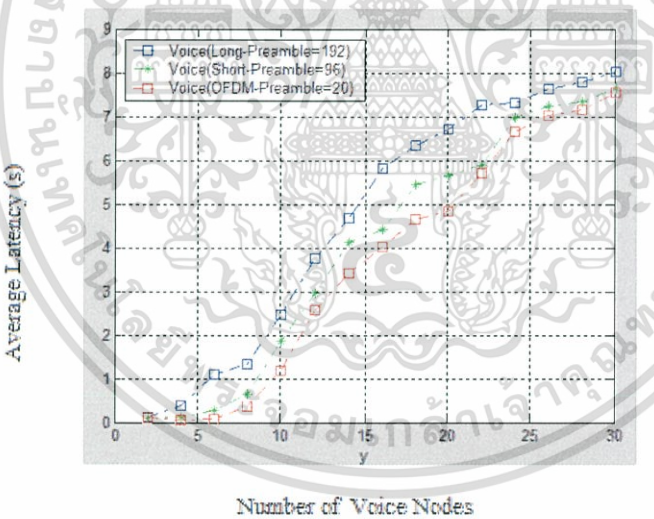
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Preamble ร่วมกับข้อมูลดาต้าที่เป็นมาตรฐาน 802.11g โดยพารามิเตอร์ที่ใช้จำลองในชั้น MAC Layer แสดงดังตารางที่ 4.7

พารามิเตอร์ในชั้น Mac Layer		
พารามิเตอร์	Voice	Data
Payload	160 byte	1500 bytes
CW min	15	15
CW max	1023 us	1023 us
SIF	16 us	16 us
DIF-AIFSN	34us	34us
Backoff Slottime	10us	10 us
Datarate in 802.11b	54 Mb/s	54 Mb/s
Interval time	20 us	20 us
Preamble Length	20 ,96,192 us	192 us

ตารางที่ 4.7 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบค่า Preamble Length

จากตารางที่ 4.7 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้จำลองการทดสอบพฤติกรรมข้อมูลเสียง โดยเปรียบ เทียบคุณภาพการส่งข้อมูลเสียงที่กำหนด Preamble length 3 ค่า คือ 20 us 96 us และ 192 us ซึ่งได้ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของข้อมูลเสียงดังรูปที่ 4.13 ดังนี้

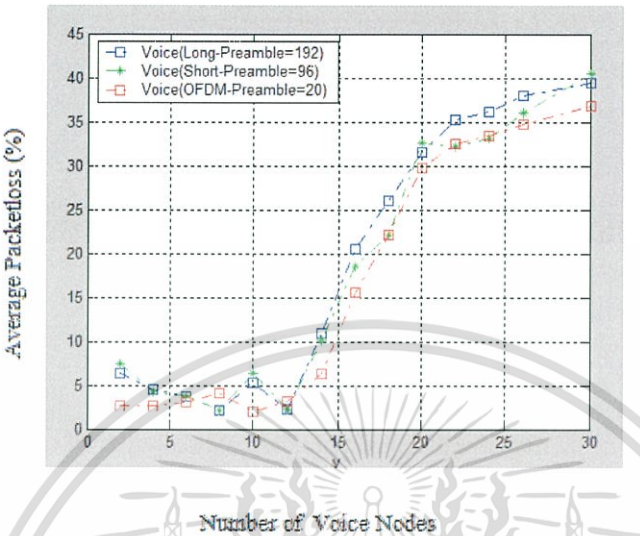


รูปที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของข้อมูลเสียงที่ทดสอบ Long Short และ OFDM Preamble

จากรูปที่ 4.13 เมื่อทำการเพิ่มจำนวนสถานีรับ-ส่งข้อมูลเสียง ค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของข้อมูลเสียงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการทดลองในหัวข้อที่ได้กล่าวข้างต้น โดยจะเห็นได้ว่าข้อมูลเสียงที่ใช้ OFDM Preamble ที่มีขนาด Header เท่ากับ 20 us นั้นมีค่าเฉลี่ยการดีเลย์ที่น้อยที่สุด เนื่องจากเป็น Header ที่สั้นที่สุด ซึ่งจะมีช่วงเวลาในการส่งแพ็คเก็ต (T_Data) สั้นที่สุดนั้นเอง โดยจากสมการที่ (3.5) จะสามารถคำนวณ T_Data ของ OFDM Preamble Short Preamble และ Long

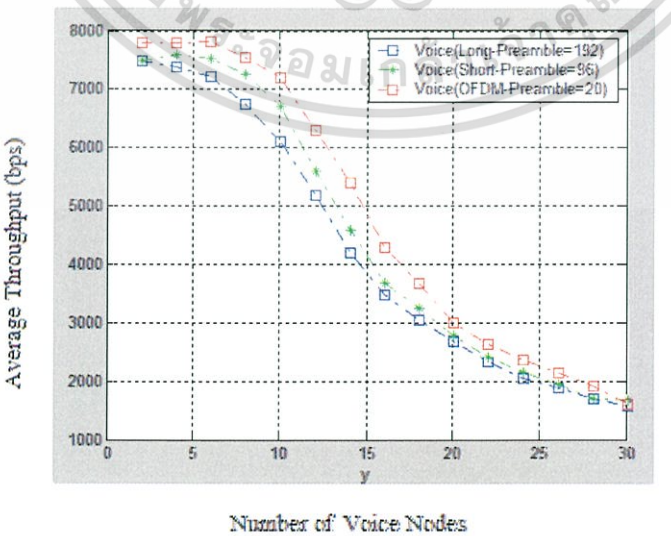
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Preamble เท่ากับ 43us 119us และ 225us ตามลำดับ สำหรับผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตแสดงดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงที่ทดสอบ Long Short และ OFDM Preamble

จากรูปที่ 4.14 จะเห็นว่าการส่งข้อมูลเสียงที่มีขนาด Preamble length ทั้งแบบ Short, Long และ OFDM Preamble จะมีค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตใกล้เคียงกัน เนื่องจากข้อมูลเสียงและดาต้ายังคงมีช่วงเวลาการเข้าสุ่มเข้าใช้สื่อ (T_Backoff) เท่ากัน ซึ่งโอกาสที่จะสุ่มเข้าใช้สื่อพร้อมกันและเกิดการสูญหายของแพ็คเก็ตนั้นจะไม่แตกต่างกันมาก โดยผลการทดสอบค่าเฉลี่ยทรูพุตแสดงดังรูปที่ 4.15



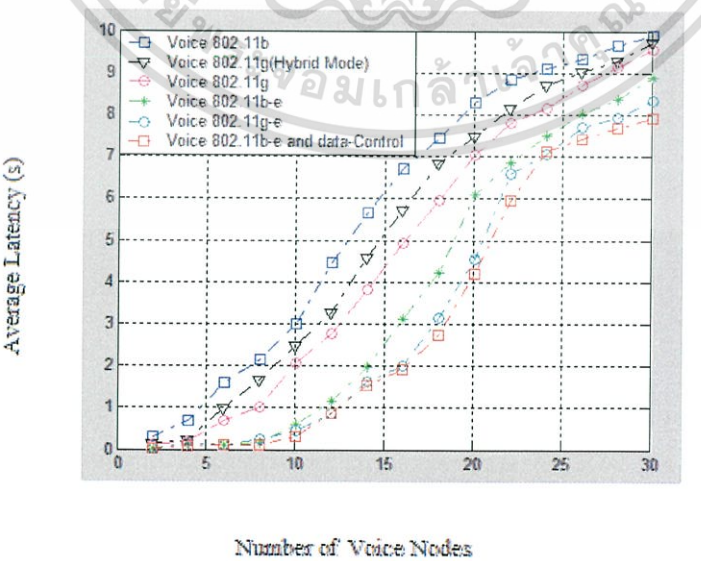
รูปที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยทรูพุตของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงที่ทดสอบ Long Short และ OFDM Preamble

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.15 เมื่อทำการเพิ่มจำนวนสถานีรับ-ส่งข้อมูลเสียงและดาต้า ค่าเฉลี่ยทรูพุตของข้อมูลเสียงจะมีแนวโน้มลดลง โดยค่าเฉลี่ยทรูพุตของการส่งข้อมูลเสียงที่ใช้ OFDM Preamble นั้นจะมีค่าเฉลี่ยทรูพุตมากที่สุด เนื่องจากข้อมูลแต่ละแพ็คเก็ตที่ส่งจะเสียเวลาส่ง Information ของ Header น้อยที่สุด จึงทำให้สามารถรับส่งแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงได้มากที่สุดนั่นเอง

จากผลการทดสอบพารามิเตอร์ต่างๆทั้งหมดที่ได้นำเสนอนั้นแสดงให้เห็นผลกระทบต่อพฤติกรรมประสิทธิภาพของเครือข่าย Voice over WLAN ซึ่งในการทดสอบดังต่อไปนี้จะแสดงผลการเปรียบเทียบพฤติกรรมประสิทธิภาพของเสียงใน 5 ลักษณะ ได้แก่

1. การจำลองการใช้งาน Voice over WLAN โดยทั้งสถานีส่งข้อมูลเสียงและดาต้าที่รองรับมาตรฐาน IEEE 802.11b
2. การจำลองการใช้งาน Voice over WLAN โดยทั้งสถานีส่งข้อมูลเสียงและดาต้าที่รองรับมาตรฐาน IEEE 802.11g
3. การจำลองใช้งาน Voice over WLAN โดยที่สถานีส่งข้อมูลเสียงรองรับมาตรฐาน IEEE 802.11g และดาต้าที่รองรับมาตรฐาน IEEE 802.11b (Hybrid Mode)
4. การจำลองใช้งาน Voice over WLAN โดยปรับปรุงคุณภาพด้วยมาตรฐาน IEEE 802.11e บนพื้นฐานการใช้งานอุปกรณ์ IEEE 802.11b โดยปรับปรุงพารามิเตอร์หลักตามวิธี EDCF ได้แก่ ค่าการแย่งเข้าใช้สื่อ (Contention Window :CW)และ ค่าช่วงเวลาก่อนเข้าสุ่ม (AIFS)
5. การจำลองใช้งาน Voice over WLAN โดยปรับปรุงคุณภาพด้วยมาตรฐาน IEEE 802.11e บนการใช้งานอุปกรณ์ IEEE 802.11b และควบคุมพฤติกรรมข้อมูลดาต้าที่ส่งร่วม (T_Data)โดยผลการทดสอบค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของข้อมูลเสียงแสดงได้ดังรูปที่ 4.16



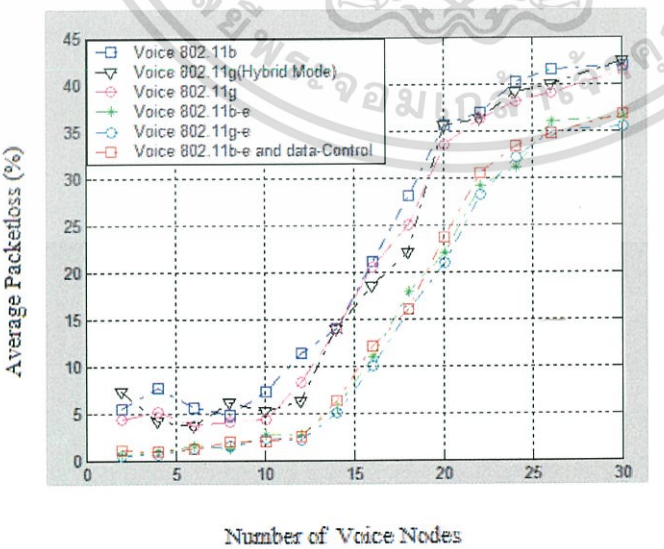
รูปที่ 4.16 ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของข้อมูลเสียงที่การใช้งานตามมาตรฐานต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.16 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของข้อมูลเสียงในแต่ละการจำลองจะเห็นว่าการจำลองใช้งาน Voice over WLAN ตามหัวข้อที่ 1 จะเกิดการดีเลย์ของข้อมูลเสียงมากที่สุด เนื่องจากทั้งอุปกรณ์ที่ส่งข้อมูลเสียงและดาต้าต่างก็รองรับมาตรฐานเดียวกันคือ IEEE 802.11b ซึ่งไม่มีการปรับปรุงคุณภาพ (Qos) เลย สำหรับผลการจำลองในหัวข้อที่ 2 และ 3 แสดงให้เห็นว่าเครือข่าย Voice over WLAN แบบ 802.11 g (Hybrid Mode) จะมีค่าเฉลี่ยการดีเลย์มากกว่า เครือข่ายแบบ 802.11 g (Normal Mode) เนื่องจากปัญหาขนาด Header ที่เพิ่มขึ้นโดยเมื่อใช้งานแบบ Hybrid Mode แพ็คเก็ตข้อมูลเสียงจะใช้ Header ในชั้น Physical Layer เป็นแบบ Long Preamble ซึ่งต่างจาก Normal Mode ที่ใช้ Short Preamble และ OFDM รวมถึงการทำงานใน 802.11g Hybrid Mode จะต้องใช้ขนาด Slottime เท่ากับ มาตรฐาน 802.11b คือ 20us ดังนั้นจะยิ่งทำให้ประสิทธิภาพในการเข้าสุ่มยิ่งด้อยลงไปอีก

สำหรับเครือข่าย Voice over WLAN ที่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วยมาตรฐาน IEEE 802.11e ทั้งบนการใช้งานอุปกรณ์ IEEE 802.11b และ g นั้นจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าจะช่วยลดการดีเลย์ของเสียงได้อย่างมาก โดยค่าดีเลย์เฉลี่ยที่ยอมรับได้คือ 300 ms จะสามารถรองรับจำนวนสถานีส่งได้ถึง 10 สถานีพร้อมกัน โดยมาตรฐาน 802.11e ใช้วิธีปรับปรุงพารามิเตอร์ ได้แก่ CW AIFS

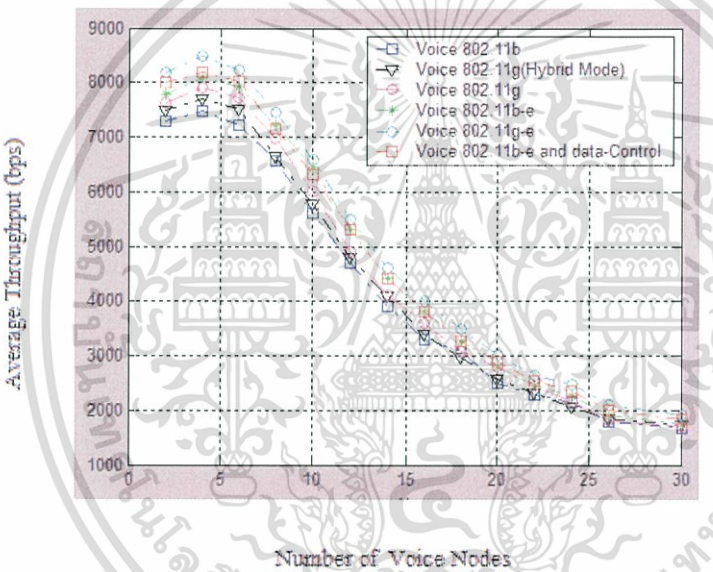
ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ การควบคุมพฤติกรรมของข้อมูลดาต้าที่ส่งร่วมในเครือข่าย โดยจะเห็นว่า การปรับปรุงคุณภาพด้วยมาตรฐาน IEEE 802.11e บนอุปกรณ์มาตรฐาน IEEE 802.11b ที่มีการควบคุม Payload และ Data rate ของดาต้าที่ส่งร่วมด้วยนั้นสามารถที่จะลดการดีเลย์ได้มากกว่าการปรับปรุงคุณภาพด้วยมาตรฐาน IEEE 802.11e บนอุปกรณ์มาตรฐาน IEEE 802.11g อีกด้วยและสามารถรองรับจำนวนสถานีส่งได้ถึง 10-15 สถานีพร้อมกัน ต่อไปนี้จะกล่าวถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตแสดงดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงที่การใช้งานตามมาตรฐานต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.17 จะเห็นว่าเครือข่าย Voice over WLAN ที่อุปกรณ์ส่งเสียงและดาต้าเป็นมาตรฐาน 802.11b ทั้งคู่ จะมีค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตมากที่สุด ซึ่งใกล้เคียงกับมาตรฐาน 802.11g (Hybrid Mode) และ802.11g (Normal Mode) เนื่องจากไม่ได้มีการจัดสรรช่วงเวลาการสุ่มเข้าใช้สื่อ ซึ่งข้อมูลเสียงและดาต้าจะยังคงเริ่มสุ่มเข้าพร้อมกัน สำหรับเครือข่าย Voice over WLAN ที่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วยมาตรฐาน IEEE 802.11e ทั้งบนการใช้งานอุปกรณ์ IEEE 802.11b และ g นั้น จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าจะช่วยลดการสูญหายของแพ็คเก็ตได้มาก เนื่องจากการจัดการค่าช่วงเวลาแย่งเข้าใช้สื่อขั้นต่ำ (CWmin) และ ช่วงเวลาเข้าใช้สื่อสูงสุด (CWmax) ซึ่งจะทำให้สถานีส่งข้อมูลเสียงและข้อมูลดาต้าไม่สามารถเข้าสุ่มใช้สื่อได้พร้อมกันนั่นเอง สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทรูพุตแสดงดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรูพุตของข้อมูลเสียงที่การจำลองการใช้งานตามมาตรฐานต่างๆ

จากรูปที่ 4.18 จะเห็นว่าเครือข่าย Voice over WLAN ที่ใช้อุปกรณ์ส่งเสียงและดาต้าเป็นมาตรฐาน 802.11b ทั้งคู่จะมีค่าเฉลี่ยทรูพุตต่ำที่สุดเพราะมีอัตราส่งที่ต่ำที่สุด และ มีการสูญหายของแพ็คเก็ตมากที่สุด สำหรับการใช้งานบนเครือข่ายแบบ 802.11g (Hybrid mode) จะมีค่าเฉลี่ยทรูพุตต่ำกว่า 802.11g (Normal mode) เนื่องจาก ปัญหาการใช้ Long Plcp Header และ ต้องใช้ขนาด Slottime เท่ากับมาตรฐาน 802.11b เพื่อการ Capability ดังที่ได้กล่าวในข้างต้น

สำหรับการใช้งานที่มีค่าเฉลี่ยทรูพุตมากที่สุดคือการใช้งานอุปกรณ์มาตรฐาน 802.11g ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วย 802.11e เนื่องด้วยอัตราเร็วที่สูงกว่า 802.11b และมีการจัดสรรพารามิเตอร์ในชั้น MAC นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ในอนาคตอันใกล้เทคโนโลยี Voice over WLAN น่าจะมีแนวโน้มการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้นอันเนื่องมาจากข้อดีในหลายๆด้านซึ่งเป็นการรวมกันระหว่างข้อดีของ VoIP และ Wireless Lan แต่ปัญหาสำคัญของ Voice over WLAN คือคุณภาพของเสียงที่ยังไม่ดีเทียบเท่ากับโทรศัพท์พื้นฐานอันเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการด้วยกัน ซึ่งเกิดจากการไม่มีการประกันคุณภาพการบริการ (Qos) โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการทดสอบพารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่อพฤติกรรมประสิทธิภาพของเสียง โดยจากการทดสอบจะเห็นได้ว่าพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญต่อการปรับปรุงคุณภาพของการส่งข้อมูลเสียงบนเครือข่าย WLAN นั้นจะอยู่ในชั้น MAC Layer ซึ่งเป็นชั้นที่สามารถจะควบคุมการส่งในระดับแพ็คเก็ต ได้แก่ ค่าช่วงการแย่งเข้าใช้สื่อ (CW) ค่าช่วงเวลาก่อนเข้าใช้สื่อ (AIFS) ขนาดของ Backoff Slottime ขนาดของ Overhead ในชั้นฟิสิคัล และขนาดของ Payload และ Data rate ของข้อมูลที่ส่งร่วม ซึ่งจากการเปรียบเทียบการจำลองทั้ง 5 สถานะการณ์แสดงให้เห็นพฤติกรรมของเสียงในเรื่องประสิทธิภาพแตกต่างกันไป อย่างแรกจะเห็นว่าการใช้งาน Voice over WLAN ที่อุปกรณ์ส่งข้อมูลเสียงและดาต้าต่างก็รองรับมาตรฐาน IEEE 802. b ซึ่งไม่มีการปรับปรุงคุณภาพการบริการเลยนั้นจะมีประสิทธิภาพที่แย่ที่สุด

สำหรับข้อเปรียบเทียบระหว่างเครือข่าย Voice over WLAN แบบ 802.11 g (Hybrid Mode) กับ 802.11 g (Normal Mode) จะเห็นว่า แบบ 802.11 g (Hybrid Mode) จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่า เนื่องจากปัญหาขนาด Header ในชั้นฟิสิคัลที่ต้องปรับมาใช้แบบ Long Preamble และปัญหาขนาด Slottime ที่จะต้องปรับมาใช้ขนาด Slottime เท่ากับ 20us ตามมาตรฐานที่ต่ำกว่าเพื่อการ Compability กัน ส่วนเครือข่าย Voice over WLAN ที่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วยมาตรฐาน IEEE 802.11e ทั้งบนการใช้งานอุปกรณ์ IEEE 802.11b และ g นั้นจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเสียงได้อย่างมากเนื่องจากการปรับปรุงพารามิเตอร์หลักๆตามกลไกแบบ EDCF ได้แก่ CW AIFS

สำหรับปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ การควบคุมข้อมูลดาต้าที่ส่งร่วมในเครือข่ายโดยจะเห็นว่าการปรับปรุงคุณภาพด้วยมาตรฐาน IEEE 802.11e บนอุปกรณ์มาตรฐาน IEEE 802.11b ที่มีการควบคุม Payload และ Data rate นั้นจะมีประสิทธิภาพที่ดีใกล้เคียงกับการปรับปรุงคุณภาพด้วยมาตรฐาน IEEE 802.11e บนอุปกรณ์มาตรฐาน IEEE 802.11g ซึ่งไม่มีควบคุมข้อมูลดาต้าอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] V. Wiki, "**VOIP Qos Requirements**," http://www.voip-info.org/wiki-QoS, 2005.

[2] 802.11, I.S.,**Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications**. ANSI/IEEE Std 802.11 (1999 Edition (Revised 2003)

[3] IEEE Computer Society, "**Local and Metropolitan Area Networks: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical (PHY) Specifications**",IEEE std 802.11, 1999 Edition, 1999.

[4] IEEE Computer Society, "**Supplement to Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical (PHY) Specifications: High-Speed Physical Layer Extensions in the 2.4 GHz Band**", IEEE std 802.11b, 1999 Edition, 2000.

[5] IEEE Computer Society, "**Supplement to Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical (PHY) Specifications, Amendment 4: Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band**", IEEE std 802.11g, 2003 Edition, 2003.

[6] The Network Simulatior, ns-2, http://www.isi.edu/nsnam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

Script TCL/TK สำหรับ compile บนโปรแกรม NS2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#########################################################################
#########################
#  Script testgb.tcl: Voice(b) and Data(b)------- Original
#
#
#
#  Written by:      Krittamook Jaimsooksujit
#  Date:            28/July/2008
#########################################################################
#########################
if {$argc < 2} {
        puts stderr "usage: ns $argv0 <number of voice stations> <E is 1\\0>"
        exit 1;
}

#
# ======================================================================
# Define options
#
# ======================================================================

set val(chan)           Channel/WirelessChannel
set val(prop)           Propagation/TwoRayGround
set val(netif)          Phy/WirelessPhy
set val(mac)            Mac/802_11
set val(ifq)            Queue/DropTail/PriQueue
set val(ll)         LL
set val(ant)            Antenna/OmniAntenna
set val(x)          670   ;# X dimension of the topography
set val(y)          670   ;# Y dimension of the topography
set val(ifqlen)         2000            ;# max packet in ifq
set val(seed)           0.0
set val(adhocRouting)   DSDV
set val(stop)           30.0            ;# simulation time

set epsilon 0.00005

set in_voice [lindex $argv 0]
puts "$in_voice";
set voice [expr $in_voice + 1]
set back_ground 50                                      ;# number of phone streams
(Voice)
set ppktsize 160                        ;# pktsize of phone streams
set pinterval 0.020     ;#equivalent to send rate of 8000 bytes
set pktsize 1500                        ;# pktsize for background traffic
set num_nodes [expr $voice + $back_ground]          ;# number of mobilenodes in the
scenario
set transport both

set sink 0
set vsrc 1

Phy/WirelessPhy set per_          0.0
#Phy/WirelessPhy set CPThresh_ .000040
#Phy/WirelessPhy set CSThresh_ .000010
#Phy/WirelessPhy set RXThresh_ .000030
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#MAC_MIB set RTSThreshold_  3000
#MAC_MIB set ShortRetryLimit_7
#MAC_MIB set LongRetryLimit_ 4

#PHY_MIB set CWMin_0                    15
#PHY_MIB set CWOffset_0                 0

#
=============================================================
=============
# Main Program
#
=============================================================
==============
#
# Initialize Global Variables
#
# create simulator instance
set ns_         [new Simulator]
# setup topography object
set topo[new Topography]
# create trace object for ns and nam

set tracefd     [open rate$in_voice.tr w]
set namtrace    [open rate$in_voice.nam w]

$ns_ trace-all $tracefd
$ns_ namtrace-all-wireless $namtrace $val(x) $val(y)

# define topology
$topo load_flatgrid $val(x) $val(y)

#
# Create God
#
set god_ [create-god $num_nodes]

# num_bss_nodes describes the number of nodes in the BSS; the
# remaining nodes are ADHOC; default: all nodes are in the BSS
if {![info exists num_bss_nodes]} {
        set num_bss_nodes $num_nodes
}

set chan_1_ [new $val(chan)]

set e_enb [lindex $argv 1]

Mac/802_11 set E_enable $e_enb

###### Defining specific stations #########
######          VOICE             #########
Mac/802_11 set DIFS_          0.000050
Mac/802_11 set CWMin_         31
Mac/802_11 set PF_            2
Mac/802_11 set SlotTime_      0.000020
Mac/802_11 set SIFS_          0.000010
Mac/802_11 set CWMax_         1024
Mac/802_11 set dataRate_ 11Mb
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
$ns_ node-config -adhocRouting $val(adhocRouting) \
                 -llType $val(ll) \
                 -macType $val(mac) \
                 -ifqType $val(ifq) \
                 -ifqLen $val(ifqlen) \
                 -antType $val(ant) \
                 -propType $val(prop) \
                 -phyType $val(netif) \
                      -channel $chan_1_ \
                 -topoInstance $topo \
                      -agentTrace ON \
                 -routerTrace OFF \
                 -macTrace OFF

#
#  Create the specified number of nodes $voice and "attach" them
#  to the channel.

for {set i 0} {$i < $voice} {incr i} {
        set node_($i) [$ns_ node]
        $node_($i) random-motion 0              ;# disable random motion
}

###############Voiceflows-definitions#########################
for {set i 1} {$i < $voice} {incr i} {
                set P           [new Application/Traffic/CBR]
                set P_src       [new Agent/UDP]
                set P_sink      [new Agent/UDP]

                $P set          random_ 0
                $P set          packetSize_ $ppktsize
                $P set          interval_ $pinterval
                $P_src set      packetSize_ $ppktsize
                $P_src set      class_ [expr $i + 1]
        #       $P_src set      prio_ $pri

                if {[expr $i % 2] == 0} {
                        set node_src    $i
                        set node_sink   0
                } else {
                        set node_src    0
                        set node_sink   $i
                }
                $ns_ attach-agent $node_($node_src) $P_src
                $ns_ attach-agent $node_($node_sink) $P_sink
                $ns_ connect $P_src $P_sink
                $P attach-agent $P_src
puts "P$i with pktsize $ppktsize flows from Node$node_src to Node$node_sink every
$pinterval"

        #       $ns_ at [expr 3.0 * $i] "$P start"
        #       $ns_ at [expr 3.0 * ($i + $num_nodes) + $soaktime - 6] "$P stop"
                $ns_ at 0.0 "$P start"
                $ns_ at $val(stop) "$P stop"
        }

###### Defining specific stations #########
######      DATA #########
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Mac/802_11 set DIFS_          0.000050
Mac/802_11 set CWMin_         31
Mac/802_11 set PF_            2
Mac/802_11 set SlotTime_      0.000020
Mac/802_11 set SIFS_          0.000010
Mac/802_11 set CWMax_         1024
Mac/802_11 set dataRate_ 11Mb

$ns_ node-config -adhocRouting $val(adhocRouting) \
                 -llType $val(ll) \
                 -macType $val(mac) \
                 -ifqType $val(ifq) \
                 -ifqLen $val(ifqlen) \
                 -antType $val(ant) \
                 -propType $val(prop) \
                 -phyType $val(netif) \
                      -channel $chan_1_ \
                 -topoInstance $topo \
                      -agentTrace ON \
                 -routerTrace OFF \
                 -macTrace OFF
#
#  Create the specified number of nodes $voice and "attach" them
#  to the channel.

for {set i $voice} {$i < $num_nodes} {incr i} {
        set node_($i) [$ns_ node]
        $node_($i) random-motion 0              ;# disable random motion
}

##########################################################
##
# Setup Background flows

        for {set i $voice} {$i < $num_nodes} {incr i} {

                set agent_src   Agent/TCP
                set agent_sink  Agent/TCPSink/DelAck
                set B           [new Application/FTP]
                set B_src       [new $agent_src]
                set B_sink      [new $agent_sink]

                $B_src          set packetSize_ $pktsize
                $B_src          set class_ [expr $i + 1]

                if { $i%2 == 0} {
                        set sink $i
                        set src 0
                } else {
                        set src $i
                        set sink 0
                }

                $ns_ attach-agent $node_($src) $B_src
                $ns_ attach-agent $node_($sink) $B_sink
                $ns_ connect $B_src $B_sink
                $B attach-agent $B_src
        puts "$agent_src B$i with pktsize $pktsize flows from Node$src to Node$sink"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                $ns_ at 0.0 "$B start"
                $ns_ at $val(stop) "$B stop"
        }


#############################################################
############################### Define node movement model
#
#puts "Loading connection pattern..."
#source $val(cp)

#
# Define traffic model
#
#puts "Loading scenario file..."
#source $val(sc)

# Define node initial position in nam

for {set i 0} {$i < $num_nodes} {incr i} {

    # 20 defines the node size in nam, must adjust it according to your scenario
    # The function must be called after mobility model is defined

    $ns_ initial_node_pos $node_($i) 20
}

# End of simulation conditions/operations

for {set i 0} {$i < $num_nodes } {incr i} {
    $ns_ at $val(stop) "$node_($i) reset";
#    $node_($i) set X_ [expr $i*30.0]
#    $node_($i) set Y_ [expr $i*30.0]
#    $node_($i) set Z_ 0.0

}
#for {set i 0} {$i < $voice } {incr i} {
#    $ns_ at $val(stop) "$node_($i) reset";
#}

$ns_ at $val(stop) "do_stop"


set delta 0.01
set endtime [expr $val(stop) + $delta]
$ns_ at $val(stop) "do_halt"

proc do_stop {} {
        global ns_ tracefd namtrace
        $ns_ flush-trace
        close $tracefd
        close $namtrace
#       exec ~/nam alex.nam &
}

proc do_halt {} {
        global ns_
        puts "NS EXITING..."
        $ns_ halt
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}

#######################################################################
#################################
# Start up the simulation

puts "Starting Simulation..."
$ns_ run
```

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
########################################## Latency.pl ###################################
#!/usr/local/bin/perl
if (@ARGV < 2)
{
        print "Usage: latency.pl <trace file> <cbr\\tcp>\n";
        exit;
}
$infile = $ARGV[0];
$kind = $ARGV[1];

$sum_latency = 0;
$num_counted = 0;
%packet_hash=();
open (DATA, "<$infile") || die "Can't open $infile";
while (<DATA>) {
   $line = $_;
   @x = split(' ');
   $id = $x[5];
   last if ($x[4] =~ /END/);
   next if ($line !~ /AGT/ || $x[6] !~ /$kind/);
   if ($x[0] eq 's')
   {
        $packet_hash{$id} = $x[1];
   }
   elsif ($x[0] eq 'r')
   {
        $latency = $x[1] - $packet_hash{$id};
      $sum_latency = $sum_latency + $latency;
      $num_counted++;
   }
}


$avg = $sum_latency/$num_counted;

print STDOUT "Average $kind latency was: $avg\n";
close DATA;
exit(0);
```

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
########################################## Throughput.pl ##################################
#!/usr/local/bin/perl
if (@ARGV < 3)
{
        print "Usage: throughput.pl <trace file> <cbr\\tcp> <num stations of this
kind>\n";
        exit;
}
$infile = $ARGV[0];
$kind = $ARGV[1];
$num_stations = $ARGV[2];
$header = 20;

$sum = 0;
$clock = 0;
$initial_clock = -1;
$final_clock = -1;
open (DATA, "<$infile") || die "Can't open $infile $!";

while (<DATA>) {
   $line = $_;
   @x = split(' ');
   if ($initial_clock<0) {
        $initial_clock = $x[1];
   }
   $final_clock = $x[1];
   last if ($x[4] =~ /END/);
   if ($x[0] eq 'r' && $line =~ /AGT/ &&  $x[6]=~/$kind/)
   {
     $size = $x[7];
     $sum = $sum + $size-$header;
   }

}
$delta_t = $final_clock - $initial_clock + 0.000001;
$throughput = $sum/$delta_t;
$throughput = $throughput/$num_stations;
print STDOUT "Average Throughput was: $throughput\n";
close DATA;
exit(0);
```

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
########################################## Packetloss.pl ###################################

#!/usr/local/bin/perl

if (@ARGV < 2)
{
        print "Usage: packetloss.pl <trace file> <cbr//tcp>\n";
        exit;
}
$infile = $ARGV[0];
$kind = $ARGV[1];

$sum_sent = 0;
$num_dropped = 0;

open (DATA, "<$infile") || die "Can't open $infile $!";
while (<DATA>) {
   $line = $_;
   @x = split(' ');
   last if ($x[4] =~ /END/);
   $num_sent++  if ($x[0] eq 's' && $x[6] =~ /$kind/);
   $num_dropped++ if ($x[0] eq 'D' && $line =~ /IFQ/ && $x[6] =~ /$kind/);
 }

 $dropped_ratio = 100*$num_dropped/$num_sent;

 print STDOUT "Percentage of $kind packets that were dropped: ${dropped_ratio}%\n";
 close DATA;
 exit(0);
```

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

1. **K. Jaimsooksujit**, K. Dejhan, "Performance Behaviour Analysis of Voices over WLAN Based on Network Simulator 2," Ladkrabang Engineering Journal,Vol.25, Number 1, March 2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISSN 0125-1724

วิศวสารลาดกระบัง

LADKRABANG ENGINEERING JOURNAL

Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Volume 25 Number 1 March 2008

Telecommunication Engineering

1. Performance Behaviour Analysis of Voices Over WLAN Based on Network Simulation 2 — 1
   K. Jaimsooksujit and K. Dejhan
2. Critical Performance Testing of FTTH — 7
   T. Piyasirinanant and K. Dejhan
3. Water Penetration Inspection Into the Joints of the Optical Fiber Network — 13
   T. Kreeso and S. Sitichivapak

Electrical Power Engineering

4. High Frequency HVDC Bridge Generator fed by a Series Resonant Converter — 19
   C. Addoddorn
5. Analysis of Simultaneous Faults in Electrical Power Transmission Systems Using PSCAD/EMTDC — 25
   W. Phongchaisrikul T. Patcharoen A. Ngaopitakkul and A. Kunakorn

Chemical Engineering

6. Effect of Processing Varibles on Rice Extrudate Characteristics Using a Single Screw Extruder — 31
   S. Hiranon and M. Phongpipatpong
7. Mesoporous Carbon Gels : Now and Future — 37
   K.Kraiwattanawong S. Tunfitanyakun C. Wesnusit and T. Pokdee-asa
8. Kinetic Reaction Analysis by Model-Free Method for EVA-Based Encapsulant for Photovoltaic Modules — 42
   T. Thaworn and S. Areerat

Mechanical Engineering

9. Analysis and Design of the Plastic-Sheet Puncher Structure Using Finite Element Method — 47
   N. Depiwa and P. Moonumca

Industrial Engineering

10. The Implementation of an Integrated System of Lean Production and Supply Chain Management — 52
    T. Laosirihongthong L. Yingsoong and T. Klatcharoenphol

http://www.kmitl.ac.th/lai

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์พฤติกรรมของเสียงบนเครือข่าย WLAN ด้วยโปรแกรมเลียนแบบโครงข่าย Network Simulation 2

Performance Behaviour Analysis of Voices Over WLAN Based on Network Simulation 2

กฤตมุข เจียมสุขสุจิตต์ และ กอบชัย เดชหาญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ในการพัฒนาคุณภาพการบริการ (Quality of Services) ของเสียงบนเครือข่ายไร้สาย (Voices Over WLAN) นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจในพฤติกรรมของเสียงที่เดินทางบนเครือข่ายไร้สายและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของเสียง โดยในบทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์พฤติกรรมของเสียงบนเครือข่าย WLAN ซึ่งอาศัยหลักการควบคุมการเข้าใช้สื่อแบบกระจายที่เรียกว่า EDCF ในการจัดลำดับความสำคัญในการเข้าใช้สื่อของข้อมูลเสียงและดาต้าเพื่อให้ได้คุณภาพการบริการของเสียงที่ดีขึ้น อ้างอิงหลักการประกันคุณภาพการบริการตามมาตรฐาน IEEE 802.11e โดยในการทดสอบจะทำการจำลองเครือข่าย Voice Over WLAN ด้วยโปรแกรม Network Simulation 2 ซึ่งเกณฑ์ในการวัดคุณภาพของเสียงคือค่าเฉลี่ยการดีเลย์ของเสียง ค่าเฉลี่ยของทรูพุตและค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียง

Abstract

Quality of services development of voice over WLAN is needed to understanding in behavior of voice over WLAN and factor which effect to quality of voice. This paper presents about behavior analysis of voices over WLAN which using a distributed medium access scheme called EDCF to allow prioritized medium access of voice and data applications for the better quality of voice refer to the Standard of IEEE 802.11e. For simulations are performed under network simulation 2. Consider the results of voice's behavior about delaying of voice's signal, throughput of voice's signal and packetloss of voice.

Keywords : Voice Over WLAN, Distributed Coordination Function, Quality of Services, 802.11 MAC layer, IEEE 802.11e

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

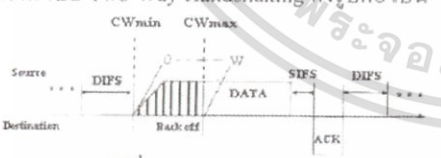
1. บทนำ

ในปัจจุบันอุปกรณ์สื่อสารไร้สายส่วนใหญ่นั้นรองรับการใช้งานตามมาตรฐาน 802.11b/g โดยมาตรฐานนี้ไม่มีการรับรองคุณภาพการบริการของเสียง ซึ่งมีหลายงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของเสียงบนเครือข่าย WLAN ด้วยการใช้วิธีการทดสอบด้วยเครื่องมือจริง ซึ่งทำให้ใช้งบประมาณในงานวิจัยค่อนข้างสูง ดังนั้นในบทความนี้จึงนำเสนอการจำลองเครือข่ายเสมือน Voice Over WLAN ด้วยโปรแกรม Network Simulation 2 ซึ่งเป็นโปรแกรม Freeware ที่สนับสนุนการทำแบบจำลองการส่งผ่าน Packet บนเครือข่าย WLAN โดยการวิจัยจะทำการวิเคราะห์พฤติกรรมเสียงโดยอาศัยหลักการควบคุมการแย่งเข้าใช้สื่อตามมาตรฐาน IEEE 802.11e ในการปรับปรุงคุณภาพเสียงให้ดีกว่ามาตรฐานเดิมคือ IEEE 802.11b

2. นำเสนอทฤษฎีที่ใช้การทดสอบ

2.1 การควบคุมการใช้สื่อแบบกระจาย (DCF)

การทำงานของ DCF ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 หมวด คือ Basic Access ซึ่งใช้ Two-Way Handshaking และหมวดที่สองคือ (Request-to-Send/Clear-to-Send) หรือ Four-Way Handshaking โดยทั้งสองโหมดมีหลักการในการกำหนดช่วงเวลาเข้าใช้สื่อคล้ายกันซึ่งในที่นี้จะยกตัวอย่างการทำงานแบบ Two-Way Handshaking ดังรูปต่อไปนี้

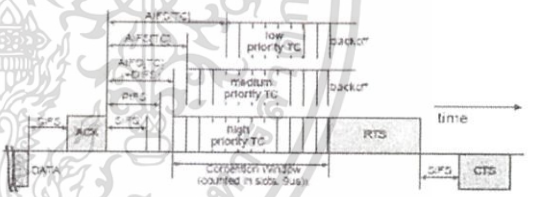


รูปที่1 การควบคุมใช้สื่อแบบ DCF แบบ Two - Way Hand shaking

จากรูปที่ 1 เมื่อมีสถานีที่ต้องการส่งข้อมูลก็จะรอฟังช่องสัญญาณของสื่อกลางว่าไม่มีสถานีใดใช้อยู่ ถ้าช่องสัญญาณว่างเป็นเวลาที่มากกว่า DIFS แต่ละสถานีจะเริ่มสุ่มเวลาเข้าใช้สื่ออยู่ในช่วง (0, w-1) โดยค่า w คือช่วงเวลาการแย่งเข้าใช้สื่อของแต่ละสถานี ซึ่งจากกลไกการแย่งเข้าใช้สื่อนี้ในมาตรฐาน IEEE 802.11b จะเห็นได้ว่าไม่มีการแยกแยะความสำคัญว่า สถานีใดควรที่จะได้ส่งข้อมูลก่อน เพราะทุกๆสถานีต่างเข้าแย่งการเข้าใช้สื่อพร้อมกันเมื่อเวลาผ่านไปเท่ากับ DIFS ดังนั้นจึงไม่เหมาะกับการส่งสัญญาณเสียง เพราะอาจจะเกิดการดีเลย์ เนื่องจากข้อมูลอื่นๆแย่งเข้าใช้สื่อก่อน นอกจากนั้น การที่ข้อมูลต่างๆมีช่วงเวลาในการแย่งเข้าใช้สื่อเท่ากันจะมีโอกาสที่จะเกิดการชนกันของแพ็คเก็ตมากกว่าการแบ่งแยกช่วงเวลากันส่งนั่นเอง ต่อไปนี้จะนำเสนอหลักการของมาตรฐาน IEEE 802.11e

2.2 IEEE 802.11e

IEEE 802.11e เป็นมาตรฐานที่ออกแบบมาเพื่อให้มีการรองรับการใช้งาน Voice Applications โดยมีหลักการเพิ่มประสิทธิภาพของเสียงด้วยการพัฒนาควบคุมการเข้าใช้สื่อในหลักการใหม่ที่เรียกว่า802.11 EDCF (Enhanced Distributed Coordination Function) โดยอาศัยหลักการจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 กลไกการจัดลำดับการส่งข้อมูลใน 802.11EDCF

จากรูปที่ 2 จะเห็นว่า 802.11 EDCF มีวิธีการจัดสรรลำดับการส่งข้อมูลด้วยการปรับค่าช่วงเวลาการแย่งเข้าใช้สื่อ (CW) และค่า Arbitration Inter-Frame Space (AIFS) ตามความสำคัญของข้อมูลโดยข้อมูลที่สำคัญที่สุดจะมีค่า CWmin ที่น้อยที่สุดและจะเพิ่มมากขึ้นตามลำดับความสำคัญของข้อมูลซึ่งมีการกำหนดเงื่อนไขเป็นค่ามาตรฐานใน 802.11 EDCF ตามตารางที่ 1

	Voice	Video	Best Effort	Back ground
AIFSN	2	2	3	7
CWmin	3	7	15	15
CWmax	7	15	1023	1023

ตารางที่ 1 ค่าในการกำหนดค่า CW ของ 802.11EDCF

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าการกำหนดค่า CWmin, CWmax

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

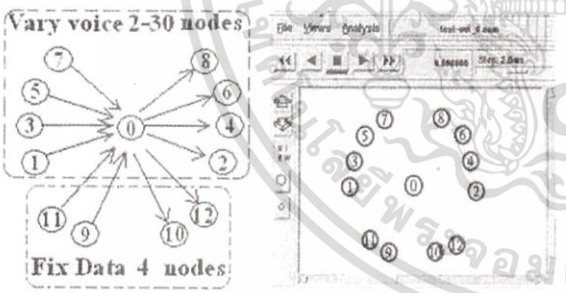
และ AIFS ใน 802.11 EDCF นั้นจะให้ความสำคัญกับการส่งข้อมูลเสียงเป็นอันดับแรกตามด้วยข้อมูลวิดีโอและข้อมูลดาต้าอื่นๆตามลำดับ โดยใน 802.11 EDCF นั้นจะจัดสรรเวลาในการเริ่มส่งข้อมูลแรกและข้อมูลถัดๆไป โดยอาศัยค่า CWnew เป็นตัวกำหนด ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$CWnew = ((CWold+1)*PF)-1 \quad (1)$$

จากสมการที่ 1 ค่า CWold คือ ค่า CWmin ค่าเก่าและค่า PF (Presistance Factor) คือค่าน้ำหนักในการเพิ่มค่า CW คิดเป็นจำนวนเท่า ซึ่งทั้งมาตรฐาน 802.11b และ 802.11e กำหนดไว้เท่ากับ 2 โดยจะได้ช่วงเวลาในการส่งข้อมูลถัดๆไป เช่น 3, 7,15, 31, 63 จากทฤษฎีที่กล่าวในข้างต้นจะใช้เป็นข้อมูลในการจำลองเครือข่ายดังต่อไปนี้

3. การจำลองเครือข่าย และการทดสอบ

3.1 การออกแบบลักษณะเครือข่าย



รูปที่ 3 แบบจำลองเครือข่าย Voice Over WLAN ในการทดสอบ

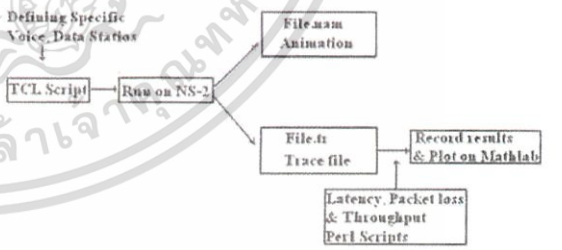
จากรูปที่ 3 จะจำลองการส่งข้อมูลเสียงบนเครือข่าย WLAN โดยจะดูผลของพฤติกรรมเสียงเมื่อเพิ่มจำนวนโหนดของเสียงจาก 2 ถึง 30 โหนด ส่วนข้อมูลดาต้าจะกำหนดตายตัวไว้ที่ 4 โหนด ซึ่งมีโหนดศูนย์กลางเป็นตัวเชื่อมต่อการรับส่งข้อมูล โดยการจำลองข้อมูลเสียงที่จะส่งนั้นจะกำหนดคุณสมบัติตามมาตรฐาน Codec แบบ G.711 จำลองเสียงเป็นข้อมูลประเภท Constance Bit rate (CBR) ซึ่งมีอัตราการส่ง 64 Kbps ขนาด Payload size 160 bytes ใช้โปรโตคอล UDP/RTP ในการส่ง สำหรับข้อมูลดาต้ามีขนาดแพ็คเก็ตเท่ากับ 1500 bytes ใช้โปรโตคอล TCP/IPในการส่ง สำหรับคุณสมบัติของสื่อกลางอื่นๆที่ใช้ในการทดสอบสามารถกำหนดได้ดังนี้

	IEEE 802.11b	
frequency	2.4 GHz	Physical (PHY)
Data rate	11 Mbits	
Slot Time (us)	20	Medium Access Control (MAC)
SIF(us)	10	
DIFS(us)	50	
PIF(us)	30	
CWmin	31	
CWmax	1023	

ตารางที่ 2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในชั้น 802.11b Physical, MAC Layer ซึ่งเป็นค่า default

จากตารางที่ 2 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เป็นค่า default ในมาตรฐาน 802.11b โดยจะใช้ในการกำหนดคุณสมบัติของสื่อในชั้น MAC Layer และ Physical Layer ลงในแบบจำลอง ซึ่งขั้นตอนการจำลองเครือข่ายบนโปรแกรม Network Simulation 2 แสดงได้ดังนี้

3.1.1 ขั้นตอนการจำลองเครือข่ายบนโปรแกรม Network Simulation 2



รูปที่ 4 ขั้นตอนการจำลองเครือข่ายโดยใช้โปรแกรม NS-2

จากรูปที่ 4 ทำการกำหนดคุณสมบัติของข้อมูลเสียง ข้อมูลดาต้าและคุณสมบัติของสื่อในเครือข่าย WLAN ซึ่งเขียนด้วยภาษา TCL/TK รันบนโปรแกรม Network Simulation 2 ผลของการรันจะได้เป็น 2 ไฟล์ ไฟล์แรกเป็นไฟล์ Animations มีนามสกุล.nam เป็นไฟล์ที่แสดงรูปการจำลองเครือข่ายดังรูปที่ 3 ไฟล์ที่สองเป็น Trace File คือผลการคำนวณจากการรันโปรแกรมมีนามสกุล .TR ซึ่งผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Trace File นั้นจะใช้ Perl Script ได้แก่ Delay.pl, Packet loss.pl, Throughput.pl เป็นตัวคอมไพล์เพื่อให้ได้ผลเป็นค่าเฉลี่ยของการ Delay, Throughput และ Packet loss และนำมา plot กราฟด้วยโปรแกรม Math Lab ต่อไป

สำหรับบทความนี้มีเป้าหมายที่จะทำการศึกษาพฤติกรรมของเสียงบนเครือข่าย WLAN ดังต่อไปนี้

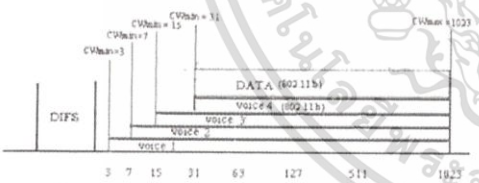
1. ศึกษาพฤติกรรมของเสียงเมื่อทำการปรับเปลี่ยนค่า CW ที่ค่าต่างๆ ซึ่งใช้สื่อกลางตามมาตรฐาน 802.11b

2. ศึกษาพฤติกรรมของเสียงในมาตรฐาน 802.11e เปรียบเทียบกับมาตรฐาน 802.11b

3.2 การทดสอบ

3.2.1 การทดสอบพฤติกรรมของเสียงที่ค่า CW ต่างๆโดยใช้สื่อตามมาตรฐาน IEEE 802.11b

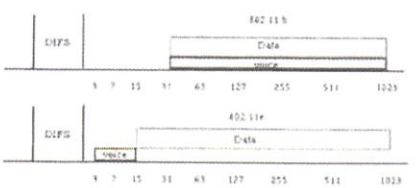
1. ทดลองส่งข้อมูลเสียงไปพร้อมกับดาต้า 4 ครั้ง แต่ละครั้งทดลองปรับค่า CW ของเสียงที่ค่า CW (3-31), CW (7-15), (15-31) และ (31-1023) และกำหนดค่า CW ของดาต้าไว้ตามมาตรฐาน 802.11b คือ CW(31-1023) โดยแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การทดลองส่งข้อมูลเสียงที่ค่า CW ต่างๆ

2. ทำการหาค่าเฉลี่ยการ Delay, Packetloss Throughput ของข้อมูลเสียงที่ส่งพร้อมกับดาต้า

3.2.2 การทดสอบพฤติกรรมของเสียง ในมาตรฐาน IEEE 802.11b และ IEEE 802.11e



รูปที่ 6 ค่า CW ตามมาตรฐาน 802.11b และ 802.11e

จากรูปที่ 6 แสดงรูปแบบการส่งเฟรมข้อมูลในมาตรฐาน 802.11b และ 802.11e โดยจะมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. ในมาตรฐาน 802.11b กำหนดให้ข้อมูลเสียงและข้อมูลดาต้ามีช่วงเวลาเข้าใช้สื่อเดียวกันคือ CW (31-1023)

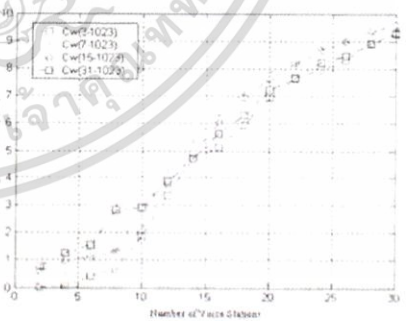
2. ในมาตรฐาน 802.11e ปรับค่า CW ตาม 802.11 EDCF ดังตารางที่ 1 โดยในการทดสอบนี้สนใจเฉพาะข้อมูลเสียงและดาต้า ดังนั้นจึงกำหนดค่า CW ของเสียงไว้เท่ากับ CW (3-15) และ กำหนดค่า CW ของดาต้า ไว้เท่ากับ CW (15-1023)

3. ทำการหาค่าเฉลี่ยการ Delay, Packet loss และค่าเฉลี่ย Throughput ของข้อมูลเสียงในระบบและทำการเปรียบเทียบผลของพฤติกรรมของเสียงระหว่าง มาตรฐาน 802.11e กับ 802.11b

4. ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบพฤติกรรมของเสียงที่ค่า CW ต่างๆโดยใช้สื่อตามมาตรฐาน 802.11b

โดยจะได้ค่าเฉลี่ยการ Delay, Packet loss และค่าเฉลี่ย Throughput ของข้อมูลเสียงในระบบดังรูปที่ 7,8 และ 9 ตามลำดับ

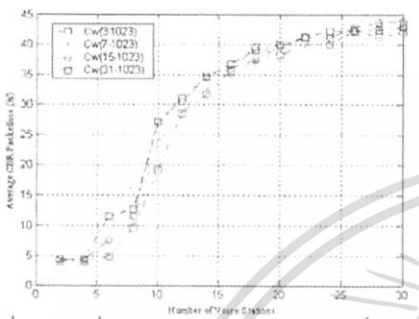


รูปที่ 7 ค่าเฉลี่ยการ Delay ของเสียงที่ ค่า CW ต่างๆ

จากรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าเมื่อเราเพิ่มจำนวนสถานีรับ-ส่ง เสียงในการทดสอบนั้น ระบบจะเกิดการดีเลย์ของข้อมูลเสียงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากจะมีการรอเข้าคิวของแพ็คเก็ตที่จะส่งผ่านโหนดศูนย์กลางเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง โดยการกำหนดค่าช่วงเวลาการแย่งเข้าใช้สื่อของเสียงที่ค่า CW(3-1023) นั้นจะเห็นว่ามีค่า CWmin น้อยที่สุดซึ่งจะทำให้เกิด

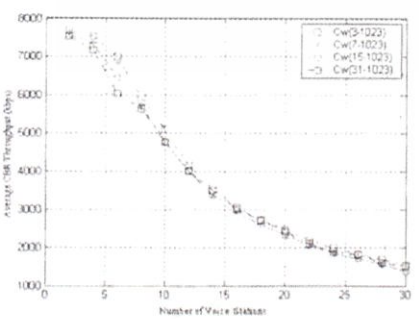
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดีเลย์ของเสียงในระบบน้อยที่สุดเช่นกัน เนื่องจากได้กำหนดค่าเวลาการเริ่มส่งข้อมูลไว้ก่อนช่วงเวลาอื่นนั่นเอง สำหรับผลของการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงแสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ค่าเฉลี่ยของ Packet loss ของเสียง ที่ค่า CW ต่างๆ

จากรูปที่ 8 เมื่อเราเพิ่มจำนวนสถานีรับ-ส่ง เสียงในการทดสอบนั้น ระบบจะมีแนวโน้มในการเกิดการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงเพิ่มมากขึ้นด้วย สาเหตุเกิดจากปัญหาคอขวดที่โหนดศูนย์กลาง ทำให้เกิดการกระจุกและชนกันของแพ็คเก็ตของเสียงมากขึ้น โดยจะเห็นได้ว่าการกำหนดค่าช่วงเวลาการแย่งเข้าใช้สื่อของเสียงที่ค่า CW (3-1023) จะทำให้เกิดการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงในระบบน้อยที่สุด เนื่องจากข้อมูลเสียงและข้อมูลดาต้ามีค่าเวลาเริ่มต้นในการเข้าใช้สื่อ (CWmin) ต่างกันมากกว่าค่าอื่น ดังนั้นโอกาสที่จะส่งข้อมูลไม่พร้อมกันและเกิดการชนกันระหว่างข้อมูลเสียงและดาต้านั้นจะน้อยกว่าเสียงที่กำหนดค่า CW ที่ค่าอื่นๆ สำหรับผลของค่าเฉลี่ยทรูพุตข้อมูลเสียงแสดงดังรูปที่ 9



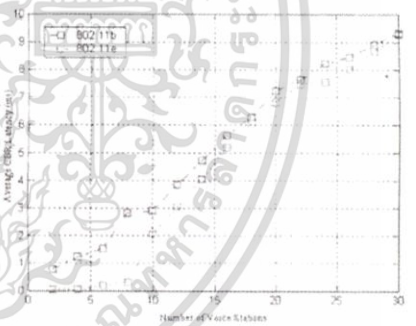
รูปที่ 9 ค่าเฉลี่ย Throughput ของเสียงที่ ค่า CW ต่างๆ

จากรูปที่ 9 จะเห็นว่าแนวโน้มของค่าเฉลี่ยของทรูพุตจะลดลงเมื่อมีจำนวนสถานีรับ-ส่ง เสียงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก ค่าเฉลี่ยทรูพุตนั้น แปรผันแบบผกผันกับการสูญเสียของแพ็คเก็ตนั่นเอง โดยจะเห็นได้ว่าการกำหนดค่าช่วงเวลาการแย่งเข้าใช้สื่อของเสียงที่ค่า CW (3-1023) จะมีค่าเฉลี่ยของทรูพุตมากที่สุด เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยของการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงในระบบน้อยที่สุด

โดยต่อไปนี้จะแสดงผลการทดสอบพฤติกรรมของเสียง ในมาตรฐาน 802.11b และ 802.11 e

4.2 เปรียบเทียบพฤติกรรมของเสียงในมาตรฐาน 802.11b และ 802.11 e

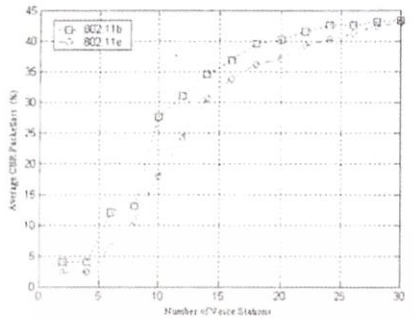
โดยจะได้ค่าเฉลี่ยการ Delay, Packet loss และ ค่าเฉลี่ย Throughput ของเสียงในระบบ ดังรูปที่ 10,11 และ12 ตามลำดับ



รูปที่ 10 ค่าเฉลี่ยการ Delay ของเสียงใน802.11b และ 802.11e

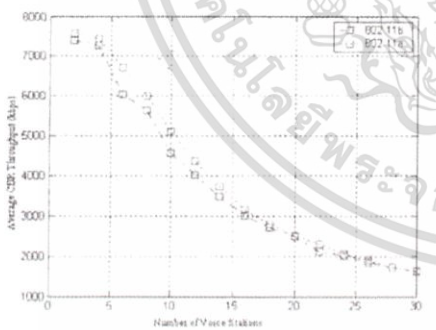
จากรูปที่ 10 จะเห็นได้ว่าค่าการดีเลย์ของเสียงใน 802.11e จะมีค่าน้อยกว่า 802.11b อย่างชัดเจน เนื่องจากมาตรฐาน 802.11e ได้มีการกำหนดค่าเริ่มต้นเวลาการแย่งเข้าใช้สื่อ (CWmin) ก่อนมาตรฐาน 802.11b เป็นเวลาถึง 28 us ซึ่งทำให้เสียงตามมาตรฐาน 802.11e มีโอกาสแย่งเข้าใช้สื่อก่อนมาตรฐาน 802.11b เป็นเวลานานพอสมควร สำหรับผลของการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงแสดงดังรูปที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 ค่าเฉลี่ยของ Packet loss ของเสียงใน802.11b และ 802.11e

จากรูปที่ 11 จะเห็นได้ว่าในมาตรฐาน 802.11e จะมีค่า การสูญหายของแพ็คเก็ตน้อยกว่า 802.11b ค่อนข้างมาก เพราะมาตรฐาน 802.11e นั้นมีการแบ่งแยกช่วงเวลาการเข้าใช้สื่อของเสียงออกจากการส่งข้อมูลดาต้าอย่างชัดเจนดังรูปที่ 6 จึงทำให้เกิดการชนกันระหว่างแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงกับดาต้าน้อยลงมาก ซึ่งจะลดการสูญหายของแพ็คเก็ตได้มากกว่า มาตรฐาน 802.11b สำหรับผลของค่าเฉลี่ยทรูพุตข้อมูลเสียงแสดงดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ค่าเฉลี่ยของ Throughput ของเสียง ใน 802.11b และ 802.11e

จากรูปที่ 12 จะเห็นว่าค่าของเฉลี่ยทรูพุตในมาตรฐาน 802.11e นั้น จะมีค่ามากกว่า 802.11b เนื่องจากในมาตรฐาน 802.11e จะมีค่าการสูญเสียของแพ็คเก็ตน้อยกว่ามาตรฐาน 802.11b นั่นเอง

5.สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการปรับค่า CW เป็นวิธีการหนึ่งที่จะสามารถปรับปรุงคุณภาพการบริการของ Voice Over WLAN ได้ทั้งในเรื่องของการดีเลย์ของการส่งข้อมูลเสียง การสูญเสียของแพ็คเก็ต และ ทรูพุตของข้อมูลเสียง โดยในมาตรฐาน 802.11e ให้ความสำคัญกับข้อมูลเสียงได้ส่งก่อน ซึ่งจะทำให้ได้ค่าดีเลย์ที่น้อยกว่ามาตรฐาน 802.11b ที่ไม่มีการจัดลำดับการส่งข้อมูล นอกจากนี้มาตรฐาน 802.11e ยังมีการแบ่งแยกช่วงเวลาการแย่งเข้าใช้สื่อของเสียงออกจากการส่งข้อมูลดาต้า ซึ่งทำให้เกิดการชนกันระหว่างแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงกับดาต้าน้อยลง เป็นผลทำให้มีการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลเสียงที่น้อยลงด้วย และได้ค่าเฉลี่ยทรูพุตของเสียงดีกว่า มาตรฐาน 802.11b

6. เอกสารอ้างอิง

[1] S. Mangold, S-Y. Choi, P. May, O. Klein, G. Hiertz, L. Stibor, "IEEE 802.11e Wireless LAN for Quality of Service," 2003 ComNets, RWTH Aachen Univ. of Technology

[2] M. Welzl " The NS-2 Network Simulator, " 2002 , Institute of Computer Science, University of Innsbruck,Austria.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายกฤตมุข เจียมสุขสุจิตต์ เกิดเมื่อวันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ.2525 ที่จังหวัด กระบี่ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม จากภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ในปีการศึกษา 2548 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2549 โดยในปี พ.ศ. 2548 ได้เข้าทำงานในตำแหน่งวิศวกรโครงการ ที่บริษัท Keppel Communication (Thailand)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้