

การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครือข่าย IEEE 802.11e  
โดยการปรับขนาดของคอนเทนต์ชั้นวินโดว์

PERFORMANCE IMPROVEMENT OF IEEE 802.11E NETWORKS  
BASED ON ADAPTIVE CONTENTION WINDOW

ประภาส ผ่องสนาม  
FRAPAS PHONGSANAM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคณะหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-EN-M-070-898

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครือข่าย IEEE 802.11e  
โดยการปรับขนาดของคอนเทนชันวินโดว์

PERFORMANCE IMPROVEMENT OF IEEE 802.11E NETWORKS  
BASED ON ADAPTIVE CONTENTION WINDOW

ประกาศ ผ่องसानาม  
PRAPAS PHONGSANAM

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 87092  
วัน,เดือน,ปี..... 30 ส.ค. 2552

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2551

KMITL-2008-EN-M-070-398

**PERFORMANCE IMPROVEMENT OF IEEE 802.11E NETWORKS  
BASED ON ADAPTIVE CONTENTION WINDOW**

**PRAPAS PHONGSANAM**

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

**2008**

**KMITL-2008-EN-M-070-398**

**COPYRIGHT 2008**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครือข่าย IEEE 802.11e โดยการปรับขนาดของคอนเทนชันวินโดว์
นักศึกษา	นายประภาส ผ่องสนาม
รหัสประจำตัว	48060729
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ศักดิ์ชัย ทิพย์จักษ์รัตน์

### บทคัดย่อ

เครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายเป็นเครือข่ายไร้สายที่ประกอบด้วยโมบายล์โหนดไร้สายต่างๆ ที่เชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายที่สามารถติดต่อสื่อสารกันโดยปราศจากสายนำสัญญาณและด้วยการเติบโตอย่างรวดเร็วของแอปพลิเคชันประเภทมัลติมีเดียทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงการรับประกันคุณภาพของการให้บริการสำหรับแอปพลิเคชันประเภทนี้ มาตรฐาน IEEE802.11e เป็นมาตรฐานหนึ่งที่พิจารณาการรับประกันคุณภาพของการให้บริการในระดับชั้น MAC สำหรับแต่ละประเภทของข้อมูลเรียกว่า Enhanced Distributed Channel Access (EDCA)

วิทยานิพนธ์นี้ เรานำเสนอวิธีการที่เรียกว่า Modified Enhanced Distributed Channel Access (MEDCA) โดยพิจารณาการทำงานในชั้น Medium Access Control (MAC) โดยวิธีการ MEDCA ที่เรานำเสนอนี้จะทำการปรับขนาดของ Contention Window (CW) ตามสถานะของเครือข่าย เราวัดประสิทธิภาพของ MEDCA ด้วยการจำลองการทำงาน และทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองการทำงานของวิธีการที่นำเสนอ ในรูปของทราฟฟิค (Throughput) กับวิธีการมาตรฐาน Enhanced Distributed Channel Access (EDCA) เราพบว่าวิธีการที่เรานำเสนอมีค่าทราฟฟิคที่สูงกว่าและมีอัตราการสูญเสียแพ็กเก็ตที่ต่ำกว่าวิธีการ EDCA ในสถานะที่มีการใช้งานเครือข่ายหนาแน่น และ เมื่อจำนวน โมบายล์โหนดมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น

<b>Thesis Title</b>	Performance Improvement of IEEE802.11e Networks based on Adaptive Contention Window
<b>Student</b>	Mr. Prapas Phongsanam
<b>Student ID.</b>	48060729
<b>Degree</b>	Master of Engineering
<b>Program</b>	Computer Engineering
<b>Year</b>	2008
<b>Thesis Advisor</b>	Asst.Prof.Dr Sakchai Thipchaksurat

### **ABSTRACT**

Wireless Local Area Networks consist of a collection of wireless mobile nodes that form a network and are able to communicate each other without cable. With the rapidly growing of multimedia applications in Wireless LANs, the Quality of Service (QoS) requirements for such applications have raised new challenge. IEEE802.11e standard is one of the standard that considers the QoS in the Medium Access Control (MAC) layer for each type of data traffics called Enhanced Distributed Channel Access (EDCA).

In this thesis, we have proposed the scheme for improving the performance of traditional EDCA called Modified Enhanced Distributed Channel Access (MEDCA). MEDCA focuses on Medium Access Control (MAC) Layer by including the mechanism for setting the Contention Window adaptively according to the network situation. We evaluate the performance of MEDCA scheme by means of the simulation. We compare the simulation result with that of traditional EDCA scheme. The Simulation result show that MEDCA provides the higher throughput and lower lost packets when the traffic load and the number of mobile host in the network increase.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. ศักดิ์ชัย ทิพย์จักรนุรัตน์ ข้าพเจ้ารู้สึกทราบบ้างในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณสำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ (ReCCIT) ที่ได้สนับสนุนเครื่องมือ ตลอดจนข้อมูล และแลกเปลี่ยนประสบการณ์แนวคิดแนวทางการทำการวิจัยและทดลอง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ และ ข้อเสนอแนะ ที่มีประโยชน์อย่างยิ่ง ที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ และมีคุณค่าทางวิชาการมากขึ้น

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ประกาศ ผ่องสนาม

# 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 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการมาตรฐาน.....	3
1.6 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.7 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
บทที่ 2 ระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย.....	4
2.1 ประโยชน์ของระบบเครือข่ายไร้สาย.....	5
2.2 รูปแบบการเชื่อมต่อของระบบเครือข่ายไร้สาย.....	5
2.2.1 โหมด Infrastructure .....	5
2.2.2 โหมด Ad-Hoc หรือ Peer-to-Peer.....	7
2.3 การต่อใช้งานเครือข่ายไร้สาย.....	7
2.3.1 Multiple access Points และ Roaming.....	7
2.3.2 การใช้งานแบบต่อเพิ่มขยายจุด (Use of an Extension Point).....	8
2.3.3 การต่อใช้งานโดยใช้เสาอากาศต่อตรง (The Use of Directional Antennas).....	8
2.4 มาตรฐานเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย IEEE 802.11.....	8
2.5 วิวัฒนาการเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย IEEE 802.11.....	9
2.5.1 IEEE 802.11b.....	10
2.5.2 IEEE 802.11a .....	11
2.5.3 IEEE 802.11g.....	11

# สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.4 IEEE 802.11e.....	11
2.5.5 IEEE 802.11i.....	12
2.5.6 IEEE 802.11f.....	12
2.5.7 IEEE 802.11h.....	12
2.5.8 IEEE 802.11k.....	12
2.5.9 IEEE 802.11n.....	12
2.5.10 IEEE 802.1x.....	12
2.6 ปัญหาของเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย.....	13
2.6.1 Hidden Station problem .....	13
2.6.2 Exposed Station problem.....	13
2.7 การเข้าใช้ช่องสัญญาณ.....	14
2.7.1 CSMA with Random Back-Off.....	14
2.7.2 CSMA/CD.....	15
2.7.3 CSMA/CA with Acknowledgement.....	16
2.8 IEEE 802.11 Frame Format.....	18
2.8.1 IEEE 802.11b.....	19
2.8.2 IEEE 802.11e.....	26
<b>บทที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>29</b>
3.1 A TCP-like Adaptive Contention Window Scheme for WLAN .....	29
3.2 Distributed MAC Adaptation for WLAN QoS Different .....	30
3.2.1 Metric.....	31
3.2.2 Adaptation Algorithm.....	31
3.3 Sliding Contion Window For Efficient Service Differentiation in IEEE 802.11 Networks.....	33
<b>บทที่ 4 วิธีการที่นำเสนอ.....</b>	<b>35</b>
4.1 ปัญหา.....	35
4.2 แนวคิดในการออกแบบ.....	35

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 วิธีการที่นำเสนอ.....	36
บทที่ 5 การวัดประสิทธิภาพของระบบ.....	42
5.1 Network Simulator 2 (NS-2).....	42
5.1.1 IEEE 802.11 MAC ใน NS-2.....	42
5.2 Simulation Model.....	44
5.3 ผลการจำลองการทำงานของระบบ.....	45
5.3.1 การจำลองการทำงานของระบบในสถานะที่เครือข่ายไม่มีการเคลื่อนที่.....	45
5.3.2 การจำลองการทำงานของระบบในสถานะที่เครือข่ายมีการเคลื่อนที่.....	47
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	55
บรรณานุกรม.....	56
ภาคผนวก.....	58
ภาคผนวก ก. NS-2 IEEE 802.11e Code.....	59
ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ $Factor$ และ $f_{avg}$ .....	65
ภาคผนวก ค. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....	83
ประวัติผู้เขียน.....	94

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าพารามิเตอร์ของ IEEE 802.11b.....	20
2.2 แสดงค่า EDCF พารามิเตอร์ของ IEEE 802.11e .....	27
5.1 พารามิเตอร์ในการจำลองการทำงานของระบบ.....	45
5.2 พารามิเตอร์ในการจำลองการทำงานของระบบ.....	47
5.3 พารามิเตอร์ในการจำลองการทำงานของระบบ.....	50
5.4 พารามิเตอร์ในการจำลองการทำงานของระบบ.....	52

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดง BSS และ ESS.....	6
2.2 แสดงการทำงานในโหมด Ad-Hoc หรือ Peer-to-Peer Mode.....	7
2.3 แสดงการทำงานแบบ Multiple access Points และ Roaming.....	7
2.4 แสดงการใช้งานแบบเพิ่มขยายจุด.....	8
2.5 แสดงการต่อใช้งานแบบใช้เสาอากาศต่อตรง.....	8
2.6 IEEE 802.11 โปรโตคอลแอสติก.....	10
2.7 IEEE 802.11 และ ส่วนที่เพิ่มเติมใน OSI.....	10
2.8 แสดงปัญหา hidden Station problem.....	12
2.9 แสดงปัญหา exposed Station problem.....	13
2.10 ขนาดของ Contention Windows (CW).....	14
2.11 แสดงการเกิด Hidden Node Problem.....	16
2.12 ฟังก์ชันการทำงานของกระบวนการ DCF.....	16
2.13 กลไกควบคุมการใช้ช่องสัญญาณแบบ RTS/CTS.....	17
2.14 เฟรมมาตรฐานของ IEEE 802.11.....	17
2.15 Control Frames.....	18
2.16 Packetization op WLAN PHY layer with Long Preamble and Header.....	19
2.17 Packetization op WLAN PHY layer with Short Preamble and Header.....	19
2.18 IEEE 802.11 DCF backoff process.....	22
2.19 IEEE 802.11 DCF backoff process ใน RTS/CTS mode.....	23
2.20 การส่งข้อมูลในโหมด PCF.....	24
2.21 แสดงความสัมพันธ์ของ IFS ใน 802.11e.....	26
2.22 IEEE 802.11e MAC structure.....	26
2.23 IEEE 802.11e HCF/EDCA scheme VCH.....	27
2.24 HCF/EDCA with the configurable parameter AIFS, CWmin and TXOPLimit.....	28
3.1 แสดง Self adaptive window adjustment algorithm.....	30
3.2 แสดง Mapping Function และ target CW.....	32
3.3 แสดง Contention window sliding สำหรับ 3 TCs.....	33
3.4 แสดงถึงขั้นตอนการทำงานของ SCW.....	34

# สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 แสดงอัตราการชนกันที่เกิดขึ้นเมื่อกราฟฟิคค่าต่าง ๆ.....	37
4.2 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าทรูพุทที่ค่า $f^j_{avg}$ และ $\alpha$ ต่าง ๆ.....	38
4.3 แสดงโพล์ชาร์ตการทำงานของระบบ.....	38
4.4 แสดงการสุ่มเลือก Backoff time ตามวิธีการมาตรฐาน.....	39
4.5 แสดงการปรับเลื่อนขนาด CW เมื่อตรวจสอบพบว่ามีการใช้งานเครือข่ายหนาแน่น.....	39
4.6 แสดงวิธีการปรับเปลี่ยนขนาดของ CW เมื่อเครือข่ายอยู่ในสภาพแวดล้อมที่หยุดนิ่ง.....	40
4.7 แสดงวิธีการปรับเปลี่ยนขนาดของ CW เมื่อเครือข่ายอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีการเคลื่อนที่.....	40
4.8 แสดงการปรับเลื่อนขนาด CW เมื่อโมไบล์โฮสต์มีการส่งข้อมูลในบาง AC.....	41
5.1 แสดงถึง Physical Layer frame ของ 802.11a.....	43
5.2 แสดง MAC Sublayer frame ของ 802.11.....	44
5.3 ตัวอย่าง Simulation Model ที่ใช้ในการจำลองการทำงานของระบบ.....	44
5.4 แสดงค่าทรูพุท.....	45
5.5 แสดงค่าอัตราการสูญเสีย.....	46
5.6 แสดงค่าดีเลย์.....	46
5.7 แสดงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์.....	47
5.8 แสดงค่าทรูพุทเมื่อเครือข่ายมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-5 m/s.....	48
5.9 แสดงอัตราการสูญเสียเมื่อเครือข่ายมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-5 m/s.....	48
5.10 แสดงค่า ดีเลย์ของระบบเมื่อเครือข่ายมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-5 /s.....	49
5.10 แสดงค่าทรูพุทเมื่อเครือข่ายมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-10 m/s.....	49
5.11 แสดงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์.....	50
5.12 แสดงอัตราการสูญเสียเมื่อเครือข่ายมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-10 m/s.....	50
5.13 แสดงค่า ดีเลย์ของระบบเมื่อเครือข่ายมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-10 m/s.....	51
5.14 แสดงค่าทรูพุทเมื่อเครือข่ายมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-15 m/s.....	51
5.15 แสดงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์.....	52
5.16 แสดงอัตราการสูญเสียเมื่อเครือข่ายมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-15 m/s.....	53
5.18 แสดงค่า ดีเลย์ของระบบเมื่อเครือข่ายมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-15 m/s.....	53
5.19 แสดงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์.....	52

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายได้เข้ามามีบทบาทอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นระบบเครือข่ายไร้สายภายในสำนักงาน การให้บริการเครือข่ายไร้สายในพื้นที่สาธารณะ เช่น บริเวณศูนย์การค้า สนามบิน ร้านกาแฟ หรือ ระบบเครือข่ายภายในบ้าน (Home Network) ด้วยคุณสมบัติเฉพาะของเครือข่ายไร้สายที่ไม่ต้องการสายนำสัญญาณในการเชื่อมต่อ ทำให้มีความประหยัด สะดวกรวดเร็วในการติดตั้งระบบเครือข่ายไร้สาย นอกจากนี้ยังง่ายต่อการบำรุงรักษาด้วย จึงทำให้เครือข่ายไร้สายมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย (Wireless Local Area Network) เรามักจะเรียกว่า Wireless LAN หรือ WLAN (สำหรับในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เราจะใช้คำว่า “ไวร์เลสแลน” ) ไวร์เลสแลนมีมาตรฐาน คือ IEEE 802.11 ปัจจุบัน โดยบรรดาผู้ผลิตอุปกรณ์ได้ผลิตอุปกรณ์ออกมาสนับสนุนไม่ว่าจะเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา พีดีเอ (PDA) หรือแม้กระทั่งโทรศัพท์มือถือ ก็สนับสนุนการทำงานบนมาตรฐานนี้

เนื่องจากระบบไวร์เลสแลน ไม่สามารถที่จะตรวจสอบการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลที่ส่งออกไปได้ จึงได้มีการคิดกลไกในการเข้าใช้งานช่องสัญญาณขึ้น เพื่อช่วยลดปัญหาการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลที่ส่งออกไปได้ ซึ่งวิธีการที่ได้รับความนิยมในเครือข่ายไวร์เลสแลน คือวิธีการที่เรียกว่า Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance (CSMA/CA) โดยสถานีผู้ส่งสัญญาณข้อมูลจะต้องรอรับ Acknowledgement (ACK) จากสถานีที่ส่งข้อมูลไปให้หากไม่ได้รับ ACK กลับมาภายในเวลาที่กำหนดจะถือว่าเกิดการชนของสัญญาณขึ้นและต้องทำการส่งข้อมูลเดิมซ้ำอีกต่อไป ซึ่งจากปัญหาที่เกิดขึ้นนี้หากมีการจัดการการเข้าใช้งานช่องสัญญาณที่เหมาะสม ต่อแต่ละสถานะของเครือข่ายเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลที่อาจเกิดขึ้น จะเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบเพิ่มขึ้น และ ลดปริมาณการสูญเสียแพ็กเก็ตข้อมูล ในระบบได้

### 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาถึงวิธีการจัดการการเข้าใช้งานช่องสัญญาณ ที่เหมาะสมในแต่ละสถานะของเครือข่ายโดยใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ในระดับชั้น Medium Access Control (MAC) เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพ และ สมรรถนะของเครือข่ายในสถานะที่มีจำนวนสถานีในเครือข่ายจำนวนมาก หรือ มีปริมาณข้อมูลหนาแน่น โดยพิจารณาจากการวิเคราะห์ค่าสถิติ เพื่อใช้ในการปรับเปลี่ยนค่า Contention Window (CW) พารามิเตอร์ และวิธีการ

ในการที่จะเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมในการที่จะมีการเข้าใช้งานช่องสัญญาณ โดยนำมาตรฐาน IEEE 802.11e มาอ้างอิงในการทำงานของระบบ และศึกษาถึงค่าสมรรถนะในด้านค่าทราฟฟิค (Throughput) ค่าอัตราการสูญเสีย (LostRate) และ ประสิทธิภาพของการใช้งานช่องสัญญาณของเครือข่ายเปรียบเทียบกับกัน และ แสดงถึงค่าตัวแปรต่างๆ ที่เหมาะสมซึ่งได้จากการจำลองการทำงานของระบบ โดยมีการจำลองการทำงานของระบบออกเป็น สองลักษณะคือ

1. การจำลองการทำงานของระบบในสภาวะหยุดนิ่ง
2. การจำลองการทำงานของระบบในสภาวะที่มีการเคลื่อนที่

### 1.3 สมมติฐานของการศึกษา

เพื่อเป็นการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบในสภาวะที่มีปริมาณข้อมูลหนาแน่น โดยกำหนดให้แต่ละสถานีมีข้อมูลสำหรับการส่งตลอดเวลาโดยมีการแบ่งประเภทข้อมูลออกเป็น 3 ประเภท คือ Best Effort (BE), Medium Priority (MP) และ High Priority (HP) โดยที่หลังจากการส่งข้อมูลสำเร็จจะมีข้อมูลใหม่สำหรับการส่งทันที และกำหนดให้ไม่มีการส่งสัญญาณ Request To Send (RTS), Clear To Send (CTS) เพื่อให้แต่ละสถานีสามารถใช้ความสามารถในการใช้กลไกในการเข้าใช้งานช่องสัญญาณได้อย่างเต็มที่

มาตรฐาน IEEE 802.11 กำหนดให้ช่องสัญญาณมีความกว้างเท่ากับ 22 เมกะเฮิรตซ์ โดยมีอัตราการส่งข้อมูลที่ 11 เมกะบิตต่อวินาที ซึ่งหากมีการจัดสรรการใช้ช่องสัญญาณที่เหมาะสม จะเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ และ ลดอัตราการสูญเสียแพ็กเก็ตข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการชนกันได้

### 1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

เครือข่าย IEEE 802.11 นั้นเมื่อจำนวนสถานีในเครือข่ายมีมากขึ้นปัญหาที่ตามมาคือเกิดความคับคั่งในเครือข่าย หรือ เกิดการชนกันของข้อมูลในช่องสัญญาณ ทำให้ประสิทธิภาพของเครือข่ายลดลง เนื่องจากช่องสัญญาณไม่ได้ถูกใช้สำหรับการส่งข้อมูลเต็มที่ เพราะต้องเสียไปเนื่องจากเกิดการชนกันของข้อมูลในช่องสัญญาณ วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการจัดสรรการใช้ใช้งานช่องสัญญาณของเครือข่ายที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเครือข่ายไร้สาย โดยการกำหนดขนาดของ CW และ วิธีการที่เหมาะสม ในการที่จะเลือกช่วงเวลาที่จะใช้ในการเข้าใช้งานช่องสัญญาณ โดยการเพิ่มโอกาสให้สถานีในเครือข่ายสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้มากขึ้น และ ลดอัตราการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลที่ ซึ่งการช่วยลดการชนกันของข้อมูลในช่องสัญญาณได้จะทำให้ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครือข่ายสูงขึ้น ค่าเวลาหน่วงที่จะรอส่งข้อมูลต่ำลง และ ประสิทธิภาพการใช้ช่องสัญญาณเพิ่มขึ้น

## 1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการมาตรฐาน

IEEE 802.11 MAC เป็นมาตรฐานสำหรับระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายซึ่งสถานีในระบบทำงานที่ช่องสัญญาณเดียวตลอดเวลา ดังนั้นในกรณีที่มีการใช้งานอย่างหนาแน่นก็จะเกิดการล่าช้าของข้อมูลเนื่องจากเกิดการชนกันจึงต้องมีการส่งข้อมูลซ้ำ จากการศึกษากระบวนการควบคุมการใช้ช่องสัญญาณตามมาตรฐาน IEEE 802.11 นั้น เมื่อพิจารณาระบบที่มีปริมาณการใช้งานอย่างหนาแน่น เราทราบว่าตัวแปรที่มีผลต่อความสามารถในการส่งข้อมูลในช่องสัญญาณนั้น คือการชนกันในช่องสัญญาณอันเนื่องมาจากจำนวนสถานีในระบบและปริมาณข้อมูลที่ต้องการที่จะส่งเป็นหลัก ดังนั้นหากสามารถลดการชนกันของข้อมูลในช่องสัญญาณได้ จะทำให้โอกาสที่สถานีจะสามารถส่งข้อมูลได้สำเร็จสูงขึ้น ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 นั้นแต่ละสถานีในเครือข่ายจะใช้ช่องสัญญาณร่วมกัน โดยช่องสัญญาณมีความกว้าง 22 เมกะเฮิร์ตซ์

ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้วิธีการทางสถิติในการที่จะกำหนดขนาดของ CW และ วิธีการในการสุ่มเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมในการส่งข้อมูลในช่องสัญญาณ ทำให้สามารถลดการชนกันของข้อมูลในช่องสัญญาณ และสามารถเพิ่มค่าสมรรถนะของระบบให้สูงขึ้นได้

## 1.6 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาสมรรถนะของระบบ ประกอบด้วย อัตราการสูญเสียข้อมูล ค่าเวลาหน่วง และ ประสิทธิภาพการใช้ช่องสัญญาณเมื่อระบบมีการใช้งานสูง โดยการแบ่งรูปแบบเครือข่ายออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การใช้งานในสถานะเครือข่ายไม่มีการเคลื่อนที่ และ ในสถานะของเครือข่ายที่มีการเคลื่อนที่ โดยแสดงสมรรถนะของระบบเมื่อกำหนดการทำงานด้วยมาตรฐาน IEEE 802.11e และ ไม่มีการใช้กระบวนการ RTS/CTS ในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ โดยมีการวิเคราะห์สมรรถนะและ ประสิทธิภาพของเครือข่ายแต่ละแบบเปรียบเทียบกัน

## 1.7 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย

บทที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 4 วิธีการที่นำเสนอ

บทที่ 5 การวัดประสิทธิภาพของระบบ

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย

## บทที่ 2

# ระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย

ระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย (Wireless LAN) เกิดขึ้นครั้งแรก ในปี ค.ศ. 1971 บนเกาะฮาวาย โดยโปรเจกต์ ของนักศึกษาของมหาวิทยาลัยฮาวาย ที่ชื่อว่า “ALOHNET” ขณะนั้น ลักษณะการส่งข้อมูลเป็นแบบ Bi-directional ส่งไป-กลับง่ายๆ ผ่านคลื่นวิทยุ สื่อสารกันระหว่างคอมพิวเตอร์ 7 เครื่อง ซึ่งตั้งอยู่บนเกาะ 4 เกาะ โดยรอบ และมีศูนย์กลางการเชื่อมต่ออยู่ที่เกาะๆ หนึ่ง ที่ชื่อว่า Oahu

ระบบเครือข่ายท้องถิ่น ไร้สาย คือ ระบบการสื่อสารข้อมูลที่มีความคล่องตัวมาก ซึ่งอาจจะนำมาใช้ทดแทน หรือเพิ่มต่อกับระบบเครือข่ายไร้สายแบบดั้งเดิม โดยใช้การส่งสัญญาณความถี่วิทยุในย่านวิทยุ (RF) และ คลื่นอินฟราเรด ในการรับและส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง ผ่านอากาศ, ทะลุกำแพง, เพดาน หรือ สิ่งก่อสร้างอื่นๆ โดยปราศจากความต้องการของการเดินสาย นอกจากนี้ระบบเครือข่ายไร้สายก็ยังมีคุณสมบัติครอบคลุมทุกอย่างเหมือนกับระบบเครือข่าย แบบใช้สายที่สำคัญก็คือ การที่ไม่ต้องใช้สายทำให้การเคลื่อนย้ายการใช้งานทำได้โดยสะดวก ไม่เหมือนระบบเครือข่ายแบบใช้สาย ที่ต้องใช้เวลาและการลงทุนในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์

ปัจจุบันนี้ โลกของเราเป็นยุคแห่งการติดต่อสื่อสาร เทคโนโลยีต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ เป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำเนินธุรกิจ และการใช้ชีวิตประจำวัน ความต้องการข้อมูลและการบริการต่างๆ มีความจำเป็นสำหรับนักธุรกิจ เทคโนโลยีที่สนองต่อความต้องการเหล่านั้น มีมากมาย เช่น โทรศัพท์มือถือ เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก (Notebook) เครื่องปาล์ม (Palm) ได้ถูกนำมาใช้เป็นอย่างมากและ ผู้ที่นำจะได้ประโยชน์จากการใช้ ระบบเครือข่ายไร้สาย มีมากมายไม่ว่าจะเป็น

- แพทย์หรือพยาบาลใน โรงพยาบาล เนื่องจากสามารถดึงข้อมูลรักษาผู้ป่วยได้จาก เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ที่เชื่อมต่อกับ ระบบเครือข่ายไร้สายได้ทันที
- นักศึกษาในมหาวิทยาลัยสามารถใช้งานโน้ตบุ๊กเพื่อค้นคว้าข้อมูลในห้องสมุดของมหาวิทยาลัย หรือใช้อินเทอร์เน็ต จากสนามหญ้าในมหาวิทยาลัยได้
- นักธุรกิจที่มีความจำเป็นต้องใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์นอกสถานที่ ไม่ว่าจะเป็นการนำเสนองาน ณ บริษัทลูกค้า หรือ การนำเครื่องคอมพิวเตอร์ติดตัวไปงานประชุมสัมมนาต่างๆ บุคคลเหล่านี้มีความจำเป็นที่จะต้องเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะ เป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขององค์กรซึ่งอยู่ห่างออกไป หรือเครือข่ายคอมพิวเตอร์ สาธารณะ เช่น เครือข่ายอินเทอร์เน็ต เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายจึงน่าจะอำนวยความสะดวกให้กับบุคคลเหล่านี้ได้ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการเปิดให้บริการเชื่อมต่อเครือข่าย

อินเทอร์เน็ตแบบไร้สายตามสนามบินใหญ่ทั่วโลก และ นำมาใช้งานแพร่หลายใน  
ห้างสรรพสินค้า และ โรงแรมต่างๆแล้ว

## 2.1 ประโยชน์ของระบบเครือข่ายไร้สาย

1. มีความคล่องตัวสูง ดังนั้นไม่ว่าเราจะเคลื่อนที่ไปที่ใด หรือ เคลื่อนย้ายคอมพิวเตอร์ไป  
ตำแหน่งใด ก็ยังสามารถเชื่อมต่อ กับเครือข่ายตลอดเวลา トラバドที่ยังอยู่ในระยะการส่งข้อมูล  
(Mobility improves productivity and service)
2. ติดตั้งได้ง่ายและรวดเร็ว เนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาติดตั้งสายเคเบิล และไม่รกรุงรัง  
(Installation speed and simplicity)
3. ขยายระบบเครือข่ายได้ง่าย เพราะเพียงแค่มิ พีซีการ์ดมาต่อเข้ากับโน้ตบุ๊ก หรือ  
คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ก็เข้าสู่เครือข่ายได้ทันที (Installation flexibility)
4. ลดค่าใช้จ่ายโดยรวมที่ผู้ลงทุนต้องลงทุน เพราะในระยะยาวแล้ว ระบบเครือข่ายไร้สาย  
ไม่จำเป็นต้องเสียค่าบำรุงรักษา และการขยายเครือข่ายก็ลงทุนน้อยกว่าเดิมหลายเท่า เนื่องด้วย  
ความง่ายในการติดตั้ง (Reduced cost- of-ownership)
5. เครือข่ายไร้สายทำให้องค์กรสามารถปรับขนาดและความเหมาะสมได้ง่ายไม่ยุ่งยาก  
เพราะสามารถโยกย้ายตำแหน่งการใช้งาน โดยเฉพาะระบบที่มีการเชื่อมระหว่างจุดต่อจุด เช่น  
ระหว่างตึก (Scalability)

ระบบเครือข่ายไร้สายเป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์  
ไม่มากนัก และมักจำกัดอยู่ในอาคารหลังเดียว หรืออาคารในละแวกเดียวกัน การใช้งานที่น่าสนใจ  
ที่สุดของเครือข่ายไร้สายก็คือ ความสะดวกสบายที่ไม่ต้องติดอยู่กับที่ ผู้ใช้สามารถเคลื่อนที่ไปมา  
ได้โดยที่ยังสื่อสารอยู่ในระบบเครือข่าย

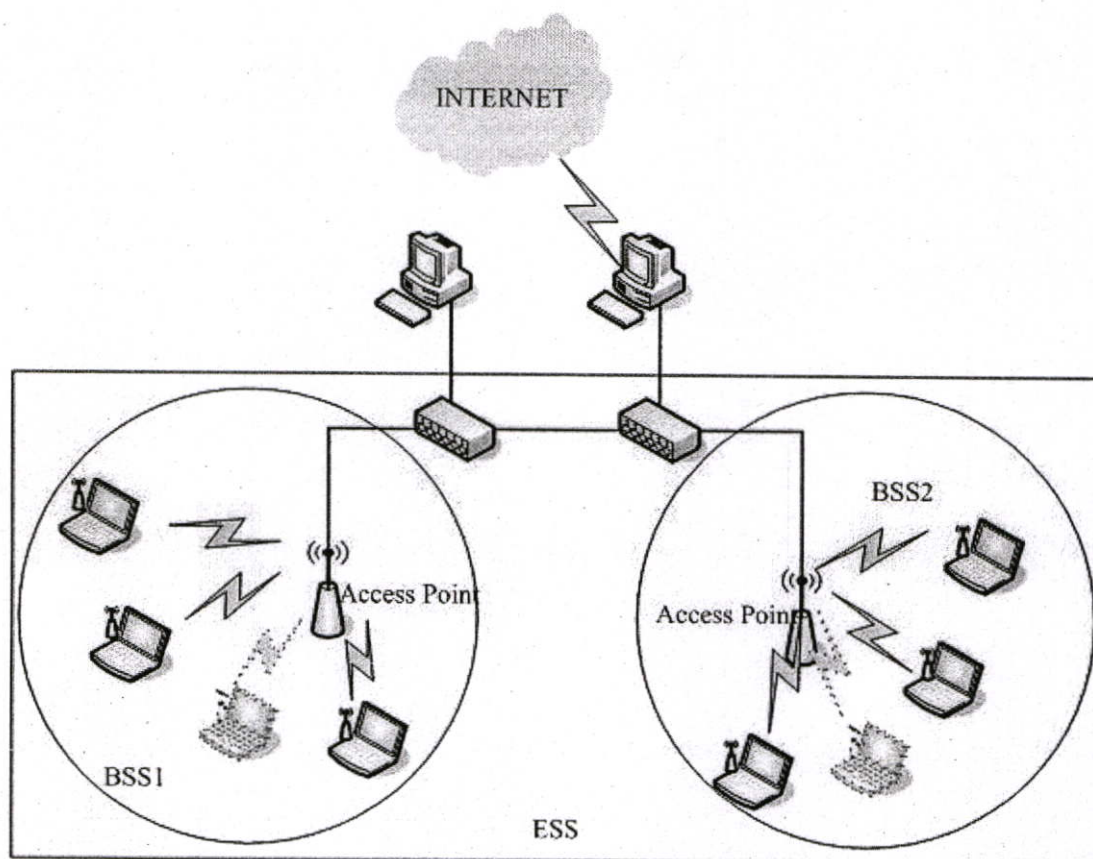
## 2.2 รูปแบบการเชื่อมต่อของระบบเครือข่ายไร้สาย

ลักษณะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ภายในเครือข่ายไวร์เลสแลน มี 2 ลักษณะคือ โหมด  
Infrastructure และ โหมด Ad-Hoc หรือ Peer-to-Peer

### 2.2.1 โหมด Infrastructure

โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ในเครือข่าย IEEE 802.11 ไวร์เลสแลนจะเชื่อมต่อกันในลักษณะ  
ของโหมด Infrastructure ซึ่งเป็นโหมดที่อนุญาตให้อุปกรณ์ภายในไวร์เลสแลนสามารถเชื่อมต่อกับ  
เครือข่ายอื่นได้ ในโหมด Infrastructure นี้เครือข่าย IEEE 802.11 ไวร์เลสแลนจะประกอบด้วย  
อุปกรณ์ 2 ประเภท ได้แก่ สถานีผู้ใช้ (Client Station) ซึ่งก็คืออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (Desktop,  
Laptop หรือ PDA ต่างๆ) ที่มีอุปกรณ์ Client Adapter เพื่อใช้รับส่งข้อมูลผ่าน IEEE 802.11 ไวร์

เลสแลน และ สถานีแม่ข่าย (Access Point) ซึ่งทำหน้าที่ต่อเชื่อมสถานีผู้ใช้เข้ากับเครือข่ายอื่น (ซึ่งโดยปกติจะเป็นเครือข่าย IEEE 802.3 Ethernet LAN) การทำงานในโหมด Infrastructure มีพื้นฐานมาจากระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ กล่าวคือสถานีที่ผู้ใช้จะสามารถรับส่งข้อมูลโดยตรงกับสถานีแม่ข่ายที่ให้บริการแก่สถานีผู้ใช้นั้นอยู่เท่านั้น ส่วนสถานีแม่ข่ายจะทำหน้าที่ส่งต่อข้อมูลที่ได้รับจากสถานีผู้ใช้ไปยังจุดหมายปลายทางหรือส่งต่อข้อมูลที่รับจากเครือข่ายอื่นมายังสถานีผู้ใช้ การเชื่อมต่อใน Infrastructure mode ประกอบด้วย



รูปที่ 2.1 แสดง BSS และ ESS

#### Basic Service Set (BSS)

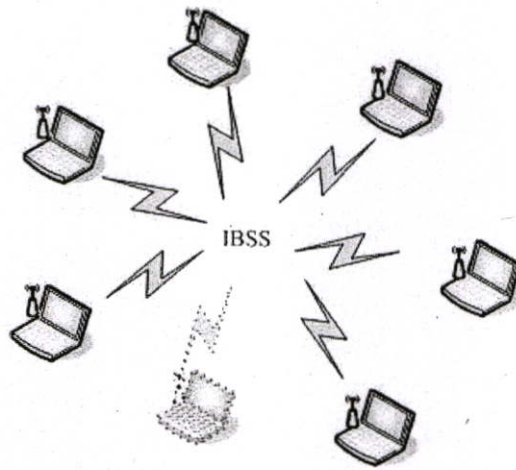
Basic Service Set (BSS) ซึ่งหมายถึงบริเวณของเครือข่าย IEEE 802.11 WLAN ที่มีสถานีแม่ข่าย 1 สถานี ซึ่งสถานีผู้ใช้งานภายในขอบเขตของ BSS นี้ทุกสถานีจะต้องสื่อสารข้อมูลผ่านสถานีแม่ข่ายนี้เท่านั้น

#### Extended Service Set (ESS)

Extended Service Set (ESS) หมายถึงบริเวณของเครือข่าย IEEE 802.11 ไวร์เลสแลนที่ประกอบด้วย BSS มากกว่า 1 BSS ซึ่งได้รับการเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน สถานีผู้ใช้สามารถเคลื่อนย้ายจาก BSS หนึ่งไปอยู่ในอีก BSS หนึ่งได้โดย BSS เหล่านี้จะทำการ Roaming หรือติดต่อสื่อสารกันเพื่อทำการโอนย้ายการให้บริการสำหรับสถานีผู้ใช้งานดังกล่าว

### 2.2.2 โหมด Ad-Hoc หรือ Peer-to-Peer

เครือข่าย IEEE 802.11 ไร้สายแลนในโหมด Ad-Hoc หรือ Peer-to-Peer เป็นเครือข่ายที่ปิดคือไม่มีสถานีแม่ข่ายและไม่มี การเชื่อมต่อกับเครือข่ายอื่น บริเวณของเครือข่าย IEEE 802.11 ไร้สายแลนในโหมด Ad-Hoc จะถูกเรียกว่า Independent Basic Service Set (IBSS) ซึ่งสถานีผู้ใช้หนึ่งสามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลกับสถานีผู้ใช้อื่นๆ ในเขต IBSS เดียวกันได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านสถานีแม่ข่าย แต่สถานีผู้ใช้จะไม่สามารถรับส่งข้อมูลกับเครือข่ายอื่นๆ ได้

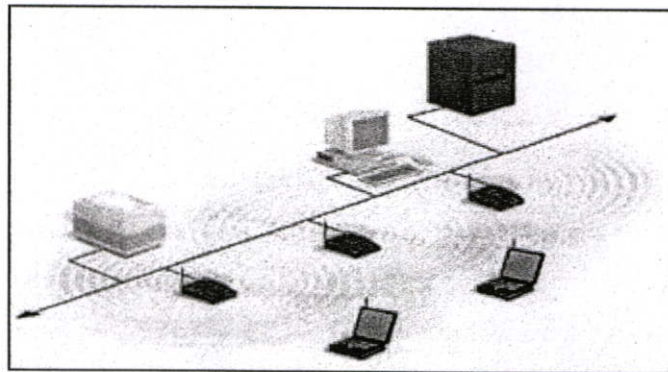


รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานในโหมด Ad-Hoc หรือ Peer-to-Peer Mode

### 2.3 การต่อใช้งานเครือข่ายไร้สาย

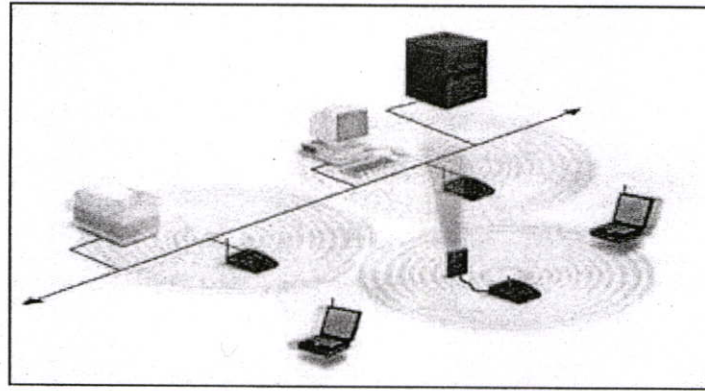
#### 2.3.1 การเชื่อมต่อหลายจุด (Multiple access Points) และ การข้ามเครือข่าย (Roaming)

โดยทั่วไปแล้ว การเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ กับจุดเชื่อมต่อ (Access Point : AP) ของเครือข่ายไร้สายจะอยู่ในรัศมีประมาณ 500 ฟุต ภายในอาคาร และ 1000 ฟุต ภายนอกอาคาร หากสถานที่ที่ติดตั้งมีขนาดกว้าง มากๆ เช่นคลังสินค้า บริเวณภายในมหาวิทยาลัย สนามบิน จะต้องมีการเพิ่มจุดการติดตั้งจุดเชื่อมต่อ ให้มากขึ้น เพื่อให้การรับส่งสัญญาณในบริเวณของเครือข่ายขนาดใหญ่ เป็นไปอย่างครอบคลุมทั่วถึง



รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานแบบ Multiple access Points และ Roaming

### 2.3.2 การใช้งานแบบต่อเพิ่มขยายจุด (Use of an Extension Point)

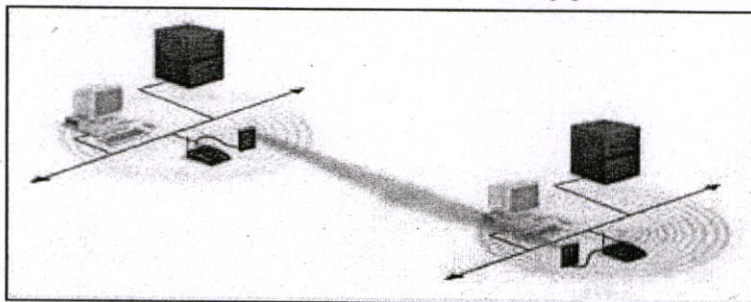


รูปที่ 2.4 แสดงการใช้งานแบบเพิ่มขยายจุด

กรณีที่โครงสร้างของสถานที่ติดตั้งเครือข่ายแบบไร้สายมีปัญหาผู้ออกแบบระบบอาจจะใช้ จุดเชื่อมต่อเพิ่มขยาย (Extension Points) ที่มีคุณสมบัติเหมือนกับจุดเชื่อมต่อ แต่ไม่ต้องผูกติดไว้กับเครือข่ายไร้สาย เป็นส่วนที่ใช้เพิ่มเติมในการรับส่งสัญญาณ

### 2.3.3 การต่อใช้งานโดยใช้เสาอากาศต่อตรง (The Use of Directional Antennas)

ระบบแลนไร้สายแบบนี้เป็นแบบใช้เสาอากาศในการรับส่งสัญญาณระหว่างอาคารที่อยู่ห่างกัน โดยการติดตั้งเสาอากาศที่แต่ละอาคาร เพื่อส่งและรับสัญญาณระหว่างกัน



รูปที่ 2.5 แสดงการต่อใช้งานแบบใช้เสาอากาศต่อตรง

## 2.4 มาตรฐานเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย IEEE 802.11

มาตรฐานเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย IEEE 802.11 ได้รับการตีพิมพ์ครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2540 โดย The Institute of Electronics and Electrical Engineers (IEEE) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสำหรับระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย ซึ่งถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับเป็นข้อกำหนดของ Physical (PHY) Layer และ Media Access Control (MAC) Layer โดยในส่วนของ PHY Layer มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้กำหนดให้อุปกรณ์มีความสามารถในการรับส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 1, 2, 5.5, 11 และ 54 เมกกะบิตต่อวินาที โดยมีสื่อ 3 ประเภทได้แก่ สัญญาณวิทยุความถี่ย่าน 2.4 จิ

กะเฮิร์ตซ์ และ 5 จิกะเฮิร์ตซ์ และ แสงอินฟราเรด (Infrared) สำหรับในส่วนของ MAC Layer มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้กำหนดให้มีกลไกการทำงานโดยอาศัยโปรโตคอล Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance (CSMA/CA) ซึ่งการทำงานมีความใกล้เคียงกับหลักการ Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection (CSMA/CD) ของมาตรฐาน IEEE 802.3 Ethernet ซึ่งใช้กับเครือข่ายแลน (LAN) แบบใช้สายนำสัญญาณ

นอกจากนี้ในมาตรฐาน IEEE 802.11 ยังมีข้อกำหนดเกี่ยวกับความปลอดภัยในการใช้งานเครือข่าย IEEE 802.11 ไร้สายแลนด้วยการใช้กลไกการเข้ารหัสข้อมูล (Encryption) และการตรวจสอบผู้ใช้ (Authentication) เรียกว่า WEP (Wired Equivalent Privacy) ด้วย ซึ่งภาพรวมของมาตรฐาน IEEE 802.11 แสดงดังรูปที่ 2.6

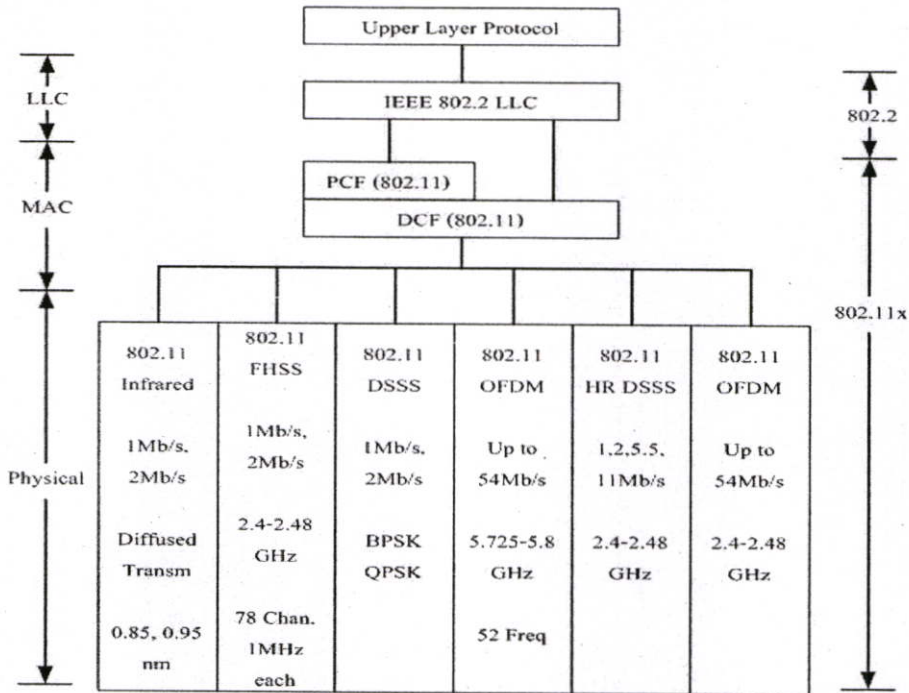
## 2.5 วิวัฒนาการเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย IEEE 802.11

หลังจากที่มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้รับการตีพิมพ์ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2540 ซึ่งอุปกรณ์ตามมาตรฐานนี้สามารถใช้ในการรับส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 1 เมกะบิตต่อวินาที และ 2 เมกะบิตต่อวินาที ด้วยสื่ออินฟราเรด (Infrared) หรือคลื่นวิทยุที่มีความถี่ 2.4 จิกะเฮิร์ตซ์ และมีกลไก WEP ซึ่งเป็นทางเลือกสำหรับสร้างความปลอดภัยให้กับเครือข่ายไร้สายแลน เนื่องจากมาตรฐาน IEEE 802.11 เวอร์ชันแรกนั้นมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำและไม่มีการรองรับหลักการคุณภาพในการให้บริการ (Quality of Service : QoS) ที่จำเป็นสำหรับการใช้งานบางประเภท อีกทั้งในส่วนของการกลไกการรักษาความปลอดภัยให้กับระบบเครือข่ายนั้นยังมีช่องโหว่อยู่มาก IEEE จึงได้จัดตั้งคณะทำงาน (Task Group) ขึ้นมาหลายชุดด้วยกันเพื่อทำการปรับปรุงเพิ่มเติมมาตรฐานให้มีศักยภาพสูงขึ้น โดยคณะทำงานกลุ่มที่มีผลงานเป็นที่รู้จักกันดี ได้แก่ IEEE 802.11a, IEEE802.11b, IEEE 802.11e, IEEE 802.11g และ IEEE 802.11i

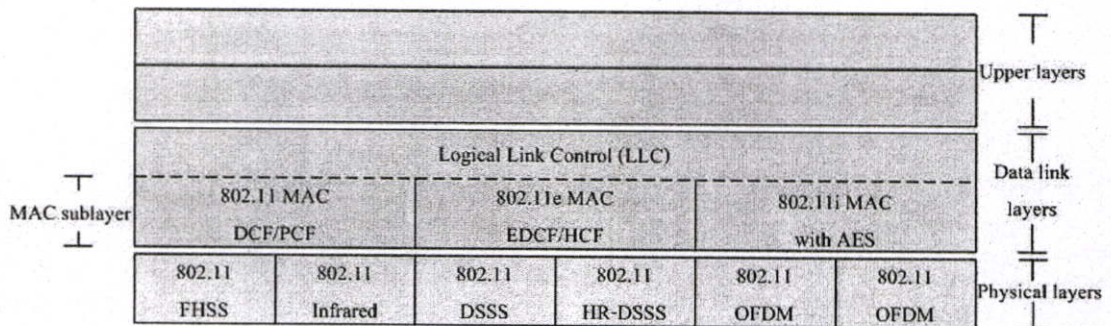
### 2.5.1 IEEE 802.11b

คณะทำงานชุด IEEE 802.11b ได้ตีพิมพ์เพิ่มเติมเมื่อปี พ.ศ. 2542 ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีและใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด มาตรฐาน IEEE 802.11b ใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า Complimentary Code Keying (CCK) ผสมกับ Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) เพื่อปรับปรุงความสามารถของอุปกรณ์ให้รับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงสุดที่ 11 เมกะบิตต่อวินาที ผ่านสัญญาณวิทยุความถี่ 2.4 จิกะเฮิร์ตซ์ เป็นย่านความถี่ที่เรียกว่า ISM (Industrial Scientific and Medical) ซึ่งถูกจัดสรรไว้อย่างสากลสำหรับการใช้งานอย่างสาธารณะด้านวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม และการแพทย์ ส่วนใหญ่แล้วอุปกรณ์ IEEE 802.11 WLAN ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะเป็นอุปกรณ์ตามมาตรฐาน IEEE 802.11b และใช้เครื่องหมายการค้าที่รู้จักกันดีในนาม Wireless-Fidelity (Wi-Fi) ซึ่งเครื่องหมายการค้าดังกล่าวถูกกำหนดขึ้นโดยสมาคม Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA) โดยอุปกรณ์ที่ได้รับเครื่องหมายการค้าดังกล่าวได้

ผ่านการตรวจสอบแล้วว่าเป็นไปตามมาตรฐาน IEEE 802.11b และสามารถนำไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ยี่ห้ออื่นๆ ที่ได้รับเครื่องหมาย Wi-Fi ได้



รูปที่ 2.6 IEEE 802.11 โพรโตคอลสแต็ค



รูปที่ 2.7 IEEE 802.11 และ ส่วนที่เพิ่มเติมใน OSI

**2.5.2 IEEE 802.11a**

คณะกรรมการชุด IEEE 802.11a ได้ตีพิมพ์มาตรฐานเพิ่มเติมเมื่อปี พ.ศ. 2542 มาตรฐาน IEEE 802.11a ใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) เพื่อปรับปรุงความสามารถของอุปกรณ์ให้รับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงสุดที่ 54 เมกกะบิตต่อวินาที แต่จะใช้สัญญาณวิทยุความถี่ 5 จิกะเฮิร์ตซ์ ซึ่งเป็นย่านความถี่สาธารณะสำหรับใช้งานในประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีสัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์อื่นน้อยกว่าในย่านความถี่ 2.4 จิกะเฮิร์ตซ์ อย่างไรก็ตามข้อเสียหนึ่งของมาตรฐาน IEEE 802.11a ที่ใช้คลื่นวิทยุที่ความถี่ 5 จิกะเฮิร์ตซ์ ก็คือในบางประเทศย่านความถี่ดังกล่าวไม่สามารถนำมาใช้งานได้อย่างสาธารณะ ตัวอย่างเช่น

ประเทศไทยไม่อนุญาตให้มีการใช้งานอุปกรณ์ IEEE 802.11a เนื่องจากความถี่ย่าน 5 จิกะเฮิร์ตซ์ ได้ถูกจัดสรรสำหรับกิจกรรมอื่นอยู่ก่อนแล้ว นอกจากนี้ข้อเสียอีกอย่างหนึ่งของอุปกรณ์ IEEE 802.11a WLAN ก็คือรัศมีของสัญญาณมีขนาดค่อนข้างสั้น (ประมาณ 30 เมตร ซึ่งสั้นกว่ารัศมีสัญญาณของอุปกรณ์ IEEE 802.11b WLAN ที่มีขนาดประมาณ 100 เมตร สำหรับการใช้งานภายในอาคาร) อีกทั้งอุปกรณ์ IEEE 802.11a WLAN ยังมีราคาสูงกว่า IEEE 802.11b WLAN ด้วย ดังนั้นอุปกรณ์ IEEE 802.11a WLAN จึงได้รับความนิยมน้อยกว่า IEEE 802.11b WLAN

### 2.5.3 IEEE 802.11g

คณะทำงานชุด IEEE 802.11 ได้ให้นำเทคโนโลยี OFDM มาประยุกต์ใช้ในช่องสัญญาณวิทยุความถี่ 2.4 จิกะเฮิร์ตซ์ ซึ่งอุปกรณ์ IEEE 802.11g ไร้สายแลนมีความสามารถในการรับส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงสุดที่ 54 เมกกะบิตต่อวินาที ส่วนรัศมีสัญญาณของอุปกรณ์ IEEE 802.11g ไร้สายแลนจะอยู่ระหว่างรัศมีสัญญาณของอุปกรณ์ IEEE 802.11a และ IEEE 802.11b เนื่องจากความถี่ 2.4 จิกะเฮิร์ตซ์ เป็นย่านความถี่สาธารณะสากล อีกทั้งอุปกรณ์ IEEE 802.11g ไร้สายแลน สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ IEEE 802.11b ได้

### 2.5.4 IEEE 802.11e

คณะทำงานชุดนี้ได้รับมอบหมายให้ปรับปรุง MAC Layer ของ IEEE 802.11 เพื่อให้สามารถรองรับการใช้งานหลักการสนับสนุนคุณภาพในการให้บริการ สำหรับการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับมัลติมีเดีย (Multimedia) เนื่องจาก IEEE 802.11e เป็นการปรับปรุง MAC Layer ดังนั้นมาตรฐานเพิ่มเติมนี้จึงสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ IEEE 802.11 ไร้สายแลนทุกเวอร์ชันได้

### 2.5.5 IEEE 802.11i

คณะทำงานชุดนี้ได้รับมอบหมายให้ปรับปรุง MAC Layer ของ IEEE 802.11 ในด้านความปลอดภัย เนื่องจากเครือข่าย IEEE 802.11 ไร้สายแลนมีช่องโหว่อยู่มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเข้ารหัสข้อมูล (Encryption) ด้วยคีย์ (Key) ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง คณะทำงานชุด IEEE 802.11i จะนำเอาเทคนิคขั้นสูงมาใช้ในการเข้ารหัสข้อมูลด้วยคีย์ ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าอยู่เสมอ และการตรวจสอบผู้ใช้ที่มีความปลอดภัยสูง มาตรฐานเพิ่มเติมนี้จึงสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ IEEE 802.11 ไร้สายแลนทุกเวอร์ชันได้

### 2.5.6 IEEE 802.11f

มาตรฐานนี้เป็นที่รู้จักกันในนาม Inter Access Point Protocol (IAPP) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ออกแบบมาสำหรับจัดการกับผู้ใช้งานที่เคลื่อนที่ข้ามเขตการให้บริการของจุดเชื่อมต่อตัวหนึ่งไปยังจุดเชื่อมต่ออีกตัวหนึ่งเพื่อให้บริการในแบบ โรมมิ่ง (Roaming) สัญญาณระหว่างกัน

### 2.5.7 IEEE 802.11h

มาตรฐานที่ออกแบบมาสำหรับผลิตภัณฑ์เครือข่ายไร้สายที่ใช้ย่านความถี่ 5 จิกะเฮิรตซ์ ให้ทำงานถูกต้องตามข้อกำหนดการใช้ความถี่ของประเทศในทวีปยุโรป

### 2.5.8 IEEE 802.11k

เป็นมาตรฐานที่ใช้จัดการ การทำงานของระบบเครือข่ายไร้สาย ทั้งจัดการการใช้งานคลื่นวิทยุให้มีประสิทธิภาพ มีฟังก์ชันการเลือกช่องสัญญาณ การโรมมิ่งและการควบคุมกำลังส่ง นอกจากนี้ก็ยังมีกรร้องขอและ ปรับแต่งค่าให้เหมาะสมกับการทำงาน การหารัศมีการใช้งาน สำหรับเครื่องไคลเอนต์ที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้ระบบจัดการสามารถทำงานจากศูนย์กลางได้

### 2.5.9 IEEE 802.11n

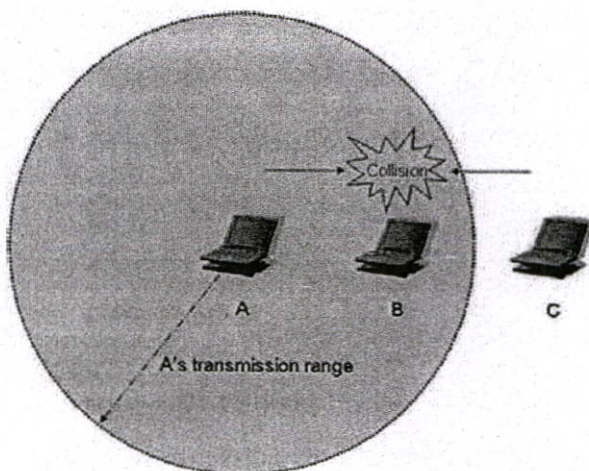
เป็นมาตรฐานของผลิตภัณฑ์เครือข่ายไร้สายที่คาดหมายกันว่า จะเข้ามาแทนที่มาตรฐาน IEEE 802.11a, IEEE 802.11b และ IEEE 802.11g ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน โดยให้อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลในระดับ 100 เมกะบิตต่อวินาที

### 2.5.10 IEEE 802.1x

เป็นมาตรฐานที่ใช้งานกับระบบรักษาความปลอดภัย ซึ่งก่อนเข้าใช้งานระบบเครือข่ายไร้สายจะต้องตรวจสอบสิทธิ์ในการใช้งานก่อน โดย IEEE 802.1x จะใช้โพรโตคอลอย่าง LEAP, PEAP, EAP-TLS, EAP-FAST ซึ่งรองรับการตรวจสอบผ่านเซิร์ฟเวอร์ เช่น RADIUS, Kerberos เป็นต้น

## 2.6 ปัญหาของเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย

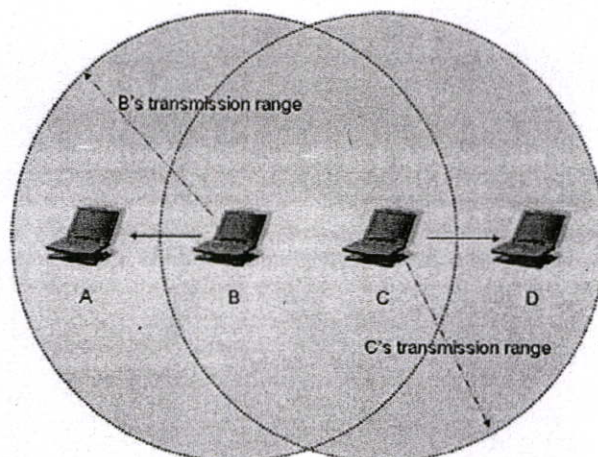
### 2.6.1 Hidden Station problem



รูปที่ 2.8 แสดงปัญหา hidden Station problem

ในการเข้าใช้งานในโหมดพื้นฐานนั้น C จะไม่สามารถตรวจสอบการส่งข้อมูลระหว่าง A ไปยัง B ได้ ดังนั้นเมื่อ C ทำการตรวจสอบช่องสัญญาณจะพบว่าช่องสัญญาณว่าง และ มันจะทำการส่งข้อมูลออกไปยัง B ซึ่งจะเป็นทำให้เกิดการชนกันของข้อมูลเกิดขึ้นที่ B

### 2.6.2 Exposed Station problem



รูปที่ 2.9 แสดงปัญหา exposed Station problem

ในขณะที่ B กำลังส่งข้อมูลไปยัง A และในขณะเดียวกันเมื่อ C ต้องการที่จะส่งข้อมูลออกไป เมื่อ C ตรวจสอบช่องสัญญาณจะพบว่าช่องสัญญาณถูกใช้งานอยู่ ดังนั้นมันจะหยุดรอการส่งข้อมูลออกไปยัง D ซึ่งในความเป็นจริงแล้วสามารถที่จะส่งข้อมูลออกไปยัง D ได้

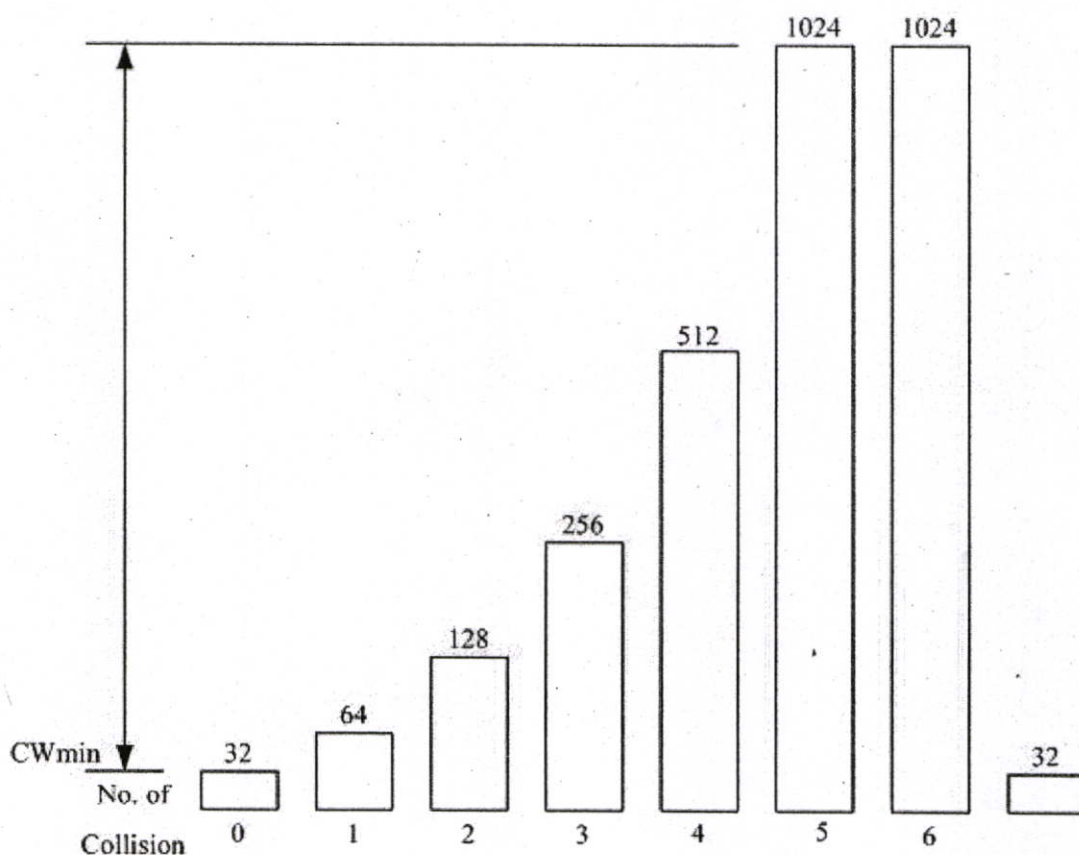
## 2.7 การเข้าใช้ช่องสัญญาณ

มาตรฐานเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย IEEE 802.11 โดยการจัดการการเข้าใช้งานช่องสัญญาณซึ่งแต่ละสถานีใน BSS หรือ IBSS จะต้องแบ่งกันใช้ช่องสัญญาณที่ถูกกำหนดมาสำหรับใช้งานร่วมกันอย่างเป็นธรรม มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้กำหนดให้ใช้กลไก CSMA/CA เพื่อจัดการการใช้ช่องสัญญาณร่วมกันดังกล่าว

### 2.7.1 CSMA with Random Back-Off

กลไก CSMA with Random Back-Off เป็นเทคนิคอย่างง่าย สำหรับจัดการการเข้าใช้งานช่องสัญญาณของแต่ละสถานีกลไกนี้เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น ในมาตรฐาน IEEE 802.3 Ethernet LAN หลักการทำงานของกลไก CSMA คือ เมื่อสถานีหนึ่งต้องการเข้าใช้ช่องสัญญาณ สถานีดังกล่าวจะต้องตรวจสอบช่องสัญญาณก่อนว่ามีสถานีอื่นทำการรับส่งสัญญาณอยู่หรือไม่ และ รอจนกว่าช่องสัญญาณจะว่าง เมื่อช่องสัญญาณว่างแล้วสถานีที่ต้องการเข้าใช้ช่องสัญญาณ จะต้องรอต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง (Random Back-Off) ซึ่งแต่ละสถานีได้กำหนดระยะเวลาในการรอดังกล่าวไว้แล้วด้วยการสุ่มค่าหลังจากเสร็จการใช้ช่องสัญญาณครั้ง

ก่อน สถานีที่สุ่มได้ค่าระยะเวลาในการรอน้อยกว่าก็จะมีสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณก่อน แต่อย่างไรก็ตามในบางกรณีกลไกดังกล่าวอาจจะกำหนดให้สถานีมากกว่าหนึ่งสถานีส่งข้อมูลออกไปในเวลาพร้อม ๆ กัน ซึ่งจะทำให้เกิดการชนกันของข้อมูลขึ้น ในช่องสัญญาณได้ ซึ่งหากเกิดการชนกันของข้อมูลในช่องสัญญาณขึ้น จะต้องมีการส่งสัญญาณข้อมูลเดิมซ้ำอีกครั้งด้วยกลไกที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งกระบวนการ Back-off ในมาตรฐาน IEEE 802.11b นั้นได้มีการกำหนดให้มีการสุ่มเลือกค่าเวลา Back-off ภายในค่า Contention Windows (CW) ตั้งแต่ 32-1024 ดังแสดงในรูปที่ 2.10 โดยที่เมื่อสถานีตรวจสอบได้ว่าการชนกันในช่องสัญญาณค่า CW ก็จะถูกปรับให้มากขึ้นตามจำนวนครั้งของการชนกัน จนถึงค่า CWmax ก็จะถูกปรับไว้จนกว่าการส่งข้อมูลจะประสบความสำเร็จจึงจะกลับมาที่ค่า CWmin อีกครั้งเมื่อมีการส่งข้อมูลครั้งต่อไป



รูปที่ 2.10 ขนาดของ Contention Windows (CW)

### 2.7.2 Carrier Sense Multiple Access /Collision Detection (CSMA/CD)

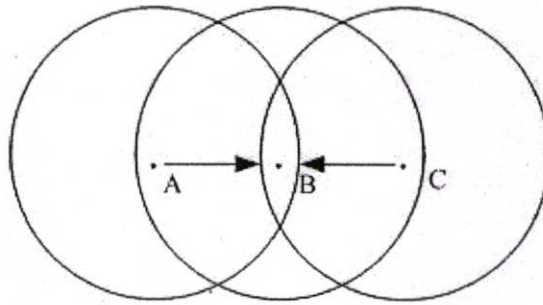
กลไก CSMA/CD เป็นเทคนิคที่รู้จักกันดีซึ่งถูกนำมาใช้ในมาตรฐาน IEEE 802.3 Ethernet LAN ซึ่งการทำงานกลไก CSMA/CD โดยหลักแล้วเป็นเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ในส่วนของ CSMA with Random Back-Off แต่จะมีรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการตรวจสอบว่าเกิดการชนกันของสัญญาณหรือไม่ ในกรณีนี้สถานีที่กำลังทำการส่งสัญญาณข้อมูลอยู่จะต้องคอย

ตรวจสอบด้วยว่ามีการชนกันของสัญญาณเกิดขึ้นหรือไม่ (ในขณะที่เดียวกันกับที่ทำการส่งสัญญาณข้อมูล) โดยการตรวจวัดระดับแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ของสัญญาณในสายสัญญาณว่ามีค่าสูงกว่าปกติหรือไม่ ซึ่งหากระดับแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณในสายสัญญาณมีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดแสดงว่าเกิดการชนกันของสัญญาณขึ้น ในกรณีดังกล่าวสถานีที่กำลังส่งสัญญาณข้อมูลอยู่จะต้องยกเลิกการส่งสัญญาณทันทีและปฏิบัติตามกลไกที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเพื่อทำการส่งข้อมูลเดิมซ้ำอีกครั้งต่อไป

### 2.7.3 CSMA/CA with Acknowledgement

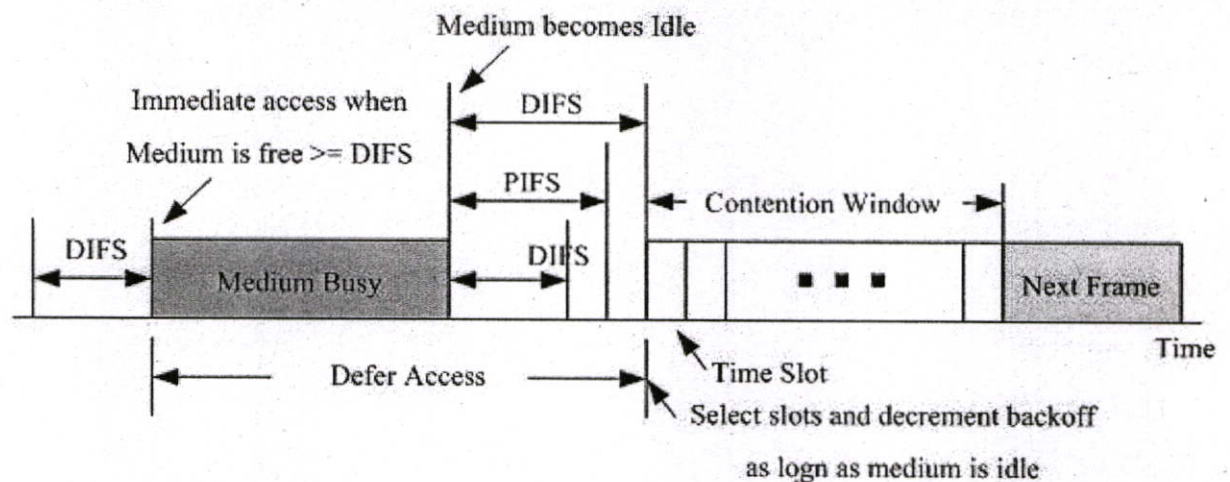
เทคนิค CSMA/CD ไม่สามารถนำมาใช้กับ WLAN ซึ่งการสื่อสารแบบไร้สายได้ สาเหตุหลัก ๆ ก็คือการตรวจสอบการชนกันของสัญญาณ ในระหว่างที่ทำการส่งสัญญาณ จะต้องใช้อุปกรณ์รับส่งคลื่นวิทยุที่เป็นแบบ Full Duplex ที่สามารถรับและส่งสัญญาณได้ในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะมีราคาแพงกว่าอุปกรณ์รับส่งคลื่นวิทยุที่ไม่สามารถรับและส่งสัญญาณได้ในเวลาเดียวกัน (Half Duplex) นอกจากนี้ แต่ละสถานีใน BSS หรือ IBSS อาจไม่ได้ยินสัญญาณจากสถานีอื่นทุกสถานี หรือ ปัญหาที่เรียกว่า Hidden Node Problem ดังแสดงในรูปที่ 2.11 สถานี A ได้ยินสัญญาณจากสถานี B แต่ไม่ได้ยินสัญญาณจากสถานี C และในทางกลับกันสถานี C ไม่ได้ยินสัญญาณจากสถานี A แต่ได้ยินสัญญาณจากสถานี B ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวนี้เป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นใน WLAN โดยทั่วไป ดังนั้นการตรวจสอบการชนกันของสัญญาณโดยตรงเป็นไปได้ยาก หรือเป็นไปได้ไม่ไ้เลย มาตรฐาน IEEE 802.11 จึงได้กำหนดให้ใช้เทคนิค CSMA/CA with Acknowledgement สำหรับการจัดการการเข้าใช้ช่องสัญญาณของแต่ละสถานีเพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้ ซึ่งการทำงานของกลไก CSMA/CA โดยหลักแล้วเป็นเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ในส่วนของ CSMA with Random Back-Off แต่จะมีรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการชนกันของสัญญาณและเทคนิคสำหรับการตรวจสอบว่าเกิดการชนกันของสัญญาณ และ เทคนิคสำหรับการตรวจสอบว่าเกิดการชนของสัญญาณหรือไม่ขึ้น สถานีผู้ส่งสัญญาณข้อมูลจะต้องรอรับ Acknowledgement จากสถานีที่ส่งข้อมูลไปให้ หากไม่ได้รับ Acknowledgement กลับมาภายในเวลาที่กำหนดจะถือว่าเกิดการชนกันของสัญญาณขึ้นและต้องทำการส่งข้อมูลเดิมซ้ำอีกครั้งต่อไป

สำหรับการหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการชนกันของสัญญาณนั้น มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้ใช้กลไกที่เรียกว่า Virtual Carrier Sense เพื่อแก้ไขปัญหาที่แต่ละสถานีใน BSS หรือ IBSS อาจไม่ได้ยินสัญญาณจากสถานีอื่นบางสถานี (Hidden Node Problem) กลไกดังกล่าวมีการทำงานดังนี้ เมื่อสถานีที่ต้องการจะส่งเฟรมข้อมูลได้รับสิทธิในการเข้าใช้งานช่องสัญญาณแล้วจะทำการส่งเฟรม RTS (Request To Send) เพื่อเป็นการจองช่องสัญญาณ ก่อนที่จะส่งเฟรมข้อมูลจริง ซึ่งเฟรม RTS ประกอบไปด้วยระยะเวลาที่คาดว่าจะใช้ช่องสัญญาณจนแล้วเสร็จ (Duration ID)

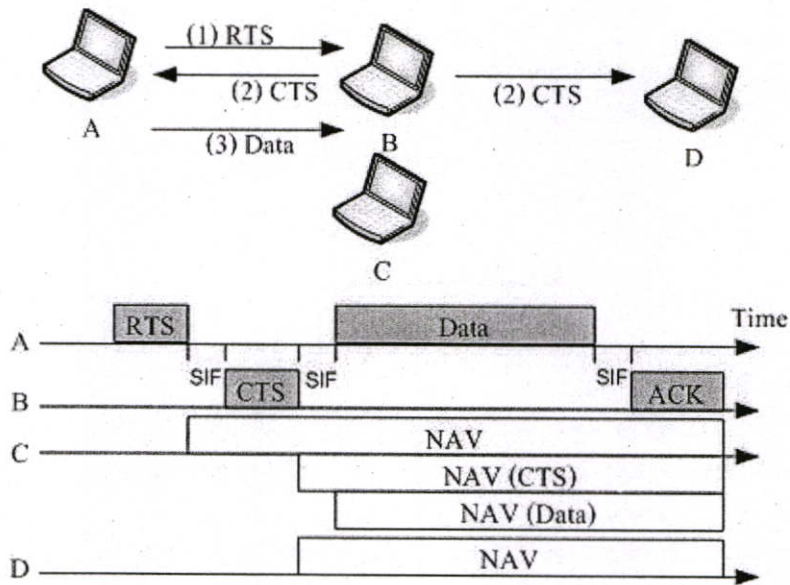


รูปที่ 2.11 แสดงการเกิด Hidden Node Problem

รวมถึงที่อยู่สัญญาณ CTS ซึ่งจะบ่งบอกข้อมูลระยะเวลาที่คาดว่าสถานีที่กำลังดำเนินการจะทำการส่งข้อมูลนั้นจะใช้ช่องสัญญาณจนแล้วเสร็จ หลักการก็คือทุก ๆ สถานีใน BSS หรือ IBSS ควรจะไต่ยีนสัญญาณ RTS หรือไม่ก็ CTS อย่งใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่าง เมื่อได้รับ RTS หรือ CTS ทุก ๆ สถานีจะทราบถึงช่วงเวลาที่จะระบุไว้ใน Duration ID ซึ่งช่องสัญญาณจะถูกใช้และทุกสถานีที่ยังไม่ได้รับสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณจะตั้งค่า NAV (Network Allocation Vector) ให้เท่ากับ Duration ID ซึ่งแสดงถึงช่วงเวลาที่ยังไม่สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ ทุก ๆ สถานีจะใช้กลไก Virtual Carrier Sense ดังกล่าวผนวกกับการฟังสัญญาณในช่องสัญญาณจริง ๆ ในการตรวจสอบว่าช่องสัญญาณว่างอยู่หรือไม่



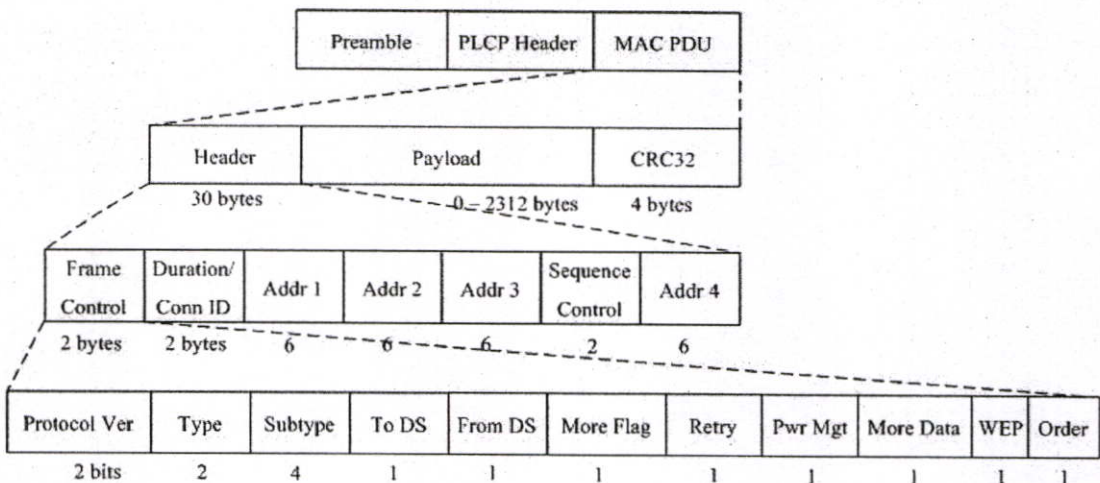
รูปที่ 2.12 ผังการทำงานของกระบวนการ DCF



รูปที่ 2.13 กลไกควบคุมการใช้ช่องสัญญาณแบบ RTS/CTS

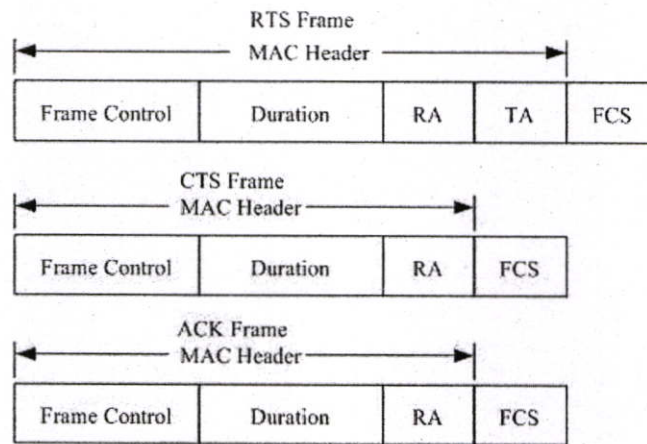
### 2.8 IEEE 802.11 Frame Format

กระบวนการควบคุมในตามมาตรฐาน IEEE 802.11 อาศัยการส่งเฟรมต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย Control Frame Data Frame และ Management Frame ซึ่งชนิดต่าง ๆ ของเฟรมจะถูกกำหนดในส่วนของ Frame Control Field ดังรูปที่ 2.14 เป็นเฟรมมาตรฐานของ IEEE 802.11 MAC ซึ่งประกอบด้วยส่วนหัวของเฟรม (MAC Header) ส่วนของข้อมูล (Data) และส่วนตรวจสอบความถูกต้องของเฟรม (Frame Check Sequence: FCS)



รูปที่ 2.14 เฟรมมาตรฐานของ IEEE 802.11

Frame Control Field เป็นฟิลด์ที่บ่งบอกชนิดของเฟรมว่าเป็นเฟรมชนิดใด ได้แก่ เฟรมข้อมูล (Data Frame) เฟรมควบคุม (Control Frame) และ เฟรมบริหาร (Management Frame) ซึ่งจะบอกด้วยฟิลด์ Type และ Subtype ประเภทคือ Control Frame ได้แก่ เฟรม RTS เฟรม CTS เฟรม ACK ดังรูปที่ 2.15 แต่ละเฟรมประกอบด้วย



รูปที่ 2.15 Control Frames

ส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ MAC Header และ FCS โดยภายในเฟรมควบคุมจะประกอบด้วยฟิลด์ RA ซึ่งจะบอกถึงสถานีด้านรับ TA คือสถานีด้านส่ง และ Duration ซึ่งจะบอกระยะเวลาที่สถานีที่ต้องใช้สำหรับการส่งข้อมูล หรือ เป็นตัวบอกระยะเวลาที่ช่องสัญญาณจะถูกใช้งาน โดยแต่ละสถานีจะตั้งเวลาค่านี้ไว้และคอยตรวจสอบช่องสัญญาณเมื่อหมดเวลาที่กำหนด

### 2.8.1 IEEE 802.11b

ในปี ค.ศ. 1999 802.11 Task Group b ได้ทำการพัฒนา WLANs ที่สามารถที่จะทำงานได้ในอัตราที่สูง จนถึงระดับ 11 เม็กกะบิตต่อวินาที 802.11b WLANs ได้เตรียมอัตราการส่งข้อมูลที่มีความเร็ว 5.5 เม็กกะบิตต่อวินาที และ 11 เม็กกะบิตต่อวินาที โดยขึ้นอยู่กับความแรงของสัญญาณที่กำหนดไว้ของเครือข่าย ในชั้น PHY Layer ได้เพิ่มขยายโดย High Rate-Direct Sequence Spread Spectrum (HR-DSSS) รวมถึง Complementary Code Keying (CCK) อย่างไรก็ตาม MAC Mechanisms ที่ได้อธิบายใน 2.7 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสำหรับใน IEEE 802.11b ดังนั้นโดยทั่วไปแล้ว 802.11b สามารถใช้คุณสมบัติที่ได้มาจาก 802.11 รวมทั้งสามารถส่งข้อมูลได้ในอัตราที่สูงขึ้นกว่าเดิมด้วย ในปัจจุบัน 802.11b WLAN เป็นที่นิยมใช้งานอย่างกว้างขวางและเข้ามาแทนที่ 802.11 WLANs แบบเดิม

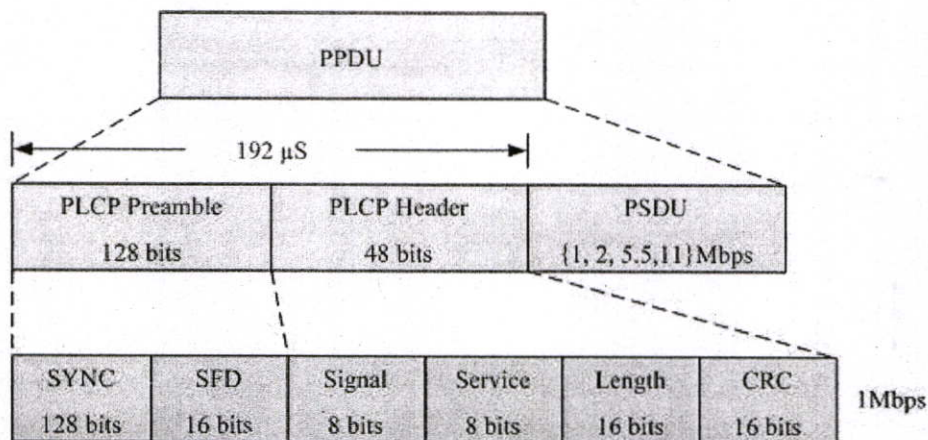
ไม่ใช่ทุกบิตข้อมูลที่ส่งไปโดยสถานีจะสามารถใช้ประโยชน์จากอัตราการส่งข้อมูลที่สูง โดยใน 802.11 PHY ได้กำหนดโครงสร้างของแพ็กเก็ต โดยแบ่งออกเป็นสามส่วน

3.5.1 Preamble ใช้สำหรับกระบวนการตรวจสอบสัญญาณ และ Synchronization

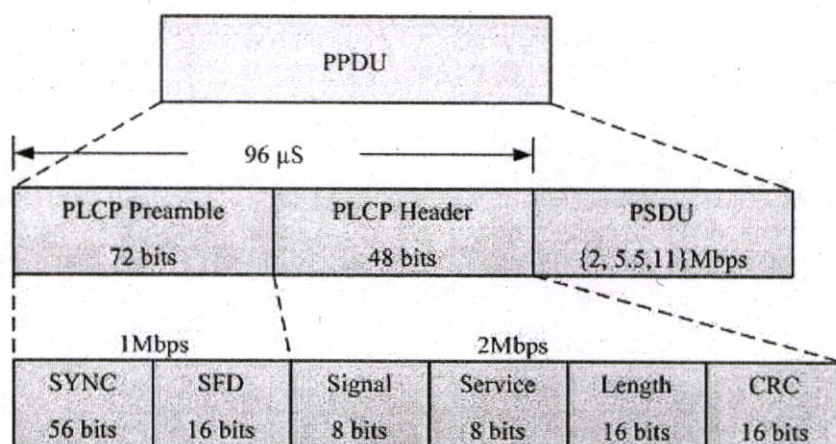
3.5.2 Header ใช้สำหรับข้อมูลของสื่อ เกี่ยวกับอัตราการส่งข้อมูล และ แพ็กเก็ต

### 3.5.3 Payloadใช้สำหรับเก็บข้อมูลจริง

สองส่วนที่แตกต่างคือ preambles และ headers ได้กำหนด mandatory Long Preamble และ header และ Optional Short preamble และ header ในกรณีที่ Long Preamble และ header โดย Long preamble ขนาด 144 bits จะถูกใช้ ทั้ง preamble และ header จะถูกส่งออกไปด้วยอัตราการส่งข้อมูลความเร็ว 1 เมกกะบิตต่อวินาที โดย header ของ packet จะถูกส่งไปที่ความเร็ว 2 เมกกะบิตต่อวินาที ในทั้งกรณีที่ มีโหนดเพียงอย่างเดียวของแพ็คเกจเป็นการส่งที่อัตราส่งข้อมูล แสดงดังรูปที่ 2.16 และ รูปที่ 2.17



รูปที่ 2.16 Packetization op WLAN PHY layer with Long Preamble and Header



รูปที่ 2.17 Packetization op WLAN PHY layer with Short Preamble and Header

สิ่งที่ถ่ายทอดมาจาก 802.11 WLANs มีเพียง Long Preamble และ header ที่กำหนดขึ้นมา ดังนั้น โดยทั่วไปสถานี 802.11b จะสนับสนุนโหมดที่ได้ถ่ายทอดมาจาก 802.11 WLANs ในโหมด Short Preamble และ header เป็นกระบวนการที่มุ่งความสนใจไปที่การให้ ค่าทรูพุทที่สูงที่สุด ระหว่างสถานีที่ต้องการ และ สถานีที่ทำงานร่วมกับอุปกรณ์เดิม โดยในส่วนของพารามิเตอร์ของ 802.11b สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าพารามิเตอร์ของ IEEE 802.11b

พารามิเตอร์	ค่า	พารามิเตอร์	ค่า
Data Rate	{1, 2, 5.5, 11} เม็กกะบิตต่อวินาที	Retry Limit	{4,7}
Basic rate	{1,2} เม็กกะบิตต่อวินาที	PHY header	48 บิต
Time slot	20 ไมโครวินาที	PLCP preamble	{72, 144} บิต
SIFS	10 ไมโครวินาที	MAC header	{224, 272} บิต
PIFS	30 ไมโครวินาที	RTSThreshold	2400 บิต
DIFS	50 ไมโครวินาที	MAC ACK	112 บิต
EIFS	304 ไมโครวินาที	RTS	160 บิต
CWmin	31	CTS	112 บิต
CWmax	1023		

- **Distributed Coordination Function**

DCF ได้ถูกออกแบบมาเพื่อให้สนับสนุนการทำงานการส่งข้อมูลแบบ Asynchronous ซึ่งเหมาะสำหรับการส่งข้อมูลประเภท Best Effort เป็นหลัก ซึ่งในปัจจุบันได้รับความนิยมมากในอุปกรณ์ IEEE 802.11 ซึ่งโดยปกติแล้วจะทำงานในโหมดนี้เท่านั้น DCF จะทำงานบนพื้นฐานของ Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA) โพรโตคอล

โดยสิ่งที่สำคัญที่สุดของกระบวนการนี้ คือการประยุกต์ใช้งาน Backoff Mechanism ก่อนที่จะมีการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลออกไป เมื่อสถานี (STA) มีแพ็กเก็ตข้อมูลที่พร้อมจะส่ง โดยที่มันจะทำการตรวจสอบช่องสัญญาณก่อนเป็นอันดับแรก ถ้าช่องสัญญาณกำลังถูกใช้งานอยู่ มันจะเริ่มหยุดการทำงานกระบวนการ Backoff หลังจากนั้นหากมันตรวจสอบพบว่าช่องสัญญาณว่างในช่วงเวลาเท่ากับ DCF Interframe Spacing (DIFS) สถานีจะทำการเวลาสุ่ม (Random Time) ซึ่งเรียกว่า Backoff period เพื่อที่จะมีการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลออกไปถ้าช่องสัญญาณยังคงว่าง หลังจากที่ผ่านมาช่วง Backoff period

ความยาวของช่วง Backoff period ถูกกำหนดโดย CW ซึ่งถูกกำหนดแยกออกไปตามแต่ละสถานีใน BSS ซึ่งการสุ่มเลือกจะเป็นเลขจำนวนเต็ม (Backoff window) โดยที่จะทำการสุ่มเลือกระหว่างช่วง  $[0, CW]$  และ จำนวนนี้จะอยู่ในช่วงของ timeslot ใน backoff period ถ้าในการตรวจสอบช่องสัญญาณว่างในแต่ละช่วงของ timeslot จะทำการลดค่า backoff window ลงครึ่งละหนึ่ง และจะทำกระบวนการนี้ไปเรื่อย ๆ ในขณะที่ช่องสัญญาณว่าง จนค่าของ backoff window มีค่าลดลงจนถึง 0 โมไบต์โอสต์จะทำการส่งข้อมูลออกไป แต่ถ้าในระหว่างกระบวนการ backoff ตรวจสอบพบว่ามีการใช้งานช่องสัญญาณ ระบบจะทำการระงับกระบวนการลดค่าของ backoff

window และ มันจะทำการลดค่าของ backoff window อีกครั้งเมื่อตรวจสอบพบว่าช่องสัญญาณว่างติดต่อกันเท่ากับค่า DIFS ซึ่งในบางครั้งสถานีจะทำการหยุดรอเท่ากับ Extended Interframe Spacing (EIFS) แทน DIFS ก่อนที่จะทำการลดค่า backoff window โดยที่จะเกิดเหตุการณ์นี้ต่อเมื่อสถานีตรวจสอบพบว่าเฟรมหลัก จากสถานีอื่นไม่ได้รับข้อมูลถูกต้อง ซึ่ง EIFS จะมีค่ามากกว่า DIFS มาก

802.11 กำหนดให้ ถ้าแพ็กเก็ตข้อมูลมาถึงในขณะที่ช่องสัญญาณว่าง สถานีต้องรอเท่ากับช่วงเวลาว่าง DIFS ก่อนที่จะเริ่มทำการส่งข้อมูล ในกรณีที่ไม่มี backoff window ในการสุ่มเลือกจากช่วงขนาดของ CW

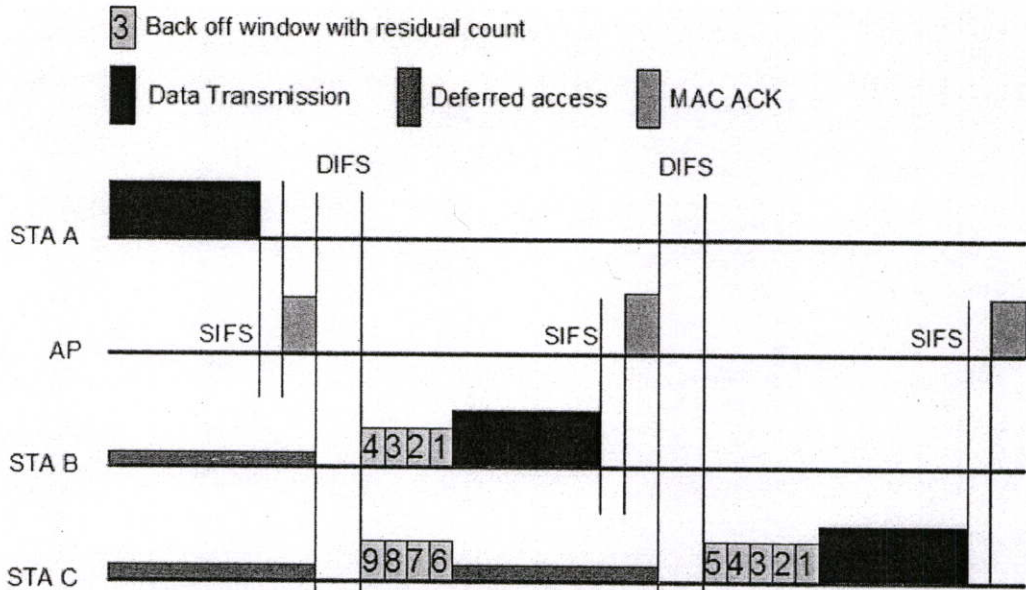
ค่าเริ่มต้นของ CW (CW<sub>min</sub>) จะถูกกำหนดแยกอิสระจากกันตามแต่สถานีใน IEEE 802.11 ไร้เลสแลนให้ทุก ๆ สถานีมีความเป็นไปได้ที่จะมีโอกาสที่จะเข้าใช้งานช่องสัญญาณได้เท่ากัน และมีอัตราการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลในระยะยาว

มีความเป็นไปได้ที่มีหลายแหล่งข้อมูลจะส่งข้อมูลออกไปในช่วงเวลาเดียวกัน ในขณะที่สถานีที่กำลังมีการส่งข้อมูลอยู่ ซึ่งมันจะไม่สามารถที่จะตรวจสอบการใช้งานช่องสัญญาณอยู่ของสถานีอื่นเนื่องจากการแทรกสอดของสัญญาณจากสถานีอื่น ดังนั้นจะไม่สามารถตรวจสอบการชนกันระหว่างที่มีการส่งข้อมูล หลังจากที่ได้รับแพ็กเก็ตข้อมูลเรียบร้อยแล้ว สถานีปลายทางจะหยุดรอเป็นระยะเวลาเท่ากับ short interframe spacing (SIFS) และ จะทำการส่ง Acknowledgement (MAC ACK) แพ็กเก็ตไปยังผู้ส่ง (Sender) โดย SIFS เป็นระยะเวลาที่สั้นกว่า DIFS ดังนั้นการส่ง MAC ACK แพ็กเก็ต จะไม่ไปขัดขวางสถานีอื่นในการที่จะส่งข้อมูล ซึ่งก็หมายความว่าถ้าผู้ส่งข้อมูล (Source) ไม่สามารถที่จะได้รับ MAC ACK แพ็กเก็ตในช่วงเวลา มันจะสรุปได้ว่าแพ็กเก็ตข้อมูลที่ส่งออกไปนั้นไม่สามารถไปถึงปลายทางได้อย่างถูกต้อง ซึ่งในกรณีนี้มันจะทำการคำนวณขนาดของ CW ใหม่โดยใช้สูตร (1)

$$CW_{\text{new}} = \min[CW_{\text{max}}, 2x(CW_{\text{old}} + 1) - 1] \quad (1)$$

โดยที่ค่า CW<sub>max</sub> คือค่าที่มากที่สุดที่เป็นไปได้ของ CW ซึ่งสถานีผู้ส่ง จะทำการระบวนการ backoff ใหม่โดยใช้ค่า CW<sub>new</sub> ใน IEEE 802.11 กำหนดให้ค่าจำนวนมากที่สุดในการที่จะพยายามส่งข้อมูล (retry count) ของแต่ละแพ็กเก็ต หลังจากที่มีมันถูกรอรับ ซึ่งจำนวนครั้งในการที่จะพยายามส่งข้อมูลนั้นขึ้นกับขนาดของแพ็กเก็ตข้อมูล

กระบวนการ backoff แสดงดังรูปที่ 2.18 ซึ่งมีหลาย ๆ แพ็กเก็ตข้อมูลส่งไปยัง AP กระบวนการที่ได้อธิบายด้านบนนั้นเรียกว่า โหมดการเข้าใช้งานพื้นฐาน (Basic Access mode) ซึ่งใน IEEE 802.11 ได้มีการกำหนดโหมดอื่นที่ใช้ในการทำงานอีก เรียกว่า RTS/CTS โหมด โดย RTS และ CTS จะเพิ่มในส่วนของเฟรมควบคุม ซึ่งในวิธีการทำงานเมื่อเปรียบเทียบกับโหมดการทำงานพื้นฐาน โดยสถานีจะสามารถส่งวนการเข้าใช้งานช่องสัญญาณตามลำดับความสำคัญก่อนหลังของการส่งข้อมูลซึ่งจะถูกควบคุมโดยเฟรมควบคุม เมื่อกระบวนการทำงาน



รูปที่ 2.18 IEEE 802.11 DCF backoff process

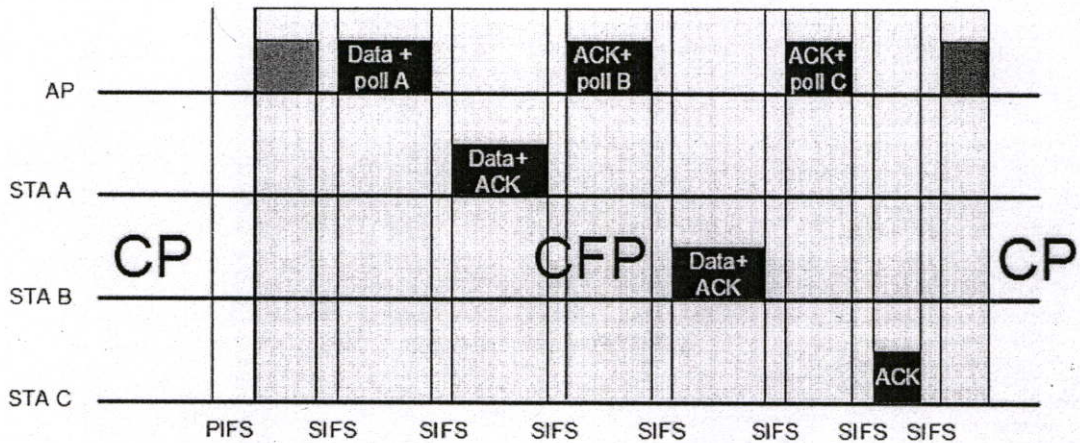
อยู่ในโหมด RTS/CTS สถานีผู้ส่งจะทำการ ส่งสัญญาณ RTS แฝกเกิดออกไปเป็นอันดับแรก โดยที่ RTS แฝกเกิดจะมีข้อมูลของ ช่วงเวลาที่จะใช้ในการส่งข้อมูล และ สถานีปลายทางสำหรับสถานีอื่น ๆ ที่อยู่ใน BSS เดียวกันจะทำการอ่านข้อมูลจาก RTS แฝกเกิด และ ทำการปรับปรุง Network Allocate Vector (NAV) ของตัวมันเองพร้อมกัน ซึ่งใน NAV ของแต่ละสถานี จะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลาที่ คาดว่าจะมีการใช้งานช่องสัญญาณที่จะเกิดขึ้น หลังจากที่ผ่านช่วงเวลา SIFS สถานีปลายทาง จะทำการส่ง CTS แฝกเกิดกลับไปยังสถานีผู้ส่ง ซึ่งในส่วนหัวของเฟรม CTS จะบอกถึงช่วงเวลาที่จะมีการใช้งานช่องสัญญาณ ซึ่งถ้าแฝกเกิด CTS ไปถึงปลายทาง ได้อย่างถูกต้องครบถ้วนทันเวลา ทางสถานีผู้ส่งจะสามารถที่จะทำการส่งข้อมูลออกไปได้โดยที่ไม่มีสถานีใดในเครือข่ายส่งข้อมูลออกมารบกวน ซึ่งวิธีการ RTS/CST แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2.19 ซึ่งแสดงการส่งแฝกเกิดข้อมูลหลาย ๆ แฝกเกิดไปยังจุดเชื่อมต่อ

ข้อเสียเปรียบของ โหมดพื้นฐานนั้นคือการเกิดการชนกันในขณะที่มีการส่งข้อมูล ซึ่งในเครือข่ายมีสถานีที่ต้องการที่จะส่งข้อมูลจำนวนมากที่ต้องการที่จะใช้งานเครือข่าย ซึ่งการชนกันจะเกิดขึ้นบ่อย

เมื่อกระบวนการทำงานของ RTS/CTS โหมด การชนกันจะก่อให้เกิด RTS แฝกเกิดถึงแม้มันจะมีขนาดเล็ก (RTS ขนาด 20 ไบต์) ซึ่งทำให้สูญเสียแบนวิดจำนวนมาก ซึ่งจำกัดมากกว่าการชนกันที่เกิดจากการชนกันเต็มความยาวของแฝกเกิดข้อมูล MAC ซึ่งโหมด RTS/CTS ไม่ได้มีประสิทธิภาพมากนัก ในส่วนที่เพิ่มเฟรมควบคุมเข้าไปจะเป็นการเพิ่มข้อมูลที่ ไม่จำเป็นเข้าไปในส่วนหัวของแฝกเกิดข้อมูล ในขณะที่เครือข่ายมีจำนวนสถานีที่ต้องการส่งข้อมูลน้อย การเกิดการชนกันจะไม่เกิดขึ้นบ่อยนัก ดังนั้นวิธีการ RTS/CTS จะเป็นการใช้ช่องสัญญาณไม่ได้เต็มประสิทธิภาพ



PIFS จากสถานีที่ทำการ polling มันจะทำการ poll ไปยังสถานีต่อไปที่อยู่ใน polling list โดย PC จะสามารถสิ้นสุดการ CFP โดยการส่งเฟรม CF-END ในทุกๆ ช่วงเวลาที่ตรวจสอบพบว่า ช่องสัญญาณว่างในช่วงเวลา SIFS (802.11) วิธีการ PCF แสดงดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 การส่งข้อมูลในโหมด PCF

CP : Contention Period, CFP : Contention-Free Period

เนื่องจากว่า PCF เป็นการทำงานแบบ Central-controlled มันจึงสามารถที่จะจำกัด ความสำคัญของสถานีโดยบริการ time-stringent หรือ โดยการเพิ่มความถี่ในการ polling ไปยัง สถานีนั้นบ่อย ๆ ดังนั้นจึงเป็นผลทำให้สถานีนั้นมีโอกาที่จะรับและส่งข้อมูลได้มากขึ้น แต่ถึง อย่างไรก็ตาม ยังมีอีกหลายอย่างที่ไม่เพียงพอในการที่จะระบุความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ เช่น CFP ที่สั้น, ไม่ทราบช่วงเวลาที่จะส่งของ สถานีที่ polled และ ยากที่จะคำนวณจำนวนเฟรม STAs ที่ ต้องการที่จะส่ง อีกทั้งไม่มีการกำหนดการสร้างตัวจัดการ interface ขึ้น และ กระบวนการควบคุม PCF ซึ่งเป็นสาเหตุที่สำคัญในการที่จะนำออกไปใช้งานของ PCF ใน WLANs ในปัจจุบัน

### 2.8.2 IEEE 802.11e

IEEE 802.11 TGe ได้ถูกตั้งขึ้นในปี 2001 โดยมีวัตถุประสงค์หลัก 802.11e เพื่อเป็นการ เพิ่มความสามารถ QoS และ เพิ่มการสนับสนุนมัลติมีเดีย (Multimedia) ให้เกิดขึ้นใน WLAN เพื่อ เป็นมาตรฐาน ซึ่งใน IEEE 802.11b และ 802.11a ยังไม่มีการสนับสนุน QoS และ มัลติมีเดียใน เครือข่ายแบบไร้สาย ดังนั้นเมื่อรวมเอา เสียง (Voice), วิดีโอ (Video) และ ข้อมูล (Data) จะทำให้ การทำงานในสภาพแวดล้อมแบบไร้สายนั้นแย่ง IEEE 802.11e ได้มีแผนให้แล้วเสร็จในปี 2004

802.11e กำหนดคุณสมบัติเพิ่มจากคุณสมบัติของ IEEE 802.11 ที่กำหนดไว้ในปี 1999 โดยมีส่วนเพิ่มความสามารถในการที่จะแยก QoS enhanced Station (QSTAs) จาก non-QoS STAs (STAs) และ QoS enhanced Access Point (QAP) จาก non-QoS Access Point (AP) ซึ่ง คุณสมบัตินั้นเป็นการรวมกันในส่วนของ QoS เพื่อความสะดวก ใน IEEE 802.11e มีฟังก์ชันการ เข้าใช้งานช่องสัญญาณแบบใหม่ที่มีหน้าที่สำหรับกำหนดสำหรับ QoS aware BSS (QBSS) ที่มี

ชื่อว่า Hybrid Distribution Function (HCF) โดย HCF จะเป็นการขยายความสามารถของ MAC sublayer ที่มีความสำคัญ โดยสถานี 802.11e ยังคงสามารถใช้ได้กับมาตรฐาน IEEE 802.11 เดิม โดยใน HCF นั้นประกอบด้วยสองโหมดกระบวนการทำงาน คือ Enhanced Distributed Channel Access (EDCA) เป็นวิธีการ Contention-base channel access ซึ่งสามารถทำงานได้ควบคู่กับ HCF Controlled Channel Access (HCCA) ซึ่งอาศัยหลักการ polling ซึ่งถูกควบคุมโดย Hybrid Coordinator (HC) ใน EDCA ในบางครั้งจะหมายถึง Enhanced Distribution Coordination Function (EDCF) ใน HCF/EDCA โหมดสามารถเปรียบเทียบกับ DCF ในมาตรฐานเดิมของ 802.11 และ HCF/HCCA โหมด จะอาศัยหลักการของ PCF MAC mechanism

ก่อนที่จะอธิบายถึงการเข้าใช้งานช่องสัญญาณของ IEEE 802.11e จะอธิบายถึงคุณสมบัติใหม่ que ที่เพิ่มเข้ามา นั่นคือ Transmission Opportunity (TXOP) โดยที่ TXOP คือช่วงเวลาเฉพาะของ QTA ที่ใช้สำหรับเริ่มต้นการส่งไปยังช่องสัญญาณไร้สาย โดย TXOP กำหนดโดยเวลาเริ่มต้น (Startint time) และ ช่วงเวลาที่นานที่สุด (Maximum duration) ซึ่งค่าน้อยที่สุดจะมีค่าเท่ากับ DIFS โดย และค่าขนาดของ CW ที่น้อยที่สุด (CWmin[TC]) แสดงดังรูปที่ 3.15 ซึ่งค่า CWmin[TC] < 7 จะเพิ่มความสามารถทำให้มีความสำคัญสูงกว่า มาตรฐาน 802.11 เดิม

ช่วงเวลากการ Backoff ของแต่ละ TC จะเหมือนกับในมาตรฐานเดิมของ DCF โดยขนาดของ CW จะเพิ่มขนาดขึ้นก็ต่อเมื่อ มีการส่งข้อมูลไม่สำเร็จ

$$\text{newCW[TC]} = [(\text{oldCW[TC]}+1)*\text{PF}] - 1$$

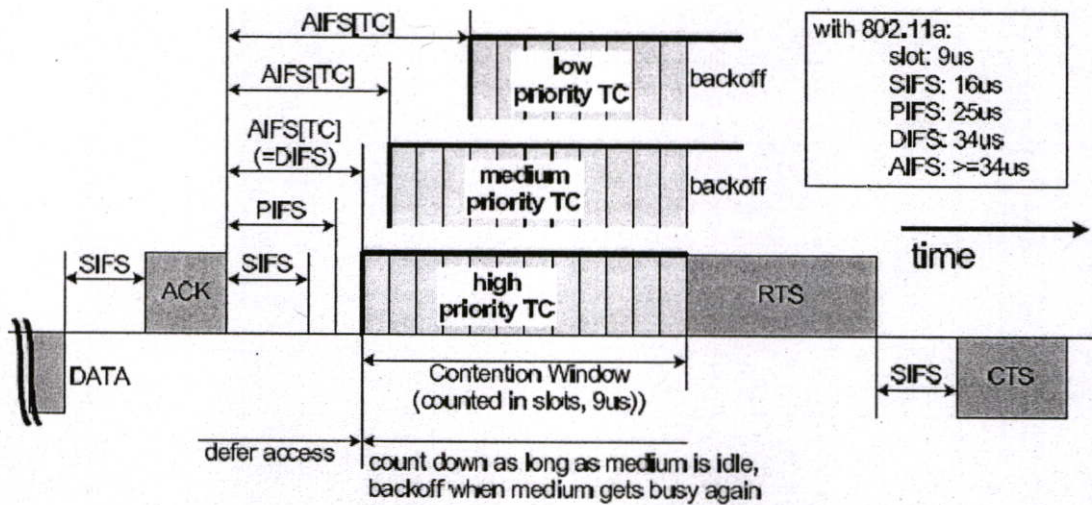
โดยค่า Persistence factor (PF) มีค่าอยู่ระหว่าง [1,16] ขึ้นอยู่กับความสำคัญ โดยขนาดของ CW จะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าเหมือนกับใน DCF

ใน DCF จะหยุดการลดค่า backoff counter ถ้าทำการตรวจสอบช่องสัญญาณแล้วพบว่า ช่องสัญญาณมีการใช้งานอยู่และจะทำการลดค่าของ Backoff counter ลงเมื่อตรวจสอบ พบว่าช่องสัญญาณมีค่าว่างอย่างน้อย AIFS

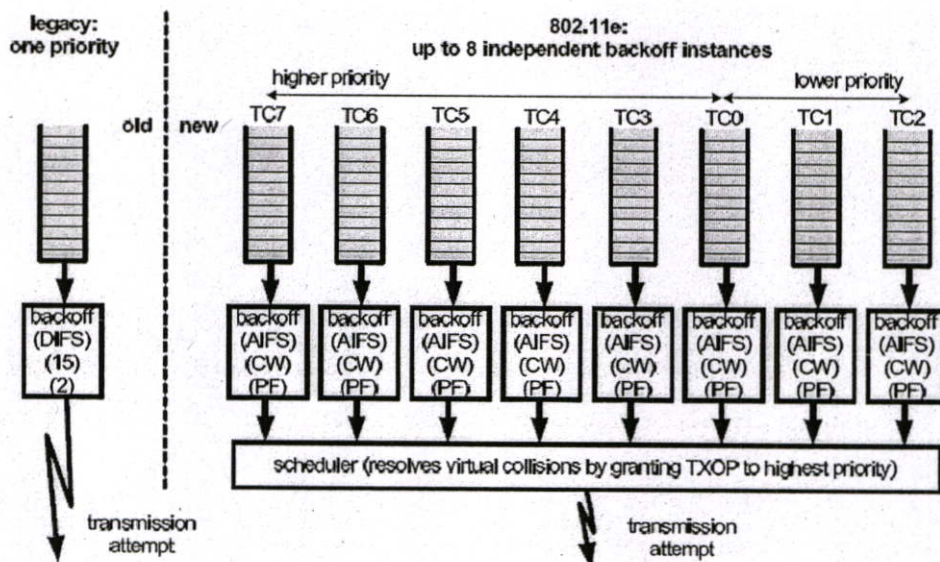
- HCF/EDCA

TXOP สามารถเพิ่มความสามารถของกระบวนการเข้าใช้งานช่องสัญญาณที่มีลักษณะคล้ายกันกับ DCF ใน 802.11 ซึ่งโดยปกติแล้วใน 802.11e จะใช้ HCF/EDCA โดย TXOP ที่ใช้ในโหมดนี้นั้นจะเรียกว่า EDCA-TXOP เมื่อเปรียบเทียบกับ DCF ซึ่ง HCF/EDCA จะมีการให้ความสำคัญของ QoS โดย QoS นั้นจะอาศัยลำดับความสำคัญเป็นหลักในการเข้าใช้งานช่องสัญญาณ ซึ่งลำดับ QoS จะถูกกำหนดโดย Traffic Classes (TC) โดยแต่ละ TC จะมีคิว (Queue) ที่แยกอิสระจากกัน และ มีการเซตค่าพารามิเตอร์แยกเป็นของตัวเอง โดยการเซตค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างตามแต่ TCs ซึ่ง 802.11e จะกำหนดความสำคัญของแต่ละ TCs แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการแพ็กเก็ตที่ส่งมาจาก QSTA โดย QSTA จะกำหนดลำดับความสำคัญของแต่

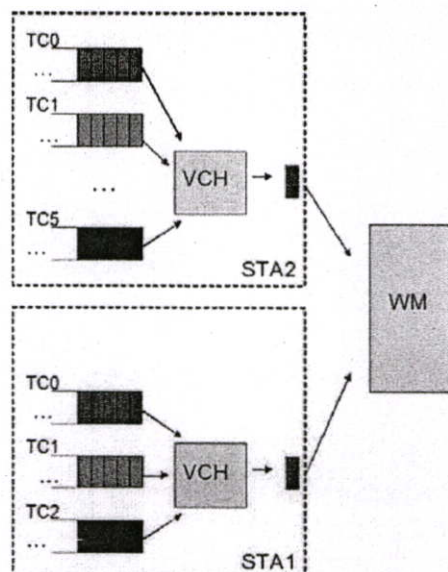
ละแพ็กเก็ตและแยกมันไปยัง TC คิว ที่เหมาะสม ใน 802.11e ได้ภายใน QSTA จะสามารถจัดการของ TC ได้พร้อมกันมากที่สุดคือ 8 TC ค่า TC ที่แตกต่างกันในแต่ละสถานีจะมีค่าพารามิเตอร์ที่ถูกกำหนดไว้ต่าง กัน (AIFS, CW, PF) และแต่ละคิวจะมีค่า Backoff เป็นของมันเอง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.16 ซึ่งจากที่แต่ละคิวมีค่าพารามิเตอร์เป็นของตัวเองอาจจะทำให้เกิดการชนกันเกิดขึ้นหาก อย่างน้อยสอง TC ได้รับอนุญาตให้ส่งข้อมูลได้พร้อมกัน ซึ่งการชนกันนี้จะถูกจัดการโดย grant access ของ TC โดยตัวที่มีลำดับความสำคัญที่สูงกว่า ซึ่งขั้นตอนการทำงานนี้แสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.21 แสดงความสัมพันธ์ของ IFS ใน 802.11e



รูปที่ 2.22 IEEE 802.11e MAC structure



รูปที่ 2.23 IEEE 802.11e HCF/EDCA scheme VCH

(VCH: Virtual Collision Handle, WM: Wireless Medium)

ตารางที่ 2.2 แสดงค่า EDCF พารามิเตอร์ของ IEEE 802.11e

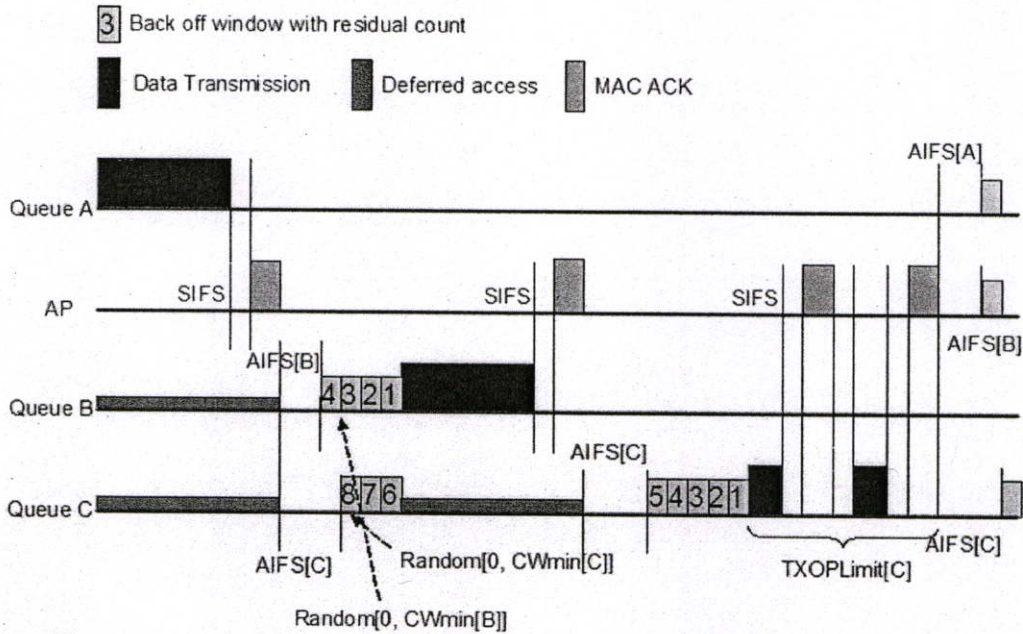
	High	Medium	Low
AIFS*	2	4	7
CW <sub>min</sub>	7	10	15
CW <sub>max</sub>	7	31	255
PF	2	2	2

กระบวนการเข้าใช้งานเครือข่ายจะทำงานเหมือน DCF ซึ่งอธิบายใน 3.4 จะแตกต่างกันเพียงค่าพารามิเตอร์ของคิว ซึ่งในบางแพ็กเก็ตอาจจะมีค่าความสำคัญสูงกว่าแพ็กเก็ตอื่น ถ้ามีการชนกันเกิดขึ้นในขั้นตอนการทำงาน แพ็กเก็ตที่มีความสำคัญสูงสุดจะถูกส่งออกไป ซึ่งหากสถานีใดได้รับสิทธิในการที่จะเข้าใช้งานช่องสัญญาณ จะกำหนด EDCA-TXOP ซึ่งจะทำให้สถานีสามารถที่จะส่งแพ็กเก็ตภายในช่วง TXOPLimit<sub>TC</sub> ซึ่งการชนกันในช่วงแย่งการเข้าใช้งานช่องสัญญาณ เรียกว่า virtual collision ซึ่งจะทำให้ขนาดของ CW เพิ่มขึ้นหากขนาดของ CW ยังไม่ถึงค่ามากที่สุดของแต่ละ TC ซึ่งเหมือนกับกระบวนการใน DCF แต่ถึงอย่างไรก็ตามจะไม่มี การนับเพิ่มจำนวนอัตราการพยายามส่งข้อมูล ซึ่งหากมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดการชนกันเกิดขึ้นในช่องสัญญาณ ในกรณีนี้จะมีการเพิ่มขนาดของ CW และ จำนวนการส่งข้อมูลซ้ำ ตามแต่ข้อกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ถูกกำหนดไว้จะเป็นดังนี้

1. Arbitrary Interframe Spacing Number (AIFSN) โดยช่วงเวลาของ AIFS กำหนดเป็น  $AIFS_{TC} = SIFS + AIFSN_{TC} \times tTimeSlot$ , with  $AIFSN_{TC} \in \{1, 2, 3, \dots\}$ <sup>10</sup>
2. CW<sub>min-TC</sub> เป็นค่ากำหนดเริ่มต้นของ CW ในกระบวนการ backoff
3. CW<sub>max-TC</sub> เป็นค่ามากที่สุดที่มากที่สุดในกระบวนการ backoff

- 4.  $TXOPLimit_{TC}$  กำหนดค่าช่วงเวลามากสุดสำหรับแต่ละ QSTA สามารถที่จะส่ง แพ็กเก็ตได้หลังจากที่ได้รับ TXOP โดยที่ค่าค่าที่สุดของ  $TXOPLimit$  เป็น 0 โดยที่สามารถที่จะส่งได้ หนึ่งแพ็กเก็ตเกิดใน TXOP

ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 HCF/EDCA with the configurable parameter AIFS, CWmin and TXOPLimit

- HCF/HCCA

การทำงานคล้ายกับ PCF โดย HCF/HCCA เป็นการทำงานโดยอาศัยหลักการ polling-based access mechanism โดยที่ Hybrid coordinator (ปกติจะรวมอยู่ใน QAC) สามารถเริ่ม Controlled Access Period (CAP) เมื่อมันเห็นว่ามีควมจำเป็น ซึ่ง CAP จะเป็นการเปรียบเทียบระหว่าง CFP ในมาตรฐาน 802.11 ลำดับการ polling ใน HC จะอาศัยข้อมูลที่มันได้รับจาก QSTAs ซึ่งความต้องการ QoS ของทราฟฟิคนั้นจะถูกเก็บไว้ใน QSTA ซึ่งเก็บไว้ในส่วนที่เรียกว่า อุปกรณ์ Traffic Specification (TSPEC) โดย QSTA สามารถเริ่มกระบวนการ TSPEC พร้อม HC เพื่อส่งผ่านข้อมูล และ HC ที่อยู่บนตัวมันสามารถที่จะจัดเรียงลำดับการ Polling โดยอาศัยข้อมูลของ TSPEC ที่ได้รับมา

เหมือนกับใน PCF ซึ่งยังคงมีหลายปัญหาที่ยังไม่ได้รับการแก้ไขและสรุปเพื่อให้สามารถนำไปสร้างอุปกรณ์ได้จริง ของโหมด HCF/HCCA เช่น HC ควรจะจัดการอย่างไรกับการ Polling ที่มีมาก โดยที่ไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของแอปพลิเคชันที่ใช้วิธีการ EDCA หรือ ในบริการแบบ Real-time ที่ต้องการความสำคัญในการ polling ซึ่งยังคงเป็นปัญหา ถ้ามีหลายบริการที่มีความต้องการการทำงานในลักษณะเดียวกันนี้ และ ช่วงเวลาของการ polling กลายเป็นช่วงเวลาที่ยาวกว่าเวลาที่ต้องการใน inter-poll ดังนั้น HCF/HCCA จะไม่มีการนำมาพิจารณาในงานวิจัยฉบับนี้

### บทที่ 3

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากเครือข่ายแบบไร้สายจะมีปัญหาในการตรวจสอบการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูล ดังนั้นจึงได้มีการวิจัยและคิดค้นวิธีการต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความสามารถในการเข้าใช้งานช่องสัญญาณ และลดปัญหาการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูล อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งได้มีการแก้ไขปัญหาการเข้าใช้งานช่องสัญญาณเพื่อลดการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูล และเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ โดยการปรับปรุงการเข้าใช้งานช่องสัญญาณชั้น MAC ด้วยวิธีการปรับขนาดของคอนเทนชันวินโดว์ (CW) โดยใช้เทคนิคและวิธีการที่แตกต่างกัน

#### 3.1 A TCP-like Adaptive Contention Window Scheme for WLAN [11]

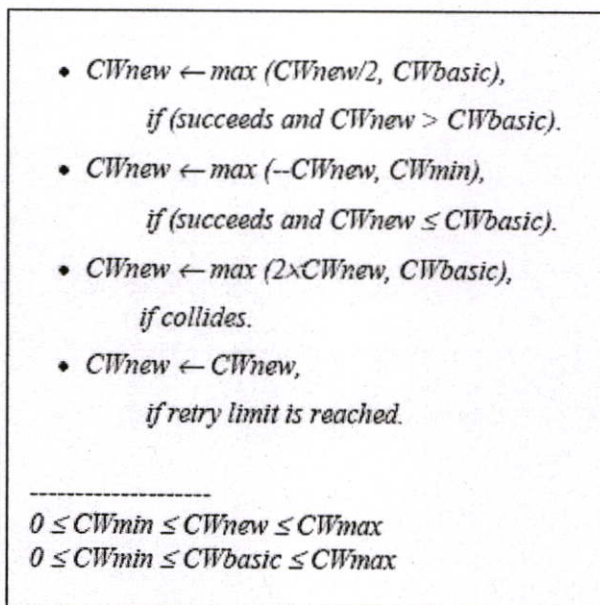
ในงานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการปรับขนาดของ CW สำหรับเครือข่ายไวร์เลสแลน 802.11 โดยมุ่งเน้นไปที่ความง่ายในวิธีการที่จะปรับเปลี่ยน โดยให้ชื่อวิธีการที่นำเสนอชื่อว่า MIMLD ซึ่งรายละเอียดของวิธีการเป็นดังนี้

วิธีการ MIMLD แบ่งการทำงานออกเป็นสามเฟสด้วยกันคือ multiplicative increase phase, multiplicative decrease phase, และ linear decrease phase โดยที่ในวิธีการนี้ได้เพิ่มตัวแปรเพื่อที่จะใช้เป็นตัวควบคุมที่เรียกว่า CWbasic ซึ่งค่าเริ่มต้นของ CWbasic นั้นจะมีค่าขนาดของ CW ใน 802.11

เมื่อเกิดการชนกันเกิดขึ้นซึ่งจากวิธีการเดิมนั้นจะทำการเพิ่มขนาดของ CW ขึ้นอีกเป็นสองเท่าของค่า CW ปัจจุบัน ซึ่งหากค่าที่เพิ่มขึ้นนี้ยังคงมีค่าน้อยกว่า CWbasic ขนาดของ CW ใหม่ที่ได้จะมีค่าเท่ากับ CWbasic ซึ่งการทำงานในกระบวนการนี้เรียกว่า multiplicative increase ซึ่งเพื่อเป็นการลดอัตราการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลที่อาจเกิดขึ้นจากขนาดของ CW ที่มีช่วงที่แคบ

เมื่อมีการส่งข้อมูลไปถึงผู้รับปลายทางแล้ว ณ ช่วงเวลานั้นขนาดของ CW มีค่า  $cw > CW_{basic}$  ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ถือว่า ณ ช่วงเวลานั้นมีการเข้าใช้งานเครือข่าย อย่างหนาแน่น ซึ่งเมื่อมีการส่งข้อมูลได้สำเร็จในขณะที่  $cw > CW_{basic}$  แทนที่ระบบจะทำการลดขนาดของ CW ไปยังค่าเริ่มต้นในทันที ระบบจะทำการเปรียบเทียบค่า ที่มากที่สุดระหว่าง ค่าของ  $CW/2$  กับค่า  $CW_{basic}$  เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดขนาดของ CW ในครั้งต่อไปโดยที่ขั้นตอนนี้เรียกว่า multiplicative decrease

เมื่อมีการส่งข้อมูลไปถึงผู้รับปลายทางแล้วขนาดของคอนเทนชันวินโดว์มีค่า  $cw \leq CW_{basic}$  ระบบจะทำการลดค่าขนาดของ CW ลงครึ่งละหนึ่งแล้วใช้ค่าที่มากที่สุดระหว่าง CW ซึ่งวิธีการ MIMLD สามารถที่จะนำมาเขียนเป็น โพลีชาร์ตได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดง Self adaptive window adjustment algorithm

### 3.1.1 ข้อดี

- เป็นวิธีการที่ง่ายไม่สลับซับซ้อน
- เพิ่มประสิทธิภาพของระบบ

### 3.1.2 ข้อเสีย

- ไม่มีการสนับสนุนคุณภาพในการให้บริการ (QoS)
- ไม่มีการนำข้อมูลสถิติของระบบมาประยุกต์ใช้ ซึ่งอาจเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพของระบบไม่ดีเท่าที่ควร

## 3.2 Distributed MAC Adaptation for WLAN QoS Different [12]

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการปรับเปลี่ยน MAC แบบกระจายตัวอิสระตามแต่ละโหนดเพื่อสนับสนุนคุณภาพในการให้บริการ โดยที่การปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ของชั้น MAC เช่น Contention Window (CW) ตามสถานะของเครือข่ายโดยแบ่งออกเป็นคลาส (Class) เพื่อให้สนับสนุนคุณภาพในการให้บริการ (QoS) และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบในส่วนของ ดีเลย์ (Delay), การสูญเสียแพ็กเก็ตข้อมูล (Packet Loss), ทROUGHPUT (Throughput) โดยวิธีการที่นำเสนอนี้เรียกว่า Distributed Adaptation โดยมีหลักการทำงานดังนี้

ในงานวิจัยฉบับนี้มุ่งความสนใจในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโดยการปรับเปลี่ยน CW โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากเน็ตเวิร์คอินเตอร์เฟสการ์ด (NDIS) [20] โดยมีการอ่านข้อมูลจากเน็ตเวิร์คการ์ดในทุก ๆ ช่วงเวลา T วินาที และสังเกตการณ์ค่าสถิติของเครือข่ายในช่วงเวลา T ก่อนหน้า ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่นำขึ้นมาใช้งานนั้น ได้แก่ จำนวนเฟรมทั้งหมดที่ถูกส่งออกไป (Transmitted FragmentCount) , จำนวนเฟรมข้อมูลที่ถูกส่งออกไปแต่ไม่ได้รับ ACK ตอบกลับ (ACKFailureCount) , จำนวนเฟรมข้อมูลที่ส่งออกไปได้สำเร็จในหนึ่งครั้ง หรือ มากกว่าหนึ่งครั้ง (RetryCount) [21] โดยนำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้มาคำนวณหาความน่าจะเป็นในการที่จะเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูล (Collision probability), ความน่าจะเป็นในการสูญเสีย (Failure probability) โดยที่เมื่อได้ค่าที่คำนวณแล้วจะนำมาทำให้ลดการกระโดดของค่าที่คำนวณได้ (Smoothing) โดยนำค่าที่คำนวณได้นี้มาเป็นแนวทางที่จะใช้ในการปรับค่า MAC พารามิเตอร์ โดยในงานวิจัยนี้จะถือว่าค่าที่คำนวณได้นี้เป็นค่าสถานะโดยประมาณของเครือข่าย โดยวิธีการที่นำเสนอมีกระบวนการทำงานดังนี้คือ

### 3.2.1 Metric:

- Failure probability  $P_f$  โดยค่านี้นั้นจะแสดงถึงปริมาณรวมในการที่จะพยายามส่งแพ็กเก็ตข้อมูลต่อแพ็กเก็ตข้อมูลที่ส่ง ซึ่งค่า  $P_f$  นี้คำนวณได้จาก (1) หรือ (2)

$$P_f = \frac{RTSFailureCount}{RTSFailureCount + RTSSuccessCount} \quad (1)$$

หรือ

$$P_f = \frac{ACKFailureCount}{TransmittedFregmentCount + ACKFailureCount} \quad (2)$$

- Collision probability  $P_c$  ซึ่งค่าที่ได้นี้จะแสดงถึงปริมาณของเฟรมข้อมูลที่ส่งออกไปได้สำเร็จโดยมีการส่งเฟรมข้อมูลออกไปมากกว่าหนึ่งครั้ง ซึ่งสามารถจะคำนวณได้จาก (3)

$$P_c = \frac{RetryCount}{TransmittedFragmentCount} \quad (3)$$

**3.2.2 Adaptation Algorithm:** วิธีการปรับเปลี่ยนค่า MAC ในงานวิจัยที่นำเสนอจะพิจารณาถึงความเท่าเทียมกัน (fairly) และ ความมีประสิทธิภาพในการเข้าใช้งานช่องสัญญาณ (efficiently share channel resource) โดยวิธีการ distributed MAC adaptation เป็นขั้นตอนได้ดังนี้คือ

1. ทุก ๆ T วินาที จะทำการตรวจสอบถึงปริมาณแพ็กเก็ตข้อมูลที่พยายามที่จะส่งออกไป ถ้ามีค่าน้อยกว่า 100 จะกลับไปทำขั้นตอนที่ 1 ใหม่อีกครั้ง
2. คำนวณค่า  $P_f$  และ  $P_c$  และ ทำให้เรียบ (smoot) (4)

$$\begin{aligned} P_c(n) &= \alpha P_c(n-1) + (1-\alpha) P_{c,measured}(n) \\ P_f(n) &= \alpha P_f(n-1) + (1-\alpha) P_{f,measured}(n) \end{aligned} \quad (4)$$

เมื่อ ค่า  $\alpha$  คือค่า smoothing factor

$P_{c,measured}$  และ  $P_{f,measured}$  คือค่าที่ได้จากการคำนวณค่าในช่วงเวลาปัจจุบัน

3. ถ้าค่าที่แล้ว  $\Delta CW > 0$  และ  $P_c(n) > P_c(n-1)$  หรือ  $P_f(n) > P_f(n-1)$  จะกลับไปทำขั้นตอนที่ 1 ใหม่ แต่ถ้าเป็นอย่างอื่นจะทำขั้นตอนต่อไป, ถ้า  $\Delta CW < 0$  และ  $P_c(n) < P_c(n-1)$  หรือ  $P_f(n) < P_f(n-1)$  จะกลับไปทำขั้นตอนที่ 1 ใหม่ แต่ถ้าเป็นอย่างอื่นจะทำขั้นตอนต่อไป

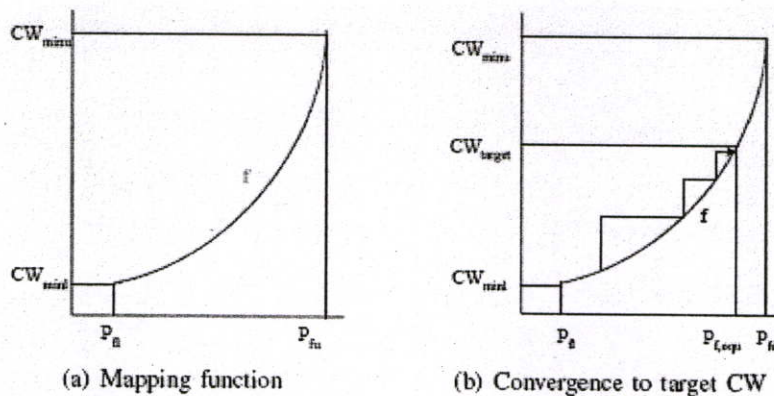
4. คำนวณหาค่า  $\Delta CW$  จาก สมการ (5)

$$\Delta CW = S \frac{CW_{target} - CW_{current}}{CW_{current}} \quad (5)$$

เมื่อ S คือค่าที่มีขนาดที่แตกต่างกันตามแต่ละประเภทของคลาส

$CW_{target}$  คือ ค่า CW เป้าหมายซึ่งเป็นค่าที่ได้จาก mapping function

$CW_{current}$  คือ ค่า CW ปัจจุบัน



รูปที่ 3.2 แสดง Mapping Function และ target CW

#### ข้อดี

- มีการเพิ่มการสนับสนุนคุณภาพในการให้บริการ (QoS)
- มีการใช้ข้อมูลสถิติจากเครือข่ายเข้ามาพิจารณาในการปรับขนาดของ CW
- เพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ

#### ข้อเสีย

- การได้มาซึ่ง Mapping Function ทำได้ยุ่งยาก ซับซ้อน
- หากการเลือกใช้ค่าที่ได้จาก Mapping ไม่สอดคล้องกับสภาพเครือข่าย จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบไม่ดีเท่าที่ควร

- เมื่อเครือข่ายมีการเข้าใช้งานช่องสัญญาณอย่างหนาแน่น ในแต่ละคลาสจะ มีการเลือกขนาดของ CW ที่มีค่าที่ใกล้เคียงกันทำให้มีโอกาส ที่จะทำให้เกิด การชนกันของ แพ็กเก็ตข้อมูลสูง

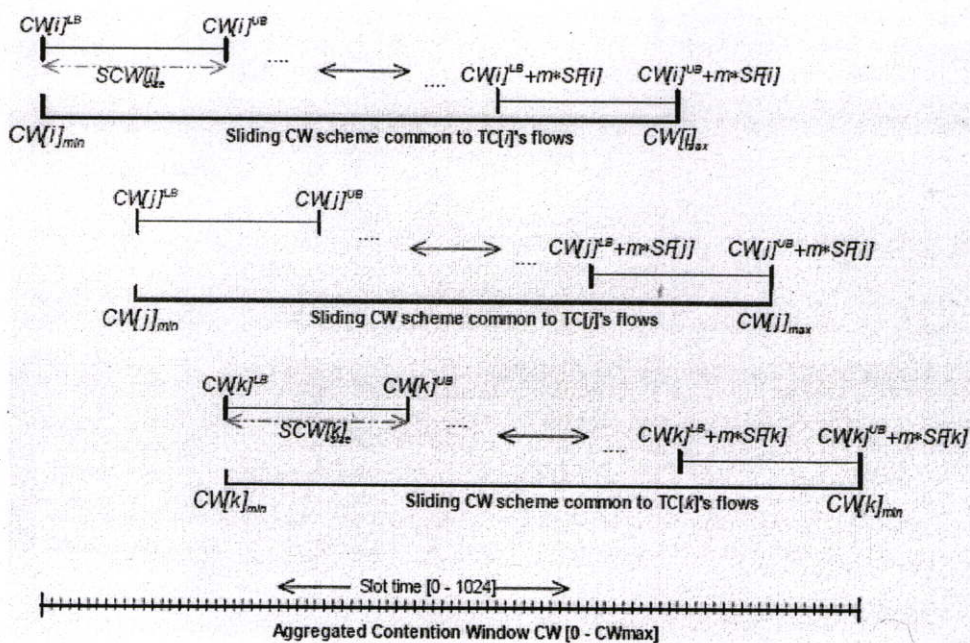
3.3 SCW: Sliding Contion Window For Efficient Service Differentiation in IEEE 802.11

Networks

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการปรับเปลี่ยน CW ขึ้นกันสถานะของเครือข่าย และ สนับสนุน QoS โดยมีการสุ่มเลือกขนาดของช่วงเวลา backoff ซึ่งจากเดิมในแต่ละทรานฟิคนั้น จะมีการเลือกช่วงเวลา backoff  $[0, CW_i]$  ในวิธีการ SCW ที่นำเสนอนี้ในแต่ละประเภท ของทรานฟิค จะมีการแบ่งแยกช่วงของ CW ที่แตกต่างกัน โดยจะปรับเปลี่ยนไปตามแต่ละสถานะ ของเครือข่าย โดยมีวิธีการดังนี้

ทำการแบ่ง CW ไปตามแต่ละประเภทของทรานฟิคที่เข้ามาออกเป็นประเภท i, j, k โดย แต่ละประเภทของ ทรานฟิคนั้นขนาดของ CW ที่แยกออกจะมีส่วนที่เหลื่อมล้ำกัน แสดงตามรูปที่

3.3



รูปที่ 3.3 แสดง Contention window sliding สำหรับ 3 TCs

โดยในวิธีการ SCW นี้ในแต่ละประเภททรานฟิค i นั้นจะมีการปรับเลื่อนขนาดของ CW อยู่ใน แต่ละช่วงของ TC นั้น ๆ และในการสุ่มเลือกขนาดของ CW ของแต่ละประเภทข้อมูลจะอยู่ใน ช่วง  $CW_{min}$ ,  $CW_{max}$  ของแต่ละ TC โดยการปรับเลื่อนขนาดของ  $SCW[i]$  นั้นจะเป็น Linear-increase Linear-decrease (LILD) ตามแต่ค่าของ  $SF[i]$  (Sliding Factor) ของแต่ละ TC จาก วิธีการสามารถนำมาเขียนเป็นขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้

1) *SCW decreasing procedure:*

$$\text{IF (oldCW}[i]^{LB} - \text{SF}[i] \geq \text{CW}[i]_{\min}) \{$$

$$\text{newCW}[i]^{LB} = \text{oldCW}[i]^{LB} - \text{SF}[i]$$

$$\text{newCW}[i]^{UB} = \text{oldCW}[i]^{UB} - \text{SF}[i]$$

$$\} \text{ ELSE } \{$$

$$\text{newCW}[i]^{LB} = \text{CW}[i]_{\min}$$

$$\text{newCW}[i]^{UB} = \text{CW}[i]_{\min} + \text{size}(\text{SCW}[i]) \}$$
2) *SCW increasing procedure:*

$$\text{IF (oldCW}[i]^{UB} + \text{SF}[i] \leq \text{CW}[i]_{\max}) \{$$

$$\text{newCW}[i]^{LB} = \text{oldCW}[i]^{LB} + \text{SF}[i]$$

$$\text{newCW}[i]^{UB} = \text{oldCW}[i]^{UB} + \text{SF}[i]$$

$$\} \text{ ELSE } \{$$

$$\text{newCW}[i]^{LB} = \text{CW}[i]_{\max} - \text{size}(\text{SCW}[i])$$

$$\text{newCW}[i]^{UB} = \text{CW}[i]_{\max} \}$$

## รูปที่ 3.4 แสดงถึงขั้นตอนการทำงานของ SCW

## ข้อดี

- สนับสนุน QoS
- เพิ่มทราฟฟิคให้ระบบเมื่อเครือข่ายมีการใช้งานหนาแน่น
- มีการปรับเปลี่ยนขนาดของ CW ตามสถานะของเครือข่ายทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่ายดีขึ้น

## ข้อเสีย

- ในสถานะของเครือข่ายที่มีการใช้งานน้อย จะทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของเครือข่ายไม่ดีเท่าที่ควรเนื่องจากการเลือกช่วงเวลา Backoff นั้นจะอยู่ในช่วง  $CW_{\min}$  ,  $CW_{\max}$  ของแต่ละ TC
- ในสถานะที่เครือข่ายมีการใช้งานน้อยจะทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานช่องสัญญาณไม่เต็มที่

## บทที่ 4

# วิธีการที่นำเสนอ

เนื่องจากเครือข่ายไร้สายไม่สามารถตรวจสอบการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลที่เกิดขึ้นในเครือข่ายได้ โดยในบทที่ 3 ได้มีการนำเสนอวิธีการต่าง ๆ ที่ช่วยลดปัญหาการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลที่เกิดขึ้นในเครือข่ายด้วยการปรับขนาดของคอนเทนชันวินโดว์ (CW) ซึ่งในแต่ละวิธีนั้นมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน ซึ่งในบทนี้เราจะกล่าวถึงวิธีการปรับขนาดของคอนเทนชันวินโดว์ โดยขึ้นกับสถานะการใช้งานเครือข่าย เพื่อเพิ่มความสามารถในการเข้าใช้งานช่องสัญญาณ และเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ รวมไปถึงวิธีการทำการจำลองการทำงานของระบบที่ใช้ในงานวิจัย

### 4.1 ปัญหา

เนื่องจากเครือข่ายแบบไร้สายไม่สามารถที่จะตรวจสอบการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลที่ส่งออกไปได้ซึ่งในสถานะที่เครือข่ายมีการใช้งานช่องสัญญาณที่หนาแน่นมากจะทำให้เกิดการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลในปริมาณมาก เนื่องจากแต่ละโหนดมีความต้องการที่จะส่งข้อมูลออกไป และ มีการเลือกช่วงเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลที่พร้อมกัน เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบลดลง และ เกิดการสูญเสียของแพ็กเก็ตข้อมูลในปริมาณมาก โดยได้มีการทำวิจัยผลกระทบของการปรับเปลี่ยนขนาดของ CW เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบที่ได้นำเสนอไปแล้วในบทที่ 3

จากการศึกษาพบว่าในแต่ละส่วนของงานวิจัยยังมีข้อที่ควรปรับปรุง เช่น ใน [11] แม้จะมีวิธีการทำงานที่ง่ายแต่พบว่าวิธีการที่ได้แนะนำเสนอนั้นยังไม่ได้มีการออกแบบให้สนับสนุน QoS หรือ ใน [12] ถึงแม้จะเพิ่มในส่วนสนับสนุน QoS เพิ่มเข้ามา แต่เมื่อเครือข่ายมีการใช้งานที่หนาแน่นระบบยังคงมีอัตราการเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลในปริมาณสูง อันเนื่องมาจากแต่ละโหนดส่งข้อมูลออกไปพร้อมกัน และใน [13] ได้แนะนำวิธีการ แบ่งแยกช่วงของ CW ออกเป็นตามแต่ละ TC ซึ่งเป็นผลทำให้เมื่อมีการใช้งานเครือข่ายอย่างหนาแน่นระบบสามารถที่จะให้บริการทราฟฟิกข้อมูลที่เข้ามาได้อย่างดี แต่วิธีการนี้หากนำไปใช้ในสถานะที่เครือข่ายมีการใช้งานน้อยจะส่งผลทำให้การใช้งานช่องสัญญาณไม่ได้เต็มประสิทธิภาพเท่าที่ควร

### 4.2 แนวคิดในการออกแบบ

หากมีการจัดสรรการเข้าใช้งานช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพโดยขึ้นกับสถานะการใช้งานเครือข่าย จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของระบบได้ ซึ่งจากการศึกษาพบการจัดสรรการเข้าใช้งานช่องสัญญาณในระดับชั้น MAC นั้นประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

- Inter Frame Space (IFS) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ที่กำหนดไว้สำหรับการส่งข้อมูลแต่ละประเภทออกไป
- Back off time ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการหยุดรอก่อนที่จะมีการส่งข้อมูลออกไป โดยที่ระยะเวลาที่ใช้ในการหยุดรอนั้นจะได้รับการสุ่มเลือกจากขนาดของ CW

ซึ่งในส่วนของ IFS เป็นค่าคงที่ซึ่งกำหนดไว้เป็นเวลาที่สั้น ๆ ตามแต่ละประเภทเฟรมข้อมูล แต่ในส่วนของ backoff time นั้นเป็นช่วงเวลาที่สุ่มเลือกจาก CW เพื่อทำการหยุดรอก่อนที่จะทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลออกไป ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพในการส่งข้อมูล และ การใช้งานช่องสัญญาณมากกว่า IFS ดังนั้นหากมีการจัดสรรขนาดของ CW ตามสถานะของเครือข่ายเพื่อลดการส่งข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันของแต่ละประเภททราฟฟิกข้อมูล จะทำให้ระบบมีทรูพพท์ที่สูงขึ้น และ มีการสูญเสียแพ็กเก็ตข้อมูลที่น้อยลง ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบเพิ่มขึ้น

#### 4.3 วิธีการที่นำเสนอ: Modified Enhanced Distributed Channel Access (MEDCA)

จากมาตรฐานของ IEEE 802.11e ได้กำหนดให้มีการเลือกขนาดของ CW จากช่วง  $[0, W-1]$  โดยที่  $W$  คือความกว้างของคอนเทนชันวินโดว์ (CW) ซึ่งจะขึ้นกับลำดับความสำคัญของบริการ (Priority) และ เพื่อเป็นการสนับสนุนคุณภาพการให้บริการ ที่แตกต่างกัน ซึ่งหากมีการใช้งานเครือข่ายหนาแน่นจะทำให้ประสิทธิภาพในการให้บริการทราฟฟิกที่มีลำดับความสำคัญสูงลดลง อันเนื่องมาจากทราฟฟิกที่มีความสำคัญสูงขนาดของ CW จะแคบ และแต่ละประเภทของทราฟฟิกมีการเลือกช่วงเวลาในช่วงเดียวกัน ทำให้มีโอกาสที่แต่ละ โมบายโฮสต์จะเลือกช่วงเวลาที่จะส่งข้อมูลพร้อม ๆ กันมีสูง

เพื่อเป็นการลดการเกิดจากการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลอันเนื่องจากการเลือกช่วงเวลาในการส่งข้อมูลพร้อมกัน ในงานวิจัยฉบับนี้จึงได้นำเสนอวิธีการปรับขนาดของ CW โดยพิจารณาสถานะของเครือข่าย ซึ่งวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอมีกระบวนการทำงานดังนี้คือ

- กำหนดขนาดของ CW  $[AC]_{min}$  เริ่มต้นนั้นจะขึ้นกับค่าที่น้อยที่สุดระหว่าง  $CW[AC]_{min}$  กับ จำนวนโมบายล์โฮสต์ในเครือข่าย และ จะมีการเก็บค่าพารามิเตอร์มาตรฐานไว้เป็น  $baseCW[AC], maxCW[AC]$
- วิธีการ MEDCA จะมีการกำหนดช่วงเวลาที่จะมีการตรวจสอบอัตราการชนกัน (Collision rate) ของการส่งข้อมูลซึ่ง โดยสมการที่ใช้จาก [3] คือ

$$f^j_{curr} = \frac{Num(collision_j[p])}{Num(data\_sent_j[p])} \quad (1)$$

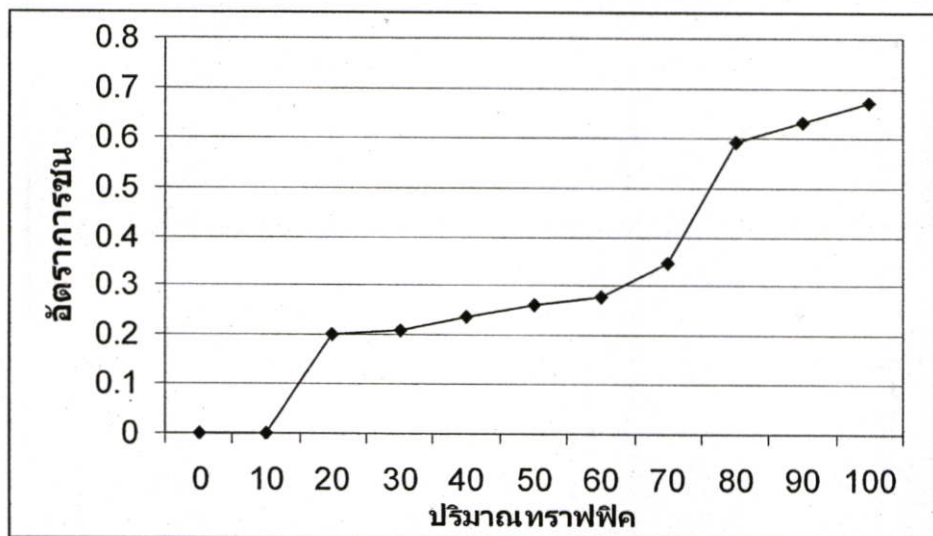
เมื่อ  $f^j_{curr}$  คือ อัตราการชนกันที่สังเกตได้จากโมบายล์โฮสต์  $p$  ณ ช่วงที่  $j^{th}$  ในช่วงเวลา  $T$  จากนั้นจะนำมาหาค่าอัตราการชนกันเฉลี่ยสะสมจากสมการ (2)

$$f^j_{avg} = (1-\alpha) \times f^j_{curr} + \alpha \times f^{j-1}_{avg} \quad (2)$$

เมื่อ  $\alpha$  คือ Smoothing factor มีค่าอยู่ในช่วง  $[0, 1]$  โดยที่ค่า  $f^j_{avg}$  จะใช้เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนการกำหนดวิธีการ และ ขนาดของ CW

จากสมการที่ (1), (2) เพื่อหาค่า  $f^j_{avg}$  และ  $\alpha$  ที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการจำลองการทำงาน of ระบบ เราจึงได้ทำการจำลองการทำงานโดยทำการปรับเปลี่ยนค่า  $f^j_{avg}$  และ  $\alpha$  โดยพิจารณาถึงค่าทรูพุทที่เกิดขึ้นในระบบ จากกราฟรูปที่ 4.1 เมื่อเราได้ทำการเพิ่มค่าการใช้งานเครือข่ายเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 10-100 เฟอร์เซ็นต์ตามลำดับ พบว่าอัตราการชนกันเฉลี่ย ( $f^j_{avg}$ ) จะเพิ่มค่าขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งจากกราฟรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าเมื่อมีการใช้งานเครือข่ายที่ 70 เฟอร์เซ็นต์ ค่าอัตราการชนกันเฉลี่ย ( $f^j_{avg}$ ) จะมีค่าความชันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

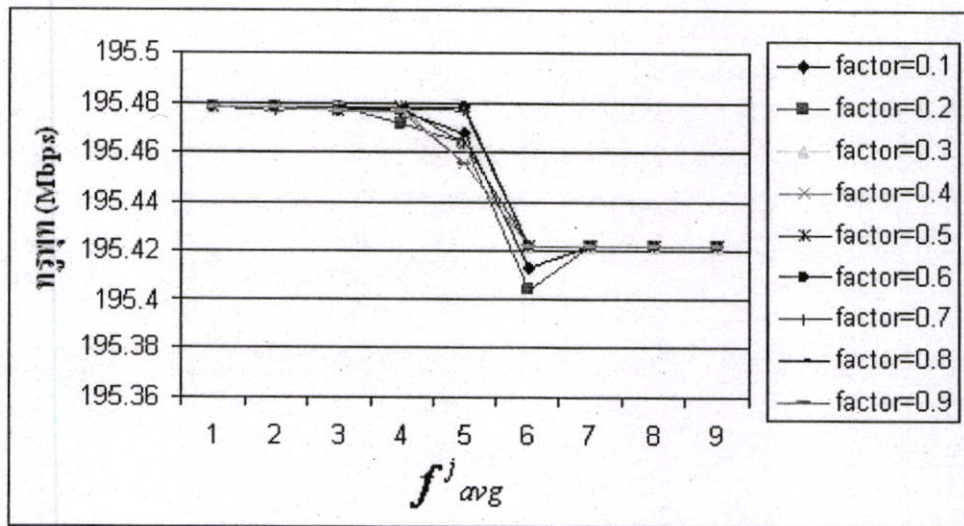
ดังนั้นเราจึงใช้ค่าค่า  $f^j_{avg}$  ที่เหมาะสมเพื่อพิจารณาถึงสถานะการใช้งานเครือข่ายหนาแน่น คือค่า  $f^j_{avg}$  ตั้งแต่ 0.35 ขึ้นไป แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงอัตราการชนกันที่เกิดขึ้นเมื่อทราฟฟิคค่าต่าง ๆ

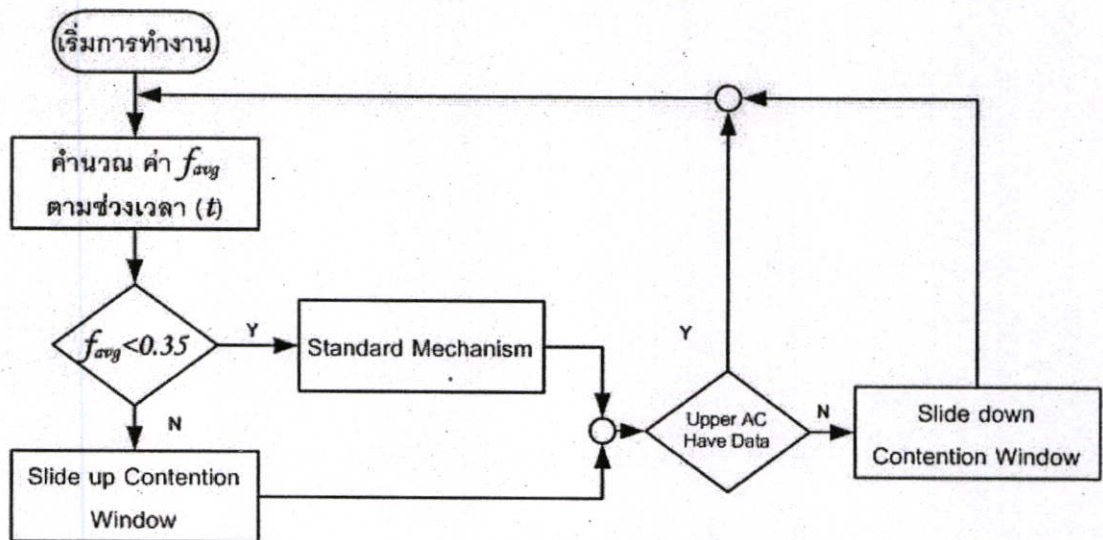
เพื่อหาค่า  $\alpha$  ที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการจำลองการทำงาน of ระบบ เราได้ทำการจำลองการทำงาน of ระบบโดยทำการปรับเปลี่ยนค่า  $\alpha$  ที่เป็นไปได้ คือ ตั้งแต่ 0.1-0.9 แสดงดังกราฟรูปที่ 4.2 จากรูปจะพบว่าค่า  $\alpha$  ที่ให้ค่าทรูพุทที่ดีที่สุดนั้น จะอยู่ในช่วง 0.6-0.8 แสดงดังรูปที่ 4.2

ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้เราจะใช้งาน  $f^j_{avg}$  มีค่าเป็น 0.35 และใช้ค่า  $\alpha$  เป็น 0.6 ตามลำดับเพื่อเป็นเกณฑ์ในการที่จะปรับเปลี่ยนวิธีการกำหนดขนาดของคอนเทนชันวินโดว์



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าทรูพุทที่ค่า  $f^j_{avg}$  และ  $\alpha$  ต่าง ๆ

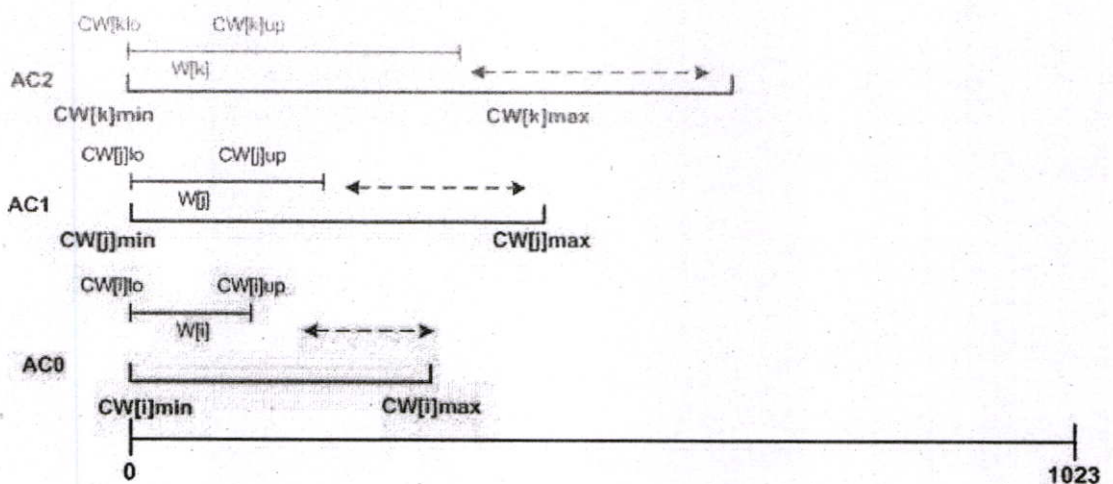
- เมื่อเกิดการชนกันของข้อมูลจะใช้วิธีการกำหนดขนาดของ CW และกระบวนการสุ่มเลือก Time Slot ตามวิธีการมาตรฐานแสดงดังรูปที่ 4.4 ในการปรับเพิ่มขนาดของ CW ก็คือ จะเพิ่มครึ่งละสองเท่าจนถึงค่า CWmax ของแต่ละ ACs



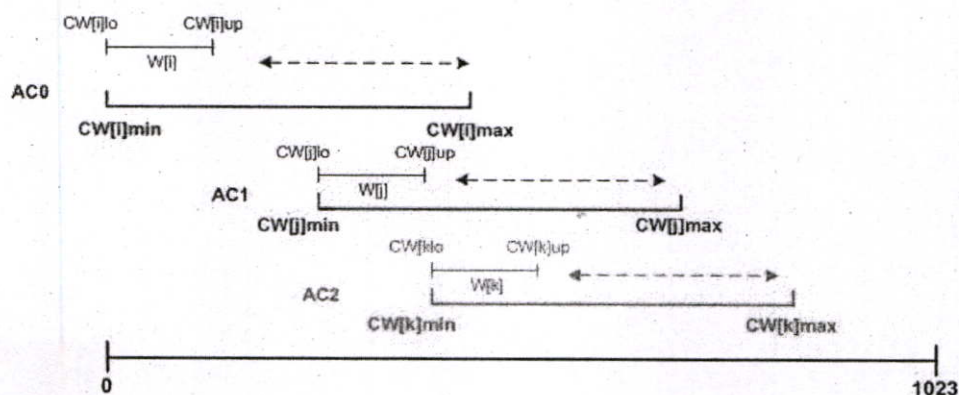
รูปที่ 4.3 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของระบบ

- เมื่อเครือข่ายอยู่ในสถานะไม่มีการเคลื่อนที่ถ้า  $f^j_{avg}$  มีค่ามากกว่า 0.35 เราจะถือว่าเครือข่าย ณ ขณะนั้นมีการใช้งานเครือข่ายอย่างหนาแน่น แต่เมื่อระบบมีการเคลื่อนที่ ค่า  $f^j_{avg}$  จะถูกปรับลดค่าลงจากเดิมเป็น 0.30 แต่หากพบว่าระบบมีการชนกันเกิดขึ้น มาก จะใช้ค่า 0.35 เหมือนแทน เพื่อให้ประสิทธิภาพของการให้บริการเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดอัตราการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูล ที่อาจจะเกิดขึ้น จะมีกระบวนการปรับเลื่อนขนาดของ CW ซึ่งแสดงดังในรูปที่ 4.5 โดยที่การปรับเลื่อนขนาดของ CW จะ เป็นไปในลักษณะที่เหลื่อมล้ำกัน โดยค่าความเหลื่อมล้ำของ CW ในแต่ละ ACs จะอยู่

ระหว่าง 0 – 0.4 ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของการส่งข้อมูลในขณะนั้น โดยที่เมื่อมีการปรับเปลี่ยนขนาดของ CW จะมีผลทำให้ค่า  $CW_{max}$  ของแต่ละ ACs ถูกปรับเปลี่ยนตามไปด้วย ซึ่งในวิธีการ MEDCA ของเรานี้ ได้มีการปรับขนาดของ  $CW_{max}$  เมื่อมีความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่ายในสภาพแวดล้อมที่คงที่เป็น  $CW_{max} = 8 \times CW_{min}$  และในสภาพแวดล้อมที่มีการเคลื่อนที่ค่า  $CW_{max} = 7 \times CW_{min}$  เนื่องจากว่าในสถานะที่เครือข่ายมีการเคลื่อนที่โอกาสที่จะเกิดการสูญเสียจากการเคลื่อนที่มีสูงกว่าในสภาพแวดล้อมที่หยุดนิ่ง แต่หากระบบตรวจพบว่าการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลสูงขึ้น ระบบจะทำการกลับไปใช้ค่าพารามิเตอร์เดียวกับที่ใช้ในสถานะหยุดนิ่ง โดยที่ในแต่ละ ACs จะมีกระบวนการสุ่มเลือก Backoff Time ของแต่ละ AC นั้นจะถูกจำกัดไว้ที่ ขอบบนสุด (Upper Bound) และ ขอบล่างสุด (Lower Bound) ของแต่ละ ACs เท่านั้นคือ  $[CW[AC]_{lo}, CW[AC]_{up}]$  การปรับเปลี่ยนขนาดของ CW นี้เพื่อให้ ข้อมูลที่มีลำดับความสำคัญสูงยังคงสามารถที่จะให้บริการได้ดี และมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นการลดโอกาสที่จะเลือกช่วงเวลาในการส่งข้อมูลพร้อมกันด้วย



รูปที่ 4.4 แสดงการสุ่มเลือก Backoff time ตามวิธีการมาตรฐาน



รูปที่ 4.5 แสดงการปรับเลี่ยนขนาด CW เมื่อตรวจสอบพบว่าการใช้งานเครือข่ายหนาแน่น

เมื่อสถานะการใช้งานเครือข่ายกลับเข้าสู่สภาวะปกติ คือ เมื่อตรวจสอบพบว่า ค่า  $f^j_{avg}$  มีค่าน้อยกว่า 0.35 เมื่ออยู่ในสภาวะที่หยุดนิ่ง และ 0.30 เมื่ออยู่ในสภาวะที่เคลื่อนที่ การปรับเปลี่ยนขนาดของ  $CW_{min}$ ,  $CW_{max}$  จะถูกปรับเปลี่ยนไปใช้รูปแบบมาตรฐานตามปกติ ในการที่จะปรับเพิ่ม หรือลดขนาดของ  $CW$  และ กระบวนการสุ่มเลือก Backoff จะใช้วิธีการตามมาตรฐาน คือ  $[0, W-1]$  โดยที่  $W$  คือความกว้างของ Contention Window ซึ่งขึ้นกับประเภทของข้อมูล

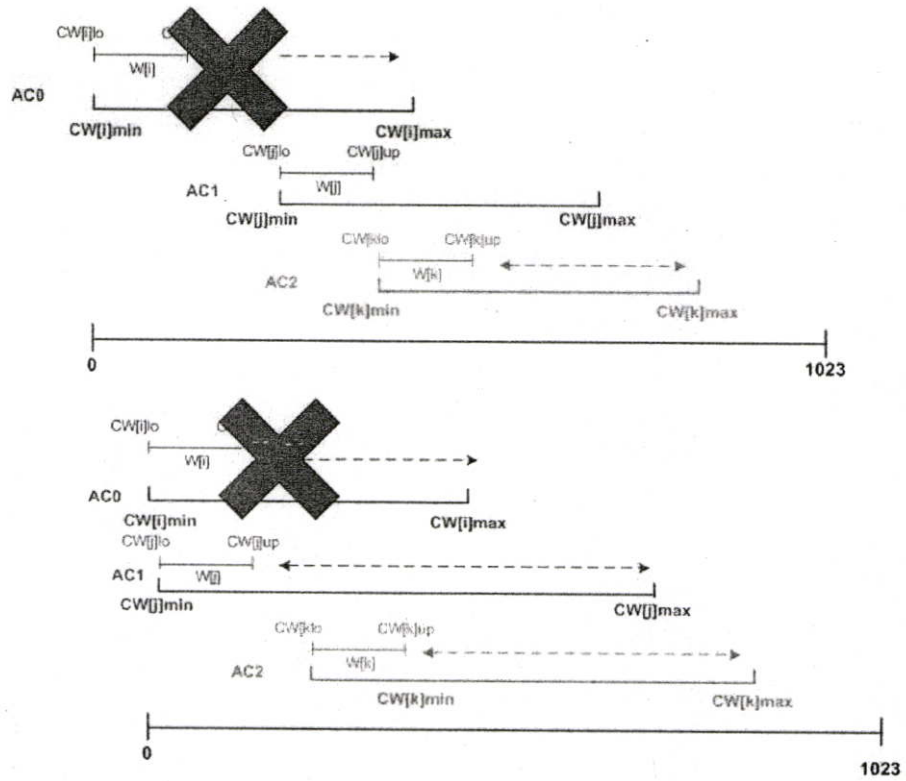
- เมื่อโมบายล์โฮสต์ ใดที่มีการส่งข้อมูล ในบาง AC เท่านั้น โดยในทุก ๆ ช่วงเวลา  $T$  จะมีการตรวจสอบปริมาณของการส่งข้อมูล ในแต่ละ AC หากพบว่า ใน ACs ใดที่ไม่มีการส่งข้อมูล มีลำดับความสำคัญสูงกว่า AC ที่มีการส่งข้อมูล เราจะทำการปรับเปลี่ยนขนาดของ  $CW_{min}$  ของประเภทข้อมูลที่มีความสำคัญต่ำกว่า ให้มีค่า  $CW_{min}$  ที่ลดลง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มโอกาสในการในการส่งข้อมูลมากยิ่งขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.8

- $if (f^j_{avg} < 0.35)$   
*Use standard*
- $if (f^j_{avg} \geq 0.35)$   
*Slide up contention windows*  
 $CW_{max} = 8 \times CW_{min}$
- $if (Upper AC no data)$   
*Slide down contention windows*

รูปที่ 4.6 แสดงวิธีการปรับเปลี่ยนขนาดของ  $CW$  เมื่อเครือข่ายอยู่ในสภาพแวดล้อมที่หยุดนิ่ง

- $if (f^j_{avg} < 0.30)$   
*Use standard*
- $if (f^j_{avg} \geq 0.30)$   
*Slide up contention windows*  
 $CW_{max} = 7 \times CW_{min}$
- $if (Upper AC no data)$   
*Slide down contention windows*

รูปที่ 4.7 แสดงวิธีการปรับเปลี่ยนขนาดของ  $CW$  เมื่อเครือข่ายเคลื่อนที่



รูปที่ 4.8 แสดงการปรับเลี่ยนขนาด CW เมื่อโมไบล์โฮสต์มีการส่งข้อมูลในบาง AC

## บทที่ 5

### การวัดประสิทธิภาพของระบบ

ในบทนี้เราจะอธิบายถึงการประเมินประสิทธิภาพของวิธีการที่เราได้นำเสนอโดยเราจะกล่าวถึงโปรแกรมที่ใช้จำลองการทำงานของระบบ (Simulation) ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่นำมาทดสอบตามโมเดลจากบทที่ 4 ด้วยการจำลองการทำงานของระบบเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดย ทroughput (Throughput) เวลาประวิง (Delay) และ อัตราการสูญเสีย (Lost rate) เมื่อค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบกับวิธีการเดิมในมาตรฐาน IEEE 802.11c

#### 5.1 Network Simulator version 2 (NS-2)

Network Simulator version 2 (NS-2) เป็นโปรแกรมที่มีการทำงานแบบ Discrete Event simulation ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย สำหรับจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายแบบมีสายและเครือข่ายแบบไร้สาย NS-2 ถูกพัฒนาขึ้นโดย Lawrence Berkeley National Laboratory โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้วิจัยในด้านเครือข่าย ซึ่ง NS-2 ได้เตรียมวัตถุเพื่อไว้สำหรับการจำลองการทำงานของ Routing และ Multicast Protocol ทั้งในเครือข่ายแบบมีสาย (Wired Networks) และ เครือข่ายแบบไร้สาย (Wireless Networks) โดยที่ NS-2 มีโมดูล TCP ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการสื่อสารต่าง ๆ หลากหลายรูปแบบ ดังนั้นการจำลองการทำงานของระบบโดยใช้ TCP จึงมีความจำเป็นต่องานวิจัย และ NS-2 ยังเป็นเครื่องมือที่มีความสามารถอันยอดเยี่ยมอื่น ๆ อีกทั้งยังเป็นโปรแกรมที่บุคคลทั่วไปสามารถดาวน์โหลดมาใช้งาน โดยปราศจากค่าใช้จ่ายใด ๆ

สำหรับในงานวิจัยฉบับนี้ เราได้จำลองการทำงานของระบบโดยใช้โปรแกรม NS-2 เวอร์ชัน 2.28 ที่ติดตั้งบนระบบปฏิบัติการลินุกซ์

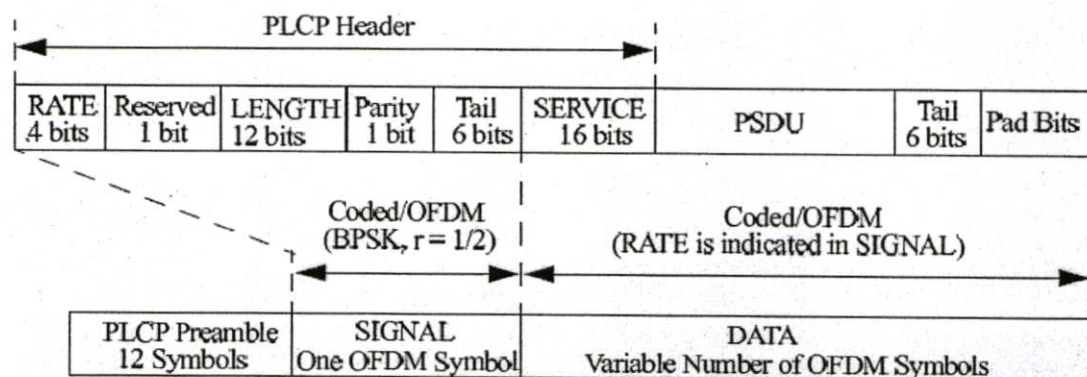
##### 5.1.1 IEEE 802.11 MAC ใน NS-2

ใน NS-2 การทำงานของ MAC สามารถหาพบได้ในไดเรกทอรี `./ns-2.xx/mac/` โดยที่ LLC จะทำการแยกแพ็กเก็ตเกิดจากลำดับความสำคัญของอินเตอร์เฟซ (Interface) คิวเพื่อส่งต่อไปยัง MAC โดยคิวที่ใช้จะเป็น Drop-tail คิว ซึ่งสามารถที่จะใส่ข้อมูลของ routing แพ็กเก็ตที่ส่วนหัวของมันซึ่งในการทำงานของ MAC นี้จะประกอบด้วย IEEE 802.11 DCF ซึ่งจะไม่มีการบรรจุ PCF แต่ถึงอย่างไรก็ตามสามารถที่จะติดตั้ง PCF โดยควาน์โพล Patch จากอินเตอร์เน็ตมาติดตั้งเพิ่มเติมได้ โดยที่ใน NS-2 beacons จะทำงานเมื่อได้รับ Routing Update message ซึ่งจะเกิดขึ้นตามแต่ละช่วงเวลา ดังนั้น "beacon" อาจจะไม่เป็นปัจจุบันเท่าที่ควร

DCF MAC โพรโตคอล มี RTS/CTS/DATA/ACK และสามารถที่จะทำการbroadcast (Broadcast) ออกไปได้ ซึ่งมันสามารถที่จะทำการแสดกนช่องสัญญาณโดย virtual และ physical carrier sense ซึ่งใน MAC ได้มีการเตรียม frame space SIFS, PIFS, DIFS และแม้กระทั่ง EIFS โดยที่ EIFS จะถูกนำมาใช้งานก็ต่อเมื่อหลังจากทุก ๆ ครั้งที่ตรวจสอบพบว่าการพยายามส่งข้อมูลไม่สำเร็จ โดยมันจะอาศัยการตอบกลับมาโดย ACK จากที่ได้กล่าวมานั้น NS จึงได้ทำการรวมออกเป็นหลาย ๆ ช่วงเวลาดังนี้คือ

- Defer timer: จะถูกใช้งานเมื่อ MAC ทำการตรวจสอบช่องสัญญาณเมื่อช่องสัญญาณว่างอย่างน้อยเท่ากับค่า DIFS หรือ ถ้า MAC มีการหยุดรอในช่วงเวลา SIFS
- Backoff timer: จะทำการลดค่าลงจากช่วงเวลา backoff ที่เหลืออยู่
- Interface timer: จะแสดงถึงเวลาที่อินเตอร์เฟสจะไปอยู่ในโหมดสำหรับส่งข้อมูลเมื่อมีการส่งแพ็กเก็ต
- Send timer: ใช้สำหรับแสดงถึงช่วงเวลาที่จะได้รับ ACK ตอบกลับมาหลังจากที่มีการส่งข้อมูลออกไป
- Nav timer: จะเริ่มทำงานเมื่อ
  - สำหรับ EIFS หากมีการตรวจสอบพบว่าการชนกันเกิดขึ้น
  - สำหรับช่วงเวลา contention ในช่วงเวลาที่ได้รับเฟรมข้อมูลสมบูรณ์
  - สำหรับช่วงเวลาที่มีการแลกเปลี่ยน RTS/CTS/DATA/ACK

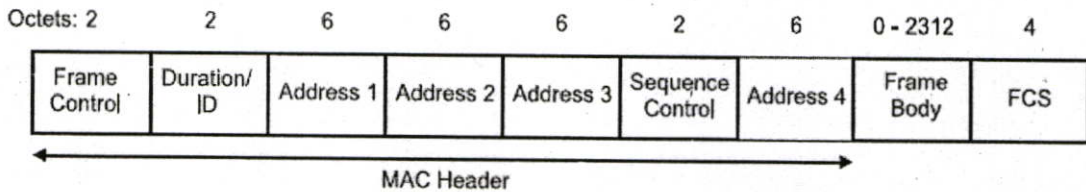
แต่ละช่วงเวลาจะมีการ เริ่ม (start), หยุด (stop), กลับมาทำงานใหม่ (resume) และ handle methode โดยจะถูกสร้างขึ้นใน ../ns-2.xx/mac/mac-timers.cc/h ตามแต่เหตุการณ์เพื่อให้สอดคล้องกับจุดของเวลาที่มีการเพิ่มเข้าไปใน scheduling ลิสต์ใน start method



รูปที่ 5.1 แสดงถึง Physical Layer frame ของ 802.11a

ซึ่งมีหลายอย่างที่ไม่แน่นอนทำให้ผลการทำงานที่ได้ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ซึ่งจะพบในการสร้าง 802.11

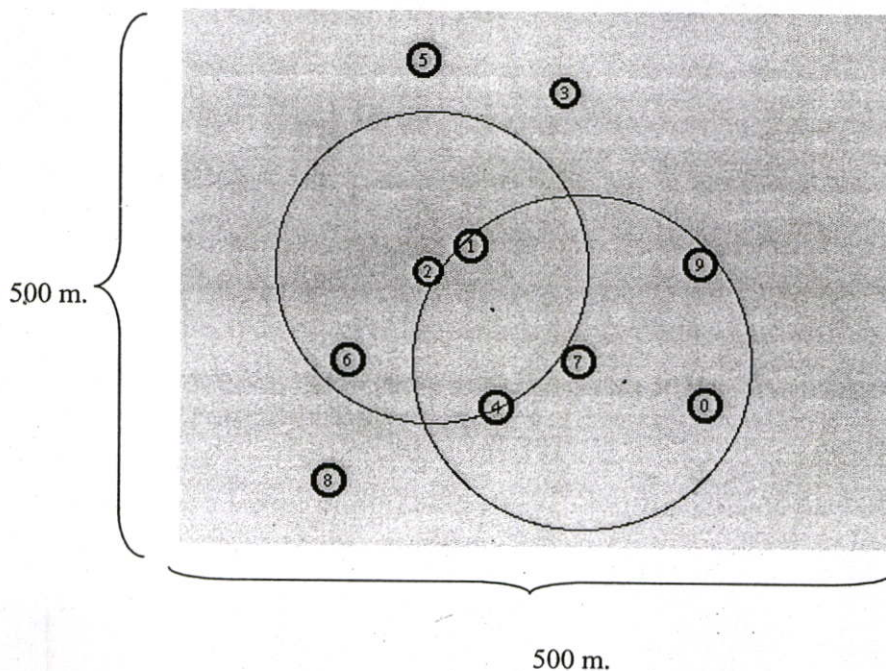
- Deferrals: สมมุติให้สถานี A ต้องการที่จะทำการส่งข้อมูลออกไป สถานี A จะต้องทำการตรวจสอบช่องสัญญาณก่อน โดยที่ defer timer จะเริ่มทำงานเมื่อตรวจสอบพบว่าช่องสัญญาณมีค่าว่างอย่างน้อย DIFS ซึ่งจะสามารถตั้งสมมุติฐานได้ว่าช่องสัญญาณว่าง และสถานี A จะเริ่มการทำงานของ defer timer ซึ่งถ้าหากว่าสถานี B เริ่มกระบวนการทำงานหลังจากนั้น สถานี A จะหยุด defer timer ของมัน ใน NS-2 defer timer จะไม่หยุด ซึ่งมันจะหมดอายุและกระบวนการ backoff จะเริ่มทำงานอีกครั้ง



รูปที่ 5.2 แสดง MAC Sublayer frame ของ 802.11

### 5.2 รูปแบบการจำลองการทำงาน (Simulation Model)

รูปแบบการจำลองการทำงานของระบบจะทำการจำลองการทำงานของเครือข่ายเป็นแบบ Ad Hoc แสดงดังรูปที่ 5.3 โดยในการจำลองการทำงานของระบบนั้นจะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ไม่มีการเคลื่อนที่ และ ส่วนที่มีการเคลื่อนที่ โดยรูปแบบในการเคลื่อนที่และการเชื่อมต่อนั้นจะเป็นไปโดยอิสระ จากนั้นจะมีการนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าประสิทธิภาพกับวิธีการ EDCA เดิม ซึ่งค่าประสิทธิภาพที่ใช้เปรียบเทียบมี 3 ค่า คือ ทฤษฎี (Throughput) , อัตราการสูญเสียของข้อมูล (Loss Rate) และ ค่าดีเลย์ (Delay) ของระบบ



รูปที่ 5.3 ตัวอย่าง Simulation Model ที่ใช้ในการจำลองการทำงานของระบบ

### 5.3 ผลการจำลองการทำงานของระบบ

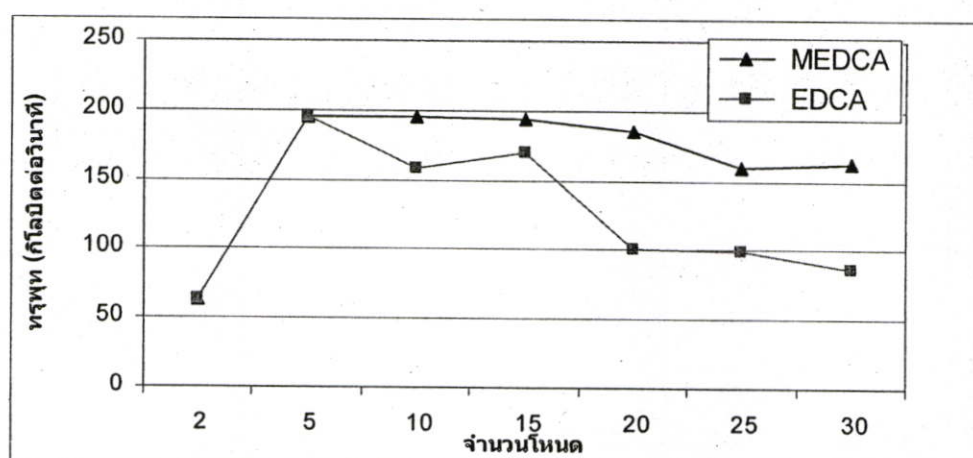
ในการจำลองการทำงานของระบบในงานวิจัยฉบับนี้แบ่งการจำลองการทำงานของระบบออกเป็นสองส่วนคือในส่วนที่ไม่มีเครื่องเคลื่อนที่ และ ส่วนที่มีเครื่องเคลื่อนที่ ดังนี้

#### 5.3.1 การจำลองการทำงานของระบบในสถานะที่เครือข่ายไม่มีการเคลื่อนที่

ในการทดลองนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ต้องการทดสอบและแสดงให้เห็นถึงการนำโมเดลในบทที่ 4 มาทดสอบการทำงานในสถานะที่ไม่มีเครื่องเคลื่อนที่ เพื่อแสดงถึงค่าทรูพุทที่วัดได้จากการจำลองการทำงาน, ค่าอัตราการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการจำลองการทำงานของระบบ และแสดงถึงค่าดีเลย์เฉลี่ยที่วัดได้จากการจำลองการทำงานของระบบ โดยผู้วิจัยได้กำหนดสถานะการทดลองโดยมีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 พารามิเตอร์ในการจำลองการทำงานของระบบ

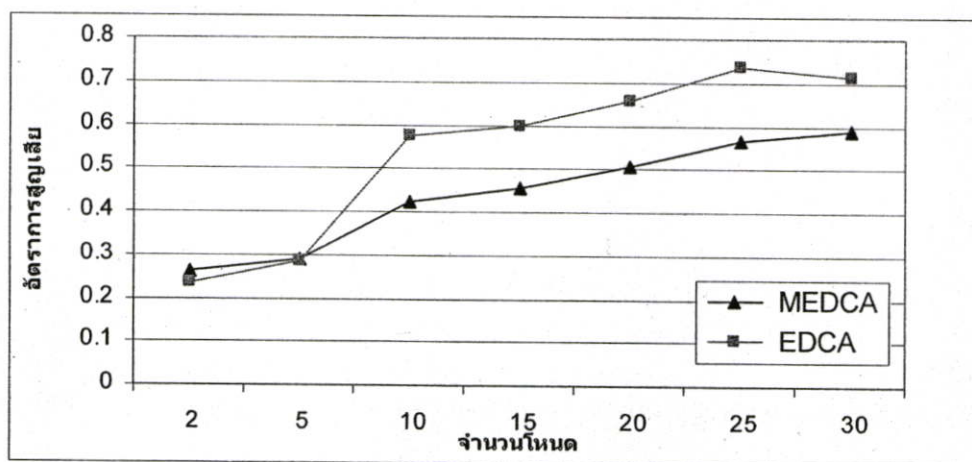
พารามิเตอร์	ค่า
พื้นที่ที่ใช้ในการจำลองการทำงานของระบบ	500 x 500 เมตร
จำนวนโมบายล์โฮสต์	2-30 โมบายล์โหนด
ความเร็วในการเคลื่อนที่	ไม่เคลื่อนที่
ช่วงระยะเวลาส่งข้อมูล	250 เมตร
ค่านำหนักระหว่างค่า $f_{avg}$ เดิม กับค่าปัจจุบัน (Factor)	0.6
อัตราการชนกันเฉลี่ยสะสม ( $f_{avg}$ )	0.35



รูปที่ 5.4 แสดงค่าทรูพุท

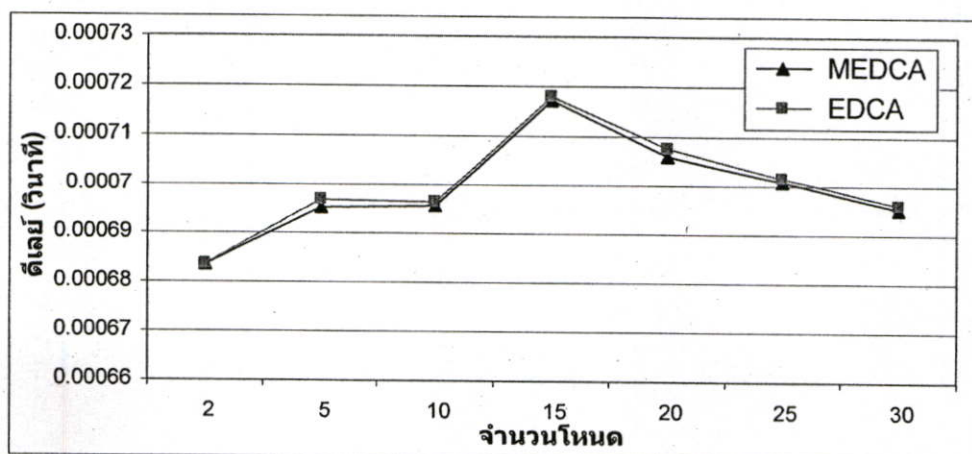
จากกราฟรูปที่ 5.4 แสดงให้เห็นว่าวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอให้อัตราค่าทรูพุทที่สูงกว่าวิธีการมาตรฐาน EDCA เดิม โดยพบว่าในช่วงที่การเครือข่ายอยู่ในสถานะที่มีการใช้งานเครือข่ายไม่หนาแน่นนั้นวิธีการ MEDCA และ EDCA ให้ค่าทรูพุทที่เท่ากัน เนื่องจากวิธีการ MEDCA

ยังคงใช้กระบวนการเดียวกับ EDCA ในกระบวนการในการส่งข้อมูล แต่จะเห็นว่าเมื่อเครือข่ายเริ่มมีการใช้งานที่หนาแน่น ค่า ทรุษุทของวิธีการ EDCA เดิมนั้นได้ลดลงอย่างรวดเร็ว อันเป็นผลจากเครือข่ายเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลในปริมาณมากเนื่องจากวิธีการ EDCA เดิมนั้นได้กำหนดขนาด ของ CW ในกราฟฟิคคลาสที่มีลำดับความสำคัญสูงไว้น้อยเกินไป ทำให้แต่ละโหนดมีโอกาสที่จะเลือกช่วงเวลาในการส่งข้อมูลได้พร้อมกัน แต่จะพบว่าวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอ นั้นให้ค่าทรุษุทที่ดีกว่า เนื่องมาจากการกำหนดขนาดของ CW โดยขึ้นกับสภาวะของเครือข่าย และ เมื่อเครือข่ายมีการใช้งานที่หนาแน่น ระบบจะทำการแบ่งแยกช่วงของ CW ในแต่ละกราฟฟิคคลาส ทำให้ลดโอกาสในการที่จะเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลลดลง ทำให้ค่าทรุษุท ที่โดยรวมของระบบมีค่าสูงขึ้น



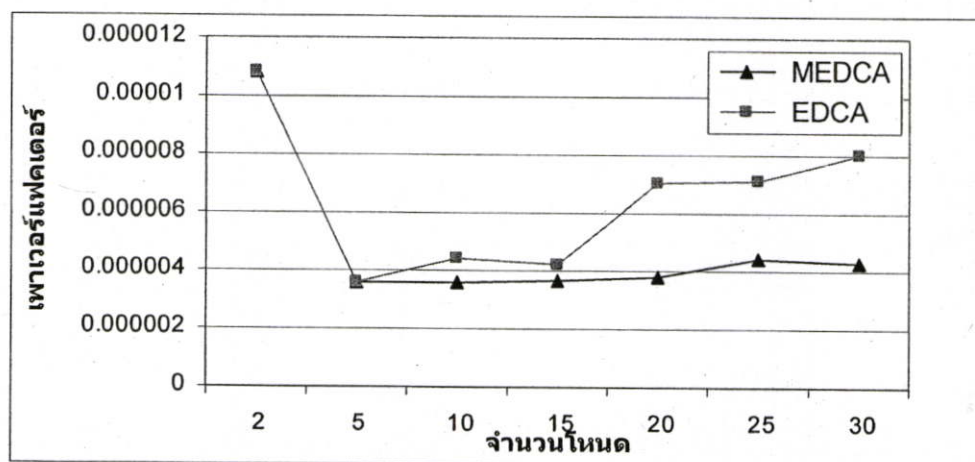
รูปที่ 5.5 แสดงค่าอัตราการสูญเสีย

จากกราฟรูปที่ 5.5 จะพบว่าในสภาวะที่เครือข่ายมีการใช้งานปกติ นั้นวิธีการ MEDCA มีอัตราการสูญเสียของแพ็กเก็ตข้อมูลที่ใกล้เคียงกันกับวิธีการ EDCA เดิม แต่เมื่อเครือข่ายเริ่มมีการใช้งานที่หนาแน่น จะพบว่าวิธีการ EDCA เดิมนั้น มีอัตราการสูญเสียที่สูงกว่าวิธีการ MEDCA มาก โดยการสูญเสียที่เกิดขึ้นนี้โดยส่วนใหญ่แล้วเกิดจากการชนกันของแพ็กเก็ตของข้อมูลที่ถูกส่งออกไปในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะมีผลต่อทรุษุทของระบบ แสดงดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.6 แสดงค่าดีเลย์

จากกราฟรูปที่ 5.6 นั้นจะพบว่าค่าดีเลย์ที่ได้ระหว่างวิธีการ EDCA เดิม กับ วิธีการ MEDCA นั้นไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งจะเห็นว่าวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอ นั้นให้ค่าดีเลย์ที่สูงกว่าเล็กน้อย อันเนื่องมาจากวิธีการ MEDCA นั้นมีปริมาณแพ็กเก็ตที่ถูกส่งไปยังยังผู้รับปลายทาง มากกว่า วิธีการ EDCA เดิม จึงเป็นผลทำให้เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของเวลาในการส่งข้อมูล ทำให้ค่าที่ได้สูงกว่าวิธีการ EDCA เดิมเล็กน้อย ซึ่งค่าที่แตกต่างกันนี้มีค่าน้อยมาก ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานแต่อย่างใด



รูปที่ 5.7 แสดงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

จากกราฟรูปที่ 5.7 แสดงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอ นั้นมีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ดีกว่าวิธีการ EDCA เดิมเมื่อเครือข่ายเริ่มที่จะมีการใช้งานที่หนาแน่น

### 5.3.2 การจำลองการทำงานของระบบในสถานะที่เครือข่ายมีการเคลื่อนที่

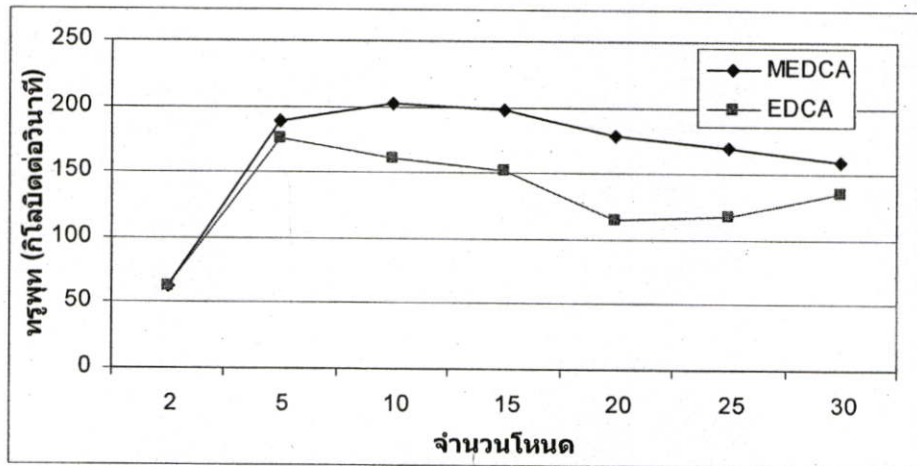
เนื่องจากเครือข่ายไวร์เลสแลนสามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่าง ๆ ได้โดยอิสระ ดังนั้นในการทดลองนี้จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบเมื่อเครือข่ายมีการเคลื่อนที่ ที่ความเร็วต่าง ๆ โดยค่าความเร็วทำการจำลองการทำงานของระบบนี้แบ่งออกเป็น 5, 10 และ 15 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ

#### ตารางที่ 5.2 พารามิเตอร์ในการจำลองการทำงานของระบบ

พารามิเตอร์	ค่า
พื้นที่ที่ใช้ในการจำลองการทำงานของระบบ	500 x 500 เมตร
จำนวน โมบายล์โฮสต์	2-30 โมบายล์โหนด
ความเร็วในการเคลื่อนที่	0-5 เมตรต่อวินาที
ทิศทางในการเคลื่อนที่	สุ่ม

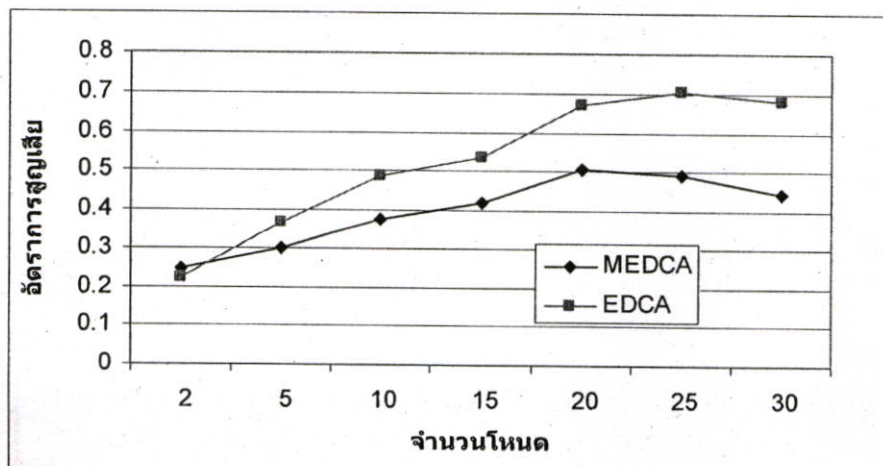
ตารางที่ 5.2 (ต่อ) พารามิเตอร์ในการจำลองการทำงานของระบบ

พารามิเตอร์	ค่า
ช่วงระยะเวลาส่งข้อมูล	250 เมตร
ค่าน้ำหนักระหว่างค่า $f_{avg}$ เดิม กับค่าปัจจุบัน ( <i>Factor</i> )	0.6
อัตราการชนกันเฉลี่ยสะสม ( $f_{avg}$ )	0.3 - 0.35



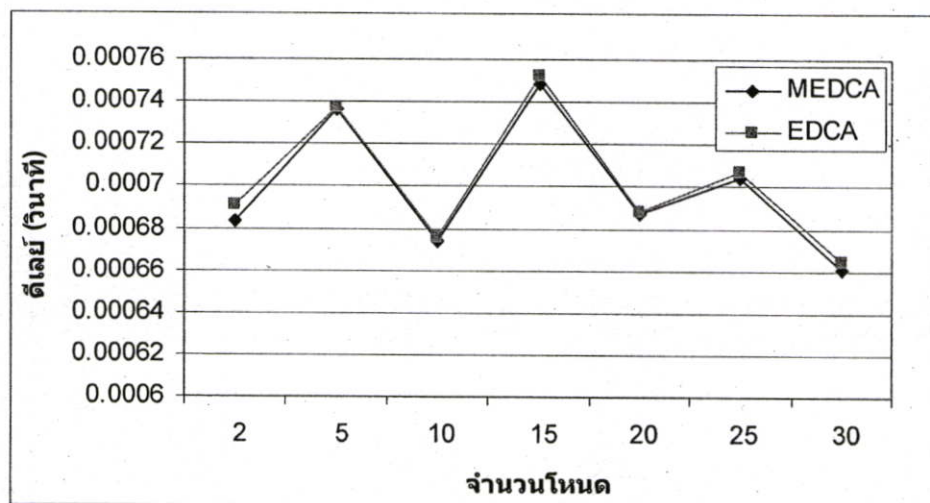
รูปที่ 5.8 แสดงค่าทราฟฟิคเมื่อเครือข่ายมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-5 เมตรต่อวินาที

จากกราฟในรูปที่ 5.8 แสดงให้เห็นถึงค่าทราฟฟิคที่แตกต่างกันระหว่างวิธีการ EDCA เดิม กับ MEDCA โดยที่ในช่วงเริ่มต้นนั้นค่าทราฟฟิคที่ได้จะไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งเป็นผลมาจากวิธีการในการเข้าใช้งานช่องสัญญาณยังทำงานอยู่บนพื้นฐานเดียวกัน แต่จะพบว่าเมื่อเครือข่ายที่มีการเคลื่อนที่ มีจำนวนโหนดและมีการใช้งานเครือข่ายที่เพิ่มมากขึ้น จะพบค่าทราฟฟิคของวิธีการ EDCA เดิม กับ วิธีการ MEDCA ที่นำเสนอ นั้นมีค่าแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งค่าทราฟฟิคที่ลดลงนี้เนื่องจากเครือข่ายมีการใช้งานที่หนาแน่นทำให้มีปริมาณแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลที่ชนกันมีปริมาณที่มากขึ้น



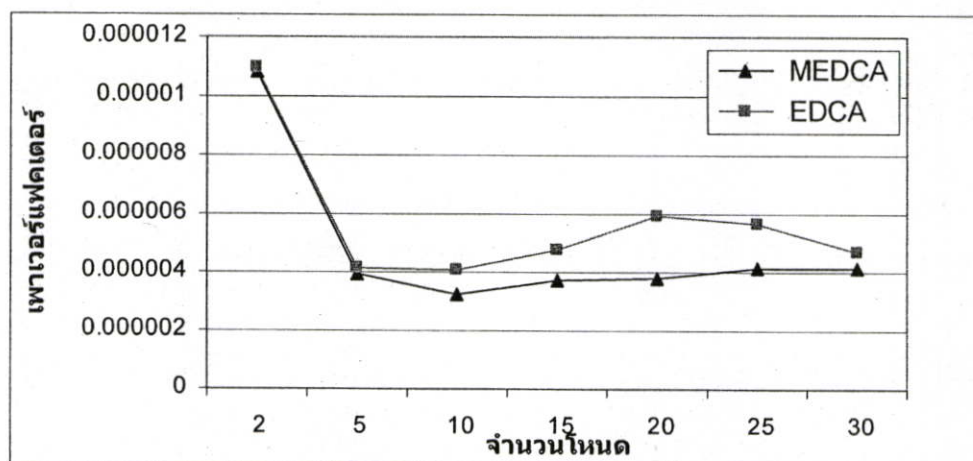
รูปที่ 5.9 แสดงอัตราการสูญเสียเมื่อเครือข่ายมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-5 เมตรต่อวินาที

จากกราฟในรูปที่ 5.9 แสดงให้เห็นถึงอัตราการสูญเสียของแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลอันเนื่องมาจากการเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลในเครือข่าย จากกราฟจะพบว่าในช่วงที่โหนดในระบบมีปริมาณน้อยวิธีการ MEDCA นั้นมีอัตราการสูญเสียของแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลสูงกว่าวิธีการ EDCA เดิมเล็กน้อยอันเนื่องมาจากวิธีการ MEDCA นั้นได้กำหนดขนาดของ CW เริ่มต้นการทำงานของระบบโดยขึ้นกับจำนวน โหนดที่มีในเครือข่าย ซึ่งเมื่อจำนวน โหนดที่มีในเครือข่ายมีจำนวนน้อย ทำให้ค่า CW เริ่มต้นการทำงานของระบบมีช่วงที่แคบ ทำให้แต่ละ โหนดในเครือข่ายมีโอกาสที่จะเลือกช่วงเวลาในการส่งข้อมูลที่พร้อมกัน จึงเป็นผลทำให้อัตราการสูญเสียแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลมีค่าที่มากกว่า แต่เมื่อเครือข่ายเข้าสู่การทำงานที่มีการใช้งานเครือข่ายที่หนาแน่น จะพบว่าวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอ นั้น ให้อัตราการสูญเสียแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลที่น้อยกว่าวิธีการ EDCA เดิมมาก ซึ่งอัตราการสูญเสียของแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลนี้ มีผลโดยตรงกับค่าทรูพุทที่แสดงดังกราฟรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.10 แสดงค่า ดีเลย์ของระบบเมื่อเครือข่ายมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-5 เมตรต่อวินาที

จากกราฟในรูปที่ 5.10 แสดงให้เห็นถึงค่าดีเลย์ของระบบซึ่งจะพบว่าวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอ นั้นมีค่าดีเลย์ที่สูงกว่าวิธีการ EDCA เดิมบ้างเล็กน้อย ซึ่งเนื่องมาจากค่าดีเลย์นี้ได้จากค่าเฉลี่ยต่อจำนวนแพ็กเก็ตที่ส่งออกไป ซึ่งจากกราฟรูปที่ 5.8 และ 5.9 นั้นจะเห็นว่าเมื่อเครือข่ายมีการใช้งานที่หนาแน่น วิธีการ MEDCA นั้นให้ค่าทรูพุทที่สูงกว่าวิธีการ EDCA และยังมีอัตราการสูญเสียแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลที่น้อยกว่า ดังนั้นเมื่อนำมาคำนวณหาค่าดีเลย์เฉลี่ยจึงทำให้ค่าที่ได้มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย แต่จะสังเกตว่าค่าความแตกต่างนั้นมีค่าน้อยมาก ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อความรู้สึกของผู้ใช้งานแต่อย่างใด

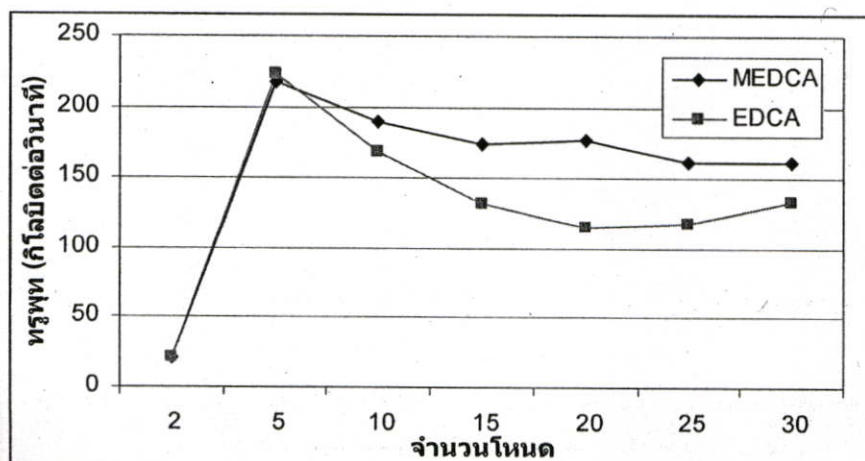


รูปที่ 5.11 แสดงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

จากกราฟรูปที่ 5.11 แสดงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์(Power Factor) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอ นั้นมีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ดีกว่าวิธีการ EDCA เดิมเมื่อเครือข่ายเริ่มที่จะมีการใช้งานที่หนาแน่น

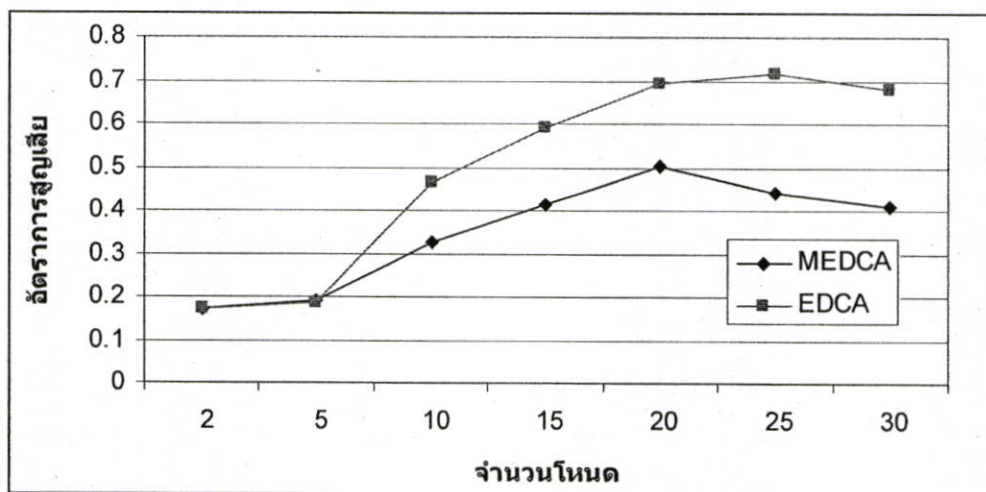
ตารางที่ 5.3 พารามิเตอร์ในการจำลองการทำงานของระบบ

พารามิเตอร์	ค่า
พื้นที่ที่ใช้ในการจำลองการทำงานของระบบ	500 x 500 เมตร
จำนวนโมบายล์โฮสต์	2-30 โมบายล์โหนด
ความเร็วในการเคลื่อนที่	0-10 เมตรต่อวินาที
ทิศทางในการเคลื่อนที่	สุ่ม
ช่วงระยะเวลาส่งข้อมูล	250 เมตร
ค่านำหนักระหว่างค่า $f_{avg}$ เดิม กับค่าปัจจุบัน (Factor)	0.6
อัตราการชนกันเฉลี่ยสะสม ( $f_{avg}$ )	0.3 - 0.35



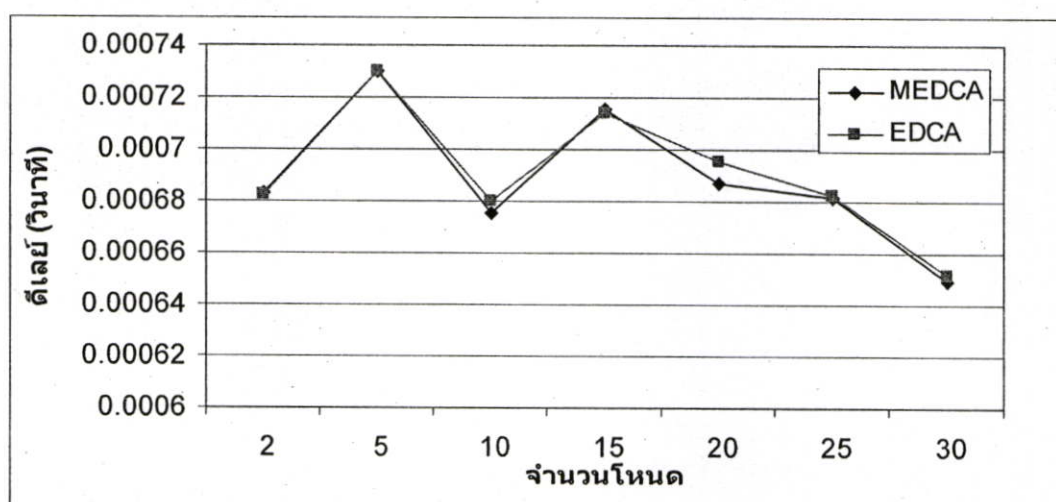
รูปที่ 5.12 แสดงค่าการชนกันเฉลี่ยสะสมเมื่อเครือข่ายมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-10 เมตรต่อวินาที

จากกราฟรูปที่ 5.12 เมื่อเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของโหนดที่อยู่ในระบบ พบว่าวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอ นั้นยังคงให้ค่าทรูพุตที่สูงกว่าวิธีการ EDCA เดิมเมื่อเครือข่ายมีการใช้งานที่หนาแน่น



รูปที่ 5.13 แสดงอัตราการสูญเสียเมื่อเครือข่ายมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-10 เมตรต่อวินาที

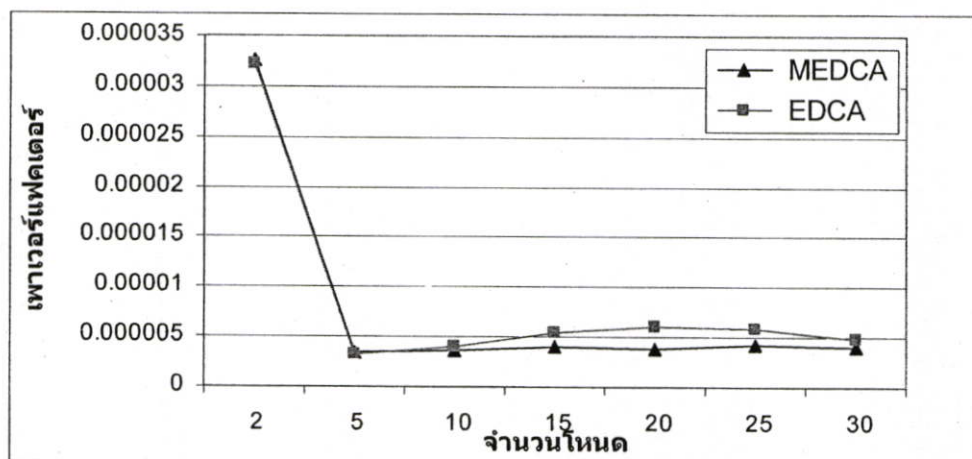
จากกราฟในรูปที่ 5.13 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเครือข่ายมีการเคลื่อนที่ ที่ความเร็วที่สูงขึ้นและจำนวนโหนดเพิ่มขึ้น อัตราการสูญเสียของแพ็กเก็ตข้อมูลจะเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลทำให้ทรูพุตของระบบลดลง แต่จากกราฟในรูปที่ 5.13 แสดงให้เห็นว่าวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอ นั้นยังคงมีค่าอัตราการสูญเสียของแพ็กเก็ตข้อมูลต่ำกว่าวิธีการ EDCA เดิม



รูปที่ 5.14 แสดงค่า ดีเลย์ของระบบเมื่อเครือข่ายมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-10 เมตรต่อวินาที

จากกราฟในรูปที่ 5.14 แสดงให้เห็นว่าวิธีการเมื่อความเร็วอัตราการเคลื่อนที่ของระบบ มีความเร็วที่เพิ่มขึ้นนั้นจะมีผลต่อค่าดีเลย์ มากหรือน้อย ซึ่งจะเห็นว่าค่าดีเลย์ของวิธีการ MEDCA นั้นมีค่าความผันผวน แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าความแตกต่างระหว่างวิธีการ EDCA และ MEDCA

แล้ว จะพบว่าค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นนั้นจะมีผลกระทบต่อผู้ใช้งานน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณข้อมูลที่ได้รับ

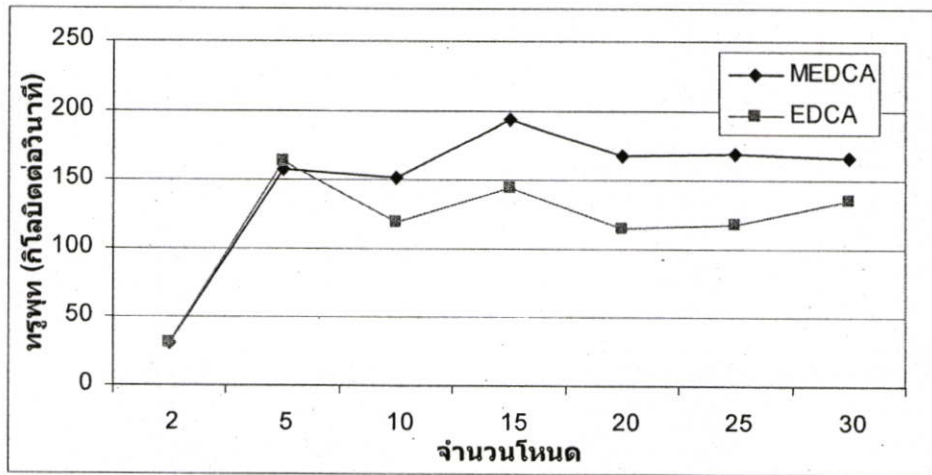


รูปที่ 5.15 แสดงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

จากกราฟรูปที่ 5.15 แสดงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอ นั้นมีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ดีกว่าวิธีการ EDCA เดิมเมื่อเครือข่ายเริ่มที่จะมีการใช้งานที่หนาแน่น

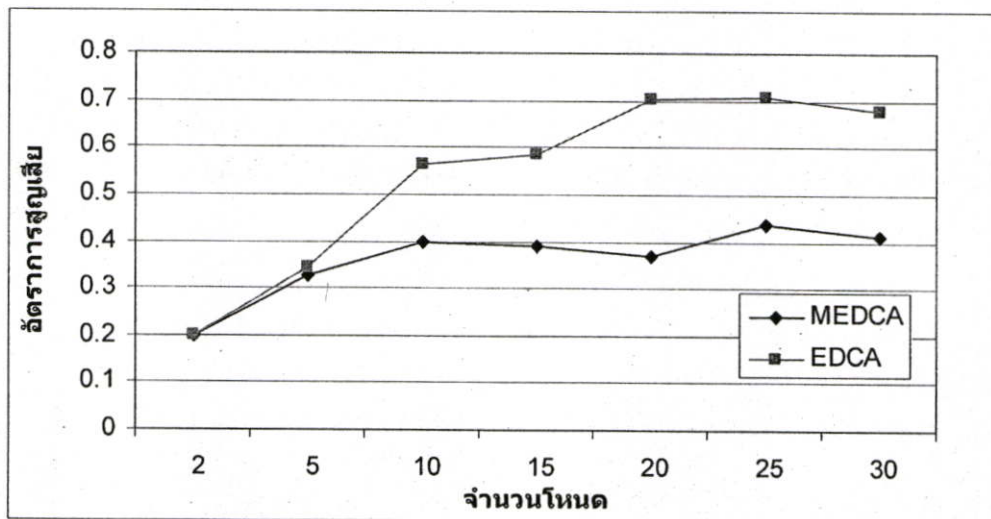
ตารางที่ 5.4 พารามิเตอร์ในการจำลองการทำงานของระบบ

พารามิเตอร์	ค่า
พื้นที่ที่ใช้ในการจำลองการทำงานของระบบ	500 x 500 เมตร
จำนวนโมบายล์โฮสต์	2-30 โมบายล์โหนด
ความเร็วในการเคลื่อนที่	0-15 เมตรต่อวินาที
ทิศทางในการเคลื่อนที่	สุ่ม
ช่วงระยะเวลาส่งข้อมูล	250 เมตร
ค่านำหนักระหว่างค่า $f_{avg}$ เดิม กับค่าปัจจุบัน (Factor)	0.6
อัตราकरणกันเฉลี่ยสะสม ( $f_{avg}$ )	0.3 - 0.35



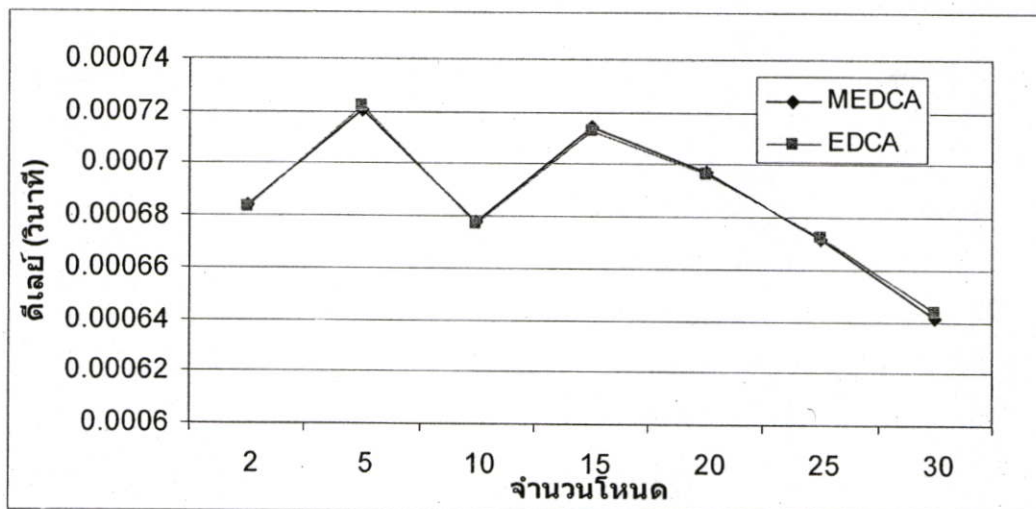
รูปที่ 5.16 แสดงค่าทรูพูทเมื่อเครื่องขำยมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-15 เมตรต่อวินาที

จากกราฟรูปที่ 5.16 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเครื่องขำยมีอัตราการเคลื่อนที่ ที่สูงขึ้นวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอ นั้นยังคงให้ค่าทรูพูทที่สูงกว่าวิธีการ EDCA เดิม



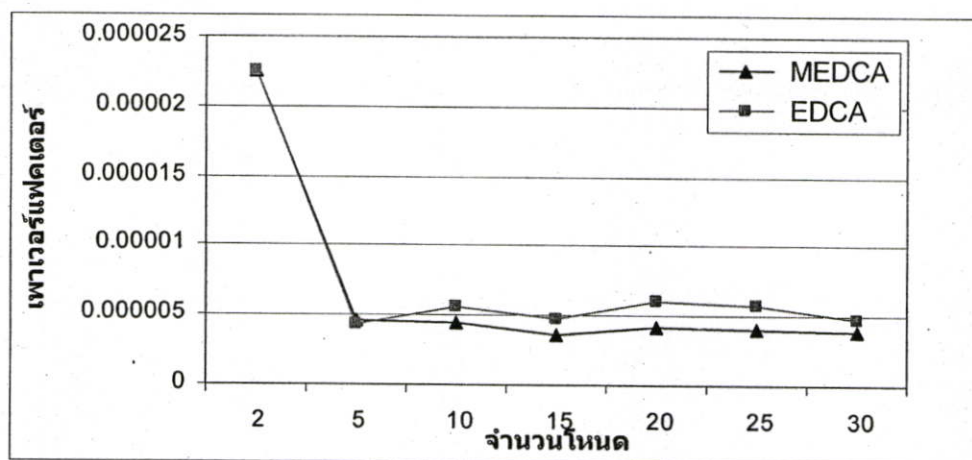
รูปที่ 5.17 แสดงอัตราการสูญเสียเมื่อเครื่องขำยมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-15 เมตรต่อวินาที

จากกราฟรูปที่ 5.17 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเครื่องขำยมีอัตราการเคลื่อนที่ ที่สูงขึ้นวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอ นั้นยังคงมีอัตราการสูญเสียเนื่องจากการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลน้อยกว่าวิธีการ EDCA เดิม



รูปที่ 5.18 แสดงค่า ดีเลย์ของระบบเมื่อเครือข่ายมีอัตราการเคลื่อนที่ 0-15 m/s

จากกราฟในรูปที่ 5.18 แสดงให้เห็นถึงค่า ดีเลย์ซึ่งจะพบว่าค่าดีเลย์ของวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอ นั้นยังคงมีค่าที่สูงกว่าวิธีการ EDCA เดิม แต่เป็นค่าที่น้อยมาก ซึ่งจะไม่มีผลกระทบต่อผู้ใช้งานแต่อย่างใด



รูปที่ 5.19 แสดงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

จากกราฟรูปที่ 5.19 แสดงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอ นั้นมีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ต่ำกว่าวิธีการ EDCA เดิมเมื่อเครือข่ายเริ่มที่จะมีการใช้งานที่หนาแน่น

## บทที่ 6

# สรุปผลการวิจัย

เนื่องจากเครือข่ายไวร์เลสแลนไม่สามารถที่จะทำการตรวจสอบการชนกันของแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลซึ่งเมื่อเครือข่ายมีการใช้งานที่หนาแน่นจะส่งผลให้เกิดการชนกันของแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลจำนวนมาก เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของเครือข่ายลดลง ดังนั้นหากมีการจัดสรรการเข้าใช้งานช่องสัญญาณที่เหมาะสมตามแต่ละสถานะของเครือข่าย ณ ขณะนั้นจะทำให้อัตราการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลลดลง อีกทั้งยังจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการที่เรียกว่า *Modified Enhanced Distributed Channel Access (MEDCA)* ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการเข้าใช้งานช่องสัญญาณของเครือข่าย โดยทำการปรับค่าพารามิเตอร์ที่อยู่ในชั้น MAC คือ Contention Window (CW) ให้แปรเปลี่ยนไปตามสถานะของเครือข่ายที่แต่ละ โมไบล์โฮสต์สังเกตได้ เพื่อเป็นการลดอัตราการชนกันของแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลที่อาจเกิดขึ้นในเครือข่าย ทั้งในสถานะปกติและในสถานะการใช้งานเครือข่ายที่หนาแน่น ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้ได้พิสูจน์โมเดลโดยการจำลองการทำงาน (Simulation) โดยเปรียบเทียบผลการจำลองการทำงานกับวิธีการ EDCA แบ่งการเปรียบเทียบออกเป็น 3 ส่วนคือ ทROUGHPUT(Throughput), อัตราการสูญเสีย (LostRate) และ ค่าดีเลย์ (Delay)

จากผลการจำลองการทำงานของระบบ ทั้งในสภาพแวดล้อมที่หยาบหนึ่งและ สภาพแวดล้อมที่มีการเคลื่อนที่ ที่ระดับความเร็วต่าง ๆ นั้นพบว่าวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอขึ้นให้ค่า THROUGHPUT ที่สูงกว่าวิธีการ EDCA เดิม ทั้งในสถานะที่เครือข่ายหยาบหนึ่ง และ ในสถานะที่เครือข่ายมีการเคลื่อนที่ ทั้งยังให้ค่าอัตราการสูญเสียของแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลอันเนื่องมาจากการชนกันของแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลที่เกิดขึ้นในระบบ เมื่อเครือข่ายมีการใช้งานที่หนาแน่น มีค่าที่น้อยกว่าวิธีการ EDCA เดิม แต่ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าดีเลย์ของ ระบบจะพบว่าวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอขึ้นมีค่าดีเลย์ที่สูงกว่าวิธีการ EDCA เดิมเล็กน้อย ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอขึ้นนั้นมีปริมาณแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลที่ถูกส่งไปถึงยังผู้รับปลายทาง มากกว่าวิธีการ EDCA

จากผลการจำลองการทำงานแสดงให้เห็นว่าวิธีการ MEDCA ให้ค่า THROUGHPUT ที่สูงกว่าวิธีการ EDCA และ อัตราการสูญเสียของแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลน้อยกว่าวิธีการ EDCA ทั้งในสภาพเครือข่ายเคลื่อนที่ และ หยาบหนึ่ง

## บรรณานุกรม

- [1] R. D. Vines, **Wireless Security Essential**, Wiley Publishing, 2002
- [2] C. Peikari and S. Fogie, **Wireless Maximum Security**, SAMS, 2002
- [3] M. Maxim and D. Pollino, **Wireless Security**, RSA Press, 2002
- [4] C. Barnes, T. Bautts, D. Lloyd, E. Ouellet, J. Posluns, D. M. Zendzian, N. O'Farrell, **Hack Proofing Your Wireless Network**, Syngress, 2002
- [5] Xiang Fan, **Quality of Service Control in Wireless Local Area Networks**, University of Twente
- [6] The Network Simulator ns-2. <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.
- [7] **ANSI/IEEE. 802.11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications**. IEEE, 1999.
- [8] **IEEE 802.11e WG. Medium Access Control (MAC) Quality of Service (QoS) Enhance-ments**, November 2001. P802.11e/D2.0a
- [9] **IEEE 802.11e WG. Medium Access Control (MAC) Quality of Service (QoS) Enhance-ments**, January 2005. P802.11e/D13.0.
- [10] **IEEE 802.11e WG. Medium Access Control (MAC) Quality of Service (QoS) Enhance-ments**, 2003 May. P802.11e/D4.3.
- [11] Qixiang Pang, Soung Chang Liew, Jack Y. B. Lee, **A TCP-like Adaptive Contention Window Scheme for WLAN**, The Chinese University of Hong Kong
- [12] Jun Zhao, Zihua Guo, Qian Zhang and Wenwu Zhu, **Distributed MAC Adaptation for WLAN QoS Differentiation**, Microsoft Research, Asia
- [13] Abdelhamid Nafaa, Adlen Ksentini, and Ahmed Mehaoua, **SCW: Sliding Contention Window For Efficient Service Differentiation in IEEE 802.11 Networks**, University of Versailles – CNRS-PRiSM Lab..
- [14] Dr.S.A Hussain, K. Zia, M.T Khan, S. Ahmad, U. Farooq, **Dynamic Contention Window for Quality of Service in IEEE 802.11 Networks**, University of the Punjab, Lahore, Pakistan.
- [15] Lassaad Gannoune , Stephan Robert, **DYNAMIC TUNING OF THE CONTENTION WINDOW MINIMUM (CWMIN) FOR ENHANCED SERVICE DIFFERENTIATION IN IEEE 802.11 WIRELESS AD-HOC NETWORKS**,

- [16] Matthew S. Gast , **802.11 Wireless Networks the definition guide**, O'RELLY
- [17] Axel Sikora, **Wireless Personal and Local Area Networks**
- [18] Andrew S. Tannenbaum, **Computer Networks**, 4<sup>th</sup> Edition., Prentice Hall, 2003, pp.292, 297-299.
- [19] Giuseppe Bianchi, Luigi Fratta, Matteo Oliveri , **Performance Evaluation and Enhancement of the CSMA/CA MAC Protocol for 802.11 Wireless LANs\***, Politecnico di Milano, 1996
- [20] Microsoft Corporation, **Network driver interface specification (NDIS) 5.0**
- [21] IEEE standard for wireless LAN-medium access control and physical layer specification, part 11, IEEE Press, New York, NY, 1999

**ภาคผนวก**

**ภาคผนวก ก.**

**NS-2 IEEE 802.11e Code**

```

void
BackoffTimer_802_11e::start(int pri, int cw, int idle)
{
    Scheduler &s = Scheduler::instance();
    if(busy_) { //already a backoff running!
        offset_[pri] = 0;
        stime_[pri] = s.clock(); //Start-Time
        rtime_[pri] = (Random::random() % (cw + 1))
            * mac->phymib_->SlotTime;
        backoff_[pri] = 1;
        AIFSwait_[pri] = 0.0;

        if(idle == 0){
            if(!paused_){
                pause();
            }
            else {
                if(!paused_)
                {
                    pause();
                    AIFSwait_[pri] = mac->getAIFS(pri);
                    restart();
                }
            }
        }
    }
    else { //no other backoff
        backoff_[pri] = 1; // active flag for the
            // corresponding priority
        busy_ = 1; // active timer flag
        offset_[pri] = 0;
        stime_[pri] = s.clock(); //Start-Time
        rtime_[pri] = (Random::random() % (cw + 1))
            * mac->phymib_->SlotTime;
        AIFSwait_[pri] = mac->getAIFS(pri);
        if(idle == 0){
            paused_ = 1;
        }
        else {
            s.schedule(this, &intr, rtime_[pri] + AIFSwait_[pri]);
        }
    }
}

```

```

void
BackoffTimer_802_11e::pause()
{
    Scheduler &s = Scheduler::instance();
    for(int pri = 0; pri < MAX_PRI; pri++) {

        if(backoff_[pri]) {
            double st = s.clock(); // now
            double rt = stime_[pri]
                + AIFSwait_[pri]; // start time

                                // + waiting time
            double sr = st -rt; // elapsed time
            double mst = (mac->phymib_->SlotTime);
            int slots = int (sr/mst); // whole number of
                                // bygone slots

            if(slots < 0)
                slots = 0;
            if(sr >= 0) offset_[pri] = sr -(slots * mst);
            if(rtime_[pri]
                -(slots * mac->phymib_->SlotTime) >= 0.0) {
                rtime_[pri] -= (slots * mac->phymib_-
                >SlotTime);
            }
            else{
                if(rtime_[pri] + round
                    -(slots * mac-
                    >phymib_->SlotTime)
                    >= 0.0) {
                    rtime_[pri] = 0;
                } else {
                    cout<<"ERROR in
                    BackoffTimer::pause() \n";
                    exit(0);
                }
                if(st -stime_[pri] >= mac->getAIFS(pri))
                    AIFSwait_[pri] = 0.0;
                else{
                    AIFSwait_[pri] -= st -stime_[pri];
                    if(AIFSwait_[pri] < 0)
                        AIFSwait_[pri] = 0;
                }
            }
        }
    }
    s.cancel(&intr);
    paused_ = 1;
}

```

```

}

void
BackoffTimer_802_11e::resume()
{
    double delay = inf;
    int prio = MAX_PRI + 1;
    Scheduler &s = Scheduler::instance();
    for(int pri = 0; pri < MAX_PRI; pri++){

        if(backoff_[pri]){
            offset_[pri] = 0;
            round_time(pri);
            AIFSwait_[pri] = mac->getAIFS(pri);
            stime_[pri] = s.clock();
            double delay_ = rtime_[pri] +
                AIFSwait_[pri];
            // find smallest rtime + AIFS
            if((delay_ < delay) && backoff_[pri]) {

                delay =
                    delay_;
                prio = pri;
            }
        }
    }
    if(prio < MAX_PRI + 1) {
        s.schedule(this, &intr, rtime_[prio] +
            AIFSwait_[prio]);
        paused_ = 0;
    } else {
        cout<<"ERROR: ";
        cout<<"wrong priority in BackoffTimer::resume()
            \n";
        exit(0);
    }
}
}

```

```

void
BackoffTimer_802_11e::handle(Event *)
{
    Scheduler &s = Scheduler::instance();
    paused_ = 0;
    double delay = inf;
    int prio = MAX_PRI + 1;

```

```

//determine smallest delay

for(int pri = 0; pri < MAX_PRI; pri++){
    double delay_ = rtime_[pri] + AIFSwait_[pri];
    if((delay_ < delay) && backoff_[pri]) {

        delay = delay_;
        prio = pri;

    }
}
if(prio < MAX_PRI + 1) {

    busy_ = 0;
    stime_[prio] = 0;
    rtime_[prio] = 0;
    backoff_[prio] = 0;
    AIFSwait_[prio] = 0.0;

}

else {
    cout<<"ERROR: ";
    cout<<"wrong priority in
BackoffTimer::handler()";
    exit(0);

}

busy_=0;

for(int pri = 0; pri < MAX_PRI; pri++){

    if(backoff_[pri]) { // check if there is another

        busy_=1; // backoffprocess

        if(rtime_[pri] + AIFSwait_[pri] == delay)
        {

            mac->inc_cw(pri);
            AIFSwait_[pri]=0;
            stime_[pri] = s.clock(); //Start Time
            rtime_[pri]=(Random::random()
                % (mac->getCW(pri) + 1))
                * mac->phymib_->SlotTime;
            backoff_[pri] = 1;
        }
    }
}

```

```

    }
}
if(busy_&&!paused_){
    pause(); // pause + restart because the
             // backoff could be a post-backoff!
    restart();
}
mac->backoffHandler(prio);
}

void
Mac802_11e::recvACK(Packet *p)
{
    int pri = LEVEL(p);
    struct hdr_cmn *ch = HDR_CMN(p);
    // successful reception of this ACK packet
    // => data transmission was successful
    if(!cfb_ || ch->size() > MAC_RTSTHRESHOLD) {
        // CFB disabled => start post-backoff

        assert(mhBackoff_.backoff(pri) == 0);
        rst_cw(pri);
        mhBackoff_.start(pri, getCW(pri), is_idle());
        assert(pktTx_[pri]);
        Packet::free(pktTx_[pri]); pktTx_[pri] = 0;
        tx_resume();
    }

    else{
        // if this is the first packet in cfb, we must take
        // its
        // duration into account, too.
        if(cfb_dur == 0) {
            cfb_dur = txtime(pktTx_[pri])
                + sifs_
                + txtime(ETHER_ACK_LEN, basicRate_);
        }
        pktRx_ = 0;
        rx_resume();
        assert(pktTx_[pri]);
        Packet::free(pktTx_[pri]);
        pktTx_[pri] = 0;
        cfb(pri); // next steps for CFB
    }
}
}

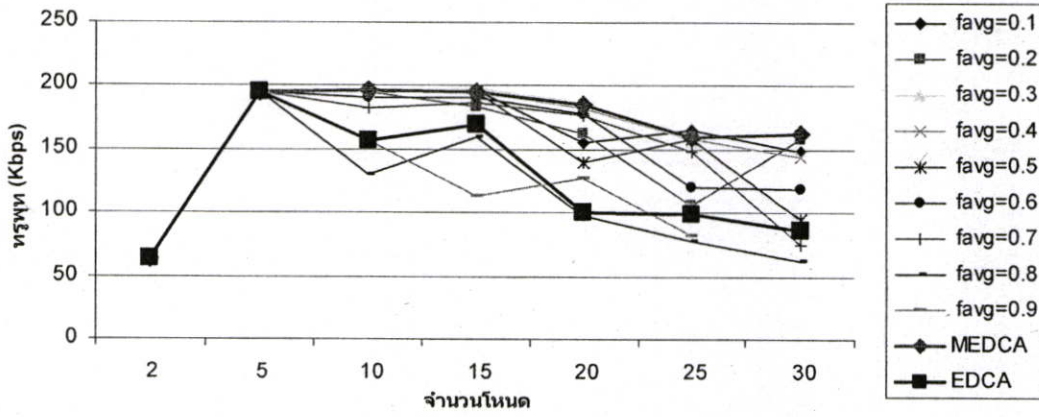
```

ภาคผนวก ข.

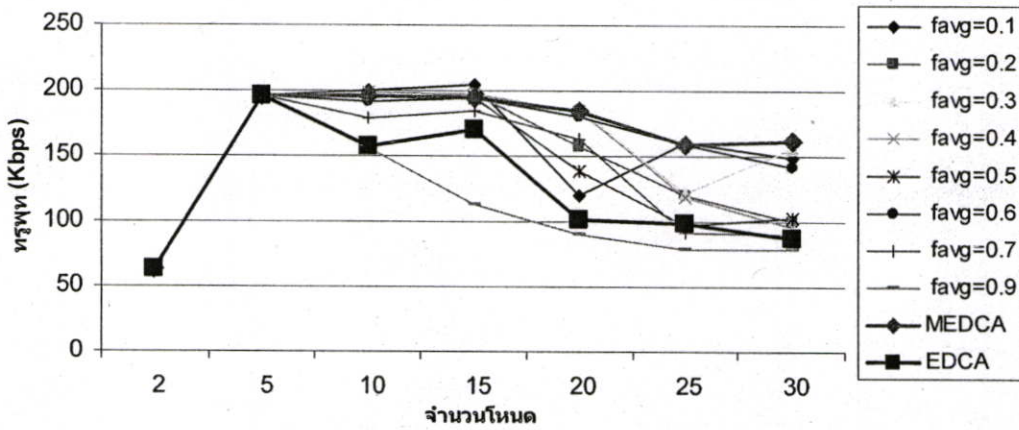
การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ *Factor* และ  $F_{avg}$

ทดสอบค่าพารามิเตอร์  $Factor$  และ  $F_{avg}$  ในสถานะที่เครือข่ายไม่มีการเคลื่อนที่

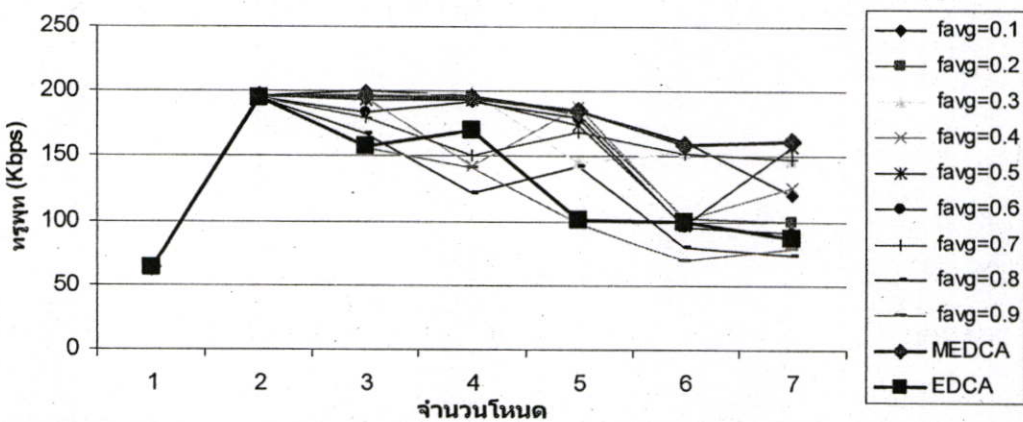
รูปที่ ข.1 - ข.9 แสดงถึงค่าทรูพุทเมื่อทำการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์  $Factor$  และ  $F_{avg}$  เป็นค่าต่างๆ เปรียบเทียบกับวิธีการ EDCA



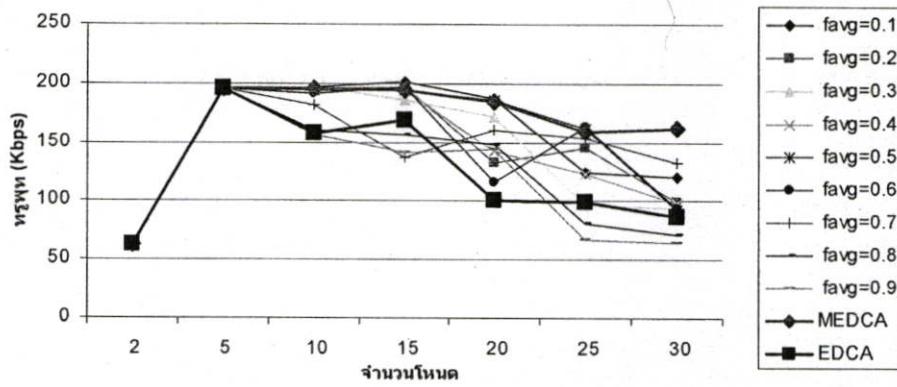
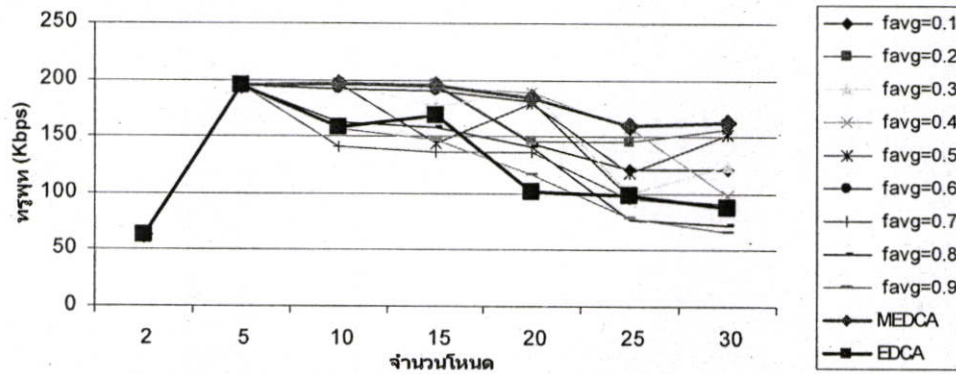
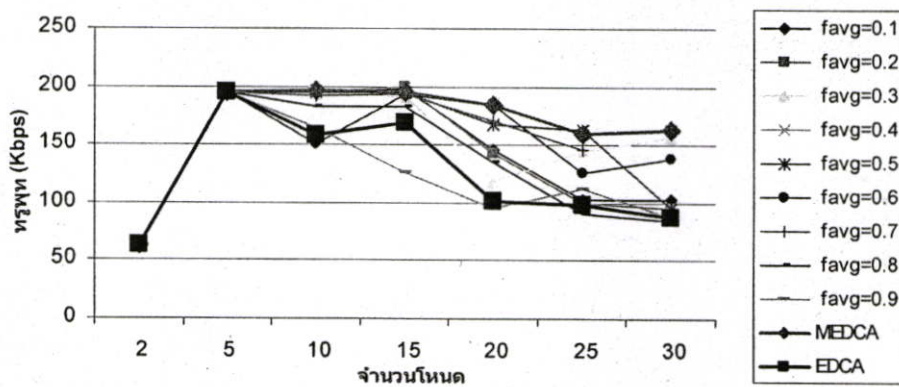
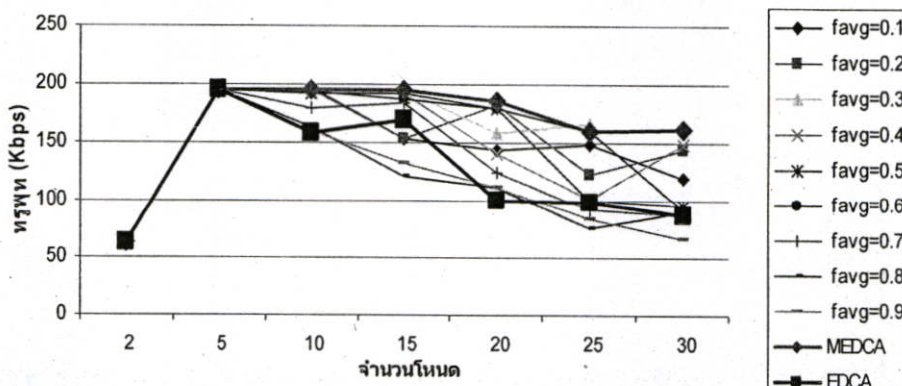
รูปที่ ข.1 แสดงค่าทรูพุทเมื่อค่า  $Factor=0.1$

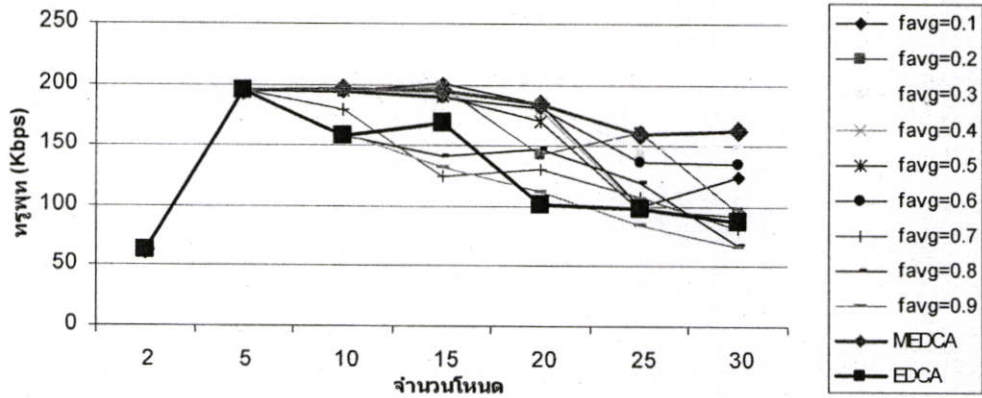


รูปที่ ข.2 แสดงค่าทรูพุทเมื่อค่า  $Factor=0.2$

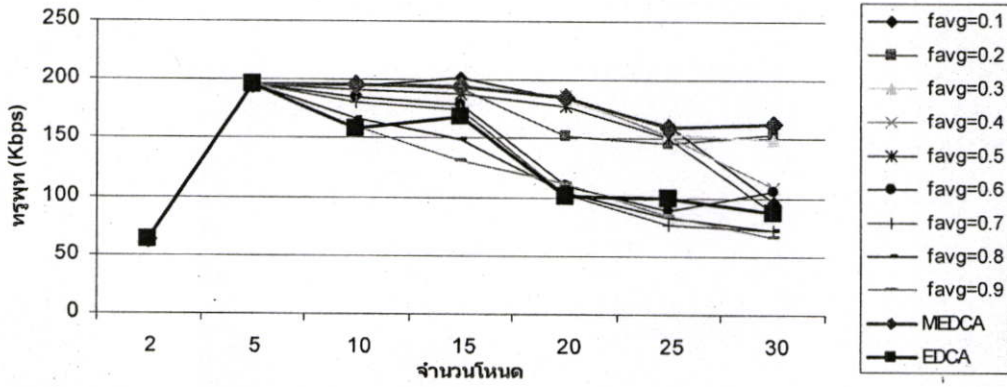


รูปที่ ข.3 แสดงค่าทรูพุทเมื่อค่า  $Factor=0.3$

รูปที่ ข.4 แสดงค่าทราฟฟิคเมื่อค่า  $Factor=0.4$ รูปที่ ข.5 แสดงค่าทราฟฟิคเมื่อค่า  $Factor=0.5$ รูปที่ ข.6 แสดงค่าทราฟฟิคเมื่อค่า  $Factor=0.6$ รูปที่ ข.7 แสดงค่าทราฟฟิคเมื่อค่า  $Factor=0.7$



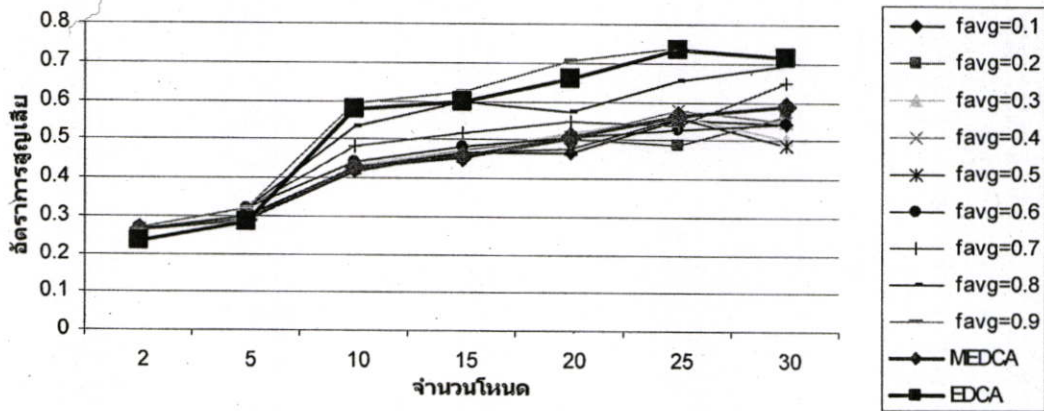
รูปที่ ข.8 แสดงค่าทรวุทเมื่อค่า  $Factor=0.8$



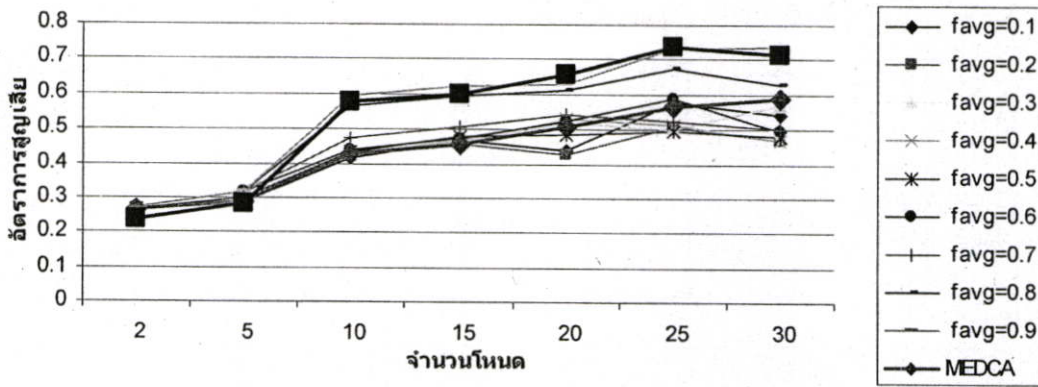
รูปที่ ข.9 แสดงค่าทรวุทเมื่อค่า  $Factor=0.9$

รูปที่ ข.10 - ข.18 แสดงถึงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อทำการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์

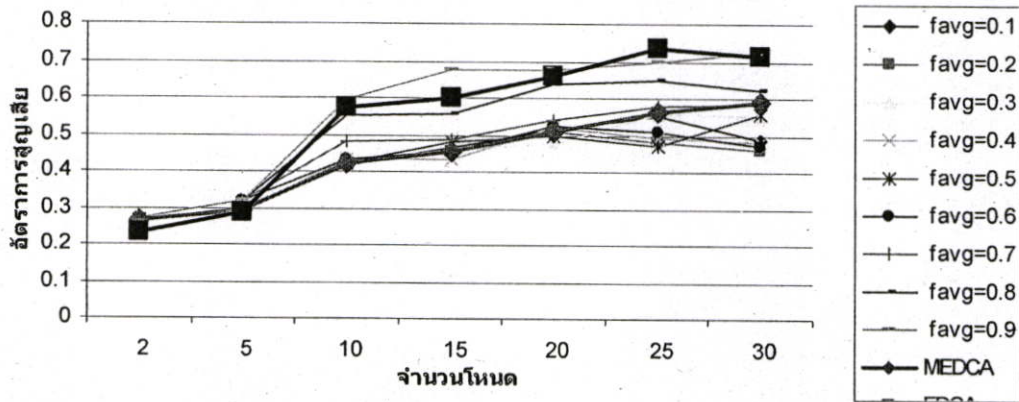
Factor และ Favg เป็นค่าต่างๆ เปรียบเทียบกับวิธีการ EDCA



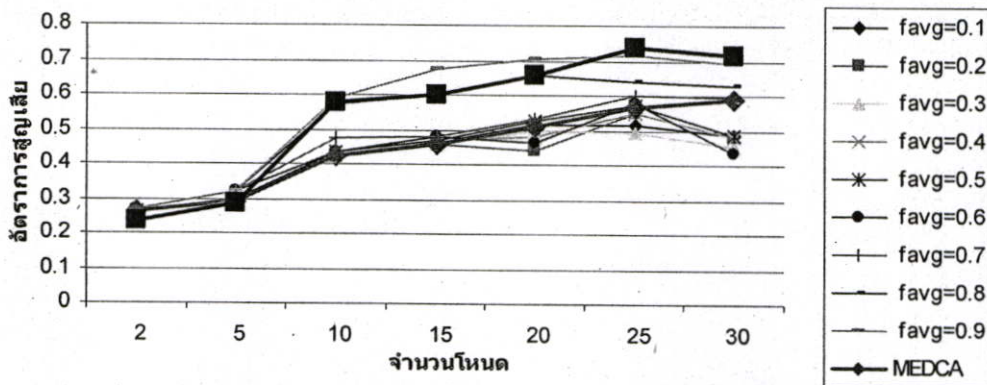
รูปที่ ข.10 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor=0.1$



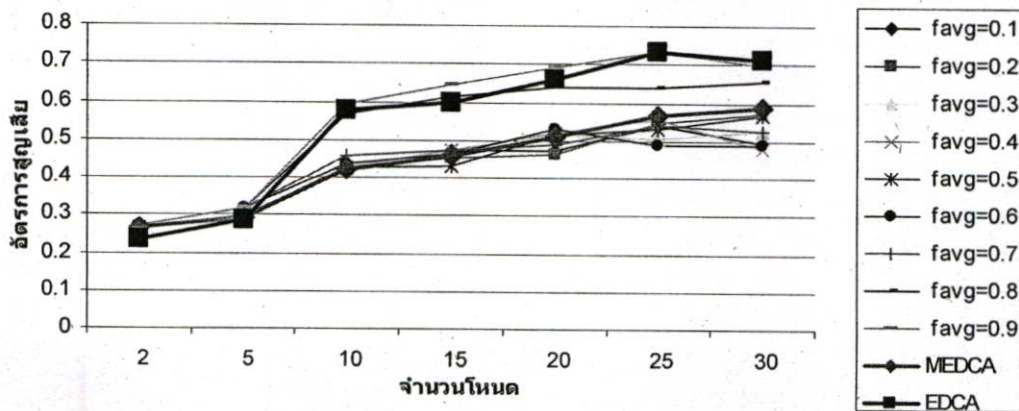
รูปที่ ข.11 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor=0.2$



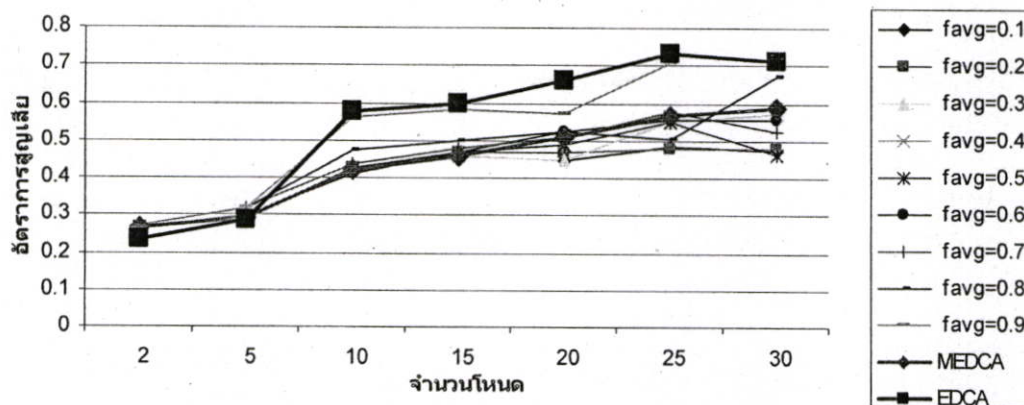
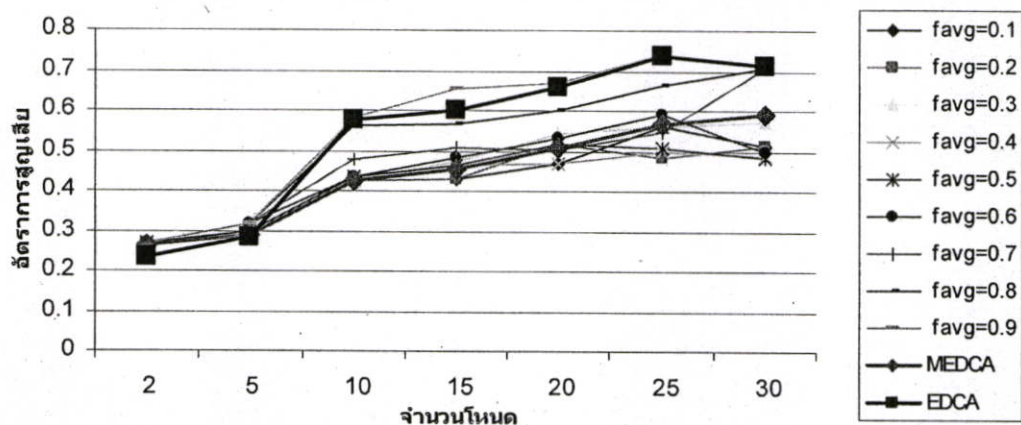
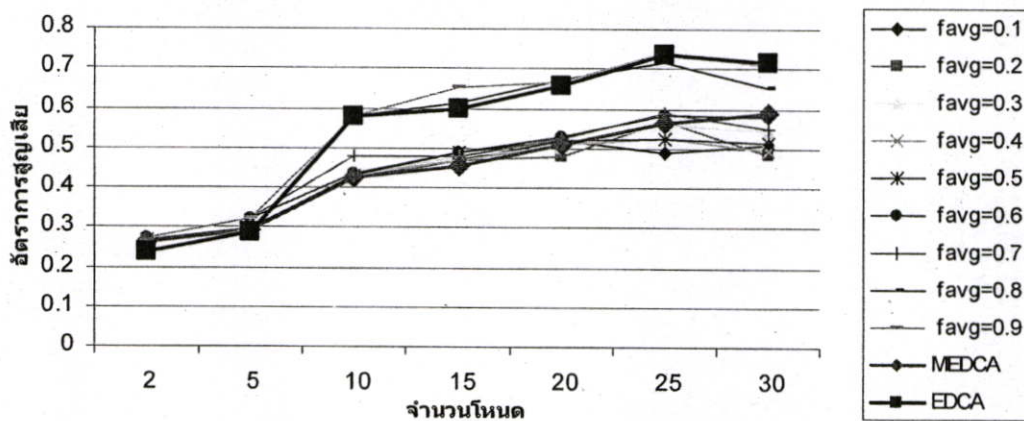
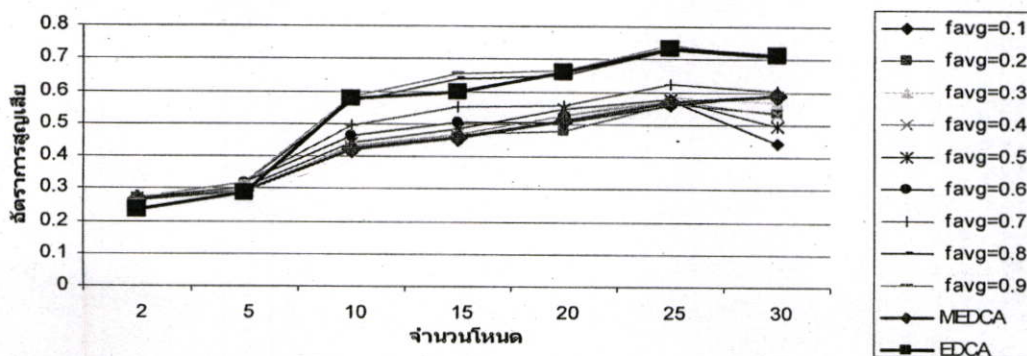
รูปที่ ข.12 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor=0.3$



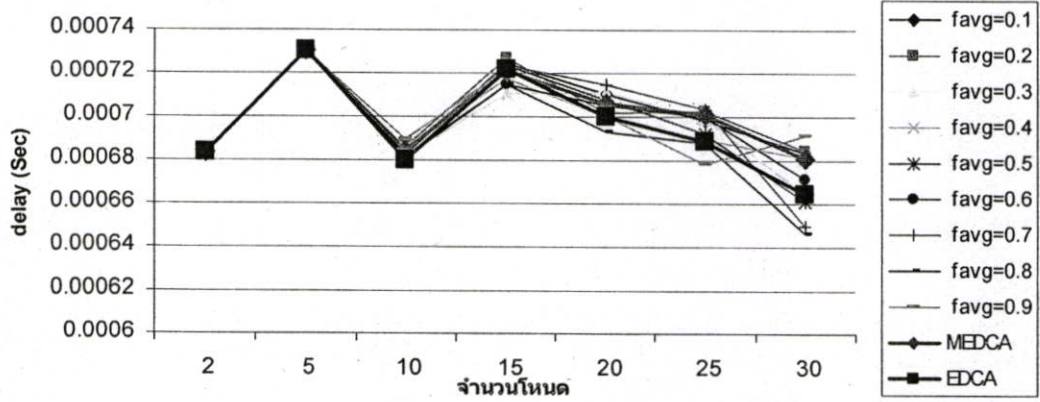
รูปที่ ข.13 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor=0.4$



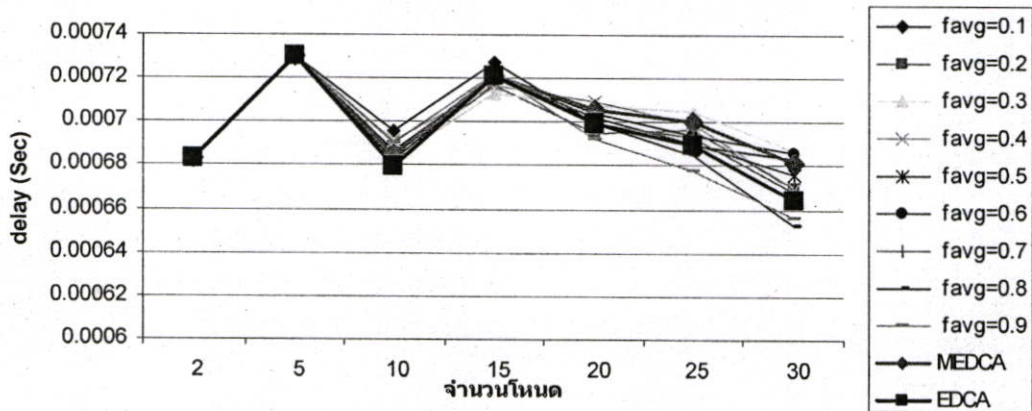
รูปที่ ข.14 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor=0.5$

รูปที่ ข.15 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor = 0.6$ รูปที่ ข.16 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor = 0.7$ รูปที่ ข.17 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor = 0.8$ รูปที่ ข.18 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor = 0.9$

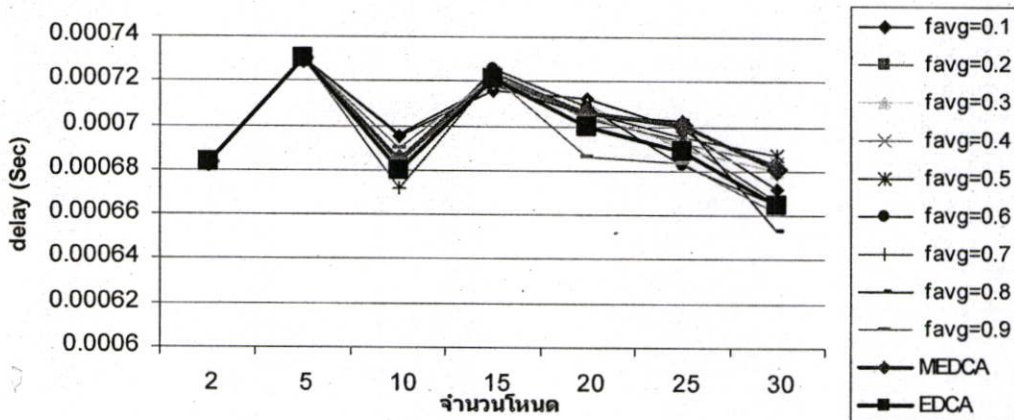
รูปที่ ข.19 – ข.27 แสดงถึงค่าเฉลี่ยเมื่อทำการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ Factor และ Favg เป็นค่าต่างๆ เปรียบเทียบกับวิธีการ EDCA



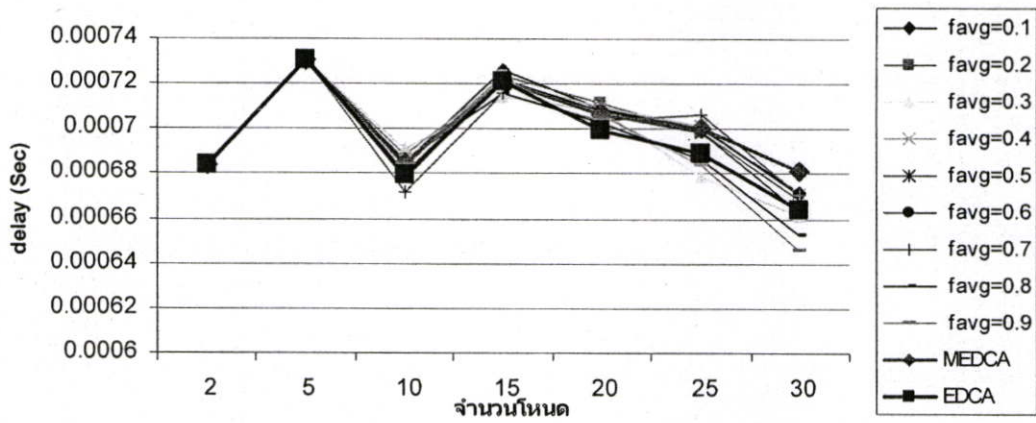
รูปที่ ข.19 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor = 0.1$



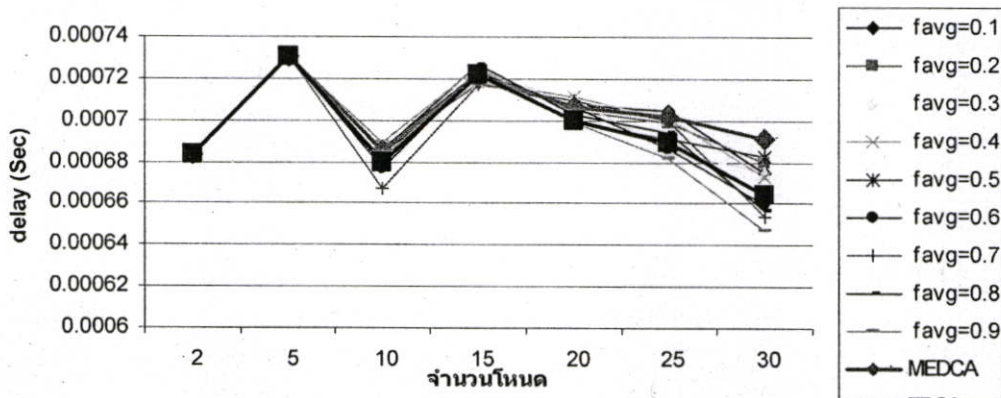
รูปที่ ข.20 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor = 0.2$



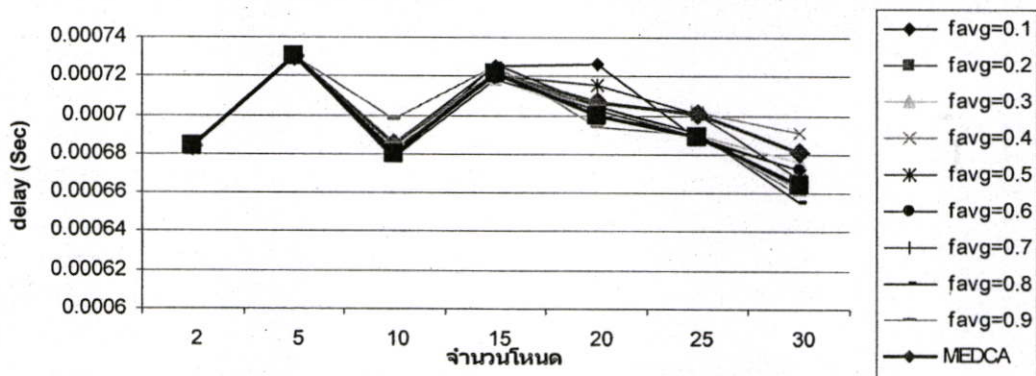
รูปที่ ข.21 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor = 0.3$



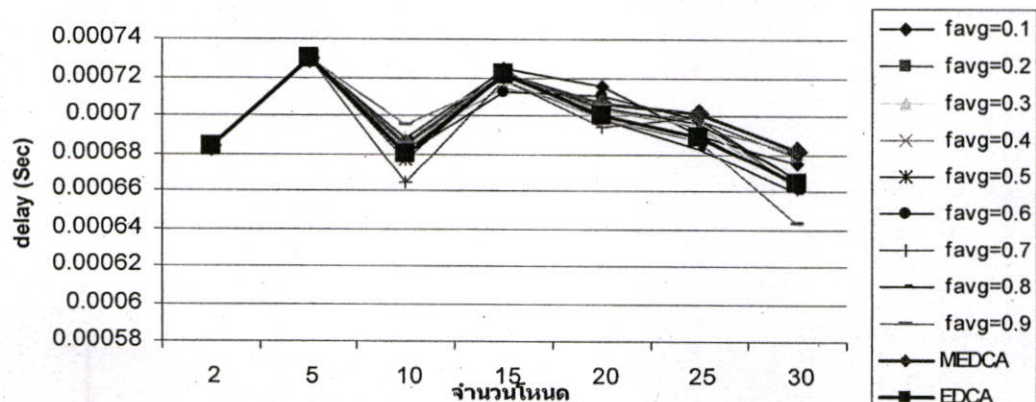
รูปที่ ข.22 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor=0.4$



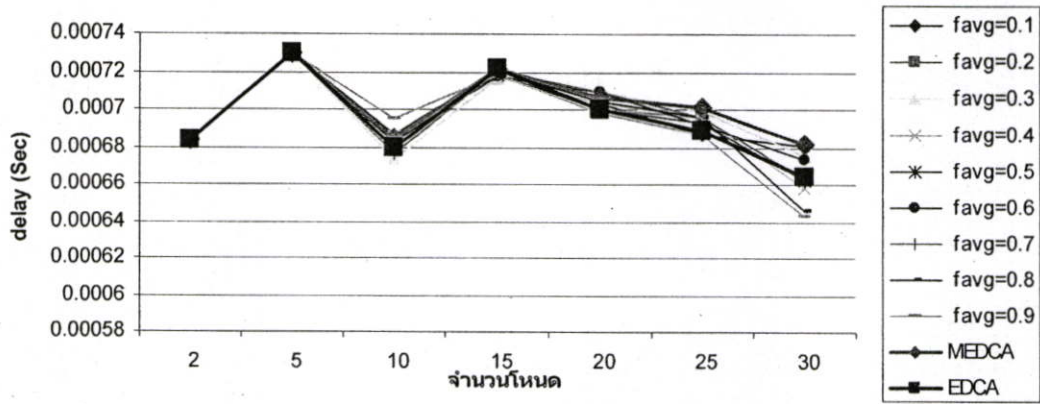
รูปที่ ข.23 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor=0.5$



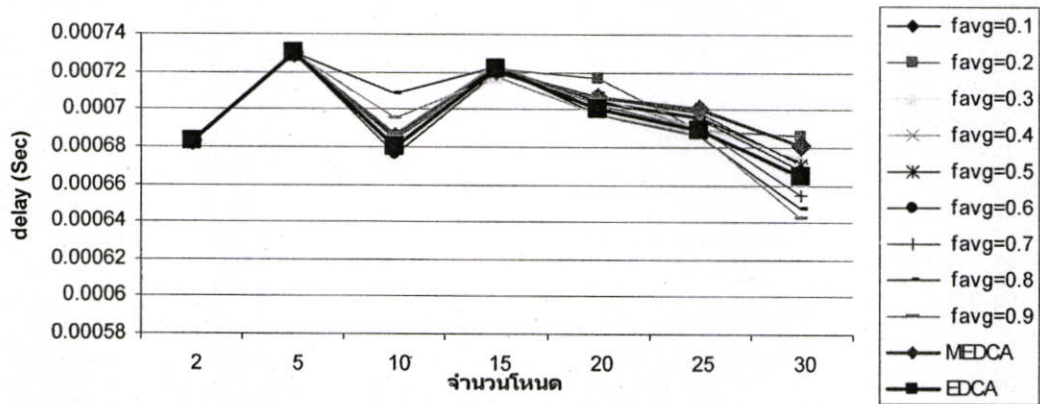
รูปที่ ข.24 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor=0.6$



รูปที่ ข.25 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor=0.7$



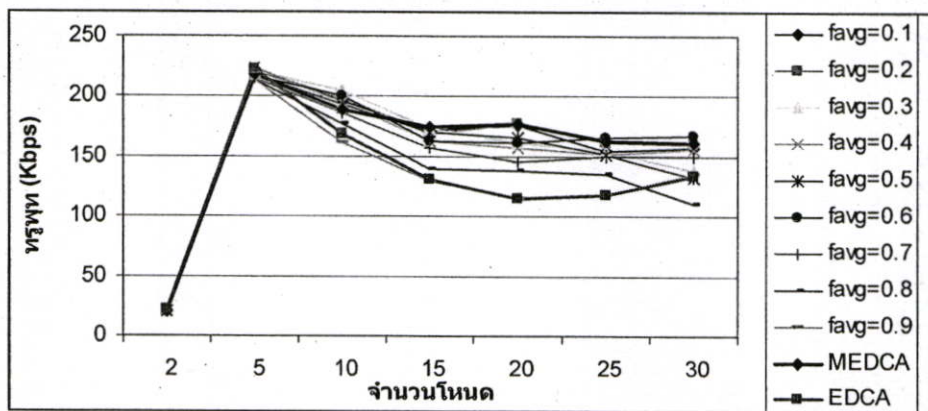
รูปที่ ข.26 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า Factor=0.8



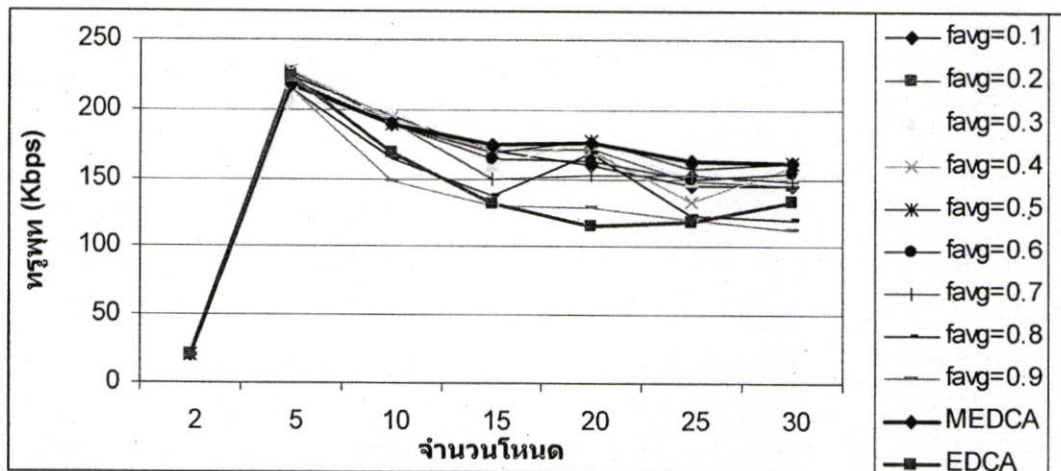
รูปที่ ข.27 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า Factor=0.9

ทดสอบค่าพารามิเตอร์ Factor และ Favg ในสถานะที่เครือข่ายที่มีการเคลื่อนที่

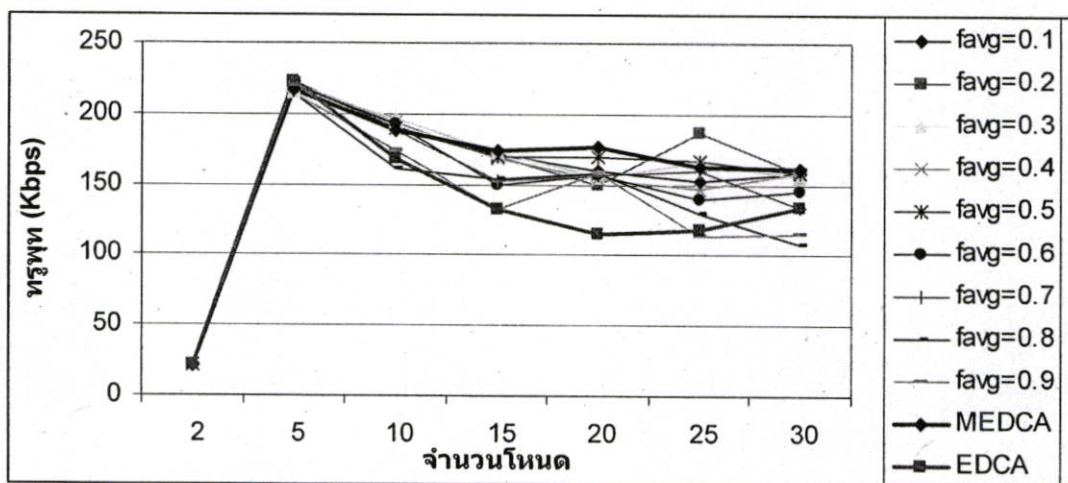
รูปที่ ข.28 - ข.36 แสดงถึงค่าทรูพุทเมื่อทำการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ Factor และ Favg เป็นค่าต่างๆ เปรียบเทียบกับวิธีการ EDCA



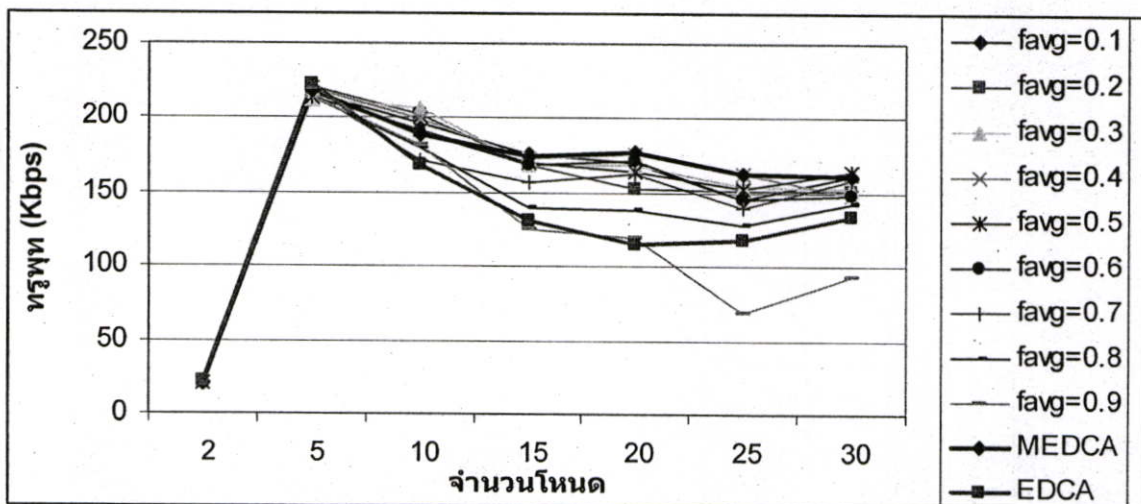
รูปที่ ข.28 แสดงค่าทรูพุทเมื่อค่า Factor=0.1



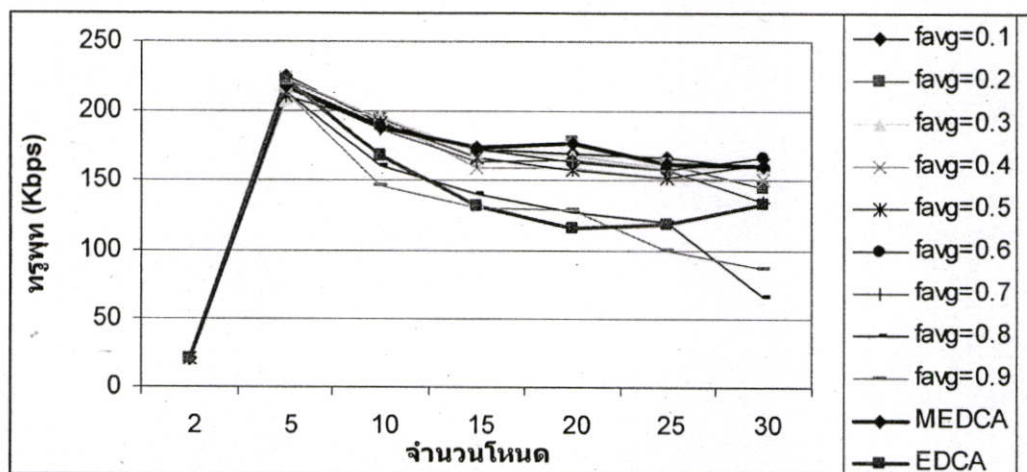
รูปที่ ข.29 แสดงค่าทรูพุทเมื่อค่า Factor=0.2



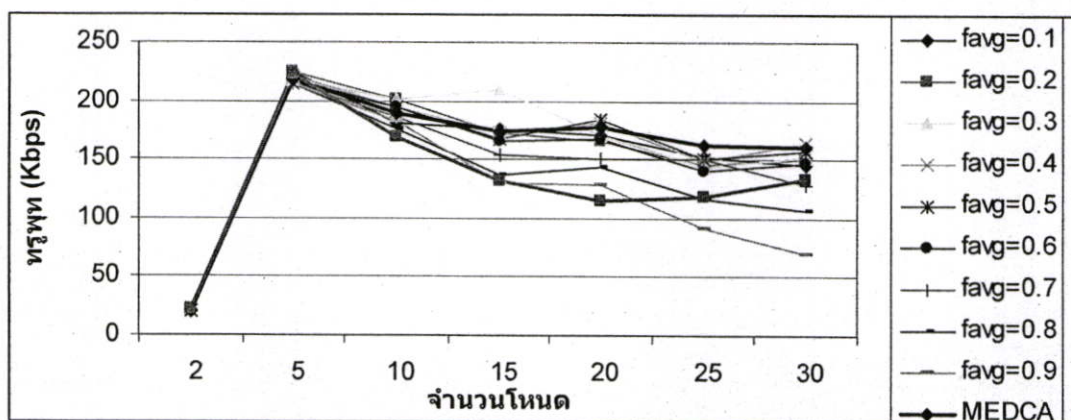
รูปที่ ข.30 แสดงค่าทรูพุทเมื่อค่า Factor=0.3



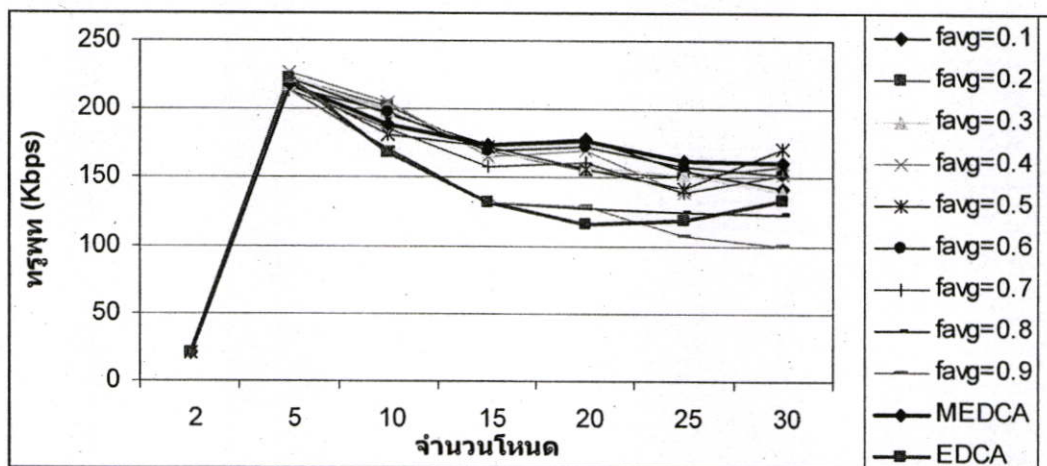
รูปที่ ข.31 แสดงค่าทรูพุทเมื่อค่า Factor=0.4



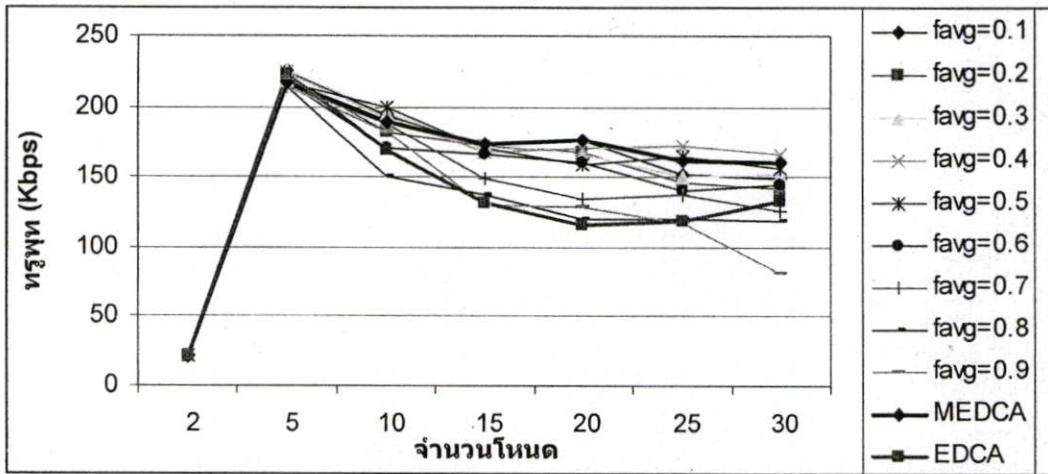
รูปที่ ข.32 แสดงค่าทรูพุทเมื่อค่า  $Factor=0.5$



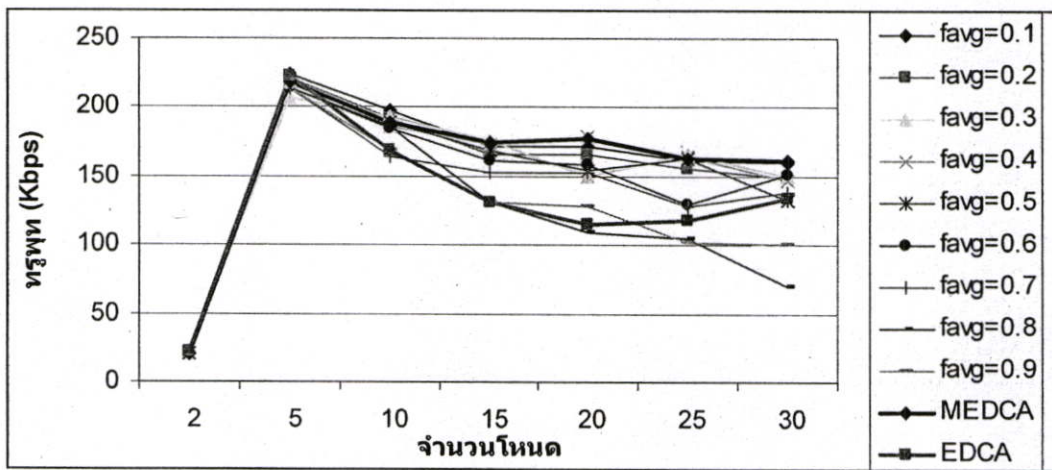
รูปที่ ข.33 แสดงค่าทรูพุทเมื่อค่า  $Factor=0.6$



รูปที่ ข.34 แสดงค่าทรูพุทเมื่อค่า  $Factor=0.7$

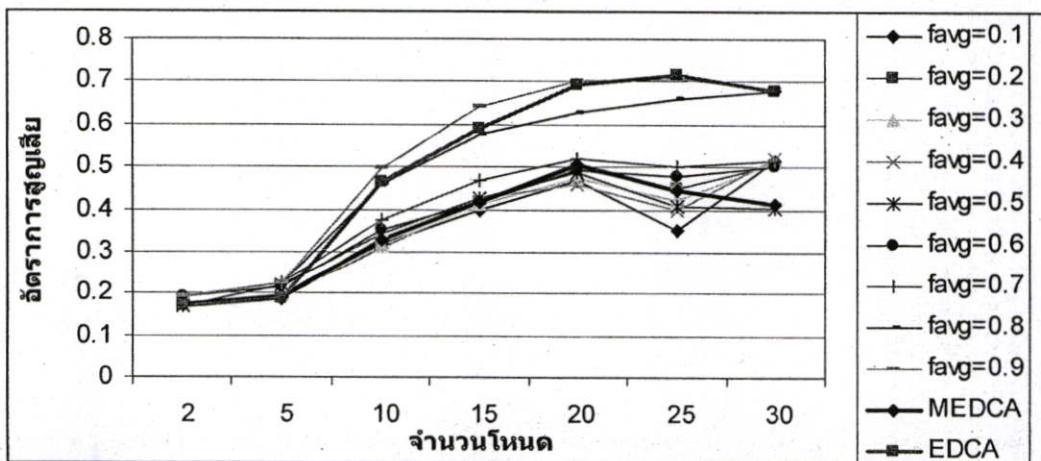


รูปที่ ข.35 แสดงค่าทราฟฟิคเมื่อค่า Factor=0.8

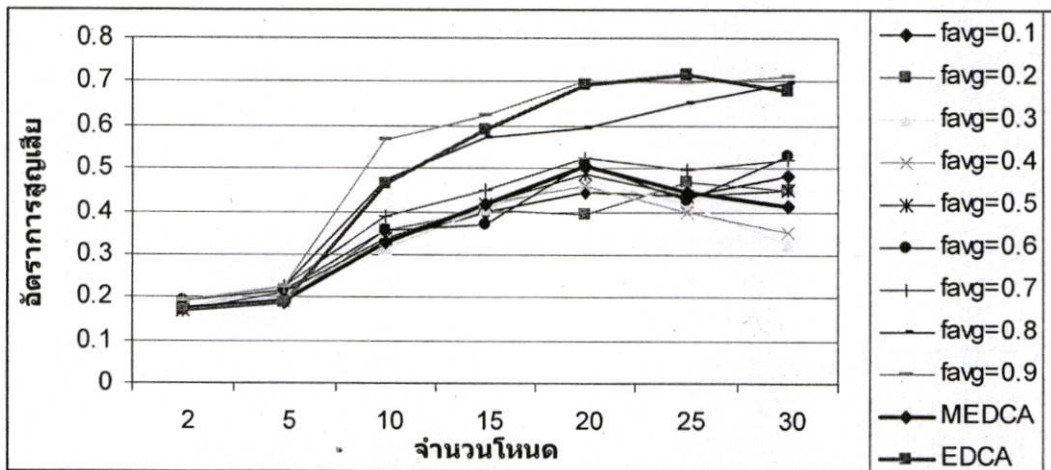


รูปที่ ข.36 แสดงค่าทราฟฟิคเมื่อค่า Factor=0.9

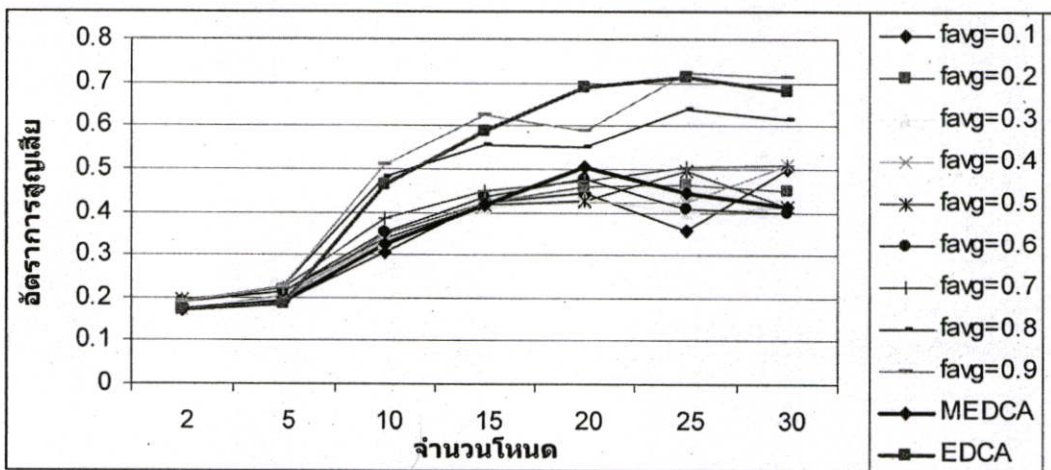
รูปที่ ข.37 - ข.45 แสดงถึงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อทำการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ Factor และ Favg เป็นค่าต่างๆ เปรียบเทียบกับวิธีการ EDCA



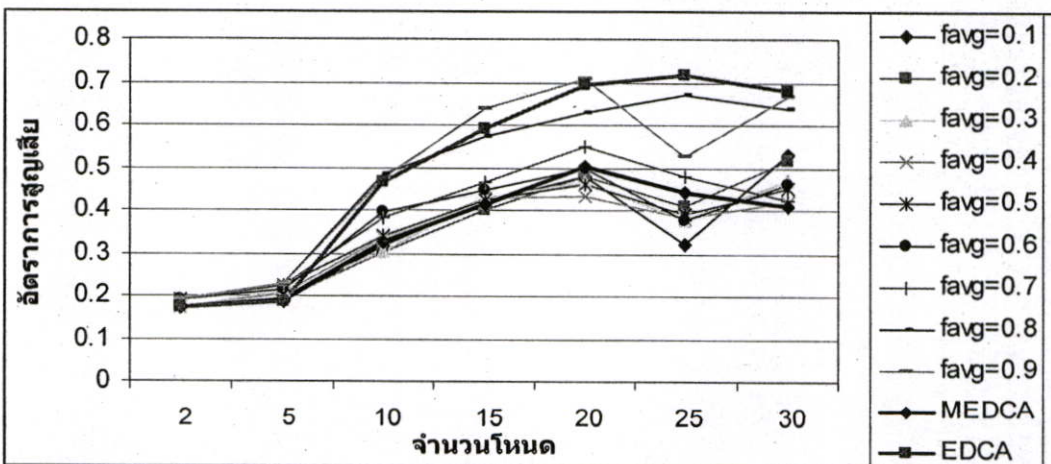
รูปที่ ข.37 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า Factor=0.1



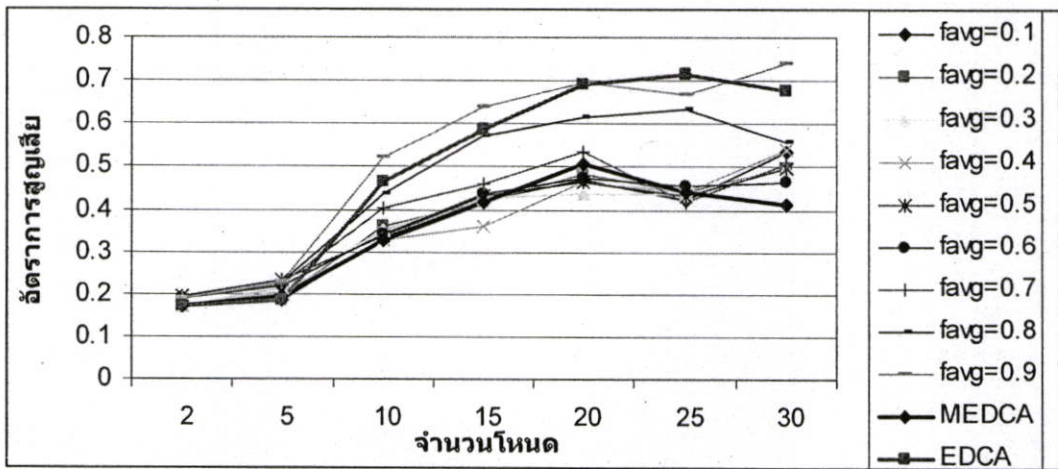
รูปที่ ข.38 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor = 0.2$



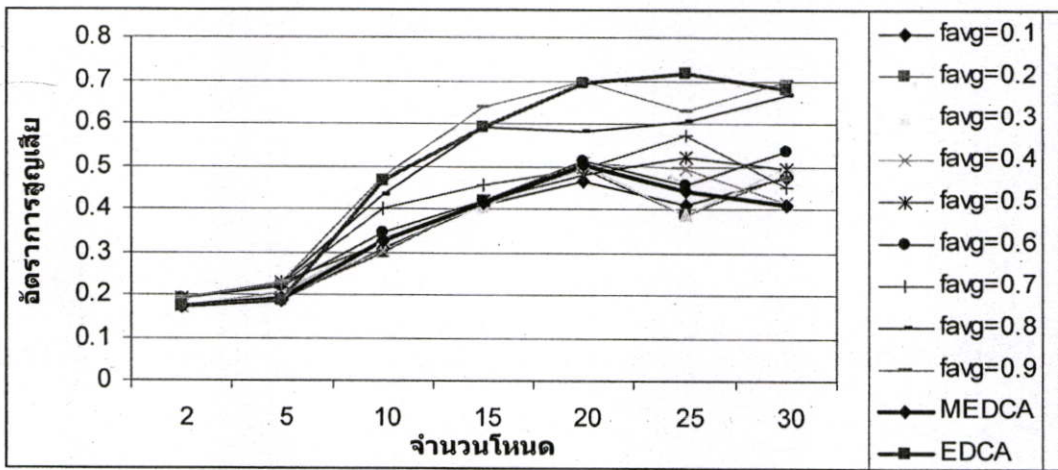
รูปที่ ข.39 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor = 0.3$



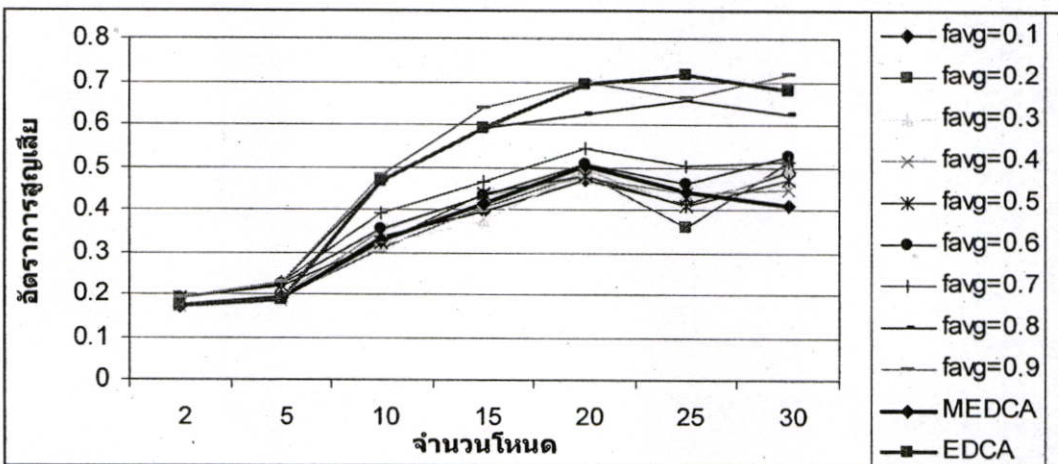
รูปที่ ข.40 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor = 0.4$



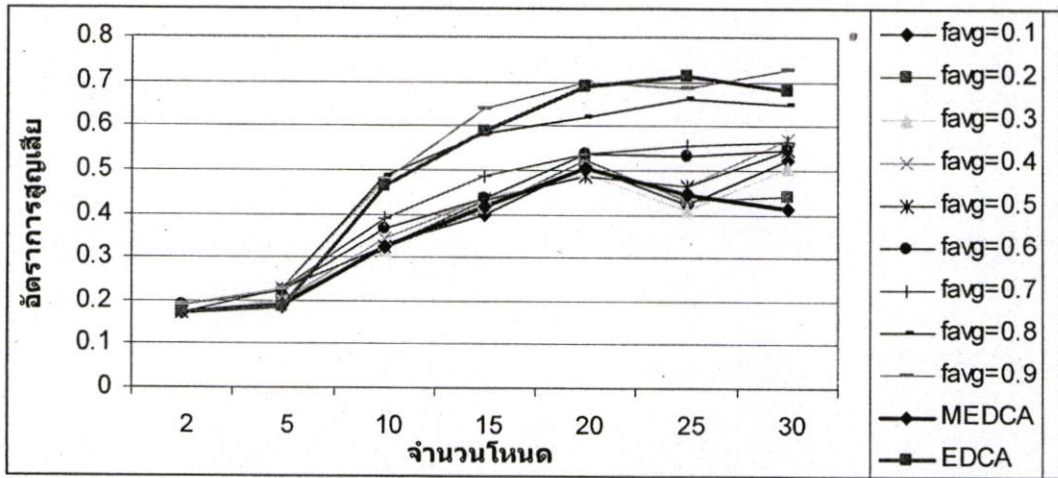
รูปที่ ข.41 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor=0.5$



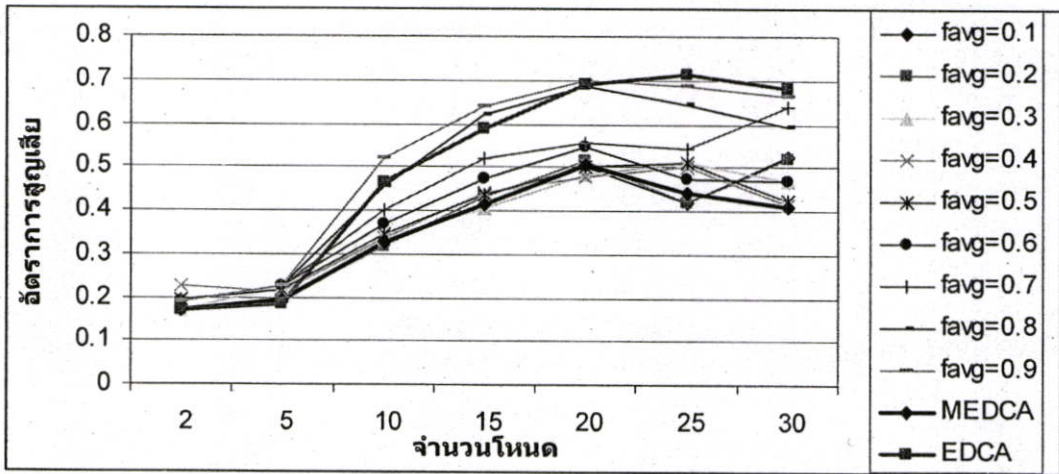
รูปที่ ข.42 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor=0.6$



รูปที่ ข.43 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor=0.7$

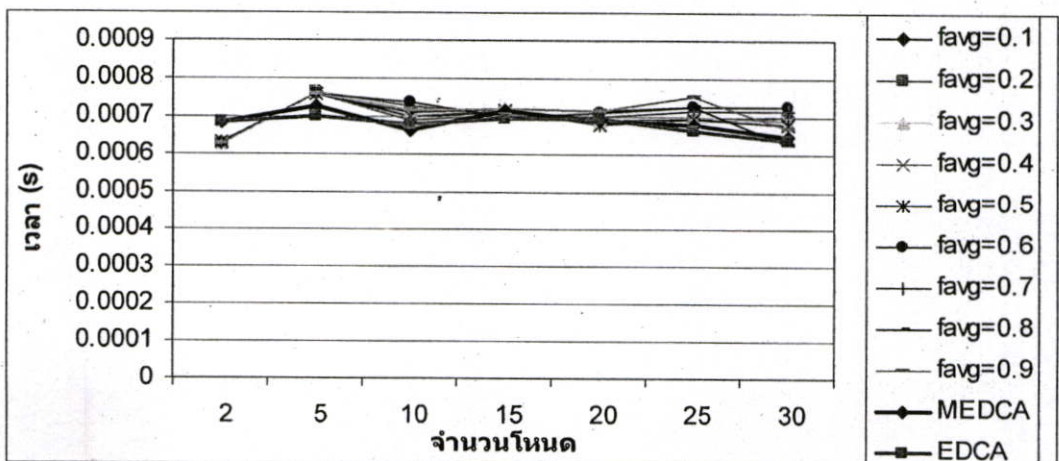


รูปที่ ข.44 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า Factor=0.8

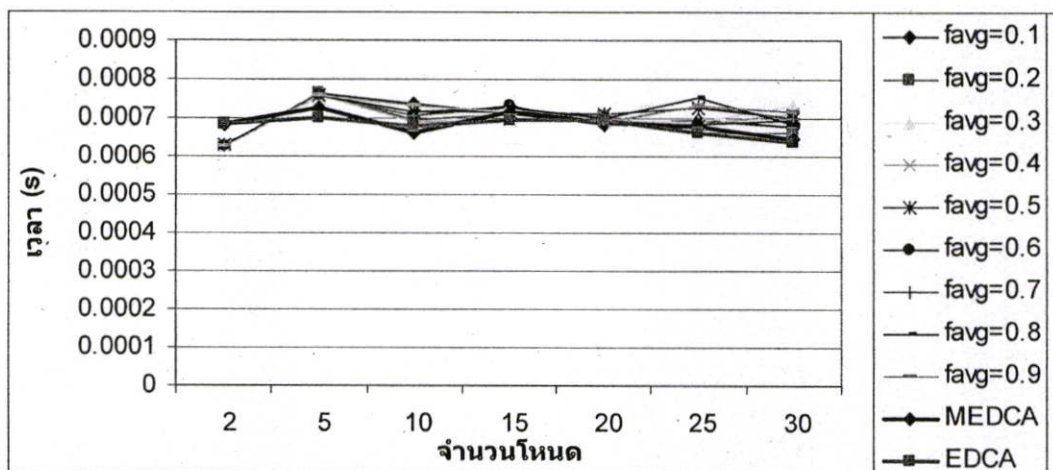


รูปที่ ข.45 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า Factor=0.9

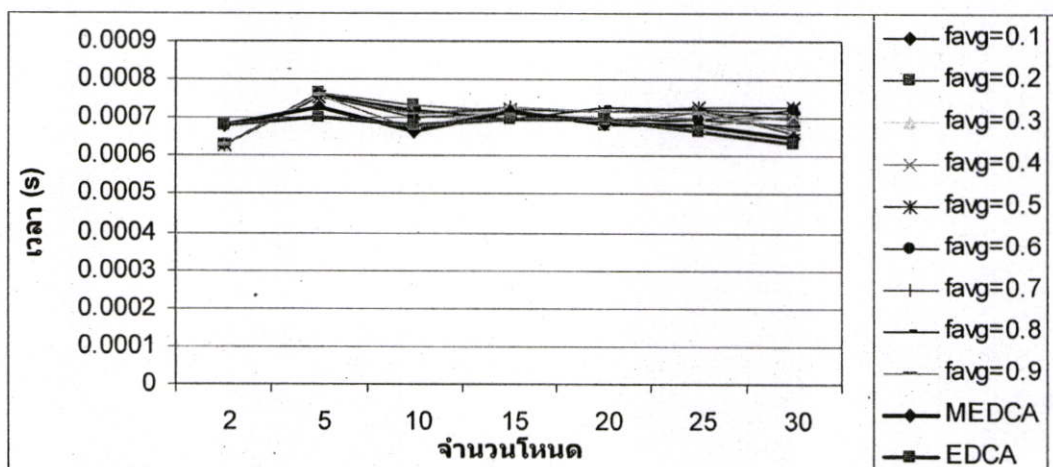
รูปที่ ข.46 – ข.54 แสดงถึงค่าเฉลี่ยเมื่อทำการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ Factor และ Favg เป็นค่าต่างๆ เปรียบเทียบกับวิธีการ EDCA



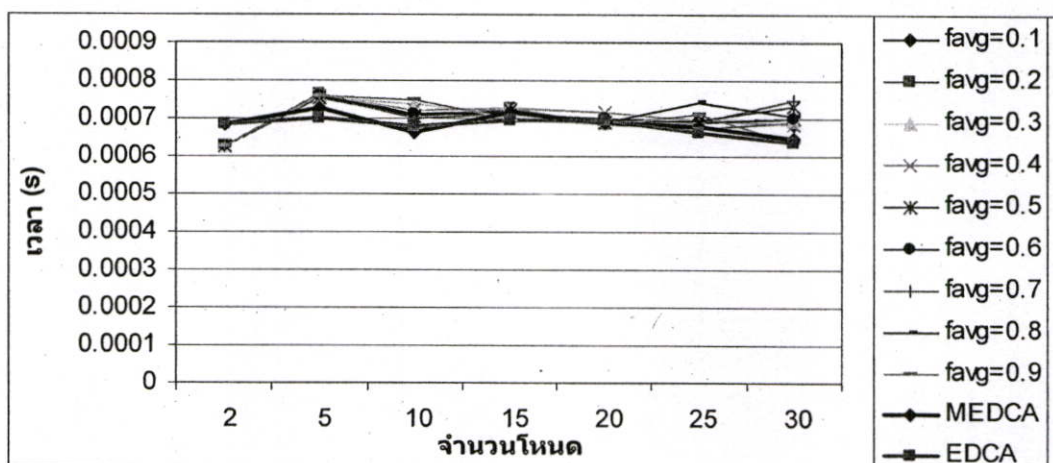
รูปที่ ข.46 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า Factor=0.1



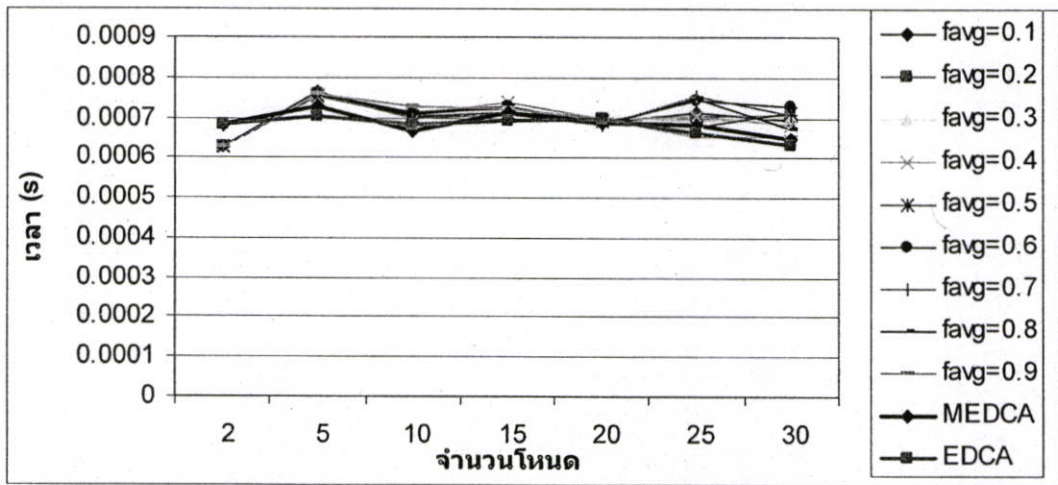
รูปที่ ข.47 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor = 0.2$



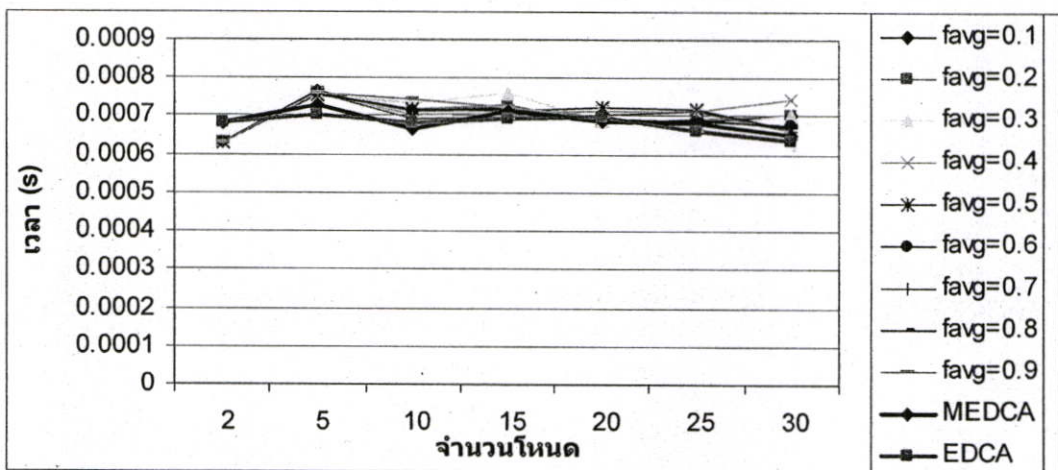
รูปที่ ข.48 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor = 0.3$



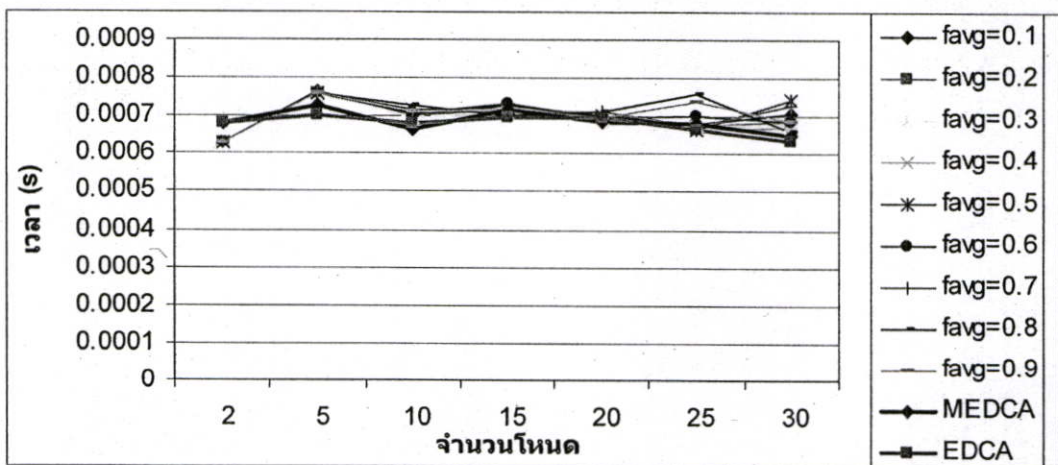
รูปที่ ข.49 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor = 0.4$



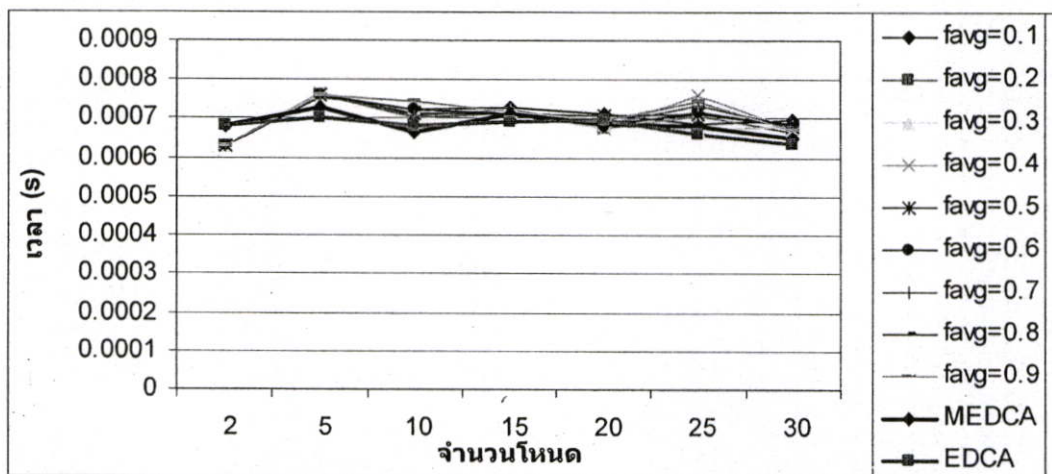
รูปที่ ข.50 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor=0.5$



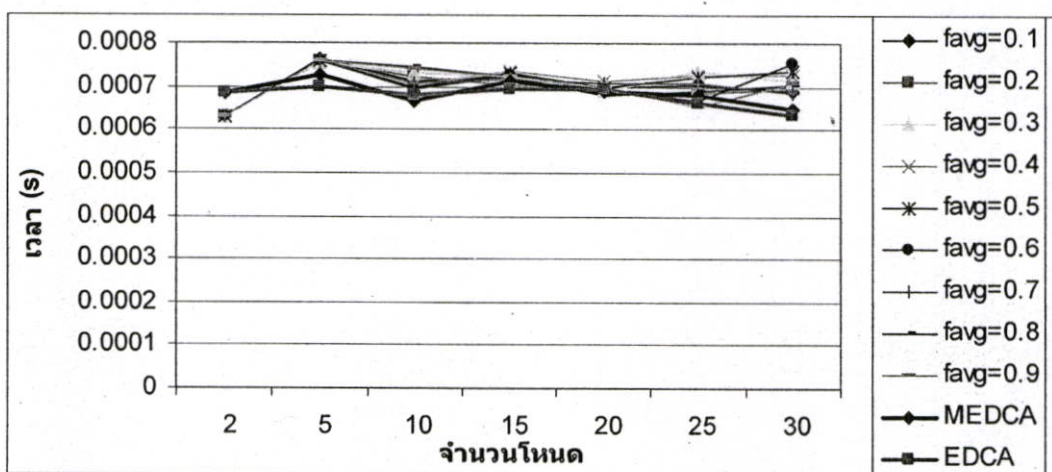
รูปที่ ข.51 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor=0.6$



รูปที่ ข.52 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor=0.7$



รูปที่ ข.53 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor=0.8$



รูปที่ ข.54 แสดงค่าอัตราการสูญเสียเมื่อค่า  $Factor=0.9$

### ภาคผนวก ค.

#### ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

1. ประภาส ผ่องสนาม, ศักดิ์ชัย ทิพย์จักษ์มูรัตน์, รัตติกร วรากุลศิริพันธ์ุ, “การเพิ่มประสิทธิภาพของเครือข่าย IEEE 802.11e ด้วยเทคนิค การปรับค่า Contention Window แบบพลวัต,” International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE2007), pp. 497-502, ขอนแก่น, ประเทศไทย, พฤษภาคม 2-4, 2550.
2. ประภาส ผ่องสนาม, ศักดิ์ชัย ทิพย์จักษ์มูรัตน์, รัตติกร วรากุลศิริพันธ์ุ, “การปรับปรุงประสิทธิภาพของ Contention Window แบบพลวัต สำหรับเครือข่ายเคลื่อนที่ IEEE802.11e แบบแอดฮอด,” 30th Electrical Engineering Conference ( EECON-30 ), pp. 1013-1016, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ประเทศไทย, ตุลาคม 25-26, 2550.

## การเพิ่มประสิทธิภาพของเครือข่าย IEEE 802.11e ด้วยเทคนิค

### การปรับค่า Contention Window แบบพลวัต

### Performance Improvement of IEEE 802.11e Networks using Dynamic Sliding Contention Window Technique

ประกาศ ผ่องสนาม\* สักดิ์ชัย ทิพย์จักษ์ภูรัตน์\* รัตติกร วรากุลศิริพันธ์\*\*

\*ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ \*\*ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ สำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ (ReCCIT)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Email : {s8060729, ktsakcha, kvruttik }@kmitl.ac.th

#### บทคัดย่อ

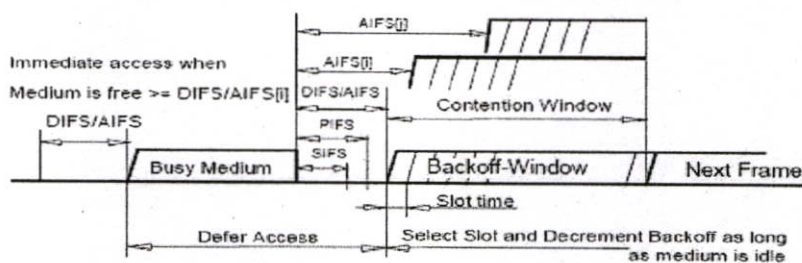
งานวิจัยฉบับนี้เรานำเสนอวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการให้บริการ สำหรับเครือข่าย IEEE 802.11e โดยพิจารณาการทำงานในระดับชั้น MAC (Medium Access Control) โดยพิจารณาขนาดของ Contention Window (CW) แบบพลวัต ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลแต่ละประเภท โดยพิจารณาถึงสถานะของเครือข่ายในขณะนั้น เรายกย่องวิธีการที่นำเสนอว่า MEDCA (Modified Enhanced Distributed Channel Access) เรายกย่องประสิทธิภาพของ MEDCA ด้วยการจำลองระบบ โดยทำการเปรียบเทียบกับวิธี EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) ในมาตรฐาน IEEE 802.11e ซึ่งผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า วิธีการ MEDCA ที่นำเสนอ ให้ประสิทธิภาพ ในรูปของ ทฤษฎี (Throughput) ที่สูงกว่า วิธีการ EDCA เดิม ในสถานะที่เครือข่ายมีปริมาณข้อมูลที่หนาแน่น และ เมื่อจำนวนโมบายโฮสต์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น

#### Abstract

In this paper, we propose the scheme for performance improvement of IEEE 802.11e Networks using adaptive Medium Access Control (MAC) parameter called Modified Enhanced Distributed Channel Access (MEDCA). In this scheme, we consider the adaptive Contention Window (CW) for each traffic type and network condition. We evaluate the performance of MEDCA by means of simulation and compare with Enhanced Distributed Channel Access (EDCA) in IEEE 802.11e standard. The results show that MEDCA provides the higher throughput when the traffic load and mobile host in the network is increased.

#### 1. บทนำ

ปัจจุบันเครือข่ายแลนแบบไร้สายได้รับความนิยมในการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และ เนื่องจากความต้องการของผู้ใช้งานในการตอบสนองการทำงานด้านต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น เช่น ข้อมูล ภาพ เสียง และ มัลติมีเดีย เป็นต้น ซึ่งข้อมูลแต่ละประเภทมีความต้องการคุณภาพในการให้บริการที่แตกต่างกัน ดังนั้น



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง IFS

เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน ที่มีความต้องการคุณภาพในการให้บริการที่แตกต่างกัน จึงได้มีการ กำหนดมาตรฐานของเครือข่ายแลนแบบไร้สาย IEEE 802.11e เพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าว

มาตรฐาน IEEE 802.11e [8] ได้แบ่งวิธีการเข้าใช้งานช่องสัญญาณ ออกเป็น 2 วิธี คือ Hybrid Coordination Function (HCF) และ Enhanced Distributed Channel Access (EDCA)

ในวิธีการทำงานแบบ EDCA จะมีการแบ่งประเภทการให้บริการสำหรับ โมบายล์โฮสต์ออกเป็น 4 ประเภท เรียกว่า Access Categories (ACs) โดยที่แต่ละ ACs จะมีแถวคอย (Queue) แยกเป็นอิสระจากกัน รวมทั้ง พารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับการเข้าใช้งานช่องสัญญาณ เช่น Arbitration Interframe Space (AIFS), ขนาดของ Contention Window ( $CW_{min}$ ,  $CW_{max}$ ) และ Transmission Opportunity (TXOP)

รูปแบบในการเข้าใช้งานช่องสัญญาณ ของแต่ละ ACs ใน EDCA นั้น เมื่อมีการตรวจสอบพบว่าช่องสัญญาณว่างในช่วง  $AIFS[AC]$  ของแต่ละแถวคอย จะทำการเริ่มกระบวนการส่งข้อมูล แต่หากพบว่าช่องสัญญาณ ถูกใช้งานอยู่ จะมีการหยุดรอโดยใช้กระบวนการที่เรียกว่า Backoff ซึ่งจะมีกระบวนการสุ่มเลือกค่าเวลาในการที่จะหยุดรอ โดยที่ช่วงของเวลาที่ใช้

ในการสุ่มเลือกนั้น จะอยู่ระหว่าง  $(0, CW[AC])$  เมื่อ  $CW[AC]$  คือขนาดของ Contention Window ปัจจุบัน โดยที่ค่าเวลานี้จะถูกลดค่าลงเรื่อย ๆ เมื่อช่องสัญญาณว่าง และ มันจะหยุดลดค่าเมื่อพบว่าช่องสัญญาณมีการใช้งาน ซึ่งเมื่อค่าเวลาลดลงถึงค่าศูนย์ มันจะเริ่มกระบวนการส่งข้อมูลอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งในแต่ละครั้งที่ส่งข้อมูลไม่สำเร็จจะมีการเพิ่มขนาดของ  $CW[AC]$  ขึ้นเป็นสองเท่าจนถึงค่า  $CW[AC]_{max}$  แต่เมื่อการส่งข้อมูลสำเร็จระบบจะทำการรีเซ็ต ค่า  $CW[AC]$  เป็นค่า  $CW[AC]_{min}$  โดยอัตโนมัติ

ตารางที่ 1

แสดงค่า EDCA พารามิเตอร์ของ IEEE 802.11e

AC	AIFS	$CW_{min}$	$CW_{max}$	Designation
0	2	7	15	Voice
1	2	15	31	Video
2	3	31	1023	Video Probe
3	7	31	1023	Best Effort

จากรูปที่ 1 แสดงค่าพารามิเตอร์ของระบบในชั้น MAC พบว่าค่าที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบคือ CW และ IFS ตามลำดับ

ในงานวิจัยนี้เราจัดหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้ ในส่วนที่ 2 เราอธิบายถึง งานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง สำหรับวิธีการ

ที่เรานำเสนอ จะอธิบายรายละเอียดใน ส่วนที่ 3 ส่วนที่ 4 ส่วนที่ 5 จะกล่าวถึงการจำลองระบบ และ ผลการทดลองเพื่อแสดงประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ ตามลำดับ และ เราสรุปงานวิจัยนี้ใน ส่วนที่ 6

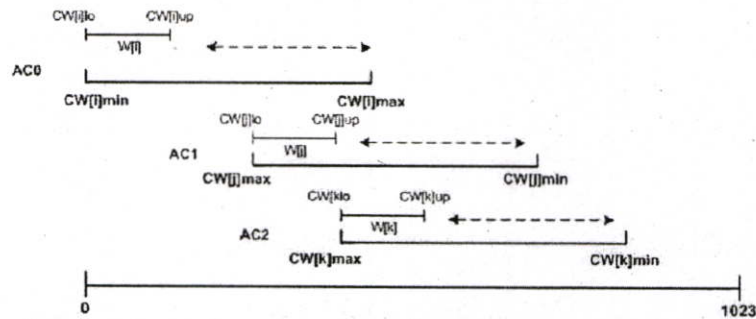
## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในมาตรฐาน IEEE 802.11e นั้นจะมีการสุ่มเลือก Backoff Time โดยรูปแบบการสุ่มเลือกจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง  $CW - 1$  โดยที่ขนาดของ  $CW$  นั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนของการส่งข้อมูลที่ไม่สำเร็จของครั้งก่อน โดยที่วิธีการปรับเปลี่ยน ขนาดของ  $CW$  ที่กำหนดไว้ใน IEEE 802.11e มีความคงทนต่อการใช้งานเป็นอย่างดี แต่ถึงอย่างไรก็ตาม ในการที่มีการกำหนดขนาดของ  $CW[AC]_{min}$  ในกระบวนการเริ่มต้นการทำงาน โดยที่ไม่มีการพิจารณาถึง จำนวนโมไบล์โฮสต์ที่มีการใช้งานในเครือข่าย รวมถึงสถานะการใช้งานเครือข่าย ในขณะนั้นซึ่งสามารถที่จะแปรเปลี่ยนได้ตลอดเวลา ซึ่งเมื่อมีจำนวนโมไบล์โฮสต์ที่ใช้งานเครือข่ายมาก การกำหนดขนาดของ  $CW[AC]_{min}$  ที่มีค่าน้อยเกินไปอาจทำให้เกิดการชนกันของข้อมูล (Collision) ขึ้นมาก ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของเครือข่ายลดลง ในทางกลับกัน หากกำหนดขนาดของ  $CW[AC]_{min}$  มีค่ามากเกินไปในสถานะที่โมไบล์โฮสต์มีจำนวนน้อย อาจเป็นผลทำให้ ระยะเวลาการรอกระบวนการในการส่งข้อมูล อาจจะนานเกินความจำเป็น ซึ่งจะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมในการใช้งานช่องสัญญาณได้ไม่เต็มประสิทธิภาพนัก เพื่อเป็นการที่จะแก้ไขปัญหานี้ได้มีการนำเสนอ วิธีการปรับเปลี่ยนขนาดของ  $CW$  โดยมี

วิธีการที่แตกต่างออกไปจากวิธีการมาตรฐาน โดยใน [1] ได้นำเสนอวิธีการที่เรียกว่า MIMLD ในการปรับเปลี่ยนขนาดของ  $CW$  ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่าย แต่ยังไม่ได้มีการออกแบบ และ นำไปใช้เพื่อสนับสนุนคุณภาพการให้บริการ (QoS) อีกทั้งยังไม่คำนึงถึงสถานะของเครือข่ายในขณะนั้น ใน [2] ได้นำเสนอวิธีการเก็บค่าข้อมูลทางสถิติของเครือข่ายในสถานะต่างๆ เพื่อนำมากำหนด ขนาดของ  $CW$  อีกทั้งยังมีการเพิ่มส่วนในการสนับสนุนคุณภาพการให้บริการ แต่เนื่องจากว่า วิธีการนี้นั้นต้องใช้การเก็บข้อมูลสถิติจากการทดลอง ซึ่งเป็นการยากที่จะนำไปประยุกต์ใช้งาน หากไม่มีข้อมูลสถิติที่ถูกต้อง และ อาจจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบไม่ดีหากข้อมูลสถิติที่นำมาใช้นั้นไม่เหมาะสมกับเครือข่ายของผู้ใช้งานสำหรับ ใน [7] ได้นำเสนอวิธีการที่เรียกว่า SCW ซึ่งสนับสนุนคุณภาพการให้บริการ อีกทั้งยังมีการแบ่งช่วงการกำหนดขนาดของ  $CW$  เพื่อให้สนับสนุนคุณภาพในการให้บริการได้ดียิ่งขึ้นเมื่อมีการใช้งานเครือข่ายอย่างหนาแน่น แต่เมื่อนำไปใช้งานในสถานะที่มีการใช้งานเครือข่าย ที่มีการใช้งานไม่หนาแน่นจะทำให้การใช้งานช่องสัญญาณ ได้ไม่เกิดประสิทธิภาพเท่าที่ควร

## 3. วิธีการที่นำเสนอ (MEDCA: Modified Enhanced Distributed Channel Access)

จากมาตรฐานของ IEEE 802.11e ได้กำหนดให้มีการเลือกขนาดของ  $CW$  จากช่วง  $[0, W]$  โดยที่  $W$  คือ ความกว้างของ Contention Window ซึ่งจะขึ้นกับความสำคัญของผู้บริการ (Priority) และ เพื่อเป็นการสนับสนุนคุณภาพการให้บริการ ที่แตกต่างกัน ซึ่งหากมีการใช้งานเครือข่ายหนาแน่น จะทำให้ประสิทธิภาพ



รูปที่ 2 แสดงการปรับเปลี่ยนขนาดของ CW เมื่อมีการใช้งานเครือข่ายอย่างหนาแน่น

การให้บริการทราฟฟิกที่มีลำดับความสำคัญสูงลดลง โดยวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอนี้ได้แบ่งการกำหนดขนาดของ Contention Window ออกเป็นสามรูปแบบ โดยขึ้นกับ สภาวะของเครือข่าย ดังนี้คือ การกำหนดขนาดของ CW [AC] min เริ่มต้นนั้นจะขึ้นกับค่าที่น้อยที่สุดระหว่าง CW[AC] min กับ จำนวน โมไบล์โฮสต์ในเครือข่าย และ จะมีการเก็บค่าพารามิเตอร์มาตรฐานไว้ใน baseCW[AC], maxCW[AC] ซึ่งเมื่อเกิดการชนกันของข้อมูลจะใช้ วิธีการของมาตรฐานในการปรับเพิ่มขนาดของ CW คือ จะเพิ่มครึ่งละสองเท่าจนถึงค่า CWmax ของแต่ละ ACs โดยที่วิธีการ MEDCA ของเรา จะมีการกำหนดช่วงเวลาที่จะมีการตรวจสอบอัตราการชนกันของการส่งข้อมูล (Collision rate) โดยสมการที่ใช้จาก [3] คือ

$$f^j_{curr} = \frac{Num(collision_j[p])}{Num(data\_sent_j[p])} \quad (1)$$

เมื่อ  $f^j_{curr}$  คืออัตราการชนกันที่สังเกตได้จาก โมไบล์โฮสต์  $p$  ณ ช่วงที่  $j^{\#}$  ในช่วงเวลา  $T$  จากนั้นจะนำมาหาค่าอัตราการชนกันเฉลี่ยจากสมการ

$$f^j_{avg} = (1 - \alpha) \times f^j_{curr} + \alpha \times f^{j-1}_{avg} \quad (2)$$

เมื่อ  $\alpha$  คือ Smoothing factor มีค่าอยู่ในช่วง  $[0, 1]$  ซึ่งในการทดลองใช้ค่าคือ 0.6 โดยที่ค่า  $f^j_{avg}$  จะใช้เป็นเกณฑ์ ที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนการกำหนดวิธีการ และขนาดของ CW

เมื่อ  $f^j_{avg}$  มีค่ามากกว่า 0.35 เราจะถือว่าเครือข่าย ณ ขณะนั้นมีการใช้งานเครือข่ายอย่างหนาแน่น ดังนั้นเพื่อให้ประสิทธิภาพของการให้บริการเป็นไปได้ดีและมีประสิทธิภาพ จะมีกระบวนการปรับเปลี่ยนขนาดของ CW ซึ่งแสดงดังในรูปที่ 2 โดยที่การเหลื่อมล้ำกันของ CW ในแต่ละ AC จะอยู่ระหว่าง 0 - 0.4 ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของการส่งข้อมูลในขณะนั้น โดยที่เมื่อมีการปรับเปลี่ยนขนาดของ CW จะมีผลทำให้ ค่า CWmax ของแต่ละ ACs ถูกปรับเปลี่ยนตามไปด้วย ซึ่งในวิธีการ MEDCA ของเราที่นำเสนอนี้ได้มีการปรับขนาดของ CWmax เมื่อมีความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่ายเป็น  $CWmax = 8 \times CWmin$  ของแต่ละ ACs โดยที่กระบวนการสุ่มเลือก Backoff Time ของแต่ละ AC จะถูกจำกัดไว้ที่ ขอบบนสุด (Upper Bound) และ ขอบล่างสุด (Lower Bound) ของแต่ละ

ACs เท่านั้นคือ [CW [AC]lo, CW[AC]up] การปรับเปลี่ยนขนาดของ CW นี้เพื่อให้ ข้อมูลที่มีลำดับความสำคัญสูง ยังคงสามารถที่จะให้บริการได้อย่างดี และมี ประสิทธิภาพ

เมื่อสภาวะการใช้งานเครือข่ายกลับเข้าสู่สภาวะปกติ คือ เมื่อตรวจสอบพบว่า ค่า  $f^{avg}$  มีค่าน้อยกว่า 0.35 การปรับเปลี่ยนขนาดของ CWmin , CWmax จะถูกปรับเปลี่ยนไปใช้รูปแบบมาตรฐานตามปกติ ในการที่จะปรับเปลี่ยน หรือลดขนาดของ CW และ กระบวนการสุ่มเลือก Backoff จะใช้วิธีการตามมาตรฐาน คือ [0, W-1] โดยที่ค่า W นั้นจะขึ้นอยู่กับแต่ละ AC

เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบให้ดียิ่งขึ้นในกรณีที่ไม่ได้ใช้โหมดที่โมบายล์โฮสต์ ใดที่มีการส่งข้อมูล ในบาง AC เท่านั้น โดยในทุก ๆ ช่วงเวลา T จะมีการตรวจสอบปริมาณของการส่งข้อมูล ในแต่ละ AC หากพบว่า ใน ACs ใดที่ไม่มีการส่งข้อมูลมีลำดับความสำคัญสูงกว่า AC ที่มีการส่งข้อมูล เราจะทำการปรับเปลี่ยนขนาดของ CWmin ของประเภทข้อมูลที่มีความสำคัญต่ำกว่า ให้มีค่า CWmin ที่ลดลง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความสามารถในการส่งข้อมูล

- if ( $f^{avg} < 0.35$ )  
Use standard
- if ( $f^{avg} \geq 0.35$ )  
Slide up contention windows
- if (Upper AC no data)  
Slide down contention windows

รูปที่ 3 แสดงวิธีการปรับเปลี่ยนขนาดของ CW

#### 4. การจำลองการทำงานของระบบ

การจำลองการทำงานของระบบในงานวิจัยนี้ เราใช้โปรแกรม NS-2 [9] โดยเรากำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2

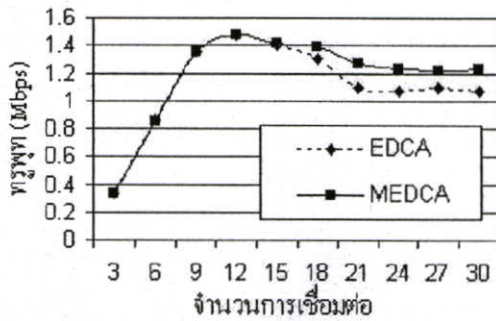
แสดงคุณสมบัติของการส่งข้อมูลในเครือข่าย

ประเภทของข้อมูล	ขนาดของข้อมูล (ไบต์)	ระยะเวลาในการสร้างข้อมูล (วินาที)	ความเร็วในการส่งข้อมูล (บิต/วินาที)
BE flows	816	0.02	326,400
MP flows	1,320	0.04	264,000
HP flows	260	0.02	104,000

ในการทดสอบการทำงานของระบบเราทำการแบ่งประเภทของข้อมูล ออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) High Priority (HP), 2) Medium Priority (MP) และ 3) Best Effort (BE) ซึ่งเราใช้ Constant Bit Rate (CBR) ในการที่จะจำลองการทำงานของ Multimedia และ Best Effort ทราฟฟิกโดยกำหนดให้ทุก โมบายล์โฮสต์ได้มีการส่งข้อมูลทั้ง 3 ประเภทสำหรับการจำลองการทำงานของระบบนี้ เราจะไม่พิจารณาการส่งข้อมูลโดยใช้ RTS และ CTS

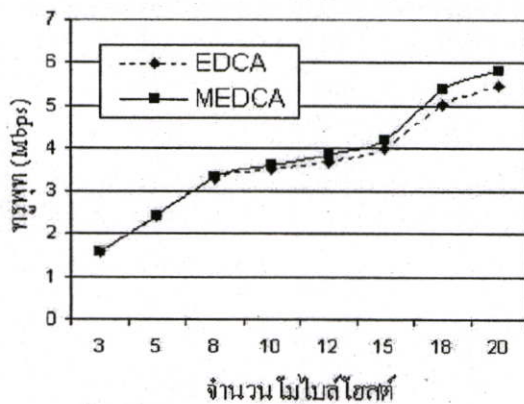
#### 5. ผลของการจำลองการทำงานของระบบ

รูปที่ 4 แสดงถึงผลการเปรียบเทียบค่าทราฟฟิกของระบบโดยรวมระหว่างวิธีการใหม่ที่น่าสนใจกับวิธีการมาตรฐานเดิม เมื่อกำหนดให้จำนวนโมบายล์โฮสต์ในเครือข่ายมีค่าคงที่ 10 โมบายล์โฮสต์ โดยมีการปรับเปลี่ยนจำนวนการเชื่อมต่อ (Connection) ตั้งแต่ 3 - 30 การเชื่อมต่อ โดยผลการทดลองแสดงดังในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงค่าทราฟฟิกับจำนวนการเชื่อมต่อ

ในรูปที่ 5 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าของ ทราฟฟิ ของเครือข่ายระหว่างวิธีการใหม่ที่นำเสนอ เปรียบเทียบกับวิธีการมาตรฐานเดิม เมื่อในเครือข่ายมีจำนวนโมบายล์โฮสต์ ตั้งแต่ 3 - 20 โมบายล์โฮสต์ ซึ่งพบว่ายิ่งจำนวน โมบายล์โฮสต์ในเครือข่ายยิ่งมีจำนวนที่มากขึ้นประสิทธิภาพของ MEDCA จะยิ่งเพิ่ม ประสิทธิภาพของทราฟฟิของระบบโดยรวม ของเครือข่ายมากยิ่งขึ้นกว่าวิธีการ EDCA เดิม



รูปที่ 5 แสดงค่าทราฟฟิกับจำนวน โมบายล์โฮสต์

## 6. บทสรุป

งานวิจัยฉบับนี้เราได้นำเสนอ วิธีการปรับปรุง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และ ขยายความสามารถของ

EDCA โดยเราเรียกวิธีการใหม่ที่นำเสนอนี้ MEDCA โดยที่ในแต่ละโมบายล์โฮสต์ จะมีการปรับเปลี่ยนการ กำหนดช่วง และ ขนาดของ Contention Window ตาม สภาพแวดล้อมของเครือข่าย และ จำนวนโมบายล์โฮสต์ ที่มีในเครือข่ายขณะนั้นที่แต่ละ โมบายล์โฮสต์สังเกตได้ ซึ่งจากผลการจำลองการทำงาน แสดงให้เห็นว่า MEDCA สามารถเพิ่มค่าทราฟฟิในการส่งข้อมูลภายใน เครือข่ายได้มากกว่าวิธีการ EDCA เมื่อปริมาณการส่ง ข้อมูลภายในเครือข่ายมีความหนาแน่นมาก และ เมื่อ จำนวนโมบายล์โฮสต์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Q. Pang, S. Chang, Y.B. Lee "A TCP-like Adaptive Contention Window Scheme for WLAN," Communications 2004 IEEE International Conference, Vol.6, pp. 3723- 3727, June 2004.
- [2] J. Zhao, Z. Guo, Q. Zhang, W. Zhu "Distributed MAC Adaptation for WLAN QoS Differentiation," Global Telecommunications Conference, 2003. GLOBECOM '03. IEEE, vol.6, pp. 3442- 3446, December 2003.
- [3] L. Gannoune, S. Robert "Dynamic tuning of the contention window minimum (CWmin) for enhanced service differentiation in IEEE802.11 Wireless ad-hoc network,"
- [4] S.A Hussain, K. Zian, M.T Khan, S. Ahmad, U. Farooq "Dynamic Contention Window for Quality of Service in IEEE 802.11 Networks,"
- [5] G. Bianchi, L. Fratta, M. Oliveri "Performance Evaluation and Enhancement of the CSMA/CA MAC Protocol for 802.11 Wireless LANs\*," Selected Areas in Communications, IEEE Journal on, Vol.18, Issue: 3, pp.535-547, March 2000
- [6] G. Wang, S. Mei, R. Yu, Z. Zhang "An Improved Analytical Model of 802.11e EDCA with Variable Packet Length," Vehicular Technology Conference, 2005. VTC-2005-Fall. 2005 IEEE 62<sup>nd</sup>, pp 1122- 1126, September 2005.
- [7] A. Nafaa, A. Ksentini, A. Mehaoua "SCW: Sliding Contention Window For Efficient Service Differentiation in IEEE 802.11 Networks," Wireless Communications and Networking Conference, 2005 IEEE, Vol.3, pp. 1626- 1631, March 2005.
- [8] IEEE 802.11e/D6.0, Draft Supplement to Part 11: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications
- [9] Network Simulator, ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.

**การปรับปรุงประสิทธิภาพของ Contention Window แบบพลวัต  
สำหรับเครือข่ายเคลื่อนที่ IEEE802.11e แบบแอดฮอค**  
**Performance Improvement of Adaptive Contention Window  
for IEEE802.11e Mobile Ad-Hoc Networks**

ประกาศ ผ่องสนาม\*    ศักดิ์ชัย ทัพย์จักรวัฒน์\*    รัตติกร วราภูถศิริพันธ์\*\*

\*ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ \*\*ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ สำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ (ReCCIT)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail: {s8060729, ktsakcha, kvruttki} @kmitl.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้เรานำเสนอวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานและคุณภาพในการให้บริการ สำหรับเครือข่าย IEEE802.11e แบบแอดฮอค (Ad-Hoc) โดยการปรับขนาดของ Contention Window (CW) ในระดับชั้น Medium Access Control (MAC) แบบพลวัต จะถูกปรับค่าโดยพิจารณาจาก จำนวนโมบิลโฮสต์ ประเภทของข้อมูล และการเคลื่อนที่ของโมบิลโฮสต์ เราเรียกวิธีการที่นำเสนอชื่อว่า Modified Enhanced Distributed Channel Access (MEDCA) เราวัดประสิทธิภาพ MEDCA ด้วยการจำลองระบบ เปรียบเทียบกับวิธีการมาตรฐาน Enhanced Distributed Channel Access (EDCA) ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า วิธีการ MEDCA มีอัตราสูญเสียของข้อมูล (Lost rate) ที่ต่ำกว่า และ ให้ค่าทราฟฟิค (Throughput) ที่สูงกว่าวิธีการ EDCA เดิม ในสภาวะที่เครือข่ายมีการใช้งานที่หนาแน่น และ เมื่อจำนวนโมบิลโฮสต์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ทั้งในสภาพแวดล้อมหยุดนิ่ง และ ในสภาพแวดล้อมที่มีการเคลื่อนที่

คำสำคัญ: การปรับCWแบบพลวัต, ปรับปรุงMAC, MAC, CW

### Abstract

In this paper, we propose scheme for Improvement QoS of IEEE 802.11e Ad hoc Network focusing on Adaptive Contention Window (CW) in Medium Access Control (MAC) Layer called Modified Enhanced Distributed Channel Access (MEDCA). MEDCA improves the system performance by adaptively adjusting the CW base on network situation such as number of mobile host, traffic type and mobility. We evaluate the performance of MEDCA by mean of simulation and compare with EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) in IEEE802.11e standard. The result show that MEDCA provide the higher throughput and lower lose when high traffic load, mobile host is increase and the network high mobility.

Keywords: Adaptive CW, Improvement MAC, MAC, CW

### 1. คำนำ

ปัจจุบันเครือข่ายแลนแบบไร้สายได้รับความนิยมในการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และ เนื่องจากความต้องการของผู้ใช้งานในการตอบสนองการทำงานด้านต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น เช่น ข้อมูล ภาพ เสียง และ มัลติมีเดีย เป็นต้น ซึ่งข้อมูลแต่ละประเภทมีความต้องการคุณภาพในการให้บริการที่แตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน ที่มีความต้องการคุณภาพในการให้บริการที่แตกต่างกัน จึงได้มีการ กำหนดมาตรฐานของเครือข่ายแลนแบบไร้สาย IEEE 802.11e เพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าว

มาตรฐาน IEEE 802.11e [5] ได้แบ่งวิธีการเข้าใช้งานช่องสัญญาณ ออกเป็น 2 วิธี คือ Hybrid Coordination Function (HCF) และ Enhanced Distributed Channel Access (EDCA)

ในวิธีการทำงานแบบ EDCA จะมีการแบ่งประเภทการให้บริการสำหรับ โมบิลโฮสต์ออกเป็น 4 ประเภท เรียกว่า Access Categories (ACs) โดยที่แต่ละ ACs จะมีแถวคอย (Queue) แยกเป็นอิสระจากกัน รวมทั้งพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับการเข้าใช้งานช่องสัญญาณ เช่น Arbitration Interframe Space (AIFS), ขนาดของ Contention Window (CW<sub>min</sub>, CW<sub>max</sub>) และ Transmission Opportunity (TXOP)

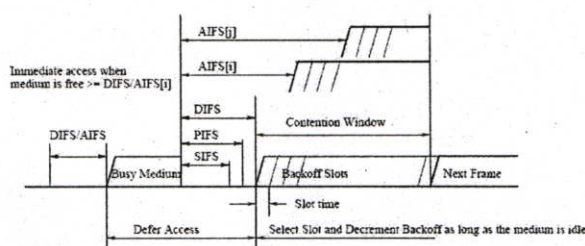
รูปแบบในการเข้าใช้งานช่องสัญญาณ ของแต่ละ ACs ใน EDCA นั้น เมื่อมีการตรวจสอบพบว่าช่องสัญญาณว่างในช่วง AIFS[AC] ของแต่ละแถวคอย จะทำการเริ่มกระบวนการส่งข้อมูล แต่หากพบว่า ช่องสัญญาณ ถูกใช้งานอยู่ จะมีการหยุดรอโดยใช้กระบวนการที่เรียกว่า Backoff ซึ่งจะมีความถี่ในการสุ่มเลือกค่าเวลาในการที่จะหยุดรอ โดยที่ช่วงของเวลาที่ใช้ในการสุ่มเลือกนั้น จะอยู่ระหว่าง (0, CW[AC]-1) เมื่อ CW[AC] คือขนาดของ Contention Window ปัจจุบัน โดยที่ค่าเวลานี้จะถูกลดค่าลงเรื่อย ๆ เมื่อ

ช่องสัญญาณว่าง และ มันจะหยุดลดค่าเมื่อพบว่าช่องสัญญาณมีการใช้งาน ซึ่งเมื่อค่าเวลาลดลงถึงค่าศูนย์ มันจะเริ่มกระบวนการส่งข้อมูลอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งในแต่ละครั้งที่ส่งข้อมูลไม่สำเร็จจะมีการเพิ่มขนาดของ CW[AC] ขึ้นเป็นสองเท่าจนถึงค่า CW[AC]max แต่เมื่อการส่งข้อมูลสำเร็จระบบจะทำการรีเซ็ต ค่า CW[AC] เป็นค่า CW[AC]min โดยอัตโนมัติ

ตารางที่ 1

แสดงค่า EDCA พารามิเตอร์ของ IEEE 802.11e

AC	AIFS	CWmin	CWmax	Designation
0	2	7	15	Voice
1	2	15	31	Video
2	3	31	1023	Video Probe
3	7	31	1023	Best Effort



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ IFS และ EDCA Channel Access [3]

จากรูปที่ 1 แสดงค่าพารามิเตอร์ของระบบในชั้น MAC พบว่าค่าที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ คือ CW และ IFS ตามลำดับ

ในงานวิจัยนี้เราจัดหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้ ในส่วนที่ 2 เราอธิบายถึงงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง สำหรับวิธีการที่เรานำเสนอ จะอธิบายรายละเอียดใน ส่วนที่ 3 ส่วนที่ 4 ส่วนที่ 5 จะกล่าวถึงการจำลองระบบและ ผลการทดลองเพื่อแสดงประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอตามลำดับ และ เราสรุปงานวิจัยนี้ใน ส่วนที่ 6

## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในมาตรฐาน IEEE 802.11e นั้นจะมีการสุ่มเลือก Backoff Time โดยรูปแบบการสุ่มเลือกจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง  $CW - 1$  โดยที่ขนาดของ CW นั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนของการส่งข้อมูลที่ไม่สำเร็จของครั้งก่อน โดยที่วิธีการปรับเปลี่ยน ขนาดของ CW ที่กำหนดไว้ใน IEEE 802.11e มีความคงทนต่อการใช้งานเป็นอย่างดี แต่ถึงอย่างไรก็ตาม ในการที่มีการกำหนดขนาดของ CW[AC]min ในกระบวนการเริ่มต้นการทำงาน โดยที่ไม่มีมีการพิจารณาถึงจำนวนโมไบล์โฮสต์ที่มีการใช้งานในเครือข่าย รวมถึงสถานะการใช้งานเครือข่าย ในขณะที่สามารถที่จะแปรเปลี่ยนได้ตลอดเวลา ซึ่งเมื่อมีจำนวนโมไบล์โฮสต์ที่ใช้งานเครือข่ายมาก การกำหนดขนาดของ CW[AC]min ที่มีค่าน้อยเกินไปอาจทำให้เกิดการชนกันของข้อมูล (Collision) ขึ้นมาก ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของเครือข่ายลดลงในทางกลับกัน หากกำหนดขนาดของ CW[AC]min มีค่ามากเกินไปในสถานะที่โมไบล์โฮสต์มีจำนวนน้อย อาจเป็นผลทำให้ ระยะเวลาการรอกระบวนการในการส่งข้อมูลอาจนานเกินความจำเป็น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 30 (EECON-30) 25-26 ตุลาคม 2550 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ให้ประสิทธิภาพโดยรวมในการใช้งานช่องสัญญาณได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ เพื่อเป็นการที่จะแก้ไขปัญหานี้ได้มีการนำเสนอวิธีการปรับเปลี่ยนขนาดของ CW โดยมีวิธีการที่แตกต่างออกไปจากวิธีการมาตรฐาน โดยใน [1] ได้นำเสนอวิธีการที่เรียกว่า MIMLD ในการปรับเปลี่ยนขนาดของ CW ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่าย แต่ยังไม่ได้มีการออกแบบ และ นำไปใช้เพื่อสนับสนุนคุณภาพการให้บริการ (QoS) อีกทั้งยังไม่คำนึงถึงสถานะของเครือข่ายในขณะนั้น ใน [2] ได้นำเสนอวิธีการเก็บค่าข้อมูลทางสถิติของเครือข่ายในสถานะต่างๆ เพื่อนำมากำหนด ขนาดของ CW อีกทั้งยังมีการเพิ่มส่วนในการสนับสนุนคุณภาพการให้บริการ แต่เนื่องจากวิธีการนี้นั้นต้องใช้การเก็บข้อมูลสถิติจากการทดลอง ซึ่งเป็นการยากที่จะนำไปประยุกต์ใช้งาน หากไม่มีข้อมูลสถิติที่ถูกต้อง และ อาจจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบไม่ดีหากข้อมูลสถิติที่นำมาใช้นั้นไม่เหมาะสมกับเครือข่ายของผู้ใช้งานสำหรับ ใน [4] ได้นำเสนอวิธีการที่เรียกว่า SCW ซึ่งสนับสนุนคุณภาพการให้บริการ อีกทั้งยังมีการแบ่งช่วงการกำหนดขนาดของ CW เพื่อให้สนับสนุนคุณภาพในการให้บริการได้ดียิ่งขึ้นเมื่อมีการใช้งานเครือข่ายอย่างหนาแน่น แต่เมื่อนำไปใช้งานในสถานะที่มีการใช้งานเครือข่าย ที่มีการใช้งานไม่หนาแน่นจะทำให้การใช้งานช่องสัญญาณ ได้ไม่เกิดประสิทธิภาพเท่าที่ควร อีกทั้งไม่มีการพิจารณาถึงการเคลื่อนที่ของโมไบล์โฮสต์

## 3. วิธีการที่นำเสนอ

### (MEDCA: Modified Enhanced Distributed Channel Access)

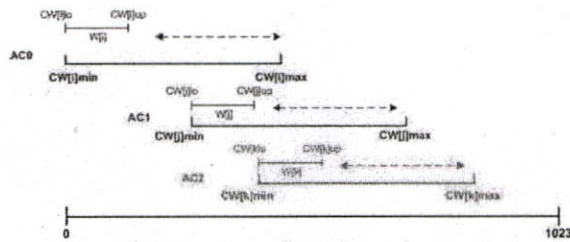
จากมาตรฐานของ IEEE 802.11e ได้กำหนดให้มีการเลือกขนาดของ CW จากช่วง  $[0, W-1]$  โดยที่ W คือความกว้างของ Contention Window ซึ่งจะขึ้นกับลำดับความสำคัญของบริการ (Priority) และ เพื่อเป็นการสนับสนุนคุณภาพการให้บริการ ที่แตกต่างกัน ซึ่งหากมีการใช้งานเครือข่ายหนาแน่น จะทำให้ประสิทธิภาพ ในการให้บริการทรานส์มิตที่มีลำดับความสำคัญสูงลดลง โดยวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอนี้ได้แบ่งการกำหนดขนาดของ Contention Window ออกเป็นสามรูปแบบโดยขึ้นกับ สถานะและการเคลื่อนที่ของเครือข่าย ดังนี้คือ การกำหนดขนาดของ CW [AC] min เริ่มต้นนั้นจะขึ้นกับค่าน้อยที่สุดระหว่าง CW[AC] min กับ จำนวนโมไบล์โฮสต์ในเครือข่าย และ จะมีการเก็บค่าพารามิเตอร์มาตรฐานไว้ใน  $baseCW[AC]$ ,  $maxCW[AC]$  ซึ่งเมื่อเกิดการชนกันของข้อมูล จะใช้วิธีการของมาตรฐานในการปรับเพิ่มขนาดของ CW คือ จะเพิ่มครึ่งละสองเท่าจนถึงค่า CWmax ของแต่ละ ACs โดยที่วิธีการ MEDCA ของเราจะมีการกำหนดช่วงเวลาที่จะมีการตรวจสอบอัตราการชนกันของการส่งข้อมูล (Collision rate) โดยสมการที่ใช้จาก [3] คือ

$$f^{i_{curr}} = \frac{Num(collision_{i_{curr}}[p])}{Num(data\_sent_{i_{curr}}[p])} \quad (1)$$

เมื่อ  $f^{i_{curr}}$  คืออัตราการชนกันที่สังเกตได้จากโมไบล์โฮสต์  $p$  ณ ช่วงที่  $j^{th}$  ในช่วงเวลา  $T$  จากนั้นจะนำมาหาค่าอัตราการชนกันเฉลี่ยจากสมการ

$$f^j_{avg} = (1 - \alpha) \times f^j_{curr} + \alpha \times f^j_{avg} \quad (2)$$

เมื่อ  $\alpha$  คือ Smoothing factor มีค่าอยู่ในช่วง  $[0, 1]$  ซึ่งในการทดลองใช้ค่าคือ 0.6 โดยที่ค่า  $f^j_{avg}$  จะใช้เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนการกำหนดวิธีการ และ ขนาดของ CW



รูปที่ 2 แสดงการปรับเปลี่ยนขนาด CW เมื่อตรวจสอบพบว่ามีการใช้งานเครือข่ายหนาแน่น

เมื่อเครือข่ายอยู่ในสภาวะไม่มีการเคลื่อนที่ถ้า  $f^j_{avg}$  มีค่ามากกว่า 0.35 เราจะถือว่าเครือข่าย หนาแน่นนั้นมีการใช้งานเครือข่ายอย่างหนาแน่น แต่เมื่อระบบมีการเคลื่อนที่ค่า  $f^j_{avg}$  จะถูกปรับลดค่าลงจากเดิมเป็น 0.30 ดังนั้นเพื่อให้ประสิทธิภาพของการให้บริการเป็นไปได้ดีและมีประสิทธิภาพ จะมีกระบวนการปรับเปลี่ยนขนาดของ CW ซึ่งแสดงดังในรูปที่ 2 โดยที่การเคลื่อนที่ของ CW ในแต่ละ AC จะอยู่ระหว่าง 0 - 0.4 ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของการส่งข้อมูลในขณะนั้น โดยที่เมื่อมีการปรับเปลี่ยนขนาดของ CW จะมีผลทำให้ค่า CWmax ของแต่ละ ACs ถูกปรับเปลี่ยนตามไปด้วย ซึ่งในวิธีการ MEDCA ของเรานี้ นำเสนอนี้ ได้มีการปรับขนาดของ CWmax เมื่อมีความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่ายในสภาวะแวดล้อมที่คงที่ที่เป็น CWmax = 8 x CWmin และในสภาวะแวดล้อมที่มีการเคลื่อนที่ที่ค่า CWmax = 7 x CWmin ของแต่ละ ACs โดยที่กระบวนการสุ่มเลือก Backoff Time ของแต่ละ AC จะถูกจำกัดไว้ที่ ขอบบนสุด (Upper Bound) และ ขอบล่างสุด (Lower Bound) ของแต่ละ ACs เท่านั้นคือ  $[CW [AC]lo, CW[AC]up]$  การปรับเปลี่ยนขนาดของ CW นี้เพื่อให้ ข้อมูลที่มีลำดับความสำคัญสูงยังคงสามารถที่จะให้บริการได้ดี และมีประสิทธิภาพ

เมื่อสภาวะการใช้งานเครือข่ายกลับเข้าสู่สภาวะปกติ คือ เมื่อตรวจสอบพบค่า  $f^j_{avg}$  มีค่าน้อยกว่า 0.35 เมื่ออยู่ในสภาวะที่หยุดนิ่ง และ 0.30 เมื่ออยู่ในสภาวะที่เคลื่อนที่ การปรับเปลี่ยนขนาดของ CWmin, CWmax จะถูกปรับเปลี่ยนไปใช้รูปแบบมาตรฐานตามปกติ ในการที่จะปรับเพิ่ม หรือลดขนาดของ CW และ กระบวนการสุ่มเลือก Backoff จะใช้วิธีการตามมาตรฐาน คือ  $[0, W-1]$  โดยที่ W คือความกว้างของ Contention Window ซึ่งขึ้นกับประเภทของข้อมูล

เพื่อเป็นการปรับปรุงการทำงานของระบบให้ดียิ่งขึ้นในกรณีที่มีโหนดเคลื่อนที่ โหนดที่มีการส่งข้อมูล ในบาง AC เท่านั้น โดยในทุก ๆ ช่วงเวลา T จะมีการตรวจสอบปริมาณของการส่งข้อมูล ในแต่ละ AC หากพบว่า ใน ACs โหนดที่ไม่มีการส่งข้อมูล มีลำดับความสำคัญสูงกว่า AC ที่มีการส่งข้อมูล เราจะทำการปรับเปลี่ยนขนาดของ CWmin ของประเภทข้อมูลที่มีความสำคัญต่ำกว่า ให้มีค่า CWmin ที่ลดลง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มโอกาสในการในการส่งข้อมูลมากยิ่งขึ้น

- if ( $f^j_{avg} < 0.35$ )  
Use standard
- if ( $f^j_{avg} > 0.35$ )  
Slide up contention windows  
 $CW_{max} - 8 \times CW_{min}$
- if (Upper AC no data)  
Slide down contention windows

รูปที่ 3 แสดงวิธีการปรับเปลี่ยนขนาดของ CW เมื่อเครือข่ายอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่หยุดนิ่ง

- if ( $f^j_{avg} < 0.30$ )  
Use standard
- if ( $f^j_{avg} > 0.30$ )  
Slide up contention windows  
 $CW_{max} - 7 \times CW_{min}$
- if (Upper AC no data)  
Slide down contention windows

รูปที่ 4 แสดงวิธีการปรับเปลี่ยนขนาดของ CW เมื่อเครือข่ายอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่มีการเคลื่อนที่

4. การจำลองการทำงานของระบบ

การจำลองการทำงานของระบบในงานวิจัยนี้ เราใช้โปรแกรม NS-2 [6] โดยเรากำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2

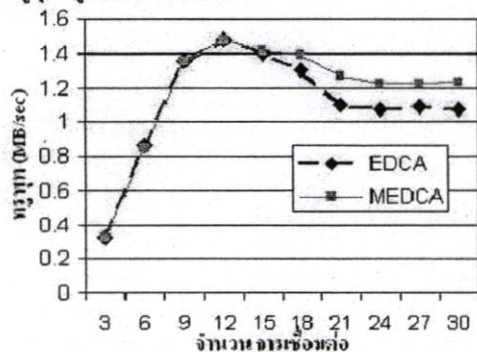
แสดงคุณสมบัติของการส่งข้อมูลในเครือข่าย

ประเภทของข้อมูล	ขนาดของข้อมูล (ไบต์)	ระยะเวลาในการสร้างข้อมูล (วินาที)	ความเร็วในการส่งข้อมูล (บิต/วินาที)
BE flows	816	0.02	326,400
MP flows	1,320	0.04	264,000
HP flows	260	0.02	104,000

ในการทดสอบการทำงานของระบบเราทำการแบ่งประเภทของข้อมูล ออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) High Priority (HP), 2) Medium Priority (MP) และ 3) Best Effort (BE) ซึ่งเราใช้ Constant Bit Rate (CBR) ในการที่จะจำลองการทำงานของ Multimedia และ Best Effort ทราฟฟิกโดยกำหนดให้ทุก โหนดโหนดเคลื่อนที่ที่มีการส่งข้อมูลทั้ง 3 ประเภทสำหรับการจำลองการทำงานของระบบนี้ เราจะไม่พิจารณาการส่งข้อมูลโดยใช้ RTS และ CTS

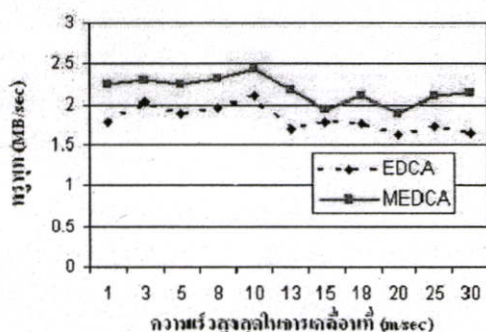
## 5. ผลของการจำลองการทำงานของระบบ

รูปที่ 5 แสดงกราฟการเปรียบเทียบค่าทราฟฟิคระหว่างวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอกับวิธีการมาตรฐาน EDCA จะพบว่าเมื่อจำนวนการเชื่อมต่อในเครือข่ายมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น วิธีการ MEDCA ให้ค่าทราฟฟิคที่สูงกว่าวิธีการ EDCA



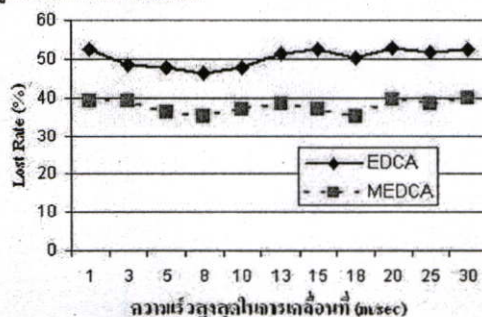
รูปที่ 5 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า ทราฟฟิค ระหว่าง EDCA กับ MEDCA เมื่อจำนวนการเชื่อมต่อเพิ่มมากขึ้น

รูปที่ 6 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าทราฟฟิคเปรียบเทียบระหว่างวิธีการ MEDCA และ EDCA เมื่อโมบายล์ไอเอสดีมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่าง ๆ กัน จะพบว่าวิธีการ MEDCA ยังคงให้ค่าทราฟฟิคที่สูงกว่าวิธีการ EDCA



รูปที่ 6 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า ทราฟฟิค ระหว่าง EDCA กับ MEDCA เมื่อโมบายล์ไอเอสดีมีการเคลื่อนที่

รูปที่ 7 แสดงกราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการส่งข้อมูลของวิธีการ MEDCA และ EDCA ซึ่งจะพบว่าวิธีการ MEDCA ที่นำเสนอมีอัตราการสูญเสียของแพ็กเก็ตเกิดข้อมูลน้อยกว่าวิธีการ EDCA



รูปที่ 7 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า Lost Rate ระหว่าง EDCA กับ MEDCA เมื่อ โมบายล์ไอเอสดีมีการเคลื่อนที่

## 6. บทสรุป

งานวิจัยฉบับนี้เราได้นำเสนอ วิธีการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และ ขยายความสามารถของ EDCA โดยเราเรียกวิธีการใหม่นี้ว่า MEDCA โดยที่ในแต่ละโมบายล์ไอเอสดี จะมีการปรับเปลี่ยนการกำหนดช่วง และ ขนาดของ Contention Window ตามสภาพแวดล้อมของเครือข่าย และ จำนวนโมบายล์ไอเอสดีที่มีในเครือข่ายขณะที่แต่ละโมบายล์ไอเอสดีส่งข้อมูลได้ ซึ่งจากผลการจำลองการทำงาน แสดงให้เห็นว่า MEDCA สามารถเพิ่มค่าทราฟฟิคในการส่งข้อมูลภายในเครือข่ายได้มากกว่าวิธีการ EDCA ทั้งในสภาวะเครือข่ายที่มีการเคลื่อนที่และในสภาวะเครือข่ายที่หยุดนิ่ง เมื่อปริมาณการส่งข้อมูลภายในเครือข่ายมีความหนาแน่นมาก และ เมื่อจำนวนโมบายล์ไอเอสดีมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Q. Pang, S. Chang, Y.B. Lee "A TCP-like Adaptive Contention Window Scheme for WLAN," Communications 2004 IEEE International Conference, Vol.6, pp. 3723- 3727 , June 2004.
- [2] J. Zhao, Z. Guo, Q. Zhang, W. Zhu "Distributed MAC Adaptation for WLAN QoS Differentiation," Global Telecommunications Conference, 2003. GLOBECOM '03. IEEE, vol. 6, pp. 3442- 3446, December 2003.
- [3] L. Gannoun, S. Robert "Dynamic tuning of the contention window minimum (CWmin) for enhanced service differentiation in IEEE802.11 Wireless ad-hoc network,"
- [4] A. Nafaa, A. Ksentini, A. Mehaoua "SCW: Sliding Contention Window For Efficient Service Differentiation in IEEE 802.11 Networks," Wireless Communications and Networking Conference, 2005 IEEE, Vol.3, pp. 1626- 1631 , March 2005.
- [5] IEEE 802.11e/D6.0, Draft Supplement to Part 11: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications
- [6] Network Simulator, ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>

## ประวัติผู้เขียน

นายประภาส ผ่องสนาม เกิดเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ.2524 ที่จังหวัดชัยภูมิ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ (เกียรตินิยมอันดับ 2) จากภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2547 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2548 โดยในปี พ.ศ. 2548 ได้เข้าทำงานในตำแหน่งนักวิชาการคอมพิวเตอร์ สำนักทะเบียนและประมวลผล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จนถึงปี พ.ศ. 2550