การจัดสมดุลโหลดสำหรับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย
โดยใช้วิธีการควบคุมการเชื่อมต่อแบบไฮบริด

นางสาวอัยริสา จันทร์ทวีทิพย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2551

LOAD BALANCING FOR WIRELESS LOCAL AREA NETWORKS USING HYBRID ASSOCIATION CONTROL SCHEME

Airisa Jantaweetip

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Telecommunication Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2008

การจัดสมดุลโหลดสำหรับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย
โดยใช้วิธีการควบคุมการเชื่อมต่อแบบไฮบริด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

(ผศ. ดร.รังสรรค์ ทองทา)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.ชุติมา พรหมมาก)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล)
กรรมการ

(ศ. ดร.ไพโรจน์ สัตยธรรม)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รศ. น.อ. ดร.วรพจน์ ขำพิศ)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อัยริสา จันทร์ทวีทิพย์ : การจัดสมดุลโหลดสำหรับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายโดยใช้วิธีการควบคุมการเชื่อมต่อแบบไฮบริด (LOAD BALANCING FOR WIRELESS LOCAL AREA NETWORKS USING HYBRID ASSOCIATION CONTROL SCHEME)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา พรหมมาก, 104 หน้า

ปัจจุบันเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย (Wireless Local Area Network หรือ WLAN) ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจากผู้ใช้บริการ ในการใช้งานเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลตามสถานที่ต่าง ๆ เช่น สนามบิน ศูนย์ประชุม ห้างสรรพสินค้า ฯลฯ เนื่องจากเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายมีความคล่องตัวสูง ติดตั้งง่ายและรวดเร็ว เคลื่อนย้ายและขยายระบบเครือข่ายได้ง่าย ประหยัดงบประมาณ นอกจากนั้นยังไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิทัศน์ขององค์กร อย่างไรก็ตาม ยังมีอุปสรรคหลายอย่างสำหรับการให้บริการตามความต้องการผู้ใช้ที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากปริมาณแบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างจำกัดแล้ว วิธีการพิจารณาเลือกจุดเข้าถึง (Access Point) ของสถานีจะขึ้นกับค่าความแรงสัญญาณที่รับได้สูงสุดจากจุดเข้าถึง บางสถานการณ์วิธีการเชื่อมต่อลักษณะนี้เป็นสาเหตุให้จุดเข้าถึงแต่ละตัวรองรับการรับส่งข้อมูลไม่เท่ากัน ซึ่งอาจก่อให้เกิดความคับคั่งของโหลดที่จุดเข้าถึงตัวใดตัวหนึ่ง ส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบโดยรวมลดลง

งานวิจัยนี้จึงทำการออกแบบและพัฒนาวิธีการจัดสมดุลโหลดสำหรับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายโดยนำเสนอวิธีการควบคุมการเชื่อมต่อแบบไฮบริด ซึ่งเป็นการปรับปรุงการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีที่มีการแบ่งลำดับความสำคัญของผู้ใช้บริการ โดยให้เซอร์ฟเวอร์ทำหน้าที่ตรวจสอบโหลดระหว่างจุดเข้าถึงและทำการตัดสินใจเลือกจุดเข้าถึงให้กับสถานี และทำการเปรียบเทียบคุณภาพการให้บริการกับระบบเดิมโดยพิจารณาจากปริมาณการเกิดบล็อกและอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้บริการกับจุดเข้าถึง จากการจำลองระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์พบว่าอัลกอริทึมไฮบริดสามารถรักษาสมดุลโหลดระหว่างจุดเข้าถึงและสามารถตอบสนองความต้องการด้านอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลของการใช้งานประเภทมัลติมีเดียได้ นอกจากนั้นยังทำการจัดการแบนด์วิดท์ของจุดเข้าถึงและพบว่าสามารถให้การสนับสนุนการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดียได้เป็นอย่างดี

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2551 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

AIRISA JANTAWEETIP : LOAD BALANCING FOR WIRELESS LOCAL AREA NETWORKS USING HYBRID ASSOCIATION CONTROL SCHEME. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. CHUTIMA PROMMAK, Ph.D., 104 PP.

LOAD BALANCING / ASSOCIATION CONTROL SCHEME

Nowadays Wireless Local Area Networks (WLANs) have become increasingly popular because they are amalgamated into many computers for reliable data service in many places, such as, airports, meeting halls and shopping malls without difficulty in wire installation. Furthermore, they are very easy to setup and use, and have low maintenance cost. In fact, Current association technique forces stations to choose the access point that has the strongest signal strength, this can cause, unbalanced load distribution between access points in networks. Some access points will be over loaded, others are under loaded. For the first ones applications requirements are not fulfilled.

This thesis proposes the hybrid association control scheme (HA) and load balancing techniques that enhance the priority differentiation. Simulation results show that the proposed scheme outperforms the other schemes in term of the percentage of blocking and the quality of the data transfer rate providing to the multimedia applications. In addition, this thesis presents the bandwidth management technuques for the hybrid association control scheme. Simulation results show that the proposed bandwidth management techniques can improve quality of services of the multimedia applications in term of the percentage of blocking and the data transfer rate.

School of Telecommunication Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2008 Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา พรหมมาก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้โอกาสทางการศึกษาให้คำแนะนำคำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหา และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรค์ ผู้ช่วยอธิการบดี และผู้อำนวยการศูนย์นวัตกรรมและผลิตสื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้โอกาสในการศึกษา คำแนะนำในด้านวิชาการแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ ทองทา หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยมาโดยตลอด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ภา อุฑารสกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี หัตถกรรม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย ทองโสภา อาจารย์ ดร.สมศักดิ์ วาณิชอนันต์ชัย และอาจารย์ ดร. ปิยาภรณ์ กระฉอดนอก อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่กรุณาให้คำปรึกษาและให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ให้การสนับสนุนด้านเงินอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ คุณประพล จาระตะคุ วิศวกรศูนย์เครื่องมือ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ และคุณมณีรัตน์ ทุมพงษ์ เลขานุการ ที่ให้คำปรึกษาและจัดการด้านเอกสาร

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับทุกคนในครอบครัวอันเป็นที่รัก ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา

อัยริสา จันทร์ทวีทิพย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)..... ข
กิตติกรรมประกาศ..... ง
สารบัญ..... จ
สารบัญตาราง..... ซ
สารบัญรูป..... ฌ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 4
1.3 สมมติของการวิจัย..... 4
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น..... 5
1.5 ขอบเขตของการวิจัย..... 5
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย..... 5
1.6.1 ระเบียบวิธีวิจัย..... 5
1.6.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 6
1.6.3 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 6
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 6
1.8 ส่วนประกอบของวิทยานิพนธ์..... 6

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ..... 8
2.2 รูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11..... 9
2.2.1 เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบแอดฮอค..... 9
2.2.2 เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบโครงสร้างพื้นฐาน..... 10

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 หลักการเข้าใช้ช่องสัญญาณของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย..... 12
2.4.1 การเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ PCF..... 12
2.4.2 การเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ DCF..... 13
2.4.3 การเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ EDCA..... 15
2.5 คุณภาพการให้บริการของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย..... 18
2.6 การวัดคุณภาพในการให้บริการของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย..... 21
2.7 สรุปเนื้อหาบทที่ 2..... 23

3 อัลกอริทึมที่ใช้ในการจำลองเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

3.1 กล่าวนำ..... 24
3.2 โครงสร้างโดยรวมของการจำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย..... 26
3.3.1 อุปกรณ์..... 26
3.3.2 โครงสร้างพื้นฐานที่ใช้ในการจำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย..... 26
3.3 พฤติกรรมการเชื่อมต่อของสถานีบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่จำลองขึ้น..... 27
3.3.1 การกำหนดพฤติกรรมการเข้าใช้บริการ..... 27
3.3.2 การควบคุมปริมาณโหลดบนจุดเข้าถึง..... 28
3.4 การทำงานของระบบการจัดการโหลด..... 29
3.5 อัลกอริทึมของการจัดการโหลด..... 30
3.5.1 อัลกอริทึมแบบ MSF..... 30
3.5.2 อัลกอริทึมแบบ MLF..... 32
3.5.3 อัลกอริทึมแบบ HA..... 33
3.6 สรุปเนื้อหาบทที่ 3..... 35

4 การวิเคราะห์อัลกอริทึมการเชื่อมต่อบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

4.1 กล่าวนำ..... 37
4.2 การเปรียบเทียบพฤติกรรมการเชื่อมต่อของสถานีบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย..... 37
4.2.1 การกำหนดค่าในทดลอง..... 37
4.2.2 การทดลองเปรียบเทียบพฤติกรรมการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึง..... 39
4.3 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อกและอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล..... 43

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.1 การกำหนดค่าในทดลอง ... 43
4.3.2 การทดลองเปรียบเทียบปริมาณการเกิดบล็อก ... 44
4.3.3 การทดลองเปรียบเทียบอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล ... 47
4.4 สรุปเนื้อหาบทที่ 4 ... 51
5 การวิเคราะห์อัลกอริทึมไฮบริดที่มีการจัดการแบนด์วิดท์
5.1 กล่าวนำ ... 52
5.2 การจัดการแบนด์วิดท์สำหรับอัลกอริทึมไฮบริด ... 52
5.2.1 วิธี Complete Sharing: CS ... 52
5.2.2 วิธี Complete Partitioning: CP ... 54
5.2.3 วิธี Partial Sharing: PS ... 55
5.3 วิเคราะห์ผลที่เกิดจากการทำงานของการจัดการแบนด์วิดท์ ... 56
5.3.1 การกำหนดค่าในทดลอง ... 56
5.3.2 การทดลองเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อก ... 57
5.3.3 การทดลองเปรียบเทียบอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล ... 60
5.3.4 วิเคราะห์ผลที่เกิดจากการแบ่งสัดส่วนการใช้งานแบนด์วิดท์ ... 64
5.4 สรุปเนื้อหาบทที่ 5 ... 67
6 สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ
6.1 สรุปเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ ... 68
6.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ ... 69
6.3 งานวิจัยในอนาคต ... 70
รายการอ้างอิง ... 71
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. รูปแบบโปรแกรมคำสั่ง CSIM ... 73
ภาคผนวก ข. โปรแกรมที่ใช้จำลองเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย ... 77
ภาคผนวก ค. บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา ... 102
ประวัติผู้เขียน ... 104

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 การกำหนดค่าความสำคัญของระดับชั้นการให้บริการ 16
4.1 การตั้งค่าตัวแปรการทดลองเปรียบเทียบพฤติกรรมการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึง 38
4.2 รายละเอียดการเข้าใช้บริการของสถานีไร้สายในช่วงเวลาต่าง ๆ 39
4.3 การตั้งค่าตัวแปรการทดลองเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อก
และอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล 44
5.1 การตั้งค่าตัวแปรการทดลองเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อก
และอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล 57
5.2 สิทธิในการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของข้อมูลแต่ละประเภท 57
5.3 การตั้งค่าตัวแปรการวิเคราะห์ผลที่เกิดจากการแบ่งสัดส่วนการใช้งานแบนด์วิดท์ 64
5.4 สัดส่วนการใช้งานแบนด์วิดท์ 65
5.5 เปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกเมื่อพิจารณาวิธี CS 66

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 การเกิดความคับคั่งของทราฟฟิกที่จุดเข้าถึงตัวใดตัวหนึ่ง..... 2
2.1 เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบแอดฮอค..... 10
2.2 เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบโครงสร้างพื้นฐาน..... 11
2.3 ขั้นตอนการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สาย..... 12
2.4 หลักการเข้าใช้สื่อตามมาตรฐาน IEEE..... 12
2.5 กลไก RTS/CTS Handshake..... 15
2.6 การจัดแถวคอยตามกลุ่มการเข้าใช้ช่องสัญญาณ..... 17
2.7 ขนาดของช่องว่างระหว่างแฟรมและขนาดของช่องเวลาการแข่งขัน..... 17
2.8 ตัวอย่างการทำงานของการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ EDCA..... 18
3.1 รูปแบบการจำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย..... 26
3.2 ลักษณะการเข้าใช้บริการและการรับบริการบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย..... 27
3.3 แผนภาพการทำงานโดยรวมของเครือข่ายท้องถิ่นไร้..... 30
3.4 แผนภาพการทำงานของอัลกอริทึมแบบ MSF..... 31
3.5 แผนภาพการทำงานของอัลกอริทึมแบบ MLF..... 33
3.6 แผนภาพการทำงานของอัลกอริทึมแบบ HA..... 35
4.1 รูปแบบการจำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย..... 38
4.2 พฤติกรรมการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีเมื่อใช้อัลกอริทึม MSF..... 41
4.3 พฤติกรรมการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีเมื่อใช้อัลกอริทึม MLF..... 42
4.4 พฤติกรรมการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีเมื่อใช้อัลกอริทึม HA..... 43
4.5 รูปแบบการจำลองเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่มีความคับคั่งบริเวณพื้นที่ A..... 44
4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกกับ system offered load
เมื่อมีผู้ใช้บริการประเภทมัลติมีเดีย 10% ของผู้ใช้บริการทั้งหมด..... 46
4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกกับ system offered load
เมื่อมีผู้ใช้บริการประเภทมัลติมีเดีย 40% ของผู้ใช้บริการทั้งหมด..... 46
4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการกับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล
เมื่อ system offered load มีค่า 0.5 และมีข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย 10%..... 48

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการกับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล เมื่อ system offered load มีค่า 0.5 และมีข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย 40%..... 49

4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการกับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล เมื่อ system offered load มีค่า 2 และมีข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย 10%..... 50

4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการกับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล เมื่อ system offered load มีค่า 2 และมีข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย 40%..... 50

5.1 การจัดการแบนด์วิดท์แบบ Complete Sharing: CS..... 54

5.2 การจัดการแบนด์วิดท์แบบComplete Partitioning: CP..... 55

5.3 การจัดการแบนด์วิดท์แบบ Partial Sharing: PS..... 56

5.4 รูปแบบการจำลองเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่มีความคับคั่งบริเวณพื้นที่ A..... 56

5.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกกับ system offered load เมื่อมีผู้ใช้บริการประเภทมัลติมีเดีย 10% ของผู้ใช้บริการทั้งหมด..... 59

5.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกกับ system offered load เมื่อมีผู้ใช้บริการประเภทมัลติมีเดีย 40% ของผู้ใช้บริการทั้งหมด..... 59

5.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการกับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล เมื่อ system offered load มีค่า 0.5 และมีผู้ใช้ประเภทมัลติมีเดีย 10%..... 61

5.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการกับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล เมื่อ system offered load มีค่า 0.5 และมีผู้ใช้ประเภทมัลติมีเดีย 40%..... 62

5.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการกับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล เมื่อ system offered load มีค่า 2 และมีผู้ใช้ประเภทมัลติมีเดีย 10%..... 63

5.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการกับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล เมื่อ system offered load มีค่า 2 และมีผู้ใช้ประเภทมัลติมีเดีย 40%..... 63

5.11 รูปแบบการจำลองเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่มีความคับคั่งบริเวณพื้นที่..... 64

5.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อก กับสัดส่วนการใช้งานแบนด์วิดท์เมื่อพิจารณาวิธี CP..... 66

5.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อก กับสัดส่วนการใช้งานแบนด์วิดท์เมื่อพิจารณาวิธี PS 67

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

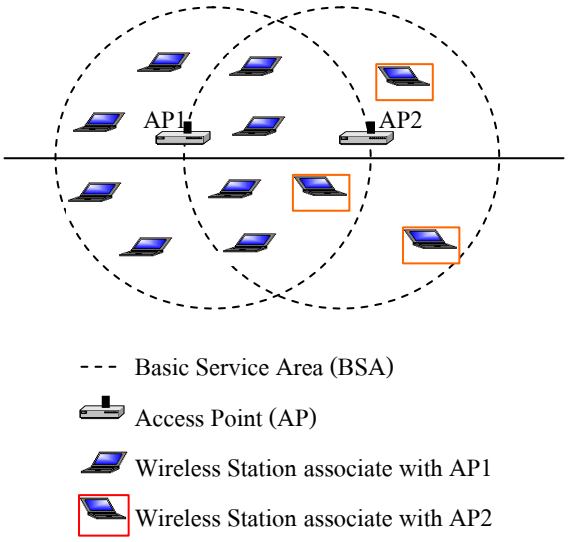
AP1	จุดเข้าถึงหมายเลข 1
AP2	จุดเข้าถึงหมายเลข 2
MSF	อัลกอริทึมแบบ Maximum Strength First
MLF	อัลกอริทึมแบบ Minimum Load First
HA	อัลกอริทึมแบบ Hybrid Approach
λ	อัตราการเข้ามาของผู้ใช้บริการ มีหน่วยเป็น calls/time
μ	อัตราการใช้บริการ มีหน่วยเป็น calls/time
$1/\lambda$	ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเข้าใช้บริการ
$1/\mu$	ระยะเวลาเฉลี่ยของการรับบริการ
N_{eq}	จำนวนผู้ใช้บริการเสมือน
N_{mu}	จำนวนผู้ใช้บริการประเภทมัลติมีเดีย
N_{be}	จำนวนผู้ใช้บริการประเภท best effort
N_{max}	จำนวนผู้ใช้บริการสูงสุดต่อจุดเข้าถึง
W_{mu}	ค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย
W_{be}	ค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลประเภท best effort
CS	วิธีการจัดการแบนด์วิดท์แบบ Complete Sharing
CP	วิธีการจัดการแบนด์วิดท์แบบ Complete Partitioning
PS	วิธีการจัดการแบนด์วิดท์แบบ Partial Sharing
w_i	ค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลแต่ละประเภท
x_{ij}	สถานะที่สถานีไร้สาย i เชื่อมต่อกับจุดเข้าถึง j มีค่าเท่ากับ 1 และอื่น ๆ เท่ากับ 0
i	สถานีไร้สาย $i \in I$
j	จุดเข้าถึง $j \in J$

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

เครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย (Wireless Local Area Network: WLAN) เป็นระบบที่ใช้เชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน โดยอาศัยคลื่นวิทยุ (Radio Frequency: RF) ในการรับส่งข้อมูลแทนสายนำสัญญาณ ซึ่งคลื่นวิทยุที่ใช้งานนั้นเป็นคลื่นวิทยุในย่านความถี่สาธารณะสำหรับอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์และการแพทย์ (Industrial Scientific and Medical: ISM) สามารถใช้งานโดยไม่ต้องขออนุญาต สำหรับการเข้าใช้งานหรือเชื่อมต่อกับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายนั้นไม่จำเป็นต้องทำการติดตั้งสายนำสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ส่งสัญญาณกับอุปกรณ์ปลายทาง (Wireless Station) ทำให้มีความสะดวกคล่องตัวในการใช้งาน ไม่ว่าสถานีไร้สายจะเคลื่อนที่ไปที่ไหนภายในขอบเขตของสัญญาณก็สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายได้ตลอดเวลา นอกจากนั้นยังสามารถให้บริการในบริเวณที่สายส่งสัญญาณไม่สามารถเข้าถึงได้ เช่น สวนสาธารณะ สนามหญ้าหน้าบ้าน เป็นต้น การติดต่อสื่อสารของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายนั้นมีรูปแบบการให้บริการอินเทอร์เน็ตที่ประกอบด้วยเครือข่ายคอมพิวเตอร์จำนวนมาก สามารถเชื่อมโยงเครือข่ายที่มีสายและไร้สายเข้าด้วยกันทำให้สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลได้อย่างกว้างขวาง ในการให้บริการเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายผู้ให้บริการจะติดตั้งอุปกรณ์ที่เรียกว่า จุดเข้าถึง (Access Point: AP) ไว้ตามสถานที่ต่าง ๆ ที่มีความต้องการเชื่อมโยงข้อมูลกับเครือข่าย เช่น แหล่งชุมชน สนามบิน ศูนย์ประชุม ห้างสรรพสินค้า โรงแรม เป็นต้น ผู้ใช้บริการสามารถเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงได้จากอุปกรณ์ไร้สายที่ติดตั้งอยู่บนคอมพิวเตอร์ เช่น โน้ตบุ๊กที่มีอุปกรณ์ไร้สาย เป็นต้น ปัจจุบันเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบมีโครงสร้างพื้นฐานได้รับความนิยมในการใช้งานอย่างแพร่หลาย เนื่องจากให้การสนับสนุนความต้องการของผู้ใช้บริการได้เป็นอย่างดี เครือข่ายประเภทนี้มีรูปแบบการจัดเครือข่าย (Topology) ทางกายภาพเป็นแบบดาว (Star) คือมีจุดเข้าถึงเป็นศูนย์กลางในการสื่อสารและมีสถานีไร้สายอยู่โดยรอบเชื่อมต่อกับศูนย์กลางหรือจุดเข้าถึงโดยตรง ส่วนทางตรรกะ (Logical) เป็นแบบบัส (Bus) คือมีการใช้ช่องสัญญาณร่วมกันโดยผลัดกันใช้ (Shared Media) (Rapaport T.S., 1996) เมื่อสถานีไร้สายเครื่องใดต้องการสื่อสารกับจุดเข้าถึง ตัวจับสัญญาณที่ติดตั้งอยู่ที่สถานีไร้สายจะคอยฟังสัญญาณที่จุดเข้าถึงส่งออกมาและเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึง (Passive Scanning) หรือหากไม่มีการส่งสัญญาณออกจากจุดเข้าถึงเนื่องจากต้องการรักษาความปลอดภัยของเครือข่าย สถานีไร้สายจะต้องร้องขอให้มีการจัดตั้งการเชื่อมต่อไปยังจุดเข้าถึงแทนการรอรับฟังสัญญาณ (Active Scanning)

มาตรฐาน IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineer) เป็นองค์กรที่กำหนดมาตรฐานการติดต่อสื่อสารของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ สถานีไร้สายที่ต้องการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงเพื่อรับส่งข้อมูลบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายจะเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงที่มีค่าความแรงสัญญาณที่รับได้สูงสุด ถึงแม้ว่าสถานีไร้สายจะสามารถรับสัญญาณจากจุดเข้าถึงได้มากกว่าหนึ่งจุดในบริเวณนั้น การเลือกเชื่อมต่อของสถานีไร้สายในลักษณะนี้อาจส่งผลให้ปริมาณโหลดบนจุดเข้าถึงแต่ละตัวไม่เท่ากัน แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 1.1 จุดเข้าถึงหมายเลข 1 (AP1) ต้องรองรับการรับส่งข้อมูลของสถานีไร้สายหรือปริมาณโหลดจำนวนมาก เนื่องจากมีสถานีไร้สายอยู่ในบริเวณขอบเขตสัญญาณของ AP1 จำนวนมาก ทั้ง ๆ ที่สถานีไร้สายบริเวณพื้นที่ซ้อนทับสามารถทำการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงหมายเลข 2 (AP2) ได้ แต่กลับทำการเชื่อมต่อกับ AP1 เนื่องจากได้รับความแรงของสัญญาณจาก AP1 ได้ดีกว่า จึงก่อให้เกิดความคับคั่งของการจราจรที่ AP1



รูปที่ 1.1 การเกิดความคับคั่งของการจราจรที่จุดเข้าถึงตัวใดตัวหนึ่ง

จากหลักการทำงานของการเข้าถึงช่องสัญญาณของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบ CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) สถานีไร้สายแต่ละเครื่องที่เชื่อมโยงกับจุดเข้าถึงเดียวกันจะต้องร่วมกันใช้ช่องสัญญาณสื่อสารเดียวกัน ในที่นี้คือการใช้ช่องสัญญาณความถี่เดียวกันเพื่อรับส่งข้อมูลผ่านจุดเข้าถึงแต่จะผลัดกันใช้ตามเวลา ดังนั้นจำนวนสถานีไร้สายที่ทำการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงเครื่องหนึ่ง ๆ จึงส่งผลกระทบต่อปริมาณงาน (Throughput) ที่สถานีไร้สายแต่ละเครื่องจะสามารถใช้งานเครือข่ายได้ เป็นสาเหตุสถานีไร้สายที่อยู่ในบริเวณ AP1 ที่มีความคับคั่งของการจราจรสูงมีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณสูง ส่งผลให้

ปริมาณงานที่ได้น้อยลงเมื่อจำนวนสถานไร้สายทำการรับส่งข้อมูลมากขึ้น ในขณะที่บริเวณขอบเขตสัญญาณของ AP2 มีจำนวนสถานีไร้สายไม่มากนักที่ทำการเชื่อมต่อด้วยทำให้ AP2 รองรับการรับส่งข้อมูลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งเป็นการใช้ทรัพยากรที่ไม่คุ้มค่าและส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครือข่ายโดยรวมลดลง ด้วยสาเหตุนี้เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาการจัดการโหลดบนจุดเข้าถึง เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพและคุณภาพการให้บริการ (Quality of Service: QOS) ที่ดีขึ้นและเป็นที่พึงพอใจของผู้ใช้บริการทุก ๆ ประเภทการใช้งาน

งานวิจัยของ Lee K.Y., Cho K.S., and Lee B.S. (2007) ได้นำเสนอการแก้ปัญหาความคับคั่งของทราฟฟิกโดยการควบคุมปริมาณโหลดบนจุดเข้าถึง โดยจุดเข้าถึงแต่ละตัวบนเครือข่ายจะเป็นผู้ตรวจสอบปริมาณแบนด์วิดท์ของตนเองและปรับอัตราการส่งข้อมูล การตัดสินใจการควบคุมโหลดของแนวทางนี้จะขึ้นอยู่กับค่าจุดเริ่มเปลี่ยน (Threshold) ของแบนด์วิดท์ ซึ่งผลที่ได้สามารถลดอัตราการชนกันของข้อมูลภายในเครือข่ายได้ วิธีการควบคุมปริมาณโหลดบนจุดเข้าถึงนั้นจะทำให้จุดเข้าถึงรองรับโหลดในปริมาณที่พอเหมาะสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้บริการได้ แต่จะทำให้สถานีไร้สายที่เหลือต้องใช้เวลาในการรอเข้าใช้บริการเครือข่ายเพิ่มขึ้น เนื่องจากเครือข่ายจะปฏิเสธการเข้าใช้บริการเมื่อมีปริมาณโหลดถึงค่าที่กำหนดไว้

งานวิจัยของ Papanikos I. and Logothetis M. (2001) ได้นำเสนอการการจัดการโหลดให้กับเครือข่ายขนาดใหญ่ที่มีจำนวนจุดเข้าถึงหลายตัวบนพื้นที่ให้บริการ โดยให้จุดเข้าถึงแต่ละตัวภายในเครือข่ายมีการติดต่อสื่อสารกันตลอดเวลา เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลดเกิดขึ้นที่จุดเข้าถึงตัวใดภายในเครือข่ายจุดเข้าถึงตัวอื่นก็จะทราบการเปลี่ยนแปลงทันที และทำการจัดการโหลดใหม่อีกครั้ง ผลที่ได้จะทำให้เครือข่ายสามารถรองรับการให้บริการได้เพิ่มขึ้น สามารถลดอัตราการปฏิเสธการเข้าใช้บริการ และยังสามารถลดความคับคั่งของสถานีไร้สายได้อีกด้วย

ในงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าวิธีการจัดสมดุลโหลดสามารถแบ่งเบาภาระโหลดให้กับจุดเข้าถึงที่รองรับการรับส่งข้อมูลจำนวนมากได้ จึงทำให้บริเวณที่เคยปฏิเสธการเข้าใช้บริการสามารถรองรับการให้บริการได้ เนื่องจากสถานีไร้สายบางส่วนที่สามารถรับสัญญาณจากจุดเข้าถึงได้มากกว่า 1 ตัวทำการย้ายการเชื่อมต่อไปยังจุดเข้าถึงข้างเคียง

งานวิจัยของ Jabri I., Soudani A., Krommenacker N., and Divoux T. (2006) ได้นำเสนอการลดอัตราการเกิดบล็อกหรือการปฏิเสธการเข้าใช้บริการที่เกิดขึ้นบริเวณจุดเข้าถึงที่มีความคับคั่งของสถานีไร้สาย โดยการย้ายสถานีไร้สายบางส่วนที่เชื่อมต่ออยู่กับจุดเข้าถึงดังกล่าวไปยังจุดเข้าถึงข้างเคียง และรับการเชื่อมต่อของสถานีไร้สายใหม่ที่ไม่สามารถย้ายการเชื่อมต่อได้ ผลที่ได้จะทำให้เครือข่ายสามารถรองรับบริการได้เพิ่มขึ้น

งานวิจัยของ Chen J.C., Chen T.C., Zhang T., and Berg van den E. (2006) ได้นำเสนอการแก้ปัญหาความคับคั่งของทราฟฟิกที่มีการควบคุมการทำงานอยู่บนสถานี โดยสถานีไร้สายที่ต้องการเชื่อมต่อกับเครือข่ายจะเป็นผู้สรุปความเป็นไปได้ในการร้องขอการใช้งานเครือข่ายและจุดเข้าถึงที่เหมาะสม เพื่อนำไปตัดสินใจเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงตามปริมาณโหลดให้จุดเข้าถึงรองรับการทำงานเท่า ๆ กัน ผลที่ได้จะช่วยเพิ่มปริมาณงานและลดค่าหน่วงเวลาเฉลี่ยในการส่งข้อมูลที่จุดเข้าถึง

งานวิจัยของ Bahl P.V., Hajiaghayi M.T., Mirrokni S.V., Qiu L., and Saberi A. (2006) ได้นำเสนอวิธีการจัดสมดุลโหลดที่เรียกว่า Cell breathing ซึ่งเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถกระจายปริมาณโหลดไปยังจุดเข้าถึงข้างเคียงได้ วิธีการนี้ใช้การลดพื้นที่ครอบคลุมการให้บริการของจุดเข้าถึงที่รองรับปริมาณโหลดมากเกินไปโดยการลดกำลังงานที่จุดเข้าถึงส่งออกไป ในขณะที่จุดเข้าถึงข้างเคียงที่มีปริมาณโหลดน้อยกว่าจะเพิ่มกำลังงานเพื่อเพิ่มพื้นที่ครอบคลุมการให้บริการ แต่วิธีการนี้ยังมีข้อกำจัดในการใช้งานเนื่องจากการทำงานจะขึ้นอยู่กับความสามารถของจุดเข้าถึงที่นำมาใช้งาน ซึ่งต้องอาศัยการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของจุดเข้าถึงให้ดียิ่งขึ้น

ถึงแม้ว่าบทความเหล่านี้จะสามารถทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่ายโดยรวมสูงขึ้น แต่ก็ยังไม่ได้คำนึงถึงความต้องการด้านคุณภาพการให้บริการที่เหมาะสมตามประเภทการใช้บริการที่ต่างกัน ซึ่งปัจจุบันเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายสามารถให้บริการรับส่งข้อมูลได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย ซึ่งต้องการการส่งข้อมูลในเวลาจริงและต้องการอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลสูง จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการพัฒนาวิธีการจัดสมดุลโหลดสำหรับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย โดยใช้อัลกอริทึมไฮบริดที่พิจารณาลำดับความสำคัญของผู้ใช้บริการ (Priority of Users) รวมถึงอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลระหว่างสถานีไร้สายกับจุดเข้าถึง โดยในการควบคุมการเชื่อมต่อจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายที่เข้ามาใหม่ได้มีการนำเอาข้อมูลโหลดบนจุดเข้าถึงในทุก ๆ ช่วงเวลามาพิจารณาและตัดสินใจใหม่ทุกครั้งทำให้การตัดสินใจแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับสถานการณ์โหลดปัจจุบัน นอกจากนั้นยังเพิ่มวิธีการจัดการแบนด์วิดท์ในอัลกอริทึมไฮบริด เพื่อตอบสนองความต้องการและรับประกันแบนด์วิดท์ให้กับผู้ใช้บริการที่ต้องการรับส่งข้อมูลในเวลาจริง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมการจัดสมดุลโหลดสำหรับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

1.2.2 เพื่อออกแบบวิธีการควบคุมการเชื่อมต่อผู้ใช้บริการเข้ากับจุดเข้าถึง

1.2.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการให้บริการสื่อสารข้อมูลภายในเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่ใช้วิธีการจัดสมดุลโหลดที่พัฒนาขึ้น

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลระหว่างสถานีไร้สายกับจุดเข้าถึงขึ้นอยู่กับความแรงของสัญญาณที่สถานีไร้สายได้รับจากจุดเข้าถึง

1.3.2 จุดเข้าถึงที่มีสถานีไร้สายเชื่อมต่ออยู่เป็นจำนวนมาก จะทำให้เกิดการแย่งกันใช้ช่องสัญญาณสื่อสารของจุดเข้าถึงนั้นเพิ่มขึ้น

1.3.3 การลดจำนวนสถานีไร้สายที่เชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงจะทำให้ปริมาณงานเฉลี่ย (Average Throughput) ของผู้ใช้บริการแต่ละคนสูงขึ้น

1.3.4 สภาวะโหลดภายในเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายขึ้นอยู่กับค่าของ Average arrival-rate และ Average holding-time ของผู้ใช้บริการ

1.3.5 กระบวนการเข้าใช้เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายของผู้ใช้บริการจำลองด้วย Poisson Process

1.3.6 ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเข้าใช้บริการและระยะเวลาเฉลี่ยของการรับบริการของผู้ใช้บริการมีการกระจายแบบ Exponential

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.4.1 งานวิจัยนี้ทำการพิจารณาเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบโครงสร้างพื้นฐานตามมาตรฐาน IEEE802.11

1.4.2 ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองแบบ (Simulation) การทำงานของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่ทำการศึกษา

1.4.3 อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลระหว่างสถานีไร้สายกับจุดเข้าถึงเป็นไปตามมาตรฐาน IEEE802.11 ซึ่งขึ้นอยู่กับเทคนิคการมอดดูเลตจากระดับความแรงของสัญญาณที่ได้รับจากจุดเข้าถึง

1.4.4 พิจารณาความแรงของสัญญาณที่รับได้จากจุดเข้าถึง 4 ระดับ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ศึกษาขั้นตอนวิธีการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สาย

1.5.2 ศึกษาวิธีการตัดสินใจเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึง โดยพิจารณาจากความแรงของสัญญาณและพิจารณาจากปริมาณโหลด เพื่อเปรียบเทียบข้อบกพร่อง

1.5.3 พัฒนาวิธีการใหม่เพื่อเพิ่มคุณภาพการให้บริการตามลำดับความสำคัญของผู้ใช้บริการ

1.5.4 ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบการตัดสินใจเลือกเชื่อมกับจุดเข้าถึงโดยพิจารณาจากความแรงของสัญญาณ พิจารณาจากปริมาณโหลด และวิธีการใหม่

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

1.6.1 ระเบียบวิธีวิจัย

1.6.1.1 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์

1.6.1.2 ทดสอบการให้บริการของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย โดยเขียนโปรแกรมจำลองแบบการทำงานเครือข่ายด้วยโปรแกรมซีซิม (CSIM19) ร่วมกับการคำนวณเพื่อแสดงผลด้วยโปรแกรมแมทแลบ (MATLAB)

1.6.1.3 ทำการวิเคราะห์ สรุปผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบในข้อ 2. และรวบรวมข้อมูลเพื่อเขียนเป็นรายงานวิทยานิพนธ์

1.6.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1.6.2.1 เก็บรวบรวมข้อมูลของอัลกอริทึมการตัดสินใจเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายที่พิจารณาจากความแรงของสัญญาณที่รับได้และปริมาณโหลด

1.6.2.2 วิเคราะห์หาแนวทางเพื่อทำการพัฒนาจากการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.6.2.3 เก็บรวบรวมข้อมูลและผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบอัลกอริทึมไฮบริดเพื่อเปรียบเทียบการทำงานกับอัลกอริทึมที่ทำการศึกษา

1.6.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับการตัดสินใจเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายในแต่ละวิธีจะถูกนำไปวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยในรูปแบบของกราฟ

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ได้วิธีการตัดสินใจเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายที่ดี

1.7.2 ได้ทางเลือกใหม่อันเป็นประโยชน์เกี่ยวกับการตัดสินใจเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายตามความสำคัญของผู้ใช้บริการ

1.7.3 ได้วิธีและขั้นตอนที่สามารถให้การสนับสนุนการใช้บริการตามลำดับความสำคัญของผู้ใช้บริการ

1.8 ส่วนประกอบของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้ได้แบ่งออกเป็น 6 บท ดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัยและบอกถึงข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับทำการวิจัย

บทที่ 2 กล่าวถึงความรู้พื้นฐาน ปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 กล่าวถึงการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สาย

บทที่ 4 กล่าวถึงการวิเคราะห์อัลกอริทึมที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สาย

บทที่ 5 กล่าวถึงการวิเคราะห์อัลกอริทึมไฮบริดที่มีการจัดการแบนด์วิดท์

บทที่ 6 สรุปการวิจัย ข้อเสนอแนะ และงานวิจัยในอนาคต

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

เทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายกำลังได้รับความนิยมจากผู้ใช้บริการ เนื่องจากมีจุดเด่นเรื่องความสะดวกสบายในการพกพาอุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายไปตามสถานที่ต่าง ๆ ที่ให้บริการเพื่อเข้าใช้งานเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย อีกทั้งผู้ผลิตแต่ละรายมีการแข่งขันในการพัฒนาความสามารถการรับส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องเพื่อรองรับความต้องการทางการตลาด ส่งผลให้ปัจจุบันอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายมีราคาถูกลงและสามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด นอกจากนี้ยังสนับสนุนการใช้งานเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายโดยทำการติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่อไร้สายมากับคอมพิวเตอร์บางรุ่นและเพิ่มจุดการให้บริการตามสถานที่ต่าง ๆ รวมทั้งข้อดีอื่น ๆ ของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย เช่น ง่ายต่อการติดตั้งเนื่องจากไม่เสียเวลาติดตั้งสายสัญญาณ เหมาะสำหรับสถานที่ที่ต้องการความสวยงามเนื่องจากไม่รกรุงรังจากสาย ลดค่าใช้จ่ายโดยรวมในการซื้ออุปกรณ์ เคลื่อนย้ายตำแหน่งปรับสภาพแวดล้อมได้ง่าย เป็นต้น จากเหตุผลดังกล่าวทำให้จำนวนผู้ใช้บริการเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งในปี ค.ศ. 2008 มีผู้ใช้บริการมากกว่า 700 ล้านคนทั่วโลก (Wireless LAN Market, www, 2008) ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายจะมีส่วนด้อยตามลักษณะการทำงานของระบบที่ใช้อากาศเป็นสื่อกลางในการสื่อสาร คือจะถูกรบกวนได้ง่ายจากอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดที่อาจมีการใช้งานย่านความถี่เดียวกันกับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย เช่น เตาอบ เป็นต้น และปริมาณแบนด์วิดท์ที่สามารถใช้งานได้มีอยู่อย่างจำกัด อย่างไรก็ตามเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายก็ยังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องด้วยคุณสมบัติที่ดีที่มีมากมายยังคงเป็นสาเหตุให้มีผู้ใช้บริการเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายจำนวนมาก และเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการที่เพิ่มขึ้นตลอดมา ส่งผลให้เทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายมีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง เห็นได้จากองค์กร IEEE 802.11 ได้มีการกำหนดคณะทำงานขึ้นมาหลายกลุ่มเพื่อพัฒนาขีดความสามารถของระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายให้มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น โดยตัวอักษรที่อยู่ต่อท้ายจะเป็นตัวบอกว่าเป็นกลุ่มที่ทำการพัฒนาในด้านใด ตัวอย่างเช่น

- IEEE 802.11a คณะกรรมชุดนี้ได้ปรับปรุงให้เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายมีการรับส่งข้อมูลได้ที่อัตราเร็วสูงสุด 54 Mbps ที่ความถี่ 5 GHz

- IEEE 802.11b คณะกรรมชุดนี้ได้ปรับปรุงให้เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายมีการรับส่งข้อมูลได้ที่อัตราเร็วสูงสุด 11 Mbps ที่ความถี่ 2.4 GHz

- IEEE 802.11e คณะกรรมชุดนี้ได้ปรับปรุงการทำงานในชั้นควบคุมการใช้ช่องสัญญาณ (MAC Layer) ให้สามารถรองรับการใช้งานข้อมูลมัลติมีเดีย

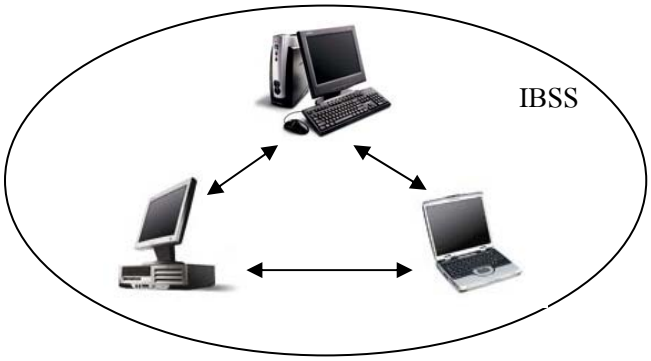
จากการพัฒนาการทำงานของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่ไม่หยุดนิ่งเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการ งานวิจัยนี้จึงได้ให้ความสนใจและเริ่มศึกษาโครงสร้างพื้นฐานของการทำงานบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายอย่างละเอียด เพื่อนำความรู้ที่ได้มาทำการพัฒนาการทำงานของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายให้ดียิ่งขึ้น โดยเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการทำงานโดยรวมของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย โดยแบ่งออกเป็นหัวข้อย่อยดังนี้ หัวข้อ 2.2 กล่าวถึงรูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11 หัวข้อ 2.3 กล่าวถึงขั้นตอนการ Authentication และ Association ซึ่งเป็นขั้นตอนการร้องขอเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงก่อนจะเข้าใช้งานเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย หัวข้อ 2.4 กล่าวถึงหลักการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ Point Coordination Function Distributed Coordination Function และ Enhanced Distributed Channel Access หัวข้อ 2.5 กล่าวถึงคุณภาพการให้บริการของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย หัวข้อ 2.6 กล่าวถึงการวัดคุณภาพในการให้ บริการของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย และในหัวข้อสุดท้ายหัวข้อ 2.7 เป็นหัวข้อสรุปเนื้อหาที่ได้กล่าวในบทนี้

2.2 รูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11

มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้แบ่งรูปแบบการเชื่อมต่อของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายออกเป็น 2 ประเภท คือ เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบแอดฮอค (Ad hoc Network) และเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Network) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบแอดฮอค

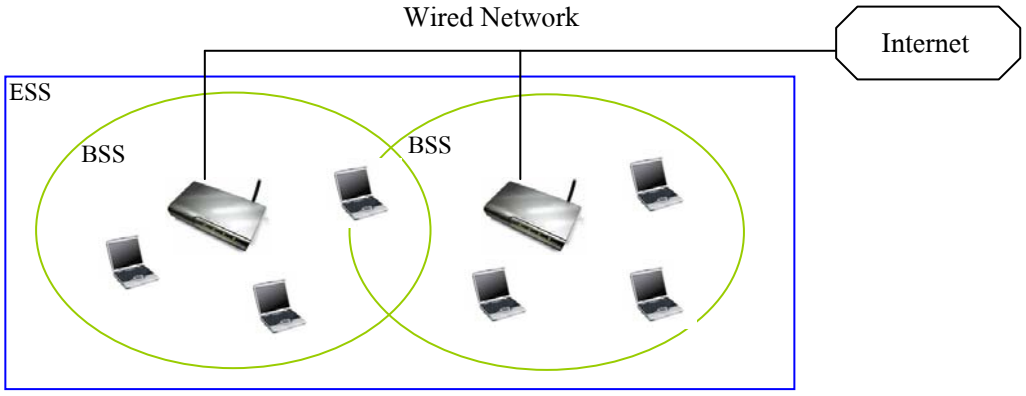
เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบแอดฮอคเป็นเครือข่ายที่ผู้ใช้บริการสามารถสร้างการเชื่อมต่อระหว่างสถานีไร้สายได้เอง เมื่อผู้ใช้บริการต้องการติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกับสถานีไร้สายอื่น ๆ ผู้ใช้บริการสามารถส่งข้อมูลระหว่างสถานีไร้สายได้อย่างอิสระโดยไม่ถูกควบคุมจากศูนย์กลางหรือจุดเข้าถึง เหมาะสำหรับการนำมาใช้งานนอกสถานที่หรือบริเวณที่ไม่มีจุดเข้าถึงรองรับ แต่การเชื่อมต่อในลักษณะนี้เป็นการสร้างเครือข่ายขนาดเล็ก มีลักษณะการทำงานแบบจุดต่อจุดและใช้คลื่นวิทยุในการรับส่งข้อมูลเท่านั้น จึงทำให้มีข้อจำกัดในการรับส่งข้อมูลที่สามารถทำได้ในระยะใกล้ในบริเวณของเครือข่าย (Independent Basic Service Set: IBSS) เดียวกัน ไม่สามารถรับส่งข้อมูลกับเครือข่ายอื่น ๆ ได้ เนื่องจากกำลังในการส่งสัญญาณยังสามารถส่งได้ในระยะทางสูงสุดประมาณ 100 เมตรเท่านั้น ดังภาพที่ 2.1



รูป 2.1 เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบแอดฮอค

2.2.2 เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบโครงสร้างพื้นฐาน

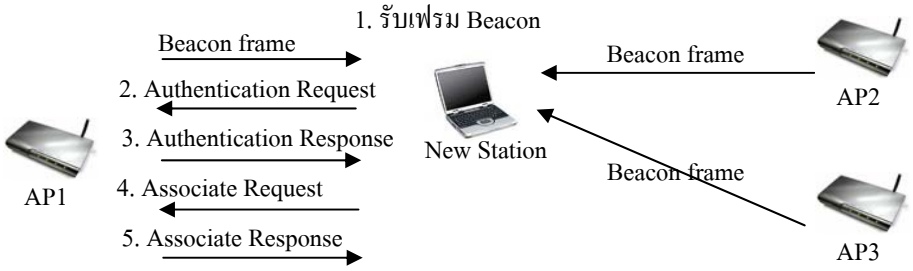
เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบโครงสร้างพื้นฐานเป็นเครือข่ายที่ผู้ใช้บริการต้องทำการสื่อสารผ่านจุดเข้าถึงที่ใช้เป็นตัวกลางในการส่งผ่านข้อมูล เพื่อติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกับสถานีภายในเครือข่ายเดียวกันหรือเครือข่ายอื่น ๆ การเชื่อมต่อในลักษณะนี้เป็นการสร้างเครือข่ายขนาดใหญ่ โดยจุดเข้าถึงจะทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายแบบไร้สายและเครือข่ายแบบใช้สาย ดังรูปที่ 2.2 บริเวณของเครือข่ายที่มีจุดเข้าถึงเพียง 1 ตัว สถานีไร้สายที่อยู่ในรัศมีการส่งสัญญาณของจุดเข้าถึงเดียวกันนั้นจะต้องรับส่งข้อมูลผ่านจุดเข้าถึงดังกล่าวเท่านั้น (Basic Service Set: BSS) ซึ่งจุดเข้าถึง 1 ตัวจะสามารถให้บริการได้ประมาณ 15-50 สถานีขึ้นอยู่กับความสามารถของจุดเข้าถึงนั้น ๆ หากบริเวณของเครือข่ายประกอบด้วย BSS มากกว่า 1 BSS เชื่อมต่อเข้าด้วยกัน (Extended Service Set: ESS) สถานีไร้สายสามารถเคลื่อนย้ายจาก BSS หนึ่งไปอยู่ในอีก BSS ได้หรือสามารถทำการติดต่อสื่อสารเพื่อโอนย้ายการให้บริการได้ แต่อย่างไรก็ตามสถานีไร้สายต้องทำการรับส่งข้อมูลผ่านจุดเข้าถึงตัวที่ตนเองกำลังเชื่อมต่ออยู่เท่านั้น การส่งต่อข้อมูลที่ได้รับจากสถานีไร้สายต้นทางไปยังจุดหมายปลายทางหรือส่งต่อข้อมูลที่ได้รับจากเครือข่ายอื่นมายังสถานีไร้สายจะเป็นหน้าที่ของจุดเข้าถึงเพียงผู้เดียว โดยการเชื่อมต่อจุดเข้าถึงเข้ากับเครือข่ายอื่น ๆ จะใช้สายสัญญาณในการติดต่อทำให้รูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายลักษณะนี้มีความสามารถในการรับส่งข้อมูลได้ไกลกว่าเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบแอดฮอค เหมาะสำหรับการนำไปขยายเครือข่ายหรือใช้ร่วมกับเครือข่ายแบบใช้สายที่มีอยู่แล้วเนื่องจากมีโครงสร้างที่แน่นอน



รูป 2.2 เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบโครงสร้างพื้นฐาน

2.3 ขั้นตอนการ Authentication และ Association

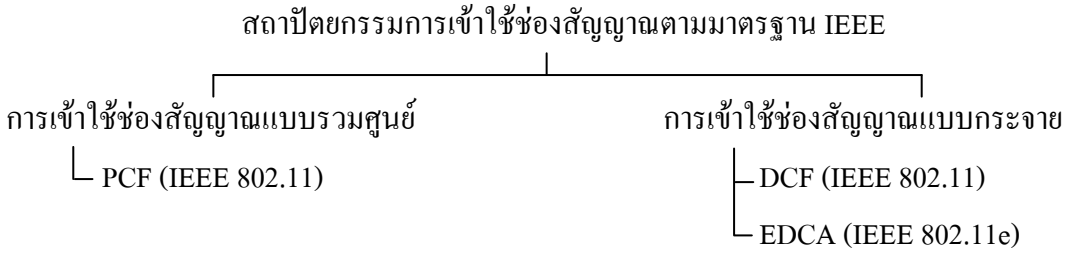
การเข้าใช้งานเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบโครงสร้างพื้นฐานจะมีจุดเข้าถึงเป็นจุดศูนย์กลางในการให้บริการรับส่งข้อมูล ก่อนที่ผู้ใช้บริการหรือสถานีไร้สายจะทำการรับส่งข้อมูลกับจุดเข้าถึงจะต้องทำการร้องขอเพื่อเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงก่อน ซึ่งสถานีไร้สายจะสามารถเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงที่สามารถรับสัญญาณได้เพียงตัวเดียวเท่านั้น ถึงแม้ว่าสถานีไร้สายอาจจะได้รับสัญญาณจากจุดเข้าถึงมากกว่า 1 ตัวก็ตาม ขั้นตอนในการเชื่อมต่อระหว่างสถานีไร้สายกับจุดเข้าถึงมีรายละเอียดดังนี้ เมื่อสถานีไร้สายใหม่ที่ต้องการทำการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึง สถานีไร้สายจะตรวจสอบช่องสัญญาณทั้งหมดจากเฟรมบีคอน (Beacon) ซึ่งจุดเข้าถึงจะส่งออกมาให้กับสถานีไร้สายทั้งหมดที่อยู่ในบริเวณขอบเขตของสัญญาณของตนเอง เฟรมบีคอนนั้นจะประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ ของการทำงานแบบรวมศูนย์ เช่น ชื่อของจุดเข้าถึง (Service Set Identification: SSID) ข้อมูลเกี่ยวกับช่องสัญญาณ ข้อมูลเกี่ยวกับการประสานเวลา เป็นต้น จากนั้นสถานีไร้สายจะทำการเลือกจุดเข้าถึงที่สามารถรับความแรงของสัญญาณได้สูงที่สุดเพื่อทำการเข้าใช้งานเครือข่ายดังรูปที่ 2.3 สมมติว่าสถานีไร้สายสามารถรับสัญญาณจากจุดเข้าถึงหมายเลข 1 (AP1) ได้สูงที่สุด สถานีไร้สายจะทำการส่งเฟรม Authentication Request ไปยัง AP1 เพื่อพิสูจน์ตัวตน เมื่อ AP1 ได้รับเฟรมดังกล่าว AP1 ก็จะส่งเฟรม Authentication Response กลับมายังสถานีไร้สาย หากได้รับการยอมรับจาก AP1 สถานีไร้สายหรือทำการพิสูจน์ตัวตนผ่าน ก็จะทำการส่งเฟรม Associate Request เพื่อขอเชื่อมต่อกับ AP1 และรอรับเฟรม Associate Response ที่ AP1 จะส่งกลับมา ถ้า AP1 อนุญาตให้สถานีไร้สายเชื่อมต่อด้วยก็จะสามารถรับส่งขอมูลผ่าน AP1 ได้ทันที



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สาย

2.4 หลักการเข้าใช้ช่องสัญญาณของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

การเข้าใช้ช่องสัญญาณที่เป็นสื่อกลางในการรับส่งข้อมูลของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายตามมาตรฐาน IEEE แบ่งออกเป็น 2 แบบตามลักษณะการทำงาน คือ การเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบรวมศูนย์ซึ่งจะมีศูนย์กลางเป็นตัวควบคุมการตัดสินใจการเข้าใช้ช่องสัญญาณให้กับสถานีไร้สายและการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบกระจายที่ขึ้นกับว่าสถานีไร้สายนั้นจะสามารถแย่งเข้าใช้ช่องสัญญาณได้สำเร็จหรือไม่ มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.4 หลักการเข้าใช้ช่องสัญญาณตามมาตรฐาน IEEE

2.4.1 การเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ PCF (Point Coordination Function)

PCF (Point Coordination Function) เป็นวิธีการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบรวมศูนย์ที่มีการควบคุมอยู่ที่ศูนย์กลางหรือจุดเข้าถึงเท่านั้น ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานคือสถานีที่ต้องการส่งข้อมูลจะทำการลงทะเบียนกับจุดเข้าถึงที่เลือกไว้ภายในช่วงของการทำงานแบบแข่งขัน จุดเข้าถึงจะทำหน้าที่เก็บรายชื่อของสถานีทั้งหมดที่ลงทะเบียนและจะเลือกให้บริการรับส่งข้อมูลจากรายชื่อที่ได้ลงทะเบียนไว้ตามลำดับก่อนหลัง สถานีที่ถูกเลือกนั้นจะสามารถทำการส่งข้อมูลได้ครั้ง 1 เฟรมต่อการโพล (Polling) หนึ่งครั้ง เมื่อการส่งข้อมูลสำเร็จสถานีปลายทางจะส่งเฟรมตอบรับกลับมายังสถานีต้นทาง หากสถานีต้นทางไม่ได้รับเฟรมตอบรับจากสถานีปลายทางแสดงว่าเกิดการชนกัน

ของเฟรมข้อมูลหรือข้อมูลสูญหายทำให้ข้อมูลนั้น ๆ ไม่สามารถส่งถึงปลายทางได้ สถานีต้นทางต้องทำการส่งข้อมูลไปใหม่อีกครั้ง ในการส่งข้อมูลซ้ำนั้นสถานีต้นทางไม่สามารถส่งข้อมูลออกไปได้ทันที แต่จะสามารถส่งข้อมูลซ้ำได้ก็ต่อเมื่อครบรอบการเลือกในครั้งถัดไปเมื่อมีการแข่งขันกันใหม่อีกครั้ง การติดต่อสื่อสารในลักษณะนี้จะไม่เกิดการชนกันของข้อมูล เนื่องจากมีการให้บริการตามลำดับและมีการตั้งค่า NAV ไว้ แต่ไม่สามารถใช้งานในเครือข่ายที่ไม่มีจุดเข้าถึงได้และต้องเสียแบนด์วิดท์ส่วนหนึ่งไว้สำหรับเฟรมโพล

2.4.2 การเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ DCF (Distributed Coordination Function)

DCF (Distributed Coordination Function) เป็นวิธีการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบกระจายขึ้นกับว่าสถานีไร้สายจะสามารถแย่งเข้าใช้ช่องสัญญาณได้สำเร็จหรือไม่ ไม่จำเป็นต้องใช้จุดเข้าถึงในการควบคุมการให้บริการเหมือนกับวิธี PCF ในเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่ใช้กลไกการทำงานที่เรียกว่า CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) ซึ่งเป็นกลไกการหลีกเลี่ยงการชนกันของข้อมูล โดยจะมีการตรวจสอบช่องสัญญาณก่อนว่าขณะนั้นมีสถานีอื่นทำการรับส่งสัญญาณข้อมูลอยู่หรือไม่ หากมีการใช้งานช่องสัญญาณอยู่สถานีจะรอจนกว่าช่องสัญญาณจะว่าง เมื่อช่องสัญญาณว่างระยะหนึ่ง (DCF Inter Frame Space: DIFS) แล้วสถานีจะเริ่มสุ่มเวลาการเข้าใช้ช่องสัญญาณ (Random Back-Off) ต่อไปอีกระยะหนึ่ง สถานีที่สุ่มได้ค่าระยะเวลาในการรอน้อยกว่าก็จะได้เข้าใช้งานช่องสัญญาณก่อน ดังนั้นโอกาสที่สถานีจะได้ทำการรับส่งข้อมูลกับจุดเข้าถึงจะขึ้นอยู่กับการสุ่มเวลารอ ในการสุ่มเวลา Back-Off จะส่งผลให้ขนาดของช่องเวลาการแข่งขัน (Contention Windows: CW) มากน้อยขึ้นอยู่กับการชนกันของสัญญาณ ซึ่งจะมีขนาดของ CW มีค่าเท่ากับ 0 ถึง 2^K-1 โดยที่ K คือ จำนวนครั้งของการชนกันของสัญญาณ บางครั้งในการสุ่มเวลาอาจจะกำหนดให้สถานีมากกว่าหนึ่งสถานีส่งข้อมูลในเวลาพร้อม ๆ กัน ทำให้เกิดการชนกันของข้อมูลได้ แต่ก็มีโอกาสเกิดเหตุการณ์นี้ได้น้อยมาก ปัญหาการชนกันของข้อมูลโดยส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นจากสถานีใน BSS อาจไม่ได้ยินสัญญาณจากสถานีใน BSS อื่นที่ทำการส่งข้อมูลอยู่หรือเรียกกันว่าโหนดซ้อนเร้น (Hidden Node Problem) ซึ่งหากเกิดการชนกันของข้อมูลขึ้นสถานีจะต้องทำการส่งสัญญาณข้อมูลเดิมอีกครั้งทำให้เสียเวลาและทรัพยากรในการส่งข้อมูลเดิมซ้ำ

เนื่องจากในเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายนั้นไม่สามารถตรวจสอบการชนกันของข้อมูลได้เหมือนเครือข่ายมีสาย ซึ่งเครือข่ายแบบมีสายจะตรวจสอบการชนกันของข้อมูลได้โดยการตรวจวัดระดับแรงดันของสัญญาณในสายสัญญาณว่ามีค่าสูงกว่าปกติหรือไม่ หากสูงกว่าปกติแสดงว่าเกิดการชนกันของข้อมูล ถึงแม้ว่าเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายจะมีวิธีการตรวจสอบการชนกันของข้อมูลทางกายภาพได้แต่ก็ต้องมีค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีราคาสูง เนื่องจากจะต้องใช้อุปกรณ์รับส่งสัญญาณที่สามารถรับและส่งสัญญาณในเวลาเดียวกันได้ (Full Duplex) และวิธีการนี้

ก็ไม่สามารถแก้ไขปัญหาโหนดซ้อนเร้นได้ ดังนั้นเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายจึงใช้ตรวจสอบการชนกันของสัญญาณโดยการรอฟังสัญญาณตอบรับจากสถานีปลายทาง หากสถานีต้นทางได้รับเฟรมตอบรับจากสถานีปลายทางแสดงว่าการส่งข้อมูลสำเร็จ แต่ถ้าไม่ได้รับการตอบรับเกินเวลาที่กำหนดหรือได้รับข้อมูลอื่นที่ไม่ใช่เฟรมตอบรับจะถือว่าเกิดการชนกันของสัญญาณ และแก้ไขปัญหาโหนดซ้อนเร้นด้วยกระบวนการลดปัญหาการชนกันของสัญญาณที่เรียกว่า RTS/CTS Handshake ซึ่งเป็นกลไกที่พัฒนาขึ้นเพื่อนำมาใช้กับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายโดยเฉพาะ ซึ่งขั้นตอนการทำงานร่วมกับ CSMA/CA มีดังนี้

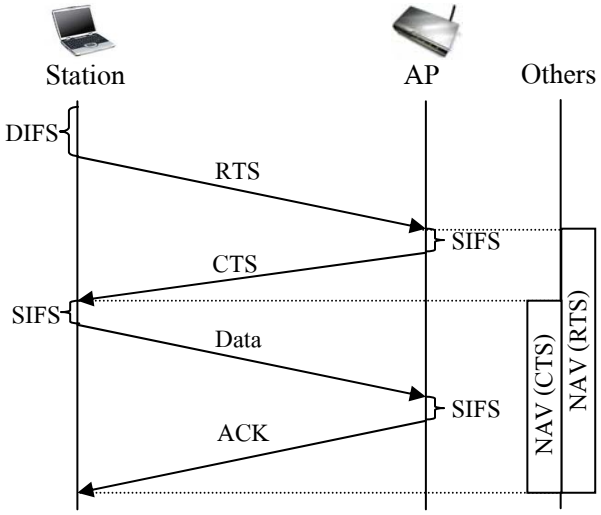
ขั้นตอนที่ 1 เมื่อสถานีที่ต้องการส่งข้อมูลได้รับสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณแล้ว สถานีจะตรวจสอบช่องสัญญาณจนช่องสัญญาณว่างเป็นระยะเวลา DIFS จากนั้นสถานีจะเริ่มสุ่มเวลา Back-Off ต่อไปอีกระยะหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อได้ส่งข้อมูลสถานีต้นทางจะทำการส่งเฟรมร้องขอ (Request to Send หรือ RTS) เพื่อจองช่องสัญญาณก่อนที่จะส่งข้อมูลออกไป ซึ่งเฟรม RTS เป็นเฟรมสั้น ๆ ที่ประกอบไปด้วยระยะเวลาที่คาดว่าสถานีจะใช้ช่องสัญญาณจนแล้วเสร็จ (Duration ID) รวมถึงที่อยู่ของสถานีผู้ส่งและผู้รับ ทุก ๆ สถานีใน BSS เดียวกันจะทราบถึงว่าช่วงเวลาที่ระบุไว้ใน Duration ID ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ช่องสัญญาณถูกใช้งานอยู่และสถานีอื่น ๆ ที่ยังไม่ได้รับสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณจะตั้งค่าเวกเตอร์แสดงสถานะของเครือข่าย (Network Allocation Vector: NAV) ให้เท่ากับค่า Duration ID ของเฟรม RTS และจะทำการเริ่มสุ่มเวลาเข้าใช้ช่องสัญญาณต่อไปเมื่อหมดเวลาที่ตั้งไว้

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อจุดเข้าถึงได้รับสัญญาณ RTS ก็จะตอบรับกลับมาด้วยการส่งเฟรมตอบรับ (Clear to Send หรือ CTS) ซึ่งเฟรม CTS ประกอบไปด้วยระยะเวลาที่คาดว่าสถานีที่กำลังทำการส่งข้อมูลนั้นจะใช้ช่องสัญญาณจนแล้วเสร็จ สถานีอื่น ๆ ที่ยังไม่ได้รับสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณจะตั้งค่า NAV ให้เท่ากับค่า Duration ID ของเฟรม CTS และจะทำการเริ่มสุ่มเวลาเข้าใช้ช่องสัญญาณต่อไปเมื่อหมดเวลาที่ตั้งไว้

ขั้นตอนที่ 4 หากสถานีต้นทางได้รับเฟรม CTS จึงสามารถเริ่มทำการส่งข้อมูลกับจุดเข้าถึงได้ ถ้าหากไม่ได้รับเฟรม CTS ตามเวลาที่กำหนดไว้หรือได้รับข้อมูลอื่นที่ไม่ใช่เฟรม CTS ถือว่าสถานีต้นทางไม่สามารถทำการส่งข้อมูลออกไปได้ หากส่งข้อมูลออกไปจะเกิดการชนกันของสัญญาณ

ขั้นตอนที่ 5 สถานีต้นทางรอการตอบรับ (Acknowledge: ACK) จากจุดเข้าถึงเพื่อให้ทราบว่าการส่งข้อมูลไม่เกิดการผิดพลาด ถ้าไม่ได้รับ ACK หรือได้รับข้อมูลอื่นที่ไม่ใช่เฟรม ACK ถือว่าเกิดการผิดพลาดในการส่งหรือมีการชนกันของสัญญาณ สถานีต้นทางต้องทำการสุ่มเวลาเข้าใช้ช่องสัญญาณใหม่ตั้งแต่แรกเพื่อส่งข้อมูลเดิมอีกครั้ง



รูปที่ 2.5 กลไก RTS/CTS Handshake

2.4.3 การเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ EDCA (Enhanced Distributed Channel Access)

EDCA เป็นการปรับปรุงหลักการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบกระจายที่มีการแข่งขันเพื่อเข้าใช้ช่องสัญญาณภายใต้มาตรฐาน IEEE 802.11e โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การทำงานของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายสามารถรองรับการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย โดยให้ค่าหน่วงเวลาที่เกิดขึ้นน้อยและมีปริมาณงานที่ได้สูง การแข่งขันเพื่อเข้าใช้ช่องสัญญาณในวิธีนี้ จะมีการกำหนดลำดับความสำคัญของข้อมูลแต่ละประเภทไม่เท่ากัน โดยโอกาสที่จะประสบความสำเร็จในการแข่งขันจะขึ้นอยู่กับกลุ่มที่จัดลำดับความสำคัญ สถานีที่รับส่งข้อมูลที่มีลำดับความสำคัญมากกว่าก็จะมีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จในการแข่งขันมากกว่าสถานีที่รับส่งข้อมูลที่มีลำดับความสำคัญน้อยกว่า

การจัดลำดับกลุ่มการเข้าใช้ช่องสัญญาณ เบื้องต้นในชั้นการประยุกต์ใช้งาน (Application Layer) จะทำการกำหนดความสำคัญให้กับผู้ใช้บริการ (User Priority: UP) ซึ่งจะแบ่งค่าความสำคัญออกเป็น 8 ค่า คือตั้งแต่ค่า 0 ถึง 7 โดยค่า 0 มีค่าความสำคัญของข้อมูลต่ำที่สุดและเรียงลำดับไปถึงค่า 7 ที่มีค่าความสำคัญของข้อมูลมากที่สุด ค่าความสำคัญนี้ผู้ให้บริการจะใช้กำหนดระดับความสำคัญให้กับประเภทข้อมูลหรือระดับความสำคัญของผู้ใช้บริการก็ได้ หลังจากได้กำหนดค่าความสำคัญแล้วค่านี้จะถูกส่งมาพร้อมกับข้อมูลไปยังชั้น MAC เมื่อชั้น MAC ได้รับค่าดังกล่าวจะนำมาจัดกลุ่มการเข้าใช้ช่องสัญญาณ (Access Category: AC) อีกครั้งหนึ่ง โดยแบ่งกลุ่มการเข้าใช้ช่องสัญญาณออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

- กลุ่ม AC_BK (background) เป็นกลุ่มผู้ใช้บริการที่มีระดับความสำคัญต่ำที่สุด หรือมีโอกาสประสบความสำเร็จในการแข่งขันต่ำที่สุด ผู้ใช้บริการกลุ่มนี้จะมีโอกาสส่งข้อมูลได้ก็ต่อเมื่อไม่มีผู้ใช้บริการกลุ่มอื่นทำการส่งข้อมูล

- กลุ่ม AC_BE (best effort) เป็นกลุ่มผู้ใช้บริการที่มีระดับความสำคัญต่ำ สำหรับข้อมูลที่ความล่าช้าไม่ส่งผลกระทบกับข้อมูล เช่น File Transfer Protocol: FTP

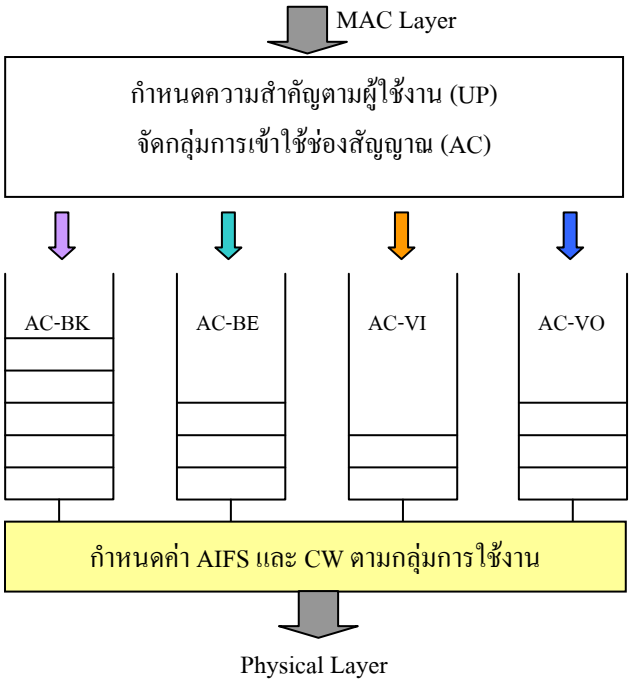
- กลุ่ม AC_VI (video) เป็นกลุ่มผู้ใช้บริการที่มีระดับความสำคัญสูง สำหรับข้อมูลที่ความล่าช้าส่งผลกระทบกับข้อมูลและไม่สามารถรอนานได้ เช่น วีดีโอ

- กลุ่ม AC_VO (voice) เป็นกลุ่มผู้ใช้บริการที่มีระดับความสำคัญสูงที่สุด สำหรับข้อมูลที่ความล่าช้าส่งผลกระทบกับข้อมูลและไม่สามารถรอได้ หากไม่สามารถส่งข้อมูลได้ตามเวลาที่ต้องการข้อมูลนั้นก็จะไม่มีประโยชน์เลย เช่น การส่งข้อมูลเสียงผ่านเครือข่าย (Voice over IP: VOIP)

ตารางที่ 2.1 การกำหนดค่าความสำคัญของระดับชั้นการให้บริการ

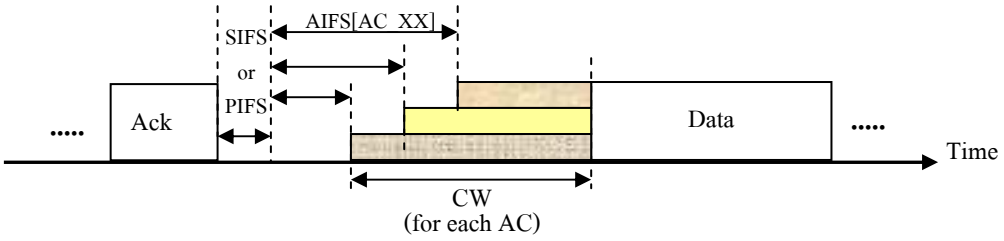
ลำดับความสำคัญ	ชั้นการให้บริการ	
	Application Layer	MAC Layer
	ค่าความสำคัญตามผู้ใช้งาน (UP)	กลุ่มการเข้าใชช่องสัญญาณ (AC)
ต่ำที่สุด	0	AC_BK
ต่ำ	1 และ 2	AC_BE
สูง	3,4 และ 5	AC_VI
สูงที่สุด	6 และ 7	AC_VO

เมื่อแบ่งกลุ่มการเข้าใช้ช่องสัญญาณแล้วจากนั้นก็จะเข้าสู่แถวคอยตามกลุ่มที่จัดไว้ การใช้งานที่ถูกแบ่งให้อยู่กลุ่มเดียวกันจะเข้าแถวเดียวกัน ซึ่งมีการเรียงลำดับเพื่อทำการแข่งขันแบบเข้าก่อนออกก่อน (First IN First Out: FIFO)



รูปที่ 2.6 การจัดแถวคอยตามกลุ่มการเข้าใช้ช่องสัญญาณ

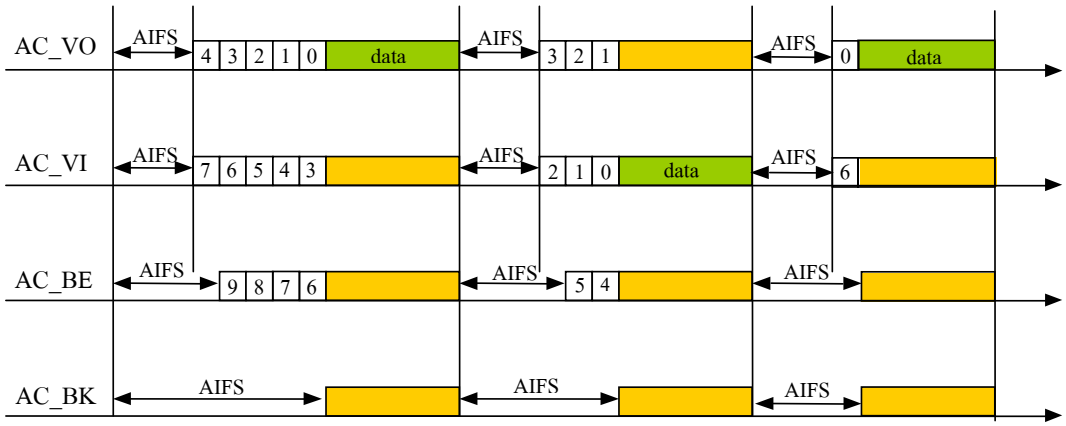
การกำหนดขนาดของช่องว่างระหว่างเฟรม (Inter Frame Space: IFS) และขนาดของช่องเวลาการแข่งขัน (Contention Window: CW) จะขึ้นอยู่กับระดับกลุ่มการเข้าใช้ช่องสัญญาณที่ถูกแบ่งไว้ตั้งแต่แรก ทั้งสองค่านี้จะทำให้ในแต่ละกลุ่มมีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จในการแข่งขันไม่เท่ากัน ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.7 ขนาดของช่องว่างระหว่างเฟรมและขนาดของช่องเวลาการแข่งขัน

กลุ่มการเข้าใช้ช่องสัญญาณที่มีขนาดของช่องว่างระหว่างเฟรมและช่องเวลาการแข่งขันสั้นจะมีโอกาสในการเข้าใช้ช่องสัญญาณมากกว่ากลุ่มที่มีขนาดของช่องว่างระหว่างเฟรมและช่องเวลาการแข่งขันมาก รูปที่ 2.7 เป็นตัวอย่างการทำงานของการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ

EDCA เห็นได้ว่าผู้ใช้บริการที่มีลำดับความสำคัญสูง AC_VO จะได้รับการให้บริการก่อน เนื่องจากมีช่องว่างระหว่างเฟรมระยะสั้นและขนาดของช่องเวลาการแข่งขันมีเวลา Back-Off เพียง 4 หน่วยเวลาจึงได้ส่งข้อมูลเป็นอันดับแรก ในขณะที่ผู้ใช้บริการที่มีลำดับต่ำ AC_BK ต้องรอเป็นเวลานานเนื่องจากมีช่องว่างระหว่างเฟรมและขนาดของช่องเวลาการแข่งขันยาว ดังนั้นหากมีผู้ใช้บริการที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าจำนวนมากจะทำให้ผู้ใช้บริการลำดับต่ำมีโอกาสประสบความสำเร็จในการแข่งขันน้อยลงหรือหมดเวลาในการรอ



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างการทำงานของการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ EDCA

2.5 คุณภาพการให้บริการของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

คุณภาพการให้บริการหรือ Quality of Service: QoS หมายถึง การบริการใด ๆ ที่เป็นไปอย่างมีคุณภาพทั้งด้านการให้บริการและเทคนิคที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ซึ่งแนวความคิดนี้เป็นแนวทางปฏิบัติที่กว้าง โดยทั่วไปคุณภาพการให้บริการจะเป็นตัวรับประกันว่าบริการที่ผู้ใช้บริการได้รับนั้นต้องเป็นบริการที่ดีสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้บริการได้อย่างสูงสุด สำหรับการติดต่อสื่อสารเริ่มมีการเขียนข้อเสนอแนะ คำอธิบาย หลักการและวิธีการต่าง ๆ เกี่ยวกับการให้บริการไว้เป็นอักษรเมื่อปี 2527 ผู้ผลิตและผู้ให้บริการได้ให้ความใส่ใจในการพัฒนาการทำงานในทุกส่วนของกระบวนการการสื่อสาร มีการค้นคว้าวิจัยไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาทางด้านอุปกรณ์รับส่งสัญญาณไร้สาย วิธีการส่งสัญญาณ รวมทั้งการปรับปรุงการทำงานในแต่ละระดับชั้นการสื่อสารบนเครือข่าย เช่น วิธีการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึง วิธีการเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด เป็นต้น ความสามารถของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายถูกพัฒนาเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ มีการใช้งานเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายรับส่งข้อมูลหลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการใช้งานทั่วไปหรือการใช้งานที่ต้องการคุณภาพสูง ซึ่งข้อมูลแต่ละประเภทมีความต้องการด้านคุณภาพการให้บริการต่างกันออกไป

ตัวอย่างเช่น การใช้งานประเภทจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่ต้องการคุณภาพการให้บริการที่สูง เพราะมีเพียงข้อมูลตัวอักษรหรือภาพนิ่งที่ความเร็วและเวลาในการรับส่งข้อมูลไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของข้อมูลมากนัก ต่างจากข้อมูลประเภทวิดีโอที่ประกอบด้วยสัญญาณเสียงและภาพเคลื่อนไหว เพื่อให้ได้คุณภาพข้อมูลที่ดีตรงตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ต้องมีการส่งสัญญาณเสียงให้สอดคล้องกับสัญญาณภาพและมีความต่อเนื่องไม่ขาดตอน ความล่าช้าในการส่งข้อมูลจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของข้อมูลเป็นอย่างยิ่ง

แนวทางการแก้ไขปัญหาบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการที่แตกต่างกัน ส่วนใหญ่จะได้รับการพัฒนาในส่วนของขั้นตอนการรับส่งข้อมูลภายในเครือข่าย เนื่องจากการแก้ไขโดยการปรับเปลี่ยนทางด้านกายภาพของระบบเครือข่ายได้โดยตรงคงเป็นไปได้ยากเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่สูง งานวิจัยส่วนใหญ่ได้ทำการพัฒนาปรับปรุงการทำงานชั้น MAC layer ภายใต้มาตรฐาน IEEE 802.11e ซึ่งการพัฒนาการทำงานในชั้นนี้จะทำให้นำไปใช้กับอุปกรณ์ไร้สายทั่วไปได้ เช่น

2.2.1 จากงานวิจัยของ Choi S., Prado del J., Shankar S., and Mangold S. (2003) พบว่า

ปัญหาที่ได้ทำการพิจารณา : ปรับปรุงการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ EDCA

ลักษณะงานวิจัย : ทำการศึกษาและวิจัยโครงสร้างของการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ EDCA ทำการเปรียบเทียบวิธีการที่มีและไม่มีการปรับปรุงการจัดลำดับความสำคัญ โดยการกำหนดระยะเวลาการแข่งขันกันเข้าใช้งานเครือข่ายที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าวิธีที่มีการจัดลำดับความสำคัญนั้นจะส่งผลดีต่อข้อมูลที่มีความสำคัญมากกว่า ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับความต้องการของข้อมูลแต่ละประเภท

จุดที่สามารถพัฒนาต่อ : งานวิจัยนี้ไม่ได้คำนึงถึงผู้ใช้บริการที่มีลำดับความสำคัญต่ำ หากมีผู้ใช้บริการที่มีลำดับความสำคัญสูงจำนวนมาก จะทำให้ผู้ใช้บริการลำดับต่ำกว่ามีโอกาสได้รับบริการน้อยลง

2.2.2 จากงานวิจัยของ Daher R. and Tavangarian D. (2006) พบว่า

ปัญหาที่ได้ทำการพิจารณา : เพิ่มปริมาณงานโดยรวมของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายด้วยการจัดสมดุลโหลด

ลักษณะงานวิจัย : ได้เสนอวิธีการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีตามค่าความแรงของสัญญาณที่รับและทำการย้ายโหลดที่อยู่บริเวณพื้นที่ซ้อนทับเพื่อให้เกิดความสมดุลโหลดระหว่างจุดเข้าถึง โดยการตัดสินใจทำการย้ายโหลดด้วยการเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยของทราฟฟิกบนจุดเข้าถึงและจุดเข้าถึงที่ทำการย้ายไปเพื่อเชื่อมต่อใหม่จะต้องสามารถรองรับบริการได้เหมาะสมกับประเภทของการประยุกต์ใช้งาน

จุดที่สามารถพัฒนาต่อ : ขยายความสามารถของระบบจัดการโหลดให้ตอบสนองความแตกต่างของประเภทการประยุกต์ใช้งาน

2.2.3 จากงานวิจัยของ Chen X., Zhai H., Tian X., and Fang Y. (2006) พบว่า

ปัญหาที่ได้ทำการพิจารณา : ความล่าช้าในการรับส่งข้อมูล สำหรับข้อมูลที่ต้องการการรับส่งตามเวลาจริงบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

ลักษณะงานวิจัย : ทำการศึกษาและวิจัยถึงค่าเฉลี่ยการหน่วงเวลาสำหรับข้อมูลแต่ละประเภท ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นจะทำให้มีการหน่วงเวลาในการรับส่งข้อมูลเพิ่มขึ้น และใช้วิธีการควบคุมการเข้าใช้บริการเครือข่ายและอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลเพื่อลดการหน่วงเวลาให้กับข้อมูลที่ต้องการการรับส่งตามเวลาจริง ในกรณีที่เครือข่ายสามารถรองรับการให้บริการผู้ใช้บริการได้ (Unsaturated)

จุดที่สามารถพัฒนาต่อ : ความต้องการใช้บริการเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายมีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงควรศึกษาในกรณีที่มีผู้ใช้บริการจำนวนมากด้วย เนื่องจากการควบคุมการเข้าใช้บริการอาจสร้างผลดีให้กับผู้ใช้บริการที่ได้รับบริการในขณะนั้น แต่อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงจำนวนผู้ใช้บริการที่ถูกปฏิเสธการเชื่อมต่อกับเครือข่ายที่เกิดขึ้นด้วย

2.2.4 จากงานวิจัยของ Liu J. and Niu Z. (2007) พบว่า

ปัญหาที่ได้ทำการพิจารณา : รักษาความต่อเนื่องในการให้บริการถึงแม้ว่าสถานีจะทำการเปลี่ยนจุดการเชื่อมต่อ (Handoff)

ลักษณะงานวิจัย : ศึกษาการเข้าใช้งานเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายและให้ความสำคัญกับข้อมูลประเภทที่ใช้งานตามเวลาจริง สามารถรับประกันค่าหน่วงเวลา การสูญหายของข้อมูลและรักษาความต่อเนื่องในการให้บริการโดยการควบคุมการใช้ช่องสัญญาณ

จุดที่สามารถพัฒนาต่อ : การควบคุมการเข้าใช้บริการของวิธีนี้ยังไม่สามารถควบคุมจำนวนผู้เข้าใช้บริการแต่ละประเภทได้ หากมีจำนวนผู้ใช้บริการรับส่งข้อมูล best effort มากขึ้นจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของข้อมูลประเภทที่ใช้งานตามเวลาจริง

2.2.5 จากงานวิจัยของ Ekici, O. and Yongacoglu, A. (2006) พบว่า

ปัญหาที่ได้ทำการพิจารณา : วิธีการคาดเดาสถานการณ์โหลดล่วงหน้าเพื่อช่วยเพิ่มคุณภาพการให้บริการของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

ลักษณะงานวิจัย : งานวิจัยนี้ได้ทำการคาดการณ์ล่วงหน้าถึงสถานการณ์โหลดที่จะเกิดขึ้น โดยคำนวณเวลาในการรับส่งข้อมูลและผลกระทบที่เกิดขึ้น เช่น สิ่งรบกวนและการลดทอน เพื่อนำผลที่ได้มาตัดสินใจในการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงที่เหมาะสมให้กับสถานีไร้สาย

จุดที่สามารถพัฒนาต่อ : เครือข่ายต้องมีความสามารถในการคำนวณเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการและต้องใช้เวลานานในการตัดสินใจเลือกเชื่อมต่อกับเครือข่าย

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่ผ่านมา ในงานวิจัยต่าง ๆ นั้นได้พัฒนาวิธีการต่าง ๆ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้กับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันไปตามความต้องการของการทำงานและจุดประสงค์ของงานวิจัย แต่การใช้บริการเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และยังมีความหลากหลายของการให้บริการมากขึ้น ซึ่งการทำงานของระบบเครือข่ายที่มีอยู่เดิมนั้นยังไม่ได้ให้การสนับสนุนตรงจุดนี้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการค้นคว้าและพัฒนาวิธีการเพื่อสนับสนุนการรับส่งของมูลประเภทมัลติมีเดียและ real time ให้มีอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลที่สูงไปพร้อม ๆ กับการจัดสมดุลโหลด ในหัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพการให้บริการของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไป

2.6 การวัดคุณภาพในการให้บริการของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

ผู้ผลิตอุปกรณ์เครือข่ายรายใหญ่อย่างบริษัท CISCO เป็นบริษัทที่มีความสามารถในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ บนเครือข่ายการสื่อสาร ซึ่งมีแนวความคิดว่าการศึกษาค้นคว้าเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่นำมาใช้งานบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายนั้นสิ่งสำคัญคือต้องมีการรับประกันคุณภาพการให้บริการเพื่อสร้างความพึงพอใจสูงสุดให้กับผู้ใช้บริการ สิ่งที่นำมาเป็นตัวชี้วัดการให้บริการนอกจากการที่ระบบเครือข่ายต้องมีความสามารถในการให้บริการได้ตลอดเวลาแล้ว (Availability) ยังมีตัวชี้วัดต่าง ๆ ที่นำมาพิจารณารวมด้วย (Ferguson P. and Huston G., 1998) ตัวชี้วัดคุณภาพการให้บริการของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่ใช้โดยทั่วไป เช่น

การสูญหายของแพ็กเกต (Packet Loss) พบในงานวิจัยของ Choi S. et al. (2003) and Liu J. et al. (2007) พารามิเตอร์นี้บ่งบอกถึงการเกิดข้อผิดพลาดภายในระบบเครือข่ายหรือในกรณีที่อุปกรณ์บนเครือข่ายไม่สามารถรองรับบริการการรับส่งข้อมูลได้เป็นสาเหตุให้แพ็กเกตของข้อมูลบางส่วน ไม่ได้รับการส่งไปยังปลายทาง ทำให้เกิดความล่าช้าในการรับข้อมูลที่ปลายทางเนื่องจากสถานีต้นทางจะต้องทำการส่งข้อมูลนั้นใหม่อีกครั้ง

การหน่วงเวลา (Delay) พบในงานวิจัยของ Daher R. et al. (2006) and Chen X. et al. (2006) พารามิเตอร์นี้บ่งบอกถึงเวลาที่เกิดจากการเดินทางของข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับวิธีการและเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการรับส่งข้อมูลของระบบเครือข่าย รวมถึงความสามารถของอุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสารด้วย การหน่วงเวลาที่เกิดขึ้นอาจจะรวมถึงค่าความแปรปรวนที่เรียกว่าเวลา Jitter ซึ่งเป็นเวลาในการตรวจสอบลำดับของข้อมูล เนื่องจากในการส่งข้อมูลออกไป 1 ข้อมูลนั้นไม่สามารถทำการส่งข้อมูลทั้งหมดได้ภายในการส่งครั้งเดียว ข้อมูลที่จะส่งไปยังปลายทางจะถูกแบ่งเป็นแพ็กเกตหลาย ๆ แพ็ตเกตและทำการส่งไปครั้งละหนึ่งแพ็ตเกตเมื่อถึงปลายทางก็จะนำแพ็กเกตเหล่านั้นมารวมกันเป็นข้อมูลอีกครั้ง แต่ในการเคลื่อนที่จากต้นทางไปยังปลายทางของ

แพ็ตเกตแต่ละแพ็ตเกตจะมีการใช้ระยะเวลาต่างกัน ข้อมูลที่ถูกส่งไปก่อนอาจถึงจุดหมายปลายทางทีหลัง ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบลำดับของแพ็กเกตที่ปลายทางเพื่อเรียงลำดับข้อมูลให้ถูกต้อง และเพื่อให้การรับส่งข้อมูลบนเครือข่ายเป็นไปตามเป้าหมายจึงมีการกำหนดค่าการหน่วงเวลาไว้ในระดับที่รับได้ ไม่ส่งผลกระทบต่อข้อมูลบนเครือข่ายและเหมาะสมกับความต้องการของข้อมูลแต่ละประเภท

อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (Data rate) พบในงานวิจัยของ Choi S. et al. (2003) and Chen X. et al. (2006) พารามิเตอร์นี้บ่งบอกถึงความสามารถในการรับส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางได้หน่วยเป็นบิตต่อวินาที สามารถบ่งบอกถึงปริมาณงาน (Throughput) คือ ถ้าสามารถส่งข้อมูลไปยังปลายทางด้วยอัตราเร็วสูงก็จะมีปริมาณงานที่เกิดขึ้นมาก สำหรับการรับส่งข้อมูลในแต่ละประเภทการให้บริการนั้นมีความต้องการอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลที่เหมาะสม เพื่อทำให้การรับส่งข้อมูลเป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการ

การปฏิเสธการเข้าใช้บริการ (Blocking) พบในงานวิจัยของ Cheng J.C. et al. (2006) พารามิเตอร์นี้บ่งบอกถึงความสามารถในการรองรับบริการของเครือข่าย การที่เครือข่ายสามารถตอบสนองผู้ใช้บริการได้มากโดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของการรับส่งข้อมูลจะสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้บริการได้เป็นอย่างดี แต่โดยปกติแล้วการทำงานของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายจำเป็นต้องมีการกำหนดจำนวนผู้ใช้บริการที่เชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงไว้ เนื่องจากการทำงานของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย ผู้ใช้บริการต้องร่วมกันใช้ช่องสัญญาณความถี่เดียวกันในการรับส่งข้อมูล หากมีผู้ใช้บริการจำนวนมากจะทำให้การส่งข้อมูลล่าช้าสร้างความไม่พอใจให้กับผู้ใช้บริการ ดังนั้นเมื่อจุดเข้าถึงรองรับการรับส่งข้อมูลเต็มพิกัดที่กำหนดไว้แล้วก็จะทำการปฏิเสธผู้เข้าใช้รายใหม่ที่เข้ามายังเครือข่ายทันที

แต่อย่างไรก็ตามตัวชี้วัดที่ใช้ในการบ่งบอกถึงคุณภาพการให้บริการเป็นเพียงแนวความคิดและแนวทางในการปฏิบัติเท่านั้นไม่สามารถให้คำจำกัดความที่แน่นอนได้ ดังนั้นในการประเมินคุณภาพการให้บริการบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายจึงมีตัวชี้วัดอีกหลายตัวที่ใช้ในการรับประกันคุณภาพการให้บริการ เช่น การเกิดการชนกันของข้อมูล ความคับคั่งของทราฟฟิกและการใช้พลังงาน เป็นต้น ดังนั้นการเลือกพารามิเตอร์ที่นำมาเป็นตัวชี้วัดคุณภาพการให้บริการจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและจุดประสงค์ของงาน งานวิจัยนี้ได้พัฒนาอัลกอริทึมแบบใหม่ที่มีจุดประสงค์ให้การประยุกต์ใช้งานมัลติมีเดียรับส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราเร็วสูงสุดและไม่ส่งผลกระทบต่อการปฏิเสธการใช้บริการโดยรวม จึงใช้เปอร์เซ็นต์การปฏิเสธการเข้าใช้บริการและอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลเป็นพารามิเตอร์เปรียบเทียบกับอัลกอริทึมอื่น ๆ

2.7 สรุป

เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่สร้างความสะดวกสบายในการติดต่อสื่อสาร เชื่อมโยงข้อมูลบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งได้รับความสนใจเป็นอย่างสูงจากผู้ใช้บริการทั่วโลกทำให้เทคโนโลยีนี้ได้รับการพัฒนาความสามารถในการทำงานอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายมีความสามารถในการรับส่งข้อมูลได้หลายประเภท ซึ่งในยุคเริ่มแรกการทำงานของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายยังไม่ได้คำนึงถึงคุณภาพในการรับส่งข้อมูลที่แตกต่างกัน องค์กร IEEE 802.11 ซึ่งเป็นผู้กำหนดมาตรฐานให้กับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย จึงจัดตั้งคณะทำงานขึ้นมาหลายชุดเพื่อทำการพัฒนาและปรับปรุงมาตรฐานให้ดียิ่งขึ้นและหนึ่งในนั้นคือมาตรฐาน IEEE 802.11e ได้รับมอบหมายให้ทำการปรับปรุงในชั้นการเข้าใช้บริการ เพื่อให้สามารถรองรับทางด้านคุณภาพการให้บริการสำหรับการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาการทำงานบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายไม่ได้หยุดนิ่งมีการค้นคว้าหาคำตอบที่ดีกว่าอยู่ตลอดเวลา เพื่อตอบสนองความต้องการที่มีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นในอนาคต

บทที่ 3
อัลกอริทึมการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึง

3.1 กล่าวนำ

ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 สถานีไร้สายมีการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงจากระดับความแรงของสัญญาณที่ได้รับ ในบางสถานการณ์อัลกอริทึมดังกล่าวอาจสร้างปัญหาให้กับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นประจำคือเรื่องการรองรับโหลดจำนวนมากที่บริเวณขอบเขตสัญญาณของจุดเข้าถึงบางตัว เนื่องจากพฤติกรรมการใช้บริการที่ผู้ให้บริการไม่สามารถควบคุมได้ เมื่อสถานไร้สายจำนวนมากทำการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงตัวเดียวกันนั้นจะส่งผลให้สถานีไร้สายที่เชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงดังกล่าวมีการแข่งขันกันเข้าใช้ช่องสัญญาณสูงและเนื่องจากขนาดแบนด์วิดท์ที่มีอยู่นั้นไม่สามารถรองรับการรับส่งข้อมูลได้อย่างเพียงพอ ระบบเครือข่ายจะทำการปฏิเสธการเข้าใช้บริการทันทีเมื่อมีการใช้งานถึงขีดจำกัด เพื่อรักษาอัตราเร็วในการรับส่งที่เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้บริการไว้ ในช่วงแรกปัญหานี้ได้รับการแก้ไขด้วยการเพิ่มจำนวนจุดเข้าถึงเข้าไปในบริเวณที่มีการใช้บริการจำนวนมาก แต่ก็ยังแก้ไขปัญหาได้ไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากวิธีดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของเครือข่ายดีกว่าเดิมไม่มากนัก อีกทั้งหากตำแหน่งของการใช้งานของผู้ใช้บริการมีการเคลื่อนย้ายไม่แน่นอนก็จะเกิดปัญหาเดิมที่จุดเข้าถึงอื่นอีก ต่อมาได้มีการค้นคว้าวิจัยวิธีการจัดสมดุลโหลดบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายและนำมาใช้งานจริง พบว่าสามารถทำให้เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายให้มีประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่าระบบเดิม การทำงานของอัลกอริทึมนี้จะทำการกระจายโหลดระหว่างจุดเข้าถึงให้จุดเข้าถึงแต่ละตัวภายในเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายรองรับปริมาณโหลดเท่า ๆ กันโดยการย้ายการเชื่อมต่อของสถานีไร้สายบริเวณพื้นที่ซ้อนทับ เมื่อจุดเข้าถึงที่เคยรองรับโหลดจำนวนมากแบ่งโหลดไปยังจุดเข้าถึงข้างเคียงทำให้มีความสามารถรองรับปริมาณโหลดบริเวณนั้นได้อีกและยังทำให้มีการใช้งานแบนด์วิดท์ของจุดเข้าถึงที่รองรับโหลดจำนวนน้อยได้อย่างคุ้มค่า

ในการจัดการโหลดบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายนั้นจะมีตัวควบคุมและทำการตัดสินใจการจัดการโหลด ซึ่งสามารถแบ่งการจัดการควบคุมโหลดออกเป็น 3 แนวทางด้วยกัน คือ 1) ตัวควบคุมที่ทำงานอยู่บนจุดเข้าถึง 2) ตัวควบคุมที่ทำงานอยู่บนสถานี 3) ตัวควบคุมที่ทำงานอยู่บนเซอร์ฟเวอร์ ซึ่งการจัดการโหลดแต่ละแนวทางนั้นมีข้อจำกัดที่แตกต่างกันตามลักษณะของการทำงาน คือ

<u>วิธีที่ 1</u> ตัวควบคุมโหลดที่ทำงานอยู่บนจุดเข้าถึง การควบคุมลักษณะนี้จุดเข้าถึงแต่ละตัวจะทำการติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างจุดเข้าถึงภายในเครือข่ายเพื่อนำไปตัดสินใจการ

เชื่อมต่อของสถานีไร้สาย อาจทำให้เกิดความล่าช้าเนื่องจากต้องมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันตลอดเวลา และการสื่อสารระหว่างจุดเข้าถึงนั้นจะขึ้นอยู่กับความสามารถของเทคโนโลยีที่จุดเข้าถึงใช้ อาจเกิดปัญหาเนื่องจากจุดเข้าถึงใช้เทคโนโลยีที่ต่างกันไม่สามารถสื่อสารกันได้

วิธีที่ 2 ตัวควบคุมโหลดที่ทำงานอยู่บนสถานี การควบคุมลักษณะนี้จะสามารถจัดการโหลดได้ในระยะจำกัด เพราะสถานีไร้สายจะตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทราฟฟิกจากเฟรมบีคอนที่จุดเข้าถึงส่งมาเท่านั้น ไม่สามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณโหลดที่ระยะไกลได้ ทำให้ข้อมูลที่ใช้ในการจัดการไม่ครอบคลุมทั่วทั้งเครือข่าย

วิธีที่ 3 ตัวควบคุมโหลดที่ทำงานอยู่บนเซอร์ฟเวอร์ การควบคุมลักษณะนี้เซอร์ฟเวอร์จะเป็นผู้ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายทั้งหมด อาจทำให้เกิดปัญหาการติดขัดในการสื่อสารบริเวณจุดศูนย์กลาง เครือข่ายที่มีขนาดใหญ่จำเป็นต้องมีการจำกัดจำนวนจุดเข้าถึงและสถานีไร้สายที่เซอร์ฟเวอร์รับผิดชอบ

แต่อย่างไรก็ตามเทคนิคการจัดสมดุลโหลดโดยการย้ายสถานีไร้สายนี้ยังมีข้อเสียตรงที่สถานีไร้สายที่ย้ายการเชื่อมต่อไปยังจุดเข้าถึงข้างเคียงจะได้รับความแรงของสัญญาณต่ำลง ในบทนี้จึงได้ทำการศึกษาอัลกอริทึมที่มีการจัดการโหลดและไม่มีการจัดการโหลดเพื่อนำไปสู่การทดลองพิสูจน์ผลในลำดับต่อไป

เนื้อหาในบทนี้ประกอบด้วย หัวข้อ 3.2 กล่าวถึงโครงสร้างโดยรวมของการจำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย หัวข้อ 3.3 กล่าวถึงการกำหนดพฤติกรรมการเชื่อมต่อของสถานีบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่จำลองขึ้นและการควบคุมปริมาณโหลดบนจุดเข้าถึงให้สอดคล้องกับการใช้งานบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายจริง หัวข้อ 3.4 กล่าวถึงการทำงานของระบบการจัดการโหลด หัวข้อ 3.5 กล่าวถึงการอัลกอริทึมการจัดการโหลด 3 วิธี และในหัวข้อสุดท้ายหัวข้อ 3.6 เป็นหัวข้อสรุปเนื้อหาที่ได้กล่าวในบทนี้

3.2 โครงสร้างโดยรวมของการจำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

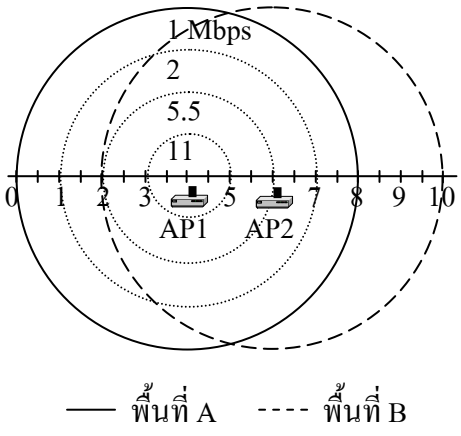
3.2.1 อุปกรณ์

- เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับการจำลองระบบเครือข่าย
- โปรแกรม CSIM19 และ MATLAB

3.2.2 โครงสร้างพื้นฐานที่ใช้ในการจำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

การจำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายในงานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองระบบเครือข่ายด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซีซิม (Mesquite Software Inc., www, CSIM19) ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการจำลองระบบการทำงานด้วยภาษาซี ในการทดลองโครงสร้างของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่จำลองขึ้นมีการพิจารณาจุดเข้าถึงในระบบเครือข่ายทั้งหมด 2 ตัว คือ

จุดเข้าถึงหมายเลข 1 (AP1) และจุดเข้าถึงหมายเลข 2 (AP2) โดยให้ตำแหน่งการวางจุดเข้าถึงนั้นเรียงกันตามพิกัด x,y รวมขอบเขตรัศมีการให้บริการทั้งหมด 10 หน่วย ซึ่งขอบเขตรัศมีของสัญญาณที่ส่งออกมาจากจุดเข้าถึงหมายเลข 1 มีการซ้อนทับกับขอบเขตรัศมีของสัญญาณที่ส่งออกมาจากจุดเข้าถึงหมายเลข 2 ประมาณ 75% ของพื้นที่ทั้งหมด เพื่อให้สถานีไร้สายมีการกระจายตัวระหว่างจุดเข้าถึงได้หากมีการย้ายการเชื่อมต่อระหว่างจุดเข้าถึงหมายเลข 1 กับจุดเข้าถึงหมายเลข 2 และกำหนดให้พื้นที่ A คือ พื้นที่การให้บริการในบริเวณขอบเขตสัญญาณของจุดเข้าถึงหมายเลข 1 ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ตำแหน่ง 0 ถึง 8 หน่วย พื้นที่ B คือ พื้นที่การให้บริการในบริเวณขอบเขตสัญญาณของจุดเข้าถึงหมายเลข 2 ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ตำแหน่ง 2 ถึง 10 หน่วย ซึ่งการกำหนดตำแหน่งในลักษณะดังกล่าวสามารถนำไปปรับแปลงใช้งานได้ในความเป็นจริงได้ นอกจากนั้นได้กำหนดระยะการส่งสัญญาณให้เป็นไปตามการทำงานในระดับชั้นกายภาพบนมาตรฐาน IEEE 802.11 ที่มีอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (data rate) แบ่งเป็น 4 ระดับ คือ 11 Mbps 5 Mbps 2 Mbps และ 1 Mbps ตามเทคนิคการมอดดูเลตจากระดับความแรงของสัญญาณ -75 dBm -79 dBm -81 dBm และ -84 dBm ตามลำดับ (Basalamah A., Sugimoto H., and Sato T., 2006) ถึงแม้ว่าในความเป็นจริงแล้วในแต่ละระดับความแรงของสัญญาณจะครอบคลุมพื้นที่การให้บริการไม่เท่ากัน แต่งานวิจัยนี้ต้องการให้สถานีไร้สายกระจายตัวใช้บริการที่ระดับความแรงของสัญญาณทุกระดับเท่า ๆ กันเนื่องจากไม่สามารถทราบได้ว่าผู้ใช้บริการจะใช้งานที่ตำแหน่งใด จึงได้กำหนดระยะทางของแต่ละระดับความแรงของสัญญาณให้เท่ากัน ดังรูปที่ 3.1

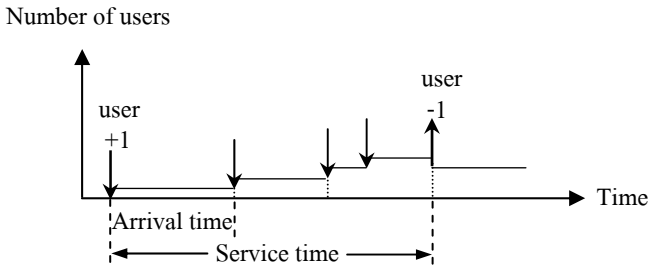


รูปที่ 3.1 รูปแบบการจำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

3.3 พฤติกรรมการเชื่อมต่อของสถานีบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่จำลองขึ้น

3.3.1 การกำหนดพฤติกรรมการเข้าใช้บริการ

การให้บริการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย ผู้ให้บริการไม่สามารถทราบล่วงหน้าได้ว่าผู้ใช้บริการจะเข้ามาใช้งานเครือข่ายเมื่อไรและจะใช้เวลาอยู่ภายในเครือข่ายนานเท่าไร งานวิจัยของ Balachandran A., Voelker G.M., Bahl P., and Rangan P.V. (2002) จึงได้ศึกษาพฤติกรรมการเชื่อมต่อกับเครือข่ายของสถานีไร้สายในช่วงเวลา 8.00-18.00 น. โดยเก็บค่าเฉลี่ยของผู้ใช้บริการในแต่ละชั่วโมง พบว่าวันหนึ่ง ๆ ในแต่ละชั่วโมงจะมีผู้เข้ามาใช้บริการหรือจำนวนการใช้บริการ (sessions) บนเครือข่ายไม่เท่ากันทำให้เครือข่ายต้องรองรับการให้บริการที่มีการเปลี่ยนแปลงของผู้ใช้บริการตลอดเวลา แต่อย่างไรผู้ให้บริการก็สามารถประมาณการจำนวนผู้ใช้บริการในแต่ละวันได้ อาจจะเก็บข้อมูลจากการใช้งานที่ผ่านมาหรือจากจำนวนผู้ใช้บริการที่ลงทะเบียนไว้ ดังนั้นเพื่อให้การจำลองเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่ใช้ในการทดลองศึกษาพฤติกรรมการเชื่อมต่อของสถานีไร้สายในงานวิจัย ในช่วงเวลาสังเกตการณ์หนึ่งใกล้เคียงกับเครือข่ายจริง จึงได้ใช้วิธีการของ Poisson Process ในการนับจำนวนของผู้ใช้บริการที่เข้ามาใช้งานเครือข่าย ซึ่งทำให้ในการสุ่มจุดเวลาการเข้าใช้งานและระยะเวลาการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของผู้ใช้บริการในการทดลองมีการกระจายแบบ Exponential นอกจากนั้นยังได้นำความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเข้ามาของผู้ใช้บริการ (Average arrival rate: λ) กับอัตราการใช้บริการ (Average service time: μ) มาเป็นตัวควบคุมปริมาณการใช้บริการบนเครือข่าย โดยค่าที่นำมาใช้ในการจำลองจะอยู่ในรูปแบบของระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเข้าใช้บริการ (Average arrival time: $1/\lambda$) และระยะเวลาเฉลี่ยของการรับบริการ (Average service time: $1/\mu$) ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ลักษณะการเข้าใช้บริการและการรับบริการบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

ปริมาณโหลดของระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายนั้นจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเข้ามาของผู้ใช้บริการ (Average arrival rate) กับอัตราการใช้บริการ (Average service rate) ดังสมการ 3.1 (Leon-Garcia A., 1994)

$$\text{System offered load} = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3.1)$$

โดยที่ λ คือ อัตราการเข้ามาของผู้ใช้บริการ มีหน่วยเป็น calls/time

μ คือ อัตราการใช้บริการ มีหน่วยเป็น calls/time

3.3.2 การควบคุมปริมาณโหลดบนจุดเข้าถึง

ในปัจจุบันการรับส่งข้อมูลบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายมีความหลากหลายมากขึ้น และในเวลานี้การรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดียกำลังได้รับความนิยมจากผู้ใช้บริการเป็นอย่างสูง การรับส่งข้อมูลประเภทนี้ประกอบด้วยไฟล์ขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นการรวมกันของไฟล์เสียงและภาพเคลื่อนไหว จึงมีความจำเป็นต้องรับส่งข้อมูลให้สอดคล้องกันและมีความต่อเนื่องของข้อมูล เพื่อสร้างความพึงพอใจแก่ผู้ใช้บริการ ดังนั้นความน่าเชื่อถือในการรับส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียวไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการได้ จากงานวิจัยของ Tartarelli S. and Nunzi G., 2006 กล่าวว่าผู้ให้บริการเครือข่ายต้องให้การรับประกันแบนด์วิดท์ที่เหมาะสมกับข้อมูลแต่ละประเภทตามวัตถุประสงค์ของการใช้บริการ เช่น ผู้ใช้บริการประเภทมัลติมีเดียมีความต้องการในการรับส่งข้อมูลให้ได้ค่าเฉลี่ยปริมาณงาน 380 Kbps ผู้ใช้บริการข้อมูลธรรมดา (best effort) ต้องการค่าเฉลี่ยปริมาณงาน 100 Kbps แต่เนื่องจากปริมาณแบนด์วิดท์มีอยู่อย่างจำกัดจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดจำนวนผู้ใช้บริการที่เชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงแต่ละตัวเพื่อไม่ใช้ผู้ใช้บริการต้องรอนานเกินไป จึงมีการทดสอบความสามารถของจุดเข้าถึงในการรองรับปริมาณโหลด โดยกำหนดให้ผู้ใช้บริการทั้งหมดเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึง 1 ตัว เพื่อทำการรับส่งข้อมูลประเภทเดียวกัน ในที่นี้ในเป็นการใช้บริการประเภท best effort และผู้ใช้บริการแต่ละคนจะทำการส่งข้อมูล 1 session เท่านั้น พบว่าจุดเข้าถึงหนึ่งตัวจะสามารถรองรับบริการผู้ใช้บริการข้อมูล best effort ได้สูงสุด (N_{max}) ประมาณ 60 sessions โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ แต่ในความเป็นจริงแล้วการใช้บริการบนเครือข่ายไม่ได้ทำการรับส่งข้อมูลผ่านจุดเข้าถึงเพียงประเภทเดียว จึงมีการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักให้เหมาะสมกับประเภทของข้อมูล โดยค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละประเภทการใช้งานจะถูกกำหนดตามสัดส่วนของค่าเฉลี่ยปริมาณงานที่ประเภทข้อมูลนั้นต้องการ

ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งผู้ใช้บริการออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ

ผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 (Class 1) ผู้ใช้บริการที่มีลำดับความสำคัญสูง คือ ผู้ใช้บริการที่มีความต้องการอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลสูง เช่น ภาพเคลื่อนไหวและเสียง เป็นต้น

ผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 (Class 2) ผู้ใช้บริการที่มีลำดับความสำคัญต่ำ คือ ผู้ใช้บริการที่มีความต้องการอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล best effort เช่น จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

ดังนั้นจึงกำหนดให้ข้อมูลประเภทมัลติมีเดียและข้อมูล best effort จะมีค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 3.8 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งสามารถคำนวณจำนวนผู้ใช้บริการเสมือนที่ใช้บริการบนเครือข่ายได้จากสมการ 3.2

$$N_{eq} = (N_{mu} \times W_{mu}) + (N_{be} \times W_{be}) \quad (3.2)$$

โดยที่ N_{eq} คือ จำนวนผู้ใช้บริการเสมือน

N_{mu} คือ จำนวนผู้ใช้บริการประเภทมัลติมีเดีย

N_{be} คือ จำนวนผู้ใช้บริการประเภท best effort

N_{max} คือ จำนวนผู้ใช้บริการสูงสุดต่อจุดเข้าถึง

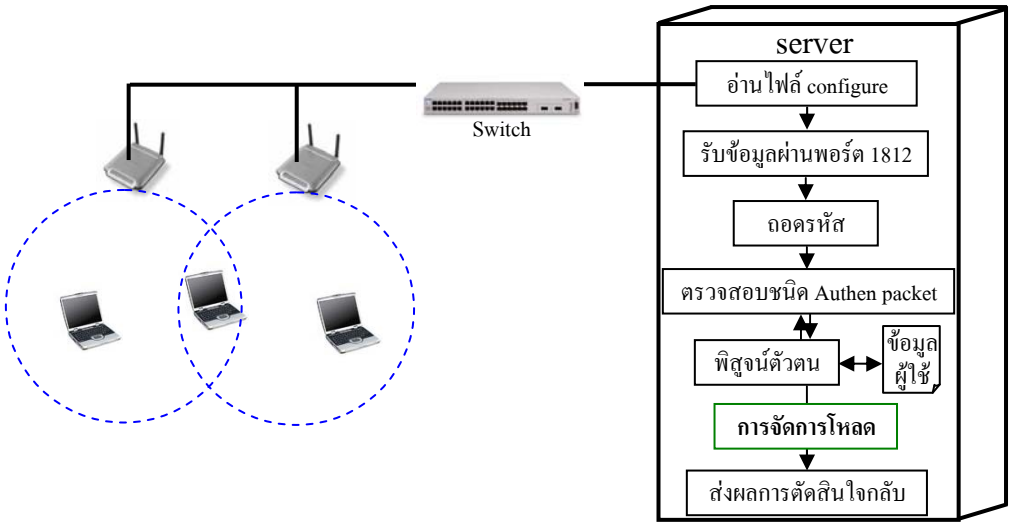
W_{mu} คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย

W_{be} คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลประเภท best effort

3.4 การทำงานของระบบการจัดการโหลด

งานวิจัยนี้มีการจัดการโหลดแบบโครงสร้างพื้นฐานที่มีเซอร์ฟเวอร์ทำหน้าที่บริหารจัดการโหลดของจุดเข้าถึงทั้งหมด การทำงานลักษณะนี้มีข้อดีคือง่ายต่อการจัดการและควบคุมโหลดบนเครือข่าย สามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของทราฟฟิกได้ทั้งเครือข่าย ไม่ต้องเสียเวลาในการแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน นอกจากนั้นยังไม่ขึ้นกับเทคโนโลยีของอุปกรณ์ที่ใช้งานอีกด้วย ซึ่งกระบวนการการทำงานบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบมีโครงสร้างพื้นฐานนั้นจำเป็นต้องมีเซอร์ฟเวอร์เป็นศูนย์รวมเพื่อทำหน้าที่จัดการระบบต่าง ๆ รวมทั้งจัดการโหลดบนจุดเข้าถึงทุกตัวที่อยู่ในเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย ถ้าหากมีสถานีไร้สายใหม่เข้ามายังเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย เซอร์ฟเวอร์จะเริ่มกระบวนการการทำงาน โดยขั้นแรกจะทำการรันไฟล์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน เช่น การพิสูจน์ตัวตน เป็นต้น จากนั้นจะรอรับข้อมูลจากผู้ใช้บริการผ่านพอร์ต 1812 และนำข้อมูลมาทำการตรวจสอบว่าเป็นข้อมูลชนิดใด หากพบว่าเป็นข้อมูลสำหรับการร้องขอการเชื่อมต่อกับเครือข่ายก็จะทำการพิสูจน์ตัวตนของผู้ใช้บริการจากข้อมูลที่ผู้ใช้บริการส่งมา เช่น ชื่อผู้ใช้

รหัสผ่าน เป็นต้น หากได้รับการยอมรับจะส่งผลที่ได้ผ่านจุดเข้ากลับไปยังสถานีไร้สาย สำหรับโมดูลการจัดการโหลดจะทำงานหลังจากมีการพิสูจน์ตัวตนเรียบร้อยแล้ว ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนภาพการทำงานโดยรวมของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

3.5 อัลกอริทึมของการจัดการโหลด

วิธีการควบคุมการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายที่ใช้ในการจำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายมีอัลกอริทึม 3 แบบ คือ

1) อัลกอริทึมแบบ Maximum Strength First

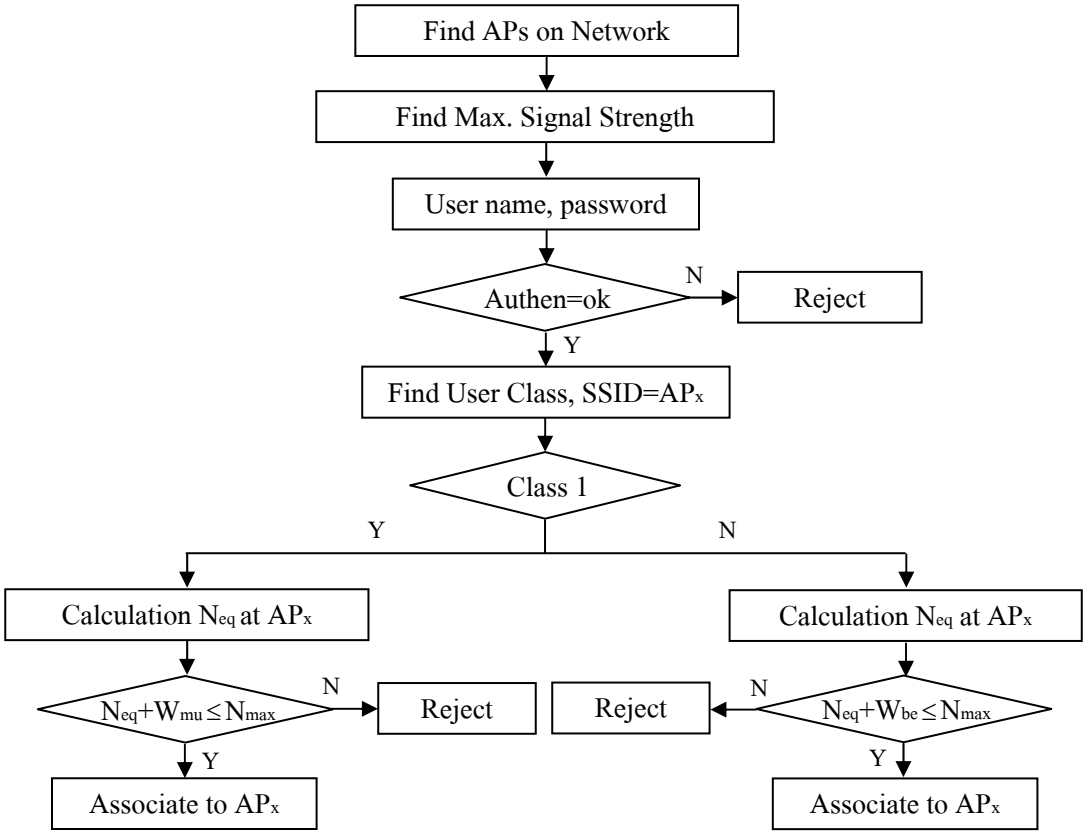
2) อัลกอริทึมแบบ Minimum Load First

3) อัลกอริทึมแบบ Hybrid Approach

3.5.1 อัลกอริทึมแบบ Maximum Strength First: MSF

MSF เป็นวิธีการควบคุมการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายที่พิจารณาจากความแรงของสัญญาณที่รับได้จากจุดเข้าถึงเป็นหลัก ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้บริการมีอัตราการรับส่งข้อมูลสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในสภาพแวดล้อมนั้น ๆ โดยทั่วไปการติดต่อสื่อสารกับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายเมื่อสถานีไร้สายต้องการจะเชื่อมต่อกับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรับส่งข้อมูลผ่านจุดเข้าถึง สถานีไร้สายจะตรวจสอบช่องสัญญาณทั้งหมดโดยคอยฟังสัญญาณจากเฟรมบีคอนที่จุดเข้าถึงทุกตัวภายในเครือข่ายจะทำการส่งออกมาเป็นระยะแบบกระจาย (Broadcast) จากนั้นสถานีไร้สายนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาเลือกจุดเข้าถึงที่มีความแรงของสัญญาณสูงที่สุดเพื่อเข้าร่วมเครือข่าย ในที่นี้สมมติให้ AP_x เป็นจุดเข้าถึงที่สถานีไร้สายได้รับความแรงของสัญญาณสูงที่สุด

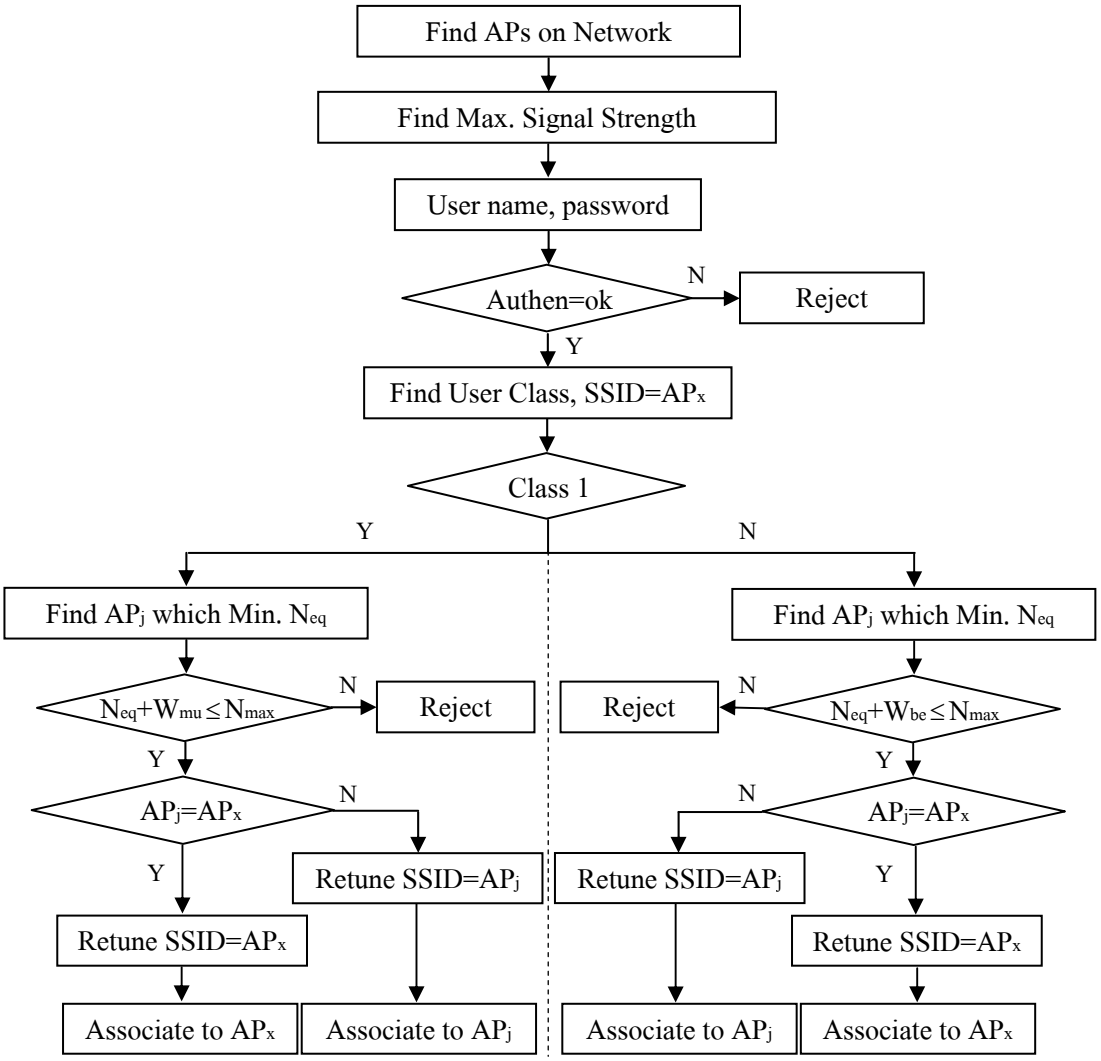
เมื่อได้จุดเข้าถึงที่ต้องการแล้วสถานีไร้สายจะส่งเฟรม Authentication Request ผ่านจุดเข้าถึงนั้น ๆ ไปยังเซอร์ฟเวอร์ ซึ่งเซอร์ฟเวอร์จะทำหน้าที่พิสูจน์การมีตัวตนของสถานีไร้สายและส่ง Authentication Response กลับมายังสถานีไร้สาย หากถูกปฏิเสธสถานีไร้สายจะต้องทำการขอเชื่อมต่อใหม่อีกครั้ง แต่ถ้าหากได้รับการยอมรับสถานีไร้สายจะทำการส่ง Association Request เพื่อทำการร้องขอเชื่อมต่อกับ AP_x ที่ได้เลือกไว้ตั้งแต่แรก หลังจากนั้นจุดเข้าถึงที่ถูกเลือกจะส่ง Associate Response กลับมายังสถานีไร้สาย ถ้าได้รับอนุญาตก็จะสามารถทำการรับส่งข้อมูลผ่านจุดเข้าถึงที่ทำการร้องขอได้ทันทีและถ้าไม่ได้รับการยอมรับก็จะถูกปฏิเสธโดยการส่งไฟล์ Association Reject กลับมายังสถานีไร้สาย ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนภาพการทำงานของอัลกอริทึมแบบ MSF

3.5.2 อัลกอริทึมแบบ Minimum Load First: MLF

MLF เป็นวิธีการควบคุมการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายที่พิจารณาจากปริมาณโหลดบนจุดเข้าถึงเป็นหลัก สถานีไร้สายจะถูกจัดสรรให้ทำการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงที่ตรวจสอบแล้วว่าในขณะนั้นรองรับปริมาณโหลดจำนวนน้อยที่สุด ซึ่งเป็นหลักการในการกระจายโหลดให้กับจุดเข้าถึงตัวอื่นที่อยู่ในพื้นที่ที่สามารถให้บริการกับผู้ใช้บริการได้ โดยไม่คำนึงถึงความแรงของสัญญาณที่รับได้จากจุดเข้าถึงเพียงอย่างเดียว ในการทำงานเริ่มแรกจะยังคงเหมือนกับการติดต่อสื่อสารกับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายโดยทั่วไปที่สถานีไร้สายจะเลือกจุดเข้าถึงที่มีความแรงของสัญญาณสูงที่สุด จากนั้นระบบจัดการโหลดจะทำงานหลังจากมีการพิสูจน์ตัวตนเรียบร้อยแล้ว ถ้าหากตรวจสอบตัวตนแล้วไม่ผ่านสถานีไร้สายจะถูกปฏิเสธการเข้าใช้บริการเครือข่ายทันทีโดยไม่ผ่านโมดูลการจัดสมดุลโหลด แต่ถ้าตรวจสอบตัวตนผ่านระบบจะจัดส่งข้อมูลไปยังโมดูลการจัดการโหลด เพื่อหาจุดเข้าถึงที่สถานีไร้สายสามารถรับสัญญาณได้และคำนวณโหลดบนจุดเข้าถึงแต่ละตัวเพื่อเลือกจุดเข้าถึงที่กำลังรองรับโหลดปริมาณน้อยที่สุดในขณะนั้น โดยเซอร์ฟเวอร์จะเป็นผู้ตัดสินใจการจัดการทั้งหมด ซึ่งจุดเข้าถึงนั้นจะต้องมีปริมาณแบนด์วิดท์ไม่ต่ำกว่าค่า Threshold ที่กำหนดไว้ด้วย หลังจากทำการพิจารณาหาจุดเข้าถึงที่เหมาะสมจากข้อมูลที่มีอยู่เสร็จเรียบร้อยแล้ว ระบบการจัดการโหลดจะพิจารณาเปรียบเทียบที่อยู่ของจุดเข้าถึงที่เซอร์ฟเวอร์เลือกไว้กับจุดเข้าถึงที่สถานีไร้สายร้องขอการเชื่อมต่อเข้ามา การกำหนดค่า Service Set Identifier: SSID ซึ่งเปรียบเสมือนชื่อของจุดเข้าถึงที่ถูกกำหนดไว้อยู่แล้ว ค่านี้นำเข้ามาช่วยในการย้ายการเชื่อมต่อของสถานีไร้สายไปยังจุดเข้าถึงที่ต้องการได้ หากจุดเข้าถึงที่สถานีไร้สายเลือกตั้งแต่ต้นเป็นจุดเข้าถึงตัวเดียวกับระบบจัดการโหลด เซอร์ฟเวอร์จะให้โมดูลพิสูจน์ตัวตนส่งค่า SSID ที่ตรงกับค่า SSID บนจุดเข้าถึงไปยังสถานีไร้สาย และหากต้องการย้ายสถานีไร้สายไปเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงอื่นที่เซอร์ฟเวอร์ได้เลือกไว้ โมดูลพิสูจน์ตัวตนจะตั้งค่า SSID ที่ไม่ตรงกับค่า SSID บนจุดเข้าถึงที่สถานีไร้สายร้องขอหรือส่งค่า SSID ที่ต้องการให้สถานีไร้สายเชื่อมต่อกลับไป จุดเข้าถึงดังกล่าวจะส่งไฟล์ Disassociate ไปยังสถานีไร้สายแทนไฟล์ Association Reject เพื่อให้สถานีไร้สายย้ายการเชื่อมต่อไปยังจุดเข้าถึงที่เซอร์ฟเวอร์ได้เลือกไว้ ดังรูปที่ 3.5

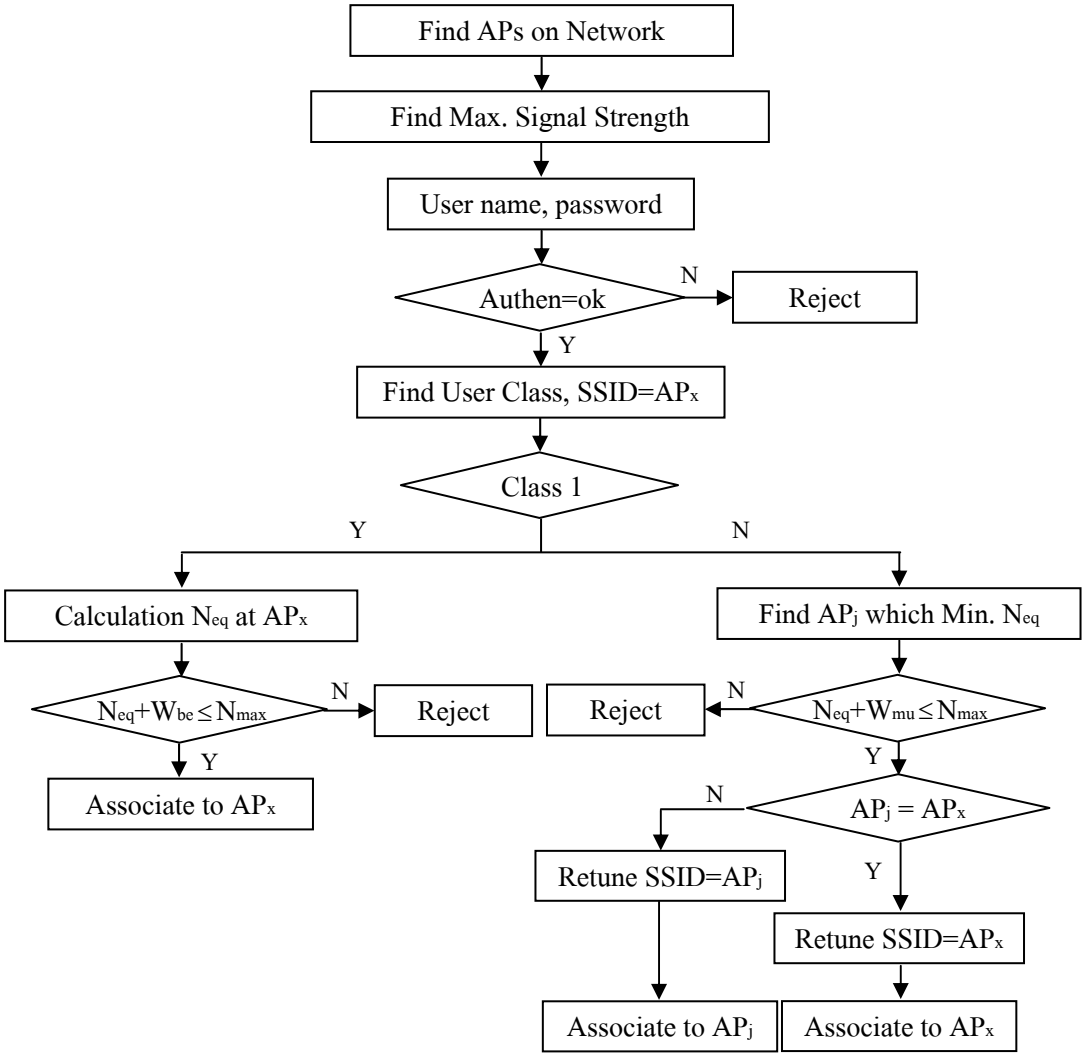


รูปที่ 3.5 แผนภาพการทำงานของอัลกอริทึมแบบ MLF

3.5.3 อัลกอริทึมแบบ Hybrid Approach: HA

HA เป็นวิธีการควบคุมการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายแบบใหม่ที่งานวิจัยนี้ทำการพัฒนาขึ้น ซึ่งใช้เทคนิคการจัดสมดุลโหลดเข้ามาเพิ่มเติมจากแนวความคิดของ EDCA เพื่อแก้ไขปัญหาด้านอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายให้เหมาะสมกับความต้องการของข้อมูลแต่ละประเภท โดยมีจุดประสงค์ให้อัตราเร็วในการรับส่งของข้อมูลประเภทมัลติมีเดียสูงขึ้นและกระจายโหลดให้กับจุดเข้าถึงภายในเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย วิธีการนี้นอกจากจะทำการตัดสินใจเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงจากระดับความแรงของสัญญาณที่ได้รับให้เหมาะสมกับความต้องการของข้อมูลแต่ละประเภทแล้ว ยังทำการจัดสมดุลโหลดระหว่างจุดเข้าถึงในระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายอีกด้วย โดยกระบวนการจัดการโหลดจะเริ่มทำงานหลังจาก

ผู้ใช้บริการได้รับการยอมรับจากโมดูลพิสูจน์ตัวตนเรียบร้อยแล้ว ต่อจากนั้นจะนำชื่อและที่อยู่ของผู้ใช้บริการจากโมดูลพิสูจน์ตัวตนมาทำการค้นหาข้อมูลประเภทของการประยุกต์ใช้งาน (user type) เพื่อนำไปแยกลำดับความสำคัญ สำหรับผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 ที่มีการใช้บริการที่ต้องการอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงจะตัดสินใจเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงตามระดับความแรงของสัญญาณที่ได้รับสูงสุด สำหรับผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 ที่มีการใช้บริการที่การหน่วงเวลาไม่ส่งผลกระทบต่อการรับส่งข้อมูลจะตัดสินใจเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงตามปริมาณโหลดบนจุดเข้าถึงเพื่อเป็นการกระจายการเชื่อมต่อไปยังจุดเข้าถึงใกล้เคียงภายในระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย เมื่อทำการแยกลำดับความสำคัญแล้วหากเป็นผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 จะอนุญาตให้ทำการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงที่สถานีไร้สายส่ง Association Request ไว้ ซึ่งเป็นจุดเข้าถึงตัวที่สถานีไร้สายได้รับความแรงสัญญาณสูงที่สุด หลังจากนั้นจุดเข้าถึงที่ถูกเลือกจะส่ง Associate Response กลับมายังสถานีไร้สาย ถ้าได้รับอนุญาตก็จะสามารถทำการรับส่งข้อมูลผ่านจุดเข้าถึงที่ทำการร้องขอได้ทันทีและถ้าไม่ได้รับการยอมรับก็จะถูกปฏิเสธโดยการส่งไฟล์ Authentication Reject กลับมายังสถานีไร้สาย แต่ถ้าเป็นผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 จะเข้าสู่กระบวนการคำนวณโหลดเพื่อเลือกจุดเข้าถึงที่เหมาะสมที่สุด หลังจากทำการพิจารณาหาจุดเข้าถึงที่เหมาะสมจากข้อมูลที่มีอยู่เสร็จเรียบร้อยแล้ว ระบบการจัดการโหลดจะพิจารณาเปรียบเทียบที่อยู่ของจุดเข้าถึงที่เซอร์ฟเวอร์เลือกไว้กับจุดเข้าถึงที่สถานีไร้สายร้องขอการเชื่อมต่อเข้ามา หากจุดเข้าถึงที่สถานีไร้สายเลือกตั้งแต่ต้นเป็นจุดเข้าถึงตัวเดียวกับระบบจัดการโหลด เซอร์ฟเวอร์จะให้โมดูลพิสูจน์ตัวตนส่งค่า SSID ที่ตรงกับค่า SSID บนจุดเข้าถึงไปยังสถานีไร้สายหรือหากต้องการย้ายสถานีไร้สายไปเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงอื่นที่เซอร์ฟเวอร์ได้เลือกไว้ โมดูลพิสูจน์ตัวตนจะตั้งค่า SSID ที่ไม่ตรงกับค่า SSID บนจุดเข้าถึงที่สถานีไร้สายร้องขอ จุดเข้าถึงดังกล่าวจะส่งไฟล์ Disassociate ไปยังสถานีไร้สายแทนไฟล์ Association Reject เพื่อให้สถานีไร้สายย้ายการเชื่อมต่อไปยังจุดเข้าถึงที่เซอร์ฟเวอร์ได้เลือกไว้ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แผนภาพการทำงานของอัลกอริทึมแบบ HA

3.6 สรุป

อัลกอริทึมที่ใช้ควบคุมการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายโดยทั่วไปจะพิจารณาจากความแรงของสัญญาณที่ได้รับจากจุดเข้าถึงเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสร้างปัญหาให้กับบริเวณพื้นที่การให้บริการที่มีจุดเข้าถึงมากกว่าหนึ่งตัว คือจุดเข้าถึงบางตัวต้องรองรับโหลดปริมาณมาก ขณะที่มีการใช้งานจุดเข้าถึงบางตัวไม่คุ้มค่า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายให้ดียิ่งขึ้นจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการอื่น ๆ เพื่อนำมาแก้ไขปัญหานี้ การจัดสมดุลโหลดเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถทำให้จุดเข้าถึงภายในเครือข่ายรองรับปริมาณโหลดเท่า ๆ กัน ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมของเครือข่ายสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้จะทำให้ความแรงของสัญญาณลดลง เนื่องจากการย้ายการเชื่อมต่อไปยังจุดเข้าถึงอื่น ๆ ส่งผลกระทบกับข้อมูลบาง

ประเภทที่ต้องการอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลสูง วิธีการที่สนับสนุนการใช้บริการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดียและข้อมูลตามเวลาจริงบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน แต่อย่างไรก็ตามปัญหาเหล่านี้ยังคงเป็นประเด็นสำคัญที่ควรนำมาศึกษาพัฒนาต่อเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการทำงานที่ดียิ่งขึ้น งานวิจัยนี้จึงได้ให้ความสนใจการปรับปรุงการทำงานของการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ EDCA ด้วยวิธีการที่เรียกว่าไฮบริด ซึ่งนำเทคนิคการจัดสมดุลโหลดเข้ามามีบทบาทในการกระจายโหลดระหว่างจุดเข้าถึง เพื่อให้เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายมีความสามารถรองรับปริมาณโหลดได้เพิ่มขึ้นและใช้งานแบนด์วิดท์ได้เต็มประสิทธิภาพ

บทที่ 4
การวิเคราะห์อัลกอริทึมการเชื่อมต่อบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

4.1 กล่าวนำ

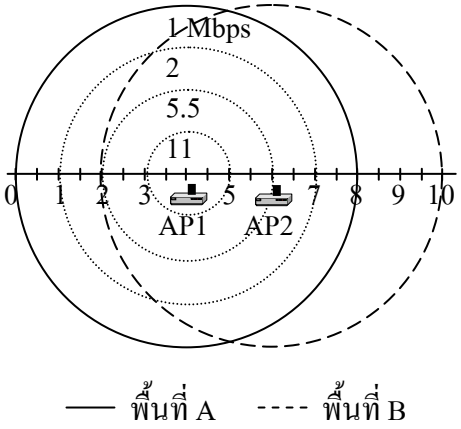
งานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สามารถเกิดขึ้นได้จริงบนเครือข่ายและนำผลที่ได้จากการศึกษามาพิจารณาข้อดีข้อเสียของแต่ละอัลกอริทึมที่นำมาใช้งาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการปรับปรุงอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดียให้ดียิ่งขึ้น ก่อนที่จะทำการทดสอบอัลกอริทึมต่าง ๆ ดังแสดงในบทที่ 3 งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบเบื้องต้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำของโปรแกรมจำลองระบบเครือข่ายที่นำมาใช้งาน โดยการจำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่มีลักษณะเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Tartarelli S. and Nunzi G. (2006) ที่ได้ทำการทดสอบการทำงานระบบเครือข่ายที่จำลองขึ้นตามมาตรฐาน IEEE 802.11 โดยเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของการเกิดบล็อกที่เกิดขึ้นกับหลักการของ Erlang B ค่าที่ได้คือ 15.99% สำหรับโปรแกรมที่ใช้จำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายของงานวิจัยนี้ได้เปอร์เซ็นต์ของการเกิดบล็อกประมาณ 14% ซึ่งถึงว่ามีความใกล้เคียงกัน จากนั้นจึงนำโปรแกรมดังกล่าวมาใช้จำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่มีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานและนำผลที่ได้จากการทดสอบอัลกอริทึมต่าง ๆ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อได้เปรียบเสียเปรียบ โดยใช้เปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อกและอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลเป็นตัวชี้วัดการให้บริการ เพื่อนำไปสู่บทสรุปและแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่อไป

เนื้อหาในบทนี้จะประกอบด้วย หัวข้อ 4.2 กล่าวถึงพฤติกรรมการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สามารถเกิดขึ้นได้บนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย หัวข้อ 4.3 กล่าวถึงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อกและอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลของอัลกอริทึม MSF MLS และ HA ในหัวข้อสุดท้ายหัวข้อ 4.4 เป็นหัวข้อสรุปเนื้อหาที่ได้กล่าวในบทนี้

4.2 การเปรียบเทียบพฤติกรรมการเชื่อมต่อของสถานีบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

4.2.1 การกำหนดค่าในทดลอง

ในการจำลองระบบเครือข่ายสำหรับการทดลองจะมีลักษณะโครงสร้างโดยรวมเป็นไปตามหัวข้อที่ 3.2 ในบทที่ 3 และมีการใช้ตัวแปรต่าง ๆ ดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 รูปแบบการจำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

ตารางที่ 4.1 การตั้งค่าตัวแปรการทดลองเปรียบเทียบพฤติกรรมการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึง

ตัวแปร	ค่า
จำนวนของสถานีไร้สาย	แปรผันตามค่า system offered load (สมการ 3.1)
จำนวนของจุดเข้าถึง	2 ตัว
ขนาดไฟล์	100 Kbps (Tartarelli S. et al., 2006)
จำนวน sessions ต่อสถานีไร้สาย	1 session ต่อ 1 สถานีไร้สาย
อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล	11 Mbps 5 Mbps 2 Mbps และ 1 Mbps

งานวิจัยนี้ได้ทำการแบ่งช่วงเวลาการเข้าใช้บริการเครือข่ายของผู้ใช้บริการเพื่อสังเกตพฤติกรรมออกเป็น 3 ช่วง โดยแต่ละช่วงนั้นจะแสดงถึงพฤติกรรมการเข้าใช้บริการของผู้ใช้บริการซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวสามารถเกิดขึ้นได้ในระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายจริง จากสมการที่ 3.1 ในบทที่ 3 การควบคุมจำนวนผู้ใช้บริการในระดับต่าง ๆ จำเป็นต้องกำหนดให้ค่าใดค่าหนึ่งเปลี่ยนแปลงและกำหนดให้ค่าอื่น ๆ คงที่ งานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ระยะเวลาเฉลี่ยของการรับบริการของแต่ละสถานีมีค่าคงที่เท่ากับ 10 Simulation times (Tartarelli S. et al., 2006) ในทุกสถานการณ์และทำการควบคุมจำนวนผู้ใช้บริการในระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายโดยการเพิ่มลดจำนวนผู้ใช้บริการจากระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเข้าใช้บริการ ดังตารางที่ 4.2 ซึ่งใน 3 ช่วงเวลาจะมีรายละเอียดดังนี้

ช่วงเวลาที่ 1 (0-200 simulation times) สถานีกระจายตัวบนพื้นที่ A และ B ปริมาณเท่า ๆ กัน เพื่อทดสอบพฤติกรรมในช่วงเวลาที่มีผู้ใช้บริการที่ทำการเชื่อมต่อกับ AP1 และ AP2 จำนวนน้อยและมีปริมาณการรับส่งข้อมูลเท่ากัน ๆ สถานการณ์นี้ระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายจะสามารถให้บริการได้เป็นอย่างดี

ช่วงเวลาที่ 2 (201-500 simulation times) สถานีกระจายตัวบนพื้นที่ A และ B ปริมาณเท่า ๆ กัน แต่มีจำนวนสถานีเพิ่มขึ้น เพื่อทดสอบพฤติกรรมในช่วงเวลาที่มีผู้ใช้บริการที่ทำการเชื่อมต่อกับ AP1 และ AP2 จำนวนมากและมีปริมาณการรับส่งข้อมูลเท่ากัน ๆ สถานการณ์นี้ระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายจะยังสามารถรองรับบริการได้

ช่วงเวลาที่ 3 (501-1000 simulation times) สถานีกระจายตัวบนพื้นที่ A น้อยกว่าพื้นที่ B เมื่อการใช้บริการในบริเวณพื้นที่ B มีจำนวนมากขึ้นกว่าช่วงเวลาที่ 2 ขณะที่พื้นที่ A คงที่ เพื่อทดสอบพฤติกรรมในช่วงเวลาที่มีผู้ใช้บริการที่ทำการเชื่อมต่อกับ AP2 จำนวนมากทำให้มีปริมาณการรับส่งข้อมูลสูงเกินกว่า AP2 จะรองรับได้ สถานการณ์นี้ระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายจะต้องรองรับปริมาณโหลดเกินความสามารถของจุดเข้าถึงในบริเวณพื้นที่ B

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดการเข้าใช้บริการของสถานีไร้สายในช่วงเวลาต่าง ๆ

ช่วงเวลา (simulation times)	ระยะเวลาเฉลี่ยการเข้าใช้บริการของสถานีบริเวณพื้นที่ A (นาที)	ระยะเวลาเฉลี่ยการเข้าใช้บริการของสถานีบริเวณพื้นที่ B (นาที)	ระยะเวลาเฉลี่ยของการรับบริการบริเวณพื้นที่ A และ B (นาที)
นาทีที่ 0-200	5	5	10
นาทีที่ 200-500	0.5	0.5	10
นาทีที่ 500-1000	0.5	0.15	10

4.2.2 การทดลองเปรียบเทียบพฤติกรรมการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึง

การเปรียบเทียบพฤติกรรมการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีใหม่ที่เข้ามาบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายตามอัลกอริทึม MSF MLF และ HA

ขั้นตอนการทดลอง 4.2.2

1. จำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามข้อกำหนดในการทดลอง 4.2.1 และอัลกอริทึม MSF
2. บันทึกค่าเริ่มต้นของการทำงานบนจุดเข้าถึงแต่ละตัว

3. สร้างสถานีไร้สายในช่วงเวลาที่ 1 บันทึกผลการเชื่อมต่อของสถานีไร้สายที่จุดเข้าถึงหมายเลข 1 และจุดเข้าถึงหมายเลข 2

4. เปลี่ยนแปลงจำนวนสถานีไร้สายตามช่วงเวลาที่ 2 บันทึกผลการเชื่อมต่อของสถานีไร้สายที่จุดเข้าถึงหมายเลข 1 และจุดเข้าถึงหมายเลข 2

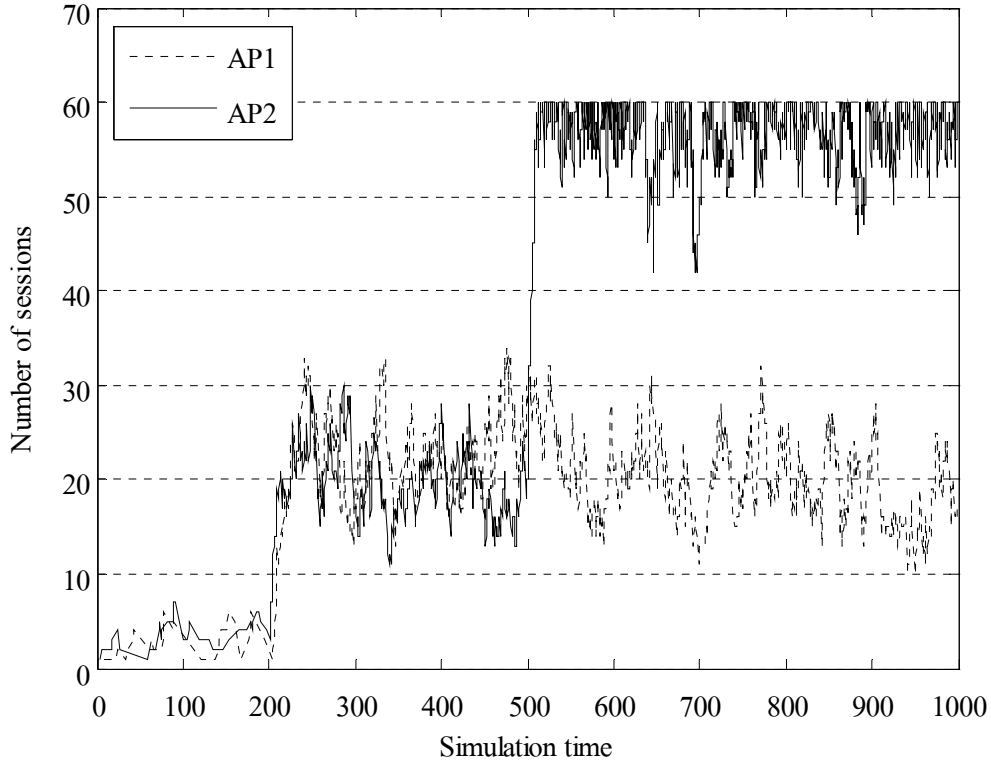
5. เปลี่ยนแปลงจำนวนสถานีไร้สายตามช่วงเวลาที่ 3 บันทึกผลการเชื่อมต่อของสถานีไร้สายที่จุดเข้าถึงหมายเลข 1 และจุดเข้าถึงหมายเลข 2

6. ทำการทดลองตามข้อ 2 ถึง 5 โดยเปลี่ยนอัลกอริทึมที่ใช้จำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายเป็น MLF และ HA ตามลำดับ

7. แสดงผลการทดลองของอัลกอริทึม MSF MLF และ HA ด้วยกราฟเส้น

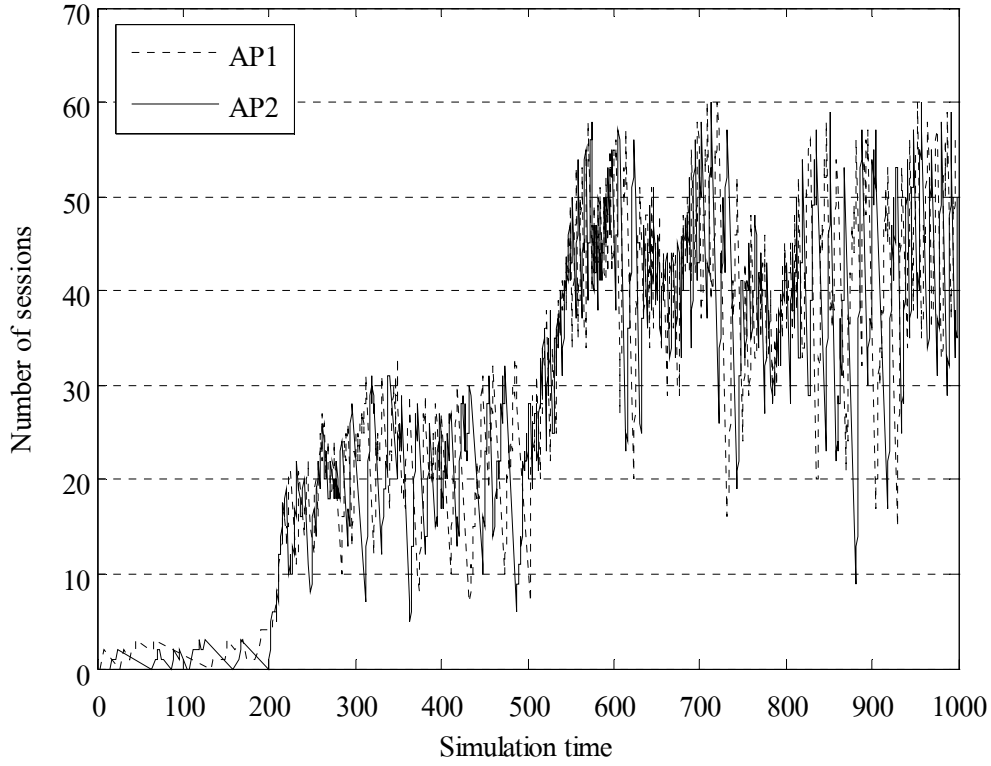
ผลและวิจารณ์การทดลอง 4.2.2

จากผลการทดลองพฤติกรรมการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายโดยใช้อัลกอริทึม MSF ดังรูปที่ 4.2 ในช่วงเวลาที่ 1 พบว่าเมื่อมีสถานีไร้สายในเครือข่ายปริมาณน้อยและกระจายตัวบริเวณพื้นที่ A และ B ในปริมาณเท่า ๆ กันทำให้จุดเข้าถึงหมายเลข 1 และจุดเข้าถึงหมายเลข 2 รองรับจำนวนผู้ใช้บริการหรือจำนวน sessions ในปริมาณใกล้เคียงกัน (จำนวน sessions ที่แสดงในผลการทดลองจะพิจารณาเมื่อระบบเข้าสู่สถานะอยู่ตัว (Steady State) แล้ว โดยตัดช่วงเวลาการตอบสนองชั่วครู่ (Transient Response) ซึ่งจะเกิดก่อนระยะหนึ่งออก) เช่นเดียวกับในช่วงเวลาที่ 2 แต่ในช่วงเวลานี้จุดเข้าถึงทั้งสองจะรองรับจำนวน sessions เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเข้าใช้บริการ และในช่วงเวลาที่ 3 พบว่าเมื่อเพิ่มสถานีไร้สายที่กระจายตัวบริเวณพื้นที่ B ส่งผลให้จุดเข้าถึงหมายเลข 2 รองรับจำนวน sessions สูงจนเต็มความสามารถ ในขณะที่บริเวณพื้นที่ A ยังคงมีจำนวน sessions ในระดับเดิม ความคับคั่งที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ B นั้นเป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายลดลง เนื่องจากจุดเข้าถึงหมายเลข 2 จะทำการปฏิเสธการร้องขอการเชื่อมต่อทันทีเมื่อต้องรองรับโหลดเต็มพิกัดที่กำหนดไว้



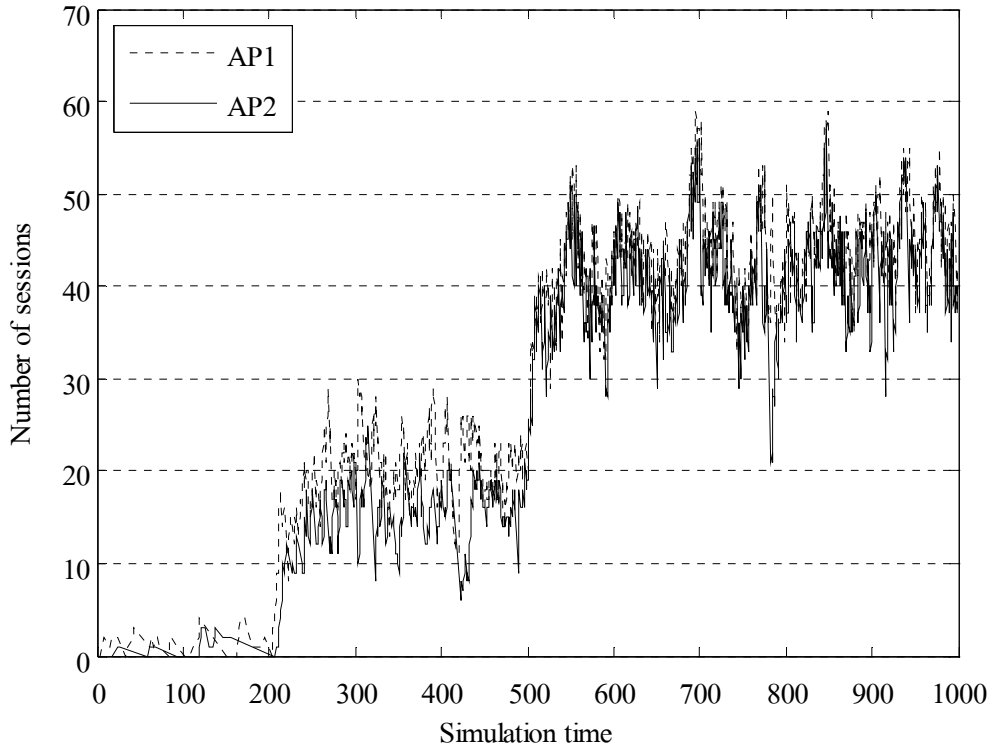
รูปที่ 4.2 พฤติกรรมการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีเมื่อใช้อัลกอริทึม MSF

จากผลการทดลองพฤติกรรมการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายโดยใช้อัลกอริทึม MLF ดังรูปที่ 4.3 ในช่วงเวลาที่ 1 พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับอัลกอริทึม MSF เนื่องจากในสถานการณ์นี้สถานีไร้สายได้กระจายตัวบริเวณพื้นที่ A และ B ปริมาณเท่ากันอยู่แล้วทำให้จุดเข้าถึงทั้งสองตัวรองรับจำนวน sessions ในปริมาณใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับในช่วงเวลาที่ 2 แต่ในช่วงเวลานี้จุดเข้าถึงทั้งสองจะรองรับจำนวน sessions เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเข้าใช้บริการ และในช่วงเวลาที่ 3 พบว่า เมื่อมีความคับคั่งของสถานีไร้สายบริเวณพื้นที่ B ลักษณะการทำงานของอัลกอริทึม MLF ทำให้จุดเข้าถึงทั้งสองรองรับจำนวน sessions ใกล้เคียงกัน ซึ่งในขณะที่อัลกอริทึม MSF มีความคับคั่งที่จุดเข้าถึงหมายเลข 2 สาเหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะว่าอัลกอริทึม MLF ได้ทำการย้ายการเชื่อมต่อของสถานีไร้สายบางส่วนไปยังจุดเข้าถึงหมายเลข 1 ซึ่งรองรับจำนวน sessions น้อยกว่า การกระทำเช่นนั้นเป็นการแบ่งเบาภาระโหลดบริเวณพื้นที่ B ทำให้จุดเข้าถึงหมายเลข 2 ที่เคยรองรับโหลดจำนวนมากและลดการปฏิเสธการร้องขอเชื่อมต่อของสถานีไร้สายบริเวณจุดเข้าถึงหมายเลข 2 ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.3 พฤติกรรมการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีเมื่อใช้อัลกอริทึม MLF

จากผลการทดลองพฤติกรรมการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายโดยใช้อัลกอริทึม HA ดังรูปที่ 4.4 การเลือกเชื่อมต่อโดยรวมมีแนวโน้มเช่นเดียวกับอัลกอริทึม MLF คือ ช่วงเวลาที่ 1 สถานีไร้สายเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงทั้งสองตัวในปริมาณใกล้เคียงกัน ทำให้จุดเข้าถึงทั้งสองตัวรองรับจำนวน sessions ในปริมาณใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับในช่วงเวลาที่ 2 แต่ในช่วงเวลานี้จุดเข้าถึงทั้งสองจะรองรับจำนวน sessions เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเข้าใช้บริการ และในช่วงเวลาที่ 3 เมื่อมีความคับคั่งของสถานีไร้สายบริเวณพื้นที่ B จุดเข้าถึงทั้งสองรองรับจำนวน sessions ใกล้เคียงกัน ผลการทดลองพฤติกรรมการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายของอัลกอริทึม HA นั้นมีแนวโน้มเช่นเดียวกับอัลกอริทึม MLF ในทุกสถานการณ์ที่จำลองขึ้น เนื่องจากอัลกอริทึม HA มีกระบวนการการจัดสมดุลโหลด ซึ่งทำให้การเชื่อมต่อของสถานีไร้สายกระจายตัวไปยังจุดเข้าถึงข้างเคียง สามารถแบ่งเบาภาระโหลดและลดการปฏิเสธการร้องขอเชื่อมต่อบริเวณพื้นที่ที่มีความคับคั่งของสถานีไร้สาย ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายเพิ่มขึ้น



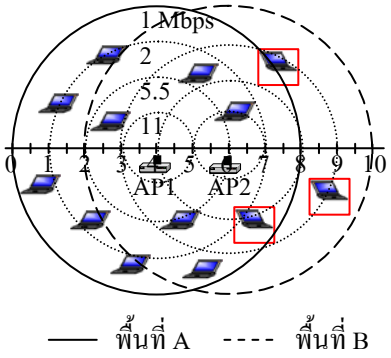
รูปที่ 4.4 พฤติกรรมการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีเมื่อใช้อัลกอริทึม HA

4.3 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อกและอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล

จากผลการทดลองพฤติกรรมการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายในหัวข้อที่ 4.2 พบว่าสถานการณ์ที่สถานีไร้สายกระจายตัวไม่เท่ากันในบริเวณพื้นที่การให้บริการจะสร้างปัญหาให้กับอัลกอริทึม MSF เนื่องจากจะทำให้จุดเข้าถึงบางตัวที่มีสถานีไร้สายอยู่บริเวณขอบเขตสัญญาณจำนวนมากต้องรองรับการรับส่งข้อมูลจำนวนมากโดยที่จุดเข้าถึงตัวอื่น ๆ ภายในเครือข่ายไม่สามารถช่วยแบ่งเบาโหลดได้เลย แต่อย่างไรก็ตามอัลกอริทึม MLF ที่มีการจัดสมดุลโหลดก็ทำให้สถานีไร้สายที่ย้ายการเชื่อมต่อต้องรับส่งข้อมูลกับจุดเข้าถึงที่มีความแรงของสัญญาณต่ำลง ในการทดลองต่อไปนี้จึงได้ทำการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อกและอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลของอัลกอริทึม MSF MLF และ HA เพื่อแสดงให้เห็นข้อดีข้อเสียของอัลกอริทึมดังกล่าว

4.3.1 การกำหนดค่าในการทดลอง

การทดลองภายใต้หัวข้อนี้จะทำจำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายในสถานการณ์ที่มีความคับคั่งของสถานีไร้สายบริเวณบางตำแหน่งของพื้นที่ให้บริการดังรูปที่ 4.5 เพื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อกและอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายของอัลกอริทึม MSF MLF และ HA ในการจำลองระบบเครือข่ายสำหรับการทดลองจะมีลักษณะโครงสร้างโดยรวมเป็นไปตามหัวข้อที่ 3.2 ในบทที่ 3 และมีการใช้ตัวแปรต่าง ๆ ดังตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.5 รูปแบบการจำลองเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่มีความคับคั่งบริเวณพื้นที่ A

ตารางที่ 4.3 การตั้งค่าตัวแปรการทดลองเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อก และอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล

ตัวแปร	ค่า
จำนวนของสถานีไร้สาย	แปรผันตามค่า system offered load (สมการ 3.1)
จำนวนของจุดเข้าถึง	2 ตัว
ขนาดไฟล์	100 Kbps และ 380 Kbps (Tartarelli S. et al., 2006)
จำนวน sessions ต่อสถานีไร้สาย	1 session ต่อ 1 สถานีไร้สาย
อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล	11 Mbps, 5 Mbps, 2 Mbps และ 1 Mbps
การรับส่งข้อมูลมัลติมีเดีย	10 % และ 40% ของข้อมูลทั้งหมด

4.3.2 การทดลองเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อก

การทดลองเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกของอัลกอริทึม MSF MLF และ HA ในสภาพแวดล้อมที่มีจำนวนของสถานีไร้สายที่เข้ามาบริเวณพื้นที่ A เพิ่มขึ้น โดยเปลี่ยนแปลงค่า system offered load ให้มีค่า 0.5 ถึง 5 ขณะที่มีจำนวนของสถานีไร้สายที่เข้ามาบริเวณพื้นที่ B มีค่าคงที่ ที่ system offered load เท่ากับ 0.0167

<u>ขั้นตอนการทดลอง 4.3.2</u>

1. จำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามข้อกำหนดในการทดลอง 4.3.1 และอัลกอริทึม MSF
2. บันทึกค่าเริ่มต้นของการทำงานบนระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

3. สร้างสถานีไร้สายใหม่ให้เข้าใช้บริการเครือข่ายในบริเวณพื้นที่ A และ B โดยให้ system offered load มีค่า 0.5 และ 0.0167 ตามลำดับ ซึ่งสถานีไร้สายที่สร้างขึ้นมีการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย 10% ของข้อมูลทั้งหมด บันทึกผลปริมาณการเกิดบล็อก

4. บันทึกค่าเริ่มต้นของการทำงานใหม่ ทำการเปลี่ยนแปลง system offered load ในบริเวณพื้นที่ A ให้มีค่า 1.0 2.0 3.0 4.0 และ 5.0 บันทึกผลปริมาณการเกิดบล็อก ตามลำดับ

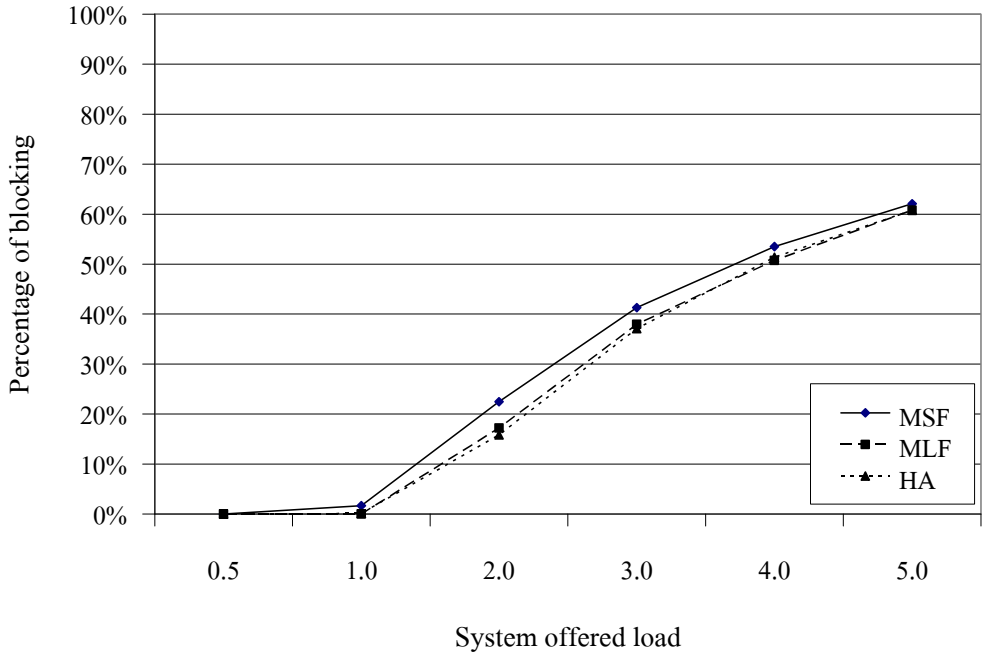
5. บันทึกค่าเริ่มต้นของการทำงานใหม่ ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3 และข้อ 4 แต่เปลี่ยนแปลงให้สถานีไร้สายที่สร้างขึ้นมีการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดียเป็น 40% ของข้อมูลทั้งหมด

6. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2 ถึง 5 โดยเปลี่ยนอัลกอริทึมที่ใช้จำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายเป็น MLF และ HA ตามลำดับ

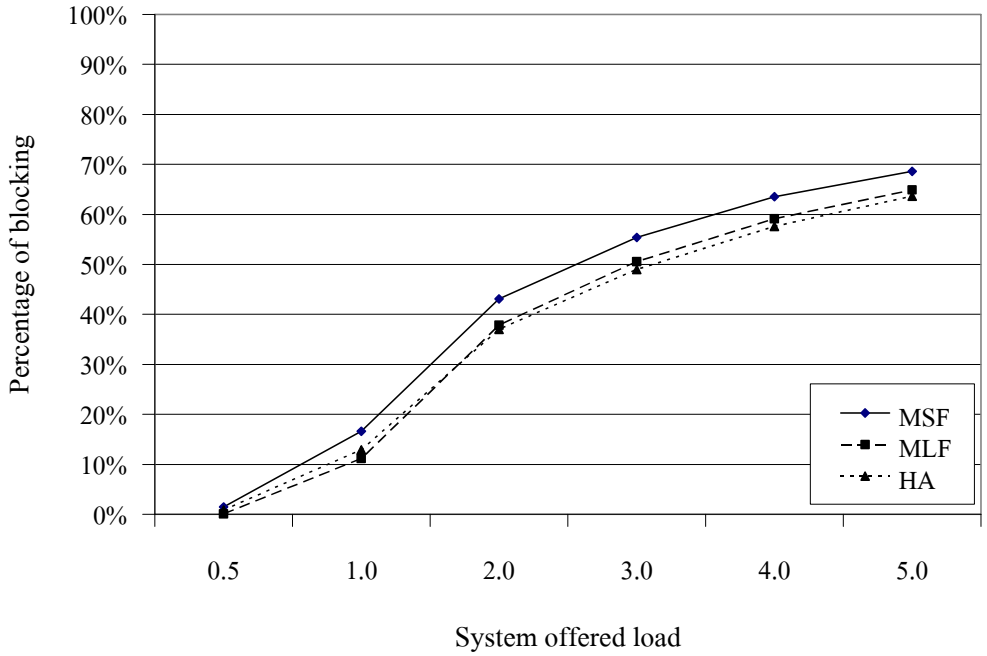
7. นำผลที่ได้จากทั้ง 3 อัลกอริทึมมาแสดงผลในรูปแบบกราฟเส้น

<u>ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 4.3.2</u>

การผลการทดลองปริมาณการเกิดบล็อกบนระบบเครือข่ายไร้สายที่จำลองขึ้นของอัลกอริทึม MSF, MLF และ HA เมื่อมีการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย 10% ของข้อมูลทั้งหมด ดังรูปที่ 4.6 เห็นได้ว่าทั้งสามวิธีมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเข้าใช้งานเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายเพิ่มขึ้น เนื่องจากความสามารถในการรองรับผู้ใช้บริการของจุดเข้าถึงมีอยู่อย่างจำกัด หากมีสถานีไร้สายเข้ามาใช้บริการจนเต็มความสามารถของจุดเข้าถึงก็จะทำการปฏิเสธการร้องขอการเชื่อมต่อกับเครือข่ายหรือเกิดการบล็อก แต่จากลักษณะการทำงานของอัลกอริทึม MSF ที่ทำให้เกิดความคับคั่งที่จุดเข้าถึงหมายเลข 1 เมื่อจุดเข้าถึงดังกล่าวต้องรองรับโหลดจำนวนมากจึงมีการเกิดบล็อกสูง จึงมีค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกมากกว่าอัลกอริทึม MLF และ HA ซึ่งมีการแบ่งเบาโหลดไปยังจุดเข้าถึงหมายเลข 2 ทำให้จุดเข้าถึงหมายเลข 1 สามารถรองรับโหลดได้เพิ่มขึ้น และเมื่อทำการเพิ่มปริมาณสัดส่วนของข้อมูลประเภทมัลติมีเดียให้มี 40% ของข้อมูลทั้งหมดเพื่อสังเกตผลกระทบเมื่อมีการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดียจำนวนมากในระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย พบว่าแนวโน้มเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกของแต่ละอัลกอริทึมยังเป็นเช่นเดิม แต่จำนวนการเกิดบล็อกจะสูงขึ้นกว่าเดิมที่ทุก ๆ ค่า system offered load ดังรูปที่ 4.7 เนื่องจากข้อมูลประเภทมัลติมีเดียนั้นมีค่าถ่วงน้ำหนักอยู่ที่ 3.8 ซึ่งสูงกว่าข้อมูล best effort ที่มีค่าถ่วงน้ำหนักอยู่ที่ 1 เมื่อมีการใช้งานรับส่งข้อมูลมัลติมีเดียบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายสูงขึ้นจะทำให้จุดเข้าถึงรองรับโหลดเต็มพิกัดเร็วขึ้น จึงเกิดการปฏิเสธผู้ใช้บริการสูงขึ้นเมื่อเทียบกับเครือข่ายที่รองรับการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดียจำนวนต่ำกว่า



รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกกับ system offered load เมื่อมีข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย 10% ของข้อมูลทั้งหมด



รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกกับ system offered load เมื่อมีข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย 40% ของข้อมูลทั้งหมด

4.3.3 การทดลองเปรียบเทียบอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล

การทดลองเปรียบเทียบอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลของอัลกอริทึม MSF MLF และ HA ในสภาพแวดล้อมที่มีจำนวนของสถานีไร้สายที่เข้ามาบริเวณพื้นที่ A มีค่า system offered load เท่ากับ 0.5 และ 2 ขณะที่มีจำนวนของสถานีไร้สายที่เข้ามาบริเวณพื้นที่ B มีค่าคงที่ ที่ system offered load เท่ากับ 0.0167

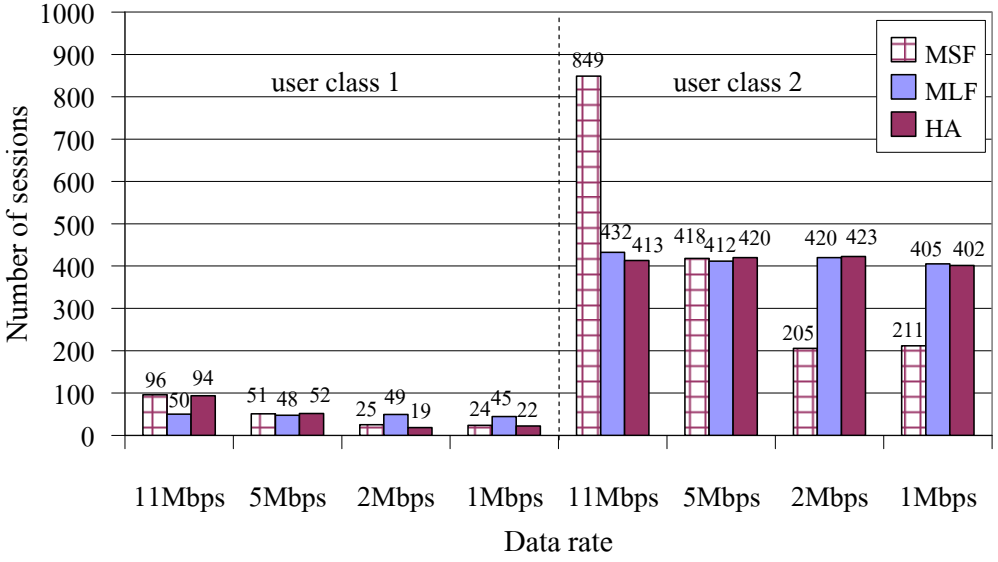
ขั้นตอนการทดลอง 4.3.3

1. จำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามข้อกำหนดในการทดลอง 4.3.1 และอัลกอริทึม MSF
2. บันทึกค่าเริ่มต้นของการทำงานบนระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย
3. สร้างสถานีไร้สายใหม่ให้เข้าใช้บริการเครือข่ายในบริเวณพื้นที่ A และ B โดยให้ system offered load มีค่า 0.5 และ 0.0167 ตามลำดับ ซึ่งสถานีไร้สายที่สร้างขึ้นมีการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย 10% ของข้อมูลทั้งหมด บันทึกผลจำนวน sessions ที่อัตราเร็ว 11 Mbps 5 Mbps 2 Mbps และ 1 Mbps
4. บันทึกค่าเริ่มต้นของการทำงานใหม่ เปลี่ยนแปลงให้สถานีไร้สายที่สร้างขึ้นมีการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดียเป็น 40% ของข้อมูลทั้งหมด บันทึกผลจำนวน sessions
5. บันทึกค่าเริ่มต้นของการทำงานใหม่ ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3 และข้อ 4 แต่เปลี่ยนแปลง system offered load ในบริเวณพื้นที่ A ให้มีค่า 2.0
6. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2 ถึง 5 โดยเปลี่ยนอัลกอริทึมที่ใช้จำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายเป็น MLF และ HA ตามลำดับ
7. นำผลที่ได้จากทั้ง 3 อัลกอริทึมมาแสดงผลในรูปแบบกราฟแท่ง

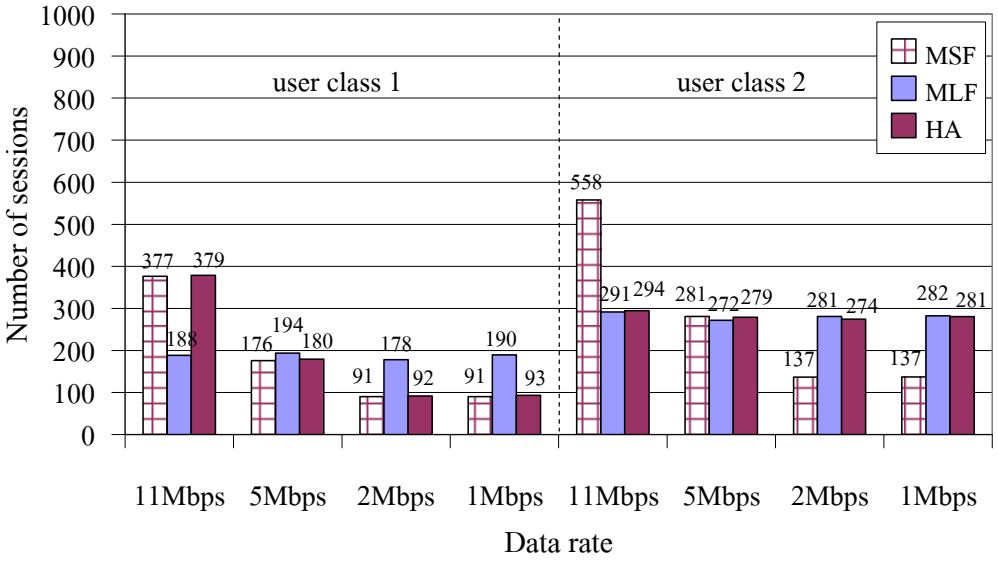
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 4.3.3

การพิจารณาปริมาณผู้ใช้บริการที่ระดับความแรงของสัญญาณต่าง ๆ บนระบบเครือข่ายไร้สายที่จำลองขึ้นของอัลกอริทึม MSF MLF และ HA เมื่อการใช้บริการบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายมีค่า system offered load เท่ากับ 0.5 และมีผู้ใช้บริการประเภทมัลติมีเดีย 10% ของผู้ใช้บริการทั้งหมด ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เครือข่ายยังสามารถให้บริการได้ไม่เกิดการปฏิเสธการใช้บริการ ดังรูปที่ 4.8 พบว่าเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่ใช้อัลกอริทึม MSF จะทำให้ผู้ใช้บริการส่วนใหญ่รับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูงเท่าที่ระบบเครือข่ายจะให้บริการได้ ในที่นี้คือที่ 11 Mbps ในขณะที่อัลกอริทึม MLF จะทำให้ผู้ใช้บริการรับส่งข้อมูลที่อัตราเร็วทุกระดับเท่า ๆ กัน ซึ่งนั้นจะไม่สามารถให้การสนับสนุนผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 ได้ จากการผลทดลองอัลกอริทึม MSF และ HA มีผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 ที่ได้รับการเชื่อมต่อที่อัตราเร็ว 11 Mbps จำนวน 95.8 และ 93.6 ผู้ใช้บริการตามลำดับ ในขณะที่วิธีการ MLF มีจำนวน 50.4 ผู้ใช้บริการเท่านั้น ซึ่งอัลกอริทึม MSF และ HA มีสามารถในการ

สนับสนุนผู้ใช้บริการประเภทที่1 ได้มากกว่าอัลกอริทึม MLF ประมาณ 2 เท่า สำหรับผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 อัลกอริทึม MSF ยังคงให้การบริการผู้ใช้ส่วนใหญ่ที่อัตราเร็วสูงสุด ในขณะที่อัลกอริทึม MLF และ HA มีผู้ใช้บริการรับส่งข้อมูลที่อัตราเร็วทุกระดับเท่า ๆ กัน เนื่องจากการตัดสินใจของผู้ใช้ไม่ได้คำนึงถึงอัตราเร็วในการให้บริการ และเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้บริการของข้อมูลประเภทมัลติมีเดียบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายให้มีค่า 40% ของผู้ใช้บริการทั้งหมด ผลที่ได้ยังมีแนวโน้มเช่นเดิม ดังรูปที่ 4.9 อัลกอริทึม HA ให้การสนับสนุนด้านอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลกับผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 โดยไม่ทำการย้ายการเชื่อมต่อของผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 แต่จะทำการย้ายการให้บริการของผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 แทน ซึ่งนั่นจะเป็นการกระจายการรองรับบริการระหว่างจุดเข้าถึง จุดเข้าถึงที่มีโหลดน้อยแบ่งเบาภาระให้กับจุดเข้าถึงที่มีโหลดมาก แต่ผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 ยังคงได้รับบริการจากจุดเข้าถึงที่ให้อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลสูง สร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 และยังทำให้ผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 ประสบความสำเร็จในการแข่งขันสูงขึ้น เนื่องจากมีการแข่งขันกันน้อยลงที่จุดเข้าถึงใหม่

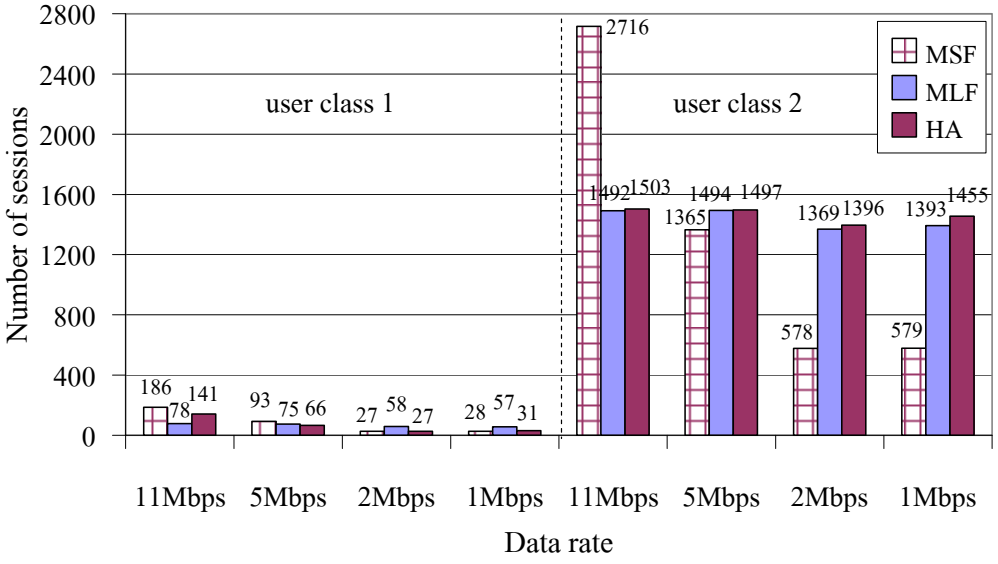


รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการกับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล เมื่อ system offered load มีค่า 0.5 และมีข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย 10%

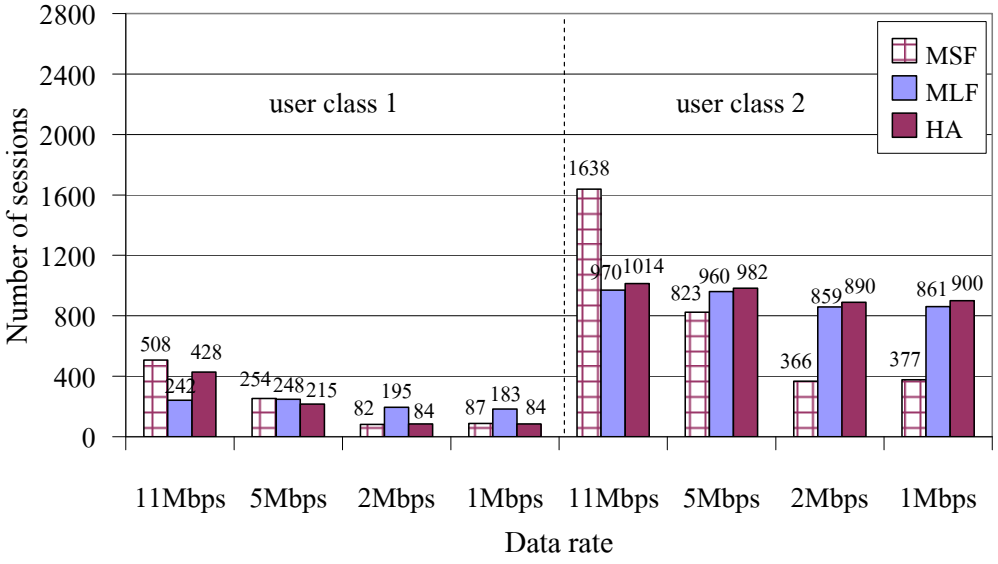


รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการกับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล เมื่อ system offered load มีค่า 0.5 และมีข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย 40%

เมื่อค่า system offered load มีค่า 2 เครือข่ายอยู่ในสถานการณ์ที่ต้องรองรับผู้ใช้บริการจำนวนมาก จนมีผู้ใช้บริการบางส่วนถูกปฏิเสธการเข้าใช้บริการ พบว่าแนวโน้มโดยรวมยังเป็นเช่นเดียวกับสถานการณ์เครือข่ายที่ยังไม่มีการปฏิเสธผู้ใช้บริการ แต่จะมีผู้ใช้บริการจำนวนเพิ่มขึ้นตามค่า system offered load ที่เพิ่มขึ้น ทั้งในกรณีที่มีการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย 10% และ 40% ของผู้ใช้บริการทั้งหมด ดังรูปที่ 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ แต่อัลกอริทึม HA จะให้การสนับสนุนผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 ได้น้อยลงเมื่อเทียบกับอัลกอริทึม MSF ซึ่งในสถานการณ์เครือข่ายที่ยังไม่มีการปฏิเสธการเข้าใช้บริการมีระดับใกล้เคียงกัน เนื่องจากการทำงานของอัลกอริทึม HA ให้การรองรับผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 ที่ย้ายการเชื่อมต่อมาจากจุดเข้าถึงหมายเลข 1 ทำให้รองรับผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 บริเวณพื้นที่ B ได้น้อยลง แต่อย่างไรก็ตามผลรวมของผู้ใช้บริการที่สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายของอัลกอริทึม MSF ก็มีค่าน้อยกว่าอัลกอริทึม MLF และ HA เนื่องจากอัลกอริทึม MSF มีการปฏิเสธการเข้าใช้บริการสูง



รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการกับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล เมื่อ system offered load มีค่า 2 และมีข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย 10%



รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการกับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล เมื่อ system offered load มีค่า 2 และมีข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย 40%

4.4 สรุป

การทดลองเปรียบเทียบพฤติกรรมการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายมีจุดประสงค์เพื่อชี้ให้เห็นถึงจำนวนของผู้ใช้บริการที่เชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงแต่ละตัวในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้น 3 สถานะ ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวสามารถเกิดขึ้นได้จริงในระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย ปรากฏว่าหากสถานีไร้สายมีการใช้บริการในบริเวณขอบเขตสัญญาณของจุดเข้าถึงทุกตัวเท่า ๆ กันแล้ว จุดเข้าถึงก็จะรองรับปริมาณการรับส่งข้อมูลหรือปริมาณโหลดเท่า ๆ กันทั้งในอัลกอริทึม MSF MLF และ HA แต่เมื่อใดก็ตามที่สถานีไร้สายมีการใช้บริการที่บริเวณขอบเขตสัญญาณของจุดเข้าถึงตัวใดตัวหนึ่งในปริมาณมากกว่าอีกตัว อัลกอริทึม MSF จะทำให้จุดเข้าถึงรองรับปริมาณโหลดไม่เท่ากันมีความคับคั่งที่บริเวณจุดเข้าถึงตัวเดียว ซึ่งเหตุการณ์เช่นนี้จะส่งผลเสียต่อการให้บริการบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย ไม่ว่าจะเป็นการปฏิเสธการเข้าใช้บริการบริเวณพื้นที่ที่มีสถานีไร้สายคับคั่ง ผู้ใช้บริการต้องแย่งชิงกันใช้ช่องสัญญาณทำให้โอกาสประสบความสำเร็จในการเข้าใช้ช่องสัญญาณน้อยลง แต่อัลกอริทึม MLF และ HA ที่ใช้เทคนิคการจัดสมดุลโหลดในการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงให้กับสถานีไร้สายทำให้จุดเข้าถึงรองรับปริมาณโหลดเท่า ๆ กันจึงไม่เกิดปัญหาดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตามวิธีการจัดสมดุลโหลดก็อาจส่งผลเสียต่อการรับส่งข้อมูลในด้านอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล เนื่องจากการย้ายสถานีไร้สายบางส่วนไปยังจุดเข้าถึงข้างเคียงจะส่งผลให้สถานีไร้สายนั่น ๆ ได้รับความแรงของสัญญาณจากจุดเข้าถึงต่ำกว่าเดิม

การทดลองเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อกและอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลมีจุดประสงค์เพื่อชี้ให้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดจากหลักการของทั้ง 3 อัลกอริทึม คือ MSF MLF และ HA ในแง่ของเปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อกและอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล ปรากฏว่าอัลกอริทึม MLF และ HA สามารถทำให้อัตราการเกิดบล็อกลดลงเมื่อเทียบกับอัลกอริทึม MSF สาเหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะว่าอัลกอริทึม MLF และ HA มีการจัดสมดุลโหลดภายในเครือข่ายทำให้จุดเข้าถึงแต่ละตัวรองรับปริมาณโหลดเท่ากัน กระบวนการจัดสมดุลได้ทำการย้ายโหลดบริเวณที่เคยรองรับปริมาณโหลดจำนวนมากจนเกิดการปฏิเสธการเข้าใช้บริการ ซึ่งทำให้บริเวณดังกล่าวสามารถรองรับปริมาณโหลดได้เพิ่มขึ้นจึงเกิดการบล็อกน้อยลง และเมื่อพิจารณาด้านอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล พบว่าอัลกอริทึม MSF และ HA สามารถสนันสนุนการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดียและ real time ให้มีอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลที่สูง ซึ่งอัลกอริทึม MLF ไม่ได้ให้การรองรับในเรื่องนี้ งานวิจัยนี้ได้นำเสนออัลกอริทึม HA ขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อเสียของอัลกอริทึม MSF และ MLF นอกจากนั้นผลที่ได้ยังทำให้การทำงานของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายดีขึ้น คือผู้ใช้บริการประเภทมัลติเดียได้รับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ตามความสามารถของอุปกรณ์และลดอัตราการแข่งขันกันเข้าใช้ช่องสัญญาณเนื่องจากมีการกระจายโหลดไปยังจุดเข้าถึงแต่ละตัวบนเครือข่าย แต่อย่างไรก็ตามเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายยังมีข้อจำกัดของปริมาณแบนด์วิดท์ที่ใช้งาน

หากมีความต้องการใช้บริการเครือข่ายจำนวนมากขึ้น ซึ่งทำให้มีการแย่งชิงกันใช้งานช่องสัญญาณสูง โอกาสประสบความสำเร็จในการเข้าใช้ช่องสัญญาณต่ำลง เหตุการณ์เช่นนี้อาจสร้างความไม่พอใจแก่ผู้ใช้บริการ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำอัลกอริทึม HA มาพัฒนารวมกับการจัดการแบนด์วิดท์เพื่อให้มีความสามารถในการตอบสนองความต้องการของการรับส่งข้อมูลที่ต่างกัน

บทที่ 5
การวิเคราะห์อัลกอริทึมไฮบริดที่มีการจัดการแบนด์วิดท์

5.1 กล่าวนำ

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบการจัดการโหลดด้วยอัลกอริทึมไฮบริดที่ผ่านมาในบทที่ 4 โดยการจำลองระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ปรากฏว่าวิธีดังกล่าวสามารถรักษาสมดุลระหว่างจุดเข้าถึงในระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายได้ อีกทั้งยังสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้บริการที่ต้องการอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลสูง ซึ่งสามารถแก้ไขข้อเสียของอัลกอริทึม MSF และ MLF ได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามปริมาณแบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างจำกัดยังคงมีผลต่อการเกิดบล็อกและอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย เมื่อเครือข่ายต้องรองรับผู้ใช้บริการจำนวนมาก ดังนั้นเราจึงได้นำการจัดการแบนด์วิดท์มาใช้พัฒนาความสามารถของอัลกอริทึมไฮบริดในการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการประเภทมัลติมีเดียให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งแต่เดิมอัลกอริทึมไฮบริดมีการให้สิทธิในการใช้งานแบนด์วิดท์ของผู้ใช้บริการแต่ละประเภทเท่าเทียมกัน ในบทนี้ได้นำเสนอวิธีการจัดการแบนด์วิดท์ซึ่งเป็นการควบคุมการเข้าใช้งานแบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยกำหนดสิทธิในการใช้งานแบนด์วิดท์ไว้สำหรับข้อมูลแต่ละประเภท เพื่อสังเกตผลกระทบที่เกิดขึ้นของวิธีการจัดการแบนด์วิดท์ทั้ง 3 วิธี คือ Complete Sharing: CS Complete Partitioning: CP และ Partial Sharing: PS ที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกและอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล

เนื้อหาในบทนี้ประกอบด้วย หัวข้อ 5.2 อธิบายถึงการจัดการแบนด์วิดท์ 3 วิธี คือ CS CP และ PS สำหรับอัลกอริทึมแบบไฮบริด หัวข้อ 5.3 กล่าวถึงการทดลองและวิเคราะห์พฤติกรรมการเชื่อมต่อของสถานีไร้สายบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายโดยอัลกอริทึมแบบไฮบริดที่มีการจัดการแบนด์วิดท์ และในหัวข้อสุดท้ายหัวข้อ 5.4 เป็นหัวข้อสรุปเนื้อหาที่ได้กล่าวในบทนี้

5.2 การจัดการแบนด์วิดท์สำหรับอัลกอริทึมไฮบริด

การจัดการแบนด์วิดท์สำหรับอัลกอริทึมไฮบริดในงานวิจัยทั้ง 3 วิธี มีรายละเอียดดังนี้

5.2.1 วิธี Complete Sharing: CS

CS เป็นการจัดการแบนด์วิดท์หรือวิธีควบคุมการเข้าใช้งานช่องสัญญาณที่ผู้ใช้บริการมีสิทธิการใช้งานแบนด์วิดท์เท่ากัน โดยกำหนดให้ผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 ($User_1$) และ

ผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 ($User_2$) มีสิทธิในการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงเท่าเทียมกันตามความสามารถที่จุดเข้าถึงจะรองรับได้ (N_{max}) ดังสมการที่ 5.1 และรูปที่ 5.1

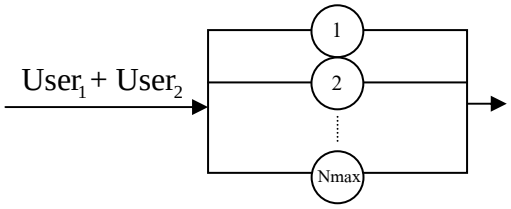
$$\sum_{i \in I} w_i x_{ij} \leq N_{\max} \qquad ,\forall_j \in J, j \neq 0 \tag{5.1}$$

โดยที่ w_i คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลแต่ละประเภท

x_{ij} คือ สถานะที่สถานีไร้สาย i เชื่อมต่อกับจุดเข้าถึง j มีค่าเท่ากับ 1 และอื่น ๆ เท่ากับ 0

i คือ สถานีไร้สายตัวที่ i

j คือ จุดเข้าถึงตัวที่ j



รูปที่ 5.1 การจัดการแบนด์วิดท์แบบ Complete Sharing: CS

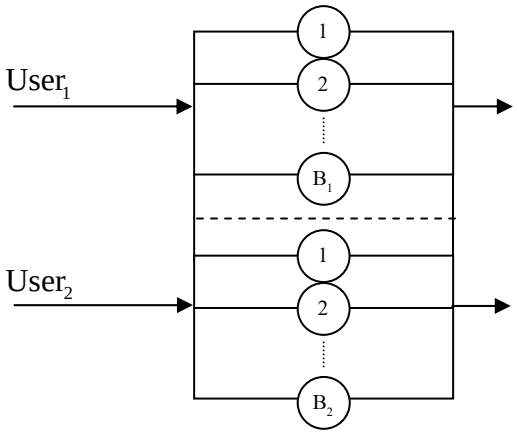
5.2.2 วิธี Complete Partitioning: CP

CP เป็นการจัดการแบนด์วิดท์โดยกำหนดสิทธิการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงให้กับผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 และผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 ผู้ใช้บริการแต่ละลำดับสามารถเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงตามสิทธิที่ได้เท่านั้น ไม่สามารถใช้สิทธิการเข้าเชื่อมต่อของผู้ใช้บริการลำดับอื่นได้ และผลรวมสิทธิการใช้งานของผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 (B_1) และผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 (B_2) จะต้องไม่เกินความสามารถในการรองรับการเชื่อมต่อของจุดเข้าถึง (N_{max}) ดังสมการ 5.2 และรูปที่ 5.2

$$B_1 + B_2 \leq N_{\max} \tag{5.2}$$

เมื่อ $$\sum_{i \in I_1} w_i x_{ij} \leq B_1 \tag{5.3}$$

$$\sum_{i \in I_2} w_i x_{ij} \leq B_2 \tag{5.4}$$



รูปที่ 5.2 การจัดการแบนด์วิดท์แบบComplete Partitioning: CP

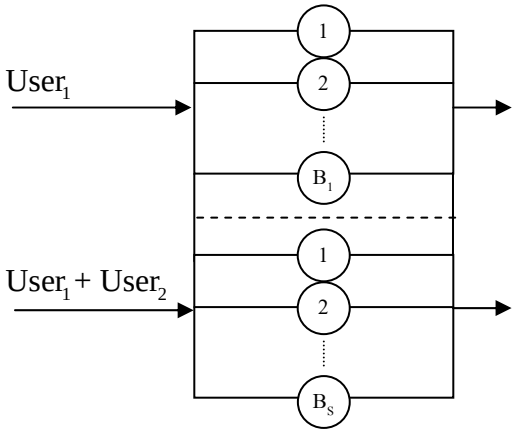
5.2.3 วิธี Partial Sharing: PS

PS เป็นการจัดการแบนด์วิดท์โดยกำหนดสิทธิการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงไว้ให้กับผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 บางส่วน (B_1) ผู้ใช้บริการลำดับอื่นไม่สามารถใช้งานในส่วนนี้ได้และนอกจากนั้นผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 ยังสามารถใช้สิทธิการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงในส่วนของผู้ใช้บริการลำดับที่ 2 (B_S) ได้ ผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 สามารถใช้งานได้เฉพาะในส่วนที่ได้รับสิทธิเท่านั้นและผลรวมสิทธิการใช้งานของผู้ใช้บริการลำดับที่ 1 (B_1) และส่วนที่ใช้ร่วมกัน (B_S) จะต้องไม่เกินความสามารถในการรองรับการเชื่อมต่อของจุดเข้าถึง ($N_{\max}$) ดังสมการ 5.5 และรูปที่ 5.3

$$B_1 + B_s \leq N_{\max} \tag{5.5}$$

เมื่อ $$\sum_{i \in I_1} w_i x_{ij} \leq B_1 \tag{5.6}$$

$$\sum_{i \in I_1} w_i x_{ij} + \sum_{i \in I_2} w_i x_{ij} \leq B_s \tag{5.7}$$

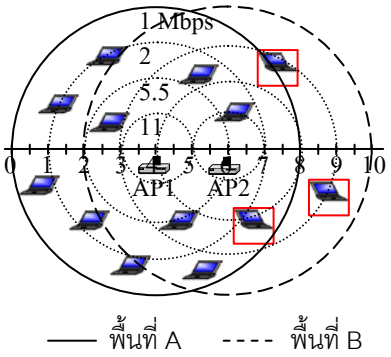


รูปที่ 5.3 การจัดการแบนด์วิดท์แบบ Partial Sharing: PS

5.3 การวิเคราะห์ผลที่เกิดจากการทำงานของการจัดการแบนด์วิดท์

5.3.1 การกำหนดค่าในการทดลอง

การทดลองภายใต้หัวข้อนี้จะทำจำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายในสถานการณ์ที่มีความคับคั่งของสถานีไร้สายบริเวณบางตำแหน่งของพื้นที่ให้บริการและมีการใช้ตัวแปรต่าง ๆ เช่นเดียวกับการทดลองหัวข้อที่ 4.3 ในบทที่ 4 และตารางที่ 4.3 ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.4 และตารางที่ 5.1 ตามลำดับ เพื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อกและอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายของการจัดการแบนด์วิดท์ 3 วิธี คือ CS CP และ PS ที่ใช้กับอัลกอริทึมไฮบริดและกำหนดให้ผู้ใช้บริการมีสิทธิในการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงตามประเภทการใช้งานดังตารางที่ 5.2



รูปที่ 5.4 รูปแบบการจำลองเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่มีความคับคั่งบริเวณพื้นที่ A

ตารางที่ 5.1 การตั้งค่าตัวแปรการทดลองเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อก และอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล

ตัวแปร	ค่า
จำนวนของสถานีไร้สาย	แปรผันตามค่า system offered load (สมการ 3.1)
จำนวนของจุดเข้าถึง	2 ตัว
ขนาดไฟล์	100 Kbps และ 380 Kbps (Tartarelli S. et al., 2006)
จำนวน sessions ต่อสถานีไร้สาย	1 session ต่อ 1 สถานีไร้สาย
อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล	11 Mbps, 5 Mbps, 2 Mbps และ 1 Mbps
การรับส่งข้อมูลมัลติมีเดีย	10 % และ 40% ของข้อมูลทั้งหมด

ตารางที่ 5.2 สิทธิในการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของข้อมูลแต่ละประเภท

วิธีการ	สิทธิในการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของ class 1 (B_1)	สิทธิในการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของ class 2 (B_2)	สิทธิในการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงร่วมกัน (B_S)
CS	0	0	60 (100%)
CP	38 (63%)	22 (37%)	0
PS	19 (32%)	0	41 (68%)

5.3.2 การทดลองเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อก

การทดลองเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อกของการจัดการแบนด์วิดท์ 3 วิธี คือ CS CP และ PS ที่ใช้กับอัลกอริทึมไฮบริดบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย ในสภาพแวดล้อมที่มีจำนวนของสถานีไร้สายที่เข้ามาบริเวณพื้นที่ A เพิ่มขึ้น โดยเปลี่ยนแปลงค่า system offered load ให้มีค่า 0.5 ถึง 5 ขณะที่มีจำนวนของสถานีไร้สายที่เข้ามาบริเวณพื้นที่ B มีค่าคงที่ ที่ system offered load เท่ากับ 0.0167

<u>ขั้นตอนการทดลอง 5.3.2</u>

1. จำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามข้อกำหนดในการทดลองที่ 5.3.1 และวิธี CS
2. บันทึกค่าเริ่มต้นของการทำงานบนระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย
3. สร้างสถานีไร้สายใหม่ให้เข้าใช้บริการเครือข่ายในบริเวณพื้นที่ A และ B โดยให้ system offered load มีค่า 0.5 และ 0.0167 ตามลำดับ ซึ่งสถานีไร้สายที่สร้างขึ้นมีการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย 10% ของข้อมูลทั้งหมด บันทึกผลปริมาณการเกิดบล็อก

4. บันทึกค่าเริ่มต้นของการทำงานใหม่ ทำการเปลี่ยนแปลง system offered load ในบริเวณพื้นที่ A ให้มีค่า 1.0 2.0 3.0 4.0 และ 5.0 บันทึกผลปริมาณการเกิดบล็อก ตามลำดับ

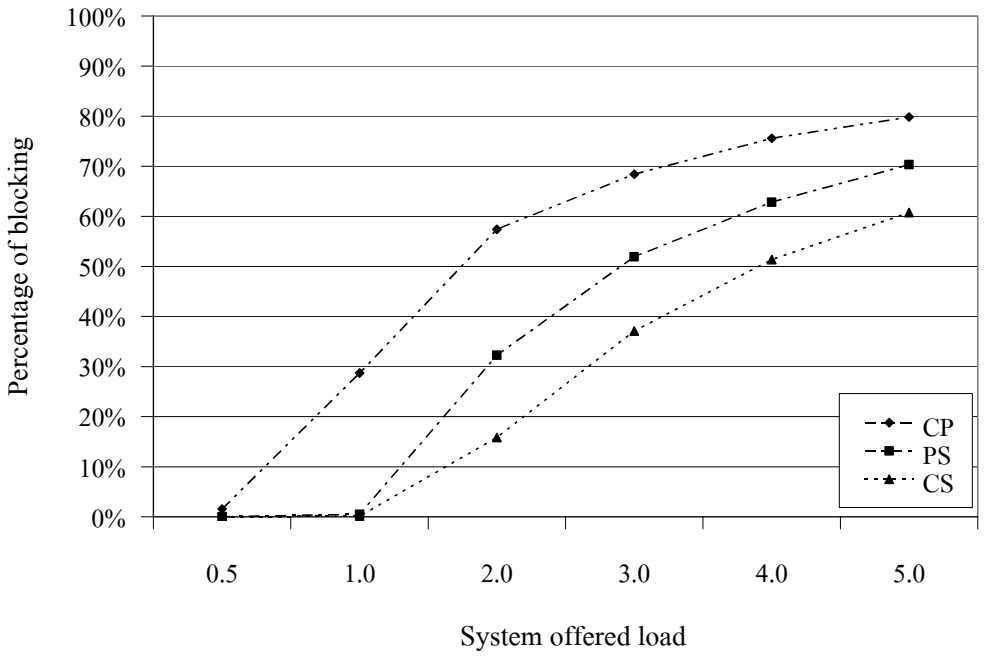
5. บันทึกค่าเริ่มต้นของการทำงานใหม่ ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3 และข้อ 4 แต่เปลี่ยนแปลงให้สถานีไร้สายที่สร้างขึ้นมีการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดียเป็น 40% ของข้อมูลทั้งหมด

6. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2 ถึง 5 โดยเปลี่ยนวิธีการจัดการแบนด์วิดท์ที่ใช้เป็น PS และ CP ตามลำดับ

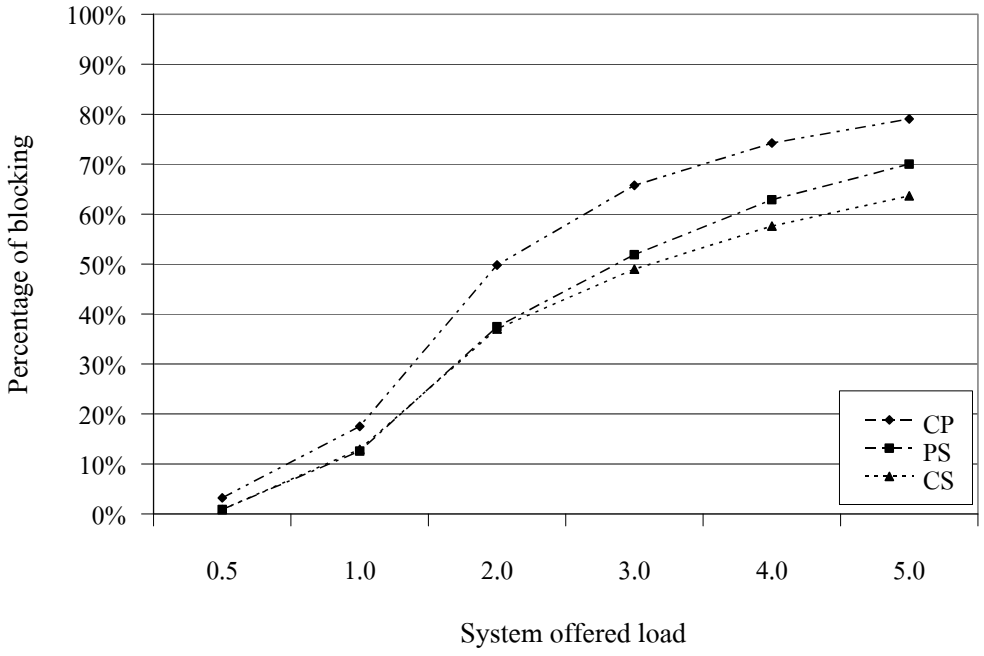
7. นำผลที่ได้จากทั้ง 3 วิธีมาแสดงผลในรูปแบบกราฟเส้น

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 5.3.2

จากการทดลองเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อกในกรณีที่มีผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 หรือผู้ใช้บริการประเภทมัลติมีเดียมีจำนวน 10% และ 40% ของผู้ใช้บริการทั้งหมด จากรูปที่ 5.5 และ 5.6 เห็นได้ว่าทั้งสามวิธีมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกเพิ่มขึ้น เมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการที่ต้องการเชื่อมต่อกับเครือข่ายมากขึ้น แต่สถานการณ์ที่มีผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 จำนวน 40% จะเกิดการบล็อกสูงกว่าเครือข่ายที่มีจำนวนผู้ใช้บริการ 10% เนื่องจากค่าถ่วงน้ำหนักของผู้ใช้ประเภทที่ 1 จะส่งผลให้ระบบเครือข่ายเข้าสู่ค่าจำกัดผู้ใช้บริการเร็วขึ้น กรณีผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 มีจำนวน 10% ของผู้ใช้บริการทั้งหมด ดังรูปที่ 5.5 พบว่าวิธี CP เป็นวิธีที่มีแนวโน้มการปฏิเสธการเข้าใช้บริการเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายมากที่สุด เนื่องจากลักษณะการทำงานของวิธีการนี้มีการแบ่งการให้บริการแยกออกจากกันอย่างชัดเจน ในกรณีที่ผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 มีการเข้าใช้งาน 10% ของผู้ใช้บริการทั้งหมด แต่ได้รับสิทธิการเข้าใช้งานประมาณ 63% ของช่องสัญญาณทั้งหมด (10 video users) ขณะที่ผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 มีการเข้าใช้งาน 90% ของผู้ใช้ทั้งหมด แต่ได้รับสิทธิการเข้าใช้งานประมาณ 37% ของช่องสัญญาณทั้งหมด (22 users) ดังนั้นเมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 ถึงขีดจำกัดที่กำหนดไว้จะถูกปฏิเสธการร้องขอทันที ถึงแม้ว่าจุดเข้าถึงยังมีความสามารถในการรองรับบริการได้ในส่วนของผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 สำหรับวิธี CS และ PS ที่มีปริมาณการเกิดบล็อกน้อยกว่าวิธี CP ในทุกสถานการณ์ เนื่องจากทั้งสองวิธีนี้ผู้ใช้แต่ละประเภทสามารถใช้งานช่องสัญญาณร่วมกันได้ แต่วิธี PS นั้นมีการจำกัดสิทธิการเข้าใช้ช่องสัญญาณบางส่วนไว้สำหรับผู้ใช้ลำดับที่ 1 ประมาณ 32% ของช่องสัญญาณทั้งหมด (5 video users) ทำให้ปริมาณการเกิดบล็อกมากกว่าวิธี CS และในกรณีผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 มีจำนวน 40% ของผู้ใช้บริการทั้งหมด ดังรูปที่ 5.6 พบว่าอัตราการเกิดบล็อกของวิธี CP ลดลงจากเดิม เนื่องจากมีผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 เข้ามาใช้บริการในส่วนที่ได้รับสิทธิเพิ่มขึ้น ซึ่งในกรณีมีผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 มีจำนวน 10% สิทธิในส่วนนี้จะถูกใช้บริการไม่เต็มพิกัด ส่วนอัตราการเกิดบล็อกของวิธี CS และ PS เพิ่มขึ้นจากเดิม เนื่องจากมีผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 เพิ่มขึ้น



รูปที่ 5.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกกับ system offered load เมื่อมีผู้ใช้บริการประเภทมัลติมีเดีย 10% ของผู้ใช้บริการทั้งหมด



รูปที่ 5.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกกับ system offered load เมื่อมีผู้ใช้บริการประเภทมัลติมีเดีย 40% ของผู้ใช้บริการทั้งหมด

5.3.3 การทดลองเปรียบเทียบอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล

การทดลองเปรียบเทียบอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลของการจัดการแบนด์วิดท์ 3 วิธี คือ CS CP และ PS ที่ใช้กับอัลกอริทึมไฮบริดบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย ในสภาพแวดล้อมที่มีจำนวนของสถานีไร้สายที่เข้ามาบริเวณพื้นที่ A มีค่า system offered load เท่ากับ 0.5 และ 2 ขณะที่มีจำนวนของสถานีไร้สายที่เข้ามาบริเวณพื้นที่ B มีค่าคงที่ ที่ system offered load เท่ากับ 0.0167

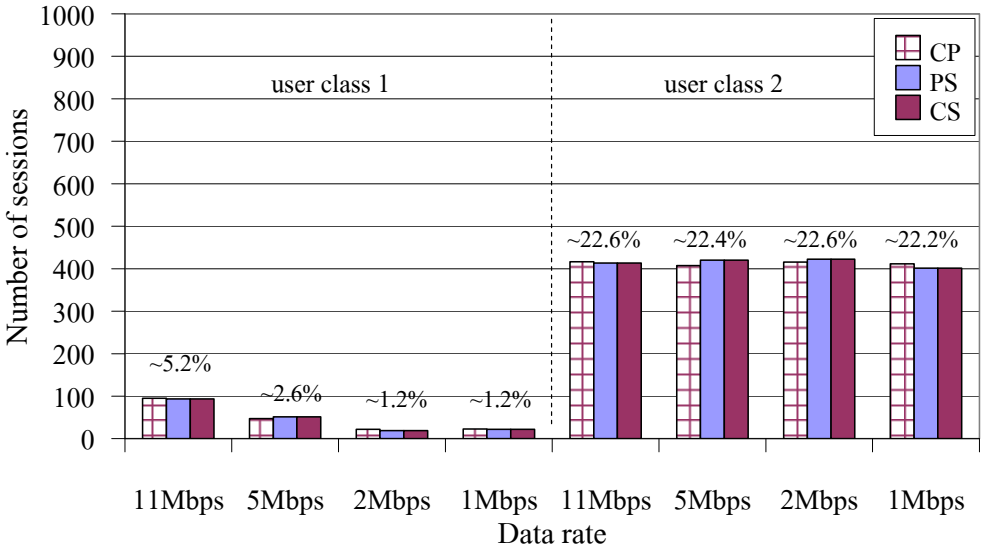
ขั้นตอนการทดลอง 5.3.3

1. จำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามข้อกำหนดในการทดลองที่ 5.3.1 และวิธี CS
2. บันทึกค่าเริ่มต้นของการทำงานบนระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย
3. สร้างสถานีไร้สายใหม่ให้เข้าใช้บริการเครือข่ายในบริเวณพื้นที่ A และ B โดยให้ system offered load มีค่า 0.5 และ 0.0167 ตามลำดับ ซึ่งสถานีไร้สายที่สร้างขึ้นมีการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย 10% ของข้อมูลทั้งหมด บันทึกผลจำนวน sessions ที่อัตราเร็ว 11 Mbps 5 Mbps 2 Mbps และ 1 Mbps
4. บันทึกค่าเริ่มต้นของการทำงานใหม่ เปลี่ยนแปลงให้สถานีไร้สายที่สร้างขึ้นมีการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดียเป็น 40% ของข้อมูลทั้งหมด บันทึกผลจำนวน sessions
5. บันทึกค่าเริ่มต้นของการทำงานใหม่ ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3 และข้อ 4 แต่เปลี่ยนแปลง system offered load ในบริเวณพื้นที่ A ให้มีค่า 2.0
6. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2 ถึง 5 โดยเปลี่ยนวิธีการจัดการแบนด์วิดท์ที่ใช้เป็น PS และ CP ตามลำดับ
7. นำผลที่ได้จากทั้ง 3 วิธีมาแสดงผลในรูปแบบกราฟแท่ง

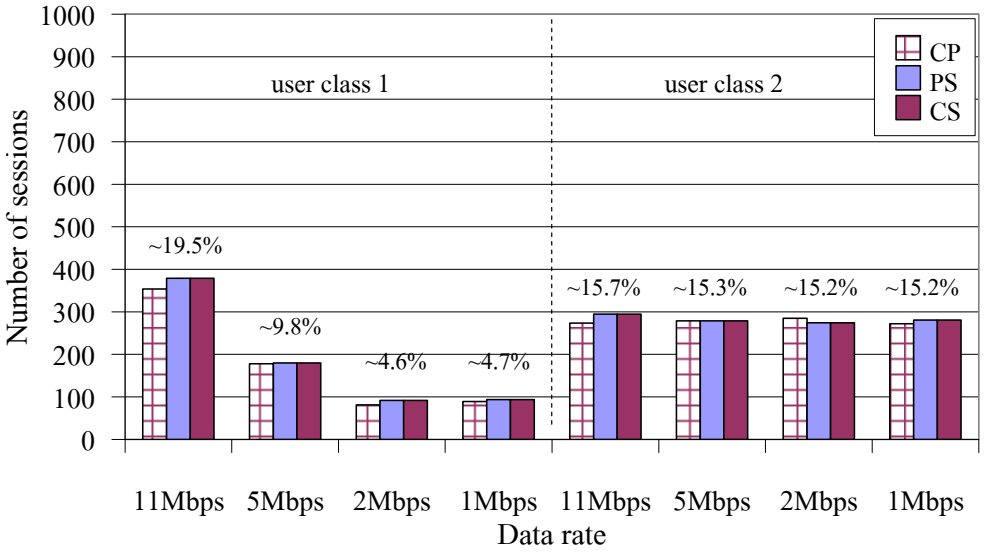
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 5.3.3

การพิจารณาปริมาณผู้ใช้บริการที่ระดับความแรงของสัญญาณต่าง ๆ บนระบบเครือข่ายไร้สายที่จำลองขึ้นของการจัดการแบนด์วิดท์ 3 วิธี คือ CS CP และ PS เมื่อการใช้บริการบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายมีค่า system offered load เท่ากับ 0.5 และมีผู้ใช้บริการประเภทมัลติมีเดีย 10% ของผู้ใช้บริการทั้งหมด ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เครือข่ายยังสามารถให้บริการได้ไม่เกิดการปฏิเสธการเข้าใช้บริการ ดังรูปที่ 5.7 พบว่าผู้ใช้บริการจะเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงที่อัตราเร็วต่าง ๆ ตามหลักการทำงานของอัลกอริทึมไฮบริด ซึ่งผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 จะตัดสินใจเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงจากความแรงของสัญญาณ ซึ่งทำให้ผู้ใช้บริการส่วนใหญ่จะรับส่งข้อมูลที่อัตราเร็วสูง และผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 ตัดสินใจเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงจากปริมาณโหลด ผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 ใช้บริการที่อัตราเร็ว 11 Mbps เป็นส่วนใหญ่ประมาณ 5.2% ของผู้ใช้บริการทั้งหมดและผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 ใช้บริการที่อัตราเร็วทุกระดับเท่า ๆ กันประมาณ 22% ของผู้ใช้บริการทั้งหมดและเมื่อเพิ่มปริมาณ

การใช้บริการของข้อมูลประเภทมัลติมีเดียบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายให้มีค่า 40% ของผู้ใช้บริการทั้งหมด ผลที่ได้ยังมีแนวโน้มเช่นเดิม ดังรูปที่ 5.8 แต่ปริมาณผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 เพิ่มขึ้นและปริมาณผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 ลดลง ตามสัดส่วนการเข้าใช้งานและสังเกตได้ว่าวิธี CP จะมีจำนวนผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 น้อยกว่าวิธี PS และ CS เนื่องจากวิธี CP ผู้ใช้บริการแต่ละประเภทจะถูกจำกัดสิทธิการใช้บริการออกจากกัน หากผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 ใช้สิทธิในส่วนของตนเองเต็มพิกัดแล้วก็ไม่สามารถใช้บริการในส่วนอื่นได้ ซึ่งต่างจากวิธี PS และ CS ที่ยอมให้ผู้ใช้บริการร่วมกัน

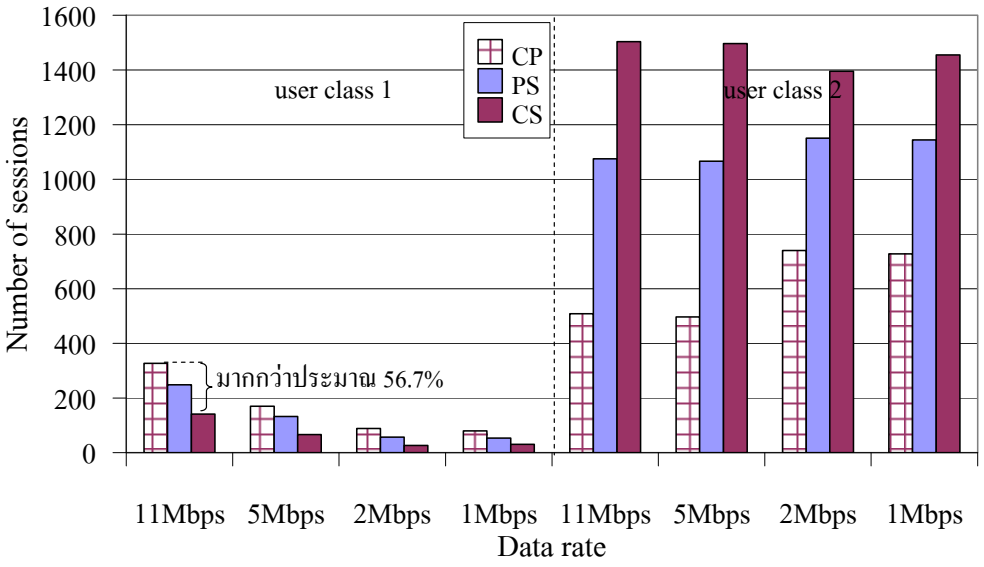


รูปที่ 5.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการกับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล เมื่อ system offered load มีค่า 0.5 และมีผู้ใช้ประเภทมัลติมีเดีย 10%

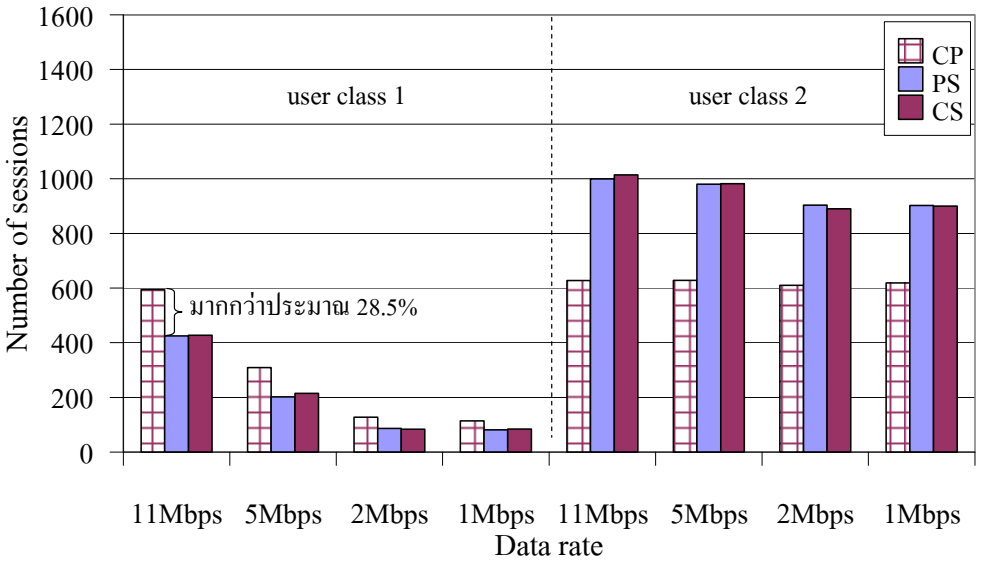


รูปที่ 5.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการกับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล เมื่อ system offered load มีค่า 0.5 และมีผู้ใช้ประเภทมัลติมีเดีย 40%

เมื่อค่า system offered load มีค่า 2 เครือข่ายอยู่ในสถานการณ์ที่ต้องรองรับผู้ใช้บริการจำนวนมาก จนมีผู้ใช้บริการบางส่วนถูกปฏิเสธการเข้าใช้บริการและมีผู้ใช้บริการประเภทมัลติมีเดีย 10% ของผู้ใช้บริการทั้งหมด พบว่าวิธี CP จะให้ผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 ใช้งานที่อัตราเร็วสูงสุด 11 Mbps ได้มากกว่าวิธี CS 56.7% ดังรูปที่ 5.9 ส่วนผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 ซึ่งเป็นการกระจายผู้ใช้บริการที่อัตราเร็วต่าง ๆ วิธี CP นั้นมีจำนวนผู้ใช้บริการจำนวนน้อยกว่าวิธี PS และวิธี CS เนื่องจากค่าถ่วงน้ำหนักของผู้ใช้บริการ คือหากรองรับผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 จำนวนมากก็จะส่งผลให้รองรับผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 ได้น้อยลง แต่วิธี PS นั้นมีการจำกัดสิทธิบางส่วนไว้ให้ผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 จึงทำให้สามารถรองรับการใช้บริการของผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 ได้มากกว่าวิธี CS และเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้บริการของข้อมูลประเภทมัลติมีเดียบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายให้มีค่า 40% ของผู้ใช้บริการทั้งหมด พบว่าวิธี CP จะให้ผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 ใช้งานที่อัตราเร็วสูงสุด 11 Mbps ได้มากกว่าวิธี CS และวิธี PS ประมาณ 28.5% ดังรูปที่ 5.10 สำหรับวิธี PS และวิธี CS นั้นมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน เนื่องจากวิธี CS ผู้ใช้บริการมีโอกาสใช้ช่องสัญญาณเท่าเทียมกัน เมื่ออัตราการเข้าใช้งานของผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 มีจำนวนมากขึ้นทำให้ผู้ใช้มีโอกาสได้ใช้งานช่องสัญญาณเพิ่มขึ้น



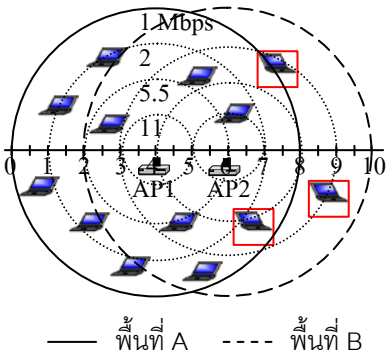
รูปที่ 5.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการกับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล เมื่อ system offered load มีค่า 2 และมีผู้ใช้ประเภทมัลติมีเดีย 10%



รูปที่ 5.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการกับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล เมื่อ system offered load มีค่า 2 และมีผู้ใช้ประเภทมัลติมีเดีย 40%

5.3.4 การวิเคราะห์ผลที่เกิดจากการแบ่งสัดส่วนการใช้งานแบนด์วิดท์

การทดลองเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดการบล็อกของแต่ละประเภทการใช้บริการของการจัดการแบนด์วิดท์ 3 วิธี คือ CS CP และ PS ที่ใช้กับอัลกอริทึมไฮบริดบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย ในสภาพแวดล้อมที่มีจำนวนของสถานีไร้สายที่เข้ามาบริเวณพื้นที่ A และ B มีค่า system offered load เท่ากับ 1.5 และ 0.0167 ตามลำดับ โครงสร้างโดยรวมของการจำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายเป็นไปตามหัวข้อที่ 3.2 ในบทที่ 3 ดังรูปที่ 5.11 และการใช้ตัวแปรต่าง ๆ ดังตารางที่ 5.3 และผู้ใช้บริการมีสิทธิในการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของข้อมูลแต่ละประเภทตามตารางที่ 5.4



รูปที่ 5.11 รูปแบบการจำลองเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่มีความคับคั่งบริเวณพื้นที่ A

ตารางที่ 5.3 การตั้งค่าตัวแปรการวิเคราะห์ผลที่เกิดจากการแบ่งสัดส่วนการใช้งานแบนด์วิดท์

ตัวแปร	ค่า
จำนวนของสถานีไร้สาย	แปรผันตามค่า system offered load (สมการ 3.1)
จำนวนของจุดเข้าถึง	2 ตัว
ขนาดไฟล์	100 Kbps และ 380 Kbps (Tartarelli S. et al., 2006)
จำนวน sessions ต่อสถานีไร้สาย	1 session ต่อ 1 สถานีไร้สาย
อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล	11 Mbps, 5 Mbps, 2 Mbps และ 1 Mbps
การรับส่งข้อมูลมัลติมีเดีย	10 % และ 40% ของข้อมูลทั้งหมด

ตารางที่ 5.4 สัดส่วนการใช้งานแบนด์วิดท์

ระดับ	CP (B_1, B_2)	PS (B_1, B_S)
1	4, 56	4, 56
2	12, 48	12, 48
3	19, 41	19, 41
4	27, 33	27, 33
5	35, 25	35, 25

ขั้นตอนการทดลอง 5.3.4

1. จำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามข้อกำหนดในการทดลอง 5.3.4 และวิธี CS
2. บันทึกค่าเริ่มต้นของการทำงานบนระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย
3. สร้างสถานีไร้สายใหม่ให้เข้าใช้บริการเครือข่ายในบริเวณพื้นที่ A และ B โดยให้ system offered load มีค่า 1.5 และ 0.0167 ตามลำดับ ซึ่งสถานีไร้สายที่สร้างขึ้นมีการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย 40% ของข้อมูลทั้งหมด
4. ปรับสัดส่วนการใช้งานแบนด์วิดท์ตามตารางที่ 5.3 และบันทึกผลปริมาณการเกิดบล็อกจนครบ 5 ระดับ
5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2 ถึง 4 โดยเปลี่ยนวิธีที่ใช้จำลองระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายเป็น PS และ CP ตามลำดับ
6. นำผลที่ได้จากทั้ง 3 วิธีมาแสดงผลในรูปแบบกราฟเส้น

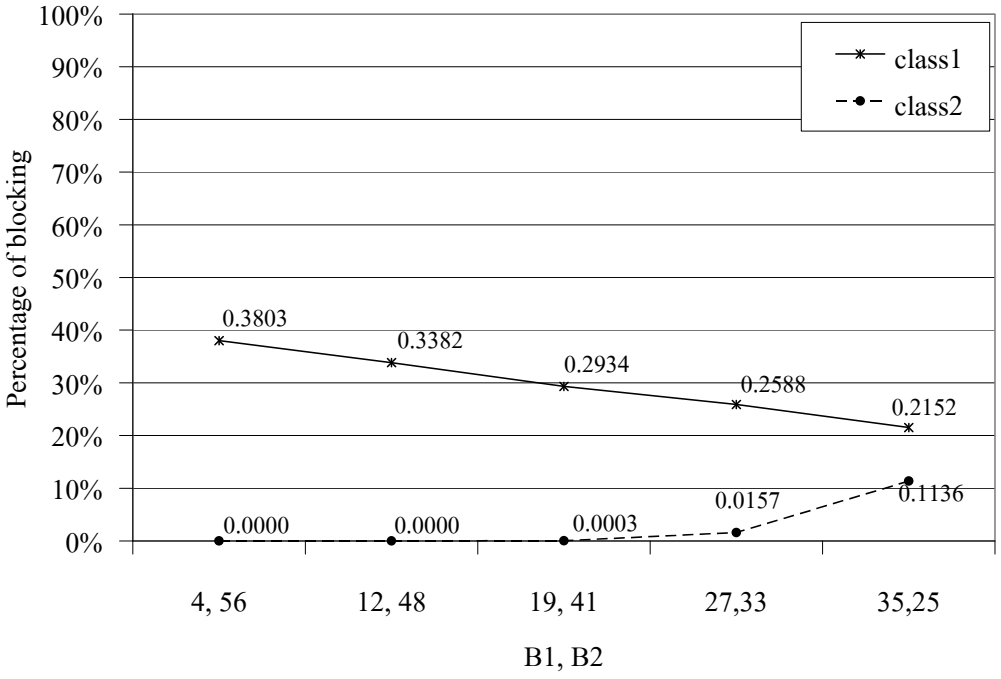
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 5.3.4

จากผลการทดลองวิธี CP ผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 มีแนวโน้มของการเกิดบล็อกลดลงเมื่อระดับสัดส่วนการใช้งานแบนด์วิดท์เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 5.12 เนื่องจากผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 ได้รับส่วนแบ่งแบนด์วิดท์เพิ่มขึ้น ขณะที่ผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 มีการเกิดบล็อกเมื่อระดับสัดส่วนการใช้งานแบนด์วิดท์มากกว่าระดับ 3 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับสัดส่วนการใช้งานแบนด์วิดท์เพิ่มขึ้น จากผลที่ได้สังเกตได้ว่าการที่แบ่งแบนด์วิดท์ให้กับผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 มากเกินความต้องการนั้นจะส่งผลเสียให้กับผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 คือจะทำให้เกิดการบล็อกสูง เนื่องจากการจัดการแบนด์วิดท์ด้วยวิธี CP นั้นผู้ใช้จะสามารถใช้งานแบนด์วิดท์ในส่วนที่ตนเองได้รับสิทธิเท่านั้น ถึงแม้ว่าในส่วนอื่นจะไม่ถูกใช้งานก็ตาม สำหรับวิธี PS ผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 มีค่าการเกิดบล็อกในแต่ละระดับน้อยกว่าวิธี CP ดังรูปที่ 5.13 เนื่องจากลักษณะการทำงานของวิธีนี้จะทำให้

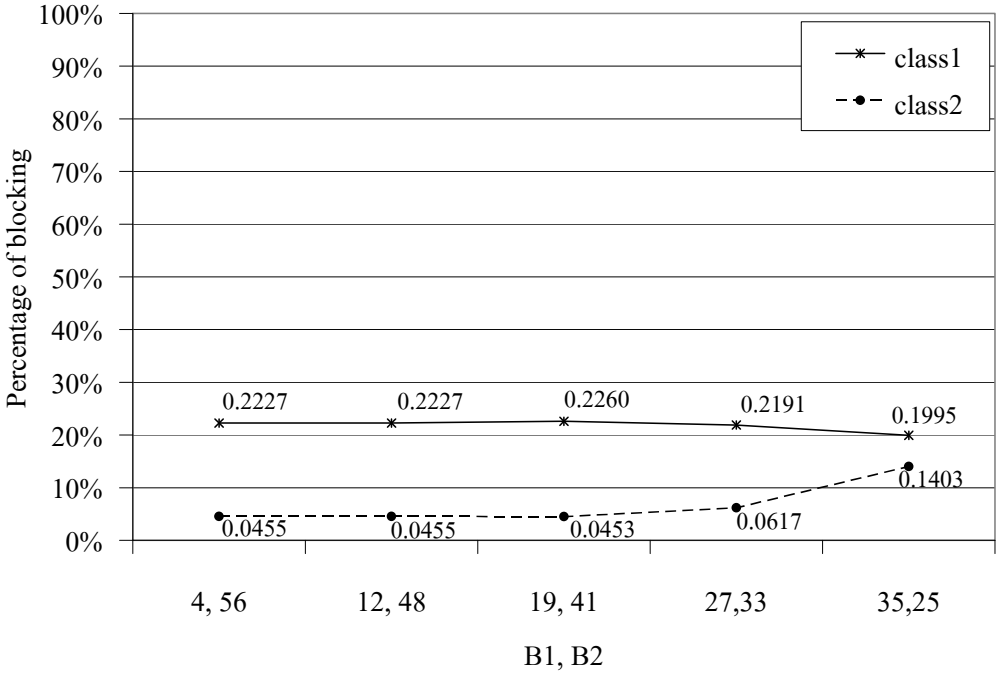
ผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 สามารถใช้งานแบนด์วิดท์ได้ทั้งในส่วนของ B_1 และ B_S แต่อย่างไร ก็ตามส่งผลให้ผู้ใช้บริการประเภทที่ 2 มีการเกิดบล็อกสูงกว่าวิธี CP สำหรับวิธี CS ซึ่งเป็นการใช้งานแบนด์วิดท์ร่วมกันทำให้การเกิดบล็อกจะมีค่าคงที่ คือ การเกิดบล็อกของผู้ใช้บริการประเภทที่ 1 และ 2 มีค่าคงที่อยู่ที่ประมาณ 22.54% และ 4.36% ตามลำดับ ตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 เปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกเมื่อพิจารณาวิธี CS

ประเภทของการใช้บริการ	เปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อก
ประเภทที่ 1	22.54%
ประเภทที่ 2	4.36%



รูปที่ 5.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกกับสัดส่วนการใช้งานแบนด์วิดท์เมื่อพิจารณาวิธี CP



รูปที่ 5.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกกับสัดส่วนการใช้งานแบนด์วิดท์เมื่อพิจารณาวิธี PS

5.4 สรุป

การขยายความสามารถของอัลกอริทึมไฮบริดโดยการเพิ่มส่วนของการจัดการแบนด์วิดท์เพื่อตอบสนองความต้องการของการใช้แบนด์วิดท์ในการรับส่งข้อมูลให้เหมาะสมกับการใช้บริการที่แตกต่างกัน ผลที่ได้จากวิธีการต่าง ๆ ทั้ง 3 วิธี พบว่าสิทธิในการใช้งานแบนด์วิดท์มีผลต่อการได้รับบริการจากเครือข่าย ดังนั้นในการประยุกต์ใช้งานในการรับส่งข้อมูลบนระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย เราสามารถนำวิธีการต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้สำหรับผู้ใช้บริการที่ต้องการประสิทธิการทำงานสูง เช่น ข้อมูลวิดีโอ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้บริการที่รับส่งข้อมูลประเภทนี้ได้รับการส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องเมื่อสถานีมีการแย่งกันใช้งานเครือข่ายสูง แต่การเลือกวิธีการจัดการแบนด์วิดท์ให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้บริการก็เป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่ง หากเลือกใช้วิธีการที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ไม่คุ้มค่า ซึ่งการทำงานของวิธีการ CP จะจำกัดช่องสัญญาณไว้สำหรับผู้ใช้บริการที่มีสิทธิเท่านั้น จึงไม่ต้องกังวลเรื่องการแย่งกันใช้งานแบนด์วิดท์ แต่หากทำการแบ่งสัดส่วนของสิทธิการใช้งานไม่เหมาะสมกับการเข้าใช้บริการ จะทำให้เกิดการปฏิเสธการใช้บริการสูง สำหรับวิธีการ PS มีความยืดหยุ่นมากกว่าวิธี CP แต่อย่างก็ตามปัญหาที่ตามมาคือผู้ใช้บริการในลำดับต่ำกว่าอาจจะประสบความสำเร็จในการเข้าใช้ช่องสัญญาณน้อยลงหรือไม่ได้รับบริการ หากมีผู้ใช้บริการที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าอยู่จำนวนมาก

บทที่ 6
สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปเนื้อหาของวิทยานิพนธ์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิคการจัดสมดุลโหลดสำหรับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบโครงสร้างพื้นฐาน เพื่อแก้ไขปัญหาที่จุดเข้าถึงแต่ละตัวรองรับปริมาณโหลดไม่เท่ากัน และยังสามารถให้บริการที่ดีสำหรับข้อมูลที่ต้องการอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลสูง ในขั้นแรกได้ทำการศึกษาการทำงานและพฤติกรรมการเข้าใช้บริการเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่สามารถเกิดขึ้นได้จริงบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายและจำลองเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายเพื่อตรวจสอบความสามารถในการรองรับการเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของอัลกอริทึมที่ไม่มีการจัดสมดุลโหลดและมีการจัดสมดุลโหลดพร้อมเสนออัลกอริทึมการควบคุมการเชื่อมต่อแบบไฮบริด ซึ่งเป็นการปรับปรุงวิธีการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สาย โดยให้เซอร์ฟเวอร์จัดการโหลดทำการตัดสินใจเลือกจุดเข้าถึงให้กับสถานีไร้สาย ต่อจากนั้นได้ทำการทดลองความสามารถของอัลกอริทึมใหม่เปรียบเทียบกับอัลกอริทึมที่มีอยู่เดิมโดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกและอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลเป็นตัวชี้วัด นอกจากนี้ยังทำการวิเคราะห์การจัดการแบนด์วิดท์ และนำผลที่ได้มาปรับใช้กับการทำงานของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

เพื่อบรรลุตามวัตถุประสงค์การดำเนินวิจัยเริ่มจากการศึกษาปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าอัลกอริทึมที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างสถานีไร้สายกับจุดเข้าถึงจะพิจารณาจากระดับความแรงของสัญญาณที่รับได้ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้บริการรับส่งข้อมูลที่อัตราเร็วที่ดีเนื่องจากได้รับความแรงของสัญญาณที่จุดเข้าถึงได้สูง แต่พฤติกรรมการเชื่อมต่อในลักษณะนี้หากมีสถานีไร้สายอยู่ใกล้บริเวณขอบเขตสัญญาณของจุดเข้าถึงตัวใดตัวหนึ่งจำนวนมากจะส่งผลให้เกิดความคับคั่งที่จุดเข้าถึงตัวเดียว จากหลักการของการใช้สื่อในการรับส่งข้อมูลบนเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายผู้ใช้บริการจะต้องร่วมกันใช้ช่องสัญญาณเดียวกันโดยมีการแข่งขันกันใช้ช่องสัญญาณ ดังนั้นหากผู้ใช้บริการต้องแย่งชิงกันใช้ช่องสัญญาณกับผู้ใช้บริการอื่นจำนวนมากจะทำให้โอกาสประสบความสำเร็จในการเข้าใช้ช่องสัญญาณน้อยลง นอกจากนั้นยังทำให้เกิดการปฏิเสธการเข้าใช้บริการในบริเวณที่มีความคับคั่งของสถานีไร้สาย การจัดสมดุลโหลดเป็นวิธีการแก้ปัญหาความคับคั่งของสถานีไร้สายที่จุดเข้าถึง เนื่องจากมีการกระจายโหลดระหว่างจุดเข้าถึงโดยการย้ายการเชื่อมต่อของสถานีไร้สายไปยังจุดเข้าถึงที่มีโหลดน้อยกว่า จึงทำให้จุดเข้าถึงแต่ละตัวมีปริมาณโหลดที่ใกล้เคียงกัน จุดเข้าถึงที่เคยรองรับการส่งข้อมูลมากจนปฏิเสธการเชื่อมต่อสามารถรองรับโหลดได้เพิ่มขึ้น

ส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายดีกว่าระบบเดิม แต่อย่างไรก็ตาม อัลกอริทึมการจัดสมดุลเพียงอย่างเดียวนั้นไม่ให้การสนับสนุนการรับส่งข้อมูลที่ต้องการรับส่งข้อมูลตามเวลาจริงหรือข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย เนื่องจากสถานีไร้สายที่ถูกย้ายจะเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงที่มีความแรงของสัญญาณต่ำลง งานวิจัยนี้ได้เสนออัลกอริทึมไฮบริดที่มีการแยกประเภทการใช้บริการตามลำดับความสำคัญ ซึ่งสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้บริการประเภทมัลติมีเดีย เนื่องจากได้รับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลที่สูงและลดค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดบล็อกให้ต่ำกว่าอัลกอริทึมที่ไม่มีการจัดสมดุลโหลด

อัลกอริทึมไฮบริดนั้นนอกจากจะสามารถแก้ไขปัญหาความเหมาะสมด้านอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลตามประเภทของการใช้บริการแล้วยังนำเทคนิคการจัดสมดุลโหลดเข้ามาช่วยพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายให้ดียิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามปริมาณแบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างจำกัดนั้นเป็นสาเหตุให้ผู้ให้งานมีการแย่งชิงกันใช้งานเครือข่าย ในการทดลองเปรียบเทียบวิธีการจัดการควบคุมการเชื่อมต่อแบบไฮบริด 3 วิธีนั้น วิธีการ CS จะมีความยุติธรรมสูงสุดคือไม่ให้ความสำคัญกับผู้ใช้บริการประเภทใดประเภทหนึ่งเป็นพิเศษ แต่ถ้าหากระบบเครือข่ายต้องการรับประกันแบนด์วิดท์ให้กับข้อมูลบางประเภทที่ต้องการรับส่งข้อมูลในเวลาจริง ควรเลือกวิธี CP และ PS หากผู้ให้บริการสามารถทราบจำนวนการใช้บริการที่แน่นอนหรือคาดเดาได้ล่วงหน้า ควรใช้วิธีการ CP ที่มีการกำหนดสิทธิการใช้งานแบนด์วิดท์ให้กับผู้ใช้บริการออกจากกัน เพื่อให้ผู้ใช้บริการแต่ละประเภทได้ใช้งานแบนด์วิดท์ในส่วนที่ได้รับสิทธิอย่างเต็มที่และไม่เป็นการสิ้นเปลืองแบนด์วิดท์โดยเปล่าประโยชน์ แต่ถ้าหากผู้ให้บริการไม่สามารถคาดเดาจำนวนการใช้บริการล่วงหน้าได้ ควรใช้วิธีการ PS ที่มีการจำกัดสิทธิบางส่วนไว้ให้กับผู้ใช้บริการที่มีความสำคัญสูงและยังสามารถใช้งานแบนด์วิดท์ในส่วนที่เหลือได้อีกด้วย แต่ข้อเสียของวิธีนี้คือหากมีผู้ใช้บริการที่มีความสำคัญสูงจำนวนมากจะทำให้ผู้ใช้บริการที่มีความสำคัญน้อยกว่ามีโอกาสไม่ได้รับการให้บริการเลย

6.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายแบบโครงสร้างพื้นฐานนั้นมีศูนย์กลางการจัดการอยู่ที่เซอร์ฟเวอร์ ซึ่งเซอร์ฟเวอร์จะเป็นผู้ควบคุมโหลดทำหน้าที่ตรวจจับความเปลี่ยนแปลงของสถานีไร้สายและจุดเข้าถึงทั้งหมดบนเครือข่าย ดังนั้นหากมีจำนวนของจุดเข้าถึงและสถานีไร้สายเพิ่มมากขึ้นจะทำให้มีการติดต่อสื่อสารกับเซอร์ฟเวอร์เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งอาจจะทำให้เกิดปัญหาความคับคั่งที่จุดศูนย์กลางทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องจำกัดจำนวนของจุดเข้าถึงและสถานีไร้สายในความรับผิดชอบของเซอร์ฟเวอร์แต่ละตัวบนเครือข่าย หรือลดการติดต่อสื่อสารโดยให้ทำการติดต่อกับเซอร์ฟเวอร์เมื่อสถานีไร้สายใหม่เข้ามายังเครือข่ายเท่านั้น หากในกรณีที่

อัลกอริทึมไฮบริดมีข้อผิดพลาดในการทำงานทำให้สถานีไร้สายไม่สามารถทำการติดต่อกับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายได้ ระบบจะเข้าสู่การทำงานของอัลกอริทึมเดิมทันทีเพื่อให้สถานีไร้สายยังคงเชื่อมต่อกับเครือข่ายได้ตามปกติ และการแบ่งสัดส่วนการใช้งานแบนด์วิดท์จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการคำนวณให้เหมาะสมกับการใช้งานบนเครือข่าย มิเช่นนั้นจะเป็นการใช้ทรัพยากรบนเครือข่ายไม่คุ้มค่า

6.3 งานวิจัยในอนาคต

งานวิจัยนี้ได้นำเสนออัลกอริทึมไฮบริด ซึ่งเป็นวิธีการเลือกเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงของสถานีไร้สายที่ให้อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดียสูงและจัดสมดุลโหลดไปพร้อม ๆ กัน นอกจากนั้นยังเพิ่มส่วนของการจัดการแบนด์วิดท์ เพื่อตอบสนองความต้องการของการใช้แบนด์วิดท์ในการรับส่งข้อมูลที่ต่างกัน สำหรับงานวิจัยต่อไปในอนาคตจะเป็นการขยายความสามารถของอัลกอริทึมไฮบริด โดยการเพิ่มส่วนของการทำนายการใช้บริการล่วงหน้าหรือการเก็บข้อมูลการใช้งานบริเวณพื้นที่ให้บริการ เพื่อนำมากำหนดวิธีการและสัดส่วนการแบ่งสิทธิการใช้งานแบนด์วิดท์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนั้นควรจะเพิ่มส่วนของการขยายกำลังการส่งสัญญาณของจุดเข้าถึงให้ครอบคลุมพื้นที่กว้างขึ้น ซึ่งจะช่วยให้สามารถทำการย้ายการเชื่อมต่อของสถานีไร้สายไปยังจุดเข้าถึงที่อยู่ห่างไกลได้เพิ่มขึ้น เมื่อสถานีไร้สายกระจายการเชื่อมต่อไปยังจุดเข้าถึงที่มีโหลดน้อยกว่าได้ทั่วถึงทั้งเครือข่ายก็จะทำให้ประสิทธิภาพของเครือข่ายโดยรวมยิ่งสูงขึ้น

รายการอ้างอิง

Rapaport T.S. (1996). **Wireless Communications**, Second edition: B.M.Goodwin.

Balachandran A., Voelker G.M., Bahl P., and Rangan P.V., "**Characterizing user behavior and networkperformance in a public wireless LAN**", ACM SIGMETRICS international conference on measurement and modelling of computer systems (Marina Del Rey, California) , June 15-19 2002.

Lee K.Y., Cho K.S., and Lee B.S., "**A Congestion Control Algorithm in IEEE 802.11 Wireless LAN for Throughput Enhancements**", Consumer Electronics, pages 1-2, 2007.

Papanikos I. and Logothetis M., "**A Study on Dynamic Load Balance for IEEE 802.11b Wireless LAN**", COMCON, 2001.

Jabri I., Soudani A., Krommenacker N., and Divoux T., "**An Appoach for Load Distribution and Resource Sharing in IEEE 802.11 Networks**", Wireless and Mobile Communications, pp 63-68, July 2006.

Bahl P.V., Hajiaghayi M.T., Mirrokni S.V., Qiu L., and Saberi A., "**Cell Breathing in Wireless LANs: Algorithms and Evaluation**" IEEE Transactions on mobile computing, vol. 6, No. 2, February 2006.

Cheng J.C., Chen T.C., Zhang T., and Berg van den E., "**Effective AP Selection and Load Balancing in IEEE 802.11 Wireless LANs**", IEEE GLOBECOM, 2006.

Wireless LAN Market 2007-2008. (2007, May). [Online]. Available http://www.electronics.ca/reports/wireless_ networking/wlan.html

Choi S., Prado del J., Shankar S., and Mangold S., "**IEEE 802.11e contention-based channel access (EDCF) performance** evaluation", Proc. IEEE ICC'03, pp.1151–1156, Anchorage, Alaska, USA, May 2003.

Daher R. and Tavangarian D., "**QoS-Oriented Load Balancing for WLANs**", Operator-Assisted (Wireless Mesh) Community Networks, 2006.

Chen X., Zhai H., Tian X., and Fang Y., "**Supporting QoS in IEEE 802.11e Wireless LANs**", IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 5, No. 8, pp. 2217-2227, August 2006.

Liu J. and Niu Z., "**A Dynamic Admission Control Scheme for QoS Supporting in IEEE 802.11e EDCA**", in Proc WCNC, pp. 3700-3705, 2007.

Ekici, O. and Yongacoglu, A., "**Predictive Association Algorithm for IEEE 802.11 WLANs**", ICTTA '06, 2nd, Vol. 2, pp. 2394-2399, 2006.

Ferguson P. and Huston G., "**Quality of Service: Delivering QoS on the Internet and in Corporate Networks**", New York: John Wiley & Sons, 1998. or Wireless QoS Deployment Schemes: Voice over Wireless LAN 4.1 Design Guide. Available http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/QoS.html

Mesquite Software Inc., **program CSIM.**, Available http://www.mesquite.com

Basalamah A., Sugimoto H., and Sato T., "**Rate Adaptive Reliable Multicast MAC Protocol for WLANs**", Proceedings of Vehicular Technology Conference (VTC), Spring IEEE 63rd, pp 1220-1216, 2006.

Leon-Garcia A. (1994). **"Probability and Random Processes for Electrical Engineering"**, Second edition, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., USA.

Tartarelli S. and Nunzi G., "**QoS Management and Congestion Control in Wireless Hotspots**", Network Operation and Management Symposium, pp. 95-105, 2006.

ภาคผนวก ก

รูปแบบโปรแกรมคำสั่ง CSIM

อัลกอริทึม MSF

Class 1

User type = Class1 and Signal strength > Signal strength threshold

If (Signal strength of AP1 > AP2 and Bandwidth AP1 >= Bandwidth threshold class1)

{Association AP1}

else if (Signal strength AP2 > AP1 and Bandwidth AP2 >= Bandwidth threshold class1)

{Association AP2}

else if (Signal strength AP2 == AP1)

{Random between AP1 and AP2

If (AP1 and Bandwidth AP1 >= Bandwidth threshold class1)

{Association AP1}

else (AP2 and Bandwidth AP2 >= Bandwidth threshold class1)

{Association AP2}}

else {reject user}

Class 2

User type = Class2 and Signal strength > Signal strength threshold

If (Signal strength of AP1 > AP2 and Bandwidth AP1 >= Bandwidth threshold class2)

{Association AP1}

else if (Signal strength AP2 > AP1 and Bandwidth AP2 >= Bandwidth threshold class2)

{Association AP2}

else if (Signal strength AP2 == AP1)

{Random between AP1 and AP2

If (AP1 and Bandwidth AP1 >= Bandwidth threshold class2)

{Association AP1}

else (AP2 and Bandwidth AP2 >= Bandwidth threshold class2)

{Association AP2}}

else {reject user}

อัลกอริทึม MLF

```
Class 1
User type = Class1 and Signal strength > Signal strength threshold
if (Number of sessions AP2 > AP1 and Bandwidth AP1 >= Bandwidth threshold class1)
        {Association AP1}
else if (Number of sessions AP1 > AP2 and Bandwidth AP2 >= Bandwidth threshold class1)
        {Association AP2}
else if (Number of sessions AP2 == AP1)
        {Random between AP1 and AP2
                If (AP1 and Bandwidth AP1 >= Bandwidth threshold class1)
                        {Association AP1}
                else (AP2 and Bandwidth AP2 >= Bandwidth threshold class1)
                        {Association AP2}}
else {reject user}

Class 2
User type = Class2 and Signal strength > Signal strength threshold
if (Number of sessions AP2 > AP1 and Bandwidth AP1 >= Bandwidth threshold class2)
        {Association AP1}
else if (Number of sessions AP1 > AP2 and Bandwidth AP2 >= Bandwidth threshold class2)
        {Association AP2}
else if (Number of sessions AP2 == AP1)
        {Random between AP1 and AP2
                If (AP1 and Bandwidth AP1 >= Bandwidth threshold class2)
                        {Association AP1}
                else (AP2 and Bandwidth AP2 >= Bandwidth threshold class2)
                        {Association AP2}}
else {reject user}
```

อัลกอริทึม HA

Class 1

User type = Class1 and Signal strength > Signal strength threshold

If (Signal strength of AP1 > AP2 and Bandwidth AP1 >= Bandwidth threshold class1)

{Association AP1}

else if (Signal strength AP2 > AP1 and Bandwidth AP2 >= Bandwidth threshold class1)

{Association AP2}

else if (Signal strength AP2 == AP1)

{Random between AP1 and AP2

If (AP1 and Bandwidth AP1 >= Bandwidth threshold class1)

{Association AP1}

else (AP2 and Bandwidth AP2 >= Bandwidth threshold class1)

{Association AP2}}

else {reject user}

Class 2

User type = Class2 and Signal strength > Signal strength threshold

if (Number of sessions AP2 > AP1 and Bandwidth AP1 >= Bandwidth threshold class2)

{Association AP1}

else if (Number of sessions AP1 > AP2 and Bandwidth AP2 >= Bandwidth threshold class2)

{Association AP2}

else if (Number of sessions AP2 == AP1)

{Random between AP1 and AP2

If (AP1 and Bandwidth AP1 >= Bandwidth threshold class2)

{Association AP1}

else (AP2 and Bandwidth AP2 >= Bandwidth threshold class2)

{Association AP2}}

else {reject user}

ภาคผนวก ข

โปรแกรมที่ใช้จำลองเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

Program: Hybrid Association Control Scheme

```
#include "stdio.h"                    #define Max_simtime 1000
#define inter_arriva1ap1 0.1          #define inter_arriva1ap2 10
#define service_time 10               #define Wbe        1.0
#define Wmu 3.8                       #define percent_mu 40
#define CAPACITY 60
FILE *fp1c1d,*fp1c2d,*fp2c1d,*fp2c2d,*fpd1,*fpc,*fpr;
event done("done");
facility_ms AP1("AP1",CAPACITY);
facility_ms AP2("AP2",CAPACITY);
int ISDONE=1;
int    count1,count2,count11,count12,count21,count22,c1count,c2count,cbe,cmu,
       c1,c2,d1c1,d1c2,d2c1,d2c2,a1r11,a1r5,a1r2,a1r1,a2r11,a2r5,a2r2,a2r1,
       c1r11,c1r5,c1r2,c1r1,c2r11,c2r5,c2r2,c2r1,
       c11_11,c11_5,c11_2,c11_1,c12_11,c12_5,c12_2,c12_1,
       c21_11,c21_5,c21_2,c21_1,c22_11,c22_5,c22_2,c22_1,
       ap1_c1_11,ap1_c1_5,ap1_c1_2,ap1_c1_1,
       ap1_c2_11,ap1_c2_5,ap1_c2_2,ap1_c2_1,
       ap2_c1_11,ap2_c1_5,ap2_c1_2,ap2_c1_1,
       ap2_c2_11,ap2_c2_5,ap2_c2_2,ap2_c2_1;
double      Num_user_AP1,Num_user_AP2,user_ap1,user_ap2,Neq1,Neq2,
            c1_mu_ap1,c2_be_ap1,c1_mu_ap2,c2_be_ap2;
void gen_AP1c1c2();                   void gen_AP2c1c2();
void serviceAP1c1_11();               void serviceAP1c1_5();
void serviceAP1c1_2();                void serviceAP1c1_1();
void serviceAP1c2_11();               void serviceAP1c2_5();
void serviceAP1c2_2();                void serviceAP1c2_1();
void serviceAP2c1_11();               void serviceAP2c1_5();
void serviceAP2c1_2();                void serviceAP2c1_1();
```

```
        void serviceAP2c2_11();                 void serviceAP2c2_5();
        void serviceAP2c2_2();                  void serviceAP2c2_1();
        void ran_ap1();                         void ran_ap2();
/*main Program*/
        extern "C" void sim(int, char **);
        void sim(int argc, char *argv[])
            {long d;
            set_model_name("Load Balance in WLAN");
/*set seed by define value d*/
        printf("input d = ");
            scanf("%ld",&d);
            printf("d=%ld\n",d);
            reset();
            reseed(NIL, d);
        create("sim");
        fp1c1d=fopen("a1c1s005.out","w+t");      fp2c1d=fopen("a2c1s005.out","w+t");
        fp1c2d=fopen("a1c2s005.out","w+t");      fp2c2d=fopen("a2c2s005.out","w+t");
        fpd1=fopen("drops005.out","w+t");        fpc=fopen("count005.out","w+t");
        fpr=fopen("counr005.out","w+t");
        gen_AP1c1c2();      gen_AP2c1c2();
        done.wait();
        fclose(fp1c1d);     fclose(fp2c1d);
        fclose(fp1c2d);     fclose(fp2c2d);
        fclose(fpd1);       fclose(fpc);
        fclose(fpr);}
/*random*/
        void ran_ap1()
            {user_ap1=uniform(0,8);          c1count++;}
        void ran_ap2()
            {user_ap2=uniform(2,10);         c2count++;}
```

```
/*gen_user AP1*/
        void gen_AP1c1c2()
            {create("trafficAP1");
            int r11,a;    double x11,t11;  while (ISDONE==1)
                {ran_ap1();
                x11=user_ap1;    t11=expntl(inter_arriva1ap1);
                hold(t11);  a=uniform_int (1,100);
                if (a>=1 && a<=percent_mu)
                    {cmu++;
                    if(x11>=0 && x11<1)
                        {serviceAP1c1_1();}
                    if(x11>=1 && x11<2)
                        {serviceAP1c1_2();}
                    if(x11>=2 && x11<3)
                        {serviceAP1c1_5();}
                    if(x11>=3 && x11<5)
                        {serviceAP1c1_11();}
                    if(x11>5 && x11<=7)
                        {serviceAP2c1_11();}
                    if(x11>7 && x11<=8)
                        {serviceAP2c1_5();}
                    else if (x11==5)
                        {r11=uniform_int(0,1);
                        if(r11==0)
                            {serviceAP1c1_11();}
                        else
                            {serviceAP2c1_11();}
                        }}
                else
                    {cbe++;
```

```
if(x11>=0 && x11<1)
        {serviceAP1c2_1();}
if(x11>=1 && x11<2)
        {serviceAP1c2_2();}
if(x11>=2 && x11<3)
        {Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
        Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
        if(Neq1<Neq2)
                {serviceAP1c2_5();}
        if(Neq1>Neq2)
                {serviceAP2c2_1();}
        else if (Neq1==Neq2)
                {r11=uniform_int(0,1);
                if(r11==0)
                        {serviceAP1c2_5();}
                else
                        {serviceAP2c2_1();}
                }}
if(x11>=3 && x11<4)
        {Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
        Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
        if(Neq1<Neq2)
                {serviceAP1c2_11();}
        if(Neq1>Neq2)
                {serviceAP2c2_2();}
        else if (Neq1==Neq2)
                {r11=uniform_int(0,1);
                if(r11==0)
                        {serviceAP1c2_11();}
```

```
                else
                        {serviceAP2c2_2();}
                }}
        if(x11>=4 && x11<=5)
                {Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
                Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
                if(Neq1<Neq2)
                        {serviceAP1c2_11();}
                if(Neq1>Neq2)
                        {serviceAP2c2_5();}
                else if (Neq1==Neq2)
                        {r11=uniform_int(0,1);
                        if(r11==0)
                                {serviceAP1c2_11();}
                        else
                                {serviceAP2c2_5();}
                        }}
        if(x11>5 && x11<=6)
                {Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
                Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
                if(Neq1<Neq2)
                        {serviceAP1c2_5();}
                if(Neq1>Neq2)
                        {serviceAP2c2_11();}
                else if (Neq1==Neq2)
                        {r11=uniform_int(0,1);
                        if(r11==0)
                                {serviceAP1c2_5();}
                        else
                                {serviceAP2c2_11();}
```

```
                }}
        if(x11>6 && x11<=7)
                {Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
                Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
                if(Neq1<Neq2)
                        {serviceAP1c2_2();}
                if(Neq1>Neq2)
                        {serviceAP2c2_11();}
                else if (Neq1==Neq2)
                        {r11=uniform_int(0,1);
                        if(r11==0)
                                {serviceAP1c2_2();}
                        else
                                {serviceAP2c2_11();}
                        }}
        if(x11>7 && x11<=8)
                {Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
                Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
                if(Neq1<Neq2)
                        {serviceAP1c2_1();}
                if(Neq1>Neq2)
                        {serviceAP2c2_5();}
                else if (Neq1==Neq2)
                        {r11=uniform_int(0,1);
                        if(r11==0)
                                {serviceAP1c2_1();}
                        else
                                {serviceAP2c2_5();}
                        }}
        }}}
```

```
/*gen_user AP2 */
        void gen_AP2c1c2()
            {create("trafficAP2");
            int r12,b;   double x12,t12;  while (ISDONE==1)
                {ran_ap2();
                x12=user_ap2;   t12=expntl(inter_arriva1ap2);
                hold(t12);  b=uniform_int (1,100);
                if (b>=1 && b<=percent_mu)
                    {cmu++;
                    if(x12<=10 && x12>9)
                        {serviceAP2c1_1();}
                    if(x12<=9 && x12>8)
                        {serviceAP2c1_2();}
                    if(x12<=8 && x12>7)
                        {serviceAP2c1_5();}
                    if(x12<=7 && x12>5)
                        {serviceAP2c1_11();}
                    if(x12<5 && x12>=3)
                        {serviceAP1c1_11();}
                    if(x12<3 && x12>=2)
                        {serviceAP1c1_5();}
                    else if (x12==5)
                        {r12=uniform_int(0,1);
                        if(r12==0)
                            {serviceAP1c1_11();}
                        else
                            {serviceAP2c1_11();}
                        }}
                else
                    {cbe++;
```

```
if(x12>9 && x12<=10)
        {serviceAP2c2_1();}
if(x12>8 && x12<=9)
        {serviceAP2c2_2();}
if(x12>7 && x12<=8)
        {Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
        Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
        if(Neq1>Neq2)
                {serviceAP2c2_5();}
        if(Neq1<Neq2)
                {serviceAP1c2_1();}
        else if (Neq1==Neq2)
                {r12=uniform_int(0,1);
                if(r12==0)
                        {serviceAP2c2_5();}
                else
                        {serviceAP1c2_1();}
                }}
if(x12>6 && x12<=7)
        {Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
        Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
        if(Neq1>Neq2)
                {serviceAP2c2_11();}
        if(Neq1<Neq2)
                {serviceAP1c2_2();}
        else if (Neq1==Neq2)
                {r12=uniform_int(0,1);
                if(r12==0)
                        {serviceAP2c2_11();}
                else
```

```
                    {serviceAP1c2_2();}
                }}
            if(x12>=5 && x12<=6)
                {Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
                Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
                if(Neq1>Neq2)
                    {serviceAP2c2_11();}
                if(Neq1<Neq2)
                    {serviceAP1c2_5();}
                else if (Neq1==Neq2)
                    {r12=uniform_int(0,1);
                    if(r12==0)
                        {serviceAP2c2_11();}
                    else
                        {serviceAP1c2_5();}
                    }}
            if(x12>=4 && x12<5)
                {Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
                Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
                if(Neq1<Neq2)
                    {serviceAP1c2_5();}
                if(Neq1>Neq2)
                    {serviceAP2c2_11();}
                else if (Neq1==Neq2)
                    {r12=uniform_int(0,1);
                    if(r12==0)
                        {serviceAP1c2_5();}
                    else
                        {serviceAP2c2_11();}
                    }}
```

```
if(x12>=3 && x12<4)
        {Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
           Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
        if(Neq1<Neq2)
                {serviceAP1c2_2();}
        if(Neq1>Neq2)
                {serviceAP2c2_11();}
        else if (Neq1==Neq2)
                {r12=uniform_int(0,1);
                if(r12==0)
                        {serviceAP1c2_2();}
                else
                        {serviceAP2c2_11();}
                }}
if(x12>=2 && x12<3)
        {Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
        Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
        if(Neq1<Neq2)
                {serviceAP1c2_1();}
        if(Neq1>Neq2)
                {serviceAP2c2_5();}
        else if (Neq1==Neq2)
                {r12=uniform_int(0,1);
                if(r12==0)
                        {serviceAP1c2_1();}
                else
                        {serviceAP2c2_5();}
                }}
}}}
```

```
/*service AP1 c1*/
        void serviceAP1c1_11()
            {double s1;       create("AP1");   c1r11++;   c1++;
            Num_user_AP1=AP1.num_busy();
            Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
            if (Neq1+Wmu<=CAPACITY)
                {count11++;      a1r11++;
                s1=expntl(service_time);
                AP1.reserve();
                c1_mu_ap1++;   ap1_c1_11++;
                hold(s1);
                AP1.release();
                c1_mu_ap1--;    ap1_c1_11--;}
            else
                {d1c1++;}
            if(simtime() >= Max_simtime)
                {ISDONE=0;     done.set();}
        fprintf      (fp1c1d,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
                     simtime(),ap1_c1_11,ap1_c1_5,ap1_c1_2,ap1_c1_1);
        fprintf      (fpd1,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
                     simtime(),c1,c2,count11,count12,count21,count22,d1c1,d1c2,d2c1,d2c2);
        fprintf      (fpc,"%10.2lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n",
                     simtime(),c1_mu_ap1,c2_be_ap1,c1_mu_ap2,c2_be_ap2,Neq1,Neq2);
        fprintf      (fpr,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t
                     %d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),a1r11,a1r5,a1r2,a1r1,a2r11,a2r5,a2r2,a2r1,
                     c1r11,c1r5,c1r2,c1r1,c2r11,c2r5,c2r2,c2r1);}

        void serviceAP1c1_5()
            {double s1;       create("AP1");   c1r5++;     c1++;
            Num_user_AP1=AP1.num_busy();
```

```
        Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
        if (Neq1+Wmu<=CAPACITY)
                {count11++;      a1r5++;
                s1=expntl(service_time);
                AP1.reserve();
                c1_mu_ap1++;   ap1_c1_5++;
                hold(s1);
                AP1.release();
                c1_mu_ap1--;    ap1_c1_5--;}
        else
                {d1c1++;}
        if(simtime() >= Max_simtime)
                {ISDONE=0;     done.set();}
fprintf     (fp1c1d,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
                simtime(),ap1_c1_11,ap1_c1_5,ap1_c1_2,ap1_c1_1);
fprintf     (fpd1,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
                simtime(),c1,c2,count11,count12,count21,count22,d1c1,d1c2,d2c1,d2c2);
fprintf     (fpc,"%10.2lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n",
                simtime(),c1_mu_ap1,c2_be_ap1,c1_mu_ap2,c2_be_ap2,Neq1,Neq2);
fprintf     (fpr,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t
                %d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),a1r11,a1r5,a1r2,a1r1,a2r11,a2r5,a2r2,a2r1,
                c1r11,c1r5,c1r2,c1r1,c2r11,c2r5,c2r2,c2r1);}


void serviceAP1c1_2()
        {double s1;        create("AP1");   c1r2++;     c1++;
        Num_user_AP1=AP1.num_busy();
        Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
        if (Neq1+Wmu<=CAPACITY)
                {count11++;      a1r2++;
                s1=expntl(service_time);
```

```
            AP1.reserve();
            c1_mu_ap1++;   ap1_c1_2++;
            hold(s1);
            AP1.release();
            c1_mu_ap1--;    ap1_c1_2--;}
        else
            {d1c1++;}
        if(simtime() >= Max_simtime)
            {ISDONE=0;    done.set();}
fprintf     (fp1c1d,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
            simtime(),ap1_c1_11,ap1_c1_5,ap1_c1_2,ap1_c1_1);
fprintf     (fpd1,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
            simtime(),c1,c2,count11,count12,count21,count22,d1c1,d1c2,d2c1,d2c2);
fprintf     (fpc,"%10.2lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n",
            simtime(),c1_mu_ap1,c2_be_ap1,c1_mu_ap2,c2_be_ap2,Neq1,Neq2);
fprintf     (fpr,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t
            %d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),a1r11,a1r5,a1r2,a1r1,a2r11,a2r5,a2r2,a2r1,
            c1r11,c1r5,c1r2,c1r1,c2r11,c2r5,c2r2,c2r1);}

void serviceAP1c1_1()
        {double s1;        create("AP1");   c1r1++;     c1++;
        Num_user_AP1=AP1.num_busy();
        Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
        if (Neq1+Wmu<=CAPACITY)
            {count11++;      a1r1++;
            s1=expntl(service_time);
            AP1.reserve();
            c1_mu_ap1++;   ap1_c1_1++;
            hold(s1);
            AP1.release();
```

```
                c1_mu_ap1--;    ap1_c1_1--;}
            else
                {d1c1++;}
            if(simtime() >= Max_simtime)
                {ISDONE=0;    done.set();}
        fprintf     (fp1c1d,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
                simtime(),ap1_c1_11,ap1_c1_5,ap1_c1_2,ap1_c1_1);
        fprintf     (fpd1,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
                simtime(),c1,c2,count11,count12,count21,count22,d1c1,d1c2,d2c1,d2c2);
        fprintf     (fpc,"%10.2lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n",
                simtime(),c1_mu_ap1,c2_be_ap1,c1_mu_ap2,c2_be_ap2,Neq1,Neq2);
        fprintf     (fpr,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t
                %d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),a1r11,a1r5,a1r2,a1r1,a2r11,a2r5,a2r2,a2r1,
                c1r11,c1r5,c1r2,c1r1,c2r11,c2r5,c2r2,c2r1);}

/*service AP1 c2*/
        void serviceAP1c2_11()
            {double s1;       create("AP1");   c2r11++;   c1++;
            Num_user_AP1=AP1.num_busy();
            Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
            if (Neq1+Wbe<=CAPACITY)
                {count12++;     a2r11++;
                s1=expntl(service_time);
                AP1.reserve();
                c2_be_ap1++;    ap1_c2_11++;
                hold(s1);
                AP1.release();
                c2_be_ap1--;    ap1_c2_11--;}
            else
                {d1c2++;}
```

```
        if(simtime() >= Max_simtime)
                {ISDONE=0;     done.set();}
fprintf         (fp1c2d,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),
                ap1_c2_11,ap1_c2_5,ap1_c2_2,ap1_c2_1);
fprintf         (fpd1,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
                simtime(),c1,c2,count11,count12,count21,count22,d1c1,d1c2,d2c1,d2c2);
fprintf         (fpc,"%10.2lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n",
                simtime(),c1_mu_ap1,c2_be_ap1,c1_mu_ap2,c2_be_ap2,Neq1,Neq2);
fprintf         (fpr,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t
                %d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),a1r11,a1r5,a1r2,a1r1,a2r11,a2r5,a2r2,a2r1,
                c1r11,c1r5,c1r2,c1r1,c2r11,c2r5,c2r2,c2r1);}


void serviceAP1c2_5()
        {double s1;         create("AP1");   c2r5++;     c1++;
        Num_user_AP1=AP1.num_busy();
        Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
        if (Neq1+Wbe<=CAPACITY)
                {count12++;       a2r5++;
                s1=expntl(service_time);
                AP1.reserve();
                c2_be_ap1++;    ap1_c2_5++;
                hold(s1);
                AP1.release();
                c2_be_ap1--;      ap1_c2_5--;}
        else
                {d1c2++;}
        if(simtime() >= Max_simtime)
                {ISDONE=0;     done.set();}
fprintf         (fp1c2d,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),
                ap1_c2_11,ap1_c2_5,ap1_c2_2,ap1_c2_1);
```

```
fprintf     (fpd1,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
            simtime(),c1,c2,count11,count12,count21,count22,d1c1,d1c2,d2c1,d2c2);
fprintf     (fpc,"%10.2lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n",
            simtime(),c1_mu_ap1,c2_be_ap1,c1_mu_ap2,c2_be_ap2,Neq1,Neq2);
fprintf     (fpr,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t
            %d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),a1r11,a1r5,a1r2,a1r1,a2r11,a2r5,a2r2,a2r1,
            c1r11,c1r5,c1r2,c1r1,c2r11,c2r5,c2r2,c2r1);}

void serviceAP1c2_2()
    {double s1;     create("AP1");  c2r2++;   c1++;
    Num_user_AP1=AP1.num_busy();
    Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
    if (Neq1+Wbe<=CAPACITY)
        {count12++;     a2r2++;
        s1=expntl(service_time);
        AP1.reserve();
        ap1_c2_2++;     c2_be_ap1++;
        hold(s1);
        AP1.release();
        c2_be_ap1--;    ap1_c2_2--;}
    else
        {d1c2++;}
    if(simtime() >= Max_simtime)
        {ISDONE=0;    done.set();}
fprintf     (fp1c2d,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),
            ap1_c2_11,ap1_c2_5,ap1_c2_2,ap1_c2_1);
fprintf     (fpd1,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
            simtime(),c1,c2,count11,count12,count21,count22,d1c1,d1c2,d2c1,d2c2);
fprintf     (fpc,"%10.2lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n",
            simtime(),c1_mu_ap1,c2_be_ap1,c1_mu_ap2,c2_be_ap2,Neq1,Neq2);
```

```
fprintf     (fpr,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t
            %d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),a1r11,a1r5,a1r2,a1r1,a2r11,a2r5,a2r2,a2r1,
            c1r11,c1r5,c1r2,c1r1,c2r11,c2r5,c2r2,c2r1);}

void serviceAP1c2_1()
    {double s1;     create("AP1");  c2r1++;   c1++;
    Num_user_AP1=AP1.num_busy();
    Neq1=((c1_mu_ap1*Wmu)+c2_be_ap1);
    if (Neq1+Wbe<=CAPACITY)
        {count12++;     a2r1++;
        s1=expntl(service_time);
        AP1.reserve();
        c2_be_ap1++;    ap1_c2_1++;
        hold(s1);
        AP1.release();
        c2_be_ap1--;    ap1_c2_1--;}
    else
        {d1c2++;}
    if(simtime() >= Max_simtime)
        {ISDONE=0;   done.set();}
fprintf     (fp1c2d,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),
            ap1_c2_11,ap1_c2_5,ap1_c2_2,ap1_c2_1);
fprintf     (fpd1,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
            simtime(),c1,c2,count11,count12,count21,count22,d1c1,d1c2,d2c1,d2c2);
fprintf     (fpc,"%10.2lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n",
            simtime(),c1_mu_ap1,c2_be_ap1,c1_mu_ap2,c2_be_ap2,Neq1,Neq2);
fprintf     (fpr,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t
            %d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),a1r11,a1r5,a1r2,a1r1,a2r11,a2r5,a2r2,a2r1,
            c1r11,c1r5,c1r2,c1r1,c2r11,c2r5,c2r2,c2r1);}
```

```
/*service AP2 c1*/
        void serviceAP2c1_11()
            {double s2;       create("AP2");   c1r11++;   c2++;
            Num_user_AP2 = AP2.num_busy();
            Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
            if (Neq2+Wmu<=CAPACITY)
                {count21++;      a1r11++;
                s2=expntl(service_time);
                AP2.reserve();
                c1_mu_ap2++;   ap2_c1_11++;
                hold(s2);
                AP2.release();
                c1_mu_ap2--;    ap2_c1_11--;}
            else
                {d2c1++;}
            if(simtime() >= Max_simtime)
                {ISDONE=0;    done.set();}
        fprintf      (fp2c1d,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
                     simtime(),ap2_c1_11,ap2_c1_5,ap2_c1_2,ap2_c1_1);
        fprintf      (fpd1,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
                     simtime(),c1,c2,count11,count12,count21,count22,d1c1,d1c2,d2c1,d2c2);
        fprintf      (fpc,"%10.2lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n",
                     simtime(),c1_mu_ap1,c2_be_ap1,c1_mu_ap2,c2_be_ap2,Neq1,Neq2);
        fprintf      (fpr,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t
                     %d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),a1r11,a1r5,a1r2,a1r1,a2r11,a2r5,a2r2,a2r1,
                     c1r11,c1r5,c1r2,c1r1,c2r11,c2r5,c2r2,c2r1);}

        void serviceAP2c1_5()
            {double s2;       create("AP2");   c1r5++;     c2++;
            Num_user_AP2 = AP2.num_busy();
```

```
        Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
        if (Neq2+Wmu<=CAPACITY)
                {count21++;      a1r5++;
                s2=expntl(service_time);
                AP2.reserve();
                c1_mu_ap2++;   ap2_c1_5++;
                hold(s2);
                AP2.release();
                c1_mu_ap2--;     ap2_c1_5--;}
        else
                {d2c1++;}
        if(simtime() >= Max_simtime)
                {ISDONE=0;     done.set();}
fprintf     (fp2c1d,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
                simtime(),ap2_c1_11,ap2_c1_5,ap2_c1_2,ap2_c1_1);
fprintf     (fpd1,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
                simtime(),c1,c2,count11,count12,count21,count22,d1c1,d1c2,d2c1,d2c2);
fprintf     (fpc,"%10.2lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n",
                simtime(),c1_mu_ap1,c2_be_ap1,c1_mu_ap2,c2_be_ap2,Neq1,Neq2);
fprintf     (fpr,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t
                %d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),a1r11,a1r5,a1r2,a1r1,a2r11,a2r5,a2r2,a2r1,
                c1r11,c1r5,c1r2,c1r1,c2r11,c2r5,c2r2,c2r1);}


void serviceAP2c1_2()
        {double s2;        create("AP2");   c1r2++;     c2++;
        Num_user_AP2 = AP2.num_busy();
        Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
        if (Neq2+Wmu<=CAPACITY)
                {count21++;      a1r2++;
                s2=expntl(service_time);
```

```
                AP2.reserve();
                c1_mu_ap2++;   ap2_c1_2++;
                hold(s2);
                AP2.release();
                c1_mu_ap2--;    ap2_c1_2--;}
        else
                {d2c1++;}
        if(simtime() >= Max_simtime)
                {ISDONE=0;     done.set();}
fprintf     (fp2c1d,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
                simtime(),ap2_c1_11,ap2_c1_5,ap2_c1_2,ap2_c1_1);
fprintf     (fpd1,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
                simtime(),c1,c2,count11,count12,count21,count22,d1c1,d1c2,d2c1,d2c2);
fprintf     (fpc,"%10.2lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n",
                simtime(),c1_mu_ap1,c2_be_ap1,c1_mu_ap2,c2_be_ap2,Neq1,Neq2);
fprintf     (fpr,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t
                %d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),a1r11,a1r5,a1r2,a1r1,a2r11,a2r5,a2r2,a2r1,
                c1r11,c1r5,c1r2,c1r1,c2r11,c2r5,c2r2,c2r1);}

void serviceAP2c1_1()
        {double s2;        create("AP2");   c1r1++;     c2++;
        Num_user_AP2 = AP2.num_busy();
        Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
        if (Neq2+Wmu<=CAPACITY)
                {count21++;      a1r1++;
                s2=expntl(service_time);
                AP2.reserve();
                c1_mu_ap2++;   ap2_c1_1++;
                hold(s2);
                AP2.release();
```

```
                c1_mu_ap2--;    ap2_c1_1--;}
            else
                {d2c1++;}
            if(simtime() >= Max_simtime)
                {ISDONE=0;    done.set();}
        fprintf     (fp2c1d,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
                simtime(),ap2_c1_11,ap2_c1_5,ap2_c1_2,ap2_c1_1);
        fprintf     (fpd1,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
                simtime(),c1,c2,count11,count12,count21,count22,d1c1,d1c2,d2c1,d2c2);
        fprintf     (fpc,"%10.2lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n",
                simtime(),c1_mu_ap1,c2_be_ap1,c1_mu_ap2,c2_be_ap2,Neq1,Neq2);
        fprintf     (fpr,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t
                %d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),a1r11,a1r5,a1r2,a1r1,a2r11,a2r5,a2r2,a2r1,
                c1r11,c1r5,c1r2,c1r1,c2r11,c2r5,c2r2,c2r1);}
/*service AP2 c2*/
        void serviceAP2c2_11()
            {double s2;     create("AP2");  c2r11++;  c2++;
            Num_user_AP2 = AP2.num_busy();
            Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
            if (Neq2+Wbe<=CAPACITY)
                {count22++;     a2r11++;
                s2=expntl(service_time);
                AP2.reserve();
                c2_be_ap2++;    ap2_c2_11++;
                hold(s2);
                AP2.release();
                c2_be_ap2--;    ap2_c2_11--;}
            else
                {d2c2++;}
            if(simtime() >= Max_simtime)
```

```
            {ISDONE=0;     done.set();}
fprintf     (fp2c2d,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
            simtime(),ap2_c2_11,ap2_c2_5,ap2_c2_2,ap2_c2_1);
fprintf     (fpd1,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
            simtime(),c1,c2,count11,count12,count21,count22,d1c1,d1c2,d2c1,d2c2);
fprintf     (fpc,"%10.2lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n",
            simtime(),c1_mu_ap1,c2_be_ap1,c1_mu_ap2,c2_be_ap2,Neq1,Neq2);
fprintf     (fpr,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t
            %d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),a1r11,a1r5,a1r2,a1r1,a2r11,a2r5,a2r2,a2r1,
            c1r11,c1r5,c1r2,c1r1,c2r11,c2r5,c2r2,c2r1);}

void serviceAP2c2_5()
        {double s2;        create("AP2");   c2r5++;     c2++;
        Num_user_AP2 = AP2.num_busy();
        Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
        if (Neq2+Wbe<=CAPACITY)
                {count22++;      a2r5++;
                s2=expntl(service_time);
                AP2.reserve();
                c2_be_ap2++;    ap2_c2_5++;
                hold(s2);
                AP2.release();
                c2_be_ap2--;      ap2_c2_5--;}
        else
                {d2c2++;}
        if(simtime() >= Max_simtime)
                {ISDONE=0;     done.set();}
fprintf     (fp2c2d,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
            simtime(),ap2_c2_11,ap2_c2_5,ap2_c2_2,ap2_c2_1);
fprintf     (fpd1,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
```

```
            simtime(),c1,c2,count11,count12,count21,count22,d1c1,d1c2,d2c1,d2c2);
fprintf     (fpc,"%10.2lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n",
            simtime(),c1_mu_ap1,c2_be_ap1,c1_mu_ap2,c2_be_ap2,Neq1,Neq2);
fprintf     (fpr,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t
            %d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),a1r11,a1r5,a1r2,a1r1,a2r11,a2r5,a2r2,a2r1,
            c1r11,c1r5,c1r2,c1r1,c2r11,c2r5,c2r2,c2r1);}

void serviceAP2c2_2()
      {double s2;       create("AP2");   c2r2++;     c2++;
      Num_user_AP2 = AP2.num_busy();
      Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
      if (Neq2+Wbe<=CAPACITY)
            {count22++;      a2r2++;
            s2=expntl(service_time);
            AP2.reserve();
            c2_be_ap2++;    ap2_c2_2++;
            hold(s2);
            AP2.release();
            c2_be_ap2--;      ap2_c2_2--;}
      else
            {d2c2++;}
      if(simtime() >= Max_simtime)
            {ISDONE=0;     done.set();}
fprintf     (fp2c2d,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
            simtime(),ap2_c2_11,ap2_c2_5,ap2_c2_2,ap2_c2_1);
fprintf     (fpd1,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
            simtime(),c1,c2,count11,count12,count21,count22,d1c1,d1c2,d2c1,d2c2);
fprintf     (fpc,"%10.2lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n",
            simtime(),c1_mu_ap1,c2_be_ap1,c1_mu_ap2,c2_be_ap2,Neq1,Neq2);
fprintf     (fpr,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t
```

```
            %d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),a1r11,a1r5,a1r2,a1r1,a2r11,a2r5,a2r2,a2r1,
            c1r11,c1r5,c1r2,c1r1,c2r11,c2r5,c2r2,c2r1);}


void serviceAP2c2_1()
      {double s2;       create("AP2");   c2r1++;     c2++;
      Num_user_AP2 = AP2.num_busy();
      Neq2=((c1_mu_ap2*Wmu)+c2_be_ap2);
      if (Neq2+Wbe<=CAPACITY)
            {count22++;      a2r1++;
            s2=expntl(service_time);
            AP2.reserve();
            c2_be_ap2++;    ap2_c2_1++;
            hold(s2);
            AP2.release();
            c2_be_ap2--;      ap2_c2_1--;}
      else
            {d2c2++;}
      if(simtime() >= Max_simtime)
            {ISDONE=0;     done.set();}
fprintf     (fp2c2d,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
            simtime(),ap2_c2_11,ap2_c2_5,ap2_c2_2,ap2_c2_1);
fprintf     (fpd1,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\n",
            simtime(),c1,c2,count11,count12,count21,count22,d1c1,d1c2,d2c1,d2c2);
fprintf     (fpc,"%10.2lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n",
            simtime(),c1_mu_ap1,c2_be_ap1,c1_mu_ap2,c2_be_ap2,Neq1,Neq2);
fprintf     (fpr,"%10.2lf\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t
            %d\t%d\t%d\t%d\n",simtime(),a1r11,a1r5,a1r2,a1r1,a2r11,a2r5,a2r2,a2r1,
            c1r11,c1r5,c1r2,c1r1,c2r11,c2r5,c2r2,c2r1);}
```

ภาคผนวก ค

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

อัยริสา จันทร์ทวีทิพย์ และ ชุติมา พรหมมาก (2007). **การวิเคราะห์สมดุลโหลดสำหรับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย IEEE 802.11.** การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ครั้งที่ 1 ปีการศึกษา 2550 วันที่ 1-2 พฤศจิกายน 2550 จังหวัดนครราชสีมา ประเทศไทย

C. Prommak and A. Jantaweetip (2008), **Hybrid Association Control Scheme and Load Balancing in Wireless LANs,** CSCN-2008 WASET, Sep 24-26, 2008, Heidelberg, Germany.

อัยริสา จันทร์ทวีทิพย์ และ ชุติมา พรหมมาก (2008). **การจัดสมดุลโหลดสำหรับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายโดยใช้วิธีการควบคุมการเชื่อมต่อแบบไฮบริด.** การประชุมวิชาการทางไฟฟ้า ครั้งที่ 31 (EECON-31) วันที่ 29-30 ตุลาคม 2551 จังหวัดนครนายก ประเทศไทย

A. Jantaweetip and C. Prommak (2009), **Bandwidth Management for Hybrid Association Control Schemes and Load Balancing inWLANs,** ECTI-CON 2009, May 6-8, 2009, Pattaya, Thailand.

ประวัติผู้เขียน

นางสาวอัยริสา จันทร์ทวีทิพย์ เกิดเมื่อวันที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดนครราชสีมา เริ่มการศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนด่านขุนทด อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ชั้นมัธยมศึกษาที่โรงเรียนอัสสัมชัญนครราชสีมา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จากนั้นได้รับโควต้าจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีให้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี ในสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ เมื่อสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2548 ได้เข้าทำงานที่สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในตำแหน่งผู้ช่วยสอนและวิจัย ขณะนั้นได้มีความสนใจที่จะศึกษาต่อในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จึงได้ลาออกในปี พ.ศ. 2549 เพื่อสมัคร เข้าศึกษาในสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี สุรนารี ขณะกำลังศึกษาในระดับมหาบัณฑิต ได้ทำงานเป็นผู้สอนประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมจำนวน 2 รายวิชา ได้แก่ วิชาปฏิบัติการโทรคมนาคม 1 และ วิชาปฏิบัติการโทรคมนาคม 2 ตลอดระยะเวลาการศึกษา และระหว่างศึกษาได้มีผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์เผยแพร่เกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายอย่างต่อเนื่อง