การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบริหารจัดการเครือข่ายแลนไร้สาย กรณีศึกษา สำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี

นายอุดร พันกระจัด

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
เขนงวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2558

Performance Analysis of Wireless LAN Network Management

Case Study of Udonthani Municipality

Mr. Udon Phankrachad

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

the Degree of Master of Science in Information and Communication Technology

School of Science and Technology

Sukhothai Thammathirat Open University

2015

หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ	การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบริหารจัดการเครือข่ายแลนไร้สาย กรณีศึกษา สำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี
ชื่อและนามสกุล	นายอุดร พันกระจัด
แขนงวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขจิตพรรณ กฤตพลวิมาน

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2559

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขจิตพรรณ กฤตพลวิมาน)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. อำนาจ ขาวเน)

.....
(รองศาสตราจารย์ณัฏฐพร พิมพายน)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบริหารจัดการเครือข่ายแลนไร้สาย
กรณีศึกษา สำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี

ผู้ศึกษา นายอุดร พันกระจัด **รหัสนักศึกษา** 2569600048

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร)
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขจิตพรรณ กฤตพลวิมาน **ปีการศึกษา** 2558

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ 1) เพื่อกำหนดจุดการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายให้มีความเหมาะสมและครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของอาคาร 2) เพื่อกำหนดช่องสัญญาณความถี่ของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย 3) เพื่อวัดคุณภาพสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายของสำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี และ 4) เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย

กระบวนการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Ekahau Heat mapper Wi-Fi Site Survey เพื่อสำรวจพื้นที่ที่ให้บริการของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย โดยการตรวจจุดติดตั้งทุกๆ ชั้นของอาคารที่ทำการสำรวจ โปรแกรม inSSIDer4 เพื่อสำรวจหมายเลขเครือข่ายช่องสัญญาณเครือข่าย การรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกัน และข้อมูลการซ้อนทับของช่องสัญญาณของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย โปรแกรม Acrylic Wi-Fi Professional เพื่อวัดค่าความแรงของสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย โดยวัดจากค่าระดับความเข้มของสัญญาณที่รับได้ ซึ่งเป็นการวัดความแรงหรือความเข้มของสัญญาณที่ส่งออกมาจากอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย และค่าอัตราส่วนการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน และใช้โปรแกรม Net Meter เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย

โดยสรุปการดำเนินการทดลองและพบว่าการติดตั้งระบบเครือข่ายแลนไร้สายต้องมีการวางแผนที่ดี ทั้งในเรื่องตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย และการบริหารจัดการช่องความถี่ของสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาสัญญาณรบกวนกันเองระหว่างอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายที่ติดตั้งอยู่ใกล้กัน ซึ่งการแก้ปัญหาดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบเครือข่ายแลนไร้สาย มีประสิทธิภาพและความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

คำสำคัญ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครือข่าย เครือข่ายแลนไร้สาย การบริหารจัดการเครือข่าย

Independent Study title: Performance Analysis of Wireless LAN Network Management: Case Study of Udonthani Municipality
Author: Mr. Udon Phankrachad; **ID:** 2569600048;
Degree: Master of Science (Information and Communication Technology);
Independent Study advisors: Dr. Khajitpan Kritpolviman, Assistant Professor;
Academic year: 2015

Abstract

The objectives of this research were 1) to determine the set up positions of WLAN access points appropriately with covering all areas of the building; 2) to define the frequency channels of WLAN access points; 3) to measure the WLAN signal quality of Udonthani Municipality; and 4) to monitor the performance of data transfer via WLAN.

The research methodology was applying the software as follows: Ekahau Heat mapper Wi-Fi Site Survey to explore the WLAN APs coverage areas by measuring all APs installed on each floor of the survey building; InSSIDer4 program to explore the network number, network channel, network co-channel interference and the overlapping access points; Acrylic Wi-Fi professional program to measure the WLAN signal strength as measured by the received signal strength indicator (RSSI) and the signal-to-noise ratio (SNR); and Net Meter program to measure the WLAN data transmission performance.

In conclusion the study conducted the experiments and found that the installation of WLAN need to be reasonably planned for the WLAN access points positions, and WLAN channel allocation management. This was in order to avoid channel interference between adjacent WLAN channels. This solution for this problem could remarkably improve the WLAN performance and data transmission speeds.

Keywords: Network performance analysis, Wireless local area network, Network management

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยได้รับความกรุณาจากท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขจิตพรรณ กฤตพลวิมาน อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยที่ได้ช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในการดำเนินงานและแนะแนวทางในการศึกษาจนทำให้งานวิจัยการค้นคว้าอิสระฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ และได้รับทุนอุดหนุนในการทำการศึกษาค้นคว้าอิสระ จากสำนักบัณฑิตศึกษา ประจำภาคปลาย ปีการศึกษา 2558 ผู้จัดทำจึงขอ กราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ และบุคคลต่างๆ ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และแนวคิดในด้านต่างๆ ทำให้ผู้จัดทำสามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการทำงานวิจัยฉบับนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุดท้ายนี้ กราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ซึ่งได้ให้กำลังใจในการทำงานแก่ผู้จัดทำเสมอมา

อุดร พันกระจัด

สิงหาคม 2559

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

2. วัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบริหารจัดการเครือข่ายแลนไร้สายของสำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี 5

3. ขอบเขตของการวิจัยเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบริหารจัดการเครือข่ายแลนไร้สายของสำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี 5

4. นิยามศัพท์เฉพาะ 6

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง **9**

1. บทนำ 9

2. ประวัติเครือข่ายแลนไร้สาย 10

3. มาตรฐาน IEEE 802.11 12

4. การรับส่งสัญญาณโดยใช้คลื่นวิทยุ 14

5. คุณสมบัติที่ควรรู้ของคลื่นวิทยุ 15

6. สัญญาณรบกวน 20

7. เทคโนโลยีเครือข่ายแลนไร้สาย 21

8. โหมดการทำงานเครือข่ายแลนไร้สาย 22

9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 26

1. การศึกษาสภาพแวดล้อมเครือข่ายแลนไร้สาย 26

2. เครื่องมือที่ใช้สำหรับทำการวิจัย 32

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล 33

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ข้อมูล 41
1. ผลการสำรวจพื้นที่ที่ให้บริการ 41
2. ผลการตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกัน 43
3. ผลการวัดคุณภาพสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย 46
4. ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย 49
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 60
1. สรุปการวิจัย 60
2. ปัญหาและอุปสรรค 71
3. แนวทางการแก้ไขปัญหา 71
บรรณานุกรม 73
ภาคผนวก 74
ก ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรมที่ใช้สำหรับงานวิจัย 75
ข ภาพผลการทดลองวิจัย 91
ค ศูนย์บริการประชาชน ชั้น G อาคารอัจฉริยะ 137
ประวัติผู้ศึกษา 140

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงอัตราการลดทอนระหว่าง ย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ กับ 5 กิกะเฮิรตซ์ 18
ตารางที่ 2.2 อัตราการลดทอนสัญญาณรบกวน ย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ กับ 5 กิกะเฮิรตซ์ 19
ตารางที่ 3.1 จุดติดตั้ง Access Point อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 28
ตารางที่ 3.2 จุดติดตั้ง Access Point อาคารอัจฉริยะ 30
ตารางที่ 4.1 สรุปผลการสำรวจพื้นที่ที่ให้บริการเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 41
ตารางที่ 4.2 สรุปผลการตรวจวัดสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G – ชั้น 3 อาคารอัจฉริยะ 43
ตารางที่ 4.3 สรุปผลการตรวจวัดการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของช่องสัญญาณใกล้เคียง อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 45
ตารางที่ 4.4 สรุปผลการตรวจวัดการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของช่องสัญญาณใกล้เคียง อาคารอัจฉริยะ 44
ตารางที่ 4.5 สรุปผลการตรวจวัดค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 47
ตารางที่ 4.6 ตารางเปรียบเทียบค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 49
ตารางที่ 4.7 ตารางเปรียบเทียบค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน อาคารอัจฉริยะ 49
ตารางที่ 4.8 สรุปผลการตรวจสอบความเร็วการอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 52
ตารางที่ 4.9 สรุปผลความเร็วการอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย อาคารอัจฉริยะ 55
ตารางที่ 4.10 สรุปผลความเร็วการอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สายในระยะต่างๆ 59
ตารางที่ 5.1 การกำหนดช่องสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายใหม่ อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 64
ตารางที่ 5.2 สรุปผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบเครือข่ายแลนไร้สายด้านต่างๆ ระหว่างอาคารเฉลิมพระเกียรติฯกับอาคารอัจฉริยะ 70

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 การจัดการเรื่องราวร้องทุกข์ ภายใต้ชื่อ “สายด่วนนครอุดรธานี 1132” 2
ภาพที่ 1.2 ระบบบริการประชาชนด้วยระบบคำร้องอิเล็กทรอนิกส์ ภายในศูนย์บริการประชาชน 2
ภาพที่ 2.1 แผนผังมาตรฐาน IEEE 802.11 11
ภาพที่ 2.2 กราฟแสดงความเข้มสัญญาณกับระยะทาง 16
ภาพที่ 3.1 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯและอาคารอัจฉริยะ 27
ภาพที่ 3.2 ภาพรวมระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร 27
ภาพที่ 3.3 ขนาดพื้นที่อาคารเฉลิมพระเกียรติพัชรกิติยาภา 30
ภาพที่ 3.4 ขนาดพื้นที่อาคารอัจฉริยะ 30
ภาพที่ 3.5 การตรวจวัดสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 33
ภาพที่ 3.6 การตรวจวัดสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย อาคารอัจฉริยะ 34
ภาพที่ 3.7 การรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกัน และข้อมูลการทับซ้อนของช่องสัญญาณใกล้เคียง อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 35
ภาพที่ 3.8 การตรวจวัดค่าความแรงของสัญญาณ (RSSI) และค่าอัตราส่วนการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR) ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 36
ภาพที่ 3.9 การดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 37
ภาพที่ 3.10 การอัพโหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 38
ภาพที่ 3.11 การดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารอัจฉริยะ 39
ภาพที่ 3.12 การอัพโหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารอัจฉริยะ 40
ภาพที่ 4.1 การตรวจวัดสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติ 41
ภาพที่ 4.2 การตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติ 44
ภาพที่ 4.3 การตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันชั้น G อาคารอัจฉริยะ 45
ภาพที่ 4.4 การตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 48
ภาพที่ 4.5 การตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย อาคารอัจฉริยะ 48

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.6 การดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 50
ภาพที่ 4.7 การอัพโหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 51
ภาพที่ 4.8 การดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น 3 อาคารอัจฉริยะ 53
ภาพที่ 4.9 การอัพโหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น 3 อาคารอัจฉริยะ 54
ภาพที่ 4.10 บริเวณชั้น 3 อาคารอัจฉริยะที่ยังไม่มีการติดตั้ง AP 56
ภาพที่ 4.11 บริเวณชั้น 3 อาคารอัจฉริยะที่มีการติดตั้ง AP เพิ่มเติม 56
ภาพที่ 4.12 การถ่ายโอนข้อมูลระยะทาง 1 เมตรก่อนการติดตั้ง AP เพิ่มเติม 57
ภาพที่ 4.13 การถ่ายโอนข้อมูลระยะทาง 1 เมตรหลังการติดตั้ง AP เพิ่มเติม 58
ภาพที่ 5.1 การกำหนดจุดติดตั้งเพิ่มเติม ชั้น 3 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 61
ภาพที่ 5.2 การกำหนดจุดติดตั้งเพิ่มเติม ชั้น G อาคารอัจฉริยะ 61
ภาพที่ 5.3 การกำหนดจุดติดตั้งเพิ่มเติม ชั้น 1 อาคารอัจฉริยะ 62
ภาพที่ 5.4 การกำหนดจุดติดตั้งเพิ่มเติม ชั้น 2 อาคารอัจฉริยะ 62
ภาพที่ 5.5 การกำหนดจุดติดตั้งเพิ่มเติม ชั้น 3 อาคารอัจฉริยะ 63
ภาพที่ 5.6 เปรียบเทียบค่าความเข้มของสัญญาณ อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 65
ภาพที่ 5.7 เปรียบเทียบค่าความเข้มของสัญญาณ อาคารอัจฉริยะ 66
ภาพที่ 5.8 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 66
ภาพที่ 5.9 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน อาคารอัจฉริยะ 67
ภาพที่ 5.10 กราฟเปรียบเทียบความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย ระหว่างอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ และอาคารอัจฉริยะ 68
ภาพที่ 5.11 เปรียบเทียบการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ก่อนและหลังการปรับปรุง อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 69
ภาพที่ 5.12 เปรียบเทียบการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ก่อนและหลังการปรับปรุง อาคารอัจฉริยะ 69

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เทศบาลนครอุดรธานี เป็นหน่วยงานการปกครองส่วนท้องถิ่น ที่จัดตั้งขึ้นเพื่อให้บริการประชาชน ภายในเขตเทศบาล จังหวัดอุดรธานี โดยได้ทำการติดตั้งระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการองค์กรและสนับสนุนการปฏิบัติงาน ประกอบด้วย

1.1 ระบบบริหารงานงบประมาณ เช่น โปรแกรมการจัดทำแผนและงบประมาณ การบริหารและการควบคุมงบประมาณ การวิเคราะห์และติดตามการใช้งบประมาณ

1.2 ระบบบริหารงานคลังอิเล็กทรอนิกส์ เช่น โปรแกรมการบริหารงานจัดซื้อจัดจ้าง สินทรัพย์ต่างๆ บัญชีการเงิน ลูกหนี้ เจ้าหนี้ การบริหารรายรับรายจ่ายของเทศบาล เป็นต้น

1.3 ระบบบริหารงานทรัพยากรบุคคล เช่น โปรแกรมบริหารงานทะเบียนประวัติบุคลากร แผนกำลังคน เงินเดือนค่าจ้างของบุคลากร การประเมินผลการปฏิบัติงาน สิทธิประโยชน์ต่างๆ ของบุคลกร เป็นต้น

1.4 ระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานบริการส่วนหน้า เช่น โปรแกรมบริหารจัดการคำร้องอิเล็กทรอนิกส์ โปรแกรมการชำระภาษีแบบเบ็ดเสร็จ

1.5 ระบบบริหารจัดการสถานศึกษา เช่น โปรแกรมบริหารงานทะเบียนสถานศึกษา ระบบบัญชีและงบประมาณของโรงเรียนในสังกัด

1.6 ระบบบริหารจัดการฐานข้อมูลแบบรวมศูนย์กลาง (Central Database Management)

1.7 ระบบการจัดการเรื่องร้องทุกข์ของประชาชน และบริการข้อมูลข่าวสารต่างๆ ภายใต้ชื่อ “สายด่วนนครอุดรธานี 1132” โดยผ่านช่องทางเว็บเพจของเทศบาลฯ โปรแกรม Facebook โปรแกรม Line และเบอร์ Call Center 1132 ดังแสดงใน ภาพที่ 1.1 และภาพที่ 1.2

ภาพที่ 1.1 การจัดการเรื่องราวร้องทุกข์ ภายใต้ชื่อ “สายด่วนนครอุดรธานี 1132” (ปราณี เชื้อหอม, 2558)

ภาพที่ 1.2 ระบบบริการประชาชนด้วยระบบคำร้องอิเล็กทรอนิกส์ ภายในศูนย์บริการประชาชน (ปราณี เชื้อหอม, 2558)

เทศบาลนครอุดรธานี จึงได้นำเอาระบบสารสนเทศเพื่อบริหารจัดการองค์กร และระบบเครือข่ายแลนไร้สาย เข้ามาประยุกต์ใช้กับระบบสารสนเทศที่มีอยู่ เพื่อให้บริการประชาชนที่รวดเร็วและสะดวกยิ่งขึ้น เช่น ระบบสารสนเทศเพื่อการสนับสนุนการปฏิบัติงานบริการส่วนหน้า ซึ่งประกอบด้วย 2 แห่ง คือ ที่สำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี และที่ศูนย์สนามกีฬาจังหวัดอุดรธานี ซึ่งจะให้บริการประชาชนผู้เข้ามาขอรับบริการยื่นคำร้องด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ดังภาพที่ 1.2 ซึ่งมีการใช้งานผ่านระบบเครือข่ายแลน และระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ซึ่งประโยชน์ที่ประชาชนจะได้รับ คือ

1. ประชาชนได้รับความสะดวก รวดเร็ว ถูกต้อง ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล
2. ประชาชนไม่ต้องกรอกข้อมูล เพราะมีเจ้าหน้าที่ของเทศบาลอำนวยความสะดวกกรอกคำร้องขอใช้บริการให้ แล้วข้อมูลจะถูกส่งไป ยังสำนักงานส่วนหลังดำเนินการให้ทันที
3. ฐานข้อมูลบริการจะถูกจัดเก็บไว้เพื่อให้เทศบาลได้ประมวลผล เพื่อปรับปรุงบริการต่างๆ ให้ดีขึ้นมีความพึงพอใจในการบริการมากขึ้น

และอีกระบบที่ได้นำเอาระบบเครือข่ายแลนไร้สายเข้ามาประยุกต์ใช้ คือ ระบบการจัดการเรื่องราวร้องทุกข์ให้กับประชาชน ผ่านช่องทางโซเชียลมีเดีย เช่น โปรแกรมเฟสบุ๊ค โปรแกรมไลน์ ดังแสดงในภาพที่ 1.1 โดยประชาชนสามารถส่งเรื่องราวร้องทุกข์ผ่านทางสื่อเหล่านี้มายังเจ้าหน้าที่ที่ดูแล และผู้บริหารก็ยังสามารถเข้ามาตรวจสอบได้โดยผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ต่างๆ เช่น โน้ตบุ๊ก แท็บเล็ต สมาร์ทโฟน ซึ่งประโยชน์ที่ประชาชนจะได้รับ คือ ปัญหาที่ประชาชนแจ้งเข้ามาได้รับการแก้ไขอย่างทันท่วงที รวดเร็ว ประชาชนรับทราบผลการดำเนินการทันที มีการประสานงานอย่างต่อเนื่อง หน่วยงานผู้รับผิดชอบสามารถเข้าถึงบริเวณที่แจ้งเหตุได้รวดเร็วขึ้น และประชาชนพึงพอใจในการแก้ไขปัญหาอย่างรวดเร็วของเทศบาล เป็นต้น ทางสำนักงานเทศบาลนครอุดรธานีจึงได้มีการว่าจ้างผู้รับเหมาเข้ามาทำการการติดตั้งระบบเครือข่ายแลนไร้สายเพื่ออำนวยความสะดวกแก่เจ้าหน้าที่ที่ให้บริการประชาชน แต่การติดตั้งนั้นไม่ได้คำนึงถึงประสิทธิภาพ การวางแผนการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย (Access Point : AP) ให้ครอบคลุมพื้นที่จุดที่จะให้บริการ และการกำหนดช่องความถี่ของอุปกรณ์ยังไม่มีความเหมาะสม จึงทำให้ระบบเครือข่ายแลนไร้สายเกิดปัญหาในการใช้งาน ระบบไม่เสถียร อุปกรณ์ไม่สามารถเชื่อมต่อระบบเครือข่ายไร้สายได้ การส่งผ่านข้อมูลเกิดความล่าช้า และเกิดปัญหาต่างๆ เช่น

1) ปัญหาในการรับส่งข้อมูลบัตรคิว ที่มีการส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สายไปยังหน้าจอแสดงผล เพื่อให้ประชาชนได้รับรู้ลำดับคิวของตนเอง เกิดความล้าช้าในการส่งข้อมูล
2) การแสดงผลช่องให้บริการไม่ตรงกับบัตรคิวที่ประชาชนได้รับ

3) เมื่อประชาชนมาใช้บริการแล้วเวลากดบัตรคิวแล้วเสียงการแจ้งลำดับบัตรคิวไม่ขึ้นตามบัตรคิว ซึ่งระบบจะส่งผ่านเครือข่ายไร้สายไปยังอุปกรณ์ปลายทาง แล้วแสดงภาพและเสียงให้ประชาชนได้รับทราบ

4) ระบบประเมินความพึงพอใจผ่านอุปกรณ์แท็บเล็ต ซึ่งจะต้องมีการส่งผ่านข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สายมาเก็บยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ เนื่องจากจุดที่ติดตั้งไม่ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ทั้งหมด และจำนวนในการติดตั้งยังไม่เพียงพอต่อการให้บริการ เพราะในจุดนี้มีการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเพียง 2 เครื่องเท่านั้น ซึ่งจำนวนประชาชนที่ใช้บริการสูงสุดประมาณ 80 - 100 คน

5) ห้องประชุมเวสสุวัณ ชั้น 3 อาคารอัจฉริยะ การติดตั้งอุปกรณ์ยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ที่ให้บริการเนื่องจากติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณไว้ที่บริเวณหน้าห้องประชุมและติดตั้งเพียง 1 ตัวการส่งสัญญาณที่ส่งไปไม่ครอบคลุมพื้นที่ภายในบริเวณห้องทั้งหมด

6) จำนวนการให้บริการภายในห้องประชุมเวสสุวัณ ชั้น 3 อาคารอัจฉริยะ ยังไม่เพียงพอต่อบุคคลากรที่มาใช้บริการเนื่องจาก มีการเข้ามาใช้งานสูงสุดต่อครั้ง ประมาณ 80 – 100 คน

นอกจากนี้เทคโนโลยีสารสนเทศ ยังได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นระบบคอมพิวเตอร์ ระบบอินเทอร์เน็ต ระบบเครือข่าย ระบบเครือข่ายแลนไร้สาย คงปฏิเสธไม่ได้ว่าอุปกรณ์สำหรับระบบเครือข่ายไร้สายนั้นแทบจะติดตัวไปตลอดเวลา ก็คือโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งปัจจุบันนี้โทรศัพท์รุ่นใหม่ จะเป็นแบบสมาร์ทโฟน ซึ่งสามารถเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายสำหรับทำธุรกรรมต่างๆ ได้มากมายผ่านทางโปรแกรมประยุกต์ ที่เจ้าของธุรกิจได้สร้างขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้รับบริการ เช่น ระบบของธนาคาร ธุรกรรมการเงินต่างๆ ซึ่งในหน่วยงานเองก็มีการพัฒนาระบบสำหรับให้เจ้าหน้าที่ใช้สำหรับให้บริการประชาชนผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ซึ่งมีการติดตั้งขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกต่อเจ้าหน้าที่ และประชาชนผู้เข้ามาใช้บริการ ดังนั้นระบบที่ติดตั้งขึ้นควรจะมีความเสถียรภาพ สามารถใช้งานได้สะดวก

ผู้วิจัยจึงมองว่าถ้ามีการวางแผนการติดตั้งระบบเครือข่ายแลนไร้สายที่ดี มีการสำรวจจุดสำหรับติดตั้งก่อน ว่าครอบคลุมพื้นที่ที่จะให้บริการ และมีการวัดประสิทธิภาพการรับ – ส่งสัญญาณการถ่านโอนข้อมูล การกำหนดช่องความถี่ให้มีมาตรฐาน ก็จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ให้บริการประชาชนได้เป็นอย่างดี

จากปัญหาดังกล่าวที่พบ ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินงานวิจัยในเรื่องการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครือข่ายแลนไร้สายนี้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในหน่วยงาน และเพื่อจะทำให้ระบบเครือข่ายแลนไร้สายสามารถให้บริการบุคลากรและประชาชนได้อย่างสะดวกและรวดเร็วมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งหาแนวทางและวิธีการแก้ไขให้ถูกต้องและนำมาประยุกต์ใช้สำหรับหน่วยงานต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบริหารจัดการเครือข่ายแลนไร้สายของสำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี

2.1 เพื่อกำหนดจุดติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายให้มีความเหมาะสมและครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ กับอาคารอัจฉริยะ

2.2 เพื่อกำหนดช่องสัญญาณความถี่ของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายให้มีความเหมาะสม

2.3 เพื่อวัดคุณภาพสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายของสำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี

2.4 เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย

3. ขอบเขตของการวิจัยเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบริหารจัดการเครือข่ายแลนไร้สายของสำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี

3.1 การสำรวจตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย (Access Point : AP) ว่ามีความเหมาะสมครอบคลุมพื้นที่การทำงานหรือไม่

3.2 การบริหารจัดการช่องความถี่เพื่อกำหนดจุดการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายให้มีความเหมาะสม

3.3 การวัดคุณภาพสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย โดยการวัดจากค่าระดับความเข้มของสัญญาณที่ส่งออกมาจากอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย

3.4 การตรวจสอบประสิทธิภาพการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย โดยทดลองทำการถ่ายโอนข้อมูลที่มีขนาดความจุ 1 กิกะไบต์ จากไฟล์เซิร์ฟเวอร์ผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ของอาคารที่ทำการทดสอบ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายแลนไร้สายของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ กับอาคารอัจฉริยะ

4. นิยามศัพท์เฉพาะ

4.1 Received Signal Strength Indication (RSSI) คือ การวัดความแรงหรือความเข้มของสัญญาณตัวรับ ซึ่งพลังงานเป็นตัวสำคัญ โดยทั่วไป RSSI เป็นเทคโนโลยีของเครื่องรับวิทยุ ปกติผู้ใช้จะไม่สามารถมองเห็นได้ แต่จะสามารถรู้ได้จากเครือข่าย Wireless ของ IEEE 802.11 (อรรณพ ขันธิกุลและอำนาจ มีมงคล, 2553)

4.2 Signal to Noise Ratio (SNR) คือ การวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนระหว่างสัญญาณหลักต่อสัญญาณรบกวน (อรรณพ ขันธิกุลและอำนาจ มีมงคล, 2553)

4.3 Sub Station Identifiers (SSID) คือ กลุ่มตัวอักขระที่มีขนาดความยาวไม่เกิน 32 ตัวอักษร ใช้เป็นชื่ออ้างอิง Service Set ของเครือข่ายแลนไร้สาย (อรรณพ ขันธิกุลและอำนาจ มีมงคล, 2553)

4.4 Co-Channel Interface คือ สัญญาณรบกวนจากช่องสัญญาณความถี่เดียวกันแต่อยู่ต่างเซล เซลล์แต่ละเซลล์ในระบบเครือข่ายที่ใช้แผนการนำช่องความถี่ที่ตายตัวมาใช้ใหม่นั้น จะถูกจำกัดด้วยจำนวนช่องสัญญาณความถี่ที่ถูกจัดสรรให้ ซึ่งความสามารถในการควบคุมการสื่อสารของแต่ละเซลล์ก็จะถูกจำกัดเช่นกัน เนื่องจากจะต้องหลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวนในช่องความถี่เดียวกันด้วย การนำช่องความถี่ที่ตายตัวมาใช้ใหม่นั้น ไม่มีความยืดหยุ่น ไม่มีมาตรการในการปรับการจัดสรรคลื่นความถี่ในแต่ละเซลล์ให้เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อที่จะรองรับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจะทำให้คุณภาพของเสียงในการสนทนารวมไปถึงประสิทธิภาพในการควบคุม Traffic นั้นต่ำลงมาก (อรรณพ ขันธิกุลและอำนาจ มีมงคล, 2553)

4.5 Access Point (AP) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่คล้าย Hub ของระบบ LAN แบบใช้สาย โดยที่มันจะรับเป็น Buffers และส่งข้อมูลระหว่าง WLAN และโครงสร้างแบบใช้สาย สนับสนุนการใช้งานของอุปกรณ์ไร้สายแบบเป็นกลุ่ม ซึ่งตัว Access Point มันจะเชื่อมต่อกับ Backbone ของโครงข่ายใช้สายผ่านมาตรฐานเคเบิลแบบ Ethernet และสื่อสารกับอุปกรณ์ไร้สายผ่านเสาอากาศรัศมีของการเชื่อมต่อกับ Access Point เรียกเป็น Microcell มีระยะอยู่ที่ 20 เมตรถึง 500 เมตร และ Access Point หนึ่งตัวสนับสนุนผู้ใช้งานได้ 15 ถึง 250 คน

4.6 Wifi Channel คือ ช่องความถี่สัญญาณที่ Access Point ใช้สำหรับรับส่งข้อมูลกับ Wireless Client ที่เชื่อมต่ออยู่ สำหรับจำนวนของช่องความถี่สัญญาณที่คลื่น 2.4 GHz ใช้งานจะขึ้นอยู่กับโซนประเทศ เช่น บางโซนใช้ช่องสัญญาณเครือข่ายได้ตั้งแต่ 1-13 หรือ 1-11 หรือในบางโซนประเทศรองรับถึง 1-14 เช่นประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น

4.7 MAC Address คือ ชุดเลขฐาน 16 จำนวน 12 ตัว ซึ่งเป็นตัวเลขที่จะไม่มีเปลี่ยนแปลง จะเปรียบเทียบให้เห็นภาพก็เหมือนกับเลขบัตรประชาชน คนไทยหนึ่งคนจะมีเลขบัตรประชาชนที่เป็นของตัวเองตั้งแต่เกิดมา เหมือนกัน MAC Address ก็จะมีอยู่ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตได้ ซึ่งจะไม่ซ้ำกันโดยเลข MAC Address นั้นทางโรงงานผู้ผลิตอุปกรณ์นั้นๆ จะเป็นคนตั้งค่ามาอยู่แล้วและ MAC Address ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้นั่นเอง

4.8 Co-Channel Interface คือ สัญญาณรบกวนจากช่องสัญญาณความถี่เดียวกันแต่อยู่ต่างช่องสัญญาณ ซึ่งแต่ละช่องสัญญาณในระบบเครือข่ายที่ใช้แผนการนำช่องความถี่ที่ตายตัวมาใช้ใหม่นั้น จะถูกจำกัดด้วยจำนวนช่องสัญญาณความถี่ที่ถูกจัดสรรให้แบนด์วิธแคบ ซึ่งความสามารถในการควบคุมการสื่อสารของแต่ละเซลล์ก็จะถูกจำกัดเช่นกัน เนื่องจากจะต้องหลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวนใน Co-channel ด้วย การนำช่องความถี่ที่ตายตัวมาใช้ใหม่นั้น ไม่มีความยืดหยุ่น ไม่มีมาตรการในการปรับการจัดสรรคลื่นความถี่ในแต่ละเซลล์ให้เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อที่จะรองรับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจะทำให้คุณภาพของเสียงในการสนทนารวมไปถึงประสิทธิภาพในการควบคุม Traffic นั้นต่ำลงมาก

4.9 Overlapping Aps คือ ช่องสัญญาณทับซ้อน หรือ ชนกัน เกิดจากการที่ มี Access Point มากกว่า 1 เครื่อง ติดตั้งใกล้ๆ กัน หรืออยู่ในบริเวณที่สัญญาณกระจายถึงกันและ Access Point เหล่านั้น มีการตั้งค่าหรือใช้ช่องความถี่สัญญาณใกล้ๆ กัน เช่น AP เครื่องที่ 1 ใช้ช่องสัญญาณ 1 และ AP เครื่องที่ 2 ใช้ช่องสัญญาณ 3 เป็นต้น ซึ่งจากในรูปตัวอย่าง จะเห็นว่าช่องสัญญาณที่ 1 กับช่องสัญญาณที่ 3 จะมีส่วนที่ทับซ้อนกัน ดังนั้น ถ้า AP ตัวแรกใช้ช่องสัญญาณที่ 1 ก็ต้องปรับเปลี่ยน AP ตัวที่ 2 ให้ใช้ ช่องสัญญาณที่ 6 เป็นต้น ซึ่งการจัดระเบียบการใช้ช่องความถี่สัญญาณ ถือว่ามีความจำเป็นมาก สำหรับการติดตั้ง AP ในบริเวณที่มีการใช้งานหนาแน่น

4.10 Wired Equivalency Privacy (WEP) คือ การป้องกันข้อมูลที่สื่อสารกันระหว่างเครือข่ายแลนไร้สาย ซึ่งจะไม่มีการเข้ารหัสข้อมูลหรือที่เรียกว่า Plain Text Message หรือ Clear Text ทำให้ผู้บุกรุกสามารถโจรกรรมข้อมูลที่กำลังสื่อสารกันได้

4.11 Wi-Fi Protected Access (WPA) คือ มาตรฐานความปลอดภัยข้อมูลที่พัฒนาขึ้นมาโดยองค์กร Wi-Fi Alliance (WECA) เพื่อแก้ไขจุดอ่อนของ WEP ในเรื่องการเข้ารหัสข้อมูล

4.12 โปรโตคอล EAP คือ โปรโตคอลที่ให้บริการจัดการดูแลการพิสูจน์สิทธิ์ระหว่าง Wireless Access Point กับ Client

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

5.1 สามารถกำหนดจุดติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ กับอาคารอัจฉริยะ

5.2 สามารถกำหนดช่องสัญญาณความถี่ของ Access Point ให้มีความเหมาะสามและไม่ทับซ้อนในช่องสัญญาณความถี่เดียวกัน

5.3 สามารถวัดคุณภาพสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายของสำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี

5.4 สามารถตรวจสอบประสิทธิภาพการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สายของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ กับอาคารอัจฉริยะ

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีเครือข่ายแลนไร้สายได้เข้ามามีบทบาทอยู่ในชีวิตประจำวันมากขึ้น ด้วยการเติบโตของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และความต้องการที่จะติดต่อสื่อสารกันได้ทุกที่ทุกเวลา จึงมีผู้พัฒนาเทคโนโลยีเครือข่ายแลนไร้สายขึ้นมา เพื่อรับส่งข้อมูลในรูปแบบต่างๆ อย่างมากมาย ซึ่งแต่ละประเภทก็เหมาะสำหรับงานที่แตกต่างกัน เช่น เครือข่ายบลูทูธ เหมาะสำหรับการติดต่อสื่อสารในระยะใกล้ๆ โดยไม่ต้องการความเร็วมาก ต่างจากเครือข่ายแลนไร้สายอื่นๆ ที่ออกแบบมาเพื่อการรับส่งข้อมูลในปริมาณมากๆ หรือเครือข่ายโทรศัพท์มือถือยุคที่ 2 และยุคที่ 3 ก็ถูกออกแบบมาเพื่อรับส่งข้อมูลได้ในระยะทางไกลๆ ได้ดีกว่าแบบอื่น หรือจะเป็นเครือข่ายไวแม็ก ที่ถูกออกแบบมาให้เป็นเครือข่ายอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงแบบไร้สาย ที่สามารถจะส่งข้อมูลได้ไกลและมีความเร็วสูง

เหตุผลที่เลือกใช้ระบบเครือข่ายแลนไร้สายนั้น เป็นเพราะว่าสามารถสร้างเครือข่ายแลนไร้สายที่ใช้งานส่วนตัว โดยไม่ต้องขออนุญาตกับหน่วยงานราชการ การจะเปิดให้บริการโทรศัพท์มือถือนั้น จะต้องมีการขอสัมปทานจากทางภาครัฐเพื่อขอคลื่นความถี่มาใช้งาน ซึ่งก็ต้องจ่ายผลตอบแทนให้กับทางภาครัฐ สำหรับการประยุกต์การใช้งานเครือข่ายแลนไร้สายทำได้มากกว่า และยังสามารถสร้างความสะดวกในการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์โน้ตบุ๊กหรือแท็บเล็ต ไปมาภายในบริเวณที่มีสัญญาณของเครือข่ายแลนไร้สายโดยที่ยังสามารถเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายหลักได้ เช่น อาคารใหม่ๆ มักอาจไม่ต้องการให้มีการติดตั้งและเดินสายเคเบิลภายในตัวอาคารเพื่อความสวยงาม ดังนั้นในการสร้างระบบเครือข่าย อาจจะต้องมีการนำเทคโนโลยีเครือข่ายแลนไร้สาย มาใช้งานในบางบริเวณภายในอาคาร สายเคเบิลอาจมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถลากสายไปถึงจุดๆ นั้นได้ การเชื่อมต่อระบบเครือข่ายระหว่างอาคาร 2 แห่ง อาจนำเทคโนโลยี เครือข่ายแลนไร้สายมาประยุกต์ใช้ได้ โดยไม่จำเป็นต้องมีการติดตั้งสายไฟเบอร์ออฟติก เพื่อเชื่อมต่อกันระหว่าง 2 อาคาร ในกรณีที่ระยะห่างระหว่างอาคารทั้ง 2 นั้นห่างกันไม่มากนัก และสามารถนำมาใช้ในการสร้างระบบเครือข่ายแบบชั่วคราว เพื่อใช้ในการอบรม จัดงานแสดงผลงาน เช่น นิทรรศการ หรืองานแสดงสินค้าต่างๆ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานสำหรับภายในอาคารที่พักอาศัย เช่น โรงแรม, คอนโดมิเนียม, หรือตามบ้านพักตากอากาศต่างๆ โดยที่พักเหล่านี้สามารถติดตั้งเครือข่าย

แลนไร้สาย เพื่อไว้เป็นบริการเสริมให้กับลูกค้าที่มาพักอาศัย ซึ่งอาจจะมีการเก็บค่าบริการหรือค่าในการใช้งานระบบอินเทอร์เน็ตผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สายได้ ทำให้ผู้ที่มาพักอาศัยสามารถใช้งานระบบอินเทอร์เน็ตได้

สำหรับข้อดีของเทคโนโลยีเครือข่ายแลนไร้สาย มีดังนี้

1) ผู้ใช้งานเครือข่ายแลนไร้สาย นั้นสามารถที่จะเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบเครือข่ายขององค์กรได้ในทุกที่ ทุกเวลา ภายในพื้นที่ที่สัญญาณของระบบเครือข่ายแลนไร้สายนั้นครอบคลุม

2) การใช้งานระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ค่อนข้างง่ายและสะดวกรวดเร็ว เพราะว่าเทคโนโลยี เครือข่ายแลนไร้สาย นั้นเป็นเทคโนโลยีที่สามารถใช้งานได้ในลักษณะปลั๊กแอนด์เพลย์ โดยไม่จำเป็นต้องมีการติดตั้งสายเคเบิลให้เกิดความยุ่งยากและวุ่นวาย

3) เทคโนโลยีเครือข่ายแลนไร้สาย นั้นสามารถส่งสัญญาณ เพื่อให้บริการในการเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบเครือข่ายได้ในบริเวณที่ยากแก่การติดตั้งและเดินสายเคเบิล รวมถึงบริเวณที่ไม่สามารถติดตั้งสายเคเบิลได้ด้วย

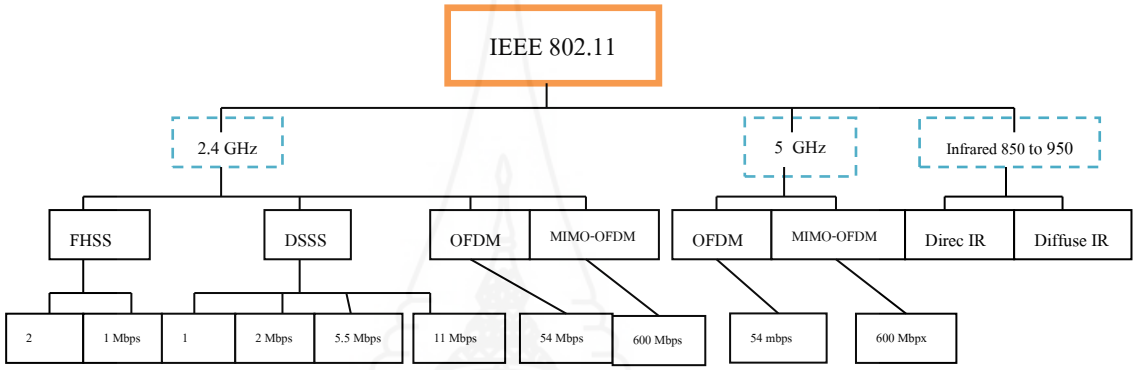
4) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งใช้งานเทคโนโลยีเครือข่ายแลนไร้สาย นั้นจะค่อนข้างสูงในขั้นแรก แต่ถ้านับรวมค่าใช้จ่ายในการติดตั้งใช้งานทั้งระบบ ค่าบำรุงรักษา อายุการใช้งานของอุปกรณ์ รวมถึงค่าใช้จ่ายในกรณีต้องการขยายจำนวนของผู้ใช้งานในอนาคตแล้วนั้น จะถือว่าเครือข่ายแลนไร้สายเป็นเทคโนโลยีที่ไม่แพงเลย

2. ประวัติเครือข่ายแลนไร้สาย

อรรณพ ขันธิกุลและอำนาจ มีมงคล (2553) ได้กล่าวถึงประวัติเครือข่ายแลนไร้สายไว้ดังนี้ ประวัติของเครือข่ายแลนไร้สายมีการพัฒนาหรือก่อตั้งเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1980 โดยการกำหนดใช้ย่านความถี่ 900 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นย่านความถี่เดียวกันกับคลื่นโทรศัพท์แบบเซลลูลาร์ ทำให้มีความสะดวกและประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง แต่ก็เป็นที่น่าเสียดายมากที่ย่านความถี่ 900 เมกะเฮิรตซ์ นี้ไม่สามารถผลิตมาเพื่อจำหน่ายได้อย่างกว้างขวางเนื่องจากในบางประเทศได้กำหนดให้ย่านความถี่นี้ เป็นย่านความถี่สำหรับระบบโทรศัพท์มือถือไปแล้ว จึงทำให้ย่านความถี่นี้ไม่เป็นที่นิยมสำหรับบางประเทศ

ในช่วงยุคปลายของปี ค.ศ. 1990 นั้น จึงได้มีการพัฒนาระบบเครือข่ายแลนไร้สายในย่านความถี่ใหม่ คือ ย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ขึ้นมาเพื่อทดแทนย่านความถี่ 900 เมกะเฮิรตซ์ เดิม เนื่องจากไม่ได้รับความนิยม แต่ย่านความถี่ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่นี้เป็นย่านความถี่ที่สูงมาก ทำให้การพัฒนาเครื่องรับและเครื่องส่งสัญญาณได้ยาก จึงทำให้ไม่ได้รับความนิยมเท่าที่ควร ซึ่งในหลายๆ

ประเทศก็ยังไม่มีการจัดสรรคลื่นความถี่นี้ไปให้ประชาชนได้ใช้งาน ทำให้ผู้พัฒนาและผลิตอุปกรณ์สำหรับย่านความถี่นี้มองเห็นโอกาสเติบโตทางธุรกิจ เพราะยังไม่มีการผลิตอย่างแพร่หลาย จึงได้ผลิตอุปกรณ์เพื่อจำหน่าย ในต่อมาในปี ค.ศ. 1992 องค์กรที่มีชื่อว่า IEEE จึงได้เข้ามาทำหน้าที่เป็นคนกลาง ในการกำหนดมาตรฐานให้แต่ละบริษัททำการผลิตอุปกรณ์เพื่อให้ประชาชนได้ใช้งาน ให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งหมด เพื่อให้ใช้งานได้กับระบบเครือข่ายแลนไร้สายในย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ที่จะผลิตออกมา รายละเอียดมาตรฐาน IEEE ตามภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แผนผังมาตรฐาน IEEE 802.11

จากภาพที่ 2.1 คือแผนภาพแสดงลำดับการเชื่อมต่อของมาตรฐาน IEEE 802.11 ซึ่งใช้การส่งสัญญาณแบบคลื่นวิทยุที่ความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ ISM (Industrial, Scientific and Medical) band สามารถส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราความเร็วค่อนข้างต่ำ คือ 1 และ 2 เมกะบิตต่อวินาที เท่านั้น โดยใช้เทคนิคการส่งสัญญาณหลักอยู่ 4 รูปแบบ คือ Direct Sequent Spread Spectrum (DSSS), Frequency Hopping Spread Spectrum(FHSS), Orthogonal frequency division multiplex (OFDM), Multiple-input, Multiple-output (MIMO) ซึ่งถูกคิดค้นมาจากหน่วยงานทหารการส่งสัญญาณทั้ง 4 รูปแบบจะ ใช้ความกว้างของช่องสัญญาณ ที่มากกว่าการส่งสัญญาณแบบ narrow band แต่ทำให้สัญญาณมี ความแรงมากกว่าซึ่งง่ายต่อการตรวจจับมากกว่าแบบ narrow band

3. มาตรฐาน IEEE 802.11

จตุชัย แพงจันทร์ (2555) ได้อธิบายเรื่องมาตรฐาน IEEE 802.11 ไว้ว่า มาตรฐานเครือข่ายระบบแลนไร้สายที่ใช้งานกันนั้น ส่วนใหญ่แล้วได้ถูกพัฒนาขึ้นมาตามมาตรฐาน 802.11 เพราะมีสาเหตุเนื่องมาจากมาตรฐานเหล่านี้ได้ถูกใช้งานกันแพร่หลายเป็นอย่างมากและกลายเป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานกันในหลายประเทศ เนื่องมาจากคลื่นวิทยุตามมาตรฐานนี้ มีกำลังในการส่งข้อมูลที่สูงมาก ซึ่งสามารถทะลุทะลวงผ่านอุปกรณ์ที่กีดขวางได้เป็นอย่างดี สามารถส่งข้อมูลสำหรับในที่โล่งแจ้งมีระยะทางประมาณ 400 เมตร และสำหรับภายในอาคารมีระยะทางประมาณ 100 เมตร ข้อมูลนี้เป็นเพียงตัวเลขตามมาตรฐานที่แจ้งไว้เท่านั้น แต่ในทางปฏิบัติจริงๆ แล้วระยะทางที่ได้อาจจะลดลงประมาณ 3 เท่า สำหรับความเร็วในการรับส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สายตามมาตรฐาน 802.11 นั้นจะอยู่ที่ 11 – 600 เมกะบิตต่อวินาที ถ้าดูจากความเร็วที่ได้แล้ว ผู้ใช้งานสามารถที่จะนำมาใช้แทนระบบเครือข่ายที่ใช้สายแลนได้เลย เพราะความเร็วมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เพิ่มความสะดวกสบายและลดต้นทุนในการวางโครงสร้างพื้นฐานเรื่องสายได้เป็นอย่างดี สำหรับมาตรฐาน IEEE 802.11 นั้นมีด้วยกันทั้งหมด 6 มาตรฐาน คือ

3.1 มาตรฐาน IEEE 802.11b

เป็นมาตรฐานเครือข่ายระบบแลนไร้สายในย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่เสรีที่ในทุกๆ ประเทศเปิดให้ใช้งานได้อย่างเสรี ซึ่งถูกเปิดใช้งานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1999 ซึ่งถูกเปิดใช้งานมานานแล้วจึงมีผู้คนรู้จักมากกว่ามาตรฐานอื่น และความเร็วในการรับส่งข้อมูลมีอยู่ด้วยกัน 4 ระดับ คือ 1, 2, 5.5 และ 11 เมกะบิตต่อวินาที ซึ่งเครือข่ายที่ให้บริการระบบอินเทอร์เน็ตไร้สายส่วนใหญ่แล้วจะใช้มาตรฐานนี้ แต่มีข้อเสียคือ ความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะมีค่าต่ำที่สุดในบรรดามาตรฐาน IEEE 802.11

3.2 มาตรฐาน IEEE 802.11g

เป็นมาตรฐานเครือข่ายแลนไร้สายที่เปิดตัวในปี ค.ศ. 2003 ซึ่งมีข้อดีเหนือกว่าเครือข่ายแลนไร้สายมาตรฐานอื่นคือ มีความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงถึง 54 เมกะบิตต่อวินาที และมีระยะทางในการรับส่งข้อมูลไกลสุดเท่ากับเครือข่ายแลนไร้สายมาตรฐาน 802.11b นอกจากนี้ยังใช้คลื่นความถี่ในย่าน 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่เปิดให้ใช้งานกันได้อย่างเสรีในทุกๆ ประเทศอีกด้วย และมีความสามารถทำงานร่วมกับเครือข่ายแลนไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11b ได้โดยไม่มีปัญหาในการใช้งาน

3.3 มาตรฐาน IEEE 802.11a

เป็นมาตรฐานตัวเก่าที่เปิดตัวพร้อมกับมาตรฐาน IEEE 802.11b ซึ่งเปิดตัวให้ใช้งานในปี ค.ศ. 1999 แต่ผู้ใช้งานไม่นิยมใช้เนื่องจากใช้ย่านความถี่ 5 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่ไม่ได้เปิดให้ใช้กันได้อย่างเสรีของทุกๆ ประเทศทั่วโลก สำหรับประเทศไทยนั้นได้เปิดย่านความถี่นี้เมื่อปี ค.ศ. 2007 โดยข้อดีของมาตรฐานนี้คือ มีความเร็วในการทำงานสูงถึง 54 เมกะบิตต่อวินาที แต่มีข้อเสียคือ ใช้ระยะทางในการส่งข้อมูลที่สั้นเพียง 50 เมตรเท่านั้น นอกจากนี้ยังไม่สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์กับมาตรฐานรุ่นเก่าอย่างมาตรฐาน IEEE 802.11b และ มาตรฐาน IEEE 802.11g ได้เลย

3.4 มาตรฐาน IEEE 802.11n

เป็นมาตรฐานเครือข่ายแลนไร้สายที่มีความเร็วสูงถึง 600 เมกะบิตต่อวินาที โดยสามารถส่งผ่านข้อมูลผ่านเสาอากาศได้ทั้งหมด 4 ชุดทั้งภาครับและภาคส่ง (1 ชุดจะมีความเร็วที่ 150 เมกะบิตต่อวินาที) ซึ่งสามารถใช้งานในย่านความถี่ทั้งหมดสองย่านความถี่ คือ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ และ 5 กิกะเฮิรตซ์ หากใช้งานในช่องสัญญาณขนาด 40 เมกะเฮิรตซ์ จะส่งข้อมูลได้สูงกว่าช่องสัญญาณความถี่ 20 เมกะเฮิรตซ์ ระบบเครือข่ายแลนไร้สายมาตรฐาน IEEE 802.11n นี้จะเป็นมาตรฐานที่อยู่ในโน้ตบุ๊ก ที่ผลิตตั้งแต่ปี ค.ศ. 2009 เป็นต้นไป โดยจะสามารถรับส่งข้อมูลผ่านเสาอากาศ 2-3 ชุดทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนภาครับและภาคส่งและเสา หากเป็นโน้ตบุ๊กที่มีเสาอากาศ 2 เสาจะมีความเร็วสูงสุดในการรับและส่งข้อมูลอยู่ที่ 300 เมกะบิตต่อวินาที แต่ถ้าเป็นรุ่นที่มีเสาอากาศ 3 เสา จะมีความเร็วในการรับส่งข้อมูล 450 เมกะบิตต่อวินาที

3.5 มาตรฐาน IEEE 802.11ac

เป็นมาตรฐาน WLAN ใหม่ ที่ตั้งเป้าว่าจะมาแทน มาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน มาตรฐานตัวนี้ให้เข้าไปอยู่ในมาตรฐาน Wi-Fi Alliance ให้ได้ มาตรฐาน 11ac นั้นได้มีการปรับปรุงเรื่องของการเข้ารหัสใหม่ และมีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาใส่ไว้ ทำให้สามารถทำความเร็วต่ำสุดตามทฤษฎีต่อ 1 เสาได้ถึง 433 Mbps ซึ่งมีความเร็วใกล้เคียงกันกับมาตรฐาน 11n ที่เป็นแบบ 3 เสา ซึ่งมีความเร็วอยู่ที่ 450 Mbps การที่ 11ac นั้นออกแบบมาโดยคำนึงถึงอุปกรณ์พกพาต่างๆ เช่น สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต หรือโน๊ตบุ๊คที่มีความบางมากๆ เป็นสำคัญด้วย เพราะว่าการใช้งานอุปกรณ์เหล่านี้ในปัจจุบันนั้นเน้นการเชื่อมต่อแบบไร้สายกันมากขึ้น เช่น การสตรีมไฟล์มีเดียผ่าน DLNA การโอนถ่ายไฟล์ผ่าน Wi-Fi Direct เป็นต้น

3.6 มาตรฐาน IEEE 802.1X

การพิสูจน์ทราบตัวตนของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อเข้ากับเครือข่าย โดยไม่จำกัดเฉพาะเครือข่ายแลนไร้สายเท่านั้น โดยกลไกการทำงานนั้นจะไม่อนุญาตให้เข้าถึงเครือข่าย จนกว่า

จะผ่านการพิสูจน์ทราบว่าอุปกรณ์นั้นมีสิทธิ์จริง นอกจากการพิสูจน์ทราบตัวตนแล้ว IEEE 802.1X ยังเป็นเฟรมเวิร์คสำหรับการแลกเปลี่ยนคีย์ที่ใช้สำหรับการเข้ารหัสข้อมูลด้วย

IEEE 802.11X เป็นมาตรฐานสำหรับการควบคุมการเข้าถึงเครือข่ายในระดับพอร์ต โดยใช้โปรโตคอล EAP ในการแลกเปลี่ยนข้อมูล อุปกรณ์เครือข่ายที่รองรับมาตรฐานนี้สามารถป้องกันการเข้าถึงเครือข่ายสำหรับอุปกรณ์ที่ไม่ได้รับอนุญาต

4. การรับส่งสัญญาณโดยใช้คลื่นวิทยุ

อรรณพ ขันธิกุลและอำนาจ มีมงคล (2553) ได้อธิบายเรื่องการรับส่งสัญญาณโดยใช้คลื่นวิทยุไว้ดังนี้ การใช้คลื่นวิทยุในการรับส่งข้อมูล คือ การส่งข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยใช้คลื่นวิทยุ ซึ่งไม่จำเป็นต้องเดินสายเชื่อมต่อระหว่าง 2 จุดนั้น และต้องการอุปกรณ์หลักๆ อยู่ 3 อย่าง คือ

4.1 เครื่องส่งสัญญาณวิทยุ (Transmitter)

เมื่อต้องการจะส่งข้อมูลไม่ว่าจะเป็นสัญญาณเสียง เพลง หรือข้อมูลที่เป็น ดิจิทัลก็ต้องป้อนข้อมูลนี้ให้กับเครื่องส่งสัญญาณ หลังจากนั้นข้อมูลนี้จะถูกมอดูเลต เข้ากับคลื่นพาหะ ซึ่งเป็นคลื่นวิทยุใช้สำหรับนำพาข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง หลังจากมอดูเลตเสร็จก็จะได้สัญญาณวิทยุ ซึ่งก็จะนำไปผ่านวงจรขยาย เพื่อเพิ่มความแรงของสัญญาณเพื่อให้ส่งออกอากาศได้ในระยะทางไกลๆ สัญญาณวิทยุนี้ก็จะถูกส่งไปยังเสาอากาศโดยผ่านสายนำสัญญาณเพื่อออกอากาศต่อไป

4.2 เสาอากาศ (Antenna)

หน้าที่หลักของเสาอากาศก็คือ การแปลงสัญญาณวิทยุนี้ไปเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อส่งออกอากาศไปจากภาคส่งคลื่นวิทยุ และทำหน้าที่ในการแปลงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในอากาศไปเป็นสัญญาณวิทยุ เพื่อส่งให้ภาครับดีมอดูเลตข้อมูลออกจากสัญญาณวิทยุต่อไป

4.3 เครื่องรับสัญญาณวิทยุ (Receiver)

หลังจากมีการส่งสัญญาณออกอากาศมา ก็จะมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระจายออกไป ในระบบเครื่องรับวิทยุก็จะใช้เสาอากาศในการเปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้มาเป็นสัญญาณไฟฟ้า หลังจากนั้นก็จะขยายสัญญาณให้มีความแรงขึ้น สัญญาณนี้ก็จะถูกดีโมดูเลตข้อมูลออกจากคลื่นพาหะ ข้อมูลที่ได้ก็จะถูกเอาไปใช้งาน นั่นเป็นการสิ้นสุดขบวนการรับและส่งคลื่นวิทยุ

ภาครับนั้นเป็นส่วนที่สำคัญมาก เพราะเป็นส่วนที่แยกข้อมูลออกจากคลื่นพาหะ หากมีประสิทธิภาพดีก็จะสามารถแยกคลื่นที่มีความแรงน้อยมากๆ ออกจากสัญญาณรบกวนได้

ค่านี้ส่วนใหญ่จะรู้จักในชื่อของ “ความไวของเครื่องรับ” ในสภาวะความเป็นจริงจะมีคลื่นวิทยุความถี่ข้างเคียงอยู่มากมาย เครื่องรับที่ดีจะต้องมีความสามารถในการแยกแยะสัญญาณที่ต้องการกับสัญญาณความถี่ข้างเคียงได้ ค่านี้มักจะเรียกว่า “ความสามารถในการแยกแยะสัญญาณ”

5. คุณสมบัติของคลื่นวิทยุ

อรรณพ ขันธิกุลและอำนาจ มีมงคล (2553) ได้อธิบายคุณสมบัติของคลื่นวิทยุไว้ดังนี้

5.1 การลดทอนของคลื่น (Attenuation)

การแพร่กระจายของคลื่นวิทยุก็คล้ายกับแสงไฟ เมื่ออยู่ใกล้กับหลอดไฟนี้ก็จะเห็นว่าหลอดไฟสว่างจ้าจนแทบจะมองไม่ได้ และเมื่อเดินห่างจากหลอดไฟออกไปก็จะสังเกตเห็นว่าหลอดไฟนี้สว่างลดลง สาเหตุก็เพราะว่าเมื่อลำแสงกระจายออกไป เมื่ออยู่ใกล้ๆ ก็จะมีลำแสงจำนวนมากกระจายผ่านพื้นที่หนึ่งๆ มากแต่เมื่อห่างออกไปจำนวนลำแสงที่ผ่านพื้นที่วงกลมก็จะลดลง นั่นทำให้ความเข้มของแสงต่อพื้นที่ลดลงไปด้วย

การแพร่กระจายของคลื่นวิทยุนี้ก็มีลักษณะคล้ายกับแสงเช่นกัน เพราะคลื่นวิทยุเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งเหมือนกัน ความแรงของสัญญาณวิทยุก็จะลดลงตามระยะห่างจากต้นกำเนิดเป็นอัตราส่วนผกผันกำลังสอง นั่นหมายความว่า ยิ่งอยู่ห่างจากต้นกำเนิดมากเท่าไร่ ความแรงของสัญญาณก็จะยิ่งลดลงมากเป็นทวีคูณ ตามสมการความเข้มของสัญญาณ Power Flux Density โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

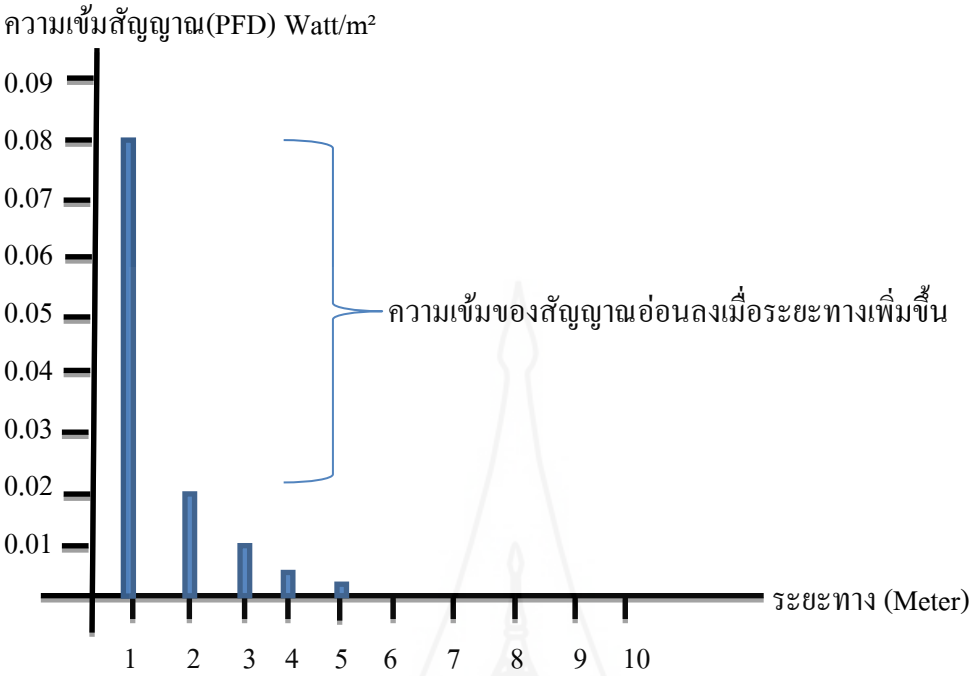
สมการความเข้มของสัญญาณ : Power Flux Density (PFD)

$$P_{pfd} = Pt/4\pi d^2 \qquad (2.1)$$

โดย Pt คือ ความแรงของสัญญาณจากเครื่องส่ง (วัตต์)

P_{pfd} คือ ความเข้มของสัญญาณที่เครื่องรับ ซึ่งห่างจากเครื่องส่งเป็นระยะทาง (วัตต์ต่อตารางเมตร)

d คือ ระยะห่างระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ (เมตร)



ภาพที่ 2.2 กราฟแสดงความเข้มสัญญาณกับระยะทาง

จากภาพที่ 2.2 เมื่อนำสมการดังกล่าวมาวาดเป็นกราฟ จะพบว่าความเข้มของสัญญาณจะแปรผกผันในอัตราส่วนของระยะทางกำลังสอง ตัวอย่างเช่น สถานีวิทยุส่งสัญญาณความแรง 1 วัตต์ และอยู่ห่าง 1 เมตร ความเข้มของสัญญาณที่กระจายออกมาจะเท่ากับ 0.079 Watt/m² แต่เมื่ออยู่ห่าง 10 เมตร ความแรงของสัญญาณก็จะเกือบเป็นศูนย์ คือ 0.00079 Watt/m² หรือแตกต่างกัน 100 เท่า

หากลองดูการใช้งานอุปกรณ์สื่อสารทั่วไป ก็จะเห็นว่า ยิ่งห่างจากเครื่องสัญญาณวิทยุเท่าใด ความแรงสัญญาณที่ปรากฏอยู่ที่หน้าจอก็จะลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้จากหน้าจอแสดงความแรงของสัญญาณวิทยุได้ด้วย

5.2 อัตราลดทอนสัญญาณในฟรีสเปซ (Free Space Loss : FSL)

อัตราการลดทอนของสัญญาณในฟรีสเปส นั้นหมายถึง อัตราการลดทอนที่ทดลองในสภาวะสูญญากาศ ไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆ มาเป็นอุปสรรค ดังเช่น สภาพแวดล้อมที่อยู่ คือ ในอากาศก็จะมีก๊าซ มีไอน้ำ มีฝุ่นควัน สิ่งเหล่านี้ทำให้อัตราการลดทอนของสัญญาณสูง ซึ่งก่อนจะพิจารณาปัจจัยดังกล่าว จะมากล่าวถึงสภาพสูญญากาศ โดยอัตราลดทอนสัญญาณนั้น คิดมาจากการนำเอาพลังงานที่ภาครับหารด้วยพลังงานด้านส่ง ซึ่งมีสมการ คือ

$$\text{Free Space Loss} = Pt/Pr \quad (2.2)$$

โดย Pt คือ พลังงานที่ภาครับสัญญาณ

Pr คือ พลังงานที่ภาคส่งสัญญาณ

นอกจากนี้ความถี่ของคลื่นวิทยุมีผลต่ออัตราการลดทอนของคลื่นวิทยุ กล่าวคือ คลื่นความถี่ต่ำๆ จะมีอัตราการลดทอนต่ำกว่าคลื่นความถี่สูง คลื่นที่ใช้ในระบบเครือข่ายแลนไร้สายเช่นกัน หากพิจารณาในสภาพสูญญากาศแล้วแทนค่าความถี่ลงในสมการ Free Space Loss จะได้เท่ากับ

ย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์

$$\text{Free Space Loss} = 40.05 + 20\log(d) \quad (2.3)$$

ย่านความถี่ 5 กิกะเฮิรตซ์

$$\text{Free Space Loss} = 46.77 + 20\log(d) \quad (2.4)$$

โดย d คือ ระยะห่างระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ (เมตร)

จะเห็นว่าย่านความถี่ 5 กิกะเฮิรตซ์ นั้นมีอัตราลดทอนมากกว่าย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ อยู่เท่ากับ 6 dB หมายถึง คลื่นความถี่ 5 กิกะเฮิรตซ์จะเดินทางได้สั้นกว่าคลื่นความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ และเมื่อเพิ่มระยะทางเข้าไปในสมการข้างต้น โดยแทนระยะการใช้งานต่างๆ ตั้งแต่ 5 เมตรไปจนถึง 100 เมตร พบว่าค่าอัตราการลดทอนนั้นจะเพิ่มขึ้น โดยเท่ากับ 80 dB ที่ย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ และเท่ากับ 86 dB ที่ย่านความถี่ 5 กิกะเฮิรตซ์ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงอัตราการลดทอนระหว่าง ย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ กับ 5 กิกะเฮิรตซ์

ระยะทาง (เมตร)	อัตราลดทอน (FSL) ย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ (dB)	อัตราลดทอน (FSL) ย่านความถี่ 5 กิกะเฮิรตซ์ (dB)
5	54.01	60.74
10	60.05	66.77
20	66.07	72.79
30	69.59	76.31
40	72.09	78.81
50	74.01	80.74
60	75.61	82.33
70	76.95	83.67
80	78.11	84.83
90	79.13	85.85
100	80.05	86.77

ที่มา อรรณพ ขันธิกุลและอำนาจ มีมงคล (2553)

คลื่นสัญญาณความถี่ที่ใช้ในระบบเครือข่ายแลนไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11a นั้นมีความถี่ 5 กิกะเฮิรตซ์ ความถี่ในย่านนี้ก็จัดว่าเป็นความถี่ที่สูงมาก ซึ่งสามารถที่จะเดินทางได้ไม่ไกล ซึ่งเป็นข้อดีของเครือข่ายแลนไร้สายตามมาตรฐานนี้ เนื่องจากการเดินทางได้ไม่ไกลนี้ทำให้สามารถควบคุมระยะทางในการเดินทางของคลื่นได้ง่ายขึ้น ทำให้ลดปัญหาคลื่นที่กระจายออกไปเดินทางไปรบกวนกับคลื่นของเครือข่ายข้างเคียงได้ ซึ่งช่วยในการใช้ความถี่เดิมซ้ำทำได้ง่ายขึ้น ซึ่งเป็นพื้นฐานการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายแลนไร้สายได้เป็นอย่างดี

5.3 สิ่งกีดขวางการรับสัญญาณคลื่นวิทยุ

ในสภาพแวดล้อมของทำงานหรืออาคารตามที่ต่างๆ ประกอบไปด้วยสิ่งกีดขวางของการกระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นผนังอาคาร ต้นไม้ เสาไฟฟ้า ผนังลิฟต์ หรือแม้แต่กระจกที่ติดตามผนังห้อง สิ่งเหล่านี้ล้วนมีคุณสมบัติในการลดทอนและการดูดซับคลื่นได้เป็นอย่างดี ซึ่งวัสดุที่มีผลต่อการกระจายของคลื่นวิทยุที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ โลหะ ซึ่งสามารถสังเกตได้ง่ายๆ ว่าเมื่ออยู่ในลิฟต์ หรือโดยสารในลิฟต์ การใช้โทรศัพท์มือถือมักจะรับ

สัญญาณไม่ได้ สายมักจะหลุดบ่อย หรือไม่มีสัญญาณโทรศัพท์เลย สำหรับวัสดุที่สองก็คือ ผนังคอนกรีตตามอาคาร จะมีอัตราการลดทอนสัญญาณสูงเช่นเดียวกัน เมื่อคลื่นวิทยุปะทะกับผนังคอนกรีตก็ผ่านไปไม่ได้ หรือถ้าผ่านไปได้ความแรงของสัญญาณจะอ่อนมาก สังเกตได้จากการเดินเข้าไปในอาคารจอดรถในชั้นใต้ดิน ซึ่งมักจะมีผนังคอนกรีตหนาๆ ที่คอยขวางกั้น ซึ่งวัสดุเหล่านี้จะป้องกันไม่ให้สัญญาณโทรศัพท์ผ่านไปได้เลย

สำหรับสิ่งกีดขวางที่มีผลกระทบของการส่งสัญญาณของคลื่นอีกอย่างก็คือ การบดบังคลื่นของสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่ทำให้เกิดเงา อาการนี้มักจะเกิดขึ้นเมื่ออยู่หลังตึกหรืออาคารสูงๆ แม้กระทั่งอยู่ในภูเขา ซึ่งจะสังเกตได้ง่ายๆ จากการขับรถไปในบริเวณที่มีหุบเขาสูง ภูเขาเหล่านี้จะบังคลื่นทำให้รับฟังวิทยุที่ส่งมาขาดๆ หายๆ และเมื่อขับรถพ้นบริเวณนั้นสัญญาณวิทยุจะกลับมาชัดเจนเหมือนเดิม

ยิ่งอยู่ในเขตอาคารที่มีความสูงมากๆ หรืออาศัยอยู่ในเขตอาคารพาณิชย์หรือตึกแถวที่ตั้งเรียงรายกัน อาจจะพบกับปัญหาเหล่านี้มากยิ่งขึ้นด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น เมื่ออยู่ในบ้านมักจะใช้โทรศัพท์ไม่ได้ เพราะผนังคอนกรีตที่บ้านหนาเหลือเกินแต่พอออกมานอกบ้านโทรศัพท์ก็ใช้งานได้ตามปกติ นี่เป็นการลดทอนคลื่นประเภทหนึ่งที่เกิดจากสิ่งกรีดขวาง

ตารางที่ 2.2 อัตราการลดทอนสัญญาณรบกวน ย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ กับย่านความถี่ 5 กิกะเฮิรตซ์

วัสดุ	**อัตราการลดทอน (dB)**	
	2.4 กิกะเฮิรตซ์	**5 กิกะเฮิรตซ์**
ผนังเบา ผนังยิบซัม	3-4	3-5
พาร์ติชันกั้นห้อง	2-5	4-9
ประตูไม้	3-4	6-7
กำแพงอิฐ/คอนกรีต	6-18	10-30
กระจกหน้าต่างไม่เคลือบสะท้อนแสง	2-3	6-8
กระจก 2 ชั้นสำหรับกันเสียง	13	20
ประตูกันกระสุน	10	20
ประตูเหล็ก/ประตูหนีไฟ	13-19	25-32

ที่มา อรรณพ ขันธิกุลและอำนาจ มีมงคล, (2553)

6. สัญญาณรบกวน

อรรณพ ขันธิกุลและอำนาจ มีมงคล (2553) ได้กล่าวถึงสัญญาณรบกวนนั้นเป็นสัญญาณที่ไม่ต้องการ ซึ่งมักจะปรากฏขึ้นมาทำให้ไม่สามารถแยกแยะสัญญาณที่ต้องการออกมาได้ ตัวอย่างเช่น เสียงซ่าที่ปรากฏอยู่ในระบบโทรศัพท์ นี่ก็เป็นสัญญาณรบกวนประเภทหนึ่ง การเกิดขึ้นของสัญญาณรบกวนนั้นมีด้วยกันหลายประเภท บางประเภทเกิดจากธรรมชาติ เช่น ฟ้าผ่า จุดบอดบนดวงอาทิตย์ แต่บางอย่างก็จะเกิดจากมนุษย์ เช่น ไฟฟ้าสปาร์ค จากหัวเทียน การหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า เหตุการณ์เหล่านี้ทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่จะแพร่กระจายไปรบกวนระบบสื่อสารได้

6.1 อัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน

อัตราความแรงของสัญญาณรบกวนนั้นเป็นส่วนที่มีความสำคัญมาก เพราะเป็นตัวบอกถึงคุณภาพของสัญญาณในระบบสื่อสารว่าดีเพียงใด หากสัญญาณข้อมูลมีความแรงมากกว่าสัญญาณรบกวนก็จะได้ยินเสียงชัดเจน แต่ถ้าสัญญาข้อมูลมีความแรงต่ำกว่าสัญญาณรบกวนแล้วก็จะไม่สามารถแยกแยะสัญญาณข้อมูลออกมาได้ หน่วยที่ใช้วัดค่านี้จะมีหน่วยเป็น “เดซิเบล (Decibel) ซึ่งมีสมการดังนี้

$$SNR = 10Log\ Signal/Noise \qquad (2.5)$$

ในการคำนวณหากมีการคิดค่าความแรงของสัญญาณในหน่วยเดซิเบลแล้ว ก็สามารถนำค่านั้นมาลบกันได้ ซึ่งก่ตรงตามสูตรทางคณิตศาสตร์ที่ว่า

$$SNR_{db} = Signal_{db} - Noise_{db} \qquad (2.6)$$

ค่า SNR นี้ยิ่งมากยิ่งหมายความว่าจะรับสัญญาณได้ชัดเจนมาก และระบบเครือข่ายแลนไร้สายสามารถส่งได้ที่ความเร็วสูงๆ แต่ถ้าค่า SNR มีค่าน้อยก็จะรับสัญญาณได้ไม่ชัดเจนจึงต้องปรับลดความเร็วลง

6.2 การรบกวนจากช่องสัญญาณข้างเคียง

การรบกวนจากช่องสัญญาณข้างเคียง (Adjacent Channel Interference) เกิดขึ้นจากการส่งออกอากาศสัญญาณวิทยุนั้นจะเกิดความถี่อื่นๆ รอบความถี่หลัก แม้ว่าความถี่นี้จะมีความแรงสัญญาณไม่มากนัก แต่เมื่อความถี่ของช่องสัญญาณทั้งสองนี้อยู่ใกล้กันมากก็จะเกิดการรบกวนกันได้ ข้อมูลที่อยู่ในช่วงสเปกตรัมของสัญญาณช่วงที่จะเกิดการรบกวนกันขึ้นนั้นจะไม่สามารถแยกแยะ

ในการป้องกันสัญญาณรบกวนจากช่องสัญญาณข้างเคียง ทำได้โดยการกำหนดช่องว่างระหว่างช่องสัญญาณข้างเคียงเพื่อป้องกันการรบกวน (Guard Band) ตัวอย่างของการกำหนดช่องว่างของช่องสัญญาณจะเห็นได้ชัดในระบบวิทยุ FM นั้น แต่ละช่องสัญญาณจะมีระยะห่างกัน 0.5

เมกะเฮิรตซ์ เช่น คลื่นช่อง จส.100 ที่มีความถี่ 100 เมกะเฮิรตซ์ จะห่างกับช่องข้างเคียงคือ คลื่นเอฟเอ็มวัน ที่มีความถี่ 99.5 เมกะเฮิรตซ์ และคลื่น Mcot.net ที่มีความถี่ 100.5 เมกะเฮิรตซ์

6.3 การรบกวนจากช่องสัญญาณเดียวกัน

การรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกัน เป็นการรบกวนที่เกิดขึ้นเมื่อมีเครื่องส่ง 2 เครื่องส่งสัญญาณออกอากาศที่มีความถี่เดียวกัน และเครื่องรับอยู่ในบริเวณที่สามารถรับสัญญาณจากเครื่องส่งทั้งสองได้ คลื่นจากสถานีทั้งจะรบกวนกันเอง โดยจะรับสัญญาณได้ขาดๆ หายๆ บางครั้งก็รับสัญญาณได้จะเครื่องส่งเครื่องแรก หรือบางครั้งก็รับสัญญาณได้จากเครื่องส่งเครื่องที่สอง ขึ้นอยู่กับว่าบริเวณที่อยู่และกำลังส่งของสถานีนั้นว่าใครจะมีความแรงกว่ากัน ตัวอย่างของการรบกวนของประเภทนี้ที่ชัดเจนก็คือ สถานีวิทยุกระจายเสียงในกรุงเทพฯ ก็จะรับสัญญาณได้ชัด แต่เมื่อเดินทางไปต่างจังหวัด ซึ่งอยู่ในบริเวณคาบเกี่ยวกับสถานีทั้งสองนี้จะประสบปัญหาการรบกวนของช่องสัญญาณประเภทนี้ หากสถานีรับใดมีกำลังส่งที่แรงกว่าก็จะสามารถรับสัญญาณได้จากสถานีนั้น เป็นต้น

7. เทคโนโลยีเครือข่ายแลนไร้สาย

จตุชัย แพงจันทร์ (2555) ได้กล่าวถึง เทคโนโลยีเครือข่ายแลนไร้สายไว้ว่า เทคโนโลยีในการส่งสัญญาณมีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ใช้สัญญาณคลื่นความถี่วิทยุและประเภทที่ใช้สัญญาณอินฟราเรดในการติดต่อรับส่งข้อมูล ประเภทที่ใช้สัญญาณคลื่นความถี่วิทยุแบ่งออกได้ดังนี้

7.1 Narrow Band Technology เป็นระบบวิทยุคลื่นความถี่แบบแคบซึ่งเป็นการรับข้อมูลในย่านความถี่ 902 เมกะเฮิรตซ์ ถึงย่านความถี่ 928 เมกะเฮิรตซ์, ย่านความถี่ 2.14 เมกะเฮิรตซ์ ถึง ย่านความถี่ 2.484 เมกะเฮิรตซ์ และ ย่านความถี่ 5.725 เมกะเฮิรตซ์ ถึง ย่านความถี่ 5.850 เมกะเฮิรตซ์ สัญญาณจะมีกำลังส่งต่ำและใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างต้นทางกับปลายทางเพียง 1 คู่เท่านั้น

7.2 Spread Spectrum Technology ระบบเครือข่ายแลนไร้สายส่วนใหญ่นิยมใช้เทคนิค Spread Spectrum Technology ซึ่งใช้ความถี่ที่กว้างกว่า Narrow Band Technology ซึ่ง Spread Spectrum คือ ช่วงความถี่ระหว่าง 902-928 เมกะเฮิรตซ์ และช่วงความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ถึงช่วงความถี่ 2.484 กิกะเฮิรตซ์ โดยการส่งสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายเทคนิค Spread Spectrum นี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ Direct Sequence และ Frequency-Hopping

7.3 Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) เป็นเทคนิคที่ยังใช้คลื่นพาหะที่ต้องระบุความถี่ที่ใช้โดยเทคนิคนี้ยังสามารถส่งข้อมูลได้มากกว่าแบบ Narrow Band วิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะกับสภาพแวดล้อมที่มีการแทรกสอดรบกวนจากคลื่นวิทยุคลื่นอื่นๆ อย่างรุนแรงได้เป็นอย่างดี

7.4 Frequency - Hopping Spread Spectrum (FHSS) การส่งสัญญาณรูปแบบนี้จะใช้ความถี่แคบพาหะเพียงความถี่เดียว (Narrow Band) โดยเน้นการนำไปใช้งาน ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดว่าถ้าคำนึงถึงปัญหาทางด้านประสิทธิภาพและคลื่นรบกวนก็ควรใช้ วิธี DSSS ถ้าต้องการใช้ Adapter ไร้สายขนาดเล็กและราคาไม่แพงสำหรับเครื่องโน้ตบุ๊ค หรือเครื่อง PDA ก็ควรเลือกการส่งสัญญาณแบบ FHSS

7.5 Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM) เทคนิคนี้ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มความเร็วในการส่งข้อมูลตามมาตรฐานใหม่ๆ ของระบบเครือข่ายแลนไร้สาย คือ IEEE 802.11a และ 802.11g การส่งสัญญาณคลื่นวิทยุแบบนี้เป็นการ Multiplex สัญญาณโดยช่องสัญญาณความถี่จะถูกแบ่งออกเป็นความถี่พาหะย่อยหลายๆ ความถี่ โดยแต่ละความถี่พาหะย่อยจะตั้งฉากซึ่งกันและกัน ทำให้มันเป็นอิสระต่อกัน ความถี่ที่คลื่นพาหะที่ตั้งฉากกันนั้นทำให้ไม่มีปัญหาการซ้อนทับของสัญญาณที่อยู่ติดกัน

8. โหมดการทำงานเครือข่ายแลนไร้สาย

อรรณพ ขันธิกุลและอำนาจ มีมงคล (2553) ได้กล่าวไว้ดังนี้

8.1 โหมด Access Point เป็นโหมดพื้นฐานที่สุดเพราะถ้าไม่มีการตั้งค่าอะไรเลย AP จะอยู่ในโหมดนี้สำหรับโหมดนี้เหมาะกับการใช้งานในเครือข่ายไร้สายที่ไม่ใหญ่มากและสามารถตั้งค่าความปลอดภัยได้หลายระดับตั้งแต่ป้องกันด้วยรหัสผ่านบนมาตรฐาน WEP หรือ WPA หรือป้องกันด้วยการกรอง MAC เพื่อการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตในแต่ละครั้ง นอกจากนั้น AP บางตัวยังมีความสามารถอื่นๆ ที่สามารถปรับแต่งได้มากกว่านี้อาทิเช่น การแบ่ง Traffic ของผู้ใช้งานออกจากกัน

8.2 โหมด Client Bridge เป็นโหมดที่เปลี่ยน AP เป็นเครื่องรับซึ่งจะทำตัวเองเป็นลูกข่าย มีหน้าที่ในการรับสัญญาณอินเตอร์เน็ตจาก AP ที่ส่งมาอีกทอดหนึ่ง ซึ่งระบบนี้จะเน้นในการใช้งานกับ AP ที่อยู่ในระยะไกล หรืออุปกรณ์ที่ไม่มีตัวรับสัญญาณอินเทอร์เน็ต โหมด Client Bridge จะช่วยเข้ามาแก้ปัญหาตรงนี้ได้

8.3 โหมด Client Router เป็นโหมดที่ทำงานคล้ายคลึงกับโหมด Client Bridge อย่างมากเพียงแต่มีข้อแตกต่างที่อุปกรณ์ที่เพิ่มเข้ามาคือ NAT (Network Address Translation) อุปกรณ์นี้

จะมีหน้าที่แปลง private IP ให้เป็น IP ที่สามารถใช้งานบนระบบอินเทอร์เน็ตได้ พร้อมกันนั้นยังมีการใช้งานฟังก์ชั่น DHCP ที่สามารถแจก IP Address ให้กับเครื่องลูกข่ายได้อีกด้วย

8.4 โหมด Wireless Router โหมดนี้เราสามารถแปลง AP ให้มีการทำงานเหมือนกับ Wireless Router ทุกประการเพียงเราเอาสายแลนเสียบเข้าที่ช่อง WAN ก็จะใช้งานได้เลยทันที

8.5 โหมด WDS Bridge เป็นโหมดที่มีการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง AP กับ AP ข้อดีของระบบนี้คือ เมื่อ AP ตัวที่ 1 ที่ส่งสัญญาณอินเตอร์เน็ตให้กับ AP ตัวที่ 2 AP ตัวที่ 1 ก็จะส่งค่า MAC Address ของเครื่องลูกข่ายทั้งหมดผ่านไปยังเครื่อง AP ตัวที่ 2 ด้วยซึ่งถือว่าเป็นเรื่องที่สะดวกมากสำหรับผู้ให้บริการ โดยผู้ให้บริการไม่ต้องไปใส่ MAC Address ของผู้ใช้งานกับ AP ทุกตัว

8.6 โหมด WDS AP ถ้าใช้งานโหมดนี้ AP จะกลายเป็น Repeater หรือการขยายสัญญาณให้แรงขึ้นก่อนจะส่งสัญญาณไปยังเครื่องลูกข่ายที่เชื่อมต่ออยู่ แต่ข้อเสียของโหมดนี้ก็คือการเพิ่ม AP ที่มีหน้าที่เป็น Repeater มากขึ้นเท่าไรความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลก็จะช้าลงตามไปด้วยเช่นกัน

8.7 โหมด Universal Repeater จะทำงานคล้ายกับโหมด WDS AP แต่แตกต่างกันที่โหมด Universal Repeater สามารถเชื่อมต่อกับ AP ตัวไหนก็ได้ที่อยู่ในรัศมีและสามารถขยายสัญญาณไปให้กับเครื่องลูกข่ายได้เลย ซึ่งผิดกับ โหมด WDS AP ที่ต้องเชื่อมต่อและขยายสัญญาณกับ AP ที่ตั้งค่าไว้เท่านั้น โดยส่วนมากแล้วจะนิยมใช้งานโหมด Universal Repeater มากกว่า โหมด WDS AP

9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

9.1 การออกแบบระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย

นายกชกร มากสุริวงศ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิจัยเรื่อง การออกแบบระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบไร้สายโดยใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรม เป็นการหาตำแหน่งตัวกระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการให้บริการสื่อสารข้อมูลในปัจจุบัน โดยการหาตำแหน่งนั้นมีเป้าหมายให้สามารถบริการครอบคลุมพื้นที่และใช้จำนวนอุปกรณ์กระจายสัญญาณ ให้น้อยที่สุด การออกแบบใช้งานในอาคารที่มีความซับซ้อน และผนังที่วางตัวในลักษณะที่ไม่สมมาตร จะเพิ่มความซับซ้อนในการออกแบบมากขึ้น งานวิจัยเรื่องนี้ได้นำเสนอเทคนิคการออกแบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบไร้สายโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบหลายจุดประสงค์ เนื่องจากสามารถหาตำแหน่งในการติดตั้งที่เหมาะสมโดยเทียบกับจำนวนอุปกรณ์กระจายสัญญาณหลายค่าในการประมวลผลเพียงครั้งเดียว ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบ

กับการออกแบบด้วยวิธีอื่นแล้ว สามารถที่จะลดพื้นที่ที่ไม่สามารถให้บริการได้รวมทั้งยังมีค่าเฉลี่ยของระดับสัญญาณที่ดีขึ้น (กชกร มากสุริวงศ์, 2545)

นายเฉลิมชัย ขอพึ่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิจัยเรื่อง ระบบหาตำแหน่งของคอมพิวเตอร์ไร้สายภายในอาคารโดยใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ไร้สายวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการหาตำแหน่งภายในอาคารบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ไร้สาย โดยได้ศึกษาการใช้เครือข่ายท้องถิ่นเสมือน (Virtual Local Area Network, VLAN) บนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ไร้สาย ว่ามีผลอย่างไรกับการใช้ระบบหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยวิธีการพิจารณาความเป็นเอกลักษณ์ของตำแหน่ง หลักการที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้จะใช้การทำการทดลองบนพื้นที่บริเวณภายในอาคาร โดยทำการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากระบบที่มีการใช้ VLAN กับไม่ใช้ VLAN จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าระบบที่ใช้ VLAN สามารถหาตำแหน่งออกมาได้แม่นยำสูงกว่าระบบที่ไม่ใช้ VLAN โดยผลที่ได้ จากการวัดแสดงให้เห็นว่าสามารถช่วยเพิ่มความแม่นยำได้ 5%-10% ภายในระยะ 1-3 เมตร ในบริเวณที่โล่ง ดังนั้นจากผลการทดลองที่ได้สามารถบอกได้ว่า VLAN ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการหาตำแหน่งได้ โดยไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์พิเศษเพิ่มเติม นอกจากนั้นในงานวิจัยนี้ได้มีการนำเสนอแนวความคิดในการรวมเทคนิคของการหาตำแหน่งของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ไร้สายกับระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย ซึ่งทั้งสองระบบนี้ใช้วิธีการพิจารณาความเป็นเอกลักษณ์ของตำแหน่งในการหาตำแหน่ง การวิเคราะห์ของการศึกษานี้จะได้มาจากการใช้งานจริงและทดลองภายในอาคารที่มีการใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11b และเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายที่ใช้ TelosB ซึ่งผลการทดลองที่ได้เบื้องต้นสามารถบอกได้ว่าการนำทั้งสองระบบมาใช้งานร่วมกันนั้นสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการหาตำแหน่งได้ (นายเฉลิมชัย ขอพึ่ง, 2550)

9.2 การวัดประสิทธิภาพการทำงานเครือข่ายแลนไร้สาย

นางสาวพิศพราว เหล่าบุศรากุล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิจัยเรื่องการวัดประสิทธิภาพการทำงานเครือข่ายแลนไร้สาย ได้กล่าวถึงการสำรวจวัดสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายในอาคารที่มีการติดตั้งอุปกรณ์จุดการเข้าถึงหลายจุด ซึ่งมีผู้ใช้งานหลายกลุ่มจากหลายหน่วยงานย่อยโดยตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายของอาคารที่ทำการสำรวจนั้นพิจารณาจากตำแหน่งของกลุ่มผู้ใช้เป็นหลัก ทำให้บางจุดมีอุปกรณ์กระจายสัญญาณ อยู่ในระยะห่างกันไม่มาก และมีอุปกรณ์กระจายสัญญาณหลายตัวที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันและใช้ช่องสัญญาณความถี่เดียวกัน ซึ่งมีผลทำให้เกิดปัญหาสัญญาณรบกวนกันขึ้นโดยในการสำรวจวัดสัญญาณนั้นได้ใช้โปรแกรม Aironet Client Utility ทำการวัดค่าความแรงของสัญญาณ ค่ากำลังของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน และค่าระดับของสัญญาณรบกวน จากนั้นจึงทำ

การเก็บสถิติจากการโอนถ่ายไฟล์ข้อมูล เพื่อนำมาหาประสิทธิภาพของสัญญาณซึ่งผลการสำรวจวัดสัญญาณที่ได้สามารถสรุปได้ว่า การติดตั้งเครือข่ายไร้สายต้องมีการวางแผนที่ดี ทั้งในเรื่องตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณและการบริหารช่องความถี่ของสัญญาณ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาสัญญาณรบกวนกันระหว่างอุปกรณ์กระจายสัญญาณที่ติดตั้งอยู่ใกล้กันมากเกินไป และปัญหาการใช้ช่องสัญญาณและความถี่เดียวกัน ที่เกิดจากการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณที่ใช้ช่องสัญญาณความถี่เดียวกันไว้ใกล้กัน ซึ่งจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบเครือข่ายดีขึ้น (พิศพราว เหล่าบุศรากุล, 2547)

9.3 การประเมินคุณภาพเครือข่ายแลนไร้สาย

นายบัญชา โพธิ์ทัย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย งานวิจัยเรื่องการประเมินคุณภาพโครงข่าย WIFI มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ได้อธิบายถึงการกระจายช่องทางในการเชื่อมต่อเข้ากับระบบ เครือข่ายแลนไร้สาย นั้นทำได้ดีอยู่แล้วโดยสามารถติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณในการแพร่กระจายสัญญาณเพื่อให้บริการได้ครอบคลุมทุกพื้นที่ในมหาวิทยาลัย จากผลลัพธ์นี้ทำให้ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการใช้บริการระบบ เครือข่ายแลนไร้สาย แต่จากผลการศึกษาก็ยังพบปัญหาในบางส่วนซึ่งเกิดจากการ ติดตั้งอุปกรณ์อุปกรณ์กระจายสัญญาณโดยช่องทางในการให้บริการ ของระบบความถี่ เกิดการซ้อนทับกันของสัญญาณทำให้ประสิทธิภาพในการเชื่อมต่อลดลง เพื่อให้คุณภาพในการให้บริการระบบ เครือข่ายแลนไร้สาย มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นผู้จัดทำได้เสนอแนวทางในการแก้ปัญหา (บัญชา โพธิ์ทัย, 2551)

สำหรับงานวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบริหารจัดการเครือข่ายแลนไร้สาย กรณีศึกษา สำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี ของผู้วิจัยนั้นได้กล่าวถึงการสำรวจพื้นที่ที่ให้บริการในแต่ละชั้นของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ กับอาคารอัจฉริยะ เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลพื้นที่ในการกระจายสัญญาณว่าครอบคลุมมากน้อยเพียงใด จากนั้นได้มีการจัดเก็บข้อมูลค่าความเข้มของสัญญาณเครือข่ายที่ได้รับ และค่ากำลังของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน ค่าการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายที่ใช้ช่องสัญญาณและความถี่เดียวกัน และข้อมูลการซ้อนทับของช่องสัญญาณของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายที่ติดตั้งไว้ใกล้กันเกินไป ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนกันเองได้ จากนั้นได้ทำการจัดเก็บสถิติการโอนถ่ายข้อมูลที่มีขนาดความจุ 1 กิกะไบท์ผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สายในทุกชั้นของตัวอาคารเพื่อนำมาเปรียบเทียบความเร็วและประสิทธิภาพของสัญญาณในการโอนถ่ายข้อมูล ซึ่งจะทำให้ทราบประสิทธิภาพ ความเร็วการกระจายสัญญาณของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายในแต่ละชั้นของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ กับอาคารอัจฉริยะว่ามีคุณภาพของสัญญาณก่อนและหลังทำการปรับปรุงแตกต่างกันหรือไม่เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยนั้น ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนแรก การศึกษาสภาพแวดล้อมเครือข่ายแลนไร้สาย ส่วนที่สอง เครื่องมือที่ใช้สำหรับทำการวิจัย ส่วนที่สาม การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิจัย และส่วนสุดท้าย การวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้

1. การศึกษาสภาพแวดล้อมเครือข่ายแลนไร้สาย

สภาพแวดล้อมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศโดยทั่วไปของสำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี นั้นเป็นอาคารคู่แฝดติดกันสองอาคาร โดยอาคารแรก คืออาคารเฉลิมพระเกียรติพัชรกิตติยาภา เป็นอาคารสูง 8 ชั้น มีการติดตั้งระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้บริการข้าราชการและพนักงาน มีทั้งระบบเครือข่ายแลน และระบบเครือข่ายแลนแบบไร้สาย โดยติดตั้ง Access Point ในแต่ละชั้นของอาคารทั้งสอง แบ่งออกเป็น อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ มีการติดตั้ง Access Point ยี่ห้อ HP รุ่น HP MSM410 จำนวน 26 เครื่อง โดยมีคอนโทรลเลอร์จำนวน 1 ตัว คือ HP MSM 760 และอาคารอัจฉริยะ เป็นอาคารสูง 4 ชั้นมีการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณ ยี่ห้อ CISCO รุ่น CISCO AIR LAP1042N จำนวน 2 เครื่องและ AIR CAP1720I จำนวน 3 เครื่องโดยในการทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครือข่ายแลนไร้สายในครั้งนี้จะนำข้อมูลของอาคารทั้งมาเปรียบเทียบกันของอุปกรณ์ที่ติดตั้งทั้งสองยี่ห้อ โดยมีรายละเอียดของอาคารทั้งสอง ดังภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1 อาคารเฉลิมพระเกียรติพัชรกิตติยาภาและอาคารอัจฉริยะ

ภาพที่ 3.2 ภาพรวมระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

1.1 อาคารเฉลิมพระเกียรติพัชรกิตติยาภา

อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ มีการติดตั้ง Access Point ยี่ห้อ HP รุ่น HP MSM410 จำนวน 26 เครื่อง ทำงานในโหมด Access Point โดยมีคอนโทรลเลอร์จำนวน 1 เครื่องคือ ยี่ห้อ HP รุ่น MSM 760 มีการกำหนดค่าหมายเลขเครือข่ายแลนไร้สายเป็นแบบ Roaming คือ กำหนดค่าทุก

อุปกรณ์ให้มีค่าหมายเลขเครือข่ายแลนไร้สายชื่อเดียวกัน คือ UDONCITY-WIFI ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ ได้สะดวก รายละเอียดเพิ่มเติมดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 จุดติดตั้ง Access Point อาคารเฉลิมพระเกียรติ

ลำดับ	ชื่ออุปกรณ์	ช่องสัญญาณ/ความถี่	สถานที่ติดตั้ง	MAC Address	มาตรฐาน IEEE
1	FG-A1	Channel 13, 2.472GHz	ส่วนพัฒนารายได้ ชั้น G	C8:CB:B8:9C:7A:20	802.11b/g/n
2	FG-B1	Channel 7, 2.442GHz	กองสวัสดิการสังคม ชั้น G	78:48:59:CF:3F:E0	802.11b/g/n
		Channel 40, 5.200GHz			802.11a/n
3	FG-B2	Channel 7, 2.442GHz	งานเทศกิจ ชั้น G	C8:CB:B8:9C:CC:F0	802.11b/g/n
4	F1-A1	Channel 13, 2.472GHz	ส่วนพัสดุ ชั้น 1	C8:CB:B8:9C:7B:D0	802.11b/g/n
5	F1-B1	Channel 7, 2.442GHz	ส่วนบริหารการคลัง ชั้น 1	78:48:59:CF:42:E0	802.11b/g/n
		Channel 149, 5.745GHz			802.11a/n
ลำดับ	**ชื่ออุปกรณ์**	**ช่องสัญญาณ/ความถี่**	**สถานที่ติดตั้ง**	**MAC Address**	**มาตรฐาน IEEE**
6	F1-B2	Channel 13, 2.472GHz	สำนักบริหารการคลัง ชั้น 1	C8:CB:B8:9C:EA:50	802.11a/n
7	F1-B3	Channel 13, 2.472GHz	สำนักการคลัง ชั้น 1	78:48:59:CF:43:C0	802.11b/g/n
		Channel 136, 5.680GHz			802.11a/n
8	F2-A1	Channel 13, 2.472GHz	ประชาสัมพันธ์ ชั้น 2	C8:CB:B8:9C:DC:B0	802.11b/g/n
9	F2-B1	Channel 13, 2.472GHz	สำนักงานสาธารณสุข ชั้น 2	C8:CB:B8:9C:7A:50	802.11b/g/n
10	F2-B2	Channel 1, 2.412GHz	สำนักงานสาธารณสุข ชั้น 2	78:48:59:CF:3E:00	802.11b/g/n
		Channel 64, 5.320GHz			802.11a/n
11	F3-B1	Channel 7, 2.442GHz	สำนักปลัดเทศบาล ชั้น 3	C8:CB:B8:9C:DC:20	802.11b/g/n
12	F3-B2	Channel 1, 2.412GHz	สำนักปลัดเทศบาล ชั้น 3	C8:CB:B8:9C:1B:70	802.11b/g/n

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่ออุปกรณ์	ช่องสัญญาณ/ความถี่	สถานที่ติดตั้ง	MAC Address	มาตรฐาน IEEE
13	F3-B3	Channel 7, 2.442GHz	สำนักปลัดเทศบาล ชั้น 3	C8:CB:B8:9C:5E:E0	802.11b/g/n
14	F4-A1	Channel 7, 2.442GHz	กองวิชาการและแผนงาน ชั้น 4	C8:CB:B8:9C:3B:C0	802.11b/g/n
15	F4-A2	Channel 13, 2.472GHz	กองวิชาการและแผนงาน ชั้น 4	C8:CB:B8:9C:CB:90	802.11b/g/n
16	F4-B1	Channel 1, 2.412GHz	สำนักปลัดเทศบาล ชั้น 4	3C:D9:2B:7E:5F:E0	802.11b/g/n
17	F4-B2	Channel 7, 2.442GHz	สำนักปลัดเทศบาล ชั้น 4	C8:CB:B8:9C:9E:10	802.11b/g/n
18	F5-A1	Channel 13, 2.472GHz	ส่วนช่างสุขาภิบาล ชั้น 5	C8:CB:B8:9C:6E:80	802.11b/g/n
19	F5-B1	Channel 13, 2.472GHz	ส่วนการโยธา ชั้น 5	C8:CB:B8:9C:5B:B0	802.11b/g/n
20	F5-B2	Channel 7, 2.442GHz	ส่วนการโยธา ชั้น 5	78:48:59:CF:42:C0	802.11b/g/n
		Channel 136, 5.200GHz			802.11a/n
21	F6-A1	Channel 7, 2.442GHz	ส่วนควบคุมอาคารและผังเมือง ชั้น 6	C8:CB:B8:9C:DC:30	802.11b/g/n
ลำดับ	ชื่ออุปกรณ์	ช่องสัญญาณ/ความถี่	สถานที่ติดตั้ง	MAC Address	มาตรฐาน IEEE
22	F6-B1	Channel 7, 2.442GHz	สำนักการช่าง ชั้น 6	78:48:59:CF:3F:60	802.11b/g/n
		Channel 48, 5.240GHz			802.11a/n
23	F6-B2	Channel 13, 2.472GHz	สำนักการช่าง ชั้น 6	C8:CB:B8:9C:5E:70	802.11b/g/n
24	F7-A1	Channel 13, 2.472GHz	สำนักการศึกษา ชั้น 7	C8:CB:B8:9C:CA:70	802.11b/g/n
25	F7-B1	Channel 1, 2.412GHz	งานสารสนเทศ ชั้น 7	78:48:59:CF:43:80	802.11b/g/n
		Channel 100, 5.200GHz			802.11a/n
26	F7-B2	Channel 7, 2.442GHz	งานสารสนเทศ ชั้น 7 (ห้องวิทยุสื่อสาร)	C8:CB:B8:9C:9B:90	802.11b/g/n

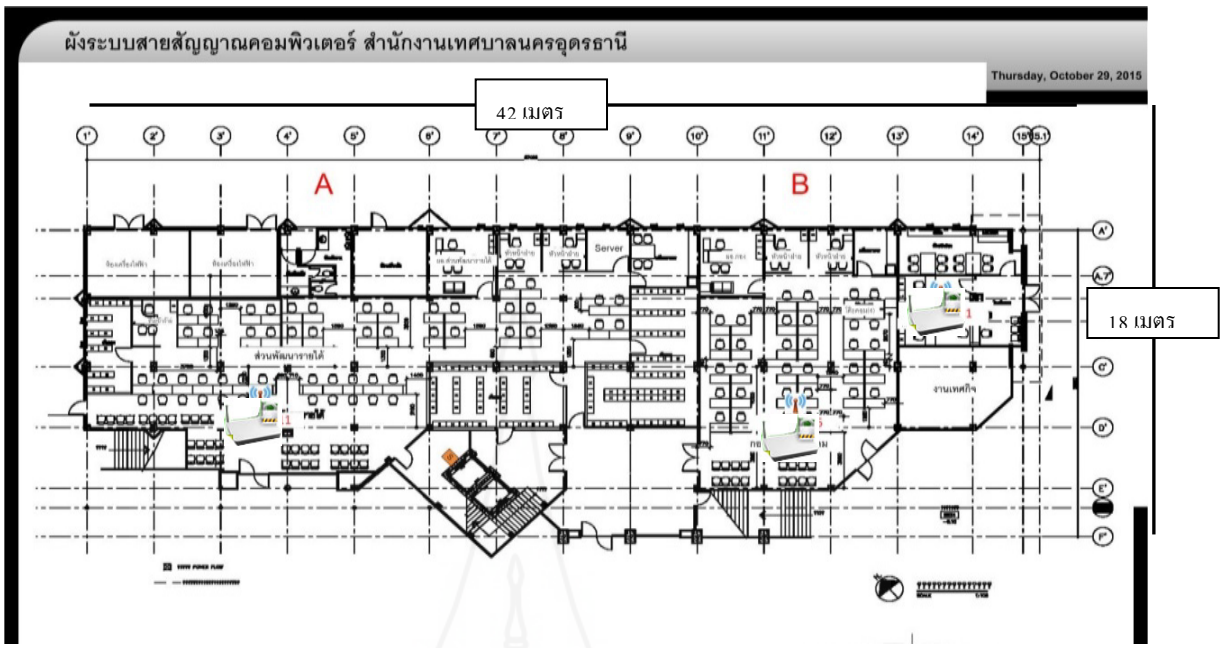
1.2 อาคารอัจฉริยะ เป็นอาคารคู่แฝดของอาคารเฉลิมพระเกียรติซึ่งตั้งอยู่ติดกับอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ แต่มีแค่จำนวน 4 ชั้น มีการติดตั้ง Access Point ยี่ห้อ CISCO รุ่น AIR LAB1042N จำนวน 2 เครื่องและAIR CAP1720I จำนวน 3 เครื่อง ทำงานในโหมด Access Pointโดยมีคอนโทรลเลอร์จำนวน 1 ตัว และได้กำหนดค่า SSID แบบแยกอุปกรณ์ คือ 1 อุปกรณ์จะมีค่า SSID เพียง 1 ค่า รายละเอียดของอุปกรณ์กระจายสัญญาณ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 จุดติดตั้ง Access Point อาคารอัจฉริยะ

ลำดับ	ชื่ออุปกรณ์	ช่องสัญญาณ/ความถี่	สถานที่ติดตั้ง	MAC Address	มาตรฐาน IEEE
1	Udoncity-Wifi-AP1	Channel 1, 2.412GHz	ห้องทะเบียนและบัตร ชั้น G	60:73:5c:c3:87:58	802.11b/g/n
2	Udoncity-Wifi-AP5	Channel 11,2.462 GHz	ห้องทะเบียนและบัตร ชั้น G	60:73:5c:c3:87:51	802.11b/g/n
3	AppSecurity	Channel 6,2.412 GHz	หน้าห้อง ผอ. ทะเบียนและบัตร ชั้น 1	20:3A:07:96:E7:BF	802.11b/g/n
4	WiFi-Teparuk-Room	Channel 6 ,2.412 GHz	หน้าห้องรองปลัดเทศบาล ชั้น 2	f4:cf:e2:a4:a1:6c	802.11b/g/n
5	Wifi-Wessuwan-Room	Channel 1, 2.412GHz	ห้องประชุมเวสสุวัณ ชั้น 3	f4:cf:e2:aa:06:20	802.11b/g/n

1.3 ขนาดพื้นที่อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

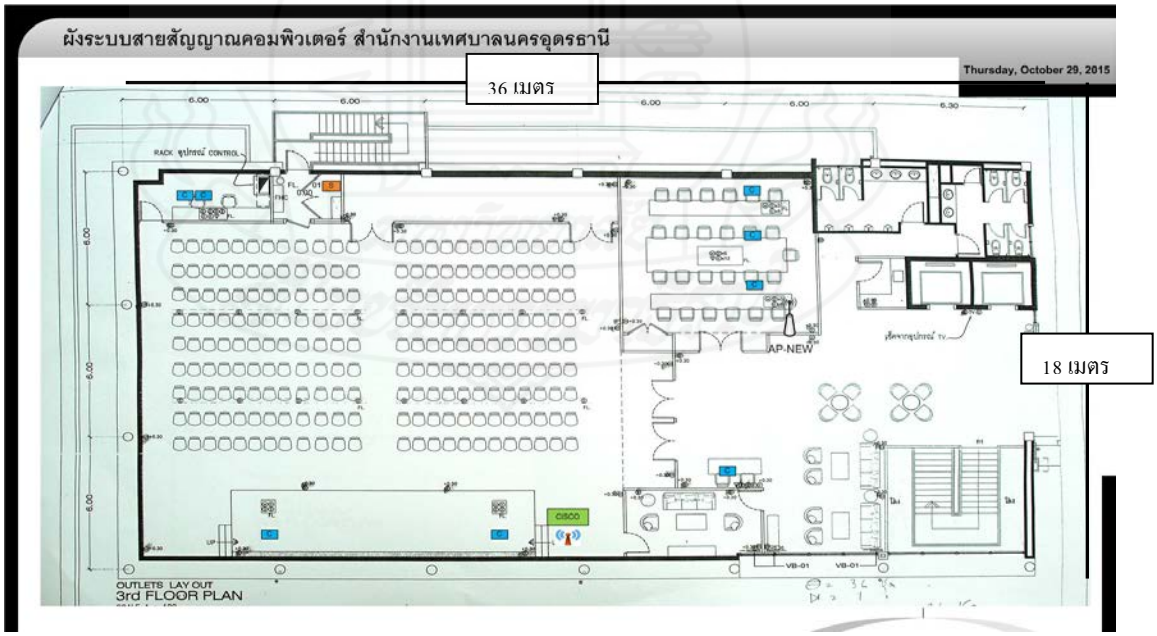
อาคารเฉลิมพระเกียรติ กว้าง 18 เมตร ยาว 42 เมตร จำนวน 8 ชั้น รายละเอียดดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ขนาดพื้นที่อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

1.4 ขนาดพื้นที่อาคารอัจฉริยะ

อาคารอัจฉริยะ กว้าง 18 เมตร ยาว 36 เมตร มีจำนวน 4 ชั้น รายละเอียดดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ขนาดพื้นที่อาคารอัจฉริยะ

2. เครื่องมือที่ใช้สำหรับทำการวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือสำหรับทำวิจัย เพื่อจัดเก็บข้อมูลการสื่อสารของระบบเครือข่ายแลนไร้สายทั้งหมด 4 โปรแกรม รายละเอียดการติดตั้งโปรแกรมแสดงใน ภาคผนวก ก

2.1 โปรแกรม Ekahau Heat mapper Wi-Fi Site Survey

เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการสำรวจพื้นที่ที่ให้บริการสามารถนำเข้าแผนที่และจุดติดตั้ง Access Point ลงไปได้ และสามารถทำการเดินสำรวจความแรงสัญญาณตามจุดต่างๆ ในอาคาร โดยโปรแกรมสามารถสร้างแผนที่ของอาคารและแสดงผลในรูปแบบของแผนที่ความเข้มของสัญญาณเครือข่ายได้ ทำให้การออกแบบระบบเครือข่ายแลนไร้สายให้ครอบคลุมสามารถทำได้ง่ายขึ้น และมีข้อมูลสนับสนุนมากยิ่งขึ้น ซึ่งสัญญาณที่กระจายออกมานั้นจะแบ่งเป็นโซนสีต่างๆ เช่น สีเขียวเข้ม (-1 ถึง -76 dBm) สีเขียว (-77 ถึง -89 dbm) สีเขียวอ่อน (-90 ถึง -97 dBm) สีเหลือง (-98 ถึง -103 dBm) สีน้ำตาล (-104 ถึง -120 dBm)
(อรรณพ ขันธิกุลและอำนาจ มีมงคล, 2553)

2.2 โปรแกรม inssider4

เป็นโปรแกรมสำหรับการสำรวจและวิเคราะห์ระบบเครือข่ายแลนไร้สาย โดยจะสำรวจหมายเลขเครือข่ายช่องสัญญาณเครือข่าย ช่องสัญญาณเครือข่าย การรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกัน และข้อมูลการทับซ้อนหรือชนกันของ Access Point

2.3 โปรแกรม Acrylic Wi-Fi Professional

เป็นโปรแกรมสำหรับการสำรวจและวิเคราะห์ระบบเครือข่ายแลนไร้สาย เพื่อวัดค่าความแรงของสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย โดยวัดจากค่าระดับความเข้มของสัญญาณที่รับได้ ซึ่งเป็นการวัดความแรงหรือความเข้มของสัญญาณที่ส่งออกมาจากอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายมีหน่วยเป็น dBm และค่าอัตราส่วนการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนที่ได้สามารถเก็บเป็นตัวเลข เพื่อนำไปประมวลผลได้

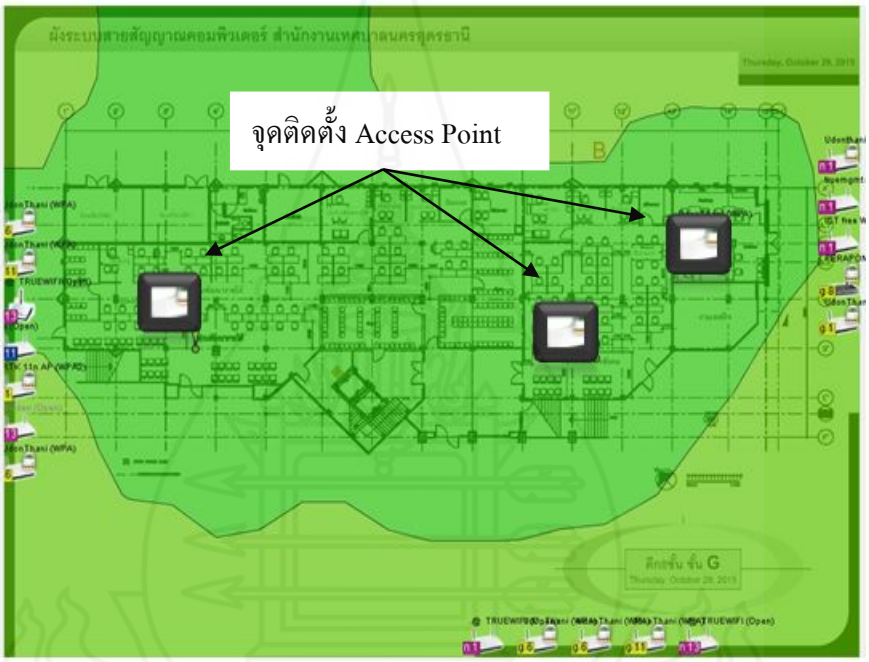
2.4 โปรแกรม Net Meter

เป็นโปรแกรมวิเคราะห์ตรวจสอบค่าอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ทำให้สามารถทราบค่าการค่าอัพโหลด ดาวน์โหลดของระบบเครือข่ายแลนไร้สายในตอนนั้นว่ามีความเร็วเท่าไหร่ โดยจะแสดงเป็นกราฟ ค่าความเร็วในการอัพโหลด จะเป็นแถบสีเขียวส่วนค่าความเร็วในการดาวน์โหลดจะเป็นแถบสีแดง

3. การเก็บรวมรวมข้อมูล

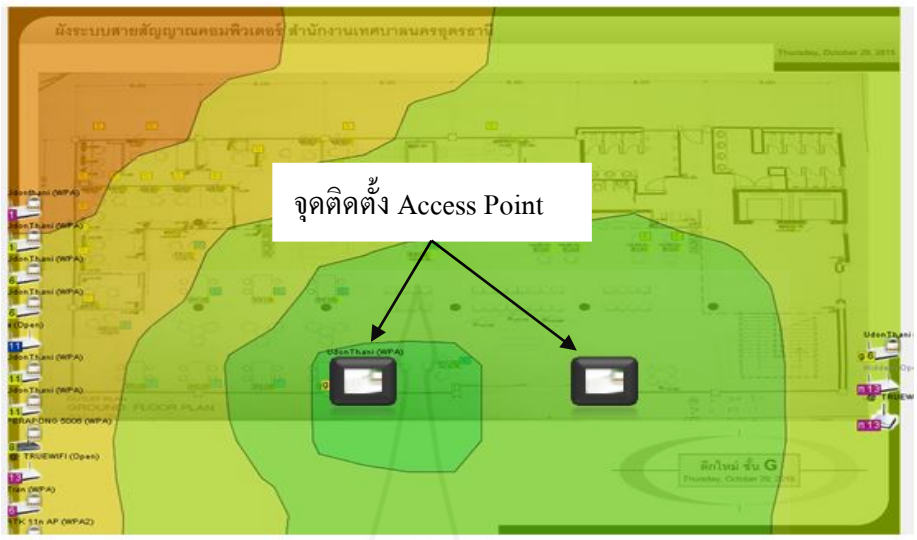
ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ โดยใช้โปรแกรมดังต่อไปนี้

3.1 โปรแกรม Ekahau Heat mapper Wi-Fi Site Survey ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลพื้นที่ที่ Access Point กระจายสัญญาณออกไปในแต่ละชั้นของอาคาร โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นรูปภาพแผนที่ความเข้มของสัญญาณ ทำให้ทราบถึงพื้นที่ที่ให้บริการของ Access Point แต่ละเครื่องว่ามีพื้นที่ให้บริการทั่วถึงมากน้อยเพียงใด รายละเอียดดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 การตรวจวัดสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย อาคารเฉลิมพระเกียรติ

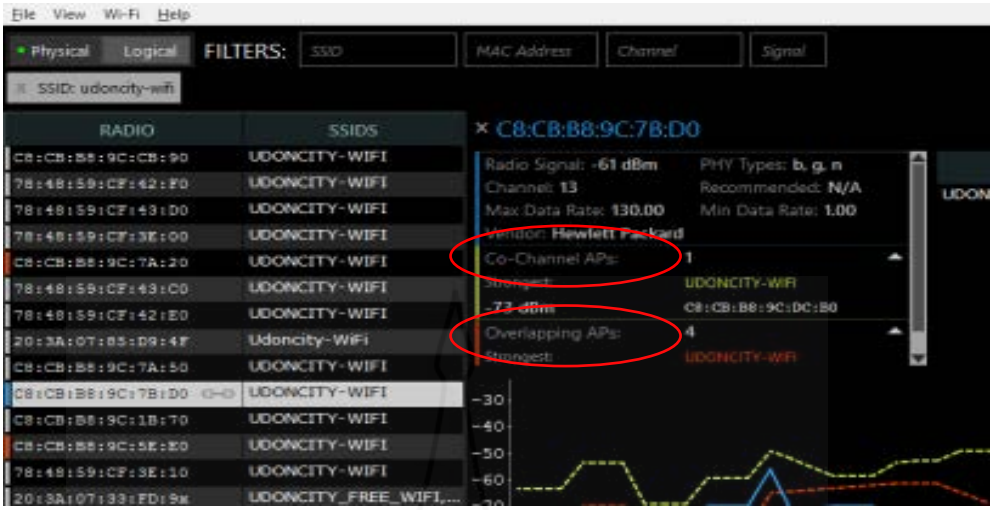
จากภาพที่ 3.5 เป็นตัวอย่างการตรวจวัดสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G ของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ โดยใช้โปรแกรม Ekahau Heat mapper Wi-Fi Site Survey พบว่ามีการติดตั้ง Access Point ทั้งหมด 3 เครื่อง การกระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายได้ครอบคลุมพื้นที่ชั้น G ของอาคารเฉลิมพระเกียติฯ ทั้งหมดแล้ว สำหรับรายละเอียดการเก็บข้อมูลในชั้นอื่นๆ ของอาคารแสดงในภาพที่ 1- 34 ในภาคผนวก ข



ภาพที่ 3.6 การตรวจวัดสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย อาคารอัจฉริยะ

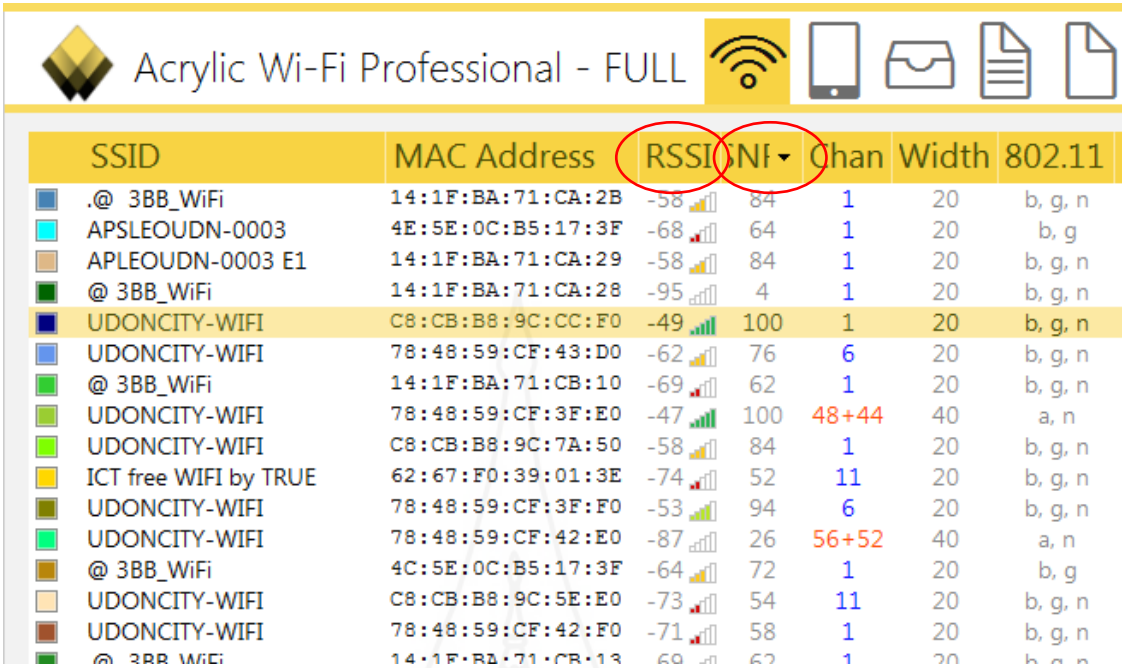
จากภาพที่ 3.6 เป็นตัวอย่างการตรวจวัดสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ในชั้น G ของอาคารอัจฉริยะ โดยใช้โปรแกรม Ekahau Heat mapper Wi-Fi Site Survey ซึ่งมีการติดตั้ง Access Point ที่ชั้นนี้จำนวน 2 เครื่อง จากการสำรวจการกระจายสัญญาณพบว่าไม่สามารถกระจายสัญญาณครอบคลุมพื้นที่ภายในชั้นได้ทั้งหมด สำหรับรายละเอียดการเก็บข้อมูลในชั้นอื่นๆ ของอาคารแสดงในภาพที่ 35- 40 ในภาคผนวก ข

3.2 โปรแกรม inssider4 ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล หมายเลขเครือข่ายช่องสัญญาณเครือข่าย ช่องสัญญาณเครือข่าย การรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกัน และข้อมูลการทับซ้อนของช่องสัญญาณใกล้เคียงโดยข้อมูลที่ได้ ตัวอย่างดังภาพที่ 3.7 สำหรับรายละเอียดการเก็บข้อมูลในชั้นอื่นๆ ของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ กับอาคารอัจฉริยะ แสดงในภาพที่ 41- 52 ในภาคผนวก ข



ภาพที่ 3.7 การรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกัน และข้อมูลการทับซ้อนของช่องสัญญาณใกล้เคียง อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

3.3 โปรแกรม Acrylic Wi-Fi Professional เป็นโปรแกรมสำหรับการสำรวจและวิเคราะห์ระบบเครือข่ายแลนไร้สาย โดยวัดจากค่าระดับความเข้มของสัญญาณที่รับได้ ซึ่งเป็นการวัดความแรงหรือความเข้มของสัญญาณที่ส่งออกมาจากอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายมีหน่วยเป็น dBm และค่าอัตราส่วนการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน ข้อมูลที่ได้จะสามารถเก็บเป็นตัวเลข เพื่อนำไปประมวลผลได้ ดังภาพที่ 3.8

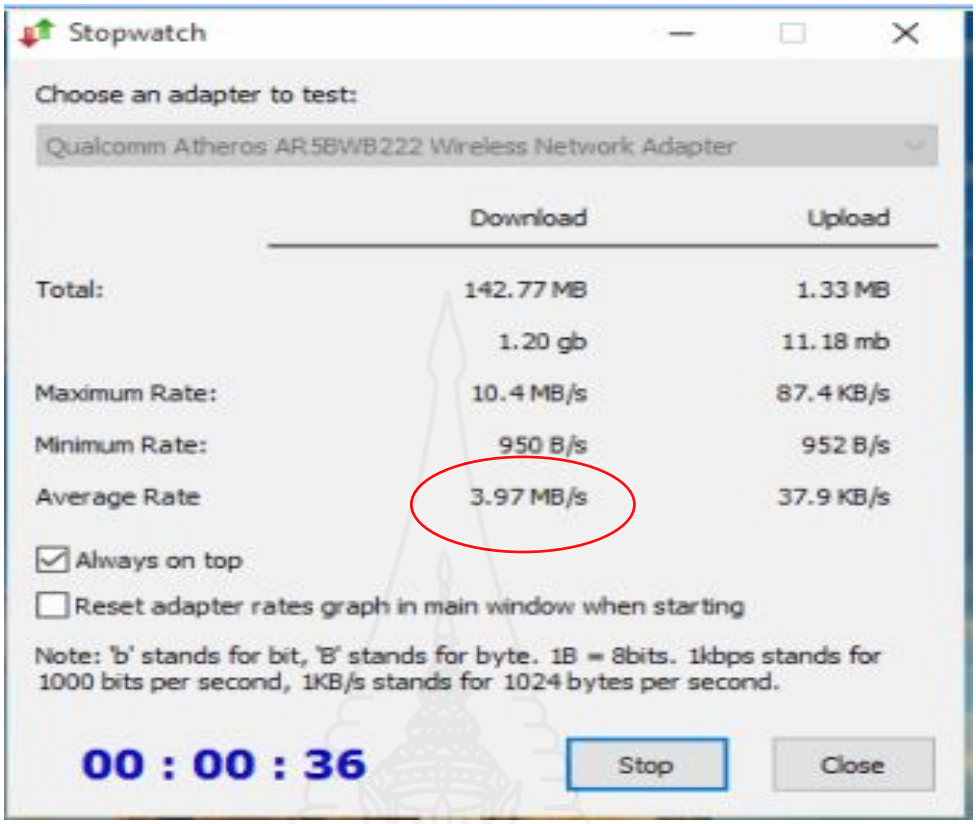


SSID	MAC Address	RSSI	SNI	Chan	Width	802.11
.@ 3BB_WiFi	14:1F:BA:71:CA:2B	-58	84	1	20	b, g, n
APSLEOUDN-0003	4E:5E:0C:B5:17:3F	-68	64	1	20	b, g
APLEOUDN-0003 E1	14:1F:BA:71:CA:29	-58	84	1	20	b, g, n
@ 3BB_WiFi	14:1F:BA:71:CA:28	-95	4	1	20	b, g, n
UDONCITY-WIFI	C8:CB:B8:9C:CC:F0	-49	100	1	20	b, g, n
UDONCITY-WIFI	78:48:59:CF:43:D0	-62	76	6	20	b, g, n
@ 3BB_WiFi	14:1F:BA:71:CB:10	-69	62	1	20	b, g, n
UDONCITY-WIFI	78:48:59:CF:3F:E0	-47	100	48+44	40	a, n
UDONCITY-WIFI	C8:CB:B8:9C:7A:50	-58	84	1	20	b, g, n
ICT free WIFI by TRUE	62:67:F0:39:01:3E	-74	52	11	20	b, g, n
UDONCITY-WIFI	78:48:59:CF:3F:F0	-53	94	6	20	b, g, n
UDONCITY-WIFI	78:48:59:CF:42:E0	-87	26	56+52	40	a, n
@ 3BB_WiFi	4C:5E:0C:B5:17:3F	-64	72	1	20	b, g
UDONCITY-WIFI	C8:CB:B8:9C:5E:E0	-73	54	11	20	b, g, n
UDONCITY-WIFI	78:48:59:CF:42:F0	-71	58	1	20	b, g, n

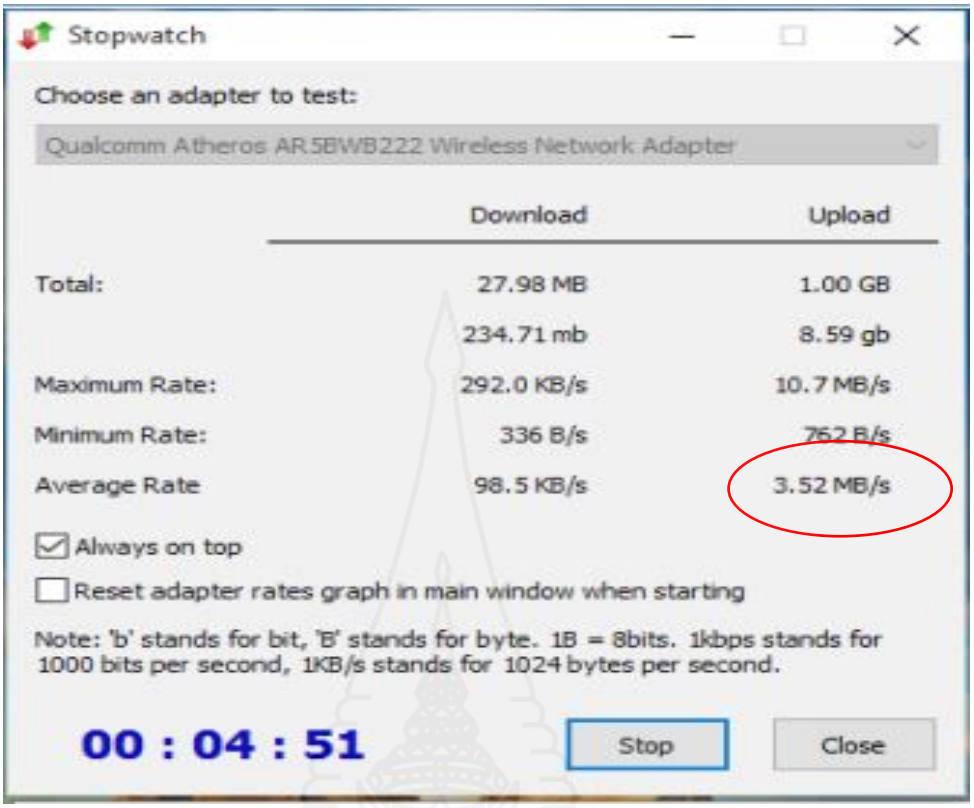
ภาพที่ 3.8 การตรวจวัดค่าความแรงของสัญญาณ (RSSI) และค่าอัตราส่วนการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR) ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

จากภาพที่ 3.8 เป็นการเก็บข้อมูลของระบบเครือข่ายแลนไร้สายของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ เพื่อวัดค่าความแรงของสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย โดยวัดจากค่าระดับความเข้มของสัญญาณที่รับได้ ซึ่งเป็นการวัดความแรงหรือความเข้มของสัญญาณที่ส่งออกมาจากอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายมีหน่วยเป็น dBm และค่าอัตราส่วนการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน สำหรับรายละเอียดการเก็บข้อมูลในชั้นอื่นๆ ของอาคารแสดงในภาพที่ 53- 64 ในภาคผนวก ข

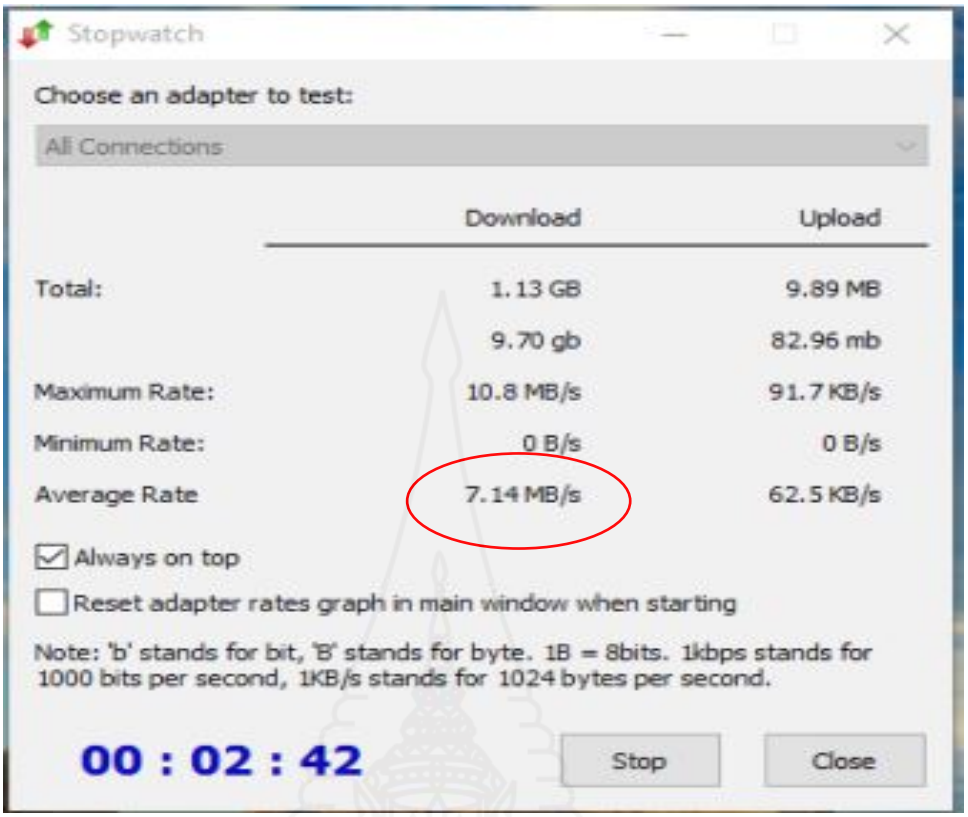
3.4 โปรแกรม Net Meter ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลค่าการอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลที่มีขนาด 1 GB ผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น G ค่าความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูลมีค่าเท่ากับ 3.97 เมกะไบต์ต่อวินาที ใช้เวลาในการดาวน์โหลด 3.21 นาที ค่าอัพโหลดข้อมูลมีค่าเท่ากับ 3.52 เมกะไบต์ต่อวินาที ใช้เวลาในการอัพโหลด 4.51 นาที รายละเอียดดังภาพที่ 3.9 – 3.10



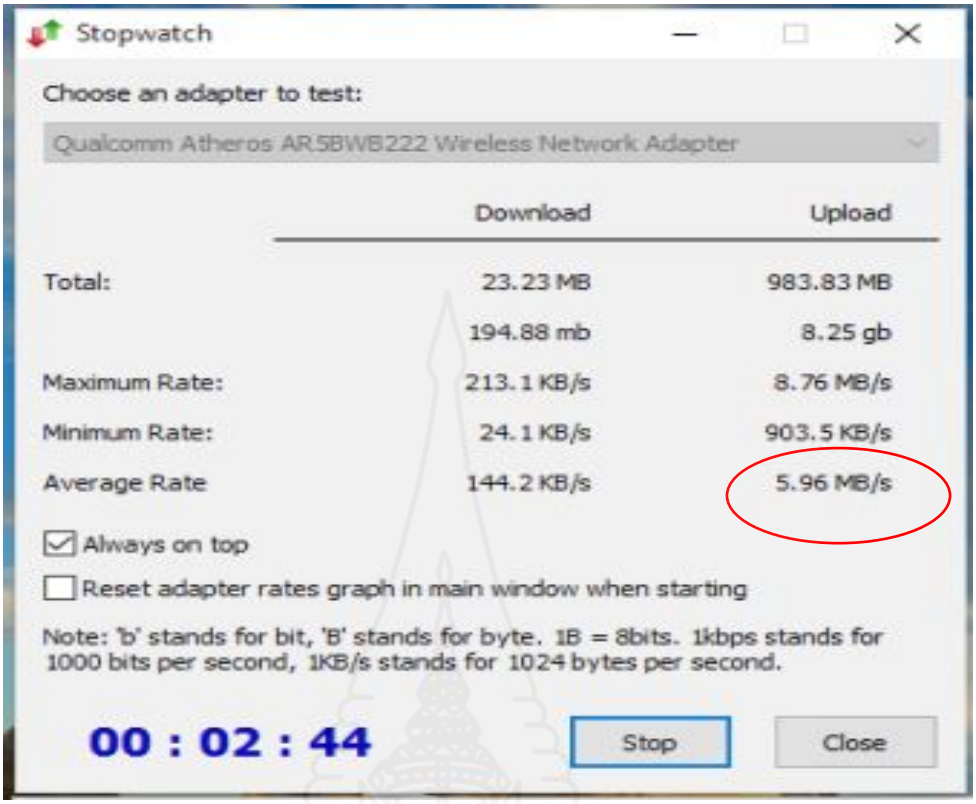
ภาพที่ 3.9 การดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ



ภาพที่ 3.10 การอัพโหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ



ภาพที่ 3.11 การดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารอัจฉริยะ



ภาพที่ 3.12 การอัพโหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารอัจฉริยะ

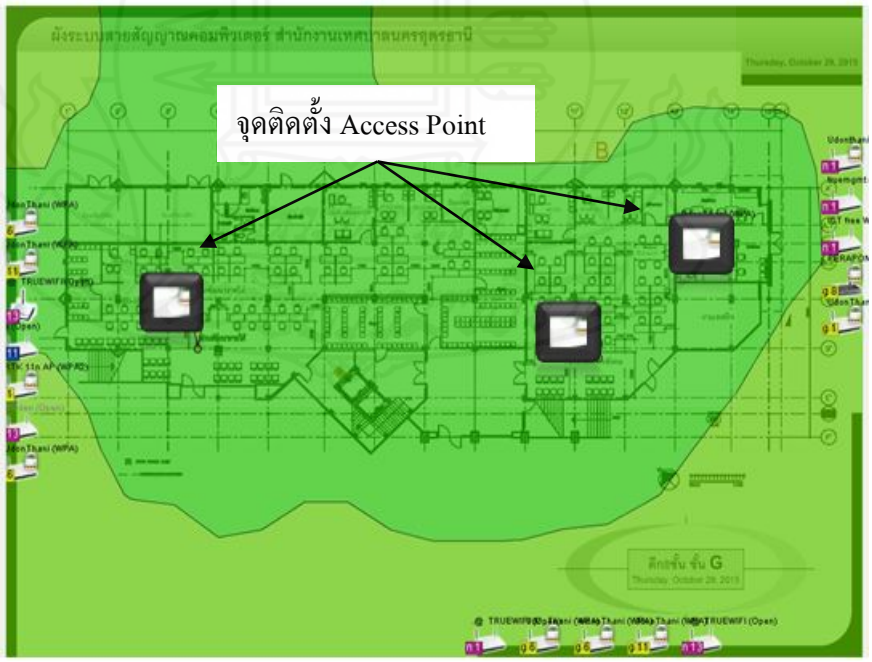
จากภาพที่ 3.11 – 3.12 เป็นการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ โดยการอัพโหลดข้อมูลที่มีขนาดความจุ 1 กิกะไบต์ ผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สายของอาคารอัจฉริยะ มีความเร็วเท่ากับ 7.14 เมกะไบต์ต่อวินาที ใช้เวลาในการดาวน์โหลด 2.42 นาที และความเร็วในการอัพโหลดเท่ากับ 5.96 เมกะไบต์ต่อวินาที ใช้เวลาในการอัพโหลดข้อมูล 2.44 นาที สำหรับรายละเอียดการเก็บข้อมูลในชั้นอื่นๆ ของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ กับอาคารอัจฉริยะแสดงในภาพที่ 65- 76 ในภาคผนวก ข

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลระบบเครือข่ายแลนไร้สายภายในอาคารสำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลการสำรวจพื้นที่ที่ให้บริการ

ผลจากการสำรวจพื้นที่ที่ให้บริการของอุปกรณ์กระจายสัญญาณของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายภายในอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ พบว่าครอบคลุมพื้นที่ของแต่ละชั้นภายในตัวอาคารเกือบทั้งหมดแล้ว จะมีแค่เพียงชั้นที่ 3 ของอาคารเฉลิมพระเกียรติเท่านั้นที่การกระจายสัญญาณยังไม่ครอบคลุมฝั่งซ้ายของอาคาร สำหรับอาคารอัจฉริยะนั้น การกระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย จากผลการสำรวจพบว่ายังไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของแต่ละชั้นภายในอาคารเนื่องจากมีการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเพียงชั้นละ 1 เครื่องและจุดที่ติดตั้งยังไม่เหมาะสม



ภาพที่ 4.1 การตรวจวัดสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติ

จากภาพที่ 4.1 เป็นการตรวจวัดสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G ของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ โดยใช้โปรแกรม Ekahau Heat mapper Wi-Fi Site Survey พบว่ามีการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ทั้งหมด 3 เครื่อง ซึ่งในภายในอาคารของแต่ละชั้นของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯนั้นส่วนมากจะมีผนังยิบซัมและพาร์ติชันกันระหว่างโต๊ะผู้ใช้งานซึ่งจะส่งผลต่ออัตราการลดทอน 3-4 dB และในส่วนลิฟต์ผู้โดยสารจะมีผนังเหล็กซึ่งจะส่งผลต่ออัตราลดทอน 13-32 dB ทำให้เมื่อผู้ใช้งานโดยสารอยู่ในลิฟต์จะไม่สามารถรับสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายได้ จากการสำรวจพบว่าการกระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายได้ครอบคลุมพื้นที่ชั้น G ของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ทั้งหมดแล้ว สำหรับรายละเอียดการวัดสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ทั้งหมดแสดงในภาพที่ 2 – 34 ในภาคผนวก ข และสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการสำรวจพื้นที่ที่ให้บริการเครือข่ายแลนไร้สาย อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

ลำดับ	สถานที่	การกระจายสัญญาณ
1	ชั้น G	ครอบคลุมพื้นที่
2	ชั้น 1	ครอบคลุมพื้นที่
3	ชั้น 2	ครอบคลุมพื้นที่
4	ชั้น 3	ไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด
5	ชั้น 4	ครอบคลุมพื้นที่
6	ชั้น 5	ครอบคลุมพื้นที่
7	ชั้น 6	ครอบคลุมพื้นที่
8	ชั้น 7	ครอบคลุมพื้นที่

การตรวจวัดสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ในชั้น G ของอาคารอัจฉริยะ โดยใช้โปรแกรม Ekahau Heat mapper Wi-Fi Site Survey พบว่ามีการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายเพียง 2 เครื่อง จากการตรวจสอบจากแผนภาพความเข้มของสัญญาณที่แสดงออกมาครอบคลุมพื้นที่เพียงบางส่วนในชั้น G ของอาคารอัจฉริยะเท่านั้น เนื่องจากจุดติดตั้งไม่เหมาะสมและจำนวนอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ไม่เพียงพอสำหรับให้บริการ จากการตรวจสอบพบว่าแผนที่ความเข้มของสัญญาณที่แสดงออกมาครอบคลุมพื้นที่เพียงบางส่วนในชั้น G ของอาคารอัจฉริยะเท่านั้น และภายในตัวอาคารยังมีห้องสำหรับประชุมอยู่หลายห้องซึ่งมีกำแพงกั้นและกระจก 2 ชั้นสำหรับกันเสียง มีผลกระทบทำให้เกิดอัตราลดทอน 6-18 dB สำหรับรายละเอียดการวัดสัญญาณ

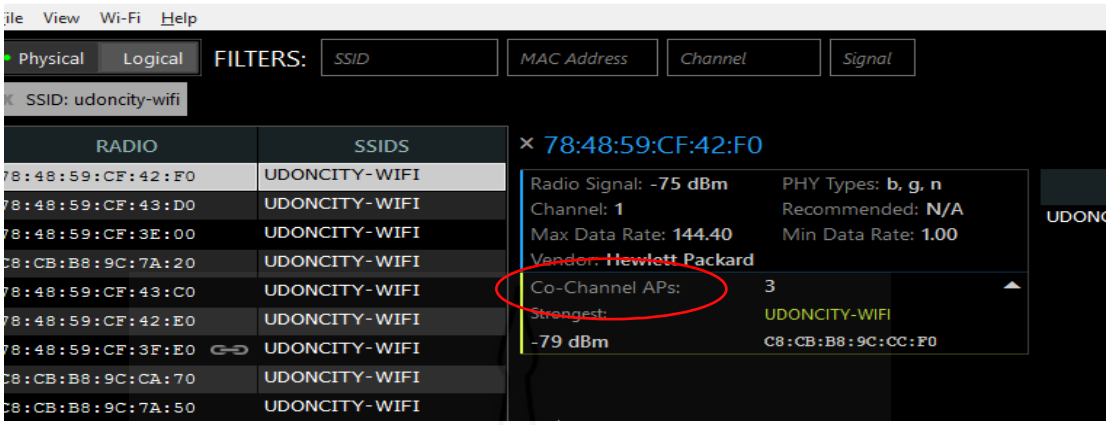
เครือข่ายแลนไร้สาย ของอาคารอัจฉริยะนั้น แสดงในภาพที่ 35 - 40 ในภาคผนวก ข และสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการตรวจวัดสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G – ชั้น 3 อาคารอัจฉริยะ

ลำดับ	สถานที่	การกระจายสัญญาณ
1	ชั้น G	ไม่ครอบคลุมพื้นที่
2	ชั้น 1	ไม่ครอบคลุมพื้นที่
3	ชั้น 2	ไม่ครอบคลุมพื้นที่
4	ชั้น 3	ไม่ครอบคลุมพื้นที่

2. ผลการตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกัน

ผลจากการทดลองพบว่าค่าการรบกวนกันเองของสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ โดยมีค่าระหว่าง 3 – 5 ช่องสัญญาณที่รบกวนในช่องสัญญาณเดียวกัน และสำหรับอาคารอัจฉริยะ มีการสำรวจพบการกำหนดค่าให้อุปกรณ์ 9 – 11 ช่องสัญญาณที่รบกวนในช่องสัญญาณเดียวกัน และการซ้อนทับของช่องสัญญาณของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ มีจำนวน 1 - 2 เครื่องที่กำหนดค่าอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย เป็นช่องสัญญาณเดียวกัน สำหรับอาคารอัจฉริยะ ไม่มีสัญญาณรบกวนของอุปกรณ์ภายในอาคารเดียวกันแต่จะมีอุปกรณ์ของอาคารอื่นข้างเคียงจำนวนมากมารบกวนแทน จึงไม่ส่งผลในเรื่องประสิทธิภาพของอุปกรณ์ภายในอาคารอัจฉริยะเนื่องจากภายในอาคารอัจฉริยะไม่มีอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ที่กำหนดช่องความถี่ซ้อนทับเนื่องจากในแต่ละชั้นมีอุปกรณ์เพียงชั้นละ 1 เครื่อง เท่านั้นจึงไม่ส่งผลเรื่องประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายแลนไร้สายโดยรวม



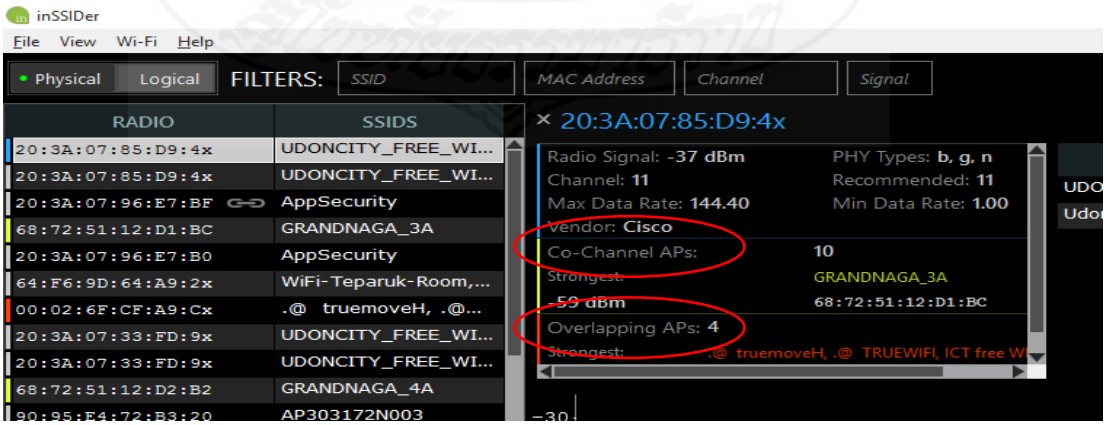
ภาพที่ 4.2 การตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติ

จากภาพที่ 4.2 เป็นการตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ พบว่ามีการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันจำนวน 3 เครื่องซึ่งดูได้จากตัวเลข Co-Channel Aps ซึ่งส่งผลกระทบให้อุปกรณ์รับสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายเกิดปัญหาในการเชื่อมต่อขึ้นได้ เมื่อมีอุปกรณ์ส่งสัญญาณที่อยู่ในช่องสัญญาณเดียวกันก็จะเกิดปัญหาการรบกวนกันเองของอุปกรณ์ส่งสัญญาณขึ้นได้ สำหรับรายละเอียดการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกัน และข้อมูลการทับซ้อนของช่องสัญญาณใกล้เคียงของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ แสดงในภาพที่ 41 – 48 และอาคารอัจฉริยะ แสดงในภาพที่ 49 – 52 ในภาคผนวก ข และสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการตรวจวัดการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของช่องสัญญาณใกล้เคียง อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

ลำดับ	สถานที่	การรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกัน (เครื่อง)	การทับซ้อนของช่องสัญญาณใกล้เคียง (ช่องสัญญาณ)
1	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น G	3	0
2	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 1	3	2
3	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 2	4	0
4	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 3	4	0
5	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 4	5	1
6	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 5	5	1
7	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 6	3	1
8	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 7	3	0

จากตารางที่ 4.3 เป็นการสรุปผลการตรวจวัดการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของช่องสัญญาณใกล้เคียง อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ นั้น พบว่าในแต่ละชั้นของอาคารมีการกำหนดค่าช่องสัญญาณให้มีช่องสัญญาณเดียวกันจำนวนมาก เห็นควรมีการกำหนดช่องสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายใหม่ไม่ให้มีการทับซ้อนของช่องสัญญาณ และบริหารจัดการช่องสัญญาณความถี่ให้เป็นไปตามมาตรฐานการกำหนดช่องสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย
(อรรณพ ขันธิกุลและอำนาจ มีมงคล, 2553)



ภาพที่ 4.3 การตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันชั้น G อาคารอัจฉริยะ

จากภาพที่ 4.3 เป็นการตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารอัจฉริยะ พบว่ามีการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันจำนวน 7 เครื่องซึ่งดูได้จากตัวเลข Co-Channel Aps แต่ดูจากรายชื่ออุปกรณ์การส่งสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายแล้วพบว่าอุปกรณ์ที่อยู่ในช่องสัญญาณเดียวกันของอาคารอัจฉริยะนั้นเป็นอุปกรณ์ส่งสัญญาณจากอาคารข้างเคียง ซึ่งไม่ส่งผลกระทบกับอุปกรณ์รับสัญญาณได้ สำหรับรายละเอียดทั้งหมดของการตรวจวัดการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของช่องสัญญาณ ของอาคารอัจฉริยะ แสดงในภาพที่ 49 – 52 และสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สรุปผลการตรวจวัดการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของช่องสัญญาณใกล้เคียง อาคารอัจฉริยะ

ลำดับ	สถานที่	การรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกัน (เครื่อง)	การซ้อนทับของช่องสัญญาณใกล้เคียง (ช่องสัญญาณ)
1	อาคารอัจฉริยะ / ชั้น G	10	4
2	อาคารอัจฉริยะ / ชั้น 1	9	4
3	อาคารอัจฉริยะ / ชั้น 2	9	8
4	อาคารอัจฉริยะ / ชั้น 3	11	5

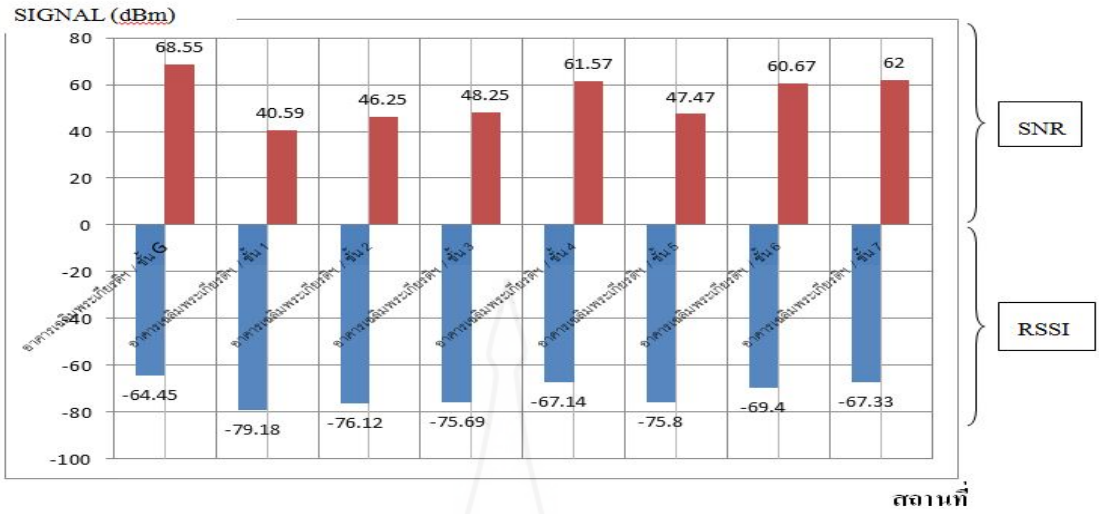
3. ผลการวัดคุณภาพของสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย

การกระจายสัญญาณของอุปกรณ์เครือข่ายแลนไร้สาย โดยวัดจากค่าระดับความเข้มของสัญญาณที่รับได้ ซึ่งเป็นการวัดความแรงหรือความเข้มของสัญญาณที่ส่งออกมาจากอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายมีหน่วยเป็น dBm โดยค่าเฉลี่ยที่วัดได้ของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ -71.88 dBm และค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน 54.41 และค่าเฉลี่ยความแรงหรือความเข้มของสัญญาณที่ส่งออกมาจากอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายที่วัดได้ของอาคารอัจฉริยะเท่ากับ -68.49 dBm และค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน 60.38 สำหรับรายละเอียดการวัดคุณภาพของสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ และอาคารอัจฉริยะ ทั้งหมดแสดงในภาพที่ 53 – 64 ในภาคผนวก ข และสรุปข้อมูลได้ดังตางรางที่ 4.5

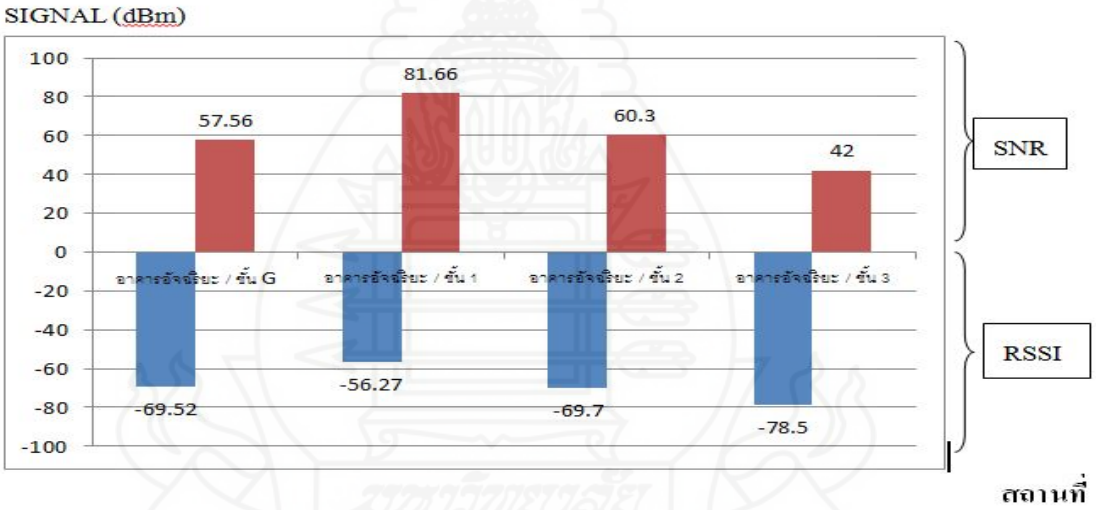
ตารางที่ 4.5 สรุปผลการตรวจวัดค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

ลำดับ	อาคาร / ชั้น	RSSI (dBm)	SNR
1	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น G	-64.45	68.55
2	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 1	-79.18	40.59
3	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 2	-76.12	46.25
4	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 3	-75.69	48.25
5	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 4	-67.14	61.57
6	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 5	-75.8	47.47
7	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 6	-69.4	60.67
8	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 7	-67.33	62
9	อาคารอัจฉริยะ / ชั้น G	-69.52	57.56
10	อาคารอัจฉริยะ / ชั้น 1	-56.27	81.66
11	อาคารอัจฉริยะ / ชั้น 2	-69.7	60.3
12	อาคารอัจฉริยะ / ชั้น 3	-78.5	42

จากตัวเลขดังกล่าวของทั้งสองอาคารพบว่าค่าระดับความเข้มของสัญญาณ และค่าอัตราส่วนการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน ของอาคารอัจฉริยะดีกว่า อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ดังภาพที่ 4.4 – 4.5



ภาพที่ 4.4 การตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ



ภาพที่ 4.5 การตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย อาคารอัจฉริยะ

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ผู้วิจัยได้ทำการจัดเก็บข้อมูลค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ และอาคารอัจฉริยะ ในชั้น G โดยทำการจัดเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 4 ระยะทาง คือ ระยะ 1 เมตร ระยะ 5 เมตร ระยะ 10 เมตร และระยะ 20 เมตร ของข้อมูลทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพเครือข่ายแลนไร้สาย รายละเอียดดังตารางที่ 4.6 – 4.7

ตารางที่ 4.6 ตารางเปรียบเทียบค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

ระยะทาง	RSSI (dBm)		SNR	
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
1 เมตร	- 65.88	- 52.91	63.75	68.55
5 เมตร	- 75.31	- 68.10	40.69	62.00
10 เมตร	- 74.00	- 73.60	46.38	49.20
20 เมตร	- 77.09	- 72.62	38.64	50.92

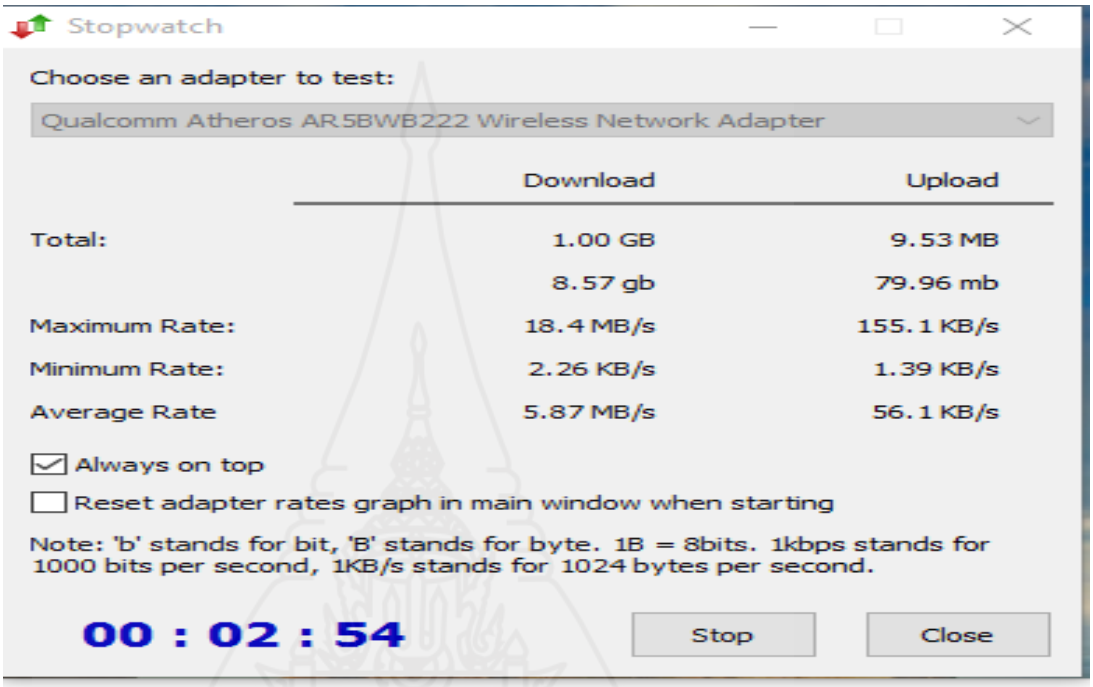
ตารางที่ 4.7 ตารางเปรียบเทียบค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน อาคาร อัจฉริยะ

ระยะทาง	RSSI (dBm)		SNR	
	Before	After	Before	After
1 เมตร	- 68.85	- 63.93	52.20	68.22
5 เมตร	- 69.93	- 66.60	50.81	56.23
10 เมตร	- 70.25	- 66.00	50.07	53.00
20 เมตร	- 70.50	- 59.67	45.77	47.73

4. ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย

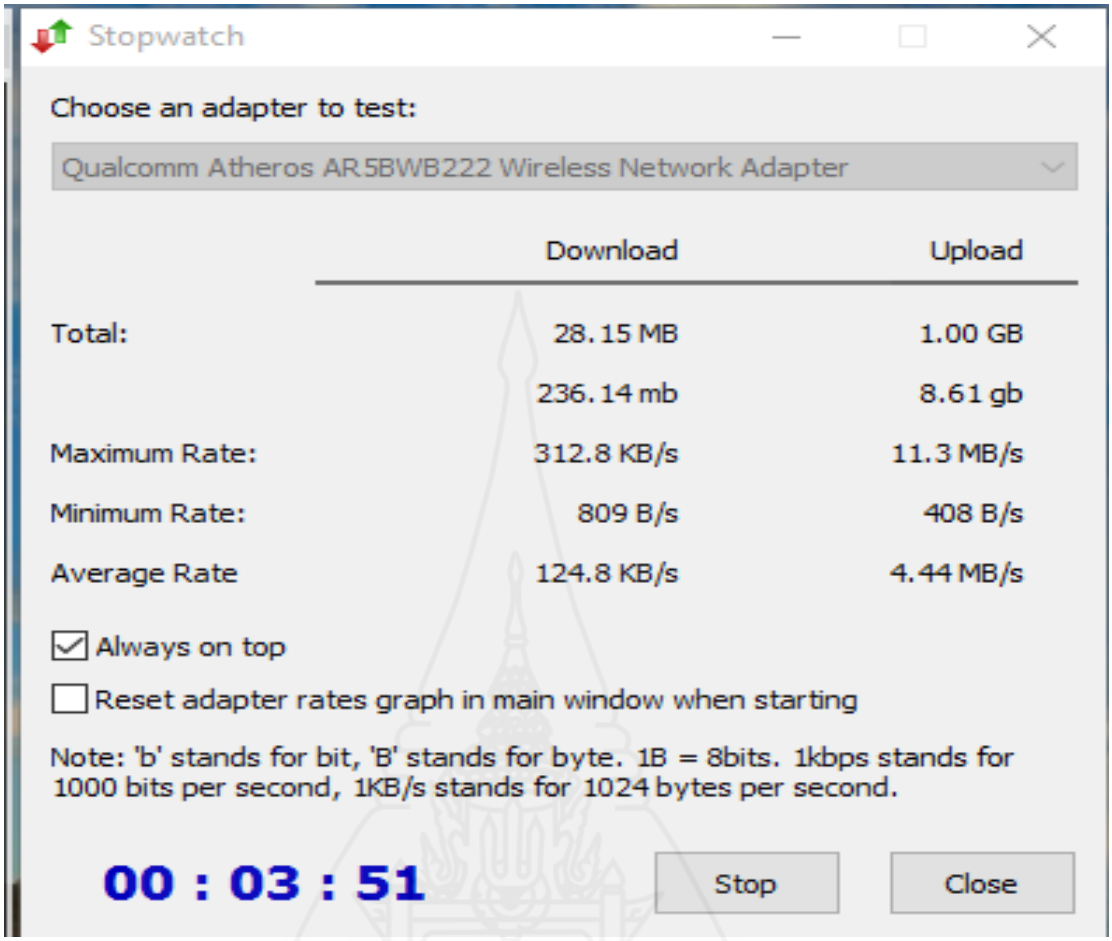
การถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย ของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ซึ่งได้ทำการดาวน์โหลดข้อมูลจากไฟล์เซิร์ฟเวอร์ ที่มีขนาด 1 กิกะไบต์ พบว่าการดาวน์โหลดข้อมูลนั้นมีความเร็วเฉลี่ยสูงสุดในการดาวน์โหลดข้อมูลอยู่ที่ 5.87 เมกะไบต์ต่อวินาที ใช้เวลาในการดาวน์โหลดข้อมูลทั้งหมด 2.54 นาที และได้ทำการอัพโหลดข้อมูลที่มีขนาด 1 กิกะไบต์ ขึ้นไปบนไฟล์เซิร์ฟเวอร์ความเร็วเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 4.67 เมกะไบต์ต่อวินาที ซึ่งใช้เวลาในการอัพโหลดข้อมูลทั้งหมด 3.22 นาที และการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สายของอาคารอัจฉริยะ ซึ่งได้ทำการดาวน์โหลดข้อมูลจากไฟล์เซิร์ฟเวอร์ ซึ่งข้อมูลมีขนาดความจุ 1 กิกะไบต์ พบว่าการดาวน์โหลดข้อมูลนั้นมีความเร็วเฉลี่ยสูงสุดในการดาวน์โหลดข้อมูลอยู่ที่ 7.58 เมกะไบต์ต่อวินาที ใช้เวลาใน

การดาวน์โหลดข้อมูลทั้งหมด 2.15 นาที และได้ทำการอัพโหลดข้อมูลที่มีขนาด 1 กิกะไบต์ ขึ้นไปบนไฟล์เซิร์ฟเวอร์ความเร็วเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 7.07 เมกะไบต์ต่อวินาที ซึ่งใช้เวลาในการอัพโหลดข้อมูลทั้งหมด 2.25 นาที



ภาพที่ 4.6 การดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

จากภาพที่ 4.6 เป็นภาพการดาวน์โหลดข้อมูลที่มีขนาด 1 กิกะไบต์ผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ในชั้น G ของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ พบว่ามีค่าความเร็วสูงสุดเท่ากับ 18.4 เมกะไบต์ต่อวินาที ค่าความเร็วต่ำสุดเท่ากับ 2.26 กิโลไบต์ต่อวินาที และมีค่าความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 5.87 เมกะไบต์ต่อวินาที และใช้เวลาโดยรวมในการถ่ายโอนข้อมูลทั้งหมดเท่ากับ 2.59 นาที

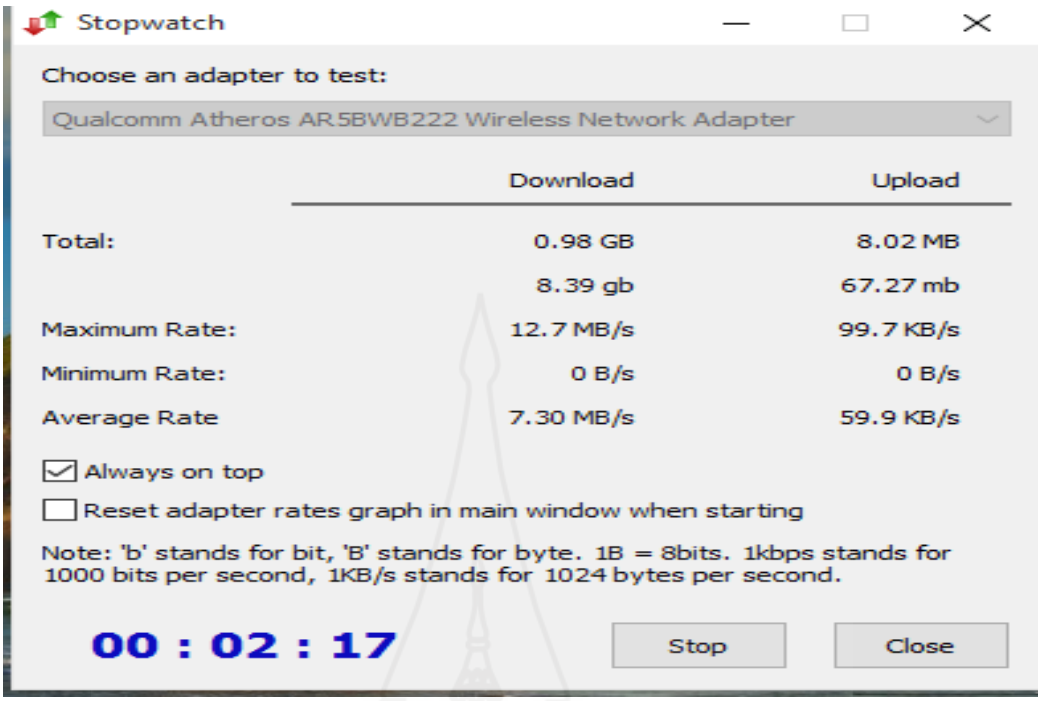


ภาพที่ 4.7 การอัพโหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

จากภาพที่ 4.7 เป็นภาพการอัพโหลดข้อมูลที่มีขนาด 1 กิกะไบต์ผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ในชั้น G ของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ พบว่ามีค่าความเร็วสูงสุดเท่ากับ 11.3 เมกะไบต์ต่อวินาที ค่าความเร็วต่ำสุดเท่ากับ 408 ไบต์ต่อวินาที และมีค่าความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 เมกะไบต์ต่อวินาที และใช้เวลาโดยรวมในการถ่ายโอนข้อมูลทั้งหมดเท่ากับ 4.01 นาที สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติมสามารถดูได้จากภาพที่ 65 – 72 ในภาคผนวก ข และสรุปได้ดังตารางที่ 4.8

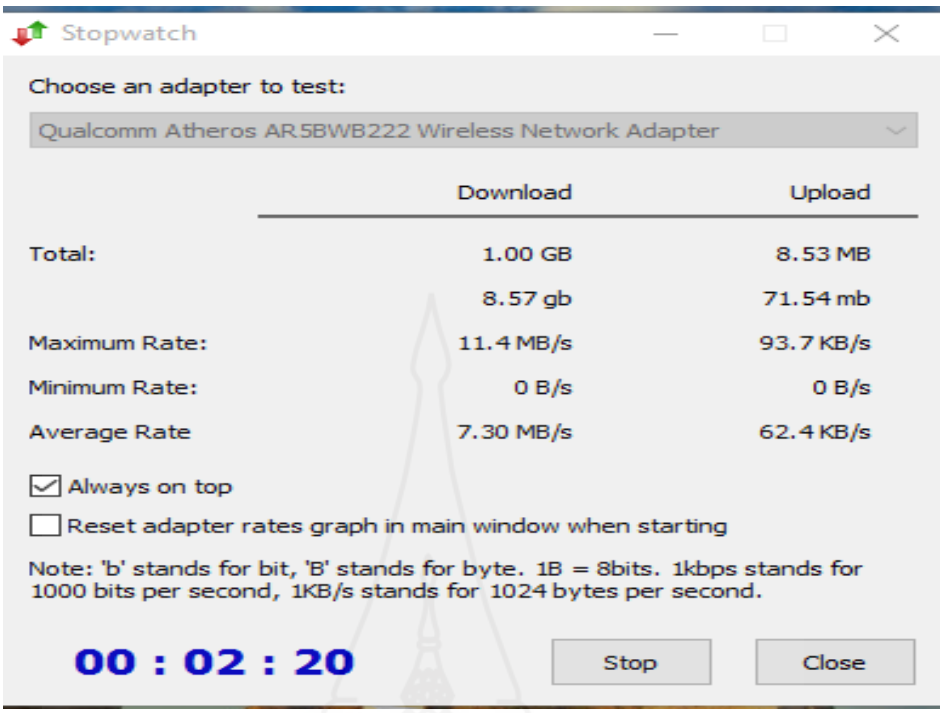
ตารางที่ 4.8 สรุปผลการตรวจสอบความเร็วการอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

ลำดับ	สถานที่	Down load	Up load	Time (minute)
1	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น G	3.97 MB/s	3.52 MB/s	Download 3.21 Upload 4.51
2	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 1	4.17 MB/s	2.80 MB/s	Download 4.10 Upload 6.15
ลำดับ	**สถานที่**	**Down load**	**Up load**	**Time (minute)**
3	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 2	4.91 MB/s	4.67 MB/s	Download 3.22 Upload 3.45
4	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 3	684.7 KB/s	793.3 KB/s	Download 25.24 Upload 22.47
5	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 4	80.6 KB/s	6.27 KB/s	Download 95 Upload -
6	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 5	4.93 MB/s	4.01 MB/s	Download 3.24 Upload 4.49
7	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 6	1.24 MB/s	1.24 MB/s	Download 14.26 Upload 10.56
8	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ / ชั้น 7	1.18 MB/s	3.30 MB/s	Download 14.37 Upload 5.19



ภาพที่ 4.8 การดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น 3 อาคารอัจฉริยะ

จากภาพที่ 4.8 เป็นภาพการดาวน์โหลดข้อมูลที่มีขนาด 1 กิกะไบต์ผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ในชั้น 3 ของอาคารอัจฉริยะ พบว่ามีค่าความเร็วสูงสุดเท่ากับ 12.7 เมกะไบต์ต่อวินาที ค่าความเร็วต่ำสุดเท่ากับ 0 ไบต์ต่อวินาที และมีค่าความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 7.30 เมกะไบต์ต่อวินาที และใช้เวลาโดยรวมในการถ่ายโอนข้อมูลทั้งหมดเท่ากับ 2.17 นาที



ภาพที่ 4.9 การอัพโหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สายชั้น 3 อาคารอัจฉริยะ

จากภาพที่ 4.9 เป็นภาพการอัพโหลดข้อมูลที่มีขนาด 1 กิกะไบต์ผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ในชั้น G ของอาคารอัจฉริยะ พบว่ามีค่าความเร็วสูงสุดเท่ากับ 11.4 เมกะไบต์ต่อวินาที ค่าความเร็วต่ำสุดเท่ากับ 0 ไบต์ต่อวินาที และมีค่าความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 7.30 เมกะไบต์ต่อวินาที และใช้เวลาโดยรวมในการถ่ายโอนข้อมูลทั้งหมดเท่ากับ 2.20 นาที สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติมการดาวน์โหลดและการอัพโหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สายของอาคารอัจฉริยะ แสดงตามตารางที่ 4.9

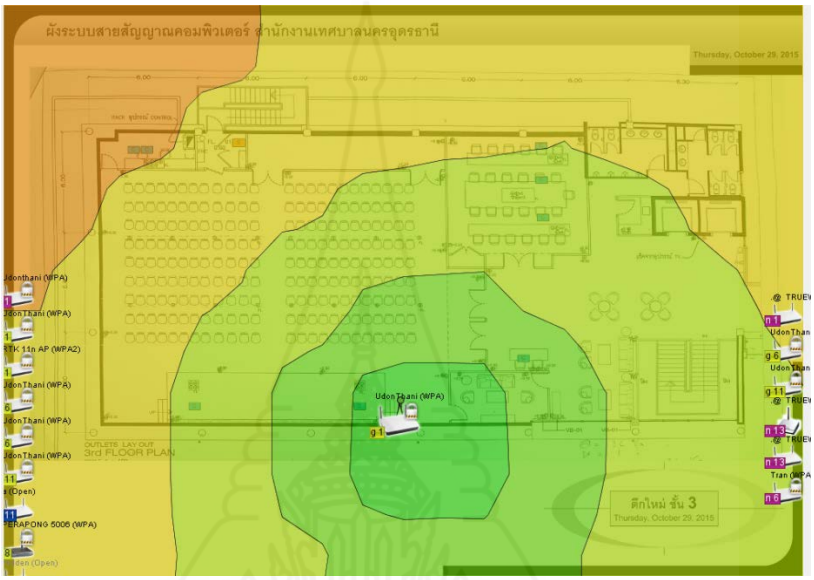
ตารางที่ 4.9 สรุปผลความเร็วการอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย อาคารอัจฉริยะ

ลำดับ	สถานที่	Down load	Up load	Time (minute)
1	อาคารอัจฉริยะ / ชั้น G	7.14 MB/s	5.96 MB/s	Download 2.47 Upload 2.49
2	อาคารอัจฉริยะ / ชั้น 1	6.78 MB/s	5.47 MB/s	Download 2.30 Upload 3.09
ลำดับ	**สถานที่**	**Down load**	**Up load**	**Time (minute)**
3	อาคารอัจฉริยะ / ชั้น 2	7.58 MB/s	7.07 MB/s	Download 2.20 Upload 2.30
4	อาคารอัจฉริยะ / ชั้น 3	7.30 MB/s	8.53 MB/s	Download 2.17 Upload 2.47

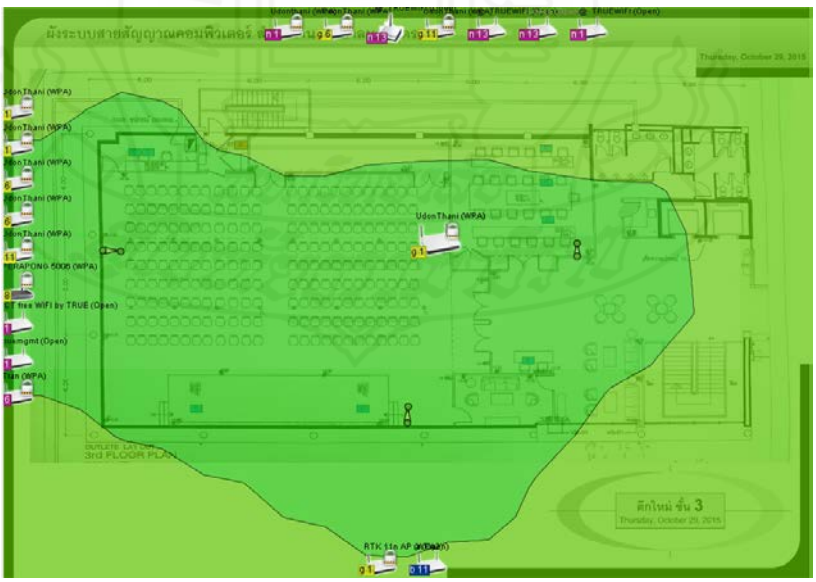
จากตารางที่ 4.9 เป็นการสรุปผลความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลที่มีขนาด 1 กิกะไบต์ ผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ระหว่างอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ กับอาคารอัจฉริยะ พบว่าประสิทธิภาพและความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลของอาคารอัจฉริยะจะมีค่าที่สูงกว่าอาคารเฉลิมพระเกียรติ และใช้เวลาในการถ่ายโอนข้อมูลน้อยกว่าอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ จึงสรุปได้ว่าประสิทธิภาพการกระจายสัญญาณและความเร็วของอาคารอัจฉริยะดีกว่า อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

5. ทำการเพิ่มอุปกรณ์เครือข่ายแลนไร้สาย

ผู้วิจัยได้ทำการเพิ่ม AP ในชั้น 3 ของอาคารอัจฉริยะเนื่องจากติดตั้งง่ายและสามารถติดตั้งได้เลย โดยทำการติดตั้ง AP เพิ่มเติมจำนวน 2 เครื่อง ดังภาพที่ 4.10 – 4.11



ภาพที่ 4.10 บริเวณชั้น 3 อาคารอัจฉริยะที่ยังไม่มีการติดตั้ง AP

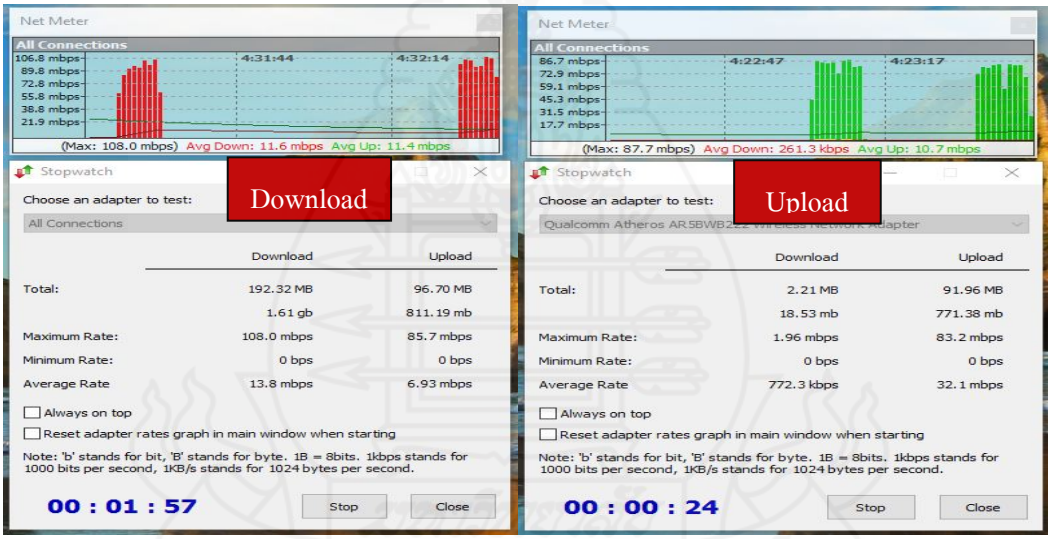


ภาพที่ 4.11 บริเวณชั้น 3 อาคารอัจฉริยะที่มีการติดตั้ง AP เพิ่มเติม

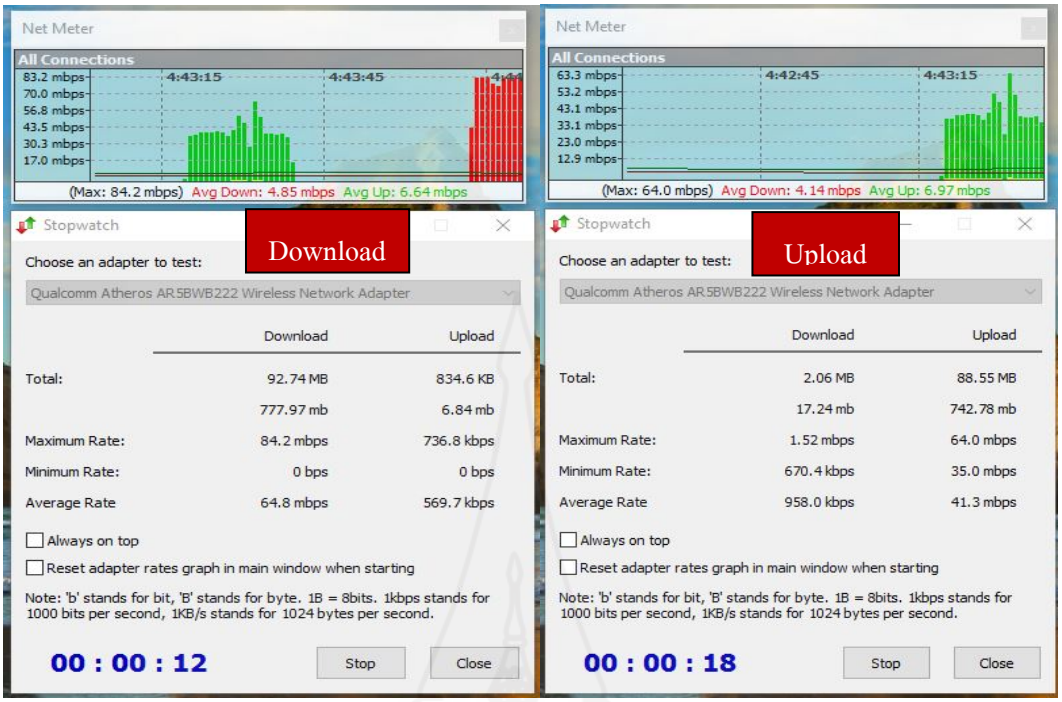
จากภาพที่ 4.11 ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้ง AP เพิ่มเติมจำนวน 2 เครื่องและทำการวัดค่าความแรงของสัญญาณในช่วงเวลาที่มีการใช้ห้องประชุมพบว่า การกระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายสามารถกระจายสัญญาณครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดภายในชั้นโดยสังเกตจากสีเขียวที่มีความแรงของสัญญาณระหว่าง -1 ถึง -76 dB ซึ่งเป็นช่วงของสัญญาณที่สามารถใช้งานระบบเครือข่ายและระบบอินเทอร์เน็ตได้โดยไม่เกิดปัญหา

6. ทำการทดสอบการถ่ายโอนข้อมูล

หลังจากมีการติดตั้งอุปกรณ์เครือข่ายแลนไร้สายที่ชั้น 3 อาคารอัจฉริยะ จำนวน 2 เครื่องเพิ่มเติมเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สายรายละเอียดดังภาพที่ 4.12 - 4.13



ภาพที่ 4.12 การถ่ายโอนข้อมูลระยะทาง 1 เมตรก่อนการติดตั้ง AP เพิ่มเติม



ภาพที่ 4.13 การถ่ายโอนข้อมูลระยะทาง 1 เมตรหลังการติดตั้ง AP เพิ่มเติม

จากภาพที่ 4.12 – 4.13 เป็นการทดสอบการถ่ายโอนข้อมูลที่มีขนาด 100 เมกะไบต์ผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สายชั้น 3 อาคารอัจฉริยะ ในระยะทาง 1 เมตรห่างจากตัวอุปกรณ์ AP พบว่าการถ่ายโอนข้อมูลก่อนการติดตั้ง AP เพิ่มเติมนั้นความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูลที่มีขนาด 100 เมกะไบต์ มีความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 13.8 เมกะบิตต่อวินาทีและใช้เวลาในการดาวน์โหลดข้อมูลเท่ากับ 1.57 นาที และการอัพโหลดข้อมูลมีความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 32.1 เมกะบิตต่อวินาที ใช้เวลาในการอัพโหลดเท่ากับ 0.24 นาที หลังจากผู้วิจัยได้ทำการติดตั้ง AP เพิ่มเติมแล้วการดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สายมีความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 64.8 เมกะบิตต่อวินาที ใช้เวลาในการดาวน์โหลดเท่ากับ 0.12 นาที และการอัพโหลดข้อมูลมีความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 41.3 เมกะบิตต่อวินาทีและใช้เวลาในการอัพโหลดเท่ากับ 0.18 นาที สำหรับหรับรายละเอียดในการถ่ายโอนข้อมูลในระยะต่างๆ นั้นสามารถดูได้จากตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 สรุปผลความเร็วการอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สายในระยะต่างๆ

ระยะทาง	Download (mbps)		Time (minutes)		Upload (mbps)		Time (minutes)	
	before	After	before	After	before	After	before	After
1 เมตร	13.8	64.8	1.57	0.24	32.10	41.3	0.12	0.18
5 เมตร	14.8	63.70	0.51	0.12	43.9	58.6	0.18	0.13
10 เมตร	11.1	65.60	3.34	0.11	9.15	62.70	2.56	0.12
20 เมตร	10.30	63.3	5.13	0.10	8.58	58.3	4.39	0.13

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

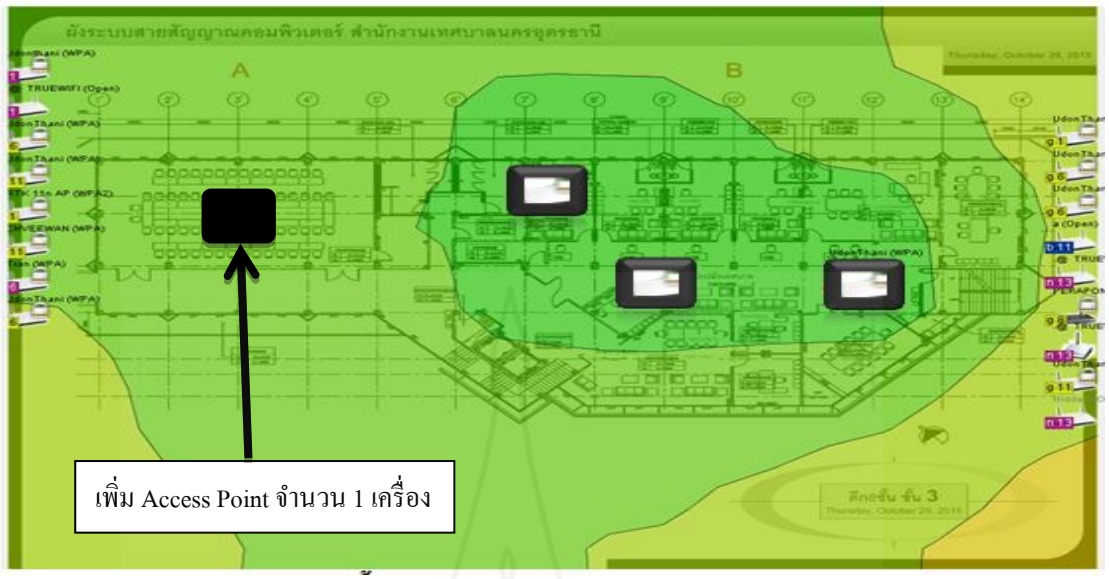
1. สรุปการวิจัย

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลระบบเครือข่ายแลนไร้สายของสำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี ดังนี้

1.1 การกำหนดจุดติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย

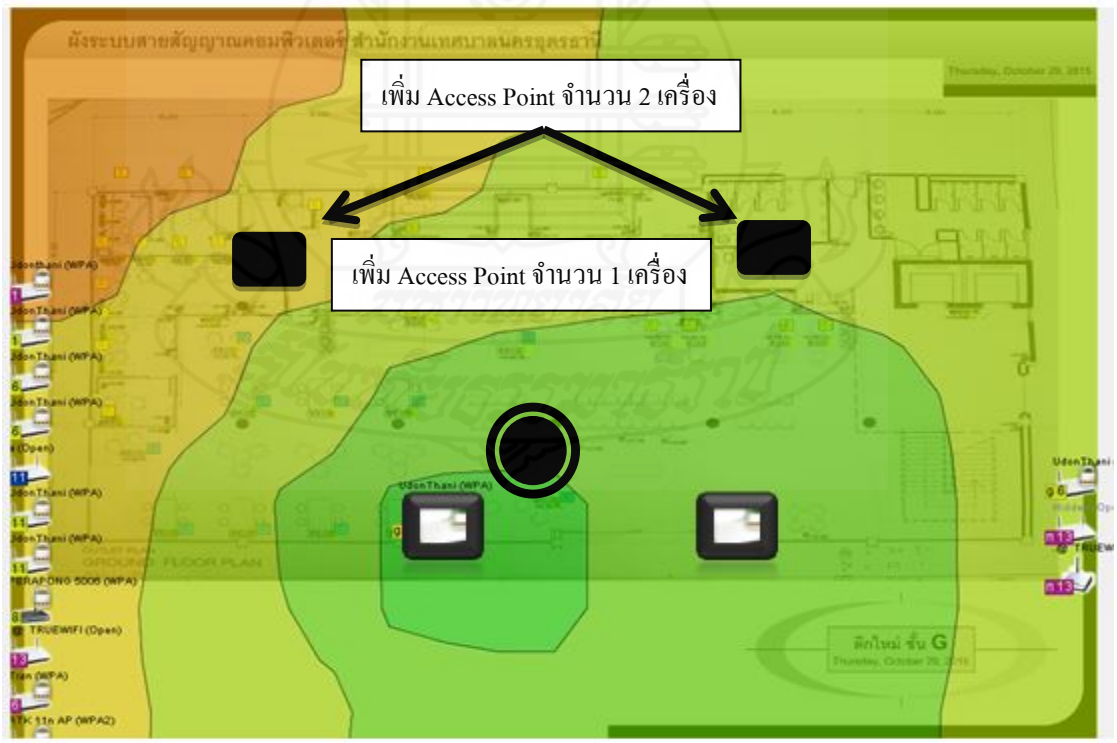
จากผลการทดลองพบว่าการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายภายในอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ มีความเหมาะสมสามารถกระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายได้คลุมพื้นที่ที่ให้การ แต่จะมีเฉพาะที่ชั้นสาม ที่ยังขาดในส่วนฝั่งซ้ายของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ เท่านั้น ดังนั้นจึงควรเพิ่มอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายเข้าไปในจุดนี้จำนวน 1 เครื่อง สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์เครือข่ายแลนไร้สายของอาคารอัจฉริยะทั้งหมดนั้นยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ที่ให้บริการในแต่ละชั้น และมีจำนวน Access Point ยังไม่เพียงพอ เนื่องจากมีการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายในแต่ละชั้นเพียง 1 เครื่องเท่านั้น ซึ่งการกระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดได้ จึงควรมีการเพิ่มอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายให้ครอบคลุมพื้นที่ที่ให้บริการ ดังนั้นควรกำหนดจุดติดตั้งอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายเพิ่มเติม ดังนี้

1) อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 3 จะต้องเพิ่มอุปกรณ์เครือข่ายแลนไร้สายเข้าไปจำนวน 1 เครื่อง ดังภาพที่ 5.1

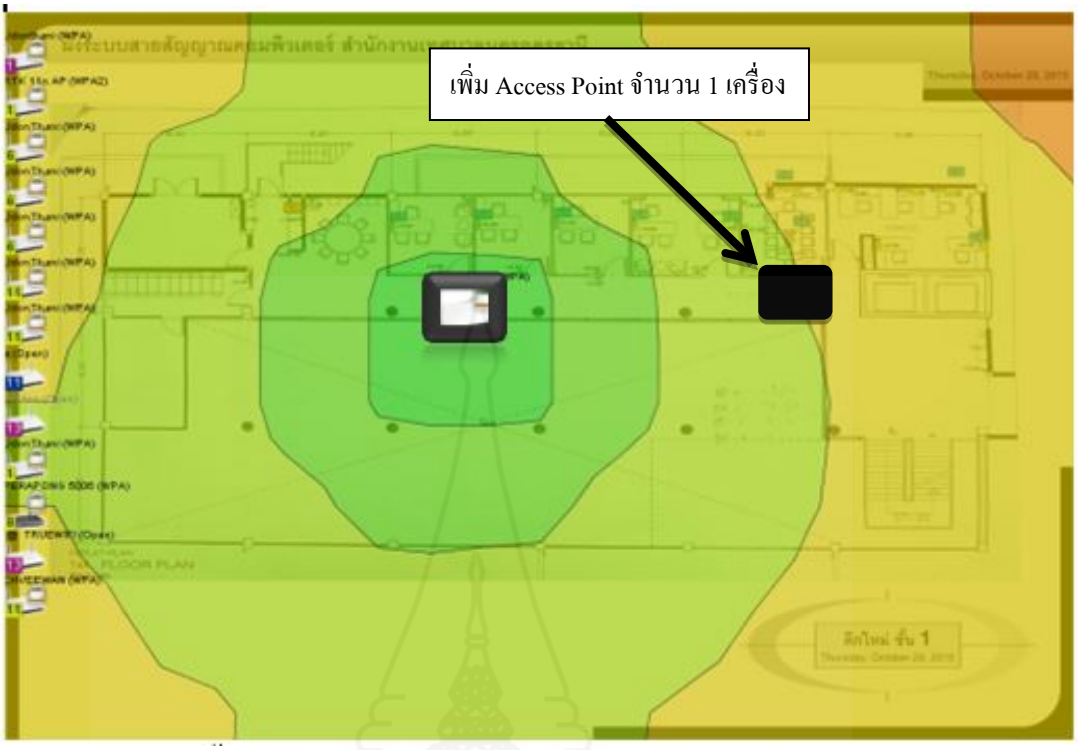


ภาพที่ 5.1 การกำหนดจุดติดตั้งเพิ่มเติม ชั้น 3 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

2) อาคารอัจฉริยะ จะต้องมีการเพิ่มเติมอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ในทุกชั้น ดังภาพที่ 5.2 – 5.5



ภาพที่ 5.2 การกำหนดจุดติดตั้งเพิ่มเติม ชั้น G อาคารอัจฉริยะ



ภาพที่ 5.3 การกำหนดจุดติดตั้งเพิ่มเติม ชั้น 1 อาคารอัจฉริยะ

ภาพที่ 5.4 การกำหนดจุดติดตั้งเพิ่มเติม ชั้น 2 อาคารอัจฉริยะ

ภาพที่ 5.5 การกำหนดจุดติดตั้งเพิ่มเติม ชั้น 3 อาคารอัจฉริยะ

1.2 การกำหนดช่องสัญญาณความถี่ของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย

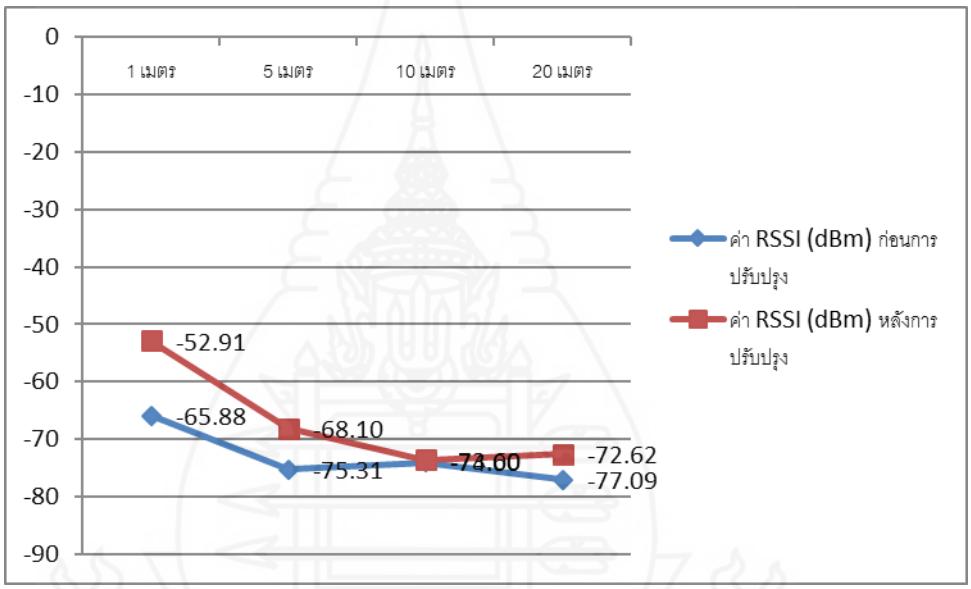
สำหรับปัญหาการรบกวนกันในช่องสัญญาณเดียวกัน ของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ จำนวน 3 – 5 เครื่อง ในแต่ละชั้น และการซ้อนทับของช่องสัญญาณ จำนวน 1 – 2 ช่องสัญญาณ แต่สำหรับอาคารอัจฉริยะ ไม่มีสัญญาณรบกวนของอุปกรณ์ภายในอาคารเดียวกันแต่จะมีอุปกรณ์ของอาคารอื่นข้างเคียงจำนวนมากมารบกวนกันในช่องสัญญาณเดียวกัน จำนวน 9 -11 เครื่อง และการซ้อนทับของช่องสัญญาณ จำนวน 5 – 8 ช่องสัญญาณ แต่ไม่ส่งผลในเรื่องประสิทธิภาพของอุปกรณ์ภายในอาคารอัจฉริยะเนื่องจากภายในอาคารไม่มีอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายที่กำหนดช่องความถี่ซ้อนทับ ในแต่ละชั้นมีอุปกรณ์เพียงชั้นละ 1 เครื่องจึงไม่ส่งผลเรื่องประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายแลนไร้สายโดยรวมได้ ดังนั้นจะต้องมีการกำหนดช่องความถี่ของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ใหม่ทั้งหมด ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การกำหนดช่องสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายใหม่ อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

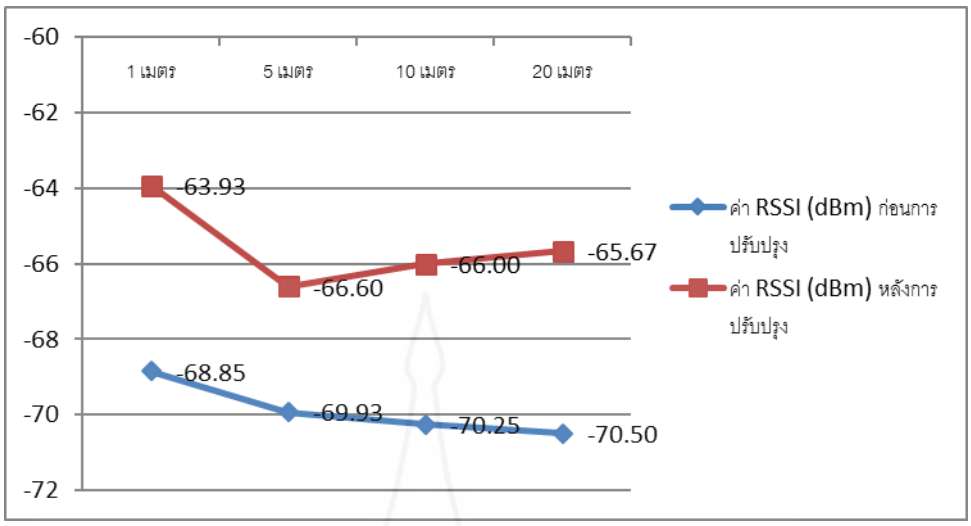
ลำดับ	ชื่ออุปกรณ์	ช่องสัญญาณ (เก่า)		ช่องสัญญาณ (ใหม่)		สถานที่ติดตั้ง
		Channel	ความถี่ (GHz)	Channel	ความถี่ (GHz)	
1	FG-A1	Channel 13	2.472	Channel 11	2.462	ส่วนพัฒนารายได้ ชั้น G
2	FG-B1	Channel 7	2.442	Channel 6	2.437	กองสวัสดิการสังคม ชั้น G
3	FG-B2	Channel 7	2.442	Channel 1	2.412	งานเทศกิจ ชั้น G
4	F1-A1	Channel 13	2.472	Channel 6	2.437	ส่วนพัสดุ ชั้น 1
5	F1-B1	Channel 7	2.442	Channel 1	2.412	ส่วนบริหารการคลัง ชั้น 1
6	F1-B2	Channel 13	2.472	Channel 11	2.462	สำนักบริหารการคลัง ชั้น 1
7	F1-B3	Channel 13	2.472	Channel 6	2.437	สำนักการคลัง ชั้น 1
8	F2-A1	Channel 13	2.472	Channel 11	2.462	ประชาสัมพันธ์ ชั้น 2
9	F2-B1	Channel 13	2.472	Channel 6	2.437	สำนักงานสาธารณสุข ชั้น 2
10	F2-B2	Channel 1	2.412	Channel 1	2.412	สำนักงานสาธารณสุข ชั้น 2
11	F3-B1	Channel 7	2.442	Channel 6	2.437	สำนักปลัดเทศบาล ชั้น 3
12	F3-B2	Channel 1	2.412	Channel 1	2.412	สำนักปลัดเทศบาล ชั้น 3
13	F3-B3	Channel 7	2.442	Channel 11	2.462	สำนักปลัดเทศบาล ชั้น 3
14	F4-A1	Channel 7	2.442	Channel 6	2.437	กองวิชาการและแผนงาน ชั้น 4
15	F4-A2	Channel 13	2.472	Channel 1	2.412	กองวิชาการและแผนงาน ชั้น 4
16	F4-B1	Channel 1	2.412	Channel 11	2.462	สำนักปลัดเทศบาล ชั้น 4
17	F4-B2	Channel 7	2.442	Channel 6	2.437	สำนักปลัดเทศบาล ชั้น 4
18	F5-A1	Channel 13	2.472	Channel 11	2.462	ส่วนช่างสุขาภิบาล ชั้น 5
19	F5-B1	Channel 13	2.472	Channel 1	2.412	ส่วนการโยธา ชั้น 5
21	F6-A1	Channel 7	2.442	Channel 1	2.412	ส่วนควบคุมอาคารและผังเมือง ชั้น 6
22	F6-B1	Channel 7	2.442	Channel 11	2.462	สำนักการช่าง ชั้น 6
23	F6-B2	Channel 13	2.472	Channel 6	2.437	สำนักการช่าง ชั้น 6
24	F7-A1	Channel 13	2.472	Channel 1	2.412	สำนักการศึกษา ชั้น 7
25	F7-B1	Channel 1	2.412	Channel 6	2.437	งานสารสนเทศ ชั้น 7
26	F7-B2	Channel 7	2.442	Channel 11	2.462	งานสารสนเทศ ชั้น 7 (ห้องวิทยุสื่อสาร)

1.3 การวัดคุณภาพของสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย

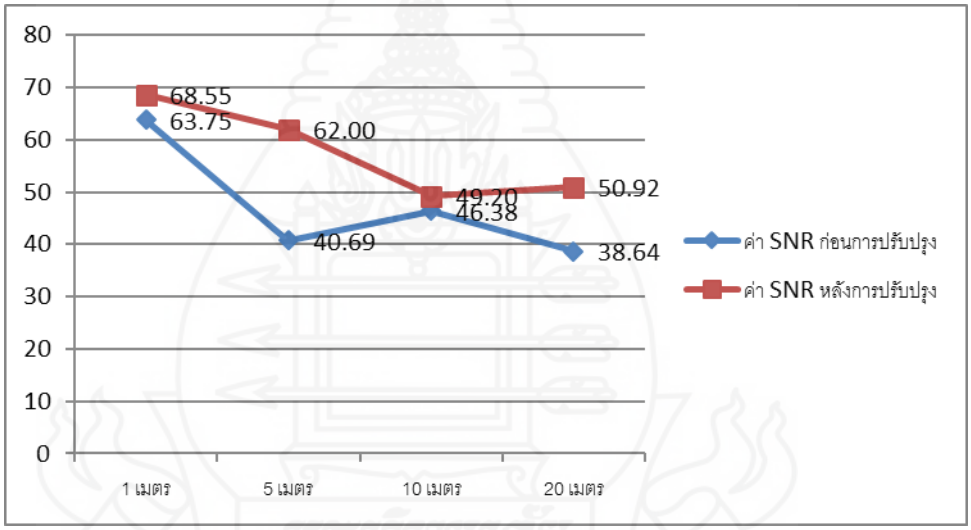
จากผลการทดลองพบว่าการวัดคุณภาพของสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย โดยวัดจากค่าระดับความเข้มของสัญญาณที่รับได้และค่าอัตราส่วนการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนในระยะทางที่ต่างกันทั้งก่อนและหลังที่ทำการปรับปรุงจุดติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ในชั้น G พบว่าระดับความเข้มของสัญญาณที่ส่งออกนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าหลังจากทำการปรับปรุงจุดติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายแล้ว สามารถสรุปได้ว่าค่าความเข้มของสัญญาณที่กระจายออกมาและค่าอัตราส่วนการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนมีประสิทธิภาพและคุณภาพของเครือข่ายแลนไร้สายที่ดีขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 5.6 – 5.9



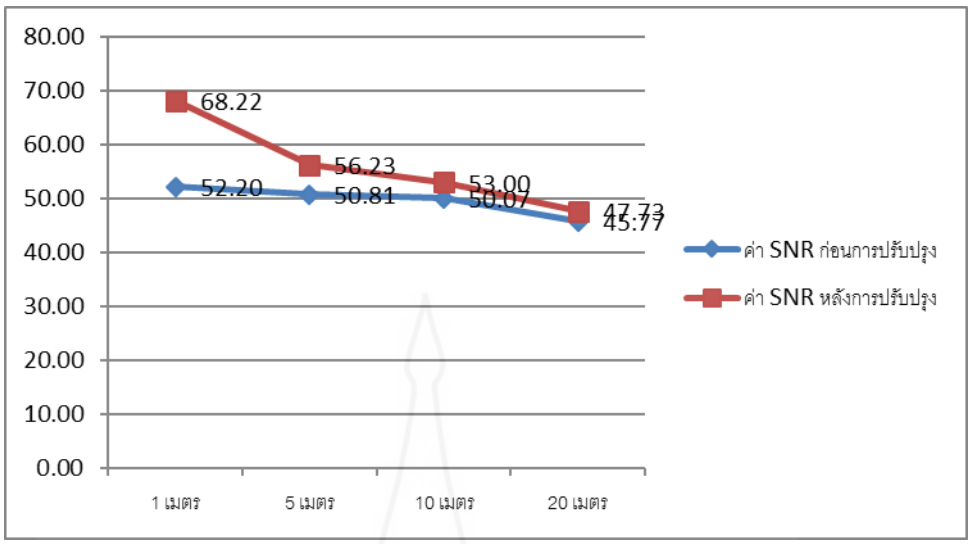
ภาพที่ 5.6 เปรียบเทียบค่าความเข้มของสัญญาณ อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ



ภาพที่ 5.7 เปรียบเทียบค่าความเข้มของสัญญาณ อาคารอัจฉริยะ



ภาพที่ 5.8 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

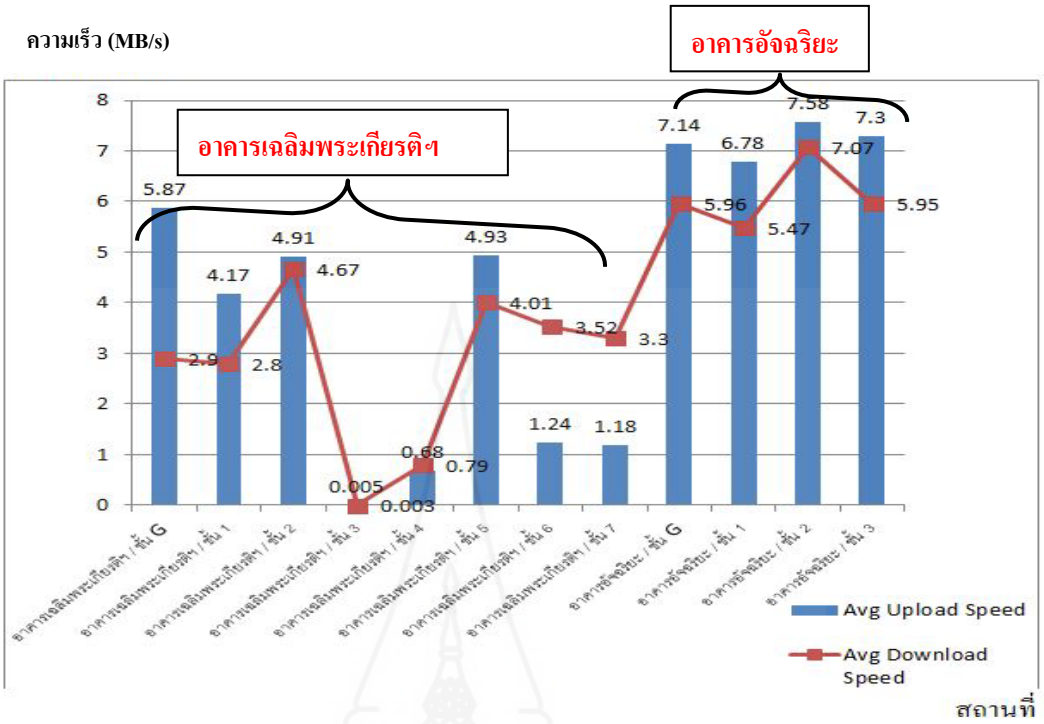


ภาพที่ 5.9 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน อาคารอัจฉริยะ

1.4 การถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย

สำหรับการถ่ายโอนข้อมูลที่มีขนาดความจุ 1 กิกะไบต์ จากไฟล์เซิร์ฟเวอร์ผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ของอาคารเฉลิมพระเกียรติพัชรกิติยาภา และอาคารอัจฉริยะ พบว่าความเร็วของการถ่ายโอนข้อมูลโดยเฉลี่ยนั้น อาคารอัจฉริยะ จะมีความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลที่มากกว่า อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ แสดงให้ให้ว่าอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายของอาคารอัจฉริยะมีประสิทธิภาพในการถ่ายโอนข้อมูลที่ดีกว่า อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

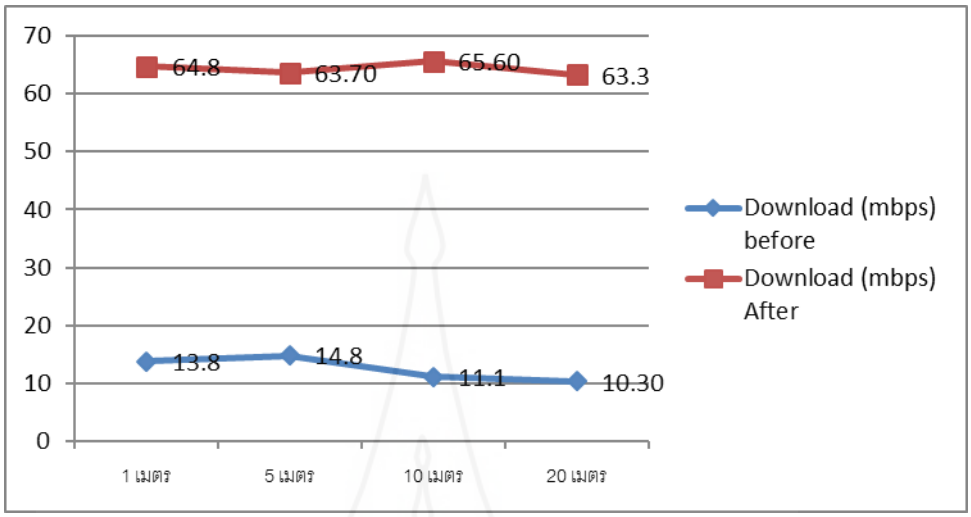
จากการรวบรวมข้อมูลการถ่ายโอนข้อมูลที่มีขนาด 1 กิกะไบต์ ผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สายระหว่างอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ กับอาคารอัจฉริยะ นั้นสามารถสรุปเป็นกราฟเปรียบเทียบของทั้งสองอาคารได้ดังภาพที่ 5.10



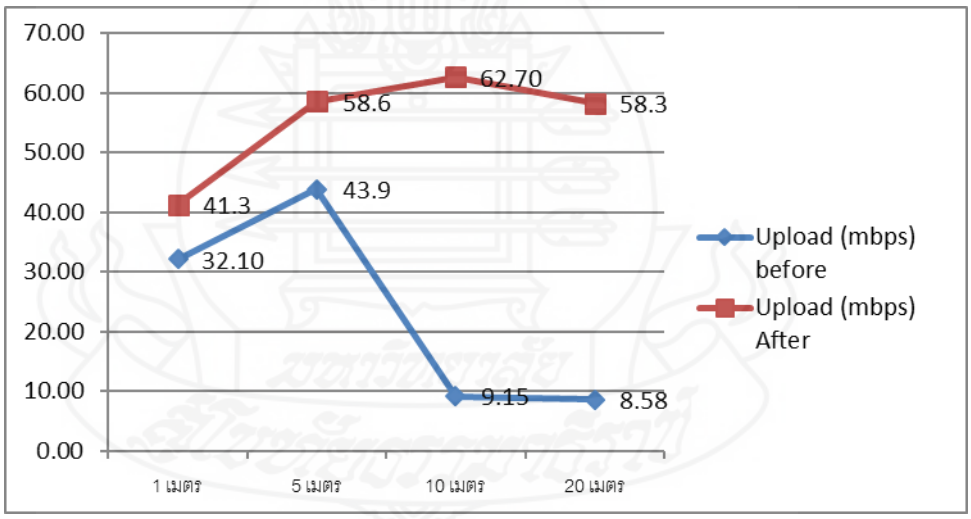
ภาพที่ 5.10 กราฟเปรียบเทียบความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย
ระหว่างอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ และอาคารอัจฉริยะ

จากภาพที่ 5.10 เป็นกราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการถ่ายโอนข้อมูลที่มีขนาด 1 กิกะไบต์ ผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ระหว่างอาคารเฉลิมพระเกียรติฯกับอาคารอัจฉริยะพบว่าประสิทธิภาพการถ่ายโอนข้อมูลโดยรวมนั้นอาคารอัจฉริยะมีค่าความเร็วมากกว่าอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในเรื่องการถ่ายโอนข้อมูลนั้นอาคารอัจฉริยะมีประสิทธิภาพดีกว่าอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ อย่างเห็นได้ชัดเจน

1.5 สรุปผลการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สายหลังจากติดตั้ง AP เพิ่มเติม



ภาพที่ 5.11 เปรียบเทียบการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ก่อนและหลังการปรับปรุงอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ



ภาพที่ 5.12 เปรียบเทียบการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ก่อนและหลังการปรับปรุงอาคารอัจฉริยะ

จากภาพที่ 5.11 – 5.12 เป็นการเปรียบเทียบการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ก่อนและหลังการเพิ่มเติมอุปกรณ์กระจายสัญญาณ พบว่าเมื่อมีการเพิ่มอุปกรณ์กระจายสัญญาณเข้าไป

จำนวน 2 เครื่องที่ชั้น 3 อาคารอัจฉริยะ แล้วการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย มีประสิทธิภาพและความเร็วที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลทั้งหมดทั้งสี่ด้าน คือ การกำหนดจุดติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย การกำหนดช่องสัญญาณความถี่ของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย การวัดคุณภาพของสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย และการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 สรุปผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบเครือข่ายแลนไร้สายด้านต่างๆ ระหว่างอาคารเฉลิมพระเกียรติฯกับอาคารอัจฉริยะ

ลำดับ	เรื่องที่ทำการวิเคราะห์	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ	อาคารอัจฉริยะ
1	การกระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายครอบคลุมพื้นที่ที่ให้บริการ	ครอบคลุมพื้นที่	ไม่ครอบคลุมพื้นที่
2	มีการกำหนดช่องสัญญาณความถี่ซ้ำซ้อนกันของอุปกรณ์	ซ้ำซ้อนกัน	ไม่ซ้ำซ้อน
3	ปัญหาการรบกวนจากช่องสัญญาณเดียวกันและช่องสัญญาณข้างเคียง	น้อยกว่า	มากกว่า
4	คุณภาพของสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายที่กระจายออกมา	คุณภาพน้อยกว่า	คุณภาพดีกว่า
5	ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย	น้อยกว่า	มากกว่า

สรุปผลการวิจัย การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบริการจัดการเครือข่ายแลนไร้สาย กรณีศึกษาสำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี พบว่าจากการตรวจสอบประสิทธิภาพของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ที่มีการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายยี่ห้อ HP รุ่น HP MSM410 จำนวน 26 เครื่อง และอาคารอัจฉริยะที่มีการติดตั้งยี่ห้อ CISCO รุ่น AIR LAP1042N จำนวน 2 เครื่องและ AIR CAP1720I จำนวน 3 เครื่อง เมื่อนำผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพในด้านต่างๆ เช่น การกระจายสัญญาณครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของอาคาร การกำหนดช่องสัญญาณความถี่ไม่ให้มีการซ้ำซ้อนกันของอุปกรณ์ ปัญหาการรบกวนช่องสัญญาณเดียวกันและช่องสัญญาณข้างเคียง คุณภาพของสัญญาณโดยวัดจากค่าความเข้มหรือความแรงของสัญญาณที่กระจายออกมาจากอุปกรณ์ และอัตราส่วนของการส่ง

สัญญาณต่อสัญญาณรบกวน และวัดจากความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลที่มีขนาด 1 กิกะไบต์ ผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย เมื่อนำมาเปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายเพิ่มเติม พบว่าประสิทธิภาพหลังการติดตั้งอุปกรณ์ฯ มีประสิทธิภาพและคุณภาพที่ดีกว่า และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ กับอาคารอัจฉริยะ ยังพบว่าประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายแลนไร้สายที่ติดตั้งภายในอาคารอัจฉริยะ มีประสิทธิภาพของสัญญาณที่ดีกว่าอุปกรณ์เครือข่ายแลนไร้สายที่ติดตั้งภายในอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

2. อภิปรายผล

ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการทำงานวิจัยนี้ คือ

2.1 ปัญหาของช่องความถี่สัญญาณ ที่ซ้ำซ้อนกันของอุปกรณ์ข้างเคียง ทำให้เกิดปัญหาสัญญาณรบกวนกันเองได้

2.2 ปัญหาที่เกิดจากความคับคั่งของระบบเครือข่ายแลนไร้สายของหน่วยงานอื่น ที่มีความแรงของสัญญาณที่สูงกว่า เข้ามารบกวน

2.3 ปัญหาในการเปรียบเทียบข้อมูลของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายที่ต่างยี่ห้อ และการกำหนดค่าไม่เหมือนกัน ทำให้เปรียบเทียบกันลำบาก

2.4 ปัญหาในบางหน่วยงานนำอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายมาติดตั้งเอง ทำให้การตั้งค่าอุปกรณ์ยังไม่มีความเหมาะสม ทำให้เกิดปัญหาการรบกวนกันเองของสัญญาณได้

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ก่อนที่จะทำการติดตั้งระบบเครือข่ายแลนไร้สายจะต้องมีการวางแผนการติดตั้งล่วงหน้า และสำรวจพื้นที่ที่จะทำการติดตั้งให้ครอบคลุม และมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน

3.2 ควรมีการเพิ่มอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายเพิ่มเติมสำหรับอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้นที่ 3 จำนวน 1 เครื่อง อาคารอัจฉริยะ ชั้น G ชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 ชั้นละ 1 เครื่อง ส่วนชั้นที่ 3 ของอาคารอัจฉริยะนั้น เป็นห้องประชุมซึ่งมีผู้เข้าร่วมประชุมจำนวนมากในแต่ละครั้ง ควรเพิ่มอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายอีก 2 เครื่อง ให้การกระจายสัญญาณครอบคลุมพื้นที่ที่ให้บริการทั้งหมดของอาคาร

3.3 กำหนดช่องสัญญาณความถี่ของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สายใหม่ไม่ให้ทับซ้อนกันของช่องสัญญาณเครือข่าย โดยการกำหนดตามการบริหารย่านความถี่ของระบบเครือข่ายแลนไร้สายใหม่

3.4 การเลือกใช้อุปกรณ์เครือข่ายไร้สายนั้น ควรเลือกให้เป็นผู้ผลิตเดียวกัน เพราะแต่ละผู้ผลิตนั้นย่อมมีมาตรฐานจากโรงงานที่แตกต่างกัน ซึ่งถ้าอุปกรณ์มาจากต่างผู้ผลิตกันก็จะมีคุณสมบัติบางอย่างที่แตกต่างกัน รวมถึงโปรแกรมการจัดการที่ติดมากับอุปกรณ์ก็มักจะสนับสนุนเฉพาะกับอุปกรณ์ที่มาจากผู้ผลิตเดียวกันด้วย ดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มาจากผู้ผลิตเดียวกันจึงทำให้มีความสะดวกในการบริหารจัดการระบบเครือข่ายมากกว่า เนื่องจากการทดลองพบว่ามีการติดตั้งระบบเครือขายแลนไร้สาย ต่างผู้ผลิตกันถึง 2 ยี่ห้อ ซึ่งแต่ละยี่ห้อนี้ก็จะมีระดับความแรงของสัญญาณที่ต่างกัน ทำให้รัศมีทำการของระบบเครือขายแลนไร้สาย แต่ละยี่ห้อต่างกันด้วย ทำให้ยากแก่การออกแบบและการบริหารเครือข่าย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กชกร มากสุริวงศ์. (2545). การออกแบบระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบไร้สายโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม. (วิทยานิพนธ์). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

จตุชัย แพงจันทร์. (2555). เจาะระบบ Network 3rd Edition. (พิมพ์ครั้งที่ 1). นนทบุรี: ไอดีซีฯ พรีเมียร์.

_____. (2553). Master in Security 2nd Edition. (พิมพ์ครั้งที่ 1). นนทบุรี: ไอดีซีฯ พรีเมียร์.

เฉลิมชัย ขอพึ่ง. (2550). การวัดประสิทธิภาพการทำงานเครือข่ายแลนไร้สาย. (รายงานการศึกษาค้นคว้าอิสระ). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ธนเทพ แซ่โค้ว. (2552). การมองดูเลตสัญญาณ (Signal Modulation) [ออนไลน์ http://irrigation.rid.go.th/rid15/ppn/Knowledge/Networks%20Technology/network1.htm]

บัญชา โพธิ์ทัย. (2551). การประเมินคุณภาพโครงข่าย Wi-Fi มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. (รายงานการศึกษาค้นคว้าอิสระ). มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, กรุงเทพฯ.

ปราณี เชื้อหอม. (2558) การจัดการระบบสารสนเทศเทศบาลนครอุดรธานี น.13 -14 สืบค้นจาก http://www.udoncity.go.th

ปราโมทย์ อนันต์วราพงษ์. (2546). LAN ไร้สาย คอมพิวเตอร์ อีเลคทรอนิคส์ เวิลด์. ฉบับที่ 179 หน้า 22-27

พิศพราว เหล่าบุศราคุล. (2547). การวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่ายแลนไร้สาย. (รายงานการศึกษาสารนิพนธ์). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

อรรณพ ขันธิกุล. (2553). ออกแบบและติดตั้งระบบ Wireless LAN 2nd Edition. (พิมพ์ครั้งที่ 1). นนทบุรี: ไอดีซี พรีเมียร์.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรมที่ใช้สำหรับงานวิจัย

โปรแกรม Ekahua Heat mapper Wi-Fi Site Survey

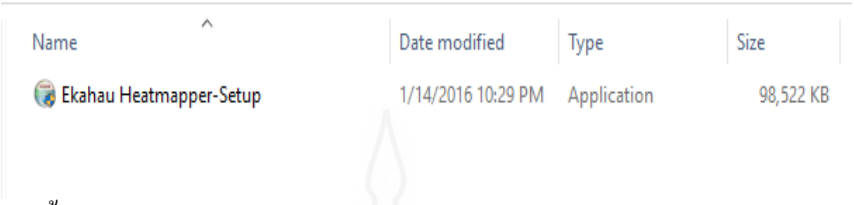
โปรแกรม inSSIDer4

โปรแกรม Acrylic Wi-Fi Professional

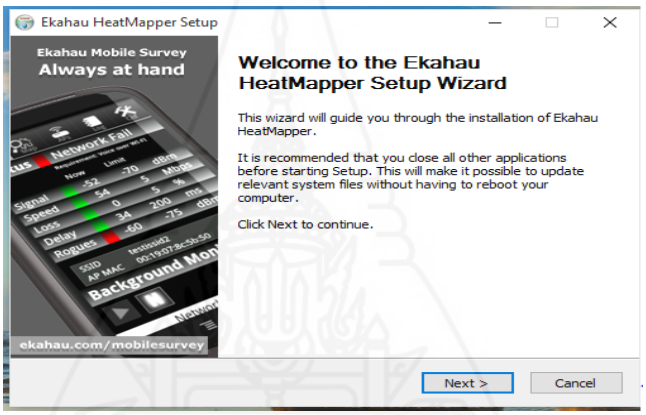
โปรแกรม Net Meter

1. โปรแกรม Ekahau Heat mapper Wi-Fi Site Survey

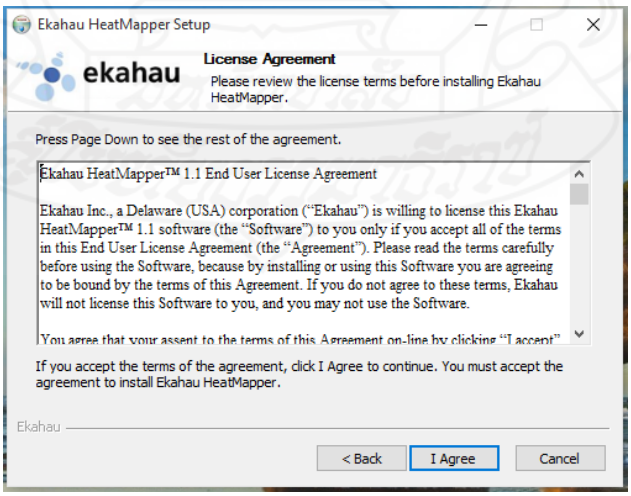
1.1 ดับเบิ้ลคลิกโปรแกรม Ekahau Heatmapper-Setup



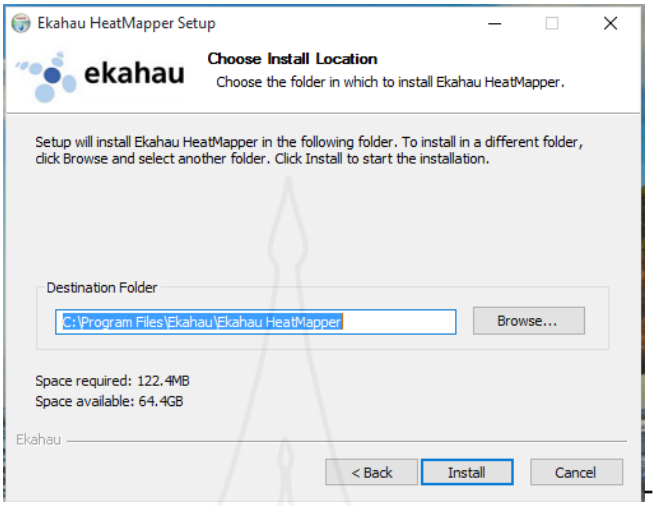
1.2 จะขึ้นหน้าจอโปรแกรม Welcome to the Ekahau HeatMapper Setup Wizard กดปุ่ม Next



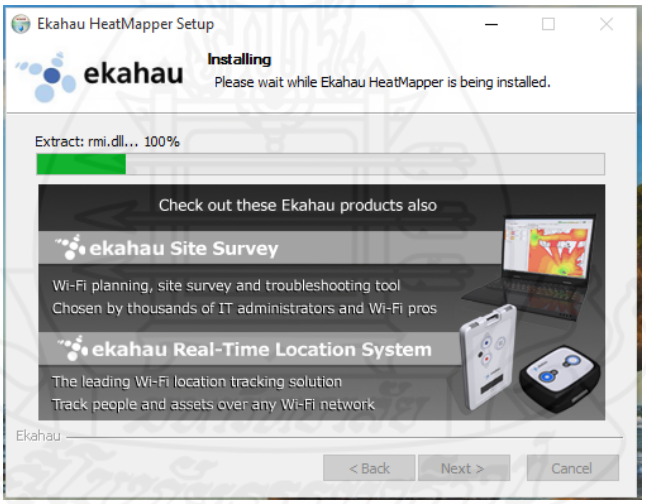
1.3 ขึ้นหน้าจอ License Agreement กดปุ่ม I Agree



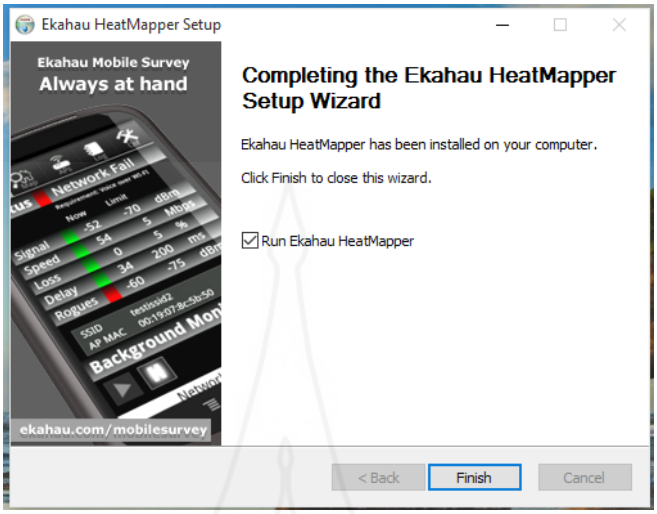
1.4 ขึ้นหน้าจอ Choose Install Location กดปุ่ม Install



1.5 จะขึ้นกระบวนการติดตั้งโปรแกรม

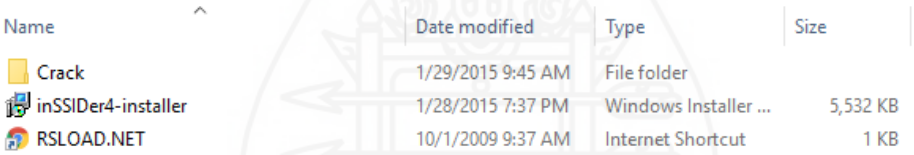


1.6 จะขึ้นหน้าจอ Completing the Ekahau HeatMapper Setup Wizaed กดปุ่ม Finish



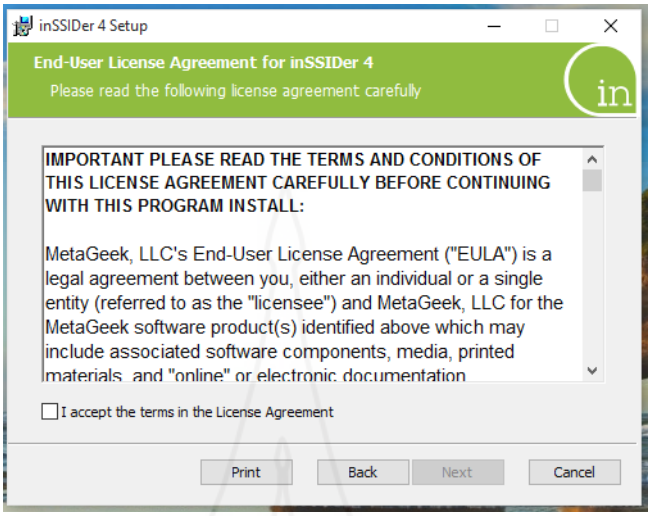
2. โปรแกรม inSSIDer4

2.1 ดับเบิ้ลคลิกเลือกโปรแกรม inSSIDer4-Install

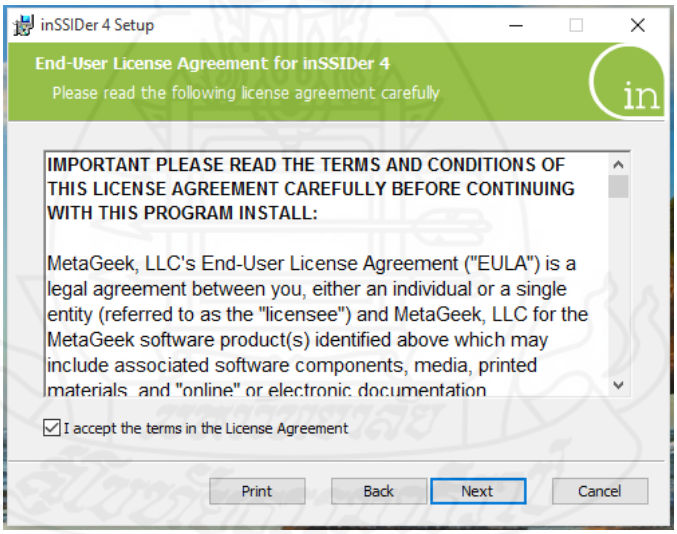


2.2 โปรแกรมขึ้นหน้าจอ Welcome to the insider 4 Setup Wizard กดปุ่ม Next

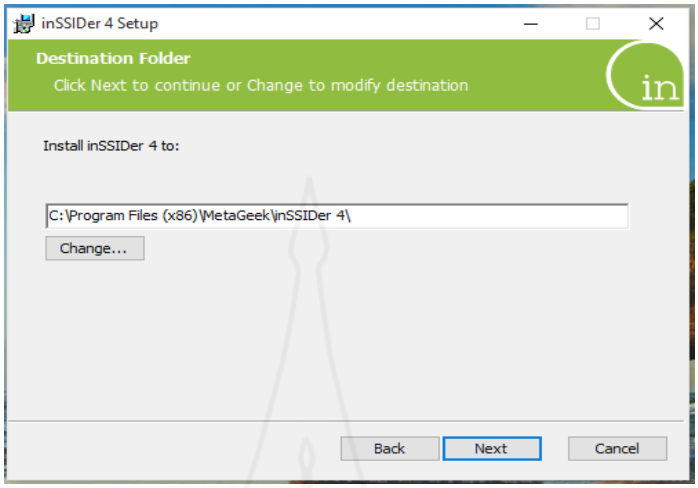
2.3 โปรแกรมจะขึ้นหน้าจอ End-User License Agreement for inSSIDer4



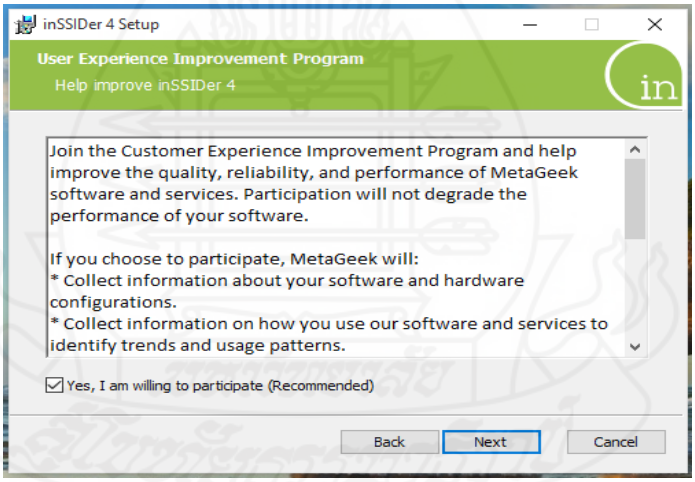
2.4 คลิกเลือก I Accept the terms in the License Agreement



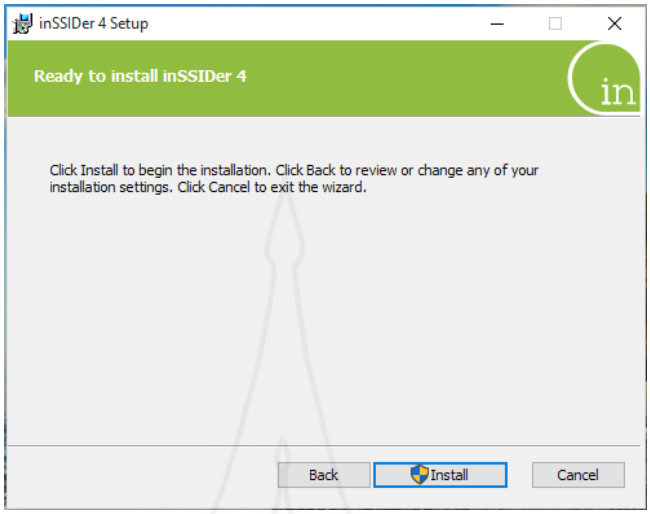
2.5 โปรแกรมขึ้นหน้าจอ Destination Folder กดปุ่ม Next



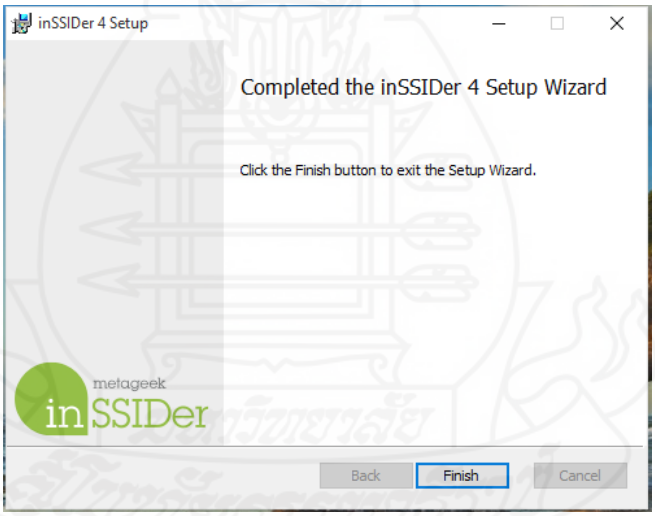
2.6 โปรแกรมขึ้นหน้าจอ User Experience Improvement Program คลิกเลือก Yes, I am willing to Participate (Reccommended)



2.7 โปรแกรมขึ้นหน้าจอ Read to install insider 4 กดปุ่ม Install

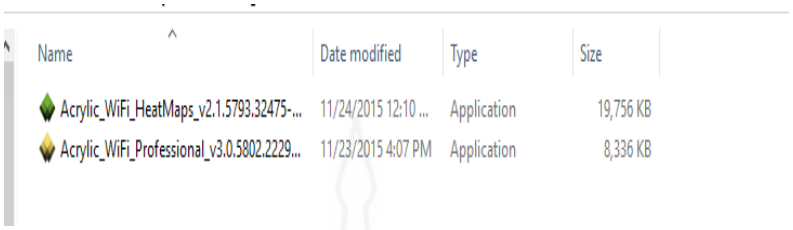


2.8 สิ้นสุดการติดตั้งโปรแกรม insider 4 กดปุ่ม Finish



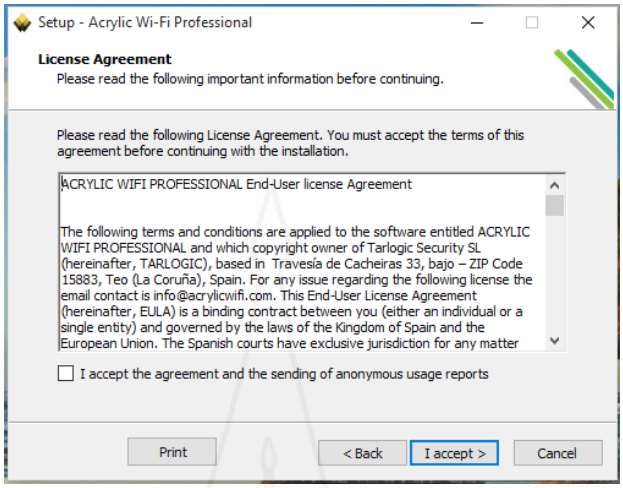
3. โปรแกรม Acrylic Wi-Fi Professional

3.1 ดับเบิ้ลคลิก Acrylic_WiFi_Professional

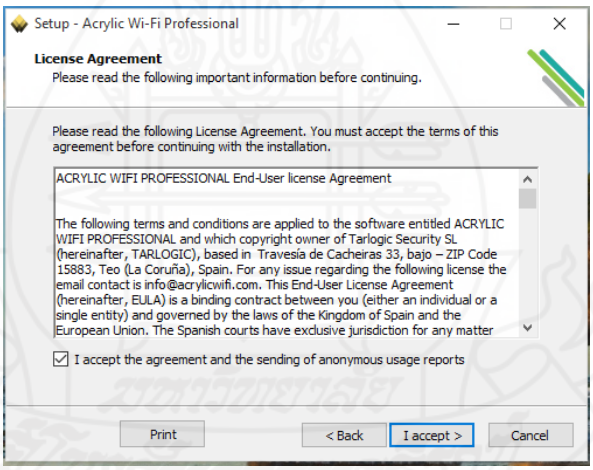


3.2 โปรแกรมจะขึ้นหน้าจอ Welcome to the Acrylic Wi-Fi Professional Setup Wizard กดปุ่ม Next

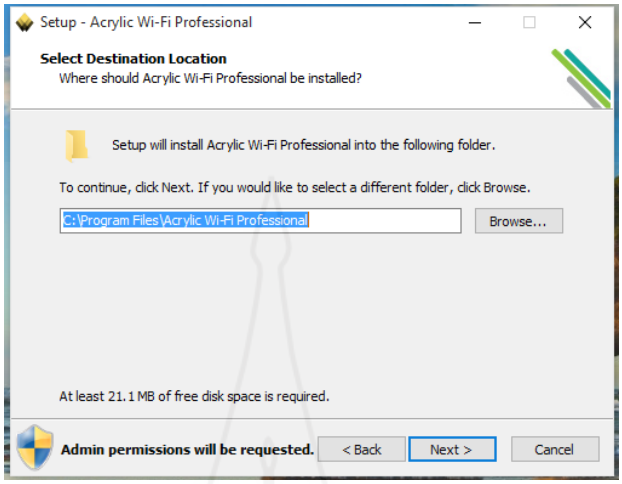
3.3 โปรแกรมจะขึ้น License Agreement



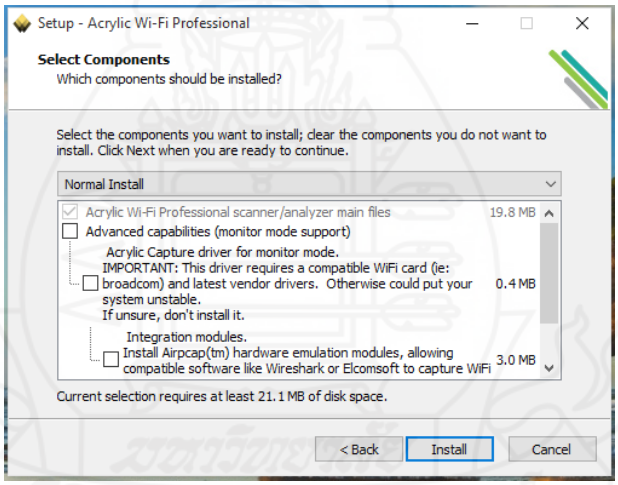
3.4 คลิกเลือก I accept the agreement and the sending of anonymous usage reports และกดปุ่ม I accept>



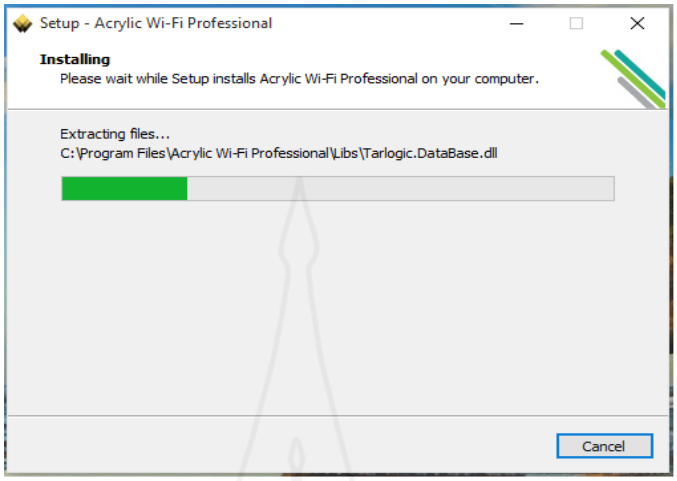
3.5 โปรแกรมจะขึ้น Select Destination Location กดปุ่ม Next



3.6โปรแกรมจะขึ้น Select Component คลิกเลือกทั้งหมด และกดปุ่ม Install

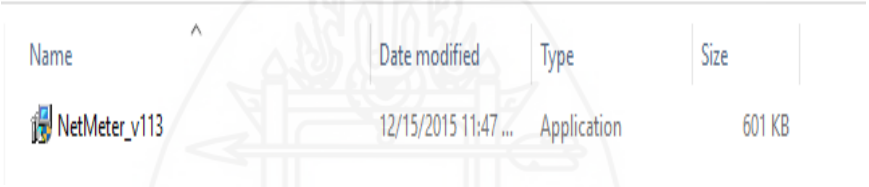


3.7 โปรแกรมจะขึ้นกระบวนการติดตั้งโปรแกรมจนเสร็จสิ้น และกดปุ่ม Finish

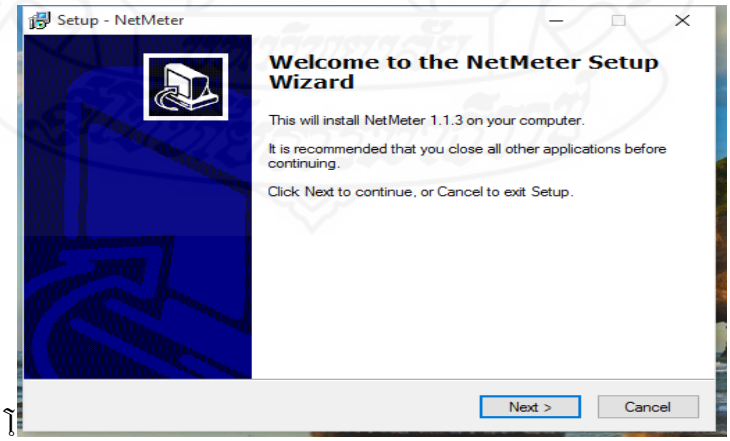


4. โปรแกรม Net Meter

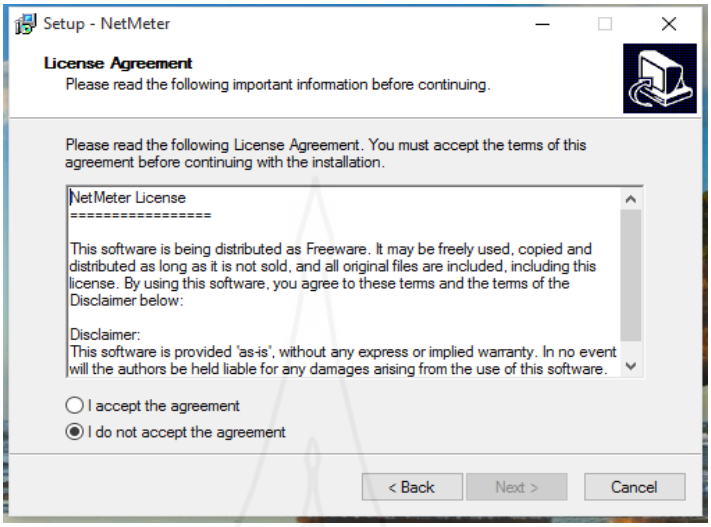
4.1 ดับเบิ้ลคลิกโปรแกรม Net Meter



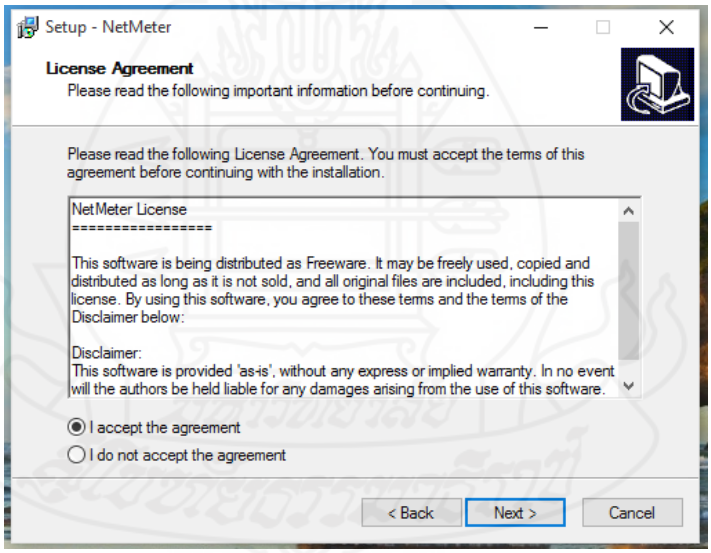
4.2 โปรแกรมจะขึ้นหน้าจอ Welcome to the NetMeter Setup Wizard กดปุ่ม Next



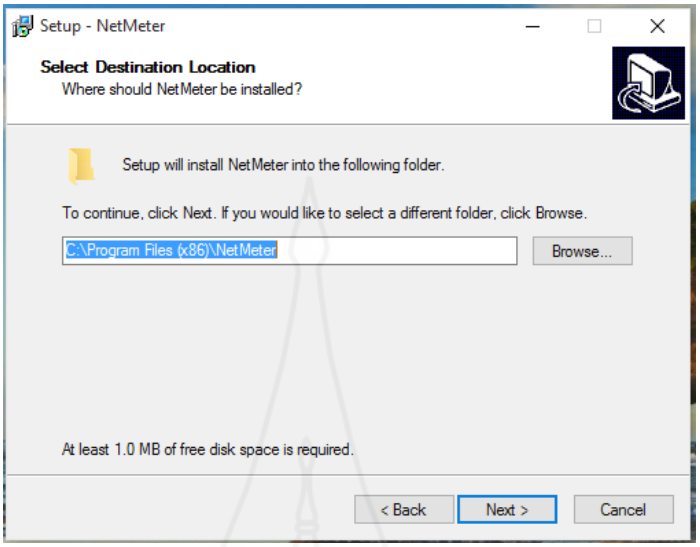
4.3 โปรแกรมจะขึ้นหน้าจอ License Agreement



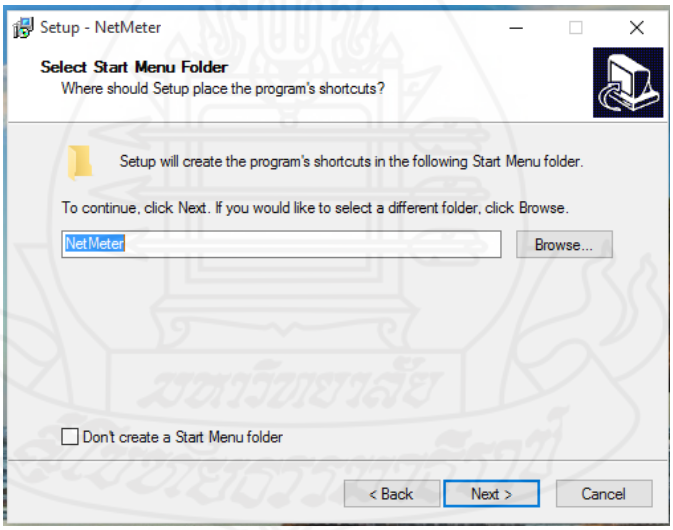
4.4 คลิกเลือก I accept the Agreement และกดปุ่ม Next



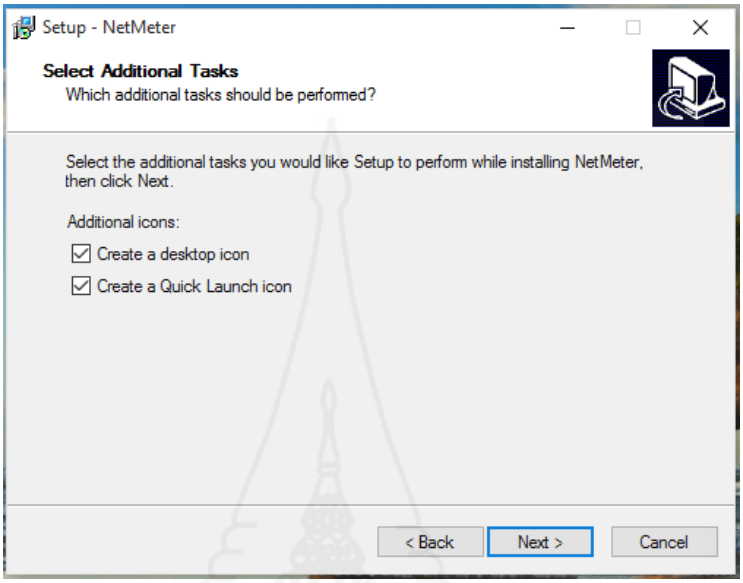
4.5 โปรแกรมจะขึ้นหน้าจอ Select Destination Location กดปุ่ม Next



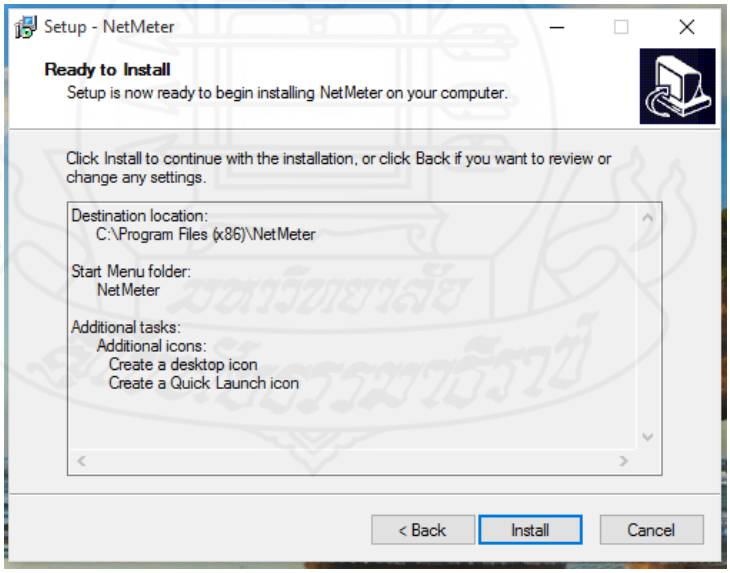
4.6 โปรแกรมจะขึ้นหน้าจอ Select Start Menu Folder กดปุ่ม Next



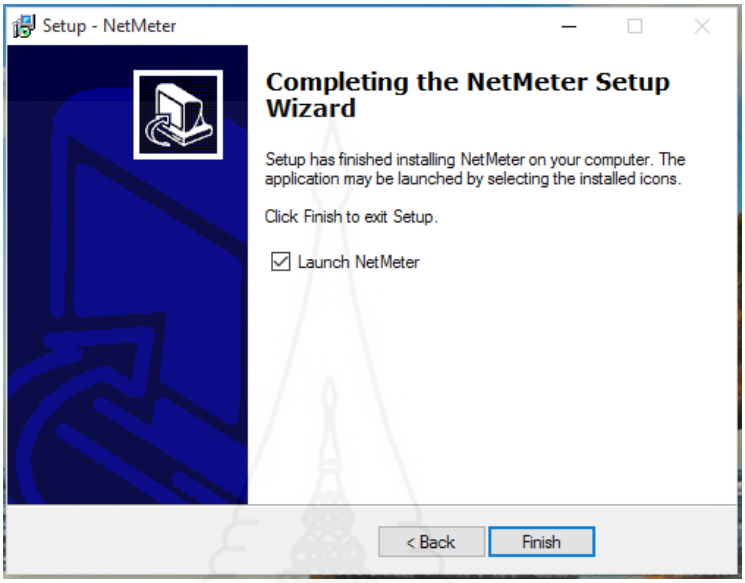
4.7 โปรแกรมจะขึ้นหน้าจอ Select Additional Tasks คลิกเลือกทั้งหมดและกดปุ่ม Next



4.8 โปรแกรมจะขึ้นหน้าจอ Ready to Install กดปุ่ม Install



4.9 สิ้นสุดการติดตั้งโปรแกรม กดปุ่ม Finish



ภาคผนวก ข

ภาพผลการทดลองวิจัย

ภาพผลการทดลองวิจัย

1. การใช้โปรแกรม Ekahua Heat mapper Wi-Fi Site Survey สำหรับวัดพื้นที่การกระจายสัญญาณเครือข่ายแลนไร้สาย ภาพที่ 1 - 40

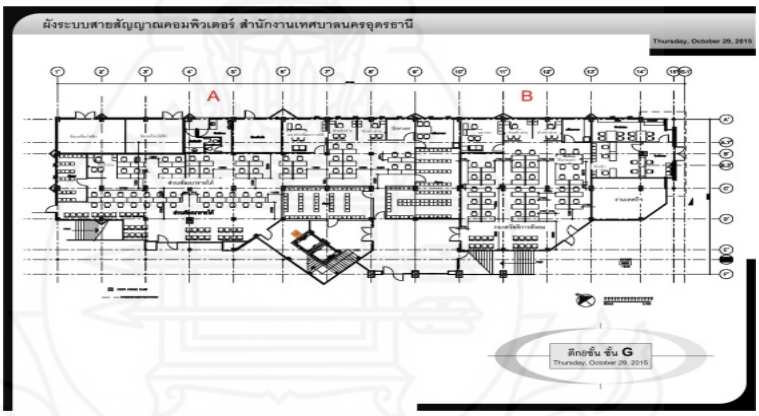
2. การใช้โปรแกรม inSSIDer4 สำหรับวัดการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและข้อมูลการทับซ้อนของช่องสัญญาณเครือข่าย ภาพที่ 41 - 52

3. การใช้โปรแกรม Acrylic Wi-Fi Professional สำหรับวัดค่าระดับความเข้มของสัญญาณและค่าอัตราส่วนการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน ภาพที่ 53 - 64

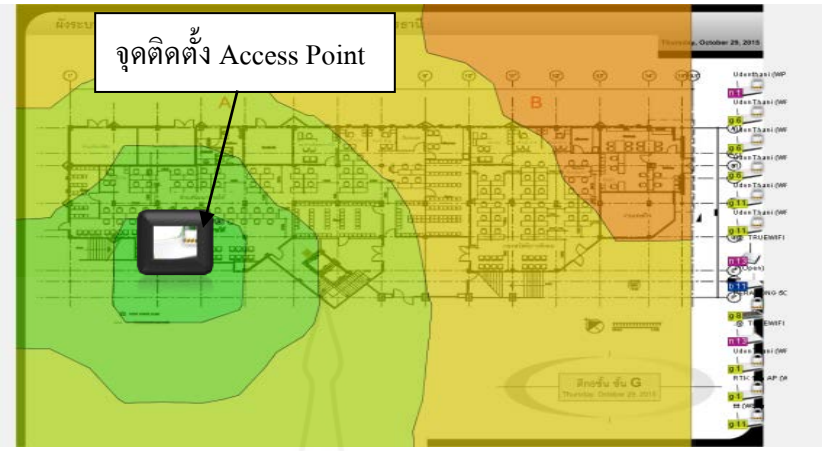
4. การใช้โปรแกรม Net Meter สำหรับวัดค่าความเร็วในการรับ – ส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ภาพที่ 65 - 76

1. โปรแกรม Ekahau Heat mapper Wi-Fi Site Survey

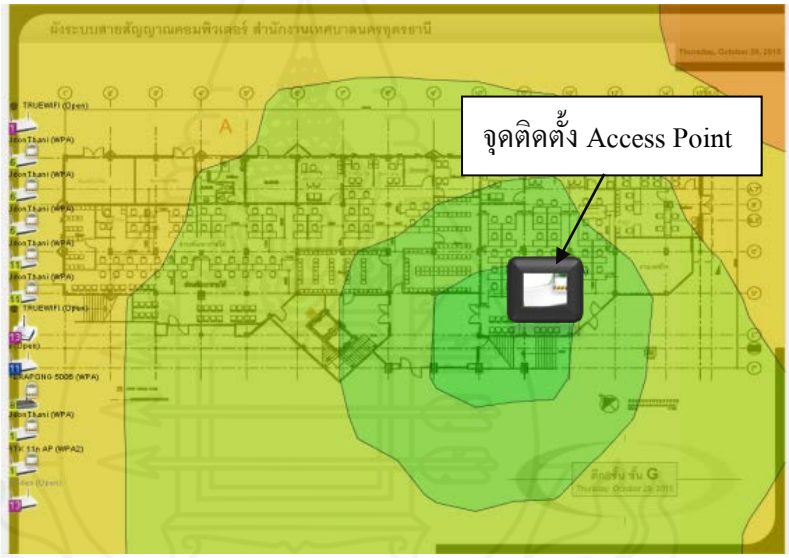
1.1 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น G



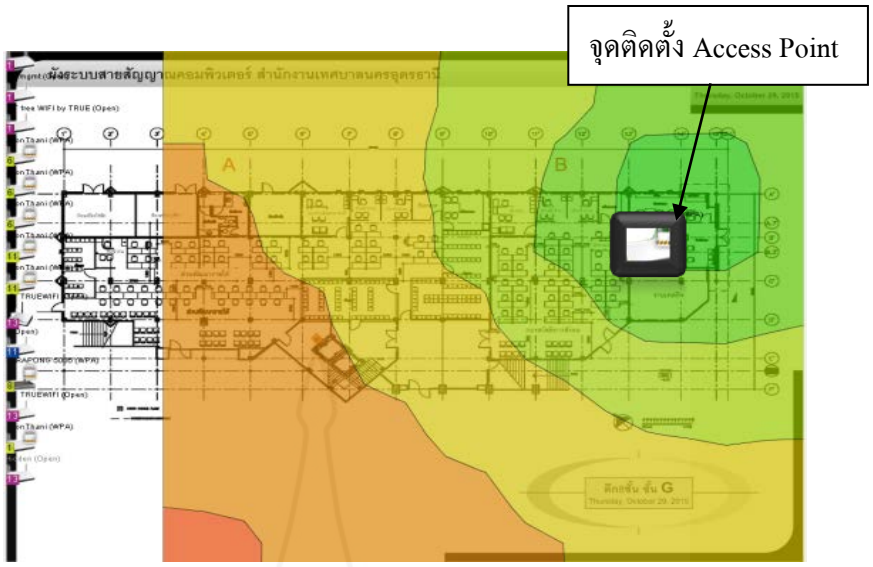
ภาพที่ 1 จุดติดตั้ง Access Point ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ



ภาพที่ 2 จุดติดตั้ง Access Point FG-A1 ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

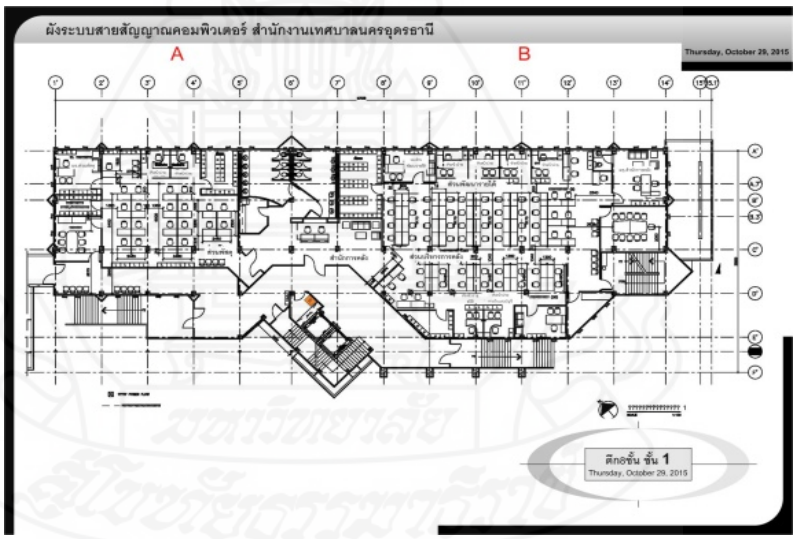


ภาพที่ 3 จุดติดตั้ง Access Point FG-B1 ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

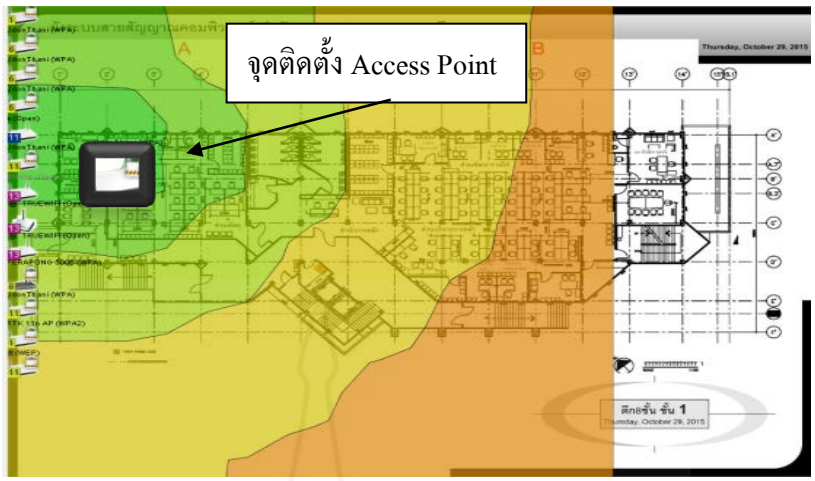


ภาพที่ 4 จุดติดตั้ง Access Point FG-B2 ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

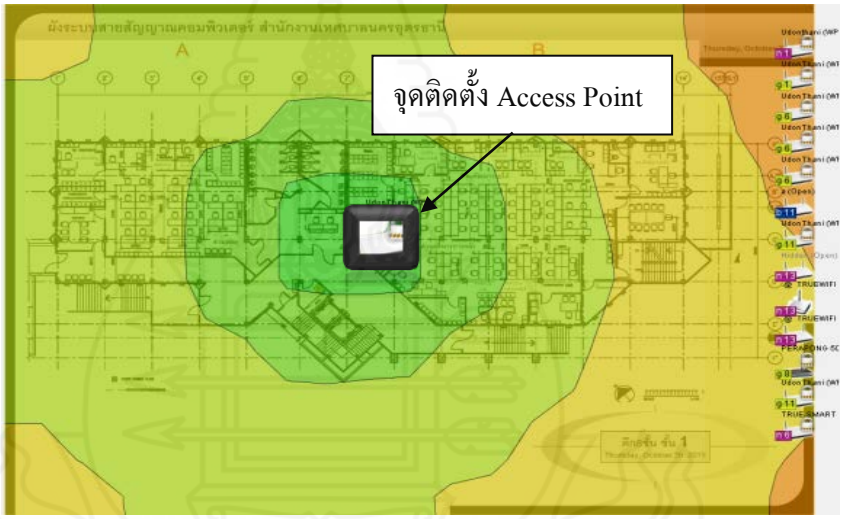
1.2 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 1



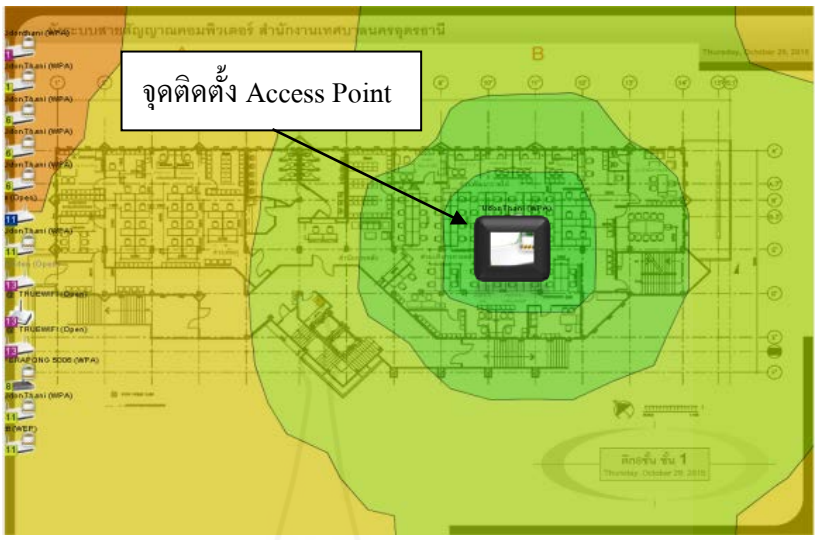
ภาพที่ 5 จุดติดตั้ง Access Point ชั้น 1 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ



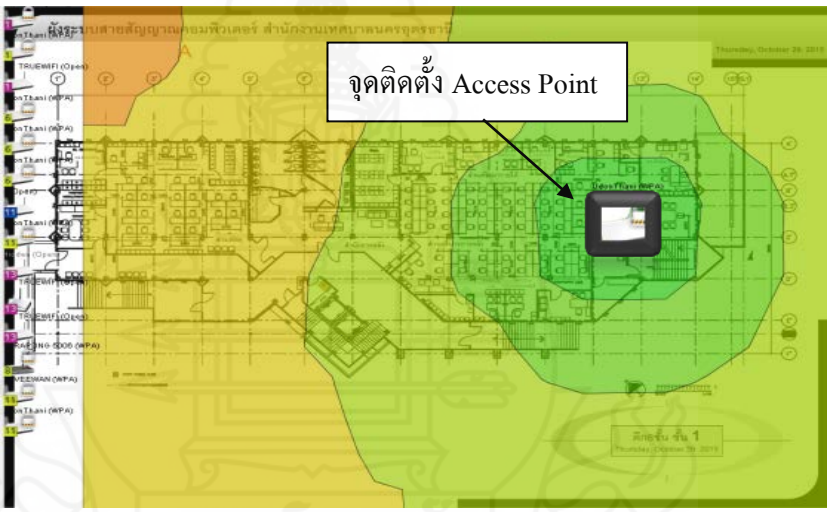
ภาพที่ 6 จุดติดตั้ง Access Point F1-A1 ชั้น 1 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ



ภาพที่ 7 จุดติดตั้ง Access Point F1-B1 ชั้น 1 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

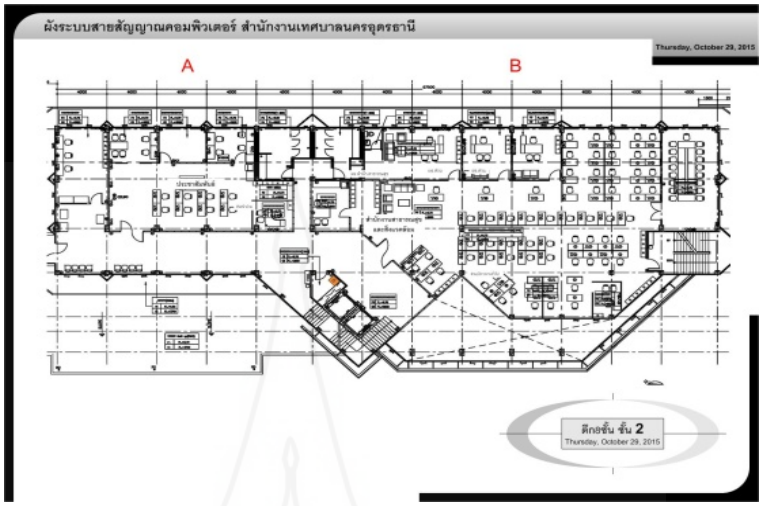


ภาพที่ 8 จุดติดตั้ง Access Point F1-B2 ชั้น 1 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

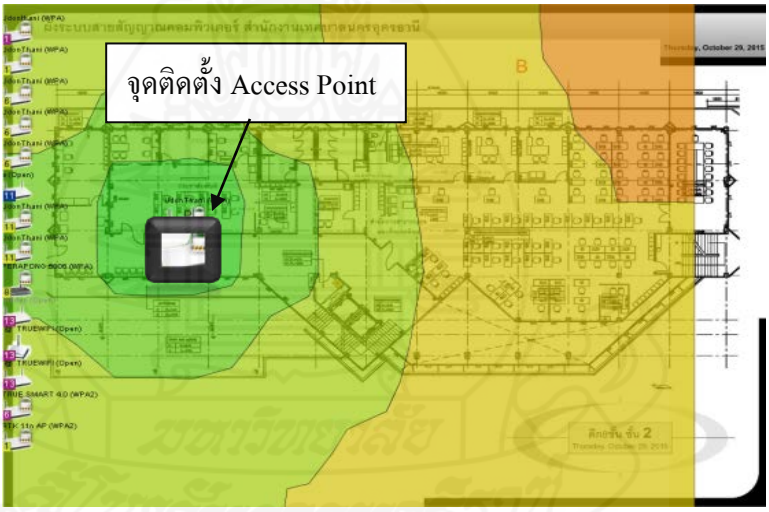


ภาพที่ 9 จุดติดตั้ง Access Point F1-B3 ชั้น 1 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

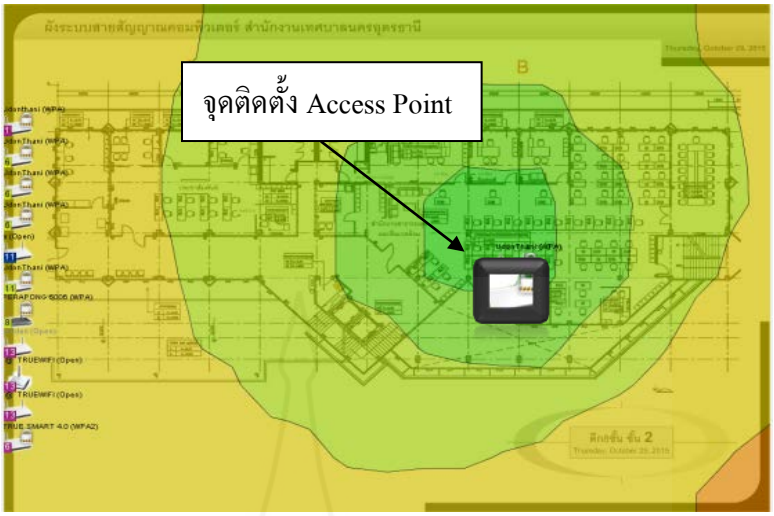
1.3 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 2



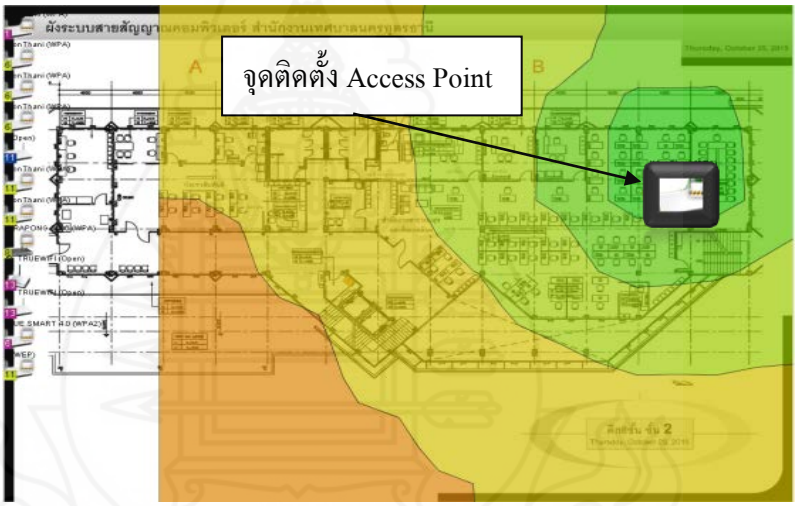
ภาพที่ 10 จุดติดตั้ง Access Point ชั้น 2 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ



ภาพที่ 11 จุดติดตั้ง Access Point F2-A1 ชั้น 2 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

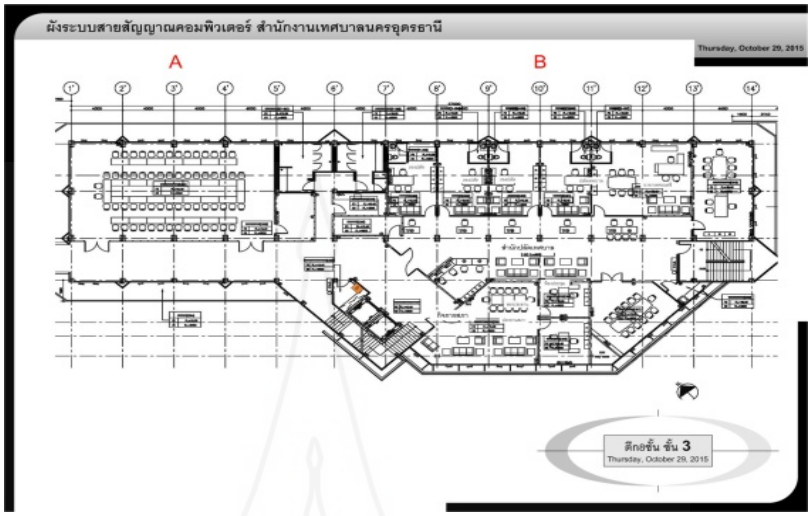


ภาพที่ 12 จุดติดตั้ง Access Point F2-B1 ชั้น 2 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

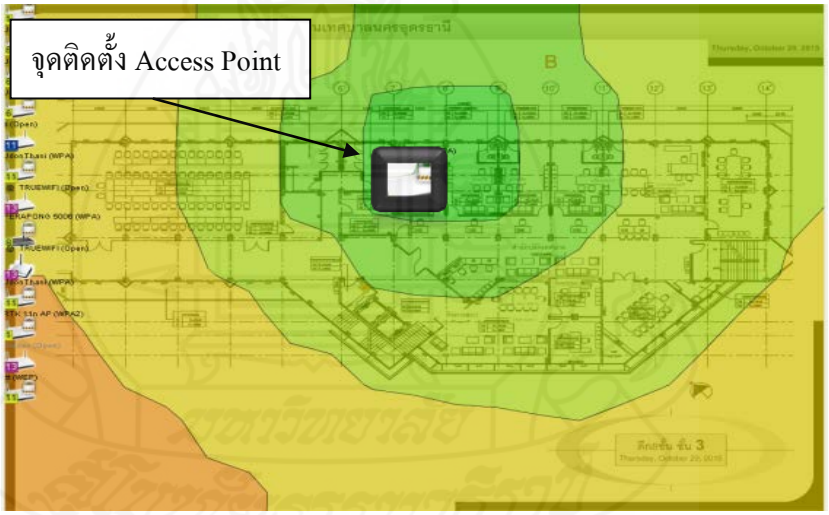


ภาพที่ 13 จุดติดตั้ง Access Point F2-B2 ชั้น 2 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

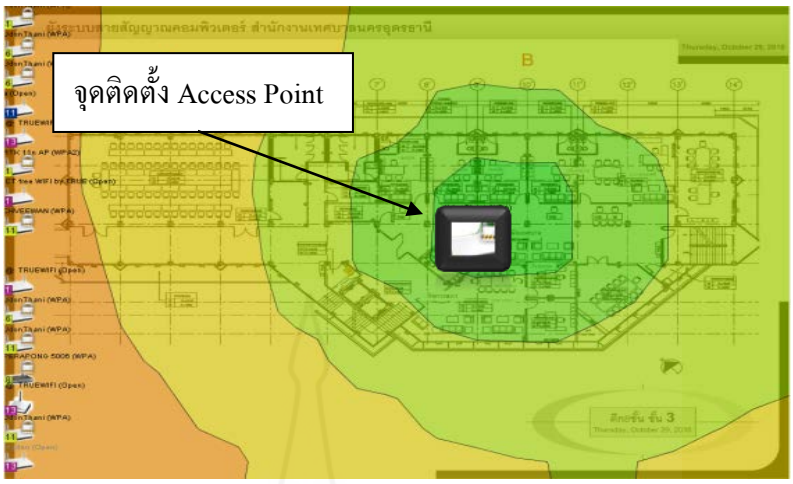
1.4 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 3



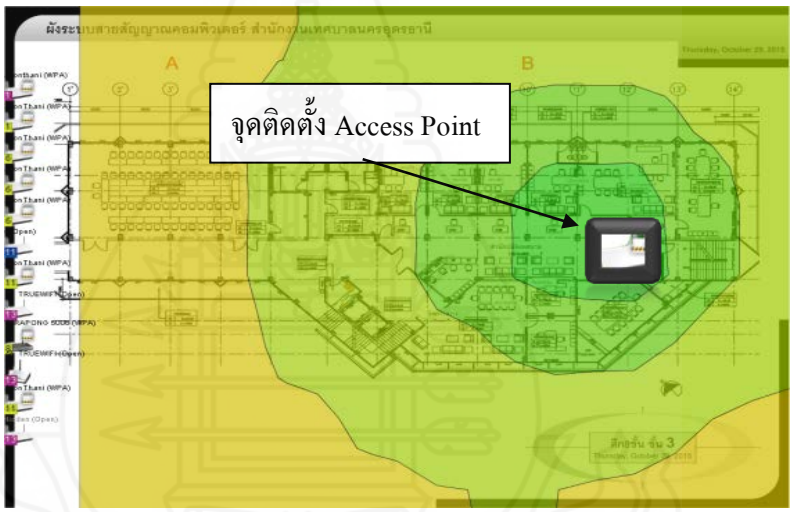
ภาพที่ 14 จุดติดตั้ง Access Point ชั้น 3 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ



ภาพที่ 15 จุดติดตั้ง Access Point F3-B1 ชั้น 3 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

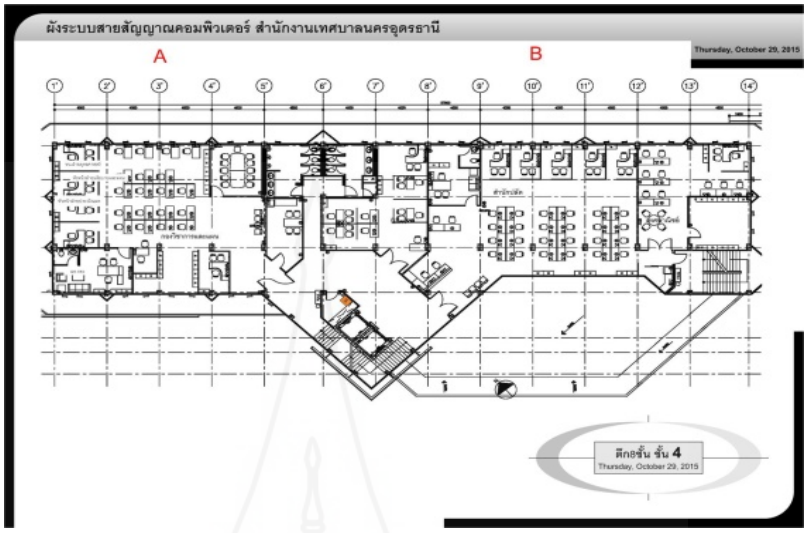


ภาพที่ 16 จุดติดตั้ง Access Point F3-B2 ชั้น 3 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

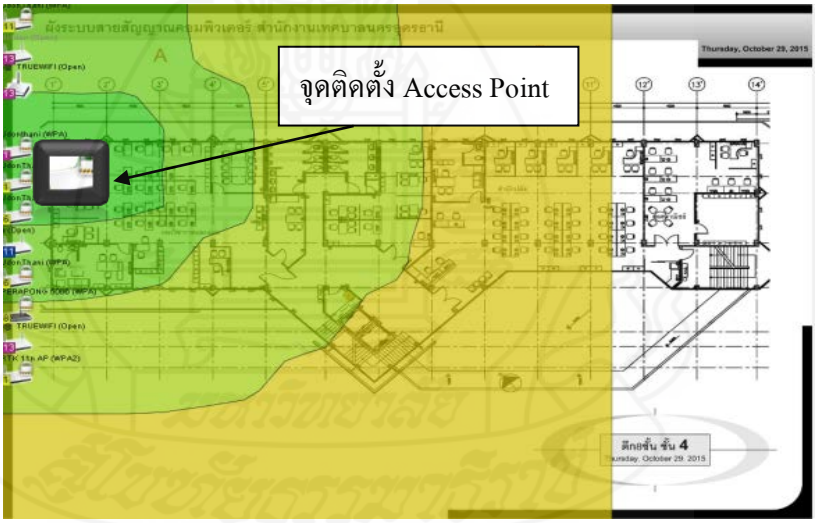


ภาพที่ 17 จุดติดตั้ง Access Point F3-B3 ชั้น 3 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

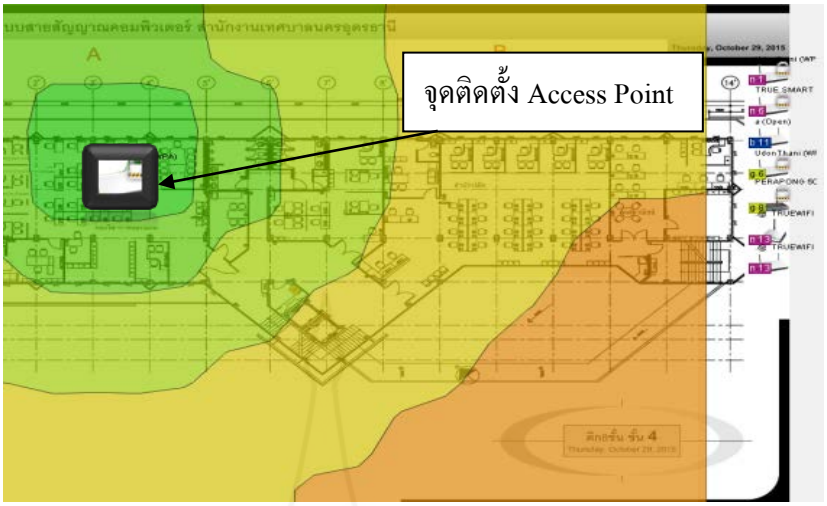
1.5 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 4



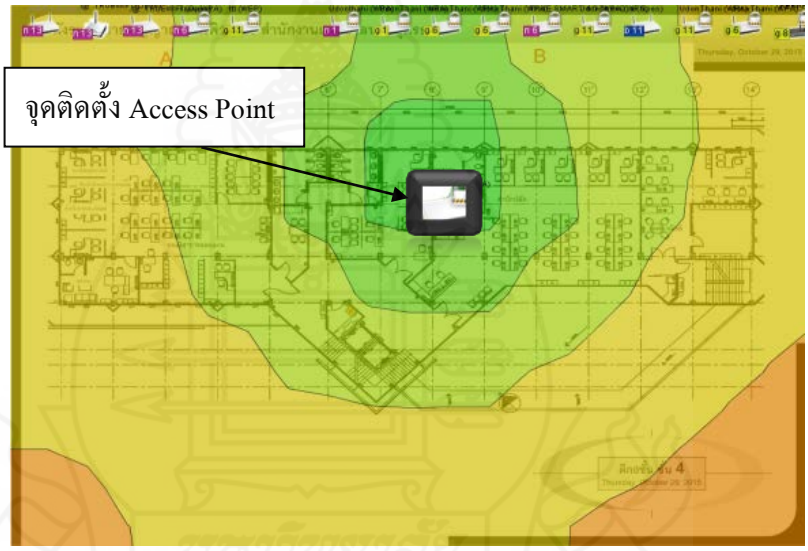
ภาพที่ 18 จุดติดตั้ง Access Point ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ



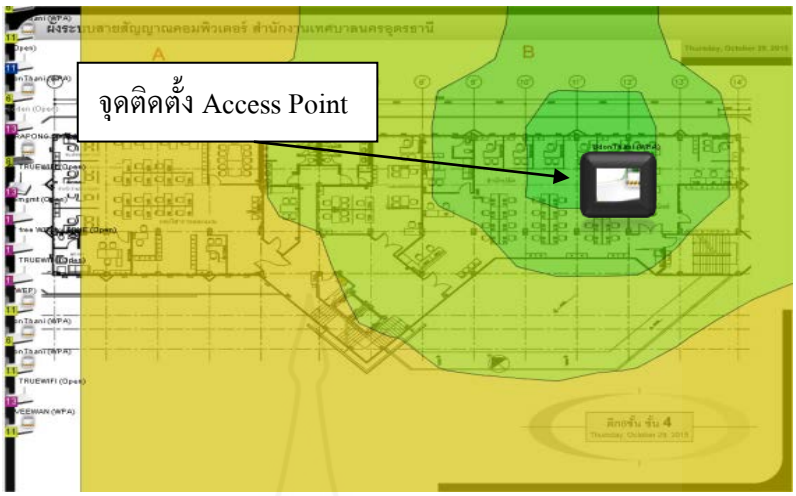
ภาพที่ 19 จุดติดตั้ง Access Point F4-A1 ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ



ภาพที่ 20 จุดติดตั้ง Access Point F4-A2 ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ



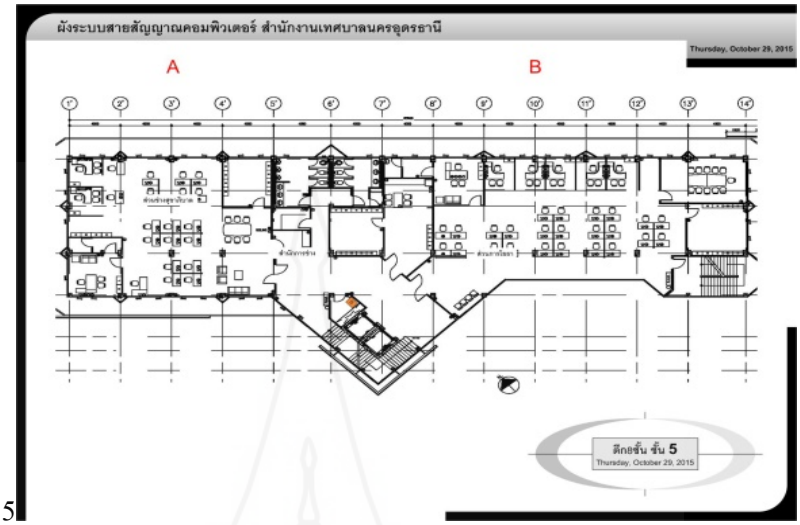
ภาพที่ 21 จุดติดตั้ง Access Point F4-B1 ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ



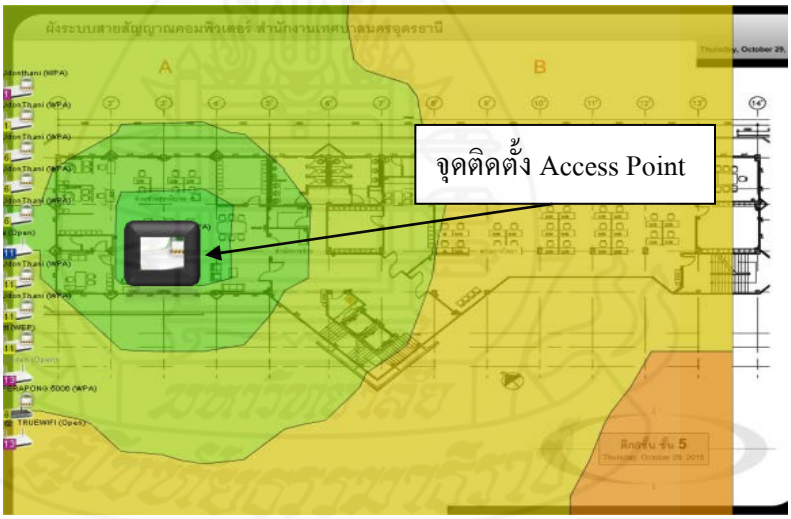
ภาพที่ 22 จุดติดตั้ง Access Point F4-B2 ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

1.6 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น

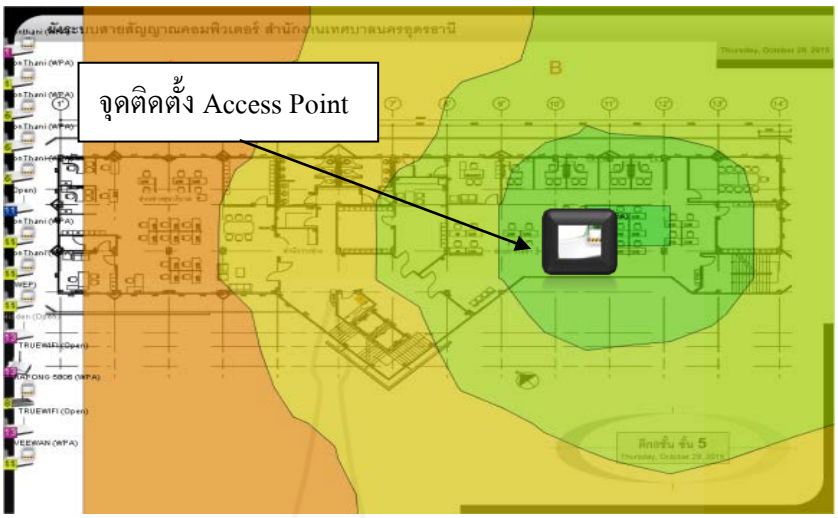
5



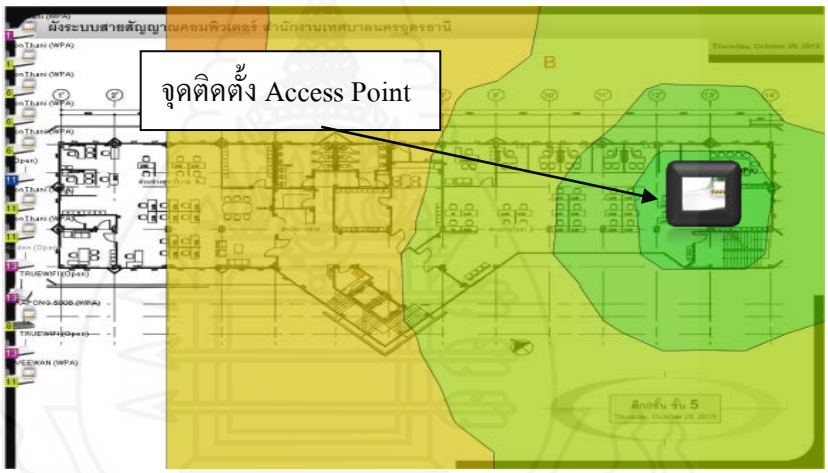
ภาพที่ 23 จุดติดตั้ง Access Point ชั้น 5 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ



ภาพที่ 24 จุดติดตั้ง Access Point F5-A1 ชั้น 5 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

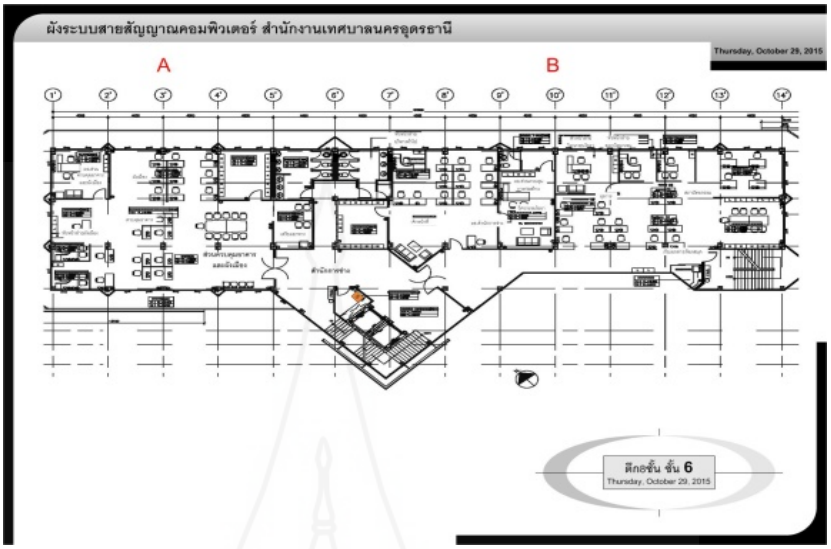


ภาพที่ 25 จุดติดตั้ง Access Point F5-B1 ชั้น 5 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

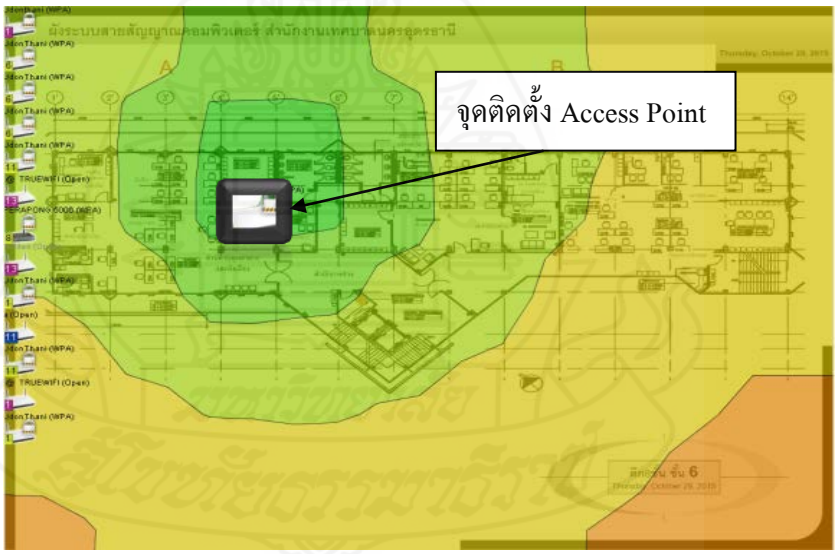


ภาพที่ 26 จุดติดตั้ง Access Point F5-B2 ชั้น 5 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

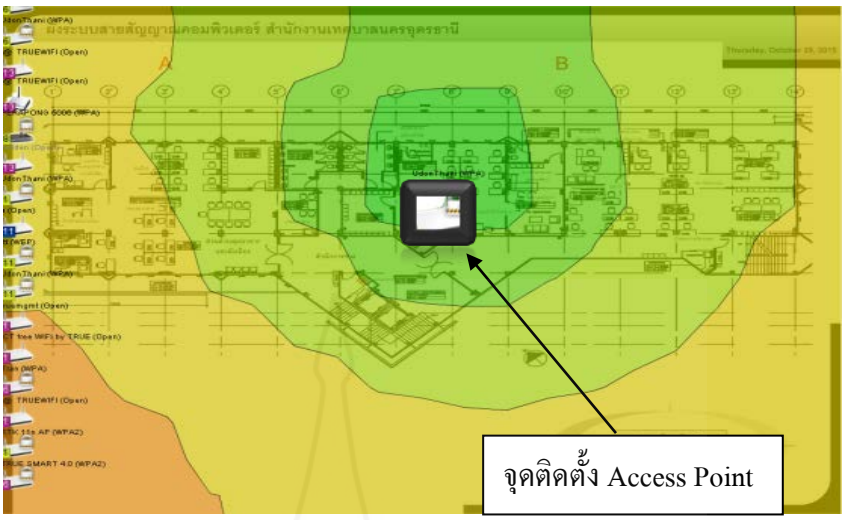
1.7 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 6



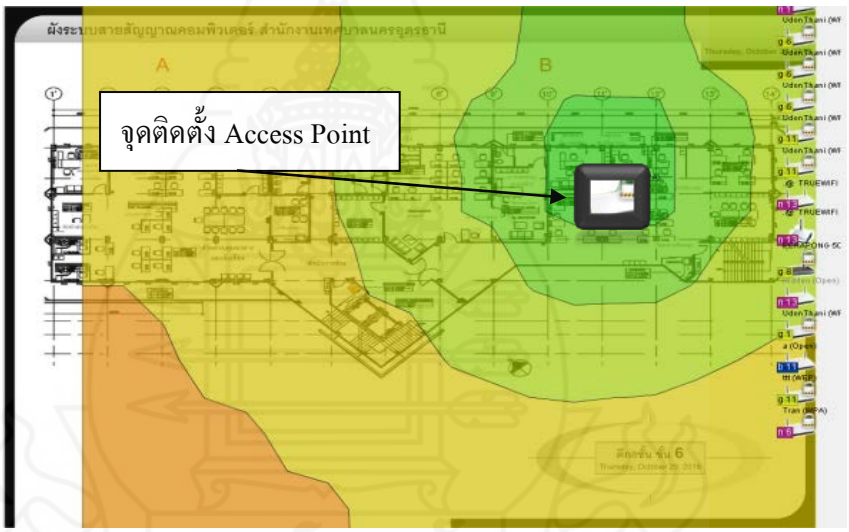
ภาพที่ 27 จุดติดตั้ง Access Point ชั้น 6 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ



ภาพที่ 28 จุดติดตั้ง Access Point F6-A1 ชั้น 6 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

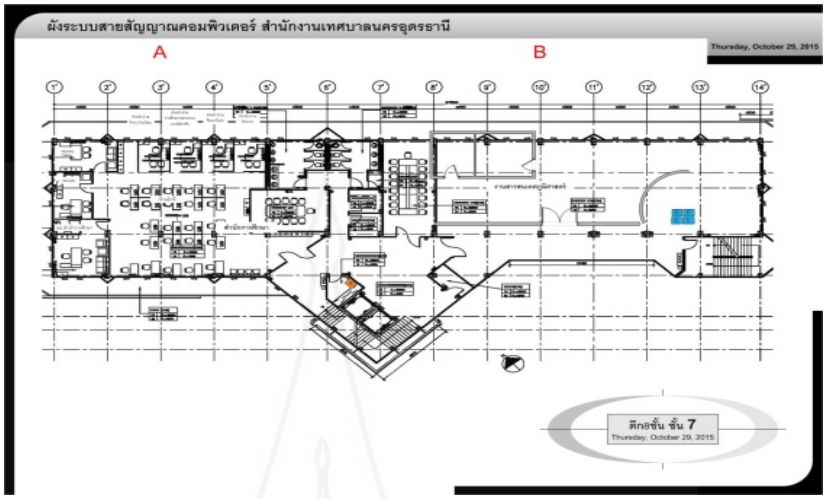


ภาพที่ 29 จุดติดตั้ง Access Point F6-B1 ชั้น 6 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

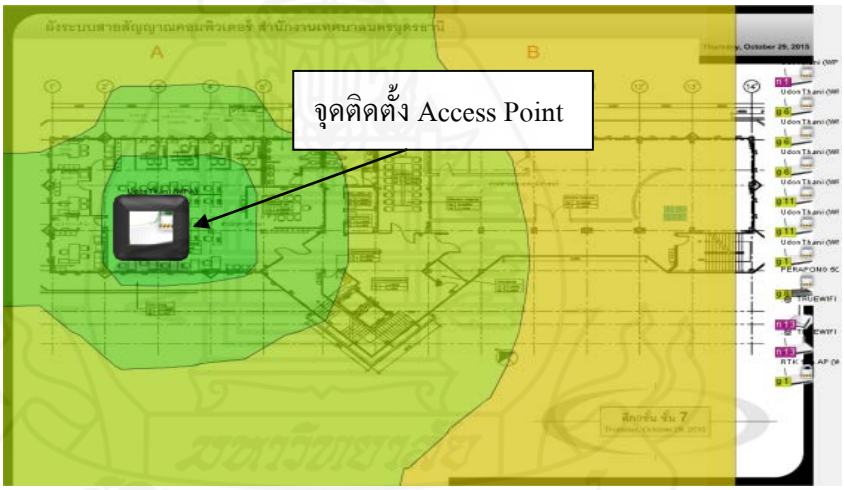


ภาพที่ 30 จุดติดตั้ง Access Point F6-B2 ชั้น 6 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

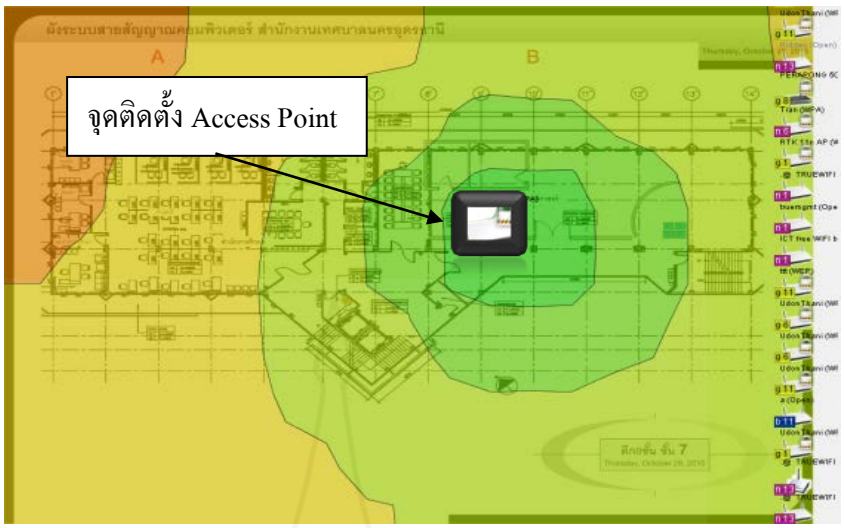
1.8 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น



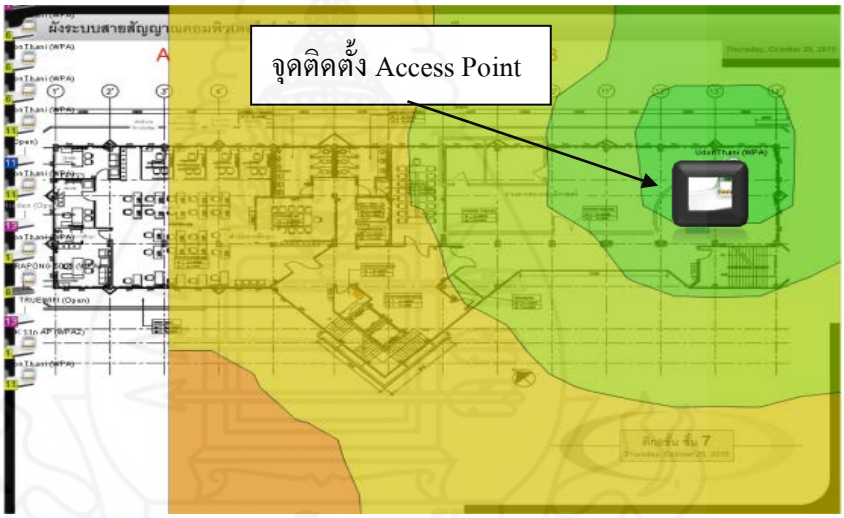
ภาพที่ 31 จุดติดตั้ง Access Point ชั้น 7 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ



ภาพที่ 32 จุดติดตั้ง Access Point F7-A1 ชั้น 7 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

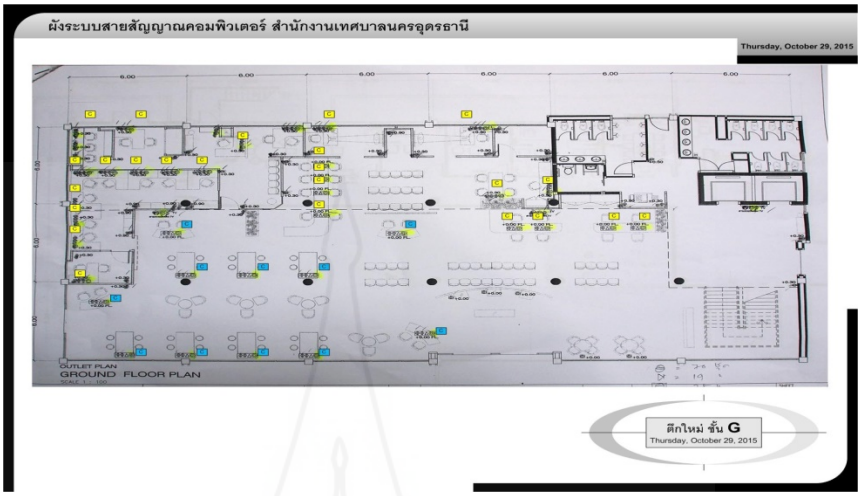


ภาพที่ 33 จุดติดตั้ง Access Point F7-B1 ชั้น 7 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

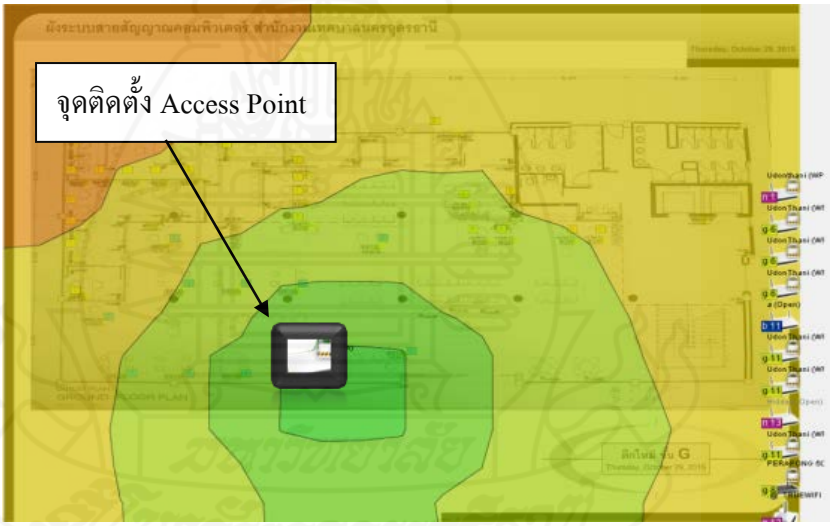


ภาพที่ 34 จุดติดตั้ง Access Point F7-B2 ชั้น 7 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

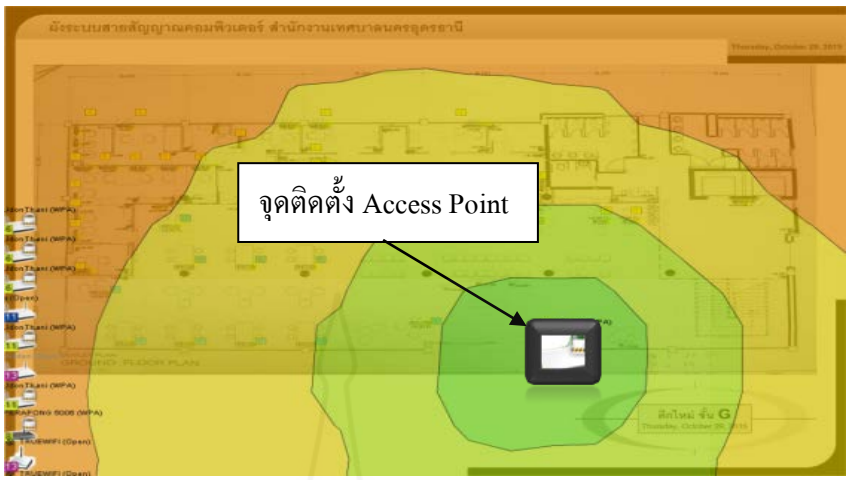
1.9 อาคารอัจฉริยะ ชั้น G



ภาพที่ 35 จุดติดตั้ง Access Point ชั้น G อาคารอัจฉริยะ

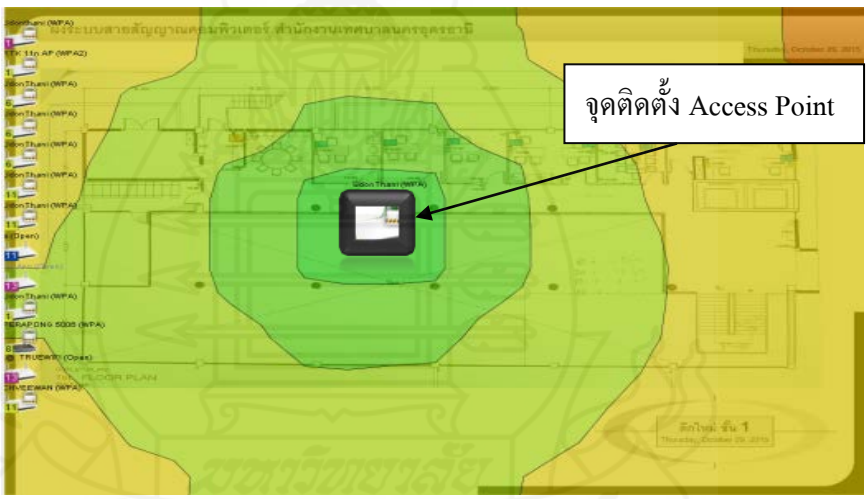


ภาพที่ 36 จุดติดตั้ง Access Point Udoncity-WiFi-AP1 ชั้น G อาคารอัจฉริยะ



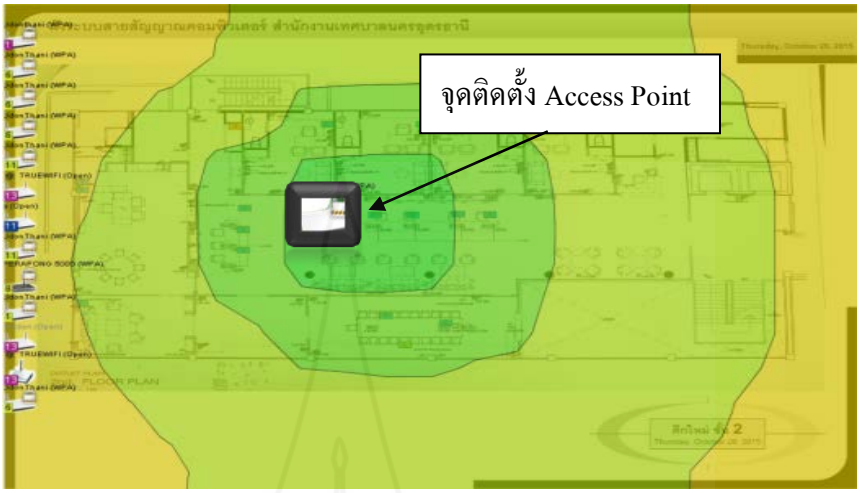
ภาพที่ 37 จุดติดตั้ง Access Point Udoncity-WiFi-AP5 ชั้น G อาคารอัจฉริยะ

1.10 อาคารอัจฉริยะ ชั้น 1



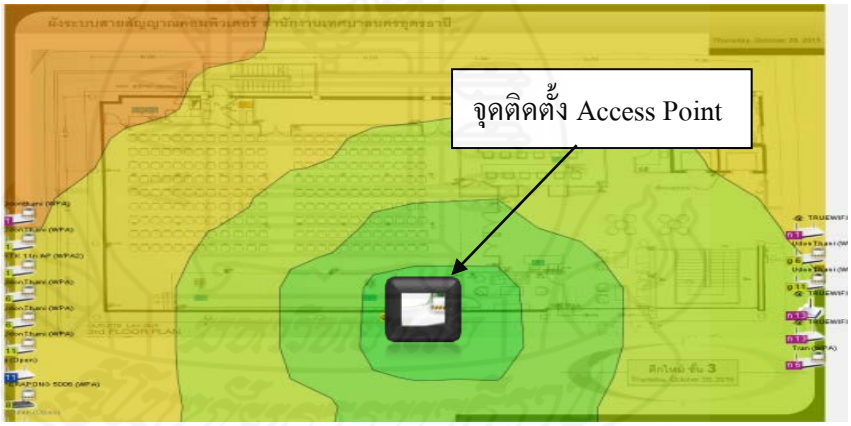
ภาพที่ 38 จุดติดตั้ง Access Point Appsecurity ชั้น 1 อาคารอัจฉริยะ

1.11 อาคารอัจฉริยะ ชั้น 2



ภาพที่ 39 จุดติดตั้ง Access Point Teparuk-Room ชั้น 2 อาคารอัจฉริยะ

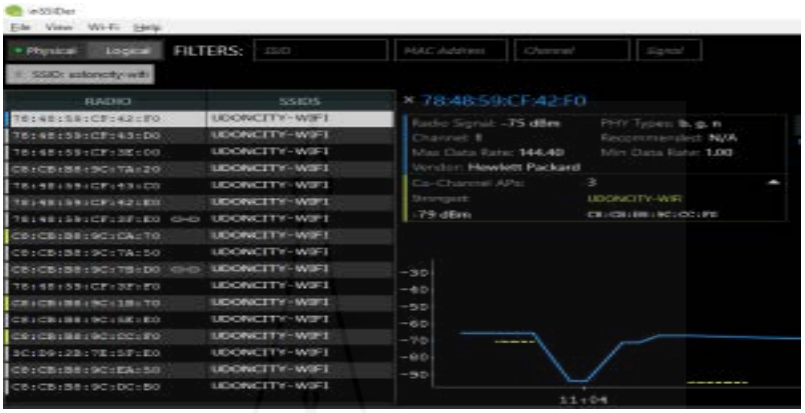
1.12 อาคารอัจฉริยะ ชั้น 3



ภาพที่ 40 จุดติดตั้ง Access Point Wesuwan-Room ชั้น 3 อาคารอัจฉริยะ

2. โปรแกรม inssider4

2.1 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น G

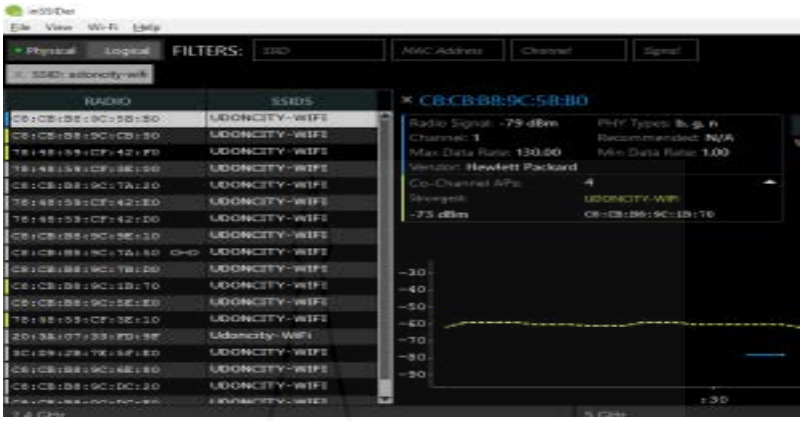


ภาพที่ 41 การตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของสัญญาณเครือข่ายฯ ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

2.2 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 1

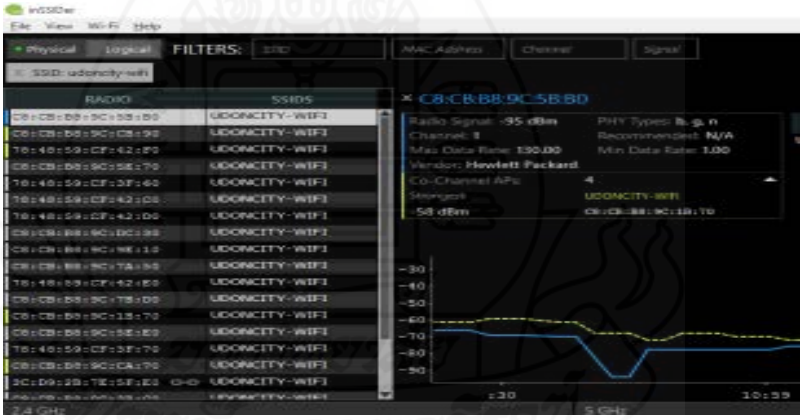
ภาพที่ 42 การตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของสัญญาณเครือข่ายฯ ชั้น 1 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

2.3 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 2



ภาพที่ 43 การตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของสัญญาณเครือข่ายฯ ชั้น 2 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

2.4 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 3



ภาพที่ 44 การตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของสัญญาณเครือข่ายฯ ชั้น 3 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

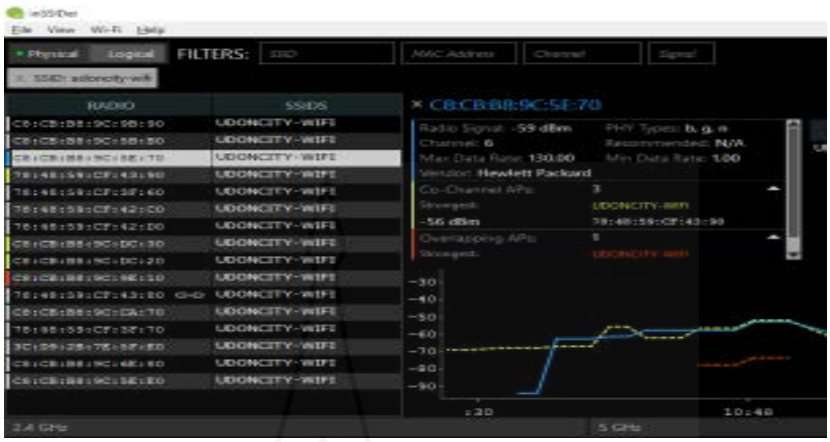
2.5 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 4

ภาพที่ 45 การตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของสัญญาณเครือข่ายฯ ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

2.6 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 5

ภาพที่ 46 การตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของสัญญาณเครือข่ายฯ ชั้น 5 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

2.7 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 6



ภาพที่ 47 การตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของสัญญาณเครือข่ายฯ ชั้น 6 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

2.8 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 7

ภาพที่ 48 การตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของสัญญาณเครือข่ายฯ ชั้น 7 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

2.9 อาคารอัจฉริยะ ชั้น G

ภาพที่ 49 การตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของสัญญาณเครือข่ายฯ ชั้น G อาคารอัจฉริยะ

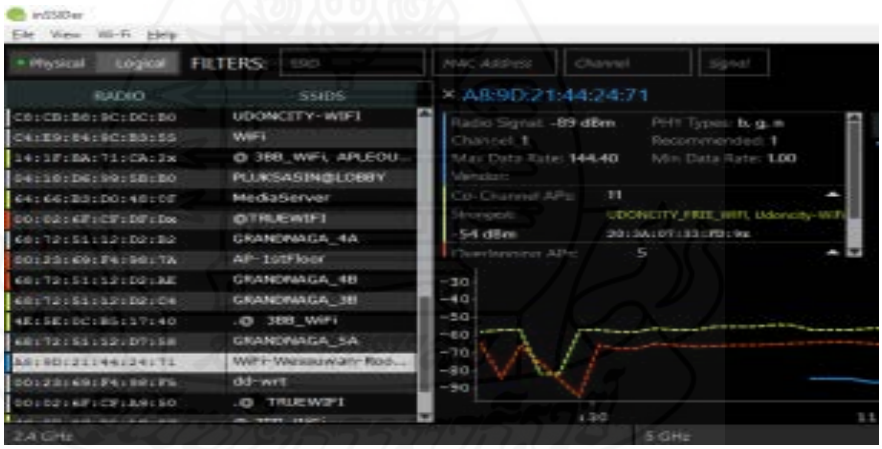
2.10 อาคารอัจฉริยะ ชั้น 1

ภาพที่ 50 การตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของสัญญาณเครือข่ายฯ ชั้น 1 อาคารอัจฉริยะ

2.11 อาคารอัจฉริยะ ชั้น 2

ภาพที่ 51 การตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของสัญญาณเครือข่ายฯ ชั้น 2 อาคารอัจฉริยะ

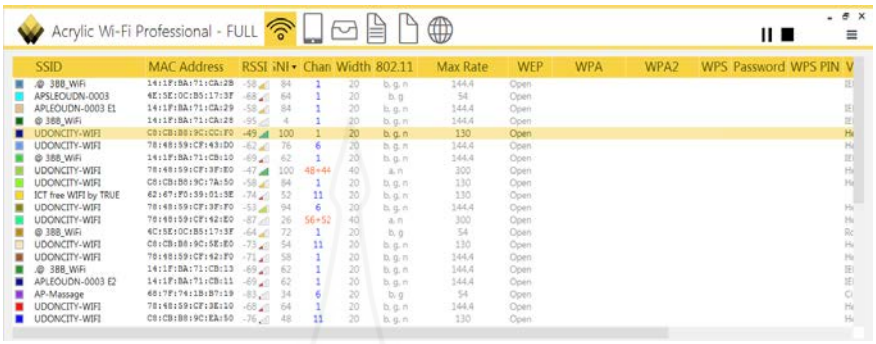
2.12 อาคารอัจฉริยะ ชั้น 3



ภาพที่ 52 การตรวจสอบการรบกวนในช่องสัญญาณเดียวกันและการทับซ้อนของสัญญาณเครือข่ายฯ ชั้น 3 อาคารอัจฉริยะ

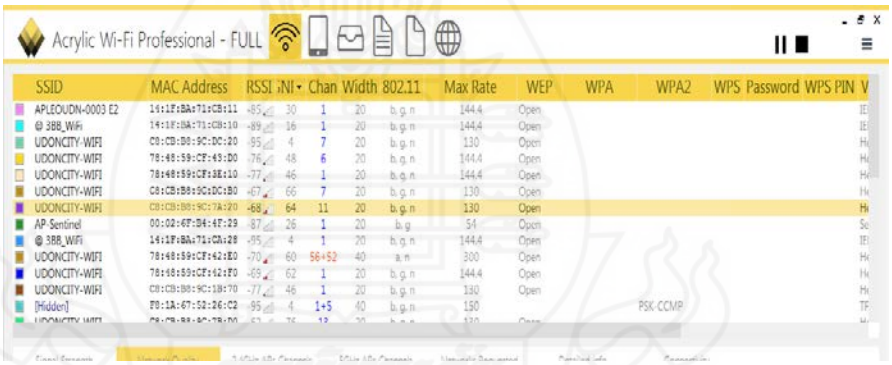
3. โปรแกรม Acrylic Wi-Fi Professional

3.1 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น G



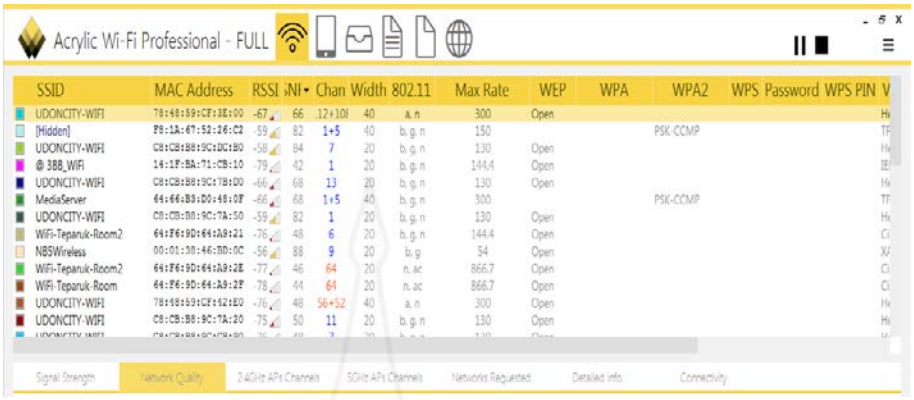
ภาพที่ 53 การตรวจวัดค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

3.2 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 1



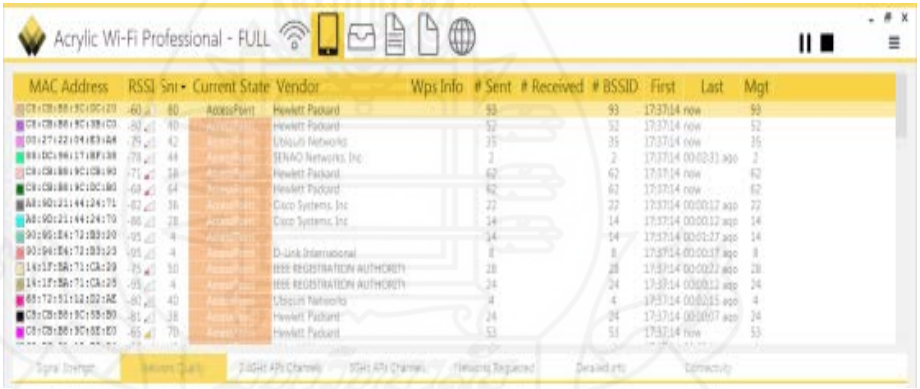
ภาพที่ 54 การตรวจวัดค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน ชั้น 1 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

3.3 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 2



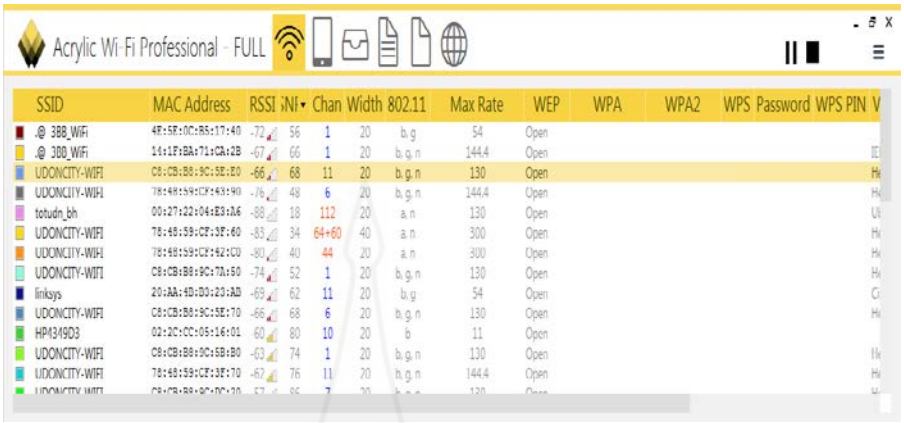
ภาพที่ 55 การตรวจวัดค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน ชั้น 2 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

3.4 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 3



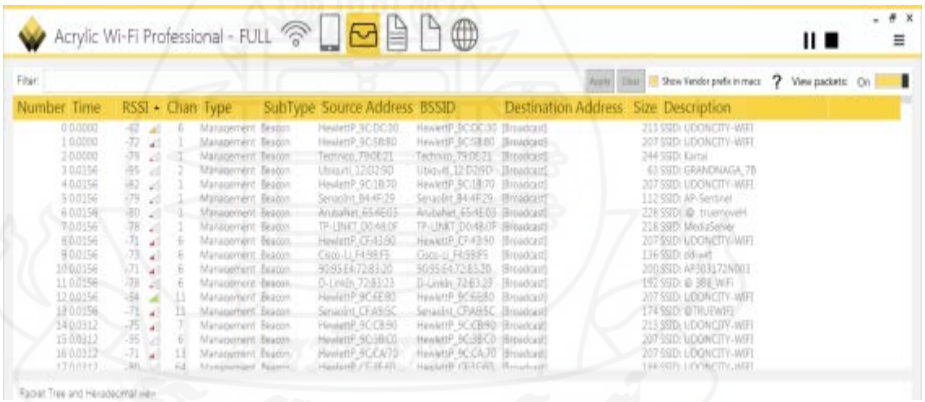
ภาพที่ 56 การตรวจวัดค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน ชั้น 3 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

3.5 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 4



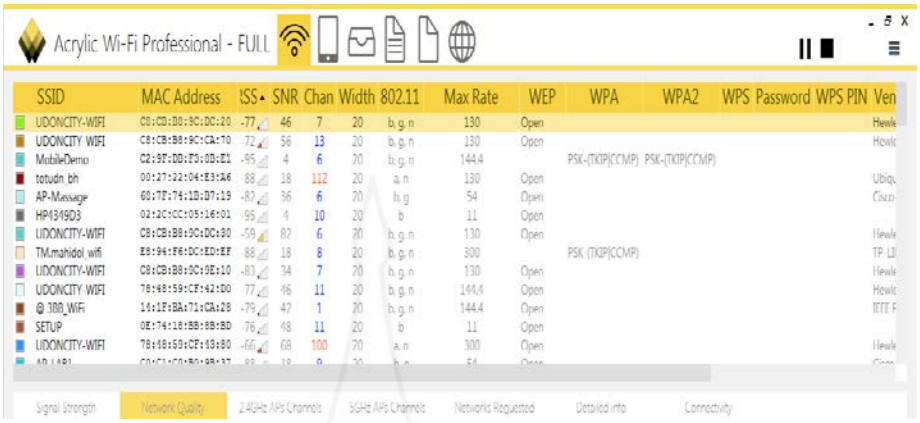
ภาพที่ 57 การตรวจวัดค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

3.6 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 5



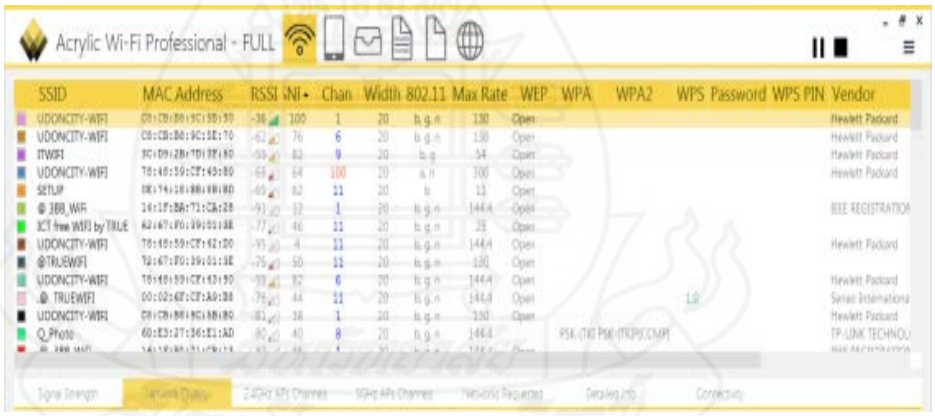
ภาพที่ 58 การตรวจวัดค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน ชั้น 5 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

3.7 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 6



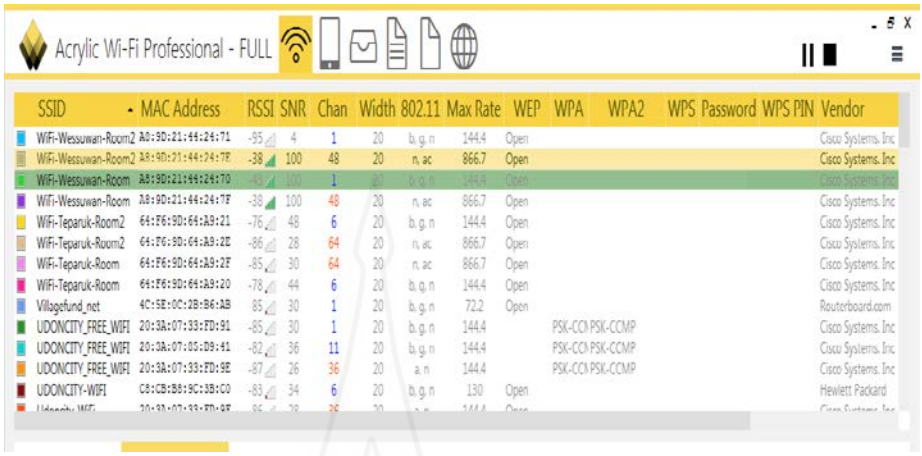
ภาพที่ 59 การตรวจวัดค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน ชั้น 5 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

3.8 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 7



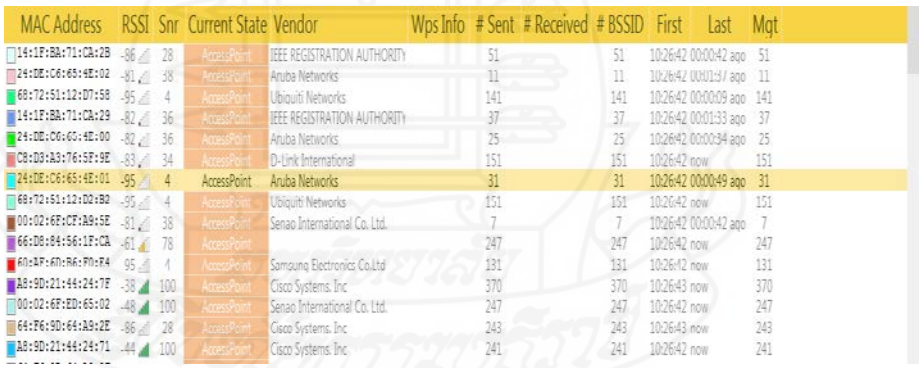
ภาพที่ 60 การตรวจวัดค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน ชั้น 5 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

3.9 อาคารอัจฉริยะ ชั้น G



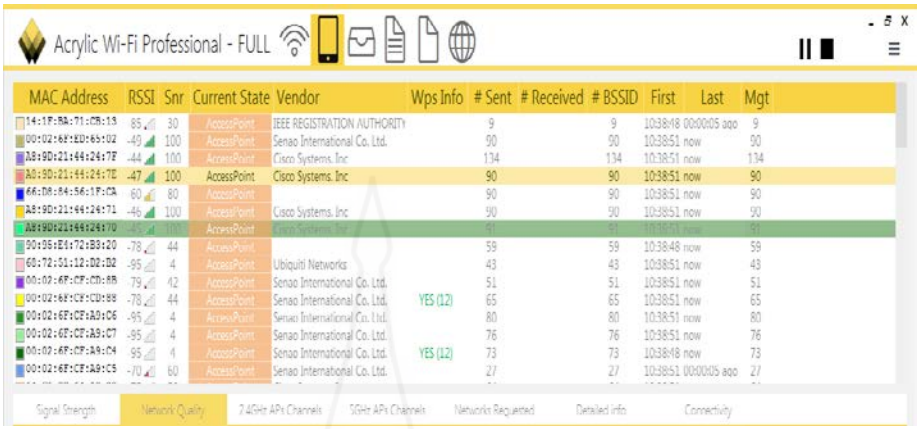
ภาพที่ 61 การตรวจวัดค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน
ชั้น G อาคารอัจฉริยะ

3.10 อาคารอัจฉริยะ ชั้น 1



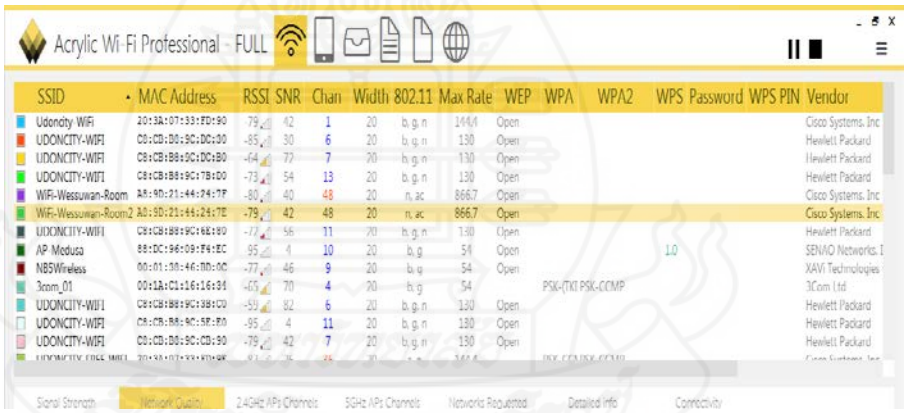
ภาพที่ 62 การตรวจวัดค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน ชั้น 1 อาคารอัจฉริยะ

3.11 อาคารอัจฉริยะ ชั้น 2



ภาพที่ 63 การตรวจวัดค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน ชั้น 2 อาคารอัจฉริยะ

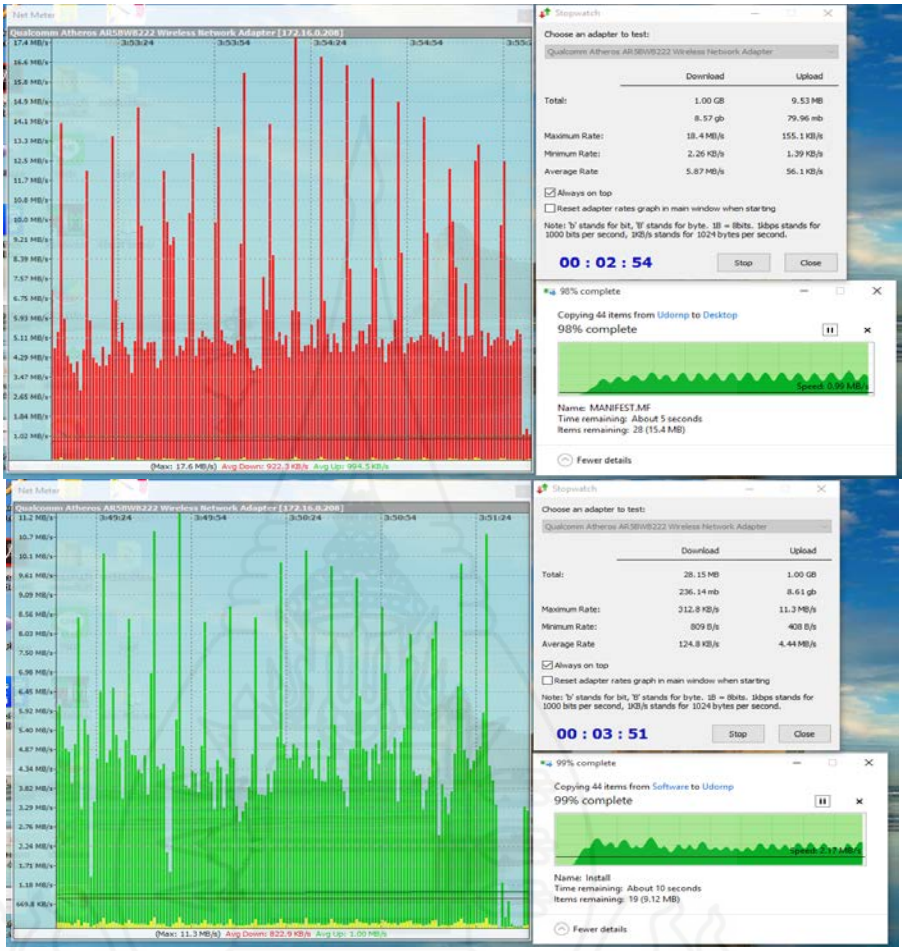
3.12 อาคารอัจฉริยะ ชั้น 3



ภาพที่ 64 การตรวจวัดค่าความเข้มของสัญญาณและอัตราการส่งสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน ชั้น 3 อาคารอัจฉริยะ

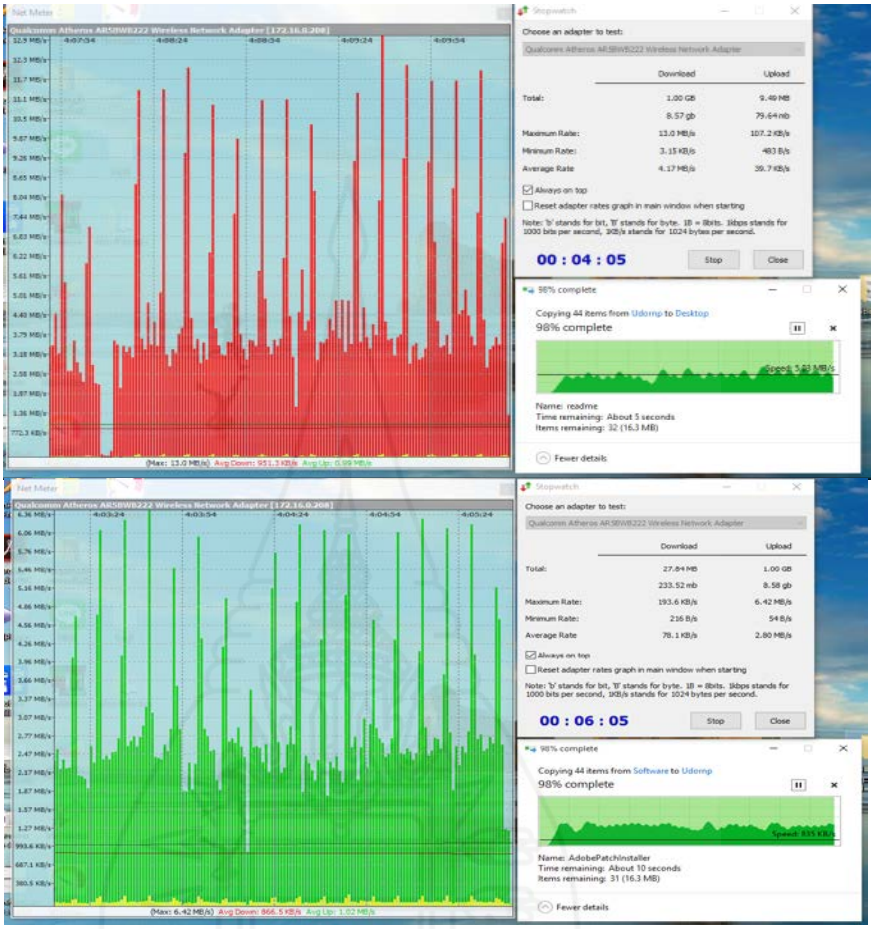
4. โปรแกรม Net Meter

4.1 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น G



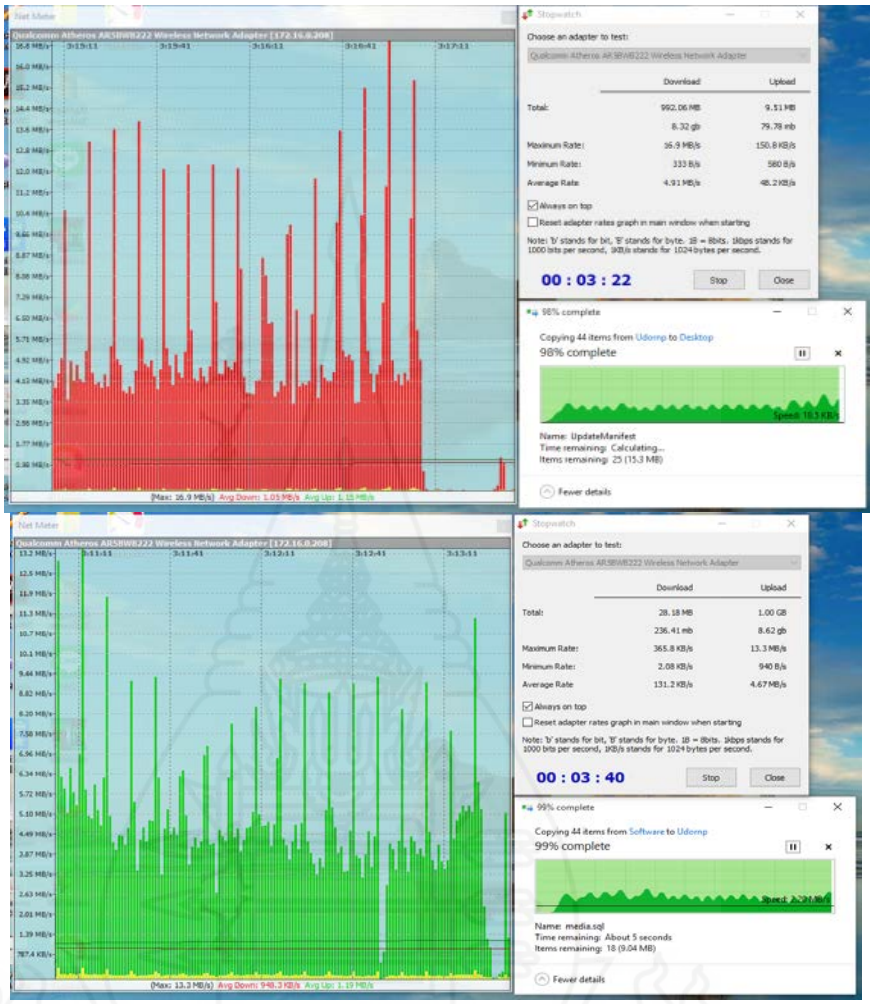
ภาพที่ 65 การอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

4.2 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 1



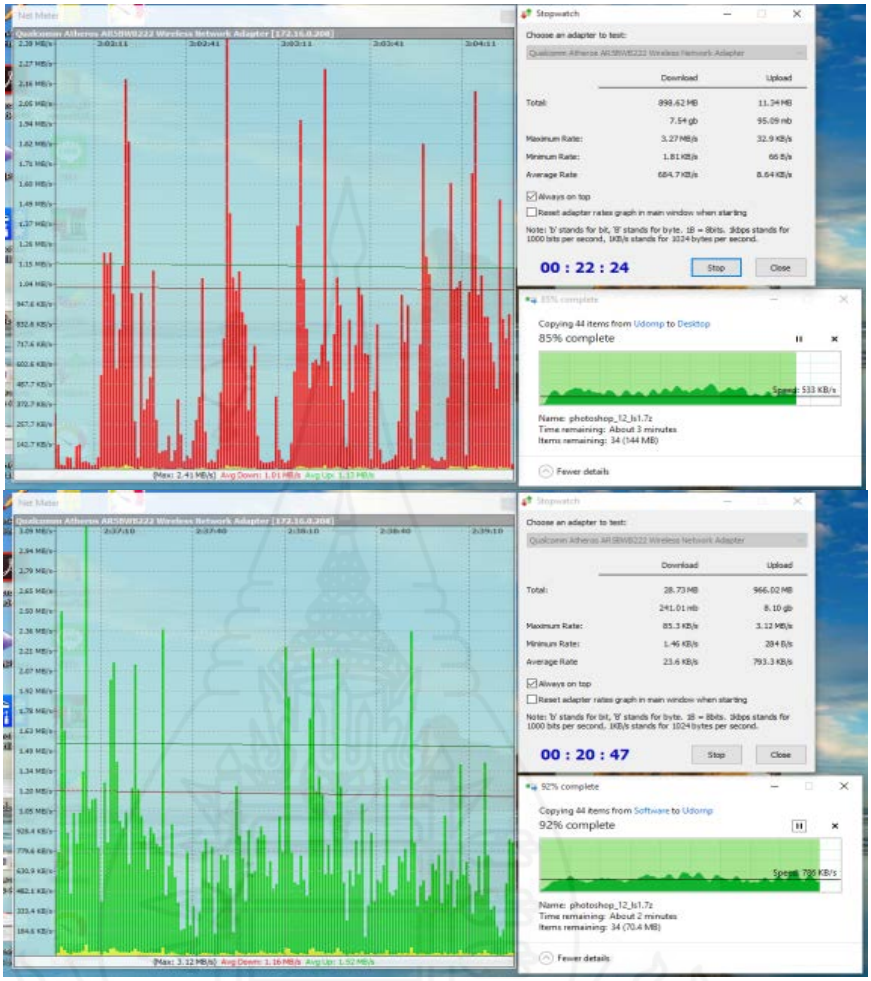
ภาพที่ 66 การอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น 1 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

4.3 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 2



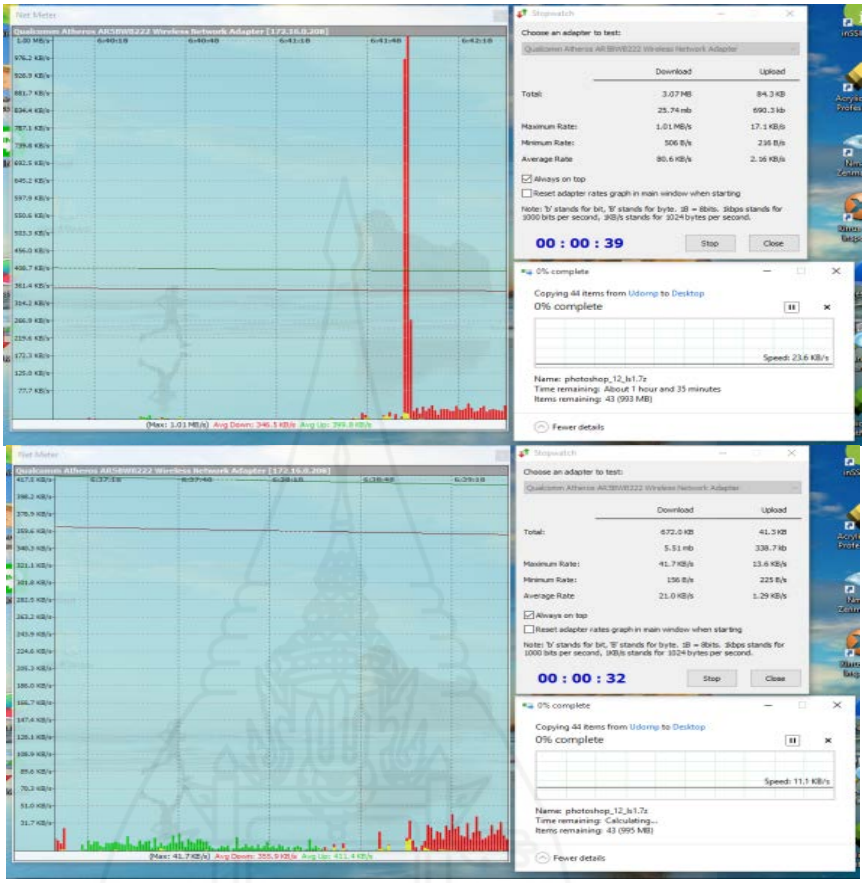
ภาพที่ 67 การอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น 2 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

4.4 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 3



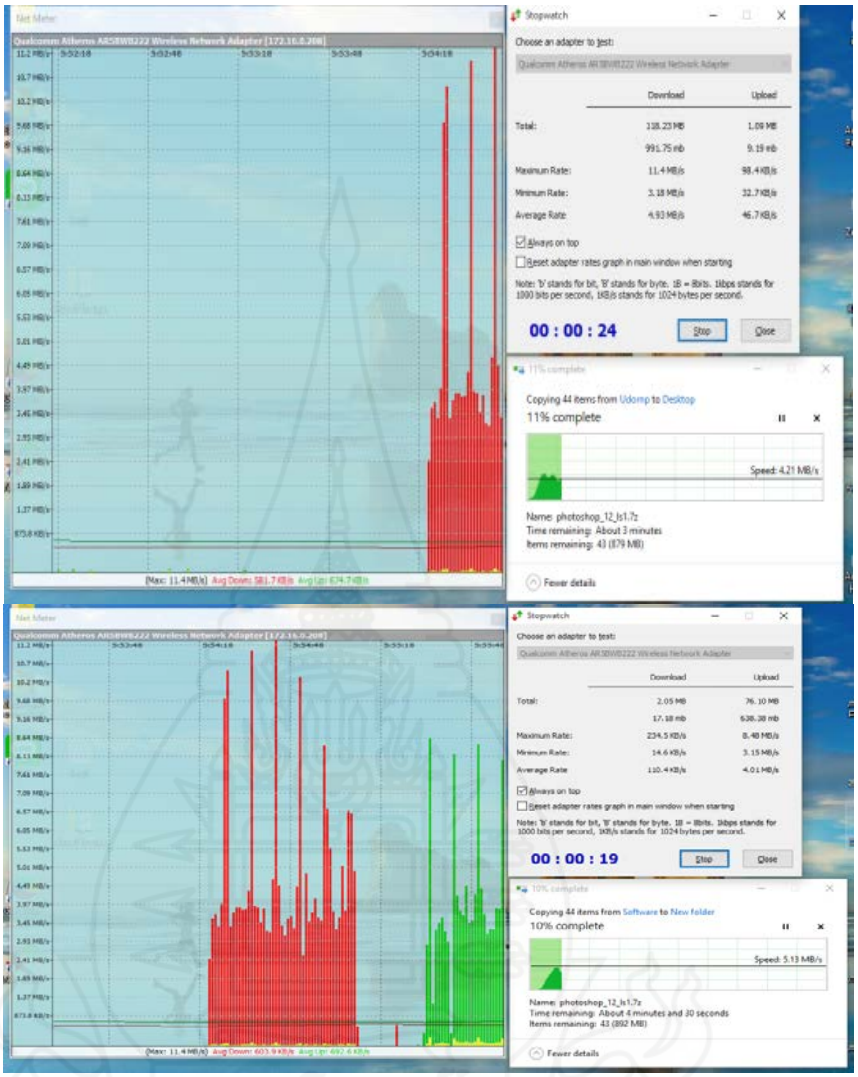
ภาพที่ 68 การอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น 3 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

4.5 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 4



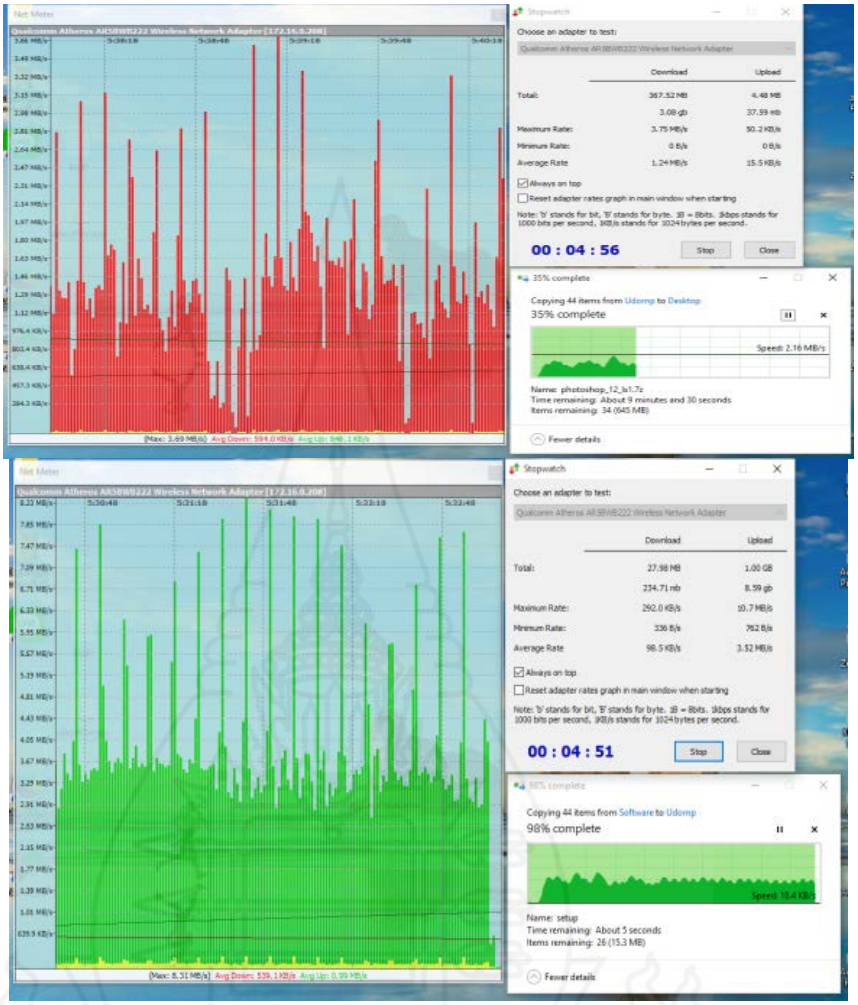
ภาพที่ 69 การอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

4.6 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 5



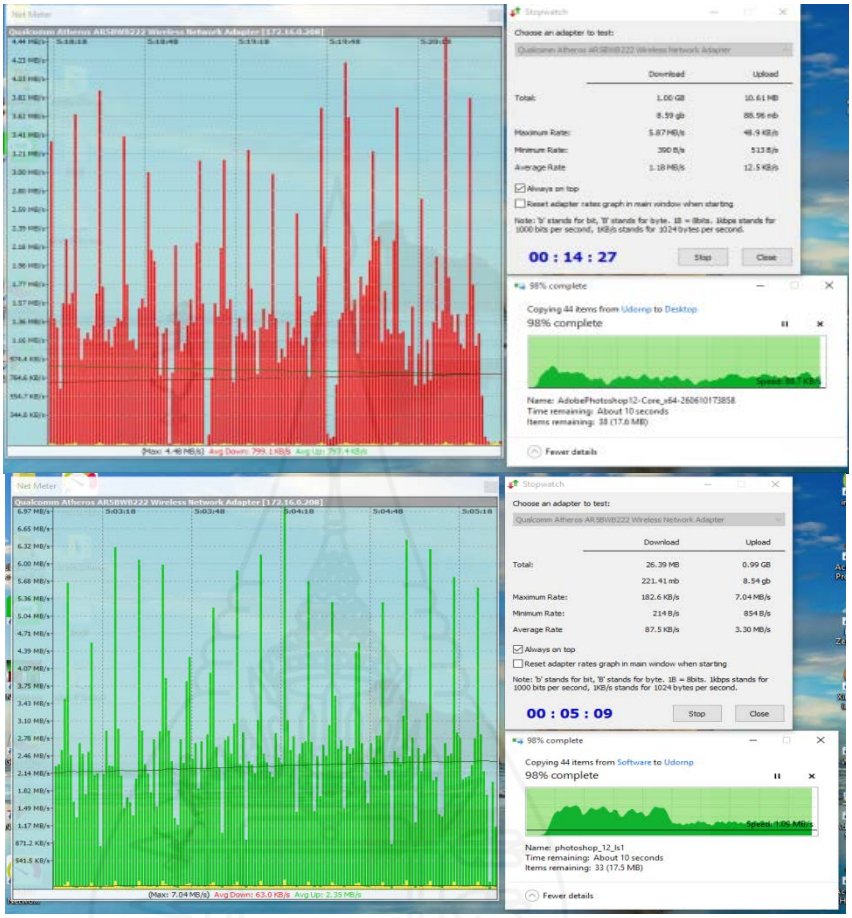
ภาพที่ 70 การอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น 5 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

4.7 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 6



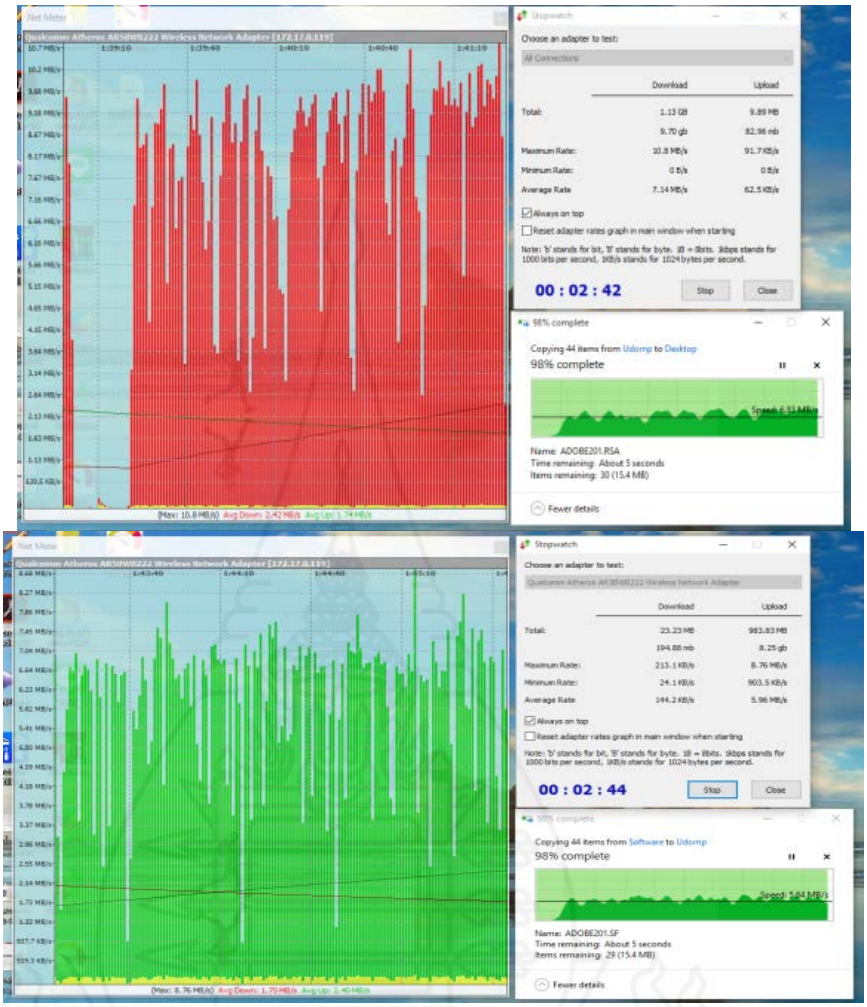
ภาพที่ 71 การอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น 6 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

4.8 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ ชั้น 7



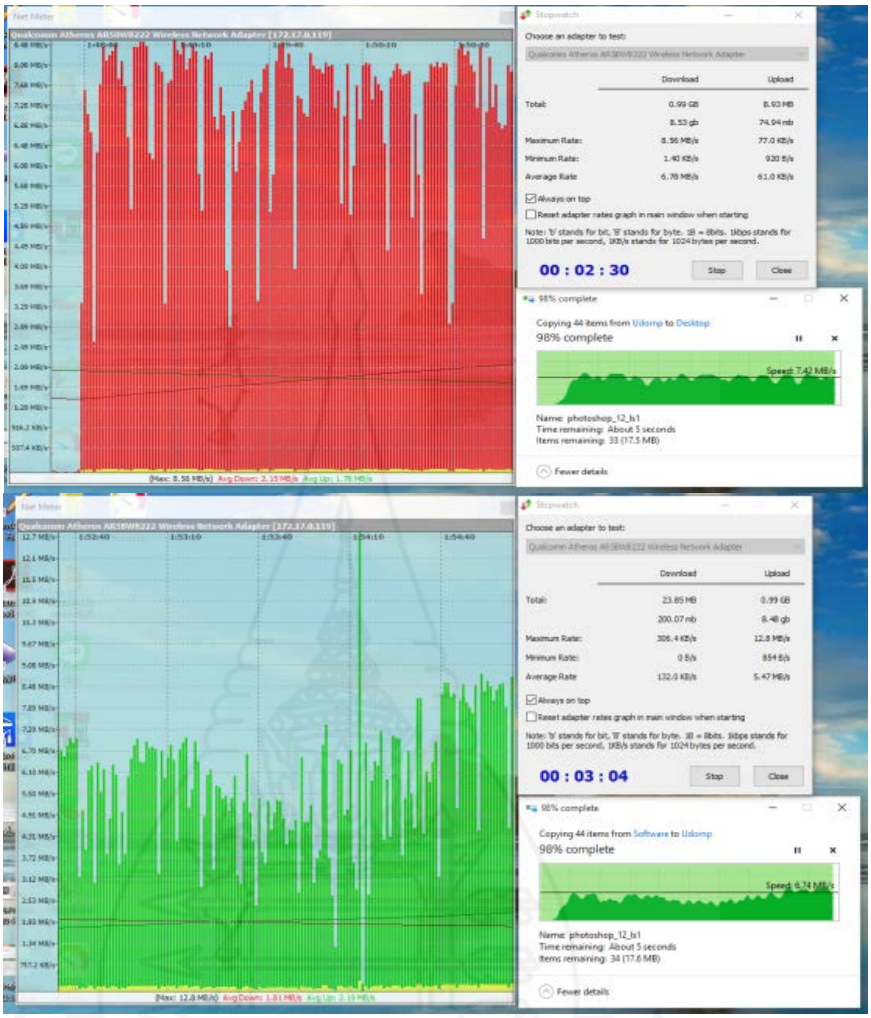
ภาพที่ 72 การอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น 7 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

4.9 อาคารอัจฉริยะ ชั้น G



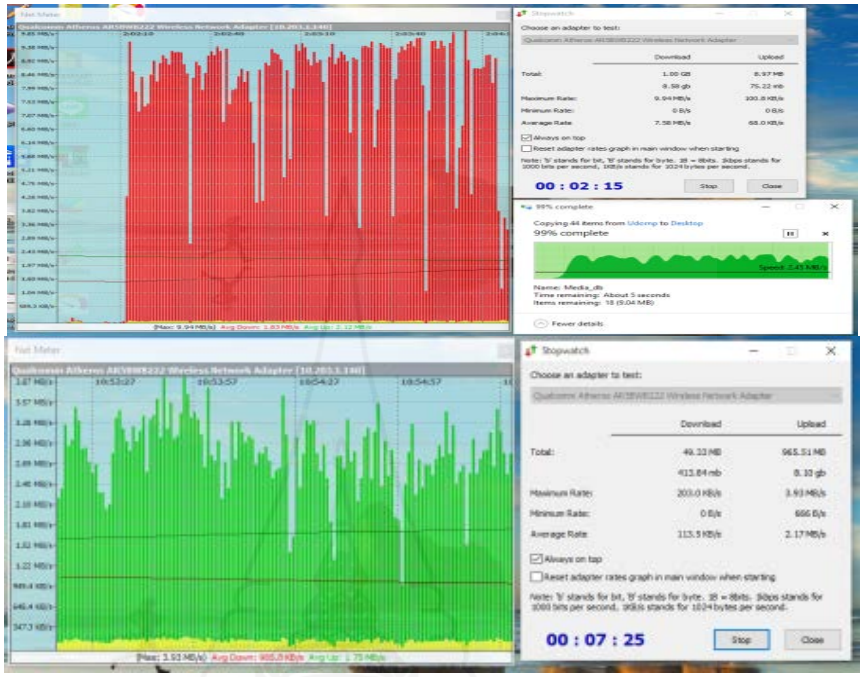
ภาพที่ 73 การอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น G อาคารอัจฉริยะ

4.10 อาคารอัจฉริยะ ชั้น 1



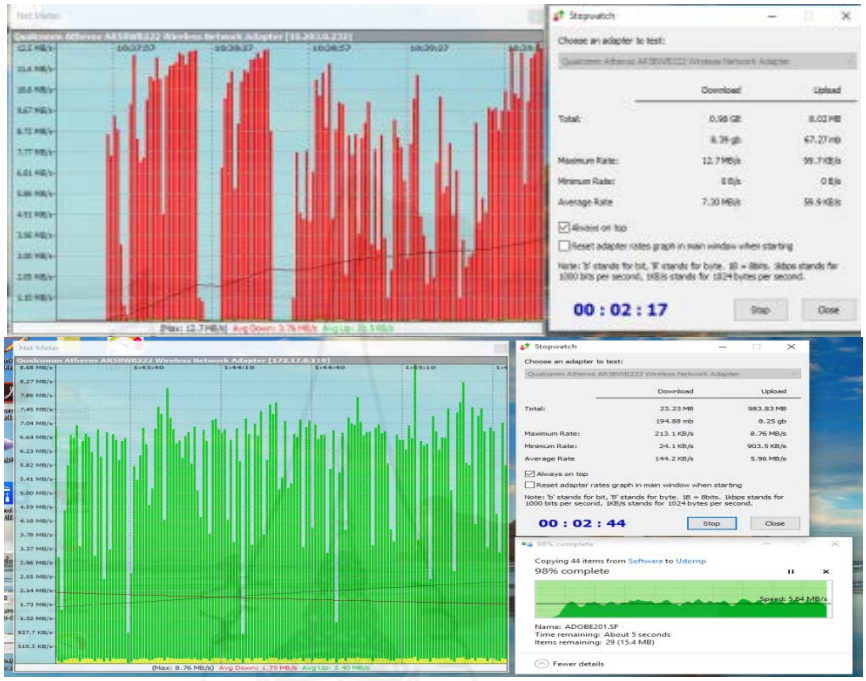
ภาพที่ 74 การอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น 1 อาคารอัจฉริยะ

4.11 อาคารอัจฉริยะ ชั้น 2



ภาพที่ 75 การอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น 2 อาคารอัจฉริยะ

4.12 อาคารอัจฉริยะ ชั้น 3



ภาพที่ 76 การอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายแลนไร้สาย ชั้น 3 อาคารอัจฉริยะ

ภาคผนวก ค

ศูนย์บริการประชาชน ชั้น G อาคารอัจฉริยะ

ศูนย์บริการประชาชน ชั้น G อาคารอัจฉริยะ

ภาพที่ 73 ศูนย์แห่งการบริการนานาชาตินครอุดรธานี

ภาพที่ 74 ระบบบริการประชาชนด้วยระบบคำร้องอิเล็กทรอนิกส์

ภาพที่ 75 การให้บริการภายในศูนย์แห่งการบริการนานาชาตินครอุดรธานี ชั้น G อาคารอัจฉริยะ

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นายอุดร พันกระจัด
วัน เดือน ปีเกิด	17 พฤศจิกายน 2521
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์
ประวัติการศึกษา	ปริญญาเทคโนโลยีบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ปี 2550
สถานที่ทำงาน	สำนักงานเทศบาลนครอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี
ตำแหน่ง	นักวิชาการคอมพิวเตอร์ชำนาญการ