รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การวางแผนปรับปรุงคุณภาพโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 บนคลื่นความถี่ 2,100 MHz ในจังหวัดเพชรบุรี

Third Generation Mobile Communication Improvement Planning at 2,100 MHz Network in PHETBURI Province

นางสาวกัญญาภัค อึ้งตระกูล

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การวางแผนปรับปรุงคุณภาพโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 บนคลื่นความถี่ 2,100 MHz ในจังหวัดเพชรบุรี

Third Generation Mobile Communication Improvement Planning at 2,100 MHz Network in PHETBURI Province

นางสาวกัญญาภัค อึ้งตระกูล

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การวางแผนปรับปรุงคุณภาพโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 บนคลื่นความถี่ 2,100 MHz ในจังหวัดเพชรบุรี

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวกัญญาภัค อึ้งตระกูล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.ดร.ชวลิต เบญจางคประเสริฐ

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายนวภัทร์ สุจิรชาโต

ชื่อสถานที่ประกอบการ บริษัท หัวเหว่ย เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงคุณภาพโครงข่าย 3G UMTS ในจังหวัดเพชรบุรี เพื่อให้สัญญาณที่รับได้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น โครงงานนี้จัดทำขึ้นเนื่องจากในปี 2561 บริษัทดีแทค ผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จะหมดสัมปทานคลื่นความถี่ 850 MHz จึงทำให้ต้องนำคลื่นความถี่ 2,100 MHz ที่ถือครองอยู่มาเปิดบริการโครงข่าย 3G แทนคลื่นความถี่ 850 MHz เดิม เนื่องจากสมบัติของคลื่นความถี่สูง เดินทางได้ระยะที่สั้นกว่าคลื่นความถี่ต่ำ ทำให้คุณภาพของสัญญาณอาจไม่ดีเท่าเมื่อเทียบกับคลื่นความถี่เดิม จึงต้องทำการวางแผนปรับปรุงคุณภาพสัญญาณให้ดีขึ้นเพื่อรองรับการใช้งานของผู้ใช้บริการ

การวางแผนปรับปรุงคุณภาพโครงข่าย 3G นี้ จะใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลของไซต์ในจังหวัดเพชรบุรี มาทำการคำนวณคุณภาพของสัญญาณตามพื้นที่ต่าง ๆ ในจังหวัดเพชรบุรีและทำการปรับปรุงคุณภาพสัญญาณในแต่ละพื้นที่ปัญหาให้ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยใช้โปรแกรม Atoll เมื่อทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาแล้ว คำนวณคุณภาพสัญญาณเพื่อนำผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกับก่อนทำการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title	Third Generation Mobile Communication Improvement Planning at 2,100 MHz Network in PHETBURI Province
Student intern name	Kanyapak Aungtrakoon
Faculty	Engineering **Department** Computer Engineering
Major	Information Engineering
Advisor name	Assoc. Prof. Dr.Chawalit Benjangkaprasert
Mentor name	Navaphat Sujirachato
Company	Huawei Technologies (Thailand) Co., Ltd.

ABSTRACT

This project has objective to improve quality of 3G network in Phetburi province. In 2018 Dtac, Mobile network operator will has finished on frequency 850 MHz concession, so frequency 2,100 MHz is used for 3G network instead of the old frequency. In theory based on wave characteristics, High frequency can transmit shorter than low frequency. For the reason quality of 3G network on frequency 2,100 MHz has the result not good when compared with 850 MHz, therefore, planning for improve quality of 3G network is important for operator.

Improvement planning 3G network use data from Phetburi's site database. Calculated quality of signal in each problem area according to the standard, by using Atoll software. Finally calculate quality of signal to compare with the first one before improve.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานการวางแผนปรับปรุงคุณภาพโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 บนคลื่นความถี่ 2,100 MHz ในจังหวัดเพชรบุรี สามารถดำเนินการได้อย่างราบรื่นและสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่านที่ได้คอยสนับสนุนและให้การช่วยเหลือเป็นอย่างดี ขอขอบคุณ รศ.ดร.ชวลิต เบญจางคประเสริฐ อาจารย์นิเทศ นายนวภัทร์ สุจิรชาโต ผู้นิเทศงานและนายวิทิต วัฒนา ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ซึ่งคอยดูแลและให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงาน ตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอนเสมอมา ทำให้โครงงานสำเร็จลุล่วง รวมถึงพี่ ๆ พนักงานบริษัท หัวเหว่ย แผนก Planning ทุกคนที่ให้ความรู้และความช่วยเหลือตลอดการดำเนินงาน ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ทั้งทางทฤษฎีและปฏิบัติ ขอขอบคุณครอบครัวของผู้จัดทำโครงงานและเพื่อนนักเรียนตลอดจนผู้เกี่ยวข้อง ที่ได้ให้กำลังใจและมีส่วนช่วยให้โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นางสาวกัญญาภัค อึ้งตระกูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

บทคัดย่อ I

ABTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของบริษัท 1

1.3 ขอบเขต 2

1.4 วิธีการดำเนินงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 วิวัฒนาการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4

2.2 มาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 7

2.2.1 มาตรฐาน UMTS 7

2.2.2 มาตรฐาน CDMA2000 8

2.3 สถาปัตยกรรมโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่ 3 9

2.3.1 ส่วนส่งสัญญาณวิทยุ 9

2.3.2 ส่วนโครงข่ายหลัก 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ย่านความถี่ 11

2.5 สายอากาศ 12

2.6 พารามิเตอร์ของสายอากาศ 18

2.6.1 รูปแบบการแพร่กระจายคลื่น 18

2.6.2 การจัดขั้วคลื่น 19

2.7 แบบจำลองการสูญเสียในเส้นทาง 20

2.7.1 คุณลักษณะการลดทอน 20

2.7.1.1 การสูญเสียเชิงวิถี 20

2.7.1.2 แบบจำลองการสูญเสียกำลังของ Okumura 21

2.7.1.3 แบบจำลองของ Hata 24

2.7.1.4 สมการการแพร่กระจายของ Okumura-Hata 25

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 27

3.1 เครื่องมือหรือโปรแกรมในการดำเนินงาน 27

3.1.1 ศึกษาการทำงานของโปรแกรม Atoll 28

3.1.1.1 เตรียมการดำเนินงาน 29

3.1.2 หลักการโครงงาน 31

3.2 ขั้นตอนการทำงาน 32

3.2.1 พิจารณาพื้นที่ 33

3.2.2 ตรวจสอบค่า RSCP 33

3.2.3 PSC / Neighbor Planning 34

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ผลก่อนการดำเนินงาน 36

4.2 ผลวิเคราะห์และวิธีการแก้ปัญหา 39

4.3 ผลหลังการดำเนินงาน 52

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 64

5.1 การดำเนินงานจัดทำโครงงาน 64

5.1.1 วัตถุประสงค์ของงาน 64

5.1.2 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือหรือโปรแกรมในการใช้งาน 64

5.2 สรุปผลการดำเนินงาน 64

5.3 ข้อเสนอแนะ 65

5.3.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป 65

5.3.2 ปัญหา อุปสรรค 65

เอกสารอ้างอิง 66

ภาคผนวก 70

ก ตัวแปรที่มีผลต่อการแพร่กระจายสัญญาณ 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างสถาปัตยกรรม UMTS 10

2.2 ตัวอย่าง Sector Antenna 13

2.3 ตัวอย่าง Grid Antenna 14

2.4 เสาส่งสัญญาณแบบ Guyed Mast Tower และแบบ Self Support Tower 15

2.5 ลักษณะของสัญญาณเมื่อปรับ M-tilt 16

2.6 ลักษณะของสัญญาณเมื่อปรับ E-tilt 16

2.7 เปรียบเทียบการแพร่กระจายระหว่างการปรับ M-tilt และ E-tilt 17

2.8 แสดงตำแหน่งมุมบอกพิกัดบนท้องฟ้า 18

2.9 เปรียบเทียบรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น 19

2.10 การจัดขั้วคลื่นแบบเชิงเส้น แบบวงกลมและแบบวงรี 19

2.11 ค่าการลดทอนสัญญาณในบริเวณเมือง 22

2.12 ค่าแฟกเตอร์แก้ไข 23

3.1 ตัวอย่างโปรแกรม Atoll 27

3.2 ตัวอย่างโปรแกรม Google Earth Pro 28

3.3 ตัวอย่างข้อมูลจากฐานข้อมูลไซต์ 29

3.4 ตัวอย่างหลังจากการ Import ข้อมูล 29

3.5 ตัวอย่างการตั้งค่าพารามิเตอร์ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 หลังการ Import ภาพถ่ายดาวเทียมและจำลองการแพร่กระจาย 30

3.7 Flowchart ขั้นตอนทำงาน 31

3.8 พื้นที่ที่แบ่งโดยลักษณะสี 33

3.9 พื้นที่ที่แบ่งโดยลักษณะสีและภาพถ่ายดาวเทียม 33

4.1 ฮิสโตแกรมแสดงค่า RSCP ก่อนปรับค่า (%) 37

4.2 พื้นที่ปัญหาทั้ง 5 จุด 38

4.3 พื้นที่ปัญหาจุดที่ 1 39

4.4 สัญญาณตามเซกเตอร์พื้นที่ปัญหาจุดที่ 1 39

4.5 ตำแหน่งที่เสนอในการตั้งไซต์ 558 41

4.6 พื้นที่ปัญหาจุดที่ 2 41

4.7 สัญญาณตามเซกเตอร์พื้นที่ปัญหาจุดที่ 2 42

4.8 ตำแหน่งที่เสนอในการตั้งไซต์ 559 43

4.9 พื้นที่ปัญหาจุดที่ 3 44

4.10 สัญญาณตามเซกเตอร์พื้นที่ปัญหาจุดที่ 3 44

4.11 พื้นที่ปัญหาจุดที่ 4 45

4.12 สัญญาณตามเซกเตอร์พื้นที่ปัญหาจุดที่ 4 46

4.13 พื้นที่ปัญหาจุดที่ 5 47

4.14 สัญญาณตามเซกเตอร์พื้นที่ปัญหาจุดที่ 5 47

4.15 ตำแหน่งที่เสนอในการตั้งไซต์ 557 49

4.16 ค่า RSCP ของจังหวัดเพชรบุรี 49

4.17 ฮิสโตแกรมแสดงค่า RSCP หลังปรับค่า (%) 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.18 เปรียบเทียบพื้นที่ปัญหาจุดที่ 1 53

4.19 เปรียบเทียบพื้นที่ปัญหาจุดที่ 2 54

4.20 เปรียบเทียบพื้นที่ปัญหาจุดที่ 3 54

4.21 เปรียบเทียบพื้นที่ปัญหาจุดที่ 4 55

4.22 เปรียบเทียบพื้นที่ปัญหาจุดที่ 5 55

4.23 เปรียบเทียบสัญญาณของจังหวัดเพชรบุรี 56

4.24 Neighbor ของไซต์ 557 ในแต่ละเซกเตอร์ 63

4.25 Neighbor ของไซต์ 558 ในแต่ละเซกเตอร์ 63

4.26 Neighbor ของไซต์ 559 ในแต่ละเซกเตอร์ 63

ก.1 เปรียบเทียบการแพร่กระจายแต่ละความสูงของเสาสัญญาณ 71

ก.2 เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าของเสาสัญญาณ 72

ก.3 Antenna Model HUAWEI A19451811 73

ก.4 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Antenna Model HUAWEI A19451811 73

ก.5 คุณสมบัติเชิงกลของ Antenna Model HUAWEI A19451811 73

ก.6 รูปแบบการแพร่กระจายสัญญาณของ Antenna Model HUAWEI A19451811 74

ก.7 Antenna Model ADU4521R0v06 74

ก.8 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Antenna Model ADU4521R0v06 75

ก.9 คุณสมบัติเชิงกลของ Antenna Model ADU4521R0v06 75

ก.10 รูปแบบการแพร่กระจายสัญญาณของ Antenna Model ADU4521R0v06 76

ก.11 การวัดมุม Azimuth 76

ก.12 การเปรียบเทียบมุม Azimuth 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.13 การเปรียบเทียบการปรับ M-tilt 77

ก.14 การเปรียบเทียบการปรับ E-tilt 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ขอบเขตการทำงาน 2

2.1 มาตรฐานเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย 8

2.2 ย่านความถี่คลื่นวิทยุ 12

2.3 ตัวอย่างค่า n ที่ใช้ในการคำนวณ 21

3.1 คุณภาพสัญญาณ 32

3.2 คุณภาพสัญญาณตามพื้นที่ 34

4.1 ค่า RSCP ก่อนปรับค่า 36

4.2 พารามิเตอร์ที่ปรับค่าบนพื้นที่ปัญหาจุดที่ 1 40

4.3 พารามิเตอร์ของไซต์ 558 40

4.4 พารามิเตอร์ที่ปรับค่าบนพื้นที่ปัญหาจุดที่ 2 42

4.5 พารามิเตอร์ของไซต์ 559 43

4.6 พารามิเตอร์ที่ปรับค่าบนพื้นที่ปัญหาจุดที่ 3 45

4.7 พารามิเตอร์ที่ปรับค่าบนพื้นที่ปัญหาจุดที่ 4 46

4.8 พารามิเตอร์ที่ปรับค่าบนพื้นที่ปัญหาจุดที่ 5 48

4.9 พารามิเตอร์ของไซต์ 557 48

4.10 พารามิเตอร์ที่ปรับค่าบนพื้นที่นอกเหนือปัญหา 50

4.11 ค่า RSCP หลังปรับค่า 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12 เปรียบเทียบค่า Coverage Area 56

4.13 เปรียบเทียบค่า RSCP 57

4.14 เปรียบเทียบค่า RSCP ก่อนและหลังปรับปรุง 58

4.15 เลข PSC 58

4.16 การเพิ่ม Neighbor 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

โทรศัพท์มือถือเริ่มเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์เพื่ออำนวยความสะดวกในการติดต่อสื่อสาร จึงเริ่มมีการพัฒนาโครงข่ายโทรศัพท์มือถือเพื่อรองรับการใช้งานของผู้ใช้ ตั้งแต่เทคโนโลยีการสื่อสารแบบแอนะล็อกที่ให้บริการด้านเสียงพัฒนามาจนมาเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบดิจิทัลซึ่งให้บริการทางด้านเสียงและข้อมูล เพื่อเพิ่มคุณภาพในการสื่อสารและลดต้นทุนในด้านราคาเพื่อให้คนสามารถเข้าถึงได้มากยิ่งขึ้น จะเห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาณของผู้ใช้โทรศัพท์มือถือมีแนวโน้มเพิ่มมากยิ่งขึ้น จึงทำให้การเติบโตของระบบโครงข่ายโทรศัพท์มือถือมากขึ้นตามไปด้วย พัฒนาการของเทคโนโลยีในด้านนี้จึงเป็นการพัฒนาแบบก้าวกระโดด ซึ่งระบบโครงข่ายโทรศัพท์มือถือที่ใช้งานอยู่ในยุคปัจจุบันไม่ว่าจะเป็น 3G UMTS หรือ 4G LTE ได้ถูกพัฒนามาเพื่อทำให้การรับส่งข้อมูลที่เร็วขึ้น

ในยุคที่โทรศัพท์มือถือหรือสมาร์ตโฟนเปรียบได้กับอวัยวะที่ 33 ของมนุษย์ เพราะปัจจุบันในเกือบทุกกิจกรรมของมนุษย์ ล้วนมีสมาร์ตโฟนรวมอยู่ด้วย ไม่ว่าจะเป็นทั้งเรื่องการติดต่อสื่อสาร โซเชียลมีเดียและสื่อบันเทิงหรือกระทั่งธุรกรรมการเงินต่าง ๆ สามารถทำได้โดยผ่านสมาร์ตโฟนเพียงเครื่องเดียว ซึ่งในประเทศไทยมีการให้บริการระบบโครงข่ายโทรศัพท์ 2G 3G และ 4G การพัฒนาและปรับปรุงระบบโครงข่ายให้ดีขึ้น เพื่อรองรับการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้งานและความต้องการที่ไม่สิ้นสุด จึงเป็นสิ่งสำคัญต่อผู้ให้บริการโครงข่ายเพื่อให้ผู้ใช้บริการเกิดความพึงพอใจมากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์บริษัท

ในปี 2561 ทางดีแทคผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์มือถือ จะต้องคืนสัมปทานคลื่นความถี่ 850, 1,800 MHz ซึ่งที่คลื่นความถี่ 850 MHz ได้ให้บริการระบบโครงข่ายโทรศัพท์ 3G จะต้องย้ายมาให้บริการที่คลื่นความถี่ 2,100 MHz ด้วยคุณสมบัติของคลื่นความถี่ คลื่นความถี่ต่ำจะสามารถส่งสัญญาณไปได้ไกลกว่าคลื่นความถี่สูง ฉะนั้นทำให้คลื่นความถี่ 2,100 MHz ไม่สามารถส่งสัญญาณได้ครอบคลุมพื้นที่เท่ากับคลื่นความถี่ 850 MHz ในจำนวนเสาส่งสัญญาณที่เท่ากัน บริษัท หัวเหว่ยที่ทำงานทางด้านโทรคมนาคมได้ทำการสนับสนุนผู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์มือถืออย่างดีแทค จึงได้ทำการปรับปรุงคุณภาพระบบโครงข่ายโทรศัพท์ 3G ให้ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการเพื่อทดแทนความถี่ 850 MHz ที่จะหมดสัมปทานไปในเดือนกันยายน 2561

1.3 ขอบเขต

สถานที่ : บริษัท โทเทิ่ล แอ็กเซส คอมมูนิเคชั่น ตึกจามจุรีย์สแควร์

ระยะเวลา : ใช้เวลาทั้งสิ้น ประมาณ 4 เดือน โดยเสนอเป็นตารางดังนี้

ตารางที่ 1.1 ขอบเขตการทำงาน

ลำดับ	ภาระงานที่ดำเนินการ	จำนวนวัน	ผู้ที่เกี่ยวข้อง
1.	เรียนรู้เกี่ยวกับงานด้าน Planning	10	วิทิต วัฒนา
2.	ศึกษาโปรแกรมที่ใช้งาน	20	วิทิต วัฒนา
3.	ตรวจสอบค่า RSCP บนพื้นที่จังหวัด	15	วิทิต วัฒนา
4.	ปรับปรุงค่า RSCP	20	วิทิต วัฒนา
5.	เพิ่มเติมรายละเอียดของการปรับปรุง	7	วิทิต วัฒนา
6.	ตรวจสอบค่าหลังปรับปรุง	8	วิทิต วัฒนา

1.4 วิธีการดำเนินงาน

- ปรึกษากับพี่เลี้ยงในแผนกในการคิดหัวข้อโครงงานเพื่อนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
- ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับงานด้าน Planning
- ศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการดำเนินงาน
- ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับค่าคุณภาพสัญญาณ
- ทำโครงงานการวางแผนปรับปรุงคุณภาพโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 บนคลื่นความถี่ 2,100 MHz ในจังหวัดเพชรบุรี
- จัดทำรูปเล่มโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับงานด้านโทรคมนาคม เมื่อได้ลงมือปฏิบัติจริงได้ทำงานกับข้อมูลจริง จะเริ่มเข้าใจในแนวคิดของงานด้าน Planning ลงรายละเอียดในเชิงลึกที่สถาบันไม่ได้สอนและเรียนรู้การทำงานร่วมกับผู้อื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิวัฒนาการโทรศัพท์เคลื่อนที่

การสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุค 1 (First Generation : 1G)

การสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุค 1 เป็นยุคแรกของการพัฒนาระบบโทรศัพท์แบบเซลลูลาร์ การรับส่งสัญญาณใช้วิธีการมอดูเลตสัญญาณแบบแอนะล็อก เข้าช่องสื่อสารโดยใช้การแบ่งความถี่ ด้วยวิธีการนี้มีข้อจำกัดในเรื่องจำนวนของช่องสัญญาณและการใช้ไม่เต็มประสิทธิภาพ จึงติดขัดเรื่องการขยายจำนวนเลขหมายและการขยายแถบความถี่ ประจวบกับระบบเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุกำหนดขนาดของเซลล์และความแรงของสัญญาณเพื่อให้เข้าถึงสถานีฐานได้ ตัวเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ยังมีขนาดใหญ่ใช้กำลังงานไฟฟ้ามาก โทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ 1G จึงใช้เฉพาะในยุคแรกเท่านั้น

จุดสำคัญในการสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 1

- เป็นยุคแรกของการพัฒนาระบบโทรศัพท์แบบเซลลูลาร์ วิธีการมอดูเลตสัญญาณแอนะล็อกเข้าช่องสื่อสารโดยใช้การแบ่งความถี่ออกมาเป็นช่องเล็ก ๆ ด้วยวิธีการนี้มีข้อจำกัดในเรื่องจำนวนช่องสัญญาณและการใช้ไม่เต็มประสิทธิภาพ
- ติดขัดเรื่องการขยายจำนวนเลขหมายและการขยายแถบความถี่
- โทรศัพท์เคลื่อนที่ยังมีขนาดใหญ่ ใช้กำลังงานไฟฟ้ามาก

การสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 2 (Second Generation : 2G)

การสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 2 เป็นยุคที่พัฒนาต่อมาโดยการเข้ารหัสสัญญาณเสียง ด้วยวิธีการบีบอัดสัญญาณเสียงในรูปแบบดิจิทัล ให้มีขนาดจำนวนข้อมูลน้อยลงเหลือเพียงประมาณ 9 กิโลบิตต่อวินาทีต่อช่องสัญญาณ การติดต่อจากตัวโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน ใช้วิธีการเข้าถึงช่องสัญญาณได้หลายแบบ คือ

- การแบ่งเวลาการเข้าถึง (Time Division Multiple Access : TDMA)
- การแบ่งช่องความถี่การเข้าถึง (Frequency Division Multiple Access : FDMA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การแบ่งการเข้าถึงตามการเข้ารหัส (Code Division Multiple Access : CDMA)

ในยุค 2G จึงเป็นการรับส่งสัญญาณโทรศัพท์แบบดิจิทัล ซึ่งในยุคนี้เป็นยุคที่เริ่มทำให้สามารถใช้งานทางด้านข้อมูลได้ นอกเหนือจากการใช้งานเสียงเพียงอย่างเดียว ในยุคนี้เริ่มรับส่งข้อมูลตัวอักษรและติดต่อเชื่อมโยงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จนเกิดการกำหนดเส้นทางการเชื่อมกับสถานีฐานหรือที่เรียกว่า cell site และก่อให้เกิดระบบ GSM (Global System for Mobilization) ซึ่งทำให้เราสามารถถือโทรศัพท์เครื่องเดียวไปใช้ได้เกือบทั่วโลกหรือที่เรียกว่า Roaming เป็นยุคที่พัฒนาต่อมาโดยการเข้ารหัสสัญญาณเสียง โดยบีบอัดสัญญาณเสียงในรูปแบบดิจิทัล การติดต่อจากสถานีลูกหรือตัวโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน ใช้วิธีการ 2 แบบ คือ

- TDMA เป็นการแบ่งช่องเวลาออกเป็นช่องเล็ก ๆ ทำให้ใช้ช่องสัญญาณความถี่วิทยุได้เพิ่มขึ้นจากเดิม
- CDMA เป็นการแบ่งการเข้าถึงตามการเข้ารหัสการถอดรหัสโดยใส่แอดเดรสเหมือน IP

การสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 2.5 : 2.5G

การสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 2.5G เป็นยุคที่กำเนิดเทคโนโลยี GPRS (General Packet Radio Service) ตามหลักการเทคโนโลยี GPRS นี้สามารถส่งข้อมูลได้ที่ความเร็วสูงสุดถึง 115 กิโลบิตต่อวินาที แต่ในการใช้งานจริง ความเร็วของ GPRS จะถูกจำกัดให้อยู่ที่ประมาณ 40 กิโลบิตต่อวินาที โดยเทคโนโลยีในยุค 2.5G สามารถให้บริการรับส่งข้อมูลแบบแพ็กเกจที่ความเร็วระดับ 20-40 กิโลบิตต่อวินาที

การสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 2.75 : 2.75G

เป็นช่วงที่เริ่มมีการใช้เทคโนโลยี EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution) เป็นทางเลือกก่อนก้าวเข้าสู่ยุค 3G โดยเทคโนโลยียุค 2.75G มีความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูลสูงสุดประมาณ 384 กิโลบิตต่อวินาที และมีความเร็วในการใช้งานจริงประมาณ 80-100 กิโลบิตต่อวินาที ความเร็วในการใช้งานจริงจะลดลงไปค่อนข้างมาก เนื่องจากระหว่างใช้งานระบบต้องแบ่งช่องสัญญาณบางส่วนไปใช้งานทางด้านเสียงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 3 (Third Generation : 3G)

การสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 3 โดยสร้างระบบใหม่ให้รองรับระบบเก่าได้ เรียกว่า Universal Mobile Telecommunication Systems (UMTS) โดยมุ่งหวังว่าการเข้าถึงเครือข่ายแบบไร้สายสามารถกระทำได้ด้วยอุปกรณ์หลากหลาย ระบบยังคงใช้การเข้าช่องสัญญาณเป็นแบบ CDMA ซึ่งสามารถบรรจุช่องสัญญาณเสียงได้มากกว่าแต่ใช้แบบแถบความถี่กว้าง ในระบบนี้จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า WCDMA นอกจากนี้ยังมีการแยกการพัฒนาในรุ่น 3G เป็นแบบ CDMA เช่นกัน แต่เรียกว่า CDMA2000 พัฒนามาจาก IS95 ซึ่งใช้ในสหรัฐอเมริกาและยังขยายรูปแบบเป็นการรับส่งในช่องสัญญาณที่ได้อัตราการรับส่งสูง (HDR : High Data Rate) การพัฒนาในยุคที่สามนี้ยังต้องการความเกี่ยวโยงกับการใช้งานร่วมในเทคโนโลยีเก่าอีกด้วย โดยเฉพาะในสหรัฐอเมริกาที่ยังคงให้ใช้งานได้ทั้งแบบ 1G และ 2G โดยเรียกรูปแบบใหม่เพื่อการส่งเป็นแพ็กเกจว่า GPRS (General Packet Radio Service) ซึ่งส่งด้วยอัตราความเร็วตั้งแต่ 9.06 13.4 15.6 และ 21.4 กิโลบิตต่อวินาที โดยในการพัฒนาต่อจาก GPRS ให้เป็นระบบ 3G เรียกระบบใหม่ว่า EDGE (Enhanced Data Rate for GSM Evolution)

การสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 4 (Fourth Generation : 4G)

เทคโนโลยี 4G คือ เครือข่ายไร้สายความเร็วสูง โดยเครือข่ายยุคที่ 4 จะสามารถส่งผ่านข้อมูลด้วยระดับความเร็วสูงถึง 100 เมกะบิตต่อวินาที ซึ่งเร็วของ 3G นั้นอยู่ในช่วง 20-40 เมกะบิตต่อวินาที ความเร็วของ 4G นี้สามารถให้บริการรับชมรายการโทรทัศน์ผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ นอกจากเรื่องความเร็วนั้น 4G ยังมีความสามารถรองรับการปรับเครือข่ายให้ใช้เป็นบริเวณพื้นที่กว้างหรือจะทำเป็นเครือข่ายขนาดเล็ก แบบ WLAN ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ 4G อาจใช้แทนเทคโนโลยี Wi-Fi ได้ในอนาคต

การพัฒนาเทคโนโลยีไปสู่ 4G สำหรับมาตรฐานต่าง ๆ เมื่อพิจารณาจากมาตรฐานเทคโนโลยีระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์แบบดิจิทัลที่ใช้งานกันอยู่ในขณะนี้ จะสามารถแบ่งออกตามเป็น 2 ระบบ ได้แก่ GSM และ CDMA ในส่วนของ GSM จะพัฒนาสู่ 4G โดยใช้รูปแบบการเข้าถึงเป็น UMTS LTE (Universal Mobile Telephone System Long term Evaluation) มีเป้าหมายที่จะส่งข้อมูลด้วยความเร็ว สำหรับการดาวน์ลิงค์และอัปลิงค์ที่ 100 เมกะบิตต่อวินาที และ 50 เมกะบิตต่อวินาที ตามลำดับ ส่วนในด้านของ CDMA จะใช้รูปแบบการเข้าถึงแบบ CDMA EV-DO Rev.C ซึ่งเป็น Ultra-mobile broadband : UMB โดยมีความเร็วในการดาวน์ลิงค์และอัปลิงค์ที่ 129 เมกะบิตต่อวินาที และ 75.6 เมกะบิตต่อวินาที ตามลำดับ [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 มาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3

เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายยุคที่ 3 เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาต่อเนื่องจากยุคที่ 2 และ 2.5 ซึ่งเป็นยุคที่มีการให้บริการระบบเสียงและการส่งข้อมูลในขั้นต้น ทั้งยังมีข้อจำกัดอยู่มาก การพัฒนาของ 3G เป็นการพัฒนาการสื่อสารไร้สายที่มุ่งเน้นการบริการแบบผสมผสาน ผู้ใช้บริการสามารถใช้บริการด้านเสียงและข้อมูลได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ทั้งยังใช้บริการด้านมัลติมีเดียและอินเทอร์เน็ต เพื่อให้มีความสามารถในการใช้โครงข่ายทั่วโลก

มาตรฐานของระบบ 3G ถูกกำหนดขึ้นโดยสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU : International Telecommunication Union) หรือเรียกกันว่า IMT-2000 (IMT-2000 : International Mobile Telecommunications-2000) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทำมาตรฐานของระบบ 3G ให้เป็นโครงข่ายทั่วโลก ซึ่งมาตรฐานในการเชื่อมต่อทางคลื่นวิทยุของโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G มีมาตรฐานสำคัญอยู่ 2 ประเภท คือ

2.2.1 มาตรฐาน UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) หมายถึง ระบบการสื่อสารโทรคมนาคมเคลื่อนที่ เป็นมาตรฐานที่ออกแบบมาสำหรับผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้นำไปพัฒนาจากยุค 2G ไปสู่ ยุค 3G อย่างเต็มตัว มีพัฒนาการมาจากเครือข่าย GSM GPRS และ EDGE มีเทคโนโลยีหลักที่มีการยอมรับใช้งานทั่วโลกคือมาตรฐาน W-CDMA เพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานด้านการรับ-ส่งข้อมูลที่มากขึ้นของผู้ใช้บริการ การเข้าถึงเครือข่ายแบบไร้สายสามารถทำได้ด้วยอุปกรณ์หลากหลาย ระบบยังคงให้การเข้าช่องสัญญาณเป็นแบบ CDMA ซึ่งสามารถบรรจุช่องสัญญาณเสียงได้มากกว่าแต่ใช้แบบแถบกว้าง ในระบบนี้จึงเรียกว่า W-CDMA มีความสามารถในการนำเสนอข้อมูล ใช้งานด้านมัลติมีเดีย ส่งผ่านข้อมูลทั้งภาพและเสียงในระบบไร้สายด้วยความเร็วที่สูง เครือข่าย UMTS จะมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงถึง 2 เมกะบิตต่อวินาที

จุดเด่นของมาตรฐาน W-CDMA

W-CDMA เป็นมาตรฐานที่มีการรับประกันคุณภาพในการสื่อสารทั้งรูปแบบเสียง (Voice) และ ข้อมูล (Non-Voice) เนื่องจากการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีเครือข่ายและใช้ย่านความถี่ที่สูงขึ้น อีกทั้งยังสามารถให้ผู้ใช้บริการสามารถเชื่อมต่อข้ามเครือข่าย (Roaming) เช่นเดียวกับที่เป็นอยู่ในเครือข่ายยุค 2G นอกจากนั้นยังสามารถเชื่อมต่อเพื่อการใช้งานข้ามมาตรฐาน 2G 2.5G และ 2.75G ได้ในทันที โดยผู้ใช้บริการเพียงมีอุปกรณ์สื่อสารแบบ Dual Mode เท่านั้น เป็นมาตรฐานสื่อสารไร้สายชนิดเดียวที่มีรูปแบบการทำงานแบบแถบความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว้าง อันนำมาซึ่งประสิทธิภาพในการสร้างพื้นที่ให้บริการที่กว้างใหญ่ ไปพร้อม ๆ กับความสะดวกในการเพิ่มขยายขีดความสามารถในการรองรับข้อมูลข่าวสาร

ปัจจุบันมีการพัฒนาระบบรับส่งข้อมูลความเร็วสูง HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้ความเร็ว 1.8, 3.6, 7.2, 14.4 เมกะบิตต่อวินาที

2.2.2 มาตรฐาน CDMA2000 (Code Division Multimedia Access 2000) เป็นการพัฒนาเครือข่าย CDMA ให้รองรับการสื่อสารในยุค 3G รับผิดชอบการพัฒนาเทคโนโลยีหลักคือ CDMA2000-3xRTT ที่มีศักยภาพเทียบเท่า CDMA2000 ใช้เทคโนโลยีที่มีแนวคิดคล้ายกับ W-CDMA แต่จะมีวิธีการเลือกใช้การเข้ารหัสที่แตกต่างกัน มาตรฐาน CDMA2000 ที่ใช้งานในปัจจุบันเรียกว่า CDMA2000 1X มีอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสุดที่ 153.6 กิโลบิตต่อวินาที

จุดเด่นของระบบ CDMA2000

ระบบ CDMA2000 ใช้ความถี่กว้างเพียง 1.25 MHz และสามารถนำไปใช้ได้ในคลื่นความถี่ต่างๆ กันโดยไม่จำกัดความถี่ ลดความยุ่งยากในการปรับสมดุลการกระจายการทำงาน รวมการสื่อสารด้วยข้อมูลและเสียงให้สามารถทำงานได้อย่างราบรื่นบนระนาบเดียวกัน ทำให้อุปกรณ์สามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งเสียงและข้อมูล [2]

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย [3]

2G	2.5G - 2.75G	3G	3.5G - 3.9G	4G
3GPP/GSM	GPRS/EDGE	UMTS/WCDMA	HSPA (hsdpa/hsupa)/ HSPA+	LTE
3GPP2/CDMA	cdma2000 1xRTT	cdma2000 1xEV-DO	cdma2000 1xEV-DO Rev.A, B	Rev.C
			WiMAX (IEEE 802.16e-2005)	IEEE 802.16m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สถาปัตยกรรมโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่ 3

สถาปัตยกรรมมาตรฐาน UMTS แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ Radio Access Network และ Core Network

2.3.1 ส่วนส่งสัญญาณวิทยุ (UMTS Terrestrial Radio Access Network : UTRAN)

เป็นส่วนของสถานีฐานที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณวิทยุไปยังโทรศัพท์ ส่วนส่งสัญญาณวิทยุประกอบด้วย

- อุปกรณ์สถานีฐาน : Node B จะต่อเข้ากับส่วนควบคุมการส่งสัญญาณวิทยุ
- ส่วนควบคุมการส่งสัญญาณวิทยุ (Radio Network Controller : RNC) โดย RNC 1 ตัว จะควบคุมการทำงานของ Node B ด้วยมาตรฐาน Iur Interface นอกจากนี้ RNC ยังทำหน้าที่เชื่อมต่อกับชุมสายในส่วนของโครงข่ายหลัก โดยใช้มาตรฐาน Iu Interface

Air Interface Iu เป็นมาตรฐานเปิดที่ใช้ส่งสัญญาณวิทยุติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยใช้เทคนิค W-CDMA ซึ่งมาตรฐาน Air Interface เป็นสิ่งที่หน่วยงาน ITU พยายามทำให้เป็นมาตรฐานเปิดทั่วโลก เพื่อกระตุ้นให้เกิดการแข่งขันในตลาดโครงสร้างของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อให้เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถนำไปใช้งานกับโครงข่ายโทรศัพท์ในระบบใด ๆ ก็ได้

เนื่องจากอุปกรณ์ RNC ที่อยู่ในส่วนของส่วนส่งสัญญาณวิทยุจะเชื่อมต่อกับส่วนของโครงข่ายหลักที่ชุมสาย MSC และ SGSN ดังนั้น Iu Interface จึงแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ Iu-CS สำหรับทราฟฟิกแบบ Circuit Switched และ Iu-PS สำหรับรับทราฟฟิกแบบ Packet Switched

2.3.2 ส่วนโครงข่ายหลัก (Core Network)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งสถาปัตยกรรมที่เป็นส่วนของโครงข่ายหลักตามมาตรฐานของ UMTS มีพื้นฐานวิวัฒนาการมาจากระบบ GSM โดยมีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ คือ

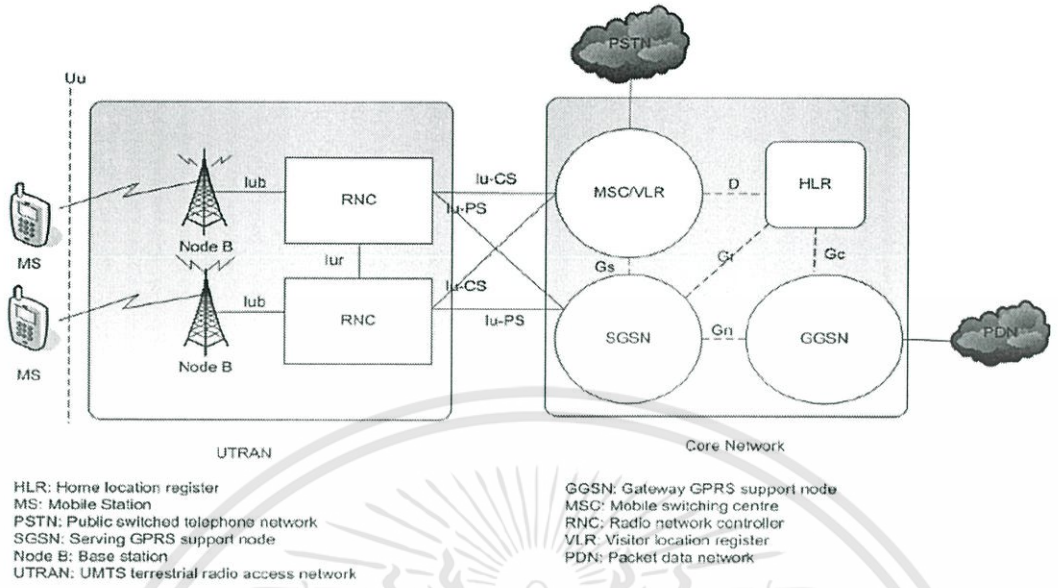
1. เพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์โครงข่ายระบบ GSM ที่ผู้ให้บริการได้ลงทุนสร้างไป ดังนั้นโครงข่าย UMTS จึงถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์โครงข่ายเดิมได้
2. เพื่อขยายการให้เทคโนโลยีสื่อสัญญาณและชุมสายแบบแพ็กเกจโดยเฉพาะ IP ในโครงข่าย UMTS ให้กว้างขวางมากขึ้น เพื่อลดต้นทุนการใช้วงจรโครงข่ายและช่องสัญญาณวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของโครงข่ายหลัก ประกอบด้วย

- MSC (Main Service Switching Center) เป็นชุมสายที่ทำหน้าที่หลักในการสลับและต่อวงจร การเรียกในโครงข่ายเข้ากับโครงข่ายอื่น
- HLR (Home Location Register) ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลของผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ เลขหมาย บริการเสริมที่ขอใช้ สถานที่ลงทะเบียนและสถานที่ปัจจุบันของผู้ใช้บริการ ในขณะเคลื่อนที่ไป HLR จะส่งข้อมูลติดต่อกับชุมสาย MSC ตลอดเวลา เพื่อแจ้งให้ชุมสายทราบว่าขณะนี้เคลื่อนที่อยู่ในตำแหน่งของสถานีฐานใด
- VHE (Virtual Home Environment) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้ผู้ใช้บริการไปใช้งานในโครงข่ายของผู้ให้บริการรายอื่นนั้น สามารถเรียกใช้บริการเหมือนกับบริการของโครงข่ายตัวเอง แนวคิดของ VHE คือ ความต้องการให้ผู้ใช้บริการสามารถใช้รูปแบบบริการในลักษณะ Scripts ที่ปรากฏบนหน้าจอของโทรศัพท์เคลื่อนที่เหมือนกันทุกที่ ไม่ว่าจะ Roaming ไปใช้ในโครงข่ายของผู้ให้บริการรายใด ๆ
- GSN (GPRS Support Node) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้โทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบแพ็กเกจ โดยใช้เทคโนโลยี GPRS ที่มีอัตราเร็วสูงถึงระดับ 115 กิโลบิตต่อวินาทีและการรับส่งข้อมูลแบบแพ็กเกจเป็นเทคนิคที่ใช้ในอินเทอร์เน็ต จึงทำให้โทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถติดต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ตลอดเวลา ทุกสถานที่ อัตราค่าบริการการส่งข้อมูลจะคิดตามปริมาณข้อมูลที่ส่งแทนระยะเวลาการใช้งาน GSN ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ
    - SGSN (Serving GPRS Service Node) ทำหน้าที่ติดตามตำแหน่งที่อยู่ของผู้ใช้บริการ GPRS และควบคุมการติดต่อส่งข้อมูลแบบแพ็กเกจ
    - GGSN (Gateway GPRS Service Node) ทำหน้าที่เป็น Gateway สำหรับเชื่อมต่อโครงข่าย IP หรือโครงข่ายแพ็กเกจ โดย GGSN จะต่อเข้ากับ SGSN ผ่าน IP Backbone [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างสถาปัตยกรรม UMTS [5]

2.4 ย่านความถี่

ความถี่วิทยุหรือย่านความถี่ คือ ช่วงสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าหรือย่านความถี่แม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถูกสร้างออกมา โดยจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับให้แก่สายอากาศ โดยความถี่ในหน่วยเฮิรตซ์ของคลื่นนั้นคือจำนวนลูกคลื่นในหนึ่งวินาที ความถี่ของคลื่นมีความสัมพันธ์กับความยาวคลื่น กล่าวคือ ความถี่มีค่าเท่ากับความเร็วคลื่นแสง ส่วนด้วยความยาวคลื่น เป็นไปตามสมการดังนี้

$$C = f\lambda$$

โดยที่ C คือ ความเร็วแสงในที่ว่างเปล่า มีค่าเท่ากับ 3×10^8 เมตรต่อวินาที

f คือ ความถี่ มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์หรือรอบต่อวินาที

λ คือ ความยาวคลื่น มีหน่วยเป็นเมตร

ความถี่วิทยุถูกแบ่งออกเป็นหลายย่าน ดังแสดงในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ย่านความถี่ของคลื่นวิทยุ [6]

ชื่อย่านความถี่	ความถี่	ความยาวคลื่น	ตัวอย่างการนำมาใช้งาน
ELF	3-30 Hz	10,000-100,000 km	การสื่อสารกับเรือดำน้ำ
SLF	30-300 Hz	1,000-10,000 km	การสื่อสารกับเรือดำน้ำ
ULF	300-3000 Hz	100-1,000 km	การสื่อสารในเหมือง
VLF	3-30 kHz	10-100 km	สื่อสารใต้น้ำ/ธรณีฟิสิกส์
LF	30-300 kHz	1-10 km	ออกอากาศวิทยุ AM คลื่นยาว/ วิทยุนำร่อง
MF	300-3000 kHz	100 m-1 km	ส่งกระจายเสียงวิทยุ AM คลื่นยาว
HF	3-30 MHz	10-100 m	การสื่อสารทางการบินที่ระยะข้ามเส้นขอบฟ้า
VHF	30-300 MHz	1-10 m	ส่งกระจายเสียงวิทยุ FM/วิทยุสมัครเล่น
UHF	300-3000 MHz	100 mm-1 m	ส่งสัญญาณออกอากาศโทรทัศน์/Wirless LAN/บลูทูธ/ สัญญาณโทรศัพท์
SHF	3-30 GHz	10-100 mm	อุปกรณ์ไมโครเวฟ/Wirless LAN
EHF	30-300 GHz	1-10 mm	High-Speed Microwave Relay
Submillimeter wave	สูงกว่า 300 GHz	น้อยกว่า 1 mm	-

2.5 สายอากาศ

สายอากาศเป็นอุปกรณ์สำหรับรับและส่งคลื่นความถี่วิทยุ หน้าที่หลักของสายอากาศ คือ การแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อส่งออกอากาศและทำหน้าที่ในการแปลงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในอากาศเป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อให้ภาครับทำการถอดรหัสข้อมูลออกจากสัญญาณวิทยุ สายอากาศโดยทั่วไปเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ใช้แพร่กระจายคลื่นความถี่วิทยุออกไปตามการออกแบบใช้งานของสายอากาศ ส่วนความถี่ใช้งานจะถูกออกแบบให้ใช้ตามย่านความถี่นั้น ๆ ไม่สามารถใช้งานร่วมกันได้

สายอากาศสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ จากรูปแบบการแพร่กระจายของคลื่น คือ

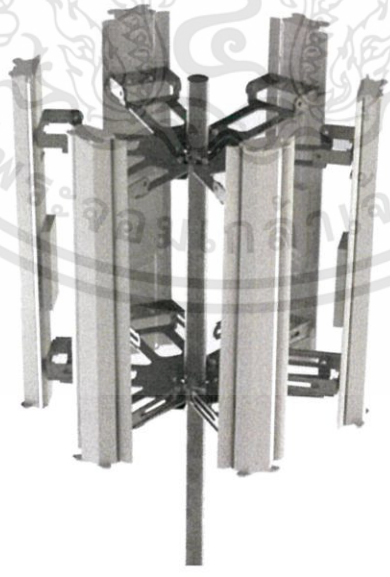
1. สายอากาศรอบตัว (Omni Directional Antenna)

เสาอากาศประเภทนี้มีทิศทางการแพร่กระจายคลื่นรอบทิศทาง 360 องศา เหมาะสำหรับใช้ติดต่อกับเครื่องลูกข่ายที่เคลื่อนไหวอยู่ในตำแหน่งและทิศทางที่ไม่แน่นอน

2. สายอากาศทิศทาง (Directional Antenna)

สายอากาศที่มีทิศทางการแพร่กระจายของคลื่นที่มีทิศทางชัดเจน เหมาะสำหรับติดต่อระหว่างจุดต่อจุด สามารถเพิ่มระยะทางการใช้งานได้ไกลกว่าแบบสายอากาศรอบตัว ข้อเสีย ถ้าไม่อยู่ในทิศทางการแพร่กระจายของคลื่นจะไม่สามารถรับสัญญาณได้เลย สายอากาศประเภทนี้มีทั้งแบบทิศทางและแบบกึ่งทิศทาง

- แบบกึ่งทิศทาง การแพร่กระจายของคลื่นจะออกมารอบทิศทางแต่เน้นไปทางทิศด้านหน้าของสายอากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการขยาย เสาอากาศรูปแบบนี้ที่นิยมใช้ ได้แก่ Sector Antenna, Patch Panels Antenna, Dipole Antenna



ภาพที่ 2.2 ภาพตัวอย่าง Sector Antenna [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบทิศทาง การแพร่กระจายเน้นไปทางด้านหน้ามากกว่าแบบอื่น สัญญาณด้านข้างและด้านหลังจะแพร่กระจายออกมาน้อยมาก เสาอากาศรูปแบบนี้ที่นิยมใช้ ได้แก่ Yagi–Uda Antenna, Grid Antenna, Helical Antenna [8]

ภาพที่ 2.3 ตัวอย่าง Grid Antenna [9]

ความสูงของเสาสัญญาณ

ในการติดตั้งของสายอากาศแต่ละเซกเตอร์บนเสาส่งสัญญาณ จะต้องมีการกำหนดความสูงของเสาส่งสัญญาณ ซึ่งจะมีผลต่อการแพร่กระจายของสัญญาณ การนับความสูงจากจุดกึ่งกลางของเซกเตอร์ลงมาเป็นเส้นตรงตั้งฉากกับผิวโลกบริเวณนั้น โดยทั่วไปจะกำหนดความสูงของเสาส่งสัญญาณแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ พื้นที่ลักษณะ Dense urban จะกำหนดความสูงของเสาส่งสัญญาณอยู่ที่ 24 เมตร พื้นที่ลักษณะ Urban อยู่ที่ 30 เมตร พื้นที่ลักษณะ Sub urban อยู่ที่ 36 เมตรและพื้นที่ลักษณะ Rural อยู่ที่ 40-42 เมตร

เสาส่งสัญญาณโทรศัพท์ระบบเซลล์ลูลาร์

เสาสำหรับติดตั้งสายอากาศส่งสัญญาณโทรศัพท์ที่ใช้ในประเทศไทยแบ่งออกเป็น

- แบบ Pole / เสา Pipe นิยมใช้ติดบนอาคารพาณิชย์หรือบนตึกสูง
- แบบ Wall Mount ใช้ติดบนผนังอาคารหรืออาคารสูง
- Guyed Mast Tower เป็นเสาแบบมีสลิงขึง ใช้ติดตั้งทั้งบนพื้นดินและบนดาดฟ้าอาคาร
- Self Support Tower เป็นเสาแบบไม่มีสลิงขึง มีทั้งแบบ 3 ขาและ 4 ขา (Square, Taper)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบติดตั้งภายในอาคาร จะเอาสายอากาศติดที่ฝ้าเพดานตามการออกแบบหรือใช้เป็นแบบ Panel [10]

ภาพที่ 2.4 เสาส่งสัญญาณแบบ Guyed Mast Tower และแบบ Self Support Tower [11]

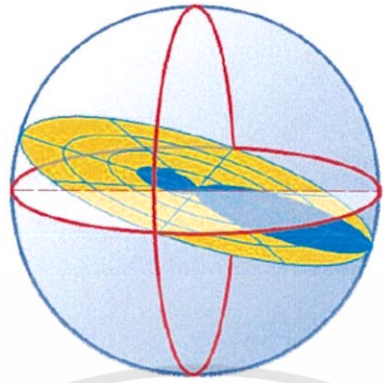
การปรับมุมสายอากาศ

การปรับมุมสายอากาศ คือ การทำให้สายอากาศมีมุมการเอียงที่เปลี่ยนไป ส่งผลให้การแพร่กระจายของคลื่นอาจจะสูงขึ้นหรือลดลงตามความต้องการ เมื่อสายอากาศถูกปรับมุมให้เอียงลงจะเรียกว่า ดาวน์ทิวท์ (Down tilt) และเมื่อถูกปรับมุมให้เงยขึ้นจะเรียกว่า อัปทิวท์ (Up tilt)

การปรับมุมสายอากาศจะใช้เมื่อต้องการให้สัญญาณเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามต้องการ การปรับมุมสายอากาศสามารถทำได้ 2 แบบ

- การปรับเชิงกล (Mechanical tilt : M-tilt) เป็นการปรับมุมก้ม มุมเงยของสายอากาศ การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสัญญาณขึ้นอยู่กับทิศทางของมุมอะซิมุท ซึ่งมีข้อเสีย คือ เวลาและค่าใช้จ่ายในการปรับแก้เพราะต้องส่งคนขึ้นไปปรับแก้บนเสาส่งสัญญาณ
- การปรับเชิงไฟฟ้า (Electrical tilt : E-tilt) เป็นการปรับบีมของสัญญาณที่ออกมาจากตัวสายอากาศด้วยวิธีการทางไฟฟ้า โดยใช้หลักการ Phase shiftier ซึ่งจะทำให้เฟสของสัญญาณเปลี่ยนแปลงไป ทำให้บีมของคลื่นสัญญาณที่ปล่อยออกมาเปลี่ยนแปลงทิศทางได้ สามารถปรับแก้ไขได้ผ่านระบบคอมพิวเตอร์ [12]

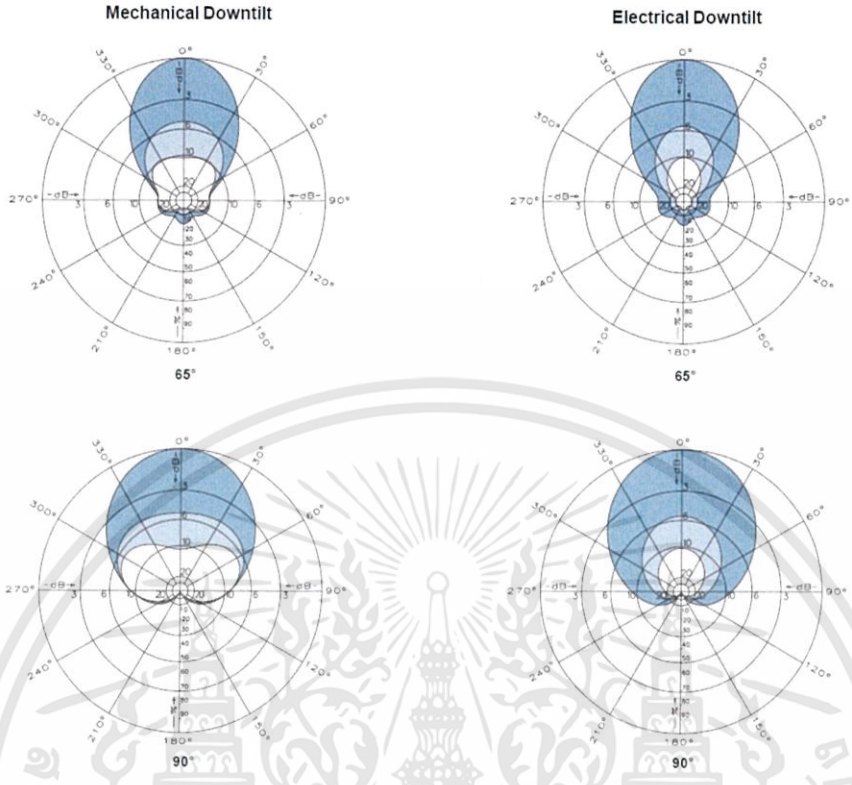
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 ลักษณะของสัญญาณเมื่อปรับ M-tilt [12]

ภาพที่ 2.6 ลักษณะของสัญญาณเมื่อปรับ E-tilt [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

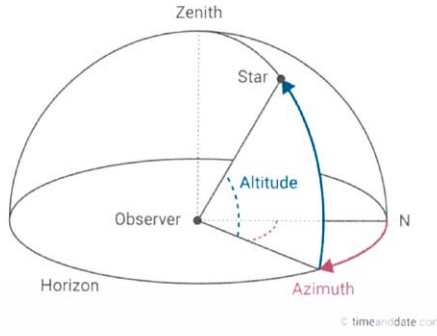


ภาพที่ 2.7 เปรียบเทียบการแพร่กระจายระหว่างการปรับ M-tilt และ E-tilt [12]

มุมอะซิมุท (Azimuth)

มุมอะซิมุท คือ มุมที่ใช้บอกตำแหน่งของพิกัดบนท้องฟ้า เป็นมุมในแนวราบนับจากทิศเหนือ ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ไปยังทิศตะวันออก ทิศใต้ ทิศตะวันตกและกลับมาทิศเหนืออีกครั้งมีค่าระหว่าง 0-360 องศา มุมอะซิมุทนี้จะต้องใช้ร่วมกับมุมอัลติจูด (Altitude) โดยมุมอัลติจูดคือมุมเงย จะมีค่าเริ่มต้นที่ 0 องศาที่ขอบฟ้า เงยไปจนถึง 90 องศา เมื่อเงยหน้ามองไปตรงเหนือศีรษะพอดี การใช้มุมทั้งสองนี้เรียกว่าการระบุพิกัดแบบ Horizontal Coordinate [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 ตำแหน่งมุมบอกพิกัดบนท้องฟ้า [14]

2.6 พารามิเตอร์ของสายอากาศ

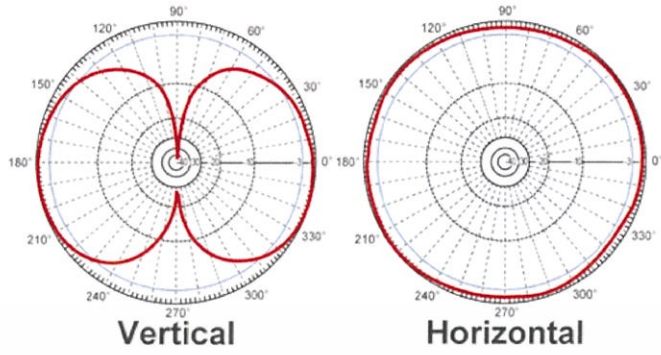
2.6.1 รูปแบบการแพร่กระจายคลื่น (Radiation Pattern)

ลักษณะการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไปในอากาศ โดยการแพร่คลื่นจะมีกำลังแรงในทิศทางหนึ่งมากกว่าทิศอื่น ๆ การแพร่คลื่นจะมีกำลังแรงสุดตามแนวเส้นตรงที่ตั้งฉากกับจุดที่มีกระแสสูงสุดบนสายอากาศ ลักษณะการกระจายคลื่นมี 2 แบบ

- แนวตั้ง (Vertical) จะมองการแพร่กระจายคลื่นจากมุมมองด้านข้างของสายอากาศ
- แนวนอน (Horizontal) จะมองการแพร่กระจายคลื่นจากมุมด้านบนของสายอากาศ

ในความเป็นจริงการแพร่กระจายคลื่นมีหลายรูปแบบ ทั้งแบบแนวสายตา สะท้อนวัตถุ สะท้อนผิวโลก ขึ้นอยู่กับระยะทาง สิ่งกีดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

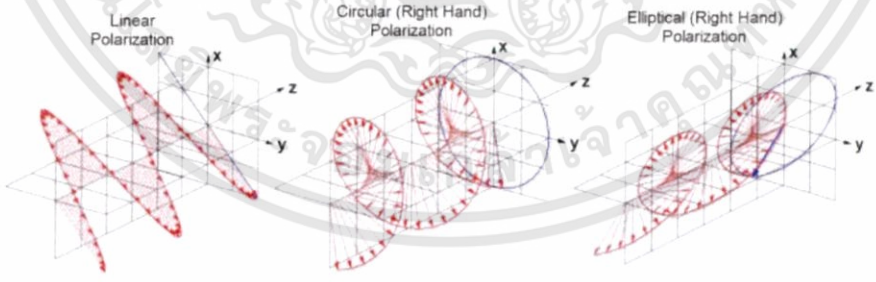


ภาพที่ 2.9 เปรียบเทียบรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น [15]

2.6.2 การจัดขั้วคลื่น (Polarization)

การจัดเรียงตัวของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ออกจากแหล่งกำเนิด การจัดขั้วคลื่นมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาเพื่อให้การวางสายอากาศอยู่ในลักษณะที่สามารถรับส่งคลื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยอ้างอิงสนามไฟฟ้าเป็นหลัก Polarization ที่ถูกนำมาใช้กับสายอากาศมีอยู่หลายแบบ เช่น แบบเชิงเส้น (Linear) แบบวงกลม (Circular) และแบบวงรี (Elliptical)

การติดตั้งสายอากาศเพื่อให้การรับส่งคลื่นมีประสิทธิภาพสูงสุด จะต้องวางสายอากาศระหว่างตัวรับและตัวส่งให้มีการ Polarization แบบเดียวกัน [16]



ภาพที่ 2.10 การจัดขั้วคลื่นแบบเชิงเส้น แบบวงกลมและแบบวงรี [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 แบบจำลองการสูญเสียในเส้นทาง

การติดต่อระหว่างสถานีฐานและสถานีลูกข่ายสามารถเป็นในรูปแบบของการสื่อสารแนวสายตา (Line of Sight : LOS) คือ สัญญาณติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีฐานกับสถานีลูกข่ายจะมาจากทางตรงเท่านั้น โดยปราศจากสิ่งกีดขวางใด ๆ สิ่งกีดขวางจะทำให้เกิดการลดทอนของสัญญาณจนไม่สามารถสื่อสารกันได้และอีกรูปแบบหนึ่ง คือ การสื่อสารทิศทางอ้อม (Non Line of Sight : NLOS) สถานีฐานกับสถานีลูกข่ายสามารถสื่อสารกันได้ถึงแม้ว่าจะมีสิ่งกีดขวาง สัญญาณที่รับได้จะมาจากหลายทิศทาง ไม่ว่าจะเป็นสัญญาณที่ถูกสิ่งกีดขวางลดทอนกำลังลงไป สัญญาณที่อ้อมผ่านสิ่งกีดขวางและสัญญาณที่สะท้อน สัญญาณจากคนละทิศทางจะมีคุณสมบัติทางกายภาพแตกต่าง ทั้งความแรงของสัญญาณ เฟสของสัญญาณและความล่าช้าของสัญญาณ ซึ่งต้องใช้เทคโนโลยีที่มีความซับซ้อนที่ด้านอุปกรณ์ภาครับ จึงจะสามารถรับและแยกแยะสัญญาณที่มีมาจากคนละทิศทางนี้ได้

การส่งสัญญาณในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จะใช้ความถี่ในย่านหลายร้อยเมกะเฮิรตซ์ไปจนถึงหลายร้อยจิกะเฮิรตซ์ ทั้งนี้เพราะเป็นย่านความถี่ที่เหมาะสมกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่ย่านความถี่ดังกล่าวสายอากาศที่ใช้ไม่ใหญ่มาก หากระบบมีการใช้สายอากาศมากกว่าหนึ่งชุดในการเพิ่มประสิทธิภาพของการรับสัญญาณก็สามารถทำได้โดยสะดวก เพราะการติดตั้งสายอากาศให้ห่างกันเพียงเล็กน้อยจะช่วยให้คุณภาพการรับสัญญาณเพิ่มขึ้นได้

2.7.1 คุณลักษณะการลดทอน

2.7.1.1 การสูญเสียเชิงวิถี (Path Loss) [18]

การสูญเสียเชิงวิถีเป็นการลดทอนสัญญาณที่แปรตามระยะทางระหว่างภาคส่งและภาครับสัญญาณ โดยที่ค่าเฉลี่ยกำลังของสัญญาณจะลดลงตามค่า d^{-n}

d คือ ระยะทางระหว่างภาครับและภาคส่ง

n คือ ค่าคงที่ค่าหนึ่งที่มีขนาดแตกต่างกันออกไปตามสภาพของบริเวณที่สัญญาณส่งผ่าน

ตารางที่ 2.3 แสดงว่าค่าอัตราการลดทอนของสัญญาณมีขนาดที่สูงในบริเวณเมืองใหญ่ เมื่อเทียบกับบริเวณที่ส่งเปล่า เพราะมีการบัดบังของสัญญาณเนื่องมาจากตึก อาคารและสถานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

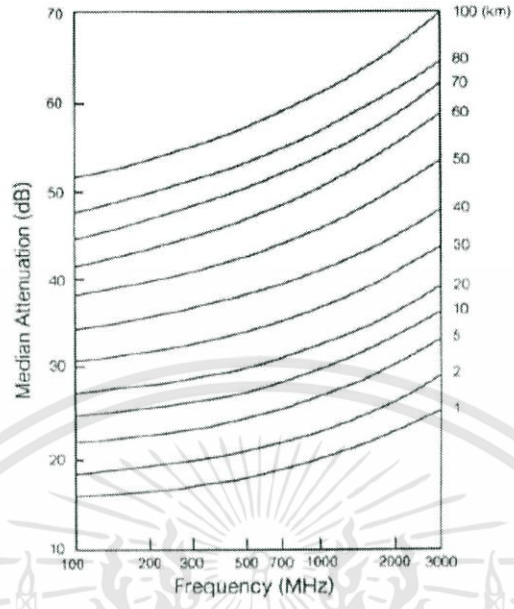
ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างค่า n ที่ใช้ในการคำนวณการสูญเสียเชิงวิถี

สภาพแวดล้อม	n
อากาศว่าง	2
บริเวณพื้นที่ในเมือง	2.7 - 3.5
บริเวณพื้นที่ในเมืองที่มีการบดบัง	3 - 5
ภายในอาคารที่มีเส้น LOS	1.6 - 1.8
ภายในอาคารที่มีสิ่งกีดขวาง	4 - 6
ภายในโรงงานที่มีสิ่งกีดขวาง	2 - 3

2.7.1.2 แบบจำลองการสูญเสียกำลังของ Okumura [18]

เนื่องจากการสูญเสียเชิงวิถีในระบบจริงนั้นมีความซับซ้อนและยุ่งยากมาก เพราะมีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ต้องนำมาพิจารณา โดยเฉพาะสภาพแวดล้อมที่สัญญาณส่งผ่านซึ่งมีความแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณการใช้งาน การคำนวณค่าการสูญเสียเชิงวิถีให้ถูกต้องอยู่ตลอดเวลา จึงเป็นเรื่องที่กระทำได้ยาก ในทางปฏิบัติจึงมักอาศัยค่าประมาณที่ได้จากการวัดสภาพการใช้งานจริง เพื่อนำมาใช้ในการจำลองการลดทอนสัญญาณของระบบ โดยแบบจำลองหนึ่งที่ได้รับความสนใจ คือ แบบจำลองของ Okumura ซึ่งได้จากการวัดหาค่าลดทอนของสัญญาณในบริเวณเมืองโตเกียว แล้วนำค่าที่วัดได้เหล่านี้มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อวาดเป็นกราฟสำหรับใช้ในการจำลองการส่งผ่านสัญญาณในบริเวณเมืองใหญ่ ค่าเหล่านี้ได้กำหนดเป็นค่ามาตรฐานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

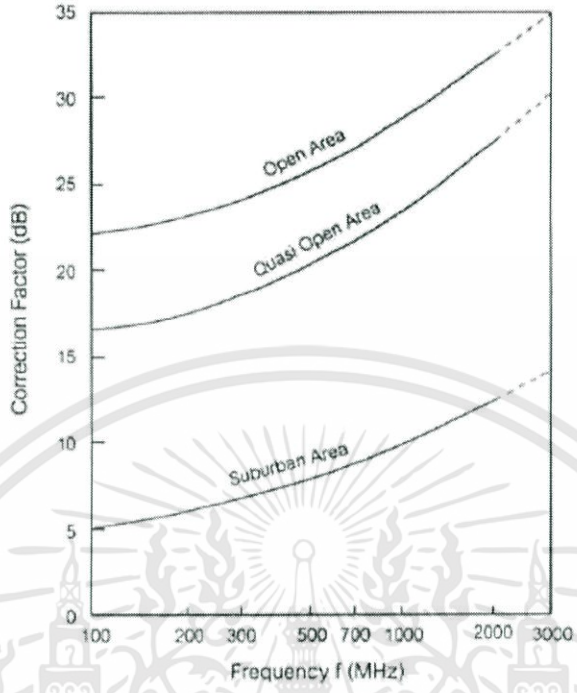


ภาพที่ 2.11 ค่าการลดทอนสัญญาณในบริเวณเมือง โดยเทียบอยู่กับค่าการสูญเสียของสัญญาณในบริเวณอากาศว่างตามแบบจำลองของ Okumura

ภาพที่ 2.11 แสดงค่าการลดทอนสัญญาณที่ค่าความถี่ต่าง ๆ ระหว่าง 100-3000 เมกะเฮิรตซ์ ที่ได้จากผลการวัดของ Okumura ในบริเวณเมือง โดยความสูงของสายอากาศของสถานีฐานที่ใช้มีค่าเท่ากับ 200 เมตร ความสูงของสายอากาศโทรศัพท์เท่ากับ 3 เมตร ระยะทางระหว่างสายอากาศ 2 ชุดนั้นกำหนดให้เป็นค่าจาก 1 กิโลเมตรถึง 100 กิโลเมตร

กรณีที่ต้องการหาค่าลดทอนของสัญญาณในบริเวณชานเมือง ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีค่าการลดทอนสัญญาณที่น้อยกว่าในเมือง จะใช้กราฟรูปหนึ่งทำหน้าที่เป็นแฟกเตอร์แก้ไข เพื่อนำมาลบกับค่าที่หาได้จากกราฟในภาพที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.12 ค่าแฟกเตอร์แก้ไข

จากเส้นกราฟจะสังเกตเห็นว่า ที่ค่าความถี่สูง ๆ ค่าแฟกเตอร์แก้ไขก็มีขนาดมากขึ้นด้วย หมายความว่าการส่งสัญญาณในบริเวณชานเมืองด้วยความถี่สูง ๆ จะได้สัญญาณที่มีคุณภาพดีมากกว่าการส่งสัญญาณในเมือง

หากสายอากาศของสถานีฐานหรือเครื่องโทรศัพท์มีความสูงที่เปลี่ยนไปนำไปลบออกจากค่าที่อ่านได้ข้างต้น โดย

$G(h_b) = 20 \log (h_b / 200)$ 10 เมตร < h_b < 1000 เมตร

$G(h_m) = 20 \log (h_m / 3)$ h_m < 3 เมตร

$G(h_m) = 20 \log (h_m / 3)$ 3 เมตร < h_m < 10 เมตร

h_b คือ ความสูงของสายอากาศของสถานีฐาน

h_m คือ ความสูงของสายอากาศของเครื่องโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.3 แบบจำลองของ Hata [18]

แบบจำลองของ Okumura มีประโยชน์และนำมาใช้ในการประมาณค่าการลดทอนของสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การนำมาใช้งานค่อยข้างยุ่งยากและไม่ค่อยสะดวก ด้วยเหตุนี้ Hata ได้ทำการหาชุดสมการที่สามารถนำมาจำลองและใช้แทนกราฟของ Okumura ซึ่งสมการของ Hata ได้แบ่งแบบจำลองออกเป็น 3 แบบตามสภาพแวดล้อม คือ

1. ในเมือง

L_p (dB) = 69.55 + 26.16 log (f) + (44.9 – 6.55 log (h_b)) log (d) – 13.82 log (h_b)– a(h_m)

โดยที่ f คือ ค่าความถี่ของคลื่นพาห์ (เมกะเฮิรตซ์)

d คือ ระยะระหว่างสถานีฐานและเครื่องโทรศัพท์ (กิโลเมตร)

h_b คือ ความสูงของสายอากาศของสถานี (เมตร)

h_m คือ ความสูงของสายอากาศโทรศัพท์ (เมตร)

a(h_m) คือ แฟกเตอร์แก้ไขสำหรับขนาดความสูงของสายอากาศ

1.1 เมืองขนาดใหญ่

a (h_m) = 8.29 [log (1.54h_m)]^2 -1.1

a (h_m) = 3.2 [log (11.75h_m)]^2 – 4.9

1.2 เมืองขนาดกลางและเล็ก

a(h_m) = [1.1 log (f) – 0.7]h_m – [1.56 log (f) – 0.8]

2. บริเวณชานเมืองรอบนอก

L_{ps} (dB) = L_p – 2 [log (f/128)^2 – 5.4]

3. เขตชนบท

L_{po} (dB) = L_p – 4.78 [log (f)]^2 + 18.33 log (f) – 40.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการของ Hata มีประโยชน์อย่างมากในทางปฏิบัติ เพราะสามารถใช้ค่าการลดทอนของสัญญาณที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของ Okumura ที่ระยะทางมากกว่า 1 กิโลเมตร จึงเหมาะกับการนำมาใช้งานในระบบที่ใช้เซลล์ขนาดใหญ่

2.7.1.4 สมการการแพร่กระจายของ Okumura-Hata [19]

$L_{path} = A - 13.82 \log H_b + (44.9 - 6.55 \log H_b) \log R - a(H_m)$ [dB]

โดยที่ A = 155.1 สำหรับพื้นที่ลักษณะ Urban

A = 147.9 สำหรับพื้นที่ลักษณะ Sub urban

A = 135.8 สำหรับพื้นที่ลักษณะ Rural

A = 125.4 สำหรับพื้นที่ลักษณะเป็นพื้นที่โล่งกว้าง

H_b = ความสูงสายอากาศของสถานีฐาน (เมตร)

H_m = ความสูงสายอากาศของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (เมตร)

R = ระยะทางจากเครื่องส่งสัญญาณ (กิโลเมตร)

$$a(H_m) = 3.2 (\log(11.75 * H_m))^2 - 4.97$$

เมื่อ H_b = 30 เมตรและ H_m = 1.5 เมตร สมการของ Okumura-Hata สามารถเขียนได้

$$L_{path} = (A\text{-}20.41) + 35.22 \log R$$

$$L_{path} = a + b \log R \text{ [dB]}$$

a = 155.1 - 20.41 = 134.69 สำหรับพื้นที่ลักษณะ Urban

a = 147.9 - 20.41 = 127.49 สำหรับพื้นที่ลักษณะ Sub urban

a = 135.8 - 20.41 = 115.39 สำหรับพื้นที่ลักษณะ Rural

a = 125.4 - 20.41 = 104.99 สำหรับพื้นที่ลักษณะ Open area

b = 35.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R = ระยะทาง (กิโลเมตร)

นิยาม คำจำกัดความ

Dense urban คือ พื้นที่เขตเมืองที่มีความหนาแน่นสูง ทั้งปริมาณการจราจร ที่อยู่อาศัย ย่านธุรกิจและประชากร ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของสิ่งก่อสร้างไม่ต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์

Urban คือ พื้นที่เขตเมือง ที่มีปริมาณการจราจรสูง ไม่กระจายกัน เป็นเขตการค้าและธุรกิจที่ประชาการมีความหนาแน่น ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของสิ่งก่อสร้างอยู่ระหว่าง 8-35 เปอร์เซ็นต์

Sub urban คือ พื้นที่เขตชานเมือง ที่มีปริมาณการจราจรอยู่ในระดับปานกลาง กระจายกัน มีประชากรหนาแน่นในบางจุดแปรผันกับวันและช่วงเวลา ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของสิ่งก่อสร้างอยู่ระหว่าง 3-8 เปอร์เซ็นต์

Rural คือ พื้นที่ชนบท มีปริมาณการจราจรที่ต่ำ การกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอ มีความหนาแน่นของประชากรต่ำ ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของสิ่งก่อสร้างต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ [19]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

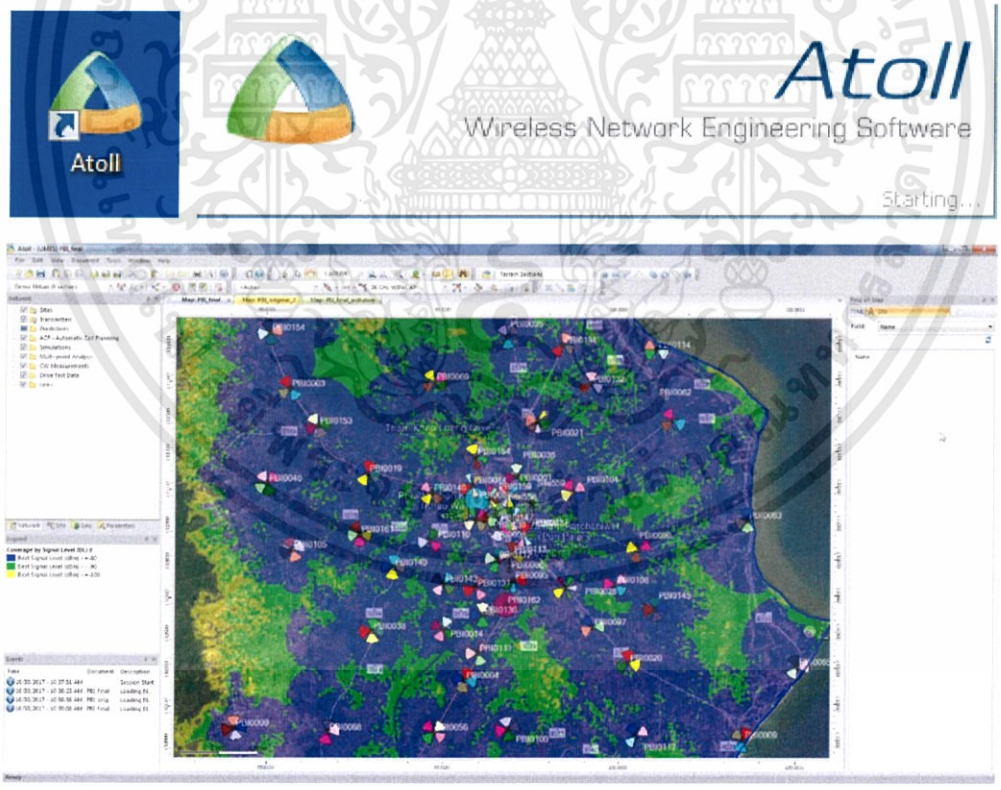
วิธีการดำเนินงาน

ในการวางแผนปรับปรุงคุณภาพสัญญาณโทรศัพท์มือถือ 3G บนคลื่นความถี่ 2,100 MHz ในจังหวัดเพชรบุรี โดยการปรับเปลี่ยนการตั้งค่าของเซกเตอร์หรือติดตั้งไซต์ เพื่อให้คุณภาพของสัญญาณอยู่ในเกณฑ์ตามที่กำหนด

3.1 เครื่องมือหรือโปรแกรมในการดำเนินงาน

1. Atoll

โปรแกรมที่ใช้สำหรับการช่วยวางแผนการติดตั้งไซต์ โดยจะจำลองการแพร่กระจายของสัญญาณจากเสาสัญญาณบนพื้นที่ต่าง ๆ แสดงออกมาเป็นค่าคุณภาพของสัญญาณ



ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างโปรแกรม Atoll

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Google Earth Pro

โปรแกรมที่ใช้ดูลักษณะภูมิประเทศและพื้นที่ในบริเวณต่าง ๆ เพื่อใช้ในการอ้างอิง

ภาพที่ 3.2 ตัวอย่างโปรแกรม Google Earth Pro

3.1.1 ศึกษาการทำงานของโปรแกรม Atoll

ลักษณะงานที่ใช้โปรแกรม Atoll

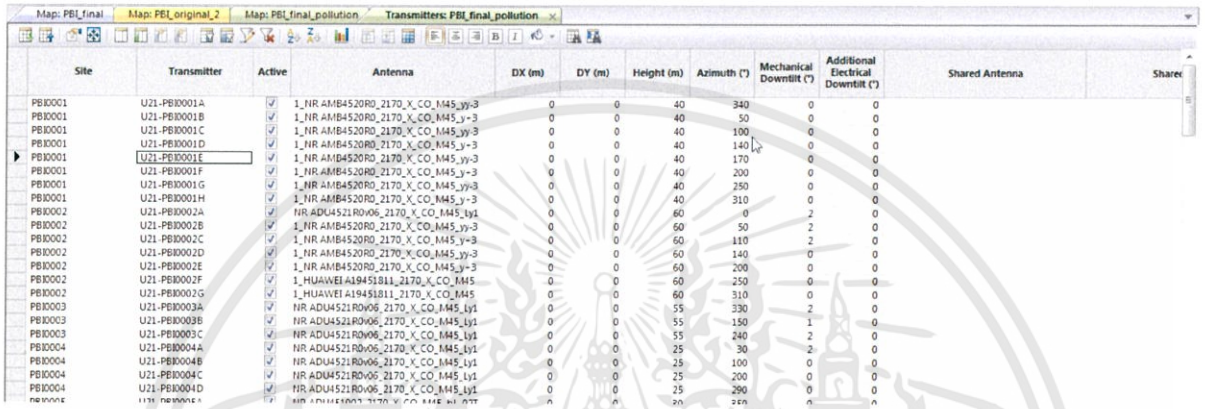
- การจำลองการแพร่กระจายของสัญญาณจากไซต์ โดยแสดงสีตามคุณภาพของสัญญาณ
- วางแผนการใช้เลข Primary Scrambling Code (PSC)
- วางแผนการเพิ่ม Neighbor ในแต่ละเซกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำนวณพื้นที่สัญญาณที่ครอบคลุม

3.1.1.1 เตรียมการดำเนินงาน

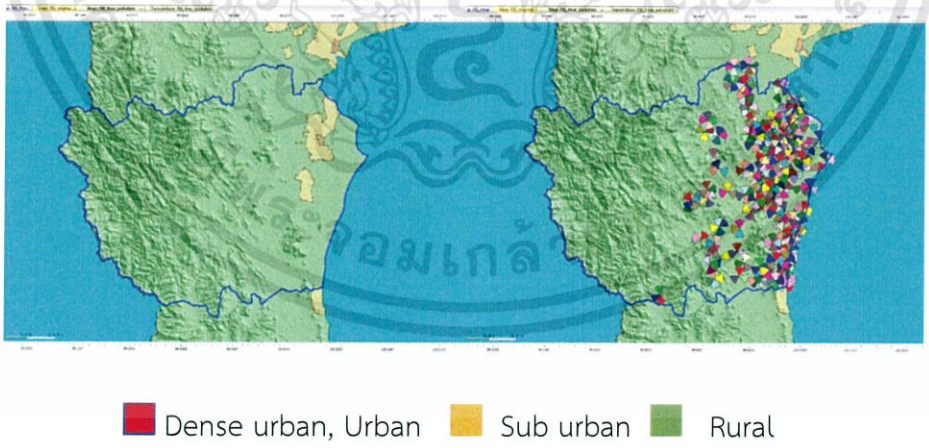
- เมื่อเปิดโปรแกรม ก็เริ่มทำการ Import ฐานข้อมูลของไซต์ในจังหวัดเพชรบุรี เพื่อพล็อตตำแหน่งที่ตั้งของไซต์



Site	Transmitter	Active	Antenna	DX (m)	DY (m)	Height (m)	Azimuth (°)	Mechanical Downtilt (°)	Additional Electrical Downtilt (°)	Shared Antenna	Share
PBI0001	U21-PBI0001A	☑	1_NR AMB4520R0_2170_X_CO_M45_yy-3	0	0	40	340	0	0		
PBI0001	U21-PBI0001B	☑	1_NR AMB4520R0_2170_X_CO_M45_y-3	0	0	40	50	0	0		
PBI0001	U21-PBI0001C	☑	1_NR AMB4520R0_2170_X_CO_M45_yy-3	0	0	40	100	0	0		
PBI0001	U21-PBI0001D	☑	1_NR AMB4520R0_2170_X_CO_M45_y-3	0	0	40	140	0	0		
PBI0001	U21-PBI0001E	☑	1_NR AMB4520R0_2170_X_CO_M45_yy-3	0	0	40	170	0	0		
PBI0001	U21-PBI0001F	☑	1_NR AMB4520R0_2170_X_CO_M45_y-3	0	0	40	200	0	0		
PBI0001	U21-PBI0001G	☑	1_NR AMB4520R0_2170_X_CO_M45_yy-3	0	0	40	250	0	0		
PBI0001	U21-PBI0001H	☑	1_NR AMB4520R0_2170_X_CO_M45_y-3	0	0	40	310	0	0		
PBI0002	U21-PBI0002A	☑	NR ADU4521R0v06_2170_X_CO_M45_Ly1	0	0	60	0	2	0		
PBI0002	U21-PBI0002B	☑	1_NR AMB4520R0_2170_X_CO_M45_yy-3	0	0	60	50	2	0		
PBI0002	U21-PBI0002C	☑	1_NR AMB4520R0_2170_X_CO_M45_y-3	0	0	60	110	2	0		
PBI0002	U21-PBI0002D	☑	1_NR AMB4520R0_2170_X_CO_M45_yy-3	0	0	60	140	0	0		
PBI0002	U21-PBI0002E	☑	1_NR AMB4520R0_2170_X_CO_M45_y-3	0	0	60	200	0	0		
PBI0002	U21-PBI0002F	☑	1_HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45	0	0	60	250	0	0		
PBI0002	U21-PBI0002G	☑	1_HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45	0	0	60	310	0	0		
PBI0003	U21-PBI0003A	☑	NR ADU4521R0v06_2170_X_CO_M45_Ly1	0	0	55	330	2	0		
PBI0003	U21-PBI0003B	☑	NR ADU4521R0v06_2170_X_CO_M45_Ly1	0	0	55	150	1	0		
PBI0003	U21-PBI0003C	☑	NR ADU4521R0v06_2170_X_CO_M45_Ly1	0	0	55	240	2	0		
PBI0004	U21-PBI0004A	☑	NR ADU4521R0v06_2170_X_CO_M45_Ly1	0	0	25	30	2	0		
PBI0004	U21-PBI0004B	☑	NR ADU4521R0v06_2170_X_CO_M45_Ly1	0	0	25	100	0	0		
PBI0004	U21-PBI0004C	☑	NR ADU4521R0v06_2170_X_CO_M45_Ly1	0	0	25	200	0	0		
PBI0004	U21-PBI0004D	☑	NR ADU4521R0v06_2170_X_CO_M45_Ly1	0	0	25	290	0	0		

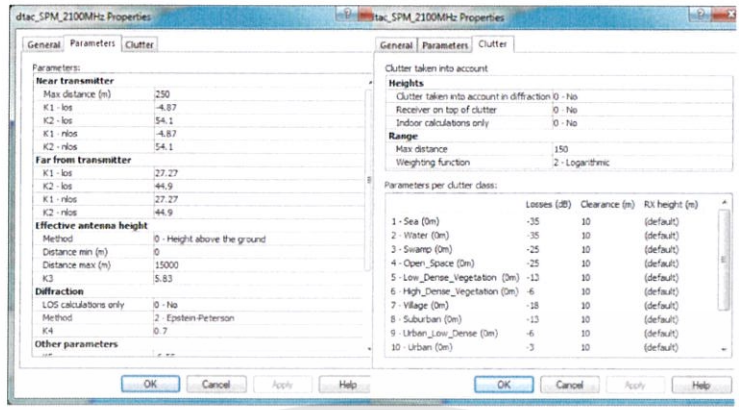
ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างข้อมูลจากฐานข้อมูลไซต์

- Import Cluster Classes เพื่อดูความหนาแน่นของประชากรและลักษณะของภูมิประเทศ ซึ่งใช้ในการประกอบการตัดสินใจและทำการปรับค่าพารามิเตอร์ เพื่อคำนวณการแพร่กระจายของสัญญาณ



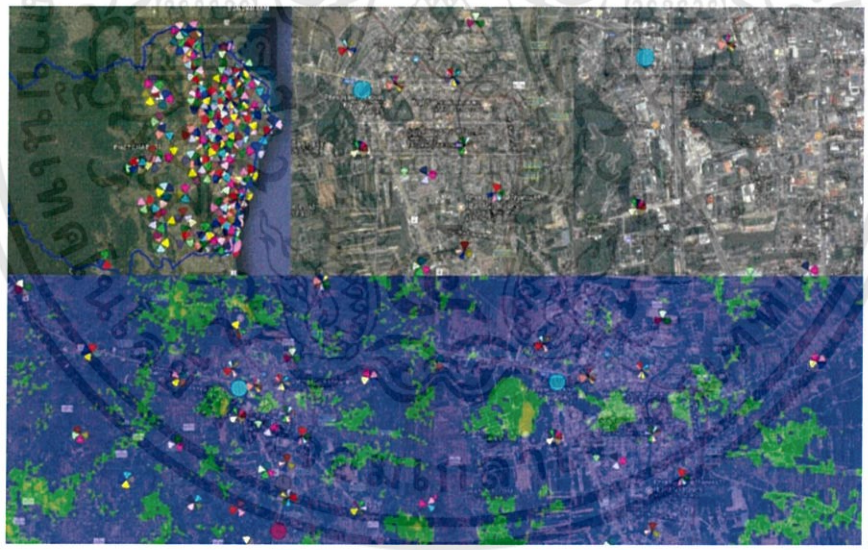
ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างหลังจากการ Import ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างการตั้งค่าพารามิเตอร์

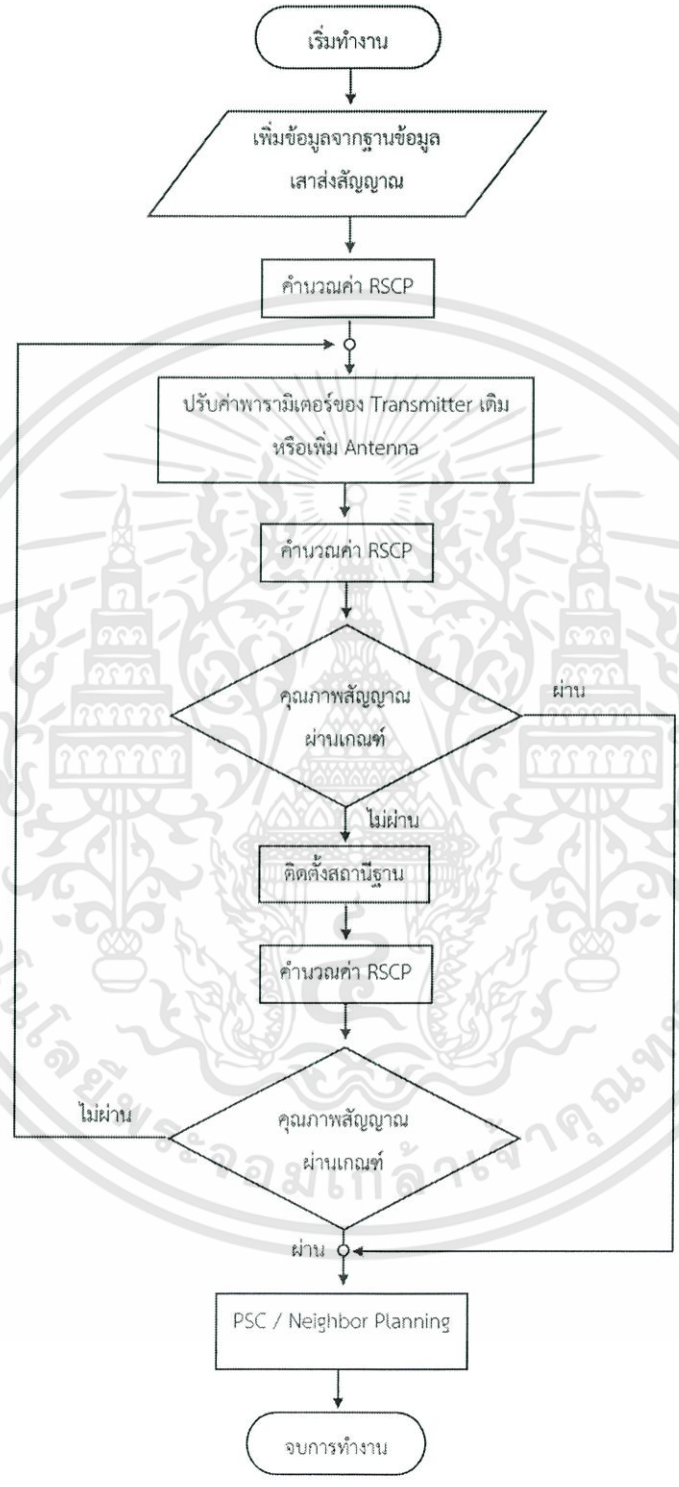
- Import ภาพถ่ายดาวเทียมเพื่ออ้างอิงจากสถานที่จริงและทำการจำลองการแพร่กระจายของสัญญาณจากไซต์



ภาพที่ 3.6 หลังการ Import ภาพถ่ายดาวเทียมและจำลองการแพร่กระจาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 หลักการโครงงาน



ภาพที่ 3.7 Flowchart ขั้นตอนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าคุณภาพของสัญญาณ

- Received Signal Code Power (RSCP) คือ ค่าความแรงของสัญญาณ มีหน่วยเป็น dBm

ตารางที่ 3.1 คุณภาพสัญญาณ

RSCP	Signal Quality
≥ -80 dBm	Excellent
-80 dBm to -90 dBm	Good
-90 dBm to -100 dBm	Fair

3.2 ขั้นตอนการทำงาน

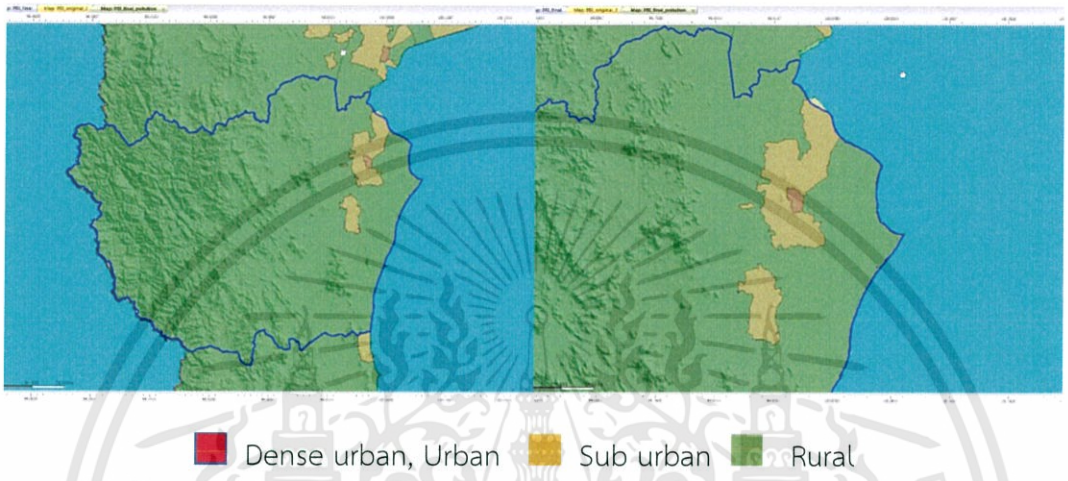
เมื่อทำการ Import ข้อมูลจากฐานข้อมูล ปรับค่าพารามิเตอร์และจำลองการแพร่กระจายของสัญญาณแล้ว ขั้นตอนการวางแผนปรับปรุงคุณภาพสัญญาณโครงข่ายสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีดังนี้

1. พิจารณาพื้นที่ที่ปรากฏและดูว่าพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่แบบใด (Dense urban/Urban, Sub urban, Rural) โดยอ้างอิงจาก Clutter class และภาพถ่ายดาวเทียม
2. เมื่อรู้ลักษณะของพื้นที่นั้นแล้ว ทำการตรวจสอบค่า RSCP ว่าเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ ถ้าค่า RSCP ในพื้นที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด สามารถแก้ปัญหาโดย
   2.1 ปรับค่าพารามิเตอร์ของเซกเตอร์
   2.2 เพิ่ม Antenna บนไซต์เดิมที่มีอยู่
   2.3 ติดตั้งเพิ่มไซต์บนพื้นที่
3. นอกเหนือพื้นที่ที่มีปัญหา ทำการปรับปรุงค่า RSCP โดยไม่ต้องติดตั้งไซต์หรือเพิ่ม Antenna ใหม่
4. ตรวจสอบค่า RSCP อีกครั้ง เมื่อเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ทำการ Plan PSC และ Neighbor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 พิจารณาพื้นที่

การแบ่งลักษณะของพื้นที่โดยอิงจาก Clutter ที่ลูกค้าได้ทำการสำรวจไว้ก่อนแล้วและการพิจารณาพื้นที่จะดูภาพถ่ายดาวเทียมประกอบไปด้วย เนื่องจากบางพื้นที่อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา



ภาพที่ 3.8 พื้นที่ที่แบ่งลักษณะโดยสี

ภาพที่ 3.9 พื้นที่ที่แบ่งลักษณะโดยสีและภาพถ่ายดาวเทียม

3.2.2 ตรวจสอบค่า RSCP

เมื่อโปรแกรมทำการคำนวณค่า RSCP พิจารณาพื้นที่และค่า RSCP ว่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ ถ้าค่า RSCP ในบางพื้นที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด จะต้องทำการปรับปรุงค่า RSCP ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 คุณภาพสัญญาณตามพื้นที่

AREA	RSCP	COLOR
DENSE URBAN, URBAN	≥ -80 dBm	
SUB URBAN	-80 dBm to -90 dBm	
RURAL	-90 dBm to -100 dBm	

ตัวแปรที่มีผลต่อค่า RSCP

- ความสูงของไซต์ (เมตร)
- กำลังไฟฟ้าของไซต์ (dBm)
- ชนิดของ Antenna Model
- Electrical tilt (E-tilt) / Mechanical tilt (M-tilt) (°)
- Azimuth (°)

การแก้ปัญหาสามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบ

- ปรับค่าพารามิเตอร์ของเซกเตอร์
- เพิ่ม Antenna บนไซต์เดิม
- ติดตั้งไซต์ขึ้นใหม่

3.2.3 PSC / Neighbor Planning

Scrambling Code มี 2 ชนิด คือ Downlink Scrambling และ Uplink Scrambling ในที่นี้จะเน้นที่ Downlink เพราะใช้ Scrambling Code สำหรับการแยก Cell site

PSC Planning เป็นการวางแผนการใช้เลข PSC ของเซกเตอร์ที่ติดตั้งขึ้นใหม่เพื่อไม่ให้ชนกันในแต่ละเซกเตอร์โดยมีเงื่อนไขดังนี้

- เซกเตอร์แต่ละตัวต้องมีระยะห่างเกิน 2,000 เมตรจึงจะสามารถใช้ Code เลขเดียวกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Neighbor Planning เป็นการเชื่อมต่อเซกเตอร์แต่ละเซกเตอร์ให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ โดยมีเงื่อนไข 3 แบบ

เงื่อนไขทั่วไป

- เซกเตอร์ที่สามารถเพิ่มเป็น Neighbor กัน ต้องมีระยะห่างไม่เกิน 10,000 เมตร
- เซกเตอร์แต่ละเซกเตอร์สามารถเพิ่ม Neighbor ได้มากสุด 16 ตัว

เงื่อนไขบังคับ

- Co-site cell
- Adjecent cell
- Symmetric relations

เงื่อนไขโดยพิจารณาจาก Coverage

- Coverage ของสัญญาณต้องซ้อนทับกันไม่น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์
- Ec/Io > -14 dB
- AS Threshold (dB) : 5 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานโครงงานการวางแผนปรับปรุงคุณภาพโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 บนคลื่นความถี่ 2,100 MHz ในจังหวัดเพชรบุรี โดยพิจารณาจากค่า RSCP ทำการแก้ไขปัญหาโดยการปรับค่า M-tilt, E-tilt, Azimuth, ติดตั้ง Antenna เพิ่มบนไซต์เดิมและติดตั้งไซต์ขึ้นใหม่ ซึ่งขึ้นอยู่ในแต่ละกรณี

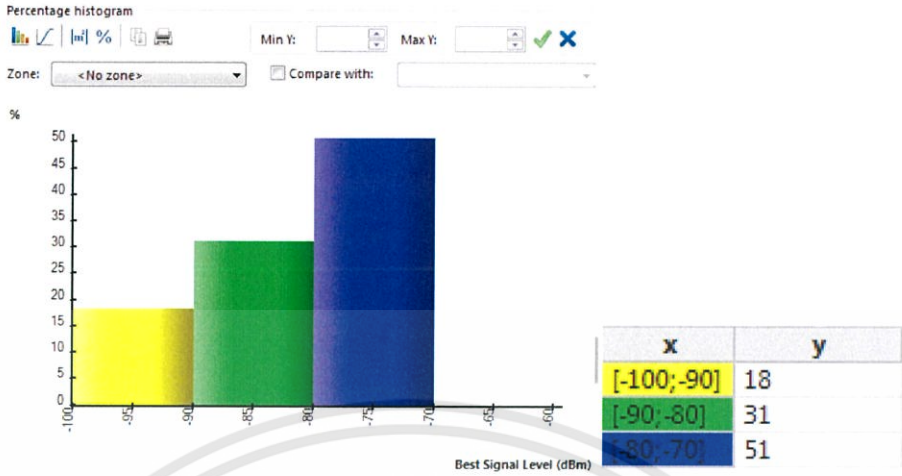
4.1 ผลก่อนการดำเนินงาน

ค่า RSCP ก่อนวางแผนการปรับปรุงในจังหวัดเพชรบุรี

ตารางที่ 4.1 ค่า RSCP ก่อนปรับค่า

Legend	Surface (km²)	% of Covered Area	% Village	Surface Village (km²)	% Sub urban	Surface Sub urban (km²)	% Urban	Surface Urban (km²)
ALL	2,294.71	100	1.74	39.92	0.16	3.73	0.14	3.12
Signal Level (dBm) ≥ -80	1,164.61	50.752	2.07	24.06	0.23	2.67	0.21	2.42
Signal Level (dBm) ≥ -90	1,878.49	81.8621	1.86	34.98	0.19	3.62	0.16	3.08
Signal Level (dBm) ≥ -100	2,294.71	100	1.74	39.92	0.16	3.73	0.14	3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 ฮิสโตแกรมค่า RSCP ก่อนปรับค่า (%)

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณที่ครอบคลุมบนพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี ครอบคลุมเป็นพื้นที่ 2,249.71 ตารางกิโลเมตร จากพื้นที่ทั้งหมด 6,225 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 36.86 เปอร์เซ็นต์ จากพื้นที่ทั้งหมด จากภาพที่ 4.1 จะทราบว่าการแพร่กระจายของสัญญาณทั้งหมดที่ครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดแบ่งเป็น

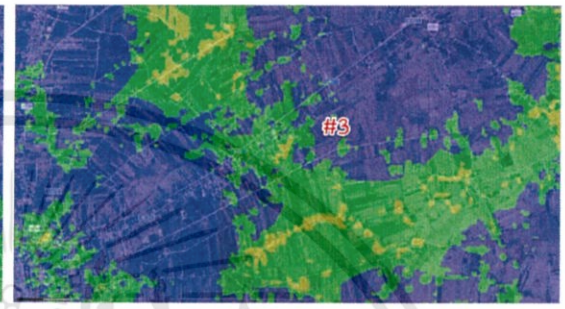
- ค่า RSCP ที่มีค่าอยู่ในช่วง -100 ถึง -90 dBm คิดเป็น 18 เปอร์เซ็นต์
- ค่า RSCP ที่มีค่าอยู่ในช่วง -90 ถึง -80 dBm คิดเป็น 31 เปอร์เซ็นต์
- ค่า RSCP ที่มีค่าอยู่ในช่วง -80 ถึง -70 dBm คิดเป็น 51 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ปัญหา

ผลการคำนวณค่า RSCP พบว่ามีพื้นที่ที่ค่า RSCP ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ 5 จุด ทำให้พื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ปัญหา เพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาดังกล่าว

พื้นที่ปัญหาจุดที่ 1 และ 2



พื้นที่ปัญหาจุดที่ 3

พื้นที่ปัญหาจุดที่ 4

พื้นที่ปัญหาจุดที่ 5

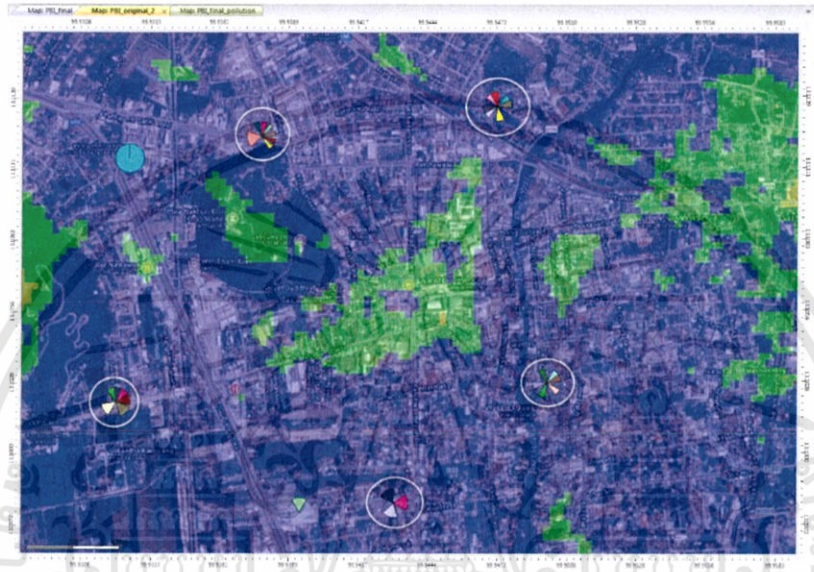
ภาพที่ 4.2 พื้นที่ปัญหาทั้ง 5 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

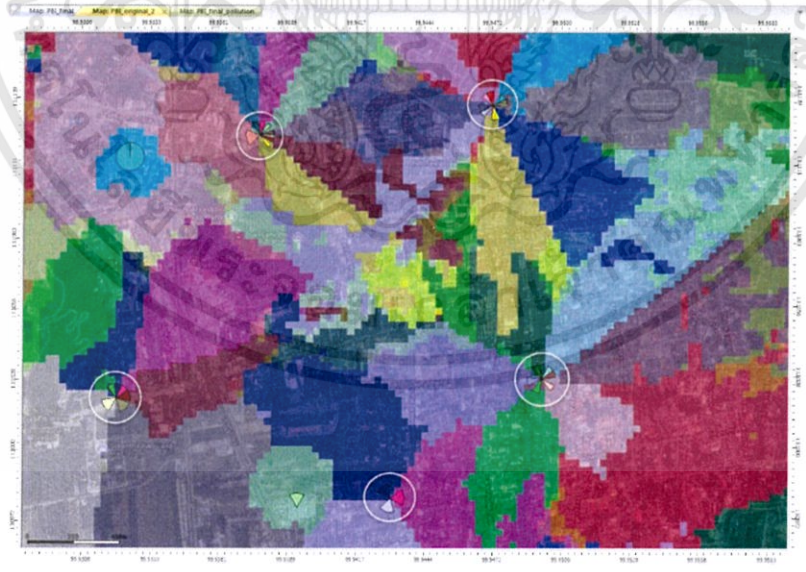
4.2 ผลวิเคราะห์และวิธีการแก้ปัญหา

พื้นที่ปัญหาจุดที่ 1

วิเคราะห์ปัญหา บนพื้นที่ปัญหา มีไซต์ที่อยู่โดยรอบทั้งหมด 5 ไซต์ที่ต้องนำมาพิจารณา จากนั้นต้องพิจารณาเซกเตอร์ของแต่ละไซต์โดยดูจากสัญญาณที่ปล่อยออกมาจากเซกเตอร์



ภาพที่ 4.3 พื้นที่ปัญหาจุดที่ 1



ภาพที่ 4.4 สัญญาณตามเซกเตอร์พื้นที่ปัญหาจุดที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่า จุดที่เป็นพื้นที่ปัญหานั้น ได้รับสัญญาณจากเซกเตอร์ใดบ้างและทำการแก้ไขค่าพารามิเตอร์ของเซกเตอร์

แก้ปัญหา ทำการปรับค่าพารามิเตอร์เซกเตอร์ที่สามารถส่งสัญญาณไปยังพื้นที่ปัญหา

ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์ที่ปรับค่าบนพื้นที่ปัญหาจุดที่ 1

SITE	SECTOR	AZIMUTH (°)	AZIMUTH หลังปรับ (°)	E-TILT	E-TILT หลังปรับ
PBI0001	U21-PBI0001F	230	200	2T	4T
PBI0001	U21-PBI0001G	260	250	4T	3T
PBI0043	U21-PBI0043A	340	-	3T	2T

เนื่องจากการแก้ปัญหาโดยการปรับพารามิเตอร์ของเซกเตอร์ ยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้ดีเท่าที่ควร เนื่องจากพื้นที่บริเวณนั้นเป็นพื้นที่ลักษณะ Urban การปรับค่าพารามิเตอร์ทำให้ค่าคุณภาพของสัญญาณเพิ่มขึ้นไม่มาก จึงได้ทำการตั้งไซต์ใหม่เป็นการแก้ปัญหา จำนวน 1 ไซต์ มีจำนวน 3 เซกเตอร์

ตารางที่ 4.3 พารามิเตอร์ของไซต์ 558

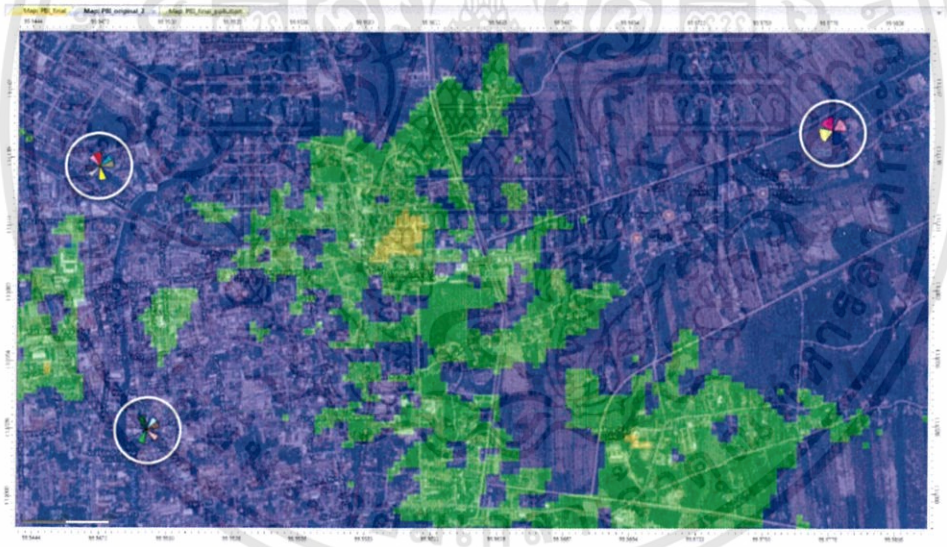
SITE	SECTOR	ANTENNA	HEIGHT (M)	AZIMUTH (°)	M-TILT (°)	E-TILT
558	558_1	HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_04T	30	30	0	4T
558	558_2	HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_05T	30	100	0	5T
558	558_3	HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_06T	30	240	0	6T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.5 ตำแหน่งที่เสนอในการตั้งไซต์ 558

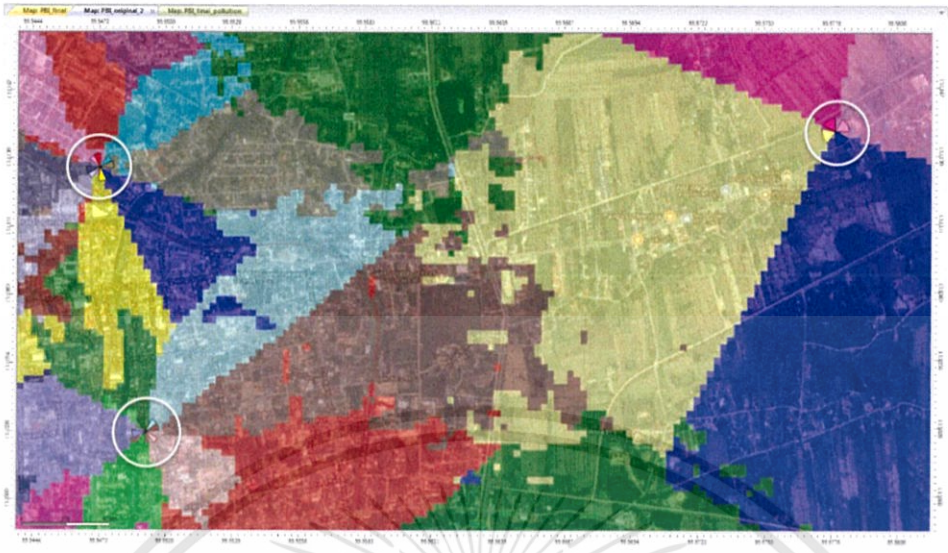
พื้นที่ปัญหาจุดที่ 2

วิเคราะห์ปัญหา บนพื้นที่ปัญหามีลักษณะเป็น Urban กึ่ง Sub urban แต่ในบริเวณพื้นที่มีสัญญาณที่ไม่ผ่านเกณฑ์ เป็นพื้นที่สีเหลือง ซึ่งทำให้ต้องพิจารณาไซต์ในบริเวณโดยรอบ มี 3 ไซต์ที่ต้องนำมาพิจารณา



ภาพที่ 4.6 พื้นที่ปัญหาจุดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 สัญญาณตามเซกเตอร์พื้นที่ปัญหาจุดที่ 2

แก้ปัญหา ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ของเซกเตอร์ที่สามารถส่งไปยังพื้นที่ปัญหาได้

ตารางที่ 4.4 พารามิเตอร์ที่ปรับค่าบนพื้นที่ปัญหาจุดที่ 2

SITE	SECTOR	AZIMUTH (°)	AZIMUTH หลังปรับ (°)	E-TILT	E-TILT หลังปรับ
PBI0001	U21-PBI0001C	80	100	4T	2T
PBI0036	U21-PBI0036B	120	-	4T	2T
PBI0043	U21-PBI0043B	40	25	3T	2T
PBI0043	U21-PBI0043C	70	75	2T	-
PBI0104	U21-PBI0104D	250	-	4T	2

เมื่อแก้ปัญหาโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ของเซกเตอร์พบว่ามีปัญหากรณีเดียวกันกับพื้นที่ปัญหาจุดที่ 1 คือ ค่า RSPC ยังไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดจึงแก้ปัญหาโดยการตั้งไซต์ใหม่ 1 ไซต์ มีจำนวน 3 เซกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 พารามิเตอร์ของไซต์ 559

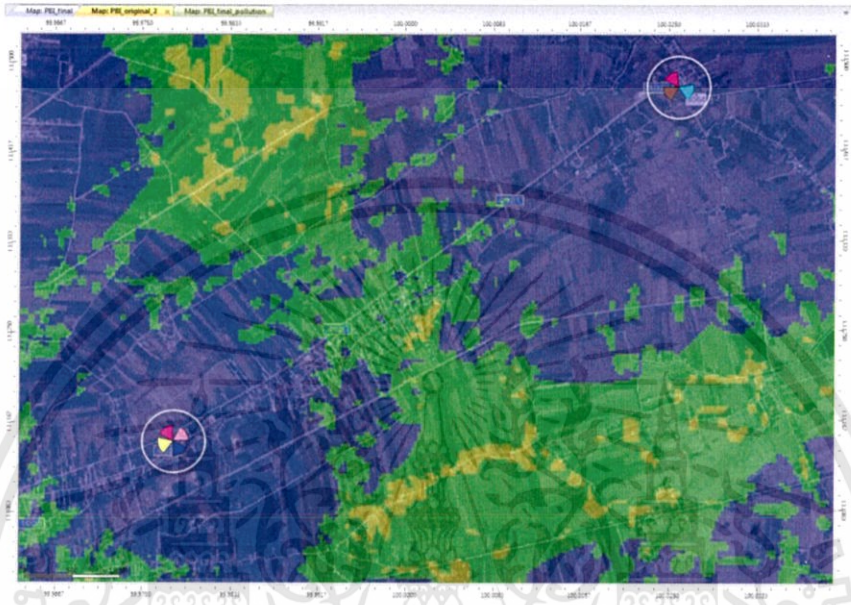
SITE	SECTOR	ANTENNA	HEIGHT (M)	AZIMUTH (°)	M-TILT (°)	E-TILT
559	559_1	HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_05T	30	0	0	5T
559	559_2	HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_05T	30	120	0	4T
559	559_3	HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_05T	30	240	0	3T

ภาพที่ 4.8 ตำแหน่งที่เสนอในการตั้งไซต์ 559

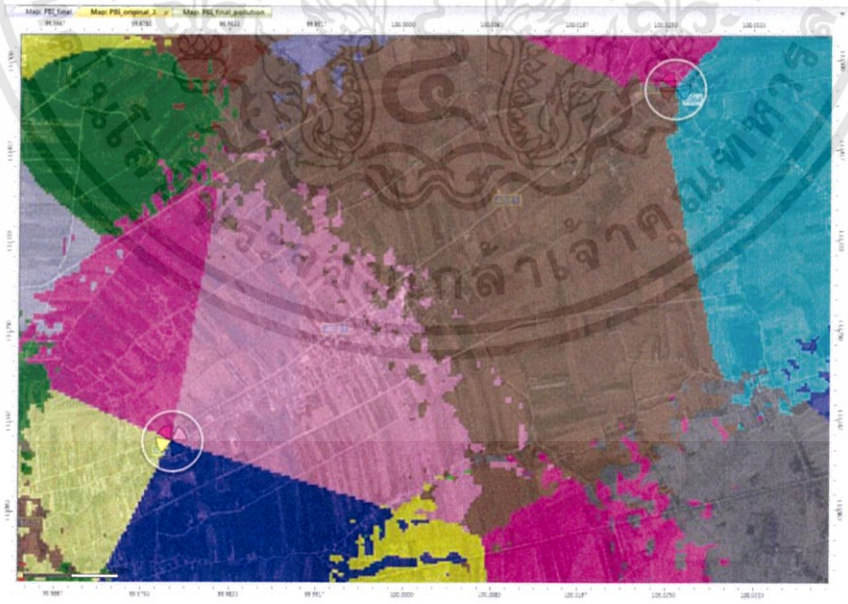
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ปัญหาจุดที่ 3

วิเคราะห์ปัญหา เนื่องจากพื้นที่ปัญหาจุดที่ 3 เป็นพื้นที่ลักษณะ Sub urban ค่อนไปทาง Rural มี เซกเตอร์ ที่สามารถส่งสัญญาณไปถึงจุดพื้นที่ปัญหาจำนวน 2 เซกเตอร์



ภาพที่ 4.9 พื้นที่ปัญหาจุดที่ 3



ภาพที่ 4.10 สัญญาณตามเซกเตอร์พื้นที่ปัญหาจุดที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

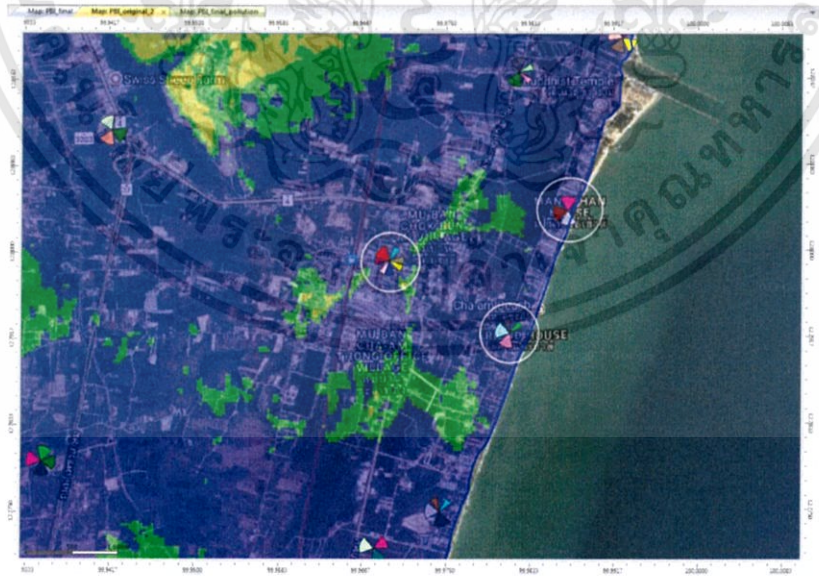
แก้ปัญหา แก้โดยปรับค่าพารามิเตอร์ของเซกเตอร์

ตารางที่ 4.6 พารามิเตอร์ที่ปรับค่าบนพื้นที่ปัญหาจุดที่ 3

SITE	SECTOR	AZIMUTH (°)	AZIMUTH หลังปรับ (°)	M-TILT (°)	M-TILT หลังปรับ (°)	E-TILT	E-TILT หลังปรับ
PBI0104	U21-PBI0104B	60	-	0	-	4T	0T
PBI0062	U21-PBI0062C	240	-	2	1	1T	0T

พื้นที่ปัญหาจุดที่ 4

วิเคราะห์ปัญหา ค่า RSCP ของพื้นที่ปัญหานั้นเห็นได้ว่าลักษณะที่ค่า RSCP ไม่ผ่าน จะเกิดขึ้นระหว่างช่องว่างของเซกเตอร์ซึ่งเป็นจุดอับสัญญาณอยู่แล้วและพื้นที่บริเวณนั้นมีลักษณะเป็น Urban ทำให้ค่า RSCP มีค่าน้อยกว่าค่า RSCP ทั่วไปที่วัดได้จากจุดอับสัญญาณอื่น



ภาพที่ 4.11 พื้นที่ปัญหาจุดที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.12 สัญญาณตามเซกเตอร์พื้นที่ปัญหาจุดที่ 4

แก้ปัญหา ต้องปรับค่าพารามิเตอร์ของเซกเตอร์ของไซต์ข้างเคียงเพื่อแก้ปัญหาจุดอับสัญญาณที่เกิดขึ้น เพื่อให้เซกเตอร์ของไซต์ข้างเคียงยิงสัญญาณมายังจุดปัญหา

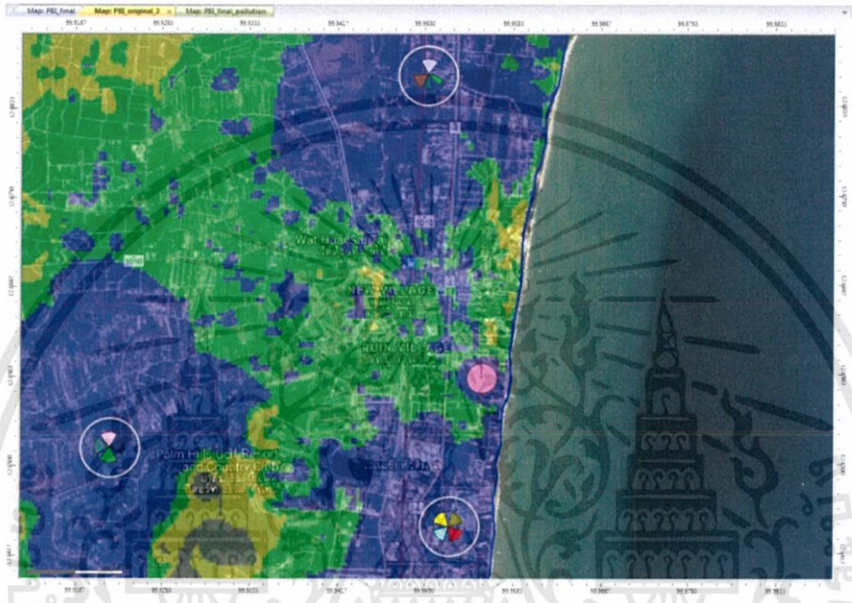
ตารางที่ 4.7 พารามิเตอร์ที่ปรับค่าบนพื้นที่ปัญหาจุดที่ 4

SITE	SECTOR	AZIMUTH (°)	AZIMUTH หลังปรับ (°)	E-TILT	E-TILT หลังปรับ
PBI0022	U21-PBI0022C	260	-	4T	2T
PBI0007	U21-PBI0007B	30	40	4T	3T
PBI0007	U21-PBI0007C	90	80	2T	2T
PBI0007	U21-PBI0007D	120	130	2T	3T
PBI0007	U21-PBI0007E	180	175	3T	1T
PBI0007	U21-PBI0007G	270	250	3T	2T
PBI0040	U21-PBI0040C	200	205	5T	2T
PBI0040	U21-PBI0040D	290	-	4T	2T

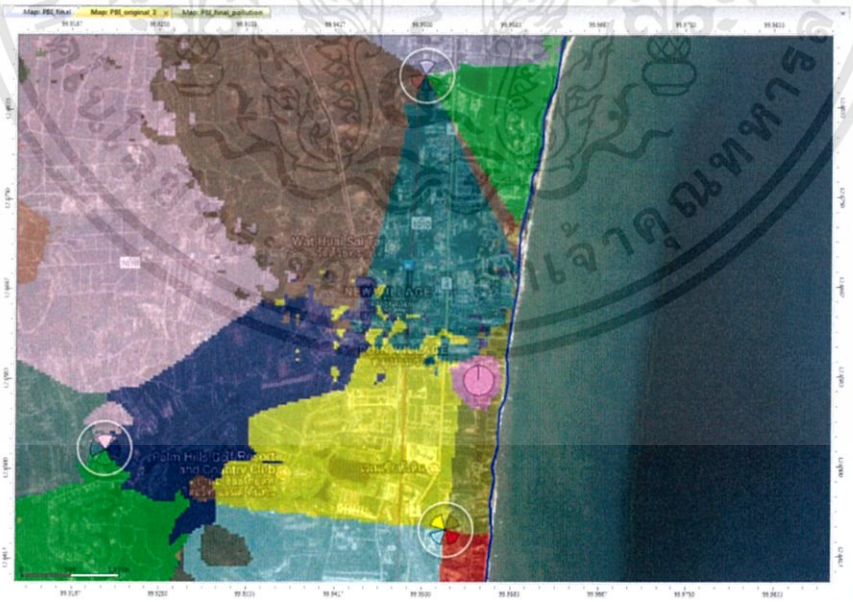
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ปัญหาจุดที่ 5

วิเคราะห์ปัญหา เนื่องจากพื้นที่ที่ค่า RSCP ไม่ผ่านนั้นมีลักษณะเป็น Sub urban ที่ไซต์โดยรอบอยู่ห่างมากกว่า 1.5 กิโลเมตร ทำจุดดังกล่าวให้มีค่า RSCP ที่ไม่ดีเท่าที่ควร



ภาพที่ 4.13 พื้นที่ปัญหาจุดที่ 5



ภาพที่ 4.14 สัญญาณตามเซกเตอร์พื้นที่ปัญหาจุดที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก้ปัญหา ปรับค่าพารามิเตอร์ของเซกเตอร์ในละแวกเพื่อแก้ปัญหาในเบื้องต้น ซึ่งไซต์ในละแวกมีทั้งหมด 3 ไซต์โดยไม่รวมตัวส่งสัญญาณภายในอาคาร

ตารางที่ 4.8 พารามิเตอร์ที่ปรับค่าบนพื้นที่ปัญหาจุดที่ 5

SITE	SECTOR	AZIMUTH (°)	AZIMUTH หลังปรับ (°)	E-TILT	E-TILT หลังปรับ
PBI0049	U21-PBI0049C	180	160	3T	2

จะเห็นได้ว่าจากไซต์ทั้ง 3 ในบริเวณรอบข้าง เมื่อปรับค่าพารามิเตอร์ของเซกเตอร์ มีเพียงแค่ 1 เซกเตอร์ ที่เมื่อปรับค่าแล้วในผลค่า RSCP ที่เปลี่ยนไปแต่ยังไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร จึงทำการตั้งไซต์ขึ้นใหม่เพื่อเป็นการแก้ไข 1 ไซต์จำนวน 4 เซกเตอร์

ตารางที่ 4.9 พารามิเตอร์ของไซต์ 557

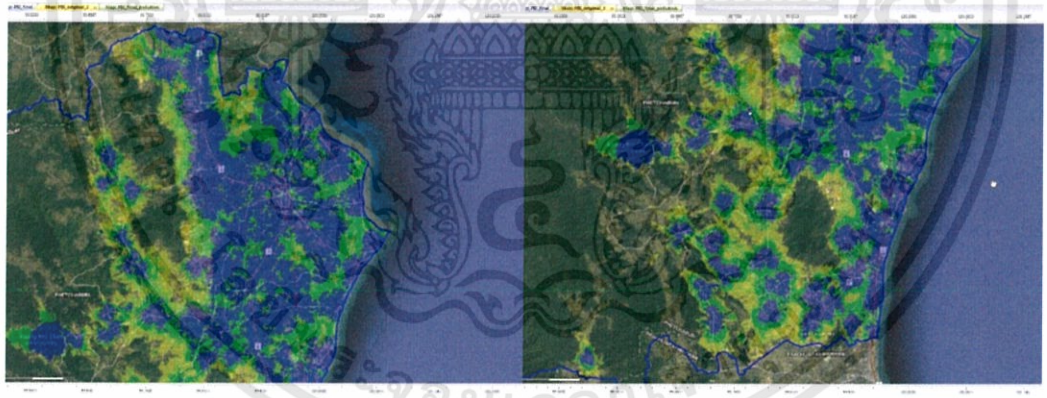
SITE	SECTOR	ANTENNA	HEIGHT (M)	AZIMUTH (°)	M-TILT (°)	E-TILT
557	557_1	ADU4521R0v06_2170_X_CO_M45_Ly1_02T	36	45	0	2T
557	557_2	ADU4521R0v06_2170_X_CO_M45_Ly1_02T	36	115	0	2T
557	557_3	ADU4521R0v06_2170_X_CO_M45_Ly1_02T	36	200	0	2T
557	557_4	ADU4521R0v06_2170_X_CO_M45_Ly1_02T	36	315	0	2T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.15 ตำแหน่งที่เสนอในการตั้งไซต์ 557

พื้นที่นอกเหนือพื้นที่ปัญหา

ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ของเซกเตอร์บนพื้นที่อื่น ๆ ในจังหวัดเพชรบุรีที่ไม่ใช่พื้นที่ปัญหาเพื่อปรับปรุงค่า RSCP ในจังหวัดให้มีค่าที่ดียิ่งขึ้น โดยเน้นไปบนพื้นที่ที่มีลักษณะเป็น Urban, Sub urban (ตัวเมืองและตามชายหาด) เพราะเป็นพื้นที่ที่มีประชากรค่อนข้างมาก ได้ปรับค่าพารามิเตอร์ของเซกเตอร์ จำนวน 58 เซกเตอร์ 34 ไซต์



ภาพที่ 4.16 ค่า RSCP ของจังหวัดเพชรบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 พารามิเตอร์ที่ปรับค่าบนพื้นที่นอกเหนือปัญหา

SITE	SECTOR	AZIMUTH (°)	AZIMUTH หลังปรับ (°)	M-TILT (°)	M-TILT หลังปรับ (°)	E-TILT	E-TILT หลังปรับ
PBI0001	U21-PBI0001D	140	-	0	-	4T	3T
	U21-PBI0001H	320	310	0	-	4T	2T
PBI0004	U21-PBI0004D	290	-	0	-	3T	0T
PBI0009	U21-PBI0009C	310	315	2	-	2T	0T
PBI0013	U21-PBI0013B	120	-	0	-	2T	1T
PBI0015	U21-PBI0015D	140	-	2	-	5T	2T
	U21-PBI0015E	210	-	2	-	4T	2T
PBI0016	U21-PBI0016A	30	-	0	-	3T	2T
	U21-PBI0016D	300	-	0	-	2T	1T
PBI0017	U21-PBI0017A	350	15	0	-	4T	2T
	U21-PBI0017B	90	95	0	-	4T	2T
	U21-PBI0017C	150	-	0	-	4T	2T
PBI0018	U21-PBI0018D	240	235	2	-	3T	-
PBI0020	U21-PBI0020B	120	110	2	-	2T	0T
	U21-PBI0020C	240	245	2	-	1T	0T
PBI0021	U21-PBI0021B	50	40	2	-	2T	1T
	U21-PBI0021C	120	-	2	-	3T	0T
	U21-PBI0021D	170	180	2	-	2T	1T
	U21-PBI0021E	230	220	2	-	2T	1T
	U21-PBI0021F	285	-	2	-	2T	0T
PBI0029	U21-PBI0029C	260	-	2	-	1T	0T
PBI0030	U21-PBI0030C	210	-	1	-	2T	0T
PBI0031	U21-PBI0031D	210	-	2	-	3T	2T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PBI0034	U21-PBI0034B	100	105	0	-	7T	-
	U21-PBI0034C	160	-	0	-	7T	6T
	U21-PBI0034D	210	215	0	-	2T	-
PBI0036	U21-PBI0036A	0	5	0	-	1T	2T
	U21-PBI0036C	240	250	0	-	5T	5T
PBI0039	U21-PBI0039B	150	155	2	-	5T	2T
PBI0043	U21-PBI0043D	130	170	0	-	3T	2T
	U21-PBI0043F	260	275	0	-	3T	2T
PBI0045	U21-PBI0045A	0	-	2	-	2T	0T
	U21-PBI0045C	200	210	2	-	2T	0T
PBI0052	U21-PBI0052C	120	-	2	-	2T	0T
	U21-PBI0052D	240	-	0	-	3T	2T
PBI0059	U21-PBI0059C	150	165	2	-	3T	2T
	U21-PBI0059D	210	-	2	-	3T	2T
PBI0062	U21-PBI0062A	330	-	2	1	2T	2T
	U21-PBI0062B	120	-	2	-	2T	0T
PBI0063	U21-PBI0062C	240	-	2	-	1T	0T
	U21-PBI0063A	0	-	2	-	2T	1T
	U21-PBI0063B	180	-	2	-	2T	1T
	U21-PBI0063C	250	-	2	-	1T	1T
PBI0065	U21-PBI0065A	340	-	2	-	2T	1T
	U21-PBI0065C	210	220	2	-	3T	1T
PBI0066	U21-PBI0066D	270	-	0	-	4T	2T
PBI0095	U21-PBI0095E	240	225	0	-	2T	-
PBI0100	U21-PBI0100B	80	75	0	-	4T	2T
PBI0104	U21-PBI0104C	150	130	0	-	4T	2T
PBI0107	U21-PBI0107A	350	345	0	-	4T	3T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	U21-PBI0107B	160	-	0	-	4T	2T
PBI0112	U21-PBI0112C	190	-	0	-	2T	1T
PBI0113	U21-PBI0113B	130	-	0	-	3T	1T
	U21-PBI0113C	200	-	0	-	6T	2T
PBI0117	U21-PBI0117C	220	225	0	-	2T	-
PBI0131	U21-PBI0131B	150	145	2	-	2T	1T
PBI0133	U21-PBI0133B	130	-	2	-	3T	2T
PBI0147	U21-PBI0147B	90	-	0	-	2T	3T

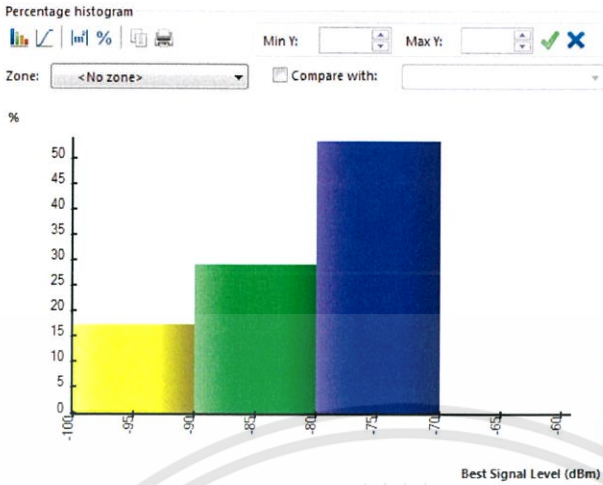
4.3 ผลหลังการดำเนินงาน

แสดงผลการปรับปรุงและแก้ไขพื้นที่ปัญหาที่กล่าวไปในข้างต้น ค่า RSCP วัดค่าได้หลังการปรับปรุงแก้ไขปัญหา

ตารางที่ 4.11 ค่า RSCP หลังปรับค่า

Legend	Surface (km^2)	% of Covered Area	% Village	Surface Village (km^2)	% Suburban	Surface Suburban (km^2)	% Urban
ALL	2,303.77	100	1.74	40.03	0.16	3.73	0.14
Signal Level (dBm) ≥ -80	1,233.24	53.5312	2.04	25.18	0.22	2.75	0.23
Signal Level (dBm) ≥ -90	1,902.76	82.5933	1.86	35.48	0.19	3.62	0.16
Signal Level (dBm) ≥ -100	2,303.77	100	1.74	40.03	0.16	3.73	0.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



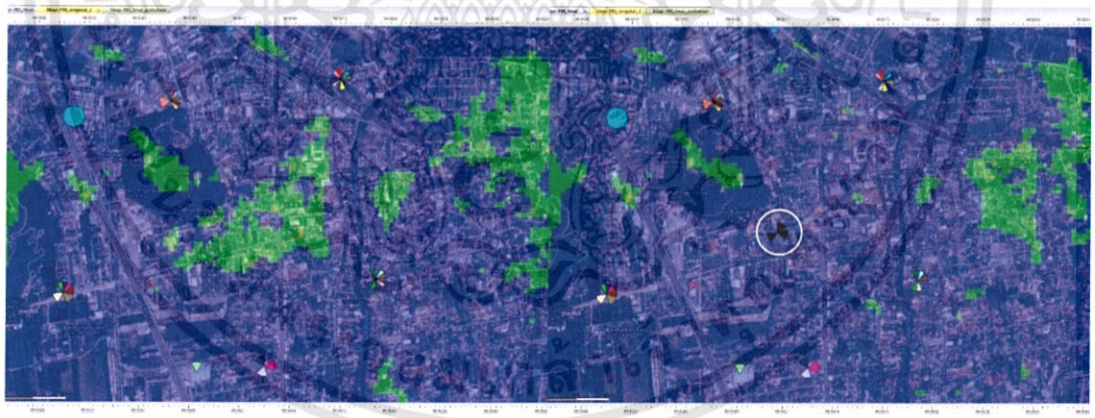
x	y
[-100;-90]	17
[-90;-80]	29
[-80;-70]	54

ภาพที่ 4.17 ฮิสโตแกรมค่า RSCP หลังปรับค่า (%)

แสดงผลการแก้ปัญหา

พื้นที่ปัญหาจุดที่ 1

ก่อนปรับค่า หลังปรับค่า

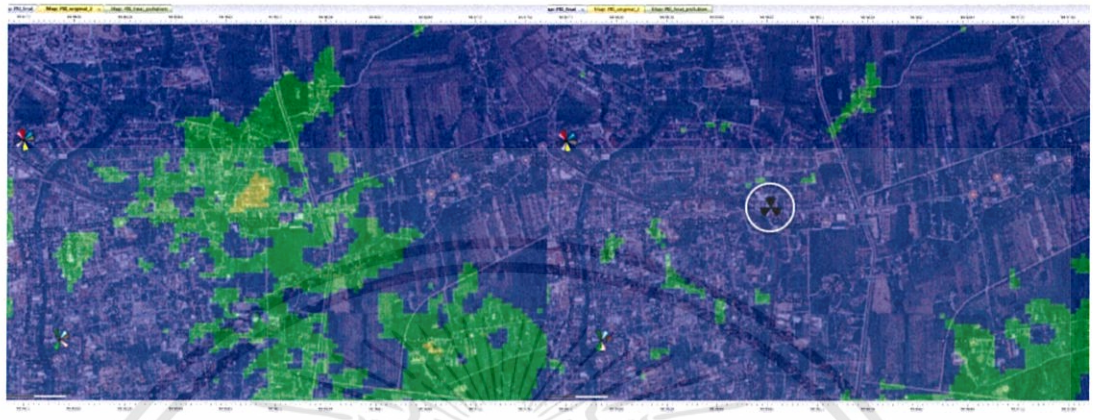


ภาพที่ 4.18 เปรียบเทียบพื้นที่ปัญหาจุดที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ปัญหาจุดที่ 2

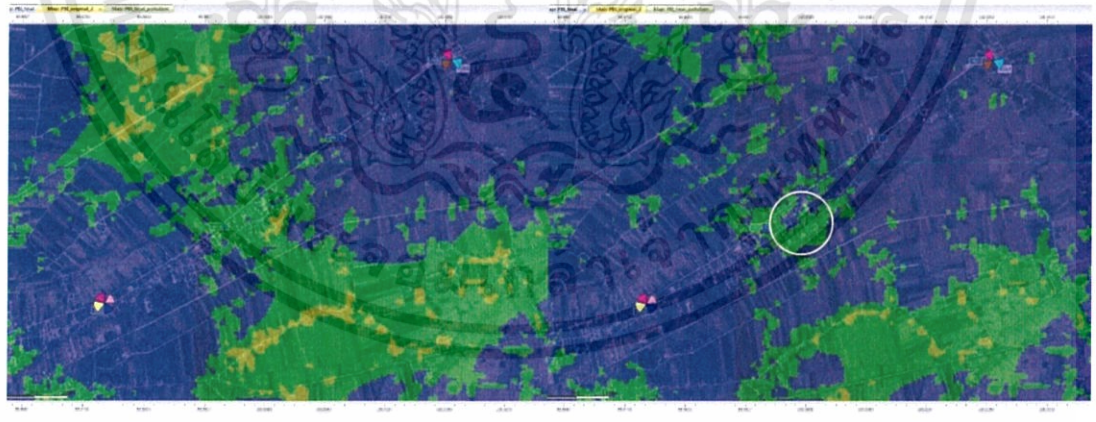
ก่อนปรับค่า หลังปรับค่า



ภาพที่ 4.19 เปรียบเทียบพื้นที่ปัญหาจุดที่ 2

พื้นที่ปัญหาจุดที่ 3

ก่อนปรับค่า หลังปรับค่า

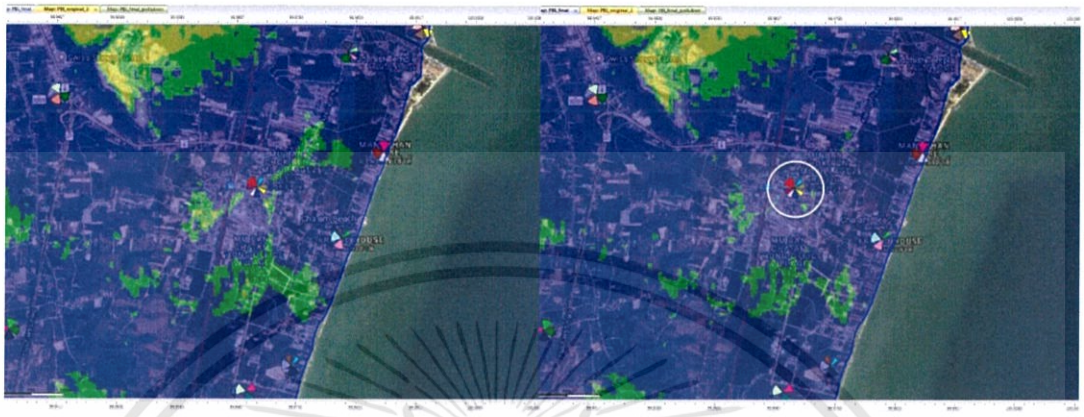


ภาพที่ 4.20 เปรียบเทียบพื้นที่ปัญหาจุดที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ปัญหาจุดที่ 4

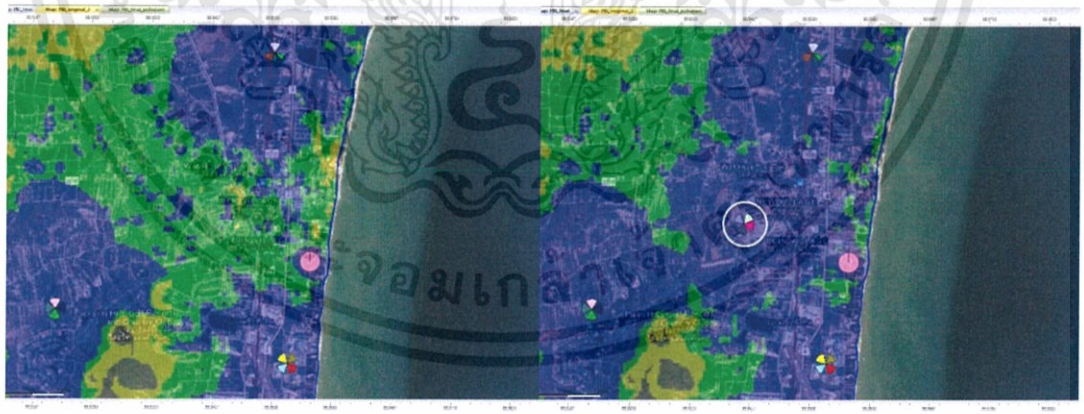
ก่อนปรับค่า หลังปรับค่า



ภาพที่ 4.21 เปรียบเทียบพื้นที่ปัญหาจุดที่ 4

พื้นที่ปัญหาจุดที่ 5

ก่อนปรับค่า หลังปรับค่า



ภาพที่ 4.22 เปรียบเทียบพื้นที่ปัญหาจุดที่ 5

จากตารางที่ 4.10 จะทราบว่าหลังการดำเนินการ การแพร่กระจายของสัญญาณได้เพิ่มขึ้นจากเดิม 2,294.71 ตารางกิโลเมตร เป็น 2,303.77 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 37.01 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.17 จะทราบว่าการแพร่กระจายของสัญญาณทั้งหมดหลังการปรับปรุงที่ครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดแบ่งเป็น

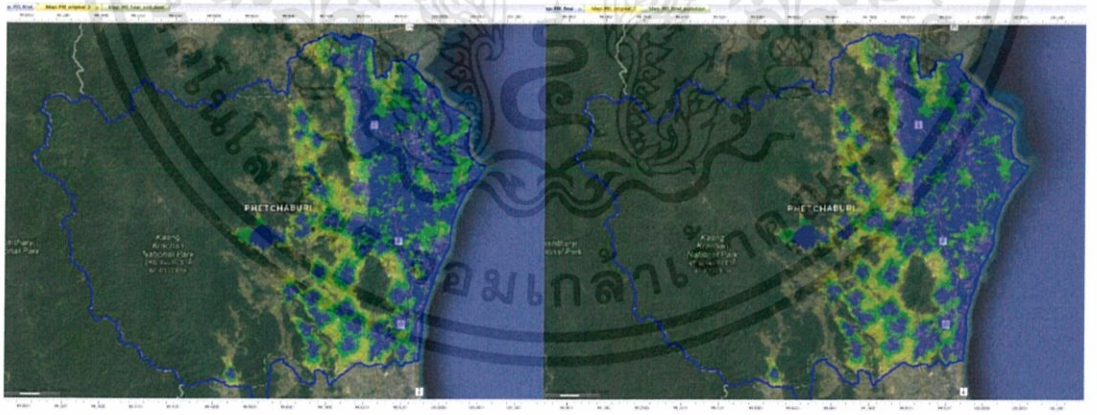
- ค่า RSCP ที่มีค่าอยู่ในช่วง -100 ถึง -90 dBm คิดเป็น 17 เปอร์เซ็นต์
- ค่า RSCP ที่มีค่าอยู่ในช่วง -90 ถึง -80 dBm คิดเป็น 29 เปอร์เซ็นต์
- ค่า RSCP ที่มีค่าอยู่ในช่วง -80 ถึง -70 dBm คิดเป็น 54 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบการครอบคลุมของสัญญาณในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรีทั้งก่อนและหลังปรับปรุง

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบค่า Coverage Area

	Before	After
Coverage Area (km^2)	2,294.71	2,303.77
% Total Area	36.86	37.01

ก่อนดำเนินการ หลังดำเนินการ



ภาพที่ 4.23 เปรียบเทียบสัญญาณของจังหวัดเพชรบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบค่า RSCP

Area	Legend	Before	After
Urban (km²)	Signal Level (dBm) ≥ -80	24.06	25.18
	Signal Level (dBm) ≥ -90	34.98	35.48
	Signal Level (dBm) ≥ -100	39.92	40.03
	% Total	50.75	53.53
Sub urban (km²)	Signal Level (dBm) ≥ -80	2.67	2.75
	Signal Level (dBm) ≥ -90	3.62	3.62
	Signal Level (dBm) ≥ -100	3.73	3.73
	% Total	31.11	29.06
Village (km²)	Signal Level (dBm) ≥ -80	2.42	2.75
	Signal Level (dBm) ≥ -90	3.08	3.62
	Signal Level (dBm) ≥ -100	3.12	3.73
	% Total	18.14	17.41

จากตาราง 4.12 ทำให้ทราบว่าของค่า RSCP ในบริเวณ Urban มีค่าสัญญาณที่ดีขึ้น ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น ส่วนในบริเวณ Sub urban มีค่าสัญญาณที่ครอบคลุมมากขึ้นในบางจุดและในพื้นที่ Village มีการครอบคลุมของพื้นที่สัญญาณมากขึ้นและค่า RSCP ที่ดียิ่งขึ้น ในภาพรวมเมื่อคิดจากพื้นที่สัญญาณครอบคลุมทั้งหมดเปอร์เซ็นต์ของค่า RSPC ≥ -80 dBm มีค่าเพิ่มสูงขึ้น 2.78 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบค่า RSCP ก่อนและหลังปรับปรุง

Signal Level (dBm)	Before	after
≥ -80	51%	54%
≥ -90	31%	29%
≥ -100	18%	17%

PSC Planning

กำหนดเลข PSC ให้แต่ละเซกเตอร์ที่เพิ่มขึ้นมาใหม่

ตารางที่ 4.15 เลข PSC

Site	Cell	Code	Cluster
Site557	Site557_1	120	15
Site557	Site557_2	121	15
Site557	Site557_3	122	15
Site557	Site557_4	123	15
Site558	Site558_1	480	60
Site558	Site558_2	481	60
Site558	Site558_3	482	60
Site559	Site559_1	483	60
Site559	Site559_2	484	60
Site559	Site559_3	485	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Neighbor Planning

กำหนด Neighbor ให้แต่ละเซกเตอร์

ตารางที่ 4.16 การเพิ่ม Neighbor

Cell	Neighbor	Cause	Coverage (%)	Adjacency (%)
557_1	557_2	Co-Site	27.95	22.78
	557_4	Co-Site	9.05	7.75
	557_3	Co-Site	-	-
	U21-PBI0049-1C	Adjacent	20.68	13.57
	U21-PBI0049-1D	Adjacent	11.95	10.34
	U21-PBI0049-1B	Adjacent	0.32	0.32
557_2	557_1	Co-Site	20.55	18.61
	557_3	Co-Site	11.33	10.36
	557_4	Co-Site	-	-
	U21-PBI0149-1A	Adjacent	15.37	10.84
	U21-PBI0149-1B	Adjacent	5.34	2.75
	U21-PBI0049-1C	Adjacent	5.66	3.07
	U21-PBI0089-1A	Adjacent	0.65	0.65
557_3	557_2	Co-Site	7.1	6.12
	557_4	Co-Site	4.04	3.18
	557_1	Co-Site	-	-
	U21-PBI0149-1A	Adjacent	24.6	17.14
	U21-PBI0149-1D	Adjacent	11.75	7.83
	U21-PBI0041-1B	Adjacent	7.47	6.12
	U21-PBI0049-1D	Adjacent	1.59	1.22
	U21-PBI0156-1B	Adjacent	0.37	0.24
557_4	557_1	Co-Site	7.7	6.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	557_3	Co-Site	4.32	3.5
	557_2	Co-Site	-	-
	U21-PBI0041-1A	Adjacent	29.64	21.82
	U21-PBI0049-1D	Adjacent	25.32	17.27
	U21-PBI0041-1B	Adjacent	3.97	1.87
	U21-PBI0135-1D	Symmetric	-	-
558_1	558_2	Co-Site	12.12	8.08
	558_3	Co-Site	6.06	5.05
	U21-PBI0001-1F	Adjacent	13.13	12.12
	U21-PBI0159-1E	Adjacent	5.05	3.03
	U21-PBI0001-1H	Adjacent	4.04	2.02
	U21-PBI0159-1D	Adjacent	3.03	2.02
	U21-PBI0001-1G	Adjacent	5.05	1.01
	U21-PBI0159-1F	Adjacent	2.02	2.02
	U21-PBI0044-1C	Adjacent	6.06	1.01
	U21-PBI0147-1A	Adjacent	2.02	1.01
	U21-PBI0159-1C	Adjacent	2.02	1.01
	U21-PBI0008-1B	Adjacent	1.01	1.01
	U21-PBI0001-1B	Adjacent	1.01	1.01
	U21-PBI0001-1A	Symmetric	-	
	U21-PBI0001-1C	Symmetric	-	-
	U21-PBI0036-1C	Symmetric	-	-
558_2	558_1	Co-Site	21.69	18.07
	558_3	Co-Site	6.02	3.61
	U21-PBI0043-1F	Adjacent	19.28	16.87
	U21-PBI0043-1A	Adjacent	9.64	7.23
	U21-PBI0001-1F	Adjacent	6.02	1.2
	U21-PBI0147-1B	Adjacent	2.41	1.2
	U21-PBI0112-1A	Adjacent	3.61	1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	U21-PBI0017-1A	Symmetric	-	-
	U21-PBI0147-1A	Symmetric	-	-
558_3	558_1	Co-Site	3.6	2.7
	558_2	Co-Site	1.8	1.8
	U21-PBI0147-1A	Adjacent	13.51	9.91
	U21-PBI0008-1B	Adjacent	9.01	8.11
	U21-PBI0008-1F	Adjacent	8.11	7.21
	U21-PBI0008-1C	Adjacent	8.11	1.8
559_1	559_3	Co-Site	3.95	3.95
	559_2	Co-Site	5.26	2.63
	U21-PBI0036-1B	Adjacent	28.95	26.32
	U21-PBI0001-1C	Adjacent	26.32	11.84
	U21-PBI0104-1D	Adjacent	1.32	1.32
	U21-PBI0017-1A	Symmetric	-	-
559_2	559_3	Co-Site	1.6	1.28
	559_1	Co-Site	0.48	0.32
	U21-PBI0104-1D	Adjacent	29.28	21.92
	U21-PBI0017-1A	Adjacent	17.12	12
	U21-PBI0017-1B	Adjacent	11.68	7.52
	U21-PBI0036-1B	Adjacent	5.76	1.44
	U21-PBI0001-1C	Adjacent	3.36	1.44
	U21-PBI0104-1C	Adjacent	4.64	1.6
	U21-PBI0043-1C	Adjacent	1.76	0.48
559_3	559_2	Co-Site	8.02	7.41
	559_1	Co-Site	-	-
	U21-PBI0043-1C	Adjacent	11.11	8.64
	U21-PBI0043-1B	Adjacent	11.11	6.17
	U21-PBI0001-1D	Adjacent	8.64	6.17
	U21-PBI0017-1A	Adjacent	9.26	3.09

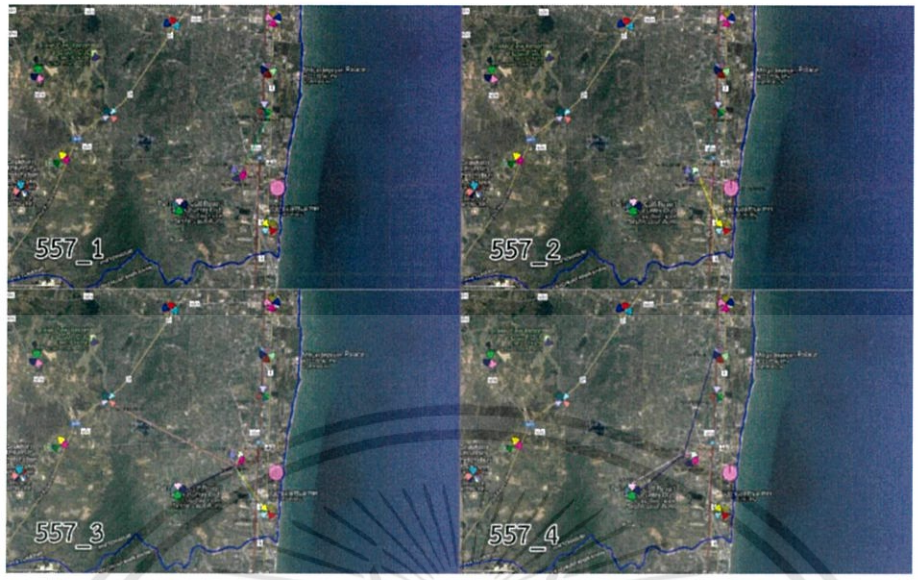
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	U21-PBI0001-1C	Adjacent	4.94	3.7
	U21-PBI0043-1E	Adjacent	0.62	0.62
	U21-PBI0044-1C	Symmetric	-	-

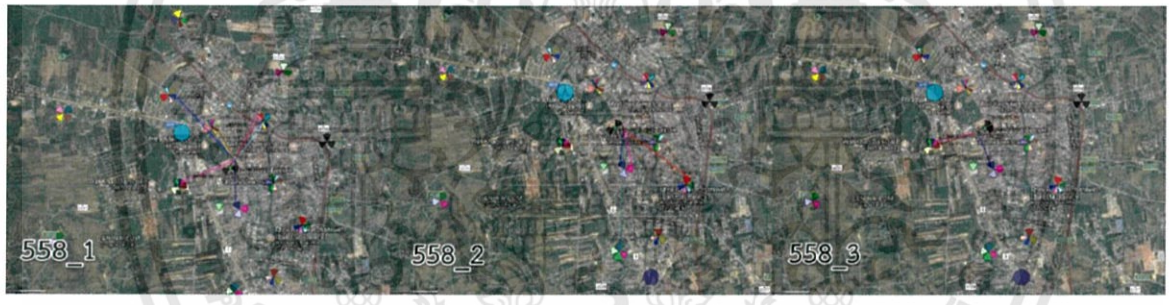
จากตารางที่ 4.14 สรุปได้ว่าหลังจากทำการติดตั้งไซต์ขึ้นใหม่จำนวน 3 ไซต์ ทำการเพิ่ม Neighbor ให้แต่ละเซกเตอร์ จะสรุปได้

- 557_1 เพิ่ม Neighbor จำนวน 6 ตัว
- 557_2 เพิ่ม Neighbor จำนวน 7 ตัว
- 557_3 เพิ่ม Neighbor จำนวน 8 ตัว
- 557_4 เพิ่ม Neighbor จำนวน 7 ตัว
- 558_1 เพิ่ม Neighbor จำนวน 16 ตัว
- 558_2 เพิ่ม Neighbor จำนวน 9 ตัว
- 558_3 เพิ่ม Neighbor จำนวน 6 ตัว
- 559_1 เพิ่ม Neighbor จำนวน 6 ตัว
- 559_2 เพิ่ม Neighbor จำนวน 9 ตัว
- 559_3 เพิ่ม Neighbor จำนวน 9 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.24 Neighbor ของไซต์ 557 ในแต่ละเซกเตอร์



ภาพที่ 4.25 Neighbor ของไซต์ 558 ในแต่ละเซกเตอร์

ภาพที่ 4.26 Neighbor ของไซต์ 559 ในแต่ละเซกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินการและข้อเสนอแนะ

การวางแผนปรับปรุงคุณภาพโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 บนคลื่นความถี่ 2,100 MHz ในจังหวัดเพชรบุรี โดยใช้โปรแกรม Atoll นั้นสามารถสรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 การดำเนินงานจัดทำโครงงาน

5.1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

5.1.1.1 เพื่อปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

5.1.1.2 เพื่อปรับปรุงคุณภาพสัญญาณที่ดีอยู่แล้วให้ดียิ่งขึ้น

5.1.2 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือหรือโปรแกรมในการใช้งาน

5.1.2.1 คอมพิวเตอร์พร้อมการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

5.1.2.2 โปรแกรมในการใช้งาน

- Atoll
- Google Earth Pro

5.2 สรุปผลการดำเนินงาน

หลังจากการปรับปรุงคุณภาพสัญญาณในจังหวัดเพชรบุรีเสร็จสิ้นเรียบร้อยและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

- พบพื้นที่ที่ค่า RSCP ไม่ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 5 จุด
- ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ของเซกเตอร์ เพื่อแก้ไขพื้นที่ปัญหา จำนวน 19 เซกเตอร์
- มีพื้นที่ปัญหา 3 จุด ที่ไม่สามารถแก้ไขโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ จึงแก้ปัญหาโดยการตั้งไซต์ขึ้นใหม่จำนวน 3 ไซต์
- นอกเหนือพื้นที่ปัญหา ได้ทำการปรับค่าพารามิเตอร์จำนวน 58 เซกเตอร์ เพื่อให้ค่า RSCP ในแต่ละพื้นที่ดียิ่งขึ้นและการแพร่กระจายของสัญญาณครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

- การใช้งานของโปรแกรม Atoll ผู้ใช้จะต้องมีความรู้พื้นฐานในระดับหนึ่งเพราะในตัวโปรแกรมมีศัพท์เทคนิคมากพอสมควร
- ระดับค่าคุณภาพของสัญญาณและการแพร่กระจายของสัญญาณเป็นเพียงแค่การจำลองการแพร่กระจาย โดยคำนวณจากค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ทำการใส่ค่าเข้าไป ในความเป็นจริงค่าต่าง ๆ ที่วัดได้อาจจะน้อยกว่าหรือแพร่กระจายไม่ดีเท่าที่คำนวณได้ในโปรแกรม

5.3.2 ปัญหา อุปสรรค

- ผู้จัดทำใช้เวลาระยะหนึ่งศึกษาการใช้งานของโปรแกรมในช่วงแรก จึงทำให้มีความล่าช้าในการดำเนินงาน
- ไฟล์ต่าง ๆ ที่อิมพอร์ตเข้าไปในโปรแกรมในตอนต้น บางไฟล์อาจมีข้อมูลที่ไม่เป็นปัจจุบัน เช่น ไฟล์ Clutter classes ทำให้ในบางพื้นที่ผู้จัดทำต้องทำการเปรียบเทียบพื้นที่จากภาพถ่ายดาวเทียม วาด Clutter classes ขึ้นใหม่ให้เป็นปัจจุบันที่สุดเพื่อคำนวณค่าและจำลองการแพร่กระจายออกมาใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] โชคชัย แสงดาว. “วิวัฒนาการโทรศัพท์เคลื่อนที่”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 2 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก : http://www.eng.mut.ac.th/article_detail.php?id=70

[2] “ระบบโทรศัพท์มือถือ”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 27 พฤศจิกายน 2560 เข้าถึงได้จาก : https://www.novabizz.com/CDC/System/Telephone_System.htm

[3] “ระบบ cdma umts wcdma hspa hsdpa กับมาตรฐานโทรศัพท์มือถือยุค 3g”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 27 พฤศจิกายน 2560 เข้าถึงได้จาก : http://www.needformen.com/phone/3g-standard.html

[4] “ระบบโทรศัพท์มือถือ”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 27 พฤศจิกายน 2560 เข้าถึงได้จาก : http://digi.library.tu.ac.th/thesis/it/0197/09%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%883.pdf

[5] “A simplified UMTS Network Achitecture”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 28 พฤศจิกายน 2560 เข้าถึงได้จาก : https://www.researchgate.net/figure/221545327_fig1_Fig-1-A-Simplified-UMTS-Network-Architecture

[6] “ความถี่วิทยุ”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก : http://www.psptech.co.th/%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%96%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%97%E0%B8%A2%E0%B8%B8-31804.page

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[7] “Sector Antenna”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 9 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก : http://shop.bizsyscon.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/c/m/cm6__90643.png

[8] “การแบ่งประเภทของสายอากาศ”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 9 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก : https://www.hobbyelec.com/article/8/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%A0%E0%B8%97%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A8

[8] สุวัฒน์ หนูคีรี. “สายอากาศ”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 9 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก : http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum/index.php?topic=651.0;wap2

[9] “Grid Antenna”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 9 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก : https://scoop.co.za/2ghz-19dbi-grid-antenna.html

[10] “เสาโทรศัพท์แต่ละประเภท”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 9 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก : https://pantip.com/topic/33273806

[11] “Guyed mask tower”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก : https://www.telcoantennas.com.au/site/guyed-lattice-tower-360mm-faced-30m

[11] “Self support tower”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก : http://www.panoramio.com/photo/90687810#

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] “comparison of mechanical and electrical downtilt”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก : http://www.atdi.co.uk/comparison-of-mechanical-and-electrical-downtilt/

[12] “what was inside a mobile phone base station panel antenna”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก : http://www.aurfscan.com.au/showthread.php?8619-Ever-wondered-what-was-inside-a-mobile-phone-base-station-panel-antenna

[13] “การกำหนดทิศ”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก : http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/lesa212/1/celestial_sphere/news/news.html

[13] “มุมอะซิมุทคืออะไร”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก : https://www.bloggang.com/viewdiary.php?id=goldendragon&month=01-2007&date=30&group=1&gblog=4

[14] “Altitude & Azimuth : The Horizontal Coordinate System”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก : รูปอะซิมุท https://www.timeanddate.com/astronomy/horizontal-coordinate-system.html

[15] “Understand antenna gain”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก : https://rcexplorer.se/projects/2009/06/understanding-antenna-gain/

[16] “พารามิเตอร์ของสายอากาศ”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก : http://www.academia.edu/11626486/2.1_%E0%B8%9E%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%B2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A8

[17] "Circular or linear Polarized antenna for FPV". [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก : https://oscarliang.com/linear-circular-polarized-antenna-fpv/

[18] "โปรแกรมวิเคราะห์และจำลองขอบเขตสัญญาณครอบคลุมเครือข่ายโทรศัพท์". [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก :
http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/2677/1/2549-17-1.1.pdf

[19] Ericsson. "WCDMA Ran Network Design". [ออฟไลน์].

[20] "Model HUAWEI A19451811". [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 11 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก :
http://www.huawei.com/ucmf/groups/public/documents/attachments/a19451811-pdf.pdf

[21] "Huawei Antenna & Antenna line Products Catalogue 2017". [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 11 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก :
http://carrier.huawei.com/~/media/CNBG/Downloads/Product/Wireless%20Network/Antenna/CatalogueHuawei%20Antenna%20and%20Antenna%20Line%20Products%20Catalogue%202017 01%20(20170113).pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตัวแปรที่มีผลต่อการแพร่กระจายของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ตัวแปรที่มีผลต่อการแพร่กระจายของสัญญาณ

1.1 ความสูงของเสาสัญญาณ (เมตร)

1.2 กำลังไฟฟ้าของเสาสัญญาณ (dBm)

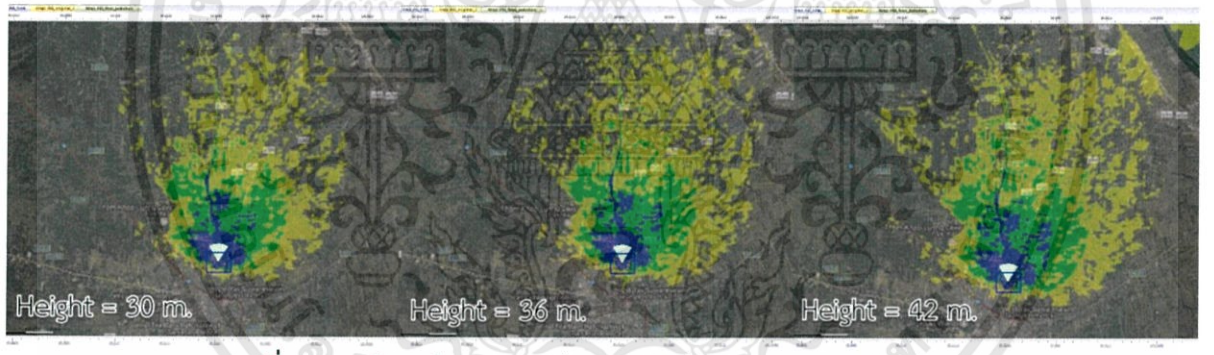
1.3 ชนิดของ Antenna

1.4 Azimuth (°)

1.5 Electrical tilt (E-tilt) / Mechanical tilt (M-tilt) (°)

1.1 ความสูงของเสาสัญญาณ

จะต้องคำนึงถึงลักษณะพื้นที่บริเวณโดยรอบที่ตั้งของเสาสัญญาณ เสาสัญญาณที่สูงนิยมใช้บนพื้นที่แบบ Rural เพราะสามารถกระจายสัญญาณได้เป็นบริเวณกว้างและยิงออกไปได้ไกล บนพื้นที่ลักษณะเป็น Dense urban, Urban จะไม่นิยมใช้เสาสัญญาณที่มีความสูงมากนักเพราะถึงสามารถส่งสัญญาณออกไปได้ไกล แต่ความจุช่องสัญญาณไม่สามารถรองรับปริมาณผู้ใช้ได้

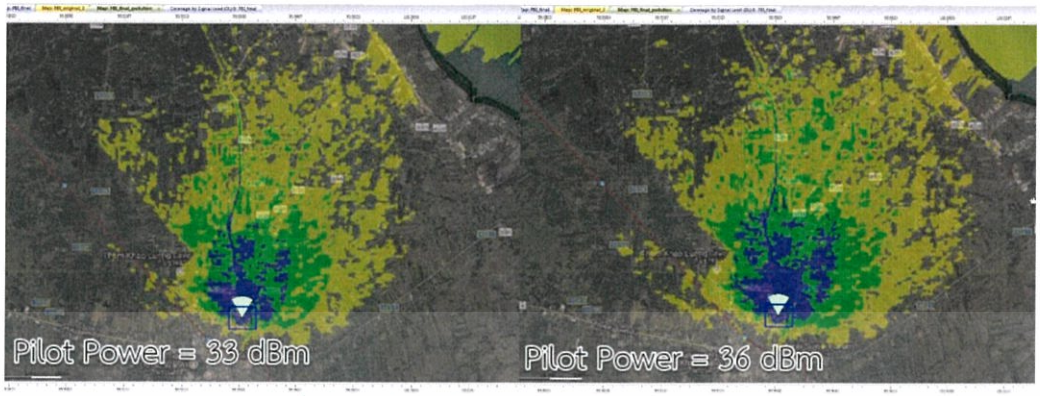


ภาพที่ ก.1 เปรียบเทียบการแพร่กระจายแต่ละความสูงของเสาสัญญาณ

1.2 กำลังไฟฟ้าของเสาสัญญาณ

ยิ่งมีกำลังส่งมากยิ่งสามารถส่งสัญญาณออกไปได้ไกล แต่ต้องคำนึงถึงกำลังส่งจาก UE ให้สามารถส่งสัญญาณกลับมาได้ด้วย โดยส่วนใหญ่จะมีค่ามาตรฐานอยู่ที่ 33 dBm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.2 เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าของเสาสัญญาณ

1.3 Antenna Model

Antenna Model ที่ผู้จัดทำเลือกใช้มีอยู่ 2 แบบ

1.3.1 HUAWEI A19451811

ภาพที่ ก.3 Antenna Model HUAWEI A19451811 [20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

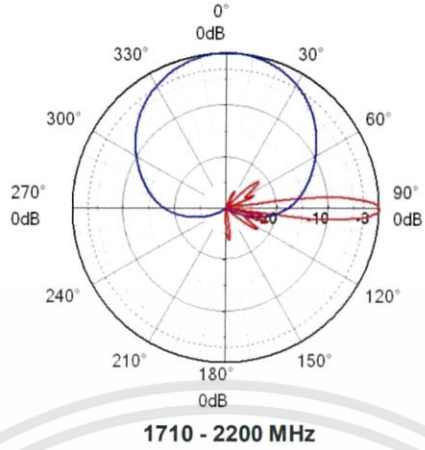
Electrical Properties												
Frequency range (MHz)	1710 - 2200											
	1710 - 1880			1850 - 1990			1920 - 2170			2170 - 2200		
Polarization	+45°, -45°											
Electrical downtilt (°)	0 - 10, continuously adjustable											
Gain (dBi)	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°
	17.2	17.6	17.4	17.7	18.0	17.7	18.0	18.1	17.9	18.0	18.2	17.9
Side lobe suppression for first side lobe above main beam (Typ.) (dB)	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°
	20	16	18	20	20	18	18	17	16	18	18	16
Horizontal 3dB beam width (°)	67			64			61			60		
Vertical 3dB beam width (°)	7.5			7.0			6.7			6.2		
VSWR	< 1.5											
Isolation between ports (dB)	≥ 30											
Front to back ratio, copolar (dB)	Typ. 30											
Cross polar ratio (dB) 0°	Typ. 22											
Cross polar ratio (dB) ±60°	Typ. 10											
Max. power per input (W)	300 (at 50℃ ambient temperature)											
Intermodulation IM3 (dBc)	≤ -153 (2 x 43 dBm carrier)											
Squint (°)	Avg. 1.2											
Tracking (dB)	Avg. 1.2 (within 10dB HBW)											
Impedance (Ω)	50											
Grounding	DC Ground											

ภาพที่ ก.4 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ HUAWEI A19451811 [20]

Mechanical Properties	
Antenna dimensions (H x W x D) (mm)	1311 x 155 x 89
Packing dimensions (H x W x D) (mm)	1635 x 195 x 155
Antenna weight (kg)	6.2
Clamps weight (kg)	2.0 (2 units)
Antenna packing weight (kg)	10.7 (Included clamps)
Mast diameter supported (mm)	38 - 115
Radome material	Fiberglass
Radome colour	Light grey
Operational temperature (℃)	-55 .. +65
Wind load (N)	Frontal: 315 (at 150 km/h) Lateral: 155 (at 150 km/h) Rear side: 360 (at 150 km/h)
Max. operational wind speed (km/h)	150
Survival wind speed (km/h)	200
Connector	2 x 7/16 DIN Female
Connector position	Bottom

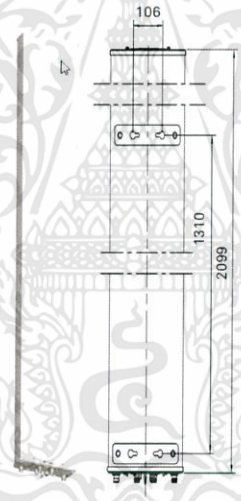
ภาพที่ ก.5 คุณสมบัติเชิงกลของ HUAWEI A19451811 [20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.6 รูปแบบการแพร่กระจายสัญญาณของ HUAWEI A19451811 [20]

1.3.2 ADU4521R0v06



ภาพที่ ก.7 Antenna Model ADU4521R0v06 [21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

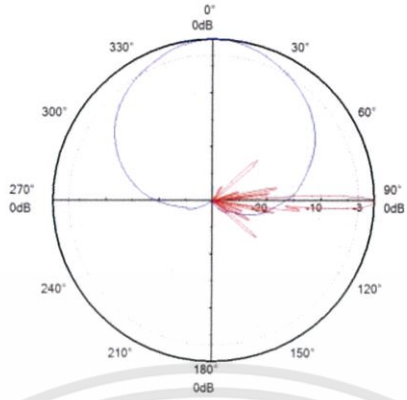
Electrical Properties					
Frequency range (MHz)		2 x (1695 - 2690)			
		1695 - 1990	1920 - 2200	2200 - 2490	2490 - 2690
Polarization		+45°, -45°			
Electrical downtilt (°)		0 - 6 , continuously adjustable , each band separately			
Gain (dBi)	at mid Tilt	20.0	20.5	20.7	21.0
	over all Tilts	20.0 ±0.5	20.5 ±0.5	20.7 ±0.5	21.0 ±0.5
Side lobe suppression for first side lobe above main beam (dB)		> 18	> 17	> 17	> 16
Horizontal 3dB beam width (°)		65 ±4	62 ±3	60 ±3	58 ±5
Vertical 3dB beam width (°)		4.4 ±0.4	4.0 ±0.4	3.5 ±0.2	3.3 ±0.3
VSWR		< 1.5			
Cross polar isolation (dB)		≥ 28			
Interband isolation (dB)		≥ 28			
Front to back ratio , ±30° (dB)		> 26	> 26	> 26	> 26
Cross polar ratio (dB)	0°	> 20	> 20	> 20	> 20
Max. power per input (W)		250 (at 50℃ ambient temperature)*			
Intermodulation IM3 (dBc)		≤ -153 (2 x 43 dBm carrier)			
Impedance (Ω)		50			
Grounding		DC Ground			

ภาพที่ ก.8 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Antenna Model ADU4521R0v06 [21]

Mechanical Properties	
Antenna dimensions (H x W x D) (mm)	2099 x 269 x 86
Packing dimensions (H x W x D) (mm)	2415 x 340 x 160
Antenna weight (kg)	16.2
Clamps weight (kg)	3.6 (2 units)
Antenna packing weight (kg)	26.8 (Included clamps)
Mast diameter supported (mm)	50-115
Radome material	Fiberglass
Radome colour	Light grey
Operational temperature (℃)	-40 .. +65
Wind load (N)	Frontal: 895 (at 150 km/h) Lateral: 125 (at 150 km/h) Rear side: 840 (at 150 km/h)
Max. operational wind speed (km/h)	200
Survival wind speed (km/h)	250
Connector	4 x 4.3-10 Female
Connector position	Bottom

ภาพที่ ก.9 คุณสมบัติเชิงกลของ Antenna Model ADU4521R0v06 [21]

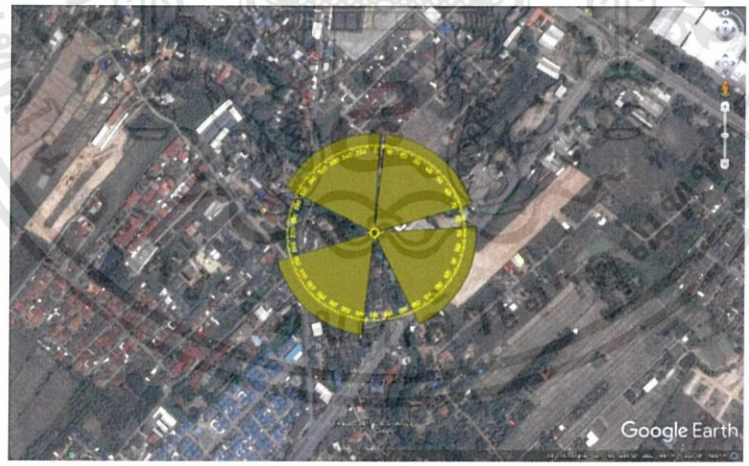
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.10 รูปแบบการแพร่กระจายสัญญาณของ Antenna Model ADU4521R0v06 [21]

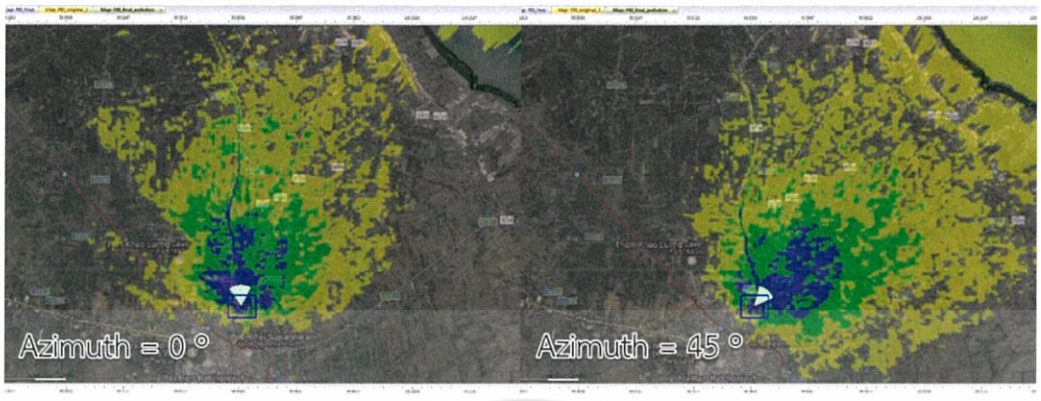
1.4 การปรับมุม Azimuth

ปรับไปทางที่ต้องการให้สัญญาณยิงออกไป ต้องคำนึงถึงเซกเตอร์ในบริเวณรอบ ๆ ด้วย เพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของสัญญาณ



ภาพที่ ก.11 การวัดมุม Azimuth

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.12 การปรียบเทียบมุม Azimuth

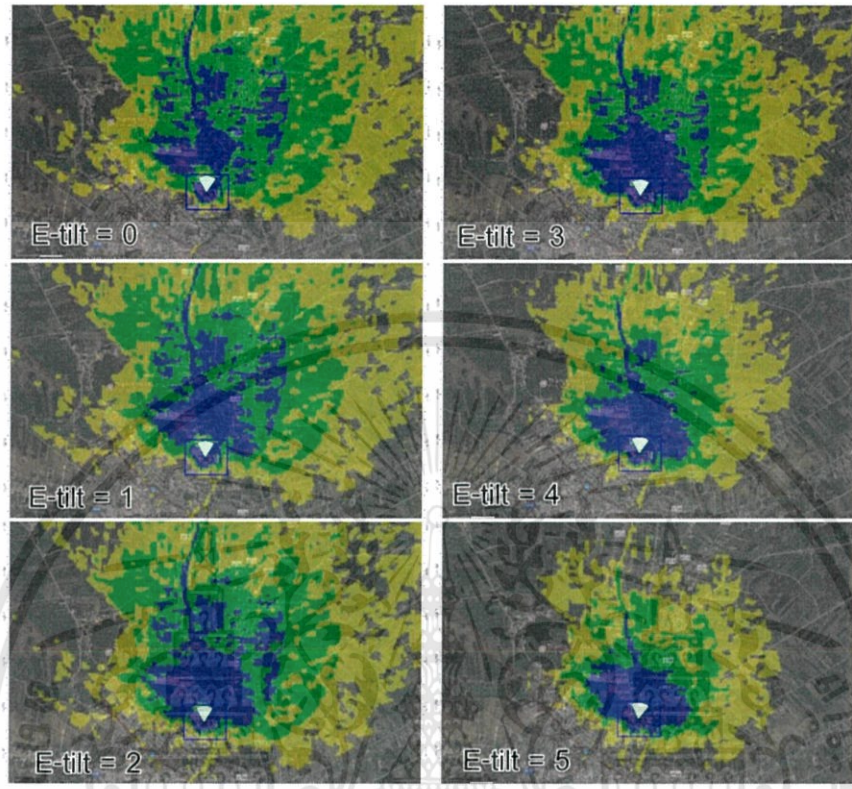
1.5 การปรับมุม Electrical tilt (E-tilt) / Mechanical tilt (M-tilt)

1.5.1 เปรียบเทียบการปรับมุม M-tilt

ภาพที่ ก.13 เปรียบเทียบการปรับ M-tilt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.2 เปรียบเทียบการปรับมุม E-tilt



ภาพที่ ก.14 เปรียบเทียบการปรับ E-tilt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้