



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การวางแผนปรับปรุงคุณภาพสัญญาณโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G บน
คลื่นความถี่ 2,100 MHz ในจังหวัดลำปาง

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

นางสาวปิยะดา กลิ่นเจริญ

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การวางแผนปรับปรุงคุณภาพสัญญาณโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G บน
คลื่นความถี่ 2,100 MHz ในจังหวัดลำปาง

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

นางสาวปิยะดา กลิ่นเจริญ

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา	การวางแผนปรับปรุงคุณภาพสัญญาณโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G บนคลื่นความถี่ 2,100 MHz ในจังหวัดลำปาง
ชื่อ-สกุล นักศึกษา	นางสาวปิยะดา กลิ่นเจริญ
คณะวิศวกรรมศาสตร์	ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ	รศ.ดร.ชวลิต เบญจางคประเสริฐ
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน	นายนวกัณฑ์ สุจิระชาโต
ชื่อสถานประกอบการ	บริษัท หัวเหว่ย เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

การฝึกงานในโครงการสหกิจศึกษาที่บริษัทหัวเหว่ย เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ในแผนกงาน RF Engineering รับผิดชอบการวางแผนการติดตั้งสถานีฐาน เพื่อให้ได้สัญญาณครอบคลุมพื้นที่มากที่สุด ซึ่งดูแลจัดการคลื่นสัญญาณให้บริษัท โทเทิล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น จำกัด หรือดีแทค และเนื่องจากบริษัท ดีแทค กำลังหมดสัมปทานคลื่นความถี่ 850 MHz ในปี พ.ศ. 2561 ซึ่งเหลือเพียงคลื่นความถี่ 2,100 MHz เพียงคลื่นเดียว โดยคุณสมบัติของคลื่นความถี่ต่ำ (850 MHz) จะมีการกระจายสัญญาณได้ไกลกว่าคลื่นความถี่สูง (2,100 MHz) ทำให้ต้องบริหารจัดการคลื่น 2,100 MHz ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดทดแทนคลื่นความถี่ 850 MHz ที่จะหมดสัมปทาน

โครงการนี้จึงได้รับมอบหมายเพื่อศึกษาหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้บริการโครงข่ายบนคลื่นความถี่ 2,100 MHz ในจังหวัดลำปางให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยจะให้ความสำคัญกับความครอบคลุมสัญญาณเป็นหลัก ซึ่งมีค่าที่ใช้ในการวัดผลดำเนินงาน คือ ค่าระดับความแรงของสัญญาณ หรือ RSCP (Received Signal Code Power) และมีการวางแผนแก้ไขปัญหา โดยการตั้งสถานีฐานใหม่ในกรณีที่สถานีฐานเดิมไม่สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ โดยเครื่องมือที่ใช้คือโปรแกรม Atoll และโปรแกรม Google Earth Pro ซึ่งในการแก้ปัญหาเหล่านี้ อาจจะไม่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์ แต่จะแก้ไขให้มีความเหมาะสมมากที่สุด

Cooperative Title: Third Generation Mobile Network Improvement Planning at
2,100 MHz in LAMPANG Province

Student intern name: Ms. Piyada Klincharoen

Faculty: Engineering **Department:** Computer Engineering

Major: Information Engineering

Advisor name: Assoc.Prof.Dr.Chawalit Benjangkaprasert

Mentor name: Mr.Navapat Sujirachato

Company: Huawei Technologies (Thailand) Co., Ltd.

ABSTRACT

In Cooperative Education and Internship Program at Huawei Technologies (Thailand) Company limited. The department of Radio Frequency Engineering has the responsibilities for planning the base station installation. To get the most coverage signal. It is responsible for signal management to Total Access Communication Company limited, or dtac. Since dtac is running out of the 850 MHz band in 2018, only 2,100 MHz is available. The property of low frequency (850 MHz) spread signal superior to the high frequency (2,100 MHz). Thus, the 2,100 MHz has to be managed to the most effective.

This project was commissioned to study ways to improve and increase the efficiency of the network at 2,100 MHz frequency band in lampang province. It will focus on signal coverage. The values used to measure performance is RSCP (Received Signal Code Power). The problem is resolved by setting up a new base station if the original base station can not be improved. The tools used are Atoll and Google Earth Pro, which may not solve the problem completely. But it will be most appropriate.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการออกแบบปรับปรุงคุณภาพโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 บนคลื่นความถี่ 2,100 MHz ในจังหวัดลำปาง สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่านขอขอบคุณพนักงานในกลุ่มบริษัท หัวเหว่ย เทคโนโลยี ประเทศไทย จำกัด โดยเฉพาะสมาชิกแผนก RF Engineer ฝ่าย Planning ซึ่งได้ให้คำแนะนำ สอนความรู้เกี่ยวกับการทำงาน และให้ความเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำงาน อีกทั้งช่วยแก้ปัญหาในการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติงาน ขอขอบคุณ รศ.ดร.ชวลิต เบญจางคประเสริฐ ผู้เป็นอาจารย์นิเทศงานสหกิจศึกษา ที่คอยให้การสนับสนุน ติดตามความคืบหน้าของโครงการ ให้คำปรึกษาและแนวทางแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ตลอดจนการดำเนินโครงการสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาและครอบครัว ที่คอยช่วยเหลือ ผลักดัน และเป็นกำลังใจสำคัญในการฟันฝ่าอุปสรรคต่าง ๆ ตลอดมา รวมถึงผู้มีพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ ที่เป็นส่วนหนึ่งของความสำเร็จทั้งหมด จึงขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ปิยะดา กลิ่นเจริญ

สารบัญ

บทที่	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตโครงการ.....	1
1.4 เป้าหมายของโครงการ.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงการ.....	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ.....	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ระบบ UMTS.....	4
2.2 ความหมายของ WCDMA.....	4
2.2.1 สถาปัตยกรรม WCDMA.....	5
2.3 ลักษณะของเสาโทรคมนาคม.....	8
2.4 สายอากาศ.....	12
2.4.1 ประเภทของสายอากาศ.....	13
2.4.2 การเอียงสายอากาศ.....	13
2.4.3 มุมอะซิมูท (Azimuth).....	16
2.5 การเดินทางของคลื่นวิทยุ.....	17
2.5.1 การสะท้อน.....	18
2.5.2 การเลี้ยวเบน.....	18
2.5.3 การหักเห.....	19
2.5.4 การดูดกลืน.....	19
2.5.5 การสูญเสียของคลื่นวิทยุ.....	20
2.6 Propagation model.....	20
2.6.1 Free Space Model.....	20

2.6.2 Okumura-Hata Model.....	21
2.6.3 Cost231-Hata Model.....	22
2.7 Hand over.....	23
2.8 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง.....	25
2.8.1 RSCP (Received Signal Code Power).....	25
2.8.2 PSC (Primary scrambling code).....	25
2.8.3 NB (Neighbor).....	25
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	27
3.1 เครื่องมือหรือโปรแกรมที่ใช้ในการดำเนินงาน.....	27
3.1.1 โปรแกรม Atoll 3.3.2.10366 64-bit.....	27
3.1.2 โปรแกรม Google Earth.....	29
3.2 หลักการของโครงการ.....	31
3.3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน.....	32
3.3.1 พิจารณาถึงหลักเกณฑ์ที่ได้รับ.....	32
3.3.2 พิจารณาพื้นที่โดยทั่วไปของจังหวัดลำปาง.....	33
3.3.3 พิจารณาพื้นที่ที่มีปัญหา สัญญาณไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่วางไว้.....	33
3.3.4 ปรับปรุงแก้ไขพื้นที่ที่มีปัญหา.....	33
3.3.5 ตรวจสอบคุณภาพสัญญาณหลังการปรับปรุง.....	34
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน.....	35
4.1 ข้อมูลของสถานีฐาน.....	35
4.1.1 ชนิดของสถานีฐาน.....	35
4.1.2 Radio Specification.....	35
4.2 เกณฑ์การปรับปรุงสัญญาณ.....	38
4.3 ผลการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา.....	38
4.3.1 วิเคราะห์ปัญหาในตัวเมือง (Urban).....	39
4.3.2 วิเคราะห์ปัญหาบริเวณชานเมือง (Suburban).....	50
4.3.3 วิเคราะห์ปัญหาบริเวณชนบท (Rural).....	57
4.3.4 Primary Scrambling Code (PSC number).....	64
4.3.5 Neighbours (Intra-Technology).....	66
4.4 ผลการปรับปรุงปัญหา.....	73

4.4.1	การจำลองคุณภาพสัญญาณ RSCP เปรียบเทียบก่อน-หลังปรับปรุง	73
4.4.2	Histogram วัดคุณภาพสัญญาณ RSCP ก่อนและหลังการปรับปรุง	74
4.4.3	ตารางวัดคุณภาพสัญญาณ RSCP ก่อนและหลังการปรับปรุง	75
บทที่ 5	สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	77
5.1	สรุปผลการดำเนินโครงการ	77
5.2	ปัญหาและอุปสรรค	77
5.2.1	ปัญหาที่เกิดจากไฟล์ข้อมูลจากฐานข้อมูล	77
5.2.2	ปัญหาที่เกิดจากข้อมูลไม่เป็นปัจจุบัน	78
5.2.3	ปัญหาที่เกิดจากโปรแกรม	78
5.3	ข้อเสนอแนะ	78
ภาคผนวก		80
	ก คุณสมบัติของสายอากาศ	80
	เอกสารอ้างอิง	82

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 GSM Base Station Subsystem และ WCDMA Radio Access Network.....	5
2.2 การเชื่อมต่อของระบบ WCDMA RAN.....	6
2.3 การส่งข้อมูลใน WCDMA โดยการใช้ Spread Spectrum.....	7
2.4 Difference between regular CDMA and W-CDMA.....	7
2.5 ลักษณะเสาโทรคมนาคม.....	8
2.6 เสาโทรคมนาคมแบบ Rooftop tower.....	9
2.7 เสาโทรคมนาคมแบบ Angular Tower/Pole tower.....	9
2.8 เสาโทรคมนาคมแบบ Rooftop tower.....	10
2.9 เสาโทรคมนาคมแบบ Monopole.....	10
2.10 เสาโทรคมนาคมแบบ Self Support.....	11
2.11 เสาโทรคมนาคมแบบ Guyed Tower.....	12
2.12 ลักษณะสายอากาศ.....	12
2.13 ตัวอย่างเมื่อสายอากาศถูกเอียงลง (Down Tilt).....	14
2.14 การแพร่คลื่นโดยเอ็ม-ทิวท์และอี-ทิวท์.....	14
2.15 แผนภาพเมื่อทำการเอ็ม-ทิวท์.....	15
2.16 แผนภาพเมื่อทำการอี-ทิวท์.....	15
2.17 การเอียงสายอากาศความกว้างของลำคลื่น 90 องศา กับผลของพื้นที่ครอบคลุม.....	16
2.18 มุมอัลติจูด (สีเขียว) และมุมอะซิมุท (สีแดง).....	17
2.19 การสะท้อนของคลื่นวิทยุ.....	18
2.20 การเลี้ยวเบนของคลื่นวิทยุ.....	19
2.21 การหักเหของคลื่นวิทยุ.....	19
2.22 การสูญเสียของคลื่นวิทยุในทั้ง 3 แบบ.....	20
2.23 ขั้นตอนการ Hand over.....	23
2.24 ขั้นตอนการ Hand over แบบ Hard Hand over.....	24
2.25 ขั้นตอนการ Hand over แบบ Soft Hand over.....	24
2.26 ขั้นตอนการ Hand over แบบ Softer Hand over.....	25
2.27 ตัวอย่างการแฮนด์โอเวอร์ไประหว่างคู่เซลล์ที่เป็น Neighbor.....	26

3.1	หน้าที่ต่าง ๆ ของโปรแกรม Atoll.....	27
3.2	ข้อมูลรายละเอียดของเซกเตอร์ในจังหวัดลำปาง.....	28
3.3	เซกเตอร์ในจังหวัดลำปาง.....	28
3.4	ปรับค่า Propagation model.....	29
3.5	ปรับค่า RSCP.....	29
3.6	หน้าที่ต่าง ๆ ของโปรแกรม Google Earth.....	30
3.7	โพล์ชาร์ตการทำโครงการ.....	31
3.8	การวัดคุณภาพ RSCP.....	32
3.9	ขอบเขตพื้นที่ในเมือง ชานเมือง และชนบท.....	33
3.10	การปรับข้อมูลของเซกเตอร์.....	34
4.1	ตาราง RSCP Legend (หน่วย dBm).....	38
4.2	ภาพรวมพื้นที่ปัญหาในจังหวัดลำปาง.....	39
4.3	ภาพรวมพื้นที่ปัญหาในตัวเมือง.....	39
4.4	ภาพพื้นที่ปัญหา PA#1.....	40
4.5	ภาพพื้นที่ปัญหา PA#2.....	40
4.6	ภาพพื้นที่ปัญหา PA#3.....	41
4.7	ภาพพื้นที่ปัญหา PA#4.....	41
4.8	ภาพพื้นที่ปัญหา PA#5.....	42
4.9	การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#1.....	42
4.10	การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#2.....	43
4.11	บริเวณที่ตั้งสถานีฐาน L0226.....	44
4.12	การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#3.....	45
4.13	บริเวณที่ตั้งสถานีฐาน L0227.....	46
4.14	การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#4.....	46
4.15	บริเวณที่ตั้งสถานีฐาน L0228.....	47
4.16	การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#5.....	48
4.17	ผลลัพธ์หลังการปรับปรุงสัญญาณในตัวเมือง (Urban).....	49
4.18	ภาพรวมบริเวณพื้นที่ปัญหาในเขตชานเมือง.....	50
4.19	ภาพพื้นที่ปัญหา PA#6.....	50
4.20	ภาพพื้นที่ปัญหา PA#7.....	51

4.21 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#8.....	51
4.22 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#9.....	52
4.23 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#10.....	52
4.24 การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#6.....	53
4.25 การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#7.....	54
4.26 การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#8.....	54
4.27 การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#9.....	55
4.28 การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#10.....	55
4.29 ผลลัพธ์หลังการปรับปรุงสัญญาณในชานเมือง (SubUrban).....	56
4.30 ภาพรวมพื้นที่ปัญหาในเขตชนบท.....	57
4.31 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#11.....	58
4.32 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#12.....	58
4.33 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#13.....	59
4.34 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#14.....	59
4.35 บริเวณที่ตั้งสถานีฐาน L0223.....	60
4.36 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#12.....	61
4.37 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#13.....	61
4.38 บริเวณที่ตั้งสถานีฐาน L0229.....	62
4.39 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#14.....	62
4.40 ผลลัพธ์หลังการปรับปรุงสัญญาณในชนบท (Rural).....	63
4.41 รายละเอียดการตั้งค่า PSC (Primary scrambling code).....	64
4.42 รายละเอียดการตั้งค่า Neighbour.....	66
4.43 การจำลองสัญญาณและพื้นที่ปัญหาของจังหวัดลำปางก่อนการปรับปรุง.....	72
4.44 การจำลองสัญญาณและพื้นที่ปัญหาของจังหวัดลำปางหลังการปรับปรุง.....	73
4.45 Histogram คุณภาพสัญญาณก่อนการปรับปรุง (หน่วยตารางกิโลเมตร).....	74
4.46 Histogram คุณภาพสัญญาณหลังการปรับปรุง (หน่วยตารางกิโลเมตร).....	74
ก.1 ลักษณะของสายอากาศ รุ่น HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45.....	79
ก.2 การกระจายสัญญาณของสายอากาศบริเวณตัวเมือง.....	80
ก.3 การกระจายสัญญาณของสายอากาศบริเวณชนบท.....	80

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขอบเขตการทำงาน.....	2
1.2 แสดง Granttchart ของการดำเนินงาน.....	3
4.1 ข้อมูล Radio Specification.....	35
4.2 การวิเคราะห์และปรับปรุงพื้นที่ปัญหาในตัวเมือง PA1-PA5.....	39
4.3 การวิเคราะห์และปรับปรุงพื้นที่ปัญหาในชานเมือง PA6-PA10.....	50
4.4 การวิเคราะห์และปรับปรุงพื้นที่ปัญหาในชนบท PA11-PA14.....	57
4.5 การกำหนดค่า PSC สำหรับสถานีฐานและ Sector ใหม่.....	64
4.6 รายละเอียดการ ADD Neighbours ของ sector.....	67
4.7 ข้อมูลการจำลองคุณภาพสัญญาณ RSCP ก่อนการปรับปรุง.....	74
4.8 ข้อมูลการจำลองคุณภาพสัญญาณ RSCP หลังการปรับปรุง.....	75
ก.1 การกระจายสัญญาณของสายอากาศ รุ่น HUAWEI A19451811.....	80

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว สื่ออิเล็กทรอนิกส์ อินเทอร์เน็ต รวมถึงโทรศัพท์เริ่มเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนเรามากขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งทางด้าน เศรษฐกิจ อุตสาหกรรม การบริการ สังคม สิ่งแวดล้อมไปจนถึงด้านการศึกษา และไม่ใช่เพียงแค่ผู้ใหญ่ หรือวัยรุ่นเท่านั้นที่ใช้งานอินเทอร์เน็ต แต่รวมไปถึงทุกเพศ ทุกวัยที่สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้ กล่าวได้ว่าอินเทอร์เน็ตและโทรศัพท์มือถือถือกลายเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างความสะดวกสบายให้แก่มนุษย์ เนื่องจากโทรศัพท์มือถือช่วยประหยัดเวลาและเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว เป็น เครื่องมือที่ดี ไม่ว่าจะสำหรับการทำธุรกิจ การใช้ในกรณีฉุกเฉินและจำเป็น หรือการสื่อสารประชาสัมพันธ์ ก็ตาม ซึ่งล้วนแต่เป็นสิ่งที่มนุษย์ต้องใช้ประโยชน์จากมันอย่างมาก ระบบการเชื่อมต่อจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะ ทำให้กิจกรรมต่าง ๆ สามารถดำเนินการได้อย่างราบรื่น แต่หากการสื่อสารนั้นเกิดความขัดข้องหรือล่าช้า ย่อมอาจก่อให้เกิดผลเสียหลาย ๆ อย่างตามมาได้

การใช้งานบริการของโทรศัพท์ทั้งทางด้าน การติดต่อสื่อสารหรือการใช้งานอินเทอร์เน็ตมีปัญหา เกิดขึ้นตลอดเวลา ปัญหาส่วนใหญ่ที่ทำให้การสื่อสารเกิดความขัดข้องมีได้หลากหลาย ซึ่งทำให้ต้องมีการ ปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีที่มีอยู่ตลอดเวลา

โครงการนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อวางแผนหาแนวทางในการแก้ไขและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้บริการ เครือข่ายของจังหวัดลำปางให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยจะให้ความสำคัญกับความครอบคลุมสัญญาณเป็นหลัก โดยมีค่าที่ใช้ในการวัดผลดำเนินงานคือ ค่าระดับความแรงของสัญญาณ หรือ RSCP (Received Signal Code Power) ซึ่งในการแก้ปัญหาเหล่านี้อาจจะไม่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์ แต่จะแก้ไข ให้มีความเหมาะสมมากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของระบบเครือข่ายโทรศัพท์ และตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อ กับคุณภาพของสัญญาณ
- 1.2.2 เพื่อนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
- 1.2.3 เพื่อศึกษาและเข้าใจอุปกรณ์ในเสาอากาศกระจายความถี่ 2,100 เมกะเฮิร์ตซ์

1.3 ขอบเขตโครงการ

สถานที่ บริษัท โทเทิล แอ็กเซส คอมมูนิเคชั่น ดีกจามจूरियส์แคร์

ระยะเวลา : ใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 4 เดือน โดยเสนอเป็นตารางดังนี้

ตารางที่ 1.1 ขอบเขตการทำงาน

ลำดับ	ภาระงานที่ต้องดำเนินการ	จำนวนวัน	ผู้ที่เกี่ยวข้อง
1	ศึกษาโปรแกรม Atoll ในการจำลองคุณภาพของสัญญาณ (RSCP) และวิเคราะห์พื้นที่ปัญหาภายในจังหวัดลำปาง	15	วิฑิต วัฒนา
2	ปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณ (RSCP) ให้ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด ด้วยวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยจะต้องใช้งบประมาณน้อยที่สุด	45	วิฑิต วัฒนา
3	กำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับเสาอากาศและเซกเตอร์ที่ตั้งขึ้นมาใหม่	10	วิฑิต วัฒนา
4	เปรียบเทียบคุณภาพของสัญญาณก่อน-หลังการปรับปรุง	5	วิฑิต วัฒนา

1.4 เป้าหมายของโครงการ

สามารถวิเคราะห์ และแก้ไขปรับปรุงพื้นที่ปัญหาของจังหวัดลำปาง ให้มีคุณภาพของสัญญาณครอบคลุมทุกส่วนของจังหวัด และมีคุณภาพของสัญญาณตรงตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยมีการใช้งบประมาณในการลงทุนให้น้อยที่สุด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงการ

- 1.5.1 มีความเชี่ยวชาญในการวางแผนการใช้เสาอากาศเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดผ่านโปรแกรม Atoll
- 1.5.2 มีความเข้าใจถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบเครือข่ายโทรศัพท์ และสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
- 1.5.3 ผู้ใช้งานในจังหวัดลำปางสามารถใช้งานระบบเครือข่ายโทรศัพท์ได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
- 1.5.4 สามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำโครงการครั้งนี้มาใช้ประโยชน์ในการทำงาน

1.6 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 1.2 แสดง Granttchart ของการดำเนินงาน

	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินการ						
		มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
	การเลือกหัวข้อโครงการ							
1	ศึกษาการทำงานของแผนกต่าง ๆ ในบริษัท	■	■					
2	กำหนดหัวข้อโครงการโดยปรึกษากับพี่เลี้ยง			■				
3	ปรึกษาหัวข้อโครงการกับอาจารย์ที่ปรึกษา			■				
	การดำเนินโครงการ							
4	ศึกษาการทำงานของโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง				■			
5	ศึกษาข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับโครงการ				■			
6	กำหนดแผนการดำเนินงาน				■			
7	ตรวจสอบพื้นที่ปัญหาของจังหวัดลำปาง				■	■		
8	ปรับปรุงแก้ไขพื้นที่ปัญหาตามความเหมาะสม				■	■	■	
9	ปรึกษาพี่เลี้ยง				■	■	■	
10	ตรวจสอบผลการดำเนินงาน						■	
	การสรุปผลและการนำเสนอโครงการ							
11	จัดทำรูปเล่มโครงการ						■	■
12	นำเสนอผลการดำเนินงานต่ออาจารย์ที่ปรึกษา							■

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบ UMTS

UMTS ย่อมาจาก "Universal Mobile Telecommunication System" เป็นโครงข่ายในยุค 3G ที่มีพัฒนาการมาจากโครงข่าย GSM (Global System for Mobile Communications), GPRS (General Packet Radio Services) และ EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution) โดยมุ่งหวังว่าการเข้าถึงโครงข่ายแบบไร้สาย สามารถกระทำได้ด้วยอุปกรณ์หลากหลาย เช่น จากโทรศัพท์มือถือ จากคอมพิวเตอร์ จากเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ระบบยังคงใช้การเข้ารหัสสัญญาณเป็นแบบ CDMA (Code division multiple access) ซึ่งสามารถบรรจุช่องสัญญาณเสียงได้มากกว่า แต่ใช้แบบแถบกว้าง (wideband) ซึ่งหลาย ๆ ครั้งอาจเรียกได้ว่าเป็นโครงข่าย W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานด้านการรับ-ส่งข้อมูลที่มากขึ้นของลูกค้า โครงข่าย UMTS นั้นจะมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงถึง 2 Mbit/sec ซึ่งมีความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลมากกว่าโครงข่าย EDGE ที่ให้บริการในปัจจุบันถึง 4 เท่า [1,2]

2.2 ความหมายของ WCDMA

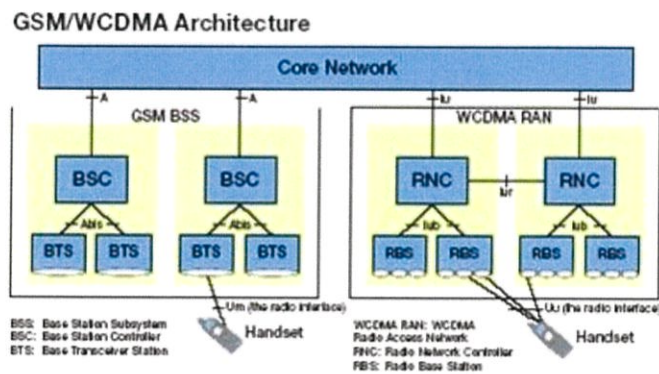
WCDMA เป็นเทคโนโลยี CDMA ที่มีข้อกำหนดตามข้อตกลงที่กำหนดของ ITU (International Telecommunication Union) และเป็นที่รู้จักอย่างเป็นทางการในชื่อว่า IMT-2000 WCDMA (International Mobile Telecommunications-2000 Wideband Code Division Multiple Access) เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารระบบไร้สายในยุคที่ 3 มีประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลแบบไร้สายผ่านโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ไร้สายความเร็วสูง โดยมีประสิทธิภาพการทำงานเหนือกว่าเทคโนโลยีทั่วไปเป็นอุตสาหกรรมโทรศัพท์ไร้สาย ที่มีความก้าวหน้ามากที่สุดและมีความสลับซับซ้อนของ Air Interface ผู้วิจารณ์ส่วนใหญ่มีความเชื่อว่า WCDMA จะเป็นเทคโนโลยีจะเสริมสร้างโครงสร้างพื้นฐานของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 Air Interface ของ W-CDMA เป็นส่วนหนึ่งของสถาปัตยกรรมโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 ได้จัดเตรียมการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ ของผู้ใช้งานกับโครงข่ายหลัก

ในทศวรรษที่ผ่านมาระบบการสื่อสารแบบไร้สายมีความเจริญเติบโตเป็นอย่างมาก ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของผู้ใช้บริการ และปริมาณการสื่อสาร ความต้องการ Bandwidth ที่สูง เช่น gaming music downloads video streaming จากความต้องการนี้จึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ

WCDMA คือ การพัฒนาเพื่อสร้างมาตรฐานใหม่ Real Time Multimedia รวมไปถึงการใช้ International Roaming ซึ่งรองรับจาก ITU โดยกำหนดให้ใช้ความถี่ 2 GHz สำหรับการสื่อสารยุคที่ 3 WCDMA มีประสิทธิภาพในการสื่อสารรับส่งสัญญาณเสียงภาพข้อมูลและภาพวิดีโอด้วยความเร็ว

ถึง 2 เมกกะบิตต่อวินาที แต่สำหรับการให้บริการในปัจจุบันให้ความเร็วสูงสุดที่ 384 กิโลบิตต่อวินาที (แนวกว้าง wide area access) โดยสัญญาณขาเข้าจะถูกแปรเป็นสัญญาณดิจิทัลและส่งไปเป็นรหัสผ่าน แถบสัญญาณกระจายไปสู่คลื่นสัญญาณต่าง ๆ ผู้ให้บริการ เทคโนโลยีนี้จะใช้แถบคลื่นสัญญาณความถี่ที่ 5 MHz ที่ต่างจากผู้บริการที่ให้บริการเทคโนโลยี CDMA ในย่านความถี่แคบที่ใช้ช่องสัญญาณที่ 1.25 MHz [2]

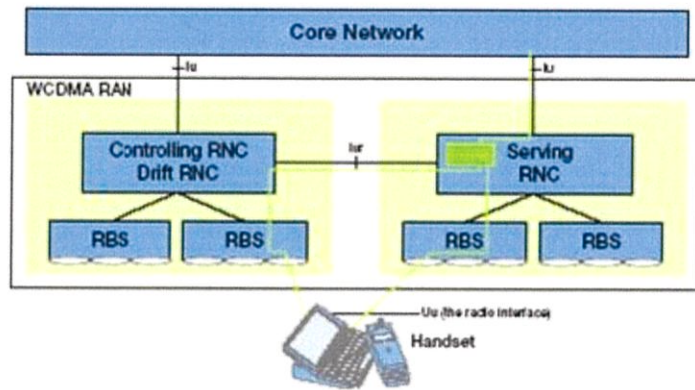
2.2.1 สถาปัตยกรรม WCDMA



รูปที่ 2.1 GSM Base Station Subsystem (BSS) และ WCDMA Radio Access Network (RAN) [2]

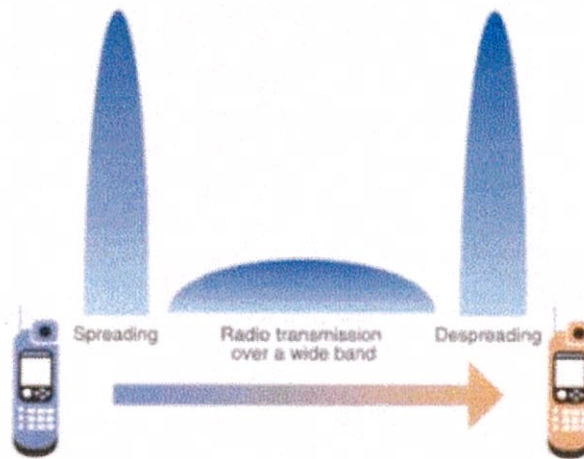
จากรูปที่ 2.1 GSM Base Station Subsystem (BSS) และ WCDMA Radio Access Network (RAN) จะเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระหว่าง Core Network กับโทรศัพท์มือถือ จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีนี้สามารถใช้ช่องทางในการสื่อสารร่วมกันในส่วนของ Core Network นอกจากนั้นแล้วระบบ GSM BSS และ WCDMA RAN อยู่ภายใต้โครงสร้างพื้นฐานของ Cellular radio system จะเห็นได้ว่า GSM Base station Controller (BSC) จะเหมือนกับ Radio Network Controller (RNC) คือหน่วยควบคุมความถี่ Network และ GSM Base Transceiver Station (BTS) ซึ่งทำหน้าที่รับส่งสัญญาณกับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ จะเหมือนกับ WCDMA Radio Base Station (RBS) ในการเชื่อมต่อของ WCDMA มีการพัฒนามาจากระบบ GSM ซึ่งจะมีความแตกต่างในรูปแบบของการบริการ โดยจะเห็นได้ว่าระบบ GSM BSS จะมีการเชื่อมระหว่าง Handset กับ BTS ได้จุดเดียวและเชื่อมผ่าน BSC ไปยัง Core Network ในขณะที่ระบบ WCDMA RAN จะมีการเชื่อมระหว่าง Handset กับ RBS ได้หลายจุด (Base station) และระหว่าง RNC ก็สามารถเชื่อมต่อกันได้เพื่อเป็นการ Share Traffic ในการรับ-ส่งข้อมูล โดย

ในแต่ละเส้นทางของการเชื่อมต่อจะมีความเร็วที่สูงกว่า ทำให้การรับ-ส่งข้อมูลทำได้รวดเร็วกว่าระบบ GSM เป็นอย่างมาก



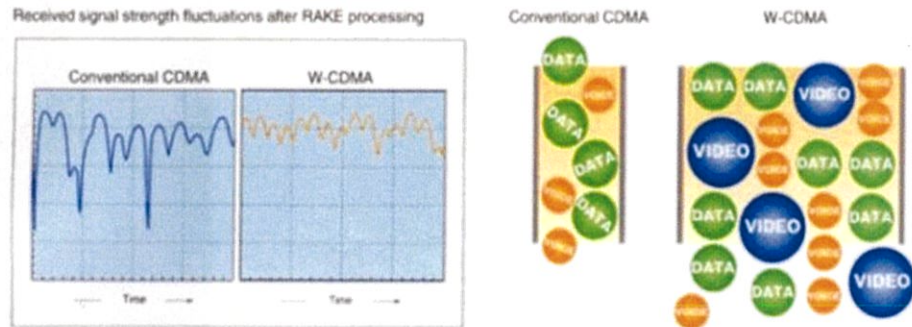
รูปที่ 2.2 การเชื่อมต่อของระบบ WCDMA RAN [2]

ความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดของระบบ GSM และ WCDMA ก็คือ ระบบ GSM จะมีการจัดการผู้ใช้หลายคนโดยใช้เทคโนโลยี TDMA (Time Division Multiple Access) ซึ่งจะมีการแบ่ง Timeslots ในแต่ละช่วงความถี่ออกไปเพื่อให้ผู้ใช้โทรศัพท์สามารถใช้งานได้พร้อมกัน แต่ WCDMA นั้นเป็นการใช้เทคโนโลยี CDMA (Code Division Multiple Access) ซึ่งจะถูกจัดการโดย Hardware และส่วนควบคุม โดยผู้ใช้แต่ละคนจะมีการแบ่งแยกกันโดยรหัส CDMA คือ เทคโนโลยีเพื่อการเข้าถึงจากผู้ใช้หลาย ๆ คน โดยจะแบ่งแยกกันด้วยรหัส นั่นคือผู้ใช้ทุกคนสามารถใช้ความถี่เดียวกันในการส่งข้อมูลภายใต้เวลาเดียวกันเป็นการพัฒนาที่รวดเร็วในการจัดการสัญญาณ ซึ่งเทคโนโลยีที่รองรับการใช้งานแบบนี้ ก็คือ WCDMA และ CDMA2000 WCDMA มีพื้นฐานมาจากเทคโนโลยี CDMA ซึ่งเป็น wide band radio signal ที่มีความถี่ 5 MHz โดยมีความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล 3.84 Mbps จะเห็นได้ว่าเร็วกว่า CDMA2000 (1.22 Mbps) ถึง 3 เท่า



รูปที่ 2.3 การส่งข้อมูลใน WCDMA โดยการใช้ Spread Spectrum [2]

หลักการพื้นฐานของ Spread Spectrum communication คือ การใช้ bandwidth ที่สูง เนื่องจากการมี bandwidth ที่จะทำให้ความหนาแน่นของคลื่นต่ำไปด้วย โดยจะทำการแบ่งแยกคลื่นและข้อมูลต่าง ๆ ของผู้ใช้แต่ละคนด้วยรหัส



รูปที่ 2.4 Difference between regular CDMA and W-CDMA [2]

จากรูปจะเห็นได้ว่า WCDMA ซึ่งมี bandwidth ที่กว้าง ทำให้สามารถส่งข้อมูล เช่น voice, data, video ไปพร้อม ๆ กันได้ ในขณะที่ CDMA ไม่สามารถทำได้เนื่องจากมี bandwidth ที่แคบกว่า[2] ประโยชน์ของการส่งข้อมูลแบบ Wideband ด้วยความเร็วสูง

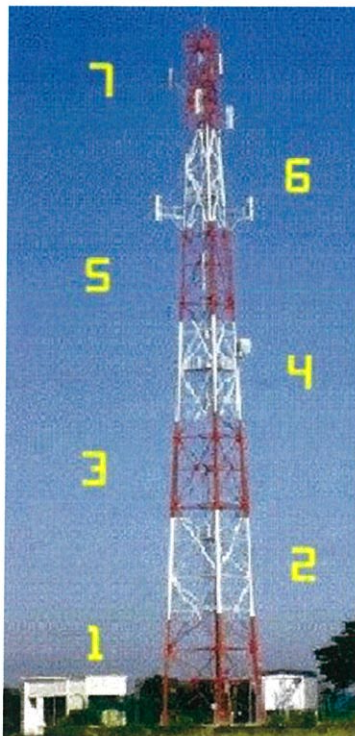
1. สามารถรองรับ bit rate ที่สูงกว่า
2. การส่งข้อมูลสามารถทำได้ดีกว่า เร็วกว่า และยืดหยุ่นกว่า

3. คุณภาพของการบริการดีขึ้น (Higher QoS [Quality of Service] คือ คุณภาพของบริการ)
4. การออกแบบของเทคโนโลยีนี้สามารถให้บริการได้พร้อมกันและในเวลาเดียวกัน ซึ่งทำให้การบริการมีคุณภาพมากขึ้น
5. เป็นเทคโนโลยีที่สามารถใช้กันได้ทั่วโลก

2.3 ลักษณะของเสาโทรคมนาคม

เสาสัญญาณโทรคมนาคมมีการใช้งานในหลายภาคส่วนที่แตกต่างกันเช่น มือถือ อินเทอร์เน็ต โทรทัศน์ การเดินเรือและการส่งสัญญาณวิทยุ โดยในโครงการนี้ขอนำเสนอเสารับส่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นหลัก

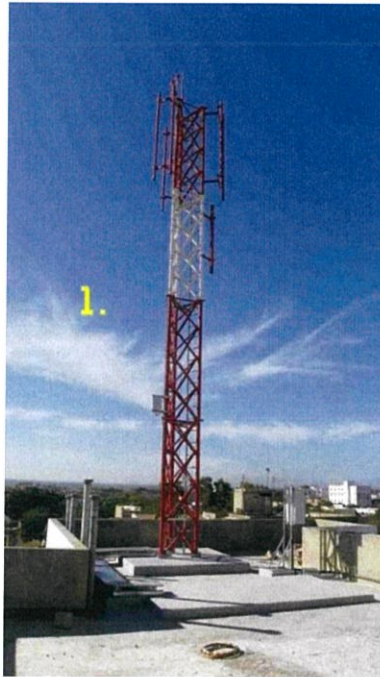
เสาสัญญาณโทรคมนาคมมีอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณชนิดต่าง ๆ ถูกติดตั้งบนยอดเสา เพื่อให้สัญญาณกระจายและครอบคลุมให้ได้พื้นที่มากขึ้น โดยอุปกรณ์ติดตั้ง เป็น Mobile Antenna, Microwave Antenna เป็นหลัก และเสามีความสูงมาก จึงต้องมีการทาสีแดง-ขาวให้สังเกตได้ง่าย เพื่อความปลอดภัยด้านการบิน โดยทำเป็น 7 ชั้น แดง-ขาวสลับกันไป เฉลี่ยตามความสูงของเสา ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ลักษณะของเสาโทรคมนาคม

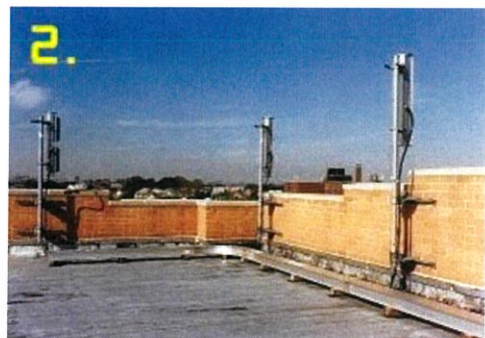
ชนิดของเสาแบ่งตามพื้นที่ติดตั้งและลักษณะของเสา

1 .Rooftop Tower : เสาตั้งบนดาดฟ้าหรือหลังคาของตึก ส่วนมากตั้งค่อนข้างจะกึ่งกลางดาดฟ้าตึก เสาเดียวได้หลาย sector antenna จะเจอเสาลักษณะนี้ในเขตเมือง เพราะประหยัดพื้นที่ตั้งเสา พื้นที่ครอบคลุมสัญญาณไม่มากนัก



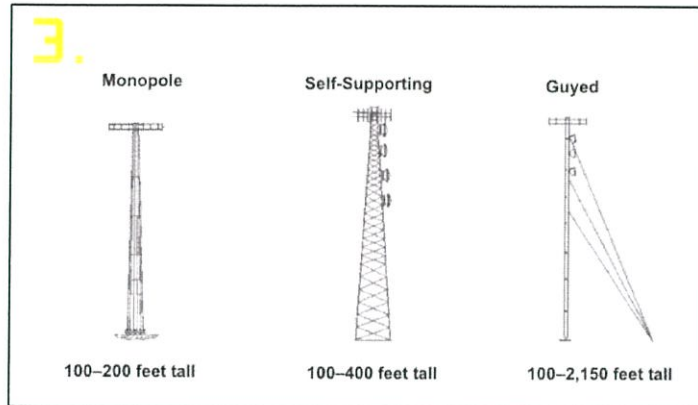
รูปที่ 2.6 เสาโทรคมนาคมแบบ Rooftop Tower

2. Angular Tower/Pole Tower เสาตั้งบนมุมของตึก ส่วนมาก 1 เสาจะได้ 1 sector antenna จะเจอเสาลักษณะนี้ในเขตเมือง เพราะประหยัดพื้นที่ตั้งเสา พื้นที่ครอบคลุมสัญญาณไม่มากนัก



รูปที่ 2.7 เสาโทรคมนาคมแบบ Angular Tower / Pole Tower

3. Ground Base Tower/On Ground Tower/Green field Tower เสาที่ตั้งบนพื้นโลกปกติ เสาพวกนี้มีความสูงตั้งแต่ 30-650 เมตร (1 feet = 0.3 m) เจอได้ทั่วไป พื้นที่ครอบคลุมสัญญาณของเสา กว้าง 1-3 กิโลเมตร ตามความสูงของเสา ส่วน Ground tower ก็จะแบ่งตามลักษณะเสาได้ดังนี้



รูปที่ 2.8 เสาโทรคมนาคมแบบ Ground Base Tower/On Ground Tower/Green field Tower

3.1 Monopole เป็นเสาขนาดเล็ก 30-60 เมตร แบบที่ตั้งพื้นปกติไม่นิยมในไทย เป็นเสาต้นเดี่ยว ๆ มีบันไดให้ปีนด้านข้างเสา



รูปที่ 2.9 เสาโทรคมนาคมแบบ Monopole

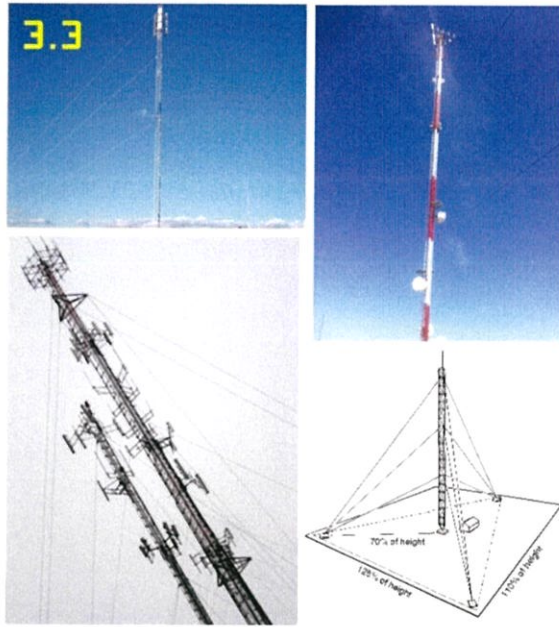
3.2 Self-Support รูปแบบของเสาโทรคมนาคมประเภทนี้เป็นเสาสูง มีฐานที่กว้างใหญ่ รองรับอุปกรณ์ทุกขนาดได้ดี นิยมใช้ในไทย มีความสูง 30-120 เมตร มีหลายแบบตามการใช้งาน มีทั้ง 3 ขา 4 ขา มีบันไดให้ปีนด้านในเสา มีแพลตฟอร์มให้พักเป็นระยะ มีความแข็งแรงมั่นคง

มาก โดยถูกออกแบบให้ตั้งยืนได้ด้วยตนเอง ไม่ต้องมีสายยึดโยงกับโครงสร้างกับพื้นที่ติดตั้ง จึงมีความเหมาะสมสำหรับการติดตั้งเสาโทรคมนาคมบนบริเวณที่มีพื้นที่จำกัดอยู่บนพื้นดินแนวราบ เสาโทรคมนาคมแบบนี้ต้องสามารถยืนได้อย่างนิ่งและมั่นคง เพื่อรองรับแรงลมพายุ และสามารถรับน้ำหนักอุปกรณ์ส่งสัญญาณได้มากกว่าเสาโทรคมนาคมรูปแบบอื่น ๆ ซึ่งจะทำให้การรับและส่งสัญญาณโทรคมนาคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ [4]



รูปที่ 2.10 เสาโทรคมนาคมแบบ Self-Support

3.3 Guyed รูปแบบของเสาโทรคมนาคมประเภทนี้เป็น โครงเหล็กที่เชื่อมชิ้นส่วนเหล็กให้เป็นโครงเสา ถูกออกแบบมาให้เป็นงานเสาที่ต้องมีสลิงยึดโยงไว้ 3 ด้าน ยึดโยงโครงเหล็กกับฐานรากอีกทอดหนึ่ง เพื่อทำหน้าที่ช่วยรับแรงลม ดังนั้น เสาโทรคมนาคม แบบ Guyed Tower จึงจำเป็นต้องใช้พื้นที่บริเวณกว้างสำหรับการติดตั้ง ซึ่ง Guyed Tower เป็นเสาสูง ซึ่งอาจจะมี ความสูงตั้งแต่ 30 เมตร ถึง 60 เมตร ที่ตั้งบนพื้นดินแนวราบโดยเสาโทรคมนาคมประเภทนี้ [4]



รูปที่ 2.11 เสาโทรคมนาคมแบบ Guyed

2.4 สายอากาศ

สายอากาศเป็นอุปกรณ์สำหรับรับและส่งคลื่น ความถี่วิทยุ (radio frequency) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และในทางกลับกัน ก็เปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพลังงานไฟฟ้าเช่นกัน สายอากาศมีหลายขนาดและรูปแบบ ขึ้นอยู่กับการใช้งาน คำว่าสายอากาศ เป็นศัพท์เฉพาะด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ บัญญัติขึ้นจากคำศัพท์ในภาษาอังกฤษ "antenna" หรือ "aerial" ในวงจรรีเลย์ทรอนิกส์อาจเขียนอักษรย่อ Ant.



รูปที่ 2.12 ลักษณะสายอากาศ

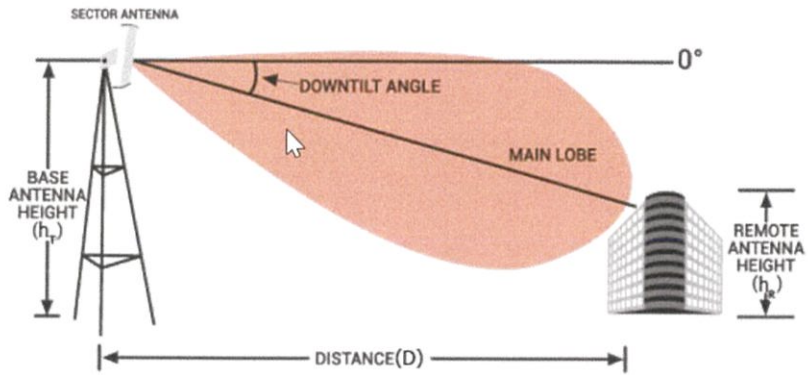
2.4.1 ประเภทของสายอากาศ

1. สายอากาศรอบตัว (Omni-directional) จะออกอากาศในแนวนอน 360 องศา (เป็นค่าตายตัวของสายอากาศประเภทนี้) ส่วนแนวตั้งขึ้นอยู่กับอัตราขยาย โดยส่วนใหญ่จะอยู่ที่ 2–18 dBi
2. สายอากาศทิศทาง (Directional) จะมีทั้งแบบกึ่งทิศทางและแบบทิศทาง
3. แบบกึ่งทิศทาง (Dipole, Patch panel, Sector) การแพร่กระจายคลื่นจะออกมารอบทิศทาง แต่จะเน้นออกไปทิศทางด้านหน้าของสายอากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราขยาย
4. แบบทิศทาง (Yagi-Uda, Helical (Helix), Grid) จะเน้นทิศทางด้านหน้ามากกว่าแบบอื่น ๆ และสัญญาณด้านหลังและด้านข้างจะแพร่กระจายออกมาน้อยมาก ส่วนใหญ่อัตราขยายจะสูงกว่า 20 dBi
5. สายอากาศแบบ Helical (Helix) หรือสายอากาศก้นหอย จะมีความพิเศษอยู่ตรงที่ลักษณะของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่แพร่กระจายออกมา จะมีทั้งแนวตั้งและแนวนอน ทำให้สายอากาศภาครับไม่จำเป็นต้องทำแนวเดียวกับสายอากาศต้นทางที่เป็น helical และค่าสัดส่วนอัตราขยายหน้า/หลัง (Front/back ratio) มีอัตราที่ต่ำมาก แต่ก็ยังเป็นสายอากาศที่สร้างยาก
6. สายอากาศแบบยาگی-อูดา (Yagi-Uda) หรือสายอากาศก้างปลา ออกแบบโดย ศ. ฮิเดจูกุ ยาگی และ ศ. ชินทาโร อูดา แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียวอิมพีเรียล จึงตั้งชื่อสายอากาศแบบนี้เพื่อเป็นเกียรติแก่ท่านทั้งสอง แต่ปัจจุบันจะเรียกติดปากกันเหลือแค่สายอากาศยาگی

[3]

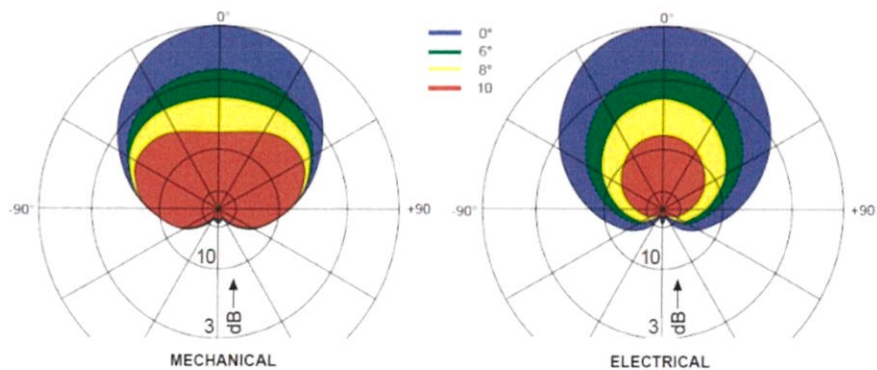
2.4.2 การเอียงสายอากาศ

การเอียงสายอากาศ (Antenna Tilt) คือการโน้มเอียงสายอากาศ ซึ่งทำให้เป็นมุมของสายอากาศเทียบกับแกนการเอียงสายอากาศส่งผลให้การแพร่คลื่นลดลงหรือสูงขึ้นตามต้องการโดยให้พลังงานเน้นไปในทิศทางที่ต้องการใหม่ เมื่อสายอากาศถูกเอียงลงจะเรียกว่า ดาวน์ทิวท์ (Down Tilt) แล้วถ้าเอียงสายอากาศ ขึ้นจะเรียกว่า อัปทิวท์ (Up Tilt) ในที่นี้จะอธิบายถึงการเอียงสายอากาศลง หมายถึง ดาวน์ทิวท์ การเอียงสายอากาศนี้ใช้เมื่อเราต้องการที่จะลดสัญญาณรบกวนหรือพื้นที่ครอบคลุมการใช้งานของสัญญาณในพื้นที่ที่เราสนใจ ซึ่งจะแสดงผลการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการแพร่คลื่นเมื่อเอียงสายอากาศ ดังรูปที่ 2.13

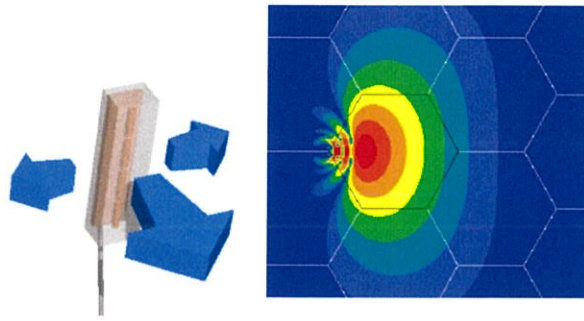


รูปที่ 2.13 ตัวอย่างเมื่อสายอากาศถูกเอียงลง (Down Tilt) [8]

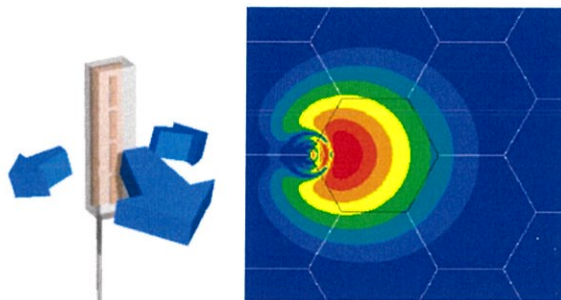
การเอียงสายอากาศมี 2 ประเภท คือ การปรับเชิงกล (M-Tilt: Mechanical Tilt) และการปรับเชิงไฟฟ้า (E-Tilt: Electrical Tilt) ซึ่งแสดงดัง รูปที่ 2.14 โดยเอ็ม-ทิวท์เป็นการเอียงสายอากาศผ่านเครื่องมือทางกล โดยปราศจากการเปลี่ยนเฟสของสัญญาณอินพุต ส่งผลให้แผนภาพเปลี่ยนไปซึ่งแสดง ดังรูปที่ 2.15 ส่วนอี-ทิวท์ เป็นการเอียงสายอากาศจะใช้กลไกไฟฟ้า ทำการปรับมุมของสายอากาศภายในตัวเองได้เลยโดยไม่ต้องให้คนขึ้นไปปรับมุมสายอากาศ ซึ่งการเปลี่ยนลักษณะเฉพาะของเฟสสัญญาณอินพุต ซึ่งทำให้แผนภาพเปลี่ยนไปเช่นกัน ซึ่งแสดงดังรูป 2.16



รูปที่ 2.14 การแพร่คลื่นโดยเอ็ม-ทิวท์และอี-ทิวท์



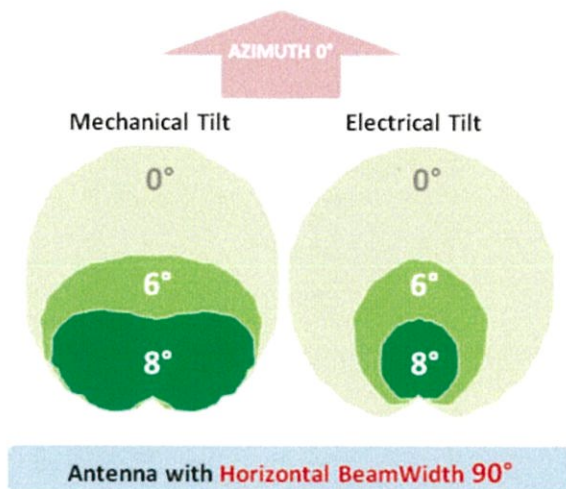
รูปที่ 2.15 แผนภาพเมื่อทำการเอ็ม-ทิวท์



รูปที่ 2.16 แผนภาพเมื่อทำการอี-ทิวท์

อี-ทิวท์ สามารถปรับได้ 2 แบบคือปรับด้วยตัวเองและปรับจากระยะไกลโดยใช้ RET (Remote Electrical Tilt) ในการปรับ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กที่ยึดติดอยู่กับสายอากาศ การปรับอี-ทิวท์โดยการใช้ RET เป็นทางเลือกที่ดีที่สุดเพราะมันให้ความยืดหยุ่นมากและช่วยให้ความสะดวกแก่ผู้ปรับปรุง อย่างไรก็ตามการใช้วิธีนี้จะมีราคาแพง ดังนั้นสายอากาศที่ปรับอี-ทิวท์แบบปรับด้วยตัวเองเป็นทางเลือกที่ดีกว่าสำหรับผู้ที่ไม่มียงบประมาณสำหรับ RET

การเอียงสายอากาศทั้งเอ็ม-ทิวท์และอี-ทิวท์จะมีการเปลี่ยนแปลงการแพร่กระจายสัญญาณ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.17 จากรูปเป็นตัวอย่างของสายอากาศที่ความกว้างของของลำคลื่นในแนวนอน 90 องศา โดยรูปด้านซ้ายทำการเอ็ม-ทิวท์ ส่วนรูปด้านขวาจะทำการอี-ทิวท์ จะเห็นได้ว่าเอ็ม-ทิวท์ จะส่งผลให้ทิศทางด้านหน้ามีพื้นที่ครอบคลุมลดลง แต่ด้านข้างพื้นที่ครอบคลุมจะเพิ่มขึ้น ส่วนอี-ทิวท์ จะส่งผลให้พื้นที่ครอบคลุมลดลงในทุกทิศทาง



รูปที่ 2.17 การเอียงสายอากาศที่ความกว้างของลำคลื่นแนวนอน 90 องศา กับผลของพื้นที่ครอบคลุม

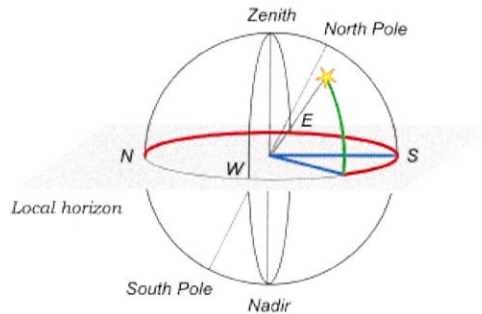
ข้อดีของการเอียงสายอากาศแต่ละชนิดเป็นพื้นฐานในการใช้งาน โดยทั่วไปหลักการพื้นฐานของการเอียงสายอากาศคือปรับปรุงสัญญาณในพื้นที่ที่ใกล้เคียงกับสายอากาศและลดพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณในพื้นที่ที่ไกลจากสายอากาศ แนนอนทุกอย่างขึ้นอยู่กับตัวแปรที่เกี่ยวกับการเอียงสายอากาศ ความสูงของสายอากาศ และชนิดของสายอากาศ รวมถึงภูมิประเทศและอุปสรรคอื่น ๆ เช่น ตึก ภูเขา เป็นต้น

สิ่งที่ควรปฏิบัติเมื่อทำการเอียงสายอากาศคือควรจะใช้อย่างระมัดระวัง แม้ว่าการเอียงสายอากาศ จะช่วยลดสัญญาณรบกวนได้แต่จะส่งผลไปยังการลดพื้นที่ครอบคลุมอีกด้วย ดังนั้นการคำนวณใช้เพื่อทำนายผลลัพธ์ ถ้ามีการสูญเสียพื้นที่ครอบคลุม ก็ควรทำการประเมินการเอียงสายอากาศอีกครั้งและเป็นการดีที่จะกำหนดค่าเริ่มต้นของการเอียงสายอากาศที่ค่าน้อย ๆ หลังจากเปิดใช้งานสายอากาศนั้น โดยค่าเริ่มต้นการเอียงสายอากาศของเซลล์ขนาดเล็กจะมีค่ามากกว่าเล็กน้อยเพราะเซลล์เหล่านี้จะอยู่ในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งการสูญเสียพื้นที่ครอบคลุมจะส่งผลกระทบต่อเซลล์ขนาดใหญ่ จากนั้นค่อยทำการปรับเท่าที่จำเป็นเพื่อปรับปรุงพื้นที่ครอบคลุม สัญญาณรบกวน นอกจากนี้ควรจำไว้ว่าปัญหาในพื้นที่หนึ่ง อาจได้รับการแก้ไขแต่ก็อาจเกิดปัญหาในพื้นที่อื่นขึ้นได้อีก [8]

2.4.3 มุมอะซิมูท (Azimuth)

มุมอะซิมูท (Azimuth) คือมุมที่ใช้บอกตำแหน่งของพิกัดบนท้องฟ้า เช่น บอกตำแหน่งของดาวเพื่อกำหนดทิศทางหรือบอกตำแหน่งของดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้าเพื่อกำหนดงานดาวเทียม

การกำหนดมุมอะซิมุท มุมอะซิมุทจะมีค่าเริ่มที่ 0 องศาที่ทิศเหนือ และมีค่าเพิ่มขึ้นตามเข็มนาฬิกาไปมีค่า 90 องศาที่ทิศตะวันออก 180 องศาที่ทิศใต้ และ 270 องศาที่ทิศตะวันตก มุมนี้จะต้องใช้ร่วมกับ มุมอัลติจูด (Altitude) โดยมุมอัลติจูดคือมุมเงย จะมีค่าเริ่มต้น 0 องศา ที่ขอบฟ้า เยกไปจนถึง 90 องศาเมื่อเงยหน้ามองไปตรงเหนือศีรษะพอดี การใช้มุมทั้งสองนี้เรียกว่าการระบุพิกัดแบบ Horizontal Coordinate [10]



รูปที่ 2.18 มุมอัลติจูด (สีเขียว) และมุมอะซิมุท (สีแดง) [10]

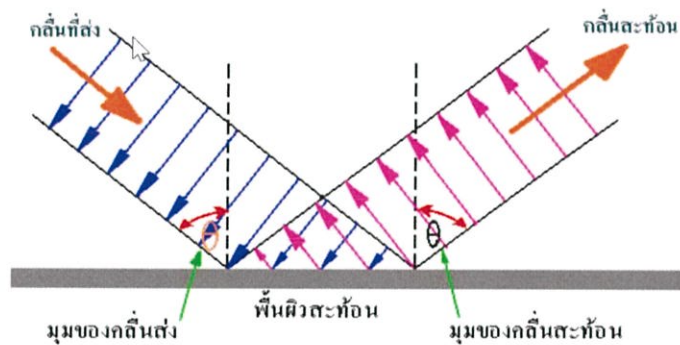
2.5 การเดินทางของคลื่นวิทยุ

ประสิทธิภาพการรับส่งสัญญาณเป็นสิ่งสำคัญในระบบการสื่อสาร ซึ่งปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการรับส่งสัญญาณนั้นนอกจากภาครับส่งแล้วจะขึ้นอยู่กับลักษณะการเดินทางของคลื่นคุณสมบัติการกระจายคลื่น และตัวกลางที่นำสัญญาณด้วย การเดินทางของคลื่นวิทยุ (Radio waves propagation) เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติและลักษณะธรรมชาติของชั้นบรรยากาศ ซึ่งคลื่นวิทยุจะเดินทางจากสายอากาศส่งไปยังสายอากาศรับชั้นบรรยากาศโลก ถูกแบ่งออกเป็นหกบริเวณ แต่ชั้นความสูงที่มีผลเกี่ยวกับการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุจะมีเพียงโทรโปสเฟียร์ (Troposphere) สตราโตสเฟียร์ (Stratosphere) และไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere)

คลื่นวิทยุที่แพร่กระจายออกจากสายอากาศนั้นจะมีการแพร่กระจายออกไปทุกทิศทาง คลื่นวิทยุเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ที่สามารถเดินทางไปด้วยความเร็วเท่ากับแสงคลื่นวิทยุที่มีความถี่ไม่เท่ากัน คุณสมบัติในการแพร่กระจายคลื่นก็ไม่เหมือนกันในพื้นที่ไกลออกไปสัญญาณที่เครื่องรับจะรับได้ก็อ่อนลงไปเรื่อย ๆ คลื่นวิทยุจะมีย่านความถี่กว้าง แต่ทุกความถี่จะมีคุณสมบัติบางอย่างที่คล้ายคลึงกัน เช่น คลื่นวิทยุ มีคุณสมบัติในการเบี่ยงเบน หักเห และสะท้อนกลับ เป็นต้น โดยที่ความถี่ต่ำคลื่นจะสามารถเดินทางได้ไกลกว่า [10]

2.5.1 การสะท้อน

การสะท้อน (Reflection) การเปลี่ยนทิศทางการเดินทางของคลื่นโดยทันทีทันใดเมื่อคลื่นนั้นเดินทางตกกระทบบที่ผิวของตัวกลางขนาดใหญ่ คลื่นกระดอนออกจากผิวสะท้อนของตัวกลางในลักษณะเช่นเดียวกับการสะท้อนกับกระจกเงาแต่ประสิทธิภาพนั้นจะขึ้นอยู่กับตัวกลางวัสดุที่มีขนาดใหญ่ สามารถเป็นตัวนำได้ดี เช่น ทองแดง จะทำการสะท้อนกับคลื่นวิทยุได้ดีมาก จากรูปที่ 2.19 แสดงปรากฏการณ์ของการสะท้อนของคลื่นวิทยุ สังเกตได้ว่ามุมตกกระทบบเท่ากับมุมสะท้อน

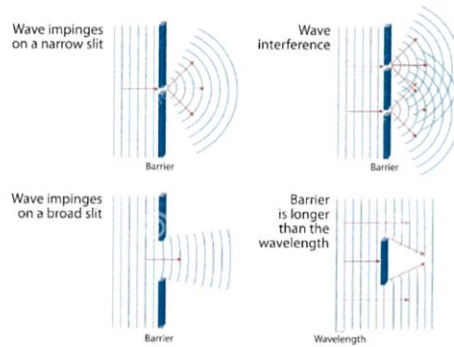


รูปที่ 2.19 การสะท้อนของคลื่นวิทยุ [8]

2.5.2 การเลี้ยวเบน

การเลี้ยวเบนของคลื่นเกิดขึ้นได้ เมื่อคลื่นจากแหล่งกำเนิดเดินทางไปพบสิ่งกีดขวางที่มีลักษณะเป็นขอบหรือช่องทำให้คลื่นเคลื่อนที่เลี้ยวอ้อมผ่านสิ่งกีดขวางไปได้ อธิบายได้โดยใช้ หลักของฮอยเกนส์ ซึ่งกล่าวไว้ว่า “ทุก ๆ จุดบนหน้าคลื่นอาจถือได้ว่าเป็นจุดกำเนิดคลื่นใหม่ที่ให้คลื่นความยาวคลื่นเดิมและเฟสเดียวกัน” เมื่อคลื่นเคลื่อนที่กระทบกับสิ่งกีดขวาง คลื่นส่วนที่กระทบสิ่งกีดขวางจะสะท้อนกลับมา คลื่นบางส่วนที่ผ่านไปได้ที่ขอบหรือช่องเปิด จะสามารถแผ่จากขอบของสิ่งกีดขวางเข้าไปทางด้านหลังของสิ่งกีดขวางนั้น คล้ายกับคลื่นเคลื่อนที่อ้อมผ่านสิ่งกีดขวางนั้นได้เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “การเลี้ยวเบน (diffraction)” ดังรูปที่ 2.20

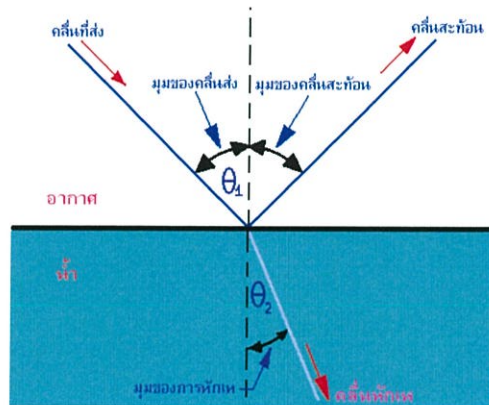
DIFFRACTION OF WAVES



รูปที่ 2.20 การเลี้ยวเบนของคลื่นวิทยุ

2.5.3 การหักเห

การหักเห (Refraction) ของคลื่นวิทยุเกิดขึ้น เมื่อคลื่นวิทยุเดินทางจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าหรือความหนาแน่นไม่เหมือนกัน มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตรงบริเวณผิวรอยต่อของตัวกลางทั้งสอง โดยที่มีความถี่ของคลื่นคงเดิมแต่อัตราเร็วและความยาวคลื่นเปลี่ยนไป แสดงดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 การหักเหของคลื่นวิทยุ

2.5.4 การดูดกลืน

การดูดกลืน (Absorption) เกิดเมื่อคลื่นวิทยุเดินทางผ่านตัวกลางพลังงานส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปกลายเป็นความร้อน กล่าวคือ คลื่นวิทยุถูกดูดกลืนโดยตัวกลาง ตัวกลางนั้นไม่ว่าจะเป็นตัวนำ หรือมีตัวต้านทานต่อคลื่นวิทยุ อาคารตึก และสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ บนพื้นโลก อุณหภูมิของอากาศ น้ำ และฝุ่นละออง ซึ่งประกอบกันเป็นชั้นบรรยากาศสามารถเป็นตัวดูดกลืนพลังงานได้ทั้งสิ้น

2.5.5 การสูญเสียของคลื่นวิทยุ

การสูญเสียของคลื่นวิทยุหรือการเฟดดิ้ง (Fading) ของสัญญาณหมายถึง การที่สัญญาณถูกลดทอนลงไปทำให้มีความแรงสัญญาณอ่อนลง ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

2.5.5.1 การสูญเสียในเส้นทาง (Path loss) คือการลดทอนสัญญาณที่กำลังส่งของสัญญาณจะลดลงอย่างคงที่ตามระยะทางในการส่งสัญญาณ

2.5.5.2 การสูญเสียในเขตเงา (Shadowing) คือการลดทอนของสัญญาณเนื่องมาจากสิ่งกีดขวางเช่น ตึก ต้นไม้ เป็นต้น

2.5.5.3 การสูญเสียจากการเดินทางมัลติพาร์ท (Multipath Fading) คือการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของระดับสัญญาณอย่างทันทีทันใด เนื่องมาจากการแทรกสอดระหว่างคลื่นตรงและคลื่นสะท้อน ที่มาถึงโทรศัพท์เคลื่อนที่ ลักษณะสัญญาณที่เกิดจะขึ้นอยู่กับระยะทาง เวลา และความถี่ของสัญญาณ แสดงดังรูปที่ 2.22 [11]



รูปที่ 2.22 การสูญเสียของคลื่นวิทยุในทั้ง 3 แบบ

2.6 Propagation model

2.6.1 Free Space Model

เป็นโมเดลการแพร่กระจายของคลื่นในอุดมคติ ไม่มีการสะท้อน การหักเห หรือการกระเจิงของคลื่น การสูญเสียการแพร่กระจายของคลื่นเกิดจากการกระจายพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การสื่อสารผ่านดาวเทียม และการสื่อสารไมโครเวฟเท่านั้น แสดงดังสมการ

$$P_L = 32.4 + 20\log(d) + 20\log(f) \quad (2.1)$$

เมื่อ d คือ ระยะทางระหว่างสถานีฐานและจุดหมายปลายทาง (km)

f คือ ความถี่คลื่นพาห์ (MHz)

2.6.2 Okumura-Hata Model

แบบจำลองนี้ใช้สำหรับเขตเมืองหรือที่รู้จักกันดีว่าเป็นแบบจำลองที่ถูกพัฒนาารูปแบบมาจาก Okumura Model แบบจำลองนี้เป็นโมเดลที่ใช้กันแพร่หลายมากที่สุดในการจำลองพฤติกรรมการแพร่กระจายคลื่นความถี่วิทยุในพื้นที่ที่สร้างขึ้น โดยคำนึงถึงผลกระทบของการกระจาย การสะท้อนและการกระเจิงที่เกิดจากโครงสร้างของเมือง แบบจำลอง Okumura เดิมที่ถูกสร้างเป็นสามรูปแบบ คือ เขตเมือง เขตชานเมือง และพื้นที่เปิดโล่ง โดยแบบจำลองสำหรับพื้นที่เขตเมืองถูกสร้างขึ้นก่อน และใช้เป็นพื้นฐานสำหรับแบบอื่น ๆ [12]

แบบจำลอง Okumura Hata ยังมีอีกสองรูปแบบสำหรับการแพร่กระจายคลื่นความถี่วิทยุในเขตชานเมือง และพื้นที่เปิดโล่ง แบบจำลอง Okumura เดิมสำหรับพื้นที่เขตเมืองคือรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นวิทยุที่สร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้ในเมืองโตเกียวประเทศญี่ปุ่น แบบจำลองนี้เหมาะสำหรับใช้ในเมือง แต่ไม่สามารถใช้งานได้ในเมืองที่มีโครงสร้างเป็นตึกสูงปิดกั้นสัญญาณจำนวนมาก แบบจำลองนี้เป็นพื้นฐานสำหรับแบบจำลอง Hata Model และใช้สมมติฐานต่อไปนี้

1. มีช่วงความถี่อยู่ที่ 150 MHz ถึง 1,500 MHz
2. สายอากาศของผู้รับมีความสูง 1 เมตร ถึง 10 เมตร
3. ความสูงของสถานีฐานอยู่ระหว่าง 30 เมตร ถึง 200 เมตร
4. ระยะทางระหว่างภาครับและภาคส่งอยู่ระหว่าง 1 กิโลเมตร ถึง 20 กิโลเมตร

➤ Urban

$$L_U = 69.55 + (26.16) \log_{10}(f) - (13.82) \log_{10}(h_B) - C_H + [44.9 - (6.55) \log_{10}(h_B)] \log_{10}(d) \quad (2.2)$$

Small or Medium sized city

$$C_H = 0.8 + [(1.1) \log_{10}(f) - 0.7] h_M - (1.56) \log_{10}(f) \quad (2.3)$$

Large cities

$$C_H = 8.29 (\log_{10}(1.54 h_M))^2 - 1.10, \text{ if } 150 \leq f \leq 200 \quad (2.4)$$

$$C_H = 3.2 (\log_{10}(11.75 h_M))^2 - 4.97, \text{ if } 200 < f \leq 1500 \quad (2.5)$$

เมื่อ L_U คือ การสูญเสียของสัญญาณตามระยะทางในเขตเมือง (dB)

h_B คือ ความสูงของสถานีฐาน (m)

h_M คือ ความสูงของผู้รับ (m)

f คือ ความถี่ของการส่งสัญญาณ (MHz)

C_H คือ ปัจจัยของสายอากาศ

d คือ ระยะทางระหว่างผู้ใช้งานกับสถานีฐาน (m)

➤ Suburban

$$L_{SU} = L_U - 2 [\log_{10} (f/28)]^2 - 5.4 \quad (2.6)$$

เมื่อ L_{SU} คือ การสูญเสียของสัญญาณตามระยะทางในเขตชานเมือง (dB)

➤ Rural

$$L_O = L_U - 4.78 (\log_{10} f)^2 + 18.33 \log_{10} f - 40.94 \quad (2.7)$$

2.6.3 Cost231-Hata Model

โมเดลนี้เหมาะสมที่จะใช้กับพื้นที่ที่เป็นบริเวณตัวเมืองและมีสถานีฐานขนาดใหญ่ โดยโมเดลนี้ใช้ใน ช่วงความถี่ 1,500 MHz ถึง 2,000 MHz ความสูงของสถานีฐานอยู่ระหว่าง 30 เมตร ถึง 200 เมตร และสถานีฐานต้องสูงกว่าอาคารบริเวณใกล้เคียง สายอากาศของผู้รับต้องมีความสูง 1 เมตร ถึง 10 เมตร ระยะทางระหว่างภาครับและภาคส่งอยู่ระหว่าง 1 กิโลเมตร ถึง 20 กิโลเมตร [10] โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$\text{Total} = L - a(H_{SS}) + C_m \quad (2.8)$$

$$L = 46.3 + 33.9 \times \log(f) - 13.82 \times \log(H_{BS}) + (44.9 - 6.55 \times \log(H_{BS})) \times \log(d) \quad (2.9)$$

เมื่อ f คือ ความถี่ของระบบ (MHz)

H_{BS} คือ ความสูงของสถานีฐาน (m)

H_{SS} คือ ความสูงของผู้รับ (m)

d คือ ระยะทางระหว่างสถานีฐานกับจุดหมายปลายทาง (km)

$a(H_{SS})$ คือ อัตราขยายของภาครับ โดยสัมพันธ์กับความสูงของสายอากาศและสภาพแวดล้อม

C_m จะขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ โดย

เมืองขนาดใหญ่ $C_m = 3$

เมืองขนาดกลาง $C_m = 0$

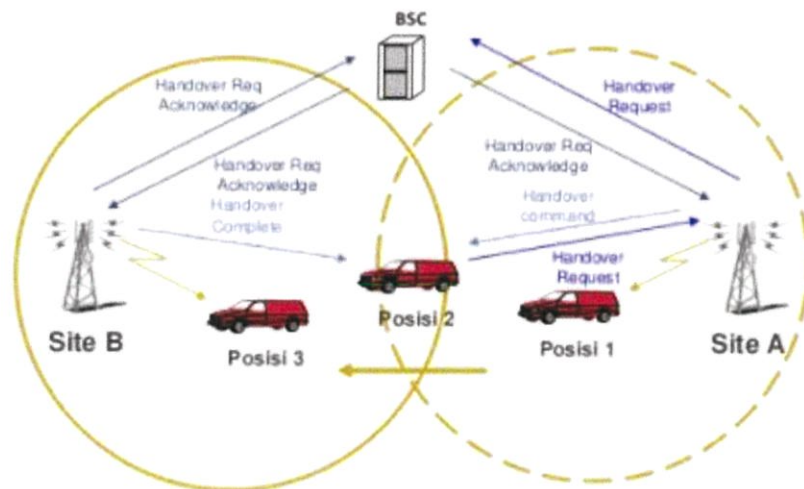
ชานเมือง $C_m = -2(\log(\frac{\square}{28}))^2 - 5.4 \text{ dB}$

ชนบท $C_m = -4.78 \times (\log(f))^2 + 18.33 \times \log(f) - 40.94$

2.7 Hand over

เมื่อก้าวถึงระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์ (Cellular Telephone System) โดยในการเชื่อมโยงระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นแบบไร้สาย ในส่วนของโครงข่ายที่เชื่อมโยงสัญญาณกับโทรศัพท์เคลื่อนที่เรียกว่า สถานีฐาน จะต้องมีการกระจายให้ทั่วบริเวณพื้นที่ให้บริการ โดยจะแบ่งเป็นพื้นที่ย่อย แต่ละพื้นที่ย่อยจะเรียกว่า เซลล์ เมื่อมีการเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แล้วสัญญาณและข้อมูลก็จะถูกส่งผ่านชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Gateway)

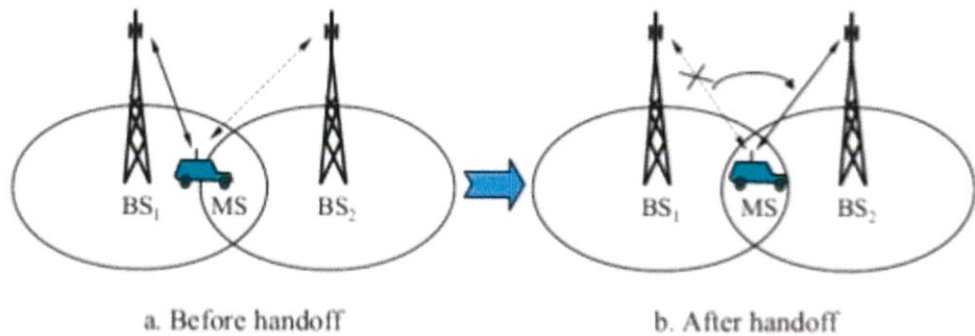
ถ้าผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้มีการเคลื่อนไหวจากบริเวณเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่ง ในการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับโครงข่ายจะต้องมีการเปลี่ยนจากสถานีฐานหนึ่งไปอีกสถานีฐานหนึ่งที่ได้รับผิดชอบบริเวณพื้นที่ใหม่ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นเคลื่อนที่เข้าไป กระบวนการนี้เรียกว่า แชนดออฟ (Handoff) หรือ แชนดโอเวอร์ ซึ่งมันจะทำให้การสนทนานั้นเกิดความต่อเนื่อง ไม่มีการขัดจังหวะในขณะที่พูด จะเกิดการแชนดโอเวอร์ขึ้นได้นั้นสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบคุณภาพของสัญญาณว่าอยู่ในระดับที่ต่ำกว่ากำหนดหรือไม่



รูปที่ 2.23 ขั้นตอนการ Hand over [14]

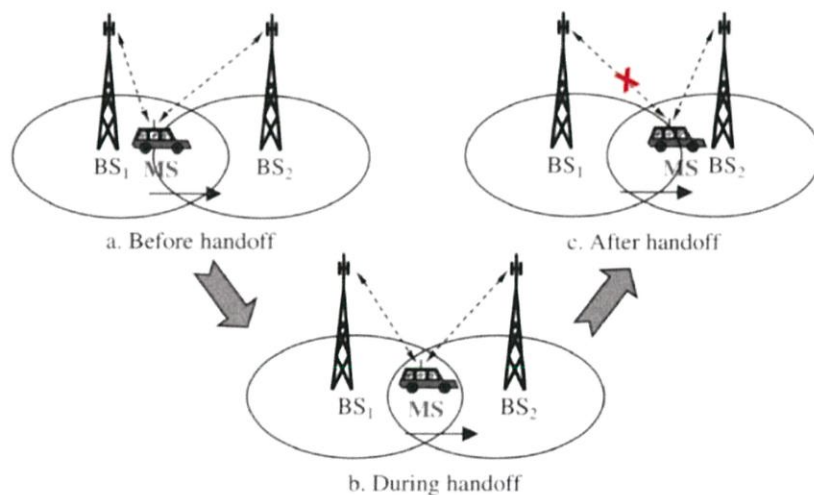
2.7.1 ประเภทของ Hand over

- Hard Handover คือ การย้ายการเชื่อมต่อจากเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่ง โดยการตัดการเชื่อมต่อจากเซลล์เดิมทิ้งไปก่อน แล้วค่อยติดต่อกับเซลล์ใหม่ ทำให้มีโอกาสที่จะเกิด Call drop สูง



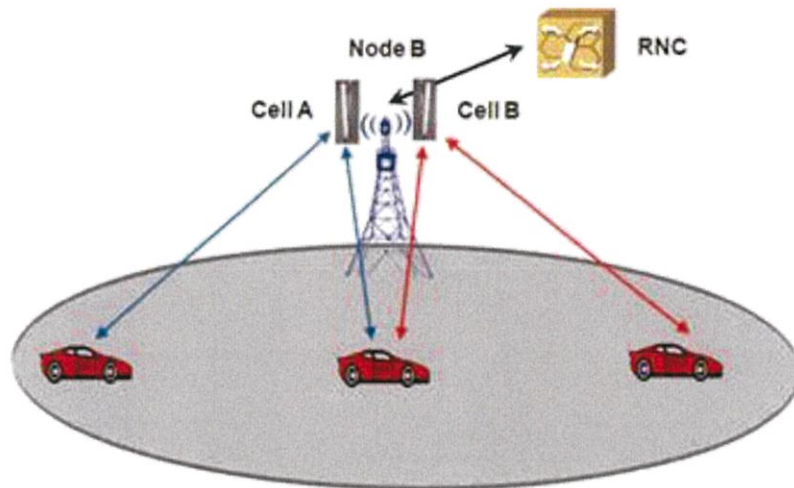
รูปที่ 2.24 ขั้นตอนการ Hand over แบบ Hard Hand over

- Soft Handover คือ การย้ายการเชื่อมต่อจากเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่ง โดยติดต่อกับเซลล์ที่จะย้ายก่อนที่จะตัดการเชื่อมต่อกับเซลล์เก่า โดยโทรศัพท์จะต้องมีการเชื่อมต่อกับเสาสัญญาณ 3 เสา สัญญาณอยู่ตลอดเวลา เพื่อที่จะให้เกิด Soft Handover ขึ้นได้



รูปที่ 2.25 ขั้นตอนการ Hand over แบบ Soft Hand over

- Softer Handover คือ การย้ายการเชื่อมต่อจากเซกเตอร์หนึ่ง ไปยัง อีกเซกเตอร์หนึ่งภายใน เสาสัญญาณเดิม [14]



รูปที่ 2.26 ขั้นตอนการ Hand over แบบ Softer Hand over

2.8 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 RSCP (Received Signal Code Power)

ใช้ในระบบ UMTS เป็นความแรงของสัญญาณ ส่วนมากจะส่งมาเป็นหน่วย dBm มีประโยชน์ในการประเมินคุณภาพสัญญาณและปรับกำลังส่งให้เหมาะสม [15]

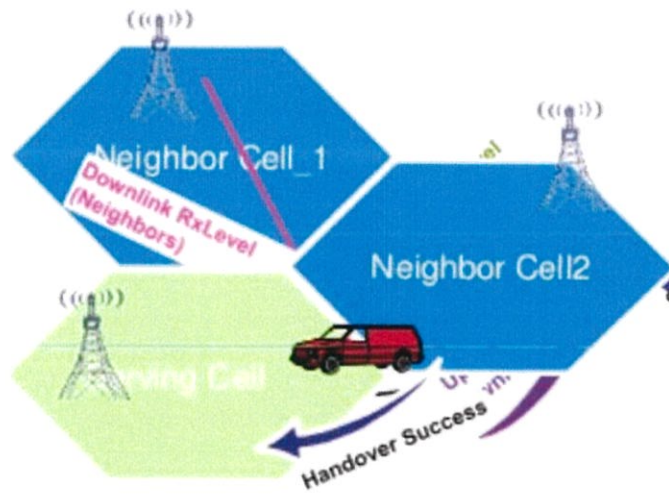
2.8.2 PSC (Primary scrambling code)

ใช้ในระบบ UMTS เป็นตัวเลขที่ใช้ในการแยกเซลล์ของแต่ละสถานีฐานหรือแยกผู้ใช้งานแต่ละคน โดยสถานีฐานที่อยู่ใกล้เคียงกันหรือผู้ใช้งานที่อยู่ใกล้เคียงกันควรมีเลข PSC ต่างกัน

2.8.3 NB (Neighbor)

คือการทำให้สถานีฐานรู้จักกับสถานีฐานข้างเคียง กล่าวคือการแฮนด์โอเวอร์นั้นจะเกิดขึ้นไม่ได้เลยถ้าหากว่าสถานีฐานเป้าหมาย ไม่ได้เป็น Neighbor ของสถานีฐานเดิม การที่จะได้เป็น Neighbor ได้นั้นจะต้องให้ผู้ดูแลระบบตั้งค่าให้ว่า เซลล์ไหนเป็น Neighbor กับเซลล์ไหน

ในขณะที่การแฮนด์โอเวอร์อยู่ในขั้นตอนที่สถานีฐานเป้าหมาย ตัดสินใจว่าพร้อมหรือไม่พร้อมนั้นจะมีการตรวจสอบว่าตัวเองนั้นเป็น Neighbor กับสถานีฐานเดิม หรือเปล่า ถ้าไม่เป็นก็จะไม่เกิดการแฮนด์โอเวอร์ ดังรูปที่ 2.27 [16]



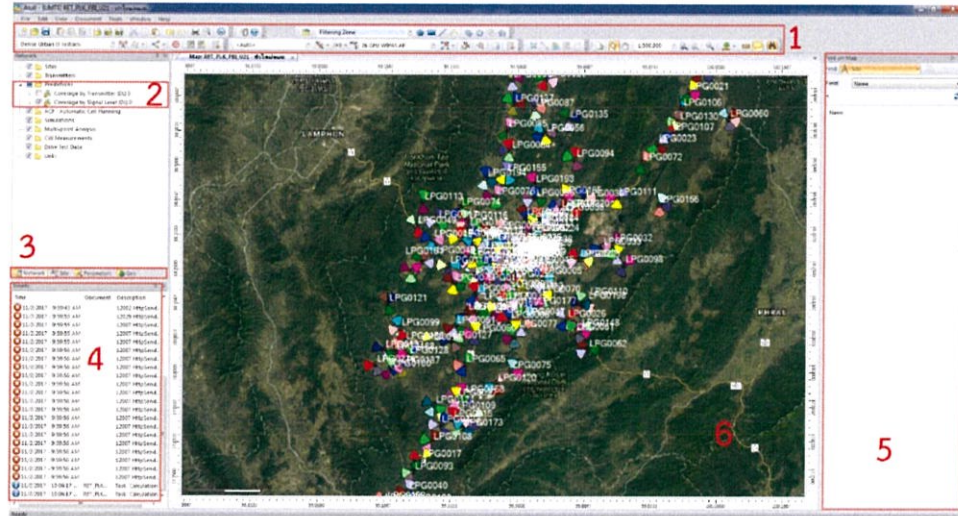
รูปที่ 2.27 ตัวอย่างการแฮนด์โอเวอร์ไประหว่างคู่เซลล์ที่เป็น Neighbor[16]

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

3.1 เครื่องมือหรือโปรแกรมที่ใช้ในการดำเนินงาน

3.1.1 โปรแกรม Atoll 3.3.2.10366 64-bit

เป็นโปรแกรมสำหรับการวางแผนการติดตั้ง Site คาดการณ์ค่าต่าง ๆ เช่น ค่า RSCP เพื่อดูคุณภาพของสัญญาณที่เกิดขึ้น โดยการทดสอบ Prediction ต้องเตรียมข้อมูลควบคู่กับโปรแกรม ข้อมูล Sites ของจังหวัดลำปางทั้งหมด ไฟล์แผนที่ ถนนหลัก ถนนย่อย แม่น้ำ ทางรถไฟ และอื่น ๆ ตามความเหมาะสม



รูปที่ 3.1 หน้าต่างต่าง ๆ ของโปรแกรม Atoll

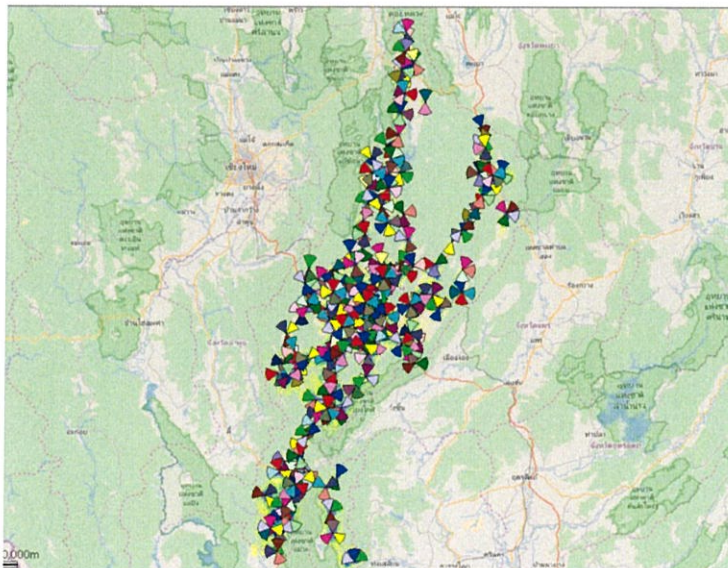
1. เปิดโปรแกรมจะพบหน้าต่าง ดังรูปที่ 3.1

- หมายเลข 1 แถบเมนูเครื่องมือที่ใช้สำหรับโปรแกรม
- หมายเลข 2 การทดสอบ Prediction ค่าต่าง ๆ เช่น RSCP, Number of cell เป็นต้น
- หมายเลข 3 แถบเมนูสำหรับการปรับเปลี่ยนค่าต่าง ๆ เช่น การปิดแผนที่ทางอากาศ และเปลี่ยนมาใช้แผนที่ทางภูมิประเทศ การ filtering เลือกดูเฉพาะ Site ที่ต้องการ เป็นต้น
- หมายเลข 4 เป็นส่วนการประมวลผล หลังจากทำการทดสอบ อาจมี error เกิดขึ้นได้
- หมายเลข 5 เป็นส่วนการค้นหาลูกข่ายที่สนใจที่สนใจ เช่น สถานีฐาน เซลล์ PSC เป็นต้น
- หมายเลข 6 เป็นส่วนการแสดงผล

2. เริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม เลือก file > import ค่าพารามิเตอร์ที่จำเป็น เช่น clutter, Height, Vector เป็นต้น
3. การสร้างสถานีฐานลงในโปรแกรม โดยทำการเตรียมไฟล์ข้อมูลสถานีฐานของจังหวัดลำปาง ซึ่งต้อง import ทั้งหมด 3 ส่วน คือ Site, Transmitters, Cell
 - Site> Sites > open table > import
 - Transmitters > Transmitters > open table > import
 - Cell > Transmitters > Cell > open table > import

Site	Transmitter	Active	Antenna	DX (m)	DY (m)
LPG0227	LPG0227A	<input checked="" type="checkbox"/>	1_HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_0	0	0
LPG0227	LPG0227B	<input checked="" type="checkbox"/>	1_HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_0	0	0
LPG0227	LPG0227C	<input checked="" type="checkbox"/>	1_HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_0	0	0
LPG0227	LPG0227D	<input checked="" type="checkbox"/>	1_HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_0	0	0
LPG0227	LPG0227E	<input checked="" type="checkbox"/>	HUAWEI ADK451819_2170_X_CO_M45_15	0	0
LPG0001	U21-LPG0001A	<input checked="" type="checkbox"/>	NR AMB4521R0_2140_X_CO_M45_y1=30.0	0	0
LPG0001	U21-LPG0001B	<input checked="" type="checkbox"/>	NR AMB4521R0_2140_X_CO_M45_y2=06T	0	0
LPG0001	U21-LPG0001C	<input checked="" type="checkbox"/>	NR AMB4521R0_2140_X_CO_M45_y1=30.0	0	0
LPG0001	U21-LPG0001D	<input checked="" type="checkbox"/>	NR AMB4521R0_2140_X_CO_M45_y3=30.0	0	0
LPG0001	U21-LPG0001E	<input checked="" type="checkbox"/>	NR AMB4521R0_2140_X_CO_M45_y2=03T	0	0
LPG0001	U21-LPG0001F	<input checked="" type="checkbox"/>	NR AMB4521R0_2140_X_CO_M45_y1=30.0	0	0
LPG0001	U21-LPG0001G	<input checked="" type="checkbox"/>	NR AMB4521R0_2140_X_CO_M45_y3=30.0	0	0
LPG0001	U21-LPG0001H	<input checked="" type="checkbox"/>	NR AMB4521R0_2140_X_CO_M45_y2=06T	0	0
LPG0001	U21-LPG0001I	<input checked="" type="checkbox"/>	NR AMB4521R0_2140_X_CO_M45_y1=30.0	0	0
LPG0001	U21-LPG0001J	<input checked="" type="checkbox"/>	NR AMB4520R6w06_2170_X_CO_M45_T64	0	0
LPG0002	U21-LPG0002A	<input checked="" type="checkbox"/>	1_HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_0	0	0
LPG0002	U21-LPG0002B	<input checked="" type="checkbox"/>	1_HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_0	0	0
LPG0002	U21-LPG0002C	<input checked="" type="checkbox"/>	1_HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_0	0	0
LPG0002	U21-LPG0002D	<input checked="" type="checkbox"/>	1_HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_0	0	0
LPG0003	U21-LPG0003A	<input checked="" type="checkbox"/>	1_HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_0	0	0
LPG0003	U21-LPG0003B	<input checked="" type="checkbox"/>	1_HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_0	0	0
LPG0003	U21-LPG0003C	<input checked="" type="checkbox"/>	1_HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_0	0	0
LPG0003	U21-LPG0003D	<input checked="" type="checkbox"/>	1_HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_0	0	0
LPG0004	U21-LPG0004A	<input checked="" type="checkbox"/>	1_HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_0	0	0
LPG0004	U21-LPG0004B	<input checked="" type="checkbox"/>	HUAWEI ADK451819_2170_X_CO_M45_15	0	0
LPG0004	U21-LPG0004C	<input checked="" type="checkbox"/>	1_HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_0	0	0
LPG0004	U21-LPG0004D	<input checked="" type="checkbox"/>	1_HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45_0	0	0

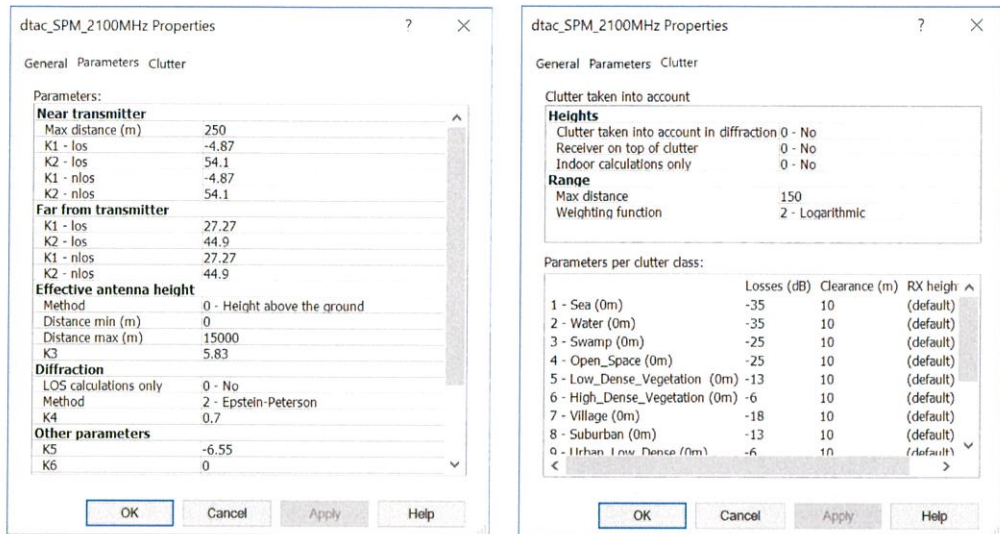
รูปที่ 3.2 ข้อมูลรายละเอียดของเซกเตอร์ในจังหวัดลำปาง



รูปที่ 3.3 เซกเตอร์ในจังหวัดลำปาง

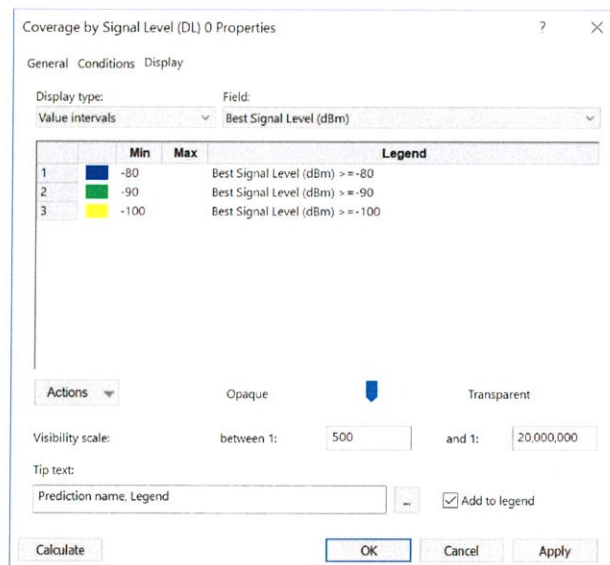
4. การปรับค่าพารามิเตอร์ของโปรแกรม ที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

- Propagation model มีการปรับค่าพารามิเตอร์ให้เป็นไปตามเกณฑ์ของบริษัท



รูปที่ 3.4 ปรับค่า Propagation model

- การปรับค่า RSCP ตาม Requirement ที่ได้รับ



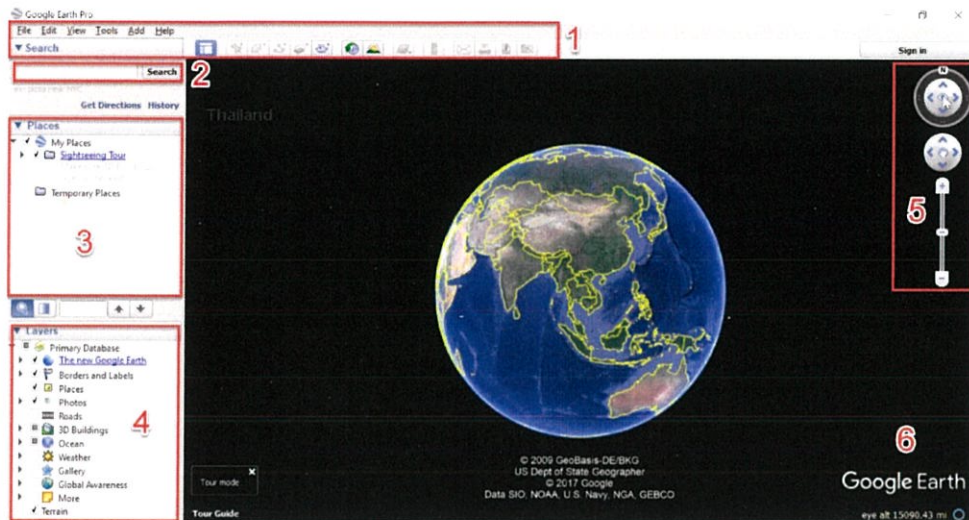
รูปที่ 3.5 ปรับค่า RSCP

3.1.2 โปรแกรม Google Earth

เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการดูภาพถ่ายทางอากาศพร้อมทั้งแผนที่ เส้นทาง ผังเมือง สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ และการจำลองพื้นที่ในรูปแบบ 3 มิติ ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้กับโครงงานในเรื่องของการดู

พื้นที่หมู่บ้านต่าง ๆ ในพื้นที่จริง เพื่อใช้ในการคาดคะเนถึงการแก้ปัญหา เช่น สัญญาณได้มีการหายไป อาจจะเกิดจากมีภูเขาหรือตึกบังอยู่ได้ สิ่งโปรแกรม Google Earth สามารถเห็นถึงปัญหาจริง ๆ ได้ และเพื่อใช้ดูสถานที่ที่เหมาะสมสำหรับการตั้งสถานีฐานใหม่

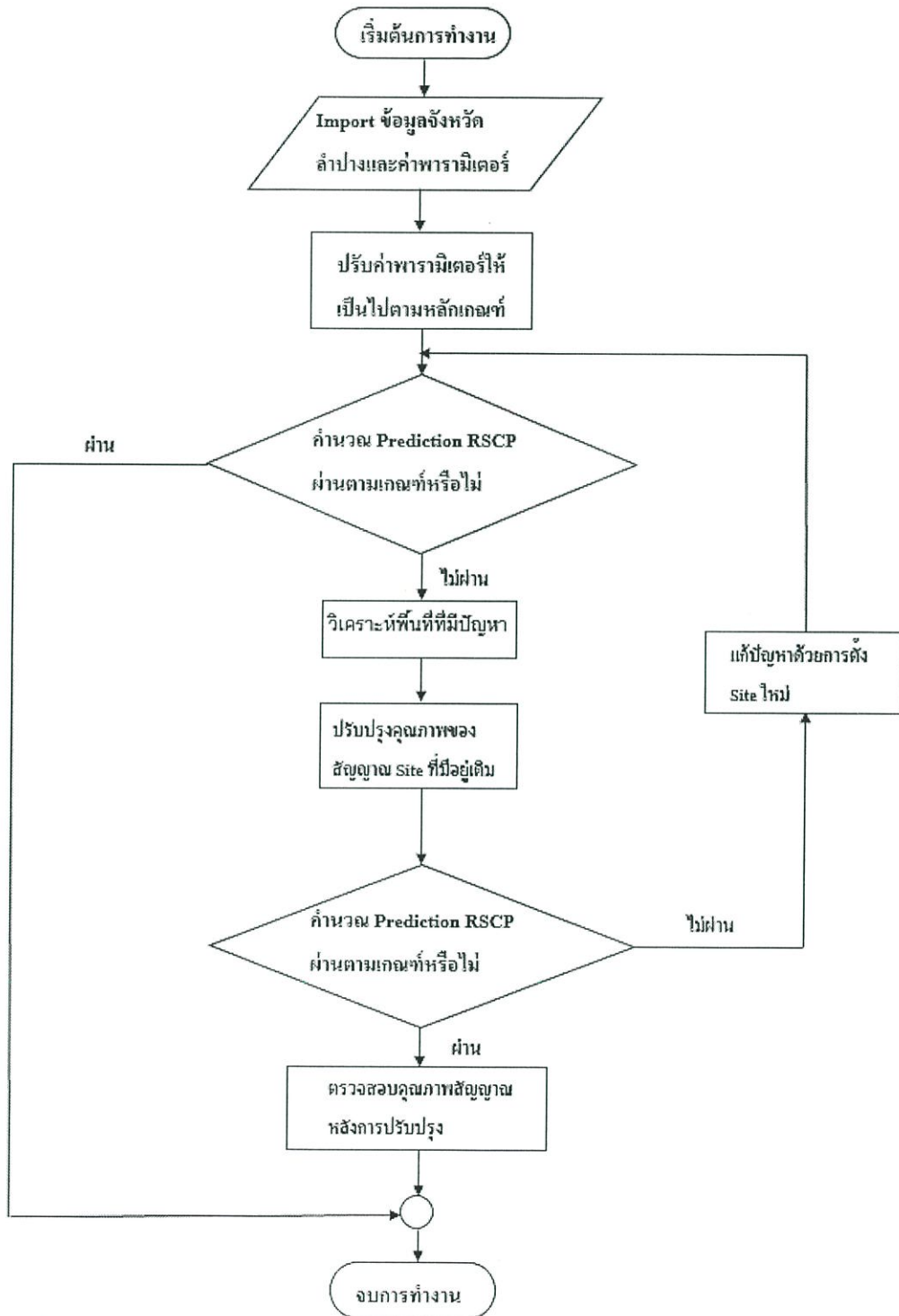
3.1.2.1 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม



รูปที่ 3.6 หน้าต่าง ๆ ของโปรแกรม Google Earth

1. เปิดโปรแกรมจะพบหน้าต่าง ดังรูปที่ 3.6
 - หมายเลข 1 แถบเมนูเครื่องมือที่ใช้สำหรับโปรแกรม
 - หมายเลข 2 ช่องสำหรับการค้นหาสิ่งที่สนใจ เช่น จังหวัดหรือจะเป็นสถานีฐานที่ได้ทำการ import ข้อมูลเข้าไป
 - หมายเลข 3 เป็นส่วนแสดงไฟล์ข้อมูลที่เปิด เช่น ข้อมูลการตั้งสถานีฐานของจังหวัดลำปาง ข้อมูลการปกคลุมพื้นที่ปัญหา เป็นต้น
 - หมายเลข 4 layer เป็นส่วนที่เลือกจุดที่สนใจเท่านั้น สามารถเปิดปิด layer ต่าง ๆ เพื่อดูสิ่งที่สนใจได้
 - หมายเลข 5 ส่วนในการปรับหน้าแสดงผลภาพ อาจจะมีการขยายหน้าผลลัพธ์หรือเลื่อนซ้ายขวา
 - หมายเลข 6 หน้าแสดงผลภาพ

3.2 หลักการของโครงการ



รูปที่ 3.7 โฟลว์ชาร์ตการทำโครงการปรับปรุงคุณภาพโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 บนคลื่นความถี่ 2,100 MHz ในจังหวัดลำปาง

3.3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

หลังจากนำฐานข้อมูลการตั้งสถานีฐานของจังหวัดลำปาง import เข้าโปรแกรม Atoll และปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามหลักเกณฑ์ และทดสอบคุณภาพของสัญญาณด้วยการ Prediction เพื่อวางแผนในการปรับคุณภาพสัญญาณ มีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

3.3.1 พิจารณาถึงหลักเกณฑ์ที่ได้รับ

3.3.2 พิจารณาพื้นที่โดยทั่วไปของจังหวัดลำปาง

3.3.3 พิจารณาพื้นที่ที่มีปัญหา สัญญาณไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่วางไว้

3.3.4 ปรับปรุงแก้ไขพื้นที่ที่มีปัญหา

3.3.5 ตรวจสอบคุณภาพสัญญาณหลังการปรับปรุง

3.3.1 พิจารณาถึงหลักเกณฑ์ที่ได้รับ

หลักเกณฑ์ที่ได้รับมาคือ ต้องการค่า RSCP ที่มีสัญญาณที่ดีที่เหมาะสมกับพื้นที่นั้น ตามรูปที่ 3.8

RSCP	Signal Quality	Area
$x \geq -80$ dBm	Excellent	Urban
-90 dBm $\leq x < -80$ dBm	Good	Suburban
-100 dBm $\leq x < -90$ dBm	Fair	Rural
< -100 dBm	No signal	

รูปที่ 3.8 การวัดคุณภาพ RSCP

จากตารางจะเห็นได้ว่าในพื้นที่ที่เป็น Urban ค่า RSCP จะต้องมีค่ามากกว่า -80 dBm มีการแพร่กระจายของสัญญาณเป็นสีน้ำเงิน ในพื้นที่ที่เป็น Suburban ค่า RSCP จะต้องมีค่าอยู่ในช่วง -81 dBm ถึง -90 dBm มีการแพร่กระจายของสัญญาณเป็นสีเขียว และในพื้นที่ที่เป็น Rural ค่า RSCP จะต้องมีค่าอยู่ในช่วง -91 dBm ถึง -100 dBm มีการแพร่กระจายของสัญญาณเป็นสีเหลือง



รูปที่ 3.9 ขอบเขตพื้นที่ในเมือง ชานเมือง และชนบท

โดยพื้นที่สีแดง แทนพื้นที่ตัวเมือง พื้นที่สีเหลืองแทนพื้นที่ชานเมือง และพื้นที่สีเขียวที่เหลือทั้งจังหวัดแทนพื้นที่ชนบท ดังแสดงในรูปที่ 3.9

3.3.2 พิจารณาพื้นที่โดยทั่วไปของจังหวัดลำปาง

เนื่องจากจังหวัดลำปางตั้งอยู่ในภาคเหนือของประเทศไทย ทำให้ภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นที่ราบสูง มีภูเขาสูงอยู่ทั่วไป ส่งผลให้ลักษณะการกระจายสัญญาณมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่

3.3.3 พิจารณาพื้นที่ที่มีปัญหา สัญญาณไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่วางไว้

ในบางพื้นที่ของจังหวัดลำปางสัญญาณอาจขาดหายหรือคุณภาพของสัญญาณไม่ดีเท่าที่ควร อันเกิดจากปัญหาที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ เช่น มีภูเขาหรือตึกบังสัญญาณทำให้สัญญาณขาดหายไปหรือในบางพื้นที่ตั้งอยู่ห่างไกล ทำให้สัญญาณจากสถานีฐานที่ไกลที่สุดส่งไปไม่ถึง ทำให้ต้องมีการวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นที่ละจุดและหาทางแก้ไขปัญหา

3.3.4 ปรับปรุงแก้ไขพื้นที่ที่มีปัญหา

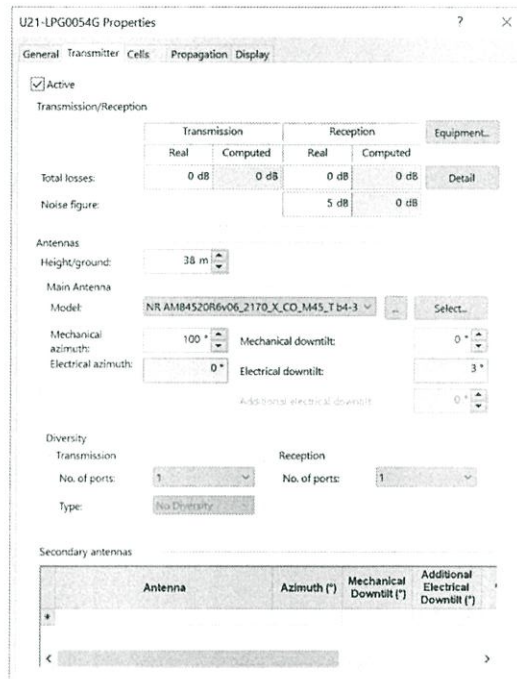
หลังจากได้วิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละจุด ทำให้ต้องหาแนวทางในการแก้ไข เนื่องจากภูมิประเทศของจังหวัดลำปางมีทั้งที่ราบสูงและภูเขา ทำให้วิธีในการแก้ไขปัญหาในแต่ละจุดแตกต่างกันไปตามลักษณะภูมิประเทศ สามารถแบ่งวิธีแก้ปัญหาเป็น

3.3.4.1 ปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณจากสถานีฐานเดิมที่มีอยู่เพื่อคุณภาพสัญญาณที่ดีขึ้น

- ปรับองศาของเซกเตอร์ เพื่อให้ตรงพื้นที่เป้าหมายมากขึ้น
- ปรับ E-tilt ด้วยการกดหรือเียงเซกเตอร์ เพื่อให้สัญญาณแพร่กระจายไปบริเวณพื้นที่

เป้าหมาย

- เพิ่มเชกเตอร์ขึ้นมาเพื่อเพิ่มการกระจายสัญญาณของสถานีฐาน



รูปที่ 3.10 การปรับข้อมูลของเชกเตอร์

3.3.4.2 ในกรณีที่ปรับปรุงสถานีฐานเดิมที่มีอยู่แล้ว คุณภาพของสัญญาณพื้นที่บริเวณนั้นไม่ดีขึ้น สามารถตั้งสถานีฐานใหม่ขึ้นมาได้ และต้องมีการแลกเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ใหม่ทั้งหมดด้วย

- แพลนค่า NB (Neighbor) ซึ่งเป็นค่าที่ต้อง ADD เข้าไปในแต่ละเชกเตอร์ เพื่อให้สถานีฐานข้างเคียงได้รู้จักกัน เพื่อสามารถทำการ Hand over ได้

- แพลนค่า PSC (Primary scrambling code) ซึ่งเป็นค่าเฉพาะของเชกเตอร์ เพื่อป้องกันการสับสนในการจับสัญญาณของผู้ใช้และสถานีฐาน

3.3.5 ตรวจสอบคุณภาพสัญญาณหลังการปรับปรุง

หลังการปรับปรุงสัญญาณเสร็จสิ้นแล้ว ได้มีการตรวจสอบคุณภาพสัญญาณทั้งหมดของจังหวัดลำปางก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงสัญญาณ เพื่อดูว่ามีสัญญาณดีขึ้นเป็นพื้นที่เท่าไรของจังหวัดลำปาง

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานโครงการเรื่องการวางแผนปรับปรุงคุณภาพโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 บนคลื่นความถี่ 2,100 MHz ในจังหวัดลำปาง ได้รับมอบหมายจำนวน 190 สถานีฐาน โดยวิเคราะห์พื้นที่ปัญหาและปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ เพื่อให้ได้สัญญาณที่ดีที่เหมาะสมกับพื้นที่ อธิบายแผนการดำเนินงานดังนี้

4.1 ข้อมูลของสถานีฐาน

4.1.1 ชนิดของสถานีฐาน : Macro site

4.1.2 Radio Specification : ข้อมูลเฉพาะของสถานีฐานบริเวณที่เป็นปัญหาก่อนการปรับปรุงสัญญาณ

ตารางที่ 4.1 ข้อมูล Radio Specification

Site	Sector	Azimuth (°)	Height (m)	M-Tilt (°)	E-Tilt (°)
L0001	A	30	50	0	08T
	B	60	50	0	08T
	C	90	50	0	08T
	D	150	50	0	03T
	E	180	50	0	03T
	F	210	50	0	03T
	G	240	50	0	06T
	H	270	50	0	06T
	I	300	50	0	06T
L0008	B	140	18	0	02T
	C	220	18	0	02T
	D	310	18	0	05T
	A	35	18	0	03T
L0024	A	0	57	0	03T
	B	80	57	0	05T
	C	160	57	0	06T
	D	285	57	0	05T

Site	Sector	Azimuth (°)	Height (m)	M-Tilt (°)	E-Tilt (°)
L0025	A	310	24	0	03T
	B	340	24	0	03T
	C	10	24	0	03T
	D	75	24	0	03T
	E	105	24	0	03T
	F	135	24	0	03T
	G	240	24	0	03T
L0039	A	0	27	0	03T
	B	120	27	0	03T
	C	240	27	0	07T
L0046	B	70	32	0	05T
	C	150	32	0	04T
	D	240	32	0	05T
	A	330	32	0	04T
L0052	A	340	57	0	02T
	B	60	57	0	03T
	C	125	57	0	03T
	D	195	57	0	04T
L0053	A	0	24	0	05T
	B	120	24	0	08T
	C	190	24	0	05T
	D	270	24	0	04T
L0054	A	50	38	0	04T
	B	150	38	0	03T
	C	210	38	0	03T
	D	270	38	0	05T
	E	300	38	0	05T
	F	330	38	0	05T

Site	Sector	Azimuth (°)	Height (m)	M-Tilt (°)	E-Tilt (°)
L0055	A	10	42	0	03T
	B	120	42	0	01T
	C	210	42	0	05T
	D	300	42	0	05T
L0060	A	320	57	0	04T
	B	45	57	0	04T
	C	110	57	0	04T
	D	170	57	0	04T
L0073	A	300	39	0	02T
	B	330	39	0	03T
	D	90	39	0	03T
	E	210	39	0	08T
	C	0	39	0	06T
	F	150	39	0	02T
L0080	A	350	43	0	04T
	B	35	43	0	02T
	C	100	43	0	04T
	D	200	43	0	05T
	E	290	43	0	04T
L0085	A	25	60	0	04T
	B	185	60	0	04T
L0109	A	50	55	0	04T
	B	175	55	0	04T
	C	240	55	0	04T
L0138	A	55	45	0	03T
	B	200	45	0	03T
	C	310	45	0	03T

Site	Sector	Azimuth (°)	Height (m)	M-Tilt (°)	E-Tilt (°)
L0143	A	10	30	0	05T
	B	120	30	0	03T
	C	230	30	0	04T
L0160	A	340	45	0	04T
	B	90	45	0	04T
	C	260	45	0	04T

4.2 เกณฑ์การปรับปรุงสัญญาณ

RSCP	Signal Quality	Area
≥ -80	Excellent	Urban
$-90 < x < -80$	Good	Suburban
$-100 \leq x < -90$	Fair	Rural
< -100	No signal	

รูปที่ 4.1 ตาราง RSCP Legend (หน่วย dBm)

จากผลการจำลองสัญญาณพบว่ามี 14 บริเวณที่ลักษณะของสัญญาณไม่ดี เมื่อเทียบกับ RSCP Legend จึงให้บริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ปัญหา (PA: Problem Area) เพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา ดังกล่าวดังนี้

4.3 ผลการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา

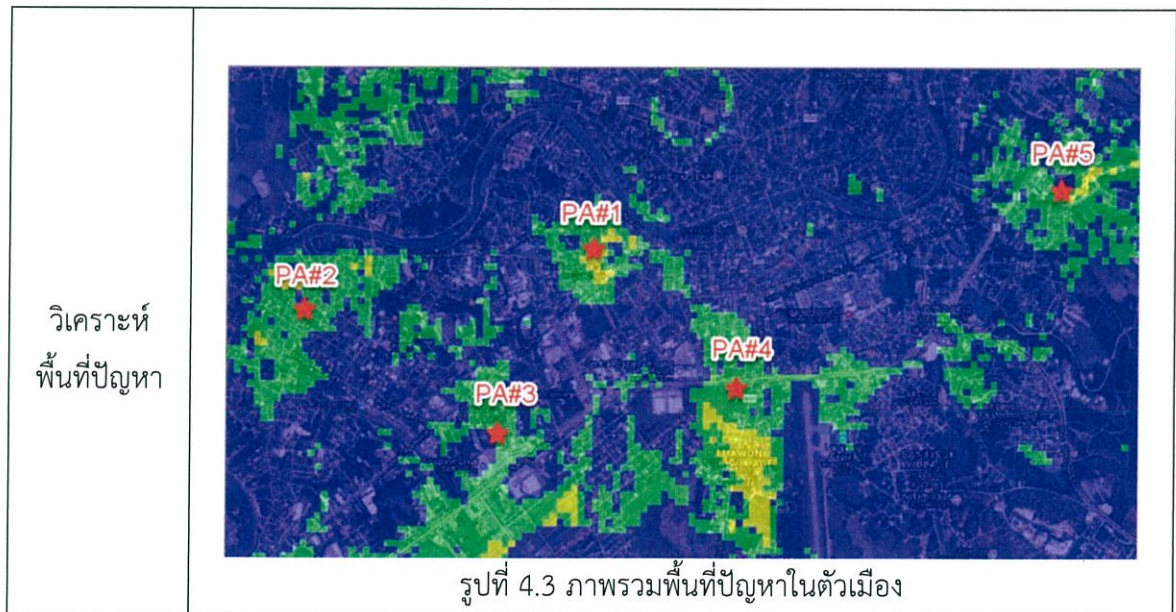
พื้นที่ปัญหาสามารถแบ่งการวิเคราะห์เป็นสามส่วน คือ พื้นที่ตัวเมือง ชานเมือง และชนบท โดยพื้นที่ตัวเมืองมีพื้นที่ปัญหาทั้งหมด 5 จุด ชานเมือง 5 จุด และชนบท 4 จุด มีสัญญาณไม่ตรงตามเกณฑ์หรือในบางพื้นที่ไม่มีสัญญาณเลย แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ภาพรวมพื้นที่ปัญหาในจังหวัดลำปาง

4.3.1 วิเคราะห์ปัญหาในตัวเมือง (Urban)

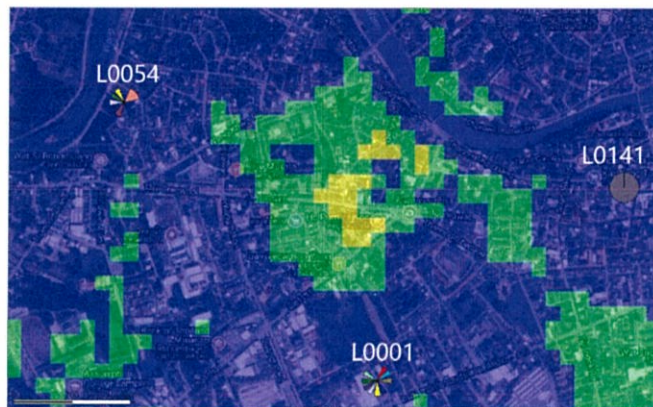
ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์และปรับปรุงพื้นที่ปัญหาในตัวเมือง PA1 - PA5



รูปที่ 4.3 ภาพรวมพื้นที่ปัญหาในตัวเมือง

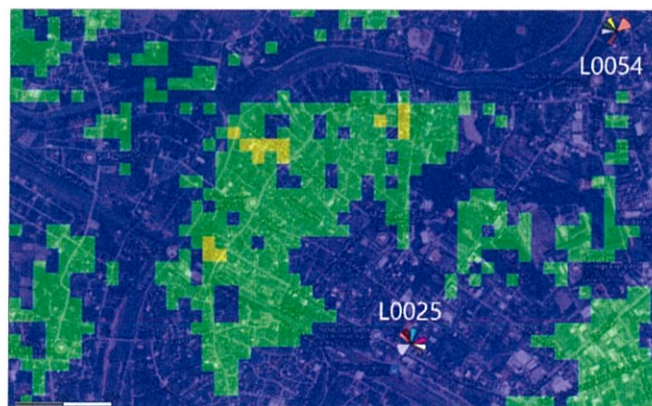
วิเคราะห์
พื้นที่ปัญหา

- PA#1 บริเวณพื้นที่ปัญหามีค่า RSCP -90 dBm (สีเขียว) และ -100 dBm (สีเหลือง) แทรกเข้ามา ซึ่งมีสัญญาณไม่ตรงตามเกณฑ์ในพื้นที่ตัวเมืองที่มี RSCP -80 dBm (สีน้ำเงิน) เกิดจากสถานีฐาน L0054 L0001 และ L0024 ไม่มี เซกเตอร์ ที่หันไปยังบริเวณพื้นที่ปัญหาเลย ทำให้พื้นที่ดังกล่าวนั้นเกิดเป็น Poor Coverage



รูปที่ 4.4 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#1

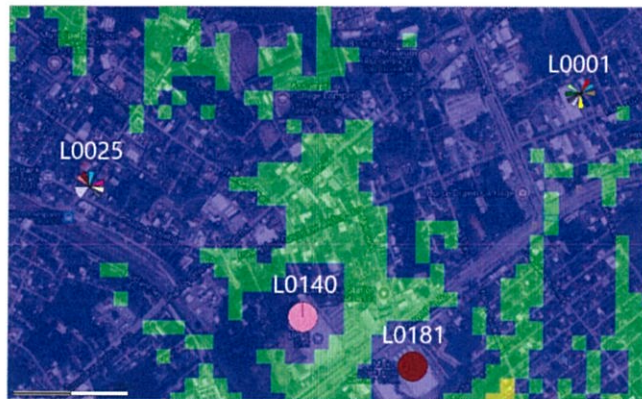
- PA#2 บริเวณพื้นที่ปัญหามีค่า RSCP -90 dBm (สีเขียว) แทรกเข้ามา ซึ่งมีสัญญาณไม่ตรงตามเกณฑ์ในพื้นที่ตัวเมืองที่ RSCP -80 dBm (สีน้ำเงิน) เนื่องจากสัญญาณถูกบดบังจากอาคารและต้นไม้ ทำให้สัญญาณจากสถานีฐาน L0025 และ L0073 ไม่สามารถกระจายมายังพื้นที่ปัญหาได้อย่างเต็มที่



รูปที่ 4.5 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#2

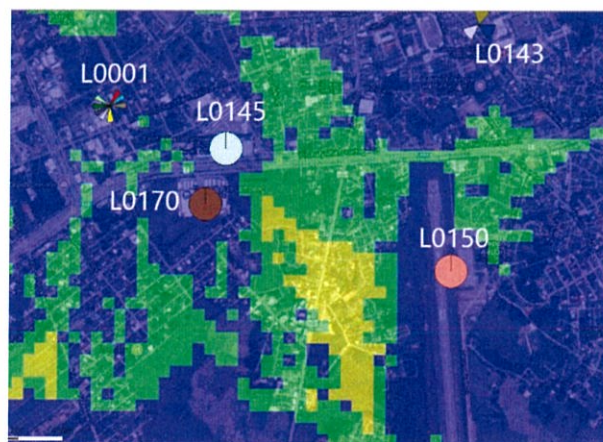
วิเคราะห์
พื้นที่ปัญหา

- PA#3 บริเวณพื้นที่ปัญหามีค่า RSCP -90 dBm (สีเขียว) แทรกเข้ามา ซึ่งมีสัญญาณไม่ตรงตามเกณฑ์ในพื้นที่ตัวเมืองที่ RSCP -80 dBm (สีน้ำเงิน) เกิดจากสถานีฐานที่อยู่ใกล้บริเวณปัญหา คือ สถานีฐาน L0140 และ L0181 เป็นสถานีฐาน แบบ indoor ซึ่งใช้สำหรับติดตั้งภายในอาคารทำให้การกระจายของสัญญาณอยู่ในระยะแคบ ภายในอาคารเท่านั้น (L0140 ติดตั้งในบีกซี L0181 ติดตั้งในแม่โคโร)

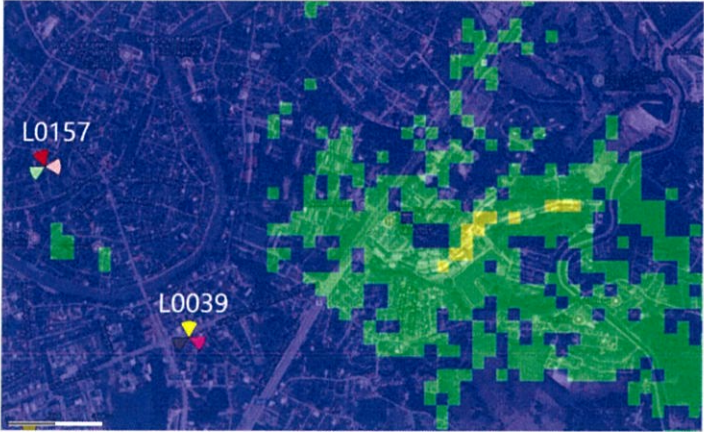
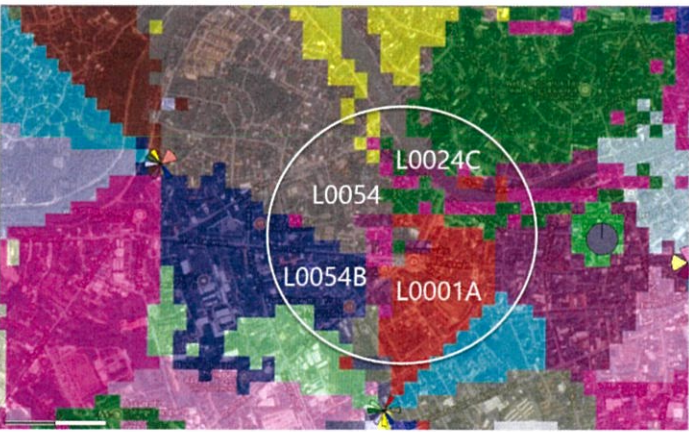


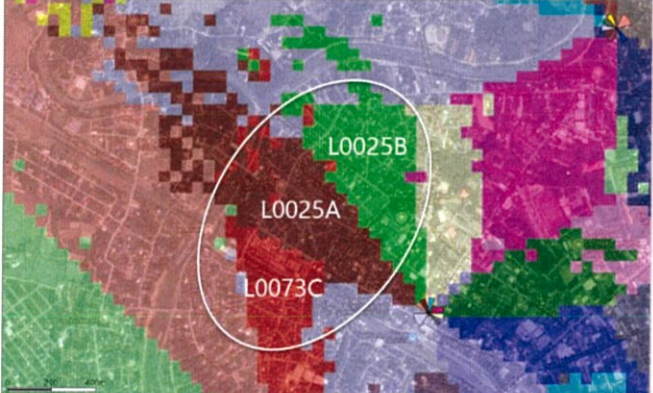
รูปที่ 4.6 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#3

- PA#4 บริเวณพื้นที่ปัญหามีค่า RSCP -90 dBm (สีเขียว) และ -100 dBm (สีเหลือง) แทรกเข้ามา ซึ่งมีสัญญาณไม่ตรงตามเกณฑ์ในพื้นที่ตัวเมืองที่ RSCP -80 dBm (สีน้ำเงิน) เนื่องจากบริเวณข้างเคียงพื้นที่ปัญหาเป็นสนามบิน ทำให้สถานีฐานที่อยู่ใกล้เป็นสถานีฐานแบบ indoor การกระจายสัญญาณอยู่ในระยะแคบ (L0145 ติดตั้งในเซ็นทรัล L0170 ติดตั้งในโลตัส และ L0150 ติดตั้งท่าอากาศยานลำปาง)



รูปที่ 4.7 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#4

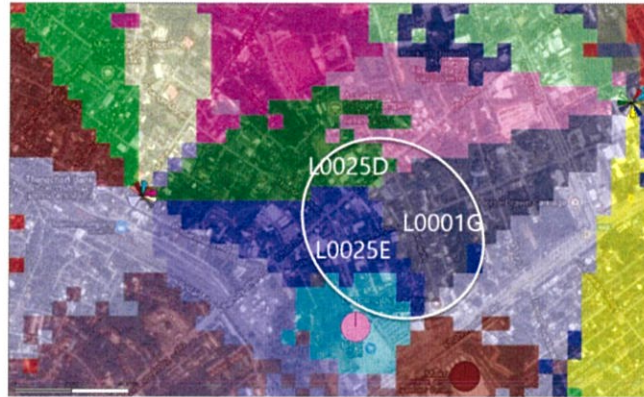
<p>วิเคราะห์พื้นที่ปัญหา</p>	<ul style="list-style-type: none"> PA#5 บริเวณพื้นที่ปัญหามีค่า RSCP -90 dBm (สีเขียว) แทรกเข้ามา ซึ่งมีสัญญาณไม่ตรงตามเกณฑ์ในพื้นที่ตัวเมืองที่ RSCP -80 dBm (สีน้ำเงิน) เกิดจากสถานีฐาน L0039 ไม่มีเซกเตอร์ ที่หันตรงไปยังพื้นที่ปัญหา  <p>รูปที่ 4.8 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#5</p>
<p>แนวทางการแก้ไขพื้นที่ปัญหา</p>	<p style="text-align: center;">พื้นที่ปัญหา PA#1</p> <p>การแก้ไขปัญหาในบริเวณนี้จะเริ่มจากการปรับปรุงของสถานีฐานเดิมก่อน เพื่อให้คุณภาพของสัญญาณอยู่ในเกณฑ์ที่ดีขึ้น โดยบริเวณพื้นที่ปัญหามีการกระจายสัญญาณ ดังรูปที่ 4.9</p>  <p>รูปที่ 4.9 การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#1</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ ปรับสถานีฐาน L0053 sector D ปรับ E-tilt จาก 4 องศา เป็น 2 องศา ➢ ปรับสถานีฐาน L0024 sector C ปรับมุมจาก 160 องศา ไปที่มุม 140 องศา

<p>แนวทางการแก้ไขพื้นที่ปัญหา</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ เพิ่ม Sector E ของสถานีฐาน L0024 มีความสูง 57 เมตร ปรับมุมเป็น 215 องศา ปรับ E-tilt เป็น 3 องศา มีสถานีฐานแบบ NR ADU451902_2170_X_CO_M45_bL ➤ เพิ่ม Sector G ของสถานีฐาน L0054 มีความสูง 38 เมตร ปรับมุมเป็น 100 องศา ปรับ E-tilt เป็น 3 องศา มีสถานีฐาน แบบ NR AMB4520R6v06_2170_X_CO_M45_T b4-30 ➤ เพิ่ม Sector J ของสถานีฐาน L0001 มีความสูง 50 เมตร ปรับมุมเป็น 350 องศา ปรับ E-tilt เป็น 4 องศา มีสถานีฐานแบบ NR AMB4520R6v06_2170_X_CO_M45_T b4-30
<p>แนวทางการแก้ไขพื้นที่ปัญหา</p>	<p style="text-align: center; background-color: #c8e6c9;">พื้นที่ปัญหา PA#2</p> <p>การแก้ไขปัญหาในบริเวณนี้จะเริ่มจากการปรับปรุงของสถานีฐานเดิมก่อน เพื่อให้คุณภาพของสัญญาณอยู่ในเกณฑ์ที่ดีขึ้น โดยบริเวณพื้นที่ปัญหามีการกระจายสัญญาณ ดังรูป 4.10</p>  <p>รูปที่ 4.10 การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#2</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ปรับสถานีฐาน L0025 sector A ปรับ E-Tilt จาก 3 องศา เป็น 2 องศา ➤ ปรับสถานีฐาน L0025 sector B ปรับ E-Tilt จาก 3 องศา เป็น 2 องศา ➤ ปรับสถานีฐาน L0073 sector C ปรับ E-Tilt จาก 6 องศา เป็น 2 องศา <p>หลังจากการปรับปรุงจากสถานีฐานเดิมไม่สามารถจัดการกับพื้นที่ที่มีปัญหาได้ทั้งหมด ต้องมีการติดตั้งสถานีฐานขึ้นมาใหม่ คือ สถานีฐาน L0226 ความสูงของสถานีฐาน 24 เมตร มี 6 sector</p>

<p>แนวทางการแก้ไขพื้นที่ปัญหา</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sector L0226A ใช้มุมที่ 35 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ NR ADU451902_2170_X_CO_M45_bL ใช้ E-Tilt 3 องศา ➤ Sector L0226B ใช้มุมที่ 90 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ NR AMB4520R6v06_2170_X_CO_M45_T b1+30 ใช้ E-Tilt 2 องศา ➤ Sector L0226C ใช้มุมที่ 130 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ NR AMB4520R6v06_2170_X_CO_M45_T b1-30 ใช้ E-Tilt 3 องศา ➤ Sector L0226D ใช้มุมที่ 195 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ NR AMB4520R6v06_2170_X_CO_M45_T b1+30 ใช้ E-Tilt 2 องศา ➤ Sector L0226E ใช้มุมที่ 255 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ NR ADU451902_2170_X_CO_M45_bL ใช้ E-Tilt 2 องศา ➤ Sector L0226E ใช้มุมที่ 330 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ NR ADU451902_2170_X_CO_M45_bL ใช้ E-Tilt 3 องศา
<p>หมายเหตุ</p>	<p>ข้อสนับสนุนในการตั้งสถานีฐานใหม่</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. พื้นที่ปัญหามีหมู่บ้านหนาแน่น มีสวนสาธารณะ และมีสถานที่สำคัญทางราชการ เช่น สถานีตำรวจ สำนักงานเทศบาล เป็นต้น และบริเวณดังกล่าวมีคุณภาพสัญญาณ RSCP อยู่ในช่วง -90 ถึง -100 dBm ติดต่อกันมากเกินไป <div data-bbox="521 1386 1202 1801" data-label="Image"> </div> <p>รูปที่ 4.11 บริเวณที่ตั้งสถานีฐาน L0226</p>

พื้นที่ปัญหา PA#3

การแก้ไขปัญหในบริเวณนี้จะเริ่มจากการปรับปรุงกรณของสถานีฐานเดิมก่อน เพื่อให้คุณภาพของสัญญาณอยู่ในเกณฑ์ที่ดีขึ้น โดยบริเวณพื้นที่ปัญหามีการกระจายสัญญาณ ดังรูป 4.12



รูปที่ 4.12 การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#3


แนวทางการ
แก้ไขพื้นที่
ปัญหา

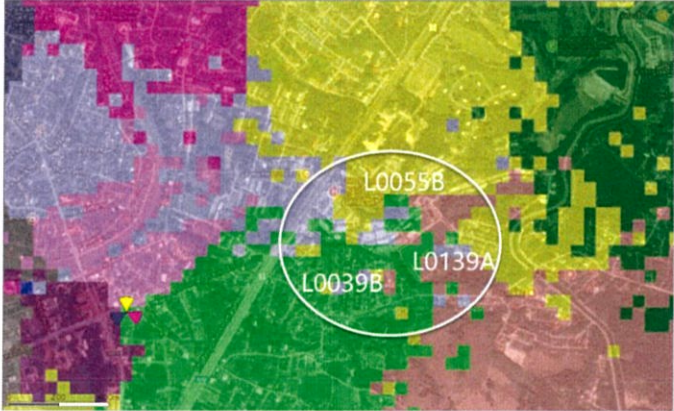

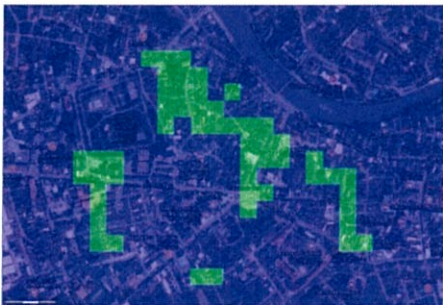
- Sites L0025 Sector E ปรับ E-Tilt จาก 03T เป็น 02T
- Sites L0025 Sector D ปรับ E-Tilt จาก 03T เป็น 02T
- Sites L0001 Sector G ปรับ E-Tilt จาก 06T เป็น 03T

หลังจากการปรับปรุงสถานีฐานเดิม ผลลัพธ์ที่ได้ยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ปัญหาทั้งหมด ต้องมีการตั้งสถานีฐานขึ้นมาใหม่ คือ เสาอากาศ L0227 ความสูงของสถานีฐาน 24 เมตร มี 5 sector รายละเอียดสถานีฐานใหม่มีดังนี้

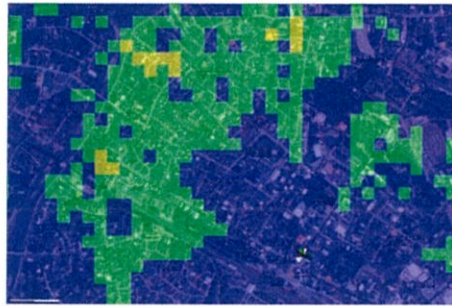
- Sector L0227A ใช้มุมที่ 15 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45 ใช้ E-Tilt 3 องศา
- Sector L0227B ใช้มุมที่ 85 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45 ใช้ E-Tilt 2 องศา
- Sector L0227C ใช้มุมที่ 160 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45 ใช้ E-Tilt 2 องศา
- Sector L0227D ใช้มุมที่ 225 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45 ใช้ E-Tilt 2 องศา
- Sector L0227E ใช้มุมที่ 300 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ HUAWEI ADU451819_2170_X_CO_M45_LS ใช้ E-Tilt 2 องศา

<p>หมายเหตุ</p>	<p>ข้อสนับสนุนในการตั้งสถานีฐานใหม่</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. พื้นที่ที่มีปัญหาเป็นพื้นที่สำคัญ เช่น สถานีขนส่งจังหวัดลำปาง ห้างสรรพสินค้า Big C เป็นต้น และบริเวณดังกล่าวมีคุณภาพสัญญาณ RSCP -90 dBm ติดต่อกันมากเกินไป  <p>รูปที่ 4.13 บริเวณที่ตั้งสถานีฐาน L0227</p>
<p>แนวทางการแก้ไขพื้นที่ปัญหา</p>	<p style="text-align: center;">พื้นที่ปัญหา PA#4</p> <p>การแก้ไขปัญหาในบริเวณนี้จะเริ่มจากการปรับอุปกรณ์ของสถานีฐานเดิมก่อน เพื่อให้คุณภาพของสัญญาณอยู่ในเกณฑ์ที่ดีขึ้น โดยบริเวณพื้นที่ปัญหามีการกระจายสัญญาณ ดังรูป 4.14</p>  <p>รูปที่ 4.14 การกระจายสัญญาณจากเสกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#4</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ปรับสถานีฐาน L0001 sector C ปรับ E-Tilt จาก 8 องศา เป็น 3 องศา ➤ ปรับสถานีฐาน L0053 sector C ปรับ E-Tilt จาก 5 องศา เป็น 2 องศา ➤ ปรับสถานีฐาน L0143 sector C ปรับ E-Tilt จาก 4 องศา เป็น 2 องศา ปรับมุมจาก 230 องศา เป็น 265 องศา

<p>แนวทางการแก้ไขพื้นที่ปัญหา</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➢ เพิ่ม Sector D ของสถานีฐาน L0143 ความสูง 30 เมตร ปรับมุมเป็น 195 องศา ปรับ E-tilt เป็น 2 องศา มีสถานีฐาน แบบ HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45 ➢ ปรับสถานีฐาน L0046 Sector A ปรับ E-Tilt จาก 4 องศา เป็น 3 องศา ➢ ปรับสถานีฐาน L0046 Sector D ปรับ E-Tilt จาก 5 องศา เป็น 2 องศา ปรับมุมจาก 240 องศา เป็น 250 องศา <p>หลังจากการปรับปรุงสถานีฐานเดิม ผลลัพธ์ที่ได้ยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ปัญหาทั้งหมด ต้องมีการตั้งสถานีฐานขึ้นมาใหม่ รายละเอียดสถานีฐานใหม่ L0228 มีความสูง 24 เมตร เนื่องจากอยู่ใกล้สนามบิน ทำให้สถานีฐานสูงมากไม่ได้ และมี 4 sector</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Sector L0228A ใช้มุมที่ 335 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45 ใช้ E-Tilt 1 องศา ➢ Sector L0228B ใช้มุมที่ 120 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45 ใช้ E-Tilt 2 องศา ➢ Sector L0228C ใช้มุมที่ 175 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ NR AMB4521R0_2140_X_CO_M45_y1+30 ใช้ E-Tilt 2 องศา ➢ Sector L0228D ใช้มุมที่ 240 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45 ใช้ E-Tilt 3 องศา
<p>หมายเหตุ</p>	<p>ข้อสนับสนุนในการตั้งสถานีฐานใหม่</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. บริเวณปัญหามีสถานที่สำคัญของจังหวัด คือ สนามบิน แต่ในการตั้งสถานีฐาน L0228 บริเวณปัญหาอยู่ใกล้เคียงกับเขตพื้นที่สนามบิน ส่งผลให้การตั้งสถานีฐานใหม่ไม่สามารถมีความสูงได้มาก พื้นที่ตั้งสถานีฐานเป็นบริเวณดังรูป 4.15  <p>รูปที่ 4.15 บริเวณที่ตั้งสถานีฐาน L0228</p>

<p>แนวทางการแก้ไขพื้นที่ปัญหา</p>	<p style="text-align: center;">พื้นที่ปัญหา PA#5</p> <p>การแก้ไขปัญหาในบริเวณนี้จะเริ่มจากการปรับปรุงของสถานีฐานเดิมก่อน เพื่อให้คุณภาพของสัญญาณอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยบริเวณพื้นที่ปัญหามีการกระจายสัญญาณ ดังรูป 4.16</p>  <p>รูปที่ 4.16 การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#5</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ ปรับสถานีฐาน L0039 Sector B ปรับ E-Tilt จาก 3 องศา เป็น 2 องศา ปรับมุม จาก 120 องศา เป็น 85 องศา ➢ เพิ่ม Sector D ของสถานีฐาน L0039 ความสูง 27 เมตร ปรับมุมเป็น 155 องศา ปรับ E-tilt เป็น 1 องศา มีสถานีฐาน แบบ HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45
	<p>ผลลัพธ์หลังการปรับปรุง</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <p>PA1 (before)</p> <p>PA1 (after)</p> </div>

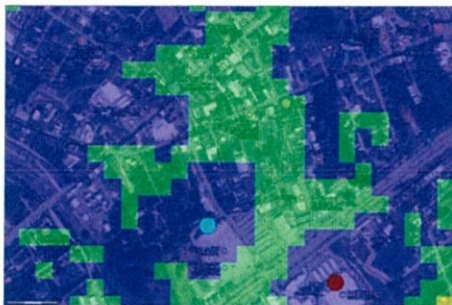
ผลลัพธ์หลัง
การปรับปรุง



PA2 (before)



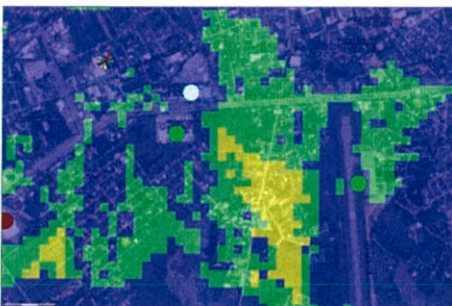
PA2 (after)



PA3 (before)



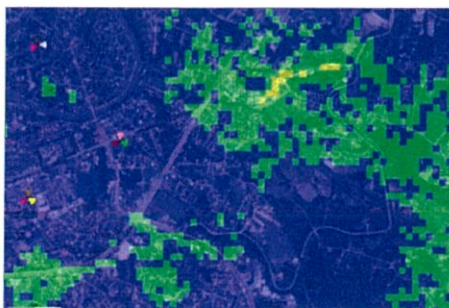
PA3 (after)



PA4 (before)



PA4 (after)



PA5 (before)

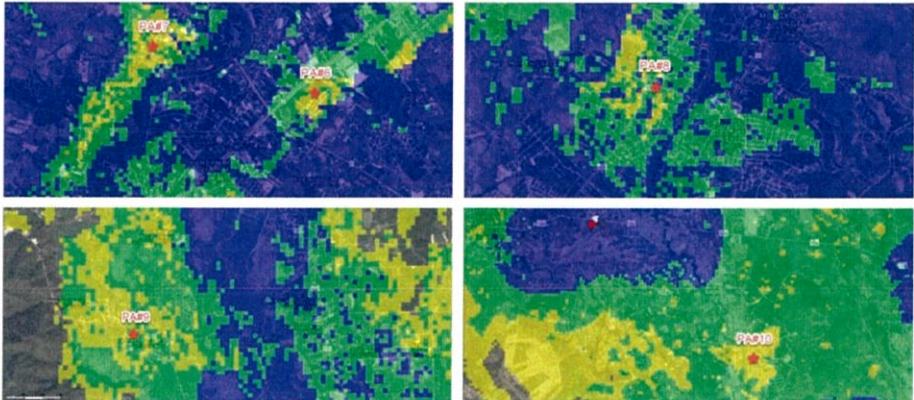
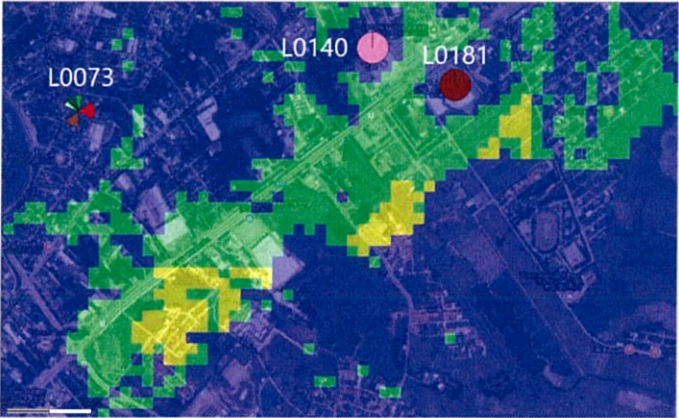


PA5 (after)

รูปที่ 4.17 ผลลัพธ์หลังการปรับปรุงสัญญาณในตัวเมือง (Urban)

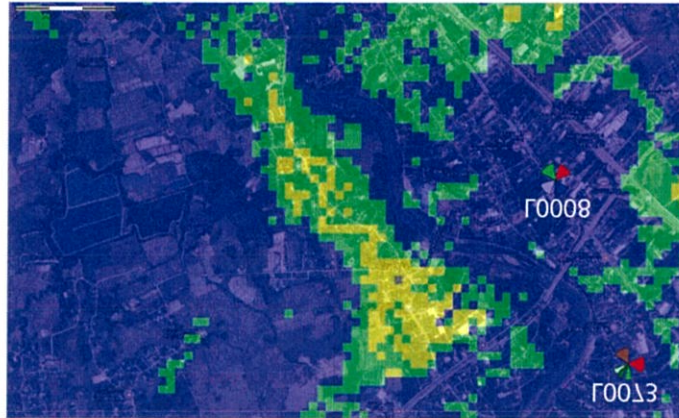
4.3.2 วิเคราะห์พื้นที่ปัญหาบริเวณชานเมือง (Suburban)

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์และปรับปรุงพื้นที่ปัญหาในชานเมือง PA6 - PA10

<p>วิเคราะห์พื้นที่ปัญหา</p>	<p>พื้นที่ชานเมืองมีสถานีฐานทั้งหมด 14 สถานี มีสถานีฐานใกล้เคียง 23 สถานี มีพื้นที่ปัญหาในชานเมืองทั้งหมด 5 จุด ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีสัญญาณไม่ตรงกับเกณฑ์ RSCP ซึ่งเท่ากับ - 90 dBm (สีเขียว) และบางพื้นที่ที่ไม่มีสัญญาณเลย</p>  <p>รูปที่ 4.18 ภาพรวมบริเวณพื้นที่ปัญหาในเขตชานเมือง</p> <p>เนื่องจากเป็นพื้นที่ชานเมือง ต้องมีคุณภาพของสัญญาณเป็น - 90 dBm มีสัญญาณในพื้นที่เป็นสีเขียวทั้งหมด จากในรูปจะเห็นพื้นที่ที่ไม่ตรงตามเกณฑ์เป็น 5 พื้นที่ใหญ่ด้วยกัน แต่ละพื้นที่ปัญหามีปัญหาดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> PA#6 บริเวณพื้นที่ปัญหามีสัญญาณไม่ตรงตามเกณฑ์ พื้นที่บางส่วนมีสัญญาณ RSCP -100 dBm แทรกเข้ามา เกิดจากสถานีฐาน L0073 และ L0025 ไม่มี Sector ที่หันไปยังบริเวณพื้นที่ปัญหาเลย ทำให้พื้นที่ดังกล่าวนั้นเกิดเป็น Poor Coverage  <p>รูปที่ 4.19 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#6</p>
------------------------------	---

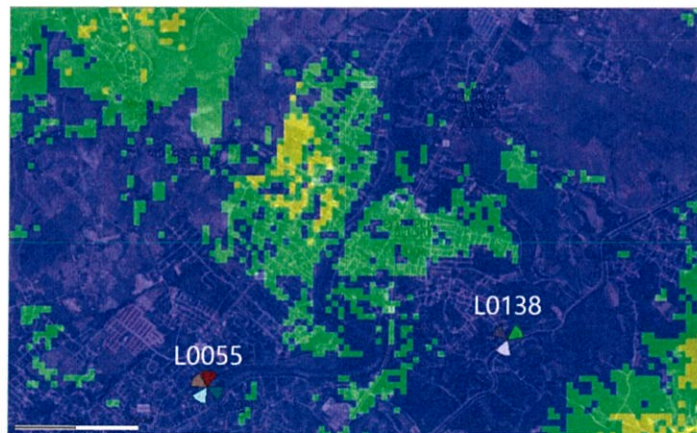
วิเคราะห์
พื้นที่ปัญหา

- PA#7 บริเวณพื้นที่ปัญหาที่มีสัญญาณไม่ตรงตามเกณฑ์ พื้นที่บางส่วนมีสัญญาณ RSCP -100 dBm (สีเหลือง) แทรกในบางพื้นที่ซึ่งไม่ตรงตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้



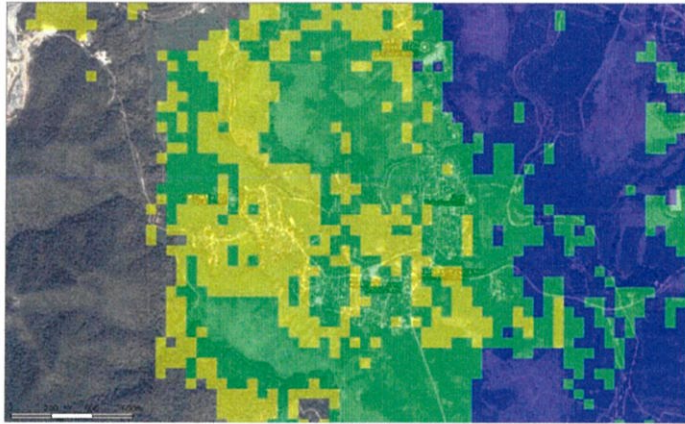
รูปที่ 4.20 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#7

- PA#8 บริเวณพื้นที่ปัญหาที่มีสัญญาณไม่ตรงตามเกณฑ์ ซึ่งเป็นบริเวณชุมชน ติดถนนเส้นหลัก มีค่า RSCP -100 dBm (สีเหลือง) แทรกในบางพื้นที่ ซึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์ของค่า RSCP ชานเมือง



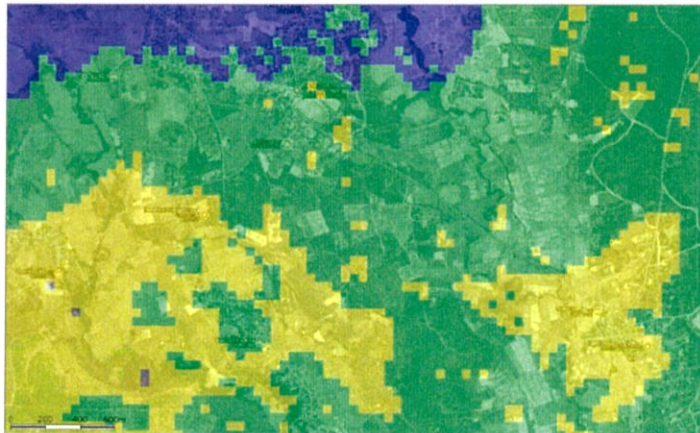
รูปที่ 4.21 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#8

- PA#9 บริเวณพื้นที่ปัญหาที่มีสัญญาณไม่ตรงตามเกณฑ์ ซึ่งเป็นบริเวณหมู่บ้าน และโรงเรียนปลายนาวิทยา มีสัญญาณ -100 dBm (สีเหลือง) แทรกในบางพื้นที่ซึ่งไม่ตรงตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ซึ่งมีสถานีฐานที่ใกล้ที่สุดห่างออกไปประมาณ 3 กิโลเมตร



รูปที่ 4.22 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#9

- PA#10 บริเวณพื้นที่ปัญหาที่มีสัญญาณไม่ตรงตามเกณฑ์ ซึ่งเป็นบริเวณหมู่บ้าน มีพระมหาเจดีย์จามเทวี มีโรงเรียนบ้านสันหลวง ซึ่งมีเสาอากาศที่ใกล้ที่สุดห่างออกไปประมาณ 4 กิโลเมตร

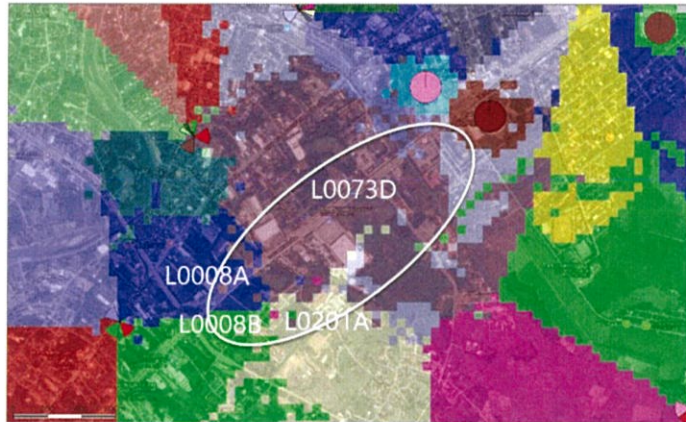


รูปที่ 4.23 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#10

พื้นที่ปัญหา PA#6

แนวทางการ
แก้ไขพื้นที่
ปัญหา

การแก้ไขปัญหาในบริเวณนี้จะเริ่มจากการปรับปรุงของสถานีฐานเดิมก่อน เพื่อให้คุณภาพของสัญญาณอยู่ในเกณฑ์ที่ดีขึ้น โดยบริเวณพื้นที่ปัญหาที่มีการกระจายสัญญาณจากสถานีฐานข้างเคียง ดังรูปที่ 4.24 สามารถทดลองปรับปรุงสถานีฐาน ได้ ดังนี้



รูปที่ 4.24 การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#6

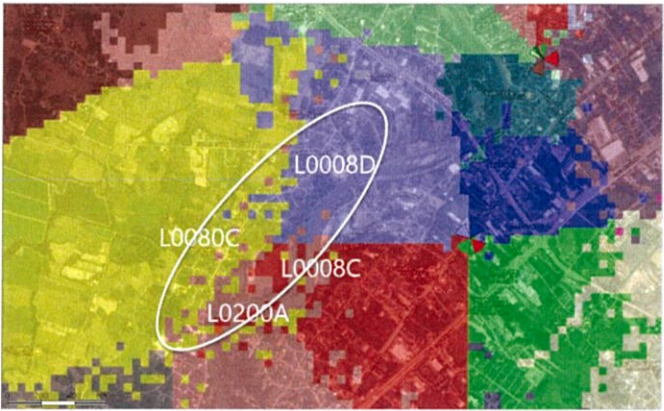
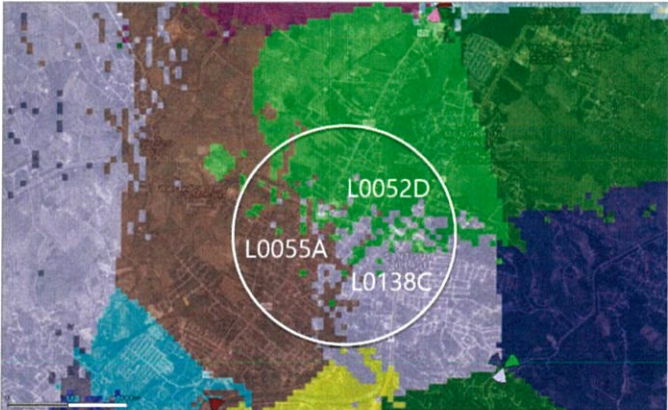
- ปรับสถานีฐาน L0073 Sector D ปรับ E-Tilt จาก 3 องศา เป็น 2 องศา ปรับมุมจาก 90 องศา เป็น 100 องศา
- ปรับสถานีฐาน L0025 Sector G ปรับมุมจาก 240 องศา เป็น 220 องศา
- เพิ่ม Sector F ของสถานีฐาน L0073 ความสูง 39 เมตร ปรับมุม 150 องศา ปรับ E-Tilt เป็น 2 องศา มีสถานีฐาน แบบ NR
AMB4521R0_2140_X_CO_M45_y1+30

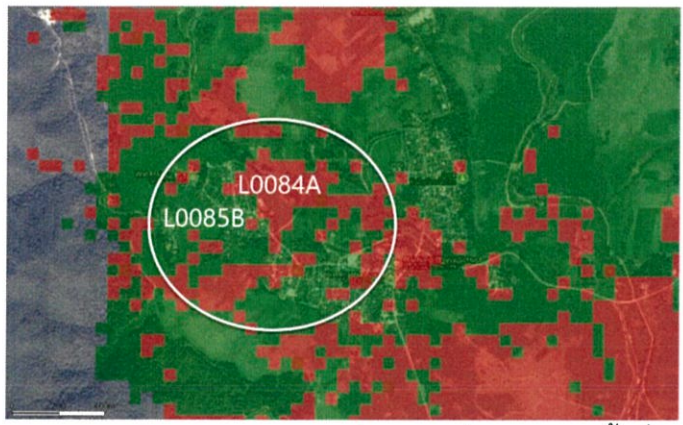
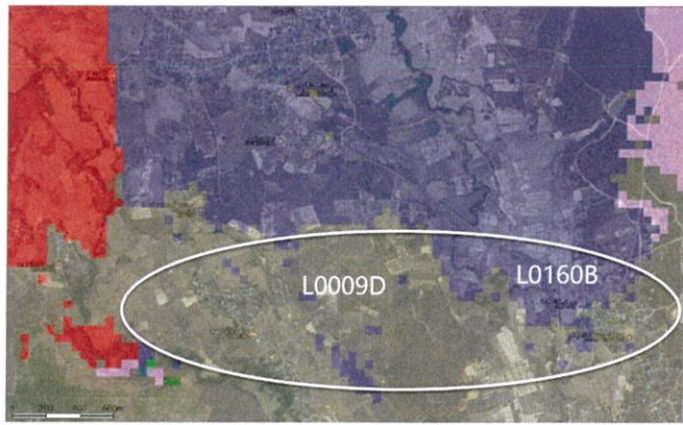
หลังจากการปรับปรุงสถานีฐานเดิม ผลลัพธ์ที่ได้สามารถแก้ปัญหาการที่สัญญาณค่า RSCP -100 dBm (สีเหลือง) แทรกเข้ามาในพื้นที่ชานเมืองที่มีเกณฑ์ค่าสัญญาณ RSCP -90 dBm (สีเขียว) ได้โดยพื้นที่ปัญหาหลังจากถูกปรับแล้วมีพื้นที่สีเขียวมากขึ้น



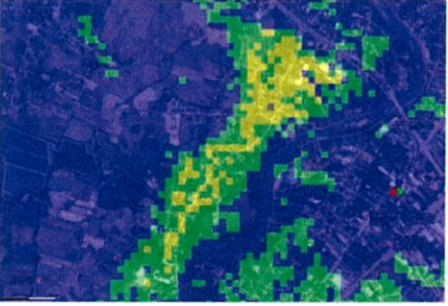

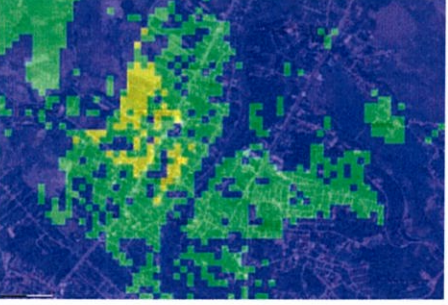
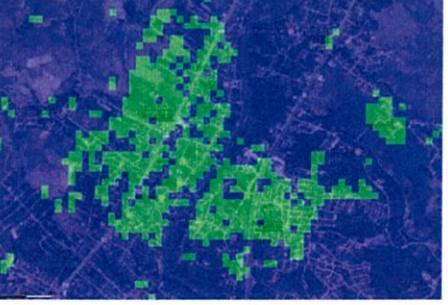
พื้นที่ปัญหา PA#7

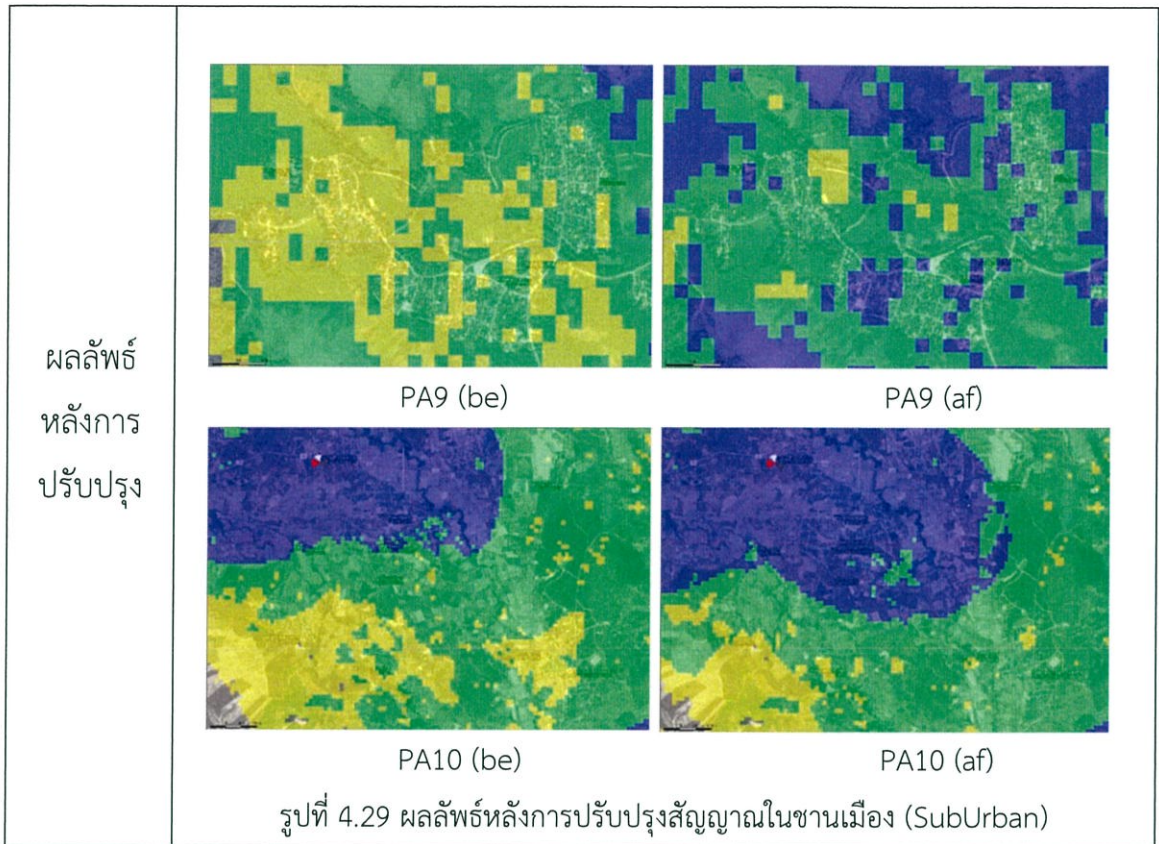
แนวทางการ
แก้ไขพื้นที่
ปัญหา

การแก้ไขปัญหาในบริเวณนี้จะเริ่มจากการปรับอุปกรณ์ของสถานีฐานเดิมก่อน เพื่อให้คุณภาพของสัญญาณอยู่ในเกณฑ์ที่ดีขึ้น โดยบริเวณพื้นที่ปัญหามีการกระจายสัญญาณสถานีฐานข้างเคียง ดังรูปที่ 4.25 สามารถทดลองปรับปรุงสถานีฐาน ได้ดังนี้

<p>แนวทางการ แก้ไขพื้นที่ ปัญหา</p>	 <p>รูปที่ 4.25 การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#7</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ปรับสถานีฐาน L0008 Sector D ปรับ E-Tilt จาก 5 องศา เป็น 1 องศา ➤ ปรับสถานีฐาน L0080 Sector C ปรับ E-Tilt จาก 4 องศา เป็น 1 องศา
<p>แนวทางการ แก้ไขพื้นที่ ปัญหา</p>	<p style="text-align: center;">พื้นที่ปัญหา PA#8</p> <p>ปรับปรุงสถานีฐานเดิมที่มีอยู่ ซึ่งดูการแพร่กระจายของสัญญาณจากสถานีฐานข้างเคียง ดังรูปที่ 4.26 สามารถทดลองปรับปรุงสถานีฐาน ได้ดังนี้</p>  <p>รูปที่ 4.26 การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#8</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ปรับสถานีฐาน L0052 Sector D ปรับ E-Tilt จาก 4 องศา เป็น 2 องศา ➤ ปรับสถานีฐาน L0055 Sector A ปรับ E-Tilt จาก 3 องศา เป็น 2 องศา ปรับมุมจาก 10 องศา เป็น 15 องศา ➤ ปรับสถานีฐาน L0138 Sector C ปรับมุมจาก 310 เป็น 275 องศา ➤ เพิ่ม Sector D ของสถานีฐาน L0138 ความสูง 45 เมตร ปรับมุม 345 องศา มี E-Tilt 4 องศา มีสถานีฐาน แบบ NR <p>AMB4520R6v06_2170_X_CO_M45_T b4-30</p>

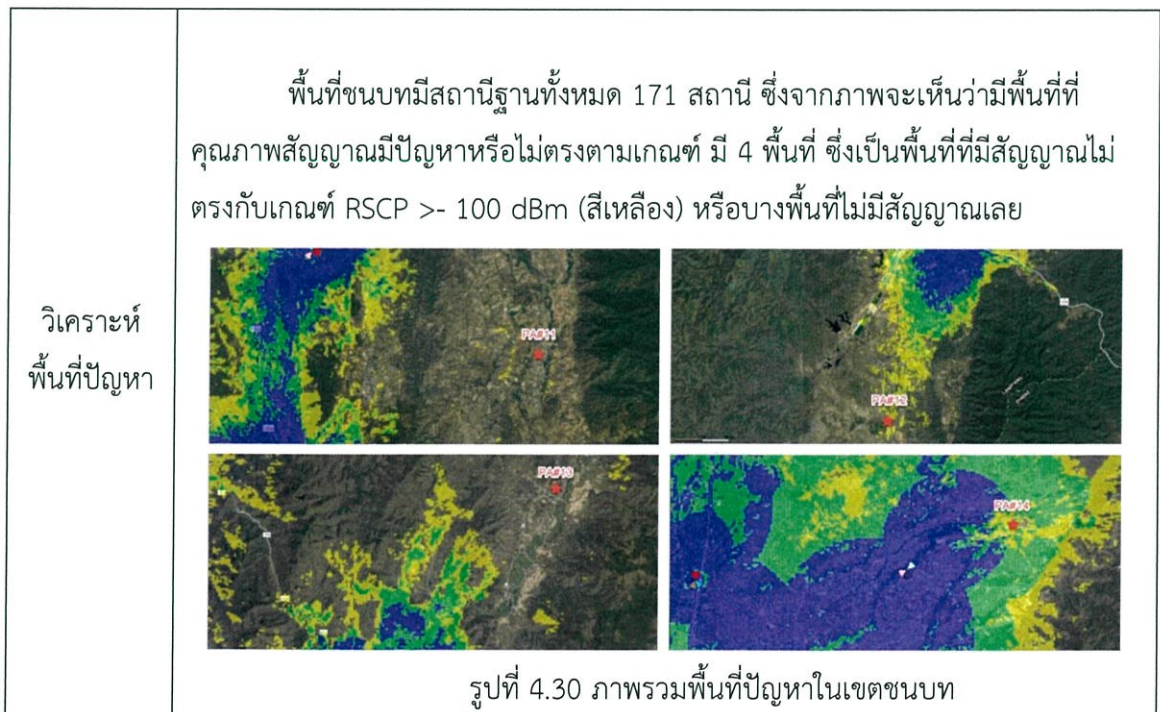
แนวทางการ แก้ไขพื้นที่ ปัญหา	<p style="text-align: center;">พื้นที่ปัญหา PA#9</p> <p>ปรับปรุงสถานีฐานเดิมที่มีอยู่ ซึ่งดูการแพร่กระจายของสัญญาณจากสถานีฐานข้างเคียง ซึ่งอยู่ห่างออกไปประมาณ 3 กิโลเมตร ทำให้ต้องมีการยก E-Tilt ขึ้น โดยบริเวณพื้นที่ปัญหามีการกระจายสัญญาณ ดังรูป 4.27</p>  <p>รูปที่ 4.27 การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#9</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ปรับสถานีฐาน L0085 Sector B ปรับ E-Tilt 4 องศา เป็น 0 องศา ปรับมุมจาก 185 องศา เป็น 210 องศา
	<p style="text-align: center;">พื้นที่ปัญหา PA#10</p> <p>ปรับปรุงสถานีฐานเดิมที่มีอยู่ ซึ่งดูจากการแพร่กระจายสัญญาณจากสถานีฐานที่อยู่ใกล้ที่สุด คือ สถานีฐาน L0160 อยู่ห่างออกไปประมาณ 4 กิโลเมตร พื้นที่ปัญหามีการกระจายสัญญาณ ดังรูป 4.28</p>  <p>รูปที่ 4.28 การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#10</p>

<p>แนวทางการแก้ไขพื้นที่ปัญหา</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ปรับสถานีฐาน L0160 Sector B ปรับ E-Tilt จาก 4 องศา เป็น 1 องศา ปรับมุมจาก 90 องศา เป็น 115 องศา ➤ ปรับสถานีฐาน L0160 Sector C ปรับ E-Tilt จาก 4 องศา เป็น 1 องศา เนื่องจากบริเวณพื้นที่ปัญหาเป็นพื้นที่โล่ง ทำให้การเงย E-Tilt ลักษณะของสัญญาณจะไปได้ค่อนข้างไกล ซึ่งแก้ปัญหพื้นที่เป้าหมายได้
<p>ผลลัพธ์หลังการปรับปรุง</p>	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>PA6 (be)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>PA6 (af)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>PA7 (be)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>PA7 (af)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>PA8 (be)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>PA8 (af)</p> </div> </div>



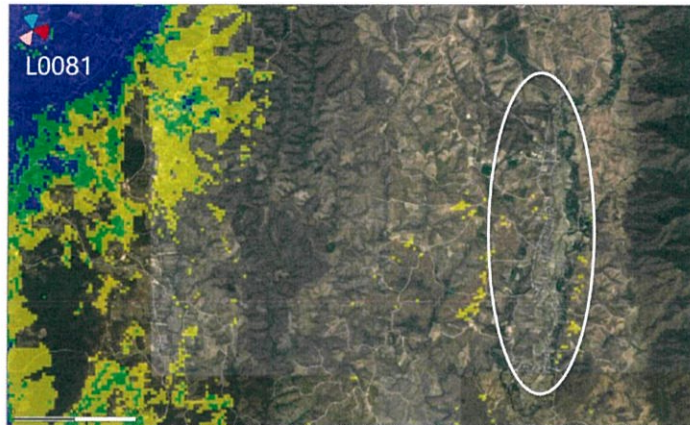
4.3.3 พื้นที่ปัญหาบริเวณชนบท (Rural)

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์และปรับปรุงพื้นที่ปัญหาในชนบท PA11 - PA14



วิเคราะห์
พื้นที่ปัญหา

- PA#11 บริเวณพื้นที่ปัญหามีหมู่บ้านติดต่อกันหลายหมู่บ้านและไม่มีสัญญาณเข้าถึง เนื่องจากบริเวณดังกล่าวอยู่ห่างจากสถานีฐานใกล้เคียงเป็นระยะทางค่อนข้างไกล มีภูเขากั้นกลาง ทำให้การกระจายสัญญาณส่งมาไม่ถึงพื้นที่ดังกล่าว โดยสถานีฐาน ที่ใกล้ที่สุดห่างออกไป 9 กิโลเมตร



รูปที่ 4.31 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#11

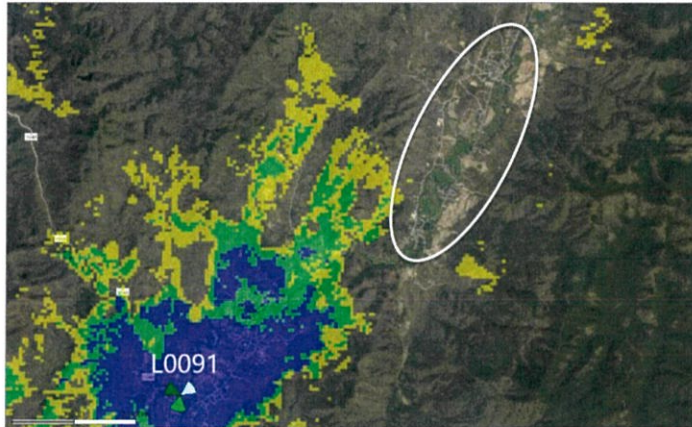
- PA#12 บริเวณพื้นที่ปัญหาได้รับสัญญาณไม่ครอบคลุมทั้งหมู่บ้าน ทำให้บางส่วนของหมู่บ้านไม่มีสัญญาณ ซึ่งตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้สำหรับพื้นที่ชนบท คือ มีสัญญาณ -100 dBm (สีเหลือง) โดยสถานีฐาน ที่ใกล้ที่สุดห่างออกไป 7 กิโลเมตร



รูปที่ 4.32 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#12

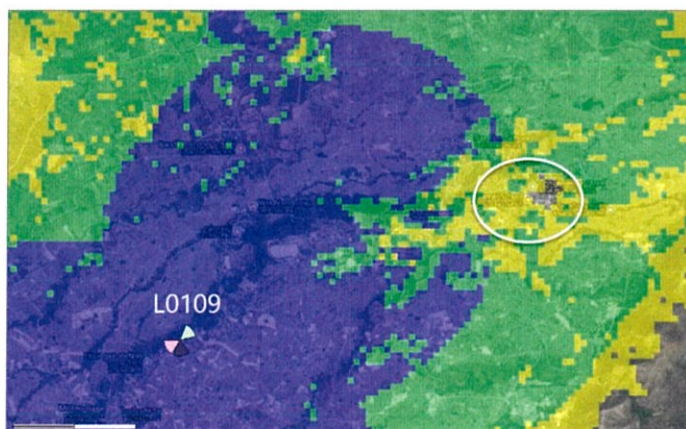
วิเคราะห์
พื้นที่ปัญหา

- PA#13 บริเวณพื้นที่ปัญหาไม่มีสัญญาณเข้าถึง เนื่องจากบริเวณดังกล่าวอยู่ห่างจากเสาอากาศใกล้เคียงเป็นระยะทางค่อนข้างไกล เสาอากาศที่ใกล้ที่สุดตั้งอยู่บริเวณตีนเขา ขณะที่พื้นที่ปัญหาลังตั้งอยู่บนเขา ทำให้การกระจายสัญญาณส่งมาไม่ถึงพื้นที่ดังกล่าว






รูปที่ 4.33 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#13



- PA#14 บริเวณพื้นที่ปัญหาไม่ได้รับสัญญาณครอบคลุม ทำให้บางส่วนของพื้นที่ไม่ได้รับสัญญาณ ซึ่งตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้สำหรับพื้นที่ชนบท คือ มีสัญญาณ -100 dBm (สีเหลือง) โดยเสาอากาศที่ใกล้ที่สุดห่างออกไป 3 กิโลเมตร



รูปที่ 4.34 ภาพพื้นที่ปัญหา PA#14

<p>แนวทางการแก้ไขพื้นที่ปัญหา</p>	<p style="text-align: center;">พื้นที่ปัญหา PA#11</p> <p>เนื่องจากสถานีฐานที่อยู่ใกล้ที่สุดไม่สามารถกระจายสัญญาณไปยังพื้นที่ดังกล่าวได้ เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศที่มีภูเขาทำให้สัญญาณไม่สามารถกระจายผ่านไปได้ ทำให้ต้องตั้งสถานีฐานใหม่ คือ L0223 มีความสูง 60 เมตร มี 2 sector มีรายละเอียดดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sector L0223A ใช้มุมที่ 0 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45 ใช้ E-Tilt 1 องศา ➤ Sector L0223B ใช้มุมที่ 180 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45 ใช้ E-Tilt 1 องศา
<p>หมายเหตุ</p>	<p>ข้อสนับสนุนในการตั้งสถานีฐาน L0229</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. มีหมู่บ้านขนาดใหญ่ติดกันหลายหมู่บ้านและใกล้กับอุทยานที่สำคัญหลายแห่งในจังหวัดลำปาง 2. เนื่องจากพื้นที่ของหมู่บ้านนี้ไม่มีสัญญาณเข้าถึงเลย แต่จากความเจริญของหมู่บ้านซึ่งสามารถดูได้จากแผนที่ Street view จึงมีความคุ้มค่าที่จะลงทุนในการตั้งสถานีฐานใหม่ <div style="text-align: center;">  <p>รูปที่ 4.35 บริเวณที่ตั้งสถานีฐาน L0223</p> </div>

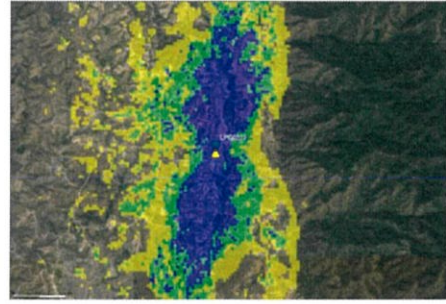
แนวทางการ แก้ไขพื้นที่ ปัญหา	<div style="background-color: #c8e6c9; text-align: center; padding: 5px;">พื้นที่ปัญหา PA#12</div> <p>จากการกระจายสัญญาณจากสถานีฐาน ที่อยู่ใกล้ที่สุด คือ L0060 สามารถทดลองปรับสถานีฐาน ได้ดังนี้</p>  <p>รูปที่ 4.36 การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#12</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ปรับสถานีฐาน L0060 Sector D ปรับ E-Tilt จาก 4 องศา เป็น 2 องศา ปรับมุมจาก 170 องศา เป็น 200 องศา
	<div style="background-color: #c8e6c9; text-align: center; padding: 5px;">พื้นที่ปัญหา PA#13</div> <p>จากการกระจายสัญญาณจากสถานีฐาน L0091 ที่อยู่ใกล้ที่สุด การกระจายสัญญาณไม่สามารถแพร่กระจายเข้ามายังพื้นที่ปัญหาได้ ทำให้ต้องมีการตั้งสถานีฐานใหม่ คือ L0229 มีความสูง 60 เมตร มี 2 sector มีรายละเอียดสถานีฐานดังนี้</p>  <p>รูปที่ 4.37 การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#13</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sector L0229A ใช้มุมที่ 30 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45 ใช้ E-Tilt 3 องศา ➤ Sector L0229B ใช้มุมที่ 60 องศา ใช้สถานีฐาน แบบ HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45 ใช้ E-Tilt 4 องศา

<p>หมายเหตุ</p>	<p>ข้อสนับสนุนในการตั้งสถานีฐานใหม่</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. พื้นที่ปัญหาเป็นที่ตั้งของหมู่บ้านขนาดใหญ่และมีสถานที่สำคัญตั้งอยู่ เช่น วัด พระธาตุเกตุแก้วบารมี เป็นต้น 2. บริเวณพื้นที่ปัญหาไม่มีสัญญาณเลย  <p>รูปที่ 4.38 บริเวณที่ตั้งสถานีฐาน L0229</p>
<p>แนวทางการแก้ไขพื้นที่ปัญหา</p>	<p style="text-align: center;">พื้นที่ปัญหา PA#14</p> <p>จากการกระจายสัญญาณจากสถานีฐานที่อยู่ใกล้ที่สุด ดังรูปที่ 4.39 จะเห็นว่า เป็นสถานีฐาน L0109A ซึ่งตั้งอยู่ห่างจากพื้นที่ปัญหาประมาณ 3 กิโลเมตร ทดลอง ปรับปรุงสถานีฐานเดิม ดังนี้</p>  <p>รูปที่ 4.39 การกระจายสัญญาณจากเซกเตอร์ของสถานีฐานบริเวณพื้นที่ปัญหา PA#14</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ปรับสถานีฐาน L0109 Sector A ปรับ E-Tilt จาก 4 องศา เป็น 1 องศา

ผลลัพธ์
หลังการ
ปรับปรุง



PA11 (be)



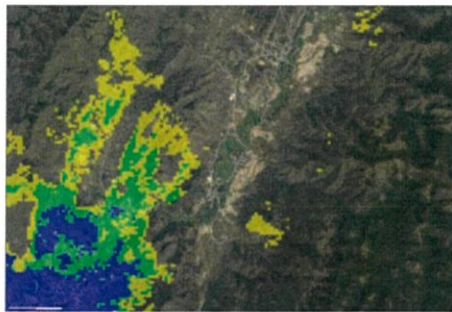
PA11 (af)



PA12 (be)



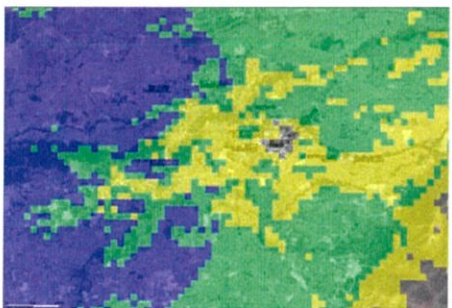
PA12 (af)



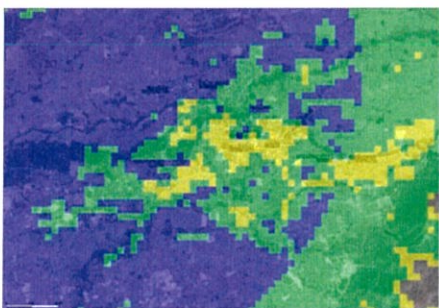
PA13 (be)



PA13 (af)



PA14 (be)



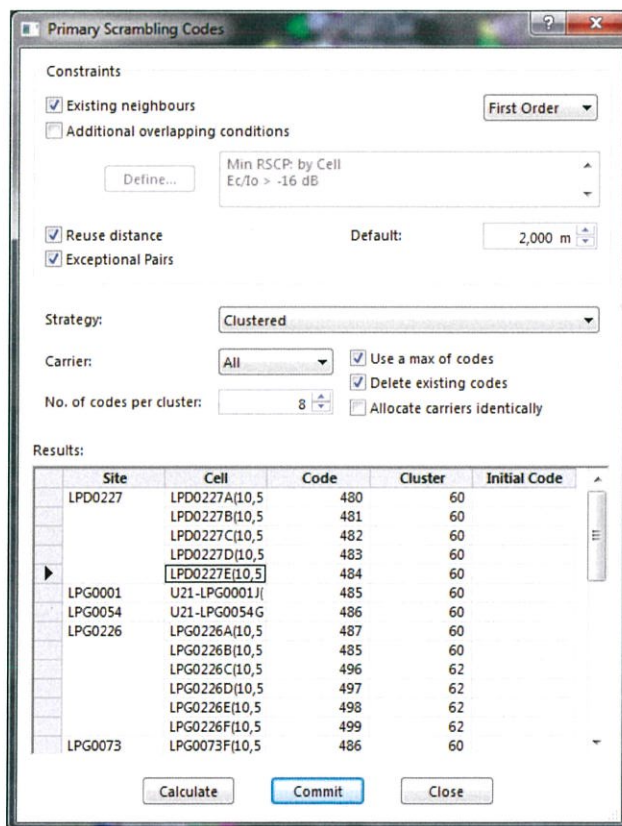
PA14 (af)

รูปที่ 4.40 ผลลัพธ์หลังการปรับปรุงสัญญาณในชนบท (Rural)

4.3.4 Primary Scrambling Code (PSC number)

ในการตั้งสถานีฐานขึ้นมาใหม่หรือการเพิ่ม Sector ขึ้นมาใหม่ จะต้องมีการป้อนหมายเลข PSC ให้ในแต่ละ Sector เพื่อให้เป็นค่าเฉพาะของ Sector นั้น เพื่อป้องกันการรบกวนของ User ในการจับสัญญาณ มีหมายเลข PSC ทั้งหมด 0-512 หมายเลข ซึ่งการกำหนดหมายเลขของแต่ละ sector ต้องคำนวณดูจาก sector โดยรอบของ sector เป้าหมาย ซึ่งในบริเวณเดียวกันห้ามมีหมายเลขใกล้เคียงกัน

ซึ่งจากพื้นที่ปัญหาของจังหวัดลำปาง มีการตั้งสถานีฐานใหม่ทั้งหมด 5 สถานี และมีการเพิ่ม Sector ทั้งหมด 7 Sector มีการวางแผนกำหนดค่า PSC ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.41 รายละเอียดการตั้งค่า PSC (Primary scrambling code)

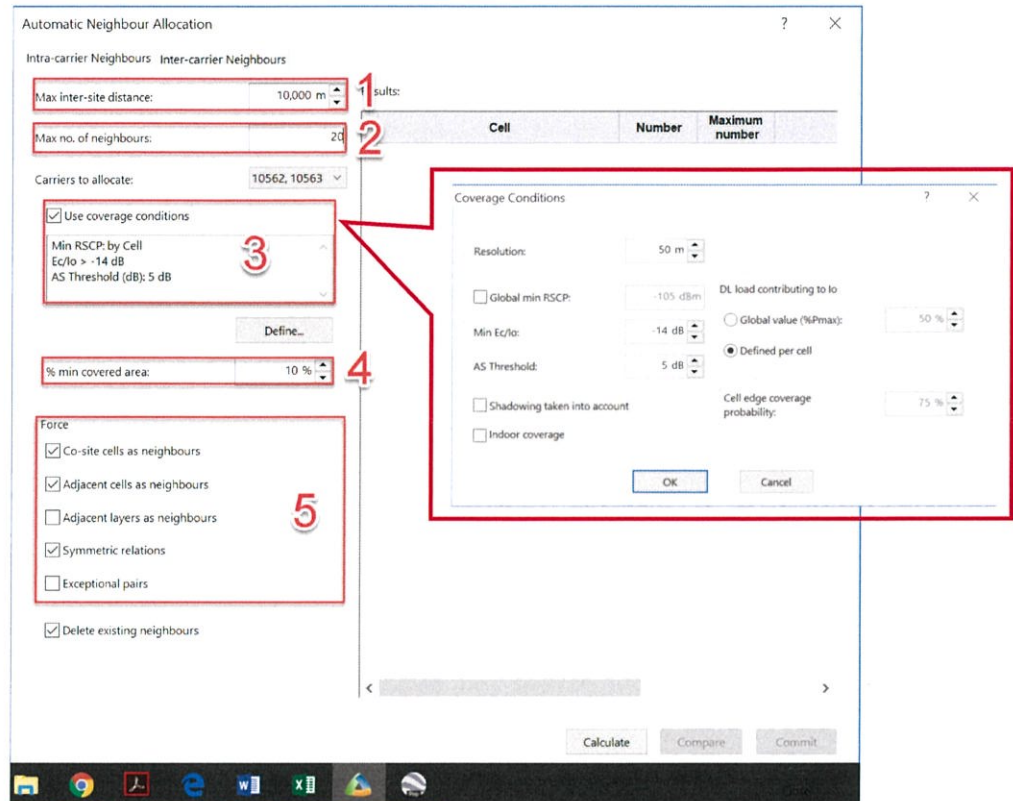
ตารางที่ 4.5 การกำหนดค่า PSC สำหรับสถานีฐานและ Sector ใหม่

Site	Cell	Code	Cluster	Result
L0227	L0227A(10,562)	480	60	New Site
L0227	L0227B(10,562)	481	60	New Site

Site	Cell	Code	Cluster	Result
L0227	L0227C(10,562)	482	60	New Site
L0227	L0227D(10,562)	483	60	New Site
L0227	L0227E(10,562)	484	60	New Site
L0001	L0001J(10,562)	485	60	Add Sector
L0054	L0054G(10,562)	486	60	Add Sector
L0226	L0226A(10,562)	487	60	New Site
L0226	L0226B(10,562)	485	60	New Site
L0226	L0226C(10,562)	496	62	New Site
L0226	L0226D(10,562)	497	62	New Site
L0226	L0226E(10,562)	498	62	New Site
L0226	L0226F(10,562)	499	62	New Site
L0073	L0073F(10,562)	486	60	Add Sector
L0228	L0228A(10,562)	487	60	New Site
L0228	L0228B(10,562)	417	52	New Site
L0228	L0228C(10,562)	418	52	New Site
L0228	L0228D(10,562)	419	52	New Site
L0143	L0143D(10,562)	420	52	Add Sector
L0039	L0039D(10,562)	421	52	Add Sector
L0024	L0024E(10,562)	422	52	Add Sector
L0223	L0223A(10,562)	426	53	New Site
L0223	L0223B(10,562)	427	53	New Site
L0229	L0229A(10,562)	434	54	New Site
L0229	L0229B(10,562)	435	54	New Site
L0138	L0138D(10,562)	465	58	Add Sector

4.3.5 Neighbours (Intra-Technology)

ในการสร้างสถานีฐานและ Sector ขึ้นมาใหม่ จะต้องมีการ Add Neighbour เพื่อให้ สถานีฐานและ Sector ที่สร้างขึ้นมาใหม่ได้ทำความรู้จักกัน เพื่อให้สามารถทำการ Hand over ขึ้นได้ ทำให้การใช้งานของ User เป็นไปอย่างลื่นไหล โดยการตั้งค่าเพื่อการ Add Neighbour มีดังนี้



รูปที่ 4.42 รายละเอียดการตั้งค่า Neighbour

- หมายเลข 1 ระยะทางจาก Sector ที่ต้องการ ADD Neighbours ไปยัง Sector บริเวณโดยรอบนั้นมีระยะไม่เกิน 10 กิโลเมตร
- หมายเลข 2 จำนวน Neighbours ที่ต้องการ ADD ไม่เกิน 20
- หมายเลข 3 ใช้การกระจายของสัญญาณเข้ามาเป็นเงื่อนไขในการแปลน Neighbours
- หมายเลข 4 ถ้าการกระจายสัญญาณของแต่ละ sector มีการซ้อนทับกัน (Overlap) เกิน 10% จะเป็น Neighbours
- หมายเลข 5 ข้อบังคับของการแปลน Neighbours
 - Co-site cells คือการ ADD Neighbours ของสถานีฐานเดียวกัน
 - Adjacent cells คือการ ADD Neighbours ระหว่างสถานีฐาน

- Symmetric relations คือการ ADD Neighbours ระหว่าง sector ทั้งขาไป และขากลับ

4.3.5.1 ผลลัพธ์การ ADD Neighbours

ในการ Add Neighbor แต่ละสถานีฐาน และแต่ละ sector ที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ มีความสัมพันธ์กับ sector ข้างเคียง ดังนี้

ตารางที่ 4.6 รายละเอียดการ ADD Neighbours ของ Sector

SITE	SECTOR	Neighbours	Cause	Coverage (%)	Adjacency (%)
L0001	J	L0001A	Co-Site	3.74	1.87
		L0001I	Co-Site	2.8	1.87
		L0001E	Co-Site	0.93	0.93
		L0001D	Co-Site	0.93	0.93
		L0001C	Co-Site	0.93	0.93
		L0001B	Co-Site	0.93	-
		L0001H	Co-Site	-	-
		L0001G	Co-Site	-	-
		L0001F	Co-Site	-	-
		L0054G	Adjacent	21.5	16.82
		L0024E	Adjacent	16.82	8.41
		L0054B	Adjacent	8.41	6.54
		L0054A	Adjacent	3.74	3.74
		L0013B	Symmetric	-	-
		L0024A	Symmetric	-	-
		L0024D	Symmetric	-	-
L0024	E	L0024C	Co-Site	24.8	20
		L0024D	Co-Site	17.6	10.4
		L0024B	Co-Site	-	-
		L0024A	Co-Site	-	-
		L0054G	Adjacent	13.6	8.8
		L0053D	Adjacent	16.8	6.4
		L0054A	Adjacent	11.2	8
		L0001J	Adjacent	12	4.8
		L0157C	Adjacent	8.8	4.8
		L0228A	Adjacent	6.4	0.8
L0039	D	L0001A	Adjacent	3.2	0.8
		L0039B	Co-Site	27.12	23.73
		L0039C	Co-Site	5.93	3.39
		L0039A	Co-Site	0.85	-
		L0143B	Adjacent	31.36	20.34
		L0139C	Adjacent	23.73	14.41
		L0046A	Adjacent	4.24	2.54
		L0055B	Symmetric	-	-
		L0139A	Symmetric	-	-
		L0054A	Co-Site	28.99	18.84
		L0054B	Co-Site	7.25	5.8

L0054	G	L0054D	Co-Site	1.45	1.45
		L0054F	Co-Site	-	-
		L0054E	Co-Site	-	-
		L0054C	Co-Site	-	-
		L0001J	Adjacent	27.54	23.19
		L0024E	Adjacent	13.04	1.45
		L0053D	Adjacent	7.25	2.9
		L0001A	Adjacent	1.45	1.45
		L0157C	Adjacent	1.45	1.45
L0073	F	L0073D	Co-Site	23.58	16.98
		L0073E	Co-Site	2.83	2.83
		L0073C	Co-Site	-	-
		L0073B	Co-Site	-	-
		L0073A	Co-Site	-	-
		L0201A	Adjacent	32.08	25
		L0008A	Adjacent	9.43	7.55
		L0008B	Adjacent	8.96	4.25
L0138	D	L0138C	Co-Site	19.03	16.01
		L0138A	Co-Site	18.43	15.11
		L0138B	Co-Site	0.3	-
		L0052D	Adjacent	28.7	22.36
		L0052C	Adjacent	5.44	1.51
		L0055A	Symmetric	-	-
		L0143B	Co-Site	12.95	9.35
		L0143C	Co-Site	6.47	5.76
		L0143A	Co-Site	-	-
		L0228B	Adjacent	43.17	29.5
		L0046A	Adjacent	20.86	12.95
		L0046D	Adjacent	12.95	7.19
		L0053C	Adjacent	14.39	2.16
		L0228C	Adjacent	5.04	1.44
		L0046C	Symmetric	-	-
L0150A	Symmetric	-	-		
L0223	A	L0223B	Co-Site	3.81	3.61
		L0081B	Adjacent	0.25	0.14
	B	L0223A	Co-Site	3.57	3.5
		L0081B	Adjacent	0.1	0.06
	A	L0226F	Co-Site	16.51	13.76
		L0226B	Co-Site	4.59	3.67
		L0226E	Co-Site	-	-
		L0226D	Co-Site	-	-
		L0226C	Co-Site	-	-
		L0054D	Adjacent	27.52	27.52
		L0025C	Adjacent	7.34	4.59
		L0054C	Adjacent	3.67	1.83
		L0227E	Symmetric	-	-
		L0025B	Symmetric	-	-
		L0054E	Symmetric	-	-
		L0226C	Co-Site	13.95	6.98
		L0226A	Co-Site	9.3	4.65

L0226	B	L0226F	Co-Site	-	-
		L0226E	Co-Site	-	-
		L0226D	Co-Site	-	-
		L0025C	Adjacent	25.58	23.26
		L0054C	Adjacent	32.56	20.93
		L0227E	Adjacent	20.93	4.65
		L0227A	Symmetric	-	-
	C	L0226B	Co-Site	20.83	16.67
		L0226D	Co-Site	8.33	8.33
		L0226F	Co-Site	4.17	4.17
		L0226E	Co-Site	8.33	-
		L0226A	Co-Site	-	-
		L0025B	Adjacent	20.83	16.67
		L0025C	Adjacent	4.17	4.17
		L0227E	Adjacent	4.17	4.17
		L0025D	Symmetric	-	-
		L0054C	Symmetric	-	-
	D	L0226E	Co-Site	13.33	6.67
		L0226C	Co-Site	2.22	-
		L0226F	Co-Site	-	-
		L0226B	Co-Site	-	-
		L0226A	Co-Site	-	-
		L0073C	Adjacent	28.89	22.22
		L0025A	Adjacent	20	15.56
		L0025G	Adjacent	6.67	6.67
	E	L0226F	Co-Site	14.03	10.41
		L0226D	Co-Site	1.81	1.36
		L0226C	Co-Site	0.45	-
		L0226B	Co-Site	-	-
		L0226A	Co-Site	-	-
		L0073B	Adjacent	33.03	29.86
		L0073C	Adjacent	6.79	6.33
		L0025A	Adjacent	7.69	2.71
		L0073A	Adjacent	4.98	2.71
		L0008D	Adjacent	0.9	0.45
		L0034C	Adjacent	5.88	0.9
		L0034D	Adjacent	0.45	0.45
		L0054D	Symmetric	-	-
		L0080C	Symmetric	-	-
	F	L0226E	Co-Site	10.28	8.87
		L0226A	Co-Site	7.8	5.67
		L0226D	Co-Site	-	-
		L0226C	Co-Site	-	-
		L0226B	Co-Site	-	-
		L0054D	Adjacent	46.1	40.43
		L0073C	Adjacent	20.57	4.26
		L0025A	Adjacent	6.74	2.48
L0025B		Adjacent	9.93	0.35	
L0013C		Adjacent	9.93	2.48	
L0054E	Adjacent	5.67	0.71		

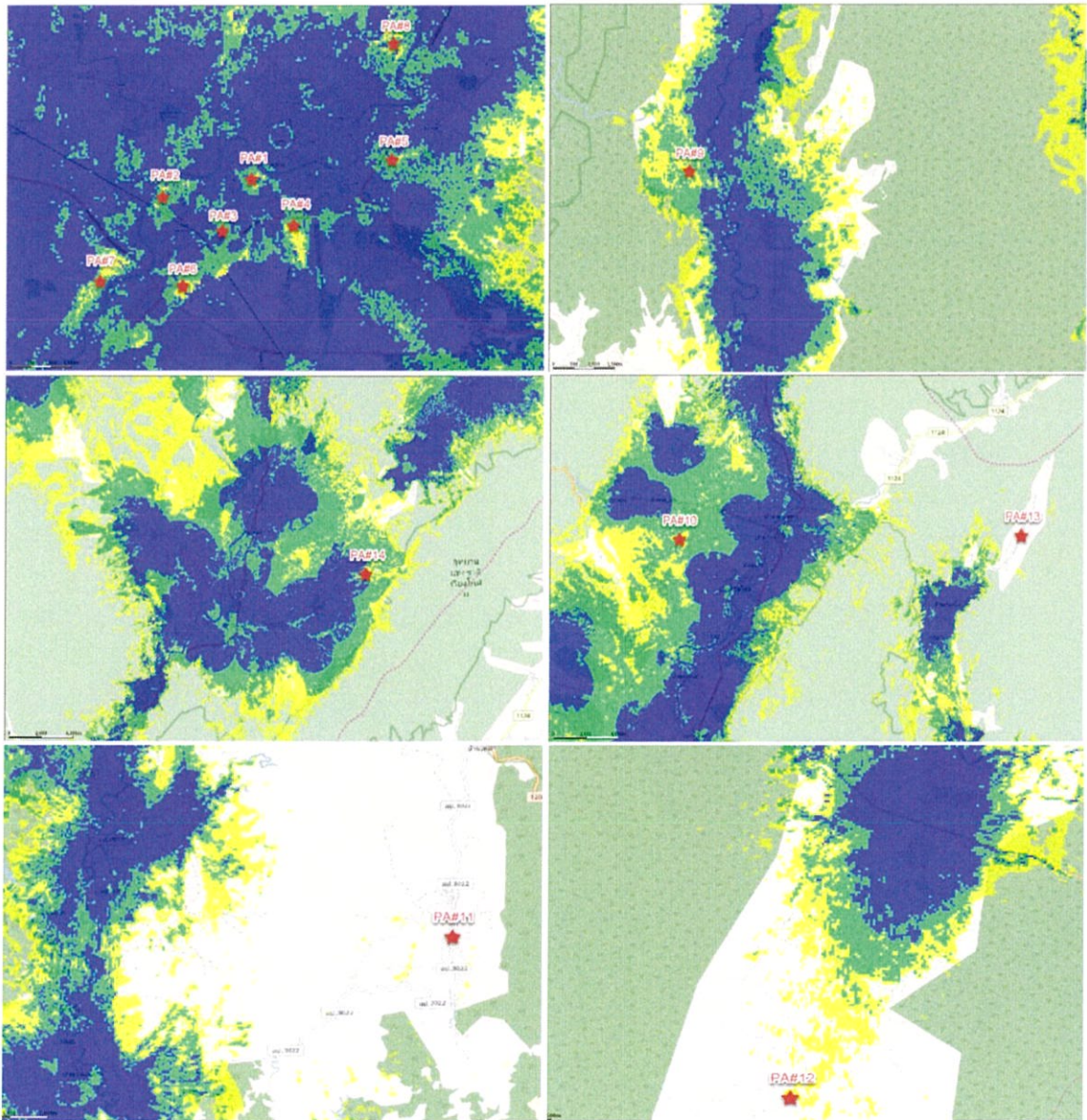
		L0073B	Symmetric	-	-
L0227	A	L0227E	Co-Site	17.81	16.44
		L0227B	Co-Site	6.85	4.11
		L0227D	Co-Site	1.37	-
		L0227C	Co-Site	-	-
		L0001H	Adjacent	19.18	12.33
		L0001I	Adjacent	10.96	5.48
		L0054B	Adjacent	6.85	5.48
		L0054C	Adjacent	5.48	2.74
		L0025D	Adjacent	2.74	1.37
		L0226B	Adjacent	2.74	1.37
	B	L0227C	Co-Site	16.67	16.67
		L0227A	Co-Site	14.58	14.58
		L0227E	Co-Site	4.17	-
		L0227D	Co-Site	2.08	-
		L0001G	Adjacent	25	20.83
		L0001F	Adjacent	12.5	6.25
		L0001E	Adjacent	4.17	4.17
		L0054B	Adjacent	8.33	2.08
		L0001H	Adjacent	4.17	2.08
		L0001D	Symmetric	-	-
	C	L0228D	Symmetric	-	-
		L0227D	Co-Site	13.08	6.92
		L0227B	Co-Site	7.69	6.92
		L0227E	Co-Site	0.77	0.77
		L0227A	Co-Site	-	-
		L0001F	Adjacent	42.31	26.15
		L0073D	Adjacent	40	13.85
		L0181A	Adjacent	13.08	6.15
		L0001E	Adjacent	9.23	3.08
		L0025F	Adjacent	12.31	0.77
		L0001G	Adjacent	3.85	3.08
		L0140A	Adjacent	3.08	1.54
		L0059A	Adjacent	10	1.54
		L0054B	Adjacent	2.31	1.54
	D	L0025E	Adjacent	2.31	0.77
		L0037A	Adjacent	0.77	0.77
		L0227C	Co-Site	17.46	7.94
		L0227E	Co-Site	12.7	9.52
		L0227B	Co-Site	-	-
		L0227A	Co-Site	-	-
		L0025F	Adjacent	19.05	15.87
		L0073D	Adjacent	23.81	12.7
		L0025E	Adjacent	11.11	7.94
		L0140A	Adjacent	7.94	6.35
L0001G	Adjacent	6.35	1.59		
L0001F	Adjacent	3.17	1.59		
L0201A	Adjacent	3.17	1.59		
L0227A	Co-Site	10.96	9.59		
L0227D	Co-Site	6.85	5.48		

	E	L0227C	Co-Site	1.37	1.37
		L0227B	Co-Site	-	-
		L0025D	Adjacent	23.29	17.81
		L0054C	Adjacent	20.55	10.96
		L0226B	Adjacent	9.59	5.48
		L0001H	Adjacent	5.48	1.37
		L0025C	Adjacent	2.74	1.37
		L0226A	Adjacent	1.37	1.37
		L0025E	Symmetric	-	-
		L0226C	Symmetric	-	-
L0228	A	L0228D	Co-Site	8.11	5.41
		L0228B	Co-Site	5.41	2.7
		L0228C	Co-Site	-	-
		L0053D	Adjacent	43.24	43.24
		L0001B	Coverage	10.81	-
		L0001A	Symmetric	-	-
		L0024E	Symmetric	-	-
	B	L0228C	Co-Site	5.15	4.12
		L0228A	Co-Site	3.09	-
		L0228D	Co-Site	1.03	1.03
		L0143D	Adjacent	30.93	23.71
		L0053C	Adjacent	26.8	16.49
		L0143C	Adjacent	11.34	3.09
		L0046A	Symmetric	-	-
	L0143B	Symmetric	-	-	
	C	L0228D	Co-Site	5.43	4.65
		L0228B	Co-Site	5.43	3.88
		L0228A	Co-Site	-	-
		L0001D	Adjacent	20.16	14.73
		L0143D	Adjacent	17.83	7.75
		L0046D	Adjacent	11.63	6.2
		L0059A	Adjacent	2.33	0.78
		L0053C	Symmetric	-	-
		L0170A	Symmetric	-	-
	D	L0228A	Co-Site	7.69	7.69
		L0228C	Co-Site	7.69	7.69
		L0228B	Co-Site	1.92	
		L0001C	Adjacent	11.54	9.62
		L0001A	Adjacent	7.69	3.85
		L0001D	Adjacent	5.77	3.85
L0001B		Adjacent	3.85	3.85	
L0145A		Adjacent	1.92	1.92	
L0227B		Adjacent	5.77	1.92	
L0054B		Adjacent	5.77	1.92	
L0001E		Symmetric	-	-	
L0170A		Symmetric	-	-	
L0229	A	L0229B	Co-Site	2.95	2.89
		L0091A	Adjacent	3.29	3.24
	B	L0229A	Co-Site	3.52	3.39
		L0091A	Adjacent	4.3	4.24

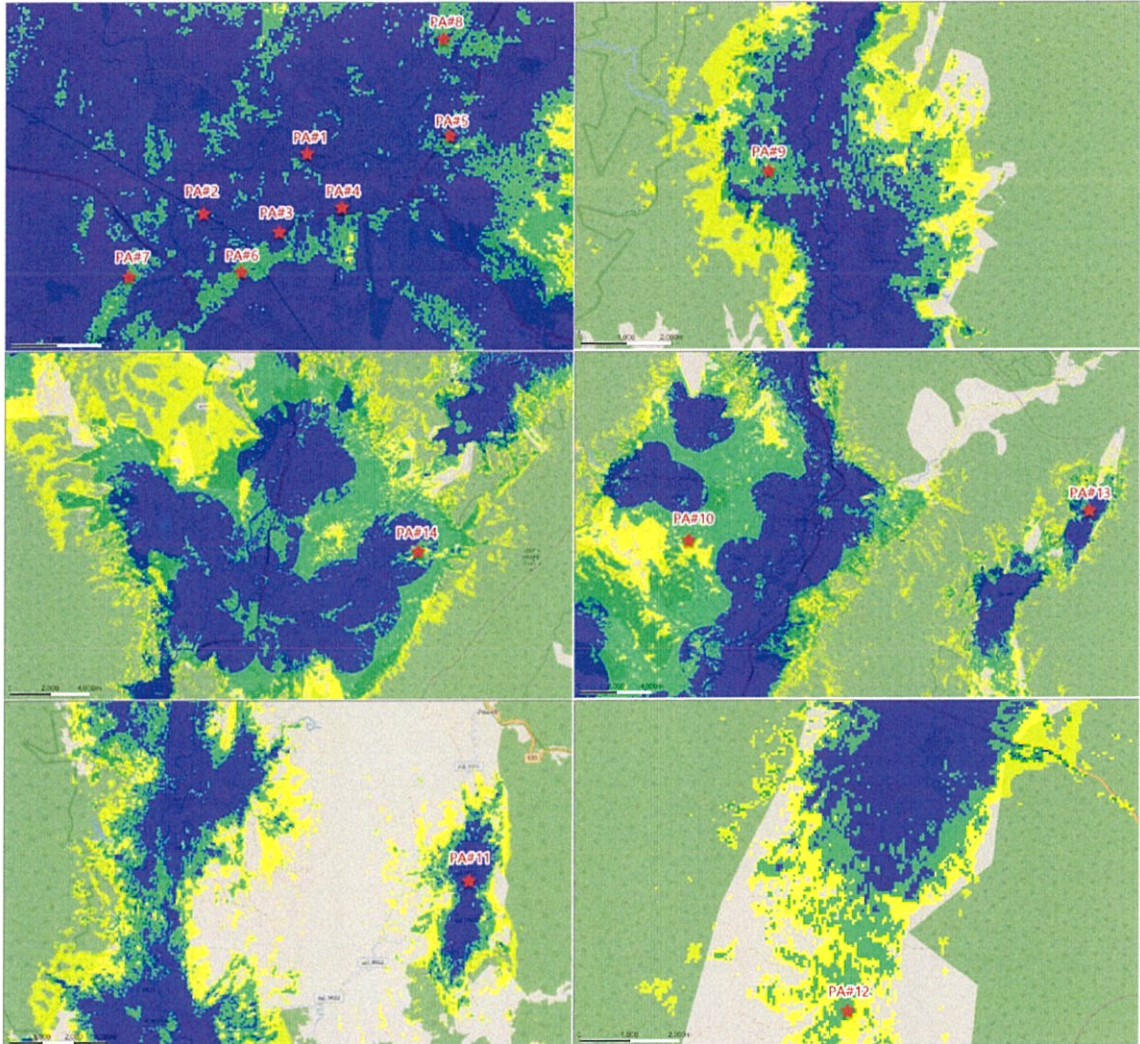
4.4 ผลการปรับปรุงปัญหา

จะเห็นได้ว่าในหัวข้อที่ 4.3 ได้ทำการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาด้านต่าง ๆ ไปแล้วนั้น ซึ่งในหัวข้อนี้จะแสดงผลการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยแสดงเป็นตารางข้อมูล รูปภาพ และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.4.1 การจำลองคุณภาพสัญญาณ RSCP เปรียบเทียบก่อน-หลังปรับปรุง



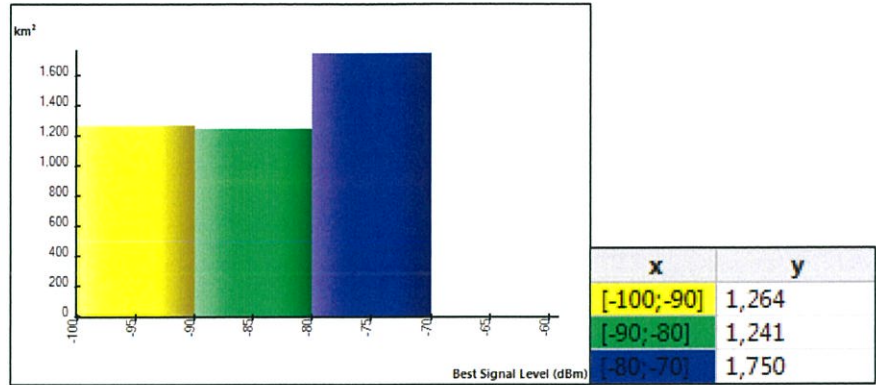
รูปที่ 4.43 การจำลองสัญญาณและพื้นที่ปัญหาของจังหวัดลำปางก่อนการปรับปรุง



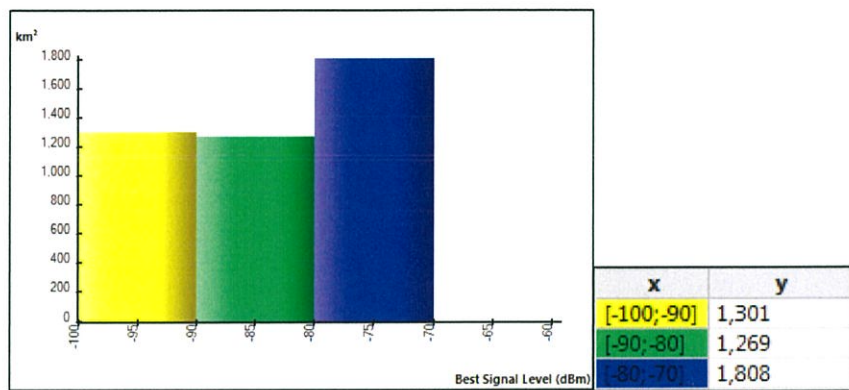
รูปที่ 4.44 การจำลองสัญญาณและพื้นที่ปัญหาของจังหวัดลำปางหลังการปรับปรุง

4.4.2 Histogram วัดคุณภาพสัญญาณ RSCP ก่อนและหลังการปรับปรุง

วัดการกระจายสัญญาณ แสดงในรูป Histogram โดยคิดพื้นที่ตัวเมือง ชานเมือง และชนบท จากพื้นที่จังหวัดลำปางทั้งหมด 12,534 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 4.45 Histogram คุณภาพสัญญาณก่อนการปรับปรุง (หน่วยตารางกิโลเมตร)



รูปที่ 4.46 Histogram คุณภาพสัญญาณหลังการปรับปรุง (หน่วยตารางกิโลเมตร)

4.4.3 ตารางวัดคุณภาพสัญญาณ RSCP ก่อนและหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลการจำลองคุณภาพสัญญาณ RSCP ก่อนการปรับปรุง

	Legend (dBm)	Surface (km ²)	% of Covered Area	% Village	Surface Village (km ²)	% Suburban	Surface Suburban (km ²)	% Urban	Surface Urban (km ²)
	RSCP >=80	1,746.80	41.321	3.29	57.43	0.66	11.48	0.36	6.27
	RSCP >=90	2,983.38	70.573	2.78	82.99	0.54	16.16	0.36	10.87
	RSCP >=100	4,227.39	100	2.15	90.99	0.39	16.62	0.27	11.59

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลการจำลองคุณภาพสัญญาณ RSCP หลังการปรับปรุง

	Legend (dBm)	Surface (km ²)	% of Covered Area	% Village	Surface Village (km ²)	% Suburban	Surface Suburban (km ²)	% Urban	Surface Urban (km ²)
	RSCP >=80	1,804.68	41.486	3.34	60.31	0.66	11.87	0.44	7.92
	RSCP >=90	3,069.07	70.553	2.79	85.63	0.53	16.26	0.37	11.35
	RSCP >=100	4,350.03	100	2.13	92.83	0.38	16.62	0.27	11.59

จะเห็นว่าพื้นที่การกระจายสัญญาณในแต่ละ Legend มีคุณภาพสัญญาณที่ดีขึ้นทั้งตัวเมือง ชานเมือง และชนบท ที่เกิดจากการปรับทิวทัศน์ ปรับมุม เพิ่ม Sector และการตั้งสถานีฐานใหม่

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการดำเนินการของการวางแผนปรับปรุงคุณภาพโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 บนคลื่นความถี่ 2,100 MHz ในจังหวัดลำปาง ปัญหาอุปสรรค รวมถึงข้อเสนอแนะจากการทำโครงการ เพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้สนใจ เพื่อนำไปพัฒนาต่อไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

หลังการปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพสัญญาณโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 บนคลื่นความถี่ 2,100 MHz ในจังหวัดลำปาง จำนวน 14 จุดพื้นที่ปัญหา โดยนำผลการทดสอบคุณภาพสัญญาณมาปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการที่ตั้งไว้ ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

1. สรุปผลการปรับปรุงประสิทธิภาพและแก้ไขปัญหาที่พบ จำนวนปัญหาทั้งหมด 14 จุดพื้นที่ปัญหา
 - สามารถแก้ไขได้จากการปรับปรุงสถานีฐานเดิม 9 จุดปัญหา และมีการเพิ่มเซกเตอร์จากสถานีฐานเดิม 7 เซกเตอร์ และวางแผนกำหนดค่า PSC และ Add Neighbours ของเซกเตอร์ใหม่
 - สามารถแก้ไขได้จากการตั้งสถานีฐานใหม่ 5 จุดปัญหา และวางแผนกำหนดค่า PSC และ Add Neighbours ของเซกเตอร์ใหม่
2. สรุปผลการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาคุณภาพสัญญาณ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่มีประสิทธิภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และ 4.8

ในส่วนของการปรับปรุง วิธีการเพิ่มค่า RSCP ส่วนมากจะทำโดยการปรับค่าอี-ทิวท์สายอากาศ การปรับมุมอะซิมุท การเพิ่มเซกเตอร์ หรือการตั้งสถานีฐานใหม่ การปรับนั้นต้องพิจารณาถึงปัญหาที่ว่าต้องสามารถแก้ไขปัญหาได้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 ปัญหาที่เกิดจากไฟล์ข้อมูลจากฐานข้อมูล

ไฟล์ข้อมูลมีความสับสน ข้อมูลตัวเดียวกันแต่ชื่อที่ใช้ต่างกัน กล่าวคือ ไฟล์ข้อมูลรายละเอียดสถานีฐานในจังหวัดลำปาง มีรายละเอียดของสถานีฐาน เซกเตอร์และเซลล์ ซึ่งในส่วนของเซลล์ หมายเลข

ของเซลล์ มีค่าเป็นรหัส เช่น 21174 ซึ่งไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นของเซกเตอร์อะไร ทำให้ต้องเสียเวลาในการตรวจสอบจากโปรแกรม Atoll ซึ่งจะได้ตรงกับเซกเตอร์ L0001H และปัญหาจากค่า carrier ซึ่งในบางเซกเตอร์ มีค่าไม่ตรงตามที่กำหนด

5.2.2 ปัญหาที่เกิดจากข้อมูลไม่เป็นปัจจุบัน

ข้อมูลพื้นที่จังหวัดลำปาง มีการเก็บข้อมูลมาหลายปีทำให้พื้นที่ของจังหวัดไม่มีการอัปเดตเป็นปัจจุบัน โดยเทียบดูจากแผนที่ทางดาวเทียม เช่น จะพบว่าข้อมูลจังหวัดลำปางในบาง Cluster แสดงผลว่าพื้นที่บริเวณนั้นเป็นพื้นที่โล่ง (Open space) แต่ถ้าเทียบดูจากแผนที่ดาวเทียมจะเห็นเป็นหมู่บ้าน (Village) ทำให้ต้องทำการวาดรูป (Reshape) ตัวแผนที่ใหม่ และเนื่องจากโครงการนี้ได้รับมอบหมายพื้นที่จังหวัดลำปางทั้งจังหวัด ทำให้การตรวจสอบความถูกต้องอาจไม่ครอบคลุมทั้งจังหวัด ส่งผลให้การจำลองสัญญาณ RSCP อาจมีความคลาดเคลื่อนจากผลคุณภาพจริง

5.2.3 ปัญหาที่เกิดจากโปรแกรม

ในการปรับปรุงพื้นที่ปัญหา ยังขาดความรู้ความเชี่ยวชาญในการใช้งานโปรแกรม เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการแพลนนิ่ง มีฟังก์ชันการใช้งานซับซ้อน ซึ่งใช้เวลาในการศึกษาโปรแกรมค่อนข้างนาน

5.3 ข้อเสนอแนะ

โครงการนี้ได้นำเสนอข้อมูลปัญหา ขั้นตอน แนวคิดในการวิเคราะห์ปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหา ซึ่งการแก้ปัญหานั้น สามารถทำได้หลายวิธี การปรับค่าตัวแปรต่าง ๆ ไม่มีวิธีการที่แน่นอน มีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ ทั้งสภาพพื้นที่ ปริมาณผู้ใช้งาน ระดับมลพิษอากาศ และอื่น ๆ สำหรับการขยายผลเพื่อนำไปต่อยอดนั้น ผู้ที่สนใจควรมีแนวทางในการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาพื้นฐานของระบบเคลื่อนที่ 3G รวมถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ Radio Frequency เช่น คุณสมบัติของสายอากาศ รูปแบบการแพร่กระจายของสัญญาณ (Propagation model) เป็นต้น
2. ควรศึกษาการใช้งานโปรแกรมและฟังก์ชันเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการทำงานให้มากยิ่งขึ้น เพราะในตัวโปรแกรมมีฟังก์ชันหลากหลายที่เอื้ออำนวยต่อการดำเนินโครงการ
3. ควรศึกษาลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดลำปางให้ละเอียดมากขึ้น เนื่องจากสภาพภูมิประเทศจะเกี่ยวข้องกับวิธีในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาคูณภาพสัญญาณ
4. ศึกษาจากผู้เชี่ยวชาญในส่วนงานที่ทำ เนื่องจากในบางปัญหาต้องใช้ความรู้ ความชำนาญในการแก้ไข

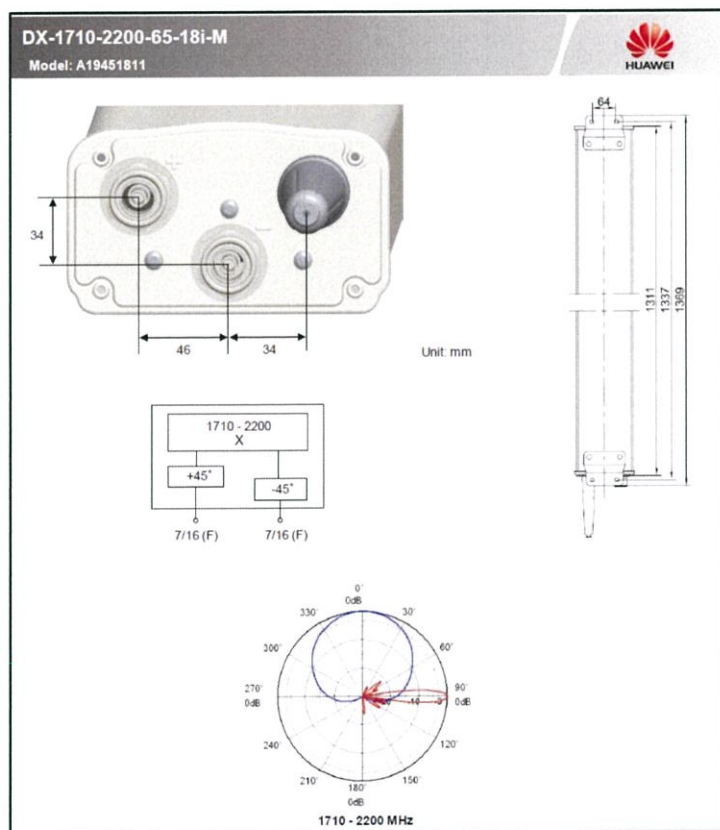
5. ควรหาวิธีการปรับปรุงแก้ไขปัญหาคุณภาพสัญญาณในด้านต่าง ๆ หลากหลายกรณี เพราะในการปรับแต่ละครั้งจะได้ผลที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับผู้ดำเนินงานว่าต้องการให้ผลการปรับปรุงมีแนวทางเป็นอย่างไร
6. ควรวางแผนการดำเนินงานให้เป็นระบบตามขั้นตอนการทำโครงการอย่างครบถ้วนและมีการวางแผนสำรองหรือเผื่อเวลาการทำงานในกรณีที่การทำงานเกิดปัญหาส่งผลให้ไม่เป็นไปตามแผนเดิม

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติของสายอากาศ

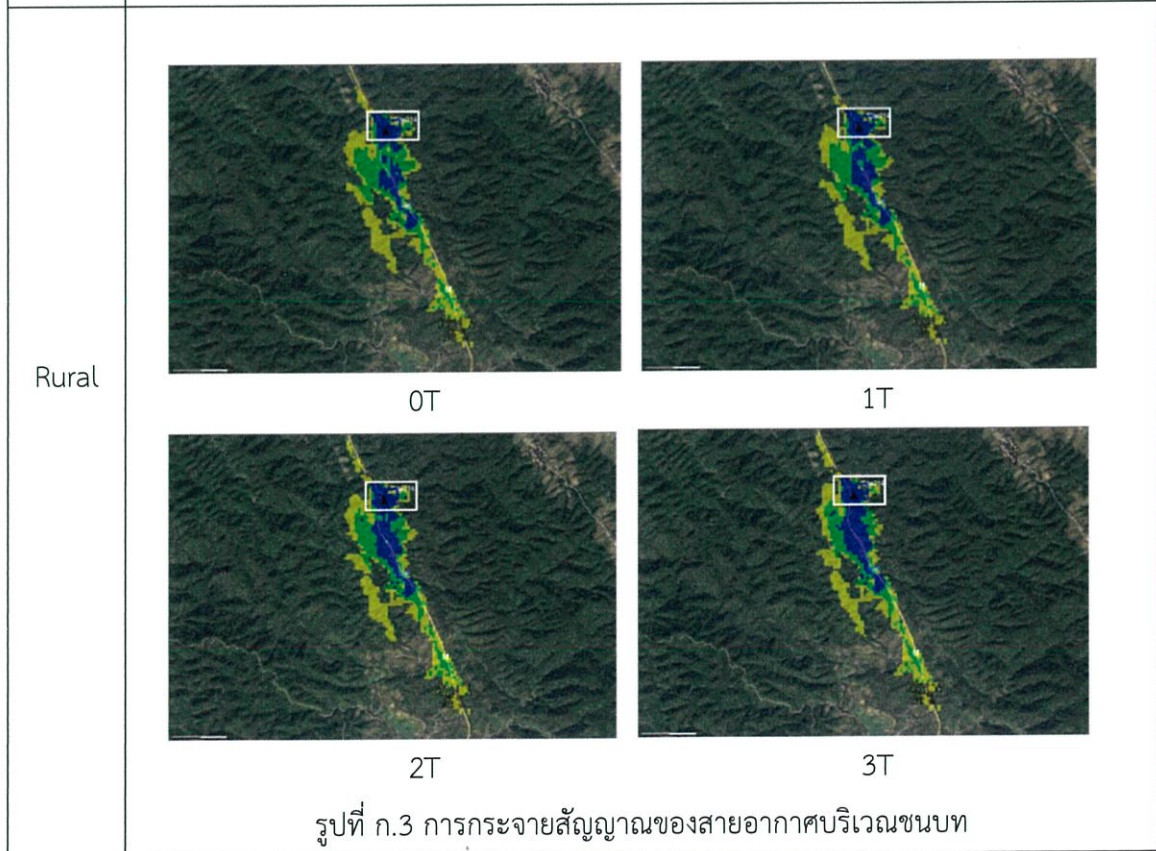
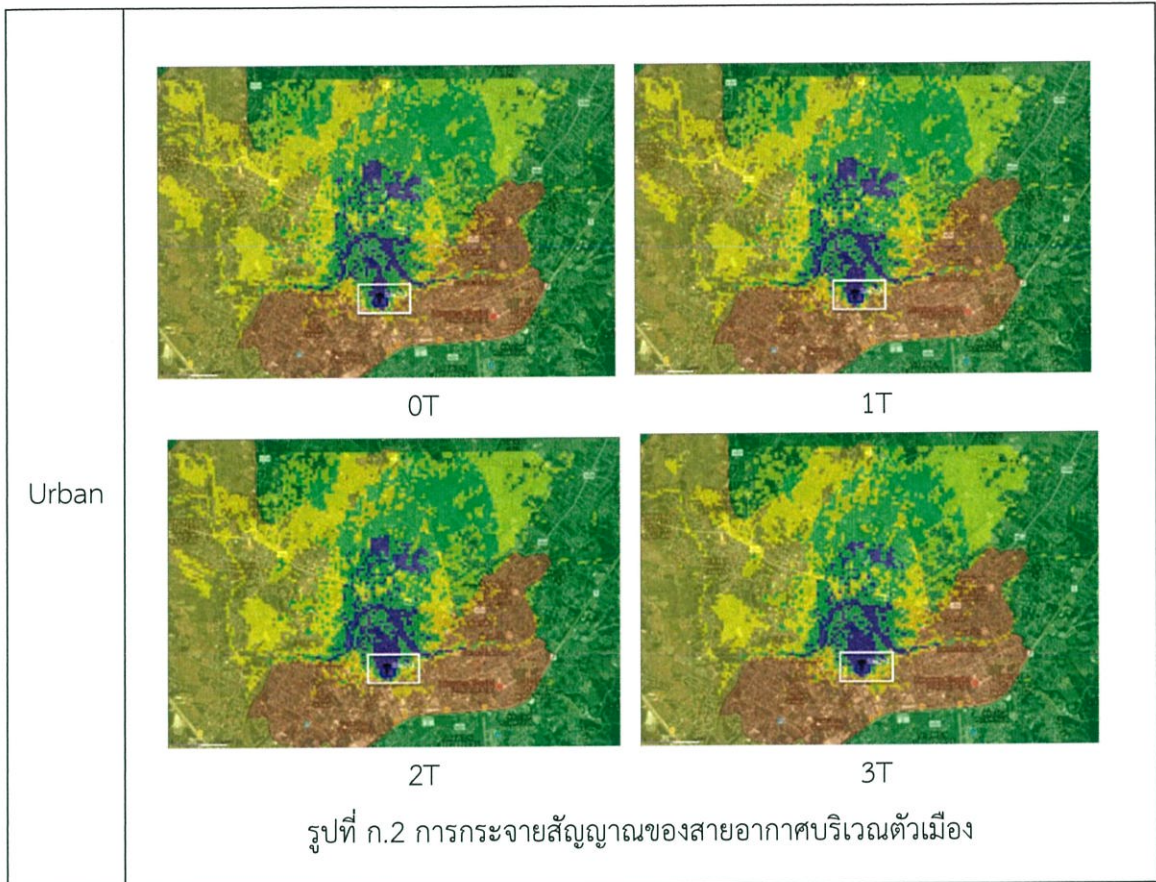
ในการแก้ไขปรับปรุงพื้นที่ปัญหา สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญสำหรับการปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณ คือ สายอากาศ การเลือกใช้สายอากาศมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อพื้นที่ปัญหา เนื่องจากสายอากาศแต่ละชนิดมีรูปแบบการกระจายสัญญาณแตกต่างกันไป ในที่นี่จะยกตัวอย่างสายอากาศมา 1 ชนิด ซึ่งนิยมใช้ในการดำเนินงาน ดังนี้

1. สายอากาศ รุ่น HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45



รูปที่ ก.1 ลักษณะของสายอากาศ รุ่น HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45

ตารางที่ ก.1 การกระจายสัญญาณของสายอากาศ รุ่น HUAWEI A19451811_2170_X_CO_M45F โดยแบ่งพื้นที่ของการกระจายเป็น 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ตัวเมืองและพื้นที่ชนบท และมีการกด E-Tilt ที่ 0T-3T



เอกสารอ้างอิง

- [1] “UMTS คืออะไร”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก:
<http://www.totalaircard.com/pages/UMTS-คืออะไร.html>
- [2] “เทคโนโลยี WCDMA” . [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 8 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก:
<http://computer-ibot.blogspot.com/2010/08/wcdma.html>
- [3] “สายอากาศ ”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 8 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก:
<https://th.wikipedia.org/wiki/สายอากาศ>
- [4] “สายอากาศ (Antenna)”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 8 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก:
<http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum/index.php?topic=651.0>
- [5] “Telecommunication Towers”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 17 มกราคม 2561 เข้าถึงได้จาก:
<http://telecom10.blogspot.com/2015/04/telecommunication-towers.html>
- [6] “เสาโทรคมนาคม” . [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก:
<http://www.tot.co.th/telecom/>
- [7] “Telecom” . [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก:
<http://telecomfunda.com/forum...>
- [8] “Antenna Downtilt and Coverage Calculator”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก:
<https://www.allaboutcircuits.com/tools/antenna-downtilt-and-coverage-calculator/>
- [9] “What is Antenna Electrical and Mechanical Tilt (and How to use it)?” . [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 21 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก:

<http://www.telecomhall.com/what-is-antenna-electrical-and-mechanical-tilt-and-how-to-use-it.aspx>

- [10] “มุมมองชิมุกคืออะไร”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 21 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก:
<https://www.bloggang.com/viewdiary.php?id=goldendragon&month=01-2007&date=30&group=1&gblog=4>
- [11] “คุณสมบัติของคลื่น”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก:
http://www.oocities.org/ten_2548/chapter4.html
- [12] “สมบัติของคลื่น” . [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก:
<https://yetoneckkeep.wordpress.com/2015/07/23/สมบัติของคลื่น/>
- [13] “Huawei Technology” . [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก:
Huawei Technologies Co., Ltd., 2551, Link Budget and Coverage Planning, Long Term Evolution (LTE) Radio Access Network Planning Guide.
- [14] “Hand over // Hand off ” . [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก:
<http://telecom10.blogspot.com/2015/02/ho.html>
- [15] “RSCP : Received Signal Code Power” . [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก:
<http://telecom10.blogspot.com/2015/05/rscp.html>
- [16] “Neighbor Handover” . [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2560 เข้าถึงได้จาก :
<http://image.slidesharecdn.com/2drivetestanalysisver1-141119003732-conversion-gate02/95/2-drive-test-analysis-ver1-51-638.jpg?cb=1416358148>