

การหาค่าเหมาะสมทางวิทย์สำหรับเครือข่ายสามจีโดยใช้ความรู้เชิงประจักษ์
จากการทำโดร์เฟเทส



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2558

**RADIO OPTIMIZATION FOR 3G NETWORK USING
EMPIRICAL KNOWLEDGE FROM DRIVE TEST**

Jerawoot Peerajing



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

Suranaree University of Technology

Academic Year 2015

การหาค่าเหมาะสมทางวิทย์สำหรับเครือข่ายสามจีโดยใช้ความรู้เชิงประจักษ์
จากการทำไคร์เฟส

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับเป็นส่วหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.วิภาวี หัตถกรรม)

ประธานกรรมการ

(รศ. ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.ปิยาภรณ์ มีสวัสดิ์)

กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

จิระวุธ ภิระจิ่ง : การหาค่าเหมาะสมทางวิทยุสำหรับเครือข่ายสามจีโดยใช้ความรู้เชิง
ประจักษ์จากการทำไครฟ์เทส (RADIO OPTIMIZATION FOR 3G NETWORK
USING EMPIRICAL KNOWLEDGE FROM DRIVE TEST) อาจารย์ที่ปรึกษา :
รองศาสตราจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล, 76 หน้า

เทคโนโลยียุคที่สามหรือที่เรียกว่าระบบสามจีกำลังขยายการติดตั้งเครือข่ายในประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง เพื่อรองรับการรับส่งข้อมูลแอปพลิเคชันรวมทั้งสามารถใช้บริการมัลติมีเดียได้เต็มทีและสมบูรณ์แบบขึ้นด้วย โดยปัญหาหลักที่ยังเกิดขึ้นนั่นคือ บางพื้นที่มีคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ทั้งนี้เป็นเพราะระบบสามจีนี้ใช้ความถี่เดียวทุกพื้นที่ทำให้สัญญาณอาจจะกวนกันได้ตลอดเวลาและส่งผลกระทบต่ออัตราการลดลงของคุณภาพสัญญาณ นอกจากนี้จำนวนผู้ใช้บริการที่มีมากขึ้นต้องการใช้การรับและส่งข้อมูลมากขึ้นก็มีผลเช่นกัน จึงทำให้ผู้ให้บริการหาวิธีที่จะช่วยเพิ่มคุณภาพสัญญาณให้ดีขึ้น วิธีการตรวจสอบคุณภาพสัญญาณที่สะท้อนความเป็นจริงมากที่สุดคือการออกไปวัดสัญญาณจริงในพื้นที่ที่ต้องการตรวจสอบหรือที่เรียกว่าการทำไครฟ์เทส จากนั้นจะนำข้อมูลที่วัดจริงมาวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุและทำการปรับเปลี่ยนการตั้งค่าทางวิทยุในทางปฏิบัติที่จะปรับคุณภาพสัญญาณในที่นั้นให้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามการทำไครฟ์เทสแต่ละครั้งเสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้การปรับค่าทางวิทยุในทางปฏิบัตินั้นก็ยังไม่มีการรองรับที่ชัดเจนซึ่งทำในลักษณะลองผิดลองถูกจนสามารถแก้ปัญหาในพื้นที่นั้นได้

จากการสำรวจปริทรรศน์วรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่ายังไม่มียานวิจัยใดที่ศึกษาและแก้ปัญหานี้ ถึงแม้ว่าจะมีบางงานวิจัยที่พยายามหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแต่ก็ไม่ได้ใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ร่วมด้วยทำให้ไม่สามารถนำมาใช้งานจริงได้ หรือมีบางงานวิจัยที่จะพยายามลดการทำไครฟ์เทสลงแต่ก็ไม่สามารถดำเนินการได้จริง เพราะข้อมูลที่ใช้ไม่เชื่อมต่อกับลักษณะตำแหน่งของพื้นที่จริง ดังนั้นการทำวิจัยเรื่องนี้จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งผลสำเร็จจากการวิจัยนี้จะช่วยให้ประหยัดทั้งเวลาและงบประมาณในการทำงาน รวมถึงปรับปรุงและแก้ปัญหาคุณภาพเครือข่ายสามจีซึ่งกำลังเป็นเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่หลักของประเทศไทย

สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

ปีการศึกษา 2558

ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

JERAWOOT PEERAJING : RADIO OPTIMIZATION FOR 3G NETWORK

USING EMPIRICAL KNOWLEDGE FROM DRIVE TEST. THESIS

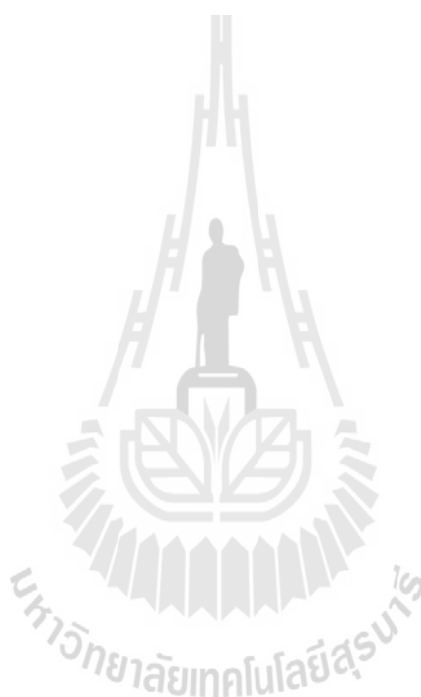
ADVISOR : ASSOC. PROF. PEERAPONG UTHANSAKUL, Ph.D., 76 PP.

WCDMA/3G/OPTIMIZATION

The Third Generation technology also known as 3G has been implementing throughout Thailand continuously in order to support any modern applications and full multimedia services. The main problem usually occurred is that the quality of signal is below standard in some locations. This is because the interference of 3G system is huge due to the use of same frequency band for all cell sites. Moreover, the increase of users demand more transmitting and receiving data. Hence, the service providers have to find the method to improve the quality of signal quality. One method to realize the signal quality is the real measurement on the area of tested cell, so called as drive test. The measured data will be analyzed in order to identify the cause of the problem. Then, the radio parameters will be re-configured to improve the signal quality. However, each drive test takes a lot of time and money. Moreover, how to set the radio parameters in practice does not have the exact solution. The conventional method like a trial and error method is still used.

From literature surveys, there is no any research to solve the mentioned problem. Some research try to find the optimal radio parameters but there is no empirical data involving in calculation. Therefore, the results cannot be used in practice. Some research try to reduce the number of drive test but it is in a conceptual state due to the lack of linkage between the user data and the real user locations.

Hence, the proposed research is very interesting and the outcome can help to save both time and money. Furthermore, the proposed method can improve the signal quality of 3G network which currently is the main mobile network in Thailand.



School of Telecommunication Engineering

Academic Year 2015

Student's Signature_____

Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการ และด้านดำเนินงานวิจัย จากบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

รองศาสตราจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหา และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

รองศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ภา อุฑารสกุล หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่คอยแนะนำช่วยเหลือให้คำปรึกษาอย่างดีมาโดยตลอด รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรค์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ ทองทา ศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี หัตถกรรม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ วาณิชอนันต์ชัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยาภรณ์ กระจงนอก และ อาจารย์เศรษฐวิทย์ ภูญาษา อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความรู้ด้านวิชาการและให้โอกาสในการศึกษา

ขอขอบคุณพี่ เพื่อน และน้องบัณฑิตศึกษาทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ และขอบคุณ คุณปณิฎฐาท์ อาจหาญ เลขานุการสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่ให้คำปรึกษา และจัดการด้านเอกสารตลอดระยะเวลาการศึกษา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ผู้สอนทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ด้านต่าง ๆ ทั้งในอดีตและปัจจุบัน และขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา รวมถึงญาติพี่น้องของผู้วิจัยทุกท่านที่ให้การอบรมเลี้ยงดูและให้การสนับสนุนทางการศึกษาโดยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด ทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตเรื่อยมา สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดาและญาติพี่น้องซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ผู้สอนที่เคารพทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัยทั้งในอดีตและปัจจุบันจนสำเร็จการศึกษาไปได้ด้วยดี

จิระวุธ ภิระจิ่ง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฐ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	8
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย.....	8
1.4 ขีดตกลงเบื้องต้น.....	8
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	8
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย.....	9
1.6.1 แนวทางการดำเนินงาน.....	9
1.6.2 ระเบียบวิธีวิจัย.....	9
1.6.3 สถานที่ทำการวิจัย.....	9
1.6.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	9
1.6.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	9
1.6.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	9
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	9
1.8 ส่วนประกอบของวิทยานิพนธ์.....	10

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2	ทฤษฎี หลักการ ปรัชญ่วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	11
2.1	กล่าวนำ.....	11
2.2	ความเป็นมาของระบบสื่อสารเคลื่อนที่ยุคที่ 3.....	11
2.2.1	ระบบเคลื่อนที่ในยุค สามจี.....	11
2.2.1.1	มาตรฐาน CDMA2000.....	11
2.2.1.2	มาตรฐาน UMTS.....	12
2.2.2	ระบบ WCDMA.....	13
2.2.3	โครงสร้างของระบบ WCDMA.....	14
2.2.4	สถาปัตยกรรมของระบบ WCDMA.....	15
2.3	ความสำคัญของระบบเคลื่อนที่ในยุคที่3 สำหรับประเทศไทย.....	16
2.4	แบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นวิทยุ.....	17
2.4.1	แบบจำลองของโอคูมูระ.....	17
2.4.2	แบบจำลองของฮาตะ.....	20
2.5	ปรัชญ่วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	22
2.6	สรุปท้ายบท.....	23
3	การออกแบบอัลกอริทึมและแบบจำลองเชิงประจักษ์.....	24
3.1	กล่าวนำ.....	24
3.2	ปัญหาหลักที่พบในพื้นที่.....	24
3.3	การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการไคร์ฟเทส.....	25
3.4	แบบจำลองสายอากาศที่นำมาวิเคราะห์.....	28
3.5	แบบจำลองเชิงประจักษ์.....	30
3.6	ผังงานสรุปการทำงานของอัลกอริทึม.....	36
3.7	สรุปท้ายบท.....	38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4	การหาค่าเหมาะสมทางวิทยุและวิเคราะห์ผล.....	39
4.1	กล่าวนำ.....	39
4.2	ข้อตกลงในการจำลองผล.....	39
4.3	ผลการจำลองแบบ.....	39
4.4	การหาค่าเหมาะสมทางวิทยุ.....	43
4.4.1	การหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบ Single Sector.....	45
4.4.2	การหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบ Multi Sectors.....	46
4.5	การหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบเมื่อทำการเปลี่ยนความถี่และสายอากาศ.....	51
4.6	การพัฒนาเพื่อนำไปใช้จริง.....	56
4.7	ผลจำลองเมื่อเทียบกับผลจริง.....	58
4.7.1	ผลจำลองอัตราส่วนของพลังงานที่รับได้ส่วนด้วยพลังงานทั้งหมด (Ec/No).....	58
4.7.2	ผลจำลองความแรงของคุณภาพสัญญาณที่รับได้ (RSCP).....	60
4.7.2	ผลจำลองความครอบคลุมของพื้นที่ (Coverage).....	61
4.8	สรุปท้ายบท.....	63
5	สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	64
5.1	สรุปเนื้อหาวิทยานิพนธ์.....	64
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	65
5.3	แนวทางการพัฒนาในอนาคต.....	65
	รายการอ้างอิง.....	66
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก ก. บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา.....	68
	ประวัติผู้เขียน.....	76

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1	พารามิเตอร์ของแบบจำลองรูปแบบการก่อลำคลื่นของสายอากาศที่มีมุมเชิงไฟฟ้าเท่ากับ 6° (CommScope Inc.)..... 33
4.1	ข้อมูลก่อนทำการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบเซกเตอร์เดี่ยว..... 45
4.2	ข้อมูลหลังทำการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบเซกเตอร์เดี่ยว (Case A)..... 45
4.3	ข้อมูลหลังทำการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบหลายเซกเตอร์ (Case B)..... 46
4.4	ข้อมูลหลังทำการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบหลายเซกเตอร์ (Case C)..... 47
4.5	ข้อมูลหลังทำการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบหลายเซกเตอร์ (Case D)..... 47
4.6	ข้อมูลหลังทำการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบหลายเซกเตอร์ (Case E)..... 48



สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	วิวัฒนาการของเทคโนโลยี 3จี.....	3
1.2	แบบจำลองการใช้สื่อโซเชี่ยลมีเดีย.....	3
1.3	รูปภาพจำลองแนวโน้มอัตราการใช้งานโทรศัพท์มือถือ.....	4
1.4	ตัวอย่างผลการไดรฟ์ทดสอบพื้นที่ที่มีปัญหา.....	5
1.5	วิธีการวอร์คเทส.....	6
1.6	วิธีการไดรฟ์เทส.....	6
2.1	โครงสร้างของระบบ WCDMA.....	14
2.2	เปรียบเทียบโครงสร้างระหว่างระบบ GSM กับ WCDMA.....	15
2.3	ย่านความถี่ของระบบสามจีในประเทศไทย.....	17
2.4	การลดทอนค่ามัธยฐานพื้นฐานระหว่างความถี่กับระยะทาง.....	18
2.5	การหาตัวประกอบ G_{AREA} สำหรับประเภทที่แตกต่างกันของภูมิประเทศ.....	19
2.6	ตัวอย่างกำลังสัญญาณที่วัดได้ของโอคูมูระ.....	20
2.7	ตัวแปร A_{exc} ที่ใช้ในการปรับตามความถี่และระยะทางในแบบจำลองของฮาดะ.....	21
3.1	ตัวอย่างผลการไดรฟ์ทดสอบพื้นที่ที่มีปัญหา.....	25
3.2	ข้อมูลที่ได้จากการไดรฟ์เทส.....	26
3.3	ข้อมูลที่ได้จากการไดรฟ์เทสเมื่อทำการตัดส่วนที่ไม่ต้องการออก.....	26
3.4	ข้อมูลที่ได้จากการคัดกรองโดยใช้อัลกอริทึม.....	27
3.5	ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของสถานีฐานและพารามิเตอร์ต่างๆ.....	28
3.6	แบบจำลองสายอากาศที่นำมาวิเคราะห์หัดันที่ 1.....	29
3.7	แบบจำลองสายอากาศที่นำมาวิเคราะห์หัดันที่ 2.....	29
3.8	แบบจำลองรูปแบบการก่อดำคลื่นของสายอากาศ.....	30
3.9	แบบจำลองรูปแบบทิศทางของการก่อดำคลื่นของสายอากาศ.....	31
3.10	แบบจำลองการหาระยะทางระหว่างตำแหน่งของสถานีฐานและตำแหน่งของสัญญาณ.....	32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับพลังงานที่ได้รับในระดับที่มุมเชิงไฟฟ้า ต่างกัน.....	35
3.12 ฟังก์ชันขั้นตอนการหาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุ.....	38
4.1 ผลที่ได้จากโปรแกรม Actix Analyzer.....	39
4.2 ผลที่ได้จากการจำลองอัลกอริทึม.....	40
4.3 ผลการจำลองค่าเมื่อไม่ได้ปรับกำลังส่ง.....	41
4.4 ผลการจำลองค่าเมื่อปรับกำลังส่งเพิ่มขึ้น 3dB.....	41
4.5 ผลการจำลองค่าเมื่อปรับมุมเชิงไฟฟ้า 1 องศา.....	42
4.6 ผลการจำลองค่าเมื่อปรับมุมเชิงไฟฟ้า 6 องศา.....	42
4.7 แบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุแบบหนึ่งเซกเตอร์.....	45
4.8 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึม (Case A).....	49
4.9 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึม (Case E).....	49
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับพลังงานกับรูปแบบที่ศึกษา.....	50
4.11 แบบจำลองรูปแบบการก่อลำคลื่นของสายอากาศที่ $f = 1732MHz$	51
4.12 แบบจำลองรูปแบบการก่อลำคลื่นของสายอากาศที่ $f = 1805MHz$	52
4.13 แบบจำลองรูปแบบการก่อลำคลื่นของสายอากาศที่ $f = 1950MHz$	52
4.14 แบบจำลองรูปแบบการก่อลำคลื่นของสายอากาศที่ $f = 2140MHz$	53
4.15 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึมหลังปรับพารามิเตอร์ (สายอากาศต้นที่1) $f = 1732MHz$	53
4.16 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึมหลังปรับพารามิเตอร์ (สายอากาศต้นที่2) $f = 1735MHz$	53
4.17 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึมหลังปรับพารามิเตอร์ (สายอากาศต้นที่1) $f = 1805MHz$	54
4.18 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึมหลังปรับพารามิเตอร์ (สายอากาศต้นที่2) $f = 1805MHz$	54

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึมหลังปรับพารามิเตอร์ (สายอากาศต้นที่1) $f = 1950MHz$	55
4.20 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึมหลังปรับพารามิเตอร์ (สายอากาศต้นที่2) $f = 1950MHz$	55
4.21 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึมหลังปรับพารามิเตอร์ (สายอากาศต้นที่1) $f = 2140MHz$	55
4.22 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึมหลังปรับพารามิเตอร์ (สายอากาศต้นที่2) $f = 2140MHz$	56
44.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับพลังงานกับรูปแบบที่ศึกษา	56
44.24 อัลกอริทึมในรูปแบบของ GUI.....	57
44.25 อัลกอริทึมในรูปแบบของ GUI เมื่อมีการโหลดข้อมูล.....	57
44.26 อัลกอริทึมในรูปแบบของ GUI เมื่อมีการปรับพารามิเตอร์.....	58
44.27 ผลการจำลองค่าก่อนปรับพารามิเตอร์จากการได้รฟเทศ.....	59
44.28 ผลการจำลองค่าหลังปรับพารามิเตอร์จากการได้รฟเทศ.....	59
44.29 ผลการจำลองค่าหลังปรับพารามิเตอร์จากการอัลกอริทึม.....	59
44.30 ผลการจำลองค่าก่อนปรับพารามิเตอร์จากการได้รฟเทศ.....	60
44.31 ผลการจำลองค่าหลังปรับพารามิเตอร์จากการได้รฟเทศ.....	60
44.32 ผลการจำลองค่าหลังปรับพารามิเตอร์จากการอัลกอริทึม.....	61
44.33 ผลการจำลองค่าก่อนปรับพารามิเตอร์จากการได้รฟเทศ.....	61
44.34 ผลการจำลองค่าหลังปรับพารามิเตอร์จากการได้รฟเทศ.....	62
44.35 ผลการจำลองค่าหลังปรับพารามิเตอร์จากการอัลกอริทึม.....	62
44.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความครอบคลุมของพื้นที่กับรูปแบบที่ศึกษา.....	63

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

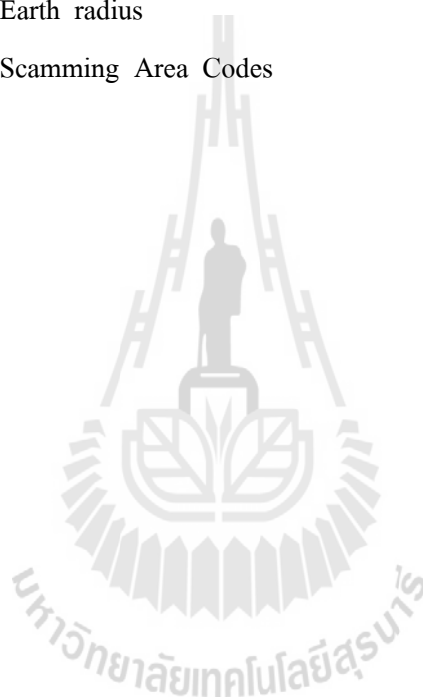
1G	=	First Generation
2G	=	Second Generation
3G	=	Third Generation
3GPP	=	The 3rd Generation Partnership Project
BSC	=	Base Station Controller
BTS	=	Base Transceiver Station
CDMA2000	=	Code Division Multiple Access
DECT	=	Digital Enhanced Cordless Telecommunications (Digital European Cordless Telecommunications)
EDGE	=	Enhanced Data for Global Evolution
E-UTRAN	=	Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network
GPRS	=	General Packet Radio Services
GSM BSS	=	GSM Base Station Subsystem
HSPA	=	High-Speed Packet Access
IMT-2000	=	International Mobile Telecommunications – 2000
ITU	=	International Telecommunication Union
ITU-D	=	ITU Telecommunication Development Sector
MS	=	Mobile System
NodeB	=	Node BTS
OFDM	=	Orthogonal frequency-division multiplexing
OFDMA	=	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
RBS	=	Radio Base Station
RNC	=	Radio Network Controller
SC-FDMA	=	Single Carrier Frequency Division Multiple Access
SDMA	=	Space Division Multiple Access
SINR	=	Signal to Interference plus Noise Ratio

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

SMS	=	Short Message Service
SNR	=	Signal to Noise Ratio
TDD	=	Time Division Duplex
TD SCDMA	=	Time Division Synchronous Code Division Multiple Access
UMTS	=	Universal Mobile Telecommunications System
WCDMA	=	Wideband Code Division Multiple Access
WCDMA RAN	=	WCDMA Radio Access Network
UTRA	=	Universal Terrestrial Radio Access
VOIP	=	Voice Over Internet Packet
f, f_c	=	Frequency
λ	=	Wavelength
γ	=	The exponent path loss
$A_{mu}(f, d)$	=	Median attenuation relative to free space
D	=	Distance
Ec/No	=	Energy per Chip Over the Noise Spectrum
L_{50}	=	Median path loss between the TX and RX (50%)
Lat	=	Latitude
Long	=	Longitude
L_F	=	Free space path loss
E-Tilt	=	Electrical Tilt
G_{AREA}	=	Gain due to the type of environment
$G(h_{re})$	=	Antenna height gain factors (receiver)
$G(h_{te})$	=	Antenna height gain factors (transmitter)
G_t	=	Transmitted antenna gain at base station
G_r	=	Received antenna gain at mobile station
H, h_b , h_{te}	=	Antenna height at base station
h_m , h_{re}	=	Antenna height of mobile station
L_p	=	Path Loss using Okumura-Hata model

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

M-Tilt	=	Mechanical Tilt
P_r	=	Received power (RSCP)
P_t	=	Transmitted power from base station
RSCP	=	Received Signal Code Power
RSSI	=	Received Signal Strength Indicator
R	=	Earth radius
SC	=	Scamming Area Codes



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีมีความก้าวหน้ามากขึ้นอย่างรวดเร็ว จนทำให้โลกทุกวันนี้กลายเป็นโลกไร้พรมแดน ซึ่งทุกคนสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ง่ายกว่าเดิม แต่ในอดีตกาลเริ่มมาจากยุคหนึ่งจี (1st Generation) เป็นยุคที่ใช้ระบบอนาล็อก (Analog) ทำให้โทรศัพท์มือถือในยุคนี้ไม่สามารถทำอะไรได้มากนัก ความสามารถหลักๆ คือการใช้งานในเรื่องของเสียง (Voice) เท่านั้น คือรองรับเพียงการโทรเข้า และรับสาย ยังไม่รองรับการส่งหรือรับ Data ใดๆ แม้แต่จะส่งข้อความ (Short Message Service : SMS) ก็ยังไม่สามารถทำได้ พอมาถึงในยุคสองจี เริ่มมีการพัฒนาแบบการส่งคลื่นเสียงแบบอนาล็อก (Analog) มาเป็นแบบดิจิทัล (Digital) โดยส่งคลื่นเสียงมาทางคลื่นไมโครเวฟ ด้วยการเข้ารหัสเป็นแบบดิจิทัลนี้ จะช่วยในเรื่องของความปลอดภัยในการใช้งานมากยิ่งขึ้น และสามารถใช้งานทางด้านข้อมูลก็ยังสามารถส่งข้อความ ได้นอกเหนือจากการโทรออก-รับสาย รวมทั้งยังทำให้เกิดการบริการต่างๆ มากมาย เช่น การเปิดให้ดาวน์โหลดริงโทน, วอลเปเปอร์ ต่อมาได้มีการนำเทคโนโลยีจีพีอาร์เอส (General Packet Radio Service : GPRS) มาใช้เพื่อเพิ่มความเร็วในการรับส่งข้อมูลให้มีการรับ-ส่งข้อมูลได้มากขึ้นจึงเกิดเป็นยุคของ 2.5จี ซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนาความเร็วในการส่งข้อมูลเพิ่มสูงขึ้นในยุคของ 2.75จี โดยเรียกเทคโนโลยีนี้ว่าเอจ (Enhanced Data for Global Evolution : EDGE) ซึ่งจะมีความเร็วมากกว่าจีพีอาร์เอส ประมาณ 3 เท่า ทำให้สามารถเข้าเว็บไซต์ เล่นอินเทอร์เน็ตได้ แต่ความเร็วยังมีจำกัด และไม่สามารถรองรับไฟล์ที่มีขนาดใหญ่ได้ เมื่อก้าวเข้าสู่ยุคสามจี ซึ่งยุคนี้ก็คือเป็นการเปลี่ยนแปลงวงการโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ผู้ประกอบการ เรียกว่าเปลี่ยนแปลงวิถีประจำวันของผู้ใช้งานไปด้วยก็ได้ ในยุคนี้จะมีความโดดเด่นในเรื่องของความเร็วในการเชื่อมต่อและการรับ-ส่งข้อมูล โดยเน้นการเชื่อมต่อแบบไร้สายด้วยความเร็วสูง เพื่อรองรับการใช้งานกับอุปกรณ์สมัยใหม่ ที่ช่วยให้สามารถใช้งานด้านมัลติมีเดียได้อย่างสมบูรณ์แบบ และสามารถส่งข้อมูลทั้งภาพและเสียงในระบบไร้สายด้วยความเร็วที่สูง

ในยุคสามจี นี้ได้รับการพัฒนาภายใต้มาตรฐาน IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) ที่กำหนดโดย ITU (International Telecommunication Union) หรือสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ ซึ่งเป็นองค์กรชำนาญพิเศษแห่งสหประชาชาติทำหน้าที่ให้คำแนะนำและวางหลักเกณฑ์ในบริหารการกำกับดูแลกิจการโทรคมนาคมให้กับประเทศสมาชิก

ต่างๆ ทั่วโลก โดยมีกรอบนโยบายเกี่ยวกับ IMT-2000 เป็นโครงข่ายโทรคมนาคมที่สามารถหลอมรวมการให้บริการได้หลากหลาย ทั้งการติดต่อสื่อสารทางเสียง ข้อมูล อินเทอร์เน็ต และมัลติมีเดีย โดยมีผู้ใช้งานทั้งในลักษณะประจำที่หรือเคลื่อนที่ โดยสามารถสรุปสาระสำคัญของ มาตรฐาน IMT-2000 ได้ดังนี้

- 1) พื้นฐาน ที่สามารถรองรับบริการต่างๆ เช่น บริการประจำที่ บริการเคลื่อนที่ สื่อสารด้วยเสียง รับส่งข้อมูล เข้าถึงอินเทอร์เน็ต มัลติมีเดีย จะต้องเป็นไปในทางเดียวกัน คือสามารถโอนถ่าย ส่งต่อ ซึ่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์โทรคมนาคมอื่นที่สามารถรับส่งข้อมูลได้
- 2) โครงข่ายข้ามแดน (Global Roaming) สามารถใช้อุปกรณ์เดียวในทุกพื้นที่ทั่วโลก
- 3) ความต่อเนื่องการสื่อสาร (Seamless Delivery Service) สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องแม้จะมีการเคลื่อนที่ แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงของสถานีรับส่งสัญญาณ
- 4) อัตราความเร็วการรับส่งข้อมูล (Transmission Rate) ขณะประจำที่หรือความเร็วเท่าการเดินสามารถรับส่ง ข้อมูลได้อย่างน้อย 2 Mbps ขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วระดับยานพาหนะ สามารถรับส่งข้อมูลอย่างน้อย 384 kbps และในทุกสภาพการใช้งาน มีความสามารถในการรับส่งข้อมูล สูงสุด 14.4 Mbps

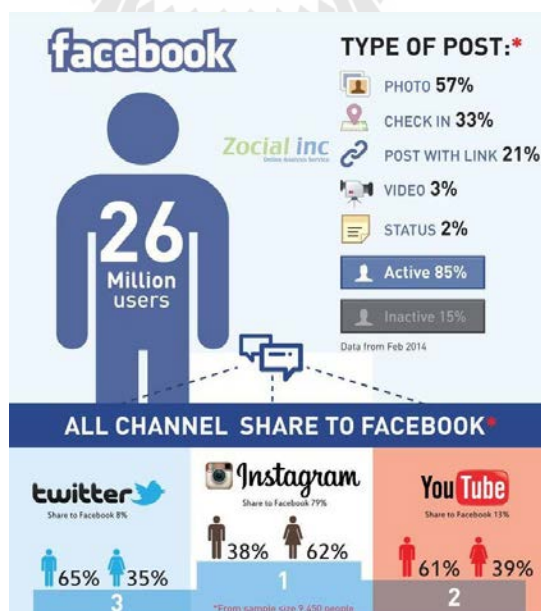
ปัจจุบันผู้พัฒนาเทคโนโลยีหลายค่ายทั่วโลก ต่างพัฒนาได้รวดเร็วและหลากหลายวิธีการ ดังนั้น สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU) ได้กำหนดมาตรฐานการเชื่อมต่อทางคลื่นวิทยุตามมาตรฐาน IMT-2000 ซึ่งระบุไว้ใน Recommendation ITU-R M.1457 ประกอบไปด้วยมาตรฐาน ดังนี้ WCDMA CDMA2000 TD-SCDMA EDGE และ DECT WCDMA ซึ่งก็ใช้แตกต่างกันไปในแต่ละประเทศทำให้มีความเร็วที่แตกต่างกันไป



รูปที่ 1.1 วิวัฒนาการของเทคโนโลยี 3จี

[<http://automobili.dnevnik.hr/novosti/zanimljivosti/hyundai-je-isusu-poklonio-wi-fi>]

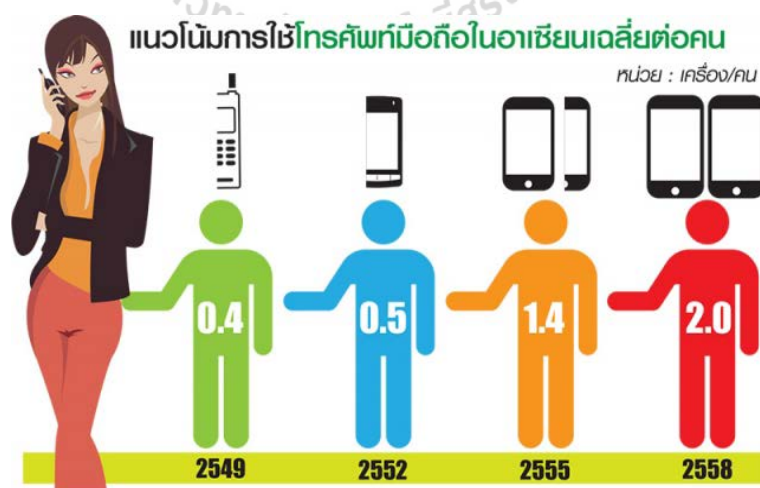
จากรูปที่ 1.1 วิวัฒนาการของเทคโนโลยี 3จี สังเกตได้ว่าการเน้นการเชื่อมต่อแบบไร้สายเพื่อรองรับการใช้งานด้านมัลติมีเดีย และสามารถส่งข้อมูลทั้งภาพและเสียงในระบบไร้สายด้วยความเร็วที่สูง ซึ่งก่อให้เกิดการใช้งานที่หลากหลายไม่ว่าจะเป็นการสนทนาผ่านวิดีโอคอล หรือดูหนัง ฟังเพลงผ่านระบบอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดการบริการที่เรียกว่าแอปพลิเคชันอีกด้วย



รูปที่ 1.2 แบบจำลองการใช้สื่อโซเชียลมีเดีย

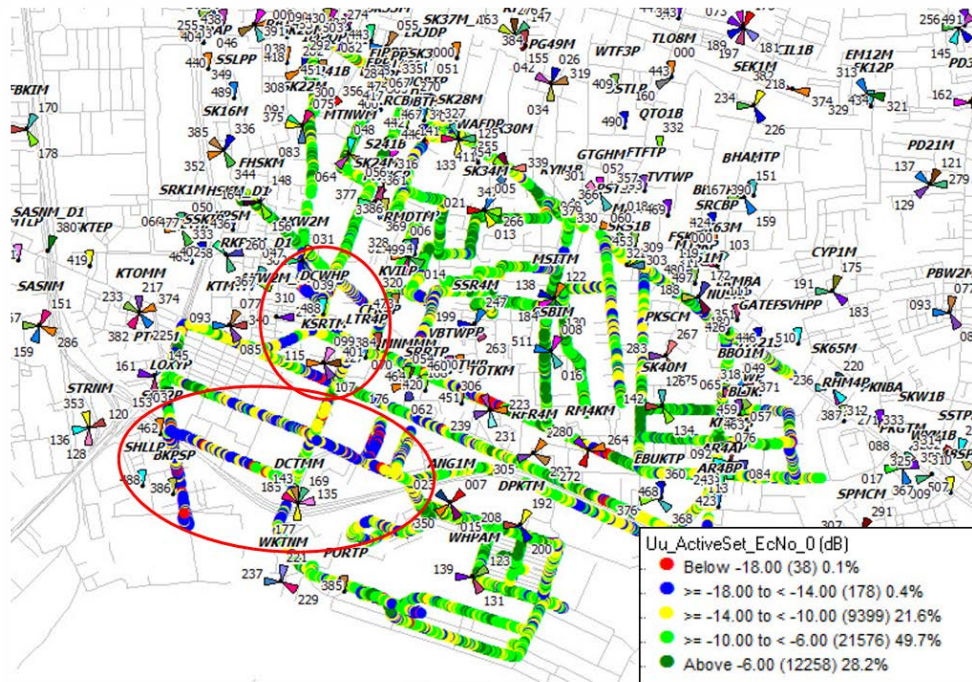
[TWITTER : Richard Barrow @RichardBarrow]

จากรูปที่ 1.2 แบบจำลองการใช้สื่อโซเชียลมีเดีย สังเกตเห็นได้ว่าในปัจจุบันมีแนวโน้มการใช้งานของโทรศัพท์มือถือที่เพิ่มมากขึ้น โดยกิจกรรมยอดนิยมของผู้ใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่อันดับ 1 คือโซเชียลเน็ตเวิร์ค (Social Network) ส่วนอันดับรองลงมาคือ ค้นหาข้อมูล (Search) และอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ตามลำดับ เนื่องจากเทคโนโลยีสามจี ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงวิธีการสร้างสรรค์ การเผยแพร่และการเข้าถึงเนื้อหาเมื่อเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้อย่างง่ายดาย โดยมีการคาดการณ์ว่าตัวเลขของอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมอินเทอร์เน็ตจะพุ่งสูงถึง 26,000 ล้านเครื่อง ภายในปี 2020 ประเทศไทยคือหนึ่งในประเทศที่อินเทอร์เน็ตและสมาร์ตโฟนมีอัตราการเติบโตสูง โดยแนวโน้มจำนวนการใช้โทรศัพท์มือถือเฉลี่ยต่อคนในอาเซียนสำหรับในช่วงปี 2549 ประชากรอาเซียนโดยเฉลี่ยแล้วมีประมาณ 600 ล้าน ยังมีการใช้โทรศัพท์ที่ไม่มากนักโดยอยู่ที่ 0.4 เครื่องต่อคนซึ่งอยู่ในยุคของหนึ่งจี เลยยังไม่จำเป็นต่อการใช้งานมากนัก แต่สำหรับในปี 255 การใช้โทรศัพท์มีการแพร่หลายมากขึ้นอยู่ที่ 0.5 เครื่องต่อคนโดยเฉลี่ยเป็นช่วงของยุคสองจี ที่มีการพัฒนาให้ใช้งานด้านการใช้งานให้มากขึ้นแต่ราคาโทรศัพท์ยังถือว่าสูงอยู่ดี ส่วนในช่วงปี 2555 คาดว่าชาวอาเซียนจะมีการใช้โทรศัพท์โดยเฉลี่ยแล้ว 1.4 เครื่องต่อคนซึ่งมีหลายปัจจัยประกอบทำให้คนใช้โทรศัพท์เยอะขึ้น ไม่ว่าจะเป็นราคาโทรศัพท์ถูกลง รวมเป็นช่วงปลายของ 2.75จี ที่พัฒนาให้สามารถใช้ข้อมูล (Data) ได้มากขึ้นแล้วคล่องตัวอีกด้วย และในปี 2558 มีการคาดการณ์จากหลายฝ่ายว่าภูมิภาคเอเชียจะมีการเติบโตขึ้นดังนั้น ปริมาณการใช้โทรศัพท์โดยเฉลี่ยของปีดังกล่าวมีแนวโน้มสูงขึ้นอยู่ที่ 2.0 เครื่องต่อคนท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่คือยุคของสามจีนั่นเอง



รูปที่ 1.3 รูปภาพจำลองแนวโน้มอัตราการใช้งานโทรศัพท์มือถือ

[http://www.prachachat.net/news_detail.php?newsid=1390195816]



รูปที่ 1.4 ตัวอย่างผลการไดรฟ์เทสพื้นที่ที่มีปัญหา

เมื่อมีการใช้งานข้อมูลที่มากขึ้นแต่การรองรับข้อมูลยังไม่เพียงพอต่อการให้บริการจึงทำให้เกิดปัญหาหลักๆนี้คือ คุณภาพของสัญญาณที่ลดลงเนื่องจากการใช้ระบบแบบ WCDMA นี้ใช้ความถี่เดียวตลอด อาจจะกวนกันได้ตลอดเวลา ทำให้คุณภาพสัญญาณที่ได้นั้นลดลง หรือผู้ใช้บริการที่มีมากขึ้นความต้องการใช้การรับ-ส่งข้อมูลมากขึ้นก็มีผลเช่นกันตามรูปภาพที่ 1.4 ตัวอย่างผลการไดรฟ์เทสพื้นที่ที่มีปัญหา ทั้งนี้ทางผู้ให้บริการจึงคิดหาวิธีที่จะช่วยเพิ่มคุณภาพสัญญาณให้มากขึ้นคือการตรวจสอบคุณภาพสัญญาณในที่นั้นๆแล้วกลับมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อที่จะปรับคุณภาพสัญญาณในที่นั้นๆ โดยการตรวจสอบคุณภาพสัญญาณนั้นแบ่งออกได้ 2 วิธีคือ

- 1) วอร์คเทสคือการเดินตรวจสอบคุณภาพสัญญาณภายในอาคารหรือสถานที่แคบไม่สามารถใช้ยานพาหนะ ในการช่วยเหลือได้ โดยวิธีนี้เหมาะกับอาคาร ห้างสรรพสินค้า โรงแรม หรือพื้นที่เล็กๆในการจัดงานที่ไม่ใหญ่มาก และ ใช้พลังงานไม่มากจึงไม่ต้องหาที่สำรองพลังงานด้วย
- 2) ไดรฟ์เทสคือการใช้ยานพาหนะในการตรวจสอบคุณภาพสัญญาณในสถานที่โล่งแจ้งหรือตามถนนส่วนมากใช้รถยนต์ เนื่องจากส่วนมากจะเป็นการตรวจสอบคุณภาพสัญญาณระยะไกลมีเวลานาน จึงต้องที่แหล่งกำเนิดพลังงานด้วย



รูปที่ 1.5 วิธีการเวิร์กเทศ



รูปที่ 1.6 วิธีการไคร์ฟเทศ

โดยหลังจากที่ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพสัญญาณแล้วจะต้องกลับมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแนวโน้มที่จะออกแบบปรับปรุง พารามิเตอร์ต่างๆที่จะทำให้คุณภาพสัญญาณในที่นั้นๆดีขึ้น ซึ่งหลังจากออกแบบปรับปรุงพารามิเตอร์แล้วยังต้องมีการตรวจสอบคุณภาพสัญญาณอีกครั้งเพื่อดูผลจากการปรับปรุง โดยบางครั้งอาจจะไม่เป็นผลที่น่าพอใจสักเท่าไร ก็จำเป็นที่ทำการออกแบบ

ปรับปรุงพารามิเตอร์ใหม่เพื่อแก้ไขคุณภาพสัญญาณในทีมนั้นๆต่อไป แต่หลักสำคัญคือต้นทุนในการที่จะออกไปตรวจสอบคุณภาพสัญญาณต้องมีการจัดซื้อจัดจ้างทีมที่ออกไปสำรวจตรวจสอบคุณภาพสัญญาณ อีกทั้งเรื่องของโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์กับอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพสัญญาณ ทำให้ปัญหาที่กำลังมาถึงของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยคือการปรับค่าที่เหมาะสมของเครือข่ายสามจีเพื่อรองรับปริมาณผู้ใช้บริการสามจีที่เพิ่มขึ้นในอนาคต เครื่องมือหนึ่งที่นิยมใช้ในการตรวจสอบสมรรถนะของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่คือการทดสอบภาคสนามที่ใช้การขับรถวัดสัญญาณไปตามเส้นทางต่างๆ หรือที่เรียกว่าการทำไครฟ์เทส เพราะวิธีการนี้ผู้ใช้บริการเครือข่ายจะรับรู้คุณภาพและปัญหาของสัญญาณจากฝั่งของผู้ใช้บริการโดยตรง และเป็นข้อมูลที่รวมผลกระทบของสิ่งแวดล้อมทุกอย่างที่เกิดขึ้นจริงเอาไว้เรียบร้อยแล้ว การทำไครฟ์เทสจึงมีความสำคัญมากแต่ก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายและเวลาในการดำเนินการสูงมาก

สำหรับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในเครือข่ายสามจินั้นจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากการทำไครฟ์เทส เพื่อหาวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที แต่ในปัจจุบันอาศัยการวิเคราะห์จากผู้มีประสบการณ์และการคาดคะเนตามหลักการโดยยังไม่มีเครื่องมือหรือวิธีการคำนวณที่สามารถกำหนดหรือช่วยตัดสินใจในการปรับค่าต่างๆ ได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นการทำงานในปัจจุบันคือการเดาว่าถ้าปรับค่าต่างๆ เช่น ปรับมุมกอดของสายอากาศ ปรับกำลังส่งสัญญาณของสถานีฐาน แล้วปัญหาที่เกิดขึ้นน่าจะหายไป จากนั้นก็จะส่งทีมงานไปไครฟ์เทสอีกครั้งเพื่อทดสอบแนวคิด ถ้ายังปัญหายังแก้ไขไม่ได้ ก็จะดำเนินการเดาค่าต่างๆ แล้วปรับค่าใหม่แต่ก็ต้องส่งทีมไปไครฟ์เทสอีกครั้ง ทำอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะแก้ปัญหาได้ ซึ่งเห็นได้ว่าเสียค่าดำเนินการทำไครฟ์เทสหลายครั้งกว่าจะปรับค่าต่างๆ ได้ และการปรับค่านี้อย่างขึ้นกับประสบการณ์หรือความเชี่ยวชาญของผู้ทำงานด้วย ซึ่งไม่มีหลักการที่เชื่อถือได้แน่นอน ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงต้องการสร้างเครื่องมือที่สามารถนำผลการไครฟ์เทสในครั้งแรกมาวิเคราะห์ผ่านแบบจำลองคณิตศาสตร์ในรูปแบบของความรู้เชิงประจักษ์เพื่อให้สามารถทดสอบและปรับค่าต่างๆ ได้ในแบบจำลอง เมื่อปรับแล้วก็จะเห็นผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นทั้งหมดได้ทันที โดยที่ไม่ต้องออกไปไครฟ์เทส ทำให้สะดวก เชื่อถือได้และประหยัดทั้งงบประมาณและเวลาในการทำงาน และยังสามารถแก้ปัญหาได้ตรงประเด็นตามค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ได้อย่างรวดเร็ว

จากการสำรวจปริทรรศน์วรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่ายังไม่มียานวิจัยใดที่จะศึกษาและแก้ปัญหาขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีบางงานวิจัยที่พยายามหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแต่ก็ไม่ได้ใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ร่วมด้วยทำให้ไม่สามารถนำมาใช้งานจริงได้ หรือมีบางงานวิจัยที่จะพยายามลดการทำไครฟ์เทสลงแต่ก็ไม่สามารถดำเนินการได้จริงเพราะข้อมูลที่ใช้นั้นไม่เชื่อมต่อกับลักษณะตำแหน่งของพื้นที่จริง ดังนั้นการทำวิจัยเรื่องนี้จึงเป็นเรื่องที่น่าจะให้ความสำคัญเร่งด่วนเพราะสามารถสร้างองค์

ความรู้ทันกับการพัฒนาประเทศและเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน ทำให้เพิ่มโอกาสแข่งขันในระดับสากลมากขึ้น ซึ่งผลสำเร็จจากการวิจัยนี้จะช่วยให้ประหยัดทั้งเวลาและงบประมาณในการทำงาน รวมถึงปรับปรุงและแก้ปัญหาคุณภาพเครือข่ายสามจีซึ่งกำลังเป็นเครือข่ายหลักสำหรับการสื่อสารของประชากรในประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาองค์ความรู้ของการหาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุในเครือข่ายสามจีจากการทำไคร์ฟเทส

1.2.2 เพื่อพัฒนาเครื่องมือเพื่อลดการไคร์ฟเทสสำหรับหาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุด้วยความรู้เชิงประจักษ์

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 การปรับมุมเชิงกลและมุมเชิงไฟฟ้าที่เหมาะสมสามารถเพิ่มคุณภาพของสัญญาณให้มีคุณภาพดีขึ้นกว่าเดิมได้

1.3.2 ข้อมูลจากการทำไคร์ฟเทสสามารถนำมาใช้วิเคราะห์เพื่อเลือกมุมที่ดีที่สุดได้โดยอัตโนมัติ

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.4.1 ใช้ผลจากการไคร์ฟเทสจริง 2-3 พื้นที่ศึกษา

1.4.2 ใช้โปรแกรม Actix Analyzer ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.4.3 ใช้โปรแกรมแมทแลบ (MATLAB) ในการสร้างแบบจำลอง

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองเชิงประจักษ์

1.5.2 จำลองผลเทคนิคการปรับมุมเชิงกลและมุมเชิงไฟฟ้า โดยใช้โปรแกรมแมทแลบ (MATLAB)

1.5.3 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการปรับมุมโดยใช้โปรแกรมแมทแลบ (MATLAB) กับผลที่ได้จากพื้นที่จริง

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

1.6.1 แนวทางการดำเนินงาน

- 1) สํารวจปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์
- 2) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองเชิงประจักษ์
- 3) จำลองผลเทคนิคที่ได้พัฒนาขึ้น โดยใช้โปรแกรมแมทแล็บ
- 4) วิเคราะห์ผลโดยเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากพื้นที่จริง

1.6.2 ระเบียบวิธีวิจัย

เป็นงานวิจัยประยุกต์ ซึ่งดำเนินการตามกรอบงานดังต่อไปนี้

- 1) การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์
- 2) ใช้โปรแกรมแมทแล็บในการจำลองผล
- 3) วิเคราะห์และสรุปผลการจำลอง

1.6.3 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องวิจัยและปฏิบัติการสื่อสารโทรคมนาคม อาคารเครื่องมือ 4 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

1.6.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 1) เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- 2) โปรแกรมแมทแล็บ
- 3) โปรแกรม Actix Analyzer

1.6.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บผลการทดสอบที่ได้จากการจำลองผลด้วยโปรแกรมแมทแล็บ

1.6.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ผลการทดลองโดยการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการปรับมุม โดยใช้เทคนิคที่พัฒนามาจากการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมและทฤษฎี กับผลที่ได้จากการไคร์ฟทดสอบพื้นที่จริง เพื่อดูว่าหลังจากการพัฒนาการปรับมุมแล้วทำให้พื้นที่ที่ศึกษาอยู่นั้นมีคุณภาพสัญญาณที่ดีขึ้น และยังสามารถคำนวณหาการปรับมุมเองได้โดยอัตโนมัติ

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ได้องค์ความรู้ของการหาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุในเครือข่ายสามจีจากการทำไคร์ฟทดสอบ

1.7.2 ได้เครื่องมือเพื่อลดการไต่รฟเทศสำหรับหาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุด้วยความรู้เชิงประจักษ์

1.8 ส่วนประกอบของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย 5 บท

บทที่ 1 เป็นบทนำ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย สมมติฐานของการวิจัย ข้อตกลงเบื้องต้น ขอบเขตการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

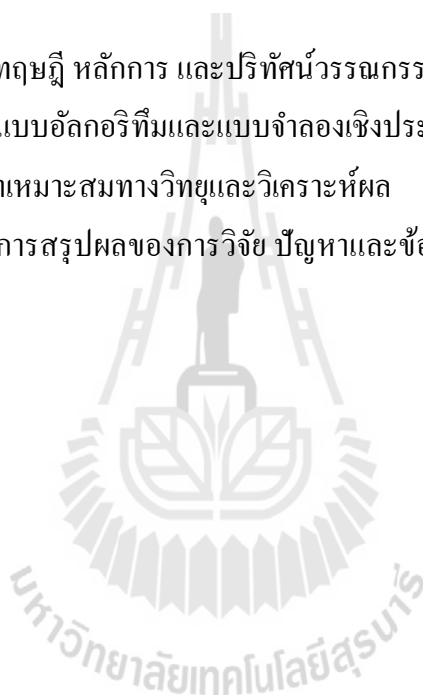
บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎี หลักการ และปริทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 การออกแบบอัลกอริทึมและแบบจำลองเชิงประจักษ์

บทที่ 4 การหาค่าเหมาะสมทางวิทยุและวิเคราะห์ผล

บทที่ 5 กล่าวถึงการสรุปผลของการวิจัย ปัญหาและข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

ในอนาคต



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี หลักการ และพิธีศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ซึ่งแบ่งเป็นทั้งหมด 5 ส่วน ส่วนแรกจะกล่าวถึงความเป็นมาของระบบสื่อสารเคลื่อนที่ยุคที่ 3 ในส่วนที่สองจะกล่าวถึงความสำคัญของระบบเคลื่อนที่ในยุคที่ 3 สำหรับประเทศไทย ส่วนที่สามจะกล่าวถึงแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นวิทยุ ส่วนที่สี่จะกล่าวถึงพิธีศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในส่วนสุดท้ายจะกล่าวถึงการสรุปท้ายบท

2.2 ความเป็นมาของระบบขนส่งอัจฉริยะ

2.2.1 ระบบเคลื่อนที่ในยุค สามจี

ระบบในยุค สามจี (Third Generation) นี้จะเป็นระบบ โทรศัพท์ที่พัฒนาต่อมาจากเครือข่ายในยุค 2.5จี/2.75จี ซึ่งระบบ สามจี ที่ได้พัฒนานี้เป็นแบบดิจิทัลแพ็คเกจ โดยเน้นการรองรับระบบมัลติมีเดียที่ทุกคนเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้ทุกที่ ทุกเวลา ซึ่งให้อัตราความเร็วการเชื่อมต่อเครือข่าย 2 เมกะบิตต่อวินาที แต่หากมีการเคลื่อนที่อัตราความเร็วการเชื่อมต่อเครือข่ายอยู่ที่ 384 กิโลบิตต่อวินาที การรับ-ส่งข้อมูลของโทรศัพท์มือถือจะรองรับการประยุกต์ใช้งานทุกรูปแบบ ตั้งแต่การโทรศัพท์แบบวีดีโอคอนเฟอเรนซ์ การเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ต ถึงแม้ว่าในยุคของ 2.5จี จะให้บริการในเรื่องของการรับ-ส่งมุลแล้ว แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล ดังนั้นระบบ สามจี จึงได้ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้บริการในเรื่องการรับ-ส่งข้อมูลที่หลากหลายและรวดเร็วขึ้น ด้วยความสามารถของเครือข่ายในยุคนี้ทำให้การใช้บริการด้านเสียง (Voice Call) นั้นสามารถใช้งานได้บนเครือข่ายของกรรับ-ส่งข้อมูล (Data Call) ซึ่งระบบที่กำลังเป็นที่นิยมอยู่คือ VOIP (Voice Over Internet Packet) โดยเครือข่ายในยุคนี้ใช้เทคนิคการใช้ช่องสัญญาณที่สำคัญหลักๆ ได้ 2 แบบดังนี้

2.2.1.1 มาตรฐาน CDMA2000

มาตรฐานนี้ถูกพัฒนาโดยองค์กร 3GPP2 จากมาตรฐานของ IS-95 ซึ่งใช้เทคนิคแบบหลายรหัส (Multicode) และหลายสัญญาณพาห้ (Multicarrier) มาตรฐานนี้เป็นการพัฒนา

เครือข่าย CDMA ให้รองรับการสื่อสารในยุคสามจี โดยพัฒนาจาก CDMA2000 1x ไปเป็น CDMA 1x EV-DV มีศักยภาพเทียบเท่ากับมาตรฐาน W-CDMA ของค่ายยุโรป แต่ยังไม่มีการกำหนดการความพร้อมสำหรับการให้บริการเชิงพาณิชย์ที่ชัดเจน

2.2.1.2 มาตรฐาน UMTS

มาตรฐาน UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) เป็นมาตรฐานที่ออกแบบมาสำหรับผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์ในยุค สามจี โดยที่มีพัฒนาการมาจากเครือข่าย GSM, GPRS และ EDGE โดยจะใช้เทคนิค W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) เพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานด้านการรับ-ส่งข้อมูลที่มีมากขึ้น เครือข่าย UMTS นั้นจะมีอัตราความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลสูงถึง 2 เมกะบิตต่อวินาที ซึ่งมากกว่าเครือข่าย EDGE ถึง 4 เท่า ในปัจจุบันมาตรฐานของ UMTS นั้นมีการเผยแพร่ออกมาแล้ว 6 มาตรฐานด้วยกัน โดยหน่วยงาน สามจีPP (3rd Generation Partnership Project) รับผิดชอบในการออกแบบมาตรฐานต่างๆซึ่งประกอบไปด้วยดังนี้

- Release 99 เป็นมาตรฐานใช้งานที่เพิ่มเติมจากเครือข่าย GPRS และ EDGE โดยจะมีการเพิ่มเติมอุปกรณ์ในส่วนของ BSS (Base Station Subsystem) ซึ่งเป็นส่วนที่ดูแลการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ให้บริการกับเครือข่ายของผู้ให้บริการ โดนกุ่มของอุปกรณ์ที่เพิ่มเติมขึ้นมานั้นมีชื่อเรียกว่า UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network)
- Release 4 เป็นมาตรฐานที่เพิ่มเติมในส่วนของเครือข่ายหลัก โดยจะมีการนำเครือข่ายแบบ ATM (Asynchronous Transfer Mode) และ IP ซึ่งเป็นการรับ-ส่งข้อมูลแบบเป็นกลุ่มข้อมูล เข้ามาใช้งานแทนเครือข่ายแบบสลับวงจร ที่ใช้งานอยู่ในเครือข่าย GSM ในปัจจุบัน
- Release 5 เป็นมาตรฐานที่เพิ่มเติมในส่วนของเครือ IMS (IP Multimedia Service) โดยการทำงานของ IMS จะช่วยให้การใช้งานแบบสื่อผสมในลักษณะของบุคคลถึงบุคคลมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น
- Release 6 เป็นมาตรฐานที่ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงระบบมากนัก เพียงแต่เพิ่มความสามารถในการทำงานของการจดจำคำพูด (Speech Recognition), Wi-Fi / UMTS inter-working (ก ๑ ร

สื่อสารระหว่างเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายกับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่)

- Release 7 เป็นมาตรฐานที่ไม่ได้มีการเพิ่มความสามารถในการเข้ารหัสแบบ Enhanced L2 และใช้การกล้ำสัญญาณแบบ 64 QAM พร้อมทั้งมีทางเลือกสำหรับเทคนิคโมโม ที่รองรับ Voice over HSPA ทำให้มีความสามารถในการรับ-ส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่อง (CPC - Continuous Packet Connectivity) และมี FRLC (Flexible RLC)
- Release 8 ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงอะไรมากมายนักนอกจากเพิ่ม 2 เทคนิคได้แก่ DC-HSPA และ HSUPA 16QAM

สำหรับมาตรฐานที่กำหนดโดย ITU (International Telecommunication Union : IMT-2000/สามจี) นั้นแบ่งออกได้ 4 กลุ่มดังนี้

- UMTS พัฒนามาจากกลุ่ม สามจีPP มีเทคนิคอยู่ 2 อย่างคือ W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) และ HSPA (High Speed Packet Access) แต่ W-CDMA จะนิยมใช้มากกว่าใช้ สามจี
- CDMA2000 พัฒนามาจากกลุ่ม สามจีPP2 เป็นระบบมาตรฐานที่กำหนดโดยสหรัฐอเมริกา
- TD-CDMA / TD-SCDMA (Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access) เป็นเครือข่ายอีกอย่างของ CDMA ที่ถูกนำมาใช้เป็นระบบสามจี โดยถูกพัฒนาแล้วทดลองใช้ในประเทศจีน
- DECT ถูกพัฒนามาจากกลุ่มประเทศยุโรปซึ่งเป็นตระกูลเดียวกับ Mobile WiMAX แต่ไม่ค่อยได้รับความนิยมเท่าไรใน สามจี

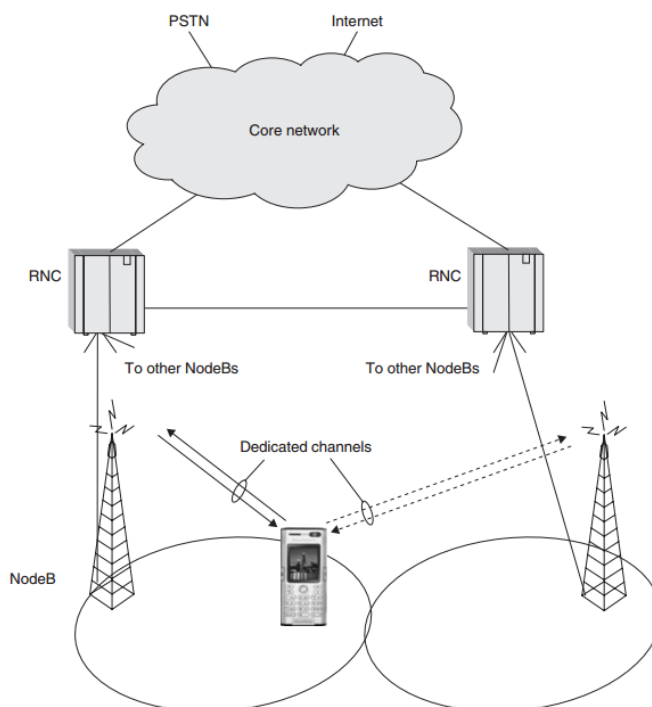
2.2.2 ระบบ WCDMA

สำหรับระบบ WCDMA นั้นเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารระบบไร้สายในยุคที่ 3 มีประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลแบบไร้สายผ่านโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ไร้สายความเร็วสูง โดยมีประสิทธิภาพการทำงานเหนือกว่าเทคโนโลยีทั่วไป สำหรับ WCDMA ได้กำหนดให้ใช้ย่านความถี่ 2 จิกะเฮิรซ์ มีความกว้างแถบ 60 เมกะเฮิรซ์ ในช่วงช่วง 1920-1980 เมกะเฮิรซ์สำหรับการ

เชื่อมโยงขึ้นและ 2110-2170 เมกะเฮิร์ตซ์ สำหรับการเชื่อมโยงลง โดยประสิทธิภาพในการสื่อสารรับส่งสัญญาณเสียงภาพข้อมูลและภาพวิดีโอด้วยความเร็วถึง 2 เมกะบิตต่อวินาที แต่สำหรับการให้บริการในปัจจุบันให้ความเร็วสูงสุดที่ 384 กิโลบิตต่อวินาที ถึงแม้ระบบ WCDMA จะพัฒนาจากระบบ CDMA แต่ยังมี ความแตกต่างกันอยู่บ้างเช่น ระบบ WCDMA ใช้แถบความถี่กว้างที่ 5 เมกะเฮิร์ตซ์ แต่ระบบ CDMA ใช้แถบความถี่กว้างเพียง 1.25 เมกะเฮิร์ตซ์

2.2.3 โครงสร้างของระบบ WCDMA

สำหรับระบบ WCDMA นั้นประกอบออกไปด้วย 3 ส่วนหลักๆคือ เครือข่ายหลัก (Core Network : CN) เครือข่ายวิทยุ (UMTS Terrestrial Radio Access Network : UTRAN) และอุปกรณ์ของผู้ใช้บริการ (User Equipment : UE) ซึ่งหน้าที่หลักของเครือข่ายหลักนั้นเป็นการสลับเส้นทางการติดต่อ การกำหนดและควบคุมอุปกรณ์ในการติดต่อตลอดเส้นทาง การควบคุมปริมาณทราฟฟิกของผู้ใช้บริการ นอกจากนี้ยังต้องดูแลฐานข้อมูลและการบริหารจัดการเครือข่ายสำหรับเครือข่ายวิทยุนี้ดูแลการติดต่อระหว่างผู้ใช้บริการกับเครือข่ายหลัก ซึ่งแบ่งอุปกรณ์เป็น 2 ส่วนนี้เรียกว่าตัวควบคุมเครือข่ายภาควิทยุ (Radio Network Controller : RNC) และ Node B ดังรูปที่ 2.1



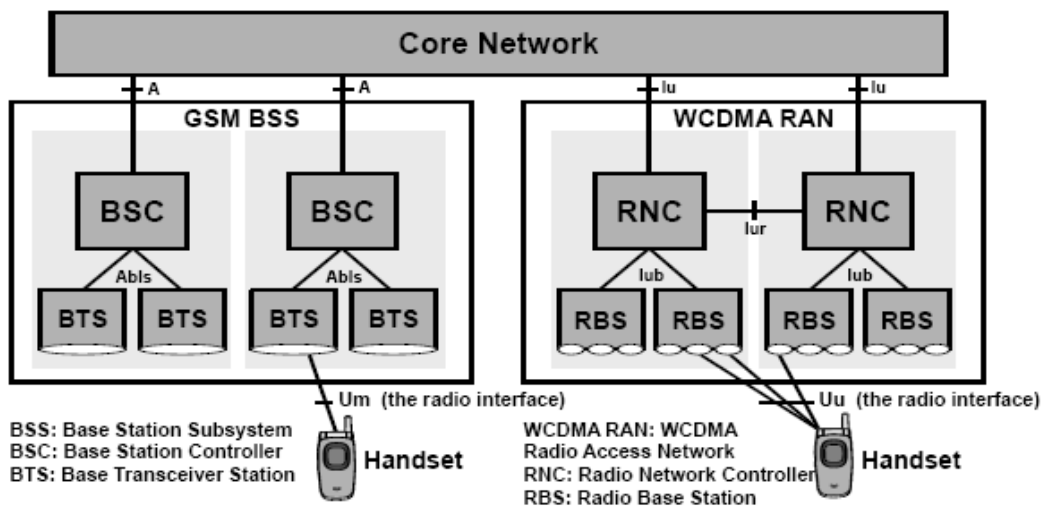
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของระบบ WCDMA

[Eril Dahlam, Stefan Parkvall, Johan Skold and Per Bening, 2007]

2.2.4 สถาปัตยกรรมของระบบ WCDMA

จากรูปที่ 2.2 ระบบ GSM BSS (GSM Base Station Subsystem) และ WCDMA RAN (WCDMA Radio Access Network) จะเป็นสื่อกลางในการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายหลักกับผู้ใช้บริการนอกจากนั้นแล้วระบบ GSM BSS และ WCDMA RAN อยู่ภายใต้โครงสร้างพื้นฐานของระบบเซลลูลาร์ จะเห็นได้ว่าระควบคุมสถานีฐาน (Base station Controller : BSC) จะเหมือนกันกับระบบควบคุมเครือข่าย (Radio Network Controller : RNC) และ สถานีฐานรับส่งสัญญาณ (Base Transceiver Station : BTS) จะเหมือนกันกับสถานีฐานวิทยุ (Radio Base Station : RBS) ในการเชื่อมต่อของระบบ WCDMA มีการพัฒนาจากระบบ GSM ซึ่งมีความแตกต่างในรูปแบบการให้บริการ โดยจะเห็นว่าระบบ GSM BSS จะมีการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้บริการกับสถานีฐานรับส่งสัญญาณได้เพียงจุดๆเดียวและเชื่อมต่อผ่านระควบคุมสถานีฐานไปยังเครือข่ายหลัก ในส่วนของระบบ WCDMA จะมีการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้บริการกับสถานีฐานรับส่งสัญญาณได้หลายๆจุดและระหว่างระบบควบคุมเครือข่ายก็สามารถเชื่อมต่อถึงกันได้เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนข้อมูลปริมาณมหาศาล โดยแต่ละเส้นทางของการเชื่อมต่อก็จะมีความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลที่สูงกว่าระบบ GSM เป็นอย่างมาก

GSM/WCDMA Architecture



รูปที่ 2.2 เปรียบเทียบโครงสร้างระหว่างระบบ GSM กับ WCDMA

[ลักษณ์ ชูใจ, 2548]

2.3 ความสำคัญของระบบเคลื่อนที่ในยุคที่ 3 สำหรับประเทศไทย

ปัจจัยหลักของระบบเคลื่อนที่ในยุคที่ 3 คือระบบเดิมไม่เพียงพอต่อผู้ใช้บริการในหลายๆ ด้าน รวมไปถึงปัจจัยที่ทำให้เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนเรามากขึ้น บทบาทที่ชัดเจนที่สุดสำหรับประเทศนี้คือเพื่อนำไปใช้ประโยชน์เชิงลึก ไม่ว่าจะเป็น ด้านการศึกษา สาธารณสุข ธุรกิจ การดำเนินชีวิต การพัฒนาบุคคลากร การยกระดับคุณภาพชีวิต สร้างความเท่าเทียมในการเข้าถึงแหล่งความรู้ ด้านของเศรษฐกิจ การพัฒนาประเทศ อื่นๆ รวมทั้งประโยชน์ ทั้งทางตรงและทางอ้อมต่างๆ มากมาย ถ้ายกตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเลยคือในด้านของการศึกษาเนื่องจากในประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา โรงเรียนที่ห่างไกลความเจริญยังมีอยู่มากการพัฒนา ระบบสามจี จะช่วยให้สามารถเรียนรู้ผ่านศูนย์การเรียนรู้กลาง ผ่านเว็บไซต์ การเรียนการสอนผ่าน วิดีโอคอนเฟอเรนซ์ แต่ในขณะที่ในประเทศไทยได้มีการดำเนินเรื่องการจัดสรรคลื่นความถี่ สำหรับการ ประกอบกิจการ โทรศัพท์เคลื่อนที่สามจี ย่านความถี่ 1920-1980 เมกะเฮิร์ตซ์ และย่านความถี่ 2110-2170 เมกะเฮิร์ตซ์ โดยที่ปรึกษา กสทช. พิจารณาแบ่งแถบกว้างความถี่ 10 เมกะเฮิร์ตซ์ สำหรับ 3 ช่อง ด้วยวิธีการประมูล ซึ่งการจัดประมูลครั้งแรกยังไม่มีบริษัทสนใจมากนัก รวมถึงผิดเงื่อนไขตาม กฎหมายจึงต้องยกเลิกและปิดตัวลง แล้วให้หน่วยงานจาก กสทช. เข้ามาดูแลแทน ต่อมา เมื่อวันที่ 7 ธันวาคม 2555 กสทช. ได้ออกใบอนุญาตคลื่นความถี่ 2100 เมกะเฮิร์ตซ์ เป็นระยะเวลา 15 ปี ให้กับ 3 ราย ได้แก่ บริษัท แอดวานซ์ ไวร์เลส เน็ทเวอร์ค จำกัด (AIS) เสนอราคาประมูลสูงสุด 14,625 ล้านบาท บริษัท ดีแทค เนทเวอร์ค จำกัด (DTAC) เสนอราคาประมูล 13,500 ล้านบาท บริษัท รีเอล ฟิวเจอร์ จำกัด (Truemove) เสนอราคาประมูล 13,500 ล้านบาท โดยสามารถสรุปคลื่นความถี่ได้ดังนี้

- 1) บริษัท ดีแทค เนทเวอร์ค จำกัด (DTAC) ได้เลือกย่าน 1920 – 1935 เมกะเฮิร์ตซ์ และ 2110 – 2135 เมกะเฮิร์ตซ์
- 2) บริษัท รีเอล ฟิวเจอร์ จำกัด (Truemove) ได้เลือกย่าน 1935 – 1950 เมกะเฮิร์ตซ์ และ 2125– 2140 เมกะเฮิร์ตซ์
- 3) บริษัท ดีแทค เนทเวอร์ค จำกัด ได้เลือกย่าน 1950 – 1965 เมกะเฮิร์ตซ์ และ 2145 – 2155 เมกะเฮิร์ตซ์

โดยมีมติรับรองจาก กสทช. ให้ผลการประมูลในวันที่ 18 ตุลาคม 2555 โดย ทั้ง 3 ราย สามารถดำเนินการติดตั้งเสาสัญญาณ และเริ่มทดสอบคลื่นความถี่ย่าน 2100 เมกะเฮิร์ตซ์ ได้ทันที



รูปที่ 2.3 ย่านความถี่ของระบบสามจีในประเทศไทย

[<http://www.it24hrs.com/2012/result-thailand-3g-auction>]

2.4 แบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นวิทยุ

เนื่องจากสัญญาณในระบบสื่อสารนั้นไม่สามารถกำหนดได้คงที่เพราะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่ทำให้เกิดการเฟดของสัญญาณ ดังนั้นแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นวิทยุจึงเป็นเครื่องมือไว้สำหรับการศึกษาระบบสื่อสารเคลื่อนที่ เพราะการจะทำความเข้าใจถึงวิธีการหาแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นวิทยุในสถานการณ์ต่างได้นั้นจะทำให้สามารถออกแบบสถานีฐาน หรือแก้ไขปัญหาในพื้นที่นั้นได้ โดยการอธิบายพฤติกรรมของสัญญาณในระบบสื่อสารเคลื่อนที่นั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่นการใช้สมการทางคณิตศาสตร์มาเพื่อสร้างความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆหรือที่เรียกว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) หรือการวัดผลจริงที่ได้จากการปฏิบัติแล้วหาค่าเฉลี่ยออกมาเรียกว่าแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) โดยแบบจำลองที่ได้รับความนิยมเพื่อใช้ในการศึกษาในระบบสื่อสารเคลื่อนที่มีดังต่อไปนี้

2.4.1 แบบจำลองของโอกูมูระ

แบบจำลองของโอกูมูระ (Okumura Model) เป็นแบบจำลองเชิงประจักษ์ที่สร้างขึ้นในช่วงกลางปี 1960 ได้รับการพัฒนาจากแบบจำลองของลี ใช้วัดในย่านความถี่ 150 ถึง 1920 เมกะเฮิร์ตซ์ ในพื้นที่เมืองโตเกียว แบบจำลองนี้ได้รับความนิยมมากและถูกพิจารณาว่าเป็นหนึ่งใน

แบบจำลองที่ดีที่สุดสำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ แม้ว่าค่าที่วัดได้นั้นจะเกิดขึ้นจากการวัดภายในประเทศญี่ปุ่นเท่านั้นแต่ก็สามารถขยายผลไปยังประเทศอื่นๆได้ ซึ่งแบบจำลองของโอกูมูระได้สันนิษฐานว่ามีสูญเสียพลังงานระหว่างกำลังงานที่ส่งกับกำลังงานที่รับได้ในเส้นทางนั้นได้ ดังสมการที่ 2.1

$$L_{50}(\text{dB}) = L_F + A_{mu}(f, d) - G(h_{re}) - G(h_{te}) - G_{AREA} \quad (2.1)$$

เมื่อ

L_{50} = Median path loss between the TX and RX (50%)

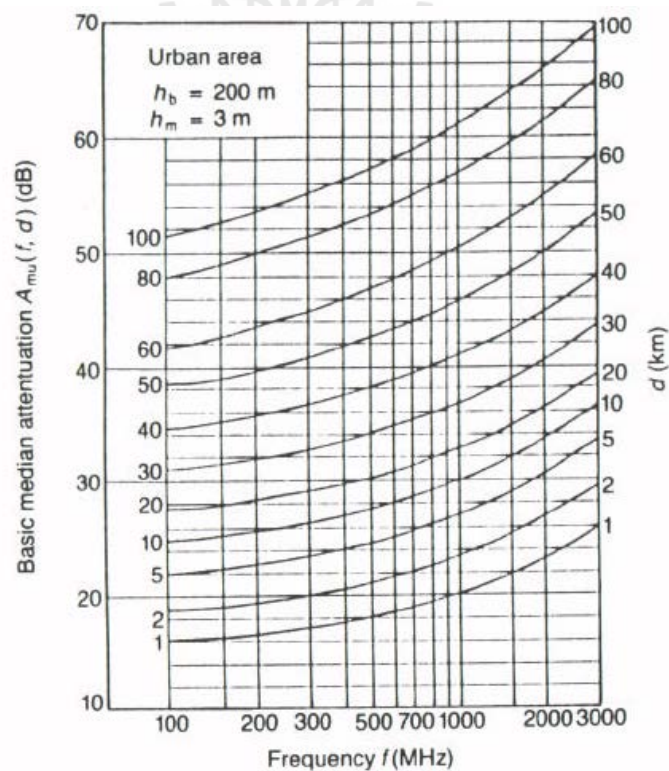
L_F = Free space path loss

$A_{mu}(f, d)$ = Median attenuation relative to free space

$G(h_{re})$ = Antenna height gain factors (receiver)

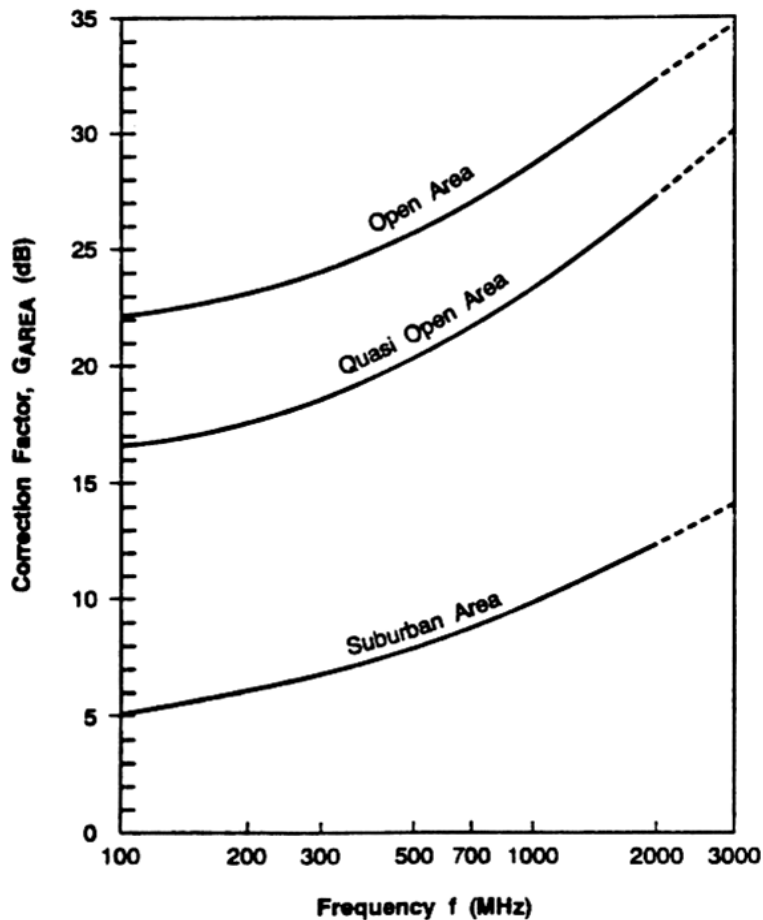
$G(h_{te})$ = Antenna height gain factors (transmitter)

G_{AREA} = Gain due to the type of environment



รูปที่ 2.4 การลดทอนค่ามัธยฐานพื้นฐานระหว่างความถี่กับระยะทาง [Y. Okumura, 1968]

ข้อจำกัดของแบบจำลองนี้คือเหมาะสำหรับพื้นที่โล่งแจ้ง ชานเมืองและในเมืองที่มีตึกสูงไม่มาก ไม่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ชนบทหรือภายในอาคารอย่างยิ่ง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วมกันระหว่างการคาดการณ์และการวัดค่าสูญเสียในเส้นทางอยู่ที่ประมาณ 10-14 เดซิเบล โดยหาค่า $G(h_{re})$ และ $G(h_{te})$ ได้จากสมการที่ 2.2, 2.3 และ 2.4



รูปที่ 2.5 การหาตัวประกอบ G_{AREA} สำหรับประเภทที่แตกต่างกันของภูมิประเทศ [Y.Okumura,1968]

$$G(h_{te}) = 20 \log \left(\frac{h_{te}}{200} \right) \quad 1000\text{m} > h_{te} > 30\text{m} \quad (2.2)$$

$$G(h_{re}) = 10 \log \left(\frac{h_{re}}{3} \right) \quad h_{re} \leq 3\text{m} \quad (2.3)$$

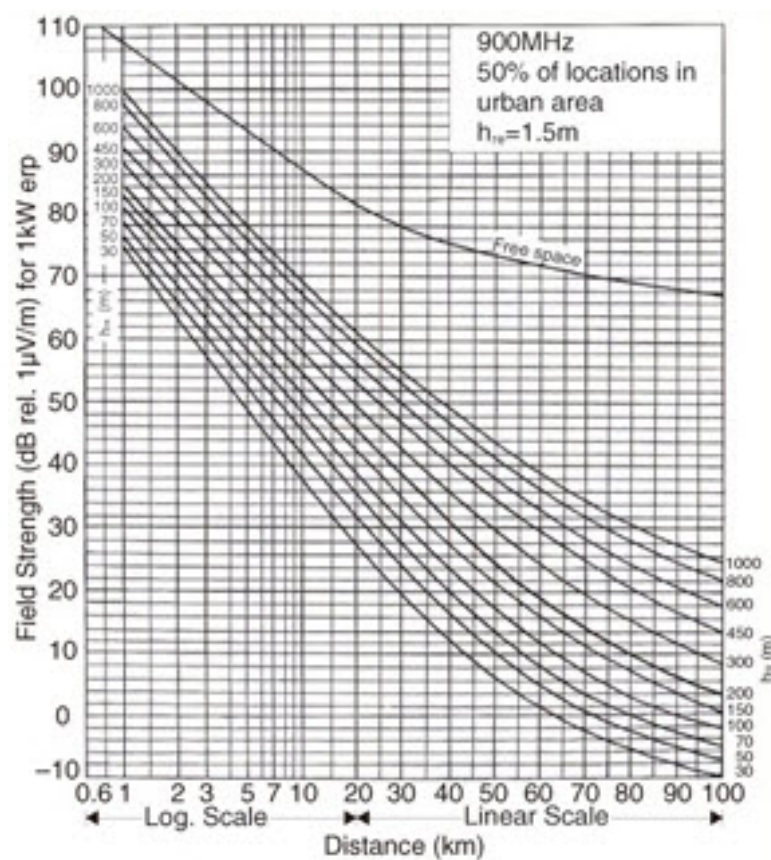
$$G(h_{re}) = 20 \log \left(\frac{h_{re}}{3} \right) \quad 10\text{m} > h_{re} > 3\text{m} \quad (2.4)$$

เมื่อ

h_{te} = Antenna height at base station

h_{re} = Antenna height of mobile station

โดยค่าเฉลี่ยของการลดทอนในพื้นที่นั้นที่เป็นฟังก์ชันของระยะทางดังรูปที่ 2.6

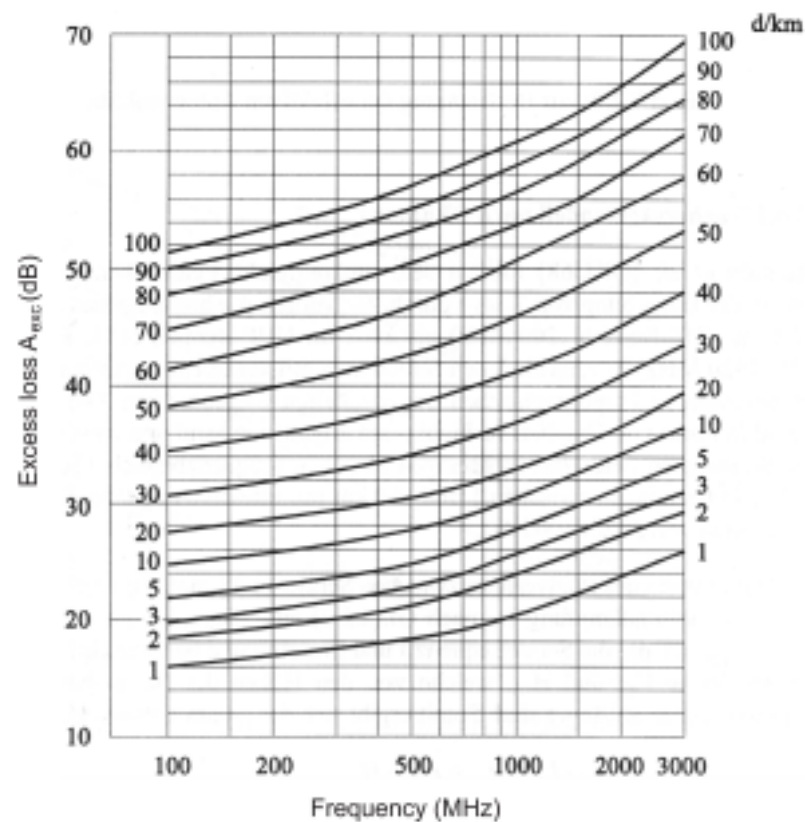


รูปที่ 2.6 ตัวอย่างกำลังสัญญาณที่วัดได้ของโอคุมูระ [Y. Okumura, 1968]

2.4.2 แบบจำลองของฮาทะ

แบบจำลองของฮาทะ (Hata Model) เป็นแบบจำลองที่อิงกับผลการวัดของโอคุมูระ โดยที่แบบจำลองนี้จะมีสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อมาอธิบายพารามิเตอร์ของกำลังสัญญาณในระบบสื่อสารเคลื่อนที่ตามผลที่ได้จากการวัดของโอคุมูระ วิธีการสำหรับแบบจำลองของฮาทะนี้จึงเปิดกว้างสำหรับการสร้างแบบจำลองเฉพาะพื้นที่ โดยอาศัยการวัดบางส่วนเพื่อนำไปประกอบกับ

ตัวแปรทางคณิตศาสตร์ก็จะทำให้เกิดแบบจำลองที่เหมาะสมกับพื้นที่นั้นๆ ได้ ยกตัวอย่างเช่น การปรับตัวแปรด้านความถี่ แบบจำลองของฮาตะจะใช้ตัวแปร A_{exc} ซึ่งเป็นค่าการลดทอนที่เกินจากอากาศว่างเปล่า มาเป็นตัวแปรที่ใช้ในการปรับตามความถี่ได้สูงสุดที่ 1.5 จิกะเฮิรตซ์ โดยที่แบบจำลองนี้จะสามารถนำไปใช้งานได้เพิ่มเติมก็ต่อเมื่อมีผลการวัดสัญญาณจริงในพื้นที่นั้นๆ มาประกอบเพื่อทำการประมาณหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เหมาะสมกับพื้นที่นั้นๆ



รูปที่ 2.7 ตัวแปร A_{exc} ที่ใช้ในการปรับตามความถี่และระยะทางในแบบจำลองของฮาตะ

[M. Hata, 1980]

แบบจำลองของฮาตะได้ใช้ข้อมูลจากแบบจำลองของโอคูมูระ มาใช้สำหรับสร้างแบบจำลองเชิงประจักษ์ของระบบโทรศัพท์มือถือได้ดังสมการที่ 2.5, 2.6 และ 2.7

$$\text{Urban area} \quad L_{dB} = A + B \log d - E \quad (2.5)$$

$$\text{Suburban area} \quad L_{dB} = A + B \log d - C \quad (2.6)$$

$$\text{Open area} \quad L_{dB} = A + B \log d - D \quad (2.7)$$

เมื่อ

$$A = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 h_b$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log h_b + \gamma$$

$$C = 2(\log(f_c / 28))^2 + 5.4$$

$$D = 4.78 \log(f_c / 28)^2 + 18.33 \log f_c + 40.94$$

$$E = 3.2(\log(11.75 h_m))^2 - 4.97 \quad \text{for large cities, } f \geq 300 \text{ MHz}$$

$$E = 8.29(\log(1.54 h_m))^2 - 1.1 \quad \text{for large cities, } f < 300 \text{ MHz}$$

$$E = (1.11 \log f_c - 0.7) h_m - (1.56 \log f_c - 0.8) \quad \text{for medium to small cities}$$

f_c = The carrier frequency

h_b = The antenna height at base station

h_m = The antenna height of mobile station

γ = The exponent path loss

2.5 ปรัชญ์นัรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากการสำรวจปรัชญ์นัรณกรรมงานวิจัยของ Gould, P. R, 2002 ได้ศึกษาเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาทางด้านการออกแบบเครือข่ายวิทยุที่ต้องมีการปรับพารามิเตอร์สำหรับพื้นที่เขตในเมือง โดยได้สร้างแบบจำลองโมเดลที่ช่วยจัดการปริมาณทราฟฟิกของผู้ใช้บริการที่กระจัดกระจายในระบบเครือข่ายวิทยุ ซึ่งได้เน้นใช้โครงสร้างของระบบเซลลูลาร์ที่มีปัจจัยจะส่งผลกระทบต่อวางแผนระบบเครือข่ายวิทยุ เมื่อสรุปโดยรวมแล้วปรัชญ์นัรณกรรมนี้ได้มุ่งเน้นความสำคัญเฉพาะการศึกษาพื้นที่เขตในเมืองและออกแบบมาใช้งานสำหรับไมโครเซลล์เท่านั้นและอาจส่งผลกระทบต่อมาโครเซลล์ด้วย

จากการสำรวจปรัชญ์นัรณกรรมงานวิจัยของ Liu, J., and K. P. Worrall, 2002 ได้ศึกษาเกี่ยวกับการวางแผนระบบเครือข่ายวิทยุโดยมีการนำข้อมูลที่ได้จากการปรับมุมเชิงไฟฟ้ามาปรับปรุงการแฮนด์โอเวอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำซอฟต์แวร์แฮนด์ออฟ ซึ่งการทำซอฟต์แวร์แฮนด์ออฟนั้นจะมีช่วงเวลาในการตัดสินใจในการทำแฮนด์ออฟที่นานกว่าฮาร์ดแฮนด์ออฟจึงไม่มีปัญหาเรื่องสายหลุดเกิดขึ้น (Drop Call) เมื่อสรุปโดยรวมแล้วปรัชญ์นัรณกรรมนี้ได้มุ่งเน้นใน

การปรับมุมเชิงไฟฟ้าแล้วสังเกตดูว่าส่งผลกระทบต่อการทำซอฟต์แวร์แฮนด์ออฟมายน้อยเพียงใด แต่ไม่มีการนำแบบจำลองเชิงประจักษ์มาใช้เป็นหลักอ้างอิงถึงข้อมูลที่แปรเปลี่ยนตามกัน

จากการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมงานวิจัยของ Omar, Nurfarhanah, Muhammad Ibrahim, Murizah Kassim, Ruhani Ab Rahman, Mat Ikram Yusof, and Mohd Zafran Abdul Aziz, 2011 ได้ศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลเชิงประจักษ์จากระบบ WCDMA สำหรับการเชื่อมโยงขึ้นเพื่อศึกษาในพื้นที่กลางแจ้งเท่านั้น โดยเฉพาะการเชื่อมโยงขึ้นจะมีการวัดและวิเคราะห์ในสถานที่และเวลาแตกต่างกันไป หลังจากนั้นได้สร้างแบบจำลองโมเดลที่สร้างความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานที่ส่งออกไปกับกำลังงานที่มีการเข้ารหัส จากการวิเคราะห์ทำให้ผลว่าเมื่อลดกำลังงานที่ส่งออกไปจะส่งผลให้กำลังงานที่มีการเข้ารหัสมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ระยะทางมีเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้กำลังงานที่มีการเข้ารหัสมีค่าลดลง แต่ในอนาคตงานวิจัยนี้จะศึกษาในพื้นที่ในร่ม หรือ สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยงานวิจัยนี้ไม่ได้คำนึงถึงการสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนในเส้นทางต่างๆ ที่เกิดมาจากการปรากฏการณ์การกระเจิง การรวมกันของสัญญาณหลายวิถี หรือการผิดเพี้ยนของสัญญาณ และในงานวิจัยนี้เพียงแค่พิสูจน์ให้เห็นผลกระทบระหว่างกำลังงานที่ส่งออกไปกับกำลังงานที่มีการเข้ารหัส แต่ไม่มีการนำข้อมูลเชิงประจักษ์เหล่านี้มาทำการปรับปรุงพื้นที่ให้ดียิ่งขึ้น

เมื่อสรุปการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมโดยรวมแล้ว งานวิจัยที่ได้ศึกษาข้างต้นนั้นได้มีการพิสูจน์หลายอย่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพบางอย่างเพียงเท่านั้น โดยไม่มีการนำผลที่ได้จากข้อมูลจริงมาใช้หาค่าพารามิเตอร์เพื่อนำไปปรับปรุงคุณภาพสัญญาณ จึงเป็นแนวคิดของงานวิจัยนี้ขึ้นมาว่าจะทำการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุสำหรับเครือข่ายสามจีโดยใช้ความรู้เชิงประจักษ์จากการทำไครฟ์เทสมารับปรุงคุณภาพสัญญาณให้ดียิ่งขึ้น

2.6 สรุปท้ายบท

ในเนื้อหาทั้งหมดของบทที่สองจะกล่าวถึงระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่อธิบายถึงหลักพื้นฐานของระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ว่าส่งผลกระทบต่ออย่างไรบ้างต่อการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ รวมไปถึงส่วนของความเป็นมาของระบบสื่อสารเคลื่อนที่ยุคที่ 3 ที่อธิบายถึงเทคโนโลยีที่ใช้ในการกล้าสัญญาณหรือจะเป็นความถี่ที่ใช้ ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของสัญญาณ โดยตรงและในส่วนของแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นวิทยุ ที่ช่วยหาจุดติดตั้งสถานีฐานและทำนายถึงคุณภาพสัญญาณในสภาพแวดล้อมต่างๆอีกด้วย โดยงานวิจัยนี้ได้ผนวกเอาความรู้ทางคณิตศาสตร์และแบบจำลองเชิงประจักษ์เพื่อนำมาคำนวณหาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุหรือพารามิเตอร์อื่นๆ ที่ช่วยให้คุณภาพของสัญญาณดีขึ้น

บทที่ 3

การออกแบบอัลกอริทึมและแบบจำลองเชิงประจักษ์

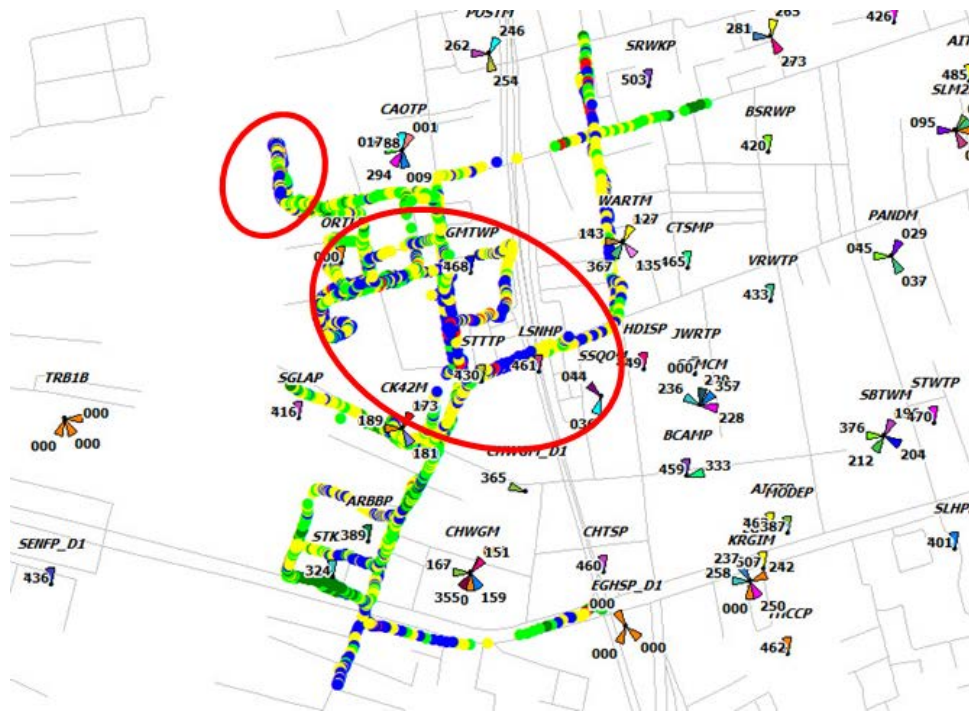
3.1 กล่าวนำ

เนื้อหาในบทนี้ประกอบด้วย 6 ส่วนด้วยกัน คือ ในส่วนแรกเป็นกล่าวนำเข้าสู่เนื้อหา ของปัญหาหลักที่พบในพื้นที่ที่ส่งผลกระทบต่อการใช้งาน ส่วนที่สองกล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการไต่ฟุตเทจ ส่วนที่สามกล่าวถึงแบบจำลองสายอากาศที่นำมาวิเคราะห์และใช้งาน ส่วนที่สี่กล่าวถึงแบบจำลองเชิงประจักษ์ ส่วนที่หกกล่าวถึงผังงานสรุปการทำงานของอัลกอริทึม และส่วนสุดท้ายคือสรุปท้ายบท

3.2 ปัญหาหลักที่พบในพื้นที่

ในปัญหาหลักๆที่ได้กล่าวไปข้างต้นในบทที่ 1 นั้น เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงเป็นเป้าหมายหลักของการวิจัยนี้จึงอาศัยการใช้ความรู้เชิงประจักษ์นำมาวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เก็บจากข้อมูลเครือข่ายโทรศัพท์มือถือในปัจจุบันซึ่งในประเทศไทยใช้เครือข่ายสามจี แต่ในขณะที่เครือข่ายสี่จี เป็นเพียงระยะเริ่มต้น ถ้าพิจารณาจากรูปที่ 3.1 ตัวอย่างผลการไต่ฟุตเทจพื้นที่ที่มีปัญหา ปัญหานี้มาจากผู้ใช้บริการที่เพิ่มมากขึ้นอย่างทวีคูณ แต่จำนวนผู้ให้บริการนั้นยังไม่สามารถขยายสถานีฐานให้มากพอที่จะรองรับผู้ใช้บริการในอนาคตได้นั้นเอง เครื่องมือหนึ่งที่มีนิยมนำมาใช้ในการตรวจสอบสมรรถนะของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่คือการทดสอบภาคสนามที่ใช้การขับรถวัดสัญญาณไปตามเส้นทางต่างๆ หรือที่เรียกว่าการทำไต่ฟุตเทจ เพราะวิธีการนี้ผู้ใช้บริการเครือข่ายจะรับรู้คุณภาพและปัญหาของสัญญาณจากฝั่งของผู้ให้บริการโดยตรง และเป็นข้อมูลที่รวมผลกระทบของสิ่งแวดล้อมทุกอย่างที่เกิดขึ้นจริงเอาไว้เรียบร้อยแล้ว ในการวิเคราะห์จะใช้ผู้ที่มีประสบการณ์และการคาดคะเนตามหลักการ โดยยังไม่มีเครื่องมือหรือวิธีการคำนวณที่สามารถกำหนดหรือช่วยตัดสินใจในการปรับค่าต่างๆ ซึ่งไม่มีหลักการที่เชื่อถือได้แน่นอน ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงต้องการสร้างเครื่องมือที่สามารถนำผลการไต่ฟุตเทจในครั้งแรกมาวิเคราะห์ผ่านแบบจำลองคณิตศาสตร์ในรูปแบบของความรู้เชิงประจักษ์เพื่อให้สามารถทดสอบและปรับค่าต่างๆ ได้ในแบบจำลองเมื่อปรับแล้วก็จะเห็นผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นทั้งหมดได้ทันที โดยที่ไม่ต้องออกไปไต่ฟุตเทจ ทำให้สะดวก

เชื่อถือได้และประหยัดทั้งงบประมาณและเวลาในการทำงาน และยังสามารถแก้ปัญหาได้ตรงประเด็นตามค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างผลการไดรฟ์เทสพื้นที่ที่มีปัญหา

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการไดรฟ์เทส

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการไดรฟ์เทสนั้นจะมีข้อมูลมากมายมหาศาลแต่ข้อมูลที่เจาะจงที่ใช้ในการวิเคราะห์หลักๆมีเพียงไม่กี่พารามิเตอร์ยกตัวอย่างในรูปที่ 3.2 ข้อมูลที่ได้จากการไดรฟ์เทส กรอบสีแดงกรอบแรกบ่งบอกถึงช่วงระยะเวลาที่ทำการไดรฟ์เทส ในกรอบสีแดงส่วนที่สองนั้นแสดงถึงลักษณะของการเก็บข้อมูลว่าเป็นลักษณะแบบไหนเช่น ข้อความที่รับ-ส่งได้ สัญญาณจีพีเอส สัญญาณHSPDA หรือ สัญญาณWCDMA และในกรอบสีแดงส่วนสุดท้ายจะอธิบายถึงตำแหน่งของสัญญาณที่ทำการไดรฟ์เทสนั้นเองซึ่งจะบันทึกค่าเป็นแบบ Latitude และ Longitude

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Time	MS	Frame Nur	Direction	Message T	Message I	Event	All-Latitude	All-Longituc	All-Speed (All-ARFCN
2	53:46.2	DC1	Not Valid		Diag Send			13.55154	100.7885		
3	53:46.2	DC1	Not Valid		Diag Send			13.55154	100.7885		
4	53:46.2	DC1	Not Valid		Diag Send			13.55154	100.7885		
5	53:46.2	DC1	Not Valid		Diag Send			13.55154	100.7885		
6	53:46.2	DC1	Not Valid		Diag Send			13.55154	100.7885		
7	53:46.3	DC1	Not Valid		Diag Send			13.55154	100.7885		
8	53:46.5	DC1	Not Valid		Diag Send			13.55154	100.7885		
9	53:46.5	DC1	Not Valid		Diag Send			13.55154	100.7885		
10	53:46.6	PS2			GPS Fix Data		GPS Posic	13.55154	100.7885		
11	53:46.7	MS1	Not Valid		Dedicated	16651		13.55154	100.7885		
12	53:46.7	MS1	Not Valid		HSUPA Coi	17417		13.55154	100.7885		
13	53:46.7	MS1	Not Valid		HSUPA L1/	17425		13.55154	100.7885		
14	53:46.7	MS1	Not Valid		HSUPA DL	17409		13.55154	100.7885		
15	53:46.7	MS1	Not Valid		HSDPA HS	17186		13.55154	100.7885		
16	53:46.7	MS1	Not Valid	UL	Active Set	4608		13.55154	100.7885		
17	53:46.7	MS1	Not Valid		HSDPA UL	17180		13.55154	100.7885		
18	53:46.7	MS1	Not Valid		HSDPA HS	17186		13.55154	100.7885		
19	53:46.8	PS2			GPS DOP Active Satellites			13.55154	100.7885		
20	53:46.8	MS1	Not Valid		HSUPA E-C	17413		13.55154	100.7885		
21	53:46.8	MS1	Not Valid		HSUPA ET	17415		13.55154	100.7885		
22	53:46.8	MS1	Not Valid		HSDPA HS	17186		13.55154	100.7885		
23	53:46.8	MS1	Not Valid		WCDMA PI	16761		13.55154	100.7885		
24	53:46.8	MS1	Not Valid		HSDPA HS	17186		13.55154	100.7885		
25	53:46.9	MS1	Not Valid		WCDMA A	16758		13.55154	100.7885		
26	53:46.9	MS1	Not Valid		HSDPA HS	17186		13.55154	100.7885		

รูปที่ 3.2 ข้อมูลที่ได้จากการไดรฟ์ทดสอบ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Message Type	All-Lattit	All-Longit	UTRA	All-AS S	All-AS U	All-AS C	All-AS C	All-AS S	All-AS C	All-AS C
2	Diag Send Data Request	13.55154	100.7885								
3	Diag Send Data Respond Success	13.55154	100.7885								
4	Diag Send Data Request	13.55154	100.7885								
5	Diag Send Data Respond Success	13.55154	100.7885								
6	Diag Send Data Request	13.55154	100.7885								
7	Diag Send Data Respond Success	13.55154	100.7885								
8	Diag Send Data Request	13.55154	100.7885								
9	Diag Send Data Respond Success	13.55154	100.7885								
10	GPS Fix Data	13.55154	100.7885								
11	Dedicated Physical Channels Downlink	13.55154	100.7885		378	10737					
12	HSUPA Combined L1/MAC Log Packet	13.55154	100.7885		378	10737					
13	HSUPA L1/MAC Statistics Log Packet	13.55154	100.7885		378	10737					
14	HSUPA DL Configuration Log Packet	13.55154	100.7885		378	10737					
15	HSDPA HS Decode Status ver 4	13.55154	100.7885		378	10737					
16	Active Set Update Complete (UL-DCCH)	13.55154	100.7885		378	10737					
17	HSDPA UL HS-DPCCH Information Ver 2b	13.55154	100.7885		378	10737					
18	HSDPA HS Decode Status ver 4	13.55154	100.7885		378	10737					
19	GPS DOP Active Satellites	13.55154	100.7885								
20	HSUPA E-DPCH Log Packet	13.55154	100.7885		378	10737					
21	HSUPA ETFC Restricted Log Packet	13.55154	100.7885		378	10737					
22	HSDPA HS Decode Status ver 4	13.55154	100.7885		378	10737					
23	WCDMA PN Search Log Packet Edition 2	13.55154	100.7885	-55.2	378	10737	-58.19		9	-60.19	
24	HSDPA HS Decode Status ver 4	13.55154	100.7885	-55.2	378	10737	-58.19		9	-60.19	
25	WCDMA AGC Edition 2	13.55154	100.7885	-54.3	378	10737	-57.29		9	-59.29	
26	HSDPA HS Decode Status ver 4	13.55154	100.7885	-54.3	378	10737	-57.29		9	-59.29	
27	HSUPA Combined L1/MAC Log Packet	13.55154	100.7885	-54.3	378	10737	-57.29		9	-59.29	
28	HSUPA Combined L1/MAC Log Packet	13.55154	100.7885	-54.3	378	10737	-57.29		9	-59.29	
29	WCDMA PN Search Log Packet Edition 2	13.55154	100.7885	-52.2	378	10737	-55.19		9	-57.19	
30	HSDPA UL HS-DPCCH Information Ver 2b	13.55154	100.7885	-52.2	378	10737	-55.19		9	-57.19	

รูปที่ 3.3 ข้อมูลที่ได้จากการไดรฟ์ทดสอบเมื่อทำการตัดส่วนที่ไม่ต้องการออก

หลังจากที่ได้ทราบถึงข้อมูลอันมหาศาลที่ได้จากการไดรฟ์ทดสอบจึงทำการตัดส่วนที่ไม่สำคัญออกไปเพื่อง่ายต่อการพิจารณาข้อมูล สังเกตได้จากรูปที่ 3.3 ข้อมูลที่ได้จากการไดรฟ์ทดสอบเมื่อทำการ

ตัดส่วนที่ไม่ต้องการออก โดยกรอบสีแดงกรอบแรกจะให้เป็นลักษณะของข้อมูลที่ได้อธิบายไปข้างต้น ในส่วนกรอบสีแดงที่สองจะแทนด้วยตำแหน่งของสัญญาณที่ทำการไดรฟ์ทดสอบซึ่งจะบันทึกค่าเป็นแบบ Latitude และ Longitude และกรอบสีแดงส่วนสุดท้ายจะแทนด้วยพารามิเตอร์ที่สนใจในเองประกอบไปด้วยช่องแรกคือ ความแรงของคุณภาพสัญญาณ ณ จุดนั้นๆ (Received Signal Strength Indicator : RSSI) ตัวเลขจำเพาะของสถานีฐาน (Scamming Area Codes : SC) ความแรงของคุณภาพสัญญาณที่รับได้ (Received Signal Code Power : RSCP) และอัตราส่วนของพลังงานที่รับได้ส่วนด้วยพลังงานทั้งหมด (Energy per Chip Over the Noise : Ec/No)

แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นในการไดรฟ์ทดสอบปรากฏว่าในหนึ่งตำแหน่งจะมีข้อมูลซ้ำกันประมาณ 10-15 ข้อมูลที่ซ้ำกันเนื่องจากซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการไดรฟ์ทดสอบนั้นบันทึกค่าทุกๆ 5 วินาที จึงทำให้ในหนึ่งตำแหน่งมีข้อมูลที่ซ้ำกัน ถ้านำมาวิเคราะห์ข้อมูลจะทำให้เสียเวลามากยิ่งขึ้นจึงมีการพัฒนาอัลกอริทึมบางอย่างเพื่อช่วยให้กรองข้อมูลที่ซ้ำกันออกไปให้เหลือเพียงตำแหน่งละหนึ่งข้อมูลเท่านั้นเอง ซึ่งการตัดข้อมูลที่ซ้ำกันออกไปไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลจึงได้ข้อมูลที่คัดกรองแล้วดังรูปที่ 3.4 ข้อมูลที่ผ่านการคัดกรองโดยใช้อัลกอริทึม

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	13.55154	100.7885								
2	13.55154	100.7885	-59.7	9	10737	-66.68	-6.98	378	-67.68	-7.98
3	13.55154	100.7885								
4	13.55154	100.7885	-59.7	9	10737	-66.68	-6.98	378	-67.68	-7.98
5	13.55154	100.7885								
6	13.55154	100.7884								
7	13.55155	100.7884	-59.7	9	10737	-66.68	-6.98	378	-67.68	-7.98
8	13.55155	100.7884	-57.9	9	10737	-64.38	-6.48	378	-66.88	-8.98
9	13.55155	100.7884	-57.9	9	10737	-64.38	-6.48	378	-66.88	-8.98
10	13.55155	100.7884								
11	13.55155	100.7884	-56.3	9	10737	-62.29	-5.99	378	-70.24	-13.94
12	13.55155	100.7884	-56.3	9	10737	-62.29	-5.99	378	-70.24	-13.94
13	13.55155	100.7884	-56.3	9	10737	-62.29	-5.99	378	-70.24	-13.94
14	13.55156	100.7884	-56.3	9	10737	-62.29	-5.99	378	-70.24	-13.94
15	13.55156	100.7884	-59.8	9	10737	-66.28	-6.48	378	-70.77	-10.97
16	13.55156	100.7884								
17	13.55156	100.7884	-59.8	9	10737	-66.28	-6.48	378	-70.77	-10.97
18	13.55156	100.7884	-58.6	378	10737	-66.08	-7.48	9	-66.58	-7.98
19	13.55156	100.7884	-58.6	378	10737	-66.08	-7.48	9	-66.58	-7.98

รูปที่ 3.4 ข้อมูลที่ผ่านการคัดกรองโดยใช้อัลกอริทึม

ในส่วนสุดท้ายคือการเก็บข้อมูลพื้นฐานของสถานีฐานที่อยู่รอบๆบริเวณที่มีการไดรฟ์ทดสอบโดยจะแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.5 ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของสถานีฐานและพารามิเตอร์ต่างๆ สังเกตในกรอบสีแดงกรอบแรกจะบอกถึงชื่อของสถานีฐานที่เป็นตัวย่อและกำกับเลขต่อท้ายเพื่อบอกว่า

เชกเตอร์ไหน ส่วนในกรอบสีแดงกรอบที่สองนั้นจะบ่งบอกถึงเชกเตอร์แต่ละเชกเตอร์มีตัวเลขจำเพาะของสถานีฐานอะไรและมีความกว้างลำคลื่นทำไหว ในกรอบสีแดงกรอบที่สามจะบอกถึงตำแหน่งของสถานีฐานโดยแสดงค่าเป็นแบบ Latitude และ Longitude ในกรอบสีแดงกรอบที่สี่จะบอกว่าลักษณะเสาของสายอากาศสูงจากภาคพื้นดินเท่าไรมีหน่วยเป็นเมตรและสายอากาศหันหน้าไปในทิศทางใดโดยเริ่มนับศูนย์กลางจากทิศเหนือแบบตามเข็มนาฬิกา ส่วนในกรอบสีแดงกรอบที่ห้าจะอธิบายถึงมุมเชิงกล (Mechanical Tilt) และมุมเชิงไฟฟ้า (Electrical Tilt) และในส่วนสุดท้ายจะบอกถึงยี่ห้อและรุ่นของสายอากาศที่ติดตั้ง

	B	C	Q	T	U	V	W	X	Y	Z	AB
1	CellName	SectorID	CI_BCC	BeamWid	LATITUDE	LONGITUDE	HEIGHT	Azimuth	TILT_M	TILT_E	ANTTYPE
2	MBP2MW11	1	93	30	13.55755	100.7632	37	20	4	3	HXHMDX0 B
3	MBP2MW12	2	85	30	13.55755	100.7632	37	120	2	3	HXHMDX0 B
4	MBP2MW13	3	77	30	13.55755	100.7632	37	220	4	2	HXHMDX0 B
5	MBP2MW16	6	283	30	13.55755	100.7632	37	80	4	3	HXHMDX0 B
6	MBP2MW17	7	346	30	13.55755	100.7632	37	180	1	3	K33-1721RB
7	MBP2MW18	8	354	30	13.55755	100.7632	37	280	4	1	K33-1721RB
8	MBP2MW21	1	93	30	13.55755	100.7632	37	20	4	3	HXHMDX0 B
9	MBP2MW22	2	85	30	13.55755	100.7632	37	120	4	3	HXHMDX0 B
10	MBP2MW23	3	77	30	13.55755	100.7632	37	220	4	2	HXHMDX0 B
11	MBP2MW26	6	283	30	13.55755	100.7632	37	80	4	3	HXHMDX0 B
12	MBP2MW27	7	346	30	13.55755	100.7632	37	180	4	3	K33-1721RB
13	MBP2MW28	8	354	30	13.55755	100.7632	37	280	4	1	K33-1721RB
14	MBP2MW31	1	93	30	13.55755	100.7632	37	20	4	3	HXHMDX0 B
15	MBP2MW32	2	85	30	13.55755	100.7632	37	120	4	3	HXHMDX0 B
16	MBP2MW33	3	77	30	13.55755	100.7632	37	220	4	2	HXHMDX0 B
17	MBP2MW36	6	283	30	13.55755	100.7632	37	80	4	3	HXHMDX0 B
18	MBP2MW37	7	346	30	13.55755	100.7632	37	180	4	3	K33-1721RB
19	MBP2MW38	8	354	30	13.55755	100.7632	37	280	4	1	K33-1721RB

รูปที่ 3.5 ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของสถานีฐานและพารามิเตอร์ต่างๆ

3.4 แบบจำลองสายอากาศที่นำมาวิเคราะห์

การศึกษาแบบจำลองสายอากาศที่นำมาวิเคราะห์นั้นมีหลากหลายขนาดมากนั้ แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดการเข้าถึงข้อมูลที่เป็นลิขสิทธิ์จึงไม่สามารถหารุ่นของสายอากาศในรูปที่ 3.5 ได้แต่ถึงอย่างไร จึงหาสายอากาศทดแทนที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันได้โดยอาศัยดูจากความกว้างลำคลื่นความถี่ที่ใช้งานได้ อัตราขยายของสายอากาศ และอัตราการปรับมุมเชิงไฟฟ้าเป็นหลัก



HBXX-3319DS-VTM | HBXX-3319DS-A2M

Andrew® Quad Antenna, 1710–2170 MHz, 33° horizontal beamwidth, RET compatible

Electrical Specifications

Frequency Band, MHz	1710–1880	1850–1990	1920–2170
Gain, dBi	20.4	20.6	20.8
Beamwidth, Horizontal, degrees	36	35	34
Beamwidth, Vertical, degrees	6.5	6.2	5.9
Beam Tilt, degrees	0–10	0–10	0–10
USLS (First Lobe), dB	15	15	15
Front-to-Back Ratio at 180°, dB	40	40	40
CPR at Boresight, dB	24	23	24
Isolation, dB	30	30	30
Isolation, Intersystem, dB	28	30	30
VSWR Return Loss, dB	1.5 14.0	1.5 14.0	1.5 14.0
PIM, 3rd Order, 2 x 20 W, dBc	-153	-153	-153
Input Power per Port, maximum, watts	300	300	300
Polarization	±45°	±45°	±45°
Impedance	50 ohm	50 ohm	50 ohm

รูปที่ 3.6 แบบจำลองสายอากาศที่นำมาวิเคราะห์ดัชนีที่ 1 [CommScope Inc.]



SBH-1D3319DS

Andrew® Antenna, 1710–2180 MHz, 1x remote electrical tilt, integrated Next Generation Actuator™

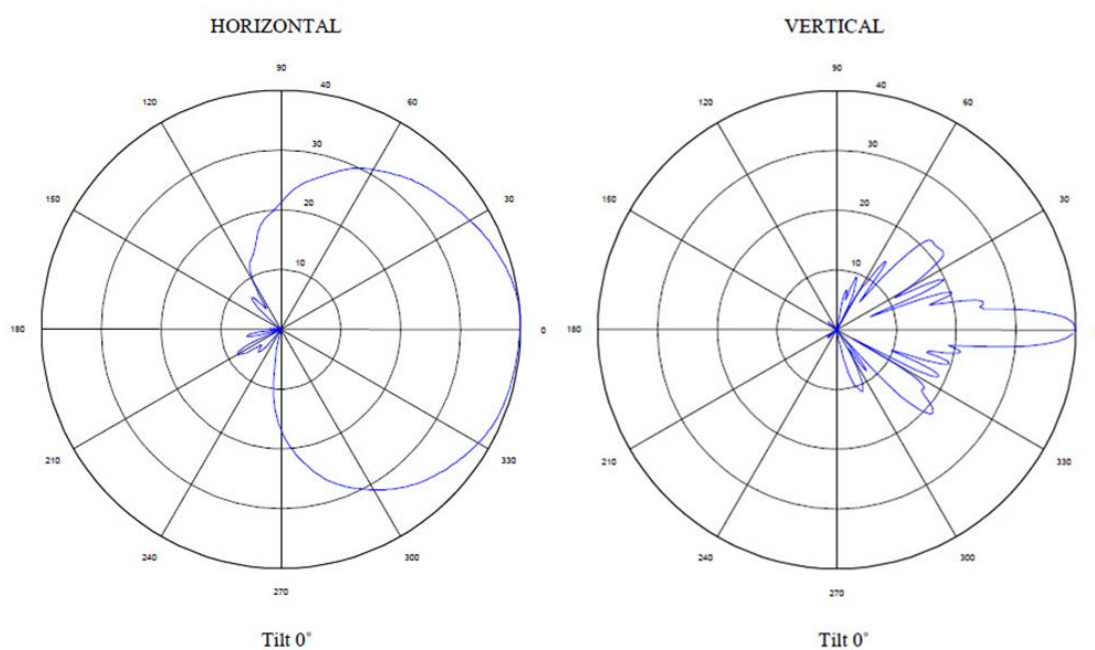
- Exceptional horizontal roll-off and front-to-back ratio for superior capacity efficiency
- Extended elevation tilt for maximum flexibility in urban core areas
- Internal next generation actuator eliminates field installation and defines new standards for reliability
- Significantly reduces operational expense by remote control of electrical tilt

Electrical Specifications

Frequency Band, MHz	1710–1880	1850–1990	1920–2180
Gain, dBi	20.5	20.7	20.7
Beamwidth, Horizontal, degrees	35	33	32
Beamwidth, Vertical, degrees	7.0	6.6	6.2
Beam Tilt, degrees	0–9	0–9	0–9
USLS by Beam Tilt, dB	0° 2° 4° 6° 8°	0° 2° 4° 6° 8°	0° 2° 4° 6° 8°
Front-to-Back Ratio at 180°, dB	20 20 17 16 17	20 20 17 17 17	20 20 17 17 17
Isolation, dB	35	36	37
Isolation, dB	30	30	30
VSWR Return Loss, dB	1.5 14.0	1.5 14.0	1.5 14.0
PIM, 3rd Order, 2 x 20 W, dBc	-153	-153	-153
Input Power per Port, maximum, watts	300	300	300
Polarization	±45°	±45°	±45°
Impedance	50 ohm	50 ohm	50 ohm

รูปที่ 3.7 แบบจำลองสายอากาศที่นำมาวิเคราะห์ดัชนีที่ 2 [CommScope Inc.]

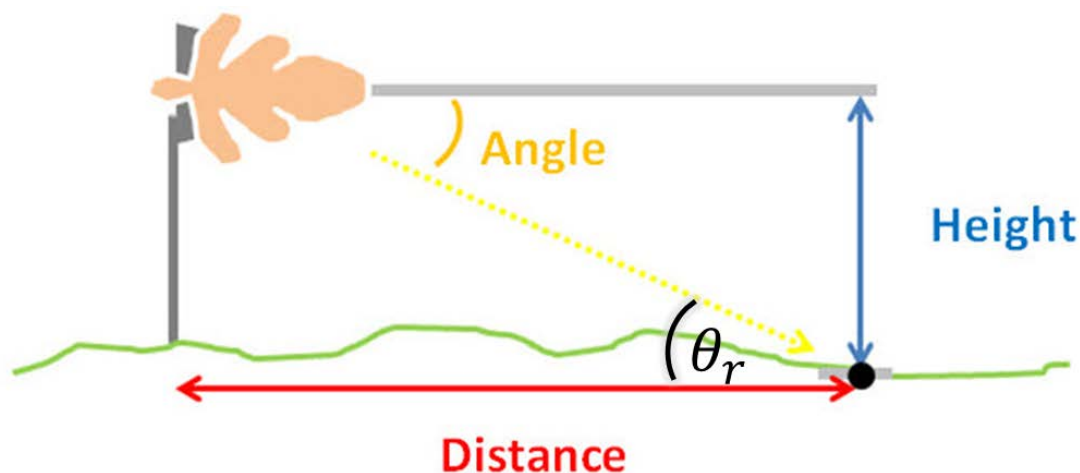
การวิเคราะห์แบบจำลองรูปแบบการก่อลาคลิ้นของสายอากาศนั้นส่งผลต่อการปรับมุมเชิงไฟฟ้าโดยทิศทางศูนย์กลางจะให้อำนาจงานที่สูงที่สุดเปรียบเสมือนหันทิศทางสายอากาศไปในตำแหน่งนั้นๆเพื่อให้ได้รับสัญญาณที่สูงที่สุดแต่ใน ขณะที่พื้นที่ใกล้เคียงที่ห่างออกไปอาจจะได้รับสัญญาณที่ต่ำลง หรืออีกนัยหนึ่งคือที่ระยะไกลจากสถานีฐานจะได้รับพลังงานที่น้อยลงแต่ที่ใกล้สถานีฐานจะได้รับพลังงานสูงสุดตามลักษณะของแบบจำลองรูปแบบการก่อลาคลิ้นของสายอากาศทางด้านขวามือนั่นเอง



รูปที่ 3.8 แบบจำลองรูปแบบการก่อลาคลิ้นของสายอากาศ [CommScope Inc.]

3.5 แบบจำลองเชิงประจักษ์

การออกแบบแบบจำลองเชิงประจักษ์นี้เรามุ่งเน้นถึงการนำข้อมูลที่ได้จากการไดรฟ์ทดสอบใช้กับรูปแบบสมการเพื่อช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีรูปแบบแน่นอนและชัดเจน โดยกระบวนการแรกนั้นจะศึกษาเกี่ยวกับการปรับมุมเชิงกลและมุมเชิงไฟฟ้าว่าส่งผลกระทบต่อพื้นที่มากน้อยเพียงใดสามารถดูได้จากรูปที่ 3.9 แบบจำลองรูปแบบทิศทางของการก่อลาคลิ้นของสายอากาศ



รูปที่ 3.9 แบบจำลองรูปแบบทิศทางของการก่อลำคลื่นของสายอากาศ

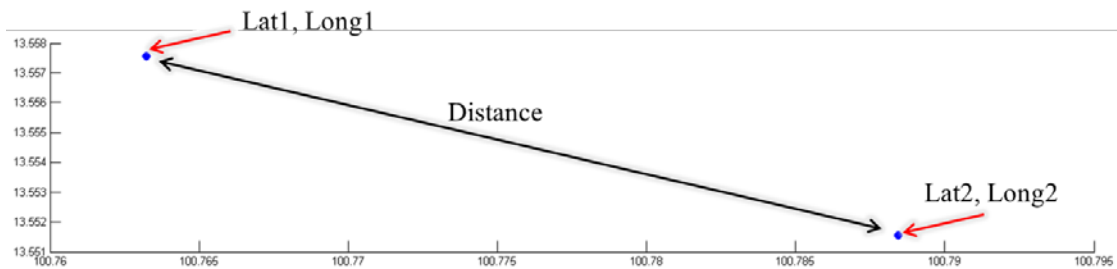
โดยการคำนวณหาระยะทางระหว่างตำแหน่งของสถานีฐานกับตำแหน่งของสัญญาณ (Distance : D) จะใช้สมการที่ (3.1) เมื่อให้ Latitude1 กับ Longitude1 แทนด้วยตำแหน่งของสถานีฐาน ให้ Latitude2 กับ Longitude2 แทนด้วยตำแหน่งของสัญญาณ และรัศมีของโลก (Earth radius : R) ในที่นี้มีค่าประมาณ 6,371 กิโลเมตร ถ้าทำการยกตัวอย่างในการหาระยะห่างระหว่างตำแหน่งสถานีฐานกับตำแหน่งของสัญญาณ โดยกำหนดค่าดังนี้

$$\text{Latitude1} = 13.55150^\circ \quad \text{Longitude1} = 100.78840^\circ$$

$$\text{Latitude2} = 13.55755^\circ \quad \text{Longitude2} = 100.76324^\circ$$

$$D = \cos^{-1}((\sin(\text{lat1})\sin(\text{lat2})) + (\cos(\text{lat1})\cos(\text{lat2})\cos(\text{long2} - \text{long1})))R \quad (3.1)$$

เมื่อแทนค่าที่ได้กำหนดเข้าไปในสมการที่ (3.1) จะสามารถหาระยะทางได้ มีค่าเท่ากับ 2.7915 กิโลเมตรโดยประมาณดังรูปที่ 3.10 แบบจำลองการหาระยะทางระหว่างตำแหน่งของสถานีฐานและตำแหน่งของสัญญาณ เพื่อที่จะนำไปใช้ในการคำนวณหามุม θ_r ต่อไปนั่นเอง



รูปที่ 3.10 แบบจำลองการหาระยะทางระหว่างตำแหน่งของสถานีฐานและตำแหน่งของสัญญาณ

ต่อจากนั้นทำการคำนวณหามุม θ_r ได้จากสมการที่ (3.2) เมื่อเสาของสายอากาศสูงจากภาคพื้นดิน (h) เป็นระยะ 35 เมตร และ ระยะทางระหว่างตำแหน่งของสถานีฐานกับตำแหน่งของสัญญาณ (D) มีค่าเท่ากับ กิโลเมตร 2.7915 โดยจะได้มุมประมาณ $\theta_r = 0.7183^\circ$

$$\theta_r = \tan^{-1}\left(\frac{h}{D}\right) \quad (3.2)$$

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงมุมเชิงกลและมุมเชิงไฟฟ้าย่อมส่งผลกระทบต่อแปรผันตามการอัตรายายของสายอากาศฝั่งส่ง (Transmitted Antenna Gain at Base Station : G_t) ซึ่งสามารถหาการเปลี่ยนแปลงนี้สามารถหาได้ แต่เพื่อให้เห็นภาพถึงการเปลี่ยนแปลงของมุมเชิงกลและมุมเชิงไฟฟ้า เราจึงได้ทำการยกตัวอย่างการหาค่าที่เปลี่ยนแปลงดังต่อไปนี้

$$thata = \theta_r - mtilt_{new} - etilt_{new} \quad (3.3)$$

$mtilt_{new}$ คือ มุมเชิงกลหลังปรับเปลี่ยน

$etilt_{new}$ คือ มุมเชิงไฟฟ้าหลังปรับเปลี่ยน

กำหนดพารามิเตอร์ให้มีค่าดังต่อไปนี้ $mtilt_{new} = 4^\circ$, $etilt_{new} = 6^\circ$ และ $\theta_r = 0.7183^\circ$ ที่ได้จากสมการที่ (3.2) เมื่อแทนพารามิเตอร์ต่างๆลงในสมการที่ (3.3) เราจะได้ $thata = -9.2817^\circ$ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น ค่าที่ได้ยังไม่สามารถนำไปใช้จริงได้เราต้องนำมาเปรียบเทียบกับค่าพารามิเตอร์ในรูปที่ 3.7 แบบจำลองรูปแบบการก่อตัวคลื่นของสายอากาศ ซึ่งเราได้ทำการนำข้อมูลนั้นทำออกมาเป็นตารางเพื่อง่ายต่อการเปรียบเทียบดังตารางที่ 3.1 โดยเราจะใช้ตารางของมุมเชิงไฟฟ้าที่มีค่า

เท่ากับ $etilt_{new} = 6^\circ$ เนื่องจากเราจะนำค่า $thata$ ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบในตารางแล้วจึงเรค่าที่เราเปรียบเทียบได้นั้นนำไปใช้ต่อ

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ของแบบจำลองรูปแบบการก่อดำคลื่นของสายอากาศที่มีมุมเชิงไฟฟ้าเท่ากับ 6 องศา [CommScope Inc.]

HBXX-3817TB_06	
MAKE	ANDREW
FREQUENCY	1950
H_WIDTH	35
GAIN	17.22 dB
TILT	ELECTRICAL
VERTICAL	
0	9.51
1	6.2
2	3.78
3	2.03
4	0.86
5	0.19
6	0
7	0.29
8	1.08
9	2.42
10	4.43
11	7.31

ในแถวแรก HBXX-3817TB_06 คือชื่อรุ่นของสายอากาศโดยดูได้จากรูปที่ 3.6 ในส่วนแถวถัดมาคือชื่อผู้ผลิตสายอากาศนี้คือ Andrew® ถัดมาคือความถี่ที่ใช้งาน ความกว้างของลำคลื่น และอัตราขยายของสายอากาศ ตามลำดับ ซึ่งในการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ไม่สามารถใช้วิธีเทียบบัญญัติไตรยางศ์ได้เนื่องจากค่าในตารางไม่เป็นเชิงเส้น จึงต้องใช้วิธี Linear Interpolation มาหาแทนดังสมการที่ 3.4

$$\left(\frac{y-y_0}{y-y_1}\right) = \left(\frac{x-x_0}{x-x_1}\right) \quad (3.4)$$

โดยเราต้องการหาพารามิเตอร์ x_1 เราจึงย้ายข้างสมการเพื่อง่ายต่อการหาพารามิเตอร์จะได้ดังสมการที่ 3.5

$$x_1 = x - \left(\frac{(y-y_1)(x-x_0)}{y-y_0}\right) \quad (3.5)$$

เมื่อย้ายข้างสมการเสร็จจึงแทนค่า $y = 9.0000^\circ$, $y_0 = 10.0000^\circ$, $y_1 = 9.7183^\circ$, $x = 2.42dB$, $x_0 = 4.43dB$ และจะได้พารามิเตอร์ $x_1 = 3.86dB$ ซึ่งพารามิเตอร์นี้คือผลกระทบเนื่องจากการปรับเปลี่ยนมุมเชิงกลจาก 2 องศา ไปเป็น 3 องศา และมุมเชิงไฟฟ้าจาก 4 องศา ไปเป็น 6 องศาโดยพารามิเตอร์ x_1 นี้ก็คือพารามิเตอร์ G_t จึงได้ผลสรุปว่าอัตราขยายของสายอากาศฝั่งส่ง (G_t) แปรผันตามการเปลี่ยนแปลงมุมเชิงกลและมุมเชิงไฟฟ้างดสมการที่ 3.6 ดังนี้

$$G_t \propto m_{tilt}, e_{tilt} \quad (3.6)$$

แบบจำลองเชิงประจักษ์ที่จะนำมาใช้ในบทความวิจัยนี้คือสมการ Friis transmission equation ดังสมการที่ 3.7

$$P_r(dBm) = P_t(dBm) + G_t(dBm) + G_r(dBm) + L_p(dBm) \quad (3.7)$$

เมื่อ

P_r = Received Power (RSCP)

P_t = Transmitted Power from Base Station

G_t = Transmitted Antenna Gain at Base Station

G_r = Received Antenna Gain at Mobile Station

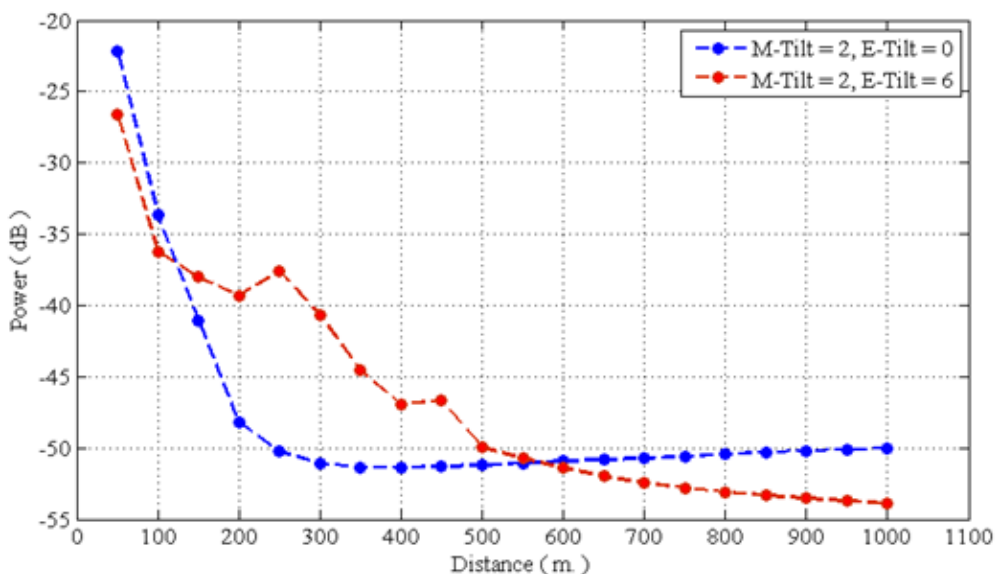
L_p = Path Loss using Okumura-Hata model

$$L_p = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right) \quad (3.8)$$

สังเกตจากสมการที่ 3.7 นั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อมีการปรับเปลี่ยนมุมเชิงกลหรือมุมเชิงไฟฟ้าจะส่งผลกระทบต่ออัตราขยายของสายอากาศฝั่งส่ง (G_t) และอัตราขยายของสายอากาศฝั่งส่ง (G_r) ส่งผลต่อกำลังงานที่รับได้หรือ (P_r or RSCP) แต่การปรับเปลี่ยนนั้นจะไม่ได้ยุ่งเกี่ยวกับระบบของโทรศัพท์มือถือที่ใช้ในการทำโทรศัพท์ หรือแม้กระทั่งกำลังงานที่ส่งออกไป (P_t) และสิ่งที่สำคัญที่สุดคือแบบจำลองของฮาดะ (Lp) แต่ในการวิเคราะห์สัญญาณเราใช้ที่ตำแหน่งเดียวไม่ได้มีการเคลื่อนย้ายทั้งก่อนและหลังปรับจึงทำให้แบบจำลองของฮาดะเปรียบเสมือนค่าคงที่ค่าหนึ่ง ถ้าจากความสัมพันธ์เหล่านี้จึงสรุปได้ว่า RSCP แปรผันตามการอัตราขยายของสายอากาศฝั่งส่ง (G_t) ดังสมการที่ 3.9 และ เมื่อตัดพารามิเตอร์ค่าคงที่ออกไปจึงสรุปสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้ดังสมการที่ 3.10

$$RSCP \propto G_t \tag{3.9}$$

$$\Delta P_r = \Delta P_t + \Delta G_t \tag{3.10}$$



รูปที่ 3.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับพลังงานที่ได้รับในระดับที่มุมเชิงไฟฟ้าต่างกัน

ในส่วนนี้ได้ทดลองสมมติฐานถึงการปรับเปลี่ยนมุมเชิงกลและมุมเชิงไฟฟ้าว่าส่งผลกระทบต่อพลังงานที่รับได้มากน้อยเพียงใด สังเกตจากรูปที่ 3.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง

ระยะทางกับพลังงานที่ได้รับในระดับที่มมเชิงไฟฟ้าต่างกัน จะเห็นได้ว่ากราฟเส้นสีน้ำเงินคือไม่มีการปรับเปลี่ยนมมเชิงกลและมมเชิงไฟฟ้าซึ่งมีค่าเท่ากับ 2 องศา กับ 4 องศาตามลำดับ ที่ระยะใกล้สถานีฐานพลังงานที่ได้รับได้มีค่าที่สูงและลดลงมาเรื่อยๆตามระยะทางที่ไกลมากขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อมีการปรับเปลี่ยนมมเชิงกลและมมเชิงไฟฟ้ามาเป็น 2 องศา กับ 6 องศาตามลำดับ สังเกตตามกราฟเส้นสีแดงที่ระยะใกล้สถานีฐานพลังงานที่ได้รับได้มีค่าที่สูงและค่อยๆลดลงมา ในช่วงระยะ 200 ถึง 300 เมตร พลังงานที่รับได้นั้นจะเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการปรับเปลี่ยนมมเชิงไฟฟ้าที่มีรูปแบบดังรูปภาพที่ 3.7 และหลังจากระยะ 300 เมตรเป็นต้นไปพลังงานที่รับได้จะลดลงเรื่อยๆระยะทาง ซึ่งมีความสอดคล้องกับแบบจำลองของฮาดะ (L_p)

3.6 ผังงานสรุปการทำงานของอัลกอริทึม

ในผังงานได้นำเสนอเกี่ยวกับกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุนี้เริ่มแรกด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้เช่นคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โทรศัพท์มือถือ และซอฟต์แวร์สำหรับการไคร์ฟเทสในที่นี้คือ โปรแกรม TEMS Investigation หลังจากที่ได้ไคร์ฟเทสเสร็จสิ้นจะทำการนำข้อมูลที่ไคร์ฟเทสมาวิเคราะห์หาสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ที่ใช้งานอยู่โดยพิจารณาพารามิเตอร์ที่สำคัญๆเป็นหลักอาทิเช่น Energy per Chip Over the Noise (Ec/No) และ Received Signal Code Power (RSCP) เมื่อพิจารณาพารามิเตอร์ต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่แล้วจะทำการปรับเปลี่ยนมมเชิงกลหรือมมเชิงไฟฟ้าโดยเริ่มที่มม 0 องศาไปจนถึง 10 องศา ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อ Transmitted Antenna Gain at Base Station (G_T) แต่การปรับเปลี่ยนมมเชิงกลและมมเชิงไฟฟ้าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงต่อ Received Antenna Gain at Mobile Station (G_R) ตามสมการที่ 3.6 และสมการที่ 3.9

สำหรับสมการที่ 3.11 จะเป็นการหาค่าสัญญาณรบกวนเนื่องจากผลที่ได้จากการไคร์ฟเทสนั้นไม่สามารถวัดได้ แต่เรามีข้อมูลที่จำได้ที่สามารถคำนวณหาได้หลังจากที่หาค่าสัญญาณรบกวนได้แล้วเมื่อมีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อ RSCP จะทำให้ค่าของ ARSCP (Active set Received Signal Code Power) และ MRSCP (Monitor set Received Signal Code Power) มีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังนั้นจึงใช้ค่า ARSCP, MRSCP และค่าสัญญาณรบกวนที่ได้จากการคำนวณครั้งแรกกลับเข้ามาแทนในสมการที่ 3.11 เพื่อทำการหาค่าความแรงของคุณภาพสัญญาณที่รับได้ใหม่แล้วจึงนำไปแทนในสมการที่ 3.12 เพื่อหาค่าอัตราส่วนของพลังงานที่รับได้ส่วนด้วยพลังงานทั้งหมดใหม่

$$RSSI = \sum_{i=1}^3 ARSCP_i - \sum_{i=1}^3 MRSCP_i + Noise \quad (3.11)$$

เมื่อ

$ARSCP$ = Active set Received Signal Code Power

$MRSCP$ = Monitor set Received Signal Code Power

$Noise$ = Noise Power over Whole Bandwidth

$$Ec / No(dB) = RSCP(dBm) - RSSI(dBm) \quad (3.12)$$

หลังจากที่ทำการปรับเปลี่ยนแล้วจึงนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับก่อนทำโดรฟเทสเพื่อหาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุที่ดีที่สุด ในส่วนของการหาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุที่ดีที่สุดนั้นเราได้พิจารณาถึงพารามิเตอร์หลักๆคือ ความครอบคลุมของพื้นที่ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งประกอบไปด้วยอีก สอง พารามิเตอร์คือ อัตราส่วนของพลังงานที่รับได้ส่วนด้วยพลังงานทั้งหมด กับ ความแรงของคุณภาพสัญญาณที่รับได้ โดยดูได้จากสมการที่ 3.13 และสมการที่ 3.14

$$C(\%) = \left(\frac{100}{N} \right) \sum_{i=1}^N p_i \quad (3.13)$$

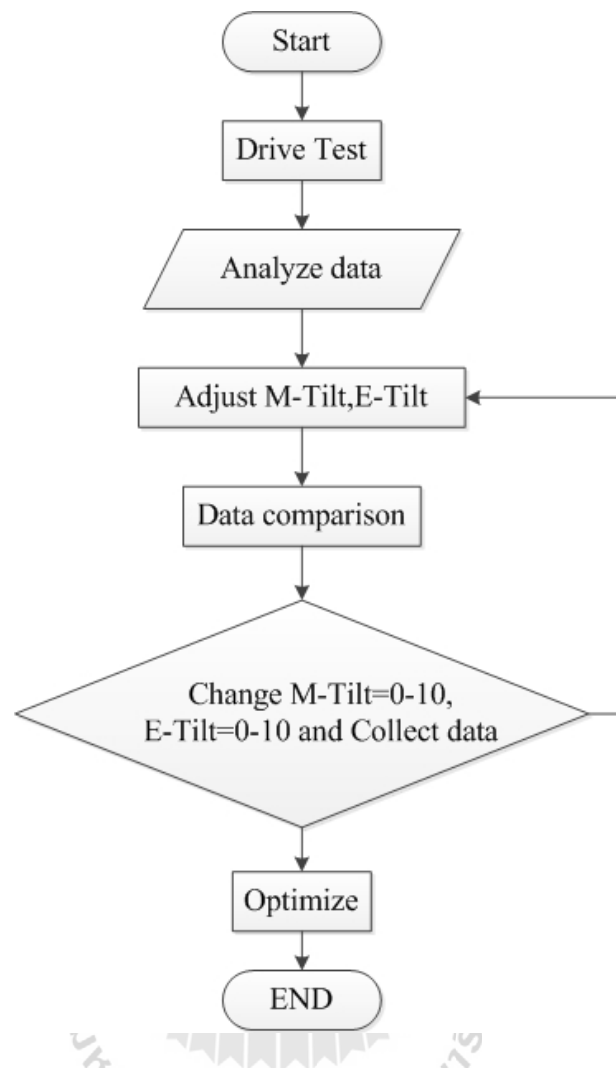
เมื่อ

$$p_i = \begin{cases} 1 & \text{if } RSCP_i > -85dBm \text{ and } Ec / No_i > -14dB \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (3.14)$$

หลังจากการปรับเปลี่ยนมุมเชิงกลและมุมเชิงไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปนั้นเราจะนำค่าทั้งหมดที่ทำการหาวิเคราะห์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุที่ดีที่สุดได้จากสมการที่ 3.15

$$C_{opt} = \max_{0 \leq M - tilt \leq 10, 0 \leq E - tilt \leq 10} C \quad (3.15)$$

พารามิเตอร์ C_{opt} คือค่าความครอบคลุมของพื้นที่ที่สูงที่สุดตามค่า C ที่อยู่ในสมการที่ 3.13 นั้นเองโดยกระบวนการทั้งหมดจะย่ออยู่ในรูปภาพที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ฟังก์ชันขั้นตอนการหาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุ

3.7 สรุปท้ายบท

ในบทนี้เราได้แสดงให้เห็นถึงการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่ได้จากการไต่รฟเทศถึงพารามิเตอร์ต่างๆที่สำคัญต่อการวิเคราะห์ข้อมูลดังรูปที่ 3.2 - 3.5 อีกทั้งยังมีการพิจารณาถึงแบบจำลองสายอากาศที่นำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการไต่รฟเทศ เพื่ออ้างอิงถึงการประเมินค่าที่เหมาะสมทางวิทยุ อีกทั้งยังใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในรูปแบบของความรู้เชิงประจักษ์เพื่อใช้คำนวณหาพารามิเตอร์ต่างๆที่เปลี่ยนไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงมุมเชิงกลหรือมุมเชิงไฟฟ้าหรือแม้กระทั่งระดับพลังงาน พารามิเตอร์ที่สำคัญเหล่านี้ช่วยให้สามารถทดสอบและปรับค่าต่างๆ ได้ในแบบจำลอง เมื่อปรับแล้วก็จะเห็นผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นทั้งหมดได้ทันที โดยที่ไม่ต้องออกไปไต่รฟเทศ

บทที่ 4

การหาค่าเหมาะสมทางวิทยุและวิเคราะห์ผล

4.1 กล่าวนำ

เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการนำเสนอการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาระบบให้ดียิ่งขึ้น และทำการวิเคราะห์สรุปผลที่ได้จากการทดลองในตอนสุดท้าย

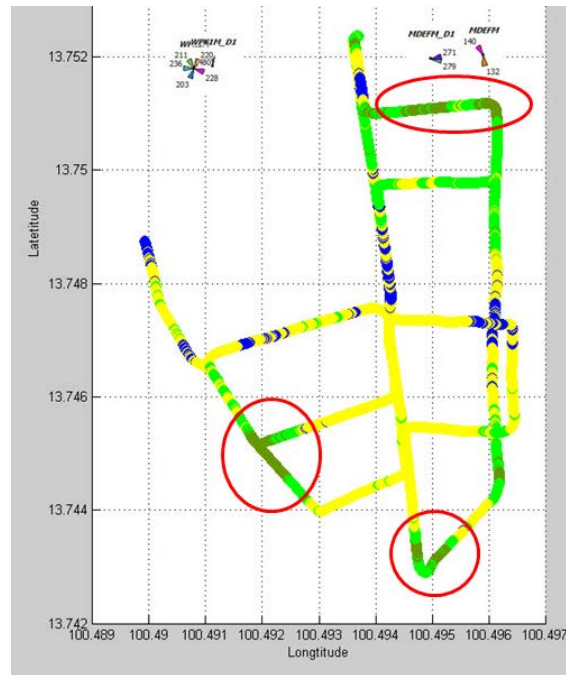
4.2 ข้อตกลงในการจำลองผล

ในการจำลองจะใช้โปรแกรมแมทแลบในการจำลอง ใช้โปรแกรม Actix Analyzer ในการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้ข้อมูลที่ได้จากการไต่ฟเทศเพียง 1 – 2 ตัวอย่าง และแบบจำลองสายอากาศที่นำมาวิเคราะห์มีจำนวน 2 ต้น

4.3 ผลการจำลองแบบ



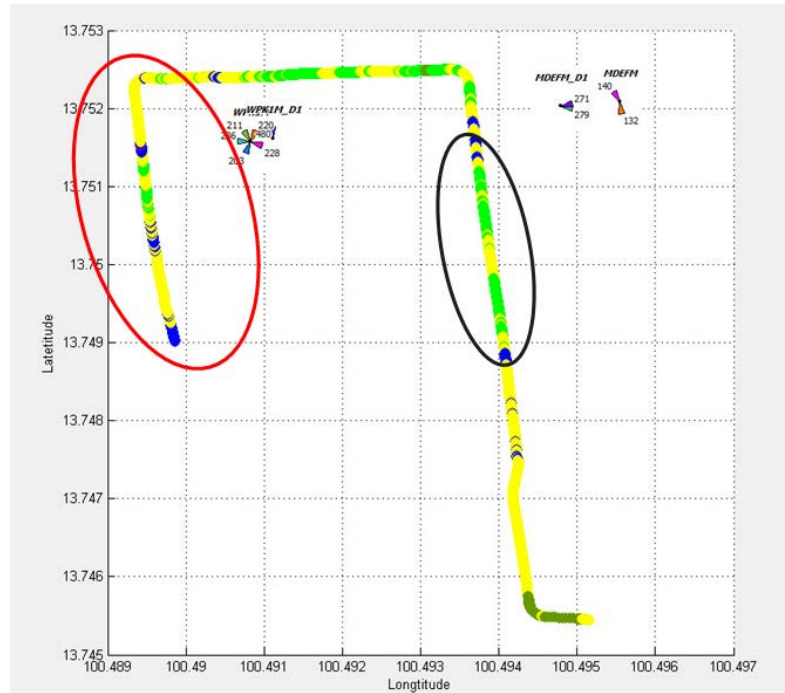
รูปที่ 4.1 ผลที่ได้จากโปรแกรม Actix Analyzer



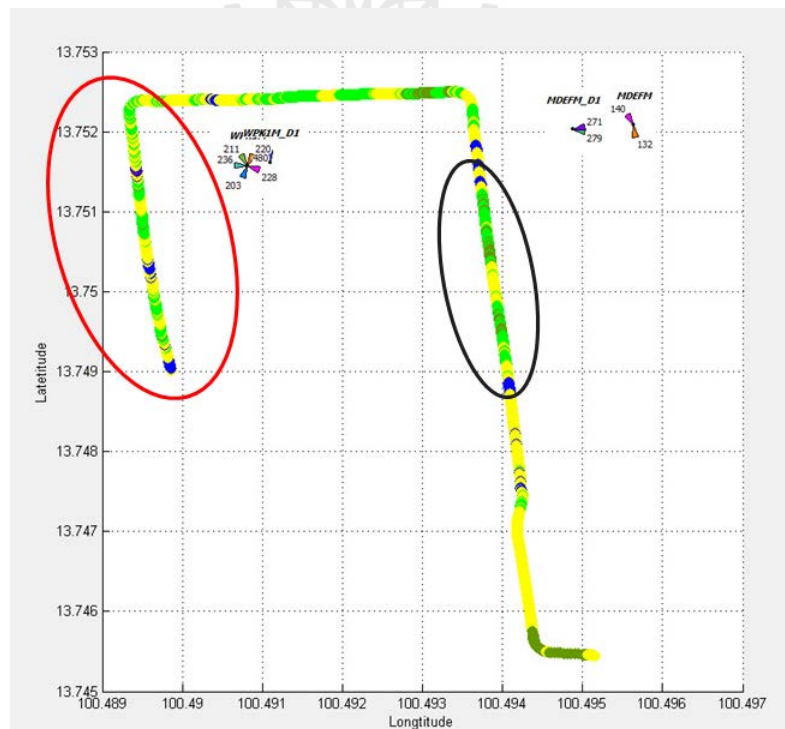
รูปที่ 4.2 ผลที่ได้จากการจำลองอัลกอริทึม

ในการทดลองนี้เป็นการจำลองแบบเมื่อเทียบกับผลที่ได้จากการไคร์ฟเทส สังเกตจากรูปที่ 4.1 ผลที่ได้จาก โปรแกรม Actix Analyzer กับ รูปที่ 4.2 ผลที่ได้จากการจำลองอัลกอริทึม ในพื้นที่ วงกลมสีแดงเป็นการบ่งบอกถึงสีที่ใช้ในการแสดงผลเพื่อให้ได้ผลที่มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด และยังง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อเทียบกับโปรแกรมอื่นๆ

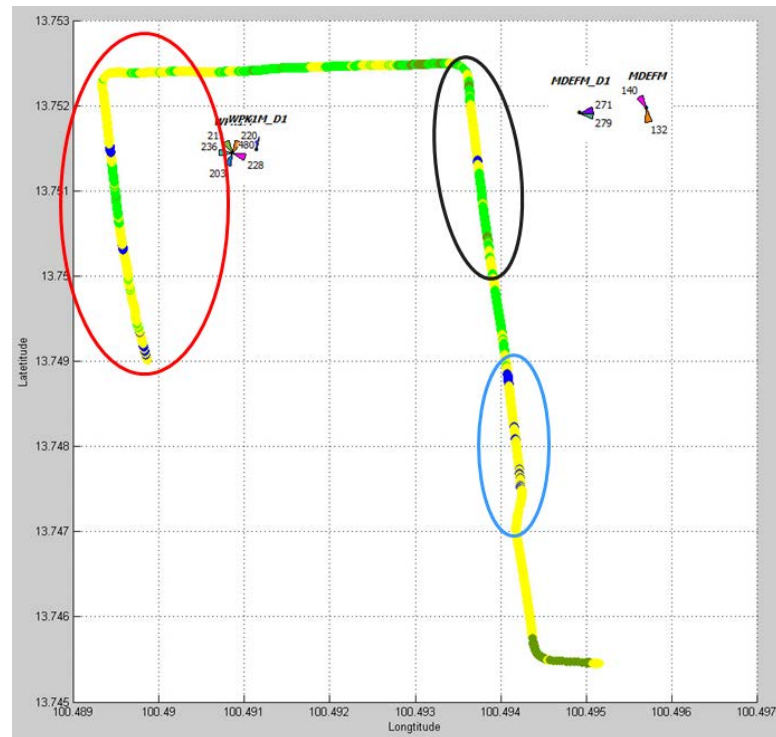
หลังจากที่ได้ทดลองผลจำลองแบบแล้วจึงได้ทำการทดลองปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ บางอย่างเพื่อดูถึงคุณภาพสัญญาณว่าเปลี่ยนไปอย่างไร ในรูปที่ 4.3 ผลการจำลองค่าเมื่อไม่ได้ปรับ กำลังส่ง คือผลที่ยังไม่มีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์กำลังงานที่ส่งออกไป (P_t) และเมื่อทำการปรับ กำลังงานที่ส่งออกไปเพิ่มจากเดิมขึ้นมา 3dB สังเกตได้จากรูปที่ 4.4 ผลการจำลองค่าเมื่อปรับกำลัง ส่งเพิ่มขึ้น 3dB ซึ่งในพื้นที่วงกลมสีแดงบางส่วนจะมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเหลืองกลายมาเป็นสีเขียวและจากสีน้ำเงินกลายมาเป็นสีเหลือง เป็นผลมาจากพลังงานที่ส่งออกไปมีความแรงมากขึ้น ทำให้พื้นที่บริเวณดังกล่าวได้รับสัญญาณที่ดียิ่งขึ้นตามไปด้วย แต่ในวงกลมสีแดงอาจจะมีการเปลี่ยนแปลง บ้างเหมือนกันอาจเป็นผลมาจากการสะท้อนของสัญญาณที่ตกกระทบมาจากตึก กระจก ปรากฏการณ์ การกระเจิง (Scattering) การรวมกันของสัญญาณ หลายวิถี (Multipath) หรือ ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ (Doppler Effect)



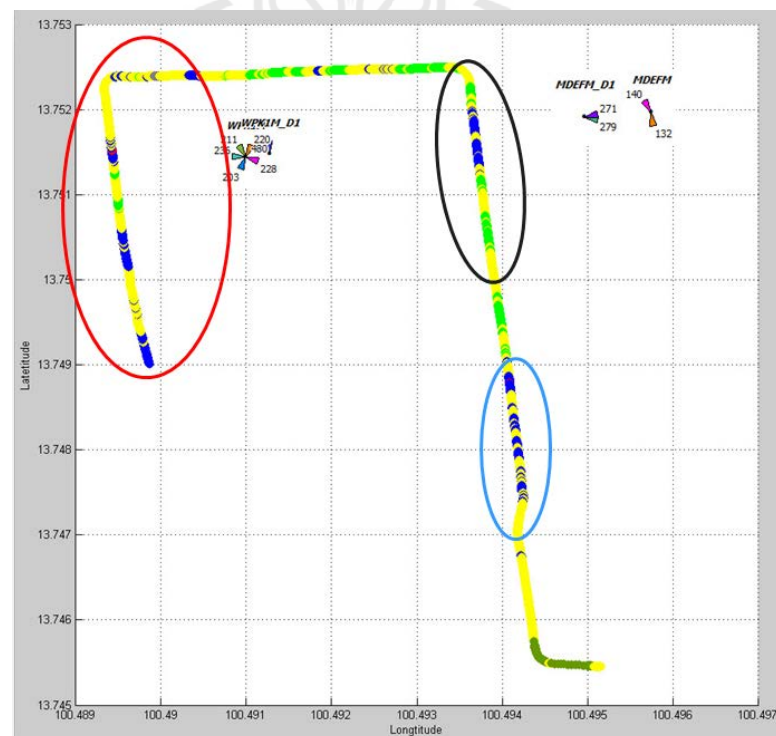
รูปที่ 4.3 ผลการจำลองค่าเมื่อไม่ได้ปรับกำลังส่ง



รูปที่ 4.4 ผลการจำลองค่าเมื่อปรับกำลังส่งเพิ่มขึ้น 3dB



รูปที่ 4.5 ผลการจำลองค่าเมื่อปรับมุมเชิงไฟฟ้า 1 องศา



รูปที่ 4.6 ผลการจำลองค่าเมื่อปรับมุมเชิงไฟฟ้า 6 องศา

ในการทดลองนี้ยังมีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์มมเชิงไฟฟ้าเพื่อจะดูผลกระทบที่ส่งผลต่อพื้นที่มากน้อยหรือไม่ สังเกตได้จากรูปที่ 4.5 ผลการจำลองค่าเมื่อปรับมมเชิงไฟฟ้า 1 องศา และรูปที่ 4.6 ผลการจำลองค่าเมื่อปรับมมเชิงไฟฟ้า 6 องศา ในพื้นที่วงกลมสีแดง สีดำ และสีฟ้า จะมีการเปลี่ยนแปลงแย่ง แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นเพื่อเป็นการพิสูจน์ถึงเมื่อปรับเปลี่ยนมมเชิงไฟฟ้าแล้วมีการส่งผลกระทบต่อพื้นที่นั้นอย่างไรนั่นเอง

4.4 การหาค่าเหมาะสมทางวิทยุ

ในการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุนั้นก่อนอื่นต้องวิเคราะห์ถึงข้อมูลที่สนใจในการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุซึ่งจะเรียงลำดับความสำคัญหลักๆ ได้ดังนี้

- 1) อัตราส่วนของพลังงานที่รับได้ส่วนด้วยพลังงานทั้งหมด (Energy per Chip Over the Noise : E_c/N_0) ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของสัญญาณในพื้นที่นั้นๆว่ามีคุณภาพดีหรือแย่โดยแบ่งออกได้เป็น 5 ระดับดังนี้
 - สีแดงคือคุณภาพของสัญญาณที่มีปัญหาไม่สามารถใช้งานได้โดยกำหนดค่าของ E_c/N_0 น้อยกว่า -18 dB
 - สีน้ำเงินคือคุณภาพของสัญญาณที่สามารถใช้งานได้สลับกับมีปัญหาอยู่เป็นช่วงๆหรือนานกว่านั้น โดยกำหนดค่าของ E_c/N_0 มากกว่าหรือเท่ากับ -18 dB และน้อยกว่า -14 dB
 - สีเหลืองคือคุณภาพของสัญญาณที่สามารถใช้งานได้แต่ยังคงมีปัญหาอยู่บ้างโดยกำหนดค่าของ E_c/N_0 มากกว่าหรือเท่ากับ -14 dB และน้อยกว่า -10 dB
 - สีเขียวคือคุณภาพของสัญญาณที่สามารถใช้งานได้โดยกำหนดค่าของ E_c/N_0 มากกว่าหรือเท่ากับ -10 dB และน้อยกว่า -6 dB
 - สีเขียวเข้มคือคุณภาพของสัญญาณที่สามารถใช้งานได้ดีมากและให้ประสิทธิภาพดีที่สุดได้โดยกำหนดค่าของ E_c/N_0 มากกว่า -6 dB
- 2) ความแรงของคุณภาพสัญญาณที่รับได้ (Received Signal Code Power : RSCP) ซึ่งบ่งบอกว่า ณ ตำแหน่งนั้นๆสามารถรับพลังงานที่ได้มากเพียงพอต่อการเชื่อมต่อกับเครือข่ายโดยแบ่งออกได้เป็น 7 ระดับดังนี้
 - สีแดงคือระดับพลังงานที่รับได้มีปัญหามากไม่สามารถใช้งานได้โดยกำหนดค่าของ RSCP น้อยกว่า -105 dB

- สีม่วงคือระดับพลังงานที่รับได้มีปัญหาหากไม่สามารถใช้งานหรืออาจยังใช้งานได้อยู่บ้างโดยกำหนดค่าของ RSCP มากกว่าหรือเท่ากับ -105 dB และน้อยกว่า -92 dB
 - สีน้ำเงินคือระดับพลังงานที่รับได้มีปัญหาหรืออาจยังใช้งานได้อยู่บ้างโดยกำหนดค่าของ RSCP มากกว่าหรือเท่ากับ -92 dB และน้อยกว่า -88 dB
 - สีฟ้าคือระดับพลังงานที่รับได้มีปัญหาลดกับใช้งานได้โดยกำหนดค่าของ RSCP มากกว่าหรือเท่ากับ -88 dB และน้อยกว่า -84 dB
 - สีเหลืองคือระดับพลังงานที่รับได้สามารถใช้งานได้แต่อาจมีปัญหาบ้างเล็กน้อยโดยกำหนดค่าของ RSCP มากกว่าหรือเท่ากับ -84 dB และน้อยกว่า -80 dB
 - สีเขียวคือระดับพลังงานที่รับได้สามารถใช้งานดีได้โดยกำหนดค่าของ RSCP มากกว่าหรือเท่ากับ -80 dB และน้อยกว่า -76 dB
 - สีเขียวเข้มคือระดับพลังงานที่รับได้สามารถใช้งานดีมากและให้ประสิทธิภาพดีที่สุดได้โดยกำหนดค่าของ RSCP มากกว่า -76 dB
- 3) ความครอบคลุมของพื้นที่ (Coverage) โดยจะวิเคราะห์ 2 พารามิเตอร์ไปควบคู่กันคืออัตราส่วนของพลังงานที่รับได้ส่วนด้วยพลังงานทั้งหมด กับความแรงของคุณภาพสัญญาณที่รับได้โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับดังนี้
- สีแดงคืออัตราส่วนของพลังงานที่รับได้ส่วนด้วยพลังงานทั้งหมดน้อยกว่าหรือเท่ากับ -14 dB และความแรงของคุณภาพสัญญาณที่รับได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ -85 dB
 - สีน้ำเงินคืออัตราส่วนของพลังงานที่รับได้ส่วนด้วยพลังงานทั้งหมดน้อยกว่าหรือเท่ากับ -14 dB และความแรงของคุณภาพสัญญาณที่รับได้มากกว่า -85 dB
 - สีเหลืองคืออัตราส่วนของพลังงานที่รับได้ส่วนด้วยพลังงานทั้งหมดมากกว่า -14 dB และความแรงของคุณภาพสัญญาณที่รับได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ -85 dB
 - สีเขียวคืออัตราส่วนของพลังงานที่รับได้ส่วนด้วยพลังงานทั้งหมดมากกว่า -14 dB และความแรงของคุณภาพสัญญาณที่รับได้มากกว่า -85 dB

หลังจากที่เรียงลำดับความสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว เราจึงจำแนกประเภทของการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุได้เป็น 2 กรณีดังนี้

4.4.1 การหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบ Single Sector

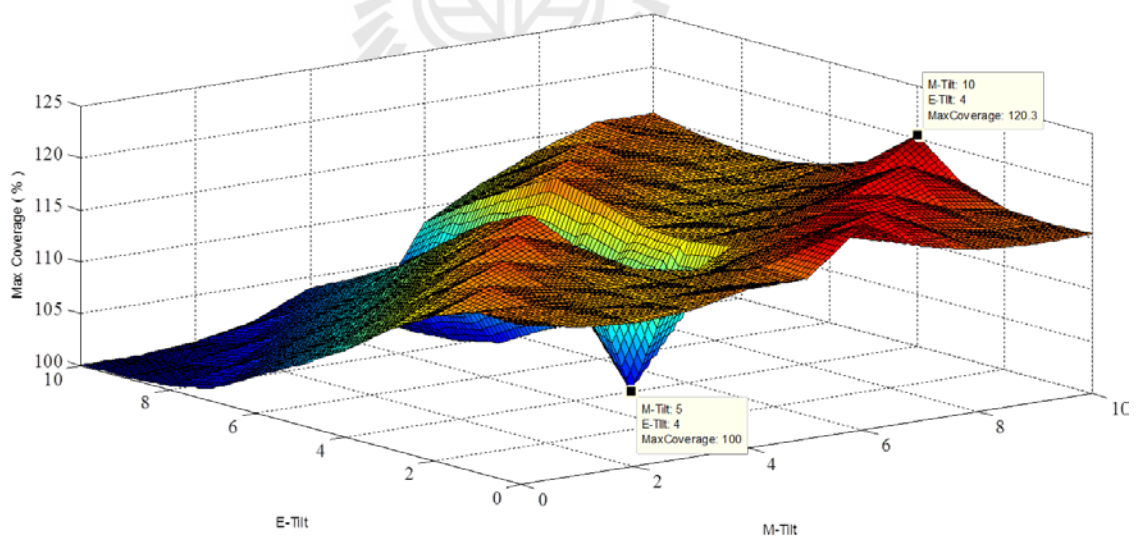
ในการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบเซกเตอร์เดียวนั้นจะทำการพิจารณาสายอากาศเพียงหนึ่งต้นเท่านั้นหรือหนึ่งเซกเตอร์ในที่นี้ใช้เซกเตอร์ที่ 346 เนื่องจากมีจำนวนตำแหน่งสัญญาณมากที่สุดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลก่อนทำการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบเซกเตอร์เดียว

SC	M-Tilt	E-Tilt	Coverage
346	5	4	19976

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลหลังทำการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบเซกเตอร์เดียว (Case A)

SC	M-Tilt	E-Tilt	Coverage
346	10	4	24266



รูปที่ 4.7 แบบจำลองการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบหนึ่งเซกเตอร์

จากรูปที่ 4.7 แบบจำลองการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบหนึ่งเซกเตอร์ สังเกตได้ว่าเราได้ทำการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุทุกค่าที่มีความเป็นไปได้ แล้วเลือกค่าที่มีมากที่สุดถ้าเทียบว่าก่อนปรับให้ประสิทธิภาพที่ 100% แต่หลังจากการปรับแล้วส่งผลมากถึง 120.3% เลยทีเดียว

4.4.2 การหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบ Multi Sectors

ในการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบหลายเซกเตอร์นั้นจะทำการพิจารณาสายอากาศเพียงหลายต้นโดยมีการแบ่งวิธีการวิเคราะห์ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลหลังทำการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบหลายเซกเตอร์ (Case B)

SC	M-Tilt	E-Tilt	Coverage
9	4	4	20554
15	2	5	20554
17	10	4	20738
46	10	0	20835
85	10	3	22229
135	2	6	22229
257	10	4	22716
267	8	0	22722
275	10	4	22789
302	2	4	22789
310	8	0	22927
346	9	4	25686
378	4	8	25686

จากตารางที่ 4.3 เป็นการเรียงตัวเลขจำเพาะของสถานีฐาน (Scamming Area Codes : SC) จากน้อยไปหามาก พบว่าการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุจะใช้เวลาที่นานและไม่คงที่โดยดูได้จากคอลัมน์ Coverage บาง SC ที่เปลี่ยนแปลงไปแต่กลับไม่ส่งผลที่เพิ่มขึ้นหรือเท่าเดิมแต่เมื่อทำการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุใกล้ถึง SC สุดท้ายจะเห็นว่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดแล้วหลังจากนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีกต่อไป

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลหลังทำการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบหลายเซกเตอร์ (Case C)

SC	M-Tilt	E-Tilt	Coverage
378	4	8	20554
346	9	4	24963
310	8	0	25079
302	8	0	25087
275	10	4	25110
267	8	0	25131
257	10	4	25279
135	10	4	25280
85	1	0	25553
46	10	0	25608
17	10	4	25694
15	2	5	25694
9	4	4	25694

จากตารางที่ 4.4 เป็นการเรียงตัวเลขจำเพาะของสถานีฐาน (Scamming Area Codes : SC) จากมากไปหาน้อย พบว่ามีความคล้ายคลึงกับกรณีของ Case B การหาค่าเหมาะสมทางวิทยุจะใช้เวลาที่นานและไม่คงที่โดยดูได้จากคอลัมน์ Coverage บาง SC ที่เปลี่ยนแปลงไปแต่กลับไม่ส่งผลที่เพิ่มขึ้นหรือเท่าเดิมแต่เมื่อทำการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุใกล้ถึง SC สุดท้ายจะเห็นว่าเพิ่มขึ้นมามากที่สุดแล้วหลังจากนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีกต่อไป

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลหลังทำการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบหลายเซกเตอร์ (Case D)

SC	M-Tilt	E-Tilt	Coverage	Percent (%)
15	2	5	20554	0.0072
302	8	0	20562	0.0072
135	10	4	20563	0.0398
267	8	0	20605	0.3108
9	4	4	20605	0.3903
378	4	8	20605	0.5313

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลหลังทำการหาค่าเหมาะสมทางวิถุแบบหลายเชกเตอร์ (Case D) (ต่อ)

SC	M-Tilt	E-Tilt	Coverage	Percent (%)
275	10	4	20780	1.4420
46	10	0	20897	1.5469
257	10	4	21299	2.9636
310	8	0	21501	3.9720
17	10	4	21652	4.7056
85	10	3	22931	27.2796
346	9	4	25694	56.8036

จากตารางที่ 4.5 เป็นการเรียงจำนวนตำแหน่งที่น้อยไปหามาก พบว่าตัวเลขจำเพาะของสถานีฐานที่มีจำนวนตำแหน่งน้อยจะไม่ส่งต่อการเปลี่ยนแปลงเลย โดยเริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ค่า SC = 275 เปลี่ยนแปลงจากเดิม 0.5313% ขยับขึ้นมาเป็น 1.4420% และยังเพิ่มขึ้นต่อเนื่องจนถึง SC = 85 และ SC = 346 ที่เพิ่มขึ้นอย่างมากเลยทีเดียวแต่ยังเสียเวลากับการวิเคราะห์ในส่วนที่ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง

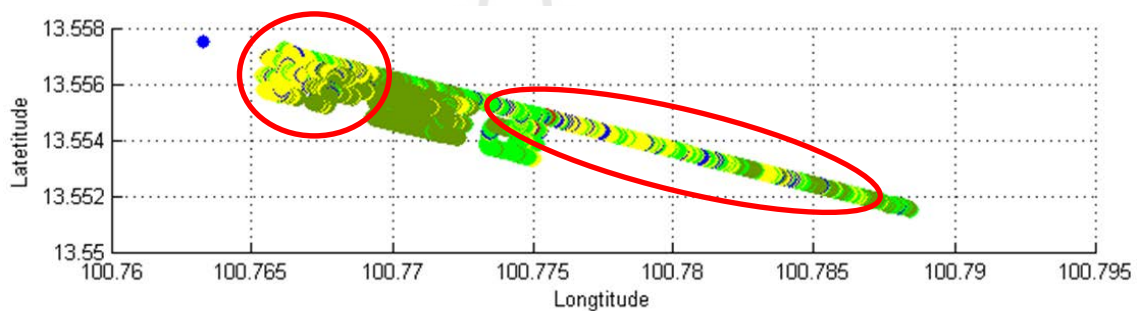
จากตารางที่ 4.6 เป็นการเรียงจำนวนตำแหน่งที่มากไปหาน้อย พบว่าตัวเลขจำเพาะของสถานีฐานที่มีจำนวนตำแหน่งมากจะส่งผลการเปลี่ยนแปลงอย่างมากแล้วค่อยๆลดลงมาจึงสามารถสรุปได้ว่า เราสามารถตัดการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนที่ไม่จำเป็นออกไปเพื่อความรวดเร็วมากยิ่งขึ้นในทีการทดลองจะทำการตัดส่วนที่เปอร์เซ็นต์ต่ำกว่า 1% ออกไปเนื่องจากเมื่อมีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ที่ SC = 275 แล้วหลังจากนั้นไม่ว่าจะปรับอย่างไรก็ไปส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงได้อีก ทั้งยังใช้ในการประหยัดเวลาให้การคำนวณหาค่าเหมาะสมทางวิถุอีกด้วย

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลหลังทำการหาค่าเหมาะสมทางวิถุแบบหลายเชกเตอร์ (Case E)

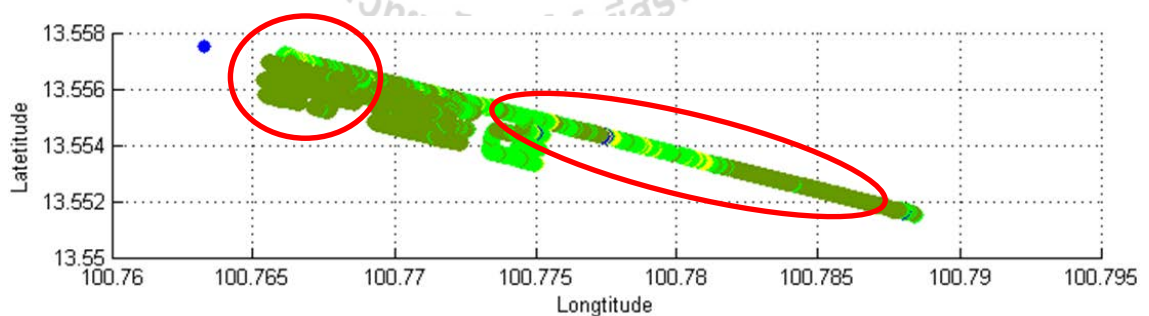
SC	M-Tilt	E-Tilt	Coverage	Percent (%)
346	9	4	24963	56.8036
85	6	0	25267	27.2796
17	10	4	25372	4.7056
310	7	0	25465	3.9720
257	10	4	25644	2.9636

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลหลังทำการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบหลายเซกเตอร์ (Case E) (ต่อ)

SC	M-Tilt	E-Tilt	Coverage	Percent (%)
46	10	0	25686	1.5469
275	10	4	25696	1.4420
378	4	8	25696	0.5313
9	4	4	25696	0.3903
267	4	2	25696	0.3108
135	2	6	25696	0.0398
302	2	4	25696	0.0072
15	2	5	25696	0.0072



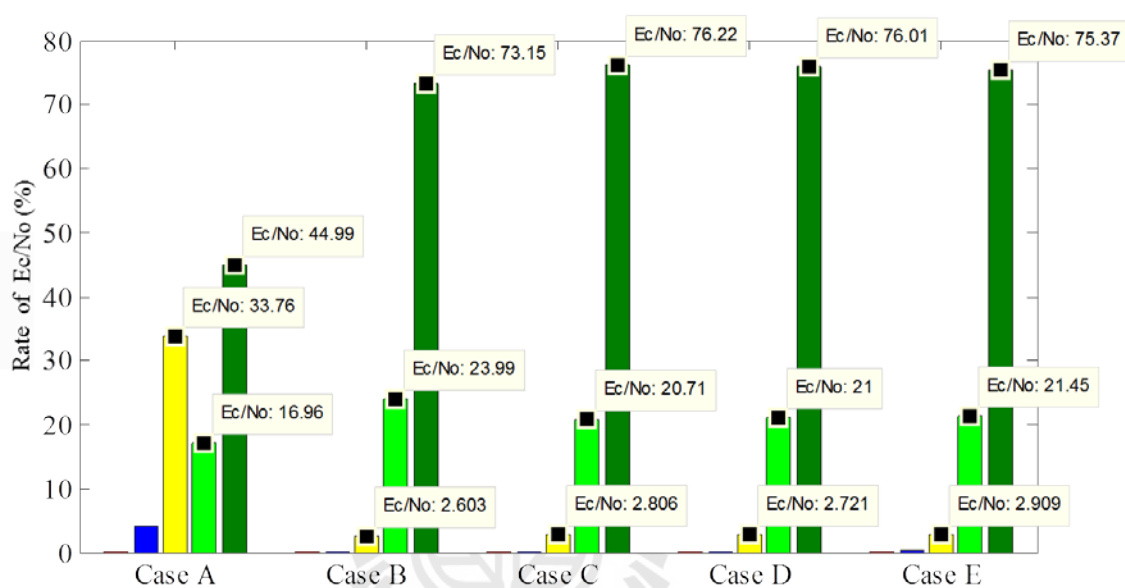
รูปที่ 4.8 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึม (Case A)



รูปที่ 4.9 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึม (Case E)

จากรูปที่ 4.8 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึม (Case A) คือการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบเซกเตอร์เดียว และรูปที่ 4.9 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึม (Case E) คือการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบหลายเซกเตอร์ เมื่อทำการเปรียบเทียบกันระหว่างสองรูปนี้สังเกตได้จากภายในวงกลม

สีแดงนั้นพื้นที่ในรูปที่ 4.8 จะมีสีเหลืองเป็นส่วนใหญ่และมีสีน้ำเงิน สีเขียวกับสีเขียวเข้มบ้างเล็กน้อย แต่ในรูปที่ 4.9 พื้นที่ที่เป็นสีเหลืองจะหายไปแล้วมาแทนที่ด้วยสีเขียวเข้มแทนเป็นผลมาจากการปรับเปลี่ยนแบบหลายเซกเตอร์จะช่วยให้ปรับปรุงคุณภาพสัญญาณพื้นที่โดยรวมให้ดียิ่งขึ้น ต่างกับแบบเซกเตอร์เดี่ยวที่ไม่สามารถปรับปรุงคุณภาพสัญญาณพื้นที่โดยรวมได้ทั้งหมดเพราะขีดจำกัดในเรื่องของความกว้างของลำคลื่น จำนวนผู้ให้บริการ หรือปัญหาในพื้นที่เหล่านั้นเอง

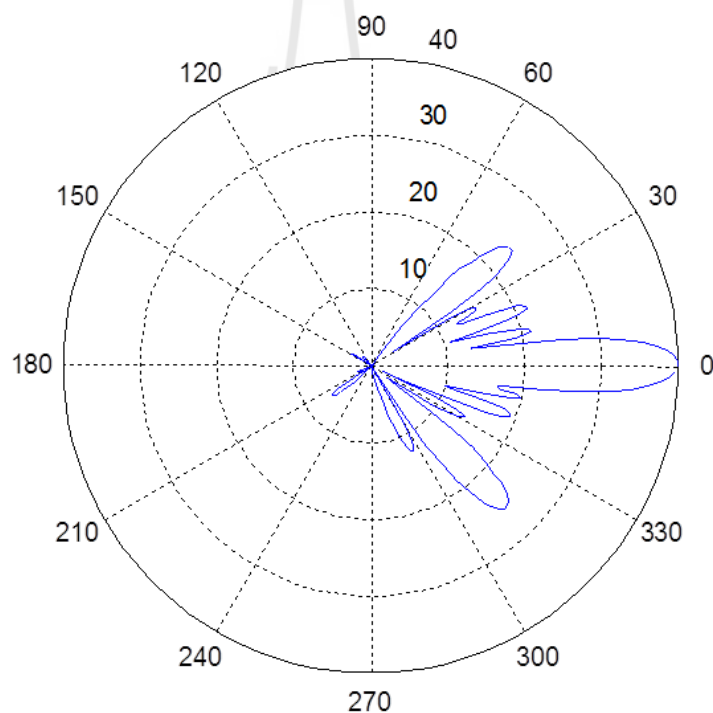


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับพลังงานกับรูปแบบที่ศึกษา

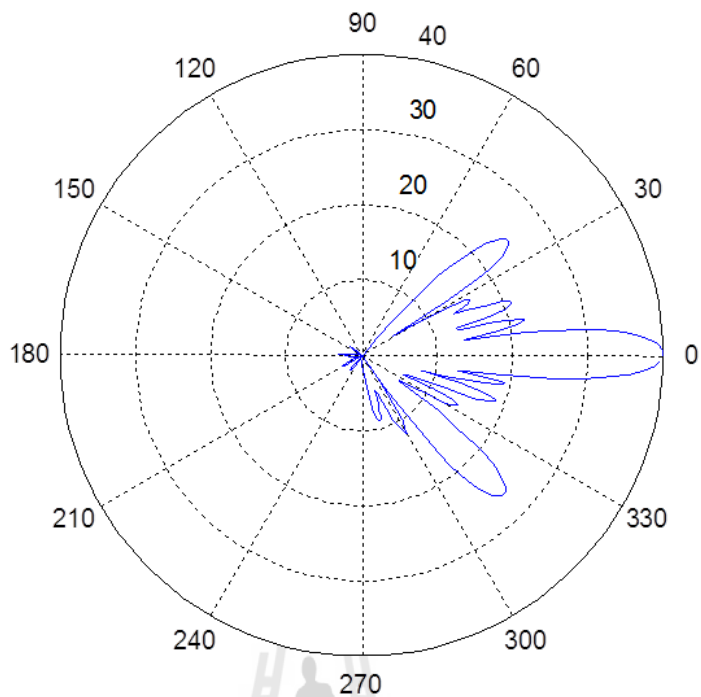
จากรูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับพลังงานกับรูปแบบที่ศึกษา เมื่อเทียบผลทั้งหมดในแต่ละกรณีการศึกษาการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบหลายเซกเตอร์จะให้คุณภาพสัญญาณที่ดีกว่าแบบเซกเตอร์เดี่ยวแต่ทั้งนี้ทั้งนั้น ในกรณีของ Case B กับ Case C และ Case D ใช้หลายขั้นตอนเพื่อกรองข้อมูลในการเรียงลำดับจึงใช้เวลานานพอสมควรถ้าต้องการจะหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแต่ใน Case E นั้นง่ายกว่ามากเพราะได้พิสูจน์แล้วว่าจำนวนตำแหน่งที่น้อยไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงจึงสามารถตัดส่วนที่ไม่จำเป็นออกและยังเลือกตัวเลขจำเพาะของสถานีฐานมาเพียงสองถึงสามตัวเลขเพื่อนำมาใช้ในการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุก็เพียงพอแล้ว

4.5 การหาค่าเหมาะสมทางวิทยุแบบเมื่อทำการเปลี่ยนความถี่และสายอากาศ

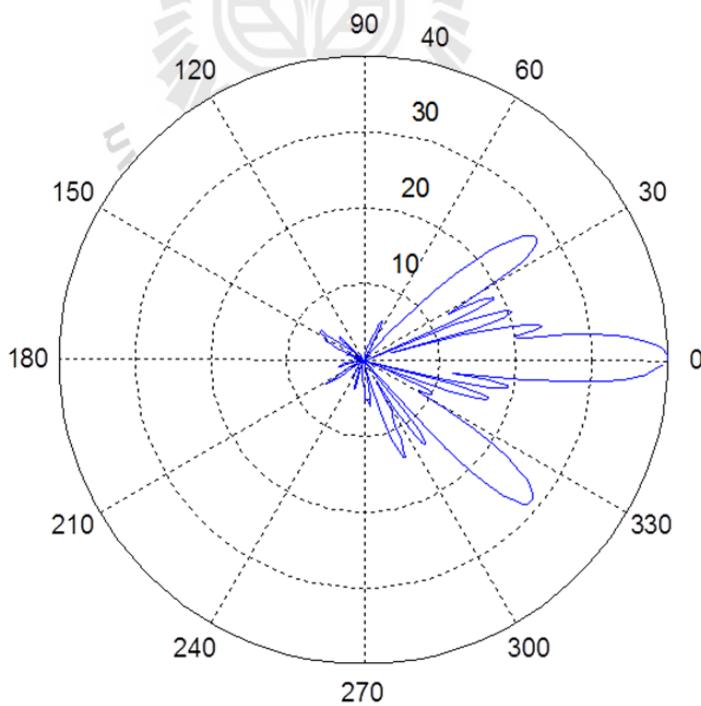
ในรูปที่ 4.11 – 4.14 จะเป็นแบบจำลองรูปแบบการก่อลำคลื่นของสายอากาศในรูปแบบที่ความถี่ต่างกันออกไปเนื่องจากความถี่ในประเทศไทยที่ใช้มีหลายย่านความถี่ในบทความนี้จึงพยายามหาความถี่ต่างๆเพื่อนำมาช่วยวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อยืนยันความเป็นไปได้ของบทความเล่มนี้ เมื่อสังเกตดูที่ความถี่ 1732 MHz และ 1805 MHz ตรงช่วงมุม 30 องศา จะมี Side lobe มาให้เห็นเล็กน้อยเมื่อพิจารณาจากแบบจำลองทำให้เห็นว่าในขณะที่อยู่ใกล้บริเวณสถานีฐานทำไหมยังไม่สามารถใช้งานบริการหรือรับสัญญาณได้เต็มที่ แต่ในช่วงความถี่ 1950 MHz และ 2140 MHz จะไม่มี Side lobe แล้วหัน null ไปแทนเพื่อทดแทนในส่วนที่หายไปจึงส่งผลให้บริเวณใกล้สถานีฐานได้รับสัญญาณที่เต็มทีมากยิ่งขึ้น



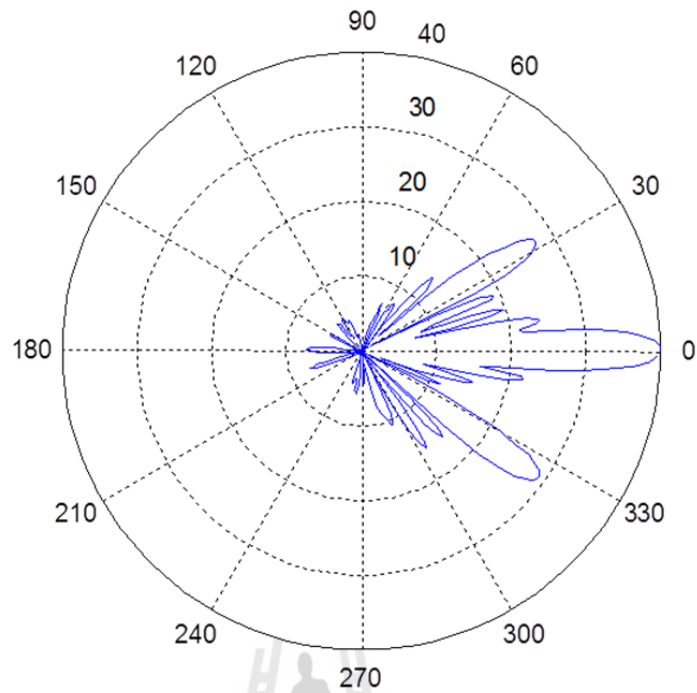
รูปที่ 4.11 แบบจำลองรูปแบบการก่อลำคลื่นของสายอากาศที่ $f = 1732\text{MHz}$



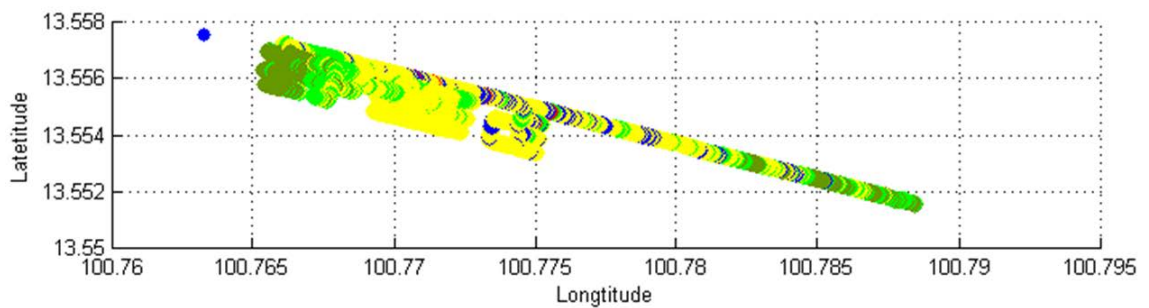
รูปที่ 4.12 แบบจำลองรูปแบบการก่อลำคลื่นของสายอากาศที่ $f = 1805\text{MHz}$



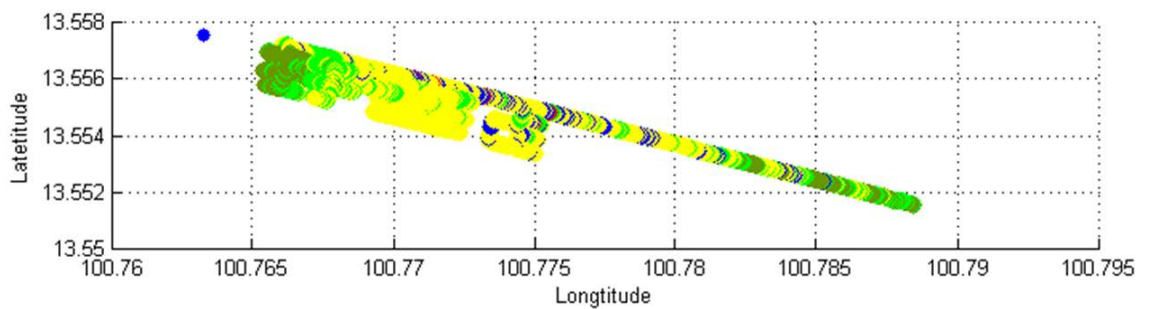
รูปที่ 4.13 แบบจำลองรูปแบบการก่อลำคลื่นของสายอากาศที่ $f = 1950\text{MHz}$



รูปที่ 4.14 แบบจำลองรูปแบบการก่อลำคลื่นของสายอากาศที่ $f = 2140\text{MHz}$

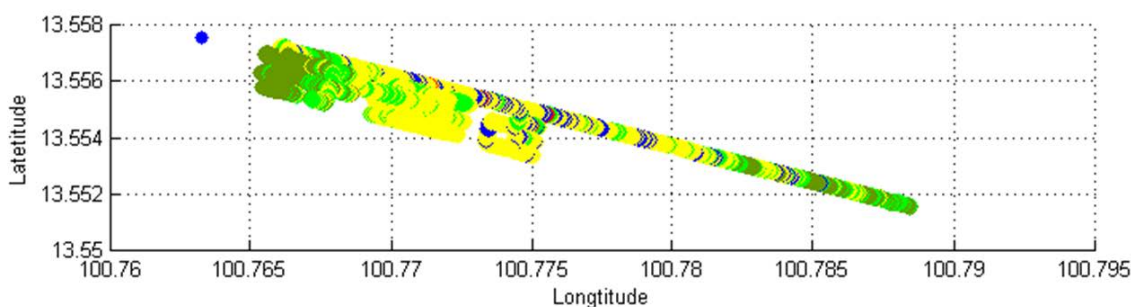


รูปที่ 4.15 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึมหลังปรับพารามิเตอร์(สายอากาศต้นที่1) $f = 1732\text{MHz}$

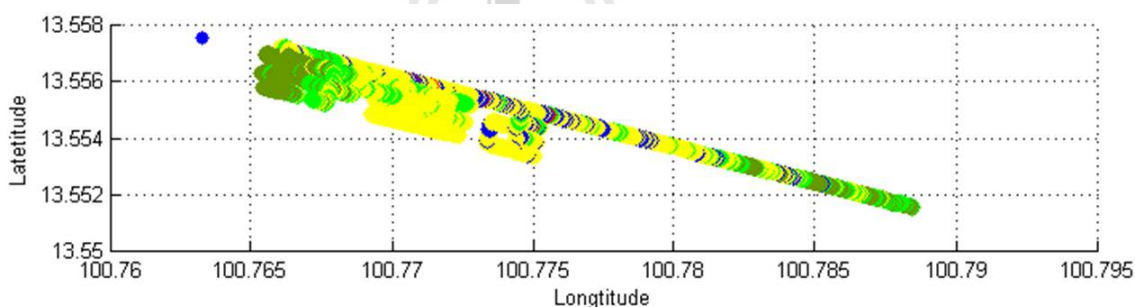


รูปที่ 4.16 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึมหลังปรับพารามิเตอร์(สายอากาศต้นที่2) $f = 1735\text{MHz}$

ในรูปที่ 4.15 – 4.16 จะเป็นการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ระหว่างสายอากาศสองต้นที่ความถี่เดียวกัน(ความถี่สายอากาศต้นที่สองไม่มีข้อมูลแบบจำลองรูปแบบการก่อลำคลื่นของสายอากาศที่ $f = 1732\text{MHz}$ จึงเปลี่ยนมาใช้ $f = 1735\text{MHz}$ แทน) สังเกตได้ว่าบริเวณพื้นที่ใกล้กับสถานีฐานของสายอากาศต้นที่หนึ่งมีคุณภาพสัญญาณที่ดีกว่าเล็กน้อยอาจเป็นมาจากอัตราขยายของสายอากาศต้นที่หนึ่งมากกว่าต้นที่สอง

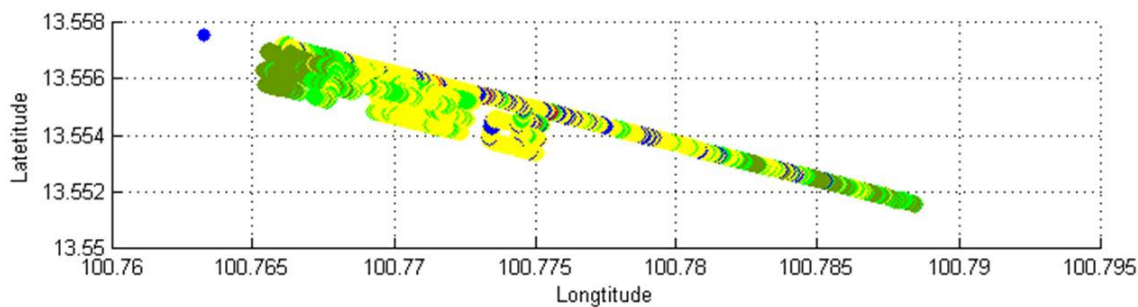


รูปที่ 4.17 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึมหลังปรับพารามิเตอร์(สายอากาศต้นที่1) $f = 1805\text{MHz}$

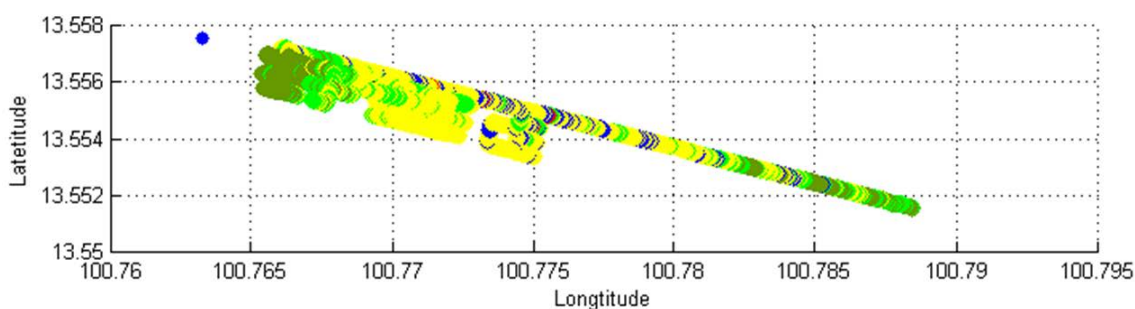


รูปที่ 4.18 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึมหลังปรับพารามิเตอร์(สายอากาศต้นที่2) $f = 1805\text{MHz}$

ในรูปที่ 4.17 – 4.18 จะเป็นการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ระหว่างสายอากาศสองต้นที่ความถี่เดียวกันสังเกตได้ว่าบริเวณพื้นที่ใกล้กับสถานีฐานของทั้งสองรูปนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอาจเป็นเนื่องจากแบบจำลองรูปแบบการก่อลำคลื่นของสายอากาศของสายอากาศต้นที่สองมีค่าใกล้เคียงกับสายอากาศต้นที่หนึ่ง

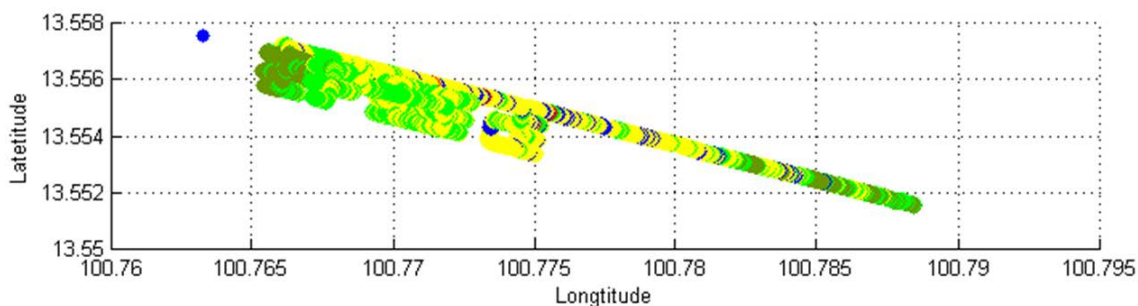


รูปที่ 4.19 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึมหลังปรับพารามิเตอร์(สายอากาศต้นที่1) $f = 1950MHz$

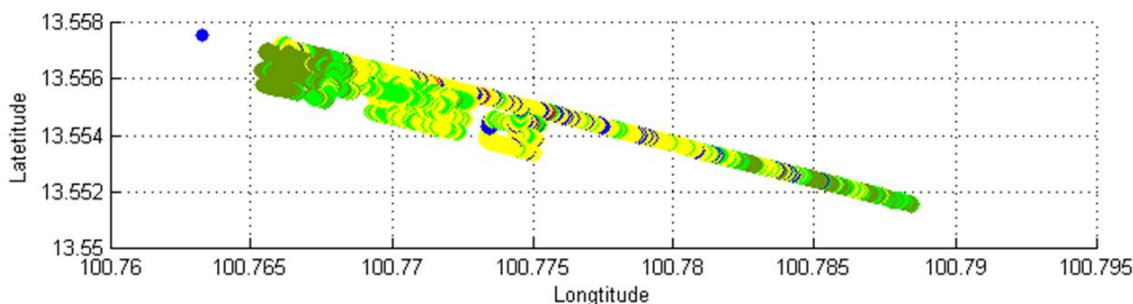


รูปที่ 4.20 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึมหลังปรับพารามิเตอร์(สายอากาศต้นที่2) $f = 1950MHz$

ในรูปที่ 4.19 – 4.20 จะเป็นการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ระหว่างสายอากาศสองต้นที่ความถี่เดียวกันสังเกตได้ว่าบริเวณพื้นที่ใกล้กับสถานีฐานของทั้งสองรูปนี้มีความคล้ายคลึงเหมือนกัน การเปรียบเทียบรูปที่ 4.17 – 4.18

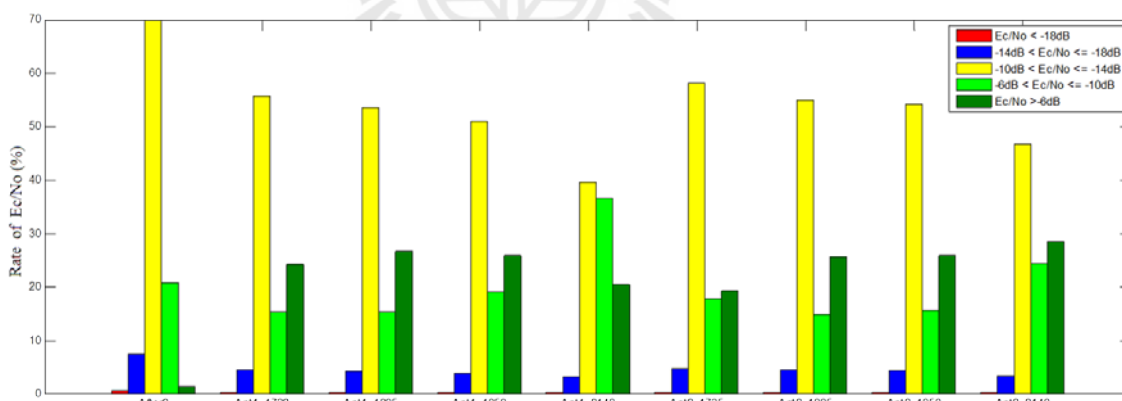


รูปที่ 4.21 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึมหลังปรับพารามิเตอร์(สายอากาศต้นที่1) $f = 2140MHz$



รูปที่ 4.22 ผลการจำลองค่าจากอัลกอริทึมหลังปรับพารามิเตอร์(สายอากาศต้นที่2) $f = 2140MHz$

ในรูปที่ 4.21 – 4.22 จะเป็นการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ระหว่างสายอากาศสองต้นที่ความถี่เดียวกันสังเกตได้ว่าบริเวณพื้นที่ใกล้กับสถานีฐานของสายอากาศต้นที่สองจะมีคุณภาพสัญญาณที่ดีกว่ารวมถึงที่ระยะทางไกลออกไปเป็นผลมาจากแบบจำลองรูปแบบการก่อลำคลื่นของสายอากาศของสายอากาศต้นที่สองมีอัตราขยายที่มากกว่าสายอากาศต้นที่หนึ่ง ถ้าวิเคราะห์โดยรวมดูได้จากรูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับพลังงานกับรูปแบบที่ศึกษา จะบอกถึงระดับพลังงานที่วัดได้ในพื้นที่ที่มีสีเหลืองลดลงและสีเขียวต่ำลงแต่เป็นผลที่ทำให้พื้นที่ที่มีสีเขียวเข้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

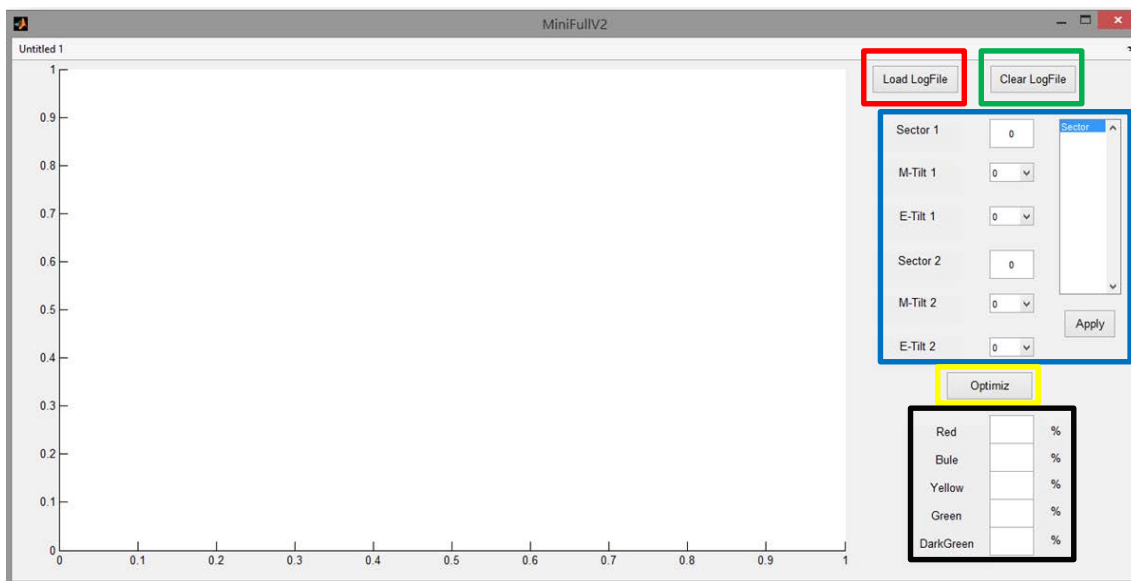


รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับพลังงานกับรูปแบบที่ศึกษา

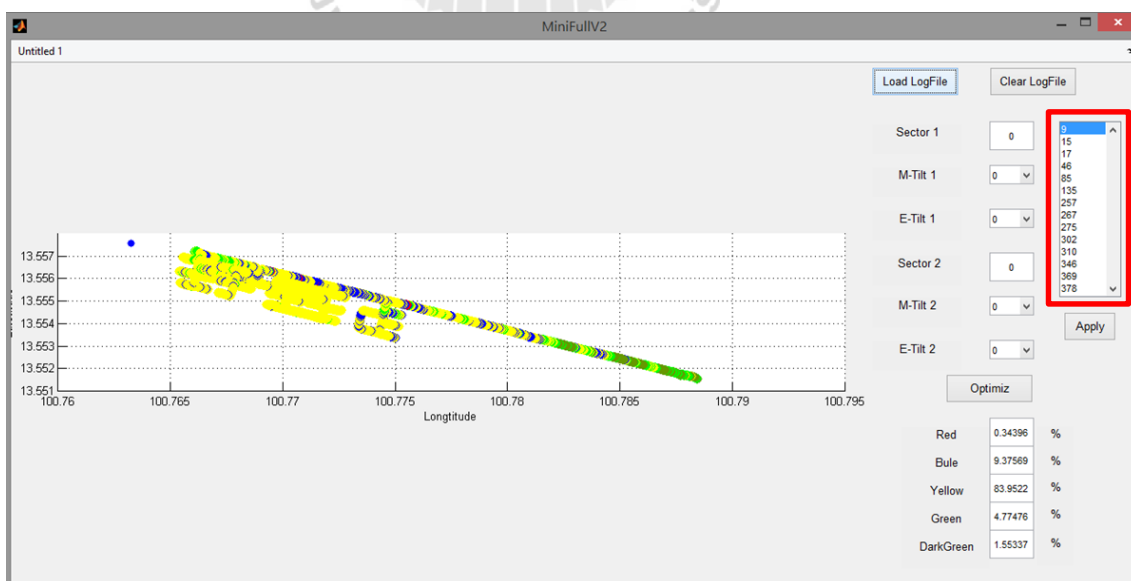
4.6 การพัฒนาเพื่อนำไปใช้จริง

ในบทนี้จะเป็นการพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อนำไปใช้จริงเพื่ออำนวยความสะดวกการใช้งานสังเกตในรูปที่ 4.24 จะเป็นหน้าต่างของโปรแกรม โดยจะมีหน้าต่างแสดงพื้นที่ กรอบสีแดงคือปุ่มโหลดข้อมูลที่ได้จากการไดรฟ์เทส กรอบสีเขียวคือปุ่มเคลียร์ไฟล์ทั้งหมดโดยที่ไม่ต้องปิดโปรแกรมแล้วเปิดใหม่

กรอบสีน้ำเงินคือการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์มุมเชิงกล มุมเชิงไฟฟ้า และแสดงถึงตัวเลขจำเพาะของสถานีฐาน โดยในส่วนนี้เป็นการปรับด้วยตัวเอง กรอบสีเหลืองคือปุ่มที่ทำการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด และกรอบสีดำคือส่วนแสดงผลว่าพื้นที่นั้นๆมีระดับคุณภาพเป็นอย่างไรซึ่งออกเป็นระดับตามหัวข้อที่ 4.4 การหาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุ

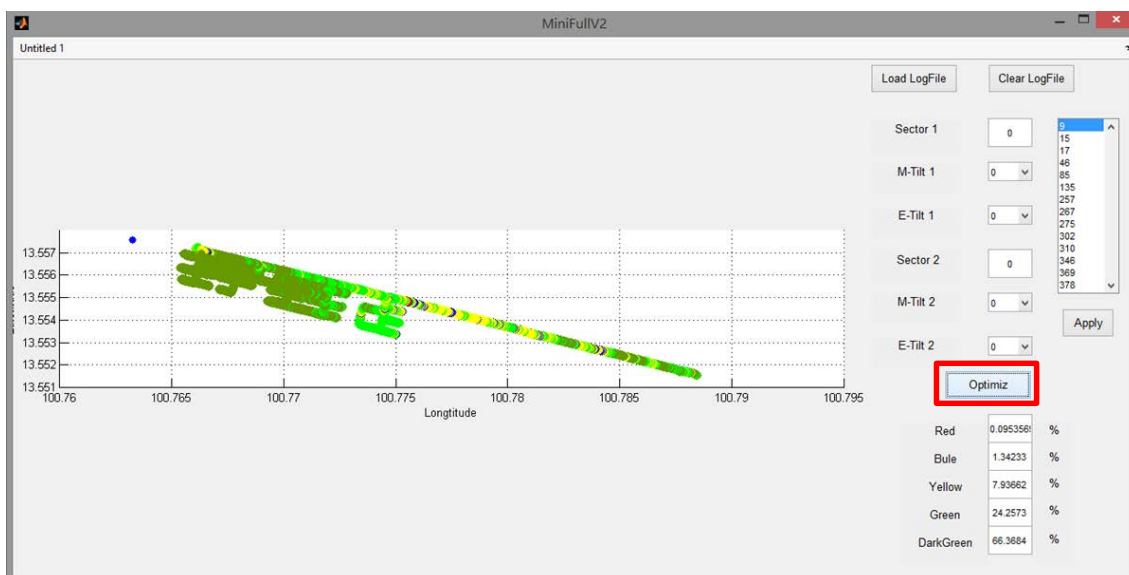


รูปที่ 4.24 อัลกอริทึมในรูปแบบของ GUI



รูปที่ 4.25 อัลกอริทึมในรูปแบบของ GUI เมื่อมีการโหลดข้อมูล

รูปที่ 4.25 คือการโหลดข้อมูลที่ได้จากการไดรฟ์ทดสอบเข้าไปในโปรแกรม โปรแกรมจะแสดงในส่วนกรอบสีแดงว่าในพื้นที่นั้นมีตัวเลขจำเพาะของสถานีฐานอะไรบ้าง



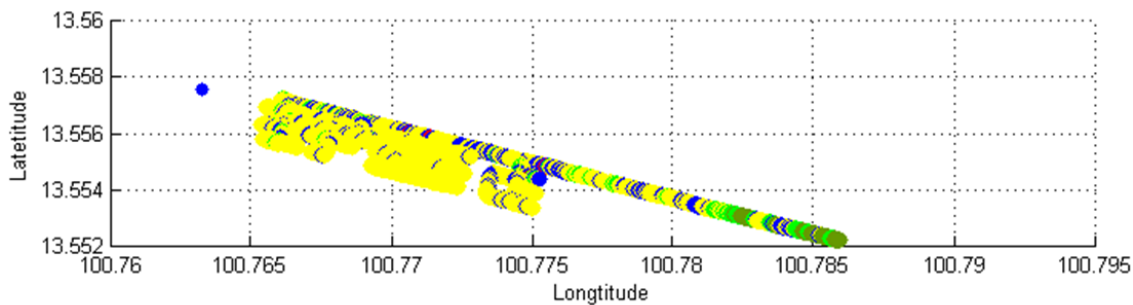
รูปที่ 4.26 อัลกอริทึมในรูปแบบของ GUI เมื่อมีการปรับพารามิเตอร์

รูปที่ 4.26 คือการกดปุ่มในกรอบสีแดงเพื่อทำการหาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุแล้วแสดงผลออกมาพร้อมยังแสดงข้อมูลว่าในพื้นที่นั้นมีคุณภาพสัญญาณเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด

4.7 ผลจำลองเมื่อเทียบกับผลจริง

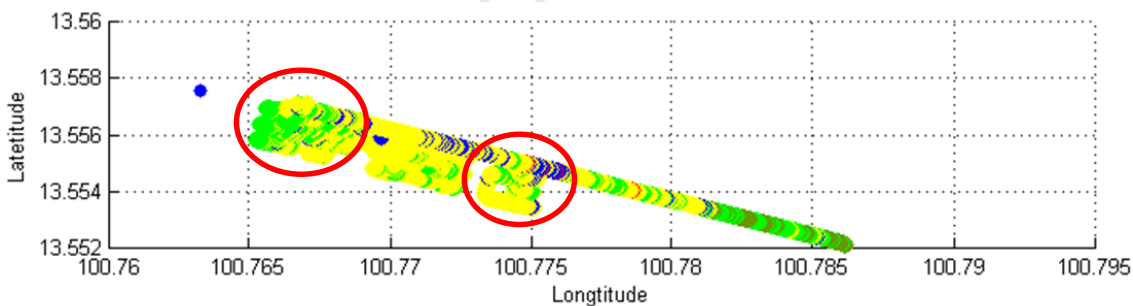
4.7.1 ผลจำลอง อัตราส่วนของพลังงานที่รับได้ส่วนด้วยพลังงานทั้งหมด (Ec/No)

ในการทดลองนี้จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของอัตราส่วนของพลังงานที่รับได้ส่วนด้วยพลังงานทั้งหมด (Ec/No) ในรูปที่ 4.27 เป็นข้อมูลก่อนปรับพารามิเตอร์โดยจุดสีน้ำเงินนี้แทนด้วยตำแหน่งของสถานีฐาน ในพื้นที่บริเวณนี้จะมีคุณภาพสัญญาณใช้งานได้สลับกับบางจุดที่มีปัญหาจึงได้ทำการปรับเปลี่ยนอยู่สองเซกเตอร์ โดยเซกเตอร์ 346 ได้ปรับมุมเชิงกลจาก 5 องศา เป็น 1 องศา และมุมเชิงไฟฟ้าจาก 4 องศา เป็น 5 องศา สำหรับเซกเตอร์ 85 ได้ปรับมุมเชิงกลจาก 5 องศา เป็น 2 องศา และมุมเชิงไฟฟ้าจาก 20 องศา เป็น 22 องศา (สำหรับสายอากาศต้นที่สองมุมเชิงไฟฟ้าเริ่มต้นที่ 20 – 30 องศา)



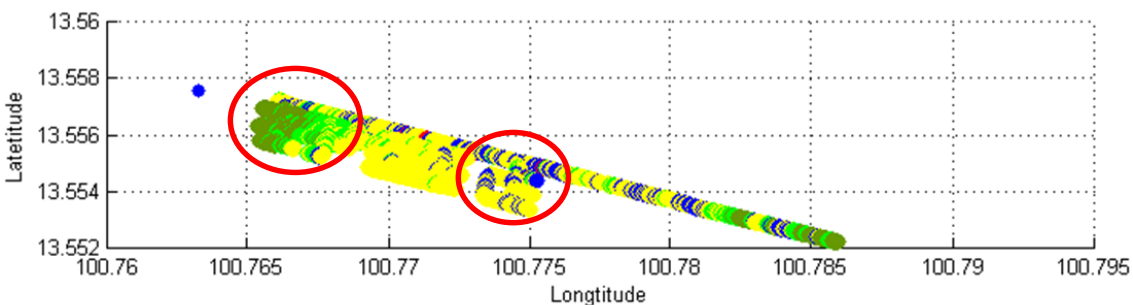
รูปที่ 4.27 ผลการจำลองค่าก่อนปรับพารามิเตอร์จากการไครฟ์เทส

หลังจากการปรับมุมเชิงกลและมุมเชิงไฟฟ้าจะทำให้พื้นที่ที่อยู่ในกรอบสีแดงดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัดโดยเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 20.3864% ดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 ผลการจำลองค่าหลังปรับพารามิเตอร์จากการไครฟ์เทส

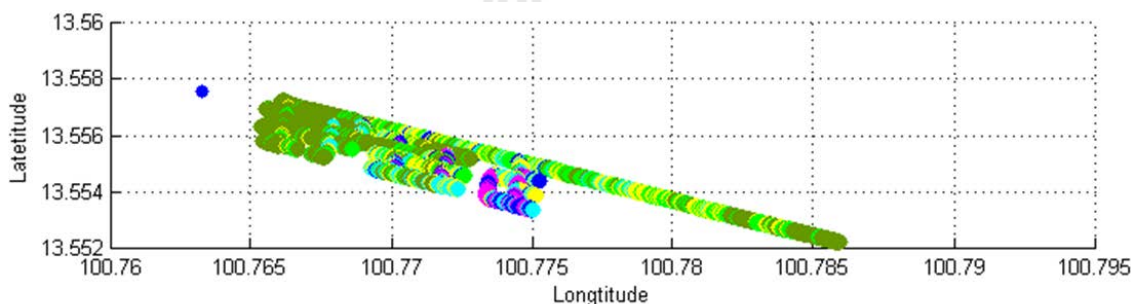
เมื่อทำการใช้อัลกอริทึมมาคำนวณหลังจากการปรับมุมเชิงกลและมุมเชิงไฟฟ้าจะทำให้พื้นที่ที่อยู่ในกรอบสีแดงดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัดโดยเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 31.0593%



รูปที่ 4.29 ผลการจำลองค่าหลังปรับพารามิเตอร์จากการอัลกอริทึม

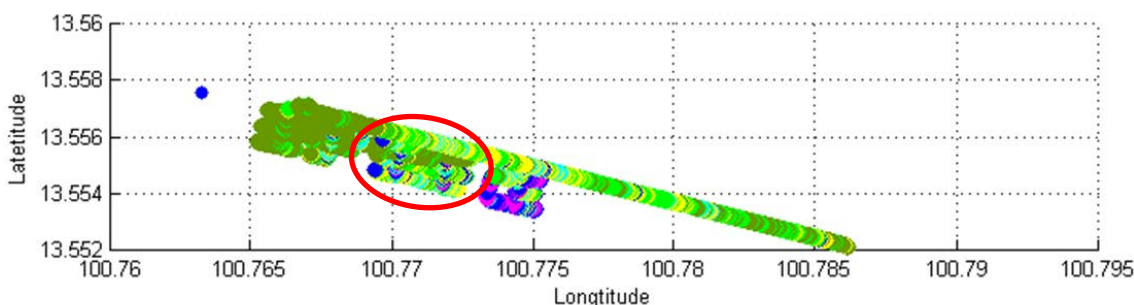
4.7.2 ผลจำลองความแรงของคุณภาพสัญญาณที่ได้รับ (RSCP)

ในการทดลองนี้จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของความแรงของคุณภาพสัญญาณที่ได้รับ (RSCP) ในรูปที่ 4.30 เป็นข้อมูลก่อนปรับพารามิเตอร์โดยจุดสีน้ำเงินนี้แทนด้วยตำแหน่งของสถานีฐาน ในพื้นที่บริเวณนี้จะมีผลของความแรงของสัญญาณที่ได้รับดีกว่าค่อนข้างดีเลยทีเดียวแต่ในบริเวณที่ไกลออกไปยังพบว่ามีปัญหาต่อความแรงของสัญญาณที่ลดลงจึงได้ทำการปรับเปลี่ยนอยู่สองเซกเตอร์ โดยเซกเตอร์ 346 ได้ปรับมุมเชิงกลจาก 5 องศา เป็น 1 องศา และมุมเชิงไฟฟ้าจาก 4 องศา เป็น 5 องศา สำหรับเซกเตอร์ 85 ได้ปรับมุมเชิงกลจาก 5 องศา เป็น 2 องศา และมุมเชิงไฟฟ้าจาก 20 องศา เป็น 22 องศา (สำหรับสายอากาศต้นที่สองมุมเชิงไฟฟ้าเริ่มต้นที่ 20 – 30 องศา)



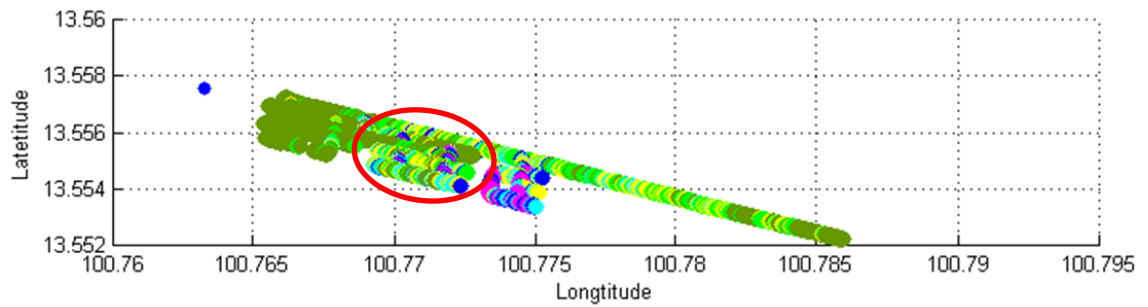
รูปที่ 4.30 ผลการจำลองค่าก่อนปรับพารามิเตอร์จากการไคร์ฟเทส

หลังจากการปรับมุมเชิงกลและมุมเชิงไฟฟ้าจะทำให้พื้นที่ที่อยู่ในกรอบสีแดงดีขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับก่อนปรับพารามิเตอร์โดยเพิ่มขึ้นจากเดิม 3.0537% ดังรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 ผลการจำลองค่าหลังปรับพารามิเตอร์จากการไคร์ฟเทส

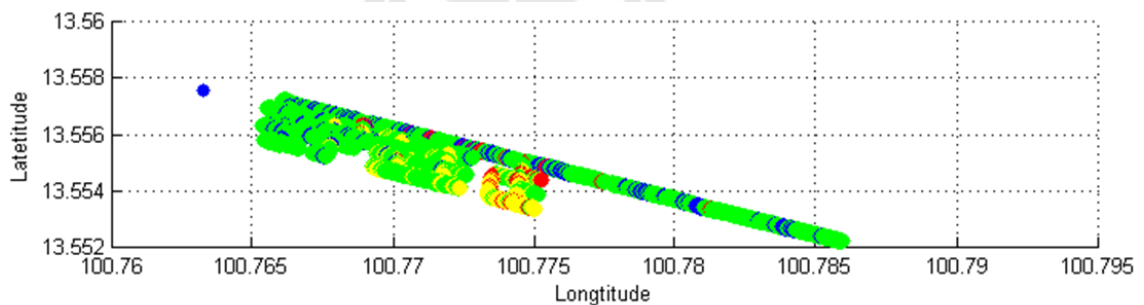
เมื่อทำการใช้อัลกอริทึมมาคำนวณหลังจากการปรับมุมเชิงกลและมุมเชิงไฟฟ้าจะทำให้พื้นที่ที่อยู่ในกรอบสีแดงดีขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับก่อนปรับพารามิเตอร์โดยเพิ่มขึ้นจากเดิมเพียง 2.4552% ดังรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.32 ผลการจำลองค่าหลังปรับพารามิเตอร์จากการอัลกอริทึม

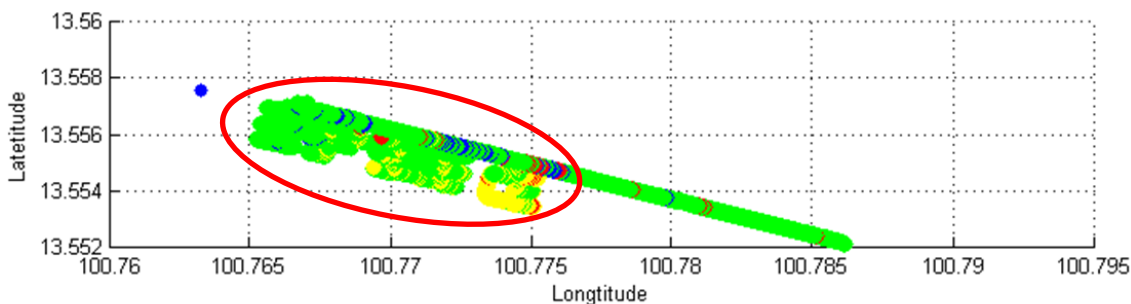
4.7.3 ผลจำลองความครอบคลุมของพื้นที่ (Coverage)

ในการทดลองนี้จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของความครอบคลุมของพื้นที่ (Coverage) ในรูปที่ 4.33 เป็นข้อมูลก่อนปรับพารามิเตอร์โดยจุดสีน้ำเงินนี้แทนด้วยตำแหน่งของสถานีฐาน ในการพิจารณาความครอบคลุมของพื้นที่ที่เราจะดูสองพารามิเตอร์หลักๆตามที่กล่าวไปในหัวข้อ 4.4 เมื่อทำการปรับเปลี่ยนอยู่สองเซกเตอร์ โดยเซกเตอร์ 346 ได้ปรับมุมเชิงกลจาก 5 องศา เป็น 1 องศา และมุมเชิงไฟฟ้าจาก 4 องศา เป็น 5 องศา สำหรับเซกเตอร์ 85 ได้ปรับมุมเชิงกลจาก 5 องศา เป็น 2 องศา และมุมเชิงไฟฟ้าจาก 20 องศา เป็น 22 องศา (สำหรับสายอากาศต้นที่สองมุมเชิงไฟฟ้าเริ่มต้นที่ 20 – 30 องศา)



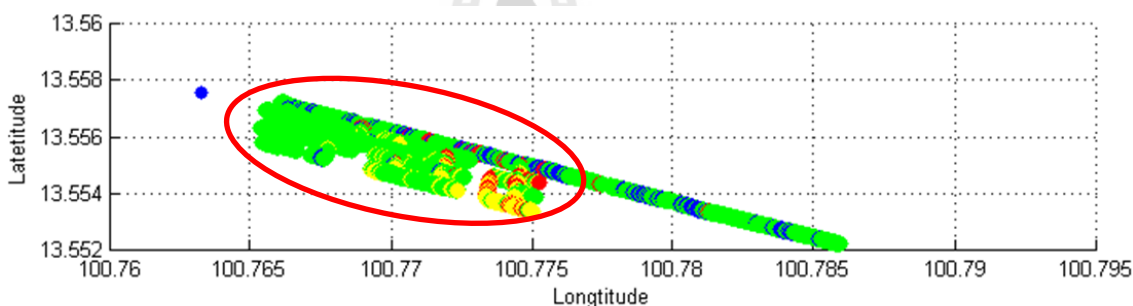
รูปที่ 4.33 ผลการจำลองค่าก่อนปรับพารามิเตอร์จากการไคร์ฟเทศ

หลังจากการปรับมุมเชิงกลและมุมเชิงไฟฟ้าจะทำให้พื้นที่ที่อยู่ในกรอบสีแดงดีขึ้นเล็กน้อย เมื่อเทียบกับก่อนปรับพารามิเตอร์ โดยเพิ่มขึ้นจากเดิม 4.3736% ดังรูปที่ 4.34



รูปที่ 4.34 ผลการจำลองค่าหลังปรับพารามิเตอร์จากการไคร์ฟเทศ

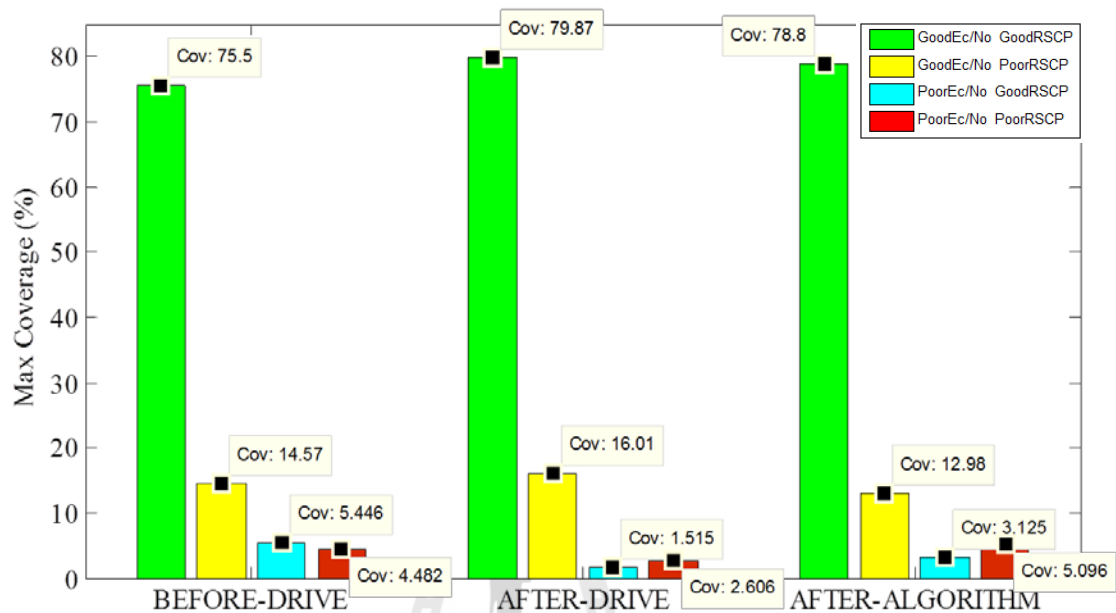
เมื่อทำการใช้อัลกอริทึมมาคำนวณหลังจากการปรับมุมเชิงกลและมุมเชิงไฟฟ้าจะทำให้พื้นที่ที่อยู่ในกรอบสีแดงดีขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับก่อนปรับพารามิเตอร์ โดยเพิ่มขึ้นจากเดิมเพียง 3.3045% ดังรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.35 ผลการจำลองค่าหลังปรับพารามิเตอร์จากการอัลกอริทึม

จากรูปที่ 4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความครอบคลุมของพื้นที่กับรูปแบบที่ศึกษา เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างข้อมูลก่อนปรับพารามิเตอร์กับหลังปรับพารามิเตอร์ (จากการไคร์ฟเทศ) จะเห็นได้ว่า ในแง่ของความครอบคลุมที่มีอัตราส่วนของพลังงานที่รับได้ส่วนด้วยพลังงานทั้งหมด กับความแรงของคุณภาพสัญญาณที่รับได้ ผ่านเกณฑ์ในโซนสีเขียวเพิ่มขึ้นถึง 4.3736% โซนสีเหลืองเพิ่มขึ้นจากเดิม 1.4338% โซนสีน้ำเงินลดลงจากเดิม 3.9310% และ โซนสีแดงลดลงจากเดิม 1.8764% ในส่วนของการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างข้อมูลก่อนปรับพารามิเตอร์กับหลังปรับพารามิเตอร์ (จากการอัลกอริทึม) โซนสีเขียวเพิ่มขึ้น 3.3045% โซนสีเหลืองลดลงจากเดิม 1.5984% โซนสีน้ำเงินลดลงจากเดิม 2.3211% และ โซนสีแดงเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.6137% ทั้งนี้ เมื่อนำผลจำลองค่าหลังปรับพารามิเตอร์ (จากการไคร์ฟเทศ) กับผลจำลองค่าหลังปรับพารามิเตอร์ (จากการอัลกอริทึม) จะเห็นว่ามีความใกล้เคียงกันถึง 98.6615% (คิดเฉพาะสีเขียวคืออัตราส่วนของ

พลังงานที่รับได้ส่วนด้วยพลังงานทั้งหมดมากกว่า -14 dB และความแรงของคุณภาพสัญญาณที่รับได้มากกว่า -85 dB)



รูปที่ 4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความครอบคลุมของพื้นที่กับรูปแบบที่ศึกษา

4.8 สรุปท้ายบท

เนื้อหาในบทนี้ได้ใช้โปรแกรมแมทแล็บในการจำลองอัลกอริทึมมาเสนอผลการทดลองต่างๆ เพื่อนำมายืนยันประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดเมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการไดรฟ์เฟสมาวิเคราะห์พร้อมยังคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อพัฒนาคุณภาพสัญญาณให้ดียิ่งขึ้น จากการทดลองพบว่าการคำนวณของอัลกอริทึมค่อนข้างมีประสิทธิภาพการทำงานที่สูง เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากหลังการไดรฟ์เฟสแล้ว มีความคล้ายคลึงกันถึง 98.6615% โดยการทดลองนี้ใช้แบบจำลองสายอากาศที่มีคุณลักษณะต่างกันเพียงสองต้นเท่านั้น ซึ่งอัลกอริทึมที่นำเสนอสามารถทดแทนการวิเคราะห์ข้อมูลได้พอสมควร โดยในบทถัดไปจะเป็นการสรุปงานวิจัยทั้งหมด

บทที่ 5

สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปเนื้อหาวิทยานิพนธ์

ในปัจจุบันเทคโนโลยียุคที่สามหรือที่เรียกว่าระบบสามจี ได้มีการพัฒนาไปอย่างก้าวกระโดด และ พยายามที่จะหาวิธีการรองรับการรับส่งข้อมูลแอปพลิเคชัน รวมทั้งบริการระบบเสียงที่ดีขึ้น พร้อมทั้งสามารถใช้บริการมัลติมีเดียได้เต็มที่และ สมบูรณ์แบบขึ้น เช่น วีดีโอคอล การดาวน์โหลดเกมส์ การรับ - ส่งข้อความที่มีขนาดใหญ่ ประชุมทางไกลผ่านหน้าจออุปกรณ์สื่อสารดาวน์โหลดเพลง ชมภาพยนตร์ระบบความชัดสูงแบบสั้นๆ ด้วยแต่ปัญหาหลักๆที่ยังเกิดขึ้นนี้คือคุณภาพของสัญญาณที่ลดลงเนื่องจากการใช้ระบบที่มีการใช้ความถี่เดียวตลอด อาจจะกวนกันได้ตลอดเวลา ทำให้คุณภาพสัญญาณที่ได้นั้นลดลง หรือผู้ใช้บริการที่มีมากขึ้นความต้องการใช้การรับ-ส่งข้อมูลมากขึ้นก็มีผลเช่นกัน ทั้งนี้ทางผู้ให้บริการจึงคิดหาวิธีที่จะช่วยเพิ่มคุณภาพสัญญาณให้มากขึ้นคือการตรวจสอบคุณภาพสัญญาณ ในที่นั้นๆแล้วกลับมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อที่จะปรับคุณภาพสัญญาณในที่นั้นๆ

เนื่องด้วยปัจจุบันอาศัยการวิเคราะห์จากผู้มีประสบการณ์และการคาดคะเนตามหลักการ โดยยังไม่มีเครื่องมือหรือวิธีการคำนวณที่สามารถกำหนดหรือช่วยตัดสินใจในการปรับค่าต่างๆ ได้ อย่างแม่นยำ ดังนั้นการทำงานในปัจจุบันคือการเดาถ้าปรับค่าต่างๆ เช่น ปรับมุมกดของสายอากาศ ปรับกำลังส่งสัญญาณของสถานีฐาน แล้วปัญหาที่เกิดขึ้นน่าจะหายไป จากนั้นก็จะส่งทีมงานไปไต่ฟิวด์ทดสอบอีกครั้งเพื่อทดสอบแนวคิด ถ้ายังปัญหาอยู่แก้ไขไม่ได้ ก็จะดำเนินการเดาค่าต่างๆ แล้วปรับค่าใหม่แต่ก็ต้องส่งทีมไปไต่ฟิวด์อีกครั้ง ทำอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะแก้ปัญหาได้ และการปรับค่านี้อยู่ขึ้นกับประสบการณ์หรือความเชี่ยวชาญของทีมงานด้วย ซึ่งไม่มีหลักการที่เชื่อถือได้แน่นอน ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงต้องการสร้างเครื่องมือที่สามารถนำผลการไต่ฟิวด์ในครั้งแรกมาวิเคราะห์ผ่านแบบจำลองคณิตศาสตร์ในรูปแบบของความรู้เชิงประจักษ์เพื่อให้สามารถทดสอบและปรับค่าต่างๆ ได้ในแบบจำลอง เมื่อปรับแล้วก็จะเห็นผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นทั้งหมดได้ทันที โดยที่ไม่ต้องออกไปไต่ฟิวด์ ทำให้สะดวก เชื่อถือได้และประหยัดทั้งงบประมาณและเวลาในการทำงาน และยังสามารถแก้ปัญหาได้ตรงประเด็นตามค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ได้อย่างรวดเร็ว

ผลการทดลองในบทที่ 4 ได้ใช้โปรแกรมแมทแลบในการจำลองอัลกอริทึมที่นำมาเสนอผลการทดลองต่างๆ เพื่อนำมายืนยันประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในการหาค่าเหมาะสมทางวิทยุว่ามี

ประสิทธิภาพมากขึ้นเพียงใดเมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการไดรฟ์ทดสอบวิเคราะห์พร้อมยังคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อพัฒนาคุณภาพสัญญาณให้ดียิ่งขึ้น

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุแบบหนึ่งเซกเตอร์ที่ดีที่สุดจะมีประสิทธิภาพมากกว่า 15.4061% เมื่อเทียบกับข้อมูลก่อนปรับพารามิเตอร์จากการไดรฟ์ทดสอบ และการหาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุแบบหลายเซกเตอร์ที่ดีที่สุดจะมีประสิทธิภาพมากกว่า 19.1083% เมื่อเทียบกับข้อมูลก่อนปรับพารามิเตอร์จากการไดรฟ์ทดสอบ ถึงอย่างนั้นการหาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุแบบหลายเซกเตอร์ที่มีจำนวนมากขึ้นจะทำให้การประมวลผลเวลามากขึ้นเช่นกัน

ในส่วนของการคำนวณค่าที่เหมาะสมทางวิทยุนั้นจะใช้ตัวช่วยวิเคราะห์ในการตัดสินใจหลักๆอยู่ 3 ส่วนคือ อัตราส่วนของพลังงานที่รับได้ส่วนด้วยพลังงานทั้งหมด (Energy per Chip Over the Noise : E_c/N_0) ความแรงของคุณภาพสัญญาณที่รับได้ (Received Signal Code Power : RSCP) และความครอบคลุมของพื้นที่ (Coverage) ซึ่งจะวิเคราะห์ E_c/N_0 กับ RSCP ไปควบคู่กันซึ่งหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจจะอยู่ในบทที่ 4

ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการหาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณโดยการให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดและไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการวิเคราะห์หรือปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ได้ในทันทีรวมถึงสามารถประหยัดทั้งงบประมาณและเวลาในการทำงานได้

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ออกแบบระบบมาสำหรับระบบสามจี ซึ่งพารามิเตอร์ในระบบสามจีหากนำไปใช้กับระบบอื่นควรต้องเปลี่ยนพารามิเตอร์บางพารามิเตอร์เช่น ย่านความถี่ ความสูง ชนิดของสายอากาศและอุปกรณ์สำหรับการไดรฟ์ทดสอบซึ่งในปัจจุบันราคาค่อนข้างสูงมากจึงยากต่อการเปลี่ยนแปลงระบบการไดรฟ์ทดสอบ

5.3 แนวทางการพัฒนาในอนาคต

ระบบที่ได้ออกแบบนี้เป็นการจำลองจากสถานีฐานเพียง 1 สถานีหรือหลายสถานีฐาน แนวทางในการพัฒนาต่อในอนาคตควรมีแบบจำลองของสายอากาศที่ใช้จริงมาทำการวิเคราะห์เพื่อที่จะทำให้ข้อมูลที่นำมาหาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น อีกทั้งถ้าหากมีข้อมูลในระบบอื่น อาทิเช่นระบบแอลทีอี ก็สามารถปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์บางตัวเพื่อใช้หาค่าที่เหมาะสมทางวิทยุได้ไม่มากนัก

รายการอ้างอิง

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิระพงษ์ อุฑารสกุล. 2556. “ระบบสื่อสารเคลื่อนที่”. สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- นางสาวลักขมี ชูใจ. 2548. “เทคโนโลยี WCDMA ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุค 3G”. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการจัดการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- William C.Y. Lee, “**Mobile communications engineering**”, 2nd Edition, McGraw-Hill , Singapore, 1998.
- Y. Okumura, “**Field Strength and its Variability in VHF and UHF Land-Mobile Radio Service**”, Rev. Elec. Comm. Lab., No.9-10, pp. 825-873, 1968.
- M. Hata, “**Empirical Formula for Propagation Loss in Land-Mobile Radio Services**”, IEEE Trans. Vehicular Technology, pp. 317-325, 1980.
- John S. Seybold, “**Introduction to RF propagation**”, John Wiley and Sons, 2005.
- Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Skold and Per Beming, “**3G Evolution : HSPDA and LTE for Mobile Broadband**”, Elsevier, USA, 2007
- V. Erceg, K.V.S. Hari M.S. Smith, D.S. Baum et al, “**Channel Models for Fixed Wireless Applications**”, IEEE 802.16.3 Task Group Contributions 2001, February 2001.
- Nguyen, Son, and Robert Akl. “**Capacity and Throughput Optimization in Multi-Cell 3G WCDMA Networks**”. University of North Texas, 2005.
- Omar, Nurfarhanah, Muhammad Ibrahim, Murizah Kassim, Ruhani Ab Rahman, Mat Ikram Yusof, and Mohd Zafran Abdul Aziz. “**An analysis of uplink transmit power for indoor and outdoor locations in WCDMA**”. In Computer Applications and Industrial Electronics (ICCAIE), 2011 IEEE International Conference on, pp. 519-528. IEEE, 2011.

Bohanudin, S., Mahamod Ismail, and H. Hussain. "**Simulation model and location accuracy for observed time difference of arrival (OTDOA) positioning technique in third generation system.**" Research and Development (SCORED), 2010 IEEE Student Conference on. IEEE, 2010.

Meyer, Louis J., and P. E. Director. "**Electrical and Mechanical Downtilt and their Effects on Horizontal Pattern Performance.**" CommScope, Inc (2010).

Ting, Stephanie Yeo Ken, and Tiong Teck Chai. "**WCDMA Network Planning and Optimisation.**" In Telecommunication Technologies 2008 and 2008 2nd Malaysia Conference on Photonics. NCTT-MCP 2008. 6th National Conference on, pp. 317-322. IEEE, 2008.

Lee, Jeong Heon, Arjun Bhupathi Raju, and R. Michael Buehrer. "**An analysis of uplink transmit power in WCDMA networks**". Wireless and Microwave Technology Conference, 2009. WAMICON'09. IEEE 10th Annual. IEEE, 2009.

Armoogum Vinaye and Munnee Ramraj, "**Path Loss Analysis for 3G Mobile Networks for Urban and Rural Regions of Mauritius**". 2010 Sixth International Conference on Wireless and Mobile Communications, pp 164-169, 2010

M. Hata, "**Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services**", IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. 29, pp. 317–325, 1980.

<https://en.wikipedia.org/>

https://wiki.stjohn.ac.th/groups/poly_electronics/wiki/59e6f/7_.html

<http://www.it24hrs.com/2012/result-thailand-3g-auction>

<http://automobili.dnevnik.hr/novosti/zanimljivosti/hyundai-je-isusu-poklonio-wi-fi>

TWITTER : Richard Barrow @RichardBarrow

http://www.prachachat.net/news_detail.php?newsid=1390195816

The logo of Sakon Nakhon Rajabhat University is a circular emblem. At the top, it features a stylized spire or tower. Below this, a central figure of a person stands on a pedestal. The entire emblem is surrounded by a decorative border. The text 'มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี' is written in Thai script along the bottom curve of the emblem.

ภาคผนวก ก

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

รายชื่อบทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

Peerajing, J., Uthansakul, P., (2016). **Multisector Optimization of Antenna Tilt Angle Based Empirical Knowledge form Drive Test.** International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2016 Conference), Chiang Mai, Thailand, June 28 - July 1, 2016



Multisector Optimization of Antenna Tilt Angle Based Empirical Knowledge from Drive Test

Jerawoot Peerajing and Peerapong Uthansakul
School of Telecommunications Engineering, Institute of Engineers
Suranaree University of Technology
Email: M5740826@g.sut.ac.th and uthansakul@sut.ac.th

Abstract— It is the fact that the optimization of antenna tilt angle at base station is necessary for all cellular networks since 2G/3G to 4G/5G and beyond. This is because it is impossible to realize the true propagation fading with only simulation. After the installation of base station, there is a compulsory task to test the assumed performance using drive test. If it is not acceptable, the most common adjustment is to tilt the angle of antenna plane in order to improve the performance of coverage areas. In general, there is no specific method to optimize the tilt angle in practice. Most engineers use their experiences to adjust the tilt angle. Therefore, the drive test is performed again and again until the results are satisfied. This causes the expensive costs for drive test and it wastes a lot of time depending on the experiences of engineers. Moreover, the adjustment of antenna tilts from many sectors at the same time is also impossible because it is too complicated beyond the experiences of engineers. As a result, this paper proposes the new method to optimize the antenna tilt angle based on only one drive test. Based on empirical analysis, the optimization can be undertaken in simulation and the results are close to the drive test. This method also provides the solution for either single sector or multiple sectors. The results indicate the success of using the proposed method.

Keywords— Empirical Model, Optimization, Drive Test, Antenna Tilt Angle

I. INTRODUCTION

The current cellular networks in Thailand have focused on 3G and 4G networks. The license for 4G frequency has just been granted since November 2015 for 1800MHz and December 2015 for 900MHz. Therefore, the installation of many 4G base stations is the next tasks for engineers. The current 3G networks have developed dramatically [1]. Although there are a lot of 3G base stations, but the signal quality is reduced due to the spread spectrum system that uses a single frequency for all cell sites. The service providers have to figure out a way to improve signal quality. This means to check the signal quality so often and then analyze the data in order to adjust the optimal setting for each base station [2]. The compulsory tool after installing the base station for either 3G or 4G networks is the drive test. This is because it provides the real performance matrices of the operating networks. All service providers need to confirm whether the signal quality is as good as their expected design or not.

In general, the definition of drive test has been developed into two terms, walk test and drive test. A walk test is the test that checks the signal quality inside buildings or narrow places which cannot use a vehicle. This method is suitable for buildings, shopping malls, hotels or small areas of the organizations. It does not require a lot of energy. For a drive test, it has to use a vehicle to move along when checking the signal quality on the road. Usually, it takes the long distances and long time, so it needs the energy sources for equipment. In this paper, the presented results are achieved only from drive test. However, please note that the proposed method can be implemented for both walk test and drive test.

After collecting the signal parameters, then it is the process to analyze data in order to verify whether the implemented base station can provide the signal quality as expected or not. If it is not, then the next method is to improve the design. The most common design parameters that have always been the first choices are transmitted power, antenna height and tilt angle of antenna. These parameters can offer a better signal quality only if they have been suitably adjusted. However, there is no any exact formula for calculating the optimal values for these parameters because the fading from propagation is varied from one scenario to the other scenario depending on the real environments. The best way to obtain a better signal quality is the trial and error method. The engineers will use their experience to guess the value of these parameters. After the design parameters have been adjusted, it is necessary to observe the signal quality again to see whether the new results are satisfied. Sometimes, this method consumes a lot of time until the satisfied outcome is agreed. Moreover, the more adjustments are needed, the more budget is required. The subject of the program is reserved for devices that are used to check the signal quality. The problem is the arrival of mobile telephony in the country [3]. The optimal adjustment is necessary for 3G and 4G network in order to accommodate the increased volume of users as well as the satisfaction of users. Although the drive test consumes both cost and time [4], but it is the only one tool in practice to find solutions on the problem area. From the past to the present, the adjustment will be analyzed from the experience of engineers without any basis or method of calculation tool that can determine the accurately optimal adjustments. On the other hand, the work of radio optimization is to guess if those

adjustments such as tuning the tilt angle of the antenna can fix the problems [5-6]. There are some works that try to reduce the number of drive test but those are almost impossible in practice [7] because the data is not connected with the appearance of a real scenario. Therefore, in this paper the new tool has been proposed by using the results from only one drive test in the first analyzed process. The empirical knowledge from the first drive test can be modeled through mathematical models. This model can be accurately matched with the real data because the various parameters are adjusted in the model. This model concerns each point of data test by matching parameters for specific location. Hence, it is not necessary to go out for drive test again. Based on the proposed model, now it can make the optimal calculation in computer simulation without any trial and errors. The authors have also proven the optimal results by performing the second drive test to confirm that the proposed solution is very reliable. The proposed work can save both time and money. Also the optimal solution can be obtained for single and multiple sectors in which it is rarely possible for engineers. The survey of recent literatures found no research to study and solve any problems the same as proposed in this paper.

II. METHODOLOGY

To solve the problem in real situation is the main goal of this paper. Hence, the empirical knowledge should be collected from the current cellular network. In Thailand, the 3G networks are fully operating while 4G networks are just the beginning stage. From this reason, the authors choose the results from 3G networks which are available and practical. Therefore, the rest of this paper will be grounded with 3G parameters and results. However, please note that the concept of the proposed method can be applied for either 3G or 4G networks.

1) *Drive Test* : Before performing the drive test, the engineers have to study the area in order to plan a drive route to collect the quality of signals. Next, the installation of the equipment for testing the quality of signals is performed including setting the test for quality of voice and data. After testing the quality of signals on the desired route, then all important parameters will be analyzed including Received Signal Strength Indicator (RSSI) which refers to the strength of the signal at that point, Received Signal Code Power (RSCP) which refers to the strength of the signal obtained for specific user code, Energy per Chip Over the Noise (E_c/N_o) which refers to the ratio of signal energy to noise density and Scanning Area Codes (SC) which refers to the specific numbers of each base station. These parameters are the main indicators to judge whether the quality of signals is good or poor.

2) *Empirical Model* : For empirical models, there are many approaches to be considered for cellular networks. According to the work in [8], the Okumura-Hata model provides the best fit to the experimental results for 3G networks. Hence, this paper adopts the Okumura-Hata model

for explaining the propagation of measured data from drive test. The Okumura-Hata model is a fully empirical prediction method, based upon an extensive series of measurements made in and around Tokyo city between 200MHz and 3GHz [9]. The method involves dividing the prediction area into a series of clutter and terrain categories, namely open, suburban and urban. Okumura's predictions of median path loss are usually calculated using Hata's approximations as follows:

$$\text{Urban areas: } L_p(\text{dB}) = A + B \log R - E \quad (1)$$

$$\text{Suburban areas: } L_p(\text{dB}) = A + B \log R - C \quad (2)$$

$$\text{Open areas: } L_p(\text{dB}) = A + B \log R - D \quad (3)$$

where

$$A = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_b$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log h_b + \gamma$$

$$C = 2(\log(f_c / 28))^2 + 5.4$$

$$D = 4.78(\log f_c)^2 + 18.33 \log f_c + 40.94$$

$$E = 3.2(\log(11.75 h_m))^2 - 4.97 \text{ for large cities, } f_c \geq 300\text{MHz}$$

$$E = 8.29(\log(1.54 h_m))^2 - 1.1 \text{ for large cities, } f_c < 300\text{MHz}$$

$$E = (1.1 \log f_c - 0.7) h_m - (1.56 \log f_c - 0.8) \text{ for medium to small cities, } f_c \text{ is the carrier frequency, } h_b \text{ is the antenna height at base station, } h_m \text{ is the antenna height of mobile station and } \gamma \text{ is the exponent path loss.}$$

Then the received power of each user can be expressed by the following

$$P_r(\text{dB}) = P_t(\text{dB}) + G_t(\text{dB}) + G_r(\text{dB}) + L_p(\text{dB}) \quad (4)$$

where

P_r = Received Power (RSCP)

P_t = Transmitted Power from Base Station

G_t = Transmitted Antenna Gain at Base Station

G_r = Received Antenna Gain at Mobile Station

L_p = Path Loss using Okumura-Hata model

3) *Analysis*: There is some relationship between main parameters as shown in equation (5). The calculation of E_c/N_o can be found from the received power (RSCP) and the strength of the signal (RSSI).

$$E_c / N_o(\text{dB}) = RSCP(\text{dB}) - RSSI(\text{dB}) \quad (5)$$

where

E_c/N_o = Energy per Chip Over the Noise Density

RSCP = Received Signal Code Power

RSSI = Received Signal Strength Indicator

Next, the other important relationship between main parameters is shown in equation (6). It can be noticed that in this equation the only one parameter that cannot be known from drive test is noise. However, if we know the Received Signal Strength Indicator (RSSI), Received Signal Code Power (RSCP) and Energy per Chip over the Noise (E_c/N_o), the noise power can be obtained. After finding noise, if engineers adjust any parameter at base station such as transmitted power or tilt

angle of antenna, it will make a change to the Active Set Received Signal Code Power (*ARSCP*) and Monitor Set Received Signal Code Power (*MRSCP*). After getting the new *ARSCP* and *MRSCP*, then the new *RSSI* can be re-calculated by using noise power from the first calculation. Then we will take the new *ARSCP* and new *RSSI* into equation (5), and then the new *Ec/No* can be obtained.

$$RSSI = \sum_{i=1}^3 ASRSCP_i - \sum_{i=1}^3 MRSCP_i + Noise \quad (6)$$

where

RSSI = Received Signal Strength Indicator

ARSCP = Active Set Received Signal Code Power

MRSCP = Monitor Set Received Signal Code Power

Noise = Noise Power over Whole Bandwidth

III. OPTIMIZATION

This section has presented the process of finding the optimum solution by using the first drive test. The diagram of proposed process is shown in Fig. 1.

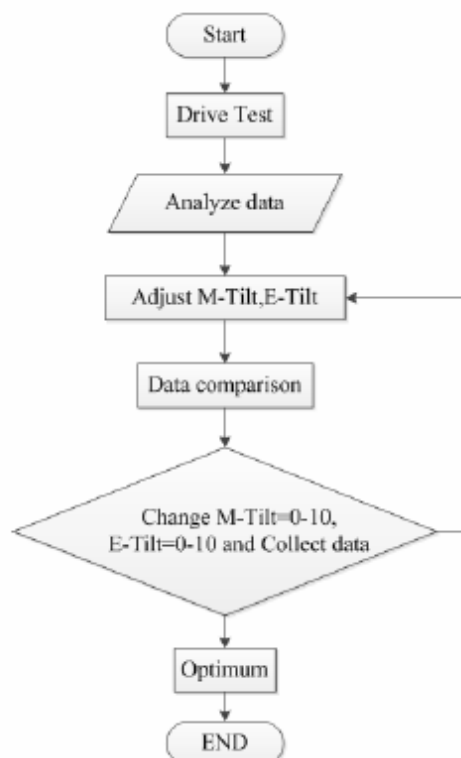


Fig. 1. Flowchart of the process optimization.

According to the Fig 1, the parameters to be adjusted in this paper are *M-tilt* and *E-tilt*. Both parameters are the tilt angle of antenna but in the different manner. *M-tilt* is the mechanical tilt that needs the real workers to rotate the plane of antenna installation on the tower of base station. It takes a lot of hard work and cost to adjust so it is not often to change after adjustment. For *E-tilt*, this is the tilt angle of radiation pattern forced by changing the different phase of each antenna element. Thus, *E-tilt* can be done by electrically controlling from the remote center. However, there are the limited ranges of tilt angle depending on the commercial products. In practice, both *M-tilt* and *E-tilt* are equally important to improve the performance of coverage areas and they are the first choices for engineers to optimize the network coverage. The other important parameter is the transmitted power of base station. It can directly make an impact to the coverage. Unfortunately, the real drive test in this paper has the results of only the unchangeable transmitted power. That is why the diagram presented in Fig. 1 demonstrates the change of only *M-tilt* and *E-tilt*. However, please note that the other parameters such as transmitted power can also be applied into the proposed concept.

Moreover, the proposed process of optimization can be used for both single sector and multiple sectors. The difference is on the adjustment of *M-tilt* and *E-tilt* which is required to do for all multiple sectors in the investigated areas. The proposed optimization cannot apply either the gradient approaches or the iterative approaches because the empirical model is tuned to fit each test point. It means that each location give the different characteristic of model. Therefore, it is impossible to find the specific formulas for all scenarios. It is not only non-linear relationship among parameters but also diverse solution from one sector to another sector. This paper chooses to vary all possible choices of *M-tilt* and *E-tilt* and then search for the best solution among all possibility. This is to confirm that it is the global optimization and no risk for real implementation.

The drive test in this paper is performed professionally with the kind help of real operators. All collected data are obtained by using mobile devices, notebook computers, mobile phones and commercial software. The illustration of drive test devices is presented in Fig 2.



Fig 2. Devices for drive test.

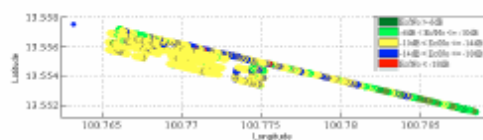


Fig. 5. Ec/No coverage from drive test.

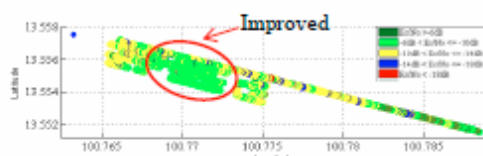


Fig. 6. Ec/No coverage from optimal single sector.

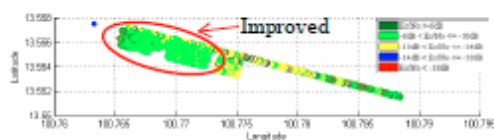


Fig. 7. Ec/No coverage from optimal multiple sectors.

In Fig. 5, the Ec/No coverage is presented by different color zones in which the red zone (terrible) is 0.34%, the blue zone (poor) is 9.38%, the yellow zone (medium) is 83.96%, the green zone (good) is 4.77% and the dark green zone (best) is 1.55%. The results from drive test show that the study area requires some adjustments because there are a lot of the terrible and poor qualities of signals.

For the case of single sector adjustment, the authors vary M -tilt and E -tilt at only one sector. The selected sector is in the center of red circle shown in Fig. 6. After optimization process, the optimal solution offers the red zone (terrible) at 0.18%, blue zone (poor) at 4.23%, yellow zone (medium) at 37.55%, green zone (good) at 52.47% and dark green zone (best) at 5.57%. It can be clearly seen that the coverage of signal quality is improved as shown in the circle area of Fig. 6.

For the case of multiple sectors, all sectors adjust M -tilt and E -tilt in order to find the best solution among all possible adjustments. The optimal coverage is shown in Fig. 7. The results show that the red zone (terrible) is 0.13%, the blue zone (poor) is 2.64%, the yellow zone (medium) is 21.42%, the green zone (good) is 64.73% and the dark green zone (best) is 11.08%. It is clearly seen that the optimal solution of multiple sectors is better than single sector. In order to illustrate the comparison between with and without optimization, the results are presented in Fig. 8. As seen in Fig. 8, the best zone gets a better improvement if more sectors are involved in the optimization process. The area of good and best zones covers more than 75% which is reliably high. The results have been already proven by performing the drive test again in order to confirm the proposed analysis.

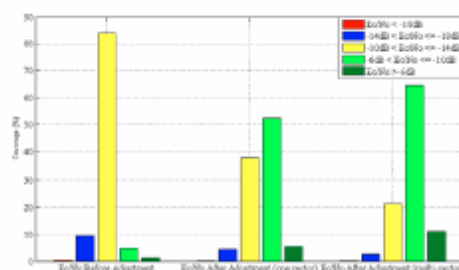


Fig. 8. Coverage comparison between optimization of only one sector and multiple sectors.

V. CONCLUSION

This paper presented a new method to find the optimization of antenna tilt angle for single and multiple sectors by using only one drive test. The improving quality of signals indicates the most effective and non-complicated method proposed in this paper. The good and best zones of original drive test are 6.32%. By applying single sector optimization, those zones are 58.04% which is much better than without adjustment. Moreover, those zones are 75.81% if multiple sectors are optimized. This indicates the success of using the proposed method in practice. The proposed method can save time and cost for any service providers. Also, it can be implemented for both 3G and 4G networks.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank Mr. Bunjong Yosapa and staffs of AIS company for kind cooperation. Also the appreciated thanks go to Mr. Kowit Jira and all staffs of ANTECH company for helpful resources of drive test.

REFERENCES

- [1] Nanyan, Son, and Robert Akl. "Capacity and Throughput Optimization in Multi-Cell 3G WCDMA Networks". University of North Texas, 2005.
- [2] Omer, Nurfarhanah, Muhammad Ibrahim, Minisah Kassim, Fuhani Ab Rahman, Mat Ibrahim Yusof, and Mohd Zafran Abdul Aziz. "An analysis of uplink transmit power for indoor and outdoor locations in WCDMA." In *Computer Applications and Industrial Electronics (ICCAIE)*, 2011 IEEE International Conference on, pp. 519-528. IEEE, 2011.
- [3] P. Uthansakul. "Mobile Systems". The Center for Library Resources and Educational Media Suranaree University of Technology, Suranaree University of Technology, 2013.
- [4] Bohandina, S., Mahamed Ismail, and H. Hussain. "Simulation model and location accuracy for observed time difference of arrival (OTDOA) positioning technique in third generation system." *Research and Development (SCORAD)*, 2010 IEEE Student Conference on, IEEE, 2010.
- [5] Ting, Stephanie Yeo Ken, and Tiong Teck Chai. "WCDMA Network Planning and Optimization." In *Telecommunication Technologies 2008 and 2008 2nd Malaysia Conference on Photonics, NCTT-MCP 2008*, 6th National Conference on, pp. 317-322. IEEE, 2008.
- [6] Meyer, Louis J., and P. E. Director. "Electrical and Mechanical Dowtilt and their Effects on Horizontal Pattern Performance." *CommScope, Inc* (2010).

- [7] Lee, Jeong Heon, Arjun Elupathi Raju, and R. Michael Bushaw. "An analysis of uplink transmit power in WCDMA networks." *Wireless and Microwave Technology Conference, 2009. WAMICON'09. IEEE 10th Annual. IEEE*, 2009.
- [8] Armoogum Vinaya and Muneer Ramraj. "Path Loss Analysis for 3G Mobile Networks for Urban and Rural Regions of Mauritius." *2010 Sixth International Conference on Wireless and Mobile Communications*, pp 164-169, 2010
- [9] M. Hata, "Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Vol. 29, pp. 317-325, 1980.

ประวัติผู้เขียน

นายจิระวุธ ภิระจิง เกิดเมื่อวันที่ 13 มกราคม พ.ศ. 2535 ที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน เริ่มศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนอนุบาลแม่สะเรียง(บ้านโป่ง) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนแม่สะเรียง บริพัตรศึกษา จังหวัดแม่ฮ่องสอน และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2557

ปี พ.ศ. 2557 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยขณะศึกษาได้รับทุนสนับสนุนจากทุนการศึกษาแก่นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่คณาจารย์ได้รับทุนวิจัยจากแหล่งทุนภายใน(OROG) ในระหว่างศึกษาได้มีโอกาสทำงานร่วมกับบริษัท แอนเทค คอมมูนิเคชั่น จำกัด ตำแหน่ง วิศวกร RF วิเคราะห์สัญญาณให้กับบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) และทำงานร่วมกับบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) ตำแหน่ง Draftsman และบทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติจำนวน 1 ฉบับ ดังนี้

- 1) Peerajing, J., Uthansakul, P., (2016). **“Multisector Optimization of Antenna Tilt Angle Based Empirical Knowledge from Drive Test”** . International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2016 Conference), Chiang Mai, Thailand, June 28 - July 1, 2016