

การวิเคราะห์พื้นที่สัญญาณแทรกสอดสำหรับเครือข่ายสามจี
โดยใช้ข้อมูลกราฟิก



นายเสกสรรค์ เจริญลาภ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2558

**ANALYSIS OF INTERFERENCE AREAS FOR 3G
NETWORK USING TRAFFIC DATA**



**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

การวิเคราะห์พื้นที่สัญญาณแทรกสอดสำหรับเครือข่ายสามจี
โดยใช้ข้อมูลกราฟฟิก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
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

เสกสรรค์ เจริญลาภ : การวิเคราะห์พื้นที่สัญญาณแทรกสอดสำหรับเครือข่ายสามจีโดยใช้
ข้อมูลทราฟฟิก (ANALYSIS OF INTERFERENCE AREAS FOR 3G NETWORK
USING TRAFFIC DATA) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล,
72 หน้า

ปัจจุบันความต้องการในการใช้บริการการสื่อสารของระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่
ของระบบสามจีเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงทำให้มีความเสี่ยงที่จะเกิดพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด
สูงขึ้น จนเป็นปัญหาทำให้บางจุดหรือบางพื้นที่ที่มีประชากรแออัดไม่สามารถใช้งาน
โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ ผู้ให้บริการจึงพยายามที่จะศึกษาและหาวิธีลดความเสี่ยงที่จะเกิดพื้นที่ที่ไม่
สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้ในพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสูง วิธีหนึ่งที่ใช้เป็นปกติคือการวัด
สัญญาณสามจีในพื้นที่ที่ให้บริการจริงหรือที่เรียกว่าการทำไครฟ์เทสท์ แต่ข้อมูลที่ได้จากการทำ
ไครฟ์เทสท์นั้นเป็นช่วงเวลาขณะหนึ่งที่ทดสอบ ซึ่งปริมาณผู้ใช้งานมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา
ส่งผลให้ผลการวัดสัญญาณที่ได้ไม่สามารถบอกสมรรถนะของระบบได้ตลอดเวลา นอกจากนี้ถ้าการ
วัดสัญญาณเกิดขึ้นในช่วงที่มีปริมาณทราฟฟิกเบาบางเช่นเวลากลางคืน หรือวันหยุด ผลการวัด
สัญญาณนั้นก็จะไม่สามารถแสดงพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสูงได้ ซึ่งเมื่อผู้ใช้งานในเวลาปกติที่มี
ปริมาณทราฟฟิกสูงจะทำให้ไม่สามารถใช้งานได้เนื่องจากเกิดการแทรกสอดของสัญญาณขึ้น ทำให้
เกิดผลเสียหายโดยที่ผู้ให้บริการไม่สามารถรู้ถึงปัญหาได้

จากการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมที่ผ่านมา การแก้ไขปัญหาของสัญญาณแทรกสอดทำได้
ด้วยการสร้างแบบจำลองจากการไครฟ์เทสท์ แล้วทำนายพื้นที่ที่อาจจะเกิดสัญญาณแทรกสอดได้
โดยไม่ได้ใช้ข้อมูลปริมาณทราฟฟิกมาร่วมวิเคราะห์ด้วย จึงทำให้ไม่สามารถเข้าถึงปัญหาที่เกิดขึ้น
ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงนำเสนอวิธีการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสำหรับเครือข่ายสามจีโดย
ใช้ข้อมูลทราฟฟิกประกอบกับผลการไครฟ์เทสท์ เพื่อช่วยทำนายพื้นที่ที่สามารถรองรับโหลดได้
เท่าใดก่อนจะถึงขีดจำกัด และคาดเดาถึงจุดเสี่ยงที่คุณภาพของสัญญาณอาจจะต่ำลงเนื่องจาก
สัญญาณแทรกสอด

สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

ปีการศึกษา 2558

ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

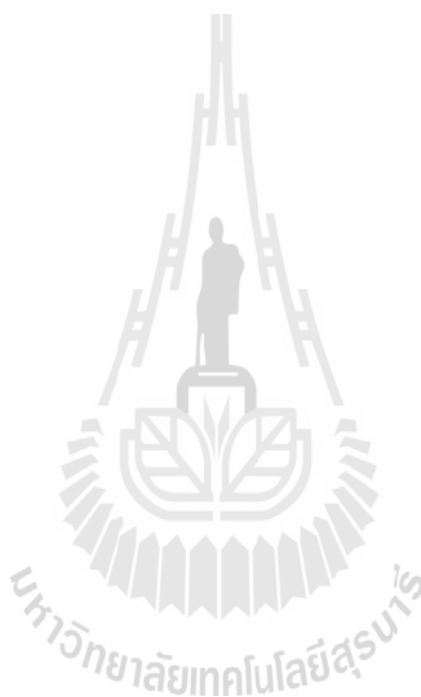
SEKSAN CHAROENLAP : ANALYSIS OF INTERFERENCE AREAS
FOR 3G NETWORK USING TRAFFIC DATA. THESIS ADVISOR :
ASSOC. PROF. PEERAPONG UTHANSAKUL, Ph.D., 72 PP.

3G / TRAFFIC / INTERFERENCE AREAS

At the present time, the need of 3G mobile communication services is rapidly and continuously increasing. As a result, there is a high risk of interference area that causes a problem of service shortage in some areas due to a lot of user demand. The service provider tries to study and reduce the risk of having an interference area. In general, the signal measurement on 3G service area, called as drive test, is the effective method to obtain the real signal quality of that area. However, the measured results are referred to the signal quality at the measured time only. It is the fact that the user traffic is changed all the time. Hence, the measured results may not be the representative of all time results. Moreover, if the measurement is occurred at the light traffic such as night time or holidays, then the results will not show any interference area. As a result, the serious degradation of signal quality is occurred for the normal traffic of all users in daytime or working days. This problem cannot be solved due to the unknown clue for service providers.

From literature surveys, the method to reduce the interference area can be done by creating some models based on drive test results and then predict the interference areas without the knowledge of user traffic. This cannot solve the problem in real life. Therefore, this research proposes the method to analyze the interference areas for 3G network by using the information of user traffic and the

results of drive test. The outcome of this research can predict the margin of traffic load before it reaches to the limit and also foresee the risk areas having a low signal quality due to high interference signals.



School of Telecommunication Engineering

Academic Year 2015

Student's Signature_____

Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างยิ่ง 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 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา พรหมมาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี หัตถกรรม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ วาณิชอนันต์ชัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยาภรณ์ กระฉอดนอก และอาจารย์เศรษฐวิทย์ 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

เสกสรรค์ เจริญลาภ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฐ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย.....	2
1.4 ขีดตกลงเบื้องต้น.....	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
1.6.1 แนวทางการดำเนินงานวิจัย.....	3
1.6.2 ระเบียบวิธีวิจัย.....	4
1.6.3 สถานที่ทำการวิจัย.....	4
1.6.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.6.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	5
1.6.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	5
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.8 ส่วนประกอบของวิทยานิพนธ์.....	5

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1	กล่าวนำ.....	7
2.2	ประวัติความเป็นมาของระบบ WCDMA.....	7
2.3	เทคโนโลยี WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access).....	8
2.4	สถาปัตยกรรมและหลักการทำงานของระบบ WCDMA.....	9
2.4.1	สถาปัตยกรรม WCDMA.....	9
2.4.2	เปรียบเทียบระหว่างอพลิงค์กับดาวนลิงค์.....	12
2.4.3	การส่งข้อมูลความเร็วสูงต้องการกำลังส่งที่มากกว่า.....	12
2.4.4	การลดโหลดของเซลล์มาโคร.....	12
2.4.5	ข้อดีเมื่อโครงข่ายมีโหลดมากขึ้น.....	13
2.4.6	โครงข่ายโทรศัพท์เซลลูลาร์.....	13
2.5	เทคโนโลยี UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).....	14
2.6	เทคโนโลยี HSPA (High-Speed Packet Access).....	15
2.6.1	เทคโนโลยี HSDPA (High Speed Downlink Packet Access).....	15
2.6.2	เทคโนโลยี HSUPA (High Speed Uplink Packet Access).....	16
2.7	ช่องสัญญาณในระบบสามจี.....	17
2.7.1	ช่องสัญญาณ CPICH (Common Pilot Channel).....	17
2.7.2	ช่องสัญญาณ CCPCH (Common Control Physical Channel).....	18
2.7.3	ช่องสัญญาณ SCH (Synchronization Channel).....	18
2.7.4	ช่องสัญญาณ AICH (Acquisition Indicator Channel).....	19
2.7.5	ช่องสัญญาณ PICH (Paging Indicator Channel).....	19
2.7.6	ช่องสัญญาณ DCH (Dedicated Channel).....	19
2.8	วิธีการวัดสัญญาณบนโดเมนความถี่.....	20

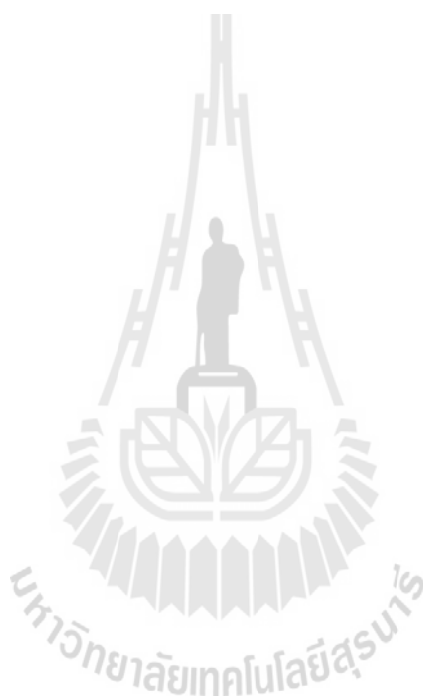
สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9 ปรีทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	21
2.10 สรุป.....	22
3 การออกแบบสมการความสัมพันธ์ เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด.....	23
3.1 กล่าวนำ.....	23
3.2 ปัญหาที่พบในปัจจุบันซึ่งอยู่ในความสนใจ.....	23
3.3 ข้อมูลกราฟฟิก.....	24
3.4 พารามิเตอร์จากผลโคโรนา.....	26
3.5 การวิเคราะห์สเปกตรัมของสัญญาณ.....	29
3.6 การออกแบบสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์.....	31
3.7 การวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอด.....	36
3.8 การทดสอบแบบจำลอง.....	37
3.9 สรุป.....	40
4 การจำลองผลในโปรแกรมแมทแลบพร้อมวิเคราะห์ผล.....	41
4.1 กล่าวนำ.....	41
4.2 ผลการจำลองปรับโหนดของทุกๆเซลล์ไซต์ในพื้นที่ของไซต์ KCGPM.....	41
4.3 ผลการจำลองปรับโหนดของทุกๆเซลล์ไซต์ในพื้นที่รอบเกาะรัตนโกสินทร์.....	44
4.4 ผลการจำลองปรับโหนดในพื้นที่ของสนามหลวง.....	46
4.4.1 ผลการจำลองปรับโหนดทุกๆไซต์เท่าๆกันในพื้นที่ของสนามหลวง.....	47
4.4.2 ผลการจำลองปรับโหนดของ SC15 ในพื้นที่ของสนามหลวง.....	55
4.5 สรุป.....	60
5 สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	61
5.1 สรุปเนื้อหาวิทยานิพนธ์.....	61
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ.....	62
5.3 แนวทางการพัฒนาในอนาคต.....	62
รายการอ้างอิง.....	63

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา.....	65
ประวัติผู้เขียน	72



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	วิวัฒนาการ โทรศัพท์เคลื่อนที่ในแง่เทคโนโลยีการตลาดและสินค้า-บริการ.....9



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	GSM Base Station Subsystem (BSS) และ WCDMA Radio Access Network (RAN).....9
2.2	การเชื่อมต่อของระบบ WCDMA RAN.....10
2.3	การส่งข้อมูลใน WCDMA โดยการใช้ Spread Spectrum.....11
2.4	ความแตกต่างระหว่าง CDMA and W-CDMA.....11
2.5	โครงสร้างของเครือข่าย HSDPA.....16
2.6	เฟรมของช่องสัญญาณ CPICH.....17
2.7	เฟรมของช่องสัญญาณ DPCH.....19
2.8	สถานการณ์ที่มี 2 เซลล์ติดกัน.....20
2.9	สเปกตรัม WCDMA ของ 2 เซลล์.....20
3.1	ผลไคร์ฟเทสและข้อมูลกราฟฟิกแต่ละไซต์.....24
3.2	แสดงให้เห็นถึงข้อมูลกราฟฟิกของการทำงานการโทรด้วยเสียงและโทรด้วยวีดีโอ.....25
3.3	แสดงให้เห็นถึงข้อมูลกราฟฟิกที่เป็นค่าเฉลี่ย.....25
3.4	แสดงกราฟข้อมูลการใช้งาน Throughput ของ R99 ดาวน์ลิงค์และอัพลิงค์.....26
3.5	แสดงกราฟข้อมูลการใช้งาน Throughput (HSDPA) และ Throughput (HSUPA).....26
3.6	แสดงค่า E_c/N_o ที่ได้จากการทำไคร์ฟเทส.....27
3.7	การเอ็กซ์พรอดค่าพารามิเตอร์ของการทำไคร์ฟเทส.....27
3.8	พารามิเตอร์ที่ได้จากผลไคร์ฟเทส.....28
3.9	สถานการณ์ที่มี 2 เซลล์ติดกัน.....29
3.10	WCDMA สเปกตรัมของ 2 เซลล์.....29
3.11	ความสัมพันธ์ของค่า E_c/N_o และสเปกตรัมของ 2 เซลล์ไซต์.....30
3.12	แสดงความสัมพันธ์ค่า E_c/I_o ที่สถานะไม่มีข้อมูลกราฟฟิก.....31
3.13	แสดงความสัมพันธ์ค่า E_c/I_o ที่สถานะที่มีข้อมูลกราฟฟิก.....31
3.14	การเดินทางของสัญญาณ มายังจุดวัดสัญญาณ.....32

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.15	แผนภาพแสดงกระบวนการในการวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอด.....36
3.16	พื้นที่แสดงค่า Ec/No ที่ได้จากการทำไคร์ฟเทส.....38
3.17	พื้นที่แสดงค่า Ec/No ที่ได้จากการคำนวณในสมการที่ออกแบบ.....39
3.18	ตารางเปรียบเทียบจำนวนจุดสีจากผลไคร์ฟเทสและจากการคำนวณ.....39
4.1	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ได้จากการทำไคร์ฟเทสรอบไซค์ KCGPM.....42
4.2	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 30%.....42
4.3	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 60%.....42
4.4	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 100%.....43
4.5	กราฟแสดงผลของพื้นที่ของสัญญาณแทรกสอดที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์โหลด.....43
4.6	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ได้จากการทำไคร์ฟเทสรอบเกาะ รัตนโกสินทร์.....44
4.7	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No) รอบเกาะรัตน โกสินทร์ เมื่อโหลดลดลงเป็น 10%Load.....45
4.8	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No) รอบเกาะรัตน โกสินทร์ เมื่อโหลดลดลงเป็น 100%Load.....46
4.9	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ได้จากการทำไคร์ฟเทส รอบสนามหลวง.....47
4.10	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 10%.....47
4.11	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 20%.....48
4.12	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 30%.....48
4.13	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 40%.....49
4.14	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 45%.....49
4.15	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 50%.....50
4.16	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 55%.....50

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.17	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 60%.....51
4.18	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 65%.....51
4.19	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 70%.....52
4.20	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 75%.....52
4.21	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 80%.....53
4.22	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 90%.....53
4.23	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 100%.....54
4.24	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ก่อนทำการปรับข้อมูลกราฟฟิกที่ SC15.....55
4.25	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 30%.....55
4.26	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 40%.....56
4.27	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 50%.....56
4.28	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 60%.....57
4.29	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 70%.....57
4.30	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 80%.....58
4.31	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 90%.....58
4.32	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 100%.....59

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

3G	=	Third Generation Mobile Technology
UTRA	=	Universal Terrestrial Radio Access
WCDMA	=	Wideband Code Division Multiple Access
EDGE	=	Enhanced Data rates for Global Evolution
UMTS	=	Universal Mobile Telecommunication Systems
HSPA	=	High-Speed Packet Access
HSDPA	=	High Speed Downlink Packet Access
HSUPA	=	High Speed Uplink Packet Access
CDMA	=	Code Division Multiple Access
GSM	=	Global System for Mobile Communications
IMT 2000	=	International Mobile Telecommunications – 2000
TDMA	=	Time Division Multiple Access
ITU	=	International Telecommunication Union
BSS	=	Base Station Subsystem
BSC	=	Base Station Controller
RNC	=	Radio Network Controller
BTS	=	Base Transceiver Station
RBS	=	Radio Base Station
Node B	=	Node BTS
RAN	=	Radio Access Network
IEEE	=	Institute of Electrical and Electronics Engineers
CPICH	=	Common Pilot Channel
P-CPICH	=	Primary CPICH
S-CPICH	=	Secondary CPICH
CCPCH	=	Common Control Physical Channel
SCH	=	Synchronization Channel

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

AICH	=	Acquisition Indicator Channel
PICH	=	Paging Indicator Channel
DCH	=	Dedicated Channel
Ec/No	=	Pilot channel quality energy per chip over total received power Spectral Density
SC	=	Scrambling Code
RSCP	=	Received Signal Code Power
RSSI	=	Received Signal Strength Indicator
P_r	=	Received Power ที่จุดวัดสัญญาณ
P_{CPICH_i}	=	Common Pilot Channel Power ตัวที่ i
P_{TCH_i}	=	Traffic Channel Power ตัวที่ i
P_{other_i}	=	Other Channel Power (CPICH, SCH, P_CCPCH, S_CCPCH)
P_{L_i}	=	Total Loss Power ตัวที่ i
P_{max}	=	พลังงานสูงสุดของช่องสัญญาณ TCH ที่รองรับข้อมูลกราฟฟิก
AS	=	Active Set Received Signal Code Power
MS	=	Monitor Set Received Signal Code Power
MSE	=	Mean Squared Error

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันปริมาณประชากร และความต้องการในการใช้บริการการสื่อสารของระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับอดีต ซึ่งความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นที่มีสัญญาณแทรกสอดสูงๆขึ้นของระบบสามจี เนื่องจากมีผู้ใช้งานเป็นจำนวนมากซึ่งสัญญาณของผู้ใช้งานแต่ละคนจะเป็นสัญญาณแทรกสอดซึ่งกันและกันเอง นั่นคือในพื้นที่นั้นๆที่มีผู้ใช้งานมากๆ ก็จะทำให้มีสัญญาณแทรกสอดมากไปด้วย ทำให้บางจุดหรือบางพื้นที่ ที่มีประชากรแออัดจะทำให้ผู้ใช้บริการบางรายไม่สามารถใช้งาน โทรศัพท์มือถือได้ เพราะมีอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณแทรกสอดมีค่าน้อยมาก และเมื่อเกิดเหตุการณ์อย่างนั้นอาจจะทำให้เกิดความเสียหายได้ในชั่วโมงเร่งด่วนที่มีประชากรส่วนใหญ่จำเป็นต้องใช้การสื่อสาร โทรศัพท์ทั้งในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม ติดต่อธุระสำคัญๆ เช่น มีการจัดการแสดงโชว์ งานรับปริญญาบัตร การประชุมต่างๆ งานประเพณี งานเทศกาล ฯลฯ ที่มีผู้คนมาร่วมงานเป็นจำนวนมาก หรือแม้เมื่อเกิดอุบัติเหตุในพื้นที่นั้นๆ ไม่สามารถที่จะโทรแจ้งตำรวจหรือรถพยาบาลได้อย่างทันท่วงที ทำให้เกิดความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน รวมไปถึงในพื้นที่ชุมชนที่อนาคตอันใกล้อาจจะมีประชากรเพิ่มขึ้นปีละหลายสิบล้านคน จากปัญหาดังที่ได้กล่าวมา มีหลากหลายบริษัทและหน่วยงานที่เป็นผู้ให้บริการด้านโทรศัพท์เคลื่อนที่พยายามที่จะศึกษาและหาวิธีเพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นที่ไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้ในพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสูงๆ จะมีการทดสอบสัญญาณสามจี โดยการทำโดรฟ์เทสท์ วอล์กเทสท์ ฯลฯ ก่อนจะมีการจัดงานสำคัญๆต่างๆ รวมถึงข้อมูลสถิติที่สามารถเก็บได้จากสถานีฐาน แล้วนำผลที่ได้มาสังเคราะห์และวิเคราะห์ แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดต่างๆ เช่น การทดสอบสัญญาณส่วนมากจะทดสอบสัญญาณในเวลากลางคืน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ปริมาณทราฟฟิกของผู้ใช้งานน้อยมาก ทำให้ผลการวัดที่ได้มีผลที่ค่อนข้างดี ส่วนในพื้นที่แออัดก็จะเกิดการจราจรติดขัดก็ไม่สามารถที่จะทดสอบสัญญาณได้ และค่าสถิติที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากสถานีฐานนั้นเป็นค่าสถิติที่มีค่าคล้ายๆกันในแต่ละช่วงเวลาของวัน ทำให้การวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดที่ได้ในวิธีการข้างต้นยังไม่สามารถที่จะยืนยันได้ว่า ระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จะไม่เกิดเหตุการณ์ที่ผู้ใช้งานไม่สามารถใช้โทรศัพท์ได้เมื่อมีการจัดงานสำคัญๆขึ้น หรือสามารถที่จะรองรับผู้ที่เข้ามาร่วมใช้สถานีฐานนั้นๆได้อีกมากน้อยเพียงใด ดังนั้นเมื่อถึงช่วงเวลาที่ปริมาณทราฟฟิก

สูงๆในชั่วโมงเร่งด่วน อาจจะทำให้เกิดพื้นที่ที่ไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้ หากกำลังจะเกิดเหตุการณ์แบบนี้เราจะสามารถที่จะทำนายหรือคาดคะเนสถานการณ์ล่วงหน้าได้อย่างไร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสำหรับเครือข่ายสามจีโดยใช้ข้อมูลทราฟฟิกและจากผลไคร์ฟเทสท์ ทำนายเหตุการณ์ล่วงหน้าว่าสถานีฐานที่อยู่ในพื้นที่ดังกล่าวสามารถรองรับข้อมูลทราฟฟิกได้อีกกี่เปอร์เซ็นต์ก่อนที่ในพื้นที่นั้นจะไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์มือถือได้ และคาดคะเนถึงจุดเสี่ยงที่อาจจะเกิดค่าคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำเนื่องจากสัญญาณแทรกสอด จะได้ทำการแก้ไขปัญหาโดยการติดตั้งสถานีฐานเคลื่อนที่ที่ตำแหน่งๆนั้น หรือจะต้องทำการปรับหันทิศทางของแอนเทนน่าของเซลล์ข้างเคียงมารับพื้นที่นี้ด้วย หรือถ้าเกิดสถานการณ์ที่มีสัญญาณแทรกสอดมากจนทำให้คุณภาพของสัญญาณที่ต่ำมากถึงขั้นวิกฤต อาจจะทำการติดตั้งไซต์ใหม่เพื่อรองรับพื้นที่นั้นๆ ก่อนถึงวันที่จะมีการจัดงานหรือวันที่พื้นที่นั้นจะมีผู้ใช้งานโทรศัพท์เป็นจำนวนมาก จุดเด่นของงานวิจัยนี้คือ การวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด โดยใช้ข้อมูลทราฟฟิกกับผลไคร์ฟเทสท์ และวิเคราะห์คุณภาพของสัญญาณเมื่อข้อมูลทราฟฟิกเปลี่ยนไป งานวิจัยนี้มีความมุ่งหวังว่าผู้ให้บริการด้านโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีวิธีการในการวิเคราะห์กับการเกิดสัญญาณแทรกสอดและข้อมูลทราฟฟิกที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต และหวังว่าผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่จะได้ใช้บริการระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเสนอการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสำหรับเครือข่ายสามจีโดยใช้ข้อมูลทราฟฟิกและพารามิเตอร์จากผลไคร์ฟเทสท์

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 การวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดด้วยข้อมูลทราฟฟิก จะวิเคราะห์ได้จากหากรู้ค่าสถิติแต่ละไซต์แล้ว แล้วนำพารามิเตอร์ของผลไคร์ฟเทสท์ และสเปกตรัมของสัญญาณในแต่ละพื้นที่ของเซลล์ไซต์ นำมาหาสมการความสัมพันธ์เพื่อการคำนวณ

1.3.2 เมื่อสามารถทราบข้อมูลทราฟฟิกที่ได้จากการคูสถิติของแต่ละเซลล์ไซต์แล้วสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์และคำนวณค่าคุณภาพของสัญญาณเมื่อมีการปรับโหนดเพื่อที่จะใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด

1.3.3 เมื่อสามารถคำนวณค่าคุณภาพของสัญญาณเมื่อมีการปรับโหนดแต่ละเซลล์ไซต์ได้แล้วจะทำให้วิเคราะห์ได้ว่าเมื่อปรับโหนดของเซลล์ไซต์นี้แล้วจะมีผลกระทบอย่างไรกับพื้นที่ไหน และจะทำให้สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของข้อมูลทราฟฟิกที่จะเพิ่มขึ้น

ในอนาคตอันใกล้ ผลของสัญญาณแทรกสอดในพื้นที่ๆนั้นจะเป็นอย่างไร และจะต้องแก้ไขโดยวิธีใดเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้งานไม่ได้ของผู้ใช้งาน โทรศัพท์ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้ดียิ่งขึ้น

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.4.1 ใช้พารามิเตอร์จากผลไคร์ฟเทสท์ เทคโนโลยีสามจีคลื่น 2100 MHz เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด

1.4.2 ใช้โปรแกรม Actix analyzer ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ และจำลองเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นที่มีสัญญาณแทรกสอดสูงๆด้วยโปรแกรม MATLAB

1.4.3 หัวข้อที่สนใจทำการวิจัยจะพิจารณาข้อมูลกราฟฟิคสามจี ที่เป็นกราฟฟิคสองที่เท่านั้น

1.4.4 ให้ข้อมูลสถิติของแต่ละเซลล์ไซต์ มีค่าเท่ากับข้อมูลสถิติของไซต์อ้างอิง

1.4.5 ในงานวิจัยนี้ให้ค่า E_c/N_0 เป็นค่าคุณภาพของสัญญาณ

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกราฟฟิค และพารามิเตอร์ที่ได้จากผลไคร์ฟเทสท์

1.5.2 ใช้การวิเคราะห์สเปกตรัมของสัญญาณในการหาสมการความสัมพันธ์

1.5.3 ในงานวิจัยนี้จะสนใจเฉพาะกราฟฟิคสามจีในมาโครเซลล์เท่านั้น

1.5.4 วิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดเฉพาะสัญญาณดาวนลิงค์โทรศัพท์เคลื่อนที่คลื่น 2100 MHz

1.5.5 พิจารณาข้อมูลสถิติของ 1 เซลล์ไซต์เป็น ไซต์อ้างอิงในการคำนวณผลแบบจำลอง

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

1.6.1 แนวทางการดำเนินงาน

- 1) สำรวจปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์
- 2) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลกราฟฟิคในระบบสามจี
- 3) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสเปกตรัมของระบบสามจี
- 4) ศึกษาพารามิเตอร์ที่ได้จากผลไคร์ฟเทสท์ของระบบสามจีมาโครเซลล์

- 5) ออกแบบสมการความสัมพันธ์ข้อมูลกราฟิกและพารามิเตอร์ที่ได้จากผลไดรฟ์เทสท์
- 6) จำลองเหตุการณ์ตามสมการที่ออกแบบและวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด
- 7) ทำนายและคาดการณ์เหตุการณ์ล่วงหน้าของพื้นที่เสี่ยงที่มีผลต่อคุณภาพสัญญาณ
- 8) วิเคราะห์ผลที่ได้จากการจำลองและการวิเคราะห์เหตุการณ์ล่วงหน้าของพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด แล้วทำการสรุปผล

1.6.2 ระเบียบวิธีวิจัย

เป็นงานวิจัยประยุกต์ ซึ่งดำเนินการตามกรอบงานดังต่อไปนี้

- 1) ทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์
- 2) ศึกษาพารามิเตอร์ที่ได้จากผลเทสท์สัญญาณในระบบ 3G รวมถึงการเดินทางของสัญญาณที่มาถึงจุดวัดสัญญาณ
- 3) ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลกราฟิกจาก power spectrum ของสัญญาณ
- 4) ออกแบบสมการคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอดและข้อมูลกราฟิก
- 5) ทำการจำลองสถานการณ์ของพื้นที่ที่อาจจะมีสัญญาณแทรกสอดสูงๆและวิเคราะห์พื้นที่จุดเสี่ยงเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาโดยใช้สมการคณิตศาสตร์ในข้อ 4.
- 6) เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลจากการจำลองสถานการณ์ของพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดจากข้อมูลกราฟิกด้วยเทคนิคที่พัฒนาขึ้น

1.6.3 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องวิจัยและปฏิบัติการสื่อสารไร้สาย อาคารเครื่องมือ 4 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-สุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

1.6.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 1) เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer)
- 2) โปรแกรม Actix analyzer
- 3) โปรแกรม TEMS
- 4) โปรแกรม MATLAB

5) โปรแกรม Microsoft Office

1.6.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์

2) เก็บรวบรวมผลจากการออกแบบสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลกราฟฟิคกับผลการทำไคร์ฟเทสท์ และการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด

3) เก็บรวบรวมผลการจำลองสถานการณ์ของพื้นที่ที่อาจจะมีสัญญาณแทรกสอดสูงๆและผลการคำนวณตามสมการความสัมพันธ์ที่ออกแบบไว้

1.6.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ออกจากการเทสท์สัญญาณ โดยเลือกจุดหรือพื้นที่ที่สนใจในการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดและหาค่าคุณภาพของสัญญาณโดยการคำนวณที่มีการปรับข้อมูลกราฟฟิคด้วยสมการความสัมพันธ์ที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อวิเคราะห์และทำนายเหตุการณ์ล่วงหน้าของการจะเกิดสัญญาณแทรกสอดในพื้นที่ที่สนใจจากการปรับข้อมูลกราฟฟิค และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผู้ใช้งาน โทรศัพท์

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเครื่องมือในการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสำหรับเครือข่ายสามจีโดยใช้ข้อมูลกราฟฟิคและพารามิเตอร์จากผลไคร์ฟเทสท์ เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสูงๆ และเพื่อที่จะวิเคราะห์ถึงจุดเสี่ยงที่อาจจะเกิดค่าคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำเนื่องจากสัญญาณแทรกสอด และป้องกันไม่ให้เกิดการใช้งานไม่ได้ของระบบ

1.8 ส่วนประกอบของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย 5 บท

บทที่ 1 เป็นบทนำ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย สมมติฐานของการวิจัย ข้อตกลงเบื้องต้น ขอบเขตการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลกราฟฟิคในระบบสามจี สเปกตรัมของระบบสามจี พารามิเตอร์ที่ได้จากผลไคร์ฟเทสท์ของระบบสามจีมาโครเซลล์

บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของข้อมูลกราฟฟิก และพารามิเตอร์ของผลไดร์ฟเทสท์ ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าคุณภาพของสัญญาณที่มีการปรับ โหลด เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด

บทที่ 4 กล่าวถึงการจำลองเหตุการณ์การปรับข้อมูลกราฟฟิกในคอมพิวเตอร์จาก โปรแกรมแมทแลบ เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด โดยพิจารณาเลือกพื้นที่ใน สถานการณ์ที่แตกต่างกันออกไปตามผลไดร์ฟเทสท์

บทที่ 5 กล่าวถึงการสรุปผลของการวิจัย ปัญหาและข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา ในอนาคต



บทที่ 2

ทฤษฎีและปรัทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ซึ่งแบ่งเป็นทั้งหมด 10 ส่วน ส่วนแรกคือการกล่าวนำเข้าสู่เนื้อหา ส่วนที่สองจะกล่าวถึงประวัติความเป็นมาของระบบ WCDMA ในส่วนที่สามจะกล่าวถึงเทคโนโลยี WCDMA ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในระบบสามจี ในส่วนที่สี่จะกล่าวถึงสถาปัตยกรรมของ WCDMA ในส่วนที่ห้าจะกล่าวถึงเทคโนโลยี UMTS ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนามาจากระบบ จีเอสเอ็ม ในส่วนที่หกจะกล่าวถึงเทคโนโลยี HSPA ที่ถูกพัฒนามาจากเทคโนโลยี UMTS ในส่วนที่เจ็ดจะกล่าวถึงช่องสัญญาณต่างๆในระบบสามจี ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในงานวิจัยนี้ ในส่วนที่แปดจะกล่าวถึงวิธีการวัดสัญญาณบนโคเมนความถี่ ที่จะใช้สเปกตรัมในการวิเคราะห์สัญญาณที่จุดวัดสัญญาณ ในส่วนที่เก้าจะกล่าวถึงการสำรวจปรัทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย และส่วนสุดท้ายในส่วนที่สิบ จะเป็นการสรุปเนื้อหาทั้งหมดในบทนี้ โดยฐานข้อมูลที่ใช้ในการสืบค้นงานวิจัยนั้นเป็นฐานข้อมูลที่มีชื่อเสียงและได้รับการยอมรับกันอย่างกว้างขวาง เช่น ฐานข้อมูล The Institute of Electrical and Electronics Engineers หรือ IEEE นอกจากนี้ยังได้ทำการสืบค้นงานวิจัยจากแหล่งอื่น ๆ เช่น จากห้องสมุดของมหาวิทยาลัยต่างๆ จากหน่วยงานผู้ให้บริการด้านโทรศัพท์เคลื่อนที่ ผลการสืบค้นที่ได้จะใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยต่อไป

2.2 ประวัติความเป็นมาของระบบ WCDMA

ยุคสามจี (Third generation mobile technology) เป็นยุคที่สร้างขึ้นแทนระบบยุคจีเอสเอ็ม และสามารถรองรับระบบ จีเอสเอ็ม ได้และเรียกว่า Universal Mobile Telecommunication Systems (UMTS) เพื่อมุ่งหวังว่า การเข้าถึงเครือข่ายแบบไร้สาย สามารถใช้งานผ่านทางอุปกรณ์หลากหลายขึ้น เช่น จากคอมพิวเตอร์ ระบบนี้ยังคงใช้การเข้าช่องสัญญาณเป็นแบบ CDMA ซึ่งสามารถบรรจุช่องสัญญาณเสียงได้มากกว่า แต่ที่ใช้แบบแถบกว้าง(wideband) ในระบบนี้จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า WCDMA

สามจี เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารซึ่งถ้าจะจำกัดความโดยแปลตรงๆจากชื่อเลย ก็คือเป็นเทคโนโลยียุคที่ 3 (Third Generation) ซึ่งยุคที่ 3 ที่ว่านี้จะเป็นยุคที่มุ่งไปในทางการรวมเอาเทคโนโลยีหลายๆด้านมาไว้ด้วยกัน อย่างเช่น โทรศัพท์มือถือ สามจี ก็จะเป็นในแง่การรวมเอาเทคโนโลยีเสียงมาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีด้านการส่งข้อมูล แล้วนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนในด้านระบบนั้นเน้นการใช้ระบบ CDMA - Code Division Multiple Access และระบบอื่นๆที่กำลังปรับเปลี่ยนเข้าสู่ระบบ IMT2000

WCDMA พัฒนามาจาก GSM (Global System for Mobile Communications) CDMA (Code-Division Multiple Access) และ TDMA (Time Division Multiple Access) ซึ่งทำให้ขยายแถบช่องสัญญาณได้มาก และกว้างขึ้น ปัจจุบันแพร่หลายในอเมริกาซึ่งพัฒนาระบบ 2G ไปเป็น EDGE Enhance Data Rate for GSM ซึ่งเป็นอีกก้าวที่นำไปสู่ สามจี WCDMA จึงมีความเหมือนกับระบบ จีเอสเอ็ม อยู่บ้าง แต่จากการพัฒนาทำให้ WCDMA มีความแตกต่างจาก จีเอสเอ็ม ในส่วนของการใช้งาน และการให้บริการรับส่งข้อมูลที่รวดเร็วกว่า

2.3 เทคโนโลยี WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access)

WCDMA เป็นเทคโนโลยี CDMA ที่มีข้อกำหนดตามข้อตกลงที่กำหนดโดย ITU และเป็นที่ยอมรับอย่างเป็นทางการในชื่อว่า IMT-2000 WCDMA เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารระบบไร้สายในยุคที่ 3 มีประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลแบบไร้สายผ่านโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ไร้สายความเร็วสูง โดยมีประสิทธิภาพการทำงานเหนือกว่าเทคโนโลยีทั่วไป เป็นอุตสาหกรรมโทรศัพท์ไร้สายที่มีความก้าวหน้ามากที่สุดและมีความสลับซับซ้อนของการเชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้งานและสถานีฐาน ผู้วิจารณ์ส่วนใหญ่มีความเชื่อว่า WCDMA จะเป็นเทคโนโลยีจะเสริมสร้างโครงสร้างพื้นฐานของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 การเชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้งานและสถานีฐาน ของ WCDMA เป็นส่วนหนึ่งของสถาปัตยกรรมโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 ได้จัดเตรียมการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ใช้งานกับโครงข่ายหลัก

ในทศวรรษที่ผ่านมา ระบบการสื่อสารแบบไร้สายมีความเจริญเติบโตเป็นอย่างมาก ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของผู้ใช้บริการ และปริมาณการสื่อสาร ความต้องการแบนวิทที่สูง เช่น gaming music downloads video streaming จากความต้องการนี้จึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ Wideband CDMA (WCDMA)

WCDMA คือ การพัฒนาเพื่อสร้างมาตรฐานใหม่ที่ใช้งานในเวลาจริงหลายอย่างพร้อมกัน รวมไปถึงการใช้อินเตอร์เน็ตโรมมิ่ง ซึ่งรองรับจาก ITU (International Telecommunication Union) โดยกำหนดให้ใช้ความถี่ 2 กิกะเฮิรตซ์สำหรับการสื่อสารยุคที่ 3 WCDMA มีประสิทธิภาพ

ในการสื่อสารรับส่งสัญญาณเสียงภาพข้อมูลและภาพวิดีโอด้วยความเร็วถึง 2 เมกะบิตต่อวินาที แต่สำหรับการให้บริการในปัจจุบันให้ความเร็วสูงสุดที่ 384 กิโลบิตต่อวินาที (แนวกว้าง wide area access) โดยสัญญาณขาเข้าจะถูกแปรเป็นสัญญาณดิจิทัลและส่งไปเป็นรหัสผ่านแถบสัญญาณกระจายไปสู่คลื่นสัญญาณต่างๆ ผู้ให้บริการ เทคโนโลยีนี้จะใช้แถบคลื่นสัญญาณความถี่ที่ 5 เมกะเฮิร์ตซ์ที่ต่างจากผู้บริการที่ให้บริการเทคโนโลยี CDMA ในย่านความถี่แคบที่ใช้ช่องสัญญาณที่ 1.25 เมกะเฮิร์ตซ์

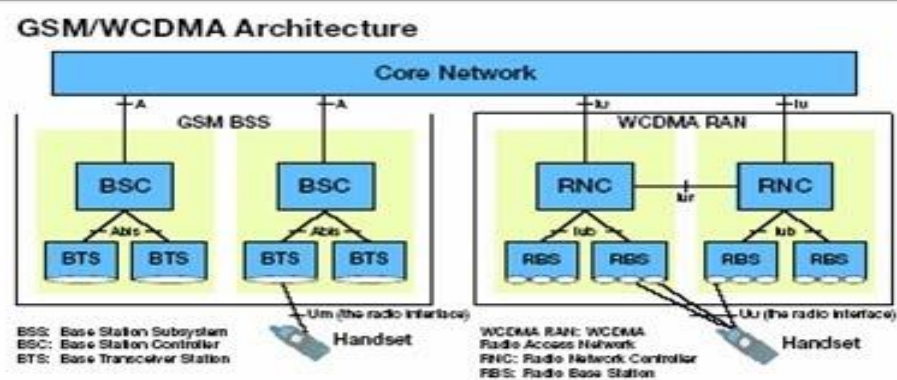
ตารางที่ 2.1 วิวัฒนาการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในแง่เทคโนโลยีตลาดและสินค้า-บริการ

Year	Technology evolution	Market evolution	Products and services
1890s-1910s	Wireless telephony	Maritime	AM, FM radio
1920s-1970s	Pre-cellular	Emergency services Defense markets	AM, FM radio
1983-1991	1G	Industrial markets	Analog cellular
1991-2001	2G	Business markets Mass markets	Digital cellular
2001-present	สามจี	Worldwide consumer Mass markets	Digital/multimedia cellular

[<http://computer-ibot.blogspot.com/2010/08/wcdma.html>]

2.4 สถาปัตยกรรมและหลักการทำงานของระบบ WCDMA

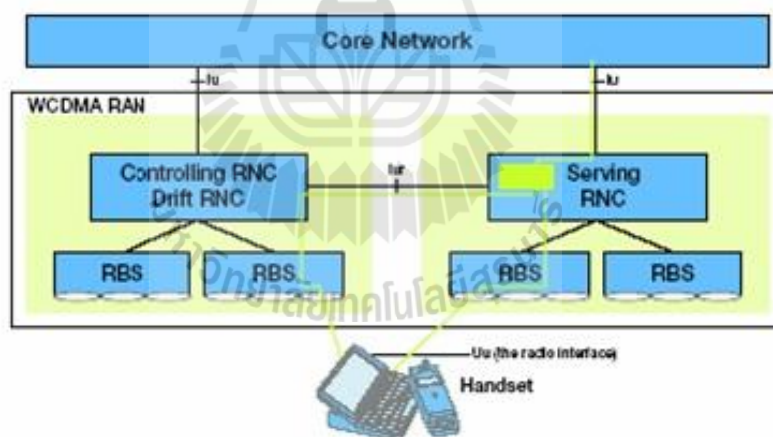
2.4.1 สถาปัตยกรรม WCDMA



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

[ลักษณ์ ชูใจ, 2548]

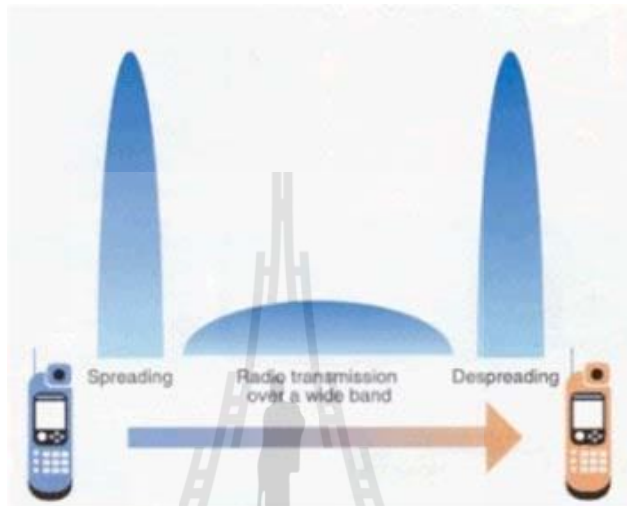
จากรูปที่ 2.2 GSM Base Station Subsystem (BSS) และ WCDMA Radio Access Network (RAN) จะเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระหว่างศูนย์กลางของเครือข่ายกับโทรศัพท์มือถือ จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีนี้สามารถจะใช้ช่องทางในการสื่อสารร่วมกันในส่วนของศูนย์กลางของเครือข่าย นอกจากนั้นแล้วระบบ GSM BSS และ WCDMA RAN อยู่ภายใต้โครงสร้างพื้นฐานของ Cellular radio system จะเห็นได้ว่า GSM Base station Controller (BSC) จะเหมือนกับ Radio Network Controller (RNC) คือหน่วยควบคุมความถี่ของเครือข่าย และ GSM Base Transceiver Station (BTS) ซึ่งทำหน้าที่รับส่งสัญญาณกับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ จะเหมือนกับ WCDMA Radio Base Station (RBS) ในการเชื่อมต่อของ WCDMA มีการพัฒนามาจากระบบ จีเอสเอ็ม ซึ่งจะมีความแตกต่างในรูปแบบของการบริการ โดยจะเห็นได้ว่าระบบ GSM BSS จะมีการเชื่อมต่อระหว่าง Handset กับ BTS ได้จุดเดียวและเชื่อมผ่าน BSC ไปยังศูนย์กลางของเครือข่าย ในขณะที่ระบบ WCDMA RAN จะมีการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กับ RBS ได้หลายจุด (Base station) และระหว่าง RNC ก็สามารถเชื่อมต่อกันได้เพื่อเป็นการแบ่งปันทรัพยากรในการรับ-ส่งข้อมูล โดยในแต่ละเส้นทางของการเชื่อมต่อก็จะมีความเร็วที่สูงกว่า ทำให้การรับ-ส่งข้อมูลทำได้รวดเร็วกว่าระบบ จีเอสเอ็ม เป็นอย่างมาก



รูปที่ 2.2 การเชื่อมต่อของระบบ WCDMA RAN [ลักขมิ ชูใจ, 2548]

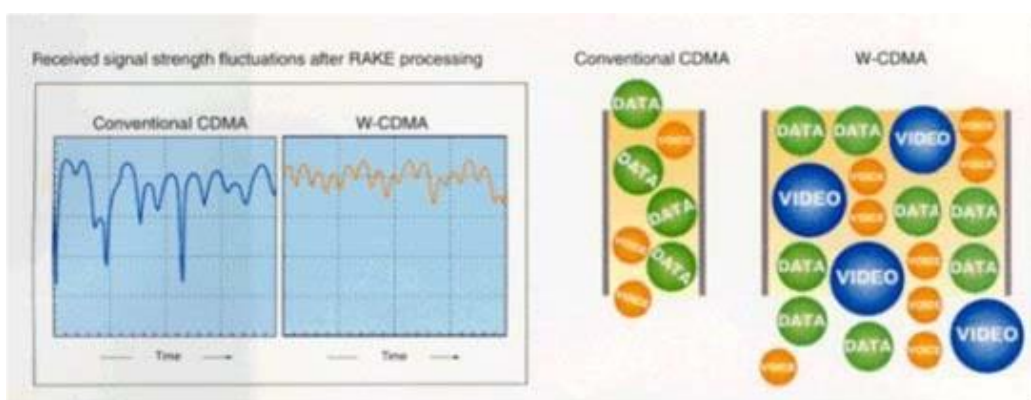
ความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดของระบบ GSM และ WCDMA ก็คือระบบ จีเอสเอ็ม จะมีการจัดการ ผู้ใช้หลายคน โดยใช้เทคโนโลยี TDMA (Time Division Multiple Access) ซึ่งจะมีการแบ่งช่วงเวลา (Timeslots) ในแต่ละช่วงความถี่ออกไปเพื่อให้ผู้ใช้โทรศัพท์สามารถใช้งานได้พร้อมกัน แต่ WCDMA นั้นเป็นการใช้เทคโนโลยี CDMA (Code Division Multiple Access) ซึ่งจะถูกจัดการโดยอุปกรณ์และส่วนควบคุม โดยผู้ใช้แต่ละคนจะมีการแบ่งแยกกันโดยรหัส CDMA คือเทคโนโลยี

เพื่อการเข้าถึงจากผู้ใช้หลายๆ คน โดยจะแบ่งแยกกันด้วยรหัส นั่นคือผู้ใช้ทุกคนสามารถใช้ความถี่เดียวกันในการส่งข้อมูลภายใต้เวลาเดียวกันเป็นการพัฒนาที่รวดเร็วในการจัดการสัญญาณ ซึ่งเทคโนโลยีที่รองรับการใช้งานแบบนี้ ก็คือ WCDMA และ CDMA2000 WCDMA มีพื้นฐานมาจากเทคโนโลยี CDMA ซึ่งเป็นสัญญาณแบบกว้างที่มีความถี่ 5 เมกะเฮิร์ตซ์โดยมีความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล 3.84 เมกะบิตต่อวินาที จะเห็นได้ว่าเร็วกว่า CDMA2000 (1.22 Mbps) ถึง 3 เท่า



รูปที่ 2.3 การส่งข้อมูลใน WCDMA โดยการใช้ Spread Spectrum [ลักษณะ ชูใจ, 2548]

หลักการพื้นฐานของ Spread Spectrum communication คือ การใช้แบนวิทที่สูง เนื่องจากการมีแบนวิทที่ใหญ่จะทำให้ความหนาแน่นของคลื่นต่ำไปด้วย โดยจะทำการแบ่งแยกคลื่นและข้อมูลต่างๆ ของผู้ใช้แต่ละคนด้วยรหัส (code division multiple access)



รูปที่ 2.4 ความแตกต่างระหว่าง CDMA และ W-CDMA [ลักษณะ ชูใจ, 2548]

จากรูปจะเห็นได้ว่า WCDMA ซึ่งมีแบนวิทที่กว้าง ทำให้สามารถส่งข้อมูล เช่น ข้อมูลเสียงและวิดีโอ ไปพร้อมๆกันได้ในขณะที่ CDMA ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากมีแบนวิทที่แคบกว่า ประโยชน์ของการส่งข้อมูลแบบ Wideband ด้วยความเร็วสูง

1. สามารถรองรับ bit rate ที่สูงกว่า
2. การส่งข้อมูลสามารถทำได้ดีกว่า เร็วกว่า และยืดหยุ่นกว่า
3. สมรรถภาพของระยะคลื่น (spectrum) ในการใช้สายโทรศัพท์ดีขึ้น
4. คุณภาพของการบริการดีขึ้น (Higher QoS [Quality of Service คือ คุณภาพของบริการ])
5. การออกแบบของเทคโนโลยีนี้สามารถให้บริการได้พร้อมกันและในเวลาเดียวกัน ซึ่งทำให้การบริการมีคุณภาพมากขึ้น
6. เป็นเทคโนโลยีที่สามารถใช้กันทั่วโลก

2.4.2 เปรียบเทียบระหว่าง อพลิงค์ กับ ดาวนลิงค์

ในระบบ WCDMA เจ็อนใจทางด้านอพลิงค์ก่อนข้างจะมีความแตกต่างไปจากดาวนลิงค์เนื่องจาก ผู้ใช้งานแต่ละคนใช้เครื่องลูกข่ายของตัวเอง ไม่มีการใช้กำลังส่งร่วมกัน ดังนั้นความจุกับพื้นที่การใช้งานไม่มีผลต่อกัน ยกเว้นในเรื่องของสัญญาณรบกวน อันเนื่องมาจากจำนวนผู้ใช้งานมากขึ้น ซึ่งจะมีผลกระทบในทางลบ ทำให้ทั้งความจุและพื้นที่ให้บริการลดลง ดังนั้นการให้บริการภายในอาคาร โดยเฉพาะ มีข้อดีสำหรับทางด้านอพลิงค์คือสัญญาณแทรกสอด ที่มาจากเซลล์ อื่นจะลดน้อยลงนั่นหมายความว่าเราจะได้ความจุมากขึ้น หรือพูดอีกนัยหนึ่งว่า รองรับจำนวนผู้ใช้งานได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับเซลล์มาโครเดิม

2.4.3 การส่งข้อมูลความเร็วสูงต้องการกำลังส่งที่มากกว่า

การบริการของระบบ WCDMA จะถูกกำหนดด้วยกำลังส่ง ทั้งทางด้านอพลิงค์ และ ดาวนลิงค์ การส่งข้อมูลความเร็วสูงต้องการกำลังส่งที่มาจากทั้งสถานีฐานและเครื่องลูกข่ายมากกว่า การส่งข้อมูลความเร็ว ต่ำ โดยทั่วไปแล้วการส่งข้อมูลความเร็วสูงจะใช้งานอยู่กับที่ ส่วนใหญ่จะใช้งานอยู่ภายในอาคาร

2.4.4 การลดโหลดของเซลล์มาโคร

ถ้าผู้ใช้งานส่วนใหญ่ใช้งานในส่วนที่เราทำการจัดไว้ให้ภายในอาคาร โดยเฉพาะจะมีผลทำให้เซลล์มาโครใช้กำลังส่งน้อยลงกว่าเดิมเมื่อเทียบกับบริการเดียวกัน นั่นเซลล์มาโครสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้งานได้มากขึ้น ความจุที่เพิ่มขึ้นนี้จะเพิ่มมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับว่าผู้ใช้งานอยู่ตำแหน่งใดของภายในอาคาร โดยทั่วไปแล้วความจุของระบบจะเพิ่มมากที่สุด เมื่อผู้ใช้งาน

อยู่ตรง บริเวณขอบปลายของเซลล์ความจุของระบบ WCDMA จะขึ้นอยู่กับ กำลังส่งสำหรับ ผู้ใช้งานภายในเซลล์นั้น และระดับของสัญญาณแทรกสอดที่มาจากเซลล์อื่น การแยกเซลล์ออกมา จะทำให้ระดับของสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นลดน้อยลง ผนัง กำแพงหรือว่าโครงสร้างอื่นๆ ภายในอาคาร จะเป็นส่วนช่วยป้องกันสัญญาณแทรกสอดที่มาจากเซลล์อื่น โดยทั่วไปแล้วการแยก เซลล์ออกมาสำหรับพื้นที่ภายในอาคารโดยเฉพาะจะให้ความจุมากกว่า แบบที่ไม่ได้ทำการแยก เซลล์ประมาณ 2-3 เท่า

2.4.5 ข้อดีเมื่อโครงข่ายมีโหลดมากขึ้น

ในช่วงเริ่มต้น โดยทั่วไปจะมีการใช้งานยังไม่มากนัก เนื่องจากผู้ใช้งานยังน้อยอยู่ เมื่อมีการใช้งานมากขึ้น ระบบ WCDMA จะมีขีดจำกัดทางด้านควาน์ลิงค์ ดังนั้นข้อดีของการแยก พื้นที่ให้บริการภายในอาคารจะทำให้ได้พื้นที่บริการมากขึ้น เนื่องจากโหลดของเซลล์มาโคร ลดลง เทียบกับระบบที่ไม่มีการแยกพื้นที่ให้บริการภายในอาคาร ตำแหน่งของผู้ใช้งานจะมีผลต่อ กำลังส่งที่ต้องใช้เนื่องจากการลดทอนของสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก ดังนั้นผู้ ให้บริการจะต้องมีการ เตรียมกำลังส่งเผื่อไว้ (margin) เป็นจำนวนมากให้พอเพียงกับการใช้งาน แต่ ถ้ามีการแยกพื้นที่ให้ บริการภายในอาคารแล้ว ไม่มีความจำเป็นต้องเตรียมกำลังส่งเผื่อไว้ สำหรับ เทคโนโลยี HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) การใช้งานของระบบ HSDPA ก็จะมี คล้ายๆ กับระบบ WCDMA ดังนั้น การแยกพื้นที่ให้บริการภายในอาคารจะมีประโยชน์อย่างมาก

2.4.6 โครงข่ายโทรศัพท์ที่เซลล์ลุดาร์

เพื่อที่จะเข้าใจถึงคุณสมบัติของ W-CDMA มันมีค่าอย่างยิ่งในความทรงจำ ถึงการ ติดต่อสื่อสารโทรศัพท์ที่เซลล์ลุดาร์ว่าทำงานอย่างไร ที่ยิ่งไปกว่านั้น การใช้งานเครื่องส่งวิทยุที่มีกำลัง ส่งจำนวนน้อยที่สุดนั้น ควรจะเตรียมบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่จำกัดจำนวนลูกค้ามาก บนพื้นที่ ให้บริการขนาดใหญ่การติดต่อสื่อสาร โทรศัพท์ที่เซลล์ลุดาร์ ได้แบ่งพื้นที่การให้บริการ ไปสู่เซลล์ จำนวนมาก ที่รองรับ โดยมีกำลังส่งต่ำ และตัวควบคุมที่เราเรียกว่า สถานีฐาน (Base Station) นั้น หมายความว่า ผู้ให้บริการสามารถที่จะนำความถี่ ที่ได้รับการจัดสรรที่มีราคาแพง นำกลับมาใช้งาน ใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับจำนวนของเซลล์ ที่พวกเขาได้สร้างขึ้นมา บนโครงข่ายของพวกเขา ลักษณะอาการของการนำกลับมาใช้งานใหม่เป็นแฟลคเตอร์หนึ่ง ที่แตกต่างกับเทคโนโลยีโทรศัพท์ เซลล์ลุดาร์หลายชนิดในระดับล่างนั้นคือ การเข้าถึงโทรศัพท์ที่เซลล์ลุดาร์สามารถเลือกผู้ให้บริการเพื่อ เตรียมบริการที่มากกว่า ไปสู่ประชาชนจำนวนมาก

2.5 เทคโนโลยี UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

เป็นเครือข่ายในยุค สามจี ที่มีพัฒนาการมาจากเครือข่าย GSM GPRS และ EDGE ซึ่งหลาย ๆ ครั้งอาจเรียกได้ว่าเป็นเครือข่าย W-CDMA โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานด้านการรับ-ส่งข้อมูลที่มากขึ้นของลูกค้า เครือข่าย UMTS นั้นจะมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงถึง 2 เมกะบิตต่อวินาที ซึ่งมีความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลที่มากกว่าเครือข่าย EDGE ที่ให้บริการในปัจจุบันถึง 4 เท่า ด้วยเหตุนี้เอง เครือข่าย UMTS จึงเป็นเครือข่ายที่ผู้ให้บริการทั้งหลายต่างคาดหวังว่าจะมาช่วยตอบสนองความต้องการด้านการใช้ข้อมูลของลูกค้า รวมทั้งสร้างรายได้ให้แก่บริษัทเป็นจำนวนมาก

มาตรฐานของ UMTS ในปัจจุบันนั้นมีการเผยแพร่ออกมาแล้ว 4 มาตรฐานด้วยกัน โดยหน่วยงาน สามจีPP (สามจี Partnership Project) รับผิดชอบในการออกแบบมาตรฐานต่าง ๆ ซึ่งประกอบไปด้วย

Release 99 เป็นมาตรฐานใช้งานที่เพิ่มเติมจากเครือข่าย GPRS และ EDGE โดยจะมีการเพิ่มเติมอุปกรณ์ในส่วนของ BSS (Base Station Subsystem) ซึ่งเป็นส่วนที่ดูแลการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการกับเครือข่ายของผู้ให้บริการ โดยกลุ่มของอุปกรณ์ที่เพิ่มเติมขึ้นมานั้นมีชื่อเรียกว่า UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network)

- Release 4 เป็นมาตรฐานที่เพิ่มเติมในส่วนของ Core-Network โดยจะมีการนำเครือข่ายแบบ ATM (Asynchronous Transfer Mode) และ IP ซึ่งเป็นการรับ-ส่งข้อมูลแบบเป็น Packet เข้ามาใช้งานแทนเครือข่ายแบบ Circuit Switched ที่ใช้งานอยู่ในเครือข่าย จีเอสเอ็ม ในปัจจุบัน
- Release 5 เป็นมาตรฐานที่เพิ่มเติมในส่วนของ IMS (IP Multimedia Service) โดยการทำงานของ IMS จะช่วยให้การใช้งานแบบ Multimedia ในลักษณะของ Person to Person มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น
- Release 6 เป็นมาตรฐานที่ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงระบบมากนัก เพียงแต่เพิ่มความสามารถในการทำงานของการจดจำคำพูด (Speech Recognition), Wi-Fi / UMTS inter-working (การสื่อสารระหว่างเครือข่าย Wireless LAN กับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่)

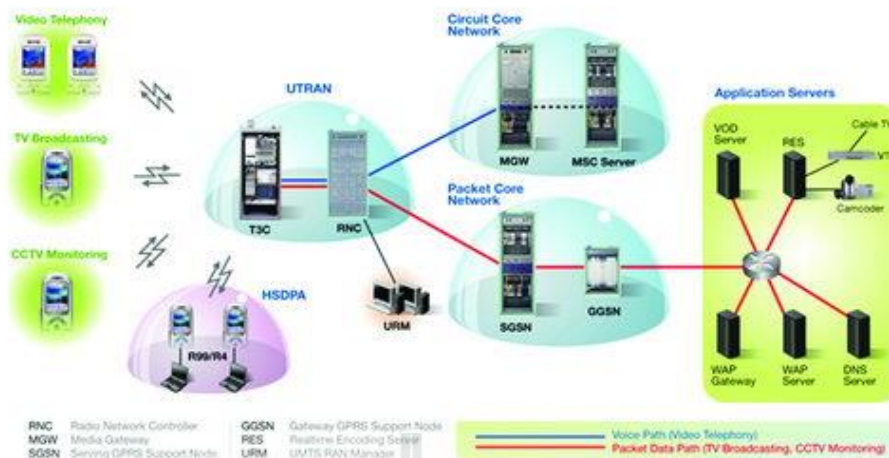
2.6 เทคโนโลยี HSPA (High-Speed Packet Access)

เทคโนโลยี HSPA (High-Speed Packet Access) ถูกพัฒนามาจาก UMTS (WCDMA) HSPA เป็น Packet หรือ Protocol ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อเพิ่มความสามารถในการส่งข้อมูล HSPA มีสองมาตรฐานคือ HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) และ HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) แต่เฉพาะ HSDPA เท่านั้นที่ถูกนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากปกติแล้วผู้ใช้งานเน้นไปทางดาวน์โหลดมากกว่า

2.6.1 เทคโนโลยี HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)

HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) คือเทคโนโลยีซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพข้อมูลในดาวน์ลิงค์ ให้แก่โอปเปอเรเตอร์บรอดแบนด์ไร้สาย และก่อให้เกิดการให้บริการข้อมูลยุคหน้า ในปัจจุบันเทคโนโลยีนี้ได้ถูกใช้อย่างแพร่หลายโดยโอปเปอเรเตอร์ทั่วโลก ผนวกกับประสิทธิภาพข้อมูลสูงในดาวน์ลิงค์ ด้วยอัตรารับส่งข้อมูลสูงสุดกับความจรรยาบรรณที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพต่ำที่เพิ่มประสิทธิภาพขึ้นอย่างมาก รวมทั้งการเชื่อมต่อกับงบประมาณที่ลดลงและพื้นที่ครอบคลุมมากขึ้น รวมทั้งศักยภาพประสิทธิภาพสูงของเซลล์ HSDPA คือ ช่องสัญญาณข้อมูล Packet ความเร็วสูง ดาวน์ลิงค์ ใหม่ ที่ถูกแนะนำว่าเป็นส่วนหนึ่งของ Release 5 ซึ่งเป็นส่วนขยายต่อของเทคโนโลยี WCDMA ซึ่งเป็นส่วนบนสุดของช่องสัญญาณปกติของ WCDMA ชื่อสัญญาณ Release 5 ได้รับการออกแบบเพื่อสนับสนุนผู้ใช้ HSDPA หรืออย่างทางเลือกที่ HSDPA สามารถถูกใช้โดยเฉพาะในชื่อสัญญาณของตนเองเป็นเทคโนโลยีในการสื่อสารข้อมูลที่รวดเร็วกว่า EDGE ภายใต้เครือข่ายแบบ UMTS เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งผ่านข้อมูลที่รวดเร็ว และเพิ่มช่วงกว้างของข้อมูลมากขึ้น โดยในปัจจุบันเทคโนโลยี HSDPA รองรับความสามารถในการส่งผ่านข้อมูล 1.8 เมกะบิตต่อวินาที 3.6 เมกะบิตต่อวินาที 7.2 เมกะบิตต่อวินาที และดาวน์ลิงค์ความเร็ว 14.4 เมกะบิตต่อวินาที (การเชื่อมต่อ EDGE จะมีหน่วยวัดความเร็วเป็น “กิโลบิตต่อวินาที” ส่วน HSDPA จะมีความเร็วในระดับ “เมกะบิตต่อวินาที” เลยทีเดียว) เรียกได้ว่าเร็วกว่า EDGE ปัจจุบัน HSDPA รองรับการส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงถึง 1.8 – 14.4 เมกะบิตต่อวินาทีที่มีผู้ให้บริการ HSDPA ในต่างประเทศบางรายให้บริการดาวน์โหลดข้อมูลสูงถึง 30 กิกะไบต์ ต่อเดือน หรือ 300 นาทีของโทรทศน์ผ่านโทรศัพท์มือถือ และ HSDPA ยังถูกพัฒนาต่อไปเป็น HSPA Evolved ที่สามารถส่งข้อมูลได้ถึง 42 เมกะบิตต่อวินาที

HSDPA ใช้ WCDMA เพื่อยกระดับประสิทธิภาพใหม่ที่สามารถสนับสนุนแอปพลิเคชันบรอดแบนด์ได้เพิ่มขึ้นกับกำหนดเวลาที่ต่ำลง ระยะเวลาการดีเลย์ที่สั้นกว่าและเวลาโต้ตอบของเครือข่ายที่เร็วขึ้นและ QoS ที่ดีกว่าสำหรับข้อมูล



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของเครือข่าย HSDPA [www.itharem.com]

2.6.2 เทคโนโลยี HSUPA (High Speed Uplink Packet Access)

HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) เป็นโหมตมาตรฐานใน Release 6 ที่เพิ่มประสิทธิภาพของ HSDPA สู่ฟังก์ชันแนะนำช่องสัญญาณทางกายภาพใหม่ที่เรียกว่า Enhanced Dedicated Channel (E-DCH) ซึ่งสำคัญในการก่อให้เกิดชุดของการส่งเสริมการเพิ่มประสิทธิภาพ อัฟลิงค์ สูงสุด HSUPA รวบรวมความคิดและหลักการที่คล้ายกับ HSDPA

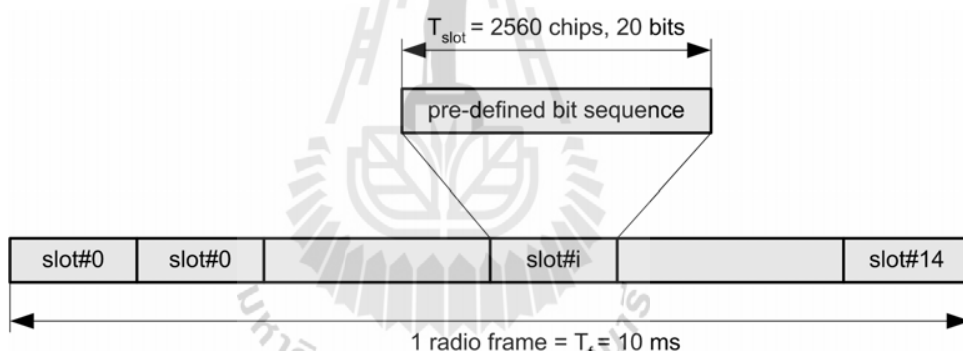
HSUPA จะทำให้อัตรารับส่งข้อมูลได้สูงสุดถึง 5.67 เมกะบิตต่อวินาที และเกือบจะสองเท่าของความจุและประสบความสำเร็จอย่างมากในการปรับปรุงอัตราความเร็วข้อมูลของผู้ใช้ เทคนิคเพิ่มเติม HSUPA ยังลดระยะเวลาดีเลย์แพ็คเกจอย่างมาก สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมของ QoS สำหรับการใช้ทรัพยากรระบบอัฟลิงค์ ที่ดีขึ้น HSUPA ทำให้การควบคุมทรัพยากรของสถานีฐานดีขึ้นรวมทั้งการกำหนดรายการที่รวดเร็วสำหรับการปรับปรุงอัฟลิงค์มากที่สุด คล้ายกับ HSDPA ในดาวน์ลิงค์ HSUPA ที่เพิ่มประสิทธิภาพอัฟลิงค์นอกเหนือไปจากโหมต HSDPA ที่ใช้เทคโนโลยี WCDMA เพื่อทำงานด้วยกันในระดับใหม่ ในการให้บริการที่ดีที่สุดของบรอดแบนด์ไร้สาย การรวมเข้าด้วยกันของ HSDPA และ HSUPA ซึ่งถูกกำหนดเป็น HSPA ได้ให้การสนับสนุนที่ดีกว่าสำหรับแอปพลิเคชันที่ไวต่อการดีเลย์ อาทิเช่น VoIP, Video telephony และแอปพลิเคชันเกมมากมาย HSPA ได้เพิ่มประสบการณ์ที่ดีอย่างมากแก่ผู้ใช้ในการใช้อัฟลิงค์ และแอปพลิเคชันต่างๆ อาทิเช่น การส่งไฟล์งานและการส่งวิดีโอและรูปภาพ อนาคตของ HSPA จะถูกพัฒนาไปเป็น HSOPA ที่สามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วในการดาวน์โหลดสูง

ถึง 100 เมกะบิตต่อวินาทีและอัตรา 50 เมกะบิตต่อวินาทีแต่ HSOPA ไม่ได้ใช้เทคโนโลยี WCDMA

2.7 ช่องสัญญาณในระบบสามจี

2.7.1 ช่องสัญญาณ CPICH (Common Pilot Channel)

CPICH เป็นช่องสัญญาณที่ไม่ได้มีการมอดูเลต และจะมีรหัสสแกนบดิงเป็นสัญญาณแทรกสอดกันภายในเซลล์ และเป็นช่องสัญญาณที่ผู้ใช้งานใช้ในการประมาณสัญญาณของ CPICH ที่ใช้ในการตัดสินใจการเลือกรับการให้บริการเซลล์ไหน โดยที่ช่องสัญญาณ CPICH ไม่ได้มีข้อมูลข่าวสารส่งมาแต่อย่างใดมีเพียงเวลาอ้างอิงว่าสัญญาณนำร่องจากเซลล์ไหนพบบ่อยสุดและแรงสุดเท่านั้น ช่องสัญญาณ CPICH เป็นช่องสัญญาณที่ใช้ในการคำนวณลิงค์ เป็นช่องทางกายภาพสำหรับโหมด FDD และมีการกำหนดลำดับบิตข้อมูลไว้กับอัตราการส่งข้อมูลคงที่ คือที่ 30 kbps (SF=256)



รูปที่ 2.6 เฟรมของช่องสัญญาณ CPICH

[Project 08R2-HFumts Commissioned by Swiss Agency for the Environment, 2004]

ช่องสัญญาณ CPICH มี 2 ชนิดคือ: primary และ secondary CPICH; โดยทั้ง 2 ชนิดนี้มีความแตกต่างและใช้งานในลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน

2.7.1.1 ช่องสัญญาณ Primary CPICH (P-CPICH)

- ใช้รหัสช่องสัญญาณอย่างสม่ำเสมอ (first orthogonal code)
- คือช่องสัญญาณที่ใช้รหัสสแกนบดิงเป็นปseudorandom code
- มีเพียงสัญญาณ P-CPICH สัญญาณเดียวต่อเซลล์
- ช่วยให้มีการส่งพลังงานอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สัญญาณ CPICH ไปยังขอบเซลล์

2.7.1.2 ช่องสัญญาณ Secondary CPICH (S-CPICH)

- ใช้รหัสช่องสัญญาณที่ SF=256
- คือช่องสัญญาณที่ใช้รหัสสแกนบดเป็นปฐมภูมิหรือทุติยภูมิ
- มี 0, 1 หรือมากกว่าของช่องสัญญาณ S-CPICH ที่มีอยู่ต่อเซลล์
- ไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณควบคุมทั้งเซลล์ (use power control)

P-CPICH เป็นสิ่งที่สำคัญมากเพราะโทรศัพท์มือถือต้องการที่จะใช้ในการจัดการและควบคุมการทำแฮนด์โอเวอร์ และใช้ในการเลือกและทิ้งเซลล์ การใช้งานของ CPICH เพื่อประเมินการรองรับของระดับค่าเฉลี่ยภายในเซลล์ ตามกฎข้อบังคับของ CPICH ที่สามารถปรับสมดุลของโหลดระหว่างเซลล์ไซต์ที่ต่างกันได้ ถ้ามีการลดลงของค่า CPICH ตามขอบเซลล์มากๆ จะมีการย้ายไปใช้บริการเซลล์ข้างๆ แทน ในทางกลับกันถ้ามีค่า CPICH มากก็จะถูกดึงมาใช้งานในเซลล์นี้ CPICH ไม่ใช่ช่องสัญญาณที่นำส่งข้อมูลในระดับสูงๆ ในความเป็นจริงจะมีช่องสัญญาณขนส่งจับคู่กับช่องสัญญาณ CPICH อีกที พลังงานของช่องสัญญาณ CPICH จะถูกกำหนดโดยค่าแฟกเตอร์ระหว่างพลังงานของ CPICH และพลังงานสูงสุดของเซลล์ ค่าที่เป็นไปได้สำหรับค่าแฟกเตอร์นี้จะอยู่ในช่วง 1% ถึง 30% ของพลังงานภายในเซลล์ ส่วนใหญ่จะอยู่ที่ 10%-15% สำหรับเซลล์ไมโคร (medium traffic) และ 1%-5% สำหรับเซลล์มาโคร (high traffic) ถ้าหากผู้ให้บริการไม่เปลี่ยนการครอบคลุมพื้นที่ของเซลล์ พลังงานของช่องสัญญาณ CPICH จะมีความทนและมั่นคงต่ำกว่า 0.5 dB

2.7.2 ช่องสัญญาณ CCPCH (Common Control Physical Channel)

CCPCH ประกอบด้วย 2 ช่องสัญญาณคือ ช่องสัญญาณปฐมภูมิ (P-CCPCH) และ ทุติยภูมิ (S-CCPCH) โดยที่ช่องสัญญาณปฐมภูมิ (P-CCPCH) เป็นช่องสัญญาณที่เป็นตัวนำข้อมูลและเผยแพร่ข้อมูลของช่องสัญญาณบอร์คคาส (BCH) มันจะต้องมีการรับและตีมอดดูเลตภายในพื้นที่เซลล์ทั้งหมด P-CCPCH มีอัตราบิตคงที่ของ 30 กิโลบิตต่อวินาที (เอสเอฟ 256) และไม่ได้มีการควบคุมการใช้พลังงานได้อย่างรวดเร็ว และมีอีกอย่างน้อยหนึ่งช่องสัญญาณทุติยภูมิ (S-CCPCH) คือมันนำข้อมูลของช่องทางการขนส่งอื่นๆ (FACH และ PCH) อัตราการส่งข้อมูลไม่คงที่และไม่มีการทำ fast power control

2.7.3 ช่องสัญญาณ SCH (Synchronization Channel)

ช่องสัญญาณ synchronization เป็นสิ่งจำเป็นในการค้นหาเซลล์ ช่องสัญญาณ synchronization ประกอบไปด้วยช่องสัญญาณปฐมภูมิและทุติยภูมิ โดยที่ช่องสัญญาณปฐมภูมิ SCH (P-SCH) ใช้ลำดับการแพร่กระจายเดียวกันของ 256 ชิปในแต่ละเซลล์ (ไม่มีการมอดดูเลต) เมื่อมีหลายๆเซลล์ที่อยู่บนผู้ให้บริการเดียวกันแล้ว P-SCH ถูกส่งด้วยการกำจัดขึ้นตอนระหว่าง

เซลล์ ช่องสัญญาณทุดิชยูมิ SCH (S-SCH) ใช้รหัส synchronization แตกต่างกัน หลังจากเซลล์มีการ synchronization แล้ว โทรศัพท์มือถือจะได้รับข่าวสารเกี่ยวกับรหัสสแกนบล็อก (ดูได้จาก UTRAN scrambling codes) กระบวนการ synchronization จะดำเนินการเพียงครั้งเดียวในขณะที่มีการเชื่อมต่อกับเซลล์ใหม่ อีกนัยหนึ่งคือมีข้อมูลข่าวสารเพียงพอแล้ว และหลีกเลี่ยงการดำเนินการที่ไม่เกิดประโยชน์ของช่องสัญญาณ synchronization

2.7.4 ช่องสัญญาณ AICH (Acquisition Indicator Channel)

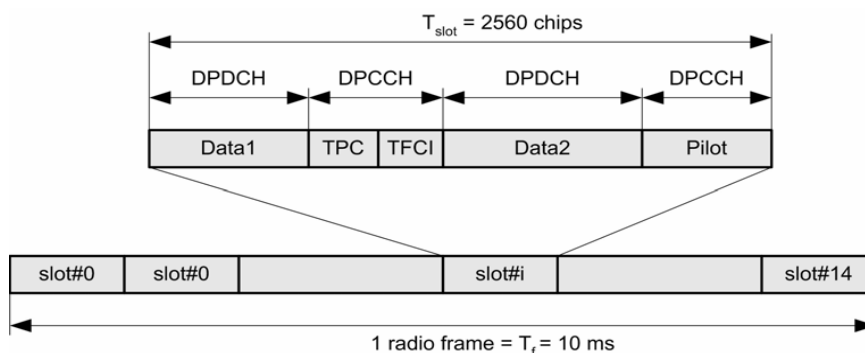
ช่องสัญญาณ AICH เป็นช่องสัญญาณชั้นกายภาพ มันเป็นเหมือนช่องสัญญาณสะท้อนอัมพลิจูดของช่องสัญญาณ RACH (random access channel) AICH ถูกควบคุมโดยตรงจากเซลล์ เพราะมีการปฏิบัติตาม RACH อย่างเร็วมาก SF ของช่องสัญญาณนี้คือ 256 และเช่นเดียวกับช่องสัญญาณอื่น ๆ ก็มีไปถึงขอบของเซลล์ ดังนั้นจะไม่มีการทำ fast power control

2.7.5 ช่องสัญญาณ PICH (Paging Indicator Channel)

ช่องสัญญาณ PICH เป็นช่องสัญญาณทางกายภาพที่นำข่าวสารข้อมูลของช่องสัญญาณ PCH มันจะจัดการสแตนด์บายและปลายทางการโทร SF ของช่องสัญญาณนี้คือ 256 และเช่นเดียวกับช่องสัญญาณอื่น ๆ ก็มีไปถึงขอบของเซลล์ ดังนั้นจะไม่มีการทำ fast power control

2.7.6 ช่องสัญญาณ DCH (Dedicated Channel)

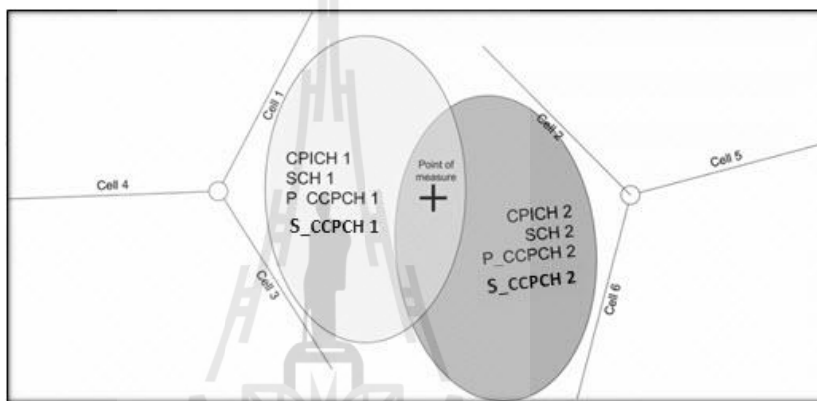
ในคานัลลิงค์เพียงหนึ่งชนิดของช่องทางเฉพาะที่มีอยู่ที่คือ DPCH คานัลลิงค์ (dedicated physical channel) DPCH สามารถมองเห็นเป็นช่วงเวลาที่มัลติเพล็กซ์ของ DPDCH (dedicated physical data channel) และ DPCCH (dedicated physical control channel) รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของเฟรม DPCH แต่ละช่องสอดคล้องกับระยะเวลาของการควบคุมพลังงานในคานัลลิงค์ ค่า SF อยู่ระหว่าง 4 และ 512



รูปที่ 2.7 เฟรมของช่องสัญญาณ DPCH

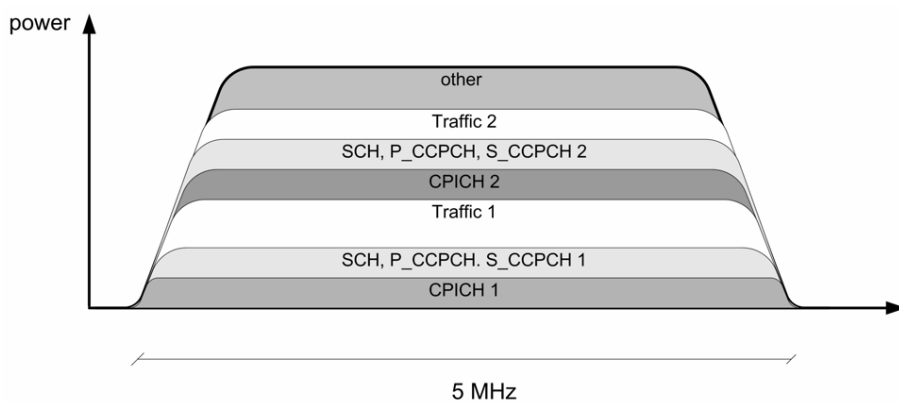
2.8 วิธีการวัดสัญญาณบนโดเมนความถี่

ในทางปฏิบัติ ในการวัดสัญญาณนั้นจะได้รับสัญญาณจากช่องสัญญาณ CPICH ของหลายๆเซลล์และสัญญาณทั้งหมดของแต่ละเซลล์ (SCH, CCPCH) และนอกจากนี้รวมไปถึงช่องสัญญาณอื่นที่เป็นข้อมูลของกราฟฟิกทั้งหมด สำหรับตัวอย่างนี้ จากสถานการณ์ดังในรูป 2.8 และผลของสเปกตรัมที่ได้จะมีส่วนประกอบประมาณดังในรูปที่ 2.9 จะแสดงให้เห็นถึงสเปกตรัมที่เกิดขึ้นและช่องสัญญาณที่ถูกวัดค่าได้จากจุดวัดสัญญาณ



รูปที่ 2.8 สถานการณ์ที่มี 2 เซลล์ติดกัน

[Project 08R2-HFumts Commissioned by Swiss Agency for the Environment, 2004]



รูปที่ 2.9 สเปกตรัม WCDMA ของ 2 เซลล์

[Project 08R2-HFumts Commissioned by Swiss Agency for the Environment, 2004]

2.9 ปรัชญ์นั้วรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากทฤษฎีที่กล่าวไปในหัวข้อก่อนหน้านี้แล้วนั้น เรายังทำการสำรวจปรัชญ์นั้วรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยได้พอสังเขป ได้ดังนี้

จากการสำรวจปรัชญ์นั้วรณกรรมงานวิจัยของ Stasiak, Maciej, Mariusz Glabowski, and Slawomir Hanczewski, 2012 ได้ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดของ Erlang's และวิธีการคำนวณหาสัญญาณแทรกสอดที่มาจากเซลล์อื่นในระบบเครือข่าย UMTS โดยการแทนค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม เมื่อสรุปโดยรวมแล้วปรัชญ์นั้วรณกรรมนี้ได้มุ่งเน้นในการคำนวณหาสัญญาณแทรกสอดที่มาจากเซลล์อื่นๆเพื่อที่จะยืนยันแนวคิดเท่านั้น โดยไม่ได้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดสัญญาณจริงเป็นเพียงการเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมอาจจะทำให้มีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้

จากการสำรวจปรัชญ์นั้วรณกรรมงานวิจัยของ Stasiak, Maciej, 2012 ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจำลองโมเดลเพื่อใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบโทรศัพท์ 2G สามจี และ 4G เมื่อสรุปโดยรวมแล้วปรัชญ์นั้วรณกรรมนี้ได้มุ่งเน้นการสร้างแบบจำลองในการควบคุมทราฟฟิกโหลดโดยให้เครื่องกลที่มีสมองกลคู่กัน โดยงานวิจัยนี้สนใจจะแก้ปัญหาในการเข้าถึง IP ของระบบ สามจี และ 4G แต่อย่างไรก็ตามการควบคุมปริมาณทราฟฟิกโดยสมองกลนี้ยังคงช่วยแก้ปัญหาของระบบสามจี ยังไม่ได้ในปัจจุบัน เพราะไม่ได้นึกถึงสัญญาณแทรกสอดซึ่งเป็นปัญหาหลักๆของการมีปริมาณทราฟฟิกที่เพิ่มขึ้นและก่อให้เกิดคุณภาพของสัญญาณต่ำ

จากการสำรวจปรัชญ์นั้วรณกรรมงานวิจัยของ Alami, Fadoua Thami, Noura Aknin, and Ahmed El Moussaoui. ได้ศึกษาเกี่ยวกับการผลกระทบของสัญญาณแทรกสอดที่เกิดจากเซลล์ข้างเคียง ที่มีผลต่อความจุของระบบ WCDMA และค่า QOS แต่เนื่องจากเป็นเพียงการคำนวณตามแบบจำลองโดยแทนค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเท่านั้น ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์ในสถานการณ์ตามพารามิเตอร์จริงที่ได้จากการทดสอบสัญญาณ อาจจะทำให้เกิดค่าผิดพลาดได้

จากปรัชญ์นั้วรณกรรมที่เกี่ยวข้อง สรุปแล้วพบว่ายังไม่ม้งานวิจัยใดที่สนใจและพยายามจะวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสำหรับเครือข่ายสามจีโดยใช้ข้อมูลทราฟฟิกและจากผลไคร์ฟเทสท์ และนำข้อมูลที่ได้มาทำการปรับโหลดของทราฟฟิก จะทำให้เราเห็นสภาวะจริงว่าคุณภาพของสัญญาณเป็นอย่างไรเมื่อมีโหลดของทราฟฟิกเปลี่ยนแปลงไป และยังสามารถทำนายเหตุการณ์ล่วงหน้าว่าสถานีฐานที่อยู่ในพื้นที่

ดังกล่าวสามารถรองรับข้อมูลกราฟิกได้อีกมากขึ้นเพียงใดก่อนที่พื้นที่นั้นจะไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้ และคาดเดาถึงจุดเสี่ยงที่อาจจะเกิดค่าคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำเนื่องจากสัญญาณแทรกสอด

2.10 สรุป

ในเนื้อหาทั้งหมดของบทที่สองได้กล่าวถึงเทคโนโลยีการสื่อสาร ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยประกอบไปด้วยเทคโนโลยีหลักที่สำคัญนั่นคือเทคโนโลยี WCDMA เทคโนโลยี UMTS เทคโนโลยี HSPA ที่เป็นเทคโนโลยีของระบบสื่อสารเคลื่อนที่ในยุคที่ 3 และได้อธิบายถึงช่องสัญญาณต่างๆของระบบสามจีว่าแต่ละช่องสัญญาณทำงานและแตกต่างกันอย่างไร หลังจากนั้นเป็นการอธิบายการวัดสัญญาณพร้อมการวิเคราะห์สเปกตรัมที่ได้ตามทฤษฎี ในส่วนสุดท้ายเป็นการกล่าวถึงการสำรวจประสิทธิภาพที่ทำการสำรวจมา จากทฤษฎีและการสำรวจประสิทธิภาพนี้จะนำไปทำการออกแบบเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกราฟิกที่ได้จากเซลล์ไซต์กับค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากผลโด๊ปเทสท์ เพื่อที่จะคำนวณค่าค่าคุณภาพของสัญญาณ และทำการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดต่อไป



บทที่ 3

การออกแบบสมการความสัมพันธ์ เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรก

สอด

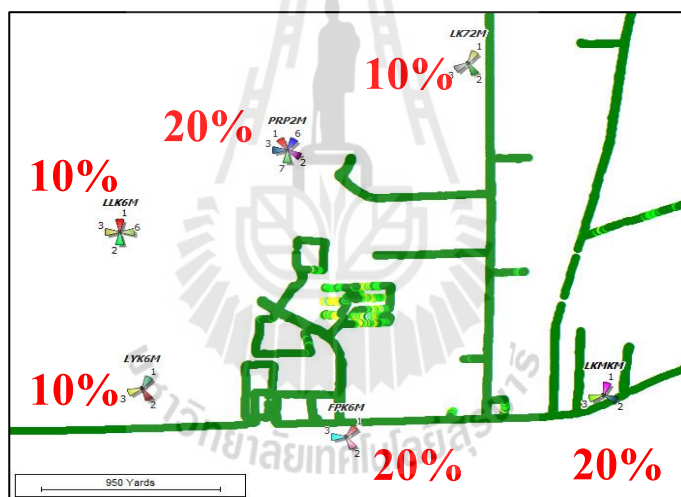
3.1 กล่าวนำ

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง การออกแบบสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่าง ข้อมูลกราฟฟิกและพารามิเตอร์ของผล ไร่ฟเทศท์ ที่ใช้ในการคำนวณค่าคุณภาพของสัญญาณที่มีการปรับ โหลด เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด ในส่วนของการออกแบบสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวเราจะใช้การวิเคราะห์สเปกตรัม ของสัญญาณแต่ละเซลล์ไซต์เพื่อทำการหาความสัมพันธ์แล้วสังเคราะห์ออกมาเป็นสมการ โดยจะใช้ข้อมูลสถิติจากเซลล์ไซต์กับพารามิเตอร์ของผล ไร่ฟเทศท์ในการป้อนค่าลงในสมการเพื่อคำนวณค่าคุณภาพของสัญญาณเมื่อทำการปรับ โหลดในสมการ ในงานวิจัยนี้จะคำนวณค่าคุณภาพของสัญญาณโดยใช้โปรแกรมแมทแลบในการคำนวณ และใช้ในการพล็อตค่าคุณภาพของสัญญาณลงเป็นพื้นที่ เหมือนกับค่าที่ได้การทำ ไร่ฟเทศท์จริง จะทำให้เห็นพื้นที่ที่มีผลกระทบเมื่อมีการปรับ โหลด และใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงที่อาจจะเกิดสัญญาณแทรกสอดขึ้นได้ โดยตอนท้ายของบทนี้ได้ทำการแสดงให้เห็นถึงการพล็อตค่าคุณภาพของสัญญาณที่คำนวณได้จากสมการที่ทำการออกแบบและจากผลที่ทำการ ไร่ฟเทศท์ เพื่อยืนยันความถูกต้องของสมการ

3.2 ปัญหาที่พบในปัจจุบันซึ่งอยู่ในความสนใจ

ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 1 มีหลายงานวิจัยทำการศึกษาการแก้ไขปัญหาสัญญาณแทรกสอดในระบบ โทรศัพท์เคลื่อนที่ และมีหลากหลายบริษัทและหน่วยงานที่เป็นผู้ให้บริการด้าน โทรศัพท์เคลื่อนที่พยายามที่จะศึกษาและหาวิธีเพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นที่ที่ไม่สามารถใช้งาน โทรศัพท์ได้ในพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสูงๆ แต่ถึงอย่างไรการแก้ไขปัญหาในปัจจุบันยังเป็นการแก้ไขปัญหาที่ปลายเหตุ กล่าวคือเมื่อเกิดสัญญาณแทรกสอดสูงๆขึ้นแล้ว จนมีผู้ใช้งานร้องเรียนว่าไม่สามารถที่จะใช้งาน โทรศัพท์ได้ในจุดนี้ จึงจะมีการออกไปทดสอบค่าของคุณภาพสัญญาณแล้วทำการแก้ไข ซึ่งยังไม่มียานวิจัยใดที่จะสนใจแก้ปัญหาที่ก่อนจะเกิดเหตุการณ์เหล่านั้น เช่น การรับรู้ล่วงหน้าว่าเมื่อจะมีการจัดงานกิจกรรมต่างๆหรือข้อมูลกราฟฟิกที่จุดๆนั้นเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดผลกระทบของคุณภาพสัญญาณที่บริเวณใด และจะเกิดการก้องกันของสัญญาณแทรกสอดสูงๆ

ที่บริเวณใด และเมื่อไรที่บริเวณที่เป็นจุดเสี่ยงจะไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์มือถือได้ รวมไปถึงการเตรียมการล่วงหน้าก่อนที่พื้นที่เสี่ยงจะเกิดสัญญาณแทรกสอดสูงๆ ดังรูปที่ 3.1 จะแสดงให้เห็นถึงข้อมูลกราฟฟิกแต่ละไซต์ว่ามีค่าเท่าไรโดยประมาณ และมีการทำการไคร์ฟเทสที่ได้ค่าคุณภาพที่ดีมากดังจะแสดงให้เห็นเป็นเส้นทางสีเขียว ซึ่งสีเขียวบ่งบอกถึงค่าคุณภาพของสัญญาณมีค่ามากกว่า -6 dB แต่เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของข้อมูลกราฟฟิกของไซต์ใดไซต์หนึ่ง หรือในทุกๆ ไซต์ ค่าคุณภาพของสัญญาณจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่แย่ลงแน่นอน เนื่องจากเมื่อมีข้อมูลกราฟฟิกเพิ่มขึ้น สัญญาณแทรกสอดก็จะเพิ่มตามไปด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จะจำลองเหตุการณ์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลกราฟฟิกและพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบสัญญาณมาเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการคำนวณค่าคุณภาพของสัญญาณที่มีการปรับข้อมูลกราฟฟิกแล้ว เพื่อที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่อาจจะเกิดความเสี่ยงที่จะเกิดสัญญาณแทรกสอดสูงๆจนไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้

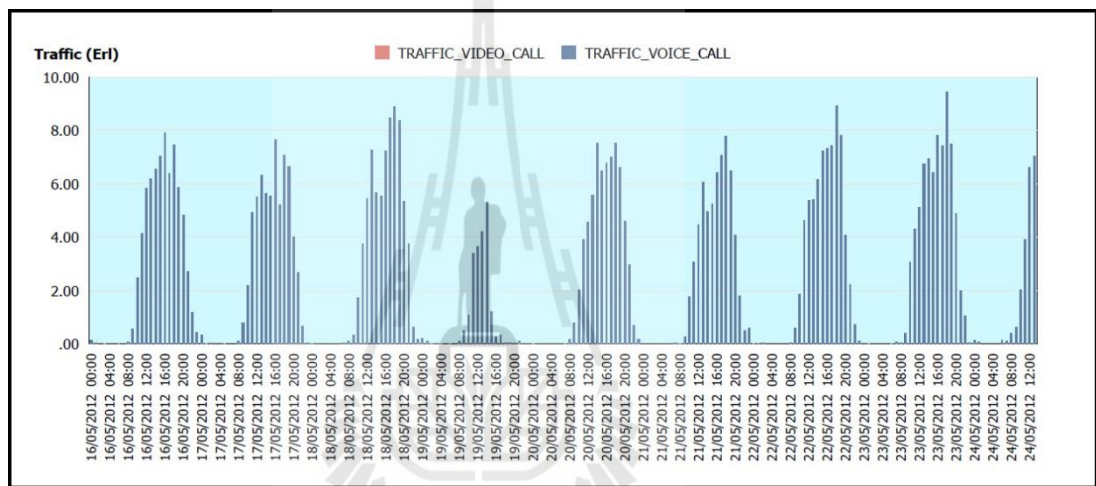


รูปที่ 3.1 ผลไคร์ฟเทสและข้อมูลกราฟฟิกแต่ละไซต์

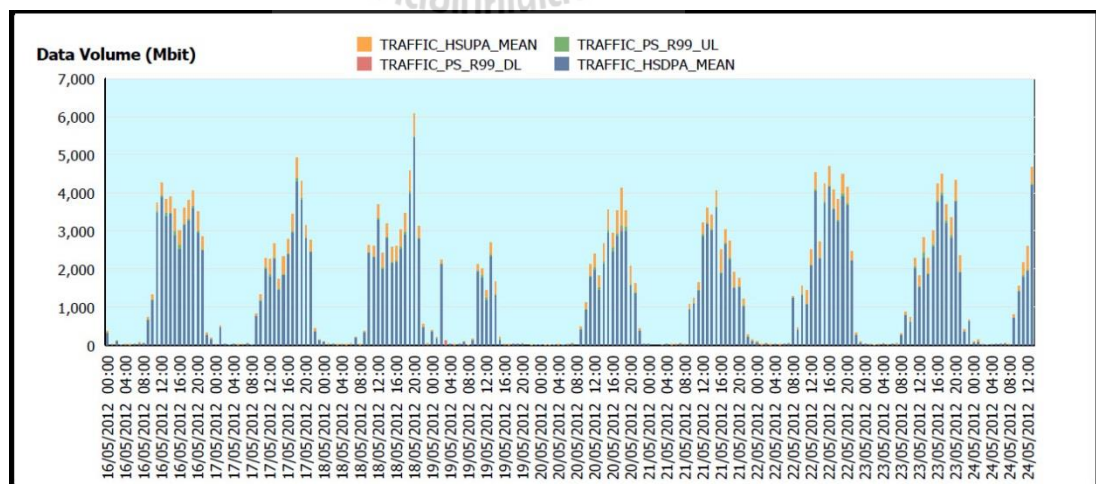
3.3 ข้อมูลกราฟฟิก

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงข้อมูลกราฟฟิก ซึ่งก็คือข้อมูลทางสถิติที่ถูกเก็บค่าและบันทึกไว้ของแต่ละเซลล์ไซต์ในช่วงเวลาต่างๆ ข้อมูลกราฟฟิกที่เก็บค่าได้จะประกอบไปด้วย กราฟฟิกของการใช้งานโทรด้วยเสียง โทรด้วยวิดีโอ ดังที่แสดงในรูปที่ 3.2 ที่แสดงความเข้มกราฟฟิกในหน่วยของ Erlang และการใช้ข้อมูลอินเทอร์เน็ต รวมไปถึงมีกราฟแสดงผลค่าที่เป็นค่า Throughput ของการใช้งานด้านการโทรและด้านการใช้งานอินเทอร์เน็ตของการใช้งานในแต่ละช่วงเวลาของเซลล์ไซต์นั้นๆ ดังจะแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.4 และรูปที่ 3.5 ข้อมูลกราฟฟิกเหล่านี้มีประโยชน์มากในการ

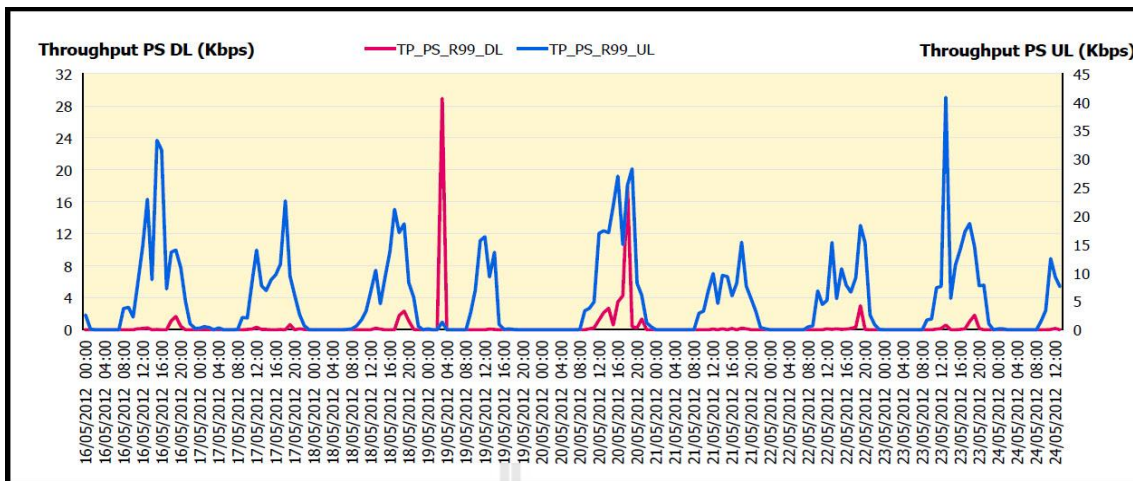
วิเคราะห์ข้อมูลของเซลล์ไซต์หรือของพื้นที่ที่ไซต์นี้ให้บริการอยู่ ซึ่งจะสามารถนำไปวิเคราะห์ถึงคุณภาพ ประสิทธิภาพ และอื่นๆอีกมากมายที่เกี่ยวกับการให้บริการของผู้ให้บริการด้านโทรศัพท์มือถือ ส่วนในงานวิจัยนี้เราจะสนใจเฉพาะในส่วนของคุณภาพของการส่งสัญญาณดาวนโหลดเท่านั้น ซึ่งก็คือการดาวน์โหลดข้อมูลของผู้ใช้นั่นเอง จะแสดงเป็นค่า Throughput (HSDPA) ซึ่งเป็นค่าที่สามารถบอกถึงการใช้งานของระบบจากผู้ใช้งานได้อย่างชัดเจนของช่วงเวลาต่างๆ โดยที่ค่า Throughput (HSDPA) นี้จะแสดงผลในหน่วยของ Mbps จะมีค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้ข้อมูล อยู่ที่ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์โหลดของการใช้งานทั้งหมดในช่วงเวลาที่ทำการไคร์ฟเทสท์ ดังจะเห็นได้จากเส้นสีน้ำเงินในรูปที่ 3.5



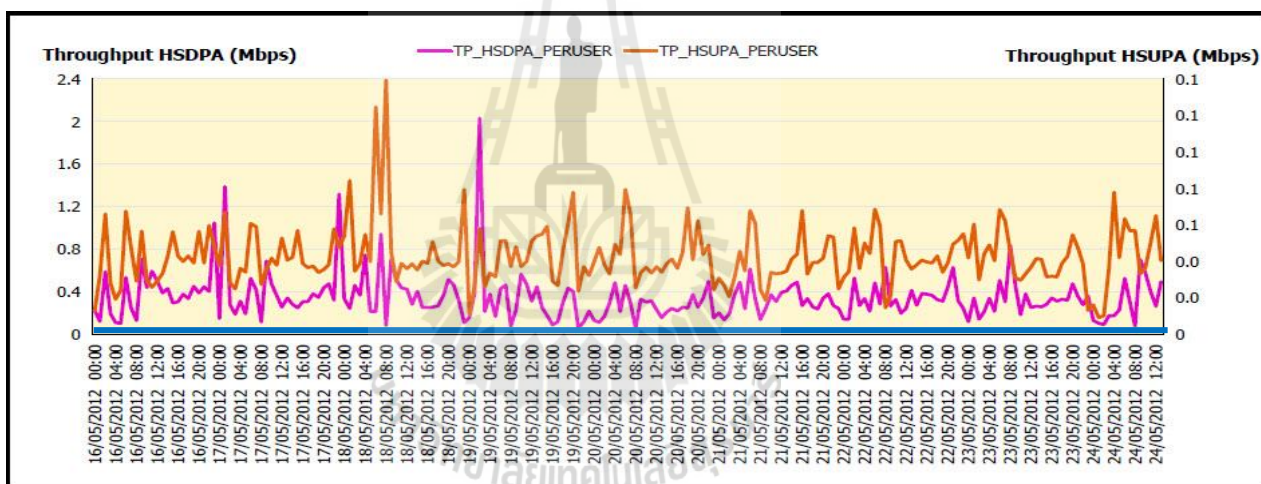
รูปที่ 3.2 แสดงให้เห็นถึงข้อมูลกราฟฟิกของการใช้งานการโทรด้วยเสียงและโทรด้วยวิดีโอ



รูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นถึงข้อมูลกราฟฟิกที่เป็นค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.4 แสดงกราฟข้อมูลการใช้งาน Throughput ของ R99 คำนวณถึงค้และอัฟลิ่งค้



รูปที่ 3.5 แสดงกราฟข้อมูลการใช้งาน Throughput (HSDPA) และ Throughput (HSUPA)

3.4 พารามิเตอร์จากผลไคร้ฟเทสท้

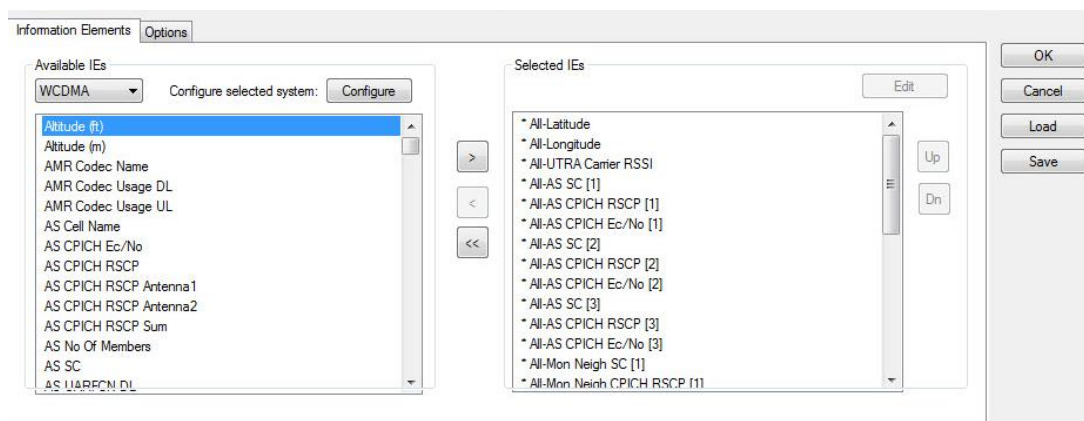
ในห้วข้อนี้จะกล่าวถึงพารามิเตอร์ที่ไค้จากการทำการไคร้ฟเทสท้ของส้ญญาณสามจ้ ค้ล้ัน 2100 MHz จากการทดสอบส้ญญาณที่งานว้จ้ยนี้นำผลมาว้วิเคราะห์จะไค้มาจากการทดสอบส้ญญาณ โดยโปรแกรม TEMS พารามิเตอร์ที่ไค้จะมีหลายค่าว้ใช้ในการว้เคราะห์ค้ณภาพของส้ญญาณ ในทางต่างๆ ในงานว้จ้ยนี้จะสนใจพารามิเตอร์บางส่วที่ไค้จากการทำไคร้ฟเทสท้เท่านั้น โดยเมือ ทำการทดสอบส้ญญาณสร้จตามเส้นทางที่กำหนดว้แล้ว จะบันท้กผลทดสอบเป็นล้อกไฟน์ ซึ่งสามารถนำไฟน์นี้ไปใช้เปคในโปรแกรมต่างๆเพื่อใช้ในการว้เคราะห์ส้ญญาณต่อไปได้ เช่น

ในงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม Actix Analyzer เพื่อวิเคราะห์สัญญาณที่ได้ทำการทดสอบสัญญาณมา
ดังในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงค่า Ec/No ที่ได้จากการทำ DRIVE TEST

และสามารถแปลงไฟล์ที่ได้นั้นให้ออกมาเป็นค่าพารามิเตอร์ได้ โดยใช้โปรแกรม
TEMS.Export จะได้ไฟล์ที่เป็นคอต FMT ออกมา ซึ่งสามารถนำไฟล์นี้ไปเปิดใน โปรแกรม
Microsoft Excel ได้ จะได้ค่าพารามิเตอร์ที่เครื่องมือทดสอบสัญญาณบันทึกไว้ตามเส้นทางทั้งหมด
งานวิจัยนี้สนใจเฉพาะพารามิเตอร์บางส่วนดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ในการเอ็กซ์พอร์ตไฟล์สามารถ
เลือกเอ็กซ์พอร์ตเฉพาะพารามิเตอร์ที่ต้องการได้ดังในรูปที่ 3.7 โดยจะเลือกค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ
จากฝั่งซ้ายแล้วเพิ่มไปยังฝั่งขวา



รูปที่ 3.7 การเอ็กซ์พอร์ตค่าพารามิเตอร์ของการทำ DRIVE TEST

ในงานวิจัยนี้จะเลือกค่าพารามิเตอร์ที่จะใช้ในการออกแบบหาสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลกราฟฟิก เช่น ค่า ละติจูด ลองจิจูด SC RSSI RSCP Ec/No โดยส่วนใหญ่เราถือว่าค่า Ec/No คือตัวชี้วัดถึงคุณภาพของสัญญาณและสมรรถภาพของผู้ใช้งานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในปัจจุบัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงให้ค่า Ec/No เป็นค่าคุณภาพของสัญญาณ โดยที่ Ec/No คือ Pilot channel quality energy per chip over total received power spectral density โดย Ec คือ energy per chip in CPICH No คือ the total received power density excluding CPICH of its own cell SC คือ Scrambling code หรือตัวเลขที่กำหนดว่าเป็นเซลล์ไหน RSCP ย่อมาจาก Received Signal Code Power คือ Energy per chip ในช่องสัญญาณ CPICH และ RSSI ย่อมาจาก Received Signal Strength Indicator คือพลังงานที่รับได้ทั้งหมดที่อยู่บนความถี่ 5 MHz

All-UTRA Carrier RSSI	All-AS SC[1]	All-AS CPICH RSCP[1]	All-AS CPICH Ec/No[1]	All-AS SC[2]	All-AS CPICH RSCP[2]	All-AS CPICH Ec/No[2]
-68.40000153	96	-77.88000488	-9.479999542	112	-81.34999847	-12.94999981
-69.80000305	96	-79.28000641	-9.479999542	112	-81.27000427	-11.47000027
-69.80000305	96	-79.28000641	-9.479999542	112	-81.27000427	-11.47000027
-66.90000153	96	-74.38000488	-7.480000019	112	-76.38000488	-9.479999542
-66.90000153	96	-74.38000488	-7.480000019	112	-76.38000488	-9.479999542
-66.90000153	96	-74.38000488	-7.480000019	112	-76.38000488	-9.479999542
-66.90000153	96	-74.38000488	-7.480000019	112	-76.38000488	-9.479999542
-66.90000153	96	-74.38000488	-7.480000019	112	-76.38000488	-9.479999542
-66.90000153	96	-74.38000488	-7.480000019	112	-76.38000488	-9.479999542
-66.90000153	96	-74.38000488	-7.480000019	112	-76.38000488	-9.479999542
-66.90000153	96	-74.38000488	-7.480000019	112	-76.38000488	-9.479999542

รูปที่ 3.8 พารามิเตอร์ที่ได้จากผลไคร์ฟเทสท์

และเมื่อทำการแปลงไฟล์ได้ไฟต์คอต FMT เสร็จแล้วนำไฟล์นี้ไปเปิดในโปรแกรม Microsoft Excel จะได้ดังรูปที่ 3.8 ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากผลไคร์ฟเทสท์ตามที่ต้องการที่จะนำไปออกแบบและแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ต่อไป

ในทางปฏิบัติค่า Ec/No หาได้จากการวัดค่าของ P-CPICH (code power) ต่อ Total Wideband Power ดังนั้น การวัดค่าของ P-CPICH = RSCP (dBm)
 การวัดค่าของ Total Wideband Power = RSSI (dBm)
 เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

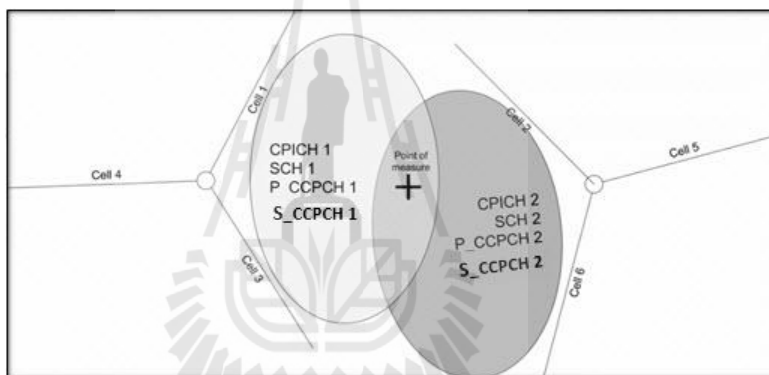
$$Ec/No = \frac{RSCP}{RSSI} \tag{3.1}$$

หรือ $Ec/No = RSCP - RSSI$ (dB)

3.5 การวิเคราะห์สเปกตรัมของสัญญาณ

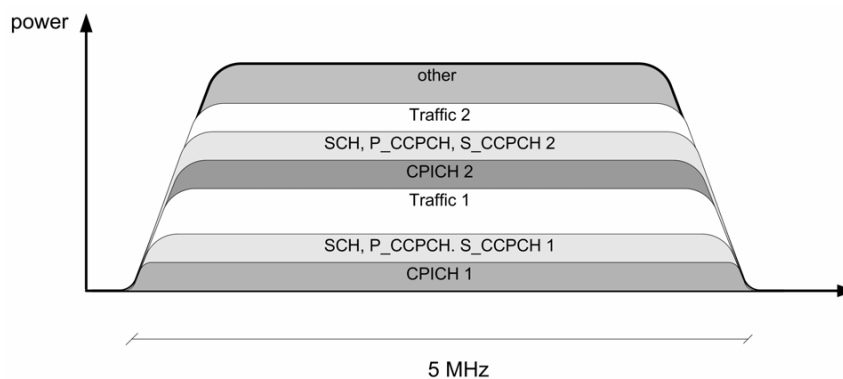
ในการวิเคราะห์สเปกตรัมนั้นจะพิจารณาการมาถึงของสัญญาณจากภาคส่งที่ส่งกำลังงานออกมาจากสถานฐานมายังผู้รับ โดยกำลังงานที่ส่งมานั้นจะแยกออกเป็นกำลังงานของช่องสัญญาณต่างๆที่จำเป็นในการติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีฐานกับโทรศัพท์มือถือของผู้รับ เช่น ช่องสัญญาณ CPICH SCH P_CCPCH S_CCPCH

ในทางปฏิบัติ ในการวัดสัญญาณนั้นจะได้รับสัญญาณจากกำลังงานของช่องสัญญาณ CPICH ของหลายๆเซลล์ไซต์ และสัญญาณกำลังงานทั้งหมดของช่องสัญญาณอื่นๆแต่ละเซลล์ไซต์ (SCH, CCPCH) และนอกจากนี้รวมไปถึงกำลังงานจากช่องสัญญาณที่ควบคุมข้อมูลกราฟิกทั้งหมด สำหรับตัวอย่างนี้ จากสถานการณ์ดังในรูป 3.9 และผลของสเปกตรัมที่ได้จากจุดวัดสัญญาณจะมีส่วนประกอบของกำลังงานภายในช่องสัญญาณต่างๆดังในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.9 สถานการณ์ที่มี 2 เซลล์ติดกัน

[Project 08R2-HFumts Commissioned by Swiss Agency for the Environment, 2004]



รูปที่ 3.10 WCDMA สเปกตรัมของ 2 เซลล์

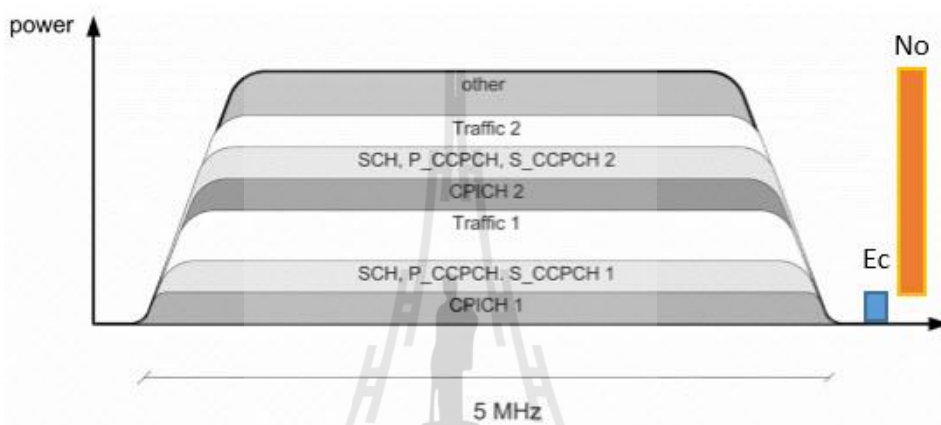
[Project 08R2-HFumts Commissioned by Swiss Agency for the Environment, 2004]

จากคำนิยามของค่า E_c/N_o และจากการวิเคราะห์สเปกตรัม ในรูปที่ 3.10 จะเห็นว่า

E_c = พลังงานที่รับได้ในช่องสัญญาณ CPICH

N_o = ความเข้มของพลังงานที่รับได้ทั้งหมดบนความถี่ 5MHz ไม่รวมสัญญาณของช่องสัญญาณ CPICH ของตัวเอง

ตามนิยามความสัมพันธ์ข้างต้นสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.11 ดังนี้



รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ของค่า E_c/N_o และสเปกตรัมของ 2 เซลล์ไซต์

[Project 08R2-HFumts Commissioned by Swiss Agency for the Environment, 2004]

ดังนั้น กำลังงานที่รับได้ที่จุดวัดสัญญาณ ตามรูปที่ 3.7 จะได้

$$P_r = (P_{CPICH_1} + P_{TCH_1} + P_{other_1}) \times P_{L_1} + (P_{CPICH_2} + P_{TCH_2} + P_{other_2}) \times P_{L_2} \quad (3.2)$$

โดยที่ P_r = Received Power ที่จุดวัดสัญญาณ

P_{CPICH_i} = Common Pilot Channel Power ตัวที่ i

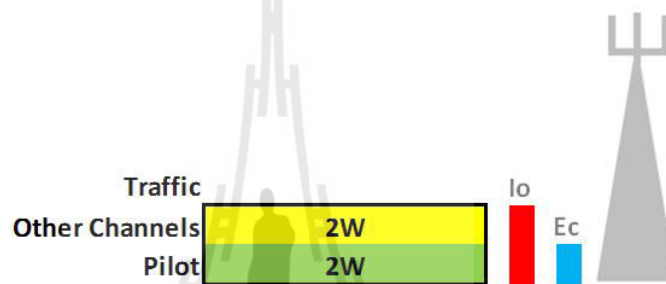
P_{TCH_i} = Traffic Channel Power ตัวที่ i

P_{other_i} = Other Channel Power (CPICH, SCH, P_CCPCH, S_CCPCH)

P_{L_i} = Total Loss Power ตัวที่ i

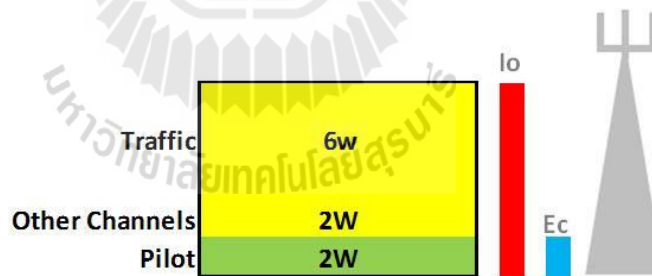
3.6 การออกแบบสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์

ในการออกแบบสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์จะเป็นการออกแบบสมการที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกราฟฟิกหรือข้อมูลสถิติที่ได้รับมาจากการเก็บบันทึกไว้ของแต่ละเซลล์ไซต์และพารามิเตอร์ที่ได้จากการทำไคร์ฟเทสท์ สมการนี้จะสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของสัญญาณว่าเป็นอย่างไร หรือมีแนวโน้มว่าจะดีขึ้นหรือแย่ลงเมื่อมีการปรับข้อมูลของกราฟฟิกในแต่ละเซลล์ไซต์ การออกแบบสมการนี้จะพิจารณาสเปกตรัมของสัญญาณในจุดที่ทำการวัดสัญญาณนั้นๆ ว่ามีกำลังงานของช่องสัญญาณไหนบ้างที่มีผลต่อค่าคุณภาพของสัญญาณ แล้วตั้งเคราะห์ออกมาเป็นสมการความสัมพันธ์ตามขั้นตอนต่อไปนี้



รูปที่ 3.12 แสดงความสัมพันธ์ค่า E_c/I_o ที่สถานะไม่มีข้อมูลกราฟฟิก

[<http://www.telecomhall.com/what-is-ecio-and-ebno.aspx>]



รูปที่ 3.13 แสดงความสัมพันธ์ค่า E_c/I_o ที่สถานะที่มีข้อมูลกราฟฟิก

[<http://www.telecomhall.com/what-is-ecio-and-ebno.aspx>]

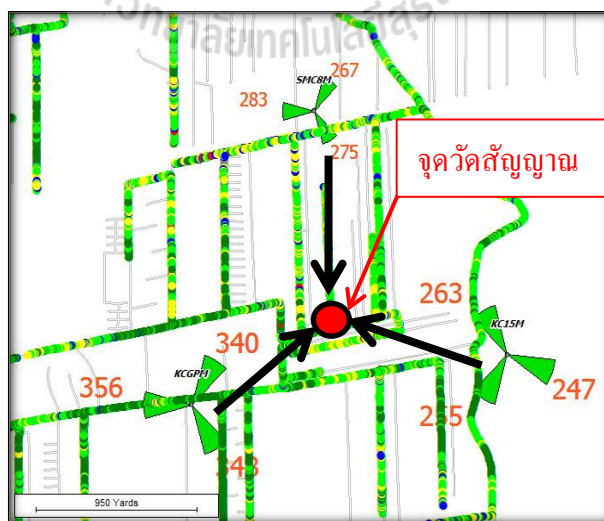
ในทางทฤษฎี ค่า $\frac{E_c}{I_o}$ เป็นค่าที่ใช้ในการบ่งบอกถึงคุณภาพของสัญญาณว่าเป็นเช่นไร

โดยที่ E_c คือค่าพลังงานที่รับได้ (Energy per chip in CPICH)

I_o คือความเข้มพลังงานทั้งหมดที่รับได้รวมไปถึงพลังงานในช่องสัญญาณ CPICH ของตัวเอง (total received power density including CPICH of its own cell)

จากรูปที่ 3.12 ในสถานะที่ไม่ข้อมูลกราฟฟิกอยู่เลย อัตราส่วนของสัญญาณที่ได้รับได้ (E_c) ต่อสัญญาณแทรกสอด (I_o) จะมีค่าน้อยมากหรือค่าคุณภาพของสัญญาณ E_c/I_o มีค่าประมาณ $2/4$ W หรือ -3 dB แต่เมื่อเซลล์ไซต์นั้นมีข้อมูลกราฟฟิกเกิดขึ้นดังรูปที่ 3.13 จะเห็นว่าเมื่อเกิดข้อมูลกราฟฟิกที่ 6 W ค่าสัญญาณแทรกสอดก็จะเพิ่มขึ้นมากด้วย ทำให้ค่า E_c/I_o มีค่าประมาณ $2/10$ W หรือ -6.98 dB เนื่องจากในระบบสามจีเป็นการใช้เทคโนโลยี WCDMA ซึ่งผู้ใช้แต่ละคนจะใช้งานที่ความถี่เดียวกัน ที่เวลาเดียวกันแต่ผู้ใช้แต่ละคนจะมีโค้ดเฉพาะของแต่ละคน ด้วยเหตุนี้ ผู้ใช้งานแต่ละคนจะเป็นสัญญาณแทรกสอดซึ่งกันและกันเอง จากรูปที่ 3.12 และรูปที่ 3.13 เป็นเพียงการแสดงสัญญาณแทรกสอดเพียงแก่เซลล์ไซต์เดียวเท่านั้น แต่ในสถานการณ์จริงจะมีสัญญาณของผู้ใช้งานในเซลล์ไซต์ข้างๆที่มีสัญญาณแรงพอมาถึงเซลล์ไซต์นี้ ทำให้เกิดสัญญาณแทรกสอดเพิ่มมากขึ้น จากที่กล่าวไปข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า เมื่อมีข้อมูลกราฟฟิกสูงๆหรือมีผู้ใช้งานมากๆ จะทำให้มีสัญญาณแทรกสอดมากไปด้วย เมื่อในเซลล์ไซต์นั้น ได้รับสัญญาณแทรกสอดมากๆจะทำให้ค่าคุณภาพของสัญญาณ โดยเฉลี่ยทั้งไซต์มีค่าแย่ง และถ้ามีมากจนถึงจุดๆหนึ่ง ผู้ใช้งานในเซลล์ไซต์นั้นจะไม่สามารถใช้บริการโทรศัพท์มือถือได้ ถึงแม้ที่หน้าจอมือถือจะมีขีดแสดงระดับสัญญาณในระดับดีก็ตาม

เนื่องจากคุณภาพของสัญญาณที่ดูจากค่า $\frac{E_c}{I_o}$ นั้นเป็นค่าที่ได้จากทางทฤษฎี ในทางปฏิบัติคุณภาพของสัญญาณเรามักจะใช้ค่า $\frac{E_c}{N_o}$ ในการวิเคราะห์สัญญาณมากกว่า เมื่อ N_o คือความเข้มพลังงานทั้งหมดที่ได้รับ ไม่รวมพลังงานในช่องสัญญาณ CPICH ของตัวเอง (total received power density excluding CPICH of its own cell)



รูปที่ 3.14 การเดินทางของสัญญาณ มายังจุดวัดสัญญาณ

จากรูปที่ 3.14 สมมติว่าทั้ง 3 ไชต์นี้ส่งกำลังงานมาที่จุดวัดสัญญาณเท่าๆกัน และจากรูปที่ 3.11 ในการวิเคราะห์สเปกตรัมจะสามารถเขียนสมการของสัญญาณที่จุดวัดสัญญาณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 P_r &= (P_{CPICH_1} + P_{TCH_1} + P_{other_1}) \times P_{L_1} + (P_{CPICH_2} + P_{TCH_2} + P_{other_2}) \times P_{L_2} \\
 &\quad + (P_{CPICH_3} + P_{TCH_3} + P_{other_3}) \times P_{L_3} \\
 &= (P_{CPICH_1} \times P_{L_1}) + (P_{TCH_1} \times P_{L_1}) + (P_{other_1} \times P_{L_1}) + (P_{CPICH_2} \times P_{L_2}) + \\
 &\quad (P_{TCH_2} \times P_{L_2}) + (P_{other_2} \times P_{L_2}) + (P_{CPICH_3} \times P_{L_3}) + (P_{TCH_3} \times P_{L_3}) \\
 &\quad + (P_{other_3} \times P_{L_3}) \tag{3.3}
 \end{aligned}$$

เนื่องจากกำลังงานในช่องสัญญาณ CPICH มีการลดทอนลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้นจากสถานีฐานไปยังผู้ใช้งาน นั่นคือ

$$P_{r_{UE}} = RSCP = P_{CPICH} \times P_L \tag{3.4}$$

$P_{r_{UE}}$ คือ กำลังงานที่ผู้ใช้งานรับได้บนโทรศัพท์มือถือ (Received User Equipment Power) แทนค่าสมการ (3.4) ลงในสมการ (3.3) จะได้

$$\begin{aligned}
 P_r &= RSCP_1 + (P_{TCH_1} \times P_{L_1}) + (P_{other_1} \times P_{L_1}) + RSCP_2 + (P_{TCH_2} \times P_{L_2}) \\
 &\quad + (P_{other_2} \times P_{L_2}) + RSCP_3 + (P_{TCH_3} \times P_{L_3}) + (P_{other_3} \times P_{L_3}) \\
 P_r &= RSCP_1 + RSCP_2 + RSCP_3 + (P_{TCH_1} \times P_{L_1}) + (P_{other_1} \times P_{L_1}) + (P_{TCH_2} \times P_{L_2}) \\
 &\quad + (P_{other_2} \times P_{L_2}) + (P_{TCH_3} \times P_{L_3}) + (P_{other_3} \times P_{L_3}) \tag{3.5}
 \end{aligned}$$

จากสมการที่ (3.4) จะได้

$$RSCP_1 = P_{CPICH_1} \times P_{L_1} \Rightarrow P_{CPICH_1} = \frac{RSCP_1}{P_{L_1}} \tag{3.6}$$

$$RSCP_2 = P_{CPICH_2} \times P_{L_2} \Rightarrow P_{L_2} = \frac{RSCP_2}{P_{CPICH_2}} \tag{3.7}$$

$$RSCP_3 = P_{CPICH_3} \times P_{L_3} \Rightarrow P_{L_3} = \frac{RSCP_3}{P_{CPICH_3}} \tag{3.8}$$

จากกำลังงานของช่องสัญญาณ CPICH ของทุกๆ เซลล์มีค่าเท่ากัน ที่ 2W

$$\text{ดังนั้น } P_{CPICH_1} = P_{CPICH_2} = P_{CPICH_3} = P_{CPICH}$$

จากนั้นทำการหาค่าของ P_{L_2} และ P_{L_3} ให้อยู่ในรูปของอัตราส่วนความแรงของสัญญาณ (RSCP)

คูณกับ P_{L_1} จะสามารถหาได้โดยการแทนค่าในสมการ (3.6) ลงในสมการ (3.7)

และ (3.8) จะได้

$$P_{L_2} = \frac{RSCP_2}{RSCP_1} \times P_{L_1} \quad (3.9)$$

$$P_{L_3} = \frac{RSCP_3}{RSCP_1} \times P_{L_1} \quad (3.10)$$

จากทฤษฎี กำลังงานของช่องสัญญาณอื่น P_{other_i} ประกอบไปด้วยช่องสัญญาณ SCH, CCPCH มีค่าสูงสุดอยู่ที่ -33 dBm หรือ 2W และจากนิยามของค่า RSSI คือพลังงานที่รับได้ทั้งหมดที่ตำแหน่งใดๆ จะได้ว่า $RSSI = P_r$ ดังนั้นถ้าเขียนสมการ (3.5) ขึ้นมาใหม่จะได้

$$\begin{aligned} RSSI = P_r &= RSCP_1 + RSCP_2 + RSCP_3 + (P_{TCH_1} \times P_{L_1}) + \left(P_{other_1} \times \frac{RSCP_1}{P_{CPICH}} \right) + \\ &\left(P_{TCH_2} \times \frac{RSCP_2}{RSCP_1} \times P_{L_1} \right) + \left(P_{other_2} \times \frac{RSCP_2}{P_{CPICH}} \right) + \left(P_{TCH_3} \times \frac{RSCP_3}{RSCP_1} \times P_{L_1} \right) + \\ &\left(P_{other_3} \times \frac{RSCP_3}{P_{CPICH}} \right) \\ &= 2 \times [RSCP_1 + RSCP_2 + RSCP_3] + (P_{TCH_1} \times P_{L_1}) + \left(P_{TCH_2} \times \frac{RSCP_2}{RSCP_1} \times \right. \\ &\left. P_{L_1} \right) + \left(P_{TCH_3} \times \frac{RSCP_3}{RSCP_1} \times P_{L_1} \right) \end{aligned} \quad (3.11)$$

พิจารณาที่กำลังงานของช่องสัญญาณทราฟฟิก P_{TCH} ซึ่ง P_{TCH} นี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของผู้ใช้งาน ถ้าภายในเซลล์นั้นมีผู้ใช้งานมากค่า P_{TCH} ก็จะมีค่ามากตามไปด้วย ซึ่งจะเป็นไปตามสัดส่วนของ P_{max} ดังนั้นจะสรุปได้ว่า

$$P_{TCH} = \%Load \times P_{max} \quad (3.12)$$

เมื่อ $\%Load$ คือปริมาณ Throughput ที่ช่วงเวลาทำการไคร์ฟเทสท์

P_{max} คือพลังงานสูงสุดของช่องสัญญาณ TCH ที่รองรับข้อมูลทราฟฟิก

ดังนั้นสามารถเขียนสมการ (3.11) ใหม่คือ

$$\begin{aligned}
 RSSI &= 2 \times [RSCP_1 + RSCP_2 + RSCP_3] + (\%Load_1 \times P_{max} \times P_{L_1}) + \\
 &\quad \left(\%Load_2 \times P_{max} \times \frac{RSCP_2}{RSCP_1} \times P_{L_1} \right) + \left(\%Load_3 \times P_{max} \times \frac{RSCP_3}{RSCP_1} \times P_{L_1} \right) \\
 RSSI &= 2 \times [RSCP_1 + RSCP_2 + RSCP_3] \\
 &+ (P_{max} \times P_{L_1}) \times \left[\%Load_1 + \left(\%Load_2 \times \frac{RSCP_2}{RSCP_1} \right) + \left(\%Load_3 \times \frac{RSCP_3}{RSCP_1} \right) \right] \quad (3.13)
 \end{aligned}$$

เนื่องจากในโทรศัพท์มือถือจะมีกระบวนการในการเลือกรับสัญญาณว่าจะใช้บริการรับส่งข้อมูลกับเซลล์ไซต์ไหนถึงจะมีคุณภาพของสัญญาณดีที่สุด โดยจะมีการเปรียบเทียบความแรงของสัญญาณและคุณภาพของสัญญาณจากช่องสัญญาณ CPICH ของสัญญาณทุกๆสัญญาณที่มาถึงโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้ในขณะนั้นและในบริเวณนั้น สัญญาณจากเซลล์ไซต์ไหนที่มีความแรงของสัญญาณมากกว่า และมีค่าคุณภาพของสัญญาณดีกว่าโทรศัพท์มือถือก็จะใช้บริการเซลล์ไซต์นั้นและให้สัญญาณของทุกช่องสัญญาณของเซลล์ไซต์นั้นเป็น Active Set 1 สัญญาณที่มีความแรงของสัญญาณและคุณภาพของสัญญาณรองลงมาจะทำให้เป็น Active Set 2 และ Active Set 3 ตามลำดับ และสัญญาณจากเซลล์ไซต์รองลงมาตัวที่ 4 มือถือจะเซตให้เป็นตัว Monitor Set 1 ในการทดสอบสัญญาณ โดยโปรแกรม TEMS จะเก็บค่าที่เป็น Monitor Set ไว้ 6 ตัว และเมื่อผู้ใช้งานมีการเปลี่ยนตำแหน่งไป จะทำให้ความแรงของสัญญาณและคุณภาพของสัญญาณที่มีผลต่อโทรศัพท์มือถือผู้ใช้งานเปลี่ยนไป โดยจะมีการเปรียบเทียบของสัญญาณเหมือนเดิมและจะเซต Active Set 1-3 และ Monitor Set 1-6 ใหม่ หลังจากนั้นโปรแกรมที่ใช้ทดสอบสัญญาณก็จะบันทึกผลทุกๆค่าไว้ในลิสต์ไฟล์เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณต่อไป จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถเขียนสมการ 3.13 ใหม่ให้อยู่ในรูปทั่วไปที่สามารถรองรับผลของการทำโคर्फเทสที่ได้เป็น

$$\begin{aligned}
 RSSI &= 2 \sum_{i=1}^3 AS_i + 2 \sum_{j=1}^6 MS_j \\
 &+ (P_{max} \times P_{L_1}) \times \left[\sum_{k=1}^3 (\%load_k \times \frac{AS_k}{AS_1}) + \sum_{l=1}^6 (\%load_l \times \frac{MS_l}{AS_1}) \right] \quad (3.14)
 \end{aligned}$$

โดยที่ AS = Active Set Received Signal Code Power

MS = Monitor Set Received Signal Code Power

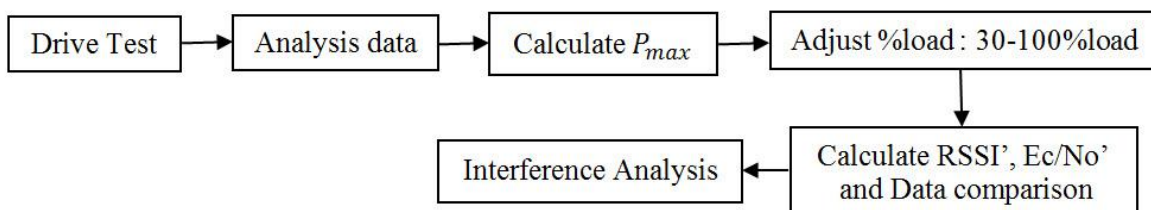
และสามารถหาค่า P_{max} ที่จุดวัดสัญญาณใดๆได้จาก

$$P_{max} = \frac{RSSI - 2 \sum_{i=1}^3 AS_i + 2 \sum_{j=1}^6 MS_j}{P_{L1} \times [\sum_{k=1}^3 (\%load_k \times \frac{AS_k}{AS_1}) + \sum_{l=1}^6 (\%load_l \times \frac{MS_l}{AS_1})]} \quad (3.15)$$

3.7 การวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอด

ในส่วนนี้จะอธิบายถึงหลักการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการ ครอบคลุมขั้นตอนการคำนวณ เมื่อมีการปรับ โหลด เพื่อให้เห็นถึงผลกระทบของคุณภาพของสัญญาณที่เกิดขึ้น เมื่อ โหลดมีการเปลี่ยนแปลง และวิเคราะห์ผลเพื่อหาพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดสัญญาณแทรกสอดมากๆ

ดังที่กล่าวไปข้างต้นแล้วว่าค่า E_c/No นั้นเป็นตัวที่บ่งชี้ว่าคุณภาพของสัญญาณนั้นดีหรือไม่ จากรูปที่ 3.14 เป็นตัวอย่างของค่า E_c/No ในพื้นที่ที่เราสนใจที่จะวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอด ซึ่งค่าที่ปรากฏเป็นค่าที่วัดได้ในช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น จะเห็นได้ว่าเราไม่สามารถบอกได้เลยว่าในพื้นที่ตรงไหนที่จะมีโอกาสเสี่ยง ที่จะทำให้เกิดสัญญาณแทรกสอดขึ้น เมื่อมีปริมาณทราฟฟิกเพิ่มขึ้น และนี่ยังเป็นปัญหาที่ยังพบเห็นอยู่เรื่อยๆที่จะมีผู้ใช้งานไม่สามารถใช้งานได้ ในช่วงสภาวะ โหลดสูงๆ และจากรูปที่ 3.15 เป็นการอธิบายกระบวนการแนวทางการวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอด เมื่อมีการจำลองปรับค่าข้อมูลทราฟฟิกหรือ โหลดเพิ่มขึ้น จากผล ครอบคลุมที่ได้เราสามารถแปลงข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆออกมาเพื่อให้ง่ายต่อการนำมาวิเคราะห์และคำนวณ ซึ่งจะมีค่าพารามิเตอร์ที่สนใจได้แก่ค่า E_c/No RSSI RSCP SC และค่าพารามิเตอร์อีกค่าหนึ่งที่สำคัญ คือ ค่าข้อมูลทราฟฟิกในช่วงเวลาที่ทำ ครอบคลุม จะได้มาจากสถานีฐาน



รูปที่ 3.15 แผนภาพแสดงกระบวนการในการวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอด

จากค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ได้กล่าวมาในข้างต้น นำมาคำนวณค่า P_{max} ของแต่ละจุดบนพื้นที่ โดยนำมาแทนในสมการที่ (3.15) แล้วเก็บค่าไว้ในตาราง ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการจำลองสถานการณ์เพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพสัญญาณ (E_c/No) โดยการเพิ่มเปอร์เซ็นต์โหลดแล้วคำนวณค่า RSSI ใหม่ สามารถคำนวณได้ดังสมการ (3.16) ดังนี้

$$RSSI' = 2 \sum_{i=1}^3 AS_i + 2 \sum_{j=1}^6 MS_j + (P_{max} \times P_{L_1}) \times \left[\sum_{k=1}^3 (\%load'_k \times \frac{AS_k}{AS_1}) + \sum_{l=1}^6 (\%load'_l \times \frac{MS_l}{AS_1}) \right] \quad (3.16)$$

เมื่อกำหนดได้ค่า RSSI' ในทุกจุดแล้วเราจะสามารถคำนวณหาค่า E_c/No' จากสมการข้างล่าง

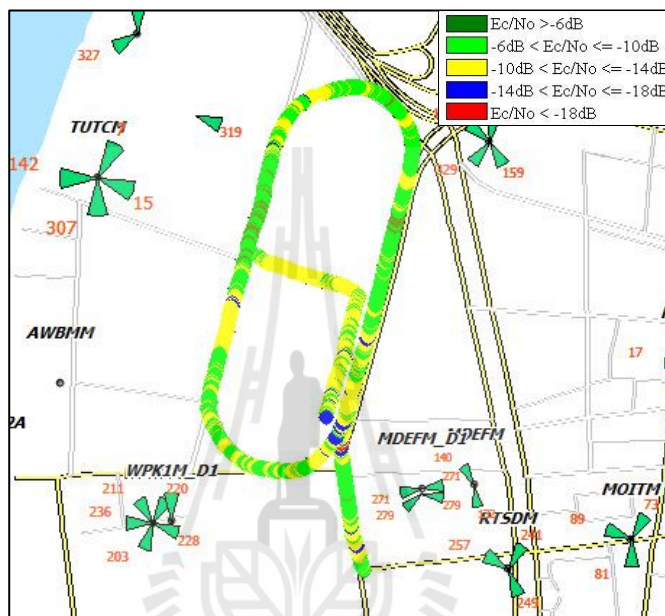
$$E_c/No' = \frac{RSCP}{RSSI'} \quad (3.17)$$

เมื่อกำหนดได้ค่า E_c/No' จากนั้นทำการพล็อตค่าลงในโปรแกรม *MATLAB* แล้วเปรียบเทียบผลหลังจากนั้นทดลองปรับค่าเปอร์เซ็นต์โหลดไปเรื่อยๆจนถึงค่าสูงสุดที่ 100 เปอร์เซ็นต์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ ที่อาจจะเกิดสัญญาณแทรกสอดขึ้นเมื่อข้อมูลกราฟฟิกมีการเปลี่ยนแปลง ดังแสดงให้เห็นได้จากรูปที่ 3.12 และรูปที่ 3.13 ว่าเมื่อในเซลล์ไซต์มีข้อมูลกราฟฟิกเพิ่มขึ้นสัญญาณแทรกสอดก็จะเกิดเพิ่มขึ้นตาม

3.8 การทดสอบแบบจำลอง

ในการทดสอบแบบจำลองนี้ทำขึ้นเพื่อพิสูจน์ว่าสมการที่ออกแบบขึ้นมาและตามทฤษฎีที่ได้อ้างอิงมานั้น เป็นจริงไปตามสมมติฐานที่ตั้งเอาไว้หรือไม่ จากรูปที่ 3.16 เป็นการแสดงผลของค่า E_c/No ที่ได้จากการทำไคร์ฟเทสท์ในพื้นที่สนามหลวงในวันที่ 4 ธันวาคม 2557 ก่อนจะมีการจัดงานวันพ่อ ซึ่งในหัวข้อนี้ และในงานวิจัยนี้จะใช้ผลจากการทำไคร์ฟเทสท์ในครั้งนี้เป็นกรณีที่ใช้ในการศึกษาและทำการปรับข้อมูลกราฟฟิกในสมการที่ออกแบบมา รวมไปถึงใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอดว่าจะเกิดขึ้นอย่างไรเมื่อมีการปรับเพิ่มข้อมูลกราฟฟิก ที่เลือกใช้และสนใจในพื้นที่นี้เพราะในวันที่ 5 ธันวาคม ของทุกปีในพื้นที่สนามหลวงนี้จะถูกจัดงานถวายพระพร

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว และจะมีผู้เข้าร่วมงานในครั้งนี้อย่างเนื่องแน่น ในงานวิจัยนี้เลยสนใจเป็นพิเศษซึ่งตรงตามข้อสมมุติฐานว่า เมื่อมีการใช้งานโทรศัพท์ในพื้นที่ที่สนใจมากขึ้น จะทำให้เกิดสัญญาณแทรกสอดมากขึ้น และจะเกิดสัญญาณแทรกสอดที่ตรงไหน รวมถึงจะแก้ไขอย่างไรในการรองรับหรือปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณ ในบริเวณนั้น



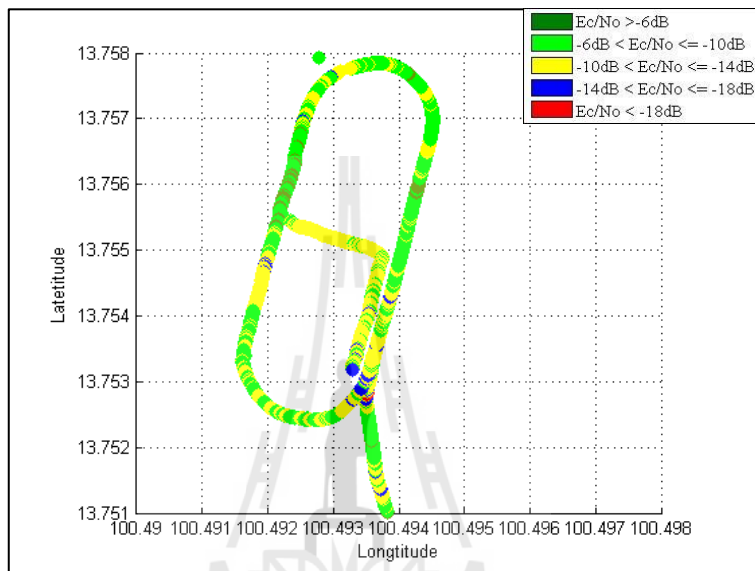
รูปที่ 3.16 พื้นที่แสดงค่า Ec/No ที่ได้จากการทำไครฟ์เทสท์

จากรูปที่ 3.17 เป็นค่า Ec/No หรือค่าคุณภาพของสัญญาณ ที่ได้จากการคำนวณจากสมการที่ (3.17) และการแทนค่าข้อมูลกราฟฟิคที่ 30 เฟอร์เซ็น โพลด ตามที่วิเคราะห์ได้จากรูปที่ 3.5 จะเห็นว่าค่า Ec/No ในแต่ละพื้นที่นั้นมีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งจะพิสูจน์ให้เห็นจากค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Mean square error : MSE) ของจำนวนจุดที่แสดงเป็นระดับสีต่างๆ 5 ระดับ โดยการนับจำนวนจุดจากผลไครฟ์เทสท์ และจากการคำนวณที่ได้ สามารถคำนวณค่า MSE ได้จากสมการข้างล่าง

$$MSE = \sum_{i=0}^n \frac{(X_i - F_i)^2}{n}$$

$$MSE = \sum_{i=0}^n \frac{(\text{จำนวนจุดจากผลทดสอบ}_i - \text{จำนวนจุดจากคำนวณ}_i)^2}{n} \quad (3.18)$$

จากตารางในรูปที่ 3.18 จะแสดงระดับของค่า E_c/N_0 ออกเป็น 5 ระดับสัญญาณแยกออกเป็นระดับสี 5 สีแต่ละสีก็จะบอกถึงคุณภาพของสัญญาณที่จุดๆนั้นว่าเป็นอย่างไร เช่น สีเขียวเข้มที่สุด และสีแดง แยกสุด ซึ่งในตารางนี้ก็จะแสดงจำนวนจุดของแต่ละสีที่มีในพื้นที่ และเปรียบเทียบจำนวนสีแต่ละระดับ โดยในพื้นที่ดังรูปที่ 3.16 และ 3.17 มีทั้งหมด 65,540 จุด



รูปที่ 3.17 พื้นที่แสดงค่า E_c/N_0 ที่ได้จากการคำนวณในสมการที่ออกแบบ

ค่า E_c/N_0 จากผลได้รหัส			ค่า E_c/N_0 จากผลทดลองใน MATLAB ที่ 30%Load		
ระดับสัญญาณ	ระดับสี	จำนวนจุด	ระดับสัญญาณ	ระดับสี	จำนวนจุด
$E_c/N_0 > -6\text{dB}$	เขียวเข้ม	2899	$E_c/N_0 > -6\text{dB}$	เขียวเข้ม	2930
$-6\text{dB} < E_c/N_0 \leq -10\text{dB}$	เขียวอ่อน	24562	$-6\text{dB} < E_c/N_0 \leq -10\text{dB}$	เขียวอ่อน	25346
$-10\text{dB} < E_c/N_0 \leq -14\text{dB}$	เหลือง	33635	$-10\text{dB} < E_c/N_0 \leq -14\text{dB}$	เหลือง	34454
$-14\text{dB} < E_c/N_0 \leq -18\text{dB}$	น้ำเงิน	924	$-14\text{dB} < E_c/N_0 \leq -18\text{dB}$	น้ำเงิน	1020
$E_c/N_0 < -18\text{dB}$	แดง	57	$E_c/N_0 < -18\text{dB}$	แดง	72

รูปที่ 3.18 ตารางเปรียบเทียบจำนวนจุดสีจากผลได้รหัสและจากการคำนวณ

จากสมการ (3.18) สามารถเปรียบเทียบค่าในรูปตารางที่ 3.18 ได้ดังนี้

$$MSE = \frac{(2899 - 2930)^2 + (24562 - 25346)^2 + (33635 - 34454)^2 + (924 - 1020)^2 + (57 - 72)^2}{65540}$$

$$= 19.77142 \text{ จุด หรือคิดเป็น } 0.0301\%$$

ซึ่งจะเห็นว่าค่าจำนวนจุดที่ได้จากผลไครฟ์เทสท์ และค่าจำนวนจุดที่ได้จากการคำนวณในสมการที่ ออกแบบที่คิดค่าของข้อมูลกราฟฟิกอยู่ที่ 30 เปอร์เซ็น โหลด มีจุดต่างกันน้อยมากประมาณ 20 จุด หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ก็เพียงแค่ 0.0301 เปอร์เซ็นเท่านั้น

3.9 สรุป

ในบทนี้เราได้แสดงวิธีการออกแบบสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างข้อมูลกราฟฟิกกับพารามิเตอร์ที่ได้จากการทำไครฟ์เทสท์ สมการที่ได้จะเป็นสมการที่ใช้ในการคำนวณค่าคุณภาพของสัญญาณที่มีการปรับ โหลด เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด ในส่วนของการออกแบบสมการความสัมพันธ์ที่ได้เราได้ศึกษาข้อมูลกราฟฟิก พารามิเตอร์ที่ได้จากการทำไครฟ์เทสท์ และใช้การวิเคราะห์สเปกตรัมของช่องสัญญาณต่างๆเพื่อทำการหาความสัมพันธ์แล้วสังเคราะห์ออกมาเป็นสมการ จากนั้นเราใช้ข้อมูลสถิติจากเซลล์ไซต์กับพารามิเตอร์ของผลไครฟ์เทสท์ในการป้อนค่าลงในสมการเพื่อคำนวณค่าคุณภาพของสัญญาณเมื่อทำการปรับ โหลดในสมการ

จากการคำนวณค่าคุณภาพของสัญญาณ โดยการปรับ โหลดที่จะใช้โปรแกรมเมทแลบในการคำนวณ และใช้ในการพล็อตค่าคุณภาพของสัญญาณลงเป็นพื้นที่ เหมือนกับค่าที่ได้การทำไครฟ์เทสท์จริง จะทำให้เห็นพื้นที่ที่มีผลกระทบเมื่อมีการปรับ โหลด และใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงที่อาจจะเกิดสัญญาณแทรกสอดขึ้นได้ ดังรูปที่ 3.17 ที่ได้ทำการแสดงให้เห็นถึงการพล็อตค่าคุณภาพของสัญญาณที่คำนวณได้จากสมการที่ทำการออกแบบและจากรูปที่ 3.16 ที่เป็นผลที่ทำการไครฟ์เทสท์ เมื่อทำการเปรียบเทียบโดยการคำนวณค่ากำลังสองเฉลี่ย (MSE) จะเห็นว่ามีความใกล้เคียงกันมากสำหรับจำนวนจุดบนพื้นที่ทำการไครฟ์เทสท์ และพื้นที่ที่ได้จากการคำนวณตามสมการ จะเห็นว่ามีค่ากำลังสองเฉลี่ยที่บ่งบอกว่ามีจุดต่างการทำไครฟ์เทสท์มีค่าประมาณเพียง 20 จุดเท่านั้น หรือคิดเป็น 0.0301 เปอร์เซ็น จากที่กล่าวมาเพื่อที่จะยืนยันความถูกต้องของสมการและทฤษฎีที่ได้กล่าวในหัวข้อต่างๆ โดยในบทถัดไปจะเป็นการจำลองผลการวิจัย

บทที่ 4

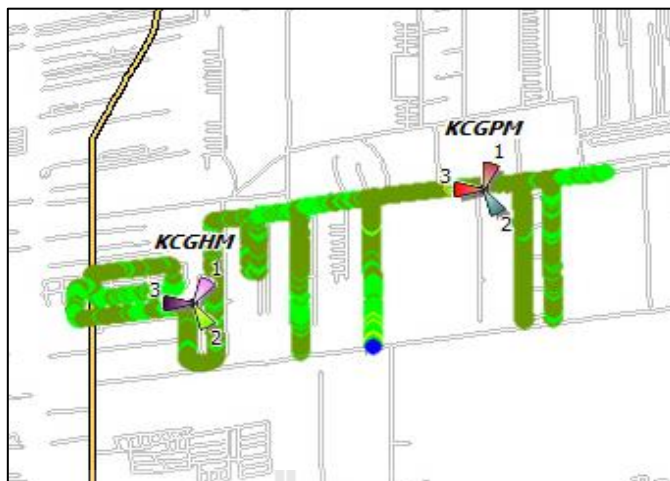
การจำลองผลในโปรแกรมแมทแลบพร้อมวิเคราะห์ผล

4.1 กล่าวนำ

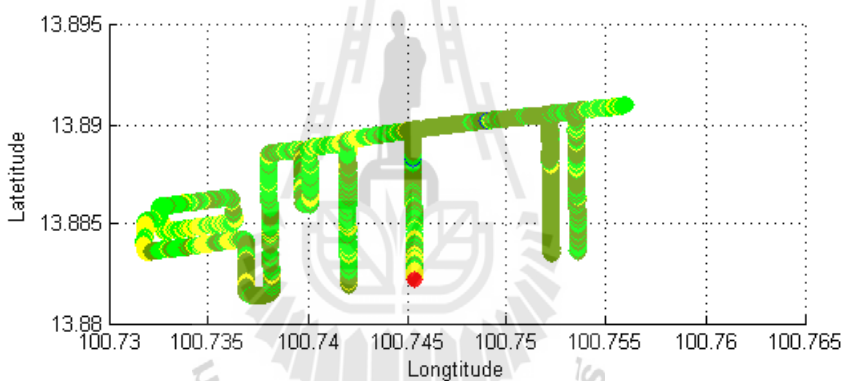
เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลของการจำลองปรับข้อมูลกราฟิกให้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพของสัญญาณว่าเมื่อปรับข้อมูลกราฟิกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆแล้ว มีผลกระทบต่อพื้นที่ไหนบ้าง มีพื้นที่ไหนที่เสี่ยงต่อการเกิดสัญญาณแทรกสอดสูงๆ และพื้นที่ไหนที่มีโอกาสไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้แล้ว โดยบทนี้จะยกตัวอย่างพื้นที่ที่จะนำมาทำการจำลองปรับข้อมูลกราฟิกมา 3 พื้นที่ เช่น รอบๆ ไซต์ KCGPM พื้นที่รอบเกาะรัตนโกสินทร์ และพื้นที่ของสนามหลวง และจะมีการนำเสนอแบบจำลองกรณีมีปรับข้อมูลกราฟิกในทุกๆ เซลล์ไซต์เท่าๆกัน และปรับข้อมูลกราฟิกเพียงแค่เซลล์ไซต์เดียว เพื่อดูผลกระทบของสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้น ในการจำลองนี้จะใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกราฟิกกับค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทำไครฟ์เทสที่ดังที่ได้ทำการออกแบบไปในบทที่ 3 โดยใช้โปรแกรมแมทแลบในการคำนวณและแสดงผลออกมาเป็นพื้นที่ของคุณภาพสัญญาณ และทำการวิเคราะห์สรุปผลที่ได้จากการทดลองในตอนสุดท้าย

4.2 ผลการจำลองปรับโหลดของทุกๆ เซลล์ไซต์ในพื้นที่ของไซต์ KCGPM

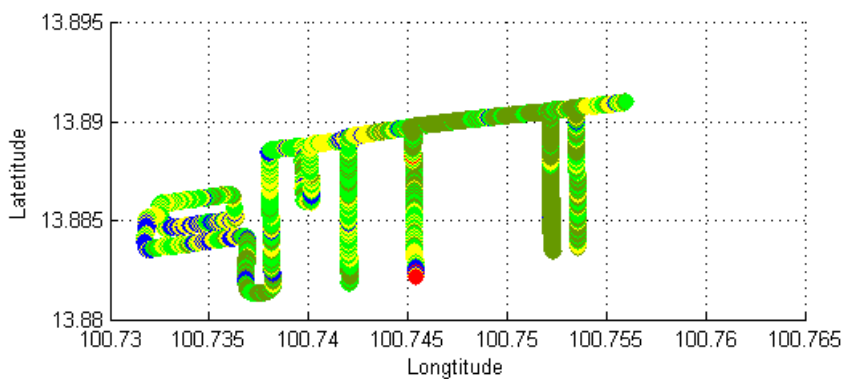
ในส่วนนี้จะเป็นการจำลองปรับข้อมูลกราฟิกของเซลล์ไซต์ที่อยู่รอบๆ ของไซต์ KCGPM เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด จะเป็นอย่างไรเมื่อมีข้อมูลกราฟิกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึง 100 เปอร์เซ็นต์โหลด โดยในส่วนนี้จะแสดงผลของค่า E_c/N_0 ของการปรับข้อมูลกราฟิกที่ 30 เปอร์เซ็นต์โหลด 60 เปอร์เซ็นต์โหลด และที่ 100 เปอร์เซ็นต์โหลด



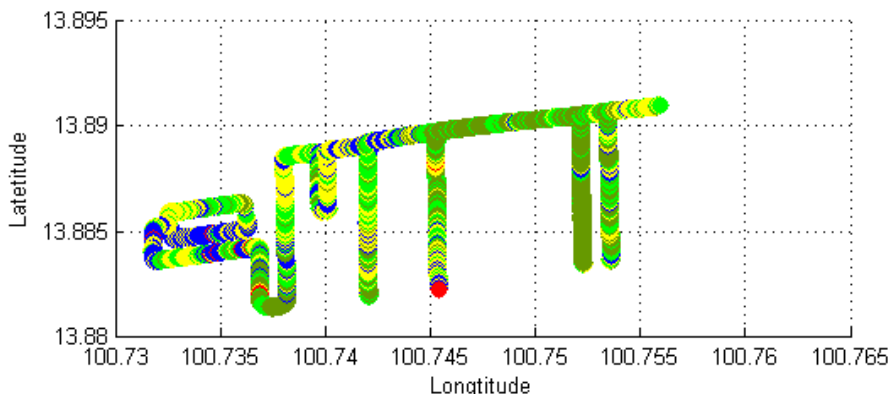
รูปที่ 4.1 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ได้จากการทำโดว์เฟสที่รอบไซค์ KCGPM



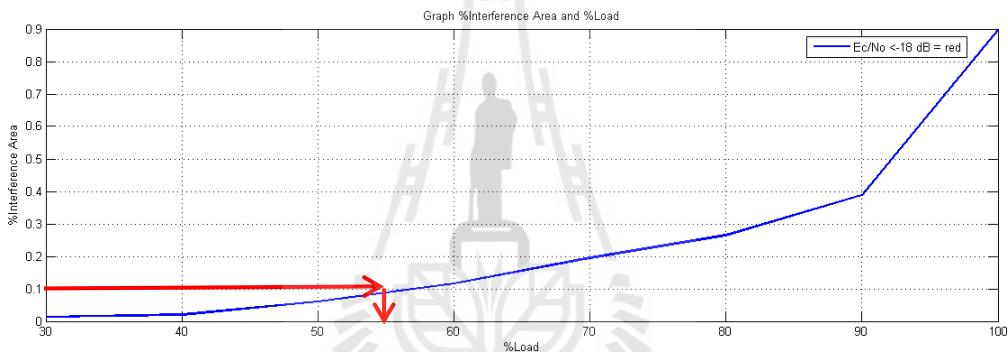
รูปที่ 4.2 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 30%



รูปที่ 4.3 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 60%



รูปที่ 4.4 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_o)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 100%



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลของพื้นที่ของสัญญาณแทรกสอดที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์และเปอร์เซ็นต์โหลด

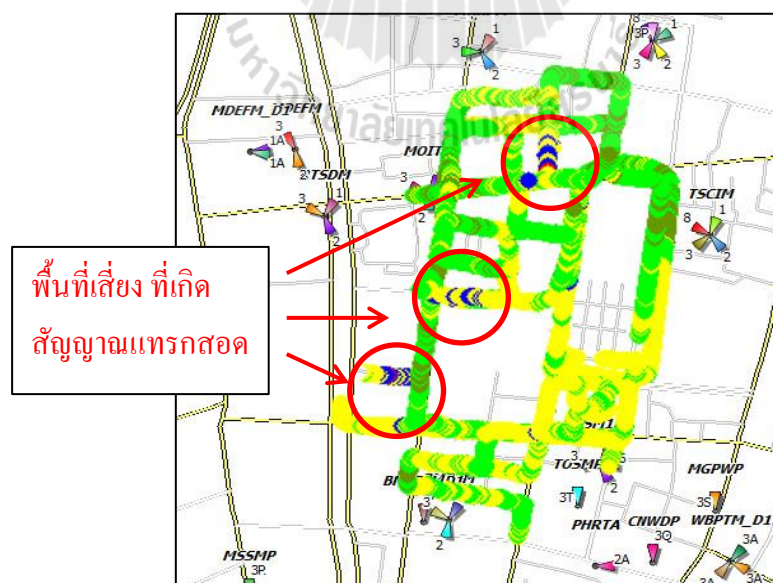
จากรูปที่ 4.2 ถึงรูปที่ 4.4 เป็นพื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_o)ที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการความสัมพันธ์ที่ออกแบบ แล้วคำนวณและพล็อตค่าด้วยโปรแกรมแมทแลบ โดยทำการปรับข้อมูลกราฟฟิกของทุกๆเซลล์ไซต์เท่ากันที่ 30 เปอร์เซ็นต์ 60 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ของคุณภาพสัญญาณที่ได้กับพื้นที่คุณภาพสัญญาณที่ได้จากผลไดรฟ์เทสต์ดังรูปที่ 4.1 จะมีพื้นที่ที่มีคุณภาพของสัญญาณเปลี่ยนแปลงไป และมีบางพื้นที่ที่มีค่าคุณภาพของสัญญาณที่แย่มาก เนื่องจากการก่อกองทับของสัญญาณแทรกสอดที่เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของข้อมูลกราฟฟิก

จากกราฟในรูปที่ 4.5 เป็นกราฟแสดงผลของ พื้นที่ของสัญญาณแทรกสอดที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ และข้อมูลกราฟฟิกที่มีการปรับข้อมูลกราฟฟิกตั้งแต่ 10 เปอร์เซ็นต์ โหลด จนถึง 100 เปอร์เซ็นต์ โหลด จะเห็นว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์โหลดเพิ่มสูงขึ้นจำนวนจุดที่มีสีแดง คือที่มีค่าคุณภาพ

ของสัญญาณที่ต่ำนั้น ก็มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จึงทำให้ พื้นที่ของสัญญาณแทรกสอดที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ก็มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย และจะเห็นว่าที่ พื้นที่ของสัญญาณแทรกสอดที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 0.1 จะมีเปอร์เซ็นต์โหนดอยู่ที่ประมาณ 57 เปอร์เซ็นต์โหนด เหลืออีก 43 เปอร์เซ็นต์โหนดก่อนจะถึง 100 เปอร์เซ็นต์โหนด ตัวอย่างเช่น เมื่อในช่วงเวลาเดียวกันกับที่ทำการไครฟ์เทสที่นี้ แต่คนละวัน ในวันนั้นได้มีการจัดงานกิจกรรมที่มีผู้คนมาร่วมงานเป็นจำนวนมาก นั้นแปลว่าในบริเวณนั้นสามารถรองรับปริมาณผู้ใช้งาน ได้อีกประมาณ 43%load ถ้าเกินจากนั้นจะไม่สามารถรับรองได้ว่าผู้ใช้งานที่มาร่วมกิจกรรมในวันนั้นสามารถใช้งานโทรศัพท์ได้ ถึงแม้จะมีคลื่นสัญญาณที่แรงก็ตาม

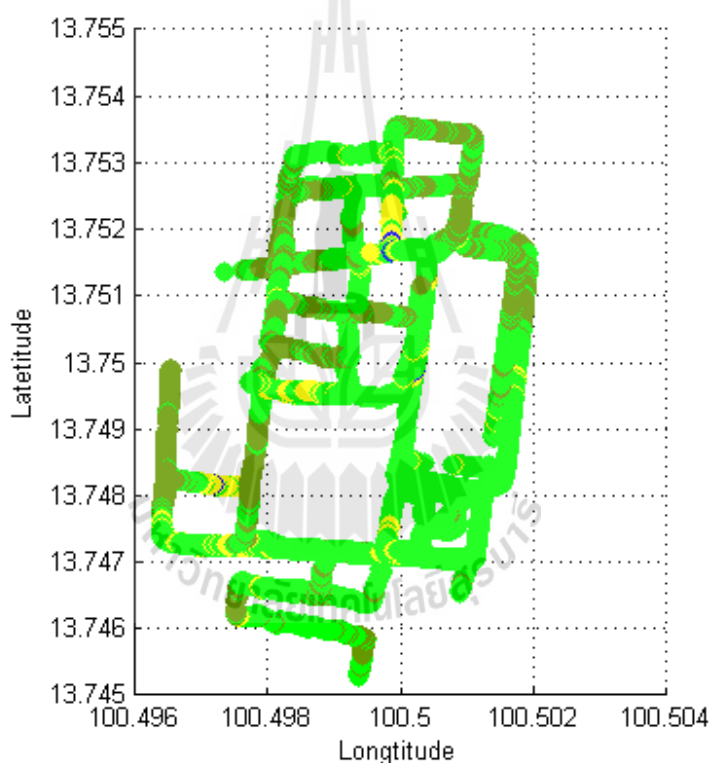
4.3 ผลการจำลองปรับโหนดของทุกๆเซลล์ไซต์ในพื้นที่รอบเกาะรัตนโกสินทร์

ในการจำลองผลในส่วนนี้จะเป็นการจำลองผลคล้ายๆกับการจำลองผลรอบๆไซต์ KCGPM โดยจะทำการปรับข้อมูลกราฟฟิกของทุกๆเซลล์ไซต์เท่าๆกัน แต่ในการจำลองรอบเกาะรัตนโกสินทร์ นี้มีจุดสนใจที่แตกต่างตามรูปที่ 4.6 ซึ่งรูปนี้เป็นค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้จากการทำไครฟ์เทส จากรูปนี้จะเห็นพื้นที่บางส่วนมีคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำดังที่วงไว้ในรูป ซึ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงที่จะเกิดการใช้งานไม่ได้ของโทรศัพท์ เมื่อในอนาคตมีการเพิ่มขึ้นของผู้ใช้งาน ในส่วนนี้เลยสนใจที่จะนำมาปรับข้อมูลกราฟฟิกให้เห็นถึงผลกระทบล่วงหน้าก่อนว่าจะเป็นอย่างไรเมื่อมีข้อมูลกราฟฟิกที่ 100 เปอร์เซ็นต์โหนด

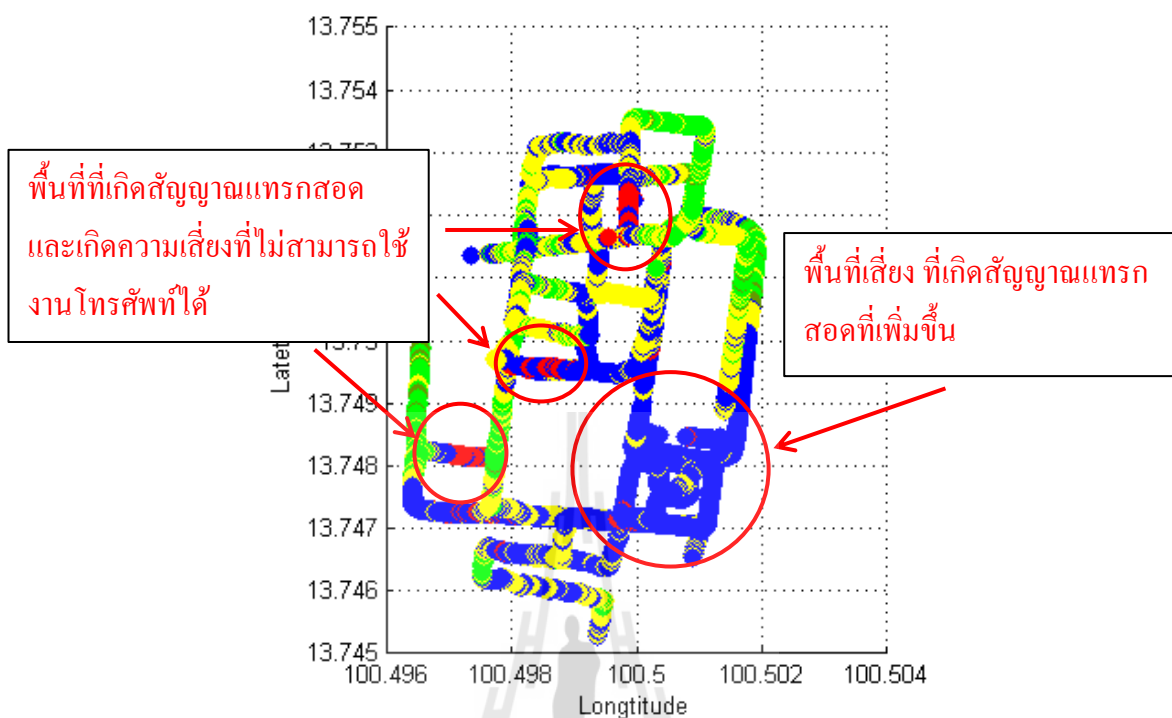


รูปที่ 4.6 พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ได้จากการทำไครฟ์เทสรอบเกาะรัตนโกสินทร์

จากรูปที่ 4.7 จะเห็นว่าเมื่อมีการปรับข้อมูลกราฟฟิกลดลง ค่าคุณภาพของสัญญาณจะดีขึ้น เกือบจะเป็นพื้นที่สีเขียวทั้งหมด และพื้นที่ที่เกิดสัญญาณแทรกสอดขึ้นที่เสี่ยงต่อการใช้งานไม่ได้ในพื้นที่นั้นหายไป ซึ่งในการปรับข้อมูลกราฟฟิกลดลงนี้เพื่อจะให้เห็นการเปลี่ยนแปลงเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงแล้วข้อมูลกราฟฟิกมีแต่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามประชากรที่เพิ่มขึ้น ซึ่งถ้าเพิ่มขึ้นมา เหมือนกับการจำลองผลดังรูปที่ 4.8 จะเห็นว่าเมื่อปรับข้อมูลกราฟฟิกเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 100 เปอร์เซนต์โหลด พื้นที่ที่เสี่ยงต่อการใช้งานไม่ได้ดังรูปที่ 4.6 นั้น ตอนนี้ไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้แล้ว เนื่องจากในพื้นที่นั้นมีค่าคุณภาพของสัญญาณต่ำมากๆ และยังจะเห็นพื้นที่ที่เป็นพื้นที่เสี่ยงเพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้จากพื้นที่ที่เป็นสีน้ำเงิน ซึ่งในพื้นที่นั้นก็มีความคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำเช่นกัน



รูปที่ 4.7 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0) รอบเกาะรัตนโกสินทร์ เมื่อโหลดลดลงเป็น 10% Load

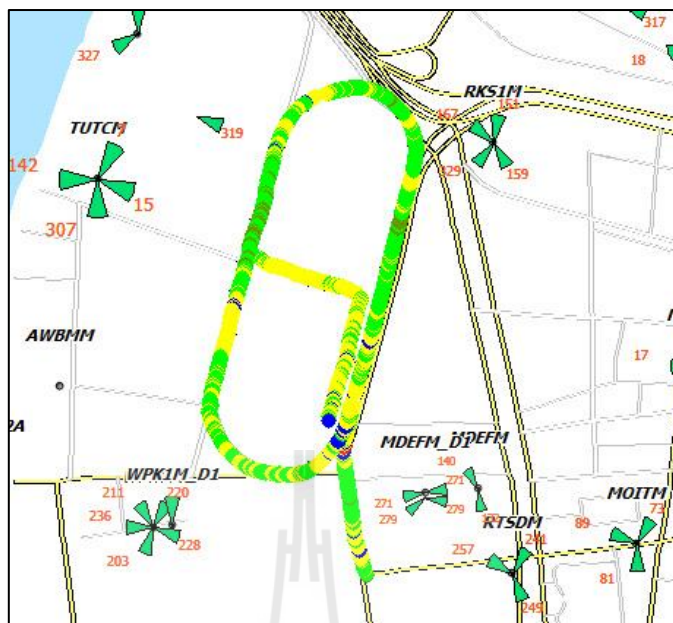


รูปที่ 4.8 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No) รอบเกาะรัตนโกสินทร์ เมื่อโหลดลดลงเป็น 100% Load

4.4 ผลการจำลองปรับโหลดในพื้นที่ของสนามหลวง

ในส่วนนี้จะเป็นผลการจำลองการปรับข้อมูลกราฟฟิกของพื้นที่สนามหลวงก่อนจะมีการจัดกิจกรรมเนื่องในวันพ่อแห่งชาติ รูปที่ 4.9 เป็นผลที่ได้จากการทำไคร์ฟเทสท์ในวันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ.2557 ซึ่งเป็นวันเตรียมงาน ก่อนที่จะมีการจัดกิจกรรม ซึ่งจะมีผู้มาเข้าร่วมงานอย่างมหาศาลเต็มท้องสนามหลวงอย่างแน่นอน ดังนั้นเราจะทำการปรับข้อมูลกราฟฟิกเพิ่มขึ้นตามแบบจำลอง เพื่อจะสามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ว่าเมื่อมีข้อมูลกราฟฟิกเกิดขึ้นที่เปอร์เซ็นต์โหลดจะมีผลกระทบของคุณภาพของสัญญาณ ในบริเวณใดบ้าง และจะแก้ไขในส่วนที่เกิดสัญญาณแทรกสอดอย่างไร

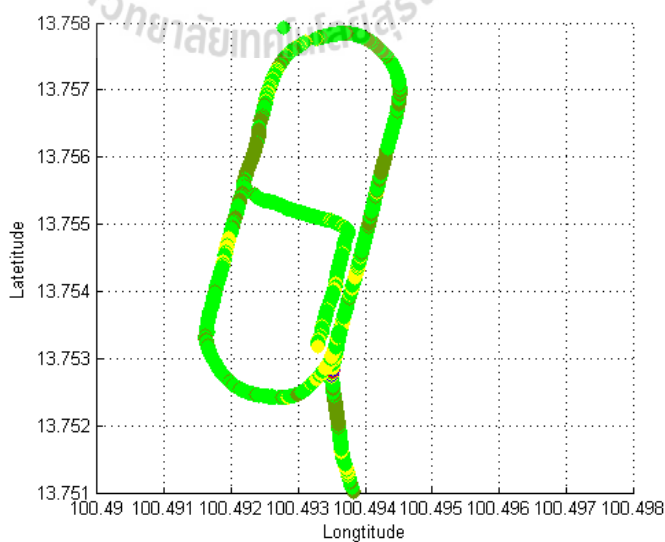
ในส่วนการจำลองนี้จะทำการจำลองออกเป็น 2 กรณีคือกรณีที่ปรับข้อมูลกราฟฟิกของทุกๆเซลล์ให้เท่าๆกัน เพื่อดูการเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอของข้อมูลกราฟฟิกแล้วผลกระทบจะเป็นอย่างไร และอีกกรณีคือปรับข้อมูลกราฟฟิกเพียงแค่เซลล์ให้เดี่ยว เพื่อดูว่าหากเกิดการเพิ่มขึ้นของผู้ใช้งานเพียงแค่บริเวณเซลล์ให้เดี่ยวผลจะเป็นอย่างไร



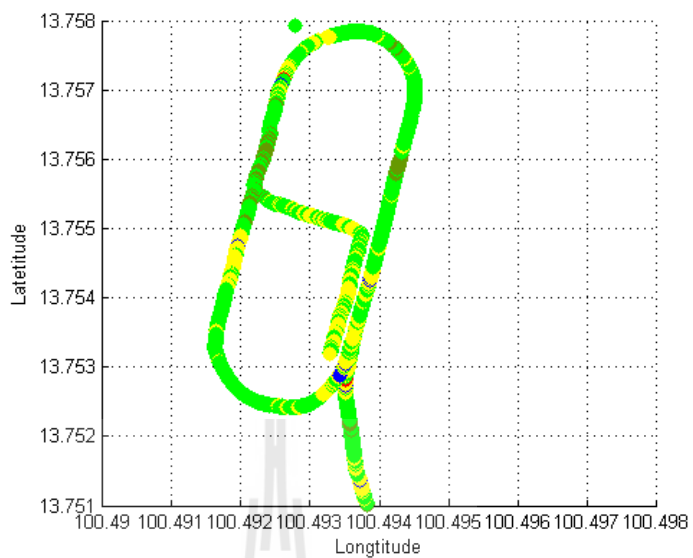
รูปที่ 4.9 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ได้จากการทำโดว์เฟสท์รอบสนามหลวง

4.4.1 ผลการจำลองปรับโพลดทุกๆไซต์เท่าๆกันในพื้นที่ของสนามหลวง

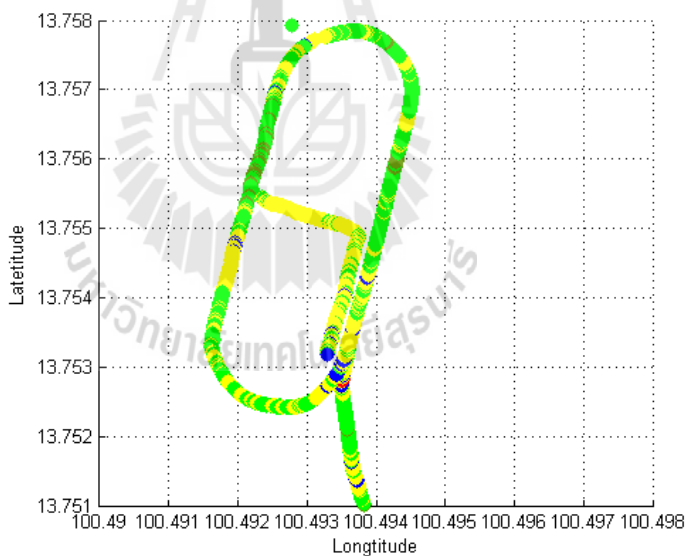
ในการจำลองผลส่วนนี้จะทำการปรับข้อมูลกราฟฟิกของทุกๆเซลล์ไซต์เท่าๆกัน จะทำการปรับตั้งแต่ 10 เปอร์เซ็นต์โพลดจนถึงค่า 100 เปอร์เซ็นต์ โพลด เพื่อจะดูการเปลี่ยนแปลงของค่าคุณภาพของสัญญาณว่าจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร และจะเกิดสัญญาณแทรกสอดที่บริเวณไหน



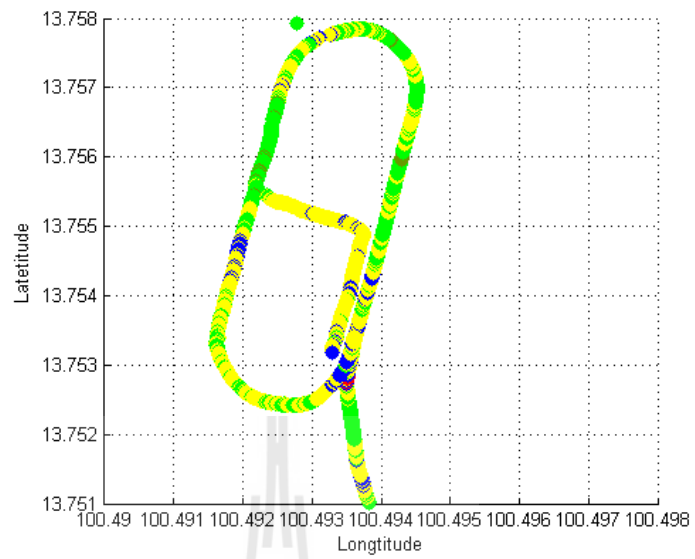
รูปที่ 4.10 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโพลดเป็น 10%



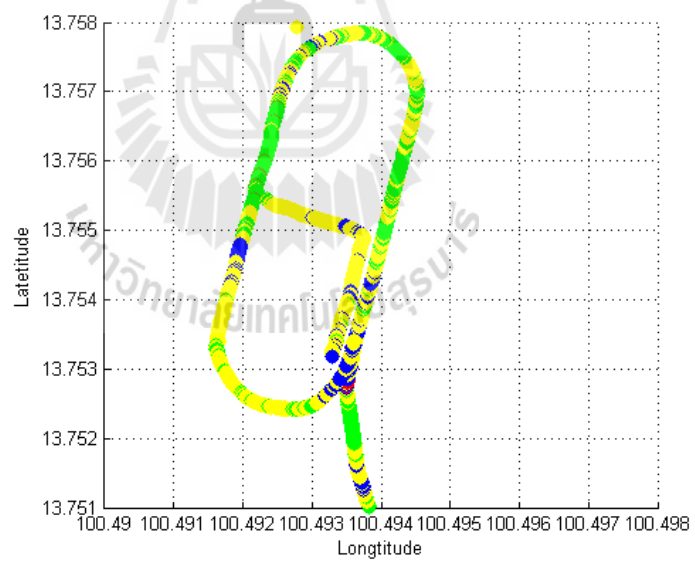
รูปที่ 4.11 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับโวลต์เป็น 20%



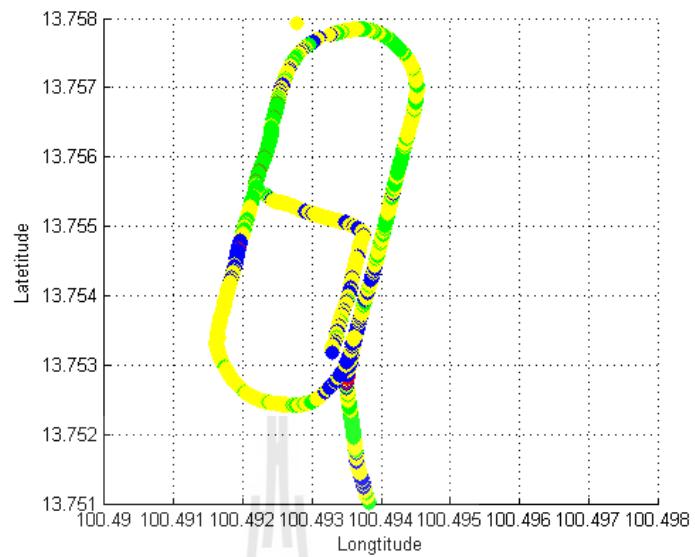
รูปที่ 4.12 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับโวลต์เป็น 30%



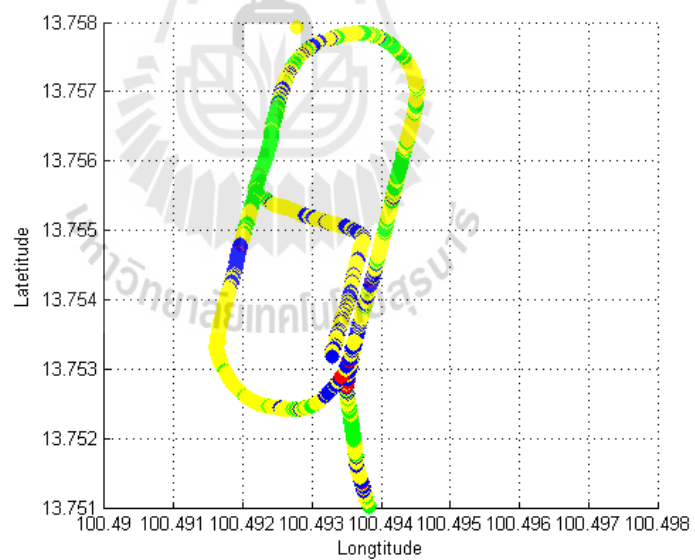
รูปที่ 4.13 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 40%



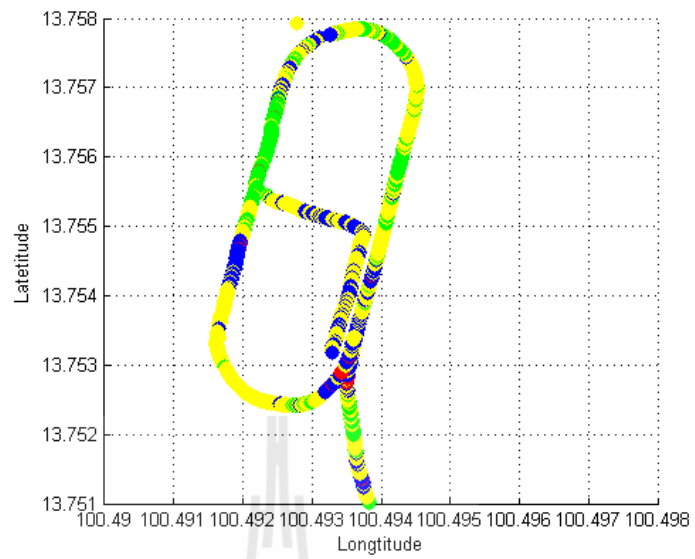
รูปที่ 4.14 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 45%



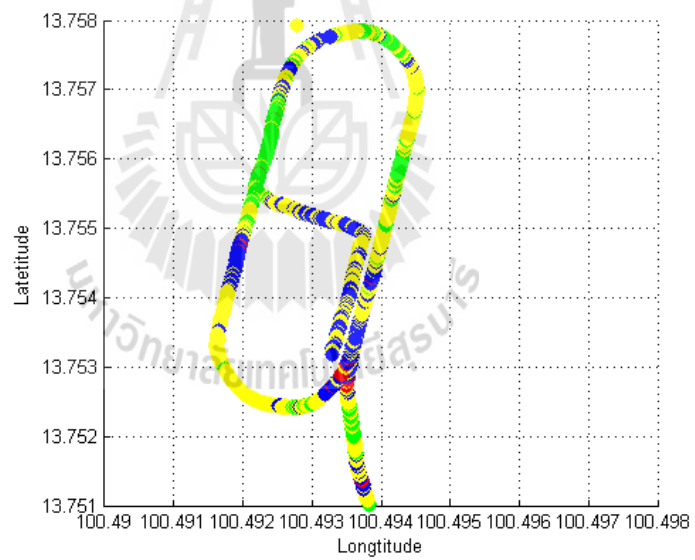
รูปที่ 4.15 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 50%



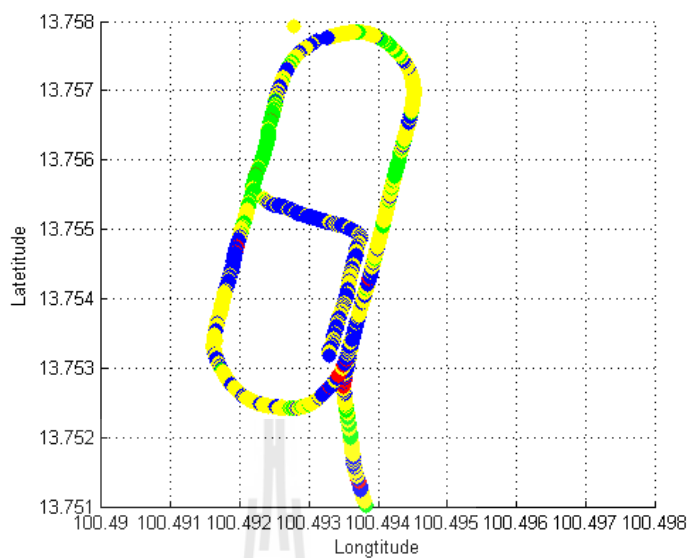
รูปที่ 4.16 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 55%



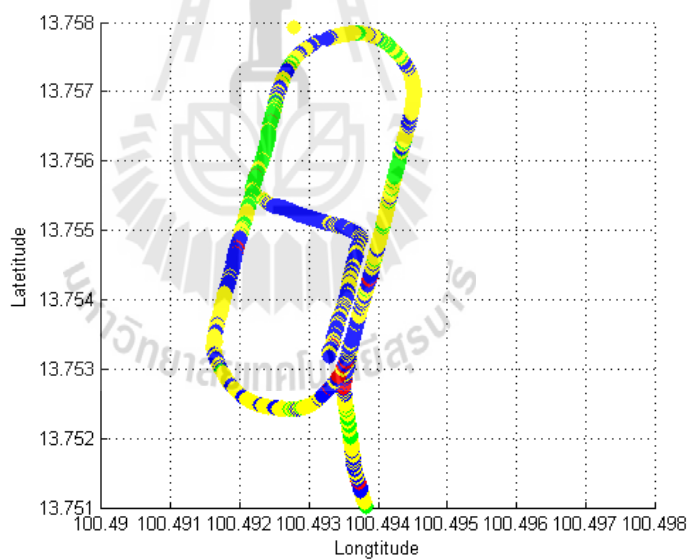
รูปที่ 4.17 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 60%



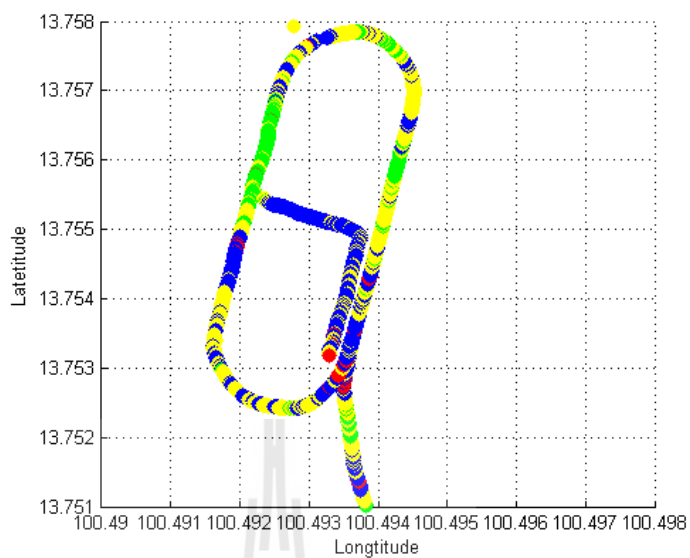
รูปที่ 4.18 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 65%



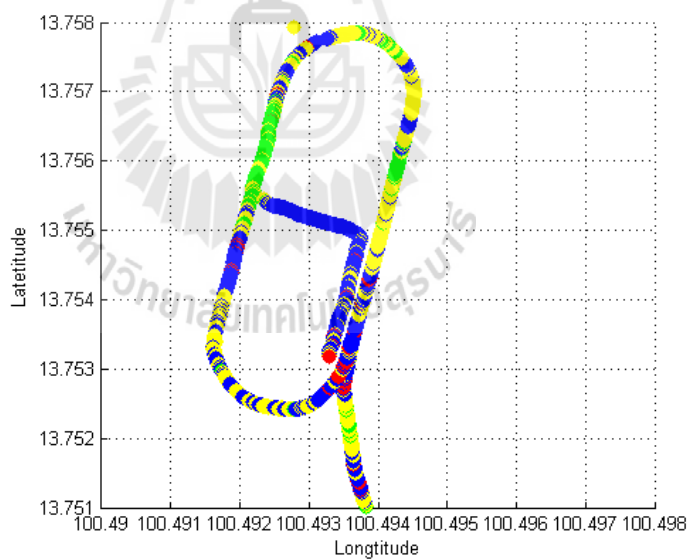
รูปที่ 4.19 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_o)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 70%



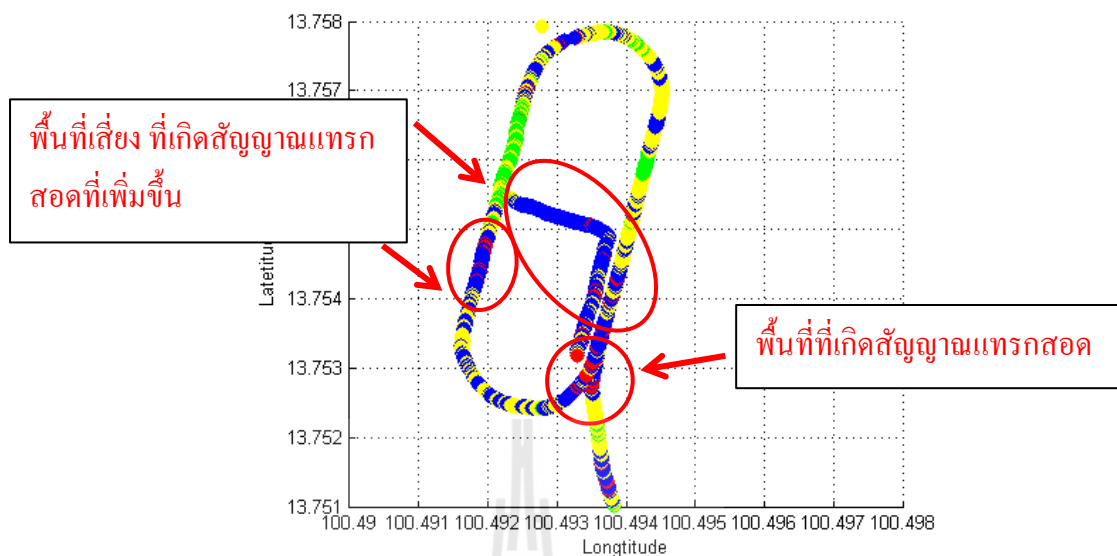
รูปที่ 4.20 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_o)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 75%



รูปที่ 4.21 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 80%



รูปที่ 4.22 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 90%

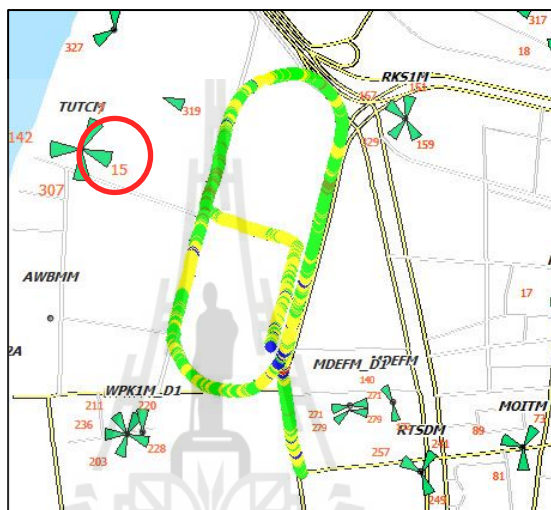


รูปที่ 4.23 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับโพลดเป็น 100%

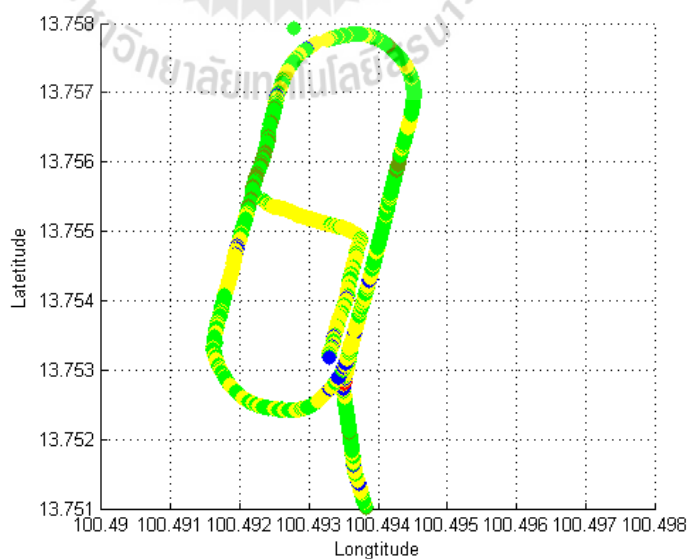
จากรูปการจำลองผลที่ได้ จะเห็นว่าเมื่อทำการปรับค่าข้อมูลทราฟฟิกจาก 10 เปอร์เซนต์ โพลด จนถึง 100 เปอร์เซนต์โพลด ค่าคุณภาพของสัญญาณ (E_c/N_0) มีค่าลดลงเรื่อยๆตามปริมาณข้อมูลทราฟฟิกที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดสัญญาณแทรกสอดเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ในรูปที่ 4.23 เมื่อปรับข้อมูลทราฟฟิกเป็น 100 เปอร์เซนต์โพลด จะเห็นบริเวณที่มีค่าคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำมาก ๆ เป็นบริเวณกว้าง และจะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานในบริเวณนั้นอย่างแน่นอน ในการวิเคราะห์การแก้ปัญหาในเบื้องต้นเมื่อเจอในสถานการณ์ที่มีข้อมูลทราฟฟิกที่ 100 เปอร์เซนต์โพลดแบบนี้ คือ การปรับมูมกัมมูมเมยของแอนเทนน่าและการเพิ่มกำลังส่งในเซลล์ที่อยู่ข้างเคียงบริเวณนี้ โดยทำการหันแอนเทนน่ามารองรับ หรือปรับเพิ่มกำลังส่งให้สัญญาณที่บริเวณที่เกิดสัญญาณแทรกสอดนี้ มีสัญญาณแรงขึ้นจะทำให้ค่าคุณภาพของสัญญาณดีขึ้นด้วย จากการพิจารณาพื้นที่ในรูปที่ 4.9 จะเห็นว่า มีเซลล์ไซต์ที่หัน ไครเรชั่นและที่รองรับบริเวณนี้อยู่หลายเซลล์ไซต์ เช่น SC 129, SC 228, SC 257 ในการแก้ไขเบื้องต้น โดยการปรับเอ็มทีวของ SC129 ขึ้นเพิ่มให้สัญญาณมารองรับที่บริเวณที่เกิดสัญญาณแทรกสอด ปรับกำลังส่งของ SC 228 เพิ่มขึ้นเพื่อให้สัญญาณมาถึงบริเวณที่มีปัญหา มีค่าที่แรงพอต่อการใช้งาน และที่ SC 257 ทำการปรับทั้งเอ็มทีวและกำลังส่ง จากที่กล่าวมาจะสามารถช่วยให้พื้นที่บริเวณนี้มีคุณภาพของสัญญาณดีขึ้น

4.4.2 ผลการจำลองปรับโพลดของ SC15 ในพื้นที่ของสนามหลวง

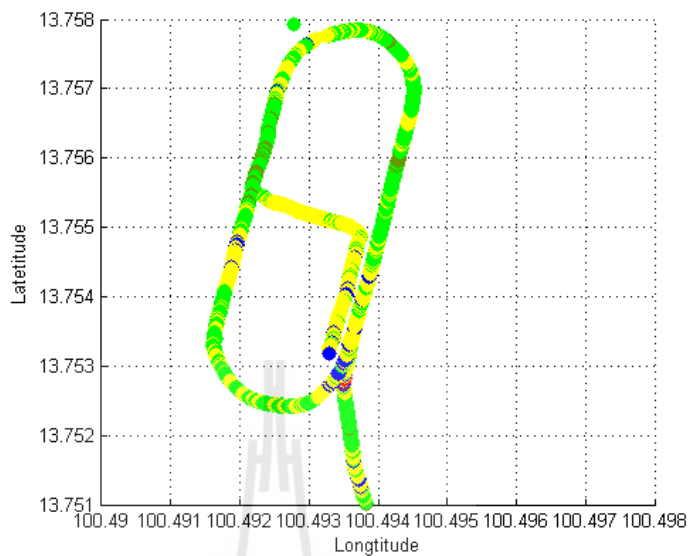
ในการจำลองผลส่วนนี้จะทำการปรับให้ข้อมูลกราฟฟิกของทุกๆเซลล์ไซต์เท่าๆกัน คงที่ที่ 30 เเปอร์เซ็นต์โพลด แล้วจะทำการเพิ่มข้อมูลกราฟฟิกของเซลล์ไซต์ SC 15 เพิ่มขึ้นเรื่อยๆจาก 30 เเปอร์เซ็นต์โพลดโดยเพิ่มขึ้นทีละ 10 เเปอร์เซ็นต์จนถึง 100 เเปอร์เซ็นต์โพลด เพื่อจะดูการเปลี่ยนแปลงของค่าคุณภาพของสัญญาณว่าจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร และจะเกิดสัญญาณแทรกสอดที่บริเวณไหน



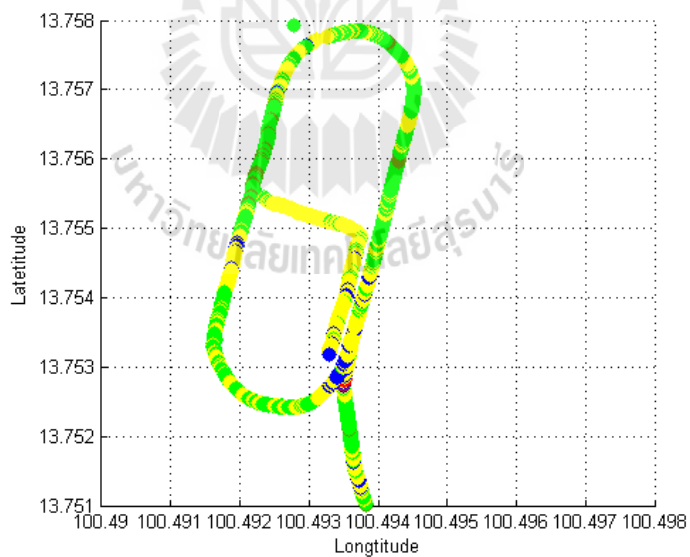
รูปที่ 4.24 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ก่อนทำการปรับข้อมูลกราฟฟิกที่ SC15



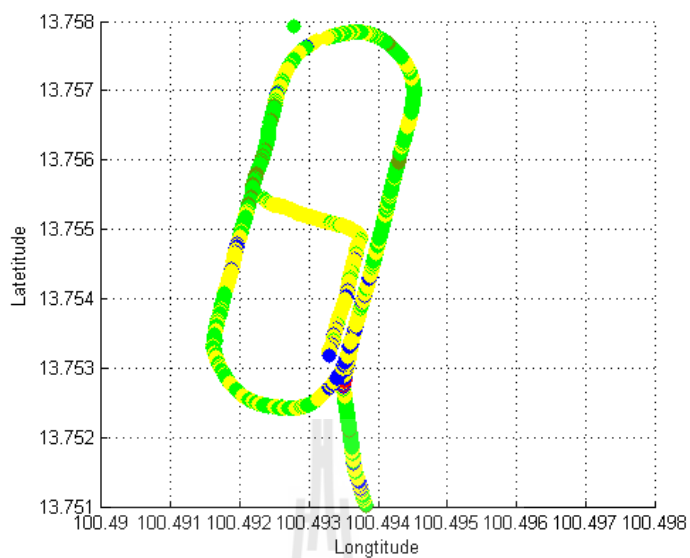
รูปที่ 4.25 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 30%



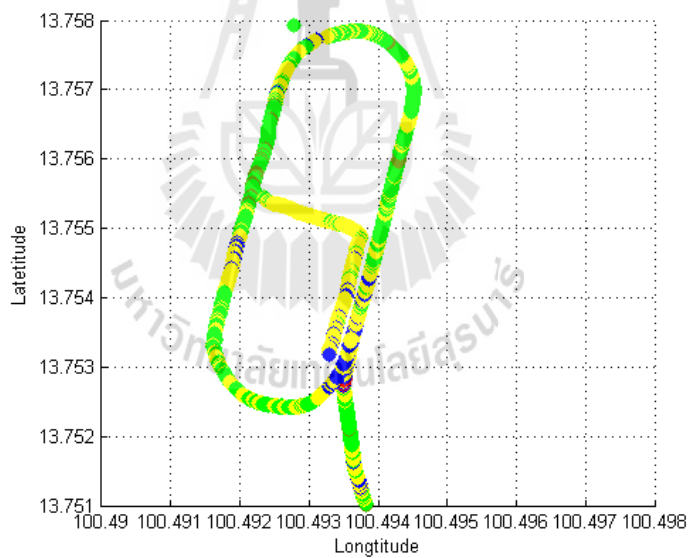
รูปที่ 4.26 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 40%



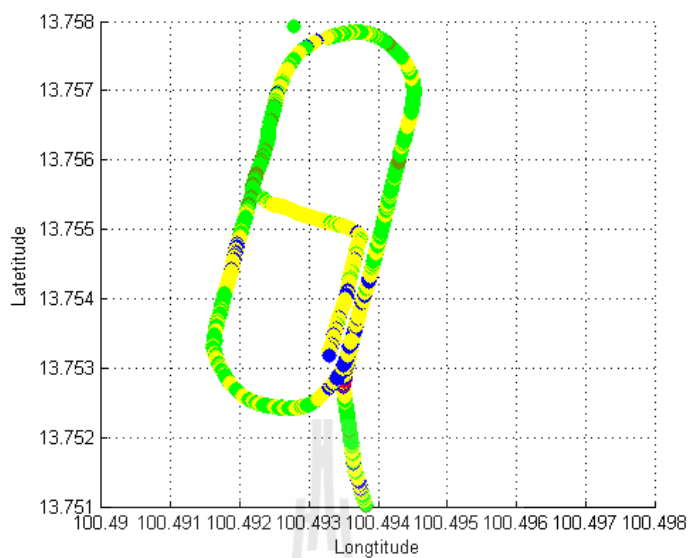
รูปที่ 4.27 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 50%



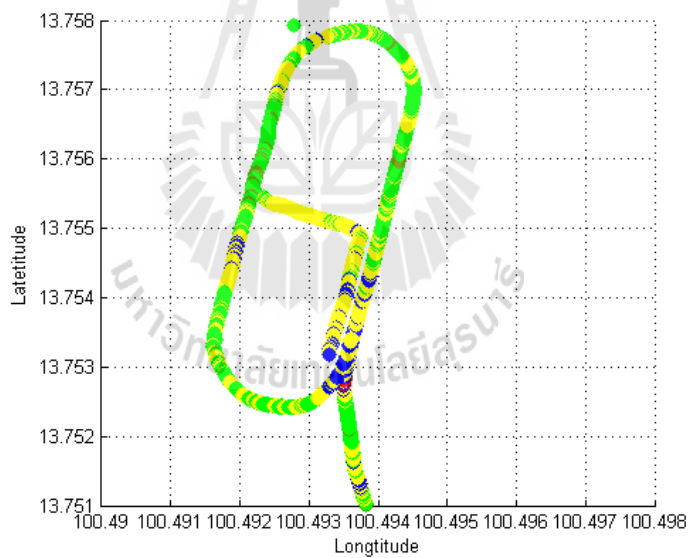
รูปที่ 4.28 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 60%



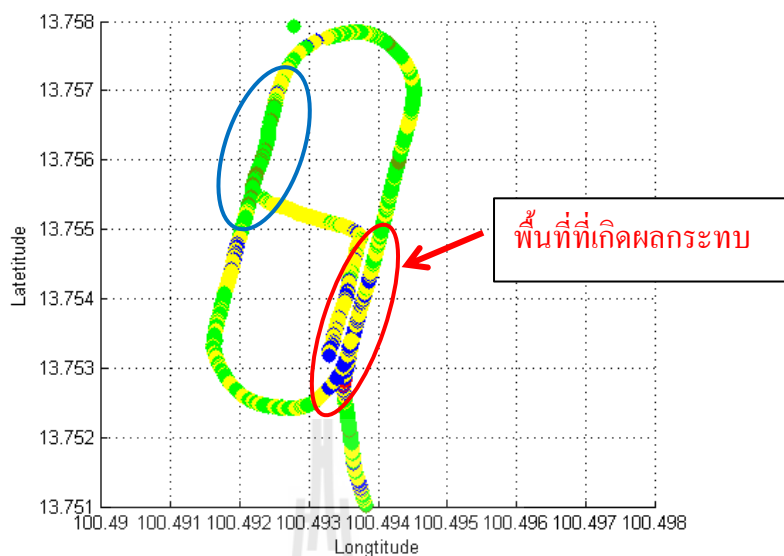
รูปที่ 4.29 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 70%



รูปที่ 4.30 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_o)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 80%



รูปที่ 4.31 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_o)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 90%



รูปที่ 4.32 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 100%

จากรูปการจำลองผลที่ได้ในส่วนนี้ จะเห็นว่าเมื่อทำการปรับค่าข้อมูลทราฟฟิกของ SC 15 จาก 30 เฟอร์เซ็นต์โหลดจนถึง 100 เฟอร์เซ็นต์โหลด ค่าคุณภาพของสัญญาณ (E_c/N_0) มีค่าลดลงเรื่อยๆ ตามปริมาณข้อมูลทราฟฟิกที่เพิ่มขึ้น และมีพื้นที่หนึ่งที่มีผลกระทบมาก ทำให้เกิดสัญญาณแทรกสอดเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจนดังที่แสดงในวงกลมสีแดงในรูปที่ 4.32 เมื่อปรับข้อมูลทราฟฟิกเป็น 100 เฟอร์เซ็นต์โหลด จะเห็นบริเวณที่มีค่าคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำ เนื่องจากที่บริเวณนี้มีสัญญาณที่อ่อนอยู่แล้ว พอเราปรับข้อมูลทราฟฟิกที่ SC 15 เพิ่มมากขึ้นมากๆ ถึงที่ 100 เฟอร์เซ็นต์โหลด ค่าคุณภาพของสัญญาณที่บริเวณหน้าเซลล์ไซต์ SC 15 ดังในรูปวงกลมสีน้ำเงินจะต้องลดลง แต่ในพื้นที่ที่คิดว่าจะไม่มีการลดลง แต่ไม่ได้ลดลงในปริมาณที่ถึงกับค่าคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำ เพราะสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นยังไม่เยอะมากพอที่จะสามารถทำให้พื้นที่นั้นเกิดผลกระทบได้ แต่ในบริเวณวงกลมสีแดงนั้นที่มีสัญญาณอ่อนอยู่แล้ว ถ้าปรับข้อมูลทราฟฟิกที่ SC 15 มากๆ ในพื้นที่ที่มีสัญญาณอ่อนแล้วยังมีข้อมูลทราฟฟิกเพิ่มขึ้น นั่นก็คือมีสัญญาณแทรกสอดเพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้สัญญาณต่อสัญญาณแทรกสอดต่ำลงมากๆ คุณภาพของสัญญาณที่ได้ก็ต่ำ ถ้าต่ำจนถึงจุดๆหนึ่งที่ไม่สามารถใช้งานได้ ก็จะเกิดความเสียหายในบริเวณนั้น

4.5 สรุป

เนื้อหาในบทนี้ได้นำเสนอผลของการจำลองโดยการปรับข้อมูลกราฟิกให้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพของสัญญาณว่าเมื่อปรับข้อมูลกราฟิกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆแล้ว มีผลกระทบต่อพื้นที่ไหนบ้าง มีพื้นที่ไหนที่เสี่ยงต่อการเกิดสัญญาณแทรกสอดสูงๆ และพื้นที่ไหนที่มีโอกาสไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้แล้ว โดยได้ยกตัวอย่างของพื้นที่ที่สนใจที่นำมาทำการจำลองปรับข้อมูลกราฟิกคือพื้นที่ รอบๆ ไซต์ KCGPM พื้นที่รอบเกาะรัตนโกสินทร์ และพื้นที่ของสนามหลวง

โดยจากการจำลองรอบๆ ไซต์ KCGPM จะเห็นกราฟการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีข้อมูลกราฟิกเพิ่มขึ้น พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดก็จะเพิ่มขึ้นตาม และจากการจำลองในพื้นที่รอบเกาะรัตนโกสินทร์ จะเห็นได้ชัดว่าในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงที่จะไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ เมื่อมีการปรับข้อมูลกราฟิกเพิ่มขึ้นในบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีค่าคุณภาพของสัญญาณไม่สามารถใช้งานได้จริงๆ และยังมีพื้นที่ที่จะเกิดสัญญาณแทรกสอดเพิ่มขึ้นเป็นบริเวณกว้าง และจากการจำลองผลในพื้นที่สนามหลวงจะแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือจะมีการจำลองกรณีมีปรับข้อมูลกราฟิกในทุกๆ เซลล์ ไซต์เท่าๆกัน และปรับข้อมูลกราฟิกเพียงแค่เซลล์ ไซต์เดียว ในกรณีแรกจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้ชัดเจนว่ามีพื้นที่ที่เกิดสัญญาณแทรกสอดขึ้นมากมายหลายจุด และกรณีที่สองจะพบว่าเมื่อทำการปรับข้อมูลกราฟิกที่ SC 15 แต่ผลกระทบไปเกิดที่อื่น ซึ่งนั่นก็คือสัญญาณที่ตรงนั้นมีสัญญาณที่อ่อนอยู่แล้ว และเมื่อรับสัญญาณแทรกสอดเพิ่มขึ้นก็จะทำให้คุณภาพของสัญญาณต่ำลงได้ง่าย

ในการจำลองนี้ได้จะใช้สมการความสัมพันธ์ที่ออกแบบขึ้นระหว่างข้อมูลกราฟิกกับค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทำไคร์ฟเทสท์ โดยในบทถัดไปจะเป็นการสรุปงานวิจัยทั้งหมด

บทที่ 5

สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปเนื้อหาวิทยานิพนธ์

จากที่มาและความสำคัญของปัญหาที่ได้กล่าวมาในบทที่ 1 มีหลากหลายบริษัทและหน่วยงานที่เป็นผู้ให้บริการด้านโทรศัพท์เคลื่อนที่พยายามที่จะศึกษาและหาวิธีเพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดพื้นที่ที่ไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้ในพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสูงๆ แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดต่างๆ ทำให้ไม่สามารถบอกได้ว่าเมื่อถึงช่วงเวลาที่ปริมาณทราฟฟิกสูงๆ ในช่วงโมงเร่งด่วน ที่อาจจะทำให้เกิดพื้นที่ที่ไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้ เมื่อหากกำลังจะเกิดเหตุการณ์แบบนั้นเราจะสามารถที่จะทำนายหรือคาดการณ์ล่วงหน้าได้อย่างไรบ้าง

สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสำหรับเครือข่ายสามจีโดยใช้ข้อมูลทราฟฟิกและจากผลไคร์ฟเทส ทำนายเหตุการณ์ล่วงหน้าว่าสถานีฐานที่อยู่ในพื้นที่ดังกล่าวสามารถรองรับข้อมูลทราฟฟิกได้อีกกี่เปอร์เซ็นต์ก่อนที่จะในพื้นที่นั้นจะไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้ และคาดเดาถึงจุดเสี่ยงที่อาจจะเกิดค่าคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำเนื่องจากสัญญาณแทรกสอด จะได้ทำการแก้ไขปัญหาโดยการติดตั้งสถานีฐานเคลื่อนที่ที่ตำแหน่งๆ นั้น หรือจะต้องทำการปรับหันไดเรกชันของเซลล์ข้างเคียงมารองรับพื้นที่นี้ด้วย หรือถ้าเกิดสถานการณ์ที่มีสัญญาณแทรกสอดมากจนทำให้คุณภาพของสัญญาณแย่มากๆ อาจจะทำการติดตั้งไซต์ใหม่เพื่อรองรับพื้นที่นั้นๆ ก่อนถึงวันที่จะมีการจัดงานที่สำคัญๆ หรือวันที่พื้นที่นั้นจะมีผู้ใช้งานโทรศัพท์มากๆ จริง โดยได้ทำการออกแบบสัมพรรคภาพความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ดังที่แสดงวิธีการออกแบบไว้ในบทที่ 3 และทำการปรับค่าข้อมูลทราฟฟิก เพื่อจำลองผลในบทที่ 4

ผลจากการจำลองในบทที่ 4 แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการปรับข้อมูลทราฟฟิกให้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพของสัญญาณว่าเมื่อปรับข้อมูลทราฟฟิกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แล้วมีผลกระทบต่อพื้นที่ไหนบ้าง มีพื้นที่ไหนที่เสี่ยงต่อการเกิดสัญญาณแทรกสอดสูงๆ และพื้นที่ไหนที่มีโอกาสไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้แล้ว โดยได้ยกตัวอย่างของพื้นที่ที่สนใจที่นำมาทำการจำลองปรับข้อมูลทราฟฟิกคือพื้นที่ รอบๆ ไซต์ KCGPM, พื้นที่รอบเกาะรัตนโกสินทร์ และพื้นที่ของสนามหลวง

โดยจากการจำลองรอบๆ ไซต์ KCGPM จะเห็นกราฟการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีข้อมูลทราฟฟิกเพิ่มขึ้น พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดก็จะเพิ่มขึ้นตาม และจากการจำลองในพื้นที่รอบเกาะ

รัตน โกสินทร์ จะเห็นได้ชัดว่าในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงที่จะไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ เมื่อมีการปรับข้อมูลกราฟฟิกเพิ่มขึ้นในบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีค่าคุณภาพของสัญญาณไม่สามารถใช้งานได้จริงๆ และยังมีพื้นที่ที่จะเกิดสัญญาณแทรกสอดเพิ่มขึ้นเป็นบริเวณกว้าง และจากการจำลองผลในพื้นที่สนามหลวงจะแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือจะมีการจำลองกรณีมีปรับข้อมูลกราฟฟิกในทุกๆเซลล์ไซต์เท่าๆกัน และปรับข้อมูลกราฟฟิกเพียงแค่เซลล์ไซต์เดียว ในกรณีแรกจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้ชัดเจนว่ามีพื้นที่ที่เกิดสัญญาณแทรกสอดขึ้นมากมายหลายจุด และกรณีที่สองจะพบว่าเมื่อทำการปรับข้อมูลกราฟฟิกที่ SC 15 แต่ผลกระทบไปเกิดที่อื่น ซึ่งนั่นก็คือสัญญาณที่ตรงนั้นมีสัญญาณที่อ่อนอยู่แล้ว และเมื่อรับสัญญาณแทรกสอดเพิ่มขึ้นก็จะทำให้คุณภาพของสัญญาณต่ำลงได้ง่าย

จากผลการวิจัยนี้ที่ได้นำเสนอในที่นี้มีความมุ่งหวังว่าผู้ให้บริการด้านโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีวิธีการในการวิเคราะห์เกี่ยวกับการเกิดสัญญาณแทรกสอดสูงๆและข้อมูลกราฟฟิกที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต และหวังว่าผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่จะได้ใช้บริการระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงข้อมูลกราฟฟิกเพียงเซลล์ไซต์เดียวเท่านั้นเพราะการจะได้ข้อมูลกราฟฟิกมาให้ครบทุกๆเซลล์ไซต์และได้ตรงตามวันเวลาที่เราสนใจเป็นไปได้ค่อนข้างลำบาก เพราะข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลที่ต้องทำการขอความร่วมมือจากผู้ให้บริการสัญญาณด้านโทรศัพท์มือถือ และผลที่ทำการไต่ถามก็เช่นกันจะต้องขอความร่วมมือจากบริษัทที่รับทำการทดสอบสัญญาณให้ผู้ให้บริการโทรศัพท์มือถือ

5.3 แนวทางการพัฒนาในอนาคต

ในงานวิจัยนี้เพียงนำเสนอวิธีการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดที่ข้อมูลกราฟฟิกเพียงเซลล์ไซต์เดียวเท่านั้น ในการพัฒนาให้สามารถนำไปใช้งานในการวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอดในสถานการณ์จริง นั่นก็คือหากทราบค่าข้อมูลกราฟฟิกของแต่ละเซลล์ไซต์ในช่วงเวลาเดียวกันและมีผลที่ได้ทำการไต่ถามในช่วงเวลาตรงตามข้อมูลกราฟฟิกที่ได้ จะทำให้ผลการจำลองเป็นค่าที่สามารถวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอดได้ตามความเป็นจริงทุกประการ และสามารถพัฒนาโค้ด โปรแกรมเพื่อที่จะทำการปรับโหลดแล้วแสดงผลออกมาหน้าจอกอมพิวเตอร์เลย แต่จะต้องมีคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลที่สูงมากๆ

รายการอ้างอิง

- Li, Xujie, and Lianfeng Shen. **"Interference analysis of 3G/ad hoc integrated network."** IET communications 6.12 (2012):1795-1803.
- Zhang, Zhang. **"WCDMA compressed mode triggering method for IRAT handover."** Wireless Communications and Networking Conference, 2004. WCNC. 2004 IEEE.Vol. 2. IEEE, 2004.
- Janssen, Thom, Remco Litjens, and Kevin W. Sowerby. **"On the expiration date of spectrum sharing in mobile cellular networks."** Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc, and Wireless Networks (WiOpt), 2014 12th International Symposium on. IEEE, 2014.
- Zhang, Kai, and Ping Yang. **"WCDMA ratio network optimization approach based on measurement report."** (2011): 379-383.
- Stasiak, Maciej, Mariusz Glabowski, and Slawomir Hanczewski. **"The application of the Erlang's Ideal Grading for modelling of UMTS cells."**Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP), 2012 8th International Symposium on. IEEE, 2012.
- Stasiak, Maciej. **"Modelling and optimization of traffic loads of the radio access network."** 2012 8th International Symposium on Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP). 2012.
- Malisuwan, Settapong. **"Downlink capacity of mixed traffic in WCDMA mobile internet."** traffic 2 (2006): 3.
- Krendzel, Andrey, et al. **"Method for estimating parameters of 3G data traffic."** Communications, 2004 IEEE International Conference on. Vol. 7. IEEE, 2004.
- Madhu, Ramarakula, and Gottapu Sasi Bhushana Rao. **"Erlang capacity evaluation of WCDMA systems under co-channel interference with adaptive antenna."** Recent Trends in Information Systems (ReTIS), 2015 IEEE 2nd International Conference on. IEEE, 2015.

Alami, Fadoua Thami, Noura Aknin, and Ahmed El Moussaoui. **"Impact of other-cell interferences on downlink capacity in WCDMA Network."** *ijm* 1: 1.

Laiho, Jaana, Achim Wacker, and Tomáš Novosad, eds. **Radio network planning and optimisation for UMTS.** John Wiley & Sons, 2006.

Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana Dipartimento Tecnologie Innovative
Alta Frequenza, FINAL REPORT Basis for a UMTS measurement recommendation,
Project 08R2-HFumts Commissioned by Swiss Agency for the Environment, Forests and
Landscape Date 30 April 2004

แหล่งข้อมูลที่สามารถเข้าถึงได้ : <http://computer-ibot.blogspot.com/2010/08/wcdma.html>





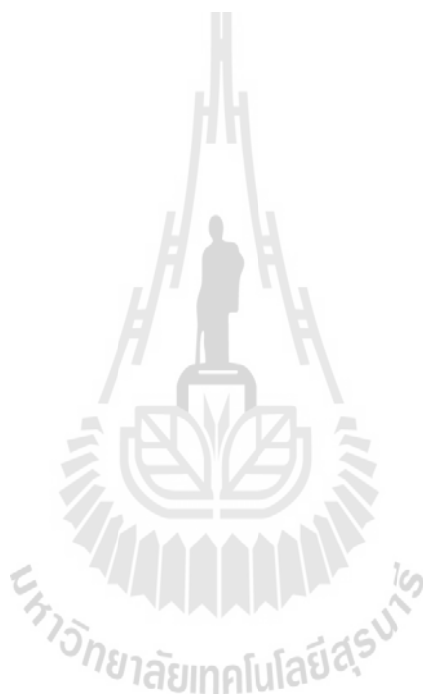
ภาคผนวก ก

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

Charoenlap, S., Uthansakul, M., Uthansakul, P., (2016). **Prediction of Interference Areas for 3G Network Based on Drive Test and Throughput Data.** International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2016 Conference), Chiang Mai, Thailand, June 28 - July 1, 2016



Prediction of Interference Areas for 3G Network Based on Drive Test and Throughput Data

Seksan Charoenlap and Peerapong Uthansakul

School of Telecommunications Engineering, Institute of Engineers

Suranaree University of Technology

Email: M5740789@g.sut.ac.th, uthansakul@sut.ac.th

Abstract— The growth of customers in 3G network has forced the operators to always optimize their network performances. One of the most concerned parameters to indicate the quality of network is the interference area. Especially in 3G network, this parameter is directly influenced by the number of users. Hence, it would be better if the operators can predict the areas experiencing interference before getting the users complaint. However, it is rarely possible to mathematically realize the interference power for all areas without real measurements. This is because in practice the fading channels depend on individual characteristic of environments. In this paper, based on drive test and throughput data, the method to predict the interference areas have been proposed. The performance matrices obtained from drive test are co-analyzed in cooperation with throughput data obtained from base stations. The results indicate that the prospective areas of interference problem can be predicted using the proposed method. Also the limitation of cell throughput can be pointed out in order that the operators can arrange the appropriate plan to upgrade their networks.

Keywords—3G, Drive Test, Throughput, RSCP, RSSI, Ec/No

I. INTRODUCTION

The current number of population and the demand for communication services of 3G mobile networks is increasing rapidly. The network operators have to install more base stations to accommodate the increased demand. Especially, the areas having a high risk of interference problem are the first priority. The problem is that how the operators know the area of interference problem. For WCDMA networks [1], the system has a large number of users that use the same frequency. The signal of each user is the mutual interference for each other. Hence, the interference area is a common problem for such a network and this problem is more pronounced if the network serves more users. The unknown location of interference areas caused by crowd users will make some users block out of a serving cell because the signal to interference ratio is very small [2]. This has a great impact to the users even though it is not the fault of operators. Sometimes, this shortage can be minimized by providing the temporary base stations in the focus area only if the operators pre-know which area will be full of users. The example of such situations are when there are some special events in public area like exhibition shows, conferences, graduation ceremony, traditionally festivals, etc.

The interference area can indirectly cause the damage to life and property of citizens because someone might be unable to call a police or an ambulance in the interference area when the accident is occurred. In the near future, this problem will be more serious due to the increase of population [3]. To solve this problem, there are many companies and agencies that try to find ways to reduce the risk of interference areas. The compulsory process that all methods have to do is the drive test. This is because it is impossible to realize the signal quality in mobile networks without real measurement. Only calculation cannot exactly give the performance matrices because the fading channels in real situations are random and they depend on individual environments. Hence, the drive test is the necessary process for analyzing the actual network quality.

Drive test is the process of measuring all signals from devices which performs a live connection to base stations [4]. This process has been done to realize the current quality situation of networks and to check whether the networks perform as expected or not. However, due to many constraints such as the traffic jams in daytime, the drive test is mostly undertaken when the demand of traffic data is low. This is the invisible problem because the analysis of drive test show how good of the network quality under a low load of users. It can mislead to unaware of interference problem. The results of that drive test in a low load of users cannot indicate that this area is free of the interference problem or non-existent.

Another help to co-analyze with drive test data is the use of statistical data observed by base stations. The statistic data is varied all the time according to the user accessibility. This data can let us know the viewpoint of user load in each cell. All mobile services, from every user are recorded at the base station. For 3G networks, the connection of all services is defined by packet based communication. Hence, the throughput data is the main important index to indicate the burden of base station. For WCDMA networks, the more throughput data of other users will produce more interference powers. This is the linkage to create the relationship between throughput data and network performance obtained by drive test. After getting the relationship, the operators can predict the interference areas in advance. From literature survey [5-8], there has been no work to analyze the problem of interference with the use of throughput data. Therefore, this paper proposes the new concept to find the relationship between throughput data and network performance. Also the analysis can lead to predict the risk area of interference power.

The remainders of this paper are organized as follows: Section II discusses on the background overview about the parameters involved in the model. The prediction of interference areas is presented in Section III. The results of proposed method are discussed in Section IV and the conclusion of this paper is presented in Section V.

II. BACKGROUND OVERVIEWS

The knowledge to formulate the relationship between network performance obtained by drive test and throughput data can be described in 3 sections including drive test, model analysis and throughput data. Each section is given in details as follows.

A. Drive Test

Drive Test as a means of testing the quality of mobile network. It is considered as the most widely used process in nowadays. The signal is automatically measured by a mobile phone installed with a drive test program. Then mobile phone is connected to a personal computer to display the route in conjunction with all parameters. In drive test, there is a connected navigation device so called as global positioning systems (GPS) to determine the position in terms of latitude and longitudes. Then the signal quality in the specific area is recorded in corresponding to the position. The main parameters that are indicative of the area are E_c / N_0 , $RSCP$, $RSSI$ and the scrambling code. These indicators can reveal which cell site or sector affecting the quality of the signal.



Fig. 1. Equipment in drive test.

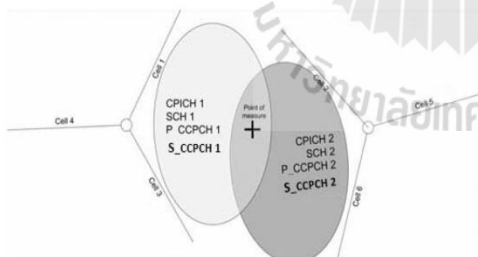


Fig. 2. The situation with the adjacent 2 Cells.

B. Model Analysis

This section provides the insight of how to create the relationship between interference and throughput data. The main key parameter dealing with interference is E_c / N_0 which is the measure of user energy per noise power. Note that the noise power includes the power of all natural noises and all interference sources. Hence, E_c / N_0 can refer to the interference indicator. The relationship of E_c / N_0 with other quality indicators can be obtained from the equation below.

$$\frac{E_c}{N_0} (dB) = RSCP(dB) - RSSI(dB) \tag{1}$$

Where

- E_c/N_0 = Energy per Chip Over the Noise
- $RSCP$ = Received Signal Code Power
- $RSSI$ = Received Signal Strength Indicator

In WCDMA network, the received signal will be achieved from the CPICH channels of multi-Cells and other signals of Cells (SCH, CCPCH). For example, in case that the signals measured at the midpoint between 2 sites as illustrated in Figure 2, the various components in power spectrum are shown in Figure 3 [11].

The relationship between the energy of all components illustrated in Figure 3 can be expressed in equation (2).

$$P_r = (P_{CPICH_1} + P_{TCH_1} + P_{other_1}) \times P_{L_1} + (P_{CPICH_2} + P_{TCH_2} + P_{other_2}) \times P_{L_2} \tag{2}$$

where

- P_{CPICH_i} = Common Pilot Channel Power
- P_{TCH_i} = Traffic Channel Power
- P_{other_i} = Other Channel Power
- P_{L_i} = Total Loss Power

The P_{other_i} is comprised by two channels including SCH and CCPCH. The P_{CPICH_i} is up to -33 dBm and the power of the CPICH channel will be reduced by increasing of the distance from BS to UE.

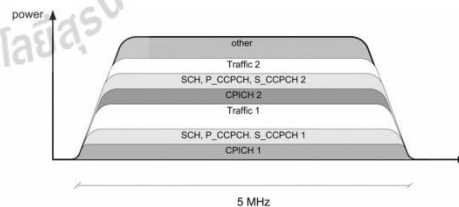


Fig. 3. WCDMA spectrum of 2 Cells.

Thus,

$$P_{r_{UE}} = RSCP = P_{CPICH} \times P_L \quad (\text{Watt}) \quad (3)$$

The definition of RSSI is to present all received energy of user at any location. So it is that the $RSSI = P_r$ (dBm). Considering the P_{TCH} , this will depend on the volume of users. If the cell could serve more users, then P_{TCH} will be more valuable as well.

Thus

$$P_{TCH} = \%Load \times P_{max} \quad (4)$$

Since % Load is a volume of throughput data, it is the time to analyze drive test data in order to obtain P_{max} in which P_{max} is the maximum power of P_{TCH} in traffic channel.

Therefore the equation in (2) can rewrite in a general equation below.

$$RSSI = 2 \sum_{l=1}^3 AS_l + 2 \sum_{j=1}^6 MS_j + (P_{max} \times P_{L_1}) \times [\sum_{k=1}^3 (\%load_k \times \frac{AS_k}{AS_1}) + \sum_{l=1}^6 (\%load_l \times \frac{MS_l}{AS_1})] \quad (5)$$

where

AS = Monitor Set Received Signal Code Power

P_{max} at position the measuring the signal obtained.

Then,

$$P_{max} = \frac{RSSI - 2 \sum_{l=1}^3 AS_l + 2 \sum_{j=1}^6 MS_j}{P_{L_1} \times [\sum_{k=1}^3 (\%load_k \times \frac{AS_k}{AS_1}) + \sum_{l=1}^6 (\%load_l \times \frac{MS_l}{AS_1})]} \quad (6)$$

C. Throughput Data

From the information recorded at base station called as static data, there are many types of real time data. Traffic data refers to the amount of data that users can use the service during that time which is controlled in traffic channel. Hence, the traffic data no matter what kind of services can be grouped in 4 types. The first type is the voice and video calls as shown in Figure 4. The results show the amount of traffic using the voice and video calls in units of Erlang. The second type shown in Figure 5 is the data volume of voice call and internet data in Mbit. The third type is the throughput of HSDPA and HSUPA data shown in Figure 6 while the fourth type is the throughput of voice data in uplink and downlink as shown in Figure 7. In summary, it can be noticed that the user demand of required data is changed by time. Also the throughput of HSDPA and HSUPA is much higher than voice data. This can be seen in Figure 7 that the voice data Throughput is the maximum at about 30 Kbps, but the packet Data Throughput is about 2.4 Mbps. Hence, it can imply that the consideration of user traffic is influenced the most by throughput data.

In this paper, the authors are interested only in the downlink which users download data as illustrated by throughput HSDPA shown in Figure 6. It can be calculated that the average amount of data is approximately 30 percent of all applications during the drive test.

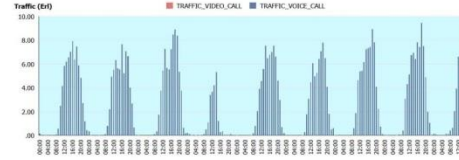


Fig. 4. Traffic on the voice call and video call.

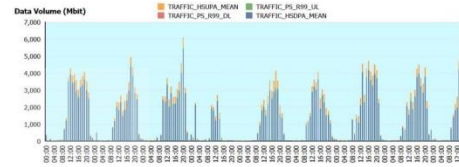


Fig. 5. Data volume on the voice call and internet data.

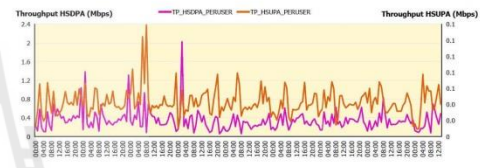


Fig. 6. Throughput HSDPA data and HSUPA data.

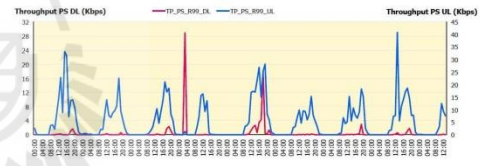


Fig. 7. Throughput voice data in uplink and downlink.

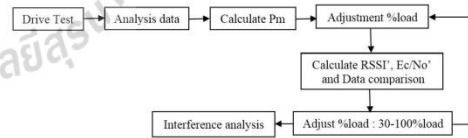


Fig. 8. Flowchart of the interference analysis.

III. PREDICTION OF INTERFERENCE AREAS

This section describes the analysis of data obtained from drive test and then presents the method to predict the interference areas based on the new load adjustment. The next task is to demonstrate the impact of the signal quality occurred when the load is changed. Lastly, the results are analyzed to identify the areas at high risk of interference. The flowchart of interference analysis is shown in Figure 8.

As mentioned above, Figure 9 is an example of the Ec/No in the interested area. As seen in the figure, there are two base stations in which there are three sectors in each cell. Each sector has an individual scrambling code. The interference area is defined by the area that Ec/No is less than -18 dB. The presented results are obtained by drive test which it has an averaging load at 30%. From drive test, there are other parameters that can be collected including $RSSI$ and $RSCP$.

The parameters mentioned above are used for calculating the P_{max} value of each point on the area. By substitute into the equation (6) and then recorded values. The next step will be a simulation to see the change in the signal quality (Ec/No) by adding percent load. Then the new calculated $RSSI$ value can be calculated using equation in (7) below.

$$RSSI' = 2 \sum_{i=1}^3 AS_i + 2 \sum_{j=1}^6 MS_j + (P_{max} \times P_{L1}) \times \left[\sum_{k=1}^3 (\%load'_k \times \frac{AS_k}{AS_1})_k + \sum_{l=1}^6 (\%load'_l \times \frac{MS_l}{AS_1})_l \right] \quad (7)$$

After achieving $RSSI'$ for all positions, then the new value of Ec/No' can be calculated below.

$$Ec/No' = \frac{RSCP}{RSSI'} \quad (8)$$

When all new Ec/No' is complete, then the plot of interference can be considered. This paper employs MATLAB programming to calculate and compare the results.

IV. EXPERIMENTAL RESULTS

This section displays the area of Ec/No measured from drive test. Then, the calculation of predicted Ec/No is displayed by changing the throughput data with 30%, 60% and 100%. The position of interference problem is where the value of $Ec/No < -18$ dB. In this section, there are two experiments including interference prediction and maximum throughput awareness. The first experiments focus on the prediction of interference areas when increasing the traffic load. For second experiment, the maximum limit of cell load has been studied.



● $Ec/No < -18dB$ ● $-18dB < Ec/No \leq -14dB$ ● $-14dB < Ec/No \leq -10dB$
● $-10dB < Ec/No \leq -6dB$ ● $Ec/No > -6dB$

Fig. 9. The results of Ec/No from the Drive Test.

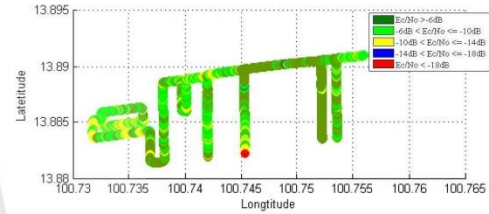


Fig. 10. The predicted results of Ec/No when load is 30%.

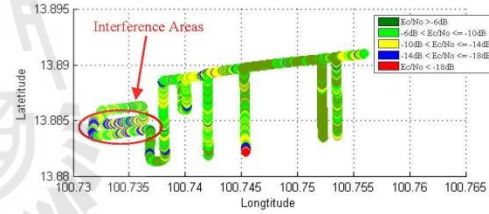


Fig. 11. The predicted results of Ec/No when load is 60%.

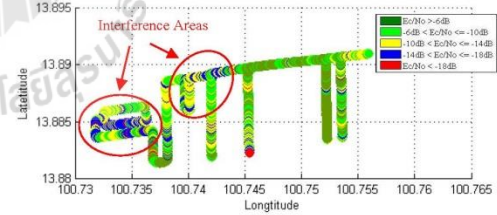


Fig. 12. The predicted results of Ec/No when load is 100%.

A. Interference Prediction

The results of interference prediction are shown in Figure 10 to Figure 12. The traffic load is changed from 30% to 100%. It can be seen that the more traffic load increases the more interference areas. The results also show that the proposed method can specify the exact location of interference areas. This is very helpful for engineers to foresee the problem. Then they can plan to improve the network performance before users complain.

When the load is 100% shown in Figure 12, it can be seen that two red circles cover the interference areas. It means that both areas need some improvement. However, it is impossible to adjust power or the tilt angle of antennas because there is no base station in between both areas. Hence, the only method to serving overload traffic is to install the new base station between both circle areas. This information can be a good guideline for operators to plan for installing a new base station.

B. Maximum throughput Awareness

Figure 13 shows the interference areas versus the throughput data. Note that the interference areas are calculated in percentage. It can be obviously seen that the interference areas are more pronounced if throughput data is very high. This is because more traffic data increase more interference power at each location. The results in Figure 13 can be used as the guideline for network planning. For example, if the operators prefer to have the interference areas less than 0.1%, the maximum throughput data that each cell can be offer to users is 56%. Then the network monitoring engineers can be aware of this percentage to be the maximum limit of each cell.

V. CONCLUSIONS

This paper has proposed the new approach to predict the interference areas in 3G networks. The proposed method uses the data from drive test in terms of E_c/N_0 and also the data from statics at base stations in terms of throughput. After finding the relationship between E_c/N_0 and throughput, then it is ready to analyze all positions if the traffic load is changed. The results indicate that the proposed method can be useful for preventing the risk of network impairment due to interference problem.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank Mr. Bunjong Yosapa and staffs of AIS Company for supporting technical discussion. Also, the thanks go to Mr. Kowit Jira and his staffs of ANTECH Company for facilitating all equipment.

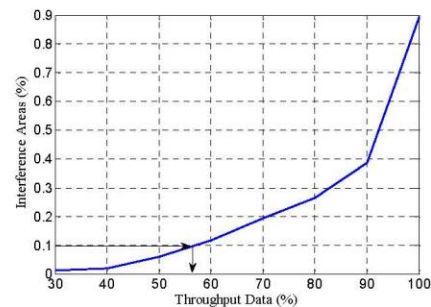


Fig. 13. The interference areas versus throughput data.

REFERENCES

- [1] Li, Xujie, and Lianfeng Shen. "Interference analysis of 3G/ad hoc integrated network." *IET communications* 6.12 (2012):1795-1803.
- [2] Zhang, Zhang. "WCDMA compressed mode triggering method for IRAT handover." *Wireless Communications and Networking Conference, 2004. WCNC. 2004 IEEE*. Vol. 2. IEEE, 2004.
- [3] Janssen, Thom, Remco Litjens, and Kevin W. Sowerby. "On the expiration date of spectrum sharing in mobile cellular networks." *Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc, and Wireless Networks (WiOpt), 2014 12th International Symposium on*. IEEE, 2014.
- [4] Zhang, Kai, and Ping Yang. "WCDMA ratio network optimization approach based on measurement report." (2011): 379-383.
- [5] Stasiak, Maciej, Mariusz Glabowski, and Slawomir Hanczewski. "The application of the Erlang's Ideal Grading for modelling of UMTS cells." *Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP), 2012 8th International Symposium on*. IEEE, 2012.
- [6] Stasiak, Maciej. "Modeling and optimization of traffic loads of the radio access network." *2012 8th International Symposium on Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP)*. 2012.
- [7] Malisuwan, Settapong. "Downlink capacity of mixed traffic in WCDMA mobile internet." *traffic* 2 (2006): 3.
- [8] Krendzel, Andrey, et al. "Method for estimating parameters of 3G data traffic." *Communications, 2004 IEEE International Conference on*. Vol. 7. IEEE, 2004.
- [9] Madhu, Ramarakula, and Gottapu Sasi Bhushana Rao. "Erlang capacity evaluation of WCDMA systems under co-channel interference with adaptive antenna." *Recent Trends in Information Systems (ReTIS), 2015 IEEE 2nd International Conference on*. IEEE, 2015.
- [10] Alami, Fadoua Thami, Noura Aknin, and Ahmed El Moussaoui. "Impact of other-cell interferences on downlink capacity in WCDMA Network." *ijm* 1: 1.
- [11] Laino, Jaana, Achim Wacker, and Tomáš Novosad, eds. *Radio network planning and optimisation for UMTS*. John Wiley & Sons, 2006.

ประวัติผู้เขียน

นาย เสกสรรค์ เจริญลาภ เกิดเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2534 ที่มหาสารคาม เริ่มศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนอนุบาลพยัคฆภูมิพิสัย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยาคาร จังหวัดมหาสารคาม และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2557 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โดยขณะศึกษาได้รับทุนสนับสนุนจากทุนเรียนดี บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ใน การประชุมวิชาการระดับนานาชาติจำนวน 1 ฉบับ ตามลำดับ ดังนี้

- 1) Charoenlap, S., Uthansakul, M., Uthansakul, P., (2016). **Prediction of Interference Areas for 3G Network Based on Drive Test and Throughput Data.** International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2016 Conference), Chiang Mai, Thailand, June 28 - July 1, 2016