



รายงานการวิจัย

การทำนายพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสัญญาณแทรกสอดสูงสำหรับเครือข่ายสามจี
โดยใช้ข้อมูลทราฟฟิก

Prediction of Areas at High Interference Risk for 3G Network Using
Traffic Data

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการทำวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



รายงานการวิจัย

การทำนายพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสัญญาณแทรกสอดสูงสำหรับเครือข่ายสามจี
โดยใช้ข้อมูลทราฟฟิก

Prediction of Areas at High Interference Risk for 3G Network Using
Traffic Data

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. พิระพงษ์ อุฑารสกุล

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

เมษายน 2560

ก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยสำหรับโครงการวิจัยนี้
ขอขอบคุณนักศึกษาในทีปรีษาของผู้วิจัยที่ช่วยเก็บผลการทดลอง นายเสกสรรค์ เจริญลากและขอขอบคุณ
รองศาสตราจารย์ ดร. มนต์ทิพย์ภา อูซารสกุล สำหรับคำแนะนำในเชิงวิชาการที่เป็นประโยชน์

ผู้วิจัย

เมษายน 2560



บทคัดย่อ

ปัจจุบันความต้องการในการใช้บริการการสื่อสารของระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ของระบบสามจีเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงทำให้มีความเสี่ยงที่จะเกิดพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสูงขึ้น จนเป็นปัญหาทำให้บางจุดหรือบางพื้นที่ที่มีประชากรแออัดไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ ผู้ให้บริการจึงพยายามที่จะศึกษาและหาวิธีลดความเสี่ยงที่จะเกิดพื้นที่ที่ไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้ในพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสูง วิธีหนึ่งที่ใช้เป็นปกติคือการวัดสัญญาณสามจีในพื้นที่ให้บริการจริงหรือที่เรียกว่าการทำไคร์ฟเทส แต่ข้อมูลที่ได้จากการทำไคร์ฟเทสนั้นเป็นช่วงเวลาขณะหนึ่งที่ทดสอบ ซึ่งปริมาณผู้ใช้งานมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ส่งผลให้ผลการวัดสัญญาณที่ได้ไม่สามารถบอกสมรรถนะของระบบได้ทุกเวลานอกจากนี้ถ้าการวัดสัญญาณเกิดขึ้นในช่วงที่มีปริมาณทราฟฟิกเบาบางเช่นเวลากลางคืน หรือวันหยุด ผลการวัดสัญญาณนั้นก็จะไม่สามารถแสดงพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสูงได้ ซึ่งเมื่อผู้ใช้งานในเวลาปกติที่มีปริมาณทราฟฟิกสูงจะทำให้ไม่สามารถใช้งานได้เนื่องจากเกิดการแทรกสอดของสัญญาณขึ้น ทำให้เกิดผลเสียหายโดยที่ผู้ให้บริการไม่สามารถรู้ถึงปัญหาได้

จากการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมที่ผ่านมา การแก้ไขปัญหของสัญญาณแทรกสอดทำได้ด้วยการสร้างแบบจำลองจากการไคร์ฟเทส แล้วทำนายพื้นที่ที่อาจจะเกิดสัญญาณแทรกสอดได้ โดยไม่ได้ใช้ข้อมูลปริมาณทราฟฟิกมาร่วมวิเคราะห์ด้วย จึงทำให้ไม่สามารถเข้าถึงปัญหาที่เกิดขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงนำเสนอวิธีการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสำหรับเครือข่ายสามจีโดยใช้ข้อมูลทราฟฟิกประกอบกับผลการไคร์ฟเทส เพื่อช่วยทำนายพื้นที่ที่สามารถรองรับโหลดได้เท่าใดก่อนจะถึงขีดจำกัด และคาดเดาถึงจุดเสี่ยงที่คุณภาพของสัญญาณอาจจะต่ำลงเนื่องจากสัญญาณแทรกสอด

Abstract

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.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญรูปภาพ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	3
1.3 แนวทางการดำเนินการวิจัย.....	3
1.4 ผลสำเร็จของโครงการ.....	3
1.5 การสำรวจปริทรรศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 กล่าวนำ.....	5
2.2 ประวัติความเป็นมาของระบบ WCDMA.....	5
2.3 เทคโนโลยี WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access).....	6
2.4 สถาปัตยกรรมและหลักการทำงานของระบบ WCDMA.....	7
2.4.1 สถาปัตยกรรม WCDMA.....	7
2.4.2 เปรียบเทียบระหว่าง อพลิงค์ กับ ดาวน์ลิงค์.....	10
2.4.3 การส่งข้อมูลความเร็วสูงต้องการกำลังส่งที่มากกว่า.....	10
2.4.4 การลดโหลดของเซลล์มาโคร.....	10
2.4.5 ข้อดีเมื่อโครงข่ายมีโหลดมากขึ้น.....	11
2.4.6 โครงข่ายโทรศัพท์เซลลูลาร์.....	11
2.5 เทคโนโลยี UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).....	12
2.6 เทคโนโลยี HSPA (High-Speed Packet Access).....	12
2.6.1 เทคโนโลยี HSDPA (High Speed Downlink Packet Access).....	13

2.6.2	เทคโนโลยี HSUPA (High Speed Uplink Packet Access).....	14
2.7	ช่องสัญญาณในระบบสามจี	15
2.7.1	ช่องสัญญาณ CPICH (Common Pilot Channel)	15
2.7.2	ช่องสัญญาณ CCPC (Common Control Physical Channel).....	16
2.7.3	ช่องสัญญาณ SCH (Synchronization Channel).....	17
2.7.4	ช่องสัญญาณ AICH (Acquisition Indicator Channel).....	17
2.7.5	ช่องสัญญาณ PICH (Paging Indicator Channel).....	17
2.7.6	ช่องสัญญาณ DCH (Dedicated Channel).....	17
2.8	วิธีการวัดสัญญาณบนโดเมนความถี่.....	18
2.9	กล่าวท้ายบท.....	19
บทที่ 3	การออกแบบสมการความสัมพันธ์ เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด	20
3.1	กล่าวนำ	20
3.2	ปัญหาที่พบในปัจจุบันซึ่งอยู่ในความสนใจ.....	20
3.3	ข้อมูลกราฟฟิก	21
3.4	พารามิเตอร์จากผลไคร์ฟเทสท์.....	23
3.5	การวิเคราะห์สเปกตรัมของสัญญาณ	26
3.6	การออกแบบสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์	28
3.7	การวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอด.....	33
3.8	การทดสอบแบบจำลอง.....	34
3.9	กล่าวท้ายบท.....	37
บทที่ 4	การจำลองผลใน โปรแกรมแมทแลบพร้อมวิเคราะห์ผล	38
4.1	กล่าวนำ	38
4.2	ผลการจำลองปรับ โหลดของทุกๆเซลล์ไซต์ในพื้นที่ของไซต์ KCGPM.....	38
4.3	ผลการจำลองปรับ โหลดของทุกๆเซลล์ไซต์ในพื้นที่รอบเกาะรัตนโกสินทร์	41
4.4	ผลการจำลองปรับ โหลดในพื้นที่ของสนามหลวง	43
4.4.1	ผลการจำลองปรับ โหลดทุกๆไซต์เท่าๆกันในพื้นที่ของสนามหลวง.....	44
4.4.2	ผลการจำลองปรับ โหลดของ SC15 ในพื้นที่ของสนามหลวง	52
4.5	กล่าวท้ายบท.....	56
บทที่ 5	สรุปและข้อเสนอแนะ	58

5.1	สรุป.....	58
5.2	ปัญหาและข้อเสนอแนะ	59
5.3	แนวทางการพัฒนาในอนาคต.....	59
	บรรณานุกรม.....	60
	ภาคผนวก ก การเผยแพร่ผลงานวิจัย.....	62
	ภาคผนวก ข บทความวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่.....	63
	ประวัติผู้วิจัย.....	69



สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 จีเอสเอ็ม Base Station Subsystem (BSS) และ WCDMA Radio Access Network (RAN) [ลัทธิมี ชูใจ, 2548].....	7
รูปที่ 2.2 การเชื่อมต่อของระบบ WCDMA RAN [ลัทธิมี ชูใจ, 2548].....	8
รูปที่ 2.3 การส่งข้อมูลใน WCDMA โดยการใช้ Spread Spectrum [ลัทธิมี ชูใจ, 2548]	9
รูปที่ 2.4 ความแตกต่างระหว่าง CDMA และ W-CDMA [ลัทธิมี ชูใจ, 2548]	9
รูปที่ 2.5 โครงสร้างของเครือข่าย HSDPA [www.itharem.com].....	14
รูปที่ 2.6 เฟรมของช่องสัญญาณ CPICH	15
รูปที่ 2.7 เฟรมของช่องสัญญาณ DPCH	18
รูปที่ 2.8 สถานการณ์ที่มี 2 เซลล์ติดกัน	18
รูปที่ 2.9 สเปกตรัม WCDMA ของ 2 เซลล์	19
รูปที่ 3.1 ผลไครฟ์เทสท์และข้อมูลกราฟฟิกแต่ละไซต์	21
รูปที่ 3.2 แสดงให้เห็นถึงข้อมูลกราฟฟิกของการทำงานการโทรด้วยเสียงและโทรด้วยวิดีโอ	22
รูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นถึงข้อมูลกราฟฟิกที่เป็นค่าเฉลี่ย	22
รูปที่ 3.4 แสดงกราฟข้อมูลการใช้งาน Throughput ของ R99 ความนิ่งและอพลิงค์	23
รูปที่ 3.5 แสดงกราฟข้อมูลการใช้งาน Throughput (HSDPA) และ Throughput (HSUPA).....	23
รูปที่ 3.6 แสดงค่า Ec/No ที่ได้จากการทำไครฟ์เทสท์.....	24
รูปที่ 3.7 การเอ็กซ์พรอดค่าพารามิเตอร์ของการทำไครฟ์เทสท์.....	24
รูปที่ 3.8 พารามิเตอร์ที่ได้จากผลไครฟ์เทสท์	25
รูปที่ 3.9 สถานการณ์ที่มี 2 เซลล์ติดกัน	26
รูปที่ 3.10 WCDMA สเปกตรัมของ 2 เซลล์	26
รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ของค่า Ec/No และสเปกตรัมของ 2 เซลล์ไซต์.....	27
รูปที่ 3.12 แสดงความสัมพันธ์ค่า Ec/No ที่สถานะไม่มีข้อมูลกราฟฟิก [http://www.telecomhall.com/what-is-ecio-and-ebno.aspx].....	28
รูปที่ 3.13 แสดงความสัมพันธ์ค่า Ec/No ที่สถานะที่มีข้อมูลกราฟฟิก [http://www.telecomhall.com/what-is-ecio-and-ebno.aspx].....	28

รูปที่ 3.14	การเดินทางของสัญญาณ มายังจุดวัดสัญญาณ	29
รูปที่ 3.15	แผนภาพแสดงกระบวนการในการวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอด	33
รูปที่ 3.16	พื้นที่ที่แสดงค่า Ec/No ที่ได้จากการทำไคร์ฟเฟสท์	35
รูปที่ 3.17	พื้นที่ที่แสดงค่า Ec/No ที่ได้จากการคำนวณในสมการที่ออกแบบ	36
รูปที่ 3.18	ตารางเปรียบเทียบจำนวนจุดสีจากผลไคร์ฟเฟสท์และจากการคำนวณ	36
รูปที่ 4.1	แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ได้จากการทำไคร์ฟเฟสท์รอบไซต์ KCGP.....	39
รูปที่ 4.2	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 30%.....	39
รูปที่ 4.3	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 60%.....	39
รูปที่ 4.4	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 100%.....	40
รูปที่ 4.5	กราฟแสดงผลของพื้นที่ของสัญญาณแทรกสอดที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์และเปอร์เซ็นต์โหลด	40
รูปที่ 4.6	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ได้จากการทำไคร์ฟเฟสท์รอบเกาะ	41
รูปที่ 4.7	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No) รอบเกาะรัตนโกสินทร์ เมื่อโหลดลดลงเป็น	42
รูปที่ 4.8	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No) รอบเกาะรัตนโกสินทร์ เมื่อโหลดลดลงเป็น	43
รูปที่ 4.9	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ได้จากการทำไคร์ฟเฟสท์รอบสนามหลวง	44
รูปที่ 4.10	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 10%.....	44
รูปที่ 4.11	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 20%.....	45
รูปที่ 4.12	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 30%.....	45
รูปที่ 4.13	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 40%.....	46
รูปที่ 4.14	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 45%.....	46
รูปที่ 4.15	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 50%.....	47
รูปที่ 4.16	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 55%.....	47
รูปที่ 4.17	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 60%.....	48
รูปที่ 4.18	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 65%.....	48
รูปที่ 4.19	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 70%.....	49
รูปที่ 4.20	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 75%.....	49
รูปที่ 4.21	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 80%.....	50
รูปที่ 4.22	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 90%.....	50
รูปที่ 4.23	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 100%.....	51
รูปที่ 4.24	พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ก่อนทำการปรับข้อมูลกราฟฟีกที่ SC15	52

รูปที่ 4.25	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 30%	52
รูปที่ 4.26	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 40%	53
รูปที่ 4.27	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 50%	53
รูปที่ 4.28	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 60%	54
รูปที่ 4.29	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 70%	54
รูปที่ 4.30	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 80%	55
รูปที่ 4.31	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 90%	55
รูปที่ 4.32	พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 100%	56



บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

สัญญาณแทรกสอดเป็นสัญญาณที่มีความถี่เดียวกันกับสัญญาณที่ผู้ใช้บริการใช้งานอยู่แต่มีแหล่งกำเนิดจากที่อื่นๆ เข้ามาแทรกแซงและรบกวนสัญญาณของผู้ให้บริการในเครือข่าย สัญญาณแทรกสอดนี้จะทำให้ภาครับไม่สามารถถอดรหัสข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์ทำให้อัตราการส่งข้อมูลลดลงและส่งข้อมูลได้ช้าขึ้นด้วย โดยเฉพาะในกรณีที่มีสัญญาณแทรกสอดมากๆ นั้นอาจจะทำให้ไม่สามารถติดต่อสื่อสารกันได้เลย ซึ่งสัญญาณแทรกสอดนี้ไม่เป็นที่ต้องการของเครือข่ายใดๆ ไม่ว่าจะเป็นเครือข่ายสองจี สามจีหรือสี่จี ซึ่งทุกๆ เครือข่ายต้องพยายามกำจัดสัญญาณแทรกสอดนี้ให้ลดน้อยลงมากที่สุดเท่าที่ทำได้ แต่การกำจัดนั้นผู้ให้บริการจำเป็นต้องรู้ก่อนว่าพื้นที่ใดที่มีสัญญาณแทรกสอดอยู่บ้าง ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมุ่งเป้าไปที่การทำงานในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อสัญญาณแทรกสอดที่สูงในเครือข่ายสามจี แม้ว่าในประเทศไทยจะมีเครือข่ายทั้งสองจี สามจีและสี่จีแล้วก็ตาม แต่เครือข่ายสองจินั้นกำลังจะเลิกใช้ ส่วนสามจีจะมีสัดส่วนผู้ใช้บริการมากขึ้น และสี่จิกำลังขยายเครือข่ายซึ่งยังไม่มีการประมวลความถี่ในขณะนี้ เมื่อมองถึงประโยชน์ที่ได้ต่อประเทศสูงสุดแล้วผู้วิจัยจึงเลือกที่เครือข่ายสามจี เพราะผลสำเร็จของโครงการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครือข่ายสี่จีในอนาคตได้

ปัญหาอย่างหนึ่งของการกำหนดพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสูงในเครือข่ายคือการได้ข้อมูลที่มาวิเคราะห์จากแต่ละช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น ผู้ให้บริการจะทำการส่งผู้ทดสอบไปตามพื้นที่ต่างๆ และวัดสัญญาณกลับมา จากนั้นจะพิจารณาผลการวัดสัญญาณจากช่วงเวลาที่เป็นทดสอบนั้น ซึ่งข้อมูลอาจจะแปลความหมายไม่ครอบคลุมทุกกรณีก็ได้ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าไปวัดสัญญาณตอนเช้า กลางวัน หรือกลางคืน จะทำให้ได้ข้อมูลที่มาจากปริมาณทราฟฟิกที่แตกต่างกัน ในตอนเช้าผู้ใช้บริการปานกลาง กลางวันนั้นจะมีผู้ใช้บริการสูงมากและตอนกลางคืนแทบไม่มีผู้ใช้บริการเลย ดังนั้นในเครือข่ายสามจีจำนวนผู้ใช้บริการมีผลต่อระดับความแรงของสัญญาณแทรกสอดด้วย ซึ่งการวัดทั้งสามช่วงเวลาดังกล่าวมีผลต่อปริมาณสัญญาณแทรกสอดที่ไม่เท่ากัน จึงทำให้ผลการวัดสัญญาณจากช่วงเวลาหนึ่งไม่สามารถเป็นตัวแทนของช่วงเวลาอื่นๆ ได้ แต่ด้วยข้อจำกัดในการวัดพื้นที่ๆ มีอยู่ในเมืองช่วงกลางวันที่ไม่สามารถวัดเส้นทางต่างๆ ได้ทั่วทั้งพื้นที่เนื่องจากสภาวะการจราจรที่ติดขัด ทำให้ไม่สามารถได้รับข้อมูลที่แท้จริงในช่วงเวลาเดียวกันทั้งหมดมาวิเคราะห์ ส่งผลให้การแก้ปัญหาสัญญาณแทรกสอดในเครือข่ายทำได้ไม่ตรงกับสาเหตุจริง โครงการวิจัย

นี้จึงได้เสนอแนวทางที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการนำผลการวัดข้อมูลกราฟฟิคในเครือข่ายเข้ามาพิจารณา ร่วมด้วย ซึ่งจะทำให้สามารถประมาณค่าระดับความแรงของสัญญาณแทรกสอดได้แม่นยำมากขึ้นและช่วยให้กำหนดพื้นที่ที่มีปัญหาได้สมจริงมากขึ้น

จากการสำรวจปริทรรศน์วรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่ายังไม่มียานวิจัยใดที่จะศึกษาและแก้ปัญหา นี้ถึงแม้ว่าจะมีบางงานวิจัยที่พยายามกำหนดพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อสัญญาณแทรกสอดสูงจากข้อมูลที่ได้จากการวัดจริง แต่ก็ไม่ได้นำข้อมูลทางสถิติด้านกราฟฟิคมาประกอบด้วยทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ตรงจุด ดังนั้นการทำวิจัยเรื่องนี้จึงเป็นเรื่องที่น่าจะให้ความสำคัญเร่งด่วนเพราะสามารถสร้างองค์ความรู้ทันกับการพัฒนาประเทศและเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน ทำให้เพิ่มโอกาสแข่งขันในระดับสากลมากขึ้น ซึ่งผลสำเร็จจากการวิจัยนี้จะช่วยให้ประหยัดทั้งเวลาและงบประมาณในการทำงาน รวมถึงปรับปรุงและแก้ปัญหาคุณภาพเครือข่ายสามจีซึ่งกำลังเป็นเครือข่ายหลักสำหรับการสื่อสารของประชากรในประเทศ ทำให้งานวิจัยนี้สอดคล้องกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2555-2559) ยุทธศาสตร์ การวิจัยที่ 2 การสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาทางเศรษฐกิจ กลยุทธ์การวิจัยที่ 7 เพิ่มสมรรถนะและขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร แผนงานวิจัยที่ 5 การวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อุปกรณ์โทรคมนาคมและเทคโนโลยีสารสนเทศ และยังสอดคล้องกับแผนงานวิจัยกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) เรื่อง 4. ยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจสู่การเติบโตอย่างมีคุณภาพ และยั่งยืน หัวข้อ 4.2 การพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรม

นอกจากนี้ผลสำเร็จของโครงการวิจัยยังเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ระบบสื่อสารยุคสามจีให้สูงขึ้น แก้ปัญหาในพื้นที่ที่คุณภาพสัญญาณต่ำ อันเป็นการยกระดับคุณภาพชีวิตของกลุ่มเป้าหมาย ด้วยการพัฒนา องค์ความรู้จากนักวิจัยในประเทศไทย จากการสำรวจวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่าเทคนิคที่เสนอในงานวิจัยนี้ เป็นเรื่องใหม่ที่ยังไม่เคยมีงานวิจัยใดเสนอมาก่อน นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพัฒนาเทคนิคดังกล่าวในลักษณะเป็น การสร้างแบบจำลองที่อาศัยการวัดสัญญาณจริงเพื่อให้ได้ข้อมูลกราฟฟิคประกอบกับการวัดในภาคสนาม แล้วพัฒนาจนเป็นเครื่องมือที่สามารถใช้งานได้จริง ถือเป็นแนวทางในการพัฒนาที่นำไปสู่การสร้างฐาน รากงานวิจัยของอุตสาหกรรมด้านเทคโนโลยีสื่อสารเคลื่อนที่ของประเทศ จึงสอดคล้องกับกลุ่มเรื่องวิจัยที่ ควรมุ่งเน้นตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2555-2559) หัวข้อ 9. เทคโนโลยี ใหม่และเทคโนโลยีที่สำคัญเพื่ออุตสาหกรรม และสอดคล้องแผนงานวิจัยกับยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ รายประเด็นที่ 8 ยุทธศาสตร์การวิจัยรายเทคโนโลยี

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ความรู้ของความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณแทรกสอดกับข้อมูลทราฟฟิก
2. เพื่อพัฒนาเครื่องมือเพื่อทำนายพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสูงโดยใช้ข้อมูลทราฟฟิก

1.3 แนวทางการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลทราฟฟิกและสัญญาณแทรกสอดในเครือข่ายสามจี ด้วยการจำลองแบบในคอมพิวเตอร์ ณ ห้องปฏิบัติการ F4 ศูนย์เครื่องมือฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2. ศึกษาแบบจำลองที่สามารถนำมาใช้ได้จริง โดยใช้การจำลองแบบด้วยโปรแกรม MATLAB ณ ห้องปฏิบัติการ F4 ศูนย์เครื่องมือฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
3. ทดสอบการรับส่งสัญญาณเพื่อนำข้อมูลชุดแรกมาปรับเข้ากับแบบจำลอง ด้วยโปรแกรม MATLAB
4. พัฒนาแบบจำลองให้เหมาะสมกับเครือข่ายสามจีในทางปฏิบัติ ณ ห้องปฏิบัติการ F4 ศูนย์เครื่องมือฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
5. ศึกษาการทำนายสัญญาณแทรกสอดในเครือข่ายสามจี โดยพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาและทดสอบวัดสัญญาณจริง ณ พื้นที่บริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
6. เก็บผลด้วยชุดทดสอบที่พัฒนาขึ้น ณ พื้นที่บริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
7. วิเคราะห์ผลการทดสอบ และเปรียบเทียบกับแนวทางที่เสนอไว้ในงานวิจัยอื่นๆ
8. พัฒนา ปรับปรุง แก้ไข เพื่อให้ได้ผลตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้
9. เสนอบทความในงานประชุมวิชาการ
10. นำข้อเสนอแนะในงานประชุมวิชาการมาปรับปรุงงานวิจัย
11. สรุปผลสำเร็จของโครงการและทำรายงานโครงการ

1.4 ผลสำเร็จของโครงการ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับคือการเผยแพร่ผลงานวิจัยนี้ในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ 1 บทความ ซึ่งเป็นการนำองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้เผยแพร่แก่นักวิจัยที่ทำงานใกล้เคียงกัน ทำให้สามารถ

นำไปพัฒนาต่อยอดสำหรับงานวิจัยอื่นๆ ได้ ซึ่งหน่วยงานวิจัยทางโทรคมนาคมในประเทศไทยสามารถนำผลงานดังกล่าวไปใช้ได้

1.5 การสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย

จากการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมงานวิจัยของ Stasiak, Maciej, Mariusz Glabowski, and Slawomir Hanczewski, 2012 ได้ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดของ Erlang's และวิธีการคำนวณหาสัญญาณแทรกสอดที่มาจากเซลล์อื่นในระบบเครือข่าย UMTS โดยการแทนค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม เมื่อสรุปโดยรวมแล้วปริทัศน์วรรณกรรมนี้ได้มุ่งเน้นในการคำนวณหาสัญญาณแทรกสอดที่มาจากเซลล์อื่นๆ เพื่อที่จะยืนยันแนวคิดเท่านั้น โดยไม่ได้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดสัญญาณจริงเป็นเพียงการเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสม อาจจะทำให้มีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้

จากการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมงานวิจัยของ Stasiak, Maciej, 2012 ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจำลองโมเดลเพื่อใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบโทรศัพท์ 2G สามจี และ 4G เมื่อสรุปโดยรวมแล้วปริทัศน์วรรณกรรมนี้ได้มุ่งเน้นการสร้างแบบจำลองในการควบคุมทราฟฟิกโพลดโดยให้เครื่องกลที่มีสมองกลคู่กัน โดยงานวิจัยนี้สนใจจะแก้ปัญหาในการเข้าถึง IP ของระบบ สามจี และ 4G แต่อย่างไรก็ตามการควบคุมปริมาณทราฟฟิกโดยสมองกลนี้ยังคงช่วยแก้ปัญหาของระบบ สามจี ยังไม่ได้ในปัจจุบัน เพราะไม่ได้นึกถึงสัญญาณแทรกสอดซึ่งเป็นปัญหาหลักๆของการมีปริมาณทราฟฟิกที่เพิ่มขึ้นและก่อให้เกิดคุณภาพของสัญญาณต่ำ

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

จากปริทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง สรุปแล้วพบว่ายังไม่มีงานวิจัยใดที่สนใจและพยายามจะวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสำหรับเครือข่ายสามจีโดยใช้ข้อมูลทราฟฟิกและจากผลไครฟ์เทสท์ และนำข้อมูลที่นำมาทำการปรับ โพลดของทราฟฟิก จะทำให้เราเห็นสภาวะจริงว่าคุณภาพของสัญญาณเป็นอย่างไรเมื่อมีโพลดของทราฟฟิกเปลี่ยนแปลงไป และยังสามารถทำนายเหตุการณ์ล่วงหน้าว่าสถานีฐานที่อยู่ในพื้นที่ดังกล่าวสามารถรองรับข้อมูลทราฟฟิกได้อีกมากน้อยเพียงใดก่อนที่จะพื้นที่นั้นจะไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้ และคาดเดาถึงจุดเสี่ยงที่อาจจะเกิดว่าคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำเนื่องจากสัญญาณแทรกสอด

บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยฉบับนี้ซึ่งแบ่งเป็นทั้งหมด 9 ส่วน ส่วนแรกคือการกล่าวนำเข้าสู่เนื้อหา ส่วนที่สองจะกล่าวถึงประวัติความเป็นมาของระบบ WCDMA ในส่วนที่สามจะกล่าวถึงเทคโนโลยี WCDMA ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในระบบสามจี ในส่วนที่สี่จะกล่าวถึงสถาปัตยกรรมของ WCDMA ในส่วนที่ห้าจะกล่าวถึงเทคโนโลยี UMTS ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนามาจากระบบ จีเอสเอ็ม ในส่วนที่หกจะกล่าวถึงเทคโนโลยี HSPA ที่ถูกพัฒนามาจากเทคโนโลยี UMTS ในส่วนที่เจ็ดจะกล่าวถึงช่องสัญญาณต่างๆในระบบสามจี ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในงานวิจัยนี้ ในส่วนที่แปดจะกล่าวถึงวิธีการวัดสัญญาณบนโดเมนความถี่ ที่จะใช้สเปกตรัมในการวิเคราะห์สัญญาณที่จุดวัดสัญญาณ

2.2 ประวัติความเป็นมาของระบบ WCDMA

ยุคสามจี (Third generation mobile technology) เป็นยุคที่สร้างขึ้นแทนระบบยุคจีเอสเอ็ม และสามารถรองรับระบบ จีเอสเอ็ม ได้และเรียกว่า Universal Mobile Telecommunication Systems (UMTS) เพื่อมุ่งหวังว่าการเข้าถึงเครือข่ายแบบไร้สาย สามารถใช้งานผ่านทางอุปกรณ์หลากหลายชิ้น เช่น จากคอมพิวเตอร์ ระบบนี้ยังคงใช้การเข้ารหัสสัญญาณเป็นแบบ CDMA ซึ่งสามารถบรรจุช่องสัญญาณเสียงได้มากกว่า แต่ที่ใช้แบบแถบกว้าง(wideband) ในระบบนี้จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า WCDMA

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

WCDMA พัฒนามาจาก จีเอสเอ็ม (Global System for Mobile Communications) CDMA (Code-Division Multiple Access) และ TDMA (Time Division Multiple Access) ซึ่งทำให้ขยายแถบช่องสัญญาณ

ได้มาก และกว้างขึ้น ปัจจุบันแพร่หลายในอเมริกาซึ่งพัฒนาระบบ 2G ไปเป็น EDGE Enhance Data Rate for จีเอสเอ็ม 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 W-CDMA เป็นส่วนหนึ่งของสถาปัตยกรรมโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 ได้จัดเตรียมการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ใช้งานกับโครงข่ายหลัก

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

WCDMA คือ การพัฒนาเพื่อสร้างมาตรฐานใหม่ที่ใช้งานในเวลาจริงหลายอย่างพร้อมกัน รวมไปถึงการใช้อินเทอร์เน็ตโรมมิ่ง ซึ่งรองรับจาก ITU (International Telecommunication Union) โดยกำหนดให้ใช้ความถี่ 2 กิกะเฮิร์ตซ์สำหรับการสื่อสารยุคที่ 3 WCDMA มีประสิทธิภาพในการสื่อสารรับส่งสัญญาณเสียง ภาพข้อมูลและภาพวิดีโอด้วยความเร็วถึง 2 เมกะบิตต่อวินาที แต่สำหรับการให้บริการในปัจจุบันให้ความเร็วสูงสุดที่ 384 กิโลบิตต่อวินาที (แนวกว้าง wide area access) โดยสัญญาณขาเข้าจะถูกแปรเป็นสัญญาณดิจิทัลและส่งไปเป็นรหัสผ่านแถบสัญญาณกระจายไปสู่คลื่นสัญญาณต่างๆ ผู้ให้บริการ เทคโนโลยีนี้จะใช้แถบคลื่นสัญญาณความถี่ที่ 5 เมกะเฮิร์ตซ์ที่ต่างจากผู้บริการที่ให้บริการเทคโนโลยี CDMA ในย่านความถี่แคบที่ใช้ช่องสัญญาณที่ 1.25 เมกะเฮิร์ตซ์

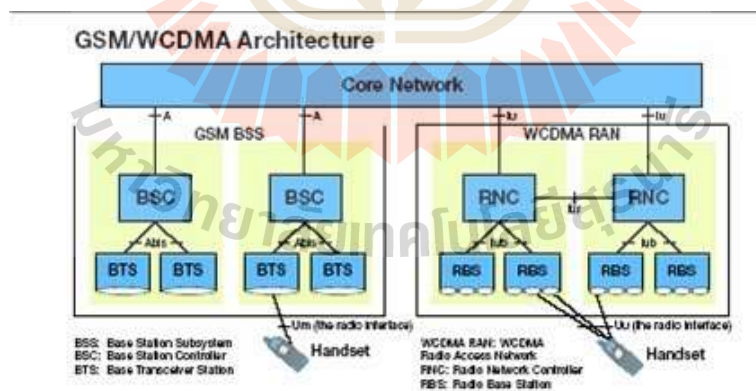
ตารางที่ 2.1 วิวัฒนาการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในแง่เทคโนโลยีตลาดและสินค้าบริการ

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>]

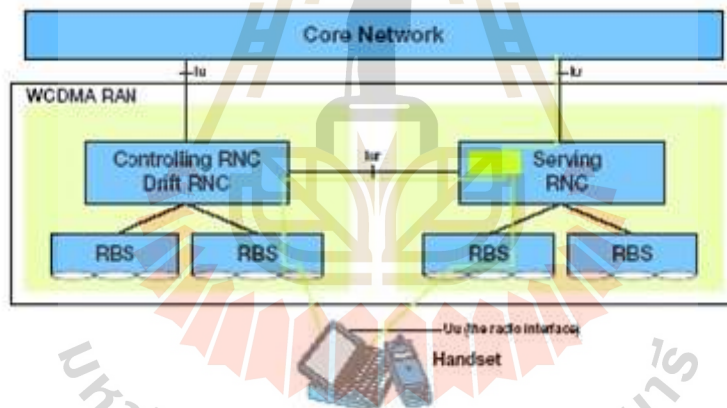
2.4 สถาปัตยกรรมและหลักการการทำงานของระบบ WCDMA

2.4.1 สถาปัตยกรรม WCDMA



รูปที่ 2.1 จีเอสเอ็ม Base Station Subsystem (BSS) และ WCDMA Radio Access Network (RAN) [ลักษมี ชูใจ, 2548]

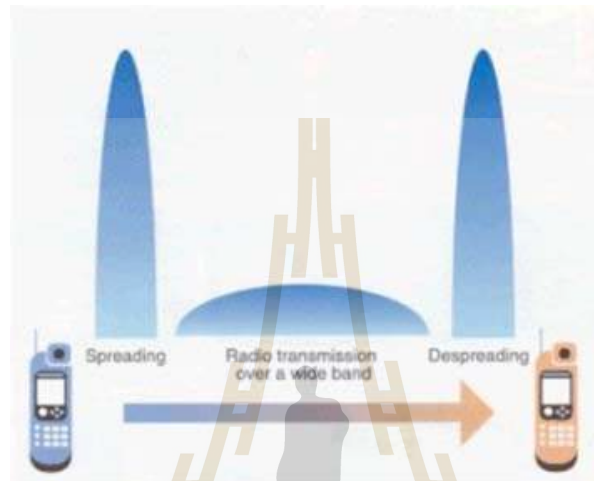
จากรูปที่ 2.2 จีเอสเอ็ม Base Station Subsystem (BSS) และ WCDMA Radio Access Network (RAN) จะเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระหว่างศูนย์กลางของเครือข่ายกับโทรศัพท์มือถือ จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีนี้สามารถจะใช้ช่องทางในการสื่อสารร่วมกันในส่วนของศูนย์กลางของเครือข่ายนอกจากนั้นแล้วระบบ จีเอสเอ็ม BSS และ WCDMA RAN อยู่ภายใต้โครงสร้างพื้นฐานของ Cellular radio system จะเห็นได้ว่า จีเอสเอ็ม Base station Controller (BSC) จะเหมือนกับ Radio Network Controller (RNC) คือหน่วยควบคุมความถี่ของเครือข่าย และจีเอสเอ็ม Base Transceiver Station (BTS) ซึ่งทำหน้าที่รับส่งสัญญาณกับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ จะเหมือนกับ WCDMA Radio Base Station (RBS) ในการเชื่อมต่อของ WCDMA มีการพัฒนามาจากระบบ จีเอสเอ็ม ซึ่งจะมีความแตกต่างในรูปแบบของการบริการ โดยจะเห็นได้ว่าระบบ จีเอสเอ็ม BSS จะมีการเชื่อมระหว่าง Handset กับ BTS ได้จุดเดียวและเชื่อมผ่าน BSC ไปยังศูนย์กลางของเครือข่ายในขณะที่ระบบ WCDMA RAN จะมีการเชื่อมระหว่างอุปกรณ์กับ RBS ได้หลายจุด (Base station) และระหว่าง RNC ก็สามารถเชื่อมต่อกันได้เพื่อเป็นการแบ่งปันทรัพยากรในการรับ-ส่งข้อมูล โดยในแต่ละเส้นทางของการเชื่อมต่อก็จะมีความเร็วที่สูงกว่า ทำให้การรับ-ส่งข้อมูลทำได้รวดเร็วกว่าระบบ จีเอสเอ็ม เป็นอย่างมาก



รูปที่ 2.2 การเชื่อมต่อของระบบ WCDMA RAN [ลัทิมิ ชูใจ, 2548]

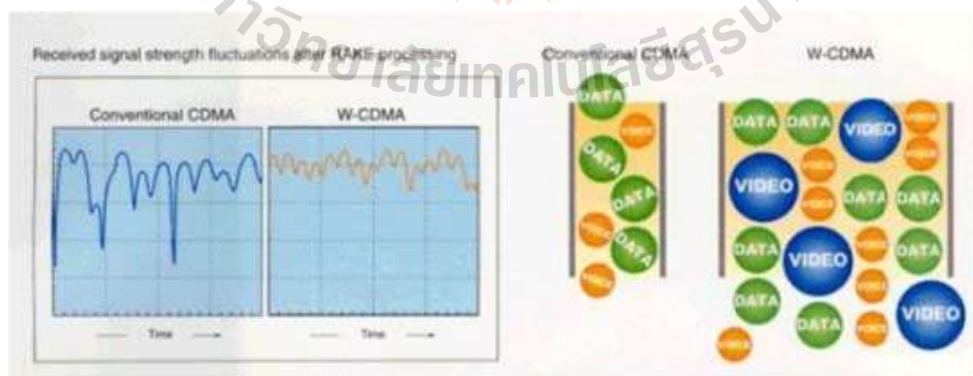
ความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดของระบบ จีเอสเอ็ม และ WCDMA ก็คือระบบ จีเอสเอ็ม จะมีการจัดการผู้ใช้หลายคน โดยใช้เทคโนโลยี TDMA (Time Division Multiple Access) ซึ่งจะมีการแบ่งช่วงเวลา (Timeslots) ในแต่ละช่วงความถี่ออกไปเพื่อให้ผู้ใช้โทรศัพท์สามารถใช้งานได้พร้อมกัน แต่ WCDMA นั้นเป็นการใช้เทคโนโลยี CDMA (Code Division Multiple Access) ซึ่งจะถูกจัดการโดยอุปกรณ์และส่วนควบคุมโดยผู้ใช้แต่ละคนจะมีการแบ่งแยกกัน โดยรหัส CDMA คือเทคโนโลยีเพื่อการเข้าถึงจากผู้ใช้งานหลายๆ

คน โดยจะแบ่งแยกกันด้วยรหัส นั่นคือผู้ใช้ทุกคนสามารถใช้ความถี่เดียวกันในการส่งข้อมูลภายใต้เวลาเดียวกันเป็นการพัฒนาที่รวดเร็วในการจัดการสัญญาณ ซึ่งเทคโนโลยีที่รองรับการใช้งานแบบนี้ก็คือ WCDMA และ CDMA2000 WCDMA มีพื้นฐานมาจากเทคโนโลยี CDMA ซึ่งเป็นสัญญาณแบบกว้างที่มีความถี่ 5 เมกะเฮิรตซ์ โดยมีความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล 3.84 เมกะบิตต่อวินาที จะเห็นได้ว่าเร็วกว่า CDMA2000 (1.22 Mbps) ถึง 3 เท่า



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

หลักการพื้นฐานของ Spread Spectrum communication คือ การใช้แบนวิธที่สูง เนื่องจากการมีแบนวิธที่ใหญ่จะทำให้ความหนาแน่นของคลื่นต่ำไปด้วย โดยจะทำการแบ่งแยกคลื่นและข้อมูลต่างๆ ของผู้ใช้แต่ละคนด้วยรหัส (code division multiple access)



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

จากรูปจะเห็นได้ว่า WCDMA ซึ่งมีแบนวิทที่กว้าง ทำให้สามารถส่งข้อมูล เช่น ข้อมูลเสียงและ วิดีโอ ไปพร้อมๆกันได้ ในขณะที่ CDMA ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากมีแบนวิทที่แคบกว่าประโยชน์ของการส่งข้อมูลแบบ Wideband ด้วยความเร็วสูง

สามารถรองรับ bit rate ที่สูงกว่า

การส่งข้อมูลสามารถทำได้ดีกว่า เร็วกว่า และยืดหยุ่นกว่า

สมรรถภาพของระยะคลื่น (spectrum)ในการใช้สายโทรศัพท์ดีขึ้น

คุณภาพของการบริการดีขึ้น (Higher QoS [Quality of Service คือ คุณภาพของบริการ])

การออกแบบของเทคโนโลยีนี้สามารถให้บริการได้พร้อมกันและในเวลาเดียวกัน ซึ่งทำให้การบริการมีคุณภาพมากขึ้น

เป็นเทคโนโลยีที่สามารถใช้กันได้ทั่วโลก

2.4.2 เปรียบเทียบระหว่าง อพลิงค์ กับ ดาวน์ลิงค์

ในระบบ WCDMA เงื่อนไขทางด้านอพลิงค์ค่อนข้างจะมีความแตกต่างไปจากดาวน์ลิงค์เนื่องจาก ผู้ใช้งานแต่ละคนใช้เครื่องลูกข่ายของตัวเอง ไม่มีการใช้กำลังส่งร่วมกัน ดังนั้นความจุกับพื้นที่การใช้งานไม่มีผลต่อกัน ยกเว้นในเรื่องของสัญญาณรบกวน อันเนื่องมาจากจำนวนผู้ใช้งานมากขึ้น ซึ่งจะมีผลกระทบในทางลบ ทำให้ทั้งความจุและพื้นที่ให้บริการลดลง ดังนั้นการให้บริการภายในอาคาร โดยเฉพาะ มีข้อดีสำหรับทางด้านอพลิงค์คือสัญญาณแทรกสอด ที่มาจกเซลล์อื่นจะลดน้อยลงนั่นหมายความว่าเราจะได้ความจุมากขึ้น หรือพูดอีกนัยหนึ่งว่า รองรับจำนวนผู้ใช้งาน ได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับเซลล์มาโคร

2.4.3 การส่งข้อมูลความเร็วสูงต้องการกำลังส่งที่มากกว่า

การบริการของระบบ WCDMA จะถูกกำหนดด้วยกำลังส่ง ทั้งทางด้าน อพลิงค์ และ ดาวน์ลิงค์ การส่งข้อมูลความเร็วสูงต้องการกำลังส่งที่มาจากทั้งสถานีฐานและเครื่องลูกข่ายมากกว่า การส่งข้อมูลความเร็วต่ำ โดยทั่วไปแล้วการส่งข้อมูลความเร็วสูงจะใช้งานอยู่กับที่ ส่วนใหญ่จะใช้งานอยู่ภายในอาคาร

2.4.4 การลดโหลดของเซลล์มาโคร

ถ้าผู้ใช้งานส่วนใหญ่ใช้งานในส่วนที่เราทำการจัดไว้ให้ภายในอาคาร โดยเฉพาะ จะมีผลทำให้เซลล์มาโครใช้กำลังส่งน้อยกว่าเดิมเมื่อเทียบกับบริการเดียวกัน นั่นเซลล์มาโครสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้งานได้มากขึ้น ความจุที่เพิ่มขึ้นนี้จะเพิ่มมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับว่าผู้ใช้งานอยู่ตำแหน่งใดของภายในอาคาร

โดยทั่วไปแล้วความจุของระบบจะเพิ่มมากที่สุด เมื่อผู้ใช้งานอยู่ตรง บริเวณขอบปลายของเซลล์ความจุของระบบ WCDMA จะขึ้นอยู่กับ กำลังส่งสำหรับผู้ใช้งานภายในเซลล์นั้น และระดับของสัญญาณแทรกสอดที่มาจากเซลล์อื่น การแยกเซลล์ออกมา จะทำให้ระดับของสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นลดน้อยลง ผนังกำแพงหรือว่าโครงสร้างอื่นๆ ภายในอาคาร จะเป็นส่วนช่วยป้องกันสัญญาณแทรกสอดที่มาจากเซลล์อื่น โดยทั่วไปแล้วการแยกเซลล์ออกมาสำหรับพื้นที่ภายในอาคาร โดยเฉพาะจะให้ความจุมากกว่า แบบที่ไม่ได้ทำการแยกเซลล์ประมาณ 2-3 เท่า

2.4.5 ข้อดีเมื่อโครงข่ายมีโหนดมากขึ้น

ในช่วงเริ่มต้นโดยทั่วไปจะมีการใช้งานยังไม่มากนัก เนื่องจากผู้ใช้งานยังน้อยอยู่เมื่อมีการใช้งานมากขึ้น ระบบ WCDMA จะมีขีดจำกัดทางด้านความถี่ ดังนั้นข้อดีของการแยกพื้นที่ให้บริการภายในอาคารจะทำให้ได้พื้นที่บริการมากขึ้น เนื่องมาจาก โหลดของเซลล์มาโครลดลง เทียบกับระบบที่ไม่มีมีการแยกพื้นที่ให้บริการภายในอาคาร ตำแหน่งของผู้ใช้งานจะมีผลต่อกำลังส่งที่ต้องใช้เนื่องจากการลดทอนของสัญญาณ มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก ดังนั้นผู้ให้บริการจะต้องมีการ เตรียมกำลังส่งเผื่อไว้ (margin) เป็นจำนวนมากให้พอเพียงกับการใช้งาน แต่ถ้ามีการแยกพื้นที่ให้ บริการภายในอาคารแล้ว ไม่มีความจำเป็นต้องเตรียมกำลังส่งเผื่อไว้ สำหรับเทคโนโลยี HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) การใช้งานของระบบ HSDPA ก็จะคล้ายๆ กับระบบ WCDMA ดังนั้น การแยกพื้นที่ให้บริการภายในอาคารจะมีประโยชน์อย่างมาก

2.4.6 โครงข่ายโทรศัพท์เซลลูลาร์

เพื่อที่จะเข้าใจถึงคุณสมบัติของ W-CDMA มันมีคำยิ่งในความทรงจำ ถึงการติดต่อสื่อสาร โทรศัพท์เซลลูลาร์ว่าทำงานอย่างไร ที่ยิ่งไปกว่านั้น การใช้งานเครื่องส่งวิทยุที่มีกำลังส่งจำนวนน้อยที่สุดนั้น ควรจะเตรียมบริการ โทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่จำกัดจำนวนลูกค้ามาก บนพื้นที่ให้บริการขนาดใหญ่การติดต่อสื่อสาร โทรศัพท์เซลลูลาร์ ได้แบ่งพื้นที่การให้บริการ ไปสู่เซลล์จำนวนมาก ที่รองรับ โดยมีกำลังส่งต่ำ และตัวควบคุมที่เราเรียกว่า สถานีฐาน (Base Station) นั้นหมายความว่า ผู้ให้บริการสามารถที่จะนำความถี่ ที่ได้รับการจัดสรรที่มีราคาแพง นำกลับมาใช้งานใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับจำนวนของเซลล์ ที่พวกเขาได้สร้างขึ้นมา บนโครงข่ายของพวกเขา ลักษณะอาการของการนำกลับมาใช้งานใหม่เป็นแฟลคเตอร์หนึ่ง ที่แตกต่างกับเทคโนโลยีโทรศัพท์เซลลูลาร์หลายชนิดในระดับล่างนั้นคือ การเข้าถึงโทรศัพท์เซลลูลาร์สามารถเลือกผู้ให้บริการเพื่อเตรียมบริการที่มากกว่าไปสู่ประชาชนจำนวนมาก

2.5 เทคโนโลยี UMTS (UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM)

เป็นเครือข่ายในยุค สามจี ที่มีพัฒนาการมาจากเครือข่าย จีเอสเอ็ม 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) รับหน้าที่ในการออกแบบมาตรฐานต่าง ๆ ซึ่งประกอบไปด้วย

Release 99 เป็นมาตรฐานใช้งานที่เพิ่มเติมจากเครือข่าย GPRS และ EDGE โดยจะมีการเพิ่มเติมนอุปกรณ์ในส่วนของ BSS (Base Station Subsystem) ซึ่งเป็นส่วนที่ดูแลการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ใช้บริการกับเครือข่ายของผู้ให้บริการ โดยกลุ่มของอุปกรณ์ที่เพิ่มเติมขึ้นมาอันมีชื่อเรียกว่า 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)

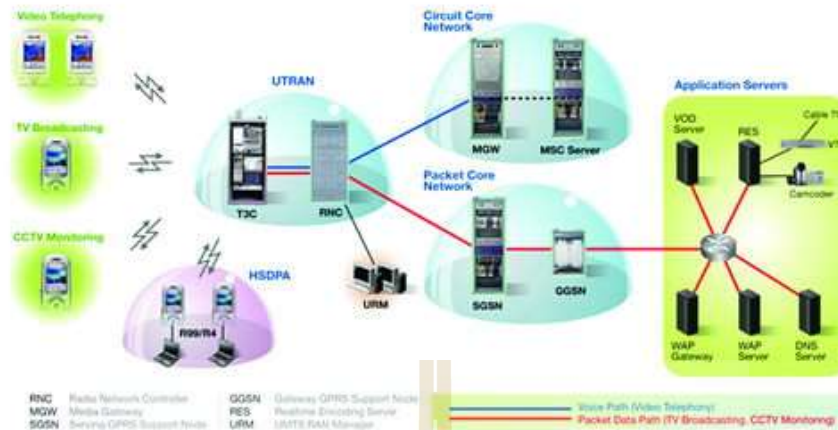
2.6 เทคโนโลยี HSPA (HIGH-SPEED PACKET ACCESS)

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) คือเทคโนโลยีซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพข้อมูลในดาวนลิงค์ให้แก่โอปเปอเรเตอร์บรอดแบนด์ไร้สาย และก่อให้เกิดการให้บริการข้อมูลยุคหน้า ในปัจจุบันเทคโนโลยีนี้ได้ถูกใช้อย่างแพร่หลายโดยโอปเปอเรเตอร์ทั่วโลกผนวกกับประสิทธิภาพข้อมูลสูงในดาวนลิงค์ ด้วยอัตรารับส่งข้อมูลสูงสุดกับความจุระบบที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพต่ำที่เพิ่มประสิทธิภาพขึ้นอย่างมาก รวมทั้งการเชื่อมต่อกับงบประมาณที่ดีขึ้นและพื้นที่ครอบคลุมมากขึ้น รวมทั้งศักยภาพประสิทธิภาพสูงของเซลล์ HSDPA คือ ช่องสัญญาณข้อมูล Packet ความเร็วสูง ดาวนลิงค์ ใหม่ ที่ถูกแนะนำว่าเป็นส่วนหนึ่งของ Release 5 ซึ่งเป็นส่วนขยายต่อของเทคโนโลยี WCDMA ซึ่งเป็นส่วนบนสุดของช่องสัญญาณปกติของ WCDMA สื่อสัญญาณ Release 5 ได้รับการออกแบบเพื่อสนับสนุนผู้ใช้ HSDPA หรืออย่างทางเลือกที่ HSDPA สามารถถูกใช้โดยเฉพาะในสื่อสัญญาณของตนเองเป็นเทคโนโลยีในการสื่อสารข้อมูลที่รวดเร็วกว่า EDGE ภายใต้เครือข่ายแบบ UMTS เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งผ่านข้อมูลที่รวดเร็วและเพิ่มช่วงกว้างของข้อมูลมากขึ้น โดยในปัจจุบันเทคโนโลยี HSDPA รองรับความสามารถในการส่งผ่านข้อมูล 1.8 เมกะบิตต่อวินาที 3.6 เมกะบิตต่อวินาที 7.2 เมกะบิตต่อวินาที และดาวนลิงค์ความเร็ว 14.4 เมกะบิตต่อวินาที (การเชื่อมต่อ EDGE จะมีหน่วยวัดความเร็วเป็น “กิโลบิตต่อวินาที” ส่วน HSDPA จะมีความเร็วในระดับ “เมกะบิตต่อวินาที” เลยทีเดียว) เรียกได้ว่าเร็วกว่า EDGE ปัจจุบัน HSDPA รองรับการส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงถึง 1.8 – 14.4 เมกะบิตต่อวินาทีที่มีผู้ให้บริการ HSDPA ในต่างประเทศบางรายให้บริการดาวนโหลดข้อมูลสูงถึง 30 กิกะไบต์ ต่อเดือน หรือ 300 นาทีของโทรทัศน์ผ่านโทรศัพท์มือถือ และ HSDPA ยังถูกพัฒนาต่อไปเป็น HSPA Evolved ที่สามารถส่งข้อมูลได้ถึง 42 เมกะบิตต่อวินาที

HSDPA ใช้ WCDMA เพื่อยกระดับประสิทธิภาพใหม่ที่สามารถสนับสนุนแอปพลิเคชันบรอดแบนด์ได้เพิ่มขึ้นกับค่าหน่วงเวลาที่ต่ำลง ระยะเวลาการดีเลย์ที่สั้นกว่าและเวลาโต้ตอบของเครือข่ายที่เร็วขึ้น และ 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) เป็น โท ม ค มา ต ร ฐ า น ใน Release 6 ที่ เพิ่ม ประสิทธิภาพของ HSDPA สู่อัพลิงค์และนำช่องสัญญาณทางกายภาพใหม่ที่เรียกว่า Enhanced Dedicated Channel (E-DCH) ซึ่งสำคัญในการก่อให้เกิดชุดของการส่งเสริมการเพิ่มประสิทธิภาพ อัพลิงค์สูงสุด HSUPA รวบรวมความคิดและหลักการที่คล้ายกับ HSDPA

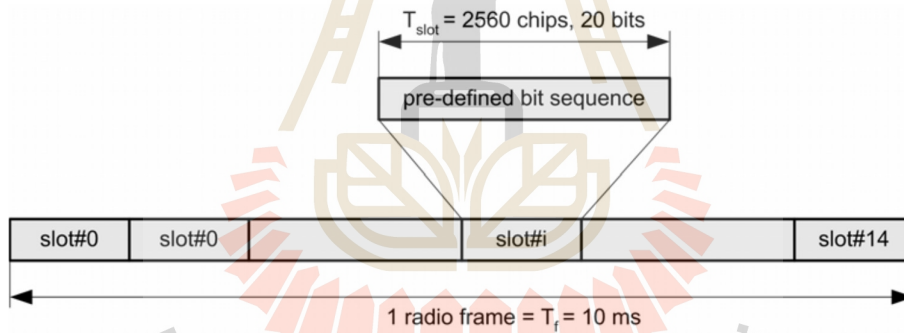
HSUPA จะทำให้อัตรารับส่งข้อมูลได้สูงสุดถึง 5.76 เมกะบิตต่อวินาที และเกือบจะสองเท่าของความจุและประสิทธิภาพสำเร็จอย่างมากในการปรับปรุงอัตราความเร็วข้อมูลของผู้ใช้ เทคนิคเพิ่มเติม HSUPA ยังลดระยะเวลาดีเลย์แพ็คเก็ตอย่างมาก สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมของ QoS สำหรับการให้บริการระบบออฟลิงค์ที่ดีขึ้น HSUPA ทำให้การควบคุมทรัพยากรของสถานีฐานดีขึ้นรวมทั้งการกำหนดรายการที่รวดเร็วสำหรับการปรับปรุงออฟลิงค์มากที่คล้ายกับ HSDPA ในดาวนลิงค์ HSUPA ที่เพิ่มประสิทธิภาพออฟลิงค์นอกเหนือไปจากโหมด HSDPA ที่ใช้เทคโนโลยี WCDMA เพื่อทำงานด้วยกันในระดับใหม่ ในการให้บริการที่ดีที่สุดของบรอดแบนด์ไร้สาย การรวมเข้าด้วยกันของ HSDPA และ HSUPA ซึ่งถูกกำหนดเป็น HSPA ได้ให้การสนับสนุนที่ดีกว่าสำหรับแอปพลิเคชันที่ไวต่อการดีเลย์ อาทิเช่น VoIP, Video telephony และแอปพลิเคชันเกมมากมาย HSPA ได้เพิ่มประสิทธิภาพที่ดีอย่างมากแก่ผู้ใช้ในการใช้อัพลิงค์ และแอปพลิเคชันต่างๆ อาทิเช่น การส่งไฟล์งานและการส่งวิดีโอและ

รูปภาพ อนาคตของ HSPA จะถูกพัฒนาไปเป็น HSOPA ที่สามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วในการดาวน์โหลด สูงถึง 100 เมกะบิตต่อวินาทีและอัปโหลด 50 เมกะบิตต่อวินาที แต่ HSOPA ไม่ได้ใช้เทคโนโลยี WCDMA

2.7 ช่องสัญญาณในระบบสามจี

2.7.1 ช่องสัญญาณ CPICH (Common Pilot Channel)

CPICH เป็นช่องสัญญาณที่ไม่ได้มีการมอดดูเลต และจะมีรหัสสแกรมบดิงเป็นสัญญาณแทรกสอดกันภายในเซลล์ และเป็นช่องสัญญาณที่ผู้ใช้งานใช้ในการประมาณสัญญาณของ CPICH ที่ใช้ในการตัดสินใจการเลือกรับการให้บริการเซลล์ไหน โดยที่ช่องสัญญาณ CPICH ไม่ได้มีข้อมูลข่าวสารส่งมาแต่อย่างใดมีเพียงเวลาอ้างอิงว่าสัญญาณนำร่องจากเซลล์ไหนพบบ้อยสุดและแรงสุดเท่านั้น ช่องสัญญาณ CPICH เป็นช่องสัญญาณที่ใช้ในการดาวน์โหลด 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)
- คือช่องสัญญาณที่ใช้รหัสสแกรมบดิงเป็นปฐมภูมิ(pseudo-random code)

- มีเพียงสัญญาณ P-CPICH สัญญาณเดียวต่อเซลล์
- ช่วยให้มีการส่งพลังงานอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สัญญาณ CPICH ไปยังขอบเซลล์ (maximal coverage)

2.7.1.2 ช่องสัญญาณ Secondary CPICH (S-CPICH)

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

P-CPICH เป็นสิ่งที่สำคัญมากเพราะโทรศัพท์มือถือต้องการที่จะใช้ในการจัดการและควบคุมการทำแชนด์โอเวอร์ และใช้ในการเลือกและทิ้งเซลล์ การใช้งานของ CPICH เพื่อประเมินการรองรับของระดับค่าเฉลี่ยภายในเซลล์ ตามกฎข้อบังคับของ CPICH ที่สามารถปรับสมดุลของโพลระหว่างเซลล์ไซต์ที่ต่างกัน ได้ ถ้ามีการลดลงของค่า CPICH ตามขอบเซลล์มากๆ จะมีการย้ายไปใช้บริการเซลล์ข้างๆ แทนในทางกลับกันถ้ามีค่า CPICH มากก็就会被ดึงมาใช้งานในเซลล์นี้ CPICH ไม่ใช่ช่องสัญญาณที่นำส่งข้อมูลในระดับสูงๆ ในความเป็นจริงจะมีช่องสัญญาณขนส่งจับคู่กับช่องสัญญาณ CPICH อีกที พลังงานของช่องสัญญาณ CPICH จะถูกกำหนดโดยค่าแฟกเตอร์ระหว่างพลังงานของ CPICH และพลังงานสูงสุดของเซลล์ ค่าที่เป็นไปได้สำหรับค่าแฟกเตอร์นี้ จะอยู่ในช่วง 1% ถึง 30% ของพลังงานภายในเซลล์ ส่วนใหญ่จะอยู่ที่ 10%-15% สำหรับเซลล์ไมโคร (medium traffic) และ 1%-5% สำหรับเซลล์มาโคร (high traffic) ถ้าหากผู้ให้บริการไม่เปลี่ยนการครอบคลุมพื้นที่ของเซลล์ พลังงานของช่องสัญญาณ CPICH จะมีความหนาแน่นคงต่ำกว่า 0.5 dB

2.7.2 ช่องสัญญาณ CCPCH (Common Control Physical Channel)

CCPCH ประกอบด้วย 2 ช่องสัญญาณคือ ช่องสัญญาณปฐมภูมิ(P-CCPCH) และทุติยภูมิ(S-CCPCH) โดยที่ช่องสัญญาณปฐมภูมิ (P-CCPCH) เป็นช่องสัญญาณที่เป็นตัวนำข้อมูลและเผยแพร่ข้อมูลของช่องสัญญาณบอร์คคلاس (BCH) มันจะต้องมีการรับและดีมอดดูเลตภายในพื้นที่เซลล์ทั้งหมด P-CCPCH มีอัตราบิตของ 30 กิโลบิตต่อวินาที (เอสเอฟ 256) และไม่ได้มีการควบคุมการใช้พลังงานได้อย่างรวดเร็ว และมีอีกอย่างน้อยหนึ่งช่องสัญญาณทุติยภูมิ (S-CCPCH) คือมันนำข้อมูลของช่องทางการขนส่งอื่น ๆ (FACH และ PCH) อัตราการส่งข้อมูลไม่คงที่ และไม่มีการทำ fast power control

2.7.3 ช่องสัญญาณ SCH (Synchronization Channel)

ช่องสัญญาณ synchronization เป็นสิ่งจำเป็นในการค้นหาเซลล์ ช่องสัญญาณ synchronization ประกอบไปด้วยช่องสัญญาณปฐมภูมิและทุติยภูมิ โดยที่ช่องสัญญาณปฐมภูมิ SCH (P-SCH) ใช้ลำดับการแพร่กระจายเดียวกันของ 256 ชิปในแต่ละเซลล์ (ไม่มีการมอดูเลต) เมื่อมีหลายๆเซลล์ที่อยู่บนผู้ให้บริการเดียวกันแล้ว P-SCH ถูกส่งด้วยการกำจัดขึ้นตอนระหว่างเซลล์ ช่องสัญญาณทุติยภูมิ SCH (S-SCH) ใช้รหัส synchronization แตกต่างกัน หลังจากเซลล์มีการ synchronization แล้ว โทรศัพท์มือถือจะได้รับข่าวสารเกี่ยวกับรหัสสแกนรบบลิงกลุ่ม (ดูได้จาก UTRAN scrambling codes) กระบวนการ synchronization จะดำเนินการเพียงครั้งเดียวในขณะที่มีการเชื่อมต่อกับเซลล์ใหม่ อีกนัยหนึ่งคือมีข้อมูลข่าวสารเพียงพอแล้ว และหลีกเลี่ยงการดำเนินการที่ไม่เกิดประโยชน์ของช่องสัญญาณ synchronization

2.7.4 ช่องสัญญาณ AICH (Acquisition Indicator Channel)

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

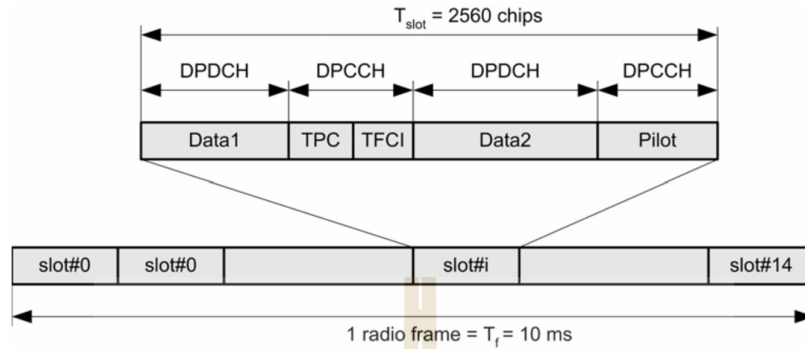
2.7.5 ช่องสัญญาณ PICH (Paging Indicator Channel)

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 แสดงโครงสร้างของ

เฟรม DPCH แต่ละช่องสอดคล้องกับระยะเวลาของการควบคุมพลังงานในคาน์ลิงค์ ค่า SF อยู่ระหว่าง 4 และ 512

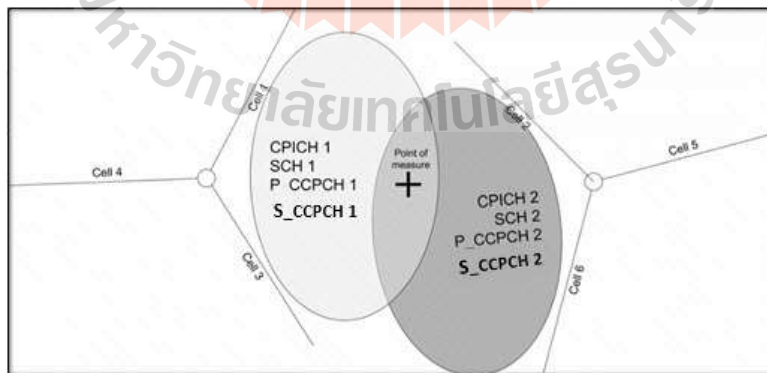


รูปที่ 2.7 เฟรมของช่องสัญญาณ DPCH

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

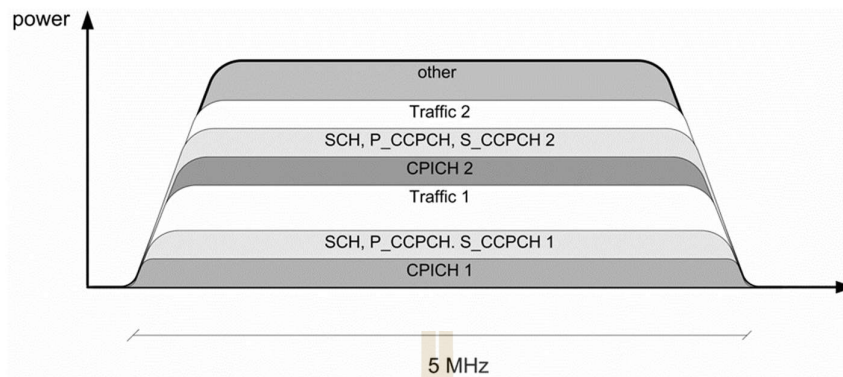
2.8 วิธีการวัดสัญญาณบน โดเมนความถี่

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 กล่าวท้ายบท

ในเนื้อหาทั้งหมดของบทที่สองได้กล่าวถึงเทคโนโลยีการสื่อสาร ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยประกอบไปด้วยเทคโนโลยีหลักที่สำคัญนั่นคือเทคโนโลยี WCDMA เทคโนโลยี UMTS เทคโนโลยี HSPA ที่เป็นเทคโนโลยีของระบบสื่อสารเคลื่อนที่ในยุคที่ 3 และได้อธิบายถึงช่องสัญญาณต่างๆของระบบสามจีนี้ว่าแต่ละช่องสัญญาณทำงานและแตกต่างกันอย่างไร หลังจากนั้นเป็นการอธิบายการวัดสัญญาณพร้อมการวิเคราะห์สเปกตรัมที่ได้ตามทฤษฎี ในส่วนสุดท้ายเป็นการกล่าวถึงการสำรวจปรัทัศน์วรรณกรรมที่ได้ทำการสำรวจมา จากทฤษฎีและการสำรวจปรัทัศน์วรรณกรรมนี้จะนำไปทำการออกแบบเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกราฟฟิคที่ได้จากเซลล์ไซต์กับค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากผลไคร์ฟเทสท์ เพื่อที่จะคำนวณค่าค่าคุณภาพของสัญญาณ และทำการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดต่อไป

บทที่ 3 การออกแบบสมการความสัมพันธ์ เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด

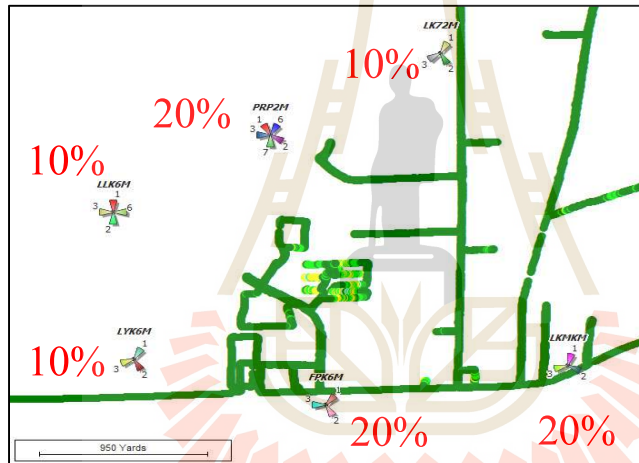
3.1 กล่าวนำ

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง การออกแบบสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างข้อมูลกราฟฟิกและพารามิเตอร์ของผลไดรฟ์เทสท์ ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าคุณภาพของสัญญาณที่มีการปรับ โหลด เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด ในส่วนของการออกแบบสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวเราจะใช้การวิเคราะห์สเปกตรัม ของสัญญาณแต่ละเซลล์ไซต์เพื่อทำการหาความสัมพันธ์แล้วสังเคราะห์ออกมาเป็นสมการ โดยจะใช้ข้อมูลสถิติจากเซลล์ไซต์กับพารามิเตอร์ของผลไดรฟ์เทสท์ในการบ่อนค่าลงในสมการเพื่อคำนวณค่าคุณภาพของสัญญาณเมื่อทำการปรับ โหลดในสมการ ในงานวิจัยนี้จะคำนวณค่าคุณภาพของสัญญาณโดยใช้โปรแกรมเมทแลบในการคำนวณ และใช้ในการพล็อตค่าคุณภาพของสัญญาณลงเป็นพื้นที่เหมือนกับค่าที่ได้การทำไดรฟ์เทสท์จริง จะทำให้เห็นพื้นที่ที่มีผลกระทบเมื่อมีการปรับ โหลด และใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงที่อาจจะเกิดสัญญาณแทรกสอดขึ้นได้ โดยตอนท้ายของบทนี้ได้ทำการแสดงให้เห็นถึงการพล็อตค่าคุณภาพของสัญญาณที่คำนวณได้จากสมการที่ทำการออกแบบและจากผลที่ทำการ ไดรฟ์เทสท์ เพื่อยืนยันความถูกต้องของสมการ

3.2 ปัญหาที่พบในปัจจุบันซึ่งอยู่ในความสนใจ

ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 1 มีหลายงานวิจัยทำการศึกษการแก้ไขปัญหาสัญญาณแทรกสอดในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ และมีหลากหลายบริษัทและหน่วยงานที่เป็นผู้ให้บริการด้านโทรศัพท์เคลื่อนที่พยายามที่จะศึกษาและหาวิธีเพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นที่ที่ไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้ในพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสูงๆ แต่ถึงอย่างไรการแก้ไขปัญหานั้นในปัจจุบันยังเป็นการแก้ไขปัญหามากกว่าเหตุ กล่าวคือเมื่อเกิดสัญญาณแทรกสอดสูงๆขึ้นแล้ว จะมีผู้ใช้งานร้องเรียนว่าไม่สามารถที่จะใช้งานโทรศัพท์ได้ในจุดนี้ จึงจะมีการออกไปทดสอบค่าของคุณภาพสัญญาณแล้วทำการแก้ไข ซึ่งยังไม่มียานวิจัยใดที่จะสนใจแก้ปัญหามาก่อนจะเกิดเหตุการณ์เหล่านั้น เช่น การรับรู้ล่วงหน้าว่าเมื่อจะมีการจัดงานกิจกรรมต่างๆหรือข้อมูลกราฟฟิกที่จุดๆนั้นเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดผลกระทบของคุณภาพสัญญาณที่บริเวณใด และจะเกิดการก้องกันของ

สัญญาณแทรกสอดสูงๆที่บริเวณใด และเมื่อไรที่บริเวณที่เป็นจุดเสี่ยงจะไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์มือถือได้ รวมไปถึงการเตรียมการล่วงหน้าก่อนที่พื้นที่เสี่ยงจะเกิดสัญญาณแทรกสอดสูงๆ ดังรูปที่ 3.1 จะแสดงให้เห็นถึงข้อมูลกราฟฟิกแต่ละไซต์ว่ามีค่าเท่าไร โดยประมาณ และมีการทำการไคร์ฟเทสที่ได้ค่าคุณภาพที่ดีมากคงจะแสดงให้เห็นเป็นเส้นทางสีเขียว ซึ่งสีเขียวบ่งบอกถึงค่าคุณภาพของสัญญาณมีค่ามากกว่า -6 dB แต่เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของข้อมูลกราฟฟิกของไซต์ใดไซต์หนึ่ง หรือในทุกๆไซต์ ค่าคุณภาพของสัญญาณจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่แย่ลงแน่นอน เนื่องจากเมื่อมีข้อมูลกราฟฟิกเพิ่มขึ้นสัญญาณแทรกสอดก็จะเพิ่มตามไปด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จะจำลองเหตุการณ์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลกราฟฟิกและพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบสัญญาณมาเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการคำนวณค่าคุณภาพของสัญญาณที่มีการปรับข้อมูลกราฟฟิกแล้ว เพื่อที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่อาจจะเกิดความเสี่ยงที่จะเกิดสัญญาณแทรกสอดสูงๆจนไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์มือถือ

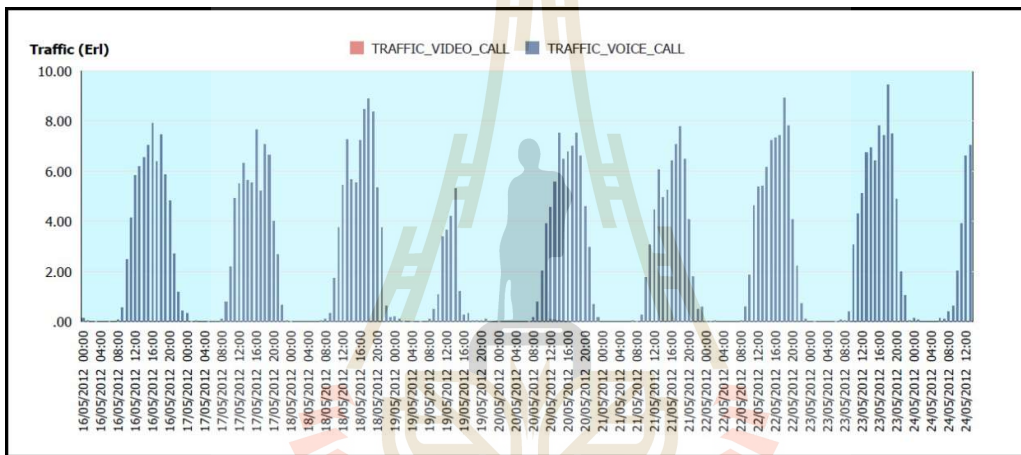


รูปที่ 3.1 ผลไคร์ฟเทสและข้อมูลกราฟฟิกแต่ละไซต์

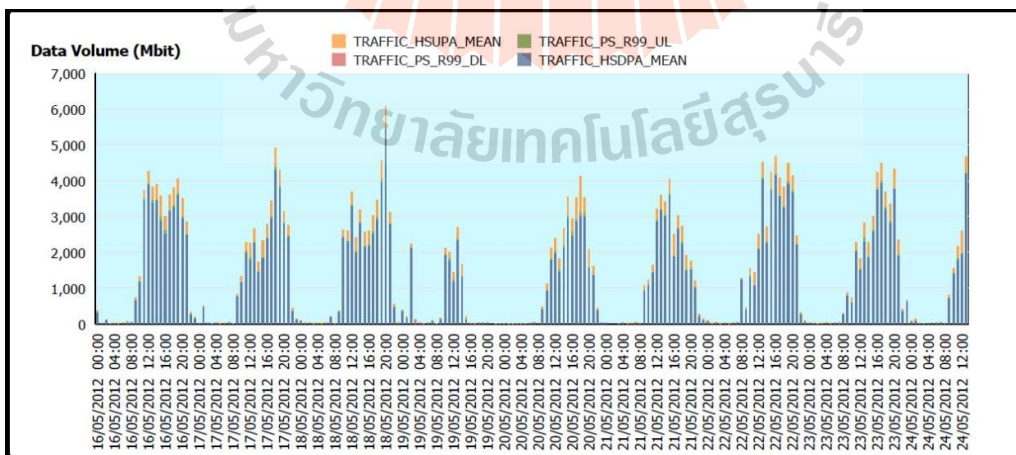
3.3 ข้อมูลกราฟฟิก

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงข้อมูลกราฟฟิก ซึ่งก็คือข้อมูลทางสถิติที่ถูกเก็บค่าและบันทึกไว้ของแต่ละเซลล์ไซต์ในช่วงเวลาต่างๆ ข้อมูลกราฟฟิกที่เก็บค่าได้จะประกอบไปด้วย กราฟฟิกของการใช้งานโทรศัพท์ด้วยเสียง โทรศัพท์วีดีโอ ดังที่แสดงในรูปที่ 3.2 ที่แสดงความเข้มกราฟฟิกในหน่วยของ Erlang และการใช้ข้อมูลอินเทอร์เน็ต รวมไปถึงมีกราฟแสดงผลค่าที่เป็นค่า Throughput ของการใช้งานด้านการโทรและด้านการใช้งานอินเทอร์เน็ตของการใช้งาน ในแต่ละช่วงเวลาของเซลล์ไซต์นั้นๆ ดังจะแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.4 และรูป

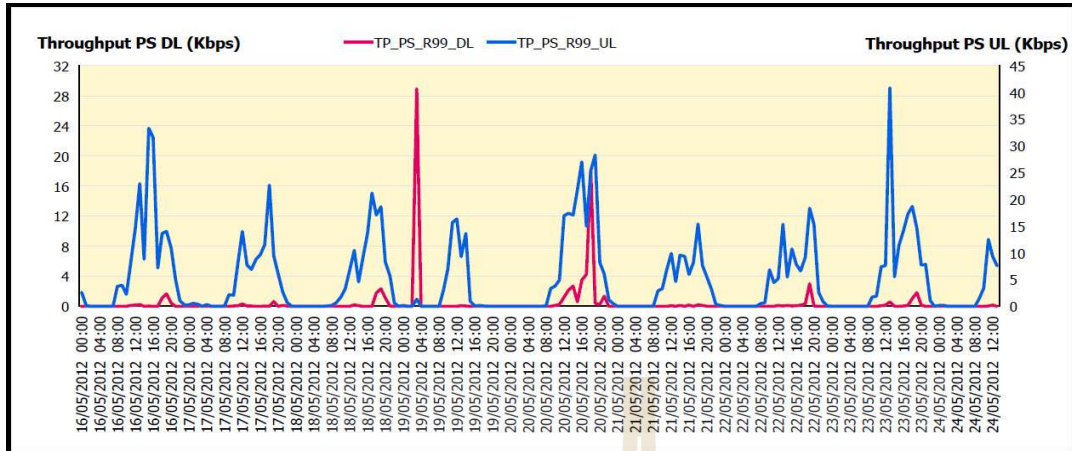
ที่ 3.5 ข้อมูลกราฟฟิคเหล่านี้มีประโยชน์มากในการวิเคราะห์ข้อมูลของเซลล์ไซต์หรือของพื้นที่ที่ไซต์นี้ให้บริการอยู่ ซึ่งจะสามารถนำไปวิเคราะห์ถึงคุณภาพ ประสิทธิภาพ และอื่นๆอีกมากมายที่เกี่ยวกับการให้บริการของผู้ให้บริการด้านโทรศัพท์มือถือ ส่วนในงานวิจัยนี้เราจะสนใจเฉพาะในส่วนของคุณค่าที่เป็น การส่งสัญญาณควอนตัมดังกล่าว ซึ่งก็คือการควอนตัมโหลดข้อมูลของผู้ใช้นั้นเอง จะแสดงเป็นค่า Throughput (HSDPA) ซึ่งเป็นค่าที่สามารถบอกถึงการใช้งานของระบบจากผู้ใช้งานได้อย่างชัดเจนของช่วงเวลาต่างๆ โดยที่ค่า Throughput (HSDPA) นี้จะแสดงผลในหน่วยของ Mbps จะมีค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้ข้อมูล อยู่ที่ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์โหลดของการใช้งานทั้งหมดในช่วงเวลาที่ทำการไดรฟ์เทสท์ ดังจะเห็นได้จากเส้น สีน้ำเงินในรูปที่ 3.5



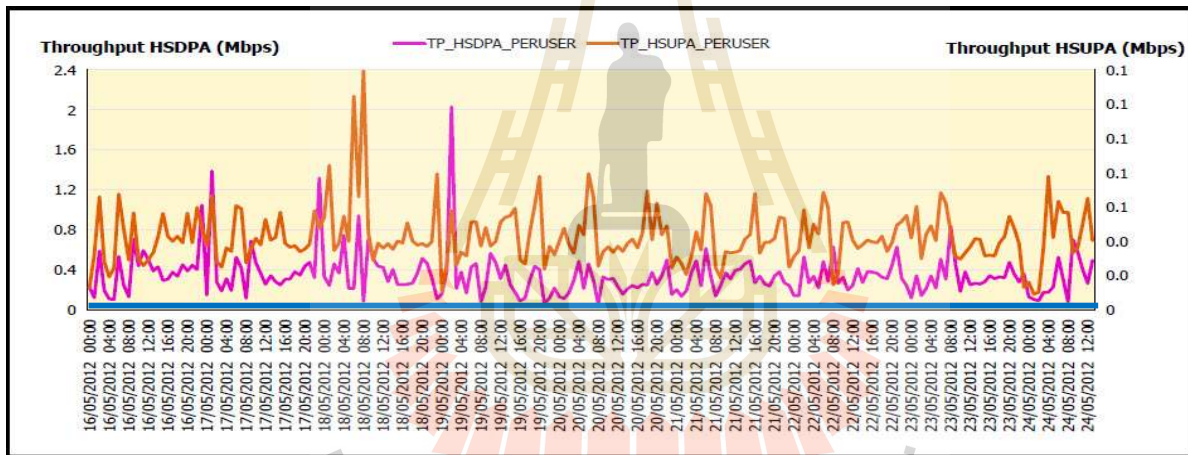
รูปที่ 3.2 แสดงให้เห็นถึงข้อมูลกราฟฟิคของการใช้งานการโทรด้วยเสียงและโทรด้วยวิดีโอ



รูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นถึงข้อมูลกราฟฟิคที่เป็นค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.4 แสดงกราฟข้อมูลการใช้งาน Throughput ของ R99 ความถี่และอพลังค์



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

3.4 พารามิเตอร์จากผลไดรฟ์เทสท์

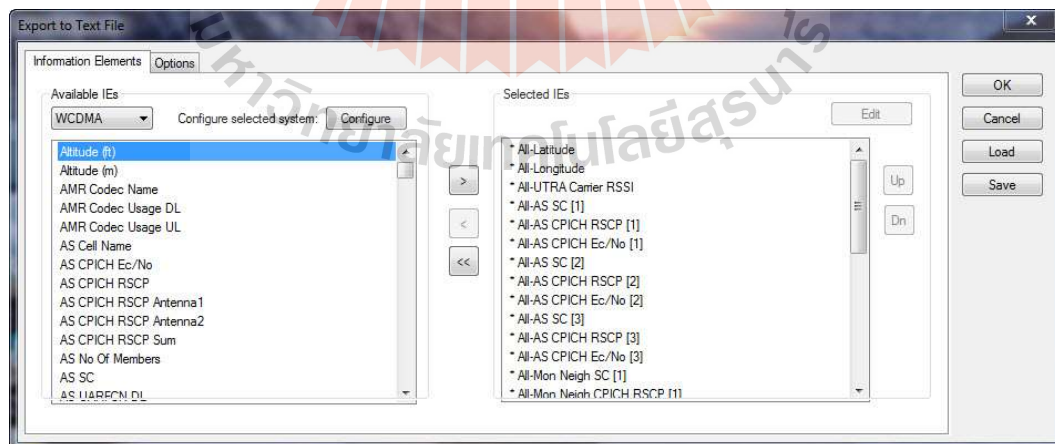
ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงพารามิเตอร์ที่ได้จากการทำการไดรฟ์เทสท์ของสัญญาณสามจี คลื่น 2100 MHz จากการทดสอบสัญญาณที่งานวิจัยนี้นำผลมาวิเคราะห์ห้จะได้มาจากการทดสอบสัญญาณ โดยโปรแกรม TEMS พารามิเตอร์ที่ได้จะมีหลายค่าไว้ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของสัญญาณในทางต่างๆ ในงานวิจัยนี้จะสนใจพารามิเตอร์บางส่วนที่ได้จากการทำไดรฟ์เทสท์เท่านั้น โดยเมื่อทำการทดสอบสัญญาณเสร็จตาม

เส้นทางที่กำหนดไว้แล้ว จะบันทึกผลทดสอบเป็นล็อกไฟล์ ซึ่งสามารถนำไฟล์นี้ไปใช้เปิดในโปรแกรมต่างๆเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณต่อไปได้ เช่น ในงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม Actix Analyzer เพื่อวิเคราะห์สัญญาณที่ได้ทำการทดสอบสัญญาณมา ดังในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงค่า Ec/No ที่ได้จากการทำไดรฟ์เทสท์

และสามารถแปลงไฟล์ที่ได้บันทึกไว้ให้ออกมาเป็นค่าพารามิเตอร์ได้ โดยใช้โปรแกรม TEMS.Export จะได้ไฟล์ที่เป็นคอต FMT ออกมา ซึ่งสามารถนำไฟล์นี้ไปเปิดใน โปรแกรม Microsoft Excel ได้ จะได้ค่าพารามิเตอร์ที่เครื่องมือทดสอบสัญญาณบันทึกไว้ตามเส้นทางทั้งหมด งานวิจัยนี้สนใจเฉพาะพารามิเตอร์บางส่วนดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ในการเอ็กซ์พอร์ตไฟล์สามารถเลือกเอ็กซ์พอร์ตเฉพาะพารามิเตอร์ที่ต้องการได้ดังในรูปที่ 3.7 โดยจะเลือกค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการจากฝั่งซ้ายแล้วเพิ่มไปยังฝั่งขวา



รูปที่ 3.7 การเอ็กซ์พอร์ตค่าพารามิเตอร์ของการทำไดรฟ์เทสท์

ในงานวิจัยนี้จะเลือกค่าพารามิเตอร์ที่จะใช้ในการออกแบบหาสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลกราฟฟิก เช่น ค่า ละติจูด ลองจิจูด SC RSSI RSCP E_c/No โดยส่วนใหญ่เราถือว่าค่า E_c/No คือตัวชี้วัดถึงคุณภาพของสัญญาณและสมรรถภาพของผู้ใช้งานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในปัจจุบัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงให้ค่า E_c/No เป็นค่าคุณภาพของสัญญาณ โดยที่ E_c/No คือ Pilot channel quality energy per chip over total received power spectral density โดย E_c คือ energy per chip in CPICH No คือ the total received power density excluding CPICH of its own cell SC คือ Scrambling code หรือตัวเลขที่กำหนดว่าเป็นเซลล์ไซต์ไหน 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 E_c/No [1]	All-AS SC[2]	All-AS CPICH RSCP[2]	All-AS CPICH E_c/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 ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากผลไคร์ฟเทสท์ตามที่งานวิจัยนี้ต้องการ ที่จะนำไปออกแบบและแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ต่อไป

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

$$\text{การวัดค่าของ Total Wideband Power} = \text{RSSI} \quad (\text{dBm})$$

เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

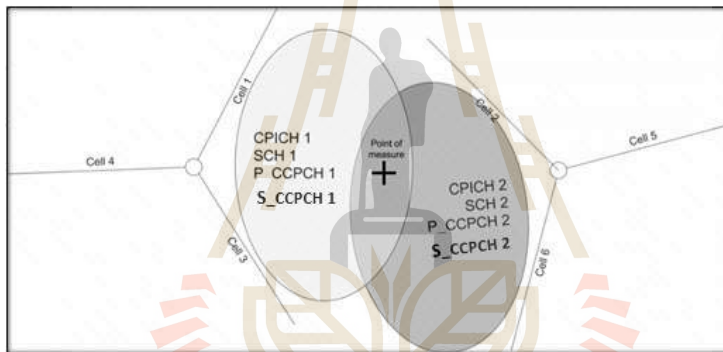
$$E_c/No = \frac{RSCP}{RSSI} \quad (3.1)$$

หรือ $E_c/No = RSCP - RSSI \quad (\text{dB})$

3.5 การวิเคราะห์สเปกตรัมของสัญญาณ

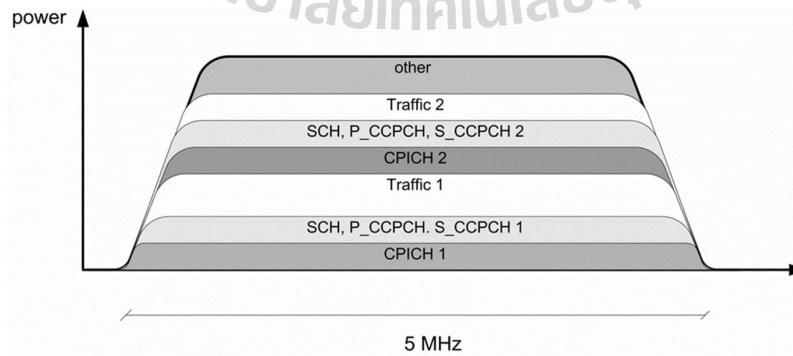
ในการวิเคราะห์สเปกตรัมนั้นจะพิจารณาการมาถึงของสัญญาณจากภาคส่งที่ส่งกำลังงานออกมาจากสถานฐานมายังผู้รับ โดยกำลังงานที่ส่งมานั้นจะแยกออกเป็นกำลังงานของช่องสัญญาณต่างๆที่จำเป็นในการติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีฐานกับโทรศัพท์มือถือของผู้รับ เช่น ช่องสัญญาณ CPICH SCH P_CCPCH S_CCPCH

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

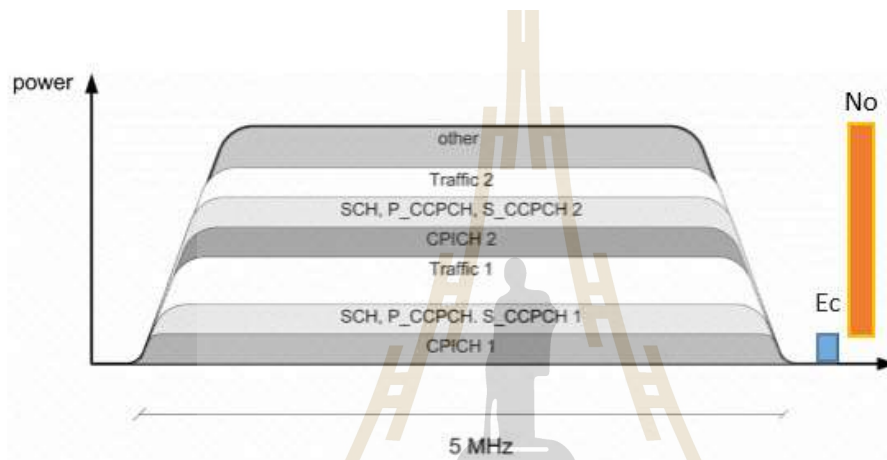
[Project 08R2-HFumts Commissioned by Swiss Agency for the Environment, 2004]

จากค่านิยามของค่า E_c/N_0 และจากการวิเคราะห์สเปกตรัม ในรูปที่ 3.10 จะเห็นว่า

E_c = พลังงานที่รับได้ในช่องสัญญาณ CPICH

N_0 = ความเข้มของพลังงานที่รับได้ทั้งหมดบนความถี่ 5MHz ไม่รวมสัญญาณของช่องสัญญาณ CPICH ของตัวเอง

ตามนิยามความสัมพันธ์ข้างต้นสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.11 ดังนี้



รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ของค่า E_c/N_0 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

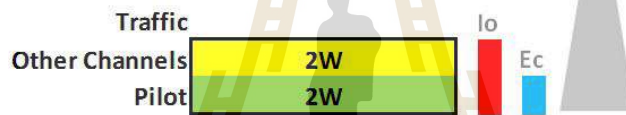
P_{TCH_i} = Traffic Channel Power ตัวที่ i

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

P_{L_i} = Total Loss Power ตัวที่ i

3.6 การออกแบบสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์

ในการออกแบบสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์จะเป็นการออกแบบสมการที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกราฟิกหรือข้อมูลสถิติที่ได้รับมาจากการเก็บบันทึกไว้ของแต่ละเซลล์ไซต์และพารามิเตอร์ที่ได้จากการทำไครฟ์เทสท์ สมการนี้จะสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของสัญญาณว่าเป็นอย่างไร หรือมีแนวโน้มว่าจะดีขึ้นหรือแย่ลงเมื่อมีการปรับข้อมูลของกราฟิกในแต่ละเซลล์ไซต์ การออกแบบสมการนี้จะพิจารณาสเปกตรัมของสัญญาณในจุดที่ทำการวัดสัญญาณนั้นๆ ว่ามีกำลังงานของช่องสัญญาณไหนบ้างที่มีผลต่อค่าคุณภาพของสัญญาณ แล้วสังเคราะห์ออกมาเป็นสมการความสัมพันธ์ตามขั้นตอนต่อไปนี้



รูปที่ 3.12 แสดงความสัมพันธ์ค่า E_c/I_o ที่สถานะที่ไม่มีข้อมูลกราฟิก [<http://www.telecomhall.com/what-is-ecio-and-ebno.aspx>]



รูปที่ 3.13 แสดงความสัมพันธ์ค่า E_c/I_o ที่สถานะที่มีข้อมูลกราฟิก [<http://www.telecomhall.com/what-is-ecio-and-ebno.aspx>]

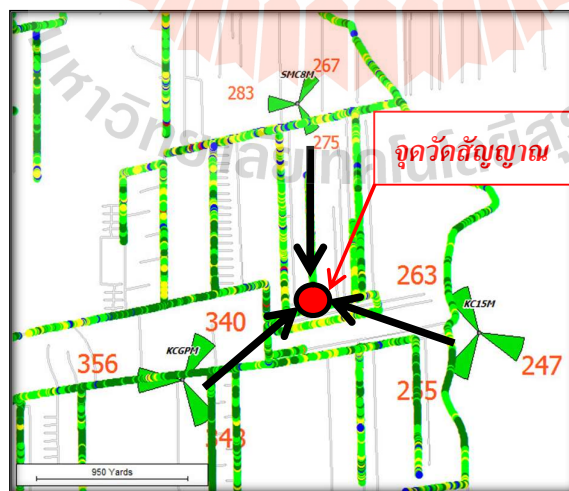
ในทางทฤษฎี ค่า $\frac{E_c}{I_o}$ เป็นค่าที่ใช้ในการบ่งบอกถึงคุณภาพของสัญญาณว่าเป็นเช่นไร

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 อัตราส่วนของสัญญาณที่รับได้ (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 เวลาเดียวกันแต่ผู้ใช้แต่ละคนจะมีโค้ดเฉพาะของแต่ละคน ด้วยเหตุนี้ ผู้ใช้งานแต่ละคนจะเป็นสัญญาณแทรกสอดซึ่งกันและกันเอง จากรูปที่ 3.12 และรูปที่ 3.13 เป็นเพียงการแสดงสัญญาณแทรกสอดเพียงแค่เซลล์ไซต์เดียวเท่านั้น แต่ในสถานการณ์จริงจะมีสัญญาณของผู้ใช้งานในเซลล์ไซต์ต่างๆ ที่มีสัญญาณแรงพอมาถึงเซลล์ไซต์นี้ ทำให้เกิดสัญญาณแทรกสอดเพิ่มมากขึ้น จากที่กล่าวไปข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า เมื่อมีข้อมูลกราฟฟิกสูงๆ หรือมีผู้ใช้งานมากๆ จะทำให้มีสัญญาณแทรกสอดมากไปด้วย เมื่อในเซลล์ไซต์นั้นได้รับสัญญาณแทรกสอดมากๆ จะทำให้ค่าคุณภาพของสัญญาณโดยเฉลี่ยทั้งไซต์มีค่าแย่ง และถ้ามีมากจนถึงจุดๆหนึ่ง ผู้ใช้งานในเซลล์ไซต์นั้นจะไม่สามารถใช้บริการโทรศัพท์มือถือได้ ถึงแม้ที่หน้าจอมือถือจะมีขีดแสดงระดับสัญญาณในระดับดีก็ตาม

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



รูปที่ 3.14 การเดินทางของสัญญาณ มายังจุดวัดสัญญาณ

จากรูปที่ 3.14 สมมติว่าทั้ง 3 เซลล์นี้ส่งกำลังงานมาที่จุดวัดสัญญาณเท่าๆกัน และจากรูปที่ 3.11 ในการวิเคราะห์สเปกตรัมจะสามารถเขียนสมการของสัญญาณที่จุดวัดสัญญาณได้ดังนี้

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

เนื่องจากกำลังงานในช่องสัญญาณ CPICH มีการลดทอนลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้นจากสถานีฐานไปยังผู้ใช้งาน นั่นคือ

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

P_{RUE} คือ พลังงานที่ผู้ใช้งานรับได้บนโทรศัพท์มือถือ (Received User Equipment Power) แทนค่าสมการ (3.4) ลงในสมการ (3.3) จะได้

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

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 ของทุกๆเซลล์มีค่าเท่ากัน ที่ 2W

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_1} 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** ที่ช่วงเวลาทำการไดรฟ์เทสท์

P_{max} คือพลังงานสูงสุดของช่องสัญญาณ TCH ที่รองรับข้อมูลทราฟฟิก

ดังนั้นสามารถเขียนสมการ (3.11) ใหม่คือ

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

เนื่องจากในโทรศัพท์มือถือจะมีกระบวนการในการเลือกรับสัญญาณว่าจะใช้บริการรับส่งข้อมูลกับเซลล์ไหนถึงจะมีคุณภาพของสัญญาณดีที่สุด โดยจะมีการเปรียบเทียบความแรงของสัญญาณและคุณภาพของสัญญาณจากช่องสัญญาณ CPICH ของสัญญาณทุกๆสัญญาณที่มาถึงโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้ ณ ขณะนั้นและในบริเวณนั้น สัญญาณจากเซลล์ไหนที่มีความแรงของสัญญาณมากกว่า และมีคุณภาพของสัญญาณดีกว่าโทรศัพท์มือถือก็จะใช้บริการเซลล์นั้นและให้สัญญาณของทุกช่องสัญญาณของเซลล์นั้นเป็น Active Set 1 สัญญาณที่มีความแรงของสัญญาณและคุณภาพของสัญญาณรองลงมาก็จะให้เป็น Active Set 2 และ Active Set 3 ตามลำดับ และสัญญาณจากเซลล์ที่รองลงมาตัวที่ 4 มือถือจะเซตให้เป็นตัว Monitor Set 1 ในการทดสอบสัญญาณโดยโปรแกรม TEMS จะเก็บค่าที่เป็น Monitor Set ไว้ 6 ตัว และเมื่อผู้ใช้งานมีการเปลี่ยนตำแหน่งไป จะทำให้ความแรงของสัญญาณและคุณภาพของสัญญาณที่มีผลต่อโทรศัพท์ผู้ใช้งานเปลี่ยนไป โดยจะมีการเปรียบเทียบของสัญญาณเหมือนเดิมและจะเซต Active Set 1-3 และ Monitor Set 1-6 ใหม่ หลังจากนั้นโปรแกรมที่ใช้ทดสอบสัญญาณก็จะบันทึกผลทุกค่าไว้ในลิสต์ไฟล์เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณต่อไป จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถเขียนสมการ 3.13 ใหม่ให้อยู่ในรูปทั่วไปที่สามารถรองรับผลของการทำดริฟท์ทดสอบที่ได้เป็น

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

โดยที่ AS = Active Set Received Signal Code Power

MS = Monitor Set Received Signal Code Power

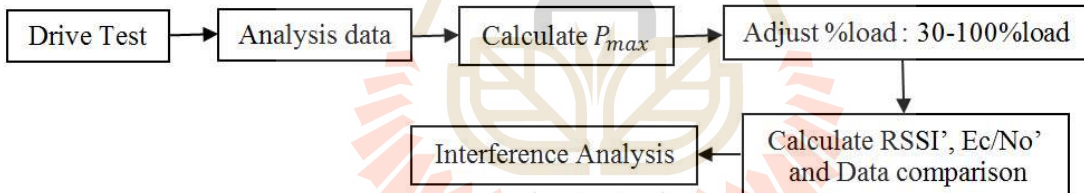
และสามารถหาค่า P_{max} ที่จุดวัดสัญญาณใดๆได้จาก

$$P_{max} = \frac{RSSI - 2 \sum_{i=1}^3 AS_i + 2 \sum_{j=1}^6 MS_j}{P_{L_1} \times \left[\sum_{k=1}^3 \left(\%load_k \times \frac{AS_k}{AS_1} \right) + \sum_{l=1}^6 \left(\%load_l \times \frac{MS_l}{AS_1} \right) \right]} \quad (3.15)$$

3.7 การวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอด

ในส่วนนี้จะอธิบายถึงหลักการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการ Drive Test ขั้นตอนการคำนวณเมื่อมีการปรับโหลด เพื่อให้เห็นถึงผลกระทบของคุณภาพของสัญญาณที่เกิดขึ้น เมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลง และวิเคราะห์ผลเพื่อหาพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดสัญญาณแทรกสอดมากๆ

ดังที่กล่าวไปข้างต้นแล้วว่าค่า E_c/N_0 นั้นเป็นตัวที่บ่งชี้ว่าคุณภาพของสัญญาณนั้นดีหรือไม่ จากรูปที่ 3.14 เป็นตัวอย่างของค่า E_c/N_0 ในพื้นที่ที่เราสนใจที่จะวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอด ซึ่งค่าที่ปรากฏเป็นค่าที่วัดได้ในช่วงเวลาๆหนึ่งเท่านั้น จะเห็นได้ว่าเราไม่สามารถบอกได้เลยว่าในพื้นที่ตรงไหนที่จะมีโอกาสเสี่ยงที่จะทำให้เกิดสัญญาณแทรกสอดขึ้น เมื่อมีปริมาณกราฟฟีกเพิ่มขึ้น และนี่ยังเป็นปัญหาที่ยังพบเห็นอยู่เรื่อยๆที่จะมีผู้ใช้งานไม่สามารถใช้งานได้ในช่วงสภาวะโหลดสูงๆ และจากรูปที่ 3.15 เป็นการอธิบายกระบวนการแนวทางในการวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอด เมื่อมีการจำลองปรับค่าข้อมูลกราฟฟีกหรือโหลดเพิ่มขึ้น จากผล Drive Test ที่ได้เราสามารถแปลงข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆออกมาเพื่อให้ง่ายต่อการนำมาวิเคราะห์และคำนวณ ซึ่งจะมีค่าพารามิเตอร์ที่สนใจได้แก่ค่า E_c/N_0 RSSI RSCP SC และค่าพารามิเตอร์อีกค่าหนึ่งที่สำคัญ คือค่าข้อมูลกราฟฟีกในเวลาที่ทำการ Drive Test จะได้จากสถานีฐาน



รูปที่ 3.15 แผนภาพแสดงกระบวนการในการวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอด

จากค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ได้กล่าวมาในข้างต้น นำมาคำนวณค่า P_{max} ของแต่ละจุดบนพื้นที่ โดยนำมาแทนในสมการที่ (3.15) แล้วเก็บค่าไว้ในตาราง ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการจำลองสถานการณ์เพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพสัญญาณ (E_c/N_0) โดยการเพิ่มเปอร์เซ็นต์โหลดแล้วคำนวณค่า RSSI ใหม่ สามารถคำนวณได้ดังสมการ (3.16) ดังนี้

$$RSSI' = 2 \sum_{i=1}^3 AS_i + 2 \sum_{j=1}^6 MS_j$$

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

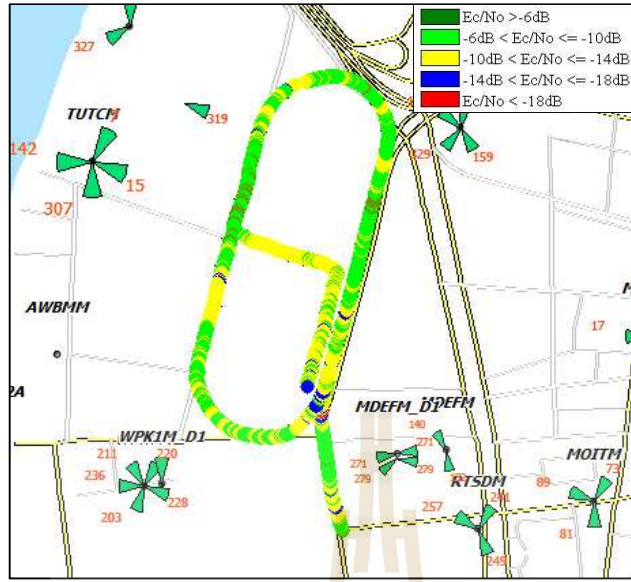
เมื่อคำนวณได้ค่า $RSSI'$ ในทุกจุดแล้วเราจะสามารถคำนวณหาค่า Ec/No' จากสมการข้างล่าง

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

เมื่อคำนวณได้ค่า Ec/No' จากนั้นทำการพล็อตค่าลงใน โปรแกรม **MATLAB** แล้วเปรียบเทียบผล หลังจากนั้นทดลองปรับค่าเปอร์เซ็นต์โพลด์ไปเรื่อยๆจนถึงค่าสูงสุดที่ 100 เปอร์เซ็นต์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ ที่อาจจะเกิดสัญญาณแทรกสอดขึ้นเมื่อข้อมูลกราฟฟิกมีการเปลี่ยนแปลง ดังแสดงให้เห็น ได้จากรูปที่ 3.12 และรูปที่ 3.13 ว่าเมื่อในเซลล์ไซต์มีข้อมูลกราฟฟิกเพิ่มขึ้นสัญญาณแทรกสอดก็จะเกิดเพิ่มขึ้นตาม

3.8 การทดสอบแบบจำลอง

ในการทดสอบแบบจำลองนี้ทำขึ้นเพื่อพิสูจน์ว่าสมการที่ออกแบบขึ้นมาและตามทฤษฎีที่ได้อ้างอิงมานั้น เป็นจริงไปตามสมมติฐานที่ตั้งเอาไว้หรือไม่ จากรูปที่ 3.16 เป็นการแสดงผลของค่า Ec/No' ที่ได้จากการทำไครฟ์เทสท์ในพื้นที่สนามหลวงในวันที่ 4 ธันวาคม 2557 ก่อนจะมีการจัดงานวันพ่อ ซึ่งในหัวข้อนี้ และในงานวิจัยนี้จะใช้ผลจากการทำไครฟ์เทสท์ในครั้งนี้เป็นกรณีที่ใช้ในการศึกษาและทำการปรับข้อมูลกราฟฟิกในสมการที่ออกแบบมา รวมไปถึงใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอดว่าจะเกิดขึ้นอย่างไรเมื่อมีการปรับเพิ่มข้อมูลกราฟฟิก ที่เลือกใช้และสนใจในพื้นที่นี้เพราะในวันที่ 5 ธันวาคม ของทุกปีในพื้นที่สนามหลวงนี้จะถูกจัดงานถวายพระพรพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว และจะมีผู้เข้าร่วมงานในครั้งนี้อย่างเนืองแน่น ในงานวิจัยนี้เลยสนใจเป็นพิเศษซึ่งตรงตามข้อสมมุติฐานว่า เมื่อมีการใช้งานโทรศัพท์ในพื้นที่ที่สนใจมากขึ้น จะทำให้เกิดสัญญาณแทรกสอดมากขึ้น และจะเกิดสัญญาณแทรกสอดที่ตรงไหน รวมถึงจะแก้ไขอย่างไรในการรองรับหรือปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณ ในบริเวณนั้น



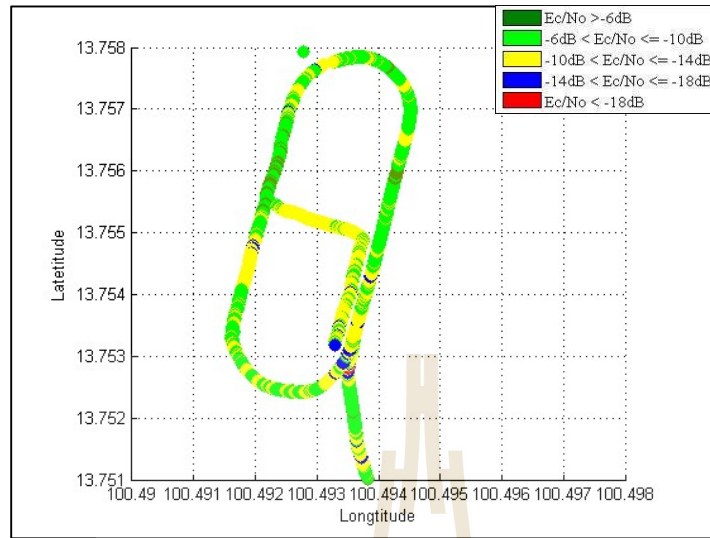
รูปที่ 3.16 พื้นที่แสดงค่า Ec/No ที่ได้จากการทำโดรฟ์เทสท์

จากรูที่ 3.17 เป็นค่า Ec/No หรือค่าคุณภาพของสัญญาณ ที่ได้จากการคำนวณจากสมการที่ (3.17) และการแทนค่าข้อมูลกราฟฟิคที่ 30 เฟอร์เซ็น โหลด ตามที่วิเคราะห์ได้จากรูปที่ 3.5 จะเห็นว่าค่า Ec/No ในแต่ละพื้นที่นั้นมีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งจะพิสูจน์ให้เห็นจากค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Mean square error : MSE) ของจำนวนจุดที่แสดงเป็นระดับสีต่างๆ 5 ระดับ โดยการนับจำนวนจุดจากผลโดรฟ์เทสท์ 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 Ec/No ออกเป็น 5 ระดับสัญญาณแยกออกเป็นระดับสี 5 สีแต่ละสีก็จะบอกถึงคุณภาพของสัญญาณที่จุดๆนั้นว่าเป็นอย่างไร เช่น สีเขียวเข้มดีสุด และสีแดงแย่สุด ซึ่งในตารางนี้ก็จะแสดงจำนวนจุดของแต่ละสีที่มีในพื้นที่ และเปรียบเทียบจำนวนสีแต่ละระดับ โดยในพื้นที่ดังรูปที่ 3.16 และ 3.17 มีทั้งหมด 65,540 จุด



รูปที่ 3.17 พื้นที่แสดงค่า Ec/No ที่ได้จากการคำนวณในสมการที่ออกแบบ

ค่า Ec/No จากผลสำรวจพื้นที่			ค่า Ec/No จากผลทดลองใน MATLAB ที่ 30%Load		
ระดับสัญญาณ	ระดับสี	จำนวนจุด	ระดับสัญญาณ	ระดับสี	จำนวนจุด
Ec/No > -6dB	เขียวเข้ม	2899	Ec/No > -6dB	เขียวเข้ม	2930
-6dB < Ec/No <= -10dB	เขียวอ่อน	24562	-6dB < Ec/No <= -10dB	เขียวอ่อน	25346
-10dB < Ec/No <= -14dB	เหลือง	33635	-10dB < Ec/No <= -14dB	เหลือง	34454
-14dB < Ec/No <= -18dB	น้ำเงิน	924	-14dB < Ec/No <= -18dB	น้ำเงิน	1020
Ec/No < -18dB	แดง	57	Ec/No < -18dB	แดง	72

รูปที่ 3.18 ตารางเปรียบเทียบจำนวนจุดสีจากผลสำรวจพื้นที่และจากการคำนวณ

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 และค่าจำนวนจุดที่ได้จากการคำนวณในสมการที่ออกแบบที่คิดค่าของข้อมูลกราฟฟิกอยู่ที่ 30 เปอร์เซ็น โหลด มีจุดต่างกันน้อยมากประมาณ 20 จุด หรือคิดเป็น เปอร์เซ็นต์ก็เพียงแค่ 0.0301 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

3.9 กล่าวท้ายบท

ในบทนี้เราได้แสดงวิธีการออกแบบสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างข้อมูลกราฟฟิกกับพารามิเตอร์ที่ได้จากการทำไครฟ์เทสท์ สมการที่ได้จะเป็นสมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าคุณภาพของสัญญาณที่มีการปรับ โหลด เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด ในส่วนของการออกแบบสมการความสัมพันธ์ที่ได้เราได้ศึกษาข้อมูลกราฟฟิก พารามิเตอร์ที่ได้จากการทำไครฟ์เทสท์ และใช้การวิเคราะห์สเปกตรัมของช่องสัญญาณต่างๆเพื่อทำการหาความสัมพันธ์แล้วสังเคราะห์ออกมาเป็นสมการ จากนั้นเราใช้ข้อมูลสถิติจากเซลล์ไซต์กับพารามิเตอร์ของผลไครฟ์เทสท์ในการป้อนค่าลงในสมการเพื่อคำนวณค่าคุณภาพของสัญญาณเมื่อทำการปรับ โหลดในสมการ

จากการคำนวณค่าคุณภาพของสัญญาณ โดยการปรับ โหลดที่จะใช้โปรแกรมแมทแลบในการคำนวณ และใช้ในการพล็อตค่าคุณภาพของสัญญาณลงเป็นพื้นที่ เหมือนกับค่าที่ได้การทำไครฟ์เทสท์จริง จะทำให้เห็นพื้นที่ที่มีผลกระทบเมื่อมีการปรับ โหลด และใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงที่อาจจะเกิดสัญญาณแทรกสอดขึ้นได้ ดังรูปที่ 3.17 ที่ได้ทำการแสดงให้เห็นถึงการพล็อตค่าคุณภาพของสัญญาณที่คำนวณได้จากสมการที่ทำการออกแบบและจากรูปที่ 3.16 ที่เป็นผลที่ทำการไครฟ์เทสท์ เมื่อทำการเปรียบเทียบโดยการคำนวณค่ากำลังสองเฉลี่ย (MSE) จะเห็นว่ามีความใกล้เคียงกันมากสำหรับจำนวนจุดบนพื้นที่ทำการไครฟ์เทสท์ และพื้นที่ที่ได้จากการคำนวณตามสมการ จะเห็นว่ามีความใกล้เคียงกันที่บ่งบอกว่ามีจุดต่างการทำไรมีค่าประมาณเพียง 20 จุดเท่านั้นหรือคิดเป็น 0.0301 เปอร์เซ็นต์ จากที่กล่าวมาเพื่อที่จะยืนยันความถูกต้องของสมการและทฤษฎีที่ได้กล่าวในหัวข้อต่างๆ โดยในบทถัดไปจะเป็นการจำลองผลการวิจัย

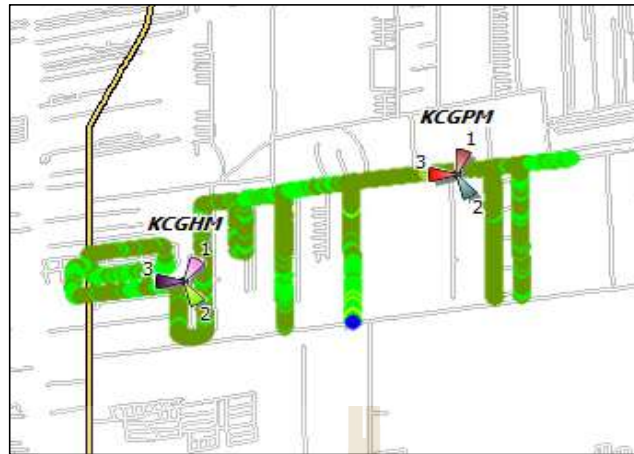
บทที่ 4 การจำลองผลในโปรแกรมเมทเลบพร้อมวิเคราะห์ผล

4.1 กล่าวนำ

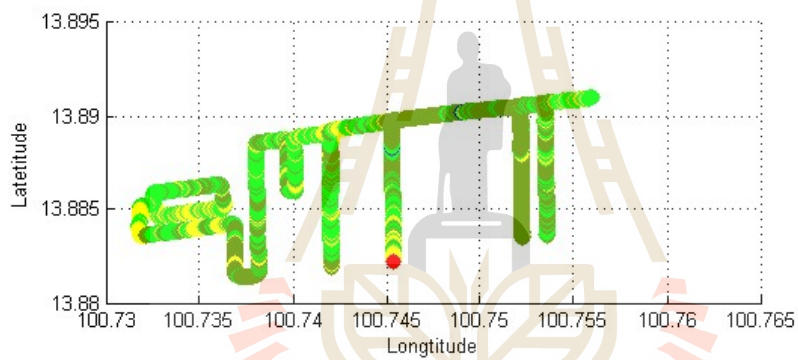
เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลของการจำลองปรับข้อมูลกราฟฟิกให้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพของสัญญาณว่าเมื่อปรับข้อมูลกราฟฟิกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆแล้ว มีผลกระทบต่อพื้นที่ไหนบ้าง มีพื้นที่ไหนที่เสี่ยงต่อการเกิดสัญญาณแทรกสอดสูงๆ และพื้นที่ไหนที่มีโอกาสไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้แล้ว โดยบทนี้จะยกตัวอย่างพื้นที่ที่จะนำมาทำการจำลองปรับข้อมูลกราฟฟิกมา 3 พื้นที่ เช่น รอบๆไซต์ KCGPM พื้นที่รอบเกาะรัตนโกสินทร์ และพื้นที่ของสนามหลวง และจะมีการนำเสนอแบบจำลองกรณีมีปรับข้อมูลกราฟฟิกในทุกๆเซลล์ไซต์เท่าๆกัน และปรับข้อมูลกราฟฟิกเพียงแค่เซลล์ไซต์เดียว เพื่อดูผลกระทบของสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้น ในการจำลองนี้จะใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกราฟฟิกกับค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทำไครฟ์เทสท์ดังที่ได้ทำการออกแบบไปในบทที่ 3 โดยใช้โปรแกรมเมทเลบในการคำนวณและแสดงผลออกมาเป็นพื้นที่ของคุณภาพสัญญาณ และทำการวิเคราะห์สรุปผลที่ได้จากการทดลองในตอนสุดท้าย

4.2 ผลการจำลองปรับ โหลดของทุกๆเซลล์ไซต์ในพื้นที่ของไซต์ KCGPM

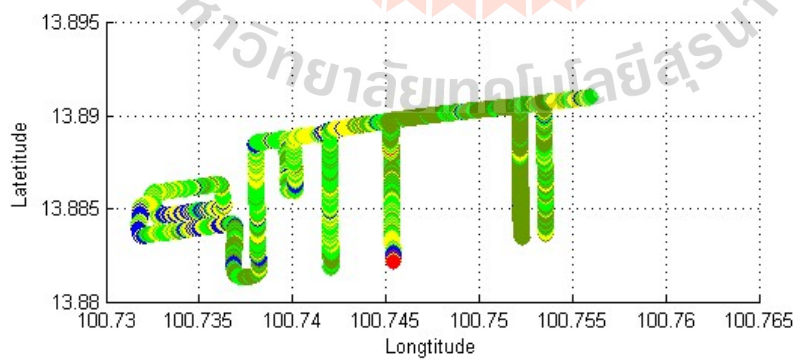
ในส่วนนี้จะเป็นการจำลองปรับข้อมูลกราฟฟิกของเซลล์ไซต์ที่อยู่รอบๆของไซต์ KCGPM เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอด จะเป็นอย่างไรเมื่อมีข้อมูลกราฟฟิกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึง 100 เปอร์เซ็นต์ โหลด โดยในส่วนนี้จะแสดงผลของค่า E_c/N_0 ของการปรับข้อมูลกราฟฟิกที่ 30 เปอร์เซ็นต์ โหลด 60 เปอร์เซ็นต์ โหลด และที่ 100 เปอร์เซ็นต์ โหลด



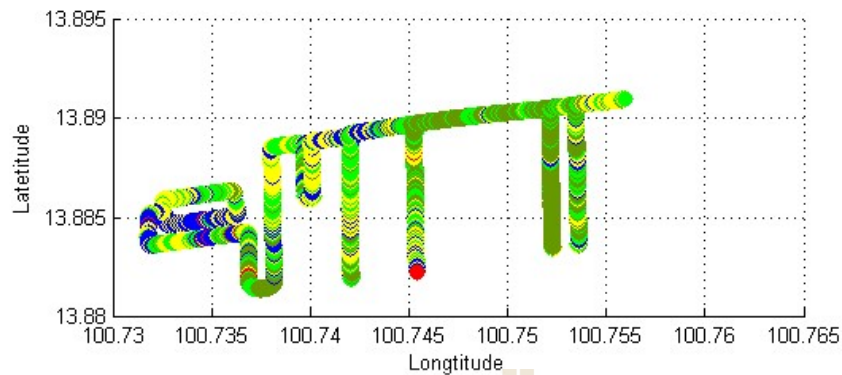
รูปที่ 4.1 แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ได้จากการทำโดว์เฟสที่รอบไซค์ KCGP



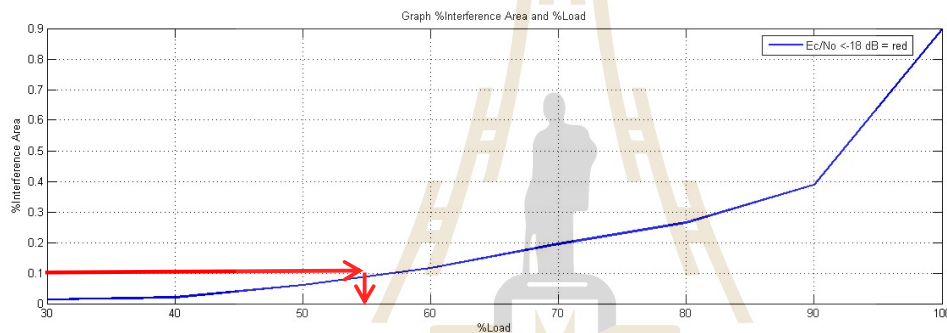
รูปที่ 4.2 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับโหดเป็น 30%



รูปที่ 4.3 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับโหดเป็น 60%



รูปที่ 4.4 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 100%



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลของพื้นที่ของสัญญาณแทรกสอดที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์และเปอร์เซ็นต์โหลด

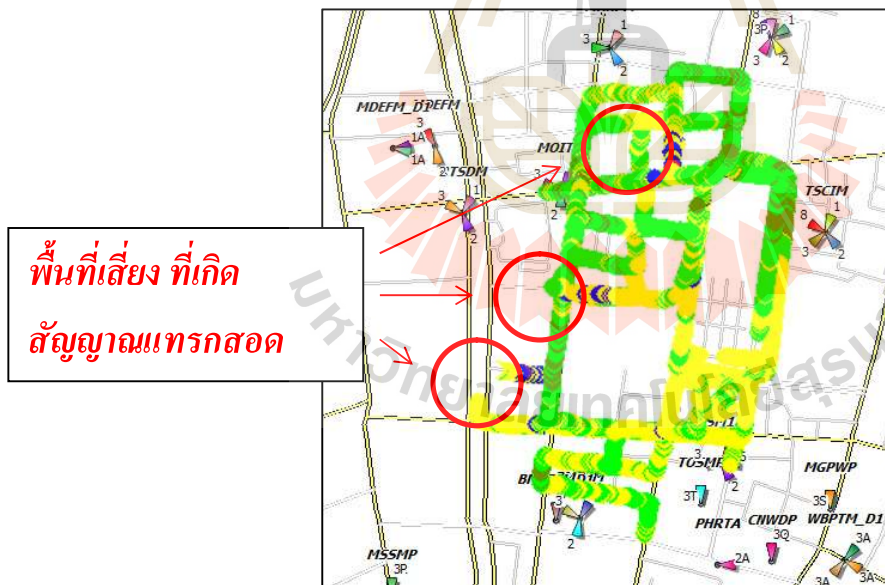
จากรูปที่ 4.2 ถึงรูปที่ 4.4 เป็นพื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการความสัมพันธ์ที่ออกแบบ แล้วคำนวณและพล็อตค่าด้วยโปรแกรมแมทแลบ โดยทำการปรับข้อมูลกราฟฟิกของทุกๆเซลล์ไซต์เท่ากับที่ 30 เปอร์เซ็นต์ 60 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ของคุณภาพสัญญาณที่ได้กับพื้นที่ที่คุณภาพสัญญาณที่ได้จากผลวิเคราะห์ที่รูปที่ 4.1 จะมีพื้นที่ที่มีคุณภาพของสัญญาณเปลี่ยนแปลงไป และมีบางพื้นที่ที่มีค่าคุณภาพของสัญญาณที่แย่ลง เนื่องจากมีการก่อกองทับของสัญญาณแทรกสอดที่เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของข้อมูลกราฟฟิก

จากกราฟในรูปที่ 4.5 เป็นกราฟแสดงผลของ พื้นที่ของสัญญาณแทรกสอดที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ และข้อมูลกราฟฟิกที่มีการปรับข้อมูลกราฟฟิกตั้งแต่ 10 เปอร์เซ็นต์โหลด จนถึง 100เปอร์เซ็นต์โหลด จะเห็นว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์โหลดเพิ่มสูงขึ้นจำนวนจุดที่มีสีแดง คือที่มีค่าคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำนั้น ก็มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จึงทำให้ พื้นที่ของสัญญาณแทรกสอดที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ก็มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย และจะเห็นว่าที่

พื้นที่ของสัญญาณแทรกสอดที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 0.1 จะมีเปอร์เซ็นต์โหนดอยู่ที่ประมาณ 57 เปอร์เซ็นต์โหนด เหลืออีก 43 เปอร์เซ็นต์โหนด ก่อนจะถึง 100 เปอร์เซ็นต์โหนด ตัวอย่างเช่น เมื่อในช่วงเวลาเดียวกันกับที่ทำการไครฟ์เทสที่นี้ แต่คนละวัน ในวันนั้น ได้มีการจัดงานกิจกรรมที่มีผู้คนมาร่วมงานเป็นจำนวนมาก นั่นแปลว่าในบริเวณนั้นสามารถรองรับปริมาณผู้ใช้งานได้อีกประมาณ 43%load ถ้าเกินจากนั้น จะไม่สามารถรับรองได้ว่าผู้ใช้งานที่มาร่วมกิจกรรมในวันนั้นสามารถใช้งาน โทรศัพท์ได้ ถึงแม้จะมีคลื่นสัญญาณที่แรงก็ตาม

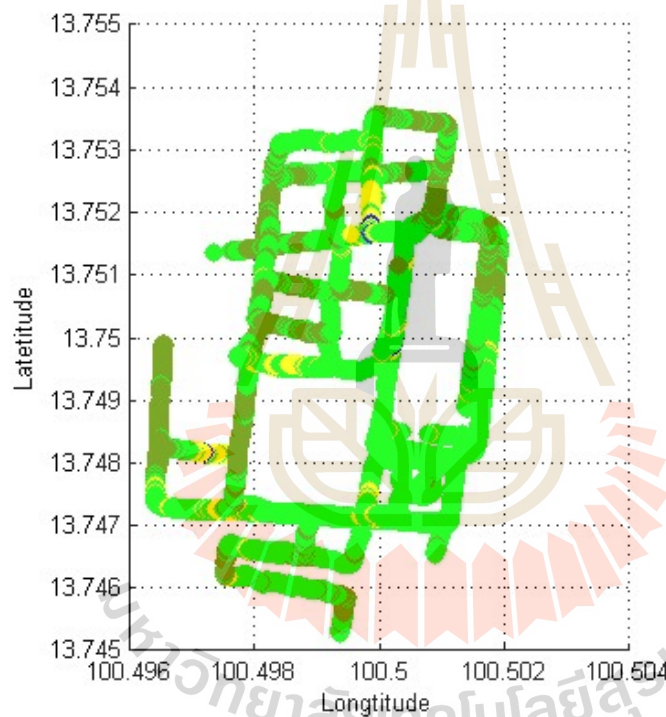
4.3 ผลการจำลองปรับ โหนดของทุกๆเซลล์ไซต์ในพื้นที่รอบเกาะรัตน โกสินทร์

ในการจำลองผลในส่วนนี้จะเป็นการจำลองผลคล้ายๆกับการจำลองผลรอบๆ ไซต์ KCGPM โดยจะทำการปรับข้อมูลกราฟฟิกของทุกๆเซลล์ไซต์เท่าๆกัน แต่ในการจำลองรอบเกาะรัตน โกสินทร์ นี้มีจุดสนใจที่แตกต่างตามรูปที่ 4.6 ซึ่งรูปนี้เป็นค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้จากการทำไครฟ์เทสที่ จากรูปนี้จะเห็นพื้นที่บางส่วนมีคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำดังที่วงไว้ในรูป ซึ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงที่จะเกิดการใช้งานไม่ได้ของโทรศัพท์ เมื่อในอนาคตมีการเพิ่มขึ้นของผู้ใช้งาน ในส่วนนี้เลยสนใจที่จะนำมาปรับข้อมูลกราฟฟิกให้เห็นถึงผลกระทบล่วงหน้าก่อนว่าจะเป็นอย่างไรเมื่อมีข้อมูลกราฟฟิกที่ 100 เปอร์เซ็นต์โหนด

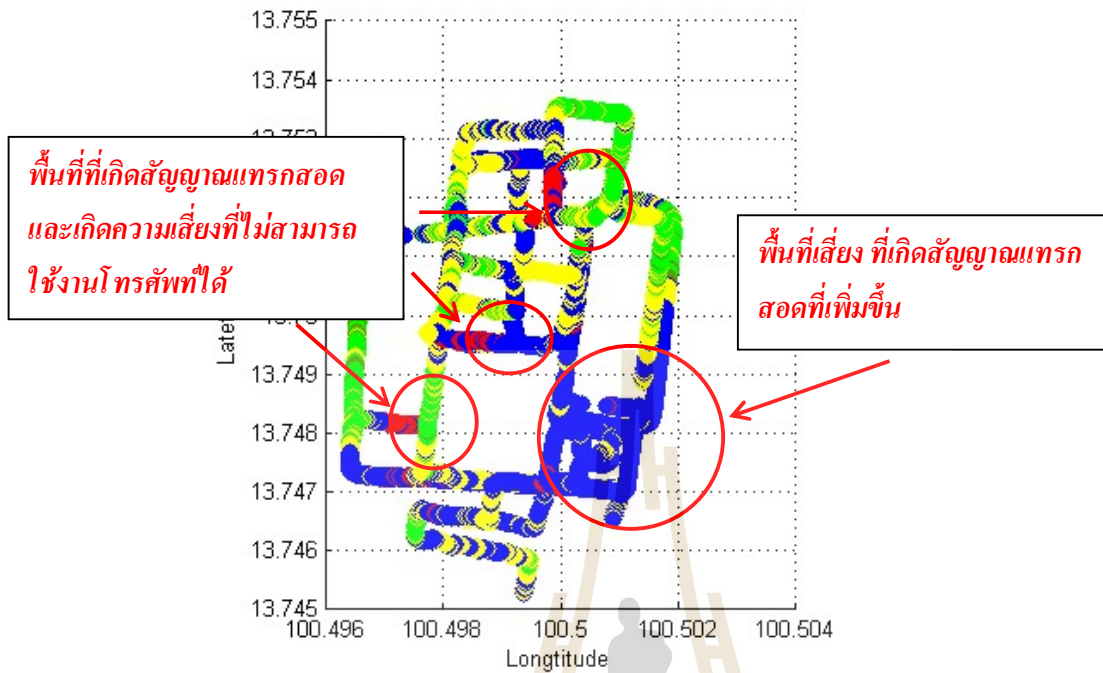


รูปที่ 4.6 พื้นที่ที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ได้จากการทำไครฟ์เทสที่รอบเกาะรัตนโกสินทร์

จากรูปที่ 4.7 จะเห็นว่าเมื่อมีการปรับข้อมูลกราฟฟีกลดลง ค่าคุณภาพของสัญญาณจะดีขึ้นเกือบจะเป็นพื้นที่สีเขียวทั้งหมด และพื้นที่ที่เกิดสัญญาณแทรกสอดขึ้นที่เสี่ยงต่อการใช้งานไม่ได้ในพื้นที่นั้นหายไป ซึ่งในการปรับข้อมูลกราฟฟีกลดลงนี้เพื่อจะให้เห็นการเปลี่ยนแปลงเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงแล้วข้อมูลกราฟฟีกมีแต่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามประชากรที่เพิ่มขึ้น ซึ่งถ้าเพิ่มขึ้นมาเหมือนกับการจำลองผลดังรูปที่ 4.8 จะเห็นว่าเมื่อปรับข้อมูลกราฟฟีกเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 100 เปอร์เซ็นต์โหลด พื้นที่ที่เสี่ยงต่อการใช้งานไม่ได้ดังรูปที่ 4.6 นั้น ตอนนี้ไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้แล้ว เนื่องจากในพื้นที่นั้นมีค่าคุณภาพของสัญญาณต่ำมากๆ และยังจะเห็นพื้นที่ที่เป็นพื้นที่เสี่ยงเพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้จากพื้นที่ที่เป็นสีน้ำเงิน ซึ่งในพื้นที่นั้นก็มีคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำเช่นกัน



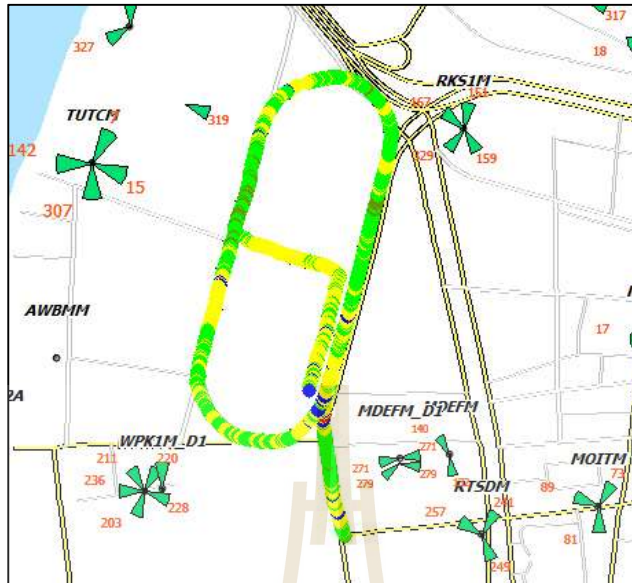
รูปที่ 4.7 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0) รอบเกาะรัตนโกสินทร์ เมื่อโหลดลดลงเป็น 10% Load



รูปที่ 4.8 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0) รอบเกาะรัตนโกสินทร์ เมื่อโหลดลดลงเป็น 100% Load

4.4 ผลการจำลองปรับโหลดในพื้นที่ของสนามหลวง

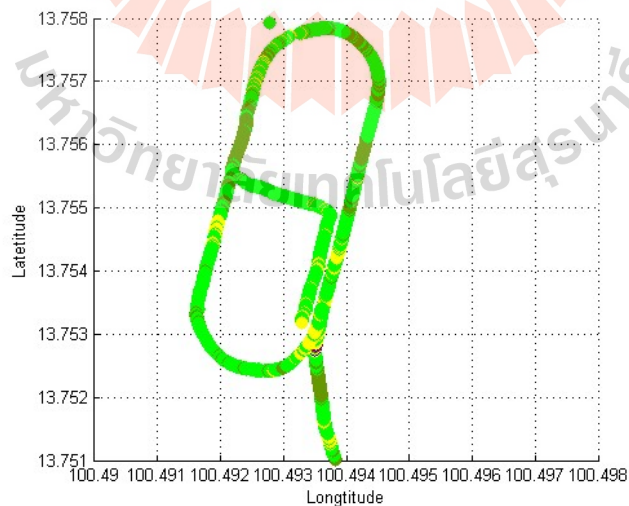
ในส่วนนี้จะเป็นผลการจำลองการปรับข้อมูลกราฟฟิกของพื้นที่สนามหลวงก่อนจะมีการจัดกิจกรรมเนื่องในวันพ่อแห่งชาติ รูปที่ 4.9 เป็นผลที่ได้จากการทำไคร์ฟเทสท์ในวันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ.2557 ซึ่งเป็นวันเตรียมงาน ก่อนที่จะมีการจัดกิจกรรม ซึ่งจะมีผู้มาเข้าร่วมงานอย่างมหาศาลเต็มท้องสนามหลวงอย่างแน่นอน ดังนั้นเราจะทำการปรับข้อมูลกราฟฟิกเพิ่มขึ้นตามแบบจำลอง เพื่อจะสามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ว่าเมื่อมีข้อมูลกราฟฟิกเกิดขึ้นที่ทีเปอร์เซ็นต์โหลดจะมีผลกระทบของคุณภาพของสัญญาณในบริเวณใดบ้าง และจะแก้ไขในส่วนที่เกิดสัญญาณแทรกสอดอย่างไร ในส่วนการจำลองนี้จะทำการจำลองออกเป็น 2 กรณีคือกรณีที่ปรับข้อมูลกราฟฟิกของทุกๆเซลล์ให้เท่าๆกัน เพื่อดูการเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอของข้อมูลกราฟฟิกแล้วผลกระทบจะเป็นอย่างไร และอีกกรณีคือปรับข้อมูลกราฟฟิกเพียงแค่เซลล์ให้ตัวเดียว เพื่อดูว่าหากเกิดการเพิ่มขึ้นของผู้ใช้งานเพียงแค่บริเวณเซลล์ให้ตัวเดียวผลจะเป็นอย่างไร



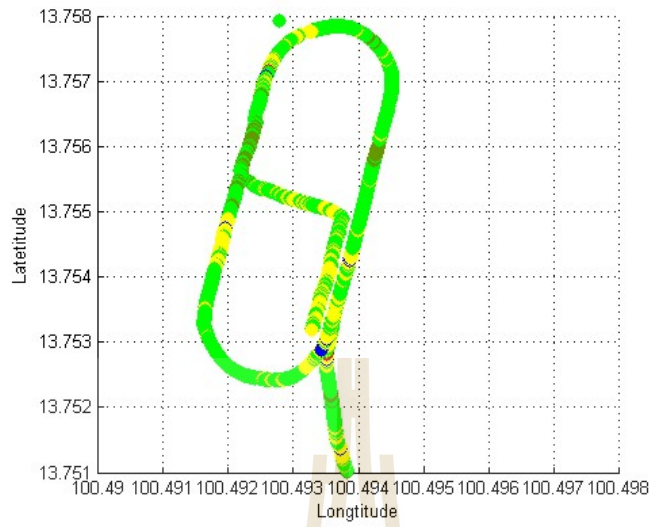
รูปที่ 4.9 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ได้จากการทำโดว์ฟเทศ์รอบสนามหลวง

4.4.1 ผลการจำลองปรับโพลดทุกๆ ไซต์เท่าๆกันในพื้นที่ของสนามหลวง

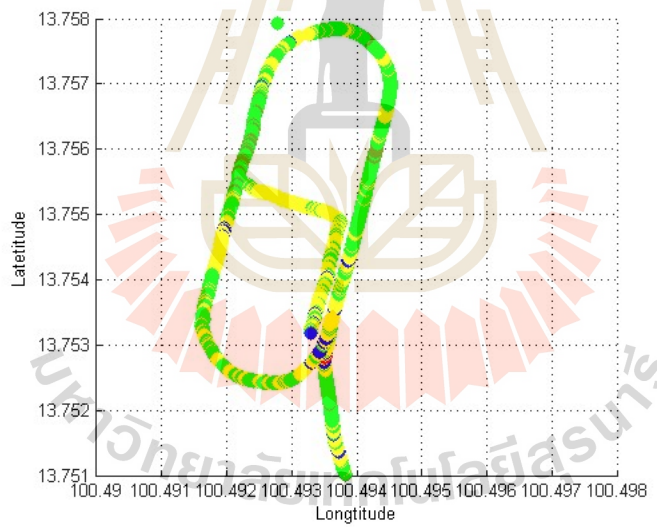
ในการจำลองผลส่วนนี้จะทำการปรับข้อมูลกราฟฟิกของทุกๆเซลล์ไซต์เท่าๆกัน จะทำการปรับตั้ง แต่ 10 เปอร์เซ็นต์โพลดจนถึงค่า 100 เปอร์เซ็นต์ โพลด เพื่อจะดูการเปลี่ยนแปลงของค่าคุณภาพของสัญญาณว่าจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร และจะเกิดสัญญาณแทรกสอดที่บริเวณไหน



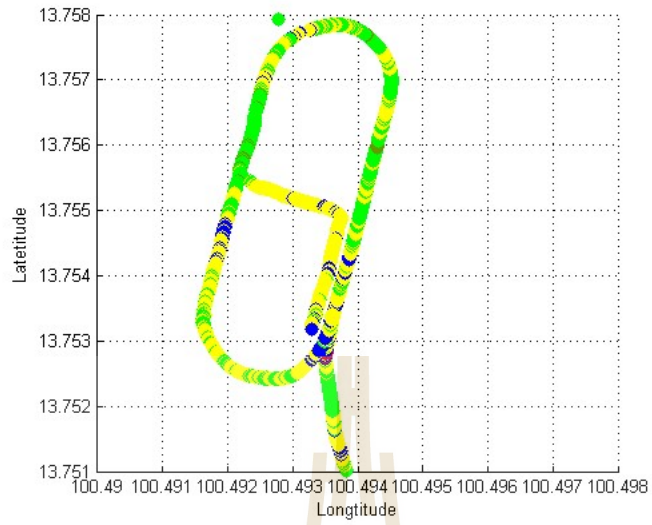
รูปที่ 4.10 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับโพลดเป็น 10%



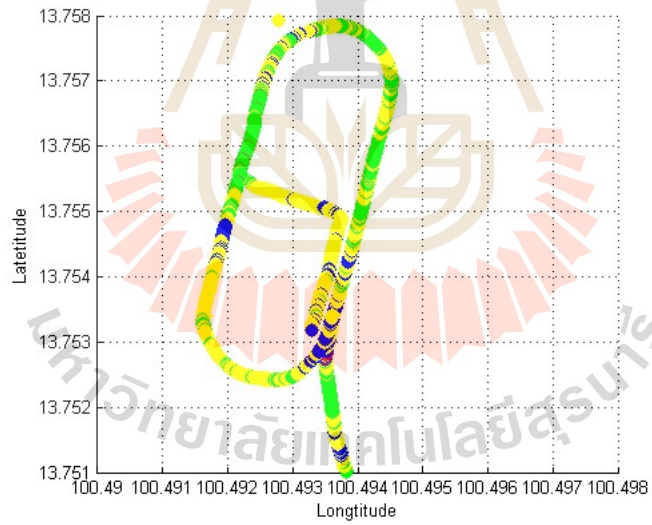
รูปที่ 4.11 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับโหดเป็น 20%



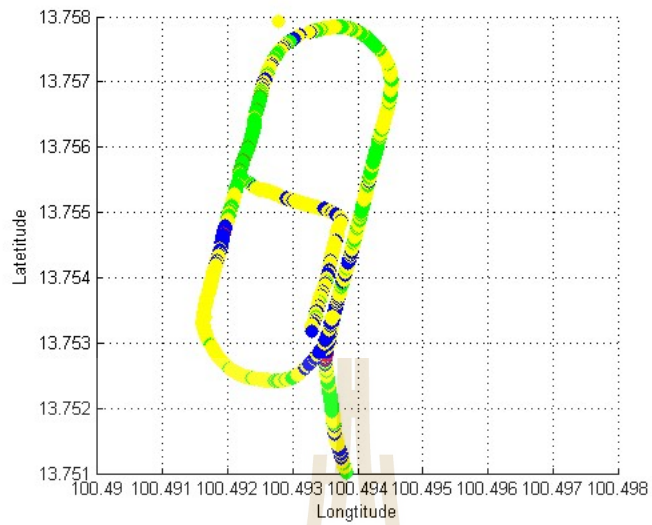
รูปที่ 4.12 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับโหดเป็น 30%



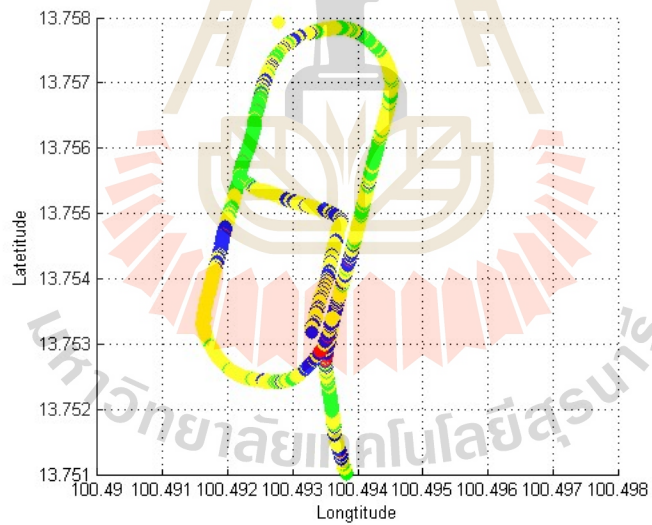
รูปที่ 4.13 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 40%



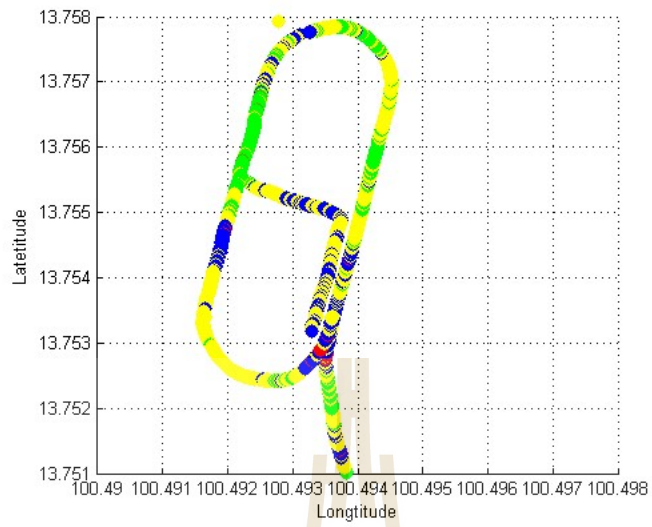
รูปที่ 4.14 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 45%



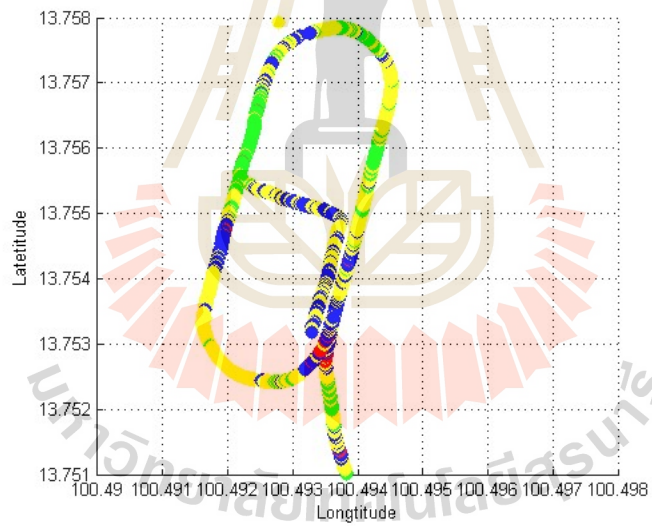
รูปที่ 4.15 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 50%



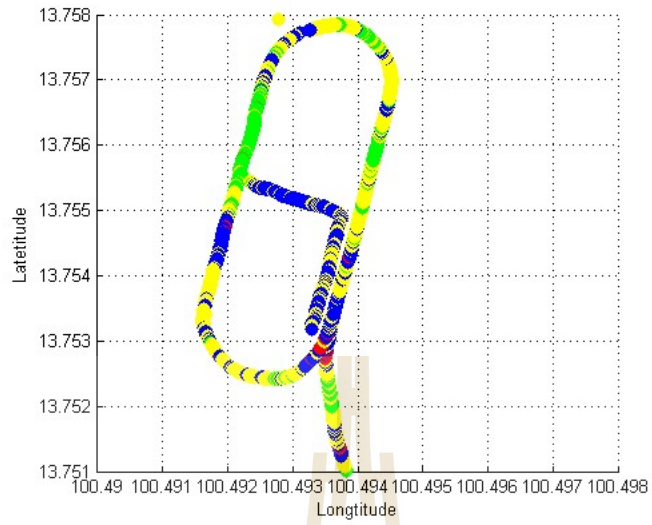
รูปที่ 4.16 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 55%



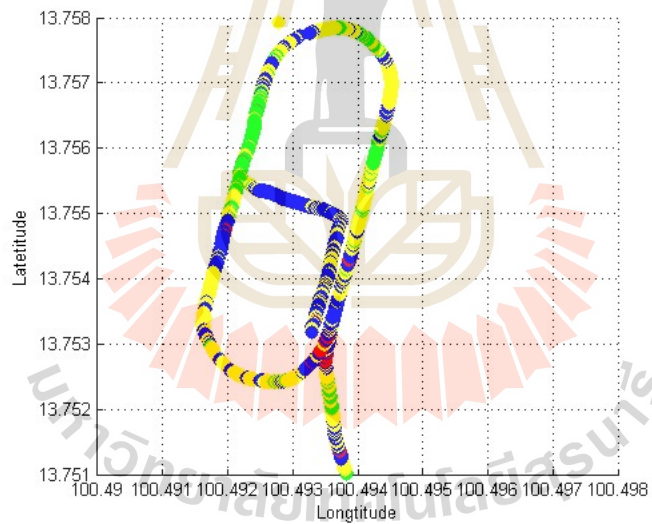
รูปที่ 4.17 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 60%



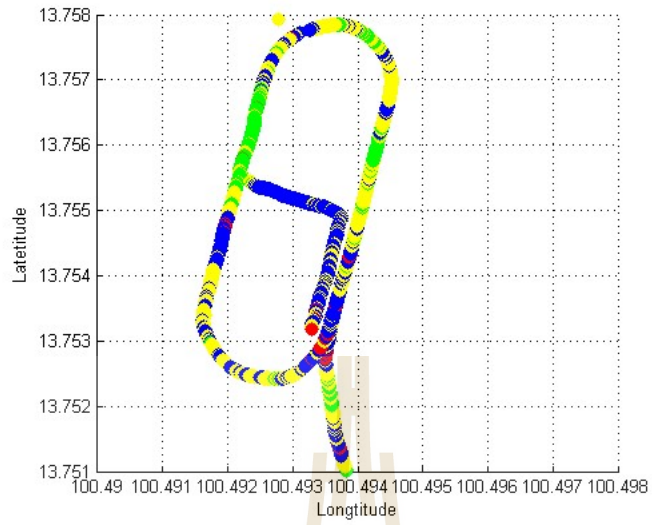
รูปที่ 4.18 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 65%



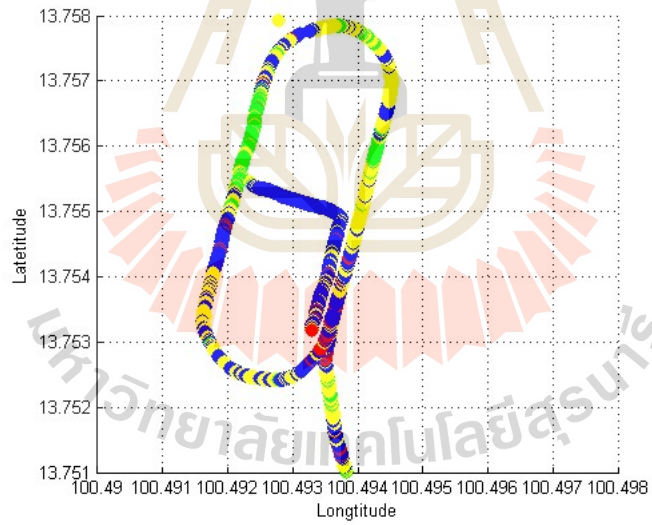
รูปที่ 4.19 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 70%



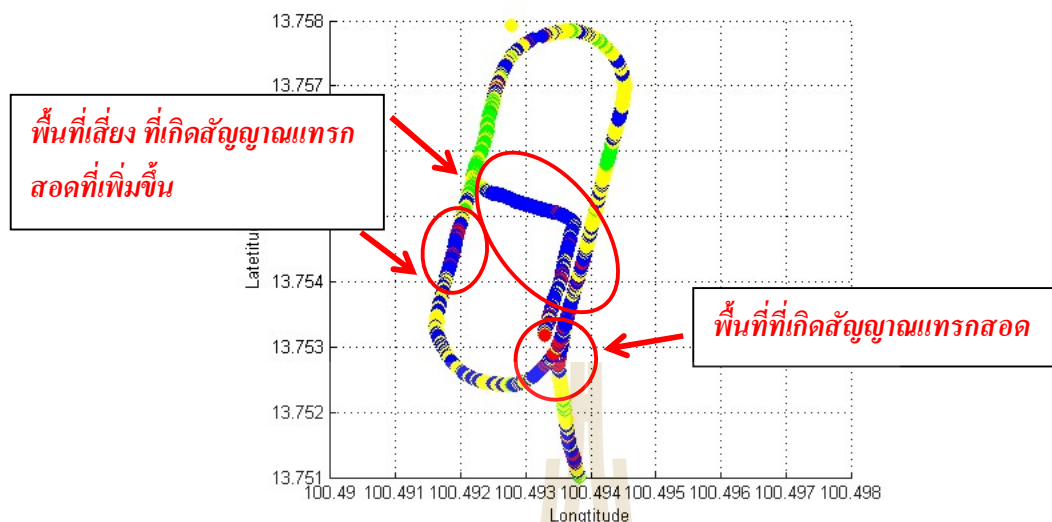
รูปที่ 4.20 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับโหลดเป็น 75%



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



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

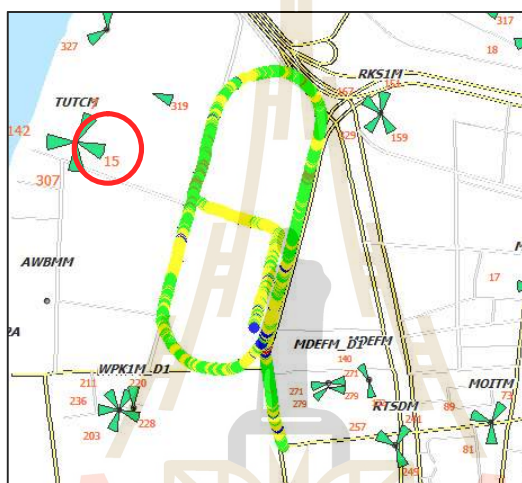


รูปที่ 4.23 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ โหลดเป็น 100%

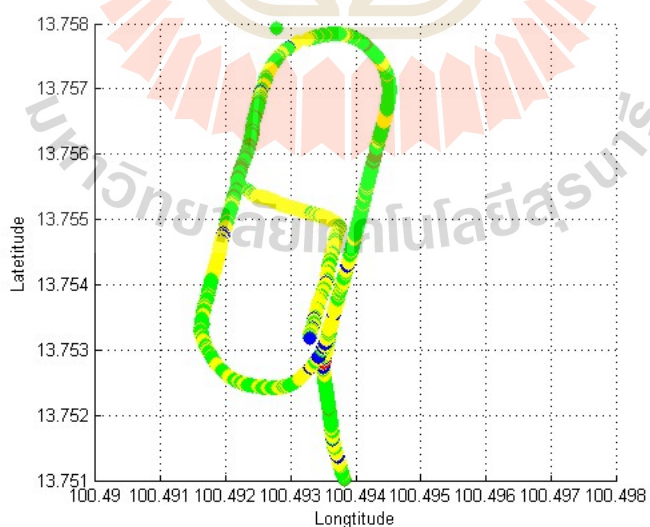
จากรูปการจำลองผลที่ได้ จะเห็นว่าเมื่อทำการปรับค่าข้อมูลกราฟฟิกจาก 10 เฟอร์เซ็นต์โหลด จนถึง 100 เฟอร์เซ็นต์โหลด ค่าคุณภาพของสัญญาณ (Ec/No) มีค่าลดลงเรื่อยๆตามปริมาณข้อมูลกราฟฟิกที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดสัญญาณแทรกสอดเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ในรูปที่ 4.23 เมื่อปรับข้อมูลกราฟฟิกเป็น 100 เฟอร์เซ็นต์โหลด จะเห็นบริเวณที่มีค่าคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำมากๆ เป็นบริเวณกว้าง และจะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานในบริเวณนั้นอย่างแน่นอน ในการวิเคราะห์การแก้ปัญหาในเบื้องต้นเมื่อเจอในสถานการณ์ที่มีข้อมูลกราฟฟิกที่ 100 เฟอร์เซ็นต์โหลดแบบนี้ คือการปรับมุมก้มมุมเงยของแอนเทนน่าและการเพิ่มกำลังส่งในเซลล์ที่อยู่ข้างเคียงบริเวณนี้ โดยทำการหันแอนเทนน่ามารองรับ หรือปรับเพิ่มกำลังส่งให้สัญญาณที่บริเวณที่เกิดสัญญาณแทรกสอดนี้มีสัญญาณแรงขึ้นจะทำให้ค่าคุณภาพของสัญญาณดีขึ้นด้วย จากการพิจารณาพื้นที่ในรูปที่ 4.9 จะเห็นว่ามิเซลล์ไซต์ที่หัน ไครเรชั่นและที่รองรับบริเวณนี้อยู่หลายเซลล์ไซต์ เช่น SC 129, SC 228, SC 257 ในการแก้ไขเบื้องต้นโดยการปรับเอิมที่วของ SC129 ขึ้นเพิ่มให้สัญญาณมารองรับที่บริเวณที่เกิดสัญญาณแทรกสอด ปรับกำลังส่งของ SC 228 เพิ่มขึ้นเพื่อให้สัญญาณมาถึงบริเวณที่มีปัญหาที่มีค่าที่แรงพอต่อการใช้งาน และที่ SC 257 ทำการปรับทั้งเอิมที่วและกำลังส่ง จากที่กล่าวมาจะสามารถช่วยให้พื้นที่บริเวณนี้มีคุณภาพของสัญญาณดีขึ้น

4.4.2 ผลการจำลองปรับโหนดของ SC15 ในพื้นที่ของสนามหลวง

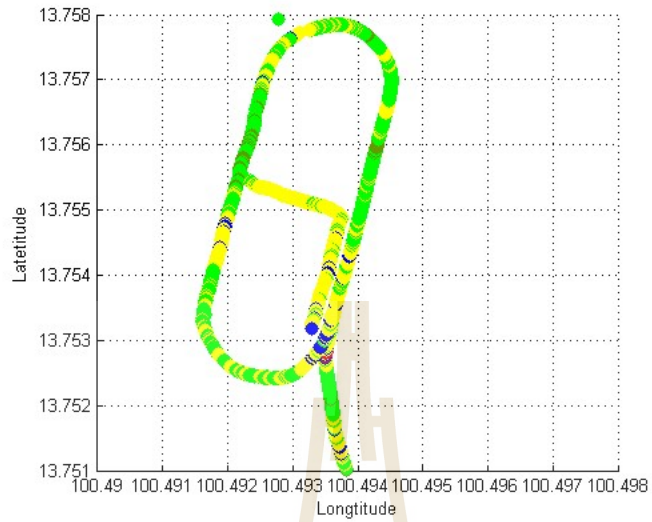
ในการจำลองผลส่วนนี้จะทำการปรับให้ข้อมูลกราฟฟิกของทุกๆเซลล์ไซต์เท่าๆกัน คงที่ที่ 30 เเปอร์เซ็นต์โหนด แล้วจะทำการเพิ่มข้อมูลกราฟฟิกของเซลล์ไซต์ SC 15 เพิ่มขึ้นเรื่อยๆจาก 30 เเปอร์เซ็นต์โหนด โดยเพิ่มขึ้นทีละ 10 เเปอร์เซ็นต์จนถึง 100 เเปอร์เซ็นต์โหนด เพื่อจะดูการเปลี่ยนแปลงของค่าคุณภาพของสัญญาณว่าจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร และจะเกิดสัญญาณแทรกสอดที่บริเวณไหน



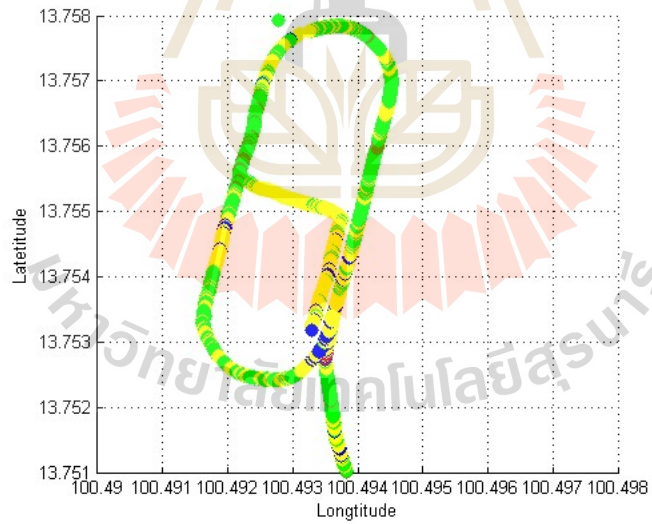
รูปที่ 4.24 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ก่อนทำการปรับข้อมูลกราฟฟิกที่ SC15



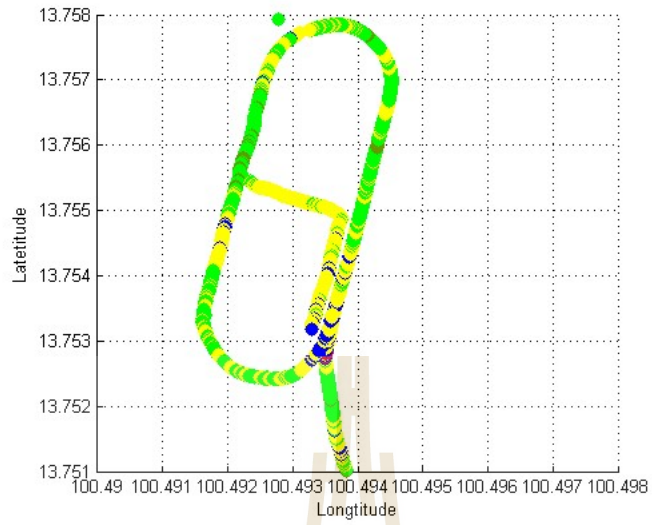
รูปที่ 4.25 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 30%



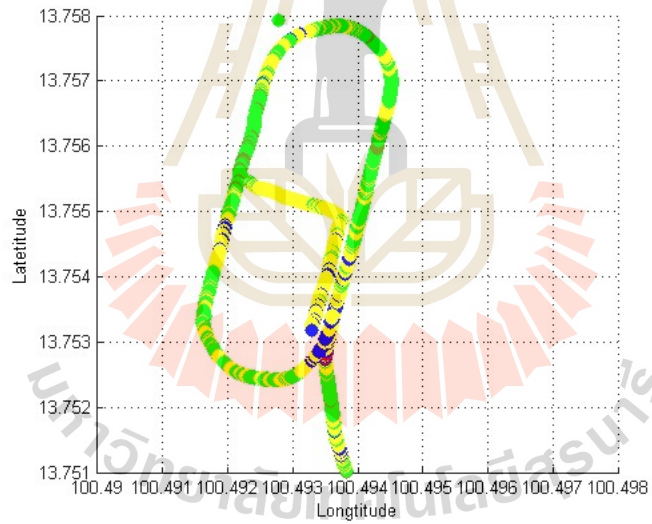
รูปที่ 4.26 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 40%



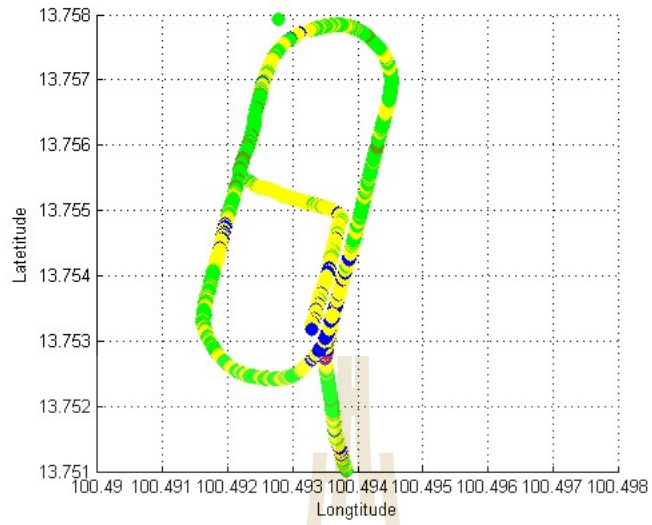
รูปที่ 4.27 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 50%



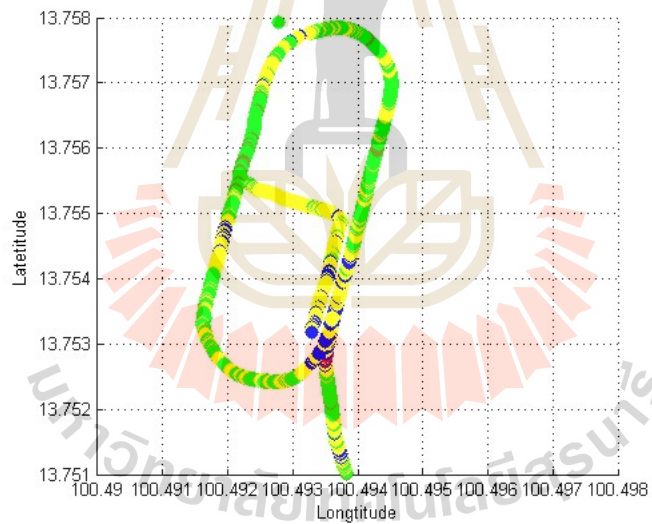
รูปที่ 4.28 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 60%



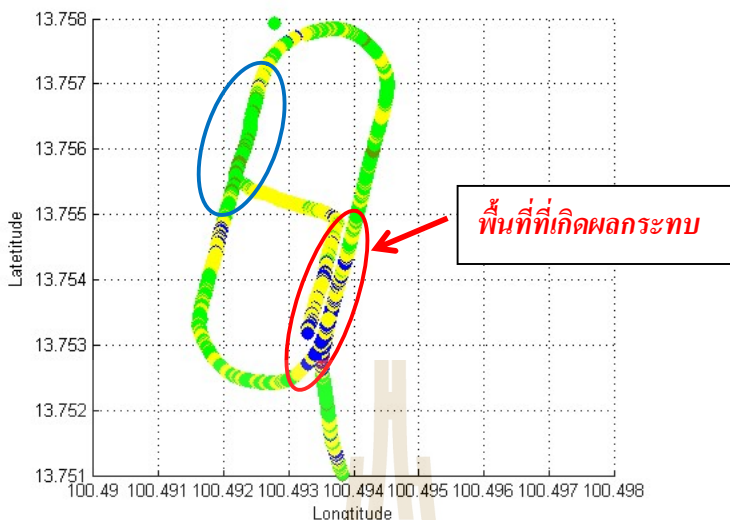
รูปที่ 4.29 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 70%



รูปที่ 4.30 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 80%



รูปที่ 4.31 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(E_c/N_0)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 90%



รูปที่ 4.32 พื้นที่แสดงค่าคุณภาพของสัญญาณ(Ec/No)ที่ทำการปรับ SC15 ที่ 100%

จากรูปการจำลองผลที่ได้ในส่วนนี้ จะเห็นว่าเมื่อทำการปรับค่าข้อมูลกราฟฟิกของ SC 15 จาก 30 เเปอร์เซ็นต์โพลจนถึง 100 เเปอร์เซ็นต์โพล ค่าคุณภาพของสัญญาณ (Ec/No) มีค่าลดลงเรื่อยๆ ตามปริมาณข้อมูลกราฟฟิกที่เพิ่มขึ้น และมีพื้นที่หนึ่งที่มีผลกระทบมาก ทำให้เกิดสัญญาณแทรกสอดเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจดงที่แสดงในวงกลมสีแดงในรูปที่ 4.32 เมื่อปรับข้อมูลกราฟฟิกเป็น 100 เเปอร์เซ็นต์โพล จะเห็นบริเวณที่มีค่าคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำ เนื่องจากที่บริเวณนี้มีสัญญาณที่อ่อนอยู่แล้ว พอเราปรับข้อมูลกราฟฟิกที่ SC 15 เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆถึงที่ 100 เเปอร์เซ็นต์โพล ค่าคุณภาพของสัญญาณที่บริเวณหน้าเซลล์ไซต์ SC 15 ดังในรูปวงกลมสีน้ำเงินจะต้องลดลง แต่ในพื้นที่ก็คิดว่าจะไม่มีการลดลง แต่ไม่ได้ลดลงในปริมาณที่ถึงกับค่าคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำ เพราะสัญญาณแทรกสอดที่เกิดขึ้นยังไม่เยอะมากพอที่จะสามารถทำให้พื้นที่นั้นเกิดผลกระทบได้ แต่ในบริเวณวงกลมสีแดงนั้นที่มีสัญญาณอ่อนอยู่แล้ว ถ้าปรับข้อมูลกราฟฟิกที่ SC 15 มากๆ ในพื้นที่ที่มีสัญญาณอ่อนอยู่แล้วยังมีข้อมูลกราฟฟิกเพิ่มขึ้น นั่นก็คือมีสัญญาณแทรกสอดเพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้สัญญาณต่อสัญญาณแทรกสอดต่ำลงมากๆ คุณภาพของสัญญาณที่ได้ก็ต่ำ ถ้าต่ำจนถึงจุดๆ หนึ่งที่ไม่สามารถใช้งานได้ ก็จะทำให้เกิดความเสียหายในบริเวณนั้น

4.5 กล่าวท้ายบท

เนื้อหาในบทนี้ได้นำเสนอผลของการจำลองโดยการปรับข้อมูลกราฟฟิกให้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆเพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพของสัญญาณว่าเมื่อปรับข้อมูลกราฟฟิกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆแล้ว มีผลกระทบต่อพื้นที่

ไหนบ้าง มีพื้นที่ไหนที่เสี่ยงต่อการเกิดสัญญาณแทรกสอดสูงๆ และพื้นที่ไหนที่มีโอกาสไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้แล้ว โดยได้ยกตัวอย่างของพื้นที่ที่สนใจที่นำมาทำการจำลองปรับข้อมูลกราฟฟิกคือพื้นที่ รอบๆ ไซต์ KCGPM พื้นที่รอบเกาะรัตนโกสินทร์ และพื้นที่ของสนามหลวง

โดยจากการจำลองรอบๆ ไซต์ KCGPM จะเห็นกราฟการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีข้อมูลกราฟฟิกเพิ่มขึ้น พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดก็จะเพิ่มขึ้นตาม และจากการจำลองในพื้นที่รอบเกาะรัตนโกสินทร์ จะเห็นได้ชัดว่าในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงที่จะไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ เมื่อมีการปรับข้อมูลกราฟฟิกเพิ่มขึ้นในบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีค่าคุณภาพของสัญญาณไม่สามารถใช้งานได้จริงๆ และยังมีพื้นที่ที่จะเกิดสัญญาณแทรกสอดเพิ่มขึ้นเป็นบริเวณกว้าง และจากการจำลองผลในพื้นที่สนามหลวงจะแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือจะมีการจำลองกรณีปรับข้อมูลกราฟฟิกในทุกๆ เซลล์ ไซล์ต่างๆ กัน และปรับข้อมูลกราฟฟิกเพียงแค่เซลล์ ไซล์เดียว ในกรณีแรกจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้ชัดเจนว่ามีพื้นที่ที่เกิดสัญญาณแทรกสอดขึ้นมากมายหลายจุด และกรณีที่สองจะพบว่าเมื่อทำการปรับข้อมูลกราฟฟิกที่ SC 15 แต่ผลกระทบไปเกิดที่อื่น ซึ่งนั่นก็คือสัญญาณที่ตรงนั้นมีสัญญาณที่อ่อนอยู่แล้ว และเมื่อรับสัญญาณแทรกสอดเพิ่มขึ้นก็จะทำให้คุณภาพของสัญญาณต่ำลงได้ง่าย

ในการจำลองนี้ได้จะใช้สมการความสัมพันธ์ที่ออกแบบขึ้นระหว่างข้อมูลกราฟฟิกกับค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทำไคร์ฟเทสท์ โดยในบทความนี้จะเป็นการสรุปงานวิจัยทั้งหมด



บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากที่มาและความสำคัญของปัญหาดังที่ได้กล่าวมาในบทที่ 1 มีหลากหลายบริษัทและหน่วยงานที่เป็นผู้ให้บริการด้านโทรศัพท์เคลื่อนที่พยายามที่จะศึกษาและหาวิธีเพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดพื้นที่ที่ไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้ในพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสูงๆ แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดต่างๆ ทำให้ไม่สามารถบอกได้ว่าเมื่อถึงช่วงเวลาที่ปริมาณทราฟฟิกสูงๆ ในช่วงโมงเร่งด่วน ที่อาจจะทำให้เกิดพื้นที่ที่ไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้ เมื่อหากกำลังจะเกิดเหตุการณ์แบบนั้นเราจะสามารถที่จะทำนายหรือคาดเดาสถานการณ์ล่วงหน้าได้อย่างไรบ้าง

สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดสำหรับเครือข่ายสามจีโดยใช้ข้อมูลทราฟฟิกและจากผลไครฟ์เทส ทำนายเหตุการณ์ล่วงหน้าว่าสถานีฐานที่อยู่ในพื้นที่ดังกล่าวสามารถรองรับข้อมูลทราฟฟิกได้อีกกี่เปอร์เซ็นต์ก่อนที่ในพื้นที่นั้นจะไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้ และคาดเดาถึงจุดเสี่ยงที่อาจจะเกิดค่าคุณภาพของสัญญาณที่ต่ำเนื่องจากสัญญาณแทรกสอด จะได้ทำการแก้ไขปัญหาโดยการติดตั้งสถานีฐานเคลื่อนที่ที่ตำแหน่งๆ นั้น หรือจะต้องทำการปรับหันไดเรกชันของเซลล์ข้างเคียงมารองรับพื้นที่นี้ด้วย หรือถ้าเกิดสถานการณ์ที่มีสัญญาณแทรกสอดมากจนทำให้คุณภาพของสัญญาณแย่มากๆ อาจจะทำการติดตั้งไซต์ใหม่เพื่อรองรับพื้นที่นั้นๆ ก่อนถึงวันที่จะมีการจัดงานที่สำคัญหรือวันที่พื้นที่นั้นจะมีผู้ใช้งานโทรศัพท์มากๆ จริง โดยได้ทำการออกแบบสัมภาระความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ดังที่แสดงวิธีการออกแบบไว้ในบทที่ 3 และทำการปรับค่าข้อมูลทราฟฟิก เพื่อจำลองผลในบทที่ 4

ผลจากการจำลองในบทที่ 4 แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการปรับข้อมูลทราฟฟิกให้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพของสัญญาณว่าเมื่อปรับข้อมูลทราฟฟิกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แล้ว มีผลกระทบต่อพื้นที่ไหนบ้าง มีพื้นที่ไหนที่เสี่ยงต่อการเกิดสัญญาณแทรกสอดสูงๆ และพื้นที่ไหนที่มีโอกาสไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ได้แล้ว โดยได้ยกตัวอย่างของพื้นที่ที่สนใจที่นำมาทำการจำลองปรับข้อมูลทราฟฟิกคือพื้นที่รอบๆ ไซต์ KCGPM, พื้นที่รอบเกาะรัตนโกสินทร์ และพื้นที่ของสนามหลวง

โดยจากการจำลองรอบๆ ไซต์ KCGPM จะเห็นกราฟการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีข้อมูลทราฟฟิกเพิ่มขึ้นพื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดก็จะเพิ่มขึ้นตาม และจากการจำลองในพื้นที่รอบเกาะรัตนโกสินทร์ จะเห็นได้ชัดว่าในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงที่จะไม่สามารถใช้งานโทรศัพท์ เมื่อมีการปรับข้อมูลทราฟฟิกเพิ่มขึ้นในบริเวณ

ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีค่าคุณภาพของสัญญาณไม่สามารถใช้งานได้จริงๆ และยังมีพื้นที่ที่จะเกิดสัญญาณแทรกสอดเพิ่มขึ้นเป็นบริเวณกว้าง และจากการจำลองผลในพื้นที่สนามหลวงจะแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือจะมีการจำลองกรณีมีปรับข้อมูลกราฟฟิกในทุกๆเซลล์ไซต์ต่างๆกัน และปรับข้อมูลกราฟฟิกเพียงแก่เซลล์ไซต์เดียว ในกรณีแรกจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้ชัดเจนว่ามีพื้นที่ที่เกิดสัญญาณแทรกสอดขึ้นมากมายหลายจุด และกรณีที่สองจะพบว่าเมื่อทำการปรับข้อมูลกราฟฟิกที่ SC 15 แต่ผลกระทบไปเกิดที่อื่น ซึ่งนั่นก็คือสัญญาณที่ตรงนั้นมีสัญญาณที่อ่อนอยู่แล้ว และเมื่อรับสัญญาณแทรกสอดเพิ่มขึ้นก็จะทำให้คุณภาพของสัญญาณต่ำลงได้ง่าย

จากผลการวิจัยนี้ที่ได้นำเสนอในที่นี้มีความมุ่งหวังว่าผู้ให้บริการด้านโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีวิธีการในการวิเคราะห์ห้กับการเกิดสัญญาณแทรกสอดสูงๆและข้อมูลกราฟฟิกที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต และหวังว่าผู้ให้บริการ โทรศัพท์เคลื่อนที่จะได้ใช้บริการระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

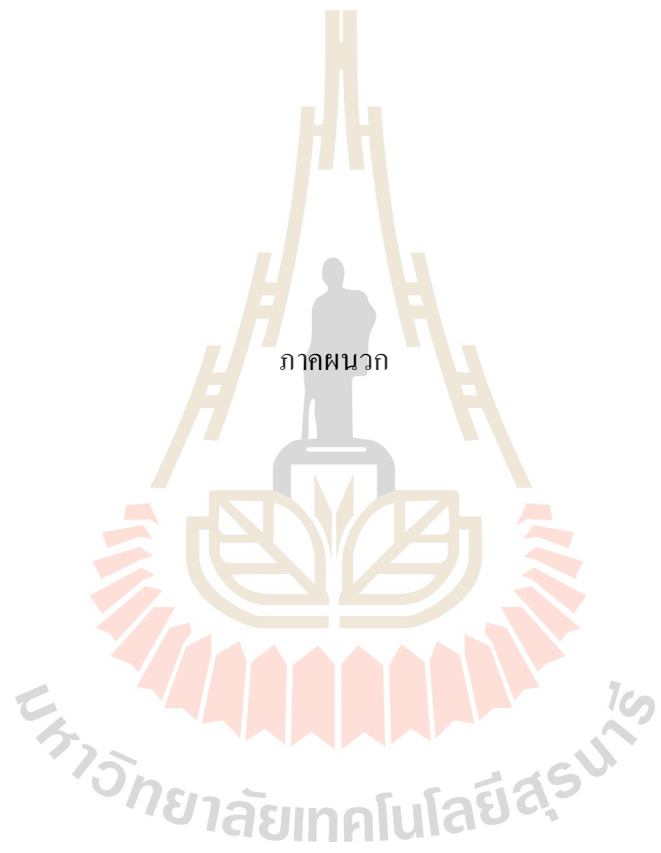
เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงข้อมูลกราฟฟิกเพียงเซลล์ไซต์เดียวเท่านั้นเพราะการจะได้ข้อมูลกราฟฟิกมาให้ครบทุกๆเซลล์ไซต์และได้ตรงตามวันเวลาที่เราสนาใจเป็นไปได้ค่อนข้างลำบาก เพราะข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลที่ต้องทำการขอความร่วมมือจากผู้ให้บริการสัญญาณด้าน โทรศัพท์มือถือ และผลที่ทำการไต่รฟ์เทสก็เช่นกันจะต้องขอความร่วมมือจากบริษัทที่รับทำการเทสสัญญาณให้ผู้ให้บริการ โทรศัพท์มือถือ

5.3 แนวทางการพัฒนาในอนาคต

ในงานวิจัยนี้เพียงนำเสนอวิธีการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีสัญญาณแทรกสอดที่ข้อมูลกราฟฟิกเพียงเซลล์ไซต์เดียวเท่านั้น ในการพัฒนาให้สามารถนำไปใช้งานในการวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอดในสถานการณ์จริง นั่นก็คือหากทราบค่าข้อมูลกราฟฟิกของแต่ละเซลล์ไซต์ในช่วงเวลาเดียวกันและมีผลที่ได้ทำการไต่รฟ์เทสในช่วงเวลาตรงตามข้อมูลกราฟฟิกที่ได้ จะทำให้ผลการจำลองเป็นค่าที่สามารถวิเคราะห์สัญญาณแทรกสอดได้ตามความเป็นจริงทุกประการ และสามารถพัฒนาโค้ด โปรแกรมเพื่อที่จะทำการปรับ โหลดแล้วแสดงผลออกมาหน้าจอกอมพิวเตอร์เลย แต่จะต้องมีคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลที่สูงมากๆ

บรรณานุกรม

- Li, Xujie, and Lianfeng Shen. " Interference analysis of 3 G/ 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.

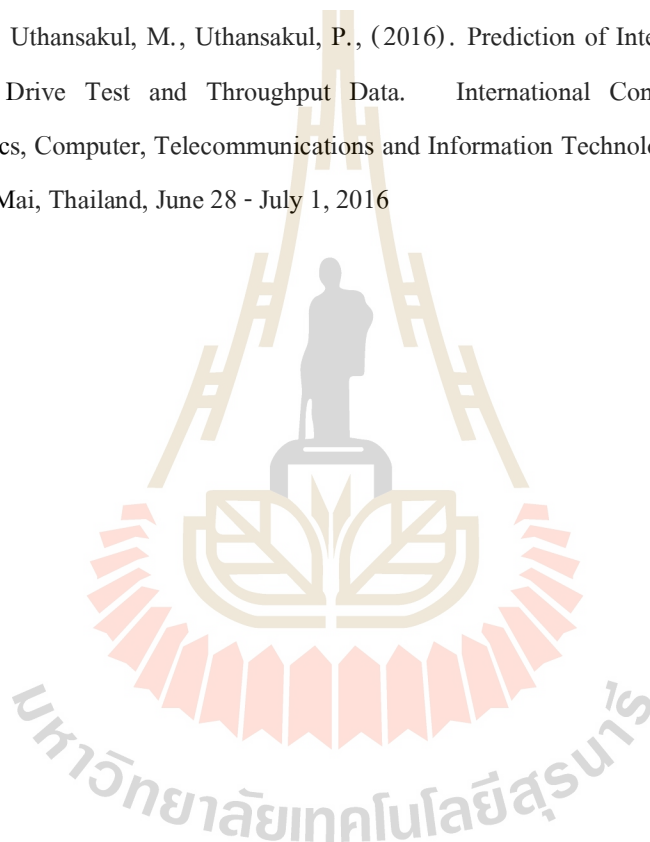


ภาคผนวก ก

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในงานประชุมวิชาการนานาชาติ

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



ภาคผนวก ข

บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์



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_o , $RSCP$, $RSSI$ 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.

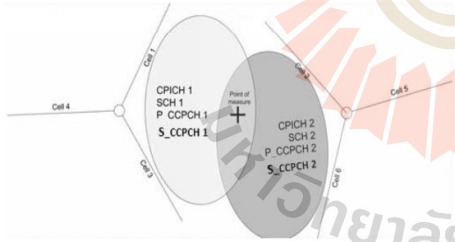


Fig. 2. The situation with the adjacent 2 Cells.

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_o 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_o can refer to the interference indicator. The relationship of E_c / N_o with other quality indicators can be obtained from the equation below.

$$\frac{E_c}{N_o} (dB) = RSCP(dB) - RSSI(dB) \quad (1)$$

Where

E_c / N_o = 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).

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

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.

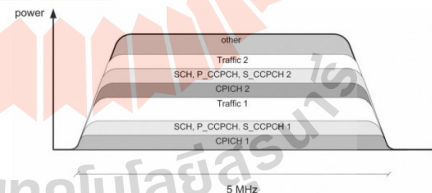


Fig. 3. WCDMA spectrum of 2 Cells.

Thus,

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

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.

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

where

AS = Monitor Set Received Signal Code Power
 P_{max} at position the measuring the signal obtained.

Then,

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

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 volumn of voice call and internet data in Mbit. The third type is the throughput of HSDPA dn 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 dive test.

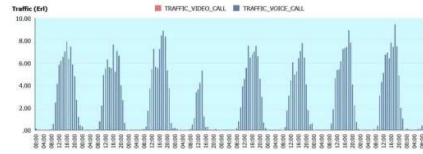


Fig. 4. Traffic on the voice call and video call.

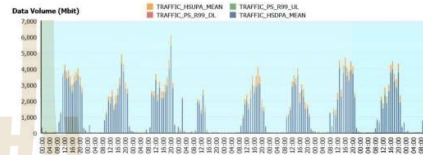


Fig. 5. Data volumn on the voice call and internet data.

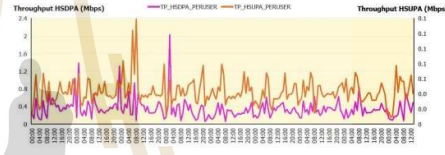


Fig. 6. Throughput HSDPA data and HSUPA data.

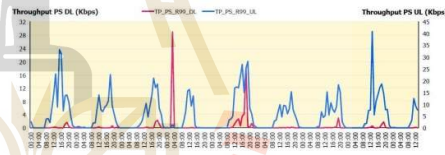


Fig. 7. Throughput voice data in uplink and downlink.

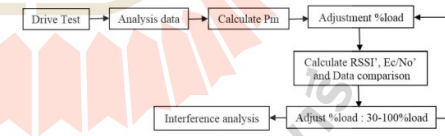


Fig. 8. Flowchart of the interference analysis.

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 E_c/N_o 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 scanning code. The interference area is defined by the area that E_c/N_o 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 (E_c/N_o) by adding percent load. Then the new calculated $RSSI$ value can be calculated using equation in (7) below.

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

After achieving $RSSI'$ for all positions, then the new value of E_c/N_o' can be calculated below.

$$E_c/N_o' = \frac{RSCP}{RSSI'} \quad (8)$$

When all new E_c/N_o' is complete, then the plot of interference can be considered. This paper employs MATLAB programing to calculate and compare the results.

IV. EXPERIMENTAL RESULTS

This section displays the area of E_c/N_o measured from drive test. Then, the calculation of predicted E_c/N_o is displayed by changing the throughput data with 30%, 60% and 100%. The position of interference problem is where the value of $E_c/N_o < -18$ 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.



Fig. 9. The results of E_c/N_o from the Drive Test.

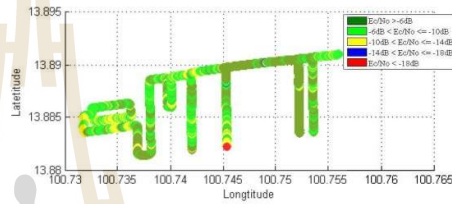


Fig. 10. The predicted results of E_c/N_o when load is 30%.

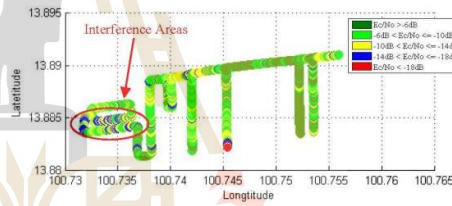


Fig. 11. The predicted results of E_c/N_o when load is 60%.

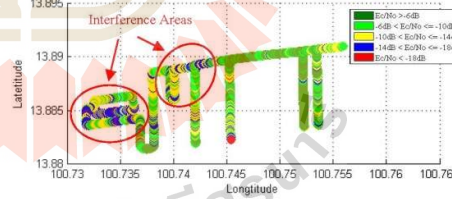


Fig. 12. The predicted results of E_c/N_o when load is 100%.

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.

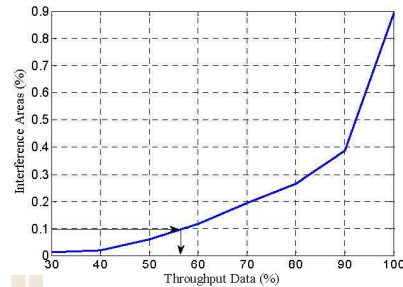


Fig. 13. The interference areas versus throughput data.

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. "Modelling 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 Akrin, and Ahmed El Moussaoui. "Impact of other-cell interferences on downlink capacity in WCDMA Network." *ijm 1: 1.*
- [11] Laiho, Jaana, Achim Wacker, and Tomás Novosad, eds. *Radio network planning and optimisation for UMTS*. John Wiley & Sons, 2006.

ประวัติผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. พีระพงษ์ อุซารสกุล สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต และ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2539 และ 2541 จากนั้นเข้าทำงานใน ตำแหน่งวิศวกรระบบโทรคมนาคมที่องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย จนกระทั่ง พ.ศ. 2543 จึงได้ย้ายมา เป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และได้ลาศึกษาต่อระดับปริญญาเอกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 ณ University of Queensland, Australia เมื่อ พ.ศ. 2549 จึงได้กลับเข้ามาปฏิบัติหน้าที่อาจารย์ตามเดิม ผู้วิจัยมีเชี่ยวชาญในด้านระบบ MIMO, Information Theory, Signal Processing, Radio Wave Modelling, Mobile Communication, Advance Wireless Communication ปัจจุบันมีบทความวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ 30 บทความ ในวารสารวิชาการระดับชาติ 6 บทความ ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ 115 บทความ หนังสือวิชาการ ในประเทศ 1 เล่มและต่างประเทศ 1 เล่ม มีลิขสิทธิ์ 1 รายการและ สิทธิบัตร 1 รายการ

รองศาสตราจารย์ ดร. พีระพงษ์ อุซารสกุล ได้รับรางวัล Young Scientist Travel Grant Award จากงานประชุมวิชาการนานาชาติ International Symposium on Antenna Propagation ปี พ.ศ. 2547 ณ ประเทศ ญี่ปุ่น และได้รับรางวัล Best Student Presentation Award จากงานประชุมวิชาการนานาชาติ Australian Symposium on Antenna ปี พ.ศ. 2548 ณ ประเทศออสเตรเลีย ในปี พ.ศ. 2553 รองศาสตราจารย์ ดร. พีระพงษ์ อุซารสกุล ได้รับรางวัลพนักงานดีเด่น ด้านการวิจัย สำหรับนักวิจัยรุ่นใหม่ จากมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี และในปี พ.ศ. 2556 บทความที่เป็นผู้ประพันธ์หลักเรื่อง Low-profile beamforming MIMO systems for wireless communications ได้รับรางวัลประกาศนียบัตร ผู้นำเสนอผลงานวิจัยดีมากแบบ โปสเตอร์ ในงานการประชุมสุดยอดมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ครั้งที่ 2 (The Second Thailand National Research Universities Summit : NRU SUMMIT II) วันที่ 7-8 พฤษภาคม 2556 ณ ศูนย์การประชุมแห่งชาติ สิริวิที กรุงเทพมหานคร