CONTRIBUTION

โปรแกรมจัดสรรช่องสัญญาณความถี่สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

โดย

นางสาวรัชดา มั่นฤทัยกิจ รหัสนักศึกษา B4607366

นายวีรวัฒน์ สิทธิพาชัยกุล รหัสนักศึกษา B4608776

นางสาวสินีนาฏ แป้นงาม รหัสนักศึกษา B4610120

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษารายวิชา 427499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม

ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2549

หลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หัวข้อโครงงาน โปรแกรมจัดสรรช่องสัญญาณความถี่สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

นักศึกษา นางสาวรัชดา มั่นฤทัยกิจ รหัส B4607366

นายวีรวัฒน์ สิทธิพาชัยกุล รหัส B4608776

นางสาวสินีนาฏ แป้นงาม รหัส B4610120

ปริญญา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาคการศึกษาที่ 3/2549

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ชุติมา พรหมมาก

บทคัดย่อ

โครงงานนี้จะทำการศึกษา ออกแบบ และ พัฒนาโปรแกรมจัดสรรช่องสัญญาณความถี่สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยโปรแกรมสามารถรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ตำแหน่งของสถานีฐาน และช่องสัญญาณความถี่ที่มีใช้งานอยู่แล้วที่สถานีต่างๆ จากนั้นโปรแกรมจะทำการประมวลผล และจัดสรรช่องความถี่ให้กับสถานีฐานใหม่ที่ต้องการติดตั้ง โดยไม่เกิดสัญญาณรบกวนกับสถานีฐานข้างเคียง หรือ เกิดสัญญาณรบกวนน้อยที่สุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงงานชิ้นนี้ ส่งผลให้คณะผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ในการทำงานต่างๆมากมาย สำหรับโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากคณะผู้จัดทำโครงงานได้รับความช่วยเหลือ จากอาจารย์ที่ปรึกษา อ.ดร.ชุติมา พรหมมาก ผู้ที่เป็นเจ้าของแนวคิดเริ่มแรกของโปรแกรมจัดสรรช่องสัญญาณความถี่สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในทุกๆด้านแก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด และขอขอบพระคุณท่านคณาจารย์และบุคลากรสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือแก่คณะผู้จัดทำ นอกจากนี้ขอขอบคุณพี่น้องสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกๆคนที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และสุดท้ายนี้ ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณบิดาและมารดา ที่ท่านทั้งสองให้การดูแลเอาใจใส่เลี้ยงดู และคอยเป็นกำลังใจเคียงข้างมาโดยตลอด ทำให้โครงงานนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณทุกๆท่านที่ได้กล่าวไปแล้วไว้ ณ ที่นี้ สำหรับส่วนดีของโครงงานนี้ ขออุทิศให้แก่ครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำ ส่วนข้อเสียใด ๆ ที่เกิดขึ้นนั้นทางคณะผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

นางสาวรัชดา มั่นฤทัยกิจ
นายวีรวัฒน์ สิทธิพาชัยกุล
นางสาวสินีนาฏ แป้นงาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญภาพ	จ
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 พื้นฐานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่และการจัดสรรความถี่	4
2.1 ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MOBILE STATION)	4
2.2 หลังการเบื้องต้นในการทำงานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่	4
2.3 สถานีฐาน (Base Station System)	5
2.4 หลักการจัดแบ่งเซลล์	17
2.5 สัญญาณแทรกสอดโคแชนแนล	18
2.6 สัญญาณแทรกสอดแชนแนลข้างเคียง	21
2.7 โครงสร้างเครือข่ายสายอากาศ (Antenna Network)	21
2.8 Frequency Bands	25
2.9 Frequency Reuse	25
2.10 การวางแผนความถี่	32
2.11 การขยายความจุของระบบ	34
2.11.1 การแบ่งเซลล์ออกเป็นเซลล์ย่อย	34
2.11.2 การแบ่งเซกเตอร์ของเซลล์	35
2.11.3 หลักการของ Microcell Zone	37
2.12 ขอบเขตในการติดต่อระหว่างสถานีฐานกับโทรศัพท์เคลื่อนที่	37
2.13 การทำงานของชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่	39
2.14 แบบจำลองการสูญเสียเชิงวิถีในทางปฏิบัติ	39

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.15 Path Loss Model	42
2.16 Loss budget	45
บทที่ 3 ส่วนประกอบและการทำงานของโปรแกรม	46
3.1 ภาพรวมของโปรแกรม	46
3.2 โครงสร้างของโปรแกรม	47
3.3 การใช้งานตัวโปรมแกรม	55
3.4 วิธีการใช้งานตัวโปรมแกรม Step by Step	58
3.5 ความน่าสนใจของโครงงาน	62
บทที่ 4 การทดสอบการทำงานของโปรแกรม	63
4.1 การทดสอบที่ 1	64
4.2 การทดสอบที่ 2	66
4.3 การทดสอบที่ 3	68
4.4 การทดสอบที่ 4	70
4.5 การทดสอบที่ 5	72
4.6 การทดสอบที่ 6	74
4.7 การทดสอบที่ 7	76
4.8 การเปรียบเทียบระหว่างผลการทดสอบของโปรแกรมกับ โปรแกรม Map Info	78
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	81
5.1 สรุป	82
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	83
5.3 ขีดจำกัดของโครงงาน	84
5.4 ข้อเสนอแนะ	85
บรรณานุกรม	86
ประวัติผู้เขียน	87
ภาคผนวก ก	88
ภาคผนวก ข	93
ภาคผนวก ค	95
ภาคผนวก ง	109

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงองค์ประกอบของการวิเคราะห์และจำลองการจัดสรรช่องสัญญาณความถี่สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่	1
รูปที่ 2.1 องค์ประกอบสำคัญของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่	5
รูปที่ 2.2 Block diagram ของ Base Station	6
รูปที่ 2.3 สถานีฐานแบบ SELF SUPPORT	6
รูปที่ 2.4 สถานีฐานแบบ GUYE SUPPORT	7
รูปที่ 2.5 สถานีฐานแบบ CONTAINER	7
รูปที่ 2.6 สถานีฐานแบบติดตั้งอาคาร	8
รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของสถานีฐาน	8
รูปที่ 2.8 Transmitter (TX)	9
รูปที่ 2.9 Receiver (RX)	10
รูปที่ 2.10 Control Unit (CU)	11
รูปที่ 2.11 โครงสร้างของ Transmitter Combiner	12
รูปที่ 2.12 Transmitter Combiner	13
รูปที่ 2.13 โครงสร้างของ Antenna Multicoupler	13
รูปที่ 2.14 ระบบสายอากาศสำหรับ ระบบ Diversity	14
รูปที่ 2.15 Supervisory Unit (SU)	15
รูปที่ 2.16 RF Test Loop	16
รูปที่ 2.17 การแบ่งบริเวณพื้นที่ออกเป็นรูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม และหกเหลี่ยม	17
รูปที่ 2.18 การจัดกลุ่มเซลล์ขนาดต่างๆ	18
รูปที่ 2.19 ตำแหน่งของแหล่งสัญญาณรบกวนที่เกิดจากเซลล์รอบข้าง	20
รูปที่ 2.20 Omnidirectional Cell	22
รูปที่ 2.21 สายอากาศแบบ Omnidirectional	22
รูปที่ 2.22 Secter Cells	22
รูปที่ 2.23 แสดงสายอากาศแบบ Secter Cells	23
รูปที่ 2.24 Micro Cell	23
รูปที่ 2.25 Big cells หรือ Umbrella cells	24
รูปที่ 2.26 โครงสร้างโดยทั่วไปของ Cell	24
รูปที่ 2.27 ลักษณะของเซลล์แบบร่ม (umbrella cell)	25

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.28 แสดงลักษณะของ Cell ในแบบต่างๆ	26
รูปที่ 2.29 แสดงย่านความถี่ของระบบ GSM-900	27
รูปที่ 2.30 แสดงการเกิด Co-Channel Interference	28
รูปที่ 2.31 แสดงขนาดของ Cluster Size ขนาดต่างๆ	28
รูปที่ 2.32 แสดงการเกิด Adjacent Channel Interference	29
รูปที่ 2.33 การนำความถี่กลับมาใช้งานในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียว 1	30
รูปที่ 2.34 การนำความถี่กลับมาใช้งานในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียว 2	31
รูปที่ 2.35 ลักษณะการแบ่งเซลล์ออกเป็น 1 ต่อ 3	34
รูปที่ 2.36 ลักษณะการแบ่งเซลล์ออกเป็น 1 ต่อ 4	35
รูปที่ 2.37 การแบ่งบริเวณของเซลล์ออกเป็น 3 ส่วน และ 6 ส่วน เท่าๆ กัน	36
รูปที่ 2.38 การลดลงของจำนวนของแหล่งกำเนิดสัญญาณแทรกสอดโคแชนแนล จาก 6 เหลือ เพียง 2 เนื่องจากการแบ่งเซกเตอร์แบบ 120° ในกรณีที่ในหนึ่งกลุ่มเซลล์ประกอบด้วยเซลล์ 7 เซลล์	36
รูปที่ 2.39 ค่าการลดทอนของสัญญาณในบริเวณเมือง (urban) โดยเทียบอยู่กับค่าการสูญเสียของสัญญาณในบริเวณอากาศว่างตามแบบจำลองของ Okumura ความสูงของสายอากาศในสถานีฐานเท่ากับ 200 เมตร และความสูงของสายอากาศโทรศัพท์เท่ากับ 3 เมตร	40
รูปที่ 2.40 ค่าแฟกเตอร์แก้ไข (correction factor) สำหรับการส่งสัญญาณในบริเวณพื้นที่มีสภาพต่างไปจากสภาพในเมือง	41
รูปที่ 3.1 โครงสร้างของโปรแกรม	47
รูปที่ 3.2 Flowchart ของโปรแกรมในส่วนของกรพิจารณาหา Base Station หลัก	49
รูปที่ 3.3 Flowchart ของโปรแกรมในส่วนของกรพิจารณาหาสัญญาณรบกวน และค่า SIR	50
รูปที่ 3.4 Flowchart ของโปรแกรมในส่วนของการคำนวณเพื่อหาค่าความถี่สำหรับ Base Station ใหม่	52
รูปที่ 3.5 หน้าจอโปรแกรมเริ่มต้น	55
รูปที่ 3.6 แสดงส่วนประกอบของ Input	55
รูปที่ 3.7 แสดงผลการคำนวณ (Output)	57
รูปที่ 3.8 แสดงการเริ่มเข้าสู่โปรแกรม	58

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 3.9 แสดงการเปิด Map File เพื่อนำมาใช้ในโปรแกรม	58
รูปที่ 3.10 แสดงหน้าจอโปรแกรมหลังจากที่ทำการโหลดแล้ว	59
รูปที่ 3.11 แสดงการใส่ค่าเปรียบเทียบระยะทางจริง	59
รูปที่ 3.12 แสดงการเลือก Old Base Station	60
รูปที่ 3.13 แสดงการเลือก Site ของ Old Base Station	60
รูปที่ 3.14 แสดงการเลือก New Base Station	61
รูปที่ 3.15 แสดงการเลือกตำแหน่งที่ต้องการติดตั้ง New Base Station	61
รูปที่ 4.1 แสดงการเลือกตำแหน่ง Base ของการทดสอบที่ 1	65
รูปที่ 4.2 แสดงการเลือกตำแหน่ง Base ของการทดสอบที่ 2	67
รูปที่ 4.3 แสดงการเลือกตำแหน่ง Base ของการทดสอบที่ 3	69
รูปที่ 4.4 แสดงการเลือกตำแหน่ง Base ของการทดสอบที่ 4	71
รูปที่ 4.5 แสดงการเลือกตำแหน่ง Base ของการทดสอบที่ 5	73
รูปที่ 4.6 แสดงการเลือกตำแหน่ง Base ของการทดสอบที่ 6	75
รูปที่ 4.7 แสดงการเลือกตำแหน่ง Base ของการทดสอบที่ 7	77
รูปที่ 4.8 แสดงหน้าจอของโปรแกรม Map Info	78
รูปที่ 4.9 แสดงแผนที่ของโปรแกรม Map Info 1	79
รูปที่ 4.10 แสดงแผนที่ของโปรแกรม Map Info 2	80
รูปที่ ก.1 หน้าจอเริ่มต้นโปรแกรม Microsoft Visual Basic 2005 Express	89
รูปที่ ก.2 แสดงไอคอนของทูลบาร์ต่างๆ	90
รูปที่ ก.3 แสกงในส่วน Solution Explorer	91
รูปที่ ก.4 แสดงในส่วน Properties	92

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตาราง 2.1 ค่าของ D ตามขนาดของ N	19
ตาราง 2.2 แสดงค่าความถี่ในด้าน Uplink และ Downlink ที่ Channel ต่างๆ	55

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.2 ความเป็นมา

ปัจจุบันการติดต่อสื่อสารผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่มีบทบาทกับชีวิตประจำวัน และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อย่างไม่จำกัด ส่งผลให้การใช้งานในเครือข่ายเพิ่มมากขึ้น และช่องสื่อสารมีอยู่ไม่เพียงพอ จึงจำเป็นต้องทำการเพิ่มสถานีฐานเพื่อรองรับจำนวนผู้ใช้บริการให้ได้รับประโยชน์สูงสุด โดยการเพิ่มสถานีฐานจำเป็นต้องมีการวางแผน วิเคราะห์ และคำนึงถึงการใช้ช่องสัญญาณที่มีอยู่จำกัดอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงได้มีการค้นคว้า และพัฒนาโปรแกรมที่ช่วยในการจัดสรรช่องสัญญาณความถี่สำหรับสถานีฐานในระบบระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในโครงงานนี้ซึ่งมีองค์ประกอบของโปรแกรมดังแสดงในรูปที่ 1.1

รูปที่ 1.1 แสดงองค์ประกอบของการวิเคราะห์และจำลองการจัดสรรช่องสัญญาณความถี่สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

Input

- พิกัดสถานีฐานทั้งใหม่และเก่า
- ความถี่เก่าในแต่ละสถานีฐาน
- ค่าระดับกำลังการส่งสัญญาณ
- ความสูงของสถานีฐาน

Program

- ใช้ Path Loss Model เพื่อคำนวณระดับการลดทอนของสัญญาณและความแรงของสัญญาณ
- อัลกอริทึมในการจัดสรรช่องสัญญาณความถี่

Output

- ช่องสัญญาณความถี่ของสถานีฐานใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.5 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมการทางคณิตศาสตร์ ให้รับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่สำคัญ ในการวิเคราะห์การลดทอนและความแรงของสัญญาณ
2. เพื่อศึกษาโปรแกรม Visual Basic 2005 ในการคำนวณสมการทางคณิตศาสตร์ แล้วจึงทำการออกแบบโปรแกรมให้รับค่าจากพารามิเตอร์ต่างๆ
3. เพื่อศึกษาระบบโดยใช้ Path Loss Model ในการคำนวณระดับการลดทอนของสัญญาณและความแรงของสัญญาณ
4. เพื่อรวบรวมความรู้ที่ได้ศึกษาจากภาคทฤษฎี มาใช้ในการทำงานจริง

1.3 ขอบเขตงาน

1. เขียนโปรแกรม Visual Basic 2005 ในการจำลองสมการทางคณิตศาสตร์ ให้รับค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่สำคัญ ในการวิเคราะห์การลดทอนและความแรงสัญญาณ
2. ศึกษาการออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณโดยใช้หลักการ Path Loss Model
3. เขียนโปรแกรม Visual Basic 2005 เพื่อจำลองสมการทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการคำนวณเพื่อทำการวิเคราะห์ และแสดงค่าความถี่ที่เหมาะสมให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่
4. ออกแบบขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ในส่วนของการรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ส่วนวิเคราะห์ประมวลผล และส่วนแสดงผลลัพธ์ของข้อมูล

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูล
2. เขียนโครงการและเสนอโครงการกับอาจารย์ที่ปรึกษา
3. ศึกษาการทำงานของโปรแกรม Visual Basic 2005
4. ออกแบบการทำงานของโปรแกรม ในส่วนของการรับค่า พารามิเตอร์ต่างๆ ส่วนวิเคราะห์ประมวลผล และส่วนแสดง ผลลัพธ์ของข้อมูล
5. เขียนโปรแกรมตามที่ได้ทำการออกแบบไว้ โดยใช้โปรแกรม Visual Basic 2005
6. สรุปผลการทดลองและเขียนรายงาน
7. นำเสนอโครงงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้สมการและทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สัญญาณ
2. ได้เรียนรู้โปรแกรม Visual Basic 2005 เพื่อนำไปใช้งานจริง
3. สามารถทำงานเป็นทีมได้
4. สามารถวิเคราะห์งานอย่างเป็นระบบได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่2

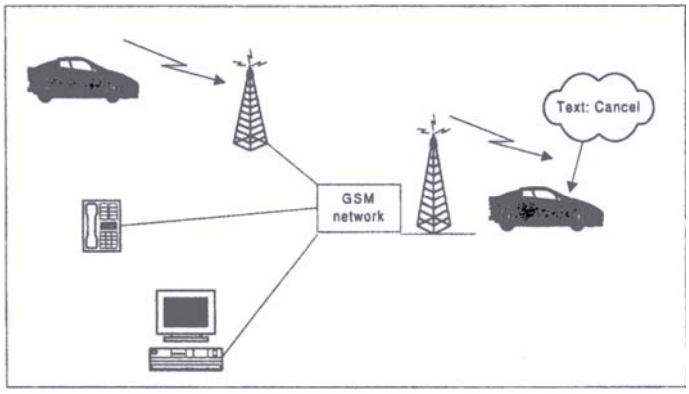
พื้นฐานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่และการจัดสรรความถี่

2.1 ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MOBILE STATION)

ระบบสื่อสารวิทยุเซลลูล่าร์เป็นการสื่อสารของเน็ทเวิร์ค โทรศัพท์ที่มีความสำคัญมากที่สุด แรกเริ่มของเน็ทเวิร์ค (per-cellular) ไม่ค่อยได้รับการยอมรับเท่าที่ควร หลักการของระบบสื่อสารเซลลูล่าร์ พื้นฐานเกิดขึ้นเมื่อปี 1949 โดย Bell Laboratories จนกระทั่งปี 1980 เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ ถูกนำมาใช้กับเน็ทเวิร์คเพื่อสร้างและให้บริการกับลูกค้าในลักษณะเน็ทเวิร์คสาธารณะ ระบบสื่อสารเซลลูล่าร์เคลื่อนที่ได้รับการพัฒนาที่เวลาต่างกัน ในเมืองที่แตกต่างกันด้วยและทำให้เกิดความแตกต่างกันในด้านต่าง ๆ กันด้วย ในแต่ละระบบที่มีโครงสร้างต่างกัน เช่น ความถี่ และระยะห่างของแต่ละช่องสัญญาณฯลฯ ดังนั้นจึงมีระบบจำนวนที่แตกต่างกันที่เป็นมาตรฐานการสื่อสารเซลลูล่าร์เคลื่อนที่ที่ใช้กันอยู่ทั่วโลกในปัจจุบันนี้

2.2 หลักการเบื้องต้นในการทำงานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

ลักษณะรูปร่างของเน็ทเวิร์ค ระบบการสื่อสารเซลลูล่าร์เคลื่อนที่จะมีพื้นที่การครอบครองที่แบ่งออกเป็นจำนวนพื้นที่ขนาดเล็กมาก ๆ เราเรียกพื้นที่ขนาดเล็กนี้ว่า เซลล์ (cell) ซึ่งในแต่ละเซลล์จะมีสถานีหลัก (Base station system) ที่มีสัญญาณการสื่อสารครอบคลุมในแต่ละที่ของแต่ละเซลล์ แต่ละสถานีหลักถูกต่อโดยเส้นทางการต่อที่แน่นอน (Fixed link) ไปยังศูนย์กลางการให้บริการการสวิตชิงเคลื่อนที่ (MSC) ; mobile services switching centre ซึ่งโดยทั่วไปชุมสาย โทรศัพท์ดิจิตอลจะมีซอฟต์แวร์เป็นตัวจัดการให้บริการทั้งหมดแก่ผู้ใช้บริการเน็ทเวิร์คโทรศัพท์เคลื่อนที่ส่วนมาก ประกอบด้วยจำนวนของ MSCs ซึ่งแต่ละ MSCs จะมีสถานีหลัก (BSS) เป็นของตัวเองจำนวนมากที่ต่ออยู่โดยเส้นทางการต่อที่ตายตัว (Fixed link) MSCs จะต่ออยู่ระหว่างเน็ทเวิร์คสวิตช์ชิงค์ โทรศัพท์สาธารณะ (Public switched telephone network (PSTN) เพื่อเป็นเส้นทางออก (outgoing) และการเรียกเข้า (incoming calls) จากโทรศัพท์ที่อยู่กับที่ (เช่น โทรศัพท์ตามบ้าน, สำนักงาน และอื่น ๆ)

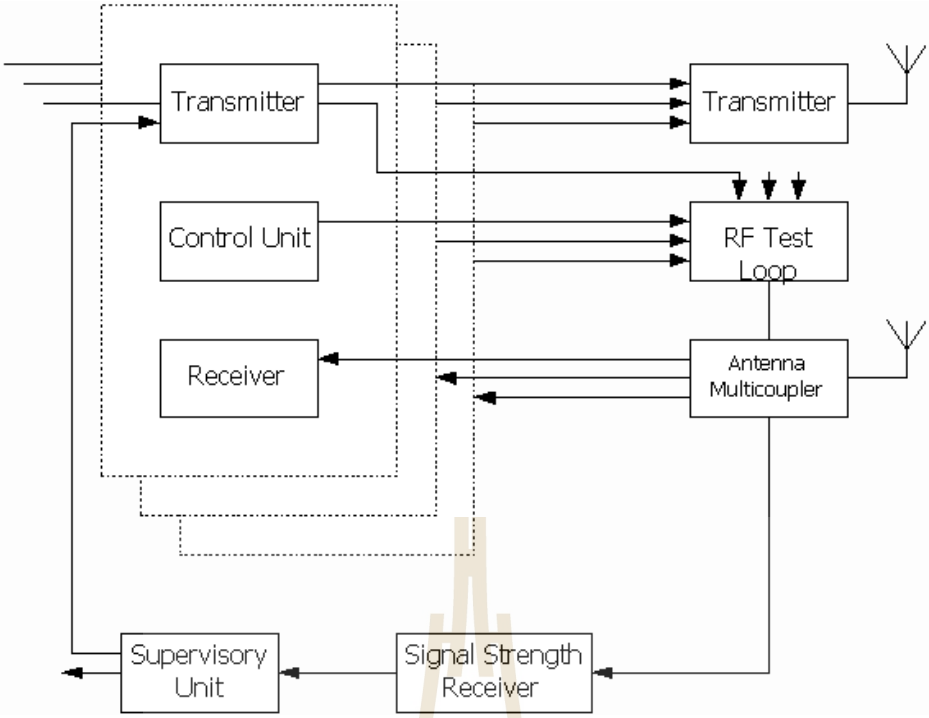


รูปที่ 2.1 องค์ประกอบสำคัญของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

2.3 ระบบสถานีฐาน (Base Station System)

Base Station System (BSS) เป็นอุปกรณ์ที่ต่อเชื่อมโดยตรงกับ MSC กับ MS ด้วยระบบ Transmission หลาย ๆ แบบ เช่นอาจจะเป็น Microwave, Cables หรือ Fiber Optic เป็นต้น BSS สามารถติดตั้งได้ทั้งในอาคารหรือ Container และสามารถกำหนดให้ใช้งานได้เป็นแบบ Omnidirectional หรือ Sector cells ได้ BASE STATION SYSTEM (BSS) เป็นระบบที่ประกอบด้วย BASE STATION CONTROLLER (BSC) และ BASE TRANSCEIVER STATION (BTS) ซึ่งอาจมีได้หลายตัว รวมทั้งส่วนของ TRANSCODER หน้าที่หลัก ๆ ของ BSS มีดังนี้

- จัดการเกี่ยวกับ RF (Radio frequency) link
- กำหนดช่องสัญญาณสำหรับ MS ในการติดต่อกัน และ บอกกำลังงานที่จะใช้ในการติดต่อ
- รอรับคำสั่งจาก MSC ในการที่จะยกเลิกการใช้ช่องสัญญาณ กับ MS ซึ่งอาจเกิดได้จาก 2 กรณี คือ มีการทำ Handover หรือ เลิกติดต่อกัน
- ควบคุมประสิทธิภาพการทำงานของแต่ละ Cell
- กำหนดรูปแบบของช่องสัญญาณทั้งแบบ Traffice และ Signalling
- สะสมข้อมูลต่าง ๆ เช่น ความแรงของสัญญาณจาก Cell ติดกัน และทำรายการของ Cell ต่าง ๆ ที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทำ Handover รวมทั้งส่งข้อมูลเหล่านี้ไปยัง MSC (Mobile Service Switching Center)



รูปที่ 2.2 Block diagram ของ Base Station

รูปที่ 2.3 สถานีฐานแบบ SELF SUPPORT

รูปที่ 2.4 สถานีฐานแบบ GUYE SUPPORT

รูปที่ 2.5 สถานีฐานแบบ CONTAINER

รูปที่ 2.6 สถานีฐานแบบติดตั้งอาคาร

โครงสร้างของ Channel Unitsแต่ละ Channel Unit ประกอบไปด้วย Transmitter (TX) , Receiver (RX) , Control Unit (CU) และ Power Amplifier (PA) ที่ต่อตรงไปหา Transmitter Output

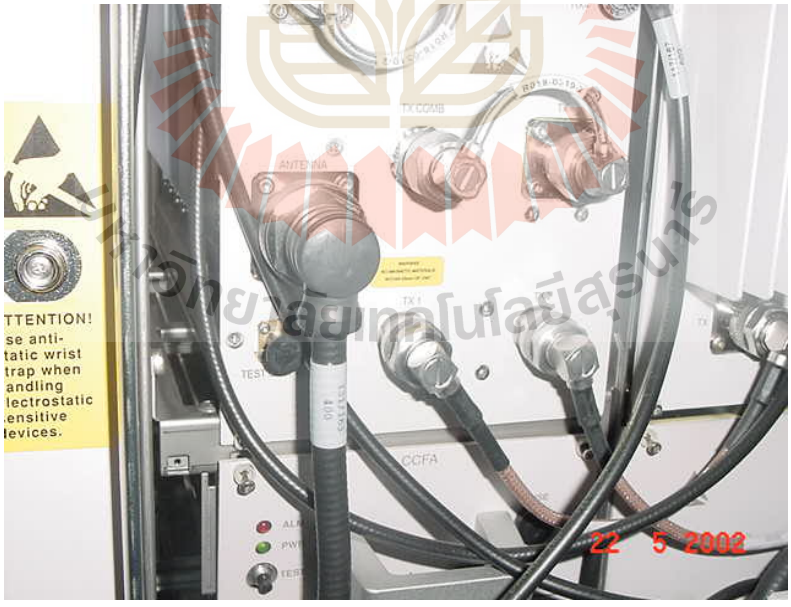
รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของสถานีฐาน

Transmitter (TX)

ค่าสูงสุดของ Output power ที่กำหนดได้คือ 25 w ต่อ Channel แต่จะขึ้นอยู่กับ Power Unit ที่มีขนาด 6 Wmax และ 25 Wmax ขนาดของ Output power ที่ใช้จริงจะขึ้นอยู่กับขนาดของ Coverage ซึ่งสามารถปรับให้เหมาะสมได้โดยวิธี Manual คือ จะต้องทำการปรับที่ site ในส่วนของ Transmitter จะประกอบไปด้วย

1. Compressor
2. PHI-Signal modulation
3. Pre-emphasis
4. Test loop output
5. Modulation adjustment
6. Alarm sensor output

สัญญาณเสียงและ Signalling จะถูกขยายเพื่อส่งให้กับ Antenna ซึ่งทั้งสัญญาณเสียงและ Signalling จะถูกส่งมาจาก MSC โดยผ่านทางระบบ Transmission

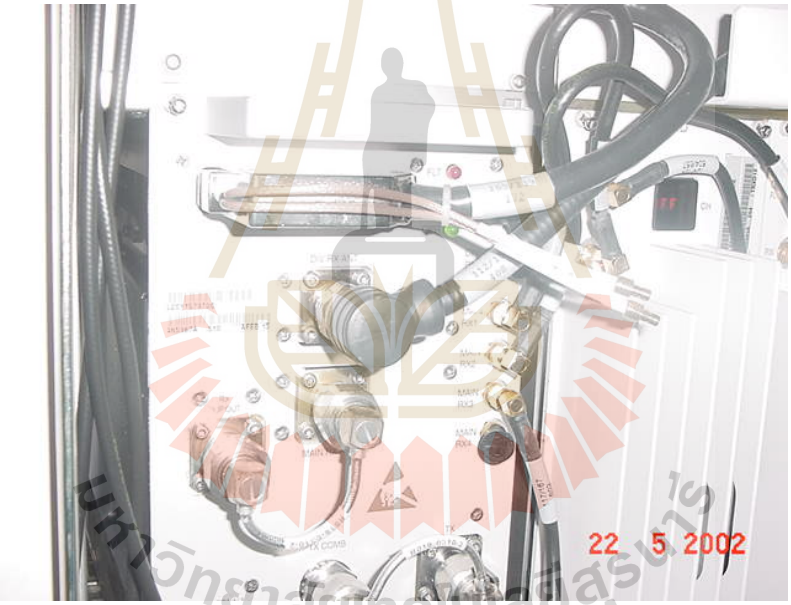


รูปที่ 2.8 Transmitter (TX)

Receiver (RX)

ในส่วนของภาค Receiver นี้จะมีย่านการตอบสนองความถี่ที่สัมพันธ์กับภาค Transmitter (TX) ในภาค RX จะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. Expander
2. Diversity
3. De-emphasis
4. PHI-Signal detection
5. Band-stop filter phi-signal
6. Alarm sender Output
7. Signal strength measurement
8. AF muting



รูปที่ 2.9 Receiver (RX)

Control Unit (CU)

ในแต่ละคู่ของ Transmitters/Receiver จะถูกควบคุมด้วย control unit ประกอบไปด้วย Microprocessor , Modem สำหรับ Signalling ที่ใช้ติดต่อกับ MSC และวงจรที่ให้กำเนิด PHI-Signal ภาค CU จะทำหน้าที่ควบคุมตำแหน่ง Address ของ Channel equipment และทำหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณระหว่าง MSC กับ Radio channel นอกจากนี้ยังสามารถทำหน้าที่ส่งผ่าน

ผลการวัดสัญญาณระหว่าง Supervisory unit (SU) กับ MSC ได้อีกด้วย Function ที่ถูกควบคุมโดย CU ได้แก่

1. การ ON/OFF transmitter ตามคำสั่งจาก MSC
2. กำหนด channel number ให้กับ channel unit ตามที่ MSC สั่งมา
3. ตอบกลับไปบอก MSC ว่า channel ได้ทำงานตามที่สั่งมาถูกต้องแล้ว
4. ส่งค่า Alarm ของ fault ต่างๆ ที่เกิดขึ้นที่ BSS ให้กับทาง MSC
5. ทำหน้าที่ Loop lines ของ Transmission ที่ต่อระหว่าง MSC กับ BSS ตามคำสั่งจาก MSC เพื่อทำการ Test
6. ตรวจสอบ RF test loop ของแต่ละ channel
7. ให้กำเนิดสัญญาณ PHI-Signal และหาค่าคุณภาพของสัญญาณ PHI ที่ส่งกลับขึ้นมาโดย MS
8. ส่ง Alarm ของคุณภาพเสียง (A7 และ A8) ให้กับ MSC ที่เกิดจาก S/N หรือ Signal strength ต่ำกว่าที่กำหนด
9. ทำการ Self test ที่สั่งมาด้วยวิธีแบบ Manual ที่ BS หรือสั่งมากจาก MSC
10. ควบคุมการ Test แบบ Manual ที่ BSS และ Service function เช่น

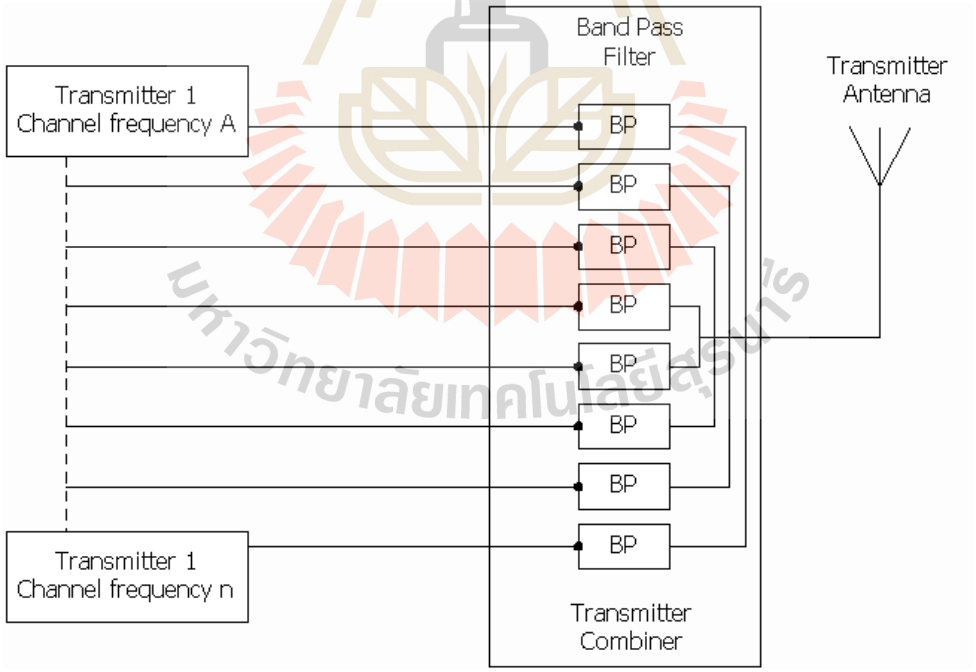
- On/Off Switching of transmitter
- Squelch
- RF test loop

รูปที่ 2.10 Control Unit (CU)

Transmitter Combiner

Transmitter หลาย ๆ ชุดสามารถจะต่อเข้ากับสายอากาศทางด้าน TX ตัวเดียวได้โดยใช้ Combiner ภายใน Combiner จะมีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

- Double circulators จะมีค่าการสูญเสียต่ำ ในทิศทางตรงและมีค่าการสูญเสียที่ค่อนข้างสูงมากในทิศทาง ย้อนกลับ
- ใช้ Cavity resonators ที่มีประสิทธิภาพในการตัดความถี่อื่น ๆ ออกได้สูง
- Transmission line star network
- Filter combiner แต่ละชุดจะถูกปรับให้เหมาะสมต่อ Transmitter ชุดใดชุดหนึ่ง และที่ความถี่เฉพาะของแต่ละชุดที่กำหนดให้ใช้งานเท่านั้น ในแต่ละTransmitter จะต่อไปยัง Common Junction หลังจากที่ผ่าน Circulator และ High-Q cavity filter มาแล้ว การใช้ Circulators ก็เพื่อตัดสัญญาณความถี่จาก Channel ข้างเคียงลงเพื่อไม่ให้เข้าไปรบกวนวงจรขยายของ Transmitter

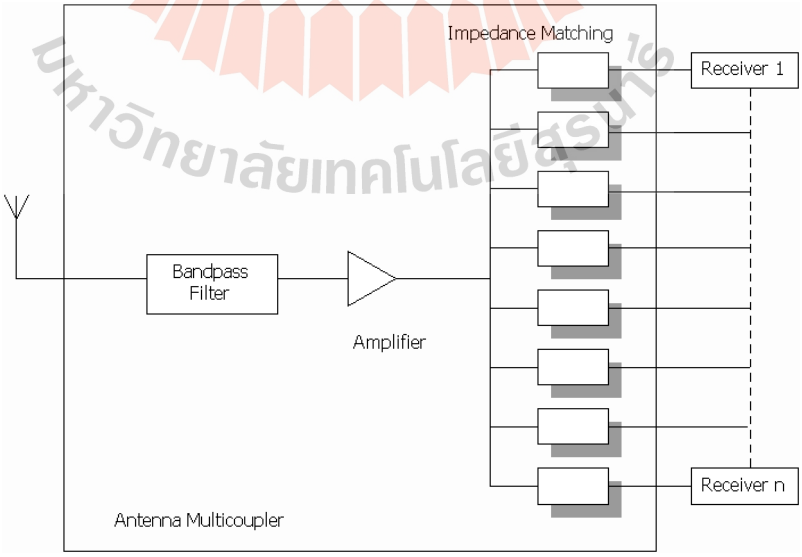


รูป 2.11 โครงสร้างของ Transmitter Combiner

รูปที่ 2.12 Transmitter Combiner

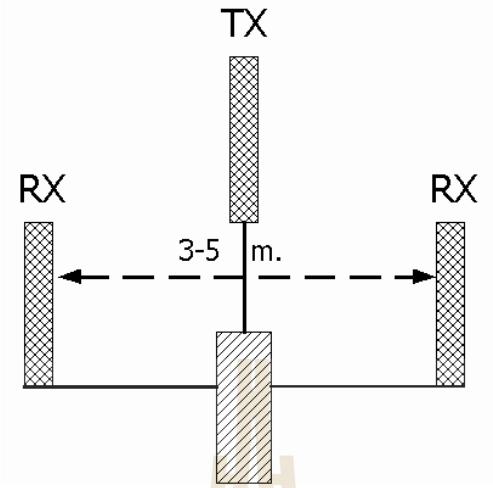
Receiver Multicoupler

Multicoupler จะทำหน้าที่กระจายเอาต์พุตของสายอากาศทางภาครับไปยัง Reciever ของแต่ละ Channel units จุดประสงค์ของการใช้ Multicoupler ก็เพื่อให้มีการ match ระหว่างสายอากาศภาครับกับ Receiver ในแต่ละ Channel unit อิมพีแดนซ์เอาต์พุตของ Multicoupler จะมีค่าเท่ากันกับอินพุตของมันเอง และจะไม่มีการลดทอนสัญญาณภายในตัวมันเอง ภายใน Multicoupler จะมีวงจรขยายและวงจร matching อยู่



รูป 2.13 โครงสร้างของ Antenna Multicoupler

ที่ BSS จะมีสายอากาศทางด้านรับ (RX Antenna) อยู่ 2 ชุด โดยจะมีการจัดวางให้ห่างกันประมาณ 3 – 4 เมตร เรียกว่าระบบ Diversity



รูป 2.14 ระบบสายอากาศสำหรับ ระบบ Diversity

ที่ภาครับจะมีอุปกรณ์ที่มีความไวต่อ Diversity สูงมากเพื่อที่จะลดคุณภาพของเสียงที่แย่ลงอันเกิดจาก Fading ที่มีสาเหตุมาจาก Multiple propagation ใน รูปที่ 2.14 จะแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงสัญญาณทางด้าน Radio ให้ดีขึ้นโดยใช้ระบบ Diversity Multiple Propagation เป็นผลของการเกิดการสะท้อนไปมาของสัญญาณตามเส้นทางของการส่งสัญญาณ (เหมือนกับว่าสัญญาณเดินไปตามเส้นทางที่แตกต่างกัน) Fading จะแสดงให้เห็นว่า Signal Strength ได้มีการเปลี่ยนแปลงระดับของมันขึ้นลงประมาณ 20 – 30 dB ที่จะมีระยะเวลาที่ระดับสัญญาณตกลงเป็นค่ามิลลิวินาที (ขึ้นอยู่กับความเร็วของการเคลื่อนที่) ถ้าพิจารณาในแง่ของการส่งข้อมูลนั้นจะมี Bit Error Rate เกิดขึ้น ระบบ Diversity จะมีสายอากาศด้านรับ 2 ชุด การรวมสัญญาณจะใช้ combiner ที่มีอัตราการขยายตัวเท่ากัน การขยายสัญญาณที่รับได้ด้วย gain diversity system ที่เท่ากันนั้น จะขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างสายอากาศด้านรับทั้ง 2 ชุด

Supervisory Unit (SU)

ที่ BSS จะมี Supervisory Unit ที่ใช้สำหรับการวัดสัญญาณของ MS ตัว SU นี้จะเป็น Unit ที่ใช้ร่วมกันภายใน BSS ภายใน SU จะมี Microprocessor และ Modem สำหรับส่ง Signalling ไปหา MSC ผ่านทาง data line หรือผ่านทาง traffic channel และ control unit ของ SU เอง SU จะมี Function การทำงานดังต่อไปนี้

- สั่งให้ Signal strength receiver ทำการรวัดสัญญาณบนหมายเลข Channel ที่ MSC สั่งมา Control Unit สามารถจะรับเฟรมคำสั่งในการวัดสัญญาณได้บน Channel หรือจาก data line ได้ ผลการวัดสัญญาณจะมี 64 ระดับและจะถูกส่งกลับไปให้ MSC
- Transmits fault alarm to MSC
- Loop the data line ตามคำสั่งจาก MSC

รูปที่ 2.15 Supervisory Unit (SU)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Signal Strength Receiver

ถ้าผลการวัดคุณภาพของสัญญาณเสียงมีค่าที่ทำให้เกิด Alarm A7 แล้ว MSC ก็จะให้แต่ละ BSS ที่เป็น Neighbor ของ BSS ที่ส่ง Alarm มาให้ทำการวัดสัญญาณโดยใช้ SR ของแต่ละ BSS ทำการวัดระดับสัญญาณ ขั้นตอนของการสั่งวัดสัญญาณมีดังนี้

- Supervisory Unit (SU) จะรับเฟรมสั่งวัดดสัญญาณจาก MSC
- SU จะให้ Signal strength receiver วัดสัญญาณตามหมายเลข Channel ที่ MSC สั่งมา

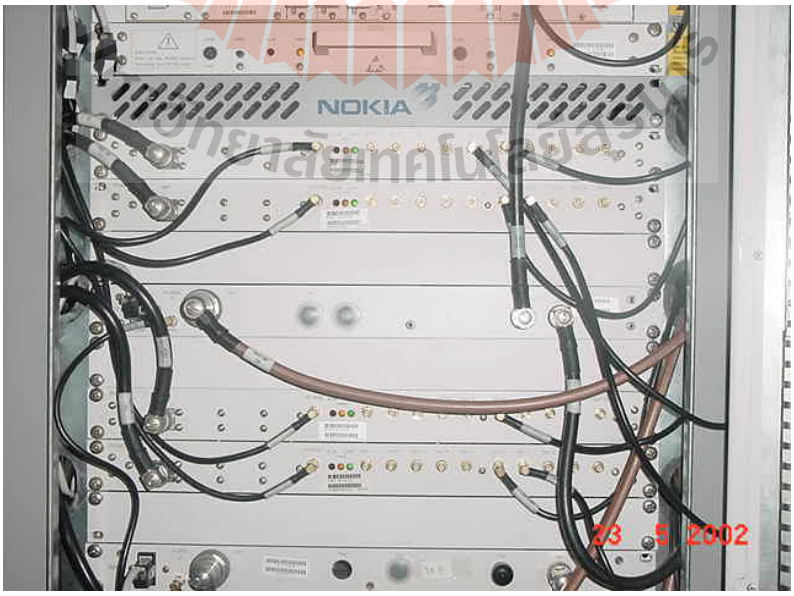
- Supervisory unit จะประมวลผล Signal strrength ที่วัดได้แล้วส่งกลับไปให้ MSC การวัดสัญญาณจะกระทำในขั้นตอนของการทำ call set up อีกด้วย

Reference Oscillator

เป็นชุดสร้างความถี่อ้างอิงที่มีความเสถียรภาพสูง ให้ความถี่ 10 MHz เพื่อใช้เป็นความถี่อ้างอิงและส่งสัญญาณที่สร้างขึ้นมานี้ไปให้กับ Frequency Generators ใน Transmitters และใน Receivers ของทุก ๆ Channel units

RF Test Loop

จุดประสงค์ของ RF Test Loop ก็เพื่อที่การตรวจสอบ Radio Equipment โดยคำสั่งจาก MSX ก็จะทำให้มีสัญญาณวิ่งผ่านไปตาม Transmitter , RF test loop , Antenna multicoupler , Receiver และ Control unit แล้วย้อนกลับไปที่ MSC ที่ MSC จะทำการวัดคุณภาพของสัญญาณที่ย้อนกลับมา ถ้ามีเหตุเสียเกิดขึ้นตาม units ต่างๆ ที่สัญญาณวิ่งผ่านก็จะได้สัญญาณที่ย้อนกลับมาต่าง ๆ กันไป เช่น สัญญาณมีระดับอ่อนเกินไปหรือมีความเพี้ยนของสัญญาณเกิดขึ้น RF Test Loop ประกอบด้วย Frequency Converter ซึ่งทำหน้าที่ปรับความถี่ของ RF ให้มีความถี่ต่ำลงมา 45 MHz จากความถี่เดิม (ด้าน TX) ทำให้ได้ความถี่ที่อยู่ในช่วงของภาค Receiver (RX)



รูปที่ 2.16 RF Test Loop

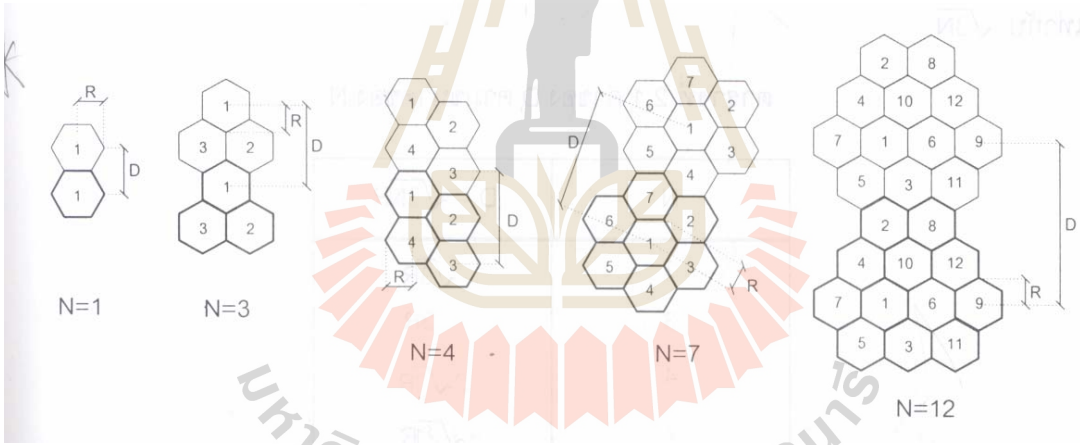
2.4 หลักการจัดแบ่งเซลล์

ในอดีตการใช้งานระบบโทรศัพท์ชนิดไร้สายจะจำกัดอยู่เฉพาะในกลุ่มของหน่วยงานทางราชการ เช่น ตำรวจ โดยอาศัยความถี่ในย่าน VHF ในเวลาต่อมาการใช้งานได้ขยายวงกว้างขึ้นไปสู่ภาคธุรกิจบริการมากขึ้น การขยายตัวเหล่านี้ส่งผลให้มีการอนุญาตให้ใช้ความถี่ในย่าน UHF เพิ่มมากขึ้นด้วย จากประโยชน์ของระบบสื่อสารประเภทนี้ทำให้มีการพัฒนาขีดความสามารถและเกิดความพยายามในการขยายขอบเขตการให้บริการไปสู่ประชาชนทั่วไปในวงกว้างขึ้น ดังนั้นเมื่อมีความต้องการในการรองรับจำนวนผู้ใช้ในปริมาณที่มากๆ ในขณะที่สเปกตรัมความถี่ที่ใช้งานมีขนาดจำกัด จึงทำให้ต้องมีการพัฒนาความคิด ที่เรียกว่า ระบบ เซลลูลาร์ (cellular) ขึ้น หลักการของเซลลูลาร์ คือ ความพยายามในการใช้ความถี่ซ้ำ (frequency reuse) ในพื้นที่ให้บริการที่อยู่ต่างบริเวณกันให้มากที่สุด ดังนั้นในขั้นแรกของการออกแบบระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ คือ การจัดแบ่งพื้นที่ให้บริการออกเป็นส่วนย่อย หรือที่เรียกว่า เซลล์ (cell) โดยในแต่ละเซลล์จะมีการจัดสรรสเปกตรัมความถี่ที่เหมาะสม เพื่อให้ระบบสามารถนำความถี่ชุดเดิมมาใช้ซ้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในขณะเดียวกันจะต้องลดผลกระทบของสัญญาณของผู้ใช้บริการที่อยู่ต่างเซลล์กันให้รบกวนกันน้อยที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้คือ ระบบสามารถใช้ระบบจากสเปกตรัมที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ลักษณะการแบ่งพื้นที่สามารถทำได้หลายแบบ เช่น การแบ่งพื้นที่เป็นรูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม หรือ หกเหลี่ยม ดังที่แสดงในรูป 2.1 พิจารณาจากรูปจะเห็นว่าการแบ่งบริเวณพื้นที่ออกเป็นรูปหกเหลี่ยมเหมือนรังผึ้งสามารถครอบคลุมบริเวณได้มากกว่าแบบอื่นๆ เมื่อกำหนดให้ R มีขนาดเท่ากัน ซึ่งหมายความว่าขนาดพื้นที่ให้บริการที่เท่ากัน เราจะใช้อุปกรณ์รับส่งสัญญาณที่น้อยลงได้ นอกจากนี้รูปหกเหลี่ยมก็มีความคล้ายคลึงกับรูปวงกลมมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องใกล้เคียงกับลักษณะการแพร่กระจายของคลื่นสัญญาณมากขึ้น และที่สำคัญมากที่สุด คือ รูปหกเหลี่ยมจะมีปัญหาของสัญญาณรบกวนของเซลล์รอบข้างน้อยกว่ารูปแบบอื่น

รูปที่ 2.17 การแบ่งบริเวณพื้นที่ออกเป็นรูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม และหกเหลี่ยม

หลังจากบริเวณพื้นที่ได้ถูกแบ่งออกเป็นเซลล์ย่อยๆ แล้ว เรื่องสำคัญที่ต้องพิจารณาต่อมาก็คือ ว่าจะจัดแบ่งการใช้ความถี่อย่างไรจึงจะเหมาะสม ตัวอย่างการจัดการใช้งานความถี่ที่ง่ายที่สุดก็คือการอนุญาตให้ใช้ความถี่ที่มีอยู่ทั้งหมดซ้ำในทุกๆ เซลล์ได้ ซึ่งวิธีนี้ย่อมจะให้ประโยชน์สูงสุด หากแต่ในทางปฏิบัติเราอาจจะไม่สามารถใช้ความถี่ในลักษณะนี้ได้ เพราะบริเวณที่เส้นแบ่งระหว่างเซลล์ที่ติดกันเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่จะได้รับสัญญาณ 2 ชุดที่ความถี่เดียวกันที่ส่งจากสถานีฐานส่ง 2 แห่ง ซึ่งสัญญาณจากทั้ง 2 แหล่ง ก็จะรบกวนกันเองและจะทำให้เครื่องโทรศัพท์นั้นไม่สามารถแยกสัญญาณทั้งสองออกจากกันได้ นอกจากนี้ยังมีสัญญาณรบกวนในลักษณะเดียวกัน จากสถานีฐานอื่นๆ ที่อยู่รอบข้างด้วย ดังนั้นค่าของอัตราส่วนระหว่างกำลังของสัญญาณที่ต้องการกับผลรวมของกำลังสัญญาณจากสถานีฐานอื่นๆ ณ ที่ค่าความถี่เดียวกัน ที่กลายเป็นสัญญาณรบกวนจึงเป็นค่าที่สำคัญมากในการจัดแบ่งความถี่ ค่านี้มีชื่อเรียกว่า การแทรกสอดโคแชนนอล (Co-Channel Interference : C/I) โดย C คือกำลังของสัญญาณที่ต้องการและ I คือกำลังของสัญญาณที่แหล่งอื่นๆ ที่ใช้ความถี่เดียวกันซึ่งเป็นส่วนของสัญญาณที่ไม่ต้องการ



รูปที่ 2.18 การจัดกลุ่มเซลล์ขนาดต่างๆ

2.5 **สัญญาณแทรกสอดโคแชนแนล**

รูปที่ 2.17 แสดงการจัดกลุ่มเซลล์รูปแบบต่างๆ สำหรับการแบ่งใช้ความถี่ตามจำนวนของเซลล์ (N) ที่นำมารวมกันเป็นหนึ่งกลุ่มเซลล์ ในรูปมีกรณี N = 1,3,4,7 และ 12 ภายในกลุ่มเซลล์เดียวกันจำนวนความถี่ทั้งหมดที่มีอยู่จะถูกแบ่งออกเป็น N ส่วนสำหรับแต่ละสมาชิกเซลล์ เพราะฉะนั้นถ้าจำนวนเซลล์ในหนึ่งกลุ่มยิ่งมีมากเท่าใดจำนวนความถี่ในแต่ละเซลล์ก็จะลดลงเท่านั้น ซึ่งหมายถึงว่าความจุของช่องสัญญาณในแต่ละเซลล์ก็มีขนาดที่เล็กลงด้วย แต่ถ้าขนาดของ N เล็กเกินไปก็จะมีปัญหาการแทรกสอดโคแชนแนลดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ดังนั้นจึงมีความ

จำเป็นต้องวิเคราะห์หาขนาดของ N ที่เล็กที่สุดที่สามารถให้ค่า C/I ที่ใหญ่เพียงพอ (ค่าของ N จะมีจำกัดอยู่ได้บางค่าเท่านั้น คือ $N = i^2+ij+j^2$ โดย i , j ที่เลขจำนวนเต็มที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0)

ก่อนที่จะทำการคำนวณค่า C/I เราจำเป็นต้องทำความเข้าใจกับค่าพารามิเตอร์ค่าหนึ่งที่เกี่ยวข้องคือ ค่า cochannel reuse (D/R) โดย D คือ ระยะระหว่างสถานีฐาน 2 แห่ง ที่มีการใช้งานความถี่ชุดเดียวกัน และ R คือ รัศมีของบริเวณที่สถานีฐานครอบคลุมอยู่ ค่านี้มีความสำคัญเพราะว่าเป็นค่าที่บ่งบอกถึงผลกระทบของสัญญาณรบกวนจากสถานีฐานรอบข้างทั้งหมดต่อสถานีฐานนั้นๆ ใช้งานอยู่อาศัยกรรมวิธีการทางเรขาคณิตเราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง D และ N ได้ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 ซึ่งได้อัตราส่วน D/R มีค่าเท่ากับ $\sqrt{3N}$

N	$D = \sqrt{3N}R$
1	$\sqrt{3}R$
3	$3R$
4	$2\sqrt{3}R$
7	$\sqrt{21}R$
12	$6R$

ตาราง 2.1 ค่าของ D ตามขนาดของ N

ถ้าหากเราสมมติว่า สายอากาศที่ใช้เป็นแบบ omnidirectional antenna คือมีการกระจายของคลื่นสัญญาณออกในทุกทิศทางเท่ากันค่ากำลังของสัญญาณที่รับได้จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ระยะห่างออกไป d จะมีค่าเท่ากับ

กำลังของสัญญาณที่รับได้ = $k\frac{P}{d^n}$

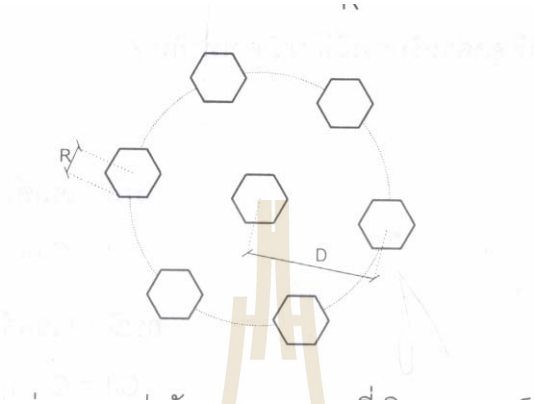
โดย P คือค่ากำลังของสัญญาณที่ส่งออกจากสถานีฐาน n เป็นค่าคงที่ที่มีค่าระหว่าง 2-6 ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของบริเวณที่คลื่นสัญญาณส่งผ่าน โดยทั่วไปแล้วมักจะกำหนดให้ n มีค่าประมาณเท่ากับ 4 และ k เป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง

รูปที่ 2.18 แสดงตำแหน่งของเซลล์ทั้งหมด 6 เซลล์รอบข้างที่มีการใช้คลื่นความถี่เดียวกันกับเซลล์ตรงกลางในรูปของสัญญาณแทรกสอดโคแชนแนล เนื่องจากเครื่องโทรศัพท์จะได้รับสัญญาณอ่อนลงเมื่ออยู่ห่างไกลจากสถานีฐานของมัน ฉะนั้นตำแหน่งที่โทรศัพท์จะได้รับกำลัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ต่ำสุดคือเมื่อมีการใช้งาน ณ บริเวณขอบของเซลล์ ซึ่งจากรูปมีระยะห่างจากสถานีฐานเท่ากับ R ดังนั้นกำลังของสัญญาณที่รับได้มีค่าเท่ากับ

$$\text{กำลังของสัญญาณที่รับได้} = k\frac{P}{R^4}$$



รูปที่ 2.19 ตำแหน่งของแหล่งสัญญาณรบกวนที่เกิดจากเซลล์รอบข้าง

ส่วนระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดสัญญาณจากเซลล์รอบข้างก็คิดจากจุดศูนย์กลางของเซลล์นั้นไปถึงตำแหน่งของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ ณ ตำแหน่งตรงบริเวณขอบเซลล์ แต่เพื่อความสะดวกในการคำนวณและวิเคราะห์ เราจะสมมติว่าเซลล์ทั้ง 6 เซลล์รอบข้างโดยเฉลี่ยแล้วมีระยะทางห่างจากเครื่องโทรศัพท์เท่ากับ D เท่ากันหมด เพราะฉะนั้นที่เครื่องโทรศัพท์จะได้รับสัญญาณแทรกสอดโคแชนแนลที่ไม่ต้องการมีค่าเท่ากับ

$$\text{กำลังของสัญญาณที่ไม่ต้องการจากเซลล์รอบข้าง} = k\frac{6P}{D^4}$$

ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างกำลังสัญญาณที่ต้องการต่อสัญญาณที่ไม่ต้องการมีค่า เท่ากับ

$$C/I = \frac{D^4}{6R^4}$$

และจากที่คำนวณไว้แล้วว่า $C/I = \sqrt{3N}$ ดังนั้น

$$C/I = 1.5N^2$$

จากความสัมพันธ์นี้จะเห็นว่าค่า C/I จะดีขึ้นถ้าหากจำนวนเซลล์ในหนึ่งกลุ่ม N มีขนาดใหญ่ขึ้น ในทางปฏิบัติถ้าค่า C/I ที่ต้องการคือ ประมาณ 18 dB (ระบบแอนะล็อก) ดังนั้นระบบต้องใช้ค่า N อย่างน้อยเท่ากับ 7 เซลล์ในหนึ่งกลุ่มเซลล์เพื่อที่การส่งผ่านสัญญาณจะอยู่ในระดับที่ใช้งานได้

2.6 **สัญญาณแทรกสอดแชนแนลข้างเคียง**

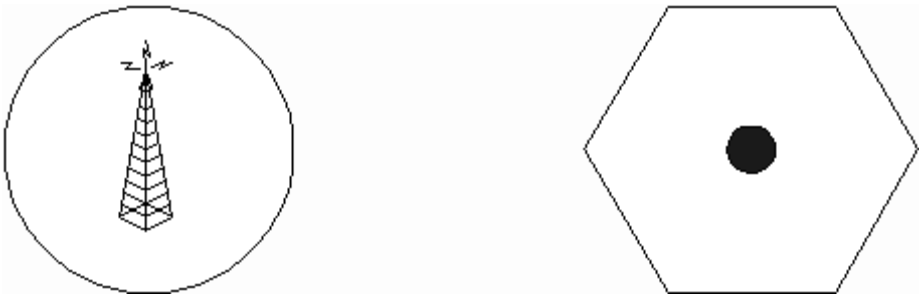
สัญญาณรบกวนอีกชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ คือ สัญญาณแทรกสอดแชนแนลข้างเคียง (adjacent channel interference) ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดการรบกวนกันของช่องทางสื่อสารที่มีการใช้ความถี่ใกล้เคียงกัน สาเหตุหลักของปัญหานี้ก็เนื่องมาจากการที่วงจรกรองสัญญาณที่ใช้มิได้มีคุณสมบัติที่เป็นอุดมคติ ดังนั้นจึงอาจมีสัญญาณจากช่องสัญญาณที่ใช้ความถี่ใกล้เคียงลอดผ่านวงจรกรองเข้ามาได้บางส่วน ซึ่งปัญหานี้จะส่งผลกระทบส่งคุณภาพการรับส่งสัญญาณได้ชัดเจนมากในบางกรณี เช่น มีโทรศัพท์ 2 เครื่องที่ส่งสัญญาณโดยใช้ความถี่ใกล้เคียงกัน และโทรศัพท์เครื่องหนึ่งอยู่ใกล้สถานีฐานมากๆ ส่วนอีกเครื่องหนึ่งอยู่ห่างไกลออกไป ดังนั้นระดับของสัญญาณที่รับได้ที่สถานีฐานจากโทรศัพท์ทั้ง 2 เครื่องจึงมีความแตกต่างกันมาก ในสภาวะเช่นนี้ผลกระทบของสัญญาณแทรกสอดแชนแนลข้างเคียงจะทวีความรุนแรงมากขึ้น (ปัญหานี้เรียกว่า near-far effect)

โดยปกติแล้วเราสามารถแก้ปัญหานี้ได้โดยการใช้วงจรกรองสัญญาณที่มีคุณลักษณะที่ดี คือ สามารถกรองสัญญาณความถี่ที่ไม่ต้องการออกให้มากที่สุด อีกทางหนึ่งที่ช่วยลดปัญหานี้ลงได้ก็คือ การจัดสรรความถี่ที่เหมาะสมสำหรับใช้งานในแต่ละเซลล์ นั่นคือภายในเซลล์หนึ่งๆ ควรจะเลือกชุดความถี่ของคลื่นพาห์ที่มีระยะห่างกันมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

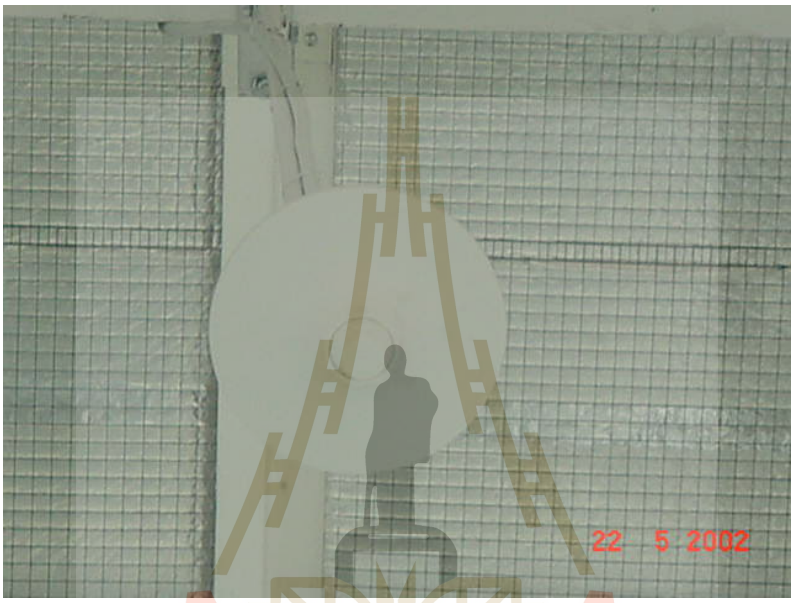
2.7 **โครงสร้างเครือข่ายสายอากาศ** (Antenna Network)

Cell หมายถึงบริเวณที่ครอบคลุมโดยสถานีฐาน ซึ่งสถานีฐานอาจจะครอบคลุม Cell เพียง 1 Cell หรือมากกว่าขึ้นอยู่กับชนิดของสายอากาศที่ใช้ แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

1. Omnidirection cell หมายถึง cell ซึ่งได้รับการครอบคลุมโดยสถานีฐานที่ใช้สายอากาศส่งสัญญาณออกไปทุกทิศทุกทาง

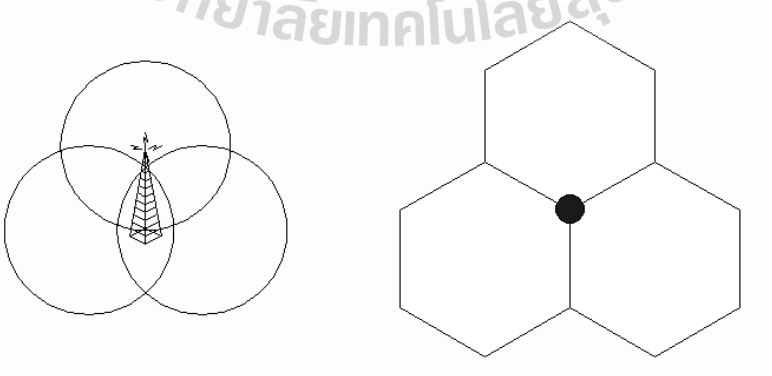


รูปที่ 2.20 Omnidirectional Cell



รูปที่ 2.21 สายอากาศแบบ Omnidirectional

2. Sector cell **หมายถึง** cell ที่ใช้สายอากาศ 3 ตัว แต่ละตัวคลอบคลุมบริเวณ 180 องศา



รูปที่ 2.22 Secter Cells

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

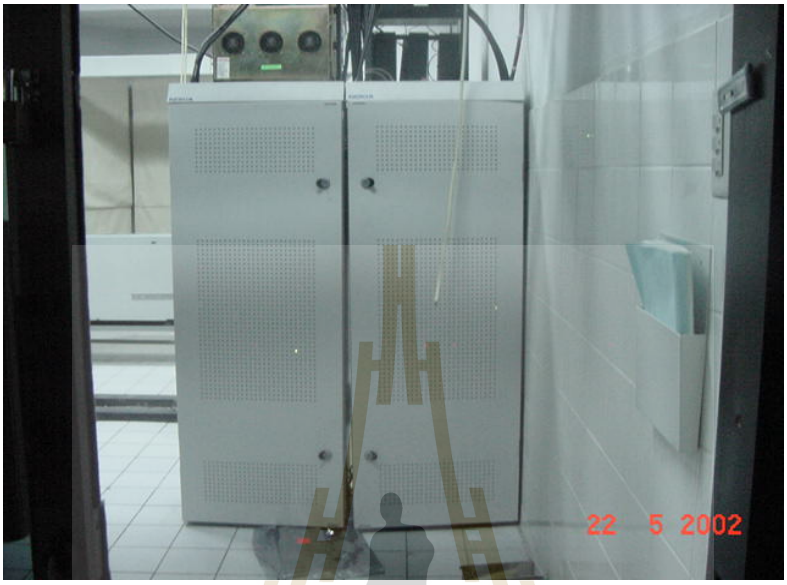
รูปที่ 2.23 แสดงสายอากาศแบบ Secter Cells

Cell สามารถแบ่งเป็น 3 **แบบคือ**

1. **Micro cells** จะมีรัศมี 0.5 - 3 กิโลเมตร MS จะใช้กำลังส่งสูงสุด 0.1 W , Hand portable MS (HMS) จะใช้กำลังส่งสูงสุด 0.1 W

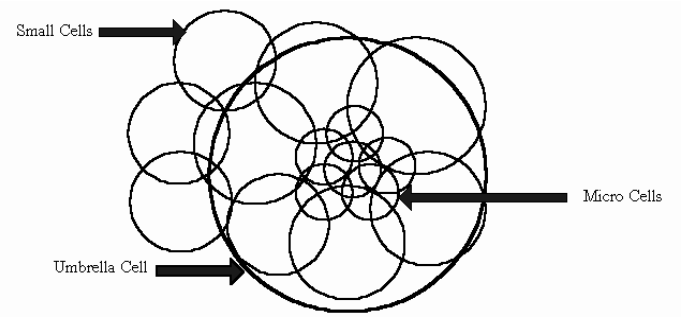
รูปที่ 2.24 Micro Cell

2. **Small cells** จะมีรัศมี 2 – 6 กิโลเมตร MS จะใช้กำลังส่งสูงสุด 1 W, Hand portable MS (HMS) จะใช้กำลังสูงสุด 1 W
3. **Big cells หรือ Umbrella cells** จะมีรัศมี 2 – 20 กิโลเมตร MS จะใช้กำลังส่งสูงสุด 6 W, Hand portable MS (HMS) จะใช้กำลังสูงสุด 1 W



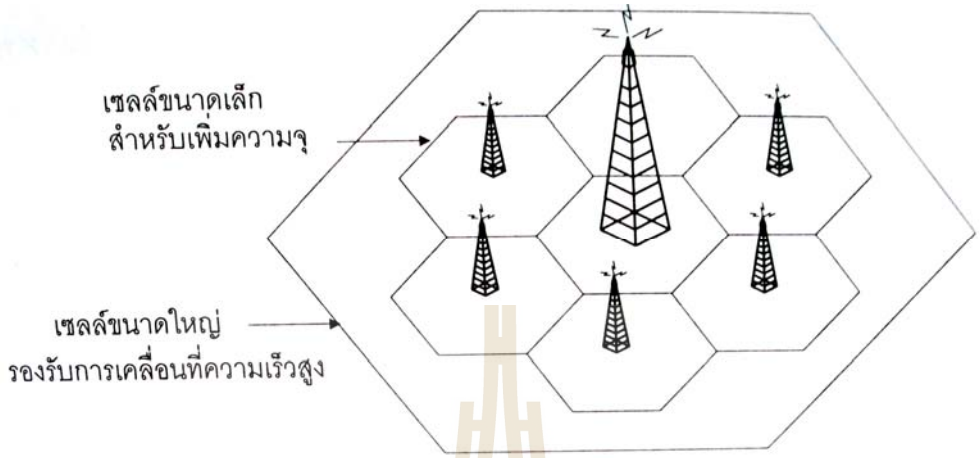
รูปที่ 2.25 Big cells หรือ Umbrella cells

Umbrella cell เป็นการพยายามที่ต้องการให้ระบบสามารถจัดการกับงานของโทรศัพท์ที่มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่แตกต่างกันมาก ๆ เช่น การใช้งานของคนเดินถนน และการใช้งานในรถยนต์ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เนื่องจากในบริเวณที่มีปริมาณการใช้งานมาก ๆ มีความจำเป็นที่จะต้องแบ่งเซลล์ ให้มีขนาดเล็กลงมาก ๆ เพื่อที่จะให้ได้ระบบที่มีความจุสูงเพียงพอต่อความต้องการ แต่เมื่อเซลล์มีขนาดเล็ก การเคลื่อนที่ของโทรศัพท์ที่มีความเร็วสูงจะส่งผลกระทบต่อส่วนของ MSC เพราะจะมีการเคลื่อนที่ผ่านระหว่างเซลล์ 2 เซลล์ที่ติดกันบ่อยครั้ง ทำให้ MSC มีภาระงานในการโอนความรับผิดชอบระหว่างเซลล์มากขึ้น



รูปที่ 2.26 โครงสร้างโดยทั่วไปของ Cell

หลักการของ **Umbrella cell** คือ สถานีฐาน (BTS) ที่ครอบคลุมเซลล์ เล็กจะทำหน้าที่รับส่งสัญญาณกับสมาชิกที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงและ BTS ที่ครอบคลุมเซลล์ เล็กจะทำหน้าที่รับส่งสัญญาณในบริเวณที่มีการใช้บริการของสมาชิกอย่างหนาแน่น



รูปที่ 2.27 ลักษณะของเซลล์แบบร่ม (umbrella cell)

2.8 Frequency Bands

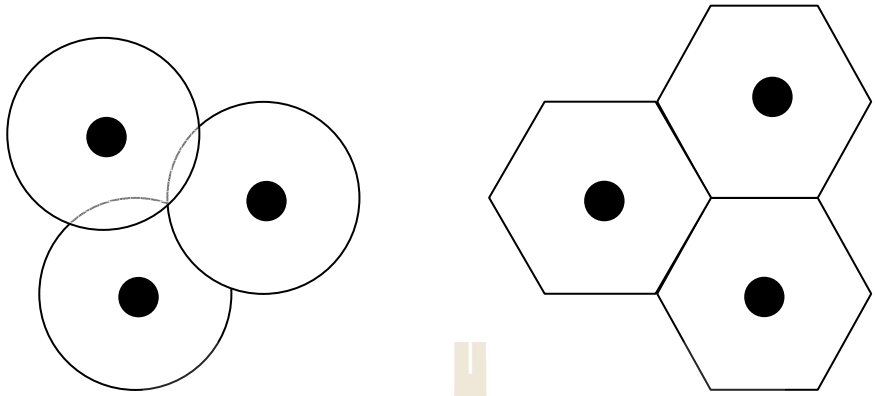
Frequency Bands การเชื่อมต่อระหว่างสถานีฐานกับโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นการเชื่อมต่อทางวิทยุแบบ Full Duplex สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลได้พร้อมกัน 2 ทิศทาง ทิศทางหนึ่งจากสถานีฐานไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Downlink) อีกทิศทางหนึ่งจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังสถานีฐาน (Uplink)สำหรับเครื่องส่งของสถานีฐานจะใช้ Band ความถี่สูง และเครื่องส่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่จะใช้ Band ความถี่ต่ำ

2.9 Frequency Reuse

ในระบบเครือข่ายของ GSM นั้นเป็นระบบเครือข่ายที่มีพื้นฐานอยู่บนระบบการสื่อสารแบบ Cellular ดังนั้นหลักการทั่วไปของระบบ GSM ก็จะคล้ายกับหลักการของระบบ Cellular ซึ่งหลักการดังกล่าวมีข้อดีคือสามารถเพิ่มความจุของระบบหรือ Capacity ได้มากขึ้นกว่าเดิมในยุค 1G โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า Frequency Reuse ซึ่งเทคนิคนี้เป็นหัวใจสำคัญของระบบเครือข่าย GSM นี้ด้วย

Frequency Reuse เป็นการพยายามใช้ความถี่ซ้ำ ในพื้นที่ให้บริการที่อยู่ต่างบริเวณกันให้ได้มากที่สุด ดังนั้นขั้นแรกของการออกแบบระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่คือ การจัดแบ่งพื้นที่ให้บริการออกเป็นส่วนย่อยหรือที่เรียกว่า เซลล์ (Cell) โดยในแต่ละเซลล์จะมีการจัดสรรสเปกตรัมความถี่ที่เหมาะสม เพื่อให้ระบบสามารถนำความถี่ชุดเดิมมาใช้ซ้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในขณะเดียวกัน

จะต้องลดผลกระทบของสัญญาณของผู้ใช้ที่อยู่ต่างเซลล์กันให้รบกวนกันน้อยที่สุดด้วย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ ระบบสามารถใช้ประโยชน์จากสเปกตรัมหรือช่องสัญญาณที่มีอยู่อย่างจำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด



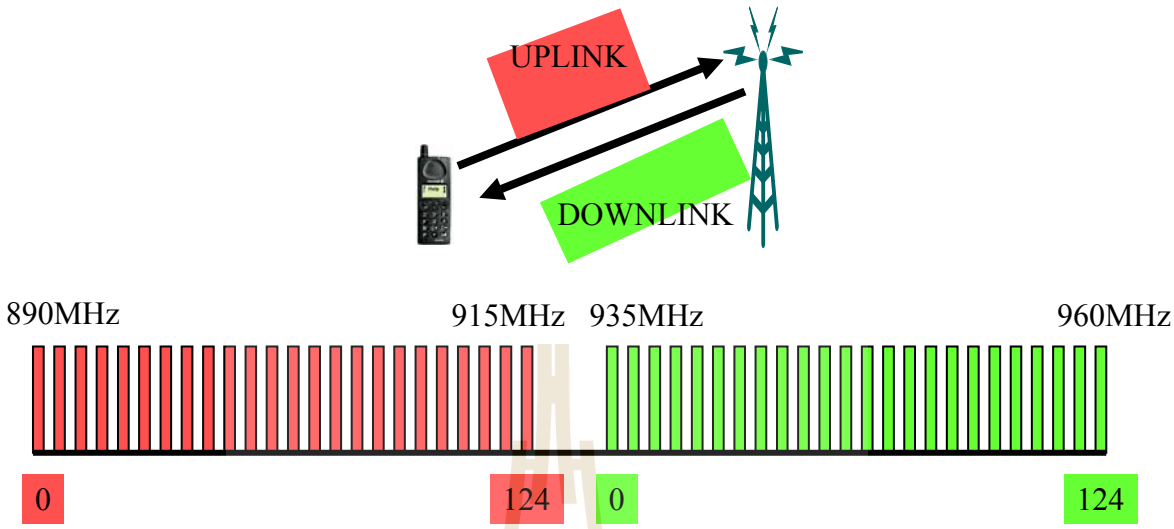
Ideal Cells Fictitious cells

รูปที่ 2.28 แสดงลักษณะของ Cell ในแบบต่างๆ

ลักษณะการแบ่งพื้นที่นั้นในทางการออกแบบแล้วเราจะให้แต่ละเซลล์แทนด้วยรูปหกเหลี่ยมเหมือนรังผึ้ง ซึ่งเป็นรูปแบบที่สามารถครอบคลุมบริเวณได้กว้างกว่าแบบอื่น เช่น สามเหลี่ยม หรือ สี่เหลี่ยม เมื่อกำหนดให้รัศมีมีขนาดเท่ากัน และรูปหกเหลี่ยมก็มีขนาดใกล้เคียงรูปวงกลมซึ่งแสดงถึงลักษณะการแพร่กระจายของคลื่นสัญญาณ (Omnidirectional Pattern) ได้มากที่สุด และที่สำคัญที่สุดคือรูปหกเหลี่ยมจะมีปัญหาของสัญญาณรบกวนจากเซลล์รอบข้างน้อยกว่ารูปแบบอื่น แต่ในความเป็นจริงแล้วลักษณะการแพร่กระจายคลื่นที่ให้บริการจะไม่ได้เป็นทั้งวงกลม และหกเหลี่ยม แต่จะมีรูปร่างไม่แน่นอนอันเนื่องมาจากผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลให้เกิดการสูญเสียหรือ Loss

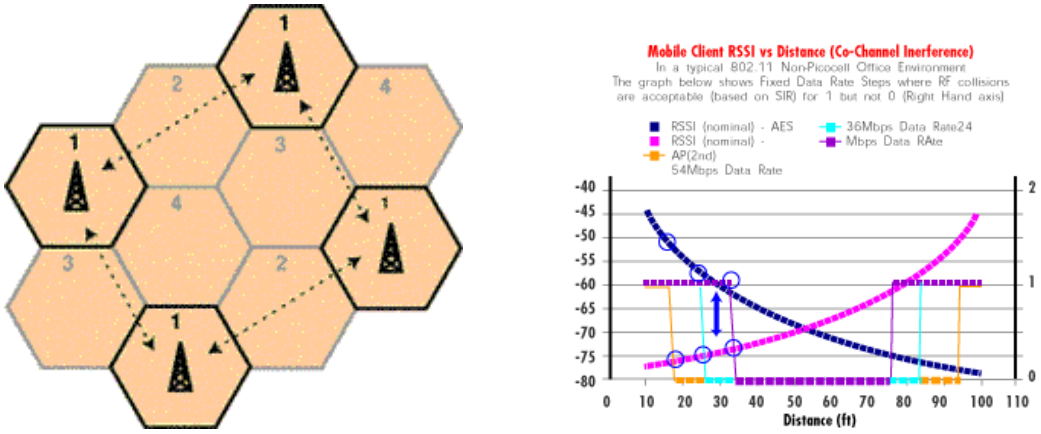
เมื่อเราแบ่งพื้นที่ให้บริการออกเป็นเซลล์ย่อยๆ แล้วจะทำให้เราสามารถรองรับผู้ใช้บริการได้มากขึ้น ตัวอย่างเช่น ในระบบ GSM-900 ได้รับการจัดสรรย่านความถี่มา 1 ย่านความถี่ คือ 890MHz-915MHz สำหรับ Uplink และ 935MHz-960MHz สำหรับ downlink (เนื่องจากเป็น Half Duplex ดังนั้นให้เลือกคิดที่ Uplink หรือ Downlink ก็ได้) เพื่อพิจารณา Bandwidth ของ Uplink เราจะได้ 25MHz และจากระบบเครือข่าย GSM นี้จะให้ช่องสัญญาณแต่ละช่องมีความถี่ห่างกัน 200kHz ดังนั้นเราจะได้ว่าช่องความถี่ที่เราได้ทั้งหมดภายในย่านความถี่ที่ได้รับการจัดสรรมาคือ 124 ช่องสัญญาณ (อีก 1 ช่องสัญญาณถูกสงวนไว้เพื่อวัตถุประสงค์บางอย่าง เช่น Guard Band) ดังนั้นในพื้นที่ให้บริการหนึ่งๆ จะสามารถรองรับการใช้งานได้เพียง 124 คนเท่านั้น แต่ว่าหากเรานำหลักการ Frequency Reuse มาใช้และมีการแบ่งพื้นที่ให้บริการออกเป็นพื้นที่ย่อยๆ

หรือเซลล์ออกเป็นค่าๆ หนึ่ง เช่น 7 เซลล์ต่อพื้นที่ให้บริการหนึ่งๆ เราก็จะสามารถเพื่อความสามารถในการรองรับปริมาณการสื่อสาร (Traffic)หรือผู้โทรได้มากขึ้นอีกเป็น 7 เท่า หรือ 868 คนนั่นเอง

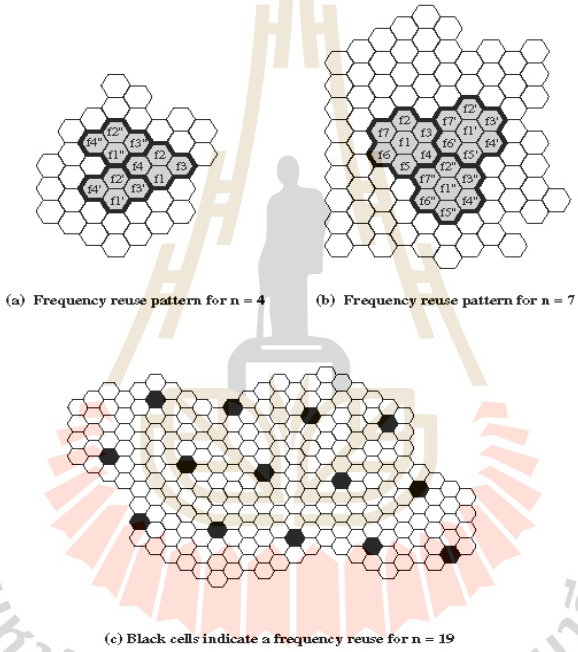


รูปที่ 2.29 แสดงย่านความถี่ของระบบ GSM-900

หลังจากที่พื้นที่ให้บริการถูกแบ่งออกเป็นเซลล์ย่อยๆ แล้ว เรื่องสำคัญที่ต้องพิจารณาต่อมาก็คือเราจะจัดแบ่งการใช้ความถี่อย่างไรจึงจะเหมาะสม เนื่องจากจากตัวอย่างที่ได้กล่าวมาหากเซลล์ทั้ง 7 ได้รับการจัดสรรความถี่ทั้งหมดให้สามารถใช้งานได้ในทุกๆ เซลล์แล้ว ซึ่งแน่นอนว่าจะทำให้เราได้รับประโยชน์สูงสุดและเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นก็คือ เซลล์ที่อยู่ใกล้เคียงกัน เช่น เซลล์ที่ 1 กับ เซลล์ที่ 2 หากมีผู้ใช้โทรศัพท์มือถืออยู่บริเวณเส้นแบ่งระหว่างเซลล์ที่ติดกันของทั้งสอง ผู้ใช้โทรศัพท์มือถือคนนี้ก็จะได้รับสัญญาณจากทั้งสถานีฐานของเซลล์ที่ 1 และ สถานีฐานของเซลล์ที่ 2 ที่ความถี่เดียวกัน ซึ่งสัญญาณจากทั้งสองเซลล์ก็จะรบกวนกันเอง ส่งผลให้เครื่องโทรศัพท์ไม่สามารถแยกแยะสัญญาณทั้งสองออกจากกันได้ นอกจากนี้ยังมีสัญญาณรบกวนในลักษณะเดียวกันจากสถานีฐานอื่นๆ ที่อยู่รอบข้างด้วย ดังนั้นค่าของอัตราส่วนระหว่างกำลังของสัญญาณที่ต้องการกับผลรวมของกำลังสัญญาณจากสถานีฐานอื่นๆ ณ ที่ความถี่เดียวกันที่กลายเป็นสัญญาณรบกวน จึงเป็นค่าที่สำคัญมากในการจัดแบ่งความถี่ ค่านี้มีชื่อเรียกว่า การแทรกสอดโคแชนแนล (Co-Channel Interference: C/I) โดยที่ C คือ ค่ากำลังของสัญญาณที่ต้องการและ I คือ กำลังของสัญญาณจากแหล่งอื่นๆ ที่ใช้ความถี่เดียวกันที่อยู่รอบๆ เซลล์ที่เราพิจารณา ซึ่งเป็นส่วนของสัญญาณที่ไม่ต้องการ



รูปที่ 2.30 แสดงการเกิด Co-Channel Interference



รูปที่ 2.31 แสดงขนาดของ Cluster Size ขนาดต่างๆ

จากรูปที่ 2.31 เป็นการแสดงถึงการจัดแบ่งกลุ่มเซลล์หรือ Cluster ในรูปแบบต่างสำหรับการใช้ความถี่ตามจำนวนของเซลล์ (N) ที่นำมารวมกันเป็นหนึ่งกลุ่มเซลล์ ในรูปจะมีกรณี N = 4, 7 และ 19 ซึ่งในเครือข่ายของระบบ GSM จะกำหนดให้ 1 Cluster = 7 Cells ภายในกลุ่มเซลล์เดียวกันจำนวนความถี่ทั้งหมดที่มีอยู่จะถูกแบ่งออกเป็น N ส่วน สำหรับแต่ละสมาชิกเซลล์ เพราะฉะนั้นถ้าจำนวนเซลล์ใน Cluster ยิ่งมากเท่าใด จำนวนความถี่ในแต่ละสมาชิกเซลล์ก็จะลดลงเท่านั้น ซึ่งหมายความว่าความจุช่องสัญญาณในแต่ละเซลล์ก็มีขนาดที่เล็กลงด้วย แต่ถ้าขนาดของ N เล็กเกินไปก็จะเกิดปัญหาของการแทรกสอดโคแชนแนลดังที่กล่าวไว้ได้ ดังนั้นจึงมี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ความจำเป็นต้องวิเคราะห์หรือคำนึงถึงการหาขนาดของ Cluster Size ที่เล็กที่สุดที่สามารถให้ค่า C/I ที่มากพอ ดังนั้นคำถามที่ตามมาก็คือค่าของ Cluster Size หรือ K ควรจะมีค่าเท่าไรจึงจะสามารถหลีกเลี่ยงการเกิด Co-Channel Interference ได้ การหาค่า Cluster Size นั้นสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\frac{C}{I} = \frac{(\sqrt{3K})^{\alpha}}{6}$$

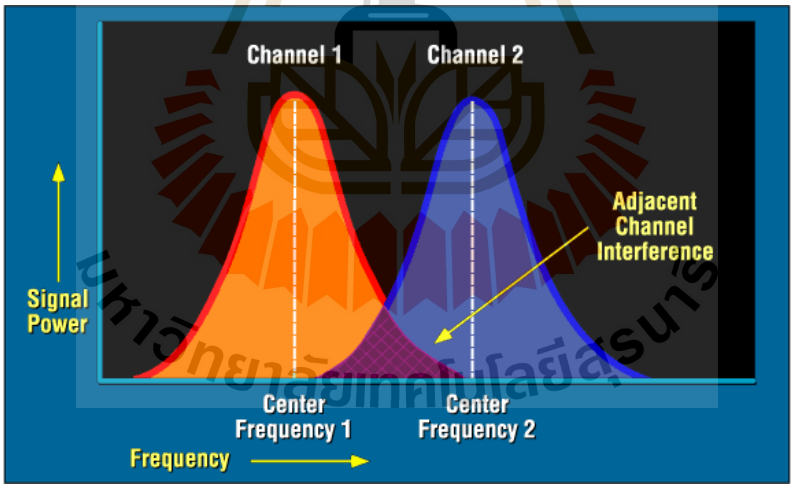
โดยที่

$\frac{C}{I}$ = ค่าที่ระบบต้องการ หน่วยเป็นอัตราส่วน

K = ขนาดของ Cluster Size

α = Path Loss Exponent ซึ่งขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมนั้นๆ

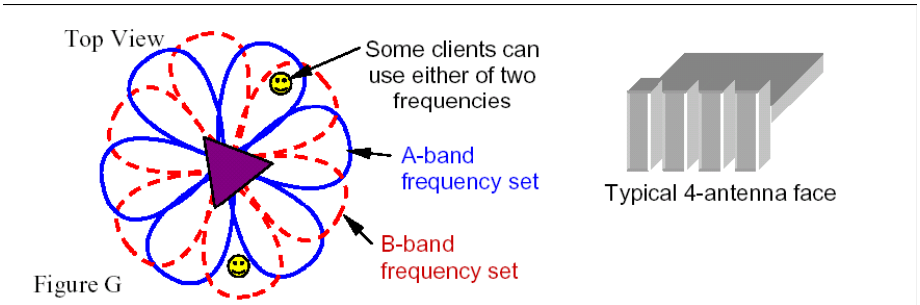
นอกจากนี้ในการกำหนดช่องความถี่ในแต่ละเซลล์ซึ่งจะมี Cell ละ N ช่องความถี่ เราจะต้องคำนึงถึง Adjacent Channel Interference ซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดจาก Cell ที่อยู่ติดกันข้างๆ ด้วย Adjacent Channel Interference เป็นการ Overlap กันกับสัญญาณที่อยู่ติดกันข้างๆ เลย อันเนื่องมาจากความไม่เป็นอุดมคติของ Filter ซึ่งเราสามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการจัดสรรช่องสัญญาณที่อยู่ใกล้กันให้อยู่ในเซลล์ที่ห่างกันออกไป



รูปที่ 2.32 แสดงการเกิด Adjacent Channel Interference

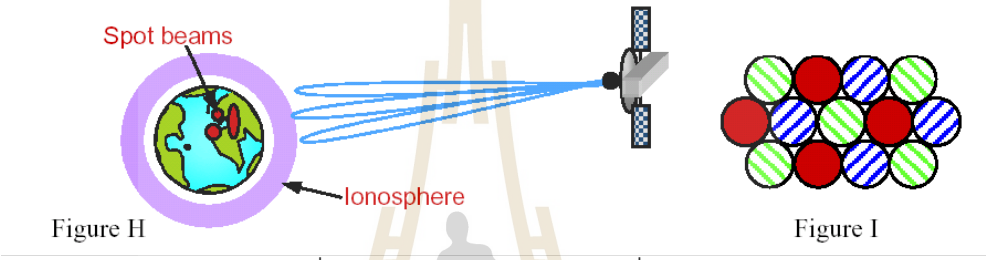
ระบบสื่อสารหลาย ๆ ระบบมักจะพบข้อจำกัดในส่วนของความกว้างของช่องสัญญาณ (bandwidth) ในส่วนของการ สื่อสารแบบไร้สาย ดังนั้นในส่วนของสเปคตรัมแบบเหนืออากาศ (over-the-air) จะต้องมีการแชร์กันและมีขอบเขต ความกว้าง ความถี่ที่เป็นถี่นิยมคือต่ำกว่า 1 กิกะเฮริตซ์ เนื่องจากสามารถกระจายผ่านวัตถุได้ดีกว่า แต่ทั้งนี้ด้วยข้อจำกัด ด้านความกว้าง

ช่องสัญญาณทำให้ไม่สามารรถที่จะสนองตอบความต้องการในปัจจุบันโดยไม่นำช่องสัญญาณกลับมาใช้ งานอีก หลาย ๆ ครั้ง โดยการทำการช่องสัญญาณกลับมาใช้ที่ง่ายที่สุด คือ การแบ่งตามลักษณะทางภูมิศาสตร์ โดยมีการ นำมาใช้ตัวอย่างเช่น เมื่อ คณะกรรมการด้านการสื่อสารแห่งชาติ (Federal Communications Commission, FCC) ทำการแบ่งความถี่เดียวกันให้กับสถานีวิทยุและโทรทัศน์ที่อยู่ห่างกันหลายร้อยไมล์ ตัวส่ง สัญญาณแรงสูง พร้อมเสาอากาศสูงจะถูกวางห่างกันไกลมากกว่าในสถานีที่มีสัญญาณออกแรงเนื่องจากเสาอากาศมีขนาด เล็กยิ่งกว่านั้น การใส่ฟิลเตอร์อย่างไม่ดีเท่าไหร่นักในทั้งตัวรับและตัวส่งกลับมีความสำคัญสำหรับช่องที่ตั้งอยู่ใกล้ ๆ กับ ช่องสัญญาณโทรทัศน์เนื่องจากช่วยให้เป็นช่องว่างที่ไม่โดยรบกวนจากภายนอกช่องสัญญาณ ดังนั้น บอสตันจะมี VHF TV ช่อง 2,4, 5, และ 7, แต่ไม่มี 3, 6, หรือ 8 (เนื่องจากความถี่ของช่อง 4 และ 5 ไม่ติดกัน) เนื่องจาก ผลกระทบจากภายนอกช่องสัญญาณ ไม่รุนแรงนักเมืองที่อยู่ใกล้กันจะสามารถใช้สัญญาณสำรองได้ สถานีโทรศัพท์มือ ถือมักจะมีการใช้เสาอากาศแบบอะเรย์เพื่อให้สามารถนำความถี่กลับมาใช้งานได้อีก โดยส่วนหน้าของสถานีมือถือ มักจะ มีองค์กระกอบสามถึงสี่ขั้วไฟฟ้า และ วงจรไฟฟ้าที่รวมจากหลาย ๆ แกน โดยส่วนหน้าของทั้งสามนั้นจะได้รับการจัดใน ลักษณะสามเหลี่ยมซึ่งอาจจะสามารถสร้างพู (lobe) ของเสาอากาศได้สองหรือมากกว่าสองเซต ตัวอย่างเช่น เซต A และ เซต B ในรูป G เนื่องจากทั้งสองเซตมีส่วนซ้อนกันในทิศทางที่ชัดเจน ทั้งสองวงจะสามารถมี สองช่องสัญญาณย่อยที่แตกต่างกัน (A และ B)ภายในช่องสัญญาณที่กำหนดไว้ ผู้ใช้บางคนสามารถที่จะใช้ได้ทั้งสอง ช่องสัญญาร หรือ บางคนอาจจะใช้เพียงช่องสัญญาณเดียว ทั้งนี้ในส่วนผิวหน้าของเสาอากาศสามารถเชื่อมต่อกับตัวรับ และตัวส่งคนละตัวกันได้ อย่างน้อยสำหรับผู้ใช้ต่างกันสามคน และอาจจะได้ถึงหกคน สามารถที่จะใช้ความถี่อย่างต่อ เนื่องกัน สำหรับสี่เสาสัญญาณต่อหนึ่งหน้า หรือ ได้ถึงสี่แนวแกนสามารถที่จะรวมกันได้ เพื่อที่จะทำให้ในส่วนของสาม หน้าจะสามารถรองรับผู้ใช้ได้ถึง 12 คนต่อความถี่ในสภาวะที่เหมาะสม 7 การออกแบบเสาอากาศแบบเพื่อให้สามารถนำความถี่กลับมาใช้งานได้มากสุดนั้น ต้องการการดูแลรักษาและปรับเปลี่ยน ให้เหมาะสมกับการกระจายของผู้ใช้ภายในแต่ละสภาวะแวดล้อมของแต่ละท้องถิ่น



รูปที่ 2.33 การนำความถี่กลับมาใช้งานในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียว 1

อีกรูปแบบหนึ่งของการนำความถี่กลับมาใช้งานในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียวเมื่อ เสาอากาศในอวกาศสามารถมีได้ หลาย ๆ แกนและชี้ไปที่หลาย ๆ ตำแหน่งภายในจักรวาล พื้นที่ที่มีการเรียกใช้งานบ่อย ๆ จะได้รับการด้วยเสาอากาศ ขนาดเล็กลง เพื่อให้ลดจำนวนคนที่สามารถแชร์ความถี่ที่จัดให้ ความถี่เดียวกันสามารถถูกนำกลับไปใช้ในอีกแกนเสา อากาศที่ไม่ติดกัน ในรูป H จะแสดงให้เห็นแกนจำนวนไม่มากนั้น เช่นในอเมริกาเหนือ และในรูป I แสดงอะเรย์สามอัน ของแกนที่เหมาสมที่จะให้ความคลอบคุมทั้งหมดโดยไม่มีการทับซ้อนกันของแกนที่ติดกัน ดังนั้นดีกรีของการนำกลับมา ใช้อีกอาจจะเป็นหนึ่งในสามของแกนเสาสัญญาณเนื่องจากแกนของชนิดไหนก็ตามจะเพียงพอที่จะถูกแบ่งออกไปเพื่อไม่ ให้รบกวนกับอันอื่น



รูปที่ 2.34 การนำความถี่กลับมาใช้งานในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียว 2

ระบบสื่อสารดาวเทียมภายใต้ความถี่ต่ำกว่า ~1-2 กิกะเฮริต์มักจะถูกรบกวนด้วย การหมุนแบบไอโอโนเฟอริก โพลาไร เซชั่น (Ionosphere polarization rotation) (มุมของการโพลาไรเซชั่นแบบเส้นตรงจะเปลี่ยนแปลงช้า ๆ ตามเวลา) จากการหมุนของฟาราเดย์ ได้แรงบันดาลใจในการใช้ การหมุนโพลาไรเซชั่นเป็นวงกลมเพื่อลดผลกระทบดัง กล่าว การหมุนของฟาราเดย์เกิดขึ้นในพลาสมา เมื่อมีขั้วไฟฟ้าของ H ประกอบกับทิศทางของการกระจาย การลดลงของ สัญญาณซึ่งมีความถี่สูงกว่า ~6 กิกะเฮริต์ สามารถที่จะป้องกันการสื่อสารจากเพียงแค่เวลาหนึ่งไปถึงอีกช่วงแวลา การ กระตุ้นให้เกิดลิงค์ที่มีพลังมากขึ้นด้วยความแตกต่างอัตราของสัญญาณกับคลื่นรบกวนที่สองขึ้น หรือ ความแตกต่างของ การกระจายที่ได้มากจากลิงค์ที่ซ้ำซ้อนในการใช้สถานีภาคพื้นหลายสถานี

2.10 การวางแผนความถี่

จุดประสงค์ของการวางแผนความถี่คือ

- นำเสปกตรัมที่ได้สัมปทานมาใช้ให้ได้ความจุมากที่สุด
- ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนน้อยที่สุด

สาเหตุของการวางแผนความถี่

- Implementation เช่นการตั้ง Site ใหม่, การขยายความจุ และการย้ายที่ตั้งอุปกรณ์
- Optimization เพื่อลดสัญญาณรบกวน, การใช้งานให้สัมพันธ์เซลล์ข้างเคียง
- กรณีพิเศษ เช่น การติดตั้ง Mobile-car, การทดสอบสถานีฐาน

ย่านความถี่ที่ได้รับสัมปทานของ AIS

G900 : BW = 17.2 MHz

Rx = 897.6 – 914.8

Tx = 942.6 – 959.8

Channel spacing = 200 k

No. of channel = 38- 124 (87 channels)

G1800 : BW = 12.5 MHz

Rx = 1747.9 – 1760.5

Tx = 1842.9 – 1855.5

Channel spacing = 200 k

No. of channel = 701- 763 (63 channels)

ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number) เป็นมาตรฐานสำหรับกำหนดคุณลักษณะของสัญญาณ Uplink และ Downlink

ตัวอย่าง : $Fu(n) = 890 + 0.2\,n$

$Fd(n) = Fu(n) + 45$

โดย 0.2 n = channel spacing , 45 = 45 MHz duplex distance

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

GSM 900

RX : 897.60 - 914.80 **Spac :** 200 kHz

TX : 942.60 - 959.80

BW : 17.2 MHz

NO.of Channel : 38 - 124 **GB :** 400 KHz

CH	RX	TX
38	897.60	942.60
39	897.80	942.80
40	898.00	943.00
41	898.20	943.20
42	898.40	943.40
43	898.60	943.60
44	898.80	943.80
45	899.00	944.00
46	899.20	944.20
47	899.40	944.40
48	899.60	944.60
49	899.80	944.80
50	900.00	945.00
51	900.20	945.20
52	900.40	945.40
53	900.60	945.60
54	900.80	945.80
55	901.00	946.00
56	901.20	946.20
57	901.40	946.40
58	901.60	946.60
59	901.80	946.80
60	902.00	947.00
61	902.20	947.20
62	902.40	947.40
63	902.60	947.60
64	902.80	947.80
65	903.00	948.00
66	903.20	948.20
67	903.40	948.40

CH	RX	TX
68	903.60	948.60
69	903.80	948.80
70	904.00	949.00
71	904.20	949.20
72	904.40	949.40
73	904.60	949.60
74	904.80	949.80
75	905.00	950.00
76	905.20	950.20
77	905.40	950.40
78	905.60	950.60
79	905.80	950.80
80	906.00	951.00
81	906.20	951.20
82	906.40	951.40
83	906.60	951.60
84	906.80	951.80
85	907.00	952.00
86	907.20	952.20
87	907.40	952.40
88	907.60	952.60
89	907.80	952.80
90	908.00	953.00
91	908.20	953.20
92	908.40	953.40
93	908.60	953.60
94	908.80	953.80
95	909.00	954.00
96	909.20	954.20
97	909.40	954.40

CH	RX	TX
98	909.60	954.60
99	909.80	954.80
100	910.00	955.00
101	910.20	955.20
102	910.40	955.40
103	910.60	955.60
104	910.80	955.80
105	911.00	956.00
106	911.20	956.20
107	911.40	956.40
108	911.60	956.60
109	911.80	956.80
110	912.00	957.00
111	912.20	957.20
112	912.40	957.40
113	912.60	957.60
114	912.80	957.80
115	913.00	958.00
116	913.20	958.20
117	913.40	958.40
118	913.60	958.60
119	913.80	958.80
120	914.00	959.00
121	914.20	959.20
122	914.40	959.40
123	914.60	959.60
124	914.80	959.80

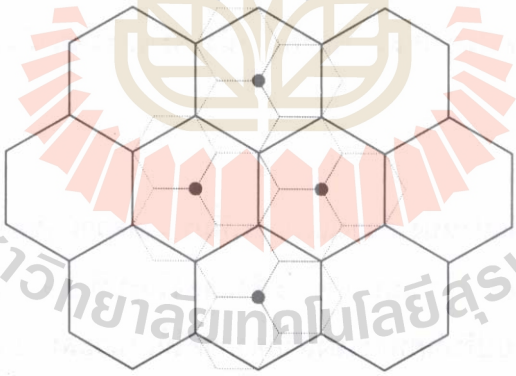
ตาราง 2.2 แสดงค่าความถี่ในด้าน Uplink และ Downlink ที่ Channel ต่างๆ

2.11 การขยายความจุของระบบ

โดยปกติแล้วเมื่อใดที่ปริมาณการใช้โทรศัพท์เพิ่มขึ้นอย่างมากในปริมาณเซลล์หนึ่ง จำนวนช่องสัญญาณที่มีอยู่มิอาจจะรองรับความต้องการที่เพิ่มขึ้นได้อย่างเพียงพอ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มความจุของระบบ ในการเพิ่มความจุของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นสามารถกระทำได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

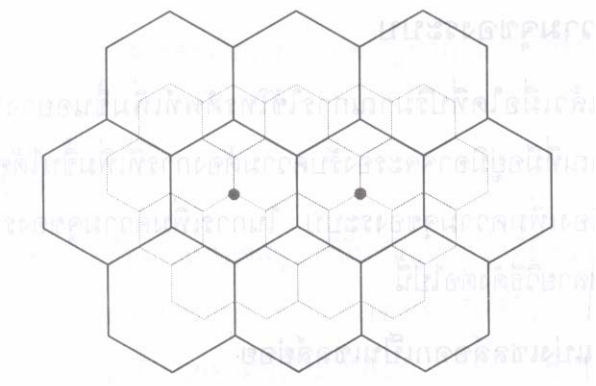
2.11.1 การแบ่งเซลล์ออกเป็นเซลล์ย่อย

การแบ่งเซลล์ออกเป็นเซลล์ย่อย (cell splitting) เป็นวิธีการเพิ่มความจุของระบบโดยอาศัยการแบ่งเซลล์เดิมออกเป็นกลุ่มของเซลล์ที่มีขนาดเล็กลง โดยที่เซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้นอาจจะต้องมีการติดตั้งสถานีฐานและสายอากาศเพิ่มเติม ภายในเซลล์ใหม่แต่ละเซลล์สามารถรองรับจำนวนผู้ใช้ได้เท่ากับเซลล์เดิม ดังนั้นขนาดความจุของระบบในบริเวณนั้นก็จะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนเท่าตามจำนวนของเซลล์ใหม่ ยกตัวอย่าง เช่น ถ้าเซลล์หนึ่งถูกแบ่งออกเป็นเซลล์ย่อยที่มีขนาดของรัศมีเล็กลงครึ่งหนึ่ง ก็หมายความว่าเราจะได้เซลล์ใหม่ จำนวน 4 เซลล์ย่อย ซึ่งมีผลทำให้ระบบสามารถรองรับปริมาณการใช้ได้เพิ่มขึ้นถึง 4 เท่าตัวในบริเวณที่ให้บริการนั้นๆ ดูรูปการแบ่งเซลล์ออกเป็น 1 ต่อ 3 และ 1 ต่อ 4 ได้ในรูปที่ 2.7 และ 2.8



รูป 2.35 ลักษณะการแบ่งเซลล์ออกเป็น 1 ต่อ 3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

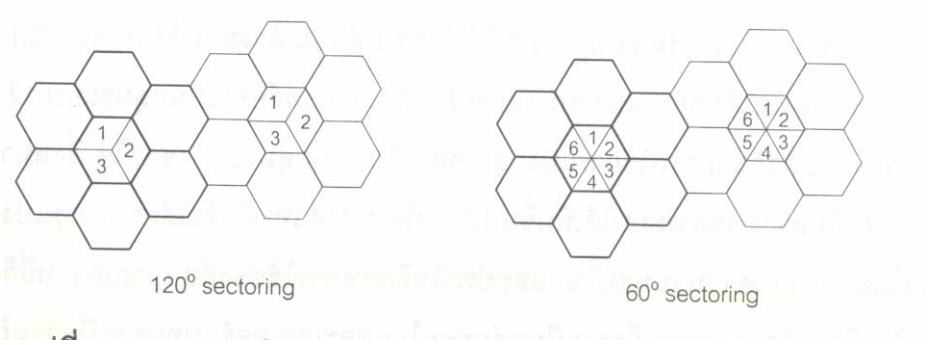


รูป 2.36 ลักษณะการแบ่งเซลล์ออกเป็น 1 ต่อ 4

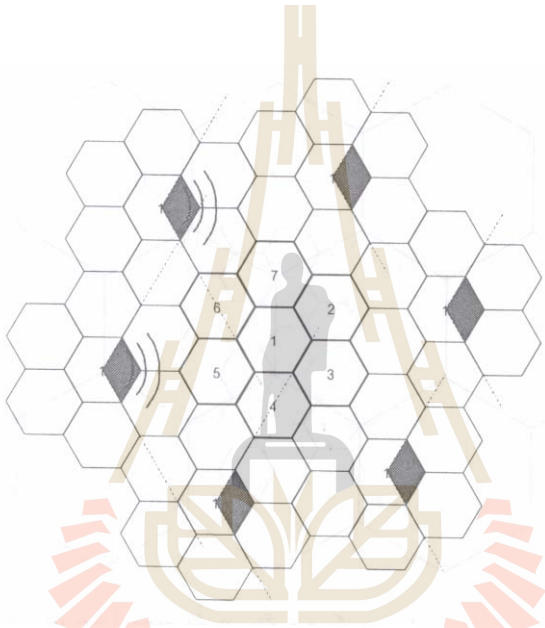
จากการที่รัศมีของเซลล์ใหม่มีขนาดเล็กลง ถ้าหากกำลังส่งของสัญญาณมีขนาดเท่าเดิม สัญญาณที่บริเวณขอบเซลล์จะมีขนาดสูงขึ้น ส่งผลให้สัญญาณแทรกสอดโคแชนแนลของเซลล์รอบข้างมีขนาดสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องลดขนาดกำลังส่งของสัญญาณลง เพื่อที่จะทำให้ค่าของสัญญาณแทรกสอดโคแชนแนลมีขนาดคงเดิม สังเกตว่าการแบ่งเซลล์ให้เล็กลงนอกจากจะช่วยเพิ่มขนาดความจุของระบบแล้วยังเป็นการช่วยประหยัดกำลังงานในการส่งสัญญาณ เนื่องจาก $P_R \propto P_T R^{-n}$ โดย R คือ ระยะระหว่างสถานีฐานกับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยที่ P_R คือ กำลังของสัญญาณที่รับได้ และ P_T คือ กำลังของสัญญาณส่ง ในกรณีการแบ่งเซลล์ให้เล็กลงโดยมีขนาดรัศมีของเซลล์ลดลงครึ่งหนึ่ง จะต้องลดกำลังส่งลง 16 เท่า หรือ 12 dB (สำหรับกรณี n = 4)

2.11.2 การแบ่งเซกเตอร์ของเซลล์

การแบ่งเซกเตอร์ของเซลล์ (Sectoring) เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการเพิ่มความจุของระบบได้ โดยที่ไม่ต้องเปลี่ยนขนาดรัศมีของเซลล์ให้เล็กลง หลักการแบ่งเซกเตอร์นั้นอาศัยหลักการใช้สายอากาศประเภทที่สามารถควบคุมการแพร่สัญญาณให้กระจายออกในทิศทางและขนาดของมุมที่ต้องการ (Directional antenna) แทนการใช้สายอากาศแบบปกติที่การกระจายของคลื่นมีปริมาณเท่า ๆ กันในทุกทิศทาง (omni – directional) ภายในหนึ่งเซลล์จะมีการใช้สายอากาศ directional จำนวนหลายชุด โดยที่สายอากาศแต่ละชุดจะครอบคลุมบริเวณภายในหนึ่งเซลล์เท่า ๆ กัน ดูตัวอย่างการแบ่งพื้นที่ในหนึ่งเซลล์ออกเป็น 3 หรือ 6 ส่วนเท่าๆ กัน ในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.37 การแบ่งบริเวณของเซลล์ออกเป็น 3 ส่วน และ 6 ส่วน เท่าๆ กัน



รูปที่ 2.38 การลดลงของจำนวนของแหล่งกำเนิดสัญญาณแทรกสอดโคแชนแนล จาก 6 เหลือเพียง 2 เนื่องจากการแบ่งเซกเตอร์แบบ 120° ในกรณีที่ในหนึ่งกลุ่มเซลล์ประกอบด้วยเซลล์ 7 เซลล์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สังเกตว่าลักษณะการแบ่งเซลล์ออกเป็นส่วนๆ มีผลทำให้สัญญาณแทรกสอดโคแชนแนลจากเซลล์ที่ใช้ความถี่เดียวกันรอบๆ มีปริมาณลดลง เนื่องจากการที่มุมของการแพร่กระจายคลื่นแคบลง เช่น กรณีจำนวนเซลล์ในหนึ่งกลุ่มเซลล์เป็น 7 จากเดิมที่จำนวนของแหล่งกำเนิดสัญญาณแทรกสอดโคแชนแนล มีจำนวนทั้งสิ้นเท่ากับ 6 เมื่อทำการแบ่งเซลล์ออกเป็นเซกเตอร์แบบ 120° ดังที่แสดงในรูปที่ 2.10 จะพบว่าจำนวนแหล่งของสัญญาณรบกวนที่มีผลกระทบจริงก็จะเหลือเพียงแค่ 2 แหล่ง เท่านั้น ดูรูปที่ 2.11 ประกอบ จากการที่แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนมีจำนวนลดลง ส่งผลให้ค่า C/I ดีขึ้นจากเดิม 17 dB เป็น 24.2 dB เมื่อค่าของ C/I ดีขึ้นเราก็สามารถใช้การแบ่งกลุ่มความถี่ที่น้อยลงได้ เช่น ถ้าระบบต้องการค่า C/I อย่างน้อย 18 dB จากเดิมซึ่งไม่ได้

ทำการแบ่งเซกเตอร์จะต้องจัดแบ่งเซลล์ออกเป็นกลุ่มระบบ 12 เซลล์ เมื่อทำ sectoring แล้วก็สามารถใช้การแบ่งกลุ่มเซลล์เป็นแบบกลุ่มละ 7 เซลล์ได้ ซึ่งหมายความว่าเราสามารถเพิ่มความจุของระบบได้เพิ่มขึ้น 12/7 หรือ 1.714 เท่าตัว ข้อเสียของการแบ่งเซกเตอร์ก็คือต้องใช้สายอากาศจำนวนมากขึ้น และประสิทธิภาพการใช้ช่องสัญญาณความถี่ก็ลดลงด้วย เพราะต้องมีการจัดแบ่งความถี่ออกเป็นกลุ่มย่อยในแต่ละเซกเตอร์ นอกจากนี้ความถี่ในการทำแฮนโอเวอร์ก็เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากแต่ละเซกเตอร์ครอบคลุมบริเวณที่เล็กลง แต่กระนั้นปัจจุบันสถานีฐานรุ่นใหม่สามารถทำแฮนโอเวอร์ระหว่างเซกเตอร์ภายในเซลล์เดียวกันได้โดยไม่ต้องอาศัยการควบคุมจากหน่วยสวิตชิงกลาง (MSC) ดังนั้นปัญหานี้จึงไม่ค่อยมีความสำคัญนัก

2.12.3 **หลักการของ** Microcell Zone

จากข้อเสียของการแบ่งเซกเตอร์ที่ทำให้การแฮนด์โอเวอร์มีจำนวนบ่อยครั้งขึ้น ซึ่งส่งผลให้ระบบ โดยเฉพาะในส่วนของ MSC ต้องมีภาระงานมากขึ้น จึงได้มีผู้เสนอวิธีการใหม่ในการแก้ปัญหานี้ โดยเทคนิคที่พัฒนาขึ้นนี้มีไว้สำหรับระบบที่มีขนาดของกลุ่มเซลล์ (cluster size) เท่ากับ 7 เทคนิคนี้จะอาศัยอุปกรณ์รับส่ง Tx/Rx ทั้งหมด 3 ชุด โดยที่ทั้ง 3 ชุด จะเชื่อมต่ออยู่กับสถานีฐานเดียวกัน ซึ่งอาจจะผ่านสายโคแอกซ์ สายใยแก้ว หรือระบบไมโครเวฟ อุปกรณ์รับส่งแต่ละตัวจะวางอยู่ที่บริเวณขอบของเซลล์ตามตำแหน่งที่แสดงในรูป 2.12 สังเกตว่าอุปกรณ์รับส่งแต่ละตัวมีไว้สำหรับครอบคลุมบริเวณหรือโซน (zone) ที่ต่างกัน ในรูปนั้นจะที่ทั้งหมด 3 โซน

ในขณะใดขณะหนึ่งจะมีอุปกรณ์รับส่งเพียงชุดเดียวเท่านั้นที่ทำงาน โดยชุดที่จะทำงานก็จะเป็นชุดที่ครอบคลุมพื้นที่ที่เครื่องโทรศัพท์กำลังมีการใช้งานอยู่ เพราะจะให้คุณภาพของสัญญาณที่ดีที่สุด ในการเลือกชุดอุปกรณ์รับส่งนั้นสามารถควบคุมได้โดยตรงจากที่สถานีฐาน หากเครื่องโทรศัพท์มีการเคลื่อนที่เข้าไปอยู่ในบริเวณของโซนอื่น สถานีฐานก็จะสามารถโอนย้ายการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับสถานีฐานไปที่อุปกรณีรับส่งชุดใหม่ที่เหมาะสมกว่าต่อไปได้ทันที ดังนั้นการแฮนด์โอเวอร์ในลักษณะนี้จึงไม่มีความจำเป็นต้องอาศัย MSC เลย ทำให้ไม่มีการเพิ่มภาระให้กับ MSC

2.12 **ขอบเขตในการติดต่อระหว่างสถานีฐานกับโทรศัพท์เคลื่อนที่**

ขอบเขต หรือ พื้นที่ครอบคลุมของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในการติดตอกับสถานีฐานขึ้นอยากับ 2 ปัจจัย คือ

1.กำลังส่งของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่

โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีกำลังต่างกัน จะส่งผลให้ขอบเขตของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในการติดต่อสถานีฐานด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่แบบมือถือมีกำลังส่งน้อยกว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบติดตั้งในรถ จะทำให้ขอบเขตในการติดต่อกับสถานีฐานมีน้อยกว่า กำลังส่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่จะแปรผันตรงกับระยะห่างของสถานีฐาน คือ สถานีฐานดูผลงานดูผลงานดูผลของระดับสัญญาณที่ส่งมาจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งถ้าไม่อยู่ในระดับที่กำหนด สถานีฐานก็จะติดต่อไปยังส่วนควบคุมของโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อที่จะให้ลดหรือเพิ่มกำลังส่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่

ตัวอย่างเช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่บนตึกสูง จะมีขอบเขตการติดต่อกับสถานีฐานได้ไกลกว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ต่ำกว่า นอกจากนี้ตำแหน่งของโทรศัพท์มือถือยังมีผลต่อคุณภาพในการส่งสัญญาณอีกด้วย เช่น เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่บนตึกสูง การส่งสัญญาณจะมีโอกาสเกิดการรบกวน เนื่องจาก Interferrence มากกว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ต่ำกว่า

2.การลดระดับความสูงของเสาอากาศส่งสัญญาณ

การลดระดับความสูงของเสาอากาศส่งสัญญาณไม่ได้ช่วยลดการแทรกสอดของสัญญาณคลื่นแทรกได้เสมอไป แต่ในบางสภาพ เช่น ทุ่งโล่งแจ้ง หรือ ในหุบเขา การลดเสาอากาศส่งสัญญาณอาจจะมีผลทำให้ลดการเกิดการรบกวนแบบช่องสัญญาณร่วมและช่องสัญญาณใกล้เคียง อย่างไรก็ตามจะมีอยู่ 3 กรณี ที่การลดเสาอากาศอาจจะมีหรือไม่มีผลในการช่วยลดการรบกวนเหล่านี้ได้

- *บนเนินเขาหรือจุดที่อยู่สูง* ถ้าความสูงของเนินเขามีความสูงกว่าความสูงของสายอากาศของสถานีเครือข่ายมากกว่าการปรับลดความสูงของสายอากาศจะไม่มีผลต่อการลดทอนสัญญาณรบกวนแบบช่องสัญญาณร่วมมากนัก
- *ในหุบเขาลึก* ถ้าสายอากาศของสถานีฐานเครือข่ายตั้งอยู่บนหุบเขาลึก การปรับลดระดับความสูงของสายอากาศจะมีผลต่อการลดระดับการรบกวนแบบช่องสัญญาณร่วมได้เป็นอย่างมาก ในทางกลับกัน ถ้าสถานีเครือข่ายรอบข้างที่ตั้งอยู่บนพื้นราบเรียบ การปรับลดระดับความสูงของสายอากาศจะมีผลต่อการรบกวนแบบช่องสัญญาณร่วมน้อยกว่าแบบแรก
- *ในเขตพื้นที่ป่า* ในเขตพื้นที่ที่เป็นป่าบริเวณใกล้เคียงเสาอากาศส่งสัญญาณควรปารศจากยอดไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่ใกล้ ๆ เสาส่งสัญญาณ ในกรณีนี้การลดความสูงของเสาส่งสัญญาณไม่เป็นวิธีที่เหมาะสม ที่จะลดการ

แทรกสอดของคลื่นแทรก เพราะจะทำให้สัญญาณอ่อนกำลังมากเกินไป และจะเกิดขึ้นกับบริเวณใกล้เคียงเสาส่งสัญญาณ ถ้าจะไว้เสาอากาศส่งสัญญาณต่ำกว่ายอดไม้

2.13 การทำงานของชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่

ลักษณะรูปร่างของเน็ทเวิร์คในระบบการสื่อสารแบบเซลลูล่าร์นั้น จะแบ่งการครอบครองพื้นที่ออกเป็นสัดส่วน ซึ่งมีขนาดเล็กๆโดยเราเรียกพื้นที่ขนาดเล็กนี้ว่า เซลล์ (Cell) ซึ่งในแต่ละเซลล์จะมีสถานีฐาน (BS : Base Station) ที่มีสัญญาณการสื่อสารครอบคลุมในแต่ละพื้นที่ของเซลล์ แต่ละสถานีฐานจะถูกเชื่อมต่อไปยังศูนย์กลางการให้บริการการสวิตชิ่งเคลื่อนที่ (MSC : Mobile Services Switching Centre) ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้เส้นใยแก้วนำแสงหรืออาจใช้ระบบไมโครเวฟเชื่อมต่อสัญญาณ ส่วนระบบชุมสายโทรศัพท์ดิจิตอลจะใช้ซอฟต์แวร์เป็นตัวจัดการในการให้บริการทั้งหมดแก่ผู้ใช้บริการ

เน็ทเวิร์คโทรศัพท์เคลื่อนที่จะประกอบด้วย MSC ซึ่งในแต่ละ MSC จะต่อเชื่อมกับสถานีฐาน (BS) ที่เป็นลูกข่ายของตัวเองอยู่จำนวนมากนอกจากนี้ MSC จะต่ออยู่ระหว่างเน็ทเวิร์คสวิตชิ่งกับโครงข่ายโทรศัพท์สาธารณะ (Public Switched Telephone Network (PSTN) เพื่อเป็นเส้นทางออก (Outgoing) และการเรียกเข้า (Incoming calls) จากโทรศัพท์ระบบพื้นฐานทั่วไป ได้แก่ โทรศัพท์ตามบ้าน สำนักงาน และอื่น ๆ

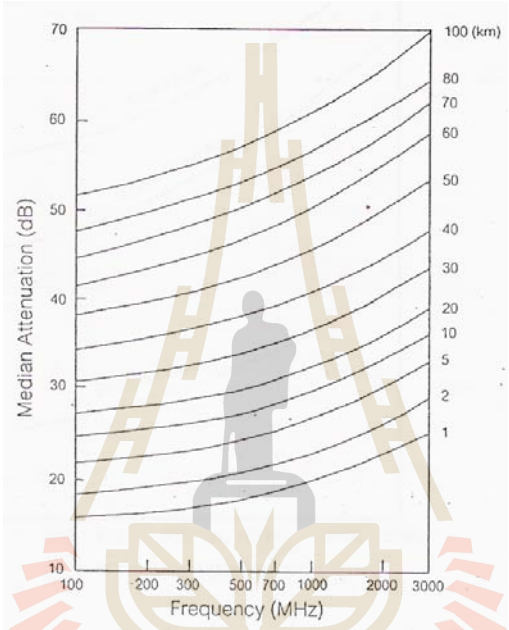
การกำหนดความถี่ของช่องสัญญาณในแต่ละเซลล์(ตามพื้นที่การครอบครองของแต่ละเซลล์นั้น) ความถี่ของช่องสัญญาณขึ้นอยู่กับการจัดสรรจากหน่วยงานหรือองค์กรที่รับผิดชอบและช่วงห่างของช่องสัญญาณที่กำหนดเป็นเซลล์ คือ 1 ช่องสัญญาณความถี่ต่อ 1 เซลล์ ซึ่งหมายความว่าแต่ละเซลล์จะใช้ความถี่ที่แตกต่างกันและภายในกลุ่มเซลล์นั้นๆสามารถใช้ความถี่เดิมกับเซลล์ที่อยู่ห่างออกไปจากเซลล์เดิมได้ (Frequency re-use) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการวางแผนงานและมาตรฐานของระบบเน็ทเวิร์คที่กำหนดไว้

2.14 แบบจำลองการสูญเสียเชิงวิถีในทางปฏิบัติ

1.แบบจำลองการสูญเสียกำลังของ Okumura

เนื่องจากการสูญเสียเชิงวิถีในระบบจริงนั้นมีความซับซ้อนและยุ่งยากมากเพราะมีองค์ประกอบต่าง ๆ มากมายที่ต้องนำมาพิจารณา โดยเฉพาะสภาพแวดล้อมที่สัญญาณส่งผ่านซึ่งมีความแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณการใช้งาน และยังสามารถเปลี่ยนแปลงไปหากมีการเคลื่อนไหวของผู้ใช้บริการเองหรือวัตถุรอบข้าง การคำนาณค่าการสูญเสียเชิงวิถีให้ถูกต้องอยู่

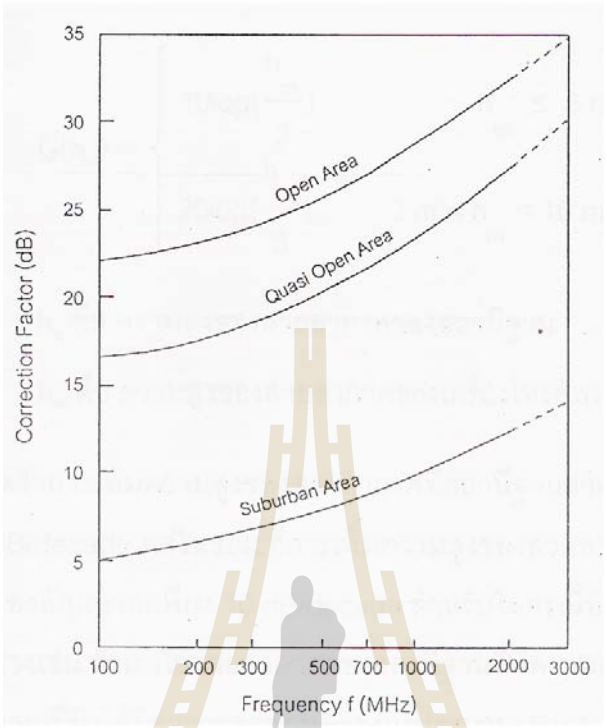
ตลอดเวลาจึงเป็นเรื่องที่กระทำได้ยากดังนั้นจึงอาศัยค่าประมาณที่ได้จากการวัดในสภาพการใช้งานจริง เพื่อนำมาใช้ในการจำลองการลดทอนของสัญญาณของระบบ นั้นก็คือ แบบจำลอง Okumura ซึ่งได้จากการวัดหาค่าการลดทอนของสัญญาณในบริเวณเมืองโตเกียวแล้วนำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อวาดกราฟสำหรับใช้ในการจำลองการส่งผ่านสัญญาณในบริเวณเมืองใหญ่ ค่าเหล่านี้ได้กำหนดเป็นค่ามาตรฐานกลาง และถ้าหากต้องการค่าการลดทอนของสัญญาณในบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมต่างจากนี้ไป เช่น ในบริเวณชนบท หรือมีการเปลี่ยนค่าความสูงของสายอากาศที่ใช้ก็จะอาศัยแฟกเตอร์ ที่เรียกว่า แฟกเตอร์แก้ไข (correction factor) ในการปรับค่าเหล่านี้ให้ถูกต้องยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.39 ค่าการลดทอนของสัญญาณในบริเวณเมือง (urban) โดยเทียบอยู่กับค่าการสูญเสียของสัญญาณในบริเวณอากาศว่างตามแบบจำลองของ Okumura ความสูงของสายอากาศในสถานีฐานเท่ากับ 200 เมตร และความสูงของสายอากาศโทรศัพท์เท่ากับ 3 เมตร

รูปที่ 2.40 แสดงค่าการลดทอนของสัญญาณที่ค่าความถี่ต่างๆ ระหว่าง 100-3000 MHz ที่ได้จากผลการวัดของ Okumura ในเขตบริเวณเมือง โดยความสูงของสายอากาศของสถานีฐานที่ใช้มีค่าเท่ากับ 200 เมตร และความสูงของสายอากาศโทรศัพท์เท่ากับ 3 เมตร ระยะห่างระหว่างสายอากาศ 2 ชุดนั้นกำหนดให้เป็นค่าจาก 1 km ถึง 100 km สังเกตว่าค่าการลดทอนของสัญญาณมีค่าเพิ่มขึ้นตามความถี่ที่ใช้ นั่นคือยิ่งความถี่ที่ใช้สูงขึ้นก็จะมีการลดทอนของสัญญาณมากขึ้นด้วย จากกราฟในรูปถ้าเราใช้ความถี่ 900 MHz ในการส่งสัญญาณผ่านบริเวณในเมืองใน

ระยะ 1 km จะมีการลดทอนของสัญญาณสูงเพิ่มขึ้น 20 dB จากค่าการสูญเสียเชิงวิถีในอากาศว่าง (free space path loss)



รูปที่ 2.40 ค่าแฟกเตอร์แก้ไข (correction factor) สำหรับการส่งสัญญาณในบริเวณพื้นที่มีสภาพต่างไปจากสภาพในเมือง

สำหรับกรณีที่เราต้องการหาค่าการลดทอนของสัญญาณในบริเวณชานเมืองซึ่งปกติแล้วจะมีค่าการลดทอนของสัญญาณที่น้อยกว่าในเมือง เราก็จะใช้กราฟอีกรูปหนึ่งซึ่งทำหน้าที่เป็นแฟกเตอร์แก้ไข (correction factor) เพื่อนำมาลบกับค่าที่ได้จากกราฟในรูปที่ 2.40 จากกราฟจะเห็นว่าที่ค่าความถี่สูงๆ ค่าแฟกเตอร์แก้ไข (correction factor) มีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย ซึ่งหมายความว่าการส่งสัญญาณในบริเวณชานเมืองด้วยความถี่สูงๆ จะได้สัญญาณที่มีคุณภาพดีขึ้นมากกว่าการส่งสัญญาณในเมือง

ถ้าหากสายอากาศของสถานีฐานหรือเครื่องโทรศัพท์มีความสูงที่เปลี่ยนไป ก็จะต้องนำแฟกเตอร์แก้ไข (correction factor) อีกชุดหนึ่ง คือ $G(h_b)$ และ $G(h_m)$ ไปหักออกจากค่าที่อ่านได้ข้างต้นโดยที่

$$G(h_b) = 20\log(\frac{h_m}{200}); 10m < h_b < 1000m$$

$$G(h_m) = \begin{cases} 10\log(\frac{h_m}{3}); h_m \le 3m \\ 20\log(\frac{h_m}{3}/3); 3m < h_m < 10m \end{cases}$$

โดย hb คือ ความสูงของสายอากาศของสถานีฐาน

Hm คือ ความสูงของสายอากาศของเครื่องโทรศัพท์

สังเกตว่าการเพิ่มความสูงของสายอากาศที่สถานีฐานช่วยทำให้คุณภาพของสัญญาณดีขึ้นได้ถึง 20 dB/decade แต่ในขณะที่การเพิ่มความสูงของสายอากาศที่อุปกรณ์โทรศัพท์จะช่วยเพิ่มคุณภาพของสัญญาณเพียง 10 dB/decade สำหรับกรณีที่สายอากาศมีความสูงน้อยกว่า 3 m ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเราใช้สายอากาศของสถานีฐานที่มีความสูงเป็น 2 เท่า ก็คือ 400 m จะส่งผลให้สัญญาณที่รับได้มีค่าการลดทอนลดลงถึงประมาณ 6 dB

2.15 Path Loss Model

แบบจำลองของ Hata

แบบจำลองของ Okumura มีประโยชน์และนำมาใช้ในการประมาณค่าการลดทอนของสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากแต่ว่าการนำมาใช้ค่อนข้างจะยุ่งยาก Hata จึงได้ทำการสมการที่สามารถนำมาจำลองและใช้แทนกราฟของ Okumura ซึ่ง สมการของ Hata ได้แบ่งแบบจำลองออกเป็น 3 แบบตามสภาพแวดล้อม คือ

1. **ในเมือง**

$$L_p(dB) = 69.55 + 26.16Log(f_c) + (44.9 - 6.55Log(h_b))Log(D) - 13.82Log(h_b) - a(h_m)$$

โดย f_c คือ ค่าความถี่ของคลื่นพาห์ (MHz)

D คือ ระยะระหว่างสถานีฐานและเครื่องโทรศัพท์ (km)

h_b คือ ความสูงของสายอากาศของสถานีฐาน (m)

h_m คือ ความสูงของสายอากาศของเครื่องโทรศัพท์ (m)

และ $a(h_m)$ คือ แฟกเตอร์แก้ไข (correction factor) สำหรับขนาดความสูงของสายอากาศของเครื่องโทรศัพท์

ค่า $a(h_m)$ หาได้จาก

- กรณีที่ Large city โดย fc $\leq$ 200 MHz

$$a(h_m) = 8.29\left(Log(1.54h_m)\right)^2 - 1.1$$

- กรณีที่ Large city โดย fc $\geq$ 400 MHz

$$a(h_m) = 3.2\left(Log(11.75h_m)\right)^2 - 4.97$$

- กรณีที่ Medium city , Small city

$$a(h_m) = \left(1.1Log(f_c) - 0.7\right)h_m - \left(1.56Log(f_c) - 0.8\right)$$

2. บริเวณชานเมืองรอบบนอก

$$L_{ps}(dB) = L_p - 2\left(Log(\frac{f_c}{128})\right)^2 - 5.4$$

3. เขตชนบท

$$L_{po}(dB) = L_p - 4.78\left(Log(f_c)\right)^2 + 18.33Log(f_c) - 40.94$$

ชุดสมการของ Hata มีประโยชน์อย่างมากในทางปฏิบัติ เพราะสามารถให้ค่าการลดทอนของสัญญาณที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของ Okumura ที่ระยะทางที่มากกว่า 1 km จึงเหมาะสมกับการนำไปใช้งานในระบบที่ใช้เซลล์ขนาดใหญ่

ตัวอย่างการคิดวิเคราะห์

อุปกรณ์ส่งสัญญาณเครื่องหนึ่งมีกำลังส่งเท่ากับ 10 w จงคำนวณหากำลังของสัญญาณที่รับได้ที่ตำแหน่ง 1 km, 2 km , 5 km , 10 km และ 20 km ในการคำนวณนั้นให้ใช้แบบจำลองของ Hata ที่ใช้งานในบริเวณเมืองใหญ่

วิธีทำ

1) ระยะทาง 1 กิโลเมตร

P_T = 10 log (10,000 mW) = 40 dBm

P_R (dBm) = P_T(dBm)-(69.55+26.16log(f)+(44.9-6.55log(h_T))log(d)-13.82log(h_T)
-(3.2[log(11.75h_R)]^2-4.97))

= 40-(69.55+26.16log(1800)+(44.9-6.55log(40))log(1)-13.82log(40)
-(3.2[log(11.75x3)]^2 – 4.97))

P_R (dBm) = -89.88 dBm #

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) ระยะทาง 2 กิโลเมตร

P_T = 10 log (10,000 mW) = 40 dBm

P_R (dBm) = P_T(dBm)-(69.55+26.16log(f)+(44.9-6.55log(h_T))log(d)-13.82log(h_T)
-(3.2[log(11.75h_R)]^2-4.97)

= 40-(69.55+26.16log(1800)+(44.9-6.55log(40))log(2)-13.82log(40)
-(3.2[log(11.75x3)]^2 – 4.97))

P_R (dBm) = -102.4 dBm #

3) ระยะทาง 5 กิโลเมตร

P_T = 10 log (10,000 mW) = 40 dBm

P_R (dBm) = P_T(dBm)-(69.55+26.16log(f)+(44.9-6.55log(h_T))log(d)-13.82log(h_T)
-(3.2[log(11.75h_R)]^2-4.97))

= 40-(69.55+26.16log(1800)+(44.9-6.55log(40))log(5)-13.82log(40)
-(3.2[log(11.75x3)]^2 – 4.97))

P_R (dBm) = -113.93 dBm #

4) ระยะทาง 10 กิโลเมตร

P_T = 10 log (10,000 mW) = 40 dBm

P_R (dBm) = P_T(dBm)-(69.55+26.16log(f)+(44.9-6.55log(h_T))log(d)-13.82log(h_T)
-(3.2[log(11.75h_R)]^2-4.97))

= 40-(69.55+26.16log(1800)+(44.9-6.55log(40))log(10)-13.82log(40)
-(3.2[log(11.75x3)]^2 – 4.97))

P_R (dBm) = -124.28 dBm #

5) ระยะทาง 20 กิโลเมตร

P_T = 10 log (10,000 mW) = 40 dBm

P_R (dBm) = P_T(dBm)-(69.55+26.16log(f)+(44.9-6.55log(h_T))log(d)-13.82log(h_T)
-(3.2[log(11.75h_R)]^2-4.97))

= 40-(69.55+26.16log(1800)+(44.9-6.55log(40))log(20)-13.82log(40)
-(3.2[log(11.75x3)]^2 – 4.97))

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

P_R (dBm) = -134.6 dBm #

2.16 Loss budget

Loss budget คือ ค่า loss สูงสุดของระบบที่ภาครับยังรับสัญญาณได้ โดยที่ความน่าจะเป็นที่รับสัญญาณได้ที่ขอบ cell คือ .....% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ F_σ พิจารณาสมการของ Loss budget ได้ดังนี้

Loss budget = Pt – Pmin - F_σ - Σ Atten + ΣGain

เมื่อ

Pt = กำลังของเครื่องส่ง

Pmin = Receiver Sensitivity

F_σ = Shadow Margin

Σ Atten = Body Atten + Venicle Pentration → (การลดทอนทั้งหมดที่เกิดในระบบ)

ΣGain = Antenna Gain + Antenna Diversity Gain

Loss budget = Pt – Pmin + Gt + Gr + Body Atten + Venicle Pentration + Shadow margin

และ

Pr สุทธิ = Pt – Total path loss - Σ Atten + ΣGain

โดย

Total path loss = loss ที่เกิดจากการเดินทางจาก Base station ถึง mobile (loss เฉลี่ย + F_σ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
โครงสร้างและการใช้งานโปรแกรม

3.1 ภาพรวมของโปรแกรม

1. โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่ผู้ใช้งานสามารถ กำหนดจุดติดตั้ง Base ใหม่ ได้เองตามความต้องการของผู้ใช้งาน เหมาะสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการทราบว่าตำแหน่งใดที่เหมาะสำหรับการติดตั้ง Base ใหม่ เพื่อที่จะทำการออกแบบการจัดสรรความถี่ที่เหมาะสมในการติดตั้ง Base ใหม่ และนอกจากตำแหน่งของการวางที่เหมาะสมแล้ว ผู้ใช้งานโปรแกรมยังสามารถกำหนดจำนวน Base ใหม่ที่จะติดตั้งได้อีกด้วย เนื่องจากตัวโปรแกรมนี้สามารถคำนวณค่าความถี่ที่ต้องการในแต่ละ Base และแสดงออกมาเป็นค่าความถี่ที่แนะนำมาใช้งาน

2. โปรแกรมนี้มีความสามารถในการแสดง อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณแทรกสอด (Signal-to-Interference Ratio, SIR) ในแต่ละช่องความถี่ เป็นผลทำให้ลดเวลาในการออกแบบการจัดสรรความถี่ที่เหมาะสมได้

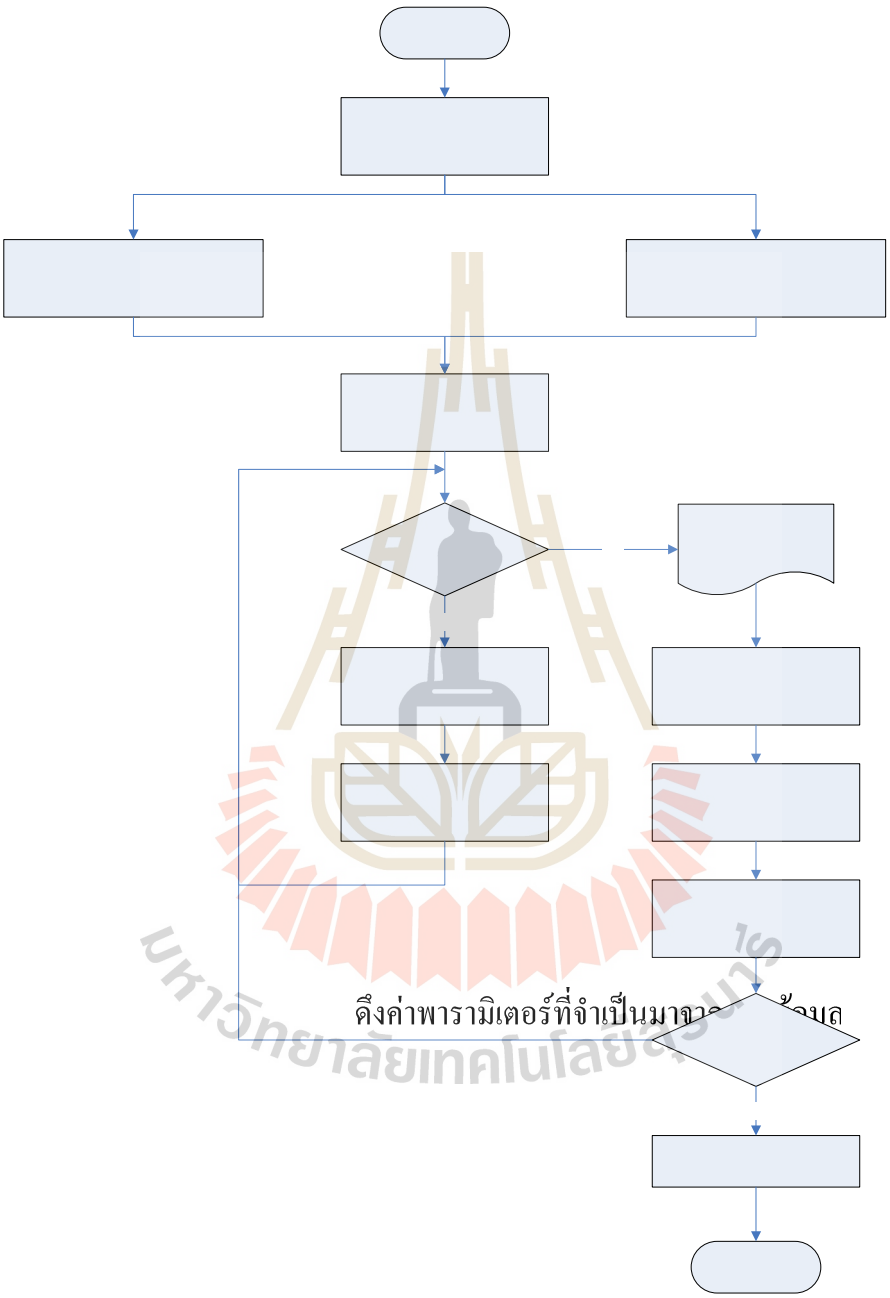
3. ตัวโปรแกรมมีไม้บรรทัดสำหรับทำการวัดขนาดของแผนผังที่นำมาใช้ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถกำหนดอัตราส่วนของรูปภาพแผนผังต่อขนาดจริงได้อย่างถูกต้อง

4. ตัวโปรแกรมนี้สามารถ Load แผนที่จริงลงในตัวโปรแกรมเพื่อทำการคำนวณได้ และโปรแกรมนี้มีฟังก์ชั่นในการใช้งานเหมือนกับโปรแกรมทั่ว ๆ ไปไม่ว่าจะเป็นการ Load, Save, Open, Undo, Redo, Copy, Paste, Print รวมทั้ง Help แสดงความช่วยเหลือในการใช้งานด้วยเป็นต้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2 โครงสร้างของโปรแกรม

หัวข้อนี้เป็นการอธิบายถึงโครงสร้างการทำงานโดยรวมของโปรแกรมจัดสรรช่องสัญญาณความถี่สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยใช้ Flowchart เป็นตัวอธิบายขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรม ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของโปรแกรม

จาก Flowchart รูปที่ 3.1 เราสามารถอธิบายหลักการทำงานของระบบได้ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงานทางผู้ใช้จะต้องเปิดไฟล์แผนที่ก่อน หากไม่ทำเช่นนั้นโปรแกรมจะไม่สามารถดำเนินการไปยังส่วนอื่นได้

ขั้นที่ 2 ทางผู้ใช้ต้องทำการเปรียบเทียบระยะทางในไฟล์แผนที่กับระยะทางจริงก่อน หากไม่ทำเช่นนั้นโปรแกรมจะไม่สามารถดำเนินการไปยังส่วนอื่นได้

ขั้นที่ 3 ผู้ใช้งานจำเป็นต้องกรอกข้อมูลที่จำเป็นต่างๆของสถานีฐานเก่าให้ครบโดยสามารถเลือกได้ว่า จะทำการกรอกข้อมูลโดยการดึงข้อมูลมาจากฐานข้อมูล หรือทางผู้ใช้งานจะทำการกรอกข้อมูลเองโดยการ คลิกเมาส์ยังตำแหน่งที่ต้องการและจึงทำการกรอกข้อมูลที่จำเป็นต่างๆลงไป

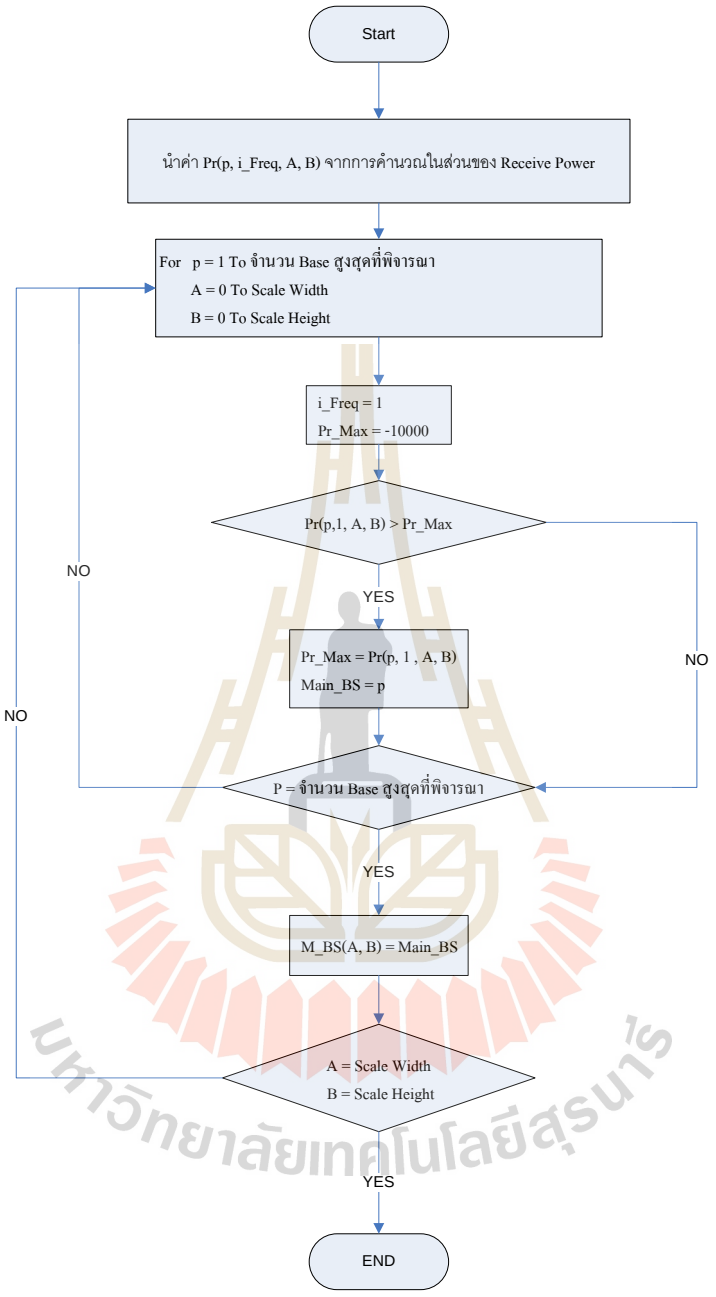
ขั้นที่ 4 ทางผู้ใช้งานจำเป็นต้องกำหนดตำแหน่งสถานีฐานใหม่และข้อมูลต่างๆให้ครบถ้วนก่อนจะให้โปรแกรมทำการคำนวณเพื่อหาผลลัพท์

ขั้นที่ 5 ทางโปรแกรมจะพิจารณาไล่ตั้งแต่สถานีฐานเก่าตำแหน่งแรกเพื่อทำการคำนวณหากำลังงานที่รับได้ของแต่ละพื้นที่โดยอ้างอิงสมการของ Okumura-Hata Model และเก็บค่ากำลังงานเหล่านั้นเพื่อใช้งานในการพิจารณาในส่วนต่อไป เมื่อได้ทำการพิจารณากำลังงานที่ส่งถึงในทุกพื้นที่ของทุกสถานีฐานเก่าแล้ว ระบบจะทำการพิจารณาในส่วนของสถานีฐานใหม่ต่อไป

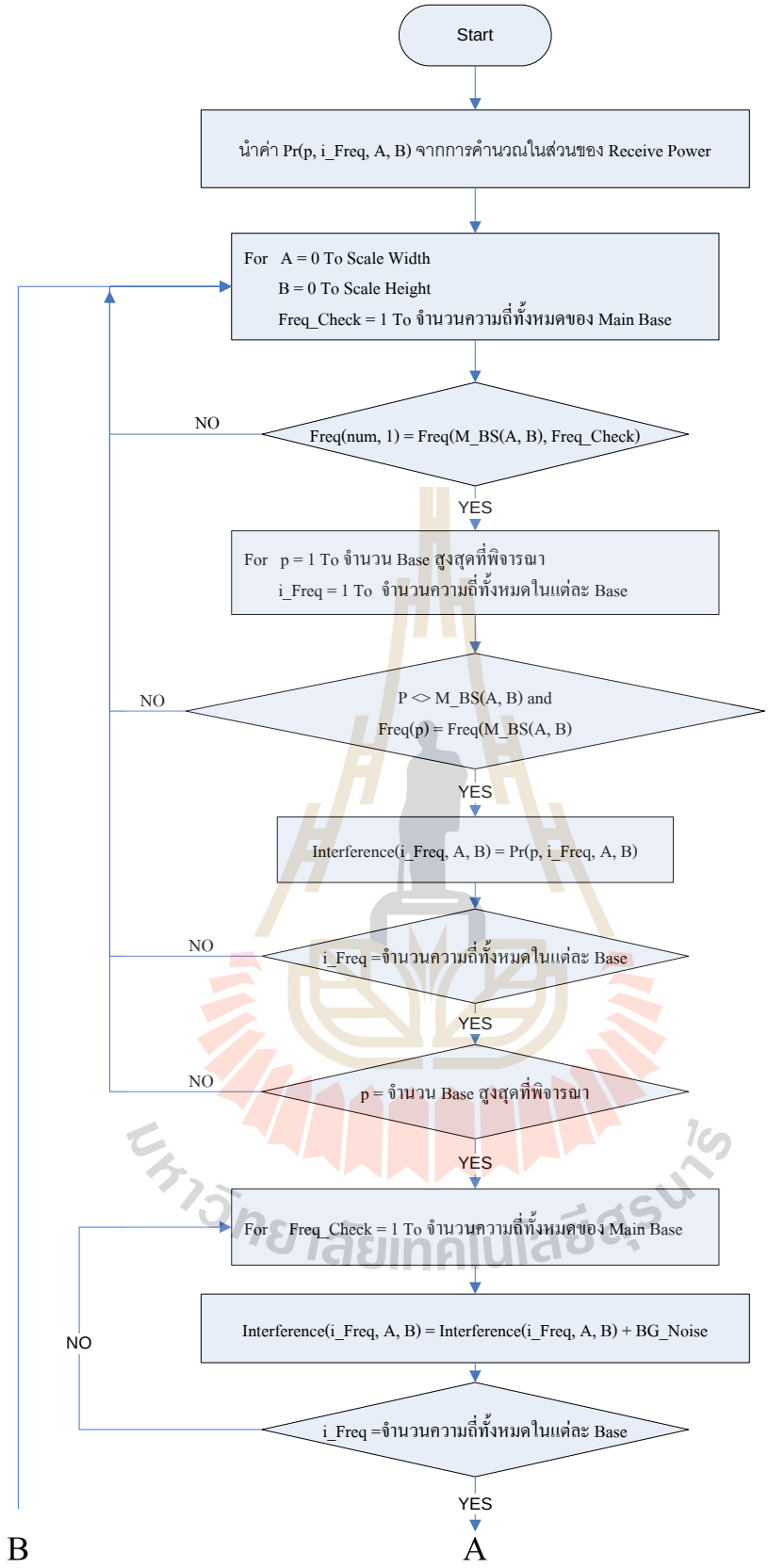
ขั้นที่ 6 ในส่วนของการพิจารณากำลังงานที่รับได้ของสถานีฐานใหม่จะทำเหมือนกันการพิจารณาสถานีฐานเก่าทุกประการ แต่หลังจากการคำนวณหากำลังงานแล้ว ทางโปรแกรมจะนำข้อมูลกำลังงานที่รับได้ในแต่ละพื้นที่ของแต่ละสถานีฐานมาพิจารณาหาว่า ในแต่ละตำแหน่งนั้นสถานีฐานใดรับผิดชอบในการส่งสัญญาณ

ขั้นที่ 7 เมื่อหาสถานีฐานที่รับผิดชอบในแต่ละตำแหน่งได้แล้ว ทางโปรแกรมจะทำการพิจารณาหาสัญญาณรบกวนจากสถานีฐานอื่นที่อาจส่งผลกระทบต่อสัญญาณหลักได้ ซึ่งเรียกค่านี้ว่าค่า SIR (Signal to Noise Ratio) ต่อจากนั้นระบบจะทำการเลือกช่องสัญญาณที่มีค่า SIR มากที่สุดมากำหนดให้เป็นความถี่ของสถานีฐานใหม่ และหากสถานีฐานใหม่นั้นต้องการช่องสัญญาณมากกว่า 1 ช่องสัญญาณโปรแกรมจะทำการคำนวณหาช่องสัญญาณที่ 2 เองโดยอ้างอิงจากหลักการของ Adjacent Channel ด้วย และถ้าหากมีการพิจารณาสถานีฐานใหม่อื่นๆอีกโปรแกรมจะทำการซ้ำในขั้นตอนที่ 6 และ 7 ซ้ำอีกตามจำนวนสถานีฐานใหม่ที่ทางผู้ใช้งานต้องการ

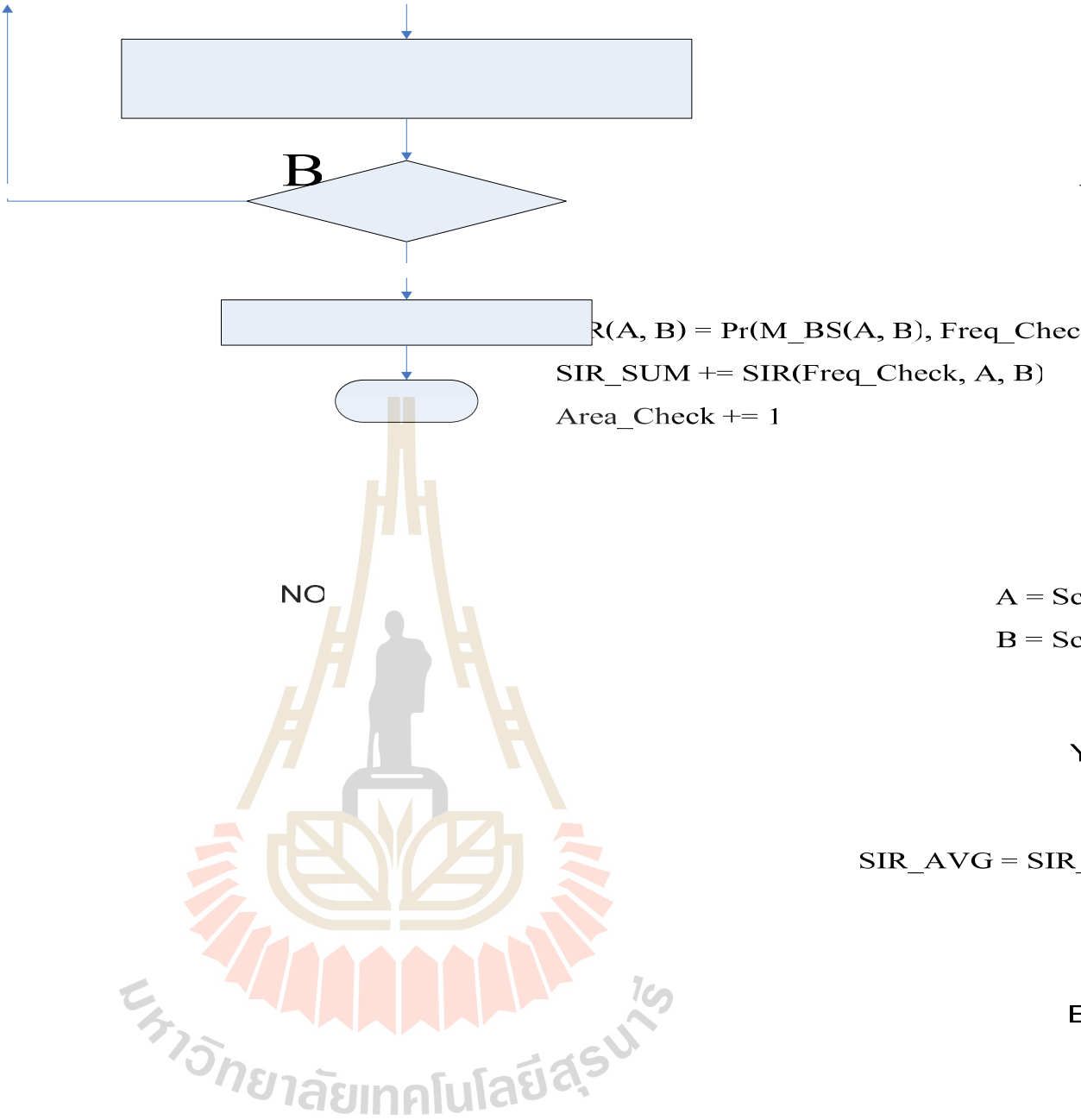
ในส่วนต่อไปจะแสดง Flowchart อธิบายถึงโครงสร้างอย่างละเอียดของโปรแกรม โดยจะแสดงถึงลำดับขั้นตอนการประมวลผลทุกขั้นตอนในแต่ละส่วนสำคัญของโปรแกรม



รูปที่ 3.2 Flowchart ของโปรแกรมในส่วนของกรพิจารณาหา Base Station หลัก

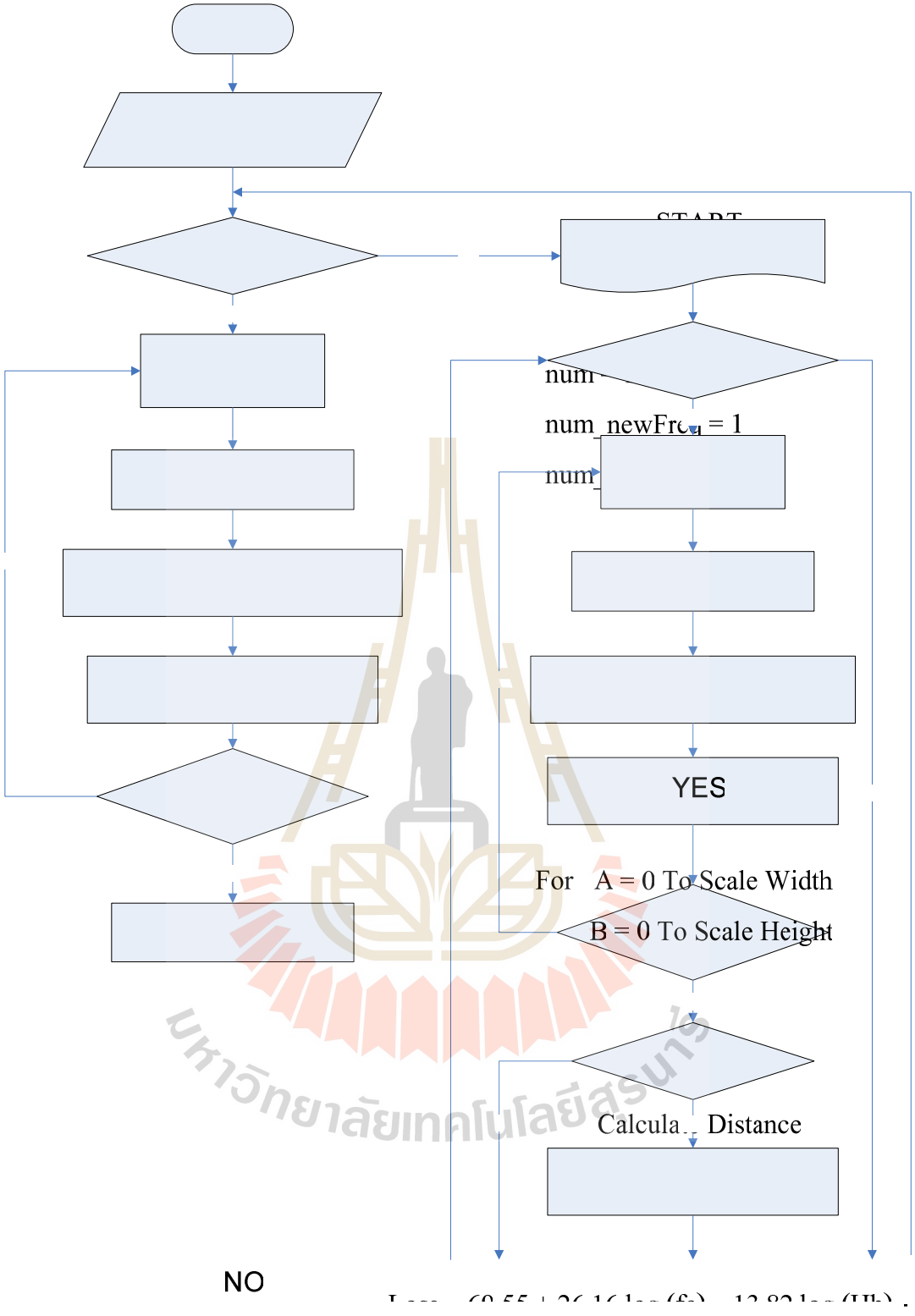


รูปที่ 3.3 Flowchart ของโปรแกรมในส่วนของกรพิจารณาหาสัญญาณรบกวนและค่า SIR



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 3.3 Flowchart ของโปรแกรมในส่วนของกรพิจารณาหาสัญญาณรบกวนและค่า SIR (ต่อ)

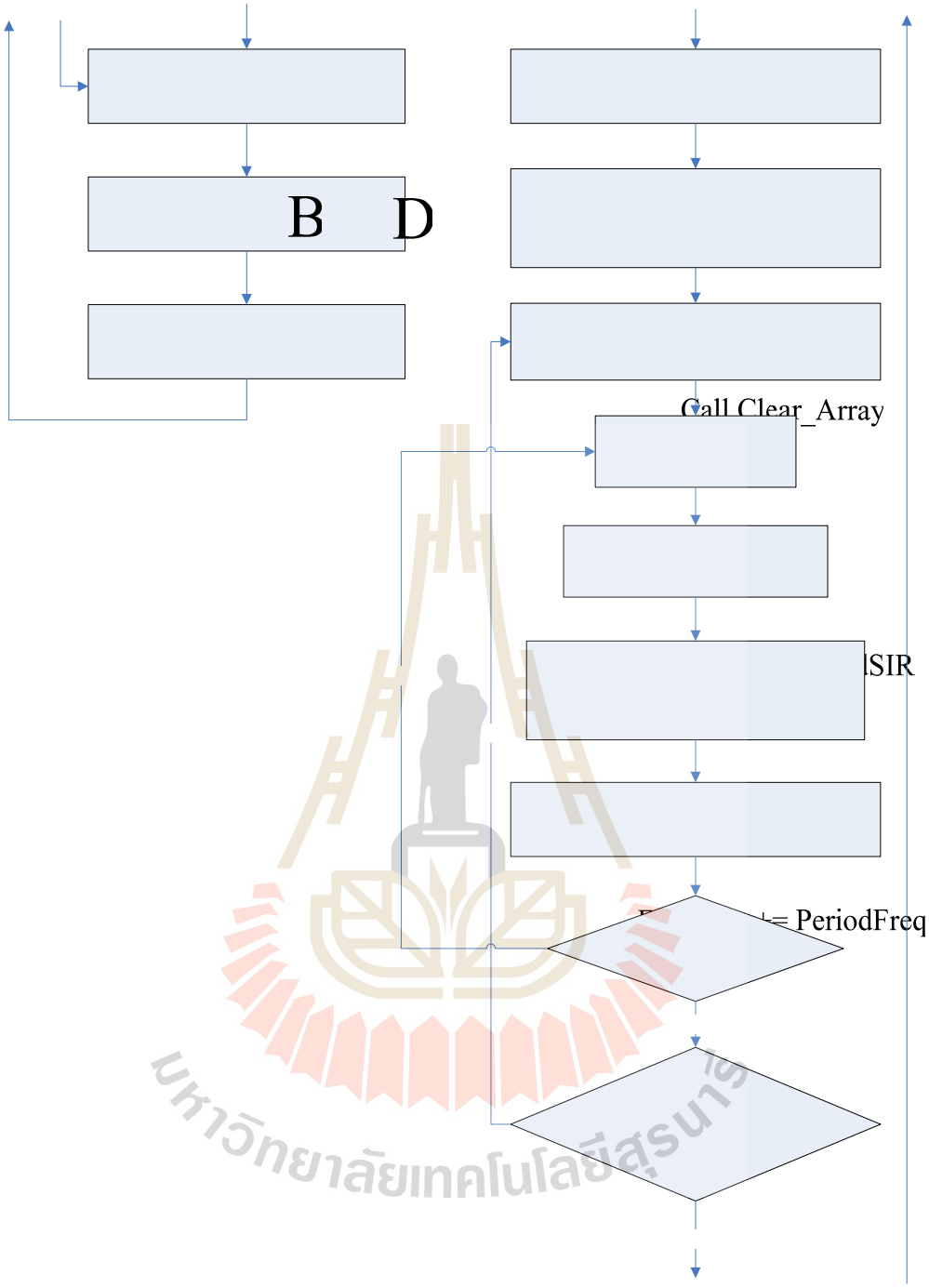


+ [44.9 – 6.55 log (Hb)] log (d)

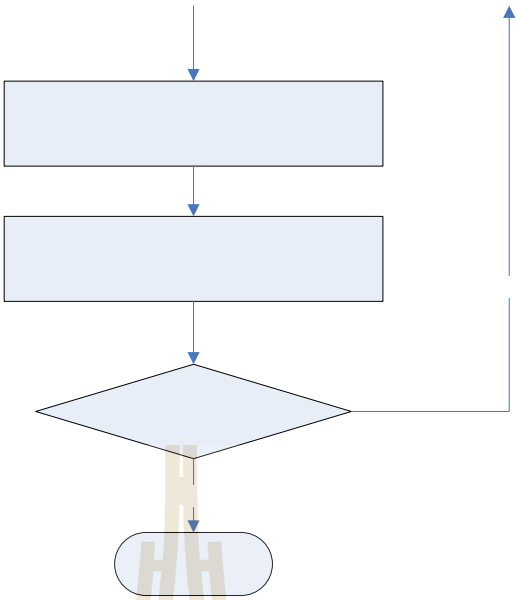
รูปที่ 3.4 Flowchart ของโปรแกรมในส่วนของการคำนวณเพื่อหาค่าความถี่สำหรับ Base Station ใหม่

Pr(num, i_Freq, A, B) = Pt – Loss – Gt - Gr

A = Scale Width



รูปที่ 3.4 Flowchart ของโปรแกรมในส่วนของการคำนวณเพื่อหาค่าความถี่สำหรับ Base Station ใหม่ (ต่อ)



num_n

nu

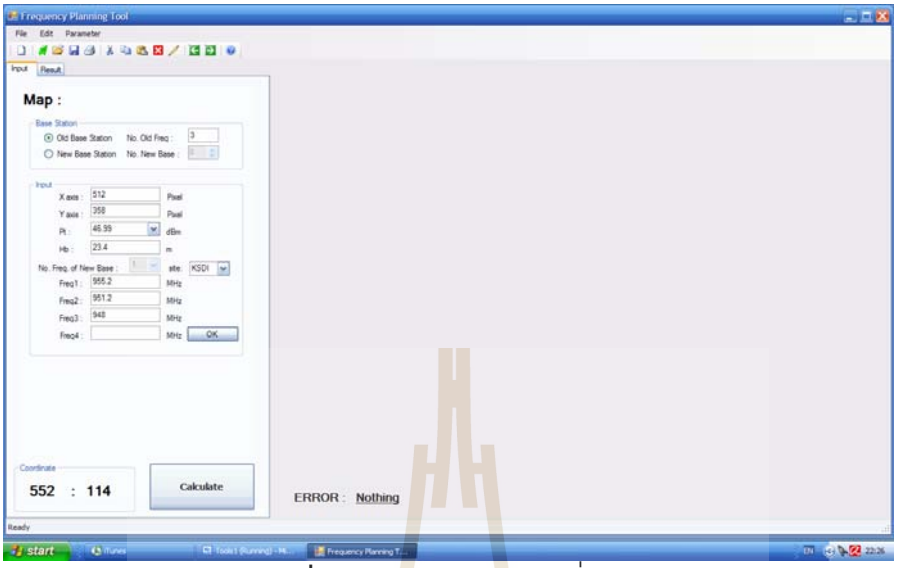
nu

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 3.4 Flowchart ของโปรแกรมในส่วนของการคำนวณเพื่อหาค่าความถี่สำหรับ Base Station ใหม่ (ต่อ)

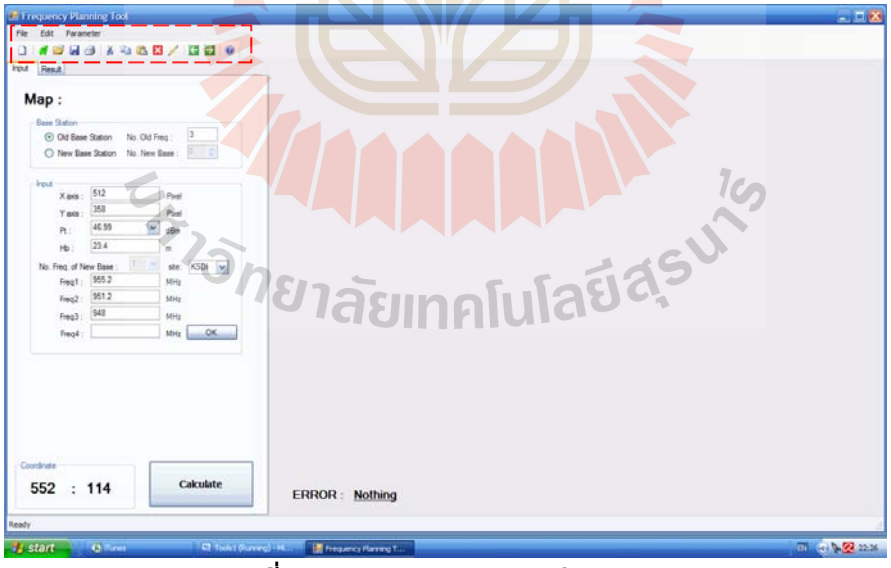
3.3 การใช้งานของโปรแกรม

เมื่อเริ่มเข้าสู่โปรแกรมจะปรากฏหน้าจอดัง **รูปที่** 3.5



รูปที่ 3.5 หน้าจอโปรแกรมเริ่มต้น

ในตอนเริ่มต้นโปรแกรมยังไม่ได้มีการโหลดแผนผังมา บน Toolbar จะประกอบไปด้วยปุ่มพื้นฐานทั่วไป ดัง **รูปที่** 3.6



รูปที่ 3.6 แสดง Toolbar ของโปรแกรม

โดยที่จาก **รูปที่** 3.6 แสดงเมนูบาร์ (Menu Bar) และปุ่มพื้นฐานสำหรับการใช้งาน มีรายละเอียดดังนี้

เมนูบาร์ (Menu Bar)

เป็นส่วนที่รวบรวมคำสั่งสำหรับให้เราใช้ควบคุมการทำงานของโปรแกรม โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มคำสั่งหรือเมนูต่างๆ ซึ่งในแต่ละเมนูจะประกอบด้วยคำสั่งที่เกี่ยวข้องกัน การเรียกใช้เมนูและคำสั่งในเมนูนั้นคุณสามารถใช้เมาส์หรือคีบอร์ดก็ได้ รายละเอียดของแต่ละเมนูบนเมนูบาร์มีดังนี้

File ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้ในการเปิดโปรแกรม, เปิดแผนที่, เปิดไฟลล์, ปิดแผนที่, saveแผนที่, และปิดโปรแกรม

Parameter ประกอบด้วยคำสั่งอย่างเช่น Okumura-Hata Model, SIR และ Data เพื่อแสดงข้อมูลต่างๆ ออกมาทางหน้าจอ

- Okumura-Hata Model
- SIR คือ อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณแทรกสอด (Signal-to-Interference Ratio) ใช้บอกว่า ณ ตำแหน่งนั้นๆ มีอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณแทรกสอด เท่าใด ค่า SIR สมารถคำนวณได้ในชั้นเดียวเท่านั้น
- Data

ทูลบาร์ (Standard Toolbar)

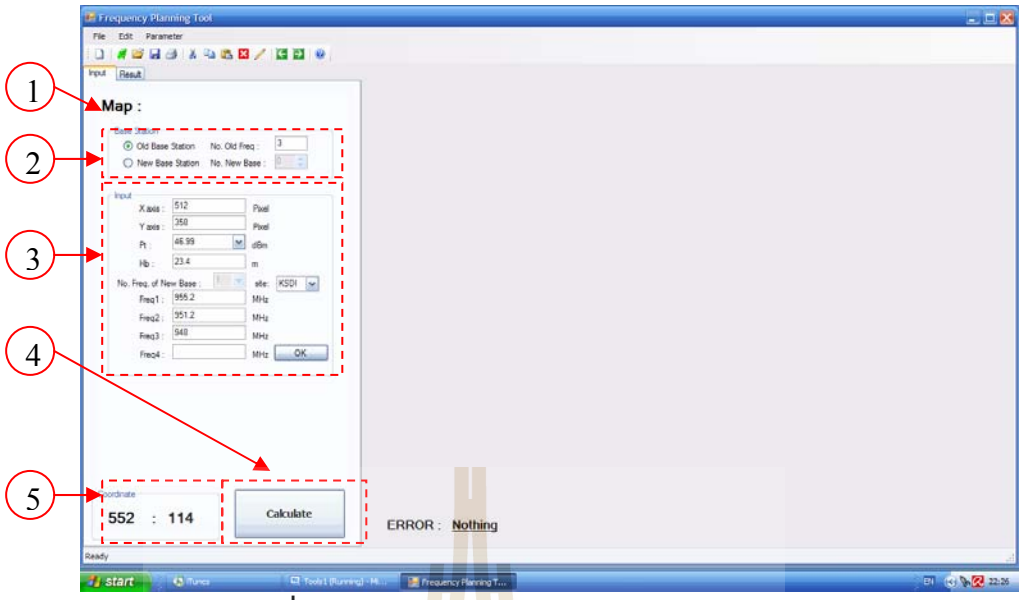
คือแถบเครื่องมือซึ่งประกอบด้วยปุ่มที่ช่วยให้คุณเรียกใช้คำสั่งบางคำสั่งในเมนูบาร์ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว

ปุ่มต่างๆบนทูลบาร์หลัก

- ปุ่มแรกคือ NEW ใช้เมื่อผู้ใช้ต้องการเปิดโปรแกรม เพื่อเริ่มต้นโปรแกรมใหม่
- ปุ่มที่สองคือ Open Map ใช้เมื่อผู้ใช้ต้องการเปิดแผนที่
- ปุ่มที่เก้าคือ Close ใช้เมื่อผู้ใช้ต้องการสั่งคำสั่งปิดแผนที่
- ปุ่มที่สิบคือ Rule ใช้เมื่อผู้ใช้ต้องการเปรียบเทียบค่าระยะทางจริง

นอกจากนี้ยังมีส่วนของ Input ซึ่งในส่วนของ Input เป็นส่วนที่จะต้องป้อนข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆ ลงไปในตัวโปรแกรมดังที่กำหนดมาให้ เพื่อที่ตัวโปรแกรมจะได้นำค่าพารามิเตอร์ไปคำนวณในการออกแบบช่องสัญญาณความถี่

การป้อนค่าในส่วนของ Input แบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ

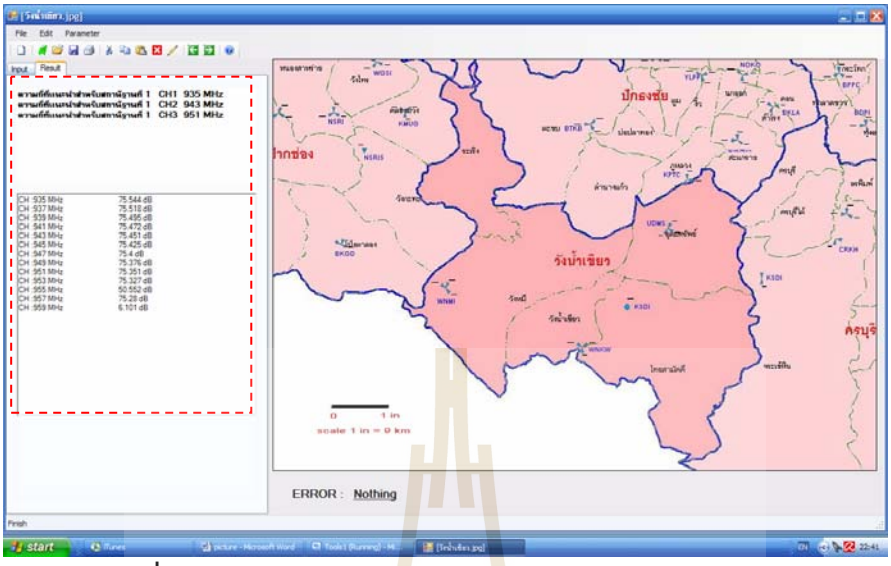


รูปที่ 3.7 แสดงส่วนประกอบของ Input

1. **Map** เป็นส่วนที่บอกชื่อไฟล์รูป ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ให้รายละเอียดของแผนผัง หลังจากที่เราทำการโหลดแผนผังมาแล้วและใช้ไม้บรรทัดวัด
2. **Base Station** เป็นส่วนที่สามารถเลือกใช้ Base เก่า โดยการคลิ๊กที่ Old Base Station และ ป้อนจำนวนความถี่ที่ Base เก่าใช้อยู่ หรือ Base ใหม่ โดยการคลิ๊กที่ New Base Station และป้อนจำนวน Base ที่ต้องการได้
3. **Input** เป็นส่วนที่สามารถป้อนค่า กำลังส่ง,ความสูงของ Base และจำนวนความถี่ที่ใช้
4. **Calculate** เป็นปุ่มสำหรับคำนวณ
5. **Coordinate** เป็นส่วนที่แสดงพิกัดของรูป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

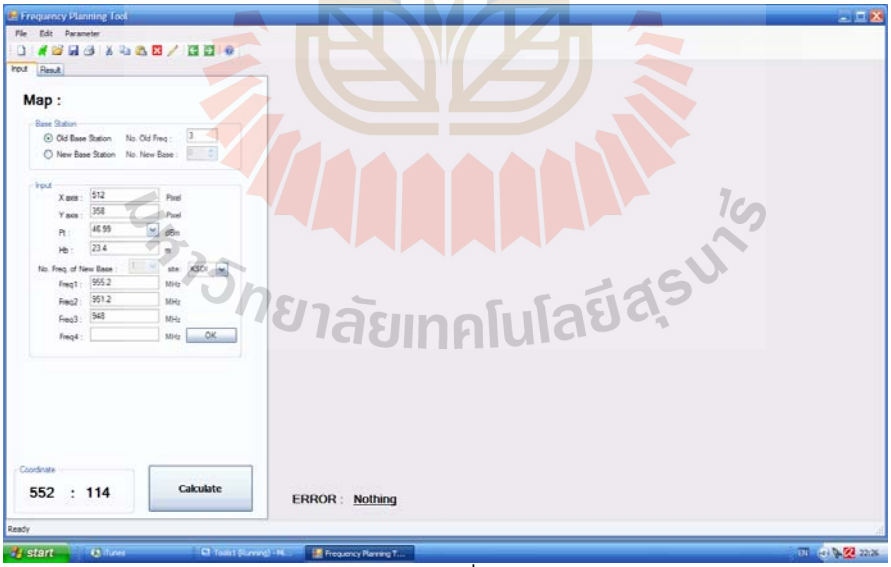
อีกส่วนหนึ่งคือ Result เป็นส่วนที่แสดงผลการคำนวณ คือ ค่าความถี่ที่แนะนำให้ใช้ และ ค่า SIR ของแต่ละช่องความถี่



รูปที่ 3.8 แสดงผลการคำนวณ (Output) ในส่วนของ Result

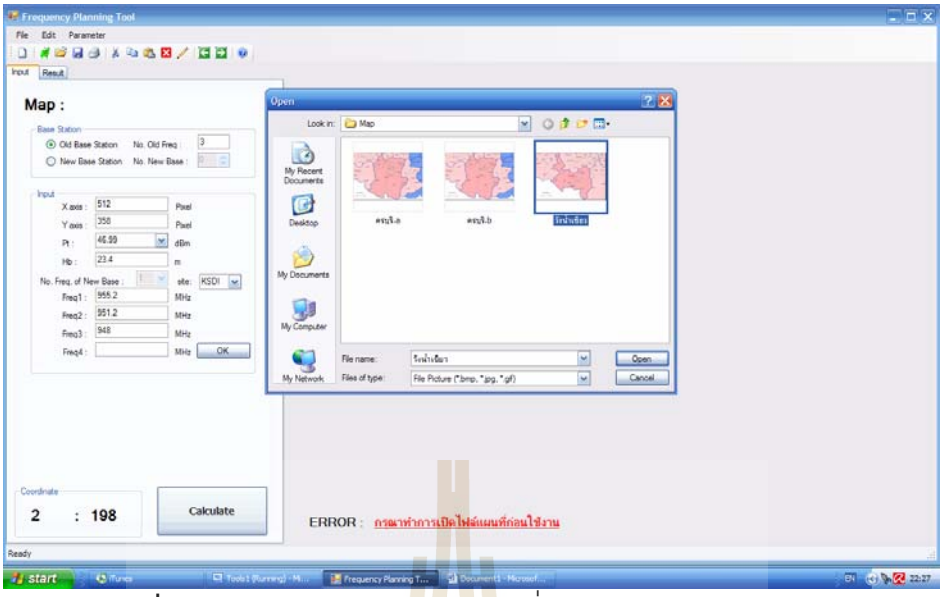
3.4 **วิธีการใช้งานตัวโปรมแกรม** Step by Step

เมื่อเริ่มเข้าสู่โปรแกรมจะปรากฏหน้าจอดัง **รูปที่** 3.9

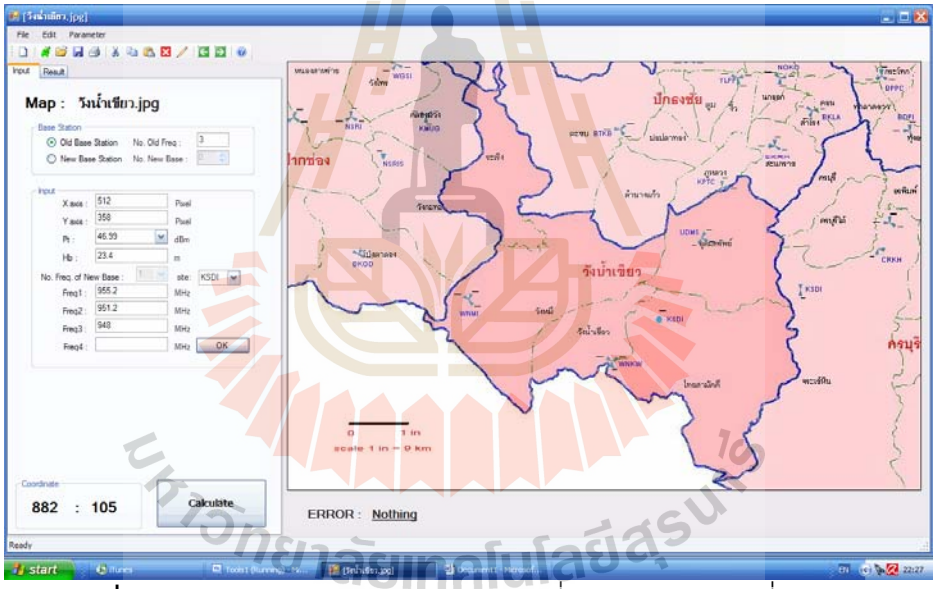


รูปที่ 3.9 แสดงการเริ่มเข้าสู่โปรแกรม

1. เปิดไฟล์รูปของอำเภอหรือตำบลที่ต้องการติดตั้ง Base (ถ้ายังไม่มีการเปิดไฟล์รูป โปรแกรมจะแจ้ง Error) โดยเลือกปุ่ม Open Map จะแสดงหน้าจอ **ดังรูปที่** 3.10 หลังจากโหลดแผนที่มาแล้ว จะแสดงหน้าจอ **ดังรูปที่** 3.11

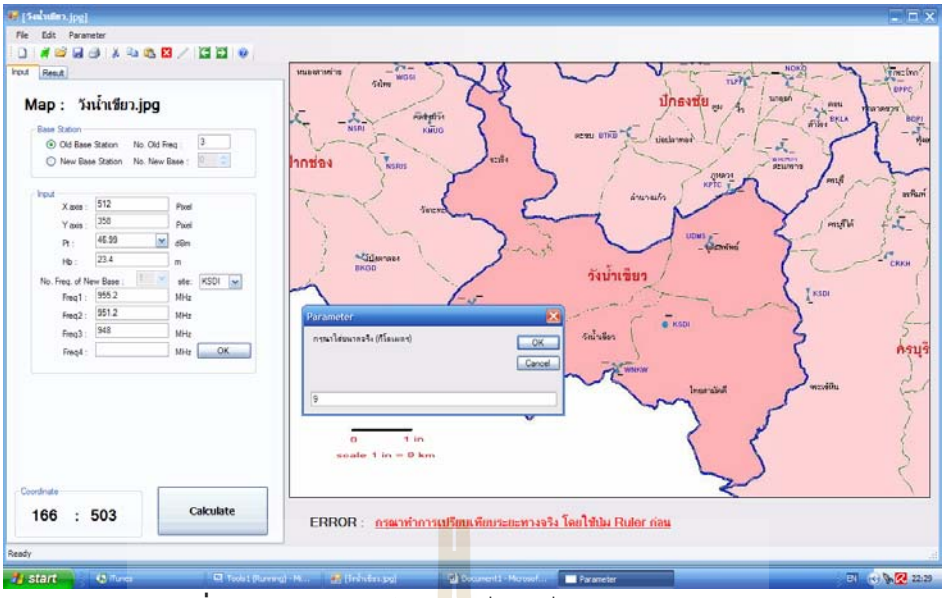


รูปที่ 3.10 แสดงการเปิด Map File เพื่อนำมาใช้ในโปรแกรม



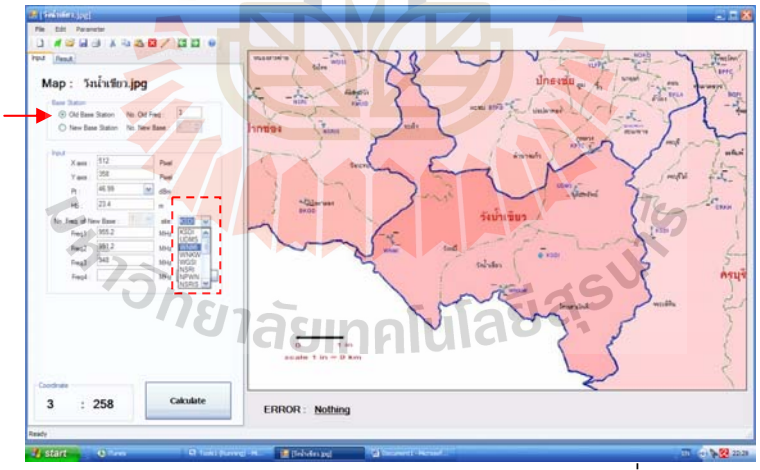
รูปที่ 3.11 แสดงหน้าจอโปรแกรมหลังจากที่ทำการโหลดแผนที่แล้ว

2. ทำการเปรียบเทียบระยะทางจริง (ถ้ายังไม่มีการเปรียบเทียบระยะทางจริง โปรแกรมจะแจ้ง Error) โดยวิธีเปรียบเทียบระยะทางจริงคือ เลือกที่ปุ่ม Ruler แล้ว เริ่มคลิ๊กที่ตำแหน่ง 0 แล้วปล่อยที่ตำแหน่ง 9 km แล้วใส่ค่า 9 ลงไป (เพราะได้ทำการเปียบเทียบระยะทางจริงแล้วว่า 1 in = 9km) จากนั้นจะแสดงหน้าจอ **ดังรูปที่** 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงการใส่ค่าเปรียบเทียบระยะทางจริง

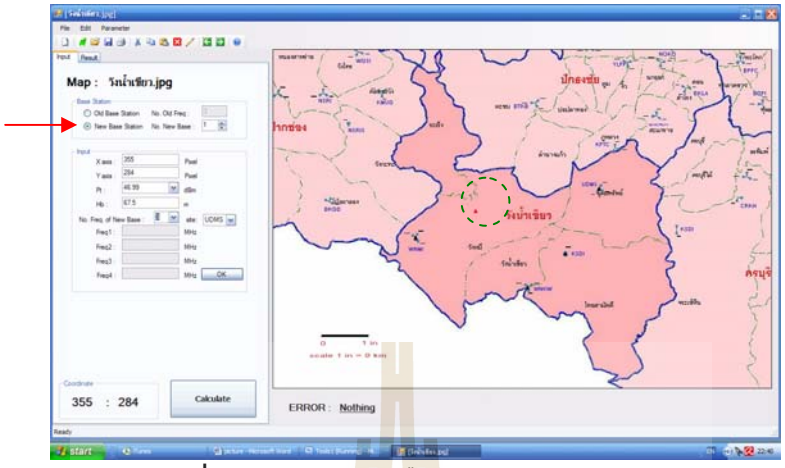
3. เลือก Old Base Station เพื่อทำการป้อนชื่อ Site ของ Old Base Station โดยทำการป้อนได้ทีละ Site ส่วนค่ากำลังส่ง, ค่าความสูงของ Old Base Station และค่าความถี่ที่ Old Base Station ใช้อยู่นั้นใน Data Base ของ Old Base จะกำหนดค่าความสูง และค่าความถี่ไว้ให้แล้ว **ดังรูปที่** 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงการเลือก Site ของ Old Base Station และป้อนชื่อ Site ของ Old Base Station

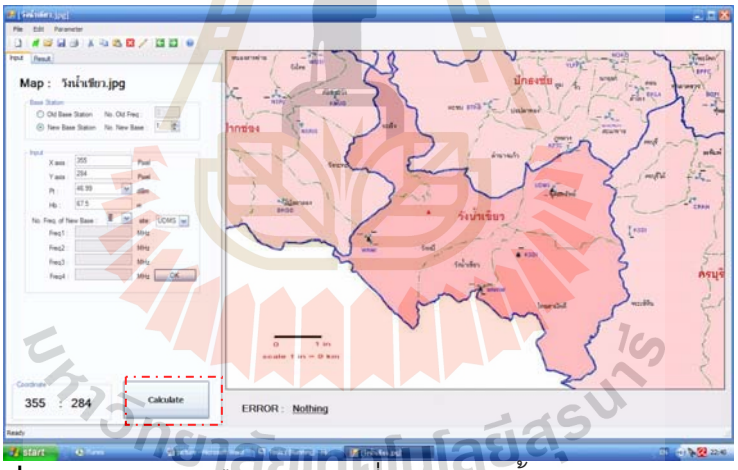
4. เลือก New Base Station แล้วป้อนจำนวน Base ที่ต้องการติดตั้ง แล้วป้อนค่ากำลังส่ง, ค่าความสูงของ New Base Station และจำนวนความถี่ของ New Base Station ที่ต้องการใช้ในแต่ละ Base เมื่อป้อนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ครบเรียบร้อยแล้ว เลือกตำแหน่ง

ที่ต้องการติดตั้ง New Base Station โดยการนำเมาท์ไปคลิ๊กที่แผนที่ จากนั้นจากนั้นเลือกที่ปุ่ม Ok **ดังรูปที่** 3.14



รูปที่ 3.14 แสดงการเลือก New Base Station

5. เลือกที่ปุ่ม Calculate เพื่อทำการคำนวณค่าความถี่ที่ต้อง **ดังรูปที่** 3.15



รูปที่ 3.15 แสดงการเลือกตำแหน่งที่ต้องการติดตั้ง New Base Station

3.5 ความน่าสนใจของโครงงาน

1. สำหรับตัวโครงงานนี้ สามารถทำการโหลดแผนที่มาลงในตัวโปรแกรมได้จริง และสามารถนำมาคำนวณได้โดยการนำโปรแกรม Visual Basic มาใช้ในการคำนวณและง่ายต่อการใช้งาน
2. โปรแกรมนี้มีเมนูที่เข้าใจง่าย และสะดวกต่อผู้ใช้เป็นอย่างมาก โดยที่ตัวโปรแกรมนี้ใช้สำหรับการออกแบบการจัดสรรช่องสัญญาณความถี่ ที่สามารถแสดงผลออกมาแบบอัตโนมัติ โดยที่ตัวโปรแกรมจะแสดงค่าค่าความถี่ที่เหมาะสมออกมาทางหน้าจอ
3. โปรแกรมนี้ยังสามารถคำนาณหาค่าและพิจารณาหาค่า SIR เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าความถี่ที่เหมาะสมในการใช้งานที่ตำแหน่งสถานีฐานต่างๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
การทดสอบการทำงานของโปรแกรมและการเปรียบเทียบผลที่ได้

การทดสอบการทำงานของโปรแกรมในบทนี้ เป็นการตรวจสอบโปรแกรมว่าสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ตามต้องการของผู้ใช้หรือไม่ โดยทำการสุ่มแผนที่ขึ้นมาแล้วออกแบบการทดสอบไว้ 7 การทดสอบ เพื่อให้ได้ผลการทดสอบมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น จากนั้นนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบกับโปรแกรม Map Info ว่าได้ค่าที่ตรงหรือใกล้เคียงกันมากน้อยเพียงใด

การทดสอบที่ 1 ต้องการติดตั้งสถานีฐานใหม่ 1 สถานีฐานที่พิกัด (377,244) และใช้ช่องสัญญาณความถี่ 2 ความถี่ โดยที่มีสถานีฐานเก่าติดตั้งก่อนอยู่ 4 สถานนีฐาน

การทดสอบที่ 2 ต้องการติดตั้งสถานีฐานใหม่ 1 สถานีฐานที่พิกัด (568,427) และใช้ช่องสัญญาณความถี่ 4 ความถี่ โดยที่มีสถานีฐานเก่าติดตั้งก่อนอยู่ 4 สถานนีฐาน

การทดสอบที่ 3 ต้องการติดตั้งสถานีฐานใหม่ 1 สถานีฐานที่พิกัด (466,219) และใช้ช่องสัญญาณความถี่ 3 ความถี่ โดยที่มีสถานีฐานเก่าติดตั้งก่อนอยู่ 8 สถานนีฐาน

การทดสอบที่ 4 ต้องการติดตั้งสถานีฐานใหม่ 2 สถานีฐานที่พิกัด (339,306) และ (583,295) ตามลำดับ และใช้ช่องสัญญาณความถี่ของสถานีฐานใหม่ที่หนึ่ง 2 ความถี่ ช่องสัญญาณความถี่ของสถานีฐานใหม่ที่สอง 3 ความถี่ โดยที่มีสถานีฐานเก่าติดตั้งก่อนอยู่ 4 สถานนีฐาน

การทดสอบที่ 5 ต้องการติดตั้งสถานีฐานใหม่ 2 สถานีฐานที่พิกัด (251,118) และ (458,208) ตามลำดับ และใช้ช่องสัญญาณความถี่ของสถานีฐานใหม่ที่หนึ่ง 2 ความถี่ ช่องสัญญาณความถี่ของสถานีฐานใหม่ที่สอง 3 ความถี่ โดยที่มีสถานีฐานเก่าติดตั้งก่อนอยู่ 8 สถานนีฐาน

การทดสอบที่ 6 ต้องการติดตั้งสถานีฐานใหม่ 1 สถานีฐานที่พิกัด (305,216) และใช้ช่องสัญญาณความถี่ 3 ความถี่ โดยที่มีสถานีฐานเก่าติดตั้งก่อนอยู่ 20 สถานนีฐาน

การทดสอบที่ 7 ต้องการติดตั้งสถานีฐานใหม่ 2 สถานีฐานที่พิกัด (339,146) และ (596,409) ตามลำดับ และใช้ช่องสัญญาณความถี่ของสถานีฐานใหม่ที่หนึ่ง 2 ความถี่ ช่องสัญญาณความถี่ของสถานีฐานใหม่ที่สอง 3 ความถี่ โดยที่มีสถานีฐานเก่าติดตั้งก่อนอยู่ 20 สถานนีฐาน

4.1 การทดสอบที่ 1

การทดสอบที่ 1 เป็นการทดสอบที่ต้องการสถานีฐานใหม่จำนวน 1 สถานีฐาน 2 ความถี่ และทดสอบกับสถานีฐานเก่า 4 สถานีฐาน คือ KSDI, UDMS, WNMI, WNKW

Input

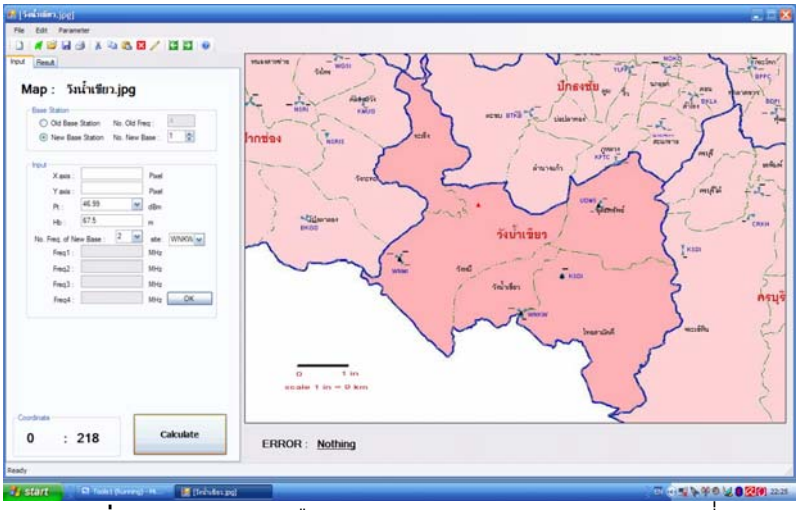
จำนวน Base ที่ต้องการ	จำนวนความถี่ที่ต้องการ	
1	Base#1	2 CHANNEL

Output

	ความทถี่ที่แนะนำ (MHz)				Time (s)
	CH 1	CH 2	CH 3	CH 4	3.45
B#1	942.6	943.4			

ผลการทดสอบ

	Name	X axis	Y axis	Pt (dBm)	Hb (m)	Frequency (MHz)			
						CH 1	CH 2	CH 3	CH 4
Old Base	KSDI	512	358	46.99	23.4	955.2	951.2	948	
	UDMS	571	245	46.99	67.5	958.8	954.4	950.8	
	WNMI	250	331	46.99	68	959	955	954.2	953.8
	WNKW	446	417	46.99	67.5	956.4	952	948.6	945.47
New Base	B#1	377	244	46.99	67.5	942.6	943.4		



รูปที่ 4.1 แสดงการเลือกตำแหน่ง Base ของการทดสอบที่ 1

วิเคราะห์ผลการทดสอบที่ 1

จาก Output ที่ได้ ช่องสัญญาณความถี่ที่ 1 คือ 942.6 MHz ช่องสัญญาณความถี่ที่ 2 คือ 943.4 MHz เป็นผลการทดสอบที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ เนื่องจากค่าความถี่ที่ได้ไม่ซ้ำกับค่าความถี่ของสถานีฐานเก่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2 การทดสอบที่ 2

การทดสอบที่ 2 เป็นการทดสอบที่ต้องการสถานีฐานใหม่จำนวน 1 สถานีฐาน สถานีฐานละ 4 ความถี่ และทดสอบกับสถานีฐานเก่า 4 สถานีฐาน คือ KSDI, UDMS, WNMI, WNKW

Input

จำนวน Base ที่ต้องการ	จำนวนความถี่ที่ต้องการ	
1	Base#1	4 CHANNEL

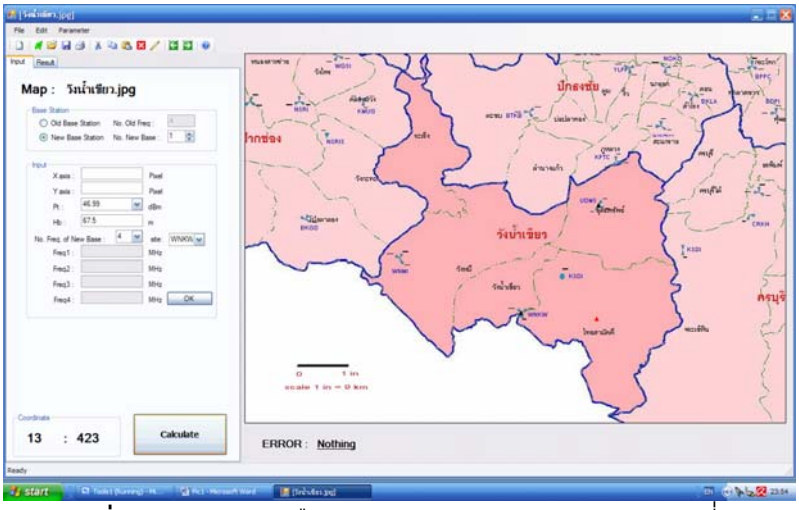
Output

ความทถี่ที่แนะนำ (MHz)				Time (s)
CH 1	CH 2	CH 3	CH 4	4.00
942.6	943.4	944.2	945	

ผลการทดสอบ

	Name	X axis	Y axis	Pt (dBm)	Hb (m)	Frequency (MHz)			
						CH 1	CH 2	CH 3	CH 4
Old Base	KSDI	512	358	46.99	23.4	955.2	951.2	948	
	UDMS	571	245	46.99	67.5	958.8	954.4	950.8	
	WNMI	250	331	46.99	68	959	955	954.2	953.8
	WNKW	446	417	46.99	67.5	956.4	952	948.6	945.47
New Base	B#1	568	427	46.99	67.5	942.6	943.4	944.2	945

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.2 แสดงการเลือกตำแหน่ง Base ของการทดสอบที่ 2

วิเคราะห์ผลการทดสอบที่ 2

จาก Output ที่ได้ ช่องสัญญาณความถี่ที่ 1 คือ 942.6 MHz ช่องสัญญาณความถี่ที่ 2 คือ 943.4 MHz ช่องสัญญาณความถี่ที่ 3 คือ 944.2 MHz และ ช่องสัญญาณความถี่ที่ 4 คือ 945 MHz เป็นผลการทดสอบที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ เนื่องจากค่าความถี่ที่ได้ไม่ซ้ำกับค่าความถี่ของสถานีฐานเก่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3 การทดสอบที่ 3

การทดสอบที่ 3 เป็นการทดสอบที่ต้องการสถานีฐานใหม่จำนวน 1 สถานีฐาน สถานีฐานละ 3 ความถี่ และทดสอบกับสถานีฐานเก่า 8 สถานีฐาน คือ KSDI, UDMS, WNMI, WNKW, BKGD, KSDIS, KPTC, BTKB

Input

จำนวน Base ที่ต้องการ	จำนวนความถี่ที่ต้องการ	
1	Base#1	3 CHANNEL

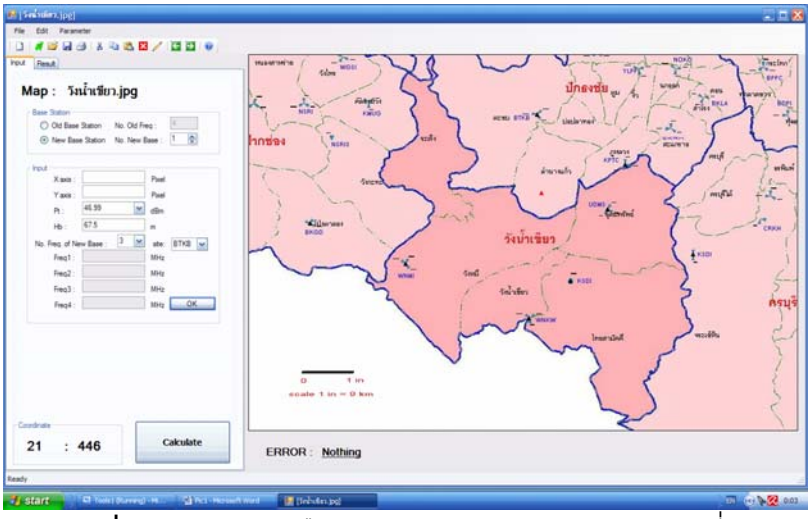
Output

	ความทถี่ที่แนะนำ (MHz)				Time (s)
	CH 1	CH 2	CH 3	CH 4	3.45
B#1	942.6	943.4	944.4		

ผลการทดสอบ

	Name	X axis	Y axis	Pt (dBm)	Hb (m)	Frequency (MHz)			
						CH 1	CH 2	CH 3	CH 4
Old Base	KSDI	512	358	46.99	23.4	955.2	951.2	948	
	UDMS	571	245	46.99	67.5	958.8	954.4	950.8	
	WNMI	250	331	46.99	68	959	955	954.2	953.8
	WNKW	446	417	46.99	67.5	956.4	952	948.6	945.47
	BKGD	98	267	46.99	67	955.8	954.6	951.6	949.6
	KSDIS	707	316	46.99	55	957.2	952.6		
	KPTC	599	174	46.99	64	943.8	952.2	948.4	945.2
	BTKB	459	95	46.99	67.5	957.8	954	950.2	947
New Base	B#1	466	219	46.99	67.5	942.6	943.4	944.4	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.3 แสดงการเลือกตำแหน่ง Base ของการทดสอบที่ 3

วิเคราะห์ผลการทดสอบที่ 3

จาก Output ที่ได้ ช่องสัญญาณความถี่ที่ 1 คือ 942.4 MHz ช่องสัญญาณความถี่ที่ 2 คือ 943.4 MHz และช่องสัญญาณความถี่ที่ 3 คือ 944.4 MHz เป็นผลการทดสอบที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ เนื่องจากค่าความถี่ที่ได้ไม่ซ้ำกับค่าความถี่ของสถานีฐานเก่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4 การทดสอบที่ 4

การทดสอบที่ 4 เป็นการทดสอบที่ต้องการสถานีฐานใหม่จำนวน 2 สถานีฐาน สถานีฐานที่ 1 ใช้ 2 ความถี่ สถานีฐานที่ 2 ใช้ 3 ความถี่ และทดสอบกับสถานีฐานเก่า 4 สถานีฐาน คือ KSDI, UDMS, WNMI, WNKW

Input

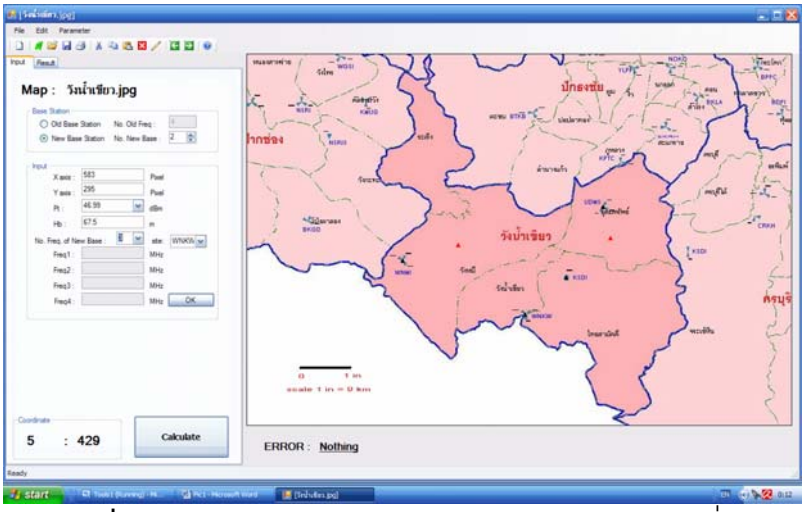
จำนวน Base ที่ต้องการ	จำนวนความถี่ที่ต้องการ	
2	Base#1	2 CHANNEL
	Base#2	3 CHANNEL

Output

	ความทถี่ที่แนะนำ (MHz)				Time (s)
	CH 1	CH 2	CH 3	CH 4	
B#1	942.6	943.4			6.45
B#2	942.8	943.6	944.4		

ผลการทดสอบ

	Name	X axis	Y axis	Pt (dBm)	Hb (m)	Frequency (MHz)			
						CH 1	CH 2	CH 3	CH 4
Old Base	KSDI	512	358	46.99	23.4	955.2	951.2	948	
	UDMS	571	245	46.99	67.5	958.8	954.4	950.8	
	WNMI	250	331	46.99	68	959	955	954.2	953.8
	WNKW	446	417	46.99	67.5	956.4	952	948.6	945.47
New Base	B#1	339	306	46.99	67.5	942.6	943.4		
	B#2	583	295	46.99	67.5	942.8	943.6	944.4	



รูปที่ 4.4 แสดงการเลือกตำแหน่ง Base ของการทดสอบที่ 4

วิเคราะห์ผลการทดสอบที่ 4

จาก Output ที่ได้ สถานีฐานที่1 ช่องสัญญาณความถี่ที่ 1 คือ 942.6 MHz ช่องสัญญาณความถี่ที่ 2 คือ 943.4 MHz และสถานีฐานที่ 2 ช่องสัญญาณความถี่ที่ 1 คือ 942.8 MHz ช่องสัญญาณความถี่ที่ 2 คือ 943.6 MHz ช่องสัญญาณความถี่ที่ 3 คือ 944.4 MHz เป็นผลการทดสอบที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ เนื่องจากค่าความถี่ที่ได้ไม่ซ้ำกับค่าความถี่ของสถานีฐานเก่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.5 การทดสอบที่ 5

การทดสอบที่ 5 เป็นการทดสอบที่ต้องการสถานีฐานใหม่จำนวน 2 สถานีฐาน สถานีฐานที่ 1 ใช้ 2 ความถี่ สถานีฐานที่ 2 ใช้ 3 ความถี่ และทดสอบกับสถานีฐานเก่า 8 สถานีฐาน คือ KSDI, UDMS, WNMI, WNKW, BKGD, KSDIS, KPTC, BTKB

Input

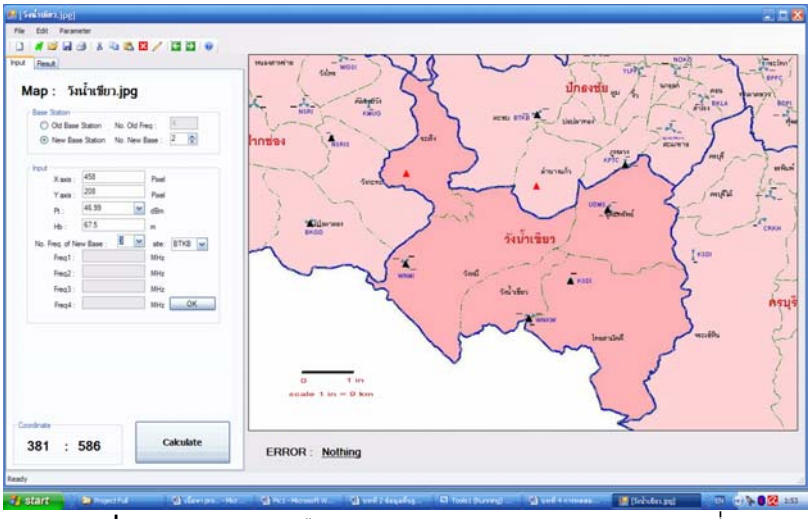
จำนวน Base ที่ต้องการ	จำนวนความถี่ที่ต้องการ	
2	Base#1	2 CHANNEL
	Base#2	3 CHANNEL

Output

	ความทถี่ที่แนะนำ (MHz)				Time (s)
	CH 1	CH 2	CH 3	CH 4	
B#1	942.6	943.4			8.50
B#2	942.8	943.6	944.4		

ผลการทดสอบ

	Name	X axis	Y axis	Pt (dBm)	Hb (m)	Frequency (MHz)			
						CH 1	CH 2	CH 3	CH 4
Old Base	KSDI	512	358	46.99	23.4	955.2	951.2	948	
	UDMS	571	245	46.99	67.5	958.8	954.4	950.8	
	WNMI	250	331	46.99	68	959	955	954.2	953.8
	WNKW	446	417	46.99	67.5	956.4	952	948.6	945.47
	BKGD	98	267	46.99	67	955.8	954.6	951.6	949.6
	KSDIS	707	316	46.99	55	957.2	952.6		
	KPTC	599	174	46.99	64	943.8	952.2	948.4	945.2
	BTKB	459	95	46.99	67.5	957.8	954	950.2	947
New Base	B#1	251	188	46.99	67.5	942.6	943.4		
	B#2	458	208	46.99	67.5	942.8	943.6	944.4	



รูปที่ 4.5 แสดงการเลือกตำแหน่ง Base ของการทดสอบที่ 5

วิเคราะห์ผลการทดสอบที่ 5

จาก Output ที่ได้ สถานีฐานที่1 ช่องสัญญาณความถี่ที่ 1 คือ 942.6 MHz ช่องสัญญาณความถี่ที่ 2 คือ 943.4 MHz และสถานีฐานที่ 2 ช่องสัญญาณความถี่ที่ 1 คือ 942.8 MHz ช่องสัญญาณความถี่ที่ 2 คือ 943.6 MHz ช่องสัญญาณความถี่ที่ 3 คือ 944.4 MHz เป็นผลการทดสอบที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ เนื่องจากค่าความถี่ที่ได้ไม่ซ้ำกับค่าความถี่ของสถานีฐานเก่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.6 การทดสอบที่ 6

การทดสอบที่ 6 เป็นการทดสอบที่ต้องการสถานีฐานใหม่จำนวน 1 สถานีฐาน 3 ความถี่ และทดสอบกับสถานีฐานเก่า 20 สถานีฐาน คือ KSDI, UDMS, WNMI, WNKW, WGSI, NSRI, NPWN, NSRIS, KMUG, CRKH, BDPI, BPPC, KPTC, SKRH, BKLA, BTKB, YLPP, NOKO

Input

จำนวน Base ที่ต้องการ	จำนวนความถี่ที่ต้องการ	
1	Base#1	3 CHANNEL

Output

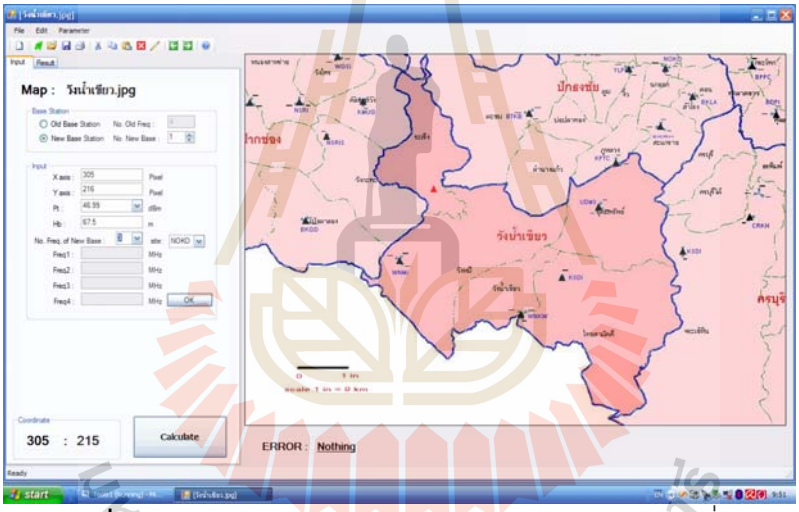
	ความทถี่ที่แนะนำ (MHz)				Time (s)
	CH 1	CH 2	CH 3	CH 4	7.00
B#1	942.6	943.4	944.6		

ผลการทดสอบ

	Name	X axis	Y axis	Pt (dBm)	Hb (m)	Frequency (MHz)			
						CH 1	CH 2	CH 3	CH 4
Old Base	KSDI	512	358	46.99	23.4	955.2	951.2	948	
	UDMS	571	245	46.99	67.5	958.8	954.4	950.8	
	WNMI	250	331	46.99	68	959	955	954.2	953.8
	WNKW	446	417	46.99	67.5	956.4	952	948.6	945.47
	WGSI	150	4	46.99	70	959.6	951.4	946	945.4
	NSRI	88	77	46.99	67.5	957.6	952.6	952.2	
	NPWN	8	78	46.99	67.5	955.4	951.6	944	948.2
	NSRIS	132	132	46.99	67.5	955.8	957		
	KMUG	191	76	46.99	55	958.2	953.4	949.8	
	BKGD	98	267	46.99	67	955.8	954.6	951.6	949.6
	KSDIS	707	316	46.99	55	957.2	952.6		
	CRKH	815	261	46.99	45	956.6	951		
	BDPI	858	97	46.99	64	955.8	952.2	948.4	945.2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

	Name	X axis	Y axis	Pt (dBm)	Hb (m)	Frequency (MHz)			
						CH 1	CH 2	CH 3	CH 4
Old Base	BPPC	819	19	46.99	45	959.4	955	949	945.8
	KPTC	599	174	46.99	64	943.8	952.2	948.4	945.2
	SKRH	671	113	46.99	45	956.2	951.8	948.6	945.4
	BKLA	723	68	46.99	64	957.2	952.8		
	BTKB	459	95	46.99	67.5	957.8	954	950.2	947
	YLPP	620	24	46.99	46	956.6	952.2	948.6	945.4
	NOKO	679	23	46.99	67.5	957	952.6	949.2	946
New Base	B#1	305	216	46.99	67.5	942.6	943.4	944.6	



รูปที่ 4.6 แสดงการเลือกตำแหน่ง Base ของการทดสอบที่ 6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิเคราะห์ผลการทดสอบที่ 6

จาก Output ที่ได้ ช่องสัญญาณความถี่ที่ 1 คือ 942.6 MHz ช่องสัญญาณความถี่ที่ 2 คือ 943.4 MHz และช่องสัญญาณความถี่ที่ 3 คือ 944.6 MHz เป็นผลการทดสอบที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ เนื่องจากค่าความถี่ที่ได้ไม่ซ้ำกับค่าความถี่ของสถานีฐานเก่า

4.7 การทดสอบที่ 7

การทดสอบที่ 7 เป็นการทดสอบที่ต้องการสถานีฐานใหม่จำนวน2 สถานีฐาน สถานีฐานที่ 1 ใช้ 2 ความถี่ สถานีฐานที่ 2 ใช้ 3 ความถี่ และทดสอบกับสถานีฐานเก่า 20 สถานีฐาน คือ KSDI, UDMS, WNMI, WNKW, WGSI, NSRI, NPWN, NSRIS, KMUG, CRKH, BDPI, BPPC, KPTC, SKRH, BKLA, BTKB, YLPP, NOKO

Input

จำนวน Base ที่ต้องการ	จำนวนความถี่ที่ต้องการ	
2	Base#1	2 CHANNEL
	Base#2	3 CHANNEL

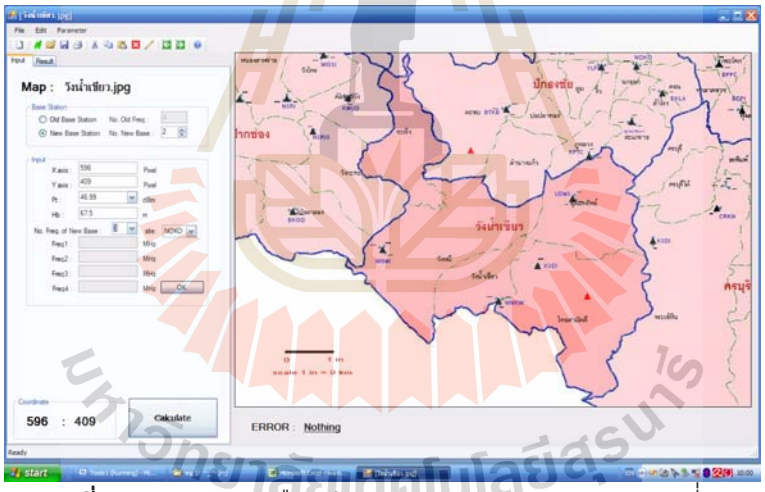
Output

	ความทถี่ที่แนะนำ (MHz)				Time (s)
	CH 1	CH 2	CH 3	CH 4	
B#1	942.6	943.4			18.30
B#2	942.8	943.6	944.8		

ผลการทดสอบ

	Name	X axis	Y axis	Pt (dBm)	Hb (m)	Frequency (MHz)			
						CH 1	CH 2	CH 3	CH 4
Old Base	KSDI	512	358	46.99	23.4	955.2	951.2	948	
	UDMS	571	245	46.99	67.5	958.8	954.4	950.8	
	WNMI	250	331	46.99	68	959	955	954.2	953.8
	WNKW	446	417	46.99	67.5	956.4	952	948.6	945.47
	WGSI	150	4	46.99	70	959.6	951.4	946	945.4
	NSRI	88	77	46.99	67.5	957.6	952.6	952.2	
	NPWN	8	78	46.99	67.5	955.4	951.6	944	948.2
	NSRIS	132	132	46.99	67.5	955.8	957		
	KMUG	191	76	46.99	55	958.2	953.4	949.8	
	BKGD	98	267	46.99	67	955.8	954.6	951.6	949.6
	KSDIS	707	316	46.99	55	957.2	952.6		
	CRKH	815	261	46.99	45	956.6	951		

	Name	X axis	Y axis	Pt (dBm)	Hb (m)	Frequency (MHz)			
						CH 1	CH 2	CH 3	CH 4
Old Base	BDPI	858	97	46.99	64	955.8	952.2	948.4	945.2
	BPPC	819	19	46.99	45	959.4	955	949	945.8
	KPTC	599	174	46.99	64	943.8	952.2	948.4	945.2
	SKRH	671	113	46.99	45	956.2	951.8	948.6	945.4
	BKLA	723	68	46.99	64	957.2	952.8		
	BTKB	459	95	46.99	67.5	957.8	954	950.2	947
	YLPP	620	24	46.99	46	956.6	952.2	948.6	945.4
	NOKO	679	23	46.99	67.5	957	952.6	949.2	946
New Base	B#1	339	146	46.99	67.5	942.6	943.4		
	B#2	596	409	46.99	67.5	942.8	943.6	944.8	



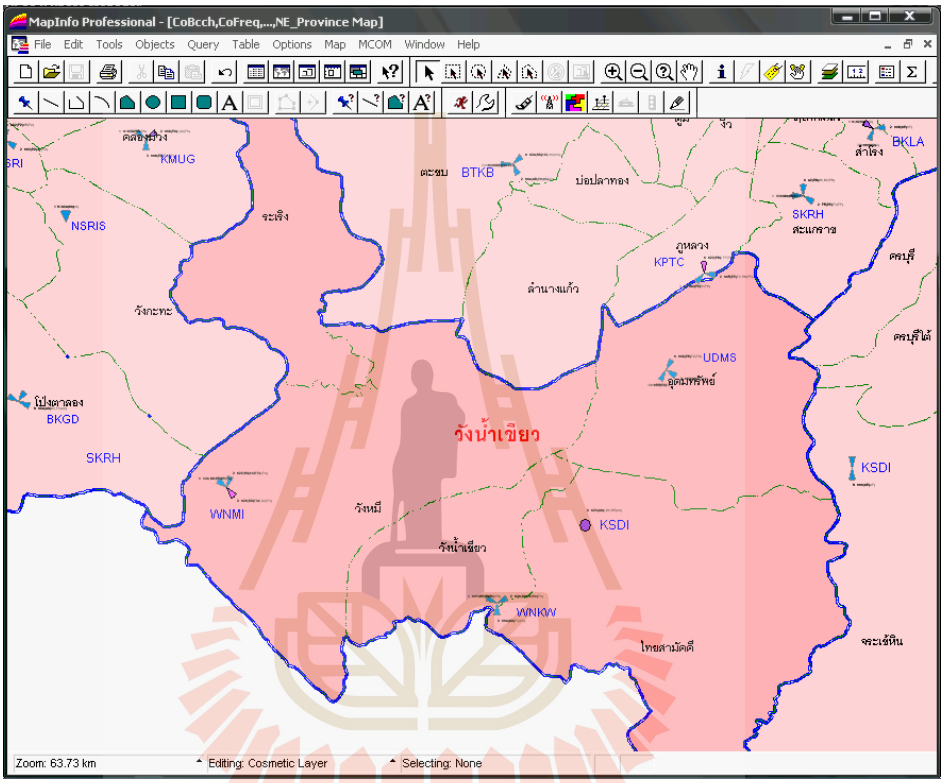
รูปที่ 4.7 แสดงการเลือกตำแหน่ง Base ของการทดสอบที่ 7

วิเคราะห์ผลการทดสอบที่ 7

จาก Output ที่ได้ สถานีฐานที่1 ช่องสัญญาณความถี่ที่ 1 คือ 942.6 MHz ช่องสัญญาณความถี่ที่ 2 คือ 943.4 MHz และสถานีฐานที่ 2 ช่องสัญญาณความถี่ที่ 1 คือ 942.8 MHz ช่องสัญญาณความถี่ที่ 2 คือ 943.6 MHz ช่องสัญญาณความถี่ที่ 3 คือ 944.8 MHz เป็นผลการทดสอบที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ เนื่องจากค่าความถี่ที่ได้ไม่ซ้ำกับค่าความถี่ของสถานีฐานเก่า

4.8 การเปรียบเทียบระหว่างผลการทดสอบของโปรแกรมกับโปรแกรม Map Info

เมื่อพิจารณาจากการคำนวณค่าความถี่ที่ได้จากโปรแกรม จะเห็นได้ว่าค่าความถี่ที่ได้นั้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับโปรแกรม Map Info ซึ่ง Map Info นั้น เป็นโปรแกรมสำเร็จที่ถูกสร้างเพื่อพิจารณาค่าความถี่ โดยจากรูปนั้นความถี่ที่ใช้จะแสดงแถบสีชมพู ส่วนสีม่วงจะเป็นการแสดงค่าความถี่ข้างเคียง แล้วจะต้องพิจารณาค่าความถี่โดยใช้วิจารญาณของผู้ใช้เอง ว่าจะเลือกใช้ความถี่ใดจึงจะเหมาะสมที่สุด

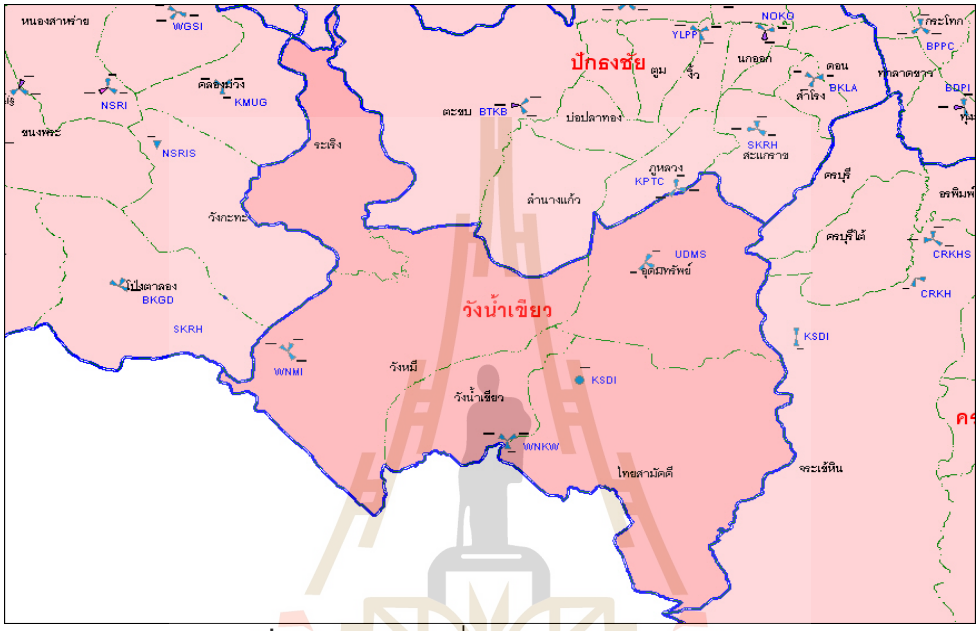


รูปที่ 4.8 แสดงหน้าจอของโปรแกรม Map Info

จากการทดสอบการใช้งานโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นในโครงงานนี้ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับโปรแกรม Map Info พบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นดังกล่าวสามารถคำนวณและจัดสรรช่องความถี่ให้กับสถานีฐานใหม่ได้อย่างเหมาะสม

ตัวอย่างจากการทดลอง

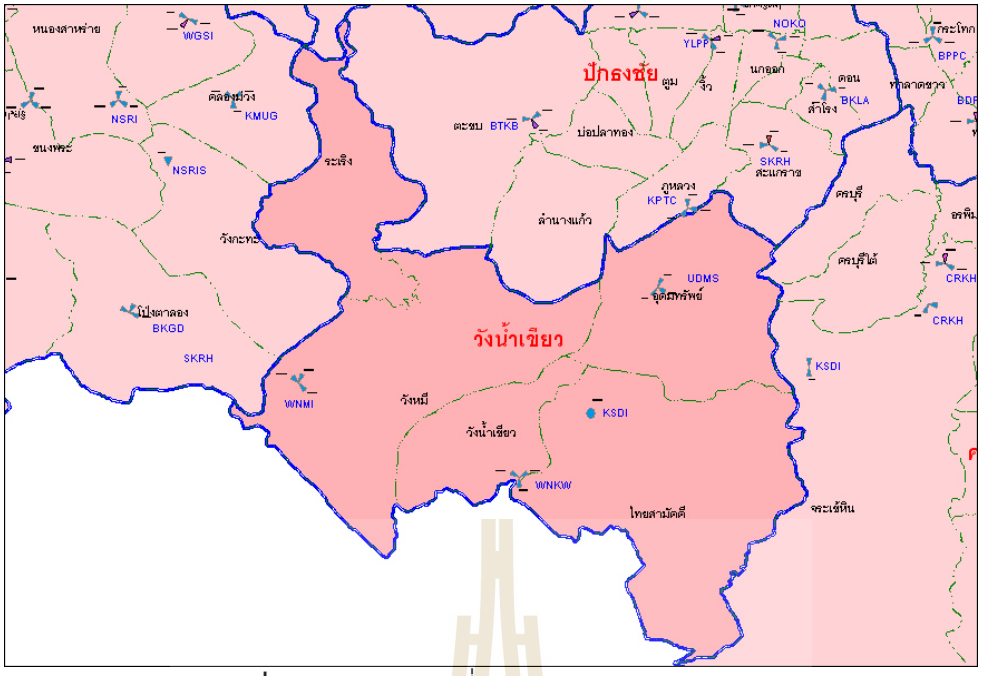
เปรียบเทียบค่าที่ได้ คือ CH = 38 หรือ Freq = 942.6 MHz ที่โปรแกรม Map Info นั้น จะพบว่าจากสถานีฐานเก่าที่พิจารณานั้น ไม่มีสถานีฐานใดนำความถี่นี้มาใช้เลย จึงทำให้สามารถใช้ความถี่นี้ได้โดยไม่มีสัญญาณรบกวนกัน



รูปที่ 4.9 แสดงแผนที่ของโปรแกรม Map Info 1

เปรียบเทียบค่าที่ได้ คือ CH = 42 หรือ Freq = 943.4 MHz ที่โปรแกรม Map Info นั้น จะพบว่าจากสถานีฐานเก่าที่พิจารณานั้น ไม่มีสถานีฐานใดนำความถี่นี้มาใช้เลยเช่นกัน จึงใช้ความถี่นี้ได้โดยไม่มีสัญญาณรบกวนกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.10 แสดงแผนที่ของโปรแกรม Map Info 2

ความถี่ส่วนใหญ่ที่ได้เป็นความถี่ต้นๆ ของสัมปทาน เช่น 946.2 , 946.4 , 946.8 , ... เนื่องจากความถี่ปลายๆ นั้นได้ถูกนำมาใช้เป็นช่องสัญญาณความถี่ในสถานีฐานเก่าแล้ว จึงทำให้ความถี่ต้นๆ นั้น ว่าง เมื่อเรานำความถี่ดังกล่าวมาใช้ จึงทำให้ช่องสัญญาณไม่เกิดการรบกวนกันขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ปัจจุบันการติดต่อสื่อสารแบบไร้สายมีบทบาทกับชีวิตประจำวันมากและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จึงทำให้ต้องมีการจัดสรรช่องสัญญาณความถี่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะต้องมีการเพิ่มสถานีฐานและเพิ่มช่องสัญญาณ โดยการเพิ่มสถานีฐานจำเป็นต้องมีการวางแผน วิเคราะห์ และคำนึงถึงประสิทธิภาพในการรองรับจำนวนผู้ใช้บริการ เมื่อมีการเพิ่มช่องสัญญาณนั้นจะทำให้ระบบการสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถรองรับผู้ใช้บริการได้มากขึ้น โดยอาศัยหลักการ **Frequency Reuse** ซึ่งเป็นการพยายามใช้ความถี่ซ้ำ และจัดสรรช่องความถี่ให้กับสถานีฐาน โดยไม่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนกับสถานีฐานข้างเคียง หรือ เกิดสัญญาณรบกวนน้อยที่สุด ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. สามารถจัดสรรความถี่โทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อให้มีพื้นที่ครอบคลุมและระดับสัญญาณเพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้บริการ โดยอาศัยหลักการ **Frequency Reuse** เข้ามาเกี่ยวข้อง
2. สามารถนำ Path Loss Model มาทำการคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ให้เป็นไปตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ของโครงงานได้และสามารถเขียนโปรแกรม Visual Basic 2005 เพื่อทำการอินเตอร์เฟสตัวโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแรงของสัญญาณ (Signal Strength) อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณแทรกสอด (Signal-to-Interference: SIR) ลงบนระบบปฏิบัติการผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งสามารถทำให้เป็นไปตามจุดประสงค์ของโครงงานนี้ เนื่องจากแบบจำลองที่ได้จากตัวโปรแกรมนี้สามารถนำไปใช้งานได้จริง
3. ในกรณีนี้ที่ต้องการวิเคราะห์โปรแกรมโดยการวิเคราะห์ความแรงของสัญญาณ (Signal Strength) และอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณแทรกสอด (Signal-to-Interference: SIR) ได้
4. สามารถนำโปรแกรมที่ออกแบบขึ้น มาใช้งานได้จริง และทำการวิเคราะห์ความแรงของสัญญาณในสถานการณ์การใช้งานจริงได้ โดยที่สามารถลดเวลา เนื่องจากว่าการจัดสรรความถี่นั้นที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมนั้นจะยุ่งยากกว่าและต้องอาศัยวิจารญาณในการพิจารณาค่อนข้างมากรวมไปถึงไม่สามารถทราบได้ว่าที่พิจารณานั้นจะถูกต้องเสมอไป แต่สำหรับตัวโปรแกรมที่ได้ทำการออกแบบขึ้นนี้สามารถทำการเลือกความถี่ที่เหมาะสมในในการเพิ่มช่องสัญญาณได้จริงและแม่นยำกว่า

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. เนื่องจากการเริ่มศึกษาการเขียนโปรแกรมนั้นต้องใช้เวลาอย่างมากในการทำความเข้าใจกับโปรแกรม Visual Basic 2005 จึงทำให้เกิดความล่าช้า โดยที่ผู้จัดทำโครงงานมีทำความเข้าใจกับโปรแกรม Visual Basic ซึ่งแก้ไขโดยการศึกษาจากหนังสือต่าง ๆ และขอคำปรึกษาจากผู้ที่ความรู้ในด้านการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ
2. ในช่วงของการเขียนและทดลองโปรแกรมนั้นทางผู้จัดทำโครงงานได้พบกับปัญหาต่าง ๆ มากมาย อาทิเช่น ปัญหาของ Bug ในตัวโปรแกรมที่ใช้ ซึ่งทำให้ผู้จัดทำโครงงานเสียเวลาอย่างมากในการที่จะแก้ไขให้โปรแกรมออกมาได้อย่างสมบูรณ์
3. หนังสือที่สอนเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม Visual Basic นั้นผู้แต่งส่วนใหญ่ทั้งตำราไม่ได้เจาะลึกถึงรายละเอียดย่อยต่าง ๆ ทำให้ในการเขียนโปรแกรมเกิดการติดขัดในบางกรณี ทางผู้จัดทำโครงการต้องใช้เวลาในการค้นหาพอสมควรจึงสามารถที่จะเขียนโปรแกรมออกมาเป็นผลสำเร็จได้
4. เนื่องจากว่าในช่วงของการทำโครงงาน ทางคณะผู้จัดทำโครงงานบางส่วนมีภาระหน้าที่ในการเรียนทำให้การวิจัยและทดลองโครงงานไม่ต่อเนื่องในบางช่วง ซึ่งมีผลทำให้การทำโครงงานออกมาสำเร็จล่าช้า
5. ในการรันโปรแกรมนั้นหากมีการเพิ่มสถานีฐานขึ้นมาใหม่หลายๆ สถานี จะทำให้ใช้เวลาในการรันค่อนข้างนาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.3 ขีดจำกัดของโครงงาน

1. ถึงแม้ว่าตัวโปรแกรมในการออกแบบนี้จะสามารถช่วยให้ผู้ใช้งานทำการออกแบบได้ง่ายและสะดวกขึ้นได้นั้น ผู้จัดทำก็ต้องอาศัยส่วนอื่นๆ อีกหลายส่วนในการนำมาประกอบกัน เช่น ฐานข้อมูล แผนที่จริงซึ่งจะต้องสามารถวัดระยะทางที่แท้จริงได้เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย และยังต้องอาศัยข้อมูลจากสถานีฐานเก่าเพื่อนำมาทำการคำนวณด้วย
2. ตัวโปรแกรมนี้มีความเร็วในการประมวลผลไม่มากนักเนื่องจาก ความซับซ้อนและขนาดของตัวโปรแกรมนั้นมีสูงมาก ซึ่งจำเป็นต้องคิดหาอัลกอลิทึมใหม่ ๆ ที่ช่วยลดความซับซ้อนให้กับตัวโปรแกรม
3. ในกรณีของการคำนวณนั้นจะมีการคำนวณหาค่าความแรงของสัญญาณ(Signal Strength) และอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณแทรกสอด(Signal-to-Interference: SIR) เพื่อทำให้สามารถวิเคราะห์ความถี่ได้
4. เนื่องจากโปรแกรมจัดสรรช่องสัญญาณความถี่สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่พัฒนาขึ้นมานี้ได้จำลองการกระจายสัญญาณแบบ Omnidirectional เท่านั้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. การปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และการเลือกใช้ Algorithm ในการคำนวณที่ดีอาจจะทำให้การประมวลผลของตัวโปรแกรมมีความเร็วสูงขึ้น
2. Model และ Algorithm ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวโปรแกรมนี้ อาจจะมี Model และ Algorithm อื่น ๆ ที่ดีกว่ามาแทนได้ โดยสามารถแก้ไขได้โดยการแก้ตัวโปรแกรมในส่วนของ Module ในการคำนวณ
3. สามารถเพิ่มสถานีฐานให้มากขึ้นได้ และใช้เวลาในการประมวลผลน้อย
4. ควรมีการพัฒนาโปรแกรมเพิ่มขึ้นจากสถานีฐานที่เป็นแบบ Omnidirectional ให้เป็นแบบ Directional ในโอกาสต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณานุกรม

[1] ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ **หลักการโทรศัพท์เคลื่อนที่**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 2546.

[2] พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร. **คู่มือเรียน Visual Basic 2005.** สำนักพิมพ์ โปรวิชั่น, กรุงเทพ ฯ 2549.

[3] ธนพล ฉันจรัสวิชัย. **ปฏิบัติการ Visual Basic สำหรับ Common Window.** สำนักพิมพ์ ซีเอ็ดเอ็ดดูเคชั่น, กรุงเทพ ฯ 2547

[4] อ.ดร.ชุติมา พรหมมาก. **เอกสารประกอบการเรียนวิชาระบบสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา. 2549.

[5] สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร. **Visual Basic 6 Basic & Advanced.** สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส, กรุงเทพ ฯ 2547

[6] **โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่**. from http://www.geocities.com/chakri_cri/switching.htm, Mar 2007.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางสาวรัชดา มั่นฤทัยกิจ เกิดเมื่อวันที่ 9 เมษายน พ.ศ. 2528 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนมารีย์วิทยา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ.2545 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โทร 08-6725-2250

นายวีรวัฒน์ สิทธิพาชัยกุล เกิดเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2528 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ.2545 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โทร 08-6724-5177

นางสาวสินีนาฏ เกิดเมื่อวันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ. 2526 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลนาจอมเทียน อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนสัตหีบวิทยาคม อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี เมื่อปี พ.ศ.2545 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โทร 08-5820-7447

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

Visual Basic 2005

Visual Basic 2005 คือภาษาโปรแกรมภาษาหนึ่งที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมเพื่อให้ทำงานภายใต้ .NET Framework หรือกล่าวได้ว่า Visual Basic 2005 ก็คือภาษาโปรแกรมของ .NET (.NET language) ภาษาหนึ่งนั่นเอง

ภาษา Visual Basic มีวิวัฒนาการมาจากภาษา BASIC (Beginner's All-Purpose Symbolic Instruction Code) ซึ่งในยุคหนึ่งคือภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ MS-DOS ต่อมาไมโครซอฟท์ได้พัฒนาภาษา BASIC มาเป็น Visual Basic เพื่อให้เป็นภาษาสำหรับสร้างโปรแกรมที่แสดงผลบนกราฟิก โดยมีสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแบบ visual programming ภาษา Visual Basic เริ่มเป็นที่รู้จักแพร่หลายในเวอร์ชั่น 3 และหลังจากนั้นเป็นต้นมา Visual Basic ก็ถือได้ว่าเป็นภาษาที่มีคนใช้มากที่สุดในโลกภาษาหนึ่ง ด้วยจุดเด่นคือสามารถใช้สร้างโปรแกรมได้อย่างสะดวกรวดเร็ว และมี productivity สูงกว่าภาษาอื่นๆ หมายความว่าในเวลาเท่ากัน ถ้าเขียนด้วย Visual Basic จะได้งานมากกว่า แต่จุดอ่อนของ Visual Basic ในยุคนั้นก็คือโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาจะทำงานได้ช้า อีกทั้งยังไม่สนับสนุนการเขียนโปรแกรมในรูปเชิงวัตถุ (Object-Oriented Programming - OOP) อย่างสมบูรณ์

ภาษา Visual Basic ถูปรับปรุงครั้งใหญ่เมื่อไมโครซอฟท์คิดโครงการ .NET ขึ้นมา และต้องการให้ภาษานี้เป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการพัฒนาโปรแกรมภายใต้ .NET ด้วย โดยใน .NET Framework เวอร์ชั่น 1.0 ไมโครซอฟท์ได้เรียกชื่อภาษาโปรแกรมที่ปรับปรุงมาจาก Visual Basic ยังคงมีให้ใช้ใน Visual Basic มาเป็น Visual Basic .NET ต้องถือว่าเป็นการพลิกหน้ามือเป็นหลังมือ เพราะนอกจาก Visual Basic .NET จะเป็นภาษาที่ใช้สร้าง managed application แล้ว ยังสนับสนุนการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุอย่างสมบูรณ์เช่นเดียวกับภาษายอดนิยมอื่นๆ เช่น Java และ C++ รวมทั้งมีคุณสมบัติเพียบพร้อมสำหรับการพัฒนาโปรแกรมในหน่วยงานใหญ่ๆ

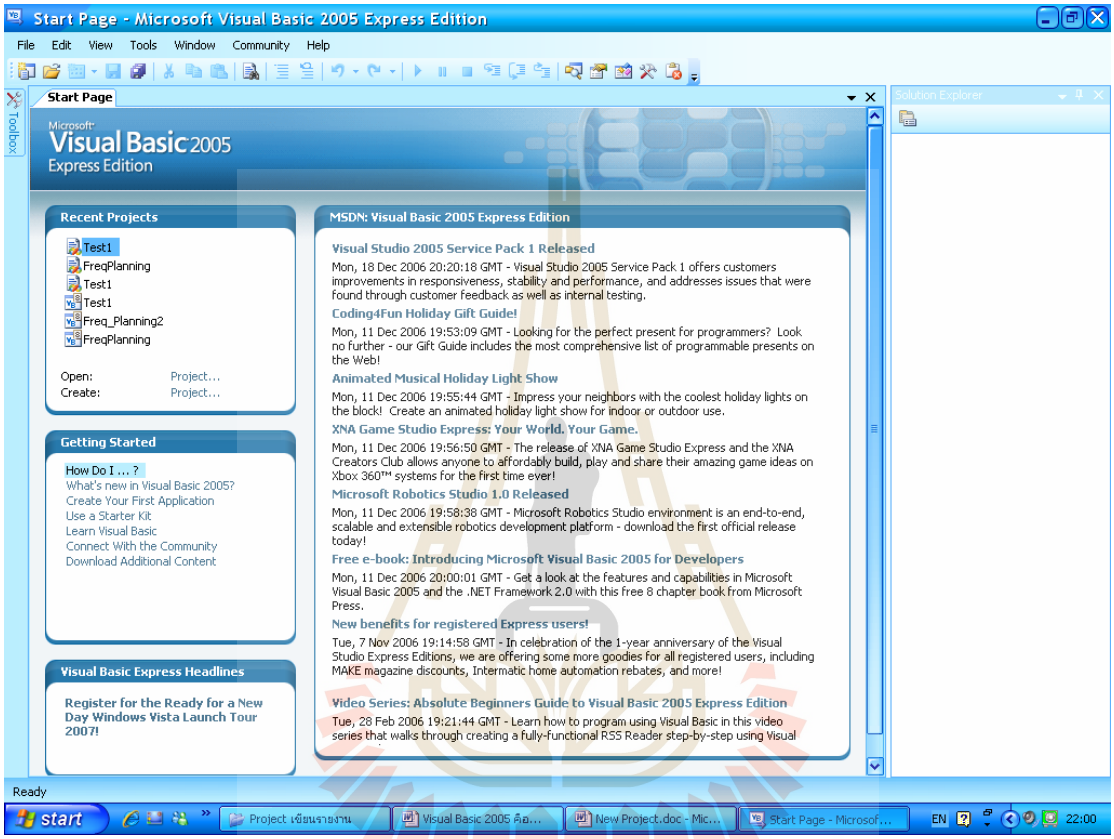
สำหรับใน .NET Framework 2.0 ซึ่งเป็นเวอร์ชั่นล่าสุดขณะนี้ ภาษา Visual Basic .NET ก็ถูกปรับปรุงให้มีความสามารถเพิ่มมากขึ้นกว่าใน .NET Framework 1.0 และ1.1 และดูเหมือนว่าไมโครซอฟท์ต้องการให้เรียกชื่อภาษานี้ว่า Visual Basic โดยไม่ต้องมีคำว่า .NET ต่อท้าย หรือถ้าจะระบุเวอร์ชั่นให้ชัดเจนก็เรียกว่า Visual Basic 2005 ซึ่งเป็นอันเข้าใจว่าหมายถึงภาษา Visual Basic ที่ใช้เขียนโปรแกรมเพื่อให้รันภายใต้ .NET Framework 2.0

เริ่มต้นการใช้งาน Visual Basic 2005

เมื่อคุณติดตั้งโปรแกรม Visual Basic 2005 Express Edition เสร็จแล้ว ให้คุณเปิด Visual Basic 2005 โดย

1.ให้คลิกปุ่ม Start ▶ All Program ▶ Microsoft Visual Basic 2005 Express Edition

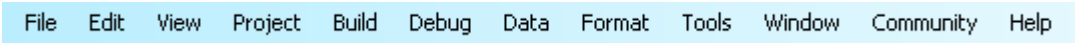
2. Microsoft Visual Basic 2005 Express จะรันขึ้นมา คุณจะเห็นหน้าจอซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมในการพัฒนาโปรแกรมที่ประกอบไปเมนู, ทูลบาร์ และวินโดว์ต่างๆมากมาย ดังรูปที่ ก.1



รูปที่ ก.1 หน้าจอเริ่มต้นโปรแกรม Microsoft Visual Basic 2005 Express

ส่วนประกอบในหน้าจอ

เมนูบาร์ (Menu Bar)



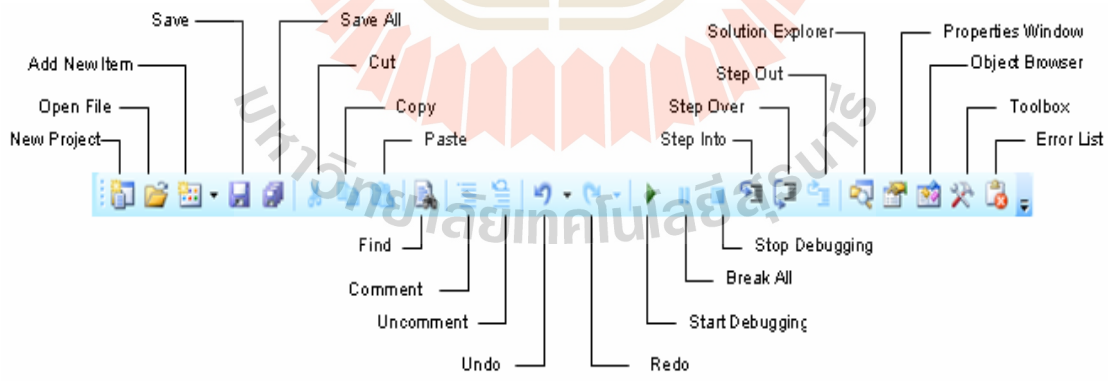
เป็นส่วนที่รวบรวมคำสั่งสำหรับให้เราใช้ควบคุมการทำงานของ Visual Basic โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มคำสั่งหรือเมนูต่างๆ ซึ่งในแต่ละเมนูจะประกอบด้วยคำสั่ง (Command หรือบางทีก็เรียกว่า menu item) ที่เกี่ยวข้องกัน การเรียกใช้เมนูและคำสั่งในเมนูนั้นคุณสามารถใช้เมาส์หรือคีบอร์ดก็ได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายละเอียดของแต่ละเมนูบนเมนูบาร์มีดังนี้

File	ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้โปรเจ็คใหม่, เปิดโปรเจ็ค, ปิดโปรเจ็ค และอื่นๆ
Edit	ประกอบด้วยคำสั่งอย่างเช่น Cut, Copy, Paste, Undo และ Find and Replace เป็นต้น
View	ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้ซ่อน/แสดงเครื่องมือต่างๆในหน้าจอ
Project	ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้จัดการกับโปรเจ็คที่คุณกำลังทำอยู่ เช่นการเพิ่มไอเท็มประเภทต่างๆเข้ามาในโปรเจ็ค
Build	ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้คอมไพล์โปรเจ็ค
Debug	ประกอบด้วยคำสั่งที่ช่วยในการตรวจสอบหาข้อผิดพลาดของโปรแกรม
Data	ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้ติดต่อกับฐานข้อมูล
Format	ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้จัดตำแหน่งให้กับออบเจ็คต่างๆบนฟอร์ม(เมนูนี้จะแสดงออกมาเมื่อคุณทำงานอยู่บนฟอร์ม)
Tools	ประกอบด้วยคำสั่งสำหรับเรียกใช้เครื่องมืออื่นๆที่เป็นเครื่องมือเสริม
Window	ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้จัดการกับวินโดว์ย่อยในหน้าจอ
Community	ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้เข้าถึงแหล่งข้อมูลในการพัฒนาโปรแกรม
Help	ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้เข้าถึงระบบให้ความช่วยเหลือ

ทูลบาร์ (Standard Toolbar)



รูปที่ ก.2 แสดงไอคอนของทูลบาร์ต่างๆ

คือแถบเครื่องมือซึ่งประกอบด้วยปุ่มที่ช่วยให้คุณเรียกใช้คำสั่งบางคำสั่งในเมนูบาร์ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว เช่นการคลิกปุ่มแรกที่อยู่ข้างซ้ายมือสุดจะเทียบเท่ากับการคลิกคำสั่งบางคำสั่ง New Project ในเมนู File เป็นต้น คำสั่งที่มีปุ่มอยู่บนทูลบาร์หลักจึงเป็นคำสั่งที่มักถูกใช้งาน

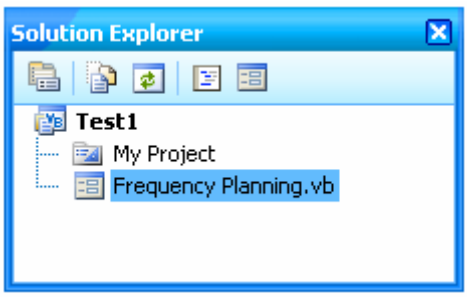
บ่อยๆ เช่นคำสั่งที่ใช้บันทึก (save) โปรเจ็ค และคำสั่งที่ใช้รันโปรเจ็ค (start debugging) เป็นต้น

ปุ่มต่างๆบนทูลบาร์หลักแบ่งออกเป็น 7 กลุ่มด้วยกัน

- กลุ่มแรกใช้ทำงานพื้นฐานที่เกี่ยวกับโปรเจ็ค เช่นการสร้างโปรเจ็คใหม่, การบันทึกโปรเจ็ค และการเพิ่มไอเท็มในโปรเจ็ค เป็นต้น
- กลุ่มที่สองใช้ในการตัด (cut), ก๊อปปี้ (copy), และวาง (paste) โค้ดโปรแกรม
- กลุ่มที่สามมีปุ่มเดียวคือ Find ใช้ค้นหาหรือแทนที่คำ/ข้อความที่ต้องการภายในโค้ดโปรแกรม
- กลุ่มที่สี่ใช้ทำคอมเมนต์และยกเลิกการทำคอมเมนต์ให้กับบรรทัดที่เลือกไว้ในโค้ดโปรแกรม
- กลุ่มที่ห้าใช้ยกเลิกการกระทำหรือแก้ไขครั้งสุดท้าย (undo) และทำซ้ำการกระทำหรือการแก้ไขที่ได้ยกเลิกไปอีกครั้ง (redo)
- กลุ่มที่หกสำหรับการรันและดีบัก (debug) โปรแกรม
- กลุ่มสุดท้ายใช้แสดงเครื่องมือต่างๆที่สำคัญออกมาในหน้าจอได้แก่ วินโดว์ Solution Explorer, วินโดว์ Properties,วินโดว์ Object Browser,วินโดว์ Error List และวินโดว์ Command

วินโดว์ Solution Explorer

ทำหน้าที่รายงานชื่อไอเท็ม (item) ที่เป็นส่วนประกอบของโซลูชั่น เพื่อให้คุณทำงานกับไอเท็มเหล่านั้นได้ โดยในตอนเริ่มต้นที่เปิด Visual Basic 2005 Express Edition ขึ้นมา แล้วจะมีรายชื่อไอเท็มแสดงอยู่ภายในวินโดว์ ดังรูปที่ ก.3

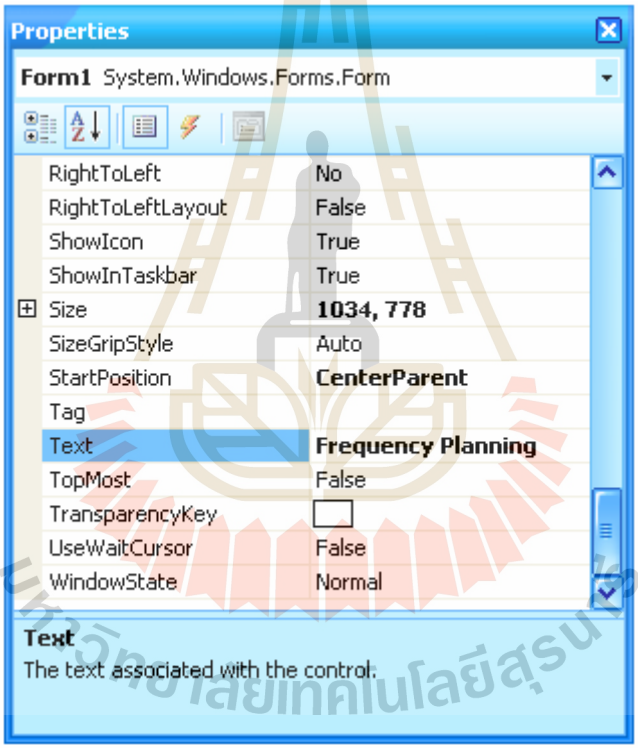


รูปที่ ก.3 แสกงในส่วน Solution Explorer

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วินโดว์ Properties

พร็อพพอร์ตี้ (properties) หมายถึงคุณสมบัติหรือคุณลักษณะของออบเจ็ค เช่น สี ,ขนาด, ตำแหน่ง ฯลฯ ในช่วงเขียนโปรแกรมนั้น พร็อพเพอร์ตี้ต่างๆของฟอร์มหรือออบเจ็คบนฟอร์มที่คุณคลิกเลือกไว้ในวินโดว์ Window Form Designer จะถูกแสดงค่าออกมาในวินโดว์ Properties นี้ และคุณสามารถแก้ไขค่าของพร็อพเพอร์ตี้ได้โดยใช้วินโดว์นี้เช่นเดียวกัน ซึ่งถือเป็นการกำหนดพร็อพเพอร์ตี้ในช่วงออกแบบโปรแกรม (design time) สำหรับการกำหนดพร็อพเพอร์ตี้อีกวิธีหนึ่งจะทำได้โดยใช้โค้ดโปรแกรม ซึ่งถือเป็นการกำหนดพร็อพเพอร์ตี้ในช่วงรันโปรแกรม (run time)



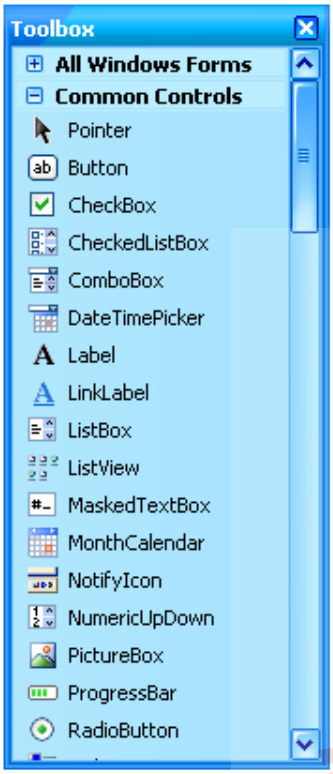
รูปที่ ก.4 แสดงในส่วน Properties

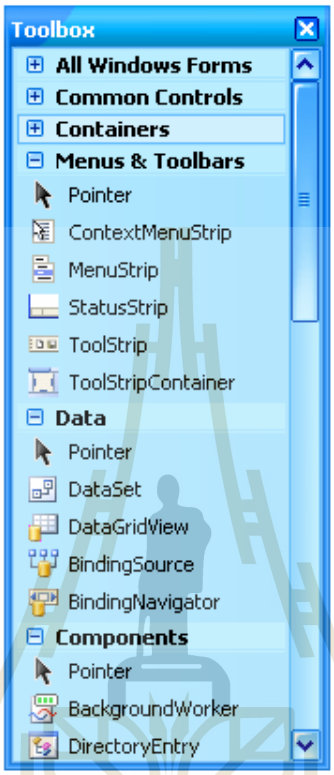
ทูลบ็อกซ์ (Toolbox)

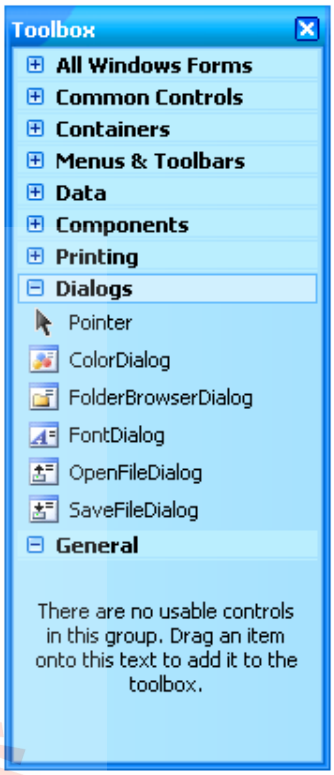
ทูลบ็อกซ์คือส่วนที่บรรจุคอลโทรลต่างๆไว้ให้คุณสามารถนำมาใช้ออกแบบหน้าจอของโปรแกรมได้ โดยปกติแล้วทูลบ็อกซ์จะซ่อนตัวเองดดยอัตโนมัติเมื่อไม่ถูกใช้งาน กลายเป็นแท็บอยู่ทางด้านซ้ายของหน้าจอ ซึ่งคุณต้องเลื่อนเมาท์ไปชี้ที่แท็บนี้จึงจะปรากฏวินโดว์ของทูลบ็อกซ์

ออกมาให้เห็น ถ้าคุณต้องการแสดงทูลบ็อกซ์ออกมาตลอดเวลา ให้คลิกปุ่ม Auto Hide ที่มุมบนขวาของทูลบ็อกซ์ให้รูปเข็มหมุดปักลง

คอลโทรลในทูลบ็อกซ์แบ่งออกเป็น 7 กลุ่มหลัก ๆ ได้แก่







Common Controls	คอนโทรลพื้นฐานต่างๆ เช่น ปุ่ม, เท็กซ์บ็อกซ์, ลิสต์บ็อกซ์, Picturebox เป็นต้น
Containers	คอนโทรลที่ใช้จัดกลุ่มให้กับคอนโทรลอื่นๆโดยบรรจุคอนโทรลเหล่านั้นไว้ภายใน ตัวมัน เช่น GroupBox และ Panel เป็นต้น
Menu & Toolbars	คอนโทรลที่ใช้สร้างเมนูและทูลบาร์
Data	คอนโทรลที่ใช้ทำงานกับฐานข้อมูล
Components	คอนโทรลที่ไม่แสดงรูปร่างและหน้าตาออกมาบนฟอร์ม แต่จัดเตรียมฟังก์ชันการทำงานบางอย่างให้กับโปรแกรม
Printing	คอนโทรลที่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์เอกสารออกทางพรินเตอร์
Dialogs	คอนโทรลที่ใช้แสดงไดอะล็อกบ็อกซ์พื้นฐานชนิดต่างๆ เช่น ไดอะล็อกบ็อกซ์สำหรับเปิดไฟล์ และไดอะล็อกบ็อกซ์สำหรับเลือกสี เป็นต้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข
ฐานข้อมูล

ภาคผนวก ข นี้จะเป็นรายละเอียดของสถานีฐานเก่าที่ใช้ในการสร้างฐานข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์ และประมวลผลในการจัดสรรความถี่ที่เหมาะสมแก่สถานีฐานใหม่

Site	KSDI	UDMS	WNMI	WNKW	WGSI	NSRI	NPWN
Xaxis	512	571	250	446	150	88	8
Yaxis	358	245	331	417	4	77	78
Tambol	ไทยสามัคคี	อุดมทรัพย์	วังหมี	วังน้ำเขียว	วังไทร	หนองสาหร่าย	ขนงพระ
Amphoe	วังน้ำเขียว	วังน้ำเขียว	วังน้ำเขียว	วังน้ำเขียว	ปากช่อง	ปากช่อง	ปากช่อง
Province	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา
Height	23.4	67.5	68	67.5	70	67.5	67.5
Ant_size	50	50	50	50	50	50	50
TCH1	101	119	120	107	123	113	102
TCH2	81	97	100	85	82	88	83
TCH3	65	79	96	68	55	86	45
TCH4			94	52	52		66
Freq1	955.2	958.8	959	956.4	959.6	957.6	955.4
Freq2	951.2	954.4	955	952	951.4	952.6	951.6
Freq3	948	950.8	954.2	948.6	946	952.2	944
Freq4			953.8	945.4	945.4		948.2

Site	NSRIS	KMUG	BKGD	KSDIS	CRKH	BDPI	BPPC
Xaxis	132	191	98	707	815	858	819
Yaxis	132	76	267	316	261	97	19
Tambol	วังกะทะ	คลองม่วง	โป่งตาลอง	จระเข้หิน	จระเข้หิน	ทุ่งอรุณ	กระโทก
Amphoe	ปากช่อง	ปากช่อง	ปากช่อง	ครบุรี	ครบุรี	ครบุรี	โชคชัย
Province	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา
Height	67.5	55	67	55	45	64	45
Ant_size	50	50	50	50	50	50	50
TCH1	104	116	104	111	108	104	122
TCH2	110	92	98	88	80	86	100
TCH3		74	83			67	70
TCH4			73			51	54
Freq1	955.8	958.2	955.8	957.2	956.6	955.8	959.4
Freq2	957	953.4	954.6	952.6	951	952.2	955
Freq3		949.8	951.6			948.4	949
Freq4			949.6			945.2	945.8

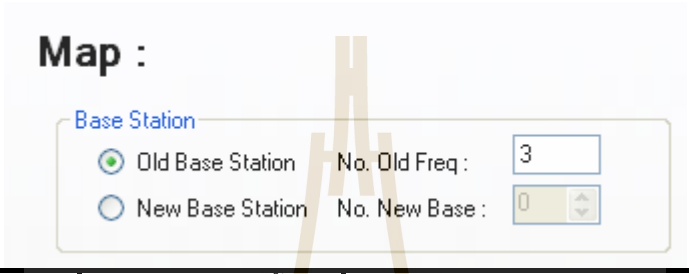
Site	KPTC	SKRH	BKLA	BTKB	YLPP	NOKO
Xaxis	599	671	723	459	620	679
Yaxis	174	116	68	95	24	23
Tambol	ภูหลวง	สะแกราช	สำโรง	ตะขบ	จิ้ว	นกออก
Amphoe	ปักธงชัย	ปักธงชัย	ปักธงชัย	ปักธงชัย	ปักธงชัย	ปักธงชัย
Province	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา
Height	64	45	64	67.5	46	67.5
Ant_size	50	50	50	50	50	50
TCH1	44	106	111	114	108	110
TCH2	86	84	89	95	86	88
TCH3	67	68		76	68	71
TCH4	51	52		60	52	55
Freq1	943.8	956.2	957.2	957.8	956.6	957
Freq2	952.2	951.8	952.8	954	952.2	952.6
Freq3	948.4	948.6		950.2	948.6	949.2
Freq4	945.2	945.4		947	945.4	946

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค
การสร้างหน้าจอโปรแกรม

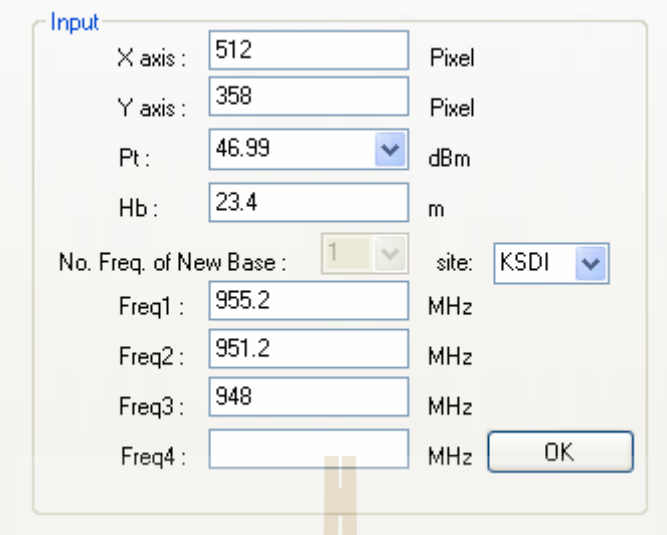
การสร้างหน้าจอโปรแกรมนี้ ต้องสร้างออบเจ็กต์ขึ้นมาก่อน แล้วกำหนดพร็อพเพอร์ตี้ของออบเจ็กต์ โดยให้พร็อพเพอร์ตี้ของออบเจ็กต์นั้นๆ มีค่าตามที่กำหนดในตาราง ซึ่งค่าที่กำหนดนั้น จะนำไปใช้ในการเขียนโค้ดของโปรแกรมต่อไป ในส่วนของการเรียกใช้งานออบเจ็กต์ต่างๆได้อธิบายไว้ในภาคผนวก ก เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Visual Basic 2005

1. Base Station ได้กำหนดพร็อพเพอร์ตี้ ดังนี้



ออบเจ็กต์/คอนโทรล	พร็อพเพอร์ตี้	ค่าที่กำหนด
Label	Name	lblMap
	Text	Map :
GroupBox	Name	gbBase
	Text	Base Station
RadioButton	Name	rdobtnOldBase
	Text	Old Base Station
Label	Name	lblNumberOldFreq
	Text	No. Old Freq :
TextBox	Name	txtno
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
RadioButton	Name	rdobtnNewBase
	Text	New Base Station
Label	Name	lblNumberNewBase
	Text	No. New Base :
ComboBox	Name	numNoNewBase
	Text	0

2. Input ได้กำหนดพร็อพเพอร์ตี้ดังนี้



ออบเจ็กต์/คอนโทรล	พร็อพเพอร์ตี้	ค่าที่กำหนด
GroupBox	Name	GroupBox1
	Text	Input
Label	Name	lblXaxis
	Text	X axis :
TextBox	Name	txtXaxis
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	lblXpixel
	Text	Pixel
Label	Name	lblYaxis
	Text	Y axis :
TextBox	Name	txtYaxis
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	lblYpixel
	Text	Pixel
Label	Name	lblPt
	Text	Pt :
TextBox	Name	txtPt
	Text	46.99

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ออบเจ็กต์/คอนโทรล	พร็อพเพอร์ตี้	ค่าที่กำหนด
Label	Name	lbldBm
	Text	dBm
Label	Name	lblHb
	Text	Hb :
TextBox	Name	txtHb
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	lblm
	Text	m
Label	Name	lblNoCHofNewBase
	Text	No. Freq. of New Base :
ComboBox	Name	cbNoFreqNewBase
	Text	1
	Items	1,2,3,4
Label	Name	SiteLabel
	Text	site:
ComboBox	Name	SiteComboBox
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
	DataSource	Base_stationBindingSource
	DisplayMember	site
	ValueMember	site
Label	Name	lblFreq1
	Text	Freq1 :
TextBox	Name	txtFreq1
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	lblMHz1
	Text	MHz
Label	Name	lblFreq2
	Text	Freq2 :

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ออบเจ็กต์/คอนโทรล	พร็อพเพอร์ตี้	ค่าที่กำหนด
TextBox	Name	txtFreq2
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	lblMHz2
	Text	MHz
Label	Name	lblFreq3
	Text	Freq3 :
TextBox	Name	txtFreq3
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	lblMHz3
	Text	MHz
Label	Name	lblFreq4
	Text	Freq4 :
TextBox	Name	txtFreq4
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	lblMHz4
	Text	MHz
Button	Name	btnOK
	Text	OK

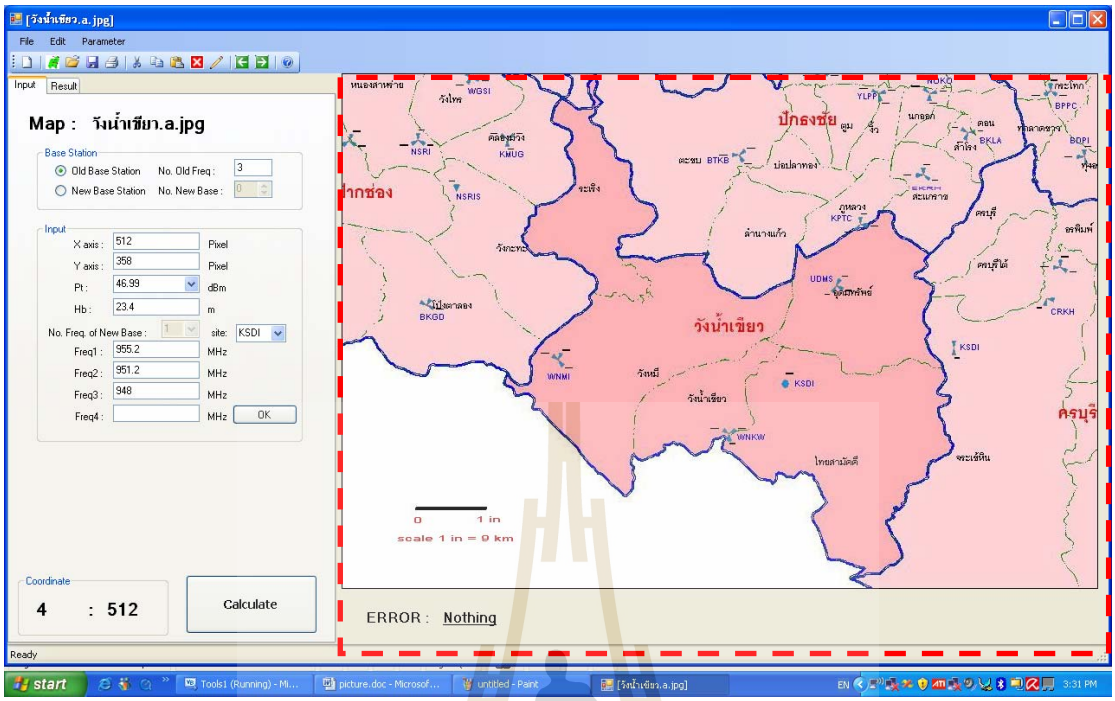
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. Coordinate ได้กำหนดพร็อพเพอร์ตี้ดังนี้

ออบเจ็กต์/คอนโทรล	พร็อพเพอร์ตี้	ค่าที่กำหนด
GroupBox	Name	gbCoordinate
	Text	Coordinate
Label	Name	lblXCoordinate
	Text	X
Label	Name	lblColon
	Text	:
Label	Name	lblYCoordinate
	Text	Y
Button	Name	btnCalculate
	Text	Calculate

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

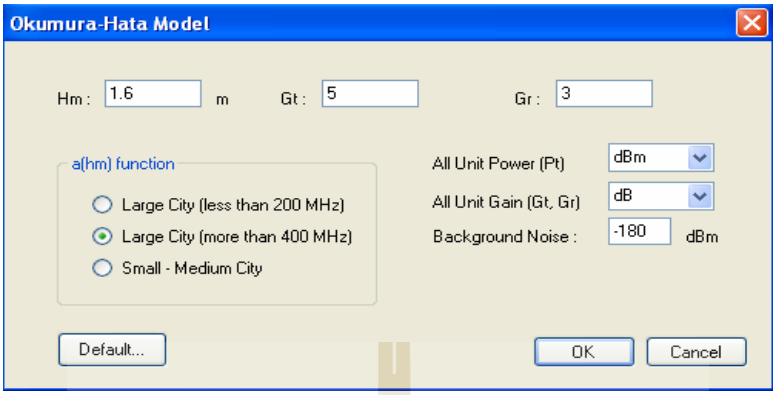
4. Picture Box ได้กำหนดพร็อพเพอร์ตี้ดังนี้



ออบเจ็กต์/คอนโทรล	พร็อพเพอร์ตี้	ค่าที่กำหนด
PictureBox	Name	PicMap
	Text	
Label	Name	lblError
	Text	ERROR :
Label	Name	lblShowError
	Text	Nothing

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5. Form – Okumura ได้กำหนดพร็อพเพอร์ตี้ดังนี้



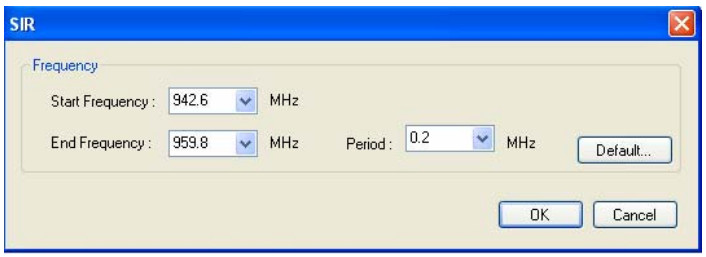
ออบเจ็กต์/คอนโทรล	พร็อพเพอร์ตี้	ค่าที่กำหนด
Label	Name	lblHm
	Text	Hm :
TextBox	Name	txtHm
	Text	1.6
Label	Name	lblm
	Text	m
Label	Name	lblGt
	Text	Gt :
TextBox	Name	txtGt
	Text	5
Label	Name	lblGr
	Text	Gr :
TextBox	Name	txtGr
	Text	3
Label	Name	Label1
	Text	All Unit Power (Pt)
ComboBox	Name	comboUnitPower
	Text	dBm

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ออบเจ็กต์/คอนโทรล	พร็อพเพอร์ตี้	ค่าที่กำหนด
Label	Name	Label2
	Text	All Unit Gain (Gt, Gr)
ComboBox	Name	comboUnitGain
	Text	dB
Label	Name	lblBackGroundNoise
	Text	Background Noise :
TextBox	Name	txtBG_Noise
	Text	-180
Label	Name	lbldBm
	Text	dBm
GroupBox	Name	GroupBox1
	Text	a(hm) function
RadioButton	Name	rdioLargeLess200
	Text	Large City (less than 200 MHz
RadioButton	Name	rdioLargeMore400
	Text	Large City (more than 400 MHz)
RadioButton	Name	rdiomedium_small
	Text	Small - Medium City
Button	Name	btnDefault
	Text	Default...
Button	Name	OK_Button
	Text	OK
Button	Name	Cancel_Button
	Text	Cancel

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6. SIR ได้กำหนดพร็อพเพอร์ตี้ดังนี้



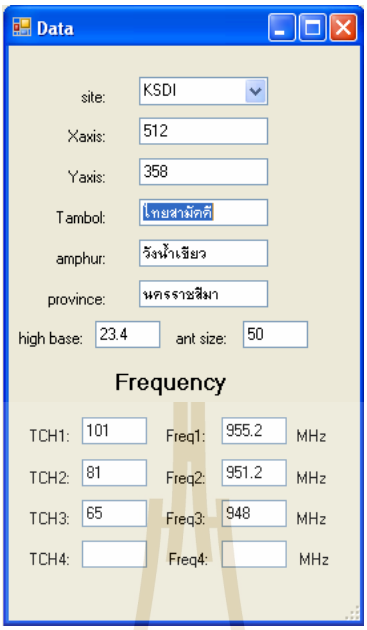
ออบเจ็กต์/คอนโทรล	พร็อพเพอร์ตี้	ค่าที่กำหนด
GroupBox	Name	Frequency
	Text	gbFreq
Label	Name	lblStartFreq
	Text	Start Frequency :
ComboBox	Name	comboStFreq
	Text	942.6
Label	Name	lblMHz
	Text	MHz
Label	Name	lblEndFreq
	Text	End Frequency :
ComboBox	Name	comboEndFr
	Text	959.8
Label	Name	lblMHz2
	Text	MHz
Label	Name	lblPeriod
	Text	Period :
ComboBox	Name	comboPeriod
	Text	0.2
Label	Name	lblMHz3
	Text	MHz

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ออบเจ็กต์/คอนโทรล	พร็อพเพอร์ตี้	ค่าที่กำหนด
Button	Name	btnDefualt
	Text	Default...
Button	Name	OK_Button
	Text	OK
Button	Name	Cancel_Button
	Text	Cancel

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7. Data ได้กำหนดพร็อพเพอร์ตี้ดังนี้



ออบเจ็กต์/คอนโทรล	พร็อพเพอร์ตี้	ค่าที่กำหนด
Label	Name	SiteLabel
	Text	site:
ComboBox	Name	SiteComboBox
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
	DataSource	Base_stationBindingSource
	DisplayMember	site
	ValueMember	base_id
Label	Name	XLabel
	Text	Xaxis:
Label	Name	YLabel
	Text	Yaxis:
TextBox	Name	YTextBox
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	TambolLabel
	Text	Tambol:

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ออบเจ็กต์/คอนโทรล	พร็อพเพอร์ตี้	ค่าที่กำหนด
TextBox	Name	TambolTextBox
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	AmphurLabel
	Text	amphur:
TextBox	Name	AmphurTextBox
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	ProvinceLabel
	Text	province:
TextBox	Name	ProvinceTextBox
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	High_baseLabel
	Text	high base:
TextBox	Name	High_baseTextBox
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	Ant_sizeLabel
	Text	ant size:
TextBox	Name	Ant_sizeTextBox
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	lblFre
	Text	Frequency
Label	Name	TCH1Label
	Text	TCH1:
TextBox	Name	TCH1TextBox
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	Freq1Label
	Text	Freq1:
TextBox	Name	Freq1TextBox
	Text	ดึงข้อมูลจาก database

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Label	Name	lblM1
	Text	MHz
Label	Name	TCH2Label
	Text	TCH2:
TextBox	Name	TCH2TextBox
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	Freq2Label
	Text	Freq2:
TextBox	Name	Freq2TextBox
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	lblM2
	Text	MHz
Label	Name	TCH3Label
	Text	TCH3:
TextBox	Name	TCH3TextBox
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	Freq3Label
	Text	Freq3:
TextBox	Name	Freq3TextBox
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	lblM3
	Text	MHz
Label	Name	TCH4Label
	Text	TCH4:
TextBox	Name	TCH4TextBox
	Text	ดึงข้อมูลจาก database
Label	Name	Freq4Label
	Text	Freq4:
TextBox	Name	Freq4TextBox
	Text	ดึงข้อมูลจาก database

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ออบเจ็กต์/คอนโทรล	พร็อพเพอร์ตี้	ค่าที่กำหนด
Label	Name	lblM4
	Text	MHz

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ง

ในภาคผนวก ง เป็นการอธิบายโค้ดในส่วนประกอบต่างๆ ของตัวโปรแกรม ซึ่งจะแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ

1. ส่วนที่แสดงเมนูบาร์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1.1 File

```
Private Sub tsbtnOpenMap_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles tsbtnOpenMap.Click
        OpenFileDialog1.Filter = "File Picture (*.bmp, *.jpg,
*.gif)|*.bmp;*.gif;*jpg"
   If OpenFileDialog1.ShowDialog() = Windows.Forms.DialogResult.OK
Then
PicMap.Image =
System.Drawing.Image.FromFile(OpenFileDialog1.FileName)
      Pic_Check = 1
      mnuClose.Enabled = True
      tsbtnClose.Enabled = True
      tsbtnRuler.Enabled = True
      Dim file_name As String = OpenFileDialog1.FileName
      file_name = file_name.Substring(file_name.LastIndexOf("\") + 1)
            Me.Text = "[" & file_name & "]"
            lblSubDistric.Text = file_name
            lblShowError.Text = "Nothing"
            lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Black
            lblStatus.Text = "Ready"
        End If
End Sub
Private Sub mnuClose_Click(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles mnuClose.Click
        'คำสั่งเพื่อปิดรูปภาพ
        PicMap.Image = Nothing
        tsbtnClose.Enabled = False
        Pic_Check = 0
        First_Check = 0
        Sec_Check = 0
End Sub
```

1.2 Parameter แบ่งได้ 3 ส่วนย่อย

- Okumura Hata Model

```
Dim frmOku_Hata As New Dialog1
Private Sub OkumuraHataModelToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles mnuOku_Hata.Click
        frmOku_Hata.ShowDialog()
End Sub

Sub SeLected_aHm()
        Hm = frmOku_Hata.txtHm.Text
        If frmOku_Hata.rdioLargeLess200.Checked Then
            logHm = Log10(1.54 * Hm)
            aHm = 8.29 * (logHm) ^ 2 - 11
        ElseIf frmOku_Hata.rdioLargeMore400.Checked = True Then
            logHm = Log10(11.75 * Hm)
            aHm = 3.2 * (logHm) ^ 2 - 4.97
        ElseIf frmOku_Hata.rdiomedium_small.Checked Then
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
            logfc = Log10(fc)
            aHm = ((1.1 * logfc * Hm)-(0.7 * Hm))-(1.56 * logfc-0.8)
        End If
End Sub
```

- SIR (Signal Interference Ratio)

```
Dim frmShowSIR As New Dialog2
Private Sub SIRToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles SIRToolStripMenuItem.Click
        frmShowSIR.ShowDialog()
End Sub
Sub FindInterAndSIR()
        Area_Check = 0
        SIR_SUM = 0
  For A = 0 To PicMap.Image.Width 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความกว้างของรูป
   For B = 0 To PicMap.Image.Height 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความยาวของรูป
    For Freq_Check = 1 To Alli_Freq(M_BS(A, B)) 'วนนับตั้งแต่ 1 จนถึง จำนวน
ช่องสัญญาณของสถานีฐานที่ส่งสัญญาณครอบคลุม
     If Freq(num, 1) = Freq(M_BS(A, B), Freq_Check) Then
      For p = 1 To num 'วนนับตั้งแต่ 1 จนถึง จำนวนสถานีฐานที่พิจารณา
       For i_Freq = 1 To Alli_Freq(p)
        For i_Freq2 = 1 To Alli_Freq(p)
         If p<>M_BS(A,B) And Freq(p,i_Freq2)=Freq(M_BS(A,B),i_Freq)
Then 'พิจารณาเพื่อหาความถี่ในแต่ละสถานีฐานที่ตรงกับความถี่ของสถานีที่ส่งสัญญาณครอบคลุมในการพิจารณาหา
Interference

            dBm = Pr(p, i_Freq2, A, B)
            Call Conv_dBm_To_mW()
            Pr_mW(p, i_Freq2, A, B) = mW
            Interference(i_Freq, A, B) += Pr_mW(p, i_Freq2, A, B)
         End If
        Next
       Next
      Next
      For i_Freq = 1 To Alli_Freq(M_BS(A, B)) 'วนลูปเพื่อรวมค่าBackground
Noise เข้ากับ Interference
          dBm = frmOku_Hata.txtBG_Noise.Text
          Call Conv_dBm_To_mW()
          BG_Noise = mW
          Interference(i_Freq,A,B)=Interference(i_Freq,A,B) +
BG_Noise
          mW = Interference(i_Freq, A, B)
          Call Conv_mW_To_dBm()
          Interference(i_Freq, A, B) = dBm
      Next 'จบการวนลูปเพื่อรวมค่าBackground Noise เข้ากับ Interference
      'หาค่า SIR
      SIR(Freq_Check,A,B)=Pr(M_BS(A,B),Freq_Check,A,B)
                          - Interference(Freq_Check, A, B)
      R_SIR(A, B) = SIR(Freq_Check, A, B)
      Area_Check += 1
      SIR_SUM += R_SIR(A, B)
     End If
    Next
   Next
  Next
```

```
        SIR_AVG(num_Freq) = Format(SIR_SUM / Area_Check, "0.000")
  End Sub
```

- Data

```
Dim frmData As New Data
Private Sub DataToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
DataToolStripMenuItem.Click
        frmData.ShowDialog()
End Sub
```

2. ส่วนที่ใช้เปิดแผนที่

```
Private Sub tsbtnOpenMap_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles tsbtnOpenMap.Click
        OpenFileDialog1.Filter = "File Picture (*.bmp, *.jpg,
*.gif)|*.bmp;*.gif;*jpg"
   If OpenFileDialog1.ShowDialog() = Windows.Forms.DialogResult.OK
Then
PicMap.Image =
System.Drawing.Image.FromFile(OpenFileDialog1.FileName)
      Pic_Check = 1
      mnuClose.Enabled = True
      tsbtnClose.Enabled = True
      tsbtnRuler.Enabled = True
      Dim file_name As String = OpenFileDialog1.FileName
      file_name = file_name.Substring(file_name.LastIndexOf("\") + 1)
            Me.Text = "[" & file_name & "]"
            lblSubDistric.Text = file_name
            lblShowError.Text = "Nothing"
            lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Black
            lblStatus.Text = "Ready"
   End If
End Sub
```

3. **ส่วนที่ใช้คำสั่ง** ruler

```
Private Sub PicMap_MouseDown(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.MouseEventArgs) Handles PicMap.MouseDown
    'เมื่อทำการคลิกเมาส์ค้างไว้จะทำการเก็บค่าตำแหน่งเริ่มต้นนั้นไว้
        If tsbtnRuler.Enabled = False Then
           X_stRuler = e.X.ToString
           Y_stRuler = e.Y.ToString
        Else
        End If
End Sub

Private Sub PicMap_MouseUp(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.MouseEventArgs) Handles PicMap.MouseUp
    'เมื่อทำการปล่อยเมาส์จะทำการเก็บค่าตำแหน่งสุดท้ายที่ต้องการเปรียบเทียบระยะทางนั้นไว้
    Try
     If tsbtnRuler.Enabled = False Then
           X_endRuler = e.X.ToString
           Y_endRuler = e.Y.ToString
           D = (X_stRuler-X_endRuler)^2 + (Y_stRuler-Y_endRuler)^ 2
                sqrtD = Sqrt(D)
Dim RSize As Double = CDbl(InputBox("กรุณาใส่ขนาดจริง(กิโลเมตร)","Parameter","0",
15, 500))
```

```
                R_Size = RSize.ToString
                DivSize = R_Size / sqrtD
                tsbtnRuler.Enabled = True
                Dis_Check = 1
                lblShowError.Text = "Nothing"
                lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Black
            End If
        Catch ex As Exception
            MessageBox.Show(ex.ToString, "ผิดพลาด",
MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error)
            tsbtnRuler.Enabled = True
        End Try
End Sub
```

4. **ส่วนของ** Input

4.1.Base Station

- Old Base Station

```
Sub ShowAllOldLocation()
      'คำสั่งในการแสดงรูปสถานีฐานเก่าบนแผนที่
      Dim g As Graphics = PicMap.CreateGraphics
      Dim pntVertices()As Point ={New Point(210,100),New
                                  Point(180, 160), New Point(240, 140)}
      Dim brhOld As New SolidBrush(Color.Black)
      Dim point(200) As Integer
      Dim n1 As Integer
        For n1 = 1 To n
          point((n1 * 4) - 3) = Xaxis(n1) - 6
          point((n1 * 4) - 2) = Xaxis(n1) + 6
          point((n1 * 4) - 1) = Yaxis(n1) + 6
          point(n1 * 4) = Yaxis(n1) - 6
          pntVertices(0) = New Point(Xaxis(n1),point(n1*4))
          pntVertices(1) = New Point(point((n1*4)-3),point((n1*4)-1))
          pntVertices(2) = New Point(point((n1*4)-2),point((n1*4)-1))
          g.FillPolygon(brhOld, pntVertices)
        Next
End Sub
Private Sub rdobtnOldBase_CheckedChanged(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
rdobtnOldBase.CheckedChanged
        numNoNewBase.Enabled = False
        cbNoFreqNewBase.Enabled = False
        txtno.Enabled = True
        txtFreq1.Enabled = True
        txtFreq2.Enabled = True
        txtFreq3.Enabled = True
        txtFreq4.Enabled = True
End Sub
```

- New Base Station

```
Sub ShowAllNewLocation()
      'คำสั่งในการแสดงรูปสถานีฐานใหม่บนแผนที่
      Dim g As Graphics = PicMap.CreateGraphics
      Dim pntVertices() As Point = {New Point(210, 100), New
                              Point(180, 160), New Point(240, 140)}
```

```
        Dim brhNew As New SolidBrush(Color.Red)
        Dim point(200) As Integer
        Dim m1 As Integer
          For m1 = No_OldUsedBase + 1 To m
           point((m1 * 4) - 3) = Xaxis(m1) - 6
           point((m1 * 4) - 2) = Xaxis(m1) + 6
           point((m1 * 4) - 1) = Yaxis(m1) + 6
           point(m1 * 4) = Yaxis(m1) - 6
           pntVertices(0) = New Point(Xaxis(m1),point(m1 * 4))
           pntVertices(1) = New Point(point((m1*4)-3),point((m1*4)-1))
           pntVertices(2) = New Point(point((m1*4)-2),point((m1*4)-1))
           g.FillPolygon(brhNew, pntVertices)
          Next
End Sub
Private Sub rdobtnNewBase_CheckedChanged(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
rdobtnNewBase.CheckedChanged
          numNoNewBase.Enabled = True
          cbNoFreqNewBase.Enabled = True
          txtno.Enabled = False
          txtFreq1.Enabled = False
          txtFreq2.Enabled = False
          txtFreq3.Enabled = False
          txtFreq4.Enabled = False
End Sub
```

4.2. Input

```
Private Sub btnOK_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnOK.Click
    If tsbtnRuler.Enabled = True Then
     If Pic_Check = 1 Then 'ตรวจสอบว่ารูปภาพได้ถูกเปิดหรือไม่
          lblShowError.Text = "Nothing"
          lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Black
           If Dis_Check = 1 Then 'ตรวจสอบว่าปุ่ม Ruler ได้ถูกใช้หรือไม่
            lblShowError.Text = "Nothing"
            lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Black
             If rdobtnOldBase.Checked = True Then 'เก็บตำแหน่งของสถานีฐานเก่า
               No_OldAdd += 1
               n = No_OldAdd
               Xaxis(n) = txtXaxis.Text
               txtXaxis.Text = Xaxis(n)
               Yaxis(n) = txtYaxis.Text
               txtYaxis.Text = Yaxis(n)
               Call ShowOldLocation()
               First_Check = 1
               lblShowError.Text = "Nothing"
               lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Black
               Call ShowOldLocation()
         If txtHb.Text<>"" And txtPt.Text<>"" And txtFreq1.Text <>""
Then
         'เก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่จำเป็นในการพิจารณาหากำลังงานที่ส่งถึงในแต่ละตำแหน่ง
               Pt(n) = txtPt.Text
               Hb(n) = txtHb.Text
            If txtno.Text = 1 Then
               Alli_Freq(n) = 1
               Freq(n, 1) = txtFreq1.Text
             ElseIf txtno.Text = 2 Then
               Alli_Freq(n) = 2
```

```
            Freq(n, 1) = txtFreq1.Text
            Freq(n, 2) = txtFreq2.Text
          ElseIf txtno.Text = 3 Then
            Alli_Freq(n) = 3
            Freq(n, 1) = txtFreq1.Text
            Freq(n, 2) = txtFreq2.Text
            Freq(n, 3) = txtFreq3.Text
          ElseIf txtno.Text = 4 Then
            Alli_Freq(n) = 4
            Freq(n, 1) = txtFreq1.Text
            Freq(n, 2) = txtFreq2.Text
            Freq(n, 3) = txtFreq3.Text
            Freq(n, 4) = txtFreq4.Text
          End If
            No_UsedBase += 1
            No_OldUsedBase += 1
            Call Clear_input()
        ElseIf txtHb.Text="" Or txtPt.Text="" Or txtFreq1.Text=""
Then
            lblShowError.Text = "กรุณากรอกค่าพารามิเตอร์ต่างให้ครบถ้วนก่อน"
            lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Red
        End If
    ElseIf rdobtnNewBase.Checked = True Then 'เก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่จำเป็นในการ
พิจารณาหากำลังงานที่ส่งถึงในแต่ละตำแหน่ง
         If txtHb.Text <> "" And txtPt.Text <> "" Then
            No_New = No_NewUsedBase + 1
            Pt(m) = txtPt.Text
            Hb(m) = txtHb.Text
            No_FreqNewBase(m) = cbNoFreqNewBase.Text
            Alli_Freq(m) = No_FreqNewBase(No_New)
            No_UsedBase += 1
            No_NewUsedBase += 1
            Call Clear_input()
            Sec_Check = 1
         ElseIf txtHb.Text = "" Or txtPt.Text = "" Then
            lblShowError.Text = "กรุณากรอกค่าพารามิเตอร์ต่างให้ครบถ้วนก่อน"
            lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Red
         End If
        End If
        Else
            lblShowError.Text = "กรุณาทำการเปรียบเทียบระยะทางจริง โดยใช้ปุ่ม Ruler ก่อน"
            lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Red
      End If
    Else
            lblShowError.Text = "กรุณาทำการเปิดไฟล์แผนที่ก่อนใช้งาน"
            lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Red
  End If
 End If
End Sub
```

4.3. Coordinate

```
Private Sub PicMap_MouseMove(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.MouseEventArgs) Handles PicMap.MouseMove
    'เป็นการแสดงตำแหน่งเป็น Pixel
        Dim X_axis, Y_axis As Integer
        X_axis = e.Location.X.ToString
        Y_axis = e.Location.Y.ToString
```

```
        lblXCoordinate.Text = X_axis
        lblYCoordinate.Text = Y_axis
        If First_Check = 1 Then
            Call ShowAllOldLocation()
            If Sec_Check = 1 Then
                Call ShowAllNewLocation()
            End If
        End If
End Sub
```

4.4. Calculate

```
Private Sub btnCalculate_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles btnCalculate.Click
        Dim strSugFreq As String = ""
        lblStatus.Text = "Calculating"
        Hm = frmOku_Hata.txtHm.Text
        Gt = frmOku_Hata.txtGt.Text
        Gr = frmOku_Hata.txtGr.Text
        num = 1
        num_newFreq = 1
        Do
            num_Freq = 1
            If num <= No_OldUsedBase Then
                For i_Freq = 1 To Alli_Freq(num) 'การคำนวณหากำลังงานในแต่ละ
ตำแหน่งที่สถานีฐานฐานเก่าส่งกำลังงานไปถึง
                    j = 0
                    Do 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความยาวของรูป
                        i = 0
                      Do 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความกว้างของรูป
                        D = (Xaxis(num) - i)^2 + (Yaxis(num) - j)^2
                        sqrtD = Sqrt(D)
                        RealSize = DivSize * sqrtD
                        fc = Freq(num, i_Freq)
                        H = Hb(num)
                        logfc = Log10(fc)
                        Call SeLected_aHm()
    Loss =69.55 + (26.16 * logfc)-(13.82 * Log10(H)) - aHm + ((44.9
          - (6.55 * Log10(H))) * Log10(RealSize))

                        B = j
                        Do 'ให้ตำแหน่งตามแนวยาวจำนวน 5ตำแหน่งมีกำลังงานเท่ากัน
                            A = i
                          Do 'ให้ตำแหน่งตามแนวกว้างจำนวน 5ตำแหน่งมีกำลังงานเท่ากัน
                            Pr(num,i_Freq,A,B) = Pt(num)-Loss+Gt+Gr
                            A += 1
                          Loop Until A = i + 5
                            B += 1
                        Loop Until B = j + 5
                          i += 5
                    Loop Until i >= PicMap.Image.Width
                    j += 5
                Loop Until j >= PicMap.Image.Height
            Next 'จบการคำนวณหากำลังงานในแต่ละตำแหน่งที่สถานีฐานเก่าส่งกำลังงานไปถึง
        ElseIf num > No_OldUsedBase And num <= m Then
            FreqStart = frmShowSIR.comboStFreq.Text
            FreqEnd = frmShowSIR.comboEndFreq.Text
            PeriodFreq = frmShowSIR.comboPeriod.Text
```

```
                MaxSIR_AVG = -10000
                Do While FreqStart <= FreqEnd
                    j = 0
                    Do 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความยาวของรูป
                      i = 0
                      Do 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความกว้างของรูป
                        D = (Xaxis(num) - i)^ 2 + (Yaxis(num) - j)^ 2
                        sqrtD = Sqrt(D)
                        RealSize = DivSize * sqrtD
                        fc = Format(FreqStart, "0.0")
                        Freq(num, 1) = Format(FreqStart, "0.0")
                        List_Freq(num_Freq)=Format(FreqStart, "0.0")
                        Alli_Freq(num) = 1
                        H = Hb(num)
                        logfc = Log10(fc)
                        Call SeLected_aHm()
Loss = 69.55 + (26.16 * logfc) - (13.82 * Log10(H)) - aHm + ((44.9
       - (6.55 * Log10(H))) * Log10(RealSize))

                        B = j
                         Do 'ให้ตำแหน่งตามแนวยาวจำนวน 5ตำแหน่งมีกำลังงานเท่ากัน
                           A = i
                           Do 'ให้ตำแหน่งตามแนวกว้างจำนวน 5ตำแหน่งมีกำลังงานเท่ากัน
                             Pr(num,1,A,B) = Pt(num) - Loss + Gt + Gr
                             A += 1
                           Loop Until A = i + 5
                             B += 1
                        Loop Until B = j + 5
                          i += 5
                      Loop Until i >= PicMap.Image.Width
                        j += 5
                  Loop Until j >= PicMap.Image.Height
                  'จบการคำนวณหากำลังงานในแต่ละตำแหน่งที่สถานีฐานใหม่ส่งกำลังงานไปถึง
                     If num_Freq = 1 Then
                        Call FindMainBase()
                     End If
                     Call Clear_Array()
                     Call FindInterAndSIR()
                     num_Freq += 1
                     FreqStart += PeriodFreq
        Loop
        For g = 1 To num_Freq - 1
            Sort_Freq(g) = List_Freq(g)
        Next
        Dim myComparer = New myReverserClass()
        Array.Sort(SIR_AVG, List_Freq, 1, num_Freq - 1, myComparer)
        Dim CHnewBase, Past_CH, k, count As Integer 'เรียงลำดับค่า SIR จากมากไป
น้อย
        count = 0
          For CHnewBase = 1 To No_FreqNewBase(num) 'การจัดสรรความถี่โดยคำนึงถึง
หลักการของ Adjacent Channel
              Past_CH = CHnewBase - 1
              k = 1
               If count = 0 Then
                  Freq_Selected(num, CHnewBase) = List_Freq(1)
                  count = 1
             ElseIf count = 1 Then
```

```
      If List_Freq(((CHnewBase - 1) * (maxi_Freq)) + k) =
                  (Freq_Selected(num, Past_CH) + PeriodFreq)Or_
         List_Freq(((CHnewBase - 1) * (maxi_Freq)) + k) =
                  (Freq_Selected(num, Past_CH)+(2 * PeriodFreq))Or _
         List_Freq(((CHnewBase - 1) * (maxi_Freq)) + k) =
                  (Freq_Selected(num, Past_CH)+(3 * PeriodFreq)) Then
         Freq_Selected(num, CHnewBase) = List_Freq(((CHnewBase - 1) *
                                         (maxi_Freq)) + (2 * k))
      If List_Freq(((CHnewBase - 1) * (maxi_Freq)) + (2 * k)) =
                  (Freq_Selected(num, Past_CH) + PeriodFreq)Or_
         List_Freq(((CHnewBase - 1) * (maxi_Freq)) + (2 * k)) =
                  (Freq_Selected(num, Past_CH)+(2 * PeriodFreq))Or _
         List_Freq(((CHnewBase - 1) * (maxi_Freq)) + (2 * k)) =
                  (Freq_Selected(num, Past_CH)+(3 * PeriodFreq)) Then
         Freq_Selected(num, CHnewBase) = List_Freq(((CHnewBase - 1) *
                                         (maxi_Freq)) + (3 * k))

        End If
    Else
         Freq_Selected(num, CHnewBase) = List_Freq(((CHnewBase - 1) *
                                         (maxi_Freq)) + k)
         End If
       End If
Next 'จบการจัดสรรความถี่โดยคำนึงถึงหลักการของ Adjacent Channel
  For CHnewBase = 1 To No_FreqNewBase(num)
      j = 0
       Do 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความยาวของรูป
          i = 0
         Do 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความกว้างของรูป
             D = (Xaxis(num) - i) ^ 2 + (Yaxis(num) - j) ^ 2
             sqrtD = Sqrt(D)
             RealSize = DivSize * sqrtD
             fc = Freq_Selected(num, CHnewBase)
             Freq(num, CHnewBase) = Freq_Selected(num, CHnewBase)
             H = Hb(num)
             logfc = Log10(fc)
             Call SeLected_aHm()
Loss = 69.55 + (26.16 * logfc) - (13.82 * Log10(H)) - aHm + ((44.9 -
       (6.55 * Log10(H))) * Log10(RealSize))
             B = j
               Do 'ให้ตำแหน่งตามแนวยาวจำนวน 5ตำแหน่งมีกำลังงานเท่ากัน
                 A = i
                  Do 'ให้ตำแหน่งตามแนวกว้างจำนวน 5ตำแหน่งมีกำลังงานเท่ากัน
                   Pr(num, CHnewBase,A,B) = Pt(num) - Loss + Gt + Gr
                   A += 1
                  Loop Until A = i + 5
                          B += 1
               Loop Until B = j + 5
                        i += 5
          Loop Until i >= PicMap.Image.Width
                  j += 5
        Loop Until j >= PicMap.Image.Height
          strSugFreq &= "ความถี่ที่แนะนำสำหรับสถานีฐานที่ " & num_newFreq & "   CH" &
CHnewBase & ControlChars.Tab & Freq_Selected(num, CHnewBase) & " MHz"
& ControlChars.CrLf
                    txtSugNewFreq.Text = strSugFreq
                    txtSugNewFreq.Font = New
System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 9.0!,
```

```
System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point,
CType(222, Byte))
                Next
                num_newFreq += 1
            End If
            num += 1
        Loop Until num > m
        lblStatus.Text = "Finish"
End Sub
```

ในส่วนนี้เป็นการแสดงโค้ดทั้งหมดของโปรแกรม

```
Imports System.Drawing.Drawing2D
Imports System.Math
Imports System.Collections
Public Class Form1
-----------------------------------------------------------------------
    Public Class myReverserClass
        Implements IComparer

' Calls CaseInsensitiveComparer.Compare with the parameters reversed.
Function Compare(ByVal x As [Object],ByVal y As [Object])As Integer _
           Implements IComparer.Compare
            Return New CaseInsensitiveComparer().Compare(y, x)
        End Function 'IComparer.Compare

    End Class 'myReverserClass
-----------------------------------------------------------------------
    Dim frmOku_Hata As New Dialog1
    Dim frmData As New Data
    Dim frmShowSIR As New Dialog2
    'Declare Public Array Parameter
    Public Shared Xaxis(30), Yaxis(30), Pt(30), Hb(30), Freq(30, 4),
Alli_Freq(30), No_FreqNewBase(30), Sort_SIR_AVG(150), Sort_Freq(150)
As Single
    'Declare Public for Unlimit Old and New Basestation Parameter
    Public Shared n, m, No_OldAdd, No_NewAdd, No_UsedBase,
No_NewUsedBase, No_OldUsedBase, No_New, num_OldFreq As Integer
    'Declare Public for Determine Distance
    Public Shared X_stRuler, Y_stRuler, X_endRuler, Y_endRuler,
Dis_Check, R_Size, RealSize, DivSize, D, sqrtD As Single
    'Declare Public for PictureBox
    Public Shared Pic_Check, First_Check, Sec_Check As Integer
    'Declare Public for Calculate Power
    Public Shared num As Integer
    Public Shared Hm, Gt, Gr, logHm, aHm, dBm, mW, logfc, fc, H, A,
B, i, j, Loss As Single
    Public Shared Pr_mW(30, 4, 1000, 700), Pr(30, 4, 1000, 700) As
Single
    'Declare Public for Calculate SIR, Interference and MainBase
    Public Shared i_Freq, i_Freq2, maxi_Freq, num_Freq, g, Freq_Check
As Integer
    Public Shared MaxSIR_AVG, Best_Freq(10), num_newFreq,
List_Freq(150), R_SIR(1000, 700), Freq_Selected(30, 4) As Single
    Public Shared FreqStart, FreqEnd, PeriodFreq, Area_Check,
NewBase_Check, NoNewBase_Check, Pr_Max, Main_BS, M_BS(1000, 700) As
Single
    Public Shared Interference(4, 1000, 700), SIR(4, 1000, 700),
BG_Noise, SIR_SUM, SIR_AVG(150), SUM_SD, SD_SIR(150), p As Single
-----------------------------------------------------------------------
    Private Sub tsbtnOpenMap_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles tsbtnOpenMap.Click
        OpenFileDialog1.Filter = "File Picture (*.bmp, *.jpg,
*.gif)|*.bmp;*.gif;*jpg"
   If OpenFileDialog1.ShowDialog() = Windows.Forms.DialogResult.OK
Then
PicMap.Image =
System.Drawing.Image.FromFile(OpenFileDialog1.FileName)
      Pic_Check = 1
      mnuClose.Enabled = True
      tsbtnClose.Enabled = True
```

```
        tsbtnRuler.Enabled = True
        Dim file_name As String = OpenFileDialog1.FileName
        file_name = file_name.Substring(file_name.LastIndexOf("\") + 1)
              Me.Text = "[" & file_name & "]"
              lblSubDistric.Text = file_name
              lblShowError.Text = "Nothing"
              lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Black
              lblStatus.Text = "Ready"
          End If
    End Sub
-------------------------------------------------------------------------
    Private Sub OkumuraHataModelToolStripMenuItem_Click(ByVal sender
As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
mnuOku_Hata.Click
          frmOku_Hata.ShowDialog()
    End Sub
-------------------------------------------------------------------------
    Private Sub DataToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
DataToolStripMenuItem.Click
          frmData.ShowDialog()
    End Sub
-------------------------------------------------------------------------
    Private Sub SIRToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
SIRToolStripMenuItem.Click
          frmShowSIR.ShowDialog()
    End Sub
-------------------------------------------------------------------------
    Private Sub tsbtnNew_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles tsbtnNew.Click
          'เป็นการปรับค่าตัวแปรต่างเป็นศูนย์
          PicMap.Image = Nothing
          txtSugNewFreq.Text = ""
          txtXaxis.Text = ""
          txtYaxis.Text = ""
          txtPt.Text = "46.99"
          txtHb.Text = ""
          txtFreq1.Text = ""
          txtFreq2.Text = ""
          txtFreq3.Text = ""
          txtFreq4.Text = ""
          cbNoFreqNewBase.Text = "1"
          numNoNewBase.TextAlign = "0"
          txtno.Text = ""
          Pic_Check = 0
          Dis_Check = 0
          First_Check = 0
          Sec_Check = 0
          m = 0
          n = 0
          No_OldAdd = 0
          No_UsedBase = 0
          No_OldUsedBase = 0
          No_NewUsedBase = 0
    End Sub
-------------------------------------------------------------------------

    Private Sub mnuNew_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles mnuNew.Click
```

```
        'เป็นคำสั่งให้ทำเช่นเดียวกับการคลิกที่ปุ่ม New
        tsbtnNew_Click(Nothing, Nothing)
    End Sub
-------------------------------------------------------------------------
    Private Sub tsbtnClose_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal
e As System.EventArgs) Handles tsbtnClose.Click
        'คำสั่งเพื่อปิดรูปภาพ
        PicMap.Image = Nothing
        lblSubDistric.Text = ""
        tsbtnClose.Enabled = False
        Pic_Check = 0
        First_Check = 0
        Sec_Check = 0
    End Sub
-------------------------------------------------------------------------
    Private Sub mnuClose_Click(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles mnuClose.Click
        'คำสั่งเพื่อปิดรูปภาพ
        PicMap.Image = Nothing
        tsbtnClose.Enabled = False
        Pic_Check = 0
        First_Check = 0
        Sec_Check = 0
    End Sub
-------------------------------------------------------------------------
    Private Sub Form1_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Me.Load
        'TODO: This line of code loads data into the
        DataDataSet.base_station' table. You can move, or remove it,
        as needed.
        Me.Base_stationTableAdapter.Fill(Me.DataDataSet.base_station)
        lblStatus.Text = "Ready"
    End Sub
-------------------------------------------------------------------------
    Sub Clear_input()
        txtXaxis.Text = Nothing
        txtYaxis.Text = Nothing
        txtHb.Text = Nothing
        txtFreq1.Text = Nothing
        txtFreq2.Text = Nothing
        txtFreq3.Text = Nothing
        txtFreq4.Text = Nothing
    End Sub
-------------------------------------------------------------------------
    Sub SeLected_aHm()
        Hm = frmOku_Hata.txtHm.Text
        If frmOku_Hata.rdioLargeLess200.Checked Then
            logHm = Log10(1.54 * Hm)
            aHm = 8.29 * (logHm) ^ 2 - 11
        ElseIf frmOku_Hata.rdioLargeMore400.Checked = True Then
            logHm = Log10(11.75 * Hm)
            aHm = 3.2 * (logHm) ^ 2 - 4.97
        ElseIf frmOku_Hata.rdiomedium_small.Checked Then
            logfc = Log10(fc)
            aHm =((1.1 * logfc * Hm)-(0.7 * Hm))-(1.56 * logfc - 0.8)
        End If
    End Sub
-------------------------------------------------------------------------
    Sub Conv_dBm_To_mW()
        mW = 10 ^ (dBm / 10)
```

```
    End Sub
-----------------------------------------------------------------------
    Sub Conv_mW_To_dBm()
        dBm = 10 * Log10(mW)
    End Sub
-----------------------------------------------------------------------
    Sub FindMainBase()
        For A = 0 To PicMap.Image.Width 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความกว้างของรูป
            For B = 0 To PicMap.Image.Height 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความยาวของรูป
                Pr_Max = -10000
                For p = 1 To num 'เปรียบเทียบหาสถานีฐานที่ส่งสัญญาณครอบคลุม
                    If Pr(p, 1, A, B) > Pr_Max Then
                        Pr_Max = Pr(p, 1, A, B)
                        Main_BS = p
                    End If
                Next 'จบการเปรียบเทียบหาสถานีฐานที่ส่งสัญญาณครอบคลุม
                M_BS(A, B) = Main_BS
            Next
        Next
    End Sub
-----------------------------------------------------------------------
    Sub Clear_Array()
        maxi_Freq = 0
        For A = 0 To PicMap.Image.Width 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความกว้างของรูป
            For B = 0 To PicMap.Image.Height 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความยาวของรูป
                For p = 1 To num 'เปรียบเทียบหาจำนวนช่องสัญญาณสูงที่สุดในสถานีฐานทั้งหมด
                    If Alli_Freq(p) > maxi_Freq Then
                        maxi_Freq = Alli_Freq(p)
                    End If
                Next 'จบการเปรียบเทียบหาจำนวนช่องสัญญาณสูงที่สุดในสถานีฐานทั้งหมด
                For i_Freq = 1 To maxi_Freq 'เคลียร์ค่า Interference ให้เป็น
ศูนย์
                    Interference(i_Freq, A, B) = 0
                Next 'จบการเคลียร์ค่า Interference ให้เป็นศูนย์
            Next
        Next
    End Sub
-----------------------------------------------------------------------
    Sub FindInterAndSIR()
        Area_Check = 0
        SIR_SUM = 0
  For A = 0 To PicMap.Image.Width 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความกว้างของรูป
   For B = 0 To PicMap.Image.Height 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความยาวของรูป
    For Freq_Check = 1 To Alli_Freq(M_BS(A, B)) 'วนนับตั้งแต่ 1 จนถึง จำนวน
ช่องสัญญาณของสถานีฐานที่ส่งสัญญาณครอบคลุม
     If Freq(num, 1) = Freq(M_BS(A, B), Freq_Check) Then
      For p = 1 To num 'วนนับตั้งแต่ 1 จนถึง จำนวนสถานีฐานที่พิจารณา
       For i_Freq = 1 To Alli_Freq(p)
        For i_Freq2 = 1 To Alli_Freq(p)
         If p<>M_BS(A,B) And Freq(p,i_Freq2)=Freq(M_BS(A,B),i_Freq)
Then 'พิจารณาเพื่อหาความถี่ในแต่ละสถานีฐานที่ตรงกับความถี่ของสถานีที่ส่งสัญญาณครอบคลุมในการพิจารณาหา
Interference

            dBm = Pr(p, i_Freq2, A, B)
```

```
            Call Conv_dBm_To_mW()
            Pr_mW(p, i_Freq2, A, B) = mW
            Interference(i_Freq, A, B) += Pr_mW(p, i_Freq2, A, B)
          End If
        Next
      Next
    Next
    For i_Freq = 1 To Alli_Freq(M_BS(A, B)) 'วนลูปเพื่อรวมค่าBackground
Noise เข้ากับ Interference
        dBm = frmOku_Hata.txtBG_Noise.Text
        Call Conv_dBm_To_mW()
        BG_Noise = mW
        Interference(i_Freq,A,B)=Interference(i_Freq,A,B)+ BG_Noise
        mW = Interference(i_Freq, A, B)
        Call Conv_mW_To_dBm()
        Interference(i_Freq, A, B) = dBm
    Next 'จบการวนลูปเพื่อรวมค่าBackground Noise เข้ากับ Interference
    'หาค่า SIR
    SIR(Freq_Check,A,B)=Pr(M_BS(A,B),Freq_Check,A,B)
                        - Interference(Freq_Check, A, B)
    R_SIR(A, B) = SIR(Freq_Check, A, B)
    Area_Check += 1
    SIR_SUM += R_SIR(A, B)
   End If
  Next
 Next
Next
    SIR_AVG(num_Freq) = Format(SIR_SUM / Area_Check, "0.000")
End Sub
-------------------------------------------------------------------------
  Sub ShowOldLocation()
    'คำสั่งในการแสดงรูปสถานีฐานเก่าบนแผนที่
    Dim g As Graphics = PicMap.CreateGraphics
    Dim pntVertices()As Point ={New Point(210,100), New
                 Point(180,160),New   Point(240,140)}
    Dim brhOld As New SolidBrush(Color.Black)
    Dim point(200) As Integer
    point((n * 4) - 3) = Xaxis(n) - 6
    point((n * 4) - 2) = Xaxis(n) + 6
    point((n * 4) - 1) = Yaxis(n) + 6
    point(n * 4) = Yaxis(n) - 6
    pntVertices(0) = New Point(Xaxis(n), point(n * 4))
    pntVertices(1) = New Point(point((n*4)- 3),point((n*4)- 1))
    pntVertices(2) = New Point(point((n*4)- 2),point((n*4)- 1))
    g.FillPolygon(brhOld, pntVertices)
  End Sub
-------------------------------------------------------------------------
  Sub ShowAllOldLocation()
    'คำสั่งในการแสดงรูปสถานีฐานเก่าบนแผนที่
    Dim g As Graphics = PicMap.CreateGraphics
    Dim pntVertices()As Point ={New Point(210,100),New
                              Point(180, 160), New Point(240, 140)}
    Dim brhOld As New SolidBrush(Color.Black)
    Dim point(200) As Integer
    Dim n1 As Integer
      For n1 = 1 To n
        point((n1 * 4) - 3) = Xaxis(n1) - 6
        point((n1 * 4) - 2) = Xaxis(n1) + 6
        point((n1 * 4) - 1) = Yaxis(n1) + 6
```

```
            point(n1 * 4) = Yaxis(n1) - 6
            pntVertices(0) = New Point(Xaxis(n1),point(n1*4))
            pntVertices(1) = New Point(point((n1*4)-3),point((n1*4)-1))
            pntVertices(2) = New Point(point((n1*4)-2),point((n1*4)-1))
            g.FillPolygon(brhOld, pntVertices)
          Next
    End Sub
-------------------------------------------------------------------------
    Sub ShowNewLocation()
      'คำสั่งในการแสดงรูปสถานีฐานใหม่บนแผนที่
      Dim g As Graphics = PicMap.CreateGraphics
      Dim pntVertices() As Point ={New Point(210, 100), New
                            Point(180, 160), New Point(240, 140)}
      Dim brhNew As New SolidBrush(Color.Red)
      Dim point(200) As Integer
      point((m * 4) - 3) = Xaxis(m) - 6
      point((m * 4) - 2) = Xaxis(m) + 6
      point((m * 4) - 1) = Yaxis(m) + 6
      point(m * 4) = Yaxis(m) - 6
      pntVertices(0) = New Point(Xaxis(m), point(m * 4))
      pntVertices(1) = New Point(point((m*4)-3),point((m*4)-1))
      pntVertices(2) = New Point(point((m*4)-2),point((m*4)-1))
      g.FillPolygon(brhNew, pntVertices)
    End Sub
-------------------------------------------------------------------------
    Sub ShowAllNewLocation()
      'คำสั่งในการแสดงรูปสถานีฐานใหม่บนแผนที่
      Dim g As Graphics = PicMap.CreateGraphics
      Dim pntVertices() As Point = {New Point(210, 100), New
                            Point(180, 160), New Point(240, 140)}
      Dim brhNew As New SolidBrush(Color.Red)
      Dim point(200) As Integer
      Dim m1 As Integer
        For m1 = No_OldUsedBase + 1 To m
         point((m1 * 4) - 3) = Xaxis(m1) - 6
         point((m1 * 4) - 2) = Xaxis(m1) + 6
         point((m1 * 4) - 1) = Yaxis(m1) + 6
         point(m1 * 4) = Yaxis(m1) - 6
         pntVertices(0) = New Point(Xaxis(m1),point(m1 * 4))
         pntVertices(1) = New Point(point((m1*4)-3),point((m1*4)-1))
         pntVertices(2) = New Point(point((m1*4)-2),point((m1*4)-1))
         g.FillPolygon(brhNew, pntVertices)
        Next
    End Sub
-------------------------------------------------------------------------
    Private Sub PicMap_MouseClick(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.MouseEventArgs) Handles PicMap.MouseClick
  If tsbtnRuler.Enabled = True Then
      If Pic_Check = 1 Then 'ตรวจสอบว่ารูปภาพได้ถูกเปิดหรือไม่
      lblShowError.Text = "Nothing"
      lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Black
       If Dis_Check = 1 Then 'ตรวจสอบว่าปุ่ม Rulerได้ถูกใช้หรือไม่
          lblShowError.Text = "Nothing"
          lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Black
           If e.Button=Windows.Forms.MouseButtons.Left Then
            If rdobtnOldBase.Checked = True Then 'เก็บตำแหน่งของสถานีฐานเก่า
                 No_OldAdd += 1
                 n = No_OldAdd
                 Xaxis(n) = e.X.ToString
```

```
                txtXaxis.Text = Xaxis(n)
                Yaxis(n) = e.Y.ToString
                txtYaxis.Text = Yaxis(n)
                Call ShowOldLocation()
                First_Check = 1

            ElseIf rdobtnNewBase.Checked = True Then
              If numNoNewBase.Text <> 0 Then
                No_NewAdd = numNoNewBase.Text
                m = No_UsedBase + 1
                If No_NewUsedBase <= No_NewAdd - 1 Then 'เก็บตำแหน่งของ
สถานีฐานใหม่
                    Xaxis(m) = e.X.ToString
                    txtXaxis.Text = Xaxis(m)
                    Yaxis(m) = e.Y.ToString
                    txtYaxis.Text = Yaxis(m)
                    Call ShowNewLocation()
                    Sec_Check = 1
                ElseIf No_NewUsedBase > No_NewAdd - 1 Then
                     lblShowError.Text = "คุณได้ทำการใส่ค่าของ Base ใหม่ครบแล้ว"
                     lblShowError.ForeColor =
System.Drawing.Color.Red
              End If
            ElseIf numNoNewBase.Text = 0 Then
                lblShowError.Text = "กรุณาระบุจำนวน Base ใหม่ที่คุณสนใจ"
                lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Red
           End If
          End If
         End If
        Else
           lblShowError.Text = "กรุณาทำการเปรียบเทียบระยะทางจริง โดยใช้ปุ่ม Ruler ก่อน"
           lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Red
      End If
   Else
       lblShowError.Text = "กรุณาทำการเปิดไฟล์แผนที่ก่อนใช้งาน"
       lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Red
  End If
 End If
End Sub
-----------------------------------------------------------------------
    Private Sub btnOK_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnOK.Click
    If tsbtnRuler.Enabled = True Then
     If Pic_Check = 1 Then 'ตรวจสอบว่ารูปภาพได้ถูกเปิดหรือไม่
        lblShowError.Text = "Nothing"
        lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Black
         If Dis_Check = 1 Then 'ตรวจสอบว่าปุ่ม Rulerได้ถูกใช้หรือไม่
          lblShowError.Text = "Nothing"
          lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Black
           If rdobtnOldBase.Checked = True Then 'เก็บตำแหน่งของสถานีฐานเก่า
             No_OldAdd += 1
             n = No_OldAdd
             Xaxis(n) = txtXaxis.Text
             txtXaxis.Text = Xaxis(n)
             Yaxis(n) = txtYaxis.Text
             txtYaxis.Text = Yaxis(n)
             Call ShowOldLocation()
             First_Check = 1
```

```
            lblShowError.Text = "Nothing"
            lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Black
            Call ShowOldLocation()
        If txtHb.Text<>"" And txtPt.Text<>"" And txtFreq1.Text <>""
Then
        'เก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่จำเป็นในการพิจารณาหากำลังงานที่ส่งถึงในแต่ละตำแหน่ง
            Pt(n) = txtPt.Text
            Hb(n) = txtHb.Text
          If txtno.Text = 1 Then
            Alli_Freq(n) = 1
            Freq(n, 1) = txtFreq1.Text
           ElseIf txtno.Text = 2 Then
            Alli_Freq(n) = 2
            Freq(n, 1) = txtFreq1.Text
            Freq(n, 2) = txtFreq2.Text
           ElseIf txtno.Text = 3 Then
            Alli_Freq(n) = 3
            Freq(n, 1) = txtFreq1.Text
            Freq(n, 2) = txtFreq2.Text
            Freq(n, 3) = txtFreq3.Text
           ElseIf txtno.Text = 4 Then
            Alli_Freq(n) = 4
            Freq(n, 1) = txtFreq1.Text
            Freq(n, 2) = txtFreq2.Text
            Freq(n, 3) = txtFreq3.Text
            Freq(n, 4) = txtFreq4.Text
           End If
            No_UsedBase += 1
            No_OldUsedBase += 1
            Call Clear_input()
        ElseIf txtHb.Text="" Or txtPt.Text="" Or txtFreq1.Text=""
Then
            lblShowError.Text = "กรุณากรอกค่าพารามิเตอร์ต่างให้ครบถ้วนก่อน"
            lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Red
        End If
    ElseIf rdobtnNewBase.Checked = True Then 'เก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่จำเป็นในการ
พิจารณาหากำลังงานที่ส่งถึงในแต่ละตำแหน่ง
         If txtHb.Text <> "" And txtPt.Text <> "" Then
            No_New = No_NewUsedBase + 1
            Pt(m) = txtPt.Text
            Hb(m) = txtHb.Text
            No_FreqNewBase(m) = cbNoFreqNewBase.Text
            Alli_Freq(m) = No_FreqNewBase(No_New)
            No_UsedBase += 1
            No_NewUsedBase += 1
            Call Clear_input()
            Sec_Check = 1
          ElseIf txtHb.Text = "" Or txtPt.Text = "" Then
            lblShowError.Text = "กรุณากรอกค่าพารามิเตอร์ต่างให้ครบถ้วนก่อน"
            lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Red
          End If
         End If
        Else
            lblShowError.Text = "กรุณาทำการเปรียบเทียบระยะทางจริง โดยใช้ปุ่ม Ruler ก่อน"
            lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Red
      End If
    Else
            lblShowError.Text = "กรุณาทำการเปิดไฟล์แผนที่ก่อนใช้งาน"
            lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Red
```

```
  End If
 End If
End Sub
-----------------------------------------------------------------------
    Private Sub rdobtnOldBase_CheckedChanged(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
rdobtnOldBase.CheckedChanged
        numNoNewBase.Enabled = False
        cbNoFreqNewBase.Enabled = False
        txtno.Enabled = True
        txtFreq1.Enabled = True
        txtFreq2.Enabled = True
        txtFreq3.Enabled = True
        txtFreq4.Enabled = True
    End Sub
-----------------------------------------------------------------------
    Private Sub rdobtnNewBase_CheckedChanged(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
rdobtnNewBase.CheckedChanged
        numNoNewBase.Enabled = True
        cbNoFreqNewBase.Enabled = True
        txtno.Enabled = False
        txtFreq1.Enabled = False
        txtFreq2.Enabled = False
        txtFreq3.Enabled = False
        txtFreq4.Enabled = False
    End Sub
-----------------------------------------------------------------------
    Private Sub tsbtnRuler_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal
e As System.EventArgs) Handles tsbtnRuler.Click
    'เมื่อทำการคลิกปุ่ม Ruler จะทำให้ปุ่มใช้งานไม่ได้
        tsbtnRuler.Enabled = False
    End Sub
-----------------------------------------------------------------------
    Private Sub PicMap_MouseDown(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.MouseEventArgs) Handles PicMap.MouseDown
    'เมื่อทำการคลิกเมาส์ค้างไว้จะทำการเก็บค่าตำแหน่งเริ่มต้นนั้นไว้
        If tsbtnRuler.Enabled = False Then
           X_stRuler = e.X.ToString
           Y_stRuler = e.Y.ToString
        Else
        End If
    End Sub
-----------------------------------------------------------------------
    Private Sub PicMap_MouseUp(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.MouseEventArgs) Handles PicMap.MouseUp
    'เมื่อทำการปล่อยเมาส์จะทำการเก็บค่าตำแหน่งสุดท้ายที่ต้องการเปรียบเทียบระยะทางนั้นไว้
    Try
     If tsbtnRuler.Enabled = False Then
           X_endRuler = e.X.ToString
           Y_endRuler = e.Y.ToString
           D =(X_stRuler - X_endRuler)^2 + (Y_stRuler - Y_endRuler)^2
                sqrtD = Sqrt(D)
Dim RSize As Double = CDbl(InputBox("กรุณาใส่ขนาดจริง(กิโลเมตร)","Parameter","0",
15, 500))
                R_Size = RSize.ToString
                DivSize = R_Size / sqrtD
                tsbtnRuler.Enabled = True
                Dis_Check = 1
                lblShowError.Text = "Nothing"
```

```
                lblShowError.ForeColor = System.Drawing.Color.Black
            End If
        Catch ex As Exception
            MessageBox.Show(ex.ToString, "ผิดพลาด",
MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error)
            tsbtnRuler.Enabled = True
        End Try
    End Sub
-------------------------------------------------------------------------
    Private Sub PicMap_MouseMove(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.MouseEventArgs) Handles PicMap.MouseMove
    'เป็นการแสดงตำแหน่งเป็น Pixel
        Dim X_axis, Y_axis As Integer
        X_axis = e.Location.X.ToString
        Y_axis = e.Location.Y.ToString
        lblXCoordinate.Text = X_axis
        lblYCoordinate.Text = Y_axis
        If First_Check = 1 Then
            Call ShowAllOldLocation()
            If Sec_Check = 1 Then
                Call ShowAllNewLocation()
            End If
        End If
    End Sub
-------------------------------------------------------------------------
    Private Sub btnCalculate_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles btnCalculate.Click
        Dim strSugFreq As String = ""
        lblStatus.Text = "Calculating"
        Hm = frmOku_Hata.txtHm.Text
        Gt = frmOku_Hata.txtGt.Text
        Gr = frmOku_Hata.txtGr.Text
        num = 1
        num_newFreq = 1
        Do
            num_Freq = 1
            If num <= No_OldUsedBase Then
                For i_Freq = 1 To Alli_Freq(num) 'การคำนวณหากำลังงานในแต่ละ
ตำแหน่งที่สถานีฐานฐานเก่าส่งกำลังงานไปถึง
                    j = 0
                    Do 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความยาวของรูป
                        i = 0
                      Do 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความกว้างของรูป
                        D = (Xaxis(num) - i)^ 2 + (Yaxis(num) - j)^ 2
                        sqrtD = Sqrt(D)
                        RealSize = DivSize * sqrtD
                        fc = Freq(num, i_Freq)
                        H = Hb(num)
                        logfc = Log10(fc)
                        Call SeLected_aHm()
     Loss = 69.55 + (26.16 * logfc)-(13.82 * Log10(H))-aHm + ((44.9
            - (6.55 * Log10(H))) * Log10(RealSize))

                        B = j
                          Do 'ให้ตำแหน่งตามแนวยาวจำนวน 5ตำแหน่งมีกำลังงานเท่ากัน
                            A = i
                           Do 'ให้ตำแหน่งตามแนวกว้างจำนวน 5ตำแหน่งมีกำลังงานเท่ากัน
                             Pr(num,i_Freq,A,B) = Pt(num)-Loss+Gt+Gr
```

```
                                A += 1
                            Loop Until A = i + 5
                                B += 1
                            Loop Until B = j + 5
                                i += 5
                        Loop Until i >= PicMap.Image.Width
                        j += 5
                    Loop Until j >= PicMap.Image.Height
                Next 'จบการคำนวณหากำลังงานในแต่ละตำแหน่งที่สถานีฐานเก่าส่งกำลังงานไปถึง
            ElseIf num > No_OldUsedBase And num <= m Then
                FreqStart = frmShowSIR.comboStFreq.Text
                FreqEnd = frmShowSIR.comboEndFreq.Text
                PeriodFreq = frmShowSIR.comboPeriod.Text
                MaxSIR_AVG = -10000
                Do While FreqStart <= FreqEnd
                    j = 0
                    Do 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความยาวของรูป
                      i = 0
                      Do 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความกว้างของรูป
                        D = (Xaxis(num) - i)^ 2 + (Yaxis(num) - j)^ 2
                        sqrtD = Sqrt(D)
                        RealSize = DivSize * sqrtD
                        fc = Format(FreqStart, "0.0")
                        Freq(num, 1) = Format(FreqStart, "0.0")
                        List_Freq(num_Freq) = Format(FreqStart,
"0.0")
                        Alli_Freq(num) = 1
                        H = Hb(num)
                        logfc = Log10(fc)
                        Call SeLected_aHm()
 Loss = 69.55 + (26.16 * logfc) - (13.82 * Log10(H)) - aHm + ((44.9
        - (6.55 * Log10(H))) * Log10(RealSize))

                        B = j
                       Do 'ให้ตำแหน่งตามแนวยาวจำนวน 5ตำแหน่งมีกำลังงานเท่ากัน
                          A = i
                          Do 'ให้ตำแหน่งตามแนวกว้างจำนวน 5ตำแหน่งมีกำลังงานเท่ากัน
                            Pr(num,1,A,B) = Pt(num) - Loss + Gt + Gr
                            A += 1
                          Loop Until A = i + 5
                            B += 1
                        Loop Until B = j + 5
                            i += 5
                      Loop Until i >= PicMap.Image.Width
                      j += 5
                  Loop Until j >= PicMap.Image.Height
                  'จบการคำนวณหากำลังงานในแต่ละตำแหน่งที่สถานีฐานใหม่ส่งกำลังงานไปถึง
                    If num_Freq = 1 Then
                        Call FindMainBase()
                    End If
                    Call Clear_Array()
                    Call FindInterAndSIR()
                    num_Freq += 1
                    FreqStart += PeriodFreq
        Loop
        For g = 1 To num_Freq - 1
            Sort_Freq(g) = List_Freq(g)
        Next
        Dim myComparer = New myReverserClass()
```

```
        Array.Sort(SIR_AVG, List_Freq, 1, num_Freq - 1, myComparer)
        Dim CHnewBase, Past_CH, k, count As Integer 'เรียงลำดับค่า SIR จากมากไปน้อย
        count = 0
          For CHnewBase = 1 To No_FreqNewBase(num) 'การจัดสรรความถี่โดยคำนึงถึงหลักการของ Adjacent Channel
              Past_CH = CHnewBase - 1
              k = 1
               If count = 0 Then
                  Freq_Selected(num, CHnewBase) = List_Freq(1)
                  count = 1
             ElseIf count = 1 Then
     If List_Freq(((CHnewBase - 1) * (maxi_Freq)) + k) =
                  (Freq_Selected(num, Past_CH) + PeriodFreq) Or _
        List_Freq(((CHnewBase - 1) * (maxi_Freq)) + k) =
                  (Freq_Selected(num,Past_CH) + (2 * PeriodFreq))Or _
        List_Freq(((CHnewBase - 1) * (maxi_Freq)) + k) =
                  (Freq_Selected(num, Past_CH)+(3 * PeriodFreq)) Then
        Freq_Selected(num, CHnewBase) = List_Freq(((CHnewBase - 1) *
                                        (maxi_Freq)) + (2 * k))
     If List_Freq(((CHnewBase - 1) * (maxi_Freq)) + (2 * k)) =
                  (Freq_Selected(num, Past_CH) + PeriodFreq) Or _
        List_Freq(((CHnewBase - 1) * (maxi_Freq)) + (2 * k)) =
                  (Freq_Selected(num,Past_CH) + (2 * PeriodFreq))Or _
        List_Freq(((CHnewBase - 1) * (maxi_Freq)) + (2 * k)) =
                  (Freq_Selected(num,Past_CH)+(3 * PeriodFreq)) Then
        Freq_Selected(num, CHnewBase) = List_Freq(((CHnewBase - 1) *
                                        (maxi_Freq)) + (3 * k))

        End If
    Else
        Freq_Selected(num, CHnewBase) = List_Freq(((CHnewBase - 1) *
                                        (maxi_Freq)) + k)

         End If
      End If
Next 'จบการจัดสรรความถี่โดยคำนึงถึงหลักการของ Adjacent Channel
  For CHnewBase = 1 To No_FreqNewBase(num)
      j = 0
       Do 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความยาวของรูป
          i = 0
         Do 'วนพื้นที่ตั้งแต่ 0 ถึงขนาดความกว้างของรูป
             D = (Xaxis(num) - i) ^ 2 + (Yaxis(num) - j) ^ 2
             sqrtD = Sqrt(D)
             RealSize = DivSize * sqrtD
             fc = Freq_Selected(num, CHnewBase)
             Freq(num, CHnewBase) = Freq_Selected(num, CHnewBase)
             H = Hb(num)
             logfc = Log10(fc)
             Call SeLected_aHm()
Loss = 69.55 + (26.16 * logfc) - (13.82 * Log10(H)) - aHm + ((44.9 -
       (6.55 * Log10(H))) * Log10(RealSize))
             B = j
               Do 'ให้ตำแหน่งตามแนวยาวจำนวน 5 ตำแหน่งมีกำลังงานเท่ากัน
                 A = i
                  Do 'ให้ตำแหน่งตามแนวกว้างจำนวน 5 ตำแหน่งมีกำลังงานเท่ากัน
                   Pr(num, CHnewBase, A,B) = Pt(num) - Loss + Gt + Gr
                   A += 1
```

```
                    Loop Until A = i + 5
                            B += 1
                Loop Until B = j + 5
                        i += 5
            Loop Until i >= PicMap.Image.Width
                    j += 5
          Loop Until j >= PicMap.Image.Height
            strSugFreq &= "ความถี่ที่แนะนำสำหรับสถานีฐานที่ " & num_newFreq & "   CH" &
CHnewBase & ControlChars.Tab & Freq_Selected(num, CHnewBase) & " MHz"
& ControlChars.CrLf
                      txtSugNewFreq.Text = strSugFreq
                      txtSugNewFreq.Font = New
System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 9.0!,
System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point,
CType(222, Byte))
                  Next
                  num_newFreq += 1
              End If
              num += 1
          Loop Until num > m
          lblStatus.Text = "Finish"
    End Sub
-------------------------------------------------------------------------
```