การตรวจวัดสัญญาณระบบจีเอสเอ็ม (GSM)

โดย

นางสาวภัสภาวี หลงนิยม B4606574

นางสาวเย็นจิตร มีทะลา B4607243

นายสมเกียรติ แท่นศิลา B4609643

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2549

โครงงาน	การตรวจวัดสัญญาณระบบจีเอสเอ็ม	
โดย	นางสาวภัสภาวี	หลงนิยม
	นางสาวเย็นจิตร	มีทะลา
	นายสมเกียรติ	แท่นศิลา
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.ดร.วิภาวี	หัตถกรรม
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ภาคการศึกษา	3/2549	

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ได้นำเสนอการตรวจวัดสัญญาณของระบบจีเอสเอ็ม (Global System for Mobile communications หรือ GSM) เพื่อดูค่าความแรงของสัญญาณ (Signal Strength) ในระบบจีเอสเอ็ม ว่า ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่มีการใช้งาน ค่าความแรงของสัญญาณอยู่ในระดับใด และเพียงพอหรือไม่กับการติดต่อสื่อสารในระบบจีเอสเอ็ม ซึ่งจะทำการตรวจวัดค่าความแรงของสัญญาณโดยการนำโทรศัพท์มือถือที่ใช้ซิมการ์ดของระบบจีเอสเอ็ม มาใช้สำหรับประมวลผลค่าความแรงของสัญญาณและทำการเขียนโปรแกรมวิชัวล์ เบสิค (Visual Basic) ให้สามารถหาค่าความแรงของสัญญาณได้ แล้วจะทำการเชื่อมต่อโดยการส่งผ่านบลูทูธ (Bluetooth) ของโทรศัพท์มือถือมายังเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงค่าความแรงของสัญญาณ ที่วัดได้จากโทรศัพท์มือถือ เมื่อทราบผลของค่าความแรงของสัญญาณในระบบจีเอสเอ็มตามโครงงานนี้แล้ว สามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์สำหรับผู้ที่ต้องการจะปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดจากค่าความแรงของสัญญาณให้ดีขึ้นต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ซึ่งส่งผลให้คณะผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆมากมาย ในระหว่างการจัดทำโครงการนี้ได้รับความช่วยเหลือ การให้คำปรึกษาและความรู้ทางด้านต่างๆ จากบุคคลหลายฝ่ายหลายท่าน ซึ่งคอยให้ความช่วยเหลืออย่างดีเสมอมา อันได้แก่

อาจารย์ ดร.วิภาวี หัตถกรรม อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่คอยดูแลและให้คำปรึกษาในด้านต่างๆ

พี่ๆทีมงานบริษัทเออร์เน็ท ที่เสนอโครงงานนี้ขึ้นมาพร้อมกับคอยให้ข้อมูล คำแนะนำและคอยช่วยเหลือในด้านต่างๆเสมอมา

นายนพพร พรมเจริญ นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ รุ่นที่ 9 ที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ บุคลากร และเพื่อนๆทุกท่านที่ให้การสนับสนุนการทำโครงงานด้วยดีตลอดมา

ภัสภาวี หลงนิยม
เย็นจิตร มีทะลา
สมเกียรติ แท่นศิลา
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**ก**
กิตติกรรมประกาศ	**ข**
สารบัญ	**ค**
สารบัญตาราง	**จ**
สารบัญรูป	**ฉ**
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตการทำงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีสัญญาณของระบบจีเอสเอ็ม	
2.1 บทนำ	3
2.2 โครงสร้างและองค์ประกอบของระบบจีเอสเอ็ม	4
2.3 การรับส่งคลื่นสัญญาณวิทยุระบบจีเอสเอ็ม	7
2.4 ประเภทของสัญญาณ	8
2.5 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องโทรศัพท์	13
2.6. บูลทูธ	16
บทที่ 3 การประมวลผลจากการทดลองและการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลอง	19
3.1 การคำนวณค่าความแรงของสัญญาณ	19
3.2 วิธีการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ	21
3.3 การเปรียบเทียบผลการตรวจวัดสัญญาณระบบจีเอสเอ็ม ณ จุดต่างๆ	22
3.4 แผนภาพแสดงระดับค่าความแรงของสัญญาณจากการตรวจวัดสัญญาณระบบจีเอสเอ็ม ณ จุดต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัย	29

บทที่ 4 สรุปและข้อเสนอแนะ 32
4.1 สรุป 32
4.2 ปัญหาและอุปสรรค 33
4.3 ขีดจำกัดของโครงงาน 33
4.4 ข้อเสนอแนะ 34
ภาคผนวก ก โปรแกรมวิชัวล์ เบสิค 35
ภาคผนวก ข โค้ดโปรแกรมวิชัวล์ เบสิค 56
ภาคผนวก ค วิธีการใช้งานโปรแกรมการตรวจวัดสัญญาณ 56
ภาคผนวก ง ข้อมูลดิบจากการทำการทดสอบสัญญาณ 65
เอกสารอ้างอิง 70
ประวัติผู้เขียน 71

สารบัญตาราง

เรื่อง **หน้า**

ตารางที่ 2.1	ประเภทของช่องสัญญาณทีซีเอช (TCH)	9
ตารางที่ 3.3	ตารางแสดงสรุปผลการวัดค่าความแรงของสัญญาณ ณ จุดต่างๆภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	22

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

สัญญาณระบบจีเอสเอ็ม ในปัจจุบันนี้ได้เข้ามามีบทบาททางการสื่อสารมากขึ้นและเป็นระบบที่นิยมใช้สำหรับบุคคลทั่วไป แต่เนื่องจากในขณะนี้ได้พบปัญหาของระบบจีเอสเอ็ม ที่ทำให้ไม่สามารถติดต่อกันได้ ซึ่งสาเหตุนั้นอาจเกิดมาจากหลายปัจจัย เช่น ระยะทาง หรือสิ่งกีดขวางก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สัญญาณเกิดการขาดหายและทำให้พื้นที่บริเวณนั้นมีค่าความแรงของสัญญาณต่ำ เนื่องจากเราไม่สามารถทราบค่าความแรงของสัญญาณจึงไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงพื้นที่ตรงจุดดังกล่าวได้ โครงงานนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อสามารถตรวจสอบค่าความแรงของสัญญาณ ณ บริเวณพื้นที่ต่างๆ ว่ามีค่าความแรงของสัญญาณเป็นอย่างไร ซึ่งก็จะสามารถหลีกเลี่ยงบริเวณจุดที่มีความแรงของสัญญาณต่ำได้ และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปทำการปรับปรุงระบบให้ดีขึ้นได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาหาค่าความแรงของสัญญาณระบบจีเอสเอ็มได้

1.2.2 เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ให้สามารถเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือได้

1.2.3 เพื่อศึกษาค่าที่ได้จากการตรวจวัดความแรงของสัญญาณ ในภาคปฏิบัติเพื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎีให้มีความสอดคล้องกัน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำโครงงานนี้เพื่อใช้ในการประกอบวิชาชีพ

1.3.2 เพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่สามารถนำค่าความแรงของสัญญาณนำไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขระบบให้ดีต่อไป

1.3.3 สามารถตรวจวัดค่าความแรงของสัญญาณของแต่ละพื้นที่ได้

1.3.4 สามารถทำงานเป็นทีมได้

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1.4.1 ศึกษาค่าความแรงของสัญญาณระบบจีเอสเอ็ม

1.4.2 เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อติดต่อสื่อการกันระหว่างโทรศัพท์มือถือกับคอมพิวเตอร์ได้

1.4.3 เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงค่าความแรงของสัญญาณจากโทรศัพท์มือถือได้

1.4.4 ทำการคำนวณหาค่าความแรงของสัญญาณจากภาคทฤษฎี

1.4.5 นำค่าที่ได้จากการตรวจวัดค่าความแรงของสัญญาณ มาเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากภาคทฤษฎี

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาระบบเครือข่ายของระบบจีเอสเอ็ม

1.5.2 ศึกษาการเขียนโปรแกรมที่สามารถทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือ

1.5.3 ศึกษาการเขียนโปรแกรมเพื่อให้สามารถประมวลผลหาค่าความแรงของสัญญาณผ่านทางโทรศัพท์มือถือ

1.5.4 สร้างโปรแกรมโดยใช้ภาษาวิชัวล์ เบสิค

1.5.5 วิเคราะห์ผลที่ได้จากการใช้โปรแกรมเปรียบเทียบค่าความแรงของสัญญาณระหว่างค่าที่ได้จากทฤษฎีและปฏิบัติ

1.5.6 สรุปผลการทำงาน

บทที่ 2
ทฤษฎีระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ จีเอสเอ็ม

2.1 บทนำ

ในช่วงก่อนปี ค.ศ. 1980 ระบบโทรศัพท์เซลลูลาร์แบบอะนาลอกได้เติบโตอย่างรวดเร็วในประเทศแถบยุโรป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มประเทศสแกนดิเนเวีย สหราชอาณาจักร ฝรั่งเศสและเยอรมัน ซึ่งอุปกรณ์และระบบการทำงานของแต่ละประเทศจะไม่สามารถใช้ร่วมกันได้ ทำให้มีข้อจำกัดด้านการค้าขายอุปกรณ์โทรศัพท์ในแถบยุโรป

ในปี 1982 มีการรวมตัวกันของกลุ่มความมั่นคงของยุโรป (Conference of European Posts And Telegraphs หรือ CEPT) ขึ้นเพื่อศึกษาระบบโทรศัพท์โดยเรียกว่ากลุ่มจีเอสเอ็ม (Group Special Mobile) เพื่อทำการศึกษาและพัฒนาระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ใช้ในแถบภาคพื้นที่ยุโรป

ในปี 1989 ความรับผิดชอบของระบบจีเอสเอ็มได้ส่งมอบไปให้อีทีเอสไอ (European Telecommunication Standards Institute)

ช่วงปลายปี 1995 เฉพาะในแถบยุโรปมีคู่สายการใช้ถึง 10 ล้านเลขหมาย ในอเมริกาเหนือใช้ระบบจีเอสเอ็ม ที่เรียกว่าพีซีเอสพันเก้า และได้มีการเปลี่ยนแปลงคำย่อของจีเอสเอ็ม (Group Special Mobile) เป็นจีเอสเอ็ม (Global System for Mobile) และมีการนำเทคโนโลยีแบบดิจิตอลมาแทนการใช้เทคโนโลยีอะนาลอกแบบเดิม เหตุผลที่กลุ่มวิจัยของจีเอสเอ็ม ได้เลือกเทคโนโลยีดิจิตอลสำหรับการพัฒนาระบบจีเอสเอ็ม มีดังต่อไปนี้

- ระบบดิจิตอลสามารถใช้ประโยชน์จากสเปคตรัมที่มีอยู่อย่างจำกัดได้ดีกว่าแอนาลอก
- สัญญาณจากโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบดิจิตอลยังไม่สามารถนำมาติดต่อกับโทรศัพท์บ้านปกติได้
- เวลานั้นได้มีการคาดการว่าอนาคตระบบไอเอสดีเอ็น (Integrated Services Digital Network) กำลังมีการใช้งานอย่างแพร่หลายมาก
- ระบบดิจิตอลสามารถสร้างระบบป้องกันสัญญาณจากการดักฟังได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบแอนาลอก

ข้อกำหนดของจีเอสเอ็ม

-ช่องความถี่	อัพลิงค์ : 890 เมกกะเฮิร์ท - 915 เมกกะเฮิร์ท
	ดาวน์ลิงค์ : 935 เมกกะเฮิร์ท - 960 เมกกะเฮิร์ท
-ขยายคลื่นความถี่	ประกอบด้วย 880-890 เมกกะเฮิร์ท สำหรับ อัพลิงค์ และ
	925-935 เมกกะเฮิร์ท สำหรับ ดาวน์ลิงค์
-การสื่อสารสองระยะทาง	45 เมกกะเฮิร์ท

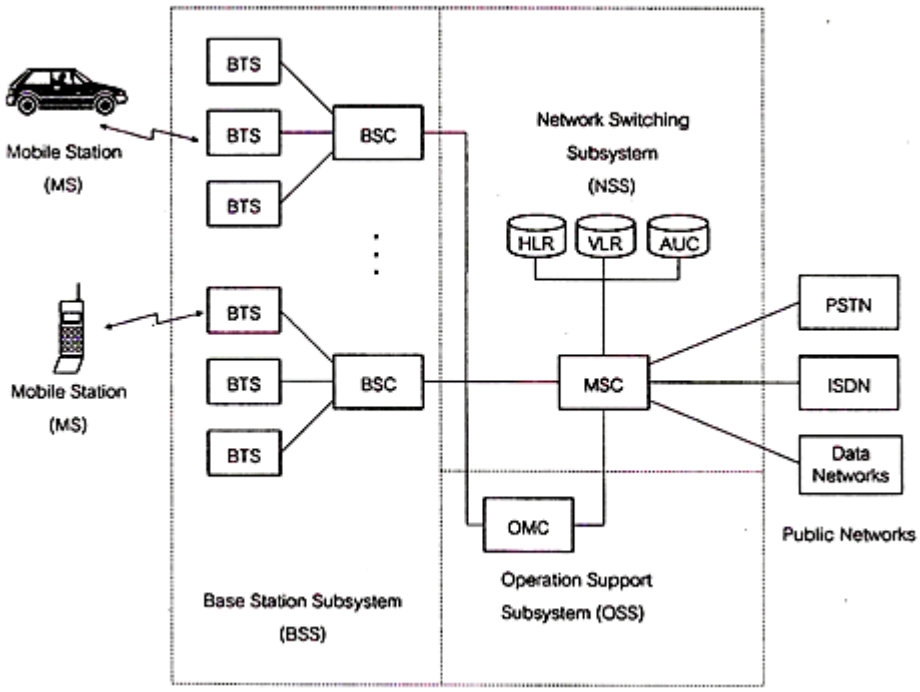
-การแบ่งแยกคลื่นพาหะ	200 กิโลเฮิร์ท (คลื่นพาหะแรกที่ 890.2 เมกกะเฮิร์ท)
-มอทดูเลชั่น	จีเอ็มเอสเค (Gaussian Minimum Shift Keying)
-อัตราการส่ง	270.833 (กิโลบิท/เซก)

2.2 โครงสร้างและองค์ประกอบของระบบจีเอสเอ็ม

โครงสร้างของระบบจีเอสเอ็ม ประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

1. เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station หรือ MS)
2. ส่วนของสถานีฐาน (Base Station Subsystem หรือ BSS)
3. ส่วนของระบบเนตเวิร์กและสวิตชิง (Network and Switching Subsystem หรือ NSS)
4. ระบบปฏิบัติการ (Operation Support Subsystem หรือ OSS)

แต่ละส่วนมีลักษณะการต่อเชื่อมกันดังที่แสดงในรูป



รูปที่ 2.1 โครงสร้างและองค์ประกอบของระบบจีเอสเอ็ม

2.2.1 เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (The Mobile Station)

เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ คือ เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ผู้ใช้บริการใช้ในการโทรออกหรือรับสายเรียกเข้า ภายในอุปกรณ์โทรศัพท์เครื่องหนึ่งประกอบด้วยส่วนย่อย 2 ส่วน คือ เอ็มอี (Mobile Equipment หรือ ME) และซิม (Subscriber Identity Module หรือ SIM)

- ส่วนของเอ็มอี ทำหน้าที่จัดการกับการรับส่งคลื่นสัญญาณวิทยุระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับส่วนของสถานีฐาน และรวมไปถึงอุปกรณ์สำหรับใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้ เช่น ไมโครโฟน ลำโพง จอภาพ

- ส่วนของซิม คือ สมาร์ตการ์ด (smart card) แผ่นบางๆ ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้ รายการประเภทของบริการที่ผู้ใช้ได้ขอไว้ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงข่าย เช่น เลขประจำตัวของผู้ใช้ ตำแหน่งหรือบริเวณที่เครื่องโทรศัพท์มีการใช้งานอยู่ เป็นต้น นอกจากนี้ยังอาจจะเก็บหมายเลขโทรศัพท์ที่ผู้ใช้มีการติดต่อด้วยเป็นประจำเพื่อความสะดวกของผู้ใช้บริการ แผ่นซิม ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมี 2 รูปแบบคือ แผ่นที่มีขนาดเท่ากับบัตรเครดิต เรียกว่า ไอเอสโอซิม (ISO SIM) และแบบขนาดเล็กที่เรียกว่า ปลั๊กอิน (plug-in SIM) ดังแสดงในรูป

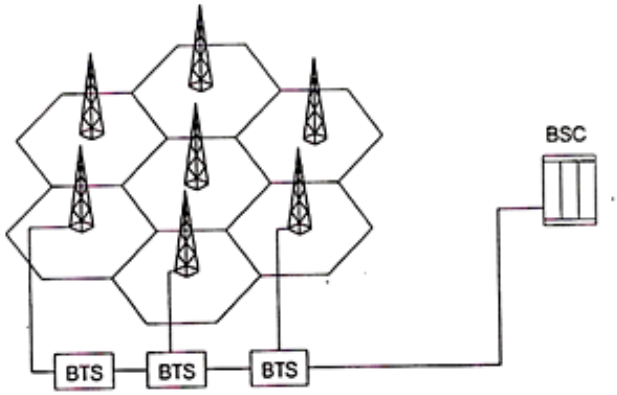
รูปที่ 2.2 ประเภทของแผ่นซิม ทั้งสองแบบ

2.2.2 ส่วนของสถานีฐาน (Base Station Subsystem)

ส่วนของสถานีฐาน ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือบีทีเอส (Base Transceiver Station หรือ BTS) และบีเอสซี (base station controller หรือ BSC) ส่วนของ บีทีเอสทำหน้าที่ติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั้งหลาย โดยที่บีทีเอสหนึ่งตัวจะดูแลครอบคลุมบริเวณหนึ่งที่เรียกว่าเซลล์ โดยหลักๆ แล้ว บีทีเอสประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับส่งคลื่นสัญญาณวิทยุคล้ายๆ กันกับส่วนเอ็มอีของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยขนาดกำลังส่งของสถานีฐานมีได้หลายระดับ กลุ่มของบีทีเอสที่ครอบคลุมพื้นที่หลายๆ เซลล์จำนวนหนึ่งจะอยู่ภายใต้การดูแลของบีเอสซีหนึ่งตัว ซึ่งโดยปกติแล้ว บีเอสซีหนึ่งตัวจะสามารถดูแลและควบคุม บีทีเอสได้จำนวนมากถึงหลายสิบหรือหลายร้อยชุด

ส่วนของบีเอสซี ทำหน้าที่หลักในการควบคุมการทำงานของบีทีเอสทุกตัวที่อยู่ภายใต้การดูแล เช่น การจัดสรรช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับการติดต่อสื่อสาร การเริ่มต้น การเชื่อมต่อและสิ้นสุดของการใช้ช่องสัญญาณแต่ละช่อง และรวมไปถึงเรื่องของการตัดสินใจและการทำแฮนด์โอเวอร์ระหว่างเซลล์ในกรณีที่โทรศัพท์เคลื่อนที่มีการย้ายจากเซลล์หนึ่งไปยังเซลล์ข้างเคียง สิ่งต่างๆ

เหล่านี้เป็นหน้าที่ของบีเอสซีที่จะต้องจัดการทั้งหมด นอกจากนี้ อีกด้านหนึ่งของบีเอสซีต่ออยู่กับเอ็นเอสเอส ซึ่งมี เอ็มเอสซี เป็นองค์ประกอบสำคัญ



รูปที่ 2.3 ภาพแสดงลักษณะและหน้าที่ของส่วนบีทีเอส และ บีเอสซี

2.2.3 ระบบเน็ทเวิร์กและสวิตชิง (Network and switching subsystem)

ระบบเน็ทเวิร์กและสวิตชิงประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ เอ็มเอสซี และฐานข้อมูลสำหรับการจัดการกับการใช้งานของผู้ใช้บริการ ในส่วนของ เอ็มเอสซีนั้นด้านหนึ่งต่อเชื่อมอยู่กับบีเอสซี ซึ่งเป็นส่วนที่ดูแลการรับส่งสัญญาณระหว่างสมาชิกผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่กับส่วนของโครงข่าย ส่วนอีกด้านหนึ่งต่อเชื่อมอยู่กับระบบโทรศัพท์อื่นๆ ดังนั้น เอ็มเอสซีจึงเป็นส่วนที่ทำหน้าที่สวิตช์และเชื่อมต่อคู่สายทั้งระหว่างผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ 2 เครื่องเข้าด้วยกัน และระหว่างผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่กับผู้ใช้โทรศัพท์ธรรมดาหรือผู้ใช้บริการจากโครงข่ายประเภทอื่นๆ ด้วย ในการเชื่อมต่อระหว่าง เอ็มเอสซีกับโครงข่ายภายนอกอาศัยมาตรฐานการเชื่อมต่อที่เรียกว่า ซีซีไอทีที (CCITT Signaling System no.7 (SS7)) โดยปกติแล้ว เอ็มเอสซีหนึ่งชุดสามารถใช้ควบคุมดูแล บีเอสซีได้หลายชุด ทั้งระบบรวมกันสามารถครอบคลุมการให้ บริการประชากรได้มากถึงประมาณ 1 ล้าน

สำหรับฐานข้อมูลภายในเอ็นเอสเอส ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนหลัก คือ

- เอชแอลอาร์ (Home Location Register หรือ HLR) เป็นฐานข้อมูลที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้บริการ เช่น สถานะของเรื่องโทรศัพท์ การเปิด ปิด การใช้งานโทรออก การรับสายเข้า บริเวณที่พ้นการใช้งานของเครื่องโทรศัพท์ครั้งหลังสุดและรวมไปถึงประเภทของการบริการเสริมที่ผู้ใช้ต้องการ ในช่วงเวลาที่ผู้ใช้โทรศัพท์เริ่มการใช้งานเพื่อการติดต่อสื่อสารข้อมูลที่บรรจุในแผ่นซิม บางส่วนจะถูกส่งผ่านจากเครื่องโทรศัพท์ไปยังฐานข้อมูลเอชอาร์แอลเพื่อใช้ในการระบุถึงหมายเลขประจำตัวของผู้ใช้และเพื่อตรวจสอบว่าผู้ใช้บริการดังกล่าวมีสิทธิหรือได้รับอนุญาตให้ใช้บริการหรือไม่ โดยมีฐานข้อมูลเอชอาร์แอล จะเก็บรหัสลับของผู้ใช้บริการแต่ละคน

- เอยูซี (Authentication Centre หรือ AUC) เป็นฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลที่เป็นความลับ ดังนั้นฐานข้อมูล ประเภทนี้จึงมักจะจัดให้อยู่ในสถานที่ที่ปลอดภัย และจะอนุญาตให้เข้าได้เฉพาะบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องดูแลและรับผิดชอบกับระบบเท่านั้น การจะเข้าถึงข้อมูลเหล่านี้ได้ก็จะต้องมีการใส่รหัสลับผ่านด้วย นอกจากนี้ข้อมูลที่เก็บในฐานข้อมูลยังต้องมีการเข้ารหัสอีกชั้นหนึ่ง

- วีแอลอาร์ (Visitor Location Registor หรือ VLR) เป็นฐานข้อมูลที่อยู่คู่กับ เอ็มเอสซี เพื่อเก็บข้อมูลชั่วคราวของผู้ใช้บริการในขณะที่มีการใช้งานอยู่ เช่น เก็บตำแหน่งหรือบริเวณที่เครื่องโทรศัพท์ที่อาจมีการเปลี่ยนไปในขณะที่มีการใช้งานอยู่

โดยรวมแล้วส่วนของเอ็นเอสเอส ที่ประกอบขึ้นจาก เอ็มเอสซี,เอชแอลอาร์,เอยูซี และ วีแอลอาร์ มีหน้าที่ในการควบคุมเรียก (Call Control) จัดการกับตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของโทรศัพท์ (Mobility Management) และการดูแลในเรื่องของการให้บริการเสริม (Supplementary Services)

2.2.4 ระบบปฏิบัติการ (Operation subsystem)

ในส่วนนี้ประกอบด้วย โอเอ็มซี (Operations and Maintainance Centre หรือ OMC) ซึ่งมีหน้าที่หลัก ในการดูแลจัดการเรื่องการปฏิบัติการของระบบโดยรวม การจัดการกับปัญหาของอุปกรณ์บางส่วนที่เกิดความเสียหาย การปรับตั้งค่าต่างๆ ภายในระบบให้เหมาะสม การจัดการเรื่องสมาชิกผู้ใช้บริการของระบบซึ่งรวมไปถึงการคิดค่าบริการและออกบิลเก็บค่าบริการ การทำงานของโอเอ็มซี ส่วนใหญ่แล้วจำต้องมีการติดต่อกับฐานข้อมูลเอชแอลอาร์

2.3 การรับส่งคลื่นสัญญาณวิทยุระบบจีเอสเอ็ม

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มนั้นได้มีการกำหนดช่วงความถี่สำหรับใช้งานไว้ทั้งหมด 50 เมกกะเฮิร์ท ในย่านความถี่ 890-915 เมกกะเฮิร์ท และ 935-960 เมกกะเฮิร์ท โดยในย่านความถี่ต่ำนั้นมีไว้สำหรับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เอ็มเอช ในการส่งข้อมูลไปที่สถานีฐานรับส่งสัญญาณบีทีเอชและในส่วนของย่านความถี่สูงมีไว้ส่งข้อมูลในทิศตรงข้ามภายในแบนวิดท์ขนาด 25 เมกกะเฮิร์ท ของการส่งข้อมูลแต่ละทิศนี้จีเอชเอ็ม ได้แบ่งจำนวนช่องของคลื่นพาห์ไว้ทั้งหมด 124 ช่อง โดยแต่ละช่องมีความถี่ห่างกันรเท่ากับ 200 กิโลเฮิร์ท ลักษณะการแบ่งช่องสัญญาณแบบนี้มีชื่อเรียกว่า เอฟดีเอ็มเอ (Frequency Division Multiple Access หรือ FDMA) และในแต่ละคลื่นพาห์ใช้ช่องสัญญาณได้ทั้งหมด 8 ช่องสัญญาณโดยวิธีที่เรียกว่า ทีดีเอ็มเอ (Time Division Multiple Access หรือ TDMA) ดังนั้นจะเห็นว่าจีเอสเอ็ม อาศัยทั้งวิธี เอฟดีเอ็มเอ และ ทีดีเอ็มเอ

วงจรการแปลงสัญญาณแอนะลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลและวงจรเข้ารหัสสัญญาณเพื่อลดขนาดของอัตราบิตที่ต้องใช้ลงโดยที่คุณภาพของเสียงยังคงอยู่ในระดับที่ใช้งานได้ (RPE-LTP encoder) สัญญาณที่ได้นี้จะผ่านกระบวนการเข้ารหัสช่องสัญญาณเช่น การเข้ารหัสคอนโวลูชัน

และการทำอินเตอร์ลีฟ ก่อนที่จะทำการส่งออกทั้งนี้เพื่อป้องกันสัญญาณจากช่องสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนมาก การเข้ารหัสช่องสัญญาณนี้มีข้อเสียอย่างหนึ่งคือทำให้อัตราบิตของข้อมูลมีขนาดสูงขึ้นซึ่งทำให้การส่งผ่านสัญญาณจำเป็นต้องใช้แบนด์วิดท์มีขนาดกว้างขึ้น จากนั้นสัญญาณนี้จะถูกส่งออกโดยใช้วิธีการมอดูเลตแบบ จีเอ็มเอสเค เมื่อสัญญาณนี้เดินทางถึงภาครับซึ่งคือสถานีฐาน ก็จะถูกนำไปผ่านกระบวนการที่กลับกันกับที่ภาคส่งเพื่อดึงสัญญาณที่ต้องการออกมา สัญญาณที่ได้ซึ่งจะอยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอลก็จะถูกสวิตซ์เพื่อจะเชื่อมต่อโทรศัพท์เครื่องนี้กับอีกเครื่องหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือเป็นโทรศัพท์แบบธรรมดาก็ได้โดยอาศัยส่วนที่เรียกว่า เอ็มเอสซี ในทางกลับกันสัญญาณที่ได้ออกจากส่วนของวงจรสวิตซ์จะถูกส่งกลับไปที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยใช้วิธีและขั้นตอนที่คล้ายคลึงกับในทิศทางการส่งจากเครื่องโทรศัพท์ไปที่สถานีฐาน

2.4. ประเภทของสัญญาณ

ประเภทของสัญญาณที่มีการใช้งานในระบบจีเอสเอ็ม เราสามารถแบ่งประเภทของสัญญาณออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ กลุ่มที่มีไว้สำหรับรับส่งสัญญาณเสียงและข้อมูลประเภทดาต้าร์ของผู้ใช้บริการและกลุ่มที่มีไว้สำหรับรับส่งสัญญาณซิกแนลลิงของโครงข่ายเองสำหรับรายละเอียดของสัญญาณในแต่ละกลุ่มจะได้กล่าวถึงต่อไปนี้

2.4.1 ช่องสัญญาณทราฟฟิก (Traffic Channel)

ช่องสัญญาณทราฟฟิกเป็นช่องสัญญาณที่มีไว้สำหรับให้บริการรับส่งข้อมูลของผู้ใช้โทรศัพท์ โดยสามารถแบ่งการบริการรับส่งข้อมูลออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เสียง และข้อมูลประเภทดาต้าร์ การรับส่งข้อมูลแต่ลประเภทอาจจะเป็นแบบฟูลเรท (Full Rate) คือบรรจุข้อมูลลงในหนึ่งไทม์สล็อตของทุกๆ เฟรม หรืออาจจะเป็นแบบฮาร์ฟ เรท (Half Rate) คือบรรจุข้อมูลลงในไทม์สล็อตเพียงหนึ่งครั้งต่อเฟรม 2 เฟรมก็ได้ สังเกตว่าการส่งแบบฮาร์ฟ เรท จะช่วยให้ระบบสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้บริการได้มากขึ้นเท่าตัว แต่นั่นหมายถึงจำนวนบิตข้อมูลที่ผู้ใช้ส่งได้แต่ละคนก็ลดลงครึ่งหนึ่งด้วย ตามมาตรฐานของจีเอสเอ็มนั้นได้แบ่งประเภทของช่องสัญญาณ ไว้ทั้งหมด 7 รูปแบบ ดังที่สรุปไว้ในตารางที่ 5.1 การให้บริการทั้ง 7 รูปแบบที่กล่าวมานี้ระบบโทรศัพท์จะต้องจัดสรรช่องสัญญาณหนึ่งช่องไว้เฉพาะสำหรับรองรับความต้องการดังกล่าวตลอดช่วงเวลาใช้งานและการรับส่งสัญญาณประเภทนี้จะเกิดขึ้นทั้ง 2 ทิศทางคือทั้งไปและกลับ

สำหรับการรับส่งสัญญาณเสียงมีได้ 2 แบบคือ ทีซีเอช/เอฟเอส (TCH/FS) และ ทีเอสเอช/เอชเอส (TCH/HS) ในกรณีของ ทีซีเอช/เอฟเอส สัญญาณเสียงที่ได้รับการแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอลมีอัตราบิตเท่ากับ 13 กิโลบิท/เซก จะนำไปผ่านกระบวนการเข้ารหัสช่องสัญญาณเพื่อให้การรับส่งสัญญาณมีความถูกต้องมากขึ้น ผลที่ได้คือข้อมูลที่มีอัตราบิตสำหรับส่งจริงเท่ากับ

22.8กิโลบิท/เซก ส่วนช่องสัญญาณทีเอสเอช/เอชเอส มีอัตราบิตที่ลดลงครึ่งหนึ่ง ซึ่งหมายถึงว่าวิธีการเข้ารหัสสัญญาณเสียงที่จะใช้จำต้องมีประสิทธิภาพสูงขึ้นนั่นคือคุณภาพเสียงต้องยังคงเดิมขณะที่จำนวนบิตที่ใช้ในการส่งมีปริมาณลดลง

การรับส่งสัญญาณประเภทดาต้าร์ มีรูปแบบการส่งอยู่ 5 ประเภท คือ ทีซีเอช/เอฟ9.6 (TCH/F9.6) ,ทีซีเอช/เอฟ4.8 (TCH/F4.8) ,ทีซีเอช/เอฟ2.4 (TCH/F2.4) ซึ่งเป็นการรับส่งแบบฟูลเรท และ ทีซีเอช/เอช4.8 (TCH/H4.8) , ทีซีเอช/เอช2.4 (TCH/H2.4) ซึ่งเป็นการรับส่งแบบฮาร์ฟเรทสำหรับอัตราการส่งของแต่ละประเภทช่องสัญญาณก็มีความแตกต่างกันไปดังที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 2.1

ความเร็ว	กฎการใช้อัตราการส่งข้อมูล (กิโลบิต/เซก)	อัตราการส่ง (กิโลบิต/เซก)
ทีซีเอช/เอฟเอส	13	22.8
ทีเอสเอช/เอชเอส	6.5	11.4

ข้อมูล	กฎการใช้อัตราการส่งข้อมูล (กิโลบิต/เซก)	อัตราการส่ง (กิโลบิต/เซก)
ทีซีเอช/เอฟ9.6	9.6	22.8
ทีซีเอช/เอฟ4.8	4.8	22.8
ทีซีเอช/เอฟ2.4	2.4	22.8
ทีซีเอช/เอช4.8	4.8	11.4
ทีซีเอช/เอช2.4	2.4	11.4

ตารางที่ 2.1 ประเภทของช่องสัญญาณทีซีเอช

2.4.2 ช่องสัญญาณซิกแนลลิง (Signaling Channel)

ช่องสัญญาณซิกแนลลิง คือ ช่องสัญญาณที่มีไว้ใช้ในการรับส่งสัญญาณซิกแนลลิงระหว่างเครื่องโทรศัพท์และสถานีฐานเพื่อช่วยให้การทำงานของระบบดำเนินไปอย่างถูกต้อง สัญญาณซิกแนลลิงที่ใช้ในระบบจีเอสเอ็ม มีอยู่หลายชนิดโดยเราสามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อยคือบีซีเอช (Broadcast Channel หรือ BCH) ,ซีซีซีเอช (Common Control Channel หรือ CCCH) และดีซีซีเอช (Dedicated Control Channel หรือ DCCH) สำหรับการส่งสัญญาณซิกแนลลิงของสถานี

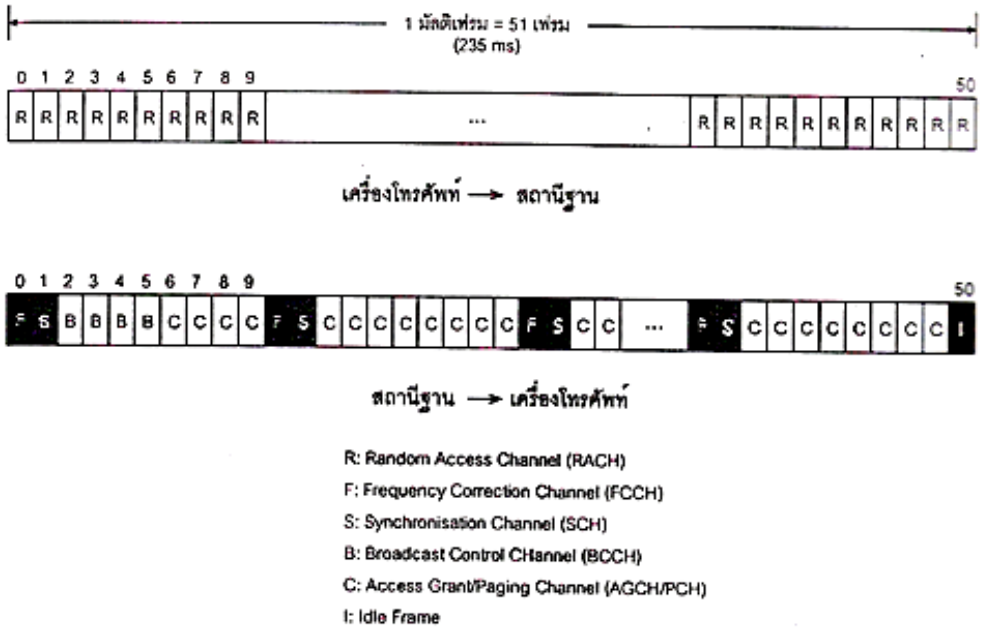
ฐานประเภทบีซีเอช และซีซีซีเอช นั้นจะมีการส่งคลื่นพาห์เฉพาะบางความถี่ที่กำหนดให้เป็นช่องกระจายสัญญาณเท่านั้นและการส่งจะส่งในไทม์สล็อตที่ศูนย์ทีเอสโอ ของมัลติเฟรมประเภทซิกแนลลิง มัลติเฟรมเท่านั้นและการกำหนดวิธีการส่งแบบนี้ก็เพื่อที่ไทม์สล็อตที่เหลืออีก 7 ช่องบนคลื่นพาห์พิเศษนี้สามารถนำมาใช้ในการรับส่งสัญญาณเสียงได้ สำหรับมาตรฐานของระบบจีเอสเอ็ม ได้กำหนดคลื่นพาห์พิเศษสำหรับการกระจายสัญญาณซิกแนลลิงนี้ไว้จำนวนทั้งสิ้น 34 คลื่นความถี่ โดยที่คลื่นความถี่เหล่านี้จะใช้โครงสร้างมัลติเฟรมแบบที่มีขนาดเท่ากับ 51 เฟรม

2.4.2.1 บีซีเอช (Broadcast Channel หรือ BCH) เป็นกลุ่มของสัญญาณซิกแนลลิงที่ใช้ส่งในทิศทางเดียวคือ จากสถานีฐานไปที่โทรศัพท์ (downlink) โดยที่การส่งนั้นจะกระทำเป็นระยะที่สม่ำเสมอและต่อเนื่องตลอด เพื่อประกาศให้โทรศัพท์เคลื่อนที่ทั้งหลายได้ทราบข้อมูลที่เกี่ยวกับเซลล์ที่เครื่องโทรศัพท์อยู่และเซลล์ที่อยู่รอบข้างด้วย สัญญาณกลุ่มนี้จะบรรจุในไทม์สล็อตที่ศูนย์ทีเอสโอ ของมัลติเฟรมแบบที่มี 51 เฟรม (signaling multi-frame) เท่านั้น โดยสัญญาณในกลุ่มนี้มี 3 ชนิด

- บีซีซีเอช (Broadcast Control Channel หรือ BCCH) มีไว้สำหรับสถานีฐานใช้ในการกระจายข้อมูลต่างๆ เช่น หมายเลขประจำตัวของเซลล์ หมายเลขประจำตัวของโครงข่าย โครงสร้างและสถานะของช่องสัญญาณ และรายละเอียดของช่องสัญญาณที่มีการใช้งาน ช่องสัญญาณนี้จะส่งในไทม์สล็อตที่ศูนย์ของเฟรมบางเฟรมเท่านั้นคือจะส่งเฉพาะเฟรมที่ 2-5 ในทุกๆ 51 เฟรม ดูรูปประกอบ
- เอฟซีซีเอช (Frequency Correction Channel หรือ FCCH) เป็นช่องสัญญาณที่มีการส่งออกที่ไทม์สล็อตที่ศูนย์ของเฟรมที่ 0 ,10 ,20 ,30 และ 40 ของทุกๆ มัลติเฟรมสัญญาณเอฟซีเอช มีไว้เพื่อช่วยให้แครื่องโทรศัพท์สามารถซิงโครไนซ์ความถี่ของคลื่นพาห์ให้ถูกต้องตรงกับความถี่ที่ใช้ที่สถานีฐาน
- เอสซีเอช (Synchronization Channel หรือ SCH) สัญญาณเอสซีเอช จะมีการส่งออกในเฟรมที่ถัดต่อจากเฟรมที่มีการส่งสัญญาณเอฟซีเอชทันที มีไว้สำหรับช่วยให้เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถซิงโครไนซ์หมายเลขของเฟรม (frame number) ให้ถูกต้อง โดยมาตรฐานระบบจีเอสเอ็ม ได้กำหนดหมายเลขของเฟรมไว้ตั้งแต่ 0 ถึง 2,715,647 (26 x 51 x 2,048)

2.4.2.2 ซีซีซีเอช (Common Control Channel หรือ CCCH) เป็นกลุ่มของสัญญาณซิกแนลลิงที่มีการส่งในทั้ง 2 ทิศทาง โดยการรับส่งสัญญาณจะเกิดขึ้นได้เฉพาะในไทม์สล็อตที่ศูนย์ของเฟรมใดๆ ก็ได้มิได้ถูกใช้ในการส่งสัญญาณบีซีเอช สัญญาณในกลุ่มนี้มี 3 ประเภทดังนี้คือ

- พีซีเอช (Paging Channel หรือ PCH) ใช้ส่งจากสถานีฐานไปยังเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ภายในเซลล์เพื่อค้นหาเครื่องโทรศัพท์เครื่องที่ต้องการติดต่อด้วย



รูปที่ 2.4 โครงสร้างการใช้งานของมัลติเฟรมประเภท 51 เฟรม เฉพาะทีเอสโอ

- อาร์เอซีเอช (Random Access Channel หรือ RACH) ใช้ส่งออกโดยเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อตอบรับการค้นหาหรือเพจจากสถานีฐาน หรือใช้สำหรับการแสดงความต้องการโทรศัพท์ออก ช่องสัญญาณประเภทนี้มีคุณลักษณะที่แตกต่างไปจากช่องสัญญาณอื่นๆ ตรงที่เป็นช่องสัญญาณที่มีกรใช้งานร่วมกันระหว่างเครื่องโทณศัพท์ทั้งหมดภายในเซลล์โดยที่ไม่มีการจัดสรรการใช้งานของแต่ละไทม์สล็อตอย่างชัดเจน เพราะฉนั้นจึงมีโอกาสที่เครื่องโทรศัพท์มากกว่าหนึ่งเครื่องส่งสัญญาณอาร์เอซีเอช ออกพร้อมๆกันลงในไทม์สล็อตเดียวกัน การชนกันของสัญญาณนี้อาจส่งผลให้สถานีฐานไม่ได้รับสัญญาณที่ถูกต้อง ในระบบจีเอสเอ็มอาศัยวิธีการที่เรียกว่า สล็อต อะโลฮ่า (Slotted Aloha) เพื่อจัดการกับปัญหาดังกล่าวนี้
- เอจีซีเอช (Access Grant Channel หรือ AGCH) เป็นช่องสัญญาณที่สถานีฐานใช้ในการตอบรับการติดต่อโดยอาร์เอซีเอชจากเครื่องโทรศัพท์ และส่งข้อมูลของช่องสัญญาณเอสดีซีซีเอช สำหรับใช้ในการติดต่อระหว่างกันในรายละเอียด

สัญญาณเหล่านี้จะใช้ในการติดต่อกันครั้งแรกระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับสถานีฐานในกรณีที่สถานีฐานพยายามจะติดต่อไปที่เครื่องโทรศัพท์เครื่องหนึ่งสถานีฐานจะส่งสัญญาณพีซีเอชออกไปเพื่อค้นหาตำแหน่งของเครื่องโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อด้วย ซึ่งถ้าโทรศัพท์เครื่องนั้นได้รับ

สัญญาณนี้ก็จะตอบรับโดยใช้สัญญาณอาร์เอซีเอช ส่งกลับไปในทิศทางตรงกันข้าม จากนั้นสถานีฐานก็ส่งสัญญาณเอจีซีเอช กลับไปพร้อมกับจัดสรรช่องสัญญาณเอสดีซีซีเอช สำหรับใช้ในการติดต่อในรายละเอียด ส่วนกรณีที่ถ้าโทรศัพท์เครื่องหนึ่งต้องการจะติดต่อกับสถานีฐานเช่นต้องการจะโทรออกก็จะส่งสัญญาณอาร์เอซีเอชออกไป โดยที่สถานีฐานก็จะตอบรับโดยการส่งสัญญาณ เอจีซีเอช กลับไปพร้อมกับจัดช่องสัญญาณเอสดีซีซีเอชให้ด้วย

2.4.2.3 ดีซีซีเอช (Dedicate Control Channel หรือ DCCH) เป็นกลุ่มของช่องสัญญาณที่คล้ายกันกับช่องสัญญาณทีซีเอช คือมีลักษณะการรับส่งสัญญาณเป็นแบบพอยด์-ทู-พอยด์ และมีการรับส่งได้ทั้ง 2 ทิศทาง กลุ่มดีซีซีเอช นี้ประกอบด้วยสัญญาณ 3 ประเภท คือ

- เอสดีซีซีเอช (Stand-Alone Dedicated Control Channel หรือ SDCCH) ช่องสัญญาณนี้ใช้สำหรับการรับส่งสัญญาณซิกแนลลิงในช่วงก่อนที่การรับส่งสัญญาณข้อมูลของผู้ใช้จะเกิดขึ้น ตัวอย่างกิจกรรมที่ต้องใช้สัญญาณซิกแนลลิงเหล่านี้คือการ authentication และ registration
- เอสเอซีซีเอช (Slow Associated Control Channel หรือ SACCH) เป็นช่องสัญญาณที่จะอยู่คู่กับสัญญาณทีซีเอชเสมอ สัญญาณนี้จะถูกส่งออกอย่างต่อเนื่องเป็นระยะๆ ตลอดเวลาและมีหน้าที่หลายอย่างเช่น ใช้ส่งสัญญาณบอกถึงระดับความแรงของสัญญาณที่เครื่องโทรศัพท์รับได้ ใช้ช่วยในช่วงเวลาที่มีการแฮนด์โอเวอร์ (handover) เกิดขึ้น ใช้ปรับจังหวะการส่งสัญญาณของเครื่องโทณศัพท์ในแต่ละเฟรมให้ถูกต้อง และใช้ควบคุมระดับของกำลังสัญญาณส่งให้อยู่ระดับที่เหมาะสม โดยปกติสัญญารรฃนี้บรรจุอยู่ในไทม์สล็อตที่ 12 ของแต่ละมัลติเฟรม แต่หากระบบมีการใช้ช่องสัญญาณ ทีซีเอช แบบฮาร์ฟเรท ไทม์สล็อตที่ 25 ซึ่งปกติจะกำหนดให้เป็นไอเดิล จะถูกนำมาใช้ในการรับส่งสัญญาณเอสเอซีซีเอช
- เอฟเอซีซีเอช (Fast Associated Control Channel หรือ FACCH) เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับช่วงเวลาการรับส่งข้อมูลของผู้ใช้ที่ส่งผ่านช่องสัญญาณทีซีเอช ซึ่งโดยปกติจะไม่มีความจำเป็นในการใช้สัญญาณนี้นอกจากในกรณีที่ระบบมีความจำเป็นต้องส่งสัญญาณซิกแนลลิงในปริมาณมากและมากเกินกว่าที่ช่องสัญญาณเอสเอซีซีเอช เพียงช่องเดียวจะตอบสนองได้ เช่นกรณีที่มีการแฮนด์โอเวอร์เกิดขึ้นเอฟเอซีซีเอช จะใช้ช่องสัญญาณที่โดยปกติใช้สำหรับรับส่งสัญญาณเสียงของผู้ใช้จะหายไป 20 มิลลิเซก และภาครับก็จะใช้ข้อมูลของ 20 มิลลิเซก ที่แล้วมาแทน

2.5 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องโทรศัพท์

ทันทีที่ผู้ใช้เปิดเครื่องโทรศัพท์เพื่อใช้งาน เครื่องโทรศัพท์จะไม่ทราบข้อมูลเกี่ยวกับระบบโครงข่ายที่จะเริ่มการติดต่อด้วยเลย เช่น จะไม่ทราบถึงตำแหน่งว่าอยู่ภายในขอบข่ายการดูแลของเซลล์ใด ดังนั้นอุปกรณ์โทรศัพท์ก็จะต้องทำการหาข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นทั้งหมดสำหรับการติดต่อกับสถานีฐานของระบบ ในขั้นแรกเครื่องโทรศัพท์จะต้องหาคลื่นความถี่ที่ช่องสัญญาณบีซีซีเอชก่อนเพื่อจะได้อ่านข้อมูลบางส่วนของระบบโทรศัพท์ที่ต้องใช้การติดต่อ เนื่องจากในระบบจีเอสเอ็ม 900 นั้นมีคลื่นความถี่สำหรับใช้งานมากถึง 124 ช่อง การที่เครื่องโทรศัพท์จะสแกนคลื่นความถี่ทั้งหมดเพื่อหาช่องสัญญาณบีซีซีเอช นั้นจะต้องใช้เวลานานพอสมควร ดังนั้นเพื่อให้การค้นหาช่องสัญญาณมีความรวดเร็วขึ้น ระบบจีเอสเอ็ม จึงได้กำหนดให้เครื่องโทรศัพท์ทำการจดบันทึกชุดคลื่นความถี่ของเซลล์ครั้งสุดท้ายที่มีการติดต่อด้วย รวมไปถึงคลื่นความถี่ของเซลล์รอบข้างดังกล่าวด้วย เมื่อมีการเปิดเครื่องโทรศัพท์เพื่อใช้งานตัวเครื่องจะทำการสแกนหาความถี่ที่บันทึกอยู่ในแผ่นซิมก่อน ตามมาตรฐานของระบบจีเอสเอ็ม คลื่นความถี่ที่มีช่องสัญญาณบีซีซีเอชอยู่จะต้องส่งออกด้วยกำลังที่สูงสุดตลอดเวลา ไม่อนุญาตให้มีการปรับลดระดับของกำลังสัญญาณเลย

2.5.1 การเลือกเซลล์ที่จะติดต่อ

หลังจากที่เครื่องโทรศัพท์ได้ข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการจากสถานีฐานของเซลล์รอบข้างแต่ละแห่งทั้งหมดแล้ว เครื่องโทรศัพท์ก็จะต้องทำการตัดสินใจว่าจะเลือกที่จะติดต่อกับสถานีฐานใดจึงจะมีความเหมาะสมที่สุด ในการเลือกเซลล์นั้นเครื่องโทรศัพท์ก็จะต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ หลายปัจจัยดังนี้ ปัจจัยแรกที่ต้องพิจารณาคือกำลังของสัญญาณที่เครื่องโทรศัพท์รับได้ ปัจจัยนี้นับได้ว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุด เพราะกำลังของคลื่นสัญญาณของช่องบีซีซีเอช สามารถใช้บ่งบอกถึงคุณภาพการรับส่งของคลื่นสัญญาณได้ ถ้าคลื่นสัญญาณบีซีซีเอช ที่รับได้มีกำลังที่แรงก็น่าจะหมายถึงว่าสถานีฐานได้รับสัญญาณที่มีกำลังที่ดีด้วย แต่หากสัญญาณที่รับได้มีกำลังอ่อนก็แสดงว่าการสนทนาของผู้ใช้ผ่านช่องสัญญาณนี้ก็จะมีคุณภาพที่ไม่ดีตามไปด้วย ทั้งนี้จะต้องไม่ลืมว่าคลื่นสัญญาณในช่องบีซีซีเอช มีกำลังส่งที่แรงที่สุดตลอดเวลา เพราะฉะนั้นช่องสัญญาณอื่นๆ ที่ใช้ในภายหลังก็จะมีกำลังที่ต่ำกว่าเสมอ

ปัจจัยต่อมาที่ต้องคำนึงถึงก็คือขนาดกำลังส่งสูงสุดของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ยกตัวอย่างเช่นหากเซลล์ที่ใช้งานอยู่ได้ออกแบบไว้สำหรับเครื่องโทรศัพท์ประเภทที่มีกำลังส่งสูงสุด 20 วัตต์ (คลาส 1) การที่เครื่องโทรศัพท์สามารถรับสัญญาณที่มีความแรงพอก็มิได้หมายความว่า สถานีฐานจะต้องสามารถรับสัญญาณได้ดีตามไปด้วย เพราะหากเครื่องโทรศัพท์ที่ใช้มีกำลังส่งสูงสุดเพียง 0.8 วัตต์ (คลาส 5) กำลังของสัญญาณที่รับได้ที่สถานีฐานก็อาจจะมีขนาดที่อ่อนมากได้

ปัจจัยสุดท้ายที่จะต้องนำมาพิจารณาด้วยคือ ตำแหน่งหรือบริเวณการใช้งานของเครื่องโทรศัพท์ ปัจจัยนี้มิได้มีผลกระทบต่อคุณภาพการรับส่งสัญญาณเลย แต่ก็มีส่วนช่วยลดปริมาณการรับส่งสัญญาณควบคุมที่เครื่องโทรศัพท์ใช้ในการรายงานถึงการเปลี่ยนตำแหน่งหรือบริเวณการใช้งาน ยกตัวอย่างเช่นในกรณีที่เครื่องโทรศัพท์มีการใช้งานอยู่ในบริเวณรอยต่อของเซลล์

2.5.2 การระบุตำแหน่งพื้นที่ (Location areas)

เนื่องจากโดยปกติการซ้านของโทรศัพท์เครื่อนที่มักจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งการใช้งานอยู่เสมอๆ ดังนั้นการค้นหาตำแหน่งของเครื่องโทรศัพท์จึงเป็นเรื่องที่จำเป็นและมีความสำคัญอย่างมากในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยทั่วไปแล้วเราสามารถแบ่งวิธีการค้นหาตำแหน่งของเครื่องโทรศัพท์ออกเป็น 2 วิธี วิธีแรกระบบโทรศัพท์จะไม่ทำการเก็บข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของเครื่องโทรศัพท์เลย และเมื่อใดที่ระบบโทรศัพท์ต้องการจะติดต่อด้วย เช่น มีการโทรศัพท์เข้าจากผู้ใช้อื่น ระบบโทรศัพท์ก็จะส่งคำสั่งให้สถานีฐานทั้งหมดทำการเพจเพื่อค้นหาตำแหน่งของโทรศัพท์ เมื่อโทรศัพท์มีการตอบรับการเรียก ระบบก็จะสามารถทราบถึงตำแหน่งของเครื่องโทรศัพท์ สังเกตว่าวิธีนี้จะไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้กับโครงข่ายที่มีขนาดใหญ่ครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง เช่น พื้นที่ทั้งประเทศหรือหลาย ๆ ประเทศ เพราะจะมีการส่งสัญญาณเพจออกไปเป็นจำนวนมาก ส่วนวิธีที่สองระบบจะทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งหรือบริเวณที่เครื่องใช้โทรศัพท์ที่มีการใช้งานอยู่อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ดังนั้นเมื่อใดที่เครื่องโทรศัพท์พบว่าได้เคลื่อนที่ออกจากบริเวณการใช้งานเดิมเข้าสู่บริเวณการใช้งานในบริเวณใหม่ เครื่องโทรศัพท์จะต้องรายงานถึงการเปลี่ยนตำแหน่งหรือบริเวณที่ใช้งานดังกล่าวนี้ บริเวณการใช้งานบริเวณหนึ่งอาจจะมีขนาดที่แตกต่างกันไปตามที่ต้องการ เช่น อาจจะเป็นพื้นที่ของเซลล์หนึ่งเซลล์ สำหรับวิธีนี้เมื่อใดที่ระบบโทรศัพท์ต้องการจะติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ ก็สามารถเพจหรือค้นหาเฉพาะในบริเวณที่เครื่องโทรศัพท์อยู่ ซึ่งช่วยให้จำนวนสัญญาณซิกแนลลิงที่ต้องใช้ในการเพจหาเครื่องโทรศัพท์มีปริมาณที่ลดลงมาก หากแต่ข้อเสียของวิธีนี้คือปริมาณของสัญญาณที่เครื่องโทรศัพท์ต้องส่งไปบอกระบบถึงการเปลี่ยนบริเวณการใช้งานจะมีค่อนข้างมาก หากมีการแบ่งบริเวณพื้นที่ที่มีขนากเล็กเกินไป เช่น แบ่งขนาดของพื้นที่เท่ากับขนาดของเซลล์หนึ่งเซลล์ ด้วยเหตุนี้ระบบจีเอสเอ็ม จึงเลือกใช้วิธีที่สอง โดยกำหนดให้บริเวณพื้นที่แต่ละส่วนจะมีขนาดครอบคลุมเซลล์จำนวนหลายเซลล์ เพื่อลดปริมาณสัญญาณที่เครื่องโทรศพท์จะต้องส่ง โดยที่ขอบเขตของพื้นที่แต่ละแห่งจะเรียกว่า พื้นที่ติดตั้ง

2.5.3 การแฮนด์โอเวอร์ (Handover)

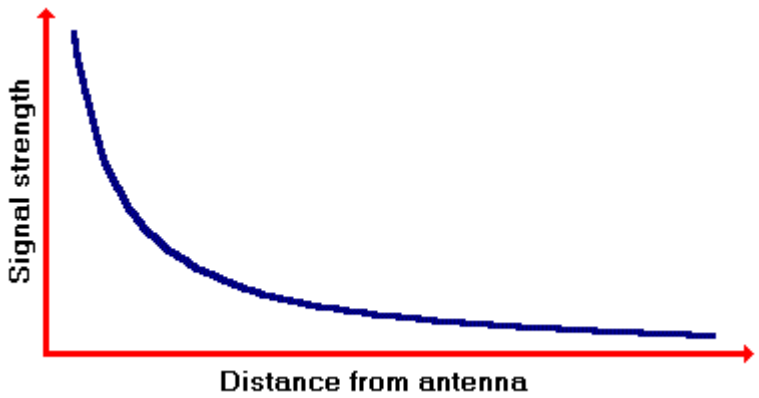
การทำแฮนด์โอเวอร์จะเกิดขึ้นเมื่อโทรศัพท์มีการเคลื่อนออกห่างจากขอบเขตการดูแลของเซลล์ที่ติดต่ออยู่ ส่งผลให้การติดต่อสื่อสารระหว่างทั้งสองฝ่ายมีคุณภาพที่ต่ำลงเรื่อย ๆ และเมื่อเครื่องโทรศัพท์เริ่มเคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณของเซลล์ใหม่ซึ่งโดยปกติแล้วจะสามารถให้คุณภาพการรับส่งสัญญาณที่ดีกว่าของเซลล์เดิม ระบบโทรศัพท์ก็จะทำการโอนย้ายการติดต่อไปให้กับสถานีฐานของเซลล์ใหม่เพื่อให้การสนทนาของผู้ใช้มีความต่อเนื่องและมีคุณภาพในระดับที่ดีตลอดช่วงเวลาการสนทนา กระบวนการดังกล่าวเรียกว่า การทำแฮนด์โอเวอร์ สำหรับระบบจีเอสเอ็มเครื่องโทรศัพท์มีส่วนสำคัญในกระบวนการทำแฮนด์โอเวอร์ค่อนข้างมาก โดยระบบมอบหมายให้เครื่องโทรศัพท์ทำหน้าที่ในการตรวจวัดระดับสัญญาณที่รับได้จากทั้งเซลล์ที่ติดต่ออยู่ด้วยและสัญญาณที่รับได้จากเซลล์รอบ ๆ จากนั้นจะรายงานผลที่ได้ไปให้สถานีฐานเพื่อใช้ในการตัดสินใจการทำแฮนโอเวอร์ต่อไป การแฮนโอเวอร์ในลักษณะนี้มีชื่อเรียกว่า เอ็มเอเอชโอ (Mobile Assisted Handover หรือ MAHO)

2.5.4 ค่าความแรงของสัญญาณ

ถ้าค่าความแรงของโทรศัพท์จากสถานีจีเอสเอ็มเพียงพอและสามารถติดตั้งโทรศัพท์ได้แล้วละก็เราจะเรียกว่า “การส่งสัญญาณครอบคลุม” ในระบบการติดต่อสื่อสารระหว่างโทรศัพท์กับสถานีจะเป็นในระบบสองทาง อย่างไรก็ตามการออกแบบระบบอาจกล่าวได้ว่าถ้าค่าความแรงของสัญญาณที่โทรศัพท์ส่งไปสถานีจีเอสเอ็มมีเพียงพอแล้วก็จะมีความแรงของสถานีของจีเอสเอ็มส่งมายังโทรศัพท์เพียงพอเช่นเดียวกัน

ความแรงของสัญญาณจะขึ้นอยู่กับระยะทางจากสถานีจีเอสเอ็ม และสิ่งแวดล้อมระหว่างโทรศัพท์กับสถานีจีเอสเอ็ม

ความแรงของสัญญาณจะลดลงเมื่ออยู่ห่างจากสถานีจีเอสเอ็ม ดังที่ปรากฏในสถิติ



รูปที่ 2.5 รูปกราฟแสดงความแรงของสัญญาณเทียบกับระยะทาง

ถ้าพื้นที่ระหว่างสถานีจีเอสเอ็ม กับโทรศัพท์ราบเรียบหรือเป็นภูมิประเทศที่โล่งความแรงของสัญญาณจะอยู่ทางด้านบน ถ้าพื้นที่เป็นเนินความแรงของสัญญาณก็จะเบาบางมาก ต้นไม้หรือบ้านก็จะทำให้ระดับสัญญาณระหว่างจีเอสเอ็ม และโทรศัพท์ลดลงได้เช่นกัน

ถ้าโทรศัพท์ที่ใช้อยู่ในตัวเมือง สิ่งแวดล้อมที่ไม่แน่นอนยังทำให้สัญญาณเบาบางลงด้วย คลื่นสามารถสะท้อนกลับได้หนึ่งครั้งหรือหลายครั้งระหว่างตึก ถ้าสัญญาณจีเอสเอ็มสะท้อนจากตึกที่ต่างกันสองครั้งผลที่ตามมาอาจจะมีสัญญาณมากพอ (ถ้าสลับไปมา) หรือบางทีจะน้อยถ้าไม่มีการสลับไปสลับมา

ปรากฏการณ์นี้ยังทำให้รองรับสัญญาณวิทยุปกติในรถได้เมื่อเริ่มห่างจากสถานีวิทยุในสถานที่สัญญาณดี แต่หลังจากที่แสงสีแดงเคลื่อนที่มาบรรจบกันจะเป็นผลให้สัญญาณสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2.6. บลูทูธ

คำว่า บลูทูธ หรือ ฟันสีฟ้า ความจริงแล้วเป็นนามของกษัตริย์ประเทศเดนมาร์กในช่วงปี ค.ศ. 940-981 หรือประมาณ 1,000 กว่าปีก่อนหน้า กษัตริย์องค์นี้ได้ปกครองประเทศเดนมาร์กและนอร์เวย์ในยุคของไวกิ้งค์ และต้องการรวมประเทศให้เป็นหนึ่งเดียว นอกจากนั้น ยังทรงเป็นผู้นำเอาศาสนาคริสต์เข้าสู่ประเทศเดนมาร์กอีกด้วย

กษัตริย์ ฮาเรด บูลทูธ ปี ค.ศ. 940-981

และเพื่อเป็นการรำลึกถึงกษัตริย์บลูทูธ ผู้ปกครองประเทศกลุ่มสแกนดิเนเวีย ซึ่งในปัจจุบันเป็นกลุ่มผู้นำในด้านการผลิตโทรศัพท์มือถือป้อนสู่ตลาดโลก และระบบบลูทูธ นี้ ก็ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้กับโทรศัพท์มือถือ และเริ่มต้นจากประเทศในแถบนี้ด้วยเช่นกัน

บลูทูธ คือ ระบบสื่อสารของอุปกรณ์อิเล็คโทรนิคแบบสองทาง ด้วยคลื่นวิทยุระยะสั้น (Short-Range Radio Links) โดยปราศจากการใช้สายเคเบิ้ล หรือ สายสัญญาณเชื่อมต่อ และไม่จำเป็นจะต้องใช้การเดินทางแบบเส้นตรงเหมือนกับอินฟราเรด ซึ่งถือว่าเพิ่มความสะดวกมากกว่าการเชื่อมต่อแบบอินฟราเรด ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือ กับอุปกรณ์ ใน

โทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นก่อนๆ และในการวิจัย ไม่ได้มุ่งเฉพาะการส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่ยังศึกษาถึงการส่งข้อมูลที่เป็นเสียง เพื่อใช้สำหรับแฮนด์เซ็ทบนโทรศัพท์มือถือด้วย

2.6.1 การทำงานของบลูทูธ

บลูทูธ จะใช้สัญญาณวิทยุความถี่สูง 2.4 กิกกะเฮิร์ท แต่จะแยกย่อยออกไป ตามแต่ละประเทศ อย่างในแถบยุโรปและอเมริกา จะใช้ช่วง 2.400 ถึง 2.4835 กิกกะเฮิร์ท แบ่งออกเป็น 79 ช่องสัญญาณ และจะใช้ช่องสัญญาณที่แบ่งนี้ เพื่อส่งข้อมูลสลับช่องไปมา 1,600 ครั้งต่อ 1 วินาที ส่วนที่ญี่ปุ่นจะใช้ความถี่ 2.402 ถึง 2.480 กิกกะเฮิร์ท แบ่งออกเป็น 23 ช่อง ระยะทำการของบลูทูธจะอยู่ที่ 5-10 เมตร โดยมีระบบป้องกันโดยใช้การป้อนรหัสก่อนการเชื่อมต่อ และ ป้องกันการดักสัญญาณระหว่างสื่อสาร โดยระบบจะสลับช่องสัญญาณไปมา จะมีความสามารถในการเลือกเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ในการติดต่อเองอัตโนมัติ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเรียงตามหมายเลขช่อง ทำให้การดักฟังหรือลักลอบขโมยข้อมูลทำได้ยากขึ้น โดยหลักของบลูทูธจะถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากใช้การขนส่งข้อมูลในจำนวนที่ไม่มาก อย่างเช่น ไฟล์ภาพ, เสียง, แอพพลิเคชั่นต่างๆ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ขอให้อยู่ในระยะที่กำหนดไว้เท่านั้น (ประมาณ 5-10 เมตร) นอกจากนี้ยังใช้พลังงานต่ำ กินไฟน้อย และสามารถใช้งานได้นาน โดยไม่ต้องนำไปชาร์จไฟบ่อยๆ ด้วย

ส่วนความสามารถในการส่งถ่ายข้อมูลของบลูทูธ จะอยู่ที่ 1 เมกกะบิตต่อวินาที และคงจะไม่มีปัญหาอะไรมากกับขนาดของไฟล์ที่ใช้กันบนโทรศัพท์มือถือ หรือ การใช้งานแบบทั่วไป ซึ่งถือว่าเหลือเฟือมาก แต่ถ้าเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ล่ะก็ คงจะช้าเกินไป และถ้าถูกนำไปเปรียบกับไวเร็ทแลน แล้ว ความสามารถของบลูทูธ คงจะห่างชั้นกันเยอะ ซึ่งในส่วนของไวเร็ทแลน ก็ยังมีระยะการรับ-ส่งที่ไกลกว่า แต่ขอได้เปรียบของบลูทูธ จะอยู่ที่ขนาดที่เล็กกว่า การติดตั้งทำได้ง่าย

กว่า และที่สำคัญ การใช้พลังงานก็น้อยกว่ามาก อยู่ที่ 0.1 วัตต์ หากเทียบกับคลื่นมือถือแล้ว ยังห่างกันอยู่หลายเท่าเหมือนกันครับ

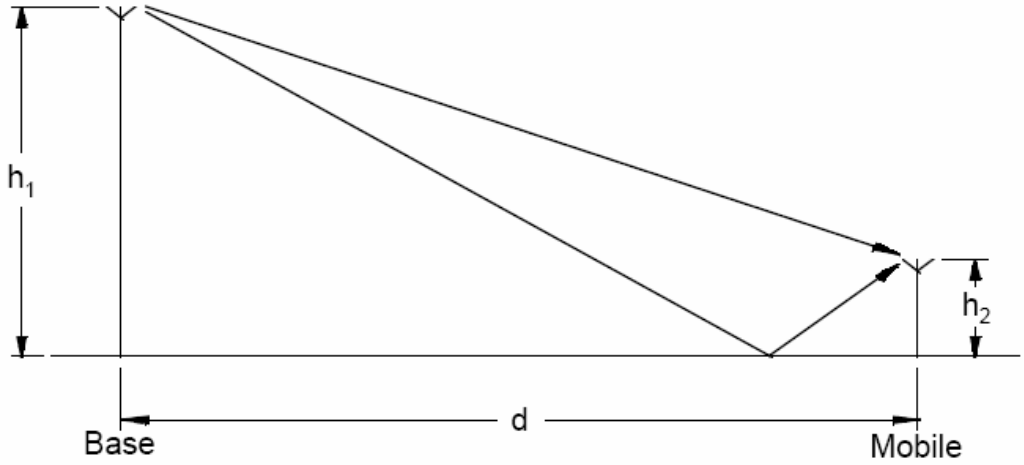
2.6.2 ประโยชน์ของบลูทูธ เมื่อต้องการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ กับ โทรศัพท์มือถือ

หากเราต้องเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น พริ๊นเตอร์ คีย์บอร์ด เม้าท์ หรือลำโพง การเชื่อมต่อในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะใช้สายเคเบิ้ลเป็นตัวเชื่อมต่อทั้งหมด (ซีเรียล และ ยูเอสบี) ซึ่งอาจจะไม่สะดวกทั้งในด้านการใช้สอย เคลื่อนย้าย และความเรียบร้อยต่างๆ แต่หากเครื่องพีซี มีอุปกรณ์บลูทูธ ก็สามารถติอต่อเข้าหากันได้โดยใช้คลื่นแทนการใช้สายไฟเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ทั้งหมด ทั้งการส่งไฟล์ภาพ, เสียง, ข้อมูล อีกทั้งระบบเชื่อมต่อผ่านซีเอสดี และจีพีอาร์เอส บนโทรศัพท์มือถือ ก็สามารถทำได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้สาย ซึ่งจะช่วยลดความยุ่งยาก อีกทั้งยังเพิ่มความสะดวกสบายในการทำงานมากขึ้นด้วย

แต่ข้อจำกัดการใช้งานก็มีเช่นกัน การเชื่อมต่ออุปกรณ์พกพาต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค หรือ พ็อกเก็ต พีซี เข้ากับอินเทอร์เน็ต จะสามารถใช้งานได้เพียง 1 อุปกรณ์ ต่อ 1 ชิ้นเท่านั้น ซึ่งบางทีอาจจะต้องสลับการใช้งานกันบ่อยๆ (สำหรับผู้ที่ใช้อุปกรณ์ไร้สายซะส่วนใหญ่) แต่ก็ถือว่าให้ความสะดวกมากกว่าการใช้สายเคเบิ้ล

บทที่ 3
การประมวลผลการทดสอบและการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดสอบ

3.1 การคำนวณค่าความแรงของสัญญาณ



รูปที่ 3-1 คลื่นวิทยุแผ่กระจายไปตามผิวโลก

สูตรที่ใช้ในการคำนวณค่าความแรงของสัญญาณ (Pr)

$$\Pr = \frac{PtGrGt\lambda^2 \sin^2\left(\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d}\right)}{(2\pi d)^2}$$

Pt = กำลังภาคส่ง (dBm)

Gt = อัตราขยายภาคส่ง(dB)

Gr = อัตราขยายภาครับ(dB)

λ = ความยาวคลื่น (เมตร)

h1 = ความสูงของเสาสัญญาณ (เมตร)

h2 = ความสูงของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (เมตร)

d = ระยะทางระหว่างเสาสัญญาณกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ (เมตร)

ถ้าค่าพารามิเตอร์ที่ได้ของการคำนวณค่าความแรงของสัญญาณมีค่าเท่ากับ $h_1 h_2 \langle\langle \lambda d$ จะสามารถหาค่าของความแรงของสัญญาณได้จากสูตรนี้

$$\Pr = \frac{PtGrGt(h_1 h_2)^2}{d^2}$$

หรือหาได้จาก

$$L = 10\log\left(\frac{Pt}{\Pr}\right) = 20\log\left(\frac{d^2}{h_1 h_2}\right) - 10\log(G_r) - 10\log(G_t)$$

ในการคำนวณค่าการสูญเสีย

สูตรที่ใช้ในการคำนวณการสูญเสียในพื้นที่ของชุมชนเมือง

$$L_p(urban) = 69.55 + 26.16\log f - 13.82\log h_b + (44.9 - 6.55\log h_b)\log d - a(h_m)$$

แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

f = ความถี่คลื่นพาห์ ในหน่วยเมกกะเฮิร์ท (150-1000 เมกกะเฮิร์ท)

h_b = h1 = ความสูงของเสาสัญญาณ ในหน่วยเมตร (30-200 เมตร)

d = ระยะห่างระหว่างเสาสัญญาณกับโทรศัพท์มือถือ (1-20 กิโลเมตร)

h_m = h2 = ความสูงของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (1-10 เมตร)

จากสูตรข้างต้นนี้ เป็นสูตรที่ใช้สำหรับช่วงความถี่ 150 – 1000 เมกกะเฮิร์ทเท่านั้น ซึ่งจากความถี่ช่วงนี้จะใช้ค่าคงที่ตามเงื่อนไขที่กำหนดซึ่งจะขึ้นอยู่กับความถี่ ความสูงของเสาสัญญาณกับโทรศัพท์มือถือ ระยะทางและค่าการลดทอน

การเลือกใช้ค่าคงที่ 69.55 และ 26.16 ค่าคงที่ชุดนี้ใช้ความถี่ 150 – 1000 เมกกะเฮิร์ท

46.30 และ 33.90 ค่าคงที่ชุดนี้ใช้ความถี่ 1000 – 2000 เมกกะเฮิร์ท

ซึ่งค่าการลดทอนของความสูงโทรศัพท์มือถือที่ใช้ในการคำนวณสูตรข้างต้นนี้หาได้จาก

$$a(h_m) = (1.1\log f - 0.7)h_m - (1.56\log f - 0.8)$$

3.2 วิธีการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

$$\Pr = \frac{PtGrGt\lambda^2 \sin^2\left(\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d}\right)}{(2\pi d)^2}$$

ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องใช้จากสมการนี้มีดังนี้

3.2.1 ค่าความแรงของสัญญาณที่ออกจากเสาสัญญาณทางภาคส่ง

Pt = 47 dBm.

3.2.2 ค่าอัตราขยายของภาครับและภาคส่ง

Gr = Gt = 17 dBm.

3.2.3 ค่าความยาวคลื่น (λ)

หาได้จาก $\lambda = c / v$

ซึ่งค่าของ c = 3×10^8 m/s

และ f = 900 MHz

เพราะฉะนั้น λ = (3×10^8 m/s) / (900 MHz) = 0.33 m

3.2.4 ความสูงของเสาสัญญาณ (h1=hb)

h1 = 45 m.

3.2.5 ความสูงของโทรศัพท์มือถือ และ ระยะทาง (d)

ค่าของ h2 และ d เป็นตัวแปรที่จะแปรผันตามค่าความแรงของสัญญาณที่ต้องการหา ซึ่งจะเป็นค่าที่จะต้องกำหนดขึ้นเองในการรันโปรแกรม

จากสมการมีหน่วยเป็น dBm จะได้

$$P_r = 47 + 17 + 17 + 20\log\lambda + 10\log\sin^2(2\pi h_1 h_2 / \lambda d) - 20\log(2\pi d)$$

3.3 การเปรียบเทียบผลการตรวจวัดสัญญาณระบบจีเอสเอ็ม ณ จุดต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัย

การทำการตรวจวัดสัญญาณจากโปรแกรมที่เราได้สร้างขึ้นมาในโครงงานนี้ ได้ทำการวัดสัญญาณภายในมหาวิทยาลัย และทำการอ้างอิงเสาสัญญาณที่ตั้งอยู่บริเวณอาคารเครื่องมือสามที่เป็นจุดที่จะปล่อยสัญญาณออกไปยังจุดต่างๆ แล้วก่อนที่จะทำการวัดสัญญาณจะต้องมีโทรศัพท์มือถือมารับสัญญาณจากเสาสัญญาณ จึงจะสามารถรับสัญญาณได้ ซึ่งในโครงงานนี้ได้ทำการวัดสัญญาณบริเวณจุดต่างๆภายในมหาวิทยาลัยตามระยะทางที่กำหนด และผลการทำการตรวจวัดสัญญาณได้ผลสรุปดังนี้

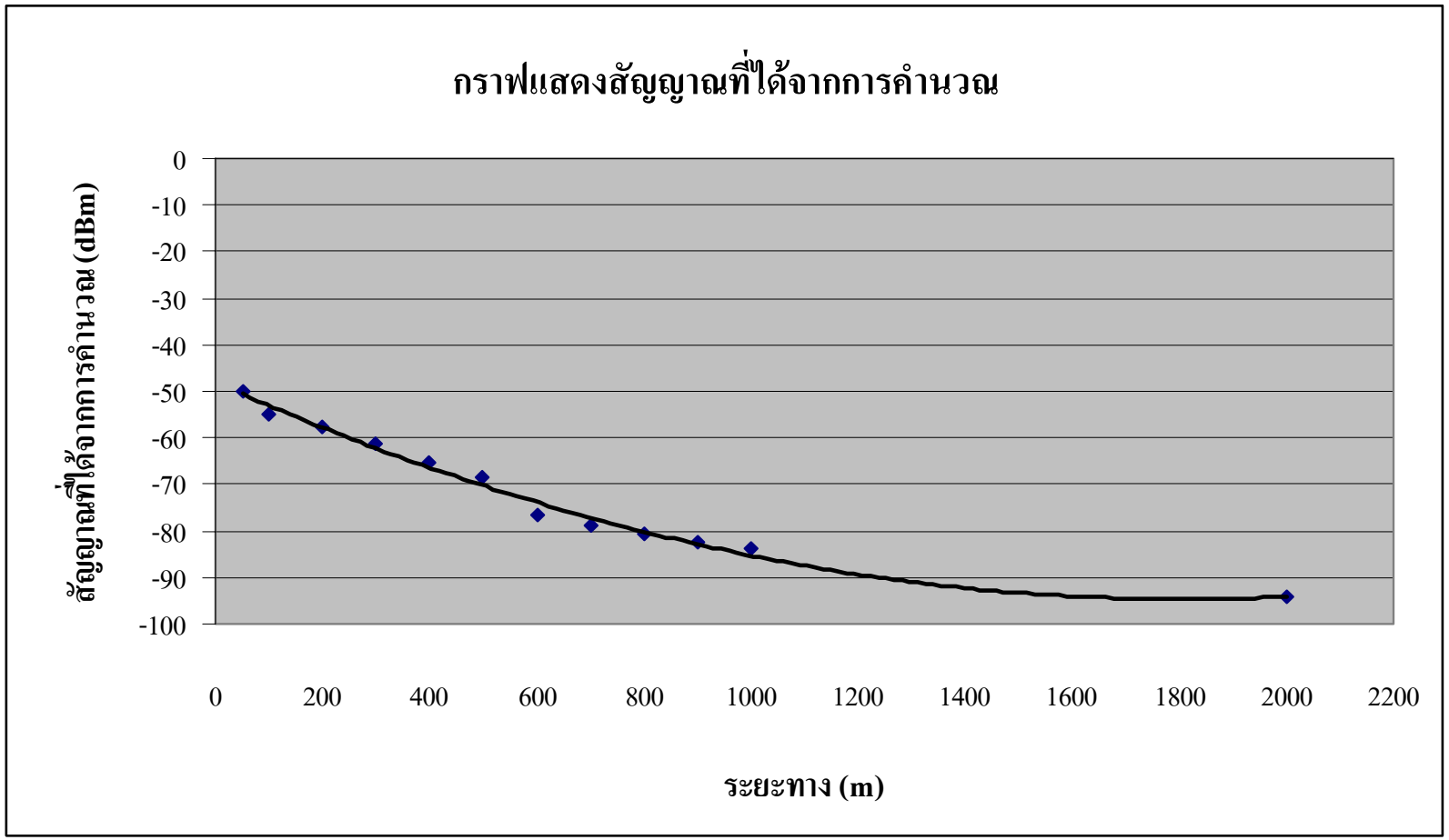
ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงสรุปผลการวัดค่าความแรงของสัญญาณ ณ จุดต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ครั้งที่	ระยะทาง (m.)	สัญญาณที่ได้จากการคำนวณ (dBm.)	ค่าเฉลี่ยของสัญญาณที่วัดได้จริง (dBm.)	เปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อน(%)
1	50	-49.85	-52	4.31
2	100	-55.00	-51	7.27
3	200	-57.62	-51.8	10.10
4	300	-61.07	-56.6	7.32
5	400	-65.32	-53	18.86
6	500	-68.62	-51	25.68
7	600	-76.42	-57	25.41
8	700	-78.70	-51	35.20
9	800	-80.68	-65.8	18.44
10	900	-82.42	-67	18.71
11	1000	-83.98	-75.2	10.45
12	2000	-94.23	-73	22.53

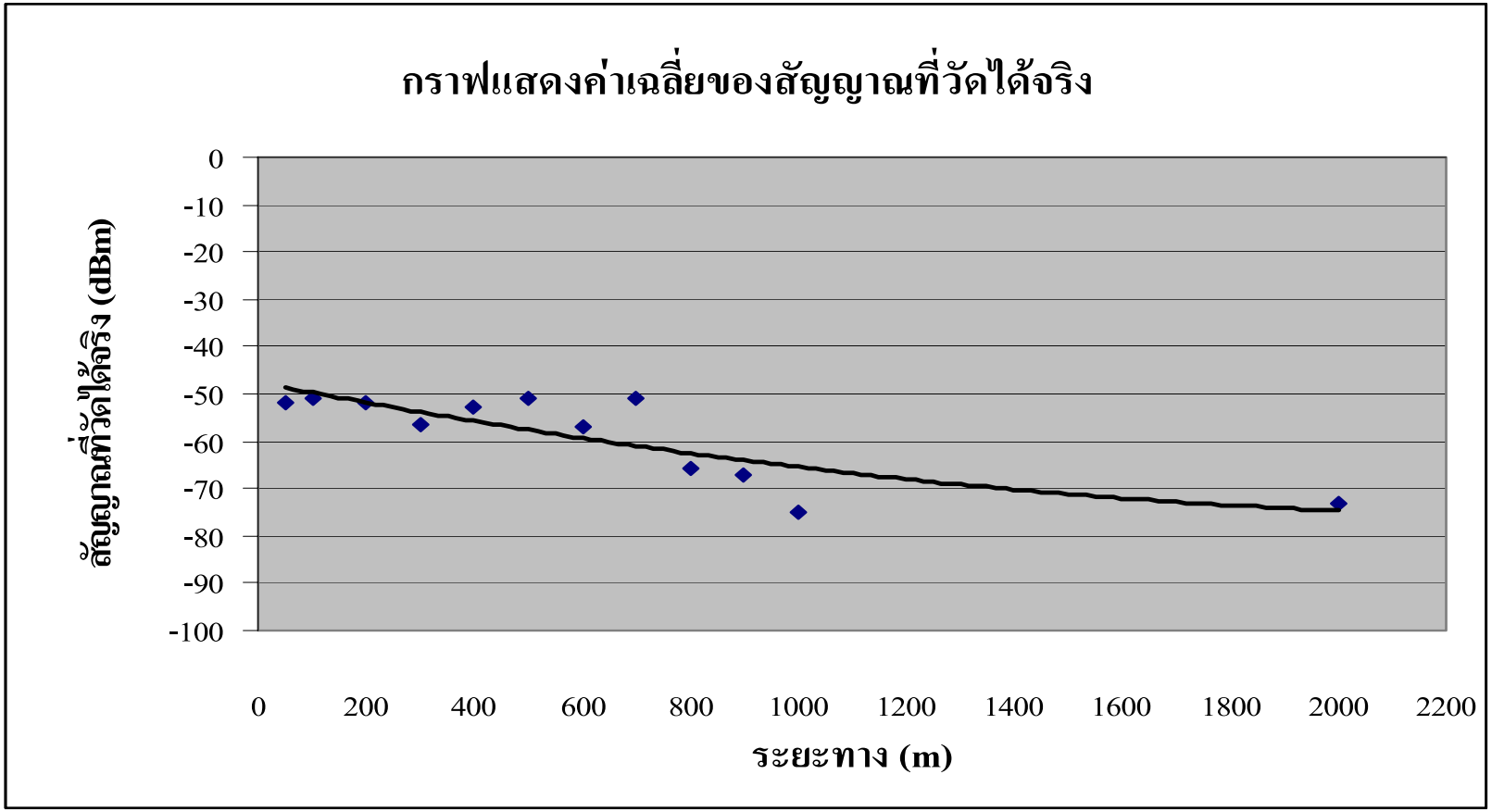
- ข้อมูลที่ได้ตามตารางที่ 3.3 เป็นผลสรุปที่ได้จากข้อมูลดิบในภาคผนวก ง

3.3.1 ข้อจำกัดของโปรแกรม

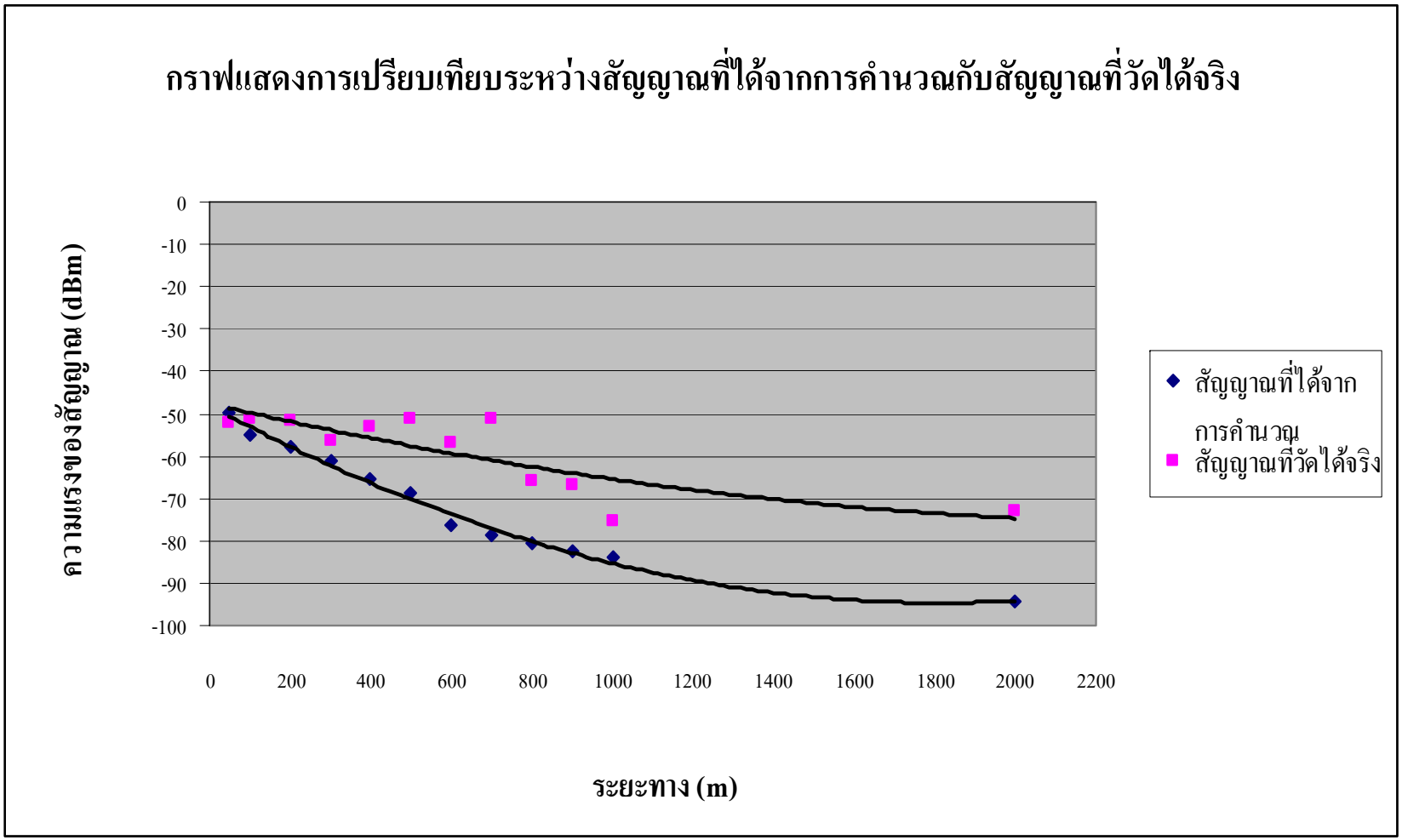
จากโปรแกรมการตรวจวัดสัญญาณที่สร้างขึ้นนี้ ข้อจำกัดของโปรแกรมนี้จะไม่สามารถระบุช่องสัญญาณที่ต้องการได้ เมื่อค่าความแรงของสัญญาณ ณ จุดใดมีค่าความแรงของสัญญาณที่แรงมากกว่า โปรแกรมชุดนี้ก็จะระบุค่าความแรงของสัญญาณ ณ จุดนั้นที่มีค่าความแรงสูงสุด เพราะฉะนั้นเมื่อทำการตรวจวัดสัญญาณ ณ จุดที่ห่างจากเสาสัญญาณที่อาคารเครื่องมือสามมากซึ่งเป็นเสาที่ใช้อ้างอิงในการทดสอบบางครั้งอาจจะไม่ได้ค่าความแรงของเสาสัญญาณที่อาคารเครื่องมือสาว และจากค่าความแรงของสัญญาณที่ได้จะต้องมีค่าความแรงของสัญญาณที่ลดลงเรื่อยๆ (ตามทฤษฎี) แต่ค่าความแรงของสัญญาณที่ได้เมื่อทำการวัดมีค่าความแรงของสัญญาณที่แรงมาก เนื่องจากโปรแกรมได้แสดงค่าความแรงของเสาสัญญาณอื่นที่แรงกว่ามาแสดงค่าความแรงของสัญญาณในโปรแกรม จึงทำให้ค่าที่ได้จากการสรุปจากการตรวจวัดสัญญาณมีค่าคลาดเคลื่อนไปบ้างซึ่งเกิดจากขีดความสามารถของโปรแกรมชุดนี้



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงสัญญาณที่ได้จากการคำนวณ



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของสัญญาณที่วัดได้จริง



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่ได้จากการคำนวณกับสัญญาณที่วัดได้จริง

3.4 แผนภาพแสดงระดับค่าความแรงของสัญญาณจากการตรวจวัดสัญญาณระบบ GSM ณ จุดต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัย

จากการวัดค่าความแรงของสัญญาณ สามารถทราบค่าความแรงของสัญญาณได้จากสีที่แสดงให้เห็นได้จากแผนภาพ ซึ่งระดับค่าความแรงของสัญญาณจะระบุขอบเขตของสีได้ดังนี้

ค่าความแรงของสัญญาณอยู่ในระดับ มากกว่าหรือเท่ากับ -50 dBm. จะระบุเป็นสีเขียวแก่

ค่าความแรงของสัญญาณอยู่ในระดับ -51 จนถึง -60 dBm. จะระบุเป็นสีขียว

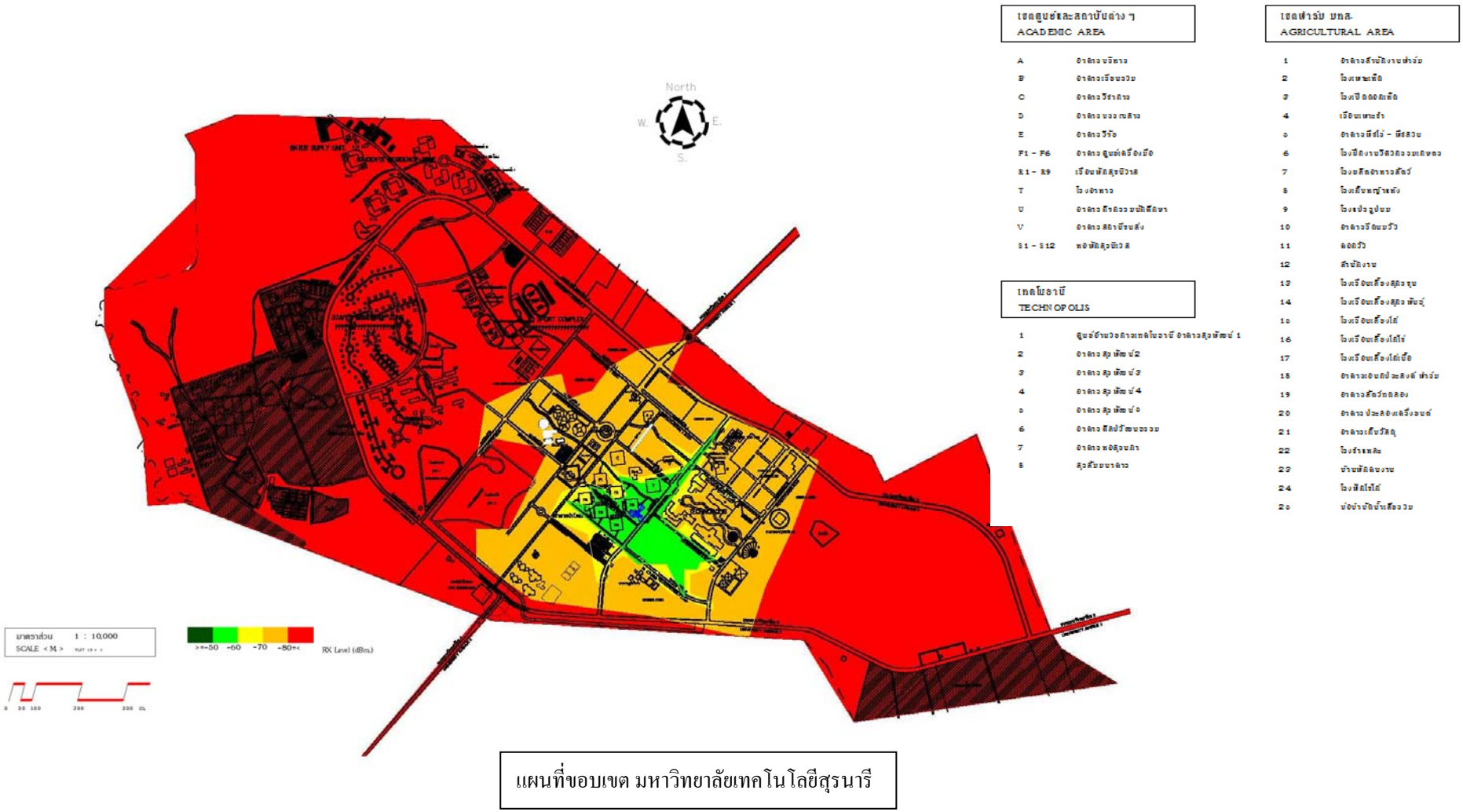
ค่าความแรงของสัญญาณอยู่ในระดับ -61 จนถึง -70 dBm. จะระบุเป็นสีเหลือง

ค่าความแรงของสัญญาณอยู่ในระดับ -71 จนถึง -80 dBm. จะระบุเป็นสีส้ม

ค่าความแรงของสัญญาณอยู่ในระดับ น้อยกว่า -81 dBm. จะระบุเป็นสีแดง

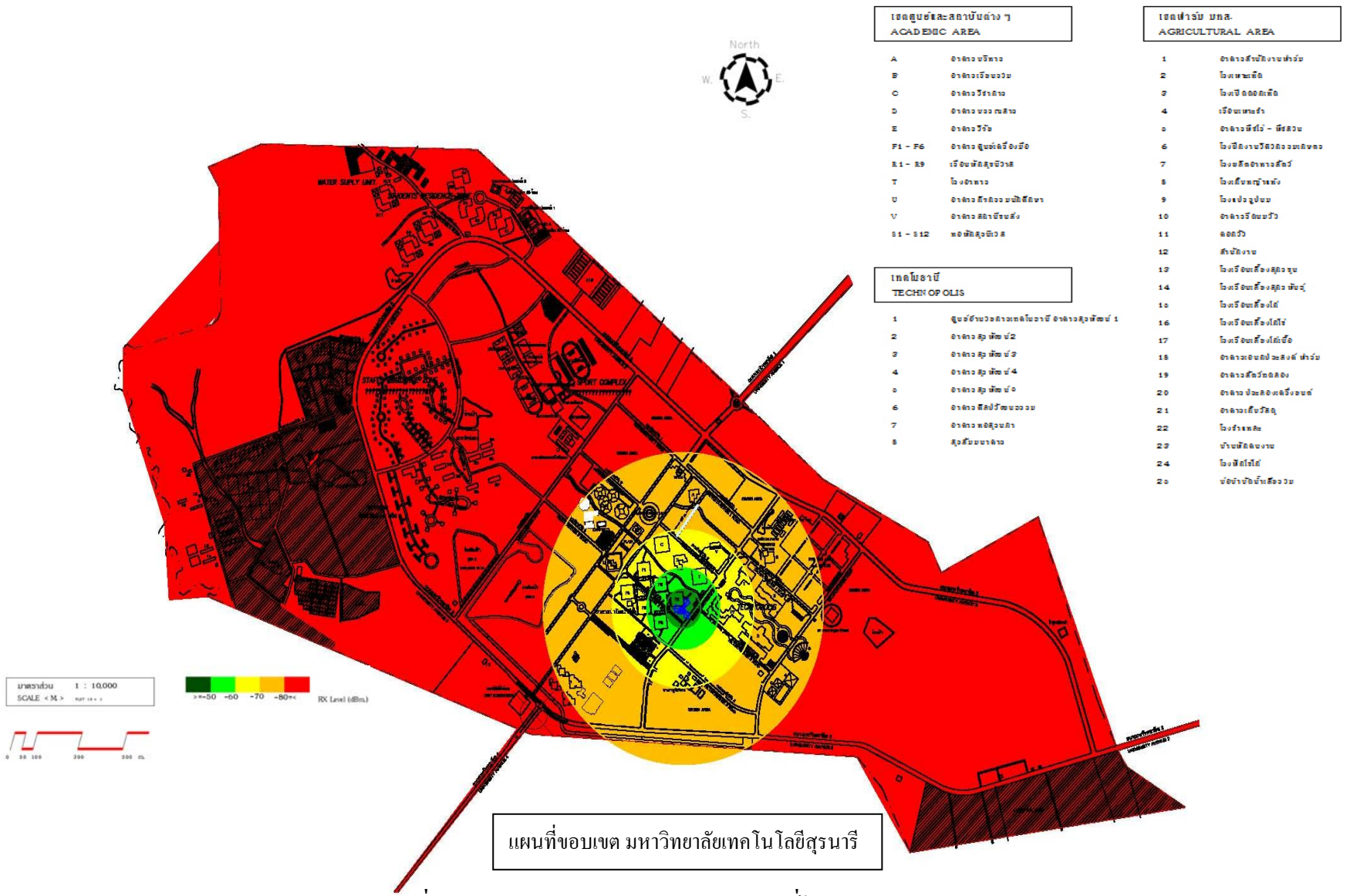
ซึ่งในแผนภาพจะแสดงขอบเขตของสีดังนี้

รูปที่ 3.5 ภาพแสดงขอบเขตสีของค่าความแรงของสัญญาณ

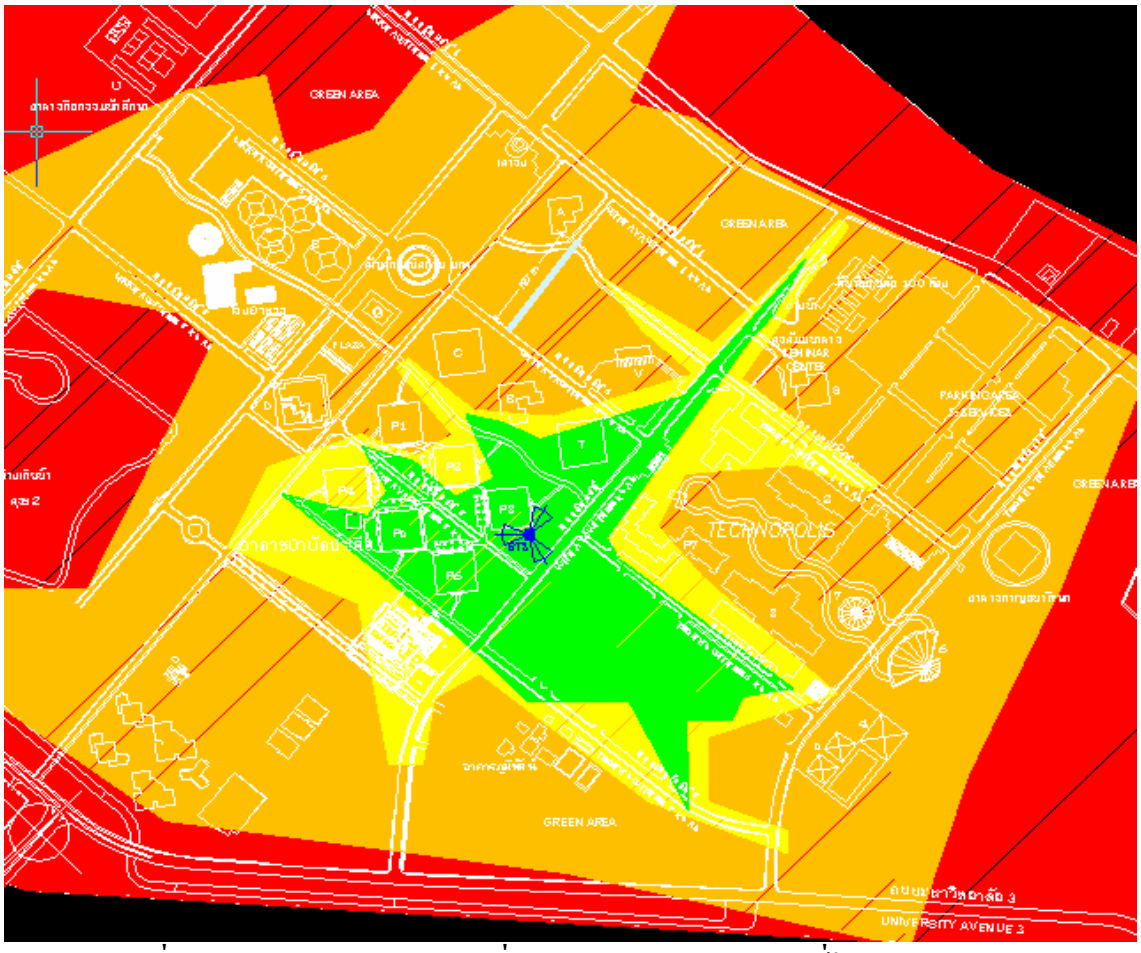


แผนที่ขอบเขต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

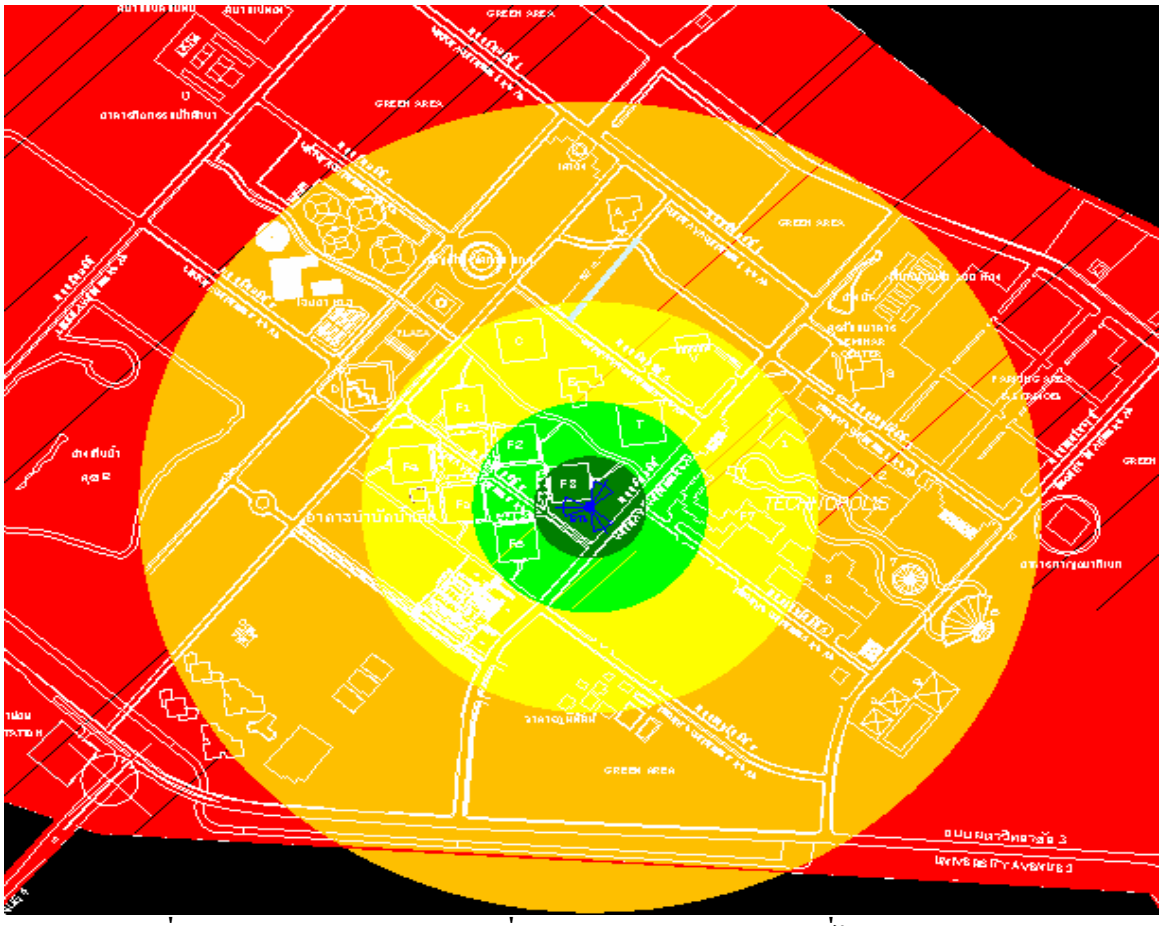
รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงค่าความแรงสัญญาณที่วัดได้จริง



รูปที่ 3.7 แผนภาพแสดงค่าความแรงสัญญาณที่ได้จากการคำนวณ



รูปที่ 3.8 ภาพขยายของแผนภาพที่แสดงค่าความแรงสัญญาณที่ได้จากการวัดจริง



รูปที่ 3.9 ภาพขยายของแผนภาพที่แสดงค่าความแรงสัญญาณที่ได้จากการคำนวณ

บทที่ 4
สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุป

ปัจจุบันการติดต่อสื่อสารแบบไร้สายมีบทบาทกับชีวิตประจำวันมากและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ขอบเขตที่สัญญาณครอบคลุมถึงและความแรงของสัญญาณที่เกิดจากอุปกรณ์ที่เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณ หรือกำเนิดคลื่นความถี่มีความสำคัญมากในการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย ซึ่งสัญญาณระบบจีเอสเอ็ม ก็เป็นระบบที่นิยมใช้สำหรับบุคคลทั่วไป แต่เนื่องจากในขณะนี้พบปัญหาของระบบที่ไม่สามารถติดต่อกันได้ ซึ่งอาจจะเกิดจากปัจจัยหลายๆอย่างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความแรงของสัญญาณ ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษา วิเคราะห์ และทำการตรวจวัดสัญญาณระบบจีเอสเอ็มว่า ณ จุดต่างๆบริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีค่าความแรงของสัญญาณครอบคลุมพื้นที่ได้ดี ณ จุดใด และไม่ดี ณ จุดใด เมื่อค่าความแรงของสัญญาณอ้างอิงจากเสาสัญญาณ ที่ตั้งอยู่บริเวณอาคารเครื่องมือสาม ซึ่งจากการทำโครงงานนี้ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ในโครงงานการตรวจวัดค่าความแรงของสัญญาณของระบบจีเอสเอ็ม นี้ สามารถนำโปรแกรมที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อสามารถตรวจวัดค่าความแรงของสัญญาณระบบจีเอสเอ็ม มาใช้งานได้จริงพร้อมทั้งสามารถทำการเก็บข้อมูลได้ และทำการวิเคราะห์ค่าความแรงของสัญญาณในสถานการณ์จริงได้ว่าในแต่ละจุดมีค่าความแรงของสัญญาณเท่าใด โดยที่ไม่ต้องใช้เครื่องมือที่สามารถหาค่าความแรงของสัญญาณที่มีราคาสูงได้

2. จากการตรวจวัดค่าความแรงของสัญญาณในภาคปฏิบัติเปรียบเทียบกับภาคทฤษฎี ค่าความแรงของสัญญาณมีความสอดคล้องกัน แต่ค่าความแรงของสัญญาณที่แตกต่างกันจะขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างเสาสัญญาณที่ตั้งอยู่บริเวณอาคารเครื่องมือสามกับโทรศัพท์มือถือ ที่จะมีการเปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งที่เราต้องการหาค่าความแรงของสัญญาณ ซึ่งค่าความแรงของสัญญาณจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับค่าของการสูญเสีย ค่าการสูญเสียจะแปรผกผันกับค่าความแรงของสัญญาณ ถ้าค่าการสูญเสียมีค่ามากจะส่งผลให้ค่าความแรงของสัญญาณมีค่าต่ำ ซึ่งค่าการสูญเสียที่เกิดขึ้นนอกเหนือจากที่ได้จากการคำนวณ แต่อาจจะไม่ละเอียดเพราะสิ่งที่กีดขวางบางอย่างที่มีผลกับค่าการสูญเสียจึงทำให้ค่าไม่เท่ากัน เช่น ไม้ จะมีค่าการสูญเสีย = -4 เดซิเบล , อิฐ = -5เดซิเบล , คอนกรีต = -6 เดซิเบล เป็นต้น ซึ่งค่าต่างๆนี้ก็จะมีผลต่อค่าคามแรงของสัญญาณทั้งสิ้น จึงทำให้ค่าความแรงของสัญญาณมีความแตกต่างกันระหว่างค่าในภาคปฏิบัติและภาคทฤษฎี ซึ่งถือว่า

โปรแกรมนี้มีค่าความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับที่ดีในระดับหนึ่ง ดูจากค่าเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น

4.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. ทางคณะผู้จัดทำโครงงานมีความรู้พื้นฐานในการเริ่มเขียนโปรแกรมไม่มากนักทำให้การเริ่มศึกษาการเขียนโปรแกรมนั้นต้องใช้เวลาอย่างมากในการทำความเข้าใจกับโปรแกรมวิชัวร์ เบสิค ซึ่งแก้ไขโดยการศึกษาจากหนังสือต่างๆและขอคำปรึกษาจากผู้ที่ความรู้ในด้านการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ

2. หนังสือที่สอนเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมวิชัวร์ เบสิคนั้นผู้แต่งส่วนใหญ่ทั้งตำราภาษาไทยและต่างประเทศไม่ได้เจาะลึกถึงรายละเอียดปลีกย่อยต่างๆ มากนักทำให้ในการเขียนโปรแกรมบางอย่างทางผู้จัดทำโครงการต้องใช้เวลาในการค้นหาพอสมควรจึงสามารถที่จะเขียนโปรแกรมออกมาเป็นผลสำเร็จได้

3. ในช่วงของการเขียนและการทดสอบโปรแกรมนั้นทางผู้จัดทำโครงงานได้พบกับปัญหาต่างๆ มากมาย อย่างเช่น ปัญหาของบักในตัวโปรแกรม ซึ่งทำให้ผู้จัดทำโครงงานเสียเวลาอย่างมากในการที่จะแก้ไขให้โปรแกรมออกมาสมบูรณ์

4. เนื่องจากว่าในช่วงของการทำโครงงาน ทางคณะผู้จัดทำโครงงานมีภาระหน้าที่ ในการเรียนอยู่ด้วย ทำให้การวิเคราะห์และการทดลองโครงงานไม่ต่อเนื่องในบางช่วง ซึ่งมีผลทำให้การทำโครงงานออกมาสำเร็จล่าช้า

5. ในการตรวจวัดสัญญาณจะต้องมีการควบคุมช่องความถี่ของสัญญาณ ซึ่งเมื่อทำการวัดที่ระยะทางไกลๆ ที่ห่างจากตัวเสาสัญญาณที่ตั้งอยู่บริเวณอาคารเครื่องมือสาม ที่ใช้ในการอ้างอิง จะมีช่องสัญญาณอื่นเข้ามาแทน จึงจะต้องทำการหาจุดที่มีช่องสัญญาณตามต้องการ ซึ่งยากต่อการปฏิบัติจึงใช้เวลาในการทดสอบโปรแกรมการตรวจวัดความแรงของสัญญาณนี้มากพอสมควร

4.3 ขีดจำกัดของโครงงาน

1. ถึงแม้ว่าตัวโปรแกรมในการออกแบบนี้จะสามารถช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถทำการตรวจวัดค่าความแรงของสัญญาณได้ง่าย สะดวก และที่สำคัญคือจะประหยัดค่าใช้จ่ายด้วยนั้น แต่ก่อนที่จะทำการตรวจวัดจะต้องมีการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับมือถือก่อนการทำการตรวจวัด ซึ่งจะเกิดความยุ่งยากและการทำงานหลายขั้นตอนก่อนที่จะทำการตรวจวัดสัญญาณได้

2. การทำโครงงานนี้จะทำการคำนวณโดยใช้ค่าของพารามิเตอร์ที่เป็นคุณลักษณะเฉพาะของเสาสัญญาณที่ตั้งอยู่บริเวณอาคารเครื่องมือสามซึ่งถ้าจะใช้เสาสัญญาณตรงจุดอื่นก็ควรที่จะตรวจสอบคุณสมบัติก่อนที่จะทำการตรวจวัดสัญญาณ

3. การคำนวณหาค่าความแรงของสัญญาณจะมีความคลาดเคลื่อนมากน้อยขึ้นอยู่กับค่าของการสูญเสีย ของแต่ละพื้นที่ที่คำนวณได้ แต่ค่าการสูญเสียอาจจะมีค่าคลาดเคลื่อนได้เพราะเนื่องจากอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงของค่าการสูญเสียตลอดเวลา

4.4 ข้อเสนอแนะ

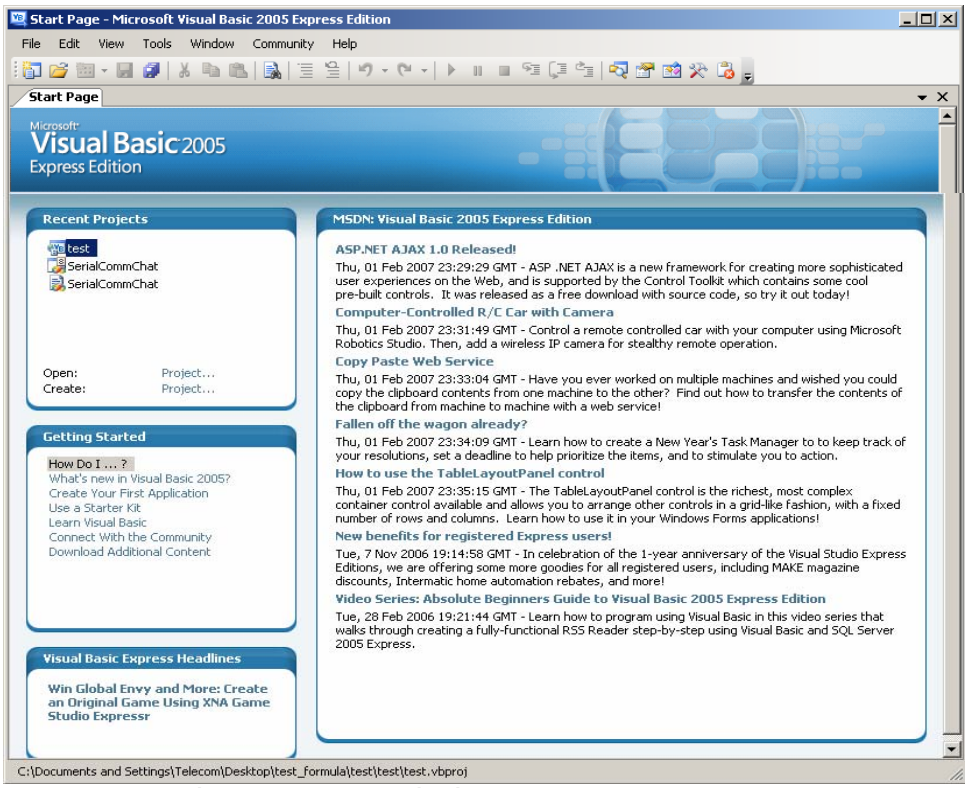
1. ควรพัฒนาโปรแกรมให้สามารถตรวจเช็คช่องความถี่ของสัญญาณได้ ว่าแต่ละตำแหน่งใช้ช่องความถี่ของสัญญาณที่ช่องไหนของเสาสัญญาณ

2. ควรพัฒนาการเก็บรวมรวมข้อมูลให้สามารถทำการหาค่าเฉลี่ยได้ จากการวัดค่าความแรงของสัญญาณหลายๆครั้ง

ภาคผนวก ก
วิชัวล์ เบสิค 2005

1. การเริ่มต้นใช้งานวิชัวล์ เบสิค 2005

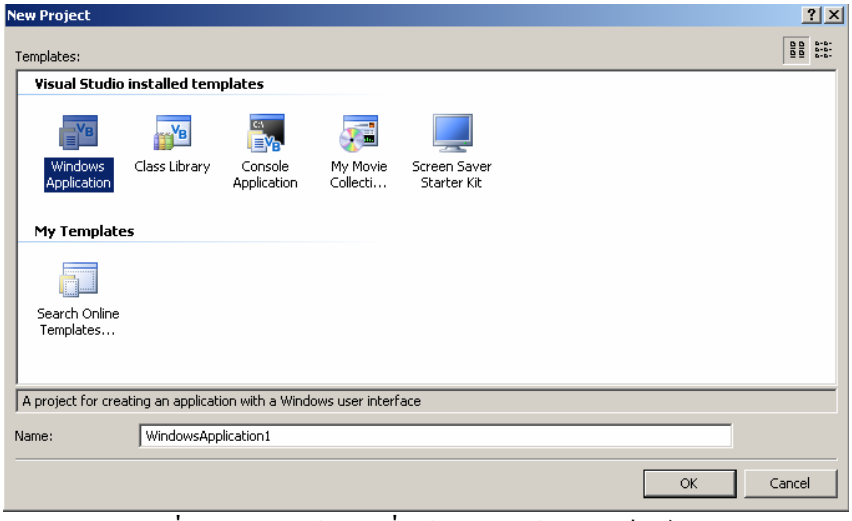
เมื่อเข้าสู่โปรแกรมวิชัวล์ เบสิค 2005 จะปรากฏ Start Page คือ หน้าเริ่มต้น หน้าจอนี้มีรายละเอียด ดังนี้



รูปที่ 1 กรอบโต้ตอบเมื่อเริ่มเปิดวิชัวล์ เบสิค 2005

- **Recent Projects** เป็นส่วนที่ใช้แสดงรายการโปรเจ็กต์ที่เราได้เคยสร้าง สามารถเปิดโปรเจ็กต์เหล่านั้น หรือต้องการสร้างโปรเจ็กต์ใหม่ได้ที่นี่
- **Getting Started** แสดงเอกสารแนะนำการใช้งานวิชัวล์ เบสิค 2005
- **Visual Basic Express Headline** แสดงลิงค์ไปยังหน้าเว็บแสดงข้อมูลของไมโครซอฟท์
- **Visual Basic Developer News** แสดงข่าวใหม่ล่าสุดเพื่อนักพัฒนาโปรแกรมจะไม่ได้ตกยุค ในส่วนนี้จะดึงข้อมูลมาจากอินเตอร์เน็ต เพราะฉะนั้นถ้าเครื่องไม่ได้ต่ออินเทอร์เน็ตอยู่ ก็จะไม่สามารถอ่านข่าวได้

เมื่อต้องการสร้างโปรเจ็กต์ใหม่ จะสามารถสร้างได้โดยใช้เมาส์คลิกที่ Create Project ในช่อง Recent Projects จะแสดงกรอบโต้ตอบเรียกว่า Templates เป็นการเลือกรูปแบบของโปรเจ็กต์ที่ต้องการสร้าง หากเลือก Windows Application จะใช้สำหรับเขียนโปรแกรมที่รันบนวินโดวส์ทั่วไป

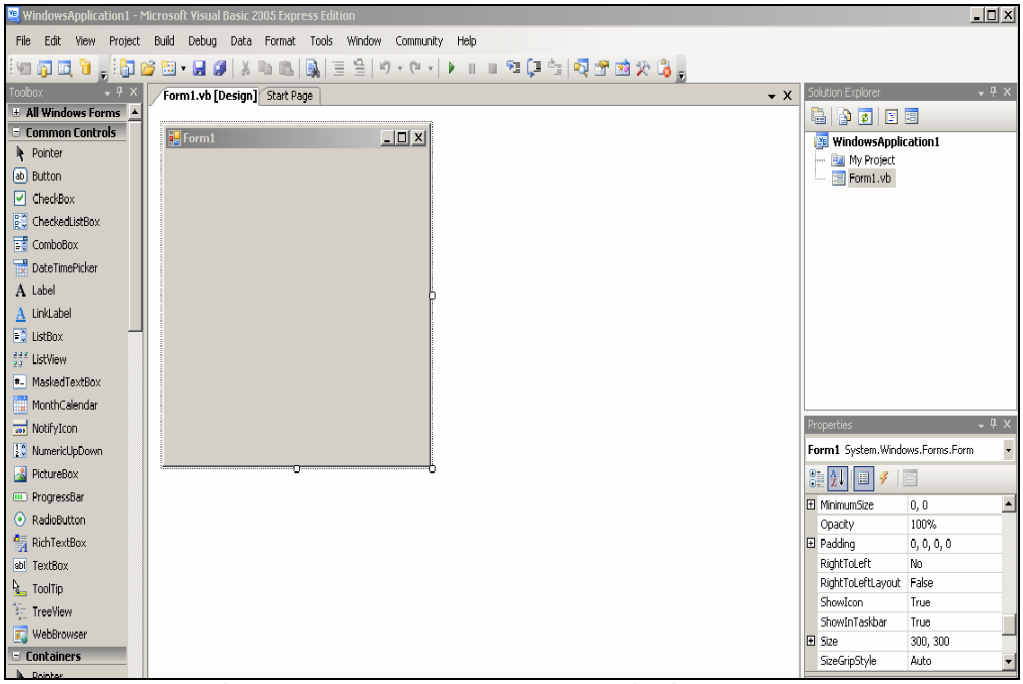


รูปที่ 2 กรอบโต้ตอบเมื่อต้องการสร้างโปรเจ็กต์ใหม่

สำหรับในวิชัวล์ เบสิค 2005 นั้นจะมีชนิดของโปรเจ็กต์ที่สร้างได้ดังต่อไปนี้

- **Windows Application** จะเป็นโปรแกรมทั่วไปที่รันบนวินโดวส์ที่เหมือนกับโปรเจ็กต์ชนิด Standard EXE ใน วีบีหก จะสร้างแอพพลิเคชั่นประเภทนี้ด้วยฟอร์มและคอนโทรล
- **Class Library** เป็นชนิดของโปรเจ็กต์ที่ให้สร้างคลาสที่จะใช้ในแอพพลิเคชั่นอื่นๆ ได้ โปรเจ็กต์ชนิดนี้เหมือนกับส่วนประกอบของแอ็กทีฟเอ็กซ์ที่ใช้งานมาก่อนในวีบีหก
- **Console Application** เป็นต้นแบบที่ใช้ในการสร้างโปรแกรมที่ทำงานบนดอส การทำงานจะเป็นพิมพ์คำสั่ง **(command line)**
- **My Movie Collection Starter Kit**
- **Screen Save Starter Kit**

เมื่อเลือกโปรเจ็กต์ประเภท Windows Application จะปรากฏหน้าจอของวิชัวล์ เบสิค 2005 ดังรูปที่ 3

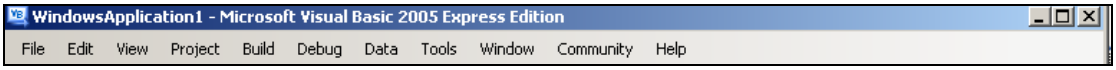


รูปที่ 3 หน้าต่างของวิชัวล์ เบสิค 2005 เมื่อเริ่มเข้าโปรแกรม

รายละเอียดของส่วนประกอบๆ ของหน้าจอที่สำคัญ ดังนี้

เมนูบาร์ (Menu Bar)

เก็บคำสั่งที่สามารถใช้งานได้ทั้งหมดในวิชัวล์ เบสิค 2005 ประกอบไปด้วยเมนูทำงานกับ File, View, Project และ Windows เป็นต้น



รูปที่ 4 Menu Bar

ทูลบาร์ (Toolbars)

ประกอบด้วยปุ่มคำสั่งต่างๆ ที่ช่วยให้เราใช้คำสั่งของวิชัวล์ เบสิค 2005 ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

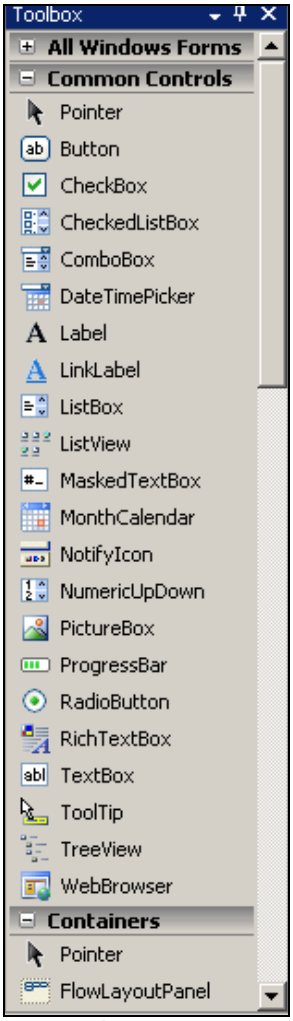
รูปที่ 5 Toolbar

ทูลบาร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. Standard Toolbars เป็นทูลบาร์มาตรฐานประกอบด้วยคำสั่งที่เกี่ยวกับการจัดการโปรเจ็กต์
2. Edit Toolbars เป็นทูลบาร์ที่ประกอบไปด้วยคำสั่งที่ใช้สำหรับช่วยในการเขียนโค้ดใน Code editor
3. Debug Toolbar เป็นทูลบาร์ที่ประกอบไปด้วยคำสั่งที่ใช้สำหรับตรวจสอบการทำงานการประมวลผลโปรแกรม
4. From Editor Toolbar เป็นทูลบาร์ที่ประกอบไปด้วยคำสั่งที่ใช้สำหรับช่วยในการปรับขนาด,ย้าย,เปลี่ยนตำแหน่งคอนโทรลต่างๆ ที่อยู่บนฟอร์ม

ทูลบ๊อกซ์ (Toolboxs)

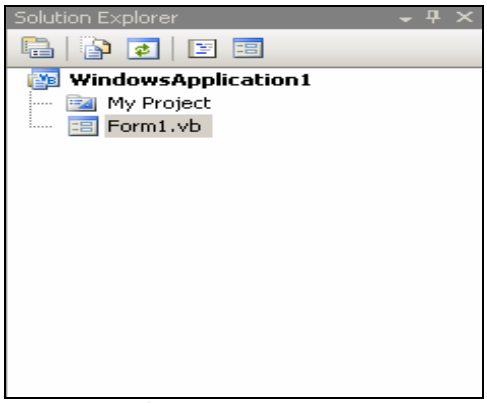
เป็นที่แสดงเครื่องมือต่างๆ ที่เรียกว่า คอนโทรล ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถเลือกไปวางบนฟอร์มได้ เพื่อออกแบบหน้าจอของโปรแกม (เรียกว่าส่วนติดต่อกับผู้ใช้ หรือ User Interface)



รูปที่ 6 Toolbox

หน้าต่างแสดงโปรเจ็กต์ (Solution Explorer)

เป็นหน้าต่างที่แสดงโปรเจ็กต์ต่างๆ ที่มีใน Solution โดยแต่ละโปรเจ็กต์ก็จะมีโมดูล (Modules) ต่างๆอยู่



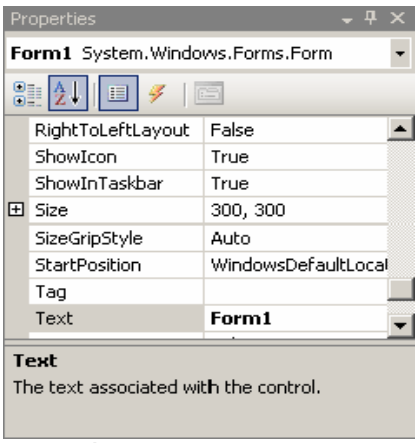
รูปที่ 7 Solution Explorer

หน้าต่างโปรเจ็กต์ประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

- Properties แสดงหน้าต่างคุณสมบัติ (properties window)
- Show All File แสดงโปรเจ็กต์ไอเทมทั้งหมดที่มี(ปกติจะแสดงเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม)
- Refresh เป็นสถานะของโปรเจ็กต์ไอเทม ณ เวลาปัจจุบัน
- View Class Diagram แสดงหน้าจอการออกแบบ Class Diagram แสดงความสัมพันธ์ของคลาสแต่ละตัวในโปรเจ็กต์
- View Code แสดงหน้าจอการเขียนโค้ดโปรแกรม (Code Editor)
- View Designer แสดงหน้าฟอร์มเพื่อทำการแก้ไขและออกแบบหน้าฟอร์ม

หน้าต่างคุณสมบัติ (Properties Windows)

เป็นหน้าต่างที่แสดงคุณสมบัติของคอนโทรลที่เลือกในขณะนั้น



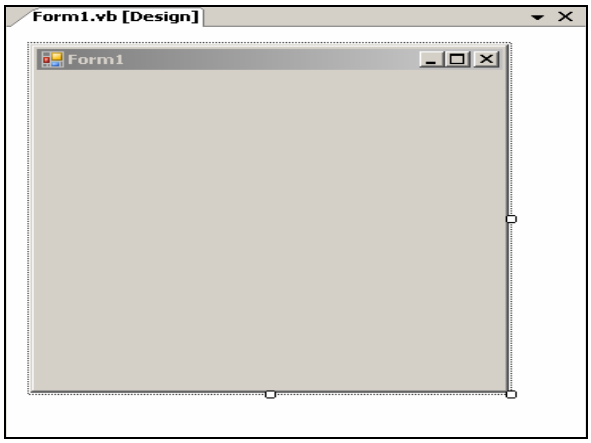
รูปที่ 8 Properties Windows

หน้าต่างคุณสมบัติ ประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้

- Object name แสดงรายชื่อทั้งหมดของคอนโทรลที่อยู่บนฟอร์ม
- Categorized เป็นการจัดเรียงคุณสมบัติตามกลุ่ม
- Alphabetic เป็นการจัดเรียงคุณสมบัติตามตัวอักษร
- Properties แสดงคุณสมบัติทั้งหมดของคอนโทรลที่เราเลือก

ฟอร์ม

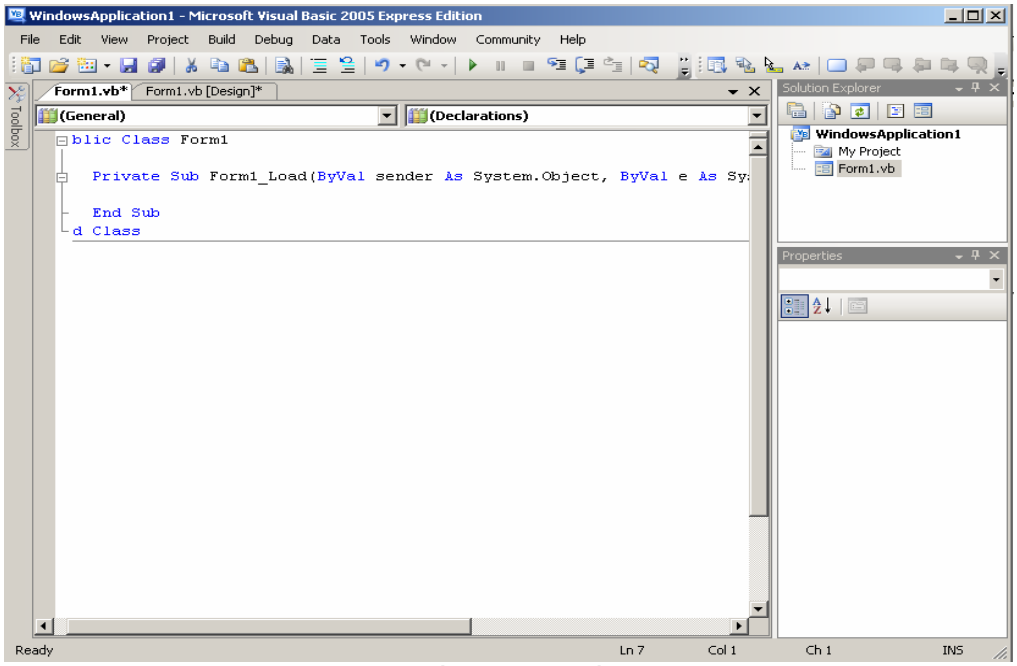
เป็นส่วนที่ใช้ออกแบบการแสดงผลส่วนที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้ ฟอร์มเป็นออบเจ็กต์แรกที่ถูกเตรียมไว้ให้ใช้งาน คอนโทรลทุกตัวที่ต้องการใช้งานจะต้องนำไปบรรจุไว้ในฟอร์ม นำคอนโทรลมาประกอบกันขึ้นเป็นโปรเจ็กต์ ทุกครั้งที่เปิดวิชัวล์ เบสิค 2005 ขึ้นมาหรือสร้างโปรเจ็กต์ใหม่จะมีฟอร์มว่าง 1 หนึ่งฟอร์มถูกสร้างเตรียมไว้เสมอ



รูปที่ 9 Form

หน้าต่าง โค้ด อิดิชั่น

เป็นส่วนที่มีความสำคัญอีกส่วน ซึ่งเป็นหน้าต่างที่ให้ใส่คำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของโปรแกรม สามารถเรียกหน้าต่างโค้ด อิดิชั่น ขึ้นมาได้โดยคลิกที่ปุ่ม View Code ดังรูป



รูปที่ 10 โค้ด อิดิชั่น

2. การทำงานของฟอร์มและคอนโทรล

ในการทำงานกับฟอร์มและคอนโทรลจะต้องรู้จักกับ 3 อย่างที่สำคัญ ดังนี้

1. **คุณสมบัติ** (Properties) ที่ให้กำหนดลักษณะต่างๆของฟอร์มและคอนโทรล เช่น ปุ่มคำสั่ง และสามารถกำหนดคุณสมบัติได้สองวิธี ซึ่งสองวิธีจะใช้ในสถาณการณ์ที่แตกต่างกันการกำหนดที่หน้าต่าง Properties ใช้ในการกำหนดค่าตอนโปรแกรมเริ่มทำงาน และเมื่อโปรแกรมทำงานอยู่ถ้าต้องการเปลี่ยนค่าคุณสมบัติถึงจะใช้การกำหนดค่าคุณสมบัติผ่านคำสั่งวิชัวล์ เบสิค
2. **เมดถอด** (Method) เป็นการสั่งให้ฟอร์มและคอนโทรลทำงานตามที่ร้องขอ
3. **อีเว็นท์** (Events) เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับฟอร์มหรือคอนโทรลที่สามารถใส่คำสั่งเพื่อตอบสนองได้

2.1 ฟอร์ม

ฟอร์ม (form) เป็นหน้าต่างที่ผู้ใช้ติดต่อทำงานด้วย ผ่านทางคอนโทรลต่างๆที่วางบนฟอร์ม มีดังนี้

- **คุณสมบัติที่สำคัญของฟอร์ม**

Name*	ใช้สำหรับกำหนดชื่อของฟอร์มที่ใช้อ้างอิงถึงในโปรแกรม
FormBorderStyle	ใช้กำหนดลักษณะในการเปลี่ยนขนาดของฟอร์มว่าเป็นอย่างไร
MinimizeBox,MaximizeBox	ใช้กำหนดให้ฟอร์มสามารถ Maximize, Minimize ได้หรือไม่
Control Box	ใช้กำหนดให้ฟอร์มมีเมนูระบบมุมซ้ายบนสุดด้วยหรือไม่
Text*	ใช้กำหนดข้อความที่แสดงบนไตเติ้ลบาร์ของฟอร์ม
Icon	ใช้กำหนดรูปไอคอนของฟอร์มเมื่อ Minimize ฟอร์ม
Height, Width*	ใช้กำหนดความสูงและความกว้างของฟอร์ม
Left, Top*	ใช้กำหนดตำแหน่งของฟอร์มโดยคิดจากตำแหน่งบนซ้ายของหน้าจอ
Movable	ใช้กำหนดว่าฟอร์มจะสามารถเคลื่อนย้ายได้หรือไม่
Window State	ใช้กำหนดว่าเมื่อเริ่มต้นเรียกฟอร์มจะให้อยู่ในแบบ Maximize, Minimize หรือธรรมดา
Enabled*	ใช้กำหนดให้ฟอร์มสามารถตอบสนองต่ออีเว็นท์ที่ได้หรือไม่
Top Most	ใช้กำหนดว่าฟอร์มนี้จะแสดงอยู่เหนือฟอร์มอื่นๆเสมอหรือไม่

- **อีเว็นท์ที่สำคัญของฟอร์ม**

Load	เป็นอีเว็นท์ที่เกิดเมื่อเรียกฟอร์มขึ้นมาครั้งแรก
Resize	เป็นอีเว็นท์ที่เกิดเมื่อมีการเปลี่ยนขนาดของฟอร์ม
Activated	เป็นอีเว็นท์ที่เกิดเมื่อฟอร์มนั้นเป็นฟอร์มที่ทำงานในขณะนั้น
Deactivate	เป็นอีเว็นท์ที่เกิดเมื่อฟอร์มอื่นๆกลายเป็นฟอร์มที่แอกทีฟแทน
Double Click	เป็นอีเว็นท์ที่เกิดเมื่อมีการดับเบิ้ลคลิกเมาส์บนฟอร์ม

- **เมดถอดที่สำคัญของฟอร์ม**

Show	เป็นเมดถอดที่ใช้แสดงฟอร์มขึ้นมา
Hide	เป็นเมดถอดที่ใช้ซ่อนฟอร์มไว้
Close	เป็นเมดถอดที่ใช้ปิดฟอร์ม
Activate	เป็นเมดถอดที่ใช้ทำให้ฟอร์มถูกเลือกใช้งานในขณะนั้น

2.2 คอนโทรล (Control)

คอนโทรลพื้นฐานที่ใช้สำหรับการรับและแสดงข้อมูลในวิชัวล์ เบสิค 2005 มีดังนี้

2.2.1 เลเบล **(Label)** เป็นคอนโทรลที่ใช้ในการแสดงข้อมูลให้ผู้ใช้เห็น โดยที่ผู้ใช้จะไม่สามารถแก้ไขข้อมูลนั้นได้

- **คุณสมบัติที่สำคัญของเลเปล**

BorderStyle	กำหนดว่าจะมีเส้นขอบหรือไม่ รวมทั้งกำหนดรูปแบบของเส้นขอบด้วย
Image	กำหนดรูปภาพที่แสดงบนเลเบล
ImageAlign	กำหนดตำแหน่งที่จะแสดงรูปภาพ
Text	กำหนดข้อความที่แสดงบนเลเบล
TextAlign	กำหนดให้ข้อความชิดซ้าย ขวา หรือตรงกลาง
AutoSize	กำหนดให้ปรับความกว้างของเลเบลเท่ากับความยาวของข้อความหรือไม่

2.2.2 เท็กบ็อกซ์ (TextBox) เป็นคอนโทรลที่ใช้ในการรับข้อมูลจากผู้ใช้ที่ป้อนเข้ามาในโปรแกรมรวมทั้งสามารถแสดงผลและให้ผู้ใช้แก้ไขข้อมูลได้

- **คุณสมบัติที่สำคัญของเท็กบ็อกซ์**

Max Length	กำหนดความยาวสูงสุดของข้อความที่สามารถพิมพ์เข้าไปได้
Multi Line	กำหนดให้แสดงและรับข้อความในเท็กบ็อกซ์ในรูปแบบหลายบรรทัดได้
Scroll Bars	กำหนดให้แสดงสกรอลบาร์ด้วยหรือไม่และแสดงในแบบใด
Text Align	กำหนดให้ข้อความชิดซ้าย ขวา หรือตรงกลาง
Read Only	กำหนดให้ผู้ใช้แก้ไขข้อความในเท็กบ็อกซ์ได้หรือไม่
Password Char	ใช้สร้างเท็กบ็อกซ์แบบรหัสผ่านโดยกำหนดตัวอักษรที่ใช้แสดงในช่องรหัสผ่าน
Hide Selection	กำหนดว่าเมื่อคอนโทรลเสียโฟกัสแล้วควรแสดงข้อความที่เลือกไว้หรือไม่
Word Wrap	กำหนดว่าจะให้มีการขึ้นบรรทัดใหม่โดยอัตโนมัติหรือไม่ เมื่อข้อความเต็มบรรทัดแล้ว คุณสมบัตินี้ใช้ได้ก็ต่อเมื่อคุณสมบัติ Multiline มีค่าเป็น True

3. การใช้งานหน้าต่าง โค้ด อิดิชั่น (Code Editor)

3.1 การเรียกหน้าต่าง โค้ด อิดิชั่น

การเรียกหน้าต่างโค้ด อิดิชั่นซึ่งสามารถเลือกใช้ในสถานการณ์ที่เหมาะสม

วิธีที่ 1 กดปุ่ม <F7>

วิธีที่ 2 เลือกเมนู View > Code

วิธีที่ 3 คลิกขวาที่ฟอร์มเลือกคำสั่ง View Code

วิธีที่ 4 คลิกปุ่ม View Code ในหน้าต่างโปรเจ็กต์ (Solution Explorer)

และถ้าต้องการกลับไปที่หน้าจอการออกแบบฟอร์ม Form Designer ก็ทำได้หลายวิธีเช่นเดียวกัน

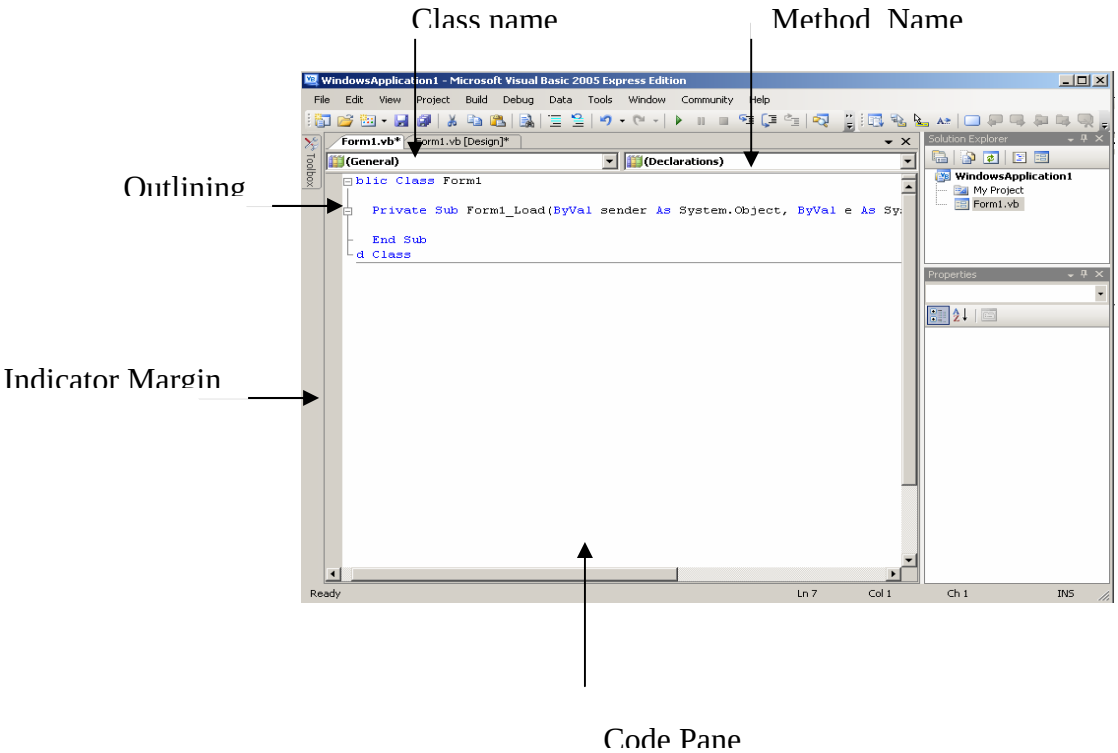
วิธีที่ 1 กดปุ่ม <Shift+F7>

วิธีที่ 2 เลือกเมนู View > Designer

วิธีที่ 3 คลิกขวาที่ฟอร์มเลือกคำสั่ง View Designer

วิธีที่ 4 คลิกปุ่ม View Designer (ข้างปุ่ม View Code) ในหน้าต่างโปรเจ็กต์

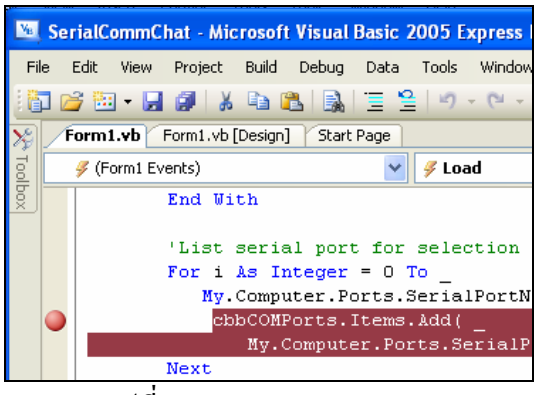
3.2 ส่วนประกอบในหน้าต่าง โค้ด อิดิชั่น



รูปที่ 11 ส่วนประกอบในหน้าต่าง โค้ด อิดิชั่น

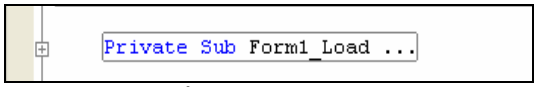
รายละเอียดของส่วนปะกอบมีดังนี้

- Class name แสดงรายชื่อคอนโทรลทั้งหมด
- Method Name แสดงรายชื่ออีเวนต์ทั้งหมดของคอนโทรลที่ถูกเลือกในช่อง Class name
- Code Pane คือพื้นที่ส่วนที่ใช้ในการเขียโค้ด
- Indicator Margin คือแถบสีเทา ใช้แสดงจุด breakpoints (จุดวงกลมสีแดง)

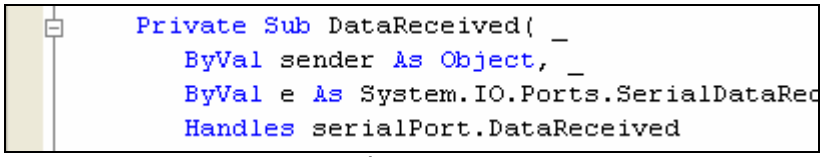


รูปที่ 12 Indicator Margin

- Outlining เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมการแสดง การซ่อนโค้ด โดยจะเป็นเส้นรูปปีกกา และมีเครื่องหมาย + แสดงว่ามีโค้ดซ่อนอยู่ภายใน หรือเครื่องหมาย – แสดงว่ามีโค้ดถูกแสดงออกมา ใช้กรณีที่เขียนโค้ดยาวๆ หลายหน้า สามารถใช้ Outlining ซ่อนโค้ดส่วนที่ไม่เกี่ยวข้อง ทำให้เลื่อนดูโค้ดสะดวกขึ้น



เครื่องหมาย + มีโค้ดซ่อนภายใน



เครื่องหมาย –แสดงโค้ด

3.2 การเขียนโค้ดด้วยหน้าต่าง โค้ด อิดิชั่น

1. แสดงข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับคำสั่งต่างๆ ทันที ที่เราวางตัวชี้เมาส์บนคำสั่งนั้น เรียกคุณสมบัตินี้ว่า Quick Info

2. แสดงรายชื่อคุณสมบัติและเมดถอดของคอนโทรลที่พิมพ์ทันทีเมื่อกดปุ่ม (จุด) เช่น พิมพ์ TextBox1 แล้วพิมพ์ < . > รายชื่อคุณสมบัติและเมดถอดของ TextBox1 จะปรากฏขึ้นมา สามารถใช้ปุ่มลูกศรขึ้นลง เลือกรายชื่อที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม < Tab > ที่รายชื่อที่ต้องการ รายชื่อนั้นจะถูกพิมพ์ต่อท้ายจุดให้โดยอัตโนมัติโดยที่ไม่ต้องพิมพ์ จะเรียกความสามารถนี้ว่า Intellisense

3. หน้าต่าง โค้ด อิดิชั่น สามารถตรวจสอบข้อผิดพลาดของคำสั่งที่พิมพ์ได้ทันที โดยที่ไม่ต้องรอจนถึงเวลารันโปรแกรม (คล้ายการตรวจคำผิดใน Microsoft Word)

4. แสดงนิยามคำสั่งได้ทันที โดยการคลิกเมาส์ขวาที่คำสั่งนั้น แล้วเลือก Go To Definition

5. เติมประโยคโครงสร้างด้วย Snippet ใน วิชัวล์ เบสิคจะมีประโยคโครงสร้างเฉพาะเรียกใช้กี่ครั้งก็เหมือนเดิมทุกครั้ง เช่น ประโยคที่ใช้ If ,ประโยคทำซ้ำ For…Next ประโยคเหล่านี้จะคงที่ จึงไม่ต้องพิมพ์เองแต่เรียกใช้ Snippet แทน

ภาคผนวก ข

โค้ดโปรแกรมวิชัวล์ เบสิค

1. เริ่มจากการประกาศตัวแปรและการสร้างฟังก์ชั่น

```
Option Explicit On
'Option Strict On
Imports System.Data
Imports System.Data.OleDb

Public Class Form1
    Dim strConn As String
    Dim Conn As New OleDbConnection
    Dim da As OleDbDataAdapter
    Dim ds As New DataSet
    Dim WithEvents serialPort As New IO.Ports.SerialPort

Private Sub Form1_Load( _
    ByVal sender As System.Object, _
    ByVal e As System.EventArgs) _
    Handles MyBase.Load
```

2. ทำการเชื่อมต่อข้อมูล และทำการเปิดฐานข้อมูล

```
'Connection String
        strConn = "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data
        Source=|DataDirectory|\rxlevel.mdb"
'Open database (เปิดฐานข้อมูล)
With Conn
        If .State = ConnectionState.Open Then .Close()
        .ConnectionString = strConn
        .Open()
End With
```

3. ทำการอ่านข้อมูลของซีเรียว พอร์ต เพื่อการเชื่อมต่อ

```
'List serial port for selection (อ่านข้อมูลของ serial port เพื่อการเชื่อมต่อ )
For i As Integer = 0 To _
        My.Computer.Ports.SerialPortNames.Count - 1
                cbbCOMPorts.Items.Add( _
                        My.Computer.Ports.SerialPortNames(i))
        Next
        btnDisconnect.Enabled = False
        statusTime.Text = Now.ToString


End Sub


Private Sub DataReceived( _
        ByVal sender As Object, _
        ByVal e As System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs) _
        Handles serialPort.DataReceived
```

4. ได้รับข้อมูลจากการซีเรียล พอร์ต

```
        'Recieve data from serial port
        txtDataReceived.Invoke(New _
                myDelegate(AddressOf updateTextBox), _
                New Object() {})
End Sub

Public Delegate Sub myDelegate()
Public Sub updateTextBox()
        Dim kogh As String
        kogh = serialPort.ReadExisting
        kogh = kogh.Substring(0, 13)
        With txtDataReceived
                .Font = New Font("Garamond", 12.0!, FontStyle.Bold)
                .SelectionColor = Color.Red
                .AppendText(kogh)
                .ScrollToCaret()
        End With
```

5. ทำการตรวจเรียกฟังก์ชันเพื่อตรวจสอบระดับสัญญาณ

```
        'เรียกใช้ฟังก์ชันเพื่อตรวจสอบระดับสัญญาณ
        getrx(kogh)
End Sub

Private Sub btnConnect_Click( _
        ByVal sender As System.Object, _
        ByVal e As System.EventArgs) _
        Handles btnConnect.Click
```

6. ทำการเชื่อมต่บลูทูธ ผ่านทางพอร์ต ซีเรียล

```
        'เชื่อมต่อ Bluetooth ผ่าน Port Serial
        If serialPort.IsOpen Then
        serialPort.Close()
        End If
        Try
                With serialPort
                        .PortName = cbbCOMPorts.Text
                        .BaudRate = 96000
                        .Parity = IO.Ports.Parity.None
                        .DataBits = 8
                        .StopBits = IO.Ports.StopBits.One
                End With

                serialPort.Open()
                status1.Text = "Status: " & cbbCOMPorts.Text & " Connected."
                btnConnect.Enabled = False
                btnDisconnect.Enabled = True
        Catch ex As Exception
                MsgBox(ex.ToString)
        End Try
End Sub

Private Sub btnDisconnect_Click( _
        ByVal sender As System.Object, _
        ByVal e As System.EventArgs) _
        Handles btnDisconnect.Click
        Try
```

7. ทำการปิดการเชื่อมต่อบลูทูธ

```
            'ปิดการเชื่อมต่อ Bluetooth
            serialPort.Close()
            status1.Text = "Status: " & serialPort.PortName & " disconnected."
            btnConnect.Enabled = True
            btnDisconnect.Enabled = False
        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.ToString)
        End Try
End Sub

Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Button1.Click
```

8. ทำการตรวจสอบการตั้งค่าระยะทาง

```
        'ตรวจสอบการตั้งค่าระยะทาง
        If mobileDistance.Text = "" Then
            MsgBox("กรุณาป้อนระยะทาง", MsgBoxStyle.OkOnly)
        ElseIf mobileHight.Text = "" Then
            MsgBox("กรุณาป้อนความสูงของ mobile", MsgBoxStyle.OkOnly)
        Else
```

9. ทำการตรวจเรียกฟังก์ชันเพื่อตรวจสอบระดับสัญญาณ

```
        'ส่งค่าAT Command เพื่อตรวจสอบระดับสัญญาณ
                serialPort.Write("AT+CSQ" & vbCrLf)
        End If
End Sub
Private Sub getrx(ByVal kogh As String)
```

10. ทำการตรวจเรียกฟังก์ชันเพื่อตรวจสอบระดับสัญญาณ

```
        'set Variable
        Dim sqlRX As String
        Dim rxinsert As New OleDbCommand
        Dim Pr As Double
        Dim urban As Double
        Dim loss As Double
        Dim Rx As Double
        Dim distance As Double
        Dim hight As Double
```

11. ทำการเชื่อมต่อฐานข้อมูลเพื่อดึงค่าความแรงของสัญญาณจากโทรศัพท์มือถือ

```
'เชื่อมต่อฐานข้อมูลเพื่อดึงค่า Rxlevel(mobile)
Label2.Text = kogh.Substring(8, 2)
'Label2.Text = CStr(20)
ds.Tables.Clear()
sqlRX = "SELECT * FROM rxlevel "
sqlRX &= "WHERE parameter =" & Label2.Text
da = New OleDbDataAdapter(sqlRX, Conn)
da.Fill(ds, "myrx")
Me.DataGridView1.DataSource = ds.Tables("myrx")
Label6.Text = ds.Tables("myrx").Rows(0).Item(2).ToString
```

12. การคำนวณ ค่าความแรงของสัญญาณจากระยะทางที่กำหนด

```
'คำนวณ Rx Level จากระยะทางที่กำหนด
distance = mobileDistance.Text
hight = mobileHight.Text
Label10.Text = mobileDistance.Text
Label12.Text = mobileHight.Text


'Find Pr
Pr = (71.37 + (10 * (Math.Log10(Math.Sin((856.36 * hight) /
    (distance) ^ 2))) - (20 * (Math.Log10(6.28 * distance))))
'Find Lp(urban)
urban = 123.98 + (34.07 * (Math.Log10(distance / 1000))) - ((2.55 * hight) - 3.81)
'Find Lp(open)
loss = urban - 28.51
'Find rx
Rx = Pr - loss
Label9.Text = Rx
```

13. การเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล อาร์เอ็กซ์ดาร์ต้า

```
'เก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล rxdata
sqlRX = " INSERT INTO rxdata (parameter,rx,rxform,distance,hight) "
sqlRX &= "VALUES ('" & Label2.Text & "', '" & Label6.Text & "', '" & Label9.Text & "', '"
& mobileDistance.Text & "', '" & mobileHight.Text & "')"
With Conn
        If .State = ConnectionState.Open Then .Close()
        .ConnectionString = strConn
        .Open()
End With
With rxinsert
        .CommandType = CommandType.Text
        .CommandText = sqlRX
        .Connection = Conn
        .ExecuteNonQuery()
End With
```

14. การระบุขอบเขตของค่าความแรงของสัญญาณเพื่อแสดงระดับสี

```
        'Color
        Label16.BackColor = getcolor(Label6.Text)
        Label17.BackColor = getcolor(Label9.Text)
End Sub

Function getcolor(ByVal col As String) As System.Drawing.Color
        If col <= -81 Then
                Return Color.Red
        ElseIf col <= -71 Then
                Return Color.Orange
        ElseIf col <= -61 Then
                Return Color.Yellow
        ElseIf col <= -51 Then
                Return Color.LawnGreen
        ElseIf col >= -50 Then
                Return Color.Green
        End If
End Function

End Class
```

ภาคผนวก ค

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมวัดค่าความแรงของสัญญาณ

แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนหลัก

1. ทำการเชื่อมต่อบูลทูธ กับเครื่องโทรศัพท์มือถือโนเกีย 6600

- เปิดหน้าต่างโปรแกรมบลูทูธ
- ดีไวซ์ในเครื่องคอมพิวเตอร์

รูปที่ 1.1 หน้าต่างโปรแกรมบลูทูธ ดีไวซ์

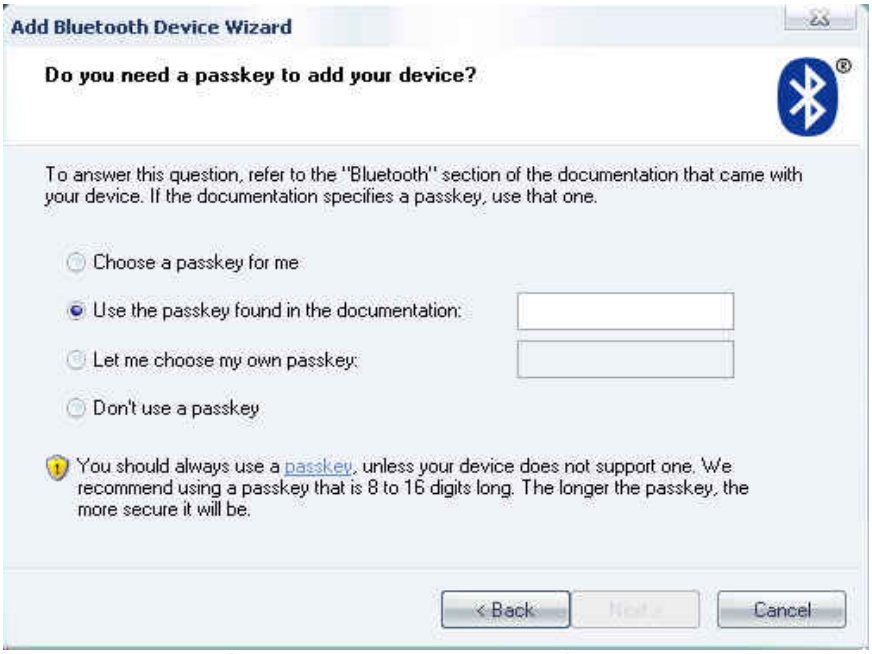
- คลิกปุ่ม เน็ก (next) เพื่อให้โปรแกรมทำการค้นหาอุปกรณ์โดยอัตโนมัติ

รูปที่ 1.2 หน้าต่างโปรแกรมทำการค้นหาอุปกรณ์โดยอัตโนมัติ

- เลือกอุปกรณ์ที่ต้องการแล้ว คลิกปุ่มเน็กเพื่อให้โปรแกรมทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์

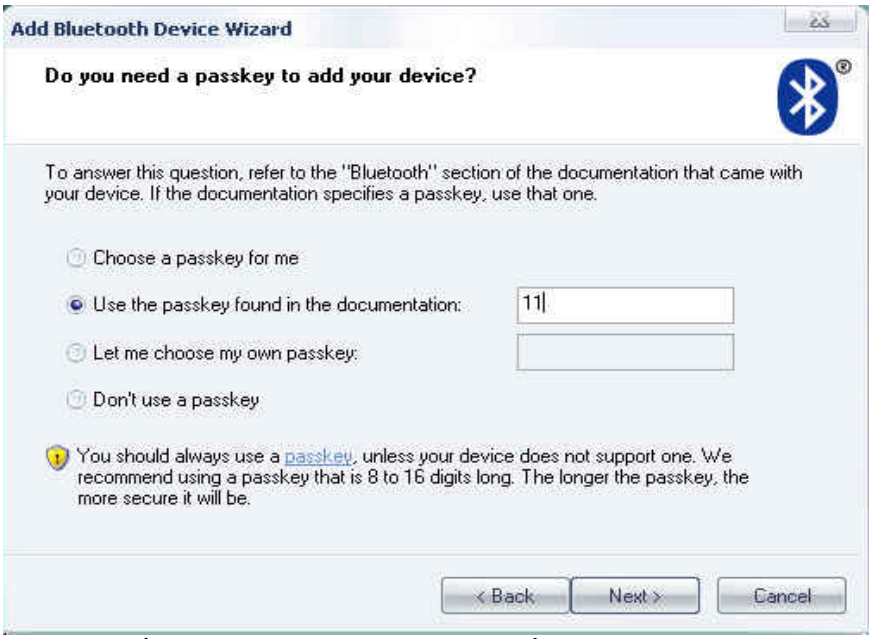
รูปที่ 1.3 แสดงการเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการ

- เลือกเซ็กชัน ที่ 2 คือใช้รหัสเป็นการกำหนดการเชื่อมผ่านในการเชื่อมต่อ เพื่อโปรแกรมจะได้เชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ผู้ใช้ต้องการได้ถูกต้อง



รูปที่ 1.4 แสดงการเลือก เซ็กชัน ที่ 2

- ทำการป้อนรหัสผ่านตามที่ผู้ใช้ต้องการ แล้วคลิกปุ่มเน็ก



รูปที่ 1.5 แสดงการป้อนรหัสผ่านตามที่ผู้ใช้ต้องการ

- สังเกตที่เครื่องโทรศัพท์มือถือจะปรากฏข้อความตอบรับการเชื่อมต่อ โดยให้ผู้ใช้ทำการใส่รหัสผ่าน ที่เครื่องโทรศัพท์มือถือ แล้วกดปุ่มตกลงจากนั้นจะปรากฏข้อความคำถามว่าจะยอมรับการเชื่อมต่อหรือไม่ ให้ผู้ใช้กดปุ่มเยส(Yes) เพื่อเป็นการยอมรับการเชื่อมต่อ
- ที่เครื่องคอมพิวเตอร์จะแสดงหน้าต่างว่าโปรแกรมกำลังทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์โดยใช้รหัสผ่านปรากฏอยู่ ดังรูปที่ 1.6

รูปที่ 1.6 หน้าต่างแสดงว่าโปรแกรมกำลังทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์

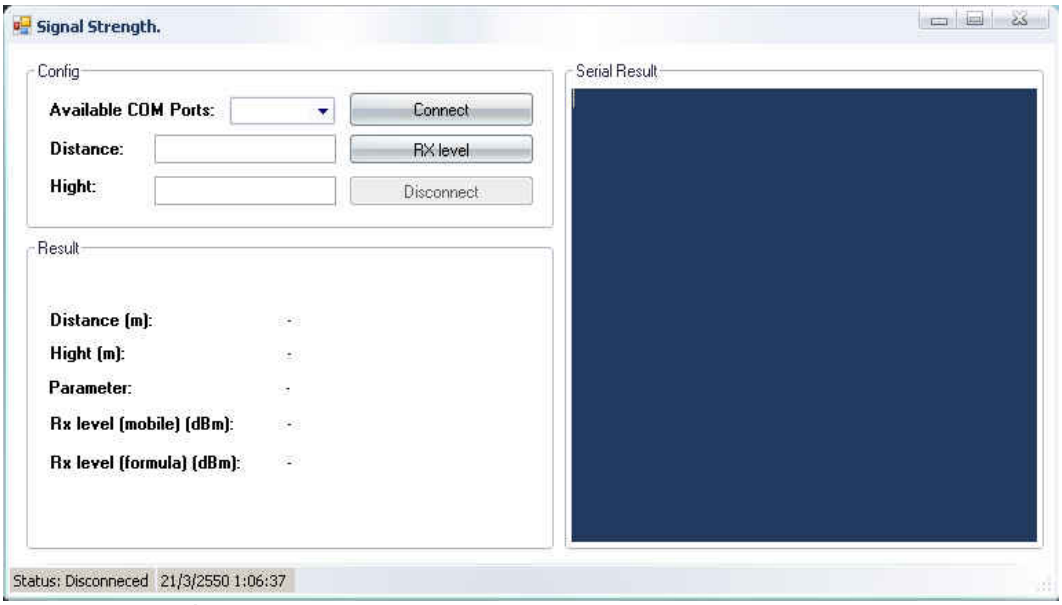
- ขั้นตอนนี้เครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องโทรศัพท์มือถือก็จะเชื่อมต่อกันเรียบร้อยแล้ว โดยที่หน้าจอคอมพิวเตอร์จะปรากฏหน้าต่างที่แสดงให้ทราบว่าการเชื่อมต่อเสร็จสมบูรณ์ โดยจะแสดง คอมพอร์ต (COM (serial) ports) คือ Outgoing COM port และ Incoming COM port ให้ด้วย

รูปที่ 1.7 หน้าต่างแสดง COM (serial) ports

- ให้ผู้ใช้สังเกต Outgoing COM port ไว้เพราะจะนำไปใช้ในโปรแกรมวัดความแรงของสัญญาณ ต่อไป
- จากนั้นให้ผู้ใช้คลิกปุ่ม Finish เพื่อเป็นการยืนยันการเชื่อมต่อครั้งสุดท้าย เพียงเท่านี้ก็สิ้นสุดขั้นตอนการเชื่อมต่อบลูทูธแล้ว

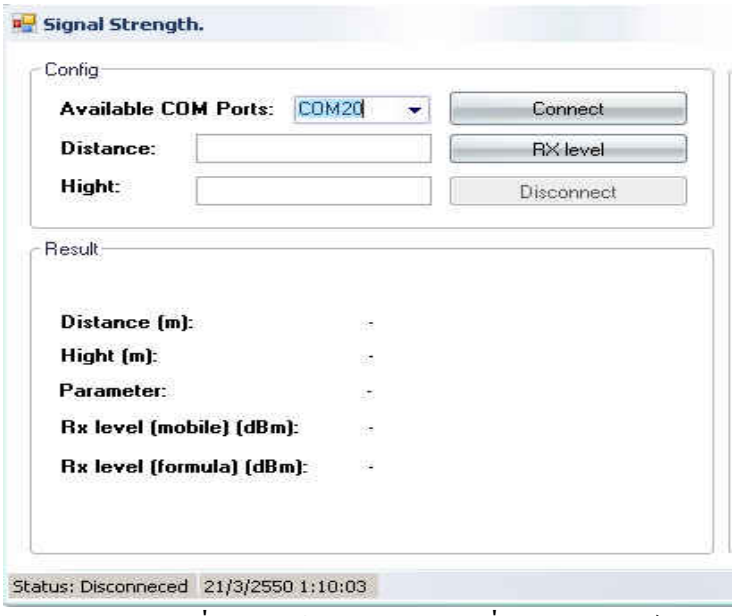
2. การเข้าใช้โปรแกรมวัดความแรงของสัญญาณ

- เปิดโปรแกรมวัดความแรงของสัญญาณ โดยจะแสดงหน้าต่างโปรแกรมตามรูปที่ 2.1



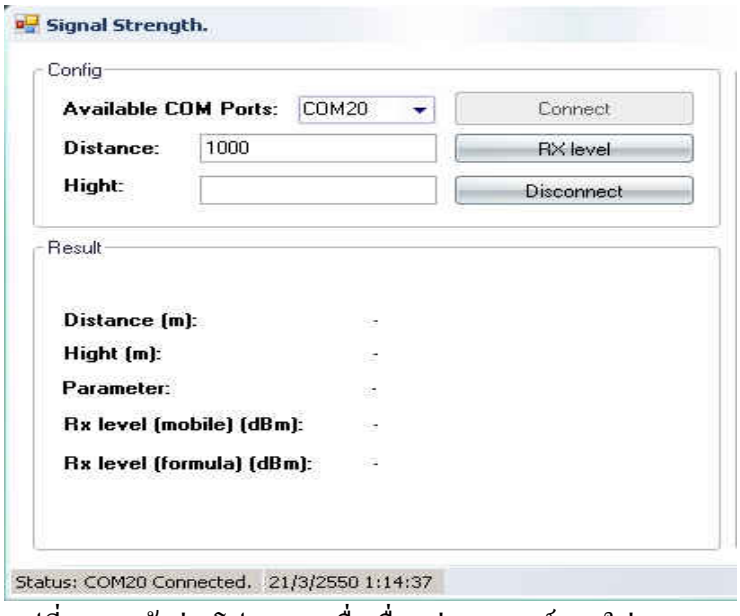
รูปที่ 2.1 หน้าต่างโปรแกรมวัดความแรงของสัญญาณ

- ขั้นตอนแรกโปรแกรมจะให้ใส่คอมพอร์ต ที่ใช้เชื่อมต่อโดยให้ผู้ใช้คลิกเลือกคอมพอร์ต ที่เป็น คอมพอร์ตเดียวกับ Outgoing COM port ตามที่ได้สังเกตไว้ในขั้นตอนเชื่อมต่อบลูทูธ แล้วคลิกปุ่มคอนเน็ก เพื่อโปรแกรมได้ทำการเชื่อมต่อโปรแกรมกับเครื่องโทรศัพท์มือถือ



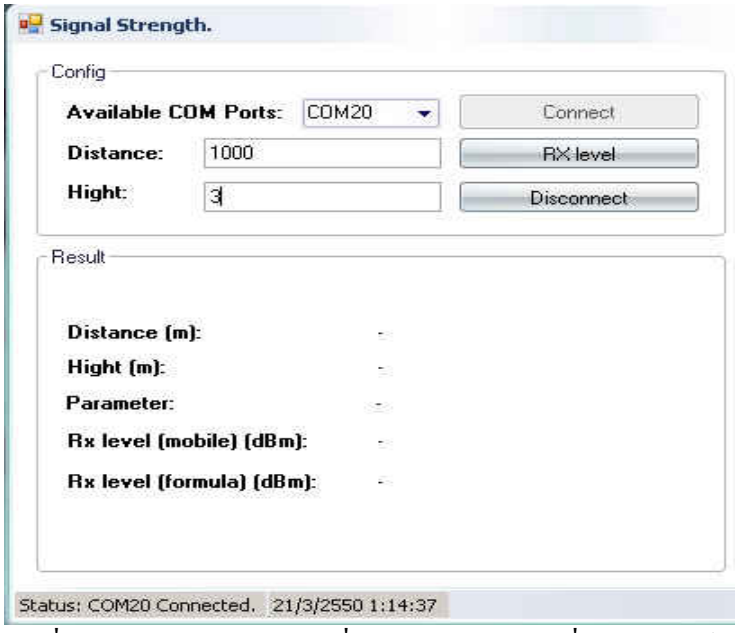
รูปที่ 2.2 หน้าต่างโปรแกรมเมื่อใส่ คอมพอร์ต

- สังเกตที่เครื่องโทรศัพท์มือถือจะปรากฏข้อความตอบรับการเชื่อมต่อ ให้ผู้ใช้กดปุ่มตกลง
- ขั้นตอนที่ 2 โปรแกรมจะให้ใส่ระยะทาง ซึ่งเป็นระยะห่างระหว่างผู้ใช้ในจุดที่ต้องการวัดสัญญาณกับเสาสัญญาณ



รูปที่ 2.3 หน้าต่างโปรแกรมเมื่อเชื่อมต่อสมบูรณ์และใส่ระยะทาง

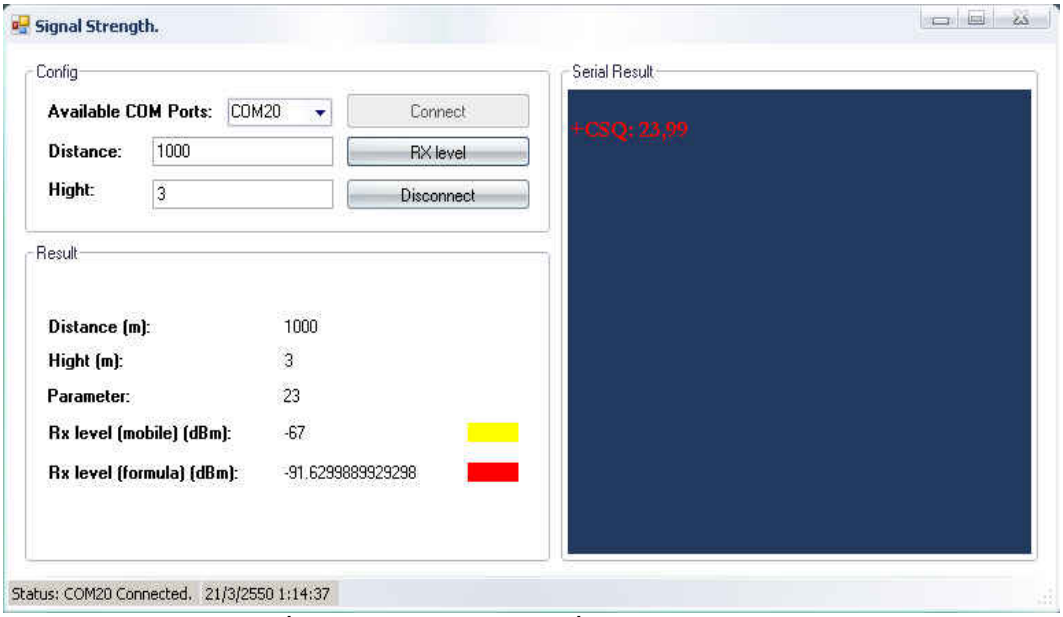
- ขั้นตอนที่ 3 โปรแกรมจะให้ใส่ความสูงของเครื่องโทรศัพท์มือถือเมื่อเทียบกับพื้นดิน



รูปที่ 2.4 หน้าต่างโปรแกรมเมื่อใส่ความสูงของเครื่องโทรศัพท์มือถือ

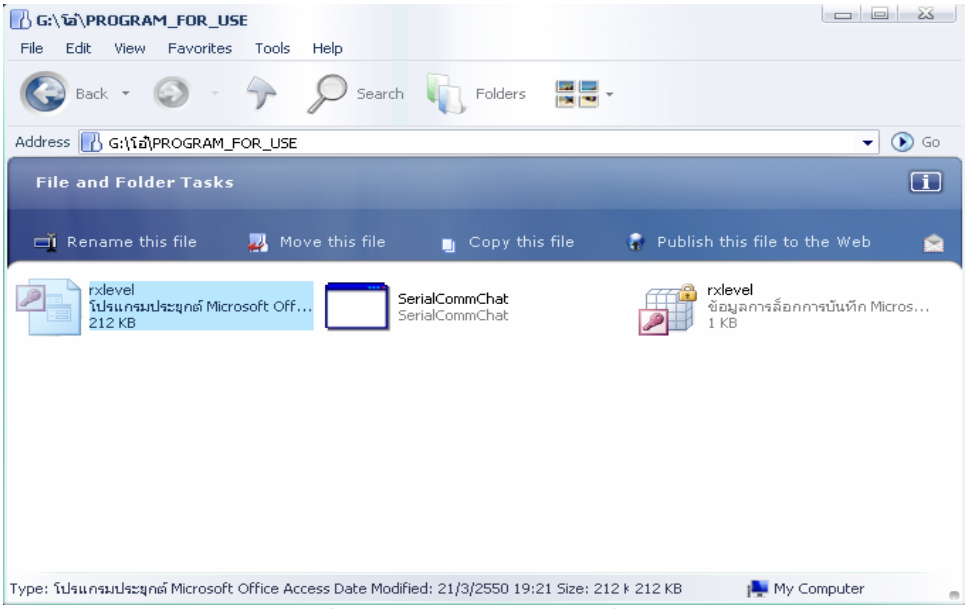
- เมื่อใส่พารามิเตอร์ต่างๆเรียบร้อยแล้วให้ผู้ใช้คลิกที่ปุ่ม อาร์เอ็กเลเวลเพียงเท่านี้ โปรแกรมก็จะแสดงค่าต่างๆดังนี้

1. ระยะทาง ระหว่างผู้ใช้ ณ จุดวัดสัญญาณกับเสาสัญญาณ
2. ความสูงของเครื่องโทรศัพท์มือถือเทียบกับพื้นดิน
3. ค่าพารามิเตอร์ความแรงของสัญญาณ (+CSQ) ณ. จุดวัด
4. ค่าความแรงของสัญญาณ ณ จุดวัดสัญญาณ ในหน่วย มิลลิเดซิเบล (dBm) พร้อมด้วยแถบสีที่บ่งบอกถึงคุณภาพของสัญญาณ ณ จุดวัดสัญญาณ
5. ค่าความแรงของสัญญาณทางทฤษฎี ณ จุดวัดสัญญาณ ในหน่วยมิลลิเดซิเบล (dBm) ซึ่งโปรแกรมจะทำการคำนวณให้โดยอัตโนมัติ พร้อมด้วยแถบสีที่บ่งบอกถึงคุณภาพของสัญญาณ ณ จุดวัดสัญญาณ



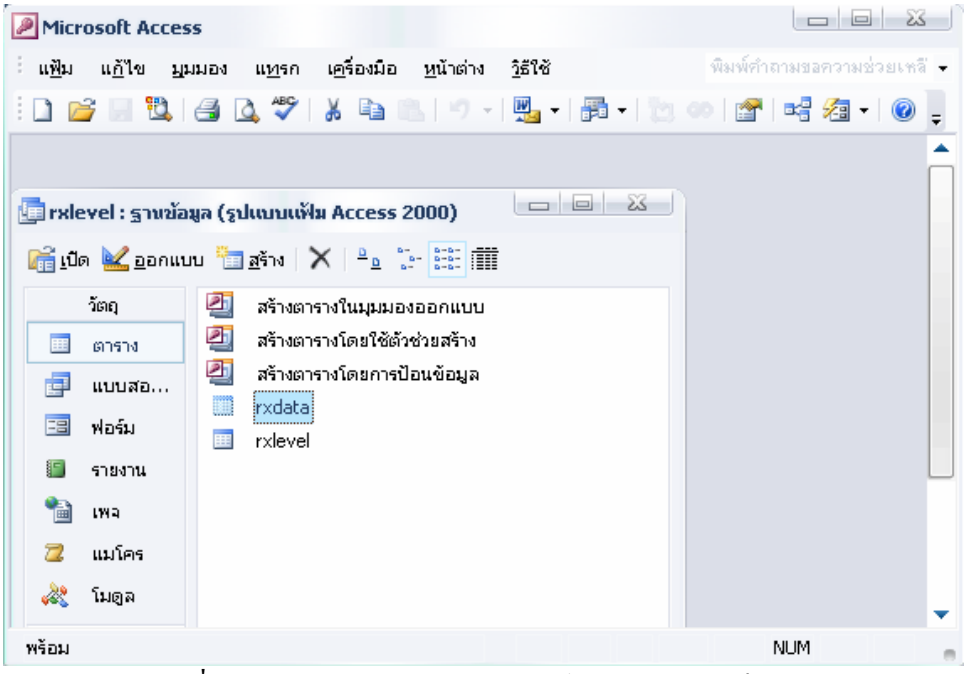
รูปที่ 2.5 หน้าต่างโปรแกรมเมื่อแสดงผลการวัดสัญญาณ

- จากนั้นโปรแกรมจะทำการบันทึกค่าผลการวัดสัญญาณลงใน ดาต้าร์ของโปรแกรม ซึ่งจัดทำในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์ ไมโครซอฟ แอ็กเซสโดยอัตโนมัติ ซึ่ง ดาต้าร์ เบท ของโปรแกรมจะอยู่ในหน้าต่างเดียวกับโปรแกรมที่ใช้ในการวัดความแรงของสัญญาณ

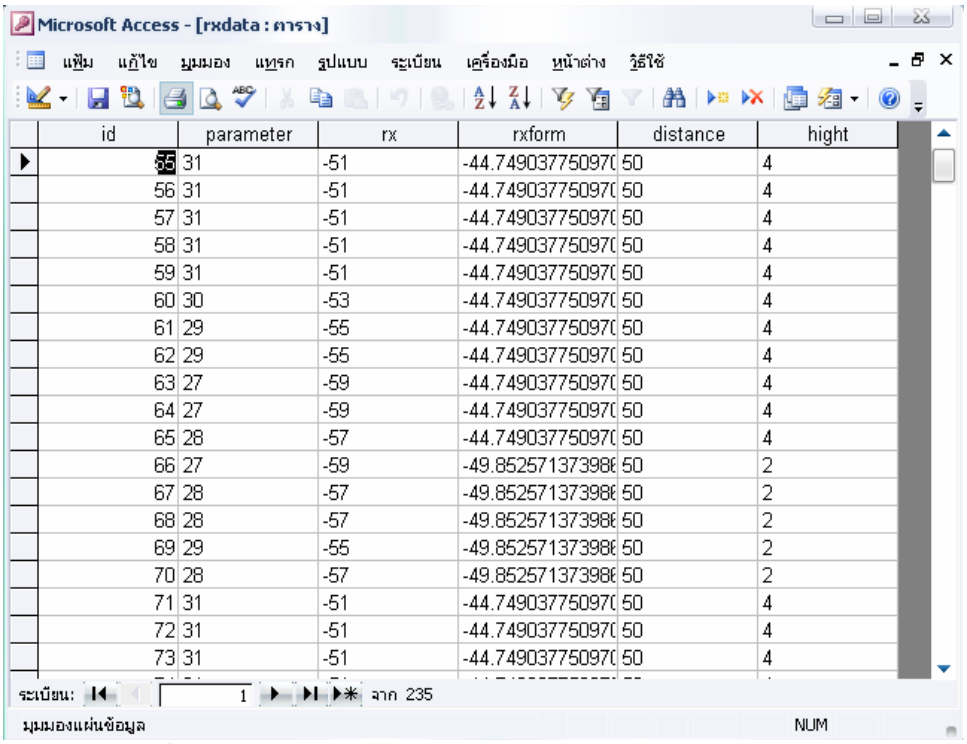


รูปที่ 2.6 หน้าต่างโปรแกรมที่ใช้วัดสัญญาณ

- ให้ผู้ใช้คลิกเข้าไปในโฟลเดอร์ของ อาร์เอ็กซ์เลเวล ที่เป็นโปรแกรมประยุกต์ ไมโครซอฟ แอ็กเซส จากนั้นให้ผู้ใช้คลิกเข้าไปที่ อาร์เอ็กซ์ดาต้าร์โดยจะแสดงหน้าต่างดังรูป



รูปที่ 2.7 หน้าต่างโปรแกรมประยุกต์ ไมโครซอฟ แอ็กเซส



รูปที่ 2.8 หน้าต่างแสดงตารางผลการวัดสัญญาณภายใน ไมโครซอฟ แอ็กเซส

- ผู้ใช้สามารถเข้าไปวิเคราะห์ความแรงของสัญญาณ ณ จุดต่างๆได้โดยง่าย

ภาคผนวก ง
ข้อมูลดิบที่ได้จากการตรวจวัดสัญญาณ

ตารางแสดงผลการวัดค่าความแรงของสัญญาณ ณ จุดต่างๆภายใน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี					
ครั้งที่	**ระยะทาง (m.)**	**สัญญาณที่ได้จากการคำนวณ(dBm.)**	**สัญญาณที่วัดได้จริง (dBm.)**	**ความคาดเคลื่อน (dBm.)**	**เปอร์เซ็นคาดเคลื่อน(%)**
1	50	-49.85	-51	1.15	2.31
2	50	-49.85	-51	1.15	2.31
3	50	-49.85	-51	1.15	2.31
4	50	-49.85	-51	1.15	2.31
5	50	-49.85	-51	1.15	2.31
6	50	-49.85	-53	3.15	6.32
7	50	-49.85	-55	5.15	10.33
8	50	-49.85	-55	5.15	10.33
9	50	-49.85	-51	1.15	2.31
10	50	-49.85	-51	1.15	2.31
11	100	-55.00	-51	4.00	7.27
12	100	-55.00	-51	4.00	7.27
13	100	-55.00	-51	4.00	7.27
14	100	-55.00	-51	4.00	7.27
15	100	-55.00	-51	4.00	7.27
16	100	-55.00	-51	4.00	7.27
17	100	-55.00	-51	4.00	7.27
18	100	-55.00	-51	4.00	7.27
19	100	-55.00	-51	4.00	7.27
20	100	-55.00	-51	4.00	7.27
21	200	-57.62	-51	6.62	11.49
22	200	-57.62	-51	6.62	11.49

23	200	-57.62	-51	6.62	11.49
24	200	-57.62	-51	6.62	11.49
25	200	-57.62	-51	6.62	11.49
26	200	-57.62	-51	6.62	11.49
27	200	-57.62	-53	4.62	8.02
28	200	-57.62	-53	4.62	8.02
29	200	-57.62	-53	4.62	8.02
30	200	-57.62	-53	4.62	8.02
31	300	-61.07	-55	6.07	9.94
32	300	-61.07	-55	6.07	9.94
33	300	-61.07	-55	6.07	9.94
34	300	-61.07	-55	6.07	9.94
35	300	-61.07	-55	6.07	9.94
36	300	-61.07	-55	6.07	9.94
37	300	-61.07	-55	6.07	9.94
38	300	-61.07	-61	0.07	0.11
39	300	-61.07	-61	0.07	0.11
40	300	-61.07	-59	2.07	3.39
41	400	-65.32	-53	12.32	18.86
42	400	-65.32	-53	12.32	18.86
43	400	-65.32	-53	12.32	18.86
44	400	-65.32	-53	12.32	18.86
45	400	-65.32	-53	12.32	18.86
46	400	-65.32	-53	12.32	18.86
47	400	-65.32	-53	12.32	18.86
48	400	-65.32	-53	12.32	18.86
49	400	-65.32	-53	12.32	18.86
50	400	-65.32	-53	12.32	18.86
51	500	-68.62	-51	17.62	25.68

52	500	-68.62	-51	17.62	25.68
53	500	-68.62	-51	17.62	25.68
54	500	-68.62	-51	17.62	25.68
55	500	-68.62	-51	17.62	25.68
56	500	-68.62	-51	17.62	25.68
57	500	-68.62	-51	17.62	25.68
58	500	-68.62	-51	17.62	25.68
59	500	-68.62	-51	17.62	25.68
60	500	-68.62	-51	17.62	25.68
61	600	-76.42	-57	19.42	25.41
62	600	-76.42	-57	19.42	25.41
63	600	-76.42	-57	19.42	25.41
64	600	-76.42	-57	19.42	25.41
65	600	-76.42	-57	19.42	25.41
66	600	-76.42	-57	19.42	25.41
67	600	-76.42	-57	19.42	25.41
68	600	-76.42	-57	19.42	25.41
69	600	-76.42	-57	19.42	25.41
70	600	-76.42	-57	19.42	25.41
71	700	-78.70	-51	27.70	35.20
72	700	-78.70	-51	27.70	35.20
73	700	-78.70	-51	27.70	35.20
74	700	-78.70	-51	27.70	35.20
75	700	-78.70	-51	27.70	35.20
76	700	-78.70	-51	27.70	35.20
77	700	-78.70	-51	27.70	35.20
78	700	-78.70	-51	27.70	35.20
79	700	-78.70	-51	27.70	35.20
80	700	-78.70	-51	27.70	35.20

81	800	-80.68	-65	15.68	19.43
82	800	-80.68	-65	15.68	19.43
83	800	-80.68	-65	15.68	19.43
84	800	-80.68	-65	15.68	19.43
85	800	-80.68	-65	15.68	19.43
86	800	-80.68	-65	15.68	19.43
87	800	-80.68	-67	13.68	16.96
88	800	-80.68	-67	13.68	16.96
89	800	-80.68	-67	13.68	16.96
90	800	-80.68	-67	13.68	16.96
91	900	-82.42	-67	15.42	18.71
92	900	-82.42	-67	15.42	18.71
93	900	-82.42	-67	15.42	18.71
94	900	-82.42	-67	15.42	18.71
95	900	-82.42	-67	15.42	18.71
96	900	-82.42	-67	15.42	18.71
97	900	-82.42	-67	15.42	18.71
98	900	-82.42	-67	15.42	18.71
99	900	-82.42	-67	15.42	18.71
100	900	-82.42	-67	15.42	18.71
101	1000	-83.98	-77	6.98	8.31
102	1000	-83.98	-77	6.98	8.31
103	1000	-83.98	-77	6.98	8.31
104	1000	-83.98	-77	6.98	8.31
105	1000	-83.98	-77	6.98	8.31
106	1000	-83.98	-77	6.98	8.31
107	1000	-83.98	-77	6.98	8.31
108	1000	-83.98	-71	12.98	15.46
109	1000	-83.98	-71	12.98	15.46

110	1000	-83.98	-71	12.98	15.46
111	2000	-94.23	-73	21.23	22.53
112	2000	-94.23	-73	21.23	22.53
113	2000	-94.23	-73	21.23	22.53
114	2000	-94.23	-73	21.23	22.53
115	2000	-94.23	-73	21.23	22.53
116	2000	-94.23	-73	21.23	22.53
117	2000	-94.23	-73	21.23	22.53
118	2000	-94.23	-73	21.23	22.53
119	2000	-94.23	-73	21.23	22.53
120	2000	-94.23	-73	21.23	22.53

บรรณานุกรม

1. ธาริน สิทธิธรรมชารี. **Microsoft Visual Basic.net**. กรุงเทพฯ: ซัคเซส มีเดีย, 2547
2. ธาริน สิทธิธรรมชารี. **Visual Basic 2005**. กรุงเทพฯ: ซัคเซส มีเดีย ,2549
3. ชัชวาล ศุภเกษม, **คัมภีร์การใช้ Visual Basic.net**. ฉบับสมบูรณ์, กรุงเทพฯ:ซีเอ็ดยูเคชั่น ,2545
4. ไพโรจน์ ไววานิชกิจ . **เปิดโลกการสื่อสารไร้สาย** .กรุงเทพฯ:ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2539
5. พงษ์สักดิ์ สุสัมพันธ์ไพบูลย์. **ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ดวง กมล (2520), 2542
6. สัญญา นามี. ศุภชัย นิศวอนุตรพันธ์. **Digiart AutoCad 2006 Quick Step** .นนทบุรี: ไอดีซีฯ .2548
7. Rudi Bekkers. **Mobile Telecommunications Standards**. Norwood: ARTECH HOUSE, 2001
8. William C.Y. Lee. **Mobile Cellular Telecommunications Systems**. Singapore: McGraw-Hill Book, 1989

ประวัติผู้เขียน

นางสาวภัสภาวี หลงนิยม ภูมิลำเนาอยู่ที่ บ้านเลขที่ 6/1 หมู่ 8 ตำบลเขาวัว อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนศรียานุสรณ์ จันทบุรี ปีการศึกษา 2545 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

นางสาวเย็นจิตร มีทะลา ภูมิลำเนาอยู่ที่ บ้านเลขที่ 39 หมู่ 10 ตำบลธาตุ อำเภอรัตนบุรี จังหวัดสุรินทร์ จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเบิดพิทยาสรรค์ สุรินทร์ ปีการศึกษา 2545 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

นายสมเกียรติ แท่นศิลา ภูมิลำเนาอยู่ที่ บ้านเลขที่ 31 ถนนแนบเคหาสน์ ตำบลหัวหิน อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนพรหมานุสรณ์ จังหวัดเพชรบุรี ปีการศึกษา 2545 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา