ชุดรับส่งวิทยุของระบบ WiMAX

โดย

นางสาวอธิษฐาน	ยี่ขอ	รหัสนักศึกษา B5003358
นางสาวพนิดา	การนา	รหัสนักศึกษา B5003396

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 427499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม

ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2553

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2545

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชุดรับส่งวิทยุของระบบ Wimax

คณะกรรมการสอบโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พีระพงษ์ อุฑารสกุล)
กรรมการ/อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนต์ทิพย์ภา อุฑารสกุล)
กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวี หัตถกรรม)
กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับรายงานโครงงานฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม วิชา 427499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม ประจำปีการศึกษา 2553

โครงงาน	ชุดรับส่งวิทยุของระบบ WiMAX
จัดทำโดย	นางสาวอธิษฐาน ยี่ขอ รหัสนักศึกษา B5003358
	นางสาวพนิดา การนา รหัสนักศึกษา B5003396
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตาจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาคการศึกษาที่	3/ 2553

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีบรอดแบรนด์ไร้สาย จากเดิมมีการเชื่อมต่อแบบ จุดต่อจุด (point-to-point) โดยเชื่อมโยงระบบเครือข่ายภายในอาคาร 2 แห่งเข้าด้วยกัน เพื่อให้ติดต่อกันได้ จึงได้พัฒนาการเชื่อมต่อแบบจุดหนึ่งไปหลายๆจุดขึ้นมา เรียกว่า WiMAX เทคโนโลยีนี้สามารถทำงานได้ในรัศมีที่ไกลๆ ออกไปเป็นกิโล สามารถส่งกระจายสัญญาณได้แม้กระทั้งมีสิ่งกีดขวางอยู่ก็ตาม ดังนั้น โครงงานนี้จึงมุ่งเน้นในด้านการศึกษา ค้นคว้า และทดลองในการสร้างอุปกรณ์ที่รับส่งข้อมูลในระบบ WiMAX ซึ่งใช้มาตรฐาน IEEE802.16e ในย่านความถี่ 2.4 GHz

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ

จากการที่คณะผู้จัดทำรายงานได้รับมอบหมายให้ทำโครงงานเรื่อง ชุดรับส่งวิทยุของระบบ WiMAX ส่งผลให้คณะจัดทำรายงานได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างอุปกรณ์รับส่งวิทยุ บัดนี้โครงงานดังกล่าวพร้อมทั้งรายงานได้สำเร็จลงแล้ว ทั้งนี้ได้รับความร่วมมือและสนับสนุนจากบุคคลต่างๆ ดังนี้

ผศ.ดร. พีระพงษ์ อุฑารสกุล สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในทุกๆด้าน รวมถึงการให้แนวคิด การดูแลเอาใจใส่ติดตามงาน แก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด

คุณณัฐพัชร์ พรหมสุวรรณา นักศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่ให้ความช่วยเหลือในการออกแบบอุปกรณ์ชุดรับส่งวิทยุ รวมถึงแนะนำการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆในการวัดค่า

ขอขอบคุณอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่าน ที่ให้อบรมสั่งสอนให้ความรู้แก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด

ขอขอบคุณเพื่อนๆพี่ๆน้องๆ และบุคลากร สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ แก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณท่านบิดาและมารดา ที่ท่านทั้งสองให้การดูแลเอาใจใส่เลี้ยงดู และคอยเป็นกำลังใจเคียงข้างมาโดยตลอด

นางสาวอธิษฐาน ยี่ขอ

นางสาวพนิดา การนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการทำงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เทคโนโลยี WiMAX	2
2.1 เทคโนโลยี WiMAX	3
2.2 มาตรฐาน WiMAX	5
2.3 การทำงานของระบบ WiMAX	9
2.4 ระบบเครือข่าย WiMAX	10
2.5 ความเร็ว WiMAX	23
2.6 ศักยภาพในการให้บริการของ WiMAX	24
2.7 จุดเด่นของเทคโนโลยี WiMAX	25
2.8 รูปแบบการใช้งาน WiMAX ในส่วนต่างๆ	25
2.9 WiMAX ในประเทศไทย	26
2.10 ข้อดี WiMAX	27
2.11 ประโยชน์จากเทคโนโลยีของระบบ WiMAX	28

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างชุดรับส่งวิทยุ	30
3.1 บทนำ	30
3.2 การเลือกไอซีในการออกแบบวงจร	31
3.3 วงจรขยายสัญญาณที่ได้จากการออกแบบ	32
3.4 การประกอบอุปกรณ์ชุดรับส่งวิทยุที่ออกแบบ	33
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ	35
4.1 บทนำ	35
4.2 การทดสอบวงจรขยายแบบ MMIC HMC310MS8G	35
4.3 การทดสอบวงจรขยายแบบ MMIC HMC286	37
4.4 การทดสอบชุดรับส่งสัญญาณวิทยุ	38
4.5 การทดสอบ Band Frequency	41
4.4 การทดสอบระยะทางที่รับส่งสัญญาณ	44
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	51
5.1 สรุปผลที่ได้จากโครงงาน	51
5.2 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหา	51
5.3 ข้อเสนอแนะ	53
5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไป	53
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบและทดสอบชุดรับส่งวิทยุ	55
ภาคผนวก ข Datasheet ของไอซี	60
ประวัติผู้เขียน	72

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะการส่งสัญญาณระบบ WiMAX	3
รูปที่ 2.2 ตารางเปรียบเทียบเทคโนโลยีไร้สายแบบต่างๆ	4
รูปที่ 2.3 มาตรฐานลักษณะการใช้งานของ WiMAX	5
รูปที่ 2.4 ลักษณะการใช้งาน WiMAX ตามมาตรฐาน IEEE 802.16e	6
รูปที่ 2.5 แสดงการแบ่งมาตรฐานการส่งข้อมูลตามขนาดของพื้นที่ให้บริการ	8
รูปที่ 2.6 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอัตราความเร็วของเทคโนโลยีสื่อสารข้อมูลไร้สาย	10
รูปที่ 2.7 การเชื่อมต่อแบ Point-to-Multipoint Architecture (PMP)	11
รูปที่ 2.8 Mesh Architecture (Mesh Topology)	12
รูปที่ 2.9 การสื่อสารแบบ LOS(Line of Sight) และ NLOS(Non-Line of Sight)	12
รูปที่ 2.10 การสื่อสารแบบ LOS	13
รูปที่ 2.11 การสื่อสารแบบ LOS และ NLOS	14
รูปที่ 2.12 WiMax MpT Access + PtP Backhaul	16
รูปที่ 2.13 WiMax MpT Access + Daisy-Chained PtP Backhaul	16
รูปที่ 2.14 WiMax MpT Access + Meshed Backhaul	17
รูปที่ 2.15 รูปแบบการส่งสัญญาณจาก Base Station	18
รูปที่ 2.16 รูปแบบสัญญาณ BPSK	18
รูปที่ 2.17 รูปแบบสัญญาณ QPSK	19
รูปที่ 2.18 รูปแบบสัญญาณ QAM	19
รูปที่ 2.19 Basic OFDM Transmitter และ Receiver	20
รูปที่ 2.20 ภาพแสดงการ Modulation ที่เหมาะสมกับระยะทางต่างๆ	22
รูปที่ 2.21 ภาพสรุปการรับส่งข้อมูลของ WiMAX	23
รูปที่ 3.1 ภาคส่งสัญญาณ	30
รูปที่ 3.2 ภาครับสัญญาณ	30
รูปที่ 3.3 Function Diagram ของ GsAs MMIC TRANSCEIVER, 2.4 GHz (เบอร์ HMC380MS8G)	31
รูปที่ 3.4 Function Diagram ของ GsAs MMIC Low Noise Amplifier, 2.3 - 2.5 GHz (เบอร์ HMC286)	31

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.5 วงจรขยายสัญญาณ MMIC HMC310MS8G (Power Amplifier) 32
รูปที่ 3.6 วงจรขยายสัญญาณ MMIC HMC286 (Low Noise Amplifier) 33
รูปที่ 3.7 แสดงการประกอบอุปกรณ์ภาคส่งสัญญาณ 34
รูปที่ 3.8 แสดงการประกอบอุปกรณ์ภาครับสัญญาณ 34
รูปที่ 4.1 แสดงการจัดอุปกรณ์ทดสอบการวัดความแรงของสัญญาณวงจร MMIC HMC310MS8G 35
รูปที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบระดับความแรงของสัญญาณวงจร MMIC HMC310MS8G 36
รูปที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบระดับความแรงของสัญญาณวงจร MMIC HMC286 37
รูปที่ 4.4 แสดงการจัดอุปกรณ์ทดสอบการส่งสัญญาณที่ภาคส่ง 38
รูปที่ 4.5 แสดงการจัดอุปกรณ์ทดสอบการส่งสัญญาณที่ภาครับ 38
รูปที่ 4.6 แสดงสเปกตรัมของทดสอบการรับ-ส่งสัญญาณที่เครื่อง Spectrum Analyzer 39
รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณของทดสอบการรับ-ส่งสัญญาณที่เครื่องOscilloscope 40
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และความแรงของสัญญาณ 42
รูปที่ 4.9 รูป Spectrum Specification ของมาตรฐาน WiMAX 43
รูปที่ 4.10 สัญญาณที่รับได้ในระยะทาง 25 เซนติเมตร 45
รูปที่ 4.11 สัญญาณที่รับได้ในระยะทาง 50 เซนติเมตร 45
รูปที่ 4.12 สัญญาณที่รับได้ในระยะทาง 75เซนติเมตร 46
รูปที่ 4.13 สัญญาณที่รับได้ในระยะทาง 100 เซนติเมตร 46
รูปที่ 4.14 สัญญาณที่รับได้ในระยะทาง 125 เซนติเมตร 47
รูปที่ 4.15 สัญญาณที่รับได้ในระยะทาง 150 เซนติเมตร 47
รูปที่ 4.16 สัญญาณที่รับได้ในระยะทาง175 เซนติเมตร 48
รูปที่ 4.17 สัญญาณที่รับได้ในระยะทาง 200 เซนติเมตร 48
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและความแรงของสัญญาณ 49

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ความแรงของสัญญาณที่ความถี่ 2.1 – 2.7 GHz 41
ตารางที่ 4.2 ความแรงของสัญญาณที่ระยะ 25 – 200 เซนติเมตร 44
ตารางที่ 4.3 สูตรการแปลงหน่วย Vpp เป็น dB 44
ตารางที่ 5.1 แสดงปัญหาที่พบ สาเหตุและแนวทางแก้ไข 52

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันการติดต่อสื่อสารมีมากมายหลายรูปแบบให้เลือกติดต่อสื่อสารกัน และที่รับได้ความนิยมมากที่สุดคือการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย ซึ่งมีความสะดวกรวดเร็วและใช้งานง่าย แต่ก็เป็นเพียงการใช้งานในระยะใกล้ และก็ยังมีเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายวามเร็วสูง WiMAX ซึ่งสามารถทำงานในระยะไกลได้ แต่ยังไม่ได้รับความนิยมมากนัก เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่เพิ่งเกิดขึ้นมาเมื่อได้ไม่นานนักและกำลังอยู่ในช่วงพัฒนา ดังนั้นโครงงานนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการสร้างตัวรับตัวส่งข้อมูลในระบบ WiMAX ที่เป็นเทคโนโลยีสำหรับเครือข่ายไร้สายความเร็วสูง โดยใช้มาตรฐาน IEEE802.16e ในย่านความถี่2.4GHz เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบ WiMAX นี้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาค้นคว้าและพัฒนาการส่งข้อมูลในระบบ WiMAX มาตรฐาน IEEE802.16e ในย่านความถี่ 2.4 GHz
2. ออกแบบและสร้างชุดรับส่งวิทยุในระบบ WiMAX

1.3 ขอบเขตการทำงาน

1. ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลของระบบ WiMAX มาตรฐาน IEEE802.16e
2. ออกแบบและวางแผนในการทำชิ้นงานชุดรับ-ส่งวิทยุ
3. สร้างชิ้นงานชุดรับ-ส่งวิทยุต้นแบบ
4. ทดสอบชิ้นงานให้ได้ตามวัตถุประสงค์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลของการส่งข้อมูลในระบบ WiMAX มาตรฐาน IEEE802.16e
2. ออกแบบชุดรับ-ส่งวิทยุและสั่งอุปกรณ์ในการทำชิ้นงาน
3. สร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบ
4. ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชิ้น
5. นำอุปกรณ์ทั้งหมดมาประกอบรวมกันและทดสอบการทำงาน
6. สรุปผลการทดลอง เขียนรายงาน และ นำเสนอโครงงาน

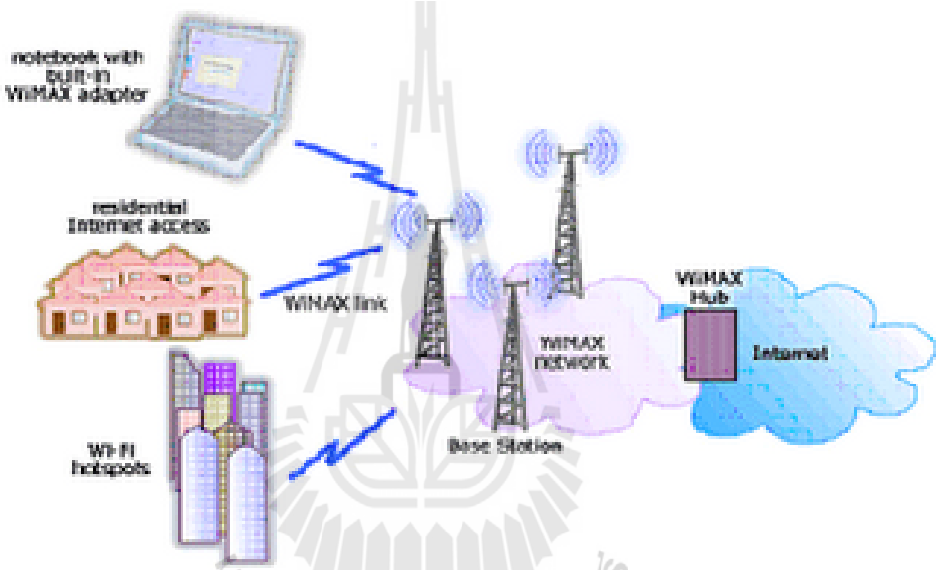
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถออกแบบและสร้างชุดรับส่งวิทยุได้
2. สามารถนำความรู้ความเข้าใจจากโครงงานมาใช้ในการประกอบวิชาชีพได้
3. สามารถนำความรู้ความเข้าใจทางทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ
4. สามารถวิเคราะห์งานและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบได้
5. สามารถทำงานเป็นทีมได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
เทคโนโลยี WiMAX

2.1 เทคโนโลยี WiMAX



รูปที่ 2.1 ลักษณะการส่งสัญญาณระบบ WiMAX

WiMAX เป็นชื่อเรียกเทคโนโลยีไร้สายรุ่นใหม่ล่าสุดที่คาดหมายกันว่า จะถูกนำมาใช้งานในอนาคตอันใกล้นี้ โดย WiMAX เป็นชื่อย่อของ Worldwide Interoperability for Microwave Access บรอดแบนด์ ไร้สายความเร็วสูงนี้ถูกพัฒนาขึ้นบนมาตรฐานการสื่อสาร IEEE802.16 ซึ่งต่อมาก็ได้พัฒนามาอยู่บนมาตรฐาน IEEE802.16a โดยได้มีการอนุมัติออกมาเมื่อเดือนมกราคม 2004 โดยสถาบันวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หรือ IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ซึ่งมีระยะรัศมีทำการที่ 31 ไมล์ หรือประมาณ 48 กิโลเมตร นั่น ก็หมายความว่า ไวแม็กซ์ (WiMAX) จะสามารถทำงานได้ครอบคลุมพื้นที่กว้างกว่าระบบโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่บน ระบบ 3G มากถึง 10 เท่า พร้อมยังมีอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นมัลติมีเดียที่มีทั้งภาพและเสียงหรือจะเป็นข้อมูลล้วนๆก็ตามได้ สูงสุดถึง 75 เมกกะบิตต่อวินาที (Mbps) ซึ่งก็เร็วกว่าระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ 3G มากถึง 30 เท่าเลยที่เดียว โดยมาตรฐาน

IEEE 802.16a หรือ WiMAX มีความสามารถในการส่งกระจายสัญญาณในลักษณะจากจุดเดียวไปยังหลายจุด (Point-to-multipoint) ได้ พร้อมๆกัน โดยมีความสามารถรองรับการทำงานในแบบ Non-Line-of-Sight ได้ สามารถทำงานได้แม้กระทั่งมีสิ่งกีดขวาง เช่น ต้นไม้ หรือ อาคารได้เป็นอย่างดี ส่งผลให้WiMAX สามารถช่วยให้ผู้ที่ใช้งาน สามารถขยายเครือข่ายเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตได้กว้างขวางด้วยรัศมีทำการถึง 31 ไมล์ หรือประมาณ 48 กิโลเมตร และมีอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสุดถึง 75 Mbps มาตรฐาน IEEE 802.16a นี้ใช้งานอยู่บนคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่ระหว่าง 2-11 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) และยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์มาตรฐานชนิดอื่นๆที่ออกมาก่อนหน้านี้ได้ เป็นอย่างดี

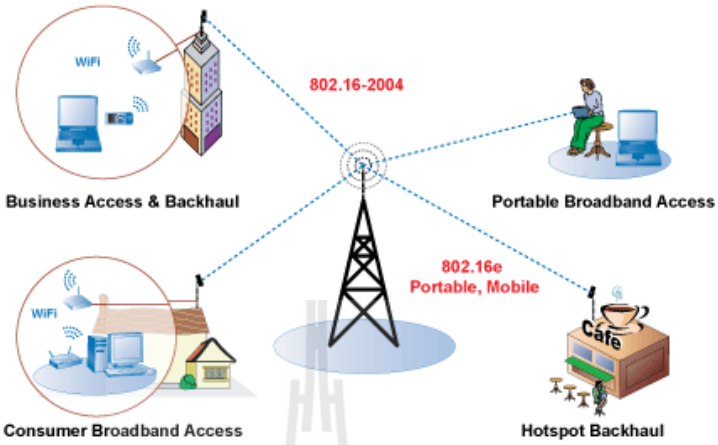
เทคโนโลยี	มาตรฐาน	เครือข่าย	อัตราความเร็ว	ระยะทาง	ย่านความถี่
Wi-Fi	IEEE 802.11a	WLAN	สูงสุด 54Mbps	100 เมตร	5GHz
Wi-Fi	IEEE 802.11b	WLAN	สูงสุด 11Mbps	100 เมตร	2.4GHz
Wi-Fi	IEEE 802.11g	WLAN	สูงสุด 54Mbps	100 เมตร	2.4GHz
WiMAX	IEEE 802.16d	WMAN	สูงสุด 75Mbps (20MHz BW)	ปกติ 6.4 - 10 กิโลเมตร	Sub 11GHz
WiMAX	IEEE 802.16e	Mobile WMAN	สูงสุด 30Mbps (10MHz BW)	ปกติ 1.6 – 5 กิโลเมตร	2 - 6 GHz
WCDMA/UMTS	3G	WWAN	สูงสุด 2Mbps/10Mbps (HSDPA)	ปกติ 1.6 – 8 กิโลเมตร	1800, 1900, 2100MHz
CDMA2000 1x EV-DO	3G	WWAN	สูงสุด 2.4Mbps	ปกติ 1.6 – 8 กิโลเมตร	400, 800, 900, 1700, 1800, 1900, 2100MHz
EDGE	2.5G	WWAN	สูงสุด 348Kbps	ปกติ 1.6 – 8 กิโลเมตร	1900MHz
UWB	IEEE 802.15.3a	WPAN	110 – 480Mbps	10 เมตร	7.5GHz

รูปที่ 2.2 ตารางเปรียบเทียบเทคโนโลยีไร้สายแบบต่างๆ

เทคโนโลยี WiMAX กำลังอยู่ในช่วงที่ได้รับการพูดถึงและ มีการคาดหวังเจ้าสิ่งๆนี้จากบุคคลทั่วไปมากที่สุด ซึ่งแน่นอนว่าในช่วงแรกที่ WiMAX ถือกำเนิดขึ้นมาจากต่างประเทศนั้น WiMAX ยังไม่สามารถรองรับการสื่อสารในขณะกำลังเคลื่อนที่ได้ หรือแม้ทำได้ ก็ยังไม่ดีเท่าที่ควรจะเป็น ยิ่งไปกว่านั้นยังไม่มีการผลิตอุปกรณ์เครือข่าย WiMAX หรือแม้กระทั่งเครื่องลูกข่าย WiMAX ในเชิงพาณิชย์ทั้งสิ้น เรียกได้ว่านอกจากระบบยังไม่พร้อมแล้ว อุปกรณ์ต่างๆยังไม่มีขายอีกด้วย

ผลที่ตามมาก็คือความตกต่ำในการได้รับความนิยมที่ลดลงเรื่อยๆกับเทคโนโลยี WiMAX ในช่วงเวลานั้นที่ตกต่ำของ WiMAX นั้นเอง ทางบริษัท Gartnet ซึ่งเป็นทางผู้จัดทำเส้นวัฏจักรความคาดหวัง จึงวิเคราะห์สถานการณ์ให้เทคโนโลยี WiMAX อยู่ในกลุ่มที่ต้องใช้เวลาอีกประมาณ 2-5 ปี

(ถือว่านานพอสมควรสำหรับเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นใหม่) กว่าที่จะได้รับการยอมรับและประสบความสำเร็จในตลาดโทรคมนาคมในระดับ World-Wide



รูปที่ 2.3 มาตรฐานลักษณะการใช้งานของ WiMAX

ซึ่งหากเป็นเช่นนั้นจริง ก็ย่อมหมายความว่าเทคโนโลยี WiMAX น่าจะเริ่มได้รับการยอมรับ และเพิ่มความนิยมการใช้งานตั้งแต่ พ.ศ. 2549 และ “น่าจะ” ประสบความสำเร็จจนกลายเป็นมาตรฐานการสื่อสารไร้สายตัวใหม่ล่าสุด อีกชนิดหนึ่งที่ถูกจับตามองว่าอาจจะมีส่วนแบ่งการตลาดเทคโนโลยีไร้สาย แห่งอนาคต สูงที่สุดภายใน พ.ศ. 2552 และก็เป็นไปตามคาด เมื่อในความเป็นจริงนั้น อุปกรณ์เครือข่ายและเครื่องลูกข่าย WiMAX ก็เริ่มมีการผลิต และจำหน่ายในเชิงพานิชย์มากขึ้น และได้รับการติดตั้งในระบบเครือข่ายระดับภูมิภาคของประเทศผู้นำเทคโนโลยี ต่าง ๆ ทั่วโลกมากขึ้นเรื่อยๆ มาตั้งแต่ต้นปี พ.ศ. 2549 จึงมีความเป็นไปได้ที่ WiMAX กำลังก้าวเข้าสู่การเป็นมาตรฐานสื่อสารไร้สายสากลภายในเวลาไม่นานนัก ตามดังคำทำนายที่มีการคาดการ และวิเคราะห์ตลาดกันเอาไว้

2.2 มาตรฐาน WiMAX

สำหรับมาตรฐานของเทคโนโลยี WiMAX ที่มีการพัฒนาขึ้นมาในขณะนี้นั้น มีอยู่ 3 ข้อหลักๆดังนี้

1.มาตรฐาน WiMAX แบบ IEEE 802.16

เป็นมาตรฐานที่ให้ระยะทางการเชื่อมโยงในช่วงระยะสั้นๆ แค่ 1.6 – 4.8 กิโลเมตร เป็นมาตรฐานเดียวที่สนับสนุนรูปแบบ “ในระดับสายตา” หรือที่เรียกว่า LoS (Line of Sight) แต่มาตรฐานนี้กลับมีการเปิดใช้งานในช่วงความถี่ที่สูงมากคือ 10-66 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) เลยทีเดียว

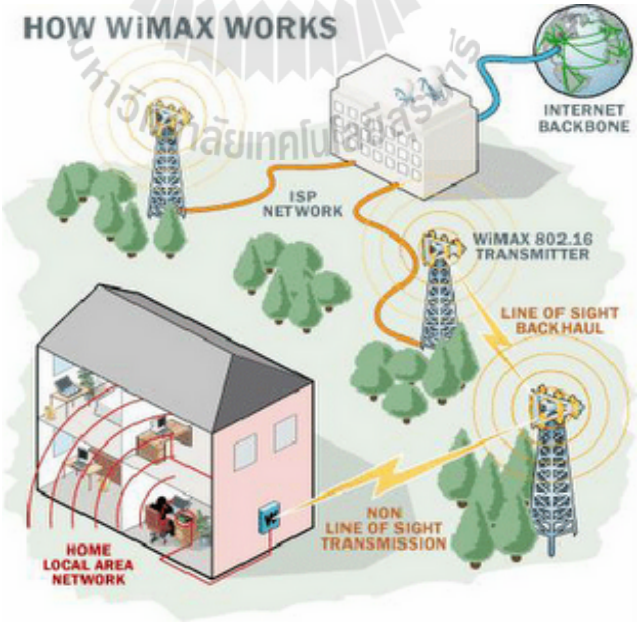
2.มาตรฐาน WiMAX แบบ IEEE 802.16a

เป็นมาตรฐานที่แก้ไขปรับปรุงจาก IEEE 802.16 เดิมก่อนหน้านี้ โดยมีการปรับลดระดับความถี่ที่ใช้งาน ให้ลงมาที่ย่านความถี่ 2-11 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) ซึ่งคุณสมบัติเด่นที่ได้รับการแก้ไขข้อบกพร่องจากมาตรฐาน 802.16 เดิมคือคุณสมบัติการรองรับการทำงานแบบที่ไม่อยู่ในระดับสายตา (NLoS - Non-Line-of-Sight) อีกทั้งยังมีคุณสมบัติการทำงานในส่วนของภาคสัญญาณ เมื่อมีสิ่งกีดขวางตามสภาพแวดล้อมขวางกั้น อาทิเช่น ต้นไม้ อาคาร ฯลฯ

นอกจากนี้ก็ยังช่วยให้สามารถขยายระบบเครือข่ายเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สาย ความเร็วสูงได้อย่างกว้างขวางยิ่งขึ้นกว่ามาตรฐานเดิม ด้วยรัศมีทำการที่ไกลเพิ่มขึ้นจากมาตรฐานแรก ไปถึง 31 ไมล์ (ประมาณ 48-50 กิโลเมตร) และมีอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสุดถึง 75 เมกะบิตต่อวินาที (Mbps) ทำให้สามารถรองรับการเชื่อมต่อการใช้งานระบบเครือข่ายของบริษัทที่ใช้สายประเภท ที1 (T1-type) กว่า 60 รายและการเชื่อมต่อแบบ DSL ตามบ้านเรือนที่พักอาศัยอีกหลายร้อยครัวเรือนได้พร้อมกันโดยไม่เกิดปัญหาในการใช้งาน

3.มาตรฐาน WiMAX แบบ IEEE 802.16e

เป็นมาตรฐานที่ออกแบบมาให้สนับสนุนการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์พกพาประเภทต่างๆ เช่น อุปกรณ์พีดีเอ โน้ตบุ๊ก เป็นต้น โดยให้รัศมีทำงานที่ 1.6 – 4.8 กิโลเมตร มีระบบที่ช่วยช่วยให้ผู้ใช้งานยังสามารถสื่อสารได้โดยให้คุณภาพในการสื่อสาร ที่ดีและมีเสถียรภาพขณะใช้งาน แม้ว่ามีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา



รูปที่ 2.4 ลักษณะการใช้งาน WiMAX ตามมาตรฐาน IEEE 802.16e

แม้เทคโนโลยีสื่อสารไร้สายส่วนใหญ่ในยุคแรกจะอยู่ในรูปของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งมีการพัฒนาต่อเนื่องจากยุค 2G สู่ยุค 2.5G และเข้าสู่ยุค 3G ซึ่งรองรับการสื่อสารแบบมัลติมีเดียในขณะผู้ใช้งานกำลังเคลื่อนที่ แต่ยังมีมาตรฐานสื่อสารไร้สายชนิดอื่น ๆ ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นทั้งในช่วงเวลาเดียวกับการเติบโตของมาตรฐานโทรศัพท์ เคลื่อนที่ และที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในภายหลัง นอกจากนั้นแม้มาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ในสายตระกูล GSM ซึ่งเป็นมาตรฐานของ ETSI (European Telecommunication Standards Institute) แห่งสหภาพยุโรปจะมีส่วนแบ่งทางการตลาดมากที่สุดในโลก

แต่มาตรฐานสื่อสารไร้สายอื่นๆ ที่สำคัญก็เป็นผลงานของสหรัฐอเมริกาแทบทั้งสิ้น องค์กรสำคัญที่ทำหน้าที่ออกแบบและวางข้อกำหนดทางวิศวกรรมไฟฟ้าในสหรัฐ อเมริกาคือ IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineer) ได้วางมาตรฐานเทคนิคการสื่อสารไร้สายที่สำคัญ เช่น IEEE 802.11 ซึ่งต่อมาได้รับการพัฒนาเป็นเทคโนโลยี Wi-Fi จัดว่าเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีประเภท WLAN (Wireless LAN) ที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวางในลักษณะของเครือข่ายเฉพาะพื้นที่

นอกจากนี้ยังเป็นผู้วางข้อกำหนดมาตรฐาน IEEE 802.15 หรือ Bluetooth ที่กลายเป็นเทคโนโลยีไร้สายสำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระยะ ใกล้ (PAN หรือ Personal Area Network) และในปัจจุบันกับมาตรฐาน WiMAX ภายใต้ข้อกำหนด IEEE 802.16 ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายในพื้นที่กว้าง (MAN หรือ Metropolitan Area Network) ซึ่งในอนาคตอันใกล้ IEEE จะออกข้อกำหนด IEEE 802.20 เพื่อใช้สำหรับการสื่อสารในลักษณะเดียวกับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ เซลลูลาร์โดยทั่วไป (WAN หรือ Wide Area Network)

แถบคลื่นวิทยุในมาตรฐานของ IEEE 802.16ได้มีการกำหนดให้ใช้งานในได้ 3 แถบคลื่นวิทยุ ได้แก่

10-66 GHz Licensed Band

ต้องการใบอนุญาตหรือ license และการคุ้มครองการรบกวนด้านคลื่นวิทยุ โดยแถบคลื่นวิทยุนี้จะอยู่ในช่วงความถี่สูง ดังนั้น การติดต่อระหว่างสถานีฐานและสถานีลูกข่ายจะต้องการการสื่อสารทิศทางตรง (Line of Sight) ซึ่ง Channel bandwidth ที่ใช้จะอยู่ที่ช่วง 25 – 28 MHz ต่อช่องสัญญาณ สามารถให้ความเร็วได้ถึง 125 Mbps ส่วน physical layer ของอุปกรณ์ WiMAX ที่ทำงานบนแถบคลื่นวิทยุนี้ ถูกกำหนดโดย system profile ที่ชื่อว่า WirelessMAN-SC การรับและส่งข้อมูลจะใช้ single carrier (SC)

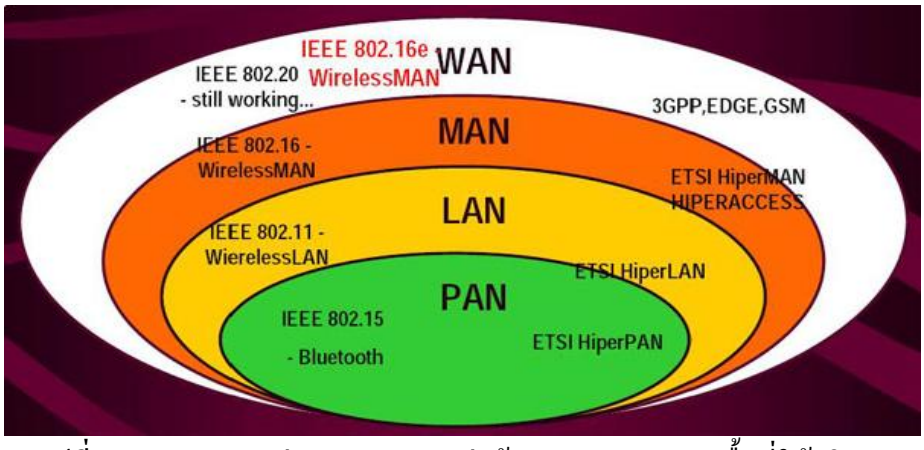
ต่ำกว่า 11 GHz Licensed Band

ต้องการใบอนุญาตหรือ license และการคุ้มครองการรบกวนด้านคลื่นวิทยุ ซึ่งโดยส่วนมากแล้ว ช่วงของแถบคลื่นวิทยุที่ใช้จริงจะอยู่ในแถบคลื่นวิทยุที่ต่ำกว่า 6 GHz ทำให้การติดต่อระหว่างสถานีฐานและสถานีลูกข่ายสามารถสื่อสารทิศทางอ้อม (Non Line of Sight) ได้ Channel bandwidth จะอยู่ระหว่าง 1.75-20 MHz ส่วนคุณสมบัติทาง Physical Layer ของอุปกรณ์ WiMAX ที่ทำงานบนแถบคลื่นวิทยุนี้มี 3 system profiles ได้แก่

1. WirelessMAN-SCa - การรับส่งข้อมูลโดยใช้ single carrier (SC)
2. WirelessMAN-OFDM - การรับส่งข้อมูลโดยใช้หลาย sub-carrier ที่มีการ modulation แบบ orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM)
3. WirelessMAN-OFDMA - การรับส่งข้อมูลโดยใช้หลาย sub-carrier ที่มีการ modulation แบบ orthogonal frequency-division multiple access (OFDMA)

ต่ำกว่า 11 GHz Unlicensed Band

ไม่ต้องการใบอนุญาตหรือ license และไม่ได้รับการคุ้มครองการรบกวนด้านวิทยุใดๆ ซึ่งการติดต่อระหว่างสถานีฐานและสถานีลูกข่ายจะติดต่อสื่อสารทิศทางอ้อม (Non Line of Sight) เนื่องจากการใช้งานอยู่ในแถบคลื่นวิทยุที่ใช้งานร่วมกับข่ายการสื่อสารอื่นๆ ด้วย ซึ่งอาจจะมีการรบกวนกันได้ ดังนั้น Operator ที่จะใช้แถบคลื่นวิทยุแบบ unlicensedจึงต้องติดตั้งกลไกที่เรียกว่า Dynamic Frequency Selection (DSF) เพื่อหลบหลีกการส่งข้อมูลในช่องสัญญาณที่มีผู้ใช้อยู่แล้ว จะช่วยในการลดโอกาสที่สัญญาณจะมารบกวนกัน ส่วนคุณสมบัติทาง Physical Layer ของอุปกรณ์ WiMAX ที่ทำงานบนแถบคลื่นวิทยุนี้ ถูกกำหนดโดย system profiles ที่ชื่อว่า Wireless HUMAN (High speed unlicensed metropolitan area network : HUMAN) ซึ่งจะมีการส่งข้อมูลได้สามรูปแบบ คือ single carrier, OFDM, OFDMA แบบเดียวกับแถบคลื่นวิทยุที่ต่ำกว่า 11 GHz Licensed Band

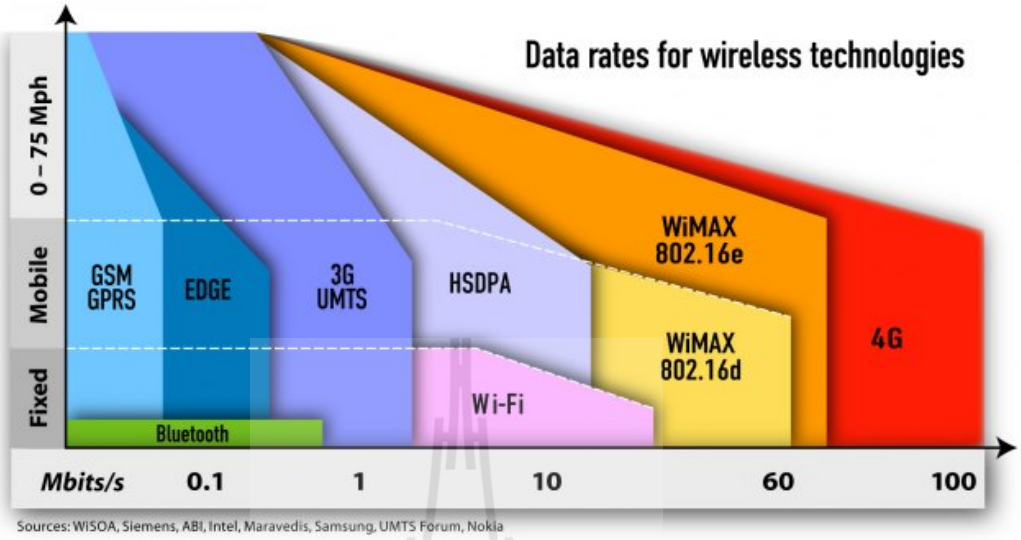


รูปที่ 2.5 แสดงการแบ่งมาตรฐานการส่งข้อมูลตามขนาดของพื้นที่ให้บริการ

2.3 การทำงานของระบบ WiMAX

บนเทคโนโลยีแบบไร้สายมาตรฐานใหม่ IEEE 802.16 มีความสามรถในการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพสูง โดยใช้หลักการของเทคโนโลยี OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) ซึ่งเป็นคลื่นความถี่ของวิทยุขนาดเล็ก (Sub-Carrier) มาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด โดยการนำคลื่นความถี่วิทยุขนาดเล็กในระดับ KHz มาจัดสรรให้แก่ผู้ใช้ตามข้อกำหนดของคลื่นความถี่วิทยุจนเกิดเป็นเครือข่าย แบบไร้สายที่มีขนาดใหญ่ และรองรับการรับส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงในทุกสถานที่ อย่างที่กล่าวไปแล้วว่าความเร็วสำหรับ ไวแม็กซ์ (WiMAX) นั้นมีอัตราความเร็วในการส่งสัญญาณข้อมูลมากถึง 75 เมกกะบิตต่อวินาที (Mbps) โดยใช้กลไกการเปลี่ยนคลื่นสัญญาณที่ให้ประสิทธิภาพสูง สามารถส่งสัญญาณออกไปได้ระยะไกลมากถึง 31 ไมล์ หรือประมาณ 48 กิโลเมตร นอกจากนี้สถานีฐาน (Base Station) ยังสามารถพิจารณาความเหมาะสมในการรับส่งระหว่างความเร็วและระยะทางได้อีก ด้วย ในส่วนของพื้นที่บริการ ก็สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้อย่างกว้างขวางโดยใช้เทคนิคของการแปลงสัญญาณที่ มีความคล่องตัวสูงสำหรับการใช้งานบนมาตรฐาน IEEE 802.16a บนระบบเครือข่ายที่ใช้สถาปัตยกรรมแบบผสมผสาน (Mesh Topology) และเทคนิคการใช้งานกับเสาอากาศ แบบอัจฉริยะ (Smart Antenna) ที่ช่วยประหยัดต้นทุน และมีความน่าเชื่อถือสูงด้วยมีระบบจัดการลำดับความสำคัญของงานบริการ (Qos – Quality of Service) ที่รองรับ การทำงานของบริการสัญญาณภาพและเสียง ซึ่งระบบเสียงบนเทคโนโลยี WiMAX นั้นจะอยู่ในรูปของบริการ Time Division Muliplexed (TDM) หรือบริการในรูปแบบ Voice over IP (VoIP) ก็ได้ โดยโอเปอร์เรเตอร์สามารถกำหนดระดับความสำคัญของการใช้งานให้เหมาะสมกับรูป แบบของลักษณะงาน ส่วนเรื่องระบบรักษาความปลอดภัยนั้น WiMAX มีคุณสมบัติของระบบรักษาความปลอดภัยสูงด้วยระบบรักษารหัสลับของข้อมูลและการ เข้ารหัสในการเข้าถึงข้อมูลอย่างเป็นระบบ พร้อมระบบตรวจสอบสิทธิในการใช้งาน

การทำงานและความสามารถของ WiMAX



รูปที่ 2.6 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอัตราความเร็วของเทคโนโลยีสื่อสารข้อมูลไร้สาย

แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอัตราความเร็วของเทคโนโลยีสื่อสารข้อมูลไร้สายในแบบต่างๆ WiMAX มีความสามารถในการส่งกระจายสัญญาณจากจุดเดียวไปยังหลายจุด (Point-to-Multipoint) และสามารถทำงานในแบบ (Non-Line-of-Sight) คือ สามารถทำงานได้แม้มีสิ่งกีดขวางก็ตาม เช่น อาคาร ต้นไม้ ได้เป็นอย่างดี WiMAX สามารถทำการเชื่อมต่อแบบไร้สายได้ด้วยความรวดเร็วและต่อเนื่อง และรองรับการส่งข้อมูลขนาดใหญ่ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลภาพ เสียง วีดีโอสตรีมมิ่ง ไปยังอุปกรณ์เคลื่อนที่ และยังช่วยให้ผู้ใช้งานที่ต้องการใช้งาน Application อยู่ที่บ้าน หรือที่ทำงาน และแม้กระทั่งระหว่างการเดินทาง ให้สามารถเข้าถึงบริการต่างๆ ได้อย่างต่อเนื่องและราบรื่น

2.4 ระบบเครือข่าย WiMAX

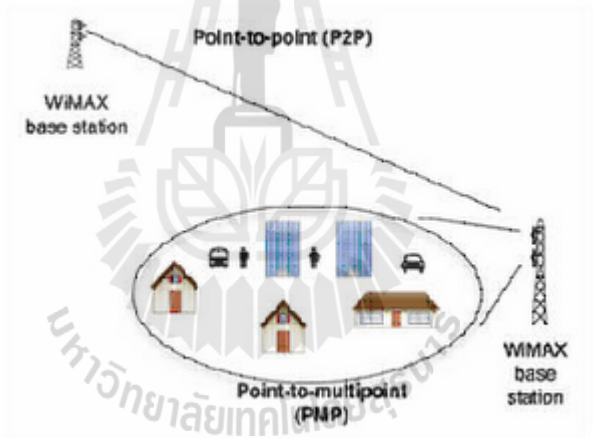
1. Base station (BS) หรือสถานีฐาน ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานใน Cell site ทั้งหมดและเชื่อมต่อกับ Wired Internet Backbone

2. Subscriber Station (SS) หรือ สถานีลูกข่าย ทำหน้าที่ติดต่อกับสถานีส่งผ่านอุปกรณ์ลูกข่ายที่เรียกว่า CPE (Customer Premises Equipment) เสมือนเป็น Hub ของบ้าน หากนึกถึง

โน้ตบุ๊คหรืออุปกรณ์ไร้สายอื่น ๆ ที่มีกำลังส่งต่ำและเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตได้ไม่ไกลนัก ดังนั้น จึงมีตัวกลางทำหน้าที่รับ-ส่งข้อมูลที่มีกำลังสูง เพื่อให้ติดต่อระยะไกลได้

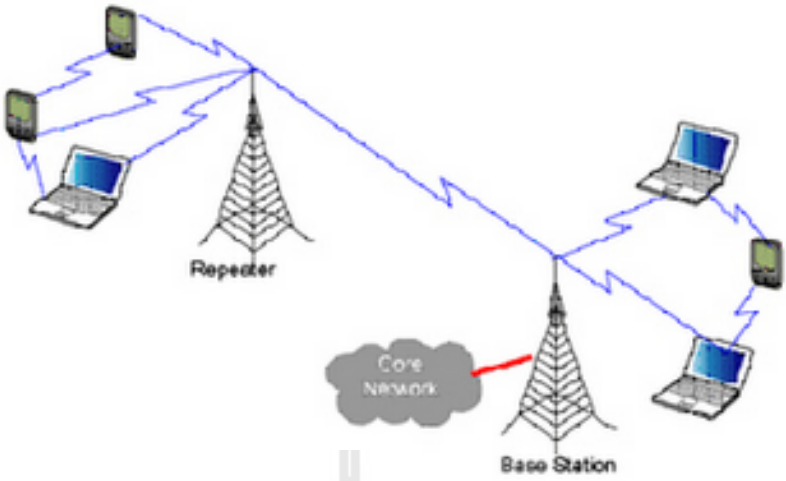
รูปแบบการเชื่อมต่อในแบบต่างๆ (WiMAX Architecture)

Point-to-Multipoint Architecture (PMP) เป็นรูปแบบการเชื่อมต่อที่ระบบ WiMAX ใช้บริการการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ Base Station หรือ Repeater กับอุปกรณ์ Subscriber Station โดยที่อุปกรณ์ทั้งหมดจะทำการเชื่อมต่อแบบ Point-to-Point วิธีการนี้ทำให้ผู้ให้บริการระบบอินเทอร์เน็ต Broad band สามารถให้บริการที่ครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างยิ่งขึ้น ส่วนในแง่ธุรกิจ ทำให้ความคุ้มค่าในการลงทุนมาก ดังนั้นระบบ Broad band ไร้สาย จึงเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้ผู้ให้บริการสามารถขยายพื้นที่ให้บริการ Broad band ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ด้วยการลงทุนที่ต่ำ รวมถึงเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้ใช้ในการใช้บริการ Broad band ความเร็วสูงในราคาประหยัด เมื่อเทียบกับการติดตั้งระบบBroad band แบบใช้สาย



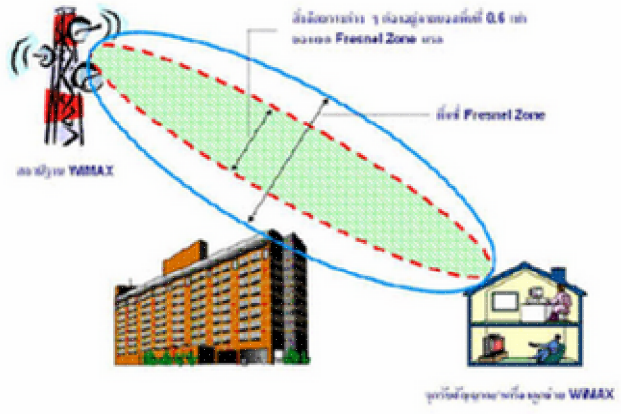
รูปที่ 2.7 การเชื่อมต่อแบบ Point-to-Multipoint Architecture (PMP)

Mesh Architecture (Mesh Topology) คล้ายกับการเชื่อมต่อแบบ PMP โดยอุปกรณ์ BS และ Repeater จะทำการเชื่อมต่อแบบ Point-to-Multipoint แต่อุปกรณ์ SS จะทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ BS หรือ Repeater รวมถึงอุปกรณ์ SS จะทำการเชื่อมต่อกันเอง



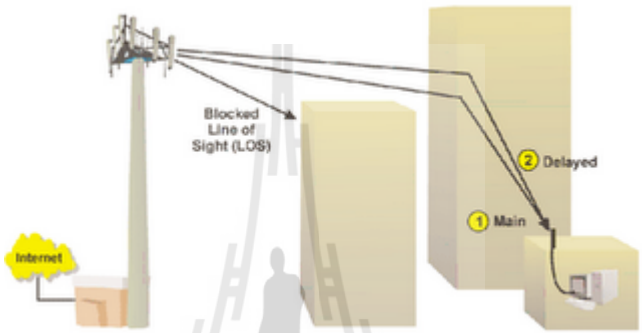
รูปที่ 2.8 Mesh Architecture (Mesh Topology)

การสื่อสารแบบ LOS(Line of Sight) และ NLOS(Non-Line of Sight) ไม่ ว่าจะเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารใดก็ตามที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุ ต้องมีการกำหนดให้ชัดเจนว่ามีรูปแบบการสื่อสารแบบ LOS หรือ NLOS กรณีการสื่อสารแบบ LOS อุปกรณ์เครื่องส่งและเครื่องรับจะติดต่อกันได้ ต้องมีการติดตั้งจานรับสัญญาณหรือสายอากาศในแนวการสื่อสารที่ตรงกันและต้องไม่มีสิ่งกีดขวางมาบดบังการแพร่กระจายของคลื่นความถี่วิทยุ และเพื่อความสะดวกในการสำรวจเส้นทางการแพร่กระจาย รวมถึงปัญหาที่เกิดจากสิ่งกีดขวางต่าง ๆ จึงมีการนิยามพื้นที่ดังกล่าวว่าเป็น Fresnel Zone ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการแพร่กระจายพลังงานส่วนใหญ่จากคลื่นความถี่วิทยุตลอดเส้นทางไปสู่เครื่องรับปลายทาง โดยขอบเขตของพื้นที่ Fresnel Zone จะกว้างใหญ่เพียงใดขึ้นอยู่กับความถี่ของคลื่นวิทยุที่ใช้รับ-ส่ง และระยะห่างระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ



รูปที่ 2.9 การสื่อสารแบบ LOS(Line of Sight) และ NLOS(Non-Line of Sight)

ในทางทฤษฎี การรับส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุแบบ LOS จะมีพื้นที่ Fresnel Zone หลายชั้น หากต้องการตรวจสอบแนวพื้นที่เพื่อหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวาง มักพิจารณาจากเฉพาะพื้นที่ Fresnel Zone แรก โดยมีวิธีดังนี้ 1. กำหนดให้พื้นที่ 0.6 เท่าของ Fresnel Zone แรก เป็นเขตปลอดสิ่งกีดขวาง คือ ทดลองเล็งแนวยิงสัญญาณคลื่นวิทยุระหว่างจุดรับส่งต้นทางและปลายทาง 2. หากมีสิ่งกีดขวางใดบดบังภายในพื้นที่ 60 เปอร์เซ็นต์ของ Fresnel Zone แรก ก็จะทำการเปลี่ยนมุมยิงจนกว่าจะไม่พบสิ่งกีดขวางอื่นใดอีก

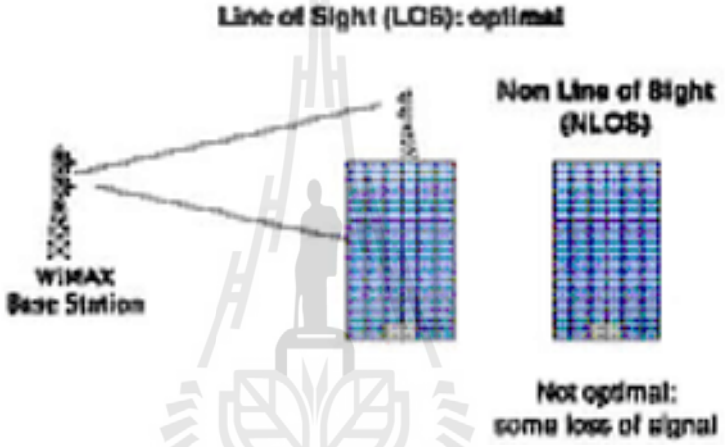


รูปที่ 2.10 การสื่อสารแบบ LOS

ส่วนการสื่อสารแบบ NLOS ใช้ในการติดต่อสื่อสารแบบเดียวกับโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ คลื่นความถี่วิทยุจากเครื่องส่งสามารถเดินทางมายังเครื่องรับได้ไม่ว่าจะ เป็นการแพร่กระจายในแนวตรง หรือสะท้อนจากสิ่งกีดขวางใด ๆ ผลจากการสะท้อนของสัญญาณต่าง ๆ จากหลายเส้นทาง จะมีผลทำให้ระดับความแรงของสัญญาณโดยรวมที่ปรากฏที่เครื่องรับนั้น มีค่าน้อยกว่าการรับส่งแบบ LOS อีกทั้งยังมีผลทำให้รูปทรงของสัญญาณผิดเพี้ยนไป เนื่องจากการแทรกสอดของสัญญาณที่มาจากหลาย ๆ ทิศทางและมีเวลาหน่วยแตกต่างกัน ซึ่งปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Multi-path Fading

แม้ ว่าการสื่อสารแบบ NLOS จะก่อให้เกิดปัญหากับการสื่อสารข้อมูล ทำให้เกิดความยุ่งยากในการปรับสภาพของสัญญาณ (Signal Conditioning) อีกทั้งยังมีผลทำให้พื้นที่ให้บริการแคบลงหรือมีระยะทางการสื่อสารสั้นกว่า การสื่อสารแบบ LOS อีกด้วย แต่สำหรับ WiMAX ถือว่า การสื่อสารแบบNLOS มีข้อดีมากมาย *ประการแรก* คือ เนื่องจากพื้นที่ให้บริการแยกย่อยออกเป็นเซล (Cell) เพื่อปรับสมดุลระหว่างขนาดของพื้นที่ให้บริการ ความถี่วิทยุที่ใช้พื้นที่ในนั้น ๆ และปริมาณวงจรหรือความจุของช่องสัญญาณที่ใช้รองรับการใช้งานในเซลนั้น ๆ ทำให้สามารถนำความถี่ที่ใช้ในเซลนั้น ๆ ย้อนกลับไปใช้ใหม่ได้ในเซลอื่น ๆ ที่อยู่ไกลออกไป(Frequency Reuse)เป็นกลวิธีที่ผู้ออกแบบระบบโครงข่ายสื่อสารไร้สายต้องใช้เพื่อบริหาร จัดการทรัพยากรความถี่ที่ได้รับ

สัมปทานมาให้เกิดประโยชน์สูงสุด *ประการที่สอง* คือ การออกแบบเครื่องลูกข่าย ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบ และต้องให้ความสำคัญของผู้ใช้งานเป็นหลัก โดยทั่วไปแล้ว ผู้บริโภคย่อมต้องการความสะดวกสบายและคล่องตัวในหยิบฉวยอุปกรณ์สื่อสารไปใช้ งานสามารถนำไปใช้งานที่ใดก็ได้ ซึ่งต่างกับการสื่อสารแบบ LOS ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการได้หมด การสื่อสารแบบLOS ต้องคอยระมัดระวังเรื่องอุปกรณ์เครื่องลูกข่าย(SS)ให้อยู่ในแนวยิงสัญญาณกับสถานีฐาน(BS) เป็นเรื่องวุ่นวายสำหรับผู้ใช้งาน ซึ่งแบบLOS จึงไม่เป็นที่นิยมใช้การสื่อสารในแต่จะใช้รับส่งสัญญาณแบบ LOS สำหรับเป็นช่องทางส่งสัญญาณในลักษณะของสถานีทวนสัญญาณ



รูปที่ 2.11 การสื่อสารแบบ LOS และ NLOS

การติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีฐาน(BS) กับสถานีลูกข่าย (SS)

มีสองทิศทางคือ การส่งข้อมูลจาก สถานีลูกข่ายไปยังสถานีฐาน เรียกว่า ขาขึ้น (Uplink) และส่งข้อมูลจากสถานีฐานไปยังสถานีลูกข่าย เรียกว่า ขาลง (Downlink) ดังนั้น Duplex scheme สำหรับ uplink กับ downlink มีได้ 2 รูปแบบหลักดังนี้

1. TDD (Time Division Duplex) การส่งจะถูกแบ่งช่วงเวลาออกเป็น frame และในแต่ละ frame มีการแบ่งช่วงเวลาย่อยเป็น 2 sub frames คือ uplink sub frame และ downlink sub frame การส่งข้อมูลทิศทาง uplink จะถูกส่งในช่วงเวลา uplink sub frame ขณะที่การส่งข้อมูลทิศทาง downlink ส่งในช่วงเวลา downlink sub frame ที่ความถี่เดียวกัน แต่แบ่งการส่งคนละช่วงเวลา TDD รองรับการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาของ frame ได้ คือ สัดส่วนช่วงเวลาของ uplink sub frame กับ downlink sub frame สามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นกับปริมาณ traffic ของ uplink และ downlink ดังนั้น TDD จึงมีความยืดหยุ่นในการจัดการ bandwidth ค่อนข้างมาก

2. FDD (Frequency Division Duplex) เป็นการส่งข้อมูล uplink กับ downlink ส่งที่คนละความถี่ จึงทำให้การส่งสามารถส่งได้ในเวลาเดียวกัน อีกทั้ง FDD ยังรองรับ CPE ที่เป็นแบบ Half-FDD คือ อุปกรณ์ลูกข่ายจะส่งข้อมูลและรับข้อมูลคนละเวลา ขณะที่อุปกรณ์ลูกข่ายกำลังส่งข้อมูลนั้น จะไม่สามารถรับข้อมูลได้ แต่การส่งและรับข้อมูลยังใช้คนละความถี่ การใช้รูปแบบ Half-FDD อุปกรณ์จะมีราคาที่ถูกกว่า full FDD เพราะส่วนประกอบภาครับสัญญาณกับภาคส่งสัญญาณของอุปกรณ์สามารถใช้ชุดเดียวกัน ร่วมกันได้

ทั้งนี้ ภายใน Frame ของ TDD และ FDD จะมีการแบ่งออกเป็น Time Slot ซึ่งในการส่งข้อมูลระหว่างสถานีฐานและสถานีลูกข่ายนั้น จะต้องส่งให้ตรงตาม Time Slot ทำให้ต้องมีการตั้งเวลา หรือ Synchronize โดยเฉพาะในส่วนของ Uplink เนื่องจากมีหลายสถานีลูกข่าย จึงอาจจะก่อให้เกิดการส่งข้อมูลมาชนกัน ต้องใช้ Time Division Multiple Access (TDMA) ช่วยจัดตารางเวลาให้ ซึ่งควบคุมโดยสถานีฐานอีกที

นอกจากนี้ สถานีฐานยังมีส่วนในการปรับเปลี่ยนและกำหนดคุณสมบัติทางกายภาพในการรับส่ง ของแต่ละสถานีลูกข่าย เช่น การปรับเปลี่ยน Modulation Scheme ให้เหมาะสมในแต่ละสภาพของ Channel เช่น ขณะนั้นๆ channel มีสัญญาณรบกวนมาก สถานีฐานก็จะปรับเปลี่ยนคุณสมบัติทางกายภาพของการส่ง โดยให้มีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนมากขึ้น เพื่อให้สามารถสื่อสารกันต่อไปได้ โดยเทคนิคนี้ เราเรียกว่า Adaptive Burst Profile

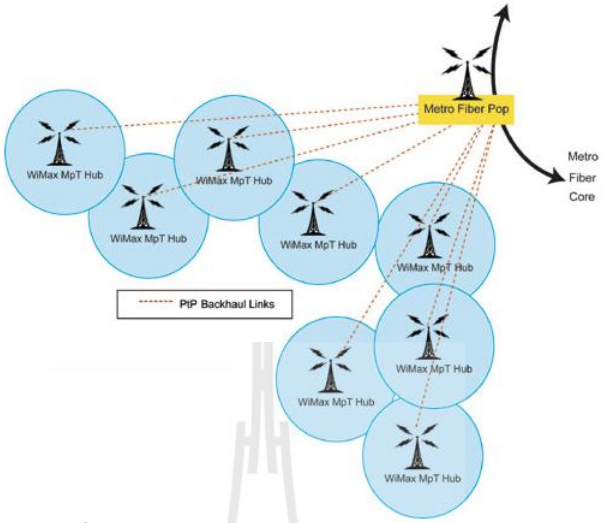
หลักการทำงานของเทคโนโลยี WiMAX มาตรฐาน 802.16 นำหลักการ ของ OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) ซึ่งเป็นคลื่นความถี่วิทยุขนาดเล็กระดับkHz มาใช้ OFDM เป็นแบบแผนการส่งของตัวเลือกต่อข้อมูลที่มีความเร็วสูง โดยพื้นฐานแล้ว เป็นรูปแบบของการส่งที่เรียกว่า “สามารถใช้ความถี่คลื่นวิทยุได้หลากหลาย” ซึ่งมีแนวคิดการแบ่งให้ข้อมูลระดับสูงส่งผ่านไปยังข้อมูลในระดับที่ต่ำกว่า ซึ่งขนานกันจำนวนมาก

โครงสร้างเครือข่ายการทำงานของระบบ WiMAX แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ Base Station และ Subscriber Station ในส่วน Base station ทำหน้าที่ ควบคุมการทำงาน และ เป็นตัวเชื่อมสัญญาณให้กับ Subscriber Station ซึ่งคำนึงถึง function ที่ต้องการของแต่ละ Subscriber จึงเป็นผลให้ การเชื่อมต่อระหว่าง Base Station และ subscriber Station มีโครงสร้างที่แตกต่างกันได้แก่

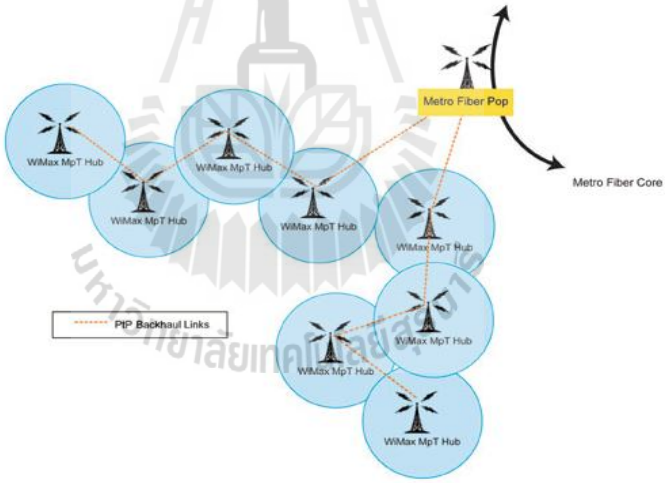
1. WiMax Multi-point Access + Point-to-Point (or daisy-chained) Backhaul

เป็นรูปแบบการเชื่อมต่อ ระหว่าง Base Station และ subscriber Station โดยรูปแรก ทั้งหมดจะเชื่อมต่อแบบ point-to-point กับ Base Station ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่บริการให้คลอบคลุม อีกทั้งยัง

ประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง ในรูปที่สอง ทั้งหมดจะเชื่อมต่อแบบ point-to-point เช่นกัน ต่างเพียงแค่ subscriber Station สามารถเชื่อมต่อกันเองได้ ซึ่งเรียกว่า daisy-chained



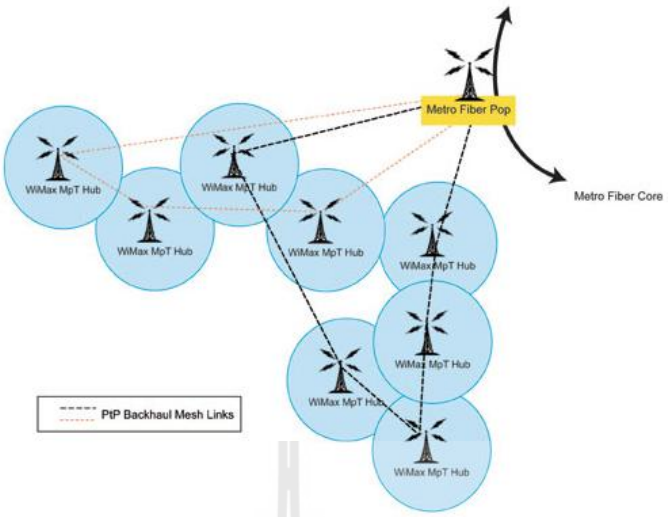
รูปที่ 2.12 WiMax MpT Access + PtP Backhaul



รูปที่ 2.13 WiMax MpT Access + Daisy-Chained PtP Backhaul

2. WiMax Multi-point Access + Meshed Point-to-Point (PtP) backhaul

ในรูปแบบนี้ เหมาะสำหรับพื้นที่ท้องถิ่นซึ่งห่างไกล โดย มีการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ Multi-point ซึ่ง แต่ละ subscriber Station สามารถเชื่อมต่อกันเองได้ในลักษณะ Meshed Point-to-Point หรือใยแมงมุม



รูปที่ 2.14 WiMax MpT Access + Meshed Backhaul

Signals & Systems Concepts

ระบบ WiMAX จะประกอบด้วยส่วนสำคัญต่างๆ ดังนี้

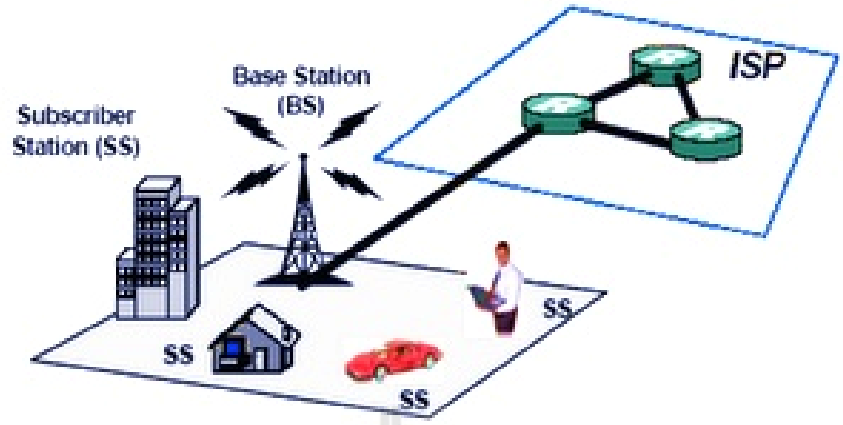
- สถานีฐาน (Base Station - BS) ควบคุมการรับส่งข้อมูลของสถานีลูกข่ายหรือ Subscriber Station (SS) ทั้งหมดในพื้นที่บริการของสถานีฐาน หรือ cell นอกจากนี้สถานีฐาน ยังทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อกับ wired Internet backbone
- สถานีลูกข่าย (Subscriber Station - SS) ติดต่อกับสถานีส่งผ่านอุปกรณ์ลูกข่าย หรือ Customer Premises Equipment (CPE)

อุปกรณ์ CPE มี 3 รูปแบบคือ

1. Fixed CPE มีการติดตั้งอุปกรณ์ และเสาอากาศที่มีตำแหน่งที่คงที่

2. Nomadic หรือ Portable CPE อุปกรณ์สามารถพกพาเคลื่อนย้ายได้ แต่อุปกรณ์จะต้องติดตั้งอยู่กับที่ในขณะใช้งาน

3.Mobile CPE อุปกรณ์สามารถใช้งานในขณะเคลื่อนที่ได้(Mobility) อุปกรณ์ CPE นี้อาจจะอยู่ในรูปแบบของ PCMCIA USBหรือ flash Network card ที่ใช้กับอุปกรณ์ notebook PDA หรือ smart phone ซึ่งในอนาคต mobile CPE นี้จะถูกรวมเป็นอุปกรณ์พื้นฐานอยู่บน notebook PDA หรือ smart phone ไปในตัว



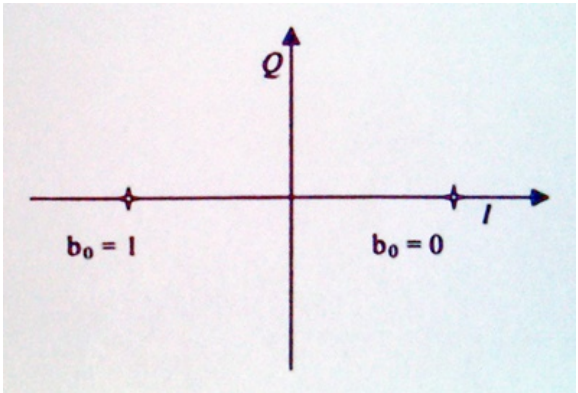
รูปที่ 2.15 รูปแบบการส่งสัญญาณจาก Base Station

Digital Modulation

ระบบการสื่อสารของ WiMAX จะใช้ Digital Modulation ในการ Modulate สัญญาณที่เป็น Analog ด้วยลำดับของ digital โดยการส่งผ่านสื่อกลางต่างๆ เช่น Fiber, Radio Link เป็นต้นซึ่งมี 3 รูปแบบ ที่รองรับกับมาตรฐาน WiMAX IEEE 802.16 ได้แก่ BPSK, QPSK, 16-QAM และ 64-QAM

Binary Phase Shift Keying (BPSK)

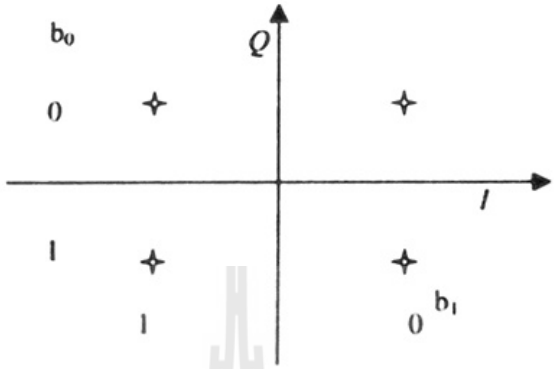
BPSK เป็นการ Modulation แบบ Binary เช่น Symbol (กลุ่มรหัสข้อมูล) ในการ Modulation 1 ตัว จะเท่ากับ 1 bit ซึ่งจะทำให้สัญญาณรบกวน หรือ Noise ต่างๆ ไม่สร้างผลกระทบ BPSK จะใช้ความแตกต่างของ Phase ในการ Encode bit กลุ่มรหัสข้อมูลของการ Modulation จะเทียบเท่ากับ 1 phase ซึ่ง Phase ของการ Modulate สัญญาณเท่ากับ pine โดยส่วนใหญ่แล้วมักจะแสดงสัญญาณในรูปแบบของกลุ่มดาว ดังภาพ



รูปที่ 2.16 รูปแบบสัญญาณ BPSK

Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)

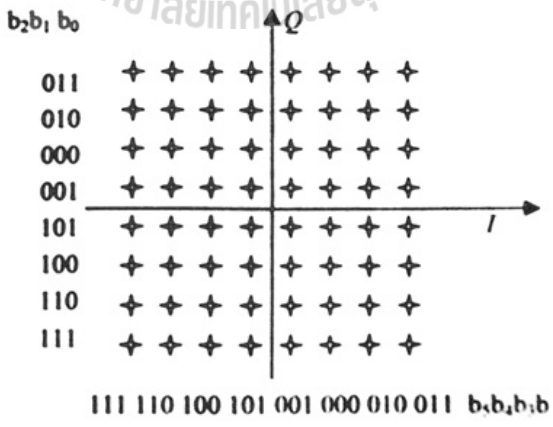
QPSK จะใช้กลุ่มรหัสข้อมูล Modulation แบบ 2 bit ซึ่งจะทำให้มีความแข็งแรงของสัญญาณมากกว่าแบบ BPSK



รูปที่ 2.17 รูปแบบสัญญาณ QPSK

Quadrature Amplitude Modulation (QAM): 16-QAM and 64-QAM

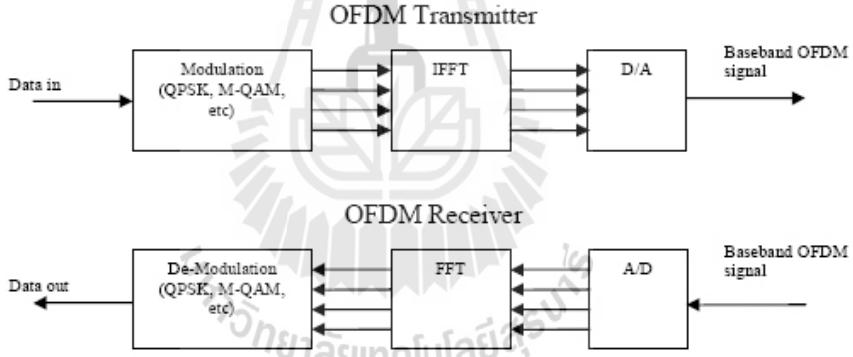
การเปลี่ยนแปลง Amplitude ของ Sinusoidal carrier จะขึ้นอยู่กับลำดับ digital ที่จะต้องถูกรับ-ส่งซึ่ง Phase ของมันจะมีค่ามากกว่า pine/2 และการ Modulation ของ Amplitude นี้จะเรียกว่า Quadrature จะเห็นได้ว่า ถ้าเราอ้างอิงจากทฤษฎีของการรับส่งข้อมูล 64-QAM จะเป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพราะ 4-QAM จะมีการ Modulation ที่เหมือนกันกับ QPSK คือ 2 bits/Modulation Symbol ส่วน 16-QAM จะเป็นแบบ 4 bits/Modulation Symbol และ 64-QAM จะเป็นแบบ 6 bits/Modulation Symbol



รูปที่ 2.18 รูปแบบสัญญาณ QAM

OFDM หรือ Orthogonal Frequency Division Multiplexing

เป็นหัวใจสำคัญของมาตรฐาน WiMAX โดยเป็นข้อกำหนดที่ตรงกับมาตรฐาน IEEE 802.16 ซึ่ง OFDM นั้น เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้การรับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูงผ่านคลื่นความถี่วิทยุภายใต้เงื่อนไขการ แพร่กระจายสัญญาณแบบ NLOS (Non Line of Sight) หรือการสื่อสารทางอ้อม สำหรับการรับส่งข้อมูลด้วยเทคโนโลยี OFDM จะมีข้อแตกต่างออกไป โดยก่อนจะทำการส่ง จะแยกแถบความถี่ออกเป็นแถบความถี่ย่อยๆ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ต้องการจะส่งมาทำการเรียงลำดับได้เป็นกลุ่มรหัสข้อมูล (Symbol)โดยเนื้อหาข้อมูลที่อยู่ภายในแต่ละกลุ่มรหัสข้อมูลนั้นไม่จำเป็นว่า จะต้องเป็นข้อมูลของผู้ใช้บริการรายเดียว เป็นการเพิ่มเงื่อนไขในการทำงานขึ้นจากมาตรฐาน Spread Spectrum แทนที่จะส่งข้อมูลออกไปในแถบความถี่กว้าง ก็ให้นำข้อมูลมาจัดเป็นกลุ่มรหัสข้อมูลเสียก่อน ซึ่งกลุ่มรหัสข้อมูลแต่ละกลุ่มจะถูกนำส่งออกอากาศโดยมีการกำหนดแบ่งแยกแถบ ความถี่ออกเป็นแถบย่อยๆ มีจำนวนแถบเท่ากับกลุ่มรหัสข้อมูล ส่วนที่จะกำหนดให้มีกี่กลุ่มรหัสข้อมูลหรือแถบความถี่ย่อยนั้นแล้วแต่ข้อ กำหนดของเทคโนโลยีนั้นๆ



รูปที่ 2.19 Basic OFDM Transmitter และ Receiver

จากภาพเป็นการแสดงขั้นตอนการส่งข้อมูลตามลำดับของระบบ เริ่มต้นจากการส่งระบบจะรับ data ที่เป็น digital bit เข้ามา ผ่านการ modulation และเข้าระบบ Inverse Fast Fourier Tranform จะได้สัญญาณออกมาเป็น analog และในการรับข้อมูลจะทำงานสวนทางกับการส่ง โดยจะทำงานย้อนกลับ ผ่าน Fast Fourier Tranform และผ่าน demodulation กลับสัญญาณ analog ให้เป็น digital เหมือนเดิม แล้วจึงจะนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลต่อ ซึ่ง WiMAX ใช้วิธีการนี้ในการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ที่เป็น digital แปลงให้เป็น analog ส่งขึ้นเป็นคลื่นวิทยุผ่านอากาศไปยังเสา WiMAX และส่งข้อมูลกลับเป็น digital ไปยังเครื่องอื่นๆต่อไป

คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Layer)

การสื่อสารแบบทิศทางอ้อม (Non Line of Sight) เป็นการสื่อสารหลักที่ใช้ใน WiMAX เทคโนโลยีที่รองรับ คุณสมบัติ Non Line of Sight มี 2 แบบคือการ Modulation แบบ OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) และ OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) เพราะ Modulation ทั้งสองนี้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาเรื่องความแตกต่างของเวลาในแต่ละทิศ ทางของสัญญาณ (Delay spread) และความแตกต่างของสัญญาณในแต่ทิศทาง (Multipath fading) ในการส่งแบบ Non Line of Sight บริษัทผลิตอุปกรณ์ WiMAX ส่วนใหญ่จะเลือกใช้เทคโนโลยี OFDM สำหรับอุปกรณ์ Fixed หรือ Portable Broadband Wireless Access หรือ IEEE 802.16-2004 ส่วนเทคโนโลยี OFDMA จะถูกใช้ในอุปกรณ์ Mobile Broadband Wireless Access หรือ IEEE 802.16e เพราะ OFDMA มีสามารถรองรับการ Roaming ได้ดีกว่า OFDM ซึ่งจากการค้นคว้า บริษัทต่างๆ ในต่างประเทศที่ผลิตอุปกรณ์ WiMAX จะแตกต่างกันไปในการใช้หลักการ Modulation โดยในบางบริษัทก็ใช้ OFDM ทั้งแบบ IEEE 802.16 และ IEEE 802.16e หรือในบางบริษัท ในทิศทาง downlink ใช้ OFDM แต่ในทิศทาง uplink ใช้ OFDMA ซึ่งก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน แต่ก็ยังสรุปไม่ได้ว่าอะไร เหมาะสมมากน้อยกว่ากัน โดยการส่งผ่านข้อมูลของ WiMAX แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ FEC และ modulation

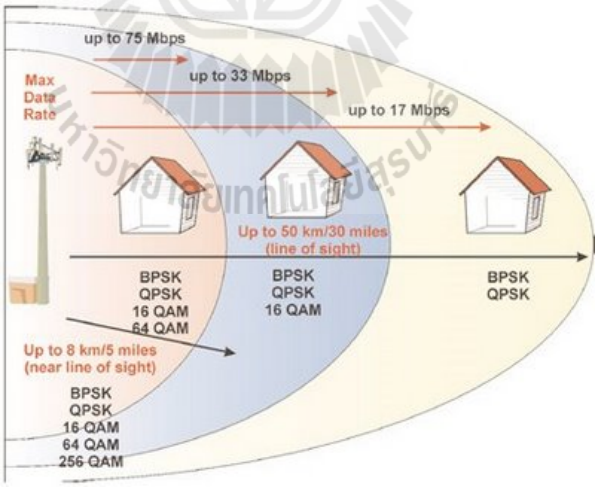
การแก้ไขข้อมูลที่ผิดพลาดจากการส่งข้อมูล (FEC - Forward Error Correction)

ระบบ FEC จะช่วยตรวจจับและแก้ไขบิตที่ผิดพลาดในขณะที่ส่งข้อมูลที่เกิดจาก noise ซึ่งจะช่วยลดระดับของสัญญาณรบกวนที่ต้องการลง FEC จะเป็นการพ่วงข้อมูลส่วนที่ใช้สำหรับการตรวจจับและ แก้ไขบิตที่ผิดพลาด (FEC bits) ไปกับข้อมูลจริง ที่ด้านผู้รับหรือ receiver ก็จะคำนวณข้อมูลที่ได้รับและเปรียบเทียบกับ FEC bits เหล่านี้ ซึ่งผู้รับสามารถตรวจได้ว่ามี bit ไหนที่มีความผิดพลาดเกิดขึ้นแล้วทำการแก้ไข แต่ในส่วนของ FEC bits ที่เพิ่มเข้ามาจะเป็นส่วนเกินที่ไม่ได้บรรจุข้อมูลใช้งาน ซึ่งเรียกว่า overhead ทำให้ความเร็วในส่งข้อมูลถูกลดทอนลงเพื่อไปใช้สำหรับการ overhead จึงทำให้ความเร็วของการส่งข้อมูลจริงลดลง มีการวัดปริมาณ overhead ของ FEC ในรูปแบบของ coding rate เป็น ½, ¾ เป็นต้น ตัวอย่างเช่น ถ้าใช้ FEC ด้วย coding rate ½ ความเร็วหลังจากการ coding จะลดลงครึ่งหนึ่ง WiMAX หลักของ RS-CC (Reed Solomon & Convolutional Coding) ในการ coding rate ซึ่ง code rate ยิ่งต่ำ ความสามารถรองรับสัญญาณรบกวนที่ระดับสูงขึ้นก็จะยิ่งดี เพราะจะตรวจจับและแก้ไข bit ที่ผิดได้ละเอียดขึ้น แต่ความเร็วสุทธิในการส่งข้อมูลจะลดลง ดังนั้นสถานีฐานต้องทำการปรับเปลี่ยน code rate ให้เหมาะสมกับสภาวะของช่องสัญญาณ

ในขณะนั้นๆ เช่น เมื่อในสภาวะที่มีสัญญาณรบกวนน้อยซึ่งมีผลทำให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูลอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้นจึงมีการปรับใช้ coding rate ที่สูงขึ้นเพื่อลด overhead แต่ยังคงการตรวจจับ bit ที่ผิดพลาดอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เพื่อให้การส่งข้อมูลเร็วขึ้น และบางสภาวะที่สัญญาณรบกวนอยู่ในระดับสูงจนเกิด bit ที่ผิดพลาดมากจน FEC ไม่สามารถทำการแก้ไขได้ จะมีการใช้ระบบ ARQ (Automatic RepeatRequest) เพื่อเป็นการส่งข้อมูลเดิมซ้ำเพื่อแทนที่ข้อมูลที่ผิดพลาดมาตรวจจับอีกครั้ง

Adaptive Modulation

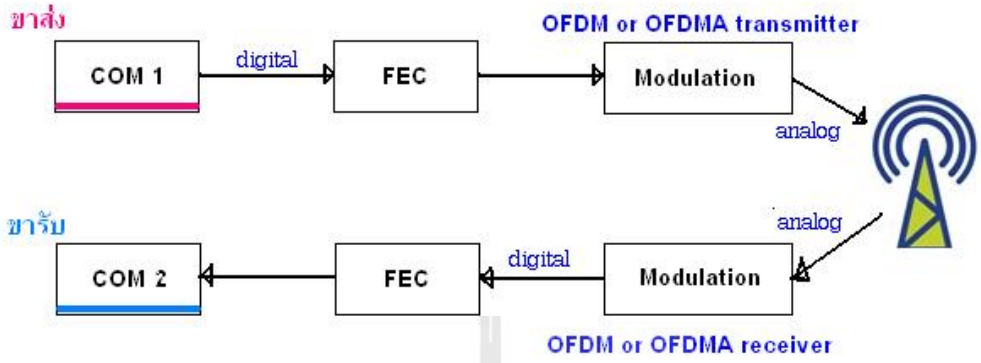
การ modulation เป็นขั้นตอนต่อมาจาก FEC โดยในมาตรฐานมีอยู่ 4 แบบ คือ BPSK, QPSK, 16-QAM และ 64-QAM จากหัวข้อ Digital Modulation โดยความเร็วในการส่งข้อมูลจะเรียงจากน้อย ไปมากตามลำดับ ซึ่ง 64-QAM จะมีความเร็วสูงสุด BPSK จะมีความเร็วต่ำสุด แต่ในทางกลับกันการส่งข้อมูลที่ช้าจะทนต่อสัญญาณรบกวนที่สูงได้มากกว่า การส่งข้อมูลเร็วๆ ทำให้ coding rate มีผลกับการเลือกใช้ modulation ดังนั้นจึงต้องมีการปรับเปลี่ยน coding rate และ modulation ให้เหมาะสมกับสภาวะของแต่ละช่องของสัญญาณในขณะนั้นๆ ซึ่งขั้นตอนนี้เรียกว่า Adaptive Burst Profile



รูปที่ 2.20 ภาพแสดงการ Modulation ที่เหมาะสมกับระยะทางต่างๆ

Conclusion

สรุปการรับส่งข้อมูลของ WiMAX ตาม Signal & System Concepts ตามความเข้าใจที่ได้ดังนี้



รูปที่

รูปที่ 2.21 ภาพสรุปการรับส่งข้อมูลของ WiMAX

เริ่มต้นจากการส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์หรือ data เป็น bit digital ผ่านอุปกรณ์ WiMAX ที่เป็นกล่องคล้ายกับ modem จากนั้นเข้าสู่ระบบ FEC เพื่อตรวจจับข้อมูล bit ที่ผิดพลาด และเพิ่ม FEC bits ผูกติดกับ bit ที่ผิดพลาดไปด้วย จากนั้นจะเข้าสู่การ modulation โดยใช้ OFDM หรือ OFDMA ในการแปลงสัญญาณ digital ที่ได้ให้เป็นคลื่นวิทยุ หรือสัญญาณ analog ส่งขึ้นไปตามอากาศ ไปที่เสาอากาศของ WiMAX เพื่อที่จะส่งต่อไปยัง receiver ที่ต้องการตาม channel ของสัญญาณ โดยที่จะส่งไปเป็นคลื่นวิทยุตามอากาศ และไปเข้าตัวกล่องรับสัญญาณอีกที่หนึ่ง โดยกล่องจะแปลงสัญญาณ analog ที่ได้รับมากลับเป็น digital โดยใช้การ demodulation จากนั้นจะเข้าสู่ FEC อีกครั้งเพื่อเช็คข้อมูลของ bit นั้นกับ FEC bits และแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้อง ซึ่งถ้าข้อมูลไม่สามารถแก้ไขได้ เนื่องจากสัญญาณที่ได้มาถูกรบกวนมาก จะไปเข้าสู่การ ARQ ให้สัญญาณ bit นั้นส่งมาใหม่ เพื่อประมวลผลใหม่ เมื่อได้ข้อมูลที่ถูกต้องแล้ว ข้อมูลก็จะไปอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่งได้โดยสมบูรณ์

2.5 ความเร็ว WiMAX

สำหรับ WiMAX นั้น ได้ให้อัตราความเร็วในการส่งสัญญาณข้อมูลมากถึง 75 เมกะบิตต่อวินาที (Mbps) โดยใช้กลไกการเปลี่ยนคลื่น สัญญาณที่ให้ ประสิทธิภาพสูง สามารถส่งสัญญาณออกไปได้ในระยะทางไกลมากถึง 30 ไมล์ หรือ 48 กิโลเมตร ภายใต้คลื่นความถี่ระดับสูงที่มีประสิทธิภาพใน การ ทำงานสูง ทั้งก็ยังไม่มีปัญหาเรื่องของสัญญาณสะท้อนอีกด้วย นอกจากนั้น

แล้วสถานีฐาน (Base Station) ยังสามารถพิจารณาความเหมาะสมในระหว่าง ความเร็วและระยะทางได้อีก

ตัวอย่างเช่น ถ้าหากการใช้เทคนิคในแบบ 64 QAM (Quadarature Amplitude Modulation) ไม่สามารถรองรับการ สื่อสารที่มีประสิทธิภาพได้ การเปลี่ยนไปใช้ 16 QAM หรือ QPSK (Quadarature Phase Shift Key) ซึ่งจะช่วยเพิ่มระยะทางการในการสื่อสาร ให้มากขึ้นได้

ความสามารถ WiMAX

WiMAX มีความสามารถในการส่งกระจายสัญญาณจากจุดเดียวไปยังหลายจุด (Point-to-Multipoint) และสามารถทำงานในแบบ (Non-Line-of-Sight) คือ สามารถทำงานได้แม้มีสิ่งกีดขวางก็ตาม เช่น อาคาร ต้นไม้ ได้เป็นอย่างดี

WiMAX สามารถทำการเชื่อมต่อแบบไร้สายได้ด้วยความรวดเร็วและต่อเนื่อง และรองรับการส่งข้อมูลขนาดใหญ่ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลภาพ เสียง วีดีโอสตรีมมิ่ง ไปยังอุปกรณ์เคลื่อนที่ และยังช่วยให้ผู้ใช้งานที่ต้องการใช้งาน Application อยู่ที่บ้าน หรือที่ทำงาน และแม้กระทั่งระหว่างการเดินทาง ให้สามารถเข้าถึงบริการต่างๆ ได้อย่างต่อเนื่องและราบรื่น

2.6 ศักยภาพในการให้บริการ WiMAX

ศักยภาพในการให้บริการสื่อสารข้อมูล ของ WiMAX หมายถึงขอบเขตการให้บริการในพื้นที่การให้บริการและอัตราความเร็วในส่งข้อมูล ทั้งนี้ในปัจจุบันสถานี WiMAX แต่ละแห่งสามารถให้บริการแบบ NLOS ได้ในรัศมีทำการตั้งแต่ 4 – 9 กิโลเมตร รองรับการสื่อสารด้วยอัตราเร็วสูงสุดในช่วง 8 – 11.3 เมกะบิตต่อวินาที ทั้งในช่วงการส่งสัญญาณจากเครื่องลูกข่ายไปยังสถานีฐาน และจากสถานีฐานไปสู่เครื่องลูกข่าย

สำหรับการใช้ WiMAX ในงานสื่อสารระยะทางไกลในรูปแบบการส่งสัญญาณแบบ LOS จะสามารถส่งสัญญาณได้ในระยะทางถึง 30 – 50 กิโลเมตร ทั้งนี้ได้มีการกำหนดย่านความถี่สำหรับการใช้งานในเขตพื้นที่ต่างๆทั่วโลกดังนี้

-ทวีปอเมริกาเหนือกำหนดให้ใช้ย่าน 2.5 และ 5.8 เมกะเฮิรตซ์

-ทวีปอเมริกาใต้กำหนดให้ใช้ย่าน 2.5 3.5 และ 5.8 เมกะเฮิรตซ์

- ทวีปยุโรป และเอเชีย กำหนดให้ใช้ย่าน 3.5 และ 5.8 เมกะเฮิรตซ์

เมื่อมีการพัฒนามาตรฐาน WiMAX ไปสู่ข้อกำหนด IEEE802.16e แล้วการให้บริการเครือข่าย WiMAX ในลักษณะ Hot Zone ซึ่งเป็นการสร้างพื้นที่ให้บริการเฉพาะจุดที่มีศักยภาพ เช่น

ศูนย์การค้า สนามบิน สถานีขนส่งต่างๆ รวมถึงสถาบันการศึกษาเพื่อรองรับการใช้งานที่เครื่องลูกข่ายมีการเคลื่อนที่

2.7 จุดเด่นของเทคโนโลยี WiMAX

Lower Cost – การ ให้บริการ WiMAX เป็นการให้บริการแก่ผู้ใช้จำนวนมาก ดังนั้นราคาของอุปกรณ์ WiMAXจึงราคาถูกรวมถึงค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่อกับโครงข่ายของผู้ให้บริการ ด้วยเนื่องจากการแข่งขันในตลาดสูง

Wider Coverage – ความสามารถในการให้บริการของ WiMAX ทำให้ผู้ใช้งานเกิดเป็นวงกว้าง และสามารถลดจำนวนของอุปกรณ์ BS (Based Station) ต่อบริเวณที่ให้บริการได้ Higher Capacity –WiMAX Technologyสามารถรองรับจำนวนของผู้ใช้งานได้มากและอัตราการส่งข้อมูลที่สูง

Standard for Fixed Broadband Access and Mobile Broadband Access – นี่เป็นจุดเด่นสำคัญที่สุดของ WiMAXมาตรฐานเดียวที่สามารถรองรับการเชื่อมต่อทั้งในแบบที่อยู่กับที่และแบบเคลื่อนที่ได้

2.8 รูปแบบการใช้งาน WiMAX ในส่วนต่างๆ

ระบบบรอดแบนด์ตามความต้องการ (Broadband on-demand) สำหรับระบบเครือข่ายไร้สายมาตรฐาน ระบบการสื่อสารบรอดแบนด์สำหรับที่พักอาศัย ขณะ ที่เทคโนโลยีการใช้งานสายเคเบิลและเทคโนโลยี DSL ที่ถูกใช้งานในปัจจุบันนั้นมีช่องว่างในการใช้งานมาก ด้วยข้อจำกัดของการวางโครงข่ายที่มีอยู่และต้นทุนของการวางระบบ ทำให้ไม่สามารถให้บริการกับผู้ที่ต้องการใช้งานจำนวนมากซึ่งต้องการระบบการ สื่อสารระดับบรอดแบนด์ได้ แต่ข้อจำกัดเหล่านี้จะถูกทลายลงเมื่อมีการเปิดตัวระบบที่อ้างอิงกับมาตรฐาน WiMAX ออกมา โดยแอพพลิเคชันสำหรับการสื่อสารบรอดแบนด์ไร้สาย WiMAX จะช่วยให้สามารถพัฒนางานต่างๆ ที่สนองตอบความต้องการการใช้งานบรอดแบนด์ในรูปแบบต่างๆ ได้ พื้นที่ซึ่งบริการเข้าไม่ถึง นับว่าเทคโนโลยีระบบการสื่อสารอินเทอร์เน็ตไร้สายความเร็วสูงที่ได้อ้างอิง กับมาตรฐาน WiMAX นี้เป็นตัวเลือกที่เหมาะสมเป็นอย่างยิ่ง สำหรับการใช้งานในพื้นที่ห่างไกล ในเขตที่มีข้อจำกัดของการเดินสายนำสัญญาณในระบบ DSL บริการการสื่อสารแบบไร้สายคุณภาพสูง มาตรฐานIEEE 802.16e ซึ่งเป็นส่วนต่อเติมของ IEEE 802.16a นั้นเป็นคุณสมบัติแบบพิเศษที่พัฒนาขึ้นมาให้รองรับการใช้งานในแบบที่ต้องเคลื่อนที่ตลอดเวลา เหมาะสำหรับอุปกรณ์ในแบบพกพาสำหรับการเดินทาง ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานยังสามารถสื่อสารได้โดยให้คุณภาพในการสื่อสารที่ดีและ มีเสถียรภาพขณะใช้งาน แม้ว่ามีการ

เคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาก็ตาม การส่งสัญญาณแบบ Cellular Backhaul ด้วยแบนด์วิดการใช้งานของ WiMAX ที่มีอยู่อย่างเหลือเฟือ จึงทำให้มีความเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งกับการที่จะนำมาใช้งานให้รองรับการส่ง สัญญาณในแบบย้อนกลับไปยังสถานีฐานระบบเซลลูลาร์ ซึ่งมีการติดต่อสื่อสารกันในแบบจุดต่อจุดได้

WiMAX นั้น จะช่วยให้เหล่าโอเปอเรเตอร์ต่างๆ สามารถจัดสรรงานบริการที่มีความเร็วสูงเทียบเท่าระบบเครือข่ายแบบใช้สายได้ โดยใช้เวลาการติดตั้งที่น้อยกว่า มีราคาที่ถูกกว่ามาก นอกจากนั้น WiMAX ก็ยังช่วยให้มีการจัดเตรียมการใช้งานระบบสื่อสารความเร็วสูงในรูปแบบตามความ ต้องการได้ในทันทีทันใด โดยรูปแบบนี้เหมาะสำหรับการทำงานในแบบชั่วคราว อาทิ เช่น การจัดนิทรรศการ การจัดงานงานประชุม การจัดงานแสดงสินค้า เป็นต้น

2.9 WiMAX ในประเทศไทย

โลกไร้พรมแดน ในปัจจุบันนับได้ว่า ได้มีการย่นระยะทาง ค่อนข้างมากแต่ก็ยัง มีต้นทุนในการติดต่อที่สูงและยังติดขัดในเรื่องของเครือข่ายที่ยังไม่ค่อย เสถียรภาพในด้านสัญญาณ เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต ได้ถือกำเนิดขึ้นเป็น โครงข่ายสื่อสารที่โยงใยผู้คนทั่วโลกเข้าไว้ด้วยกัน การสื่อสารไร้สายความเร็วสูงที่ครอบคลุมพื้นที่ได้ถูก วิวัฒนาการขึ้น ให้ผู้คนโลดแล่นไปเฉกเช่นจินตนาการของโลกแห่งเวทมนต์ ก็เพียงแต่คุณอยู่หน้าจอ ก็สามารถเดินทางรอนแรมท่องเที่ยวไปทั่วโลกได้เพียงชั่วพริบตา

ในยุคแรกของการนำเอาเทคโนโลยีบรอดแบนด์ไร้สายมาใช้งานนั้นมักจะมุ่งเน้นไป ที่การเชื่อมต่อแบบ จุดต่อจุด (Point-to-Point) ซึ่งเชื่อมโยงระบบ เครือข่ายภายในอาคาร 2 แห่งเข้าด้วยกัน เพื่อให้ติดต่อสื่อสารถึงกันได้ ซึ่งต่อมาการใช้งานรูปแบบนี้มีข้อจำกัด จึงได้มีการพัฒนาการเชื่อมต่อในอีกรูปแบบหนึ่ง ขึ้น โดยเป็นการเชื่อมต่อแบบจุดหนึ่งไปหลายๆ จุดได้ (Point-to-Multipoint) ซึ่งวิธีการนี้ทำให้ผู้ให้บริการระบบอินเทอร์เน็ต บรอดแบนด์สามารถให้บริการ ที่ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการ ได้กว้างขึ้น ซึ่งในแง่ของธุรกิจแล้วนั้นให้ความคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่าดังนั้นระบบบรอดแบนด์ไร้สายจึงเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้ ผู้ให้บริการสามารถขยายพื้นที่ในการให้บริการบรอดแบนด์ได้อย่างรวดเร็วและมี ประสิทธิภาพ อีกทั้งยังใช้งบประมาณในการลงทุนที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการติด ตั้งระบบบรอดแบนด์แบบใช้สายอย่างโครง–ข่ายใยแก้วนำแสงที่ต้องมีการลากสายและ ติดตั้งท่อ ร้อยสายใต้ดินรวมถึงจะเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้ใช้ในการใช้ บริการบรอดแบนด์ความเร็วสูงในราคาประหยัดอีกด้วย

สำหรับการเติบโตของบรอดแบนด์ทั่วโลกโดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชียนั้นได้มีการ เติบโตอย่างต่อเนื่องในช่วงหลายปีที่ผ่านมาและได้มีการคาดการณ์ไว้ว่า จะยังคงเติบโตต่ออย่างต่อเนื่อง

เนื่องจากความต้องการการสื่อสารข้อมูลที่มีความเร็วสูงมากกว่า แต่เทคโนโลยีเก่าอย่าง Dial-Up ไม่สามารถตอบสนองความ ต้องการของผู้ใช้งานและสื่อแบบมัลติมีเดียที่เป็นการสื่อสารทั้งสัญญาณภาพ เสียงและข้อมูลได้

ดังนั้นจากเหตุผลที่ได้กล่าวมาทำให้เทคโนโลยีการสื่อสารบรอดแบนด์ไร้สายกลาย เป็นทางเลือกใหม่ที่ลงทุนต่ำและเป็นเทคโนโลยีซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ ใช้ในการให้บริการได้หลากหลายไม่ว่าจะเป็นส่วนขยายของบริการฮอตสปอร์ตหรือการบ ริการบรอดแบนด์ความเร็วสูงไปยังจุดซึ่งโครงข่ายใยแก้วนำแสงไม่ได้ ครอบคลุมถึงตลอดจนเป็นส่วนขยายไปยังผู้ใช้ ปลายทางหรือที่เรียกว่า Last Mile ของเทคโนโลยีแบบมีสายอื่นๆ

2.10 ข้อดี WiMAX

1. ความเร็ว สำหรับ WiMAX นั้น ได้ให้อัตราความเร็วในการส่งสัญญาณข้อมูลมากถึง 75 เมกะบิตต่อวินาที (Mbps) โดยใช้กลไกการเปลี่ยนคลื่น สัญญาณที่ให้ ประสิทธิภาพสูง สามารถส่งสัญญาณออกไปได้ในระยะทางไกลมากถึง 30 ไมล์ หรือ 48 กิโลเมตร ภายใต้คลื่นความถี่ระดับสูงที่มีประสิทธิภาพใน การ ทำงานสูง ทั้งก็ยังไม่มีปัญหาเรื่องของสัญญาณสะท้อนอีกด้วย นอกจากนั้นแล้ว สถานีฐาน (Base Station) ยังสามารถพิจารณาความเหมาะสมในระหว่าง ความเร็ว และระยะทางได้อีก ตัวอย่างเช่น ถ้าหากการใช้เทคนิคในแบบ 64 QAM (Quadarature Amplitude Modulation) ไม่สามารถรองรับการ สื่อสารที่มีประสิทธิภาพได้ การเปลี่ยนไปใช้ 16 QAM หรือ QPSK (Quadarature Phase Shift Key) ซึ่งจะช่วยเพิ่มระยะทางการในการสื่อสาร ให้มากขึ้นได้

2. การบริการที่ครอบคลุม นอกจาก WiMAX จะใช้เทคนิคของการแปลงสัญญาณที่ให้ความคล่องตัวในการใช้งานสูง และเปี่ยมประสิทธิภาพแล้ว มาตรฐาน IEEE 802.16a ก็ยังสามารถรองรับการทำงานร่วมกับเทคโนโลยีซึ่งขยายพื้นที่การให้บริการให้ กว้างขวางมากขึ้นได้ ตัวอย่างเช่น ระบบเครือข่าย ที่ใช้สถาปัตยกรรมแบบ ผสมผสาน (Mesh Topology) และเทคนิคการใช้งานกับเสาอากาศแบบอัจฉริยะ (Smart Antenna) ที่ช่วยประหยัดต้นทุนและเพิ่มอัตราความเร็วของ การรับส่งสัญญาณที่ให้สมรรถนะในการทำงานน่าเชื่อถือสู่

3. ความสามารถในการขยายระบบ WiMAX นั้นมีความสามารถในเรื่องการรองรับการใช้งานแบนด์วิดท์, ช่องสัญญาณ สำหรับการสื่อสารได้ด้วยความยืดหยุ่น โดยสามารถปรับให้สอดคล้องกับแผน–การติดตั้งเซลล์ในย่านความถี่ที่ต้องจ่ายค่าลิขสิทธิ์ หรือ ย่านความถี่ที่ได้รับการยกเว้นค่าลิขสิทธิ์ทั่วโลก อาทิเช่น ถ้าโอเปอเรเตอร์ที่ให้บริการนั้น ได้รับคลื่นความถี่ 20 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) ก็สามารถที่จะทำการแบ่งคลื่นความถี่นี้ออกเป็น 2 ส่วน โดยแต่ละส่วนนั้นอยู่ที่ 10 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) หรือจะแบ่ง ออกเป็น 4 ส่วนๆ ละ 5 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) ก็ได้ ทำให้

โอเปอเรเตอร์สามารถบริหารจัดการแต่ละส่วนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังเพิ่มเติมผู้ใช้งานในแต่ละ ส่วนได้อีกด้วย

4. การจัดลำดับความสำคัญของงานบริการ (QoS - Quality of Service) สำหรับระบบเครือข่ายไร้สายมาตรฐาน WiMAX นี้ มีคุณสมบัติด้าน QoS (Quality of Service) ที่รองรับการทำงานของ บริการสัญญาณเสียงและ สัญญาณวิดีโอ ซึ่งต้องการระบบเครือข่ายที่ไม่สามารถทำงานด้วยความล่าช้าได้ บริการเสียงของ WiMAX นี้ อาจจะอยู่ในรูปของบริการ Time Division Multiplexed (TDM) หรือบริการในรูปแบบ Voice over IP (VoIP) ก็ได้ โดยโอเปอเรเตอร์สามารถกำหนดระดับความสำคัญของการใช้งานให้เหมาะ สมกับรูปแบบการใช้งานต่างๆ อาทิ สำหรับบริการให้องค์กรธุรกิจ, ผู้ใช้งานตามบ้านเรือน เป็นต้น

5. ระบบรักษาความปลอดภัย เป็นคุณสมบัติ ที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยคุณสมบัติของการรักษาความลับของข้อมูลและการเข้ารหัสข้อมูล ซึ่ง อยู่ในมาตรฐาน WiMAX ที่จะช่วยให้การสื่อสารมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น แถมยังมีระบบตรวจสอบสิทธิการใช้งานและมีระบบการเข้ารหัสข้อมูลในตัวด้วย

2.11 ประโยชน์จากเทคโนโลยีของระบบ WiMAX

1. ความสามารถในการขยายระบบ WiMAX นั้นมีความสามารถในเรื่องการรองรับการใช้งานแบนด์วิดท์ ช่องสัญญาณ สำหรับการสื่อสารได้ด้วยความยืดหยุ่น โดยสามารถปรับให้สอดคล้องกับแผน–การติดตั้งเซลล์ในย่านความถี่ที่ต้องจ่ายค่าลิขสิทธิ์ หรือ ย่านความถี่ที่ได้รับการยกเว้นค่าลิขสิทธิ์ทั่วโลก เช่น ถ้าโอเปอเรเตอร์ที่ให้บริการนั้น ได้รับคลื่นความถี่ 20 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) ก็สามารถที่จะทำการแบ่งคลื่นความถี่นี้ออกเป็น 2 ส่วน โดยแต่ละส่วนนั้นอยู่ที่ 10 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) หรือจะแบ่ง ออกเป็น 4 ส่วนๆ ละ 5 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) ก็ได้ ทำให้โอเปอเรเตอร์สามารถบริหารจัดการแต่ละส่วนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังเพิ่มเติมผู้ใช้งานในแต่ละ ส่วนได้อีกด้วย

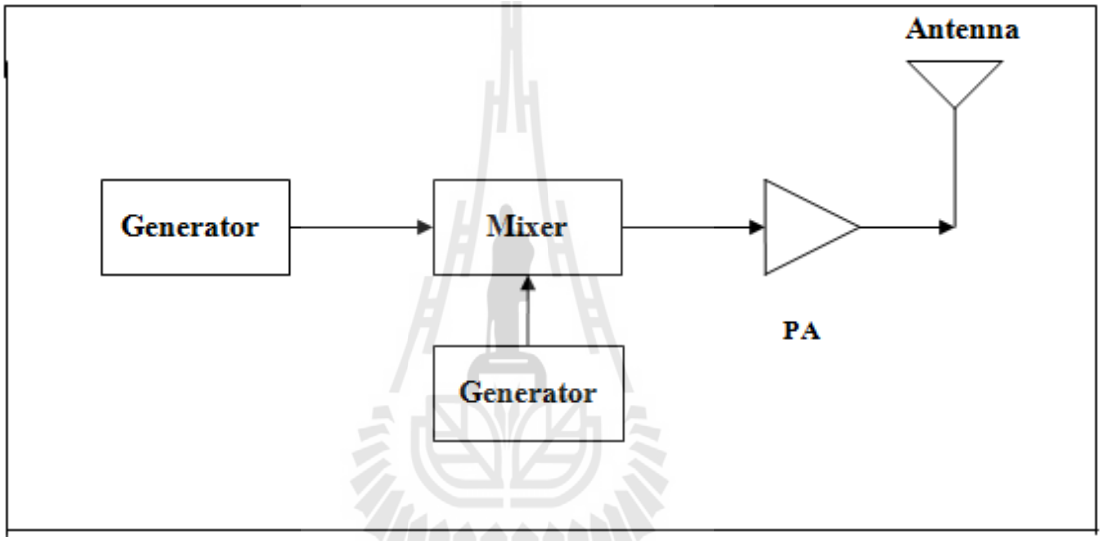
2. ระบบรักษาความปลอดภัยนับเป็นคุณสมบัติ ที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยคุณสมบัติของการรักษาความลับของข้อมูลและการเข้ารหัสข้อมูล ซึ่ง อยู่ในมาตรฐาน WiMAX ที่จะช่วยให้การสื่อสารมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น แถมยังมีระบบตรวจสอบสิทธิการใช้งานและมีระบบการเข้ารหัสข้อมูลในตัวด้วย

3. การประยุกต์การใช้งานทำให้เราสามารถนำ WiMAX ไปประยุกต์เพื่อลดช่องว่างของเทคโนโลยีในพื้นที่ห่างไกลที่เทคโนโลยีเข้าไปไม่ถึง ตลอดจนสนอง ความต้องการการใช้งานบรอดแบนด์ในเมืองที่มีพื้นที่แออัดได้อย่างสะดวกรวด เร็ว และมีค่าใช้จ่ายที่ประหยัดกว่าการติดตั้งเครือข่ายในแบบวางสายสัญญาณที่ ใช้งานกันอยู่

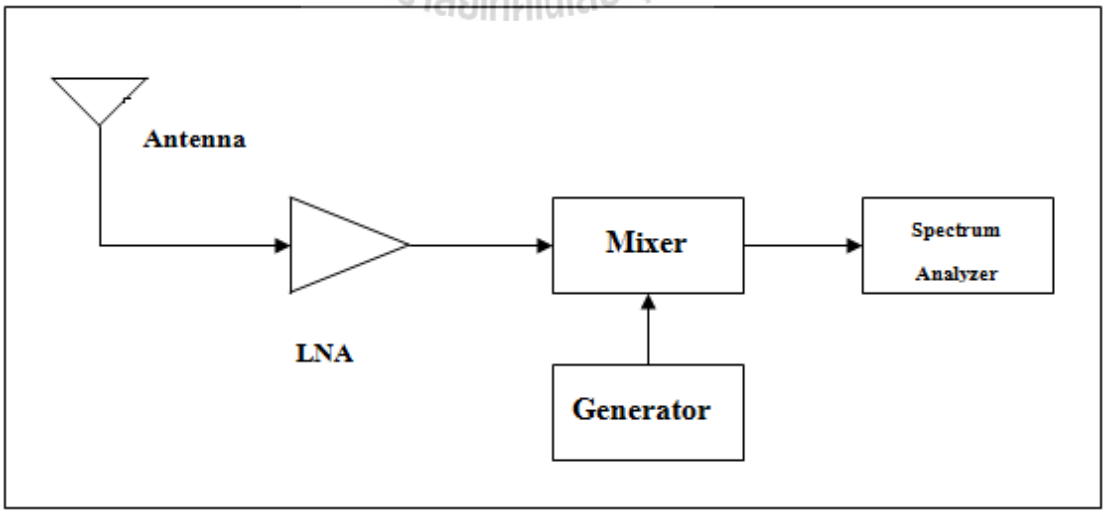
บทที่ 3
การออกแบบและสร้างชุดรับส่งวิทยุ

3.1 บทนำ

ชุดรับส่งวิทยุของระบบ WiMAX ระบบโดยรวมมีองค์ประกอบสำคัญ 2ส่วนคือ ภาคส่งสัญญาณ และภาครับสัญญาณ



รูปที่ 3.1 ภาคส่งสัญญาณ

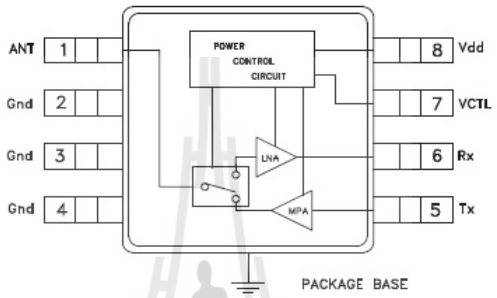


รูปที่ 3.2 ภาครับสัญญาณ

3.2 การเลือกไอซีในการออกแบบวงจร

เนื่องจากเราออกแบบระบบมาให้ใช้ความถี่ในย่าน 2.4 GHz จึงเลือกไอซีที่รองรับการทำงานในย่านความถี่นี้ ซึ่งไอซีที่ใช้ในวงจรมี 2 ตัวคือ ไอซีที่ใช้ในภาครับสัญญาณและภาคส่งสัญญาณ

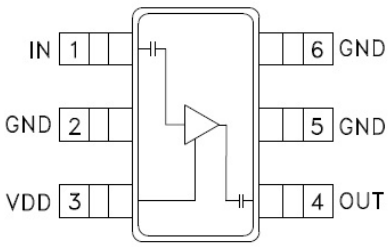
3.2.1 MMIC HMC310MS8G



รูปที่ 3.3 Function Diagram ของ GsAs MMIC TRANSCEIVER, 2.4 GHz (เบอร์ HMC380MS8G)

วงจรดังภาพที่3.3 เป็นไอซีที่ทำหน้าที่เป็น Power Amplifier ใช้ในส่วนของภาคส่งสัญญาณ โดยการรับสัญญาณที่มีความแรงต่ำมาขยายแล้วส่งต่อไปยังสายอากาศ จึงต้องเลือกใช้ขา 5 (Tx) เพราะทำหน้าที่ในภาคส่ง โดยขา 5 จะรับสัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณทางด้านอินพุทแล้ว ขา 1 จะเป็นส่วนทำหน้าที่ส่งสัญญาณที่ขยายแล้วออกไปยังสายอากาศทางด้านเอาท์พุท และขา2,3,4 จะนำมาต่อลงกราวด์ แรงดันจะถูกจ่ายเข้าที่ขา 8 และ 7 แรงดันที่ใช้จะมีค่าเท่ากับ+3V

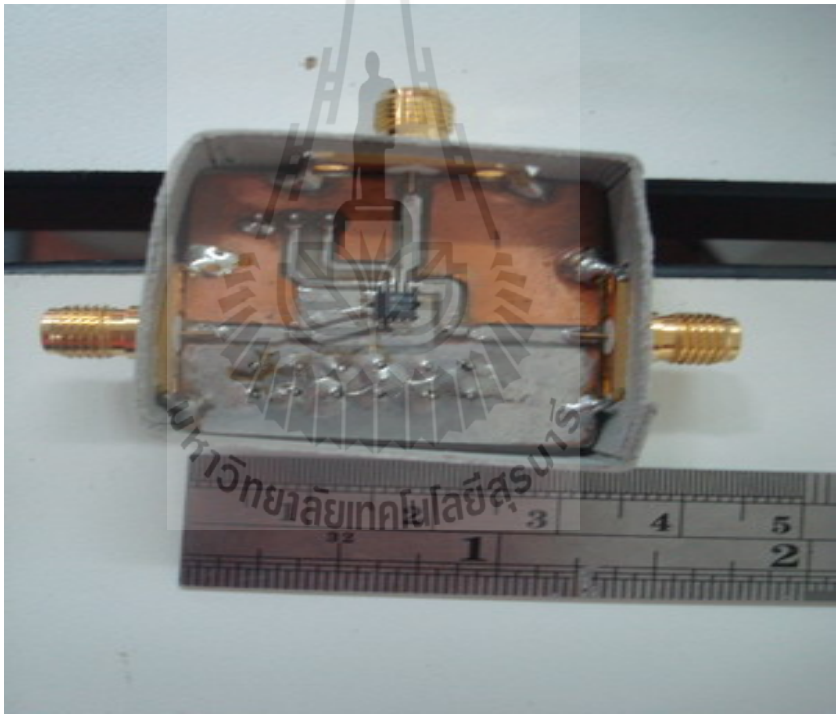
3.2.1 MMIC HMC286



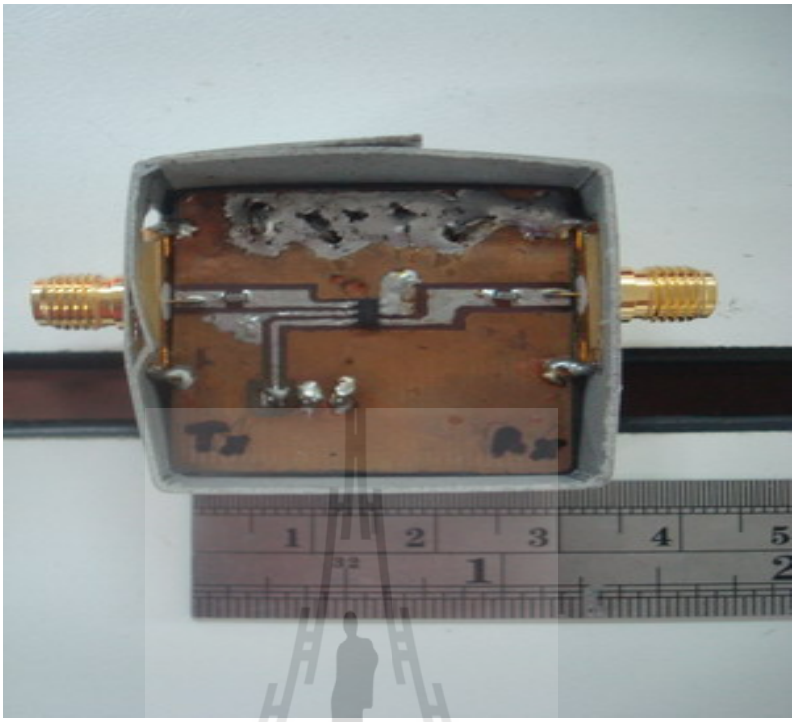
รูปที่ 3.4 Function Diagram ของ GsAs MMIC Low Noise Amplifier, 2.3 - 2.5 GHz (เบอร์ HMC286)

วงจรดังภาพที่ 3.4 เป็นไอซีที่ทำหน้าที่เป็น Low Noise Amplifier ใช้ในส่วนของภาครับสัญญาณ โดยการรับสัญญาณมีความแรงต่ำมาขยาย แล้วส่งต่อไปยังเครื่องรับสัญญาณ โดยรายละเอียดของวงจรประกอบด้วย ขา 1 ของ MMIC Low Noise Amplifierเบอร์ HMC286 จะทำหน้าที่รับสัญญาณจากสายอากาศทางด้านอินพุท แล้วขา 4 จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณที่ขยายแล้วออกไปยังเครื่องรับทางด้านเอาท์พุท ส่วนขา 2,5,6 จะนำมาต่อลงกราวด์ แรงดันจะถูกจ่ายเข้าที่ขา 3 แรงดันที่ใช้จะมีค่าเท่ากับ+3V

3.3 วงจรขยายสัญญาณที่ได้จากการออกแบบ



รูปที่ 3.5 วงจรขยายสัญญาณ MMIC HMC310MS8G (Power Amplifier)

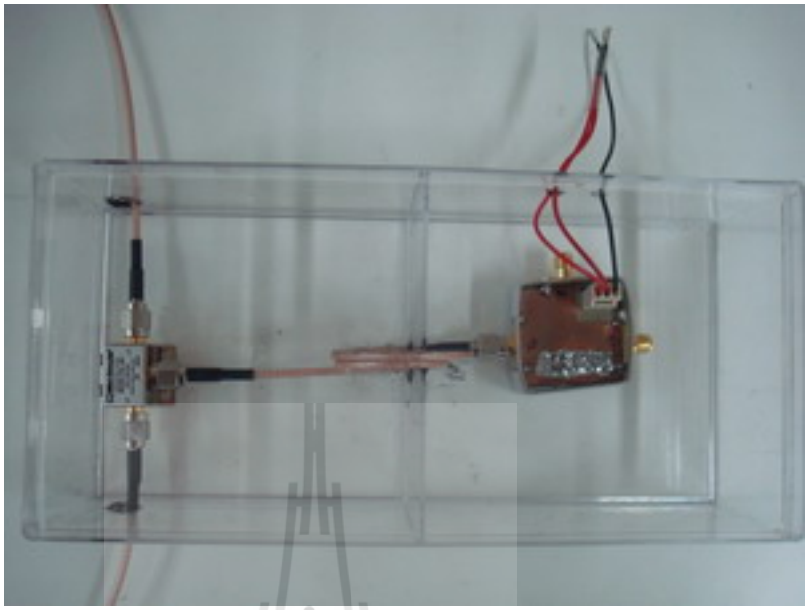


รูปที่ 3.6 วงจรขยายสัญญาณ MMIC HMC286 (Low Noise Amplifier)

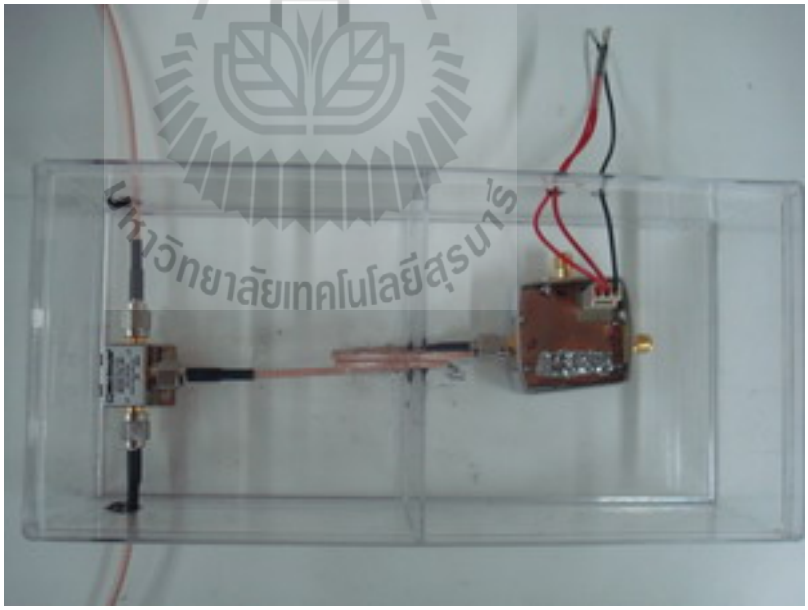
3.4 การประกอบอุปกรณ์ชุดรับส่งวิทยุที่ออกแบบ

เราจะทำการประกอบอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อจะได้นำไปทดสอบการทำงานจริง ซึ่งมีทั้งภาครับและส่งสัญญาณ โดยในภาคส่งสัญญาณจะทำการประกอบ Mixer เข้ากับ Power Amplifier โดยใช้สาย RG 50 โอห์มต่อเข้าที่ขา RF ของ Mixer และขา Tx ของ Power Amplifier ดังแสดงในรูปที่ 3.6

ในภาครับสัญญาณจะทำการประกอบ Low Noise Amplifier เข้ากับ Mixer โดยใช้สาย RG 50 โอห์มต่อเข้าที่ขา Out ของ Low Noise Amplifier และขา RF ของ Mixer ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงการประกอบอุปกรณ์ภาคส่งสัญญาณ



รูปที่ 3.8 แสดงการประกอบอุปกรณ์ภาครับสัญญาณ

บทที่ 4

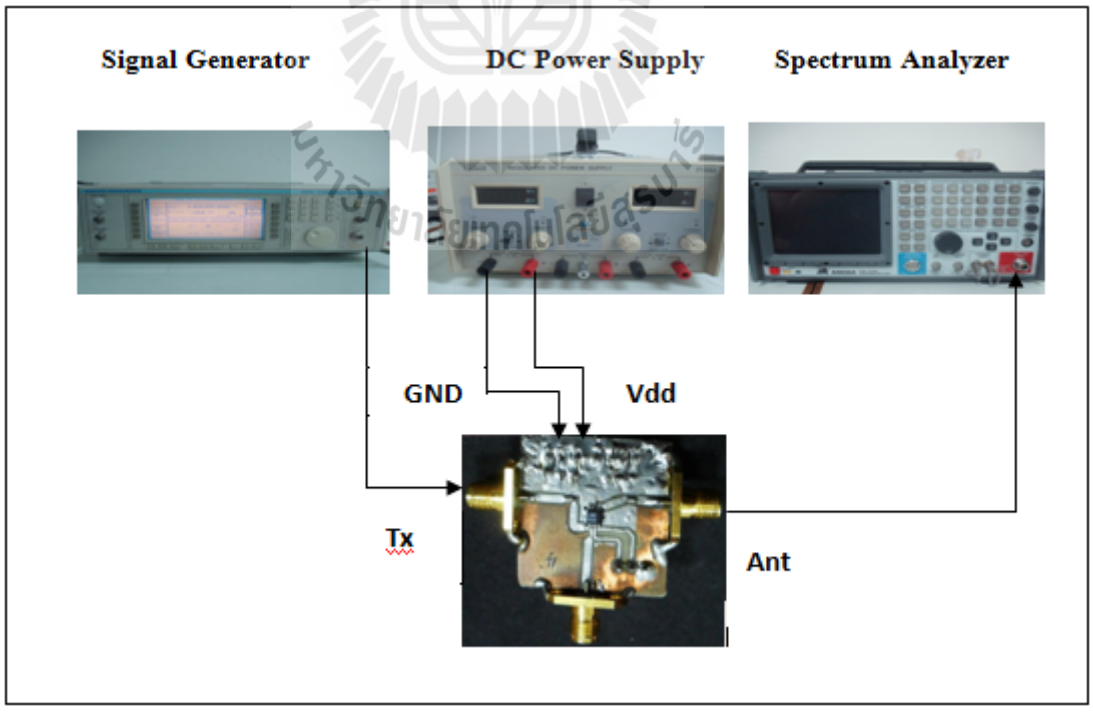
การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 บทนำ

เนื่องจากการออกแบบระบบรับ – ส่งสัญญาณ มีการใช้ Power Amplifier และ Low Noise Amplifier ซึ่งต่างก็มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในวงจรขยายสัญญาณ ดังนั้น จึงต้องมีการทดสอบเพื่อจะได้ทราบว่า วงจรขยายสัญญาณที่เราออกแบบมามีการขยายสัญญาณเกิดขึ้นหรือไม่ และขยายสัญญาณเป็นเท่าใด

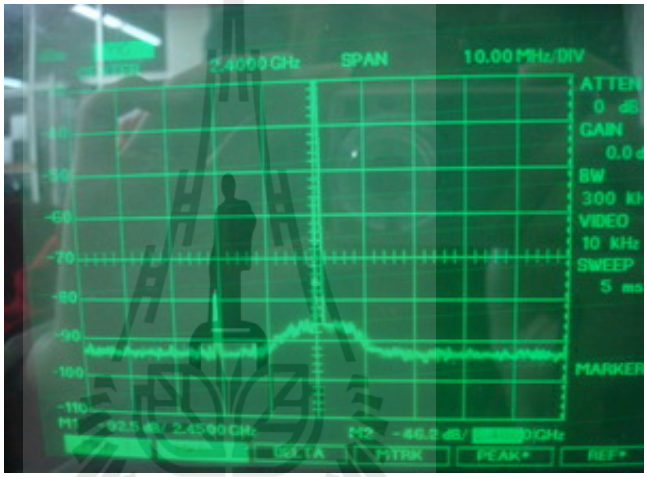
4.2 การทดสอบวงจรขยายแบบ MMIC HMC310MS8G

ในการทดสอบนี้เพื่อเป็นการวิเคราะห์สัญญาณของวงจร MMIC HMC310MS8Gที่ได้ออกแบบมาว่าจะมีการขยายความแรงของสัญญาณหรือไม่ และมีการขยายสัญญาณเป็นเท่าไหร่ โดยแสดงการต่ออุปกรณ์เพื่อทำการทดสอบดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงการจัดอุปกรณ์ทดสอบการวัดความแรงของสัญญาณวงจร MMIC HMC310MS8G

จากรูปที่ 4.1 อุปกรณ์ในการทดสอบประกอบด้วยวงจรแบบ MMIC HMC310MS8G, Signal Generator(เครื่องกำเนิดสัญญาณ), Spectrum Analyzer และ DC Power Supply ในการต่ออุปกรณ์นั้นจะทำการจ่าย Power Level จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเข้าที่อินพุทของวงจร MMIC (Tx)และตั้ง Center Frequency ไว้ที่ 2.4 GHz และทำการต่อเครื่อง Spectrum Analyzer เข้าที่เอาท์พุท และจ่ายแรงดัน+3Vเข้าที่ Vdd และ VCTL และเชื่อมต่อ Ground จาก Power Supply เข้าที่ GND ของวงจร MMIC โดยดูผลการทดสอบจากเครื่องวัด Spectrum Analyzer ดังได้แสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบระดับความแรงของสัญญาณวงจร MMIC HMC310MS8G

สามารถสรุปผลการทดสอบได้ว่าเมื่อป้อน Power Level จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเข้าที่อินพุท -30 dBm เอาท์พุทที่ได้เท่ากับ -46 dBm ดังนั้นวงจรนี้มีการขยายสัญญาณ 16 dB เมื่อเทียบกับอินพุทที่ป้อนเข้า โดยสามารถคำนวณได้จากสูตรตามทฤษฎี

$$G = \frac{P_2}{P_1}$$

P_2 = Power ที่ Output

P_1 = Power ที่ Input

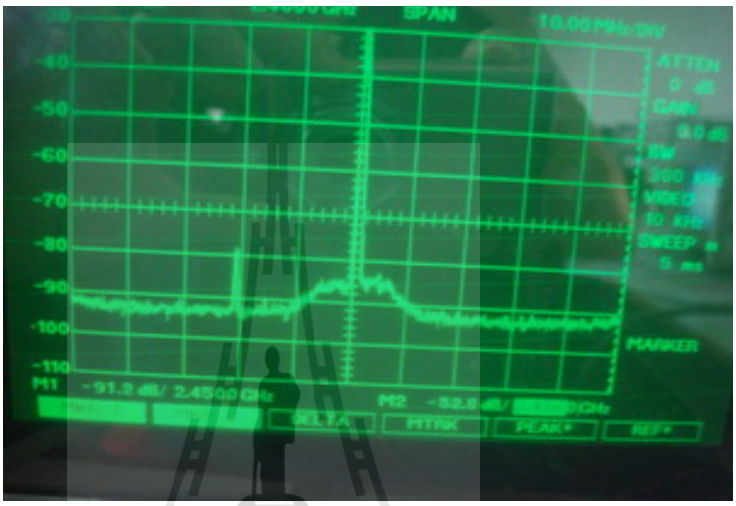
$$G(dB) = P_2(dBm) - P_1(dBm)$$

$$= -46\ dBm - (-30\ dBm)$$

$$= 16\ dBm$$

4.3 การทดสอบวงจรขยายแบบ MMIC HMC286

การจัดอุปกรณ์การสอบเช่นเดียวกับการทดสอบวงจรขยายแบบ MMIC HMC310MS8G โดยดูผลการทดสอบจากเครื่องวัด Spectrum Analyzer ดังได้แสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบระดับความแรงของสัญญาณวงจร MMIC HMC286

สามรถสรุปผลการทดสอบได้ว่าเมื่อป้อน Power Level จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเข้าที่อินพุท -30 dBm เอาท์พุทที่ได้เท่ากับ -52 dBm ดังนั้นวงจรนี้มีการขยายสัญญาณ 22 dB เมื่อเทียบกับอินพุทที่ป้อนเข้า โดยสามรถคำนวณได้จากสูตรตามทฤษฎี

$$G = \frac{P_2}{P_1}$$

P_2 = Power ที่ Output

P_1 = Power ที่ Input

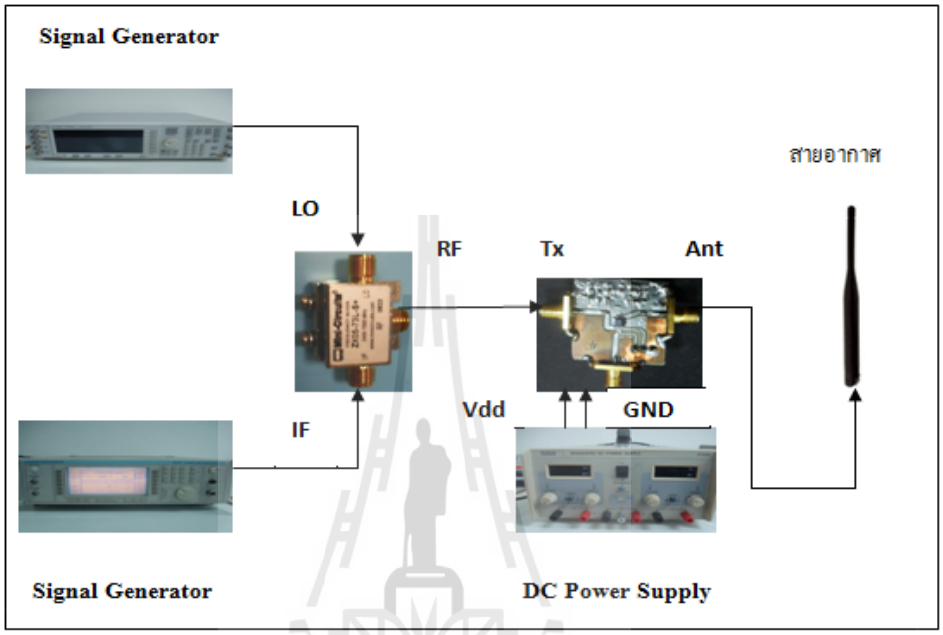
$$G(dB) = P_2(dBm) - P_1(dBm)$$

$$= -52\ dBm - (-30\ dBm)$$

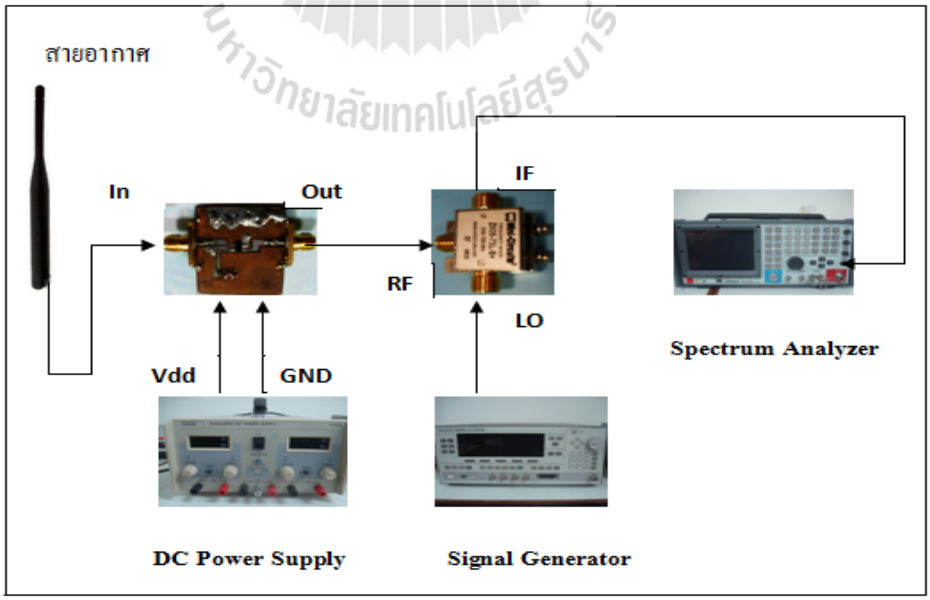
$$= 22dBm$$

4.4 การทดสอบชุดรับส่งสัญญาณวิทยุ

ในการทดสอบนี้เพื่อต้องการทดสอบว่าการรับ-ส่งสัญญาณที่ได้ออกแบบไว้สามารถใช้งานได้จริงหรือไม่ โดยจะนำอุปกรณ์ต่างๆมาเชื่อมต่อกันทั้งในภาครับสัญญาณ และภาคส่งสัญญาณ โดยแสดงการต่ออุปกรณ์เพื่อทำการทดสอบดังรูปที่ 4.4 และ 4.5

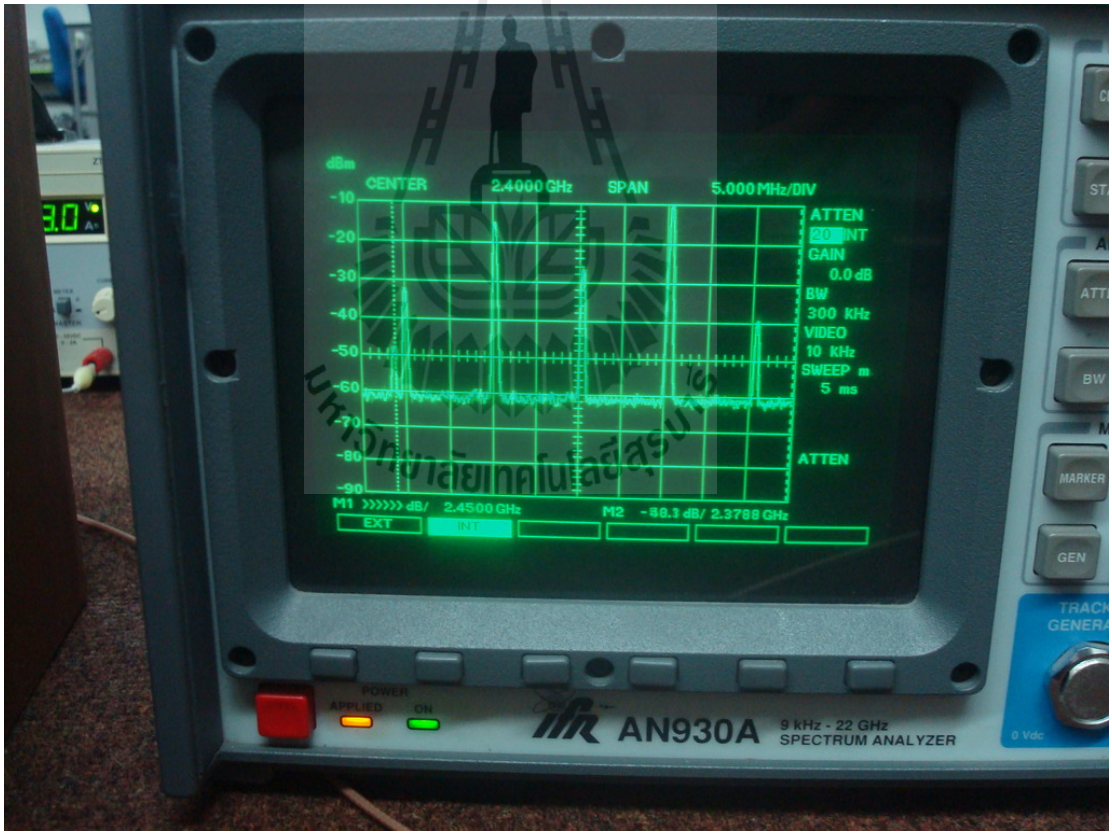


รูปที่ 4.4 แสดงการจัดอุปกรณ์ทดสอบการส่งสัญญาณที่ภาคส่ง

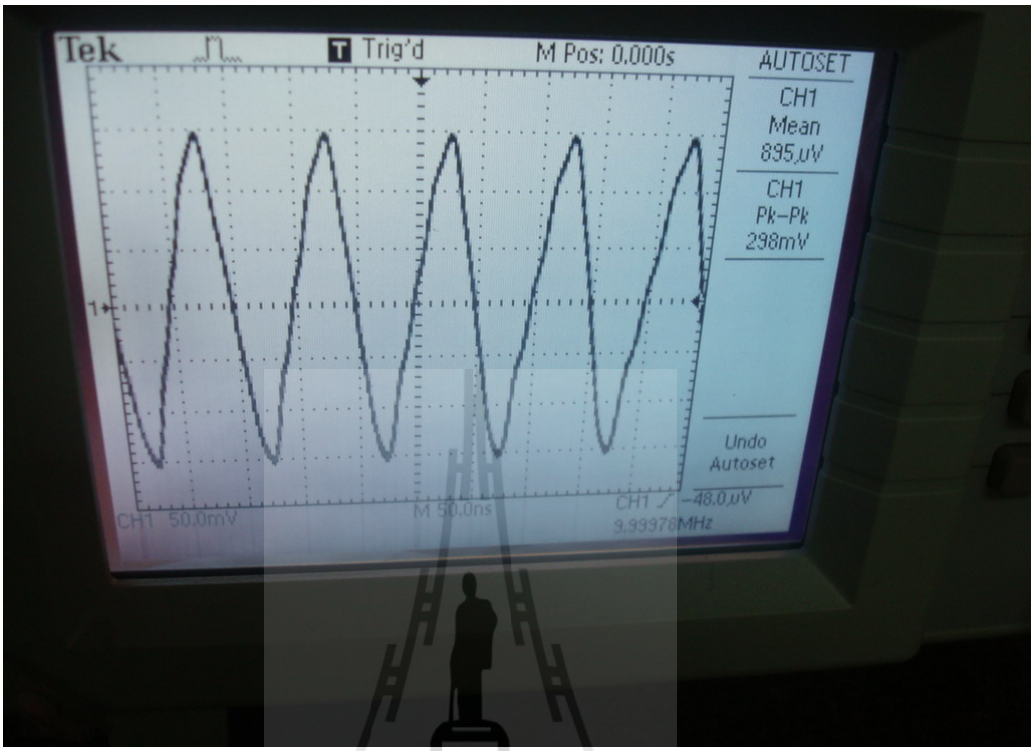


รูปที่ 4.5 แสดงการจัดอุปกรณ์ทดสอบการส่งสัญญาณที่ภาครับ

ในการทดสอบนั้นที่ภาคส่งสัญญาณจะใช้ Generator(เครื่องกำเนิดสัญญาณ) 2 เครื่อง เครื่องที่1 จะทำการจ่ายสัญญาณความถี่ 10 MHz, Power Level -10 dBm ซึ่งเป็นสัญญาณข้อมูล และเครื่องที่2 จะทำการจ่ายสัญญาณความถี่ 2.4 GHz, Power Level 5 dBm ซึ่งเป็นความถี่ Local Oscillator ในภาครับสัญญาณที่เครื่องกำเนิดสัญญาณจะทำการจ่ายสัญญาณความถี่ 2.4 GHz, Power Level 0 dBm เครื่อง Spectrum Analyzer ตั้ง Center Frequency ไว้ที่ 2.4 GHz ตั้งสายอากาศทั้งภาครับและส่งให้ตรงกันและห่างกันประมาณ 1 เมตร โดยดูผลการทดสอบจากเครื่องวัด Spectrum Analyzer ดังได้แสดงในรูปที่ 4.6 และใช้Oscilloscope มาต่อแทน Spectrum Analyzer เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณดังได้แสดงในรูปที่4.7



รูปที่ 4.6 แสดงสเปกตรัมของทดสอบการรับ-ส่งสัญญาณที่เครื่อง Spectrum Analyzer



รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณของทดสอบการรับ-ส่งสัญญาณที่เครื่องOscilloscope

สามรถสรุปผลการทดสอบได้ว่าเมื่อทำการส่งและรับสัญญาณจากชุดรับส่งวิทยุที่ได้ออกแบบ สามรถใช้งานได้จริงดังแสดงดังรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่ามีเส้นสเปกตรัมแสดงความถี่ที่ผ่านการ Mix สัญญาณจาก Mixer และมีความแรงของสัญญาณที่พอจะอ่านค่าได้ เมื่อใช้ Oscilloscope มาวัดการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ จะได้รูปคลื่นไซน์ และความถี่ที่อ่านได้คือ 9.99978 MHz ซึ่งเป็นความถี่ที่ใกล้เคียงกับความถี่สัญญาณข้อมูล 10 MHz ที่ได้ส่งมา

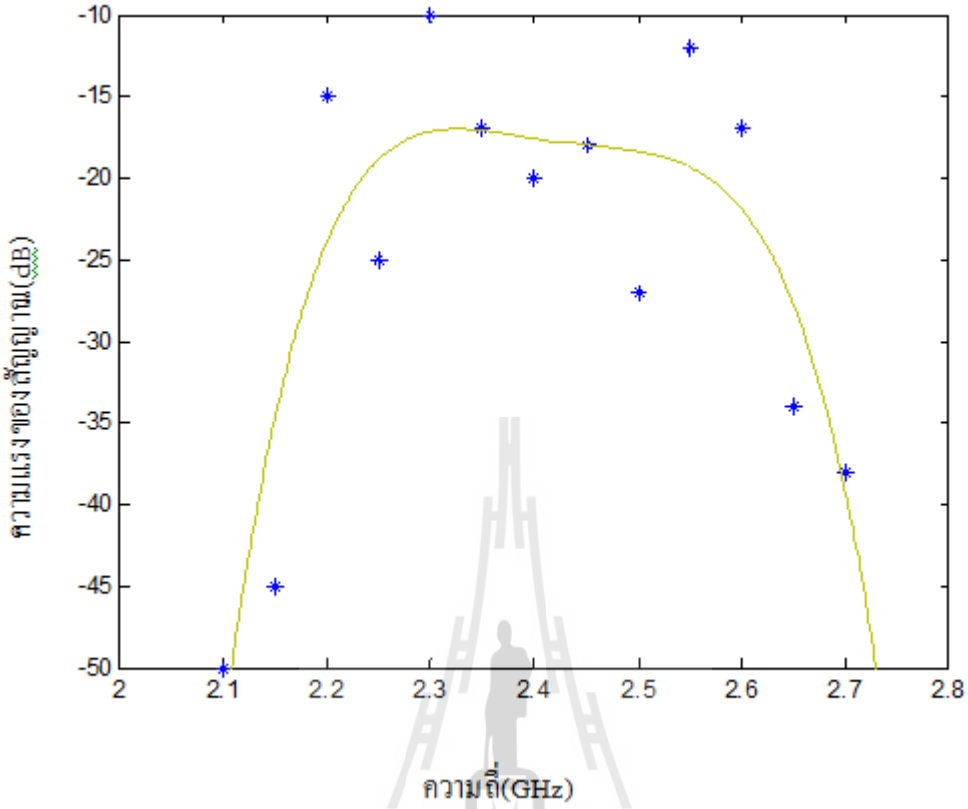
4.5 การทดสอบ Band Frequency

ในการทดสอบนี้เพื่อจะทดสอบว่าชุดรับส่งวิทยุที่ได้ออกแบบมา สามารถทำงานได้ที่ช่วงคลื่นความถี่ใด โดยได้จ่ายสัญญาณความถี่ตั้งแต่ 2.1 – 2.7 GHz ที่ Local Oscilloscope ของภาคส่ง และอ่านค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้จากเครื่อง Spectrum Analyzer โดยผลการทดสอบที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความแรงของสัญญาณที่ความถี่ 2.1 – 2.7 GHz

ความถี่(GHz)	ความแรงของสัญญาณ(dB)
2.1	-50
2.15	-45
2.2	-15
2.25	-25
2.3	-10
2.35	-17
2.4	-20
2.45	-18
2.5	-27
2.55	-12
2.6	-17
2.65	-34
2.7	-38

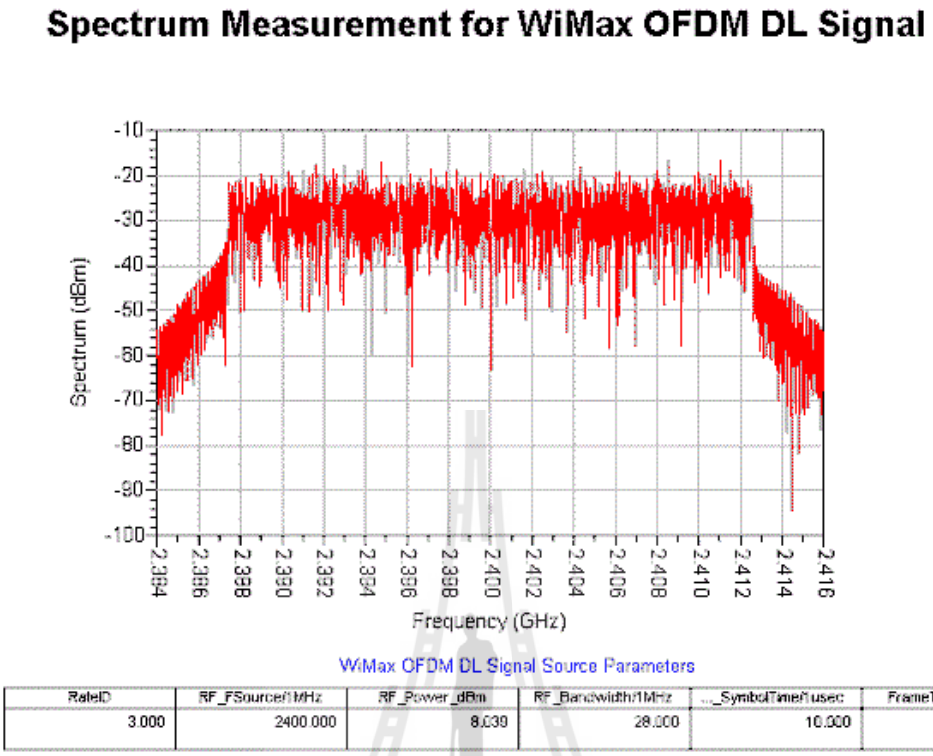
นำผลการทดสอบไปวัดพล็อตใน Matlab เพื่อดู Band Frequency ที่ชุดรับส่งวิทยุสามรถทำงานได้ดี ณ ช่วงความถี่นั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และความแรงของสัญญาณ

จากรูปที่ 4.8 เส้นกราฟที่แสดงนั้นคือค่าเฉลี่ยความแรงของสัญญาณ เมื่อพิจารณาจากกราฟที่ความถี่ 2.4 GHz ที่เราใช้งานจะมีความแรงของสัญญาณตกลง เหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าเราใช้ความถี่ 2.4 GHz เช่นเดียวกับสัญญาณ Wi-Fi ในบริเวณทำการทดสอบทำให้เกิดการรบกวนกันของสัญญาณจึงทำให้ความแรงของสัญญาณตกลง

แต่เมื่อพิจารณาแนวโน้มของกราฟ ในช่วงความถี่ 2.3 – 2.5 GHz เป็นช่วงที่มีความแรงของสัญญาณที่มีความแรงใกล้เคียงกัน ส่วนช่วงความถี่นอกจากนี้ ความแรงของสัญญาณจะลดลง สามารถสรุปได้ว่าชุดรับส่งวิทยุที่ได้ออกแบบมา สามารถทำงานได้จริงในช่วงความถี่ 2.3 – 2.5 GHz



รูปที่ 4.9 รูป Spectrum Specification ของมาตรฐาน WiMAX

เมื่อนำรูปที่ 4.8 ไปเทียบกับรูปที่ 4.9 ซึ่งเป็นรูป Spectrum Specification ของมาตรฐาน WiMAX จะพบว่าลักษณะกราฟความแรงของสัญญาณมีรูปแบบใกล้เคียงกัน แสดงว่าชุดรับส่งวิทยุที่ออกแบบตรงตามมาตรฐานของ WiMAX

4.6 การทดสอบระยะทางที่รับส่งสัญญาณ

การทดสอบนี้เพื่อจะทดสอบว่าชุดรับส่งวิทยุที่ได้ออกแบบมา สามารถทำงานได้ไกลเท่าใด โดยการทดสอบเหมือนกับการทดสอบชุดรับส่งสัญญาณวิทยุ ต่างกันตรงที่การตั้งสายอากาศให้ห่างกันในระยะ 25 – 200 เซนติเมตร และใช้ Oscilloscope ดูความถี่ที่รับได้ ลักษณะรูปคลื่น และความแรงของสัญญาณ โดยผลการทดสอบที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความแรงของสัญญาณที่ระยะ 25 – 200 เซนติเมตร

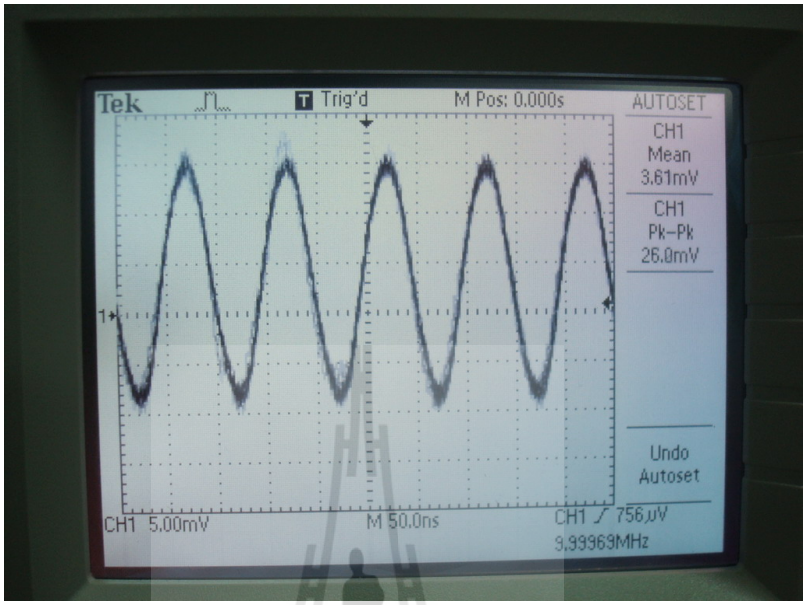
ระยะ(cm)	แอมพลิจูด(mVp-p)	ความถี่ที่รับได้(MHz)	ความแรงของสัญญาณ(dB)*
25	38	9.998	-54.42
50	35	9.984	-55.14
75	25	9.980	-58.06
100	21	9.990	-59.57
125	17.2	7.900	-61.31
150	7.52	0.379	-68.50
175	6.24	0.449	-70.11
200	5.36	0.081	-71.44

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

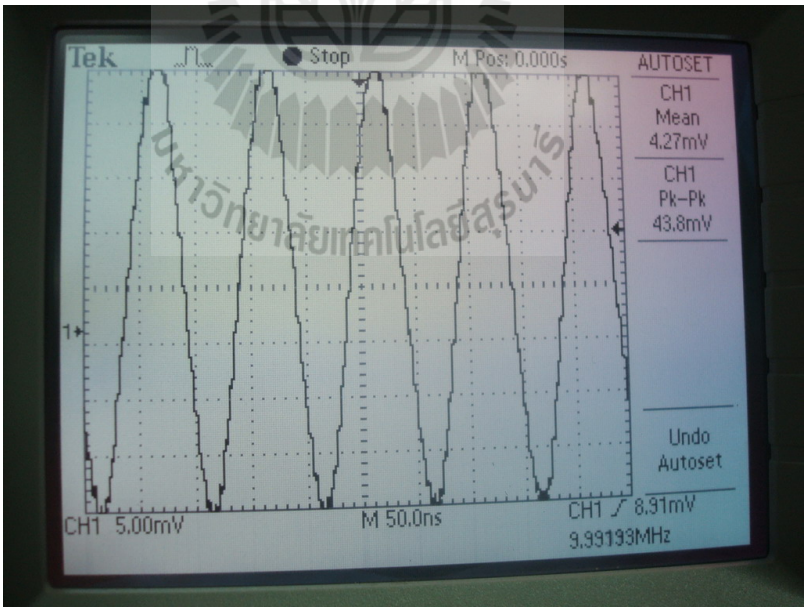
*แปลง Vpp เป็น dB ได้จากสูตรตารางที่ 4.3

ตางรางที่ 4.3 สูตรการแปลงหน่วย Vpp เป็น dB

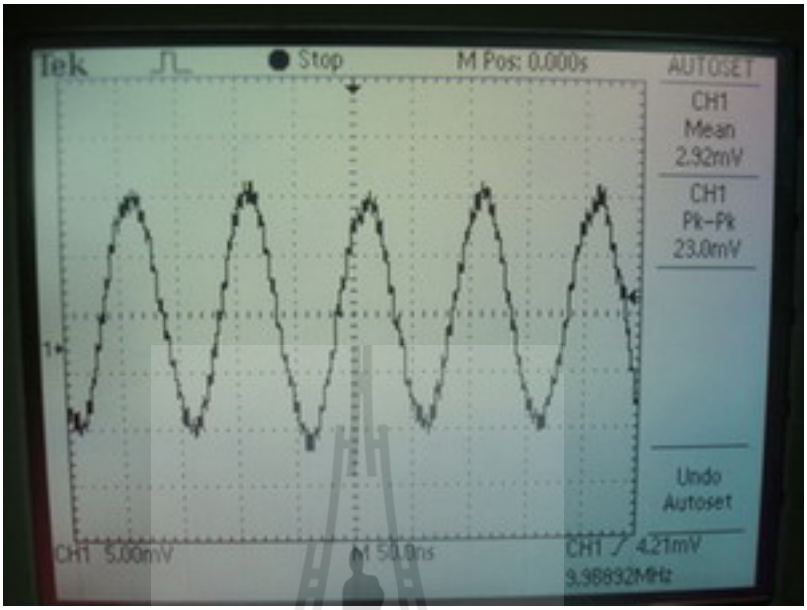
Vpp	$Vp = \frac{Vpp}{2}$	$Vrms = \frac{Vp}{2}$	$P = \frac{(Vrms)^2}{Zo}$; Zo = 50 ohm	dB = 10log(P)



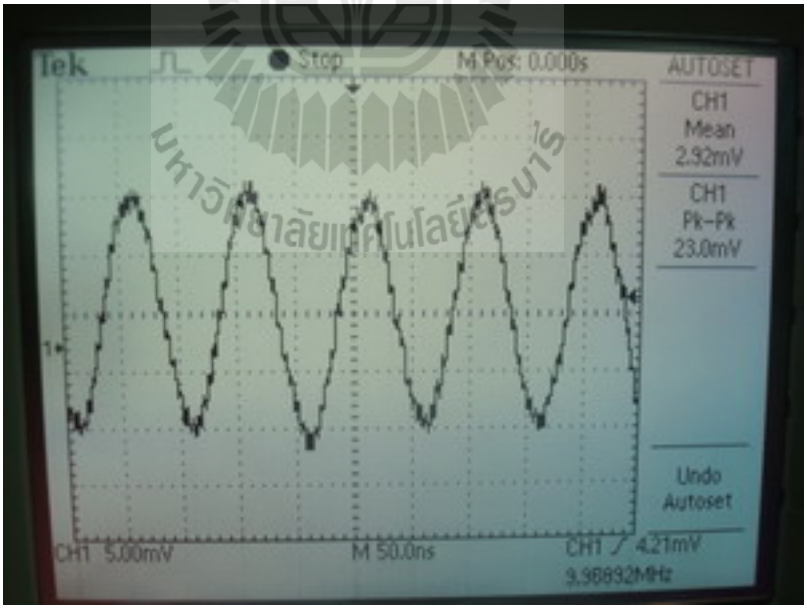
รูปที่ 4.10 สัญญาณที่รับได้ในระยะทาง 25 เซนติเมตร



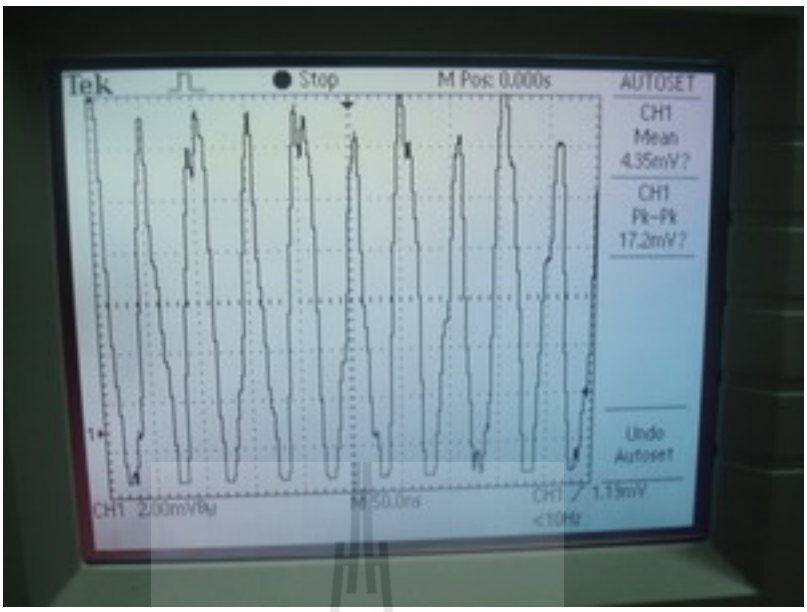
รูปที่ 4.11 สัญญาณที่รับได้ในระยะทาง 50 เซนติเมตร



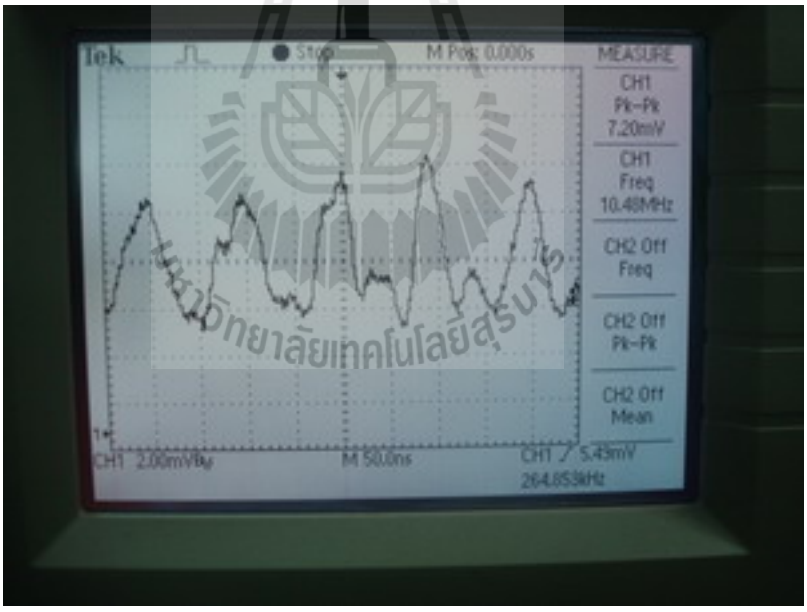
รูปที่ 4.12 สัญญาณที่รับได้ในระยะทาง 75เซนติเมตร



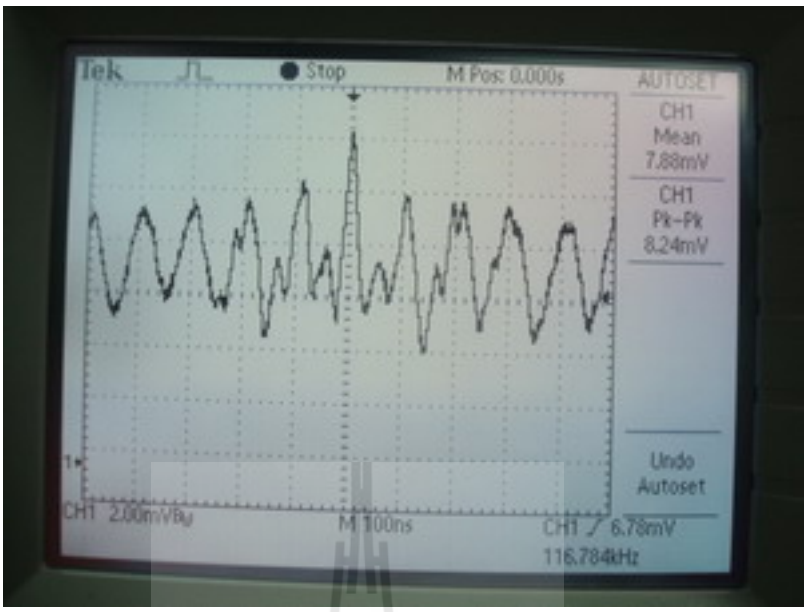
รูปที่ 4.13 สัญญาณที่รับได้ในระยะทาง 100 เซนติเมตร



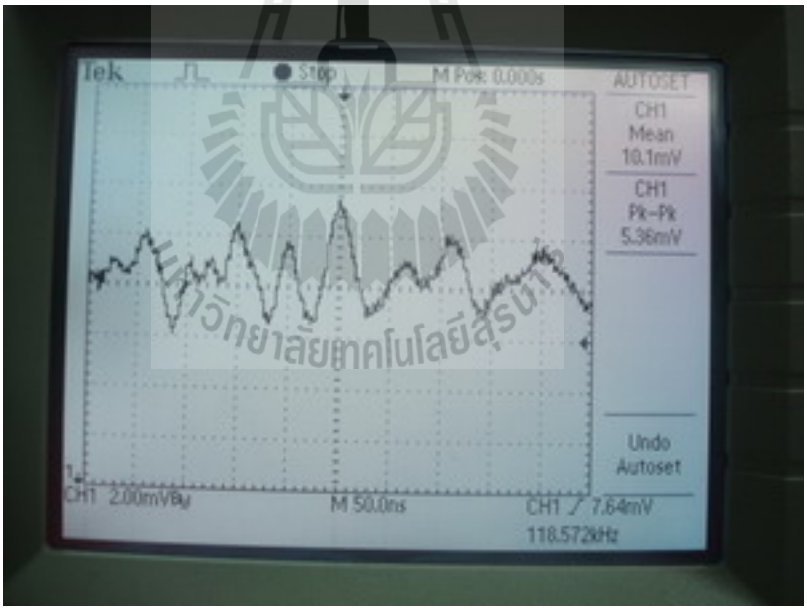
รูปที่ 4.14 สัญญาณที่รับได้ในระยะทาง 125 เซนติเมตร



รูปที่ 4.15 สัญญาณที่รับได้ในระยะทาง 150 เซนติเมตร



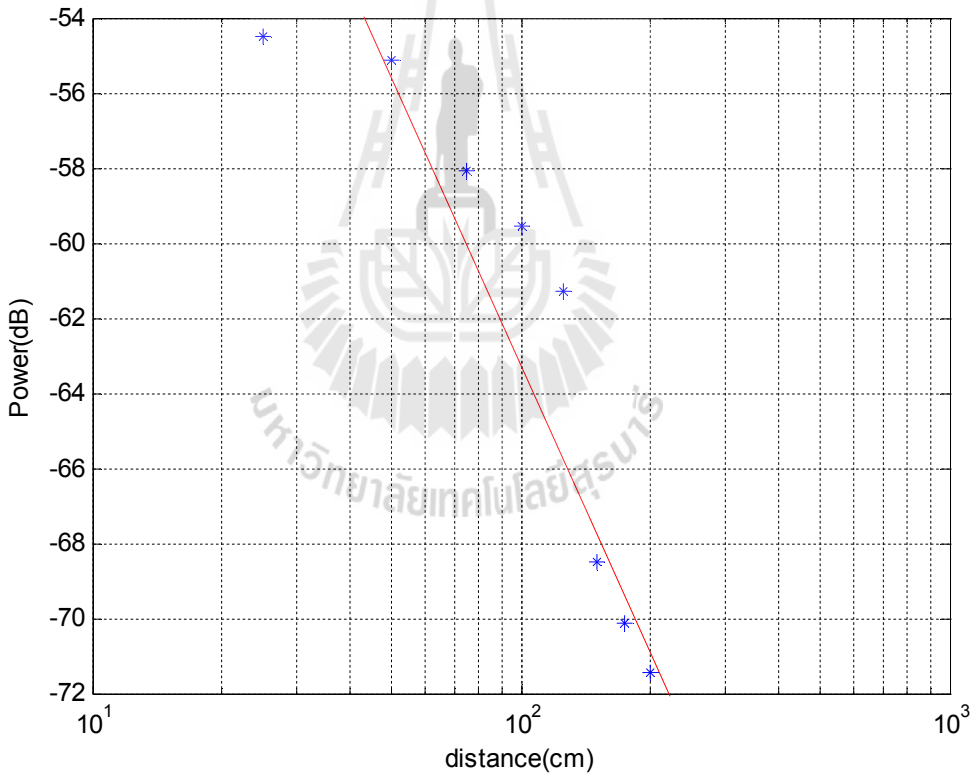
รูปที่ 4.16 สัญญาณที่รับได้ในระยะทาง175 เซนติเมตร



รูปที่ 4.17 สัญญาณที่รับได้ในระยะทาง 200 เซนติเมตร

จากผลการทดสอบดังตารางที่ 4.2 และรูปสัญญาณที่รับได้ในระยะต่างๆที่ทำการวัด จะเห็นได้ว่าในระยะใกล้ๆนั้น สัญญาณที่รับได้จะมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ มีความแรงของสัญญาณมาก แต่พอระยะไกลออกไปรูปคลื่นไซน์นั้นจะมีลักษณะที่ผิดเพี้ยน และความแรงของสัญญาณลดต่ำลง สามารถสรุปได้ว่าที่ระยะใกล้ๆชุดรับส่งวิทยุสามารถใช้งานได้ดี ถ้าระยะไกลมากๆก็จะทำให้ได้รับสัญญาณน้อยลง

พิจารณาการส่งในระยะไกล ถ้าต้องการส่งที่ระยะ 200 เมตร หรือ 20,000 เซนติเมตรเพื่อทดสอบดูว่าชุดรับส่งสามารถใช้งานในระยะไกลได้หรือไม่ ซึ่งในทางปฏิบัติมาสามารถทำการวัดได้ เนื่องด้วยข้อจำกัดของอุปกรณ์ จึงต้องใช้การคำนวณจากข้อมูลที่วัดได้ โดยนำข้อมูลในตารางที่ 4.2 ไปพล็อตใน Matlab เป็นกราฟ semi-log และคำนวณความแรงของสัญญาณที่จะรับได้ที่ระยะทาง 20,000 เซนติเมตร



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและความแรงของสัญญาณ

การคำนวณความแรงของสัญญาณที่ระยะทาง 20,000 เซนติเมตร

$$Pr = K - 20\log d$$

Pr = ความแรงของสัญญาณที่รับได้ (dB)

d = ระยะทาง (cm)

K = ค่าคงที่

$Pr_1 = K - 20\log (200)$

$Pr_2 = K - 20\log (20{,}000)$

$$Pr_1 - Pr_2 = 20\log \frac{(20{,}000)}{(200)}$$

$$-71 \text{ dB} - Pr_2 = 40$$

$$Pr_2 = -71 \text{ dB} - 40 \text{ dB}$$

$$Pr_2 = -111 \text{dB}$$

ดังนั้น ที่ระยะทาง 20,000 เซนติเมตรหรือ 200 เมตร ชุดรับส่งวิทยุที่ออกแบบไว้ได้รับความแรงของสัญญาณ -111 dB

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงระบบรวมของชุดรับส่งวิทยุระบบ WiMAX โดยได้อธิบายถึงปัญหาที่พบในระหว่างการทำงาน วิธีแก้ปัญหา ข้อเสนอแนะ แนวทางการพัฒนาต่อไป และบทสรุปของโครงงานที่จัดทำขึ้นนี้

5.1 สรุปผลที่ได้จากโครงงาน

เนื้อหาที่ได้พัฒนาในโครงงานชุดรับส่งวิทยุของระบบ WiMAX ในย่านความถี่ 2.4 GHzซึ่งประกอบไปด้วย 2 ภาคส่วนคือภาคการส่งสัญญาณและภาคการรับสัญญาณ สามารถสรุปได้ดังนี้

- ทำการออกแบบ สร้าง และทดสอบชุดวงจรขยายสัญญาณ MMIC เบอร์ HMC310MS8G เพื่อนำมาใช้ในการขยายสัญญาณที่ภาคส่ง
- ทำการออกแบบ สร้าง และทดสอบชุดวงจรขยายสัญญาณ MMIC เบอร์ HMC286 เพื่อนำมาใช้ในการขยายสัญญาณที่ภาครับ
- ทำการออกแบบ ประกอบอุปกรณ์ ทั้งภาคส่งและภาครับสัญญาณ
- ทำการทดสอบการใช้งานจริงของระบบทั้งหมด ซึ่งผลการทดสอบปรากฏว่าระบบสามารถใช้งานได้จริง

5.2 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหา

เนื่องจากขณะที่ดำเนินการได้เกิดปัญหาและอุปสรรคซึ่งสามารถสรุปเป็นข้อมูลได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงปัญหาที่พบ สาเหตุและแนวทางแก้ไข

ปัญหาที่พบ	สาเหตุและวิธีการแก้ไข
1. MMIC พังบ่อย	**สาเหตุ** เนื่องจากไอซีมีขนาดเล็กประกอบกับไม่มีเครื่องมือที่ใช้ในการบัดกรีอุปกรณ์ขนาดเล็ก อาจทำให้ขาไอซีติดกันจนเกิดการ Short Circuit **วิธีการแก้ไข** ผู้จัดทำต้องระมัดระวังในการบัดกรี และไม่จี้ที่ขาไอซีเป็นเวลานาน
2. วัดค่าสัญญาณเอาท์พุทของ MMIC ได้น้อยกว่า Spec	**สาเหตุ** เนื่องจากการไม่ Matching ระหว่างตัว MMIC กับลายวงจรบน PCB ที่ออกแบบ จึงทำให้สัญญาณเกิดการสะท้อนกลับบางส่วน หรืออาจจะเกิดการสูญเสียในสายวัดขณะทำการวัดสัญญาณ และอีกสาเหตุหนึ่งคือ ไฟที่จ่ายเข้า MMIC ไม่เรียบ **วิธีการแก้ไข** นำตัวเก็บประจุขนาด 10 uF มาบัดกรีเชื่อมในลายวงจรเพื่อทำให้ไฟที่จ่ายเข้า MMIC เรียบขึ้น
3. รูปสัญญาณที่ภาครับมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ที่ไม่นิ่ง	**สาเหตุ** อาจมาจาก Center Frequency ที่ไม่ตรงกันแม้จะกำหนดไว้ที่ 2.4 GHz ของเครื่องกำเนิดสัญญาณทั้งสองเครื่องแล้วก็ตาม **วิธีการแก้ไข** ใช้ Power Divider มาช่วยการจ่ายสัญญาณLocal Oscillator ที่เครื่องกำเนิดสัญญาณเครื่องเดียว เพื่อให้ได้รูปคลื่นไซน์ที่นิ่ง
4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่เพียงพอ เช่น สายRG – 50 ohm, หัวแปลงN - type	**สาเหตุ** ห้องแลปมีอุปกรณ์ไม่เพียงพอ **วิธีการแก้ไข** ทำการจัดซื้ออุปกรณ์

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในการเลือกใช้ไอซีเพื่อจะนำมาใช้กับวงจรขยายสัญญาณ ควรเลือกไอซีที่อัตราขยายมากๆจะยิ่งดี

5.3.2 ในการทดลองไม่ควรจ่ายไฟจาก Power Supply เกินที่กำหนด เพราะจะทำให้ไฟวิ่งเข้าไอซี ทำให้วงจรพังได้

5.3.3 เนื่องจากไอซีมีขนาดเล็ก ควรที่จะระมัดระวังในการบัดกรี เพราะอาจจะทำให้ขาไอซีติดกันจนเกิดการ Short Circuit ได้

5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

5.4.1 เอาท์พุทที่ได้ยังมีกำลังต่ำ จึงควรเลือกใช้ไอซีใหม่ที่มีกำลังขยายที่มากขึ้น หรือเพิ่มมวงจรขยายสัญญาณ เพื่อให้ขนาดของสัญญาณเพียงพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้

5.4.2 ในชุดรับส่งวิทยุที่ออกแบบนี้ ยังเป็นเพียงแค่ส่วนอนาล็อก ควรจะพัฒนาให้มีในส่วนของภาคดิจิตอลด้วย เพื่อการใช้งานที่หลากหลาย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณานุกรม

[1] Jacob Scheim(2006). A Comparison of Two Fourth Generation Technologies:WiMAX And 3GPP-LTE. Communication & Signal Processing Ltd.

[2] http://wimax-msit.blogspot.com/2008/09/blog-post.html

[3] http://msit19-ite612.blogspot.com/2008/09/wimax-part-1.html

[4] http://www.wimax.in.th/wimax

[5] http://cpe.kmutt.ac.th/wiki/index.php/Wi-Max_::#Reference

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบและทดสอบชุดรับส่งวิทยุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 6.1 Signal Generator

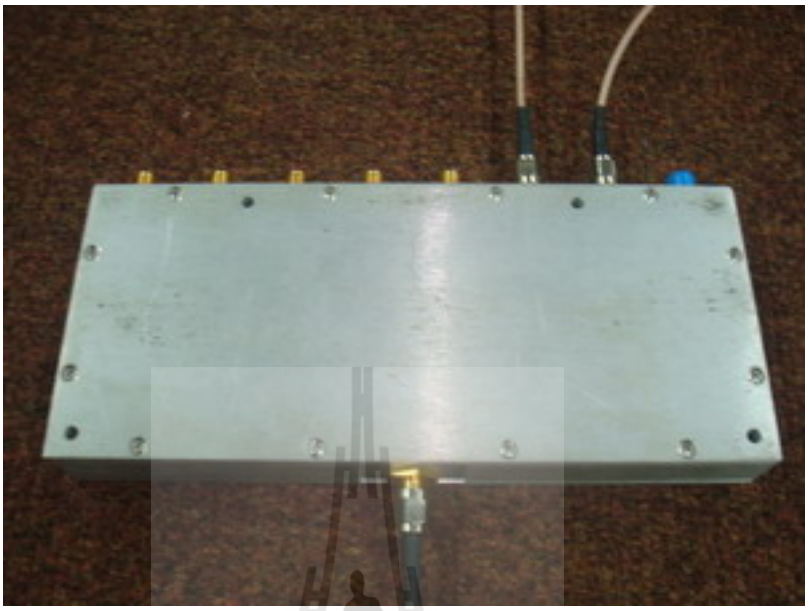
รูปที่ 6.2 Spectrum Analyzer

รูปที่ 6.1 DC Power Supply

รูปที่ 6.1 N type male to SMA female

รูปที่ 6.1 สาย RG 50 โอห์ม

รูปที่ 6.1 สายไฟต่อกับ DC Power Supply



รูปที่ 6.1 Power Divider

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

Datasheet ของไอซี

HMC310MS8G / 310MS8GE

v03.0607

BLUETOOTH & 2.4 GHz WLAN GaAs MMIC TRANSCEIVER

Typical Applications

Transmit & Receive
Switch for 2.4 GHz Applications:

- Bluetooth
- HomeRF
- WLAN Radios

Features

Tx Gain: 15 dB, Rx Gain: 13 dB

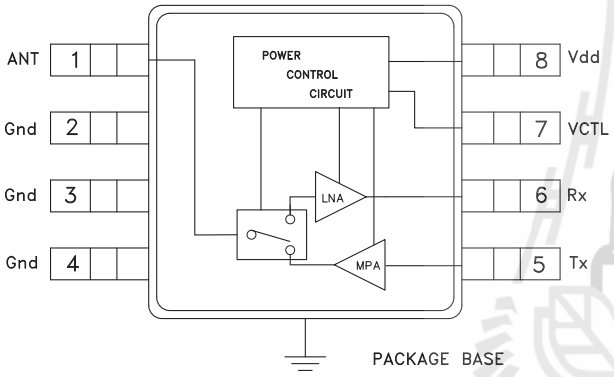
Tx 1 dB Compression Point: 5 dBm

Rx Noise Figure: 3 dB @ 2.4 GHz

Single Positive Supply: +3V

No External Matching Required

Functional Diagram



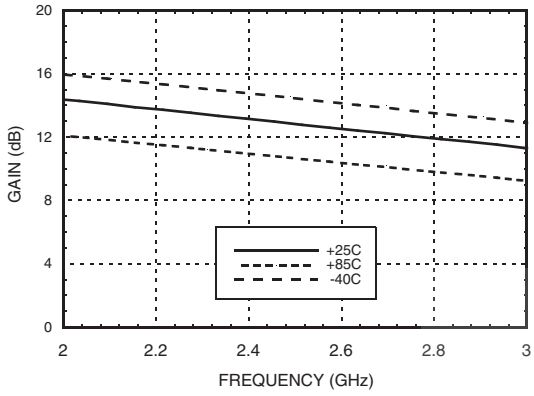
General Description

The HMC310MS8G & HMC310MS8GE are multi-function RFICs that incorporates a power amplifier (PA) and low noise amplifier (LNA) with a transmit/receive switch. These RFICs offer 15 dB gain and +5 dBm P1dB in the transmit mode and 13 dB of gain with an overall noise figure of 3 dB when in receive mode. Transmit and receive performance levels have been selected to meet the BLUETOOTH Class 2 & 3 requirements when used in conjunction with 2.4 GHz ASICs such as National Semiconductor's LMX3162. This low current and low cost transceiver requires no external circuitry to operate the amplifier power down features, and is available in the industry standard MSOP8G package, which is 0.118" x 0.190" (3.0mm x 4.9mm).

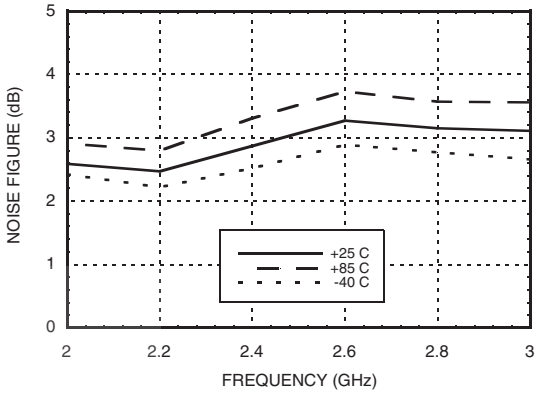
Electrical Specifications, T_A = +25° C, Vdd = +3V

Parameter	Receive Mode			Transmit Mode			Units
	Min.	Rx Typ.	Max.	Min.	Tx Typ.	Max.	
Frequency Range		2.4 - 2.5			2.4 - 2.5		GHz
Gain	8	13	15	12	15	17	dB
Gain Variation over Temperature		0.03	0.04		0.03	0.04	dB/°C
Noise Figure		3.0	4.0				dB
Input Return Loss	4	6		4	7		dB
Output Return Loss	9	12		10	13		dB
Output Power for 1 dB Compression (P1dB)	-7	-4		1	5		dBm
Saturated Output Power (Psat)	-5	0		3	7		dBm
Output Third Order Intercept (IP3)	3	6		3	10		dBm
Supply Current (Idd)		12			24		mA

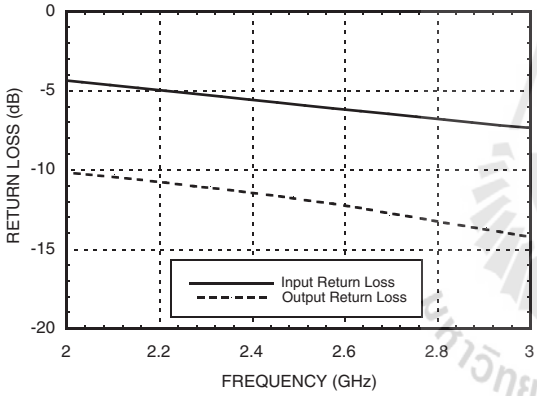
Rx Gain



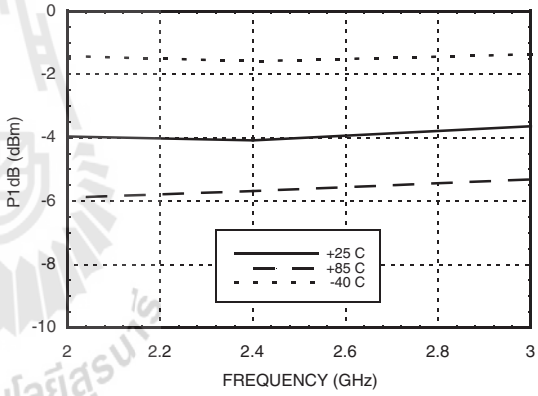
Rx Noise Figure



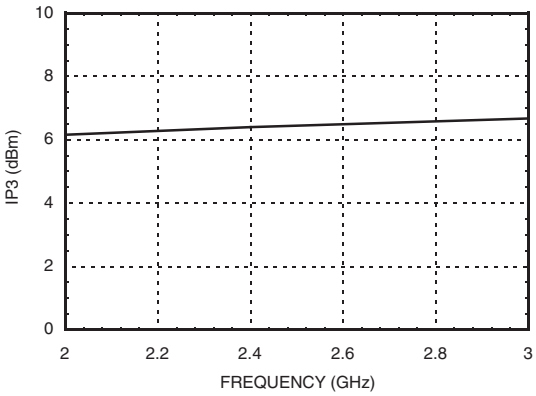
Rx Return Loss



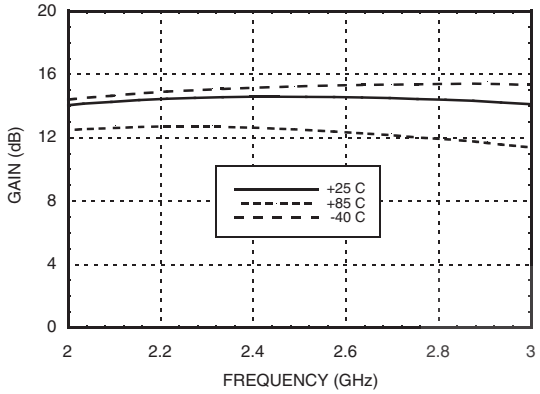
Rx 1dB Compression Point



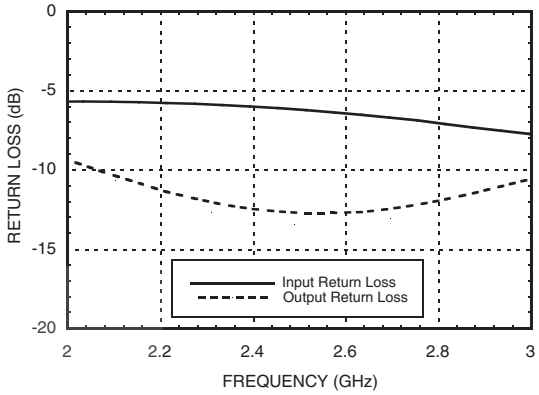
Rx Output Third Order Intercept Point



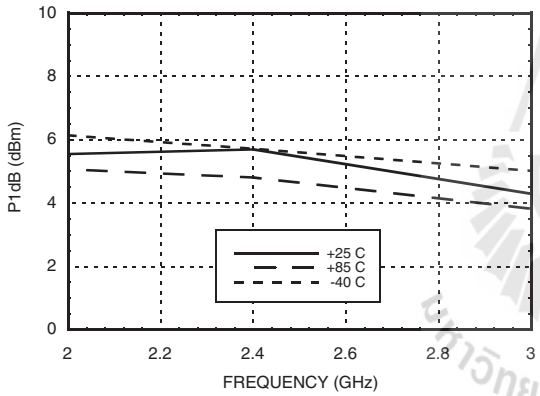
Tx Gain



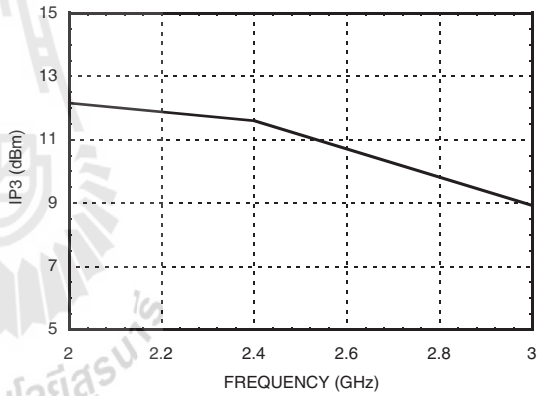
Tx Return Loss



Tx 1dB Compression Point



Tx Output Third Order Intercept Point



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

HMC310MS8G / 310MS8GE

BLUETOOTH & 2.4 GHz WLAN GaAs MMIC TRANSCEIVER

Absolute Maximum Ratings

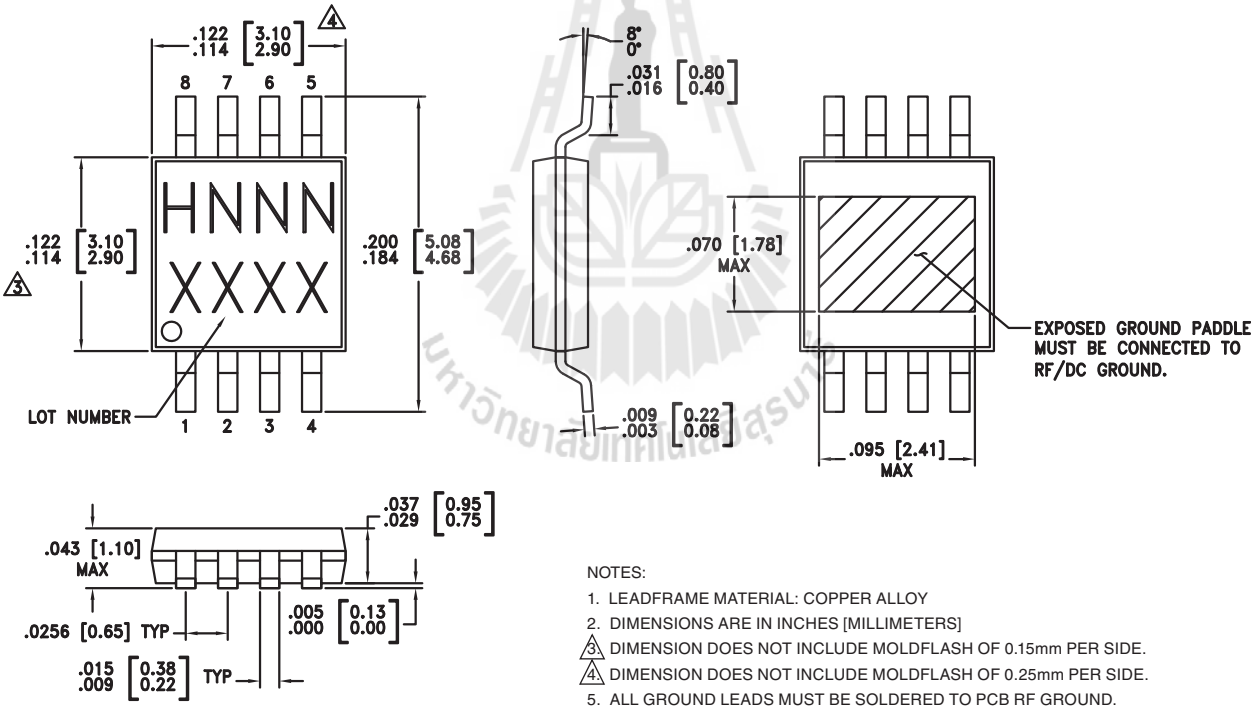
Drain Bias Voltage (Vdd)	+7.0 Vdc
Control Voltage Range (Vctl)	-0.2 to Vdd
RF Input Power (Vdd = +3.0 Vdc)	0 dBm
Channel Temperature	150 °C
Continuous Pdiss (T = 85 °C) (derate 5 mW/°C above 85 °C)	0.325 W
Thermal Resistance (channel to ground paddle)	200 °C/W
Storage Temperature	-65 to +150 °C
Operating Temperature	-40 to +85 °C

Truth Table

Tx Section Active	VCTL = Vdd
Rx Section Active	VCTL = 0V

ELECTROSTATIC SENSITIVE DEVICE
OBSERVE HANDLING PRECAUTIONS

Outline Drawing



NOTES:

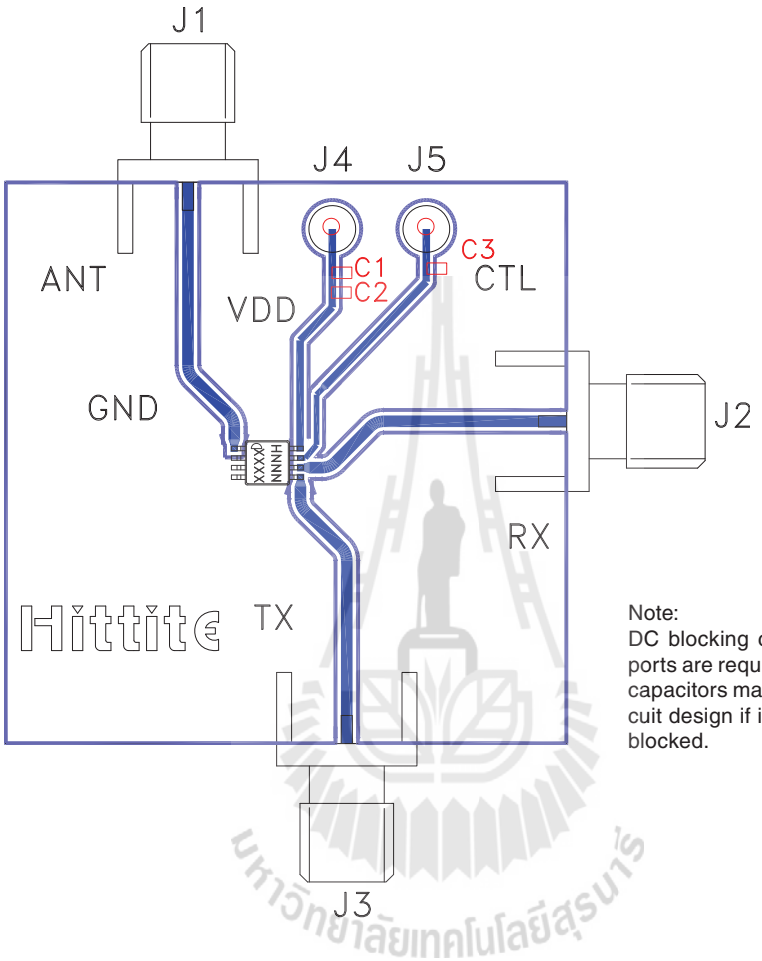
1. LEADFRAME MATERIAL: COPPER ALLOY
2. DIMENSIONS ARE IN INCHES [MILLIMETERS]
3. DIMENSION DOES NOT INCLUDE MOLDFLASH OF 0.15mm PER SIDE.
4. DIMENSION DOES NOT INCLUDE MOLDFLASH OF 0.25mm PER SIDE.
5. ALL GROUND LEADS MUST BE SOLDERED TO PCB RF GROUND.

Package Information

Part Number	Package Body Material	Lead Finish	MSL Rating	Package Marking [3]
HMC310MS8G	Low Stress Injection Molded Plastic	Sn/Pb Solder	MSL1 [1]	H310 XXXX
HMC310MS8GE	RoHS-compliant Low Stress Injection Molded Plastic	100% matte Sn	MSL1 [2]	H310 XXXX

[1] Max peak reflow temperature of 235 °C
[2] Max peak reflow temperature of 260 °C
[3] 4-Digit lot number XXXX

Evaluation PCB



Note:
DC blocking capacitors on the Tx and ANT ports are required to evaluate this part. These capacitors may not be required in the final circuit design if interfacing components are DC blocked.

List of Materials for Evaluation PCB 103339 [1]

Item	Description
J1, J2, J3	PCB Mount SMA Connector
J4, J5	DC Pins
C1	.01 µF Capacitor, 0603 Pkg.
C2, C3	100 pF Capacitor, 0603 Pkg.
U1	HMC310MS8G / HMC310MS8GE Transceiver
PCB [2]	Evaluation Board 1.5" x 1.55"

[1] Reference this number when ordering complete evaluation PCB

[2] Circuit Board Material: Rogers 4350

The circuit board used in the final application should use RF circuit design techniques. Signal lines should have 50 ohm impedance while the package ground leads and backside ground slug should be connected directly to the ground plane similar to that shown. A sufficient number of via holes should be used to connect the top and bottom ground planes. The evaluation circuit board shown is available from Hittite upon request.

Notes:

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

v03.0410

HMC286 / 286E

GaAs MMIC LOW NOISE AMPLIFIER, 2.3 - 2.5 GHz

Typical Applications

The HMC286 / HMC286E is ideal for:

- BlueTooth
- Home RF
- 802.11 WLAN Radios
- PCMCIA Platforms

Features

2.4 GHz LNA

Noise Figure: 1.7 dB

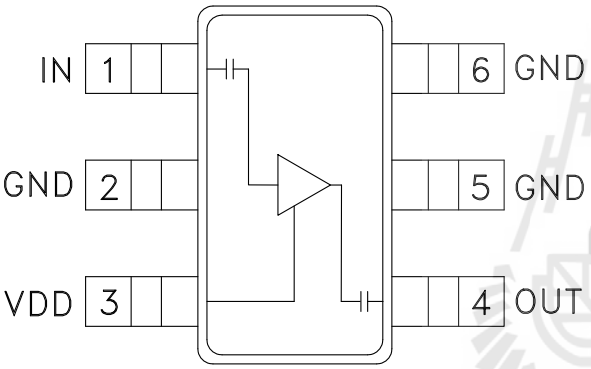
Gain: 19 dB

Single Supply: +3V

No External Components

Ultra Small SOT26 Package

Functional Diagram



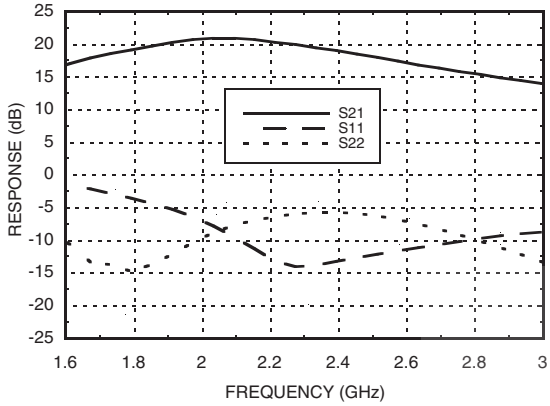
General Description

The HMC286 & HMC286E are low cost Low Noise Amplifiers (LNA) for 2.3 to 2.5 GHz spread spectrum applications. The LNA provides 19 dB of gain and a 1.7 dB noise figure from a single positive +3V power supply that consumes only 8.5mA. The typical output 1 dB compression point is +6 dBm at 2.4 GHz. The compact LNA design utilizes on-chip matching for repeatable gain and noise figure performance. In addition, eliminating the external matching circuitry also reduces the overall size of the LNA function. The HMC286 & HMC286E were designed to meet the size constraints of PCMCIA platforms and uses the SOT26 package that occupies 0.118" x 0.118", which makes them a small fully integrated solution that can be easily implemented with other 2.4 GHz ASICs.

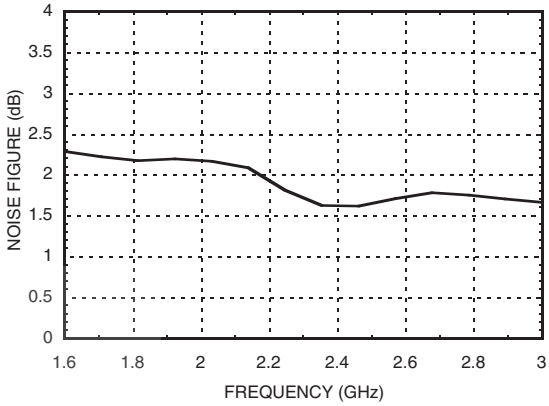
Electrical Specifications, T_A = +25° C, Vdd= +3V

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
Frequency Range		2.3 - 2.5		GHz
Gain	16	19		dB
Gain Variation Over Temperature		0.015	0.03	dB/°C
Gain Flatness		±1.25		dB
Noise Figure		1.7	2.5	dB
Input Return Loss		12		dB
Output Return Loss		4.5		dB
Output 1 dB Compression (P1dB)	2	6		dBm
Output Third Order Intercept (IP3)	9	12		dBm
Supply Current (Idd)		8.5	12.5	mA

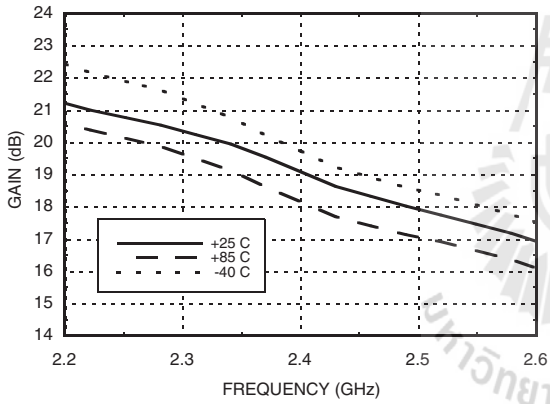
Broadband Gain & Return Loss



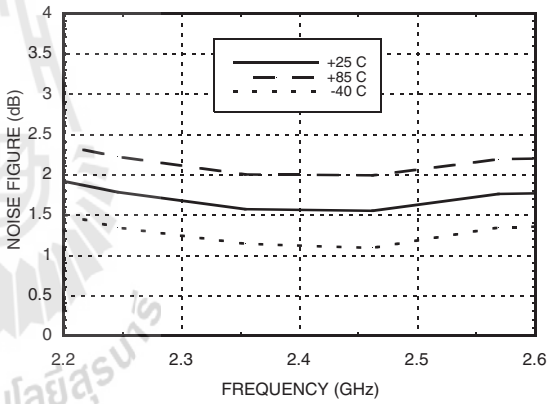
Broadband Noise Figure



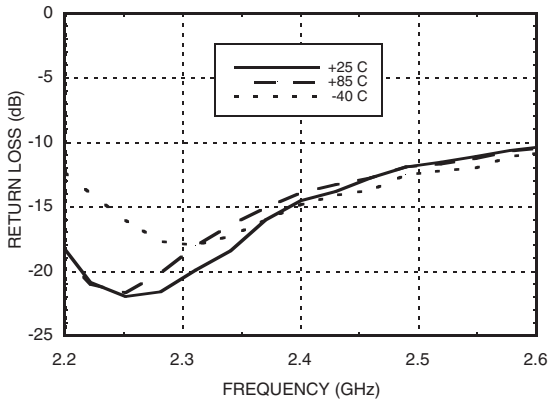
Gain vs. Temperature



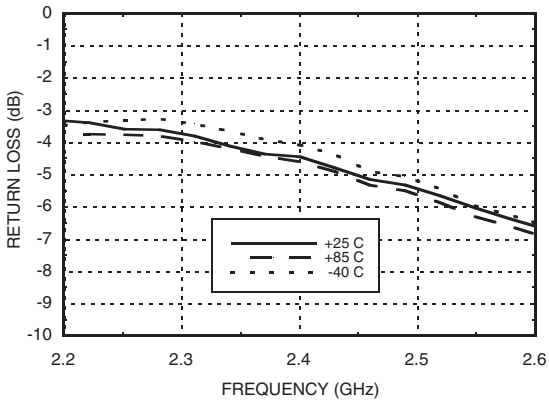
Noise Figure vs. Temperature



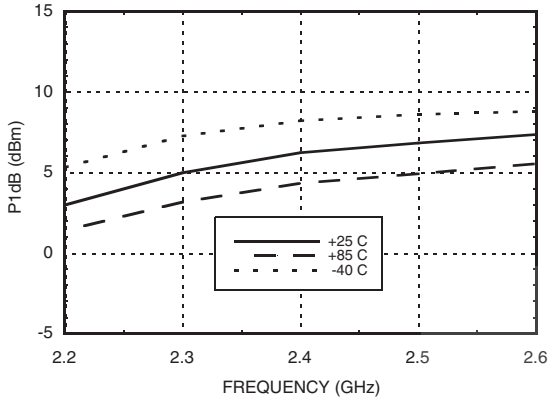
Input Return Loss vs. Temperature



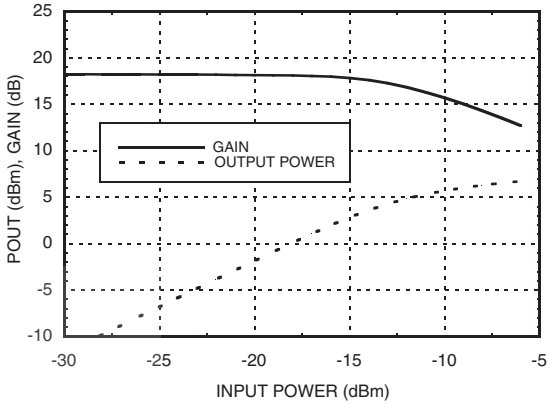
Output Return Loss vs. Temperature



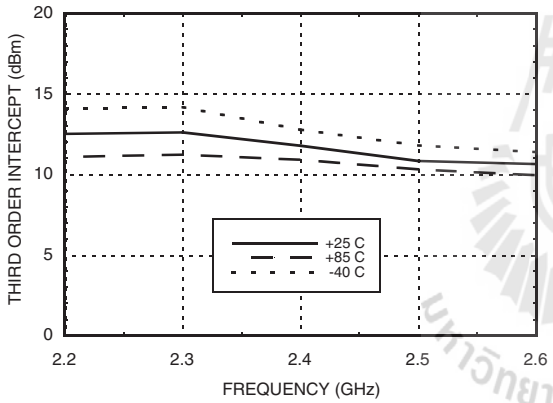
Output P1dB vs. Temperature



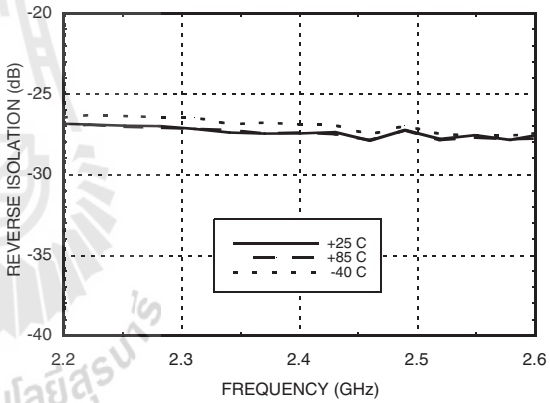
Power Compression @ 2.4 GHz



Output IP3 vs. Temperature



Reverse Isolation vs. Temperature



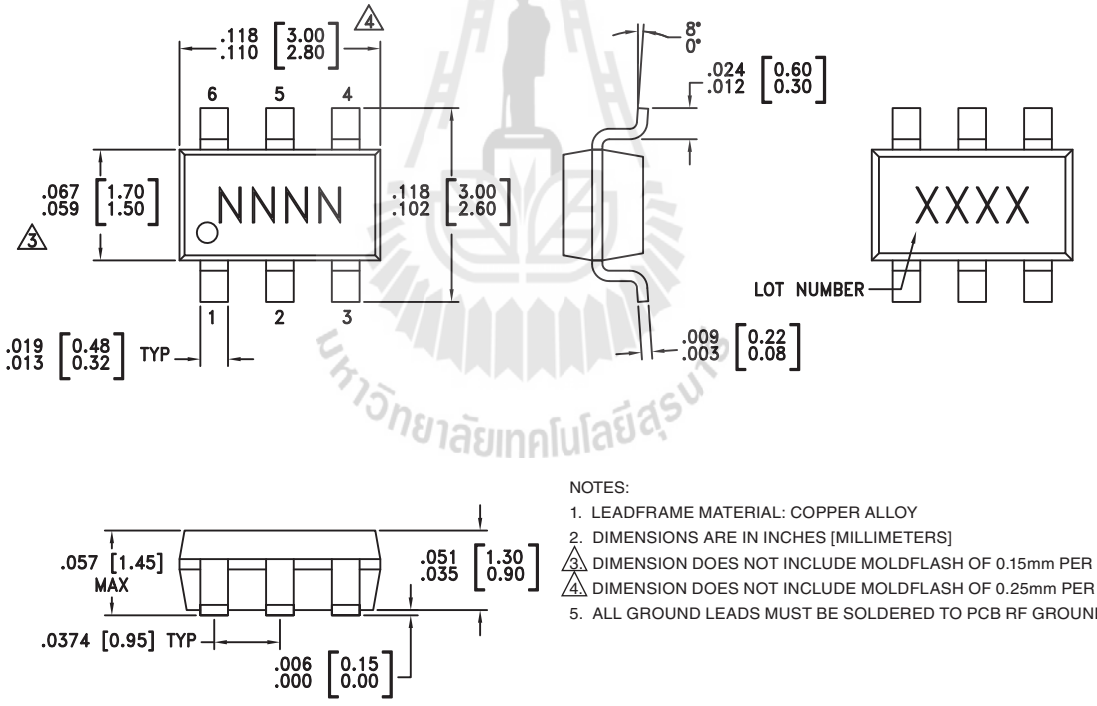
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Absolute Maximum Ratings

Drain Bias Voltage (Vdd)	+7 Vdc
RF Input Power (RFIN)(Vdd = +3 Vdc)	0 dBm
Channel Temperature	150 °C
Continuous Pdiss (T = 85 °C) (derate 6.35 mW/°C above 85 °C)	0.413 W
Thermal Resistance (channel to lead)	157 °C/W
Storage Temperature	-65 to +150 °C
Operating Temperature	-40 to +85 °C
ESD Sensitivity (HBM)	Class 1A

ELECTROSTATIC SENSITIVE DEVICE
OBSERVE HANDLING PRECAUTIONS

Outline Drawing



NOTES:

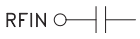
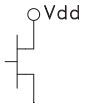
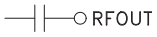
1. LEADFRAME MATERIAL: COPPER ALLOY
2. DIMENSIONS ARE IN INCHES [MILLIMETERS]
3. DIMENSION DOES NOT INCLUDE MOLDFLASH OF 0.15mm PER SIDE.
4. DIMENSION DOES NOT INCLUDE MOLDFLASH OF 0.25mm PER SIDE.
5. ALL GROUND LEADS MUST BE SOLDERED TO PCB RF GROUND.

Package Information

Part Number	Package Body Material	Lead Finish	MSL Rating	Package Marking [3]
HMC286	Low Stress Injection Molded Plastic	Sn/Pb Solder	MSL1 [1]	H286 XXXX
HMC286E	RoHS-compliant Low Stress Injection Molded Plastic	100% matte Sn	MSL1 [2]	286E XXXX

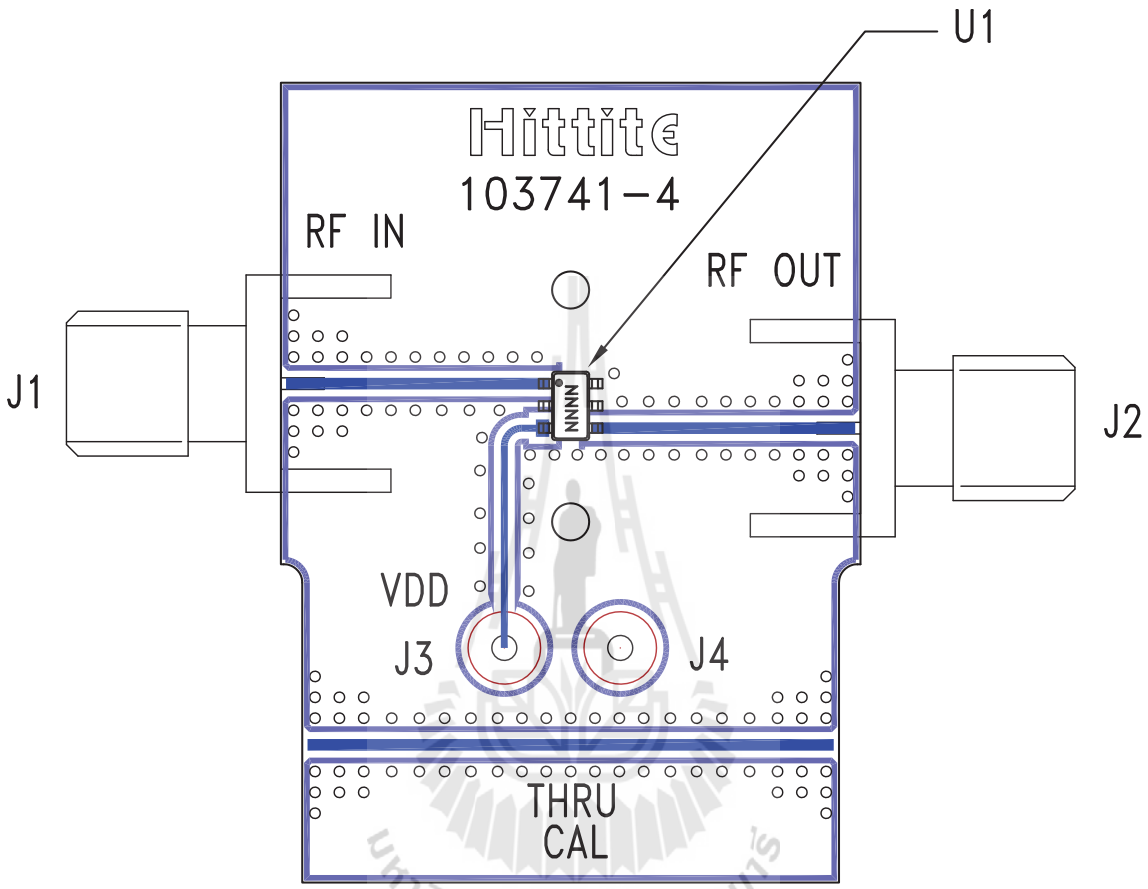
[1] Max peak reflow temperature of 235 °C
[2] Max peak reflow temperature of 260 °C
[3] 4-Digit lot number XXXX

Pin Descriptions

Pin Number	Function	Description	Interface Schematic
1	RFIN	This pin is AC coupled and matched to 50 Ohms.	
2, 5, 6	GND	These pins must be connected to RF/DC ground.	
3	VDD	Power supply voltage.	
4	RFOUT	This pin is AC coupled and matched to 50 Ohms.	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Evaluation PCB



List of Materials for Evaluation PCB 103743 [1]

Item	Description
J1, J2	PCB Mount SMA Connector
J3, J4	DC Pin
U1	HMC286 / HMC286E Amplifier
PCB [2]	103741 Evaluation PCB

[1] Reference this number when ordering complete evaluation PCB

[2] Circuit Board Material: Roger 4350

The circuit board used in the application should use RF circuit design techniques. Signal lines should have 50 Ohm impedance while the package ground leads should be connected directly to the ground plane similar to that shown above. A sufficient number of via holes should be used to connect the top and bottom ground planes. The evaluation circuit board shown is available from Hittite upon request.

ประวัติผู้เขียน

นางสาวอธิษฐาน ยี่ขอ เกิดเมื่อวันที่ 9 สิงหาคม พ.ศ. 2531 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลบ้านม่วง อำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนสกลราชวิทยานุกูล อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร เมื่อปี พ.ศ. 2549 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นางสาวพนิดา การนา เกิดเมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2531 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลหมูม่น อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนสมเด็จพิทยาคม อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ เมื่อปี พ.ศ. 2549 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี