

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. วิทยุสื่อสาร
2. แพคเกจเรดิโอ
3. โปรแกรมซอฟต์แวร์ที่ใช้กับแพคเกจเรดิโอ
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### วิทยุสื่อสาร

การศึกษาในประเด็นนี้จะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับความหมาย ความสำคัญ ประเภท และหลักการทำงานของเครื่องวิทยุสื่อสาร

**ความหมายของวิทยุสื่อสาร** มีผู้ให้ความหมายของวิทยุสื่อสาร ไว้หลายท่านสรุปได้ว่า วิทยุสื่อสารหมายถึงเครื่องส่งวิทยุคมนาคม เครื่องรับวิทยุคมนาคม หรือเครื่องรับและส่งวิทยุคมนาคมด้วยสัญญาณคลื่นแอมพลิจูดที่เปลี่ยนแปลงไฟฟ้าความถี่ตั้งแต่ 10 kHz จนถึง 3,000,000 MHz (กรมไปรษณีย์โทรเลข, 2536, หน้า 1 และ เย็น ภูเก็ต 2540, หน้า 6)

**ความสำคัญของวิทยุสื่อสาร** พันธศักดิ์ ศรีทรัพย์ (2532, หน้า 8) ได้กล่าวว่า วิทยุสื่อสารเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการนำมาใช้เพื่อติดต่อรับส่งข่าวสาร เหตุการณ์สำคัญ ๆ เช่น ภัยพิบัติ สาธารณะภัย อาชญากรรม ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อทางราชการอย่างยิ่งในการปฏิบัติหน้าที่บรรเทาเหตุร้ายที่มีต่อสังคมได้โดยรวดเร็วซึ่งสะดวกและรวดเร็วประหยัดค่าใช้จ่าย และชัดเจนกับข้อมูลที่ส่งเพราะมีสายเฉพาะในการส่งซึ่งไม่เกี่ยวกับช่องข่ายอื่น ๆ

ร.ต.อ.สุชาติ กังวารจิตต์ (2536, หน้า 13) ได้กล่าวว่าวิทยุสื่อสารยังนำมาซึ่งความเจริญก้าวหน้าทางการสื่อสารด้านวิทยุ ช่วยให้เรติดต่อกันได้ไกลมากขึ้น โดยวิธีการเปลี่ยนเสียงพูดไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า ขยายให้เป็นคลื่นเสียง (หรือออไดโอ) แล้วทำการเกาะผสมกับคลื่นพาหะ (คลื่นวิทยุ) แล้วส่งไปยังเครื่องรับที่อยู่ห่างออกไป

เย็น ภูเก็ต (2540, หน้า 12) ได้กล่าวว่าการติดต่อสื่อสารด้วยระบบวิทยุสื่อสารเป็นการสื่อสารที่รวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่าย จึงมีการนำมาใช้ในหน่วยงานของรัฐทดแทนระบบโทรศัพท์ที่มีค่าใช้จ่ายที่สูงและไม่เพียงพอ

กรมไปรษณีย์โทรเลข (2536, หน้า 18) ยังได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับวิทยุสื่อสารซึ่งใช้เป็นเครื่องมือติดต่อสื่อสารในยามฉุกเฉิน เป็นการสื่อสารที่ต้องมีการกำหนดรายละเอียดและแผนปฏิบัติการไว้เป็นการล่วงหน้า และอาจต้องมีการซักซ้อมในบางโอกาส เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องและมีประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อถึงคราวต้องปฏิบัติการจริง

จากที่มีผู้กล่าวข้างต้นอาจสรุปได้ว่า วิทยุสื่อสารมีความสำคัญอย่างมากในการติดต่อสื่อสารซึ่งเป็นการสื่อสารที่รวดเร็ว คล่องตัวและประหยัดค่าใช้จ่าย สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือติดต่อสื่อสารในยามฉุกเฉินได้เป็นอย่างดี จึงมีการนำมาใช้ในหน่วยงานของรัฐและเอกชนเพื่อทดแทนระบบโทรศัพท์ที่มีค่าใช้จ่ายที่สูงและไม่เพียงพอ

ประเภทของวิทยุสื่อสาร วิทยุสื่อสารที่ใช้กันอยู่ในประเทศไทย ปัจจุบันจัดออกได้เป็นหลายประเภท หลายระบบ หลายชนิดด้วยกัน เช่น ประเภทข่ายวิทยุโทรศัพท์สาธารณะ ได้แก่ วิทยุโทรศัพท์ทั้งระบบรวมฝั่ง และระบบธรรมดา ประเภทวิทยุติดตามตัว ประเภทข่ายวิทยุเฉพาะกิจ ซึ่งมีทั้งข่ายของราชการและข่ายเอกชน ประเภทข่ายวิทยุสมัครเล่น วิทยุสื่อสารประเภทที่อนุมัติให้รายย่อย ไม่มีลักษณะเป็นข่าย ประเภทวิทยุบังคับและควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม เพื่อมิให้เป็นการสับสนและเกินความจำเป็น จะไม่ขอกล่าวถึงวิทยุสื่อสารประเภทที่เป็นข่ายเฉพาะกิจต่าง ๆ เช่น ข่ายวิทยุต่าง ๆ ของตำรวจ ทหาร ข่ายวิทยุของราชการ พลเรือนต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ ข่ายวิทยุของกรมการปกครอง ข่ายวิทยุของกรมชลประทาน ข่ายวิทยุของกรมทางหลวง ข่ายวิทยุกรมประมง ฯลฯ ทั้งนี้เพราะวิทยุดังกล่าวเป็นวิทยุประเภทที่ไม่เกี่ยวข้องกับประชาชนทั่วไปนัก

วิทยุสื่อสารในส่วนที่ไม่รวมถึงข่ายวิทยุเฉพาะกิจต่าง ๆ ดังกล่าวอาจจำแนกประเภทได้ดังนี้

1. วิทยุโทรศัพท์
2. วิทยุสมัครเล่น
3. วิทยุติดตามตัว

**วิทยุโทรศัพท์** เป็นการพูดติดต่อกันโดยการใช้คลื่นวิทยุช่วยเป็นตัวพาคลื่นเสียงถึงกัน และการติดต่อกันเป็นไปตามหลักการของการติดต่อโทรศัพท์ธรรมดาทั่วไป คือ สามารถเรียกติดต่อกับบุคคลที่ต้องการติดต่อตามหมายเลขโทรศัพท์ของบุคคลนั้น ๆ ได้โดยเฉพาะ โดยผู้อื่น

ไม่ได้ยินการสนทนา (ผิดกับการติดต่อทางวิทยุธรรมดา ซึ่งผู้อื่นที่เปิดเครื่องรับวิทยุที่ช่องความถี่เดียวกัน สามารถได้ยินการพูดโต้ตอบกันได้ด้วย) วิทยุโทรศัพท์ จำแนกออกเป็น 3 ประเภทใหญ่คือ

1. วิทยุโทรศัพท์ข่ายสาธารณะ ได้แก่กิจการวิทยุโทรศัพท์ที่หน่วยงานของรัฐหรือเอกชน ที่รับช่วงการดำเนินการจากหน่วยงานของรัฐ เปิดบริการให้ประชาชนทั่วไปได้ใช้ข่ายวิทยุโทรศัพท์ ที่จัดตั้งขึ้น โดยการซื้อหรือเช่าใช้เครื่องวิทยุโทรศัพท์เครือข่าย ใช้ติดต่อวิทยุโทรศัพท์ผ่านข่ายนั้น ๆ โดยเสียค่าบริการการใช้ข่ายติดต่อสื่อสาร และค่าธรรมเนียมที่กำหนด แบ่งย่อยได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.1 วิทยุโทรศัพท์ระบบธรรมดา เป็นระบบวิทยุโทรศัพท์ระบบที่ใช้มาแต่แรกเริ่ม ได้เปิดให้ประชาชนใช้บริการวิทยุโทรศัพท์ระบบธรรมดานี้มาเป็นเวลานานกว่าสิบปีแล้ว ทั้งในแบบ ติดตั้งในสำนักงาน แบบถือใช้ และแบบติดรถยนต์ โดยใช้ความถี่วิทยุในย่านความถี่ต่าง ๆ กันตาม ความเหมาะสมกับลักษณะงาน วิทยุโทรศัพท์ระบบธรรมดามีข้อจำกัดที่ว่า หากผู้ใช้วิทยุโทรศัพท์ เดินทางออกนอกเขตรัศมีทำการของศูนย์ หรือสถานีวิทยุโทรศัพท์ที่ตนจดทะเบียนสังกัดอยู่แล้ว จะไม่สามารถใช้วิทยุโทรศัพท์ติดต่อกับผู้อื่นได้

1.2 วิทยุโทรศัพท์ระบบรวมถี่ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าวิทยุโทรศัพท์ระบบเซลลูลาร์ เป็นระบบวิทยุโทรศัพท์ที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ข้อจำกัดของระบบวิทยุโทรศัพท์ธรรมดา โดยการจัด ข่ายในลักษณะเป็นเซลต่าง ๆ ต่อเนื่องกันไปรอบทิศทาง (มองดูคล้ายกับหน้าตัดของวงผึ้งผ่าซีก) สถานีวิทยุในแต่ละเซล สามารถติดต่อถึงกันได้หมดและโอนสัญญาณให้กันได้โดยอัตโนมัติ ไม่ว่าจะอยู่ห่างไกลกันเท่าใด ซึ่งมีผลให้ผู้ใช้วิทยุโทรศัพท์ในระบบนี้สามารถติดต่อถึงกันได้ทุกพื้นที่ ที่เครือข่ายหรือเซลของระบบขยายไปถึง

วิทยุสมัครเล่น ได้แก่วิทยุชนิดมือถือ ชนิดติดตั้งในรถยนต์ หรือชนิดติดตั้งประจำที่ที่ใช้ ความถี่วิทยุในย่านความถี่วิทยุสมัครเล่นในกิจการวิทยุสมัครเล่น โดยพนักงานวิทยุสมัครเล่น จุดประสงค์เพื่อให้มีการติดต่อกันเพื่อการฝึกฝนตนเองและการทดลองตรวจสอบทางวิชาการวิทยุคมนาคมต่าง ๆ เพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มพูนความรู้ทางวิชาการ โดยไม่เกี่ยวข้องกับผลประโยชน์ ทางด้านธุรกิจ หรือการเงิน การเมืองวิทยุสมัครเล่นอาจแบ่งกว้าง ๆ ออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. วิทยุสมัครเล่นที่ใช้ความถี่ย่าน VHF, UHF และ SHF ซึ่งโดยปกติพูดติดต่อถึงกันได้ ในระยะใกล้เพราะเป็นการส่งคลื่นระดับสายตา อย่างไรก็ดีตามอาจมีการติดต่อวิทยุสมัครเล่น ผ่านดาวเทียมสมัครเล่นได้ ทำให้สามารถติดต่อไกลข้ามประเทศได้

2. วิทยุสมัครเล่นที่ใช้ความถี่ย่าน HF ซึ่งเป็นการส่งคลื่นสู่เพดานอากาศแล้วสะท้อนลงมา ทำให้สามารถติดต่อระยะไกลได้ และสัญญาณที่ส่งจะเป็นสัญญาณวิทยุโทรเลขรหัสมอร์ส

**วิทยุติดตามตัว (paging)** เป็นบริการวิทยุในเครือข่ายสาธารณะประเภทหนึ่ง โดยลูกค้าหรือสมาชิกเครือข่ายจะมีเครื่องรับวิทยุคมนาคมขนาดเล็กกะทัดรัดพกติดตัวโดยตลอด เพื่อให้ผู้ที่ต้องการติดต่อหรือส่งข่าวสารให้ทราบ สามารถเรียกติดต่อได้ไม่ว่าลูกค้าหรือสมาชิกเครือข่ายนั้นจะอยู่ที่ใด เครื่องรับวิทยุคมนาคมดังกล่าว (pager) จะรับสัญญาณได้อย่างเดียวส่งออกไม่ได้ มีขนาดเล็กมาก พกติดตัวสะดวก

สรุปได้ว่า วิทยุสื่อสารแบ่งออกได้เป็นหลายประเภท ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งาน และคุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่นความถี่วิทยุในย่านต่าง ๆ

**หลักการทำงานของวิทยุสื่อสาร** กรมไปรษณีย์โทรเลข (2536, หน้า 130) กล่าวว่า เครื่องรับและเครื่องส่งวิทยุ นั้น ตามที่เราทราบกันดีแล้วว่า มันจะทำหน้าที่ นำข่าวสารและรับข่าวสารหรือข้อมูลหรือข้อความต่าง ๆ ของเรา เพื่อนำไปยังที่ต่าง ๆ แทนเราอันที่จริงแล้ว เสียงหรือคลื่นเสียงนั้น ก็เป็นคลื่นชนิดหนึ่ง แต่ต่างกันที่ความถี่ของมัน ซึ่งความถี่ที่ต่างกันนี้ก็ย่อมจะมีผลและข้อดีข้อเสียหรือคุณสมบัติของมันเองที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น เสียงที่เราพูดกันหรือที่ออกมาจากการทำให้เกิดเป็นเสียงพูดจากปากของคนเรานั้น มีความถี่อยู่ระหว่าง 20-20,000 Hz และหูของคนเราก็เช่นกันมีความสามารถที่จะรับฟังเสียงหรือความถี่ขนาด 20-20,000 Hz นี้ได้ แต่ข้อเสียของคลื่นความถี่ที่ต่ำขนาดนี้ ก็จะเดินทางไปได้ไม่ไกลมากนัก ทำให้การสื่อสารถึงกันด้วยความถี่ต่ำ หรือความถี่เสียงนี้ อยู่ในระยะทางไม่ห่างไกลกันมากนัก อาจจะหมายถึงไม่กี่เมตร ถ้าจะให้ไกลมากขึ้นไปอีกนิดหน่อยก็ต้องใช้เครื่องขยายเสียงเพิ่ม นั่นเอง

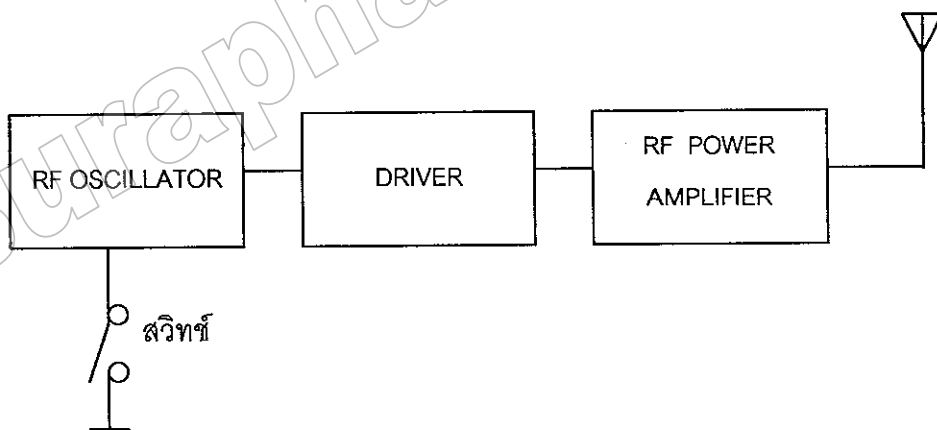
ความถี่ของคลื่นที่สูงขึ้นมีคุณสมบัติคือสามารถเดินทางไปเป็นระยะทางที่ไกลมากขึ้น ขึ้นอยู่กับความถี่ขนาดนั้น ๆ ซึ่งความถี่ย่านเหล่านี้เรามักจะเรียกกันว่าความถี่วิทยุ นั่นเอง คุณสมบัติที่เห็นได้ชัดเจนก็คือ สามารถเดินทางไปได้ไกลมาก ๆ และก็ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ว่าจะทำให้เดินทางไปได้ไกลมากน้อยแค่ไหน และสิ่งต่าง ๆ ที่มีผลกับมันก็เช่น ชั้นบรรยากาศชั้นต่าง ๆ เป็นต้น จากที่เราพอจะได้ทราบมาตั้งแต่บทต้น ๆ กันแล้วว่า คลื่นวิทยุที่มีความถี่ต่าง ๆ กันสามารถเดินทางไปในอากาศได้ระยะทางที่แตกต่างกัน แต่อุปสรรคของเราก็อยู่ที่ว่า ปากของคนเราและหูของคนเรา มีความสามารถที่จะกำเนิดและรับรู้ถึงถึงความถี่ต่าง ๆ ที่ความถี่ระดับความถี่ของเสียงเท่านั้น และแน่นอนเมื่อเป็นเช่นนั้นแล้ว เครื่องมือที่จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณคลื่นเสียงของเราเพื่อให้มันมีความถี่ที่สูงขึ้นไปเป็นคลื่นวิทยุ และจะได้ส่งไปไกล ๆ และ

หลังจากนั้นก็มีเครื่องมืออีกชนิดหนึ่งทำหน้าที่แปลงคลื่นความถี่วิทยุให้มันต่ำลงมาจากกระทั่งหูของคนเราสามารถรับฟังได้ ซึ่งเครื่องมือที่เราว่านั้นก็คือ เครื่องส่งวิทยุและเครื่องรับวิทยุนั่นเอง

เครื่องส่งวิทยุ จะทำหน้าที่แปลงให้คลื่นเสียงของเราเป็นความถี่ที่สูงขึ้นสูงจนถึงขนาดที่เราเรียกว่าคลื่นวิทยุ และส่งออกไปในอากาศ ส่วนเครื่องรับวิทยุ มันก็จะทำหน้าที่กลับกันก็คือ แปลงจากความถี่วิทยุที่สูงนั้นให้เป็นเป็นความถี่ที่ต่ำลงมาจากขนาดที่หูของคนเราสามารถรับฟังได้ แต่ในความเป็นจริงแล้ว เครื่องส่งและเครื่องรับวิทยุนั้น ไม่ได้ทำหน้าที่อย่างนั้นโดยตรง แต่กลับทำหน้าที่ผลิตคลื่นความถี่ที่สูงที่เราเรียกว่า คลื่นวิทยุออกมาทางด้านเครื่องส่งวิทยุและหลังจากนั้นเราก็จะเอาคลื่นเสียงของคนเราผสมเข้าไปหรือฝากเข้าไป ซึ่งที่เราเรียกว่า การมอดดูเลชั่น นั่นเอง หลังจากนั้นก็จะทำการขยายกำลังให้มันแรงขึ้น เพื่อจะได้ไปไกล ๆ ได้ ส่วนเครื่องรับวิทยุนั้น เมื่อมันรับคลื่นความถี่สูงเข้ามา ก็จะมีการแปลงให้มันมีความถี่ที่ต่ำลง หรือที่เราเรียกว่าดีมอดดูเลชั่น นั่นเอง

หลักการการทำงานของวิทยุสื่อสารแต่ละแบบก็จะมีรายละเอียดแตกต่างกันไป ดังนี้

1. หลักการทำงานของเครื่องส่งและเครื่องรับวิทยุแบบ CW การทำงานของเครื่องส่งและเครื่องรับแบบ CW นี้จะทำให้เราได้เข้าใจเครื่องรับส่งวิทยุอย่างง่ายขึ้น กล่าวคือ เครื่องส่งวิทยุแบบนี้จะทำหน้าที่ผลิตความถี่ขนาดคลื่นความถี่วิทยุออกมาและส่งออกไปในอากาศ ส่วนทางด้านเครื่องรับนั้นจะทำหน้าที่แปลงคลื่นความถี่วิทยุนี้ให้มีความถี่ที่ต่ำลงมาถึงขนาดที่หูของคนเราสามารถจะได้ยินได้ ตามภาพที่ 1



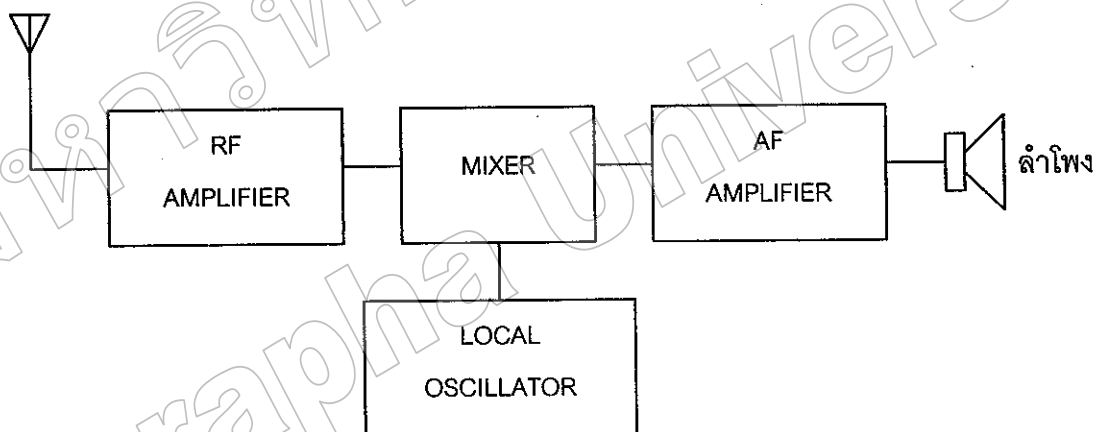
ภาพที่ 1 การทำงานของเครื่องส่งวิทยุแบบ CW

จากภาพแสดงการทำงานของเครื่องส่งวิทยุแบบ CW อธิบายได้ดังนี้ ภาค RF OSCILLATOR จะทำหน้าที่กำเนิดหรือผลิตความถี่วิทยุออกมา บางที่เราเรียกว่า ภาคกำเนิด

คลื่น ซึ่งคลื่นที่ผลิตหรือกำเนิดออกมา ยังมีกำลังที่ค่อนข้างอ่อนมาก จึงต้องให้มีภาคขับ หรือตัวขับ ที่เราเรียกว่า ภาค DRIVER ทำหน้าที่ขยายให้มันมีกำลังแรงมากขึ้น และหลังจากนั้นจึงทำการส่งไปยังภาคขยายกำลังอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้มีกำลังที่แรงมากขึ้น แล้วจึงส่งคลื่นนี้ไปยังสายอากาศ เพื่อกระจายคลื่นออกไปในอากาศต่อไป

การส่งคลื่นวิทยุในระบบหรือแบบ CW นี้เป็นการส่งคลื่นวิทยุออกไปแต่เพียงอย่างเดียว ไม่มีการนำอะไรอย่างอื่นเข้าไปผสมเลย ซึ่งเราจะสังเกตว่าที่ภาคกำเนิดคลื่นนั้นจะมีสวิทช์ติดตั้งอยู่ เพื่อกดหรือทำหน้าที่เปิดปิดคลื่นความถี่วิทยุที่จะส่งออกไปให้ทำงานหรือให้มันส่งออกไปเป็นช่วง ๆ หรือออกไปแบบสั้นหรือยาวในรูปของรหัสมอร์ส นั่นเอง

คลื่นความถี่วิทยุนี้ที่ส่งออกไปในอากาศนั้นยังมีความถี่สูงมาก หูของคนเราไม่สามารถได้ยินได้ ดังนั้น เราจึงต้องมีเครื่องรับวิทยุแบบ CW นี้ขึ้นมาเพื่อจะได้ทำหน้าที่แปลงสัญญาณความถี่วิทยุให้มันต่ำลงมาจนถึงระดับที่หูของเราจะตอบสนองการได้ยินได้ ตามรูปแบบการทำงานตามภาพที่ 2



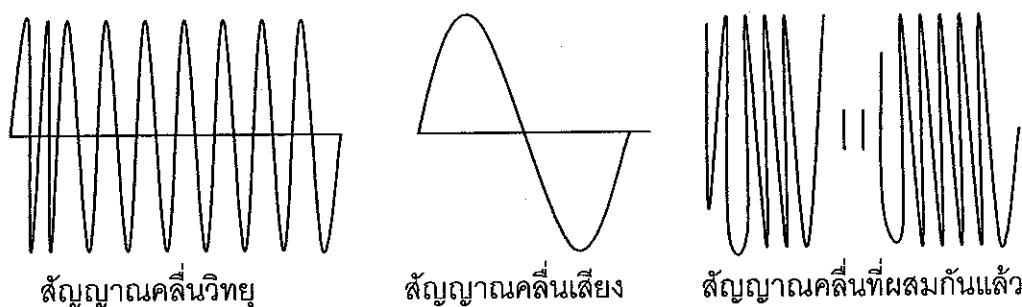
ภาพที่ 2 การทำงานของเครื่องรับแบบ CW

จากภาพแสดงการทำงานของเครื่องรับวิทยุแบบ CW ซึ่งเป็นเครื่องรับวิทยุที่จะทำการแปลงสัญญาณของคลื่นความถี่วิทยุให้มีความถี่ที่ต่ำลงมาจนทำให้หูของคนเราได้ยินมีหลักการทำงานดังนี้ สายอากาศจะทำหน้าที่รับสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุเข้ามา แล้วส่งต่อไปให้ภาค RF AMPLIFIER ทำการขยายสัญญาณนั้นให้แรงขึ้น แล้วส่งเข้าไปยังภาค MIXER เพื่อทำการผสมกับคลื่นความถี่อีกอันหนึ่งที่ผลิตขึ้นมาภายในตัวของเครื่องรับวิทยุนี้ หรือที่เรียกว่า ภาค LOCAL OSCILLATOR เพื่อทำการผสมกับคลื่นความถี่นั้นต่ำลงมา เช่น ถ้าหากความถี่วิทยุที่ส่งเข้ามามีความถี่ 1,500,000 Hz เราก็สร้างหรือให้ LOCAL OSCILLATOR ผลิตความถี่ขนาดที่ต่างกัน

ประมาณ 600 Hz เช่น 1,500,600 Hz หรือ 1,499,400 Hz เข้าไปทำการผสมกัน จะทำให้เราได้ความถี่ที่มีขนาดต่างกับกับความถี่ที่เข้ามาเป็น 600 Hz ซึ่งความถี่ขนาด 600 Hz นี้ หูของเราสามารถรับฟังได้แล้ว ดังนั้น เมื่อมีความถี่สัญญาณคลื่นวิทยุขนาด 1,500,000 Hz เข้ามา เราก็จะได้ยินเสียงความถี่ 600 Hz ออกมาจากภาค MIXER ทันที จากนั้นเพื่อให้การรับฟังง่ายขึ้นจึงนำคลื่นสัญญาณความถี่ 600 Hz นี้ มาทำการขยายอีกครั้งหนึ่งให้แรงขึ้นเพื่อขับออกลำโพงหรือหูฟังต่อไป ซึ่งเราจะเห็นได้ว่าเป็นการส่งและรับสัญญาณคลื่นวิทยุอย่างง่าย ๆ อย่างหนึ่งซึ่งก็มีผลทำให้เราสามารถรับส่งสัญญาณหรือข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ได้แล้ว ซึ่งระยะทางจะไปไกลมากน้อยแค่ไหนก็ขึ้นอยู่กับกำลังส่งและความถี่ของคลื่นวิทยุที่เราใช้นั่นเอง

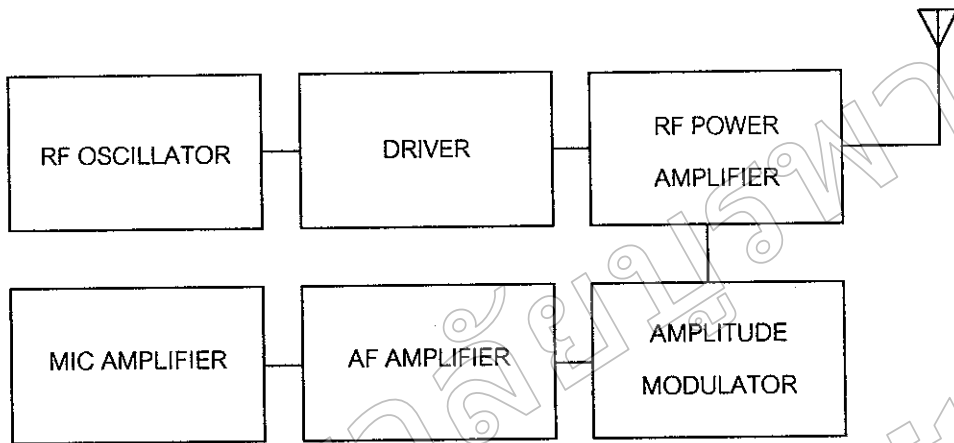
จากการทำงานของเครื่องรับและส่งวิทยุ ดังที่ได้อธิบายมาดังกล่าวข้างต้น เป็นการส่งคลื่นความถี่สัญญาณวิทยุออกไปโดยตรงโดยมิได้มีการผสมสัญญาณหรือข้อมูลใด ๆ ผสมเข้าไป ข้อมูลหรือข่าวสารที่ต้องส่งผสมเข้าไปกับคลื่นวิทยุ หรือที่เรียกว่า modulation นั้นเองแล้วจึงส่งออกไปในอากาศทางด้านของเครื่องรับวิทยุก็เช่นกัน เมื่อรับสัญญาณเข้าไปในความถี่วิทยุได้แล้วก็ทำการ demodulation เพื่อแยกข้อมูลหรือข่าวสารนั้นออกจากคลื่นวิทยุ การผสมสัญญาณเข้าไปในความถี่วิทยุ มีด้วยกันหลายแบบ เช่น amplitude modulation, frequency modulation, pulse width modulation เป็นต้น แต่ส่วนใหญ่ในวงการนักวิทยุสมัครเล่น ใช้กันอยู่ขณะนี้ก็มีแบบ FM AM CW SSB ซึ่งแบบ SSB เป็นส่วนหนึ่งของแบบ AM นั้นเองและนอกเหนือจากนี้เมื่อวิวัฒนาการเจริญก้าวหน้าขึ้นก็มี การผสมคลื่นแบบอื่นเกิดขึ้นมาอีกมากมายเช่น FSK เป็นต้น

2. หลักการทำงานของเครื่องรับวิทยุและเครื่องส่งวิทยุแบบ AM การทำงานของเครื่องรับส่งวิทยุแบบ AM นี้มีการผสมคลื่นเข้ามาเกี่ยวข้องซึ่งคำว่า amplitude modulation ก็คือการส่งคลื่นวิทยุออกไปโดยนำคลื่นเสียงผสมเข้าไปด้วยโดยมีจุดประสงค์ให้มีการเปลี่ยนแปลงทางด้าน Amplitude เท่านั้นซึ่งวิธีการนี้ความถี่ของคลื่นสัญญาณวิทยุนั้นจะยังคงเท่าเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง ตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ผังการทำงานของเครื่องส่งวิทยุแบบ AM

จากที่เราทราบแล้วว่า การส่งคลื่นวิทยุ หรือการผสมคลื่นวิทยุที่เราส่งออกไปแบบ AM นั้น เราลองมาสังเกตดูว่าการเปลี่ยนแปลงของความถี่วิทยุ นั้นไม่มี แต่ Amplitude ของคลื่น จะเปลี่ยนแปลงไปซึ่งจะมี หลักการทำงานอย่างง่าย ๆ ดังนี้คือ



ภาพที่ 4 แผงเครื่องส่งวิทยุแบบ AM

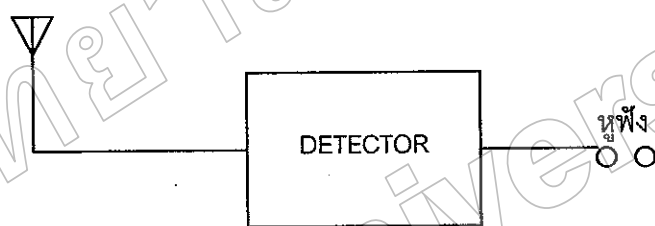
การทำงานของเครื่องส่งวิทยุแบบ AM นั้นประกอบด้วย ภาคกำเนิดคลื่นวิทยุ ซึ่งจะทำหน้าที่กำเนิดคลื่นวิทยุที่เราต้องการจะส่งออกไป ผ่านออกมาทางภาคขับสัญญาณแล้วขยายให้แรงขึ้นด้วยภาคขยายกำลัง ซึ่งถ้าหากเรามองเพียงส่วนนี้จะคล้ายกับการทำงานของเครื่องส่งวิทยุแบบ CW แต่แตกต่างกันตรงที่เรายังมีภาคขยายสัญญาณเสียงและภาคขยายสัญญาณเสียงจากไมโครโฟนเพิ่มเข้ามาด้วย และหลังจากส่งสัญญาณเสียงนี้เข้าไปยังภาคผสมสัญญาณเสียงแบบ AM และที่ภาคมอดูเลเตอร์หรือภาคผสมสัญญาณเสียงกับคลื่นวิทยุนี้จะทำตัวเสมือนหนึ่งเป็นตัวกำหนดหรือประตูเปิดปิดให้กระแสไฟฟ้าที่จะไหลไปเลี้ยงยังภาคขยายกำลังให้เปิดมากหรือน้อยตามความดังของเสียงที่เข้ามาผสมนั่นเอง โดยหลักการว่า ถ้าหากไม่มีสัญญาณเสียงเข้ามาภาคขยายกำลังก็จะทำงานเต็มที่ มีคลื่นวิทยุขยายออกมาอย่างเต็มที่ แต่เมื่อมีสัญญาณเสียงเข้ามาผสมสัญญาณเสียงนี้ จะเป็นตัวเสมือนหนึ่งให้การขยายกำลังของภาคขยายกำลังทำงานลดน้อยลงไป ตามกำลังหรือความดังของสัญญาณเสียงที่เข้ามาผสมนั่นเอง โดยขอให้ดูภาพประกอบ 3 ที่เป็นรูปคลื่นสัญญาณวิทยุ สัญญาณเสียง และสัญญาณคลื่นวิทยุกับสัญญาณเสียงที่ผสมกันประกอบไปด้วย จะทำให้เข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น

ขอให้เราสังเกตอีกอย่างหนึ่งเกี่ยวกับการส่งคลื่นวิทยุที่ผสมกับสัญญาณเสียงแล้วที่เรียกว่าแบบ AM นั้นนั้นว่าความถี่ของสัญญาณวิทยุจะไม่มีเปลี่ยนแปลงแต่ทางด้านแอมพลิจูดหรือความโตหรือกำลังของมันจะเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยตามคลื่นเสียงที่เข้ามา เพราะฉะนั้น



เราจะกล่าวอย่างง่าย ๆ ว่า แอมพลิฟิเคชันที่เราเห็นเปลี่ยนแปลงนั้น เหมือนหนึ่งว่ามันยังมีความถี่ที่อยู่ในย่านของคลื่นเสียงอยู่นั่นเอง ดังนั้นถ้าหากเราต้องการที่จะฟังหรือรับฟังสัญญาณเสียงที่ผสมกันมาในแบบ AM นี้ ก็ให้เราทำการกรองเอาคลื่นความถี่วิทยุออกไปเท่านั้นเราก็สามารถได้ยินสัญญาณเสียงได้แล้วนั่นเองหรือเราอาจจะนึกถึงวิทยุแอมป์แบบง่าย ๆ ก็ได้การทำงานของเครื่องรับวิทยุแบบ AM

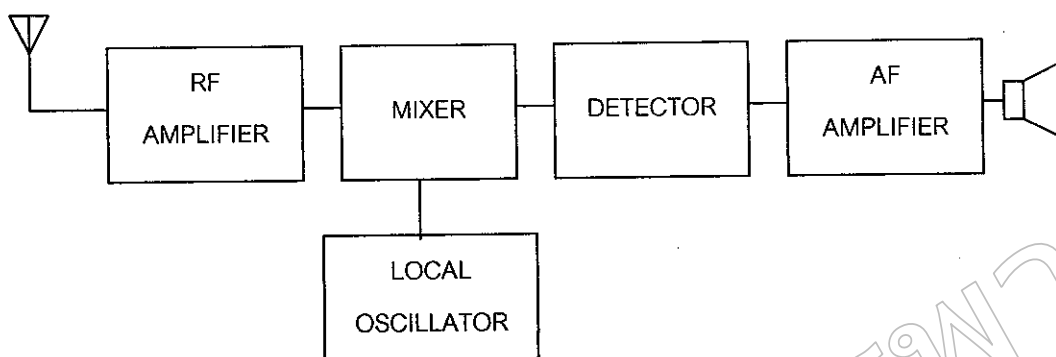
หลักการทำงานของเครื่องรับส่งวิทยุแบบ AM ก็ได้กล่าวมาอย่างคร่าว ๆ ไปแล้วว่า เราจะต้องกรองสัญญาณความถี่วิทยุออกไปให้เหลือแต่คลื่นเสียง แล้วจึงเอาคลื่นเสียงนั้นไปทำการขยายให้ดังขึ้นเพื่อให้ง่ายต่อการรับฟังเท่านั้น ดังที่เราอาจจะนึกถึงเครื่องรับวิทยุแอมป์ ซึ่งจะรับคลื่นเข้ามาแล้ว จะทำการ Detect หรือกรอง ให้เหลือแต่คลื่นเสียง ออกมาทางหูฟังให้เราได้ยิน ซึ่งหลักการทำงานอย่างง่าย ๆ นี้ อธิบายการทำงานได้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ผังภาคกรองสัญญาณความถี่

จากแผนผังดังกล่าวข้างบนนี้เราอาจจะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเป็นเครื่องวิทยุแบบ รีเจนเนอเรทีฟ กล่าวคือ เมื่อรับคลื่นสัญญาณวิทยุเข้ามาแล้ว ก็ทำการกรองเอาแค่คลื่นเสียงออกมาเท่านั้น ข้อเสียคือ เราจะรับได้เฉพาะแต่สัญญาณจากสถานีวิทยุที่มีความแรงมากกว่าได้เท่านั้น ไม่สามารถเลือกที่จะรับจากสถานีใดสถานีหนึ่ง แบบเฉพาะเจาะจงได้ ซึ่งในปัจจุบันนี้ไม่เป็นที่ยอมรับเพราะว่าเดี๋ยวนี้เรามีสถานีส่งคลื่นวิทยุกันมากมายหลากหลายความถี่ต่าง ๆ กันออกไป

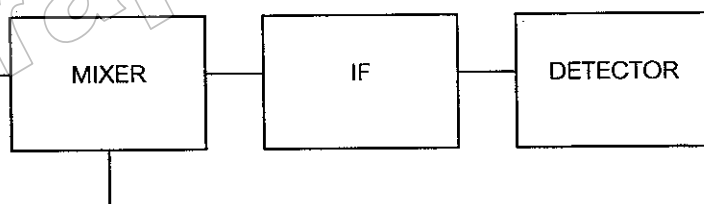
ด้วยเหตุผลดังกล่าวเครื่องรับวิทยุแบบ ซูเปอร์เฮเทอโรไดน์ จึงเข้ามาแทนที่ ซึ่งมีข้อดีก็คือ สามารถเลือกรับความถี่ที่เราต้องการได้ ทำให้เราสามารถเลือกรับความถี่ที่เราต้องการได้ ทำให้เราสามารถเลือกได้ว่าเราจะฟังรายการหรือข้อมูลข่าวสารจากสถานีส่งวิทยุต่าง ๆ ได้ อย่างเฉพาะเจาะจง แผนผังของเครื่องรับวิทยุแบบซูเปอร์เฮเทอโรไดน์แสดงไว้ในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 เครื่องรับวิทยุแบบซูเปอร์เฮเทอไดรอน

สัญญาณคลื่นความถี่วิทยุแบบ AM จะเข้ามาที่สายอากาศ ผ่านภาควิทยุสัญญาณคลื่นวิทยุให้แรงขึ้น แล้วส่งเข้ามาทำการผสมกันกับภาคกำเนิดความถี่คลื่นวิทยุที่เราสร้างหรือผลิตขึ้นมาในตัวเองของเครื่องรับวิทยุแบบนี้ จากนั้นเราจะได้สัญญาณของคลื่นวิทยุที่มีความถี่ต่ำลงมาพอประมาณ แล้วจึงผ่านไปยังภาค detector ซึ่งจะทำหน้าที่กรองสัญญาณคลื่นวิทยุออกทิ้งไปให้เหลือแต่คลื่นความถี่เสียง แล้วจึงทำการขยายอีกครั้งให้แรงขึ้นขับออกสู่ลำโพงต่อไป และถ้าหากเราต้องการจะรับฟังคลื่นวิทยุจากสถานีวิทยุที่มีความถี่ต่างกันก็ต้องทำการเปลี่ยนความถี่ของภาค local oscillator ก็จะทำให้เราสามารถเลือกรับคลื่นวิทยุจากสถานีที่แตกต่างกันออกไปได้

เครื่องรับวิทยุในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงให้มีการเลือกรับคลื่นจากสถานีวิทยุให้ดีขึ้น โดยการเพิ่มเติมภาค IF หรือเรียกว่า intermediate frequency เข้ามาอีกภาคหนึ่งระหว่าง mixer และ detector เพื่อให้มันมีการเลือกรับคลื่นวิทยุได้ดีขึ้นไปอีก

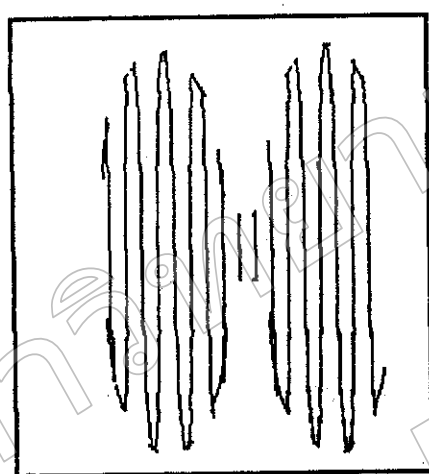


ภาพที่ 7 เครื่องรับวิทยุที่เพิ่มภาควิทยุ IF เข้ามา

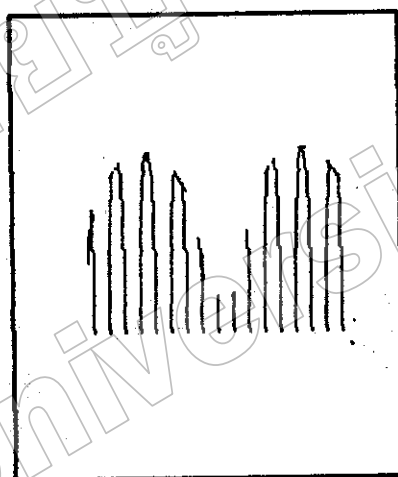
3. การทำงานของเครื่องรับและเครื่องส่งวิทยุแบบ SSB การรับและส่งคลื่นวิทยุ โดยมีการผสมสัญญาณคลื่น ในระบบ SSB (single side band) ก็นับว่าได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะของนักวิทยุสมัครเล่นที่ใช้ความถี่ในย่าน HF ทั้งหลาย การรับและส่งคลื่นในแบบ SSB นั้นนอกจากจะเป็นการประหยัดความถี่ที่ใช้งานแล้ว (กล่าวคือในความถี่เดียวกัน

สามารถส่งได้ทั้ง LSB และ USB) ทางด้านของภาคขยายกำลังส่งคลื่นวิทยุก็สามารถที่จะให้กำลังส่งได้มากกว่าเมื่อเทียบกับการส่งในแบบ AM ซึ่งถ้าเราจะอธิบายให้ง่ายขึ้นอีกในการส่งวิทยุแบบ SSB นั้นอันที่จริงก็คล้ายกับการผสมสัญญาณในแบบ AM แต่ในแบบ AM นั้น เราจะสังเกตเห็นว่าในส่วนของภาครับเขาจะใช้ ไดโอด เป็นตัวดีเทคเตอร์ โดย

ไดโอดที่ว่านี้ จะรับเอาสัญญาณของคลื่นวิทยุแบบ AM เพียงครั้งเดียวเท่านั้น ส่วนอีกครึ่งที่เหลือตัดทิ้งไป ดังนั้นที่เราส่งคลื่นออกมาทั้งสองส่วนคือ ส่วนบน และ ส่วนล่าง ก็จะถูกนำมาใช้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น ดังภาพที่ 8



สัญญาณคลื่นวิทยุ AM

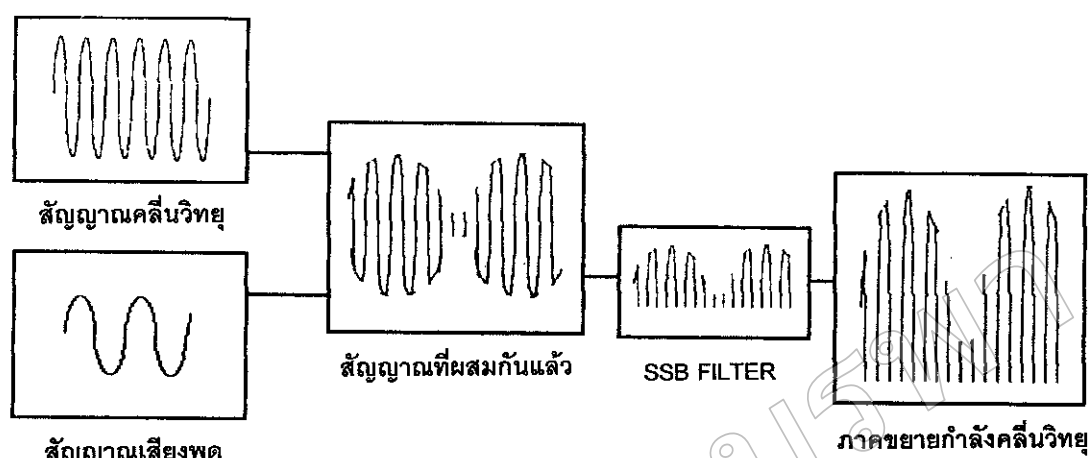


สัญญาณที่ผ่านการ detect แล้ว

ภาพที่ 8 การผสมสัญญาณคลื่น

จากภาพที่ 8 จะเห็นว่า คลื่นสัญญาณวิทยุ AM ที่ส่งมานั้นมันจะประกอบด้วย lower side band และอีกส่วนหนึ่งก็เป็น upper side band รวมกันมานั่นเอง แต่ที่ภาค detector นั้นจะกรองเอาแค่สัญญาณเพียงส่วนใดส่วนหนึ่งเท่านั้น เมื่อเป็นดังนี้แล้วการที่เครื่องส่งวิทยุแบบ AM ส่งคลื่นออกมาขยายโดยภาคต่าง ๆ นั้น ก็จะสูญเสียประโยชน์ไปครึ่งหนึ่งนั่นเอง

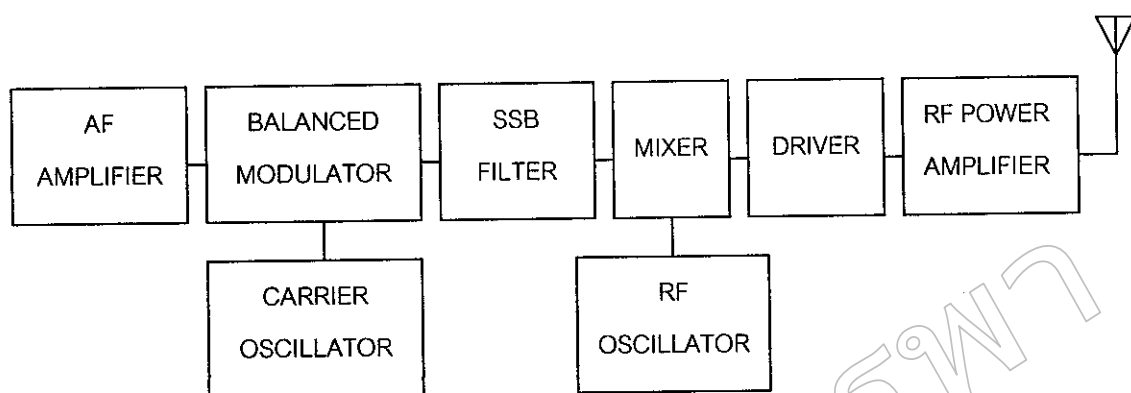
ส่วนการส่งคลื่นในระบบ SSB หรือ single side band นั้น ก็อาจจะมองดูว่าคล้ายกับแบบ AM แต่ว่าเขาจะตัดคลื่นวิทยุออกไปเสียส่วนหนึ่งคงเหลือให้ส่งออกไปเพียงครึ่งเดียวหรือส่วนเดียวเท่านั้น ส่วนการทำงานของภาคสุดท้ายคือภาคขยายสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ หรือที่เราเรียกว่าภาคขยายกำลัง ก็สามารถทำงานได้คิดเป็นกำลัง 2 เท่าของภาค AM กล่าวคือ ให้ทำการขยายสัญญาณและส่งออกเฉพาะส่วนที่เราต้องการเท่านั้น ส่วนที่ไม่ต้องการก็ไม่ต้องขยายและไม่ต้องส่งออกนั่นเอง การทำงานในภาคผสมสัญญาณและภาคขยายกำลังแสดงไว้ในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 การทำงานในภาคผสมสัญญาณและภาคขยายกำลัง

จากภาพที่ 9 แสดงการทำงานในภาคผสมสัญญาณและภาคขยายกำลังนั้น ในส่วนของ การผสมสัญญาณจะคล้ายกับการผสมสัญญาณของเครื่องส่งวิทยุแบบ AM แต่เมื่อได้สัญญาณที่ผสมกันแล้ว ก่อนที่จะนำไปขยายหรือส่งออกไปเราจะทำการตัดเอาส่วนที่ไม่ต้องการออกไปโดย ภาค single side band filter จะทำการกรองเอาสัญญาณที่ไม่ต้องการออกไป จากนั้นจึงเอาสัญญาณที่เราต้องการจริง ๆ แล้วจึงส่งไปทำการขยายและส่งออกไปยังสายอากาศต่อไป ด้วยวิธีการดังนี้เราจะเห็นว่าคลื่นสัญญาณความถี่วิทยุในภาคขยายกำลัง จะเหมือนกับว่าได้กำลังออกมาเป็นอีกเท่าตัวเมื่อเทียบกับการส่งแบบ AM เพราะในแบบ AM นั้นเราขยายส่วนที่ไม่ต้องการออกไปด้วย จึงทำให้เปล่าประโยชน์

แผนผังและการทำงานของเครื่องส่งวิทยุแบบ SSB ถึงแม้เราจะได้ทราบว่า เครื่องส่งวิทยุแบบ SSB นั้นคล้ายกับเครื่องส่งวิทยุแบบ AM โดยหลักการคร่าว ๆ ดังนี้ในแบบ AM นั้นถ้าหากไม่มีคลื่นเสียงเข้าไปผสมแล้ว มันจะส่งสัญญาณคลื่นพาห์ออกมาอย่างเต็มที่และ แอมพลิจูดของมันจะลดลงตามกำลังของคลื่นเสียงที่เข้าไปผสมมันจะไม่มีคลื่นพาห์ออกมา แต่เมื่อมีคลื่นเสียงเข้ามาผสมแล้วมันจะส่งคลื่นพาห์ออกมาตามความแรงของคลื่นเสียงที่เข้าไปผสม ซึ่งบางที่เราเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเป็นการส่ง SSB แบบไม่มีคลื่นพาห์ นั่นเอง และในการส่งแบบ SSB นี้ก็จะส่งเฉพาะส่วนที่ต้องการออกไปเท่านั้น และส่วนที่ไม่ต้องการก็จะถูกตัดออกไป ไม่นำมาขยายหรือส่งออกไปนั่นเอง แผนผังและการทำงานของเครื่องส่งวิทยุแบบ SSB แสดงไว้ตามภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แผนผังของเครื่องส่งวิทยุแบบ SSB

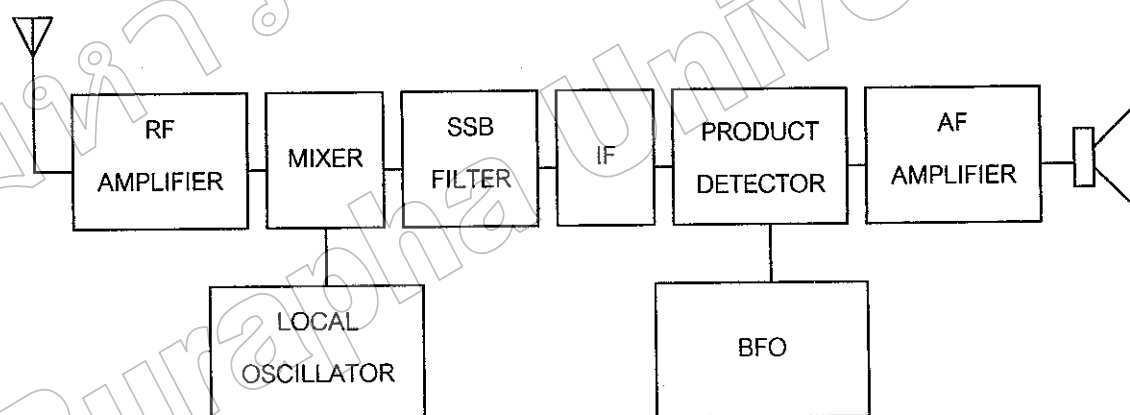
การทำงานของเครื่องส่งวิทยุแบบ SSB ตามรูปภาพข้างบนนี้ สัญญาณคลื่นความถี่เสียงจะถูกขยายให้แรงขึ้น โดยภาค AF amplifier แล้วจะนำเข้าไปผสมกันกับสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุความถี่หนึ่งที่ไม่สูงมากนักเช่น 5 MHz เป็นต้น ซึ่งจะมีภาค carrier oscillator ทำหน้าที่กำเนิดคลื่นความถี่นี้ขึ้นมา หลังจากนั้นจะทำให้ได้สัญญาณคลื่นที่ผสมกันแล้ว คล้ายกับสัญญาณ AM แต่ในที่นี้เราเรียกว่าสัญญาณแบบ double balance ซึ่งเท่ากับว่าเราจะได้สัญญาณออกมาทั้งที่เป็นส่วนบนและส่วนล่าง หรือจะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ได้สัญญาณทั้ง LSB และ USB ออกมานั่นเอง

ในที่นี้ถ้าหากเรากำหนดว่าสัญญาณความถี่เสียงที่เราส่งเข้าไปผสมนี้มีความถี่ 1.5 MHz ทำการผสมกันแบบ double balance แล้วเราจะได้สัญญาณคลื่นวิทยุออกมา 2 อันคือ ที่ความถี่ 5.0015 MHz และ 4.9985 MHz ออกมาซึ่งก็หมายถึงสัญญาณคลื่นวิทยุแบบ USB และ LSB จากนั้นจึงทำการกรองเอาสัญญาณทั้งสองที่ออกมานี้ ให้เหลือเพียงอันเดียวซึ่งภาค SSB filter จะต้องมีการกรองความถี่ที่ค่อนข้างมีความแคบมาก โดยมากเรามักจะใช้การกรองด้วย crystal filter เพราะมันจะมีความแคบในการกรองสัญญาณนี้มากและอีกสาเหตุหนึ่งที่เราต้องผสมคลื่น carrier เข้าไปก่อนก็เพื่อให้ความถี่มันสูงขึ้น เพียงพอหรือพอดีกับ crystal filter ที่มีอยู่ นั่นเอง ซึ่งขณะนี้เท่ากับเราได้คลื่นความถี่วิทยุแบบ SSB ออกมาแล้ว แต่อาจจะยังไม่ตรงกับความถี่ที่ต้องการจะส่งออกอากาศไป

สัญญาณคลื่นความถี่วิทยุแบบ SSB ที่เราได้ออกมานั้นอาจจะมีความถี่ที่สูงเกินไป หรือต่ำเกินไปกว่าที่เราต้องการ ดังนั้นก่อนที่จะส่งมันออกไปจึงต้องทำการผสมกับคลื่นความถี่วิทยุอีกความถี่หนึ่ง ที่เราผลิตหรือกำเนิดขึ้นมาจากภาค RF oscillator อีกทีหนึ่งจนกระทั่งได้ความถี่ที่ต้องการแล้ว จึงจะส่งออกไปยังภาคขยายกำลังต่อไป

จากที่กล่าวมาแล้วถึงส่วนดี ๆ ของการส่งแบบ SSB นั้น อย่างแรกที่จะเห็นได้ชัดเจนก็คือถ้าเป็นการส่งแบบ AM จะต้องส่งคลื่นออกไปทั้งสองส่วน แล้วตัดทิ้งออกไปหนึ่งส่วนที่ภาครับหรือเครื่องรับวิทยุ แต่ในแบบ SSB นี้เราจะตัดเอาส่วนที่เราไม่ต้องการออกทิ้งไปก่อนเลย ดังนั้นในภาคขยายสุดท้ายจึงสามารถขยายกำลังได้อย่างเต็มที่เพราะจะทำการขยายเอาเฉพาะส่วนที่ต้องการจะใช้เท่านั้นให้ออกไป จึงทำให้ดูเหมือนว่าได้กำลังที่จะส่งออกไปเป็นเสมือนหนึ่งว่าสองเท่า ถ้าเทียบกับการส่งแบบ AM เลยทีเดียว และอีกอย่างหนึ่งในสภาวะที่ไม่มีการผสมคลื่นเสียงเข้าไปจะไม่ส่งคลื่นความถี่วิทยุที่เป็นคลื่นพาห่อออกไปจึงให้เป็นการประหยัดไปอีกด้วย

**เครื่องรับแบบ SSB** เครื่องรับวิทยุแบบ SSB นี้หลักการทำงานจะแตกต่างกับการรับคลื่นวิทยุแบบ CW กล่าวคือ เสียงที่เรารับได้จากเครื่องรับแบบ CW นั้นเสียงจะไม่เปลี่ยนแปลงคือจะมีเสียงสัญญาณความถี่ 600 Hz ออกมาเมื่อ มีคลื่นวิทยุเข้ามา แต่ในการรับแบบ SSB นี้สัญญาณคลื่นความถี่วิทยุนั้นจะเปลี่ยนไปมาขึ้นลงโดยเมื่อเอาความถี่วิทยุออกไปแล้ว ก็จะเหลือแต่ความถี่เสียง คล้ายกับเครื่องรับแบบ CW นั่นเอง



ภาพที่ 11 แผนผังการทำงานของเครื่องรับ SSB

การทำงานของเครื่องรับแบบ SSB นั้น อันที่จริงก็ไม่ค่อยจะแตกต่างกับเครื่องวิทยุแบบที่เคยกล่าวมาแล้วสักเท่าใดนัก จะมีก็เพียงบางส่วนที่เพิ่มเข้ามาเท่านั้นเอง สัญญาณคลื่นความถี่วิทยุที่เข้ามาทางสายอากาศ จะถูกขยายให้แรงขึ้นแล้วจึงเอามาผสมกับความถี่วิทยุที่สร้างขึ้นมาใหม่โดยภาค local oscillator ผลิตออกมาจากนั้นจึงนำไปผ่านวงจรกรองสัญญาณที่มีความแคบมาก ๆ หรือที่เรียกว่า SSB filter ซึ่งก็คงจะเป็นพวก crystal filter นั่นเอง จากนั้นจึงส่งสัญญาณนี้เข้าไปขยายที่ภาค IF อีกครั้งหนึ่ง

ส่วนภาค product detector นั้นถ้าจะพูดง่าย ๆ ก็คือเหมือนกับภาค mixer นั้นเอง และหลักการก็ง่าย ๆ เหมือนกับภาครับของเครื่องรับวิทยุแบบ CW คือ จะเอาสัญญาณความถี่วิทยุอันหนึ่ง ที่มาจากภาค BFO ซึ่งภาคนี้จะกำเนิดคลื่นวิทยุที่มีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่วิทยุที่มาจากภาค IF มากคือจะมีความแตกต่างกันประมาณ 1.5 KHz เท่านั้น หลังจากทำการผสมกันแล้วมันก็จะเหลือความถี่เสียงออกมา และส่งออกไปขยายยังภาคขยายเสียงต่อไป

### คุณสมบัติของเครื่องรับ – ส่งวิทยุที่ดี

#### 1. เครื่องส่งวิทยุ

- 1.1 มี harmonic ต่ำ
- 1.2 มี spurious หรือ parasitic ต่ำ
- 1.3 ไม่มี key click (สำหรับ CW)
- 1.4 ไม่ทำให้สัญญาณที่ส่งออกไปผิดพลาดหรือผิดเพี้ยน
- 1.5 มีประสิทธิภาพทางด้านกำลังงานสูง (กินไฟน้อยให้กำลังส่งได้สูง)

#### 2. เครื่องรับวิทยุ

- 2.1 มีความไวในการรับ (sensitivity) ดี
- 2.2 มีการเลือกรับสถานี (selectivity) ดี
- 2.3 ไม่ทำให้สัญญาณที่รับได้ผิดพลาดหรือผิดเพี้ยน

การแพร่กระจายคลื่นวิทยุ คลื่นวิทยุที่แพร่กระจายออกจากสายอากาศนั้น จะมีการแพร่ออกไปในทุกทิศทางคลื่นวิทยุเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถเดินทางไปได้ด้วยความเร็วเท่าแสง อย่างไรก็ตาม คลื่นวิทยุที่มีความถี่ไม่เท่ากันก็มีคุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่นไม่เท่ากัน ในพื้นที่ที่ไกลออกไปจากสถานีส่งคลื่นวิทยุก็จะมีพลังงานลดลง สัญญาณจึงอ่อนลง ฉะนั้นเครื่องรับที่อยู่ใกล้เครื่องส่งมากกว่าย่อมรับสัญญาณได้แรงและคุณภาพของสัญญาณดีกว่าเครื่องรับที่อยู่ห่างออกไปจากเครื่องส่ง

เรานิยมแบ่งชนิดคลื่นตามลักษณะการเดินทาง เช่น คลื่นดิน คลื่นอากาศ คลื่นฟ้า การเดินทางของคลื่นเหล่านี้แตกต่างกันโดยสิ้นเชิง การใช้ประโยชน์คลื่นวิทยุเหล่านี้ จึงต้องเลือกความถี่และการเดินทางของคลื่นให้เหมาะสม เพื่อให้คลื่นวิทยุสามารถเดินทางจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับ คลื่นวิทยุแบ่งตามลักษณะการแพร่กระจายคลื่นได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. คลื่นดิน (ground wave) เป็นคลื่นวิทยุที่เดินทางไปบนผิวโลก บางครั้งเรียกว่าคลื่นผิว (surface wave) เราสามารถใช้คลื่นดินติดต่อสื่อสารกันได้ในช่วงความถี่ LF และ MF ปกติคลื่นดินที่มีความยาวคลื่นยาวกว่า จะเดินทางไปได้ไกลกว่าและจะเดินทางไปไกลกว่าขอบฟ้าสำหรับ

คลื่นดินที่มีความถี่สูงขึ้นไปจะไม่ไกลเพราะถูกลดทอนมาก เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศหรือสิ่งกีดขวาง เหตุผลก็คือเมื่อความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นจะสั้นลงวัตถุที่ใหญ่ เช่น ภูเขาจึงมีผลต่อการแพร่กระจายคลื่น ยกตัวอย่าง เช่นที่ความถี่ 30 กิโลเฮิร์ตซ์ ความยาวคลื่นจะเท่ากับ 10000 เมตร หรือ 6.2 ไมล์ เมื่อเทียบกับขนาดของภูเขาแล้ว ภูเขายังมีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่นฉะนั้นการลดทอนคลื่นดินที่ความถี่นี้จะน้อย แต่ที่ความถี่ 3 เมกะเฮิร์ตซ์ ความยาวคลื่นจะเป็น 100 เมตร วัตถุที่ใหญ่กว่าความยาวคลื่น เช่น ต้นไม้ เนินเขา ตึกกรามบ้านช่อง จะเริ่มมีผลในการลดทอนคลื่นดิน

วิธีการที่จะให้คลื่นดินแพร่ไปได้ไกลมากขึ้น ทำได้โดยการแพร่กระจายคลื่นให้มีโพลาริเซชันแนวดิ่ง ในกรณีที่เราแพร่กระจายคลื่นให้มีโพลาริเซชันแนวราบ สนามไฟฟ้าจะเกิดขึ้นขนานกับผิวโลก ฉะนั้นคลื่นดินจะเสมือนถูกลัดวงจร (ดูคลื่น) ด้วยความนำไฟฟ้า (conductivity) ของผิวโลก อย่างไรก็ตามเราใช้ประโยชน์คลื่นดินได้เฉพาะย่านความถี่ LF กับ MF เท่านั้น ลองคิดดูว่าด้วยเหตุนี้สายอากาศที่มีความยาว  $\lambda/4$  ในย่านความถี่นี้ จะสร้างได้ยากมากเพราะมีขนาดใหญ่โตมโหฬาร ฉะนั้นเราจึงไม่ค่อยนิยมสื่อสารกันในย่านความถี่ LF แต่สำหรับย่านความถี่ MF เราสามารถติดต่อสื่อสารโดยคลื่นดินได้ เพราะขนาดสายอากาศในย่านความถี่นี้ มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก

2. คลื่นอวกาศ (space wave) เมื่อความถี่ของคลื่นวิทยุสูงกว่า 4.5 เมกะเฮิร์ตซ์ คลื่นดินเริ่มจะไปได้เพียงไม่กี่กิโลเมตร และเมื่อความถี่สูงขึ้นไปในย่าน VHF และ UHF คลื่นอวกาศจะไปได้ไกลกว่าคลื่นดิน การติดต่อสื่อสารในย่านความถี่นี้ สายอากาศจะต้องอยู่ในระยะสายตา เพราะคลื่นอวกาศเดินทางโดยตรงจากสายอากาศเครื่องส่งไปยังเครื่องรับ บางครั้งจึงเรียกว่าคลื่นโดยตรง (direct wave) คลื่นอวกาศจะถูกจำกัดให้มีรัศมีการติดต่ออยู่ไม่เกินระยะสายตา ฉะนั้น ถ้าเราต้องการขยายการติดต่อสื่อสารให้ไกลขึ้น วิธีง่าย ๆ ก็คือต้องเพิ่มความสูงของสายอากาศ การติดต่อโดยคลื่นอวกาศอีกแบบหนึ่งได้แก่การติดต่อผ่านดาวเทียมหรือเครื่องบิน วิธีนี้ทำให้ความสูงของสายอากาศต้องเพิ่มขึ้นมากมาย รัศมีการติดต่อก็จะไปได้ไกลขึ้นในย่านความถี่ VHF และ UHF หรือความถี่ที่สูงกว่านี้ เรานิยมสื่อสารกันโดยใช้คลื่นอวกาศ

3. คลื่นฟ้า (sky wave) เหนือผิวโลกขึ้นไปประมาณ 50 ถึง 400 กิโลเมตร การแผ่รังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ จะทำให้อนุภาคของก๊าซในชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก แตกตัวเป็นไอออน (ionize) เกิดประจุบวกและประจุลบ รวมทั้งอิเล็กตรอนอิสระ (free electron) มากมาย ชั้นบรรยากาศที่โดนรังสีแล้วเกิดไอออนนี้ เรียกว่า ชั้นไอโอโนสเฟียร์ (ionosphere) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เดินทางเข้าสู่ชั้นบรรยากาศนี้ จะถูกหักเหเนื่องจากสนามไฟฟ้าในลักษณะเดียวกับแสงถูกหักเหหรือสะท้อนผ่านกระจกเงา การหักเหของคลื่นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ



หลายอย่าง เช่น ความถี่ของคลื่นที่เดินทางเข้ามาในชั้นบรรยากาศ ปริมาณความหนาแน่นของไอออนในชั้นไอโอโนสเฟียร์ มุมที่คลื่นเดินทางเข้าสู่ชั้นไอโอโนสเฟียร์ ถ้าหากคลื่นมีความถี่พอเหมาะ กับชั้นบรรยากาศและมุมยังเข้าสู่ชั้นบรรยากาศถูกต้องพอดี คลื่นก็จะสามารถหักเหกลับมายังพื้นโลกได้อีก คลื่นอวกาศที่เดินทางขึ้นไปบนฟ้าแล้วหักเหลงมายังผิวโลกนี้ เรียกว่า คลื่นฟ้า การติดต่อสื่อสารในย่านความถี่ HF นี้จะใช้คลื่นฟ้าเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามในเวลากลางคืน คลื่นในย่านความถี่ MF ก็สามารถสื่อสารโดยคลื่นฟ้าได้เช่นกัน บรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ ประกอบด้วย 3 ชั้นใหญ่ ๆ คือ

1. ชั้น D อยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 40-90 กม. จะเกิดไอออนเมื่อแสงอาทิตย์มาตกกระทบ และไอออนจะรวมตัวกลับคืนสภาพเป็นกลางอย่างรวดเร็ว ในเวลาเพียงวัน จะมีไอออนมากที่สุด และจะสลายตัวหมดเมื่อพระอาทิตย์ตกดิน

ชั้น D จะได้มีผลในการหักเหความถี่ย่าน HF ให้กลับสู่พื้นโลก ผลที่มีต่อการสื่อสารระยะไกลก็คือ จะดูดซึมพลังงานคลื่นวิทยุที่วิ่งผ่านตัวมัน ถ้าเป็นความถี่ต่ำลงจะยิ่งถูกดูดซึมพลังงานมากขึ้น ถึงมีผลเฉพาะกลางวันตัวคลื่นย่าน LF ลงไป

2. ชั้น E อยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 90-150 กม. บรรยากาศชั้นนี้ยังหนาแน่นจนไอออนสลายตัวอย่างรวดเร็ว หลังพระอาทิตย์ตกดิน ชั้น E มีประโยชน์ในการหักเหคลื่นวิทยุต่อเมื่อมีแสงอาทิตย์เท่านั้น และทำให้การติดต่อได้ไกลที่สุด ประมาณ 2,000 กม. ต่อ 1 HOP

3. ชั้น F อยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 150-400 กม. ขึ้นกับฤดูกาล ละติจูดเวลาของวัน และ solar activity มีผลต่อการสื่อสารระยะไกลมากที่สุด ที่ระดับความสูงนี้ ไอออนจะสลายตัวช้ามาก ดังนั้น จึงยังคงมีไอออนได้ตลอดทั้งคืน และถึงจุดต่ำสุดก่อนที่พระอาทิตย์ขึ้น

ในเวลากลางวัน ชั้น F จะแบ่งเป็น 2 ชั้นย่อยคือ F1 และ F2 ซึ่งมีศูนย์กลางอยู่สูงประมาณ 200 และ 300 กม. ตามลำดับ F1 ไม่มีผลต่อการสื่อสารทางไกลเท่าไรนัก แต่ F2 จะมีผลต่อการติดต่อทางไกลเกือบทั้งหมดในย่าน HF 1 HOP จะติดต่อได้ไกลสูงสุดประมาณ 4,000 กม.

ร.ต.อ.สุชาติ กังวารจิตต์ (2536, หน้า 242) ได้กล่าวว่า ชั้นไอโอโนสเฟียร์ สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายชั้นย่อยตามปริมาณไอออนที่เกิดขึ้น คลื่นฟ้าที่สะท้อนกลับจากชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์นั้น อาจมาจากชั้นย่อย ๆ ที่ความสูงต่างกัน และนอกจากนี้ก็ยังขึ้นอยู่กับความถี่ ในช่วงเวลาเช้า กลางวัน เย็น หรือกลางคืน ปริมาณไอออนที่เกิดขึ้นในชั้นไอโอโนสเฟียร์นั้น จะไม่เท่ากันเพราะว่าก๊าซต่าง ๆ ที่ห่อหุ้มโลกมีอยู่หลายชนิดที่ความดันต่าง ๆ กัน ทำให้รับอิทธิพลจากรังสีคอสมิกและอัลตราไวโอเล็ตไม่เท่ากัน จึงเกิดชั้นย่อย ๆ ในชั้นไอโอโนสเฟียร์อีกหลายชั้น

ชั้นย่อยเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงอยู่ทุก ๆ ชั่วโมงแต่ละวัน แต่ละเดือน แต่ละฤดูกาล แต่ละปี ไม่ซ้ำแบบกันหรือไม่เท่ากัน อิทธิพลสำคัญของการเปลี่ยนแปลงนี้มาจากดวงอาทิตย์ เช่น เมื่อ ดวงอาทิตย์แผ่รังสีมายังโลกโดยตรง ปริมาณไอออนจะหนาแน่นมากขึ้น และระดับความสูงเฉลี่ย ของชั้นไอโอโนสเฟียร์จะต่ำลง นอกจากนี้ความแปรปรวนใด ๆ ที่เกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์จะก่อให้เกิด ผลกระทบต่อชั้นไอโอโนสเฟียร์ทั้งสิ้น

ชั้นย่อยในไอโอโนสเฟียร์ยังแบ่งออกเป็นหลายชั้นย่อยที่ความสูงต่าง ๆ กัน

ชั้น D จะเกิดขึ้นเฉพาะเวลากลางวัน ชั้นนี้อยู่ไกลจากดวงอาทิตย์ปริมาณไอออนจะมี

น้อยมาก

ชั้น D จึงไม่ค่อยหักเหคลื่นวิทยุ แต่จะมีการดูดกลืนคลื่นให้ลดน้อยลงไปบ้าง ฉะนั้นใน การสื่อสารผ่านชั้น D คลื่นจะถูกลดทอนทั้งขาขึ้นและขาลง สำหรับคลื่นในย่านความถี่ MF ชั้น D จะดูดกลืนจนหมดสิ้น ฉะนั้นคลื่นในย่านความถี่ MF จะสื่อสารได้เฉพาะคลื่นดินในตอนกลางวัน แต่ในตอนกลางคืนชั้น D จะหายไป คลื่น (ในย่าน MF) ก็จะสามารถเดินทางได้ทั้งทางคลื่นดินและ คลื่นฟ้าด้วย

ชั้น E อยู่ในช่วงความสูงตั้งแต่ 90 ถึง 130 กิโลเมตรเหนือผิวโลก ชั้นนี้จะมีปริมาณ ไอออนหนาแน่นที่สุดในตอนเที่ยงวัน และมีน้อยมากในตอนกลางคืน

ชั้น F ค่อนข้างเปลี่ยนแปลงมากที่สุด เพราะเป็นชั้นที่อยู่นอกสุดและใกล้ดวงอาทิตย์กว่า ชั้นอื่น ๆ ในตอนกลางวันชั้นนี้จะมีชั้นเดียว อยู่ระหว่างความสูงประมาณ 180 ถึง 400 กิโลเมตร แต่ในตอนกลางวันรังสีจากดวงอาทิตย์จะแผ่มาแรงมาก จึงแบ่งออกเป็นชั้นย่อยอีกคือ F1 กับ F2 ชั้น F1 อยู่ระหว่าง 130 ถึง 250 กิโลเมตร ส่วนชั้น F2 อยู่ระหว่าง 140 ถึง 300 กิโลเมตรใน ฤดูหนาว และจะสูงขึ้นไปอีกระหว่าง 250 ถึง 350 กิโลเมตรในฤดูร้อนการสื่อสารทางคลื่นฟ้านี้ ค่อนข้างซับซ้อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา คลื่นฟ้าจะ ค่อย ๆ หักเหกลับลงมาจากชั้นไอโอโนสเฟียร์ทีละน้อยมิใช่เป็นการหักเหแบบหักมุม แต่เป็นการ ค่อย ๆ โค้งลง อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวก เราจะสมมติว่า คลื่นได้สะท้อนหรือเสมือนกับว่า สะท้อนมาจากชั้นความสูง ระยะความสูงของชั้นบรรยากาศซึ่งเสมือนว่าสะท้อนคลื่นลงมานั้น เรียกว่า ระยะสูงเสมือน (virtual height)

ระยะสูงเสมือนของชั้นไอโอโนสเฟียร์คำนวณได้จากการยิงคลื่นของพัลส์ความถี่ต่าง ๆ ขึ้นไปตรง ๆ ในแนวตั้ง และให้สะท้อนกลับมายังโลก เมื่อความถี่ของคลื่นสูงขึ้นเกินค่าหนึ่ง คลื่น จะไม่สะท้อนกลับมา ความถี่ค่านี้เรียกว่าความถี่วิกฤต (critical frequency) ฉะนั้นเมื่อส่งคลื่นที่มี ความถี่สูงกว่าความถี่วิกฤตขึ้นไปในแนวตั้ง คลื่นก็จะไม่สะท้อนกลับมายังโลก ความถี่วิกฤตนี้

เปลี่ยนแปลงไปตามชั้นไอโอโนสเฟียร์ ซึ่งไม่แน่นอน

สมมติว่า เรายังคลื่นขึ้นไปเป็นมุมเฉียง (แทนที่จะเป็นแนวตั้ง) คลื่นก็จะเดินทางในชั้นไอโอโนสเฟียร์นานขึ้น ดังนั้นการหักเหจะหักเหได้มากขึ้น ซึ่งหมายความว่าคลื่นที่ความถี่สูงกว่าความถี่วิกฤต จะสะท้อนกลับสู่โลกได้ถ้ายังคลื่นเป็นมุมเฉียง อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดอื่น ๆ อีกกล่าวคือ ถ้ามุมยิงสูงขึ้นจนถึงมุมยิงค่าหนึ่งแล้ว คลื่นจะทะลุฟ้าไปเลย ไม่สะท้อนกลับมา มุมนี้เรียกว่ามุมวิกฤต เมื่อมุมยิงต่ำลง ระยะทางติดต่อสื่อสารจะไกลขึ้น ระยะทางนี้เรียกว่าระยะสกิป (skip distance) ฉะนั้นระยะสกิปจะไกลที่สุดก็ต่อเมื่อใช้มุมยิงต่ำที่สุดและใช้คลื่นที่มีความถี่สูงสุดที่จะหักเหได้ที่มุมยิงนั้น

ความถี่สูงสุดที่สามารถใช้ติดต่อได้ระหว่างจุด 2 จุด เรียกว่า ความถี่ใช้งานสูงสุด (maximum usable frequency หรือ MUF) ความจริงความถี่ต่ำกว่า MUF ก็ใช้ได้ เพราะคลื่นสามารถหักเหลงมาได้เช่นกัน อย่างไรก็ตาม เมื่อความถี่ต่ำลงอัตราการลดทอนในชั้นไอโอโนสเฟียร์จะเพิ่มขึ้นมากมาย ระดับสัญญาณที่รับได้จะอ่อนลง ความถี่ต่ำสุดที่ใช้ติดต่อกันได้นี้เรียกว่าความถี่ใช้งานต่ำสุด (lowest usable frequency หรือ LUF) นั่นคือ ถ้าใช้ความถี่ต่ำกว่า LUF จะรับคลื่นไม่ได้เพราะถูกลดทอนหมด ถ้าใช้ความถี่สูงกว่า MUF ก็จะไม่รับได้เพราะคลื่นทะลุฟ้าไม่สะท้อนกลับ ฉะนั้นที่ความถี่ MUF เราจะได้รับสัญญาณแรงที่สุด

โดยปกติค่า MUF จะเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เนื่องจากรังสีจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นเราจึงเลือกความถี่ใช้งานที่พอเหมาะ (optimum usable frequency) คือให้ต่ำกว่าค่า MUF ลงมามากพอที่จะให้ระดับสัญญาณที่รับได้ไม่กระเพื่อม (fluctuation) มากนักในแต่ละนาที

แนวทางการเลือกความถี่ใช้งาน ในย่านความถี่ HF 3 ถึง 30 เมกะเฮิรตซ์นั้น โดยปกติแล้วเรามักจะใช้สื่อสารกันในช่วงความถี่ระหว่าง 2 ถึง 15 เมกะเฮิรตซ์เท่านั้น เนื่องจากในย่านความถี่ต่ำกว่า 2 เมกะเฮิรตซ์ การสื่อสารด้วยคลื่นฟ้าไปได้ไกล ส่วนย่านความถี่ที่สูงกว่า 15 เมกะเฮิรตซ์ขึ้นไป การสื่อสารไปได้ไกลมาก คือสามารถส่งผ่านข้ามประเทศไปได้เลย ซึ่งในทางกลับกันเราก็มีโอกาสถูกรบกวนจากสถานีประเทศอื่นในย่านความถี่นี้ได้ด้วยถ้าหากสถานีนั่น ๆ เลือกใช้ความถี่ดังกล่าวนี้

หลักการทั่วไปในการสื่อสารย่าน HF นี้ ก็คือ ความถี่สูงไปได้ไกลกว่าความถี่ต่ำ (เพราะมุมหักเหของความถี่สูงกว่า และการลดทอนกำลังของคลื่นในบรรยากาศน้อยกว่า) และเมื่อใช้ความถี่เดียวกันกลางคืนจะสื่อสารได้ไกลกว่ากลางวัน (เพราะบรรยากาศชั้น F ลอยสูงขึ้นในตอนกลางคืน)

169980

๑  
๒๒.๑๘๔  
๗/๑๑/๑๐  
๑

ข้อมูลต่อไปนี้เป็นแนวทางการเลือกความถี่ใช้งานในย่านความถี่ HF

10 ถึง 15 เมกะเฮิรตซ์ ย่านความถี่นี้เหมาะกับการสื่อสารระยะไกลมาก เช่น การติดต่อในมหาสมุทรของเรือเดินสมุทร ติดต่อสื่อสารข้ามประเทศ เป็นต้น ระยะทางติดต่อกันได้ไกลถึง 4500 กิโลเมตรในตอนกลางวัน

8 ถึง 10 เมกะเฮิรตซ์ ย่านความถี่นี้ส่วนใหญ่ใช้ในกิจการกระจายเสียงคลื่นสั้น การสื่อสารติดต่อได้ไกลถึง 3000 กิโลเมตร ในตอนกลางวัน

7 ถึง 8 เมกะเฮิรตซ์ ระยะติดต่อสื่อสารตอนกลางวันไปได้ไกลถึง 1000 กิโลเมตร ส่วนตอนกลางคืนระยะหวังผลจะได้ไม่เกิน 15 กิโลเมตร หรือมากกว่า 1000 กิโลเมตรขึ้นไปเนื่องจากมีพื้นที่บอด

6 ถึง 7 เมกะเฮิรตซ์ มีคุณสมบัติคล้าย ๆ กับย่าน 7 ถึง 8 เมกะเฮิรตซ์ ตอนกลางวันอาจได้ระยะทางถึง 750 กิโลเมตร ในย่านนี้มีการจางหายของสัญญาณน้อย

5 ถึง 6 เมกะเฮิรตซ์ ย่านความถี่นี้มีการใช้งานคับคั่งมาก กลางวันติดต่อได้ไกลประมาณ 500 กิโลเมตร การจางหายสัญญาณมีน้อย แต่การรบกวนระหว่างสถานีมีมาก ระยะทางติดต่อตอนกลางคืนจะได้ไม่เกิน 80 กิโลเมตร หรือเลย 750 กิโลเมตรออกไป

4 ถึง 5 เมกะเฮิรตซ์ ระยะหวังผลไปได้ถึง 300 กิโลเมตร โดยการรบกวนและจางหายน้อยมาก

3 ถึง 4 เมกะเฮิรตซ์ ในตอนกลางวันระยะทางติดต่อได้ 150 กิโลเมตร ส่วนตอนกลางคืนไปได้ไกลออกไปอีก อาจได้ถึง 1000 กิโลเมตร

2 ถึง 3 เมกะเฮิรตซ์ ในเวลากลางวันระยะทางติดต่อไปได้ไกลมากไม่เกิน 50 กิโลเมตร ในตอนกลางคืนการติดต่ออาจจะไปได้ไกลถึง 600 กิโลเมตร ย่านความถี่นี้ นิยมใช้ในการติดต่อสื่อสารในเวลากลางคืน

นอกจากนี้ทางเลือกในการใช้ความถี่ยังต้องทำให้ถูกต้องตามใบอนุญาตให้ใช้ตามข้อกำหนดจากกรมไปรษณีย์โทรเลขด้วย

ในระบบการรับและส่งสัญญาณวิทยุ สายนำสัญญาณ (transmission line) มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าสายอากาศ การจะเลือกใช้สายนำสัญญาณให้เหมาะสมกับงานจึงต้องศึกษาสายนำสัญญาณให้เข้าใจเป็นอย่างดี สายนำสัญญาณไม่ใช่เป็นเพียงเส้นลวดตัวนำที่ใช้สำหรับการส่งกำลังของคลื่นวิทยุให้กับสายอากาศเท่านั้นแต่ที่จริงแล้ว ประกอบด้วยวงจรเชิงซ้อนโครงข่ายของ LC จำนวนอนันต์โดยมี คุณสมบัติของอิมพีแดนซ์ (characteristic impedance) เป็นตัวกำหนด อิมพีแดนซ์นี้มีค่าเท่ากับค่ารากที่สองของค่าของตัวเก็บประจุ (C) และค่าของตัวเหนี่ยวนำ

(L) ต่อหน่วยความยาว เมื่อไหลมีค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งที่เชื่อมต่อกับสายอากาศ ซึ่งจะทำการกำลังงานที่ส่งผ่านสายส่งไปยังสายอากาศมีค่าสูงสุด (สิทธิชัย เคนบุปผา, 2539, หน้า 131)

ฉัตรชัย สุมาลย์ (2535, หน้า 43) ได้กล่าวว่า "ชั้นตัวเหนียวทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียพลังงานจากการแผ่รังสี เปลือกฉนวนหนาทำให้สายโคแอกมีความคงทนสามารถฝังเดินสายใต้พื้นดินได้ นอกจากนั้นสายโคแอกยังช่วยป้องกันการสะท้อนกลับของเสียงและลดการรบกวนจากภายนอกได้ดี"

นักรบ วิเชษรัตน์ (2539, หน้า 83) ได้กล่าวว่า "สายนำสัญญาณสามารถส่งผ่านกำลังของคลื่นวิทยุจากเครื่องส่งไปยังสายอากาศและนำสัญญาณที่สายอากาศรับได้กลับมายังเครื่องรับวิทยุ"

จากที่กล่าวมาข้างต้นอาจสรุปได้ว่า สายนำสัญญาณทำหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณจากวิทยุไปยังสายอากาศและทำหน้าที่รับสัญญาณจากสายอากาศไปยังวิทยุ พร้อมทั้งป้องกันการรบกวนสัญญาณจากภายนอกไม่ให้เข้ามาภายในสายนำสัญญาณด้วยสายนำสัญญาณแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. บาลานซ์ไลน์ (balance line) คือสายนำสัญญาณที่มีตัวนำ 2 เส้น มีลักษณะเหมือนกัน นำมาต่อขนานกันโดยมีตัวกลางหรือไดอิเล็กทริกกั้นกลางอาจเป็นอากาศก็ได้ เช่น สายโอเพ่นไวร์ (open wire) ฉนวนต่อยึดสายไว้เป็นระยะและคงลักษณะการขนานกันของตัวนำไว้ สายทวินลีดหรือสายริบบอน เป็นต้น เป็นสายนำสัญญาณที่มีอิมพีแดนซ์ 300 โอห์ม

2. อับบาลานซ์ไลน์ (unbalance line) คือ สายที่มีตัวนำ 2 เส้น ที่มีลักษณะต่างกัน ที่เรียกกันว่าสายโคแอกเชียล สร้างขึ้นมาทดแทนสายบาลานซ์ไลน์ เพราะจำกัดการแพร่กระจายคลื่นออกจากสายนำสัญญาณและป้องกันคลื่นวิทยุอื่น ๆ แทรกเข้ามาภายในสายได้ดี ติดตั้งใกล้โลหะได้ไม่มีผลสูญเสียคลื่นออกจากสายได้แก่ สายเบอร์ RG-8, RG-58 เป็นต้น

ค่าความเร็วของคลื่นวิทยุในสายนำสัญญาณ (velocity factor) ในสายนำสัญญาณนั้น คลื่นวิทยุเดินทางได้ช้ากว่าในบรรยากาศและช้ากว่าความเร็วแสง ซึ่งค่าความเร็วของคลื่นในสายนำสัญญาณจะสัมพันธ์กับค่าคงที่ของวัสดุที่นำมาทำเป็นไดอิเล็กทริกของสาย ค่าความเร็วนี้ได้จากอัตราส่วนของความเร็วคลื่นในสายต่อความเร็วในบรรยากาศซึ่งบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วแสง (300 ล้านเมตร/วินาที) ค่าความยาวคลื่นที่ได้นี้เมื่อนำมาใช้กับความยาวของสาย เฟดซึ่งไลน์จะเรียกว่าความยาวทางไฟฟ้า (electrical length) เมื่อต้องการตัดสายมาใช้งานจริงจะต้องคูณความเร็วของสายนำสัญญาณกับค่าความยาวทางไฟฟ้าก่อน ค่าที่ได้คือค่าความยาวจริง (physical length) สำหรับใช้ในทางปฏิบัติจริง

ในการใช้สายนำสัญญาณส่งผ่านกำลังส่งจากเครื่องส่งวิทยุไปยังสายอากาศและนำสัญญาณที่รับได้กลับเข้าสู่เครื่องรับ ในระบบเครื่องรับส่งวิทยุสื่อสารสายนำสัญญาณจะยาวเท่าใดก็ไม่มีผลทางอิมพีแดนซ์เราจะตัดให้ยาวเท่าใดก็ได้ ผิดกับการนำไปเป็นเฟสซึ่งไลน์ ซึ่งต้องคำนึงถึงความยาวของสายมากเป็นพิเศษ ความยาวของสายนำสัญญาณจะมีผลด้านการสูญเสียกำลังส่งในสายถ้ายาวมากจะลดทอนกำลังส่งมาก

มาตรฐานของสายนำสัญญาณ สายนำสัญญาณทุกแบบผลิตตามมาตรฐานของ MIL-C-17 ในกิจการด้านทหารของสหรัฐอเมริกา และ JIS C 3501 ของประเทศญี่ปุ่น ผู้ผลิตจะกำหนดเบอร์ของสายออกมาซึ่งจะบอกคุณ ลักษณะของสายนำสัญญาณ มาตรฐาน MIL-C-17 สายเบอร์ RG-58 A/U RG มาจากคำว่า Radio Guide คือเป็นสายนำสัญญาณวิทยุ 58 เป็นเบอร์ของสาย A อักษรตัวแรก อาจมีหรือไม่มีก็ได้เพื่อแสดงการเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงวัสดุ เช่น เปลี่ยนหุ้มลวดตัวนำ อิมพีแดนซ์เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย /U หมายถึง Utility หรือ Universal คือการใช้งานทั่วไปมาตรฐาน JIS C 3501 เช่น 5D-FB ตัวเลขตัวแรกคือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกโดยประมาณของไดอิเล็กทริก อักษรหลังตัวเลขคือค่าอิมพีแดนซ์  $C = 75$  โอห์ม  $D = 50$  โอห์ม อักษรหลังขีดแสดงวัสดุที่ทำไดอิเล็กทริก F คือโฟม อักษรตัวสุดท้ายแสดงลักษณะของชีลด์ B = ชีลด์ทองแดง + ชีลด์อะลูมิเนียม + PVC

#### การเลือกให้สายนำสัญญาณกับวิทยุสื่อสาร

1. สำหรับเสาอากาศที่สูงควรใช้สายนำสัญญาณขนาดใหญ่และค่าการสูญเสียต่ำ เพื่อให้ความสูงของสายอากาศเกิดประโยชน์เต็มที่
2. ถ้าใช้สายอากาศทิศทางต้องใช้โรเตอร์ช่วยหมุนหาทิศทางควรใช้สายที่มีตัวนำตรงกลางหลาย ๆ เส้น ไม่ควรใช้สายโฟมเมื่อถูกโค้งงอ ลวดตัวนำจะเบียดออกข้าง อิมพีแดนซ์ของสายจะเปลี่ยนไปและค่าความสูญเสียจะเพิ่มขึ้น
3. สายโฟมที่มีตัวนำตรงกลางเส้นเดียว มีการสูญเสียน้อย สำหรับการใช้งานตายตัวใช้กับสายอากาศแบบรอบตัว
4. สายนำสัญญาณที่ต้องตากแดดตากฝนตลอดปี ควรเลือกแบบที่เปลือกหุ้มจากสาร NMV แทน PVC

การรบกวนในสายนำสัญญาณ สายนำสัญญาณสามารถก่อให้เกิดการรบกวนขึ้นในระบบสื่อสาร เกิดจากหลายสาเหตุ สาเหตุหนึ่งเกิดจากกระแสรั่วไหลระหว่างชีลด์และตัวนำภายในเกิดจากสัญญาณคัปปลิงผ่านไดอิเล็กทริกในสาย และสายชีลด์ไม่ดีพอ สถานีข้างเคียงที่มีสัญญาณแรงแทรกเข้ามารบกวน สายโคแอกเชียล ออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหานี้ สาเหตุอื่น

อาจจะเกิดจากสัญญาณรบกวนทางอุณหภูมิทำให้ความต้านทานและความนำไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปการขยับตัวของไดโอดเล็กทริก การแกว่งไปมาของตัวสาย

**สายอากาศ** การเลือกใช้สายอากาศจะต้องคำนึงสิ่งต่าง ๆ ประกอบกันหลายอย่าง เนื่องจากสายอากาศแต่ละชนิดก็ได้รับการออกแบบมาให้รับสัญญาณจากเครื่องส่งหรือสัญญาณที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะการเลือกสายอากาศอาศัยพื้นฐานของการรับสัญญาณ หรืออัตราขยายของสายอากาศ (gain) ทิศทางของสถานีส่งและรับความถี่ของสัญญาณ โครงสร้างของเสา ระยะทางระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่ง (ยีน ภู่วรรณ, 2521, หน้า 155)

**หลักการของสายอากาศ** สายอากาศ เป็นส่วนสำคัญของเครื่องรับและเครื่องส่ง ทำหน้าที่แผ่คลื่นจากเครื่องส่งให้ออกอากาศและรับคลื่นวิทยุเข้าสู่เครื่องรับ สายอากาศก็เหมือนกับวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ สายอากาศส่วนใหญ่จึงทำด้วยลวดตัวนำเป็นท่อนหรือกลวงเป็นเส้นตรงหรือโค้งงอ แล้วแต่ชนิดของสายอากาศ สายอากาศโดยทั่วไปจะมีขนาดใกล้เคียงกับความยาวคลื่น เราสามารถใช้สายอากาศทำหน้าที่เป็นได้ทั้งสายอากาศส่งหรือสายอากาศรับ เนื่องจากในทางทฤษฎีจะมีคุณสมบัติที่เหมือนกัน (ร.ต.อ. สุชาติ กังวารจิตต์, 2536, หน้า 220)

**ความสำคัญของสายอากาศ** สิทธิชัย เคนบุปผา (2539, หน้า 130) ได้กล่าวว่า "สิ่งที่ได้รับความนิยมและนำมาใช้ประโยชน์ได้มากที่สุดสำหรับผู้ใช้เครื่องรับส่งวิทยุคือการออกแบบสายอากาศที่สามารถปรับความถี่เรโซแนนซ์ (resonance) ได้เพื่อให้อรับหรือส่งคลื่นได้ดีที่สุดสำหรับสายอากาศที่ปรับเรโซแนนซ์ไม่เหมาะสมจะทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานลดลงอย่างมาก"

สายอากาศนั้นเป็นส่วนหนึ่งที่จะขาดไม่ได้ในระบบวิทยุสื่อสารที่เกี่ยวข้องกับคลื่นวิทยุ ถ้าจะเปรียบเทียบระบบสายอากาศเข้ากับส่วนประกอบของไฟฟ้ากำลังก็เปรียบเสมือนกับสายส่งที่เชื่อมสถานีจ่ายไฟทางด้านต้นทางและสถานีรับปลายทาง จะต่างตรงที่ไม่ได้จ่ายหรือรับพลังงานไฟฟ้าผ่านทางสายส่งแต่จะจ่ายและรับพลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยมีอากาศเป็นตัวกลางเท่านั้น สายอากาศเป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าประเภทพาสซีฟ (passive) การสึกหรอหรือเสื่อมคุณภาพแทบจะไม่มีเลย สาเหตุการสึกหรอจะเนื่องจากการผุกร่อนของโลหะและจากบรรยากาศที่เป็นกรดหรือด่าง แร่ลม

#### การแบ่งชนิดของสายอากาศ

##### 1. แบ่งชนิดของสายอากาศตามลักษณะการใช้งาน

1.1 แบบสายอากาศในแนวนอน (horizontal antenna) แบ่งเป็นสายอากาศแบบไดโพล  $\frac{1}{2}$  ได้แก่สายอากาศแบบโฟลเด็ตไดโพล หรือสายอากาศแบบห่อ (folded dipole)

## 1.2 แบบสายอากาศในแนวดิ่ง (vertical antenna)

1.2.1 สายอากาศแบบดิน (ground plane antenna) สายอากาศแบบนี้ที่ย่านวีเอชเอฟ ในการต่อกับสายส่งแบบโคแอกเชียล นิยมใส่สตั๊ป 1/4  $\lambda$  แบบวงจรปิดต่อขนานกับสายส่ง ความต้านทานจะเป็นครึ่งหนึ่งของสายอากาศแบบ 1/2 คือ 36 โอห์ม ค่านี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นกับระบบกราวด์ซึ่งอาจใช้สายโคแอกเชียล 50-70 โอห์มได้ดี

### 1.2.2 แบบมาร์โคนี

## 1.3 สายอากาศแบบพิเศษ

1.3.1 สายอากาศแบบยาเกิ (Yagi antenna) สายอากาศแบบยาเกิเป็นที่นิยมสำหรับย่านวีเอชเอฟ เพราะว่าได้อัตราขยายสูงและการประกอบง่าย โดยเฉพาะในความถี่สูงกว่า 144 MHz มักใช้แบบคอลลิเนียร์ยาเกิหลายตัวมาประกอบกัน (stacked yagi) แบบตัวสะท้อนเป็นมุม (corner-reflector)

1.3.2 แบบเส้นลวดยาว (long wire antenna) สายอากาศที่ย่านความถี่ปานกลางและความถี่สูงสายอากาศแบบเส้นลวดยาวเป็นที่นิยมในแถบคลื่นสั้น ทั้งนี้เพราะถ้าจัดทิศทางในแนวเส้นตรงของสายให้พอเหมาะจะสามารถรับสถานีในแบนด์ต่าง ๆ ได้มาก การนำไปใช้งานต้องเลือกว่าต้องการแบนด์ไหนเป็นหลักและความยาวเป็นกี่เท่าของความยาวคลื่น

1.3.3 แบบลวดยาวแบบวี (long wire inverted vee) สายอากาศแบบลวดยาว อาจจะทำเป็นแบบวีโดยทำมุมซึ่งกันและกันใช้งานได้หลายแบนด์ สายอากาศแบบวีมีข้อดีกว่าแบบเส้นลวดยาวคือ ทิศทางของรูปแบบการรับไปในทิศทางที่ต้องการได้แน่นอนกว่า ทิศทางของคลื่นจะเป็นแนวแบ่งครึ่งมุมพอดี

1.3.4 แบบสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน (rhombic antenna) เป็นสายอากาศแบบเส้นลวดยาวอีกแบบหนึ่ง ซึ่งมีรูปร่างคล้ายเพชรขนาดใหญ่มีทิศทางของรูปแบบการรับหลักอยู่ 2 ทิศ การที่จะทำให้มีทิศทางเดียวกระทำได้โดยต่อโหลด ซึ่งเป็นความต้านทานที่ปลายตรงข้ามกับปลายที่ต่อกับเครื่องรับหรือเครื่องส่งประมาณ 800 โอห์ม

## 2. แบ่งชนิดของสายอากาศตามความถี่ซึ่งได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางแบ่งออกเป็น

2.1 สายอากาศสำหรับความถี่ปานกลางและความถี่สูง (high frequency) ความถี่ 0.3 MHz—30 MHz ที่ความถี่สูงสำหรับเครื่องส่งควรจะเป็นสายอากาศแบบทิศทางเดียว (directive antenna) แม้ว่ากำลังส่งจะน้อยแต่ถ้าอัตราขยายของสายอากาศสูงก็จะทำให้ส่งได้ไกล ในการติดต่อสื่อสารย่านนี้ส่วนใหญ่จะรู้ตำแหน่งของผู้ส่งและผู้รับแน่นอน ย่านความถี่นี้จะอาศัยการเคลื่อนที่ของคลื่นแบบคลื่นฟ้าสะท้อนในชั้นบรรยากาศ

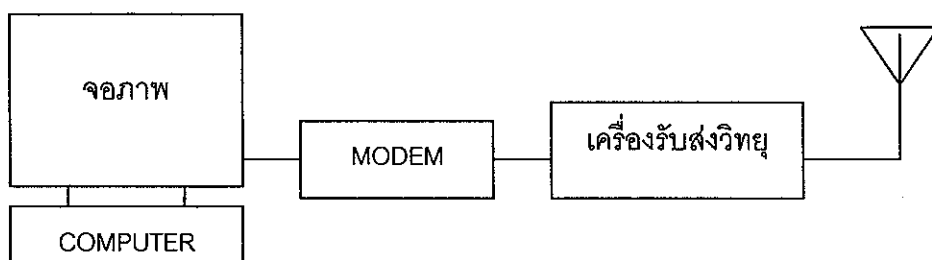


2.2 สายอากาศสำหรับความถี่สูงมากและความถี่สูงยิ่ง การติดต่อสื่อสารในย่านความถี่นี้ เป็นการติดต่อในหน่วยงานราชการ กิจการบันเทิง วิทยุเอฟเอ็ม โทรทัศน์วิทยุสื่อสารของ รัฐวิสาหกิจ ตลอดจนไม่โครเวฟ ตำแหน่งของเครื่องส่งและสถานีรับจะอยู่ในทิศทางของสายตา (line of sight) การคำนึงถึงประสิทธิภาพรูปแบบของการส่ง สายอากาศ เครื่องส่งต้องคำนึงถึง คุณสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ กำลังส่ง อัตราการสะท้อนกลับของกำลังส่ง รูปแบบการปรับแต่ง การเชื่อมต่อ

### แพ็คเกจเรดิโอ

การศึกษาในประเด็นนี้จะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับความหมาย ประวัติความเป็นมา หลักการทำงาน รูปแบบการผสมสัญญาณ และคุณลักษณะของแพ็คเกจเรดิโอ

ความหมายของแพ็คเกจเรดิโอ กรมไปรษณีย์โทรเลข (2536, หน้า 142) ได้ให้ความหมายของระบบแพ็คเกจเรดิโอ หมายถึงเป็นการสื่อสารข้อมูลอีกแบบหนึ่ง โดยการส่งข้อมูล คอมพิวเตอร์หรือ Digital ผ่านทางเครื่องรับส่งวิทยุสื่อสาร นั่นเอง โดยการนำสัญญาณของ คอมพิวเตอร์ที่มีรหัส 0 กับ 1 ส่งเข้าไปแทนเสียงพูด แต่วิธีการผสมเข้าไปในั้นเราเรียกว่า เป็นการผสมแบบ FSK หรือ (Frequency Shift Keying) นั่นก็คือการส่งเสียงที่เราต้องการส่งเข้าไปผสม เป็นสัญญาณเสียง 2 ความถี่คือ เสียงความถี่ต่ำ และเสียงความถี่สูง โดยอาจจะมีการกำหนดให้ เสียงความถี่ต่ำแทนสัญญาณคอมพิวเตอร์คือ 0 และเสียงความถี่สูงแทนสัญญาณคอมพิวเตอร์คือ 1 เป็นต้น และในการรับก็เช่นกันก็จะมีแปลงสัญญาณเสียงความถี่ 2 ความถี่ที่เข้ามานี้ ให้เป็น สัญญาณคอมพิวเตอร์กลับมาอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเครื่องมือชนิดนี้เราเรียกว่าโมเด็มนั่นเอง แผนผังการ ต่อแพ็คเกจเรดิโอ แสดงภาพที่ 12



ภาพที่ 12 แผนผังการต่อ PACKET RADIO

แพ็คเกจเรดิโอ เป็นการรับส่งข้อความซึ่งเป็นข้อมูลดิจิทัล โดยผ่านทางคลื่นวิทยุการรับส่งข้อมูลดิจิทัลเป็นการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งช่วยให้สามารถรับส่งข่าวสารได้คราวละมาก ๆ และรวดเร็ว เครื่องรับส่งวิทยุในการติดต่อสื่อสารระบบนี้ ควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ ข้อมูลที่ต้องการส่ง (เช่น แฟ้มข้อมูลคอมพิวเตอร์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ฯลฯ) จะถูกแปลงและจัดให้อยู่ในรูปแพ็คเกจเสียก่อน ในแต่ละแพ็คเกจจะระบุชื่อสถานีส่งและชื่อสถานีรับ ทั้งสถานีส่งและสถานีรับจะโต้ตอบกันในช่วงการรับส่งโดยอัตโนมัติ (ร.ต.อ.สุชาติ กังวารจิตต์, 2536, หน้า 220)

เย็น ภูเก็ต (2540, หน้า 29) ได้ให้ความหมายของแพ็คเกจเรดิโอไว้ว่า แพ็คเกจเรดิโอเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่แปลงสัญญาณเพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ต่างระบบกันให้สามารถทำงานร่วมกันได้โดยไม่เกิดการเสียหายต่ออุปกรณ์นั้น ๆ

ไพโรจน์ ไวรานิชกิจ (2539, หน้า 121) ได้กล่าวว่า เมื่อพูดถึงการส่งสัญญาณดิจิทัลระยะทางไกลทุกคนจะนึกถึงการสื่อสารผ่านคลื่นไมโครเวฟ โมเด็ม หรือไฟเบอร์อปติก แต่ทราบหรือไม่ว่ายังมีวิธีการอื่นที่ใช้การลงทุนไม่สูงนัก โดยเฉพาะในประเทศไทยวิธีการที่ง่ายคือการส่งสัญญาณดิจิทัลในรูปของกลุ่มข้อมูลโดยผ่านทางคลื่นวิทยุซึ่งมีชื่อเป็นทางการว่าแพ็คเกจเรดิโอ

เกษม ธิยาเวช (2537, หน้า 97) ได้กล่าวว่าการนำไมโครคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ร่วมกับเครื่องรับส่งวิทยุนั้นจะต้องมีอุปกรณ์ที่ทำการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์กับวิทยุสื่อสารเพื่อเป็นตัวจัดการข้อมูลระหว่างวิทยุกับไมโครคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ชนิดนี้เรียกว่า เทอร์มินอล โหนดคอนโทรลเลอร์

เกริก โจน (2545, [Online]. Available: <http://www.geocities.com/hs4dor/intropacket.html>) ได้กล่าวว่า แพ็คเกจเรดิโอ เป็นโหมดสื่อสารดิจิทัลที่มีความสำคัญยิ่งโหมดหนึ่งของวิทยุสมัครเล่นซึ่งใช้สื่อสารติดต่อกันทางระบบคอมพิวเตอร์ โดยเอา TNC : terminal node controller มาใช้แทนโมเด็มคอมพิวเตอร์ เอาวิทยุมาแทนสายโทรศัพท์ เอาคลื่นวิทยุสมัครเล่นมาใช้แทนระบบของโทรศัพท์ แพ็คเกจเรดิโอจะนำเอาข้อมูลต่าง ๆ ที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์แล้วส่งออกอากาศสู่สถานีวิทยุสมัครเล่นอื่น ๆ ผ่านทางวิทยุสมัครเล่นโดยอุปกรณ์วิทยุสมัครเล่นทั่ว ๆ ไปที่เรียกกันว่า “แพ็คเกจเรดิโอ” ก็เพราะว่าเป็นการส่งข้อความกลุ่มเล็ก ๆ ออกไปที่ละกลุ่มที่หรือที่เรียกว่าทีละแพ็คเกจ

จากคำกล่าวข้างต้นโดยรวมสรุปได้ว่าแพ็คเกจเรดิโอจึงเป็นเทอร์มินอลโหนดคอนโทรลเลอร์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างวิทยุสื่อสารกับคอมพิวเตอร์โดยทำหน้าที่แปลงสัญญาณให้อุปกรณ์ทั้งสองสามารถเชื่อมต่อกันได้โดยที่สถานีทั้งสองสามารถใช้ได้ทั้งรับและส่งข้อมูลถึงกัน

ความเป็นมาของแพ็คเกจเรดิโอ เทคโนโลยีสื่อสารข้อมูลแพ็คเกจนี้ ได้ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อกลางปีพุทธศักราช 2503 จากนั้น ก็ถูกนำมาใช้งานในภาคปฏิบัติโดยกลุ่ม ARPANET ซึ่งก่อตั้งขึ้นเมื่อปีพุทธศักราช 2512 ต่อมากลุ่มสื่อสาร VADCG ได้ทำการพัฒนา TNC : terminal node controller ขึ้นมาในปี พุทธศักราช 2523 TNC ในยุคปัจจุบันนี้ได้รับการพัฒนาเติบโตขึ้นมาจากการประชุมร่วมกันของสมาคม IEEE computer society แห่งเมือง Tuscon ในปีพุทธศักราช 2524 และหลังจากการประชุมนั้นมาอีกหนึ่งสัปดาห์ ได้มีการประชุมกันระหว่างคณะกรรมการ 6 คน เพื่อพิจารณาเรื่องราวเกี่ยวกับการพัฒนา TNC สำหรับนักวิทยุสมัครเล่นทั้งหลายได้ใช้งานในราคาที่ยุติธรรมที่สุด อันเป็นการก่อกำเนิดองค์กรความร่วมมือแพ็คเกจเรดิโอสมัครเล่นแห่งเมือง Tuscon ชื่อว่า The Tucson Amateur Packet Radio Corporation : TAPR (อ่านว่า “ทัฟเพอร์”) เป็นผู้ริเริ่มจัดทำโครงการนี้ขึ้น

ในวันที่ 26 มิถุนายน 2525 คุณ Lyle Johnson, WA7GXD และคุณ EnConnors, KD2S ได้เริ่มทำการติดต่อกันทางแพ็คเกจเรดิโอเป็นครั้งแรกที่สำนักงานของ TAPR โครงการนี้ได้เจริญรุดหน้าไปเรื่อย ๆ จากการจัดทำ TNC -1 ในรูปของการถ่ายเอกสาร เพื่อเป็นแบบในการจัดทำของนักวิทยุสมัครเล่น จนกระทั่งพัฒนามาถึง TNC-2 ซึ่งเป็นพื้นฐานของระบบแพ็คเกจเรดิโอในปัจจุบันที่ใช้กันอยู่ทั่วโลกนั่นเอง

ปลายปีพุทธศักราช 2538 ได้มีการพูดคุยกันในเรื่องการทดลองแพ็คเกจเรดิโอหลังจากที่สมาคมวิทยุสมัครเล่นแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ได้ขออนุญาตทดลองมาหลายครั้งหลายคราวเป็นระยะสั้น ๆ ต่อมาได้มีนักวิทยุสมัครเล่นกลุ่มหนึ่งนำโดย ร.อ.นริศรา เขาวนาศรัย HS1CHB กรรมการของสมาคมฯ ได้เรียกร้องให้มีการขออนุญาตทดลองแพ็คเกจเรดิโอขึ้นในประเทศไทย โดยขอให้สมาคมฯ เป็นผู้ขออนุญาตทดลองชั่วคราวเป็นเวลา 3 เดือน หลังจากนั้นได้มีการจัดทำโมเด็มที่เรียกว่า “ทลิตกโมเด็ม” มาจากภาษาอังกฤษว่า PMP : poorman packet แต่การจัดทำโมเด็มนี้ไม่ได้รับสำเร็จ เพราะขาดประสบการณ์จนกระทั่งเวลาผ่านล่วงเลยไป ระยะเวลาที่ขออนุญาตสิ้นสุดลง

ต้นปีพุทธศักราช 2539 ทางสมาคมฯ ได้ยื่นขอต่อใบอนุญาตเพื่อการทดลองต่อไปอีกหนึ่งปี ซึ่งก็สร้างความปิติยินดีให้แก่นักวิทยุสมัครเล่นที่ต้องการทดลองแพ็คเกจเรดิโอเป็นอย่างมาก พร้อมกับได้พยายามทำโมเด็มต่อมาจนเป็นผลสำเร็จ แต่ก็มีจำนวนน้อยไม่เพียงพอแก่ความต้องการ จึงได้ขอร้องให้ HS1CHB ส่ง TNC เข้ามาจากสหรัฐอเมริกาครั้งแรกคือ KPC-3 การทดลองจึงได้ขยายตัวออกไปเรื่อย ๆ

สรุปได้ว่าการติดต่อสื่อสารในระบบแพ็คเกจเรดิโอ ได้เริ่มต้นพัฒนาขึ้นครั้งแรกเมื่อกลางปีพุทธศักราช 2503 ซึ่งประเทศไทยได้เริ่มนำระบบมาใช้ในการวิทยุสมัครเล่นเมื่อปลายปีพุทธศักราช 2538 โดยใช้กับย่านความถี่สูงมาก (VHF) เท่านั้น สำหรับย่านความถี่สูง (HF) ยังไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควร เนื่องจากอุปกรณ์หาค่อนข้างยากในประเทศไทย ส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และมีราคาแพง

**หลักการทำงานของแพ็คเกจเรดิโอ** การสื่อสารในลักษณะแพ็คเกจเรดิโอจะทำการแบ่งข้อมูลที่ทำกรรับส่งออกเป็นส่วน ๆ ซึ่งเรียกว่าแพ็คเกจ โดยแต่ละแพ็คเกจจะมีการตรวจสอบความผิดพลาดหรือเรียกว่าโปรโตคอล (protocol) แบบ AX.25 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้ในกิจการวิทยุสมัครเล่น ซึ่งเป็นมาตรฐานการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่องที่พัฒนาขึ้นในปีพุทธศักราช 2513 และรูปแบบเป็นเครือข่ายทางสายโทรเลข เนื่องจากความแตกต่างกันระหว่างสื่อกลาง (คือวิทยุ กับ สายโทรเลข) ตารางการระบุการส่งจึงแตกต่างกัน คือ AX.25 แก้ไขปรับปรุงเพื่อใช้กับวิทยุสมัครเล่น รวมถึงเอาระบบดิจิทัลที่เตอร์เข้าไปด้วย เพื่อให้มีการขยายสัญญาณแพ็คเกจของสถานีต่าง ๆ ให้เพิ่มระยะทางไกลได้มากยิ่งขึ้น ข้อดีอีกประการหนึ่งของ AX.25 ก็คือ ข้อความแพ็คเกจทุกข้อความจะประกอบด้วยสัญญาณเรียกขานของผู้ส่งและผู้รับทำให้ทราบว่ามีใครติดต่อกับใครอยู่ ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับแบบ X.25 ซึ่งเป็นมาตรฐานการรับส่งข้อมูลผ่านในเครือข่ายประเภทสวิตซิง (packet switching) ที่ปกติเรารู้จักโมเด็มที่ใช้ในระบบติดต่อผ่านสายโทรศัพท์ว่าเป็นอุปกรณ์ใช้เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับสายโทรศัพท์ โดยทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลดิจิทัลจากคอมพิวเตอร์เป็นสัญญาณอะนาลอกผ่านทางสายโทรศัพท์และเปลี่ยนสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล ไปยังคอมพิวเตอร์

หลักการทำงานของระบบแพ็คเกจเรดิโอมีการทำงานคล้ายกันกับโมเด็ม คือ ทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลดิจิทัลจากคอมพิวเตอร์เป็นสัญญาณอะนาลอกเพื่อผ่านเข้าวิทยุรับส่งเพื่อส่งออกอากาศและทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณอะนาลอกที่ได้รับจากวิทยุเป็นข้อมูลดิจิทัลป้อนไปยังคอมพิวเตอร์ โดยรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม (serial port) มาตรฐาน RS-232 เช่นเดียวกับโมเด็มรับส่งข้อมูลผ่านสายโทรศัพท์

การติดต่อสื่อสารระบบแพ็คเกจเรดิโอนั้นมีความชัดเจน แน่นนอน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของสถานีปลายทาง การติดต่อสถานีอื่น ๆ ตลอดจนชนิดของข่าวสารข้อความ ซึ่งมีการสื่อสารถึงกันโดยอัตโนมัติ ที่ทำเช่นนี้ได้ก็เพราะ TNC จะทำการแบ่งข้อความออกเป็นกลุ่ม ๆ ที่เรียกว่าแพ็คเกจ ในขณะที่รับข้อความแพ็คเกจเข้ามานั้น TNC จะทำการแปลงรหัส ตรวจสอบข้อผิดพลาดต่าง ๆ แล้วจึงแสดงข้อความเหล่านั้นที่รับเข้ามาให้ทราบ

สาเหตุที่เครื่องแพ็คเกจเรดิโอสามารถดำเนินการสื่อสารโดยไร้ข้อผิดพลาดได้นั้นก็ด้วยเหตุที่ว่า มีระบบตรวจสอบข้อผิดพลาดต่าง ๆ อยู่ในเครื่องด้วย เมื่อใดก็ตามที่รับข้อความเข้ามา เมื่อตรวจเช็คข้อความผิดพลาดเรียบร้อยแล้วก็จะแสดงออกมาให้เราเห็นเฉพาะข้อความที่ถูกต้องเท่านั้น ยิ่งไปกว่านั้น TNC ยังสามารถใช้เป็นสถานีขยายสัญญาณแพ็คเกจเรดิโอได้ด้วย เรียกกันว่า ดิจิฟิตเตอร์ นี่เองที่ช่วยให้ขยายการทำงานของระบบแพ็คเกจเรดิโอได้เชื่อมโยงสถานีแพ็คเกจเรดิโอต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เราสามารถติดต่อกับสถานีเพื่อน ๆ ของเราเมื่อใดก็ได้ตามใจปรารถนา หากรู้ว่าเขายังอยู่ที่บ้าน TNC บางตัวยังทำหน้าที่เป็นสถานี BBS ส่วนตัวได้อีกด้วย (บางครั้งเราก็เรียกว่า mailbox) ซึ่งช่วยให้มีการรับข้อความเพื่อน ๆ ที่ส่งเข้ามาฝากไว้ได้ แม้ว่าจะไม่ได้อยู่ที่บ้านก็ตาม แพ็คเกจเรดิโอมีความสามารถเหนือกว่าโหมดดิจิตอลอื่นอีกประการหนึ่งก็คือ สถานีต่าง ๆ สามารถใช้ช่องความถี่เดียวกันได้หลาย ๆ สถานีในเวลาเดียวกัน

ไพโรจน์ ไวกานิชกิจ (2539, หน้า 153-226) ได้กล่าวว่า แพ็คเกจเรดิโอเป็นการส่งข้อความสื่อสารระหว่างจุดต่อจุดโดยอาศัยคลื่นวิทยุตั้งแต่ย่านความถี่ HF (1-30 เมกะเฮิรตซ์) จนถึงย่าน EHF (3-10 กิกะเฮิรตซ์) อันเป็นความถี่ย่านดาวเทียมสำหรับรูปแบบของการส่งข้อมูลมีอยู่หลายวิธีที่นิยมกันมากได้แก่

1. แบบ TDMA (time division multiple access) สำหรับวิธีการนี้เป็นลักษณะที่ผู้ใช้งานแต่ละคนผลัดกันส่งข้อมูลเมื่อมีผู้ทำการส่งออกอากาศในความถี่เดียวกันอยู่ K คน แต่ละคนถูกกำหนดให้ส่งข้อมูลออกมาเป็นแพ็คเกจ ๆ 1,000 บิต ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป ข้อมูลที่ส่งออกจะเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ของแต่ละช่องข้อมูลจนกว่าสวิตช์ตัดต่อซึ่งวิ่งวนจากช่องข้อมูลที่ 1 ถึง ข้อมูลที่ K เคลื่อนมาถึงช่องข้อมูลดังกล่าว ข้อมูลที่เก็บไว้ในบัฟเฟอร์จะถูกส่งผ่านออกไปยังช่องสัญญาณรวมและบัฟเฟอร์จะถูกทำให้ว่างเพื่อรอรับแพ็คเกจใหม่ต่อไป หากผู้ใช้งานแต่ละคนส่งข้อมูลออกด้วยอัตราเร็วบิตต่อวินาทีเท่ากัน จะเห็นได้ว่าอัตราส่งผ่านข้อมูลที่วิ่งผ่านช่องสัญญาณรวมจะมีค่าเป็นผลคูณของจำนวนผู้ส่งกับความเร็วที่ใช้ส่งบิตต่อวินาที หากพิจารณาถึงข้อมูลที่วิ่งผ่านช่องสัญญาณรวมจากช่องที่ 1 ตามด้วยช่องที่ 2 ไปจนถึงช่องที่ K แล้วกลับมาเป็นช่องสัญญาณที่ 1 อีกเช่นนี้เรื่อยไป การส่งแบบ TDMA นี้ จะมีประสิทธิภาพสูงสุดก็ต่อเมื่อผู้ส่งข้อมูลแต่ละคนส่งข้อมูลอยู่ตลอดเวลา หากมีช่องข้อมูลไม่ทำการส่งแล้ว ผู้ส่งช่องอื่น ๆ ที่มีข้อมูลอยู่จะต้องเสียเวลารอจนกว่าสวิตช์ตัดต่อเคลื่อนที่มาถึงช่องของตน ถ้าต้องรอนานมากเท่าใด ประสิทธิภาพของการส่งแบบนี้ก็จะลดลงมากขึ้นเท่านั้น จึงได้มีการพัฒนาใหม่

2. การส่งแบบ FDMA (frequency division multiple access) เป็นการส่งต่างจาก TDMA ตรงที่ผู้ส่งข้อมูลถ้าเป็น TDMA จะผลัดกันส่งข้อมูล แต่แบบ FDMA อนุญาตให้แต่ละคน

ทำการส่งข้อมูลได้ตลอดเวลา โดยข้อมูลแต่ละคนจะถูกส่งไปยังมอดูเลเตอร์แบบ QPSK (quadrature phase shift keying) โดยความถี่พาหะของแต่ละช่องสัญญาณจะถูกกำหนดให้ห่างกันเท่ากับความถี่รวมแล้วจึงทำการส่งออกอากาศที่เครื่องรับแต่ละช่องถูกปรับให้รับคลื่นความถี่ที่ตรงกันกับช่องสัญญาณและมีแบนด์วิดท์ตรงกัน ข้อดีของการส่งแบบ FDMA คือ การที่ผู้ส่งไม่ต้องเสียเวลารอคอยช่องสัญญาณในการส่งแต่ละช่องสามารถส่งข้อมูลได้ตามอิสระ อีกทั้งยังเป็นการกำจัดบัพเฟอร์ออกไป ส่วนข้อเสียคือ การที่แบนด์วิดท์ของระบบโดยทั่วไปมีไม่กว้างมากนัก ทำให้ผู้ใช้งานมิได้จำกัดและในทางปฏิบัติพบว่าการส่งแบบ TDMA เป็นแบบที่นิยมมากกว่า FDMA เนื่องจากผู้ผลิตอุปกรณ์ส่วนใหญ่ให้การสนับสนุนพัฒนาประสิทธิภาพ TDMA ให้ดีขึ้นตลอดเวลา

3. การส่งแบบ ALOHA จากข้อจำกัดของการส่งแบบ TDMA ในเรื่องของการรอช่องสัญญาณส่งข้อมูลและรูปแบบของ FDMA ในเรื่องแบนด์วิดท์ที่มีจำกัด กลุ่มศาสตราจารย์จากมหาวิทยาลัยฮาวายได้พัฒนาการส่งข้อมูลแบบ ALOHA ซึ่งวิธีการแบบนี้ เป็นที่นิยมกันมากในปัจจุบัน อีกวิธีหนึ่งแนวคิดเกิดจากโดยธรรมชาติแล้วผู้ใช้ช่องสัญญาณมักจะไม่ส่งข้อมูลอยู่ตลอดเวลาและทุกคนจะไม่ส่งข้อมูลพร้อมกันก็ได้ การส่งวิธีนี้กำหนดว่าถ้ามีผู้ใช้  $K$  คน แต่ละคนจะทำการส่งข้อมูลแต่ละแพ็คเก็ตเวลาจะต่ำกว่าสองแบบแรกมาก ซึ่งระบบ ALOHA จะมีช่องสัญญาณร่วมซึ่งโดยปกติจะว่างถ้าไม่มีการส่งข้อมูลจากช่องข้อมูลใด ๆ แต่ถ้ามีช่องข้อมูลใดต้องการส่งก็สามารถทำการส่งได้ทันที การส่งข้อมูลจากผู้ส่งไม่ถูกจำกัดด้วยแบนด์วิดท์ดังเช่นในแบบ FDMA ปัญหาที่จะเกิดขึ้นในกรณีที่มีการส่งข้อมูลจากผู้ส่งหลาย ๆ ช่องพร้อมกันคือเครื่องรับจะรับแพ็คเก็ตหลายแพ็คเก็ตในเวลาเดียวกัน โดยไม่สามารถแยกแยะแพ็คเก็ตเหล่านี้ออกจากกันได้ เรียกว่าเกิด “การชน” (collision) ซึ่งความน่าจะเป็นที่ข้อมูลจะเกิดการชนกันขึ้นขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของการส่งข้อมูลของบรรดาผู้ใช้ช่องสัญญาณเมื่อการชนกันของข้อมูลขึ้น ข้อมูลขยะเหล่านั้นจะถูกลบออกจากช่องสัญญาณให้ผู้ส่งทำการส่งข้อมูลใหม่จนกว่าจะไม่เกิดการชนกันขึ้นอีก

สรุปได้ว่าระบบแพ็คเก็ตเรดิโอ จะทำงานได้ต้องอาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า TNC หรือ Terminal Node Controller ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลดิจิทัลจากคอมพิวเตอร์เป็นสัญญาณอะนาล็อกเพื่อผ่านเข้าวิทยุรับส่งเพื่อส่งออกอากาศและทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณอะนาล็อกที่ได้รับจากวิทยุเป็นข้อมูลดิจิทัลป้อนไปยังคอมพิวเตอร์ โดยรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม (serial port) มาตรฐาน RS-232 เช่นเดียวกับโมเด็มรับส่งข้อมูลผ่านสายโทรศัพท์

**รูปแบบการผสมสัญญาณ** รูปแบบการผสมสัญญาณดิจิทัล การผสมสัญญาณดิจิทัล (digital modulation) เข้ากับคลื่นพาห้ที่เป็นสัญญาณไซน์ นั้น มีอยู่หลายรูปแบบ ทั้งนี้ก็เพื่อต้องการให้สัญญาณดิจิทัลเหล่านั้นสามารถส่งผ่านตัวกลางที่ออกแบบมาสำหรับสัญญาณอะนาลอกได้ เช่น โครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน ไมโครเวฟ การผสมสัญญาณที่ใช้กันทั่วไปได้แก่

1. การผสมสัญญาณเชิงเลขทางแอมพลิจูดหรือ ASK (amplitude shift keying) เป็นการผสมสัญญาณที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูดของคลื่นพาห้ไปตามสัญญาณที่เข้ามา

2. การผสมสัญญาณเชิงเลขทางความถี่หรือ FSK (frequency shift keying) เป็นการผสมสัญญาณที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงความถี่ของคลื่นพาห้ไปตามสัญญาณที่เข้ามา การสร้างสัญญาณ FSK สามารถสร้างได้ 2 แบบ คือ

2.1 ในการสวิตช์แบบดิจิทัล สวิตช์ให้คลื่นพาห้ที่กำหนดจากแหล่งกำเนิดหลาย ๆ แหล่งออกไปที่ด้านขาออกตามค่าของสัญญาณที่เข้ามา

2.2 ในแหล่งกำเนิดสัญญาณตัวเดียว แต่แหล่งกำเนิดนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงความถี่ได้ สัญญาณที่ได้จากวิธีนี้จะมีความต่อเนื่องของสัญญาณจึงเรียกว่า FSK เฟสต่อเนื่อง (continuous phase FSK หรือ CPFSK)

3. การผสมสัญญาณเชิงเลขทางเฟสหรือ PSK (phase shift keying) เป็นการผสมสัญญาณที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงเฟสของคลื่นพาห้ไปตามสัญญาณที่เข้ามา

4. การผสมสัญญาณแบบควอดราเจอร์แอมพลิจูดหรือ QAM (quadrature carrier amplitude modulation) เป็นการผสมสัญญาณแบบแอมพลิจูด (AM) ที่ใช้คลื่นพาห้ที่มีเฟสต่างกัน 90 องศา ค่าของสัญญาณดิจิทัลจะถูกแทนด้วยคลื่นพาห้ที่มีเฟสเท่ากับ 0 (inphase) และ 90 องศา (quadrature phase)

สรุปได้ว่าจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและข้อได้เปรียบต่าง ๆ ของสัญญาณดิจิทัล ทำให้การสื่อสารในยุคปัจจุบันเริ่มก้าวเข้าสู่ดิจิทัล เริ่มมีการนำสัญญาณดิจิทัลมาใช้งานแทนสัญญาณอะนาลอก อย่างไรก็ตามสัญญาณดิจิทัลก็ยังไม่สามารถทดแทนสัญญาณอะนาลอกได้ทั้งหมด เนื่องจากในการเปลี่ยนสัญญาณอะนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลต้องเกิดความผิดพลาดทุกครั้ง ซึ่งไม่สามารถกำจัดได้ และสัญญาณต่าง ๆ ตามธรรมชาติต่างก็เป็นสัญญาณอะนาลอกทั้งสิ้น ดังนั้นในปัจจุบันเรายังคงเห็นการใช้งานสัญญาณดิจิทัลและอะนาลอกผสมผสานกันไป ทั้งนี้ เพื่อให้การสื่อสารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

**คุณลักษณะของระบบแพคเก็ตเรดิโอ** แพคเก็ตเรดิโอเป็นระบบดีเด่นเหนือโหมด  
ดิจิตอลอื่น ๆ 3 ประการคือ

1. ความชัดเจน
2. มีระบบแก้คำผิด
3. มีระบบควบคุมโดยอัตโนมัติ

สรุปได้ว่าประโยชน์ที่จะได้รับจากระบบแพคเก็ตเรดิโอ คือข้อมูลที่ได้รับมีความถูกต้อง  
100 % ไม่มีโอกาสผิดพลาด เพราะมีระบบตรวจสอบข้อมูลอยู่ตลอดเวลาในขณะที่ทำการรับส่ง  
ดังนั้น จึงมีความเชื่อถือได้สูงที่จะนำไปรายงานผลที่ต้องการความแม่นยำได้ระบบหนึ่ง

### **โปรแกรมซอฟต์แวร์ที่ใช้กับแพคเก็ตเรดิโอ**

ในการสื่อสารข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านระบบวิทยุสื่อสารจำเป็นต้องมีซอฟต์แวร์ที่ใช้  
ในการควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์กับแพคเก็ตเรดิโอ ซอฟต์แวร์สำหรับระบบแพคเก็ตเรดิโอ  
นั้น มีการทำงานที่แตกต่างจากซอฟต์แวร์ที่ใช้กับโมเด็มที่ส่งข้อมูลผ่านทางสายโทรศัพท์ เนื่องจาก  
การรับส่งข้อมูลแบบแพคเก็ต เรดิโอจะทำการแบ่งข้อมูลที่จะทำการส่งออกเป็นชุด ๆ เรียกว่าแพคเกจ  
และมีการตรวจสอบความผิดพลาดในการสื่อสารแบบ AX.25 ลงในข้อมูลแต่ละแพคเกจด้วย  
เนื่องจากแพคเก็ตเรดิโอมีหลายประเภทหรือ TNC หลายแบบตามประเภทของ TNC

โปรแกรมที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลมีมากมายทั้งที่ทำงานกับระบบปฏิบัติการดอส (DOS)  
และระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Windows) เช่น Plusterm, Alpha, AirMail, NcWinPtc, etc.

เนื่องจากเครื่องแพคเก็ตเรดิโอ หรือ TNC (Terminal Node Controller) ที่ใช้กับวิทยุ  
สื่อสารในย่านความถี่สูงยังไม่สามารถหาได้จากประเทศไทย ทำให้ต้องสั่งนำเข้ามาจากต่าง  
ประเทศดังนั้นโปรแกรมซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้จึงใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่มาพร้อมกับ  
เครื่องแพคเก็ตเรดิโอ เป็นหลัก โดยโปรแกรมที่ใช้สำหรับแพคเก็ตเรดิโอในงานวิจัยครั้งนี้ ชื่อ  
Plustern version 3.1 ของนักวิทยุสมัครเล่นชาวเยอรมันชื่อ Helfert (DL6MAA) ซึ่งมีข้อดีคือ  
สามารถ update software version ใหม่ ๆ ได้จากทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่

<http://www.scs-ptc.com>

การกำหนดค่าเริ่มต้นใช้งานโปรแกรมชื่อว่า plustern.ini มีขนาด 2382 byte จะเป็น  
ไฟล์แบบ text ธรรมดาสามารถทำการแก้ไขได้โดยง่าย ซึ่งคำสั่งที่จำเป็นต้องแก้ไขเพื่อให้สอดคล้อง  
กับระบบของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะนำมาใช้งานได้แก่



; PLUSTERM.INI

; Last modification on 28.04.2002

[COLORS]

MonitorForeGround=LightCyan

MonitorBackGround=Black

DelayedEchoForeGround=LightGreen

DelayedEchoBackGround=Black

InputForeGround=Yellow

InputBackGround=Black

StateLineForeGround=Red

StateLineBackGround=LightGray

[PATHS]

LogDir=c:\plusterm\log\

FixFileDir=c:\plusterm\fixfile\

RemoteDir=c:\plusterm\remote\

7+Dir=c:\plusterm\7plus\

[PORT]

SerNr=2

SerBaud=38400

SerPort=0

SerIRQ=0

[ESCAPE]

PACTOR\_QRT=4

AMTOR\_QRT=4

PACTOR\_CHOVer=25

PACTOR\_BreakIn=25

AMTOR\_BreakIn=25

AMTOR\_FEC=25

RemoteChar=43

ESCChar=27

[PLUSTERM]

PTC\_Version=3.1

PTC\_Typ=II

MyCall=HS2CRU

Selcall=HCRU

QTH\_Locator=OK03LE

[SWITCHES]

Color\_Mode=Co

PopUpTime=1000

UTC=-7

LastMonitorLine=16

DayOfWeek=1

[FIXFILE]

FIX1=~P~TC-II Init

FIX2=~S~tation description

FIX3=Box ~e~babled

FIX4=Box ~d~isabled

FIX5=transmits Box p~a~th

FIX6=Scanner ~o~n

FIX7=Scanner o~f~f

FIX8=~K~enwood parameters

FIX9=~I~com parameters

FIX10= ----

[HELPIFIXFILE]

HELPIFIX1=Initialisation of the PTC-II after RESTART or Firmware Update

HELPPFIX2=Sends the station description

HELPPFIX3=Sends the FixFile CTRL.F03

HELPPFIX4=Sends the FixFile CTRL.F04

HELPPFIX5=Sends the FixFile CTRL.F05

HELPPFIX6=No file available

HELPPFIX7=No file available

HELPPFIX8=Kenwood TS-50-Parameters

HELPPFIX9=Icom IC-775DSP Parameters

HELPPFIX10=No file available

[WINDOWS]

PACTORSIZE=500

PACKETMONSIZE=250

PACKETQSOSIZE1=250

PACKETQSOSIZE2=250

PACKETQSOSIZE3=250

PACKETQSOSIZE4=250

PACKETQSOSIZE5=250

PacketChannels=6

PacketFrame=Yes

WindowsStatusLines=Yes

Binary\_Monitor=Yes

เมื่อติดตั้งค่าเสร็จแล้วให้ทำการ save ในชื่อเดิมคือ plusterm.ini จากนั้นใช้คำสั่ง plusterm.exe เพื่อรันโปรแกรม โปรแกรมจะนำค่าต่าง ๆ ที่กำหนดไว้มาใช้งาน

เมื่อสั่ง plusterm.exe จะแบ่งส่วนต่าง ๆ ของหน้าจอคอมพิวเตอร์ออกเป็น 3 ส่วน ซึ่งมี ส่วนพิมพ์ข้อมูลก่อนส่ง ส่วนส่งข้อมูล และส่วนรับข้อมูล และมีหน้าต่างเล็ก ๆ ทางขวามือเพื่อไว้รับ คำสั่งใช้งานกับเครื่องแพคเก็ตเรดิโอ

จากที่กล่าวมาข้างต้นถ้าหากต้องการให้ใช้ได้กับระบบภาษาไทยจะต้องเพิ่มไฟล์ thai.com เข้าไปในโปรแกรม plusterm ก่อนที่จะใช้งาน โปรแกรมจึงจะทำให้ส่งไฟล์หรืออ่าน ข้อมูลภาษาไทยได้บนหน้าจอ

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบสื่อสารข้อมูลผ่านทางวิทยุสื่อสารมีผู้ให้ความสนใจศึกษาไม่มากนัก งานวิจัยที่ใกล้เคียงกัน ได้แก่ การวิจัยเกี่ยวกับวิทยุสื่อสาร ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัย ดังนี้

**งานวิจัยในประเทศ** วลัยลักษณ์ ชัยบุตร (2529, หน้า 1-103) ได้ทำการวิจัยการนำเสนอรูปแบบการจัดตั้งหน่วยวิทยุสื่อสารสองทางประจำศูนย์วิทยบริการท้องถิ่น มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้บริหารและบุคลากร มสธ. นักวิชาการศึกษานอก มสธ. และนักศึกษา มสธ. พร้อมทั้งหาความสอดคล้องของความคิดเห็นของกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับการนำวิทยุสื่อสารสองทางมาใช้กับระบบการศึกษาทางไกลของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชและเพื่อเสนอรูปแบบการใช้วิทยุสื่อสารสองทางสำหรับการศึกษาทางไกลของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ผลการวิจัยพบว่า

1. วิทยุสื่อสารสองทางจะอำนวยความสะดวกกับนักศึกษา ทำให้สะดวก ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทางเพื่อไปทำการสอนเสริม สามารถใช้ในการให้คำปรึกษา แนะนำทางการศึกษาในระดับปริญญาโทและแนะแนวทางการศึกษาทั่วไป
2. วิทยุสื่อสารสองทางจะมีประโยชน์ต่อกระบวนการเรียนการสอนคือ โอกาสที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจและตอบคำถามได้ตรงตามความมุ่งหมายมีมากขึ้น ส่งเสริมทักษะการพูด เกิดความใกล้ชิดเป็นกันเองระหว่างผู้เรียนผู้สอน
3. การเสนอเนื้อหาวิทยุสื่อสารสองทางนั้น ควรเลือกเฉพาะประเด็นที่อาจเกิดความสับสนจากเอกสารการสอน
4. การประเมินความสำเร็จจากการใช้วิทยุสื่อสารสองทาง ควรดูจากจำนวนนักศึกษาที่เข้าร่วมให้บริการ
5. แหล่งงบประมาณสำหรับดำเนินการควรเป็นเงินรายได้ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช และเงินช่วยเหลือจากต่างประเทศ
6. ปัญหาหรืออุปสรรคที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการนำวิทยุสื่อสารสองทางมาใช้คือ ระบบและเครื่องมือในการถ่ายทอดสัญญาณคลื่น รวมทั้งวัสดุและอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้มีราคาแพง ขาดผู้มีความรู้ด้านเทคนิค ทัศนคติที่ไม่ดีของผู้บริหาร และการขัดข้องทางเทคนิคในระบบสื่อสาร อาจทำให้เกิดทัศนคติที่ไม่พึงปรารถนาจากผู้เรียน

จากงานวิจัยข้างต้นสรุปได้ว่าการนำวิทยุสื่อสารสองทางมาใช้จะเป็นการประหยัดค่า

ให้จ่ายในการสื่อสาร สามารถโต้ตอบกันได้ทั้งสองฝ่ายทันที ได้ประโยชน์กับนักศึกษาทางไกล ทำให้ได้รับความสะดวกในการเดินทางจึงเป็นการสื่อสารที่รวดเร็วนำไปใช้กันแพร่หลายโดยทั่วไป และนอกจากการสื่อสารด้วยเสียงแล้ว ยังสามารถพัฒนาให้สามารถสื่อสารได้หลายลักษณะ ทั้งในรูปของข้อความ รูปภาพ และไฟล์ข้อมูลต่าง ๆ แต่ก็มีข้อจำกัดต้องหางบประมาณที่ค่อนข้างมากพอสมควร

เย็น ภูเก็ต (2540, หน้า 1-116) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาระบบสื่อสารข้อมูลชนิดฮาฟดูเพล็กซ์ (half-duplex) ประเภทข้อความ โดยใช้กับโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ในจังหวัดชลบุรี ที่มีระบบวิทยุสื่อสารเดิมอยู่ก่อนแล้วจำนวน 19 โรงเรียน โดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และทดสอบความแตกต่างระหว่างวิธีการสื่อสารแบบเดิมกับการสื่อสารข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านระบบวิทยุสื่อสารผลการศึกษาค้นคว้าพบว่า ประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาแล้วสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ว่า ความชัดเจนของสัญญาณต้องได้ไม่ต่ำกว่า 4 ความแรงของสัญญาณต้องได้ตั้งแต่ 4 ถึง 5 และการสื่อสารข้อมูลชนิดฮาฟดูเพล็กซ์ (half-duplex) ประเภทข้อความกับการติดต่อสื่อสารเดิม (phone) สำหรับโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกระทรวงศึกษาธิการ ในจังหวัดชลบุรี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

จากงานวิจัยนี้สรุปได้ว่าการพัฒนาระบบสื่อสารข้อมูลโดยใช้ความถี่ในย่าน VHF ในการรับส่งไฟล์ข้อความสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพแต่มีข้อจำกัดในเรื่องระยะทางของคู่สถานี

งานวิจัยในต่างประเทศ โรบินสัน (Robinson, 2545, [Online]. Available: <http://www.geocities.com/hs4dor/packetradiohistory.html>) ได้ทดลองส่งภาพสีจาก Ontario ผ่านทางแพคเกจเรดิโอถึง Dyd Horne, VE3EGO ผลการทดลองพบว่าภาพสีที่ส่งมีความละเอียดมาก และมีข้อความถูกต้อง

เดป (Dave, 2545, VE3GYQ, [Online]. Available: <http://www.geocities.com/hs4dor/packetradiohistory.html>) ได้ทดลองเขียนโปรแกรม WORLI mailbox/Gateway โดยใช้ภาษา C เพื่อใช้กับคอมพิวเตอร์ IBM PC การทดลองได้ผลดีและได้ทำการเชื่อมต่อข่ายสื่อสารแพคเกจเรดิโอไปยัง New Mexico และ Texas

โบโบ (Bobo, 2545, WB4APR [Online]. Available: <http://www.geocities.com/hs4dor/packetradiohistory.html>) ได้ตั้งสถานีแพคเกจเรดิโอเคลื่อนที่ เพื่อรายงานข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับความหายนะที่เกิดอุบัติเหตุทางรถไฟครั้งใหญ่ขึ้นในพื้นที่ Baltimore เมื่อวันที่ 4 มกราคม

พ.ศ. 2530 โดยได้จัดการบริการสื่อสารภาวะฉุกเฉินในพื้นที่ภัยพิบัติ ข้อมูลข่าวสารได้ส่งออกมา โดยผ่านทางสถานี W3IWI BBS ทำให้ WB4APR สามารถส่งข้อมูลจำนวนมากมายามหาศาลได้ ด้วยการใช้เวลาที่สั้นมาก

สรุปได้ว่าการนำระบบสื่อสารข้อมูลแบบแพคเกจเรดิโอ สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ กับงานรับส่งข้อมูลเกี่ยวกับภาพถ่าย รวมถึงเชื่อมต่อข่ายสื่อสารระหว่างเมืองต่อเมือง ตลอดจนใช้เป็น เครือข่ายสื่อสารทดแทนในภาวะฉุกเฉินได้