บทที่ 6
ไฟฟ้ากับการสื่อสาร

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการศึกษาเรื่องไฟฟ้ากับการสื่อสาร มีดังนี้

1. นักศึกษาทราบและเข้าใจประวัติและวิวัฒนาการของไฟฟ้าสื่อสารจนถึงปัจจุบัน

2. ให้นักศึกษาเข้าใจเรื่องการติดต่อสื่อสารระยะทางไกล สามารถบอกได้ว่า การรับส่งข่าวสารมีกี่ประเภท และติดต่อกันได้อย่างไร

3. ให้นักศึกษารู้จักรหัสของมอร์สซึ่งใช้ในสัญญาณโทรเลขสากล อักษรโรมันและอักษรไทย

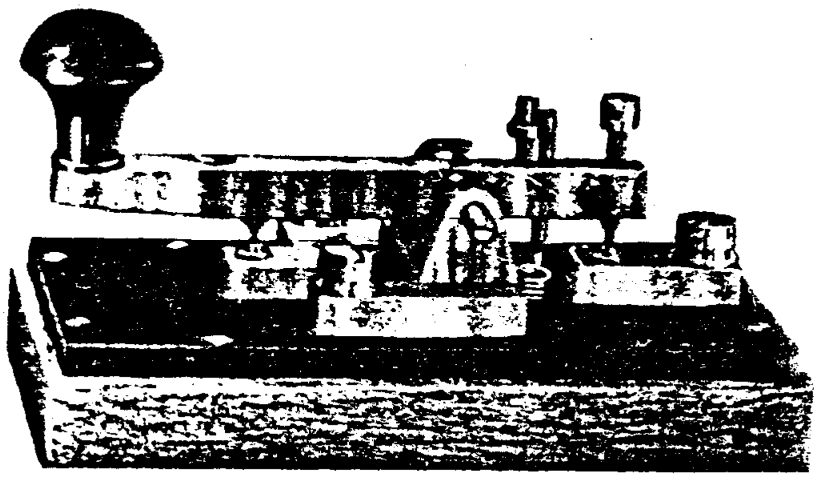
4. ให้นักศึกษาเข้าใจและอธิบายได้ในหลักการของโทรเลข โทรศัพท์ วิทยุ และโทรทัศน์

6.1 ประวัติและวิวัฒนาการของไฟฟ้าสื่อสาร

มนุษย์ต้องการส่งข่าวสารถึงกันและกันให้ได้รวดเร็ว จึงได้มีการค้นคว้าและประดิษฐ์เครื่องอุปกรณ์สื่อสารใช้งานแต่ละอย่างขึ้นซึ่งต้องใช้เวลาและความพยายามเป็นอย่างมาก ใน พ.ศ. 2272 สตีเฟน เกรย์ (Stephen GRAY) ทดลองพิสูจน์ว่ากระแสไฟฟ้าสามารถไหลไปในเส้นลวดได้เป็นครั้งแรกที่รู้จักกระแสไฟฟ้าไหล ต่อมาโวลต้า (VOLTA) เพิ่งคิดหม้อไฟฟ้า (Battery) ได้เป็นครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2343 และหลังจากนั้นอีก 5 ปี ซัลวา (SALVA) ได้ทดลองส่งกระแสไฟฟ้าเพื่อส่งข่าวเป็นคนแรก แต่เป็นวิธีเอาขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว แช่ไว้ในน้ำ เวลาปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขั้วทั้งสอง จะเกิดฟองผุดขึ้นในน้ำเท่านั้นเอง

แซมมวล มอร์ส (Samuel MORSE) ชาวอเมริกันเป็นผู้ประดิษฐ์เครื่องรับ–ส่งโทรเลขได้เมื่อ พ.ศ. 2378 จากจินตนาการที่ว่า "ถ้าเขาสามารถประดิษฐ์เครื่องดักรับกระแสไฟฟ้าได้ เขาก็สามารถส่งสัญญาณจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ด้วยความเร็วชนิดไม่มีอะไรเปรียบ"

เครื่องโทรเลขแบบง่าย ๆ ที่มอร์สประดิษฐ์ขึ้นประกอบด้วยคันเคาะที่ส่งสัญญาณด้วยมือ และเครื่องรับสัญญาณสั้นยาวตามระบบโทรเลขของมอร์สบนแถบกระดาษ นับว่าเป็นเครื่องโทรเลขเครื่องแรกที่ใช้งานได้สมบูรณ์ทั้งรับและส่ง ส่วนการปรับปรุงให้เป็นวิธีการฟังเสียง (Sounder) แทนการอ่านเส้นขีดสั้น-ยาวบนแถบกระดาษนั้น เวล (VAIL) ทำได้สำเร็จเมื่อ พ.ศ. 2387



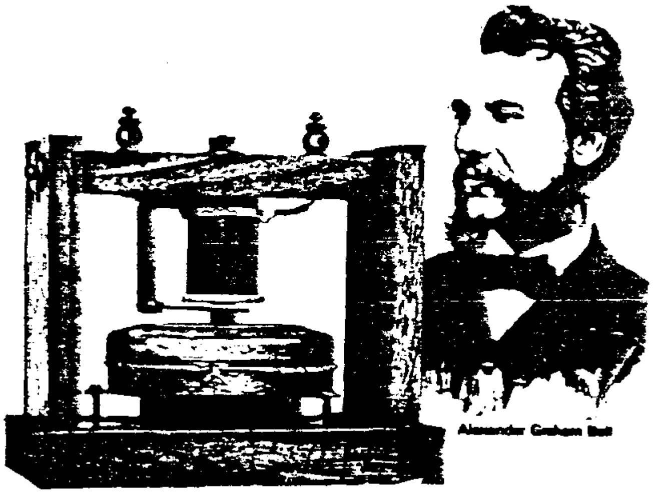
รูปที่ 6.1 คันเคาะโทรเลข

มอร์สได้ขอจดทะเบียนประดิษฐกรรมเมื่อ พ.ศ. 2381 และได้รับเงินอุดหนุนจำนวนหนึ่งจากรัฐบาลสหรัฐอเมริกาสร้างสายโทรเลขสายแรกระหว่างกรุงวอชิงตันกับเมืองบัลติมอร์ในปี พ.ศ. 2387 สัญญาณโทรเลขสั้น ๆ ยาว ๆ มีชื่อเรียกว่า "รหัสมอร์ส" มาจนบัดนี้

หลังจากการรับ-ส่งโทรเลขของมอร์สได้รับความสำเร็จ ได้มีผู้ปรับปรุงเครื่องโทรเลขเรื่อยมา เพื่อให้สามารถรับ-ส่งข่าวสารได้มากและรวดเร็วยิ่งขึ้น เป็นระบบรับ-ส่งโทรเลขสวนทางในสายเส้นเดียวกัน เช่น ดูเพล็กซ์และแบบควอดูเพล็กซ์ เป็นต้น ส่วนเครื่องรับ-ส่งโทรเลขก็เป็นการรับ-ส่งด้วยแถบซึ่งเร็วมาก และที่สุดได้ประดิษฐ์เครื่องรับ-ส่งโทรเลข ซึ่งสามารถรับข้อความโทรเลขโดยวิธีพิมพ์เป็นตัวอักษรบนกระดาษได้เช่นเดียวกับเครื่องพิมพ์ดีด เรียกว่า "เครื่องโทรพิมพ์"

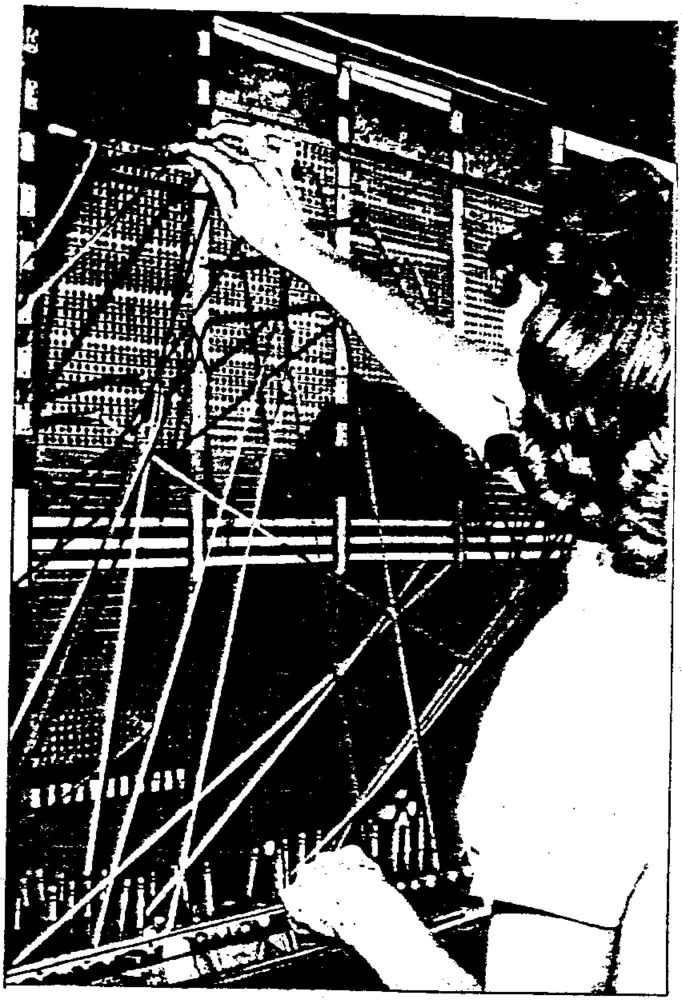
การรับส่งโทรเลขตามวิธีของมอร์สต้องหัดพนักงานให้จำรหัสได้ไว้รับ-ส่งโดยเฉพาะ ประชาชนทั่วไปจะมาทำการรับ-ส่งเองไม่ได้ มนุษย์จึงพยายามค้นคว้าและประดิษฐ์เครื่องโทรเลขให้เป็นเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งจะใช้ส่งข่าวสารกันเองได้ทั่วไป ผู้ประดิษฐ์เครื่องรับโทรศัพท์

ส่งเสียงพูดได้ไกล ๆ ด้วยกำลังไฟฟ้าเป็นคนแรก คือ อเล็กซานเดอร์ เกรแฮมเบลล์ (Alexander Graham BELL) ได้จากข้อคิดว่า "ถ้าฉันสามารถทำให้กระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงความเข้มได้เหมือนอย่างที่อากาศเปลี่ยนแปลงความแน่น ในขณะที่เกิดเสียงแล้ว ฉันจะสามารถส่งเสียงพูดทางโทรเลขได้" ดังนั้น เมื่อวันที่ 2 มิถุนายน พ.ศ. 2418 เบลล์ได้ยินเสียงที่ผ่านมาทางสายโทรเลข และปีต่อมาก็สามารถประดิษฐ์เครื่องโทรศัพท์เครื่องแรกได้ และได้นำออกแสดงในงานนิทรรศการของกรุงฟิลาเดลเฟีย ประชาชนสนใจน้อยมาก และเห็นเป็นของเล่นตลก ๆ โชคดีที่จักรพรรดิแห่งบราซิลได้เข้ามาสอบถามรายละเอียดเครื่องโทรศัพท์ของเขา เบลล์ส่งหูฟังให้จักรพรรดิและไปพูดกรอกเข้าไปที่ปากพูด ซึ่งอยู่ปลายสายอีกด้านหนึ่ง จักรพรรดิได้วางหูฟังและทรงอุทานด้วยความแปลกพระทัยว่า "มันพูดได้" ทันใดนั้นเครื่องโทรศัพท์ของเบลล์ก็ได้รับความสนใจจากคนทั่วไปที่มาชมงาน ชื่อของเบลล์ได้รับเกียรติเป็นหน่วยวัดความดังของเสียง คือ Deci Bel



รูปที่ 6.2 A model of BELL'S FIRST TELEPHONE

การแสดงหรือการทดลองเครื่องโทรศัพท์ใช้สายโทรเลขเป็นสื่อสัญญาณ ส่วนการต่อสายจากเครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่งโดยผ่านชุมสายนั้นได้เริ่มเป็นครั้งแรกที่เมืองบอสตัน เมื่อ พ.ศ. 2420 ได้มีการปรับปรุงชุมสายให้ได้รับความสะดวกรวดเร็วขึ้นเป็นระยะ ๆ เป็นชุมสายแบบใช้หม้อไฟฟ้าร่วมกันติดตั้ง ใช้งานเป็นครั้งแรกที่เมืองเลกซิงตัน มลรัฐแมสซาจูเซทท์ เมื่อ พ.ศ. 2426 และชุมสายอัตโนมัติ Step - by - step ที่สเตราเยอร์ประดิษฐ์ไว้เมื่อ พ.ศ. 2422 ได้นำมาใช้งานในชุมสายเป็นครั้งแรกที่เมืองลาปอร์ต มลรัฐอินเดียน่า เมื่อ พ.ศ. 2435 เป็นต้น



รูปที่ 6.3 ตู้ชุมสายโทรศัพท์กลางแบบพนักงานต่อ

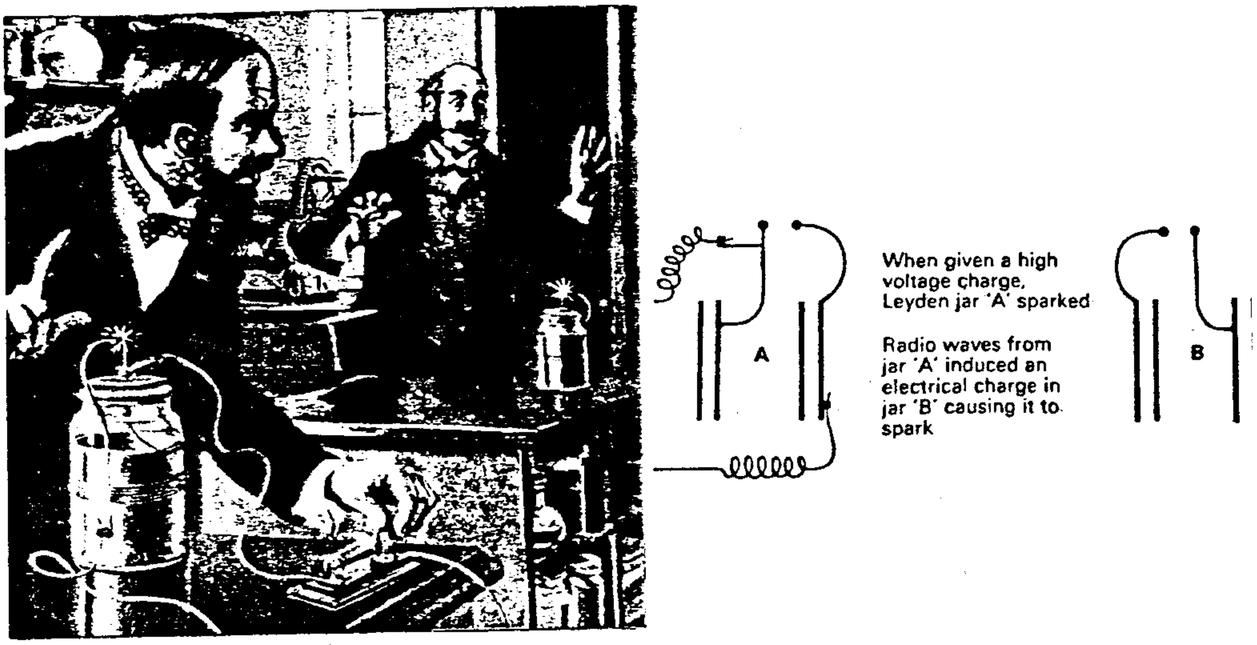
สื่อสัญญาณของเครื่องโทรเลขและโทรศัพท์ในตอนแรกใช้สายเหล็กเส้นเดียวโดยอาศัยดินเป็นทางเดินกลับของกระแสไฟฟ้า จึงมีความต้านทานสูงต่อมาได้เปลี่ยนเป็นสายคู่ และเมื่อมีจำนวนมากขึ้นก็รวมสายเหล่านั้นเป็นเส้นเดียว เรียกว่า "เคเบิล" สื่อสัญญาณนี้แม้จะได้มีการพัฒนาให้ติดต่อกันระหว่างทวีปได้ก็จริง แต่ก็ยังมีขีดจำกัดอยู่ในที่ไม่อาจใช้กับเรือหรือเครื่องบินได้ มนุษย์เราจึงได้หันมาค้นคว้าเครื่องใช้หรืออุปกรณ์ในการส่งข่าวสารชนิดไม่มีสาย สิ่งนั้น คือ Wireless หรือ Radio

การส่งข่าวสารโดยไม่ต้องใช้สาย นักวิทยาศาสตร์ของโลกได้เริ่มค้นคว้ามาแต่ พ.ศ. 2386 หรือก่อนนั้น คือ พร้อม ๆ กับ มอร์สประดิษฐ์เครื่องโทรเลขได้ บุคคลที่ควรกล่าวถึง คือ เจ.ซี. แมกซ์เวลล์ (J.C. MAXWELL) เมื่อ พ.ศ. 2416 เขาได้เขียนเอกสารเกี่ยวกับปรากฏ

การณ์แม่เหล็กไฟฟ้า และแสดงให้ทราบด้วยหลักคณิตศาสตร์ว่า อาการไฟฟ้าจะแพร่ออกไปในอากาศได้ด้วยลักษณะเป็นคลื่น และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับแสง แต่ผู้ที่ได้รับเกียรติอย่างยิ่งต่อจากแมกซ์เวลล์ คือ ดร. ไฮน์ริช แฮร์ทซ์ (Heinrich HERTZ) นักวิทยาศาสตร์ ชาวเยอรมัน

ในปี พ.ศ. 2424 แฮร์ทซ์ได้พิมพ์เอกสารเผยแพร่การทดลองของเขา ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่า อาการแกว่งกลับไปมาอย่างรวดเร็วของไฟฟ้าในตัวนำ จะทำให้เกิดการแพร่กระจายเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้าไปในอากาศ และมีลักษณะเป็นคลื่น เป็นการพิสูจน์ทฤษฎีของแมกซ์เวลล์ถูกต้อง นอกจากนั้นยังแสดงให้เห็นได้ว่าคลื่นไฟฟ้าหรือคลื่นวิทยุนี้อาจสะท้อนกลับ เฉ หรือ บังคับให้พุ่งไปทางทิศใด ๆ ก็ได้

แฮร์ทซ์ใช้เครื่องมือง่าย ๆ คือใช้ขวดโหลเลย์เดน (Leyden Jar) 2 ใบ ขวดโหลเลย์-เดนดังกล่าวเป็นคอนเดนเซอร์ชนิดหนึ่ง สามารถประจุไฟฟ้าได้ ภายในและภายนอกเคลือบด้วยโลหะบาง ๆ ระหว่างแผ่นโลหะที่เคลือบขวดโหลทำเป็นช่องว่างเล็ก ๆ วางขวดโหล A และ B ไว้คนละมุมห้อง เมื่อแฮร์ทซ์ประจุไฟฟ้าที่ขวดโหล A จะมีสปาร์คกระโดดข้าม Spark-gap และทันใดนั้นก็มีสปาร์คเกิดขึ้นที่ขวดโหล B ด้วย นี่คือการพิสูจน์ว่าคลื่นวิทยุสามารถส่งออกไปได้ในอวกาศโดยไม่ต้องใช้สาย คลื่นนี้เป็นที่รู้จักกันดีว่า คลื่นแฮร์ทเซี่ยน (Hertzian Wave)



รูปที่ 6.4 การทดลองของแฮร์ทซ์

และเพื่อเป็นอนุสรณ์ต่อการค้นพบ คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยุของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (CCIR) จึงเสนอให้ใช้ HERTZ (Hz) อ่านออกเสียง "เฮิร์ทซ์" ตามเสียงภาษาอังกฤษ เป็นหน่วยวัดความถี่วิทยุแทนคำว่า ไซเกิล (Cycle Per Second)

ภายหลังเฮิร์ทซ์ได้ทดลองส่งคลื่นวิทยุระหว่างห้องได้แล้วในปี พ.ศ. 2437 โอลิเวอร์ ลอดจ์ (Oliver LODGE) สามารถส่งคลื่นวิทยุได้ไกล 150 หลา และให้ความเห็นว่า หากทำให้คลื่นวิทยุส่งข่าวสารได้ กิจการวิทยุจะก้าวไปไกลมาก

พ.ศ. 2446 นับว่าเป็นปีที่สำคัญยิ่งในประวัติศาสตร์ของการวิทยุ กล่าวคือ มาร์โคนี่ (MARCONI) ได้เสนอขอจดทะเบียนกรรมสิทธิ์ระบบการใช้วิทยุ มาร์โคนี่ ถือว่าเป็นผู้ได้รับเกียรติในฐานะเป็นผู้เอาการวิทยุคมนาคมมาใช้เพื่อกิจการพาณิชย์เป็นคนแรก สถานีวิทยุของมาร์โคนี่ได้จัดตั้งที่อลัมเบย์ (Alumbay) สามารถติดต่อกับเรือที่แล่นอยู่ในบริเวณนั้นได้ไกลมากกว่า 18 ไมล์ เครื่องส่งวิทยุแบบแรกเป็นแบบสปาร์ค (Spark)

สำหรับงานวิทยุโทรศัพท์อาจนับได้ว่าเริ่มต้นจากการทดลองของเฟสเซนเดน (Fessenden) ซึ่งทดลองเอาเสียงพูดเข้าแปรรูปคลื่นวิทยุ (modulate) เมื่อปี พ.ศ. 2445 แทนการเคาะเป็นสัญญาณวิทยุโทรเลข ต่อมาปี พ.ศ. 2458 นายช่างแห่งบริษัท ระบบเบลล์ สามารถพูดวิทยุโทรศัพท์จากฮาลิงตันไปฮาวาย และจากฮาลิงตันไปปารีสได้สำเร็จ ในปี พ.ศ. 2460 ได้มีการจัดตั้งสถานีวิทยุโทรศัพท์เพื่อการพาณิชย์ขึ้นเป็นครั้งแรก เพื่อเชื่อมชุมสายโทรศัพท์บนแผ่นดินใหญ่ กับชุมสายโทรศัพท์บนเกาะแซนตา คาตาลินา นอกฝั่งแคลิฟอร์เนียในสหรัฐอเมริกาให้พูดติดต่อถึงกันได้ และในปี พ.ศ. 2470 ก็ได้มีวิทยุโทรศัพท์ข้ามมหาสมุทรแอตแลนติคจากสหรัฐอเมริกาไปยุโรปเป็นครั้งแรก

นอกจากการติดต่อระหว่างสถานีบนบกแล้วกิจการวิทยุโทรศัพท์ได้แพร่หลายไปอย่างรวดเร็ว เรือเดินสมุทรก็มีวิทยุโทรศัพท์ให้ผู้โดยสารได้ใช้พูดติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์บนบก เพื่อต่อไปยังสถานที่ต่าง ๆ ได้ รถไฟ เครื่องบิน และยานพาหนะบนถนน ก็มีวิทยุโทรศัพท์ใช้พูดในขณะเดินทางได้

กิจการส่งเสียงดนตรี ละคร และข่าวทางวิทยุ ซึ่งเรียกว่า วิทยุกระจายเสียง ได้มีขึ้นเป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2463 โดยใช้ระบบ Amplitude Modulation ส่วนเครื่องรับสมัยใหม่ที่เรียกว่าแบบ Superheterodyne และนิยมใช้กันแพร่หลายมาตั้งแต่ พ.ศ. 2473 จนถึงปัจจุบันนี้ อาร์มสตรอง (Amstrong) เป็นผู้คิดค้น และเขายังได้ทดลองใช้การส่งระบบ Frequency Modulation เป็นคนแรกอีกด้วย

นอกจากการวิทยุโทรเลขและวิทยุโทรศัพท์ดังกล่าว ยังได้มีการประดิษฐ์เครื่องมือทางไฟฟ้า เพื่อใช้ส่งภาพเขียน ภาพถ่าย ภาพตัวอักษรไปทางสายและทางวิทยุอีกด้วย ซึ่งเรียกว่า โทรภาพ หรือ Fascimile ในปี พ.ศ.2468 ได้มีการส่งภาพทางโทรภาพ โดยอาศัยสายโทรศัพท์เพื่อการพาณิชย์เป็นครั้งแรกและต่อมาในปี พ.ศ. 2478 ได้มีการปรับปรุงวิธีการรับส่งให้ดีขึ้นด้วยการใช้แสง คือเปลี่ยนลำแสงให้เป็นกระแสไฟฟ้า ในเวลาส่งภาพ และให้กระแสไฟฟ้ามาบังคับลำแสงให้ฉายไปที่ฟิล์มหรือกระดาษน้ำยา เพื่อให้เกิดภาพทางเครื่องรับ

ส่วนการส่งภาพที่เคลื่อนไหวได้ ซึ่งเรียกว่าวิทยุโทรทัศน์นั้นได้มีการส่งเป็นครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2473 หลังจากได้มีการทดลองกันเป็นเวลานานปี และไล่ ๆ กันนั้นเอง วิทยุโทรทัศน์สี (Color Television) ก็เกิดขึ้น ในขณะเดียวกันนั้น คือตั้งแต่ปี พ.ศ. 2473 ซึ่งโลกได้พัฒนาการวิทยุให้สามารถส่งโทรทัศน์สีได้แล้ว ได้เริ่มมีการผลิตวัตถุกึ่งตัวนำ (Semi-conductor) ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงหลอด Diode มากที่สุด วัตถุกึ่งตัวนำที่ว่านี้คือที่มาของ ทรานซิสเตอร์ (Transistor) เมื่อปลายปี พ.ศ. 2490 ภายในห้องทดลองของบริษัท BELL TELEPHONE ได้มีการสาธิตการขยายสัญญาณไฟฟ้าด้วยทรานซิสเตอร์แบบ Point contact เป็นครั้งแรก โดยวิศวกรของบริษัท คือ วอลเตอร์ เอช บราทเทน (Walter H. BRATTAIN) และ จอห์น บาร์ดีน (John BARDEEN) ได้มีการเปรียบเทียบข้อดีของ Three Terminal Solid-State Device หรือทรานซิสเตอร์กับหลอดสุญญากาศไว้ด้วย หลังจากนั้นได้มีการปรับปรุงและพัฒนาเกี่ยวกับ Solid-State ต่อไปอย่างไม่หยุดยั้ง โดยเฉพาะการรวมชิ้นส่วนเป็นร้อยเป็นพันไว้ด้วยกัน ที่ทราบกันทั่วไปขณะนี้ว่า IC (Intergrated Circuit) ทรานซิสเตอร์ได้ลดขนาดของอุปกรณ์อิเลกทรอนิกส์ให้เล็กลงจากเดิม ซึ่งใช้หลอดว่างอากาศเป็นสิบเท่า ปัจจุบันเครื่องคำนวณ (Computer) เครื่องควบคุมการทำงานโดยอัตโนมัติและอุปกรณ์โทรคมนาคมสมัยใหม่จึงใช้ Solid-State คือใช้ทรานซิสเตอร์ล้วน

การสื่อสารทางวิทยุแม้จะได้เจริญก้าวหน้าจนสามารถรับ-ส่งบริการโทรคมนาคมต่าง ๆ ได้ทุกมุมโลกก็จริง แต่ก็ยังมีขีดจำกัด เพราะขนาดคลื่นที่ใช้มีคุณลักษณะไม่เหมือนกัน ดังเช่น

ความถี่ย่านกลาง (Medium Frequency) จะมีลักษณะแพร่กระจายไปกับพื้นดินหรือพื้นน้ำ ติดต่อได้ผลเพียงระยะใกล้ ๆ เพียง 200-300 กิโลเมตร

ถ้าเป็นย่านความถี่สูง (High Frequency) จะขึ้นชนเพดานไฟฟ้า (Heaviside Layer) ในชั้นบรรยากาศโค้งกลับมายังพื้นโลก คุณภาพและความแน่นอนของการติดต่อจึงขึ้นอยู่กับ

ผลที่ดวงอาทิตย์แสดงต่อโลก (Activity) รวมทั้งเวลาและฤดูกาล เช่น กลางคืนติดต่อได้ดีกว่ากลางวัน เป็นต้น การติดต่อด้วยระบบความถี่สูง แม้จะได้ระยะไกลแต่ก็ไม่อาจใช้ได้ตลอด 24 ชั่วโมง

ส่วนความถี่ย่านสูงมากขึ้นไป (Very High Frequency) คือ ตั้งแต่ 300 MHz ขึ้นไป การแพร่กระจายคลื่นมีลักษณะเป็นเส้นตรง ความโค้งของโลกเป็นอุปสรรค ทำให้ติดต่อตรงได้เพียง 60–80 กิโลเมตร และติดต่อได้ตลอด 24 ชั่วโมง แต่ต้องมีสถานีถ่ายทอดสัญญาณเป็นช่วง ๆ ระยะตั้งแต่ 60–80 กิโลเมตร ระบบการถ่ายทอดดังกล่าวเรียกกันทั่ว ๆ ไปว่า ระบบถ่ายทอดด้วยคลื่นไมโครเวฟ (Microwave)

การถ่ายทอดสัญญาณด้วยระบบไมโครเวฟติดต่อได้ตลอด 24 ชั่วโมง แต่ขีดจำกัดก็ยังมีเพราะเราไม่อาจตั้งสถานีถ่ายทอดในท้องทะเล มหาสมุทร หรือในท้องถิ่นทุรกันดารได้ จึงติดต่อไม่ได้ทั่วโลก

แต่มนุษย์เราไม่สิ้นความพยายาม เมื่อ พ.ศ. 2488 นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ชื่อ อาร์เธอร์ ซี คล้าค (Arthur C. CLARK) ได้เขียนเรื่องในวารสาร Wireless World ให้ข้อคิดในการใช้สถานีถ่ายทอดสัญญาณวิทยุลอยอยู่ในอวกาศสูง 36,000 กิโลเมตร เพื่อการโทรคมนาคม 24 ชั่วโมง ข้อคิดเห็นนี้เริ่มเป็นจริงเมื่อสหภาพโซเวียตรัสเซียส่งดาวเทียม Sputnik โคจรรอบโลกด้วยความสูงประมาณ 247 กิโลเมตร เมื่อวันที่ 4 ตุลาคม พ.ศ. 2500 ในเวลาใกล้ ๆ กัน สหรัฐอเมริกาก็ส่งดาวเทียม Explorer เมื่อวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2501 อยู่สูง 1,336 กิโลเมตร ดาวเทียมดวงนี้มีเครื่องมือสำหรับหาข้อมูลต่าง ๆ ติดตั้งไว้อย่างสมบูรณ์

ดาวเทียมโทรคมนาคมที่เปรียบเสมือนผู้บุกเบิก คือ ดาวเทียมเทลสตาร์ 1 (Telstar I) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสถานีทวนสัญญาณเป็นดวงแรกเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม พ.ศ. 2505 สามารถพูดโทรศัพท์รับ–ส่งโทรเลข และถ่ายทอดรายการโทรทัศน์สดระหว่างสหรัฐอเมริกากับยุโรปผ่านดาวเทียมดวงนี้เป็นผลสำเร็จ อย่างไรก็ตามดาวเทียมเทลสตาร์นี้มิได้เข้าวงโคจร Synchronous Orbit จึงติดต่อไม่ได้ตลอด 24 ชั่วโมง ต่อมาได้มีการส่งดาวเทียมอีกหลายดวงให้เข้าวงโคจร Synchronous Orbit คือ ลอยสูง 36,000 กิโลเมตรโดยบังคับให้โคจรไปด้วยอัตราความเร็วชั่วโมงละ 11,200 กิโลเมตร ซึ่งจะเท่ากับเวลาของการหมุนรอบตัวของโลก ทำให้เห็นดาวเทียมประดุจว่าลอยอยู่กับที่ (Geo-Stationary)

ดาวเทียมที่ส่งเข้าวงโคจร Synchronous Orbit เป็นดวงแรกคือ ดาวเทียมซินคอม 1 (Syncom I) ส่งเข้าวงโคจรเมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2506 และดาวเทียมที่นำความตื่นเต้น

ยินดีให้มนุษย์โลกอีกครั้งหลังจากดาวเทียมเทลสตาร์ 1 ก็คือ ดาวเทียมซินคอมดวงที่ 3 (Syncom III) ซึ่งได้ส่งขึ้นโคจรเมื่อวันที่ 19 สิงหาคม พ.ศ. 2507 เหนือมหาสมุทรแปซิฟิค และได้ทำการถ่ายทอดโทรทัศน์ พิธีการเปิดแข่งขันกีฬา โอลิมปิค ครั้งที่ 18 จากกรุงโตเกียวประเทศญี่ปุ่นไปยังสหรัฐอเมริกา เมื่อวันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2507 แต่เนื่องจากดาวเทียมซินคอมดวงที่ 3 มีกำลังส่งน้อยไม่สามารถส่งเสียงคำบรรยายไปพร้อมกับภาพได้ เสียงจึงต้องส่งผ่านทางเคเบิลใต้น้ำ

จากความสำเร็จในครั้งนี้ได้มีการจัดตั้งองค์การในรูปของสมาคมจัดระบบการคมนาคมพาณิชย์ทางดาวเทียมทั่วโลกขึ้น มีชื่อว่า International Telecommunication Satellite Consortium (INTELSAT) โดยมีคณะกรรมการ Interim Communication Satellite Committee (IGSC) เป็นผู้บริหารและบรรษัท Communication Satellite Corporation (COMSAT) เป็นผู้จัดการ INTELSAT ได้ส่งดาวเทียม INTELSAT รุ่นต่าง ๆ ขึ้นไปลอยอยู่เหนือมหาสมุทรแปซิฟิค มหาสมุทรอินเดียและมหาสมุทรแอตแลนติค ทำให้ทั่วโลกสามารถติดต่อส่งข่าวสารต่าง ๆ ถึงกันได้ตลอด 24 ชั่วโมง

6.2 รหัสในการสื่อสาร

การติดต่อสื่อสารระยะทางไกล หรือการรับส่งข่าวสารในระยะไกล ๆ ข่าวสารที่จะทำการรับส่งในระยะทางไกล แบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 3 ประเภท คือ

1. เสียง (คำพูด เสียงดนตรี)
2. ตัวหนังสือ (ตัวเลข เครื่องหมาย)
3. ภาพ (ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว)

หลักการรับส่งข่าวสารโดยทั่วไป ด้านส่งจะต้องเปลี่ยนข่าวสารที่ต้องการจะส่งให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเสียก่อน แล้วใช้คลื่นวิทยุที่มีความถี่สูงเป็นคลื่นพาห์ (Carrier) นำสัญญาณทางไฟฟ้านั้นแพร่กระจายไปในอากาศในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือส่งไปตามสายส่งกำลัง ทางด้านรับจะรับคลื่นวิทยุตามความถี่ที่ส่งมานั้น แล้วก็จะได้สัญญาณทางไฟฟ้านั้นกลับคืน หลังจากนั้นจะเปลี่ยนสัญญาณให้กลับเป็นข่าวสารที่เหมือนกับด้านส่งทุกประการ

ระบบรับส่งข่าวสารประเภทตัวหนังสือ

ตัวหนังสือ ตัวเลข และเครื่องหมาย จะต้องกำหนดตั้งเป็นรหัสเสียก่อน เช่น รหัสมอร์ส ซึ่งแทนตัวหนังสือและตัวเลข ดังรูปที่ 6.5

A	• —	1	• — — •
B	— • •	2	• • — • •
C	• •	3	• • • — •
D	— • •	4	• • • • —
E	•	5	— — —

รูปที่ 6.5 **MORSE CODE**

ตารางที่ 6.1

สัญญาณโทรเลขสากลอักษรโรมัน

International Morse Code

A	● —	S	● ● ●
B	— ● ● ●	T	—
C	— ● — ●	U	● ● —
D	— ● ●	V	● ● ● —
E	●	W	● — —
F	● ● — ●	X	— ● ● —
G	— — ●	Y	— ● — —
H	● ● ● ●	Z	— — ● ●
I	● ●	1	● — — — —
J	● — — —	2	● ● — — —
K	— ● —	3	● ● ● — —
L	● — ● ●	4	● ● ● ● —
M	— —	5	● ● ● ● ●
N	— ●	6	— ● ● ● ●
O	— — —	7	— — ● ● ●
P	● — — ●	8	— — — ● ●
Q	— — ● —	9	— — — — ●
R	● — ●	0	— — — — —

Punctuation & Special Signals

- — ● ● ● — / — ● ● — ● ? ● ● — — ● ●

Period (·) .... ● — ● — ● —
Comma (,) .... — — ● ● — —
From (de) .... — ● ● ●
Go Ahead (k) .... — ● —
Understood (VE) .... ● ● ● — ●
End of Message (cross x) .... ● — ● — ●
Transmission Finished (sk) .... ● ● ● — ● —

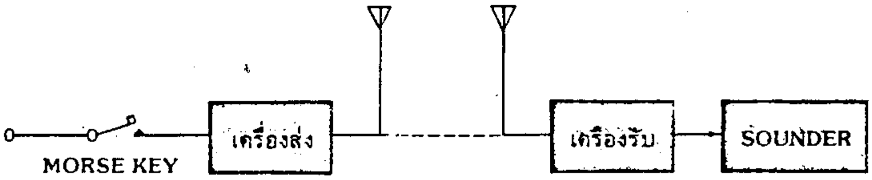
ตารางที่ 6.2

สัญญาณโทรเลขอักษรไทย					
อักษร	ก	— — •	สระอะ	ะ	• — • • •
"	ข	— • — •	สระอา	า	• —
"	ค ฆ	— • —	สระอิ	ิ	• • — • •
"	ง	— • — — •	สระอี	ี	• •
"	จ	— • • — •	สระอึ	ึ	• • — — •
"	ฉ	— — — —	สระอือ	ื	• • — —
"	ช ฌ	— • • —	สระอุ	ุ	• • — • —
"	ซ	— — • •	สระอู	ู	— — — •
"	ญ	• — — —	สระเอ	เ	•
"	ฎ ด	— • •	สระแอ	แ	• — • —
"	ฏ ต	—	สระไอ	ไ ใ	• — • • —
"	ฐ ถ	— • — • •	สระโอ	โ	— — —
"	ฑ ฒ ท ธ	— • • — —	สระอำ	ำ	• • • — •
"	ณ น	— •	ตัว รึ	ฤ	• — • — —
"	บ	— • • •	สระออ	อ	— • • • —
"	ป	• — — •	ไม้เอก	่	• • —
"	ผ	— — • —	ไม้โท	้	• • • —
"	ฝ	— • — • —	ไม้ตรี	๊	— — • • •
"	พ ภ	• — — • •	ไม้จัตวา	๋	• — • — •
"	ฟ	• • — •	ไม้ผัด	ั	• — — • —
"	ม	— —	ไม้ผัด/ไม้โท	ั้	• — — — •
"	ย	— • — —	ไม้ไต่คู้	็	— — — • •
"	ร	• — •	การันต์	์	— — • • —
"	ล ฬ	• — • •	ไม้ยมก	ๆ	— — — • —
"	ว	• — —			
"	ศ ษ ส	• • •			
"	ห	• • • •			
"	อ	— • • • —			
"	ฮ	— — • — —			

สัญญาณที่ใช้แทนตัวเลขและวรรคตอนใช้แบบเดียวกับสากล (มอร์ส)

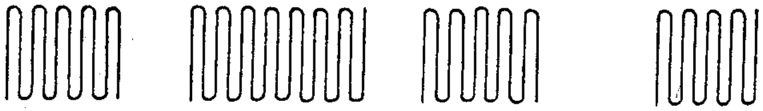
รหัสมอร์สประกอบด้วยเครื่องหมาย 2 ชนิด คือ จุด (dot) และขีด (dash) จุดประกอบด้วยหนึ่งหน่วยของมาร์คและตามด้วยหนึ่งหน่วยของช่องว่าง ส่วนขีดประกอบด้วยสามหน่วยของมาร์คและตามด้วยหนึ่งหน่วยช่องว่าง รหัสของตัวอักษรประกอบขึ้นจากการรวมเครื่องหมายทั้งสองนี้เข้าด้วยกัน ระหว่างตัวอักษรมีช่องว่างสองหน่วย และ ระหว่างคำมีช่องว่าง 4 หน่วย

แล้วจึงส่งสัญญาณทางไฟฟ้าหรือคลื่นทางวิทยุเป็นรหัสของตัวหนังสือตามที่ได้กำหนดขึ้นออกไป เครื่องที่ใช้ส่งรหัส ได้แก่ คันเคาะ (Key) ด้านรับจะใช้อุปกรณ์เสียงหรือซาวเดอร์ (Sounder) รับ ได้ยินเป็นเสียงสั้นยาวตามรหัสที่ส่งแล้วถอดรหัสเป็นตัวอักษรหรือตัวเลข ระบบรับส่ง ดังแสดงในรูปที่ 6.6



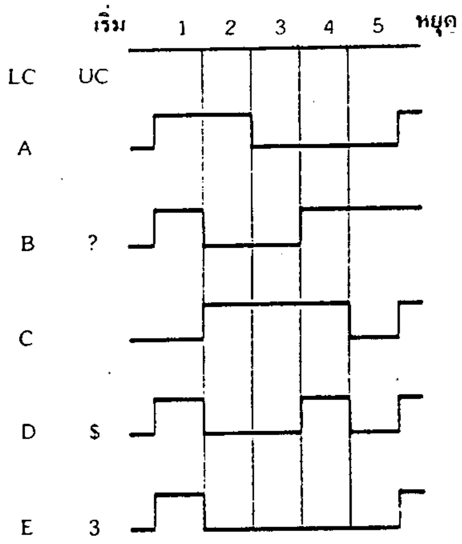
รูปที่ 6.6 ระบบวิทยุโทรเลข

คลื่นวิทยุในรูปรหัส เรียกว่า On-Off Keying ดังแสดงในรูปที่ 6.7



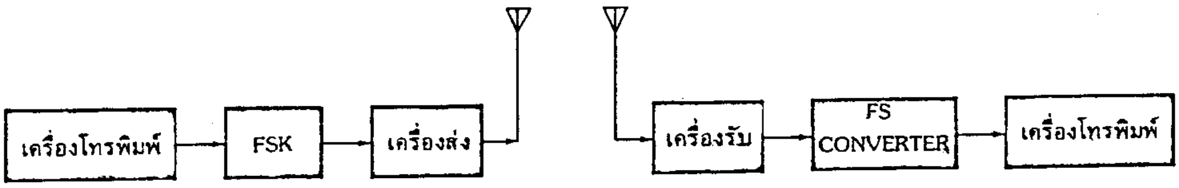
รูปที่ 6.7 ON - OFF KEYING

เครื่องที่เข้ารหัสและถอดรหัสได้โดยอัตโนมัติ คือ เครื่องส่งโทรพิมพ์เมื่อกดเป็นอักษร (Key board) เครื่องก็จะเข้ารหัสส่งสัญญาณออกมา ดังแสดงในรูปที่ 6.8



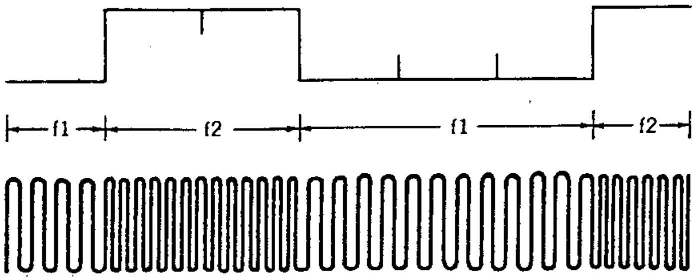
รูปที่ 6.8 รหัสโทรพิมพ์

ด้านรับเมื่อเครื่องโทรพิมพ์รับสัญญาณรหัสเข้ามา ก็จะถอดรหัสและพิมพ์ตัวอักษรลงบนกระดาษตามรหัสที่ส่งมา สัญญาณโทรพิมพ์เป็น DC pulse ไม่สามารถส่งเข้าเครื่องส่งเพื่อผสมกับคลื่นวิทยุโดยตรง ดังนั้นด้านส่งต้องเปลี่ยนสัญญาณโทรพิมพ์ให้เป็นสัญญาณความถี่ต่ำ 2 ความถี่โดยใช้เครื่อง Frequency Shift Keying (FSK) และด้านรับก็ต้องเปลี่ยนกลับโดยใช้เครื่อง FS Converting ระบบการรับส่งสัญญาณโทรพิมพ์ ดังแสดงในรูปที่ 6.9



รูปที่ 6.9 ระบบวิทยุโทรพิมพ์

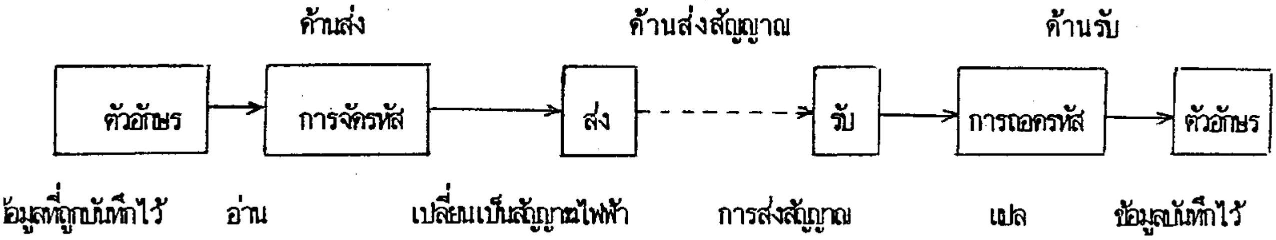
หลักการของระบบ Frequency Shift Keying ดังแสดงในรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.10 หลักการ FREQUENCY SHIFT KEYING

6.3 โทรเลข โทรศัพท์ วิทยุ โทรทัศน์

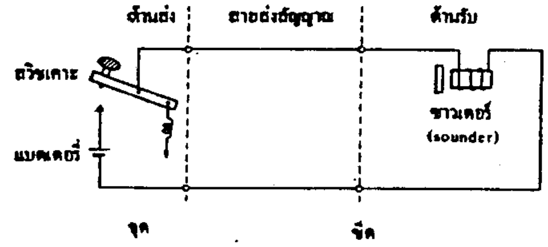
6.3.1 โทรเลข (Telegraph) โทรเลขเป็นวิธีหนึ่งของการโทรคมนาคม ซึ่งเปลี่ยนตัวอักษร ตัวเลข และสัญลักษณ์ของรหัสเป็นสัญญาณไฟฟ้า และส่งไปยังจุดที่อยู่ห่างไกลออกไป ผ่านทางสายส่งสัญญาณที่จุดปลายทาง สัญญาณเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนกลับรูปเดิมและบันทึกไว้ หลักการทั่วไปของโทรเลขมีลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 6.11



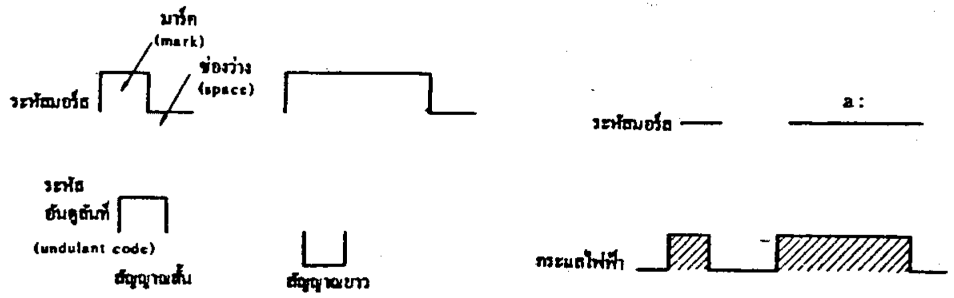
รูปที่ 6.11 หลักการทั่วไปของการโทรเลข

ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาถึงเทคนิคของการเคาะสวิตซ์ส่งสัญญาณ (sending key) หรือการพิมพ์เครื่องพิมพ์ดีด เพื่อเปลี่ยนตัวอักษรให้เป็นรหัส ถึงแม้การศึกษาเทคนิคจะต้องใช้ความพยายามมากแต่โทรเลขมีข้อดีอยู่มาก คือ ข่าวสารจะถูกบันทึกและข้อความที่พิมพ์ไว้จะถึงที่อยู่ของผู้รับได้โดยที่เขาอาจจะไม่อยู่ขณะนั้นก็ได้ แต่ในปัจจุบันนี้บริการเทเลกซ์ (Telex service) และการส่งสัญญาณ (Data transmission) ได้พัฒนาขึ้นในวงการสื่อสารธุรกิจอย่างรวดเร็วมาก

1. **หลักการทำงานของโทรเลข** โทรเลขนั้นทำงานด้วยกระแสไฟฟ้าที่หยุดเป็นระยะ ๆ หรือดิจิตัล (digital) หลักการทำงานของโทรเลขดังแสดงในรูปที่ 6.12 ซึ่งมีแบตเตอรี สวิตช์เคาะ หรือคีย์สวิตช์ (Key) และอุปกรณ์เสียงหรือซาวเดอร์ต่อกันอยู่อย่างอนุกรม เมื่อกดสวิตช์ของผู้ส่ง กระแสจะไหลในแท่งแม่เหล็กของซาวเดอร์ของผู้รับ ตลอดเวลาที่กดสวิตช์นั้น ดังแสดงในรูปที่ 6.13 และซาวเดอร์จะเปลี่ยนรหัสเป็นเสียง



รูปที่ 6.12 หลักการทำงานของโทรเลข



รูปที่ 6.13 รหัสมอร์สและกระแสไฟฟ้า

ถ้าใช้เครื่องเขียนหมึก (ink writer) ที่ด้านรับแทนซาวเดอร์เพื่อเขียนรหัสมอร์สอีกครั้ง จุดหรือขีดจะถูกบันทึกบนเทปตลอดเวลาที่กดสวิตช์ และจะเป็นช่องว่างเมื่อปล่อยสวิตช์ การเขียนจุดหรือขีด เรียกว่า "มาร์ค (mark)" และที่เว้นไว้เรียกว่า "ช่องว่าง (space)"

2. **ลักษณะของการบริการโทรเลข** ผู้ต้องการใช้บริการจะต้องไปยังที่ทำการโทรเลข เขียนกรอกข้อความที่ต้องการส่งและสิ่งอื่นที่จำเป็นลงในช่องว่างของแผ่นแบบฟอร์มโทรเลข แล้วยื่นให้เจ้าหน้าที่ดำเนินการต่อไป ตัวอักษรของถ้อยคำที่เขียนจะถูกเปลี่ยนเป็นรหัสไฟฟ้าด้วยเครื่องโทรเลข และถูกส่งไปยังที่ทำการโทรเลขปลายทาง แล้วจากนั้นเจ้าพนักงานส่งโทรเลขจะนำคำโทรเลข (Telegram) ไปส่งถึงที่พักของผู้รับ

6.3.2 **โทรศัพท์ (Telephone)** โทรศัพท์เป็นการสื่อสารด้วยเสียง โดยการใช้ประสาทของการได้ยิน และคลื่นสัญญาณมีลักษณะต่อเนื่องหรือแบบอนาลอก (analogue)

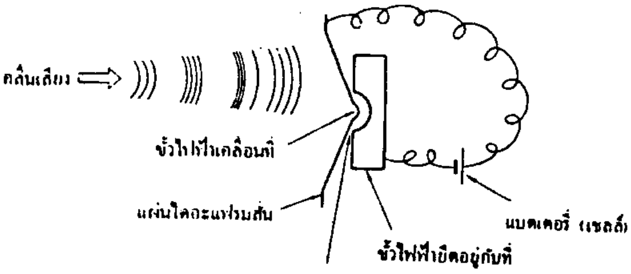
ส่วนประกอบในการทำงานของโทรศัพท์ประกอบด้วย ระบบเสียงพูด (speech system) และระบบการให้สัญญาณ (signalling system)

1. ระบบการพูด เครื่องโทรศัพท์ที่ติดตั้งอยู่ปลายสายด้านผู้เช่าเปลี่ยนเสียงพูดเป็นกระแสไฟฟ้า และมีชื่อเรียกว่ากระแสเสียงพูด(speech current) ซึ่งจะถูกส่งผ่านสายและแผงอุปกรณ์สวิตช์ของชุมสาย ไปยังเครื่องโทรศัพท์ที่ปลายสายอีกด้านหนึ่ง เครื่องโทรศัพท์ที่ได้รับกระแสเสียงพูดจะสร้างกระแสเสียงพูดเดิมกลับขึ้นมาใหม่ นั่นคือ เราสามารถติดต่อระหว่างจุดที่อยู่ห่างกันได้ด้วยการใช้เครื่องโทรศัพท์

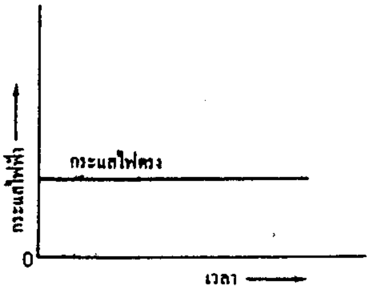
2. ระบบการให้สัญญาณ เราสามารถส่งหรือรับสัญญาณเรียก (calling signal) ด้วยการใช้ระบบการให้สัญญาณของโทรศัพท์

3. หลักการทำงานของเครื่องโทรศัพท์ ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องโทรศัพท์คือ เครื่องส่ง เครื่องรับ กระดิ่งขดลวดเหนี่ยวนำ และแท่งแม่เหล็กสำหรับโทรศัพท์ระบบแม่เหล็ก (magnets telephone) หน้าปัทม์สำหรับหมุน หมายเลขหรือไดอัล (dial) ของโทรศัพท์ระบบอัตโนมัติ และสาย (line) เชื่อมโยงถึงกัน

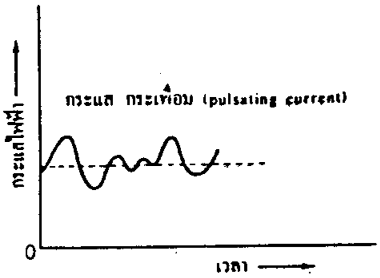
3.1 เครื่องส่ง (Transmitter) เป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนคลื่นเสียงของการพูดให้เป็นกระแสไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 6.14 มีเม็ดถ่านคาร์บอนอยู่เต็มช่องระหว่างขั้วไฟฟ้าเคลื่อนที่ได้และขั้วที่ยึดอยู่กับที่ แต่ละขั้วต่ออยู่กับขั้วของแบตเตอรี



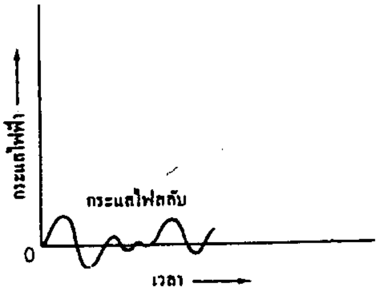
รูปที่ 6.14 หลักการทำงานของเครื่องส่งโทรศัพท์



รูปที่ 6.15 กระแสของเครื่องส่งโทรศัพท์เมื่อไม่มีคลื่นเสียง



รูปที่ 6.16 กระแสของเครื่องส่งโทรศัพท์เมื่อมีคลื่นเสียง



รูปที่ 6.17 กระแสเสียงพูดไฟสลับที่ผ่านสายของผู้เช่า

แผ่นไดอะแฟรมสั่น (vibrating diaphragm) ยึดอยู่กับขั้วไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ได้ซึ่งสั่นตามคลื่นเสียงที่ได้รับ ทำให้เกิดแรงกดบนเม็ดถ่านสลับไปมา และความต้านทานสัมผัส (contact resistance) ของเม็ดถ่านเปลี่ยนตามความดันที่เกิดขึ้น เมื่อไม่มีคลื่นเสียงกระแสที่ผ่านเม็ดถ่านจะมีค่าคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 6.15 เมื่อมีคลื่นเสียงกระแสจะเปลี่ยนดังในรูปที่ 6.16 ผลที่ได้รับ คือ เครื่องส่งผลิตกระแสไฟสลับดังแสดงในรูปที่ 6.17 (กระแสที่ประกอบด้วยกระแสไฟตรงและกระแสไฟสลับซ้อนทับ ดังในรูปที่ 6.16 เรียกว่ากระแสกระเพื่อม (pulsating current)) ดังนั้น เครื่องส่งจะเปลี่ยนแรงกดของคลื่นเสียงเป็นกระแสไฟฟ้า แล้วส่งกระแสนี้ผ่านสายและอุปกรณ์สวิตช์ไปยังเครื่องรับของฝ่ายที่ถูกเรียก

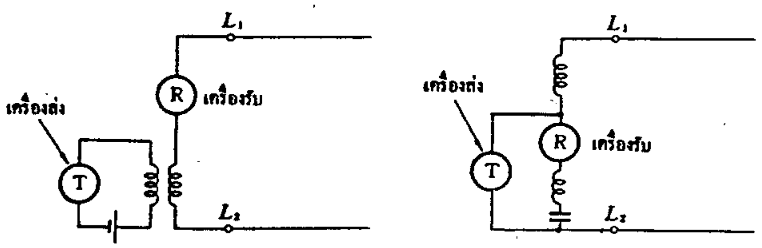
3.2 **เครื่องรับ (Receiver)** เป็นอุปกรณ์ทำคลื่นเสียงด้วยแผ่นไดอะแฟรมสั่น ที่ทำงานตามกระแสเสียงพูดที่ส่งมาจากเครื่องส่งของฝ่ายเรียก เครื่องรับทำงานด้วยการรับกระแสไฟสลับ

เราสามารถใช้โทรศัพท์พูดกับผู้ที่อยู่ห่างไกลได้เหมือนกับเขามายืนอยู่ใกล้กับเราด้วยกรรมวิธีเปลี่ยนเสียงพูดให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยเครื่องส่งและจากสัญญาณไฟฟ้าเป็นเสียงพูดอีกครั้งโดยเครื่องรับ

3.3 **กระดิ่งแม่เหล็กหรือกระดิ่งแมกนีโต (Magneto bell)** เมื่อโทรศัพท์เรียกกระดิ่งแมกนีโตจะมีเสียงดังเพื่อแสดงว่ามีการเรียก

3.4 **ขดลวดเหนี่ยวนำ (Induction coil)** ในโทรศัพท์ระบบแม่เหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 6.18 (ก) ขดลวดเหนี่ยวนำแยกวงจรส่งสัญญาณออกจากสาย และจากกระแสไฟตรง เพื่อทำให้วงจรท้องถิ่น (local circuit) ปรับแรงเคลื่อนเสียงพูด (speech voltage) ที่จะส่งให้สูงขึ้น ส่วนในโทรศัพท์ระบบแบตเตอรีร่วมและระบบอัตโนมัติ ดังแสดงรูปที่ 6.18 (ข) ขดลวดเหนี่ยวนำ

แยกวงจรรับสัญญาณออกมา เพื่อทำให้วงจรท้องถิ่นปรับแรงเคลื่อนเสียงที่จะส่งเข้าสายให้สูงขึ้น

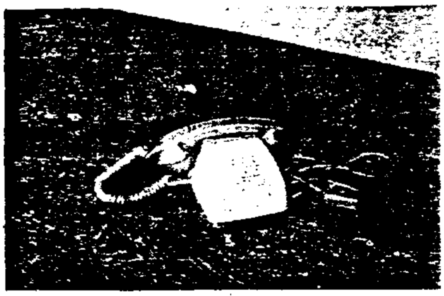


(ก) โทรศัพท์ระบบแม่เหล็ก (ข) โทรศัพท์ระบบแบตเตอรี่ร่วมและระบบอัตโนมัติ

รูปที่ 6.18 วงจรของเครื่องส่งและเครื่องรับ

3.5 **แม่เหล็ก** เราใช้แม่เหล็กสำหรับผลิตกระแสสัญญาณไฟสลับให้แก่แผงสวิตช์เรียกโทรศัพท์ และมีหลักการทำงานในลักษณะเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั่วไป

3.6 **หน้าปัทม์โทรศัพท์หรือไดอัล (Dial)** เป็นอุปกรณ์ตัดกระแสในสายตามกฎเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้เพื่อเรียก เมื่อหมุนหมายเลขของผู้รับเมื่อผู้เช่ายกหูโทรศัพท์ เพื่อหมุนหมายเลข สวิตช์ขอเกี่ยวจะอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้ต่อบรรจบครบวงจร กระแสสัญญาณจะไหลในวงจรนี้จากแผงสวิตช์ในสถานีชุมสายเพื่อให้ผู้เช่าหมุนหมายเลขได้



รูปที่ 6.19 โทรศัพท์หน้าปัทม์แบบปุ่มกด

6.3.3 **วิทยุ (Radio)** หมายถึง วิธีส่งข่าวสารหรือติดต่อทางไกลโดยไม่ต้องใช้สายแบบโทรเลข โทรศัพท์ แต่ใช้การกระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแทน นิยมเรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า "Wireless set" ซึ่งหมายถึงวิทยุ อุปกรณ์ที่สำคัญ เช่น หลอดวิทยุเป็นหลอดสุญญากาศ ทำหน้าที่เป็นเรคติไฟเออร์ (rectifier) ซึ่งแปลงกระแส A.C. - D.C. บางอันทำหน้าที่เป็นอัมปลิ-

ไฟเออร์ (amplifier) ซึ่งเพิ่มกระแสไฟที่อ่อนแรงให้มีกำลังสูงขึ้น บางอันทำหน้าที่เป็นดีเทคเตอร์ (detector) ซึ่งทำหน้าที่แยกคลื่นเสียงออกจากคลื่นพาห์ ซึ่งรวมกันมาในคลื่นวิทยุ บางอันทำหน้าที่ในออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) ทำงานผลิตกระแสสลับความถี่สูง

1. **ความถี่วิทยุ** คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งมีความถี่ตั้งแต่ 10 KHz - 3 ล้าน MHz แบ่งออกเป็นย่านต่าง ๆ ได้ดังนี้ ดังตารางที่ 6.3

1.1 Very Low Frequency (VLF) คือความถี่ต่ำกว่า 30 KHz ลงมา

1.2 Low Frequency (LF) คือความถี่ระหว่าง 30 – 300 KHz

1.3 Medium Frequency (MF) คือความถี่ระหว่าง 300 – 3,000 KHz ความถี่วิทยุกระจายเสียงระบบ A.M. อยู่ใน Medium Freqquency นี้

1.4 High Frequency (HF) คือความถี่ระหว่าง 3 – 30 MHz (1,000 KHz = 1 MHz) ความถี่ย่านนี้มีความสำคัญมาก ความถี่วิทยุ โทรศัพท์ที่เราใช้ติดต่อกับต่างประเทศเมื่อก่อน เช่น สหรัฐอเมริกาหรือประเทศยุโรปใช้ความถี่ตั้งแต่ 10 MHz ขึ้นไป นอกจากนี้ความถี่ย่านนี้ยังใช้สำหรับกิจการภายในประเทศ ปัจจุบันความถี่ย่านนี้มีผู้ขอใช้มากและจะยังมีผู้ต้องการใช้มากอยู่ต่อไป

1.5 Very High Frequency (VHF) คือความถี่ระหว่าง 30 – 300 MHz ความถี่สำหรับวิทยุกระจายเสียงระบบ F.M. (88-108 MHz) ใช้ย่านนี้โดยเฉลี่ยแล้วความถี่ย่านนี้จะไปได้ไกลประมาณ 100 กิโลเมตร แต่ก็ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอื่น ๆ ด้วย เช่น กำลังของเครื่องส่ง ความสูงของเสาอากาศ เป็นต้น หากมีภูเขาสูง ๆ บังก็ไม่สามารถผ่านไปได้

1.6 Ultra High Frequency (UHF) คือความถี่ระหว่าง 300 – 3,000 MHzส่วนใหญ่ใช้กับกิจการวิทยุโทรศัพท์ที่ใช้ Link หรือสำหรับส่งวิทยุโทรทัศน์

1.7 Super High Frequency (SHF) คือความถี่ระหว่าง 3 – 30 GHzใช้สำหรับกิจการดาวเทียม

1.8 Extra High Frequency (EHF) คือความถี่ระหว่าง 30 – 300 GHz ใช้สำหรับกิจ-การวิทยุสื่อสารเคลื่อนที่ หรือประจำที่ และกิจการดาวเทียมเพื่อการสื่อสาร

ตารางที่ 6.3 ตารางแสดงแถบคลื่นวิทยุ

Band Number	Symbols	Frequency Range	Corresponding Metric Subdivision	Metric Abbreviation for the Bands
4	VLF	3 to 30 KHz	Myriametric Wave	B. Man
5	LF	30 to 300 KHz	Kilometric Waves	B. km
6	MF	300 to 3000KHz	Hectometric Waves	B. hm
7	HF	3 to 30 MHz	Decametric Waves	B. dam
8	VHF	30 to 300 MHz	Metric Waves	B. m
9	UHF	300 to 3000 MHz	Decimetric Waves	B. dm
10	SHF	3 to 30 GHz	Centimetric Waves	B. cm
11	EHF	30 to 300 GHz	Millimetric	B. mm
12		300 to 3000 GHz	Decimillimetric Waves	

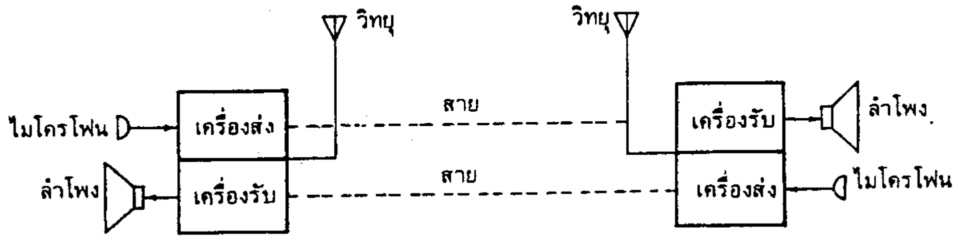
หมายเหตุ

KHz = Kilohertz (10^3)

MHz = Megahertz (10^6)

GHz = Gigahertz (10^9)

2. วงจรของเครื่องส่งวิทยุ ประกอบด้วยไมโครโฟนซึ่งเป็นตัวเปลี่ยนคลื่นเสียงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ส่งไปขยายกำลังในอัมปลิไฟเออร์ เครื่องส่งวิทยุจะกำเนิดคลื่นวิทยุที่มีความถี่สูงขึ้นมาใช้เป็นคลื่นพาห์ ดังนั้นคลื่นเสียงเมื่อถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณแล้ว ก็จะทำการผสมคลื่น (Modulation) กับคลื่นพาห์ในเครื่องส่ง แล้วส่งออกอากาศไปในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือส่งไปตามสาย ดังแสดงในรูปที่ 6.20

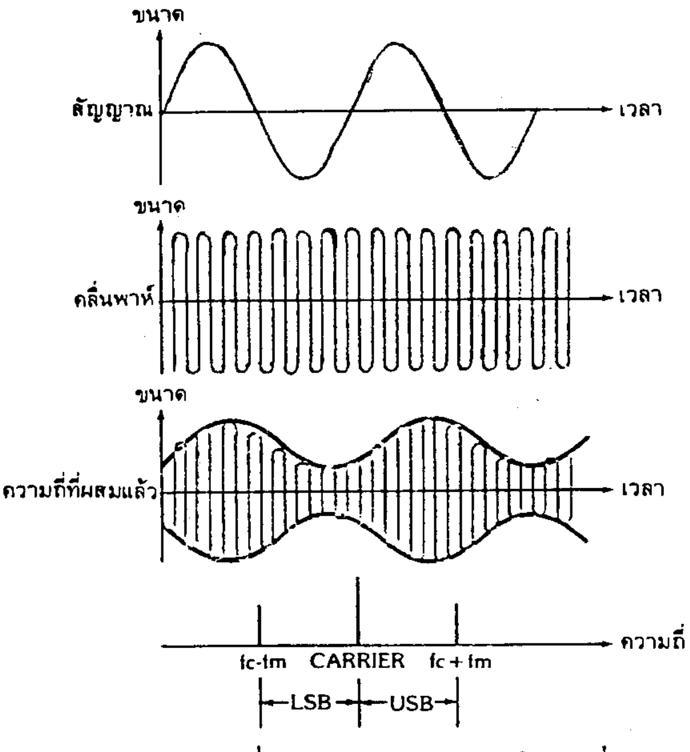


รูปที่ 6.20 ระบบวิทยุ

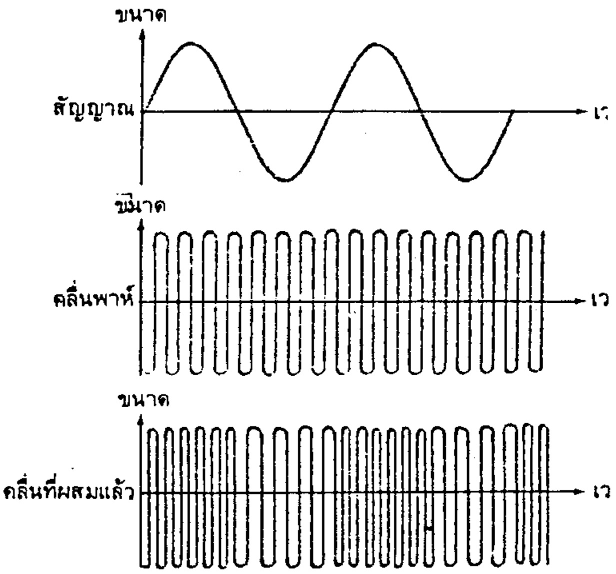
การผสมคลื่นที่สำคัญที่ใช้กันมาก มี 2 แบบ คือ

2.1 **Amplitude Modulation** (AM) เป็นการผสมคลื่นตามขนาดความสูงของคลื่น คลื่นที่ผสมแล้วจะได้คลื่นพาห์ แถบคลื่นข้างบน (Upper Sideband) และแถบคลื่นข้างล่าง (Lower Sideband) รวมอยู่ด้วยกัน สามารถเลือกส่งคลื่นไปตามความเหมาะสมได้ เช่น ส่งไปทั้งสองแถบคลื่น (Double Sideband) หรือส่งไปเพียงแถบคลื่นข้างเดียว (Single Sideband) ดังในรูปที่ 6.21

2.2 **Frequency Modulation** (FM) เป็นการผสมที่ทำให้ความถี่แปรเปลี่ยน ดังรูปที่ 6.22



รูปที่ 6.21 ระบบแอมปลิจูด โมดูเลชั่น



รูปที่ 6.22 ระบบฟรีเควนซี่ โมดูเลชั่น

๓. วงจรของเครื่องรับวิทยุ ประกอบด้วยสายอากาศซึ่งรับคลื่นวิทยุจากสถานีที่เลือกแล้วโดยจูนเนอร์ส่งเป็นกระแสไฟฟ้าที่แปรเปลี่ยนไปเข้าดีเทคเตอร์เพื่อแยกคลื่นไฟฟ้าที่เป็นเสียงออกมา แล้วส่งไปขยายกำลังโดยอัมปลิไฟเออร์ก่อนเข้าลำโพงเสียง ลำโพงเสียงทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าทำเป็นเสียงที่ส่งเข้าไมโครโฟน ณ สถานีส่ง ดังแสดงในรูปที่ 6.20

เมื่อคลื่นวิทยุมาตัดสายอากาศของเครื่องรับก็จะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าอ่อน ๆ ขึ้นในสายอากาศ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญสำหรับใช้รับคลื่นวิทยุเข้ามา แม้ในเครื่องรับวิทยุทรานซิสเตอร์เล็ก ๆ ที่เราไม่เห็นมีสายอากาศภายนอกนั้นที่จริงเขาก็มีขดลวดพันอยู่ภายในเป็นเสาอากาศ ต่อจากนั้นคลื่นก็จะได้รับการขยายโดยวงจรหลอดสุญญากาศเพื่อให้แรงขึ้นเป็นระยะ ๆ ต่อจากนั้นก็จะถึงหลอดทำหน้าที่แยกเอาสัญญาณเสียงออกจากคลื่นวิทยุที่ใช้เป็นคลื่นพาห์ แล้วจึงนำเอาสัญญาณเสียงนี้เข้าทำการขยายต่อไปในหลอดสุญญากาศอีกจนแรงพอที่จะส่งไปดังออกที่ลำโพง จะเห็นว่าหลอดสุญญากาศสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่างต่าง ๆ กัน เป็นต้นว่า ขยายกำลังไฟฟ้าเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าธรรมดาที่มาเลี้ยงวงจรให้กลายเป็นกระแสไฟฟ้าความถี่สูงหรือคลื่นวิทยุ แยกเอาสัญญาณเสียงออกมาจากคลื่นพาห์ ผสมสัญญาณเสียงเข้ากับคลื่นพาห์ ฯลฯ

สถานีส่งวิทยุนั้นต่างก็ส่งออกอากาศด้วยคลื่นที่มีความถี่ต่าง ๆ กัน เราจึงสามารถเลือกรับเอาแต่สถานีหนึ่งเข้ามาได้โดยการหมุนปุ่มเลือกสถานีที่เราต้องการซึ่งทำได้โดยใช้ส่วนประกอบ 2 อย่าง คือ ขดลวดรับคลื่น และคอนเดนเซอร์ที่เปลี่ยนแปลงความจุได้ (Variable Condenser) เมื่อเราหมุนคอนเดนเซอร์ให้มีความจุขนาดหนึ่งก็จะรับคลื่นเข้ามาได้ความถี่หนึ่ง และเมื่อเราเปลี่ยนความจุของคอนเดนเซอร์ไป ความถี่ของคลื่นที่จะรับเข้ามาได้ก็เปลี่ยนไปด้วย ในบางครั้งคลื่นจากสถานีวิทยุเหล่านั้นมีความถี่ใกล้ชิดกันมาก เมื่อเราหมุนคอนเดนเซอร์สำหรับสถานีหนึ่งจึงให้สถานีข้างเคียงติดเข้ามาด้วยในลักษณะที่เบากว่า ฉะนั้น ต้องการปรับคลื่นเพื่อเลือกสถานีให้แยกจากกันได้ละเอียดจริง ๆ เขาจึงใช้คอนเดนเซอร์ตัวเล็ก ๆ อีกตัวหนึ่งต่อไว้ด้วยกันกับตัวใหญ่เพื่อให้เปลี่ยนค่าได้ทีละเล็กน้อย

คลื่นวิทยุที่ใช้ในการส่งกระจายเสียงทั่วไปเรียกกันว่า คลื่นยาวมีความถี่อยู่ในระหว่าง 540 ถึง 1,600 KHz คลื่นที่ใช้ในการส่งวิทยุนั้นสามารถกระจายออกจากสายอากาศไปได้ทุกทิศทาง สำหรับเครื่องรับที่ตั้งอยู่ใกล้สายอากาศของเครื่องส่งก็จะสามารถรับคลื่นได้โดยตรง ยังมีคลื่นวิทยุอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งเมื่อออกจากสายอากาศก็พุ่งขึ้นเบื้องบน เมื่อผ่านอากาศตรงขึ้นไปสูงๆ ก็จะไปกระทบกับชั้นอากาศที่ห่อหุ้มโลกอยู่โดยรอบในระยะสูงขึ้นไปประมาณ 35 ไมล์

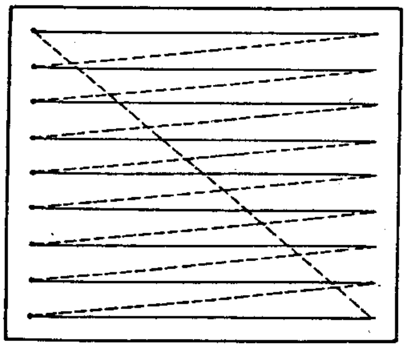
ชั้นอากาศเบื้องบนมีสมบัติเป็นไฟฟ้ามีอนุภาคไฟฟ้าอยู่ทั่วไป และมีอากาศจางมากกว่าที่ผิวโลก อนุภาคเช่นนี้อาจได้จากการสลายตัวของก๊าซในอากาศเนื่องจากพลังงานรังสีจากดวงอาทิตย์ อนุภาคไฟฟ้าเหล่านี้ทำให้ชั้นอากาศสามารถสะท้อนคลื่นวิทยุได้ทำนองเดียวกับที่กระจกเงาสะท้อนแสง ชั้นอากาศเบื้องบนจะสะท้อนคลื่นวิทยุให้กลับมายังโลก เมื่อกระทบผิวโลกแล้วก็อาจจะกลับสะท้อนขึ้นไปเบื้องบนอีก และไปกระทบชั้นอากาศสะท้อนลงมาอีก ถ้าคลื่นนั้นแรงพอก็จะสามารถสะท้อนไปมาเช่นนี้จนไปรอบโลกได้ ชั้นอากาศเบื้องบนที่ห่อหุ้มโลกอยู่นี้มีหลายชั้นด้วยกัน แต่ละชั้นก็มีคุณสมบัติในการสะท้อนคลื่นวิทยุได้ทั้งสิ้น เป็นการยากที่จะบอกแน่นอนว่าแต่ละชั้นสูงจากพื้นดินเท่าไร เพราะความสูงและความหนาของชั้นอากาศนั้นเปลี่ยนแปลงไปได้ตามฤดูกาลและตำแหน่งต่าง ๆ บนผิวโลก และแม้ในรอบวันหนึ่ง ๆ ในที่แห่งเดียวกันก็ยังไม่เหมือนกัน

คลื่นวิทยุเป็นคลื่นที่เกิดจากไฟฟ้าความถี่สูงซึ่งสามารถแพร่กระจายออกไปในที่ว่างไกล ๆ ได้ การทำให้เกิดไฟฟ้าความถี่สูงในปัจจุบันนี้สามารถทำได้โดยอาศัยหลอดสุญญา-กาศหรือทรานซิสเตอร์ ลำพังคลื่นวิทยุเองแม้เราจะสามารถใช้เครื่องรับคลื่นเข้ามาได้ แต่คลื่นวิทยุเฉย ๆ ไม่สามารถบอกให้เราทราบเรื่องราวต่าง ๆ ได้ จะต้องมีการส่งสัญญาณหรือคำพูดที่ติดไปกับคลื่นวิทยุนั้นด้วย เมื่อค้นพบคลื่นวิทยุใหม่ ๆ,นั้น เขาใช้คลื่นวิทยุติดต่อสื่อสารกันโดยนับประกายไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่เครื่องรับว่ามีกี่ครั้ง แล้วนัดหมายตกลงกันระหว่างผู้ส่งกับผู้รับว่ามีความหมายอย่างไร แต่การนับประกายไฟฟ้านั้นไม่สามารถส่งข้อความที่แปลกแตกต่างจากที่นัดหมายไว้ก่อนแล้วได้ จึงได้มีผู้นำเอารหัสโทรเลขซึ่งใช้จุดและขีดเส้นสั้นยาวมาผสมกันเป็นตัวอักษรก็ปรากฏว่าใช้ได้ผลดี จึงเกิดเป็นวิทยุโทรเลขขึ้นมาและใช้ติดต่อสื่อสารกันมาจนถึงทุกวันนี้

ต่อมาได้มีผู้คิดเอาคลื่นเสียงติดไปกับคลื่นวิทยุด้วยโดยการนำเอาไมโครโฟนต่อเข้ากับเครื่องส่งวิทยุ ไมโครโฟนจะเปลี่ยนคลื่นเสียงที่ผ่านเข้าไปให้เป็นคลื่นไฟฟ้าที่มีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปตามคลื่นเสียงนั้น เขานำเอาสัญญาณที่ได้จากไมโครโฟนมาขยายให้มีกำลังแรงขึ้นโดยใช้หลอดสุญญากาศ แล้วนำเอาสัญญาณไฟฟ้าที่ขยายแล้วนั้นไปผสมกับคลื่นวิทยุที่ใช้เป็นคลื่นนำหรือคลื่นพาห์ คลื่นพาห์นี้จะทำหน้าที่พาเอาสัญญาณไฟฟ้าของเสียงให้แพร่กระ-จายไปในอากาศ

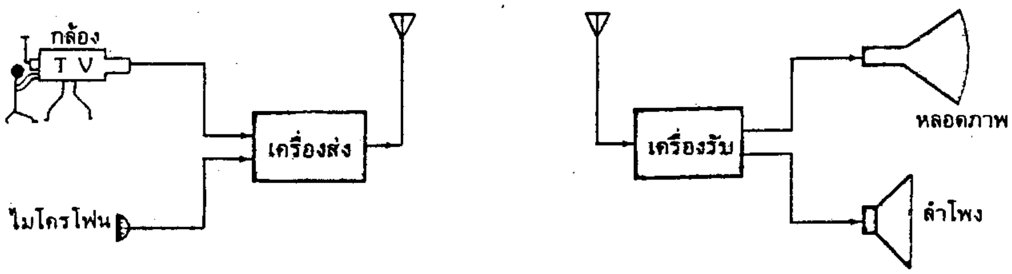
6.3.4 โทรทัศน์ (Television) การรับส่งข่าวสารประเภทภาพ ภาพจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า โดยการใช้ลำคลื่นแสงจับบนภาพแล้วกวาดเก็บภาพทีละเส้น ซึ่งเรียกว่าการ

Scanning ภาพที่ขาวหรือมีความสว่างมากก็จะได้สัญญาณที่มีกระแสไหลสูง ส่วนภาพที่ดำหรือมืดก็จะได้สัญญาณที่มีกระแสไหลน้อยแล้วนำสัญญาณนี้ไปผสมกับคลื่นวิทยุในเครื่องส่ง แล้วส่งออกอากาศไป ด้านรับเมื่อได้รับสัญญาณมาแล้ว ก็เปลี่ยนให้เป็นภาพเช่นที่ส่งมา โดยเปลี่ยนที่เส้นเช่นเดียวกัน ในการรับส่งภาพเคลื่อนไหวหรือโทรทัศน์นั้น ใช้กล้องถ่ายโทรทัศน์เป็นตัวเก็บภาพและการ Scanning ทำโดยใช้ลำแสงกวาดผ่านภาพทีละเส้น ดังแสดงในรูปที่ 6.23



รูปที่ 6.23 การ Scanning ของระบบส่งโทรทัศน์

ทางด้านรับใช้หลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์เป็นตัวรับภาพ ใช้ลำแสงจะกวาดผ่านหลอดเครื่องรับทีละเส้น ทำให้เกิดภาพสว่างมากหรือน้อยตามสัญญาณภาพที่ส่งมา ระบบรับส่งโทรทัศน์ดังแสดงในรูปที่ 6.24



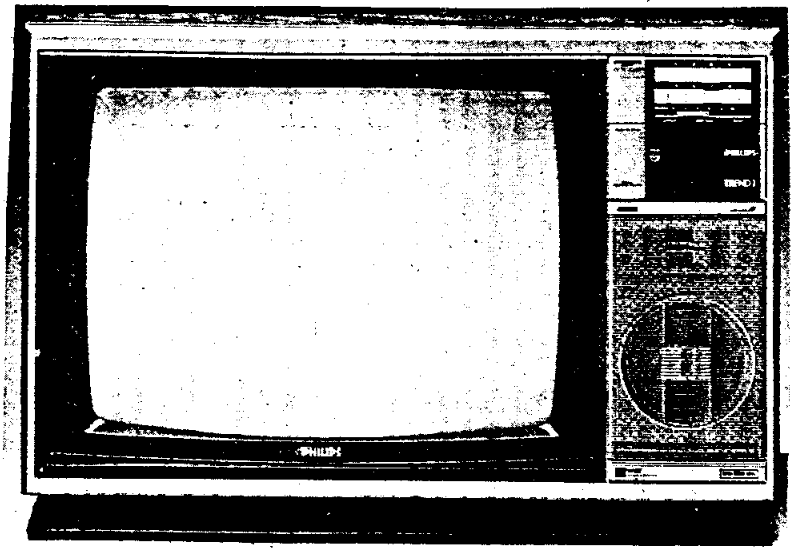
รูปที่ 6.24 ระบบรับ-ส่งโทรทัศน์

1. หลักสำคัญของการส่งสัญญาณและการรับภาพ การส่งภาพทางไฟฟ้ามีด้วยกัน 2 วิธี คือ วิธีส่งแบบขนานและวิธีส่งแบบอนุกรม วิธีส่งแบบขนานส่งสัญญาณของแต่ละจุดของภาพ ด้วยเส้นทางที่แยกจากกันหลายเส้นทาง และวิธีนี้ใช้ในตอนสมัยแรก ๆ ของระบบโทรทัศน์ ส่วนวิธีส่งแบบอนุกรมนั้นเป็นวิธีที่เราใช้กันในระบบโทรทัศน์ปัจจุบัน การส่งสัญญาณภาพกระทำด้วยการแบ่งภาพออกเป็นเส้นนอนจำนวนมาก และส่วนของภาพจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามความยาวของเส้นนอนทีละเส้นตามลำดับ เมื่อช่วงเวลาของการส่งภาพแต่ละภาพ ภาพสั้นมาก ๆ ภาพที่ได้จะปรากฏต่อเนื่องโดยไม่มีกะพริบเลย เพราะความสามารถในการเก็บภาพของตาของเรา

2. การสะแกนนิ่ง (Scanning) กรรมวิธีของการเปลี่ยนแบบอนุกรมของภาพ 2 มิติเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่มีค่าเปลี่ยนแปลงกับเวลา เรียกว่า การสะแกนนิ่ง และเรียกเส้นนอนว่าเส้นสะแกนนิ่ง จำนวนของเส้นนอน เรียกว่าจำนวนของเส้นสะแกนนิ่ง จำนวนของภาพที่ถูกเปลี่ยนหรือสะแกน (scan) ในหนึ่งวินาที เรียกว่า จำนวนภาพต่อวินาที เมื่อจำนวนเส้นของการสะแกนนิ่งเพิ่มขึ้นภาพที่ได้ก็จะชัดขึ้น และการกะพริบของภาพจะลดน้อยลงถ้ามีจำนวนภาพต่อวินาทีมากขึ้น จุดเล็ก ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของภาพเรียกว่า จุดภาพ (picture element) และเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส ซึ่งมีความยาวของด้านเท่ากับระยะห่างระหว่างเส้นสะแกนนิ่ง

โทรทัศน์สี เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปจากทฤษฎีของสีที่ว่าสีทั้งหมดสามารถสร้างขึ้นมาได้ด้วยการผสมแม่สี 3 สี คือ แดง น้ำเงิน และเขียว ในโทรทัศน์สี ภาพที่ต้องการจะถูกแยกออกเป็นแม่สีทั้งสาม ด้วยการใช้กระจกแยกสามสี (tri-color separation glass)

หลังจากแต่ละสีที่ได้ถูกแยกออกมา ถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้วสัญญาณเหล่านี้จะถูกรวมเข้าด้วยกันด้วยอุปกรณ์พิเศษเพื่อส่งออกอากาศ เมื่อสัญญาณภาพที่รวมกันนั้นถูกรับที่ทางด้านรับแต่ละสัญญาณสามสี (tri-color signal) จะแยกออกมาด้วยการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เหมาะสม แล้วจึงถูกส่งไปยังหลอดโทรทัศน์สี (tri-color cathode ray tube) เพื่อสร้างภาพสีเดิมกลับคืนมา



รูปที่ 6.25 โทรทัศน์สี

การสร้างสัญญาณสี แสงที่ผ่านเลนซ์ของกล้องโทรทัศน์จะถูกแยกออกเป็น 3 สี ด้วยกระจกแยกสามสี สีทั้งสามจะถูกส่งไปยังคาโทดของหลอดพลัมบิคอนของกล้องโทรทัศน์ทั้งสามหลอด โดยผ่านทางฟิลเตอร์แสงเพื่อปรับสีให้ถูกต้อง คาโทดของแต่ละหลอดจะมีความไวต่อ สีแดง น้ำเงิน และสีเขียวตามลำดับเท่านั้น ส่วนการทำงานของแต่ละหลอดจะเหมือนกับหลอดโทรทัศน์ขาวดำธรรมดา

ในกรณีของโทรทัศน์ขาวดำ เราใช้หลอดโทรทัศน์เพียงหลอดเดียวเท่านั้น แต่สำหรับโทรทัศน์สีจะต้องใช้หลอดโทรทัศน์ถึง 3 หลอด เพราะแต่ละหลอดจะต้องมีไส้หลอดที่มีความไวต่อแต่ละสีของสีทั้งสามนั้น ในระบบ NTSC (National Television System Committee) ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันในสหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น และยอมรับกันว่าเป็นระบบมาตรฐานที่ดีที่สุดสำหรับการกระจายเสียงโทรทัศน์สี สัญญาณไฟฟ้าทั้งสามเหล่านี้ (แดง น้ำเงิน และเขียว) จะรวมกันอีกครั้งหนึ่ง และสร้างสัญญาณไฟฟ้าขึ้นมาใหม่ คือ สัญญาณความสว่าง (brightness signal) และสัญญาณสี (chrominance signal) สัญญาณความสว่างบอกความเข้มของความสว่าง (luminous intensity) ของภาพเท่านั้น ซึ่งในโทรทัศน์ขาวดำมีสัญญาณความสว่างนี้อย่างเดียวก็เพียงพอแล้ว แต่ในโทรทัศน์สีจะต้องมีสัญญาณสีอีกด้วย เพื่อบอกลักษณะสี (tint) ของภาพซึ่งแบ่งออกได้เป็นสองส่วน คือ เหลือบสี (hue) และความอิ่มตัว (saturation) ดังนั้นแม่สีทั้งสามจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณที่ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ความสว่าง เหลือบสี และความอิ่มตัว

สรุป

การสื่อสาร หมายถึงการติดต่อส่งข่าวถึงกันและกัน สมัยก่อนมนุษย์ติดต่อส่งข่าวถึงกันด้วยวิธีเดินทางไปพบกันด้วยตนเอง พบปะพูดจากันโดยตรง เมื่อโลกเจริญขึ้นวิธีนี้เป็นวิธีที่ลำบากและยุ่งยากมากทีเดียว และการส่งข่าวด้วยวิธีนี้ก็ล่าช้าไม่สะดวก ต่อมามีการนำสัตว์มาใช้ในการสื่อสาร เช่น นกพิราบ วิธีนี้มักได้ผลไม่แน่นอน ดังนั้นมนุษย์จึงพยายามคิดหาวิธีที่ติดต่อสื่อสารที่สะดวกรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เพราะมนุษย์มองเห็นความสำคัญและประโยชน์ของการสื่อสารว่ามีความจำเป็นอย่างมากต่อการดำรงชีวิตและการประกอบกิจการงาน การสื่อสารจะมีบทบาทอยู่กับทุกคนที่สามารถสื่อความหมายได้ตั้งแต่พูดจาทักทาย อ่านหนังสือพิมพ์ ฟังวิทยุ ดูโทรทัศน์ และพูดโทรศัพท์ ล้วนเป็นการสื่อสารทั้งสิ้น ดังนั้นจึงต้องใช้เครื่องมือสื่อสารตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในการสื่อสาร และจะต้องมีการพัฒนาการสื่อสาร เช่น การนำระบบดาวเทียมสื่อสารมาใช้นับเป็นการวิวัฒนาการที่เจริญขึ้นของระบบการสื่อสาร

แบบฝึกหัดบทที่ 6

1. เครื่องมือสื่อสารที่ติดต่อได้รวดเร็วที่สุด ได้แก่อะไร

   1. โทรเลข 2. โทรศัพท์ 3. วิทยุ 4. โทรทัศน์

2. ผู้ประดิษฐ์เครื่องรับ-ส่งโทรเลข คือ ใคร

   1. GRAY 2. VOLTA 3. MORSE 4. BELL

3. ผู้ประดิษฐ์เครื่องรับโทรศัพท์ คือ ใคร

   1. HERTZ 2. MAXWELL 3. MARCONI 4. BELL

4. รหัสมอร์ส ประกอบด้วย ตัวเลข และตัวหนังสือ ใช่หรือไม่

   1. ใช่ 2. ไม่ใช่

5. โทรศัพท์เป็นการสื่อสารด้วยเสียง โดยใช้ประสาทของการได้ยิน และคลื่นสัญญาณมีลักษณะต่อเนื่อง ข้อความนี้ถูกต้องหรือไม่

   1. ถูก 2. ผิด