การสื่อสารข้อมูลสำหรับรายละเอียดของผู้ป่วยในกลุ่มโรงพยาบาลด้วยคลื่นวิทยุ

Data Communication For The Patients Information Among

ชวลิต รัตนศิริโชค

Chavalit Rattanasirichoke

วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2533

ISBN 974-8155-32-3

การสื่อสารข้อมูลสำหรับรายละเอียดของผู้ป่วยในกลุ่มโรงพยาบาลด้วยคลื่นวิทยุ

Data Communication For The Patients Information Among

ชวลิต รัตนศิริโชค

Chavalit Rattanasirichoke

วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2533

ISBN 974-8155-32-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แบบฟอร์มการให้คะแนนการสอบวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การสื่อสารข้อมูลสำหรับรายละเอียดของผู้ป่วยในกลุ่มโรงพยาบาลด้วยคลื่นวิทยุ
Data Communication For The Patients Information Among The Hospitals By Radio Wave

ชื่อนักศึกษา นายชวลิต รัตนศิริโชค รหัสประจำตัว 27126-016

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.วัลลภ สุระกำพลธร

ชื่ออาจารย์ผู้ควบคุมการสอบ		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.วัลลภ	สุระกำพลธร	
รศ.ดร.จเร	สุรวัฒน์บัญญา	
ผศ.ณรงค์	เหมกรณ์	
รศ.ดรรชิต	ไมตรี	
รศ.มนัส	สังวรศิลป์	

ค่าระดับคะแนนรวมที่เป็นเอกฉันท์จากคณะกรรมการสอบ G (GOOD)

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 16 พฤษภาคม 2534 เวลา 10.00 น.

สถานที่สอบ ห้องประชุมภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ (B-312)

บัณฑิตวิทยาลัยเห็นชอบแล้ว

(นายสมชัย รัตโนภาส)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 17 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการเสนอวิธีการนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับคลื่นวิทยุในการสื่อสารข้อมูลของผู้ป่วยในกลุ่มโรงพยาบาล ซึ่งให้ความร่วมมือ และช่วยเหลือกันในการให้การรักษาแก่ผู้ป่วย การส่งข้อมูลนี้จะปราศจากการใช้สายสัญญาณจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งมีคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง (CENTER COMPUTER) เป็นศูนย์เก็บข้อมูลต่าง ๆ ของผู้ป่วยทุกโรงพยาบาลในกลุ่ม ซึ่งคอมพิวเตอร์ส่วนกลางนี้สามารถแก้ไขหรือเพิ่มเติมข้อมูลของผู้ป่วยได้ด้วยตัวเองหรือจากคอมพิวเตอร์ย่อย (TERMINALS) ที่อยู่ตามโรงพยาบาลในกลุ่ม นอกจากนี้คอมพิวเตอร์ย่อยเหล่านี้ยังสามารถขอข้อมูลต่าง ๆ ของผู้ป่วยต่างโรงพยาบาลได้จากคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง และในขณะที่ทั้งคอมพิวเตอร์ส่วนกลางกับคอมพิวเตอร์ย่อยไม่มีการติดต่อกัน คอมพิวเตอร์ทั้งหมดก็สามารถทำงานเป็นอิสระจากกันได้

ในการทดลองสร้างระบบนี้จะใช้คอมพิวเตอร์ไอบีเอ็ม รุ่น XT จำนวน 3 เครื่อง โดยเครื่องหนึ่งจะทำหน้าที่เป็นคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง ส่วนอีก 2 เครื่อง จะทำหน้าที่เป็นคอมพิวเตอร์ย่อย มีอัตราความเร็วในการส่งข้อมูล (BIT RATE) 1200 บิทต่อวินาที โปรแกรมในการควบคุมการส่งข้อมูล จะมีการป้องกันการผิดพลาดของข้อมูลด้วย ใช้ระบบโครงข่ายเป็นแบบโครงข่ายดาวเทียม (SATTELLITE NETWORK) ส่วนคลื่นวิทยุที่ใช้จะใช้อยู่ในย่านความถี่ ยู เอ็ช เอฟ (UHF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

THIS THESIS PRESENTS THE COMBINTION METHOD OF THE PERSONAL COMPUTER SYSTEM THAT CAN BE USED IN DATA COMMUNICATION OF THE PATIENTS INFORMATION AMONG THE HOSPITALS,WHICH ARE GROUPED AND CO-OPERATED,AND THE PATIENTS. THE DATA COMMUNICATION USES RADIO WAVE. THE CENTER COMPUTER ACTS AS THE DATA BASE AND THE INTELLIGENCE CENTER. EITHER THE CENTER COMPUTER AND TERMINAL COMPUTERS ARE CAPABLE OF SELF-CORRECTION,SELF ADDING THE RELEVANT INFORMATIONS. TERMINALS CAN ALSO REQUEST PATIENTS INFORMATION FROM THE CENTER COMPUTER. IN THE CASE OF THE CENTER COMPUTER AND TERMINALS ARE NOT COMMUNICATED,EACH TERMINAL CAN WORK INDEPENDENTLY.

TO DEMONSTRATE THE PROPOSOL MODEL,WE USE THREE IBM-XT COMPUTERS ONE OPERATES AS THE CENTER COMPUTER WHILE THE OTHERS TWO WILL FUNCTION AS TERMINALS. BIT RATE IN DATA COMMUNICATION INFORMATION IS 1,200 BIT/SEC. ALSO, THE CONTROL PROGRAM FOR DATA ERROR CORRECTION IS INCLUED. SYSTEM NETWORK APPROACHES IN THE MADEL IS VIA SATTELITE NETWORK. THE RADIO FREQUENCY USED IS IN THE RAGE OF UHF FREQUENCY.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
ABSTRACT		ข
บทที่ 1.	บทนำ	1
บทที่ 2.	วัตถุประสงค์ ความเป็นมา และส่วนประกอบของระบบ	2
บทที่ 3.	วิธีการสื่อสารและส่งข้อมูล	10
	3.1 ความหมายการสื่อสารข้อมูลและการส่งสัญญาณ	10
	3.1.1 ชนิดของการสื่อสาร	11
	3.1.2 รูปแบบของเครือข่ายสื่อสาร	15
	3.1.3 ประเภทของอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลปลายทาง	18
	3.1.4 หลักการสื่อสารของอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล	18
	3.1.5 ประเภทของอุปกรณ์ปลายทาง	20
	3.2 การส่งข้อมูล	21
	3.2.1 ชนิดของการส่งข้อมูล	21
	3.2.2 ลักษณะการส่งข้อมูล	24
	3.2.3 เปรียบเทียบระหว่างการส่งข้อมูลแบบขนานและแบบอนุกรม	31
บทที่ 4.	การเชื่อมต่อระบบ	32
	4.1 มาตรฐานสากลในการอินเตอร์เฟส	32
	4.1.1 มาตรฐาน RS-232C	37
	4.1.2 มาตรฐาน RS-422 และ RS-423	44
	4.2 โมเด็ม	46
	4.2.1 ชนิดของโมเด็ม	47
	4.2.2 การแบ่งชนิดของโมเด็ม	49
	4.3 วิธีการตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลที่ส่งออกไป	61
	4.3.1 การบั่นทอนของสัญญาณ	61
	4.3.2 อัตราการเกิดข้อผิดพลาด	61
	4.3.3 การตรวจหาข้อผิดพลาด	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 5.	การจัดการฐานข้อมูล	76
	5.1 ระบบจัดการฐานข้อมูล	76
	5.2 การจัดระบบฐานข้อมูลในแหล่งข้อมูลกลางและในโรงพยาบาล	79
	5.3 การเก็บข้อมูลของผู้ป่วยในคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง	83
บทที่ 6.	การส่งข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุ	86
	6.1 หลักการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ	86
	6.2 การมอดูเลชั่นและดีมอดูเลชั่น	87
	6.2.1 การมอดูเลตทางความถี่	87
	6.2.2 การมอดูเลตทางเฟส	89
	6.2.3 ดัชนีการมอดูเลต	91
	6.2.4 ไซแบนด์ FM	92
	6.2.5 แบนวิดท์ของสัญญาณ FM	94
	6.2.6 ชนิดของการมอดูเลตแบบ FM. และ PM	95
	6.2.7 ชนิดของการดีมอดูเลตแบบ FM. และ PM	99
	6.3 เครื่องรับส่งวิทยุสื่อสาร	107
	6.4 ระบบเสาอากาศ	111
	6.4.1 หลักการของสายอากาศ	111
	6.4.2 ข้อพิจารณาในการเลือกชนิดของสายอากาศ	112
	6.5 การรบกวนต่าง ๆ ที่มีต่อคลื่นวิทยุและวิธีการแก้ไข	127
	6.5.1 เสียงรบกวนจากเครื่องส่ง	127
	6.5.2 อาการหูดึงของเครื่องรับ	127
	6.5.3 สัญญาณรบกวนจากความถี่ลูกผสม	128
	6.5.4 เครื่องกรองสัญญาณชนิดให้ผ่าน	129
	6.5.5 น็อท ฟิลเตอร์	131
	6.5.6 การเลือกใช้เครื่องกรองชนิดให้ผ่านหรือเครื่องกรองชนิดผลักทิ้ง	132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 7. หลักการทำงานของระบบ.....	133
7.1 การทำงานในโหมดขอข้อมูลจากศูนย์กลางข้อมูล.....	133
7.2 การทำงานในโหมดส่งข้อมูลจากศูนย์กลางข้อมูล.....	136
7.3 การทำงานในโหมดทำงานตามฟังก์ชั่นของผู้ใช้งาน.....	139
7.4 สรุปผลการทดลอง.....	146
บทที่ 8. บทสรุป.....	148
กิตติกรรมประกาศ.....	149
บรรณานุกรม.....	150
ภาคผนวก ก. โปรแกรมการทำงานของระบบ.....	151
ภาคผนวก ข. รายละเอียดของไอซีเบอร์ TCM 3101.....	187

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในสมัยโบราณการติดต่อส่งข่าวสารจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งเป็นเรื่องที่ค่อนข้างจะยุ่งยาก และใช้เวลามาก อีกทั้งข่าวสารที่ส่งไปก็มีข้อความจำกัดและอาจมีข้อผิดพลาดได้มาก ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้ก้าวหน้าไปอย่างมาก มีอุปกรณ์หนึ่งซึ่งมีความสามารถในการจดจำ คิดคำนวณหรือส่งข้อความต่าง ๆ ไปได้อย่างถูกต้องแม่นยำโดยอัตโนมัติ นั่นคือ การใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาทำงาน นอกจากนั้นยังมีเทคโนโลยีทางด้านสื่อสารโทรคมนาคมด้วยคลื่นวิทยุเข้ามาช่วยอำนวยความสะดวกในการติดต่อระหว่างกันได้ ในระยะทางที่ไกล ๆ และมีความรวดเร็วมาก อาทิเช่น วิทยุสื่อสารหรือดาวเทียม เป็นต้น ซึ่งเมื่อนำอุปกรณ์ทั้งสองมาทำงานร่วมกันและก็จะเกิดการส่งข่าวสารข้อมูลที่รวดเร็ว และถูกต้องแม่นยำ อันเป็นเครื่องมือที่สำคัญยิ่งที่จะขาดเสียมิได้ในชีวิตประจำวัน อาทิเช่น การเงิน การธนาคาร การค้าระหว่างประเทศ การส่งข่าวสารจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เป็นต้น แม้กระทั่งในทางการแพทย์ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะยกตัวอย่างการนำคอมพิวเตอร์ และระบบโทรคมนาคมด้วยคลื่นวิทยุนี้มาใช้ในการให้ข้อมูลของผู้ป่วยเพื่อช่วยรักษาพยาบาลผู้ป่วยที่จำเป็นต้องเข้ารับการรักษา ณ โรงพยาบาลซึ่งมิใช่โรงพยาบาลประจำ โดยเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะแบ่งออกเป็น 8 บท ซึ่งในแต่ละบทจะมีเนื้อหาดังนี้คือ

บทที่ 2 อธิบายถึงวัตถุประสงค์ ความเป็นมาและส่วนประกอบของระบบการสื่อสารข้อมูลของผู้ป่วย

บทที่ 3 อธิบายถึงวิธีการในการสื่อสารและส่งข้อมูล , มาตรฐานและรหัสต่าง ๆ ที่ใช้ , ข้อกำหนดของโครงข่ายในการสื่อสารข้อมูล

บทที่ 4 อธิบายถึงวิธีการเชื่อมต่อระบบในการสื่อสารข้อมูล หลักการทำงานของโมเด็ม และวิธีการตรวจสอบ แก้ไขข้อมูลที่ส่งออกไปเพื่อมิให้เกิดความผิดพลาด

บทที่ 5 อธิบายถึง การจัดระบบฐานข้อมูลในแหล่งข้อมูลกลางและในโรงพยาบาล ส่วนประกอบที่สำคัญและแบบฟอร์มของฐานข้อมูล พร้อมทั้งโปรแกรมในการควบคุมระบบการส่งข้อมูล และฐานข้อมูล

บทที่ 6 อธิบายถึงวิธีการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุชนิดต่าง ๆ การเลือกชนิดของการสื่อสาร พร้อมทั้งอุปกรณ์ในการส่งคลื่นวิทยุ ได้แก่ เสาอากาศ และปัญหาที่เกิดขึ้นในการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุพร้อมทั้งวิธีการแก้ไข

บทที่ 7 อธิบายถึงขั้นตอนการทำงานของระบบการให้บริการข้อมูลของคนไข้

บทที่ 8 เป็นการสรุปผลการทดลองและวิจารณ์ของวิทยานิพนธ์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วัตถุประสงค์ความเป็นมาและส่วนประกอบของระบบ

2.1 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

ในปัจจุบันการสื่อสารข้อมูลมีความสำคัญมากขึ้น เพราะสามารถให้ข้อมูลข่าวสารได้อย่างรวดเร็วทันท่วงที ตัวอย่างเช่น การส่งข้อความด้วยเครื่อง Facsimile การติดต่อส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์ด้วยระบบ Local Area Network โดยทั้งหมดนี้จะต้องอาศัยตัวกลางนำข้อมูลนั้นไป ซึ่งได้แก่ สายโทรศัพท์ แต่ข้อเสียในการใช้สายโทรศัพท์ในการสื่อสารข้อมูล ก็คือมีการให้บริการยังไม่ดีพอระบบเกิดการขัดข้องอยู่เสมอ ๆ ตัวกลางอีกอันหนึ่งที่แก้ข้อเหล่านี้ได้ก็คือ การใช้เครื่องรับ-ส่งวิทยุ (Transceiver) ซึ่งไม่ต้องพึ่งการลากสายส่งสัญญาณยาว ๆ แต่จะใช้คลื่นวิทยุ ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ในระยะทางไกล ๆ และมีความเร็วในการส่งข้อมูลสูง ตั้งแต่ 1,200 Baud ถึง 9,600 Baud

สำหรับวิทยานิพนธ์ "การบริการข้อมูลของผู้ป่วยในกลุ่มโรงพยาบาลด้วยคลื่นวิทยุ" นี้จะเป็นการนำคอมพิวเตอร์มาทำงานร่วมกับคลื่นวิทยุ ซึ่งเป็นตัวอย่างการส่งข้อมูลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยสาเหตุที่เลือกการให้บริการข้อมูลของผู้ป่วยในโรงพยาบาล ก็เนื่องจากในปัจจุบัน โรคภัยไข้เจ็บต่าง ๆ มีมากมาย ซึ่งถ้าผู้ป่วยเกิดป่วยอย่างกระทันหันหรือมีความจำเป็นไม่สามารถเข้าไปทำการตรวจรักษา ณ โรงพยาบาลประจำที่มีประวัติการรักษาไว้แล้ว ก็จะเป็นการลำบากในการวินิจฉัยโรค ทำให้ผู้ป่วยต้องเสียเวลาในการเริ่มรักษาโรคใหม่และเสียค่าใช้จ่ายมาก แนวความคิดในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเห็นว่าทำอย่างไร ผู้ป่วยจึงจะสามารถเข้ารับการรักษาพยาบาลในโรงพยาบาลใดในเครือก็ได้ โดยทุกโรงพยาบาลสามารถขอข้อมูลการตรวจรักษาโรคจากต่างโรงพยาบาลได้ทันที เพื่อแพทย์ผู้วินิจฉัยโรคจะได้ใช้ในการตรวจรักษา ซึ่งเป็นการรวดเร็วปลอดภัย ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หลักการในการพิจารณาออกแบบระบบ

ข้อสำคัญในการพิจารณาออกแบบระบบ "การบริการข้อมูลของผู้ป่วยในกลุ่มโรงพยาบาลด้วยคลื่นวิทยุ" นี้ ได้แก่

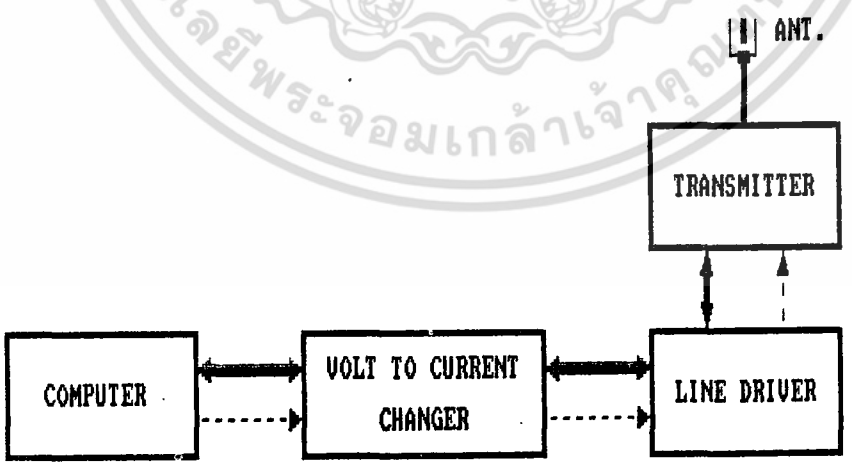
1. วิธีการสื่อสารส่งข้อมูลต้องมีมาตรฐานที่เป็นสากล
2. ระบบการสื่อสารส่งข้อมูล จะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ซึ่งเป็นมาตรฐานสามารถเชื่อมต่อกับระบบอื่นได้ และสามารถจัดหาหรือสร้างได้ง่าย
3. จะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลที่ทำการส่งข่าวสารให้มีข้อมูลที่ถูกต้อง
4. ระบบฐานข้อมูลต้องสามารถแก้ไขข้อมูลและขยายให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้นได้โดยง่าย

2.3 แนวความคิดและส่วนประกอบของระบบ

ระบบการบริการข้อมูลของผู้ป่วยในกลุ่มโรงพยาบาลด้วยคลื่นวิทยุนี้ จะประกอบด้วยส่วนสำคัญใหญ่ ๆ 4 ส่วน คือ

1. คอมพิวเตอร์ส่วนกลาง (Center Computer) และคอมพิวเตอร์ย่อย (Terminal Computer)
2. เครื่องรับ-ส่งวิทยุและเสาอากาศ (Transceiver and Antenna)
3. วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแส (Change Voltage to Current)
4. วงจรไลน์ไดรเวอร์ (Line Driver)

ลักษณะการนำส่วนทั้ง 4 มาเชื่อมต่อเป็นระบบดังแสดงในบล็อคไดอะแกรมรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 บล็อคไดอะแกรมแสดงการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ส่วนกลางและคอมพิวเตอร์ย่อย

คอมพิวเตอร์ส่วนกลาง จะทำหน้าที่เป็นแหล่งเก็บข้อมูลต่าง ๆ เช่น ประวัติคนไข้ หรือรายละเอียดในการตรวจรักษาของคนไข้ นอกจากนั้นยังทำหน้าที่ควบคุมระบบในการส่งและรับข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนกลางกับคอมพิวเตอร์ย่อย โดยผ่านตัวกลาง ได้แก่เครื่องรับ-ส่งวิทยุ

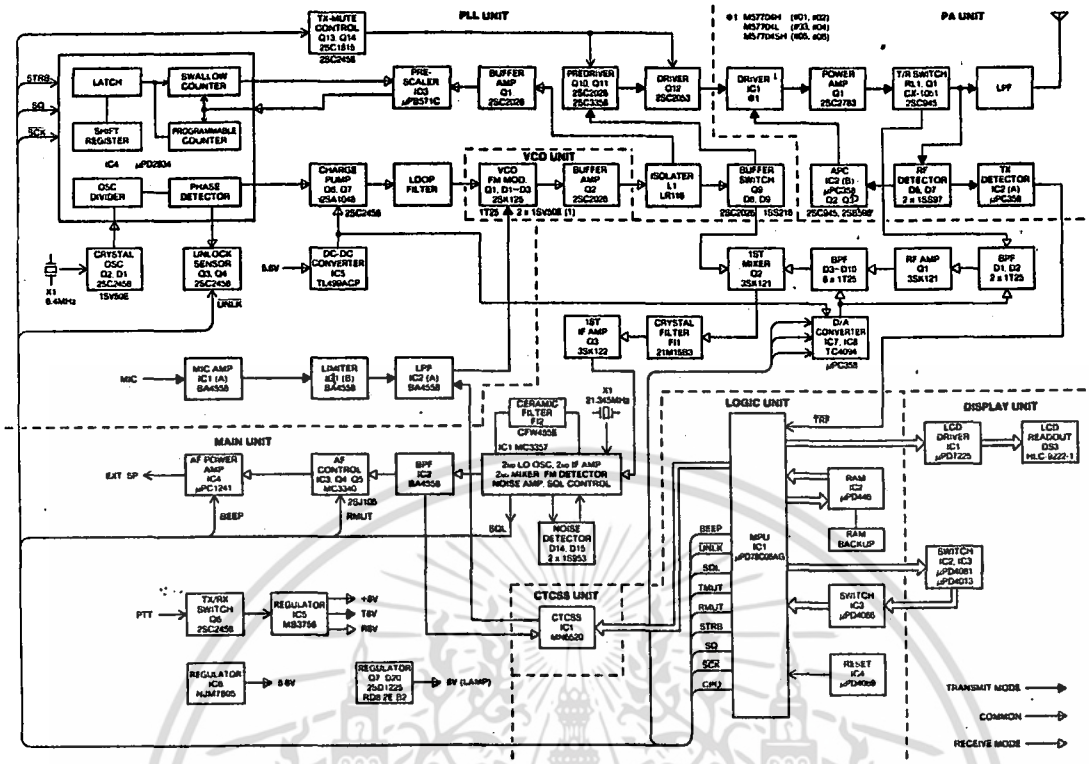
คอมพิวเตอร์ย่อย จะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง เพื่อขอข้อมูลต่าง ๆ ของคนไข้หรือรายละเอียดในการตรวจรักษาคนไข้ พร้อมทั้งทำหน้าที่ส่งข้อมูลต่าง ๆ ของคนไข้ เพื่อนำไปเก็บในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง

การส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ข้อมูลจะถูกเปลี่ยนจากรูปของแรงดันไปเป็นรูปของกระแส ใช้มาตรฐานการเชื่อมต่อ RS-232C มีการส่งข้อมูลแบบอนุกรม โดยมีชิพสื่อสารข้อมูล 8250 เป็นตัวเปลี่ยนข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นข้อมูลแบบขนานให้เป็นข้อมูลแบบอนุกรม พอร์ตสื่อสาร RS-232C บนเครื่องคอมพิวเตอร์ 16 บิทนี้มีโครงสร้างที่สามารถโปรแกรมด้วยการส่งรหัสคำสั่งให้กับชิพหลักได้ มีมาตรฐานการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ที่โปรแกรมจะมีบิทเริ่มต้น (Start Bit) บิทจบ (Stop Bit) และบิทตรวจสอบ (Parity Bit) นอกจากนั้นอัตราการส่งข้อมูล (Baud Rate) ก็สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 50 ถึง 9600 Baud ลักษณะพิเศษของการทำงานคือ สามารถส่งสัญญาณมาออินเทอรัพท์ตัวซีพียูของคอมพิวเตอร์ และยังมีโครงสร้างของฮาร์ดแวร์ ป้อนกลับเพื่อใช้ในการตรวจสอบระบบว่าทำงานปกติดีหรือไม่อีกด้วย

เครื่องรับ-ส่งวิทยุและเสาอากาศ

เครื่องรับ-ส่งวิทยุ จะเป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์กลางและคอมพิวเตอร์ย่อย โดยเครื่องรับ-ส่งวิทยุที่เลือกใช้จะเป็นแบบ Base Station ที่มีการส่งสัญญาณอยู่ในย่านความถี่ ยู เอช เอฟ (UHF) เพื่อให้สัญญาณรบกวนมีน้อย เนื่องจากในย่านความถี่ วี เอช เอฟ (VHF) มีการใช้งานมากซึ่งจะทำให้มีสัญญาณรบกวนต่าง ๆ มาก อันจะทำให้ข้อมูลที่ส่งไปในอากาศเกิดการผิดพลาดได้ง่าย และชนิดของการมอดูเลทของเครื่องรับ-ส่งวิทยุจะเป็นแบบ ฟรีเควนซี่มอดูเลชั่น (Frequency Modulation) ส่วนกำลังส่งของเครื่องรับ-ส่งวิทยุ สามารถเลือกตามความต้องการซึ่งขึ้นอยู่กับระยะทางในการรับ-ส่งข้อมูล

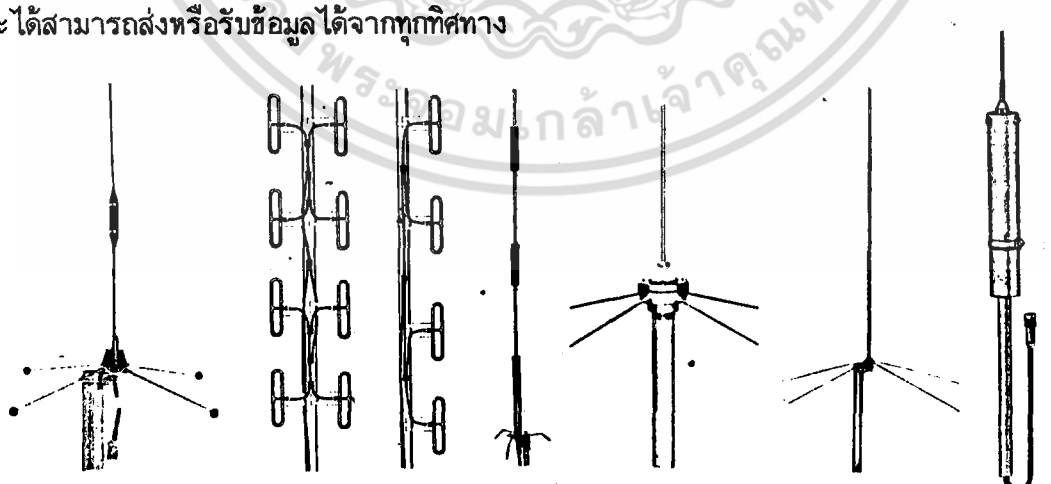
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างบล็อคไดอะแกรมของเครื่องรับ-ส่งวิทยุ

ระบบเสาอากาศจะเลือกใช้อยู่ 2 ชนิด คือ

1. เสาอากาศที่สามารถกระจายคลื่นได้ทุกทิศทุกทาง (Ommidirectional Antenas) สำหรับระบบคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง เนื่องจากคอมพิวเตอร์ย่อยจะมีสถานที่ตั้งอยู่คนละทิศคนละทาง เมื่อมีการส่งหรือรับข้อมูลของคอมพิวเตอร์ส่วนกลางจากคอมพิวเตอร์ย่อยจะได้สามารถส่งหรือรับข้อมูลได้จากทุกทิศทาง

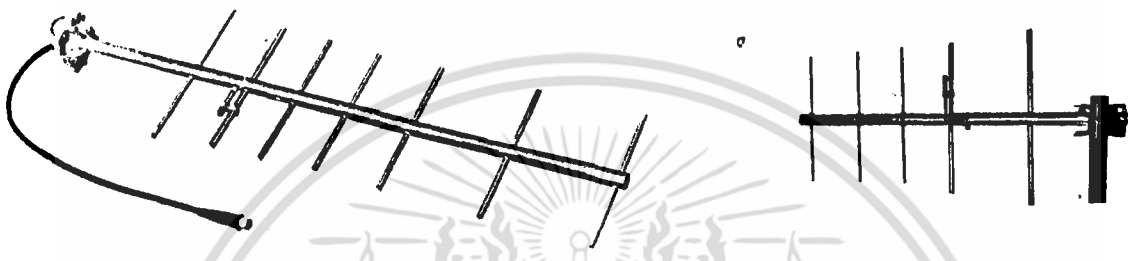


รูปที่ 2.3 เสาอากาศชนิดกระจายคลื่นได้ทุกทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เสาอากาศที่กระจายคลื่นในทิศทางเดียว (Directional Antenna) สำหรับระบบคอมพิวเตอร์ย่อย เนื่องจากการส่งหรือรับข้อมูลของคอมพิวเตอร์ส่วนกลางกับคอมพวิเตอร์ย่อยแต่ละตัวจะรับและส่งข้อมูลได้ในทางเดียวหรือทางตรงนั่นเอง

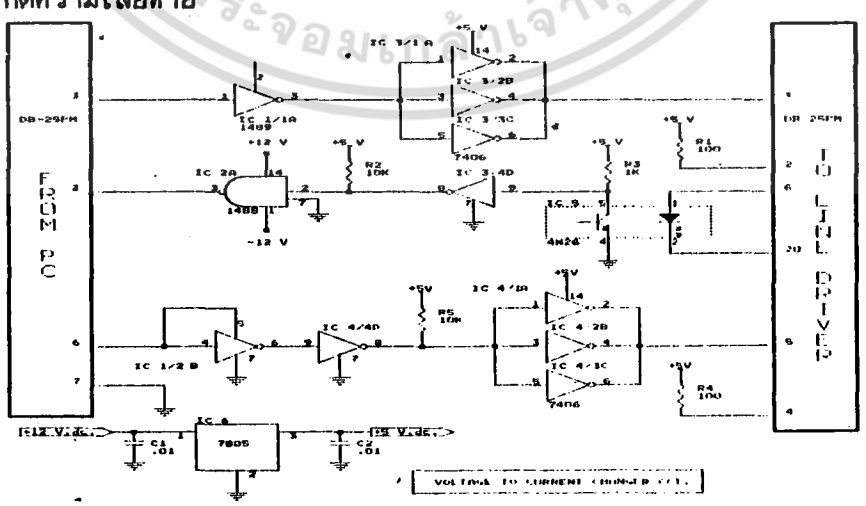
สำหรับการเลือกอัตราขยายของเสาอากาศจะขึ้นอยู่กับระยะทางในการรับ-ส่งข้อมูลเช่นกัน



รูปที่ 2.4 เสาอากาศชนิดระจายคลื่นในทิศทางเดียว

วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแส

วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแสนี้แสดงในรูปที่ 2.5 วงจรจะทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลซึ่งอยู่ในรูปของแรงดันให้เป็นรูปของกระแส เพื่อให้สามารถต่อสายนำข้อมูลจากคอมพิวเตอร์มายังเครื่องรับ-ส่งวิทยุได้ในระยะทางยาว ๆ นอกจากนั้นยังเป็นการแยกกราวด์ (GND) ระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องรับ-ส่งวิทยุ อันจะเป็นการป้องกันอุปกรณ์ทั้ง 2 ให้แยกจากกัน กรณีมีอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งเกิดความเสียหาย



รูปที่ 2.5 วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรในรูปที่ 2.5 สัญญาณจากพอร์ตอนุกรมจะมีอยู่ 3 สัญญาณคือ

1. สัญญาณส่ง (TX)
2. สัญญาณรับ (RX)
3. สัญญาณควบคุมการกดคีย์ของเครื่องรับ-ส่ง (PTT)

สัญญาณส่ง (TX) เป็นสัญญาณของข้อมูลที่จะส่งออกอากาศโดยสัญญาณนี้จะมาจากพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นแรงดัน + 12V (+12V คือ ลอจิก Low และ -12V คือ ลอจิก High) จะมาเข้า I_C1/1 เปลี่ยนแรงดัน +12V ให้เป็น 0V และ +5V ส่งไปยัง I_C3/1, I_C3/2, I_C3/3 ซึ่งเป็นตัวขยายกระแส (Driver Current) เพื่อส่งไปยังวงจรไลน์ไดรเวอร์

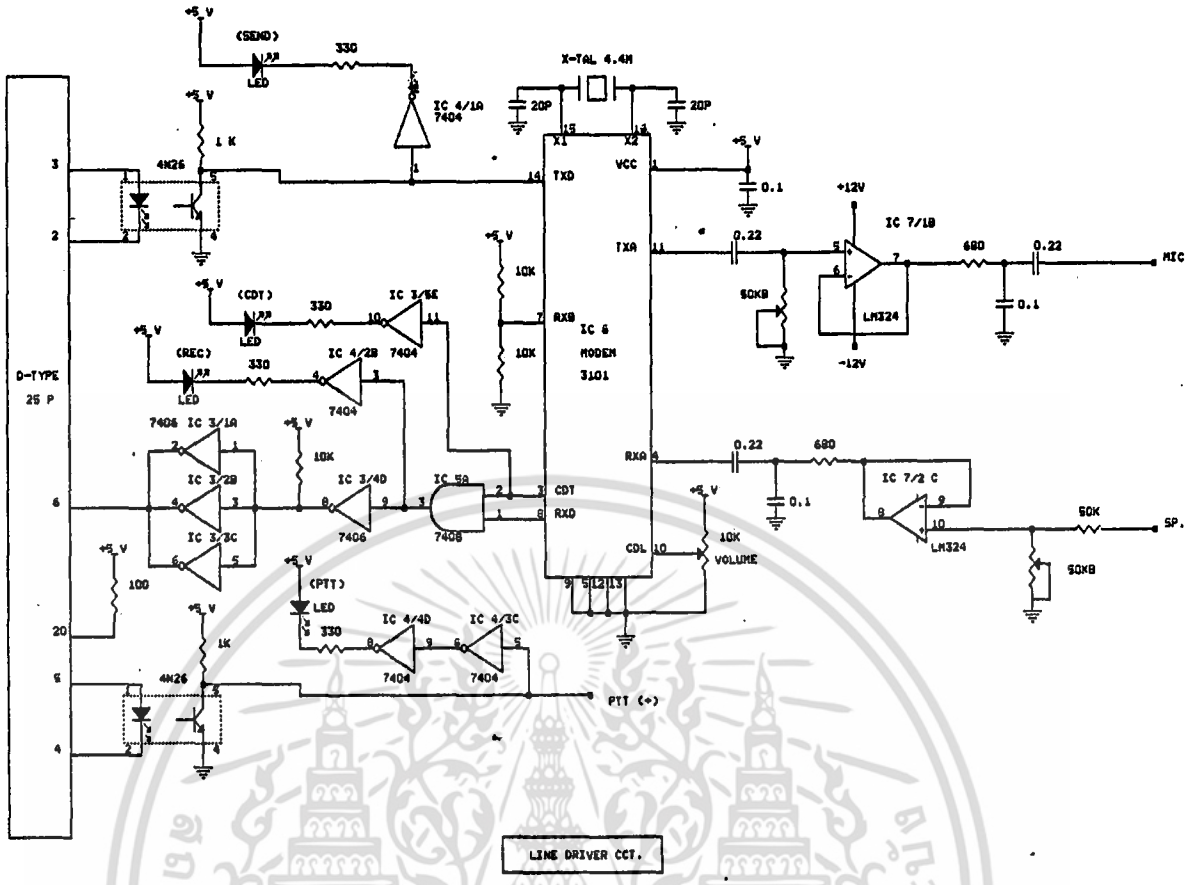
สัญญาณรับ (RX) จะเป็นสัญญาณข้อมูลที่รับมาจากวิทยุ โดยสัญญาณนี้จะเข้ามาจากวงจรไลน์ไดรเวอร์ มาเข้า I_C5 ซึ่งเป็นตัวแยกกราวด์ระหว่างวงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแสกับวงจรไลน์ไดรเวอร์ ให้เป็นลอจิก 1 และ 0 ส่งให้กับ I_C3/4 และส่งให้ I_C 2 เพื่อเปลี่ยนสัญญาณลอจิก 1 และ 0 ดังกล่าวให้กลับมาเป็นสัญญาณ +12V แล้วส่งไปยังพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์

สัญญาณควบคุมการกดคีย์ของเครื่องรับ-ส่งวิทยุ (PTT) เป็นสัญญาณที่จะควบคุมการกดคีย์ส่งของเครื่องรับ-ส่งวิทยุ ให้ทำการส่งข้อมูลออกไปได้ โดยสัญญาณนี้จะมาจากพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ ส่งมาเข้า I_C1/2 เปลี่ยนแรงดันจาก +12V เป็น 0V และ 5V ส่งให้ I_C4/4 และมี I_C4/1, I_C4/2, I_C4/3, เป็นวงจรขยายกระแสส่งไปยังวงจรไลน์ไดรเวอร์

วงจรไลน์ไดเวอร์

วงจรดังแสดงในรูปที่ 2.6 การทำงานของวงจรคือจะเปลี่ยนลอจิก 0 และ 1 ให้เป็นความถี่ (ลอจิก 0 เป็น Mark หรือ ความถี่สูง ส่วนลอจิก 1 เป็น Space หรือความถี่ต่ำ) ที่จะทำการส่งออกอากาศ สัญญาณ TX จากวงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแสจะมาเข้า IC1 ทำการแยกกราวด์ (Current Loop) ส่งให้กับโมเด็ม (I_C เบอร์ TMC 3101) ส่งให้ I_C4/1 เพื่อแสดงผลที่ LED ว่ามีข้อมูลส่งออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 วงจรไลน์ไดรเวอร์

I_c2 จะทำหน้าที่รับสัญญาณ PTT และทำการแยกกราวด์ แล้วส่งสัญญาณนี้ให้กับเครื่องรับ-ส่งวิทยุ เพื่อกดคีย์ให้ส่งสัญญาณข้อมูลออกอากาศ ส่วน $I_c4/3$ จะเป็นการแสดงผลที่ LED ว่ามีการส่งข้อมูลในขณะนั้น I_c5 จะเป็นตัวเลือกสัญญาณที่มาจาก I_c6 ว่าเป็นข้อมูลที่รับเข้ามาจริง แล้วส่งต่อให้ $I_c3/4$, $I_c3/1$, $I_c3/2$ และ $I_c3/3$ เพื่อขยายกระแสแล้วส่งให้วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแสต่อไป $I_c7/1$ ทำหน้าที่เป็นวงจรบัฟเฟอร์ คือรับข้อมูลจาก I_c6 แล้วส่งให้เครื่องรับ-ส่งวิทยุ เพื่อทำการส่งข้อมูลจากเครื่องรับ-ส่งวิทยุ ทำการส่งให้ I_c6 เพื่อเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอลต่อไป

I_c6 นั้นจะเป็นตัวสำคัญทำหน้าที่เป็นโมเด็ม ซึ่งทำงานแบบ Frequency Shift Keying (FSK) มี Transmit Modulation 75, 150, 600 และ 1,200 Bauds มี Receive Demodulation 600 และ 1,200 Bauds และมี Carrier Detect Level เพื่อทดสอบว่าสัญญาณที่รับเข้ามานั้นมาจากการส่งข้อมูลจริง ๆ สำหรับการ Modulation มี Frequency Assignment ดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Frequency Assignments

TRS	STANDARD	TXR1	TXR2	TRANSMITTED BIT RATE (b/s)	TXD	TX FREQUENCY (Hz)	
0 OR 1	CCITT V23	1	0	75	1 0	M S	390 450
		0	1	600	1 0	M S	1300 1700
		0	0	1200	1 0	M S	1300 2100
CLK	BELL 202	1	0	150	1 0	M S	387 487
		0	X	1200	1 0	M S	1200 2200
X		1	1	0	X	TRANSMITTER DISABLED	

Receiver

TRS	STANDARD	RECEIVED BIT RATE (b/s)	CLK FREQUENCY (KHZ)
1	CCITT V23	600	9.56
0	CCITT V23	1200	19.11
CLK	BELL 202		

0 = V_{SS}
1 = V_{DD}
CLK = TRS CONNECTED TO CLK

(Fig. XI)

ตารางที่ 2.1 Frequency Assignment

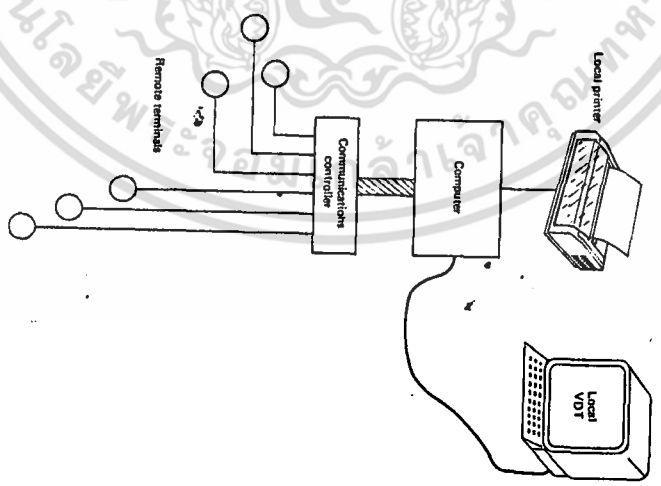
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการสื่อสารและส่งข้อมูล

3.1 การสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูลจะต้องประกอบด้วย ต้นกำเนิดของข่าวสาร ตัวกลางหรือสื่อข้อมูล และตัวรับข่าว พร้อมทั้งข่าวสารในรูปแบบของข่ายการสื่อสาร คำว่า "ข่ายการสื่อสาร" มีความหมายว่า จุดของคู่การสื่อสารซึ่งมีค่ามากกว่า 1 คู่ขึ้นไปและเชื่อมโยงกันเป็นระบบดังรูปที่ 3.1 โดยมีคอมพิวเตอร์พร้อมเครื่องพิมพ์หนึ่งชุด ส่วนแสดงผลจอภาพและอุปกรณ์รับส่งข้อมูล การสื่อสารข้อมูลจะเกิดขึ้นได้ก็จำต้องมีตัวกลางสำหรับเป็นทางเดินของข่าวสาร ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้หลายอย่างเช่น สายโทรศัพท์ ระบบสายเฉพาะแบบต่าง ๆ ระบบวิทยุ ระบบไมรโครเวฟ รวมทั้งระบบดาวเทียม แต่ทั้งหมดนี้จุดประสงค์ก็เพื่อส่งข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยการที่จะตัดสินใจเลือกใช้ตัวกลางใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ อย่างเช่น ค่าใช้จ่าย ความเร็ว ความเชื่อถือได้ ความถูกต้องของข่าวสารที่จัดส่ง ตลอดจนการแพร่หลาย



รูปที่ 3.1 แสดงข่ายการสื่อสารของระบบคอมพิวเตอร์พื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของตัวกลางนั้น และจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของแต่ละระบบด้วย เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ต่าง ๆ เหล่านี้แล้วเราจะตัดสินด้วยเหตุอีก 2 ประการ

1. ให้ได้คุณสมบัติครบถ้วนตามความต้องการและเสียค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด
2. มีระบบการจัดเก็บสำเนาที่ดีหรือมีระบบสำรองเมื่อเกิดเหตุหรือระบบเกิดหยุดทำงาน

เมื่อมีการกล่าวถึงข่ายการสื่อสารของข้อมูลส่วนใหญ่มักจะหมายถึงการสื่อสารข้อมูลของคอมพิวเตอร์ เช่น กรณีมีเครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง แล้วต่อพ่วงเข้ากับอุปกรณ์ของคอมพิวเตอร์ปลายทาง โดยพ่วงเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์เพียงจุดเดียวหรือมากกว่านั้นโดยใช้ตัวกลางชนิดใดชนิดหนึ่ง ซึ่งตัวกลางในการส่งข้อมูลนี้จะทำหน้าที่นำเอาข้อมูลหรือข่าวสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์รับข้อมูลปลายทางที่ต่อพ่วงกันเป็นระบบ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางนี้มีหลายชนิด เช่น เครื่องพิมพ์ติดตั้งทางไกลสำหรับคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ติดตั้งระยะใกล้สำหรับคอมพิวเตอร์ เครื่องอ่าน เครื่องเจาะบัตร เครื่องแสดงผลทางจอภาพ หรืออาจเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์อีกตัวหนึ่งก็ได้

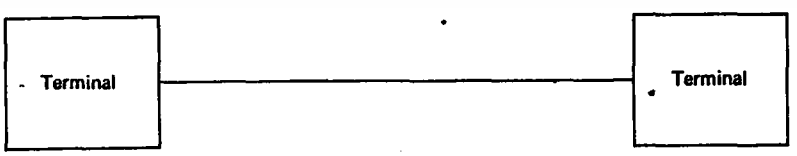
3.1.1 **ชนิดของการสื่อสาร**

การติดต่อสื่อสารระหว่างจุดต่าง ๆ ในระบบการสื่อสารข้อมูลนั้น ตามที่กล่าวไปแล้วว่าสามารถใช้ตัวกลางในการนำข้อมูลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้หลายชนิด แต่สามารถแบ่งเป็นลักษณะใหญ่ ๆ ได้ 2 ลักษณะคือ

1. การเชื่อมโยงแบบจุดต่อจุด (Piont-to-point)
2. การเชื่อมโยงแบบหลายจุดบนช่องทางส่งข้อมูลช่องเดียว (Multipoint Multidrop)

การเชื่อมโยงแบบจุดต่อจุด

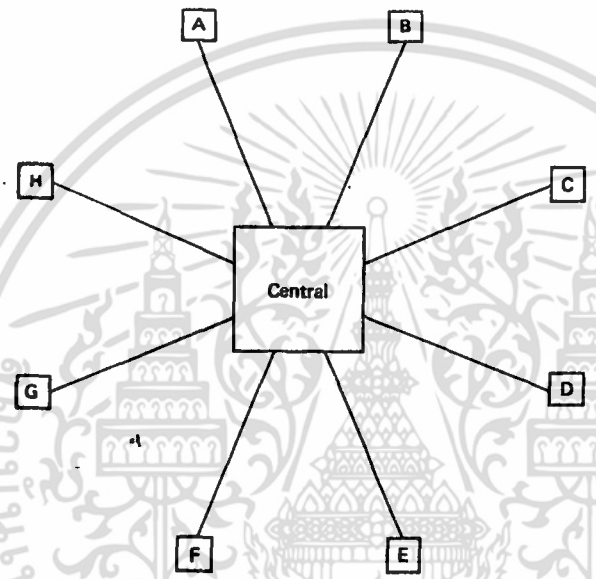
ลักษณะการใช้การสื่อสารแบบจุดถึงจุดนั้น แสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงการสื่อสารแบบจุดต่อจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีลักษณะเบื้องต้นเป็นการต่อเชื่อมระหว่างอุปกรณ์ปลาย 2 ตัว และไม่ต้องคำนึงถึงความยาวหรือระยะทาง การส่งข้อมูลจะเป็นแบบทิศทางเดียว (Simplex) หรือแบบสองทิศทาง (Full-duplex) หรือแบบกึ่งสองทิศทาง (Half duplex) ก็ได้ ตลอดจนจะเป็นการส่งแบบสัมพันธ์ (Synchronous) หรือแบบอะซิงโคนัส (Asynchronous) ก็ได้ โครงข่ายของการสื่อสารแบบนี้ จะจัดให้มีการรวมศูนย์และมีสถานีรับ-ส่งปลายทางหลาย ๆ จุด ได้แก่ เครือข่ายแบบดาว (Star Network) ดังในรูปที่ 3.3

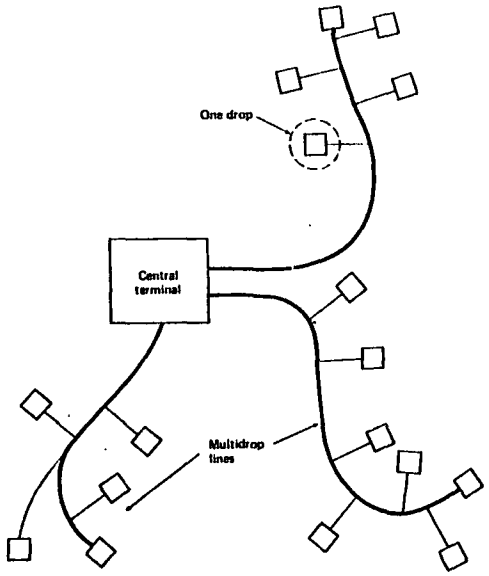


รูปที่ 3.3 แสดงเครือข่ายการสื่อสารแบบดาว

การเชื่อมโยงแบบหลายจุดบนช่องทางส่งผ่านข้อมูลช่องเดียว

เป็นการสื่อสารข้อมูลที่ประหยัดจำนวนของตัวกลาง โดยจะใช้ตัวกลางอันเดียวแต่สามารถต่อกับอุปกรณ์ปลายทางได้หลาย ๆ ตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงการสื่อสารแบบหลายจุด

อุปกรณ์ปลายที่ใช้ในระบบนี้จะเป็นอุปกรณ์แบบง่าย ๆ ที่ไม่มีที่พักข่าวสาร (Unbuffer Terminal) หรือจะเป็นแบบมีที่พักข่าวสาร (Buffered Terminal) ก็ได้ ข้อเสียของระบบนี้คือ อุปกรณ์ปลายจำนวน 2 ตัว หรือมากกว่าจะทำการส่งข่าวสารในเวลาเดียวกันไม่ได้ เพราะจะทำให้ข่าวสารเกิดการรบกวนกันเอง การสื่อสารแบบหลายจุดนี้เหมาะที่จะนำไปใช้ในกรณีที่อุปกรณ์ปลายแต่ละตัวส่งข้อมูลเป็นครั้งคราวไม่ใช้ตลอดเวลา ข้อจำกัดของจำนวนอุปกรณ์ปลายในการสื่อสารระบบนี้ จะขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1. ความสามารถของฮาร์ดแวร์ และซอฟท์แวร์ภายในระบบ
2. จำนวนความหนาแน่นที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ปลายแต่ละตัว
3. ความเร็วในการส่งข้อมูลของตัวกลาง
4. ข้อจำกัดอื่น ๆ ที่กำหนดในตัวพาห์ (Common Carrier)

การเชื่อมโยงเครือข่ายแบบสลับช่องทางการสื่อสาร (Switched Network)

ในการรับ-ส่งข้อมูลแต่ละสถานี จะใช้เวลาจริง ๆ ในการรับ-ส่งข้อมูลน้อยมาก เมื่อเทียบกับเวลาในแต่ละวัน ในกรณีเช่นนี้ถ้าใช้การสื่อสารเฉพาะสำหรับอุปกรณ์ปลายนั้นก็จะสิ้นเปลืองจึงเลือกใช้การเชื่อมโยงเครือข่ายแบบสลับช่องทางการสื่อสาร ซึ่งทำให้เราสามารถสร้างการเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์ปลายสองตัว แบบจุดต่อจุดในช่วงเวลาเท่าที่ต้องการได้ การเชื่อมโยงแบบนี้สามารถแบ่งได้ 4 แบบ คือ

1. เครือข่ายสื่อสารโทรศัพท์ (Telephone Network)
2. เครือข่ายสื่อสารเทลเล็กซ์ (Telex/TWX Network)
3. เครือข่ายสื่อสาร Packet Switching (Packet Switching Network)
4. เครือข่ายสื่อสาร Specialized Digital (Specialized Digital Network)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

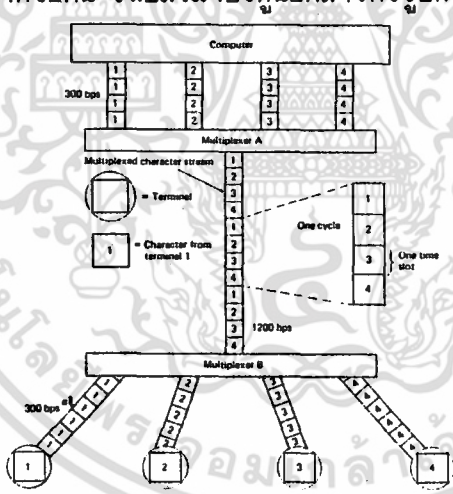
มัลติเพล็กเซอร์ (Multiplexers)

คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณด้วยการแบ่งช่องทางการสื่อสารด้วยจำนวนของจุดที่จะทำการส่งสัญญาณไปโดยมีมัลติเพล็กเซอร์จะไม่ทำการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสัญญาณแต่อย่างใด แต่อาจทำให้เกิดความล่าช้าในการเดินทางของสัญญาณไปบ้างเล็กน้อย ส่วนวิธีการแบ่งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. การมัลติเพล็กแบบแบ่งช่วงเวลา (Time-Division Multiplexing)
2. การมัลติเพล็กแบบแบ่งความถี่ (Frequency-Division Multiplexing)

การมัลติเพล็กแบบแบ่งช่วงเวลา

คือ การเอากระแสของสัญญาณข้อมูลหลาย ๆ อัน ซึ่งมีความเร็วต่ำมารวมเข้าด้วยกันแล้วเอาสัญญาณรวมที่ได้ส่งผ่านทางช่องการสื่อสารความเร็วสูงข้อมูลส่วนไหนเป็นของสถานีปลายทาง สถานีใดก็จะกระจายให้แก่สถานีนั้น ๆ ทำนองเดียวกันข้อมูลที่ส่งจากสถานีปลายทางแต่ละแห่งจะถูกรวมเข้าด้วยกัน เพื่อส่งมายังศูนย์กลางดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงการมัลติเพล็กโดยการแบ่งด้วยเวลา

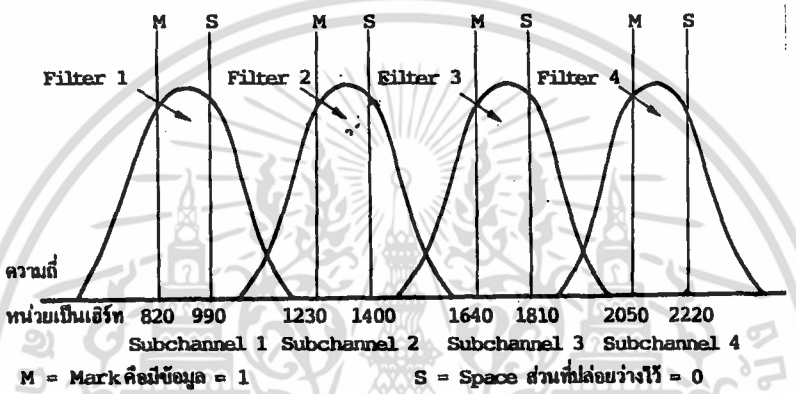
จะมีสถานีรับ-ส่ง ข้อมูลปลายทางเชื่อมโยงกับคอมพิวเตอร์โดยใช้ช่องทางการสื่อสารตามความเร็วสูงเพียงช่องเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมัลติเพล็กโดยแบ่งความถี่

นอกจากการมัลติเพล็กโดยการแบ่งเวลาดังที่กล่าวแล้ว ยังมีการมัลติเพล็กที่ทำได้โดยการแบ่งช่วงความถี่ การมัลติเพล็กแบบนี้ทำโดยใช้ช่องทางการสื่อสารที่ใช้แถบความถี่ของสัญญาณกว้าง แล้วมาแบ่งช่องทางการสื่อสารนี้ออกไป "ช่องทางสื่อสารย่อย" (Subchannel)

ในแต่ละช่องทางการสื่อสารย่อยนี้จะนำเอาบิทเริ่มต้น (Start-Bit) ของตัวอักษรไว้บริเวณความถี่สูงและบิทหยุด (Stop-Bit) ไว้บริเวณความถี่ต่ำและในแต่ละช่องการสื่อสารย่อยจะมีตัวกลางสัญญาณเพื่อป้องกันการแทรกแซงกันในแต่ละช่องย่อย ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงการแบ่งความถี่ออกเป็นหลายช่องทางการสื่อสารย่อย และใช้ฟิลเตอร์กรองสัญญาณช่วย

ในทางปฏิบัติการมัลติเพล็กแบบนี้ การแบ่งความถี่จะถูกจำกัดอยู่ที่แถบความถี่ซึ่งไม่กว้างพอ นอกจากนี้ยังต้องเสียแถบความถี่ระหว่างช่องย่อยที่ป้องกันการรบกวนซึ่งกันและกัน แถบความถี่นี้เรียกว่า "การ์ดแบน" (Guard Bands) ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการส่งผ่านข้อมูลถูกจำกัดลงไปอีก

3.1.2 รูปแบบของเครือข่ายสื่อสาร (Network Configurations)

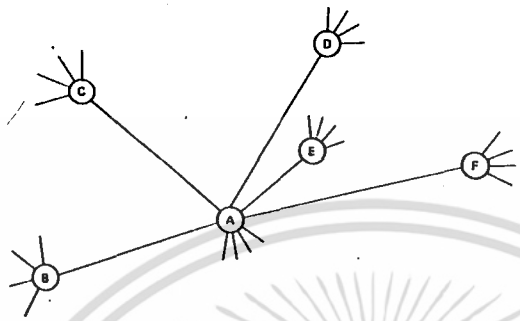
รูปแบบของเครือข่ายสื่อสารที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลแบบพื้นฐานทั่ว ๆ ไป มีอยู่ 4 แบบ คือ

1. เครือข่ายแบบดาว (Star Network)
2. เครือข่ายแบบวงแหวน (Ring Network)
3. เครื่องข่ายแบบตาข่าย (Mesh Network)
4. เครือข่ายแบบลำดับ (Hierarchical Network)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครือข่ายแบบดาว

ลักษณะเครือข่ายแบบดาวแสดงในรูปที่ 3.7 รูปแบบของเครือข่ายจะเป็นแบบจุดต่อจุด โดยมีอุปกรณ์รับส่งข้อมูล (Terminal) เชื่อมโยงกับศูนย์กลางแบบ Point-to-Point

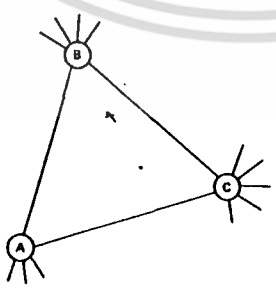


รูปที่ 3.7 แสดงเครือข่ายการสื่อสารแบบดาว

แต่ในการเชื่อมโยงแบบ Point-to-Point นั้นในแต่ละคู่อาจมีการต่อกับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลอีกหลายเครื่องก็ได้ซึ่งถือเป็น Multipoint เครือข่ายแบบดาวนี้ขึ้นตรงต่อความสมบูรณ์แบบของศูนย์กลางโดยตรงในกรณีที่มีงานของระบบมาก ๆ

เครือข่ายแบบวงแหวน

ลักษณะเครือข่ายแบบวงแหวนแสดงในรูปที่ 3.8 รูปแบบของเครือข่ายจะเห็นว่าที่เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องควบคุมเครือข่ายแบบดาวของตนเอง แล้วแต่ละเครื่องเชื่อมโยงถึงกันในรูปวงแหวน ซึ่งช่วยให้ช่องทางการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์เครื่องใด ๆ 2 เครื่องสามารถติดต่อกันได้สองทาง

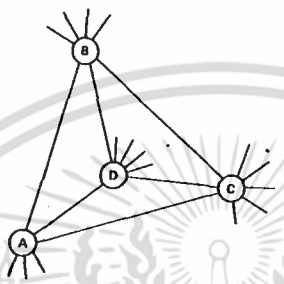


รูปที่ 3.8 แสดงเครือข่ายการสื่อสารแบบวงแหวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครือข่ายแบบตาข่าย

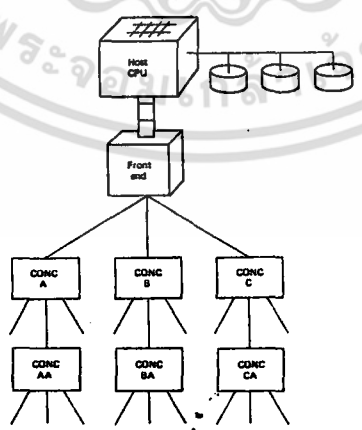
ลักษณะเครือข่ายแบบตาข่ายแสดงไว้ในรูปที่ 3.9 ในกรณีที่ต้องมีการส่งผ่านข้อมูลถึงกันในปริมาณที่สูงและมีระยะทางไกล เราต้องใช้เครือข่ายแบบนี้ช่วยเพื่อให้คอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องสามารถติดต่อถึงกันโดยตรงไม่ต้องผ่านเครื่องอื่น



รูปที่ 3.9 แสดงเครือข่ายการสื่อสารแบบตาข่าย

เครือข่ายแบบลำดับชั้น

ลักษณะเครือข่ายแบบลำดับชั้นแสดงไว้ในรูปที่ 3.10 โดยมีลักษณะคล้ายรากของต้นไม้ เครือข่ายแบบนี้จะประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีระดับต่าง ๆ กันอยู่หลายระดับแล้วต่อเชื่อมซึ่งกันและกันเป็นชั้น ๆ คล้ายแผนผังโครงสร้างขององค์กรต่าง ๆ เป็นแบบที่มีความแน่นอนและเชื่อถือได้ของระบบสูงมาก



รูปที่ 3.10 แสดงเครือข่ายการสื่อสารแบบลำดับชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ประเภทของอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลปลายทาง (types of Terminal equipment)

คำว่า "อุปกรณ์ปลายทาง" (Terminal) นั้นเราอาจให้คำจำกัดความได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ส่งข้อมูลไปหรือรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในระยะทางไกล ๆ ในการต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทางนั้นทำให้เราได้การสื่อสารข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ

- การสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์
- การสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง
- การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ปลายทางกับอุปกรณ์ปลายทาง

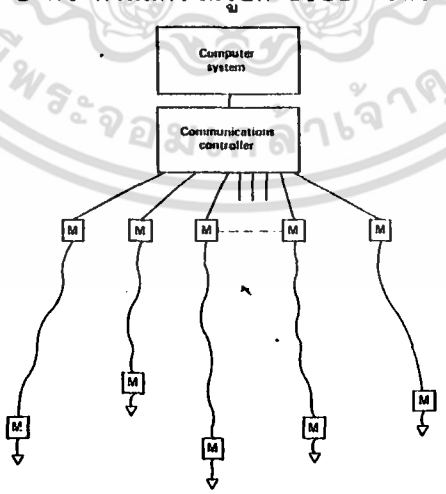
3.1.4 หลักการสื่อสารของอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล

ลักษณะในการสื่อสารของอุปกรณ์ปลายทางกับคอมพิวเตอร์เราสามารถแบ่งการสื่อสารของอุปกรณ์ปลายทางออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. วิธีการสื่อสารแบบอิสระ (Freewheeling Communication mode)
2. วิธีการสื่อสารแบบถูกควบคุม (Controlled Communication mode)

การสื่อสารแบบอิสระ

อุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลที่ใช้การสื่อสารแบบนี้ส่วนใหญ่จะไม่มีบัฟเฟอร์ (Unbuffered Terminal) เป็นหน่วยความจำใช้เก็บข้อมูล และการส่งผ่านข้อมูลจะเป็นแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) ในการสื่อสารแบบอิสระนี้เมื่อมีการป้อนข้อมูลเข้าไป ข่าวสารของข้อมูลก็จะถูกส่งออกส่งไปทางตัวกลางเชื่อมต่อทันที ฉะนั้นการสื่อสารแบบอิสระจึงนิยมใช้อุปกรณ์ปลายทาง 1 ตัว ต่อตัวกลาง 1 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.11 เพราะถ้ามากกว่านี้การที่ข้อมูลจะชนกันจะมีมาก



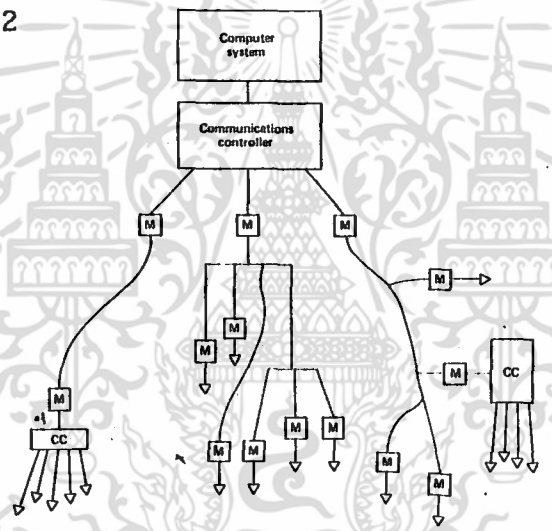
รูปที่ 3.11 โครงสร้างข่ายสื่อสารที่มีอุปกรณ์ปลายทางทำงานแบบอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการสื่อสารที่มีอุปกรณ์ปลายทางเป็นจำนวนมากต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์หากต้องการป้อนข้อมูลเข้ามาจากอุปกรณ์ปลายทางเราต้องต่ออุปกรณ์ตัวกลางเข้าไปยังอุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัวแบบจุดต่อจุด เนื่องจากการสื่อสารแบบนี้คอมพิวเตอร์ไม่สามารถที่จะควบคุมการทำงานในการส่งข้อมูลของอุปกรณ์ปลายทางได้ ฉนั้น คอมพิวเตอร์ต้องพร้อมที่จะรับข้อมูลจากอุปกรณ์ตัวกลางแต่ละตัวตลอดเวลา

การสื่อสารแบบถูกควบคุม

สำหรับอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลที่ใช้วิธีการสื่อสารแบบนี้มักจะเป็นอุปกรณ์ปลายทางแบบที่มีบัฟเฟอร์ (Buffer Terminal) ซึ่งทำให้สามารถรวบรวมข้อมูลไว้แล้วส่งด้วยความเร็วสูง หรือนำเอาอุปกรณ์ปลายทางหลาย ๆ ตัวมาใช้ร่วมกันในตัวกลางเชื่อมต่อเพื่อส่งข้อมูลตัวเดียวได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 โครงสร้างข่ายการสื่อสารที่มีอุปกรณ์ปลายทางทำงานแบบถูกควบคุม

จากรูปแสดงถึงตัวอย่างของระบบที่มีการเชื่อมโยงแบบจุดต่อจุด (Point to Point) และแบบหลายจุดต่อร่วมกันโดยตัวกลางเดียวกัน (Multipoint) กรณีเช่นนี้เราสามารถลดอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์เชื่อมต่อ "โมเด็ม" (Modem) ลงได้ในช่วงที่มีการใช้ตัวกลางแบบหลายจุดต่ออยู่เพราะอุปกรณ์ปลายทางหลาย ๆ ตัวอาจใช้โมเด็มหรืออุปกรณ์เชื่อมต่อร่วมกันได้ นอกจากนี้ยังสามารถลดบัฟเฟอร์ข้อมูลที่คอมพิวเตอร์ได้ เพราะตัวบัฟเฟอร์นั้นเราใช้ตามจำนวนตัวกลางที่มีอยู่ไม่ใช่ตามจำนวนอุปกรณ์ปลายทาง และยังสามารถใช้ซอฟแวร์สำหรับควบคุมการไหลของข้อมูล (Flow of data) ในตัวกลางแต่ละตัวได้ ฉะนั้นเมื่อมีข้อมูลมากเกินไปจนเกินกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์จะรับได้กรณีเช่นนี้ ก็อาจจะควบคุมไม่ให้ข้อมูลส่งมาเกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้โดยการควบคุมอุปกรณ์ปลายทางให้หยุดส่งข้อมูลชั่วคราวให้เก็บข้อมูลไว้ที่อุปกรณ์ปลายทางจนกว่าทางด้านคอมพิวเตอร์จะสามารถรับข้อมูลเข้าไปได้

3.1.5 ประเภทของอุปกรณ์ปลายทาง

ถ้าแบ่งตามความสามารถตลอดจนความสลับซับซ้อนในการทำงานสามารถแบ่งอุปกรณ์ปลายทางออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

1. อุปกรณ์ปลายทางแบบง่าย (Simple Terminal)
2. อุปกรณ์ปลายทางแบบซับซ้อน (Soplisticated Terminal)
3. อุปกรณ์ปลายทางแบบอินเทลลิเยนซ์ (Intelligent Terminal)

อุปกรณ์ปลายทางแบบง่าย

เป็นอุปกรณ์ปลายทางประเภทราคาถูก ๆ มีความสามารถในการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลน้อย ไม่มีบัฟเฟอร์ภายในและส่งข่าวสารด้วยความถี่ต่ำ ข้อมูลจากอุปกรณ์ปลายทางชนิดนี้จะถูกส่งออกไปทันทีที่มีการป้อนข้อมูล การส่งข่าวสารจะเป็นแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous transmission) ดังนั้นความเร็วของการส่งในตัวกลางจึงขึ้นกับความสามารถของอุปกรณ์ปลายทางภายในอุปกรณ์ปลายทางแบบง่ายนั้น อาจจะมีความสามารถในการตรวจข้อผิดพลาดหรือไม่มีเลยและโดยทั่ว ๆ ไปแล้วจะไม่มีความสามารถในการเก็บสะสมข้อมูล แม้ว่าจะมีการติดตั้งเครื่องอ่านและเจาะเทปกระดาษ (Paper tape reader/punch Unit) ที่สามารถสร้างข้อมูลและเก็บไว้ในเทปกระดาษที่สามารถนำมาส่งได้ในภายหลังก็ตาม วิธีการนี้เป็นการเก็บข้อมูลแบบ "ออฟ-ไลน์" (Off-line data Storage) ไม่ใช่แบบเก็บข้อมูลในเมมโมรี่หรือที่เรียกว่า "ออน-ไลน์" (On-line data Storage) อุปกรณ์ปลายทางแบบง่ายนี้ทั่วไปจะทำงานโดยวิธีการสื่อสารแบบอิสระ

อุปกรณ์ปลายทางแบบซับซ้อน

เป็นอุปกรณ์ปลายทางที่มีความสามารถสูงขึ้นกว่าแบบแรกจะมีหน่วยเก็บข้อมูลด้วย เช่น เทปคาสเซ็ทท์ การทำงานจะเป็นแบบที่มีความเร็วสูงทั้งแบบ อะซิงโคนัส (Asynchronous) และแบบซิงโคนัส (Synchronous) นอกจากนั้นยังมีบัฟเฟอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ นอกจากนี้อุปกรณ์ปลายทางยังมีวิธีการควบคุมตัวกลางเพื่อให้สามารถใช้วิธีการตรวจตักความผิดพลาดและแก้ไขได้โดยอัตโนมัติและเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ตัวกลางสื่อสารทำให้ใช้อุปกรณ์ปลายทางหลาย ๆ เครื่องในตัวกลางเดียวกันได้ นอกจากนี้อุปกรณ์ปลายทางแบบซับซ้อนยังอาจมีอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบต่าง ๆ เช่น เครื่องพิมพ์ เครื่องเทปคาสเซ็ทที่นำไปใช้แบบ ออฟ-ไลน์ ได้ ข้อมูลทั้งหลายอาจถูกใส่เข้าไปในอุปกรณ์ปลายทางแล้วนำไปบันทึกในเทปคาส์เซ็ท ก่อนแล้วจึงทำการส่งไปยังคอมพิวเตอร์ในภายหลัง

อุปกรณ์ปลายทางแบบอินเทลลิเยนซ์

เป็นอุปกรณ์ปลายทางที่มีความสามารถทุกอย่างที่อุปกรณ์ปลายทางแบบซับซ้อนมีอยู่และมีความสามารถเกี่ยวกับการคำนวณเพิ่มขึ้นอีก ส่วนมากจะมีอุปกรณ์ในการเก็บข่าวสาร เช่น เทปคาสเซ็ทหรือเทปกระดาษ ดิสค์ เป็นต้น อุปกรณ์ปลายทางแบบนี้สามารถกำหนดการทำงานได้โดยผู้ใช้ สามารถทำการตรวจสอบ ข้อผิดพลาดของข้อมูล และทำการแก้ไข แล้วจึงทำการส่งต่อไปยังคอมพิวเตอร์ หรืออาจมีข้อผิดพลาดที่อุปกรณ์ปลายทางตรวจสอบไม่ได้ ข่าวสารเกี่ยวกับข้อผิดพลาดเหล่านี้จะถูกส่งกลับไปยังอุปกรณ์ปลายทางเพื่อแก้ไข แต่ข้อผิดพลาดที่ตรวจตักได้ที่คอมพิวเตอร์จะมีน้อยมาก เพราะการตรวจตักและแก้ไขเกือบทั้งหมดกระทำที่อุปกรณ์ปลายทางซึ่งตรงข้ามกับกรณีของอุปกรณ์ปลาย 2 ชนิด ที่กล่าวมาแล้วที่การตรวจตักกระทำที่คอมพิวเตอร์ครั้งเดียว ที่สำคัญของอุปกรณ์ปลายทางแบบนี้อีกข้อคือ ความสามารถอิสระเกี่ยวกับการประมวลผลภายในตัวมันเอง

3.2 การส่งข้อมูล

3.2.1 ชนิดของการส่งข้อมูล

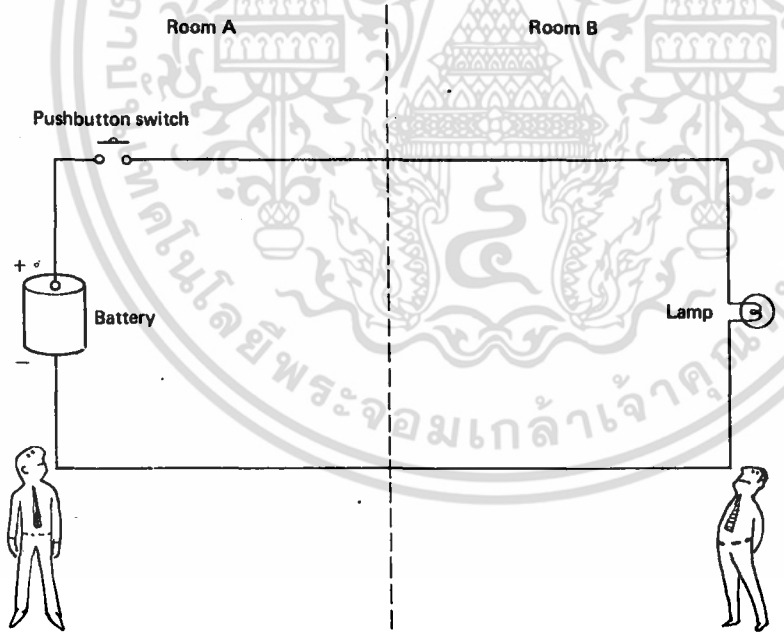
ในการสื่อสารข้อมูลตัวกลางที่ใช้ในการสื่อสารอาจมีได้หลายชนิด หากพิจารณาตามทิศทางการส่งข้อมูลแล้วสามารถแบ่งการส่งข้อมูลออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

1. การส่งแบบทิศทางเดียว (One - Way Transmission หรือ Simplex Transmission)
2. การส่งแบบทิศทางใดทิศทางหนึ่ง (Either - Way Transmission หรือ Half - Duplex Transmission)
3. การส่งแบบสองทิศทาง (Both - Way Transmission หรือ Full - Duplex Transmission)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งแบบทิศทางเดียว

ตามปกติการส่งข้อมูลอาจจะประกอบด้วยแชนแนลสำหรับส่งหนึ่งแชนแนลหรือมากกว่าก็ได้ คำว่า หนึ่งแชนแนลนั้นหมายถึง การส่งในทิศทางเดียวในเวลาใด ๆ ซึ่งทิศทางการไหลของข่าวสารนั้นหาได้จากคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ปลายแต่ละข้างของแชนแนล ตัวอย่างระบบสื่อสารในทิศทางเดียวแสดงในรูปที่ 3.13 ซึ่งจะเห็นว่า A สามารถส่งข่าวสารไปยัง B ได้ โดยการกดสวิทช์ทำให้วงจรปิดกระแสไฟฟ้าไหล หลอดไฟ B ติดสว่าง นั่นคือ A และ B สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ โดย A เป็นผู้ส่งข่าวสารแต่เพียงฝ่ายเดียว ทางด้าน B ไม่สามารถส่งข่าวสารมายัง A ได้ ตัวอย่างของการส่งสัญญาณทางเดียวที่เห็นได้ชัดในชีวิตปัจจุบันก็ เช่น การส่งวิทยุกระจายเสียง การแพร่ภาพโทรทัศน์ เป็นต้น



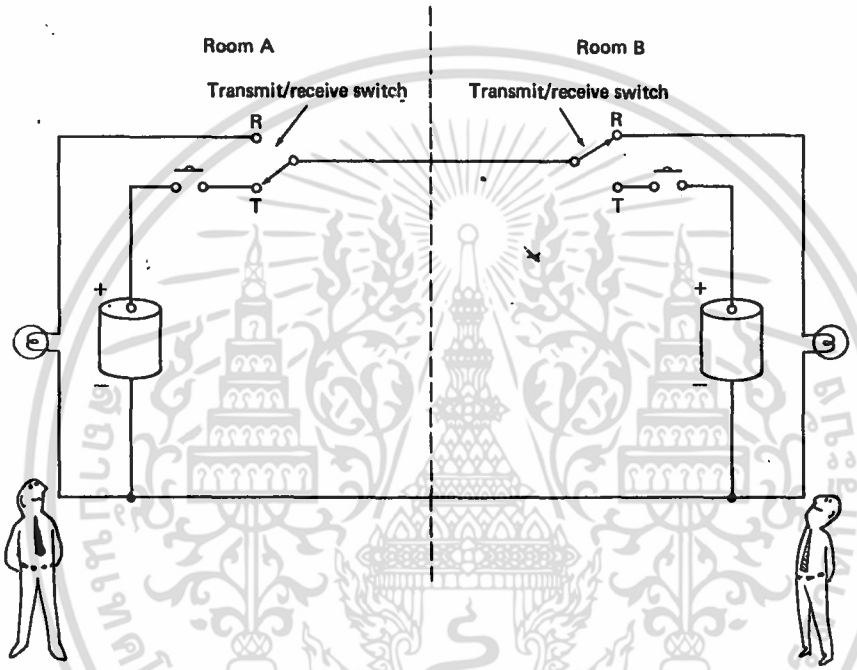
รูปที่ 3.13 การส่งข้อมูลแบบทิศทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งแบบทิศทางใดทิศทางหนึ่ง

สำหรับระบบนี้เป็นการเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมที่จะสามารถสลับทิศทางของการส่งผ่านข้อมูลหรือข่าวสารได้ ดังในรูปที่ 3.14 ซึ่งจะทำให้ A สามารถส่งข่าวสารไปยัง B ได้ และจาก B ก็สามารถส่งข่าวสารไปยัง A ได้เช่นกัน แต่ต้องเป็นเพียงกรณีเดียว คือ ไม่สามารถส่งข่าวสารสวนทางกันในเวลาเดียวกันได้นั่นเอง

สำหรับตัวอย่างที่ใช้ในการส่งสัญญาณในระบบนี้ได้แก่ วิทยุสื่อสารว็อคกี้ท็อกกี้

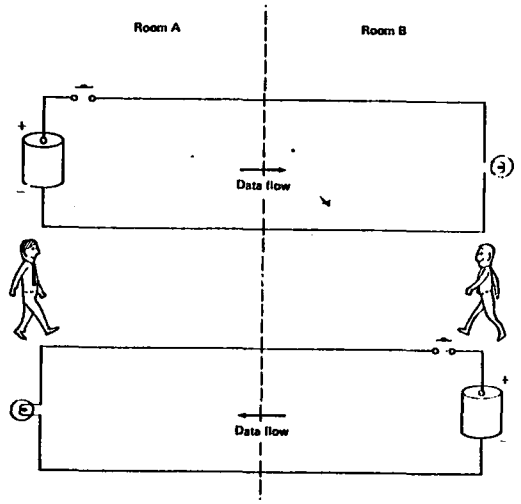


รูปที่ 3.14 การส่งข้อมูลแบบทิศทางใดทิศทางหนึ่ง

การส่งสัญญาณแบบสองทิศทาง

สำหรับระบบนี้เป็นการสร้างระบบการส่งสัญญาณระหว่างจุด 2 จุด โดยการเชื่อมจุดทั้ง 2 นี้ด้วยช่องทางการส่งสัญญาณ 2 ช่องทาง จะทำให้เราสามารถส่งสัญญาณได้ทั้ง 2 ทิศทางในเวลาเดียวกัน โดยช่องทางการส่งสัญญาณที่ 1 เป็นตัวส่งผ่านสัญญาณในทิศทางหนึ่ง และช่องทางการส่งสัญญาณที่ 2 เป็นตัวส่งผ่านสัญญาณในอีกทิศทางหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 การส่งข้อมูลแบบสองทิศทาง

ตัวอย่างของระบบการส่งสัญญาณแบบสองทิศทางก็ได้แก่ การพูดจาโต้ตอบกันทางโทรศัพท์

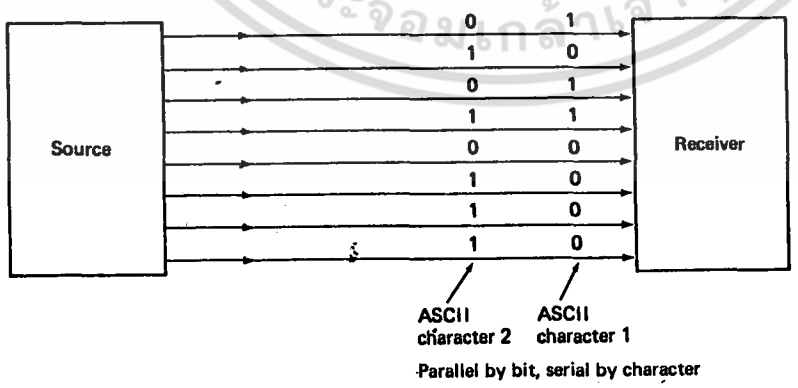
3.2.2 ลักษณะการสื่อข้อมูล

การสื่อสารข้อมูลเพื่อส่งข่าวสาร ถ้าแบ่งตามลักษณะการจัดข้อมูลแล้วจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. การส่งแบบขนาน (Parallel Transmission)
2. การส่งแบบอนุกรม (Serial Transmission)

การส่งแบบขนาน

ในการส่งผ่านข้อมูลในลักษณะนี้ทุกบิทที่เข้ารหัสแทนหนึ่งตัวอักษรจะถูกส่งผ่านไปตามสายส่งขนานกันไป ดังนั้นทุกบิทจะเดินทางถึงผู้รับพร้อม ๆ กัน และจำนวนสายส่งเพื่อให้เกิดช่องทางการส่งจะต้องมีจำนวนเท่ากับจำนวนบิทที่เข้ารหัสแทนตัวอักษร เช่น การส่งผ่านข้อมูลที่เข้ารหัสแบบแอสกี้จะมี 8 บิท ก็จะต้องมีช่องทางการส่งสัญญาณ 8 ช่องทาง เพื่อให้ทุกบิทวิ่งผ่านสายส่งขนานกันไปได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน

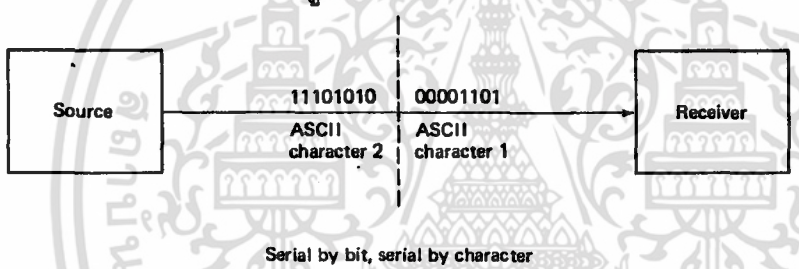
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นว่าทุกบิทที่เข้ารหัสตัวอักษรตัวหนึ่ง ๆ จะเดินทางขนานกันไปโดยเริ่มจากผู้ส่งหรือต้นกำเนิดข้อมูลผ่านสายส่งสัญญาณที่มีอยู่ด้วยกัน 8 เส้น ไปยังผู้รับโดยผู้รับจะได้รับตัวอักษรตัวแรกก่อนโดยรับทุก ๆ บิทของตัวอักษรตัวแรกพร้อมกัน ต่อจากนั้นจึงรับตัวอักษรตัวที่สองโดยรับทุก ๆ บิทพร้อมกัน เช่นเดียวกับอักษรตัวแรก

การส่งผ่านข้อมูลแบบขนานนี้จะเป็นการส่งผ่านข้อมูลระยะใกล้ มีความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลสูง แต่ต้องใช้สายส่งสัญญาณเป็นจำนวนมาก

การส่งแบบอนุกรม

ในการส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมนี้ จะแตกต่างจากแบบขนาน กล่าวคือ การส่งผ่านข้อมูลทุกบิทที่เข้ารหัส แทนหนึ่งตัวอักษร จะถูกส่งผ่านไปตามสายส่งเรียงลำดับกันไปที่จะบิทในสายส่งเพียงเส้นเดียว ซึ่งทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องสายส่งสัญญาณ สามารถส่งข้อมูลในระยะทางไกล ๆ ได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม

จากรูปจะเห็นว่าตัวอักษรตัวที่ 1 จะประกอบด้วย 8 บิทเรียงเป็นลำดับและผู้รับจะรวบรวมบิทเหล่านี้ทีละบิทจนครบ 8 บิท จึงจะได้ 1 ตัวอักษร แล้วจึงตามด้วยกลุ่มบิทของตัวอักษรตัวที่ 2 ในการนี้ผู้รับจะสามารถทราบ การแบ่งตัวอักษรตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ว่าอยู่ตรงบิทใดได้ก็ด้วยวิธีการ 2 แบบคือ

1. แบบการซิงโคนัส (Synchronization) ซึ่งแบ่งแยกได้เป็น 2 แบบคือ
   ก. แบบบิทซิงโคนัส (Bit Synchronization)
   ข. แบบคาร์แร็คเตอร์ซิงโคนัส (Character Synchronization)
2. แบบการอะซิงโคนัส (Asynchronization) หรือ การส่งผ่านข้อมูลแบบ Start/Stop

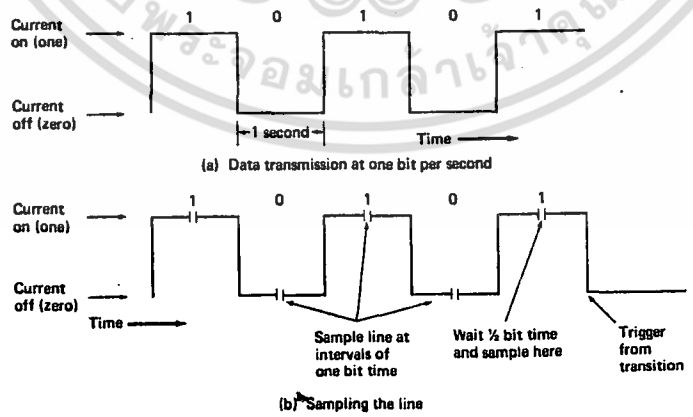
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การซิงโคนัสของบิท (Bit Synchronization)

การซิงโคนัสของบิท หมายถึงว่า ทางด้านรับจะต้องได้รับบิทต่าง ๆ ที่ทางด้านส่งทำการส่งข้อมูลมาได้อย่างถูกต้อง นั่นคือทางด้านรับจะต้องทราบว่าจะรับบิทข้อมูลที่ส่งมาเมื่อใดและหลังจากรับบิทตัวแรกมาแล้วจะรับตัวต่อ ๆ ไปเมื่อไร ซึ่งสามารถกระทำได้โดยการเพิ่มสัญญาณคล็อค (Clock Signal) เข้าไปที่จุดปลายของระบบทั้งสองด้านดังรูปที่ 3.18

รูปที่ 3.18 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมโดยใช้สัญญาณคล็อคเป็นกำหนดความถี่ในการส่งข้อมูล

สัญญาณคล็อคทางด้านส่งจะเป็นตัวกำหนดเวลาว่าเมื่อใดจะส่งบิทของข้อมูลออกไปและสัญญาณคล็อคของทางด้านรับ จะเป็นตัวกำหนดเวลาว่าจะรับข้อมูลด้วยอัตราความถี่เท่าใด เช่น ถ้าต้องการส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 100 บิท ต่อวินาที เราก็ใช้สัญญาณคล็อคที่มีความถี่ 100 บิท/วินาที สำหรับทางด้านส่งก็จะส่งบิทข้อมูลออกไป 100 บิทใน 1 วินาที ทางด้านรับสัญญาณที่ส่งมาจะมีบิทข้อมูลทุก ๆ 1/100 วินาที ดังนั้นสัญญาณคล็อคทางด้านรับมีค่า 100 บิท/วินาที เพื่อจะได้ทำการรับข้อมูลจำนวน 100 ครั้งใน 1 วินาที ตราบเท่าที่สัญญาณคล็อคของทั้งทางด้านส่งและรับยังมีความเร็วเดียวกันทางด้านรับก็จะสามารถรับบิททุกบิททางด้านส่งออกมาได้



รูปที่ 3.19 ตัวอย่างแสดงช่วงเวลาต่าง ๆ ในการส่งผ่านข้อมูลทีละบิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.19 เป็นตัวอย่างของข้อมูลในช่วงเวลาใด ๆ ช่วงหนึ่ง ขนาดความกว้างของแต่ละบิทจะเท่ากัน เพราะสัญญาณคล็อคเป็นตัวควบคุมความกว้างของแต่ละบิทอุปกรณ์ปลายทางด้านรับ จะมีการสุ่ม ตัวอย่างโดยการตรวจดูสถานะของข้อมูล (0 หรือ 1) ณ เวลาใด ๆ ในช่วงสั้น ๆ ว่าข้อมูลมีสถานะเป็น 0 หรือ 1 ซึ่งเวลาที่สุ่มตัวอย่างควรจะเป็นช่วงกลางของบิทแต่ละบิท หากสุ่มตัวอย่างในช่วงเวลาที่กำหนดไว้สำหรับเป็นช่วงการเปลี่ยนแปลงระหว่าง 0 และ 1 อาจจะทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง ปกติแล้วการสุ่มตัวอย่างจะอยู่ที่จุดกลางของความกว้างของบิท ดังแสดงในรูปที่ 3.19 (b) ในทางปฏิบัติคล็อคทางด้านรับและส่งจะแยกเป็นอิสระจากกันซึ่งจะต้องมีการปรับให้เท่ากันตลอดเวลา

การซิงโคนัสของตัวอักษร (Character Synchronization)

เมื่อทำการซิงโคนัสบิทจะช่วยให้รับข้อมูลได้ถูกต้อง แต่จะไม่สามารถทราบว่าบิทใดเป็นบิทแรก บิทใดเป็นบิทสุดท้ายของตัวอักษร ดังนั้นจึงต้องมีการซิงโคนัสของตัวอักษรจากรูปที่ 1.15 จะเห็นตัวอักษรที่ถูกเปลี่ยนรหัสแอสกี้ถูกส่งไปแบบเรียงลำดับ ในกรณีส่งผ่านข้อมูลไป 2 ตัวอักษร ก็จะปรากฏว่ากลุ่มของบิทกลุ่มละ 8 บิท จำนวน 2 กลุ่มวิ่งตามกันไปซึ่งไม่มีจุดสังเกตได้ว่าตรงช่องใดเป็นส่วนแยกของตัวอักษรทั้ง 2 ตัว อันจะเป็นปัญหาแก่อุปกรณ์รับข้อมูล ข้อสำคัญของวิธีการแก้ปัญหานี้ คือ

1. ต้องรู้ว่าสำหรับข้อมูล 1 ตัวอักษรประกอบด้วยบิทกี่บิท
2. ต้องรู้ความเร็วของบิทที่วิ่งมาตามตัวกลางของการส่งข้อมูล

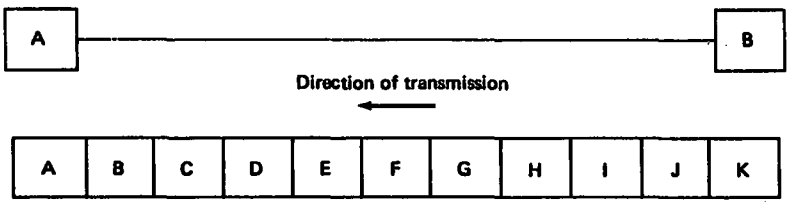
วิธีการที่จะรู้ว่าบิทใดเป็นบิทแรกของตัวอักษรที่ส่งมายังเครื่องรับข้อมูลจะมี 2 วิธีคือ

1. การส่งผ่านข้อมูลแบบซิงโคนัส (Synchronous Transmission)
2. การส่งผ่านข้อมูลแบบอซิงโคนัส (Asynchronous Transmission)

การส่งผ่านข้อมูลแบบซิงโคนัส (Synchronous Transmission)

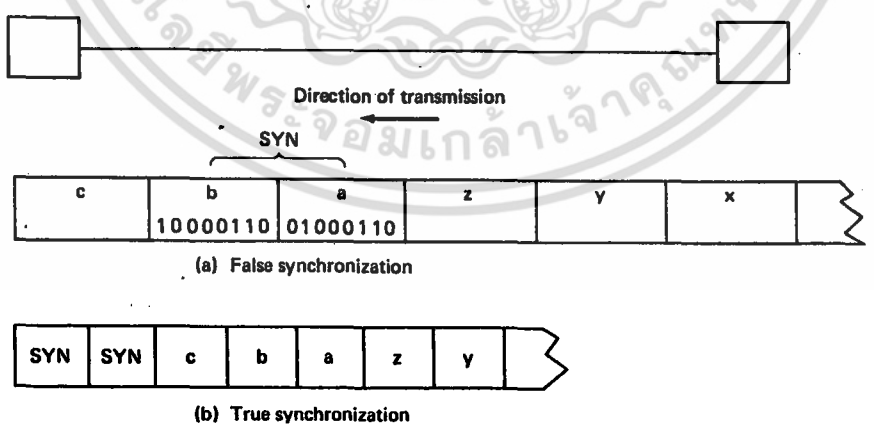
การส่งผ่านข้อมูลแบบนี้จะทำการจัดกลุ่มของข้อมูลเป็นกลุ่ม ๆ และทำการส่งข้อมูลทั้งกลุ่มไปพร้อมกันในทีเดียว เรียกกลุ่มข้อมูลนี้ว่า "Block of Data" และช่วงระยะเวลาของแต่ละบิทที่ทำการส่งจะใช้เวลาเดียวกัน ในการส่งตัวอักษร ตัวอักษรตัวแรกและตัวถัดไปจะไม่มีอะไรมาคั่น ดังนั้น ช่วงเวลาระหว่างบิทสุดท้ายของตัวอักษรกับบิทแรกของตัวอักษรถัดไปเวลาจะเป็นศูนย์ หรือกล่าวคือ การคิดเวลาของการส่งผ่านข้อมูลจะคิดในรูปแบบของเวลารวมทั้งหมดของการส่งผ่านตัวอักษรที่สมบูรณ์เป็นตัว ๆ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 แสดงการต่อเนื่องของข้อความที่ถูกส่งผ่านแบบซิงโครนัส

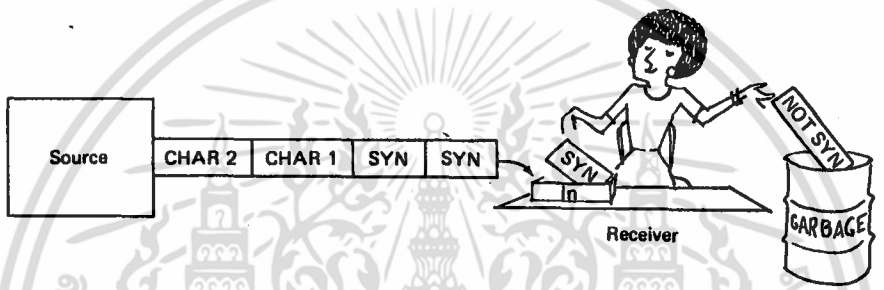
จากรูปที่ 3.20 แสดงให้เห็นการเอากลุ่มตัวอักษรมาเรียงเพื่อเตรียมส่งผ่านข้อมูลแบบซิงโครนัส จะเห็นว่าตัวอักษรที่นำมาต่อเรียงชิดกันโดยไม่มีที่ว่างระหว่างตัวอักษรเลย ในเมื่อรูปแบบการส่งผ่านข้อมูลเป็นเช่นนี้ อุปกรณ์รับข้อมูลก็จะต้องรู้ว่าบิทใดเป็นบิทแรกของตัวอักษรตัวแรก ขนาดของตัวอักษร (จำนวนบิทที่ใช้แทนหนึ่งตัวอักษร) และความเร็วในการส่งผ่านข้อมูล สำหรับวิธีการที่จะระบุลงไปได้ว่าบิทใดเป็นบิทแรกของตัวอักษรตัวแรกมีวิธีดังนี้ คือ ข้อมูลที่ถูกส่งผ่านโดยวิธีการซิงโครนัส จะถูกจับมารวมกันเป็นกลุ่มของข้อมูล และที่ส่วนต้นของบล็อคเราจะใส่ตัวอักขระ "SYN" ซึ่งเป็นอักษรพิเศษในการควบคุมการส่งข้อมูล โดยมีรูปแบบของบิทคือ 00010110 (มีบิทตรวจสอบแบบ Odd Parity) อุปกรณ์รับข้อมูลจะคอยตรวจดูขบวนบิทว่าส่วนใดตรงกับอักขระ SYN บ้าง เมื่อพบอักขระ SYN แล้วอุปกรณ์รับข้อมูลจะทราบทันทีว่าถึงจุดเริ่มต้นที่จะตัดกลุ่มของบิทกลุ่มละ 8 บิท เพื่อแทนตัวอักษรได้ และตัวอักษรหลาย ๆ ตัวที่ตีความได้ก็คือข้อความที่ถูกส่งมาในแต่ละบล็อค แต่การใช้ตัวอักขระเพียงตัวเดียวใส่ไว้ที่ส่วนต้นบล็อคยังเป็นวิธีที่ไม่ถูกต้อง เพราะบางกรณีขบวนของบิทแทนตัวอักษรบางช่วงที่ไปตรงกับรูปแบบของบิทของอักขระซิงได้



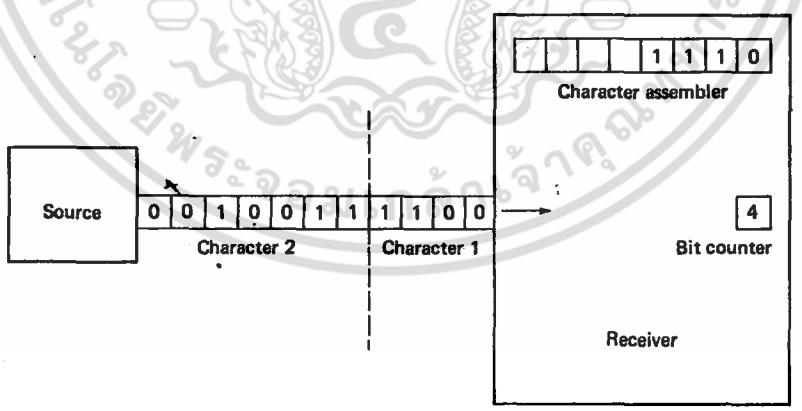
รูปที่ 3.21 แสดงรูปแบบการใช้อักขระซิงนำหน้ากลุ่มตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.21 จะเห็นว่าถ้าส่งข้อความที่มีตัวอักษร b และ a ติดกัน 4 บิท ท้ายของตัวอักษร b ต่อกับ 4 บิทแรกของตัวอักษร a ตรงกับอักขระซิงพอดี จะทำให้อุปกรณ์รับข้อมูลตีความผิดได้ ดังนั้นวิธีการแก้ไขข้อผิดพลาดกรณีเช่นนี้จะทำได้โดย การใช้อักขระซิง (SYN Character) 2 ตัว ใส่ที่ส่วนต้นของบล็อค ดังในรูปที่ 3.12 (b) และอุปกรณ์รับข้อมูลก็ต้องรู้ถึงวิธีการนี้ ทันทีที่ตรวจพบอักขระซิงจะดูอีก 8 บิทถัดไปว่าเป็นอักขระซิงหรือไม่ ถ้าใช่จะเริ่มต้นรับว่าทุก ๆ บิทที่ตามมาคือ ตัวอักษรแต่ละตัว กรณีไม่ใช่ก็จะเริ่มตรวจหาอักขระซิงต่อไป และเมื่อพบอักขระซิงอย่างน้อย 2 ตัว ก็จะเริ่มเข้าสู่การจัดกลุ่มบิทกลุ่มละ 8 บิทแทนตัวอักษรหรือข้อมูลที่ได้รับ ดังรูปที่ 3.22 และรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.22 แสดงเปรียบเทียบอุปกรณ์รับข้อมูลตรวจหาอักขระซิงในระบบซิงโครนัส



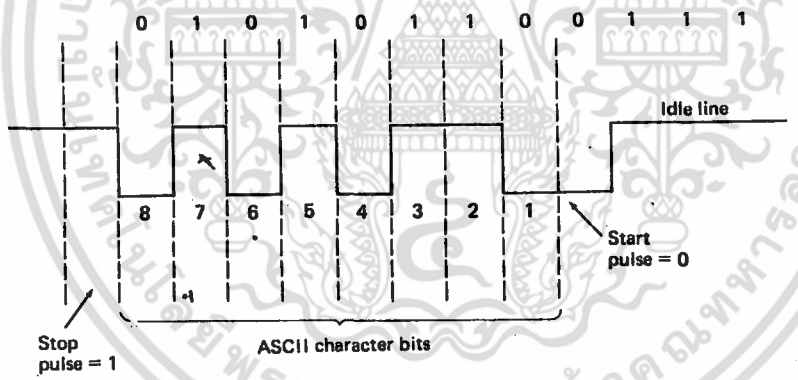
รูปที่ 3.23 แสดงการตัดแถวของบิทออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 8 บิท เพื่อแทนตัวอักษรของอุปกรณ์รับข้อมูลในระบบซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งผ่านข้อมูลแบบอะซิงโคนัส (Asynchronous (Start/Stop) Transmission)

การส่งผ่านข้อมูลแบบนี้เป็นระบบในการจัดส่งตัวอักษรตัวใดตัวหนึ่งไปในทันทีทันใด ซึ่งจะเป็นเวลาใด ๆ ก็ได้โดยไม่จำเป็นต้องกำหนดความสัมพันธ์กับตัวอักษรตัวอื่น ๆ โดยอาจจะส่งตัวอักษรเรียงติดกันไปเลยไม่มีที่ว่างระหว่างตัวอักษร คล้ายการส่งสัญญาณแบบซิงโคนัส หรืออาจนาน ๆ ส่งไปสักหนึ่งตัวอักษรก็ได้ กรณีเช่นนี้เครื่องรับปลายทางจะต้องสร้างลักษณะของซิงโคนัสขึ้นมาใหม่สำหรับตัวอักษรแต่ละตัว เครื่องรับปลายทางจะต้องรู้จักว่าสิ่งที่ส่งมามีบิทแรกของตัวอักษรอยู่ที่ใด ดังนั้นหน้าตัวอักษรแต่ละตัวเราจะใส่บิทพิเศษเพื่อเป็นจุดเริ่มต้น (Start Bit) เครื่องรับสัญญาณปลายทางจะพบบิทเริ่มต้นได้โดยการดูสภาวะทางไฟฟ้าของสัญญาณที่ส่งแต่ถ้าระดับไฟคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงว่าไม่มีการส่งข้อมูลมาเลย ลักษณะนี้เรียกว่า "Idle Line" หรือ "Mark Condition" ซึ่งมีระดับทางไฟฟ้าเป็น 1 สำหรับสภาวะทางไฟฟ้าที่เป็น 0 ลักษณะนี้เรียกว่า "Open Line" หรือ "Space Condition"

เมื่อต้องการส่งตัวอักษร เครื่องส่งสัญญาณจะใส่บิท 0 นำหน้ากลุ่มของบิทที่แทนตัวอักษรนั้นเพื่อบอกว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการส่งตัวอักษร ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 แสดงการส่งตัวอักษร 1 ตัวแบบอะซิงโคนัส

เมื่อเครื่องรับสัญญาณตรวจพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะ 1 ไปสู่ 0 ก็จะมีการเทียบกับสัญญาณนาฬิกาทันที ภายหลังจากผ่านพ้นไปได้ครึ่งบิท สัญญาณนาฬิกาจะเป็นตัวบอกเครื่องรับให้ตรวจสอบสภาวะของการส่งข้อมูล ถ้าเป็นสภาวะ 0 อยู่เครื่องก็จะเริ่มตรวจรับรหัสของตัวอักษร สัญญาณในการปิดท้ายข้อมูลจะมีสภาวะ เป็น 1 เรียกว่า "Stop Bit" ดังนั้นจะเห็นว่ากลุ่มบิทที่แทนค่าของตัวอักษรจะถูกปิดหัวปิดท้ายด้วย Start Bit และ Stop Bit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 เปรียบเทียบระหว่างการส่งข้อมูลแบบขนาน และแบบอนุกรม

	แบบขนาน	แบบอนุกรม
1. ระยะทาง	ปกติจะน้อยกว่า 100 ฟุต	ส่งได้ตั้งแต่ระยะสั้น ๆ จนถึงระยะทางไกล ๆ
2. ความเร็ว	อัตราความเร็วสูงมากในระยะที่ไม่ไกลมากนัก	อัตราความเร็วของข้อมูลจะเร็วมากอยู่ในช่วง 0 ถึง 2 ล้านบิท/วินาที
3. ระดับของสัญญาณ	ในการอินเตอร์เฟสจะใช้ระดับสัญญาณที่ใช้กับอุปกรณ์ TTL คือ ลอจิก 1 และ 0 จะแทนด้วยระดับ + 5v และ 0v	ใช้มาตรฐานของ EIA - RS 232 C คือมีระดับสัญญาณขนาด 12 V หรือ อาจจะใช้มาตรฐาน 20 mA Current Loop หรือใช้ระดับสัญญาณของ TTL ก็ได้
4. ความผิดพลาดของระดับสัญญาณ	ถ้าส่งในระยะทางไกล ๆ ความผิดพลาดของข้อมูลจะเกิดได้ง่าย	การผิดพลาดของสัญญาณจะมีน้อยกว่า
5. ค่าใช้จ่าย	ถ้าส่งระยะทางไกล ๆ จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก เพราะต้องใช้สายส่งสัญญาณหลายเส้น	สิ้นเปลืองน้อยกว่าหลายเท่า ถึงแม้ว่าจะใช้อุปกรณ์เปลี่ยนสัญญาณของข้อมูลจากแบบขนานไปเป็นแบบอนุกรม แล้วส่งผ่านสายส่งใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณกลับมาเป็นแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การเชื่อมต่อระบบ

4.1 มาตรฐานสากลในการอินเตอร์เฟส

องค์กรต่าง ๆ ได้สร้างมาตรฐานของตนเองขึ้นมาใช้ซึ่งมีอยู่มากมาย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบถึงมาตรฐานต่าง ๆ ที่มีใช้กันอยู่ให้ครบถ้วน

EIA (The Electronics Industries Association)

เป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นโดยสมาคมของโรงงานอุตสาหกรรมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทอรนิกส์ แห่งสหรัฐอเมริกา มาตรฐานที่ตั้งขึ้นมาใช้กำหนดมาตรฐานของเครื่องมืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ในการกำหนดมาตรฐานจะใช้รหัส RS เป็นหลัก เช่น มาตรฐาน RS-232C ซึ่งใช้กันแพร่หลายในระบบการสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์ โดยจะกล่าวถึงมาตรฐานของลักษณะสัญญาไฟฟ้าในการอินเตอร์เฟสเทอร์มินัลเข้ากับโมเด็ม หรืออินเตอร์เฟสเทอร์มินัลเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์ หรืออินเตอร์เฟสเครื่องพิมพ์เข้ากับคอมพิวเตอร์เป็นต้น นอกจากนี้มาตรฐานอื่นที่มีการตั้งขึ้นมาใช้ก็ประกอบด้วย EIA RS-449, RS-422A และ RS-423A เป็นต้น

CCITT (The Consultative Committee In International Telegraphy and Telephony)

เป็นองค์กรสากลที่กำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับการควบคุมระบบภาษี, แนะนำมาตรฐานหรือกำหนดมาตรฐานของระบบสื่อสารระหว่างประเทศทั้งโทรเลข และโทรศัพท์, CCITT เป็นหน่วยงานหนึ่งของ ITU หรือ International Telecommunication Union โดยมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดมาตรฐานทางด้านการสื่อสารข้อมูล

- <u>CCITT study group VII</u> : ทำหน้าที่พัฒนาและค้นคว้าเกี่ยวกับมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลที่ติดต่อกันเป็นเครือข่าย
- <u>CCITT study group XVII</u> : ทำหน้าที่พัฒนามาตรฐานที่เกี่ยวกับการสื่อสารทางโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับมาตรฐานของ CCITT ที่ใช้กันแพร่หลายทางด้านการสื่อสารข้อมูล ดังเช่น V.28 (ใช้แทน RS-232C ได้), V.10 (ใช้แทน EIA RS-423A ได้), V.11 (ใช้แทน EIA RS-422A ได้) และ X.21 (ใช้แทน EEA RS-499 ได้) เป็นต้น

ในการกำหนดมาตรฐานของ CCITT จะกำหนดออกมาเป็นฉบับต่าง ๆ คือ Series A,B,C,D,E,F....,Z ทุก ๆ ปีจะมีการร่วมประชุมปรึกษาหารือกันระหว่างประเทศสมาชิกในข้อกำหนดใหม่ ๆ หรือปรับปรุงมาตรฐานเก่าให้ทันสมัยและทุก ๆ 2 - 4 ปี จะออกหนังสือ Recommendation Series ต่าง ๆ ให้ทันสมัยขึ้นการอ้างถึง Recommendation ของ CCITT จึงต้องระบุว่าเป็น CCITT ปีใด, สีอะไร ตัวอย่างเช่น CCITT Recommendation Yellow book Series.... Year.... หรือ Orange book Series....Year..... หรือ Red Book Series.... Year เป็นต้น ในตัวอย่างที่กล่าวถึงต่อไปนี้จะยกตัวอย่างเฉพาะ Orange book[6] ดังมีรายละเอียดดังนี้

CCITT Series	Orange Book
A	กล่าวถึงโครงสร้างขององค์กร (CCITT) และการปฏิบัติงาน
B	เกี่ยวกับความหมายของคำที่ใช้หรือชื่อ
C	เกี่ยวกับการสื่อสารทั่ว ๆ ไป
D	คำแนะนำเกี่ยวกับภาษีทั่วไป เช่น การเช่าวงจรไพร์เวทไลน์ (Private line) หรือการให้บริการ
E	คุณภาพของบริการโทรศัพท์และภาษีรวมทั้งค่าบริการระหว่างประเทศ
F	การบริการโทรเลขและภาษีรวมทั้งค่าบริการระหว่างประเทศ
G,H,J	เกี่ยวกับสายสื่อสาร
M,N	เกี่ยวข้องกับการวัด, ตรวจสอบและการบำรุงรักษาสายสื่อสาร
O	คุณลักษณะเฉพาะของเครื่องทดสอบและเครื่องมือตรวจวัด
P	คุณภาพของสายโทรศัพท์และเครื่องโทรศัพท์
Q	เรื่องทั่ว ๆ ไปที่เกี่ยวกับชุมสายโทรศัพท์และระบบสัญญาณที่ใช้
R1/R2	เกี่ยวกับระบบสัญญาณต่าง ๆ
R,S,T และ U	เกี่ยวกับเทคนิคทางด้านโทรเลข
V	การสื่อสารข้อมูลผ่านสายโทรศัพท์
K/L	การป้องกันต่าง ๆ
X	โครงข่ายของการสื่อสารข้อมูลสาธารณะ
Z	การใช้ภาษาสำหรับโปรแกรมที่ใช้สำหรับสื่อความหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO (The International Standard Organization)

เป็นองค์กรที่ตั้งอยู่ในเมืองเจนีวา ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ ซึ่งทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานทางกายภาพของอุปกรณ์ต่าง ๆที่ใช้ในการสื่อสารโทรคมนาคม โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ และอินฟอร์เมชั่นโพรเซสซิ่ง องค์กรนี้ประสานงานกับ CCITT อย่างใกล้ชิด

ANSI (The American National Standard Institute)

มาตรฐานของ ANSI ส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับ

1. ให้ความหมายหรือข้อกำหนดของลักษณะของระบบผลิตสัญญาณและรับสัญญาณที่ใช้ในระบบสื่อสารทั่วไป

2. กำหนดคุณภาพและคุณลักษณะของข้อมูลขณะที่กำลังส่งออกไป

3. ให้บริการเกี่ยวกับมาตรฐานสากล และมาตรฐานภายในประเทศสหรัฐอเมริกา

สำหรับหน่วยงานของ ISO จะแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ

Technical comittee 97, จะศึกษาเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์และอินฟอร์เมชั่นโพรเซสซิ่ง โดยที่คณะกรรมการชุดแรกคือ ISO/TC97/SC6 จะรับผิดชอบเกี่ยวกับการพัฒนามาตรฐานทางด้านการสื่อสารข้อมูล และคณะกรรมการชุดที่สองคือ ISO/TC97/SC16 จะพัฒนาทางด้าน Open System Interconnection (OSI)

มาตรฐานของ ISO จะสามารถใช้แทนมาตรฐานประเภทเดียวกันของ CCITT และ EIA ได้ เช่น ISO 2110 สามารถให้แทน EIA RS-232C และ RS-366A ได้ นอกจากนี้ ISO 4902 ยังใช้แทน EIA RS-499 ได้เป็นต้น

สำหรับคณะกรรมการของ ANSI ที่ค้นคว้าทางด้านการสื่อสารข้อมูลคือ Commitee on Computers and Information Processing. X3 มาตรฐานของ ANSI ที่รู้จักกันแพร่หลายคือ รหัสแอสกี้ (ASCII : American Standard Cods for Information Interchange ซึ่งเป็นรหัสมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไปในระบบไมโครคอมพิวเตอร์

Federal Goverment Standard

เป็นหน่วยงานของรัฐบาลสหรัฐอเมริกาที่ทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานทางด้านการสื่อสาร ในส่วนที่เกี่ยวกับการสื่อสารข้อมูล เมื่อถูกกำหนดใช้เป็นมาตรฐานโดย National Burean of Standards (NBS) แล้วเราจะรู้จักกันในชื่อของ Federal Information Processing Standards (FIPS) ซึ่งมาตรฐานส่วนใหญ่จะเหมือนกับมาตรฐานของ EIA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Millitary Standard-188

เป็นมาตรฐานของทหารซึ่งถูกกำหนดเป็นมาตรฐานสำหรับเทคนิคการสื่อสารโทรคมนาคมของทหาร ตัวอย่างหนึ่งของมาตรฐานคือ MIL-STD-185, MIL-STD-188A และ MIL-STD-1888 และที่ใช้กันแพร่หลายคือ MIL-STD-188C มาตรฐานเหล่านี้เรียกว่า MIL-STD-188 Series ซึ่ง Series นี้อาจจะแยกออกเป็นหลายหมวด เช่น มาตรฐาน Common Long Haul/Tractical ใช้ MIL-STD-188-100 เป็นต้น

Bell System

Bell เป็นมาตรฐานที่กำหนด โดยองค์กร (ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย) ทางโทรศัพท์ของบริษัท Bell Laboratory... มาตรฐานของ Bell ถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้ควบคุมโรงงานผู้ผลิตสินค้าที่ต้องการใช้งานร่วมกับระบบของ Bell เนื่องจาก Bell เป็นหน่วยงานที่ใหญ่มากในสหรัฐอเมริกา และมีส่วนแบ่งการขายในตลาดสูง ทำให้อุปกรณ์ชนิดที่จะใช้ร่วมกับระบบโทรศัพท์ของ Bell จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่ Bell กำหนด แต่ระยะหลัง Bell เองก็เริ่มผ่อนปรน หรือแก้ข้อกำหนดของตนให้เข้ากับ CCITT ได้ (เฉพาะบางส่วนเท่านั้น)

ข้อกำหนดหรือมาตรฐานของแต่ละองค์กรต่าง ๆ มีรายละเอียดมากกว่านี้ ในที่นี้จะยกมาพอสังเขปดังนี้

X3.1 เป็นรายละเอียดคุณลักษณะของ Signaling rate สำหรับการสื่อสารข้อมูลระบบ Synchronous ทั้งแบบ Serial or Parallel อัตราความเร็วที่ว่านี้ apply ที่ Interface ระหว่าง DTE กับ DCE ซึ่งใช้งานบนช่องสัญญาณเสียงปกติคือ 4 KHz. (FIPS 22)

X3.4 Code ของ Character ทั่วไปที่ใช้งานสื่อสารกันระหว่างเครื่องมือชนิดต่าง ๆ (FIPS 1)

X3.24 มาตรฐานนี้ใช้สำหรับบอกให้ทราบถึงสัญญาณข้อมูลและสัญญาณเวลาระหว่าง Interface DTE กับ DCE

X3.15 กำหนดมาตรฐานของ Bit ใน ASCII Code (American National Standard Code for Information interchange) แบบ Serial bit สำหรับการสื่อสารข้อมูล (FIPS 16)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X3.16 กำหนดโครงสร้างของ Character และการตรวจรับ Character parity แบบ Serial bit ที่ใช้ ASCIT ในการสื่อสารข้อมูล (FIPS 17) ทั้งระบบ Synchronous และ Asynchronous

X3.25 กำหนดโครงสร้างของ Character และการตรวจรับ Character Parity แบบ Parallel bit ใน ASCII Code ที่การสื่อสารแบบเรียงตัวอักษร (FIPS 18)

X3.28 ขั้นตอนในการใช้ Control Character ในการติดต่อควบคุมการสื่อสารข้อมูล

X3.36 กำหนดคุณลักษณะของการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูงระบบ Synchronous และกล่าวถึงอัตราการสื่อสารความเร็วสูงระหว่าง DTE กับ DCE ซึ่งสื่อสารบนช่องสัญญาณความเร็วสูง

X3.44 กำหนดมาตรฐานและ Performance ของอุปกรณ์ที่การสื่อสารข้อมูลใช้เป็นตัวกลาง

การอินเตอร์เฟสตามมาตรฐานของ RS-232C มีข้อจำกัดไว้ คือ ความยาวสายเคเบิลไม่เกิน 50 ฟุต และความเร็วในการส่งไม่เกิน 20 กิโลบิทต่อวินาที และเนื่องจากข้อจำกัดของ RS-232C นี้ทำให้มาตรฐาน RS-422, RS-423 และ RS-449 ถูกพัฒนาขึ้นมาสำหรับการส่งที่ความเร็วสูงขึ้นอย่างไรก็ตามอินเตอร์เฟส RS-232C ยังเป็นที่นิยมใช้กันมากเพราะสามารถใช้งานร่วมกับ RS-449 ได้ รายละเอียดของ RS-Series อื่น ๆ สรุปใจความสำคัญได้ดังนี้

RS-269A กำหนด Signaling rates สำหรับการสื่อสารระบบ Synchronous แบบ Serial or Parallel ผ่านช่องสัญญาณเสียง 4 KHz. RS-269 กำหนดมาตรฐานความเร็วในการสื่อสารข้อมูลไว้ดังนี้ 600, 1200, 1800, 2000, 2400 และ 3000 baud มาตรฐานนี้ยังครอบคลุมถึง signal element duration และการวัด tolerances ของสัญญาณ RS-269A (ปรับปรุงจาก RS-269) ได้กำหนดให้ความเร็วในการสื่อสารใหม่คือ 600, 1200, 2400, 4800, 7200 และ 9600 BPS

RS-328 กำหนด Interchange ระหว่างชนิดของข่าวสารของเครื่อง Fascimile ซึ่งทำงานผ่าน Modem (over SWitched Voice grade telephone facilities)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS-334 กำหนดให้ Interface ระหว่าง DTE กับ Synchronous DCE ซึ่งใช้RS-232C มีคุณลักษณะทางไฟฟ้ามาตรฐานเดียวกัน

RS-366 มาตรฐาน Interface ระหว่างอุปกรณ์ Automatic calling Unit (ACU) กับ DTE

RS-422 กำหนดคุณลักษณะทางไฟฟ้าของ balanced Voltage digital interface circuit

RS-423 กำหนดคุณลักษณะทางไฟฟ้าของ Unbalanced Voltage Digital interface circuit

RS-423 กำหนดคุณลักษณะทางไฟฟ้าของ Unbalanced Voltage digital interface circuit

RS-449 EIA RS-449 เป็นมาตรฐานซึ่งกำหนดคุณลักษณะทาง mechanical ซึ่ง Interface ระหว่าง DTE กับ DCE โดยให้มีมาตรฐานตามข้อกำหนดทางไฟฟ้าเป็นไปตาม RS-422 and RS-423 RS-449 แบบ 37 position connector สำหรับทุก ๆ interchange circuit ยกเว้น secondary channel ซึ่งจะมี connector แบบ 9 position แยกต่างหากสำหรับ 9 position connector นี้จะต้องใช้เมื่อ secondary channel อยู่ด้วยความเร็วในการสื่อสารสำหรับ Interface นี้อนุญาตให้ส่งได้ด้วยความเร็ว 2 Mbit/sec และความยาวของสาย Cable ระหว่าง DTE กับ DCE อนุญาตให้ยาวถึง 200 ฟุต

4.1.1 <u>มาตรฐาน RS-232C</u>

โดยปกติไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ตที่เป็นแบบอนุกรม เรียกชื่อกันว่า RS-232C อยู่ในตัวเองอยู่แล้ว หลายเครื่องไม่มีมากับเครื่อง อย่างเช่น IBM PC จำเป็นต้องมีการ์ดที่เรียกว่าอะซิงโครนัสอะแดปเตอร์ (Asynchronous Communication Adapter) มาเสียบใส่

พอร์ต RS-232 นี้ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลในแบบอนุกรมเรียกว่า Universal Asynchronous Adapter เหตุที่มีชื่อเรียกว่า RS-232C ก็เนื่องจากสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกาหรือ EIA ได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์การสื่อสารแบบอนุกรมเอาไว้ภายใต้ชื่อว่า RS-232C ความจริงมาตรฐานของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีหลายมาตรฐานแต่ที่นิยมกันมากที่สุดสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ก็คือ RS-232C และในการทำวิทยานิพนธ์นี้ก็ได้เลือกมาตรฐานของ RS-232C มาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่สำคัญของการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสก็คือ

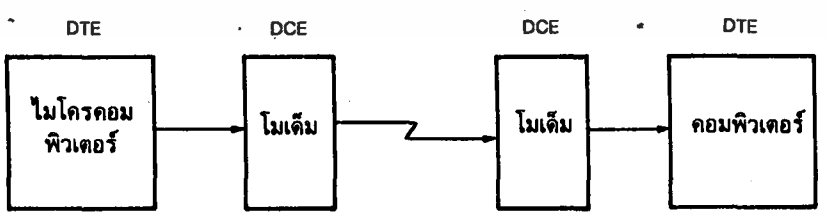
รับสัญญาณ

1. เปลี่ยนสัญญาณเข้ามาแบบอนุกรมให้เป็นแบบขนาน
2. ตรวจสอบความผิดพลาดของสัญญาณที่รับ
3. ตัดสต๊อปบิทและพาริตี้บิทออก
4. ส่งสัญญาณให้ซีพียูรู้ว่ารับสัญญาณไว้แล้ว

ส่งสัญญาณ

1. เปลี่ยนสัญญาณแบบขนานจากซีพียูค่อยทยอยส่งออกเป็นแบบอนุกรม
2. เพิ่มสต๊อปบิทและพาริตี้บิท
3. เพิ่มสัญญาณควบคุมโมเด็มที่ต่อเชื่อม (ถ้ามี)

มาตรฐาน RS-232C ได้จัดพิมพ์ขึ้นเมื่อ ปี ค.ศ. 1969[5] โดยสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา RS ย่อมาจาก Recommened Standard ส่วน 232 เป็นหมายเลขบ่งบอกของมาตรฐานตัวนี้ C เป็นหมายเลขของฉบับท้ายสุดของมาตรฐานตัวนี้ จุดประสงค์ของมาตรฐานตัวนี้ก็เพื่อบรรยายคุณลักษณะของการเชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง (Data Terminal Equipment DTE) กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล (Data Communication Equipment DCE) สำหรับผู้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ DTE ก็หมายถึงตัวไมโครคอมพิวเตอร์ และ DCE ก็หมายถึงโมเดม อุปกรณ์อื่น ๆ เช่น เครื่องพิมพ์ที่รับสัญญาณแบบอนุกรมอาจจะเป็นได้ทั้ง DTE และ DCE ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต ข้อแตกต่างของ DTE และ DCE จะเห็นได้จาก รูปที่ 4.1 จากรูปนี้เราจะเห็นว่า RS-232C มีส่วนสำคัญอย่างใหญ่หลวงสำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.1 การใช้ RS-232C เชื่อมต่ออุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

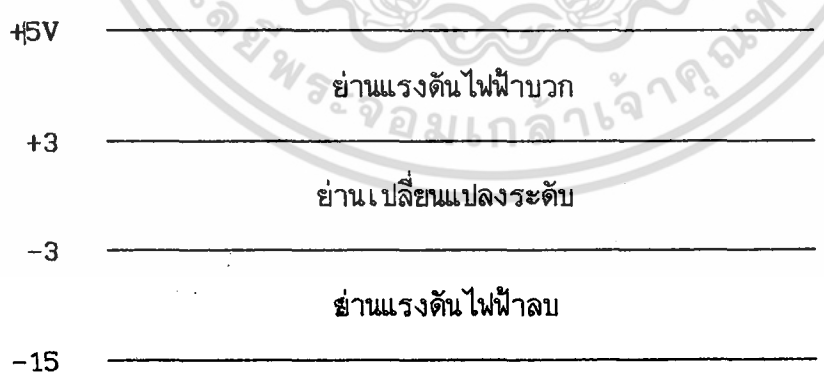
ความเร็วและระยะทางของการเชื่อมต่อ RS-232C สามารถเชื่อมต่อการถ่ายโอนข้อมูลได้จาก 0-20,000 บิตต่อวินาที ซึ่งเพียงพอสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดอัตราบอด 110 ถึง 9,600 บอด ความยาวของสายเชื่อมต่อโดยสัญญาณตามมาตรฐานของ RS-232 จำกัดอยู่แค่ 50 ฟุต ซึ่งเพียงพอสำหรับการสื่อสารไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์รอบนอก

ลักษณะของสัญญาณ RS-232C

เพื่อเป็นหลักประกันว่าข้อมูลถูกส่งออกไปอย่างถูกต้อง และอุปกรณ์ถูกควบคุมอย่างถูกต้องจำเป็นจะต้องมีข้อตกลงกันในเรื่องของสัญญาณที่ใช้ มาตรฐาน RS-232C กำหนดย่านของแรงดันไฟฟ้าในสัญญาณเพื่อสนองจุดประสงค์ข้างบน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ รูป 4.2

ตารางที่ 4.1

มาตรฐานของการใช้แรงดันไฟฟ้า			
แรงดันไฟฟ้า	สถานภาพลอจิก	สถานภาพของสัญญาณ	ฟังก์ชันในการควบคุม
บวก ลบ	0 1	สเปซ มาร์ค	ออน ออฟ



รูปที่ 4.2 ย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS-232C

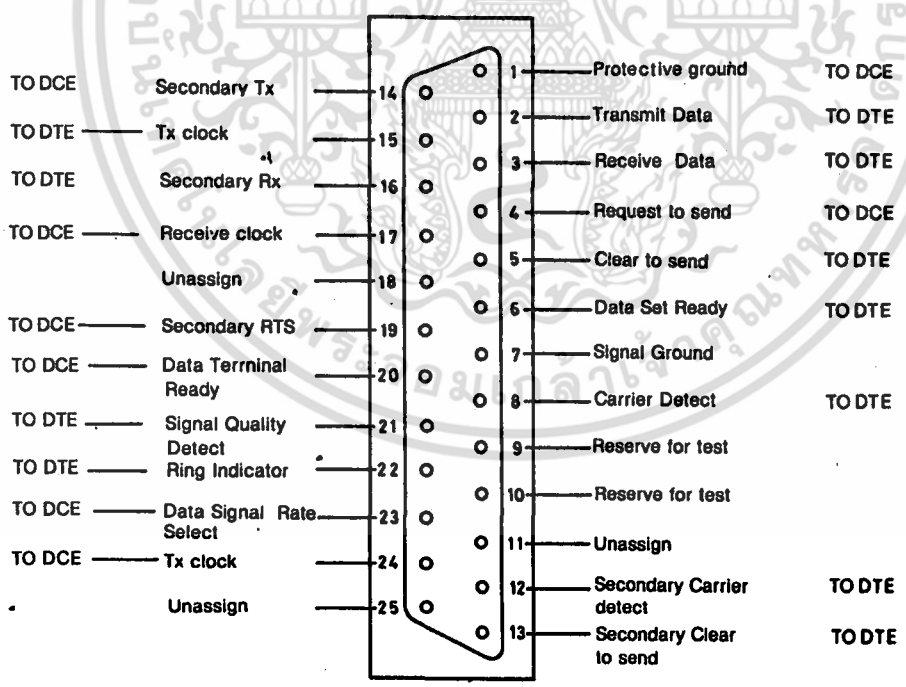
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์บางเครื่อง ใช้แต่สัญญาณลอจิกออกมาเป็นสัญญาณของ RS-232C เลย อย่างเช่น อะซิงโครนัสอะแคปเตอร์ของ IBM PC ในกรณีเช่นนี้ ระยะทางของสายที่เชื่อมต่ออาจจะไปได้สั้นกว่า 50 ฟุต ดังที่กล่าวเอาไว้เนื่องจากระดับของกราวนด์เปลี่ยนแปลงไป อันเนื่องจากการสูญเสียไปในความต้านทานของสาย ผู้ที่เคยใช้ IBM PC อาจจะเคยประสบกับปัญหานี้มาแล้วว่า เอ๊ะทำไมต่อสัญญาณ RS-232C เกินกว่า 10 ฟุต แล้วใช้งานไม่ได้ แต่อย่างไรก็ตาม RS-232 ของ IBM PC ยังมีโอกาสให้เลือกใช้ 20 มิลลิแอมแปร์ กระแสวนกลับแทนแรงดันไฟฟ้า (20 mA loop)

การกำหนดจุดข้อต่อของ RS-232C

ในทางฟิสิกส์แล้ว มาตรฐานของ RS-232C กำหนดข้อต่อแบบ DB-25 แต่ละขาของข้อต่อกำหนดไว้ดังรูปที่ 4.3 อย่างไรก็ตามผู้ผลิตไมโครคอมพิวเตอร์อาจจะใช้ข้อต่อชนิดอื่นที่นอกเหนือไปจาก DB-25 ยกตัวอย่างเช่น Fujitsu F-8 IBM AT, IBM Jr เป็นต้น ตัวเมียของข้อต่อควรจะอยู่ที่ตัวโมเด็ม ขณะที่ตัวผู้ควรจะอยู่ที่ Asynchronous communication adapter หรือที่ตัวไมโครคอมพิวเตอร์เอง

สัญญาณต่าง ๆ ถูกมอบหมายให้ทำหน้าที่ดังนี้



รูปที่ 4.3 การกำหนดของข้อต่อ RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transmit Data (TD ขาที่ 2)

เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก DTE (หรือตัวไมโครคอมพิวเตอร์) ไปยังโมเด็มหรือต่อเข้าโดยตรงกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่น หรือเครื่องพิมพ์ เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออก สถานภาพของลอจิกที่ขานี้จะมีค่าเท่ากับ "1" หรือเทียบเท่ากับสต๊อปบิต.

Receive Data (RD ขาที่ 3)

เป็นทางของสัญญาณเข้าไปยัง DTE หรือไมโครคอมพิวเตอร์เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามา ขานี้จะมีสถานภาพทางลอจิก เป็น "1"

Request To Send (RTS ขาที่ 4)

ใช้สำหรับส่งสัญญาณไปยังโมเด็มหรือเครื่องพิมพ์เป็นการเรียกร้องที่จะส่งสัญญาณมาทางขา 2 สัญญาณนี้ใช้คู่กับ CTS หรือ Clear to send อุปกรณ์รับหากได้รับสัญญาณ RTS จะตรวจสอบตัวเองว่าพร้อมจะรับสัญญาณได้หรือยัง หากพร้อมที่จะรับก็ส่งสัญญาณออกไปที่สาย CTS

Clear To Send (CTS ขาที่ 5)

ดังอธิบายไว้ใน RTS เมื่อสัญญาณนี้อยู่ในสถานะออฟ (negative voltage หรือลอจิก "1") หมายความว่า อุปกรณ์รับกำลังบอกว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว

Data Set Ready (DSR ขาที่ 6)

เมื่อสัญญาณสายนี้อยู่ในสถานะออน (หรือลอจิก 0) เป็นการบอกไมโครคอมพิวเตอร์หรือฝ่ายส่งว่า โมเด็มต่อเข้ากับสายโทรศัพท์เรียบร้อยแล้วและพร้อมที่จะส่งได้แล้ว โมเด็มที่มีการหมุนหมายเลขอัตโนมัติจะส่งสัญญาณตามสายนี้ไปบอกให้คอมพิวเตอร์รู้ว่าต่อโทรศัพท์ได้สำเร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Signal Ground (SG ขาที่ 7)

SG ทำหน้าที่เป็นระดับแรงดันอ้างอิงสำหรับทุก ๆ สายของสัญญาณ จะมีแรงดันเป็น "0" เมื่อเทียบกับสัญญาณตัวอื่น

Carrier Detect (CD ขาที่ 8)

โมเด็มจะส่งสัญญาณที่อยู่ในสถานะออน (ลอจิก "0") ไปบอกไมโครคอมพิวเตอร์เมื่อได้รับสัญญาณจากโมเด็มของอีกฝ่ายหนึ่ง สัญญาณนี้จะนำไปจุด LED บอกว่าได้รับสัญญาณจากโมเด็มอีกฝ่ายหนึ่งแล้ว ไฟ LED จะอยู่บนหน้าปัดของโมเด็มเอง

Data Terminal Ready (DTR ขาที่ 20)

คอมพิวเตอร์เปิดสัญญาณสายนี้ให้ออน (ลอจิก "0") เมื่อพร้อมที่จะติดต่อกับโมเด็ม โมเด็มส่วนมากจะไม่รายงานสถานภาพของตัวเอง (CD, USR และ CTS) ให้คอมพิวเตอร์รู้ หากคอมพิวเตอร์ไม่เปิดสัญญาณ DTR

Ring Indicator (RI ขาที่ 22)

สัญญาณนี้ใช้ในโมเด็มที่เป็นระบบตอบได้อัตโนมัติ (Auto-answer) สัญญาณนี้จะออนเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งมา และออฟระหว่างเสียงดังของกระดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 คุณลักษณะโดยย่อยของสัญญาณ RS-232C

Driver output logic levels with	15V > 0 > 5V
3k to 7k load	-5 > 0 > -15V
Driver output voltage when open circuit	Vo < 25 V
Driver output impedance with Power off	R_o > 300 Ohms
Output short circuit current	I_o < 0.5 A
Driver slew rate	dv/dt < 30 V/s
Receiver input impedance[5]	7k > R_{in} > 3k
Receiver input voltage	+15 compatible with driver
Receiver output with open circuit input	MARK
Receiver output with +3V input	SPACE
Receiver output with -3V input	MARK
+15	LOGIC 0 = SPACE =
+ 5	CONTROL ON
+ 5	Noise Margin
+ 3	
+ 3	Transition Region
- 3	
- 3	Noise Margin
- 5	
- 5	LOGIC 1 = MARK =
-15	CONTROL OFF

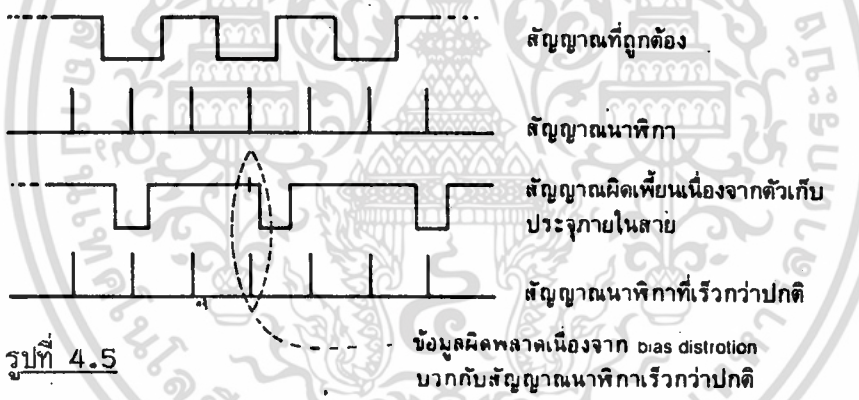
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 มาตรฐาน RS-422 และ RS-423

จุดอ่อนของ EIA RS-232C พอสรุปได้ 3 ประการ

1. ใช้ระดับแรงดันไฟเลี้ยง -15 โวลต์ นอกเหนือ -5 โวลต์ ซึ่งใช้ในวงจรลอจิก

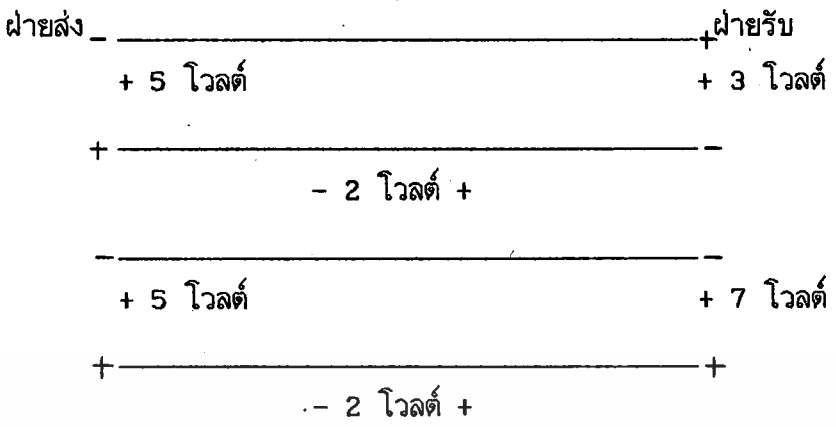
2. ค่าตัวเก็บประจุของอุปกรณ์รับสัญญาณ RS-232 รวมทั้งตัวเก็บประจุสเตย์ (Stay capacitance) ในสายจะต้องไม่มากกว่า 2500 pf สายที่รวมกันหลาย ๆ สายส่วนมากจะมีตัวเก็บประจำสเตย์ประมาณ 40-50 pf ต่อ 1 ฟุต ดังนั้นสายนี้จะต่อได้ยาวสุด 50 ฟุต ก่อนที่ค่าตัวเก็บประจุสเตย์จะมากกว่า 2500 pf ถ้าหากตัวเก็บประจุสเตย์มากกว่าที่กำหนดนี้ ช่วงเวลาการเปลี่ยนแปลงระดับของสัญญาณจะมากกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ ตามที่ยอมให้ได้ในมาตรฐาน RS-232C เมื่อเป็นเช่นนี้จะทำให้ฝ่ายรับตีความสัญญาณผิดไปจากความเป็นจริงมาร์ก บิท (MARK bit) จะยาวกว่าสเปซ บิท (SPACE bit) หรือ สเปซ บิท ยาวกว่ามาร์กบิท ขึ้นอยู่กับวงจรการตรวจสอบการผิดเพี้ยนแบบนี้เรียกว่า "Bias distrotion" รูปที่ 4.5 แสดงถึงการตีความข้อมูลที่ผิดของฝ่ายรับอันเนื่องจาก bias distrotion และสัญญาณนาฬิกาเร็วกว่าปกติ



รูปที่ 4.5

3. ปัญหาที่ 3 เป็นปัญหาทางสัญญาณไฟฟ้า ที่ EIA ไม่แก้เอาไว้สำหรับวงจรที่ใช้ IC ก็คือปัญหาเรื่องกราวนด์ที่แตกต่างกันตามมาตรฐาน EIA สัญญาณที่ส่งออกเทียบกับกราวนด์ของเครื่องส่งเท่านั้น ถ้าหากเครื่องรับกับเครื่องส่งมีระดับแรงดันกราวนด์แตกต่างกัน สมมติว่า 2 โวลต์ กระแสที่ไหลในเส้นที่เป็นกรวนด์ (ขา 7) ก็จะเกิดขึ้น สมมติความต้านทานของสายเป็น 0 ความต่างศักย์ที่เกิดจากกระแสกราวน์ก็จะไม่มี ความต่างศักย์ของกราวน์ระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่งก็จะคงเท่าเดิม ระดับของสัญญาณที่ฝ่ายส่งและฝ่ายรับมองเห็นก็แตกต่างกัน ตัวอย่างในรูปที่ 4.6 สมมติว่าระดับของแรงดันกราวนด์ต่างกัน 2 โวลต์ ฝ่ายส่งใส่แรงดันเข้าไป 5 โวลต์ ฝ่ายรับจะมองเห็นแค่ 3 โวลต์เท่านั้น ในทางกลับกันถ้าฝ่ายส่งใส่แรงดัน -5 โวลต์ ฝ่ายรับจะมองเห็นเป็น -7 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

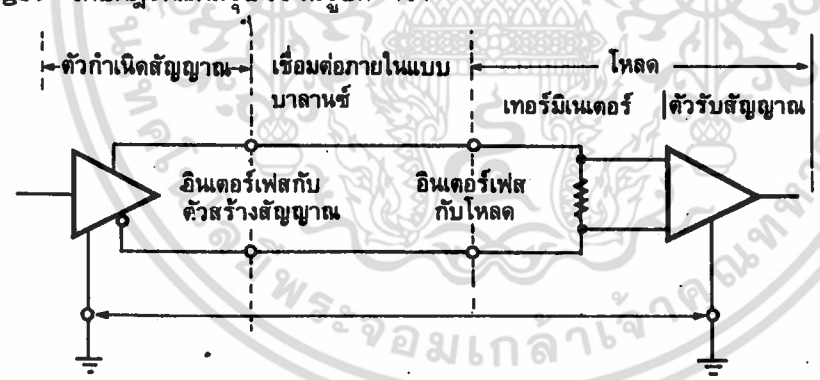


รูปที่ 4.6 ผลของระดับสัญญาณกราวด์ที่แตกต่างกัน

ความต่างศักย์ของกราวด์จะคงที่ 2 โวลต์ ไม่ว่าฝ่ายส่งจะใส่แรงดันเข้าไปเท่าไหร่ก็ตาม ผลของกราวด์ที่แตกต่างกันนี้อาจจะเกิดมาจากสถานีรับและสถานีส่งมีระบบไฟฟ้าที่กราวด์แตกต่างกันก็ได้

เนื่องจากตระหนักถึงปัญหาเหล่านี้ EIA ได้ออกมาตรฐานออกมาใหม่ 2 มาตรฐาน คือ RS-422 หรือ RS-423

ใน RS-422 แก้ปัญหา RS-232 โดยการส่งสัญญาณแบบแรงดันบาลานซ์ (Balance Voltage) โดยกฎเกณฑ์สรุปไว้ในรูปที่ 4.7



Rt = ความต้านทานของสายนำสัญญาณ

Vg = ความต่างศักดากับกราวนด์

A,B = จุดเชื่อมต่อกับตัวกำเนิดสัญญาณ

A′,B′ = จุดเชื่อมต่อโหลด

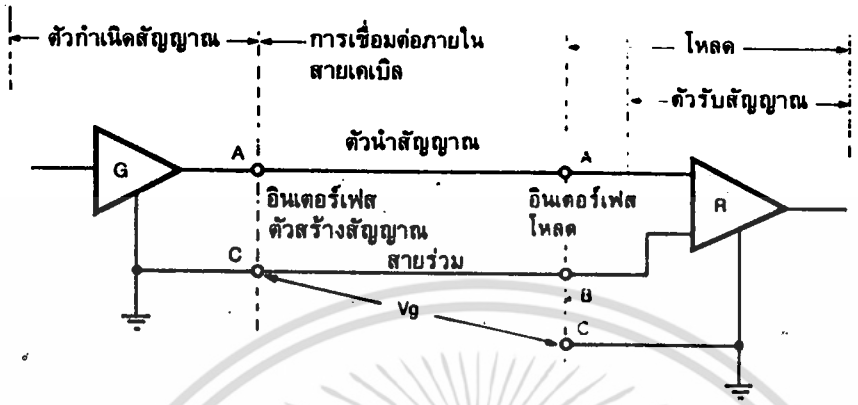
C = กราวนด์ของวงจรสร้างสัญญาณส่งออก

C′ = กราวนด์ของวงจรโหลด

รูปที่ 4.7 RS 422 วงจรการเชื่อมต่อสัญญาณดิจิตอลแบบบาลานซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS-423 เป็นการแก้ปัญหาอีกวิธีหนึ่งโดยการส่งสัญญาณแบบแรงดันไม่บาลานซ์ (Unbalance voltage) กฎเกณฑ์สรุปเอาไว้ในรูปที่ 4.8



A,C = อินเตอร์เฟสกับตัวกำเนิดสัญญาณ

A′,B′ = อินเตอร์เฟสกับโหลด

C′ = กราวนด์ของวงจรโหลด

C = กราวนด์ของวงจรสร้างสัญญาณ

Vg = ศักดาแตกต่างระหว่างกราวนด์ของโหลดและตัวสร้างสัญญาณ

รูปที่ 4.8 วงจรการเชื่อมต่อดิจิตอลแบบไม่บาลานซ์

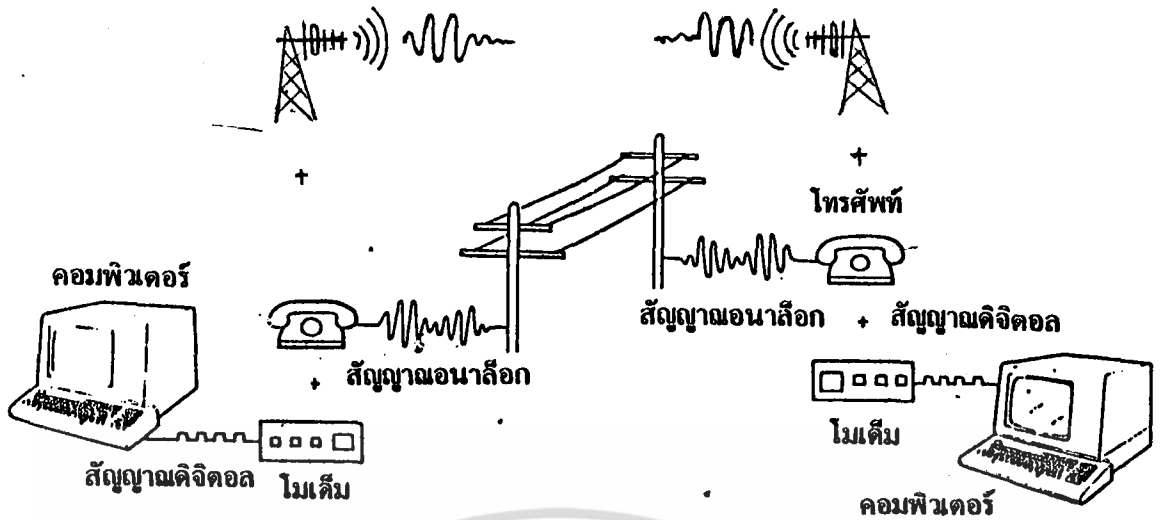
ในเครื่อง IBM PC หากใช้อะแดปเตอร์สื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส มีหนทางให้เลือกในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น 2 แบบ คือ แบบแรงดันตามกฎเกณฑ์ของ RS-232C (แต่แรงดันแค่ 0 ถึง 5 โวลต์) และแบบกระแสวนรอบ เพื่อขยายระยะทางของสายให้มากขึ้น

4.2 โมเด็ม (MODEM)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ร่วมระหว่างขบวนการโมดูเลท และดีโมดูเลท (Modulate/DEModulate) นั่นเอง[2] ซึ่งบางทีก็อาจจะเรียกว่าเป็น "ตัวแปลงสัญญาณ" (Signal Converter) ก็ได้ โดยเป็นอุปกรณ์ที่ทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลที่ส่งออกมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เป็นสัญญาณเสียง (Voice Signal) เพื่อส่งผ่านไปในตัวกลาง โดยต้องผ่านขบวนการโมดูเลทก่อน

ส่วนทางคอมพิวเตอร์ด้านรับก็จะมีการต่ออุปกรณ์โมเด็มคั่นไว้ เมื่อโมเด็มด้านรับ ๆ สัญญาณเสียงเข้ามา ก็จะทำการแปลงสัญญาณเสียงให้กลับไปเป็นสัญญาณดิจิตอล (โดยใช้ขบวนการดีโมดูเลท) ก่อนที่จะส่งผ่านไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงการเชื่อมต่อของโมเด็มในระบบสื่อสารข้อมูล

ในระบบที่นำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้ในการสื่อสารข้อมูลนั้น เราทราบแล้วว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปจะมีพอร์ท (Port) หรือช่องทางการรับ/ส่งข้อมูล ดังนั้นคอมพิวเตอร์ต้นทางก็จะส่งข้อมูลผ่านพอร์ทอินพุท/เอาท์พุทแบบอนุกรม (Serial I/O Port) ออกไป ซึ่งพอร์ทอินพุท/เอาท์พุทแบบอนุกรมนี้จะต่อเข้ากับจุดเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-232C ต่อเข้ากับสายเคเบิลผ่านไปยังโมเด็ม เมื่อสัญญาณในแบบอนุกรมเข้ามายังโมเด็ม ก็จะถูกโมดูเลทให้อยู่ในลักษณะของสัญญาณอนาล็อกแล้วส่งผ่านเข้าไปในสายโทรศัพท์ที่เรียกกันว่า Public Telephone Network หรือระบบสื่อสารอื่น ๆ เมื่อถึงด้านรับโมเด็มทางด้านรับก็จะทำการดีโมดูเลทสัญญาณอนาล็อกแล้วเปลี่ยนกลับมาเป็นสัญญาณดิจิตอลพร้อมที่จะส่งเข้าไปยังเทอร์มินัลต่าง ๆ ต่อไปได้ ในลักษณะองค์ประกอบที่จะทำให้ระบบทั้งหมดปฏิบัติงานได้ถูกต้อง พร้อมเพรียงกัน ก็จะต้องมีซอฟท์แวร์ควบคุมระบบ (System) ที่สอดคล้องกันทั้งทางด้านส่งและรับ แต่ก็มีข้อยกเว้นในกรณีที่บางระบบมีการใช้โมเด็มประเภทมัลติฟังก์ชั่น (Multifunction) ออโตไดแอล (Autodial) หรือโมเด็มชนิดมัลติไลน์ (Multiline) ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้สามารถที่จะโปรแกรมหรือป้อนข้อมูลสั่งให้อุปกรณ์เหล่านี้ปฏิบัติงานในลักษณะที่เราต้องการได้

4.2.1 ชนิดของโมเด็ม

1. โมเด็มแบบคัปปลิ้งทางเสียง (Accustic Coupled)

โมเด็มชนิดนี้จะต่อเข้ากับเครื่องโทรศัพท์โดยการคัปปลิ้งทางเสียงสามารถตอบรับต่อเรียกและทำการเรียกโดยอัตโนมัติ (Auto dial/Auto Answer) ได้ในรูปที่ 4.10 จะเห็นว่ามีลูกถ้วยที่ทำด้วยยาง (foam Cup) ส่วนนี้จะเป็นช่องทางรับเสียงเข้ามาและทำหน้าที่กั้นสัญญาณรบกวนที่มากับสัญญาณเสียงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

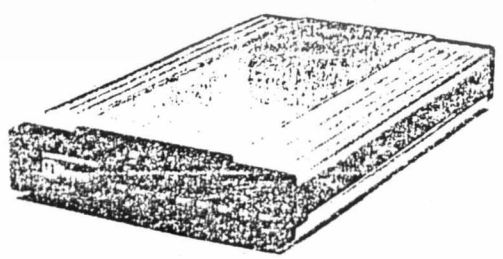
ข้อดีของโมเด็มแบบนี้คือ มีราคาถูกและสามารถต่อเข้ากับสายโทรศัพท์ในกรณีที่ไม่สามารถต่อสายโทรศัพท์เข้ากับโมเด็มแบบต่อโดยตรง (Direct Connect) ได้ระบบที่ใช้งานโมเด็มแบบนี้ส่วนใหญ่จะเป็นระบบ Tele-Conferenceing หรือบางทีอาจจะใช้กับงานทางด้านใช้ข้อมูลในฐานข้อมูล เมื่อคอมพิวเตอร์หลักกับเทอร์มินัลอยู่ห่างกัน สำหรับระบบที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันตลอดเวลา และมีการสั่งงานโปรแกรมอยู่บ่อย ๆ มักจะไม่นิยมใช้โมเด็มแบบนี้

2. โมเด็มแบบต่อโดยตรง (Direct Connect)

โมเด็มแบบนี้ต่อเข้ากับสายโทรศัพท์ ดังนั้นจึงมีความสามารถในการตอบรับสัญญาณโทรศัพท์ที่เรียกเข้ามาได้โดยอัตโนมัติ เรียกว่า Auto-answer ได้ดังในรูปที่ 4.11 นอกจากนี้ยังสามารถทำการต่อหรือส่งสัญญาณเรียก (Calling Signal) หรือ Auto-dial ได้คือตัวโมเด็มจะสร้างสัญญาณเรียก (dialing signal) ไปยังศูนย์กลางของระบบสวิชชิ่งได้

นอกจากนี้ระบบยังต้องเกี่ยวข้องอยู่กับซอฟท์แวร์ที่ทำการควบคุมการตอบรับ การส่งสัญญาณเรียกเพื่อทำให้การจัดการต่าง ๆ ไม่สับสน

รูปที่ 4.10 โมเด็มชนิด Acoustic Coupled



รูปที่ 4.11 โมเด็มชนิด Direct connect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การแบ่งชนิดของโมเด็ม

การแบ่งชนิดของโมเด็มตามลักษณะการทำงาน

ในกรณีนี้จะยึดเอาความเร็วของการส่งข้อมูลและเทคนิคของการโมดูเลทเป็นหลัก ถ้าพูดถึงความเร็วของข้อมูลที่ส่งเรามักจะต้องเข้าใจถึงอัตราการส่งข้อมูลในลักษณะบิทต่อวินาที (bPS : bit per second) และอัตราโบด (Baud Rate) โดยที่

อัตราโบด หมายถึง หน่วยของอัตราการส่งสัญญาณดิจิตอลที่แทนข่าวสารข้อมูลคิดต่อ 1 วินาที

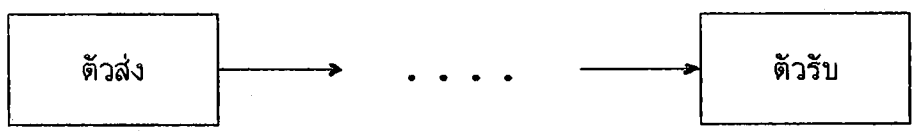
บิทต่อวินาที หมายถึง จำนวนของเลขไบนารี (ประกอบด้วย 0 กับ 1 ที่แทนข้อมูลซึ่งถูกส่งออกไปใน 1 วินาที

เช่น ในกรณีที่ส่งข้อมูลออกไปโดยให้ 1 เวิร์ด มีขนาดเป็น 1 บิท และส่งข้อมูลออกไป 1 บิท/วินาที (bPS) ในลักษณะเช่นนี้ก็ถือได้ว่าอัตราโบดมีค่าเท่ากับ 16 โบด แต่ถ้าหากว่ามีการใช้เทคนิคที่เพิ่มจำนวนบิทที่ส่งต่อวินาที เช่น อาจจะมีการรวมเอา 2 บิท มาไว้เข้าเป็นบิท ๆ เดียวในลักษณะนี้จำนวนบิทข้อมูลที่ส่งออกไปจะเป็น 2 บิท/วินาที คือมีความเร็วสูงขึ้น ดังนั้นอัตราโบดจึงมีค่าเป็น 8 โบดเท่านั้น

การแบ่งชนิดของโมเด็มตามวิธีการส่งผ่านข้อมูล

ในกรณีที่เราจะกล่าวถึงโครงสร้างของระบบที่จะนำเอาโมเด็มไปต่อเข้ากับตัวกลางการส่งผ่านข้อมูล (Communication Lines) ซึ่งจะแบ่งออกได้เป็น

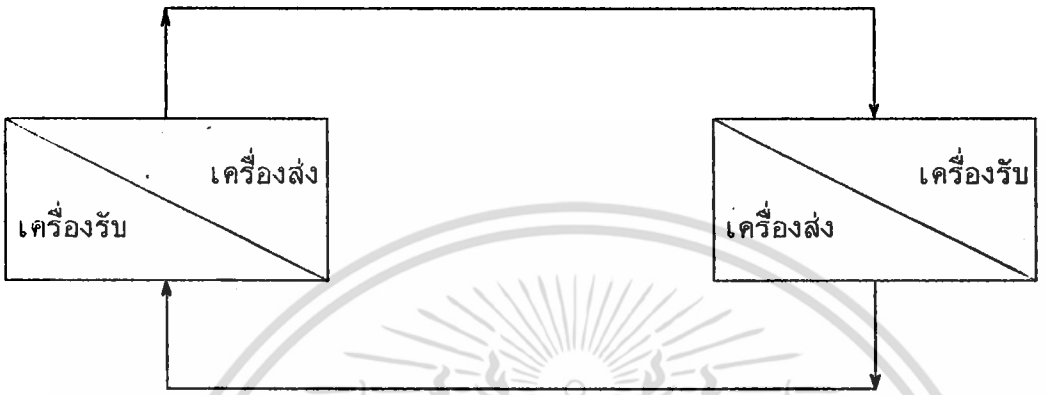
1. แบบซิมเพล็กซ์ (Simplex) : ดังรูปที่ 4.12 เป็นการส่งแบบที่เทอร์มินัลแต่ละด้านจะเป็นเฉพาะตัวส่งหรือตัวรับอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น เช่น ระบบสื่อสารวิทยุและทีวี เป็นต้น



รูปที่ 4.12 แสดงการส่งข้อมูลแบบซิมเพล็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. <u>แบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์</u> (Halfduplex) : ดังรูปที่ 4.13 วิธีนี้จะมีวิธีสลับทิศทางการไหลของข้อมูลให้กลับทางกันได้ โดยใช้อุปกรณ์ปลายสายที่พัฒนาขึ้นมาให้มีความสามารถทั้งรับและส่งได้ แต่มีข้อแม้ว่าตัวส่ง/ตัวรับจะทำงานพร้อมกันไม่ได้ในเครื่องเดียวกัน นั่นคือถ้าด้านหนึ่งเป็นเครื่องส่งอีกด้านหนึ่งจะต้องเป็นเครื่องรับ



<u>รูปที่ 4.13</u> การส่งข้อมูลแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์

3. <u>แบบฟูลดูเพล็กซ์</u> (Fullduplex) : ดังรูปที่ 4.14 วิธีนี้เป็นวิธีที่สมบูรณ์ที่สุด คือ ทั้งทางด้านส่งสามารถจะทำการส่งและรับข้อมูลพร้อม ๆ กันได้ในเวลาเดียวกัน เช่น ระบบโทรศัพท์

<u>รูปที่ 4.14</u> การส่งข้อมูลแบบฟูลดูเพล็กซ์

การแบ่งชนิดของโมเด็มตามอัตราส่งข้อมูล

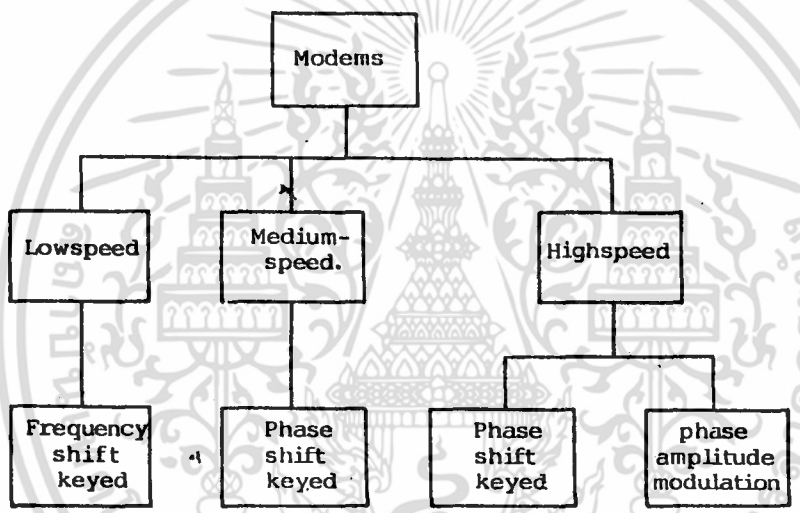
1. <u>อัตราการส่งข้อมูลต่ำ</u> (Low-Speed)
   อัตราการส่งข้อมูลไม่เกิน 600 bps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. <u>อัตราการส่งข้อมูลปานกลาง</u> (Medium-speed)
   มีอัตราการส่งข้อมูลระหว่าง 1200 ถึง 9600 bps
3. <u>อัตราการส่งข้อมูลสูง</u> (High-speed)
   มีอัตราการส่งข้อมูลมากกว่า 9600 bps

การแบ่งชนิดของโมเด็มตามเทคนิคการโมดูเลท

1. ฟรีเควนซี่ชิฟคีย์อิ้ง (Frequency Shift Keying : FSK)
2. เฟสชิฟคีย์อิ้ง (Phase Shift Keying : PSK)
3. เฟสแอมปลิจูดโมดูเลชั่น (Phase Amplitude Modulation:PAM)



<u>รูปที่ 4.15</u> การแบ่งชนิดของโมเด็ม

โมเด็มชนิดอัตราการส่งข้อมูลต่ำ

The Bell 103 Modem :

เป็นโมเด็มชนิดที่มีอัตราการส่งข้อมูลต่ำ สำหรับความสามารถของ Bell 103 อาจจะสรุปได้ว่าประกอบด้วย

1. สามารถทำงานได้ทั้งเป็นออริจิเนติ้ง (Originating) หรือแอนเซอร์ริ่ง (Answering) หรือ CY lead-Controlled ก็ได้ สำหรับ
   Originating หรือ ในระบบโทรศัพท์เรียกว่า เป็นผู้เรียก นั่นเอง
   Answering หรือ ในระบบโทรศัพท์เรียกว่า เป็นผู้ตอบรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CY lead-Controlled หมายถึง เป็นการทำงานของโมเด็มที่สามารถเปลี่ยนแปลงโหมดของการทำงานเป็นผู้เรียก หรือผู้ตอบรับก็ได้ โดยใช้ซอฟท์แวร์ควบคุมการทำงานผ่าน RS-232 ขา 11

2. จะยกเลิกการเชื่อมต่อ (ตัดสายโทรศัพท์) ทันทีถ้าสัญญาณ incoming carrier หายไป

3. สามารถที่จะสร้างสัญญาณเอาท์พุทให้มีระดับตามที่ต้องการได้ และสามารถปรับให้มีอัตราส่วนของสัญญาแข้อมูลต่อสัญญาณรบกวน (Signal-to-noise ratio) และคุณลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าตามที่ต้องการได้

4. สามารถสร้างระดับเสียง (tone) สัญญาณพัลส์ที่ถูกต้องเพื่อใช้ในการเรียก/ต่อ โทรศัพท์ไปยังสถานที่ไกล ๆ ได้ ซึ่งสัญญาณดังกล่าวนี้จะต้องสอดคล้องกับสัญญาณที่ใช้ในเครือข่ายโทรศัพท์ หรือ PSTN (Package Switch Telephone Network) การทำงานในลักษณะนี้เรียกว่าเป็นการทำงานแบบเรียกโทรศัพท์อัตโนมัติ (Auto dial)

5. มีความสามารถที่จะใช้ซอฟท์แวร์ควบคุมการบ่งบอกสถานะขณะนั้น ๆ เพื่อตอบรับต่อการเรียกที่เรียกเข้ามาว่า ขณะนี้โทรศัพท์ไม่ว่าง

นอกจากคุณลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว Bell-103 โมเด็มยังสามารถใช้งานร่วมกับการทำงานที่เป็นข้อยกเว้นพิเศษของสัญญาณควบคุมตามมาตรฐาน RS-232C ได้อีกด้วย

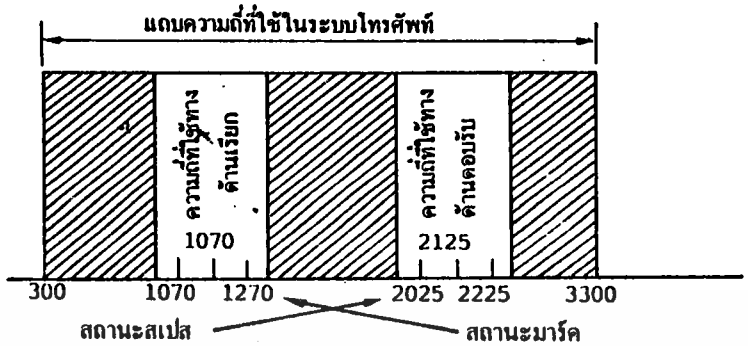
การกำหนดความถี่ของด้านผู้เรียกกับผู้ตอบรับ

สัญญาณดิจิตอลประกอบด้วยสัญญาณ 2 สถานะคือ 0 กับ 1 ดังนั้นระดับโวลเตจหนึ่งแทน 0 อีกระดับโวลเตจหนึ่งก็จะแทนด้วย 1 เช่นกัน จึงได้มีการกำหนดความถี่ของสัญญาณเพื่อใช้แทนระดับโวลเตจของทางด้านผู้เรียกกับผู้ตอบรับ ซึ่งต้องใช้ต่าง ๆ กัน 4 ความถี่เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนของสัญญาณ (ในกรณีที่มีการสื่อสารแบบฟูลดูเพล็กซ์) โดยทางด้านส่งจะต้องใช้ความถี่ของสัญญาณ 2 ค่า เพื่อแทนโวลเตจระดับ 1 กับระดับ 0 และทางด้านรับก็เช่นเดียวกันแต่ความถี่อีก 2 ค่าที่ใช้จะต่างกัน ในกรณีของ Bell-103 ได้มีการกำหนดความถี่ของสัญญาณที่ใช้ไว้ดังนี้คือ

ความถี่ 1070 Hz สำหรับทางด้านส่ง แทนลอจิก 0
ความถี่ 1270 Hz สำหรับทางด้านส่ง แทนลอจิก 1
ความถี่ 2025 Hz สำหรับทางด้านรับ แทนลอจิก 0
ความถี่ 2225 Hz สำหรับทางด้านรับ แทนลอจิก 1

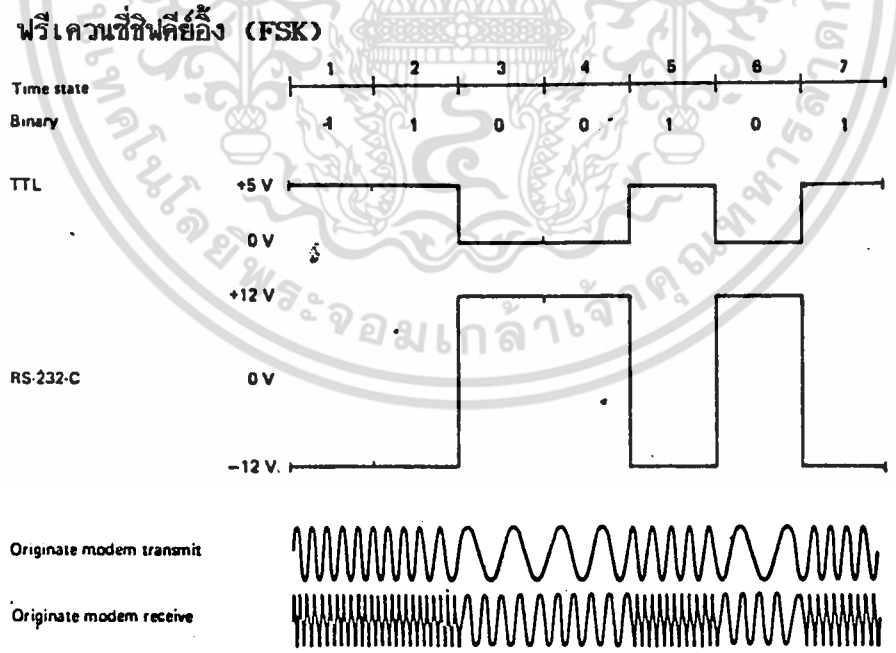
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแสดงเป็นแถบความถี่ได้ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 แสดงแบนด์วิดท์ของความถี่ที่กำหนดให้ใช้ในโมเด็มชนิด Bell-103 โดยใช้งานร่วมกับ PSTN ได้

จากรูปที่ 4.16 จะเห็นว่าความถี่ที่ระบุมานั้นจะต้องมีความสัมพันธ์กันระหว่างโมเด็มทางด้านส่ง (Originate Modem) ที่ทำการส่งสัญญาณด้วยความถี่ ๆ หนึ่ง ส่วนโมเด็มทางด้านรับ (Answer Modem) ก็จะรับสัญญาณความถี่ค่านั้นเข้ามาแล้วตอบกลับไปด้วยสัญญาณที่ความถี่อีกค่าหนึ่ง ซึ่งเทคนิคในการนำสัญญาณดิจิตอลมาโมดูเลทเข้ากับสัญญาณอนาล็อกแล้วส่งผ่านตัวนำออกไป เราเรียกว่า เทคนิคของ FSK หรือ Frequency Shift Keying



รูปที่ 4.17 แสดงสัญญาณที่เกิดจากการส่งอักษร S ด้วยเทคนิคการโมดูเลท (รวมถึงวิธี FSK ด้วย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่าเทคนิค FSK นำมาใช้ในการส่งสัญญาณดิจิตอลได้อย่างไร ในกรณีนี้สมมติว่าเราต้องการจะส่งอักษร S ออกไป ในรหัสแอสกี้ (ASCII) แทนตัวอักษร S ด้วยเลข 53H หรือ 53 ในฐานสิบหก หรือในฐานสองแทนด้วย 1010011 นั่นเอง ดังนั้นในบรรทัดแรกแสดงถึงสถานะเวลา (Time State) ของสัญญาณดิจิตอลที่แทนเลข 101011 ขนาด 7 บิทตามมาตรฐานของรหัสแอสกี้ และส่งออกไปแบบอนุกรม

ในบรรทัดต่อมาแสดงถึงสัญญาณดิจิตอลที่แทนรหัสฐานสอง 1010011 โดยมีบิทต่ำสุด (Least Significant Bit : LSB) อยู่ทางซ้ายมือ

ในบรรทัดที่ 3 แสดงถึงสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จาก TTL (Transistor Transistor Logic) เพราะอุปกรณ์จำพวก TTL ใช้กับระดับไฟที่ 5 โวลต์ กับ 0 โวลต์ ดังนั้นจึงแทนลอจิก 1 ด้วยระดับไฟ 5 โวลต์ และลอจิก 0 ด้วยระดับไฟ 0 โวลต์

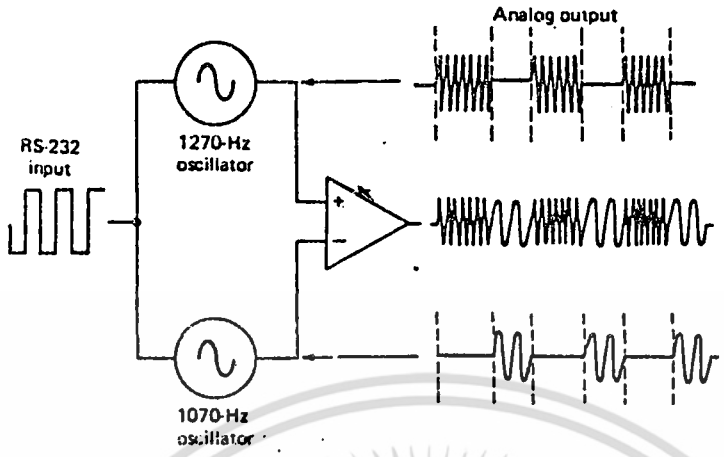
ในบรรทัดที่ 4 แสดงถึงสัญญาณที่ต่อผ่านพอร์ท RS-232C ออกมาโดยใช้กับไฟระดับ +12 โวลต์ และ -12 โวลต์ ดังนั้นจึงแทนลอจิก 0 ด้วยระดับไฟ +12 โวลต์ และลอจิก 1 ด้วยระดับไฟ -12 โวลต์

สำหรับในสองบรรทัดสุดท้ายแสดงถึงสัญญาณที่ผ่านการโมดูเลทด้วยเทคนิค FSK ซึ่งส่งผ่านระหว่างโมเด็มจะสังเกตเห็นว่าในกรณีของเทคนิค FSK นี้ ถ้าระดับลอจิกของสัญญาณมีค่าเป็น 1 ความถี่ของสัญญาณที่ผ่านการโมดูเลทจะสูงขึ้นและถ้าระดับลอจิกของสัญญาณมีค่าเป็น 0 ความถี่ก็จะลดลง ในรูปนี้ความถี่กำหนดเพียงคร่าว ๆ เท่านั้น จากที่กล่าวมาแล้วว่าสัญญาณที่ส่ง/รับใน Originate Modem และ Answer Modem นั้นจะต่างกันในกรณี Originate Modem จะส่งสัญญาณ 2 บิทแรกที่มีระดับลอจิกเป็น 1 ออกไปด้วยความถี่ของสัญญาณที่ผ่านการโมดูเลทแล้วเท่ากับ 1270 Hz ส่วนในบิทที่ 3 และ 4 แทนลอจิก 0 จะส่งออกไปด้วยความถี่ 1070 Hz และในบิทที่ 5 และ 7 ก็จะถูกส่งออกไปด้วยความถี่ 1270 Hz ส่วนในบิทที่ 6 ก็จะถูกส่งด้วยความถี่ 1070 Hz ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเทคนิคของ FSK ก็คือเทคนิคในการโมดูเลทสัญญาณดิจิตอลด้วยวิธีฟรีเควนซี่โมดูเลทชั่น (FM) นั่นเอง

แต่ในสถานะที่ Originating Modem ทำหน้าที่รับสัญญาณเข้ามา ความถี่ของสัญญาณที่แทนลอจิก 4 คือ ในบิทที่ 1,2,5 และบิทที่ 7 จะถูกโมดูเลทส่งออกมาด้วยความถี่ 2225 Hz ส่วนในบิทที่ 3,4 และบิทที่ 6 จะถูกโมดูเลทส่งออกมาด้วยความถี่ 2025 Hz ซึ่งจุดสำคัญก็คือป้องกันการรบกวนกันระหว่างสัญญาณจาก Originating และ Asnwering ในสายส่งนั่งเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเด็มทรานสมิทเตอร์ (Modem Transmitter)



รูปที่ 4.18 โครงสร้างในการกำเนิดสัญญาณ FSK

จากรูปที่ 4.18 จะเห็นว่าในโมเด็มจะประกอบไปด้วยออสซิลเลเตอร์ที่กำเนิดสัญญาณพาหะ (carrier) ด้วยความถี่ 1270 Hz และ 1070 Hz โดยที่ออสซิลเลเตอร์ตัวบนจะทำงานเมื่อสัญญาณที่เข้ามีระดับโวลเตจเกิน 5 โวลต์ ส่วนออสซิลเลเตอร์ตัวล่างจะทำงาน และตัวบนจะหยุดทำงานเมื่อระดับโวลเตจของสัญญาณที่เข้ามาเกินกว่า +5 โวลต์ เมื่อรับเอาท์พุทที่ออกจากพอร์ท RS-232C เข้ามายังอินพุทของออสซิลเลเตอร์ก็จะสามารถทำให้ออสซิลเตอร์ทั้งสองตัวทำงานได้ดังนี้

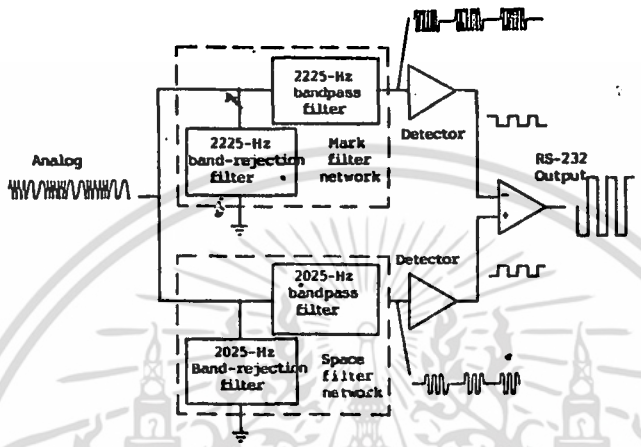
เมื่อสัญญาณที่ผ่านพอร์ท RS-232C เข้ามามีระดับโวลเตจเท่ากับ -12 โวลต์ ออสซิลเตอร์ที่ผลิตสัญญาณพาหะความถี่ 1270 Hz ก็จะทำงานแต่ออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตสัญญาณพาหะความถี่ 1070 Hz หยุดทำงาน เราทราบแล้วว่าระดับโวลเตจ -12 V จะแทนลอจิก 1 และเมื่อผ่านการโมดูเลทแล้วความถี่ 1270 Hz ทางด้านโมเด็มทรานมิตเตอร์ก็จะแทนลอจิก 1 นั่นเอง ดังนั้นจากรูปที่ 4.17 จะแสดงถึงการแปลงสัญญาณจากพอร์ท RS-232C ที่แทนลอจิก 1 ไปเป็นสัญญาณข้อมูลที่แทนลอจิก 1 เช่นกัน

สำหรับในกรณีที่สัญญาณข้อมูลที่จะส่งมีระดับโวลเตจเป็น +12 โวลต์ ออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตความถี่ 1070 Hz ก็จะทำงานแทนและทำการผลิตสัญญาณที่แทนลอจิก 0 ออกมา หลังจากนั้นจึงทำการรวมสัญญาณเอาท์พุทจากออสซิลเลเตอร์ทั้งสองตัวเข้าด้วยกัน โดยเข้าไปยังอินพุทของออปแอมป์ (Operational Amplifier) ก็จะทำให้ได้สัญญาณที่เอาท์พุทเป็นสัญญาณโมดูเลททันที จากรูปจะเห็นว่าสัญญาณข้อมูลก็ยังมีลอจิกเป็น 1 หรือ 0 เช่นเดิม แต่เปลี่ยนรูปแบบจากระดับโวลเตจไปอยู่ในรูปของความถี่แทน คือถ้าเป็นลอจิก 1 ก็จะมีความถี่ของสัญญาณ 1270 Hz และถ้าเป็นลอจิก 0 จะมีความถี่เป็น 1070 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเด็มรีซีฟเวอร์ (Modem Receiver)

เมื่อสัญญาณที่ส่งออกมาจากโมเด็มทางด้านส่งผ่านขบวนการโมดูเลทแล้ว เมื่อมาถึงโมเด็มทางด้านรับ สัญญาณเหล่านี้ก็จะผ่านขบวนการดีโมดูเลทแยกเอาสัญญาณพาหะออกจากสัญญาณข้อมูลแล้วผ่านสัญญาณข้อมูลไปใช้งานต่อไป



รูปที่ 4.19 โครงสร้างการทำงานของโมเด็มรีซีฟเวอร์

จากรูปที่ 4.19 จะแสดงถึงวิธีการในการแปลงสัญญาณอนาล็อก (ที่ส่งผ่านสายโทรศัพท์เข้ามา) กลับไปเป็นสัญญาณที่จะส่งต่อผ่านเข้าไปยังพอร์ท RS-232C ต่อไป เราทราบแล้วว่าโมเด็มทางด้านรับจะแทนสัญญาณลอจิก 1 ด้วยความถี่ 2225 Hz และแทนสัญญาณลอจิก 0 ด้วยความถี่ 2025 Hz ดังนั้นในรูปที่ 4.19 ข้างต้น จึงได้แสดงถึงบล็อกไดอะแกรมของวงจรในโมเด็มทางด้านรับ จะเห็นว่าสัญญาณที่ส่งผ่านสายโทรศัพท์แล้วต่อเข้าที่อินพุทของโมเด็มนั้นเป็นสัญญาณที่ประกอบด้วยความถี่สองความถี่ต่างกัน ดังนั้นจึงต้องทำการแยกความถี่ของสัญญาณนี้ออกจากกันก่อน โดยผ่านวงจรฟิลเตอร์ (Filter) สองวงจรซึ่งหน้าที่ของวงจรฟิลเตอร์หรือวงจรกรองความถี่นี้ก็คือ ทำการแยกสัญญาณที่ประกอบด้วยความถี่หลาย ๆ ค่าออกจากกัน แล้วส่งต่อไปยังส่วนของวงจรที่ทำงานตอบสนองต่อสัญญาณความถี่นั้นเพียงค่าเดียวต่อไป

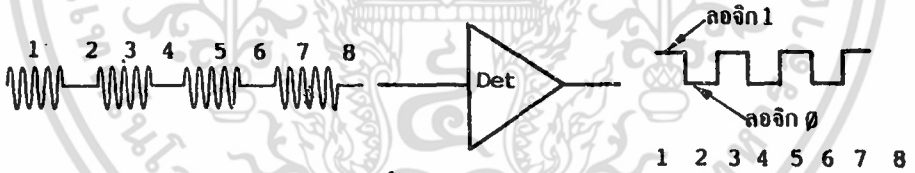
จากรูปที่ 4.19 วงจรส่วนบนประกอบด้วยวงจรฟิลเตอร์สองวงจรแยกกันโดยทำการกรองเอาความถี่ค่าอื่น ๆ ออกไป ยกเว้นสัญญาณความถี่ 2225 Hz และแถบความถี่แคบ ๆ ที่ใกล้เคียงกับ 2225 Hz ไว้ ซึ่งหน้าที่ของแบนด์รีเจคชั่นฟิลเตอร์ ก็คือมีลักษณะเป็นตัวต้านทานต่อสัญญาณความถี่ 2225 Hz ซึ่งหมายความว่าสัญญาณที่รับเข้ามานั้นถ้ามีความถี่เป็นค่าอื่น ๆ นอกจาก 2225 Hz แล้ว ก็จะผ่านฟิลเตอร์ส่วนนี้แล้วไหลลงจุดกราวด์ไป (เอาท์พุทของแบนด์รีเจคชั่นฟิลเตอร์ จะต่อลงจุดกราวนด์ บางทีจึงเรียกว่า Notch Filter) ส่วนสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ 2225 Hz ซึ่งผ่านฟิลเตอร์ส่วนนี้ไม่ได้ก็จะผ่านเข้าไปยังแบนด์พลาสฟิลเตอร์ (Bandpass Filter) ต่อไป ซึ่งการทำงานของแบนด์พาสฟิลเตอร์นี้ก็คือ จะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ 2225 Hz เท่านั้นที่ผ่านไปได้ ส่วนสัญญาณความถี่อื่นก็จะถูกกรองเอาไว้ ดังนั้นวงจรฟิลเตอร์ส่วนบนก็มีการทำงานเพื่อต้องการกรองเอาสัญญาณความถี่ 2225 Hz ไปผ่านออกที่เอาท์พุทของแบนด์พลาสฟิลเตอร์นั่นเอง

ส่วนในกลุ่มวงจรฟิลเตอร์ส่วนล่างนั้นก็มีการทำงานในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน แต่ต่างกันที่มีการทำงานตอบสนองต่อสัญญาณความถี่เป็น 2025 Hz คือการทำงานผลสุดท้ายก็เพื่อต้องการกรองเอาความถี่อื่น ๆ ที่ไม่ใช่ 2025 Hz ไว้แล้วปล่อยให้สัญญาณความถี่ 2025 Hz ผ่านไปออกที่เอาท์พุทของแบนด์พาสฟิลเตอร์

เมื่อได้กรองเอาความถี่ที่ต้องการคือ ความถี่ 2225 Hz (ซึ่งแทนลอจิก 1) และความถี่ 2025 Hz (แทนลอจิก 0) ได้แล้วก็จะต่อเอาท์พุทของฟิลเตอร์แบนด์พาสแต่ละตัวเข้ากับวงจรอีกส่วนหนึ่งซึ่งเรียกว่า "ดีเทคเตอร์" (Detector) หน้าที่ของวงจรดีเทคเตอร์ก็คือการทำดีโมดูเลทสัญญาณ เพื่อแยกเอาสัญญาณพาหะและสัญญาณข้อมูลออกจากกัน แล้วจึงผ่านเอาสัญญาณข้อมูลไปใช้ จากในวงจรรูปที่ 4.19 เมื่อมีสัญญาณรูปไซน์ (Sine wave) ผ่านเข้าไปยังวงจรดีเทคเตอร์ ก็จะสร้างระดับแรงดันเอาท์พุทเป็นบวกออกมา แต่ในขณะที่ไม่มีสัญญาณไซน์ป้อนเข้ามาระดับแรงดันเอาท์พุทของดีเทคเตอร์ก็จะมีค่าเป็นศูนย์ นั่นคือการทำงานดังรูป 4.20



รูปที่ 4.20 การทำงานของดีเทคเตอร์

ซึ่งจะหมายความว่าที่ช่วงสัญญาณ 1,3,5 และ 7 ซึ่งมีความถี่ของสัญญาณไซน์เป็น 2225 Hz เมื่อผ่านวงจรดีเทคเตอร์ออกมาก็จะมีระดับลอจิก 1 ส่วนในช่วงสัญญาณ 2,4,6 และ 8 เมื่อผ่านดีเทคเตอร์ออกมาจะมีระดับลอจิกเป็น 0 จากรูปที่ 4.19 เราจะสังเกตเห็นว่าดีเทคเตอร์แต่ละตัวมีการทำงานเพื่อสร้างสัญญาณดิจิตอลโดยมีเฟสของสัญญาณต่างกันคือ วงจรดีเทคเตอร์ตัวบนจะสร้างสัญญาณลอจิก 1 ออกมาก็เมื่อสัญญาณไซน์ที่อินพุทแทนสถานะ Mark หรือลอจิก 1 หรือมีความถี่ 2225 Hz แต่วงจรดีเทคเตอร์ตัวล่างจะสร้างสัญญาณลอจิก 1 ออกมาก็ต่อเมื่อสัญญาณไซน์ที่อินพุทแทนสถานะ Space หรือลอจิก 0 หรือความถี่ 2025 Hz เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

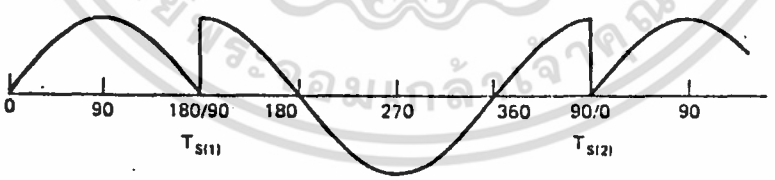
ในส่วนของวงจรภาคต่อไปก็จะเป็นการรวมเอาสัญญาณดิจิตอลจากเอาท์พุทของดีเทคเตอร์เข้าด้วยกันโดยใช้ออฟแอมป์ (Operational Amplifier) ซึ่งหน้าที่ของออปแอมป์หรือ op-Amp นี้ก็คือทำการรวมสัญญาณดิจิตอลจากสองแหล่งเข้าด้วยกัน แล้วเปลี่ยนสัญญาณให้อยู่ในรูปของสัญญาณมาตรฐานที่สามารถส่งผ่านพอร์ท RS-232C (+12 โวลต์) ซึ่งวิธีการในการเปลี่ยนสัญญาณดังกล่าวนี้ ก็โดยการต่อเอาท์พุทของสเปส (Space) ดีเทคเตอร์ (หรือดีเทคเตอร์ตัวล่าง) เข้ากับขา + หรือขานอนอินเวิทติ้ง (Non - inverting) ของ op-Amp และต่อเอาท์พุทของมาร์ค (Mark) ดีเทคเตอร์ (ดีเทคเตอร์ตัวบน) เข้ากับขาอินเวอร์ทติ้ง (Inverting) หรือขาลบของ op-Amp ซึ่ง op-Amp จะสร้างสัญญาณเอาท์พุทขึ้นมาโดย

เมื่อเอาท์พุทของสเปสดีเทคเตอร์ แอคทีฟ op-Amp จะสร้างระดับแรงดันค่า + ขึ้นที่เอาท์พุท

เมื่อเอาท์พุทของมาร์กดีเทคเตอร์ แอคทีฟ op-Amp จะสร้างระดับแรงดันค่า - ขึ้นที่เอาท์พุท

เฟสชิฟคีย์อิ้ง (PSK)

เฟสชิฟคีย์อิ้ง คือ เฟสของสัญญาณพาหะจะเปลี่ยนไปตามสัญญาณดิจิตอลที่เข้ามา คือถ้าระดับลอจิกของสัญญาณเปลี่ยนจาก 0 ไปเป็น 1 เฟสของสัญญาณพาหะก็จะเปลี่ยนไป 90°



รูปที่ 4.21 หลักการของมุมเฟส และ PM

(a) สัญญาณไซน์ที่เดินทางไป 1 คาบเวลา (period)

(b) สัญญาณไซน์สองสัญญาณที่มีความต่างเฟสกัน 90°

(c) สัญญาณที่มีเฟสเลื่อนไป 90°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.21 จะเห็นว่าเฟสของสัญญาณหลังจาก 180 องศา แล้วควรจะเป็น 270 องศา แต่สัญญาณจะกลับเฟสไปเป็น 90° แทน เช่นที่เวลา Ts(1) และที่เวลา Ts(2) เฟสของสัญญาณในช่วงต่อไปควรจะเป็น 180 องศา แต่ปรากฏว่าเฟสของสัญญาณกลับมีค่าเป็น 0 องศา เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่าการเลื่อนเฟสจะมีค่าเป็น 90 องศานั่นเอง

ในลักษณะเช่นนี้ ถ้าเราสามารถเลื่อนเฟสของสัญญาณไซน์ออกไปเป็นค่าต่าง ๆ เช่น อาจจะต่าง ๆ กันสี่ค่า ประสิทธิภาพของโมเด็มย่อมจะสูงขึ้น ซึ่งในโมเด็มชนิดที่ใช้เทคนิค PSK ก็ใช้หลักการนี้เช่นกัน เช่นในโมเด็ม Bell 201 B มีการเลื่อนสัญญาณไปเป็น 45°, 135°, 225° และ 315° ซึ่งค่าของเฟสที่เลื่อนไปจะสัมพันธ์กับการวนรอบของเฟสอื่น ๆ ด้วย มุมเฟสต่าง ๆ กันทั้ง 4 ค่านี้จะใช้แทนบิทข้อมูลได้ 2 บิท (แทนที่จะเป็น 1 บิท เช่นใน FSK) คือเป็นค่า 00,01,10 และ 11 ตามลำดับ ซึ่งการเรียงบิทในลักษณะนี้เรียกว่า dibits ซึ่งมีผลดีคือ เป็นเทคนิคที่ทำให้สามารถเพิ่มอัตราโบดได้สูงยิ่งขึ้น เช่น ถ้าโมเด็มสามารส่งข้อมูลในอัตรา 600 dibits / วินาที (600 โบด) ก็จะมีค่าเท่ากับโมเด็มส่งข้อมูลด้วยอัตรา 1200 บิท/วินาที ในปัจจุบันขีดความสามารถของโมเด็มได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างมาก เช่น โมเด็มรุ่น Bell 201C มีความสามารถในการเลื่อนมุมเฟสได้ต่าง ๆ กันถึง 8 ค่า ซึ่งในมุมเฟสค่าหนึ่งใช้แทนบิทข้อมูลได้ 3 บิท ในกรณีนี้อัตราการส่งข้อมูลยิ่งสูงขึ้นอย่างมาก สามารถส่งข้อมูลได้ถึง 4800 บิท/วินาที เช่นในกรณีนี้อัตราของสัญญาณในสายส่ง (Line Signaling rate) มีค่าเป็น 1600 โบด โมเด็มจะมีอัตราการส่งข้อมูลได้ถึง 4800 บิท/วินาที รายละเอียดดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.3

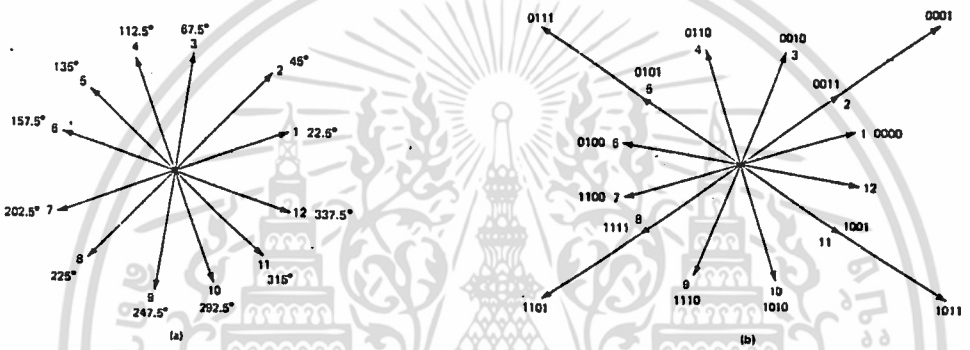
ตารางที่ 4.3

Modulation technique	Line Signaling rate, bauds	Bit rate, bps
FSK	n (300)	n (300)
Dibits	n (1200)	2n (2400)
Tribits	n (1200)	8n (9600)
Quadbits	n (1200)	16n (19,200)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟสแอมปลิจูดโมดูเลชั่น (PAM)

เป็นเทคนิคที่เกิดจากการรวมเอาสัญญาณโมดูเลทที่เกิดจากเทคนิค PSK และ AM เข้าด้วยกัน ทำให้ได้อัตราการส่งสูงขึ้นคือสามารถส่งบิทข้อมูลได้ถึง 16 แบบต่าง ๆ กัน ดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 PAM a) มุมเฟสต่าง ๆ กัน 12 มุม
b) การเข้ารหัสขนาด 4 บิท

ในรูปที่ 4.22 จะเห็นว่ามีการแบ่งมุมเฟสออกเป็น 12 มุม สำหรับใช้ในการโมดูเลทแบบ PAM และถ้าเราเพิ่มขนาดของแอมปลิจูดให้แก่มุมเฟส 4 มุม จากทั้งหมดทำให้มุมเฟส 4 มุมที่เราเพิ่มแอมปลิจูดเข้าไปนั้น มีแอมปลิจูดถึง 2 ค่า ดังนั้นเกิดมุมเฟสขึ้นอีก 4 ค่ารวมเป็น 16 ค่า ดังรูป 4.22(b) ซึ่งมุมเฟสแต่ละค่าก็ถูกใช้ในการแทนข้อมูลกลุ่มหนึ่ง เพราะฉะนั้นจึงสามารถแทนกลุ่มข้อมูลได้ทั้งหมด 16 แบบต่าง ๆ กัน ดังนั้นเทคนิควิธีนี้จึงทำให้อัตราการส่งข้อมูลขึ้นถึง 9600 บิทต่อวินาทีส่วนใหญ่โมเด็มประเภทนี้จะใช้กับการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วิธีการตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลที่ส่งออกไป

ในการติดต่อระหว่างจุดสองจุดนั้น ระหว่างการส่งสัญญาณหรือข้อมูลอาจจะมีสัญญาณที่ไม่ต้องการอันเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ แทรกซ้อนเข้าในสัญญาณข้อมูลที่กำลังส่ง ทำให้สัญญาณที่รับมามีรูปแบบผิดไป สัญญาณรบกวนหรือนอยซ์ อาจจะมาจากสาเหตุหลาย ๆ ประการด้วยกัน เช่น การเกิดฟ้าแลบ การเกิดไฟฟ้าดับ การซ่อมคู่สายตลอดจนผลจากแรงเคลื่อนไฟฟ้า หรือสนามแม่เหล็กจากสายหรืออุปกรณ์อื่น ๆ ซึ่งคอมพิวเตอร์ไม่สามารถแยกสัญญาณรบกวนออกจากสัญญาณที่ส่งได้ เมื่อคอมพิวเตอร์รับสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนแทรกซ้อนอยู่เข้ามาคอมพิวเตอร์จะไม่สามารถแยกได้เลยว่าส่วนไหนเป็นสัญญาณรบกวน นอกเสียจากว่าเราจะเพิ่มข่าวสารเข้าไปเพื่อตรวจดักข้อผิดพลาดโดยเฉพาะ

4.3.1 การบั่นทอนของสัญญาณ

เราอาจจะแบ่งสิ่งที่รบกวนในการสื่อสารและทำให้สัญญาณถูกบั่นทอนลงไปได้เป็น 2 ชนิดคือ การบั่นทอนที่เป็นรูปแบบ (Systematic Distortion) และการบั่นทอนแบบบังเอิญ (Fortuitous Distortion)

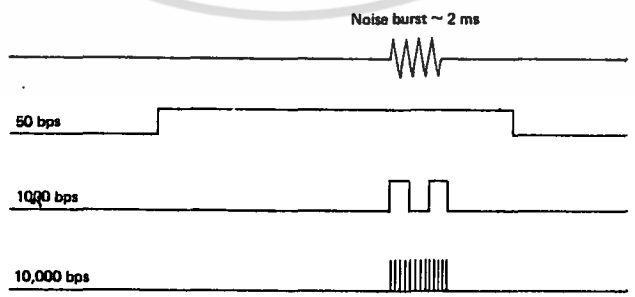
การบั่นทอนที่เป็นรูปแบบ

การบั่นทอนในลักษณะนี้จะเกิดขึ้นทุกครั้งที่มีการส่งสัญญาณชุดหนึ่งไปตามแชนแน็ลที่กำหนด เช่น สัญญาณพัลส์ที่ส่งจะถูกทำให้ความกว้างลดลงทุกครั้ง หรือถูกบั่นทอนในลักษณะที่แน่นอนทุกครั้ง ความถี่ของสัญญาณถูกรบกวนในลักษณะเดียวกันทุกครั้ง เป็นต้น

การบั่นทอนแบบบังเอิญ การบั่นทอนในลักษณะนี้ไม่ได้เกิดขึ้นทุกครั้งแต่จะเกิดแบบตามยถากรรม (Random) และเราไม่สามารถทำนายได้ว่าจะเกิดขึ้นเมื่อใด

4.3.2 อัตราการเกิดข้อผิดพลาด

อัตราการเกิดข้อผิดพลาดในระบบสื่อสารข้อมูลนั้นจะแปรไปตามความเร็วของการส่งรูป 4.23 แสดงถึงผลของการเกิดสัญญาณรบกวน (Noise burst) ขนาด 2 มิลลิวินาที (millisecond) ต่อสัญญาณที่ส่งในความเร็วต่าง ๆ กัน



รูปที่ 4.23 ผลของการเกิดสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณที่ส่งในความเร็วที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการรับสัญญาณนั้นเครื่องรับจะรับสัญญาณมาและสุ่มตัวอย่าง (Sample) สัญญาณในช่วงที่ใกล้กึ่งกลางมากที่สุดของบิทแต่ละบิท ฉะนั้นหากสัญญาณมีความเร็ว 50 บิทต่อวินาที ฉะนั้นความกว้างของบิทแต่ละบิทจะมีขนาด 20 มิลลิวินาที ในกรณีเช่นนี้หากสัญญาณรบกวนเกิดในช่วงปลายของบิทข้อมูล เมื่อการสุ่มตัวอย่างเกิดขึ้นที่กึ่งกลางจึงเปรียบเสมือนว่าสัญญาณรบกวนนี้จะไม่รบกวนข้อมูลที่รับได้เลย

ถ้าหากเราเพิ่มความเร็วในการส่งข้อมูลเป็น 1000 บิทต่อวินาที แต่ละบิทจะมีความกว้าง 1 มิลลิวินาที ฉะนั้นความกว้างของสัญญาณรบกวนขนาด 2 วินาที จึงทำให้เกิดเป็นบิท 2 บิท แต่ถ้าเราเพิ่มความเร็วให้สูงขึ้นไปอีก 10,000 บิทต่อวินาที ก็จะเปรียบเสมือนมีบิทเพิ่มขึ้น 20 บิท สำหรับการรบกวนของสัญญาณขนาด 2 มิลลิวินาที ซึ่งบิทรบกวนที่เกิดขึ้นนี้บิทใดบิทหนึ่งหรือหลาย ๆ บิทจะรบกวนข้อมูลที่ส่ง กล่าวคือ ในสายสำหรับการสื่อสารเส้นหนึ่ง เมื่ออัตราความเร็วการส่งสูงขึ้นความผิดพลาดที่เกิดจะสูงตามไปด้วย ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะโมเด็มที่ใช้กับการส่งความเร็วสูง ๆ จะใช้เทคนิคการมอดูทที่สลับซับซ้อนมากขึ้นและประกอบกับการที่นอยซ์เพียงตัวเดียวก็อาจจะไปแทรกซ้อนในบิทของข้อมูลจำนวนมาก ๆ ทำให้ข้อมูลเกิดผิดพลาดไปได้

ตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงอัตราการเกิดความผิดพลาดที่อาจจะมีได้โดยการเลือกสายส่งใด ๆ มาจากสายของข่ายสายโทรศัพท์แล้วส่งข้อมูลไปตามสายนั้นด้วยความเร็วต่าง ๆ กัน

ความเร็วของการส่ง (bps)	อัตราการเกิดความผิดพลาด
1200	1 ใน 20,000
2400	1 ใน 10,000
9600	1 ใน 1,000 ถึง 1 ใน 10,000

ตารางที่ 4.3 อัตราการเกิดความผิดพลาดในการส่งความเร็วต่าง ๆ

จากอัตราการเกิดความผิดพลาดในตาราง 4.3 นั้นทำให้บางประเทศกำหนดความเร็วในการส่งสูงสุดไว้ 1200 บิท/วินาที เพราะว่าอัตราการเกิดความผิดพลาดที่สูงเกินกว่า 1 ใน 100,000 ถึง 1 ใน 200,000 นั้นเป็นอัตราที่ยอมไม่ได้ในการสื่อสารข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการสื่อสารข้อมูลนั้นอาจจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในการสื่อสาร การลดข้อผิดพลาดหรือแก้ไขไม่ให้มีความผิดพลาดเกิดขึ้นในการสื่อสารเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด การปฏิบัติเกี่ยวกับความผิดพลาดโดยทั่ว ๆ ไป นั้นเรากระทำใน 2 ลักษณะ คือ

(1) การตรวจหาข้อผิดพลาด

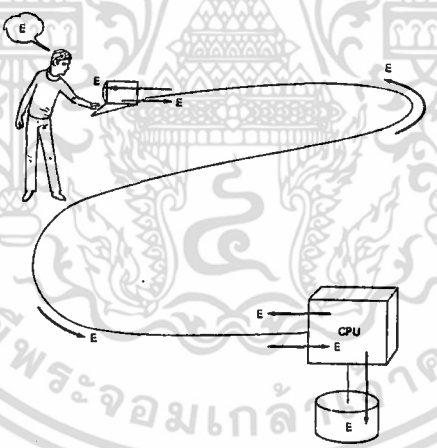
(2) การแก้ไขข้อผิดพลาด

4.3.3 <u>การตรวจหาข้อผิดพลาด</u>

การตรวจหาข้อผิดพลาดในระบบสื่อสารข้อมูล จะใช้การเพิ่มตัวรหัสตรวจสอบ (Redundancy) เข้าไปในข้อมูลที่ทำการส่งผ่าน และระบบตรวจสอบข้อผิดพลาดส่วนมากจะมีการตกลงกันเป็นเงื่อนไขไว้ก่อน ระหว่างการเพิ่มข้อมูลที่เป็นตัวตรวจสอบ และเปอร์เซ็นต์ของข้อผิดพลาดที่จะตรวจพบ

1. <u>การใช้เทคนิคการสท้อนกลับ</u>

เทคนิคการสท้อนกลับ (Echo Technique) หรือบางครั้งเรียกว่าเอคโคเพล็กซ์ (Echoplex) ลักษณะของการตรวจข้อผิดพลาดวิธีนี้ จะใช้การสท้อนกลับของข้อมูลที่ส่ง ตัวอย่างเช่นการป้อนข้อมูลเข้าไปยังคอมพิวเตอร์ โดยใช้เครื่องพิมพ์ข้อมูลหรืออุปกรณ์จอภาพ ดังแสดงในรูปที่ 4.24



<u>รูปที่ 4.24</u> เทคนิคการสะท้อนกลับ

จากรูป 4.24 เมื่อป้อนข้อมูลผ่านทางแป้นพิมพ์ของอุปกรณ์ปลายแบบจอภาพที่ต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์เมื่อผู้ใช้ป้อนข้อมูลเข้าไป อุปกรณ์ปลายก็จะทำการส่งข้อมูลนั้นไปยังคอมพิวเตอร์ เมื่อคอมพิวเตอร์รับข้อมูลมาแล้วก็อาจจะนำไปเก็บในอุปกรณ์ความจำ จากนั้นคอมพิวเตอร์ก็จะส่งข่าวสารดังกล่าวกลับ (หรือสท้อนกลับ) ตามสายสื่อสารเดิมไปยังอุปกรณ์ปลาย เมื่ออุปกรณ์ปลายได้ข่าวสารที่กลับมาก็จะนำมาแสดงให้เห็น ผู้ใช้ก็อาจจะบอกได้ว่าตัวอักษรที่ปรากฏนั้นเป็น

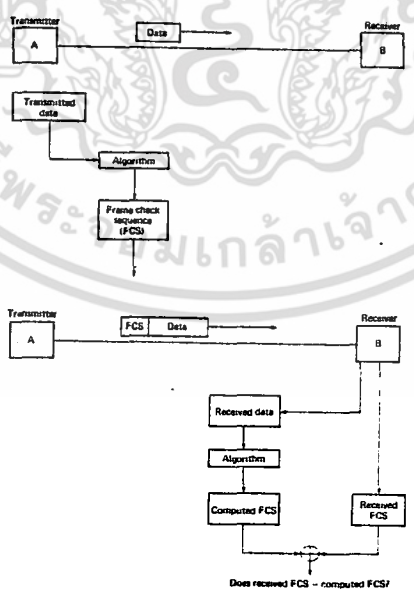
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเดียวกับที่ป้อนเข้าไปหรือไม่ หากเกิดผิดพลาดในระหว่างการส่งข้อมูล ก็จะทำให้สัญญาณที่รับเข้าคอมพิวเตอร์ผิดไป ข้อมูลที่สท้อนกลับและนำมาแสดงที่จอภาพก็จะผิดไป นั่นคือผู้ใช้สามารถที่จะตรวจดักข้อผิดพลาดได้และอาจจะแก้ไขให้ถูกต้องได้ด้วย

ในบางครั้งที่คอมพิวเตอร์รับข่าวสารที่ถูกรบกวนเข้ามาเมื่อมีการสะท้อนกลับ ข่าวสารที่รับมา (ที่ผิด) ก็จะถูกส่งสะท้อนกลับไปแต่ในระหว่างทางอาจจะถูกรบกวนอีกครั้งและทำให้ได้ตัวอักษรตัวเดิมกลับมายังอุปกรณ์ปลาย ฉะนั้นบนจอภาพจะปรากฏตัวอักษรตัวเดิมลักษณะการเกิดความผิดพลาดนี้ไม่สามารถตรวจดักได้เพราะที่คอมพิวเตอร์จะมีข้อมูลที่ไม่ถูกต้องอยู่โดยที่ผู้ใช้คิดว่าข้อมูลนั้นถูกต้อง เนื่องจากสัญญาณที่ปรากฏบนจอภาพนั้น ถูกต้องแต่กรณีเช่นนี้จะมีอัตราการเกิดขึ้นได้น้อยมาก

2. <u>เทคนิคการตรวจดักข้อผิดพลาดโดยอัตโนมัติ</u>

วิธีการในการตรวจดักความผิดพลาดโดยอัตโนมัตินั้นมีวิธีการหลักอยู่สองวิธีที่ใช้กันทั่ว ๆ ไปดังแสดงในรูป 4.25 ข้อมูลจะถูกส่งผ่านกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างลำดับการตรวจสอบเฟรม (Frame Check Sequence : FCS) หลังจากนั้นข้อมูลจะถูกส่งออกไปตามตัวกลางสื่อสารพร้อมกับข่าวสารของ FCS ทางด้านรับข่าวสารที่รับมานั้นจะถูกนำไปผ่านกระบวนการทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับที่ทางด้านส่งใช้เพื่อสร้าง FCS ขึ้นมาใหม่เป็น FCS จากการคำนวณ สำหรับ FCS ที่ส่งมาจากทางด้านส่งนั้น เมื่อทางด้านรับได้รับมาก็จะนำมาเปรียบเทียบกับที่คำนวณได้ ถ้าหากว่า FCS ทั้งสองตรงกันก็แสดงว่าข้อมูลที่ส่งมาถูกต้อง แต่ถ้าไม่ตรงกันก็แสดงว่าเกิดความผิดพลาดขึ้น จะต้องมีการแก้ไขให้ถูกต้องต่อไป



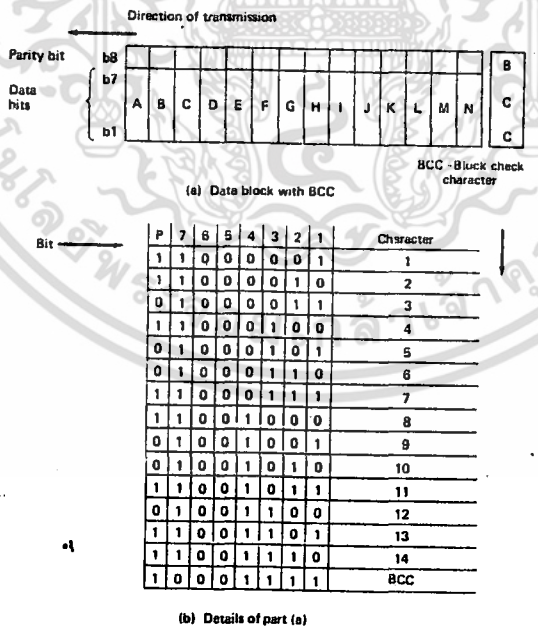
<u>รูปที่ 4.25</u> วิธีการทั่ว ๆ ไป สำหรับการตรวจดักข้อผิดพลาดโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งสำคัญก็คือ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้นั้นต้องเลือกวิธีการที่ทำให้สามารถตรวจสอบได้ว่าเกิดความผิดพลาดขึ้น ในที่นี้เราจะกล่าวถึงกระบวนการ 2 อย่าง คือกระบวนการตรวจดักโดยใช้พาริตี้ และกระบวนการตรวจดักโดยใช้วัฏจักรข่าวสาร ดังนี้

การตรวจข้อผิดพลาดโดยใช้พาริตี้

บิทพาริตี้ เป็นบิทที่เติมเข้าไปในข้อมูลที่ส่งเพื่อตรวจหาความผิดพลาดแต่การเติมบิทพาริตี้แก่อักษรแต่ละตัวที่กล่าวมาแล้วนั้นทำให้เราสามารถตรวจดักความผิดพลาดได้เมื่อจำนวนบิทที่เกิดความผิดพลาดในข่าวสารเป็นจำนวนคู่เท่านั้น ในการใช้บิทพาริตี้นั้นเราสามารถเพิ่มความสามารถในการตรวจสอบขึ้นได้อีก โดยพิจารณาส่งข่าวสารไปเป็นชุดหรือบล็อคชุดละหลาย ๆ ตัวอักษร เมื่อหมดชุดของตัวอักษรตามที่กำหนดก็ส่งตัวอักษรสำหรับการตรวจสอบตามไป ตัวอักษรนี้เรียกว่า ตัวอักษรตรวจสอบบล็อค (block Check Character : BCC) ดังแสดงในรูป 4.26 (a) เป็นการส่งชุดของตัวอักษร 14 ตัว โดยที่แต่ละตัวจะมีบิทพาริตี้อยู่ด้วยและเมื่อส่งไปจนครบ 14 ตัวแล้วเราจะส่งตัวตรวจสอบบล็อค (BCC) ตามไปตัว BCC ที่ส่งตามไปนี้จะเป็นอักษรสำหรับการตรวจสอบพาริตี้ของอักษรทั้งชุดที่อยู่ข้างหน้า รายละเอียดการทำงานแสดงในรูป 4.26 (b)



รูปที่ 4.26 การตรวจสอบพาริตี้ใน 2 ทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.26 อักษรที่ส่งทั้ง 14 ตัว จะมีบิทพาริตี้ของตัวเองอยู่ด้วย และสำหรับ BCC นั้นบิท 1 ของ BCC จะเป็นบิทสำหรับตรวจสอบพาริตี้ของบิท 1 ของอักษรทั้ง 14 ตัว บิท 4 ของ BCC ก็เป็นตัวอักษรสำหรับการตรวจสอบบิท 4 ของอักษรทั้ง 14 ตัว เป็นเช่นนี้สำหรับทุก ๆ บิทของ BCC ฉะนั้นทุก ๆ บิทภายในบล็อคจะมีการตรวจสอบพาริตี้ 2 ครั้ง คือ พาริตี้ตามแนวนอน โดยบิทพาริตี้ของตัวอักษรแต่ละตัวและบิทพาริตี้ตามแนวตั้งโดยบิทของ BCC

บิทพาริตี้ที่ใช้ตรวจสอบบิทต่าง ๆ ในหนึ่งตัวอักษรนั้นมักจะเรียกชื่อต่าง ๆ กันไป เช่น บิทพาริตี้แนวนอน (Horizontal Parity Bit) บิทพาริตี้แถว (Row Parity Bit) บิททพาริตี้ขวาง (Transverse Parity Bit) บิทพาริตี้ข้าง (Lateral Parity Bit) ส่วนบิททพาริตี้ที่อยู่ใน BCC นั้นมักเรียกกันว่าบิทพาริตี้คอลัมน์ (Column Parity Bit) หรือบิทพาริตี้แนวตั้ง (Vertical Parity Bit) และสำหรับ BCC นั้นบางครั้งอาจจะเรียกว่า ตัวอักษรตรวจสอบตามยาว (Longitudinal Redundancy Check Character)

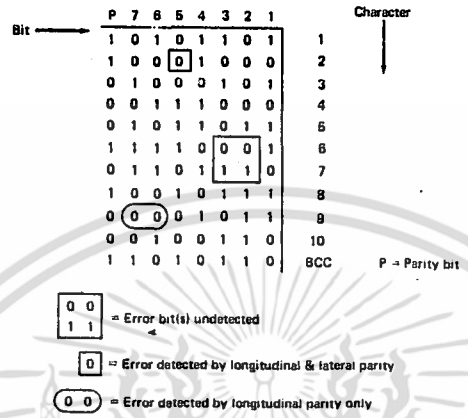
สำหรับทางด้านส่งนั้นจะสร้าง BCC ขึ้นมาเพื่อส่งออกไปเมื่อส่งข้อมูลออกไปยังด้านรับเมื่อทางด้านรับได้รับข้อมูลมาแล้วก็จะนำข้อมูลนั้นไปสร้าง BCC ขึ้นมาโดยใช้วิธีการเดียวกับการสร้าง BCC ในทางด้านส่ง BCC ที่สร้างขึ้นมานี้สร้างโดยอาศัยข้อมูลที่รับมา เมื่อได้ BCC แล้วก็จะนำ BCC นั้นมาเปรียบเทียบกัน BCC ที่รับมาจากทางด้านส่ง ถ้าหาก BCC ทั้งสองตรงกันก็แสดงว่าข้อมูลที่รับมานั้นถูกต้อง

แต่ถ้าหากว่ามีการผิดพลาดของข้อมูลแม้เพียงบิทเดียวภายในบล็อกที่ส่งมาจะทำให้ BCC ที่คำนวณได้ทางด้านรับไม่ตรงกับที่ส่งมาจากทางด้านส่งทำให้ทราบว่ามีการผิดพลาดเกิดขึ้น ในกรณีนี้ทั้งบิทพาริตี้ของตัวอักษรเอง และบิทพาริตี้ของ BCC จะผิดไปด้วย แต่ถ้าหากเกิดความผิดพลาดขึ้น 2 บิท ในหนึ่งตัวอักษร บิทพาริตี้ของตัวอักษรจะถูกต้อง แต่บิทพาริตี้ใน BCC จะผิดไป เราก็ทราบว่าเกิดความผิดพลาดขึ้น แม้ว่าจะไม่สามารถบอกได้ว่าความผิดพลาดเกิดขึ้นที่บิทใด ในทำนองเดียวกันหากมีความผิดพลาดเกิดขึ้นที่บิทตำแหน่งเดียวกันระหว่าง 2 อักษรในกรณีนี้บิทพาริตี้ใน BCC จะยังคงถูกต้องแต่บิทพาริตี้ของตัวอักษรเองจะแสดงความผิดพลาดในกรณีเช่นนี้เราก็ไม่สามารถหาได้ว่าความผิดพลาดเกิดที่บิทใด จะพบว่าการใช้บิทพาริตี้ใน 2 ทิศทางดังกล่าวนี้ทำให้เราเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจดักความผิดพลาดขึ้นจากเดิมที่มีเพียงพาริตี้ในทิศทางเดียว ถ้าหากว่าเกิดความผิดพลาดในบิท 2 บิทของตัวอักษร 2 ตัว ในตำแหน่งบิทเหมือนกันทั้งสองเราก็ไม่สามารถตรวจดักความผิดพลาดนั้นได้ แต่อัตราการเกิดความผิดพลาดในลักษณะดังกล่าวมีเปอร์เซ็นต์น้อยมาก

ตัวอย่างแสดงการตรวจดักความผิดพลาดโดยพาริตี้แบบ 2 ทิศทาง แสดงในรูป 4.27 จากรูปความผิดพลาดในบิทของอักษรตัวที่ 2 นั้นสามารถตรวจดักได้ทั้งจากบิทพาริตี้แนวตั้งและแนวนอน ความผิดพลาดของบิท 2 บิทในอักษรตัวที่ 9 นั้นไม่สามารถตรวจดักได้จากบิทพาริตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวนอนแต่จะทราบได้จากบิทพาริตี้แนวตั้ง ส่วนความผิดพลาดที่เกิดในอักษรตัวที่ 6 และ 7 จำนวน 4 บิท ที่อยู่ข้างเคียงกันในรูปนั้นไม่สามารถตรวจจับได้เราอาจจะกล่าวได้ว่า ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นรวม 4 บิท ในลักษณะที่ทั้ง 4 บิทมีตำแหน่งเป็นมุมของ 4 เหลี่ยม มุมฉากนั้นไม่สามารถตรวจสอบได้



รูปที่ 4.27 การตรวจจับความผิดพลาดสำหรับระบบพาริตี้ 2 ทิศทาง

การตรวจสอบพาริตี้แบบ 2 ทิศทางดังกล่าวนี้ ในทางปฏิบัติเราอาจจะสร้างวงจรตรรก สำหรับทำการตรวจสอบที่เรียกว่าเป็นการตรวจสอบทางฮาร์ดแวร์ (Hardware) หรือการตรวจสอบโดยใช้โปรแกรมที่เรียกว่าเป็นการตรวจสอบทางซอฟท์แวร์ (Software) ก็ได้

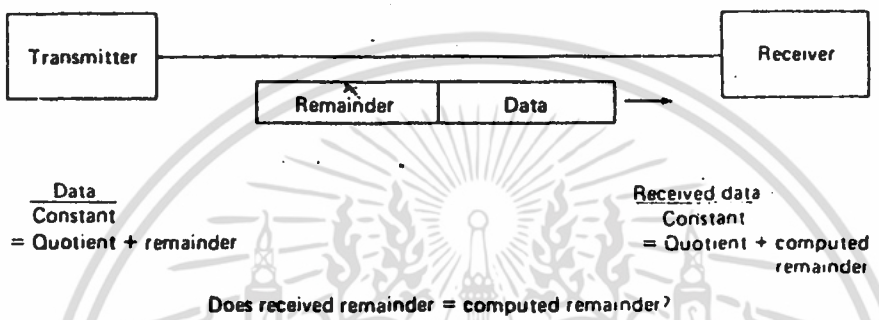
การตรวจข้อผิดพลาดโดยใช้วัฏจักรของข่าวสาร

ในการตรวจจับความผิดพลาดโดยวิธีการเติมพาริตี้แบบ 2 ทิศทางนั้นมีประโยชน์มากเมื่อเราทำการส่งข้อมูลที่มีลักษณะเป็นตัวอักษร โดยนำตัวอักษรแต่ละตัวมาใส่บิทพาริตี้แล้วส่งไปเป็นชุดของอักษร แล้วทำการใส่พาริตี้แก่ชุดของตัวอักษรอีกครั้งหนึ่ง แต่สำหรับกรณีที่ข้อมูลที่ส่งนั้นเป็นค่าของเลขฐานสองที่ส่งมาอย่างต่อเนื่องกันโดยไม่ได้แบ่งเป็นตัวอักษรหรือชุดของตัวอักษรในกรณีเช่นนี้ วิธีการใช้พาริตี้แบบ 2 ทิศทางก็ไม่สะดวกที่จะนำมาใช้ตรวจจับหาความผิดพลาดแต่จะใช้วิธีการอื่นที่เรียกว่าการตรวจจับโดยใช้วัฏจักรของข่าวสารพิเศษ (Cyclic Redundancy Check)

วิธีการดังกล่าวนี้กระทำโดยไม่คำนึงว่าข้อมูลที่ส่งนั้นจะเป็นบิทของตัวฐานสองหรือเป็นอักษรแต่เราคิดว่าเป็นเลขฐานสองชุดหนึ่ง แล้วนำเลขฐานสองอีกชุดหนึ่งที่เราเรียกว่าค่าคงที่ (Constant) มาเป็นตัวหารซึ่งวิธีการนี้เป็นการหารในเลขฐานสอง ผลลัพธ์ที่ได้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีผลหาร(Quotient) และเศษ (Remainder) ในการส่งเราส่งข้อมูลไปแล้วตามด้วยเศษที่ได้จากการหาร ที่จุดรับเมื่อรับข้อมูลมาแล้วก็จะนำมาผ่าน กระบวนการอันเดียวกัน คือ นำข้อมูลที่รับได้มาแล้วหารด้วยค่าคงที่ตัวเดียวกับที่ใช้หารในทางด้านส่ง ก็จะได้ผลหารและเศษ ค่าเศษที่ได้จากการหารข้อมูลที่รับมาด้วยค่าคงที่นี้จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าเศษที่ส่งมาตามสายสื่อสารหากเศษทั้งสองชุดตรงกันก็แสดงว่าข้อมูลที่รับมาถูกต้อง แต่ถ้าหากเศษไม่ตรงกันก็แสดงว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นในข้อมูลที่รับมา ดังแสดงในรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 Cyclic Redundancy check

ซึ่งส่วนมากแล้วการทำงานดังกล่าวจะกระทำโดยทางฮาร์ดแวร์ (Hardware) กล่าวคือ จะมีวงจรที่หารค่าดังกล่าวนี้ภายในเครื่องเลย ข้อมูลที่จะส่งนั้นจะถูกส่งออกไปตามสายสื่อสารพร้อมกับที่ถูกส่งเข้าไปในตัวหาร ตัวหารจะทำการหารแล้วนำเศษที่ได้ส่งตามข้อมูลชุดนั้นออกไปสำหรับทางด้านรับเมื่อรับข้อมูลมาก็จะนำมาเข้าวงจรหารซึ่งหารด้วยค่าตัวคงที่ตัวเดียวกับที่ใช้หารในทางด้านส่ง ทำให้ได้ผลหารและเศษซึ่งเศษนี้จะถูกนำไปเทียบกับค่าเศษที่เราส่งตามข้อมูลมาว่าเหมือนกันหรือไม่

4.3.4 การแก้ไขข้อผิดพลาด

ในทางปฏิบัตินั้นเมื่อเราทราบว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นแล้ว เราจะต้องทำการแก้ไขข้อผิดพลาดนั้นให้ถูกต้องหรือลดความผิดพลาดลงให้น้อยที่สุด วิธีการในการแก้ไขความผิดพลาดนั้นมีแตกต่างกันหลายวิธีดังนี้

1. การทดแทน
2. การแก้ไขทางตรง
3. การส่งซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. <u>การแก้ไขข้อผิดพลาดโดยการทดแทน</u>

วิธีการแก้ไขความผิดพลาดให้ถูกต้องโดยวิธีนี้นั้นใช้โอเปอเรเตอร์เป็นผู้แก้ไข ในหลาย ๆ กรณีของการส่งข้อมูลนั้น เราใช้โอเปอเรเตอร์อ่านข่าวสารที่ได้รับมาวิธีการนี้ใช้การเช็คพาริตี้แบบง่าย ๆ ถ้าหากตรวจสอบได้ว่ามีความผิดพลาดจากพาริตี้เกิดขึ้นที่ตัวอักษรใด เราก็แทนตัวอักษรนั้นด้วยตัวอักษรอื่น ในชุดของรหัสสำหรับตัวอักษรแบบ ASCII เรามีตัวอักษรสำหรับการควบคุมเกี่ยวกับการสื่อสาร (Communication Control Character) คือ SUB ซึ่งถ้าพิมพ์ออกมาทางเครื่องพิมพ์แล้วจะพิมพ์เป็นเครื่องหมายคำถามกลับข้าง (Reverse Question Mark : ؟) หรือเป็นแถวของเส้นขวาง 3 เส้น (Three Vertical lines : |||) ฉะนั้นเมื่อข้อมูลหรือข่าวสารที่รับมามีตัวอักษรนี้ปรากฏอยู่ก็แสดงว่ามีความผิดพลาดที่อักษรตัวนั้นโอเปอเรเตอร์สามารถมองเห็นและแก้ไขให้ถูกต้องได้

2. <u>การแก้ไขทางตรง</u>

ในการแช้ไขความผิดพลาดแบบนี้นั้นรวมถึงการใช้รหัสตัวอักษรพิเศษเพิ่มเข้าไปในข่าวที่จะส่งโดยรหัสที่เพิ่มเข้าไปนี้จะมีส่วนช่วยสำหรับการตรวจตักและการแก้ไขความผิดพลาดให้ถูกต้องอย่างเพียงพอทางด้านรับ รหัสและวิธีการที่ใช้กับการแก้ไขความผิดพลาดแบบนี้มีมากมายหลายชนิด แต่ส่วนมากแล้วจะใช้กันในวงงานเฉพาะเท่านั้น ดังเช่นวิธีการของการใช้รหัสแฮมมิ่ง (Hamming Code) รหัสฮาเกลบาร์เกอร์ (Hagelbarger Code) รหัสโบส-โชดูรี (Bose-Chaudhuri Code) ตลอดจนวิธีการแมททริกซ์ (Matrix-Sum) เป็นต้น

วิธีการรวมแมททริกซ์

วิธีการรวมแมททริกซ์นั้นใช้ในระบบของทางทหารเรือที่เรียกว่า Radio Teletype-write circuit วิธีการนี้กระทำโดยการกำหนดตัวเลขให้กับตัวอักษรต่าง ๆ ที่ใช้โดยกำหนด A=1 B=2 C=3 ไปเรื่อย ๆ ข่าวสารดั้งเดิมที่จะส่งนั้นจะถูกนำมาแบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ ที่มีจำนวนตัวอักษรในแต่ละกลุ่มเท่า ๆ กันอาจจะ 2 ตัว หรือมากกว่าก็ได้ ตัวอย่างเช่นถ้าหากข้อมูลประกอบด้วยตัวอักษร

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R

เมื่อนำมาแบ่งเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3 ตัว แล้วเขียนค่าตัวเลขที่แทนตัวอักษรแต่ละตัวลงไปจะได้ดังนี้

ABC	DEF	GHI	JKI	MNO	PQR
123	456	789	101112	131415	161718

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำเอาอักษรเหล่านี้มาเรียงเป็นแมททริกซ์แบบจตุรัสจะได้

1	2	3
4	5	6
7	8	9

จากนั้นบวกเลขในแถวและในคอลัมน์จะได้

$$
\begin{aligned}
1 + 2 + 3 &= 6 \\
4 + 5 + 6 &= 15 \\
7 + 8 + 9 &= 24 \\
\hline
12 + 15 + 18 &= 45
\end{aligned}
$$

ในทุกกรณี หากเรานำผลบวกที่ได้จากแต่ละแถวมารวมกัน ค่าผลบวกที่ได้จะเท่ากับการนำผลบวกของแต่ละคอลัมน์มารวมกัน และค่าดังกล่าวนี้เป็นตัวเลขที่เรานำมาตรวจสอบความถูกต้อง หากเราเปลี่ยนตัวเลขเหล่านี้กลับเป็นตัวอักษรที่กำหนดโดยให้ A=1, B=2,.... Z=26 และหลังจากนั้นก็กลับเริ่มต้นใหม่เป็น A=27, B=28, และ C=29....ไปเรื่อย ๆ เราจะได้

A	B	C	F
D	E	F	O
G	H	I	X
L	O	R	S

ฉะนั้นในการส่งจะต้องส่งตัวอักษรดังนี้

A B C D E F G H I L O R F O X S

ที่สถานีรับ ตัวอักษร 9 ตัวแรกจะถูกนำมาจัดเป็นกลุ่มตามวิธีการเดิม หากมีข่าวสารใด ๆ ที่ทำให้ข้อมูลที่รับมาแตกต่างไปก็แสดงว่าเกิดความผิดพลาด วิธีการนี้จะสามารถตรวจตักและแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผิดพลาดได้สำหรับกรณีที่ความผิดพลาดเกิดขึ้นติดต่อกันได้ 3 ตัว หรือน้อยกว่า ดังตัวอย่าง เช่นหากข่าวสารที่รับมาเป็นดังนี้

A B C X Y Z G H. I L O R F O X S

เมื่อนำมาจัดเป็นแมททริกซ์และแทนค่าที่สมมูลย์ลงไปจะได้

1	2	3	6
24	25	26	75
7	8	9	24
32	35	38	105

สำหรับตัวอักษรที่เทียบเท่าค่าผลบวกคือ

			F
			W
			X
F	I	L	A

จะพบว่ามีอักษร F และตามแนวตั้งเท่านั้นที่เป็นไปตามที่ส่งมาแสดงว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้น

ในการที่จะหาว่าจุดใดเกิดความผิดพลาดนั้นตอนแรกสุดจะต้องนำตัวอักษรที่เป็นผลบวกแต่ละตัวซึ่งเราเรียกว่าเป็น "อักษรตรวจสอบ" (Check character) มาเปลี่ยนเป็นเลขที่สมมูลย์กับตัวอักษรนั้น ๆ ก่อน แล้วตรวจสอบผลบวกว่าเป็นไปตามที่ควรเป็นหรือไม่ อักษรตรวจสอบ 7 ตัวดังกล่าวที่รับได้คือ LOR FOXS เมื่อเปลี่ยนออกมาจะได้ดังนี้

			6
			15
			24
12	15	18	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะพบว่าผลบวกของค่าในรูปข้างบนถูกต้องแสดงว่าอักษรที่รับมาถูกต้อง ขั้นตอนต่อไปก็คือการตรวจสอบตัวอักษรของแต่ละแถวเพื่อดูว่าผลรวมของแต่ละแถวหรือคอลัมน์ถูกต้องไหมดังนี้

1	2	3	6
24	25	26	15
7	8	9	24
12	15	18	45

จะพบว่า ผลรวมในบรรทัดกลางไม่ถูกต้อง แต่บรรทัด 1 กับ 3 ถูกต้อง แสดงว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นในบรรทัดนี้ เราสามารถหาค่าที่ผิดนี้โดยการลบค่าผลบวกในแถวตามแนวนอนด้วยตัวเลขในแถว 1 และ 3 ดังเช่นในคอลัมน์ซ้ายสุดเราได้ 12 – (7 + 1) = 4 แสดงว่าค่าซ้ายสุดของแถว 5 ควรจะเป็น 4 และเช่นเดียวกัน สำหรับค่าที่ 2 เราได้ 15–(8+2) = 5 และ 6 สำหรับค่าทางขวาสุดของแถว จากนั้นเรานำค่าที่ได้มาบวกกัน (4+5+6) ได้ค่า 15 ตรงกับค่าผลบวกในแถวนั้น ๆ

จากวิธีการที่กล่าวมาแล้วทำให้เราสามารถตรวจดักตลอดจนแก้ไขความผิดพลาดให้ถูกได้แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าการตรวจดักตลอดจนการแก้ไขนั้นกระทำที่ทางด้านรับโดยไม่ต้องมีการป้อนกลับระหว่างอุปกรณ์เลย ฉะนั้นวิธีการนี้จึงสามารถใช้ในระบบการส่งแบบทิศทางเดียวได้

การใช้แมททริกซ์ 3 ระดับ ดังได้กล่าวมาแล้วนั้นจะทำให้เราสามารถแก้ไขความผิดพลาดได้ประมาณ 90% ของความผิดพลาดทั้งหมด หากเราต้องการระบบที่มีประสิทธิภาพมากกว่านี้เราต้องใช้แมททริกซ์ที่มีระดับสูงกว่านี้ตัวอย่างเช่น ในระบบที่ใช้แมททริกซ์แบบ 9 ระดับ จะทำให้สามารถแก้ไขความผิดพลาดถึง 99.9% ของความผิดพลาดทั้งหมด เป็นต้น

วิธีการใช้รหัสแฮมมิ่ง

รหัสอีกอย่างหนึ่งที่เราใช้สำหรับการตรวจดักและแก้ไขความผิดพลาดคือ รหัสแฮมมิ่ง ซึ่งรหัสดังกล่าวนี้เป็นรหัสที่มีระยะแฮมมิ่งเพียงพอสำหรับการตรวจดักและการแก้ไขความผิดพลาดได้ ซึ่งกระทำโดยการเพิ่มบิทพาริตี้คู่เข้าไปตามชุดการประกอบกันของบิทต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.29 ในรูปเป็นข่าวสารขนาด 4 บิท ค่า 0101 (กรณีที่ยังไม่มีบิทพาริตี้) ในการเติมพาริตี้ตามวิธีการของแฮมมิ่งนั้น เราเติมบิทพาริตี้ 3 บิท คือ C_1 C_2 และ C_4 ทำให้รหัสกลายเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด 7 บิท สำหรับบิทพาริตี้หรือบิทตรวจสอบนั้นแต่ละตัวจะเป็นตัวสร้างพาริตี้คู่แก่บิทของข่าวสารเป็นชุดตามที่กำหนดไว้ เช่น C_1 เป็นตัวสร้างพาริตี้คู่ให้กับบิท I_3 I_5 และ I_7 C_2 สำหรับบิท I_3 ,I_6 และ I_7 ส่วน C_4 สำหรับ I_5 ,I_6 และ I_7 จากรูปที่ 4.30 ถ้าเราแทนค่าของชุดของข่าวสารเข้าไป ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของ I จะได้

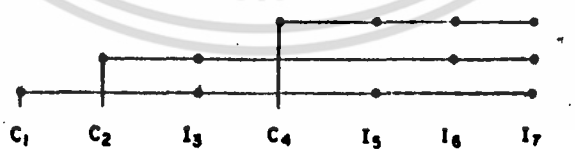
$$C_1 \quad C_2 \quad 0 \quad C_4 \quad 1 \quad 0 \quad 1$$

รูปที่ 4.29 รหัสแฮมมิ่ง

สำหรับ C_1 C_2 และ C_4 ทำหน้าที่สร้างบิทพาริตี้คู่แก่ชุดต่าง ๆ ของอักษรซึ่งเมื่อเราแทนค่าลงไปจะได้

$$0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 1$$

สมมติว่าเกิดความผิดพลาดขึ้นในระหว่างการส่ง ทำให้ I_5 เปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ในกรณีนี้เนื่องจากบิท I_5 นี้เราตรวจสอบได้จาก C_1 และ C_4 ฉนั้นในกรณีนี้ C_1 และ C_4 จะแสดงออกมาว่าเป็นพาริตี้แต่ C_2 ซึ่งไม่ได้ใช้เป็นตัวตรวจสอบ I_5 จะยังคงแสดงเป็นพาริตี้คู่ที่ถูกต้องอยู่



รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างบิทข่าวสารและบิทสำหรับการตรวจสอบแฮมมิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยวิธีการดังกล่าวนั้นทางด้านรับจะสามารถตรวจดักหาข้อผิดพลาดได้ และสามารถแก้ไขให้ถูกได้ การหาว่าเกิดผิดพลาดที่บิทใดนั้นหากบิทตรวจสอบ (C_1 ,C_2 ,C_4) ถูกจัดไว้ให้เหมาะสมดังเช่นตาราง 4.4 แล้ว บิทตรวจสอบที่แสดงเป็นพาริตี้ที่จะทำให้เกิดชุดของเลขฐานสองที่ทำให้เราทราบว่าตำแหน่งใดของบิทเกิดผิดพลาด

TABLE 5-3. BINARY PROPERTY OF HAMMING CHECK DIGITS

Check Bits Showing Parity Error			Error Bits
C_4	C_2	C_1	
0	0	0	None
0	0	1	C_1
0	1	0	C_2
0	1	1	I_3
1	0	0	C_4
1	0	1	I_5
1	1	0	I_6
1	1	1	I_7

ตารางที่ 4.4 คุณสมบัติทางไบนารี่ของหลักตัวเลขที่ใช้ตรวจสอบแฮมมิ่ง

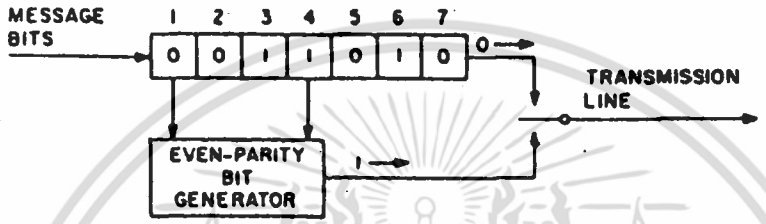
ในตัวอย่างที่กล่าวมาแล้วนั้น ถ้ามีความผิดพลาดเกิดที่บิท I_5 ที่ C_1 และ C_2 จะแสดงว่ามีพาริตี้คี่ (ความผิดพลาด) ถ้าดูจากตารางก็จะพบว่าเมื่อ C_1 และ C_2 แสดงพาริตี้คี่ (มีค่า = 1) ก็แสดงว่ามีความผิดพลาดที่บิท I_5 แต่ถ้า C_1 C_2 และ C_4 ทั้ง 3 ตัวแสดงพาริตี้คี่หมดก็แสดงว่ามีความผิดพลาดเกิดที่บิท I_7 เป็นต้น ข้อสังเกตก็คือ ในตารางนั้นหากค่าของบิทใดเป็น 1 แสดงว่าบิทนั้นแสดงความเป็นพาริตี้คี่ (ไม่ใช่ค่าที่รับมาได้ของบิทนั้น ๆ) และหากสังเกตต่อไปจะพบว่า การประกอบกันของบิทตรวจสอบนั้นเป็นเลขฐานสองที่มีค่าในฐานสิบเทียบเท่ากับตำแหน่งของบิทที่เกิดความผิดพลาดพอดีเช่น C_4 C_2 C_1 = 101 นั้นเท่ากับ 5 ในฐานสิบบิทที่ผิดคือ I_5 เป็นต้น

จะพบว่าเมื่อระยะแฮมมิ่ง = 3 ก็ทำให้สามารถตรวจดักและแก้ไขข้อผิดพลาดได้ 1 ชุด การแก้ไขความผิดพลาดหลังจากตรวจดักได้แล้วก็เพียงแต่เปลี่ยนค่าของบิทนั้นให้มีค่าตรงกันข้ามก็จะได้ค่าที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้รหัสฮาเกลบาร์เกอร์

ในการใช้รหัสแฮมมิ่งที่กล่าวมาแล้วนั้นทำให้เราสามารถแก้ไขความผิดพลาดให้ถูกต้องได้เพียงตัวเดียวภายในชุดของข่าวสารที่เรากำหนดขนาดไว้แน่นอน แต่ยังมีรหัสที่ทำให้เราสามารถแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดติดต่อกันได้ถึง 6 ตัว โดยไม่คำนึงถึงขนาดของข่าวสารที่ส่งว่ามีขนาดเท่าใด รหัสดังกล่าวนี้เรียกว่า รหัสฮาเกลบาร์เกอร์ (Hagelbarger Code) ลักษณะของตัวสร้างรหัสฮาเกลบาร์เกอร์แสดงในรูป 4.31



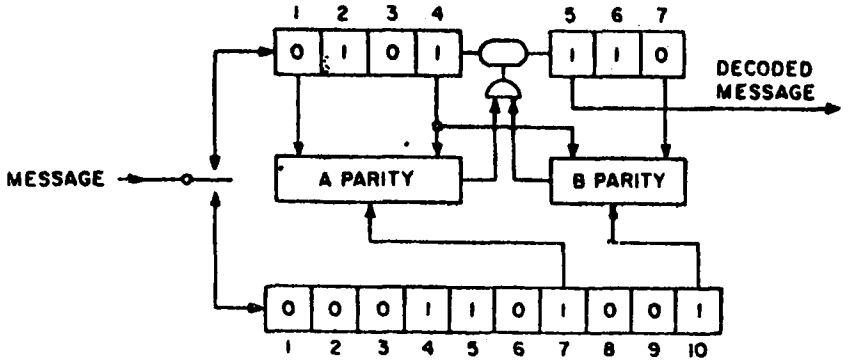
รูปที่ 4.31 ตัวสร้างรหัสฮาเกลบาร์เกอร์

จะพบว่าข่าวสารที่จะส่งจะถูกนำมายังรีจิสเตอร์ขนาด 7 บิท และมีวงจรสร้างบิทพาริตี้แบบพาริตี้คู่ระหว่างบิท 4 และบิท 1 ฉะนั้นทุก ๆ ครั้งหากมีการนำบิทใหม่เข้ามายังรีจิสเตอร์ วงจรสร้างพาริตี้ก็จะนำเอาบิท 4 และบิท 1 มาเปรียบเทียบกันเพื่อสร้างบิทพาริตี้ขึ้นมา ข่าวสารที่ส่งออกไปนั้นจะสลับกันระหว่างข่าวสารของบิทขวาสุดของรีจิสเตอร์กับบิทพาริตี้ที่เกิดขึ้นจากตัวสร้างพาริตี้

สำหรับทางด้านรับนั้นจะมีวงจรถอดรหัสที่ส่งมาดังแสดงในรูป 4.32 ข่าวสารที่ส่งมานั้นจะถูกนำเข้าไปยังรีจิสเตอร์ข่าวสาร (Message Register) ขณะที่บิทพาริตี้ถูกนำไปเข้าชิฟรีจิสเตอร์ (Shift Register) เมื่อได้รับบิทพาริตี้แต่ละครั้งก็จะมีการตรวจสอบบิทพาริตี้ 2 ชุด การตรวจสอบพาริตี้ชุด A ใช้ตรวจสอบบิทที่ 1 และ 4 ของรีจิสเตอร์ข่าวสาร ส่วนชุด B ตรวจสอบบิทที่ 4 และ 7

ในการตรวจสอบนั้นหากปรากฏว่าทั้งสองชุด แสดงความผิดพลาด (แสดงพาริตี้คี่)ก็แสดงว่าบิทที่ 4 เกิดผิดบิทที่ 4 จะถูกกลับค่าให้เป็นตรงกันข้ามก่อนส่งไปยังตำแหน่ง 5 แต่ถ้าตัวตรวจสอบ A แสดงว่าเป็นพาริตี้คู่แต่ตัวตรวจสอบ B แสดงว่าเป็นพาริตี้คี่ก็แสดงว่าข่าวสารในตำแหน่งที่ 10 ของชิฟรีจิสเตอร์ผิดซึ่งจะต้องกลับค่าใช้เป็นตรงกันข้ามก่อนนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 ตัวถอดรหัสฮาเกลบาร์เกอร์

3. วิธีการส่งซ้ำ (Retransmission)

แม้ว่าจะมีวิธีการในการแก้ความผิดพลาดให้ถูกต้องหลายวิธีก็ตาม แต่วิธีการที่ง่ายมีประสิทธิภาพมากที่สุดตลอดจนราคาถูกที่สุดในการแก้ไขความผิดพลาดก็คือ การตรวจสอบข่าวสารที่รับมาว่าถูกต้องหรือไม่ เมื่อมีความผิดพลาดเกิดขึ้นก็ให้ส่งข่าวสารชุดที่มีความผิดพลาดนั้นซ้ำมาอีกครั้ง วิธีการแก้ไขความผิดพลาดโดยวิธีการนี้เรียกวิธีการส่งซ้ำ (Retransmission method) ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้แพร่หลายในอุปกรณ์เกี่ยวกับ การสื่อสารข้อมูลแทบทุกเครื่อง เพราะวงจรที่ใช้จะเป็นแบบง่าย ๆ และใช้อุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูล (Storage) เพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ๆ ที่มีราคาแพงกว่า

อุปกรณ์เกี่ยวกับการตรวจตักและแก้ไขข้อผิดพลาดที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในท้องตลาดมักจะใช้วิธีการส่งซ้ำนี้ในการสร้างส่วนแก้ไขข้อผิดพลาด โดยอุปกรณ์จะส่งข้อมูลหรือข่าวสารไปเป็นชุดหรือบล็อคพร้อมกับบิทพาริตี้ตามที่กำหนด ทางด้านรับเมื่อรับข้อมูลมาก็จะนำมาตรวจดูพาริตี้ว่าตรงกับที่กำหนดในการส่งหรือไม่หากตรงกัน การส่งก็จะดำเนินต่อไป ในกรณีที่การตรวจสอบพาริตี้ไม่ได้ผลตามที่กำหนด ข้อมูลในบล็อคสุดท้ายที่ตรวจสอบ พบว่าพาริตี้ผิดไปก็จะถูกส่งมาใหม่อีกครั้งพร้อมด้วยบิทพาริตี้เช่นเดียวกับการส่งครั้งแรก โดยวิธีการเช่นนี้ทำให้เราสามารถแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้นให้ถูกต้องได้

ในการแก้ไขความผิดพลาดโดยวิธีการส่งซ้ำนี้ จำเป็นต้องมีข่าวสารสำหรับติดต่อให้ทราบถึงการส่งซ้ำระหว่าง อุปกรณ์ส่งและอุปกรณ์รับ การติดต่อนี้ควบคุมโดยวิธีการของการควบคุมสาย (Line Control Procedure)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

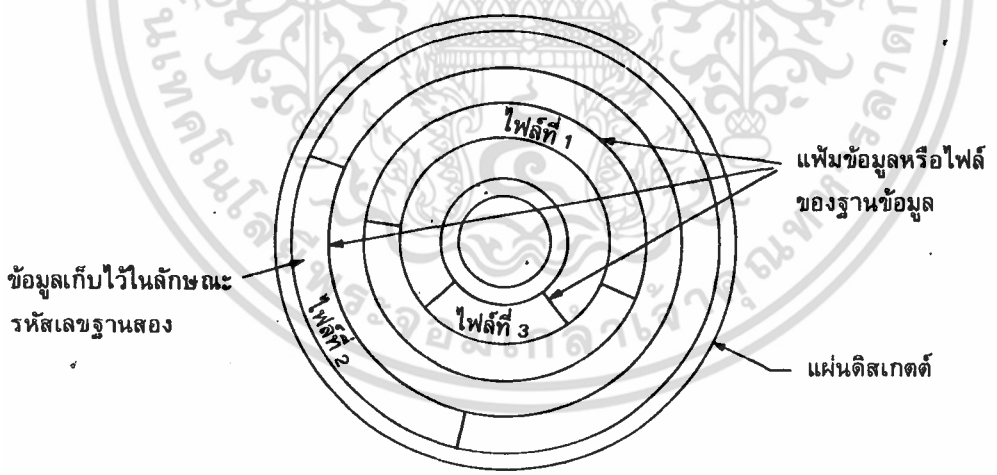
บทที่ 5

การจัดการฐานข้อมูล

5.1 ระบบจัดการฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล (Data Base)[9] คือ ที่รวมของข้อมูลหรือข่าวสารต่าง ๆ ที่เก็บรวบรวมเอาไว้ ในระบบคอมพิวเตอร์การเก็บข้อมูลหรือข่าวสารนี้จะเก็บไว้ในหน่วยความจำคือดิสเกตต์ หรือ ฮาร์ดดิสค์ เป็นต้น

ในฐานข้อมูลจะต้องประกอบด้วย ดาต้าไฟล์ (Data File) โดยในแต่ละไฟล์ต้องมีชื่อไฟล์ (File Name) กำกับอยู่เพื่อสะดวกแก่การเรียกใช้ การเก็บข้อมูลจะเก็บในลักษณะของรหัสเลขฐานสอง ตัวอย่างการเก็บข้อมูลในแผ่นดิสเกตต์ ดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะการเก็บข้อมูลโดยใช้แผ่นดิสเกตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดาต้าฟิลด์และเรคอร์ด (Data Field and Record)

เลขประจำตัว	ชื่อ	สอบครั้งที่ 1	สอบครั้งที่ 2	สอบครั้งที่ 3
245462	สุรเดช กล้าหาญ	40	36	76
246248	สมชาย เดชชัย	32	50	82
259328	พิเชษฐ์ ดีสกุล	16	30	46
262735	กมล สมใจ	32	60	92
274285	วิชิต สกษฎ์เดช	45	40	85

รูปที่ 5.2 แสดงตัวอย่างไฟล์คะแนนสอบของนักเรียน

จากรูปที่ 5.2 เป็นตัวอย่างแฟ้มข้อมูลที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคะแนนสอบของนักเรียน ซึ่งข้อมูลที่สำคัญคือ เลขประจำตัว ชื่อของนักเรียนแต่ละคน และผลการสอบแต่ละครั้ง ข้อมูลของนักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละบรรทัดเรียกว่า เรคอร์ด (Record) ส่วนในแต่ละคอลัมน์ซึ่งรวบรวมข้อมูลประเภทเดียวกันไว้ เรียกว่า ดาต้าฟิลด์ (Data Field) และฟิลด์แต่ละฟิลด์มีชื่อกำกับเรียกว่า ชื่อฟิลด์ (Field Name) ลักษณะการจัดแบ่งฟิลด์ต่าง ๆ ของไฟล์นี้เรียกว่า โครงสร้างของไฟล์ (File Structure)

สรุปได้ว่า

ดาต้าฟิลด์
หลายฟิลด์—รวมเป็น→ เรคอร์ด
หลายเรคอร์ด—รวมเป็น→ไฟล์
หลายไฟล์— รวมเป็น →ฐานข้อมูล

การจัดการฐานข้อมูลจะต้องจัดเก็บข้อมูลได้ง่ายและสามารถเรียกใช้ได้สะดวก การทำงานพื้นฐานที่สำคัญของการจัดการฐานข้อมูลจะต้องประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การสร้างไฟล์ข้อมูล
2. การเพิ่มเติมข้อมูลลงในไฟล์
3. การจัดเรียงข้อมูลในไฟล์ตามที่ต้องการ
4. การค้นหาข้อมูลจากไฟล์
5. การจัดทำรายงานจากไฟล์ที่มีอยู่
6. การแก้ไขปรับปรุงข้อมูลในไฟล์
7. การลบข้อมูลออกจากไฟล์

5.2 การจัดระบบฐานข้อมูลในแหล่งข้อมูลกลางและในโรงพยาบาล

การที่ผู้ป่วยมาพบแพทย์ ในสถานพยาบาลจุดประสงค์ ก็คือ เพื่อต้องการทราบปัญหาสุขภาพและรักษาโรค การที่แพทย์จะให้การรักษาพยาบาลได้จำเป็นต้องทราบประวัติผู้ป่วยก่อน ประวัติในที่นี้หมายถึงประวัติสุขภาพ รวมทั้งชื่อ ที่อยู่ ถิ่นที่เกิด อาชีพ และปัญหาสำคัญที่มาโรงพยาบาล และประวัติอื่น ๆ รวมทั้งประวัติการเจ็บป่วยในอดีต ประวัติส่วนตัว และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นแพทย์จะทำการรักษาได้ก็ต้องทราบข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้องกับการเจ็บป่วยให้มากที่สุด จึงต้องมีการบันทึกข้อมูลของคนไข้ไว้ วิธีการบันทึกข้อมูลที่ใช้ทั่วไปจะเป็น "วิธีการบันทึกแบบแก้ปัญหา" (Problem Oriented Record)

การบันทึกข้อมูลผู้ป่วยแบบแก้ปัญหานี้[8] หมายถึงการบันทึกข้อมูลผู้ป่วย โดยใช้ปัญหาของผู้ป่วยเป็นหลักในการคิดและการกระทำ ผู้ที่ใช้วิธีนี้เป็นคนแรกคือ Dr. Lawrenec L. Weed ในระหว่าง ค.ศ. 1756 - 1960 ซึ่งวิธีการบันทึกข้อมูลผู้ป่วยแบบนี้จะประกอบด้วย

1. แหล่งของข้อมูลและเปอร์เซนต์ความเชื่อถือได้
2. ประวัติคนไข้ (Patient identification)
3. ประวัติส่วนตัว (Patient profile)
4. อาการสำคัญเบื้องต้น (Chief complaints)
5. ประวัติเจ็บป่วยปัจจุบัน (Present illness)
6. ประวัติเจ็บป่วยในอดีต (Past illness)
7. ประวัติครอบครัว (Family history)
8. ทบทวนอาการต่าง ๆ ตามระบบอวัยวะ (Review of systems)
9. ตัวอย่างทางฟิสิกซ์ (Physical examination)
10. ผลการตรวจจากห้องแล็ป (Laboratory)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการบันทึกข้อมูลผู้ป่วยแบบแก้ปัญหา จึงนำมาทำเป็นฟอร์มข้อมูลมาตรฐานของระบบได้เป็น 3 แบบ ดังรูปแบบในรูปที่ 5.3, 5.4 และ 5.5

ประวัติผู้ป่วยโรงพยาบาล..... บัตรเลขที่.....
ผู้ป่วยชื่อ..... อายุ..... เชื้อชาติ..... สัญชาติ.....
เกิดวันที่..... อาชีพ..... สถานะภาพ.....
ที่อยู่ปัจจุบัน..... ถนน..... แขวง.....
เขต..... จังหวัด..... โทรศัพท์.....
ที่อยู่ตามทะเบียนบ้าน..... ถนน..... แขวง.....
เขต..... จังหวัด..... โทรศัพท์.....
โรคประจำตัว..... ยาที่แพ้.....
ชื่อบิดา..... ชื่อมารดา.....
ผู้รับแจ้งเรื่องผู้ป่วยชื่อ..... เกี่ยวข้องเป็น.....
ที่อยู่..... โทรศัพท์.....

รูปที่ 5.3 แสดงแบบฟอร์มประวัติของผู้ป่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ป่วยชื่อ..... บัตรเลขที่.....

ลำดับที่ตรวจ	วันที่เข้าทำการรักษา	ชื่อโรงพยาบาล	อาการป่วย	ยาที่ใช้รักษา	วันที่นัด	แพทย์ผู้ตรวจ
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

รูปที่ 5.4 แสดงแบบฟอร์มประวัติการตรวจรักษาของผู้ป่วยแบบไม่ละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ป่วยชื่อ..... บัตรเลขที่..... ลำดับที่ตรวจ.....

อาการ.....

ผลการตรวจเลือด

FBS.....	CREATININE.....	POTASSIUM.....	ALBUMIN.....
BUN.....	URIC ACID.....	CHLORIDE.....	GLOBULIN.....
HDL.....	CHOLESTEROL.....	CALCIUM.....	ALKALINE.....
SGOT.....	TRIGLYCERIDES.....	PHOSPHATE.....	BILIRUBIN.....
SGPT.....	SODIUM.....	PROTEIN.....	AMYLASE.....

ผลการตรวจโรค.....
.....
.....

ยาที่ใช้.....
.....
.....

บันทึกพิเศษ.....
.....
.....
.....
.....

แพทย์ผู้ตรวจ.....

รูปที่ 5.5 แสดงแบบฟอร์มประวัติการตรวจรักษาผู้ป่วยโดยละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การเก็บข้อมูลของผู้ป่วยในคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง

การเก็บข้อมูลของผู้ป่วยในแต่ละรายจะมีข้อมูลเฉพาะตัวที่แตกต่างกันโดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. แบบข้อมูลคงที่ จะเป็นข้อมูลเฉพาะตัว เช่น ชื่อ, ที่อยู่, วันเดือนปีเกิด โดยจะมีการแก้ไขข้อมูลบ้างแต่ไม่บ่อยนัก

2. แบบข้อมูลเพิ่มเติม จะเป็นประวัติการเจ็บป่วย, ยาที่ใช้, โรคที่เป็น โดยจะมีการเพิ่มเติมข้อมูลตามจำนวนครั้งของการเจ็บป่วย เพื่อเป็นประโยชน์ต่อแพทย์ในการวินิจฉัยโรคในครั้งต่อ ๆ ไป โดยมีลักษณะพิเศษคือ จะเป็นการเพิ่มเติมข้อมูลได้ไม่สิ้นสุด (จะมีการลบข้อมูลเก่าทิ้งเอง เมื่อจำนวนการตรวจรักษาครบ 10 ครั้ง (โดยนับจากการตรวจรักษาครั้งสุดท้ายขึ้นไป) แต่ข้อมูลที่ทำการเก็บบันทึกเรียบร้อยแล้วนั้น จะไม่สามารถแก้ไขข้อมูลเดิมได้ เพราะเป็นประวัติการเจ็บป่วย

รูปแบบข้อมูลแบบคงที่

ใช้ชื่อไฟล์ว่า "FIG.DBF" ดังแบบฟอร์มในรูปที่ 5.3 ซึ่งใน 1 เรคอร์ดจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ชื่อฟิลด์	ความกว้าง (ตัวอักษร)	หน้าที่
TERMINAL	5	– เป็นหมายเลขประจำตัวของโรงพยาบาลแต่ละโรงพยาบาล เช่น 10000 = โรงพยาบาลธนบุรี
CARDNO	13	– หมายเลขประจำตัวคนไข้ในบัตรสมาชิก
NAME	30	– ชื่อและนามสกุลของคนไข้
AGE	2	– อายุของคนไข้
NATIONALITY	10	– สัญชาติ, เชื้อชาติ
BIRTH	8	– วัน, เดือน, ปีเกิด
OPP	10	– อาชีพ
MARITAL	4	– สถานะภาพสมรส
ADDRESS-PAS-NO	10	– ที่อยู่ปัจจุบันของคนไข้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อฟิลด์	ความกว้าง (ตัวอักษร)	หน้าที่
STRESS-PRE	10	- ชื่อถนนตามที่อยู่ปัจจุบัน
KAWN-PRE	10	- ชื่อแขวงตามที่อยู่ปัจจุบัน
KAE-PRE	10	- ชื่อเขตตามที่อยู่ปัจจุบัน
RISEDENT-PRE	15	- ชื่อจังหวัดตามที่อยู่ปัจจุบัน
TEL-PRE	15	- หมายเลขโทรศัพท์ตามที่อยู่ปัจจุบัน
ADDRESS-RES	10	- ที่อยู่ตามใบสำเนาทะเบียนบ้าน
STRESS-RES	10	- ชื่อถนนตามใบสำเนาทะเบียนบ้าน
KAWN-RES	10	- ชื่อแขวงตามใบสำเนาทะเบียนบ้าน
KAE-RES	10	- ชื่อเขตตามใบสำเนาทะเบียนบ้าน
OFFICE-RES	15	- ชื่อจังหวัดตามใบสำเนาทะเบียนบ้าน
TEL-RES	15	- หมายเลขโทรศัพท์ตามใบสำเนาทะเบียนบ้าน
DIAGNOSIS		- ชื่อโรคประจำตัว
DRUG-ALLERGY		- ชื่อยาที่แพ้
FAR-MON	30	- ชื่อบิดาและมารดา
REC	30	- ชื่อของผู้แจ้งรายละเอียดผู้ป่วย
CON	7	- ความเกี่ยวข้องของผู้แจ้งกับผู้ป่วย
ADD-TEL	30	- ที่อยู่และหมายเลขโทรศัพท์ของผู้แจ้งรายละเอียดของผู้ป่วย

รูปแบบข้อมูลแบบเพิ่มเติม

เป็นรูปแบบของข้อมูลที่ใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์และเพื่อหาแนวทางการรักษาจากประวัติการรักษาของคนไข้ ซึ่งมีอยู่ 2 ประเภทคือ

ประเภทที่ 1 จะใช้สำหรับตรวจสอบประวัติการรักษาอย่างคร่าว ๆ ดังแบบฟอร์มในรูปที่ 5.4 ซึ่งให้ไฟล์ว่า "GENERAL.DBF"

ประเภทที่ 2 จะใช้สำหรับดูรายละเอียดของประวัติการรักษาโดยละเอียดของการรักษาในแต่ละครั้ง ดังแบบฟอร์มในรูปที่ 5.5 ซึ่งให้ชื่อไฟล์ว่า "DISGENERAL.DBF"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GENERAL.DBF ใน 1 เรคอร์ด จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ คือ

ชื่อฟิลด์	ความกว้าง (ตัวอักษร)	หน้าที่
CARDNO	13	– หมายเลขประจำตัวคนไข้ในบัตรสมาชิก
NAMEILL	30	– ชื่อของผู้ป่วย
TERMINAL	5	– เป็นหมายเลขประจำตัวของโรงพยาบาล แต่ละโรงพยาบาล
IDCHECK	3	– ลำดับที่ของการตรวจรักษาคนไข้
DATACHECK	8	– วันที่ของการตรวจรักษาคนไข้
ILL	30	– อาการของการป่วย
PENSICED	20	– ชื่อของยาที่ใช้
MITTING	8	– วันนัดหมายให้มาตรวจรักษาครั้งต่อไป
DRCHECK	10	– ชื่อของแพทย์ผู้ตรวจรักษา

DISGENERAL.DBF ใน 1 เรคอร์ด จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ คือ

ชื่อฟิลด์	ความกว้าง (ตัวอักษร)	หน้าที่
CARDNO	13	– หมายเลขประจำตัวคนไข้ในบัตรสมาชิก
NAMEILL	30	– ชื่อของผู้ป่วย
IDCHECK	3	– ลำดับที่ของการตรวจรักษาคนไข้
DAGMED	50	– อาการของการป่วย
GROUP	2	– ผลของการตรวจเลือด
RESULTCHECK	50	– ผลของการตรวจโรค
PENSIED	20	– ชื่อของยาที่ใช้
NOTE	50	– บันทึกข้อมูลพิเศษ
DRCHECK	10	– ชื่อของแพทย์ผู้ตรวจรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การส่งข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุ

6.1 หลักการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ

ความเจริญก้าวหน้าทางการสื่อสารด้านวิทยุช่วยให้เราติดต่อกันได้ไกลมากขึ้น โดยวิธีการเปลี่ยนเสียงพูดไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า ขยายให้เป็นคลื่นเสียง (หรือออดิโอ) แล้วทำการเกาะผสมกับคลื่นพาหะ (คลื่นวิทยุ) แล้วส่งไปยังเครื่องรับที่อยู่ห่างออกไป แต่ถ้าหากเราส่งเสียงพูดไปในรูปของคลื่นเสียง (ซึ่งมีความถี่อยู่ในช่วงประมาณ 20 เฮิรตซ์ - 20 กิโลเฮิรตซ์) ปัญหาที่จะเกิดขึ้นตามมาหลายประการ คือ

1. การที่จะทำให้การส่งมีประสิทธิภาพ เราจะต้องใช้สายอากาศที่มีขนาดความยาวเท่ากับ 1/4 หรือ 1/2 ของความยาวคลื่น ฉะนั้นการส่งคลื่น 3000 เฮิรตซ์จะต้องใช้สายอากาศยาวอย่างน้อย 25 กิโลเมตร

2. แม้ว่าจะแก้ปัญหาสายอากาศได้ แต่ก็จะเกิดปัญหาตามมาอีกว่า เราส่งได้เพียงทีละสถานี เพราะทุกสถานีก็ใช้ความถี่เสียงซ้ำกัน

3. การส่งโดยใช้ความถี่ใกล้เคียงกับความถี่เสียงนั้นจะไม่มีประสิทธิภาพเพราะไปได้ไม่ไกล

ปัญหาเหล่านี้เราสามารถแก้ไขปัญหาได้โดยการใช้สัญญาณความถี่สูงเป็นพาหะเพื่อให้สัญญาณเสียงพูดเกาะไปเมื่อส่งไปถึงเครื่องรับ พาหะที่มีสัญญาณเสียงพูดเกาะมาด้วยก็จะถูกแยกออกไปและกลับคืนตัวเป็นเสียงพูดตามเดิมวิธีการแรกเรียกว่า การมอดูเลต (modulation) หมายถึงสัญญาณเสียงเข้าไปมอดูเลตบนคลื่นพาหะ วิธีการหลังเรียกว่า การดีมอดูเลต (demodulation) นิยมเรียกสั้น ๆ ว่าดีมอดหรือดีเทก (detect) หมายถึงแยกสัญญาณเสียงที่มอดูเลตบนคลื่นพาหะกลับคืนมา

ในขบวนการมอดูเลต เราใช้คลื่นรูปซายน์ที่มีความถี่สูงเป็นพาหะ แล้วเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางอย่างของพาหะด้วยสัญญาณข่าวสาร โดยทั่วไปสัญญาณข่าวสารได้แก่ สัญญาณออดิโอ (หรือเสียงพูด) สัญญาณภาพ หรือข่าวสารอื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของคลื่นพาหะนี้เราเรียกว่าการมอดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นรูปซายน์ที่เราใช้เป็นพาหะนั้น เราสามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์แทนได้ดังนี้

$$e = A \sin (\omega t + \phi)$$

ในที่นี้ e คือค่าแรงดัน (หรือกระแส) ของคลื่นพาหะใด ๆ

A คือแอมพลิจูด (หรือขนาด) สูงสุดของคลื่นพาหะ

ω คือความถี่เชิงมุม = $2\pi f$

t คือเวลา

ϕ คือเฟส หรือมุมทางไฟฟ้า

f คือความถี่

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่า คุณสมบัติประจำตัวของคลื่น (รูปซายน์) ที่สำคัญจะมีอยู่ 3 ประการ ซึ่งเราสามารถเปลี่ยนแปลงหรือมอดูเลตได้ คือ แอมพลิจูด (A) ความถี่เชิงมุม (ω) หรือความถี่ (f) และเฟส (ϕ)

การมอดูเลตให้กับคลื่นพาหะแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. มอดูเลตทางแอมพลิจูด (amplitude modulation เรียกชื่อย่อว่า AM)
2. มอดูเลตทางความถี่ (frequency modulation เรียกย่อว่า FM)
3. มอดูเลตทางเฟส (phase modulation เรียกย่อว่า PM หรือ ϕM)

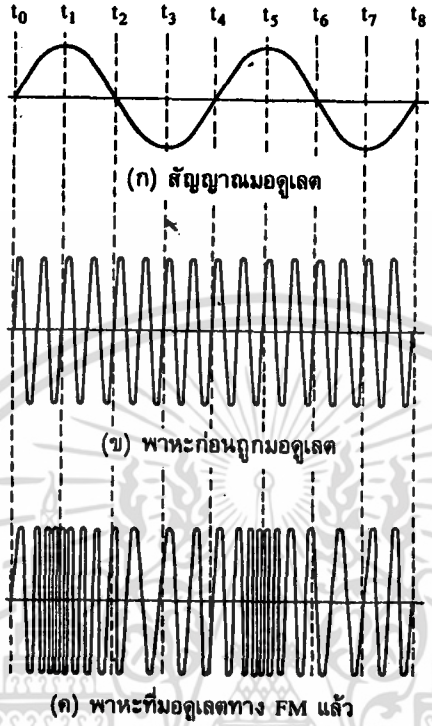
ในทางปฏิบัติสัญญาณ FM กับสัญญาณ PM จะคล้ายกันมาก บางทีเรียกรวม ๆ ทั้ง FM และ PM ว่า "การมอดูเลตเชิงมุม" (Angle modulation) ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้การรับส่งคลื่นวิทยุในระบบ การมอดูเลตเชิงมุมจึงขอกล่าวเฉพาะ การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ FM หรือ PM เท่านั้น

6.2 การมอดูเลชั่นและดีมอดูเลชั่น (Modulation and Demodulation)

6.2.1 การมอดูเลตทางความถี่ (FM)

รูปคลื่นของสัญญาณ FM เกิดจากสัญญาณมอดูเลต ดังรูปที่ 6.1 (ก) เช่น สัญญาณเสียงซึ่งเป็นข่าวสารเข้าไปมอดูเลตลงบนสัญญาณพาหะดังรูปที่ 6.1 (ข) สัญญาณพาหะหลังจากมอดูเลตแล้วในรูปที่ 6.1 (ค) เป็นสัญญาณ FM จะเห็นว่าที่เวลา t_0 สัญญาณ FM อยู่ที่ความถี่กลาง เมื่อสัญญาณที่เข้ามามอดูเลตมีค่าทางบวกสูงสุด ความถี่ของพาหะจะเพิ่มขึ้นสูงสุด นั่นคือสัญญาณมอดูเลตถึงจุดยอดสุด (สัญญาณมีขนาดสูงสุดนั่นเอง) ที่เวลา t_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.1 การมอดูเลตทางความถี่

ที่เวลา t_2 สัญญาณมอดูเลตลดลงเป็นศูนย์ ความถี่ของพาหะก็จะลดลงมาที่ความถี่กลางดังเดิม หลังจากเวลาสัญญาณมอดูเลตมีค่าตกลงต่ำกว่าศูนย์กลายเป็นลบ พาหะจะมีความถี่ลดลงต่ำกว่าความถี่กลาง และเมื่อเวลาสัญญาณมอดูเลตกลับเป็นศูนย์อีกครั้งหนึ่ง ความถี่ของพาหะก็จะกลับมายังความถี่กลางดังเดิมเช่นกัน ในช่วงเวลา t_4 ถึง t_8 ก็จะซ้ำแบบเดิมเรื่อย ๆ ไป สรุปแล้วความถี่ของพาหะจะเปลี่ยนแปลงไปตามแอมพลิจูดของสัญญาณมอดูเลตและพาหะยังคงอยู่ที่ความถี่กลางเมื่อสัญญาณมอดูเลตเป็นศูนย์

ช่วงความถี่ที่พาหะเบี่ยงเบนไปจากความถี่กลางเรียกว่า ความถี่เบี่ยงเบน (frequency deviation) หรือ ดีวิเอชั่น ตัวอย่างเช่น พาหะมีความถี่ 100 เมกะเฮิรตซ์ ลดลงต่ำสุดเป็น 99.9 เมกะเฮิรตซ์ และเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น 100.1 เมกะเฮิรตซ์ สลับไปมาเช่นนี้ หมายความว่าช่วงความถี่เบี่ยงเบนเท่ากับ +0.1 เมกะเฮิรตซ์ หรือ +1000 กิโลเฮิรตซ์

อัตราการเบี่ยงเบนความถี่ของสัญญาณ FM ขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต ตัวอย่าง เช่น ถ้าสัญญาณที่เข้าเป็นโทน (สัญญาณเสียง) ความถี่ 1000 เฮิรตซ์ อัตราการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบี่ยงเบนความถี่ของสัญญาณ FM จะเท่ากับ 1000 ครั้งต่อวินาที ถ้าสัญญาณที่เข้ามอดูเลต เพิ่มความถี่เป็น 10 กิโลเฮิรตซ์ โดยคงค่าแอมพลิจูดเท่าเดิม ช่วงความถี่เบี่ยงเบนก็ยังเท่าเดิม คือ เท่ากับ ±100 กิโลเฮิรตซ์ แต่อัตราการเบี่ยงเบนจะเพิ่มเป็น 10,000 ครั้งต่อวินาที นั่นคือ ความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดูเลตเป็นตัวกำหนดอัตราการเบี่ยงเบนความถี่

สำหรับแอมพลิจูดของสัญญาณมอดูเลตจะเป็นตัวกำหนดช่วงความถี่เบี่ยงเบน ตัวอย่าง เช่น สัญญาณโทนที่มีแอมพลิจูดสูงจะทำให้ความถี่เบี่ยงเบนไป ±100 กิโลเฮรตซ์ สัญญาณโทนที่มี แอมพลิจูดน้อยลง จะทำให้ความถี่เบี่ยงเบนไป ±50 กิโลเฮิรตซ์

กล่าวโดยสรุป สัญญาณ FM มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

1. มีแอมพลิจูดคงที่ตลอด แต่ความถี่เปลี่ยนตามสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต
2. อัตราการเบี่ยงเบนความถี่ของสัญญาณพาหะมีค่าเท่ากับความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต
3. ช่วงความถี่เบี่ยงเบน (หรือดีวิเอชั่น) เป็นสัดส่วนกับแอมพลิจูดของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต

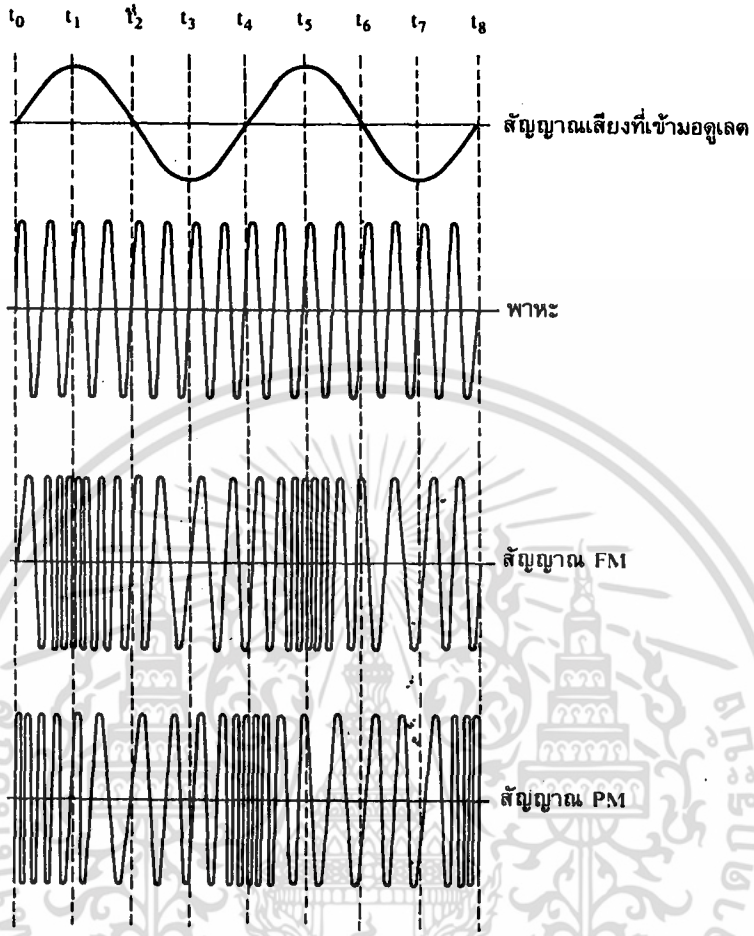
6.2.2 <u>การมอดูเลตทางเฟส</u> (PM)

ในการมอดูเลตทางเฟส เฟสของพาหะย่อมเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณที่เข้ามอดูเลต เมื่อเฟสของพาหะเปลี่ยนแปลง ความถี่ของพาหะก็เปลี่ยนแปลงด้วย ฉะนั้นการมอดูเลตทางเฟส จะทำให้เกิดความถี่เบี่ยงเบนด้วยเสมอ จริง ๆ แล้วในการมอดูเลตทางความถี่ เฟสก็จะเปลี่ยนแปลงด้วย สรุปแล้วการเปลี่ยนแปลงทั้งสองแบบจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน

รูปที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณ FM กับ PM จะเห็นว่าสัญญาณทั้งสองมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ เว้นแต่ในการมอดูเลตทางเฟส ความถี่เบี่ยงเบนมีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเปลี่ยนเฟสและแอมพลิจูดของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต ด้วยเหตุนี้การมอดูเลตทางเฟส ความถี่เบี่ยงเบนมีค่ามากที่สุด ในขณะที่สัญญาณมอดูเลตผ่านศูนย์ (แกนศูนย์) กล่าวคือ เฟสของพาหะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด ในขณะที่สัญญาณมอดูเลตเปลี่ยนจากบวกเป็นลบหรือลบเป็นบวก

สังเกตว่าที่เวลา t_2 สัญญาณที่เข้ามอดูเลตผ่านศูนย์ สัญญาณ PM เบี่ยงเบนไปยังความถี่ต่ำสุดที่เวลา t_4 สัญญาณที่เข้ามอดูเลตผ่านศูนย์อีกครั้ง สัญญาณ PM เบี่ยงเบนไปยังความถี่สูงสุด ฉะนั้นการมอดูเลตทางเฟสจึงทำให้เกิดสัญญาณ FM ด้วยเช่นกัน บางทีเราเรียกการมอดูเลตทางเฟสว่า เป็น FM โดยอ้อม (indirect FM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 ความแตกต่างระหว่างคลื่น PM กับ FM

ดังได้กล่าวมาแล้วว่าในการมอดูเลตทางเฟส ปริมาณความถี่เบี่ยงเบนมีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต ด้วยเหตุนี้ความถี่จะเบี่ยงเบนไปมากที่สุดเมื่อสัญญาณที่เข้ามอดูเลตผ่านแกนศูนย์ สมมติว่าความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต (คือสัญญาณเสียง) เพิ่มจาก 100 เฮิรตซ์ เป็น 1000 เฮิรตซ์ คือเพิ่มเป็น 10 เท่าที่ความถี่ 100 เฮิรตซ์ สัญญาณเสียงจะเปลี่ยนเฟสเท่ากับ 100 เฮิรตซ์ x 360 องศา = 36,000 องศาต่อวินาที (เนื่องจาก 1 ไซเกิลเท่ากับ 360 องศา) ที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์ สัญญาณเสียงจะเปลี่ยนเฟสเพิ่มขึ้นเป็น 360,000 องศาต่อวินาที เนื่องจากการเบี่ยงเบนมากขึ้นเมื่อความถี่ของสัญญาณเสียงที่เข้ามอดูเลตสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อแตกต่างของสัญญาณ PM กับ FM ได้แก่ (ดูตารางที่ 6.1)

1. สัญญาณ PM มีความเบี่ยงเบนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับทั้งความถี่และแอมพลิจูดของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต

2. สัญญาณ FM มีความถี่เบี่ยงเบนที่เข้าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแอมพลิจูดของสัญญาณที่เข้ามอดูเลตโดยไม่ขึ้นกับความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต

ตารางที่ 6.1 เปรียบเทียบค่าความถี่เบี่ยงเบนและเฟสเบี่ยงเบนในระบบ FM และ PM

การมอดูเลต	ความเบี่ยงเบน	เฟสเบี่ยงเบน
ระบบ FM	เป็นสัดส่วนกับแรงดันของสัญญาณมอดูเลต	เป็นสัดส่วนกับแรงดันและเป็นส่วนผกผันกับความถี่ของสัญญาณมอดูเลต
ระบบ PM	เป็นสัดส่วนกันทั้งแรงดันและความถี่ของสัญญาณมอดูเลต	เป็นสัดส่วนกับแรงดันของสัญญาณมอดูเลต

ถ้าเราใช้สัญญาณเสียงความถี่เดี่ยวมอดูเลตให้กับสัญญาณพาหะให้มีความถี่เบี่ยงเบนเท่ากัน ทั้งสัญญาณ FM กับ PM ก็จะมีรูปเคลื่อนเหมือนกันทุกประการ แต่เมื่อเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณมอดูเลต เราจะเห็นความแตกต่างระหว่างสัญญาณ FM กับ PM เพราะว่าสัญญาณ PM จะมีความถี่เบี่ยงเบนสูงขึ้น แต่สัญญาณ FM จะมีความถี่เบี่ยงเบนเท่าเดิม (อัตราการเบี่ยงเบนเท่ากันที่เพิ่มขึ้น) ด้วยเหตุนี้การแปลงวงจรมอดูเลตแบบ FM เป็น PM หรือแบบ PM เป็น FM เราสามารถใช้วงจรฟิลเตอร์ RC ธรรมดาแปลงได้

6.2.3 ดัชนีการมอดูเลต

สมการของดัชนีการมอดูเลต จะเป็นดังนี้

$$m = f_d / f_m$$

ในที่นี้ f_d คือช่วงความถี่เบี่ยงเบน

f_m คือความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าตัวเลขของดัชนีการมอดูเลตจะมีค่าสูง (แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต ซึ่งเมื่อคิดเป็นอัตราส่วนจะได้อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1) ตัวอย่างเช่น ในระบบวิทยุกระจายเสียง FM เรากำหนดให้ความถี่เบี่ยงเบนของระบบสูงสุดไว้เท่ากับ 75 กิโลเฮิรตซ์ สมมติว่าเราใช้สัญญาณเสียง 1 กิโลเฮิรตซ์มอดูเลตให้เกิดความถี่เบี่ยงเบนเต็มที่ ค่าดัชนีการมอดูเลตจะเป็น

$$m = 75\ kHz/1kHz$$
$$= 75$$

สังเกตว่า ค่าดัชนี การมอดูเลตในระบบ FM ขึ้นอยู่กับความถี่ของเสียงที่เข้ามอดูเลต ในทางปฏิบัติเรานิยมวัดเป็นอัตราส่วนการเบี่ยงเบน (deviation ratio) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความถี่เบี่ยงเบน (ของระบบ) สูงสุด (f_{dmax}) ต่อความถี่สูงสุดของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต $f_{m\ max}$ ในระบบกระจายเสียง FM ค่าอัตราการเบี่ยงเบน ($\triangle$) จะเท่ากับ

$$\triangle = (f_{d\ max})/f_{m\ max}$$
$$m = 75\ kHz/15kHz$$
$$= 5$$

ในระบบ FM เมื่อเพิ่มแอมพลิจูดของสัญญาณที่เข้ามอดูเลตสูงขึ้น การเบี่ยงเบนความถี่ของพาหะจะเบี่ยงเบนได้มากขึ้น ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การทอดูเลต} = f_d/f_{d\ max} \times 100$$

เมื่อ f_d คือ ความถี่เบี่ยงเบนเนื่องจากสัญญาณที่เข้ามอดูเลต

$f_{d\ max}$ คือ ความถี่เบี่ยงเบนสูงสุดของระบบ

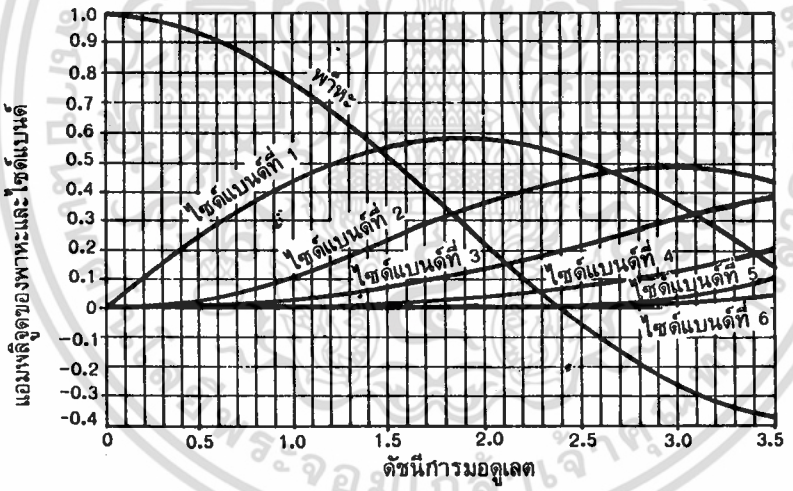
6.2.4 <u>ไซด์แบนด์ FM</u>

ความแตกต่างระหว่างระบบ AM กับ FM ที่เห็นได้ชัดก็คือไซด์แบนด์ ในระบบ AM ถ้าเรามอดูเลตด้วยสัญญาณรูปซายน์จะเกิดไซด์แบนด์จำนวน 2 ตัวคือ USB กับ LSB แต่ในระบบ FM ถ้าเรามอดูเลตด้วยสัญญาณรูปซายน์จะเกิดไซด์แบนด์จำนวนนับอนันต์ เนื่องจากการเบี่ยงเบนความถี่ของพาหะทำให้เกิดความถี่เพิ่มขึ้นอีกมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบ FM สัญญาณ FM จะรักษาแอมพลิจูดไว้คงที่เสมอ ซึ่งหมายความว่า กำลังของคลื่นพาหะย่อมกระจายไปอยู่ในไซด์แบนด์ ความสัมพันธ์ของพาหะกับไซด์แบนด์ในระบบ FM ขึ้นอยู่กับดัชนีการมอดูเลต เนื่องจากดัชนีการมอดูเลตเป็นตัวกำหนดจำนวนของไซด์แบนด์ที่สำคัญและแอมพลิจูดของพาหะกับไซด์แบนด์ต่าง ๆ

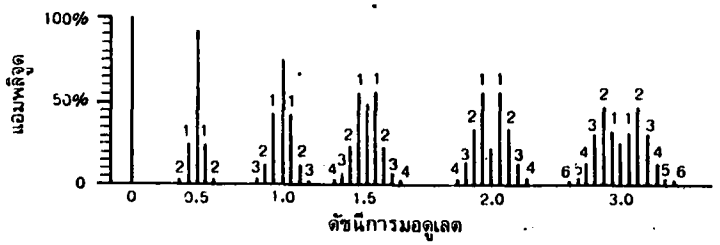
ในรูปที่ 6.3 แสดงกราฟแอมพลิจูดของคลื่นพาหะกับไซด์แบนด์ที่ดัชนีการมอดูเลตค่าต่าง ๆ จะเห็นว่าดัชนีการมอดูเลตเป็นศูนย์จะมีแต่คลื่นพาหะอย่างเดียว (เท่ากับ 1 หน่วย) คลื่นไซด์แบนด์เป็นศูนย์เมื่อดัชนีการมอดูเลตเพิ่มขึ้นจำนวนไซด์แบนด์จะเพิ่มขึ้น แอมพลิจูดของไซด์แบนด์ก็จะใหญ่ขึ้น แต่แอมพลิจูดของพาหะกลับเล็กลงจนกระทั่งดัชนีการมอดูเลตเท่ากับ 2.4 คลื่นพาหะจะเป็นศูนย์ ตอนนี้กำลังของคลื่น FM จะไปอยู่ในไซด์แบนด์ทั้งสิ้น เมื่อดัชนีการมอดูเลตเพิ่มขึ้นอีก คลื่นพาหะก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นอีก (เป็นค่าลบ แสดงว่าเฟสตรงกันข้ามกับตอนแรก เช่น เมื่อดัชนีการมอดูเลตเป็น 3.1 แอมพลิจูดของพาหะจะเท่ากับ -0.3 หน่วย) สังเกตว่าจุดที่คลื่นพาหะเป็นศูนย์นั้นมีอยู่หลายจุด



รูปที่ 6.3 กราฟแสดงแอมพลิจูดของพาหะและไซด์แบนด์ในระบบ FM

กราฟในรูปที่ 6.3 เขียนได้เป็นตารางดังแสดงในตารางที่ 6.2 ในที่นี้เราตัดไซด์-แบนด์ที่มีแอมพลิจูดน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ของพาหะเดิม (ก่อนมอดูเลต) ออกไปโดยไม่คำนึงถึง เช่น เมื่อดัชนีการมอดูเลตเท่ากับ 0.5 แอมพลิจูดของพาหะจะเท่ากับ 0.94 หน่วย ไซด์แบนด์คู่แรกมีแอมพลิจูดเท่ากับ 0.24 หน่วย ไซด์แบนด์คู่ที่สองถัดไปมีแอมพลิจูดเท่ากับ 0.03 หน่วย ไซด์แบนด์อื่นนอกจากนี้มีแอมพลิจูดน้อยจนสามารถตัดทิ้งไปได้ เมื่อดัชนีการมอดูเลตสูงขึ้น การกระจายคลื่นไซด์แบนด์จะเป็นดังรูปที่ 6.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.4 รูปคลื่น FM ในเชิงความถี่ ที่ค่าดัชนีการทอดูเลตเท่ากับ 0,0.5, 1, 1.5, 2.0, 3.0 ตามลำดับ

ตารางที่ 6.2 แสดงการกระจายคลื่นพาหะและไซด์แบนที่ดัชนีการมอดูเลตค่าต่าง ๆ

ดัชนีการมอดูเลต	พาหะ	ไซด์แบนด์คู่ที่ 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0.00	1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.25	0.98	0.12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.5	0.94	0.24	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.0	0.77	0.44	0.11	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	0.51	0.56	0.23	0.06	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.0	0.22	0.58	0.35	0.13	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.5	-0.05	0.50	0.45	0.22	0.07	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.0	-0.26	0.34	0.49	0.31	0.13	0.04	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.0	-0.40	-0.07	0.36	0.43	0.28	0.13	0.05	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.0	-0.18	-0.33	0.05	0.36	0.39	0.26	0.13	0.05	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—
6.0	0.15	0.28	-0.24	0.11	0.36	0.36	0.25	0.13	0.06	0.02	—	—	—	—	—	—	—
7.0	0.30	0.00	-0.30	-0.17	0.16	0.35	0.34	0.23	0.13	0.06	0.02	—	—	—	—	—	—
8.0	0.17	0.23	-0.11	-0.29	-0.10	0.19	0.34	0.32	0.22	0.13	0.06	0.03	—	—	—	—	—
9.0	-0.09	0.24	0.14	-0.18	-0.27	-0.06	0.20	0.33	0.30	0.21	0.12	0.06	0.03	0.01	—	—	—
10.0	-0.25	0.04	0.25	0.06	-0.22	-0.23	-0.01	0.22	0.31	0.29	0.20	0.12	0.06	0.03	0.01	—	—
12.0	-0.05	-0.22	-0.08	0.20	0.18	-0.07	-0.24	-0.17	0.05	0.23	0.30	0.27	0.20	0.12	0.07	0.03	0.01
15.0	-0.01	0.21	0.04	0.19	-0.12	0.13	0.21	0.03	-0.17	-0.22	-0.09	0.10	0.24	0.28	0.25	0.18	0.12

6.2.5 แบนด์วิดท์ของสัญญาณ FM

ในระบบ FM จำนวนไซด์แบนด์และแอมพลิจูดของไซด์แบนด์ขึ้นอยู่กับค่าดัชนีการมอดูเลต โดยความถี่ของไซด์แบนด์มีค่าสัมพันธ์กับความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต กล่าวคือ ไซด์แบนด์คู่แรกมีความถี่เท่ากับ $f_c \pm f_m$ ไซด์แบนด์คู่ที่สองมีความถี่เท่ากับ $f_c \pm 2f_m$,...ฯลฯ ฉะนั้นแบนด์วิดท์ของคลื่น FM ต้องครอบคลุมจำนวนไซด์แบนด์ที่สำคัญทุกตัว นั่นคือ แบนด์วิดท์ขึ้นอยู่กับดัชนีการมอดูเลตและความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต แต่ดัชนีการมอดูเลตเท่ากับ f_d/f_m ดังนั้นถ้าเราทราบความถี่เบี่ยงเบนและความถี่ของสัญญาณเราก็สามารถมอดูเลตคำนวณหาแบนด์วิดท์ได้

ตัวอย่างเช่น ความถี่ของสัญญาณเสียงที่เข้ามอดูเลตเท่ากับ 3 กิโลเฮิรตซ์ ความถี่เบี่ยงเบนเท่ากับ 18 กิโลเฮิรตซ์ เราคำนวณค่าดัชนีการมอดูเลตได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$m = f_d/f_m$$
$$= 18\ kHz/3kHz$$
$$= 6$$

นำค่า m = 6 ไปหาไซด์แบนด์สำคัญที่พิจารณาได้จากตารางที่ 6.2 จะเห็นว่าเมื่อดัชนีการมอดูเลตเท่ากับ 6 จำนวนไซด์แบนด์จะมีอยู่ 9 คู่ เราจึงคำนวณหาแบนด์วิดท์ได้ดังนี้

$$BW = fm \times \text{จำนวนไซด์แบนด์} \times 2$$
$$= 3\ kHz \times 9 \times 2$$
$$= 54\ kHz$$

ในทางปฏิบัตินิยมใช้สูตรคำนวณแบนด์วิดท์แบบประมาณจากค่า $f_{d\ max}$ และ $f_{m\ max}$ เลย ไม่ต้องเสียเวลานับจำนวนไซด์แบนด์ ดังนี้

$$BW = 2(m + 1)f_{m\ max}$$
หรือ $$BW = 2(f_{d\ max} + f_{m\ max}) \text{ เมื่อ } m = f_{d\ max}/f_{m\ max}$$

จากตัวอย่างดังกล่าวเราคำนวณได้ว่า

$$BW = 2 \times (6+1) \times 3$$
$$= 42\ kHz$$
หรือ $$BW = 2 \times (18+3)$$
$$= 42\ kHz$$

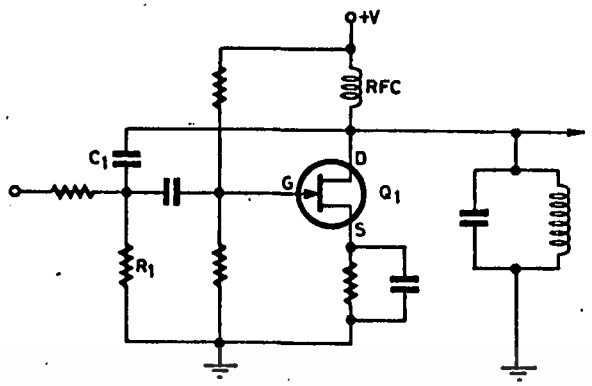
เสมือนกับว่าเราพิจารณาใช้จำนวนไซด์แบนด์เพียง 7 คู่ เมื่อเทียบกับการคำนวณในตอนต้น

6.2.6 <u>ชนิดของการมอดูเลตแบบ FM และ PM</u>

1. <u>รีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์</u>

หลักการของวงจรรีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์ก็คือ ไบแอส FET หรือทรานซิสเตอร์ เป็นตัวที่ทำหน้าที่เป็นรีแอกแตนซ์ (ความจุหรือความเหนี่ยวนำ) ในวงจรแทงค์ของออสซิลเลเตอร์ ฉะนั้น เมื่อป้อนสัญญาณเสียงมามอดูเลต ค่ารีแอกแตนซ์จะแปรเปลี่ยนไป ทำให้ความถี่ของออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนแปลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.5 วงจรรีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์

วงจรรีแอกแตนซ์มอดูเลต ในรูปที่ 6.5 ใช้ C_1 และ R_1 ต่อคร่อมวงจรแทงค์ของออสซิลเลเตอร์ ค่ารีแอกแตนซ์ของ C_1 มีค่าประมาณ 6 เท่าของ R_1 ฉะนั้นเมื่อมองการต่อ R_1 กับ C_1 จึงเสมือนเป็นความจุล้วน ๆ ฉะนั้นสัญญาณที่ป้อนแก่เกตของ Q_1 จะมีเฟสนำหน้าแรงดันออสซิลเลเตอร์อยู่ 90 องศา เนื่องจากวงจร C_1R_1 กระแสเดรนใน Q_1 ก็จะมีเฟสนำหน้า 90 องศาเทียบกับแรงดันออสซิลเลเตอร์ด้วยเช่นกัน ดังนั้นวงจรโดยรวมจึงปรากฏเป็นความจุต่อขนานวงจรแทงค์ของออสซิลเลเตอร์

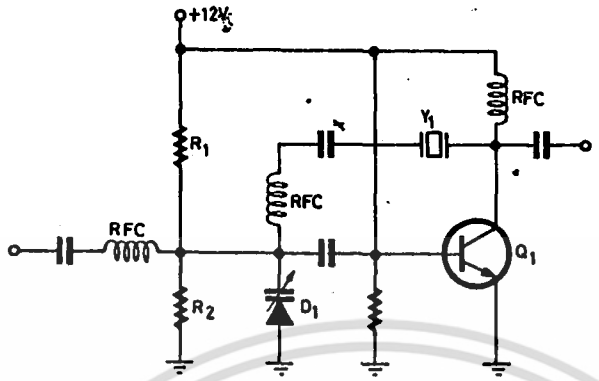
เนื่องจากจากวงจร FET ทำหน้าที่เสมือนตัวเก็บประจุ จึงสามารถควบคุมความถี่ออสซิลเลเตอร์ได้ ถ้าสัญญาณเสียงเป็นศูนย์ ค่าความจุจะอยู่ความถี่กลาง ถ้าสัญญาณเสียงเป็นบวก กระแสเดรนจะเพิ่ม และค่าความจุจะเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ความถี่ออสซิลเลเตอร์ต่ำลง ในทำนองเดียวกันเมื่อสัญญาณเสียงเป็นลบ กระแส FET จะลดและความจุจะลดลงตามด้วย ความถี่ของออสซิลเลเตอร์จึงเพิ่มขึ้น

เราสามารใช้ทรานซิสเตอร์หรือหลอดสูญญากาศแทน FET เป็นวงจรรีแอกแตนซ์ได้ นอกจากนี้เราสามารถไบแอสให้วงจรโดยรวมเสมือนเป็นความเหนี่ยวนำได้โดยการสลับตำแหน่ง R_1 C_1

2. <u>มอดูเลเตอร์ใช้วาแรกเตอร์</u>

วงจรในรูปที่ 6.6 เป็นวงจรมอดูเลเตอร์อีกชนิดหนึ่งประกอบด้วยวาแรกเตอร์ไดโอด D_1 ในวงจรเพียซออสซิลเลเตอร์ (Pierce oscillator) แร่ปังคับความถี่ (Y_1) สำหรับ R_1 R_2 เป็นวงจรไบแอสให้แก่วาแรกเตอร์เพื่อให้มีค่าความจุ ให้ออสซิลเลเตอร์อยู่ตรงความถี่กลาง ๆ เมื่อป้อนสัญญาณเสียงให้แก่วาแรกเตอร์ แรงดันเสียงก็จะบวกและลบกับไฟไบแอส ทำให้ความจุเปลี่ยนแปลง และความถี่ของออสซิลเลเตอร์ก็เปลี่ยนแปลงไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.6 วงจรมอดูเลเตอร์ใช้วาแรกเตอร์

เมื่อสัญญาณเสียงแกว่ง (swing) หรือ เปลี่ยนค่าไปทางบวก แรงดันไบแอสแบบกลับทางที่คร่อมวาแรกเตอร์ก็จะเพิ่มขึ้น ความจุจะลดลง ทำให้ความถี่ออสซิลเลเตอร์สูงขึ้น เมื่อสัญญาณเสียงแกว่งไปทางลบไฟไบแอสกลับทางคร่อม วาแรกเตอร์ก็จะลดลง ความจุของวาแรกเตอร์จะมากขึ้นทำให้ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ลดลง

ถ้าสัญญาณเสียงเป็นโทน (เสียง) 1000 เฮิรตซ์ ความถี่ของออสซิลเลเตอร์จะแกว่งไปมาระหว่างความถี่กลางด้วยอัตรา 1000 ครั้งต่อวินาที (อัตราการเบี่ยงเบนนั่นเอง) อัตราการเบี่ยงเบนความถี่จะเท่ากับความถี่ของสัญญาณเสียง ถ้าแอมพลิจูดของสัญญาณเสียงเพิ่มขึ้น ช่วงเปลี่ยนแปลงความจุของวาแรกเตอร์จะกว้างมากขึ้น นั่นคือช่วงความถี่เบี่ยงเบนกว้างขึ้น

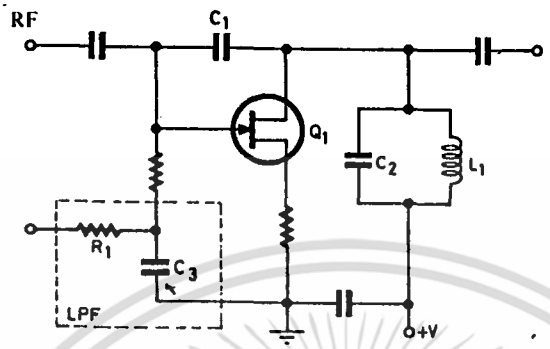
มอดูเลเตอร์ชนิดที่ใช้วาแรกเตอร์นี้ ได้รับความนิยมแพร่หลายมากเพราะสะดวกและมีเสถียรภาพดี (เพราะใช้แร่บังคับความถี่)

3. เฟสมอดูเลเตอร์

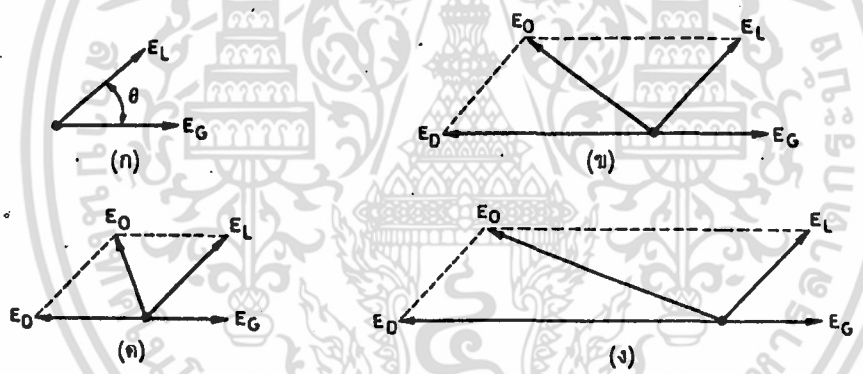
เฟสมอดูเลเตอร์ใช้วิธีการมอดูเลเตอร์แบบเปลี่ยนแปลงเฟสของสัญญาณพาหะ (นิยมเรียกว่า FM โดยอ้อมหรือ indirect FM) ในรูปที่ 6.7 สัญญาณพาหะ RF ที่ป้อนมาให้วงจรออสซิลเลเตอร์นี้เข้าที่เกตของ Q_1 และผ่าน C_1 ไปสู่วงจรแทงค์ L_1 C_2 ด้วย ดูรูปที่ 6.8(ก) แรงดันแทงค์ E_L นำหน้าแรงดันเกต E_G อยู่เป็นมุมเท่ากับ θ เนื่องจากมีการเลื่อนเฟสหลังจากผ่านตัวเก็บประจุ C_1 สัญญาณ RF อีกส่วนหนึ่งซึ่งถูกขยายด้วย FET เนื่องจากสัญญาณ E_G ป้อนที่เกต ออกมาที่วงจรเดรนเป็น E_D จะมีเฟสตรงข้ามกับ E_G E_D เป็นแรงดันที่ปรากฏที่เดรนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q_1 และนำหน้า E_G อยู่ 180 องศา (เพราะมีการกลับเฟส) ดูรูปที่ 6.8 (ข) ดังนั้นแรงดันเอาต์พุต E_o จึงเท่ากับผลรวมของเวกเตอร์ E_D กับ E_L



รูปที่ 6.7 เฟสมอดูเลเตอร์ใช้ FET



รูปที่ 6.8 การมอดูเลตทางเฟสซึ่งเขียนแสดงด้วยเวกเตอร์

เมื่อป้อนสัญญาณเสียงเข้าที่ Q_1 แรงดันไบแอสจะเปลี่ยนทำให้อัตราขยายของวงจรเปลี่ยนด้วย ฉะนั้น E_D ก็จะเปลี่ยนแปลงทำให้เอาต์พุต E_o เปลี่ยนแปลงด้วย สังเกตว่า E_o นั้นเปลี่ยนแปลงทั้งเฟสและแอมพลิจูดดูรูปที่ 6.8 (ค) และ (ง) ดังนั้นวงจรเฟสมอดูเลเตอร์จึงทำหน้าที่เป็นมอดูเลเตอร์ทั้งเฟสและแอมพลิจูด การที่จะบังคับให้แอมพลิจูดคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงทำได้โดยใช้วงจรขยายคลาส C ทำให้ส่วนที่เป็น AM ถูกกำจัดไป เนื่องจากการชลิบยอด (clip) แต่ส่วนที่มอดูเลตทางเฟสหรือ PM (phase modulation) ยังคงไม่เปลี่ยนแปลงแม้สัญญาณจะถูกชลิบก็ตาม

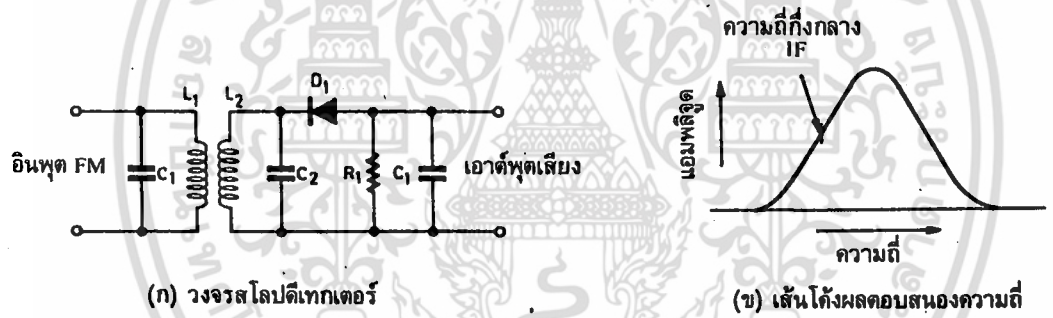
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากสัญญาณที่มอดูเลตจากวงจรเฟสมอดูเลเตอร์ไม่มีผลต่อวงจรแทงค์มากนัก ดังนั้นเสถียรภาพความถี่ของเฟสมอดูเลเตอร์จึงค่อนข้างดีกว่าวิธีการ FM โดยตรง (direct FM) แต่มีข้อเสียตรงที่ไม่สามารถมอดูเลตให้มีช่วงความถี่เบี่ยงเบนกว้าง ๆ ได้ ฉะนั้นวงจรเฟสมอดูเลเตอร์ชนิดนี้จึงมักนิยมใช้ในพวกเครื่องรับส่งวิทยุแบนด์แคบมากกว่าที่จะนำไปใช้ในเครื่องรับวิทยุกระจายเสียงซึ่งเป็นแบนด์กว้าง คงจำได้ว่าเฟสมอดูเลเตอร์จะผลิตสัญญาณ FM ได้ ถ้าสัญญาณเสียงป้อนผ่านฟิลเตอร์ชนิดโลพาสก่อนที่จะทำการมอดูเลต ในรูปที่ 6.7 ฟิลเตอร์ดังกล่าวก็คือ R_1 C_3 นั่นเอง

6.2.7 <u>ชนิดของการดีมอดูเลตแบบ FM และ PM</u>

1. <u>สโลปดีเทกเตอร์</u>

วงจรดีเทกเตอร์ FM ที่ง่ายที่สุดเรียกว่าวงจรสโลป์ดีเทกเตอร์ (slop detector) ดังรูปที่ 6.9 (ก) ใช้วงจรเรโซแนนซ์ 2 ชุด คือ L_1 C_1 กับ L_2 C_2 จูนให้การตอบสนองเป็นลักษณะเส้นโค้งตามรูปที่ 6.9 (ข) จะเห็นว่าการจูนของเส้นโค้งไม่ได้จูนความถี่กลางไว้ที่ยอดของเส้นโค้ง แต่ในความถี่กลางจะอยู่ในส่วนไหล่ลาดหรือสโลปของเส้นโค้ง



(ก) วงจรสโลปดีเทกเตอร์ (ข) เส้นโค้งผลตอบสนองความถี่

<u>รูปที่ 6.9</u>

สมมติว่าสัญญาณอินพุต IF ความถี่กลาง ๆ ป้อนเข้ามา สัญญาณเอาต์พุตจะมีแอมพลิจูดอยู่ที่ค่าเฉลี่ย เมื่อผ่านการดีเทกที่ไดโอด D_1 ถ้าสัญญาณ IF มีความถี่สูงขึ้น แอมพลิจูดที่ดีเทกได้จะสูงขึ้น (ดูรูปที่ 6.9) ดังลักษณะเส้นโค้ง เมื่อสัญญาณ IF มีความถี่ต่ำลง แอมพลิจูดที่ป้อนให้ไดโอดและดีเทกออกมาได้สัญญาณที่มีค่าน้อยลง

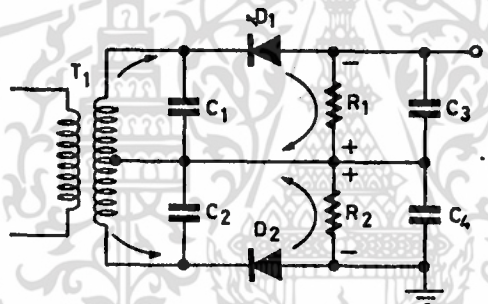
วิธีมอดแบบนี้เราต้องพิจารณาเส้นโค้งผลตอบสนองความถี่ของวงจรขยาย IF ก่อนหน้าสโลปดีเทกเตอร์ด้วย โดยปกติการจูนเบี่ยงไปจากความถี่เรโซแนนซ์ทำให้อัตราการขยายภาครับไม่ได้เต็มที่ (เพราะไม่จูนที่ยอด) นอกจากนี้ความเป็นลิเนียร์ของส่วนลาด (สโลป) ของเส้นโค้งในการเปลี่ยนสัญญาณ FM เป็น AM ก็ไม่ค่อยจะเป็นเส้นตรง วงจรชนิดนี้จึงไม่ได้รับความนิยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ดีเทกเตอร์ชนิดดับเบิลจูน

วงจรดีเทกเตอร์ชนิดดับเบิลจูน (double-tuned detector) ประกอบด้วยวงจรจูน 2 ชุดเช่นกัน ดูรูปที่ 6.10 กล่าวคือ ขดเซคันดารีของหม้อแปลง T_1 จะแยกเป็น 2 ชุด ขดที่อยู่เหนือจุดกลางจะจูนกับ C_1 ให้ความถี่เรโซแนนซ์สูงกว่าความถี่ IF เล็กน้อย ส่วนขดที่อยู่ใต้จุดกลางจะจูนกับ C_2 ให้ความถี่เรโซแนนซ์ที่ความถี่ต่ำกว่าความถี่ IF เล็กน้อย

เมื่อสัญญาณ IF ป้อนเข้าที่อินพุต สมมติว่า IF มีความถี่อยู่กลาง วงจรเรโซแนนซ์ทางด้านแซคันดารีทั้ง 2 ชุดจะไม่จูนกับเรโซแนนซ์กับความถี่นี้ (เพราะวงจรเรโซแนนซ์ทั้งสองชุดนี้จูนเบี่ยงไปจากความถี่ IF ทางบวกและลบ) ไดโอด D_1 และ D_2 จะนำกระแสเท่า ๆ กัน เกิดแรงดันคร่อม R_1 และ R_2 ในทิศทางตรงข้าม ทำให้เอาต์พุตเป็นศูนย์



รูปที่ 6.10 ดีเทกเตอร์ชนิดดับเบิลจูน

ถ้าสัญญาณ IF มีความถี่สูงกว่าความถี่กลาง สัญญาณจะเข้าใกล้ความถี่เรโซแนนซ์ของวงจรจูนชุดบน ฉะนั้นสัญญาณในวงจรชุดบนจะแรง ไดโอด D_1 จะนำกระแสมากกว่าและจะให้แรงดันคร่อม D_1 จะมากกว่า D_2 แรงดันคร่อม R_1 เอาต์พุตที่ได้จะมีค่าลบ เพราะแรงดันคร่อม R_1 เป็นลบมีค่ามากกว่าแรงดันที่คร่อม R_2 ซึ่งเป็นบวก

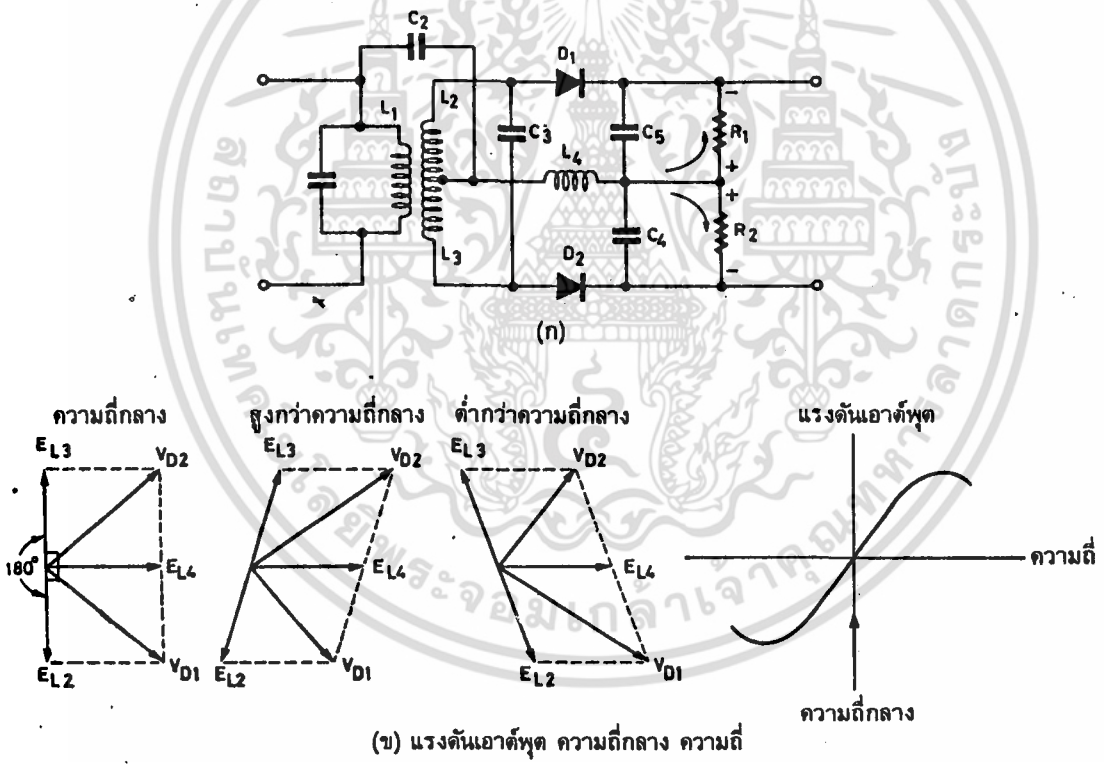
เมื่อพาหะมีความถี่ต่ำกว่าความถี่กลาง สัญญาณจะเข้าใกล้ความถี่เรโซแนนซ์ของวงจรชุดล่างไดโอด D_2 จะรับสัญญาณแรงกว่า D_1 D_2 จึงนำกระแสมากกว่า D_1 ทำให้แรงดันคร่อม R_2 ซึ่งเป็นบวกเทียบกับกราวด์ มีค่ามากกว่าแรงดันคร่อม R_1 ผลลัพธ์จึงได้แรงดันค่าบวก จะเห็นว่าสัญญาณเอาต์พุตมีค่าเปลี่ยนแปลงตามความถี่ของข่าวสาร (สัญญาณเสียง) ที่มอดูเลตมาในสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียของวงจรดีเทกเตอร์ชนิดดับเบิลจูนนี้ก็คือ การจูนของวงจรเรโซแนนซ์ทั้ง 2 ชุด จะต้องสัมพันธ์กันและต้องเที่ยงตรง ถ้าหากวงจรจูนชุดใดชุดหนึ่งผิดไปเล็กน้อย สัญญาณเสียงจะผิดเพี้ยนไปมากทำให้ทำการปรับจูนได้ยาก

3. ฟอสเตอร์-ซีลีย์ดิสคริมิเนเตอร์

วงจรฟอสเตอร์-ซีลีย์ดิสคริมิเนเตอร์ (Foster-Seeley discriminator) แสดงดังรูปที่ 6.11 เป็นวงจรที่แพร่หลายมาก สัญญาณ IF ซึ่งมีความถี่เบี่ยงเบน 75 กิโลเฮิรตซ์ (ด้วยอัตราเบี่ยงเบนเท่ากับสัญญาณเสียง) ป้อนเข้าที่วงจรจูน L_1 C_1 ด้านเอาต์พุตประกอบด้วยไดโอดและวงจร RC ทำหน้าที่ดีเทกคล้าย ๆ กับวงจรดับเบิลจูนที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อไดโอดทั้งคู่นำกระแสเท่ากัน แรงดันที่ปรากฏคร่อม R_1 และ R_2 จะเท่ากันและตรงข้ามกัน จึงหักล้างกันและได้เอาต์พุตเป็นศูนย์ แต่ถ้าไดโอด D_1 นำกระแสมากกว่า D_2 เอาต์พุตจะได้ค่าเป็นบวก และถ้าไดโอด D_2 นำกระแสมากกว่า D_1 เอาต์พุตจะได้ค่าเป็นลบ



(ข) แรงดันเอาต์พุต ความถี่กลาง ความถี่

รูปที่ 6.11 วงจรฟอสเตอร์-ซีลีย์ดิสคริมิเนเตอร์

สัญญาณที่ทำให้ไดโอดนำกระแสได้มากหรือน้อยก็คือ สัญญาณ IF ที่ป้อนเข้ามาที่อินพุตผ่านหม้อแปลงซึ่งประกอบด้วยขดไพรมารี L_1 และขดเซคันดารี L_2 กับ L_3 แรงดันที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏคร่อม L_2 กับ L_3 จะมีเฟสตรงข้ามกัน (ต่างกัน 180 องศา) แรงดันคร่อม $L_2(E_{L2})$ เป็นตัวควบคุมการนำกระแสของไดโอด D_1 ส่วนแรงดันคร่อม $L_3(E_{L3})$ เป็นตัวควบคุมการนำกระแสของไดโอด D_2 E_{L2} กับ E_{L3} มีแอมพลิจูดเท่ากันแต่เฟสตรงข้ามกัน

นอกจากนี้สัญญาณ IF ถ่ายทอดผ่านเข้ามาทางด้านเซคันดารีของหม้อแปลงโดยผ่านทาง C_2 ต่อกับ L_4 อีกด้วย แรงดันที่ปรากฏของ L_4 ทำหน้าที่ควบคุมการนำกระแสของไดโอดทั้ง 2 ตัว (D_1 กับ D_2) การถ่ายทอดผ่าน C_2 มายัง L_4 ทำให้แรงดันที่ปรากฏคร่อม L_4 (E_{L4}) จะมีเฟสต่างจากแรงดัน E_{L2} และ E_{L3} อยู่ 90 องศาในขณะที่สัญญาณ IF อยู่ที่ความถี่กลาง กล่าวคือ E_{L4} มีเฟสนำหน้า E_{L3} อยู่ 90 องศา ในขณะที่สัญญาณอยู่ที่ความถี่กลาง แต่ E_{L4} มีเฟสล้าหลัง E_{L2} อยู่ 90 องศา

การนำกระแสของไดโอด D_1 จะขึ้นอยู่กับ E_{L3} และ E_{L2} ส่วนการนำกระแสของไดโอด D_2 จะขึ้นอยู่กับ E_{L3} และ E_{L4} เนื่องจาก E_{L2} กับ E_{L3} ต่างเฟสกัน 180 องศา และที่ความถี่กลาง E_{L4} เมื่อรวมกับ E_{L2} จะเท่ากับ E_{L4} รวมกับ E_{L3} ทำให้ไดโอด D_1 กับ D_2 นำกระแสเท่า ๆ กันเกิดแรงดันหักล้างกันได้เอาต์พุตเป็นศูนย์

ที่ความถี่กลาง วงจรเรโซแนนซ์ (ทางด้านเซคันดารี) จะเป็นเฉพาะตัวต้านทาน (เพราะรีแอกแตนซ์ X_L กับ X_C จะหักล้างกันพอดี) เมื่อความถี่สูงขึ้น X_L จะมากกว่า X_C ฉะนั้นเฟสของ E_{L2} เสริมกับ E_{L3} จะเลื่อนไปแต่ทั้งสองก็ยังรักษาเฟสเป็นตรงข้ามกัน (180 องศา) อยู่เสมอ E_{L2} จะเลื่อนเฟสเข้าหา E_{L4} และ E_{L3} จะเลื่อนเฟสหนี E_{L4} นั่นคือ E_{L2} กับE_{L4} จะเสริมกัน แต่ E_{L3} กับ E_{L4} จะหักล้างกัน ผลก็คือ D_1 จะนำกระแสมากกว่า D_2 เอาต์พุตที่ได้จะมีค่าบวก เมื่อสัญญาณ IF แกว่งไปทางบวก (สูงกว่าความถี่กลาง) ซึ่งสอดคล้องกับความถี่ที่จูนได้ของชุดบน

ที่ความถี่ต่ำกว่าความถี่เรโซแนนซ์ X_C จะมากกว่า X_L เฟสของ E_{L2} กับ E_{L3} จะเลื่อนไปในลักษณะที่ E_{L3} เสริมกับ E_{L4}ทำให้ D_2นำกระแสมากกว่า D_1 ทำให้เกิดเอาต์พุตค่าเป็นลบทุก ๆ ครั้งที่สัญญาณ IF แกว่งไปทางลบ (ต่ำกว่าความถี่กลาง) ทำนองเดียวกันกับชุดบนแต่จูนให้มีความถี่ต่ำกว่าความถี่กลาง

ถ้าสัญญาณที่มอดูเลตบน IF เป็นโทน (เสียง) มีความถี่ 1000 เฮิรตซ์ สัญญาณ IF จะแกว่งไปมาระหว่างความถี่กลางไปทางบวกและลบด้วยอัตรา 1000 ครั้งต่อวินมที เอาต์พุตจากวงจรดิสคริมิเนเตอร์ จะเกิดเป็นสัญญาณรูปซายน์ซึ่งเป็นค่าบวกและลบด้วยอัตรา 1000 เฮิรตซ์ นั่นคือ วงจรดิสคริมิเนเตอร์ดีมอด สัญญาณที่มอดูเลตคืนกลับมาได้เหมือนสัญญาณเดิม

ข้อเสียของวงจรฟอสเตอร์-ซีลีย์ดิสคริมิเนเตอร์ก็เหมือนกับวงจรดีมอด FM ที่กล่าวมาในตอนต้น กล่าวคือ มีความไวต่อการเปลี่ยนแอมพลิจูด ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่สัญญาณ FM มีนอยส์ซึ่งมาบนสัญญาณนอยส์นี้จะถูกดีเทกและป้อนไปยังเอาต์พุตได้ อย่างไรก็ดีเราสามารถแก้ไข

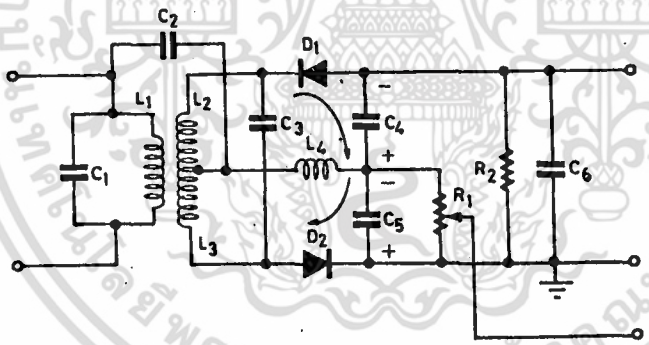
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้โดยการขลิบสัญญาณ FM ทางบวกและลบเพื่อรักษาแอมพลิจูดให้สม่ำเสมอ (และกำจัดนอยส์ไปด้วย) แอมพลิจูดของสัญญาณ FM มีค่าคงที่ ส่วนข่าวสารปะปนอยู่ในรูปของการเปลี่ยนแปลงความถี่ (หรือเฟส) วงจรที่ทำหน้าที่จำกัดแอมพลิจูด (หรือขลิบ) สัญญาณ FM นี้เรียกว่า วงจรลิมิตเตอร์ (limitter) ดังนั้น ก่อนที่สัญญาณ FM (ที่มีความถี่ IF) จะถูกดีมอดจะต้องนำมาผ่านวงจรลิมิตเตอร์เสียก่อน เพื่อกำจัดนอยส์ที่ปนมาในแอมพลิจูดของสัญญาณ FM

4. <u>เรโชดีเทกเตอร์</u>

วงจรเรโชดีเทกเตอร์ (ratio detector) นี้คล้ายคลึงกับวงจรฟอสเตอร์-ซีลีย์ดิสคริมิเนเตอร์มากแตกต่างกันตรงที่ไดโอด D_1 ต่อกลับทางกัน และเอาต์พุตออกจากกันคนละแห่งกับวงจรฟอสเตอร์-ซีลีย์ดิสคริมิเนเตอร์ ดังรูปที่ 6.12 วงจรเรโชดีเทกเตอร์นี้เป็นวงจรที่ได้รับความนิยมมากเพราะเป็นวงจรที่ทำหน้าที่ลิมิตเตอร์ (จำกัดแอมพลิจูด) ในตัวด้วย จึงไม่ต้องเพิ่มวงจรลิมิตเตอร์ (ก่อนที่จะดีเทก) แยกต่างหากอีก

การที่ไดโอด D_1 ต่อกลับทาง จะทำให้ไดโอดทั้งคู่ต่ออนุกรมคร่อมขดลวดเซคันดารีของหม้อแปลง การนำกระแสของไดโอดทั้งคู่ยังคงขึ้นอยู่กับแรงดันคร่อม L_2 กับ L_3 และ L_4 ที่ความถี่กลาง ไดโอดทั้งคู่จะนำกระแสเท่ากัน แต่ในกรณีนี้แรงดันที่ประจุแก่ C_4 และ C_5 จะต่ออนุกรม มิให้หักล้างกันดังเช่นวงจรดิสคริมิเนเตอร์



<u>รูปที่ 6.12</u> วงจรเรโชดีเทกเตอร์

ขอให้สังเกต C_6 ซึ่งเป็นตัวเก็บประจุค่าสูง เพื่อให้รักษาแรงดันคร่อม R_2 ให้คงที่ (หลังจากที่ป้อนอินพุตแก่วงจรเรโชดีเทกเตอร์แล้ว แรงดันที่ประจุให้แก่ C_6 จะเป็นสัดส่วนกับค่าระดับความแรงของสัญญาณ FM โดยเฉลี่ย) นอกจากนี้แรงดันคร่อม C_4 กับ C_5 ก็คงที่ด้วย แรงดันนี้จะคงที่ถ้าสัญญาณ FM มีแอมพลิจูดเปลี่ยนแปลงฉับพลัน (เช่น มีนอยส์) นี่คือเหตุผลที่วงจรเรโชดีเทกเตอร์มีภูมิต้านทานต่อนอยส์ภายในตัวเองแรงดันคร่อม C_6 ยังใช้เป็นแรงไฟ AGC ได้อีกด้วย (เพราะแรงดันคร่อม C_6 เป็นสัดส่วนกับความแรงของสัญญาณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันคร่อม C_5 รวมกับแรงดันคร่อม C_4 จะเท่ากับแรงดันคร่อม C_6 ที่ความถี่กลางได้ โดยทั้ง D_1 และ D_2 จะนำกระแสเท่ากันแรงดันคร่อม C ทั้งคู่จะเท่ากัน แรงดันคร่อม C_6 ต่อมาจาก R_1 (ซึ่งปรับค่าได้) ใช้เป็นแรงดันเอาต์พุต ซึ่งจะมีไฟ DC ค่าลบปนออกมาด้วย

ไดโอด D1 และ D_2 จะนำกระแสมากน้อยสลับกัน เมื่อสัญญาณ IF แกว่งไปมาระหว่างความถี่กลาง ผลต่างของการนำกระแสไม่เท่ากัน จะปรากฏเป็นกระแสที่ไหลผ่าน L_4 เช่น เมื่อ D_1 นำกระแสมากกว่า D_2 แรงดันคร่อม C_4 จะมากกว่าแรงดันคร่อม C_5 แต่เนื่องจากแรงดันผลรวม (เท่ากับแรงดันคร่อม C_6) ถูกดึงเอาไว้ให้คงที่ ฉะนั้นแรงดันคร่อม C_5 จะต้องลดลง นั่นคือเอาต์พุตจะมีค่าลดลง

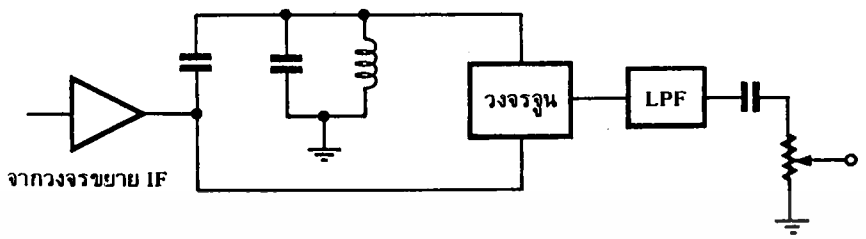
เมื่อไดโอด D_2 นำกระแสมากกว่าแรงดันคร่อม C_5 จะมีค่ามากกว่า ฉะนั้นเอาต์พุตจะมีค่าสูงขึ้น จะเห็นว่าแรงดันเอาต์พุทจะแกว่งไปค่าบวกหรือลบ ตามการเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณ IF เช่น เมื่อความถี่ IF สูงขึ้น แรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความถี่ IF ลดลง แรงดันเอาต์พุทจะมีค่าลดลง ข้อดีของวงจรเรโชดีเทกเตอร์ก็คือ มีการจำกัดแอมพลิจูดไปในตัวและมีแรงดัน AGC ให้ต่อไปใช้ได้เลย ไม่ต้องใช้วงจรพิเศษเพิ่มเติมอีก

5. <u>ควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์</u>

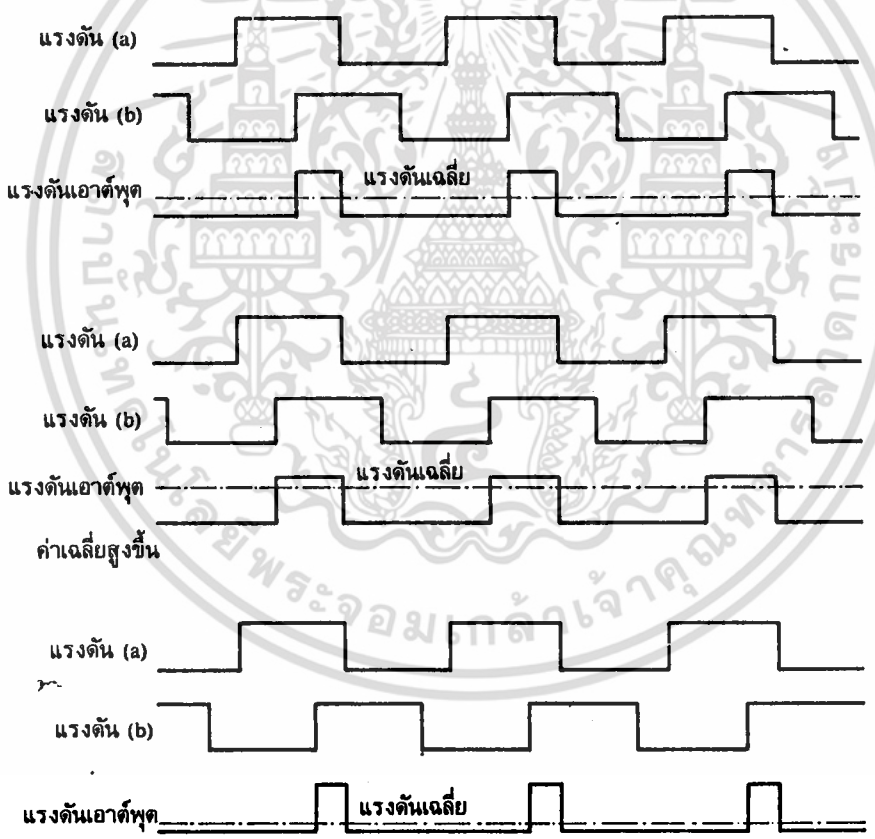
วงจรดีเทกเตอร์ชนิดนี้อาศัยหลักการคูณสัญญาณ FM กับสัญญาณ FM ตัวเดิมแต่เลื่อนเฟสไป 90 องศา ผลลัพท์ที่ได้จะเป็นสัญญาณมอดูเลต (สัญญาณเสียง) ดูรูปที่ 6.13 (ก) กระแสที่ไหลในคอยล์จะมีเฟสต่างจากแรงดันคร่อมคอยล์อยู่ 90 องศา กระแสนี้จะป้อนไปให้วงจรเรโซแนนซ์ขนาน Z ซึ่งจูนความถี่ไว้ที่ความถี่กลางของสัญญาณ FM แรงดันคร่อมวงจรเรโซแนนซ์จะมีเฟสเลื่อนไปตามความถี่ที่พาหะเบี่ยงเบนไป สัญญาณ FM ที่ผ่านวงจรเรโซแนนซ์จะกลายเป็นสัญญาณ PM หลักจากที่สัญญาณ FM และสัญญาณ FM คูณกัน (ทำงานในช่วงนอนลิเนียร์) ดูรูปที่ 6.13 (ข) ผลลัพธ์จากการคูณจะเป็นสัญญาณความถี่สูงกับสัญญาณความถี่ต่ำ (คือสัญญาณมอดูเลต) สัญญาณแรกจะถูกกรองทิ้งไปโดยฟิลเตอร์ชนิดโลพาส เอาต์พุตจึงเป็นสัญญาณเสียงตามต้องการ

วงจรควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์ทำหน้าที่เสมือนวงจรเทียบเฟสของสัญญาณ FM สองสัญญาณซึ่งมีเฟสต่างกัน 90 องศา ดูรูปที่ 6.13 (ข) ในที่นี้เราเขียนเป็นพัลส์เพื่อความสะดวก สัญญาณความถี่สูงจะถูกกรองทิ้งไป คงเหลือแต่สัญญาณความถี่ต่ำ (เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในรูปคลื่น 1, 2 และ 3) ซึ่งเป็นสัญญาณเสียง สังเกตว่าค่าเฉลี่ยจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่เบี่ยงเบนของพาหะ (เพราะเมื่อสัญญาณ FM มีความถี่ต่ำลง พัลส์เอาต์พุตจะแคบลง ค่าเฉลี่ยจะน้อยลง) นั่นคือ ค่าเฉลี่ยจะเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) แสดงการเลื่อนเฟสที่คอยล์



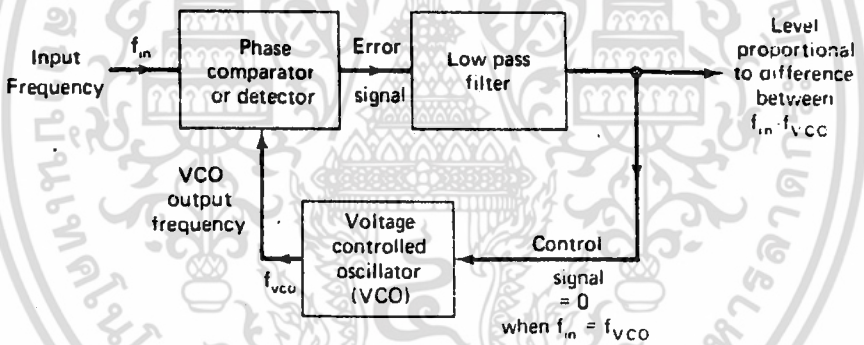
(ข) การเทียบเฟส

รูปที่ 6.13 วงจรควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. วงจรดีมอดชนิด PLL

เราสามารถใช้วงจรเฟสล็อกลูป (phase - locked loop หรือ PLL) ในการดีมอดสัญญาณ FM ได้ดังรูปที่ 6.14 วงจร PLL นี้มักเป็นไอซีซึ่งใช้งานสะดวก วงจร PLL ประกอบด้วย เฟสดีเทกเตอร์ ฟิลเตอร์ชนิดโลพาส (ความถี่ต่ำผ่าน) และออสซิลเลเตอร์ที่ควบคุมความถี่ด้วยแรงดัน (voltage controlled oscillator หรือ VCO) วงจร VCO นี้จะออสซิลเลตที่ความถี่พุต IF วงจรเฟสดีเทกเตอร์จะทำหน้าที่เปรียบเทียบความถี่ของสัญญาณอินพุตกับสัญญาณจาก VCO ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นแรงดันที่ความถี่ของ VCO คลาดเคลื่อนไปจากความถี่อินพุตเรียกว่า แรงดันคลาดเคลื่อน (error voltage) แรงดันนี้มีค่าเป็นสัดส่วนกับผลต่างของความถี่อินพุตกับ VCO แรงดันนี้จะนำไปกรองโดยฟิลเตอร์ชนิดโลพาสเพื่อกำจัดสัญญาณความถี่สูง ๆ ที่ปะปนทิ้งไปฟิลเตอร์ดังกล่าวนิยมเรียกว่า ลูปฟิลเตอร์ จะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของวงจร PLL เช่น ช่วงความถี่ที่ลูปจะล็อก รวมทั้งช่วงเวลาที่ลูปใช้ในการล็อกความถี่กับอินพุต



รูปที่ 6.14 แผนผังของวงจรดีมอดชนิดเฟสล็อกลูป (PLL)

แรงดันคลาดเคลื่อนหลังจากกรองความถี่ด้วยโลพาสฟิลเตอร์แล้ว จะนำไปควบคุมความถี่ของ VCO ตัวอย่างเช่น เมื่อความถี่ของอินพุตเปลี่ยนไปทางบวก (สูงขึ้น) แรงดันคลาดเคลื่อนจะเกิดในที่เอาต์พุตของเฟสดีเทกเตอร์ แรงดันนี้จะถูกกรองและนำไปบังคับ VCO ให้ออสซิลเลตที่ความถี่สูงเพิ่มตามความถี่อินพุต เพื่อล็อกความถี่กับอินพุต เมื่อสัญญาณอินพุตที่ป้อนมาเป็นสัญญาณ FM VCO จะพยายามเปลี่ยนความถี่ตามการเบี่ยงเบนไปจากความถี่กลางของสัญญาณ FM ฉะนั้นแรงดันคลาดเคลื่อนก็จะเป็นสัญญาณทีมอดูเลต (หลักจากเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณอินพุตกับ VCO แล้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 เครื่องรับส่งวิทยุสื่อสาร (Transceiver)

ปกติเครื่องรับวิทยุสื่อสาร มักจะประกอบภาคเครื่องรับและภาคเครื่องส่งรวมไว้ในตัวเครื่องเดียวกัน เราจึงเรียกว่า เครื่องรับส่งวิทยุ (transceiver) ซึ่งมีทั้งประเภทติดตั้งประจำที่ ติดตั้งในรถยนต์หรือในเรือ และประเภทหิ้วถือไปมาหรือมือถือซึ่งนิยมเรียกว่า วอล์กี้ทอล์คกี้ (walkie-talkie) ข่าวสารที่ใช้ในการรับส่งกันมักจะเป็นเสียงพูด

เครื่องรับส่งวิทยุในย่าน HF ส่วนใหญ่ออกแบบให้ใช้รับส่งสัญญาณในระบบ SSB และ CW การสื่อสารในย่านความถี่ HF นี้ จะเป็นการสื่อสารระยะไกลและเป็นการเชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุด (point to point)

สำหรับเครื่องรับ-ส่งวิทยุในย่าน VHF และ UHF นี้ส่วนใหญ่จะเป็นแบบแบนด์วิดท์แคบ (narrow band) ซึ่งใช้ในการรับส่งสัญญาณ FM วิธีมอดูเลตแบบ FM มีข้อดีตรงที่มีภูมิต้านทานต่อนอยส์ (noise immunity) ดีและสัญญาณ FM ผลิตได้ง่าย ทำให้ขนาดเครื่องเล็กกะทัดรัดและน้ำหนักเบา การสื่อสารในย่านความถี่ VHF และ UHF มีทั้งแบบเชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุดและการสื่อสารโมบายล์ (mobile) ระยะทางที่ติดต่อสื่อสารกันมักจะไม่เกิน 50 กิโลเมตร

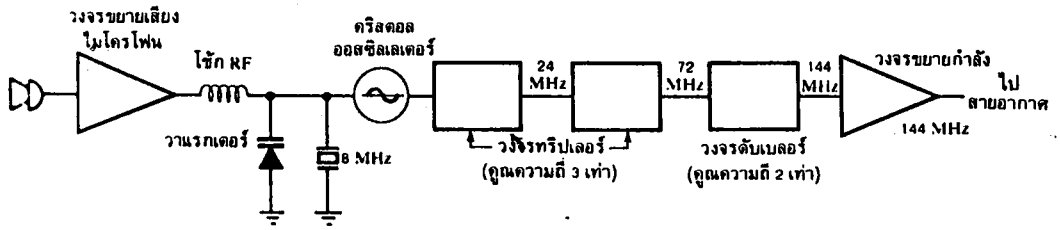
ความถี่ใช้งานของเครื่องรับส่งวิทยุมักจัดไว้เป็นช่อง ๆ ตายตัว ถ้าต้องการเปลี่ยนความถี่ก็ใช้วิธีปรับสวิตช์เปลี่ยนช่อง โดยที่แต่ละช่องจะมีแร่บังคับความถี่คริสตอลเฉพาะของตัวเอง สำหรับเครื่องรับส่งวิทยุในรุ่นใหม่ ๆ จะนิยมใช้ระบบสังเคราะห์ความถี่แทนการใช้แร่ ทำให้สามารถเลือกหรือเปลี่ยนความถี่ใช้งานได้สะดวก

เครื่องรับส่งวิทยุสื่อสารแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

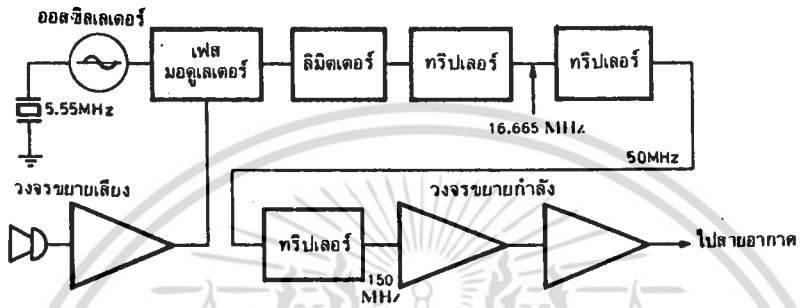
1. <u>ภาคเครื่องส่ง</u>

ในวงจรพื้นฐานของระบบเครื่องส่งจะประกอบไปด้วย ออสซิลเลเตอร์กับมอดูเลเตอร์ และวงจรมัลติพลาย ซึ่งทำหน้าที่คูณความถี่ให้ได้ความถี่ที่ต้องการ เพื่อขยายกำลังส่งออกอากาศต่อไป ดูรูปที่ 6.15 สัญญาณ FM จากมอดูเลเตอร์จะผ่านการคูณความถี่ 3 เท่า รวม 2 ครั้ง เป็น 9 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



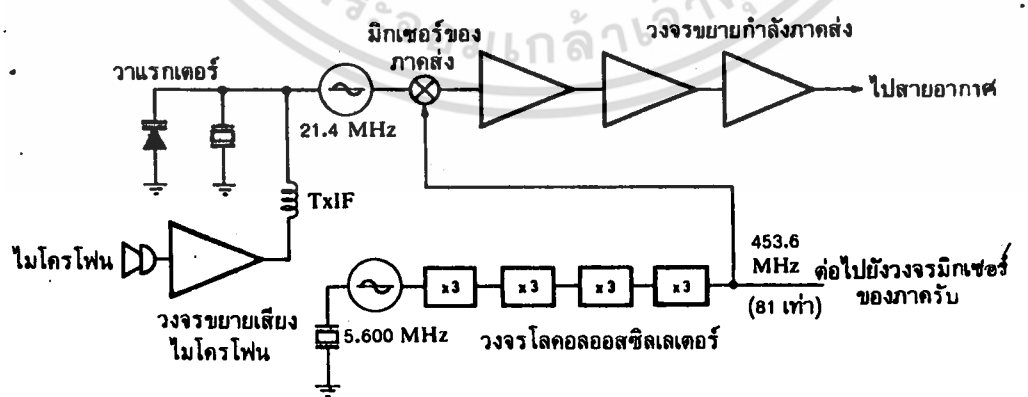
(ก) ใช้วิธีมอดูเลตโดยตรง



(ข) เฟสมอดูเลเตอร์

รูปที่ 6.15 แผนผังของเครื่องส่ง VHF/FM

เครื่องส่งบางชนิด (ดังรูปที่ 6.16) จะทำการมอดูเลตที่ความถี่ IF ของภาคเครื่องรับเสียก่อนแล้วจึงนำไปเฮตเทอร์โรดายน์กับความถี่ของโลคอลออสซิลเลเตอร์เพื่อให้ได้ความถี่ที่ต้องการ ในที่นี้ความถี่ IF ของภาคเครื่องรับเท่ากับ 21.4 เมกะเฮิรตซ์ และความถี่โลคอลออสซิสเลเตอร์เท่ากับ 453.6 เมกะเฮิรตซ์ (ได้จากการคูณความถี่คริสตอล 5.6 เมกะเฮิรตซ์ 81 เท่า) วิธีนี้มีข้อดีตรงที่ เราใช้คริสตอลเพียงก้อนเดียวต่อความถี่ใช้งานหนึ่งความถี่ โดยใช้ร่วมกันทั้งสภาวะรับและสภาวะส่ง นอกจากนี้ภาคเครื่องส่งก็ไม่จำเป็นต้องมีวงจรมัลติพลายต่างหากอีก

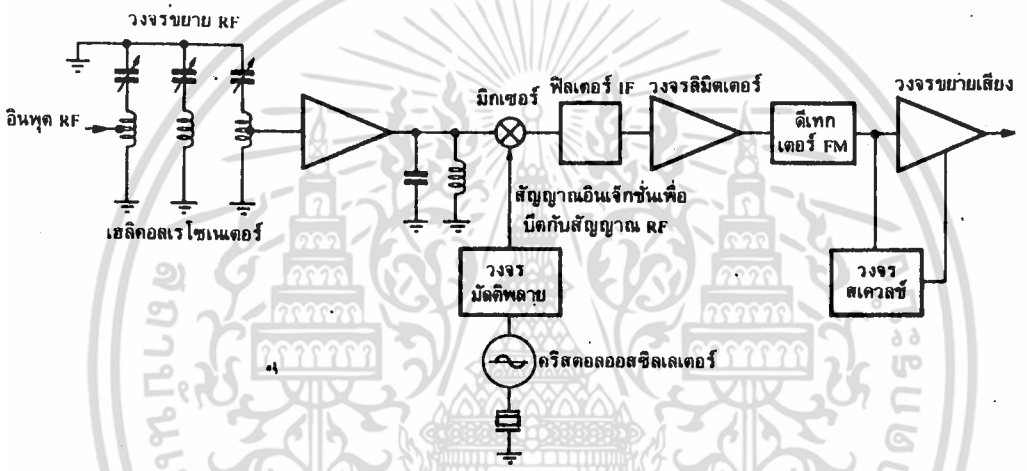


รูที่ 6.16 แผนผังของเครื่องส่ง UHF/FM

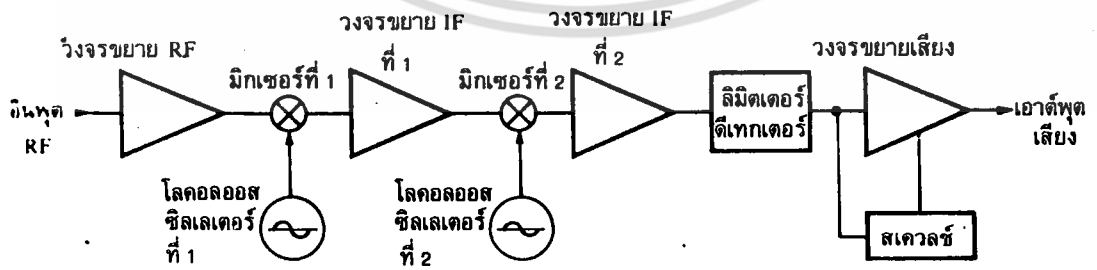
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ภาคเครื่องรับ

เครื่องรับ FM ในย่านความถี่ VHF ส่วนใหญ่เป็นแบบดับเบิลคอนเวอร์ชั่น สำหรับในย่านความถี่ VHF บางครั้งอาจใช้แบบทริปเปิลคอนเวอร์ชั่น (triple conversion) รูปที่ 6.17 แสดงแผนผังของเครื่องรับชนิดซิงเกิลคอนเวอร์ชั่น สังเกตว่าวงจรส่วนหน้าชนิดที่มีค่า Q สูงมาก เรียกว่า เฮลิคอลเรโซเนเตอร์ (helical resonator) ส่วนในรูปที่ 6.18 แสดงแผนผังของเครื่องรับชนิดดัลเบิลคอนเวอร์ชั่น



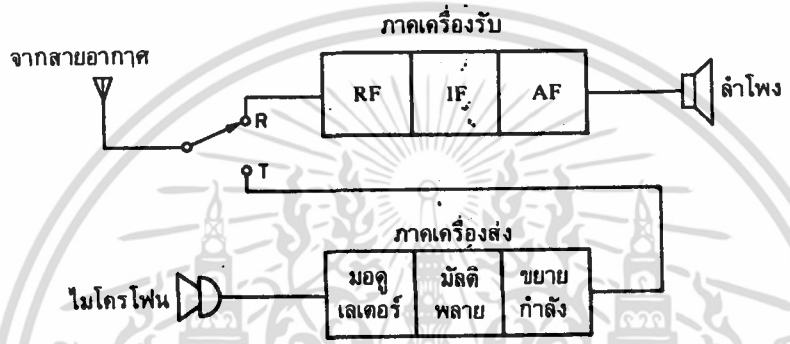
รูปที่ 6.17 เครื่องรับ FM แบบซิงเกิลคอนเวอร์ชั่น



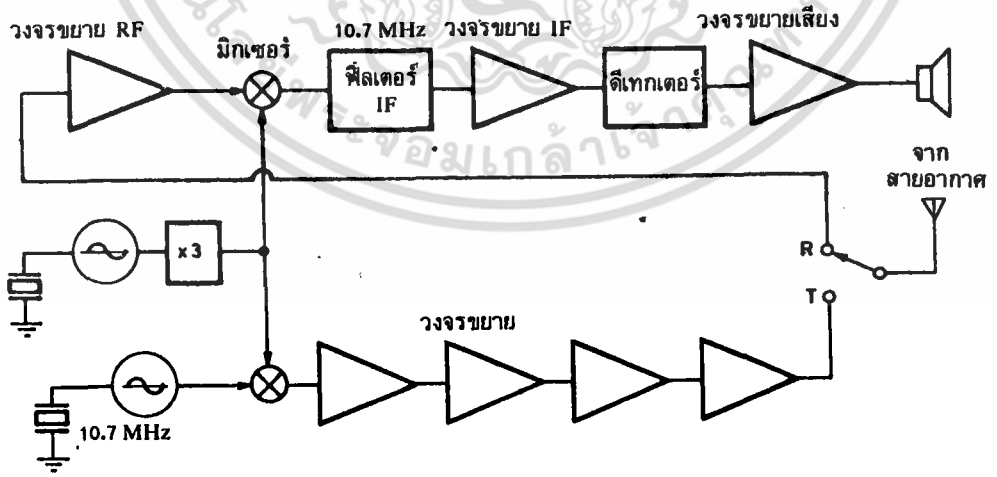
รูปที่ 6.18 เครื่องรับ FM แบบดัลเบิลคอนเวอร์ชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับส่งวิทยุส่วนใหญ่ ภาคเครื่องรับกับภาคเครื่องส่งจะแยกออกจากกันโดยไม่ใช้วงจรร่วมกัน ดังแผนผังที่แสดงในรูปที่ 6.19 แต่ก็ยังเครื่องรับส่งวิทยุบางชนิดที่ใช้วงจรโลคอลออสซิลเลเตอร์ร่วมกัน ดังรูปที่ 6.20 โดยใช้คริสตอลเพียงก้อนเดียวกันทั้งในสภาวะรับและสภาวะส่ง สังเกตว่า



รูปที่ 6.19 เครื่องรับส่งวิทยุ FM ซึ่งแยกภาคเครื่องรับและภาคเครื่องส่ง

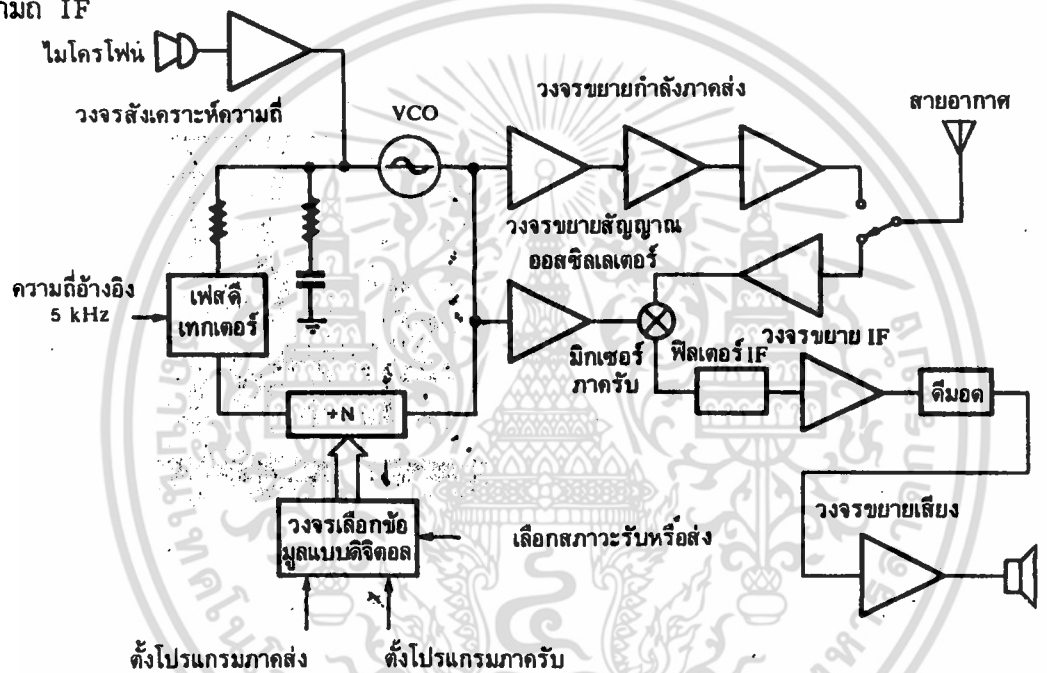


รูปที่ 6.20 เครื่องรับส่งวิทยุ FM แบบใช้วงจรออสซิสเลเตอร์ร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสภาวะส่งเราจำเป็นต้องนำสัญญาณโลคอลออสซิสเลเตอร์มามิกซ์กับออสซิสเลเตอร์ที่มีความถี่ IF เสียก่อนเพื่อให้ได้ความถี่ใช้งานที่ต้องการ ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ในสภาวะรับกับสภาวะส่งจะต่างกันอยู่เท่ากับความถี่ IF พอดี

เครื่องรับส่งวิทยุอีกชนิดหนึ่ง (ในรูปที่ 6.21) ซึ่งใช้ระบบสังเคราะห์ความถี่หรือความถี่หรือซินธิไซเซอร์แทนโลคอลออสซิลเลเตอร์ ข้อดีของเครื่องรับส่งวิทยุชนิดซินธิไซเซอร์นี้ก็คือเหมาะกับกิจการที่ต้องใช้ความถี่หลายความถี่ ช่วงให้ประหยัดคริสตอลไปได้หลายก้อน (และสามารถตั้งความถี่ใช้งานได้สะดวก) แต่ข้อควรจำของเครื่องรับส่งในระบบนี้ก็คือ ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ของระบบสังเคราะห์ความถี่จะต้องขยับไปหรือออฟเซตไปเท่ากับความถี่ IF



รูปที่ 6.21 เครื่องรับส่งวิทยุ FM แบบสังเคราะห์ความถี่

6.4 ระบบสายอากาศ

6.4.1 หลักการของสายอากาศ

สายอากาศ เป็นส่วนสำคัญของเครื่องรับและเครื่องส่ง ทำหน้าที่แผ่คลื่นจากเครื่องส่งให้ออกอากาศและรับคลื่นวิทยุเข้าสู่เครื่องรับ สายอากาศเหมือนกับวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ สายอากาศส่วนใหญ่จะทำด้วยลวดตัวนำเป็นท่อตันหรือกลาง เป็นเส้นตรงหรือโค้งงอ แล้วแต่ชนิดของสายอากาศ สายอากาศจะมีขนาดใกล้เคียงกับความยาวคลื่น เราสามารถใช้สายอากาศ ทำหน้าที่เป็นได้ทั้งสายอากาศส่งและสายอากาศรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4.2 ข้อพิจารณาในการเลือกชนิดของสายอากาศ

ปกติการจะเลือกชนิดของสายอากาศในการใช้งานจะเลือกจากสภาพของสถานที่ เช่น ความคับแคบ, โครงสร้างของที่ตั้ง นอกจากนี้จะต้องพิจารณาคุณสมบัติของสายอากาศให้ตรงกับความต้องการ ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนสำคัญต่าง ๆ ดังนี้ คือ

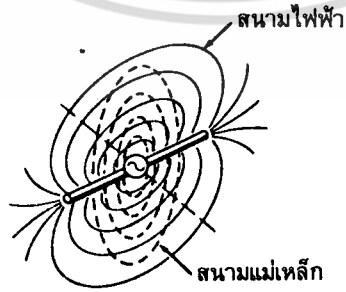
1. การแพร่คลื่นของสายอากาศ

เนื่องจากปลายสายอากาศไดโพลทั้งสองด้านมีแรงดันสูง จึงทำให้เกิดสนามไฟฟ้าที่ปลายทั้งสองสนามไฟฟ้านี้เกิดขึ้นในทำนองเดียวกับสนามไฟฟ้านี้เกิดขึ้นในทำนองเดียวกับสนามไฟฟ้าระหว่างแผนประจุ แต่กระจายออกสู่อากาศ ดังในรูปที่ 6.22

สังเกตว่า ในกรณีเดียวกันนี้จะทำให้สนามแม่เหล็กเกิดขึ้นด้วย เพราะมีกระแสไหลในสายอากาศเนื่องจากกระแสไหลมากที่สุดบริเวณจุดฟีด สนามแม่เหล็กบริเวณจุดฟีดจึงแรง ทั้งสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งสามารถแพร่กระจายออกไปได้ คลื่นดังกล่าวจะเดินทางไปเรื่อย ๆ แม้ว่ากระแสและแรงดันจะหยุดป้อนให้สายอากาศแล้วก็ตาม

เมื่อคลื่นเดินทางยิ่งห่างจากสายอากาศเท่าใด พลังงานก็จะอ่อนลง แอมพลิจูดของคลื่น(หรือสนาม) แม่เหล็กไฟฟ้าเรานิยมวัดเป็นแรงดันที่เหนี่ยวนำบนเส้นลวด (สายอากาศ) เราเรียกค่าที่วัดได้นี้ว่า ความแรงสนาม (field strength)

ความแรงสนามจะขึ้นอยู่กับระยะห่างจากเครื่องส่งและกำลังส่งของเครื่องส่ง ความแรงจะน้อยลง ณ จุดที่ห่างออกไปโดยแปรผกผันกับระยะทาง เช่น เมื่อระยะทางไกลออกไป 2 เท่า ความแรงของสัญญาณจะลดลงครึ่งหนึ่ง ในทำนองเดียวกัน ถ้ากำลังส่งของเครื่องส่งมากขึ้น ความแรงสนามก็จะแรงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม ความแรงสนามเป็นค่าแรงดัน (ที่เหนี่ยวนำบนเส้นลวดสายอากาศ) แต่เนื่องจากกำลังไฟฟ้าแปรตามกำลังสองของแรงดัน ฉะนั้น ความแรงสนามจะเป็นสัดส่วนกับรากที่สอง (square root) ของกำลังที่เครื่องส่ง นั่นคือ ถ้ากำลังส่งเพิ่มเป็น 2 เท่า ความแรงสนามจะเพิ่มเป็น $\sqrt{2}$ เท่า หรือ 1.414 เท่า



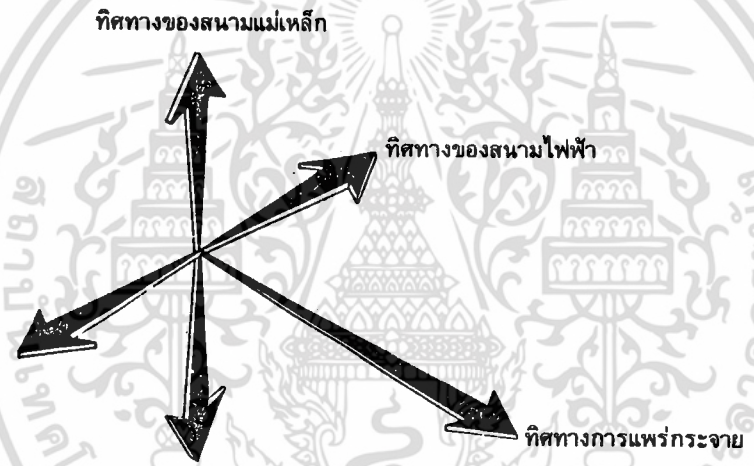
รูปที่ 6.22 สนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่ปรากฏรอบไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โพลาไรเซชั่น

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกจากสายอากาศประกอบด้วยสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก สนามทั้งสองนี้จะตั้งฉากซึ่งกันและกัน และทั้งคู่ก็ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าด้วย ตามรูปที่ 6.23 ในที่นี้สนามไฟฟ้าจะอยู่ในแนวราบ เรียกว่า คลื่นนี้มีโพลาไรเซชั่นแนวราบ (ถ้าสนามไฟฟ้าอยู่ในแนวดิ่งเราเรียกว่า คลื่นนี้มีโพลาไรเซชั่นแนวดิ่ง) ทิศทางของสนามไฟฟ้าเป็นตัวกำหนดทิศทางโพลาไรเซชั่น (polarization)

สายอากาศที่วางตัวในแนวราบจะเกิดโพลาไรเซชั่นในแนวราบ และสายอากาศที่วางตัวในแนวดิ่งจะเกิดโพลาไรเซชั่นในแนวดิ่ง ความสำคัญของโพลาไรเซชั่นนั้นอยู่ตรงที่คลื่นที่ส่งมาแบบโพลาไรเซชั่น แนวตรงจะรับด้วยสายอากาศที่วางตัวในแนวราบได้ดีกว่าสายอากาศที่วางตัวในแนวดิ่ง



รูปที่ 6.23 โพลาไรเซชั่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

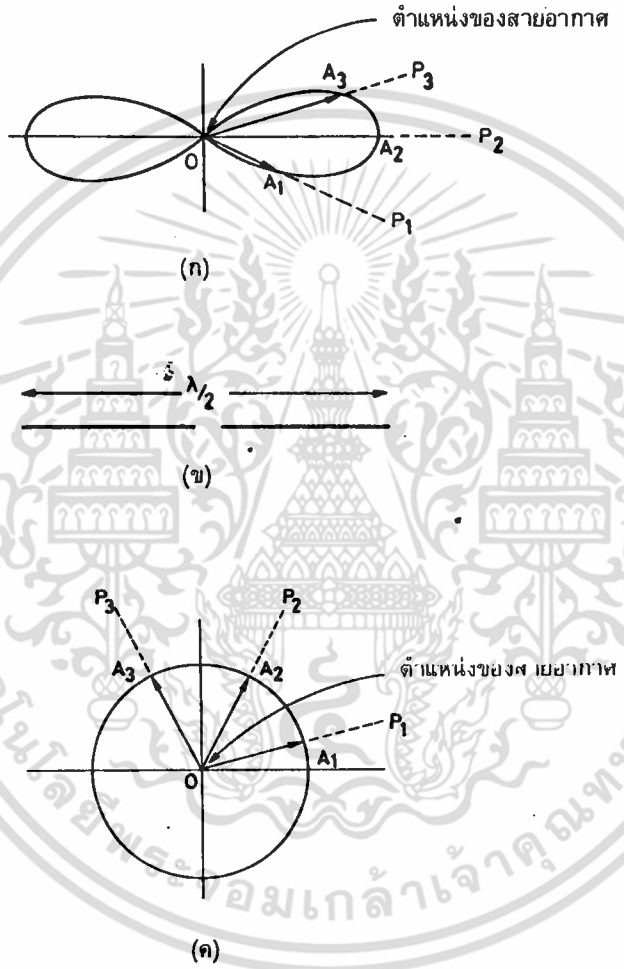
3. รูปแบบการแพร่คลื่น

รูปแบบการแพร่คลื่น เป็นการเขียนไดอะแกรมเพื่อแสดงความสามารถในการส่ง (หรือรับ) สัญญาณของสายอากาศในทิศทางต่าง ๆ ทั้งนี้เนื่องจากสายอากาศจะมีความสามารถในแต่ละทิศทางไม่เท่ากัน

ในรูปที่ 6.24 แสดงรูปแบบการแพร่คลื่นบนระนาบแนวราบและบนระนาบแนวดิ่งของสายอากาศมาร์โคนี (Marconi antenna) สังเกตว่าตำแหน่งของสายอากาศอยู่ ณ จุด O ในรูปที่ 6.24 (ก) และรูปที่ 6.24 (ค) ระยะความยาวของลูกศร OA แสดงความแรงของคลื่นที่แพร่ออก (หรือได้รับ) จากสายอากาศในทิศทาง OP_1 สมมติว่าเราต้องการทราบความสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของสายอากาศในการแพร่คลื่นในทิศทางอื่น เราสามารถทำได้โดยเคลื่อนที่ไปรอบจุด O นั่นคือ จุด P_1 วนไปรอบ ๆ จุด O นั่นเอง ความแรงของสัญญาณที่วัดได้ในทิศทางอื่นจะมีค่าเท่ากับระยะความยาวของลูกศร เช่น ในทิศทาง OP_2 ความแรงจะเป็น OA_2 ส่วนในทาง OP_3 . ความแรงจะเป็น OA_3 เป็นต้น กล่าวโดยสรุปรูปแบบการแพร่คลื่นก็คือ รูปภาพที่แสดงความสามารถในการแพร่คลื่น (หรือรับคลื่น) เปรียบเทียบกันในทิศทางต่าง ๆ นั่งเอง

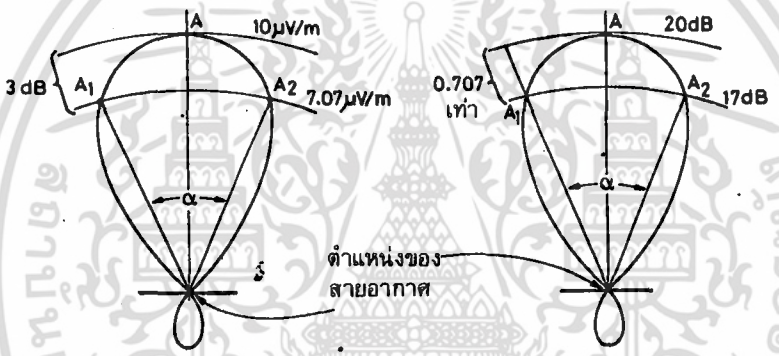


รูปที่ 6.24 รูปแบบการแพร่คลื่นของสายอากาศมาร์โคนี (สายอากาศไดโพลครึ่งยาวคลื่นหรือฮาล์ฟเวฟ) โดยมองบนระนาบแนวราบ (รูป ก) และมองบนระนาบแนวดิ่ง (รูป ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. บีมวิดท์

สายอากาศชนิดต่าง ๆ ก็มีรูปแบบการแพร่คลื่นต่าง ๆ กัน วิธีหนึ่งที่เราจะเปรียบเทียบรูปแบบของการแพร่คลื่นก็คือ ดูจากลักษณะของจุดรูปแบบว่าทิศทางการแพร่คลื่นออกไปในลักษณะใด แทนที่เราจะต้องเปรียบเทียบรูปแบบการแพร่คลื่นทุก ๆ จุด ความกว้างของลำคลื่นหรือบีมวิดท์ เป็นการวัดความกว้างของลำคลื่น โดยคิดจากมุมของลำคลื่นในทิศทางพุ่งไปแรงมากที่สุด ในรูปที่ 6.25 แสดงการวัดความกว้างของลำคลื่น สังเกตว่าเราพิจารณาเฉพาะลำคลื่นในทิศทางที่แรงที่สุดคือ OA แล้วอ่านค่าความกว้างของมุมระหว่างแนว OA_1 และ OA_2 มีความยาวลดลงเหลือ 0.707 เท่าของ OA หรือ OA_1 ส่วน OA_2 สั้นกว่า OA อยู่ 3 เดซิเบล นั่นคือความกว้างลำคลื่นเท่ากับ



รูปที่ 6.25 การวัดความกว้างลำคลื่นในรูปแบบการแผ่คลื่นค่า dB หรือ $\mu V/m$ บนรูปแบบการแผ่คลื่นแสดงไว้เป็นค่าสมมติ เพื่อแสดงการเปรียบเทียบ

5. อัตราขยายของสายอากาศ

อัตราขยายของสายอากาศเป็นการเปรียบเทียบเอาต์พุตของสายอากาศ (ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง) เทียบกับเอาต์พุทของสายอากาศอ้างอิง (reference antenna) เช่น สมมติว่าสายอากาศต้นหนึ่งมีอัตราขยาย 10 เดซิเบล (หรือ 10 เท่า) หมายความว่า (ในทิศทางนั้น) สายอากาศต้นนั้นส่งคลื่นออกไปแรงกว่าสายอากาศอ้างอิงอยู่ 10 เดซิเบล (หรือ 10 เท่า)

ถ้าสายอากาศส่งคลื่นออกไปได้ดีในทิศทางหนึ่ง ส่วนทิศทางอื่นก็จะส่งคลื่นด้อยลงไป อัตราขยาย (gain) ของสายอากาศมิได้หมายความว่า กำลังเอาต์พุตของสายอากาศมากกว่าที่กำลังอินพุต หากแต่เป็นอัตราขยายที่คิดเทียบกับสายอากาศอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ความต้านทางการแพร่คลื่น

การป้อนกำลังคลื่นวิทยุให้แก่สายอากาศเพื่อส่งออกอากาศนั้น เราจะต้องทำการป้อนผ่านสายนำสัญญาณ ดังที่ทราบมาแล้วว่าค่าอิมพีแดนซ์ประจำตัวของสายนำสัญญาณจะต้องเท่ากับความต้านทานของโหลด (ในที่นี้คือสายอากาศ) มิฉะนั้นจะเกิดคลื่นนิ่งบนสายนำสัญญาณ (มีคลื่นสะท้อนกลับ)

ความต้านทานของสายอากาศในที่นี้ ไม่สามารถหาได้โดยการใช้โอห์มมิเตอร์วัดคร่อมขั้วต่อของสายอากาศ เนื่องจากโอห์มมิเตอร์วัดค่าความต้านทานในทาง DC (เป็นค่าทางกระแสตรง) ส่วนค่าความต้านทานของสายอากาศในที่นี้เป็นค่าความต้านทานการแพร่คลื่น

ความต้านทานแพร่คลื่นของสายอากาศเป็นความต้านทานสมมติโดยคิดจากกำลังส่งที่สายอากาศสามารถเปลี่ยนเป็นคลื่นส่งออกอากาศไป เช่น สายอากาศแผ่คลื่น 100 วัตต์ออกไปโดยกินกระแส 2 แอมแปร์ หมายความว่า สายอากาศมีความต้านทานแผ่คลื่นเท่ากับ $100/2^2$ หรือ 25 โอห์ม (คิดจากสูตร $R = P/I^2$)

6.4.3 ชนิดของสายอากาศ

1. สายอากาศไดโพล

สายอากาศไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟเป็นสายอากาศที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ความยาวของสายเท่ากับ $\lambda/2$ ที่ความถี่ใช้งาน ซึ่งเราคำนวณความยาวได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\lambda = 3 \times 10^8 / f$$

ในที่นี้ λ คือ ความยาวคลื่นหน่วยเป็นเมตร

f คือ ความถี่ใช้งานมีหน่วยเป็นเฮิรตซ์

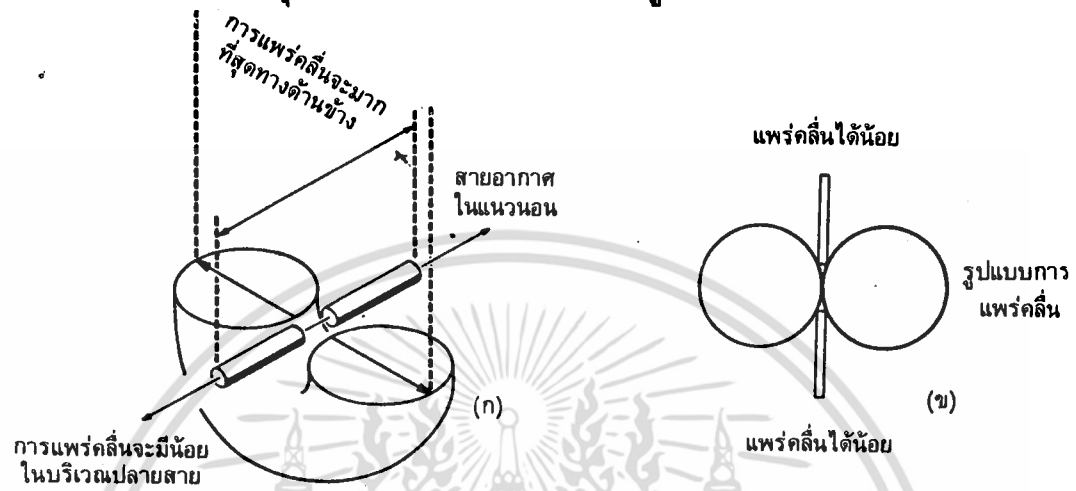
สูตรนี้ใช้คำนวณในกรณีที่คลื่นเดินทางในอากาศ (free space) หรือในกรณีที่คลื่นเดินทางในเส้นลวดสายอากาศ ปลายของเส้นลวดเสมือนมีความยาวทางไฟฟ้ามากกว่าปกติ (ทั้งนี้เนื่องจากเสมือนมีตัวเก็บประจุต่อที่ปลายสาย) สูตรคำนวณความยาวสายอากาศจึงต้องแก้ไขเล็กน้อยเป็น

ความยาว $\lambda/2 = 142.5/f_{MHz}$ มีหน่วยเป็นเมตร หรือ

ความยาว $\lambda/2 = 468/f_{MHz}$ มีหน่วยเป็นฟุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 6.26 (ก) แสดงให้เห็นรูปแบบการแพร่คลื่นของสายอากาศไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟที่วางตัวในแนวราบ สังเกตว่าการแพร่คลื่นจะมากที่สุดด้านข้าง (broadside) และน้อยที่สุดทางปลายสาย รูปที่ 6.26 (ข) แสดงการพล็อตรูปแบบการแพร่คลื่นระนาบในแนวราบ สังเกตว่าการแพร่คลื่นจะน้อยที่สุดในทิศชี้ขึ้นข้างบนและล่างของรูปภาพ

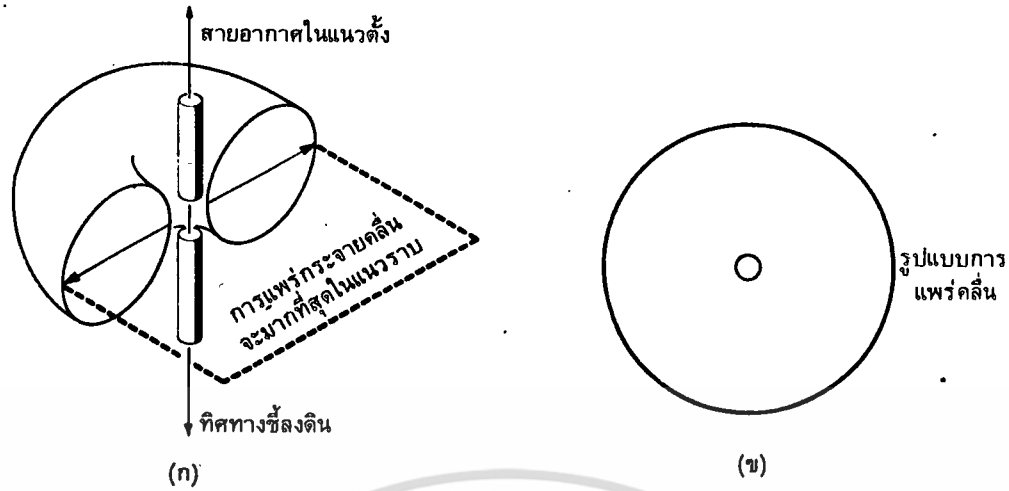


รูปที่ 6.26 รูปแบบการแพร่คลื่นของสายอากาศไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟซึ่งวางตัวในแนวราบ

สำหรับในรูปที่ 6.27 (ก) เป็นรูปแบบการแพร่คลื่นของสายอากาศชนิดเดิม แต่วางตัวในแนวดิ่งสังเกตว่าในกรณีนี้ การแพร่คลื่นจะเท่ากันหมดในทิศทางรอบตัวของสายอากาศ ส่วนการแพร่คลื่นจะน้อยที่สุดในทิศทางชี้ขึ้นฟ้าและลงดินของสายอากาศ เมื่อเขียนกราฟแสดงรูปแบบการแพร่คลื่นลงบนระนาบในแนวราบจะได้เป็นวงกลม เพราะมีการแพร่คลื่นไปรอบ ๆ ตัวของสายอากาศเท่ากัน

สายอากาศไดโพลที่มีความยาว $\lambda/2$ จะทำงานเป็นสายอากาศชนิดฮาล์ฟเวฟ เมื่อความถี่สูงขึ้นสายอากาศจะทำงานเปลี่ยนไป เนื่องจากความยาวของสายอากาศเทียบกับความยาวคลื่น จะได้ค่ายาวขึ้น เช่น สายอากาศไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟ จะทำงานเป็นสายอากาศไดโพลชนิดฟูลเวฟ (full wave) เมื่อความถี่เพิ่มเป็น 2 เท่า (คือเป็นความถี่ฮาร์มอนิกที่สอง) การแพร่กระจายของกระแสบนไดโพลชนิดฟูลเวฟจะเป็นดังรูปที่ 6.27 (ก) สังเกตว่ากระแสจะไหลน้อยที่สุดที่ตรงกลาง นั่นคือ สายอากาศชนิดนี้จะมีอิมพีแดนซ์สูงที่จุดกลาง ถ้าเราต้องการให้อิมพีแดนซ์ ณ จุฟีดน้อยลง เราจะต้องฟีดที่จุดอื่น โดยเลื่อนไปยังจุดที่มีกระแสไหลมากขึ้น รูปแบบการแพร่คลื่นของสายอากาศไดโพลชนิดฟูลเวฟ จะเป็นดังรูปที่ 6.28 (ข) สังเกตว่ารูปแบบจะแตกออกเป็นหลายพูหรือหลายโหลบ (lobe) ทั้งนี้เนื่องมาจากการแพร่กระจายกระแสบนลวดไดโพล นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

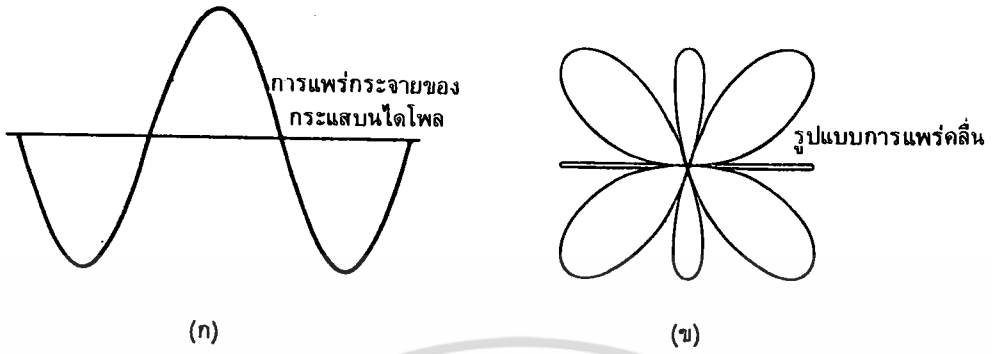


รูปที่ 6.27 รูปแบบการแพร่คลื่นของสายอากาศไดโพล ชนิดฮาล์ฟเวฟซึ่งวางตัวในแนวดิ่ง

รูปที่ 6.28 สายอากาศไดโพลชนิดฟลูเวฟ

ถ้าเรานำสายอากาศชนิดฮาล์ฟเวฟมาใช้งานที่ความถี่ฮาร์มอนิกที่สาม ดังรูปที่ 6.29 การแพร่กระจายกระแสบนลวดไดโพลจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน (เนื่องจากความยาวของไดโพลจะเป็น 1 1/2 เท่าของความยาวคลื่น) ดูรูปที่ 6.29 (ก) กระแสจะมากที่สุดบริเวณจุดกลางของสายอากาศ ฉะนั้น ณ จุดฟีด อิมพีแดนซ์จะมีค่าต่ำ แต่รูปแบบของการแพร่คลื่นจะมีจำนวนโหลบมากขึ้นไปอีก ดังในรูปที่ 6.29 (ข) โดยเพิ่มเป็นโหลบเล็ก ๆ 2 โหลบ ทางด้านข้างของสายอากาศ

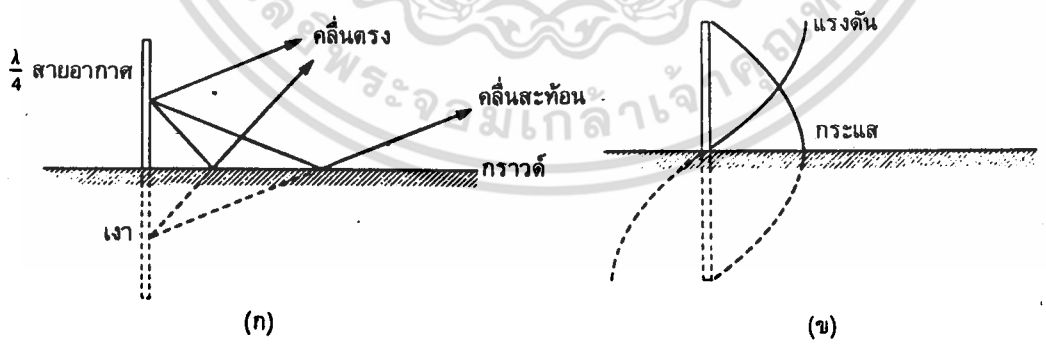
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.29 สายอากาศไดโพลชนิด 1 1/2 λ

2. สายอากาศแนวดิ่ง

ในกรณีที่ต้องการให้คลื่นมีโพลาไรเซชั่นในแนวดิ่ง เราจะต้องใช้สายอากาศที่วางตัวในแนวดิ่ง อย่างไรก็ตามถ้าหากเราวางเส้นลวด (สายอากาศ) ที่มีความยาวเท่ากับ /4 (วางในแนวดิ่ง) บนระนาบตัวนำเพื่อทำหน้าที่เป็นกราวด์ (perfect ground) ผลลัพธ์ที่ได้จะเสมือนกับใช้สายอากาศไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟวางตัวในแนวดิ่ง ทั้งนี้เพราะว่า



รูปที่ 6.30 สายอากาศแนวดิ่งชนิดควอเตอร์เวฟ (λ/4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระนาบกราวด์ดังกล่าวเปรียบเสมือนกระจกที่ทำให้เกิดเป็นลวดสายอากาศอีกเส้นหนึ่งยาวเท่ากับ $\lambda/4$ รวมความยาวทั้ง 2 ข้างเป็น $\lambda/2$ ดูรูปที่ 6.30 (ก) แรงดันและกระแสจะแพร่กระจายบนลวดตัวนำในลักษณะเดียวกับสายอากาศไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟ ในรูปที่ 6.30 (ข) สายอากาศแนวดิ่งดังกล่าว จะทำงานได้ดีก็ต่อเมื่อพื้นกราวด์เป็นตัวนำ ถ้าหากเราติดตั้งสายอากาศแนวดิ่งบนพื้นดินที่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำที่ไม่ดี เราอาจจะต้องสร้างพื้นกราวด์พิเศษเพิ่มอีกโดยการต่อเส้นลวดทองแดงออกจากฐานของสายอากาศไปรอบทิศทาง (อย่างน้อย 4 ทิศทาง) ให้สมมาตรกัน เส้นลวด (radial) นี้จะทำหน้าที่เป็นเสมือนกราวด์ให้แก่สายอากาศ

รูปแบบการแพร่คลื่นของสายอากาศแนวดิ่งชนิดควอเตอร์เวฟ จะเป็นดังในรูปที่ 6.31 การแพร่คลื่นจะออกไปเท่า ๆ กัน ในแนวราบ เรียกว่า รอบตัว (omnidirection) ทำให้ครอบคลุมพื้นที่ใช้งานได้ดีเราสามารถเขียนรูปแบบของการแพร่คลื่นบนระนาบแนวราบได้เป็นวงกลมดังในรูปที่ 6.31 (ข) ส่วนการแพร่คลื่นที่มองบนระนาบในแนวดิ่งจะแผ่ออกทางด้านข้างดังในรูปที่ 6.31 (ก)

รูปที่ 6.31 รูปแบบการแพร่คลื่นของสายอากาศชนิดควอเตอร์เวฟที่วางตัวในแนวดิ่ง

สายอากาศแนวดิ่งชนิดควอเตอร์เวฟจะมีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ประมาณ 36 โอห์ม เมื่อใช้กราวด์มีคุณภาพดี เนื่องจากสายอากาศเป็นแบบไม่สมดุล เพราะสายอีกข้างหนึ่งคือกราวด์ ฉะนั้นจึงใช้กับสายโคแอกเซียลได้โดยไม่ต้องมีบาลัน เส้นกลางของสายโคแอกเซียลต่อกับลวดสายอากาศ ส่วนเส้นชีลด์ต่อกับกราวด์ (หรือระบบสายดิน) ได้เลย

3. สายอากาศเป็นแผงแอเรย์

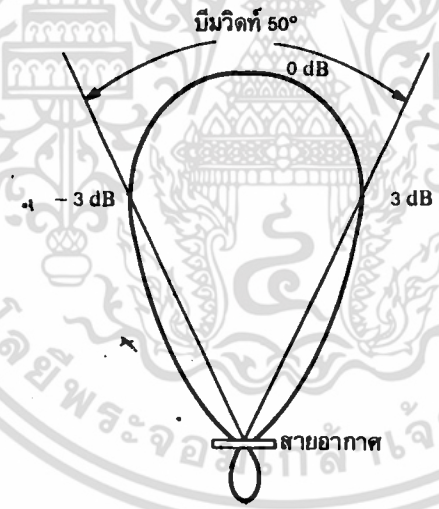
ในบางครั้ง เราจำเป็นต้องจำกัดทิศทางการแพร่คลื่นของสายอากาศให้อยู่ในขอบเขตที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อมิให้รบกวนไปยังสถานีอื่นหรือถูกรบกวนจากสถานีอื่นได้ง่าย วิธีการจำกัดคลื่นให้แพร่ไปในทิศทางที่ต้องการนี้ เป็นการประหยัดกำลังงานเพราะไม่ต้องสิ้นเปลืองกำลังเพื่อส่งคลื่นไปยังบริเวณที่ไม่มีเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของการแพร่คลื่นไปในทิศทางเดียวกัน เราเรียกว่า บีมทางเดียว (unidirectional) ส่วนรูปแบบการแพร่คลื่นออกไป 2 ทาง เหมือนกับไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟ เราเรียกว่า บีมสองทาง (bidirectional) และการแพร่คลื่นที่ออกไปรอบตัวแบบเดียวกับสายอากาศแนวดิ่ง เราเรียกว่า รอบตัว

สำหรับสายอากาศแบบมีทิศทาง เราสามารถวัดความคมของบีมในทิศทางนั้น ๆ ได้ โดยการวัดมุมเรียกว่า บีมวิดท์ ซึ่งเป็นค่าความกว้างของมุมระหว่างจุดที่รับสัญญาณได้ตกลง 3 เดซิเบล เทียบกับจุดที่รับสัญญาณได้สูงสุด ดูรูปที่ 6.32 ในที่นี้เราวัดมุมได้ 50 องศา

ระบบสายอากาศที่มีบีมวิดท์แคบ ส่วนใหญ่จะมีเกนสูง เนื่องจากกำลังของคลื่นวิทยุอัดกันอยู่ในบีมแคบ ๆ ความแรงสัญญาณในแนวของบีมจึงมากกว่าเมื่อเทียบกับความแรงสัญญาณที่รับได้จากสายอากาศรอบตัว ดังนั้นกำลังที่ส่งออกจากเครื่องส่งจึงเสมือนกับว่ามีกำลังแรงขึ้นเท่ากับอัตราขยายของสายอากาศ อัตราขยายของสายอากาศคิดจากอัตราส่วนของกำลังที่ใช้ในการกระทำให้เกิดความแรงสัญญาณ ณ จุด ๆ หนึ่ง โดยใช้สายอากาศมาตรฐานกับกำลังที่ใช้ในการทำให้เกิดแรงสัญญาณ ณ จุดนั้น ๆ สายอากาศที่นิยมยึดถือเป็นมาตรฐานอ้างอิงก็คือ สายอากาศไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟ (หรือสายอากาศแนวดิ่งชนิดควอเตอร์เวฟ)



รูปที่ 6.32 การวัดบีมวิดท์ของสายอากาศทิศทาง

ถ้าเราใช้สายอากาศชนิดที่มีเกน กำลังส่งของเครื่องส่งจึงเสมือนกับว่ามีค่ามากขึ้น ค่ากำลังส่งที่มากขึ้นนี้เรียกว่า กำลังส่งประสิทธิผล (effective radiated power หรือ ERP) เราสามารถคำนวณค่า ERP ได้เมื่อเราทราบค่ากำลังส่งของเครื่องส่ง การสูญเสียในสายนำคลื่นและเกนของสายอากาศ เช่นสมมติว่าเครื่องส่งมีกำลังส่ง 100 วัตต์ สายนำสัญญาณสูญเสียไป 10 วัตต์ และอัตราขยายของอากาศเท่ากับ 10 เท่า ค่า ERP จะเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังส่งของเครื่องส่ง	100	วัตต์
หักสูญเสียในสายนำสัญญาณ	10	วัตต์
เหลือกำลังที่ป้อนให้สายอากาศ	90	วัตต์
อัตราขยายของสายอากาศ	x 10	วัตต์
=	900	วัตต์

นั่นคือกำลังส่งประสิทธิผลของระบบเท่ากับ 900 วัตต์ ซึ่งก็หมายความว่า ถ้าใช้สายอากาศไม่มีอัตรขยายเราต้องใช้กำลังส่งถึง 900 วัตต์ จึงจะรับสัญญาณ ณ จุดใด ๆ ได้เท่ากับใช้สายอากาศมีอัตรขยายกับเครื่องส่ง 100 วัตต์ (สมมติการสูญเสียในสายนำสัญญาณคงเดิม)

ถ้าเรานำสายอากาศหลาย ๆ ชุด มาต่อเรียงแถวเป็นแผงเรียกว่าเป็นแอเรย์ อัตราขยายของสายอากาศจะมากขึ้น และสามารถควบคุมทิศทางการแพร่คลื่นได้

4. สายอากาศพาราซิติกแอเรย์

สายอากาศที่ไม่ได้ต่อเข้ากับสายนำสัญญาณ แต่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสหรือแรงดันบนตัวมันได้ เรียกว่า ตัวพาราซิติก (parasitic element) ดังในรูปที่ 6.33 ตัวพาราซิติกวางห่างจากไดโพลเป็นระยะเท่ากับ $\lambda/4$ ไดโพลนี้เรียกว่า ตัวถูกขับ (driven element) ทั้งตัวพาราซิติกกับตัวถูกขับ มีความยาวเท่ากับ $\lambda/2$ จึงเรโซแนนซ์ที่ความถี่ใช้งาน รูปแบบการแพร่คลื่นของตัวถูกขับ (ไดโพล) จะเป็นแบบมีบีม 2 ทาง ออกทางด้านข้างของสายอากาศ สายอากาศที่ใช้งานร่วมกับตัวพาราซิติกเราเรียกว่า พาราซิติกแอเรย์

รูปที่ 6.33 สายอากาศไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟ (ใช้เป็นตัวถูกขับ) ต่อเรียงกับตัวพาราซิติกเป็นแอเรย์

สมมติว่าเข้ามาในทิศทางที่ถึงตัวไดโพลก่อน จะเห็นว่าคลื่นเดินทางถึงตัวพาราซิติกเป็นระยะทางแตกต่างเลยจากตัวถูกขับอยู่ $\lambda/4$ ฉะนั้นกว่าที่จะถึงตัวพาราซิติก เฟสของคลื่นจะเปลี่ยนไป 90 องศา พอคลื่นไปถึงตัวพาราซิติกก็จะเกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสบนตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

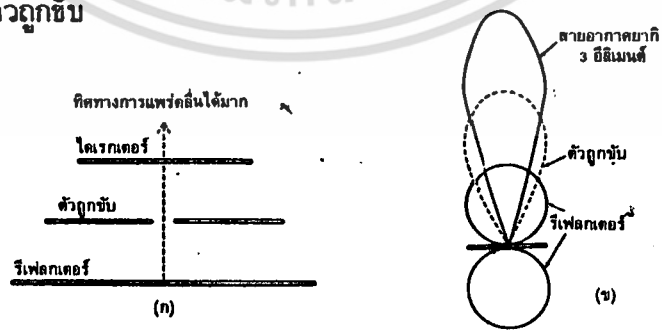
พาราซิติก ซึ่งมีเฟสกลับทางไปอีก 180 องศา (ตรงข้ามกับคลื่นที่ไปเหนี่ยวนำตัวมัน) กระแสที่ไหลในตัวพาราซิติกจะแพร่คลื่นออก คลื่นส่วนหนึ่งจะแพร่กลับมาทางตัวถูกชับซึ่งต้องเดินทางเป็นระยะทาง $\lambda/4$ อีก เฟสจะเลื่อนไปอีก 90 องศา รวมทั้งสิ้นเฟสจะเลื่อนไป 90+180+90 เท่ากับ 360 องศา คลื่นที่แพร่จากตัวพาราซิติกจึงเสริมกับคลื่นที่เดินทางมาทางด้านไดโพล ฉะนั้นการแพร่คลื่นในทิศทางที่เข้ามาทางตัวไดโพลจะดีที่สุด ทิศทางนี้เป็นด้านหน้าของสายอากาศ ตัวพาราซิติกในที่นี้ ทำงานเหมือนตัวสะท้อนคลื่น จึงเรียกว่า รีเฟลกเตอร์ (reflector)

สำหรับทิศทางด้านหลังของสายอากาศ คลื่นจะถึงตัวรีเฟลกเตอร์ก่อนถึงตัวไดโพล (ถูกชับ) ทำให้เฟสต่างกันอยู่ 90 องศา แต่คลื่นที่เหนี่ยวนำบนรีเฟลกเตอร์แพร่ไปทางไดโพลจะมีการกลับเฟส 180 องศา และเฟสล้าหลังเนื่องจากการเดินทางไปทางไดโพลอีก 90 องศา รวมแล้วเฟสของคลื่นที่เดินทางไปถึงตัวไดโพลกับคลื่นที่แพร่จากตัวรีเฟลกเตอร์ จะต่างกันอยู่ -90+180+90 เท่ากับ 180 องศา ทำให้เกิดการหักล้างกัน ฉะนั้นการแพร่คลื่นที่ทิศทางด้านหลังจะได้น้อยที่สุด

รูปแบบการแพร่คลื่นของสายอากาศที่ใช้ร่วมกันกับตัวพาราซิติก จะขึ้นอยู่กับปริมาณและเฟสของกระแสที่ไหลในตัวหารพาราซิติก กระแสที่ได้รับการเหนี่ยวนำจากคลื่นที่มากระทบตัวพาราซิกตินั้นจะขึ้นอยู่กับความยาวของตัวพาราซิติกและระยะห่างจากตัวถูกชับ โดยปกติแล้วการวัดระยะห่างของตัวรีเฟลกเตอร์มักจะอยู่ห่างจากตัวถูกชับอยู่ในช่วง 0.18 ถึง 0.2 ส่วนความยาวของจตัวรีเฟลกเตอร์มักจะยาวกว่า $\lambda/2$ อีกประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์

ตัวพาราซิติกอีกแบบหนึ่งซึ่งวางอยู่ทางด้านหน้าของสายอากาศ ทำงานคล้าย ๆ กับตัวรีเฟลกเตอร์ เรียกว่า ไดเรกเตอร์ (director) ความยาวของไดเรกเตอร์จะสั้นกว่า $\lambda/2$ ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ และความยาวของไดเรกเตอร์จะอยู่ห่างจากตัวถูกชับประมาณ 0.1

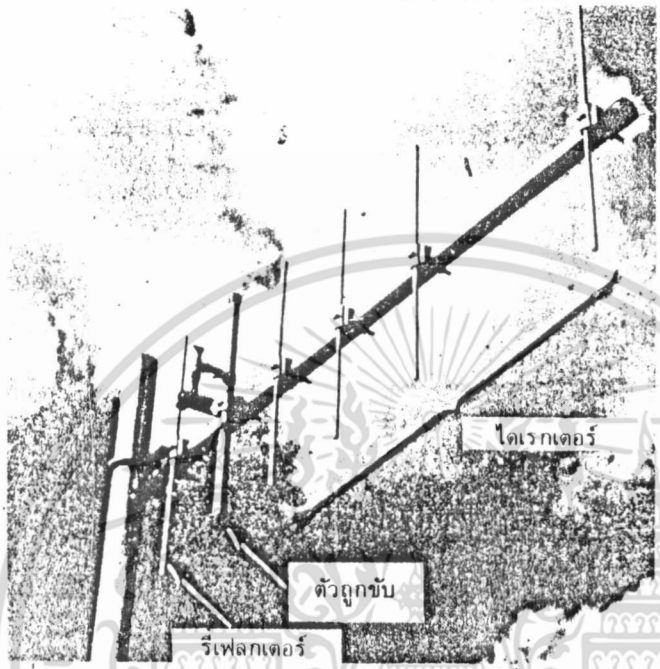
สายอากาศยากิ (Yagi) แบบ 3 อีลิเมนต์ ในรูปที่ 6.34 ประกอบด้วยตัวถูกชับและตัวพาราซิติกอีก 2 ตัวคือ ไดเรกเตอร์กับรีเฟลกเตอร์ในรูปที่ 6.34 (ข) แสดงให้เห็นรูปแบบการแพร่คลื่นของตัวถูกชับ



รูปที่ 6.34 รูปแบบการแพร่คลื่นของสายอากาศยากิแบบ 3 อีลิเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ไดโพล) อย่างเดียว และการเสริมของรูปแบบการแพร่คลื่นของตัวรีเฟลกเตอร์กับไดเรกเตอร์ ทำให้เราได้รูปแบบโดยรวมเป็นลักษณะบีมทางเดียว และบีมวิดท์แคบลงหรืออัตราขยายสูงขึ้น เราสามารถใช้ตัวพาราซิติกจำนวนมากขึ้นเพื่อให้อัตราขยายของสายอากาศเพิ่มขึ้น ดูรูปที่ 6.35 ซึ่งเป็นสายอากาศยากิแบบ 6 อีลิเมนต์ วางตัวให้โพลาไรเซชั่นแนวดิ่ง

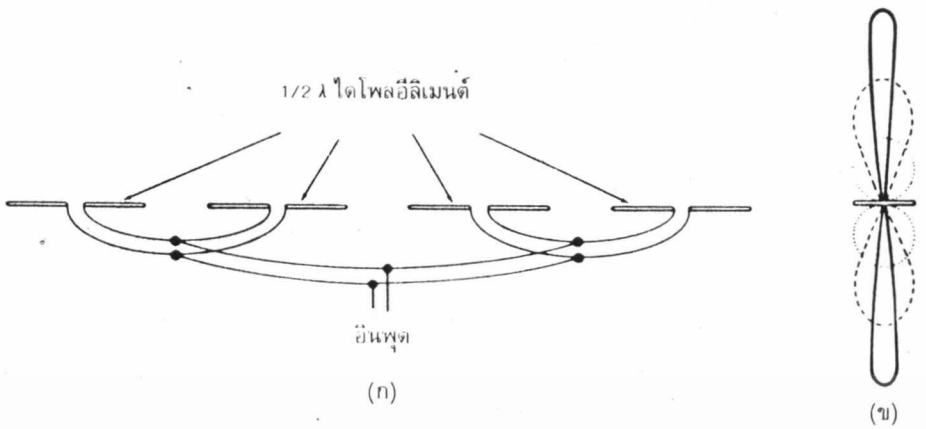


รูปที่ 6.35 สายอากาศยากิแบบ 6 อีลิเมนต์

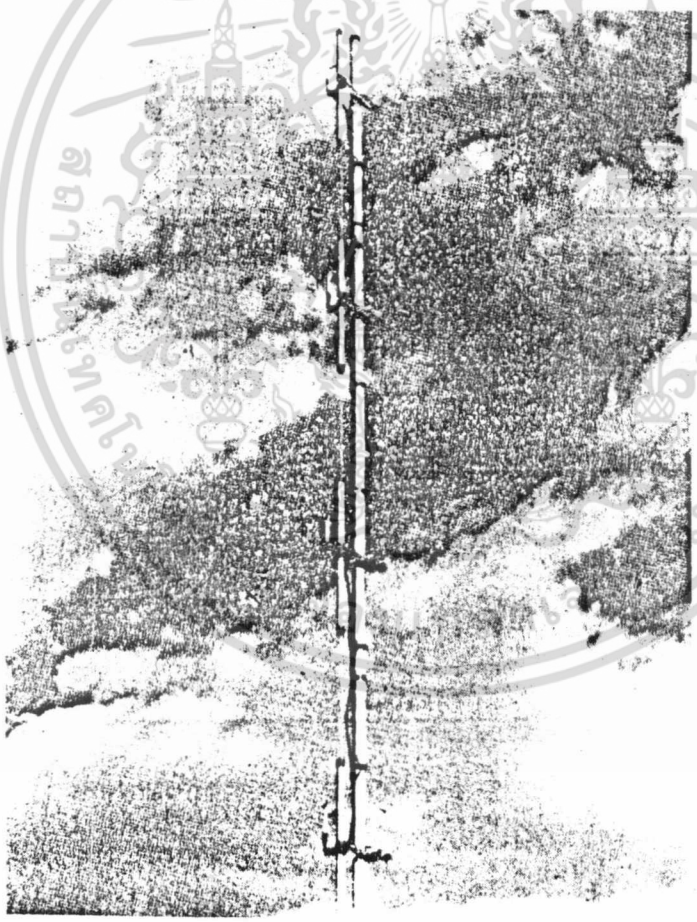
5. แอเรย์ของสายอากาศ

นอกจากเราจะใช้ตัวถูกขับตัวเดียวร่วมกับตัวพาราซิติกแล้ว เรายังอาจใช้ตัวสายอากาศถูกขับหลาย ๆ ตัวมาต่อร่วมเป็นแผงแอเรย์ได้ จากรูปที่ 6.36 เป็นสายอากาศชนิดคอลลิเนียร์ (collinear) หมายถึง ชุดสายอากาศที่เอาสายอากาศมาเรียงแถวต่อในแนวเส้นร่วมกัน (in-line) สายอากาศทุกตัวถูกขับหรือฟีดโดยใช้สายส่งจากเครื่องส่ง 1 เส้น แล้วทำการจัดเฟสโดยใช้สายเฟส (phasing line) เพื่อให้คลื่นที่แพร่ออกจากสายอากาศแต่ละตัว (ในที่นี้ใช้ 4 ตัว) ไปยังเครื่องรับโดยมีเฟสเสริมกัน ในรูปที่ 6.36 (ข) แสดงให้เห็นลักษณะการเสริมกันของรูปแบบการแพร่คลื่น เส้นไข่ปลาเป็นของไดโพลชนิดฮาล์ฟเวฟตัวเดียว เส้นประเป็นของไดโพล 2 ตัว และเส้นเต็มเป็นของไดโพล 4 ตัว จากรูปที่ 6.37 เป็นตัวอย่างของสายอากาศคอลลิเนียร์ในย่านความถี่ VHF และ UHF ที่ใช้กันทั่วไป ซึ่งให้รูปแบบการแพร่คลื่นแบบรอบตัว มุมยิงคลื่นจะแพร่ออกไปทางข้างของแนวเส้นเรียงแถวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



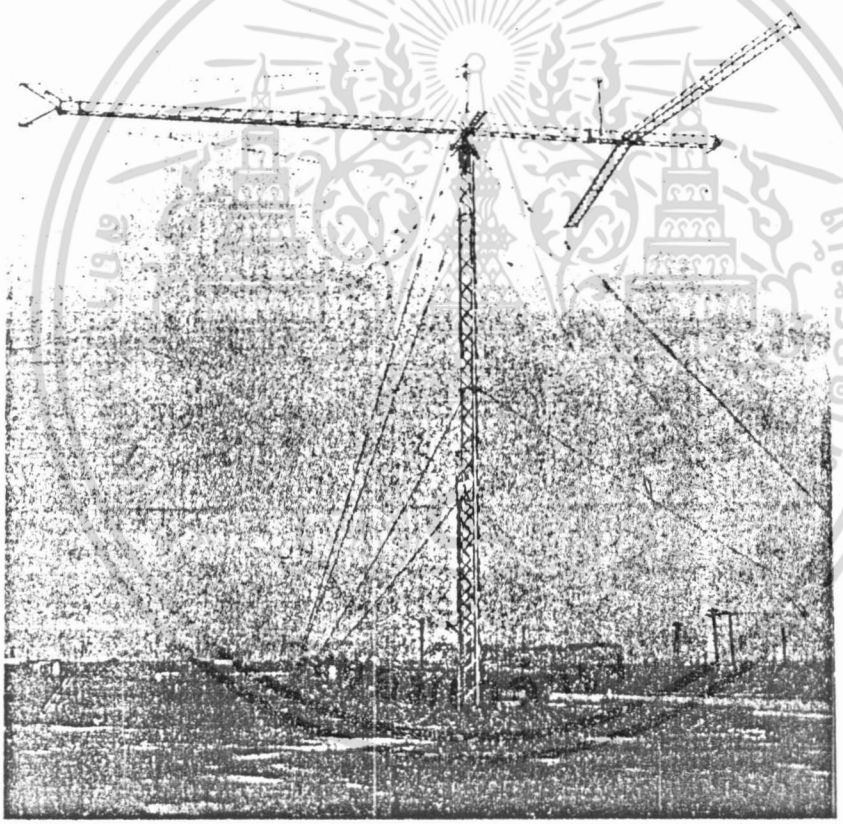
รูปที่ 6.36 สายอากาศที่ตัวถูกขับต่อเรียงเป็นแอเรย์



รูปที่ 6.37 สายอากาศคอลลิเนียร์ 4 อีลิเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดเรียงสายอากาศให้เป็นแผงแอเรย์ ทำให้เราสามารถควบคุมรูปแบบการแพร่คลื่นและเพิ่มอัตราขยายของสายอากาศได้ตามต้องการ ในรูปที่ 6.38 เป็นการเรียงสายอากาศอีกแบบหนึ่ง เรียกว่า ลอกพีริออดิกแอเรย์ (logperiodic array) ความยาวของสายอากาศแต่ละตัวจะมีความสัมพันธ์แบบลอการิทึม (logarithmic) การขับหรือฟีดสายอากาศแต่ละตัวจะใช้วงจรจัดเฟสแบบพิเศษ ข้อดีของสายอากาศลอกพีริออดิกนี้ก็คือ มีบีมวิดท์แคบ อัตราขยายสูง และแบนด์วิดท์ (ย่านความถี่ใช้งาน) กว้างมาก สายอากาศยากิแม้ว่าจะมีอัตราขยายสูงแต่ละแบนด์วิดท์ค่อนข้างแคบเพียง 1 ถึง 2 เมกะเฮิรตซ์ ส่วนสายอากาศลอกพีริออดิกมีแบนด์วิดท์กว้างได้ประมาณ 7.5 ถึง 30 เมกะเฮิรตซ์



รูปที่ 6.38 สายอากาศลอกพีริออดิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5 การรบกวนต่าง ๆ ที่มีต่อคลื่นวิทยุและวิธีแก้ไข

การใช้ช่องความถี่อย่างหนาแน่นในพื้นที่ ที่เต็มไปด้วยโรงงานอุตสาหกรรมและในเขตนครบาล ทำให้เกิดปัญหาทางด้านสัญญาณรบกวนของคลื่นความถี่วิทยุเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ปัญหาที่พบมากที่สุด คือ เสียงรบกวนจากเครื่องส่ง (Transmitter noise) อาการหูดึงของเครื่องรับ (Receiver desensitization) และการถูกรบกวนจากสัญญาณผสมความถี่ (Intermodution interference) .

6.5.1 <u>เสียงรบกวนจากเครื่องส่ง</u> (Transmitter noise)

กำลังส่งส่วนใหญ่ของเครื่องส่งจะถูกจำกัดให้อยู่ในแบนด์แคบ ๆ ของห้วงความถี่ที่กำหนดให้ แต่อย่างไรก็ตามกำลังอีกส่วนหนึ่งที่จะแพร่กระจายออกไปด้วยที่ความถี่อื่น ๆ ที่สูงและต่ำกว่าความถี่ที่เจาะจง ความถี่ที่เราไม่ต้องการนี้คือที่เราเรียกว่า "รบกวนจากเครื่องส่ง" เสียงรบกวนที่เราไม่ต้องการจากพลังงานซึ่งแพร่กระจายออกโดยเครื่องส่งทั่ว ๆ ไปนี้ จะไปทำให้ภาครับของเครื่องรับที่กำลังทำงานอยู่ที่ความถี่ห่างออกไปหลาย ๆ เมกกะเฮิรตซ์ และหรือที่อยู่ห่างออกไปหลาย ๆ พันเมตร ด้อยประสิทธิภาพไปได้ สำหรับเครื่องรับแล้ว เสียงรบกวนนี้จะปรากฏเสมือนเป็น "ความถี่ตรง" และจะไม่สามารถถูกกลั่นกรองออกได้โดยเครื่องกรอง (Filter) ของเครื่องรับ เพราะเสียงรบกวนนี้จะเข้ามาในความถี่เดียวกับความถี่ที่เครื่องรับนั้นกำลังทำงานอยู่และก็จะเข้าไปแข่งกับสัญญาณที่ต้องการรับจริง ๆ "เสียงรบกวนจากเครื่องส่ง" ที่ว่านี้ อาจถูกลดทอนหรือลดให้น้อยที่สุดได้โดยการใช้เครื่องกรองชนิดให้ผ่าน (Band pass) หรือเครื่องกรองชนิดผลักทิ้ง (Notch filter) ติดตั้งไว้ที่เครื่องส่ง

6.5.2 <u>อาการหูดึงของเครื่องรับ</u>

เครื่องรับจะมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อเมื่อแรงเคลื่อน และกระแสไฟฟ้าที่มีค่าจำเพาะปรากฏอยู่ตามจุดต่าง ๆ ทางภาคต้น ด้านรับของเครื่อง ถ้าหากว่าค่านี้ถูกเปลี่ยนไป ประสิทธิภาพของเครื่องรับจะถูกกระทบกระเทือนและบั่นทอนลงไปมากที่ความถี่ใช้งาน เนื่องจากวงจรภาคต้นด้านรับของเครื่องรับที่เราใช้กันอยู่ทั่วไปมักจะใจกว้าง ฉะนั้นเมื่อใดที่มีสัญญาณแรงจากเครื่องส่งที่อยู่ใกล้เคียงเข้ามา ก็จะทำให้เครื่องรับนั้นด้วยประสิทธิภาพ หรือ "หูดึง" ไปเลย

ถึงแม้ว่าเครื่องส่งนั้นจะส่งที่ความถี่ห่างออกไปหลาย เมกกะเฮิรตซ์หรือเป็นระยะทางหลายพันเมตรจากสายอากาศของเครื่องรับก็ตาม ก็ยังคงสามารถทำการรบกวนเครื่องรับได้อาการ "หูดึง" ของเครื่องรับนี้เราอาจลดทอนหรือกำจัดได้โดยการใช้เครื่องกรองชนิดให้ผ่าน (Band pass) หรือเครื่องกรองชนิดผลักทิ้ง (Notch filter) กับเครื่องรับเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการเลือกคลื่น (Selectivity) หรืออีกนัยหนึ่งก็คือลดขีดความสามารถของเครื่องรับต่อสัญญาณ นอกความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5.3 สัญญาณรบกวนจากความถี่ลูกผสม (Intermodulation Interference)

เมื่อใดที่สัญญาณตั้งแต่ 2 สัญญาณหรือมากกว่าที่มีความถี่ต่าง ๆ กัน มาผสมกันในอุปกรณ์ NON LINEAR ก็จะทำให้เกิดความถี่ใหม่ ๆ อีกหลายความถี่ขึ้น ซึ่งเราเรียกว่า "ความถี่ลูกผสม" ความถี่ชนิดนี้จะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อมีเครื่องส่งอย่างน้อยสองเครื่องหรือมากกว่ากำลังส่งออกอากาศพร้อม ๆ กัน ด้วยความถี่ซึ่งมีความสัมพันธ์ที่แน่นอนกับความถี่ภาครับของเครื่องรับที่ถูกรบกวน บ่อยครั้งที่สัญญาณความถี่ลูกผสมนี้จะมีความชัดเจนยิ่งกับว่าสัญญาณนั้นเป็นคลื่นความถี่ตรงที่เครื่องรับที่ถูกรบกวนนั้นกำลังทำงานอยู่ ส่วนมากเราจะสามารถทราบได้ว่าสัญญาณรบกวนนั้นเป็นความถี่ลูกผสม โดยการสังเกตว่าข้อความบางตอนอาจขาดหายไปเฉย ๆ ทั้ง ๆ ที่ยังไม่หมดประโยคเนื่องจาก หนึ่งในความถี่ที่เข้ามาผสมหยุดส่งไป

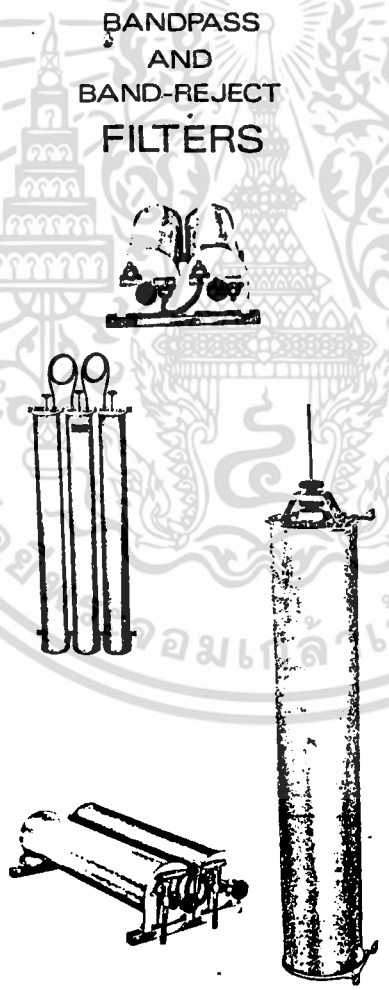
อุปกรณ์ Non Linear ที่สามัญที่สุด ซึ่งการผสมความถี่เกิดขึ้น ก็คือวงจรภาครับเบื้องต้นของเครื่องรับที่ถูกรบกวน ถ้าหากว่าสัญญาณจำนวน 2 สัญญาณ หรือมากกว่า เข้าไปยังเครื่องรับตามความถี่ต่าง ๆ ของสัญญาณนั้น ๆ สัญญาณนั้น ๆ จะเกิดผสมกันขึ้นในวงจรของเครื่องรับ และก็จะเกิดเป็นความถี่ลูกผสมขึ้น ถ้าหากว่าผลลัพธ์ที่เกิดเป็นความถี่ลูกผสมอันหนึ่งอันใดบังเอิญไปตรงกับ หรือใกล้เคียงกับความถี่ภาครับของเครื่องรับที่กำลังทำงานอยู่ผลลัพธ์ก็จะปรากฏเป็นเสียงออกมา และบ่อยครั้งที่จะฟังได้ชัดเจน สถานีส่งที่ก่อให้เกิดสัญญาณรบกวน 2 หรือ มากกว่า 2 สถานีนั้นอาจจะอยู่ห่างกันมาก ๆ ก็ได้ โดยทั่วไปสถานีหนึ่งที่เป็นต้นเหตุของการรบกวนมักจะอยู่ไม่ห่างไปกี่ กม. แต่สถานีที่เข้ามาผสมคลื่นนั้นอาจจะอยู่ห่างออกไป 20-30 กม. ก็เป็นได้ ในเรื่องการผสมความถี่ที่เครื่องรับ เราจะต้องแก้ปัญหาที่จุดที่ปัญหาเกิดขึ้น คือที่เครื่องรับโดยการบั่นทอนหรือลดระดับความแรง ของสัญญาณหนึ่ง หรือมากกว่าที่เข้ามาร่วมผสมให้ต่ำที่สุด ก่อนที่มันจะเข้าไปยังเครื่องรับ

อุปกรณ์ Non linear สามัญรองลงไป ซึ่งมักจะเกิดการผสมคลื่นความถี่อีกหนึ่งก็คือวงจรขยายภาคสุดท้ายของเครื่องส่ง ถ้าหากว่าเครื่องส่งจำนวน 2 เครื่อง หรือมากกว่าอยู่ใกล้ ๆ กัน (โดยทั่วไปในบริเวณห่างกัน 2-3 คูหา) พลังงานที่ออกไปจากเครื่องส่งเครื่องหนึ่ง สามารถจะแทรกเข้าไปในวงจรขยายภาคส่ง ของอีกเครื่องหนึ่งเข้าไปผสมกับความถี่อีกความถี่หนึ่ง ทำให้เกิดผลลัพธ์เป็นความถี่ลูกผสม ซึ่งจะถูกส่งออกอากาศไปพร้อม ๆ กับพลังงานของความถี่พาหะเบื้องต้น ปัญหาการผสมคลื่นทางเครื่องส่งมักจะเกิดขึ้นบ่อย ในกรณีที่มีเครื่องส่งหลาย ๆ เครื่องทำงานอยู่พร้อม ๆ กัน โดยอยู่ใกล้ ๆ กัน มาก ๆ ปัญหาเช่นนี้เราจะต้องแก้ที่จุดที่ความถี่นั้นมาผสมกัน คือที่เครื่องส่ง โดยการบั่นทอนหรือลดระดับความแรงของสัญญาณหนึ่งหรือมากกว่าที่เข้ามาร่วมผสมให้ต่ำที่สุด ก่อนที่มันจะข้ามายังวงจรของเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5.4 <u>เครื่องกรองสัญญาณชนิดให้ผ่าน</u> (Bandpass Cavity Filter)

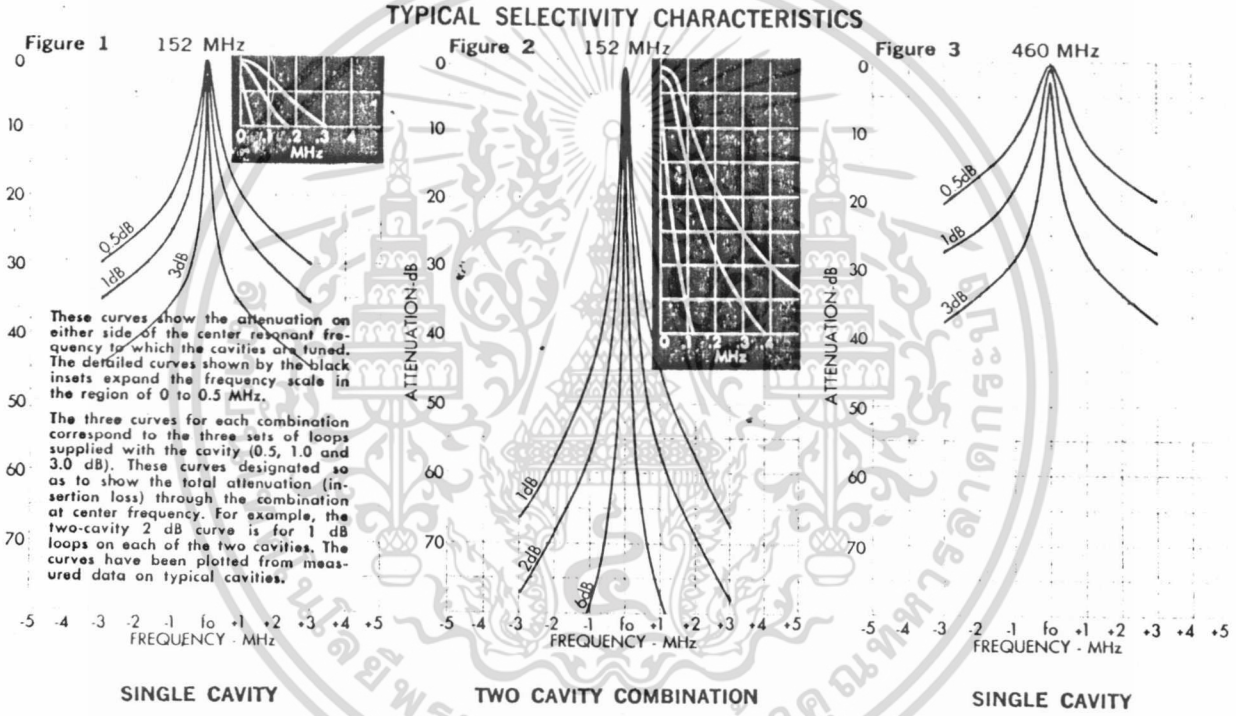
เครื่องกรองชนิดนี้ดังในรูปที่ 6.39 คือ วงจรเรโซแนนซ์ ไฮ คิว ซึ่งถูกออกแบบให้ความถี่ในช่วงแคบ ๆ ผ่านไปได้ โดยมีการบั่นทอนสัญญาณน้อยมากและในขณะเดียวกันก็จะบั่นทอนสัญญาณที่ความถี่อื่น ๆ นอกจากนั้นค่อนข้างมากยิ่งความถี่นั่นห่างออกไปจากความถี่เรโซแนนซ์มากเท่าใดการบั่นทอนสัญญาณก็จะเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น ช่วงความถี่แคบ ๆ ที่สามารถผ่านไปได้ โดยถูกบั่นทอนเพียงเล็กน้อยนั้น จะมีค่าเพียงไม่กี่กิโลเฮิรตซ์ บวก ลบ จากความถี่เรโซแนนซ์ของเครื่องกรองสัญญาณพลังงานจะถูกป้อนเข้าไปยังเครื่องกรองโดยคัปปลิ้งลูป (Coupling loop) ซึ่งจะไปกระตุ้นวงจร เรโซแนนซ์ ซึ่งเกิดขึ้นโดยผิวในและผิวนอกของตัวนำห่วงที่สอง (Second loop) จะเชื่อมโยงพลังงานจากวงจรโซแนนซ์ออกไปยังด้านขาออก (Output) การตอบสนองในด้านการเลือก (Selectivity) จะดีขึ้นมากในเมื่อคัปปลิ้งลูปถูกปรับไปให้เกิดมีการบั่นทอนเพิ่มขึ้นที่ความถี่ใช้งานตามความต้องการ (จาก1/2 dB ถึง 1 dB ฯลฯ



<u>รูปที่ 6.39</u> รูปร่างของเครื่องกรองสัญญาณชนิดให้ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คัปปลิ้งลูปที่สามารถหมุนปรับตั้งได้ เพื่อเปลี่ยนค่าการบั่นทอนใช้สะดวกกว่าชนิดต้องถอดเปลี่ยน ถ้าหากใช้เครื่องกรองเพียงอันเดียวยังไม่เพียงพอก็อาจจะเพิ่มเครื่องกรองโดยต่ออนุกรมเพิ่มเข้าไปอีกได้ทำให้ขีดความสามารถในการเลือกคลื่น (Selectivity) เพิ่มขึ้นอีก ข้อควรสังเกต์ คือ การใช้เครื่องกรองหลาย ๆ อันจะได้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าการใช้อันเดียว ยกตัวอย่างการใช้เครื่องกรอง 3 อัน รวมกัน โดยแต่ละอันมีการบั่นทอนที่ปรับไว้ 1 dB (ค่าบั่นทอน รวม 3 dB) จะมีสมรรถนะในการเลือกคลื่น (Selectivity) ดีกว่าเครื่องกรองอันเดียวกันที่ปรับไว้ให้มีค่าบั่นทอน 3 dB) ดูรูปที่ 6.40



รูปที่ 6.40 กราฟคุณสมบัติของเครื่องกรองสัญญาณชนิดให้ผ่าน

การใช้เครื่องกรองชนิดให้ผ่าน ซึ่งปรับไว้ตรงความถี่ภาครับของเครื่องรับ โดยใส่ไว้ระหว่างสายอากาศกับเครื่องรับ จะเพิ่มประสิทธิภาพในด้านการเลือกสัญญาณ (Selectivity) ของเครื่อง เครื่องกรองจะลดทอนสัญญาณ หรือลดให้เหลือน้อยที่สุด ซึ่งสัญญาณ "นอกความถี่" (Off frequency) ซึ่งมิฉะนั้นแล้วก็จะถูกปล่อยให้ผ่านเข้าไปยังวงจรต้นภาครับของเครื่องรับ อันเป็นสาเหตุให้เกิดอาการ "หูดึง" หรือถูกรบกวนโดยความถี่คลื่นลูกผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

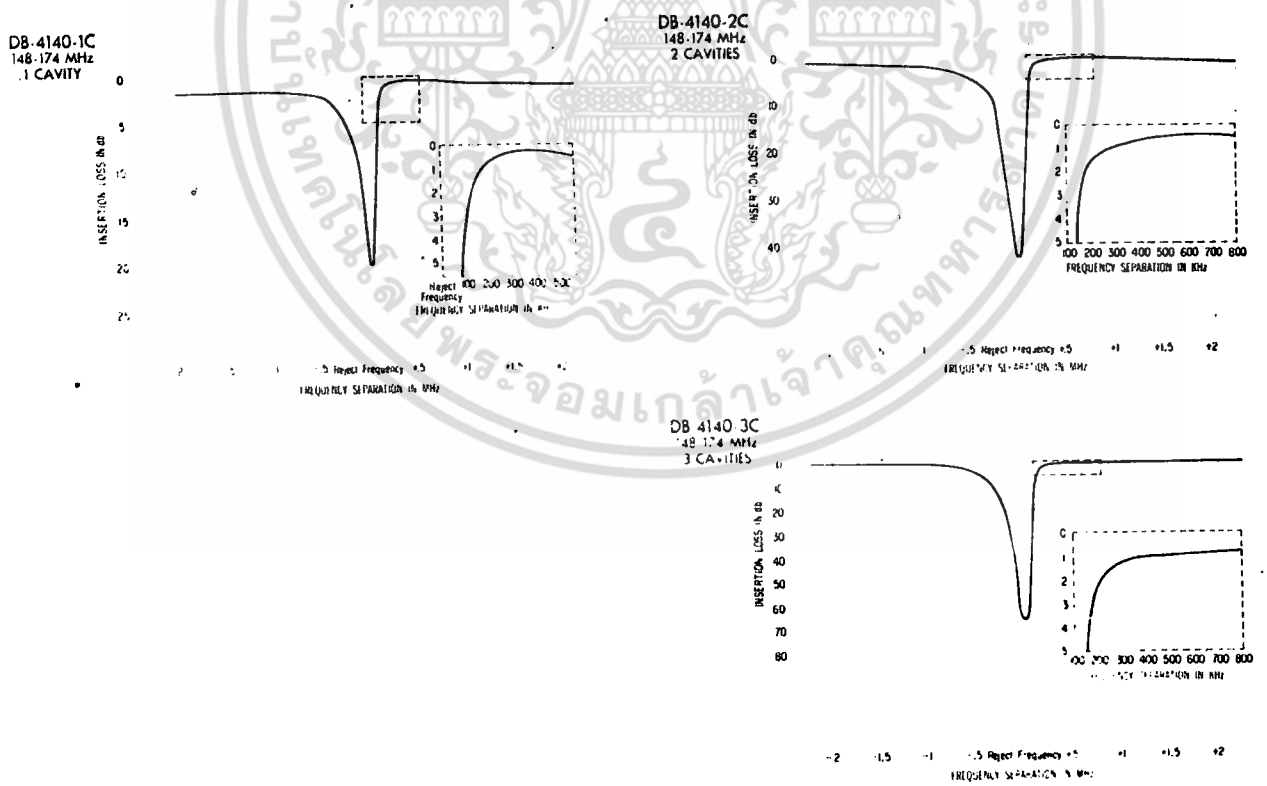
การใช้เครื่องกรองชนิดให้ผ่าน ซึ่งปรับไว้ตรงกับความถี่ภาคส่งของเครื่องส่ง โดยใส่ระหว่างเครื่องส่งกับสายอากาศ จะลดสัญญาณสเปะสปะ (Spurions signal) และหรือเสียง ไซด์แบนด์ (Sideband noise) ซึ่งมิฉะนั้นอาจจะถูกแพร่กระจายออกไปโดยเครื่องส่ง ซึ่งจะไปทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องรับที่อยู่ใกล้เคียงถูกบั่นทอนลงได้

การใช้เครื่องกรองชนิดให้ผ่าน ในวงจรภาคส่งจะช่วยลด หรือลดให้น้อยที่สุด ซึ่งสัญญาณคลื่นผสมที่จะถูกส่งออกไป เนื่องจากสัญญาณ "นอกความถี่" ซึ่งอาจจะมาจากเครื่องส่งที่อยู่บริเวณใกล้เคียงจะถูกบั่นทอนไปก่อนที่มันจะผ่านเข้าไปยังวงจรภาคส่งสุดท้ายของเครื่องส่ง

6.5.5 น็อทช์ ฟิลเตอร์ (Notch Filter)

เครื่องกรองชนิดผลักทิ้ง (Band reject cavity filter) หรือ น็อทช์ ฟิลเตอร์ คือวงจรเรโซแนนซ์ ไฮ คิว ซึ่งถูกออกแบบมาให้บั่นทอนสัญญาณในช่วงความถี่แคบ ๆ และในขณะเดียวกันก็จะปล่อยให้ความถี่อื่น ๆ นอกจากนั้นผ่านได้โดยมีการสูญเสียเพียงเล็กน้อย หรือน้อยที่สุด โดยพื้นฐานเครื่องกรองชนิดนี้ก็มีคุณสมบัติตรงข้ามกับเครื่องกรองชนิดให้ผ่าน ดูรูปที่ 6.41

พลังงานที่ความถี่ เรโซแนนซ์ จะมองเครื่องกรองนี้เสมือน "กับดัก" และก็จะวิ่งเข้าไปหา และก็ถูกดูดกลืนทิ้งไปในตัวเครื่องกรองนี้เอง



รูปที่ 6.41 กราฟคุณสมบัติของเครื่องกรองชนิดผลักทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบั่นทอนสูงสุดจะเกิดขึ้นที่ความถี่เรโซแนนซ์ ในขณะที่ที่ความถี่อื่น ๆ จะถูกบั่นทอนมากบ้างน้อยบ้างขึ้นกับว่าความถี่นั้น ๆ อยู่ห่างจากความถี่เรโซแนนซ์เพียงใด

น็อทช์ ฟิลเตอร์ ให้ค่าการบั่นทอนค่าหนึ่งที่ความถี่เรโซแนนซ์ ไม่ว่าความถี่ "ให้ผ่าน" กับ "ผลักทิ้ง" จะอยู่ห่างกันมากน้อยเพียงใด

เครื่องกรองนี้ เราสามารถจะปรับแต่ง ห้วงความถี่แคบที่เราต้องการ "ผลักทิ้ง" นี้ ให้อยู่ห่างจากความถี่ใช้งานของเราไปหลาย เมกกะเฮิรตซ์ หรือจะให้เข้ามาอยู่ใกล้ ๆ ก็ได้

น็อทช์ ฟิลเตอร์ สามารถนำมาต่อ ๆ กันในลักษณะอนุกรม เพื่อเพิ่มค่าบั่นทอนสัญญาณความถี่ที่ไม่ต้องการได้เช่นเดียวกับเครื่องกรองชนิดผลักทิ้งกับเครื่องชนิดให้ผ่าน เราสามารถใช้เครื่องกรองชนิดผลักทิ้งกับเครื่องส่งเพื่อการลดทอนหรือ ลดให้น้อยที่สุด ซึ่งเสียงรบกวนจากเครื่องส่งที่แพร่กระจายออกไป (Transmitter noise radiation) หรือสัญญาณรบกวนโดยการผสม ความถี่ของเครื่องส่ง (Transmitter intermodulation interference) แต่ควรจำไว้ว่าเครื่องกรองชนิดผลักทิ้งนี้ จะให้การลดทอนที่สูงสุดที่ความถี่เจาะจง ซึ่งมีห้วงเพียงแคบมาก ๆ เท่านั้น คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดอันเดียวของ น็อทช์ ฟิลเตอร์ ก็คือความสามารถของมันที่จะผลักความถี่ ซึ่งอยู่ใกล้มาก ๆ กับความถี่ใช้งานทั้งไป

6.5.6 <u>การเลือกใช้เครื่องกรองชนิดให้ผ่าน หรือ เครื่องกรองชนิดผลักทิ้ง</u>

การเลือกใช้เครื่องกรอง 2 ชนิดนี้ เพื่อแก้ปัญหาการถูกคลื่นรบกวน ขึ้นอยู่กับตัวแปรนานานับประการยากที่จะบรรยายได้ทั้งหมดในที่นี้ แต่อย่างไรก็ตามหลักการทั่วไปที่พอสรุปได้มีดังนี้

ก. เครื่องกรองชนิดให้ผ่าน (Bandpass Filter) เหมาะที่สุดสำหรับแก้ปัญหาเมื่อเราไม่สามารถทราบแน่ชัดถึงสมมตฐาน หรือความถี่ที่มารบกวน

ข. เครื่องกรองชนิดผลักทิ้ง (Notch Filter) โดยทั่วไปจะให้ค่าการลดทอนสัญญาณของความถี่ที่ไม่ต้องการมากกว่า เครื่องกรองชนิดให้ผ่าน ซึ่งมีขนาดเท่า ๆ กัน ในเมื่อความถี่ที่ต้องการกับความถี่ที่ไม่ต้องการอยู่ห่างกันเพียงน้อยกว่า 1 MHz (30 - 50 MHz band) 3 MHz (148 - 174 MHz band) หรือประมาณ 3 MHz (450 - 512 MHz band)

ค. เครื่องกรองชนิดให้ผ่านโดยทั่วไปจะให้ค่าลดทอนสัญญาณของความถี่ที่ไม่ต้องการมากกว่าเครื่องกรองชนิดผลักทิ้ง ต่อเมื่อความถี่ต้องการอยู่ห่างกันมากกว่าค่าที่แสดงไว้ในข้อ ข.

ง. เครื่องกรองชนิดผลักทิ้งอาจจะถูกดัดแปลงให้เป็นเครื่องกรองชนิดให้ผ่านหรือกลับกันก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

หลักการทำงานของระบบ

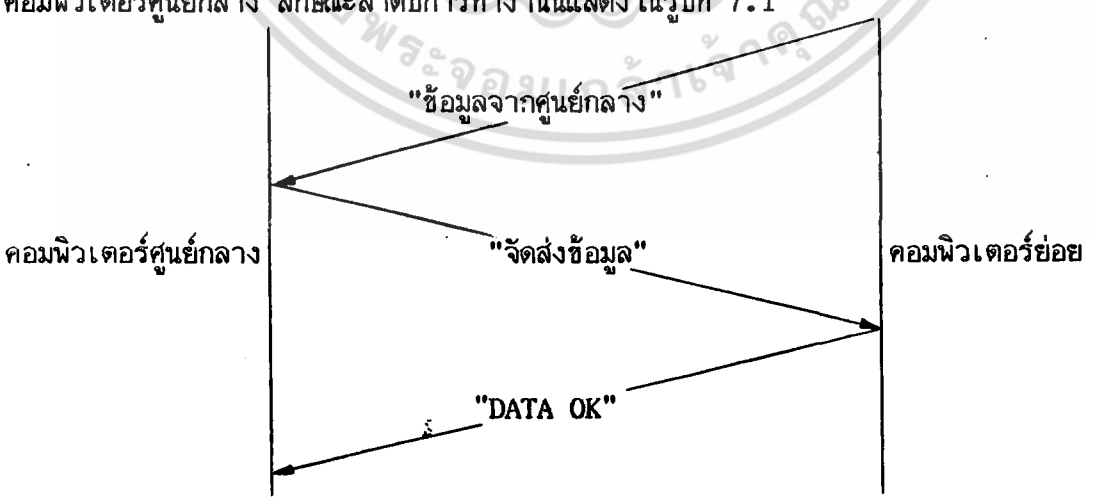
การทำงานของระบบ "การบริการข้อมูลของผู้ป่วยในกลุ่มโรงพยาบาลด้วยคลื่นวิทยุ" จะเป็นการควบคุมการทำงานในโหมดต่าง ๆ แบ่งเป็น 3 โหมด คือ

1. โหมดขอข้อมูลจากศูนย์กลางข้อมูล
2. โหมดส่งข้อมูลไปเก็บไว้ที่ศูนย์กลางข้อมูล
3. โหมดทำงานตามฟังก์ชั่นของผู้ใช้งาน

7.1 การทำงานในโหมดขอข้อมูลจากศูนย์กลางข้อมูล

เมื่อคอมพิวเตอร์ย่อยได้ตั้งโหมด "ขอข้อมูลจากศูนย์กลางข้อมูล" ค้างไว้ในคอมพิวเตอร์ย่อยของตนเองแล้ว ส่งข้อความ "ขอข้อมูลจากศูนย์กลางข้อมูล" เมื่อทางคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางของระบบรับทราบการร้องขอนี้แล้วก็จะทำการค้นหาข้อมูลและจัดเตรียมข้อมูลของคนไข้ที่ขอมาและจัดส่งข้อมูลเหล่านั้นไปยังคอมพิวเตอร์ย่อยที่ขอมา เมื่อคอมพิวเตอร์ย่อยได้รับข้อมูลตามที่ต้องการและได้ทำการตรวจสอบข้อมูล ซึ่งผลการตรวจสอบข้อมูลจะมีผลออกมา 2 แบบ คือ "DATA OK" และ "DATA ERROR"

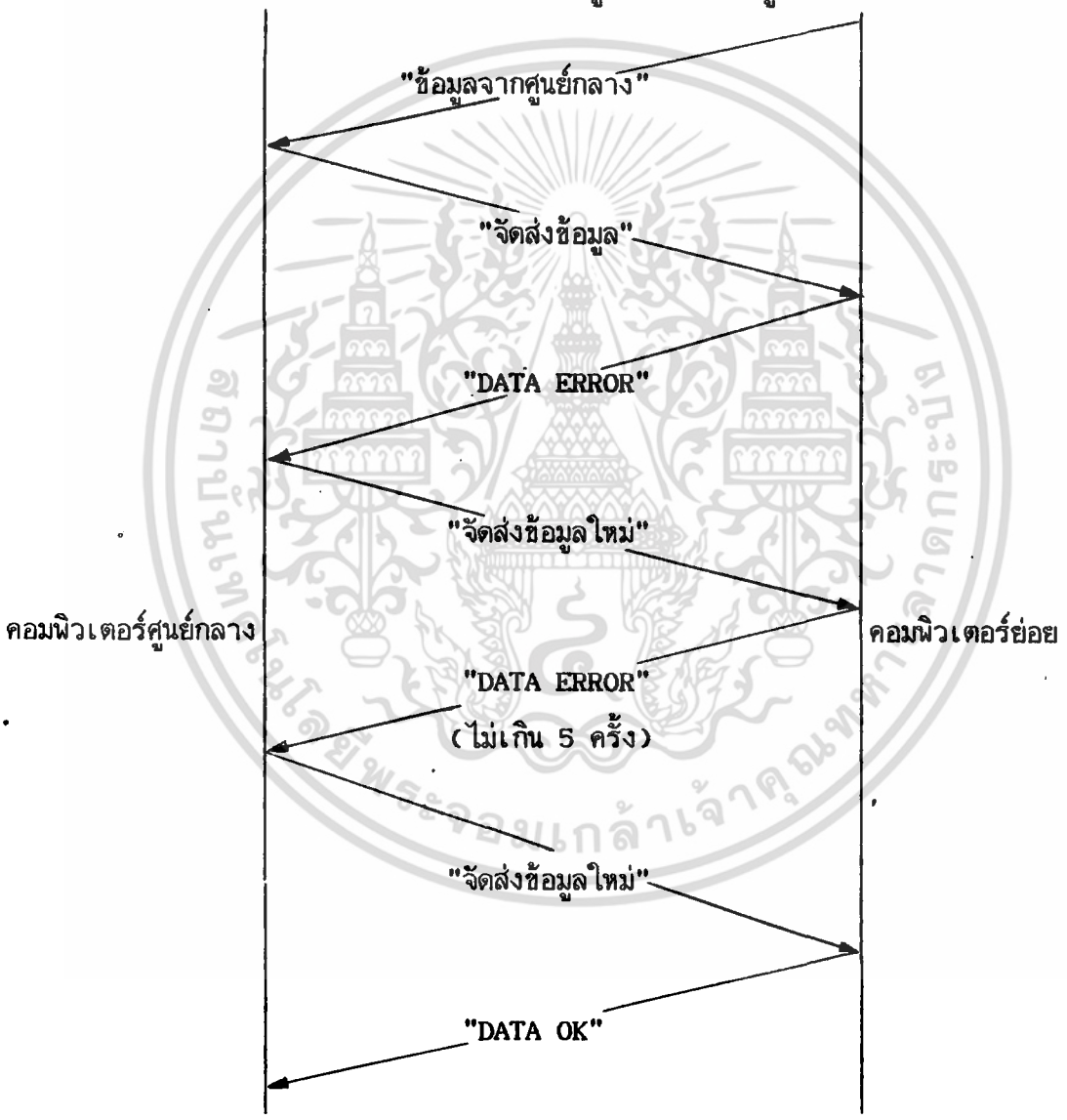
ถ้าผลออกมาเป็น "DATA OK" ตัวคอมพิวเตอร์ย่อยก็จะส่งข้อความ "DATA OK" กลับไปยังคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางของระบบ ยังผลให้เสร็จสิ้นการทำงานของการขอข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง ลักษณะลำดับการทำงานนี้แสดงในรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 แสดงลำดับขั้น การขอข้อมูลและผลที่ได้คือ "DATA OK"

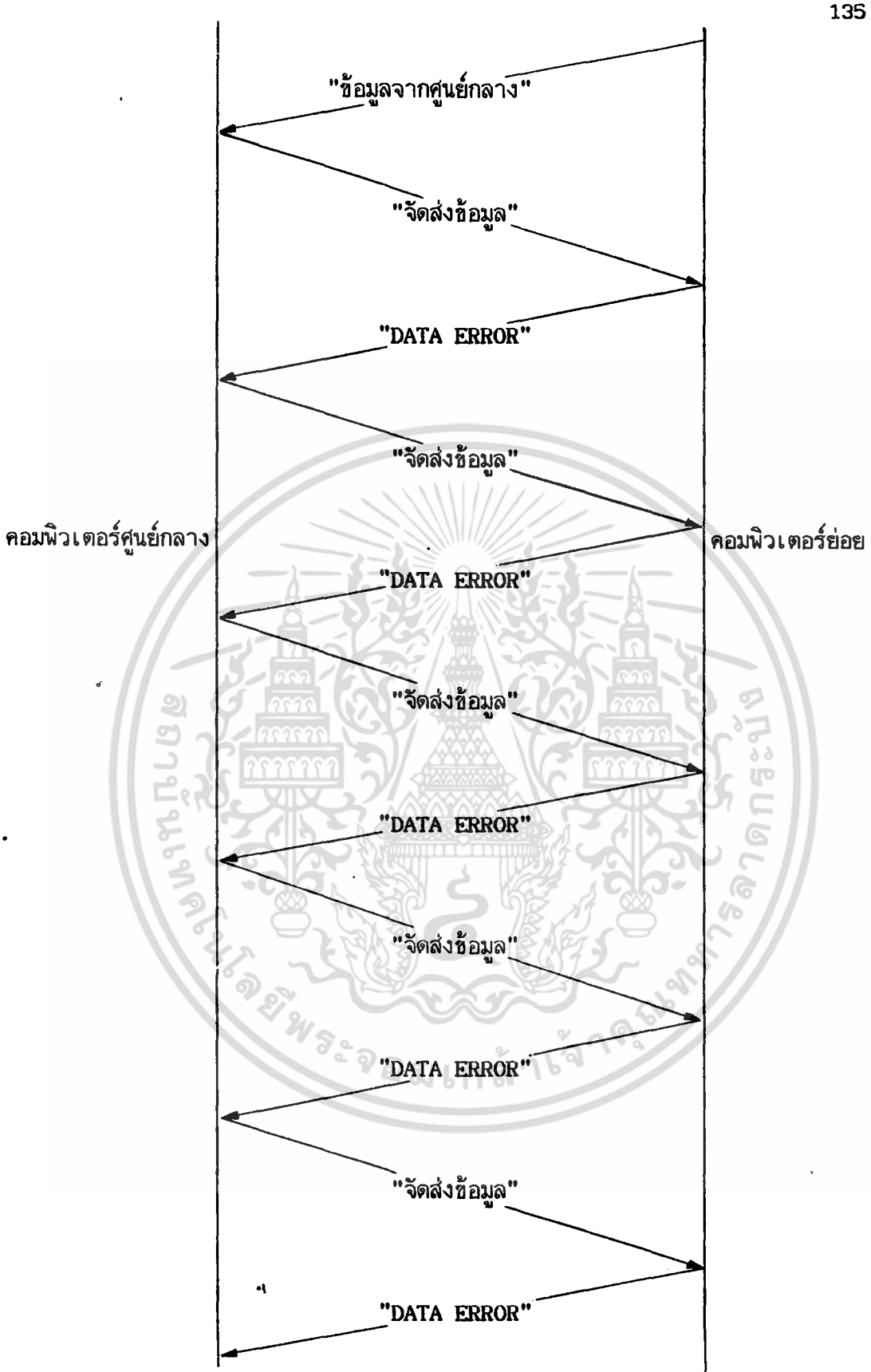
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าผลออกมาเป็น "DATA ERROR" ตัวคอมพิวเตอร์ย่อยจะส่งข้อความ "DATA ERROR" ไปยังคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางของระบบ ทำให้คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางทราบว่าข้อมูลที่ส่งไปนั้นมีข้อมูลผิดพลาด คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางก็จะทำการส่งข้อมูลใหม่ไปยังคอมพิวเตอร์ย่อย ถ้าผลที่ได้เป็น "DATA OK" คอมพิวเตอร์ย่อยก็จะส่ง "DATA OK" แจ้งแก่คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางก็เป็นการเสร็จสิ้นการทำงาน แต่ถ้าผลที่ได้ใหม่ยังเป็น "DATA ERROR" คอมพิวเตอร์ย่อยก็จะส่ง "DATA ERROR" ให้แก่คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางเพื่อส่งข้อมูลมาใหม่อีก จะเป็นเช่นนี้ได้ไม่เกิน 5 ครั้ง ซึ่งถ้าเกิน 5 ครั้ง คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางก็จะแจ้งว่าคอมพิวเตอร์ย่อยตัวนั้น ๆ ผิดปกติ ลักษณะลำดับการทำงานนี้แสดงในรูปที่ 7.2 และรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.2 แสดงลำดับขั้นการขอข้อมูลและผลที่ได้ คือ "DATA OK" แต่ต้องมีการขอข้อมูลหลายครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.3 แสดงลำดับการขอข้อมูลและผลที่ได้คือ "DATA ERROR"

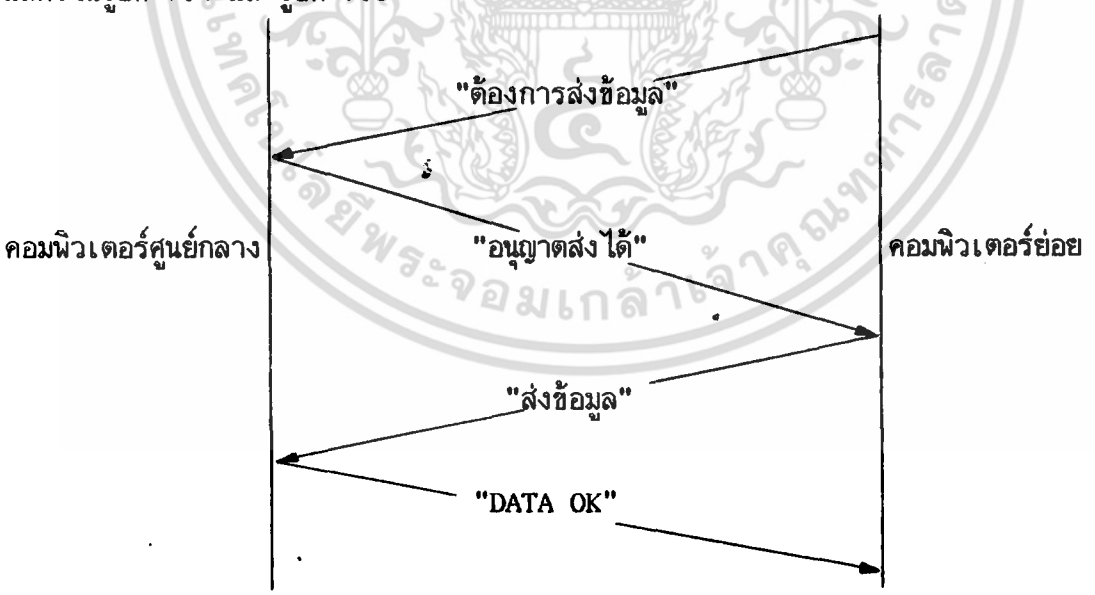
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 การทำงานในโหมดส่งข้อมูลไปเก็บไว้ที่ศูนย์กลางข้อมูล

เมื่อคอมพิวเตอร์ย่อยได้ตั้งโหมด "ส่งข้อมูลไปยังศูนย์กลางข้อมูล" เรียบร้อยแล้ว คอมพิวเตอร์ย่อยก็จะส่งข้อความ "ส่งข้อมูลไปยังศูนย์กลางข้อมูล" เมื่อคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางได้รับทราบการขอของคอมพิวเตอร์ย่อยนั้น ๆ ทางคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางก็จะส่งข้อความ "อนุญาตส่งข้อความ" ไปยังคอมพิวเตอร์ย่อย เมื่อได้รับการตอบอนุญาตคอมพิวเตอร์ก็จะส่งข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จัดเตรียมไว้แล้วไปยังคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง เมื่อคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางได้รับข้อมูลที่ส่งมาแล้วนั้น ก็จะทำการตรวจสอบข้อมูล แล้วจะแสดงผลออกมา 2 แบบ คือ "DATA OK" และ "DATA ERROR"

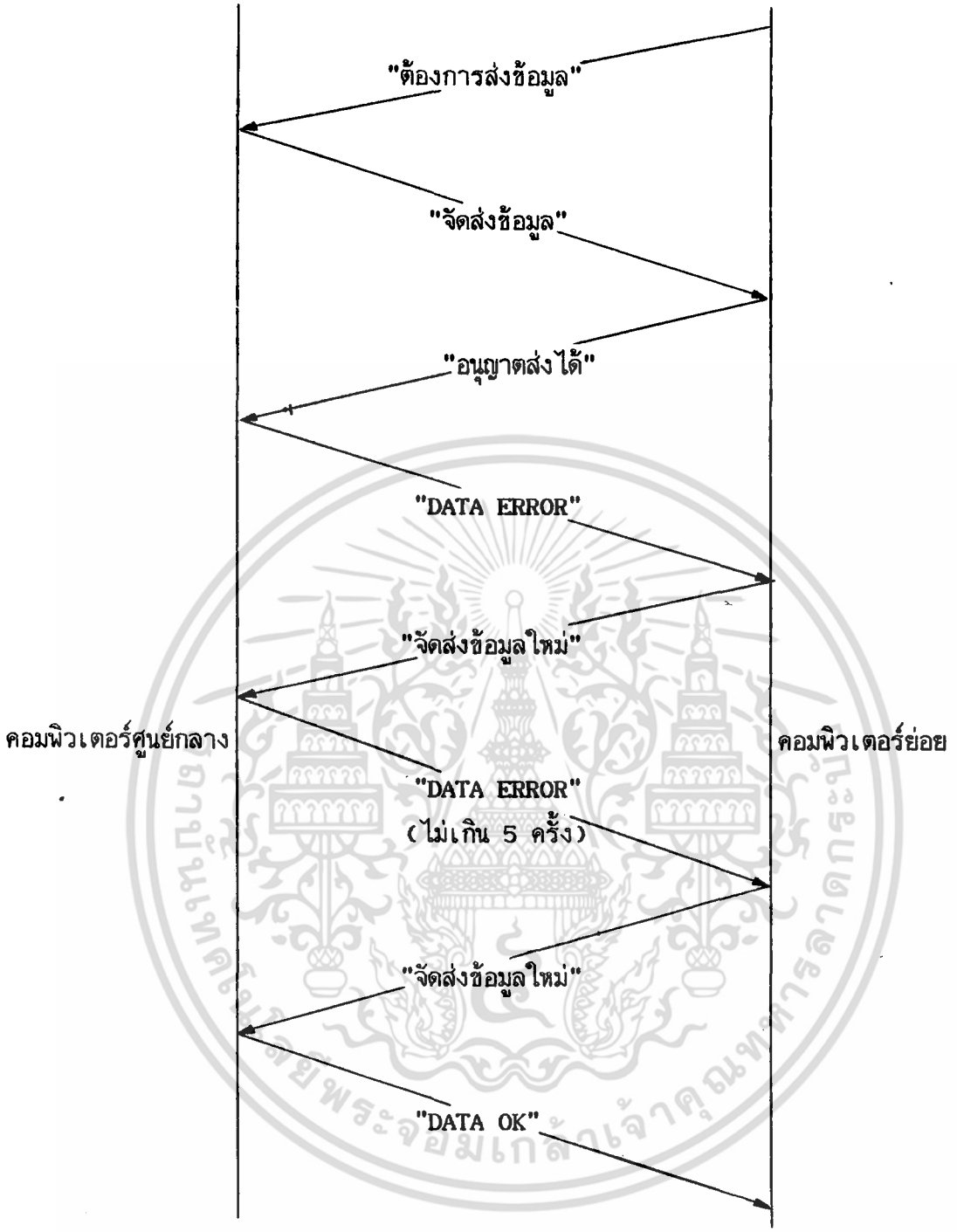
ถ้าผลออกมาเป็น "DATA OK" ทางคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางก็จะส่งข้อความ "DATA OK" ไปยังคอมพิวเตอร์ย่อย ยังผลให้เสร็จสิ้นการทำงานของระบบลักษณะลำดับการทำงานนี้แสดงในรูปที่ 7.3

แต่ถ้าผลออกมาเป็น "DATA ERROR" ทางคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางก็จะส่งข้อความ "DATA ERROR" ไปยังคอมพิวเตอร์ย่อย แสดงว่าข้อมูลมีการผิดพลาด คอมพิวเตอร์ย่อยก็จะส่งข้อมูลชุดเดิมนั้นไปใหม่ โดยการรวนรอบการทำงานจนกระทั่งคอมพิวเตอร์ได้รับคำตอบว่า "DATA OK" (ซึ่งต้องส่งไปได้เกิน 5 ครั้ง) ถ้าข้อมูลที่ส่งไปคอมพิวเตอร์กลางนี้เกิด "DATA ERROR" เกิน 5 ครั้ง คอมพิวเตอร์กลางก็จะแจ้งให้ผู้ใช้ของคอมพิวเตอร์ย่อยว่าไม่สามารถส่งข้อมูลได้ ทางผู้ใช้ก็จะต้องเร่งดำเนินการแก้ไขการส่งข้อมูลต่อไป ลักษณะลำดับการทำงานนี้แสดงในรูปที่ 7.4 และรูปที่ 7.5



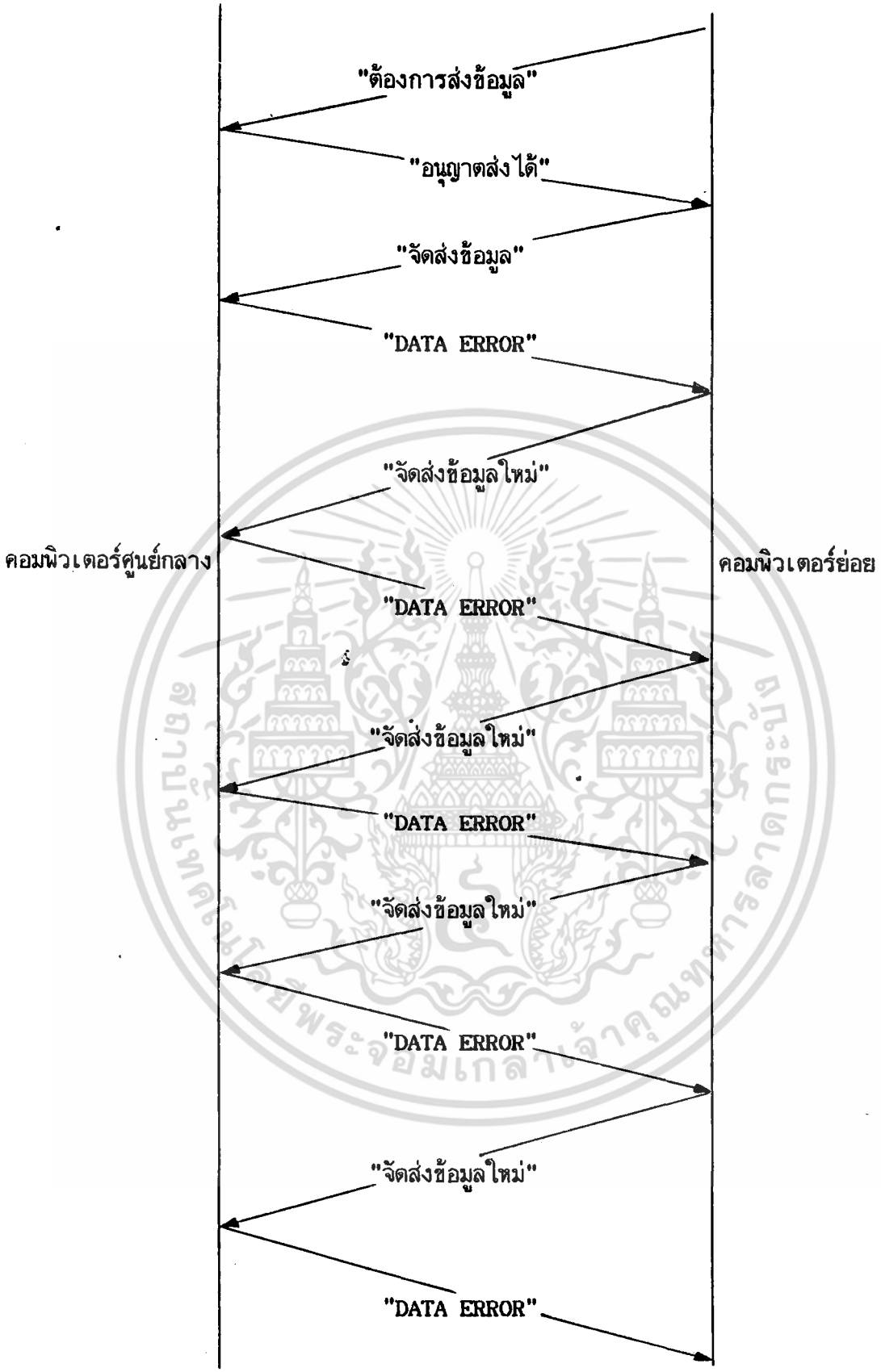
รูปที่ 7.3 แสดงลำดับขั้นการส่งข้อมูลและผลที่ได้คือ "DATA OK"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.4 แสดงลำดับขั้นการส่งข้อมูลและผลที่ได้ คือ "DATA OK" แต่ต้องมีการขอข้อมูลหลายครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.5 แสดงลำดับการส่งข้อมูลและผลที่ได้คือ "DATA ERROR"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 การทำงานในโหมดทำงานตามฟังก์ชั่นของผู้ใช้งาน

การทำงานในโหมดนี้เป็นการทำงานเพื่อขอข้อมูล แก้ไขข้อมูล เปลี่ยนแปลงข้อมูลเพิ่มเติม ของคอมพิวเตอร์ย่อย และคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง แต่ในกรณีของคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางจะต้องมีฟังก์ชั่นเพิ่มอีกหนึ่งฟังก์ชั่นคือ ฟังก์ชั่นการขออนุญาตจากคอมพิวเตอร์ย่อยเพื่อขอติดต่อกับคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางตามที่คอมพิวเตอร์ย่อยร้องขอมา โดยมีรายละเอียดของการทำงานดังนี้

7.3.1 <u>การทำงานของคอมพิวเตอร์ย่อย</u>

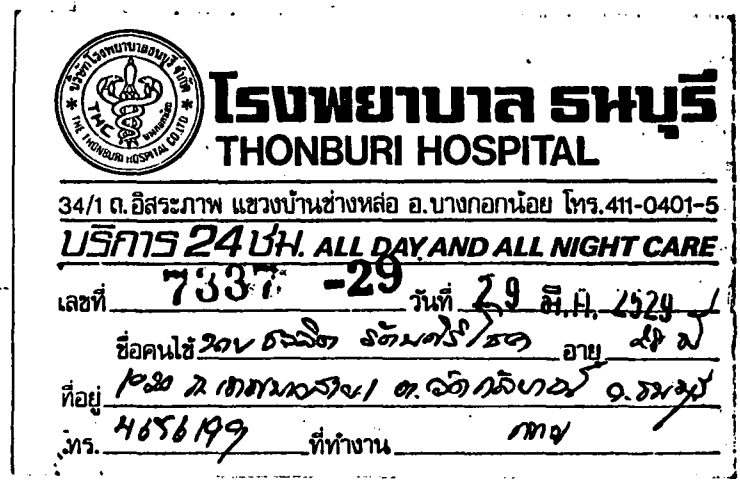
การทำงานของคอมพิวเตอร์ย่อยเป็นการทำงานเพื่อให้บริหารแก่ผู้ที่ต้องการข้อมูลหรือแก้ไขข้อมูลของคนไข้ โดยสามารถแบ่งออกเป็น

1. ต้องการทราบรายละเอียดและประวัติการตรวจรักษารวมของคนไข้
2. ต้องการทราบประวัติการเจ็บป่วยของคนไข้ ในแต่ละครั้งโดยละเอียด
3. ต้องการเพิ่มเติมประวัติการเจ็บป่วยของคนไข้
4. ต้องการเก็บรายละเอียดของคนไข้รายใหม่

ต้องการทราบรายละเอียดของคนไข้

การทำงานในส่วนนี้ โดยปกติแล้วคอมพิวเตอร์ย่อยทุกแห่งจะไม่มีข้อมูลเฉพาะตัวของคนไข้เลย เพราะต้องการให้คนไข้สามารถเข้าทำการรักษาได้ทุกโรงพยาบาลที่มีคอมพิวเตอร์ย่อย ดังนั้นข้อมูลของคนไข้ทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ที่คอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง ส่วนที่คอมพิวเตอร์ย่อยจะทำหน้าที่ขอข้อมูลของคนไข้นั้นจากคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง จึงต้องมีการอ่านข้อมูลใหม่ทุกครั้งที่ต้องการทราบรายละเอียดของคนไข้ อุปกรณ์สำคัญในการที่จะขอข้อมูลของคนไข้ได้นั้น ก็คือ "บัตรประจำตัวคนไข้" ซึ่งสามารถทำบัตรนี้ได้จากทุกโรงพยาบาลที่อยู่ในกลุ่ม บัตรประจำตัวคนไข้นี้ ดังแสดงในรูปที่ 7.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โรงพยาบาล ธนบุรี
THONBURI HOSPITAL
34/1 ถ.อิสระภาพ แขวงบ้านช่างหล่อ อ.บางกอกน้อย โทร.411-0401-5
บริการ 24 ชม. ALL DAY AND ALL NIGHT CARE
เลขที่ 7337 -29 วันที่ 29 มี.ค. 2529
ชื่อคนไข้ นาง ธนิดา รัตนศรีไชย อายุ 48 ปี
ที่อยู่ 120 ม.เทศบาลสาย1 ต.อัมพวา อ.สมุทร
โทร. 465199 ที่ทำงาน เกษ

(ก)

(ก.ร. ๑) ศด ๒๒ ก 32640-33 เลขทั่วไป.....

โรงพยาบาลเกษมราษฎร์
240/24-25 หมู่ 3 ถนนเพชรเกษม แขวงบางแคเหนือ
เขตภาษีเจริญ กทม. โทร. 4540033, 4541915-8, 4542207

บัตรประจำตัวคนไข้

ชื่อ นาย กนกชัย นามสกุล ลิขิตนารถศิริ
อายุ.....ปี วันที่ 17 ก.ย. 2533
บริการตลอด 24 ชั่วโมง ระวังอย่าทำหาย
แพ้ยา.....

(ข)

รูปที่ 7.6 ตัวอย่างบัตรประจำตัวคนไข้

จากรูปที่ 7.6 (ก) เป็นบัตรประจำตัวคนไข้ซึ่งเป็นสมาชิกของโรงพยาบาลธนบุรี โดยคอมพิวเตอร์ส่วนกลางสามารถรู้ได้จากรหัสของบัตรประจำตัวคนไข้ คือ ธ7337-29 ซึ่งมีความหมายเป็น

ธ = โรงพยาบาลธนบุรี
7337 = หมายเลขของสมาชิก
29 = ปีที่คนไข้เข้ามาเป็นสมาชิกของโรงพยาบาล คือ พ.ศ. 2529

ส่วนในรูปที่ 7.6 (ข) ก็เช่นกันเป็นบัตรประจำตัวคนไข้ ซึ่งเป็นสมาชิกของโรงพยาบาลเกษมราษฎร์ มีรหัสประจำตัวคนไข้ คือ ก 32640-33 ซึ่งมีความหมายเป็น

ก = โรงพยาบาลเกษมราษฎร์
32640 = หมายเลขของสมาชิก
33 = ปีที่คนไข้เข้ามาเป็นสมาชิกของโรงพยาบาล คือ พ.ศ. 2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นตอนการขอรายละเอียดและประวัติการตรวจรักษารวมของคนไข้

1. ตรวจดูหมายเลขสมาชิก จากบัตรประจำตัวคนไข้แล้วป้อนข้อมูลหมายเลขสมาชิกแก่คอมพิวเตอร์ย่อย เพื่อส่งข้อมูลไปแจ้งขอติดต่อกับคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง ซึ่งเมื่อติดต่อได้แล้ว คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางจะแจ้งแก่คอมพิวเตอร์ย่อยตัวนั้น โดยคอมพิวเตอร์ย่อยตัวอื่น จะไม่สามารถติดต่อขอข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง

2. เลือกวิธีการแสดงผลว่าจะให้แสดงผลทางหน้าจอภาพ หรือทางปริ้นเตอร์

3. รอการโหลดและส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง ซึ่งจะแสดงรายละเอียดและประวัติการตรวจรักษารวมของคนไข้ (10 ครั้ง) ดังแสดงในตัวอย่างรูปที่ 7.7 (ก) และรูปที่ 7.7 (ข)

ผู้ป่วยชื่อ นายประวัติ เบิกบาน บัตรเลขที่ ธ.7337-29 ลำดับที่ตรวจ 1

อาการ ปวดข้อเท้า บริเวณที่ปวดมีอาการเป็นก้อนแดง

ผลการตรวจเลือด

FBS	-	CREATININE	-	POTASSIUM	5.0	ALBUMIN	-
BUN	-	URIC ACID	0.7	CHLORIDE	-	GLOBULIN	-
HDL	-	CHOLESTEROL	210	CALCIUM	7%	ALKALINE	-
SGOT	-	TRIGLYCERIDES	-	PHOSPHATE	33%	BILIRUBIN	-
SGPT	-	SODIUM	-	PROTEIN	-	AMYLASE	-

ผลการตรวจโรค มี Uric Acid สูง ไขมันสูง

ยาที่ใช้ โคชิซิน 500 mg.

บันทึกพิเศษ ให้ทานยาเช้า-เย็น ครั้งละ 1 เม็ด เป็นเวลา 1 เดือนแล้วนัดผู้ป่วยมาทำการตรวจใหม่

แพทย์ผู้ตรวจ อ.ไธวดี สุขโต

รูปที่ 7.7 (ก) แสดงตัวอย่างรายละเอียดของคนไข้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ป่วยชื่อ...นายประวัติ..เมืองนาน..... บัตรเลขที่...ธ.7337-29.....

ลำดับที่ตรวจ	วันที่เข้าทำการรักษา	ชื่อโรงพยาบาล	อาการป่วย	ยาที่ใช้รักษา	วันที่นัด	แพทย์ผู้ตรวจ
1	4 พ.ย. 2533	ธนบุรี	ปวดข้อเท้า	โคชิชิน วันละ 2เม็ด	4 ธ.ค. 2533	
2	25 พ.ย.2533	เกษมราษฎร์	ปวดศีรษะ	พาราเซ็ป วันละ 1เม็ด	-	
3	4 ธ.ค.2533	ธนบุรี	ปวดข้อเท้า	โคชิชิน วันละ 1เม็ด	4 ม.ค. 2534	
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

รูปที่ 7.7 (ข) แสดงตัวอย่างประวัติการตรวจรักษารวมของคนไข้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นตอนการขอประวัติการเจ็บป่วยและการตรวจรักษาของคนไข้ในแต่ละครั้ง โดยละเอียด

1. ตรวจดูหมายเลขสมาชิกจากบัตรประจำตัวคนไข้ แล้วป้อนข้อมูลหมายเลขสมาชิกแก่คอมพิวเตอร์ย่อย

2. เลือกการขอข้อมูล และครั้งที่มาทำการตรวจรักษาตามที่แพทย์ต้องการทราบ

3. เลือกวิธีการแสดงผลว่าจะให้แสดงผลทางหน้าจอภาพหรือทางปริ้นเตอร์

4. รอการโหลดและส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง ซึ่งจะแสดงรายละเอียดประวัติการตรวจรักษาของคนไข้ในครั้งที่แพทย์ต้องการทราบ ดังแสดงในตัวอย่างรูปที่ 7.8

ประวัติผู้ป่วยโรงพยาบาล..ธนบุรี..... บัตรเลขที่.ธ.7337-29
ผู้ป่วยชื่อ..นายประวัติ เบิกบาน... อายุ...28.ปี... เชื้อชาติ.ไทย..... สัญชาติ.ไทย..
เกิดวันที่..25 ต.ค. 2501..... อาชีพ..รับจ้าง..... สถานะภาพ..สมรส.....
ที่อยู่ปัจจุบัน...34/2..... ถนน...เพชรเกษม..... แขวง...หลักสอง.....
เขต...หนองแขม..... จังหวัด..กทม..... โทรศัพท์.4211353.....
ที่อยู่ตามทะเบียนบ้าน..86..... ถนน...เทศบาลสาย 1..... แขวง..วัดกัลยาณ์.....
เขต...ธนบุรี..... จังหวัด..กทม..... โทรศัพท์..4658119.....
โรคประจำตัว...เก๊าส์..... ยาที่แพ้...ไม่มี.....
ชื่อบิดา..นายประดิษฐ์ เบิกบาน..... ชื่อมารดา..นางปราณี เบิกบาน.....
ผู้รับแจ้งเรื่องผู้ป่วยชื่อ..นางกนกนิจ รัตนศิริโชค..... เกี่ยวข้องเป็น..ภรรยา.....
ที่อยู่..34/2.ถนนเพชรเกษม.หลักสอง.หนองแขม.กทม... โทรศัพท์..421-353.....

รูปที่ 7.8 แสดงตัวอย่างประวัติการณ์การเจ็บป่วยของคนไข้โดยละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นตอนการเพิ่มประวัติการเจ็บป่วยของคนไข้

1. ป้อนข้อมูลหมายเลขสมาชิกแก่คอมพิวเตอร์ย่อย
2. รอการโหลดและส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง ซึ่งประกอบด้วยประวัติการตรวจรักษารวมของคนไข้
3. ทำการแก้ไขหรือเพิ่มเติมข้อมูลการตรวจรักษาครั้งใหม่
4. ทำการส่งข้อมูลใหม่นี้เพื่อเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง

ลำดับขั้นตอนการเก็บรายละเอียดของคนไข้รายใหม่

1. สอบถามชื่อ – นามสกุล และรายละเอียดต่าง ๆ ของคนไข้ตามแบบฟอร์มในรูปที่ 5.3 และ 5.4 พร้อมทั้งให้หมายเลขสมาชิกและบัตรประจำตัวคนไข้
2. ป้อนข้อมูลรายละเอียดของคนไข้ลงในคอมพิวเตอร์ย่อย
3. ส่งข้อมูลทั้งหมดไปเก็บไว้ที่คอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง
4. เมื่อคนไข้ทำการตรวจรักษาเรียบร้อยแล้วให้นำผลการตรวจรักษาส่งไปเก็บไว้ที่คอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง โดยใช้ขั้นตอนการเพิ่มประวัติการเจ็บป่วยของคนไข้

การทำงานของคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง

การทำงานของคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางจะมีลักษณะเหมือนกับการทำงานของคอมพิวเตอร์ย่อย เพียงแต่ในขั้นตอนการโหลดข้อมูลจากศูนย์กลางข้อมูล เปลี่ยนเป็นการโหลดข้อมูลจากฐานข้อมูลภายในตัวเอง โดยจะต้องมีโปรแกรมเพิ่มเติมจากของคอมพิวเตอร์ย่อย 3 โปรแกรม คือ

1. โปรแกรมแสดงข้อความบนหน้าจอ เมื่อมีการขอข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ย่อย
2. โปรแกรมให้การบริการในการให้ข้อมูลแก่คอมพิวเตอร์ย่อย
3. โปรแกรมให้การบริการรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ย่อย

หลักการทำงานของโปรแกรมแสดงข้อความบนหน้าจอ เมื่อมีการขอข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ย่อย

โปรแกรมในส่วนนี้ ใช้หลักการฝังตัวเอง (Resident Program) ลงในหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง เมื่อมีข้อมูลถูกส่งมาจากคอมพิวเตอร์ย่อยเครื่องใดเครื่องหนึ่ง โดยในการส่งข้อมูลนั้น ๆ คอมพิวเตอร์ย่อยจะตรวจสอบว่ามีผู้ใดกำลังทำการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่กับคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางหรือไม่ ถ้าไม่มีตัวคอมพิวเตอร์ย่อยจะทำการส่ง Status ออกมาทางอากาศ เมื่อคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางได้รับ Status แล้วก็จะทำการเรียกโปรแกรมให้ความช่วยเหลือโดยแสดงข้อความว่า

"HAS TERMINAL WANT TO HELP"

หลักการทำงานของโปรแกรมให้การบริการในการให้ข้อมูลแก่คอมพิวเตอร์ย่อย

เมื่อคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางทำงานด้วยโปรแกรมให้ความช่วยเหลือแก่คอมพิวเตอร์ย่อย แล้วโปรแกรมก็จะทำการตรวจสอบว่าคอมพิวเตอร์ย่อยเครื่องใดเป็นผู้ขอข้อมูล และเป็นข้อมูลในรูปแบบใด โดยตรวจสอบจากค่าที่ฝังลงในหน่วยความจำ เนื่องจากโปรแกรมตรวจสอบนั้นใช้หลักการ Resident Program ถ้าค่าที่ฝังไว้ในหน่วยความจำคือคอมพิวเตอร์ย่อยต้องการข้อมูลของลูกค้าหมายเลขสมาชิกที่..... ประเภทที่ต้องการคือรายละเอียดของคนไข้ ขอมาจากคอมพิวเตอร์ย่อยตัวที่..... ซึ่งมีการถอดรหัสออกมาแล้วจะมีลำดับขั้นตอนการทำงานเป็นดังนี้ คือ

1. ค้นหาในไฟล์ "รายละเอียดของคนไข้" ด้วยหมายเลขสมาชิกจากบัตรประจำตัวคนไข้
2. จัดเตรียมข้อมูลต่าง ๆ ของคนไข้นั้น
3. ส่งข้อมูลคนไข้นั้นไปยังคอมพิวเตอร์ย่อย
4. รอรับข้อความตอบกลับคอมพิวเตอร์ย่อยว่า

ถ้าคอมพิวเตอร์ย่อยส่งข้อความว่า "DATA OK" แสดงว่าคอมพิวเตอร์ย่อยได้รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ถือว่าเสร็จสิ้นการทำงานของระบบ

ถ้าคอมพิวเตอร์ย่อยส่งข้อความว่า "DATA ERROR" แสดงว่าข้อมูลที่คอมพิวเตอร์ย่อยได้รับมีข้อผิดพลาด คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางก็จะกระโดดกลับไปทำตามขั้นตอนที่ 3 ใหม่ คือทำการส่งข้อมูลที่ขอไปใหม่ ซึ่งจะต้องมีการส่งข้อมูลใหม่ไม่เกิน 5 ครั้งติดต่อกัน ซึ่งถ้าเกิน 5 ครั้ง คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางก็จะแจ้ง "DATA ERROR" ตลอดเวลา ผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ย่อยจะได้รับแจ้งให้ทำการตรวจสอบทาง Hard Ware ต่อไป

หลักการทำงานของโปรแกรมให้การบริการรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ย่อย

หลักการโดยทั่วไปจะใช้หลักการเดียวกันกับโปรแกรมให้บริการในการให้ข้อมูลแก่คอมพิวเตอร์ย่อย เพียงแต่แทนที่จะเป็นผู้ให้ข้อมูลแก่คอมพิวเตอร์ย่อยก็กลับเป็นผู้รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ย่อยแทน ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการทำงานเป็นดังนี้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ย่อย เพื่อแจ้งว่าคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางพร้อมที่จะรับข้อมูลให้คอมพิวเตอร์ย่อยส่งข้อมูลเข้ามาได้

2. เมื่อรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ย่อยแล้วคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางจะทำการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล ซึ่งจะมีผลออกมาเป็น 2 แบบ คือ

2.1 "DATA OK" แสดงว่าข้อมูลที่คอมพิวเตอร์ย่อยส่งมานั้นคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางได้รับแล้ว และมีข้อมูลที่ถูกต้อง เป็นอันจบสิ้นการทำงานของระบบ

2.2 "DATA ERROR" แสดงว่าข้อมูลที่คอมพิวเตอร์ย่อยส่งมายังคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางมีข้อมูลที่ผิดพลาด " คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางก็จะกระโดดไปทำงานตามลำดับขั้นตอนในข้อ 1 จนกระทั่งคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางตอบ DATA OK ซึ่งจะต้องไม่เกิน 5 ครั้ง แต่ถ้าเกิน 5 ครั้ง ก็จะแสดงผลให้ผู้ใช้งานทราบว่าไม่สามารถทำงานได้ตามต้องการให้ผู้ใช้ดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องทาง Hard Ware ต่อไป

7.4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง "การบริการข้อมูลของผู้ป่วยในกลุ่มโรงพยาบาลด้วยคลื่นวิทยุ" โดยการให้ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางไปยังคอมพิวเตอร์ย่อยจะได้ผลออกมา คือ

1. ทางด้านประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลนับว่ามีประสิทธิภาพสูง มีความผิดพลาดน้อยมาก เนื่องจากสามารถที่จะกำหนดกำลังในการส่งสัญญาณได้ด้วยขนาดกำลังส่งของเครื่องวิทยุ นอกจากนั้นยังสามารถกำหนดอัตราขยายของเสาอากาศที่ใช้ได้ จากการทดลองได้เลือกใช้เครื่องวิทยุที่มีกำลังส่ง 35 วัตต์ อัตราขยายของเสาอากาศประมาณ 6 dB โดยติดตั้งไว้ที่ความสูงประมาณ 30 เมตร ปรากฏว่าสามารถทำการส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางกับคอมพิวเตอร์ย่อยได้ในรัศมีไม่น้อยกว่า 5 กิโลเมตร ทางอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร นอกจากนั้นการเลือกใช้เครื่องส่งวิทยุในย่านความถี่ UHF ทำให้สัญญาณรบกวนมีน้อยมาก

2. ทางด้านความเร็วในการส่งข้อมูลจากการเลือกใช้โมเด็มเบอร์ MJ 3101 ซึ่งมีอัตรา Bit Rate 1200 บิทต่อวินาที คือ มีความเร็วในการส่งข้อมูลปานกลาง ปรากฏว่าในการให้ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางไปยังคอมพิวเตอร์ย่อย จะใช้เวลาเร็วมาก คือ ในข้อมูลของผู้ป่วยหนึ่งราย ที่ต้องการข้อมูลครบถ้วนทุกแบบ จะใช้เวลาเพียงไม่เกิน 3 นาที ซึ่งความเร็วตรงนี้จะขึ้นกับความเร็วในการทำงานของคอมพิวเตอร์และตัวปริ้นเตอร์ ในการทดลองนี้ใช้คอมพิวเตอร์ IBM รุ่น XT ส่วนปริ้นเตอร์ใช้ของ EPSON รุ่น LX-800 ซึ่งทั้ง 2 อย่างมีความเร็วในการทำงานค่อนข้างช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการบริการข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุจากผลการทดลองพอสรุปได้ คือ

1. เมื่อจำนวนคอมพิวเตอร์ย่อยมีมากขึ้นการให้บริการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางไปยังคอมพิวเตอร์ จะทำให้มีความล่าช้ามากขึ้นเนื่องจาก จะต้องมีรอคิวการขอใช้บริการ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับว่าคอมพิวเตอร์ย่อยตัวใดขอข้อมูลก่อนกัน สาเหตุเนื่องจากความต้องการประหยัดของระบบนี้ที่จะเลือกใช้ความถี่ในการรับ-ส่งคลื่นวิทยุเพียงความถี่เดียว วิธีแก้ไขในเรื่องนี้สามารถทำได้โดยแก้ไขระบบให้เป็นการสแกนสอบถามข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางไปยังคอมพิวเตอร์ย่อย แต่จะต้องใช้ความถี่ในการรับ-ส่งคลื่นวิทยุถึงสองความถี่

2. ในการส่งข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุถูกสัญญาณอื่นรบกวนที่เรียกว่า Imtermodulation ก็จะทำให้การส่งข้อมูลมีการผิดพลาด วิธีแก้สามารถใช้ตัวกรองสัญญาณ (Filter) ดังที่กล่าวแล้วในบทที่ 6 ได้ แต่ถ้าเกิดจากการรบกวนด้วยคลื่นที่มีความถี่เดียวกับคลื่นในการส่งข้อมูลจะไม่สามารถแก้ไขได้ ดังนั้นในการทดลองนี้ ทางด้านการส่งข้อมูลจึงใช้วิธีการส่งซ้ำถึง 5 ครั้งในการส่งข้อมูล ถ้าข้อมูลนั้นเกิดความผิดพลาด นอกจากนั้นยังมีการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลด้วยวิธีการบวกข้อมูล (Sum Check)

ปัญหาในเรื่องสัญญาณรบกวนยังอาจเกิดขึ้นจากสภาพดินฟ้าอากาศ เช่น ในฤดูฝนมีฝนฟ้าคะนองบ่อย ๆ ซึ่งปัญหาในเรื่องนี้สามารถแก้ไขได้ โดยการเลือกใช้เครื่องรับ-ส่งวิทยุที่มีกำลังส่งสูง ๆ และมีเสาอากาศที่มีอัตราขยายสูงเช่นกัน จากการทดลองและแก้ปัญหาด้วยวิธีนี้ ในการส่งข้อมูลทั้ง 3 ฤดู จะสามารถแก้ปัญหานี้ได้

3. การส่งข้อมูลในระยะทางที่ไกล ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร ยังมีปัญหาเกี่ยวกับสถานที่ เพราะการทดลองนี้ใช้ความถี่ในย่าน UHF ระยะทางคลื่นเดินทางจะเป็นแบบ Line of Side วิธีแก้ไขก็โดยการเพิ่มความสูงของการติดตั้งเสาอากาศ หรือเปลี่ยนย่านความถี่ของเครื่องรับส่งวิทยุเป็นแบบย่าน HF เพราะย่านนี้ จะสามารถสะท้อนคลื่นในชั้นบรรยากาศได้ หรืออาจเลือกใช้ระบบการสื่อสารดาวเทียมเพื่อแก้ปัญหาก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

บทสรุป

จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอทฤษฎี และวิธีการในการที่จะส่งข้อมูลทางด้านดิจิตอลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยอาศัยคลื่นวิทยุเป็นตัวกลาง ซึ่งอุปกรณ์ที่เลือกใช้จะเป็นอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย มีราคาถูกและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บข้อมูลได้ ในระบบการรับ-ส่งข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุนี้จะประกอบด้วยแหล่งเก็บข้อมูลกลาง ได้แก่ คอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง แหล่งขอและให้ข้อมูล ได้แก่ คอมพิวเตอร์ย่อย ตัวกลางในการส่งข้อมูล ได้แก่ เครื่องรับ-ส่งวิทยุและเสาอากาศ ตัวเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องรับ-ส่งวิทยุ ได้แก่ โมเด็ม โดยชุดทดลองในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะเลือกใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ IBM รุ่น XT เป็นคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางและคอมพิวเตอร์ย่อย ใช้เครื่องรับ-ส่งวิทยุ ICOM รุ่น U-400 ซึ่งมีกำลังส่ง 35 วัตต์ ย่านความถี่ UHF เสาอากาศเลือกใช้แบบโฟนเด็ดไดโพลและแบบยากิ ส่วนโมเด็มจะเป็นโมเด็มที่ประกอบขึ้นเอง โดยใช้ไอซีโมเด็มเบอร์ MJ 3101 ซึ่งมี Bit rate 1200 บิทต่อวินาที การทำงานของระบบจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การส่งข้อมูลและการรับข้อมูล ในการส่งข้อมูลสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณอานาล็อคด้วยโมเด็ม แล้วนำสัญญาณนี้ไปทำการมอดดูเลทกับเครื่องส่งวิทยุในแบบฟรีเควนซี่มอดดูเลชั่น จากนั้นจึงส่งสัญญาณออกไปทางเสาอากาศ ในการรับข้อมูลสัญญาณจะถูกรับมาทางเสาอากาศเช่นกันผ่านมายังเครื่องรับวิทยุ จากนั้นก็จะนำสัญญาณที่รับได้ซึ่งเป็นสัญญาณอานาล็อคมาทำการแปลงสัญญาณกลับมาเป็นสัญญาณดิจิตอล ด้วยโมเด็มเช่นกัน แล้วจึงส่งสัญญาณกลับมาเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยโมเด็มเช่นกันแล้วจึงส่งสัญญาณนี้ให้แก่คอมพิวเตอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลลภ สุระกำพลธร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาประสิทธิประสาทวิทยาการ ให้ข้อคิดเห็น คำแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา ผู้วิจัยรู้สึกทราบซึ้งในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้เป็นอย่างสูง

ชวลิต รัตนศิริโชค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1.William Stallings.ph.D.,**DATA AND COMPUTER COMMUNICATIONS.** New York : Macmillan Publishing Company,1985.

2. Trevor Housley.**DATA COMMUNICATIONS & TELEPROCESSING SYSTEM.** 2 nd.ed., Perntice-Hall International, INC.,1987.

3. Gary M.Miller.**MODERN ELECTRONIC COMMUNICATION.** Perntice-Hall, INC.,1978.

4. Johm Coolen and Dennis Roddy. **ELECTRONIC COMMUNICATION.** 2 nd.ed., Perntice-Hall, 1981.

5. Martin D.Seyer. **RS-232 MADE EASY.** Perntice-Hall,INC., 1984

6. IBM. **TECHNICAL REFERENCE.** Revised.ed., 1983

7. Steven holzner. **ADVANCED ASSEMBLY LANGUAGE.** 2 nd.ed., Perntice-Hall, 1987

8. Edward Jones. **THE DBASE LANGUAGE REFERENCE.** McGraw-Hill Inc, 1990

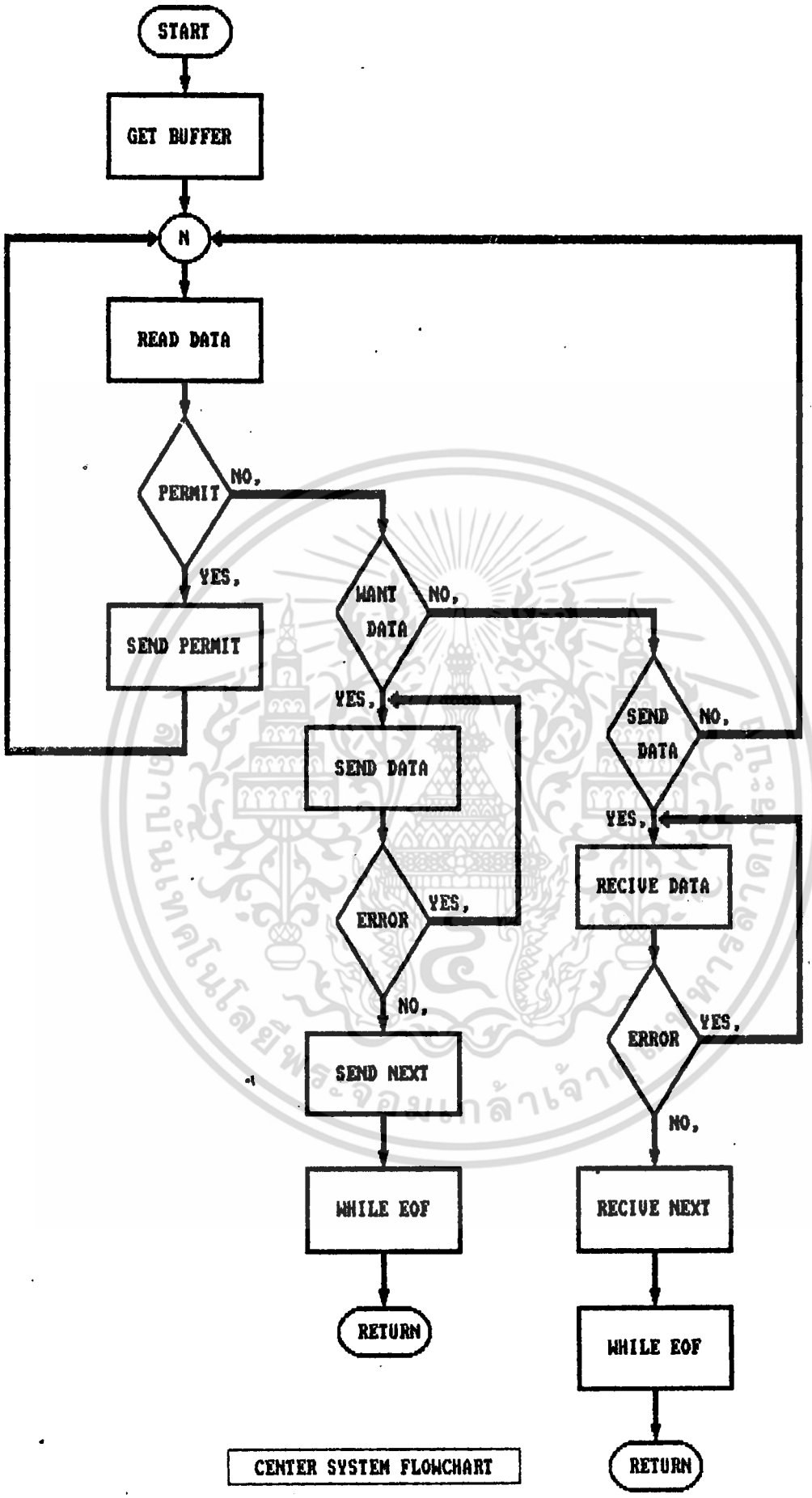
9. Seymour Lipschutz. **DATA STRUCTURES.** 2 nd.ed. McGraw-Hill, 1988

10. เพ็ญจันทร์ สุวรรณแสงโมไนยพงศ์ "คู่มือตรวจผู้ป่วยนอก" พิมพ์ครั้งที่ 5 พ.ศ.2529 โดยโครงการตำราภาควิชาพยาบาลศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

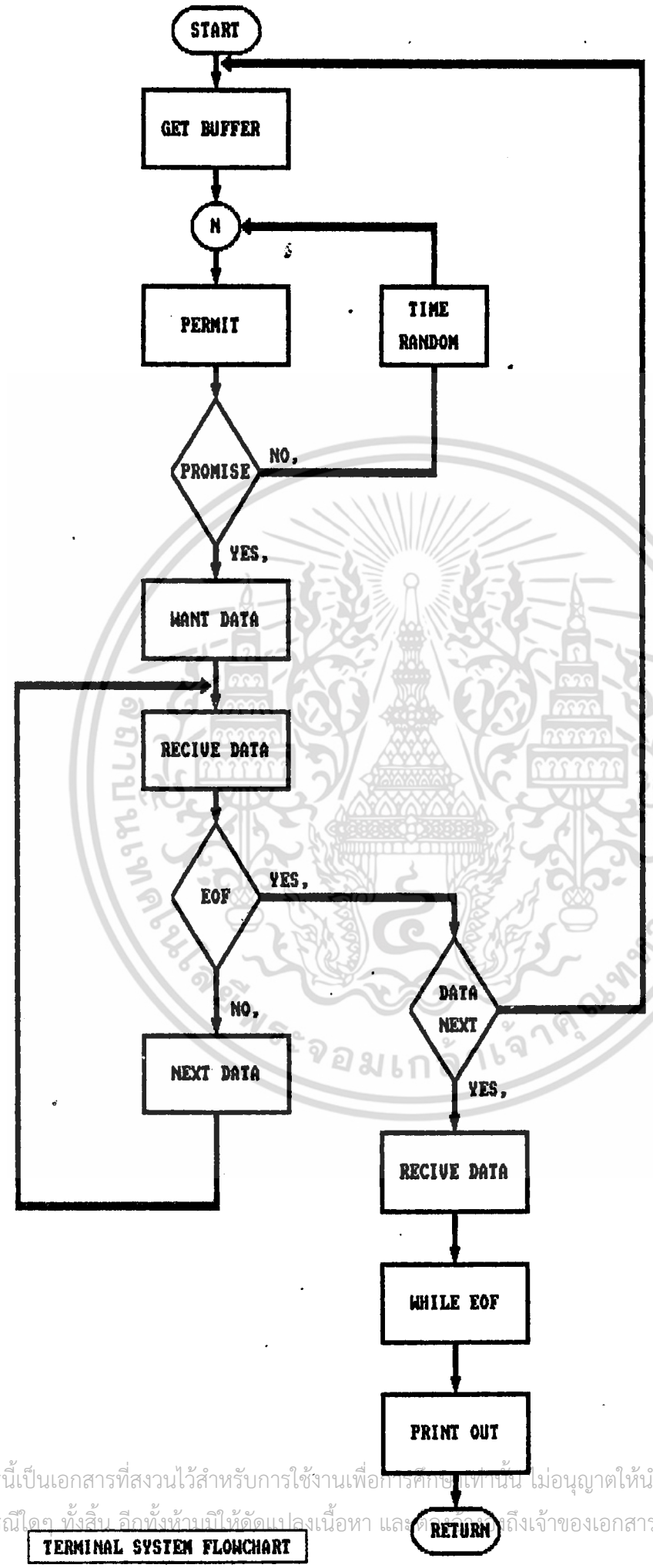
ภาคผนวก ก.
โปรแกรมการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CENTER SYSTEM FLOWCHART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TERMINAL SYSTEM FLOWCHART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
*program to control system
*program to send data to com1
* start of text = 2
* stop of text = 3$
* long not limlit
* call send1 with a
load send1

*program to on ptt of radio
* use call onptt
load onptt

*program to off ptt of radio
*use call offptt
load offptt


********** status.bin & readdata.bin **********
*program to test memory ready to send data to dbase y/n
* if it ready to send data to dbase it = 9
*       not ready to send data to dbase if = 1
*program to read data from memory
*use by
*  dstatus = ' '
*  passage = '
*  call status with dstatus
*  do while dstatus ='9'
*     call status with dstatus
*  enddo
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
*  enddo
*  call readdata with  passage
* ?passage
load status
load readdata
load syncst
load buffhold
load sendack
load sendnak

statusread = ' '
*status = 1 = ready
delay = 0
perminas = 0
numberid =  space (13)
recdata = space (100)
clear
*perminas send data to search to center
terminal = space (5)
delay = 0
hold = ' '
sendok = ' '
datasend = '  '
data1 = '  '
i = 0

use fig index fig
do while i < 2
   do recv
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      ddata1= substr(recdata,1,2)
      do case
         case data1 = '05'
              terminal = substr(recdata,3,5)
              datasend = '00'+terminal+'$'
              do sendd
         case data1 = '06'
              i = 9
              numberid = substr(recdata,3,13)
              ?numberid
              seek numberid
      endcase
enddo
datasend = '01'+terminal+cardno+name+age+nation+birth+opp+'$'
 do sendd
datasend = '02'+marital+add_pas_no+stress_pre+kawn_pre+kae_pre+residen
 do sendd
datasend = '03'+addres_res+stress_res+kawn_res+kae_res+office_res+tel_
 do sendd
datasend = '04'+far_mon+pzc+con+add_tel+'$'
 do sendd
return
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CODE    segment para public 'CODE'
        assume CS:CODE, DS:CODE
;
setcursor   macro
            mov     ah,02
            mov     bh,0
            int     10h
            endm
readcursor  macro
            mov     ah,03
            mov     bh,0
            int     10h
            endm
print       macro
            mov     bx,0ffh
            mov     ah,09h
            mov     cx,1
            int     10h
            endm
clearmem    macro
            mov     ax,0
            mov     byte ptr [syncount],al
            mov     byte ptr [flagok],al
            mov     byte ptr [flagsyne],al
            mov     byte ptr [sumcheck],al
            endm
        org 100h
;
START:  jmp BEGINP
;

;
stx equ 02h
etx equ 03h
ack equ 06h
nak equ 15h
syns    equ  16h
syne    equ  0ch
com      equ      3f8h
csync   equ 055H
lenmsg  equ 430
lenmsg2 equ 5
lenb    equ 1720
lenb2   equ 020
;
syncans  db 30h
sumcheck db 0
syncount db 0
flagok   db 0
flagsyne db 0
count    dw  0
flag     db  0
bufhold db  0
buffer  db  lenmsg dup(?)
readpt  dw  0
writept dw  0
mainb   db  lenb dup(?)
COUNT2  DB  0
flag2    db  0
buffer2 db  lenmsg2 dup(?)
readpt2  db  0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
writept2 db 0
oldcol   db 0
oldrow   db 0

sendlong dw 0
readyon   db 0     ;status set 39 to ready to read
                                ;31 work again not ready to read
table    db 2000 dup (0)
mainb2  db  lenb2 dup(?)
;
; Service Routine RS232
;
com1        PROC    FAR
      ;
            push    ax
            push    bx
            push    cx
            push    dx
            push    es
            push    ds
            push    ss
            push    si
            push    cs
            pop     ds
            inc     cs:byte ptr bufhold
            mov     dx,3fdh          ; modem status register
            in      al,dx
            test    al,1eh           ; check error condition
            jz      loop1
            mov     dx,3f8h          ; data port
            in      al,dx
            mov     byte ptr [flag],0h  ;reset flag
            mov     byte ptr [count],0h ;reset counter
            jmp     exit
   loop1 :  mov     dx,3fdh          ; status word register
            in      al,dx
            test    al,1eh           ; check error condition
            jz      loop
            mov     dx,3f8h          ; data port
            in      al,dx
            mov     byte ptr [flag],0h  ;reset flag
            mov     word ptr [count],0h ;reset counter
            jmp     exit
   loop:    mov     dx,3fdh          ; line status
            in      al,dx
            test    al,01h           ; recive data ready
            jz      loop
            mov     dx,3f8h          ; data port
            in      al,dx
            cmp     al,ack
            je      sync_ack
            cmp     al,nak
            je      sync_nak
            cmp     al,syns
            je      sync_st
            cmp     al,stx           ;check sync character
            jnz     rec
            mov     byte ptr [flag],01h ;set flag
            mov     word ptr [count],0h
            jmp     exit
 sync_nak:  mov     al,33h
            mov     byte ptr [syncans],al
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            jmp     exit
sync_ack:   mov     al,39h
            mov     byte ptr [syncans],al
            jmp     exit
sync_st:    cmp     byte ptr [syncount],9
            je      exit0
            inc     byte ptr [syncount]
            jmp     exit
   rec:     cmp     byte ptr [syncount],9
            je      rec1
            clearmem
            jmp     exit
   rec1:    cmp     byte ptr [flag],1
            jnz     exit0
            cmp     al,etx          ;check end message
            jz      check
            mov     bx,offset buffer
            mov     dx,word ptr [count]
            add     bx,dx
            mov     byte ptr [bx],al    ;keep in buffer
            add     byte ptr [sumcheck],al
            inc     dx
            mov     word ptr [count],dx ;increment pointer
   exit0 :  jmp     exit
   check :
            mov     dx,word ptr [count]
            dec     dx
            mov     bx,offset buffer
            add     bx,dx
            dec     dx
            mov     word ptr [count],dx
            mov     al,byte ptr [bx]
            sub     byte ptr [sumcheck],al
            cmp     byte ptr [sumcheck],al
            je      check1
            ;mov     ah,nak
            ;call    sendsync
            clearmem
            mov     byte ptr [flag],0h  ;reset flag
            mov     word ptr [count],0h ;reset counter
            mov     byte ptr [readyon],33h  ;ready to read
            jmp     exit
 check1:    ;mov        ah,ack
            ;call     sendsync
            mov     dx,word ptr [count]
            mov     bx,offset buffer
            add     bx,dx
            mov     al,byte ptr [bx]
            push    ax
            mov     bx,offset buffer
            mov     dx,word ptr [count]
            inc     dx
            add     bx,dx
            mov     al,'$'              ;stop of passage in memory
            mov     byte ptr [bx],al    ;keep in buffer
            mov     byte ptr [flag],0h  ;reset flag
            mov     word ptr [count],0h ;reset counter
            mov     byte ptr [readyon],39h  ;ready to read
            clearmem
            pop     ax
            cmp     al,'!'
            jne     noshow
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;read old cursor
              readcursor
              mov       byte ptr [oldrow],dh
              mov       byte ptr [oldcol],dl
              mov       dh,24
              mov       dl,10
              setcursor
              mov        si,offset.want              ;table of want
              mov       bx,0
              mov       ah,0ah
              mov       cx,1
printstring:  mov       al,[si]
              cmp       al,'$'
              je        wwexit
              inc       si
              print
              push      si
              readcursor
              inc       dl
              setcursor
              pop       si
              jmp       printstring
              mov       word ptr [count],0h ;reset counter
wwexit:       mov       dh,byte ptr [oldrow]
              mov       dl,byte ptr [oldcol]
              setcursor
              cmp       word ptr [writept],lenb     ;check full buffer
              jnz       exit
              mov       word ptr [writept],0h       ;reset buffer
    noshow:
    exit:     sti
              in        al,21h
              and       al,0f7h          ; all enable interrupt
              out       21h,al
              mov       al,24h           ; end of interrupt
              out       20h,al
              pop       si
              pop       ss
              pop       ds
              pop       es
              pop       dx
              pop       cx
              pop       bx
              pop       ax
              iret
    ;
want          db 'it has if you help terminal you run do help $'
com1          endp
sendsync      proc       near
              push      cx
              push      dx
              mov       cx,10
  syn1:       call      delay1
              loop      syn1
              mov       dx,3fch
              mov       al,0bh
              out       dx,al
              call      delay1
              call      delay1
              mov       dx,3f8h
              mov       al,ah
              mov       cx,10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    syncs1: out     dx,al
            call    delay1
            loop    syncs1
            mov     dx,3fch
            mov     al,08h
            out     dx,al
            pop     dx
            pop     cx
            iret
sendsync    endp
delay1      proc    near
            push    bx
            push    cx
            mov     bx,02
    de1:    mov     cx,1000h
    de2:    loop    de2
            dec     bx
            jne     de1
            pop     cx
            pop     bx
            ret
delay1      endp
;
    ; initailizing 8250 serial commuication one
    ; baud rate 1200 char per sec.
    ; 8 data bits, none parity, 1 stop bit
    ;
intcom      PROC    near
    ;
            mov     dx,3fbh         ; line control register
            mov     al,80h          ; use buad rate
            out     dx,al
            mov     dx,3f8h         ; LSB baud rate divisor
            mov     al,60h
            out     dx,al
            mov     dx,3f9h         ; MSB baud rate divisor
            mov     al,00h
            out     dx,al           ; set baud rate = 1200
            mov     dx,3fbh         ; line control registor
            mov     al,03h          ; 8 bit, none parity, 1 stop bit
            out     dx,al
            mov     dx,3f9h         ; modem control register
            mov     al,01h          ; use interrupt 8259
            out     dx,al
            mov     dx,3fch         ; interrupt enable register
            mov     al,0bh          ; enable data available interrupt
            out     dx,al
            mov     dx,3fdh         ; status word register
            in      al,dx
            test    al,1eh          ; check error condition
            jz      ok
            mov     dx,3f8h         ; data port
            in      al,dx

    ok:     in      al,21h
            and     al,0efh
            out     21h,al
            mov     al,24h
            out     20h,al
            ret
    ;
intcom      endp
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
; Service Routine for read status of data
; Ax is set to 31h when data no have.
; Ax is set to 39h when data is active.
;
STATUS      PROC    FAR
        ;
            STI
            push    ds
            push    cs
            pop     ds
            mov     al,byte ptr [readyon]  ;ready to read
            mov     ah,30h
            mov     byte ptr [readyon],ah
            pop     ds
            iret
    ;
STATUS      endp
STATUS1     PROC    FAR
        ;
            STI
            push    ds
            push    cs
            pop     ds
            mov     al,byte ptr [syncans]  ;ready to read
            mov     ah,30h
            mov     byte ptr [syncans],ah
            pop     ds
            iret
    ;
STATUS1     endp
sendbuffer    proc      far
              push      ax
              push      bx
              push      cx
              push      dx
              push      si
              push      di
              mov       ax,030h
              mov       cs:byte ptr [syncans],al
              mov       dx,com
              call      syncstart       ;send 16h count = 10
              call      wait
              mov       al,stx
              out       dx,al           ;send stx
   next:      call      delay
              mov       al,[bx]
              cmp       al,'$'
              je        next1
              call      wait
              add       ah,al
              out       dx,al           ;send data from buffer dbase
              inc       bx
              jmp       next
   next1:     call      delay
              mov       al,ah
              call      wait
              out       dx,al
              call      delay
              mov       al,etx
              call      wait
              out       dx,al
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;               call      syncstop        ;send 0ch count to 5
                call      delay
                pop       di
                pop       si
                pop       dx
                pop       cx
                pop       bx
                pop       ax
                iret
;*************************************************************
syncstart       proc      near
                push      ax
                push      cx
                mov       al,syns
                mov       cx,10
                call      delay
  syncs9:       call      wait
                out       dx,al
                call      delay
                loop      syncs9
                pop       cx
                pop       ax
                ret
syncstart       endp
syncstop        proc      near
                push      ax
                push      cx
                mov       al,syne
                mov       cx,5
                call      delay
  synce9:       call      wait
                out       dx,al
                call      delay
                loop      synce9
                pop       cx
                pop       ax
                ret
syncstop        endp
wait            proc      near
                push      ax
                push      dx
                mov       dx,com+5
  wait1:        in        al,dx
                and       al,20h
                jz        wait1
                pop       dx
                pop       ax
                ret
wait            endp
delay           proc      near
                push      bx
                push      cx
                mov       bx,02
   dela1:       mov       cx,0700h
   dela2:       loop      dela2
                dec       bx
                jne       dela1
                pop       cx
                pop       bx
                ret
delay           endp
sendbuffer      endp
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ;on key ptt
onptt       proc    far
            sti
            push    cx
            push    bx
            push    dx
            push    ds
            push    cs
            pop     ds
            mov     dx,3fch
            mov     al,0bh
            out     dx,al
onexit:
            pop     ds
            pop     dx
            pop     bx
            pop     cx
            iret
onptt       endp

            ;on key ptt
offptt      proc    far
            sti
            push    cx
            push    bx
            push    dx
            push    ds
            push    cs
            pop     ds
            mov     dx,3fch
            mov     al,08h
            out     dx,al
offexit:
            pop     ds
            pop     dx
            pop     bx
            pop     cx
            iret
offptt      endp

buffh       proc    far
            sti
            push    cx
            push    bx
            push    dx
            push    ds
            push    cs
            pop     ds
            mov     al,byte ptr bufhold
            mov     bx,10h
 hdelay1:   mov     cx,7000h
 hdelay:    loop    hdelay
            dec     bx
            jnz     hdelay1
            cmp     al,byte ptr bufhold
            jne     nohold
            mov     ax,0
            mov     byte ptr bufhold,al
            mov     al,39h
            jmp     nohold1
 nohold:    mov     al,31h
 nohold1:   pop     ds
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปเผยแพร่ต่อ ทั้งสิ้น ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            pop     dx
            pop     bx
            pop     cx
            iret
buffh       endp
    ; Service Routine for read data 1 byte & inc count = 1
    ;
    READ    PROC    FAR
        ;
            STI
            push        ds
            push        bx
            push        dx
            push        cs
            pop         ds
            mov         byte ptr [readyon],31h  ;readed
            ;data is sended to dbase it will set
            mov         bx,offset buffer
            mov         dx,word ptr [count]
            add         bx,dx
            mov         al,byte ptr [bx]    ;keep in buffer
            inc         dx
            mov         word ptr [count],dx ;increment pointer
            pop         dx
            pop         bx
            pop         ds
            iret
    ;
    READ    endp
    ;
    intcom2 endp
    ; Main Program & Resident Memory
    ;
    BEGINP  PROC    NEAR
    ;
        call    intcom
        push    cs
        pop     ds
        mov     dx,offset COM1
        mov     ax,250ch        ; Set interrupt vector RS-232
        int     21h
        mov     dx,offset read
        mov     ax,25a9h        ; Set interrupt read data
        int     21h
        mov     dx,offset status
        mov     ax,25a8h        ; Set interrupt status of data
        int     21h
        mov     dx,offset onptt  ;set interrupt onptt
        mov     ax,25aah
        int     21h
        mov     dx,offset offptt  ;set interrupt offptt
        mov     ax,25abh
        int     21h
        mov     dx,offset buffh
        mov     ax,25ach
        int     21h
        mov     dx,offset status1
        mov     ax,25adh
        int     21h
        mov     dx,offset sendbuffer
        mov     ax,25aeh
        int     21h
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mov     dx,offset sendsync
        mov     ax,25afh
        int     21h
        mov     dx,3fch
        mov     al,08h
        out     dx,al
        mov     ax,0
        mov     bx,0
        int     10h
        mov     dx,offset beginp
        int     27h
BEGINP  endp
CODE    ends
end     start
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
*program terminal
*it number no ------
*program to send data to com1
* long not limlit
* use by
* a = 'no1 tangand$'
* call send1 with a
load send1

*program to on ptt of radio
* use call onptt
load onptt

*program to off ptt of radio
*use call offptt
load offptt


********** status.bin & readdata.bin **********
*program to test memory ready to send data to dbase y/n
* if it ready to send data to dbase it = 9
*       not ready to send data to dbase if = 1
*program to read data from memory
*use by
*  dstatus = ' '
*  passage = '
*  call status with dstatus
*  do while dstatus ='1'
*  call status with dstatus
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
*  enddo
*  call readdata with  passage
* ?passage
load status
load readdata
load syncst
load buffhold
load sendack
load sendnak

name = space (13)
terminal = '10000'
*no 01000
statusread = ' '
*status = 1 = ready
delay = 0
perminas = 0
day = 0
month = 0
year = 0
dursign = '$'
hold = ' '
datasend = ' '
sendok = ' '
statusread = ' '
*it = 0 no perminas it = 1 perminas
data = '                              '
data1 = '   '
recdata = space (100)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
dter = space (5)
didno = space (13)
dname = space (30)
dage = space (2)
dnation = space (10)
dbirth = space (8)
dopp = space (10)
dmar = space (4)
daddp = space (10)
dstrp = space (10)
dkawnp = space (10)
dkaep = space (10)
dresp = space (15)
dtel = space (15)
daddr = space (10)
dstrr =space (10)
dkawnr = space (10)
dkaer = space (10)
doffr = space (15)
dtelr = space (15)
ddia = space (15)
ddrug = space (15)
dfar = space (30)
dpzc = space (30)
dcon = space (7)
dadd_tel = space (30)
i = 0
clear
@2,10 say "do you want to show data sub no " get name
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
read

*perminas send data to search to center
perminas  = 0
datasend = '05'+terminal+'!'+'$'
 do sendd
do while  i < 5

   do recv
      data1 = substr(recdata,1,2)
      do case
         case data1 = '00'
              data = substr(recdata,3,5)
              if data = terminal
              perminas = 1
              endif
              ? data
              ? terminal
              datasend = '06'+name+'$'
              do sendd
         case data1 = '01'
              clear
              ? recdata
              dter = substr(recdata,3,5)
              didno = substr(recdata,8,13)
              dname = substr(recdata,21,30)
              dage = substr(recdata,51,2)
              dnation = substr(recdata,53,10)
              dbirth = substr(recdata,63,8)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            dopp = substr(recdata,71,10)
        case data1 = '02'
            ? recdata
            dmar = substr(recdata,3,4)
            daddp = substr(recdata,7,10)
            dstrp = substr(recdata,17,10)
            dkawnp = substr(recdata,27,10)
            dkaep = substr(recdata,37,10)
            dresp = substr(recdata,47,15)
            dtel = substr(recdata,62,15)
        case data1 = '03'
            ? recdata
            daddr = substr(recdata,3,10)
            dstrr = substr(recdata,13,10)
            dkawnr = substr(recdata,23,10)
            dkaer = substr(recdata,33,10)
            doffr = substr(recdata,43,15)
            dtelr = substr(recdata,58,15)
            ddia = substr(recdata,73,15)
            ddrug = substr(recdata,88,15)
        case data1 = '04'
            ? recdata
i = 9
            dfar = substr(recdata,3,30)
            dpzc = substr(recdata,33,30)
            dcon = substr(recdata,63,7)
            dadd_tel = substr(recdata,70,30)
    endcase
enddo
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
do print
return
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CODE    segment para public 'CODE'
        assume CS:CODE, DS:CODE
;
setcursor   macro
            mov     ah,02
            mov     bh,0
            int     10h
            endm
readcursor  macro
            mov     ah,03
            mov     bh,0
            int     10h
            endm
print       macro
            mov     bx,0ffh
            mov     ah,09h
            mov     cx,1
            int     10h
            endm
clearmem    macro
            mov     ax,0
            mov     byte ptr [syncount],al
            mov     byte ptr [flagok],al
            mov     byte ptr [flagsyne],al
            mov     byte ptr [sumcheck],al
            endm
    org 100h
;
START:      jmp BEGINP
;

;
stx equ 02h
etx equ 03h
ack equ 06h
nak equ 15h
syns    equ 16h
syne    equ 0ch
com     equ     3f8h
csync   equ 055H
lenmsg  equ 430
lenmsg2 equ 5
lenb    equ 1720
lenb2   equ 020
;
syncans  db 30h
sumcheck db 0
syncount db 0
flagok   db 0
flagsyne db 0
count    dw 0
flag     db 0
bufhold db 0
buffer  db  lenmsg dup(?)
readpt  dw  0
writept dw  0
mainb   db  lenb dup(?)
COUNT2  DB  0
flag2    db 0
buffer2 db  lenmsg2 dup(?)
readpt2  db 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
writept2 db 0
oldcol   db 0
oldrow   db 0

sendlong dw 0
readyon   db 0     ;status set 39 to ready to read
                                ;31 work again not ready to read
table    db 2000 dup (0)
mainb2  db  lenb2 dup(?)
;
; Service Routine RS232
;
com1        PROC    FAR
        ;
            push    ax
            push    bx
            push    cx
            push    dx
            push    es
            push    ds
            push    ss
            push    si
            push    cs
            pop     ds
            inc     cs:byte ptr bufhold
            mov     dx,3fdh             ; modem status register
            in      al,dx
            test    al,1eh              ; check error condition
            jz      loop1
            mov     dx,3f8h             ; data port
            in      al,dx
            mov     byte ptr [flag],0h  ;reset flag
            mov     byte ptr [count],0h ;reset counter
            jmp     exit
    loop1 : mov     dx,3fdh             ; status word register
            in      al,dx
            test    al,1eh              ; check error condition
            jz      loop
            mov     dx,3f8h             ; data port
            in      al,dx
            mov     byte ptr [flag],0h  ;reset flag
            mov     word ptr [count],0h ;reset counter
            jmp     exit
    loop:   mov     dx,3fdh             ; line status
            in      al,dx
            test    al,01h              ; recive data ready
            jz      loop
            mov     dx,3f8h             ; data port
            in      al,dx
            cmp     al,ack
            je      sync_ack
            cmp     al,nak
            je      sync_nak
            cmp     al,syns
            je      sync_st
            cmp     al,stx              ;check sync character
            jnz     rec
            mov     byte ptr [flag],01h ;set flag
            mov     word ptr [count],0h
            jmp     exit
  sync_nak: mov     al,33h
            mov     byte ptr [syncans],al
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            jmp     exit
sync_ack:   mov     al,39h
            mov     byte ptr [syncan$],al
            jmp     exit
sync_st:    cmp     byte ptr [syncount],9
            je      exit0
            inc     byte ptr [syncount]
            jmp     exit
   rec:     cmp     byte ptr [syncount],9
            je      rec1
            clearmem
            jmp     exit
   rec1:    cmp     byte ptr [flag],1
            jnz     exit0
            cmp     al,etx          ;check end message
            jz      check
            mov     bx,offset buffer
            mov     dx,word ptr [count]
            add     bx,dx
            mov     byte ptr [bx],al    ;keep in buffer
            add     byte ptr [sumcheck],al
            inc     dx
            mov     word ptr [count],dx ;increment pointer
   exit0 :  jmp     exit
   check :
            mov     dx,word ptr [count]
            dec     dx
            mov     bx,offset buffer
            add     bx,dx
            dec     dx
            mov     word ptr [count],dx
            mov     al,byte ptr [bx]
            sub     byte ptr [sumcheck],al
            cmp     byte ptr [sumcheck],al
            je      check1
            ;mov     ah,nak
            ;call    sendsync
            clearmem
            mov     byte ptr [flag],0h  ;reset flag
            mov     word ptr [count],0h ;reset counter
            mov     byte ptr [readyon],33h  ;ready to read
            jmp     exit
 check1:    ;mov         ah,ack
            ;call     sendsync
            mov     dx,word ptr [count]
            mov     bx,offset buffer
            add     bx,dx
            mov     al,byte ptr [bx]
            push    ax
            mov     bx,offset buffer
            mov     dx,word ptr [count]
            inc     dx
            add     bx,dx
            mov     al,'$'                  ;stop of passage in memory
            mov     byte ptr [bx],al    ;keep in buffer
            mov     byte ptr [flag],0h  ;reset flag
            mov     word ptr [count],0h ;reset counter
            mov     byte ptr [readyon],39h  ;ready to read
            clearmem
            pop     ax
   exit:    sti
            in      al,21h
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                and     al,0f7h          ; all enable interrupt
                out     21h,al
                mov     al,24h           ; end of interrupt
                out     20h,al
                pop     si
                pop     ss
                pop     ds
                pop     es
                pop     dx
                pop     cx
                pop     bx
                pop     ax
                iret
        ;
want    db 'it has if you help terminal you run do help $'
com1    endp
sendsync        proc    near
                push    cx
                push    dx
                mov     cx,10
  syn1:         call    delay1
                loop    syn1
                mov     dx,3fch
                mov     al,0bh
                out     dx,al
                call    delay1
                call    delay1
                mov     dx,3f8h
                mov     al,ah
                mov     cx,10
   syncs1:      out     dx,al
                call    delay1
                loop    syncs1
                mov     dx,3fch
                mov     al,08h
                out     dx,al
                pop     dx
                pop     cx
                iret
sendsync        endp
delay1          proc    near
                push    bx
                push    cx
                mov     bx,02
    de1:        mov     cx,1000h
    de2:        loop    de2
                dec     bx
                jne     de1
                pop     cx
                pop     bx
                ret
delay1          endp
;
    ; initailizing 8250 serial commuication one
    ; baud rate 1200 char per sec.
    ; 8 data bits, none parity, 1 stop bit
    ;
intcom          PROC    near
    ;
                mov     dx,3fbh          ; line control register
                mov     al,80h           ; use buad rate
                out     dx,al
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ขอสงวนห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            mov     dx,3f8h         ; LSB baud rate divisor
            mov     al,60h
            out     dx,al
            mov     dx,3f9h         ; MSB baud rate divisor
            mov     al,00h
            out     dx,al           ; set baud rate = 1200
            mov     dx,3fbh         ; line control registor
            mov     al,03h          ; 8 bit, none parity, 1 stop bit
            out     dx,al
            mov     dx,3f9h         ; modem control register
            mov     al,01h          ; use interrupt 8259
            out     dx,al
            mov     dx,3fch         ; interrupt enable register
            mov     al,0bh          ; enable data available interrupt
            out     dx,al
            mov     dx,3fdh         ; status word register
            in      al,dx
            test    al,1eh          ; check error condition
            jz      ok
            mov     dx,3f8h         ; data port
            in      al,dx

    ok:     in      al,21h
            and     al,0efh
            out     21h,al
            mov     al,24h
            out     20h,al
            ret
    ;
intcom      endp
    ;
    ; Service Routine for read status of data
    ; Ax is set to 31h when data no have.
    ; Ax is set to 39h when data is active.
    ;
STATUS      PROC    FAR
        ;
            STI
            push    ds
            push    cs
            pop     ds
            mov     al,byte ptr [readyon]  ;ready to read
            mov     ah,30h
            mov     byte ptr [readyon],ah
            pop     ds
            iret
    ;
STATUS      endp
STATUS1     PROC    FAR
        ;
            STI
            push    ds
            push    cs
            pop     ds
            mov     al,byte ptr [syncans]  ;ready to read
            mov     ah,30h
            mov     byte ptr [syncans],ah
            pop     ds
            iret
    ;
STATUS1     endp
sendbuffer  proc    far
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                push    ax
                push    bx
                push    cx
                push    dx
                push    si
                push    di
                mov     ax,030h
                mov     cs:byte ptr [syncans],al
                mov     dx,com
                call    syncstart       ;send 16h count = 10
                call    wait
                mov     al,stx
                out     dx,al           ;send stx
    next:       call    delay
                mov     al,[bx]
                cmp     al,'$'
                je      next1
                call    wait
                add     ah,al
                out     dx,al           ;send data from buffer dbase
                inc     bx
                jmp     next
    next1:      call    delay
                mov     al,ah
                call    wait
                out     dx,al
                call    delay
                mov     al,etx
                call    wait
                out     dx,al
;                call    syncstop        ;send 0ch count = 5
                call    delay
                pop     di
                pop     si
                pop     dx
                pop     cx
                pop     bx
                pop     ax
                iret
;*************************************************************
syncstart       proc    near
                push    ax
                push    cx
                mov     al,syns
                mov     cx,10
                call    delay
   syncs9:      call    wait
                out     dx,al
                call    delay
                loop    syncs9
                pop     cx
                pop     ax
                ret
syncstart       endp
syncstop        proc    near
                push    ax
                push    cx
                mov     al,syne
                mov     cx,5
                call    delay
   synce9:      call    wait
                out     dx,al
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                call        delay
                loop        synce9
                pop         cx
                pop         ax
                ret
syncstop        endp
wait            proc        near
                push        ax
                push        dx
                mov         dx,com+5
  wait1:        in          al,dx
                and         al,20h
                jz          wait1
                pop         dx
                pop         ax
                ret
wait            endp
delay           proc        near
                push        bx
                push        cx
                mov         bx,02
   dela1:       mov         cx,0700h
   dela2:       loop        dela2
                dec         bx
                jne         dela1
                pop         cx
                pop         bx
                ret
delay           endp
sendbuffer      endp
    ;on key ptt
onptt           proc    far
                sti
                push    cx
                push    bx
                push    dx
                push    ds
                push    cs
                pop     ds
                mov     dx,3fch
                mov     al,0bh
                out     dx,al
onexit:
                pop     ds
                pop     dx
                pop     bx
                pop     cx
                iret
onptt           endp

                ;on key ptt
offptt          proc    far
                sti
                push    cx
                push    bx
                push    dx
                push    ds
                push    cs
                pop     ds
                mov     dx,3fch
                mov     al,08h
                out     dx,al
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
offexit:
            pop     ds
            pop     dx
            pop     bx
            pop     cx
            iret
offptt      endp

buffh       proc    far
            sti
            push    cx
            push    bx
            push    dx
            push    ds
            push    cs
            pop     ds
            mov     al,byte ptr bufhold
            mov     bx,10h
hdelay1:    mov     cx,7000h
hdelay:     loop    hdelay
            dec     bx
            jnz     hdelay1
            cmp     al,byte ptr bufhold
            jne     nohold
            mov     ax,0
            mov     byte ptr bufhold,al
            mov     al,39h
            jmp     nohold1
nohold:     mov     al,31h
nohold1:    pop     ds
            pop     dx
            pop     bx
            pop     cx
            iret
buffh       endp
    ; Service Routine for read data 1 byte & inc count = 1
    ;
    READ    PROC    FAR
        ;
            STI
            push        ds
            push        bx
            push        dx
            push        cs
            pop         ds
            mov         byte ptr [readyon],31h  ;readed
            ;data is sended to dbase it will set
            mov         bx,offset buffer
            mov         dx,word ptr [count]
            add         bx,dx
            mov         al,byte ptr [bx]    ;keep in buffer
            inc         dx
            mov         word ptr [count],dx ;increment pointer
            pop         dx
            pop         bx
            pop         ds
            iret
    ;
    READ    endp
    ;
    intcom2 endp
    ; Main Program & Resident Memory
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ทำซ้ำดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
BEGINP  PROC    NEAR
;
    call    intcom
    push    cs
    pop     ds
    mov     dx,offset COM1
    mov     ax,250ch          ; Set interrupt vector RS-232
    int     21h
    mov     dx,offset read
    mov     ax,25a9h          ; Set interrupt read data
    int     21h
    mov     dx,offset status
    mov     ax,25a8h          ; Set interrupt status of data
    int     21h
    mov     dx,offset onptt   ;set interrupt onptt
    mov     ax,25aah
    int     21h
    mov     dx,offset offptt  ;set interrupt offptt
    mov     ax,25abh
    int     21h
    mov     dx,offset buffh
    mov     ax,25ach
    int     21h
    mov     dx,offset status1
    mov     ax,25adh
    int     21h
    mov     dx,offset sendbuffer
    mov     ax,25aeh
    int     21h
    mov     dx,offset sendsync
    mov     ax,25afh
    int     21h
    mov     dx,3fch
    mov     al,08h
    out     dx,al
    mov     ax,0
    mov     bx,0
    int     10h
    mov     dx,offset beginp
    int     27h
BEGINP      endp
CODE        ends
end         start
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

***program sendd.prg**

```
hold = ' '
delay = 0
sendok = ' '
do while hold < '5'
   call buffhold with hold
   ? hold
enddo
do while sendok < '5'
   call onptt
      *delay on ptt
   do while delay <2
      store delay+1 to delay
   enddo
   call send1 with datasend
   delay = 0
   call offptt
   do while delay <4
     store delay+1 to delay
   enddo
   delay = 0
   do while delay < 40 .and. sendok < '5'
      call syncst with sendok
      delay = delay +1
      ? sendok
   enddo

 enddo
   delay = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*program sub recv.prg

```
delay = 0
do while  delay < 100
    call status with statusread
    delay = delay +1
    if statusread = '3'
       call sendnak
  delay = 0
    endif
    if statusread = '9'
         call readdata with recdata
         delay = 101
         call sendack
    endif
enddo
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*program insub.prg

```
clear
no = 0
select b
use general
    if eof()
       no = 1
    else
       goto bottom
       no = recno() + 1
    endif
    ? " no ",no
select a
use fig index fig
id_no = space(13)
cname = space(30)
ptr_st = "   "
mter = space(5)
midcheck = "   "
mdatacheck = space(8)
mill = space(50)
mgroup = "  "
mresultchec = space(50)
mnote = space(50)
mpensiced = space(20)
mmitting = space(8)
mdrcheck = space(10)
mfrom = "   "
mrec = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
clear
@ 2,10 say "do you want input data sub no " get id_no
read

seek id_no
if found()
   clear
   store name to cname
   store to_sub to ptr_st
   if ptr_st = "    "
      ?"aaaaaaaaaaaaaaaaa"
      ptr_st = str(no,3)
      mfrom = "000"
      replace to_sub with ptr_st
      replace end_sub with ptr_st
   else
      ?"bbbbbbbbbbbbbbbbbbb"
      ptr_st = str(no,3)
      store end_sub to mfrom
      replace end_sub with ptr_st
   .  select b
      mrec = int ( val(mfrom) )
      goto mrec
      replace to_c with ptr_st
   endif
      clear

      @  6,3  say "enter terminal number " get mter
      @ 6,35 say "Enter idcheck " get midcheck
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
@ 8,3  say "Enter data to check " get mdatacheck
@ 10,3  say "Enter mill " get mill
@ 12,3  say "Enter resultcheck "get mresultchec
@ 14,3  say "Enter note " get mnote
@ 16,3  say "Enter group " get mgroup
@ 16,25 say "Enter pensiced " get mpensiced
@ 18,3  say "Enter mitting " get mmitting
@ 18,30 say "Enter dr.check " get mdrcheck
read
select b
append blank
replace from with mfrom
replace no with ptr_st
replace cardno with id_no
replace nameill with cname
replace terminal with mter
replace idcheck with midcheck
replace datacheck with mdatacheck
replace ill with mill
replace group with mgroup
replace resultchec with mresultchec
replace note with mnote
replace pensiced with mpensiced
replace mitting with mmitting
replace drcheck with mdrcheck
replace to_c with "999"
else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ? " no found ?"
endif
return
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*program inmain.prg

```
use fig
set format to fig_in
append
close all
return
```

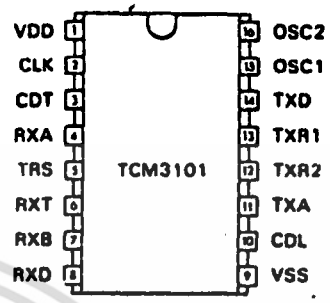
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
รายละเอียดของไอซีเบอร์ TCM 3101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Single chip FSK Modem
- Meets CCITTV23 or Bell 202 standards
- Transmit modulation at 75, 150, 600, 1200 Bauds
- Receive demodulation at 600, 1200 Bauds
- Full duplex operation up to 1200 Bauds Receive, 150 Bauds transmit in 2 wire mode
- Full duplex operation up to 1200 Bauds transmit and receive in 4 wire mode
- Carrier detect level adjustment and carrier fail output
- On chip group delay equalization and transmit/receive filtering
- Reliable CMOS silicon gate technology
- 16 pin package



Description

The TCM3101 single chip modem is a versatile medium speed frequency shift keying (FSK) modem using silicon gate CMOS technology with switched capacitor filtering techniques. The transmitter contains a modulator which generates a pair of frequencies (selectable to CCITT V23 or Bell 202 standard frequencies by the TXR1, TXR2 and TRS inputs) representing high level and low level data on the TXD input.

The receive section takes the analogue signal from the telephone line into the RXA input. This signal is normally very distorted, can be shifted in frequency and is of variable level. A group delay equalizer, bias distortion adjustment, carrier detect level adjustment and automatic gain control (AGC) are provided to optimize the performance and give lowest possible error rates. The carrier detect circuitry sets a flag on the CDT output if the level of received inband energy falls below a value set on the CDL input, this gives carrier fail information to the system.

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage VDD ..... — 0.3-10 V
Voltage on any terminal ..... — 0.3-VDD
Operating free air temperature range ... — 20 + 70°C
Storage temperature range ..... - 55- + 150°C
Any input relative to VDD ..... +0.3V
Any input relative to VSS ..... —0.3V

Unless otherwise stated, all voltages are with respect to VSS. Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the "recommended operating conditions" section of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rated conditions for extended periods may affect device reliability.

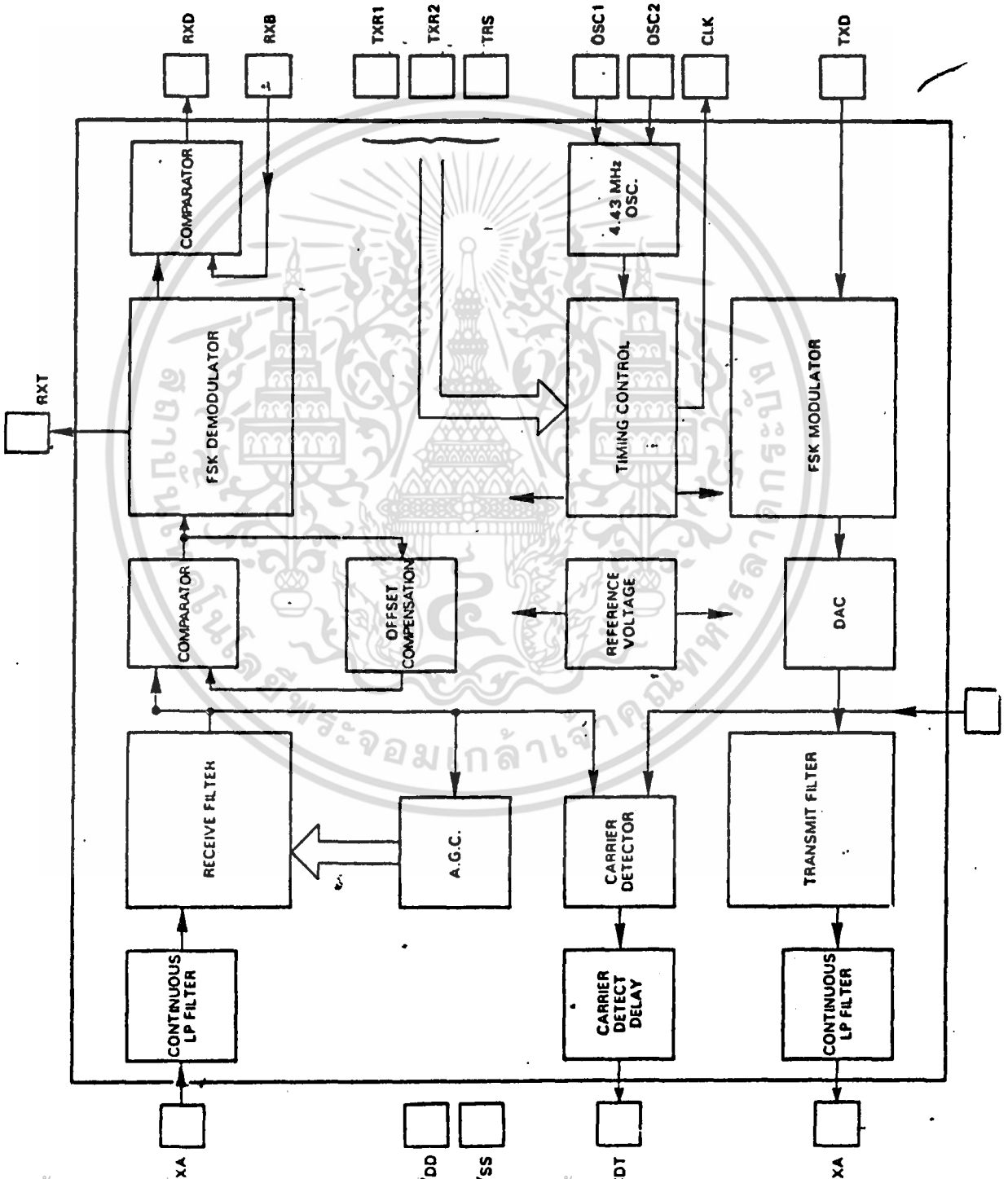
Pin description

PIN N°	SYMBOL	DESCRIPTION
1	VDD	Positive supply voltage
2	CLK	A continuous clock signal output at 19.11KHz (9.56KHz for CCITT V23, 600 Baud).
3	CDT	Carrier Detect Output. A low level output indicates carrier fail.
4	RXA	Receive analogue input. The received line signal must be a.c. coupled to RXA pin.
5	TRS	Transmit Receive Standard select. This pin, together with TXR1 and TXR2 set the standard bit rates and mark space frequencies (see fig. XI).
6	RXT	Receive Test access. This output is an intermediate demodulator output intended for test purpose only.
7	RXB	Receive Bias adjust. External adjustment of the decision threshold of the final comparator to minimise bias distortion is available.
8	RXD	Receiver digital output. The demodulated received data in positive true logic, logic ONE is a mark and logic 0 a space.
9	VSS	Negative supply voltage, normally ground, connected to substrate.
10	CDL	Carrier detect level adjust. External adjustment of carrier detect threshold is available.
11	TXA	Transmit analogue output. This is the modulated signal and must be a.c. coupled.
12	TXR2	Bit Rate Select. These two pins, together with TRS, set the bit rates and mark space frequencies (see fig. XI).
13	TXR1	
14	TXD	Transmitter Digital Input. The input data to the transmitter must be positive true logic, logic one is a mark, logic 0 is a space. The data can be accepted at any speed from zero to the selected speed and may be totally asynchronous.
15	OSC1	Oscillator connections. The crystal (typically 4.433 MHz PAL) is connected to these pins. If an external clock is used, OSC2 is left open circuit and the clock connected to OSC1.
16	OSC2	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCM3101
FSK MODEM

TCM3101 Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

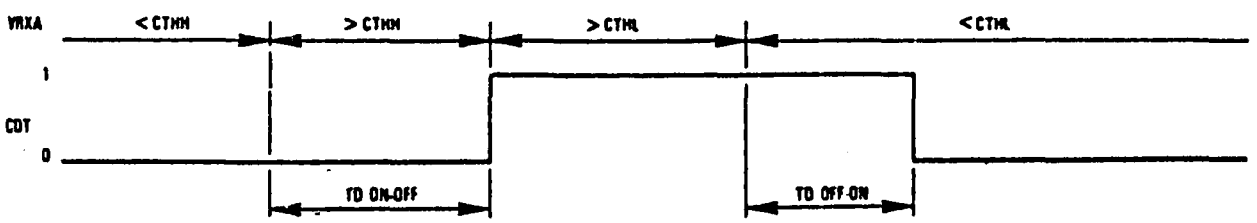
Recommended operating conditions

PARAMETER	MIN	TYP	MAX	UNIT
VDD supply voltage	4	5	55	V
Digital input levels VIH VIL	 2.0 VSS		 VDD 0.8	 V V
VRXA analog input level (a.c. coupled)			0.78	V PK-PK
Master clock frequency (quartz PAL)	4.4334	4.4336	4.4338	MHZ
Operating free air temperature range	-20		70	deg C
Analog load impedance at TXA	50			Kohm

Electrical characteristics

Over recommended operating free-air temperature range (— 20 to 70 °C)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
IDD supply current	VDD = 4 V VDD = 5 V VDD = 55			4 6 7	mA mA mA
IID digital input current	VSS < VIN < VDD			1.0	uA
IIA analog input current				10	uA
Digital output level VOH VOL	 IOH = 100 uA IOL = 1.6mA	 2.4 VSS		 VDD 0.4	 V V
Analog output level VTXA	 VDD = 4V VDD = 5 V VDD = 55 RL = 50 Kohm CL = 100 pF		 1.3 1.6 1.75		 V PK - PK V PK - PK V PK - PK
Analog output dc offset			VDD/2		V
Input capacitance	f = 1 MHZ			15	pF
Output capacitance	f = 1 MHZ			15	pF
Carrier detect threshold CTHH (Off - On) CTHL (On - Off) CTHH - CTHL	 	 -45.5 -48	 2.5	 -43 -45.5	 dBm dBm dBm
Carrier detect delay TD Off - On TD On - Off	 	 12 14	 	 19 15	 ms ms

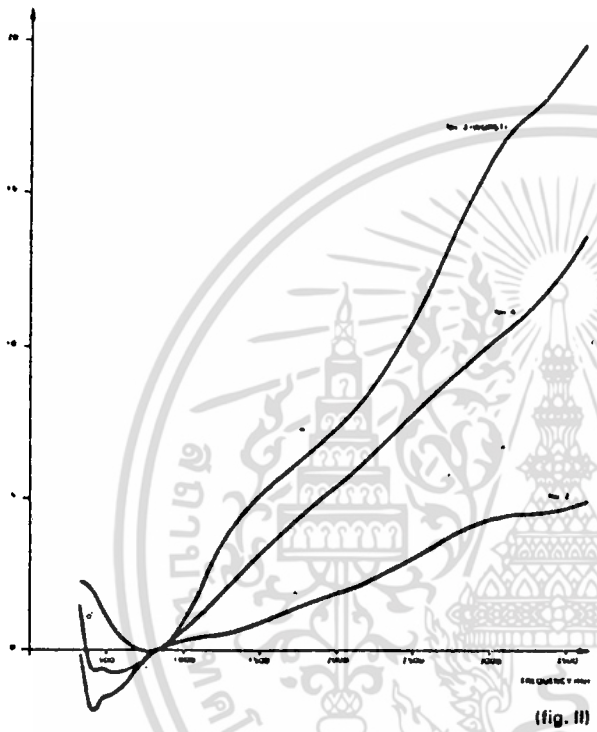


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCM3101
FSK MODEM

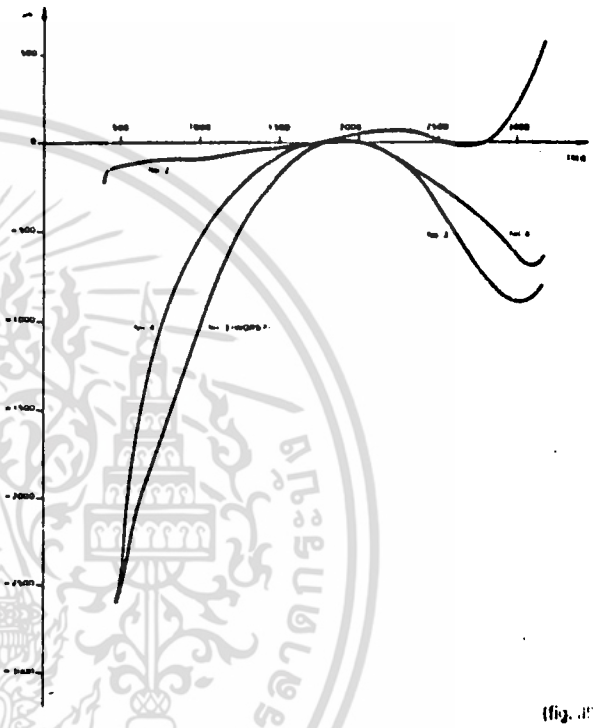
Typical performance

Attenuation charasteristics of test lines



(fig. II)

Group delay characteristics of test lines



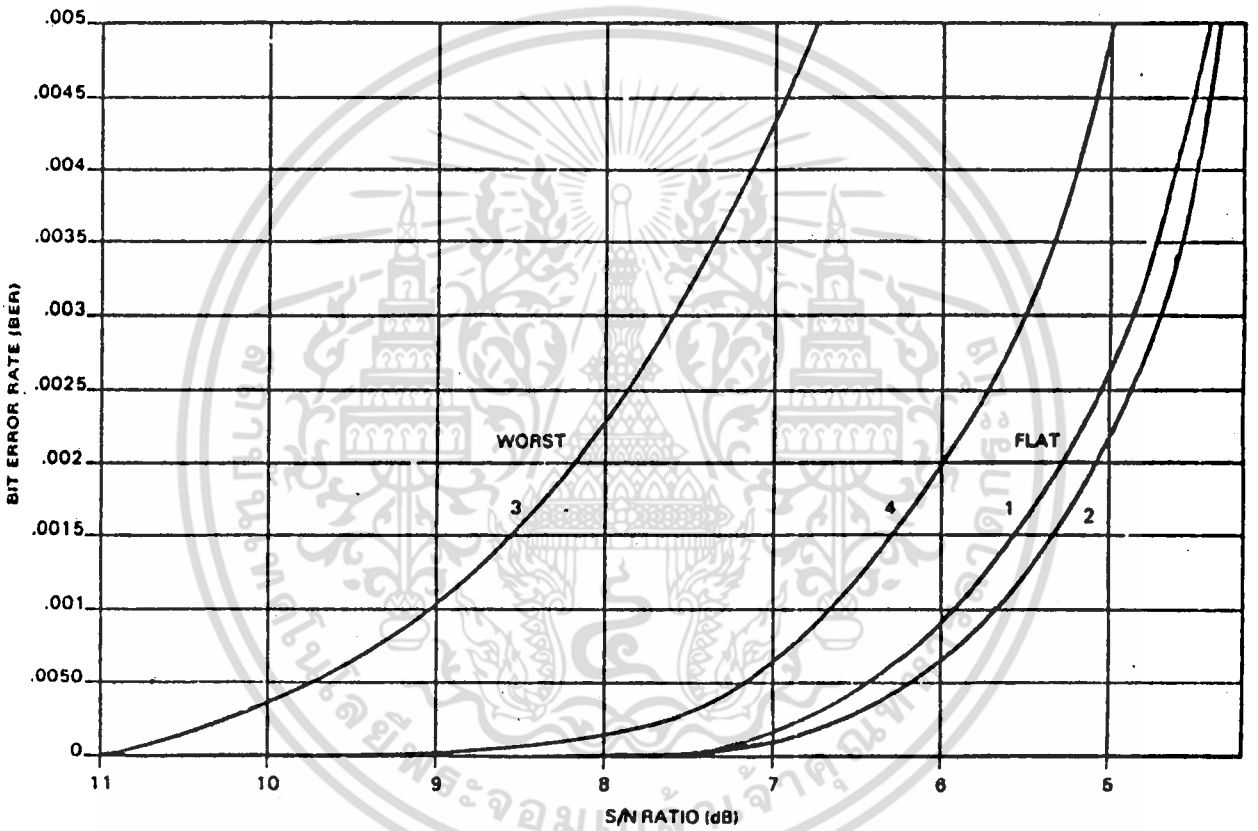
(fig. II

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bit error rate versus white noise on representative lines

NOTE: The performance data in this section represents target values for a typical application. Adherence to these values or any other performance data expressed or implied is not guaranteed.

Performance data below refers to four test line characteristics as shown in figs II and III Case 1 - Flat response, cases 2, 3, 4 as shown. These curves refer to CCITT V23 operation.



(fig. IV)

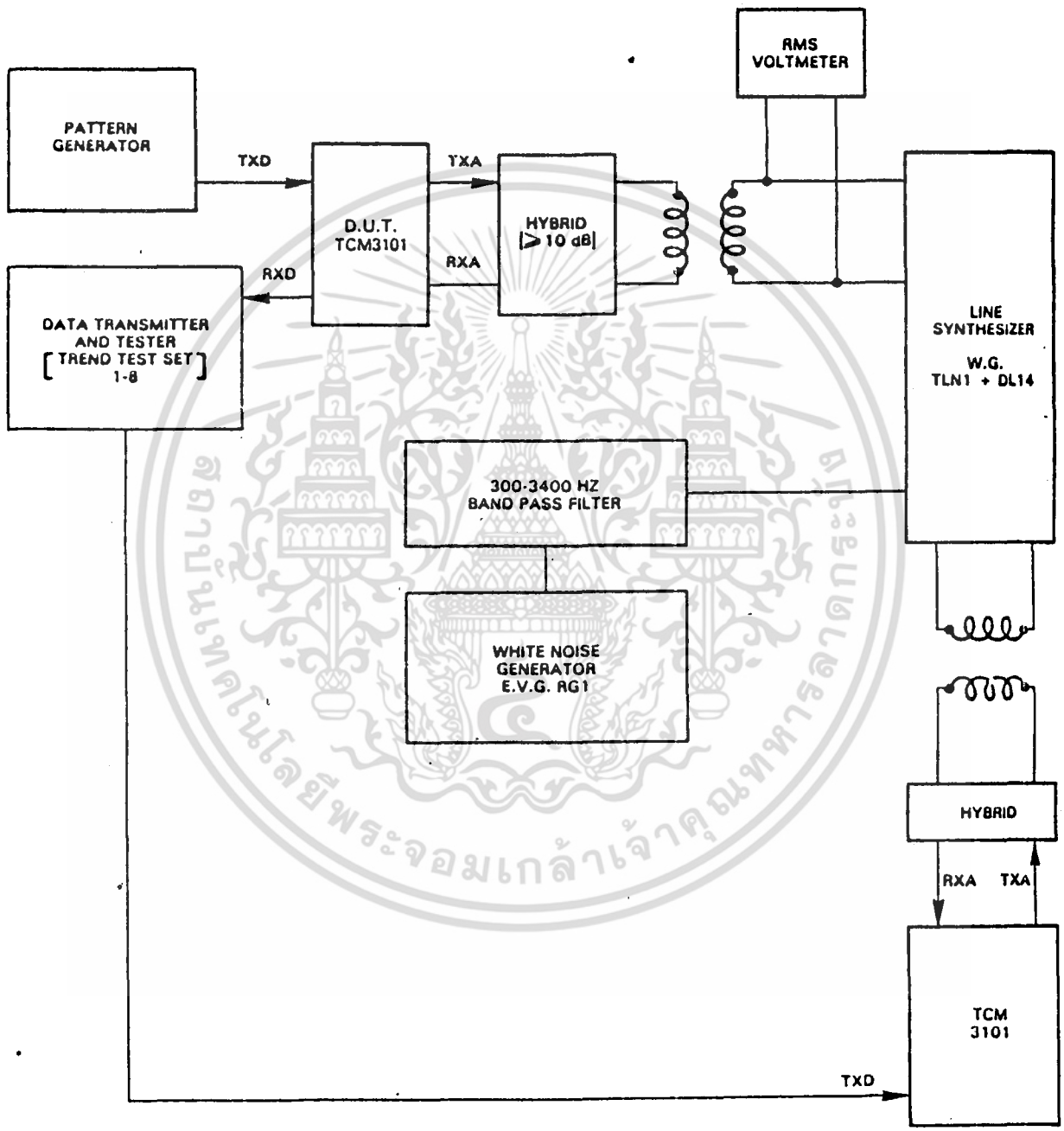
Forward channel receive level	– 25dBm
Backward channel transmit level	– 2dBm
Noise bandwidth	300-3400 Hz
Forward channel receive pattern	511 bit PRBS
Backward channel send pattern	511 bit PRBS

Note: Noise Generator Wandel and Golterman RG1 (Crest factor 8) (see fig. V).

PRBS = Pseudo Random Binary Signal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCM3101 Test Circuit (For Bit Error Rate)

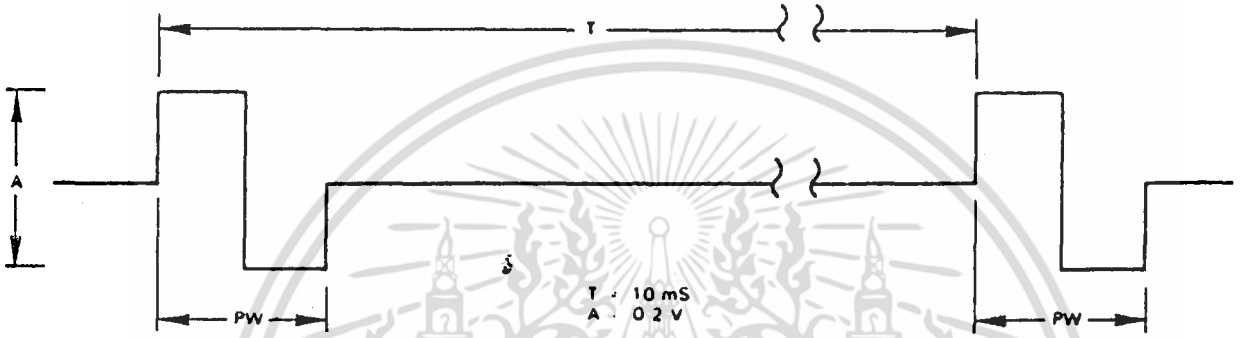


(fig. V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bit error rate versus impulsive noise

The waveform used to simulate impulsive noise interference is shown below.



(fig VII)

Forward channel receive level . . . . . - 24 dBm
Backward channel transmit level . . . . . - 2 dBm
Forward channel receive pattern . . . . . 511 bit PRBS
Backward channel send pattern . . . . . 511 bit PRBS

PULSE WIDTH (US) PW	NUMBER OF ERRORS PER MINUTE
100	0
200	0
300	20
350	100
400	300
450	700
500	1100

Isochronous Distortion

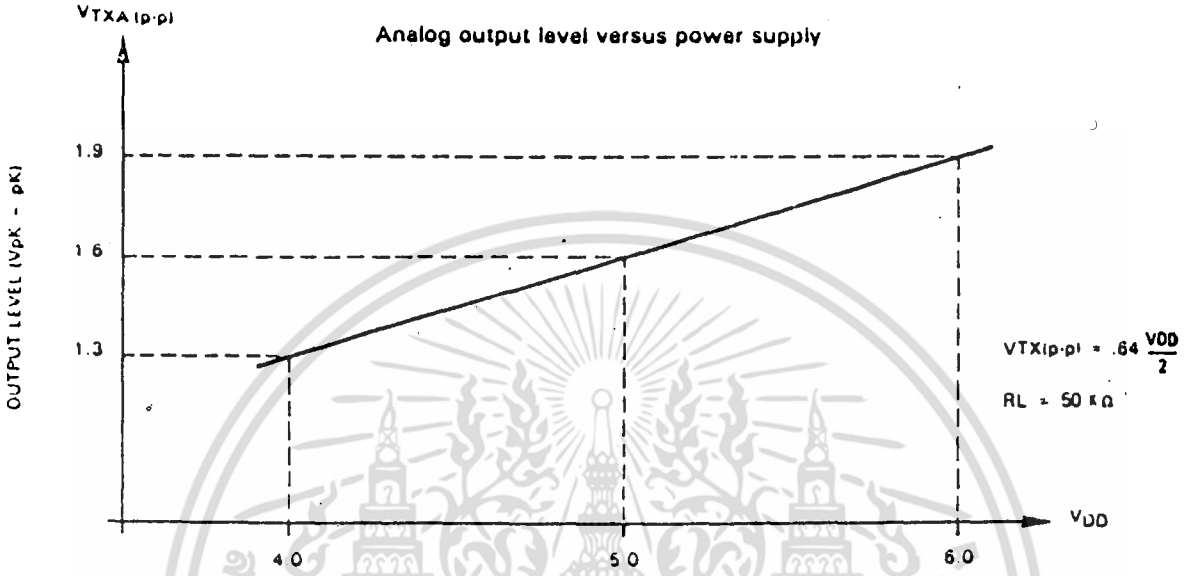
Typical results, which may be used as a guide, for the test lines are as shown below.

Forward channel receive level . . . . . - 24 dBm
Backward channel transmit level . . . . . - 2 dBm
Forward channel receive pattern . . . . . 511 bit PRBS
Backward channel transmit pattern . . . . . 511 bit PRBS

LINE	DISTORTION
1 (FLAT)	13%
3 (WORST)	18%

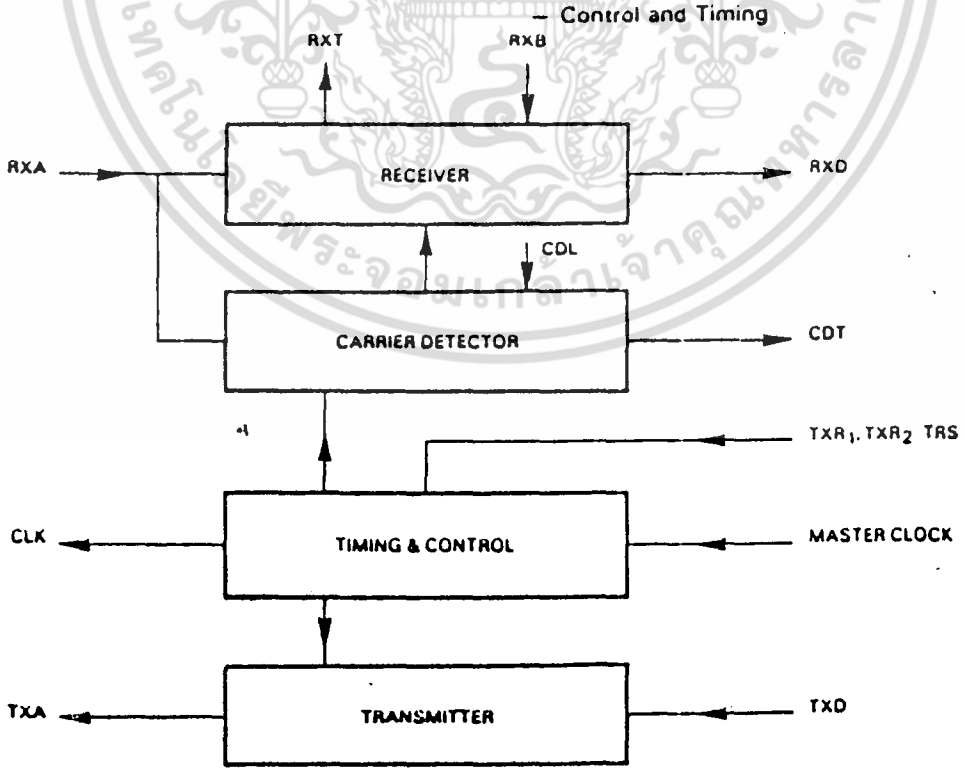
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Output level



Circuit Description

The TCM3101 modem is made up of four functional blocks — Transmitter
— Receiver
— Carrier Detector
— Control and Timing



(fig. VIII)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transmitter

The transmitter comprises a phase coherent FSK modulator, transmit filter and transmit amplifier (fig. IX). The modulator is a programmable frequency synthesiser which derives the output frequencies by variable division of the oscillator frequency (4.433 MHz).

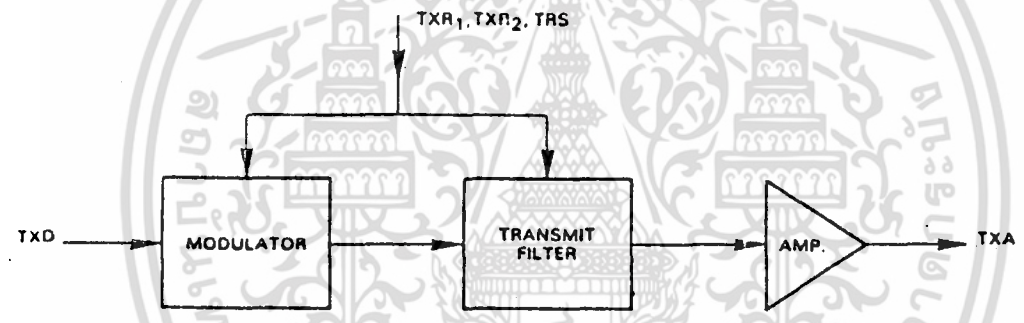
The division ratio is set by the state of the transmit/receive standard pin (TRS), the transmit bit rate pins (TXR1 and TXR2) and the data input (TXD).

The frequencies are given in fig. XI and the data convention is high equals mark and low equals space.

A switched capacitor low pass filter limits the harmonics and noise outside the transmit band and the characteristics of this filter are set by the frequency select pins as above. The harmonics introduced by the transmit filter clock are removed by a continuous low pass filter.

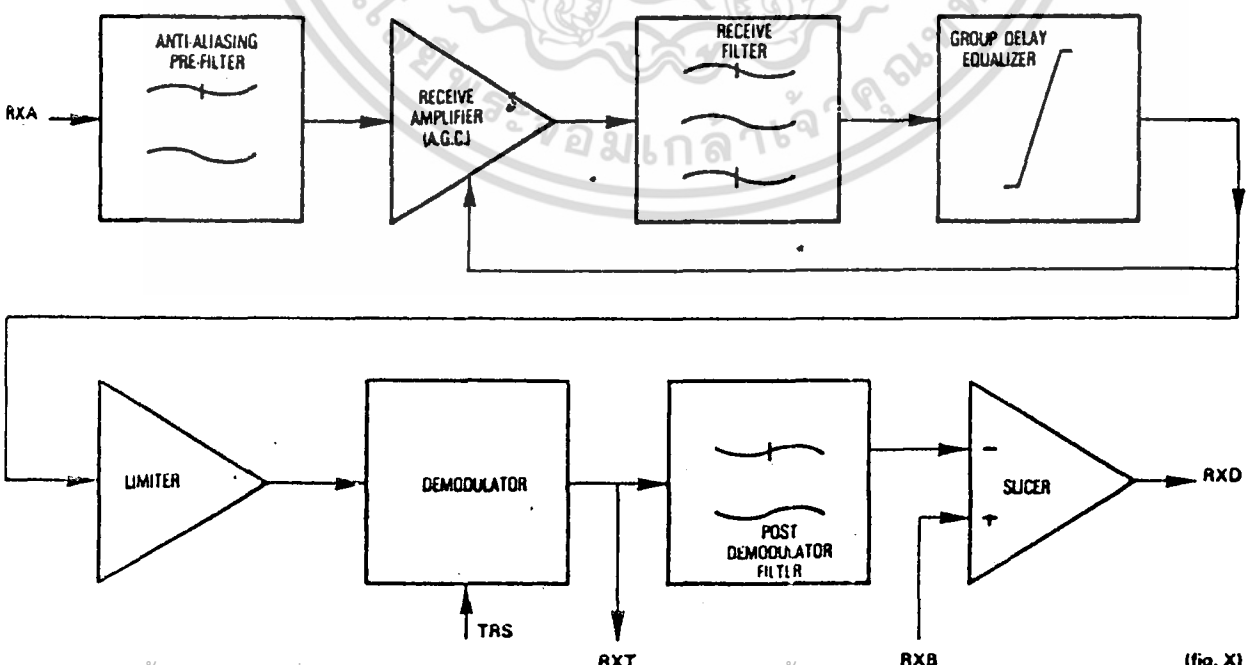
The transmitter output level varies with power supply voltage and so must be compensated in the 2W/4W converter to give the required outpout level to the line.

Transmitter



(fig. IX)

Receiver



(fig. X)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCM3101
FSK MODEM

A continuous low pass anti-aliasin filter is followed by the receive amplifier which automatically controls the gain to give constant output level from the receive filter. The receive filter limits the bandwidth of the signal presented to the demodulator, reducing out of band interference, and also offering very high rejection of the75 and 150 Baud backward channel frequencies, which are typically present at much higher levels than the received signal.
The group delay equalizer is a switched capacitor network which compensates the delay introduced by the receive filter and the network. The output from the equalizer is then limited to give an FSK modulated square wave which is presented to the demodulator.
The demodulator is an edge triggered multivibrator, triggering off positive and negative going edges. The output of the demodulator is, therefore, a stream of constant length pulses at a frequency which is double that of the limited input signal. This signal is available on the RXT pin. The d.c. component of this signal is proportional to the received frequency and is extracted by a switched capacitor, low pass, post demodulator filter.
The variation and is extracted by a switched capacitor, low pass, post demodulator filter.
The variation of d.c. level with received frequency is presented to a comparator which slices at a level externally fixed on the RXB bias adjustment pin. This voltage depends on received bit rate and internal offsets. The comparator output is then available at the RXD opin.

Carrier Detect

The carrier detect circuitry comprises an energy detector and digital delay. The energy detector compares the total signal level at the output of the receive filter to an externally set threshold level on the CDL pin. The comparator has a 2.5 dB hysteresis and a delay to allow for momentary signal loss and prevent oscillation. The output of the detector is available on the CDT pin (high if carrier is present).

Control and Timing

An on-chip oscillator runs from an external 4.43361875 MHz PAL crystal connected between OSC1 and OSC2 or an external signal driving OSC1. A clock signal equal to 16 times the selected receive bit rate is available on the CLK pin.
The single supply implies that all analogue functions be referenced to an internally generated voltage. All analogue inputs and outputs must be a.c. coupled, or dc bias must be applied.

Frequency Assignments

TRS	STANDARD	TXR1	TXR2	TRANSMITTED BIT RATE (b/s)	TXD	TX FREQUENCY (Hz)
0 OR 1	CCITT V23	1	0	75	1 0	M 390 S 450
		0	1	600	1 0	M 1300 S 1700
		0	0	1200	1 0	M 1300 S 2100
CLK	BELL 202	1	0	150	1 0	M 387 S 487
		0	X	1200	1 0	M 1200 S 2200
X		1	1	0	X	TRANSMITTER DISABLED

Receiver

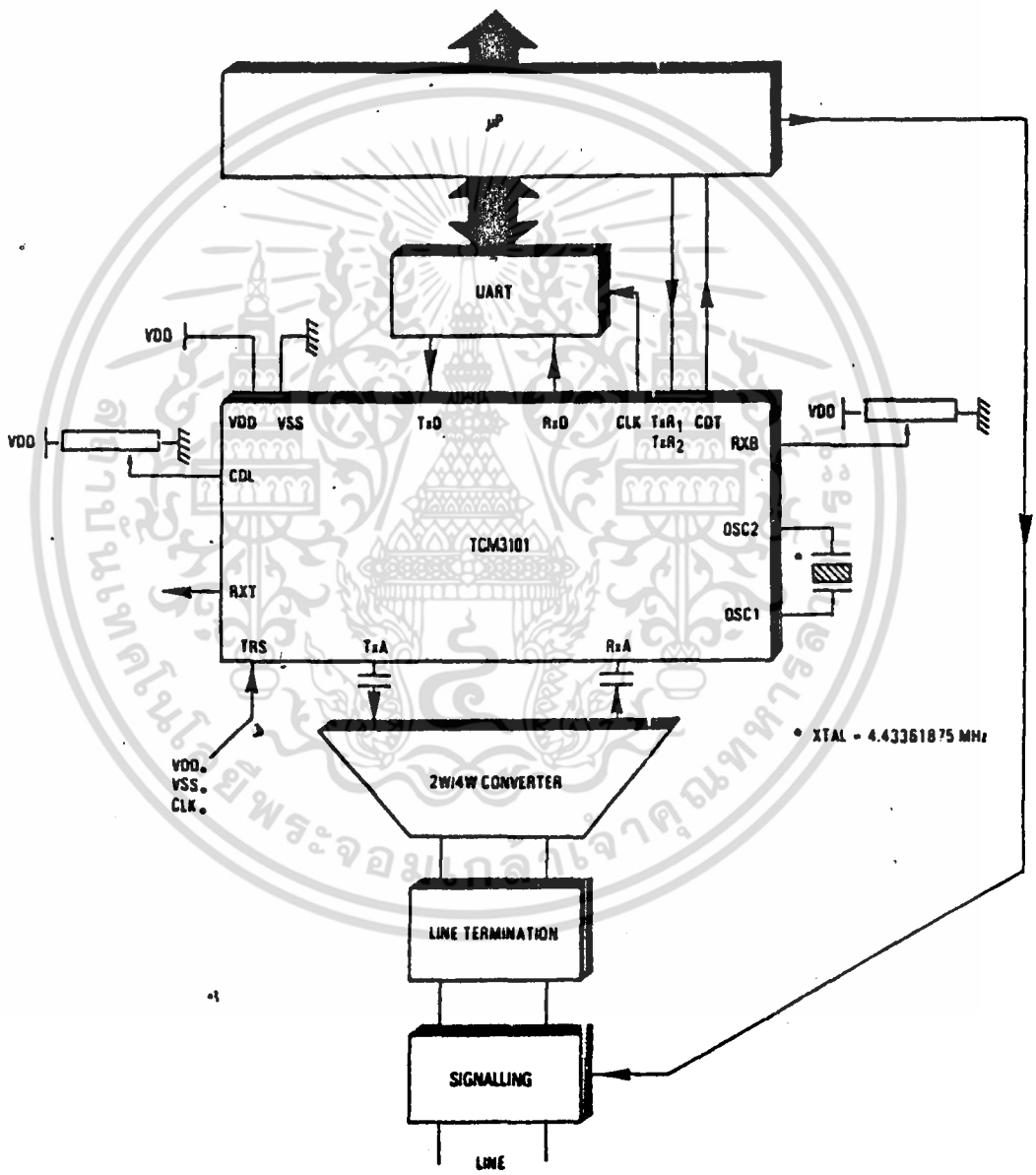
TRS	STANDARD	RECEIVED BIT RATE (b/s)	CLK FREQUENCY (KHZ)
1	CCITT V23	600	9.56
0	CCITT V23	1200	19.11
CLK	BELL 202		

0 - V_{SS}
1 - V_{DD}
CLK - TRS CONNECTED TO CLK

(Fig. XI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

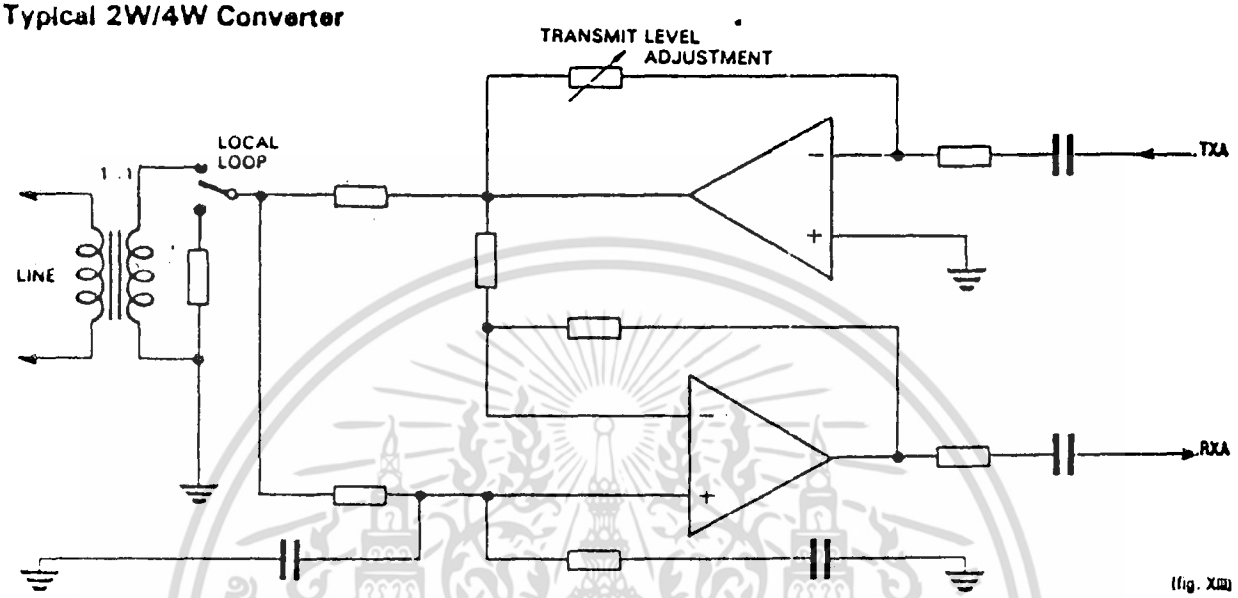
Typical System Configuration



(fig. XII)

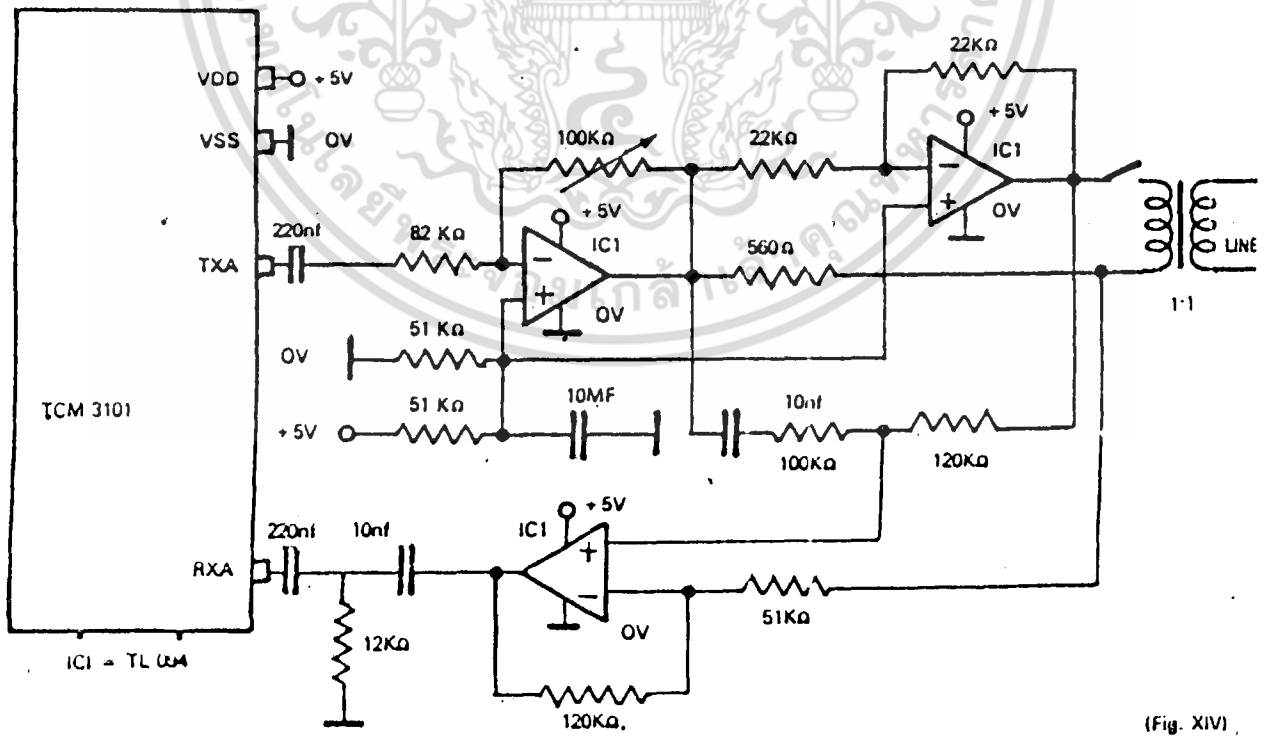
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical 2W/4W Converter



(Fig. XIII)

Typical Application Circuit for +5V Single Supply Operation



(Fig. XIV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Notes on Application

- **CDL Adjustement**
  For optimum results, CDL should be adjusted to the following ratios of VDD
  min = VDD x 0,64
  typ = VDD x 0,7
  max = VDD x 0,74

- **Automatic gain control**
  Automatic gain control will be first set to maximum gain when no signal is received.
  Gain will be reduced in steps (up to 16, if high level is received) on each consecutive mark received.
  Consequently an adjustement delay (up to 11 ms) should be provided with continuous "Mark" signals.
  This situation will normally happen automatically along with carrier detect, but precautions should be taken in setting testing procedures.

- **RC network on RXA**
  This network is optional, and may be found useful to improve BER over a wide range of line characteristics.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้