

ทฤษฎี วิชาการสื่อสารประเภทสาย

บทที่ 1 ระบบโทรศัพท์ (TELEPHONE SYSTEM)

กล่าวทั่วไป

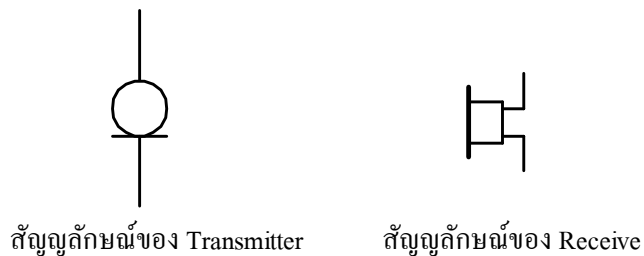
โทรศัพท์หลายสถานีหรือหลายเครื่อง ถ้าต้องการจะติดต่อให้ได้กันหมดทุกเครื่อง โดยไม่ต้องอาศัย เครื่องสลับสาย จะต้องวางสายติดต่อกับสถานี หรือทุกเครื่องจึงทำให้สิ้นเปลืองสายโทรศัพท์เป็นอย่างมาก ถ้าจะประหยัดสายที่ใช้ในการติดต่อกันทางโทรศัพท์ หลายสถานี หรือหลายเครื่องให้ติดต่อกันได้จะต้อง อาศัยเครื่องสลับสายเข้ามาใช้

หลักการของเบื้องต้นของเครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set) ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญคือ

1. เครื่องส่ง (Transmitter)
2. เครื่องรับ (Receiver)
3. กระดิ่ง (Ringer)
4. หน้าปัดสำหรับหมุน / กดเลขหมาย (Dial)

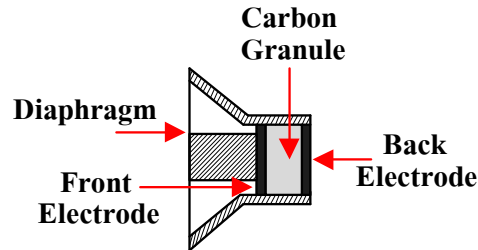
สำหรับเครื่องส่งและเครื่องรับรวมกันเรียกว่า ชุดปากพูดหูฟัง (Handset) เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า ที่ได้รับกลับเป็นพลังงานเสียงอีกครั้งหนึ่ง โดยเราจะใช้ Transmitter เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานเสียงให้เป็นพลังงาน ไฟฟ้า และ Receiver เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเสียง มีสัญลักษณ์ดังรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 แสดงสัญลักษณ์ของ Transmitter และ Receive

Transmitter

เครื่องโทรศัพทนั้นจำเป็นต้องใช้ Transmitter ที่มีประสิทธิภาพและความไวสูง เราจึงใช้ Transmitter แบบ Carbon Transmitter ซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนเล็ก ๆ ของ Carbon แผ่น Carbon Electrode 2 แผ่น และ Diaphragm ดังรูปที่ 1-2

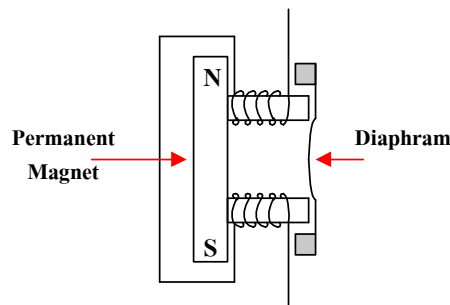


รูปที่ 1-2 แสดง Carbon Transmitter

หลักการการทำงานของ Carbon Transmitter คือ เมื่อคลื่นเสียงกระทบกับแผ่น Diaphragm จะทำให้แผ่น Diaphragm สั่นไปมา พลังงานเสียงก็จะเปลี่ยนเป็นพลังงานกล ในตำแหน่งที่แผ่น Diaphragm จะถูกกด จะทำให้ Electrode แผ่นหน้าเคลื่อนที่เข้า เป็นผลทำให้ผงถ่าน (Carbon Granule) ถูกอัดติดกันมากยิ่งขึ้น การอัดตัวของผงถ่านนี้จะทำให้ความต้านทานระหว่างแผ่น Electrode ทั้งสองมีค่าลดลง ในทางตรงกันข้าม เมื่อแผ่น Diaphragm เคลื่อนที่ออกก็จะเป็นผลทำให้ Electrode แผ่นหน้าเคลื่อนที่ออกด้วย จึงทำให้ความต้านทานของ Transmitter เพิ่มขึ้น

เมื่อนำเอาแบตเตอรี่ต่อเข้าระหว่างแผ่น Electrode ทั้งสองกระแสไฟตรงจะไหลผ่านผงถ่าน เนื่องจาก ความต้านทานของ Transmitter มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับสัญญาณเสียง ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่าน Transmitter จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย นั่นคือพลังงานเสียงสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้

Receiver



รูปที่ 1-3 แสดง Receiver

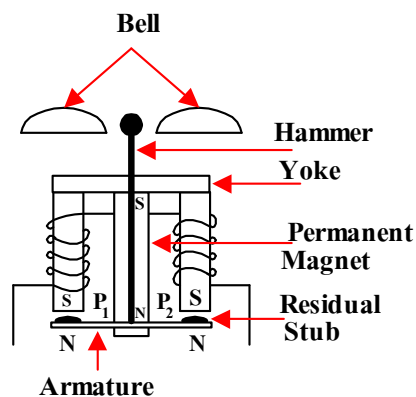
หลักการของ Receiver คือ มีขดลวดพันกันอยู่ที่ขั้วทั้งสองของแม่เหล็กถาวร ซึ่งต่อกันแบบอนุกรม แต่ ขดลวดจะพันกลับทิศทางกัน แม่เหล็กถาวรนี้จะมีอำนาจแม่เหล็กดึงดูดแผ่น Diaphragm เข้ามา เมื่อมีกระแสไฟ สลับ (Speech Current) ไหลผ่านขดลวดก็จะมีผลทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้น ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กจะมี ทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร ซึ่งอาจจะไปเสริมหรือต้านเส้นแรงแม่เหล็กของ แม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร แผ่น Diaphragm ก็ จะเคลื่อนที่เข้าหรือออกตามขนาดและความถี่ของ Speech Current ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดคลื่นเสียงที่มีขนาดและความถี่เท่ากับ Speech Current ที่ไหลเข้ามาในวงจร คลื่นเสียงที่เกิดขึ้นนั้น ย่อมจะมีการสูญเสียไปบ้าง เนื่องจากมีการเปลี่ยนรูปพลังงาน ดังนั้น Output ของคลื่นเสียง จะน้อยกว่า Input ของพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับที่ Receiver

กระดิ่งของเครื่องโทรศัพท์ (Ringer)

เมื่อมีการเรียก กระดิ่งที่เครื่องโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียกจะดังขึ้น ซึ่งจะหมายถึงชุมสายโทรศัพท์ได้ทำการ ส่งกระแสไฟสลับ (Ringing Current) เข้ามาป้อนที่กระดิ่งของเครื่องโทรศัพท์ โดยทั่วไปแล้ว Ringing Current ปัจจุบันมีการใช้งานอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ

1. แบบ Magneto Ringer
2. แบบ Buzzer Ringer
3. แบบ Speaker Ringer

1. แบบ Magneto Ringer



รูปที่ 1-4 แสดง กระดิ่งของเครื่องโทรศัพท์

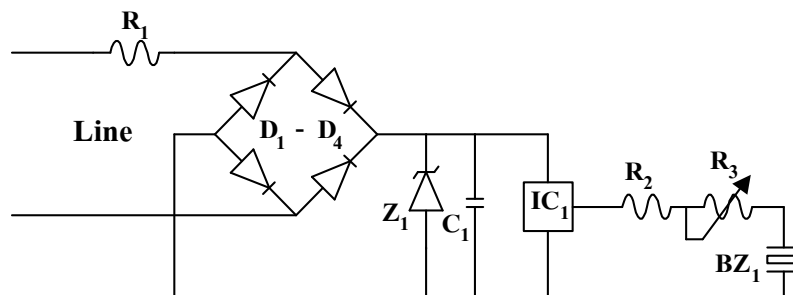
จากรูปที่ 1-4 กระจกึ่งโทรศัพท์ของเครื่องโทรศัพท์ ประกอบด้วยขดลวด 2 ขดต่อกันแบบอนุกรม พันอยู่บนแกน เหล็ก ซึ่งติดอยู่กับ Yoke และมีแท่งแม่เหล็กถาวรติดอยู่ตรงกึ่งกลางของ Yoke ส่วน Armature จะวางอยู่ใน ลักษณะที่ตรงจุดกึ่งกลางของมันติดอยู่กับแกนของแม่เหล็กถาวร โดยมีสารที่ไม่ใช่เป็นแม่เหล็กยึดอยู่ปลายของ Armature ทั้งสองข้างจะมี Residual Stub ติดอยู่ ซึ่งตรงข้ามกับขั้ว P1 และ P2

หลักการการทำงานของกระจกึ่งโทรศัพท์ คือ เส้นแรงแม่เหล็กจากแม่เหล็กถาวรจะทำให้เกิดขั้ว S ขึ้นที่ขั้ว P1 และ P2 และจะทำให้เกิดขั้ว N ที่ปลายทั้งสองของ Armature ในสภาวะปกติ หรือไม่มีการเรียกจะไม่มีกระแสไหลผ่านขดลวด จึงทำให้ Armature ถูกดูดด้วยแรงเท่ากัน หรือมันอาจจะถูกดูดไปที่ข้างใดข้างหนึ่ง คือ ที่ขั้ว P1 หรือ P2 ก็ได้

เมื่อมีการเรียกเข้ามาจะมีกระแสไหลผ่านขดลวดทั้งสอง ก็จะทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก N และ S ขึ้นที่ขั้ว P1 และ P2 ซึ่งจะทำให้เกิดมีอำนาจแม่เหล็กมากที่ปลายขั้ว S (P2) และที่ปลายขั้วอีกข้างหนึ่ง (P1) หดอำนาจแม่เหล็กลง Armature ก็จะถูกดูดมาทางขั้วที่มีอำนาจแม่เหล็กแรงกว่า แต่เนื่องจากกระแส ที่ป้อนให้กับขดลวดเป็นกระแสไหลสลับ ดังนั้น Armature จึงถูกดูดสลับข้างกันไปตามอำนาจของแม่เหล็ก ก้านตี (Hammer) ก็จะไปตีกระจกึ่งทั้งสองสลับกัน ทำให้กระจกึ่งดังในที่สุด

2. แบบ Buzzer Ringer

ในเครื่องโทรศัพท์รุ่นใหม่จะนิยมใช้ Buzzer เพราะ Buzzer มีขนาดเล็ก ราคาถูก กินกระแส น้อย และยังสามารถเลือกชนิดของเสียงได้ตามชนิดของ Buzzer



รูปที่ 1-5 แสดง วงจร Buzzer Ringer

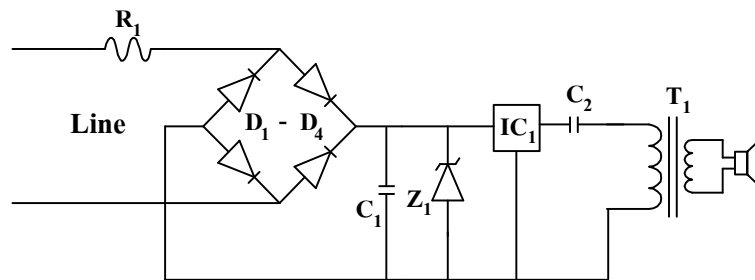
จากรูปที่ 1-5 การทำงานของ Buzzer Ringer เมื่อมีไฟกระดิ่ง 90 VAC 25 Hz จะถูก R1 ลดขนาด Voltage ลงให้เหลือพอเหมาะ D1 - D4 จะ Rectifier และ C1 จะ Filter ให้เป็น DC

ส่วน Z1 จะ Regulate Voltage ให้คงที่ เพื่อป้องกันไฟเลี้ยงให้ IC1 และ IC1 จะกำเนิด Pulse ออกมาใหม่ที่มีความถี่ประมาณ 10 Hz เพื่อให้ Buzzer โดยมี R2 และ R3 เป็นตัวเร่งหรือลดเสียง

โดยปกติแล้ว Buzzer ที่ใช้จะเป็น Piezo Buzzer ซึ่งจะทำงานด้วย AC Pulse ถ้าเราเอา สัญญาณ AC 25 Hz ที่เข้ามาแล้วลดขนาดลงให้พอเหมาะป้อนให้ Buzzer โดยตรงก็ได้ แต่ความถี่ AC 25 Hz สูงเกินไป จะทำให้เสียงที่ออกมาไม่น่าฟัง จึงต้องมี IC1 สร้าง Pulse ที่มีความถี่ที่เหมาะสมขึ้นมาใหม่

3. Speaker Ringer

เครื่องที่มีราคาสูง ๆ มีสิ่งอำนวยความสะดวกมาก ๆ เช่น มีวงจร Hand Free หรือการสนทนา โดยไม่ต้อง ยกหูโทรศัพท์ ส่วนมากจะใช้ Speaker เป็น Ringer เพราะในเครื่องมี Speaker ใช้อยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องมี Buzzer อีก โดยดัดแปลงวงจร Buzzer Ringer ให้สามารถใช้กับ Speaker ได้



รูปที่ 1-6 แสดง Speaker Ringer

จากรูปที่ 1-6 วงจร Speaker Ringer จะดัดแปลงมาจาก Buzzer Ringer โดยนำสัญญาณจาก IC1 ป้อนเข้าหม้อแปลง (Transformer) เพื่อลดหรือเพิ่ม Voltage และลดเหลือของ Pulse ให้มี Slope บ้าง ซึ่งจะทำให้ Speaker ไม่เสียหาย

หน้าปัดของเครื่องโทรศัพท์

หน้าปัดของเครื่องโทรศัพท์ที่ใช้กับชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ ปัจจุบันมีอยู่ 2 แบบ คือ

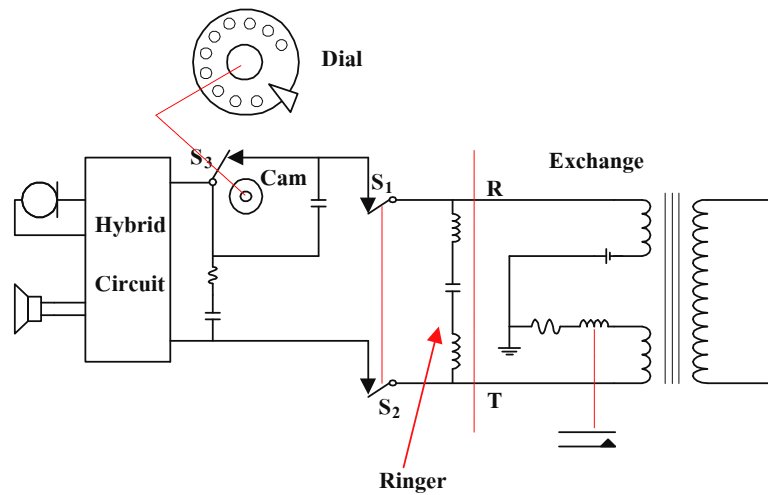
1. แบบหมุน (Rotary Dial) ซึ่งการหมุนจะทำให้เกิด Pulse ขึ้นเป็นจำนวนเท่ากับเลขหมายที่หมุน

2. แบบกดปุ่ม (Push Button) ซึ่งกรรมวิธีในการทำงานเป็น 2 แบบ คือ

2.1 ใช้หลักการเปลี่ยนสัญญาณเป็น Pulse ในการส่งเลขหมายโทรศัพท์

2.2 ใช้หลักการของ Dual Tone Multi-Frequency หรือ DTMF ในการส่ง เลขหมายโทรศัพท์

หน้าปัดโทรศัพท์แบบหมุน (Rotary Dial) เมื่อผู้เรียกดุ๊กปากพูดหูฟัง (Handset) ขึ้นจากรับ (Cradle) ทำให้ Hook Switch S1 และ S2 ปิดวงจรของสายเส้น Tip (T) และ Ring (R) ซึ่งเป็นผลทำให้ครบวงจรของ Relay Coil ในชุมสายโทรศัพท์ อุปกรณ์สวิตซ์ในชุมสายโทรศัพท์ก็จะส่งสัญญาณ Dial Tone มายังเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียก เพื่อเป็นสัญญาณแสดงให้ผู้เรียกทราบว่าเริ่มหมุนเลขหมายได้แล้ว และชุมสายโทรศัพท์ก็พร้อมที่จะรับเลขหมาย ที่ผู้เรียกหมุน เมื่อผู้เรียกหมุนเลขหมายใดเลขหมายหนึ่งเสร็จแล้ว และปล่อยมือ หน้าปัดของเครื่องโทรศัพท์จะหมุน กลับที่เดิม ในขณะที่หน้าปัดหมุนกลับที่เดิมจะมีผลคือ ทำให้ลูกเบี้ยว (Cam) หมุนตาม การหมุนของ ลูกเบี้ยวนี้ จะทำให้ Contact S3 เปิด และ ปิด วงจรเป็นจำนวนครั้งเท่ากับเลขหมายที่หมุน การที่ Contact S3 ปิดวงจร จะทำให้กระแสไหลได้ ซึ่งเรียกว่ากระแส Impulse และเมื่อ Contact S3 เปิดวงจร กระแสก็จะหยุดไหล การที่กระแสไหลและหยุดไหลนี้มีผลทำให้เกิด Pulse ขึ้น และจำนวน Pulse ที่เกิดขึ้นก็จะมีจำนวนเท่ากับเลขหมาย ที่หมุนเช่น หมุนเลข 1 จะเกิด 1 Pulse หมุนเลข 5 จะเกิด 5 Pulse และถ้าหมุนเลข 0 จะเกิด 10 Pulse เป็นต้น



รูปที่ 1-7 แสดง Dial Pulse

ความเร็วของหน้าปัด (Dial Speed) ของเครื่องโทรศัพท์ก็มีความสำคัญที่จะต้องกำหนดให้อยู่ในมาตรฐาน ซึ่งประกอบด้วยความเร็วของกระแส Impulse อัตราส่วนการตัด - ต่อ (Break - Make Ratio) ของ Contact และช่วงเวลาหยุดระหว่างเลขหมาย (Interdigit Interval) ตามปกติแล้วความเร็วของกระแส Impulse จะใช้อยู่ 2 ค่า คือ 10 และ 20 IPS (Impulse Per Second)

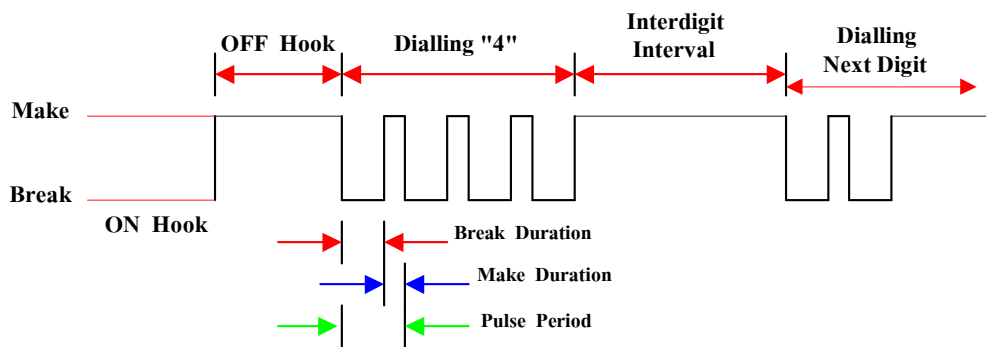
ส่วนค่ามาตรฐานสำหรับอัตราส่วนการตัด - ต่อ จะมีค่าเท่ากับ 2 : 1 ซึ่งหมายความว่า Contact จะต้องตัดดวงจรเป็นเวลา 2 หน่วยเวลา และต้องต่อดวงจรเป็นเวลา 1 หน่วยเวลา

ในกรณีที่ความเร็วของ Impulse เป็น 10 IPS ก็จะทำให้ได้ค่าของ Pulse Period เป็น 100 mS นั่นคือ

$$\text{ช่วงเวลาของการตัดดวงจร (Break)} = 100 \text{ mS} \times 2/3 = 66.6 \text{ mS}$$

$$\text{ช่วงเวลาของการต่อดวงจร (Make)} = 100 \text{ mS} \times 1/3 = 33.3 \text{ mS}$$

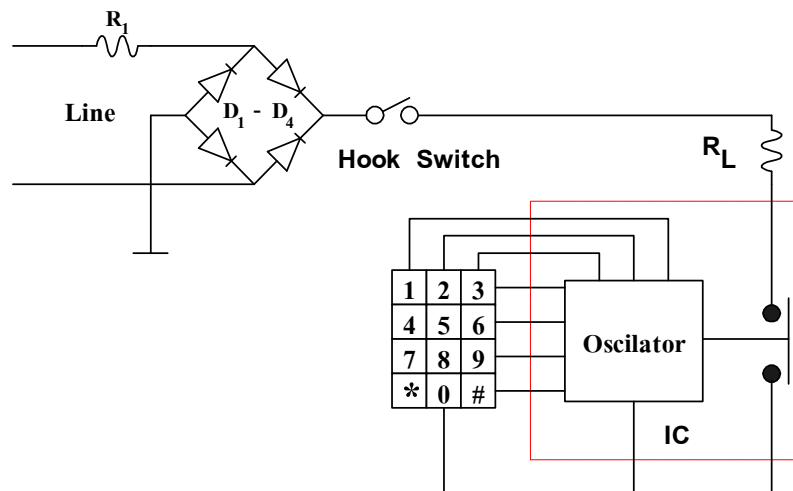
ส่วนช่วงเวลาที่หยุดระหว่างเลขหมาย โดยทั่วไปมีค่าเป็น 700 mS แต่ก็อาจใช้ได้ในช่วงตั้งแต่ 600 mS ถึง 800 mS ก็ได้



รูปที่ 1-8 แสดง Pulse ที่เกิดขึ้นเมื่อหมุนเลข 4

หน้าปัดแบบกดปุ่ม เครื่องโทรศัพท์ที่มีหน้าปัดเป็นแบบกดปุ่มมีการทำงานเป็น 2 ลักษณะ

1. หน้าปัดแบบกดปุ่มที่มีการทำงานแบบ Pulse ใช้ในการส่งเลขหมายโทรศัพท์



รูปที่ 1-9 แสดง Block Diagram พื้นฐานของไอซีสร้างรหัส Pulse

ในการสร้าง Pulse ของเครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่ม ภายในเครื่องจะมี IC สร้าง Pulse ดังรูป เมื่อทำการ ยกหูโทรศัพท์ Hook Switch จะต่อไฟเข้ามา ทำให้มีกระแสไหลผ่าน RL โดยผ่าน Switch ในไอซีแล้วลงกราวด์ เพราะฉะนั้น เมื่อ Line มี Load ไฟใน Line ก็จะตกลงจาก 48 Volt เหลือเพียง 5 - 12 Volt เมื่อทำการกดเลข หมายเลขใด ๆ วงจร Oscillator ก็จะสร้าง Pulse ขึ้นมา โดยจำนวน Pulse จะเท่ากับค่าของตัวเลขนั้น ๆ Pulse ที่สร้าง ขึ้นมาก็จะทำให้ Switch เปลี่ยน ภาวะจากปิด (Close) เป็นเปิด (Open) ตามจังหวะและจำนวน Pulse ที่เข้ามา เมื่อ Switch เปิด วงจรก็จะมีกระแสไหล RL ก็จะไม่มีการไหลผ่าน ก็จะได้เป็น Load ของ Line ทำให้ Voltage ใน Line เพิ่มขึ้นตามจังหวะเปิดและปิดของ Switch นั่นคือเกิด Pulse ขึ้นตามค่าของ ตัวเลข หรือถ้าจะมอง ในด้านของกระแส ช่วง Switch เปิดและปิด ก็จะทำให้มีกระแสไหลผ่านเป็น ช่วง ๆ เช่นกัน ส่วนคาบเวลาของ Pulse ก็กำหนดได้ที่ภาค Oscillator ซึ่งควบคุม Switch

2. หน้าปัดกดปุ่มที่ใช้กรรมวิธีของ Dual Tone Multifrequency (DTMF) ในการส่งเลขหมาย โทรศัพท์นั้น โดยทั่วไปหน้าปัดจะมี 12 ปุ่ม โดยแบ่งเป็น 4 Rows และ 3 Columns และใน เครื่องโทรศัพท์บางแบบอาจจะมีถึง 16 ปุ่ม โดยเพิ่ม Column ที่ 4 ขึ้นมาอีก

ความถี่ที่ใช้ในแต่ละ Row และ Column จะมีความถี่ต่างกัน ความถี่ของทั้ง 4 Rows เรียกว่า เป็นกลุ่ม ความถี่ต่ำ (Low Group Frequency) และความถี่ของทั้ง 3 หรือ 4 Columns เรียกว่า เป็นกลุ่มความถี่สูง (High Group Frequency) การกดปุ่มที่เลขหมายใด ๆ จะทำให้วงจร อิเล็กทรอนิกส์ภายในเครื่องโทรศัพท์ผลิต ความถี่ออกมา 2 ความถี่ เช่น เมื่อกดเลข 5 ความถี่ที่ผลิต ออกมาคือ 770 Hz และ 1336 Hz เป็นต้น สำหรับความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในการผลิต ความถี่จะเป็น 1.5 % ส่วนการรับหมายเลขนั้นจะเป็น 2%

		High Group Frequency (Hz)				
		1209	1336	1477	1633	
697		1	2	3	A	R ₁
770		4	5	6	B	R ₂ Low Group
852		7	8	9	C	R ₃ Frequency (Hz)
941		*	0	#	D	R ₄
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	R = Row C = Column

รูปที่ 1-10 แสดง หน้าปัดของเครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่มและความถี่ที่ใช้

ข้อดีของการใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่ม (DTMF Dialing) คือ

1. สามารถลดเวลาการหมุนเลขหมายลงได้ ทำให้มีผลคือ เวลาเฉลี่ยที่ใช้โทรศัพท์แต่ละครั้ง (Holding Time) ลดลง ซึ่งทำให้ชุมสายโทรศัพท์สามารถรับ Traffic ได้มากขึ้น
2. สามารถใช้วงจรทาง Solid State Electronics แทนอุปกรณ์ทางด้าน Mechanics จึงทำให้มีความรวดเร็ว และแม่นยำในการส่งเลขหมาย
3. สามารถเพิ่มปุ่มกดได้อีก 4 ปุ่ม (Column ที่ 4) เพื่อใช้ในการส่งสัญญาณการบริการประเภทอื่น ๆ
4. มีความเหมาะสมที่จะใช้กับชุมสายโทรศัพท์ในระบบ SPC (Stored Program Control)

สัญญาณ Tone

ในการใช้โทรศัพท์ทุกครั้ง เราจะได้ยินเสียง Tone ดังอยู่ในหูฟังในภาวะต่าง ๆ กัน โดย Tone เหล่านั้น จะมีความหมายแตกต่างกัน เพื่อบอกให้รู้ว่าชุมสายพร้อมหรือไม่ หรือผู้รับปลายทางเป็นอย่างไร เราสามารถรู้จักได้จาก Tone เหล่านี้ คือ

1. **Dial Tone** เป็นสัญญาณเสียงที่บอกให้ผู้เรียกทราบว่า ขณะนี้ชุมสายพร้อมแล้วให้ผู้เรียกเริ่มหมุนเลขหมายได้ ลักษณะของ Dial Tone จะเป็นความถี่ 400 ถึง 450 Hz Modulate กับ 50 Hz ดังต่อเนื่อง (Continuos) นานประมาณ 30 วินาที ถ้าผู้เรียกไม่หมุนเลขหมาย ชุมสายจะตัดเป็นสัญญาณ Busy ทันที

2. **Busy Tone** เป็นสัญญาณเสียงที่บอกให้ผู้เรียกทราบถึงความไม่พร้อมของชุมสายหรือผู้รับปลายทางไม่ว่าง ดังนั้น เมื่อได้ยินเสียง Busy Tone ให้วางหูโทรศัพท์แล้วเริ่มต้นใหม่ ลักษณะของสัญญาณ Busy Tone จะเป็นความถี่ประมาณ 400 ถึง 450 Hz ดังเป็นจังหวะ 0.5 Sec

3. **Ringing Tone** เป็นสัญญาณกระดิ่งดังขึ้นที่เครื่องโทรศัพท์ แสดงว่ามีคนเรียกเข้ามา ซึ่งจะดังที่กระดิ่งที่เครื่องผู้รับเท่านั้น ลักษณะของสัญญาณ Ringing Tone จะเป็นไฟ 90 Volt 25 Hz โดยจะดัง 1 Sec เงียบ 4 Sec

4. **Ring Back Tone** เป็นสัญญาณเสียงที่ดังขึ้นในหูฟังของผู้เรียกเพื่อบอกให้รู้ว่าปลายทางว่าง สัญญาณ Ring Back Tone จะดังสอดคล้องกันกับสัญญาณ Ringing Tone ลักษณะของสัญญาณ Ring Back Tone จะเป็น ความถี่ 400 ถึง 450 Hz โดยจะดัง 1 Sec เงียบ 4 Sec

5. **Nu Tone (Number Unobtained Tone)** เป็นเสียงที่บอกให้ผู้เรียกรู้ว่าเบอร์ที่เรียกไปนั้น ยังไม่ได้ติดตั้ง ลักษณะของสัญญาณ Nu Tone จะเป็นความถี่ 400 ถึง 450 Hz ดังเป็นจังหวะ 0.1 Sec ต่อเนื่องกันไป



บทที่ 2 ระบบชุมสายสายโทรศัพท์

หลักการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ (Telephone Exchange)

การทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ที่มีจุดประสงค์เพื่อต่อการเรียกจากเครื่องโทรศัพท์ที่ยกหูโทรศัพท์ (Handset) ซึ่งตามชื่อทางโทรศัพท์เรียกว่า “ผู้เรียกหรือฝ่ายเรียก” มาจากคำในภาษาอังกฤษว่า “Calling Subscriber หรือ A-Sub “ ไปยังเครื่องโทรศัพท์อีกเครื่องหนึ่งซึ่งเรียกว่า “ ผู้ถูกเรียกหรือฝ่ายเรียก “ (Called Subscriber หรือ B-Sub) เมื่อทั้งสองฝ่ายสามารถสนทนากันได้ เรียกว่า “ ต่อครบวงจรสนทนา “ (Through Connection) ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อ B-Sub ยกหูรับการเรียก (Answer) การคิดเงินค่าบริการ (Charging) จะกระทำในขณะนี้ ถ้าผู้ถูกเรียกไม่ตอบรับก็จะไม่คิดค่าบริการ ผู้เรียกและผู้ถูกเรียกอาจจะอยู่ในชุมสายเดียวกันหรือคนละชุมสายก็ได้ ชุมสายของผู้เรียกจะรับทราบความต้องการและทำการต่อให้ในกรณีผู้ถูกเรียกในชุมสายเดียวกัน แต่ถ้าผู้เรียกและผู้ถูกเรียกอยู่คนละชุมสายก็จะทำการเรียกไปยังชุมสายนั้น ๆ และส่งข้อมูลความต้องการไปให้ชุมสายปลายทาง ซึ่งก็คือเลขหมายของผู้ถูกเรียก ชุมสายที่ผู้ถูกเรียกสังกัดอยู่ก็จะทำการต่อให้ โดยชุมสายของผู้ถูกเรียกจะส่งสัญญาณกระดิ่ง (Ringing) ไปยังเครื่องผู้ถูกเรียก ชุมสายที่ผู้ถูกเรียกสังกัด เราเรียกว่า “ชุมสายปลายทาง” และชุมสายผู้เรียกก็คือ “ชุมสายต้นทาง” ในขณะที่สัญญาณกระดิ่งกำลังดำเนินอยู่นั้น ชุมสายปลายทางจะทำการเฝ้าสังเกต (Supervision) อยู่ตลอดเวลา ในขณะที่ผู้ถูกเรียกได้รับสัญญาณกระดิ่ง (Ringing) อยู่นั้น ถ้าภายในเวลา 72-90 วินาที ผู้ถูกเรียกไม่ตอบรับการเรียกในครั้งนี้นี้การเรียกก็จะถูกยกเลิกไป โดยชุมสายปลายทางจะตัดสัญญาณเรียก และส่งสัญญาณการยกเลิกการติดต่อ (Clear Back) ไปให้ผู้เรียก แต่ถ้าผู้ถูกเรียกยกหูรับก่อนครบเวลา ชุมสายปลายทางจะส่งสัญญาณตอบรับ (Answer) มายังชุมสายต้นทาง ชุมสายต้นทางจะเริ่มคิดค่าบริการในการเรียกนี้กับผู้เรียก ในขณะที่ทั้งคู่กำลังสนทนากันอยู่นั้น ชุมสายต้นทางจะคอยเฝ้าสังเกตการวางหูของผู้เรียก และชุมสายปลายทางจะคอยเฝ้าสังเกตการวางหูของผู้ถูกเรียก ในกรณีที่ผู้เรียกวางหูก่อน ชุมสายต้นทางจะตัดวงจรต่าง ๆ ที่ใช้งานอยู่ในขณะนั้นทันที พร้อมกับส่งสัญญาณยกเลิกการเรียก (Clears Forward) ไปบอกชุมสายปลายทาง ชุมสายปลายทางจะทำการตัดวงจรต่าง ๆ ที่ใช้อยู่ออกไปและส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ไปยังผู้ถูกเรียก ส่วนกรณีผู้ถูกเรียกวางหูก่อนนั้น มีวิธีการที่ซับซ้อนกว่ากันเล็กน้อย คือ ชุมสายปลายทางจะทำเพียงแค่ส่งสัญญาณยกเลิกการต่อ (Clear Back) มาบอกชุมสายต้นทาง ณ ที่ชุมสายต้นทางเมื่อได้รับสัญญาณยกเลิกการต่อ (Clear Back) ก็จะมีการจับเวลาประมาณ 72-90 วินาที ซึ่งในช่วงเวลานี้ชุมสายต้นทางจะยังยอมให้ผู้ถูกเรียกเปลี่ยนใจยกหูขึ้นมาสนทนาต่อได้ แต่ถ้าหมดเวลาแล้วจะทำการตัดวงจรที่ทำงานอยู่

หมดพร้อมกับส่งสัญญาณยกเลิกการเรียก (Clear Forward) ไปบอกชุมสายปลายทาง ซึ่งชุมสายปลายทางก็จะทำการตัดวงจรต่าง ๆ ที่ให้อยู่ออกและส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ไปยังผู้ถูกเรียก แต่ถ้าหมดเวลาแล้วชุมสายต้นทางจะทำการตัดวงจรต่าง ๆ ออกหมด พร้อมกับส่งสัญญาณยกเลิกการเรียกไปยังชุมสายปลายทาง เพื่อให้ชุมสายปลายทางตัดวงจรต่าง ๆ ออกเช่นกัน สำหรับการเรียกภายในชุมสายเดียวกันไม่ต้องมีการส่งสัญญาณต่าง ๆ เพราะภาคควบคุมมีข้อมูลต่าง ๆ ของแต่ละหมายเลขอยู่แล้ว

จากที่กล่าวมาแล้วนั้นเป็นหลักการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์โดยทั่ว ๆ ไป ไม่ว่าจะ เป็นชุมสายประเภทใด ทั้งชุมสายระบบ Crossbar หรือ ระบบ SPC แต่สิ่งที่น่าสนใจอย่างหนึ่งก็คือ การทำงานของเครื่องชุมสายที่กล่าวมานั้นเป็นการต่อการสนทนาระหว่างผู้ใช้ ซึ่งสัญญาณที่ถูกต่อผ่านอุปกรณ์ตัวต่อนั้นก็คือ เสียงพูด (Voice) ที่อยู่ในรูปแบบ Analog โดยชุมสาย Crossbar สามารถต่อผ่านได้ แต่สำหรับชุมสาย SPC นั้นต้องทำการเปลี่ยนเป็นรูปแบบดิจิทัลก่อนจึงจะสามารถต่อผ่านได้ การติดต่อสื่อสารในปัจจุบันนี้ไม่ได้กระทำเฉพาะการสนทนาเท่านั้น ยังมีการสื่อสารในรูปแบบอื่น ๆ อีกมากมาย เช่น การส่งโทรสาร (Fax) การสื่อสารข้อมูล (Data) Videotext Banging ฯลฯ การสื่อสารต่าง ๆ เหล่านี้จะกระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพเต็มที่และลงทุนต่ำนั้น ก็ต้องจำเป็นที่จะต้องทำการต่อผ่านเครื่องชุมสายโทรศัพท์ แต่สัญญาณข้อมูลเหล่านั้นเป็นรูปแบบดิจิทัล ดังนั้นชุมสาย Crossbar จึงไม่สามารถให้บริการกับการสื่อสารดังกล่าวได้ คงจะมีแต่ชุมสายระบบ SPC เท่านั้นที่จะทำการต่อสื่อสารเหล่านั้นได้

ขั้นตอนการทำงานของชุมสายโทรศัพท์พอสรุปได้ดังนี้

ในสภาพของการวางหูของโทรศัพท์ ทางชุมสายก็จะอยู่ในสภาพปกติ แต่เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นใช้งาน ทางชุมสายจะส่งสัญญาณ Dial Tone ออกไปให้เครื่องโทรศัพท์เครื่องนั้นทราบว่าจะทางชุมสายพร้อมที่จะรับเลขหมายแล้ว ทางผู้ใช้เมื่อได้รับสัญญาณ Dial Tone ก็จะหมุนหรือกดหน้าปัดเลขหมายของเครื่องโทรศัพท์ปลายทางออกไป ชุมสายก็จะนำเลขหมายนั้นมาวิเคราะห์ และดูสถานะของเครื่องโทรศัพท์ปลายทาง ถ้าเครื่องโทรศัพท์ปลายทางใช้งานอยู่ ทางชุมสายก็จะส่งสัญญาณ Busy Tone ออกไปให้เครื่องโทรศัพท์ต้นทาง เพื่อให้ผู้ใช้โทรศัพท์ที่เครื่องต้นทางได้ทราบว่าเครื่องโทรศัพท์ปลายทางไม่ว่างมีการใช้งานอยู่ แต่ถ้าเครื่องโทรศัพท์ปลายทางว่าง ทางชุมสายก็จะส่งสัญญาณ Ringing Current ออกไปให้เครื่องโทรศัพท์ปลายทาง และยังคงส่งสัญญาณ Ring Back Tone ออกไปที่เครื่องโทรศัพท์ต้นทาง เมื่อเครื่องโทรศัพท์ปลายทางยกหูรับโทรศัพท์ ชุมสายก็จะเชื่อมโยงโทรศัพท์ทั้ง 2 เครื่องเข้าด้วยกัน และจะเฝ้ามองดูว่าเมื่อไหร่โทรศัพท์ทั้งสองเครื่องจะวาง

หุโทรศัพท์ หรือเลิกสนทนากัน แต่ถ้าเมื่อไหร่ก็ตามที่เครื่องโทรศัพท์ทั้ง 2 เครื่องยกเลิกการพูด หรือวางหุโทรศัพท์ ชุมสายก็จะปรับสภาวะต่าง ๆ ให้เข้าสู่สภาพเดิมทันที ในการเรียกของเครื่องโทรศัพท์ไปยังชุมสายโทรศัพท์นั้น สามารถเรียกได้ 4 วิธี คือ

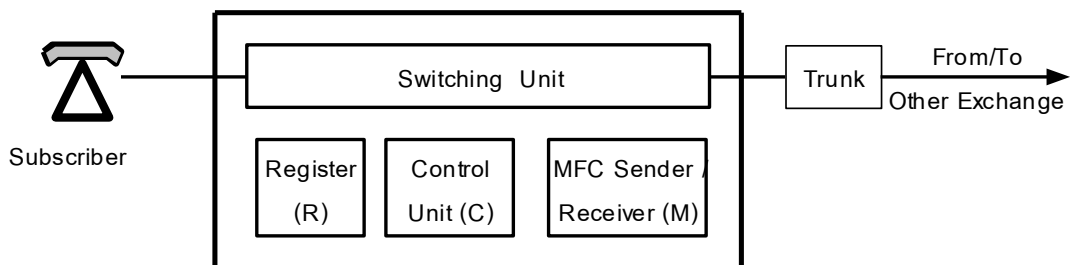
1. การเรียกภายในชุมสายเดียวกัน (Local Call)
2. การเรียกออกไปยังชุมสายอื่น ๆ (Outgoing Call)
3. การเรียกเข้ามาจากชุมสายอื่น ๆ (Incoming Call)
4. การเรียกต่อผ่านจากชุมสายหนึ่งไปยังอีกชุมสายหนึ่ง (transit Call)

โครงสร้างของเครื่องชุมสายโทรศัพท์

ชุมสายโทรศัพท์ที่มีความหมายรวมถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ร่วมกันในการทำหน้าที่ต่อการเรียก นับตั้งแต้ MDF (Main Distribution Frame) ตัวเครื่องชุมสายโทรศัพท์ , Air Condition, Power Supply, Standby Engine เป็นต้น

ข้อเปรียบเทียบภาคควบคุมและภาคตัวต่อของเครื่องชุมสายแต่ละระบบ

ระบบเครื่องชุมสาย	ภาคตัวต่อ	ภาคควบคุม
Manual	Switchboard	Operator
Step By Step	Rotary Switch	Hard-Wire Logic and Direct Control
Crossbar	Crossbar Switch	Hard-Wire Logic
SPC (Analog)	Reed Relay	Store Program Control
SPC (Digital)	Time Division Switch	Store Program Control



รูปที่ 2-1 แสดงโครงสร้างของเครื่องชุมสายโทรศัพท์

ภาคตัวต่อ (Switching Part)

ภาคตัวต่อของตู้ชุมสายระบบ Crossbar และระบบ SPC มีหลักการเดียวกัน คือ ประกอบด้วยภาคตัวต่อย่อย 3 ภาค คือ

1. ภาค Concentration Stage เป็นภาคตัวต่อที่ทำหน้าที่ลดจำนวนตัวต่อเส้นทางการสนทนา (Speech Part) จากคู่สายที่ต่ออยู่ทางด้านขาเข้า (Inlet) ให้สามารถต่อออกไปทางด้านขาออก (Outlet) ได้เพียงจำนวนหนึ่งเท่านั้น ทั้งนี้จะใช้อัตราส่วนของการลด (Concentration Ratio) 2 : 1 , 3 : 1 หรือ 4 : 1 ก็ได้ ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความคับคั่งของการเรียก ในช่วงเวลาที่มีการใช้โทรศัพท์มากที่สุด โดยทั่ว ๆ ไปแล้วจะเป็น 4 : 1 นั่นก็หมายความว่าเครื่องโทรศัพท์ 4 เครื่องจะถูกต่อให้ได้เพียงเครื่องใดเครื่องหนึ่งเท่านั้นในช่วงเวลาดังกล่าว เช่น ถ้าเครื่องชุมสายมีจำนวนโทรศัพท์ 40,000 เครื่อง จะได้รับการต่อใช้งานเพียง 10,000 เครื่องพร้อมกัน จุดมุ่งหมายของภาคนี้ ก็เพื่อเป็นการประหยัดในการสร้างภาคตัวต่อ ทั้งนี้ไม่จำเป็นต้องมีจำนวนตัวต่อเท่ากับจำนวนเครื่องโทรศัพท์ที่ทางด้านขาเข้า

2. ภาค Distribution Stage เป็นภาคตัวต่อที่ทำหน้าที่เพื่อต่อเส้นทางการสนทนา แจกจ่ายไปยังวงจรต่าง ๆ ตามลักษณะของการเรียกทั้ง 4 คือ

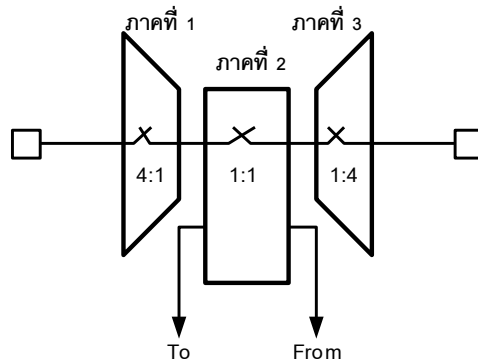
2.1 การเรียกภายในชุมสาย ก็ต่อแจกจ่ายไปยังกลุ่มของเครื่องโทรศัพท์ตามที่ต้องการ

2.2 การเรียกออกไปยังชุมสายอื่น ก็ต่อแจกจ่ายออกไปยังทางออก (Route) ต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงกันระหว่างชุมสาย

2.3 การเรียกเข้ามายังชุมสายเรา ก็ต่อแจกจ่ายเข้าไปให้กับกลุ่มของเครื่องโทรศัพท์ตามต้องการ

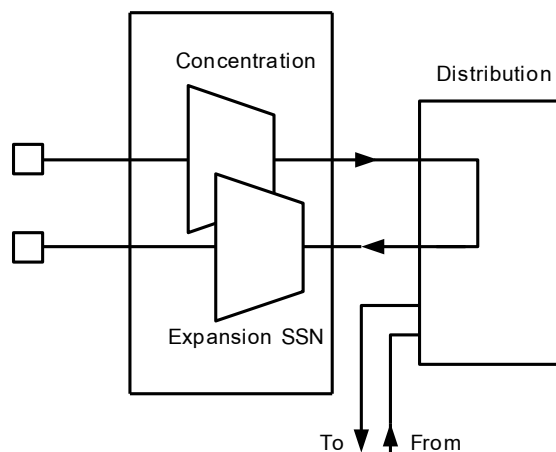
2.4 การเรียกผ่านไปยังชุมสายอื่น ก็ต่อแจกจ่ายออกไปทางต่าง ๆ ตามต้องการ อัตราส่วนของภาคนี้จะเป็น 1 : 1 นั่นก็คืออุปกรณ์ตัวต่อจะมีจำนวนเท่ากับวงจรด้านเข้า เพื่อต่อออกไปยังวงจรด้านออกที่เท่ากันนั่นเอง

3. ภาค Expansion Stage เป็นภาคตัวต่อที่ทำหน้าที่ต่อโดยขยายเส้นทางสนทนาออกไปยังเครื่องโทรศัพท์ที่อยู่ด้านขาออก (B-Sub) ให้เท่ากับจำนวนเครื่องโทรศัพท์ทั้งหมดในชุมสาย ซึ่งถ้าพิจารณาดูจะเห็นว่าเป็นขบวนการที่ตรงกันข้ามกับภาค Concentration Stage แสดงดังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 แสดงโครงสร้างของภาคตัวต่อ

ในทางปฏิบัติเราสามารถที่จะรวมภาค Concentration และภาค Expansion โดยการพับกลับเข้าหากันมารวมกันเป็นภาคเดียวกัน โดยมีสองทิศทาง คือ ขาไปและขากลับ ขาไปก็คือ การพูดส่งจาก A-Sub ผ่านตัวต่อไปยังภาค Concentration ซึ่งจะทำการบีบตัวด้วยอัตราส่วน 4 : 1 แล้วส่งต่อเข้าไปผ่านการต่อด้วยอัตราส่วน 1 : 1 ของภาค Distribution ออกมาวกกลับมาทำการต่อในภาค Expansion ตามด้วยอัตราส่วน 1 : 4 มารับที่หูฟังของ B-Sub ในทางตรงกันข้าม ถ้า B-Sub เป็นผู้พูดก็จะเป็นลักษณะที่สวนทางกัน เนื่องจากทั้งสองภาคนี้เป็นภาคที่เชื่อมโดยตรงกับเครื่องโทรศัพท์ จึงเรียกชื่อใหม่ว่า “ Subscriber Switching Network , SSN ” ส่วนภาค Distribution ทำหน้าที่เสมือนการจุดกลุ่มของตัวต่อ จึงเรียกว่า “ Group Switching Network , GSN ”



รูปที่ 2-3 แสดงถึงการรวมภาค Concentration และภาค Expansion เข้าด้วยกัน เป็นภาค Subscriber Switching Network , SSN

ภาคควบคุม (Control Part)

ภาคควบคุมของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ออกแบบโดยยึดถือหลักการในการสั่งงานของสมองของ Operator ในเครื่องชุมสายระบบ Manual เป็นต้นแบบ ตั้งแต่การคอยสังเกตว่ามีเครื่องโทรศัพท์เรียกเข้ามาหรือไม่ วิเคราะห์ตำแหน่งของเครื่องที่เรียก รับทราบข้อมูลของเลขหมาย B-Sub การทดสอบว่าสภาพของ B-Sub ว่าว่างหรือไม่ การตรวจสอบว่ามีตัวต่อว่างหรือไม่ และการออกคำสั่งให้มือของ Operator ต่อเส้นทางสนทนา เป็นต้น งานต่าง ๆ เหล่านี้เป็นงานหลักของภาคควบคุมของชุมสายของทุกระบบ เพียงแต่วิธีการควบคุมที่ใช้ในแต่ละระบบนั้นแตกต่างกัน วิธีการควบคุมดังกล่าวแบ่งออกได้เป็น 4 วิธี คือ

1. Operator Control คือ การควบคุมการต่อการเรียกโดยใช้ Operator ใช้กับเครื่องชุมสายระบบ Manual
2. Direct Control คือ การควบคุมการต่อโดยตรงจากการหมุนเลขหมายใช้กับชุมสาย Step By Step
3. Common Control คือ การควบคุมการต่อโดย Hard-Wired Logic ที่ใช้ Relay กับ Contacts
4. Store Program Control , SPC คือ การควบคุมการต่อโดยคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำงานตามโปรแกรมที่บรรจุไว้ในหน่วยความจำ (Memory) ให้กับเครื่องชุมสาย SPC

ชุมสายระบบ STORED PROGRAM CONTROL (SPC)

ในปัจจุบันความก้าวหน้าในการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านสารกึ่งตัวนำได้ประสบผลสำเร็จมาก ซึ่งจะสามารถที่จะย่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มากมาย ให้เล็กลงได้โดยมีการทำงานและประสิทธิภาพที่เหมือนเดิม หรือดีกว่าเดิมซึ่งเรียกอุปกรณ์ชนิดนี้ว่าวงจรรวม (INTEGRATED CIRCUIT) หรือ เรียกย่อ ๆ ว่า IC ผู้ผลิตชุมสายโทรศัพท์ได้นำอุปกรณ์เหล่านี้มาออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของชุมสายรวมทั้งเทคโนโลยี ที่เรียกว่า DIGITAL เข้ามาทำให้ระบบชุมสายโทรศัพท์มีความทันสมัย และมีประสิทธิภาพสูงขึ้น นอกเหนือจากการพูดโทรศัพท์ธรรมดาแล้วยังสามารถที่จะส่งสัญญาณภาพให้เห็นกันได้อีก

การนำระบบควบคุมซึ่งเป็นเครื่อง COMPUTER มาเป็นหัวใจในการทำงานทำให้สามารถทำงานได้ อย่างรวดเร็วแน่นอน ลำดับขั้นตอนในการทำงาน (PROGRAM) จะถูกนำมาเก็บบันทึกในหน่วยความจำ (MEMORY) ดังนั้นชุมสายระบบนี้จึงเรียกว่า STORED PROGRAM CONTROL (SPC) ข้อดีเมื่อเทียบกับชุมสาย ระบบ CROSSBAR แล้วมีมากพอที่จะทำให้ผู้ผลิตชุมสายหันมาผลิตชุมสายชนิด SPC และช่วยกันพัฒนาได้ดียิ่งขึ้น ไปอีก ข้อได้เปรียบของชุมสายชนิดคือ

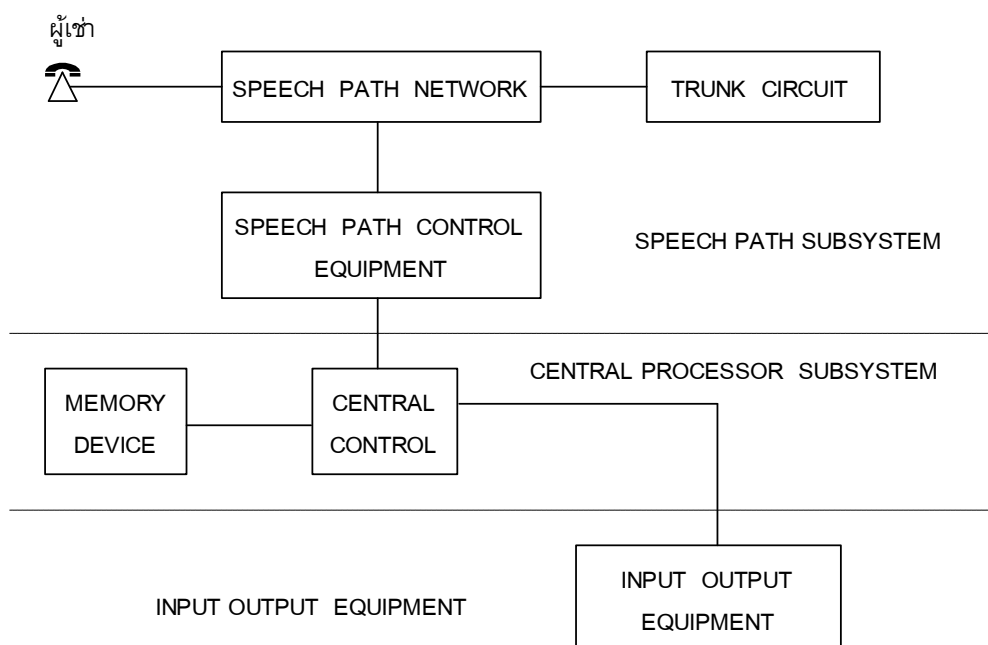
- ง่ายในการเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงหน้าที่การทำงานของเครื่องชุมสาย
- สามารถทำงานเป็นได้ทั้งชุมสายท้องถิ่น (LOCAL EXCHANGE) และชุมสายต่อผ่าน (TRANSIT EXCHANGE หรือ TOLL OFFICE)

- สามารถมีบริการพิเศษ (FACILITIES) ต่างๆ ให้แก่ผู้เช่าหลายอย่างมากขึ้น
- มีระบบการควบคุมดูแลและวิเคราะห์หาสาเหตุเสียได้ดีขึ้น
- ประหยัดเงินในการสร้างวงจรควบคุมที่มีขนาดเล็กลง
- ทำให้ระบบควบคุม (CONTROL SYSTEM) ทำงานได้รวดเร็วมาก
- ง่ายในการเปลี่ยนแปลงและพัฒนา NUMBERING PLAN และระบบการคิดเงิน (CHARGING SYSTEM)

- ทำให้ขนาดของเครื่องชุมสายเล็กลง

ข้อเสียของชุมสาย SPC ก็คือต้องการอุณหภูมิและความชื้นตามที่กำหนด เพราะฉะนั้นระบบ AIR CONDITION จะต้องมีพอ และผู้ที่ซ่อมบำรุงจะต้องศึกษาและมีความสามารถดีพอ

โครงสร้างของเครื่องชุมสาย SPC



รูปที่ 2-4 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องชุมสาย SPC ELECTRONIC SWITCHING

โดยทั่วไปมักจะประกอบด้วยส่วนใหญ ๆ 3 ส่วนคือ

1. SPEECH PART SUBSYSTEM เป็นส่วนหนึ่งของ SWITCHING ทำหน้าที่ต่อวงจรการพูด ระหว่างผู้เข้ากับผู้เข้าไปยังชุมสายอื่นโดยผ่าน TRUNK CIRCUIT หรือ JUNCTION CIRCUIT อุปกรณ์ที่ใช้ใน SUBSYSTEM นี้เป็น ELECTROMAGNETIC DEVICES

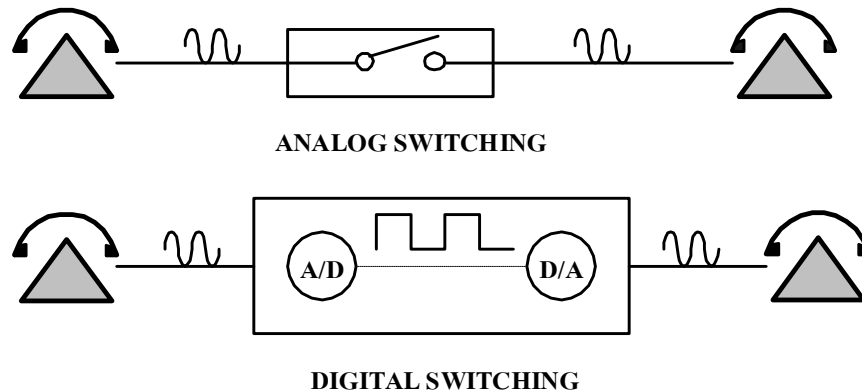
2. CENTRAL PROCESSOR SUBSYSTEM เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมด ของเครื่องชุมสาย โดยที่ CENTRAL CONTROL จะอ่านโปรแกรมและข้อมูลจาก MEMORY DEVICE มาใช้ ควบคุม SPEECH PART SUBSYSTEM และ INPUT/OUTPUT SYSTEM อุปกรณ์ที่ใช้ใน SUBSYSTEM นี้เป็น SPC ELECTRONIC DEVICES

3. INPUT/OUTPUT SUBSYSTEM เป็นส่วนที่มีไว้ให้ช่างเครื่องติดต่อสื่อสารกับเครื่องชุมสาย หรือว่าต้องการบันทึกข้อมูลจากเครื่องชุมสายเก็บไว้ อุปกรณ์ที่ใช้ใน SUBSYSTEM ส่วนนี้มีทั้ง MECHANICAL DEVICE ได้แก่ TELETYPEWRITER PAPER TAPE PUNCHER/READER เป็นต้น และ ELECTROMAGNETIC RECORDING EQUIPMENT ได้แก่ MAGNETIC TAPE UNIT, CARTRIDGE MAGNETIC TAPE UNIT เป็นต้น

ชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC แบบ ANALOG ดังแสดงในรูป ส่วนที่เป็น SPEECH PATH SUBSYSTEM หรือ SWITCHING NETWORK ยังใช้อุปกรณ์จำพวก ELECTROMAGNETIC DEVICE จึงจัดเป็นชุมสายโทรศัพท์ระบบที่เรียกว่า SPACE DIVISION TYPE SEMI-ELECTRONIC SWITCHING SYSTEM คือยังไม่เป็น FULLY DIGITAL ELECTRONIC จึงเรียกชุมสายโทรศัพท์ระบบนี้ว่า SPC ANALOG SWITCHING SYSTEM หรือ เรียกสั้น ๆ ว่า ระบบ ANALOG SPC ชุมสายโทรศัพท์ระบบนี้มีข้อดีคือ สามารถใช้ในการเชื่อมโยง (INTERFACE) กับชุมสายระบบเดิม เช่น ระบบ CROSSBAR ที่มีอยู่ได้ง่าย

เมื่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC แบบ ANALOG ได้พัฒนามาเป็นระบบ FULLY DIGITAL ELECTRONIC SWITCHING SYSTEM โดยการนำเอา DIGITAL ELECTRONIC COMPONENT มาใช้ใน SPEECH PATH SUBSYSTEM หรือภาค SWITCHING NETWORK เครื่องชุมสายโทรศัพท์ระบบนี้จึงมีชื่อว่า TIME DIVISION TYPE ELECTRONIC SWITCHING SYSTEM หรือเรียกกว่า ระบบ SPC DIGITAL SWITCHING SYSTEM เพื่อเป็นการแนะนำให้ผู้รู้จักกับ

ชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC แบบ DIGITAL ขอให้พิจารณาความแตกต่างระหว่าง ANALOG SWITCHING กับ DIGITAL SWITCHING ดังแสดงในรูป 2-5



รูปที่ 2-5 แสดงความแตกต่างระหว่าง ANALOG กับ DIGITAL SWITCHING

ชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC แบบ ANALOG นั้น สัญญาณจากโทรศัพท์แต่ละเครื่องจะถูกต่อเข้าหากันอยู่ ส่วนแบบ DIGITAL สัญญาณ ANALOG จากโทรศัพท์แต่ละเครื่อง จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณ DIGITAL ก่อน แล้วจึงถูกส่งเข้าไปยังภาค DIGITAL SWITCHING และจาก DIGITAL SWITCHING สัญญาณ DIGITAL จะถูกแปลงกลับไปเป็น ANALOG อีกครั้งหนึ่ง ก่อนที่จะส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์อีกเลขหมายหนึ่ง

โครงสร้างพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC แบบ DIGITAL สามารถแบ่งออกได้ 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. DIGITAL SWITCHING SUBSYSTEM เป็นส่วนของ SWITCHING ที่ถูกใช้ในการติดต่อวงจรของ ผู้เข้า สัญญาณจากเครื่องโทรศัพท์ของผู้เข้าจะถูกเปลี่ยนจาก ANALOG มาเป็น DIGITAL โดยวงจร CODEC ก่อนเข้ามาที่ DIGITAL SWITCHING NETWORK หรือ TIME DIVISION SWITCH และก่อนที่จะต่อออกไปยังผู้เข้าอื่น ๆ หรือ ANALOG TRUNK สัญญาณ DIGITAL จะถูกเปลี่ยนกลับไปเป็น ANALOG อีกครั้งหนึ่งโดยวงจร CODEC

2. CENTRAL PROCESSOR SUBSYSTEM เป็นส่วนที่ควบคุมการทำงานของ DIGITAL SWITCHING SUBSYSTEM และ INPUT / OUTPUT SUBSYSTEM ซึ่งประกอบด้วย CENTRAL

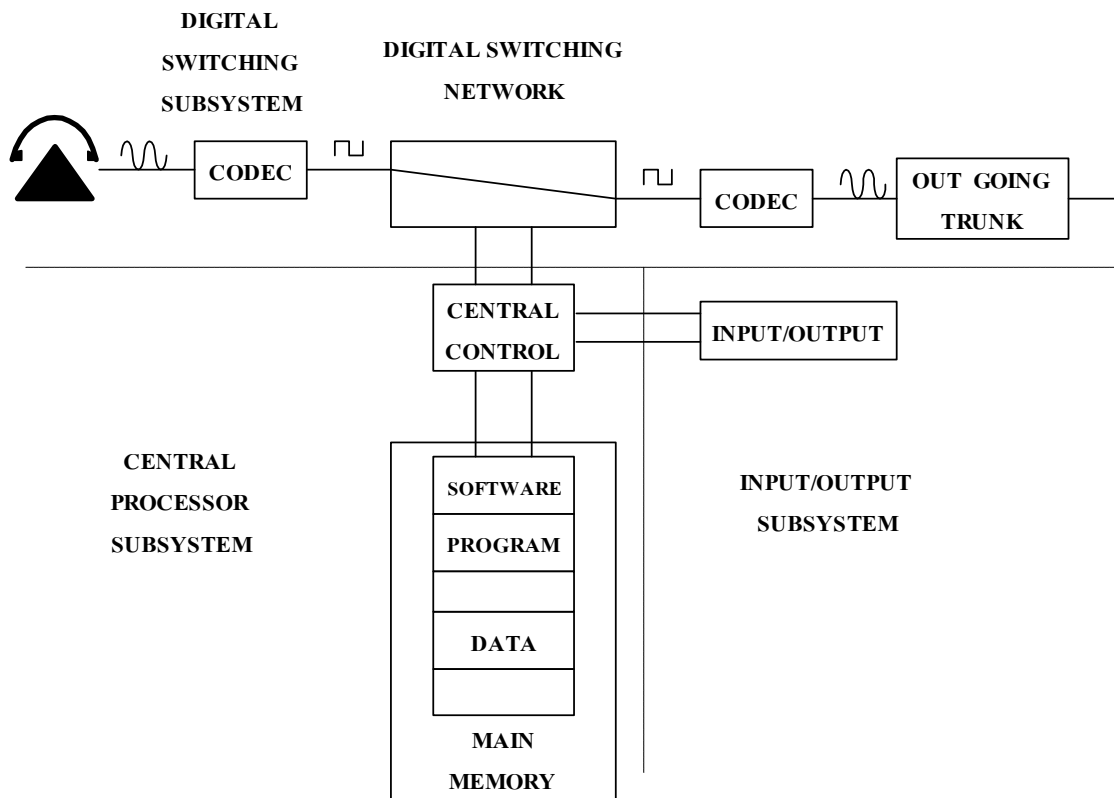
CONTROL (CC) และ MAIN MEMORY (MM) โดยที่ CENTRAL CONTROL จะอ่านโปรแกรมและข้อมูลจาก MAIN MEMORY มาใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งระบบ

3. INPUT / OUTPUT SUBSYSTEM ส่วนนี้จะประกอบด้วย

- TELETYPE WRITER (TTY) เป็นอุปกรณ์สำหรับช่างชุมสายโทรศัพท์พิมพ์คำสั่งป้อนเข้าเครื่องชุมสายโทรศัพท์ หรือเครื่องชุมสายโทรศัพท์รายงานการทำงานออกมาทาง TTY ซึ่งจะเป็นว่า TTY มีประโยชน์ในการติดตั้ง การซ่อมบำรุง และการเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลต่าง ๆ

- CARTRIDGE MAGNETIC TAPE เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลที่มีอยู่ใน MAIN MEMORY มีหน้าที่เป็นตัว BACK UP MAIN MEMORY ในกรณีที่เกิดข้อขัดข้องขึ้นใน MAIN MEMORY

- MAGNETIC TAPE เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับบันทึกช่วงเวลาการเรียกโทรศัพท์ทางไกล ซึ่งเรียกว่า CAMA (CENTRALIZED AUTOMATIC MESSAGE ACCOUNTING) ในกรณีที่ชุมสายโทรศัพท์ ทำงานเป็นชุมสายต่อผ่านทางไกล และเรียกว่า LAMA (LOCAL AUTOMATIC MESSAGE ACCOUNTING) ในกรณีที่ชุมสายโทรศัพท์ทำงานเป็นชุมสายท้องถิ่น นอกจากนี้ MAGNETIC TAPE ยังใช้ในการ LOAD MEMORY ได้อีกด้วยดังแสดงในรูป 2-6



รูปที่ 2-6 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC แบบ DIGITAL

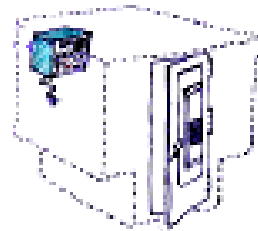
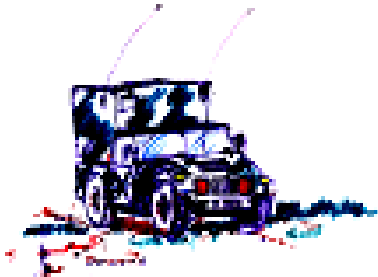


บทที่ 4 เทคนิคของการใส่ดิน (Grounding Technique)

กล่าวทั่วไป เรื่องของดินนับว่าเป็นหลักการปฏิบัติมาตรฐานประการหนึ่ง เกี่ยวกับงานทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราควรจะทราบถึง เทคนิคการใส่ดินนั้นเราใส่เข้าไปทำไมและถ้าใส่ จะใส่อย่างไรอีกด้วย การที่เราใส่ดินก็เพราะว่าจะได้ ป้องกันเรา และเครื่องมือให้พ้นจากอันตรายจาก ไฟฟ้า โดยไม่สมควร นอกจากนี้การใส่ดินยังเป็นสิ่งที่จะช่วยให้เครื่องมือ ของเราทำงาน ได้อย่างดีด้วย

ประเภทของดิน แบ่งออกเป็น

1. Earth ground (ดินพื้นโลก) ในบางครั้งเราคงจะเคยเห็นสภาพที่เกิด ขึ้นในทันที ที่ฟ้าผ่าลงบน ต้นไม้ ปกติ ต้นไม้จะมีระบบรากหยั่งลึกลงไปดิน ทำให้เกิดเป็นเส้นทางผ่านลงดิน แก่ประจุไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม ประจุทาง ไฟฟ้านี้สามารถจะก่อตัวขึ้นภายในตัวเครื่องมือของเราได้ ดังนั้น จึงนับว่าเป็นเรื่องจำเป็นที่เราควรมีเส้นทางผ่านของประจุ เหล่านี้ลงดินเสียก่อนที่มันจะเกิดอันตราย ต่อเราขึ้น ดังรูปที่ 4-1

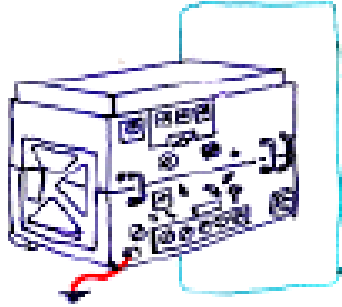


รูปที่ 4-1 แสดง Earth ground (ดินพื้นโลก)

รูปที่ 4-2 แสดง Equipment ground (ตัวเครื่องเป็นดิน)

1. Equipment ground (ตัวเครื่องเป็นดิน) เราจำเป็น ต้องมีตัวเครื่องเป็นดินที่ดี ก็เพื่อจะได้ ต่อส่วนต่าง ๆ ของเครื่องมาลงดินที่จุดร่วมซึ่งก็ได้แก่ตัวเครื่องนั่นเอง การใส่ดิน ลักษณะนี้ก็คือการ ต่อส่วนที่เป็นโลหะ เช่น ฐานติดตั้ง, ก่อ่งใส่, ฝาปิดกันฝุ่น, สายเคเบิลมี Shield ฯลฯ ของเครื่องมาลงดิน นั่นเอง การใส่ดินนี้ก็เพื่อเป็นการป้องกันตัวเรายามที่สัมผัสถูกเครื่องและเป็นการป้องกันเครื่องมือ ให้เกิดการเสียหายขึ้นนั่นเอง ดังรูปที่ 4-2

3. Chassis ground (ฐานเครื่องเป็นดิน) ปกติเราจะใช้วิธีนี้กับเครื่องมือทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจน ยานพาหนะซึ่งเราอาจจะพบเห็นได้ทั่วไป จากยุทธโศภรณ์ ทางการสื่อสาร ที่มีใช้อยู่ทั่วไปในกองทัพ หรือการต่อดินในยานพาหนะที่เราใช้งานอยู่ ก็ล้วนแล้วแต่ต่อลงที่ Chassis ทั้งสิ้นเพราะ ว่าขั้วลบของ Battery นั้นโดยปกติ จะถูกต่อลง Chassis ดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 Chassis ground (ฐานเครื่องเป็นดิน)



รูปที่ 4-4 หลักรดิน (Ground Rod)

ระบบของดิน แบ่งออกเป็น

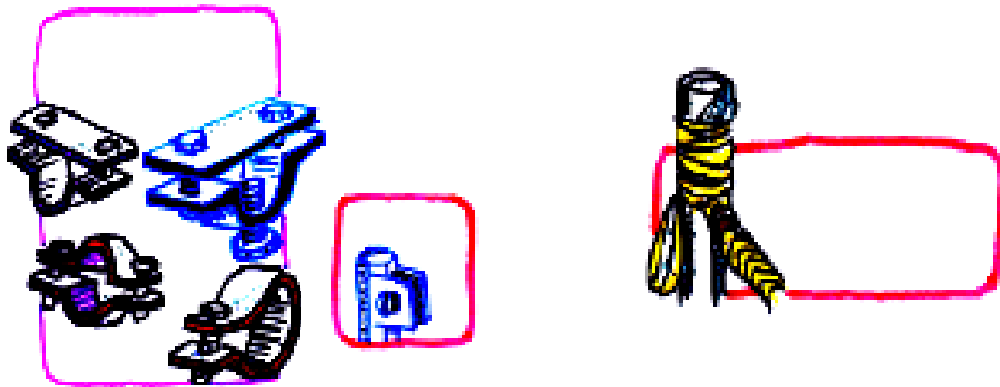
1. หลักรดิน (Ground Rod) ดังรูปที่ 4-4 นับว่าเป็นระบบดินที่ใช้มากที่สุดและก็นับว่าเป็นระบบ ที่มีการใช้ที่ผิดพลาด มากที่สุดด้วย ปกติแล้วหลักรดินจะถูกทำขึ้นจากโลหะที่ยากต่อการผุพัง และขึ้นสนิมได้ง่าย อย่างไรก็ตาม หลักรดินมักจะต้องมี แถบสายดินสำหรับต่อ พร้อมด้วยสกรูยึดเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย จึงนับว่าสมบูรณ์

2. แถบสายดิน (Ground Strap) ที่นับว่า ดีที่สุด ก็คือ แถบที่ทำด้วยสายทองแดงเส้นเล็ก ๆ ในกรณีที่เราไม่มี แถบสายดินเราก็อาจจะใช้สายทองแดงเส้นใหญ่ ๆ แทน ก็ได้ มีหลักรอยู่ 3 ประการเกี่ยวกับแถบสายดินที่เราจะต้องจำไว้ก็คือ ข้อแรกสายต้องสั้น ข้อสอง การต่อต้องให้ยึดแน่น และ ข้อสาม ต้องให้สายสะอาดและยึดแน่น การต่อแถบสายดิน จะต้องใส่ให้ถูกต้องและเหมาะสม เพื่อให้ได้ดินที่ดี โดยปกติแล้วเครื่องมือ (เช่น เครื่องยนต์ทำไฟ หรือ Shelter ฯลฯ) มักจะมี Terminal screw สำหรับต่อ สายดินไว้ให้ด้วยเสมอ การต่อสายดินเข้ากับ หลักรดิน เราก็อาจจะทำได้ทั้งในแบบ ขันน็อต หัวประกบ (Ground Clamp) หรืออาจจะต้อง ใช้วิธีพัน รอบ ๆ ก็ได้ และโดยเหตุที่ Terminal Screw นั้นเป็นส่วนหนึ่งของหลักรดินจะต้อง ขันเข้าให้แน่นอย่างเหมาะสม เพื่อให้มันยึดสายดินให้ติดแน่นกับหลักรดิน

ในกรณีที่หลักดินไม่มี Terminal Screw เราควรจะใช้หัวประกับเพื่อต่อสายดินเข้ากับ หลักดิน หัวประกับนี้จะทำขึ้น หลายรูปแบบที่แตกต่างกันออกไปทั้งขนาดและรูปร่าง แต่ไม่ว่าจะเป็น แบบไหน จุดประสงค์หลัก ก็คงมีประการเดียว คือ ใช้เพื่อยึดสายดินให้ติดแน่นกับหลักดิน ดังรูปที่ 4-5

การพันสายดินรอบหลักดิน วิธีที่จะใช้ก็ต่อเมื่อหลักดินนั้น ไม่มีทั้ง Terminal Screw หรือหัวประกับ (Ground Clamp) วิธีการก็คือใช้สายเปลือย (เช่นสายโทรศัพท์ก็ได้) พันรอบ ๆ สายดินให้ยึดติดกับ หลักดินประมาณ 24 รอบ แล้วจึงมัดกาวให้สายยึด, สายดินและหลักดิน เชื่อมติดกัน แต่ถ้าเราไม่สามารถจะทำการมัดกาวได้ก็ให้ขมวดปลายสายพันให้แน่นที่สุดเท่าที่จะแน่นได้ แล้วจึงใช้ผ้าเทปพันทับอีกครั้ง เพื่อป้องกันความชื้น ดังรูปที่ 4-6

ข้อควรจำก็คือไม่ว่าเราจะทำการต่อสายดินด้วยวิธีใด ๆ ก็ตามจะต้องระลึกเสมอว่า **“ต้องสะอาดและยึดแน่น”**



รูปที่ 4-5 แสดงแถบสายดิน (Ground Strap)

รูปที่ 4-6 แสดงพันเทปป้องกันความชื้น

การติดตั้งระบบดิน

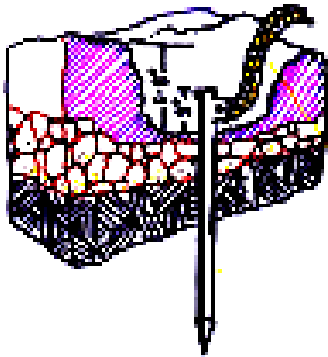
ระบบของหลักดินจะทำงานได้ดีเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับหลักดินและการติดตั้งของเรา **ประการแรก** ก็คือทำความสะอาดหลักดิน เช็ดล้าง สี, ไข, คราบน้ำมัน ฯลฯ ออกให้หมด

ประการที่สอง เราควรจะต้องหลักดิน ลงไปถึงดินชั้นล่าง (Subsoil) เพื่อให้ได้ดินที่ดี เพราะดิน ผิวพื้น นั้นวากันจริง ๆ แล้วไม่ใช่ตัวนำไฟฟ้าที่ดี ดังนั้นเราจึงควรขุดหลุม ให้ลึกลงไปใต้ดินในทางลึกประมาณ 6-8 นิ้ว ทางขวางประมาณ 18 นิ้ว ลักษณะนี้จะทำให้หลักดินลงไปถึงดินชั้นล่างและขณะเดียวกัน ก็จะทำให้เรามีพื้นที่เพียงพอ ต่อการทำงานด้วย

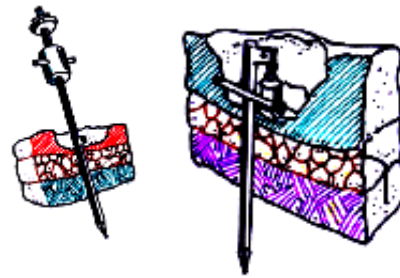
ประการที่สาม การตอกหลักดินนั้นเราควรตอกลงให้เป็นมุมตรง เพื่อให้ได้การทำงานที่ดี การตอก ก็ควร จะวางน้ำหนักให้พอดีเพื่อให้หลักดินเจาะลึกลงไปใต้ดิน เพราะถ้าน้ำหนักการตอก เบา

มากขึ้น เท่าใด ก็เท่ากับเราไปก่อควนให้ดิน แยกตัวออกไปน้อยลงเท่านั้น ซึ่งก็เท่ากับเป็นการทำให้หลักดินสัมผัส โดยตรงกับดินมากขึ้นเท่านั้น

ประการสุดท้าย เมื่อตอกลึกลงไปจนส่วนหัวของหลักดินอยู่เหนือผิวดินกันหลุมประมาณ 3 นิ้ว ก็ให้ทำการต่อสายดิน เข้ากับหัวของหลักดินตามวิธีการที่กล่าวมาแล้ว จากนั้นก็นำน้ำราดให้ดินรอบ ๆ หลักดินให้ชุ่ม กลบหลุมด้วยเศษดิน และคอยระวัง ให้ดินรอบ ๆ หลักดินนี้ขึ้นอยู่เสมอ เราก็จะได้ระบบ ดินที่ดีตามต้องการ ดังรูปที่ 4-7



รูปที่ 4-7 แสดงการติดตั้งระบบดิน



รูปที่ 4-8 แสดงการถอนหลักดิน

การถอนหลักดิน

ถึงขั้นตอนนี้ก็ต่อเมื่อเรา สำเร็จภารกิจและต้องการเคลื่อนย้ายหลักดิน ออก และเราก็จะพบว่าหลักดินนั้นยากต่อการ ถอดถอน ซึ่งการถอดถอนหลักดินนี้ จะมีข้อ จำกัดอยู่ที่วิธีการของเราและเครื่องมือที่มีเท่านั้น วิธีง่าย ๆ 2 ประการ ในการถอดถอน หลักดินออกก็คือ ใช้แม่แรงรถยนต์ หรือใช้ฆ้อนเลื่อนทิศทาง (Slip - Hammer) ดังรูปที่ 4-8

การใช้วัสดุใต้ดิน

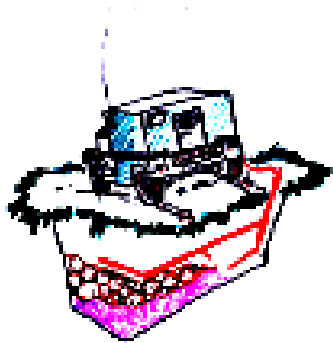
ถ้าวัสดุเหล่านั้นฝังลึกอยู่ใต้ดินมาก พอเราก็อาจนำมาใช้เป็นระบบดินได้เลยทันที วัสดุเหล่านี้ อาจจะเป็นท่อประปา, โครงสร้างอาคารที่เป็นเหล็ก, หล็กโลหะ, ถังเก็บใต้ดิน หรือ อะไรก็ได้ที่มีลักษณะเช่นนี้ ข้อควรระวังก็คือถ้าเรา ใช้ท่อประปา หรือถังเก็บใต้ดินแล้วละก็ เราจะต้องมั่นใจว่า มันไม่ใช่ท่อหรือถังน้ำมันหรือของเหลวที่เป็นวัสดุไวไฟหรือเป็นแก๊ส

การต่อสายดินเข้ากับวัสดุเหล่านี้ก็คงปฏิบัติในลักษณะเดียวกับการต่อเข้ากับหลักดิน อาจจะใช้ทั้งในแบบใช้ หัวประกบหรือพันรอบ ๆ อย่างใดอย่างหนึ่งนอกจากเสียจากว่าวัสดุนั้น จะมีที่ขึ้นน็อต อยู่ด้วย ข้อควรระวังก็คือบริเวณจุดต่อนั้น จะต้องสะอาด การเชื่อมต่อจะต้องแน่นแฟ้น จากนั้นจึงต่อ

ปลายสายดินเข้ากับเครื่องมือของเราข้อควรระวังอีกประการก็คือ วัสดุที่เราจะใช้นั้น ต้องเป็นโลหะ ไม่ใช่ทำจากพลาสติก

แผ่นโลหะทำเป็นดิน (Ground Plate)

ในกรณีที่เราไม่อาจจะหาดินที่ดีจากการใช้ระบบหลักดินได้ ตลอดจนวัสดุใต้ดินก็ไม่มี เราก็อาจหันมาใช้แผ่นโลหะ แทนได้ แผ่นโลหะนี้เราต้องจัดทำขึ้นให้มีขนาด 3 ฟุต x 3 ฟุต หรือใหญ่กว่า ก็ได้ พร้อมด้วยสายดินต่อเข้าจุดกึ่งกลางของแผ่นโลหะ อย่างมั่นคง วิธีการก็คือเจาะรูตรงกลาง แผ่นโลหะ แล้วขันยึดสายดินให้ติดแน่นกับแผ่นโลหะด้วยหัวน็อตหรือตะปูควงเมื่อทำเสร็จ แล้วให้ทำการขุดหลุมให้ลึกอย่างน้อยที่สุด 4 ฟุต เพื่อวางแผ่นโลหะ อย่างลึ้ม ทำให้ดินรอบ ๆ แผ่นโลหะ ให้ชุ่มชื้นอยู่ตลอดเวลา จากนั้นให้นำสารเคมี (จะกล่าวถึงต่อไป) ลงละลายในน้ำแล้วจึงนำมาราดลง เพื่อให้ได้ดินที่ดีขึ้น ข้อสังเกตนี้คือ แผ่นโลหะนี้จะใช้งานได้ดีในพื้นที่ทะเลทราย หรือแห้งแล้งมาก ๆ ดังรูปที่ 4-10



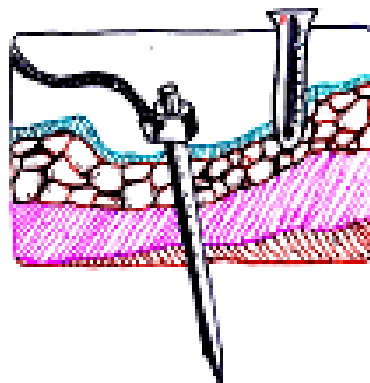
รูปที่ 4-9 การใช้วัสดุใต้ดิน



รูปที่ 4-10 แสดงแผ่นโลหะทำเป็นดิน (Ground Plate)

สภาวะของดิน (Soil Condition)

เพียงแต่การสัมผัสกับผิวโลกได้นั้นหาได้เป็นหลักประกันว่าเราจะได้ดินที่ดีไม่ เพราะไม่ว่าจะเป็น ชนิดของดิน, ส่วนผสม ความชุ่มชื้นและอุณหภูมิของดิน ล้วนแล้วแต่มีผลต่อการทำงานของระบบดิน ของเราทั้งสิ้น แสดงดังรูปที่ 4-11.1



รูปที่ 4-11.1 แสดงสภาวะของดิน (Soil Condition)

ชนิดของดิน (Soil Type) ดินสามารถจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดก็จะมีคุณภาพเป็นดินของ วงจรไฟฟ้าที่แตกต่างกันออกไป

ชนิดของดิน	คุณภาพของการเป็นดิน
ดินร่วนซุย ความชื้นสูง	ดีมาก
ดินโคลน,ดินอุดม,ดินดาน	ดี
ดินผสม(ดินโคลน,ดินอุดม,ดินดาน,ผสมกันกับกรวดหรือทราย)	เลว
กรวด,ทรายหรือหิน	เลวมาก

โดยปกติแล้วดินจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ชั้นอย่างเด่นชัด โดยชั้นแรก (1 ถึง 6 นิ้ว) จะเป็นดินชั้นบน ซึ่งปกติจะแห้ง และหลุดตัวง่ายจึงให้ความนำไฟฟ้าไม่ดี สำหรับดินชั้นที่ 2 เป็นดินชั้นล่างลงไป ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปแล้วจะกอดตัวกันแน่น และอุ้มความชื้นเอาไว้จึง สามารถเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุด

องค์ประกอบของความชื้น

ดินเปียกจะยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ดีกว่าดินที่แห้ง และจะเป็นตัวที่ทำให้ระบบดิน ของเราทำงานได้ดีกว่า ฉะนั้นเราจึงควรนำสารเคมีเข้ามาใช้ด้วยถ้าทำได้และจะต้อง ระวังรักษาให้ดิน มีความชื้นอยู่เสมอ ดังรูปที่ 4-11.2

อุณหภูมิ

ตัวนำที่จัดว่าเลว เช่น น้ำแข็งดังนั้นถ้าดินของเรามีอุณหภูมิลดต่ำลงมากกว่า 32 องศาฟาเรนไฮต์และก็ความชื้น ในดินก็จะจับตัวแข็งจึงเป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพของ ระบบดินของเราลดลง ตามไปด้วย เราสามารถจะชดเชยการลดต่ำลง ของอุณหภูมิได้โดย การจัดระบบดินเอาไว้ใกล้ ๆ กับแหล่งที่อยู่ใกล้กับความร้อน เช่น อยู่ใกล้เครื่องยนต์ ทำไฟหรืออยู่ใกล้ ๆ กับท่อไอเสียของยานพาหนะ ดังรูปที่ 4-12



แผนกวิชาการสื่อสารประ...



โทร 96612

รูปที่ 4-11.2 แสดงองค์ประกอบของความชื้น

รูปที่ 4-12 แสดงอุณหภูมิ

การปรับปรุงดิน

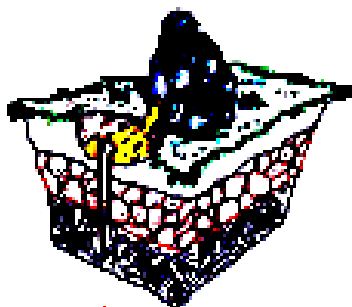
เราสามารถจะใช้สารเคมีใส่ลงในดินที่มีคุณภาพเลวหรือเลวมากเพื่อให้กลับเป็นดินที่ดีได้ สารเคมีดังต่อไปนี้ได้จัด ลำดับความนิยมและได้ผลดีตลอดจนมีการกัดกร่อนน้อยต่อ ระบบดิน คือ

1. แมกนีเซียม ซัลเฟต ($MgSO_4$)
2. คอปเปอร์ ซัลเฟต ($CuSO_4$)
3. แคลเซียม คลอไรด์ ($CaCl_2$)
4. โซเดียม คลอไรด์ ($NaCl_2$)
5. โพแทสเซียม ไนเตรท (K_2NO_3)

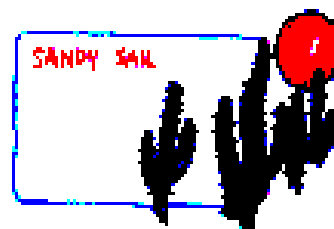
สำหรับหมายเลข 4 ก็คือเกลือแกงธรรมดา ๆ และเราก็สามารถจะหาได้ง่าย มีวิธีใช้ดังนี้ ดังรูปที่ 4-13 ให้ทำการขุดหลุม ลึกประมาณ 1 ฟุต กว้าง 3 ฟุต จัดการผสมเกลือ 5 ปอนด์ กับน้ำ 5 แกลลอน แล้วนำมาเทใส่ลงไป ในหลุม ปล่อยให้ มีการดูดซึมสักครู่จากนั้นจึงติดตั้งหลักดินและต่อสายดิน แล้วจึงกลบหลุม คอยระวังดูแลให้ดินรอบ ๆ หลักดินมีความชื้นอยู่เสมอ

สภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ

ในภูมิภาคที่เป็นทะเลทรายหรือภูเขา และสภาพภูมิอากาศแถบขั้วโลกเหนือหรือเขตร้อนนั้น ต่างก็ก่อให้เกิดปัญหา ต่อการที่จะได้มาซึ่งความเป็นดินที่ดีที่แตกต่างกันออกไปหลายรูปแบบ สภาวะ ต่าง ๆ เหล่านี้ อาจเป็นตัวทำให้เราต้องดำเนินการจัดระบบดิน ที่แตกต่างกันออกไปจากการปฏิบัติ ตามปกติได้ ดังรูปที่ 4-14



แผนก



เรียนทหารสื่อสาร โทร 96

รูปที่ 4-13 แสดงการปรับปรุงดิน

รูปที่ 4-14 แสดงสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ

ทะเลทราย

นับว่าเป็นดินทรายที่แห้งแล้งและรวมตัวกัน น้อยที่สุด ดินทรายของทะเลทราย นับว่าเป็นดินที่มีคุณสมบัติ ทางไฟฟ้าที่เร็วที่สุด แต่ก็อาจมีวิธีการปฏิบัติได้ 2 วิธี คือ

1. ใช้หลักดินที่ติดตั้่งง่ายและอาจมีความจำเป็นต้องใช้หลาย ๆ หลักต่อเข้าด้วยกันก็ได้เพื่อให้ได้ดินที่ดี

2. ใช้แผ่นโลหะ วิธีนี้นับว่าได้ผลดีกว่าการใช้หลักดินเพราะเราจะได้พื้นที่เป็นโลหะ ถูกต่อเข้ากับดินได้มากกว่าระบบที่ใช้แผ่นโลหะนี้ อาจจะทำให้การติดตั้งกระทำได้ เร็วกว่าและง่ายกว่าการใช้หลักดินหลาย ๆ หลัก ถ้าไม่คำนึงถึงชนิดของระบบดินที่เราใช้ แล้วละก็ เราสามารถจะเพิ่มประสิทธิภาพของมันได้ ด้วยการใส่สารเคมีปรับปรุงดิน และ รักษาสภาพดินนั้นให้ขึ้นอยู่เสมอและถ้าเป็นไปได้ก็ควรจะมีมัดกับเครื่องมือให้อยู่ใกล้ ๆ กับ โอเอซิสหรือทางน้ำใต้ดิน

ภูเขา

การเลือกที่ตั้งสถานีจะเป็นกุญแจไขปัญหาอันเกิดจากระบบดิน ยกตัวอย่าง เช่น เราอาจจะได้ระบบดิน ที่ดีมาได้โดยการเลือกที่ตั้งให้อยู่ใกล้ ๆ ลำธาร

เขตร้อน

หลักดินและสายดินที่จ่ายมาพร้อมกับเครื่องมือนั้นควรจะเป็นชนิดที่เป็นตัวนำที่ดี สำหรับเขตร้อน (ป่าเขา, ป่าที่มีฝนชุก ฯลฯ) โดยทั่ว ๆ ไปแล้วดินจะชุ่มชื้นและสามารถ ตอกหลักดินได้ง่าย ปัญหาหลักในเขตร้อนก็คือการสึกกร่อนจะเกิดขึ้น อย่างรวดเร็ว จุดต่อ ระหว่างสายดินกับหลักดิน จะต้องระวังรักษาให้สะอาดและแห้งอยู่เสมอ (เทปที่ใช้พันควร เป็นแบบกันน้ำได้) เพื่อให้มั่นใจได้ว่าจะเป็นการผ่านของกระแสไฟฟ้าได้ดีนั่นเอง

เขตหนาว

ถ้าดินเกิดการแข็งตัวขึ้นก็นับว่าเป็นการยากต่อการที่จะได้มาซึ่งระบบดินที่ดี แต่ถ้าเรามีวัสดุบางอย่างติดตั้่งอยู่ใต้ดิน ดีแล้ว เช่น อาคารหรือท่อใต้ดิน เช่นนี้เราก็ สามารถจะต่อระบบดินเข้าได้เลย หรือถ้าไม่เช่นนั้นเราก็อาจใช้วิธีตอกหลักดินหลาย ๆ หลักลงตามจุดต่าง ๆ เพื่อให้ได้จุดที่สามารถ

จะตอกหลักดินลงไปได้ลึกที่สุดเท่าที่จะทำได้และถ้าเรา ไม่สามารถ จะหาดินที่ดี ๆ การนำไฟฟ้าสูงได้ เราก็อาจจะต้องใช้สารเคมีเข้ามาช่วยแก้ไขสภาวะดินให้ดีขึ้น

เกร็ดความรู้ที่เป็นประโยชน์

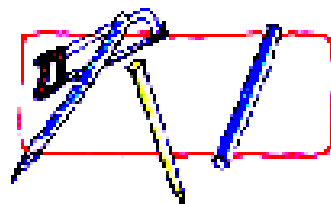
เนื้อหาที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อช่วยเหลือในกรณีที่มีปัญหาเกี่ยวกับดิน

การสร้างข่ายหลักดิน

ในกรณีที่หลักดินเพียงหลักเดียวไม่ก่อให้เกิดดินที่ดีได้ ก็ลองพยายามสร้างข่ายหลักดินนี้ โดยการ ตอกหลักดิน เพิ่มขึ้นโดยเว้นระยะห่างกัน ประมาณ 6 ฟุต แล้วเชื่อมต่อกันไปแบบขนาน ถ้าหากเราใช้หลักดินเพียง 3 หลักก็ให้ จัดรูปแบบ เป็นเส้นตรงหรือเป็นรูปสามเหลี่ยม แต่ถ้าเราใช้หลักดินมากกว่า 3 หลัก ที่นับว่าดีที่สุด ก็คือวางเป็นเส้นตรง จากการใช้ข่ายหลักดินเช่นนี้จะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของพื้นที่ ระบบหลักดิน ที่สัมผัสกับดินมีมากขึ้น ดังนั้นจึงเท่ากับ เป็นการทำให้เกิดเส้นทาง เดินของกระแสไฟฟ้าลงดิน ที่ดีกว่าชิ้นนั่นเอง

การปรับปรุงแก้ไขหลักดิน

ในบางครั้งเราไม่สามารถจะหาหลักดินได้ อาจจะเกี่ยวเนื่องมาจากสถานะการณ์ทางยุทธวิธี จนเราไม่มีเวลาที่จะตรวจ คั้นและเก็บรวบรวมได้ เราก็อาจจำเป็นต้องใช้หลักดินที่ดัดแปลงทำขึ้นมาเองเพื่อให้ได้ดินที่ดีขึ้นได้ แต่เราต้องแน่ใจว่าวัสดุ ที่ใช้นั้น จะต้องมีความแข็งแรงพอที่จะรองรับการตอกลงไปนดินได้ โดยไม่เอ หรือหัก ที่จัดว่าดีมากที่สุดควรจะเป็นแท่งทองแดง ขนาดยาว 6 ฟุต หนา/รอบวง 3/4 นิ้ว ดังรูปที่ 4-15 วัสดุที่ใช้แทนได้อีกอย่างก็คือท่อนเหล็ก โดยเราสามารถจะตัดให้มีขนาด ความยาวเท่ากับหลักดินจริงได้และส่วนปลายก็สามารถใช้ แสคชอตบแต่งให้ปลายแหลม เหมือนตะปูเพื่อให้ง่ายต่อการตอก ลงไปในดิน เสาร์หัวเหล็กเราก็สามารถนำมาดัดแปลงใช้ แทนหลักดินได้



รูปที่ 4-15 แสดงการสร้างข่ายหลักดิน

รูปที่ 4-16 แสดงการปรับปรุงแก้ไขหลักดิน

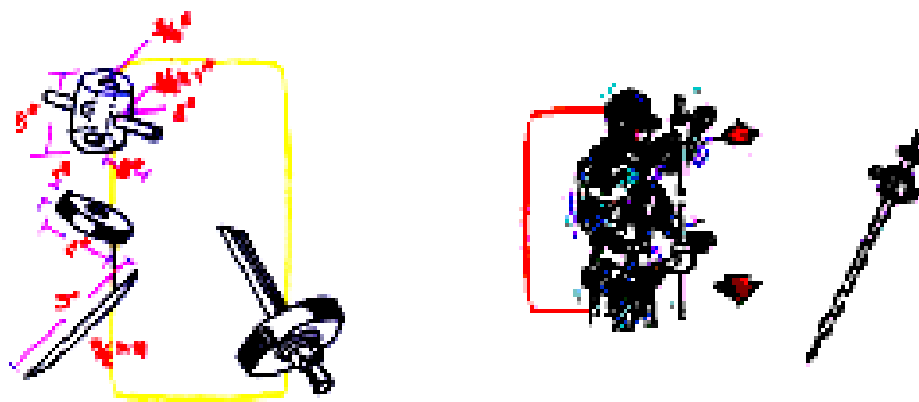
ข้อควรระวัง ก็คือ เสารั้วเหล็กเหล่านี้มักจะถูกขบทาไว้ด้วยสีหรืออื่น ๆ ซึ่งเราควร จะขจัดออกไปเสียก่อนเพื่อให้ได้ดิน ที่มีประสิทธิภาพ

ท่อน้ำหรือท่อแก๊สที่ทำด้วยโลหะ เราก็สามารถนำมาตัดแต่งให้มีขนาดเท่าหลักดินได้จากนั้นทุบส่วนปลายให้แบนจนมี รูปเหมือนเสียมเพื่อให้ง่ายต่อการตอกลงไปในดิน

การทำ Slip Hammer

ในกรณีที่เราประสบปัญหาในการตอกหลักดินลงไป ในดินดาน,หิน หรือดินจับแข็ง (หนาวเย็น) ละก็ ลองใช้ Slip Hammer ดูเครื่องมือนี้เราสามารถทำขึ้นได้และจะใช้งานได้ทั้งในการ ตอกหลักดิน และถอนหลักดิน

Slip Hammer ประกอบขึ้นด้วยท่อนเหล็กยาว 3 ฟุต ทำเกลียวที่ส่วนปลายทั้งสอง จากนั้นขันปลายด้านหนึ่งเข้าตุ่มหนัก 20 ปอนด์ เจาะช่องกลางเพื่อให้สามารถเลื่อนขึ้นตามแท่งเหล็ก Slip Hammer สามารถประกบเข้ากับหลักดินและด้วยน้ำหนัก ของตุ่มทำให้สามารถจะเป็นกำลังส่ง ให้หลักดินถูกตอกลงไปได้ และ ถ้าเราลืบทงการใช้เราก็สามารถใช้ Slip Hammer นี้ถอนถอนหลักดิน ขึ้นมาได้เช่นกัน



รูปที่ 4-17 แสดงการทำ Slip Hammer

รายการตรวจสอบ

หลักดิน ตรวจดู

ความสะอาด	กำจัดสีที่ทา, น้ำมัน หรือไขชั้นออกให้หมด
ความสมบูรณ์	ตรวจดูให้แน่ใจว่าสายดินหัวประกบและรอยต่อเป็นไปอย่างถูกต้องและเหมาะสม
ส่วนปลาย	ต้องแหลมคม เพื่อการทะลุทะลวงดิน

เครื่องมือ

ต้องมั่นใจว่าหมุดต่อดินนั้นสะอาดและอยู่ในสภาพสมบูรณ์ดี ทำการต่อเครื่องมือเข้ากับดินที่มีอยู่แล้วถ้าทำได้ ย้ายที่ตั้งเครื่องใหม่ ถ้ากระทำได้ในเมื่อไม่สามารถจะหาจุดต่อระบบดินได้เพียงพอ

การติดตั้งระบบดิน

หลักดิน	ติดตั้งให้เต็มระยะความยาวโดยให้ส่วนบนที่เหลือมีระยะอยู่ต่ำกว่าระดับผิวดิน 3-5 นิ้ว รักษา พื้นที่รอบ ๆ หลักดินให้ชุ่มชื้นอยู่เสมอใส่สารเคมีเข้าช่วยถ้าจำเป็น
สายดิน	พยายามใช้สายทองแดงถักหรือสายขนาดใหญ่และให้มีขนาดสั้นที่สุดเท่าที่จะสั้นได้
แผ่นโลหะ	จะใช้ก็ต่อเมื่อดินแห้งแล้ง

การต่อระบบดิน

หมุดต่อหรือหัวประกบ	จะต้องมีสภาพสะอาดปราศจากสี, น้ำมันหรือไขชั้นและจะต้องขันให้แน่นเพื่อให้สายดิน ถูกยึดติดกับหลักดินอย่างมั่นคงและปลอดภัย
การพันสาย	สายดินจะต้องถูกยึดอย่างมั่นคงและปลอดภัยกับหลักดินโดยใช้สายพัน รอบ ๆ หลักดินเสร็จแล้วทำการบัดกรีให้ยึดติดกัน หรือถ้าไม่บัดกรีก็จะต้อง ขมวดปลายสายให้แน่นแล้วพันด้วยผ้าเทป

อุปกรณ์ตอกหลักดิน

สัอน	ใช้สัอนขนาดเบาเพื่อตอกหลักดินโดยไม่ให้ดินกระทบกระเพื่อมมากนัก
สัอนเลื่อน (Slip Hammer)	ควรจัดทำจากที่ตั้งหน่วยสามารถใช้ได้ทั้งตอกหลักดินลงและถอนขึ้น

การรักษาความปลอดภัย

การใส่ดินก็เพื่อป้องกันตัวเราและเครื่องมือ ให้ปราศจาก อันตราย การที่เครื่องมือไม่ใช่ระบบดินหรือใส่แต่ไม่เหมาะสม ก็อาจคาดหมายได้เลยว่าเรา จะต้องได้รับอันตรายและอันตรายที่ว่านี้อาจจะเพียงเล็กน้อยหรืออาจถึงขั้นเกือบ Shock และ บางทีก็อาจถึงขั้น Shock ไปเลย นอกจากนั้นก็อาจจะก่อความเสียหายให้แก่วงจร เช่น เกิดการไหม้ หรือ ถูกทำลายลง อย่างสิ้นเชิง เพราะฉะนั้นจึงใส่ระบบดินให้แก่ เครื่องมือและอย่าลืมตรวจสอบดูให้เรียบร้อยด้วย

□ □ □

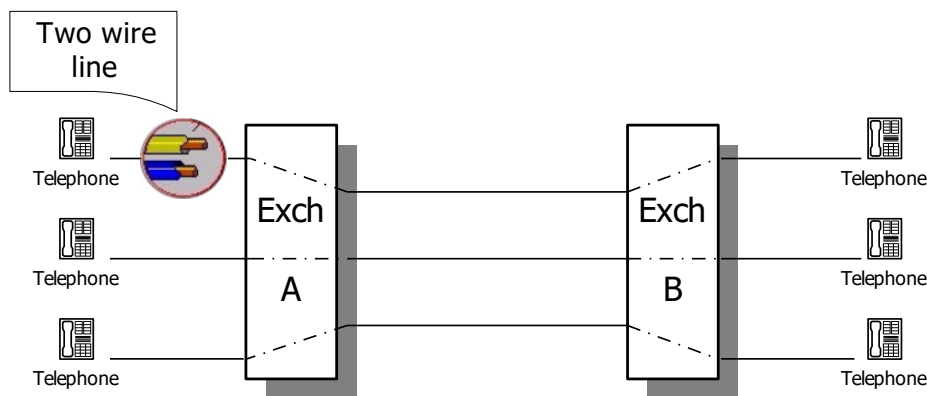
บทที่ 5 ระบบเครือข่ายโทรศัพท์แบบดิจิทัล (Digital Telephony)

1.1 วัตถุประสงค์ (Objective)

สามารถอธิบาย หลักการของ

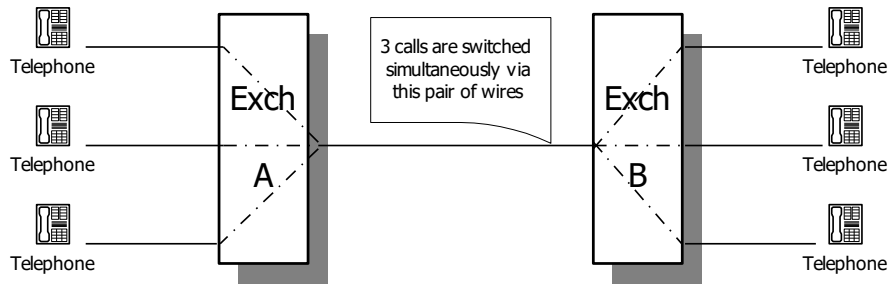
- การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความถี่ (Frequency - Division Multiplexing (FDM)
- การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา (Time - Division Multiplexing (TDM) ได้

1.2 การเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องโทรศัพท์ (Individual Connections)



รูปที่ 5-1 แสดงระบบเครือข่ายโทรศัพท์

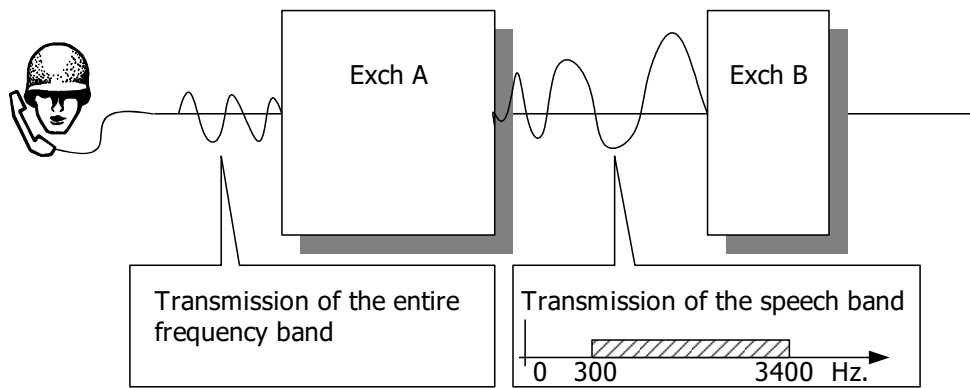
-
- ในระบบเครือข่ายโทรศัพท์ เครื่องโทรศัพท์ (Subscriber) ทุกเครื่องจะเชื่อมต่อเข้ากับตู้ชุมสาย (Exchange) โดยใช้สายส่งสัญญาณแบบหนึ่งเครื่อง ต่อหนึ่งคู่สาย (Pair of Wires)
- ซึ่งในตอนต้น จะต้องมีการเชื่อมต่อการสนทนาระหว่างเครื่องโทรศัพท์โดยใช้คู่สายจำนวนมาก ทำให้งบประมาณในการสร้างเครือข่ายสูง



รูปที่ 5-2 แสดงการเชื่อมต่อชุมสายโทรศัพท์

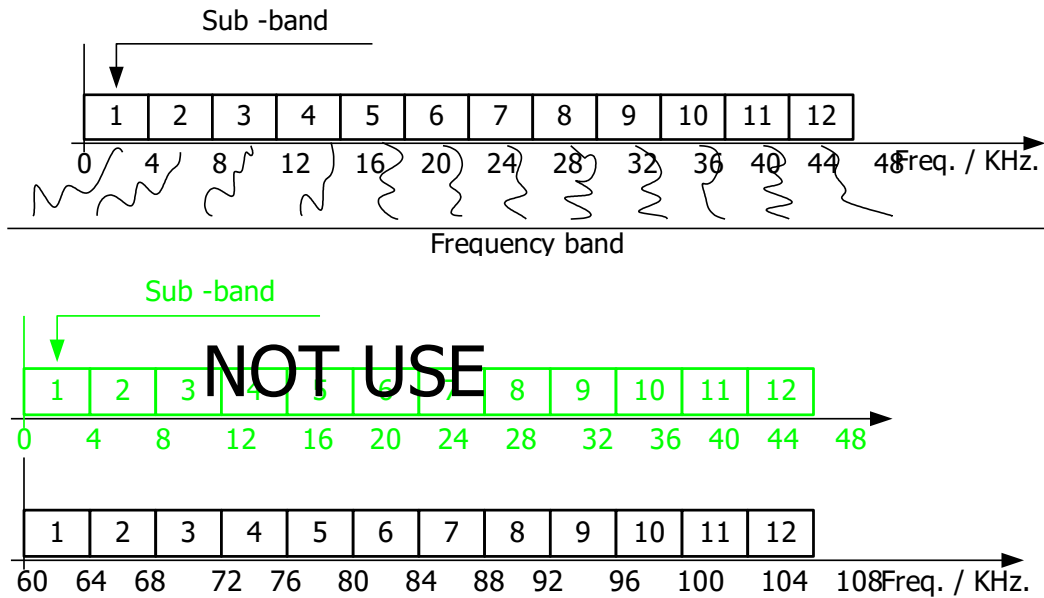
-
- ดังนั้นจึงมีการคิดค้นเทคโนโลยีที่จะช่วยให้การติดต่อสื่อสารระยะไกลสามารถทำได้โดยใช้จำนวนคู่สายให้น้อยที่สุด ซึ่งเป็นที่มาของหลักการส่งสัญญาณแบบแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiplexing) ซึ่งสามารถส่งสัญญาณการสนทนาของกลุ่มสนทนาจำนวนมากผ่านคู่สายเดียวได้

1.3 Frequency Division Multiplex (FDM)

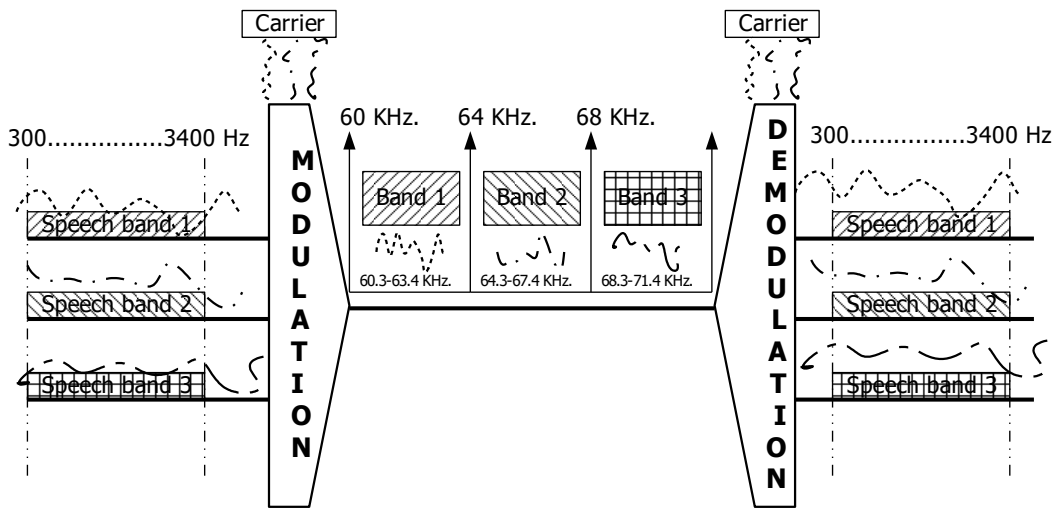


รูปที่ 5-3 แสดง Frequency Division Multiplex (FDM)

- การส่งสัญญาณเสียง (Speech Transmission) จะต้องการช่วงความถี่ (Bandwidth) ในการส่งสัญญาณแคบ ซึ่งในระบบโทรศัพท์จะกำหนดไว้ที่ 300 ถึง 3400 Hz
- ดังนั้นเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์ของช่วงความถี่ในสายส่งให้สามารถส่งสัญญาณได้ทั้งหมด (Full Band) จึงมีการแบ่งความถี่ออกเป็นช่วงย่อย ๆ หรือ Sub-band ละ 4 kHz โดยแต่ละช่วงทำการส่งสัญญาณหนึ่งคู่สนทนา



รูปที่ 5-5 แสดงการเริ่มต้นความถี่ที่ 60 kHz

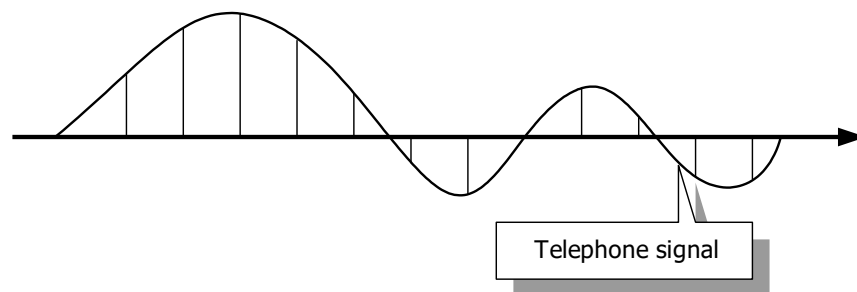


รูปที่ 5-6 แสดงการ Modulation and Demodulation

- ที่ภาคส่ง (Transmitter side) ช่วงความถี่สัญญาณเสียง (Speech Band) ทั้ง 3 สัญญาณจะผ่านกระบวนการผสมสัญญาณ (Modulation) ด้วยความถี่พาหะ (Carrier) ซึ่งเป็นสัญญาณแบบ Sinusoidal จากนั้นจึงจะถูกส่งไปในสายส่งเส้นเดียวกัน โดยวิธีแบ่งความถี่ออกเป็นช่วงความถี่ย่อย (Sub-band)
- ที่ภาครับ (Receiver side) สัญญาณที่ส่งมาในสายส่งจะผ่านกระบวนการคัดแยกสัญญาณ (Demodulation) เพื่อแยกสัญญาณเสียงแต่ละสัญญาณออกมาอีกครั้ง

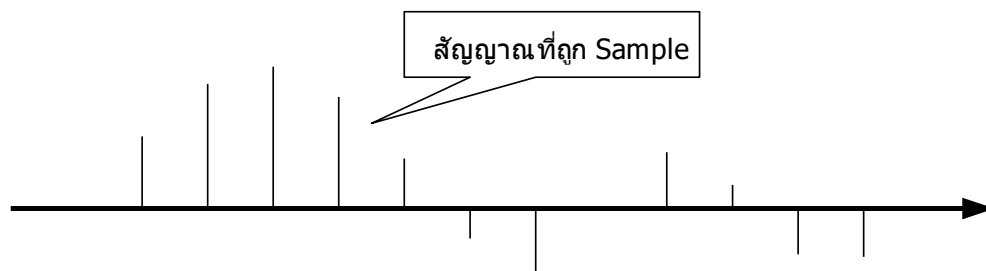
1.4 Time Division Multiplex (TDM)

- หลักการพื้นฐานของการส่งสัญญาณแบบแบ่งเวลาส่ง (Time Division Multiplexing) คือในการส่งสัญญาณอาจไม่มีความจำเป็นที่จะต้องส่งสัญญาณเต็มรูปแบบ (Complete Waveform) ไปในสายส่ง

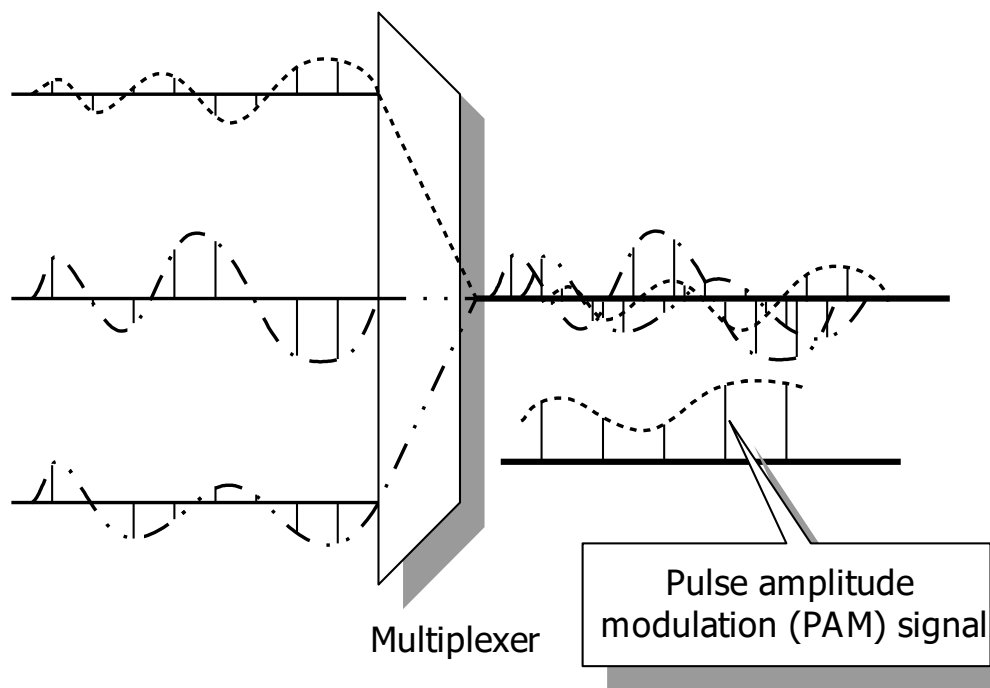


รูปที่ 5-7 แสดงสัญญาณ Telephone Signal

- เราสามารถทำการสุ่ม (Sample) เอาสัญญาณบางส่วนด้วยช่วงเวลาที่มีสม่ำเสมอ (Regular Interval) แล้วทำการส่งไปในสายส่งได้



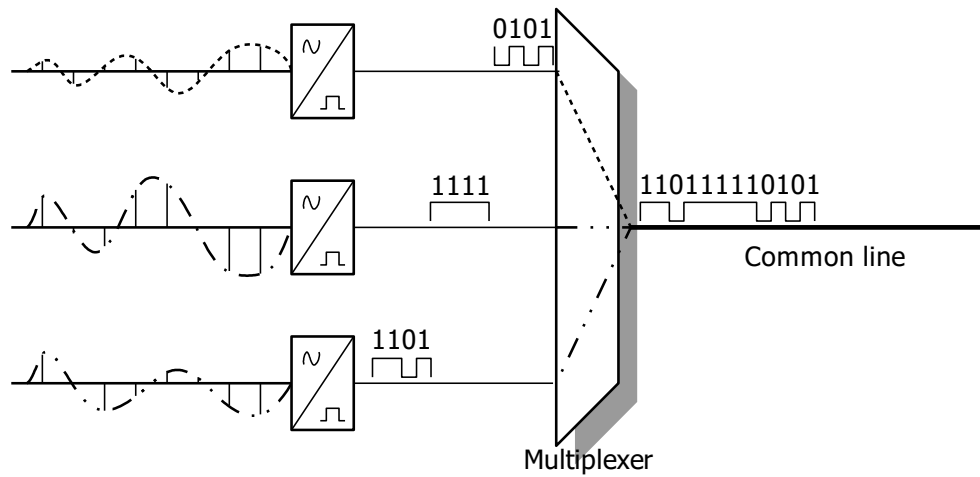
รูปที่ 5-8 แสดงสัญญาณที่ถูก Sample



รูปที่ 5-9 แสดงการ Multiplexer สัญญาณ

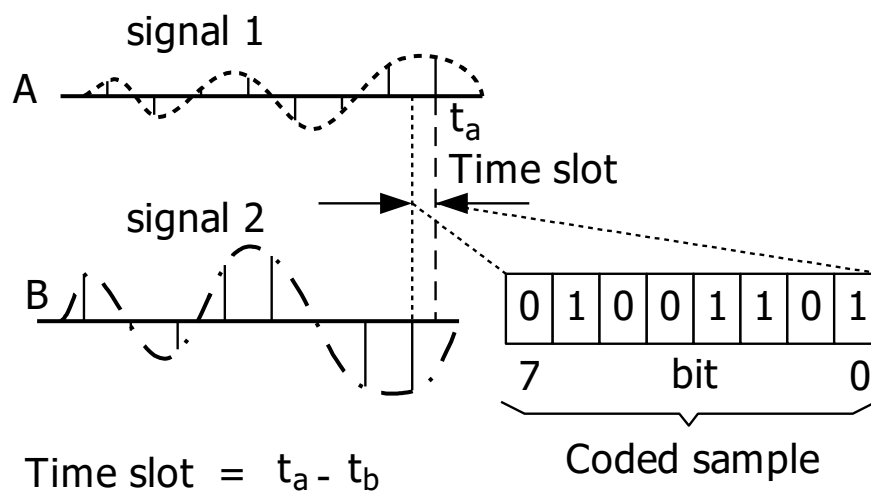
- ถ้าหากช่วงเวลาในการสุ่มสัญญาณกว้างมากพอ เราสามารถที่จะทำการส่งสัญญาณที่ถูกสุ่มหลายสัญญาณไปในสายส่งเส้นเดียวกันได้ โดยสัญญาณที่ส่งจะอยู่ในรูปสัญญาณ Pulse ที่มี Amplitude ที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีการนี้เรียกว่า Pulse Amplitude Modulation และเป็นหลักการสำคัญของส่งสัญญาณแบบแบ่งเวลาส่ง (Time Division Multiplexing)

1.5 Pulse Code Modulation (PCM)



รูปที่ 5-10 แสดง Pulse Code Modulation (PCM)

- Pulse Code Modulation (PCM) เป็นการนำสัญญาณที่ได้จากกระบวนการ Pulse Amplitude Modulation (PAM) ซึ่งเป็นสัญญาณ Analog ที่มี Amplitude ที่แตกต่างกัน มาทำการเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณแบบ Digital หรืออยู่ในรูป Binary Code โดยอาศัยความแตกต่างกันของ Amplitude ก่อนทำการส่งไปในสายส่ง



รูปที่ 5-11 แสดงการเข้ารหัส

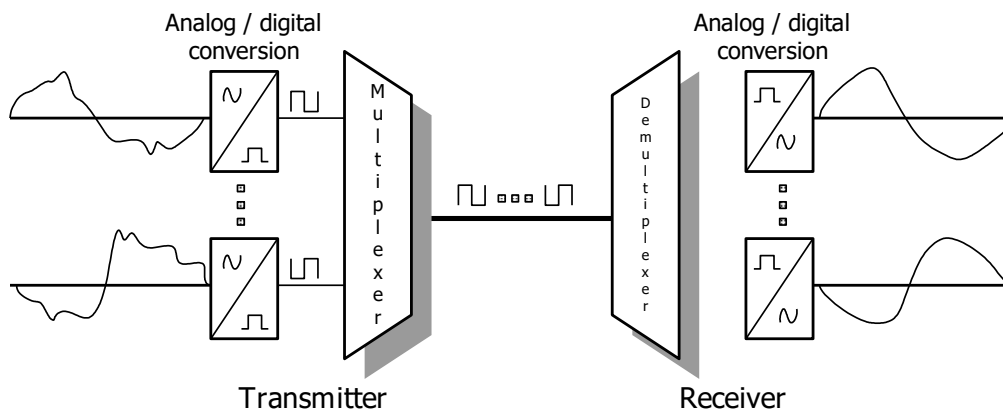
- สัญญาณ PAM Signal ซึ่งเป็นสัญญาณ Analog Pulse ที่ได้จากการสุ่ม (Sample) จะถูกเปลี่ยน ให้เป็นสัญญาณ Digital ในรูปเลขฐานสอง (Binary Code) ด้วยวิธีการเข้ารหัส (Coded) แล้วทำการส่ง ภายใน Time Slot ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ห่างกันระหว่างการสุ่มของสัญญาณ A และ B ดังรูปที่ 5-11

2. หลักการของการส่งสัญญาณดิจิทัล PCM (Principle of PCM Technology)

2.1 วัตถุประสงค์ (Objective)

- อธิบายขั้นตอนของการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอก ไปเป็นสัญญาณ ดิจิตอล (Analog/ Digital Signal Conversion)
- อธิบายหลักการ Multiplexing และ Demultiplexing สัญญาณดิจิทัลในรูปเลขฐานสอง (binary codes)

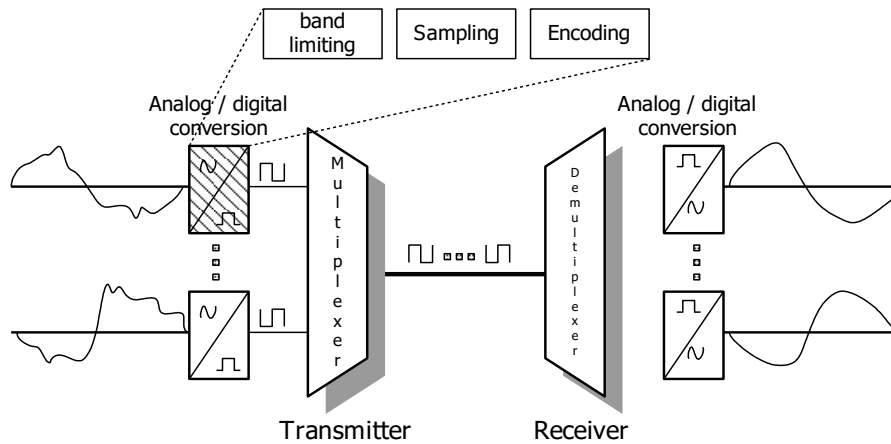
2.2 ส่วนประกอบพื้นฐานของ (Basic Components of a PCM System)



รูปที่ 5-12 ส่วนประกอบพื้นฐานของ (Basic Components of a PCM System)

- หลักการของ Pulse Code Modulation (PCM) คือ การเปลี่ยนสัญญาณอนาลอก ให้อยู่เป็น สัญญาณดิจิทัลในรูปการเข้ารหัสเลขฐานสอง (Binary Coded) ก่อนที่จะทำการส่งไปในสายส่งด้วยวิธีการ Multiplex

2.3 การเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล (Analog / Digital Conversion)

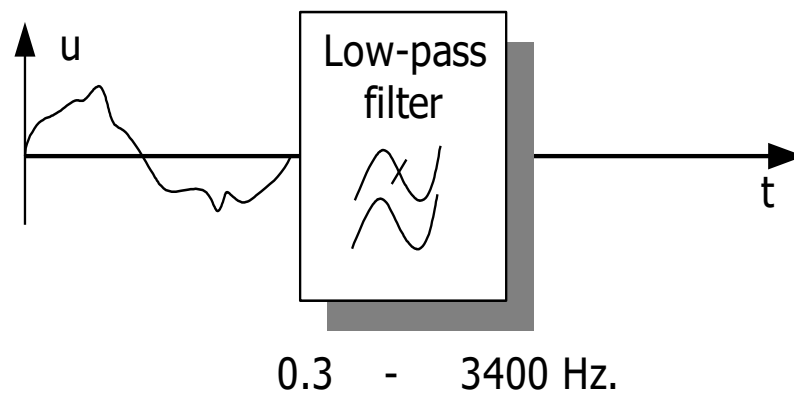


รูปที่ 5-13 การเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล (Analog / Digital Conversion)

ส่วนประกอบที่สำคัญของการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลนั้นประกอบด้วย

1. การจำกัด/ กรองความถี่สัญญาณ (Band limiting)
2. การสุ่มสัญญาณ (Sampling)
3. การเข้ารหัสสัญญาณ (Encoding)

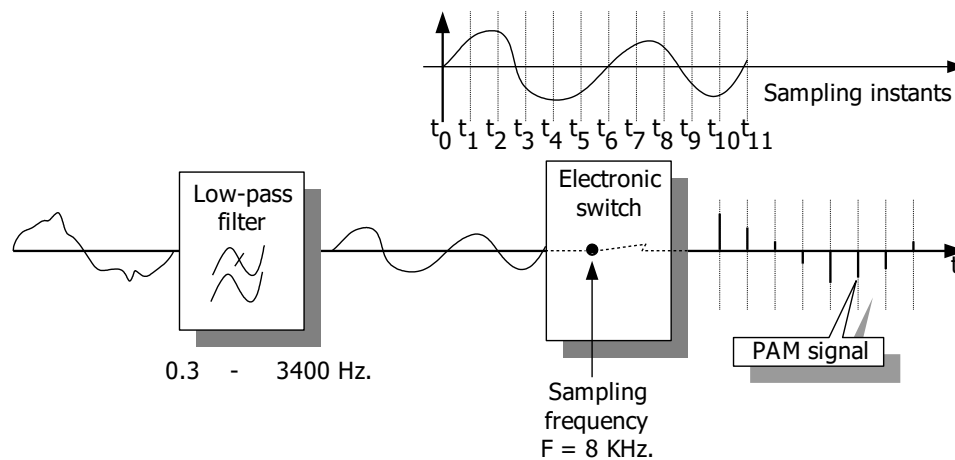
2.3.1 การจำกัด/ กรองความถี่สัญญาณ (Band Limiting)



รูปที่ 5-13 การจำกัด/ กรองความถี่สัญญาณ (Band Limiting)

- การจำกัด/ กรองความถี่สัญญาณเสียง (Speech Signal) ที่เป็นสัญญาณอนาล็อกนั้น สามารถทำได้ โดยการใช้หลักการกรองเอาความถี่สูงที่มากกว่าสัญญาณเสียงออกด้วย Low-pass filter เพื่อให้สัญญาณที่ได้มีความถี่อยู่ในช่วง 300 ถึง 3400 Hz

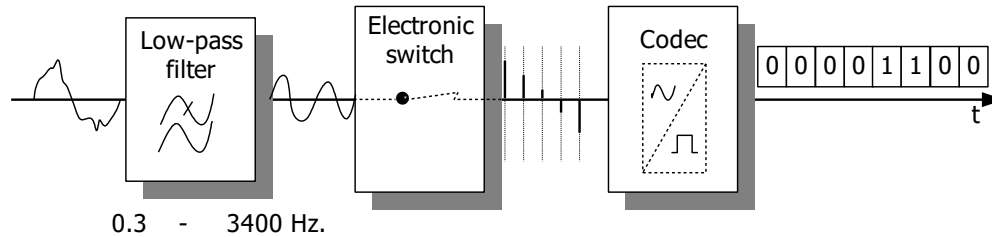
2.3.2 การสุ่มสัญญาณ (Sampling)



รูปที่ 5-14 การสุ่มสัญญาณ (Sampling)

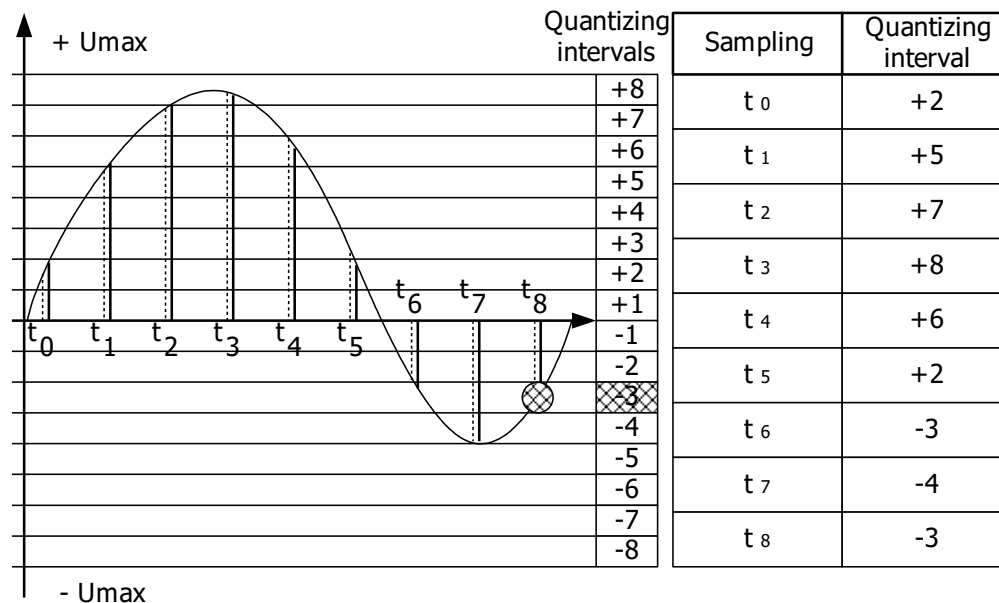
เนื่องจากหลักการของการสัญญาณแบบแบ่งเวลาส่ง (Time Division Multiplexing, TDMA) ที่ระบุว่า เราไม่จำเป็นที่จะต้องส่งสัญญาณทั้งหมด (Complete Waveform) ไปในระบบ แต่เราสามารถใช้ในการสุ่ม (Sampling) เอาส่วนของสัญญาณส่งไปได้ โดยใช้ Electronics Switch ที่มีความถี่ในการปิด-เปิด หรือ ความถี่ในการสุ่มสัญญาณ (Sampling Frequency) = มากกว่า 2 เท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณ ที่ทำการสุ่ม Sampling Frequency, $f_s = 2 (\text{Speech Frequency}) = 2 (3.4 \text{ kHz})$, เลือกใช้ที่ 8 kHz หรือ ช่วงเวลาในการสุ่มสัญญาณ (Sampling Instant, T_s) = $1/ f_s = 1/ 8000 = 125 \text{ us}$

2.3.3 การเข้ารหัสสัญญาณ (Encoding)



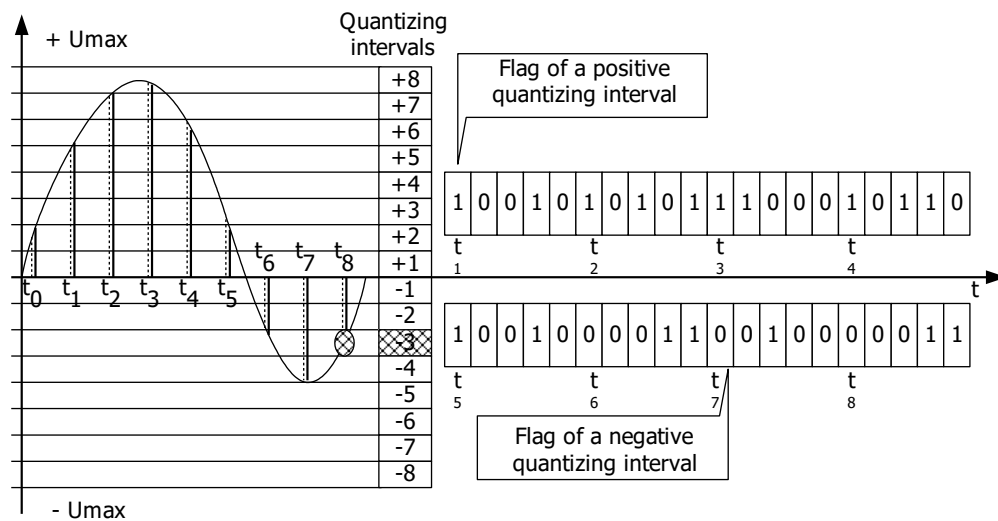
รูปที่ 5-15 การเข้ารหัสสัญญาณ (Encoding)

- จากการสุ่มสัญญาณด้วย Electronic switch ซึ่งจะปิดทุก ๆ 125 us จะทำให้ได้สัญญาณออกมาในรูป Pulse อนุภาค ที่มี Amplitude ไม่เท่ากัน เรียกวิธีการนี้ว่า Pulse Amplitude Modulation, PAM) และ สัญญาณที่ได้เรียกว่า PAM Signal
- ขั้นตอนต่อไปคือ การเข้ารหัสสัญญาณ (Encoding) เพื่อเปลี่ยนจากสัญญาณ Pulse อนุภาคให้กลายเป็นสัญญาณดิจิทัลในรูปเลขฐานสอง หรือ Binary Code 8 Bits โดยที่สัญญาณ Pulse อนุภาค หรือ PAM Signal แต่ละสัญญาณจะถูกเปลี่ยนเป็น สัญญาณดิจิทัลในรูปเลขฐานสอง แล้วส่งไปในสายส่ง



รูปที่ 5-16 การเปลี่ยนอนาลอกเป็นดิจิทัล

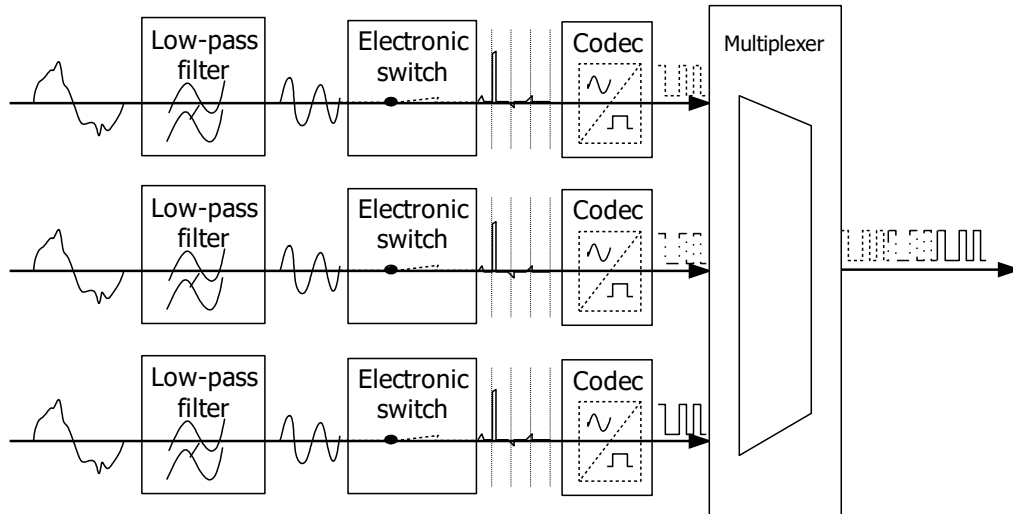
- ขั้นแรกของการเข้ารหัสสัญญาณ คือการแบ่งค่าความสูง หรือ Amplitude ของสัญญาณ PAM Signal ออกเป็นช่วง ๆ (Intervals) ดังรูป จะทำให้เราสามารถที่จะแทนที่ค่า Amplitude ของสัญญาณแต่ละสัญญาณได้ด้วย ตัวเลขระบุช่วง (Quantizing Intervals) ที่ค่า Amplitude ของสัญญาณนั้นตกอยู่ ซึ่งเรียกวิธีการนี้ว่า การแทนที่สัญญาณด้วยตัวเลข หรือการ Quantizing
- จากตัวอย่างทำการแบ่ง Amplitude สัญญาณออกเป็น 16 ช่วง (+8 ถึง -8) หรือ 4 bit , แต่โดยปกติจะแบ่งออกเป็น 256 ช่วง (+128 ถึง -128) หรือ 16 bit เพื่อความละเอียดในการแทนที่สัญญาณด้วยตัวเลข



รูปที่ 5-17 การ Quantizing

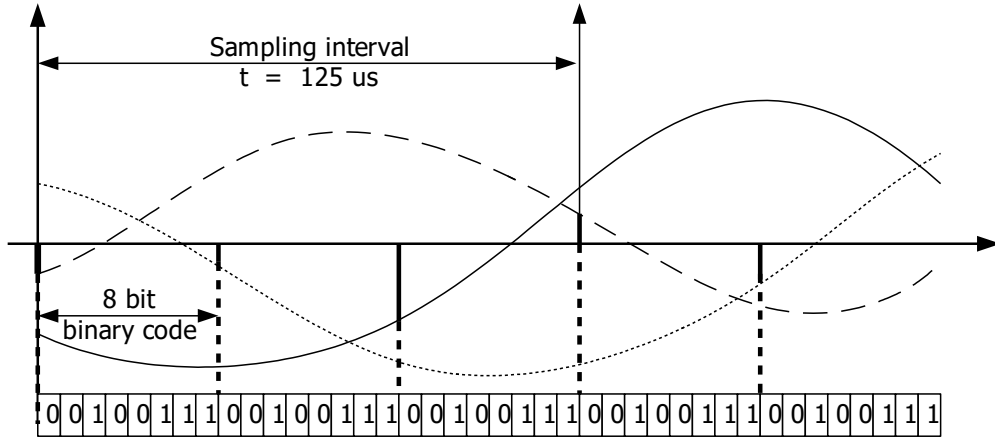
- เมื่อแทนที่สัญญาณ PAM แต่ละสัญญาณด้วยตัวเลข ตามวิธีการ Quantizing แล้ว เราจะสามารถเปลี่ยนตัวเลขฐานสิบเหล่านั้นด้วยเลขฐานสองหรือ Binary code แล้วส่งไปในสายส่งได้ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนจากสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล
- และเนื่องจาก Amplitude ของสัญญาณอนาลอกเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จึงมีการเพิ่ม bit พิเศษเข้าไปเพื่อระบุแทนสัญญาณอนาลอก ทั้งด้านบวกและด้านลบ

2.3.4 การมัลติเพล็กซ์ (Multiplexing)



รูปที่ 5-18 การมัลติเพล็กซ์ (Multiplexing)

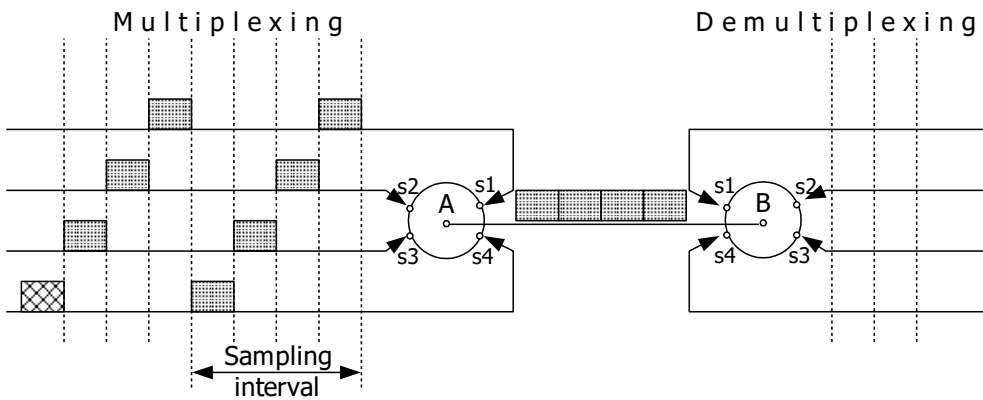
- หลังจากที่เรทำการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลแล้ว เรายังสามารถที่จะทำการส่งสัญญาณดิจิทัลหลายสัญญาณไปในสายส่งเส้นเดียวกันได้ ด้วยวิธีการมัลติเพล็กซ์ (Multiplexing)
- การมัลติเพล็กซ์ (Multiplexing) คือ การที่เราทำการส่งสัญญาณดิจิทัลในหลายสัญญาณไปในสายส่งเส้นเดียวกัน โดย สัญญาณดิจิทัลในรูป Binary code หลายสัญญาณจะถูกส่งไปในสายส่งทีละสัญญาณเรียงกันเป็นลำดับที่แน่นอนดังรูป
- สัญญาณที่ได้จากการมัลติเพล็กซ์ จะเรียกว่า PCM time - division multiplexing signal



รูปที่ 5-19 สัญญาณดิจิทัลในรูป Binary code

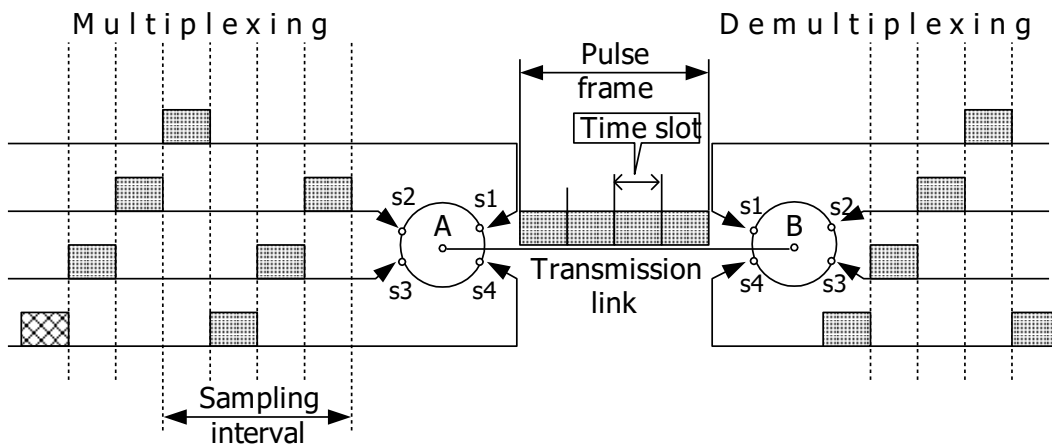
- พิจารณาจากรูปที่ 5-19 จะเห็นว่าการส่งสัญญาณดิจิทัลในรูป Binary code ของสัญญาณที่หนึ่ง (สีเหลือง) จะใช้เวลาประมาณ 1 ใน 3 ของช่วงเวลาในการสุ่มสัญญาณ (Sampling Intervals) 125 us ดังนั้นเราสามารถที่อาศัยช่วงเวลาที่เหลือในการส่งสัญญาณดิจิทัลในรูป Binary code ของสัญญาณที่สองและสามได้โดยวิธีการมัลติเพลกซ์ ก่อนที่จะวนกลับมาส่งสัญญาณที่หนึ่งใหม่อีกครั้ง

2.3.5 การมัลติเพลกซ์ และดีมัลติเพลกซ์ (Multiplexing - Demultiplexing)



รูปที่ 5-20 การมัลติเพล็กซ์ และดีมัลติเพล็กซ์ (Multiplexing - Demultiplexing)

- พิจารณาภาพรวมของการ Multiplex และ Demultiplex ดังรูปที่ 5-20
- การ Multiplex คือ การส่งสัญญาณดิจิทัลที่มาจากสายส่งย่อยหลาย สัญญาณไปในสายส่งเส้นเดียวกันด้วยวิธีการส่งทีละสัญญาณเป็นลำดับที่แน่นอน
- การ Demultiplex คือ การแยกสัญญาณดิจิทัลที่มาจากสายส่งซึ่งประกอบด้วยสัญญาณย่อยจำนวนหลายสัญญาณออกจากกันเพื่อทำการส่งไปในสายส่งย่อยของแต่ละสัญญาณต่อไปตามลำดับ



รูปที่ 5-21 การทำงานสวิตช์ของ มัลติเพล็กซ์ และดีมัลติเพล็กซ์ (Multiplexing - Demultiplexing)

- ในแต่ละด้านของระบบ จะประกอบด้วย Switch ที่จะทำงานสอดคล้องกัน ในการส่งและรับสัญญาณดิจิทัล PCM time division multiplexing signal ในสายส่งหลัก (Transmission Link) ซึ่งจะประกอบด้วยสัญญาณดิจิทัล PCM Binary code ของสัญญาณย่อยหลายสัญญาณถูกส่งมาในช่วงเวลาหรือ Time slot เป็นลำดับที่แน่นอนต่อเนื่องกันไป Pulse frame คือลำดับที่ประกอบด้วยสัญญาณ PCM Binary code ของสัญญาณย่อยใน Time slot ทุกสัญญาณที่จะถูกส่งไปในระบบ

