บทที่ 5
ข่ายงานการติดต่อสื่อสาร

5.1 บทนำข่ายงานการติดต่อสื่อสารของคอมพิวเตอร์

โดยปกติการติดต่อสื่อสารจะต้องประกอบด้วยตัวผู้ส่งข้อมูล ตัวกลางในการส่งผ่านข้อมูลและตัวผู้รับข้อมูล ระยะทางระหว่างผู้ส่งและผู้รับมีทั้งระยะใกล้และระยะไกล ก่อให้เกิดระบบข่ายงานการติดต่อสื่อสารเพื่อเป็นสื่อกลางการติดต่อระหว่างต้นทางและปลายทาง ให้สามารถทำงานร่วมกันได้ อาจมีการเรียกใช้โปรแกรม และข้อมูลที่อยู่ห่างไกลโดยผ่านข่ายงาน การส่งข้อมูลจะได้ผลจริงก็ต่อเมื่อผู้รับเข้าใจรู้เรื่องข้อมูลนั้น การติดต่อสื่อสารในระยะใกล้ ๆ ประมาณ 10 เมตร หรือตั้งแต่ 1 กิโลเมตร อาทิ การติดต่อภายในตึกเดียวกัน การติดต่อระหว่างตึกใกล้กันเป็นต้น เรียกกันว่า ข่ายงานเฉพาะท้องถิ่น (Local Area Network) ส่วนการติดต่อสื่อสารระหว่างเมือง ระหว่างประเทศ ต้องมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณให้เหมาะสมกับระบบข่ายงานที่ข้อมูลถูกส่งผ่าน การติดต่อสื่อสารขยายตัวกว้างขวางขึ้น จนกระทั่งมีการเชื่อมโยงระหว่างข่ายงาน 2 ระบบในระยะทางเกิน 10,000 กิโลเมตร องค์ประกอบหลักที่สำคัญของสื่อกลางการติดต่อสื่อสารก็คือ เส้นทางการติดต่อสื่อสาร อุปกรณ์แปลงสัญญาณข้อมูล และหน่วยควบคุมการสื่อสารข้อมูล

1) เส้นทางการติดต่อสื่อสาร หรือช่องทางการส่งผ่านข้อมูล สายโทรศัพท์เป็นสายโทรคมนาคมติดต่อสื่อสารที่ใช้กันแพร่หลายมาก นอกเหนือจากสายโทรศัพท์ ก็มีสายเคเบิลที่ใช้ฝังใต้ดินหรือใต้สมุทร และเทคโนโลยีใหม่ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร อาทิ ดาวเทียมสื่อสารใช้ในการติดต่อสื่อสารระยะห่างไกลมาก ๆ อัตราความเร็วในการส่งข้อมูลสูงมากด้วย โดยมิต้องใช้สายการติดต่อสื่อสาร

2) อุปกรณ์แปลงสัญญาณข้อมูล เป็นอุปกรณ์พิเศษที่นิยมใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) ให้เป็นสัญญาณอนาลอก (Analog Signal) ส่งไปตามสายการติดต่อสื่อสาร แล้วจะเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล นิยมเรียกกันว่า โมเดม (MODEM ย่อมาจาก Modulator Demodulator) ดังในรูปที่ 5.1 สายการติดต่อบางชนิด อย่างเช่น สายโทรศัพท์ ต้องอาศัยอุปกรณ์โมเดมเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งในข่ายงาน แต่ทว่าสายการติดต่อสื่อสารบางชนิด สามารถส่งสัญญาณดิจิตอลได้ไม่ต้องใช้โมเดม ในลักษณะการต่อพ่วงระหว่างอุปกรณ์ที่มีความเร็วแตกต่างกันก็ต้องอาศัยอุปกรณ์กลางทำหน้าที่แปลงรหัสข้อมูล เก็บข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์ความเร็วแตกต่างกัน ฉะนั้นผู้ส่งส่งผ่านข้อมูลด้วยความเร็วต่ำมายังอุปกรณ์กลางนี้ แล้วส่งต่อไปยังผู้รับปลายทางด้วยความเร็วสูง หรือมีการรับรหัสข้อมูลแบบหนึ่งสามารถส่งออกไปเป็นรหัสข้อมูลอีกแบบหนึ่งได้ จึงเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ต่างบริษัทผู้ผลิตกันสามารถติดต่อสื่อสารระหว่างกันได้ตัวอย่างในรูปที่ 5.2

3) หน่วยควบคุมการสื่อสารข้อมูล ในกรณีที่ต่อพ่วงเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดแตกต่างกัน ลักษณะโครงสร้างของเครื่องแตกต่างกัน จำเป็นต้องอาศัยการควบคุมการสื่อสารข้อมูลโดยหน่วยควบคุมการติดต่อสื่อสาร มีหน้าที่หลักกล่าวคือ

ก. ควบคุมการใช้สายส่งในข่ายงานการติดต่อสื่อสาร

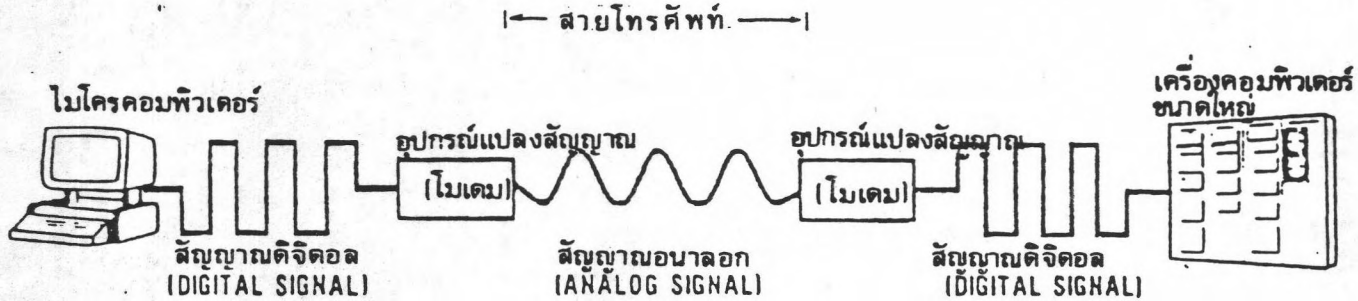
ข. ควบคุมการส่งผ่านข้อมูลไปยังผู้รับปลายทาง

ค. ตรวจจับข้อผิดพลาดในการส่งข้อมูล เมื่อเกิดปัญหาผิดพลาดแล้ว ก็จะทำหน้าที่จัดการระบบขึ้นใหม่เองโดยอัตโนมัติ อาจมีการส่งข้อมูลใหม่

ง. ควบคุมการเลิกใช้สายส่งข้อมูลในข่ายงานติดต่อสื่อสาร

จ. สามารถแสดงสถานภาพของระบบการติดต่อสื่อสาร อาทิ การเปิดหรือการปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ ระบบติดต่อสื่อสารเกิดปัญหาขัดข้อง เป็นต้น

รูปแบบของการต่อพ่วงอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ส่งข้อมูลและผู้รับข้อมูลมี 2 ลักษณะ ก็คือลักษณะจุดต่อจุด (Point-To-Point) และลักษณะแบบกระจาย (Multipoint Or Broadcasting)



รูปที่ 5.1 แสดงอุปกรณ์แปลงสัญญาณในระบบคิดต่อสื่อสาร

รูปที่ 5.2 การใช้อุปกรณ์แปลงรหัสข้อมูลเป็นอุปกรณ์พิเศษสำหรับการต่อพ่วงอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน

รหัสแอสกี (ASCII)

Bit Positions 1,2,3,4 \ Bit positions 5,6,7	000	100	010	110	001	101	011	111
0000	NUL	DLE	SPACE	0	@	P		p
1000	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0100	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
1100	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0010	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
1010	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
1110	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
0001	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
0101	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1101	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
0011	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1011	CR	GS	-	=	M	]	m	}
0111	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

NUL	= All zeros	VT	= Vertical tabulation	SYN	= Synchronous / idle
SOH	= Start of heading	FF	= Form feed	ETB	= End of transmitted block
STX	= Start of text	CR	= Carriage return	CAN	= Cancel (error in data)
ETX	= End of text	SO	= Shift out	EM	= End of medium
EOT	= End of transmission	SI	= Shift in	SUB	= Start of special sequence
ENQ	= Enquiry	DLE	= Data link escape	ESC	= Escape
ACK	= Acknowledgement	DC 1	= Device control 1	FS	= Information file separator
BEL	= Bell or attention signal	DC 2	= Device control 2	GS	= Information group separator
BS	= Back space	DC 3	= Device control 3	RS	= Information record separator
HT	= Horizontal tabulation	DC 4	= Device control 4	US	= Information unit separator
LF	= Line feed	NAK	= Negative acknowledgement	DEL	= Delete

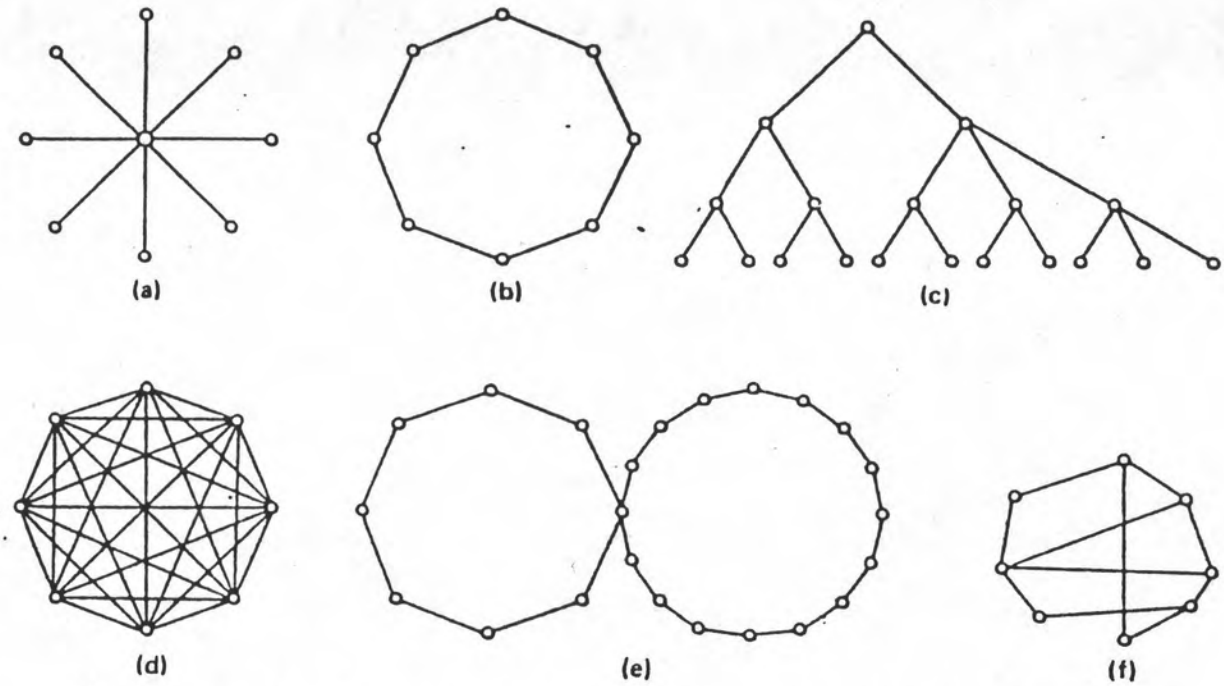
EBCDIC

Bit positions 5,6,7,8 \ Bit positions 1,2,3,4	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
0000	NUL				Blank	B	–						>	<	1	0
0001							/		a	j			A	J		1
0010									b	k	s		B	K	S	2
0011									c	l	t		C	L	T	3
0100	PF	RES	BYP	PN					d	m	u		D	M	U	4
0101	HT	NL	LF	RS					e	n	v		E	N	V	5
0110	LC	BS	EOB	UC					f	o	w		F	O	W	6
0111	DEL	IDL	PRE	EOT					g	p	x		G	P	X	7
1000									h	q	y		H	O	Y	8
1001							/	¨	i	r	z		I	R	Z	9
1010					?	!		:								
1011						S		#								
1100					←	*	%	@								
1101					(	)	˘	'								
1110					+	;	—	=								
1111					¤	¢	±	ˇ								

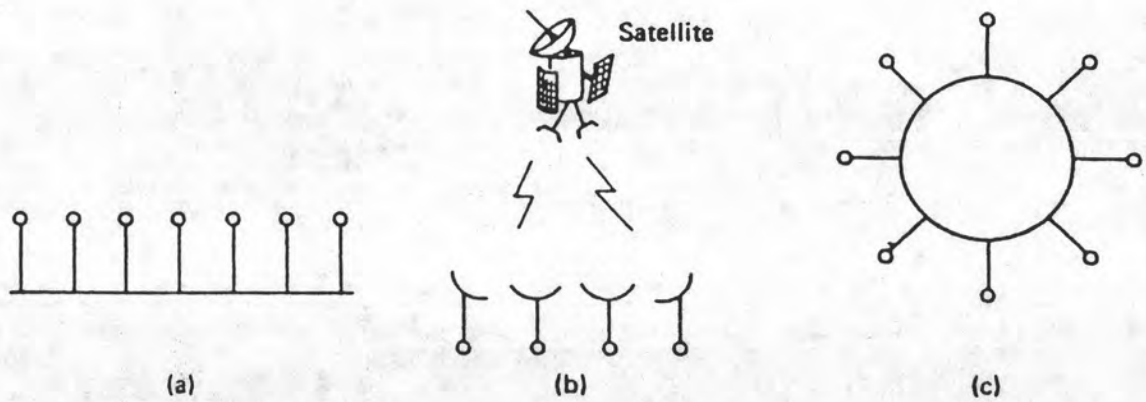
ลักษณะที่ 1 การต่อพ่วงลักษณะจุดต่อจุด อุปกรณ์ทุกตัวต่อกันด้วยสายเคเบิลหรือสายโทรศัพท์ อาจมีการส่งข้อมูลในลักษณะเก็บไว้แล้วส่งต่อ รูปแบบของการต่อพ่วงมีหลายรูปแบบ ดังในรูปที่ 5.3 ได้แก่ ประเภทรูปทรงเรขาคณิต รูปทรงต่าง ๆ และประเภทรูปแบบที่ ไม่เป็นระเบียบ (Irregular) ในกรณีที่เป็นการติดต่อสื่อสารแบบจุดต่อจุดที่มีการควบคุมแบบการจองสาย (Contention) ผู้ใช้ทั้งสองข้างช่วงชิงการเป็นเจ้าของสายส่ง ผู้ใช้ข้างใดส่งข้อมูลก่อนก็ได้เป็นเจ้าของสาย ผู้ใช้อีกข้างหนึ่งก็ต้องคอยรับข้อมูล แต่ถ้าส่งมาพร้อมกัน จะมีการกำหนดว่าฝ่ายไหนจะเป็นฝ่ายรับและส่งข้อมูลใหม่ ในบางระบบจะให้ผู้ใช้ทั้งสองข้างเลิกส่งและใช้วิธีเลือกส่งเวลารออย่างอัตโนมัติ แล้วเริ่มส่งใหม่ ซึ่งเวลารอที่สุ่มขึ้นมาอย่างอัตโนมัติของผู้ใช้ทั้งผู้ส่งและผู้รับข้อมูลต้องไม่เท่ากัน ในการส่งสัญญาณโต้ตอบกันระหว่างผู้ส่งและผู้รับข้อมูล ผู้ส่งข้อมูลจะส่งสัญญาณถามว่าพร้อมหรือไม่ ถ้าผู้รับไม่พร้อม ฝ่ายส่งจะถามไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งฝ่ายรับข้อมูลพร้อมที่จะรับข้อมูล ทางฝ่ายส่งข้อมูลจึงจะส่งข้อมูลให้ ถ้าหากข้อมูลเกิดผิดพลาดหรือตกหายระหว่างการส่งผ่านข้อมูล ก็จะมีการส่งข้อมูลนั้นใหม่

ลักษณะที่ 2 การต่อพ่วงลักษณะกระจาย มีลักษณะการส่งข้อมูลจากจุดเดียว กระจายไปให้ผู้รับข้อมูลหลายชุด มีสายร่วมส่งมาจากแหล่งเดียว และมีวิธีการกำหนดว่าข้อมูลนั้นจะส่งให้ใคร ถ้ามิใช่ข้อมูลที่ส่งมาให้ผู้รับแล้ว ผู้รับนั้นจะไม่รับข้อมูล แต่ส่งผ่านไปยังผู้รับตำแหน่งต่อไป การส่งผ่านข้อมูลจะส่งผ่านทางสายเคเบิลหรือวงจรสื่อสารดาวเทียม ดังในรูปที่ 5.4 การส่งผ่านข้อมูลมี 2 แบบกล่าวคือ แบบถาวร แบ่งสายกันส่งโดยสลับเวลาการส่งว่าช่วงเวลาไหนจะส่งสายไหน วิธีนี้ง่าย แต่ความเร็วช้าลง ถ้าเวลาช่วงใดไม่มีใครส่งข้อมูลเวลาช่วงนั้นก็เสียไปโดยเปล่าประโยชน์ อีกแบบหนึ่งก็คือ แบบไม่ถาวร มีการผลัดกันส่งข้อมูล ต้องระวังข้อมูลชนกัน มีการควบคุมการใช้ช่องทางส่งข้อมูลว่าต้องส่งข้อมูลจากจุดไหนไปถึงจุดไหน และอาจใช้วิธีกระจายการควบคุมในแต่ละจุดส่ง และจุดรับข้อมูล

สิ่งสำคัญที่เป็นข้อกำหนด หรือกฎเกณฑ์การควบคุมการรับส่งข้อมูลระหว่างผู้ส่งข้อมูลและผู้รับข้อมูล เรียกกันเป็นที่รู้จักในเทคโนโลยีระบบการติดต่อสื่อสารว่า โปรโตคอล (Protocol) ข้อกำหนดควบคุมการส่งรับข้อมูลตามมาตรฐานของไอเอสโอ (ISO ย่อมาจาก International Standard Organization) จัดแบ่งออกเป็นระดับชั้นในการ ควบคุมการ



รูปที่ 5.3 **การต่อพ่วงลักษณะจุดต่อจุด** [point-to-point subnet] (a) Star. (b) Loop. (c) Tree. (d) Complete. (e) Intersecting loops. (f) Irregular.



รูปที่ 5.4 **การต่อพ่วงลักษณะกระจาย** [broadcasting] (a) Bus. (b) Satellite or radio. (c) Ring.

สื่อสารข้อมูลทั้งหมด 7 ระดับชั้น กล่าวคือ ระดับชั้นควบคุมการต่อพ่วงอุปกรณ์ (Physical Layer) ระดับชั้นควบคุมข้อมูล (Data Link Layer) ระดับชั้นควบคุมข่ายงาน (Network Layer) ระดับชั้นควบคุมการส่งผ่านข้อมูล (Transport Layer) ระดับชั้นควบคุมกระบวนการติดต่อสื่อสาร (Session Layer) ระดับชั้นการจัดส่งรหัสข้อมูล (Presentation Layer) และระดับชั้นการใช้ข้อมูล (Application Layer)

1) ระดับชั้นควบคุมการต่อพ่วงอุปกรณ์ ทำหน้าที่ควบคุมการเชื่อมโยงและการต่อพ่วงอุปกรณ์ต่าง ๆ ในข่ายงานติดต่อสื่อสาร

2) ระดับชั้นควบคุมข้อมูล ทำหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงรูปแบบข้อมูลให้สามารถส่งข้อมูลออกไปยังผู้รับปลายทาง โดยไม่มีข้อผิดพลาดขณะส่งผ่านข้อมูล

3) ระดับชั้นควบคุมข่ายงาน ทำหน้าที่ควบคุมการส่งและการรับข้อมูลระหว่างผู้ส่งผู้รับ ข้อมูลในตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบการติดต่อสื่อสาร

4) ระดับชั้นควบคุมการส่งผ่านข้อมูล ทำหน้าที่ควบคุมตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลการส่งผ่านข้อมูลต้องมีประสิทธิภาพ

5) ระดับชั้นควบคุมกระบวนการติดต่อสื่อสาร ทำหน้าที่ควบคุมการติดต่อระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลตั้งแต่เริ่มต้นติดต่อส่งผ่านข้อมูล จนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการส่งผ่านข้อมูล และควบคุมความปลอดภัยในการส่งผ่านข้อมูล

6) ระดับชั้นการจัดส่งรหัสข้อมูล ทำหน้าที่ควบคุมการแปลงรหัสข้อมูลเพื่อการนำเสนอ ข้อมูลให้แก่ผู้ใช้

7) ระดับชั้นการใช้ข้อมูล ทำหน้าที่ควบคุมการส่งข้อมูลไปตามสายส่งให้ตามความต้องการใช้งาน

ข่ายงานติดต่อสื่อสารบางข่ายงาน มีการกำหนดขอบเขตหน้าที่ของกฎเกณฑ์ควบคุมการ รับส่งข้อมูลที่แตกต่างจากกฎเกณฑ์มาตรฐานของ ไอเอสโอ จึงก่อให้เกิดเทคโนโลยีด้านระบบการติดต่อสื่อสารแบบต่าง ๆ

5.2 เทคโนโลยีการส่งผ่านข้อมูลจากผู้ส่งถึงผู้รับข้อมูล

การส่งผ่านข้อมูลระหว่างผู้ส่งข้อมูลและผู้รับข้อมูล ในระบบติดต่อสื่อสาร มีเทคนิควิธีการที่แตกต่างกัน ในการส่งผ่านข้อมูลจากโทรศัพท์ของผู้ส่งต้นทางไปยังเครื่องโทรศัพท์ของผู้รับ ปลายทาง มีลักษณะการส่งผ่านข้อมูลแบบที่

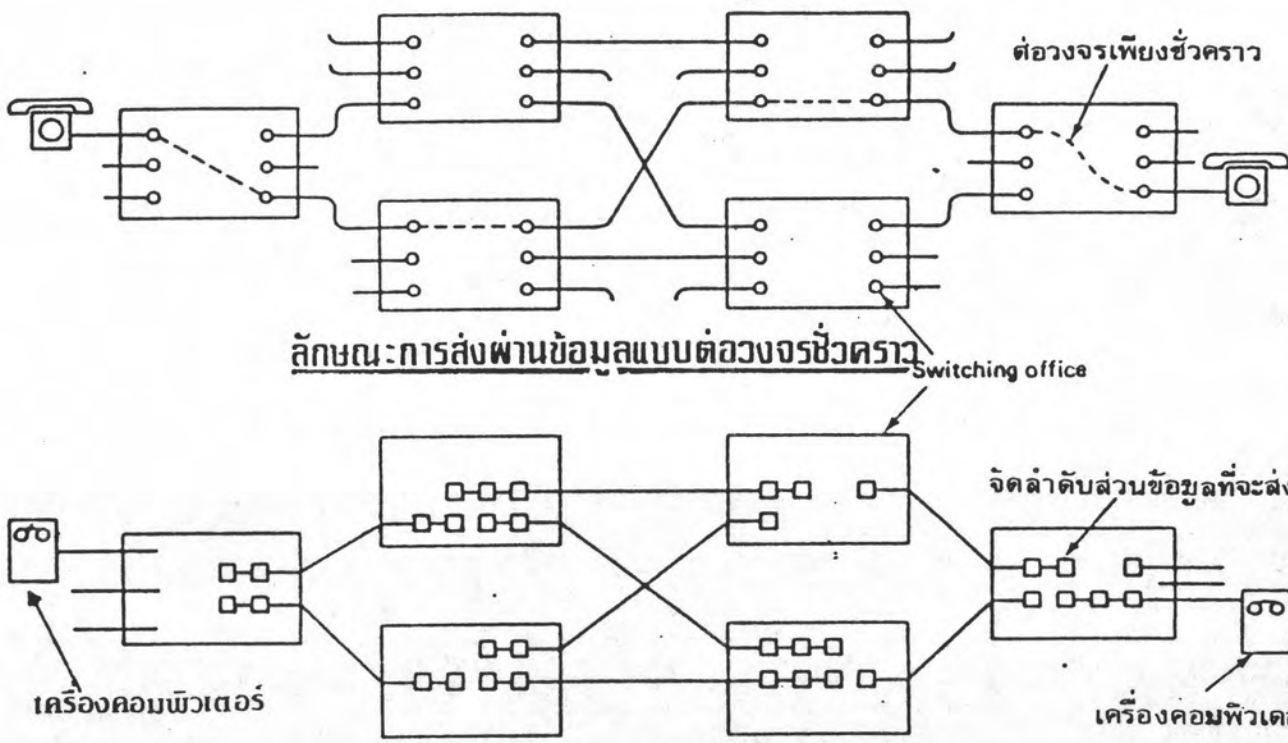
เรียกว่า แบบต่อวงจรชั่วคราว (Circuit Switching) และยังมีเทคนิคการส่งผ่านข้อมูลวิธีที่สำคัญที่จะกล่าวถึงในบทนี้ กล่าวคือ การส่งผ่านข้อมูลแบบแบ่งข้อมูลเป็นส่วนเท่ากัน (Packet Switching) การส่งผ่านข้อมูลแบบไม่แบ่งข้อมูล (Message Switching) และการส่งผ่านข้อมูลแบบดาตาแกรม (Datagram)

5.2.1 ลักษณะการส่งผ่านข้อมูลแบบต่อวงจรชั่วคราว (Circuit Switching)

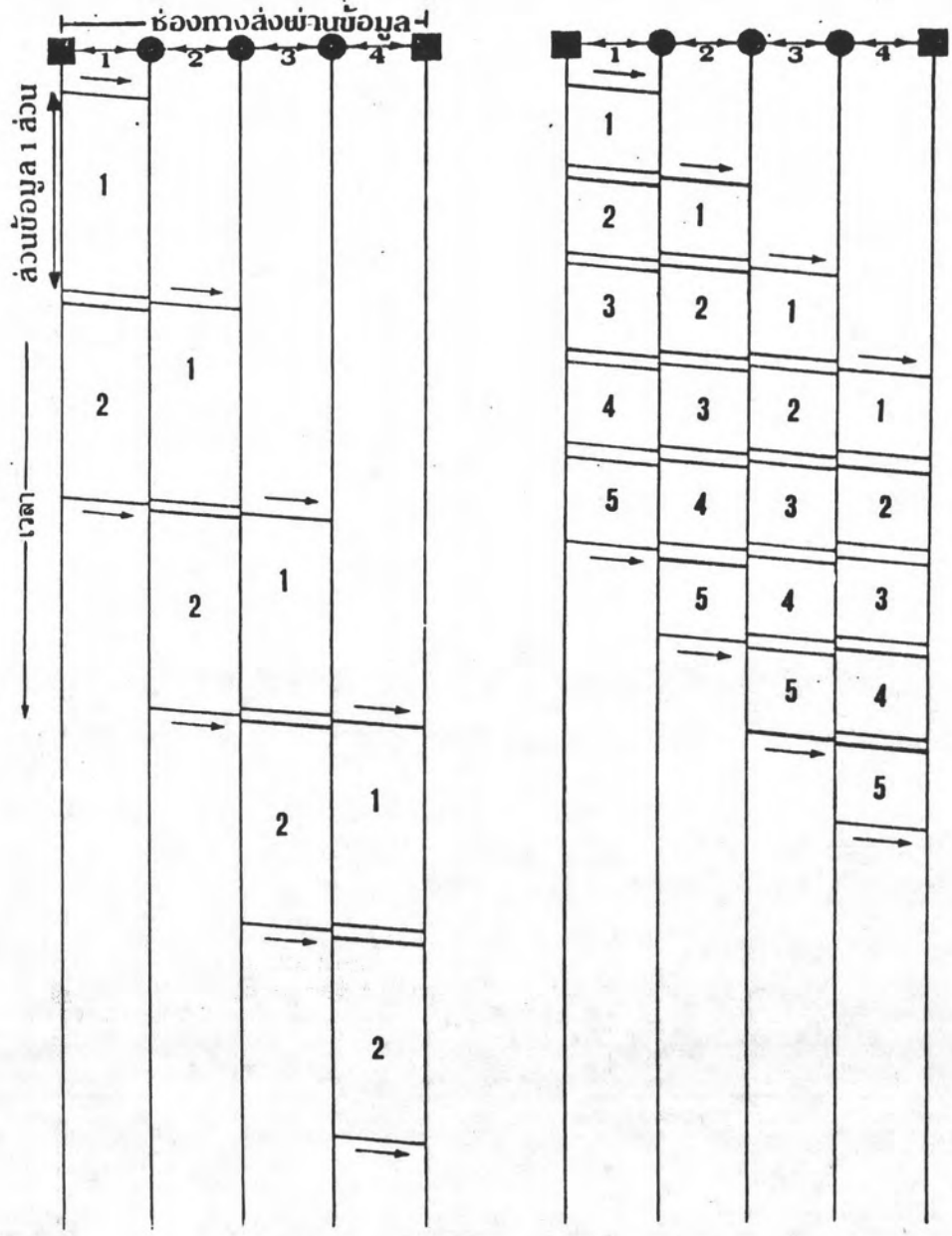
สิ่งสำคัญของการส่งผ่านข้อมูลแบบนี้ คือมีการกำหนดช่องทางการส่งผ่านข้อมูลให้เรียบร้อย ก่อนที่จะส่งผ่านข้อมูลออกไปยังผู้รับปลายทาง ช่องทางการส่งผ่านข้อมูลช่องทางใดมิได้ถูกกำหนดให้ใช้งานก็จะว่าง เช่น การส่งผ่านข้อมูลของระบบโทรศัพท์ เป็นต้น ลักษณะการส่งผ่านข้อมูลแบบนี้สามารถส่งรับข้อมูลด้วยอัตราความเร็วมากกว่า 9,600 บิทต่อวินาที ฉะนั้นการส่งผ่านข้อมูล ต้องอาศัยการต่อวงจรชั่วคราวจากผู้ส่งต้นทางถึงผู้รับปลายทาง ดังในรูปที่ 5.5

5.2.2 ลักษณะการส่งผ่านข้อมูลแบบแบ่งข้อมูลเป็นส่วนเท่ากัน (Packet Switching)

การส่งผ่านข้อมูลแบบนี้ต้องมีการแบ่งออกเป็นส่วนของข้อมูลขนาดเท่ากัน หรือเรียกว่า แพคเกท (Packet) ซึ่งจะจัดลำดับการส่งและเก็บรวบรวมไว้ มีการส่งออกไปยังผู้รับปลายทางตามลำดับที่จัดไว้ ข้อมูลที่ส่งไปเรียบร้อยแล้วจะถูกลบทิ้งออกจากหน่วยความจำ และเมื่อข้อมูลส่งถึงปลายทางจะมีการแปลงรหัสข้อมูลให้เป็นข้อมูลรูปเดิม ขนาดของความยาวข้อมูลแต่ละส่วนที่แบ่งออกมาจะมีผลต่อความเร็วในการส่งข้อมูล ถ้าส่วนของข้อมูลมีขนาดยาวมากก็ทำให้ใช้เวลามากในการส่งผ่านข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 5.6 ดังนั้นการออกแบบการสื่อสารข้อมูลแบบนี้ จึงต้องคำนึงถึงขนาดความยาวของส่วนข้อมูล แต่ละส่วนของข้อมูลจะมีส่วนที่เก็บรายละเอียดจุดหมายปลายทางของผู้รับข้อมูล และข้อมูลอื่น ๆ ที่ไว้ตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลส่วนนี้ มีความยาวประมาณ 8-16 ไบต์ ประกอบเป็นส่วนหัวของข้อมูล (Header) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในการส่งผ่านแบบนี้ แต่ละช่องทางส่งผ่านข้อมูลจะมีการกำหนดเวลาเริ่มส่งผ่านข้อมูล มีการขออนุญาตส่งข้อมูลก่อนการเริ่มส่งผ่านข้อมูล เมื่อเปรียบเทียบ



รูปที่ 5.5 แสดงลักษณะการส่งผ่านข้อมูลจากผู้ส่งต้นทาง ถึง ผู้รับปลายทาง



รูปที่ 5.6 เปรียบเทียบการแบ่งขนาดความยาวข้อมูลในการส่งผ่านข้อมูลแบบแบ่งข้อมูล-เป็นส่วนเท่ากัน

กับการส่งผ่านข้อมูลแบบต่อวงจรชั่วคราว ซึ่งจะไม่มีการขออนุญาตส่งผ่านข้อมูล แต่ทว่ามีการกำหนดช่องทางส่งผ่านข้อมูลให้เรียบร้อยก่อนส่งออกไป อีกประการหนึ่งก็คือค่าใช้จ่ายสำหรับการส่งผ่านข้อมูลแบบแบ่งข้อมูลเป็นส่วนเท่ากัน จะมีอัตราคงที่ มิได้ขึ้นอยู่กับระยะทางจากผู้ส่งต้นทางถึงผู้รับปลายทาง การต่อพ่วงอุปกรณ์ต่าง ๆ ในข่ายงานติดต่อสื่อสารที่มีการส่งผ่านข้อมูลแบบแบ่งข้อมูลเป็นส่วนเท่ากัน อาจต่อพ่วงในรูปแบบจุดต่อจุด และรูปแบบกระจาย ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.7 เมื่อมีการเพิ่มอุปกรณ์ในข่ายงานก็สามารถทำได้ง่าย

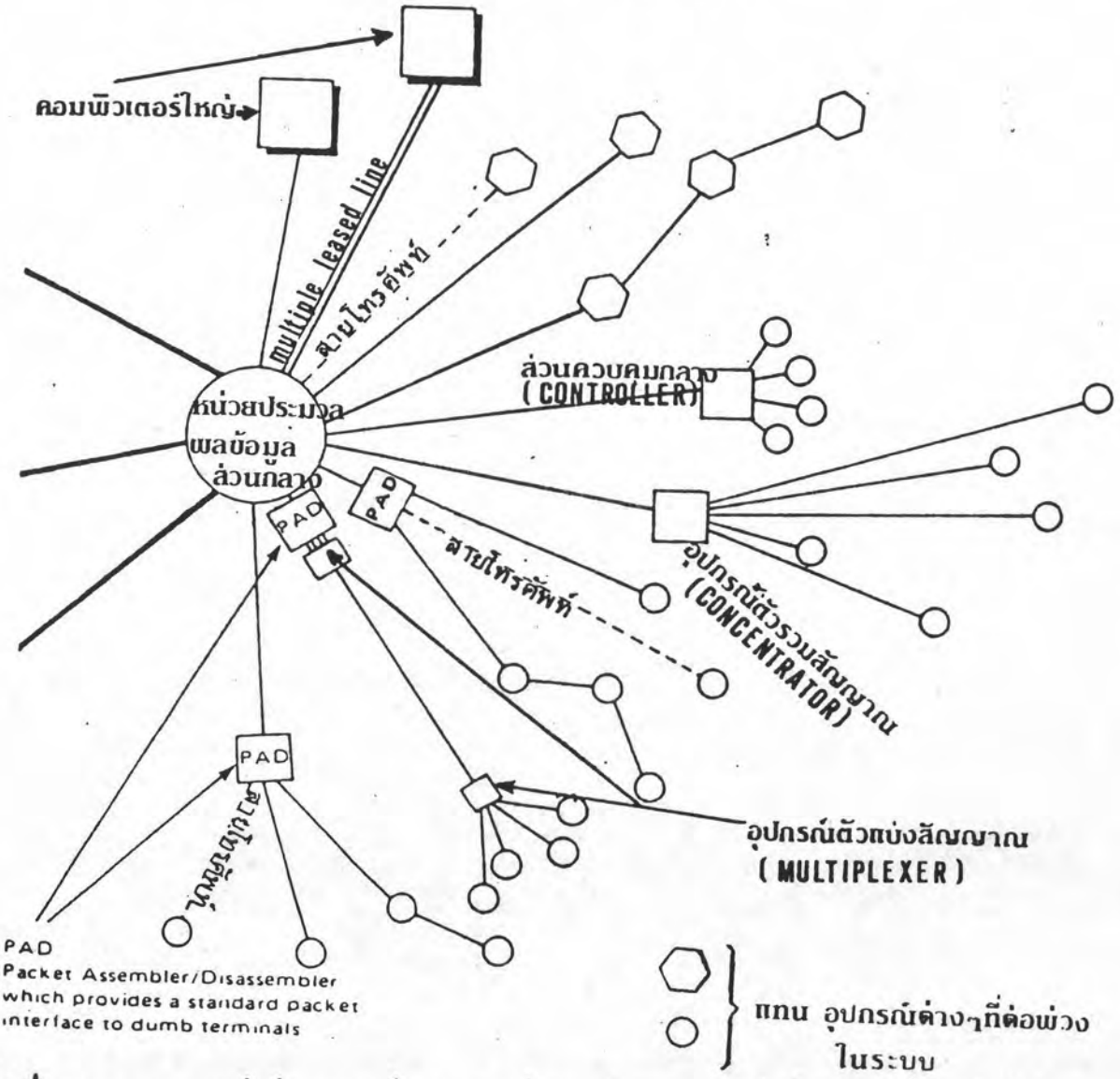
5.2.3 ลักษณะการส่งผ่านข้อมูลแบบไม่แบ่งข้อมูล (Message Switching)

การส่งผ่านข้อมูลแบบนี้ ไม่มีการแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนเท่า ๆ กัน ไม่มีการกำหนดช่องทางส่งผ่านข้อมูล หรือไม่มีการกำหนดเวลาให้แต่ละช่องทางส่งผ่านข้อมูล ข้อมูลที่ถูกส่งออกไป จะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลไว้ แล้วสามารถส่งต่อไปยังผู้รับปลายทาง ณ เวลาใดก็ได้ ปัญหาก็คือ การที่ข้อมูลไม่มีขนาดจำกัดของแต่ละส่วนของข้อมูล ผู้รับปลายทางต้องจองเนื้อที่หน่วยความจำสำหรับข้อมูลที่ยาวที่สุดไว้ เป็นการสิ้นเปลืองมิใช่น้อย โดยส่วนใหญ่ การส่งผ่านข้อมูลแบบนี้ มักใช้กับการต่อพ่วงอุปกรณ์ในข่ายงานรูปแบบดาว เพราะมีหน่วยงานกลางควบคุมการส่งผ่านข้อมูล

5.2.4 ลักษณะการส่งผ่านข้อมูลแบบดาตาแกรม (Datagram)

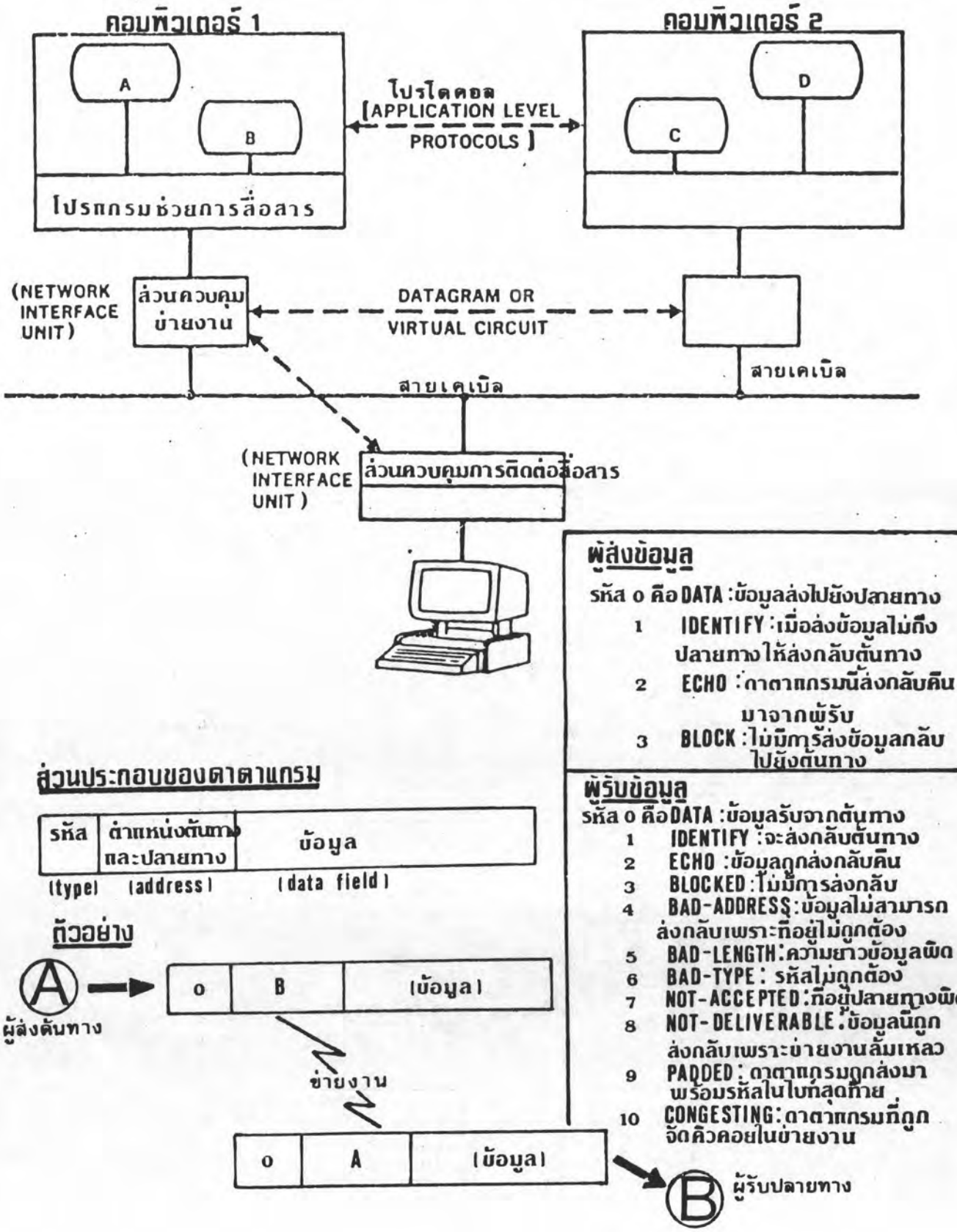
ลักษณะการส่งผ่านข้อมูลแบบนี้มีการแบ่งส่วนของข้อมูลยาวเท่ากัน เรียกว่า ดาตาแกรม (Datagram) ขนาดของดาตาแกรมประมาณ 128 ไบต์ แต่ละดาตาแกรมเป็นอิสระต่อกัน ประกอบด้วยรายละเอียดข้อมูล 3 ส่วน ดังในรูปที่ 5.8 ดาตาแกรมที่ส่งไปถึงผู้รับปลายทางแล้วรายละเอียดตรงส่วนที่บ่งตำแหน่งของผู้รับปลายทาง จะเปลี่ยนเป็นตำแหน่งของผู้ส่งต้นทาง และปรากฏรหัสบอกสถานภาพของการส่ง ถ้าการส่งดาตาแกรมเป็นผลสำเร็จจะมีรหัสเท่ากับศูนย์ แต่เมื่อเกิดผิดปกติด้วยสาเหตุใดก็ตามจะมีรหัสบ่งบอกสถานภาพตามที่กำหนดไว้ ในการส่งดาตาแกรมออกไปหลายส่วนติดต่อกัน ต้องส่งเรียงตามลำดับโดยกำหนดส่วนควบคุมดาตาแกรมที่เรียกว่า เวอชวลคอล (Virtual Call) ทำหน้าที่ควบคุมการจัดลำดับการส่งดาตาแกรม ตัดดาตาแกรมที่ซ้ำซ้อนออก ควบคุมทิศทางการส่งดาตาแกรม และจัดการเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนดาตา-

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.7 แสดงการต่อพ่วงอุปกรณ์ในรูปแบบต่างๆเมื่ออาศัยการส่งผ่านข้อมูลแบบแบ่งข้อมูล-เป็นส่วนเท่ากัน

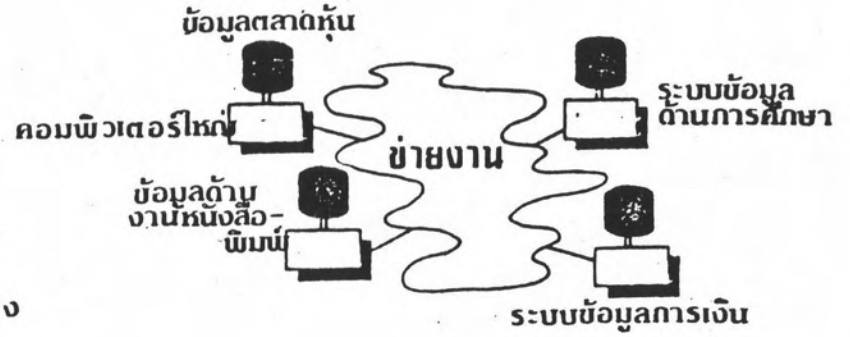
รูปที่ 5.8 แสดงลักษณะการส่งผ่านข้อมูลแบบดาตาแกรม



แกรมระหว่างผู้รับผู้ส่งข้อมูล งานบางอย่างไม่คำนึงถึงลำดับของข้อมูลที่ส่งออกไป เพียงต้องการความครบถ้วนเท่านั้น การลำดับดาตาแกรมก่อนหลังไม่เป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้น การกำหนดส่วนที่เป็นเวอชวลคอลจัดเป็นวงจรจำลอง ต้องมีการออกแบบขึ้นใช้เองโดยระบบย่ายงาน จัดการให้มีสำหรับช่วยการส่งผ่านข้อมูล จึงแบ่งรูปแบบการส่งผ่านข้อมูลแบบดาตาแกรมออกเป็น 2 ลักษณะ ก็คือ ลักษณะการส่งผ่านข้อมูลแบบดาตาแกรมพร้อมกับเวอชวลคอล ซึ่งมีการควบคุมลำดับของข้อมูล และอีกลักษณะหนึ่งคือ ลักษณะการส่งผ่านข้อมูลแบบดาตาแกรมซึ่งไม่มีการควบคุมลำดับข้อมูล

5.3 เทคโนโลยีของระบบย่ายงานติดต่อสื่อสาร

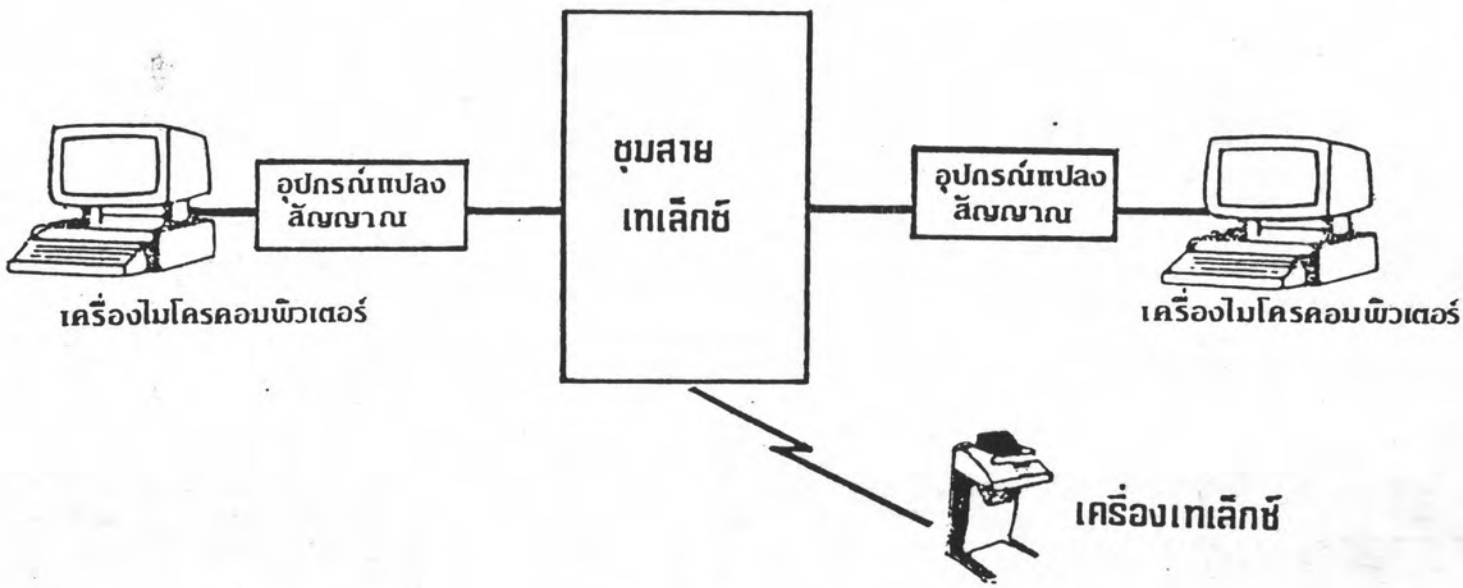
การประยุกต์ใช้ลักษณะการส่งผ่านข้อมูลลักษณะต่าง ๆ ในการพัฒนาระบบติดต่อสื่อสาร เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้ระบบการติดต่อสื่อสารวิวัฒนาการพร้อมที่จะนำไปสู่การใช้ระบบงานอัตโนมัติในสำนักงาน ปัจจุบันผู้ใช้สามารถเช่าวงจรย่ายงานติดต่อสื่อสารเพื่อการใช้งานเฉพาะกลุ่มผู้ใช้ หรือเฉพาะองค์กร และมีการออกแบบย่ายงานสำหรับบริการการติดต่อสื่อสารร่วมกันระหว่างองค์กรหลายแห่ง การติดต่อสื่อสารผ่านย่ายงาน อาจประกอบด้วยหน่วยงานที่มีการทำงานในแขนงต่าง ๆ เฉพาะงาน แต่ละหน่วยงานทำงานแยกกันโดยอิสระ ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.9 จัดว่าเป็นการจัดย่ายงานรูปแบบระบบแบ่งแยกอิสระ (Heterogeneous System) ในกรณีที่เชื่อมโยงเครื่องมือกับย่ายงานติดต่อสื่อสาร อาจต้องอาศัยอุปกรณ์สื่อกลางช่วยแปลงความเร็ว แปลงรหัสสัญญาณ เพื่อที่จะทำให้สามารถส่งผ่านข้อมูลจากผู้ส่งต้นทางไปยังผู้รับปลายทางได้ อาทิ การเชื่อมโยงเครื่องเทเล็กซ์กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในรูปที่ 5.10 ต้องใช้อุปกรณ์กลาง ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากเครื่องเทเล็กซ์กับย่ายงานเทเล็กซ์มาต่อเข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์กลางนี้ถือเป็นเครื่องแปลงต้นร่างเทเล็กซ์ (Telex Protocol Converter หรือที่เรียกว่า CSC ย่อมาจาก Code and Speed Converter) สำหรับใช้ในเทคโนโลยีเทเล็กซ์ในระบบงานอัตโนมัติในสำนักงาน เป็นต้น นอกจากนี้มีอุปกรณ์กลางที่นิยมใช้ในระบบติดต่อสื่อสาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้สายสื่อสารและการส่งผ่านข้อมูล ดังจะกล่าวไว้พอสังเขปเกี่ยวกับอุปกรณ์ตัวแบ่งสัญญาณ (Multiplexer) และอุปกรณ์ตัวรวมสัญญาณ (Concentrator)

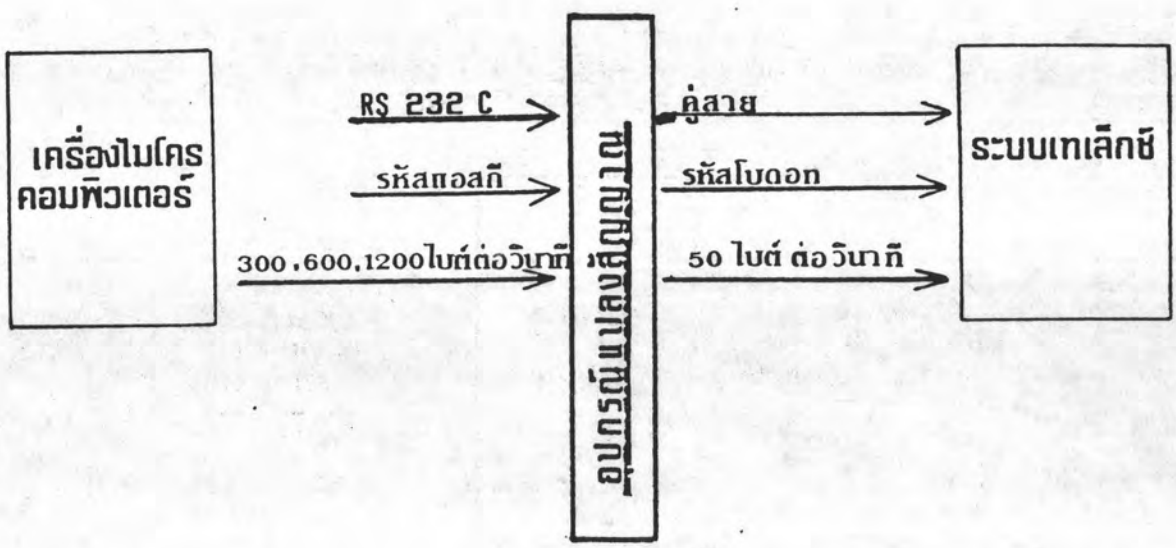


ระบบงานเหล่านี้
ทำงานเฉพาะอย่าง
แยกกันโดยอิสระ

รูปที่ 5.9 แสดงรูปแบบของระบบแบ่งแยกอิสระ

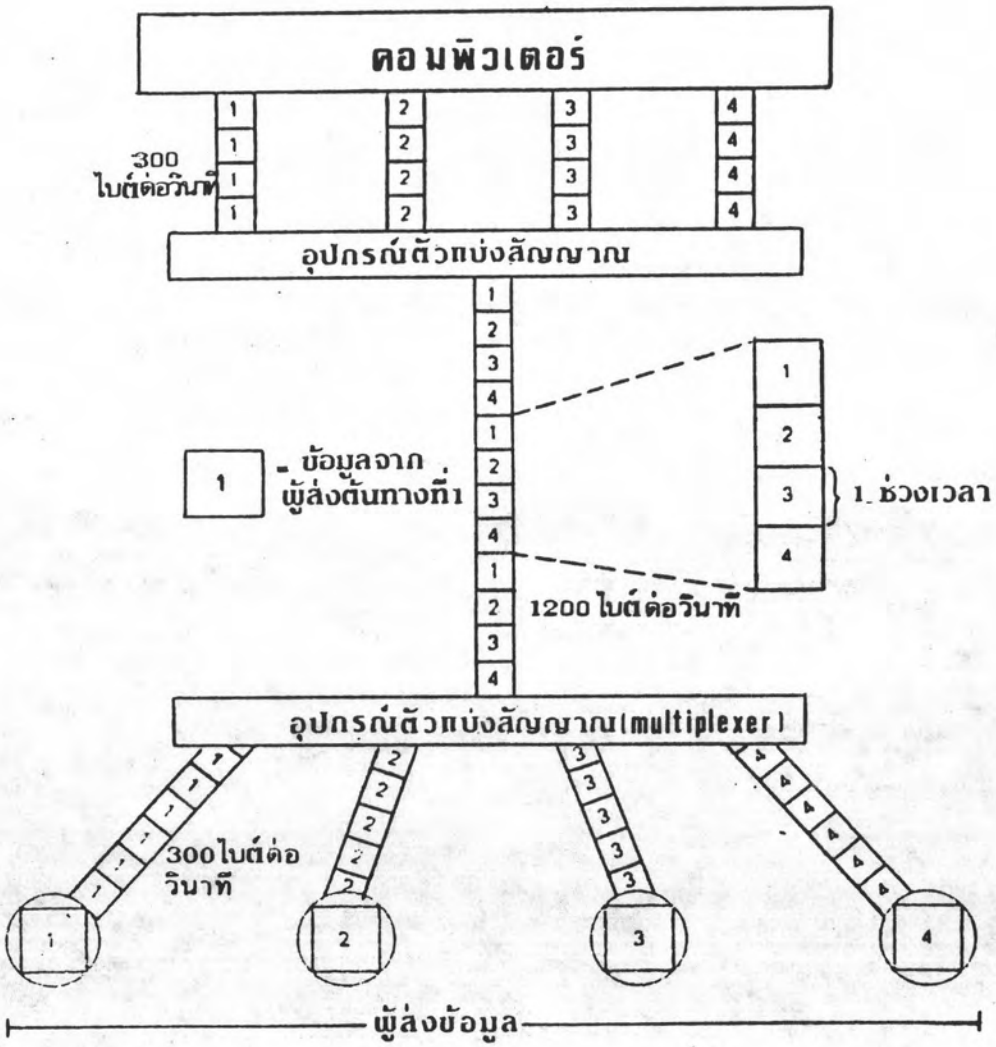
รูปที่ 5.10 การต่อพ่วงระบบเทเล็กซ์ กับ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์



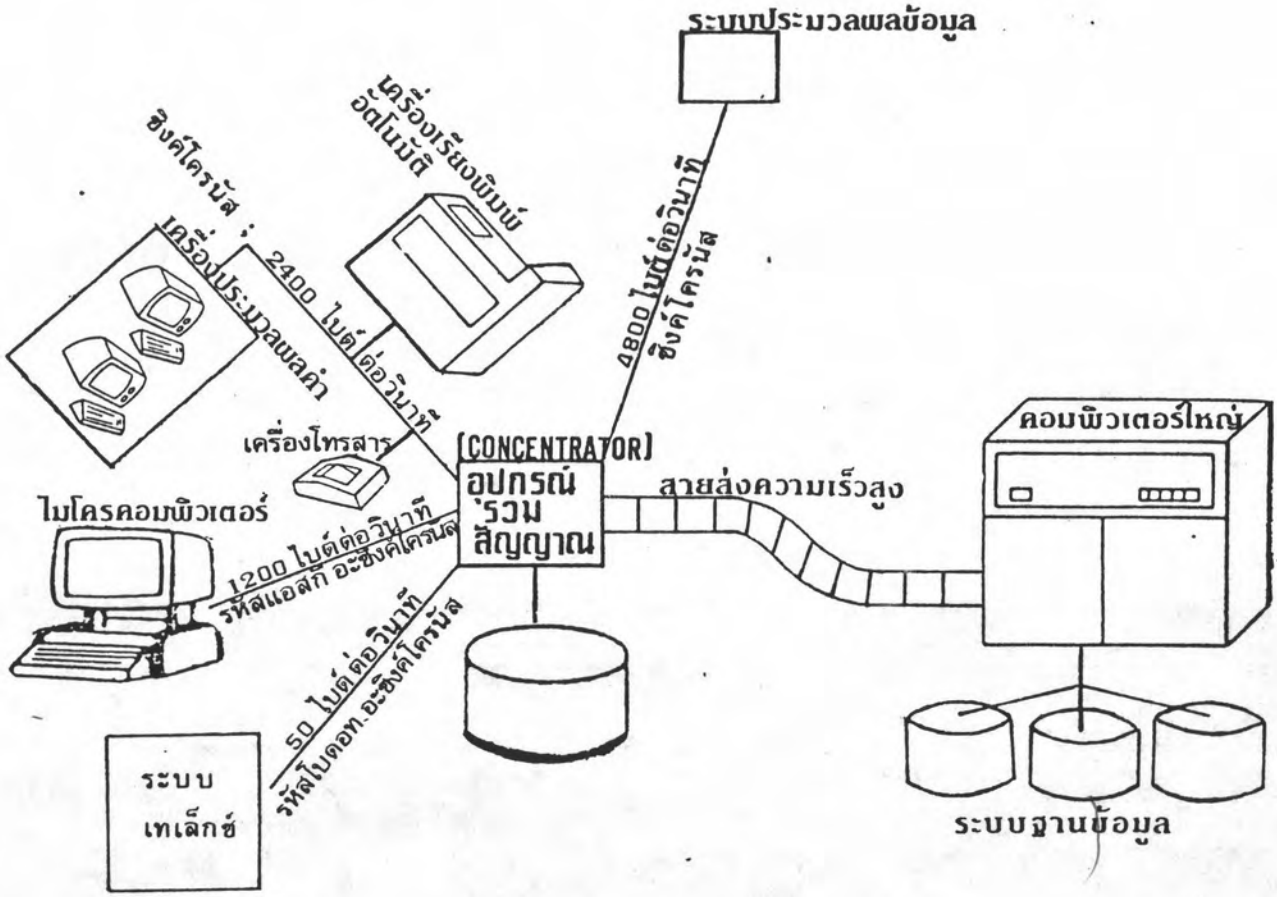


1. อุปกรณ์ตัวแบ่งสัญญาณ มีกระบวนการทำงาน 2 ประเภท ประเภทหนึ่งคือ ประเภทแบ่งตามความถี่ อุปกรณ์ต้นทางและปลายทางแต่ละตัวจะมีอุปกรณ์กำหนดช่วงความถี่เฉพาะเท่านั้น มักจะใช้กับการส่งข้อมูลความเร็วต่ำหลายชุดจากสายสื่อสารที่ใช้กับสัญญาณเสียง เช่น สายโทรศัพท์ มีความสามารถใช้ได้กับสัญญาณเสียงในช่วงความถี่จำกัด การส่งกระจายเสียงของสถานีวิทยุก็ต้องกำหนดความถี่เฉพาะสำหรับส่งรายการวิทยุ ฉะนั้นโดยวิธีแบ่งความถี่ต้องป้องกันช่วงความถี่ที่กำหนดของอุปกรณ์แต่ละตัวด้วย ส่วนอุปกรณ์ตัวแบ่งสัญญาณอีกประเภทหนึ่ง คือ อุปกรณ์แบ่งสัญญาณแบบแบ่งเวลา มีหน้าที่นำข้อมูลต่าง ๆ ของอุปกรณ์ที่มีความเร็วในการส่งต่ำ รวมกันในรูปแบบที่สามารถส่งไปพร้อมกันด้วยความเร็วสูง ตัวอย่างในรูปที่ 5.11 (ก) ข้อมูลจากอุปกรณ์ต้นทางความเร็วต่ำถูกส่งผ่านอุปกรณ์ตัวแบ่งสัญญาณ B ซึ่งทำหน้าที่นำข้อมูลจากแต่ละสายส่งมาจัดสลับกันเป็นช่วงเวลาแล้วส่งออกไปตามสายส่งที่มีความเร็วสูง ส่งต่อไปยังอุปกรณ์ตัวแบ่งสัญญาณ A ณ ปลายทางซึ่งทำหน้าที่จัดข้อมูลกลับเป็นข้อมูลชุดเดิม ส่งไปตามสายส่งความเร็วต่ำ ไปยังอุปกรณ์ปลายทาง ในระบบบางระบบ ข้อมูลที่ส่งมาด้วยความเร็วสูงสามารถถูกส่งเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์โดยตรง เนื่องด้วยมีโปรแกรมทำงานจัดการแปลงรหัสข้อมูล จึงอาจมิต้องหาอุปกรณ์กลางตัวแบ่งสัญญาณ แต่เสียค่าใช้จ่ายโปรแกรมทำงานแปลงรหัสข้อมูล

2. อุปกรณ์ตัวรวมสัญญาณ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ต้นทางหลายตัว แล้วจัดสลับส่งออกไปยังอุปกรณ์ปลายทางด้วยความเร็วสูง แต่อุปกรณ์กลางนี้มีความสามารถมากกว่าอุปกรณ์ตัวแบ่งสัญญาณ คืออุปกรณ์ตัวรวมสัญญาณสามารถเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลก่อนนำมารวมกันเพื่อส่งออกไปตามสายส่งด้วยความเร็วสูง ตัวอย่างในรูปที่ 5.11 (ข) อุปกรณ์ตัวรวมสัญญาณต่อพ่วงระหว่างอุปกรณ์ต้นทางที่มีความถี่ในการส่งผ่านข้อมูลระดับต่าง ๆ และเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทาง ฉะนั้นอุปกรณ์กลางตัวรวมสัญญาณ ต้องแปลงรหัสข้อมูล เปลี่ยนความเร็วในการส่ง และอาจมีการต่อพ่วงอุปกรณ์เก็บรวบรวมข้อมูลเข้ากับอุปกรณ์ตัวรวบรวมข้อมูล เพื่อที่สามารถรวบรวมข้อมูลทั้งหมดและส่งออกไปภายหลัง ถ้าอุปกรณ์ต้นทางตัวใดไม่ส่งข้อมูล ก็จะไม่มีการกำหนดเวลาให้กับสายส่งความเร็วสูง แต่ใช้เวลานั้นสำหรับอุปกรณ์ต้นทางตัวอื่นที่จะส่งข้อมูล จึงเป็นหน้าที่ของอุปกรณ์ตัวรวมสัญญาณที่ต้องจัดลำดับของข้อมูลด้วย



รูปที่ 5.11 (ก) การใช้อุปกรณ์ตัวแบ่งสัญญาณ



รูปที่ 5.11(ข) การใช้อุปกรณ์รวมสัญญาณ

อุปกรณ์ตัวกลางซึ่งเป็นอุปกรณ์พิเศษ นำไปใช้ประโยชน์ได้มากในข่ายงานติดต่อสื่อสาร อาทิ ข่ายงานเอซีเอส (ACS ย่อมาจาก Advanced Communications Service) ออกแบบขึ้นเพื่อใช้งานสื่อสารไปรษณีย์อัตโนมัติเป็นส่วนใหญ่ กรณีสื่อสารข้อมูลข่าวสารในระยะทางไกลต้องอาศัยอุปกรณ์ตัวรวมสัญญาณช่วยการส่งผ่านข้อมูล เป็นต้น ระบบข่ายงานติดต่อสื่อสารทั้งหมดล้วนเกิดขึ้นจากความต้องการกำหนดข่ายงานมาตรฐาน ให้เหมาะสมกับองค์กรหรือสภาพแวดล้อมต่าง ๆ อย่างมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ หากจะกล่าวถึงข่ายงานติดต่อสื่อสารโดยพิจารณาถึงการครอบคลุมอาณาบริเวณพื้นที่ของการติดต่อสื่อสาร จะแยกประเภทของข่ายงานสื่อสารออกเป็น 2 ประเภท กล่าวคือ ข่ายงานเฉพาะท้องถิ่น (Local Area Network) และข่ายงานทั่วโลก (Global Network)

5.3.1 ข่ายงานเฉพาะท้องถิ่น (Local Area Network)

การติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลภายในองค์กร ภายในตึกเดียวกันหรือติดต่อกันในระยะทางใกล้ ๆ เป็นการติดต่อสื่อสารประจำวันที่ต้องมีแน่นอนอยู่แล้ว จึงมีแนวความคิดว่า ควรมีการต่อพ่วงอุปกรณ์ทั้งหลายในระบบคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการติดต่อสื่อสาร เพื่อจะได้สามารถสื่อสารข้อมูลปริมาณมากขึ้นใน 1 หน่วยเวลาสื่อสารได้อย่างรวดเร็ว การส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครื่องมืออุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ภายในตึกเดียวกันหรือติดต่อสื่อสารระหว่างตึกที่อยู่ใกล้เคียงกัน อาจจำกัดระยะภายในรัศมีระหว่าง 5 ไมล์ถึง 10 ไมล์ ทำให้บุคลากรในสำนักงานสามารถติดต่อกันได้อย่างสะดวกรวดเร็ว สามารถส่งข้อมูลข่าวสารไปถึงผู้รับหลายคนได้ในเวลาเดียวกัน ดีกว่าการใช้โทรศัพท์ซึ่งสามารถติดต่อกันได้เพียงระหว่างบุคคล 2 คน ถ้าต้องการส่งข่าวทางโทรศัพท์ไปยังผู้รับหลายคน ก็ต้องใช้เวลานานกว่าการใช้วิธีติดต่อผ่านข่ายงานเฉพาะท้องถิ่น รวมทั้งจะลดปริมาณการใช้กระดาษเป็นตัวกลางในการสื่อสารได้อย่างมาก และข้อมูลต่าง ๆ ที่เก็บรวบรวมไว้เป็นระบบฐานข้อมูลก็สามารถร่วมกันใช้ได้ระหว่างผู้ใช้หลายคน

5.3.1.1 การต่อพ่วงอุปกรณ์เครื่องมือในข่ายงานเฉพาะท้องถิ่น

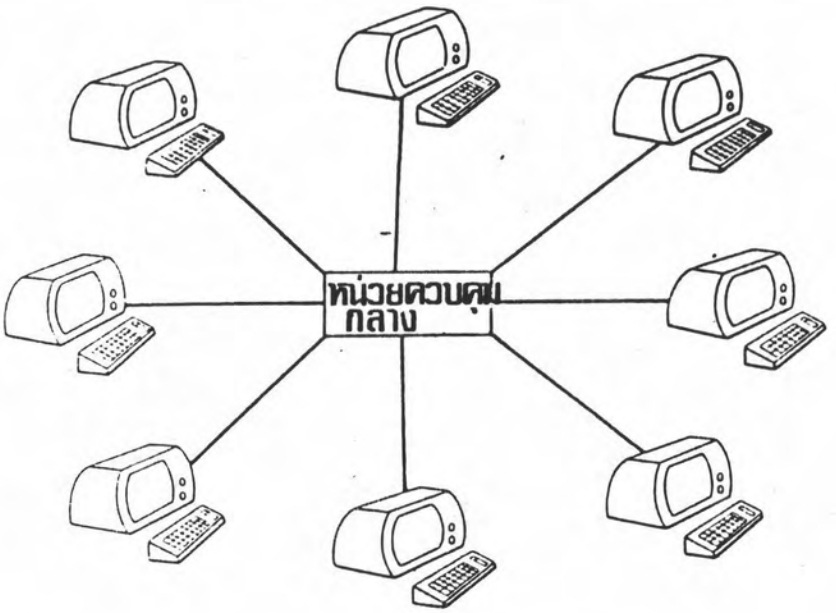
เครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ในข่ายงานเฉพาะท้องถิ่นสามารถต่อพ่วงแตกต่างกัน 4 รูปแบบ กล่าวคือ

1. การต่อพ่วงเป็นรูปแบบดาว (Star) อุปกรณ์เครื่องมือของระบบ จะต่อพ่วงกับหน่วยควบคุมกลาง การส่งรับข้อมูลต้องผ่านหน่วยควบคุมกลางก่อนเสมอ แล้วส่งต่อไปยังผู้รับปลายทาง ปกติการจัดพ่วงอุปกรณ์รูปแบบนี้สามารถต่อเครื่องคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกันได้ประมาณ 8 ถึง 25 เครื่อง และสามารถต่อพ่วงข่ายงานหลายข่ายงานได้ด้วย ดังตัวอย่างรูปที่ 5.12 (ก) ข้อดีของข่ายงานเฉพาะห้องถิ่นรูปแบบดาว ก็คือ โปรแกรมระบบและโปรแกรมทำงานที่ใช้ควบคุมการส่งรับข้อมูลจะรวมอยู่ในหน่วยควบคุมกลางเพียงแห่งเดียว แต่ว่าข้อเสียก็คือ ถ้าหน่วยงานควบคุมกลางมีปัญหาขัดข้อง ทำงานไม่ได้จะทำให้อุปกรณ์ทั้งหมดในข่ายงานนั้นใช้งานไม่ได้ด้วย

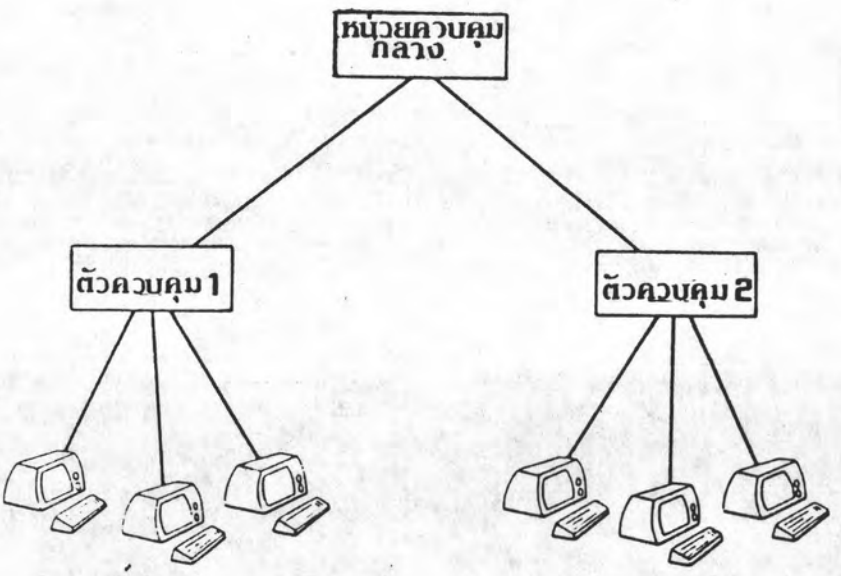
2. การต่อพ่วงเป็นรูปแบบลำดับชั้น (Hierarchical or Tree) การจัดต่อพ่วงเครื่องคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์เครื่องมือใด ๆ จะอยู่ภายใต้การควบคุมของหน่วยควบคุมที่อยู่ระดับสูงกว่า วิธีการส่งผ่านข้อมูลจากผู้ส่งไปยังผู้รับ ก็คือ ผู้ส่งส่งผ่านข้อมูลไปยังส่วนควบคุมระดับสูงสุด แล้วส่งต่อไปยังผู้รับโดยผ่านอุปกรณ์อื่นตามทิศทางที่ต่อพ่วงลดหลั่นลงมาเป็นลำดับชั้น ดังในรูปที่ 5.12 (ข)

3. การต่อพ่วงเป็นรูปแบบวงแหวน แสดงในรูปที่ 5.12(ค) วิธีส่งผ่านข้อมูลในข่ายงานแบบวงแหวนมีเทคนิคหลายวิธี โดยยึดหลักการสำคัญเดียวกัน คือข้อมูลส่งผ่านจากอุปกรณ์เครื่องหนึ่งไปยังอุปกรณ์เครื่องที่อยู่ถัดไป ถ้ามิใช่ข้อมูลที่จะรับไว้ก็จะจัดการส่งต่อไปอีก จนกระทั่งส่งถึงผู้รับปลายทาง อุปกรณ์ทุกเครื่องต่อพ่วงถึงกันและสื่อสารข้อมูลถึงกันได้ แต่เมื่ออุปกรณ์เครื่องใดในข่ายงานเกิดปัญหาล้มเหลว จะทำให้ขัดข้องการสื่อสารทั้งระบบ วิธีการส่งผ่านข้อมูลที่น่าสนใจสำหรับข่ายงานเฉพาะห้องถิ่นรูปแบบวงแหวนมีดังนี้ คือ

- ใช้ตัวสื่อวงรอบวงแหวน (Token Ring) เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด กล่าวคือ ก่อนส่งข้อมูลออกไปต้องรอตัวสื่อวงรอบวงแหวนขนาด 8 บิทส่งผ่านมาแล้ว ตรวจสอบทุกบิทว่าเป็นตัวสื่อวงรอบวงแหวนหรือไม่ ถ้าใช่ก็จะจัดการเปลี่ยนบิทสุดท้ายของตัวสื่อวงรอบวงแหวน เช่น 11111111 จะเปลี่ยนเป็น 11111110 ถ้าตรวจแล้วมิใช่ตัวสื่อวงรอบวงแหวน ก็ไม่มีการเปลี่ยนบิทสุดท้าย หลังจากเปลี่ยนบิทสุดท้ายเรียบร้อยแล้วก็ออกจากข่ายงาน ส่วนผู้ส่งข้อมูล



รูปที่ 5.12(ก) การต่อพ่วงอุปกรณ์รูปแบบดาว



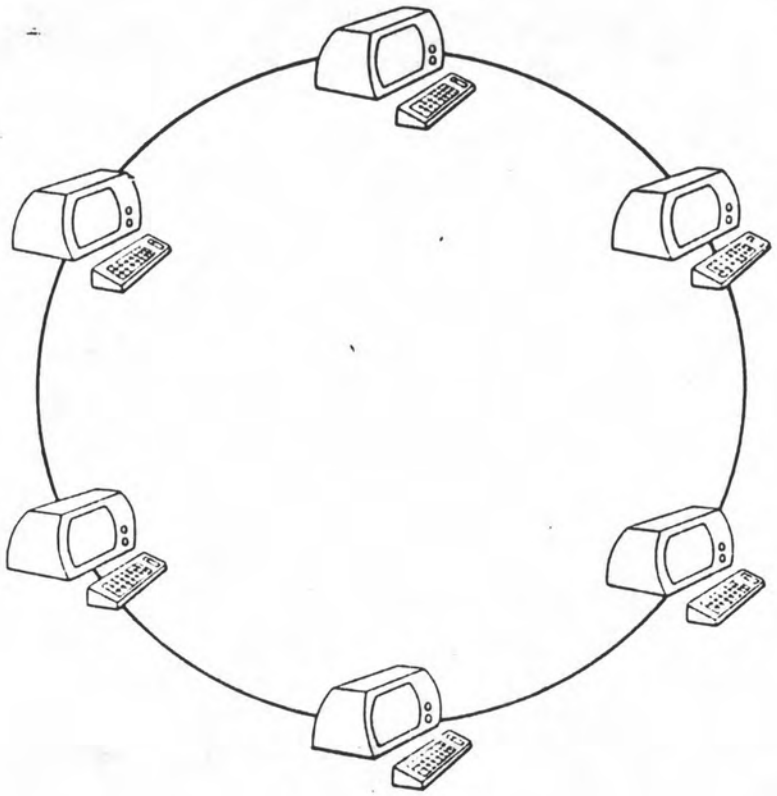
รูปที่ 5.12(ข) การต่อพ่วงอุปกรณ์รูปแบบลำดับชั้น

เตรียมพร้อมส่งข้อมูลทันที การส่งรับข้อมูลด้วยวิธีนี้มี 2 ช่วงจังหวะ คือ ช่วงจังหวะส่งข้อมูล และช่วงจังหวะรับข้อมูล เมื่อส่งข้อมูลเรียบร้อยก็จะเปลี่ยนจากช่วงจังหวะส่งข้อมูลเป็นช่วงจังหวะรับข้อมูล ในกรณีที่สายเคเบิลยาวมาก อาจก่อให้เกิดปัญหาได้ ควรเปลี่ยนเป็นสายส่งชนิดที่มีอัตราความเร็วสูงในการส่งผ่านข้อมูล

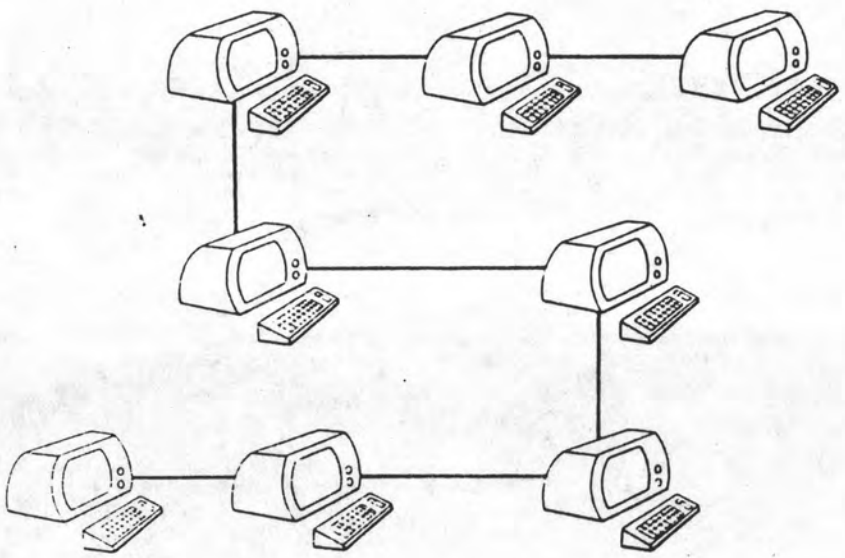
- วิธีขอตัวสื่อวงแหวนเพื่อการสื่อสาร (Contention Ring) เป็นวิธีส่งผ่านข้อมูลที่แตกต่างจากวิธีใช้ตัวสื่อวิ่งรอบวงแหวน ซึ่งแม้ว่าไม่มีการส่งผ่านข้อมูล ก็มีตัวสื่อวิ่งผ่านรอบวงแหวน สำหรับวิธีขอตัวสื่อวงแหวนเพื่อการสื่อสาร ถ้าไม่มีการส่งผ่านข้อมูล ก็ไม่มีตัวสื่อวิ่งรอบวงแหวน อุปกรณ์ใดที่ต้องการส่งข้อมูลก็ต้องรอคอยตัวสื่อวงแหวน กรณีที่มีอุปกรณ์หลายเครื่องต้องการส่งข้อมูลในระยะเวลาพร้อมกัน เมื่อไม่มีการฉวยตัวสื่อวงแหวนได้หันก็จะไม่มีการส่งข้อมูลจนกว่าจะมีการขอตัวสื่อวงแหวนใหม่

- วิธีแบ่งเนื้อที่เก็บข้อมูลเป็นช่องเท่ากัน (Slotted Ring) วิธีนี้มีการแบ่งเนื้อที่เก็บข้อมูลของทุกตำแหน่งรอบวงแหวนออก เป็นช่องขนาดเท่ากัน แต่ละช่องจะมีบิทหนึ่งกำหนดค่าบอกไว้ว่าช่องเก็บข้อมูลมีสภาพเต็มหรือว่าง เมื่อต้องการส่งข้อมูลไปยังตำแหน่งใดก็ตามต้องคอยให้เนื้อที่เก็บข้อมูลมีช่องว่าง แล้วใส่ข้อมูลเข้าไปและกำหนดค่าไว้ว่า ช่องข้อมูลมีสภาพเต็ม ฉะนั้นขนาดของข้อมูลต้องมีขนาดพอเหมาะกับขนาดของช่องเก็บข้อมูล หรือถ้ามีการแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วน ๆ แต่ละส่วนของข้อมูลจะต้องมีขนาดพอเหมาะกับขนาดช่องเก็บข้อมูล

4. การต่อพ่วงเป็นรูปแบบบัส (Bus) การต่อพ่วงอุปกรณ์รูปแบบนี้ จะอาศัยแผ่นวงจรสำหรับการเชื่อมโยงอุปกรณ์เครื่องมือเข้ากับสายเคเบิล มีข้อกำหนดของการส่งผ่านข้อมูล หรือโปรโตคอลทำหน้าที่ควบคุมวิธีการส่งรับข้อมูลผ่านข่ายงานติดต่อสื่อสารมิให้ข้อมูลชนกัน ข้อดีของการต่อพ่วงอุปกรณ์แบบบัสคือ สามารถเพิ่มอุปกรณ์เครื่องมือต่อพ่วงกับระบบได้ง่าย เสียค่าใช้จ่ายไม่สูง ในรูปที่ 5.12(ง)



รูปที่ 5.12(ค) การต่อพ่วงอุปกรณ์รูปแบบวงแหวน



รูปที่ 5.12(ง) การต่อพ่วงอุปกรณ์รูปแบบบัส

5.3.1.2 สายสื่อสารที่ใช้ในข่ายงานเฉพาะท้องถิ่น

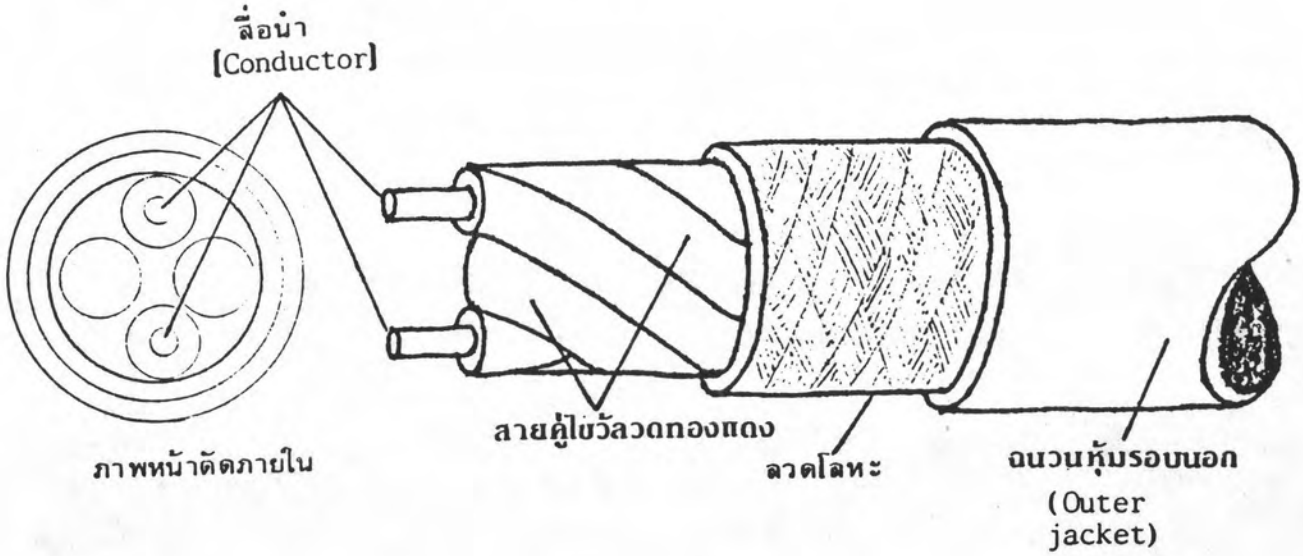
สายสื่อสารที่ใช้เชื่อมโยงอุปกรณ์ทั้งหลายในระบบข่ายงานเฉพาะท้องถิ่นซึ่งมีความสำคัญกล่าวคือ สายคู่ไขว้แบบสายโทรศัพท์ (Twisted-Pair Wire) สายเคเบิลชนิดแกนร่วม (Coaxial) และสายสื่อสารใยแก้วนำแสง (Fiberoptic)

- สายคู่ไขว้แบบสายโทรศัพท์ เป็นสายสื่อสารประเภทที่ภายในสายเคเบิลมีลวดทองแดงเป็นสายคู่ไขว้กันอยู่ ใช้ง่ายสำหรับการเชื่อมโยง มีฉนวนหุ้มลวดทองแดงไว้รอบนอก ในรูปที่ 5.13 ฉนวนที่หุ้มรอบนอกนั้นจะช่วยต้านทานเสียงรบกวนในขณะส่งผ่านข้อมูล แต่จะมีความต้านทานต่อสัญญาณรบกวนได้ไม่มาก จึงมักใช้ส่งผ่านข้อมูลในระยะไม่เกิน 2,000 ฟุต ความเร็วในการส่งข้อมูลมีจำกัดไม่เกิน 100,000 บิทต่อวินาที

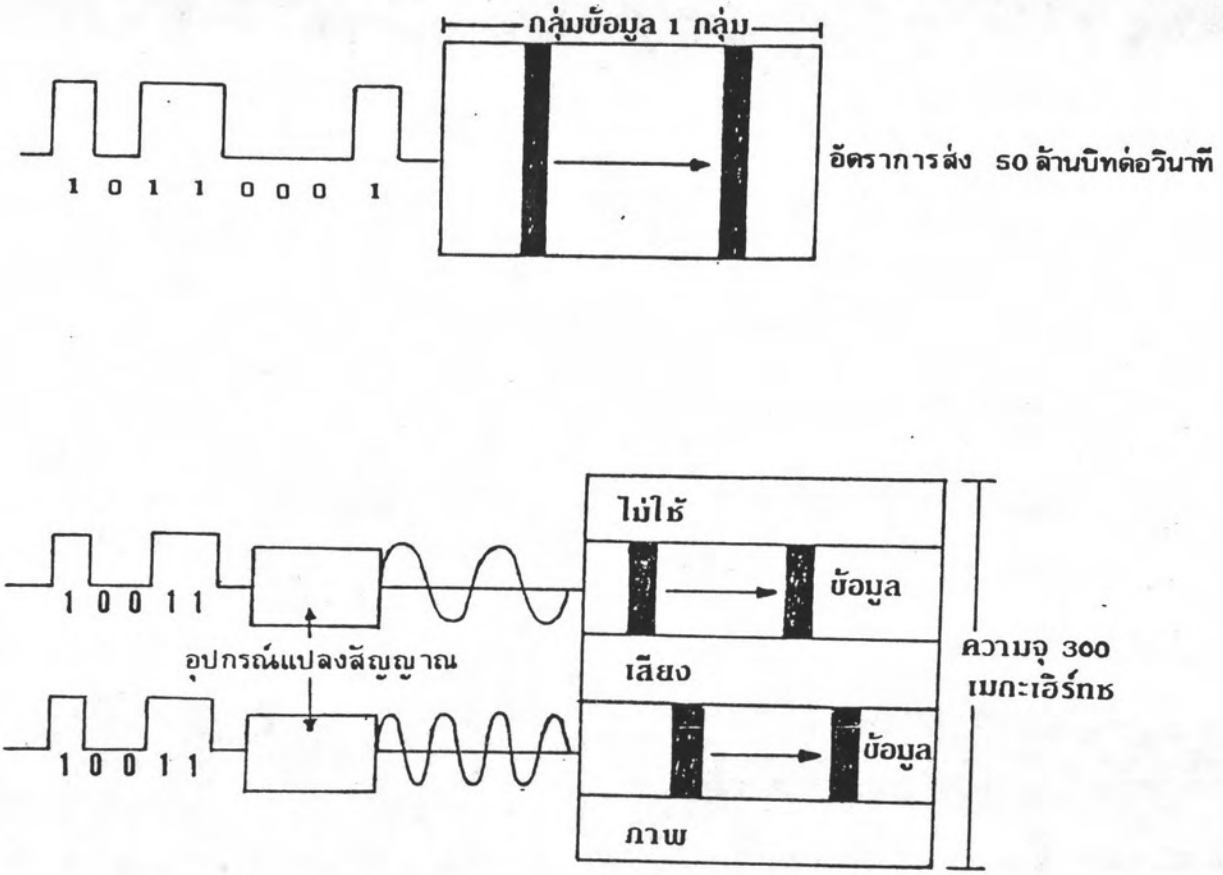
- สายเคเบิลชนิดแกนร่วม เป็นสายสื่อสารที่สามารถส่งผ่านสัญญาณช่องทางเดียว (Baseband) และสัญญาณหลายช่องทาง (Broadband) ในรูปที่ 5.14 การส่งผ่านสัญญาณช่องทางเดียว จะใช้ช่องทางใดต้องรอจนกว่าช่องทางนั้นว่าง สำหรับการส่งผ่านสัญญาณหลายช่องทาง สามารถส่งสัญญาณเสียง ข้อมูลและภาพได้พร้อม ๆ กันทันทีที่ช่องทางใดช่องทางหนึ่งว่าง โดยช่องคลื่นจะแบ่งออกเป็น 4 ช่องทาง ได้แก่ ช่องทางส่งผ่านข้อมูลอัตราเร็ว ช่องทางส่งผ่านสัญญาณเสียง ช่องทางส่งผ่านข้อมูลอัตราช้า ช่องทางส่งผ่านสัญญาณภาพ ผู้ใช้จะสามารถส่งคลื่นสัญญาณออกไปตามช่องสัญญาณที่ทำงานเฉพาะอย่าง ในการส่งสัญญาณช่องทางเดียว จะใช้สายเคเบิลชนิดแกนร่วมขนาด 3/8 นิ้ว และการส่งผ่านสัญญาณหลายช่องทางจะใช้สายเคเบิลชนิดแกนร่วมขนาด 1/2 นิ้ว

- สายสื่อสารใยแก้วนำแก้ว เป็นสายสื่อสารที่พัฒนาขึ้นเพื่อการส่งผ่านสัญญาณแสง ก่อนที่จะส่งผ่านเป็นสัญญาณแสง ต้องมีการแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง แล้วเมื่อส่งผ่านถึงผู้รับปลายทาง ก็จะแปลงสัญญาณแสงกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้าอย่างเดิม

สายสื่อสารแต่ละประเภท มีความเหมาะสมกับลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกัน มีคุณสมบัติที่ดีแตกต่างกัน ดังนั้นต้องพิจารณาเลือกสายสื่อสารใช้งานให้เหมาะสม



รูปที่ 5.13 แสดงโครงสร้างภายในของ สายคู่ไขว้แบบสายโทรศัพท์



รูปที่ 5.14 แสดงลักษณะการส่งผ่านสัญญาณช่องทางเดียวและการส่งผ่านสัญญาณหลายช่องทาง

ประเภทสายส่ง	อัตราส่งผ่านข้อมูล(สูงสุด)	ข้อดี	ข้อเสีย
1. สายคู่ไขว้แบบสายโทรศัพท์	56 กิโลไบต์ ต่อวินาที	1. ค่าใช้จ่ายต่ำ 2. เชื่อมโยงได้ง่าย	1. ใช้ส่งผ่านข้อมูลในระยะทางสั้น 2. มีความต้านทานเสียงรบกวนต่ำ
2. สายเคเบิลชนิดแกนร่วมขนาด 3/8 นิ้ว	50 เมกกะไบต์ต่อวินาที	1. ง่ายต่อการติดตั้งวางสาย 2. ค่าใช้จ่ายต่ำ	1. ใช้ส่งผ่านข้อมูลในระยะทางสั้น 2. มีความต้านทานเสียงรบกวนต่ำ
3. สายเคเบิลชนิดแกนร่วมขนาด 1/2 นิ้ว	350 เมกกะไบต์ต่อวินาที	1. ส่งผ่านข้อมูลได้เร็ว	1. ค่าใช้จ่ายสูง 2. การติดตั้งวางสายค่อนข้างยาก
4. สายสื่อสารใยแก้วนำแสง	800 เมกกะไบต์ต่อวินาที	1. ส่งผ่านข้อมูลได้เร็วมาก 2. มีความต้านทานสัญญาณรบกวนสูง	1. ค่าใช้จ่ายสูง 2. การติดตั้งต้องอาศัยความชำนาญ 3. ใช้ได้กับการต่อพ่วงแบบจุดต่อจุดเท่านั้น

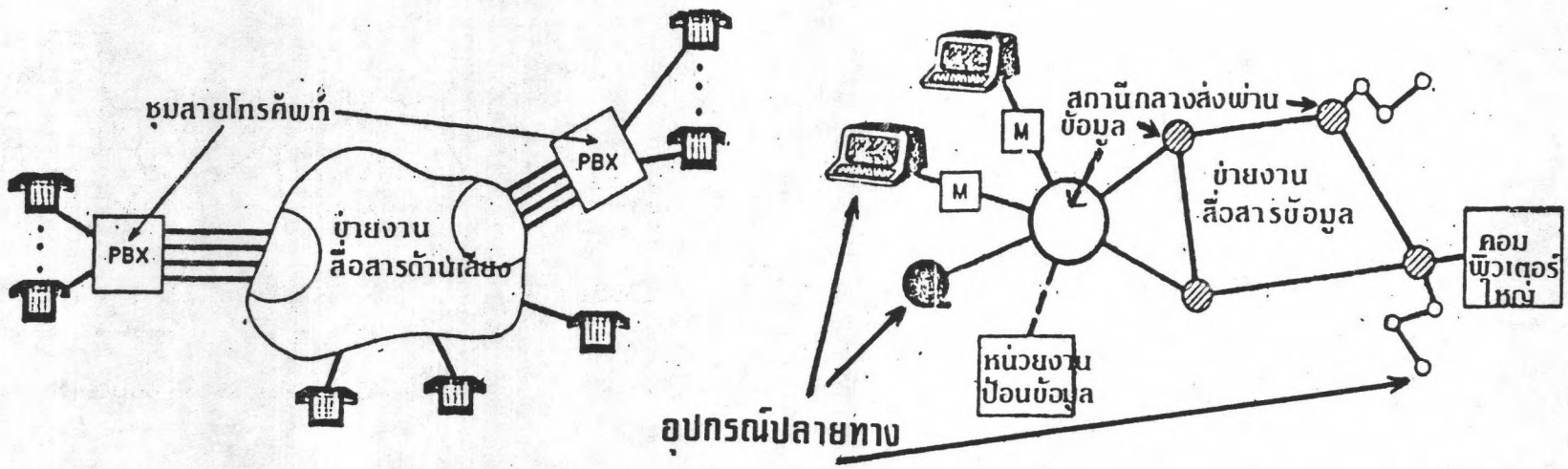
จากข้อเปรียบเทียบความแตกต่างหลายประเด็นของสายสื่อสารแต่ละประเภท ทำให้มีการแบ่งแยกประเภทของข่ายงานเฉพาะท้องถิ่นออกเป็นข่ายงานต่าง ๆ ตามประเภทของสายสื่อสาร อาทิ ข่ายงานเฉพาะท้องถิ่นระบบสายโทรศัพท์ (Private Branch Exchange Network เรียกย่อว่า PBX Network) ข่ายงานเฉพาะท้องถิ่นระบบส่งผ่านสัญญาณช่องทางเดียว ข่ายงานเฉพาะท้องถิ่นระบบส่งผ่านสัญญาณหลายช่องทาง เป็นต้น

5.3.1.3 การใช้งานบริการติดต่อสื่อสารของข่ายงานเฉพาะท้องถิ่น

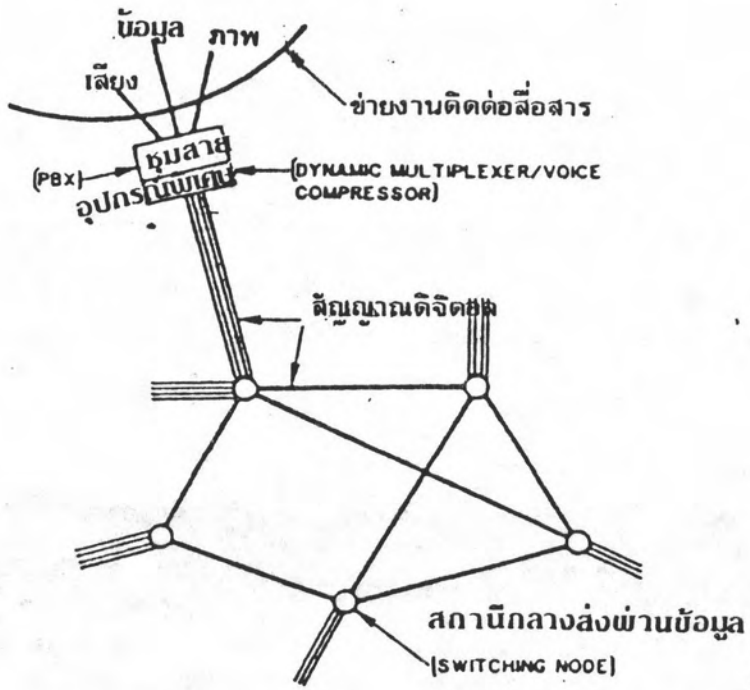
เทคโนโลยีของระบบการติดต่อสื่อสารแบบต่าง ๆ อาจเลือกนำมาใช้ในระบบงานอัตโนมัติในสำนักงานได้อย่างเหมาะสม จึงได้กล่าวรวมไว้อย่างกว้าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาวางแผนระบบการติดต่อสื่อสารของระบบงานอัตโนมัติในสำนักงาน ต่อไปนี้จะกล่าวถึงตัวอย่างของข่ายงานเฉพาะท้องถิ่นที่นับว่าเป็นที่นิยมใช้กันในองค์กรหลายแห่ง

1) ข่ายงานเฉพาะท้องถิ่นระบบสายโทรศัพท์ (PBX Network)

ข่ายงานนี้เป็นระบบติดต่อสื่อสารที่สามารถส่งสัญญาณภาพ และเสียงผ่านทางสายโทรศัพท์ ในระยะแรกขณะที่เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลเจริญขึ้นจะมีการดำเนินงานคู่ขนานกับการพัฒนาข่ายงานสื่อสารทางด้านเสียง เพื่อให้บริการทั้งด้านข้อมูลและเสียง ซึ่งมิใช่การผสมกันของข้อมูล และเสียงที่แท้จริง ดังในรูปที่ 5.15 ต่อมามีการพัฒนานำไปสู่การผสมผสานของข้อมูลและเสียงในโครงสร้างงานเดียวกัน อย่างเช่น เทคโนโลยีสื่อสารในห้องประชุม เทคโนโลยีสื่อสารไปรษณีย์อิเล็คโทรนิค เป็นต้น ข่ายงานเฉพาะท้องถิ่นระบบสายโทรศัพท์มีความสามารถในการส่งผ่านข้อมูลด้วยอัตราความเร็วประมาณ 9,600 บิท ต่อวินาที หรือ 56,000 บิทต่อวินาที หรือ 64,000 บิทต่อวินาที จึงจัดว่าเป็นระบบติดต่อสื่อสารที่สามารถสนองความต้องการของระบบงานอัตโนมัติในสำนักงานได้ ข่ายงานในรูปลักษณะที่ใช้ส่งผ่านสัญญาณเสียงอย่างเดียวจะมีอัตราความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลในระดับต่ำ ถ้าในรูปลักษณะที่ใช้ส่งผ่านสัญญาณข้อมูลและเสียงพร้อมกัน จะมีอัตราความเร็วของการส่งผ่านข้อมูลระดับสูง แต่มีข้อเสียคือค่าใช้จ่ายสูง และมีขีดจำกัดความเร็วในการส่งสัญญาณ อาจทำให้การส่งรับข้อมูลไม่เพียงพอเท่าที่ต้องการ กรณีเลือกการส่งผ่านสัญญาณเสียงแบบสัญญาณดิจิตอลต้องมีการเพิ่มอุปกรณ์แปลงสัญญาณข้อมูลและเสียงต่อพ่วงเข้ากับระบบด้วย ดังในรูปที่ 5.16 เมื่อเริ่มนิยมจัดระบบงานอัตโนมัติในสำนักงานขึ้นในองค์กร การจัดระบบข่ายงานลักษณะนี้ก็จะช่วยให้สามารถติดต่อกับระบบงานอัตโนมัติในสำนักงานขององค์กรอื่นได้



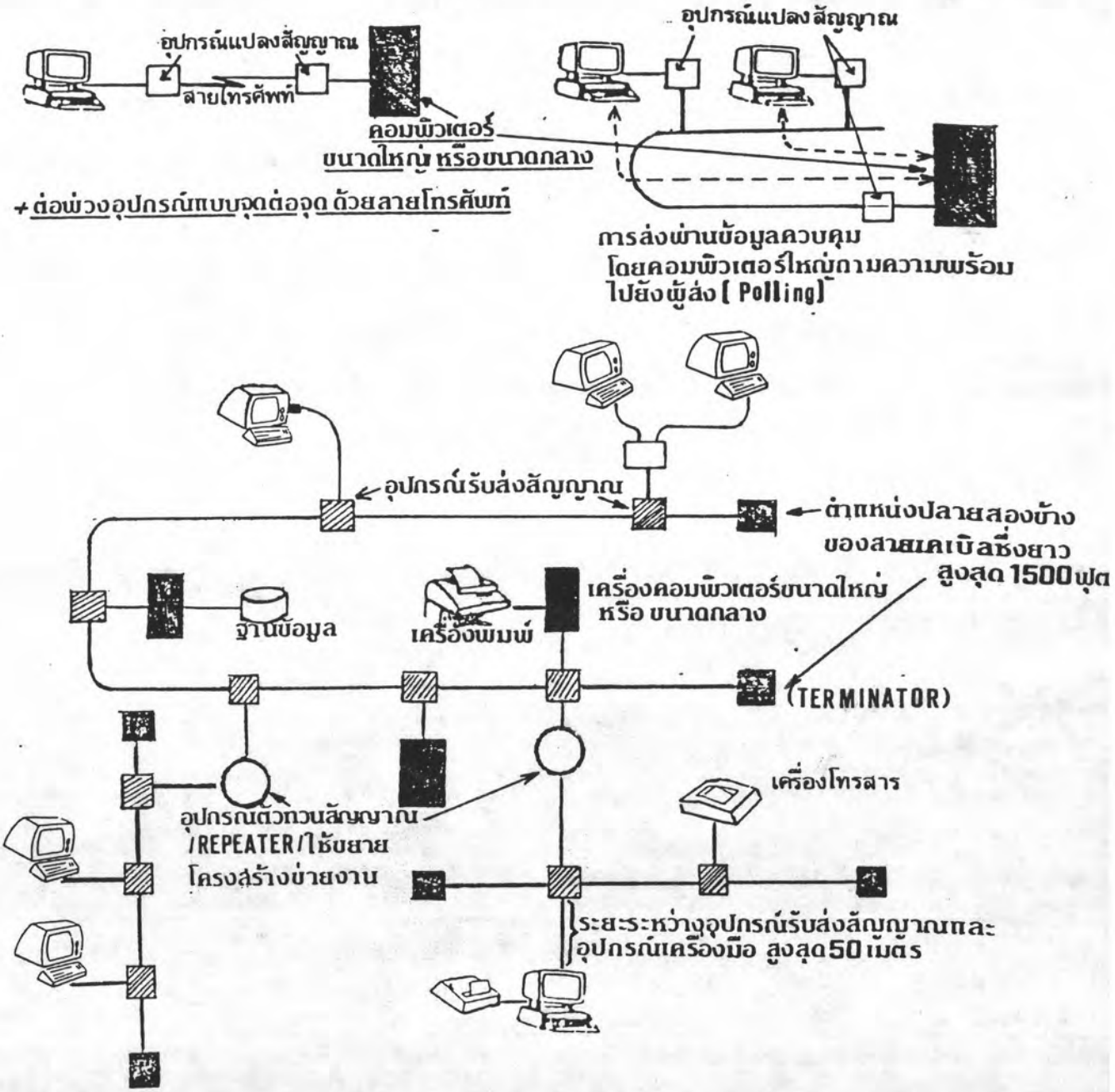
รูปที่ 5.15 การใช้ข่ายงานสื่อสารด้านเสียง ควบคู่ขนานไปกับ การใช้ข่ายงานสื่อสารข้อมูล



รูปที่ 5.16 การพัฒนาการส่งผ่านสัญญาณข้อมูล สัญญาณเสียง สัญญาณภาพ พร้อมกันในข่ายงานเดียวกัน

2) ข่ายงานเฉพาะท้องถิ่นอิเทอร์เนท (Ethernet)

การพัฒนาข่ายงานอิเทอร์เนท เริ่มต้นจากการใช้วิธีส่งผ่านข้อมูลแบบส่งผ่านช่องทางเดียวของข่ายงานเฉพาะท้องถิ่น โดยบริษัทซีรอกซ์ (XEROX) ระหว่างปี ค.ศ.1970-1979 [7] จนกระทั่งเกิดข่ายงานอิเทอร์-เนท ที่วิวัฒนาการขึ้นประกาศใช้เป็นทางการเมื่อประมาณปี ค.ศ. 1980 โดยบริษัทผู้ผลิต 3 แห่งร่วมกันคิดค้นขึ้น คือ บริษัทซีรอกซ์ บริษัทอินเทล (INTEL Corporation) บริษัทดิจิตอลอิควิปเมนท์ (Digital Equipment Corporation) ขณะนั้น สถาบันอิเล็คทรอนิคไอออีอี (IEEE ย่อมาจาก Institution of Electrical and Electronics Engineers) เริ่มกำหนดมาตรฐานของโครงสร้างข่ายงานเฉพาะท้องถิ่นอิเทอร์เนท เท่าที่ผ่านมามีการกำหนดไอออีอี 802.3 (IEEE 802.3) เป็นเกณฑ์มาตรฐานของข่ายงานอิเทอร์เนทที่ใช้สายเคเบิลชนิดแกนร่วมแบบส่งผ่านข้อมูลช่องทางเดียวความเร็วประมาณ 10 เมกกะบิทต่อวินาที ต่อมามีการกำหนดไอออีอี 802.4 (IEEE 802.4) เป็นเกณฑ์มาตรฐานของข่ายงานอิเทอร์เนทในรูปแบบบัสและรูปแบบวงแหวน มาตรฐานรุ่นล่าสุดที่ประกาศใช้ คือ ไอออีอี 802.5 (IEEE 802.5) เป็นข่ายงานอิเทอร์เนทรูปแบบวงแหวน การต่อพ่วงอุปกรณ์ในข่ายงานอิเทอร์เนทอาจมีข้อจำกัดพิเศษบางอย่าง อาทิ การต่อพ่วงอุปกรณ์เข้ากับสายเคเบิลใหญ่ยาวได้ถึง 1,500 ฟุต แต่อาจขยายระบบติดต่อสื่อสารนี้ โดยใช้อุปกรณ์ตัวกลางทำหน้าที่ขยายสัญญาณในการรับส่งเป็นช่วง ๆ โดยทำให้คุณภาพของสัญญาณข้อมูลไม่เปลี่ยนแปลง เรียกอุปกรณ์นี้ว่า ตัวทวนสัญญาณ (Repeater) ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.17 และการต่อพ่วงอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับสายเคเบิลใหญ่จะต้องมีการติดตั้งพ่วงเครื่องในระยะห่างไม่เกิน 50 เมตร โดยต่อผ่านอุปกรณ์รับส่งสัญญาณ (Transceiver) การรับส่งข้อมูลระหว่างผู้ส่งและผู้รับข้อมูลจะตรวจสอบที่อยู่ผู้ส่งต้นทาง และที่อยู่ผู้รับปลายทางจากส่วนของข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ส่งผ่านจากผู้ส่งไปยังผู้รับจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนเท่ากัน ถ้าตรวจสอบแล้วไม่ถูกต้องก็จะทิ้งส่วนของข้อมูลนั้น เมื่อข้อมูลชนกัน ก็จะมีการตรวจสอบข้อผิดพลาดจากส่วนของข้อมูลแล้วเตรียมส่งใหม่ นอกจากนี้ ในระบบข่ายงานอิเทอร์เนทอาจจะมีอุปกรณ์หน่วยควบคุมซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการส่งผ่านข้อมูลในช่องทางส่งผ่านข้อมูลที่ว่าง ถ้าช่องทางส่งผ่านข้อมูลไม่ว่างจะคอย



รูปที่ 5.17 แสดงการต่อพ่วงอุปกรณ์ต่างๆในข่ายงานเฉพาะท้องถิ่นตามมาตรฐานของ-ข่ายงานอิเทอร์เนท

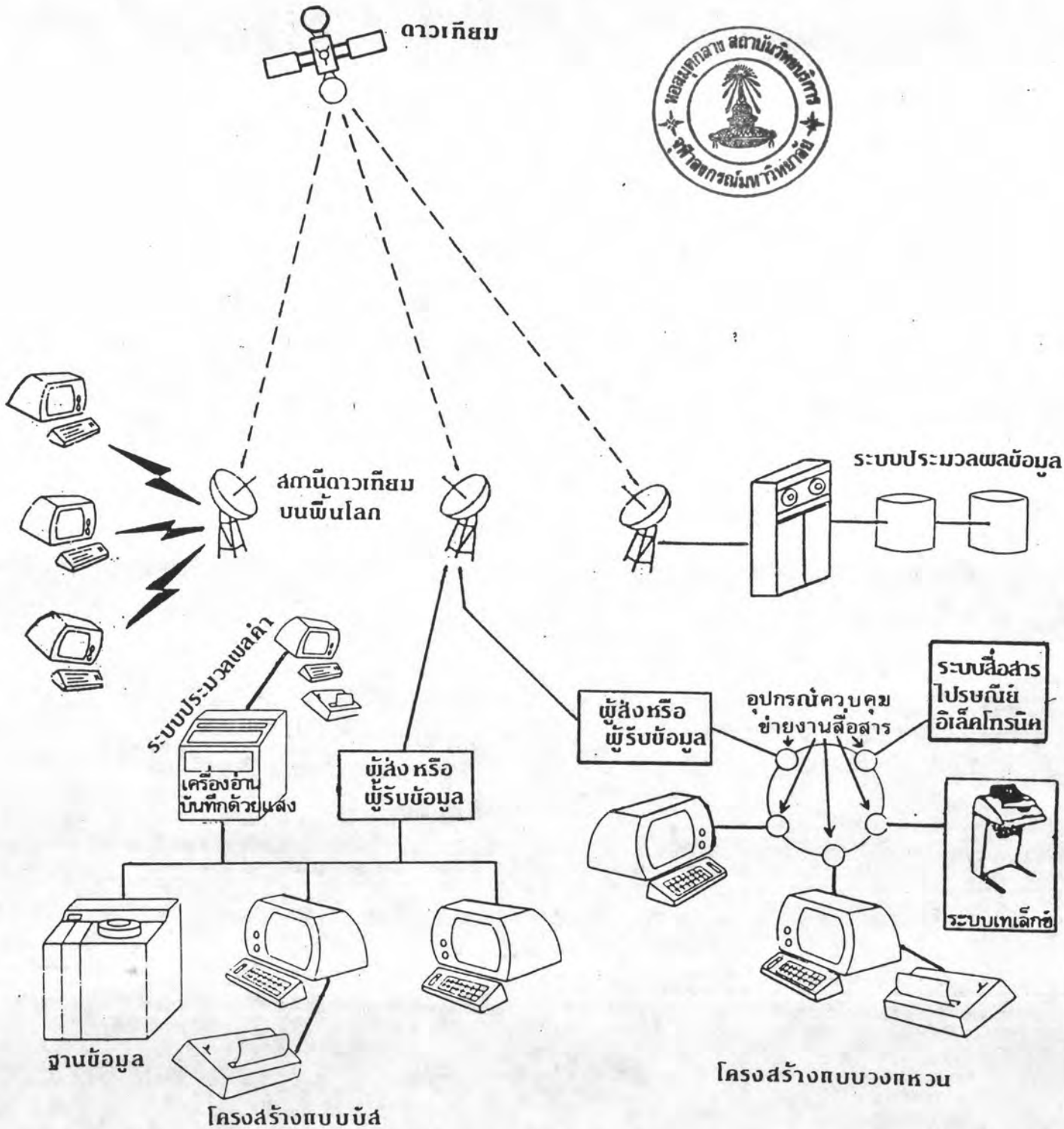
จนกระทั่งช่องทางว่าง และเมื่อข้อมูลที่ส่งออกไปเกิดการชนกัน หน่วยควบคุมนี้ก็จะควบคุมการจัดส่งของข้อมูลออกไปใหม่

ถ้าเปรียบเทียบระบบข่ายงานอิเทอร์เนท และระบบข่ายงานสื่อสารที่เชื่อมโยงด้วยสายโทรศัพท์แล้ว ในด้านอัตราความเร็วของการส่งผ่านข้อมูลแตกต่างกันมาก การสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องอุปกรณ์ผ่านทางสายโทรศัพท์ต้องอาศัยอุปกรณ์แปลงสัญญาณและความเร็ว แต่ทว่าในปัจจุบันทั้งระบบข่ายงานเฉพาะห้องถิ่นที่เชื่อมโยงด้วยสายโทรศัพท์ และระบบข่ายงานเฉพาะห้องถิ่นอิเทอร์เนทสามารถบริการสื่อสารข้อมูลแก่ผู้ใช้จำนวนมากได้ในเวลาเดียวกัน เครื่องอุปกรณ์หลายเครื่องสามารถต่อพ่วงบนสายสื่อสารเดียวกัน รวมทั้งมีการใช้อุปกรณ์พิเศษช่วยประยุกต์ให้การติดต่อสื่อสารมีประสิทธิภาพมากขึ้น เครื่องคอมพิวเตอร์ทุกขนาดสามารถติดต่อเชื่อมโยงถึงกัน และมีโปรแกรมระบบติดต่อสื่อสารที่พัฒนาไปพร้อมกับการวิวัฒนาการคุณภาพของเครื่องอุปกรณ์

5.3.2 ข่ายงานทั่วโลก (Global Network)

5.3.2.1 การต่อพ่วงอุปกรณ์เครื่องมือในข่ายงานทั่วโลก

ข่ายงานทั่วโลกเกิดขึ้นจากความต้องการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้ที่อยู่ ณ ที่ตั้งระยะห่างไกลกัน และต้องการให้มีระบบติดต่อสื่อสารถึงกันทั่วโลกในลักษณะที่เป็นอัตโนมัติ สามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลจากผู้ส่งต้นทางถึงผู้รับปลายทางได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ ระบบสื่อสารทั่วโลกที่นิยมใช้กันในยุคปัจจุบันนี้ ก็คือ ระบบสื่อสารดาวเทียม และระบบเคเบิลใต้น้ำ แต่เดิมใช้ดาวเทียมเป็นเพียงอุปกรณ์เชื่อมโยงโดยสถานีบนพื้นโลก ส่งสัญญาณให้ดาวเทียมและดาวเทียมส่งต่อไป เป็นการขยายความสามารถของระบบติดต่อสื่อสารให้สามารถติดต่อส่งผ่านข้อมูลได้ทั่วโลกอย่างรวดเร็ว อาจจัดอุปกรณ์สื่อสารดาวเทียมต่อพ่วงสื่อสารระหว่างกลุ่มของข่ายงานเฉพาะห้องถิ่นหลายกลุ่มที่อยู่ ณ ที่ตั้งต่าง ๆ ดังในรูปที่ 5.18 เมื่อจำนวนผู้ใช้บริการรับส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมมีแนวโน้มเพิ่มปริมาณมากขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงมีการนำเอาระบบเคเบิลใต้น้ำมาใช้ควบคู่กับระบบสื่อสารดาวเทียม โดยการร่วมลงทุนสร้างข่ายงานระบบเคเบิลใต้น้ำเชื่อมโยงหลุ่มประเทศอาเซียน อันได้แก่ ประเทศไทย มาเลเซีย สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย ทั้งนี้ระบบเคเบิลใต้น้ำจะเป็นระบบสื่อสารช่วยแบ่ง



รูปที่ 5.18 ลักษณะการร่วมติดต่อสื่อสารระหว่างกลุ่มของข่ายงานเฉพาะท้องถิ่นหลายกลุ่ม-ณ ที่ตั้งต่างๆเชื่อมโยงเป็นข่ายงานทั่วโลก

เบาภาระปริมาณการสื่อสารผ่านดาวเทียม และการลงทุนระบบเคเบิลใต้น้ำในการสื่อสารข้อมูลระยะทางใกล้จะมีอัตราค่าใช้จ่ายต่ำกว่าระบบสื่อสารดาวเทียม รวมทั้งเป็นการพัฒนาระบบติดต่อสื่อสารให้มีคุณภาพ และมีประสิทธิภาพเท่าเทียมกับประเทศอื่นในย่านมหาสมุทรแปซิฟิค สามารถเชื่อมโยงติดต่อกับประเทศอื่นผ่านสายเคเบิลใต้น้ำได้

5.3.2.2 อุปกรณ์สื่อสารที่ใช้ในข่ายงานทั่วโลก

ในปัจจุบันอุปกรณ์สื่อสารโทรคมนาคมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับข่ายงานทั่วโลกและกำลังเป็นที่นิยม ก็มีอุปกรณ์สื่อสารดาวเทียม และระบบสายเคเบิลใต้น้ำ แม้ว่าสภาพแวดล้อมภูมิอากาศจะเปลี่ยนแปลงขณะส่งผ่านข้อมูล ก็ไม่มีผลเสียต่อการส่งผ่านสัญญาณตั้งแต่ระยะทางเป็นร้อยกิโลเมตรขึ้นไปถึงระดับหมื่นกิโลเมตร

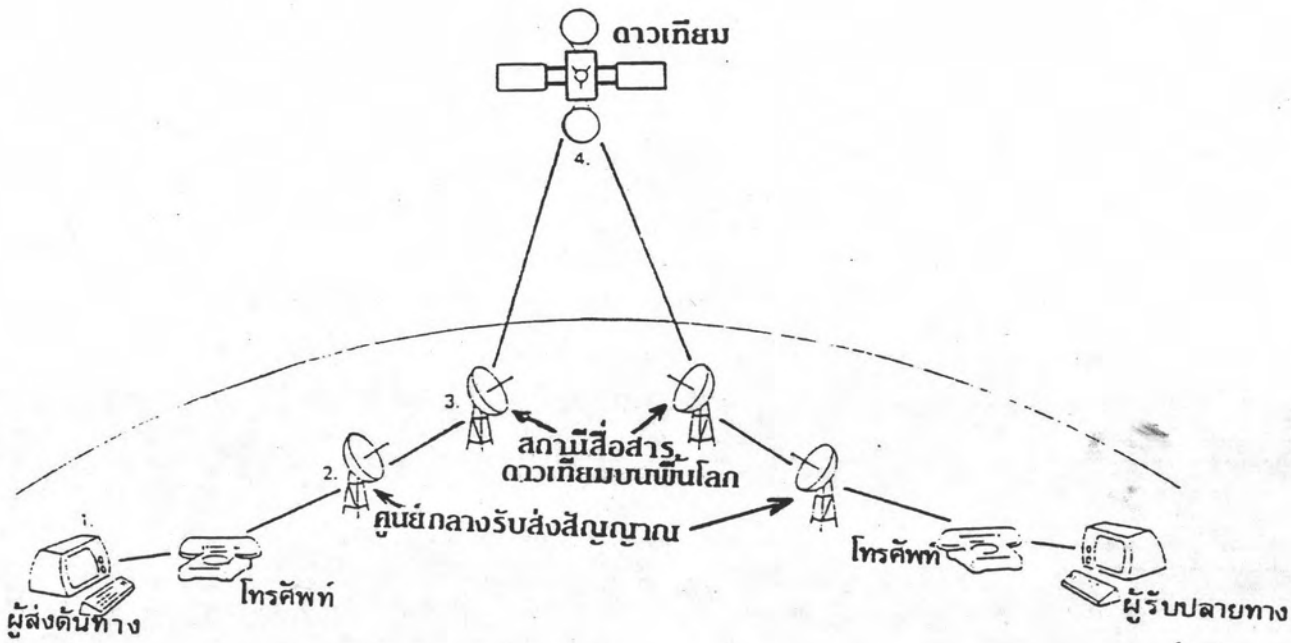
1) อุปกรณ์สื่อสารดาวเทียม

อุปกรณ์สื่อสารดาวเทียม แตกต่างจากอุปกรณ์สื่อสารประเภทอื่น ก็คือไม่มีการใช้สัญญาณตอบรับหรือสัญญาณตอบปฏิเสธ ไม่มีการกำหนดเส้นทางของการส่งผ่านข้อมูล ไม่มีปัญหาการชนกันของข้อมูล สามารถเพิ่มสถานีส่งรับสัญญาณได้ง่าย โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงสิ่งใดเกี่ยวกับช่องทางส่งผ่านข้อมูล เพราะไม่มีการใช้สายส่งรับข้อมูล การส่งสัญญาณจากพื้นดินสู่อวกาศใช้เวลามาก จึงมีวิธีช่วยให้การใช้เวลาน้อยลงโดยตั้งสถานีรับช่วงส่งผ่านสัญญาณ ดังในรูปที่ 5.19 ขั้นตอนของการสื่อสารข้อมูลผ่านอุปกรณ์ดาวเทียม ดังนี้

ก. ป้อนข้อมูลเข้าเครื่องส่งข้อมูลต้นทาง หรือหมุนรหัสผ่านทางโทรศัพท์เพื่อส่งผ่านสัญญาณข้อมูล และสัญญาณเสียงผ่านทางสายเคเบิล ส่งไปยังศูนย์กลางรับส่งสัญญาณทางดาวเทียม

ข. ส่งผ่านข้อมูลจากสถานีศูนย์กลางรับส่งสัญญาณไปยังสถานีสื่อสารดาวเทียมบนพื้นโลกผ่านทางช่องสัญญาณไมโครเวฟ เพื่อหลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวน

ค. ส่งผ่านสัญญาณจากสถานีสื่อสารดาวเทียมบนพื้นโลกไปยังอุปกรณ์ดาวเทียม สัญญาณนี้จะส่งสะท้อนกลับมายังผู้รับปลายทาง ตามขั้นตอนกลับกันกับการส่งจากผู้ส่งต้นทางไปถึงอุปกรณ์ดาวเทียม



รูปที่ 5.19 ลักษณะการส่งผ่านสัญญาณผ่านอุปกรณ์สื่อสารดาวเทียม

ลักษณะพิเศษอย่างหนึ่งของการส่งผ่านข้อมูลทางอุปกรณ์ดาวเทียม ก็คือสามารถส่งผ่านสัญญาณได้หลายวิธี วิธีกำหนดช่องสัญญาณดาวเทียมมี 3 วิธี คือ

(1) การกำหนดช่องสัญญาณล่วงหน้าก่อนส่งสัญญาณ

(2) การกำหนดช่องสัญญาณเมื่อต้องการส่งสัญญาณ

(3) การจัดส่งสัญญาณเมื่อใดก็ได้

ส่วนวิธีการส่งสัญญาณของระบบสื่อสารดาวเทียมก็มี 3 วิธีด้วยกัน คือ

วิธีที่ 1 วิธีแบ่งสัญญาณตามความถี่ (Frequency Division Multiple Access เรียกย่อว่า FDMA) วิธีนี้กำหนดแบ่งช่องสัญญาณที่ส่งตามความถี่ ข้อเสียของวิธีนี้คือ อาจทำให้บางช่องสัญญาณมีการส่งผ่านสัญญาณมาก แต่บางช่องสัญญาณจะว่าง ทำให้เกิดการสูญเปล่า

วิธีที่ 2 วิธีแบ่งสัญญาณตามเวลา (Time Division Multiple Access เรียกย่อว่า TDMA) วิธีนี้จะส่งสัญญาณผ่านช่องสัญญาณได้ตามเวลาที่กำหนดไว้ ต้องมีการตรวจดูเวลาว่าส่งได้เมื่อไร บนอุปกรณ์ดาวเทียมเวลาที่กำหนดไว้จะเก็บอยู่ที่ตัวจัดส่งสัญญาณ (Transformer) วิธีนี้มีข้อเสีย คือกรณีที่ช่วงเวลามีการส่งผ่านสัญญาณมากหรือน้อยเกินไป จะทำให้ประสิทธิภาพในการส่งผ่านข้อมูลต่ำลง

วิธีที่ 3 วิธีกำหนดรหัสในการส่งผ่านสัญญาณ (Code Division Multiple Access เรียกย่อว่า CDMA) วิธีนี้มีการกำหนดรหัสให้กับสถานีสื่อสารดาวเทียมภาคพื้นดินและแบ่งช่องสัญญาณโดยใช้รหัสเป็นตัวกำหนด วิธีนี้เฉพาะสถานีสื่อสารดาวเทียมแต่ละแห่ง สามารถรับสัญญาณรบกวนที่แทรกเข้าไปในสัญญาณข้อมูลส่งกลับมาที่สถานีนั้นได้

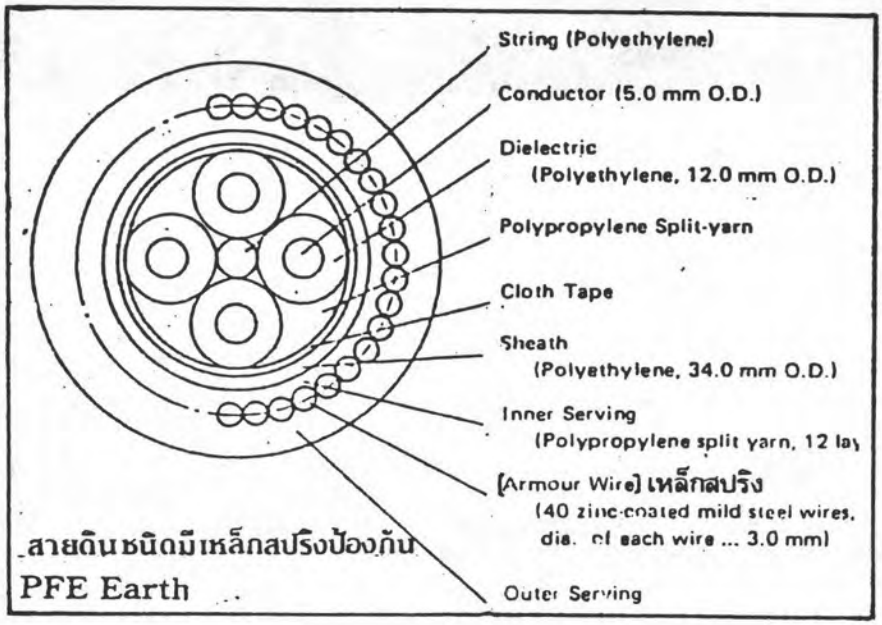
ในทางปฏิบัติ สามารถเลือกใช้ผสมผสานกันระหว่างวิธีต่าง ๆ เหล่านั้น เพราะทุกวิธีของการสื่อสารดาวเทียมดังกล่าวแล้วนั้นมีความสัมพันธ์กัน

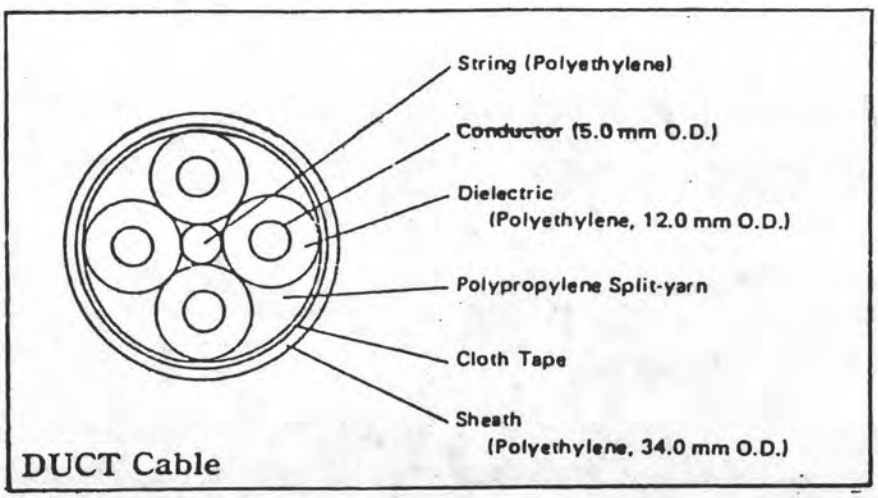
2) อุปกรณ์สื่อสารระบบเคเบิลใต้น้ำ

ข่ายงานสื่อสารระบบเคเบิลใต้น้ำที่ออกแบบขึ้นสำหรับงานสื่อสารโทรคมนาคมมีใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก ประเทศต่าง ๆ ในแถบมหาสมุทร

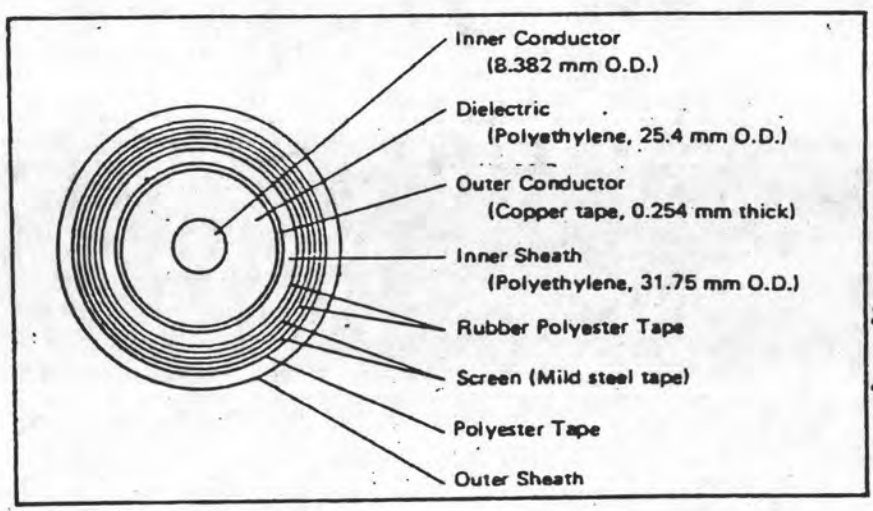
แปซิฟิคนิยมใช้ระบบนี้ส่งผ่านข้อมูล ต่างก็มีข่ายงานระบบเคเบิลใต้น้ำของแต่ละประเทศ และข่ายงานระบบเคเบิลใต้น้ำประเภทเชื่อมโยงระหว่างทวีป อาทิ ระหว่างทวีปอเมริกาเหนือกับทวีปยุโรป ระหว่างทวีปอเมริกาเหนือกับทวีปเอเชีย ระหว่างทวีปยุโรปกับทวีปแอตแลนติก และเชื่อมโยงไปจนถึงออสเตรเลีย เป็นต้น การใช้ระบบเคเบิลใต้น้ำสามารถใช้เป็นระบบสำรอง ที่มีคุณภาพคู่ไปกับระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม ช่วยลดจำนวนช่องสัญญาณรับส่งผ่านอุปกรณ์ดาวเทียม ซึ่งวงจรดาวเทียมมีราคาสูง ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบเคเบิลใต้น้ำ คือสายเคเบิลของระบบเคเบิลใต้น้ำและอุปกรณ์พิเศษสำหรับระบบเคเบิลใต้น้ำ

ก. สายเคเบิลของระบบเคเบิลใต้น้ำ การวางสายเคเบิลใต้น้ำอยู่ในลักษณะเชื่อมโยงจุดต่อจุด หรือประเทศต่อประเทศ ถ้าเชื่อมโยงหลายประเทศเข้าด้วยกัน ก็ต้องสร้างระบบเคเบิลใต้น้ำขึ้นหลายระบบประกอบเป็นข่ายงาน ประเทศไทยร่วมอยู่ในข่ายงานระบบเคเบิลใต้น้ำอาเซียน จำนวนช่องสัญญาณของระบบนี้นับเป็นช่องสัญญาณโทรศัพท์ ตั้งแต่จำนวนร้อยขึ้นไปถึงหลายพันช่องสายเคเบิลที่ใช้จะเป็นสายเคเบิลชนิดแกนร่วมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ไม่ถึงหนึ่งนิ้ว จนถึงหนึ่งนิ้วครึ่ง การเชื่อมโยงสายเคเบิลใต้น้ำในระยะทางไกลมากต้องอาศัยการยกระดับสัญญาณกันหลายช่วง เพื่อป้องกันการสูญเสียของสัญญาณไปตามความยาวของสายเคเบิล และยิ่งระยะทางไกลมากขึ้นก็ยิ่งมีสิ่งรบกวนมากขึ้น จึงมีการผลิตสายเคเบิลใต้น้ำอย่างเป็นพิเศษด้วยวัสดุตัวนำทองแดง มีการป้องกันสายเคเบิลให้ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ อาทิ การลากสมอของเรือเดินสมุทร การใช้เครื่องมือประมงน้ำลึก เป็นต้น ทั้งนี้สายเคเบิลใต้น้ำต้องหุ้มด้วยลวดโลหะขนาดใหญ่หลายเส้นเป็นชั้นเกลียวรอบสายเคเบิล เพื่อเป็นเกราะป้องกันผิวของสายเคเบิล การฝังสายเคเบิลใต้น้ำจะฝังไว้ใต้พื้นทะเลในระดับ 50-70 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการถูกกระทบกระแทกหรือถูกเกี่ยวโดยเครื่องมือประมงต่าง ๆ และสายเคเบิลใต้น้ำมีหลายชนิด อาทิ สายดิน ชนิดมีเกราะ หรือเหล็กสปริงป้องกัน (ใช้วางจากบ่อพักเคเบิลชายหาดไปยังหลุม) สายเคเบิลใต้น้ำวางในน้ำตื้นไม่เกิน 500 เมตร สายเคเบิลใต้น้ำวางในน้ำลึกตั้งแต่ 500 เมตรขึ้นไป สายเคเบิลใต้น้ำใช้วางชายหาดลึกไม่เกิน 50 เมตร เป็นต้น ดังตัวอย่างภาพหน้าตัดของสายเคเบิลชนิดต่าง ๆ ในรูปที่ 5.20





สายเคเบิลซึ่งต่อกับสายดินชนิดมีเกราะในบ่อพักชายหาดลากตรงไปยังสถานีเคเบิลใต้น้ำ



รูปที่ 5.20 ตัวอย่างภาพหน้าตัดภายในของสายเคเบิลใต้น้ำ

ข. อุปกรณ์พิเศษสำหรับระบบเคเบิลใต้น้ำ การวางสายเคเบิลไว้ใต้พื้นทะเล ต้องมีการออกแบบอุปกรณ์พิเศษติดอยู่กับสายเคเบิลเป็นช่วง ๆ เพื่อยกระดับสัญญาณและขยายสัญญาณเป็นช่วง ๆ ขณะส่งผ่านสัญญาณในระดับความลึกถึงหลายหมื่นเมตร อุปกรณ์สำคัญที่ต้องมีในข่ายงานระบบเคเบิลใต้น้ำ คือ ตัวทวนสัญญาณ (Repeater) ใช้ขยายสัญญาณรับส่งเป็นช่วง มิให้คุณภาพของสัญญาณเปลี่ยนแปลงหรือสูญหาย รวมทั้งความล่าช้าของสัญญาณจะน้อยลง ได้รับการออกแบบขึ้นให้สามารถใช้งานใต้ทะเลได้ทุกสภาพ ทุกฤดูกาล มีระยะเวลาใช้งานนานถึง 25 ปี อย่างเช่น ข่ายงานระบบเคเบิลใต้น้ำระหว่างออสเตรเลีย-แคนาดา ที่มีระยะทางเกินกว่าหนึ่งหมื่นกิโลเมตร ต้องอาศัยตัวทวนสัญญาณเกือบหนึ่งพันตัว ในระบบเคเบิลใต้น้ำที่มีระยะทางสั้น อุปกรณ์ตัวทวนสัญญาณจะไม่สร้างปัญหาให้แก่ระบบ แต่ถ้าในระยะทางไกลแล้ว ตัวทวนสัญญาณจะสร้างปัญหาเกี่ยวกับความแตกต่างของระดับสัญญาณคลื่นที่ใช้งาน จึงมีการออกแบบอุปกรณ์พิเศษเพื่อแก้ปัญหานี้ เรียกว่า ตัวปรับสัญญาณ (Equalizer) อุปกรณ์ปรับสัญญาณมีใช้อยู่ในระบบเคเบิลใต้น้ำเกือบทุกระบบ ทำให้การทำงานของระบบมีคุณภาพสูงมากขึ้น

5.3.2.3 การใช้งานบริการติดต่อสื่อสารของข่ายงานทั่วโลก

โครงการสื่อสารดาวเทียม และโครงการระบบเคเบิลใต้น้ำอาเซียน เป็นโครงการติดต่อสื่อสารที่มีประโยชน์ต่อการพัฒนางานด้านโทรคมนาคมของประเทศไทยอย่างมาก ช่วยสร้างความมั่นคงเชื่อถือในการติดต่อกับประเทศอื่น จึงขอยกตัวอย่างเกี่ยวกับระบบสื่อสารดาวเทียมและระบบเคเบิลใต้น้ำที่มีผลใช้งานติดต่อสื่อสารในขณะนี้

1) ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม

ระบบการส่งผ่านข้อมูลทางอุปกรณ์ดาวเทียม มีความจุในการส่งข้อมูลมาก ความเร็วสูง การติดต่อสื่อสารด้วยเสียงและภาพส่งไปได้พร้อมกัน ในปัจจุบันการติดต่อสื่อสารทางธุรกิจและองค์กรต่าง ๆ ของภาครัฐบาล จึงใช้ระบบสื่อสารดาวเทียมในงานด้านต่าง ๆ อาทิ การถ่ายภาพพื้นโลกผ่านระบบดาวเทียม การส่งผ่านข้อมูลธุรกิจการเงินขององค์กรธนาคารในระบบโอนเงินอัตโนมัติระหว่างประเทศ เป็นต้น รวมทั้งมีการขยายบริการสื่อสารผ่าน

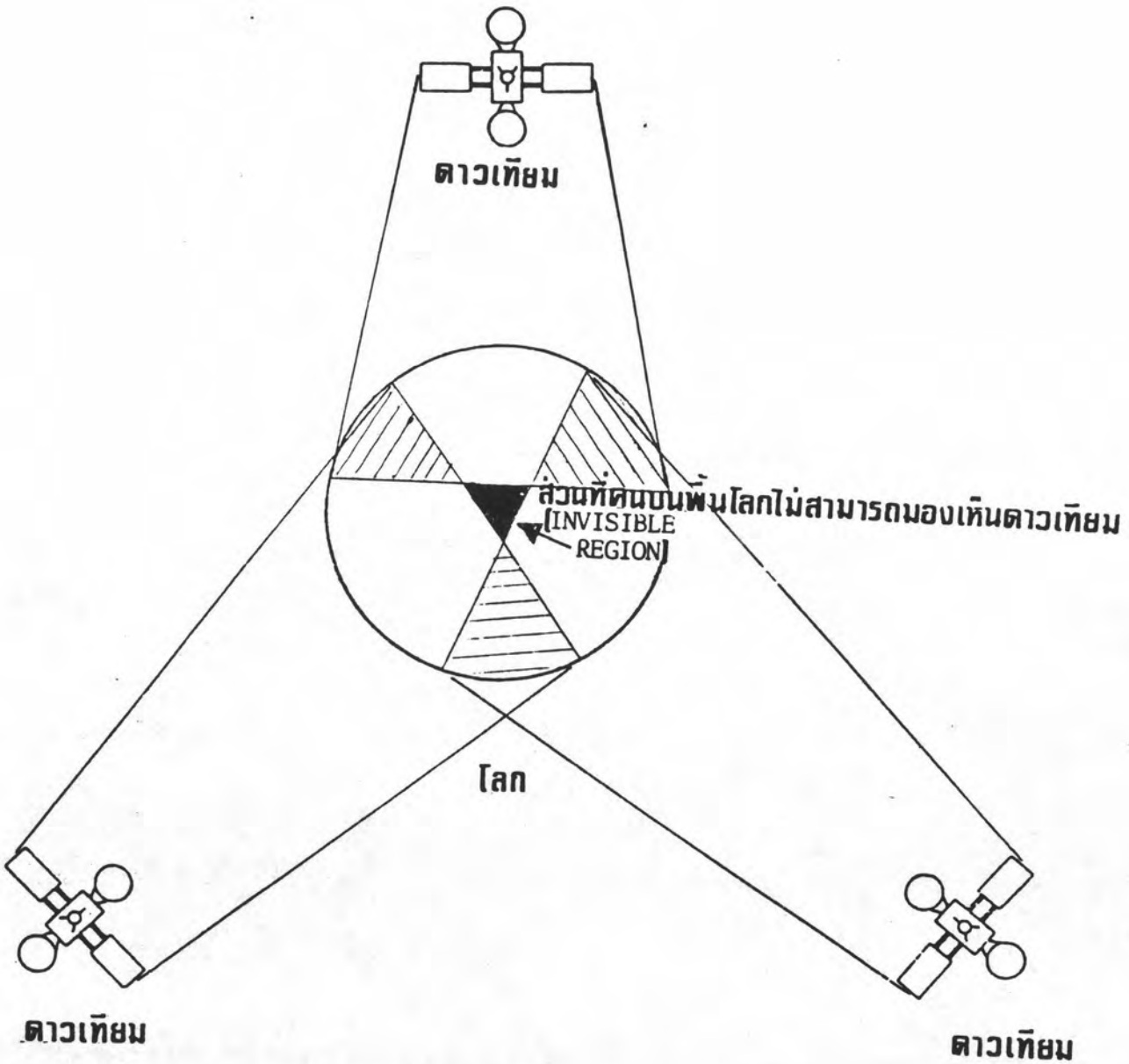
ดาวเทียมสำหรับผู้ใช้ในบ้านให้บริการเกี่ยวกับข่าวกีฬา ข่าวธุรกิจ ข่าวการศึกษา การจองตั๋วเครื่องบิน ข่าวภาพยนตร์ เป็นต้น อุปกรณ์ดาวเทียมที่จะขอกล่าวไว้ในบทนี้ได้แก่ ดาวเทียม ATS-1(ATS ย่อมาจาก Application Technology Satellite - 1) จัดเป็นดาวเทียมหยุดนิ่งเมื่อเทียบกับโลก (Stationary Satellite)

ดาวเทียม ATS-1 ลูกที่ 1 ใช้ในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1966 จนถึงปี ค.ศ. 1982 ครอบคลุมบริเวณจากประเทศญี่ปุ่นถึงนิวยอร์ค ประมาณเส้นแวงใกล้เกาะฮาวาย ดาวเทียมลูกนี้ องค์การนาซา (NASA) ยิงขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย ห่างจากโลกประมาณ 35,768 กิโลเมตร

ดาวเทียม ATS-1 ลูกที่ 2 คาดการณ์ว่าจะใช้ในช่วงปี ค.ศ. 1982 ถึงปี ค.ศ. 1992 เป็นอุปกรณ์ดาวเทียมลูกปัจจุบันที่ใช้อยู่ ประมาณว่าอายุใช้งานคงถึงราวปี ค.ศ. 1992 ย้ายตำแหน่งมาทางเส้นแวงทิศตะวันตก แถบประเทศออสเตรเลีย ครอบคลุมส่วนพรมแดนไทย พม่า จีน ดังนั้น ทั้ง 3 ประเทศในแถบเอเชียก็มีสิทธิ์ใช้อุปกรณ์ดาวเทียมลูกนี้ด้วย ตำแหน่งใกล้ ๆ ดาวเทียม ATS-1 มีดาวเทียมญี่ปุ่น ซึ่งญี่ปุ่นยิงขึ้นไปเพื่อใช้ทดลองการสื่อสารผ่านดาวเทียมใช้เฉพาะประเทศญี่ปุ่นเท่านั้น โดยมีการออกแบบข่ายงานคอมพิวเตอร์ด้วยสื่อกลางดาวเทียม ฉะนั้น ประเทศญี่ปุ่นจึงมีการศึกษาเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านดาวเทียมอย่างจริงจัง ซึ่งมหาวิทยาลัยโตฮก (Tohoku University) เป็นศูนย์การศึกษาวิจัยค้นคว้าเรื่องนี้ จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับดาวเทียมหยุดนิ่งหรือดาวเทียมค้างฟ้า ค้นพบว่า การใช้อุปกรณ์สื่อสารดาวเทียม 3 ลูก เพื่อการติดต่อสื่อสารครอบคลุมบริเวณทั่วโลก จะมีพื้นที่มองเห็นดาวเทียม 2 ลูก และบางพื้นที่ของโลกไม่สามารถมองเห็นดาวเทียม (Invisible Region) ดังในรูปที่ 5.21 อาณาบริเวณส่วนที่ดาวเทียมติดต่อสื่อสารไม่ได้ จะอยู่ตรงบริเวณแกนของโลก ปัจจุบันมีหลายประเทศนิยมใช้อุปกรณ์ดาวเทียม เฉพาะงานติดต่อสื่อสารภายในประเทศเอง อาทิ ประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา สหภาพโซเวียต เป็นต้น

2) ระบบเคเบิลใต้น้ำ

ในช่วงก่อนปี พ.ศ. 2526 ประเทศไทยเป็นประเทศเดียวในกลุ่มประเทศอาเซียนที่ไม่เคยมีการติดต่อสื่อสารผ่านระบบเคเบิลใต้น้ำ จึงจำเป็นต้องดำเนินการก่อสร้างสถานีเคเบิลใต้น้ำ และข่ายงานระบบเคเบิลใต้น้ำเชื่อม



รูปที่ 5.21 การครอบครุมบริเวณการติดต่อสื่อสารของดาวเทียมหยุดนิ่ง

โยงระหว่างสถานีเคเบิล กับศูนย์กลางบริการโทรคมนาคมระหว่างประเทศของการสื่อสารแห่งประเทศไทย (การสื่อสารแห่งประเทศไทย เรียกย่อว่า กสท.) โครงการระบบเคเบิลใต้น้ำอาเซียนสร้างการติดต่อสื่อสารเชื่อมโยง 5 ประเทศเข้าด้วยกันทั้งหมดเป็น 4 ระบบ กล่าวคือ

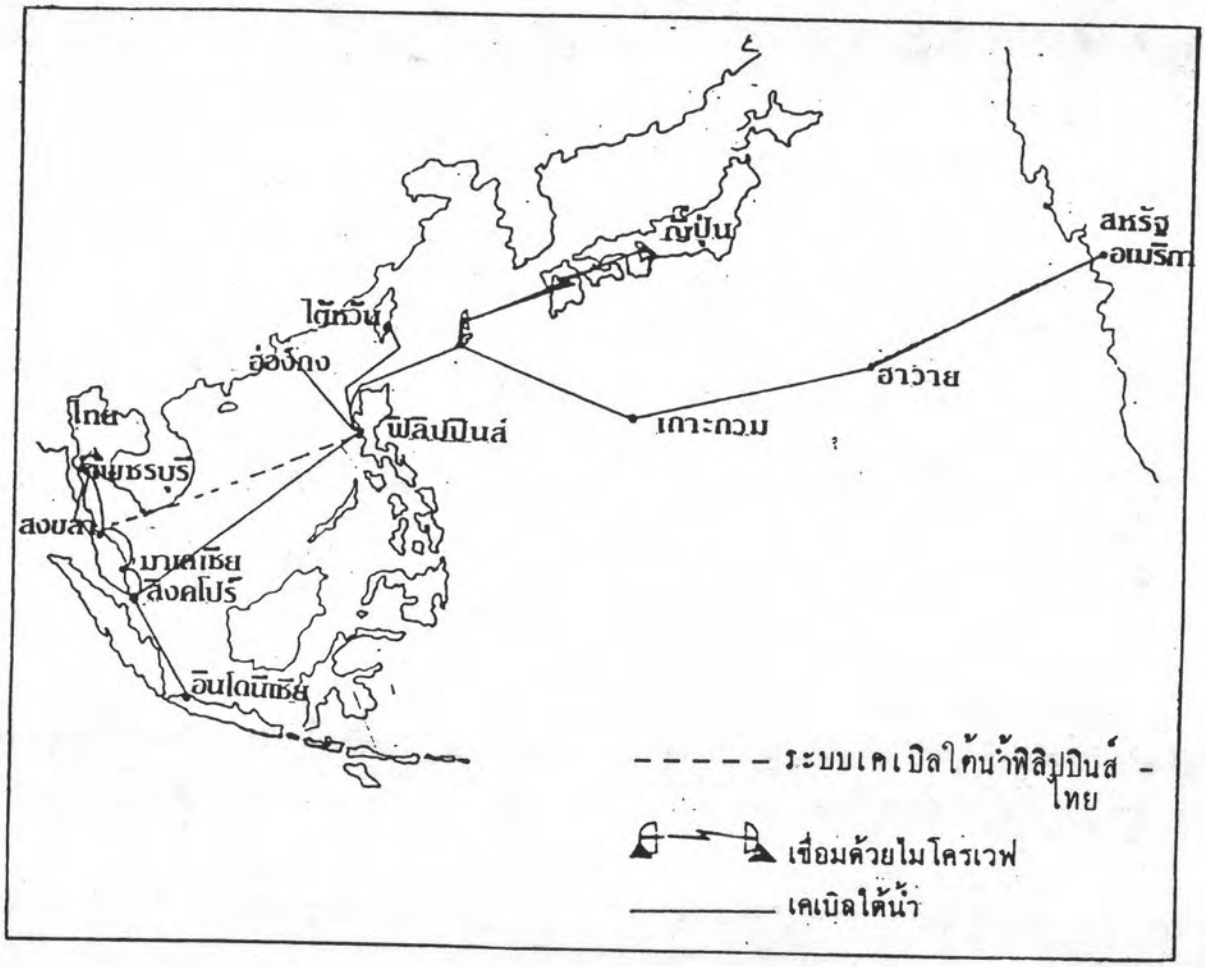
ก. ระบบเคเบิลใต้น้ำ สิงคโปร์-ฟิลิปปินส์

ข. ระบบเคเบิลใต้น้ำ สิงคโปร์-อินโดนีเซีย

ค. ระบบเคเบิลใต้น้ำ สิงคโปร์-มาเลเซีย-ไทย

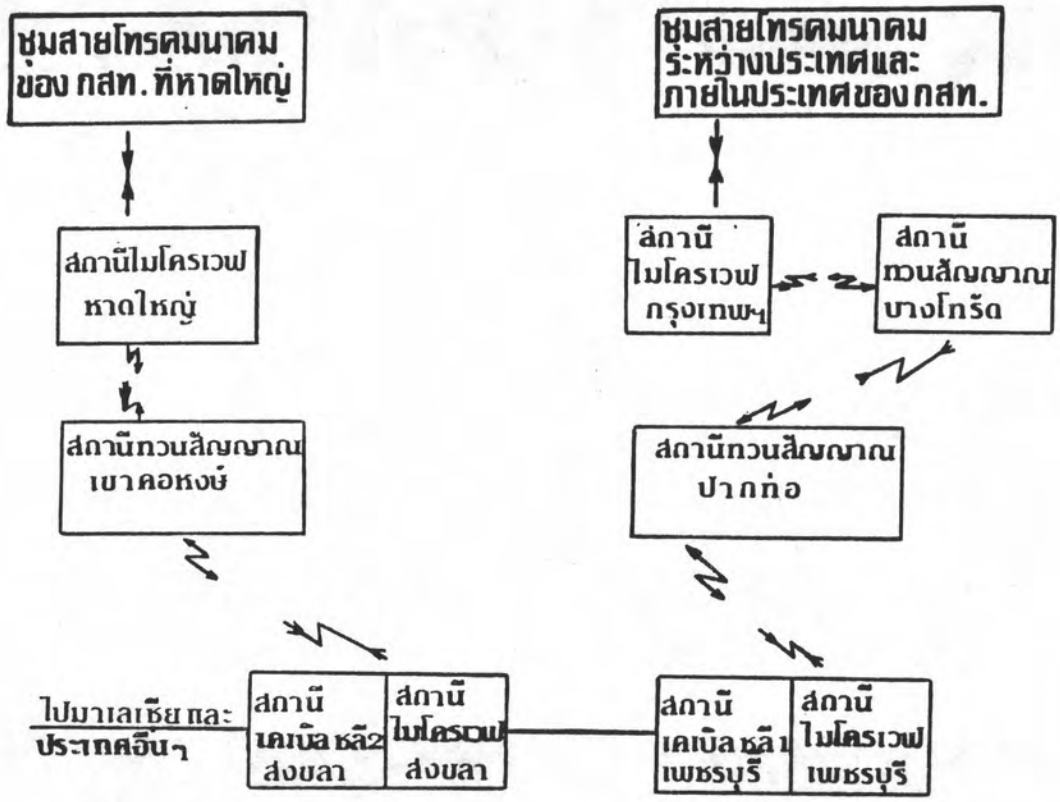
ง. ระบบเคเบิลใต้น้ำ ฟิลิปปินส์-ไทย

จากรูปที่ 5.22 แสดงเส้นทางระบบเคเบิลใต้น้ำที่ประเทศไทยสามารถติดต่อสื่อสารไปยังประเทศต่าง ๆ เริ่มใช้งานในปี พ.ศ. 2526 การสื่อสารแห่งประเทศไทยได้รับอนุมัติจากคณะรัฐมนตรี ให้ลงนามร่วมลงทุนในระบบเคเบิลใต้น้ำ 3 ช่วง กล่าวคือ ช่วงสิงคโปร์-ฟิลิปปินส์ มีความยาว 1,507 ไมล์ทะเล ช่วงสิงคโปร์-อินโดนีเซีย มีความยาว 570 ไมล์ทะเล และช่วงสิงคโปร์-มาเลเซีย-ไทย มีความยาว 917 ไมล์ทะเล สำหรับโครงการระบบเคเบิลใต้น้ำช่วงสิงคโปร์-มาเลเซีย-ไทย ได้ริเริ่มขึ้นหลังจากการลงนามในบันทึกความเข้าใจระหว่างกัน (Memorandum of Understanding) เรียบร้อย ขณะนั้นประเทศมาเลเซีย และสิงคโปร์มีสถานีเคเบิลใต้น้ำภายในประเทศใช้งานอยู่แล้ว โดยสถานีเคเบิลใต้น้ำของประเทศมาเลเซียตั้งอยู่ ณ เมืองกวนตัน และสถานีเคเบิลใต้น้ำของประเทศสิงคโปร์ตั้งอยู่ ณ ตำบลกาตอง ส่วนการสื่อสารแห่งประเทศไทยพิจารณาสร้างสถานีเคเบิลใต้น้ำไว้ 2 แห่ง คือ สถานีโทรคมนาคมเคเบิลใต้น้ำ ชลี1-เพชรบุรี ที่ตำบลหาดเจ้าสำราญ จังหวัดเพชรบุรี และสถานีคมนาคมเคเบิลใต้น้ำ ชลี2-สงขลา ที่ตำบลเก้าเส้ง จังหวัดสงขลา มีการเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างสถานีเคเบิลใต้น้ำที่หาดเจ้าสำราญ กับสถานีไมโครเวฟ ของการสื่อสารแห่งประเทศไทย โดยผ่านสถานีทวนสัญญาณ 2 แห่ง ที่อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี และที่ตำบลบางโทรัด อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร ส่วนการเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างสถานีเคเบิลใต้น้ำสงขลา กับสถานีไมโครเวฟที่ชุมสายโทรคมนาคมระหว่างประเทศ ณ หาดใหญ่ จะผ่านสถานีทวนสัญญาณบนยอดเขาคอหงษ์ แสดงในรูปที่ 5.23 ในระบบเคเบิลใต้น้ำอาเซียน สิงคโปร์-มาเลเซีย-



รูปที่ 5.22 แสดงเส้นทางระบบเคเบิลใต้น้ำที่ประเทศไทยสามารถใช้ติดต่อสื่อสารกับประเทศอื่น เริ่มใช้งานตั้งแต่ พ.ศ.2526

(ระบบเคเบิลใต้น้ำฟิลิปปินส์-ไทย มิได้รับอนุมัติจากคณะรัฐมนตรีให้ลงทุนในปี 2526)



กสท. คือ การสื่อสารแห่งประเทศไทย

ชลี เป็นการตั้งชื่อเป็นเกียรติแก่พลเรือตรีชลี สินธุโสภณ

รูปที่ 5.23 แสดงการเชื่อมโยงคิดต่อสื่อสารระหว่างสถานีไมโครเวฟ สถานีทวนสัญญาณ และ สถานีเคเบิลทางระบบเคเบิลใต้น้ำในประเทศไทย

ไทย มีการออกแบบตามมาตรการป้องกันสายเคเบิลด้วยการหุ้มเกราะสายเคเบิล แต่โอกาสที่สายเคเบิลจะถูกทำให้ชำรุดก็มี เนื่องจากลักษณะน่านน้ำในอ่าวไทยตามเส้นทางวางสายเคเบิลมีความลึกสูงสุด 70 เมตร อัตราความลึกโดยเฉลี่ยเพียง 40 เมตร ระยะทางระหว่างสถานีเคเบิลใต้น้ำ ชลี1-เพชรบุรี ถึงสถานีเคเบิลใต้น้ำ ชลี2-สงขลา ใช้ตัวทวนสัญญาณ 55 ตัว ระยะทางระหว่างสถานีเคเบิลใต้น้ำ ชลี2-สงขลา ถึงสถานีเคเบิลใต้น้ำกวนตันใช้ตัวทวนสัญญาณ 41 ตัว และระยะทางระหว่างสถานีเคเบิลใต้น้ำกวนตันถึงเมืองกาตอง ใช้ตัวทวนสัญญาณ 28 ตัว ส่วนการใช้ตัวปรับสัญญาณในระบบเคเบิลใต้น้ำสิงคโปร์-มาเลเซีย-ไทย ใช้ทั้งหมด 4 ตัว อายุการใช้งานอย่างต่ำของระบบเคเบิลใต้น้ำประมาณ 25 ปี การเชื่อมโยงติดต่อกับประเทศอื่นต้องมีการซื้อสิทธิในการใช้ช่องสัญญาณโทรศัพท์ในระบบเคเบิลใต้น้ำ สำหรับช่องสัญญาณโทรศัพท์ของระบบเคเบิลใต้น้ำอาเซียน สิงคโปร์-ฟิลิปปินส์ มีจำนวน 1,380 ช่อง ระหว่างเพชรบุรีกับสงขลามี 1,200 ช่อง ระหว่างสงขลากับมาเลเซียมี 480 ช่อง ช่องสัญญาณโทรศัพท์ในระบบเคเบิลใต้น้ำส่วนใหญ่จะขนาด 4 กิโลเฮิร์ทซ์ ดังนั้น จึงเป็นหลักประกันได้ว่าประเทศสมาชิกทั้ง 5 ประเทศอันได้แก่ สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย มาเลเซีย และไทย สามารถใช้วงจรติดต่อสื่อสารผ่านทางระบบเคเบิลใต้น้ำได้อย่างพอเพียงกับการใช้งานอย่างน้อย 25 ปี