บทที่

1

การสื่อสารข้อมูล (Data Communication)

Communication is a process that allows beings to exchange information.

การสื่อสารข้อมูล (Data Communication) เป็นจุดเริ่มต้นของการดำเนินกิจกรรมต่างๆ เช่น กระบวนการตัดสินใจในอุตสาหกรรม การประกอบธุรกิจ หรือแม้กระทั่ง การพัฒนาซอฟท์แวร์คอมพิวเตอร์ (Computer Software) ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และอย่างมีประสิทธิภาพ ในปัจจุบันการสื่อสารข้อมูลอยู่ในลักษณะของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network) เทคโนโลยีที่พัฒนาก้าวหน้าขึ้นอย่างรวดเร็ว ได้มีส่วนในการปรับปรุงการทำงานของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ให้มีการเชื่อมต่อสื่อสาร (Communication Link) ความเร็วสูง ที่สามารถรองรับสัญญาณปริมาณมากได้ ซึ่งนำไปสู่การขยายขอบเขตความสามารถของการสื่อสาร อย่างเช่น การบริการสื่อผสม (Multimedia) ของระบบโทรศัพท์ไร้สาย (Mobile Phone) การประชุมร่วมทางไกล (Teleconference) การถ่ายทอดสดภาพ และเสียง ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (Internet) หรือแม้กระทั่งการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรระยะไกล เป็นต้น

จุดประสงค์หลักของการสื่อสารข้อมูล คือ **การแลกเปลี่ยนข่าวสารระหว่างกันได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ ในเวลาที่ต้องการ** ดังนั้นเนื้อหาในบทนี้จึงกล่าวถึงพื้นฐานของการสื่อสารข้อมูล การทำงานของระบบเครือข่าย และเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เทคโนโลยีที่มีการประยุกต์ใช้ในการสื่อสาร การออกแบบโครงสร้างของระบบให้ตรงตามจุดประสงค์การใช้งาน และข้อกำหนดต่างๆ รวมถึงมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ICON KEY
เนื้อหาสาระสำคัญ
แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจ
แบบฝึกหัดภาคปฏิบัติ
แบบฝึกหัดภาคทฤษฎี

หมายเหตุ

ลักษณะของ เอกสารประกอบการสอนในบทนี้ และบทอื่นๆ ประกอบด้วยหัวเรื่องสำคัญ 4 ประเภท ได้แก่เนื้อหาสาระสำคัญ แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ แบบฝึกหัดภาคปฏิบัติ และภาคทฤษฎี ซึ่งมีการระบุจำแนก ด้วยสัญลักษณ์หน้าหัวเรื่องนั้นๆ ดังตารางด้านซ้ายมือ

ลักษณะพื้นฐานของการสื่อสารข้อมูล

เมื่อกล่าวถึงการสื่อสาร (Communication) มักจะหมายถึงการแลกเปลี่ยนข่าวสาร ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นภายในระยะทางใกล้ๆ หรือไกลออกไปก็ได้ (ในกรณีหลังมักจะใช้คำอุปสรรค Tele- นำหน้าซึ่งมีความหมายว่า *ไกล*) เมื่อนำคำว่า ข้อมูล (Data) ซึ่งหมายถึงการนำเสนอข่าวสาร ในรูปแบบที่มีการตกลงกันระหว่างแต่ละฝ่าย มาผนวกเป็น การสื่อสารข้อมูล (Data Communication) จึงหมายถึงการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ (Device) 2 ตัว ผ่านทางตัวกลางส่งผ่าน (Transmission Media) การบ่งชี้ประสิทธิภาพในการสื่อสารข้อมูล ซึ่งประกอบขึ้นจากระบบสื่อสารดังกล่าว สามารถทำได้โดยพิจารณาลักษณะพื้นฐานของการสื่อสาร ดังต่อไปนี้

1. **การนำส่ง** (Delivery) ระบบต้องจัดส่งข้อมูลไปยังปลายทางได้อย่างถูกต้อง นั่นคือผู้รับ (Users) หรือ อุปกรณ์ตัวรับ (Receiving Devices) ที่ระบุเท่านั้น จึงจะสามารถรับข้อมูลได้

2. **ความเที่ยงตรง** (Accuracy) ข้อมูลที่ส่งไปต้องเที่ยงตรง การเปลี่ยนแปลงใดก็ตามที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการส่ง จะต้องได้รับการแก้ไขปรับเปลี่ยนให้ถูกต้อง เมื่อถึงปลายทาง

3. **ความตรงต่อเวลา** (Timeliness) การจัดส่งข้อมูล จะต้องเสร็จสมบูรณ์ ภายในระยะเวลาที่กำหนดโดยเฉพาะ การสื่อสารแบบเวลาจริง (Real Time) ระบบต้องส่งข้อมูล ทันทีที่ข้อมูลได้ถูกสร้างขึ้นในลำดับที่ถูกต้อง โดยให้เกิดการหน่วงล่าช้า (Delay) น้อยที่สุด

องค์ประกอบในการสื่อสาร (Communication Components)
จากรูปที่ 1.1 ระบบการสื่อสารข้อมูลมีองค์ประกอบ 5 ประการ กล่าวคือ

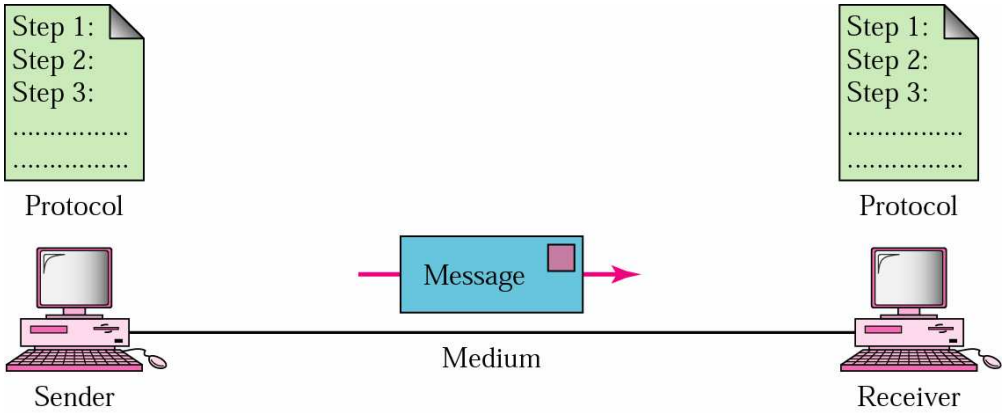


FIGURE 1.1 องค์ประกอบ 5 ประการของระบบการสื่อสารข้อมูล

- **Message** คือ ชุดของข้อมูลข่าวสาร (Information) ที่ต้องการสื่อสาร
- **Sender** ได้แก่ อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ ส่งข่าวสาร เช่น คอมพิวเตอร์ กล้องวิดีโอ ฯลฯ
- **Receiver** ได้แก่ อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ รับข่าวสาร เช่น เครื่องรับโทรทัศน์ ฯลฯ
- **Medium** คือ ตัวกลางที่ข่าวสารใช้ในการเดินทางระหว่าง อุปกรณ์รับ-ส่ง เช่น คลื่นวิทยุ
- **Protocol** หมายถึง ชุดของกฎหรือข้อตกลง ที่ควบคุมการสื่อสารข้อมูล โดยที่ทั้งอุปกรณ์ รับและส่งจะต้องเข้าใจตรงกัน

การนำเสนอข้อมูล (Data Representation)
ข่าวสารที่ใช้ในการแลกเปลี่ยน มักถูกนำเสนอในรูปของข้อมูล ซึ่งมีประเภท ได้แก่ ข้อความ (Text) ตัวเลข (Numbers) ภาพนิ่ง (Images) เสียง (Audio) และ ภาพเคลื่อนไหว (Video) เป็นต้น ซึ่งข้อมูลแต่ละประเภทมีลักษณะที่แตกต่างกันดังนี้

การนำเสนอข่าวสารประเภท ข้อความมักจะอยู่ใน รูปแบบของกลุ่ม Bits (อนุกรมของเลขฐาน 2) ซึ่ง มีความยาวขึ้นอยู่กับจำนวนของสัญลักษณ์ในภาษาที่ใช้ในการสื่อสาร โดยที่ การแปลงสัญลักษณ์เป็นกลุ่ม Bits (Bit Patterns) เรียกว่า การเข้ารหัส (Coding) ซึ่งมีหลายเทคนิคที่นิยมใช้ ได้แก่

ASCII และ Extended ASCII (American Standard Code for Information Interchange) เข้ารหัสสัญลักษณ์ด้วยเลขฐาน 2 จำนวน 7 บิต ซึ่งสามารถแทนสัญลักษณ์ได้ทั้งสิ้นจำนวน 128 ตัว ซึ่งสามารถแจกแจงได้ดังตารางในรูปที่ 1.2 โดยอักษรย่อในแต่ละช่องแสดงรหัสที่ใช้ควบคุมการแสดงผล ในขณะที่ Extended ASCII เพิ่ม Binary 0 ทางซ้ายอีก 1 บิต เพื่อให้ข้อมูลแต่ละหน่วยมีขนาด 1 ไบต์ แต่จำนวนบิตในส่วนที่เพิ่มขึ้นมานั้น ไม่ใช้ในการเข้ารหัส (บางระบบ ใช้ 128 อักขระที่เพิ่มมา แสดงสัญลักษณ์ Graphics)

ASCII ประกอบด้วยทั้งส่วนที่ใช้ควบคุมการแสดงผล เช่น การย่อหน้า และส่วนที่ใช้แทนอักขระ

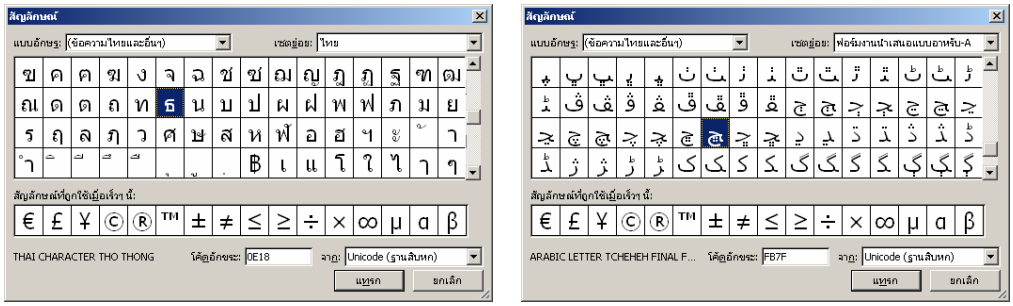
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2		!	"	#	$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
6	`	a	b	c	d	e	f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

FIGURE 1.2 ตารางแจกแจงรหัส ASCII ขนาด 7 บิต ซึ่งสามารถแทนอักขระได้ทั้งสิ้น 128 ตัว

แบบฝึกหัด จงเขียนโปรแกรมภาษา C เพื่อแจกแจงรหัส ASCII แบบธรรมดาขนาด 7 บิต โดยการแสดงผลรหัสควบคุมการแสดงผล และอักขระปกติ แบบตารางดังรูปที่ 1.2 โดยที่แต่ละแถว และสดมภ์ อ้างอิงถึงดัชนีแบบเลขฐาน 16 ณ ตำแหน่ง 3 บิตบน (Most Significant Bits) และ 4 บิตล่าง (Least Significant Bits) ตามลำดับ

UNICODE เนื่องจากรหัส ASCII มีข้อจำกัด กล่าวคือไม่สามารถนำมาแทนอักขระในภาษาอื่นๆ นอกเหนือจากภาษาอังกฤษได้ทันที (ยกเว้นมีการดัดแปลงในส่วนของซอฟท์แวร์ หรือฮาร์ดแวร์) องค์กรที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรม ซอฟท์แวร์ และ ฮาร์ดแวร์จึงได้ร่วมมือกันออกแบบ รหัสที่มีความยาว 16 บิต (แสดงสัญลักษณ์ได้ 65536 ตัว) ซึ่งสามารถเข้ารหัสตัวอักษร ได้หลายภาษา โดยที่แต่ละภาษาได้รับการจัดสรรพื้นที่ย่อย 1 กลุ่มในตารางรหัส ดังรูปที่ 1.3 ตัว ธ ในภาษาไทยได้รับการจัดสรรรหัส 0E18 และ ตัว ฺ ในภาษาอาหรับได้รับการจัดสรรรหัส FB7F ในตาราง Unicode นอกจากนี้บางส่วนของตารางยังได้รับการจัดสรรสำหรับตัวอักษรแบบรูปภาพ (Graphic Fonts) ด้วย

ISO (International Organization for Standardization) ได้ออกแบบรหัสที่มีความยาวเพิ่มขึ้นไปอีกเป็น 32 บิต ซึ่งสามารถแสดงสัญลักษณ์ได้ถึงกว่า 4 พันล้านตัว ซึ่งเพียงพอสำหรับทุกภาษาที่ใช้กันในปัจจุบัน



(a) ภาษาไทย (b) ภาษาอาหรับ

FIGURE 1.3 ตารางแจกแจงรหัส UNICODE ขนาด 16 บิต ซึ่งสามารถแทนอักขระได้ทั้งสิ้น 65536 ตัว ในที่นี้แสดงตารางในส่วนของภาษาไทย (a) และภาษาอาหรับ (b)

ตัวเลข (Number) อยู่ใน รูปแบบของกลุ่ม Bits เช่นเดียวกันกับข้อความ แต่ในการเข้ารหัส จะใช้การแปลงเลขฐาน 2 เป็นปริมาณที่นำเสนอโดยตรง

เสียงที่มนุษย์ได้ยิน (Audio) แตกต่างจาก ข้อความ และตัวเลข ตรงที่เสียงเป็นข่าวสารชนิดต่อเนื่อง (Continuous) แต่เนื่องจากการสื่อสารข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์อยู่ในรูปแบบดิจิตอล ดังนั้นในบทถัดไป เราจะได้ศึกษาเทคนิคการแปลงข่าวสารประเภทนี้ ให้อยู่ในรูปตัวเลขฐาน 2 ในทำนองเดียวกันกับข้อความ และตัวเลข ข้อมูลเสียงมีการเข้ารหัสด้วยมาตรฐานที่หลากหลาย เช่น MP3, MIDI, WAV ฯลฯ

ภาพนิ่ง (Image) มีการนำเสนอในลักษณะ Bit Pattern เช่นกัน โดยที่ในรูปแบบที่ง่ายที่สุด เราจะแทนภาพ 1 ภาพ ด้วยเมตริกซ์ (Matrix) ซึ่งมีสมาชิกเป็นตัวเลข โดยที่ค่าของตัวเลขอธิบาย **สมบัติ** ของจุดภาพ (Picture Element หรือ Pixel) ณ ตำแหน่งที่สัมพันธ์กัน ดังรูปที่ 1.4

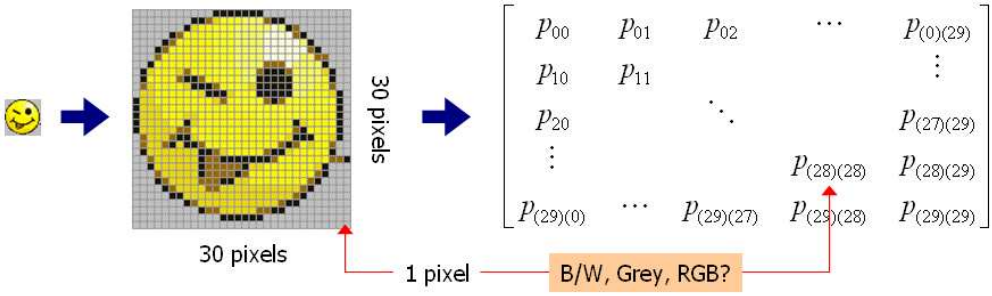


FIGURE 1.4 การนำเสนอข้อมูลประเภทภาพนิ่งด้วย Matrix โดยที่ Pixel ณ ตำแหน่งพิกัด (x, y) ในภาพ เขียนแทนด้วยค่าของสมบัติ (เช่น ความสว่าง สีองค์ประกอบสี ฯลฯ) $p_{(x)(y)}$

ภาพเคลื่อนไหว (Video) ได้แก่ข่าวสารที่ประกอบด้วย ลำดับของชุดภาพนิ่งที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งสามารถนำเข้ารหัสด้วยมาตรฐาน เช่น AVI MOV และ MPEG ทั้งนี้โดยอาศัยคุณสมบัติความซ้ำซ้อนและความต่อเนื่องของข้อมูลลำดับภาพนิ่งที่ติดกัน จึงสามารถนำเสนอภาพเคลื่อนไหวด้วยข้อมูลที่มีปริมาณน้อยกว่าการนำภาพนิ่งมาเรียงกัน ผู้สนใจสามารถศึกษาได้ในหัวข้อ การบีบอัดและลดขนาดข้อมูล

ทิศทางการไหลของข้อมูล (Direction of Data Flow)
การสื่อสารข้อมูลระหว่าง อุปกรณ์ รับ-ส่ง 2 ชุด สามารถทำได้ 3 รูปแบบ (Mode) กล่าวคือ

1. **Simplex** คือ การสื่อสารที่เกิดขึ้นได้เพียงทิศเดียว <u>ตลอดเวลาการเชื่อมต่อ</u> จะมีเพียงอุปกรณ์ชุดเดียวเท่านั้น ทำหน้าที่ส่งข้อมูล (Transmitter) และ อุปกรณ์อีกชุดหนึ่งทำหน้าที่รับข้อมูล (Receiver) เช่น การสื่อสาร ระหว่าง Mainframe กับ Monitor ดังรูป และ การเชื่อมต่อคีย์บอร์ดรุ่นเก่า ชุดบังคับวิทยุรถยนต์เด็กเล่นอย่างง่าย เป็นต้น

อุปกรณ์ส่ง มักย่อว่า Tx และ อุปกรณ์รับ มักย่อว่า Rx

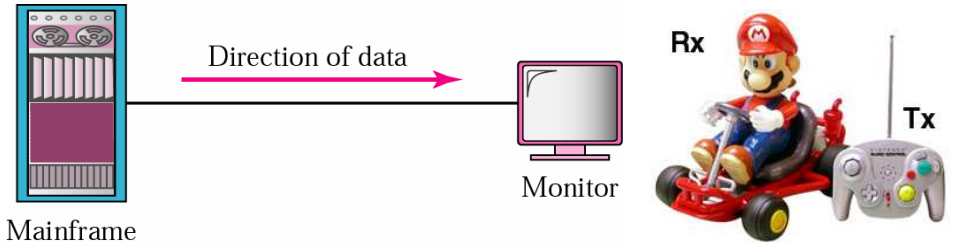


FIGURE 1.5 แผนผังแสดงทิศทางการไหลของข้อมูลแบบ Simplex (ซ้าย) และตัวอย่างของการสื่อสารแบบ Simplex ในชุดบังคับวิทยุรถยนต์เด็กเล่น (ขวา)

2. **Half-Duplex** คือ การสื่อสารที่อุปกรณ์ทั้งสองชุด สามารถส่งและรับข้อมูลได้ ทว่า <u>อุปกรณ์แต่ละชุดไม่สามารถทำหน้าที่สองอย่างพร้อมๆ กันได้</u> กล่าวคือ ณ เวลาใดๆ จะมีเพียงอุปกรณ์ชุดเดียวเท่านั้น ทำหน้าที่ส่งข้อมูล ในขณะที่อุปกรณ์อีกชุดหนึ่ง รับข้อมูล ซึ่งอุปกรณ์คู่นี้ สามารถสลับบทบาท หน้าที่ได้ ตลอดการเชื่อมต่อ เช่น การสื่อสารวิทยุรับ–ส่ง (CB : Citizen Band) การสื่อสารบนพอร์ต (Port) อนุกรมของระบบอุตสาหกรรม เป็นต้น

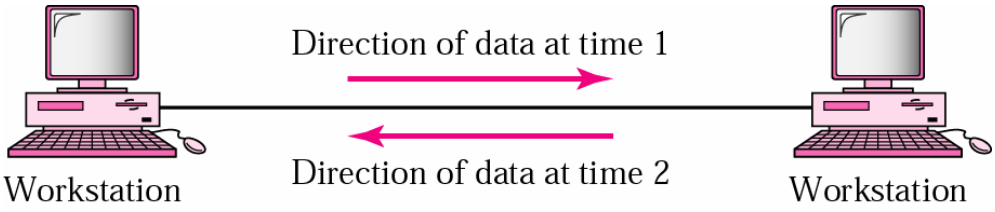


FIGURE 1.6 แผนผังแสดงทิศทางการไหลของข้อมูลแบบ Half-Duplex ซึ่งข้อมูลสามารถไหลได้ทั้งทิศทาง จากซ้ายไปขวา และจากขวาไปซ้าย ไม่พร้อมกันในแต่ละช่วงเวลา

ความรู้ทั่วไป

Citizen Band (CB) Radio มีความถี่ในการรับ/ส่งอยู่ที่ 26.965 - 27.405 MHz และมีกำลังส่งสูงกว่า 100 mW แต่ไม่เกิน 500 mW) ซึ่งตามกฎกระทรวง ผู้ใช้งานจำเป็นจะต้องมีใบอนุญาต (License)

ในกรณีทั่วไประหว่างการสื่อสารแบบ Half Duplex ฝ่ายที่ส่งข้อมูลในขณะนั้น ต้องระบุข่าวสาร 3 ส่วน ได้แก่ ชื่อหรือหมายเลขผู้ส่ง ข้อความที่ต้องการส่ง และรหัสที่บ่งชี้ว่า การส่งข้อมูลได้เสร็จสิ้นลง พร้อมจะรับข้อมูล (เช่น over ทราบแล้วเปลี่ยน เป็นต้น)

3. **Full-Duplex** คือ การสื่อสารที่อุปกรณ์ทั้งสองชุด สามารถส่ง และรับข้อมูลในขณะเดียวกันได้ โดยมีข้อกำหนดว่า สัญญาณการสื่อสารต้องสามารถรองรับทิศทางของข้อมูลได้ทั้งสองทาง ซึ่งอาจทำได้ 2 รูปแบบ ได้แก่

   - การเชื่อมต่อประกอบด้วย ช่องสัญญาณ 2 ช่อง *แยกออกจากกันเป็นอิสระ* โดยที่แต่ละช่องทำหน้าที่ถ่ายโอนข้อมูลในทิศทางตรงข้ามกัน และ

   - การเชื่อมต่อ มีเพียงช่องสัญญาณเดียว แต่สามารถรองรับการถ่ายโอนข้อมูลได้ทั้งสองทิศทาง

   ตัวอย่างการสื่อสารด้วยระบบ Full Duplex ได้แก่ โทรศัพท์ทั้งแบบเคลื่อนที่ และ ธรรมดาซึ่งคู่สายที่เกี่ยวข้องสามารถพูด-คุยพร้อมๆ กันได้ และ MSN Messenger เป็นต้น

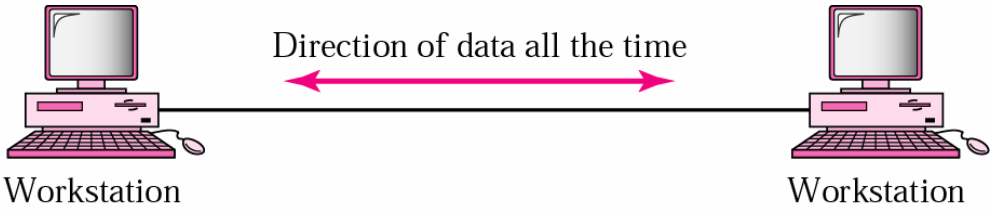


FIGURE 1.7 แผนผังแสดงทิศทางการไหลของข้อมูลแบบ Full-Duplex ซึ่งข้อมูลสามารถไหลได้ทั้งทิศทาง จากซ้ายไปขวา และจากขวาไปซ้าย ได้พร้อมกันในแต่ละช่วงเวลา

เครือข่าย

เครือข่าย (Network) คือ กลุ่มของอุปกรณ์ (Devices) ซึ่งเชื่อมต่อการด้วยเส้นทางการสื่อสาร (Links) ในระบบคอมพิวเตอร์ เราอาจนิยาม Network ด้วยโครงสร้างข้อมูล แบบ Graph ซึ่งอธิบาย Devices และ Links ด้วย Nodes และ Arcs ตามลำดับ ดังนั้น ขั้นตอนวิธีต่างๆ เกี่ยวกับ Graph สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับ การดำเนินการ (สื่อสารข้อมูล) บน Network ได้

การประมวลผลแบบกระจาย (Distributed Processing)
โครงข่ายส่วนมากมีการประมวลผลแบบกระจาย โดยแบ่งการทำงานหนึ่งๆ ออกเป็นส่วนย่อย แล้วแจกจ่ายหน้าที่ไปยังอุปกรณ์สมาชิก ในเครือข่าย ดังนั้น แทนที่จะมีเพียงอุปกรณ์เดียวรับผิดชอบการทำงานทั้งหมด อุปกรณ์ทุกตัวจะรับผิดชอบการทำงานในส่วนที่ได้รับมอบหมาย

เงื่อนไขของเครือข่าย (Network Criteria)
ดัชนีชี้วัดการทำงานของเครือข่ายที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

- **Performance** วัดได้จาก

  1. เวลาที่ใช้ในการเดินทางของข่าวสาร ระหว่างอุปกรณ์ (Transit Time: T_T)

  2. เวลาตอบสนอง (Response Time: T_R) หรือ เวลาที่ผ่านไป นับจากเริ่มต้นการร้องขอ (Enquiry) จนกระทั่ง ได้รับการตอบกลับ (Response)

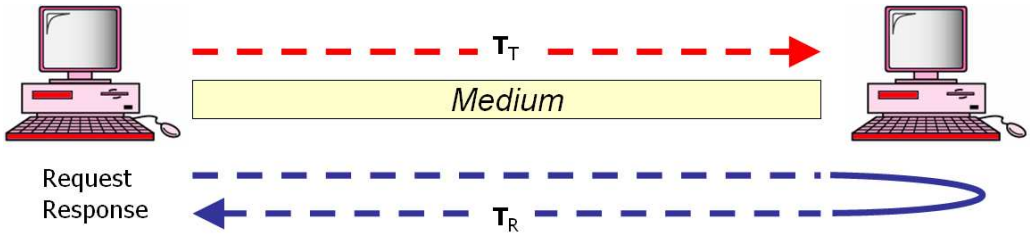


FIGURE 1.8 แผนผังแสดงความหมายของ และความแตกต่างระหว่าง Transit Time และ Response Time

ตัวชี้วัดเหล่านี้ ขึ้นอยู่กับปัจจัย หลายประการ อาทิเช่น จำนวนของผู้ใช้งานเครือข่ายขณะนั้น ชนิดของตัวกลางที่ใช้ในการสื่อสาร ความสามารถของอุปกรณ์แวดล้อม และ ของซอฟท์แวร์ปฏิบัติการ

- **Reliability** วัดได้จากความถี่ (Frequency) ของการเกิดความล้มเหลวในการเชื่อมต่อ เวลาที่ใช้ในการ กู้การเชื่อมต่อกลับคืน และ ความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เอื้อต่อระบบการสื่อสาร (เช่น ภัยธรรมชาติ ต่างๆ)

- **Security** ในแง่ของความมั่นคง และ ความปลอดภัยของระบบเครือข่าย หมายรวมถึง การปกป้องข้อมูล จากเข้าถึงโดยผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาต (Unauthorized Access)

ชนิดของการเชื่อมต่อ (Types of Connection)
เนื่องจาก Networks ได้แก่กลุ่มของอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อกันด้วย Links ซึ่งการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. **Point to Point Connection**

   ได้แก่ การเชื่อมต่อที่สงวน ความจุ และเส้นทางการสื่อสาร <u>ไว้สำหรับระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัว</u> เท่านั้น ซึ่งอาจเป็นสาย Cable ช่องสัญญาณดาวเทียม หรือ สัญญาณความถี่ Infrared

2. **Multipoint Connection**

   บางครั้งเรียกว่า Multidrop Connection ได้แก่ การเชื่อมต่อที่แบ่งปัน ความจุ และทางการสื่อสาร 1 ช่องทาง ไว้สำหรับระหว่างอุปกรณ์มากกว่า 2 ตัว ขึ้นไป ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การจัดสรรเชิงพื้นที่ (Spatially Shared) และแบบจัดสรรเชิงเวลา (Temporally Shared)

โครงสร้างทางกายภาพ (Physical Topology)
Physical Topology ได้แก่ โครงสร้างทางกายภาพ ของการเชื่อมต่อ (Link) ภายใน Network โดยที่

- อุปกรณ์สองชนิดขึ้นไปเชื่อมต่อกันเรียกว่า Links

- Links ตั้งแต่ 2 Links ขึ้นไปเชื่อมต่อกันเรียกว่า Topology

สำหรับการนำเสนอโครงข่ายด้วย Topology (Graph) เรียกอุปกรณ์แต่ละชิ้นว่า Node และเรียกการเชื่อมต่อระหว่าง Nodes ว่า Edge

รูปแบบทางกายภาพของการเชื่อมต่อภายใน Network สามารถจัดจำแนกได้ 4 รูปแบบดังต่อไปนี้

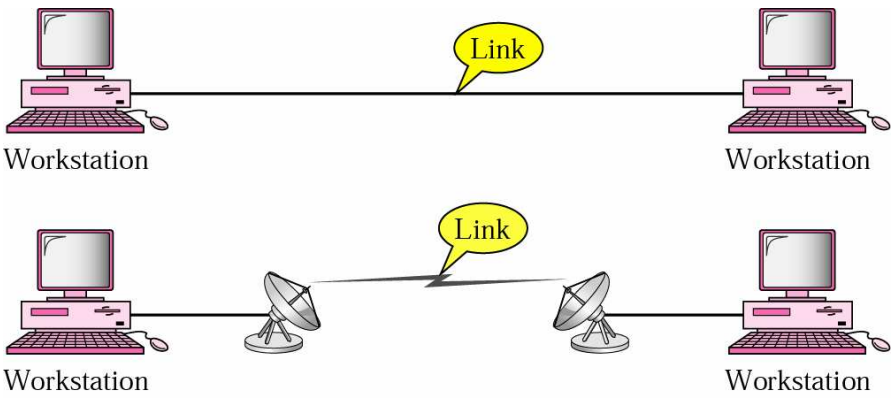


FIGURE 1.9 แผนผังแสดงการเชื่อมต่อแบบ Point to Point ระหว่าง Workstation 2 จุด

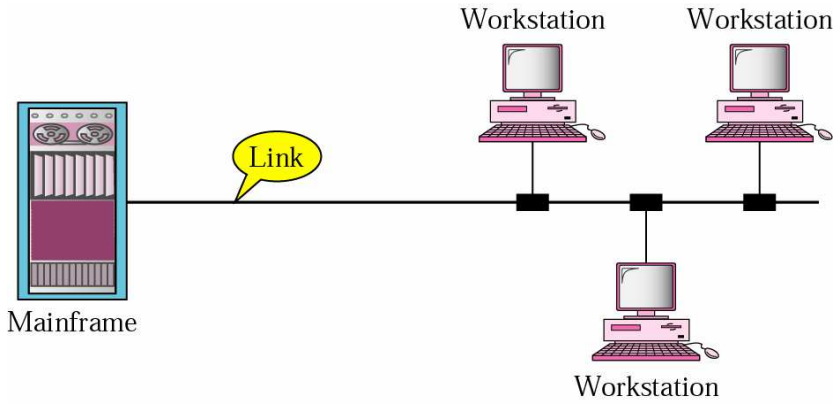


FIGURE 1.10 แผนผังแสดงการเชื่อมต่อแบบ Multipoint ระหว่าง Workstation หลายจุด

1. **Mesh Topology** คือ รูปแบบการเชื่อมต่อที่ สำหรับแต่ละ Node จะมี Dedicate Links ไปยัง Node อื่นๆ ที่เหลือ มักใช้เป็น Backbone สำหรับเชื่อมต่อกับ Network ที่เป็น Topology อื่น

   <u>ข้อดี</u> ของรูปแบบ Mesh ได้แก่ แต่ละ Link รับผิดชอบเพียงอุปกรณ์ 2 ตัว จึงไม่เกิดปัญหาเกี่ยวกับการจัดสรรช่องการสื่อสาร ถ้ามี Link ใดเสียหาย ระบบยังคงสามารถทำงานได้ (Robust) ระบบรักษาความปลอดภัยข้อมูลดี นอกจากนี้ยังสามารถบ่งชี้ตำแหน่งบกพร่องใน Network และแก้ไขได้ง่าย

   <u>ข้อเสีย</u> ของรูปแบบ Mesh ได้แก่ จำนวน I/O Links ทั้งหมดมีค่ามาก ${}_nC_2 = n\,(n-1)/2$

2. **Star Topology** รูปแบบการเชื่อมต่อซึ่ง สำหรับแต่ละ Node จะมี Link เดียวต่อกับ Hub ที่ทำหน้าที่ถ่ายโอนข้อมูลต่อไปยัง Node อื่นๆ ที่เหลือ ดังนั้น I/O Links ทั้งหมด เท่ากับ n

   <u>ข้อดี</u> ของรูปแบบ Star ได้แก่ การใช้จำนวน Link น้อยกว่าแบบ Mesh ทำให้มีราคาถูกกว่า ติดตั้งและปรับแต่งง่าย นอกจากนี้ยังบ่งชี้ และแก้ไขข้อบกพร่องได้ง่าย

<u>ข้อเสีย</u> ของรูปแบบ Star ได้แก่ ถ้า Link ใดเกิดเสียหาย อุปกรณ์เชื่อมต่อ (Node) ที่เกี่ยวข้องจะหลุด ออกจากระบบ ยิ่งไปกว่านั้นถ้า Hub เสียหายจะทำให้ระบบล่มทั้งหมด

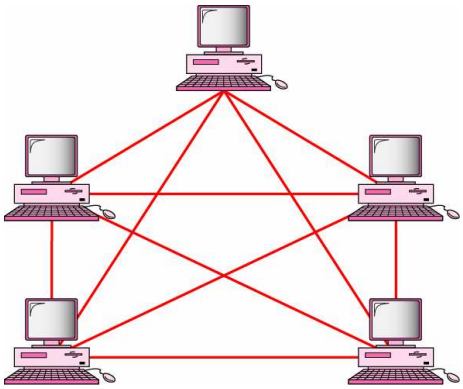


FIGURE 1.11 แผนผัง Physical Topology แบบ Mesh

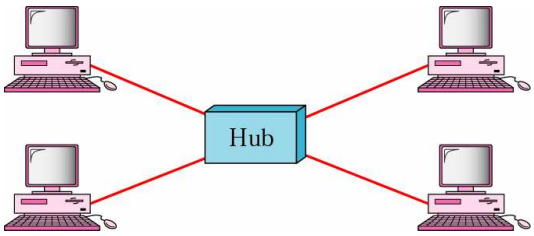


FIGURE 1.12 แผนผัง Physical Topology แบบ Star

3. **Bus Topology** รูปแบบการเชื่อมต่อแบบ Multipoint ซึ่งใช้สาย Cable เพียง 1 เส้น (Backbone) เป็นช่องสัญญาณการสื่อสารเชื่อมต่อ Node ทั้งหมด I/O Links ทั้งหมดเท่ากับ *n* (แต่จำนวน Cable เท่ากับ 1)

<u>ข้อดี</u> ของรูปแบบ Bus ได้แก่ การติดตั้งสามารถทำได้ง่ายที่สุด และระบบมีราคาถูก เนื่องจากใช้สายสัญญาณเพียงเส้นเดียว

<u>ข้อเสีย</u> ของรูปแบบ Bus ได้แก่ มีการสูญเสียพลังงาน ทำให้ความยาวจำกัด ไม่สามารถเพิ่ม Node ภายหลังได้โดยง่าย นอกจากนี้ถ้าเกิดข้อบกพร่องใน Backbone จะทำให้เกิด Reflection Noise และอาจทำให้ระบบล่มได้

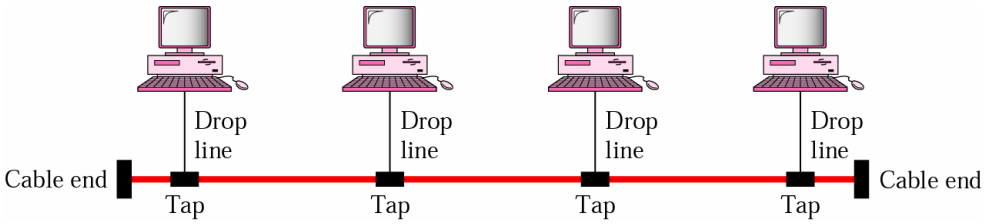


FIGURE 1.13 แผนผัง Physical Topology แบบ Bus

4. **Ring Topology** รูปแบบการเชื่อมต่อซึ่ง แต่ละ Node จะมี Links ไปยัง Nodes ข้างเคียงที่ติดกันเท่านั้น โดยข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปตาม Node ในวง จนกว่าจะถึงปลายทาง I/O Links ทั้งหมดเท่ากับ $n-1$

   <u>ข้อดี</u> ของรูปแบบ Ring ได้แก่ การเชื่อมต่อ ดัดแปลง และการบ่งชี้ข้อบกพร่องสามารถทำได้ง่าย

   <u>ข้อเสีย</u> ของรูปแบบ Ring ได้แก่ ต้องมี Repeater ในทุก Nodes และถ้าอุปกรณ์ใดเสียจะล่มทั้งระบบ ซึ่งอาจแก้ไขได้โดย ใช้กลไกการปิด Loop ดังรูป หรือ ออกแบบวงสำรองซ้อนทับกับวงปกติ

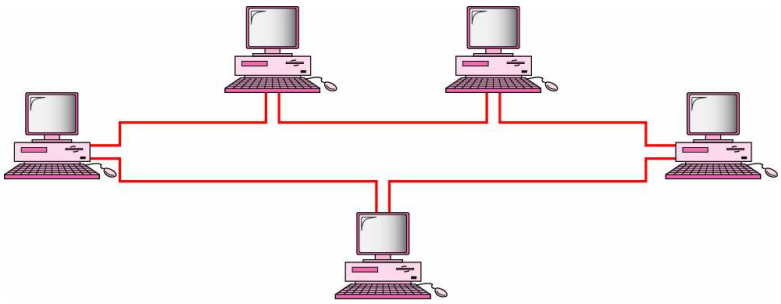


FIGURE 1.14 แผนผัง Physical Topology แบบ Ring

ประเภทของเครือข่าย (Categories of Network)
เครือข่ายสามารถจัดจำแนกตาม ขนาดของเครือข่าย บริเวณที่ครอบคลุม เจ้าของเครือข่าย และสถาปัตยกรรม ออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

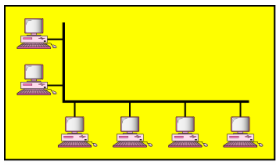
1. **Local Area Network (LAN)** เจ้าของ LAN มักได้แก่เอกชน หรือหน่วยงานขนาดเล็ก และเป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ภายในสำนักงาน อาคาร หรือ สถานศึกษา (ในปัจจุบันระยะทางจำกัดเพียงไม่กี่กิโลเมตร) สถาปัตยกรรมของ LAN อาจเป็นเพียงการเชื่อมต่อ PCs กับ Printer ไปจนถึงระดับเครือข่ายของอุปกรณ์สื่อผสม (Multimedia) ก็ได้ ปรัชญา และเป้าหมายหลัก ของการออกแบบระบบ LAN ได้แก่ "การเปิดโอกาส ให้มีการใช้ทรัพยากรร่วมกันภายในองค์กร" เช่น การจัดเก็บ และใช้ข้อมูล ร่วมกัน การใช้ Software ร่วมกัน และการใช้อุปกรณ์ประมวล และแสดงผลร่วมกัน เป็นต้น

2. **Metropolitan Area Network (MAN)** เจ้าของ MAN มักได้แก่ รัฐผู้ปกครองท้องถิ่น หรือองค์กรขนาดใหญ่ และเป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ภายในเมืองเดียวกัน สถาปัตยกรรมของ MAN อาจเป็นเพียงการเชื่อมต่อ LAN ตั้งแต่ 2 ระบบขึ้นไป หรือแม้แต่ระหว่างอุปกรณ์เช่น Television Network ปรัชญา และเป้าหมายหลัก ของการออกแบบระบบ MAN ได้แก่ "การเปิดโอกาส ให้มีการใช้ทรัพยากรร่วมกันภายในองค์กร ขนาดใหญ่" เช่น การจัดเก็บ และใช้ข้อมูล ร่วมกัน ระหว่างสาขาต่างๆ ภายในองค์กร ตัวอย่างระบบ MAN ที่มีการใช้งานจริง ในปัจจุบัน ได้แก่ ระบบเครือข่ายสารสนเทศ แบบอ้างอิงภูมิศาสตร์ภายในจังหวัด และระบบควบคุมการจราจร และรายงานอุบัติเหตุท้องถิ่น เป็นต้น

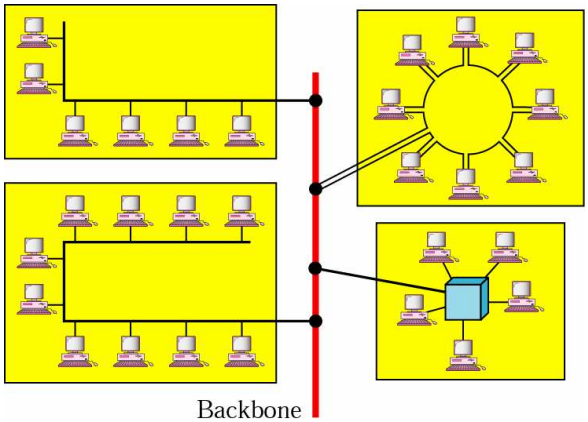
3. **Wide Area Network (WAN)** WAN คือ ระบบเชื่อมต่อเครือข่ายที่ครอบคลุม อาณาบริเวณกว้าง เพื่อการสื่อสารข้อมูลแบบสื่อผสม (Multimedia) ภายในประเทศ หรือระหว่างทวีป ข้อแตกต่างระหว่าง WAN กับ LAN ด้านสถาปัตยกรรม ได้แก่ WAN ใช้โครงสร้างของ ตัวกลางสาธารณะ ตัวกลางเช่า หรือตัวกลางของตนเอง ทั้งอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือผสมผสานก็ได้ ระบบ WAN ที่มีเจ้าของเพียงองค์กรเดียวเรียกว่า Enterprise Network เช่น ระบบของสายการบิน

Single–Building LAN อาจจำกัดโครงสร้างเพียงรูปแบบเดียวได้ ดังตัวอย่างระบบ Network ในรูป a

Multiple–Building LAN ดังตัวอย่างระบบ Network ในรูป b แสดงการเชื่อมต่อแบบผสมผสาน (Hybrid LAN)



a. Single-building LAN



b. Multiple-building LAN

FIGURE 1.15 แผนผังแสดงตัวอย่างการเชื่อมต่อ LAN แบบ Single Building (a) และ Multiple Building (b)

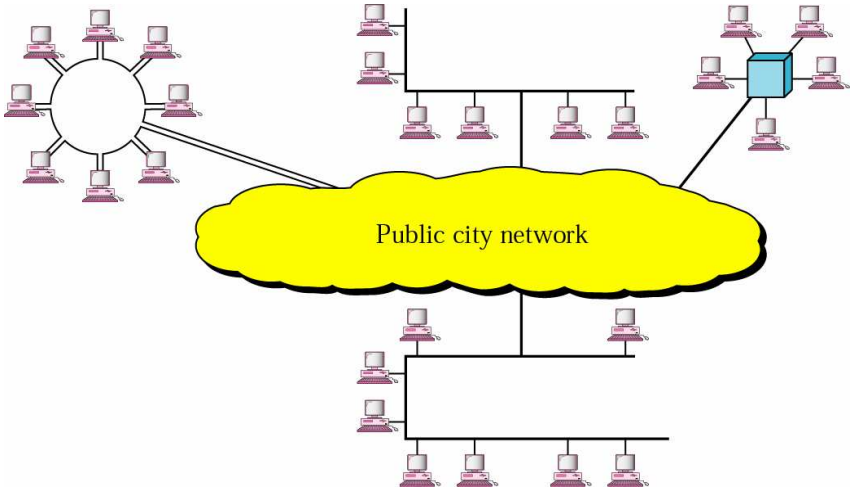


FIGURE 1.16 ระบบเครือข่าย MAN โดยทั่วไปมักจะเป็นการเชื่อมโยงระบบ LAN หลายๆ ระบบเข้าด้วยกัน ซึ่งครอบคลุมอาณาบริเวณทั้งเมือง

อินเตอร์เน็ต

อินเตอร์เน็ต (The Internet) ย่อมาจากคำว่า Inter และ Networking ซึ่งหมายถึง ระบบโครงสร้างการสื่อสาร ที่มีการจัดระเบียบ (มีข้อตกลงเกี่ยวกับเงื่อนไขการสื่อสารที่แน่นอน) เพื่อการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่าย หลากหลายรูปแบบ ผู้ใช้บริการ Internet มีทั้งบุคคลทั่วไป เอกชน และองค์กรของรัฐ

แบบศึกษาด้วยตนเอง จัดทำรายงานเรื่องประวัติโดยย่อของระบบ Internet จากยุคก่อตั้ง (1960) ถึงปัจจุบัน (2005) และ สรุปประเด็น อย่างใดอย่างหนึ่งจาก

ตัวอย่างการใช้งาน Internet ในปัจจุบัน (1 ตัวอย่าง) หรือ ลักษณะการให้บริการของ ISP ในประเทศ (1 บริการ)

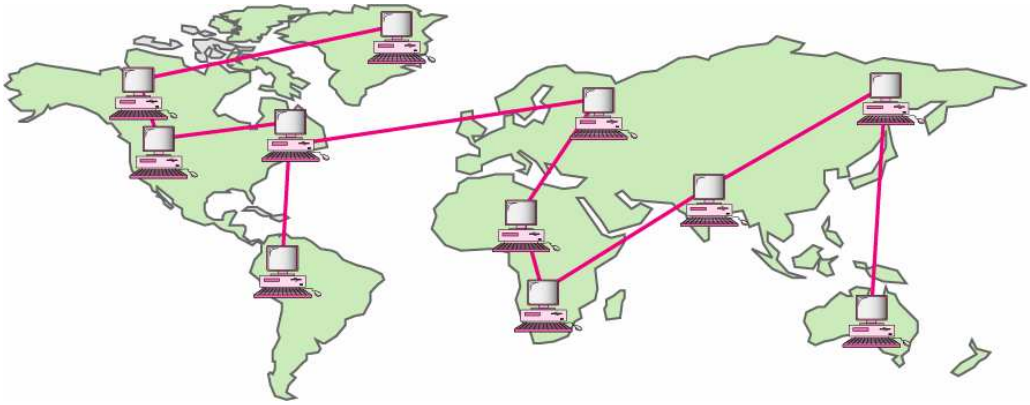


FIGURE 1.17 ระบบเครือข่าย WAN แสดงถึงการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายทั่วโลก

โครงสร้างของอินเตอร์เน็ต (Internet Structure)

โครงสร้างของเครือข่าย Internet สามารถแบ่งเป็นลำดับชั้นตั้งแต่ระดับผู้ใช้ทั่วไป จนถึงผู้ให้บริการระดับชาติ ดังต่อไปนี้

- ผู้ใช้ทั่วไป (End Users) เข้ารับบริการ Internet จาก Internet Service Provider (ISP)
- Local ISP ได้แก่ ISP ขนาดเล็ก ที่ผู้ใช้สามารถเข้าถึง ได้โดยตรง เช่น มหาวิทยาลัย หรือองค์กรเอกชนต่างๆ
- Regional ISP คือ ISP ลำดับชั้นสูงขึ้นที่เชื่อมต่อ Local ISP กับ NSP
- National Service Provider (NSP) ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่าง End Users ผ่านทางระบบ switch เรียกว่า Network Access Point (NAP) ซึ่งทำงานที่ความเร็วสูงมาก (600 Mbps)

ข้อกำหนด

ข้อกำหนด (Protocols) คือ กลุ่มของ กฎ หรือ ข้อตกลง ในการสื่อสารข้อมูล ซึ่งได้นิยามไว้ เป็นเข้าใจตรงกัน ระหว่าง หน่วย (Entity) ที่เกี่ยวข้อง ในการรับ และส่งข่าวสาร

การนิยาม Protocol ในการสื่อสารประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่

1. Syntax ได้แก่ โครงสร้าง หรือรูปแบบของข้อมูล โดยมากมักหมายถึง ลำดับ (Order) ของข้อมูล เช่น Protocol อย่างง่าย อาจนิยามให้ 8 bit แรก หมายถึงตำแหน่งผู้ส่ง 8 bit ถัดมา เป็นตำแหน่งของผู้รับ และข้อมูลที่ตามมาคือเนื้อหาของข่าวสาร เป็นต้น
2. Semantics ได้แก่ การตีความหมายของแต่ละส่วนของ bit ข้อมูล และกระบวนการที่จะต้องปฏิบัติอันเนื่องมาจากการตีความหมายนั้น เช่น หมายเลขตำแหน่ง อาจหมายถึง ตำแหน่งของ Node ถัดไปในเส้นทาง หรือ อาจหมายถึงตำแหน่งปลายทาง ก็ได้
3. Timing ได้แก่ ความเร็วของการรับและส่งที่ทำการตกลง ซึ่งจำเป็นต้องสอดคล้องกัน ทั้งสองฝั่งของอุปกรณ์ เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูล

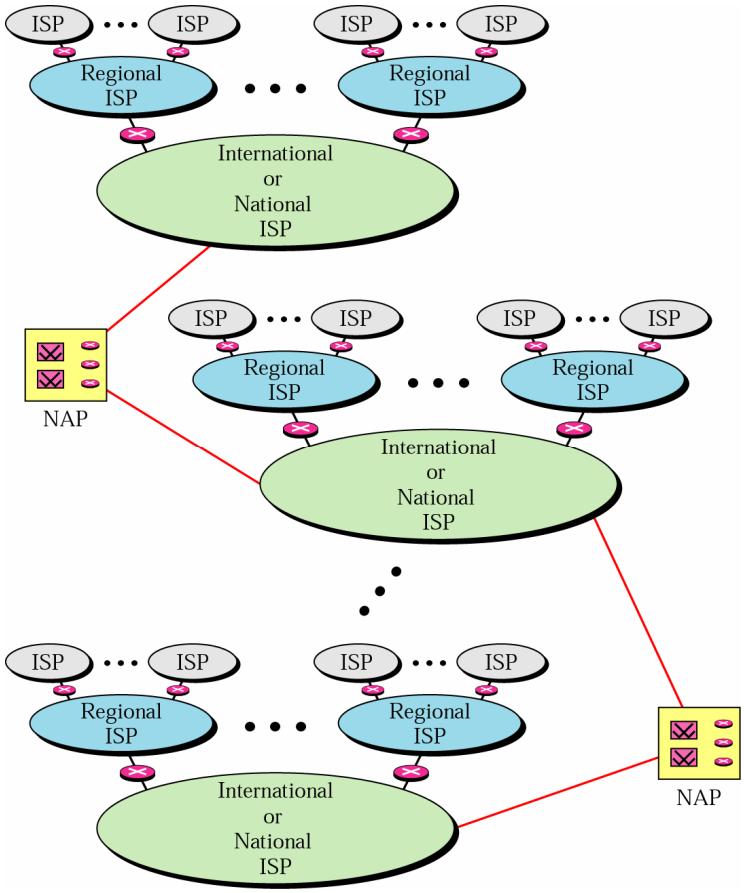


FIGURE 1.18 แสดงลำดับขั้นของโครงสร้าง Internet ประกอบด้วย End User (ไม่แสดง) ISP Regional ISP และ International/National ISP

มาตรฐาน

มาตรฐาน (Standard) คือ Protocol ที่เป็นที่ยอมรับ สำหรับการสื่อสารรูปแบบหนึ่งๆ ตัวอย่างเช่น การสื่อสารในรูปแบบ Internet ยอมรับ Protocol 2 ลำดับขั้นได้แก่

- Transmission Control Protocol (TCP) สำหรับ การทำงานลำดับสูง เช่น การจัดกลุ่มข้อมูล และการตรวจจับข้อผิดพลาด
- Internetworking Protocol (IP) สำหรับ การบริหารจัดการ ส่ง/ลำเลียงข้อมูล

Standard สมารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่

- *De facto* (by fact) ได้แก่ มาตรฐานที่ นิยมใช้กันโดยทั่วไป ซึ่งมักจะถูกริเริ่มโดยผู้ผลิตเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อจุดประสงค์ในการเป็นผู้นำด้านธุรกิจ
- *De jure* (by regulation or by law) ได้แก่ มาตรฐานที่มีการบังคับอย่างเป็นทางการ และ มีการควบคุม โดยองค์กรที่รับผิดชอบ เช่น CCITT เป็นต้น

แบบฝึกหัด

1. ยกตัวอย่างการสื่อสารข้อมูล (Data Communication) มา 1 ตัวอย่างพร้อมทั้งอธิบายลักษณะพื้นฐานของการสื่อสารข้อมูลนั้น ในหัวข้อ การนำส่ง ความเที่ยงตรง และความตรงต่อเวลา

2. อธิบายแจกแจงองค์ประกอบในการสื่อสารจากข้อ 1

3. ถ้าพิจารณาทิศทางการไหลของข้อมูล (Data Flow) นิตยสารรายปักษ์ จัดอยู่ในรูปแบบใด

4. อธิบายหลักการของ Distributed Processing มาพอสังเขป

5. ยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้เครือข่าย (Network) ที่รู้จัก พร้อมทั้งวิเคราะห์ดัชนีชี้วัด Performance Reliability และ Security

6. การเชื่อมต่อแบบ Multipoint ด้วยวิธี การจัดสรรเชิงพื้นที่ และการจัดสรรเชิงเวลา ต่างกันอย่างไร

7. วาดกราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนของ Node ในการเชื่อมต่อ กับจำนวน Link ที่น้อยที่สุดที่ต้องการ สำหรับโครงสร้างเครือข่ายแบบ Mesh Star Bus และ Ring

8. อธิบายลักษณะการเดินทางและส่งผ่านของข้อมูลในเครือข่ายที่มีโครงสร้างแบบ Ring และสามารถนำเครือข่ายที่มีโครงสร้างแบบ Star มาจำลองลักษณะดังกล่าวได้หรือไม่ อย่างไร

9. ศึกษารูปแบบตัวอย่างการให้บริการอินเตอร์เน็ตของ ISP หลักมา 1 ตัวอย่าง

10. ศึกษาข้อกำหนดของ Protocol ที่สนใจ 1 หัวข้อ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง Syntax กับ Semantics ของข้อกำหนดนั้น