



CPE 426 Computer Networks

Chapter 1: Introduction

Review 1: Data Communications



Course Outlines



- ดูใน Sheet
- สามารถ Download ได้
 - <http://cpe.rsu.ac.th/ut>





TOPICS

- **1. Communication/NW Model**
 - Ch.5.1-5.5
- **2. Communication Protocols OSI and TCP/IP**
 - Ch.1.1-1.10
- **3. Communication/NW Topology**
 - Ch. 13.8



TOPICS

- **4. Signal/Power/Loss**
 - Ch.6.1-6.10
- **5. Data Coding(Line Coding)**
 - Ch.6.11-6.20
- **6. Trasmission**
Media/Noise/Channel Capacity
 - Ch.7.1-7.10 & 7.20-7.22



TOPICS

- **7. Multiplexing & DSL**
 - Ch.11.1-11.3 & 12.1-12.7
- **8. Asynchronous Communication**
 - Ch.9.1-9.8
- **9. Synchronous Communication**
 - Ch.9.9-9.13



TOPICS

- **10. Flow Control/Error Control/ARQ**
 - Ch. 8.12-8.15
- **11. Circuit vs Packet Switching NW**
 - Ch. 3.1-3.5 % 13.1-13.5
- **ALSO Reference From CPE 326 (Stalling Book)**



Review

- เพื่อให้รู้ว่าเรียนอะไรไปแล้วบ้าง
- เน้นพื้นฐานที่ต้องใช้หรือต้องเข้าใจ เพื่อต่อในวิชานี้
 - IP Technologies
- Layer 1 และ 2 เป็นส่วนใหญ่ และ Concept ของ Network(Layer 3)



การสื่อสาร ประกอบด้วย 2 Entity

Sender = Source

ผู้ส่ง หรือแหล่งกำเนิดข้อมูล

Transmitter

Receiver

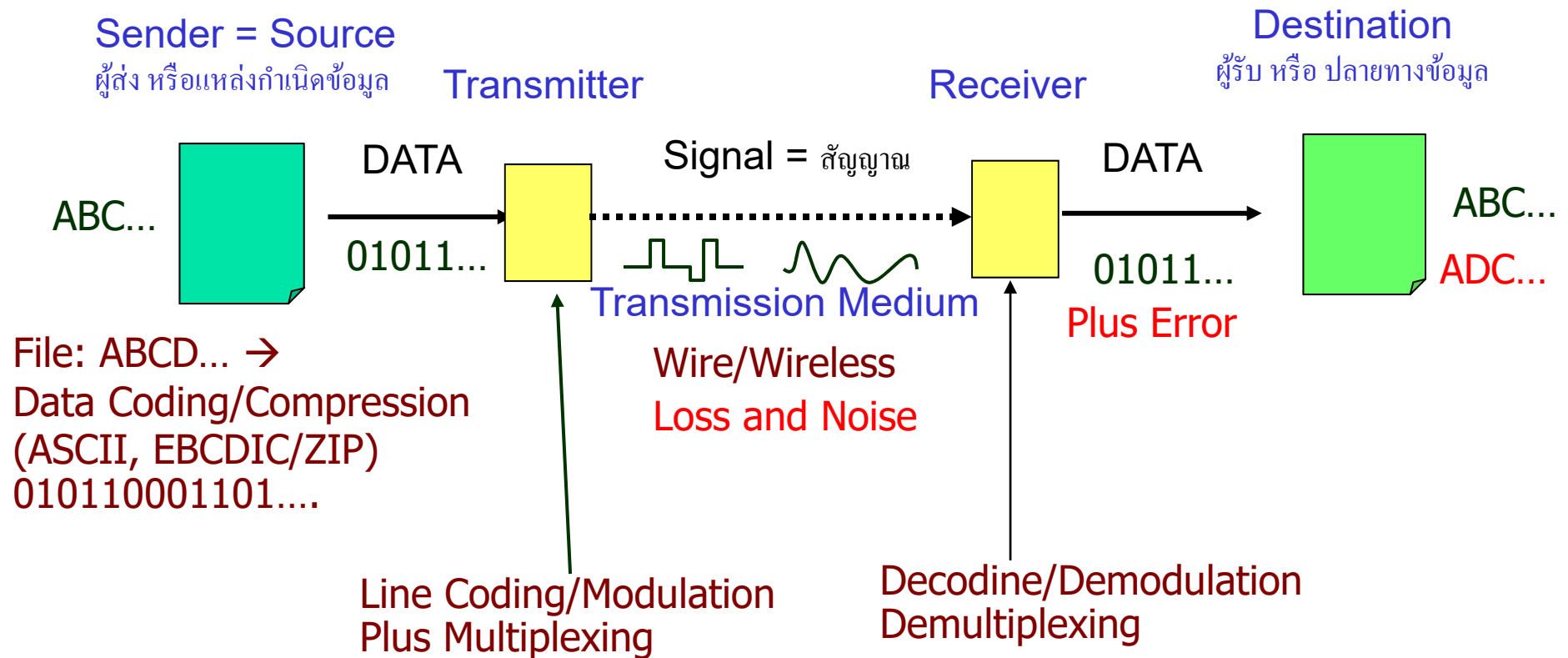
Destination

ผู้รับ หรือ ปลายทางข้อมูล





Data comm.Model มี 5 ส่วน





ASCII Code

- **American Standard Code for Information Interchange**
 - ASCII includes definitions for 128 characters: 33 are non-printing control characters (now mostly obsolete) that affect how text and space is processed; 94 are printable characters, and the space is considered an invisible graphic. The most commonly used character encoding on the World Wide Web was US-ASCII until December 2007, when it was surpassed by UTF-8

USASCII code chart

b₇ b₆ b₅ b₄ b₃ b₂ b₁ Column Row					0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	\	p
0	0	0	1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0	0	1	1	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0	1	0	0	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0	1	0	1	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0	1	1	1	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1	0	0	0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	10	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	11	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1	1	0	0	12	FF	FS	,	<	L	\	l	
1	1	0	1	13	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1	1	1	0	14	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1	1	1	1	15	SI	US	/	?	O	_	o	DEL



Mode ของการสื่อสาร

- **Data Communication Model ที่กล่าวถึงใช้สำหรับการสื่อสารสองคน**
 - ถ้ามีวงจรรับและส่งแยกจากกัน โดยใช้ Transmission Medium คนละตัว
 - Simplex
 - ถ้าใช้ Transmission อันเดียวกัน
 - Duplex
 - ถ้าสื่อสารสองทางได้พร้อมกัน
 - Full-Duplex
 - ถ้าสื่อสารสองทางไม่พร้อมกัน
 - Half-Duplex



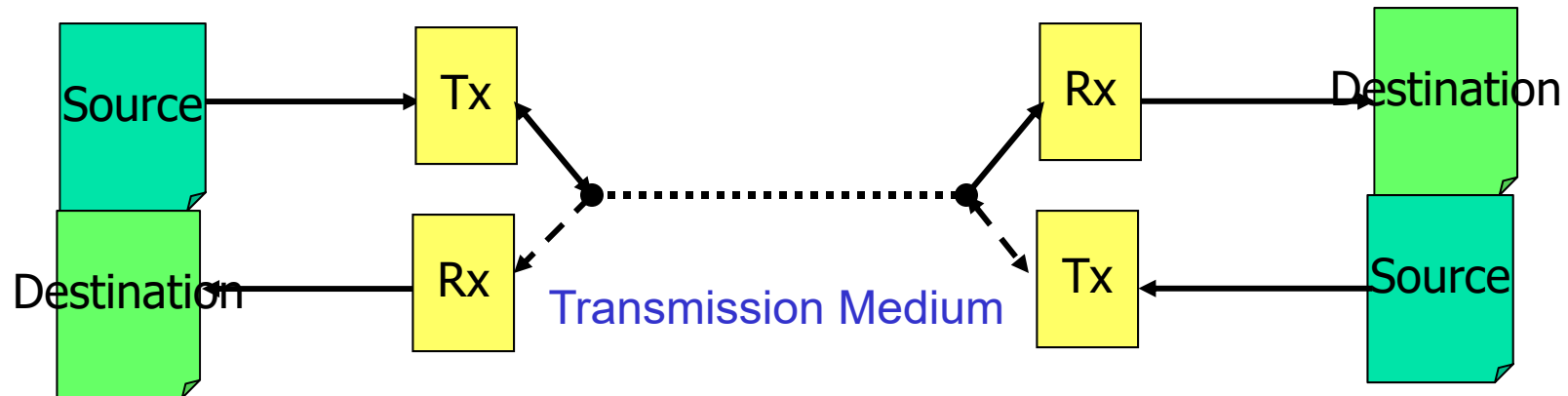
Simplex

บางครั้งเรียก 4-wire Duplex





Duplex



Half-Duplex

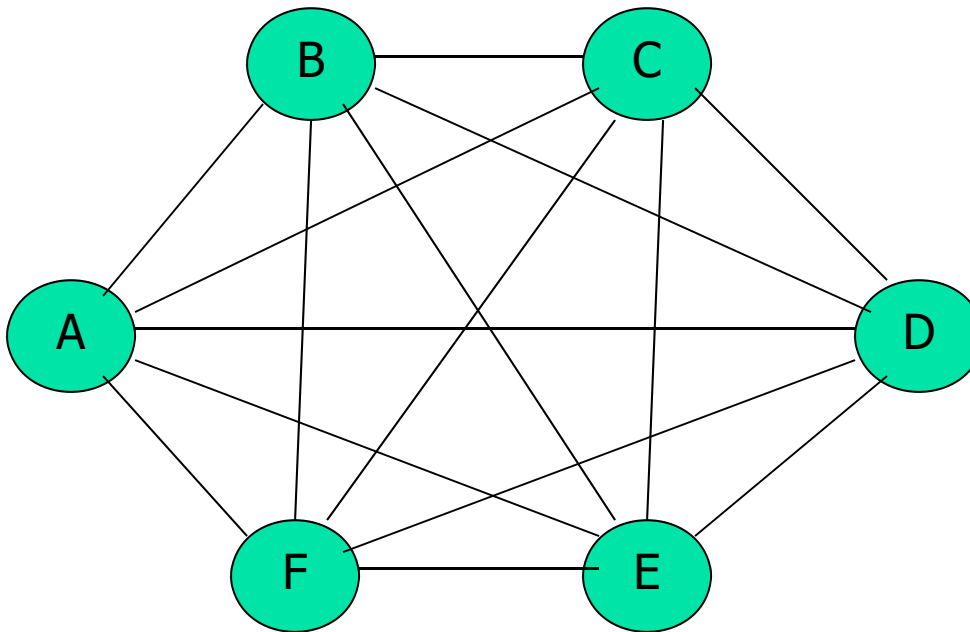


Full-Duplex



ถ้าเราต้องการสื่อสารมากกว่า 2 คน

- ไขว้วงจร(Duplex)ดังกล่าวตามจำนวนคู่ของการสื่อสาร = **Full Mesh Topology**



จำนวนวงจร
 $= n(n-1)/2$
 $= O(n^2)$

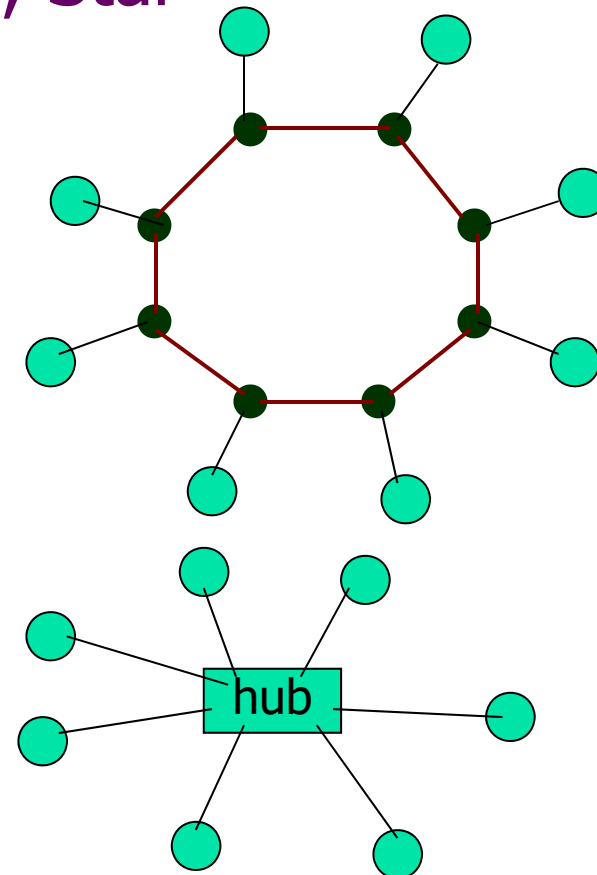
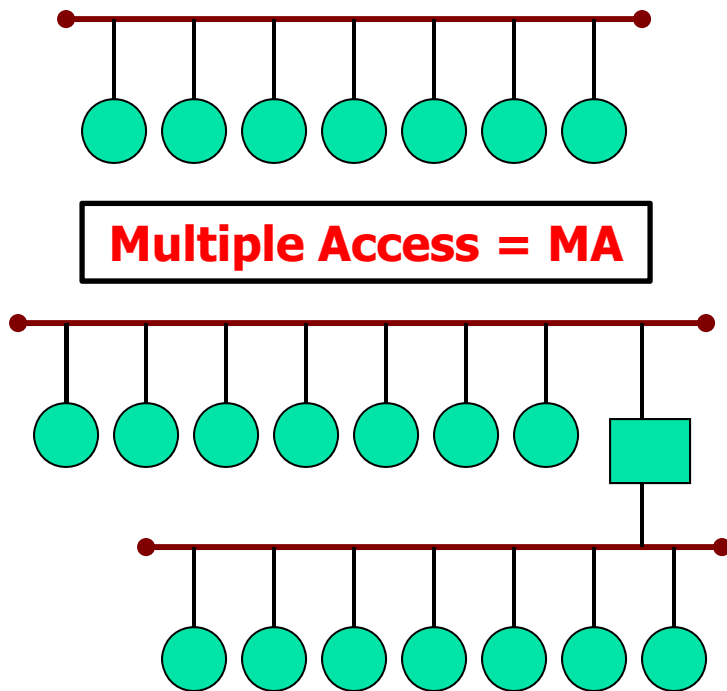
ราคาแพงมากถ้า
 n มีค่าสูง
 $= O(n^2)$

Topology ในภาษา Network คือรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆเข้าด้วยกัน



วิธีแก้คือ Share Medium และทำ Multiple Access Control

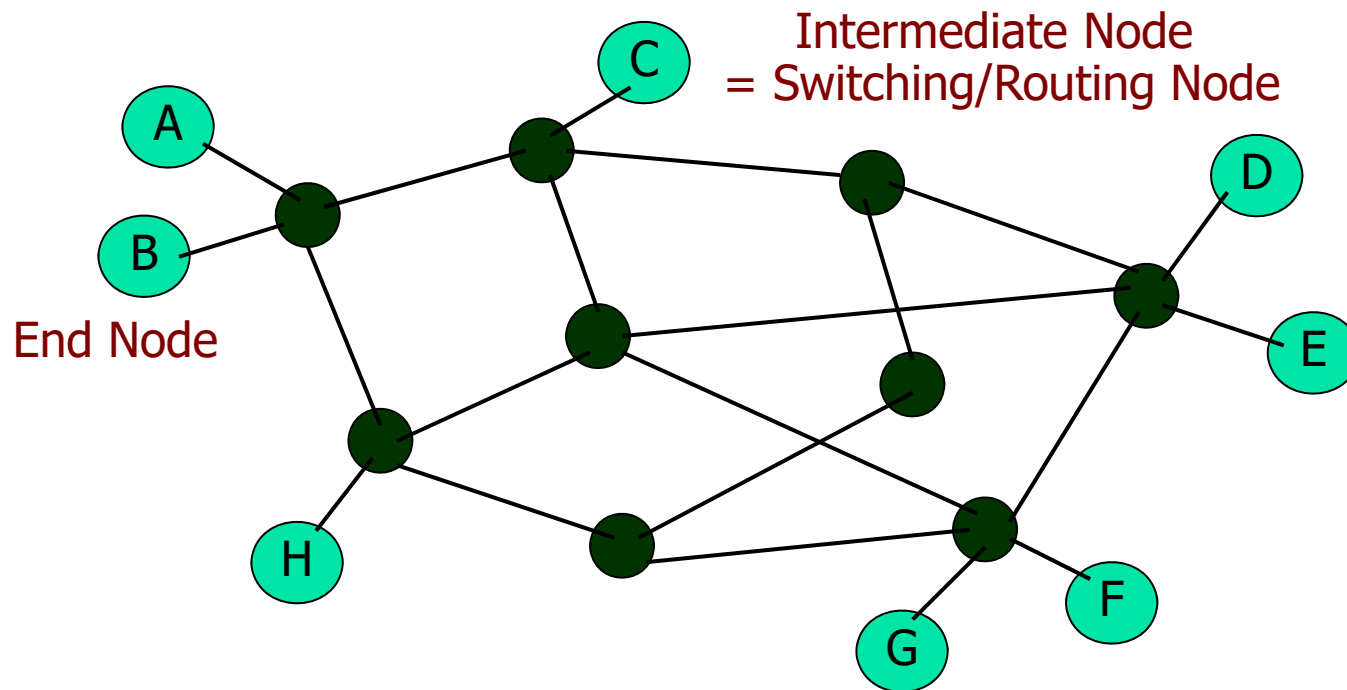
- ใน LAN จะใช้ Topology 3 แบบที่สำคัญ
 - Bus (และ Tree), Ring, Star





วิธีแก้คือ Share Medium และทำ Multiple Access Control

- ใน **WAN** มักจะเป็น **Partial Mesh**
 - Medium จัดได้ว่าเป็น Statistical **Time Division Multiplexing** แบบหนึ่ง





การ Share Medium

- ต้องมีการควบคุม = **Medium Access Control**
- **End Node** จะต้องมีการกำหนดชื่อหรือ **Address** สำหรับอ้างอิง หรือกำหนด **Circuit Number**
- **Intermediate Node** จะใช้หมายเลขอ้างอิงดังกล่าว ในการตัดสินใจส่งข้อมูลต่อออกไป(**Forwarding**)
- ดังนั้น
 - 1. Data ที่ส่งจะต้องแปะส่วนหัว (Header) ด้วยข้อมูลต่างๆของ Address และการ Control เราเรียกว่าเป็นการทำ Encapsulation ผลลัพธ์ที่ได้เรียกว่า Frame
 - 2. ที่ส่วนท้ายของ Frame จะมีการต่อด้วยข้อมูลช่วยตรวจจับความผิดพลาด (Error Detection) มักจะเป็น CRC Code เรียก Frame Check Sequence(FCS)
 - 3. ก่อนหน้าส่วน Header และหลัง FCS อาจจะมีการเติมบิตสำหรับช่วยตรวจจับหัวและท้ายของ Frame (Frame Delimiter: Pre-amble/Post-amble)
 - 4. สำคัญที่สุดต้องมีการกำหนดกฎเกณฑ์ต่างๆเหล่านี้ให้เป็นมาตรฐาน คือกำหนดเป็น Protocol ของการสื่อสาร



LAN vs WAN Technologies

- **LAN** มักจะใช้การ Share Medium แบบ Contention ดังนั้นจะต้องมีขบวนการควบคุมการทำ Multiple Access
 - Topology ที่เหมาะสมคือ Bus, Ring, Star
- **WAN** จะ Share Medium เช่นกัน แต่มักจะใช้วิธีของ Synchronous Multiplexing (TDM) ใน Circuit Switching Network หรือ Statistical Multiplexing (ใช้ใน Packet Switching Network)
 - Topology ที่เหมาะสมคือ Mesh Network และมักจะเป็น Partial Mesh
- **Internetworking Technologies** มักจะถูกใช้ในการเชื่อมต่อระหว่าง LAN ผ่าน WAN Network
 - ที่นิยมคือ Internet (IP Network)



- **Protocol** เป็นตัวกำหนดกฎเกณฑ์สำหรับการสื่อสาร
- ถ้ากำหนดเป็นมาตรฐาน หรือ **Standard** การสื่อสารจะทำได้ง่ายระหว่างอุปกรณ์ที่ต่างกัน
- **ประกอบด้วย**
 - **Syntax**
 - Data formats = รูปแบบของข้อมูล, เฟรม, การเข้ารหัส
 - Signal levels=ลักษณะของสัญญาณที่แทนข้อมูล
 - **Semantics**
 - Control information=การควบคุมการสื่อสาร
 - Error handling=การจัดการกับ Error
 - **Timing**
 - Speed matching=กำหนดอัตราการส่ง
 - Sequencing=กำหนดลำดับของข้อมูล



Protocol Architecture (Protocol Stack)

- เนื่องจากการสื่อสารเป็นเรื่องที่สลับซับซ้อน เราแบ่งการสื่อสารทั้งหมดออกเป็น **Module**
- แต่ละ **Module** มีหน้าที่เฉพาะของมัน
- แต่ละ **Module** จะมีการสื่อสารระหว่าง **Module** อื่น
- แต่ละ **Module** มี **Protocol** กำกับ
- ปกติจะแบ่งเป็นลำดับชั้น เรียก **Protocol Stack** หรือ **Protocol Architecture**

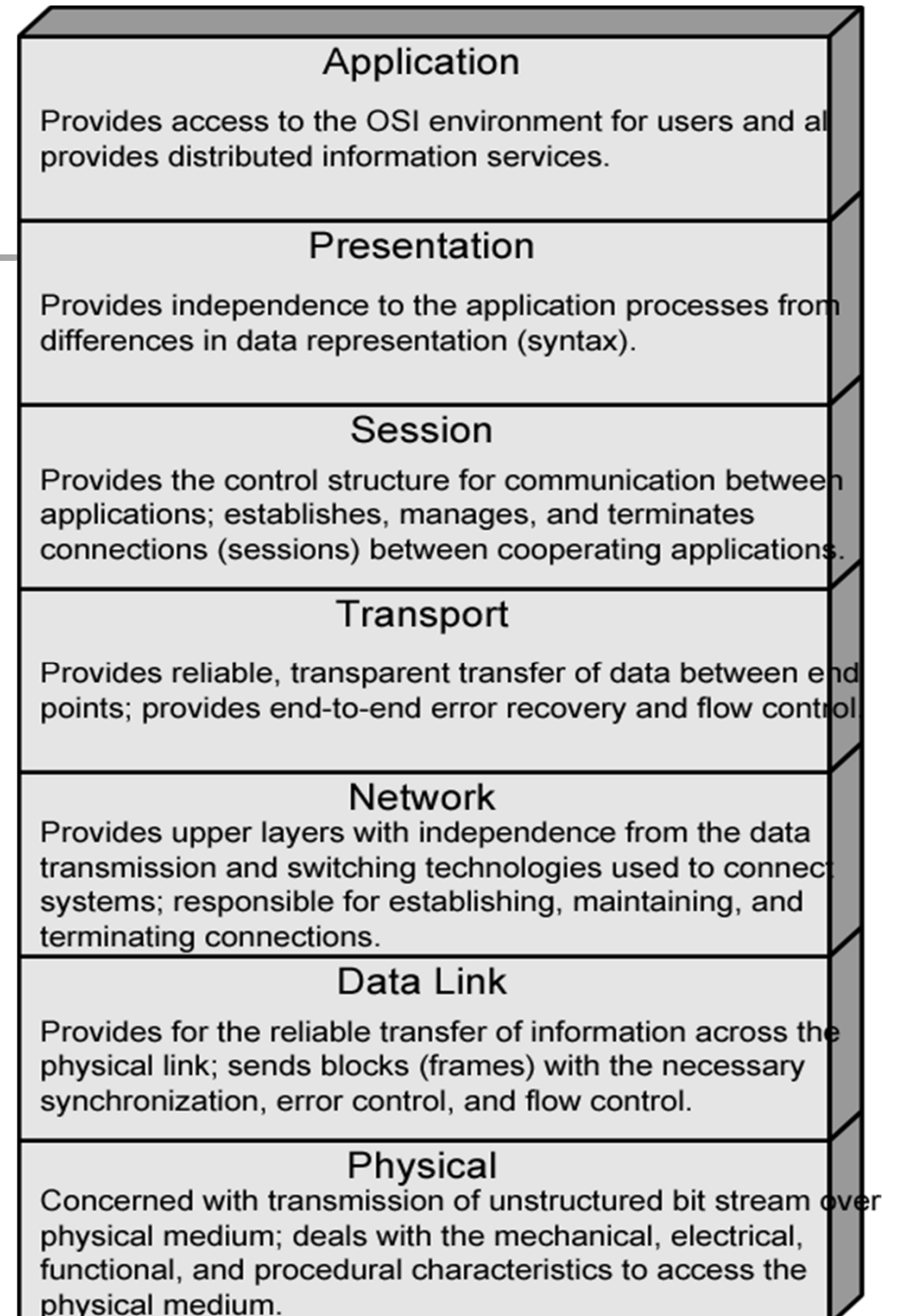


Protocol Architecture (Protocol Stack)

- **Protocol Architecture ที่เป็นมาตรฐาน มีสองอัน**
- **7 Layer OSI Reference Model ของ ISO**
 - ปัจจุบันไม่ได้ใช้งานจริง แต่ใช้เป็น Reference
- **TCP/IP Protocol Suite (มี 5 ชั้น)**
 - การสื่อสารเกือบจะทั้งหมด
 - มาตรฐานของ Internet



7 Layer OSI Reference Model





7 Layer

- **Layer 1: Physical Layer**

- ทำหน้าที่เชื่อมต่อผ่าน Physical Medium รับผิดชอบแปลงบิตเป็นสัญญาณ เรื่องของการ Interface, สายนำสัญญาณ ,มองเห็นข้อมูลในลักษณะ Bit Stream

- **Layer 2: Data Link Layer**

- ประกอบข้อมูลเป็น Frame, รับผิดชอบในการสื่อสารผ่านแต่ละ Link ทำ Error Control, Flow Control ผ่าน Link

- **Layer 3: Network Layer**

- รับผิดชอบในการส่งข้อมูลผ่าน Network, หาทิศทางข้อมูล, เชื่อมต่อกับ Layer บนเข้ากับ Network หลากๆแบบ มองเห็นข้อมูลในลักษณะ Packet



7 Layer

■ Layer 4: Transport Layer

- รับผิดชอบการส่งข้อมูลให้ถูกต้องจากต้นทางถึงปลายทาง(End-to-End), จัดการในเรื่อง Error และ Flow Control ในระดับต้นทางถึงปลายทาง ข้อมูลที่ส่งจะถูกแบ่งเป็น Segment

■ Layer 5: Session Layer

- ทำหน้าที่จัดตั้ง ดูแล การเชื่อมต่อ(Connection) ระหว่าง Applicationต้นทางและปลายทาง แบ่งการเชื่อมต่อสื่อสารออกเป็น Session



7 Layer

- **Layer 6: Presentation Layer**

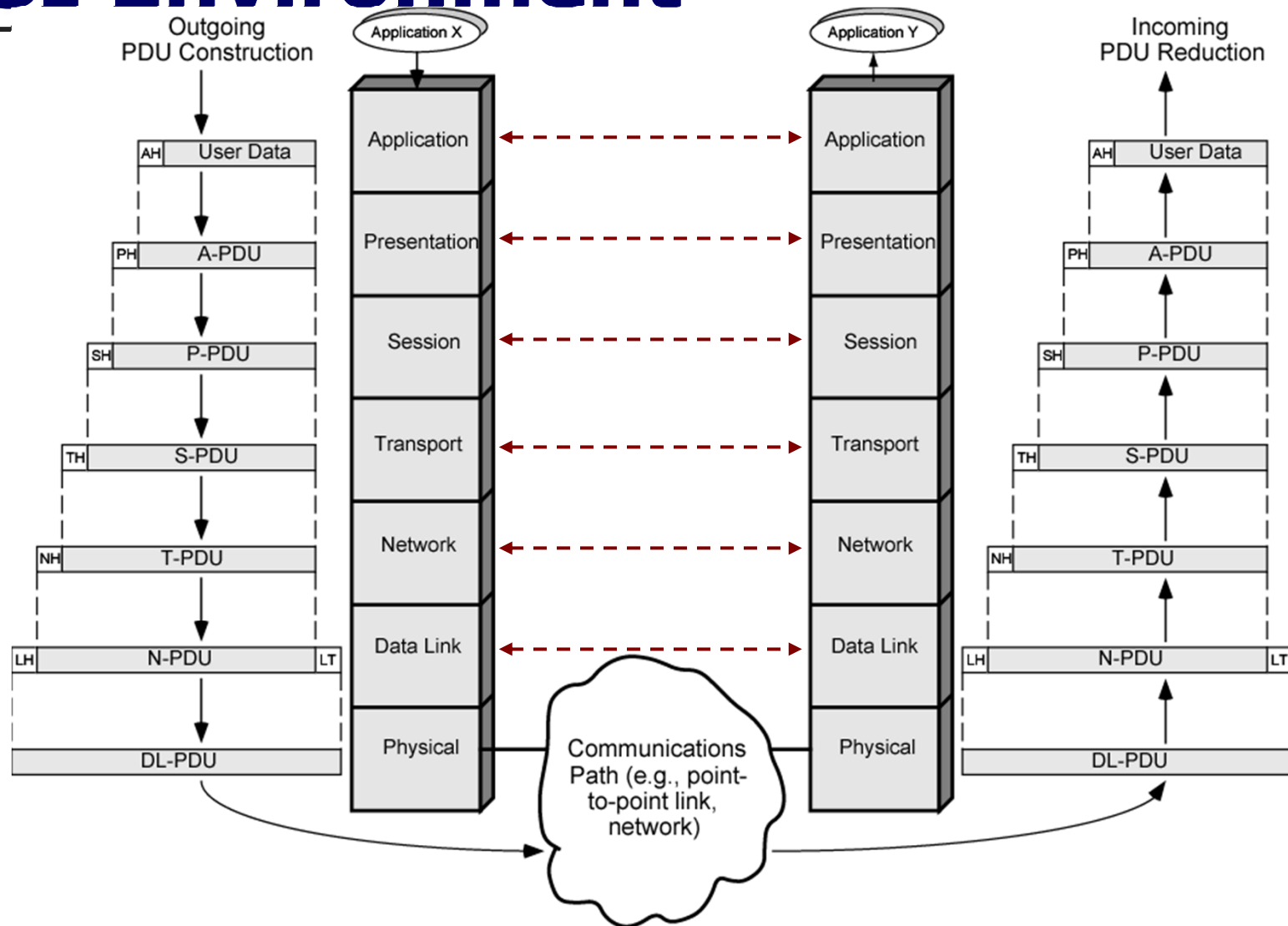
- รับผิดชอบในเรื่องรูปแบบและ Format ของข้อมูล การทำ Encryption รวมถึงการทำ Data Compression ให้อยู่ในรูปแบบที่สื่อสารได้

- **Layer 7: Application Layer**

- ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับ Application และผู้ใช้

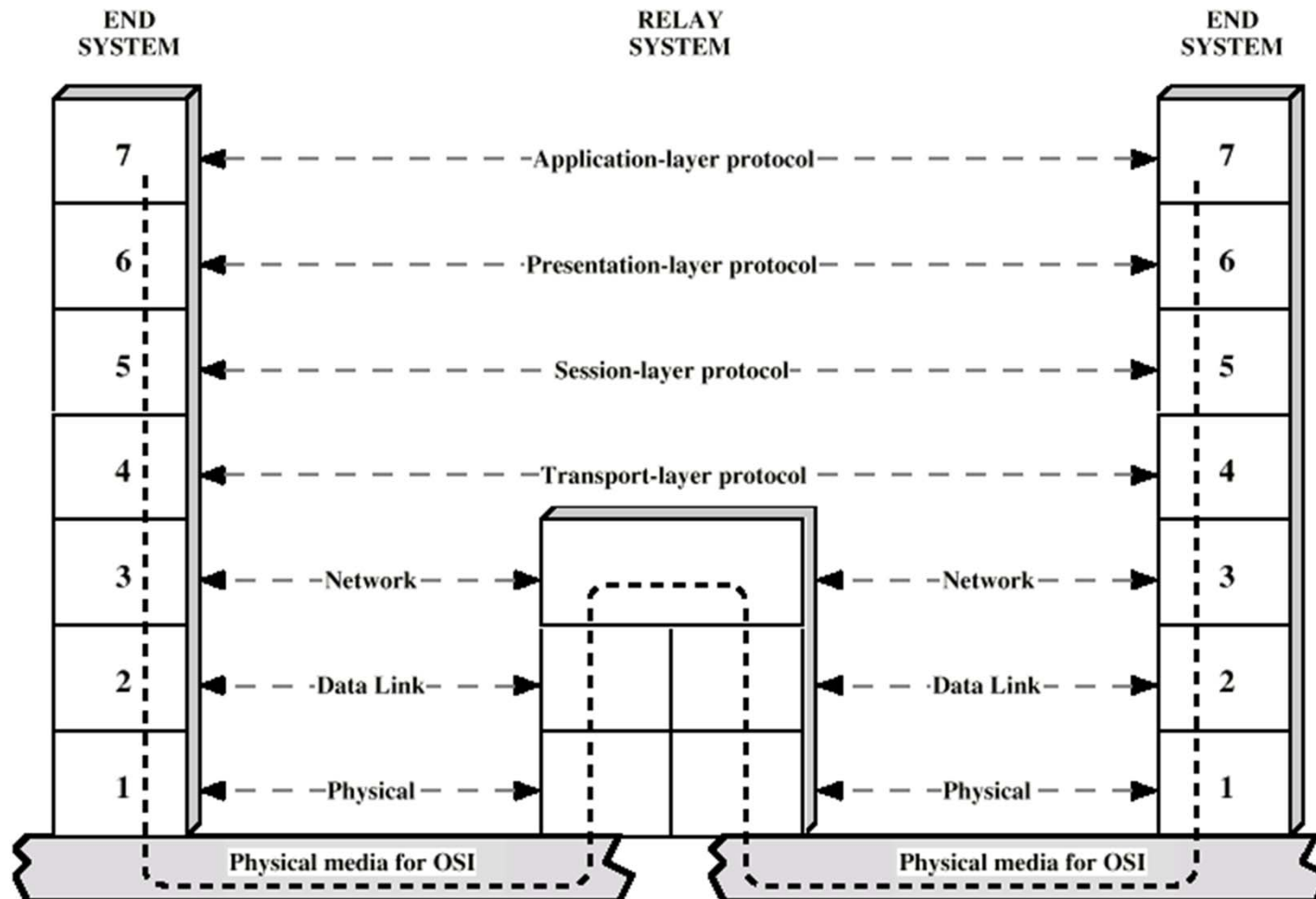


OSI Environment





การเชื่อมต่อผ่าน Router



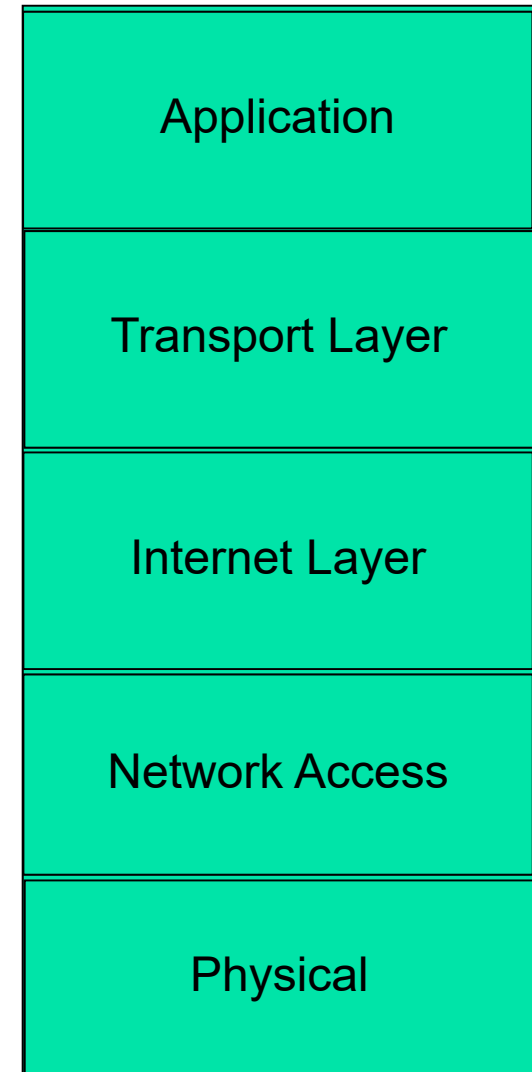
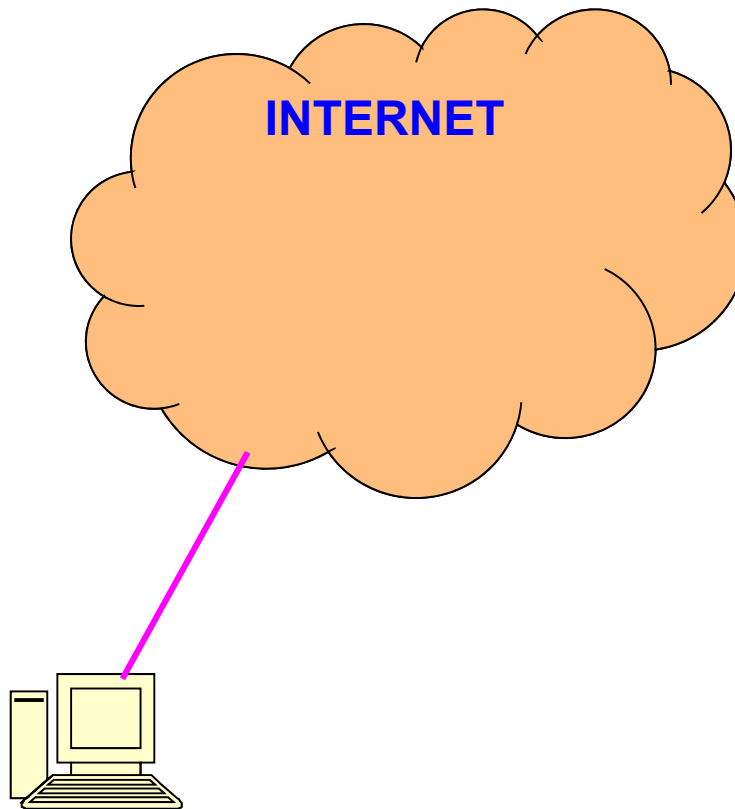


TCP/IP Protocol Architecture

- **Developed by the US Defense Advanced Research Project Agency (DARPA) for its packet switched network (ARPANET)**
- **Used by the global Internet**
- **No official model but a working one.**
 - Application layer
 - Host to host or transport layer
 - Internet layer
 - Network access layer
 - Physical layer



TCP/IP Protocol Architecture





Physical Layer

- **Physical interface between data transmission device (e.g. computer) and transmission medium or network**
- **Characteristics of transmission medium**
- **Signal levels**
- **Data rates**
- **etc.**



Network Access Layer

- **Exchange of data between end system and network**
- **Destination address provision**
- **Invoking services like priority**
- **ปกติมาตรฐานของ TCP/IP จะไม่ครอบคลุมถึง Layer 1-2**
- **ทั่วไปเรานำ TCP/IP เป็น WAN และวางบน LAN คือ Ethernet**



Internet Layer (IP)

- **Systems may be attached to different networks**
- **Routing functions across multiple networks**
- **Implemented in end systems and routers**
- **คือ IP Protocol**
 - มีการทำงานแบบ Datagram



Transport Layer (TCP)

- **Reliable delivery of data**
- **Ordering of delivery**
- **ที่สำคัญมี 2 Protocol**
 - TCP = Transport Control Protocol
 - Connection Oriented
 - Guarantee Delivery
 - UDP = User Datagram Protocol
 - Connectionless
 - Best Effort

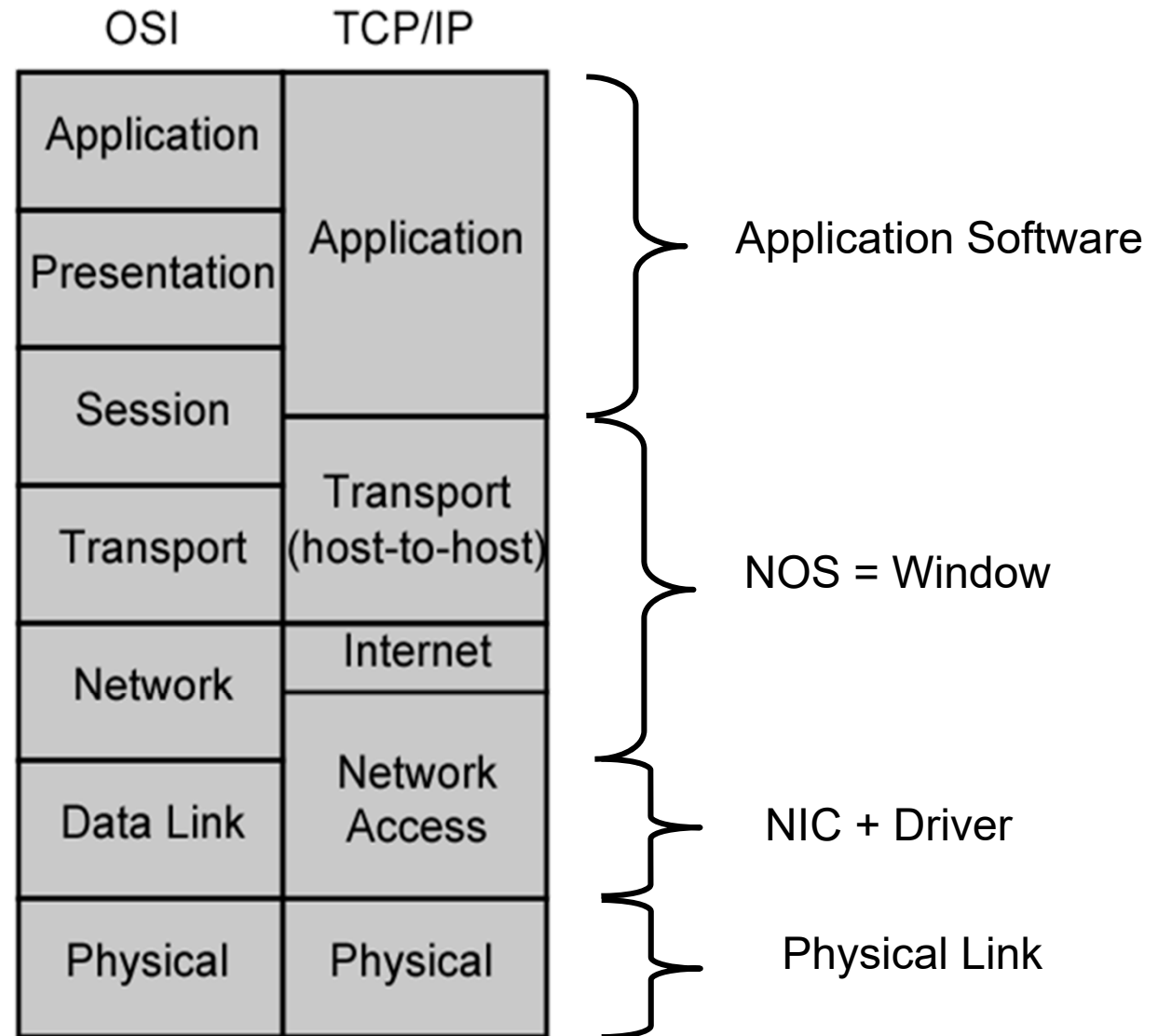


Application Layer

- **Support for user applications**
- **e.g. http, SMTP**

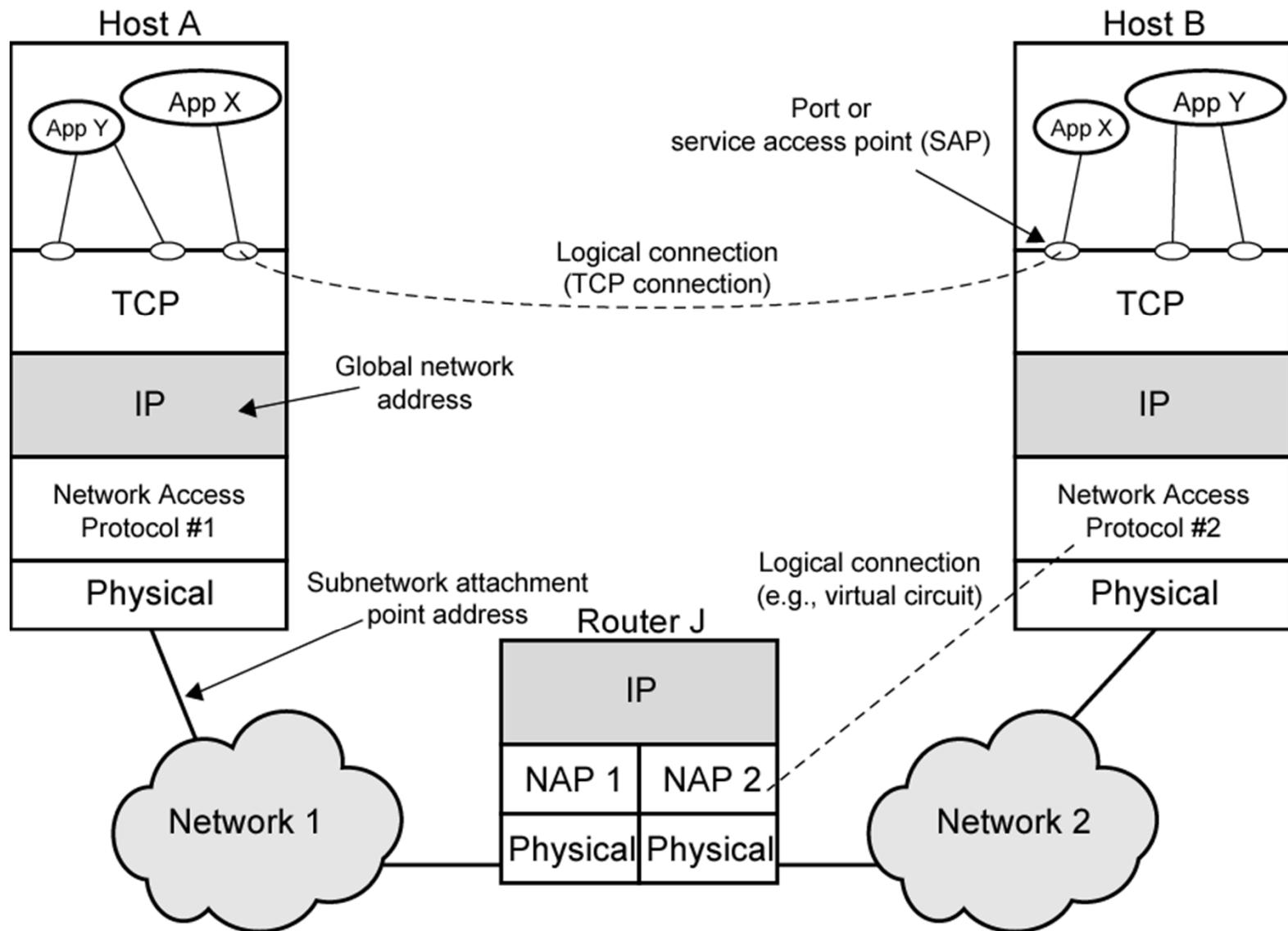


TCP/IP VS OSI





รูปแบบการเชื่อมต่อด้วย TCP/IP



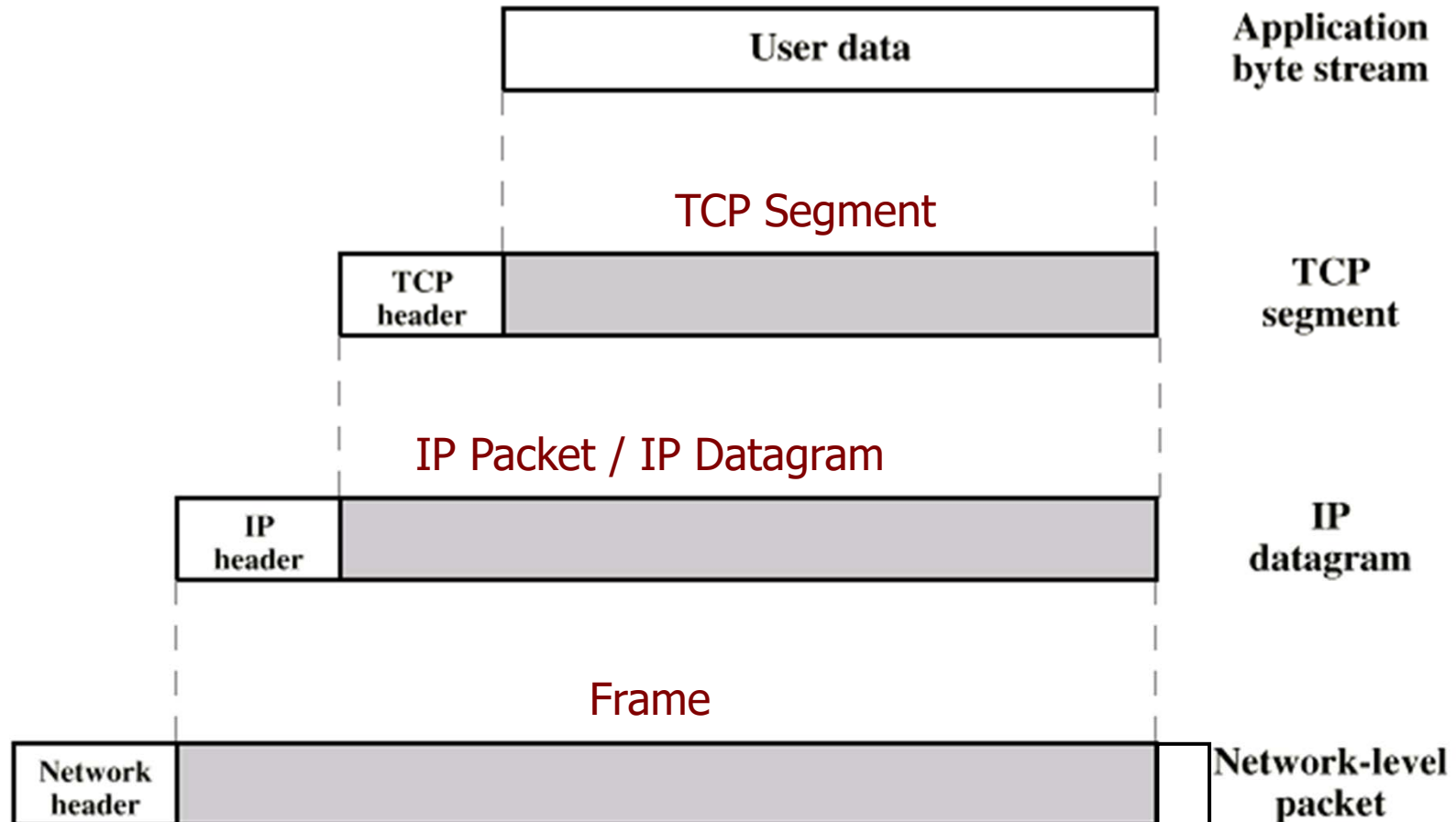


Addressing ใน TCP/IP

- **TCP Port หรือ UDP Port = 16 Bit**
- **IP Address, IPv4 = 32 Bit หมายเลขเครื่อง และหมายเลข Network**
- **Physical Hardware Address**
 - ถ้าใช้ TCP/IP บน Ethernet LAN อันนี้คือ Address ของ NIC หรือ MAC Address = 48 Bit

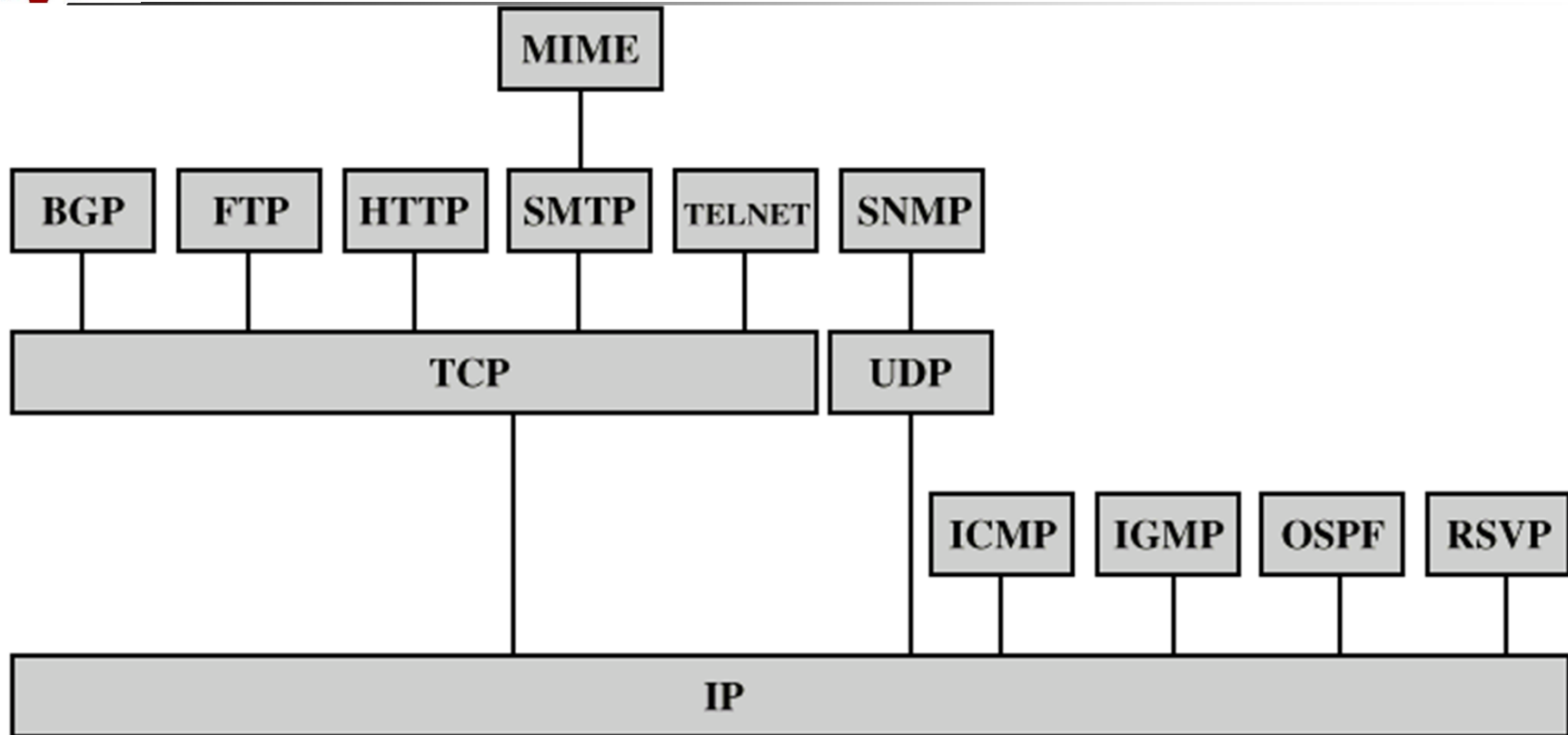


PDU = Protocol Data Unit





Protocol ที่สำคัญของ TCP/IP



BGP = Border Gateway Protocol

FTP = File Transfer Protocol

HTTP = Hypertext Transfer Protocol

ICMP = Internet Control Message Protocol

IGMP = Internet Group Management Protocol

IP = Internet Protocol

MIME = Multi-Purpose Internet Mail Extension

OSPF = Open Shortest Path First

RSVP = Resource ReSerVation Protocol

SMTP = Simple Mail Transfer Protocol

SNMP = Simple Network Management Protocol

TCP = Transmission Control Protocol

UDP = User Datagram Protocol



Standard

■ LAN:

- IEEE 802
- Ethernet IEEE 802.3 มีย่อยอีกหลายตัว
- WLAN IEEE 802.11, 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11i
- PAN-Bluetooth IEEE 802.15
- www.ieee.org

■ WAN

- มีหลายตัว ที่สำคัญมักจะถูกดูแลโดย OSI (ITU)

■ TCP/IP

- RFC = Request for Comments
- มีมากกว่า 4000 RFCs อันใหม่จะแทนอันเก่า (Obsolete)
- www.faqs.org/rfcs



Summary Physical Layer

- **Physical Layer** จะสลับซับซ้อนที่สุด
ปกติจะเกี่ยวกับไฟฟ้าสื่อสาร
 - กำหนด Medium, Signal, Coding, Connector รวมถึงกระบวนการ
 - การสื่อสารจะถูกจำกัดจาก Layer นี้
 - Bit Rate/Baud Rate $\sim$ Power, Noise, Distortion, Interference, Cross Talk
 - ที่สำคัญ SNR และ Eb/No
 - ขีดจำกัดตาม Channel Capacity



Line Coding

- การส่ง **Pulse** เพื่อที่จะแทน **Data** แต่ละบิต
 - Pulse 2 ระดับ = Binary Signal
 - M-ary Signal จะใช้ M ระดับ
- ข้อควรคำนึง
 - Average DC เป็นศูนย์หรือไม่
 - Signal Transition มากเพียงพอ
- **NRZ, AMI, Pseudoternary, Manchester, Differential Manchester** และ อื่นๆ
 - อาจจะรวมกับการทำ Scrambling
 - HDB3, B8ZS

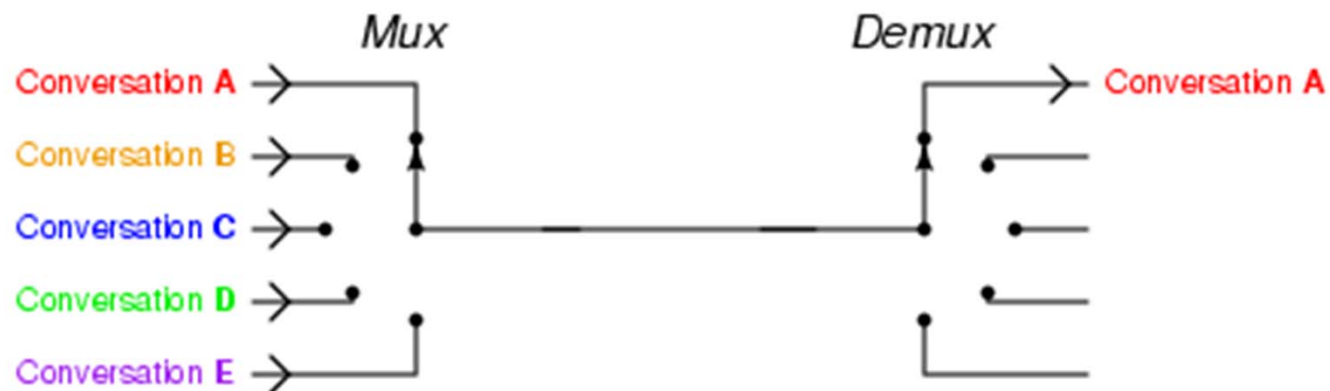
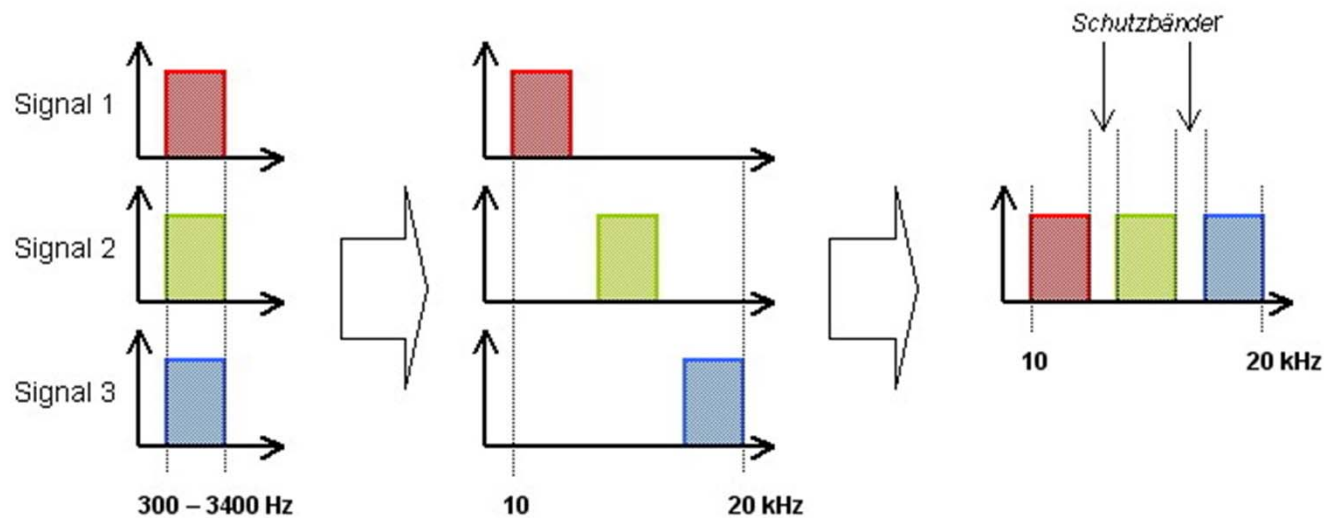


Multiplexing

- เป็นวิธีการที่จะสามารถส่งสัญญาณได้หลายคู่บน **Transmission Medium** เดียวกัน
 - FDM = Frequency Division Multiplexing
 - สัญญาณแต่ละคู่ใน Bandwidth (ช่วงความถี่) ต่างกัน
 - TDM = Time Division Multiplexing
 - สัญญาณแต่ละคู่ส่งที่เวลาต่างกัน
 - แบ่งเป็น
 - Synchronous TDM: แบ่งเวลาเป็น Channel ตามจำนวนคู่ คู่หนึ่งจะใช้ Channel เบอร์ที่กำหนดเท่านั้น
 - Statistical TDM แบ่งเป็น Channel เช่นกัน แต่ไม่กำหนด คู่ใดต้องการส่งข้อมูลให้จอง Channel เพื่อส่ง ดังนั้นในการส่งข้อมูลครั้งหนึ่งๆ อาจจะใช้ Channel แตกต่างกันไป



FDM vs TDM





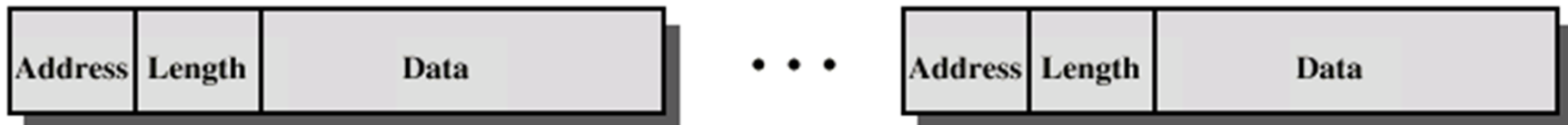
Statistical TDM Frame Formats



(a) Overall frame



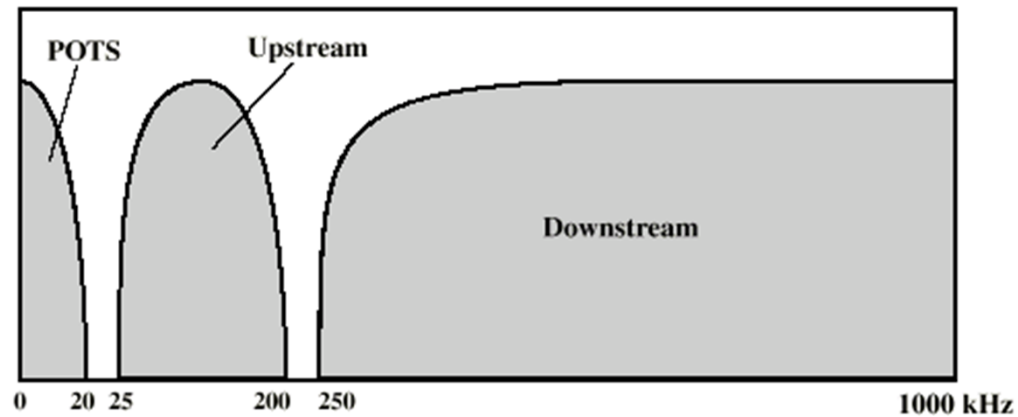
(b) Subframe with one source per frame



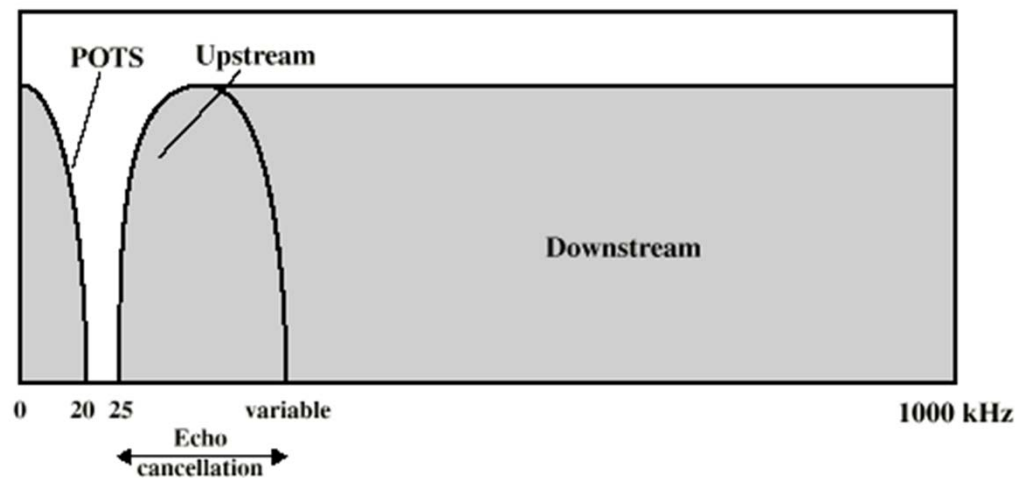
(c) Subframe with multiple sources per frame



ADSL Channel Configuration



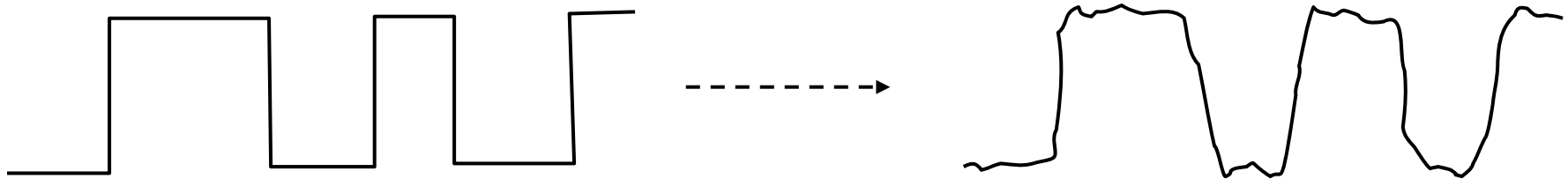
(a) Frequency-division multiplexing



(b) Echo cancellation



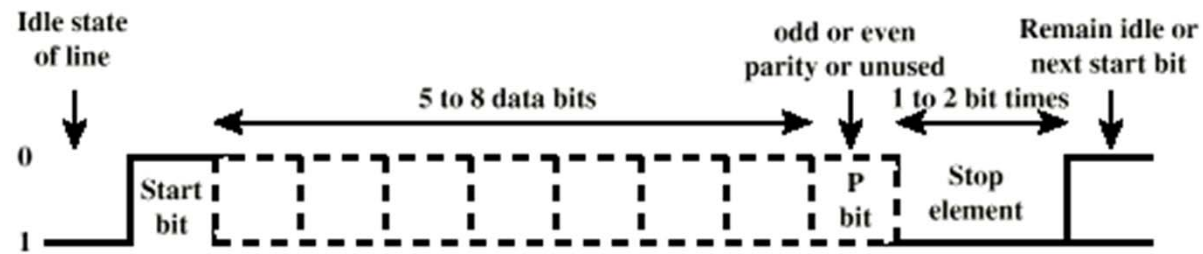
Mode ของการส่งข้อมูล Digital



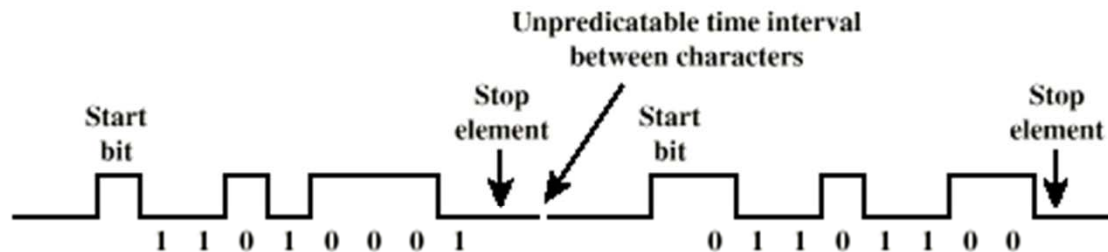
- **Timing problems require a mechanism to synchronize the transmitter and receiver**
- **Two solutions**
 - Asynchronous
 - Synchronous



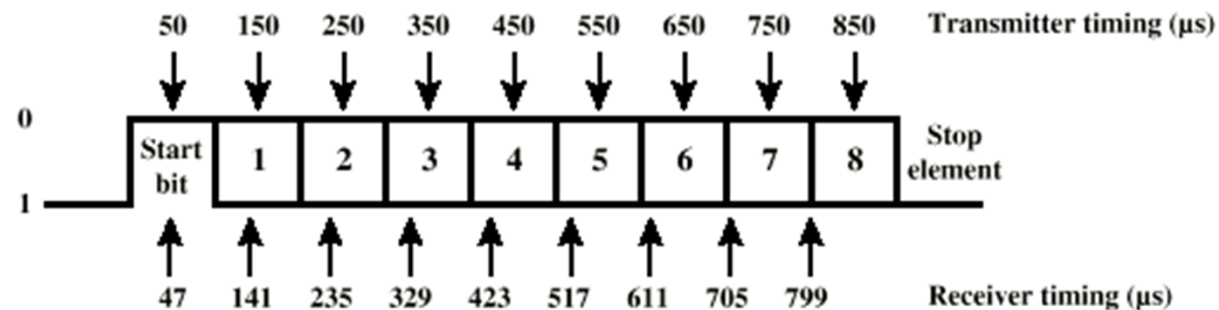
Asynchronous (diagram)



(a) Character format



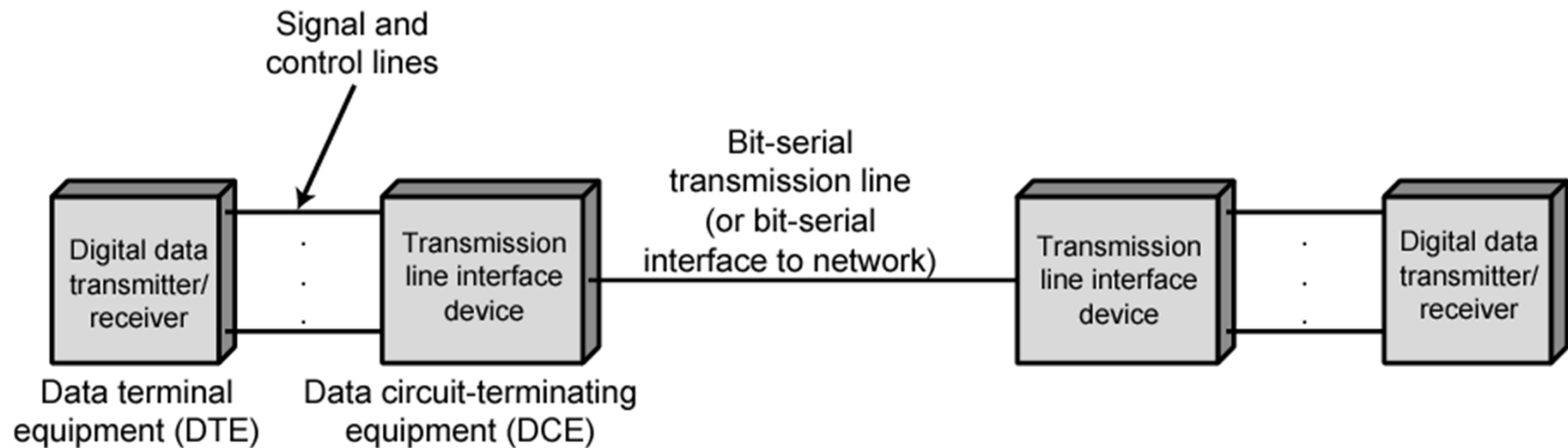
(b) 8-bit asynchronous character stream



(c) Effect of timing error



Data Communications Interfacing (DTE-DCE Concept)



(a) Generic interface to transmission medium



(b) Typical configuration



Mechanical Specification

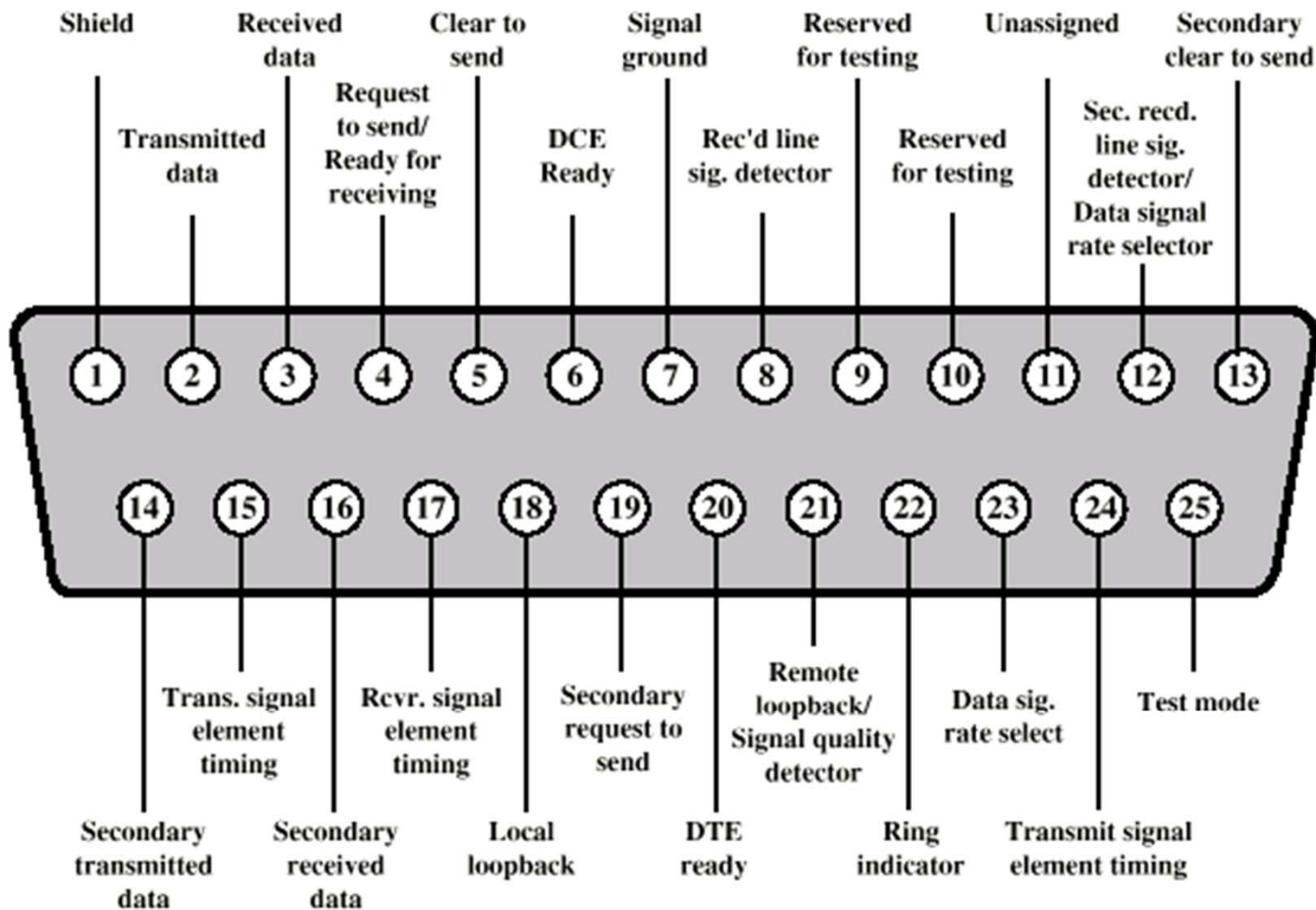
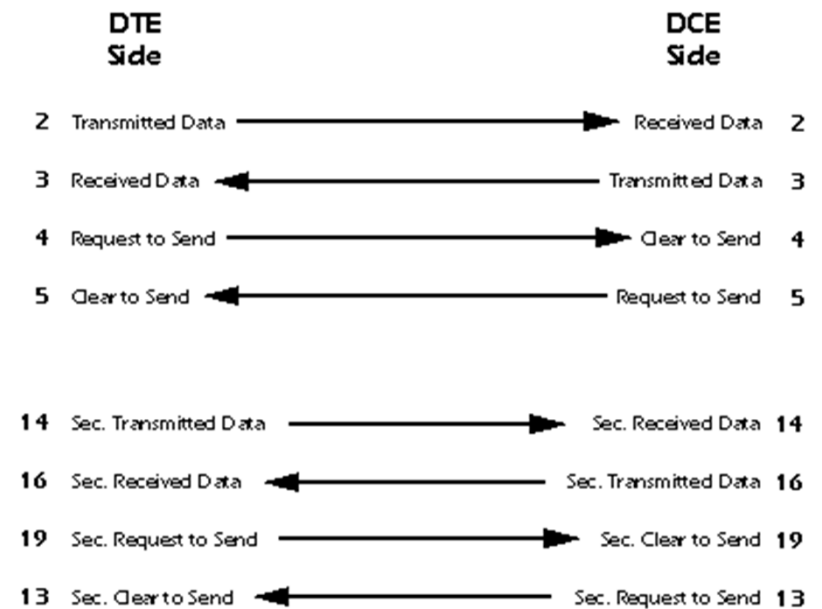


Figure 6.5 Pin Assignments for V.24/EIA-232 (DTE Connector Face)



Electrical Specification

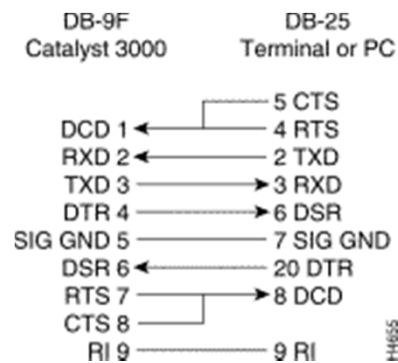
- Digital signals
- Values interpreted as data or control, depending on circuit
- Less than -3v is binary 1, more than +3v is binary 0 (NRZ-L)
- Signal rate < 20kbps
- Distance < 15m
- For control, Less than -3v is off, +3v is on



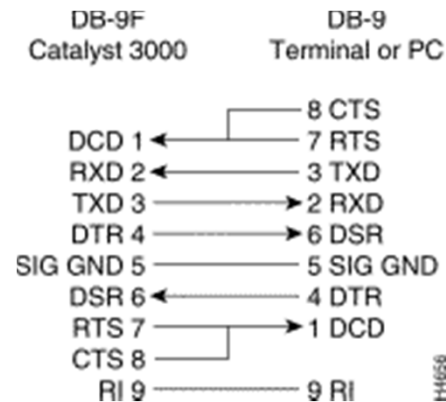


Null Modem: DTE to DTE

- **RS-232-C Null Modem Cable (for Terminal/PC with 25-pin Connector)**



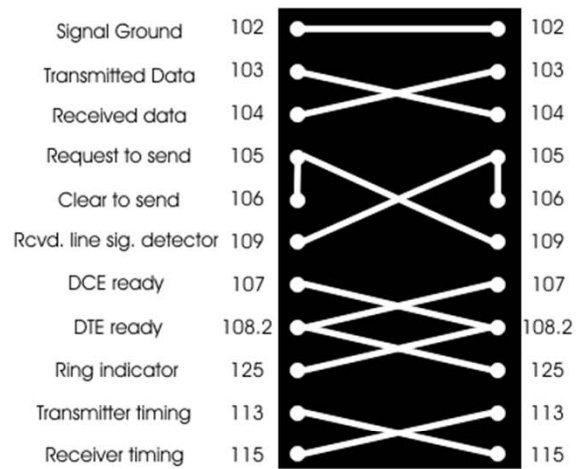
- **RS-232-C Null Modem Cable (for Terminal/PC with 9-pin Connector)**





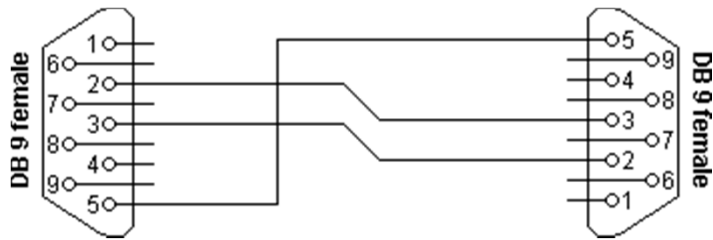
Null Modem

Example of a Null Modem

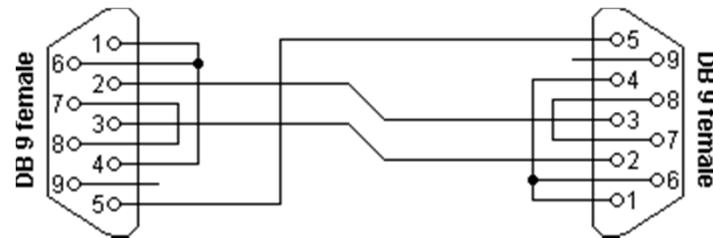




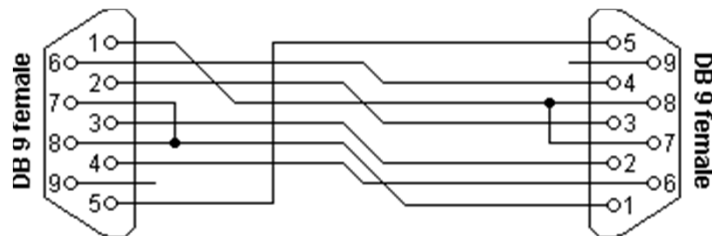
Summary Null Modem



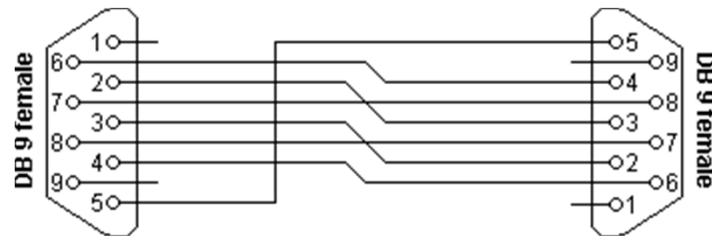
**Simple Null Modem
without Handshaking**



**Null Modem
With Loop-Back Handshaking**



**Null Modem
With Partial Handshaking**



**Null Modem
With Full Handshaking**



Synchronous - Bit Level

- **Block of data transmitted without start or stop bits**
- **Clocks must be synchronized**
- **Can use separate clock line**
 - Good over short distances
 - Subject to impairments
- **Embed clock signal in data**
 - Manchester encoding
 - Carrier frequency (analog)

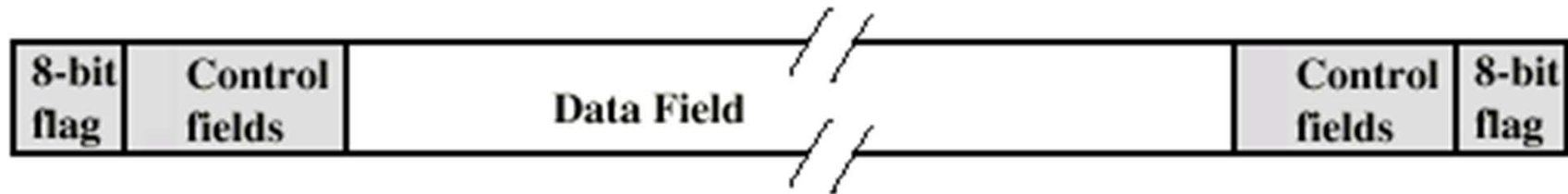


Synchronous - Block Level

- **Need to indicate start and end of block**
- **Use preamble and postamble**
 - e.g. series of SYN (hex 16) characters
 - e.g. block of 11111111 patterns ending in 11111110
- **More efficient (lower overhead) than async**



Synchronous (diagram)





Flow Control/Error Control

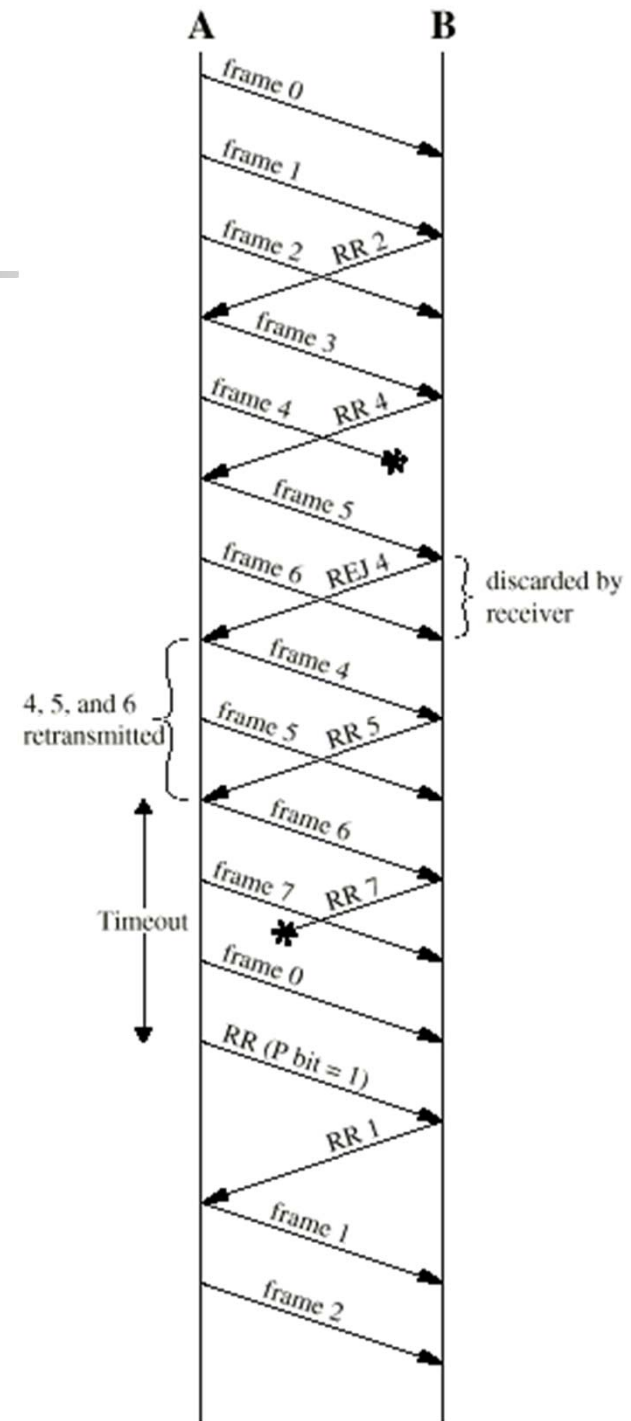
- เราควบคุมการไหลข้อมูลเพื่อไม่ให้ผู้ส่งส่งข้อมูลเกินกว่าผู้รับจะรับได้
 - เมื่อส่งข้อมูลแล้ว ให้รอสัญญาณพร้อมที่จะรับข้อมูลอันต่อไปจากผู้รับ
- ปกติ Mechanism นี้จะใช้ร่วมกับ Error Control โดยเมื่อมี Error จะใช้วิธีการ Retransmission
 - เราเรียกรวมว่า ARQ = Automatic Repeat Request



Go Back N - Diagram

1. แต่ละ Frame ที่ส่ง กำหนด Timer
2. ขนาด Window สูงสุดไม่เกิน $2^n - 1$
3. เมื่อมี Error ให้เริ่มส่งใหม่ตั้งแต่ Frame นั้น

ในทางปฏิบัติ การ Acknowledge จะใช้ Piggyback

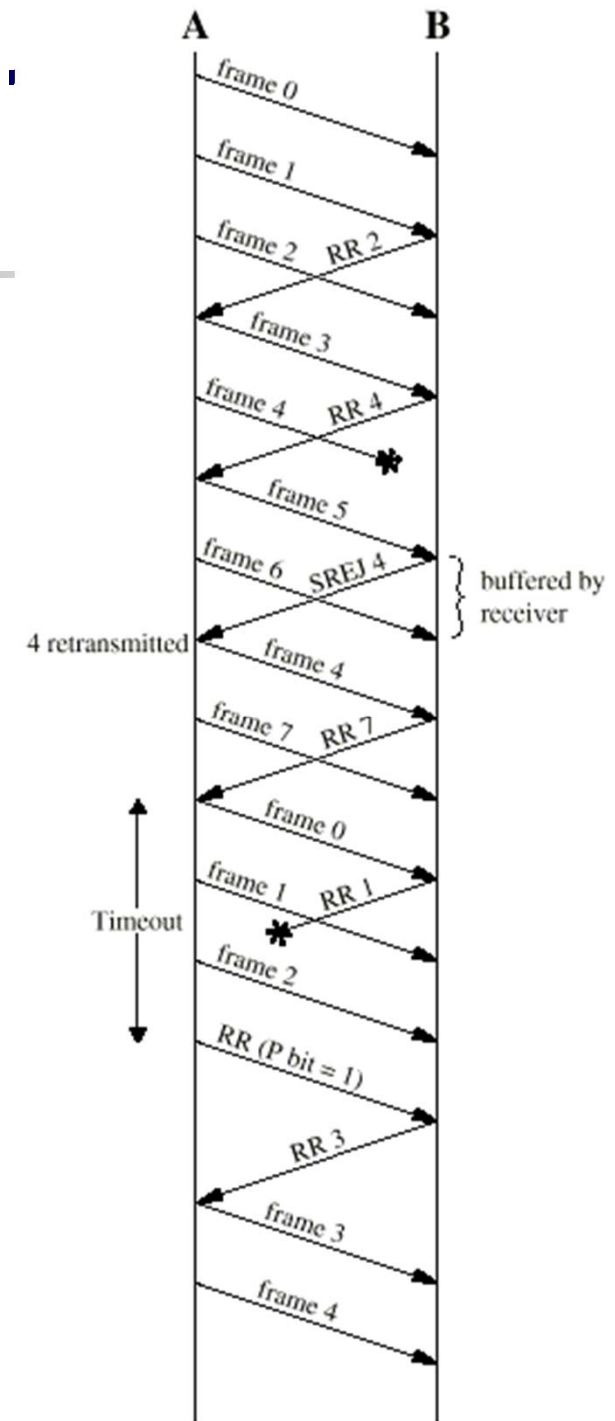




Selective Reject Diagram

1. แต่ละ Frame ที่ส่ง กำหนด Timer
2. ขนาด Window สูงสุดไม่เกิน $2^n - 1$
3. เมื่อมี Error ส่งใหม่เฉพาะ Error Frame

ในทางปฏิบัติ การ Acknowledge จะใช้ Piggyback





WAN

■ WAN

■ Public Network

- การเชื่อมต่อปกติจะผ่าน Network ของผู้ให้บริการ หรือ Service Provider เราไม่ได้เป็นเจ้าของ
- เป็นลักษณะการเช่า จ่ายตามจำนวนที่ใช้ เวลา/จำนวน ข้อมูล
- ระยะทางไกลกว่า
- Technologies ที่ใช้ในการเชื่อมต่อ แตกต่างกันไป

■ Network

- Circuit Switching Network
- Packet Switching Network



Circuit Switching Network

- สำหรับเครือข่ายโทรศัพท์
- ลักษณะข้อมูลและสัญญาณเป็น Real-Time
 - ยอมให้มี Error ได้บ้าง
 - ค่า Delay และ Delay Variation จะถูกจำกัดไม่ให้เกินค่าที่กำหนด
- ดังนั้นเพื่อให้ NW สามารถรองรับความต้องการได้ ทั้งผู้ส่งและผู้รับจะต้องมีวงจรเชื่อมต่อ (Circuit) ที่เป็นส่วนตัว จะใช้ร่วมกันไม่ได้ = Dedicate Circuit
- อย่างไรก็ตาม เพื่อประหยัด Resource ตัววงจรดังกล่าวจะแบ่งกันใช้ ถ้าผู้ใดไม่ใช้สามารถให้คนอื่นใช้ได้ และการใช้ต้องมีการจอง

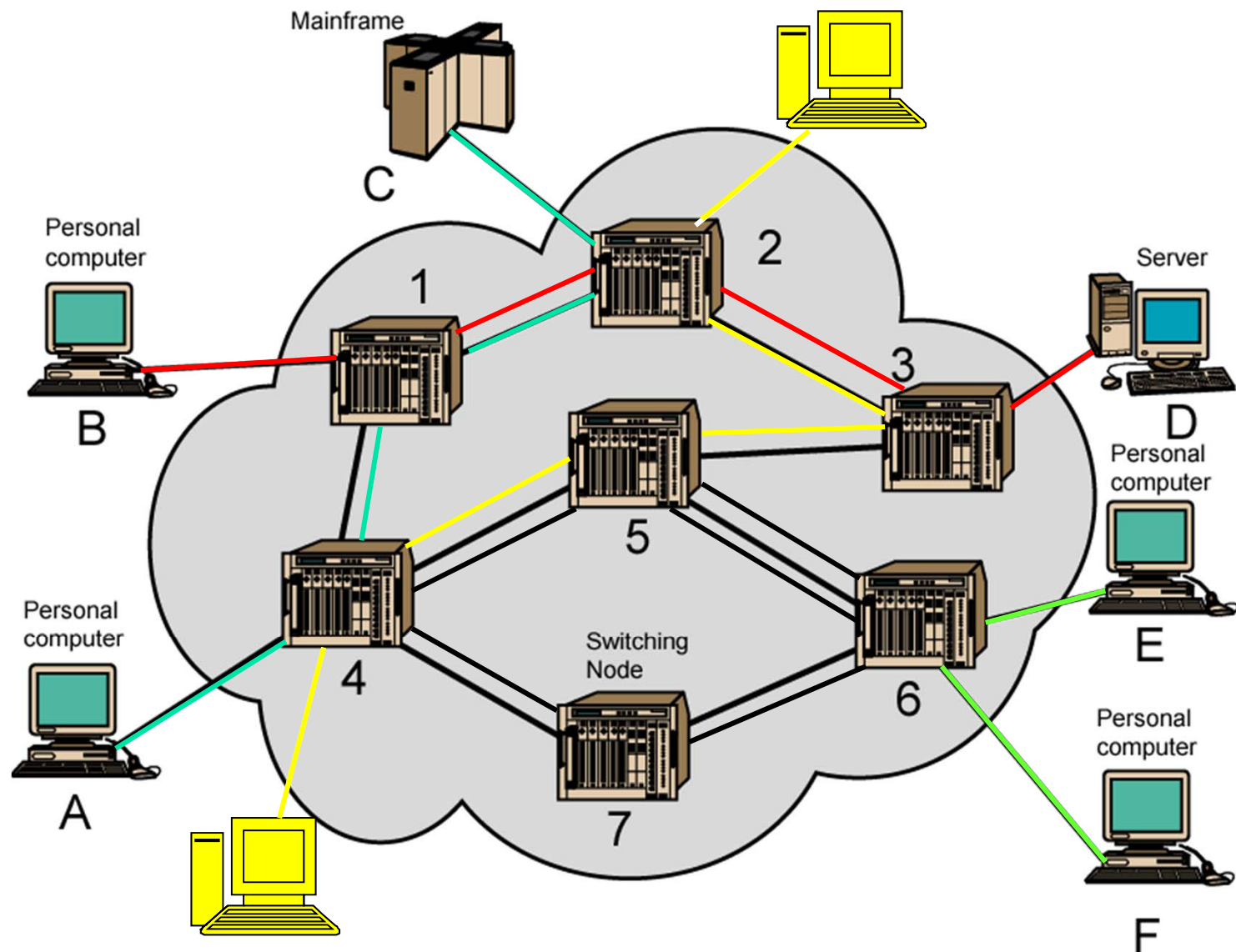


Circuit Switching Network

- อย่างไรก็ตาม เพื่อประหยัด Resource ตัววงจรดังกล่าวจะแบ่งกันใช้ ถ้าผู้ใดไม่ใช้สามารถให้คนอื่นใช้ได้ และการใช้ต้องมีการจอง
- ดังนั้นการใช้งานจะแบ่งเป็น 3 Phase
 - 1. Connection เพื่อขอ Circuit โดยการหมุนเลขหมายไปยังปลายทาง ตัว Network จะหาทิศทาง กำหนดว่าใช้ Link ไหน และผ่าน Node = Switch อะไรบ้าง ถ้าทิศทางว่าง และผู้รับทำการรับสาย วงจรนั้นจะถูกจองไว้
 - 2. Data Transfer ในกรณีโทรศัพท์คือเสียง
 - 3. Disconnection เมื่อไม่ใช้แล้ว ส่วน Resource ต่างๆที่ถูกจองไว้จะถูกส่งคืน และ Network สามารถนำไปให้ผู้อื่นใช้ได้

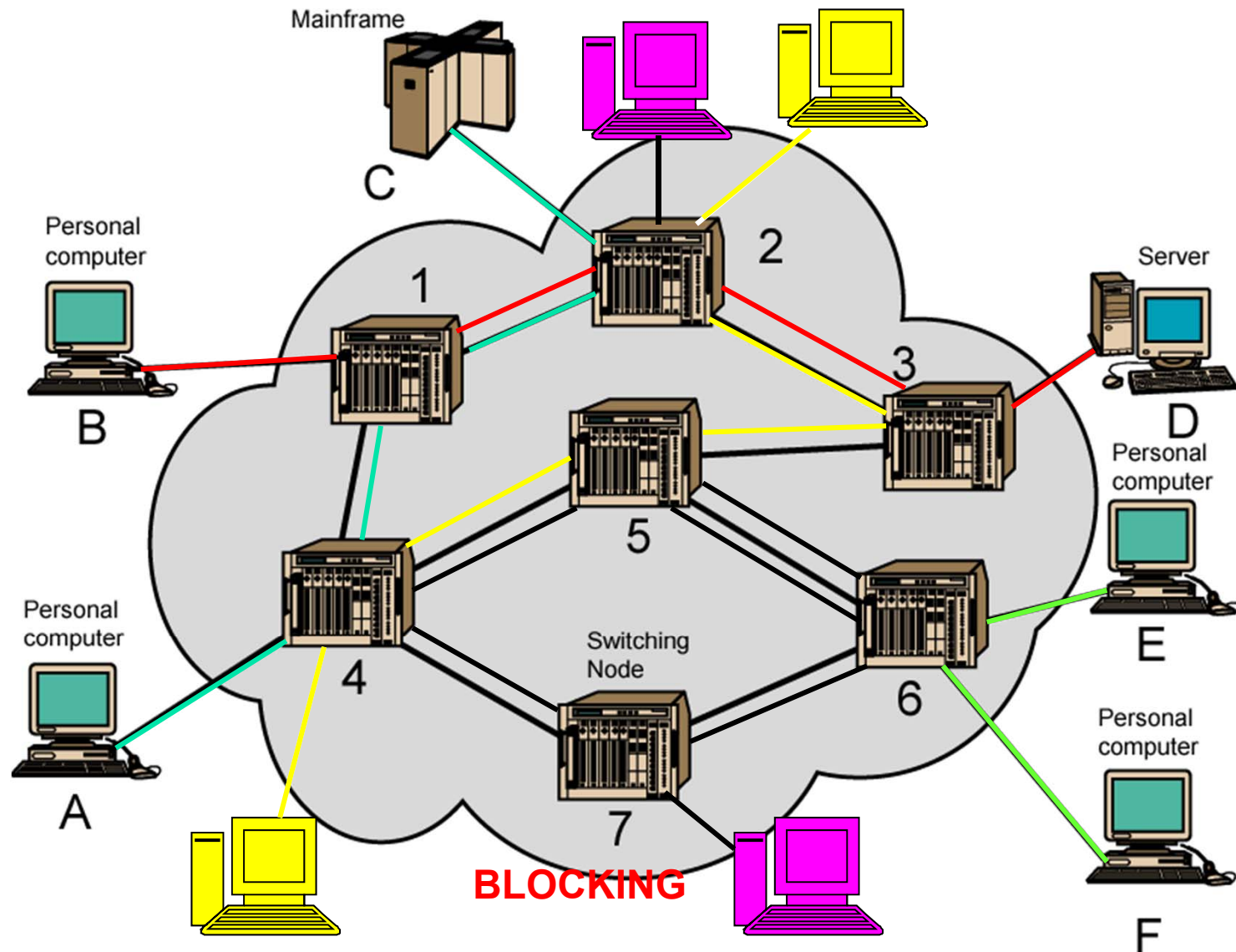


Simple Switched Network



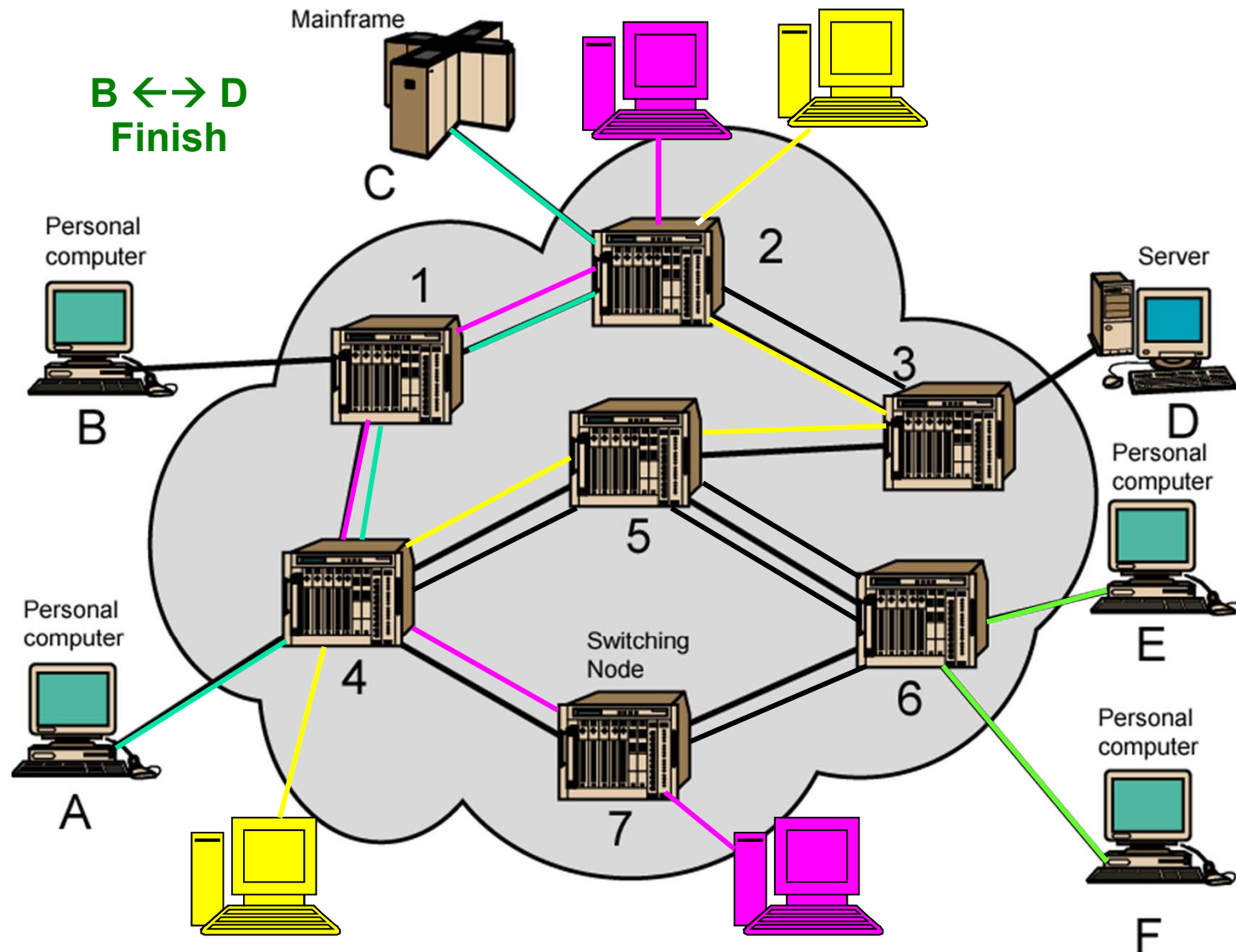


Simple Switched Network





Simple Switched Network





Circuit Switch

- **เมื่อนำมาส่ง Data**

- ผ่านอุปกรณ์ MODEM = Modulator/Demodulator

- **พฤติกรรมการส่งข้อมูลปกติจะเป็น Burst คือ**
นานๆจะส่ง แต่เมื่อส่งจะส่งข้อมูลที่ละมากๆ

- การดู WEB Page เรา Load Web ในช่วงเวลาสั้นๆ ถ้า Page มีขนาดใหญ่ ข้อมูลจำนวนมากจะถูกส่งในเวลาสั้นๆนั้น
- เราอ่าน Web Page เราไม่ได้ใช้ Network Bandwidth ปกติ เราใช้เวลาอ่านนานกว่าการ Load
- Circuit ที่จองไว้ เวลาส่วนใหญ่จะเสียไป ไม่ได้ใช้งาน แต่คนอื่นใช้ไม่ได้
- ประสิทธิภาพจะต่ำ



Example





Packet Switching Network

- **Circuit Switching** ไม่เหมาะสมสำหรับการส่งข้อมูล
- **เราใช้ Packet Switching**
 - ข้อมูลจะถูกตัดเป็น Packet ส่งออกไป
 - ในหนึ่ง Circuit สามารถแชร์กันได้หลายคน ทำให้ประสิทธิภาพสูงกว่า
 - Online จะใช้สามารถใช้ได้ทันที ไม่ถูก Block
 - ประสิทธิภาพสูงกว่า ถ้าเรา Share กันเพียง Circuit เดียว เมื่อผู้ใดไม่ส่งคนอื่นส่งได้
 - ถ้าส่งพร้อมกันหลายคนก็ทำได้ แต่ละคนจะใช้เวลาในการส่งมากขึ้น เรียกว่าเกิด Delay
 - หลายข้อมูล ของหลายคนใช้ Circuit เดียว
 - แต่ละคนคิดว่าตัวเองเป็นเจ้าของ Circuit คนเดียว = Transparency
 - อย่างไรก็ตามข้อมูลจริงๆ วิ่งอยู่บน Circuit เดียวกัน ต้องมีวิธีบ่งบอก
 - Address ผู้ส่งและผู้รับ แปะที่ส่วน Header ของข้อมูล
 - หรือ ใช้ Virtual Circuit Number สำหรับแต่ละคน และแปะที่ส่วนหัวข้อมูล

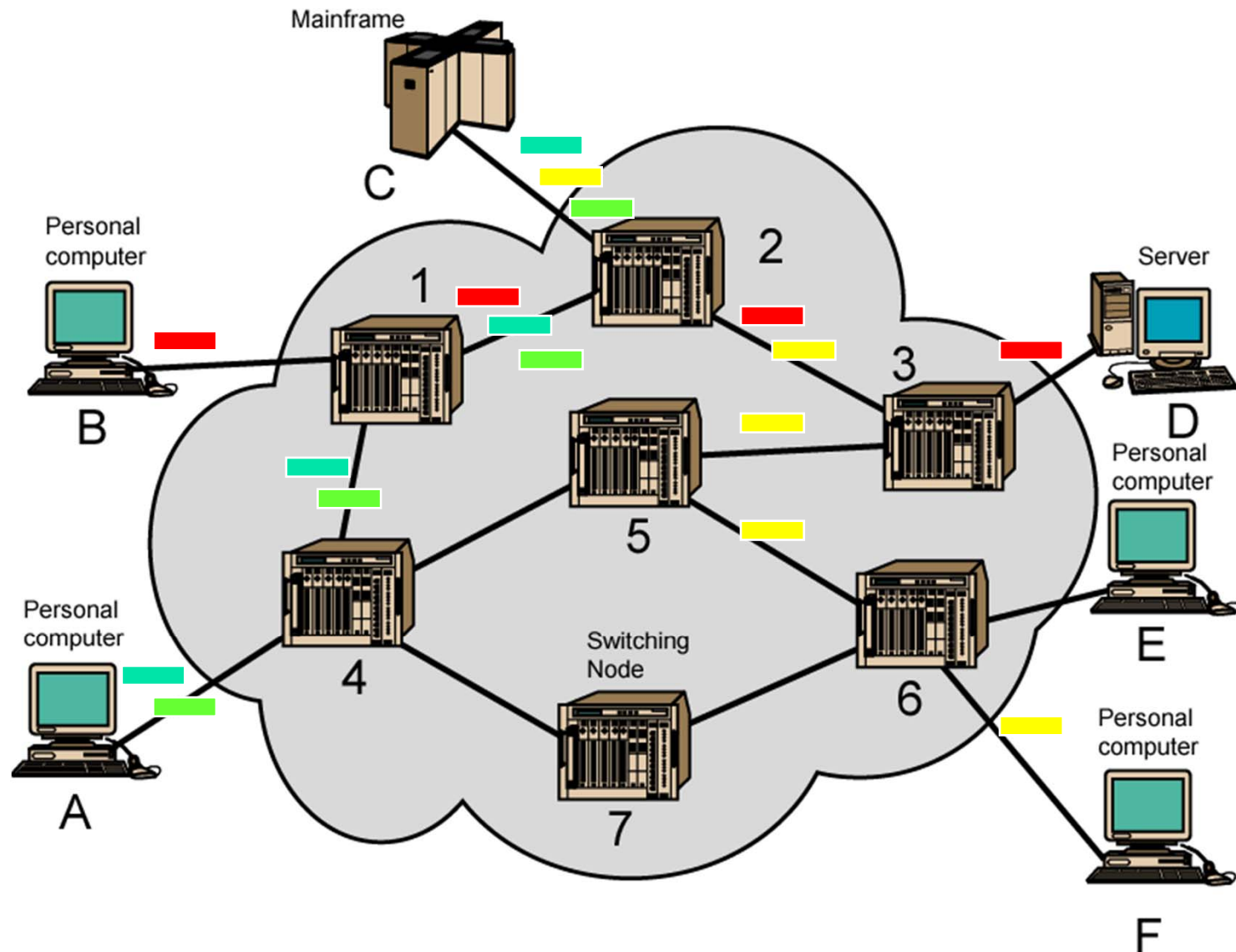


Packet Switching Network

- เนื่องจากต้อง Share วงจรกัน เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ใดผู้หนึ่งผูกขาดการใช้งาน ต้องกำหนดขนาดข้อมูลสูงสุดที่ผู้ส่ง ส่งได้ในแต่ละครั้ง = MTU, Maximum Transfer Unit
- ถ้าข้อมูลใหญ่กว่านั้น ต้องแบ่ง หรือตัดข้อมูลเป็น Packet ย่อยๆ แต่ละ Packet มีส่วนหัว นอกเหนือจาก Address/VC แล้ว จะต้อง มี Sequence Number บ่งบอกลำดับของข้อมูล
- กระทำโดย Protocol ผู้ใช้ (Application) ไม่ต้องทำ
- นี่คือ Packet Switching Network



Packet Switched Network





Advantages

- **Line efficiency**
 - แต่ละ Link สามารถจะ Share กันได้
 - Packets ที่เข้ามาแต่ละ Node จะถูกเข้า Queue เพื่อส่งออกไป
- **Data rate conversion**
 - Each station เชื่อมต่อกับ Local Node ด้วยความเร็วที่ตัวเองกำหนด
- **Packets are accepted even when network is busy โดยเก็บไว้ใน Queue**
 - Delivery may slow down = Delay
- **Priorities can be used**



สรุป Packet Switching Network

- **2 Concepts กำหนดการทำงานใน Network(L3)**
 - Datagram
 - Virtual Circuit
- **2 Concepts กำหนดการเชื่อมต่อกับผู้ใช้ภายนอก (ปกติจะอยู่ใน L4)**
 - Connection Oriented
 - Connectionless

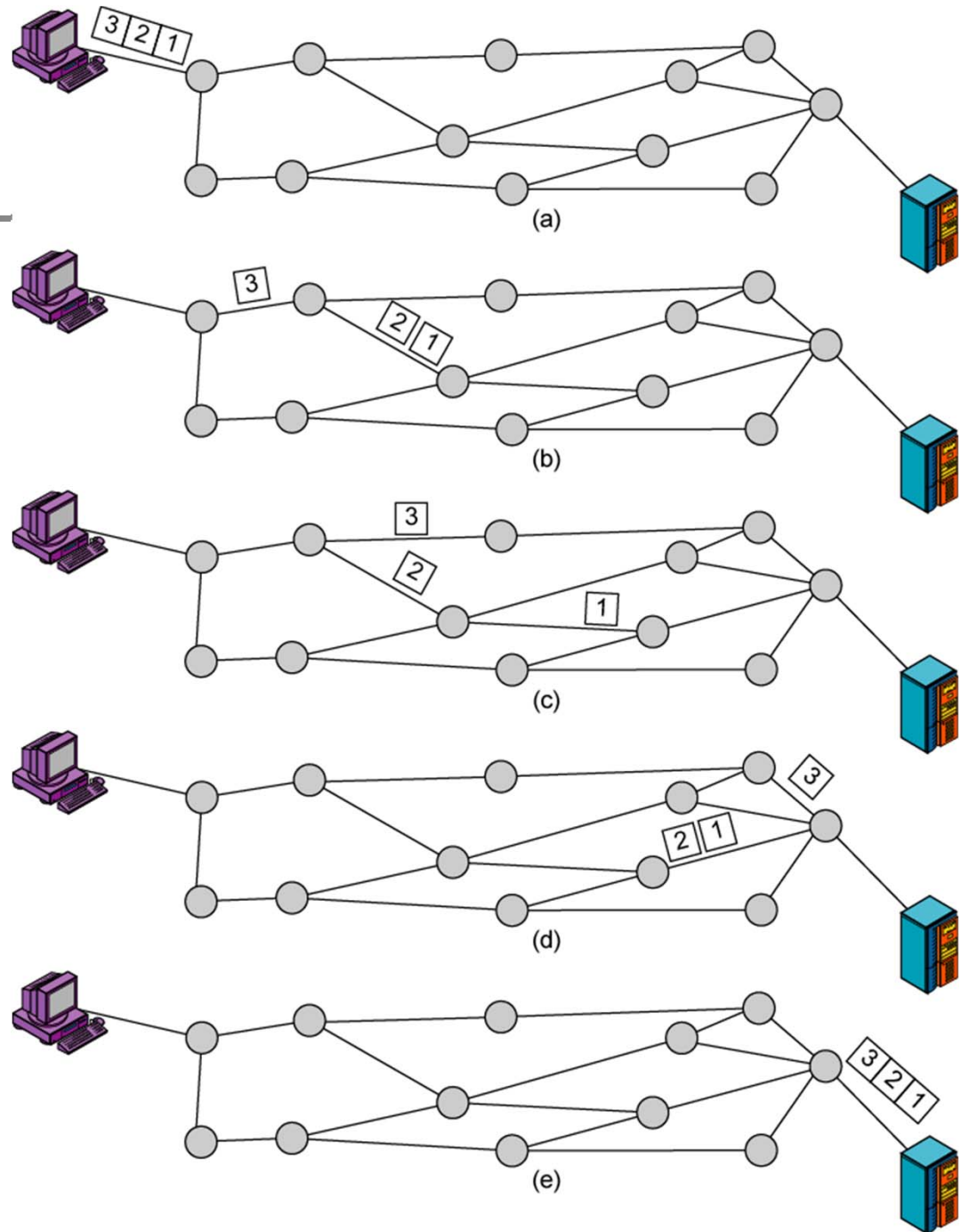


การทำงานของ Datagram

- Each packet treated independently
- Packets can take any practical route
- Packets may arrive out of order
- Packets may go missing
- Up to receiver(ปลายทาง) to re-order packets and recover from missing packets
- สรุปแล้ว การทำงานของ Network ประเภทนี้ จะไม่ Guarantee การส่งข้อมูล



Datagram Diagram



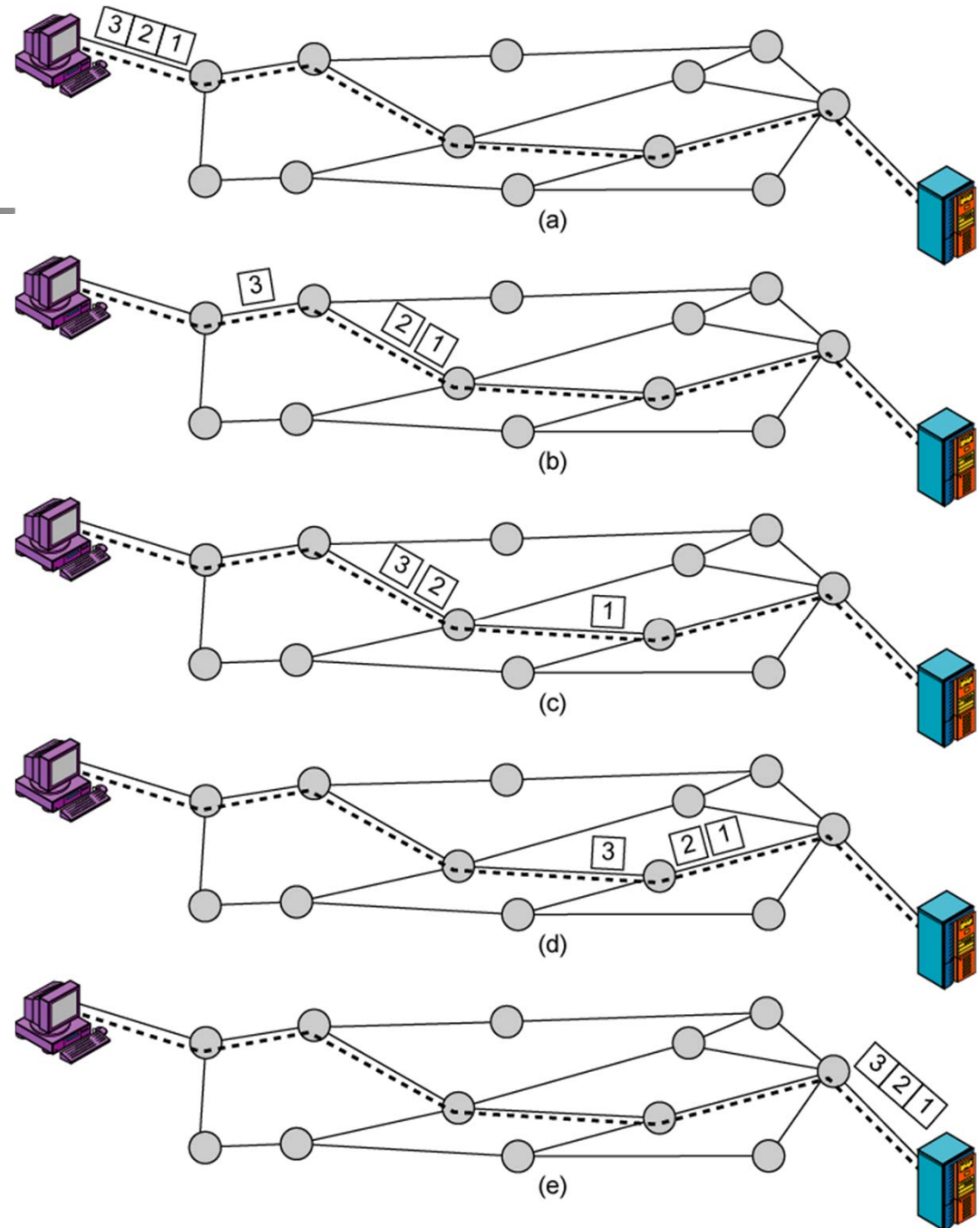


Virtual Circuit

- **Preplanned route established before any packets sent** เส้นทางจะถูกกำหนดในช่วงการ Connection
- **Call request and call accept packets establish connection (handshake)** กำหนด Connection ด้วยตัวเลข คือ VC Number
- **Each packet contains a virtual circuit identifier instead of destination address**
- **No routing decisions required for each packet** ดูจาก VC # ก็เพียงพอ
- **Clear request to drop circuit** เมื่อจบ
- **Not a dedicated path** แต่มองจากผู้ใช้อย่างเหมือน Circuit Switching

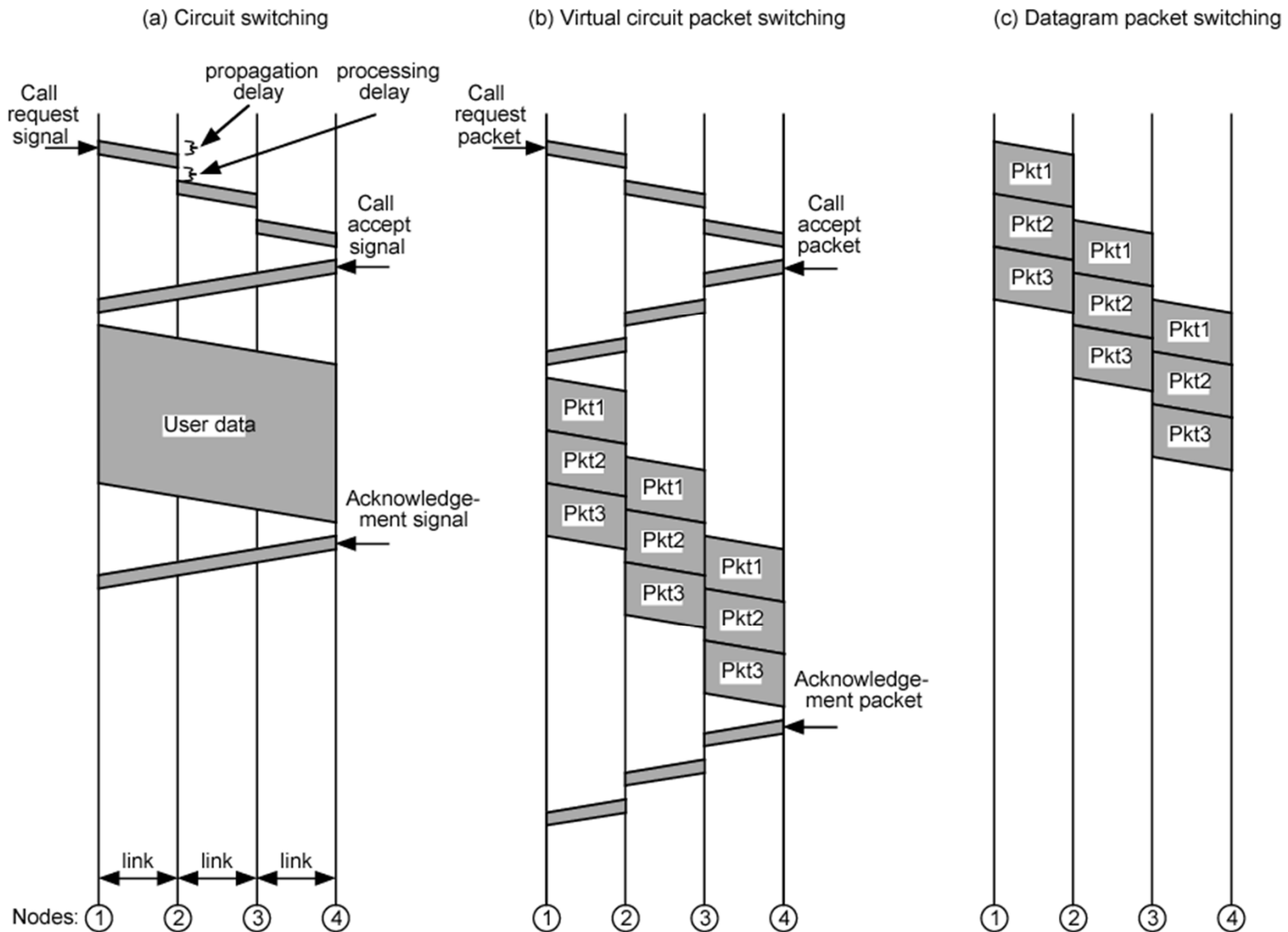


Virtual Circuit Diagram





Event Timing เปรียบเทียบ 3 NW





End of Review Part I

- End of Review Part I
- Next Week
 - LAN and LAN Technologies
- Internet Concept
- ยังไม่มีการบ้าน