

คำนำ

ตำราเล่มนี้ใช้ประกอบการเรียนการสอนรายวิชาการสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย (Data Communications and Networks) จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการเรียนการสอนนักศึกษา ระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทั้งนี้ผู้สอนคาดหวังว่าตำราเล่มนี้จะเป็นเอกสารประกอบการสอนได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะส่งผลให้การเรียนการสอนในรายวิชานี้มีประสิทธิภาพ และมีคุณภาพยิ่งขึ้นต่อไป

ผู้จัดทำหวังว่าตำราเล่มนี้จะสามารถใช้ประกอบการเรียน การสอน ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เป็นระบบและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และในโอกาสนี้ใคร่ขอขอบคุณเจ้าของตำราทางวิชาการ และเอกสารต่าง ๆ ที่ผู้จัดทำนำมาใช้ประกอบในการเรียบเรียงและอ้างอิงเป็นอย่างสูง หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำจึงใคร่ขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

วีณา จันทร์รัชชกุล

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ.....	1
สารบัญ.....	3
สารบัญตาราง.....	5
สารบัญรูป.....	6
บทที่ 1 แนวคิดของการสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย.....	13
1.1 ความหมายของการสื่อสาร ข้อมูล และการสื่อสารข้อมูล.....	13
1.2 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบการสื่อสารข้อมูล.....	14
1.3 ชนิดของสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์.....	15
1.4 ทิศทางการส่งข้อมูล.....	21
1.5 ความหมายของเครือข่ายคอมพิวเตอร์.....	23
1.6 ประโยชน์ของเครือข่ายคอมพิวเตอร์.....	23
1.7 ชนิดของการเชื่อมต่อ.....	24
1.8 โครงสร้างของระบบเครือข่าย.....	25
บทที่ 2 แบบจำลองเครือข่าย.....	35
2.1 แนวคิดในการแบ่งชั้นการสื่อสาร.....	35
2.2 สถาปัตยกรรมการสื่อสาร.....	38
2.3 ชั้นการสื่อสารในแบบจำลอง OSI.....	40
2.4 โพรโตคอลที่ใช้สำหรับชั้นการสื่อสาร.....	48
บทที่ 3 สื่อสัญญาณในการส่งข้อมูล.....	51
3.1 สื่อกลางแบบมีสาย (Guide media).....	51

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
3.2 สื่อกลางแบบไร้สาย (Unguided media).....	56
บทที่ 4 การรับส่งข้อมูลในชั้นการสื่อสารกายภาพ (Physical Layer)	63
4.1 พื้นฐานข้อมูลและสัญญาณ.....	64
4.2 การส่งผ่านข้อมูลดิจิทัล (Digital Transmission)	65
4.3 Transmission mode	81
4.4 การส่งผ่านข้อมูลอนาล็อก (Analog Transmission).....	84
4.5 การผสมสัญญาณ (Multiplexing).....	91
บทที่ 5 การควบคุมการส่งข้อมูลในชั้นการเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer)	99
5.1 การสร้างเฟรมข้อมูล.....	99
5.2 การควบคุมความผิดพลาดของข้อมูล	101
5.3 การควบคุมการไหลของข้อมูล	110
5.4 โพรโทคอลในชั้นเชื่อมโยงข้อมูล.....	111
บทที่ 6 เทคโนโลยีของเครือข่ายคอมพิวเตอร์เฉพาะที่ (Local Area Networks: LANs).....	127
6.1 เครือข่ายเฉพาะที่แบบใช้สาย (Wire LANs).....	127
6.2 เครือข่ายเฉพาะที่แบบไร้สาย (Wireless LANs).....	135
บทที่ 7 มาตรฐานเครือข่าย และองค์กรมาตรฐาน.....	141
7.1 ประเภทของมาตรฐาน.....	141
7.2 องค์กรมาตรฐาน.....	142
บรรณานุกรม	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 คุณสมบัติและการนำไปใช้งานของสายสื่อสารแบบมีสายแต่ละชนิด	55

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	องค์ประกอบของระบบสื่อสารข้อมูล	14
1.2	สัญญาณแอนะล็อก (Analog)	16
1.3	การเข้ารหัสโดยใช้สัญญาณแอนะล็อก (Analog)	17
1.4	สัญญาณดิจิทัล	18
1.5	การเข้ารหัสโดยใช้สัญญาณดิจิทัล	19
1.6	ลักษณะการส่งสัญญาณดิจิทัล	20
1.7	การสื่อสารข้อมูลทิศทางเดียว	21
1.8	การสื่อสารข้อมูลแบบสองทิศทางสลับกัน	22
1.9	การสื่อสารข้อมูลแบบสองทิศทางพร้อมกัน	22
1.10	การเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุด	24
1.11	การเชื่อมต่อแบบหลายจุด	25
1.12	โครงสร้างแบบบัส	26
1.13	โครงสร้างแบบสตาร์	29
1.14	โครงสร้างแบบริง	31
1.15	โครงสร้างแบบเมช	32
1.16	โครงสร้างแบบไฮบริด	33
2.1	แนวคิดของการแบ่งชั้นการสื่อสาร	36
2.2	รูปแบบการสื่อสารที่แบ่งออกเป็นชั้นการสื่อสาร	37
2.3	สถาปัตยกรรมการสื่อสาร	39
2.4	แบบจำลอง OSI	40
2.5	การส่งข้อมูลที่ละบิตในชั้นสื่อสารกายภาพ	41
2.6	การรับส่งข้อมูลในชั้นสื่อสารเชื่อมต่อข้อมูล	41
2.7	ลักษณะการส่งข้อมูลแบบ Hop-to-Hop ในชั้นการสื่อสารเชื่อมต่อข้อมูล	42
2.8	การรับส่งข้อมูลในชั้นการสื่อสารควบคุมเครือข่าย	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.9	44
ลักษณะการส่งข้อมูลแบบ Source-to-destination ในชั้นการสื่อสารควบคุม เครือข่าย	
2.10	45
การรับส่งข้อมูลในชั้นการสื่อสารนำส่งข้อมูล	
2.11	46
ลักษณะการส่งข้อมูลแบบ Process-to-Process ในชั้นการสื่อสารนำส่งข้อมูล	
2.12	46
การรับส่งข้อมูลในชั้นการสื่อสารควบคุมหน้าต่างการสื่อสาร	
2.13	47
การรับส่งข้อมูลในชั้นการสื่อสารนำเสนอข้อมูล	
2.14	48
การรับส่งข้อมูลในชั้นการสื่อสารการประยุกต์	
2.15	49
โพรโตคอลในแต่ละชั้นการสื่อสารข้อมูล	
3.1	51
ภาพรวมของการเชื่อมต่อสื่อกลางในการรับส่งข้อมูล	
3.2	52
สายคู่ตีเกลียวแบบไม่หุ้มฉนวน (Unshielded Twisted Pair : UTP)	
3.3	53
สายคู่ตีเกลียวแบบมีหุ้มฉนวน (Shielded Twisted Pair : STP)	
3.4	53
สายโคแอกเซียล (Coaxial cable)	
3.5	54
สายใยแก้วนำแสง (Fiber optic cable)	
3.6	56
ช่วงความถี่ของสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสารแบบไร้สาย	
3.7	57
การสื่อสารด้วยระบบคลื่นไมโครเวฟ	
3.8	57
ลักษณะของตัวเครื่องรับสัญญาณ และส่งสัญญาณ (a) แบบจาน (b) แบบเสา	
3.9	58
เสารับส่งคลื่นวิทยุที่ส่งสัญญาณในลักษณะทุกทิศทาง (Omni-directional)	
3.10	59
ลักษณะการแพร่กระจายของคลื่นวิทยุ (a) การแพร่กระจายตามพื้นดิน (b) การ แพร่กระจายตามท้องฟ้า (c) การแพร่กระจายระดับสายตา	
3.11	60
การรับส่งสัญญาณผ่านดาวเทียม	
3.12	61
ส่วนประกอบของการสื่อสารระบบเซลล์ลู่ลาร์	
3.13	62
การย้ายเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง (a) ก่อนที่จะมีการเปลี่ยนเซลล์ (b) หลังมี การเปลี่ยนเซลล์	
4.1	63
การส่งผ่านข้อมูลในชั้นการสื่อสารกายภาพ	
4.2	64
หน้าที่หลักของชั้นการสื่อสารกายภาพ	
4.3	65
รูปแบบของสัญญาณ (a) สัญญาณอนาล็อก และ (b) สัญญาณดิจิทัล	

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.4 การเข้ารหัสเส้นสัญญาณ (Line coding)	66
4.5 การเข้ารหัสเส้นสัญญาณแบบ NRZ	67
4.6 การเข้ารหัสเส้นสัญญาณแบบ NRZ-L และ NRZ-I	67
4.7 การเข้ารหัสเส้นสัญญาณแบบ RZ	68
4.8 การเข้ารหัสเส้นสัญญาณแบบ Manchester และ Differential Manchester	69
4.9 การเข้ารหัสเส้นสัญญาณแบบ AMI และ Pseudoternary	70
4.10 (a) ตารางแทนค่ารหัสสัญญาณ (b) การเข้ารหัสเส้นสัญญาณแบบ 2B/1Q	71
4.11 การเข้ารหัสเส้นสัญญาณแบบ 8B/6T	72
4.12 การเข้ารหัสเส้นสัญญาณแบบ 4D-PAM5	73
4.13 การเข้ารหัสเส้นสัญญาณแบบ MLT-3	74
4.14 แนวคิดในการเข้ารหัสแบบกลุ่ม (Block coding)	74
4.15 การส่งข้อมูลแบบกลุ่ม (4B/5B) ร่วมกับการเข้ารหัสเส้นสัญญาณ NRZ-I	75
4.16 การแทนที่ค่าข้อมูลดิจิทัลแบบ 4B/5B	75
4.17 การเข้ารหัสเส้นสัญญาณแบบ AMI ที่ใช้ในการสร้างเส้นสัญญาณด้วยการสแครมบลิ้ง	75
4.18 การสร้างเส้นสัญญาณด้วยการสแครมบลิ้งด้วยเทคนิค B8ZS	76
4.19 การสร้างเส้นสัญญาณด้วยการสแครมบลิ้งด้วยเทคนิค HDB3	77
4.20 ขั้นตอนในการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ (Pulse code modulation : PCM)	78
4.21 การสุ่มสัญญาณ a) ideal sampling b) natural sampling c) flat-top sampling	79
4.22 การทำควอนไทซ์ (Quantization) และการเข้ารหัสดิจิทัล (Binary encoding)	80
4.23 การมอดูเลตแบบเดลต้า (Delta modulation)	81
4.24 การเปลี่ยนข้อมูลอนาล็อกเป็นข้อมูลดิจิทัลด้วยการมอดูเลตแบบเดลต้า	81
4.25 การส่งข้อมูลแบบขนาน (Parallel transmission)	82
4.26 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial transmission)	83

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.27 การส่งข้อมูลแบบประสานจังหวะ (Synchronous)	83
4.28 การส่งข้อมูลแบบไม่ประสานจังหวะ (Asynchronous)	84
4.29 การแปลงข้อมูลดิจิทัลให้เป็นสัญญาณอนาล็อก (Digital-to-Analog conversion)	85
4.30 การเปลี่ยนแปลงทางแอมพลิจูด (Amplitude shift keying : ASK)	86
4.31 การเปลี่ยนแปลงทางความถี่ (Frequency shift keying : FSK)	86
4.32 การเปลี่ยนแปลงทางคาบ (Phase shift keying : PSK)	87
4.33 การเปลี่ยนแปลงทางแอมพลิจูดและคาบ (Quadrature Amplitude Modulation : QAM)	87
4.34 การมอดูเลตทางแอมพลิจูด (Amplitude Modulation : AM)	89
4.35 การมอดูเลตทางความถี่ (Frequency Modulation : FM)	89
4.36 การมอดูเลตทางคาบ (Phase Modulation : PM)	90
4.37 การผสมสัญญาณ (Multiplexing) และการแยกสัญญาณ (Demultiplexing)	91
4.38 การผสมสัญญาณโดยการจัดสรรความถี่ (Frequency-Division Multiplexing)	92
4.39 กระบวนการผสมสัญญาณโดยการจัดสรรความถี่ในฝั่งผู้ส่ง	92
4.40 กระบวนการแบ่งแยกสัญญาณที่ผ่านการผสมสัญญาณโดยการจัดสรรความถี่	93
4.41 แนวคิดและหลักการในการผสมสัญญาณโดยการจัดสรรความยาวคลื่น	94
4.42 แนวคิดและหลักการในการผสมสัญญาณโดยการจัดสรรเวลาในรูปแบบซิงโครนัส	94
4.43 การแบ่งข้อมูลตามช่วงเวลา	95
4.44 กระบวนการจัดสรรการส่งข้อมูลที่แบ่งข้อมูลตามช่วงเวลา	95
4.45 การเพิ่มบิตข้อมูลในเฟรมข้อมูล	96
4.46 การเปรียบเทียบการผสมสัญญาณโดยการจัดสรรเวลาใน (a) รูปแบบซิงโครนัส และ (b) รูปแบบสถิติ	96
5.1 รูปแบบของและส่วนประกอบของเฟรมข้อมูล (Frame)	100
5.2 การเพิ่มไบนารีแฟลคซ์ (Byte stuffing)	100
5.3 การเพิ่มบิตแฟลคซ์ (Bit stuffing)	101

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.4	ข้อผิดพลาดแบบบิตเดียว (Single-bit error)	102
5.5	ข้อผิดพลาดแบบหลายบิต (Burst error)	103
5.6	การตรวจสอบข้อผิดพลาดโดยใช้บิตตรวจสอบ (Parity bit)	104
5.7	การตรวจสอบข้อผิดพลาดโดยใช้รหัสแฮมมิง (Hamming code)	105
5.8	การเพิ่มบิตตรวจสอบเข้าไปตามตำแหน่งของเฟรมข้อมูล	105
5.9	ขั้นตอนการหาบิตตรวจสอบ	106
5.10	ขั้นตอนการหาผลรวม (Checksum)	107
5.11	การแทนที่สมการโพลีโนเมียล (a) รูปแบบเต็ม (b) รูปแบบย่อ	108
5.12	ขั้นตอนการหาบิตที่ใช้ตรวจสอบโดยวิธี CRC	109
5.13	ขั้นตอนการตรวจจับข้อผิดพลาดเมื่อได้รับเฟรมข้อมูลโดยวิธี CRC	109
5.14	มาตรฐานของโพลีโนเมียล	110
5.15	การทำงานของ Simplest protocol ซึ่งไม่มีการควบคุมการไหลของข้อมูลและข้อผิดพลาดของข้อมูล	112
5.16	กระบวนการทำงานของ Simplest protocol ฝั่งผู้ส่ง	112
5.17	กระบวนการทำงานของ Simplest protocol ฝั่งผู้รับ	113
5.18	กระบวนการทำงานของ Simplest protocol	113
5.19	การทำงานของโปรโตคอล Stop-and-Wait ที่มีการควบคุมการไหลของข้อมูลโดยใช้ข้อความตอบกลับ ACK	114
5.20	กระบวนการทำงานของโปรโตคอล Stop-and-Wait ฝั่งผู้ส่ง	115
5.21	กระบวนการทำงานของโปรโตคอล Stop-and-Wait ฝั่งผู้รับ	115
5.22	กระบวนการทำงานของโปรโตคอล Stop-and-Wait	116
5.23	กระบวนการทำงานของโปรโตคอล Stop-and-Wait ARQ	117
5.24	การทำงานของโปรโตคอล Stop-and-Wait ARQ	118
5.25	หน้าต่างเลื่อนฝั่งผู้ส่ง (a) ก่อนที่จะมีการเลื่อน (b) หลังจากที่มีการเลื่อน	120
5.26	หน้าต่างเลื่อนฝั่งผู้รับ (a) ก่อนที่จะมีการเลื่อน (b) หลังจากที่มีการเลื่อน	120
5.27	การทำงานของโปรโตคอล Go-Back-N ARQ	121
5.28	การทำงานของโปรโตคอล Go-Back-N ARQ ในกรณีข้อความตอบรับสูญหาย	122

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.29	การทำงานของโปรโตคอล Selective Repeat ARQ	123
6.1	ส่วนประกอบของเฟรมข้อมูล	128
6.2	รูปแบบของที่อยู่ของผู้รับและที่อยู่ผู้ส่งในเทคโนโลยีอีเทอร์เน็ต	129
6.3	รูปแบบของ unicast และ multicast ในที่อยู่ของผู้รับและผู้ส่ง	129
6.4	การเชื่อมต่อโดยใช้ 10Base5	130
6.5	การเชื่อมต่อโดยใช้ 10Base2	130
6.6	การเชื่อมต่อโดยใช้ 10Base-T	131
6.7	การเชื่อมต่อโดยใช้ 10Base-FL	131
6.8	รูปแบบการเชื่อมต่อที่สามารถใช้กับเทคโนโลยีกิกะบิตอีเทอร์เน็ต	133
6.9	เครือข่ายเฉพาะที่แบบไร้สายแบบ Ad-Hoc Network	136
6.10	เครือข่ายเฉพาะที่แบบไร้สายแบบโครงสร้าง (Infrastructure)	137
6.11	เครือข่ายเฉพาะที่แบบไร้สายแบบ Multi Access Points และ Roaming	137
6.12	เครือข่ายเฉพาะที่แบบไร้สายแบบ Extension Points	138
6.13	เครือข่ายเฉพาะที่แบบไร้สายแบบใช้ Directional Antennas	138
6.14	รูปแบบเฟรมข้อมูลของเครือข่ายเฉพาะที่แบบไร้สาย	139
6.15	รูปแบบเฟรมควบคุม	140
7.1	ANSI : American National Standards Institute	142
7.2	ISO : International Organization for Standardization	143
7.3	IEC : International Electrotechnical Commission	143
7.4	TIA : Telecommunications Industry Association	143
7.5	EIA : Electronic Industries Alliance	144
7.6	ITU : International Telecommunication Union	144
7.7	IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers	145

