

วิศวกรรมโทรคมนาคมเบื้องต้น
Introduction to Telecommunication Engineering

รองศาสตราจารย์ ดร.วิรุณศักดิ์ สันติเพ็ชร
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

14 มิถุนายน 2559

คำนำ

ในปัจจุบันชีวิตของคนในสังคมมีการเชื่อมต่อและติดต่อกันมากขึ้น ผ่านเทคโนโลยีสื่อสารและโทรคมนาคมที่มีความทันสมัย ไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่หรืออุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่อื่น ๆ โดยเทคโนโลยีเหล่านี้มีองค์ความรู้และพื้นฐานความรู้จากสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า การเข้าใจความรู้และทฤษฎีพื้นฐานจะนำไปสู่การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมสื่อสารใหม่ในอนาคต ดังนั้นหลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้าระดับปริญญาตรีของหลายมหาวิทยาลัย จึงได้บรรจุรายวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมหรือวิศวกรรมการสื่อสารไว้ในหมวดวิชาเฉพาะ

ตำราเล่มนี้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม (Telecommunication Engineering) เนื้อหารายวิชาประกอบด้วยหลักการสื่อสารโทรคมนาคมเบื้องต้น โดยได้หยิบยกความรู้พื้นฐานจากหลายรายวิชาในสาขาไฟฟ้าสื่อสาร เช่น การสื่อสารแอนะล็อก การสื่อสารดิจิทัล การสื่อสารไร้สาย การสื่อสารข้อมูลและโครงข่าย การสื่อสารผ่านดาวเทียม ตำรานี้มีวัตถุประสงค์ให้ผู้เรียนเห็นภาพรวมและเข้าใจหลักการพื้นฐานของการสื่อสารโทรคมนาคม กลุ่มผู้เรียนเป้าหมายคือ นิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ ระดับปริญญาตรี ตั้งแต่ชั้นปีที่สองขึ้นไป ตำรานี้แบ่งเป็น 9 บทครอบคลุมเนื้อหาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ผู้แต่งได้แต่งและเรียบเรียงตำราเล่มนี้ขึ้นโดยใช้แหล่งอ้างอิงต่าง ๆ ตามบรรณานุกรมท้ายเล่ม ตำราเล่มนี้ได้รับการปรับปรุงหลายครั้ง เริ่มต้นจากเอกสารคำสอนที่ผู้แต่งใช้สอนที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตั้งแต่ปีการศึกษา 2549

สุดท้ายนี้ผู้แต่งขอขอบคุณ ดร.กฤษณา มามาตร ที่ช่วยวาดรูปประกอบเกือบทั้งหมดในตำราและอ่านต้นฉบับ นายเชมทัต จิราวรรณสถิตย์ ที่ช่วยอ่านต้นฉบับเพื่อตรวจข้อผิดพลาด และขอขอบคุณ ผศ.ดร.พูนลาภ ทามศรีจันทร์ และ ผศ.ดร.วชิระ จงบุรี สำหรับคำแนะนำในการปรับปรุงตำราให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้แต่งหวังเป็นอย่างยิ่งว่าตำราเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมและผู้สนใจทั่วไป และใช้เป็นแหล่งอ้างอิงข้อมูลต่อไป ความดีที่เกิดจากตำราเล่มนี้ผู้แต่งขอยกให้ พ่อและแม่ ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

รองศาสตราจารย์ ดร.วิรุณศักดิ์ สันติเพ็ชร

สารบัญ

คำนำ	i
1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์การเรียนรู้	1
1.1 โทรคมนาคม	1
1.2 ย้อนอดีตการพัฒนาโทรคมนาคม	4
1.3 มาตรฐานโทรคมนาคม	6
1.4 ธุรกิจโทรคมนาคมจากอดีตถึงปัจจุบัน	10
1.5 สรุปประเด็นสำคัญ	13
1.6 คำถามท้ายบท	14
2 โครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน	17
วัตถุประสงค์การเรียนรู้	17
2.1 การทำงานของระบบโทรศัพท์พื้นฐาน	22
2.2 เลขหมายโทรศัพท์	27
2.3 การสลับสายและการให้สัญญาณ	29
2.4 สรุปประเด็นสำคัญ	38
2.5 คำถามท้ายบท	40
3 โครงข่ายโทรคมนาคม	43
วัตถุประสงค์การเรียนรู้	43
3.1 การสลับสายวงจรและการสลับสายแพ็กเกต	43
3.2 ประเภทโครงข่ายโทรคมนาคม	46
3.3 โครงข่ายเข้าถึง	51
3.4 โครงข่ายแกน	53

3.5	โครงข่ายระหว่างประเทศ	55
3.5.1	อินเทอร์เน็ต	56
3.6	สรุปประเด็นสำคัญ	57
3.7	คำถามท้ายบท	59
4	วิศวกรรมปริมาณการใช้	61
	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	61
4.1	ระดับการให้บริการ	62
4.2	ความเข้มข้นของการใช้งานวงจรสื่อสาร	63
4.3	ความน่าจะเป็นของการปฏิเสธการให้บริการ	64
4.4	สรุปประเด็นสำคัญ	70
4.5	คำถามท้ายบท	71
5	สัญญาณส่งผ่านโครงข่าย	75
	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	75
5.1	กำลังสัญญาณและเดซิเบล	77
5.2	สเปกตรัมและความกว้างแถบความถี่	80
5.3	สัญญาณแอนะล็อกและสัญญาณดิจิทัล	86
5.4	การกล้ำรหัสพัลส์	91
5.4.1	การชักตัวอย่าง	91
5.4.2	การแบ่งนับ	93
5.4.3	การเข้ารหัสไบนารี	98
5.5	การเข้ารหัสเสียงแบบอื่น	100
5.5.1	APCM	101
5.5.2	DPCM	101
5.5.3	DM	102
5.5.4	ADPCM	104
5.5.5	การเข้ารหัสเสียงลูกผสม	105
5.5.6	การเข้ารหัสเสียงดนตรี	107
5.6	สรุปประเด็นสำคัญ	108
5.7	คำถามท้ายบท	110
6	การส่งสัญญาณ	113
	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	113

6.1	การส่งสัญญาณด้วยคลื่นวิทยุ	115
6.1.1	การกล้ำเชิงแอมพลิจูด	117
6.1.2	การกล้ำแถบความถี่ข้างคู่	123
6.1.3	การกล้ำเชิงความถี่	125
6.1.4	การกล้ำเชิงเฟส	128
6.1.5	การกล้ำครอเดรเจอร์เชิงแอมพลิจูด	133
6.2	การจัดสรรคลื่นความถี่	134
6.2.1	การลดทอนกำลังของคลื่นวิทยุ	137
6.3	อัตราส่งข้อมูลสูงสุดผ่านช่องสัญญาณ	139
6.4	การรวมส่งสัญญาณร่วมสื่อ	147
6.5	สื่อตัวกลางการส่งผ่าน	151
6.5.1	เคเบิลทองแดง	152
6.5.2	เคเบิลใยแก้วนำแสง	155
6.6	สรุปประเด็นสำคัญ	157
6.7	คำถามท้ายบท	161
7	การสื่อสารเคลื่อนที่	165
	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	165
7.1	หลักการเซลลูลาร์	166
7.2	การทำงานของโครงข่ายเซลลูลาร์	171
7.3	การเข้าถึงหลายทาง	174
7.3.1	FDMA	174
7.3.2	TDMA	174
7.3.3	CDMA	175
7.3.4	OFDMA	180
7.4	ระบบสื่อสารเคลื่อนที่	181
7.4.1	วิทยุเคลื่อนที่องค์กร	181
7.4.2	ระบบวิทยุสื่อสารทริ่งภาคพื้นดิน	182
7.4.3	ระบบเซลลูลาร์	184
7.4.4	ระบบดาวเทียมเคลื่อนที่	185
7.4.5	บลูทูธ	186
7.4.6	แลนไร้สาย	187
7.5	สรุปประเด็นสำคัญ	187

7.6	คำถามท้ายบท	190
8	การสื่อสารผ่านดาวเทียม	193
	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	193
8.1	ดาวเทียมสื่อสารโทรคมนาคม	198
8.2	การส่งผ่านดาวเทียม	201
8.3	สรุปประเด็นสำคัญ	204
8.4	คำถามท้ายบท	206
9	การสื่อสารข้อมูล	209
	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	209
9.1	โพรโทคอลในการสื่อสารคอมพิวเตอร์	210
9.2	แลน	218
	9.2.1 แลนไร้สาย	227
9.3	อินเทอร์เน็ต	230
9.4	การเข้าถึงโครงข่ายแบบมีสาย	233
	9.4.1 โมเด็ม	233
	9.4.2 Digital Subscriber Line	235
	9.4.3 โครงข่ายเคเบิลทีวี	239
	9.4.4 FTTH	241
9.5	สรุปประเด็นสำคัญ	245
9.6	คำถามท้ายบท	248
	บรรณานุกรม	251
	ดรรชนี	253
	Index	259
	ประวัติผู้แต่ง	265