

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาสัญญาณการส่งผ่านวิทยุแบบแถบกว้างยิ่งสำหรับประยุกต์ใน HDTV
Study on Ultra Wideband Radio Transmission Signal for HDTV Application



เลขที่.....

เลขทะเบียน.....

วัน,เดือน,ปี 11 ส.ค. 2551

118.66294

.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**STUDY ON ULTRA WIDEBAND RADIO TRANSMISSION SIGNAL
FOR HDTV APPLICATION**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาสัญญาณการส่งผ่านวิทยุแบบแถบกว้างยิ่งสำหรับประยุกต์ใน HDTV

ชื่อนักศึกษา

1. นายณัฐพล คำชุ่ม	รหัสประจำตัว	47012097
2. นายธีรเวศร์ งามขำ	รหัสประจำตัว	47012109
3. นางสาวปาริฉัตร ปั้นหยง	รหัสประจำตัว	47012117

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ไพศาล สิทธิโยภาสกุล
อาจารย์สถาพร พรหมวงศ์

ระดับการศึกษา ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชา

ปีการศึกษา

ปริญญานิพนธ์
คณะวิศวกรรม



วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

โยภาสกุล)

ษา

(อาจารย์สถาพร พรหมวงศ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาโท การศึกษาสัญญาณการส่งผ่านวิทยุแบบแถบกว้างยิ่งสำหรับประยุกต์ใน HDTV

ชื่อนักศึกษา

1. นายณัฐพล	คำชุ่ม	รหัสประจำตัว	47012097
2. นายธีรเวศร์	งามขำ	รหัสประจำตัว	47012109
3. นางสาวปาริฉัตร	ปิ่นหยง	รหัสประจำตัว	47012117

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ไพศาล สิทธิโยภาสกุล
อาจารย์สถาพร พรหมวงศ์

ระดับการศึกษา ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชา
ปีการศึกษา

โคร.
วัตถุประสงค์
ประยุกต์ใช้
MATLAB แก่
ด้วยเครื่องวิเ
ถึง 5.0 GHz
ความแตกต่างและระบบคอมพิวเตอร์



ยุคที่ใช้ใน HDTV
Videband และการ
ใช้โปรแกรม
งานนี้ได้ทำการวัด
ความถี่ 3.1 GHz
4 รูปแบบ เพื่อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title Study on Ultra Wideband Radio Transmission Signal for HDTV Application

Student - Mr. Nattapon Kamchoom ID. 47012097
Mr. Teeraved Ngamkham ID. 47012109
Miss Parichat Punya ID. 47012117

Advisor Assoc. Prof. Pisan Sittiyopasakul
Mr.Sathaporn Promwong

Graduate Level Bachelor Degree of Information Engineering

Department

Academic Y

This application. ' main propert This project allocated fro kind of mode



signal for HDTV
i application study
1B-OFDM system.
al antenna will be
esign for different

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเป็นผลเนื่องมาจากความอดทน และช่วยเหลือ
เกื้อกูลกันของเพื่อนๆ พี่ๆ และผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามอีกหลายท่าน ตลอดระยะเวลาการทำโครงการนี้
ได้รับการสนับสนุนจาก อาจารย์สถาพร พรหมวงศ์ และ อาจารย์ไพศาล สิทธิโยภาสกุล รวมถึง
อาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ที่ได้ให้ความรู้คำแนะนำเกี่ยวกับรายละเอียดใน
โครงการนี้ จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนทางการศึกษา อีกทั้งสิ่ง
ดีๆ และทุกๆ

สิ่งใจเสมอมา



จำชุ่ม

รามขำ

ปิ่นหยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญรูปภาพ		ช
สารบัญตาราง		ฉ
บทที่ 1 บทนี้		
1.1		1
1.2		3
1.3		3
1.4		3
บทที่ 2 หลักการ		
2.1		4
2.1.1		4
2.1.2	ยัง	6
2.1.3		6
2.1.4	สเปกตรัม	7
2.1.5		8
2.1.6		9
2.2		11
2.2.1		11
2.2.2		11
2.2.3		13
2.3		14
2.3.1		14
2.3.2		17
2.3.3		18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการประชาสัมพันธ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง		หน้า
	2.4 การนำเข้ารหัสสัญญาณ	21
	2.5 Adaptive Modulation (QPSK)	22
	2.6 สัญญาณรบกวน (Noise)	23
	2.6.1 สัญญาณรบกวนแบบ AWGN	23
	2.6.2 สัญญาณรบกวนแบบ Rayleigh	24
	2.6.3 สัญญาณรบกวนแบบ Rician	24
	2.6.4 สัญญาณรบกวนแบบ Nakagami-m	25
	2.7 การกระจายตัวของสัญญาณ	25
บทที่ 3 การอธิบาย	3.1 การอธิบายสัญญาณ	26
	3.2 สัญญาณเชิงซ้อน	26
	3.3 การอธิบายสัญญาณ	28
	3.3.1 การอธิบายสัญญาณเชิงซ้อน	28
	3.3.2 การอธิบายสัญญาณเชิงซ้อน	29
	3.3.3 การอธิบายสัญญาณเชิงซ้อน	31
	3.3.4 การอธิบายสัญญาณเชิงซ้อน	32
	3.3.5 การอธิบายสัญญาณเชิงซ้อน	33
	3.3.6 ภาพตาแหน่งสัญญาณและลักษณะสเปกตรัมแบบ เมมสัญญาณรบกวน	34
	3.3.7 CM1 ช่องสัญญาณ Line of sight (LOS) ที่ระยะทาง 0-4 เมตร	37
	3.3.8 CM2 ช่องสัญญาณ Non Line of sight (NLOS) ที่ระยะทาง 0-4 เมตร	38
	3.3.9 CM3 ช่องสัญญาณ Non Line of sight (NLOS) ที่ระยะทาง 4-10 เมตร	39
	3.3.10 CM4 ช่องสัญญาณ Non Line of sight (NLOS) ที่ระยะทางมากกว่า10 เมตร	40
	3.3.11 ผลตอบสนองอิมพัลส์ของช่องสัญญาณ (Impulse Response)	41
	3.4 สรุป	43
บทที่ 4 ระบบการทดลอง (Experimental system)		
	4.1 การนำ	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.2 การสูญเสียเชิงวิถี (Path Loss)	44
4.2.1 การประยุกต์สูตรการส่งผ่านของฟรีส สำหรับระบบ UWB	47
4.3 อัตราความผิดพลาดบิต (Bit Error Rate: BER)	50
4.4 Time Dispersion Parameters	50
4.5 ก	52
4.6 ก	52
4.7 ก	54
	54
	54
	55
4.8 ก	57
4.9 ก	59
	59
	60
	61
	62
4.10	63
บทที่ 5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	
5.1 กล่าวนำ	64
5.2 พารามิเตอร์สำคัญที่ใช้ในการทดลอง	64
5.3 ผลการทดลองจากแบบจำลองการวัดแบบที่ 1	65
5.4 ผลการทดลองจากแบบจำลองการวัดแบบที่ 2	70
5.5 ผลการทดลองจากแบบจำลองการวัดแบบที่ 3	75
5.6 ผลการทดลองจากแบบจำลองการวัดแบบที่ 4	80
5.7 การเปรียบเทียบการทดลอง	85
5.8 สรุปการทดลอง	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	
6.1 สรุปผลการทดลอง	91
6.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง	92
6.3 แนวทางการพัฒนาโครงการ	92

บรรณานุกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1	เปรียบเทียบระดับความหนาแน่นแถบกำลังงานของระบบ UWB และระบบแถบแคบ	1
รูปที่ 1.2	ระดับจำกัดการแพร่กำลังงานและความถี่ภายในอาคารของประเทศญี่ปุ่น	2
รูปที่ 2.1	ระดับจำกัดการแพร่กระจายกำลังงานของสเปกตรัมที่ใช้ภายในและภายนอกอาคาร	7
รูปที่ 2.2	ระดับจำกัดการแพร่กระจายกำลังงานและความถี่ที่ใช้ภายในอาคาร	8
รูปที่ 2.3	ระนาบ	13
รูปที่ 2.4	ระนาบ	13
รูปที่ 2.5	ภาพ	14
รูปที่ 2.6	ความถี่	15
รูปที่ 2.7	OFDM	Carrier Mode 16
รูปที่ 2.8	ตัวคูณ	17
รูปที่ 2.9	บิต	18
รูปที่ 2.10	สัญญาณ	20
รูปที่ 2.11	Receivers	21
รูปที่ 2.12	แอมพลิจูด	22
รูปที่ 3.1	สเปกตรัม	27
รูปที่ 3.2	ชุดข้อมูล	28
รูปที่ 3.3	ชุดอุปกรณ์รับสัญญาณ	29
รูปที่ 3.4	บล็อกไดอะแกรมของระบบ MB-OFDM	33
รูปที่ 3.5	ตำแหน่งของสัญลักษณ์ที่ผ่านการมอดูเลตแบบ QPSK	34
รูปที่ 3.6	สเปกตรัมของระบบทางด้านส่ง แบบไม่มีช่องสัญญาณรบกวนที่ความถี่ 3.43 GHz	35
รูปที่ 3.7	สเปกตรัมของระบบทางด้านส่ง แบบไม่มีช่องสัญญาณรบกวนที่ความถี่ 3.96 GHz	35
รูปที่ 3.8	สเปกตรัมของระบบทางด้านส่ง แบบไม่มีช่องสัญญาณรบกวนที่ความถี่ 4.49 GHz	35
รูปที่ 3.9	สเปกตรัมของระบบ MB-OFDM ทางด้านรับแบบไม่มีช่องสัญญาณรบกวน	36
รูปที่ 3.10	สเปกตรัมทางด้านรับ ผ่านสัญญาณรบกวน ของ CM1	37
รูปที่ 3.11	การกระจายของสัญญาณทางด้านรับ ผ่านสัญญาณรบกวน ของ CM1	37
รูปที่ 3.12	สเปกตรัมทางด้านรับ ผ่านสัญญาณรบกวน ของ CM2	38



เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.13 การกระจายของสัญญาณทางด้านรับ ผ่านสัญญาณรบกวน ของ CM2	38
รูปที่ 3.14 สเปกตรัมทางด้านรับ ผ่านสัญญาณรบกวน ของ CM3	39
รูปที่ 3.15 การกระจายของสัญญาณทางด้านรับ ผ่านสัญญาณรบกวน ของ CM3	39
รูปที่ 3.16 สเปกตรัมทางด้านรับ ผ่านสัญญาณรบกวน ของ CM4	40
รูปที่ 3.17 กา	40
รูปที่ 3.18 ผล	41
รูปที่ 3.19 ผล	41
รูปที่ 3.20 ผล	42
รูปที่ 3.21 ผล	42
รูปที่ 4.1 องค์	44
รูปที่ 4.2 รูปเ	47
รูปที่ 4.3 รูปเ	47
รูปที่ 4.4 ตัว	51
รูปที่ 4.5 เครื่	54
รูปที่ 4.6 ตัว	55
รูปที่ 4.7 สาย	56
รูปที่ 4.8 แบบ	58
รูปที่ 4.9(ก) รูปแบบจำลองท 1	59
รูปที่ 4.9(ข) ตัวอย่างภาพถ่ายแบบจำลองที่ 1	59
รูปที่ 4.10(ก) รูปแบบจำลองที่ 2	60
รูปที่ 4.10(ข) ตัวอย่างภาพถ่ายแบบจำลองที่ 2	60
รูปที่ 4.11(ก) รูปแบบจำลองที่ 3	61
รูปที่ 4.11(ข) ตัวอย่างภาพถ่ายแบบจำลองที่ 3	61
รูปที่ 4.12(ก) รูปแบบจำลองที่ 4	62
รูปที่ 4.12(ข) ตัวอย่างภาพถ่ายแบบจำลองที่ 4	62
รูปที่ 5.1 แบบจำลองการวัดที่ 1	65



ร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาด กับ ความถี่	67
รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง เฟส กับ ความถี่	68
รูปที่ 5.4 ค่าอัตราบิดผดพลาดแบบจำลองที่ 1	69
รูปที่ 5.5 ภาพหน้าตัดข้างการประวิงกำลังงานของสัญญาณแบบจำลองที่ 1	69
รูปที่ 5.6 แอมพลิจูด	70
รูปที่ 5.7 ความถี่	72
รูปที่ 5.8 ความถี่	73
รูปที่ 5.9 ค่าอิมพีแดนซ์	74
รูปที่ 5.10 Power	74
รูปที่ 5.11 แอมพลิจูด	75
รูปที่ 5.12 ความถี่	77
รูปที่ 5.13 ความถี่	78
รูปที่ 5.14 ค่าอิมพีแดนซ์	79
รูปที่ 5.15 ภาพหน้าตัดข้างการประวิงกำลังงานของสัญญาณแบบจำลองที่ 1	79
รูปที่ 5.16 แอมพลิจูด	80
รูปที่ 5.17 ความถี่	82
รูปที่ 5.18 ความถี่	83
รูปที่ 5.19 ค่าอัตราบิดผดพลาด	84
รูปที่ 5.20 ภาพหน้าตัดข้างการประวิงกำลังงานของสัญญาณแบบจำลองที่ 4	84
รูปที่ 5.21 เปรียบเทียบค่าการสูญเสียเชิงสถิติแบบจำลองการวัดที่ 1, 2, 3 และ 4	85
รูปที่ 5.22 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบจำลองการวัดที่ 1, 2, 3 และ 4	86
รูปที่ 5.23 ความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาด กับ ความถี่ ที่ระยะ 5 เมตร	87
รูปที่ 5.24 ความสัมพันธ์ระหว่าง เฟส กับ ความถี่ ที่ระยะ 5 เมตร	88
รูปที่ 5.25 ค่าอัตราผดพลาดบิตทั้ง 4 แบบ	89
รูปที่ 5.26 ภาพหน้าตัดข้างการประวิงกำลังงานของสัญญาณแบบจำลองที่ 1, 2, 3 และ 4	89



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ข้อกำหนดระหว่างระดับพลังงานกับย่านความถี่กำหนดโดย FCC	7
ตารางที่ 2.2 ข้อกำหนดระหว่างระดับพลังงานกับย่านความถี่กำหนดโดย ITU	9
ตารางที่ 2.3 ตารางเปรียบเทียบความต้องการช่องสัญญาณของอุปกรณ์ไร้สายต่างๆ	9
ตารางที่ 2.4 ประเภทของการใช้งานที่ได้รับอนุมัติโดย FCC	10
ตารางที่ 2.5 รัศมีของเสาอากาศ	23
ตารางที่ 3.1 รัศมีของเสาอากาศ	34
ตารางที่ 5.1 รัศมีของเสาอากาศ	64
ตารางที่ 5.2 รัศมีของเสาอากาศ	65
ตารางที่ 5.3 รัศมีของเสาอากาศ	66
ตารางที่ 5.4 รัศมีของเสาอากาศ	70
ตารางที่ 5.5 รัศมีของเสาอากาศ	71
ตารางที่ 5.6 รัศมีของเสาอากาศ	75
ตารางที่ 5.7 รัศมีของเสาอากาศ	76
ตารางที่ 5.8 รัศมีของเสาอากาศ	80
ตารางที่ 5.9 รัศมีของเสาอากาศ	81
ตารางที่ 5.10 รัศมีของเสาอากาศ	และ 4 85
ตารางที่ 5.11 รัศมีของเสาอากาศ	, 2, 3 และ 4 86



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ปัจจุบัน ความต้องการในการเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการใช้งานเริ่มมีสูงขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการเชื่อมต่อเครือข่ายภายในอาคาร สำนักงาน หรือการเชื่อมต่อเครือข่ายเพื่อความบันเทิงภายในแหล่งที่พักอาศัย โดยมีเทคโนโลยีไร้สายที่นิยมใช้

สั้น (Short-range)
Ultra wideband
ความสามารถ

ละเทคโนโลยีคลื่น
ยู่กับเทคโนโลยี
มูลครั้งใหญ่ ด้วย
ชัด

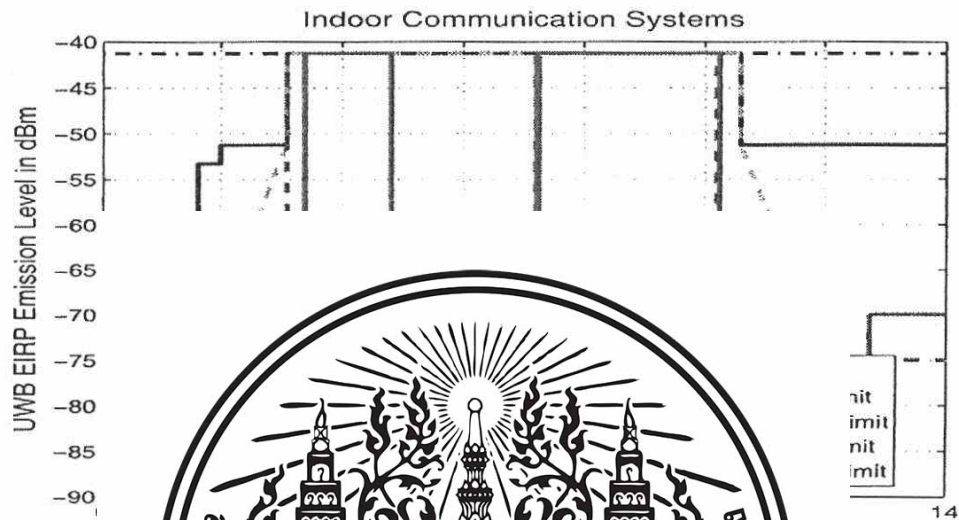


รูปที่ 1.1 เปรียบเทียบระดับความหนาแน่นแถบกำลังงานของระบบ UWB และระบบแถบแคบ

จากรูปที่ 1.1 จะพบว่าระดับกำลังงานของระบบการสื่อสาร UWB นั้นจะอยู่ในระดับที่ต่ำ ดังนั้นสัญญาณของระบบการสื่อสาร UWB จึงไม่ไปรบกวนกับสัญญาณของระบบสื่อสารเดิม ซึ่งเป็นสาเหตุให้สามารถนำเอาระบบการสื่อสาร UWB ไปใช้งานในหลายๆ มีระบบการสื่อสารเดิมใช้อยู่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี 2006 Ministry of Internal Affairs and Communications ประเทศญี่ปุ่น ได้กำหนด ช่วงความถี่ของเทคโนโลยี UWB ช่วง Low Band ไว้ที่ 3.4 – 4.8 GHz และ ช่วง High Band ที่ 7.25 – 10.25 GHz ระดับความหนาแน่นแถบกำลังงานภายในอาคารไม่เกิน -40 dBm/MHz ดังรูปที่ 1.2



รูปที่

เทคโนโลยี

ในขนาดคลื่น
ระบบการสื่อสาร
กำหนดไว้ใน
บุคคลแบบไร้สายดังนี้

1. มีแบนด์วิดท์ในการส่งที่มากที่สุดคือ 3.1 GHz – 10.6 GHz ซึ่งช่วงความถี่ Low Band ที่นำมาประยุกต์ใช้สำหรับ HDTV อยู่ที่ 3.1 GHz – 5.0 GHz
2. สามารถส่งผ่านข้อมูลได้มากถึง 110 Mbps ในระยะรัศมี 10 เมตร
3. สัญญาณสามารถทะลุทะลวงสิ่งกีดขวางได้
4. ลดปัญหาการเกิด Multipath และ Interference ในการส่งสัญญาณ
5. ใช้กำลังงานในการส่งที่ต่ำเพียง 10 nW
6. ราคาถูกกว่าระบบแบนด์แคบ (Narrow band)

ทศญี่ปุ่น

Network: WPAN)

ไทย นั่นก็คือ
ย่อว่า UWB ซึ่ง
โลยีโครงข่ายส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นโครงการนี้จะทำนำเอาข้อดีของ UWB มาประยุกต์ใช้ในการส่งสัญญาณใน HDTV หรือ High Definition Television

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาเทคโนโลยีของ Ultra Wideband และการประยุกต์ใช้สำหรับสัญญาณภาพ
2. ศึกษาเทคโนโลยีในการส่งผ่านของ HDTV
3. เพื่อออกแบบและจำลองรูปแบบของการวัดและการทดสอบการส่งผ่านของสัญญาณ แถบกว้างยิ่ง
4. หรับ HDTV
5. HDTV

1.3 ขอบเข

1. แถบกว้างยิ่ง
2. หรับประยุกต์ใช้
3. ของ HDTV



1.4 ขั้นตอน

1. ของ HDTV
2. ออกแบบ เมตริกเพื่อการวัดทดสอบ
3. วัดสัญญาณ
4. วิเคราะห์สัญญาณ
5. สัมมนาบทสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 กล่าวนำ

2.1.1 เทคโนโลยีระบบสื่อสารแถบความถี่กว้างยิ่ง

ระบบแถบกว้างยิ่ง ได้ถูกนำมาใช้กับโครงการที่เป็นความลับทางทหารสหรัฐอเมริกา ในช่วงปี ค.ศ.1960 – 1990 ซึ่งพบว่าเทคโนโลยีการสื่อสารแถบความถี่กว้างยิ่งนี้เหมาะที่จะนำไปใช้กับการสื่อสาร และในช่วงยุคนั้น การนำเทคโนโลยีการสื่อสารแถบความถี่กว้างยิ่งนี้มาใช้ในอเมริกา (Federal GHz – 10.6 GHz) มวลข่าวสารที่ถูกส่ง GHz และมีความถี่ที่ได้มีขนาดความถี่สื่อสารที่ เรดาร์เนื่องจากการ put) สูง, มีความถี่ ทำให้ได้รับความสนใจในการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการสื่อสารไร้สายต่างๆมากมาย โดยการสื่อสารแถบกว้างยิ่งนี้ นับได้ว่าเป็นวิวัฒนาการของระบบการสื่อสารไร้สาย ที่สามารถรับส่งข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลไปบนช่วงความถี่ที่กว้างมากและสามารถรับส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูง และประกอบกับการใช้กำลังงานในการส่งน้อย การสื่อสารแถบกว้างยิ่งนี้จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการสื่อสารไร้สายระยะใกล้และระยะไกลได้ตามความแรงของสัญญาณ ซึ่งสัญญาณของระบบสื่อสารแถบกว้างยิ่งนี้มีความแตกต่างกับระบบไร้สายที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน 2 ประการ คือ

1. ในระบบนี้จะส่งสัญญาณในลักษณะที่เป็นอิมพัลส์ โดยไม่มีการนำเอาสัญญาณข้อมูลไปทำการมอดูเลชันกับคลื่นพาห่ก่อนทำการส่งข่าวสาร ดังนั้นภาคส่งของระบบการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สื่อสารแบบความถี่กว้างยิ่งจึงไม่ต้องใช้อุปกรณ์มอดูเลตความถี่ (RF modulation) และ
เครื่องส่งที่มีกำลังมาก จึงเป็นการลดต้นทุนของระบบสื่อสาร

- ใช้แบนด์วิทในการส่งมากกว่าร้อยละ 25 ของแถบความถี่กลางหรือมีการใช้แถบ
ความถี่มากกว่า 1.5 GHz ซึ่งจะมีค่ามากกว่าแถบความถี่ของระบบการสื่อสารไร้สายที่
ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมาก หาได้จากสมการที่ 2.2

$$\%BW = \frac{2(f_H - f_L)}{f_H + f_L} \times 100\% \geq 20\% \quad (2.1)$$

(2.2)

(2.3)

โดยที่ BW f_H f_L f_c

ในร:

 (f_H) และควา

dB จากค่าที่มี



ระหว่างความถี่บน

ค่าที่ลดลงมา -10

ความถี่ที่ใช้ในการสื่อสารแบบแถบความถี่กว้างยิ่งที่ทาง FCC ได้อนุญาตให้ใช้ในระบบ
การสื่อสารนี้จะอยู่ในช่วง 3.1 GHz - 10.6 GHz และจากการที่ช่วงความถี่ที่ FCC กำหนดให้ใช้มี
ขนาดกว้างมาก ดังนั้นระบบการสื่อสารแบบแถบความถี่กว้างยิ่งจึงสามารถส่งผ่านข้อมูลข่าวสารใน
ระบบการสื่อสารได้เป็นจำนวนมาก โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างความจุของระบบสื่อสารกับแบน
วิดท์ที่ใช้ในระบบการสื่อสารนี้ สามารถแสดงได้ในสมการที่ 2.4

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โดยที่ C คือ ความจุช่องสัญญาณ มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps)
 B คือ แบนด์วิดธ์ของช่องสัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูล มีหน่วยเป็น (Hz)
 $\frac{S}{N}$ คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังของสัญญาณต่อกำลังของสัญญาณรบกวน

2.1.2 คุณลักษณะของระบบสื่อสารไร้สายแบบแถบความถี่กว้างยิ่ง

ระบบสื่อสารไร้สายแบบความถี่กว้างยิ่งนี้ เป็นเทคโนโลยีไร้สายที่มีความแตกต่างกับระบบการสื่อสารทางคลื่นวิทยุแบบอื่นๆ โดยจุดเด่นของระบบสื่อสารไร้สายแบบความถี่กว้างยิ่งนี้ก็คือ เป็นระบบสื่อสารที่ใช้กำลังส่งสูง (Powerful system) ในระบบความถี่สัญญาณเหมือนในระบบอื่นๆ ดังนั้นจึงทำให้มีครอบคลุมช่วงเมื่อสื่อสารไร้สายความเร็วในภาคได้ดีกว่าเทคโนโลยีความเร็ว 11C เมกะบิตต่อวินาทีในการรับส่งนำมาประยุกต์เป็นอย่างดี



นแบบพัลส์ (pulse) ิ่งแพร่กระจายคลื่น ทูธแล้วก็พบว่า การชมาก ทั้งในด้าน ผลิตผ่านสิ่งกีดขวาง รถส่งข้อมูลได้ด้วย นการรับส่งเพียง 1 ึก่กว้างยิ่งมีความเร็ว โลยีนี้จึงเหมาะที่จะ ในอาคารต่างๆ ได้

2.1.3 ข้อบังคับการใช้งานในสหรัฐอเมริกา

การสื่อสารไร้สายแบบความถี่กว้างยิ่งนี้จำเป็นต้องได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดและถูกห้ามนำมาใช้งานในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยมี 2 เหตุผล ที่ต้องเข้มงวดกับการสื่อสารไร้สายแบบความถี่กว้างยิ่งเพราะเทคโนโลยีนี้ถูกพัฒนาเพื่อใช้งานในหน่วยงานทหารของอเมริกันและระบบสื่อสารไร้สายแบบความถี่กว้างยิ่งนี้ใช้ช่องสัญญาณที่กว้างมากๆ ซึ่งทำให้หลายคนกลัวว่าจะไปรบกวนระบบสื่อสารที่ใช้ย่านความถี่ที่แคบๆ อย่างเช่นระบบของ Global Positioning System (GPS) และระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่อย่างไรก็ตามเมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2002 คณะกรรมาธิการการสื่อสารแห่งสหรัฐอเมริกาได้ออกกฏการใช้งานระบบ UWB ในอเมริกาและได้เผยแพร่ต่อสาธารณชนในวันที่ 22 เมษายน ค.ศ. 2002 แล้วซึ่งได้กำหนดเป็นมาตรฐาน IEEE 802.15.3a ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นใจใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยได้กำหนดสัญญาณแถบความถี่กว้างยั้งนี้ให้อยู่บนพื้นฐานอัตราส่วนแบนด์วิธของสัญญาณ โดยต้องมีค่ามากกว่าร้อยละ 25 ของแถบความถี่กลาง

นอกจากนี้ยังมีข้อกำหนดเรื่องกำลังในกรแพร่กระจายคลื่น (Effective Isotropic Radiated Power: EIRP) ไว้อีกโดย FCC เป็นองค์กรที่กำหนดควบคุมไม่ให้มีกำลังในการส่งไม่ให้เกินที่กำหนดไว้ คือ -41.3 dBm/MHz ซึ่งถ้าหากมีการส่งกำลังมากกว่าที่กำหนดอาจจะไปรบกวนการสื่อสารระบบอื่นซึ่งแบ่งเป็นภายในอาคารและภายนอกอาคารซึ่งแสดงดังตารางต่อไปนี้

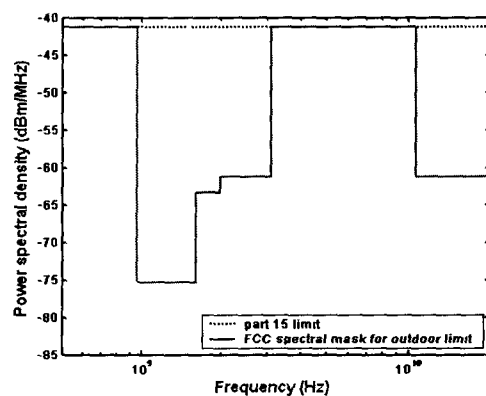
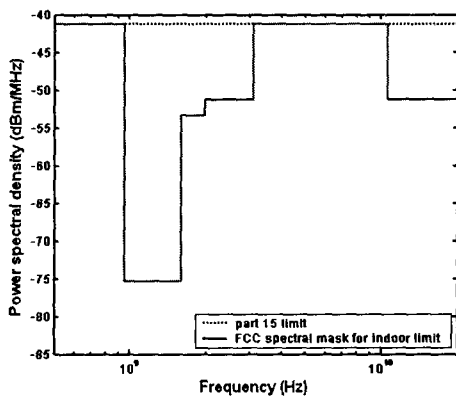
ตารางที่ 2.1 ข้อกำหนดระหว่างระดับพลังงานกับย่านความถี่กำหนดโดย FCC

ช่วงคว	อาคาร (dBm)
960	-75.3
161	-63.3
199	-61.3
3100	-41.3
มากกว่า	-61.3



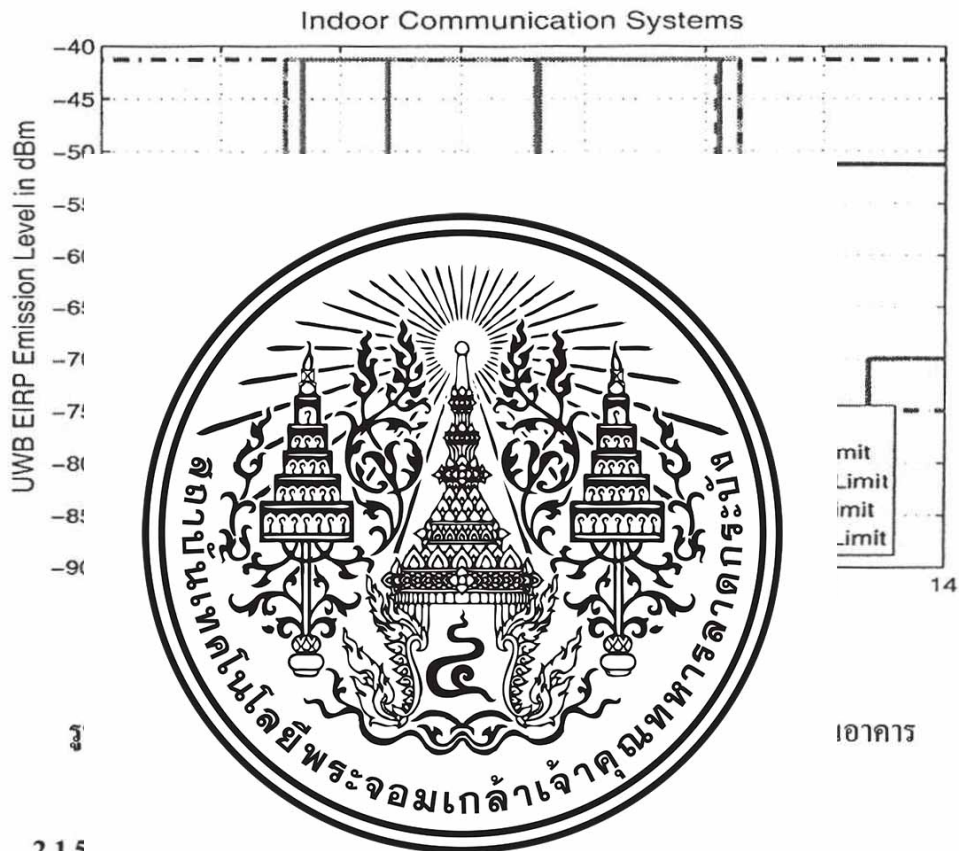
2.1.4
ข้อกำหนด
อุปกรณ์การดี
ของสเปกตรัม

ม
ที่ใช้ในภาคส่งของ
รกระจายกำลังงาน



เอกสารนี้เป็น **รูปที่ 2.1** ระดับจำกัดการแพร่กระจายกำลังงานของสเปกตรัมที่ใช้ภายในและภายนอกอาคาร การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 ข้อกำหนดที่มีต่อการแพร่กระจายกำลังงานของสเปกตรัมที่ใช้ในภาคส่งของอุปกรณ์การสื่อสารต่างๆสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 2.2 เป็นรูประดับจำกัดการแพร่กระจายกำลังงานของสเปกตรัมและช่วงความถี่ของ Low band ที่ความถี่ 3.1 – 4.8 GHz และช่วงความถี่ของ High Band ที่ความถี่ 7.2 – 10.2 GHz ที่ใช้ภายในอาคาร



2.1.5

ปัจจุบัน เทรนด์ของขงอกเทคโนโลยีระบบแบบเดิมที่รวมกันของเทคโนโลยีอยู่ในช่วงรอข้อมูลเทคนิคที่เกี่ยวกับผลกระทบของระบบแถบความถี่กว้างยิ่งบนระบบเดิมที่มีใช้กันอยู่ตอนนี้ โดยทางยุโรปนั้น บางส่วนของข้อกำหนดจะรัดกุมกว่าของสหรัฐอเมริกา เพราะทางด้านยุโรปนั้น ในส่วนของเทคโนโลยีใหม่ต้องแสดงให้เห็นว่าส่งผลกระทบต่อระบบเดิมหรือไม่ส่งผลกระทบต่อระบบเดิมที่มีอยู่ โดยข้อกำหนดการแพร่กระจายกำลังงานการใช้งานทั้งภายในและภายนอกอาคารกำหนดโดย ITU แสดงในตารางด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ข้อกำหนดระหว่างระดับพลังงานกับย่านความถี่กำหนดโดย ITU

สถานที่	ความถี่ (GHz)		
	ความถี่ 3.1	ความถี่อยู่ระหว่าง 3.1 – 10.6	ความถี่มากกว่า 10.6
ภายในอาคาร	$-51.3+87\log(f/3.1)$	-41.3	$-51.3+87\log(10.6/f)$
ภายนอกอาคาร	$-61.3+87\log(f/3.1)$	-41.3	$-61.3+87\log(10.6/f)$

2.1.6 การรับเทคโนโลยีการสื่อสารแบบความถี่ข้างเคียง

การ
ในพื้นที่ระยะ
รัศมีสั้นๆ ก็
บุคคลไปยัง
ด้วยความเร็ว

ตารางที่ 2.3



ไร้สายความเร็วสูง
การส่งสัญญาณใน
คอมพิวเตอร์ส่วน
การส่งไฟล์วิดีโอ

ฯ

Broadband access	1-10Mbps
Video conference	1-2Mbps
TV as a terminal	2-5Mbps
CD player (stereo)	1.4Mbps
Computer network	1-10Mbps
Telephone	8-64kbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ประเภทของการใช้งานที่ได้รับอนุมัติโดย FCC

การประยุกต์การใช้งาน	แถบความถี่ที่ใช้งาน
ระบบการสื่อสารและระบบการวัด	3.1-10.6GHz
ระบบการสร้างภาพและเรดาร์ทะลุพื้น	< 960MHz หรือ 3.1-10.6 GHz
ระบบทะลุกำแพง	< 960MHz หรือ 1.99 -10.6 GHz
ระบบระแวดระวังภัย	1.99 -10.6 GHz

นอกจาก
ส่วนบุคคลที่
ไหนด้อยๆ
ช่องสัญญาณ
จำเป็นต้องมี
เป็นส่วนป้อง
สูญเสียไปทุก
โครง
อุปกรณ์สื่อสาร
ภายในระยะ
Peer) และใช้
สาย หรือใช้สายเคเบตท เด



ร่างพื้นที่โครงข่าย
เคลื่อนที่ไปไหนมา
ความขาดแคลน
ความถี่ในปัจจุบัน
ช่วงหนึ่งทำหน้าที่
วิช่วงความถี่ที่ต้อง

ความหนาแน่นของ
เร็ว 100-150 Mb/s
ทูเพียร์ (Peer-To-
ซึ่งจะเป็นแบบไร้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 High Definition Television (HDTV)

2.2.1 คำนำ

HDTV ย่อมาจากคำว่า High Definition Television แปลเป็นภาษาไทยได้ว่า "โทรทัศน์ความคมชัดสูง หรือ โทรทัศน์รายละเอียดสูง" ซึ่ง HDTV เป็นรูปแบบของระบบดิจิทัล Digital ที่ดีกว่าโทรทัศน์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน (NTSC, SECAM, PAL) ซึ่งเป็นระบบ Analog ดังนั้น HDTV จึงเป็นโทรทัศน์มีคุณภาพทั้งภาพและเสียงสูงกว่าโทรทัศน์ทั่วไป มีระดับความคมชัดสูงสุด ระบบเสียงเป็นแบบรอบทิศทาง เหมือนกับการรับชมภาพจากจอภาพยนตร์ ที่ผู้ชมจะได้รับชมภาพที่สมจริงมากยิ่งขึ้น

NTS
อิเล็กทรอนิกส์
วินาที มีสี
จอคอมพิวเต
PAL
อัตรา 25 เฟ
อัตรารีเฟรช
ไทย
SECAM (Se
819 เส้น ด้วย
ตะวันออกกล
สัญญาณ



ข้อมูลแบบสัญญาณ
อัตรา 30 เฟรมต่อ
interlaced) ขณะที่
ญี่ปุ่น
เส้นต่อเฟรม ด้วย
แต่จะแสดงภาพใน
กาใต้ และประเทศ
การสร้างภาพเป็น
โรปตะวันออกและ

- จี.....
- Progressive scan หรือ Interlace
- จำนวน frame หรือ field ต่อวินาที

2.2.2 หลักการทำงานของ HDTV

แยกเป็น 2 ส่วน คือ กระบวนการเกิดภาพ และกระบวนการเกิดเสียง

- **กระบวนการเกิดภาพ** : สัญญาณดิจิทัลที่ถูกส่งเข้าเครื่องรับโทรทัศน์จะผ่านกระบวนการบีบอัดข้อมูลสัญญาณดิจิทัล โดยใช้ MPEG-2 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์การบีบอัด (compression software) ถอดรหัสเป็น การ์ด (CARD) แสดงผลสัญญาณภาพ และจะถูกส่งไปยังหลอดภาพที่ทำหน้าที่ยิงลำแสงออกมาด้วยความถี่ที่เพิ่มมากขึ้นมายังจอโทรทัศน์ที่มีความกว้าง (อัตราส่วนของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จอภาพ 16:9) ขึ้นจึงทำให้เกิดจุดภาพ [PIXEL] บนจอโทรทัศน์มากขึ้น ภาพที่ได้จึงมีความละเอียดคมชัดต่อเนื่อง ไร้อาการกระพริบของสัญญาณภาพ โดยลักษณะการยิงลำแสง (หรือเรียกว่า การเขียนภาพบนจอโทรทัศน์) มี 2 รูปแบบคือ

<# 1080i - 1920x1080 pixels interlaced

<# 720p - 1280x720 pixels progressive

Interlaced : การยิงลำแสงไปยังจอภาพ โดยการ scan ลำแสงให้เป็นเส้น เริ่มจากด้านบน จากซ้ายมาขวา ลักษณะเป็นเส้นเว้นเส้น มาจนสุดจอด้านล่าง [เรียกว่า 1 field] ดังนั้นการที่จะเกิดภาพบนจอนี้

scan รูปแบบ

Prog

จากซ้ายไปขวา

การ scan รูปแบบ

สี่ที่เร

อยู่ มี 3 สี คือ

แสง ก็จะเกิด

ความละเอียด

(SD = Standard



ls = 1 frame] การ

จากด้านบนจอ

[field = 1 frame]

(SCREEN) ฉาบ

ปไว้ด้วยสารเรือง

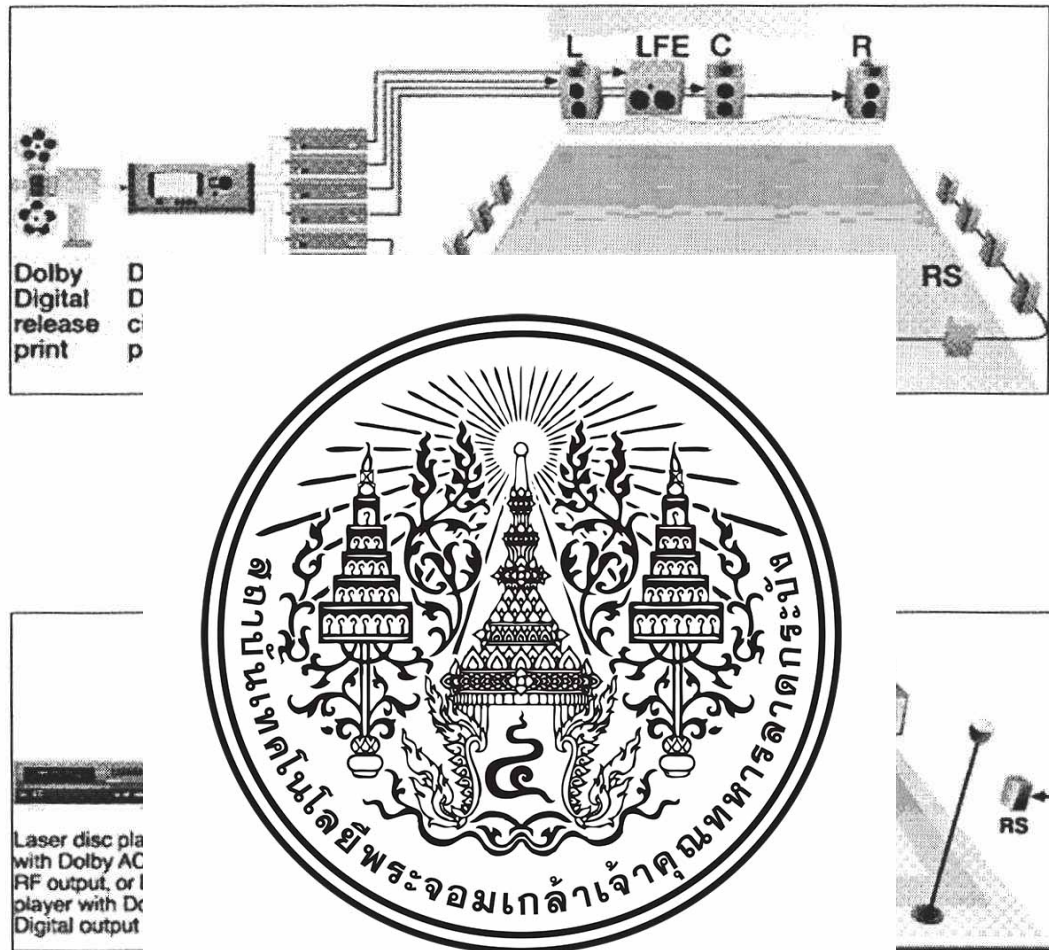
)

1080i - 1920 x 1080 (interlace - NTSC - HD)

1080p - 1920 x 1080 (progressive - NTSC - HD)

นอกจากนี้ก็จะมีความละเอียดแบบอื่นๆ สำหรับระบบภาพแบบ PAL เช่น 525i, 525p, 576i, 576p, 625p, 750p, 1125i และอาจจะมีความละเอียดภาพสำหรับงานเฉพาะด้านอื่นๆอีก

- กระบวนการเกิดเสียง: HDTV ใช้ระบบ DOLBY DIGITAL (AC-3) channel 5.1 ซึ่งเป็นระบบเสียงแบบรอบทิศทาง ที่ใช้กันอยู่ในโรงภาพยนตร์ชั้นนำทั่วไป

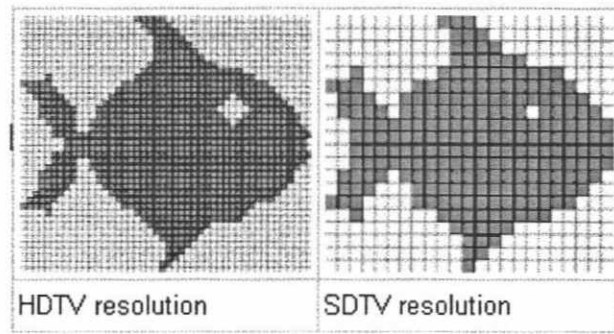


รูปที่ 2.4 ระบบเสียงในบ้าน ระบบ HDTV

2.2.3 เปรียบเทียบระหว่าง HDTV และ SDTV

HDTV มีมิติที่เส้นอย่างน้อย 2 เท่าของโทรทัศน์สัญญาณความคมชัดระดับมาตรฐาน (SDTV) ยิ่งกว่านั้นมาตรฐานทางเทคนิคเพื่อแพร่ภาพ HDTV สามารถจัดการภาพลักษณะอัตราส่วน 16:9 โดยปราศจากการใช้เลทเทอร์บ็อกซึ่ง แบบยืดหยุ่น หรือ อนา โมบิก ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพการแก้ไขปัญหาให้มากขึ้นสำหรับแต่ละเนื้อหาที่เพิ่มเข้ามาด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ภาพเปรียบเทียบระหว่าง HDTV และ SDTV

2.3 Orthog

2.3.1

OFI

แบบหลายคลื่น
 นั่นเอง (ใน
 ระบบสื่อสาร
 LAN แบบไร้
 internet) ระ
 กระจายสัญญาณ
 เนื้อ
 อันมีสาเหตุ
 คลื่นหลายวิธี



เทคนิคการมอดูเลชัน
 รสื่อสารแบบขนาน
 านเพื่อใช้งานสำหรับ
 ุดสูงๆ เช่น ระบบ
 ireless High speed
 DAB และระบบ
 สัญญาณ (Fading)
 ation) นอกจากนั้น
 mbol Interference)

หรือ ISI ของสัญญาณข้อมูลชนิดที่เครื่องรับอีกด้วย ซึ่งถ้าเป็นระบบการมอดูเลตและส่งสัญญาณแบบ
 เก้า (การส่งข้อมูลแบบอนุกรม) จะแก้ไขปัญหาลำเนานี้ได้ค่อนข้างยาก โดยเฉพาะเมื่อเป็นการ
 สื่อสารที่มีอัตราการส่งข้อมูลสูง แต่สำหรับ OFDM แล้ว ปัญหาลำเนาสามารถแก้ไขได้ง่ายกว่าและ
 ยังสามารถส่งข้อมูลที่มีอัตราสูงได้อย่างสบาย เนื่องจากในระบบ OFDM ข้อมูลที่เป็นอนุกรม
 ความเร็วสูงจะถูกแปลงให้เป็นข้อมูลแบบขนานความเร็วต่ำเสียก่อน แล้วจึงค่อยส่งออกไปยัง
 เครื่องรับพร้อมๆกัน ซึ่งสามารถลดปัญหาลำเนาได้

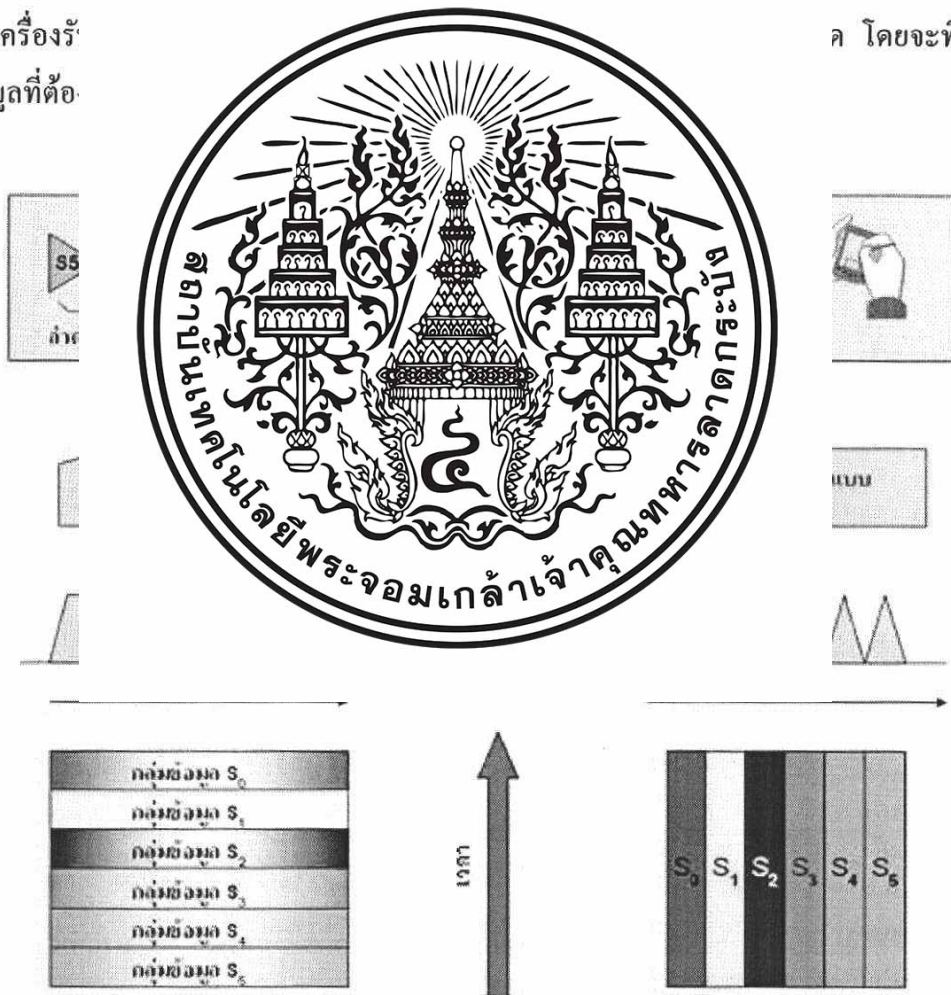
เทคโนโลยี OFDM แม้จะเป็นหนึ่งในมาตรฐานทางเทคนิคที่แตกแขนงออกมาจาก
 เทคโนโลยี สเปคตสเปคตรัม (Spread Spectrum) ก็ตาม แต่ก็ถือว่ามีารรับส่งข้อมูลแบบ Multiple
 Carrier Mode ซึ่งหมายถึงการแบ่งย่อยแถบความถี่ออกเป็นแถบย่อย ๆ สำหรับแยกส่งข้อมูลหลาย ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อง แตกต่างจากมาตรฐาน Spread Spectrum ทั่วไปที่ใช้แถบความถี่เดียวสำหรับรับส่งข้อมูลช่องเดียว ความแตกต่างและข้อเด่นของเทคโนโลยี OFDM มีแสดงในรูปที่ 2.7 แนวคิดในการสื่อสารแบบ Spread Spectrum ตั้งอยู่บนพื้นฐานที่ว่าให้นำข้อมูลที่ต้องการส่งทั้งหมด ไม่ว่าจะมาจากแหล่งก็ตาม มาทำการมอดูเลตเข้ากับสัญญาณรบกวนเสมือน (Pseudo Noise) แล้วทำการส่งแบบให้กระจายไปทั่วในแถบความถี่สำหรับรับส่ง ตัวอย่างเช่น ในกรณีของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G มาตรฐาน

W-CDMA ซึ่งมีการกำหนดแถบความถี่กว้าง 5 เมกะเฮิรตซ์สำหรับวงจรความถี่หนึ่งช่อง ข้อมูลของผู้ใช้งานทั้งหมด จะถูกนำมามอดูเลตกับสัญญาณรบกวนเสมือนแล้วกระจายส่งไปตลอดแถบความถี่ 5 กว้าง เครื่องรับจับข้อมูลที่ต่อ

จะกระจายออกไปในวง
ค โดยจะพิจารณา



รูปที่ 2.6 ความแตกต่างระหว่างการสื่อสารแบบ Spread Spectrum กับ OFDM

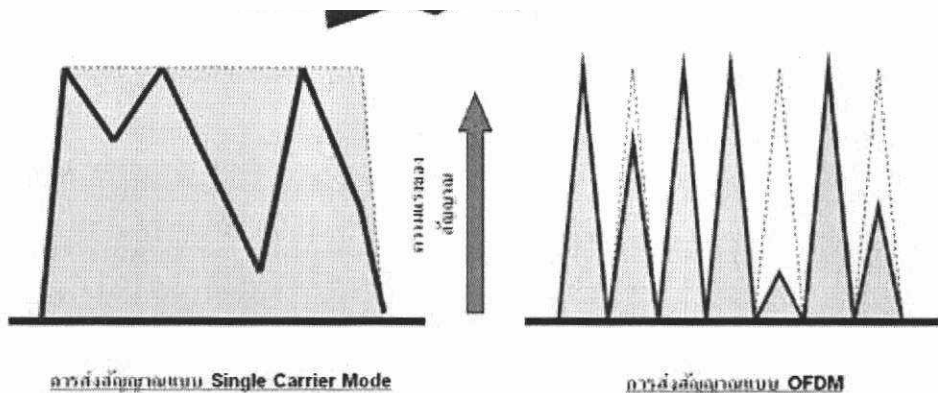
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการรับส่งข้อมูลด้วยเทคโนโลยี OFDM จะมีข้อแตกต่างออกไป โดยก่อนส่ง จะทำการแบ่งแยกแถบความถี่ออกเป็นแถบความถี่ย่อย ๆ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ต้องการจะส่งมาทำการเรียงลำดับเป็นกลุ่มรหัสข้อมูล (Symbol) โดยเนื้อหาข้อมูลที่อยู่ภายในแต่ละกลุ่มรหัสข้อมูลนั้นไม่จำเป็นว่าจะต้องเป็นข้อมูลของผู้ใช้บริการรายเดียวกัน เปรียบเสมือนการดักน้ำที่ปลายท่อ ซึ่งต้นทางอาจมีการเก็บสะสมน้ำสีต่าง ๆ จากหลากหลายท่อย่อยที่เทรวมกันมา อธิบายให้ง่ายเข้าก็คือเป็นการเพิ่มเงื่อนไขในการทำงานขึ้นจากมาตรฐาน Spread Spectrum แทนที่จะส่งข้อมูลออกไปในแถบความถี่กว้าง ก็ให้นำข้อมูลมาจัดเป็นกลุ่มรหัสข้อมูลเสียก่อนนั่นเอง กลุ่มรหัสข้อมูลแต่ละกลุ่มจะถูกนำไปส่งออกอากาศโดยมีการกำหนดแบ่งแยกแถบความถี่ออกเป็นแถบย่อย ๆ มีจำนวนแถบเท่ากับกลุ่มรหัสข้อมูลที่กำหนดของ

กลุ่มส่งขนาม Spectrum ที่พบว่ามีการส่งกลุ่มกรอบออกจากเป็นทอด ๆ หรือ



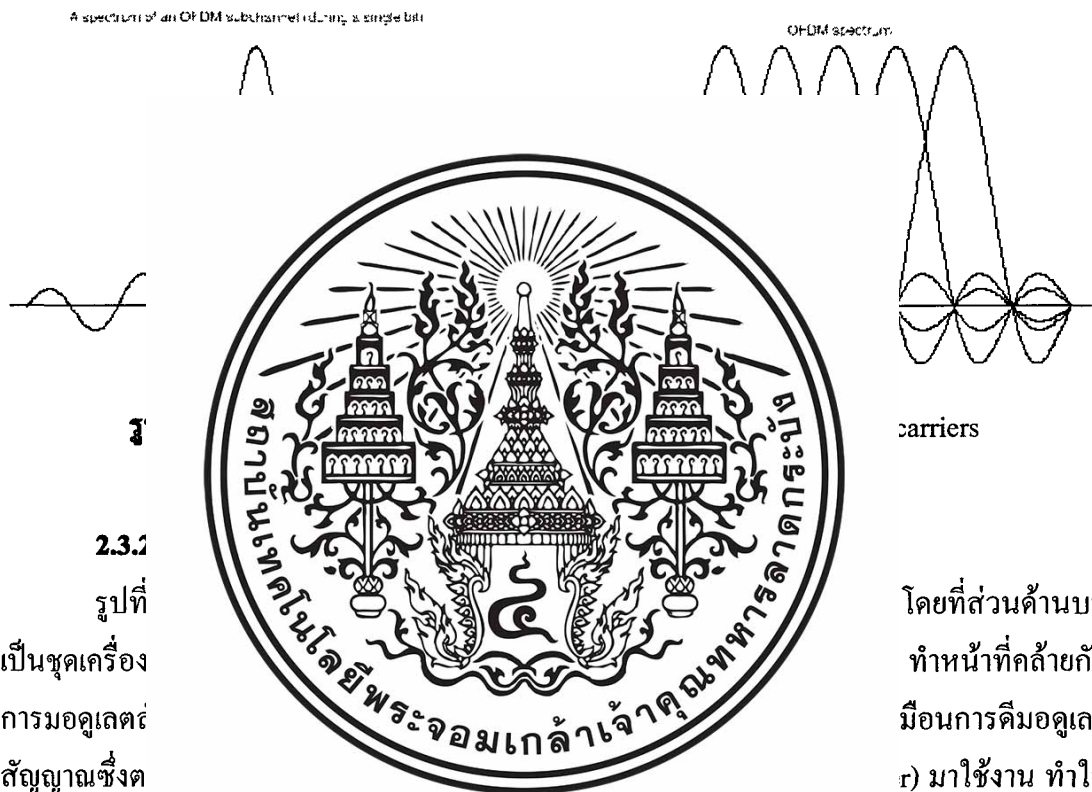
ถี่ย่อยนั้นก็แล้วแต่ขย ๆ แล้วให้แต่ละมาตรฐาน Spread น ก็จะเห็นราวกับับเป็นการคิดนอกที่จะเป็นการส่งต่อ



รูปที่ 2.7 OFDM เปรียบเทียบกับการสื่อสารแบบ Spread Spectrum ชนิด Single Carrier Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของ OFDM คือสามารถใช้งานแถบความถี่ในระบบที่เคยใช้สัญญาณคลื่นพาห์เดี่ยวได้
 อย่างเต็มประสิทธิภาพ (spectral efficiency) สามารถป้องกันผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของ
 สัญญาณหลายเส้นทาง (immunity to multi-path) และมีความไวต่ำต่อการเลื่อนหายไปของความถี่ที่
 เล็ก (less sensitivity selective fading)



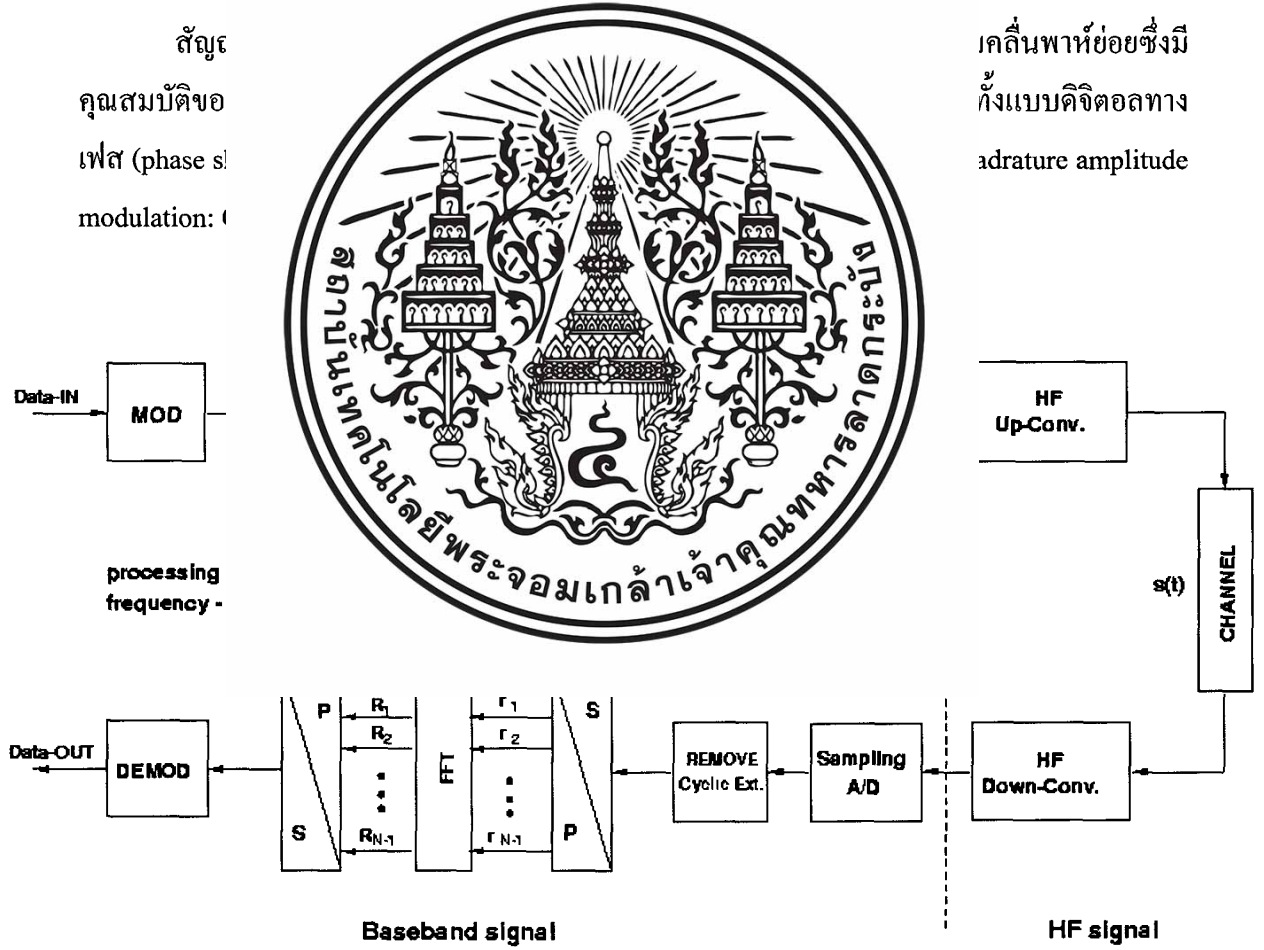
รูปที่เป็นชุดเครื่อง

โดยที่ส่วนด้านบน
 ทำหน้าที่คล้ายกับ
 มือนการคีมอดูเลต
 r) มาใช้งาน ทำให้

ในส่วนของด้านเครื่องส่ง สัญญาณอินพุตที่มีความเร็วสูงและมีแบนด์วิธกว้างจะถูกแบ่ง
 ออกตามจำนวนของชุดข้อมูล (Data streams) ที่มีความเร็วต่ำและมีแบนด์วิธที่ค่อนข้างแคบ โดย
 นำไปเข้ารหัส (coding) และทำการวางสลับ (interleaving) รวมถึงการจัดวางรูปแบบการมอดูเลต
 (mapping) และมีการเพิ่มเติมในส่วนของสัญญาณ ซึ่งถูกใช้ในการซิงโครไนซ์ระหว่างเครื่องส่งและ
 เครื่องรับ ในส่วนของ IFFT จะทำหน้าที่แปลง

2.3.3 หลักการและโครงสร้างของ OFDM

หลักการพื้นฐานของ OFDM คือแบ่งแยกชุดสัญญาณข้อมูลความเร็วสูงให้อยู่ในรูปชุดข้อมูลความเร็วต่ำ ซึ่งจะส่งผ่านสัญญาณข้อมูลพร้อมๆกันตามจำนวนของคลื่นพาห่อย่อย โดยจำนวนของคลื่นพาห่อย่อยเหล่านี้เกี่ยวข้องกับกระจายตสมความถี่ ในรูปของเวลาซึ่งเป็นเหตุทำให้การประวิงเวลาแบบหลายวิธีมีค่าลดลง เพราะว่าช่วงเวลาของสัญญาณมีค่าเพิ่มขึ้นสำหรับคลื่นพาห่อย่อยที่ส่งแบบขนานนั่นเอง โดยในส่วนปัญหาที่เกิดขึ้นของการแทรกสอดระหว่างสัญญาณนั้นได้ถูกจัดการอย่างสมบูรณ์แบบที่สุด โดยการนำช่วงเวลาคูม (guard time) มาใช้งานในทุกๆ ช่วงเวลาสัญญาณ OFDM ซึ่งในช่วงเวลาคูมนี้จะมีการนำส่วนขยายแบบวน (cyclic extension) มาใช้จำกัดการแทรกสอด



รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมองค์ประกอบของ OFDM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติการตั้งฉากซึ่งกันและกันของแต่ละคลื่นพหุย่อย กล่าวคือค่าสูงสุดของคลื่นพหุย่อย สเปกตรัมของคลื่นพหุย่อยอื่นๆ จะมีค่าเป็นศูนย์เสมอ ซึ่งผลลัพธ์นี้จะทำให้ไม่เกิดการรบกวนซึ่งกันและกันของคลื่นพหุย่อยที่ติดกันนั่นเอง ฉะนั้นจึงยอมรับให้มีการเหลื่อมล้ำกันได้ และในการมอดูเลตสัญญาณในแต่ละคลื่นพหุย่อยนั้นเครื่องรับจะเลือกสเปกตรัมที่จุดเหล่านั้น ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของแต่ละคลื่นพหุย่อย ซึ่งปราศจากสัญญาณรบกวนจากคลื่นพหุย่อยอื่นๆ และคุณสมบัติดังกล่าวนี้เองทำให้เกิดเทคนิคการส่งผ่านสัญญาณแบบ OFDM ขึ้นมา ซึ่งการสร้างสัญญาณ OFDM ให้ผลสำเร็จได้นั้นจะต้องมีการระมัดระวังควบคุม และดูแลรักษาคุณสมบัติการตั้งฉากซึ่งกันและกันของแต่ละคลื่นพหุย่อยไว้ให้ได้เสมอ มิฉะนั้นอาจส่งผลทำให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นระหว่าง

คลื่นพหุย่อย
เร็ว (Fast Fc
เนื่องจากรูปแ
N_uQAM จาก
วิธีการนี้จะช้
ตัว F
ด้วย ทฤษฎีกร
Transform :]
หาค่าองค์ประ
สื่อสาร จากค
เหตุที่สัญญาณ
ของสัญญาณ
(Fast Fourier



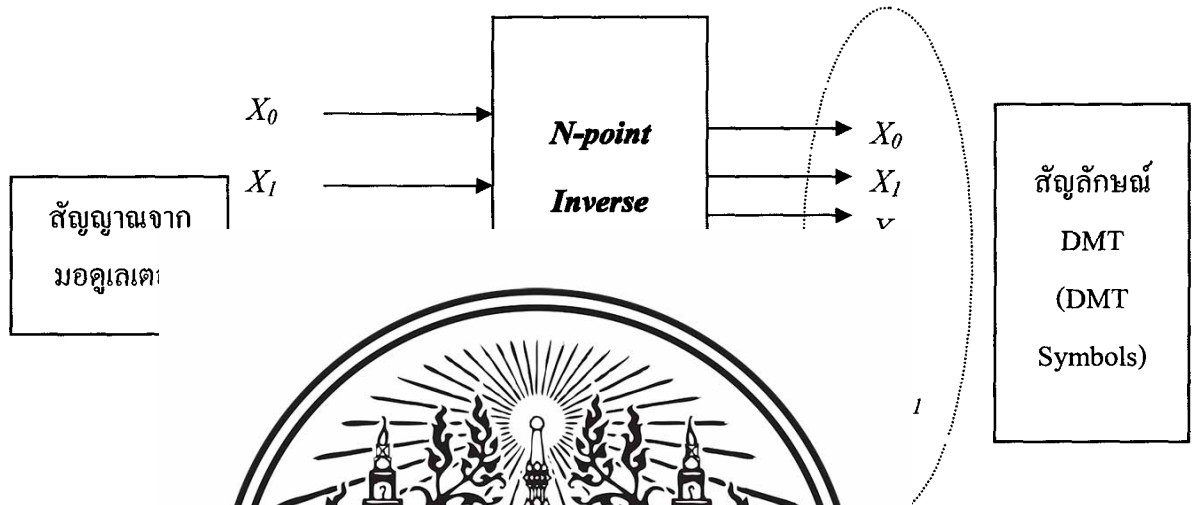
รีแปลงฟูริเยร์แบบ
เครื่องรับตามลำดับ
งสัญญาณอินพุต
IFFT นั้นเอง โดย
และแบบย้อนกลับ
บเร็ว (Inverse Fast
ยร์ จะหมายถึงการ
จะส่งผ่านช่องการ
QAM มอดูเลเตอร์
ญาณสุ่ม (Sample)
แปลงฟูริเยร์แบบเร็ว
ฐานในโดเมนเวลา

นั้น กลับไปเป็นสัญญาณใน โดเมนความถี่ เพื่อนเป็นสัญญาณอินพุต ให้กับ QAM demodulator

เมื่อลำดับสัญญาณจาก QAM modulator ถูกนำเข้าตัวแปลงอนุกรม/ขนาน (S/P) สัญญาณก็จะเรียงลำดับออกเป็น N สัญญาณคือ X_1 ถึง X_N ซึ่งจะถูกนับเป็นค่าสัมประสิทธิ์เชิงซ้อน (complex coefficients) ของการแปลง IFFT เพื่อการมอดูเลตกับคลื่นพหุย่อยจำนวน N คลื่นพหุ ซึ่งสัญญาณเอ๊าท์พุทของการแปลง IFFT ก็คือ สัญญาณในเชิง โดเมนเวลา (ซึ่งจะถูกส่งไปยังเครื่องรับผ่านช่องการสื่อสาร ซึ่งก็คือคู่สายโทรศัพท์)

เราใช้สัญญาณ $2N$ สัญญาณ X_1 ถึง X_{2N} เป็นสัญญาณสมมาตร โดยใช้สัญญาณเชิงซ้อนจำนวน N สัญญาณคือ X_0 ถึง X_{N-1} รวมกับสัญญาณ N ที่ได้จากการทำคอนจูเกตเชิงซ้อน (complex conjugate) กับ X_0 ถึง X_{N-1} ซึ่งได้เป็น X_1 ถึง X_N สัญญาณทาง โดเมนเวลา ที่เป็นเอ๊าท์พุทของ IFFT นี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่าเป็นสัญญาณ DMT (DMT symbol) ซึ่งจำนวน $2N$ สัญลักษณ์ การเลือกให้สัญญาณเชิงซ้อน มีลักษณะเป็นสมมาตรเช่นนี้จะทำให้ได้สัญญาณ X_0 ถึง X_{N-1} ที่เป็นสัญญาณจริง (real signal) ใน โดเมนเวลา



รูปที่ 2.10 สัญญาณ
โดเมนเวลา

มีทฤษฎีที่ใช้
 iD

ได้เป็นสัญญาณจริง

(2.5)

$$DFTX_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-2\pi i \frac{n}{N} k} \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2.6)$$

โดย X_k เป็น QPSK signal จำนวน carrier
N เป็นจำนวน Frame (2^m)

ในการหาส่วนต่างๆ หาได้ดังนี้

$$X_k = a_k + ib_k \quad (2.7)$$

$$e^{\frac{2\pi i}{N}kn} = \cos(2\pi \frac{k}{N}n) + i \sin(2\pi \frac{k}{N}n) \quad (2.8)$$

$$X_k = a_k \cos(2\pi i \frac{kn}{N}) + ib_k \sin(2\pi i \frac{kn}{N}) \quad (2.7)$$

จากสมการจะเห็นได้ว่ามีค่าที่เป็นจริง และจินตภาพอยู่ ในการมอดูเลชันจะใช้ค่าทั้งคู่ในการคำนวณ

2.4 การนำเข้

ในก
ความปลอดภัย
ทำงานวิจัยนี้

รหัสแบบ:
รหัส
(Symbol) ทำ
ของข้อมูลเริ่ม
สำหรับทุกแ
ผิดพลาดที่สา



กันทั้งสิ้น เพื่อ
มากมาย ในการ

ในส่วนสัญลักษณ์
จำนวนสัญลักษณ์
บล็อกการเข้ารหัส
ือสัญลักษณ์ความ
rity)

Data (223 bytes)	Parity (255-223=23 bytes)
-------------------------	----------------------------------

รูปที่ 2.11 Reed-Solomon codes

สำหรับรหัส R-S นี้มีระยะห่าง (Distance) ระหว่าง 2 Codeword จะกำหนดที่จำนวนสัญลักษณ์ที่แตกต่างในลำดับ จะได้ระยะห่างต่ำสุด (Minimum Distance) เป็น $d_{min} = n-k+1$ รหัสเหมาะแก่การตรวจแก้ไขความผิดพลาดเท่ากับ t หรือข้อผิดพลาดที่น้อยกว่า t สามารถแสดงดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

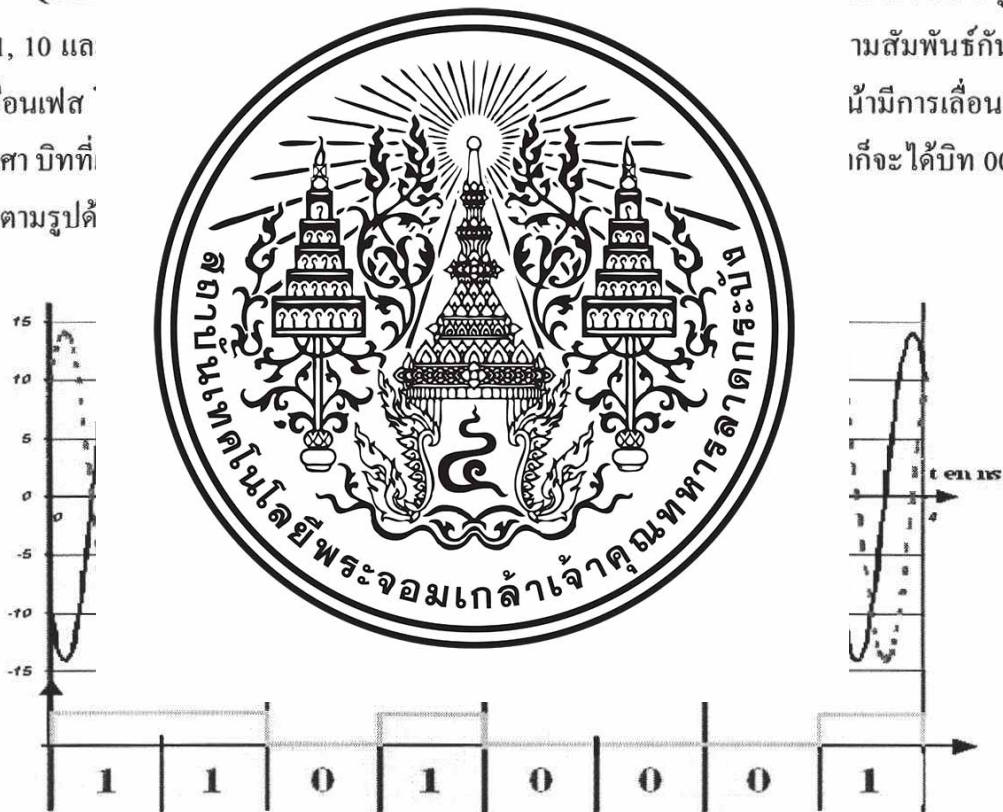
$$t = \left\lceil \frac{d \min - 1}{2} \right\rceil = \left\lceil \frac{n - k}{2} \right\rceil \quad (2.8)$$

2.5 Adaptive Modulation (QPSK)

เทคนิคการมอดูเลชันที่ใช้อยู่ในการสื่อสารแบบต่างๆประกอบไปด้วยแบบ quadrature phase shift keying (QPSK) การมอดูเลทแบบที่กล่าวมานี้ สามารถแสดงให้เห็นถึงหลักการได้ และการมอดูเลชันนี้จะมีคุณสมบัติ เช่น ทนต่อสัญญาณรบกวนได้สูง สามารถเพิ่มความจุและความเร็วในการส่งข้อมูลในระบบเครือข่ายไร้สายได้

QPSK
00, 01, 10 และ
การเลื่อนเฟส
90 องศา บิตที่
แสดงตามรูปคือ

รวมรหัส 4 คู่ คือ
สัมพันธ์กันกับ
น้ำมีการเลื่อนเฟส
ก็จะได้บิต 00 ดัง



รูปที่ 2.12 แสดงการเลื่อนของเฟส QPSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 บิตสัญลักษณ์ต่อการเลื่อนเฟส QPSK

Symbol	Phase Shift
00	0 degrees
01	90 degrees
11	180 degrees
10	270 degrees

2.6 สัญญาณ

สัญญาณ
ไม่ได้ ทั้งนี้
ทรานซิสเตอร์
สัญญาณรบกวน

2.6.1

สัญญาณ
ฟังก์ชันความ



ขึ้นอย่างหลีกเลี่ยง
ความต้านทาน
ทั้งสิ้น นอกจากนี้

แอมพลิจูดที่มี

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} \quad (2.17)$$

และมีฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น คือ

$$\begin{aligned} F_x(x) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{(\lambda-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} d\lambda \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \int_{-\infty}^{\frac{(x-\bar{x})}{\sigma}} e^{-\frac{\lambda^2}{2}} d\lambda \end{aligned} \quad (2.18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ช่องสัญญาณหลายวิถี (multi-path channel)

ช่องสัญญาณในระบบการสื่อสารไร้สาย จะใช้อากาศเป็นช่องสัญญาณ ดังนั้น ผลตอบสนองของช่องสัญญาณจึงไม่คงที่ เนื่องจากหลายๆ ปัจจัย ไม่ว่าจะเป็นสภาพอากาศ ระยะทางระหว่างเครื่องส่งกับเครื่องรับ สภาพแวดล้อมรอบๆ ระบบการสื่อสาร การสูญเสียทางด้านต่างๆ เช่น การสูญเสียของพลังงานเนื่องจากระยะทาง การสูญเสียที่เกิดจากการสะท้อน การจางหาย การหักเห การเลี้ยวเบน การดูดกลืน หรือการสูญเสียเนื่องจากผลกระทบของร่างกายมนุษย์ ฯลฯ ดังนั้นช่องสัญญาณที่ใช้งานจึงประกอบด้วยสัญญาณจากหลายทิศทาง หรืออาจเรียกได้ว่า ช่องสัญญาณหลายวิถี ซึ่งปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อช่องสัญญาณ สามารถกล่าวได้ดังนี้

2.6.2.1 คุณสม

2.6.2

การร
ซึ่งคลื่นที่สะท้อน
รังสีสะท้อน



มาในตัวกลางเดิม
คือ รังสีตกกระทบ

2.6.2

การร
มากกว่า 1 ด้
เดิมแต่ละหัก
หนาแน่นของ

ล้อนที่ผ่านตัวกลาง
กลับไปยังตัวกลาง
ขึ้นอยู่กับความ

2.6.2

การเลี้ยวเบนจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ คลื่นที่ส่งออกไปจากเครื่องส่งกระทบกับขอบของวัตถุหรือ สิ่งกีดขวาง ทำให้สัญญาณเลี้ยวเบนออกไปจากเส้นทางเดิม เป็นผลให้เครื่องรับไม่สามารถรับ คลื่นสัญญาณได้แม้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน หรือเครื่องรับสามารถรับคลื่นสัญญาณได้แม้ไม่ได้อยู่ใน เส้นทางเดียวกัน แต่แอมพลิจูดของคลื่นสัญญาณที่รับ ได้จะลดทอนลงจากที่ควรจะเป็น

2.6.2.1.4 การดูดกลืน (Absorption)

การดูดกลืนก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งของการลดทอนแอมพลิจูดของสัญญาณซึ่งการดูดกลืนมี หลายลักษณะ ไม่ว่าจะเป็นการดูดกลืนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานจากพลังงานความถี่เป็น พลังงานไฟฟ้า หรือจะเป็นการดูดกลืนสัญญาณจากวัตถุที่อยู่รอบๆ ระบบการสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.2 การสูญเสียจากร่างกายมนุษย์

ร่างกายมนุษย์เปรียบเสมือนวัตถุชิ้นหนึ่งที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ซึ่งการเคลื่อนที่ได้นี้เองทำให้ลักษณะของการสื่อสาร ไร้สายที่เครื่องรับและเครื่องส่งไม่มีการเคลื่อนที่ เปลี่ยนเป็นการสื่อสารเคลื่อนที่ และยังทำให้ผลตอบแทนของสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงที่เลวร้ายกว่า ไม่มีผลกระทบจากร่างกายมนุษย์ เนื่องจากร่างกายมนุษย์เปรียบเสมือนวัตถุหลายๆ ชนิด หลายชิ้นมาประกอบรวมกัน การที่กล่าวเช่นนี้เพราะ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน ค่าการหักเห สภาพยอมทางไฟฟ้า และอื่นๆ ในแต่ละส่วนของร่างกายมนุษย์มีไม่เท่ากัน ทำให้เมื่อคลื่นเดินทางผ่านร่างกายมนุษย์แล้ว

ผลตอบแทน

งั้นผลตอบแทน

สัญญาณเมื่อ

งที่แย่ที่สุด

2.7 สรุป

ในบ
รวมถึงข้อกำ
สหรัฐอเมริก
หลักการของ
ภาพ และระร



ในอดีตจนถึงปัจจุบัน
ภารกิจสื่อสารแห่ง
ส่ง และได้กล่าวถึง
ถึงกระบวนการเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการทดลองด้วยโปรแกรม Simulink

3.1 กล่าวนำ

จากการศึกษาลักษณะการทำงานของระบบการส่งสัญญาณ UWB ใน HDTV เราได้ออกแบบแบบจำลองระบบ ซึ่งประกอบด้วยภาคส่งสัญญาณ และช่องสัญญาณแบบต่างๆ โดยใช้เทคโนโลยีแบบ OFDM และใช้โปรแกรม MATLAB ในการวิเคราะห์สัญญาณที่ได้ออกมาเพื่อหาค่าประสิทธิภาพ

การ
ขึ้นของระบบ

เบการทำงานที่ง่าย

3.2 Simulink

Simulink
วิเคราะห์ระบบ
เส้น และไม่
กัน ได้อีกด้วย
สำห
วางต่อกันได้
เพิ่มเติม เ
บล็อกไดอะแ



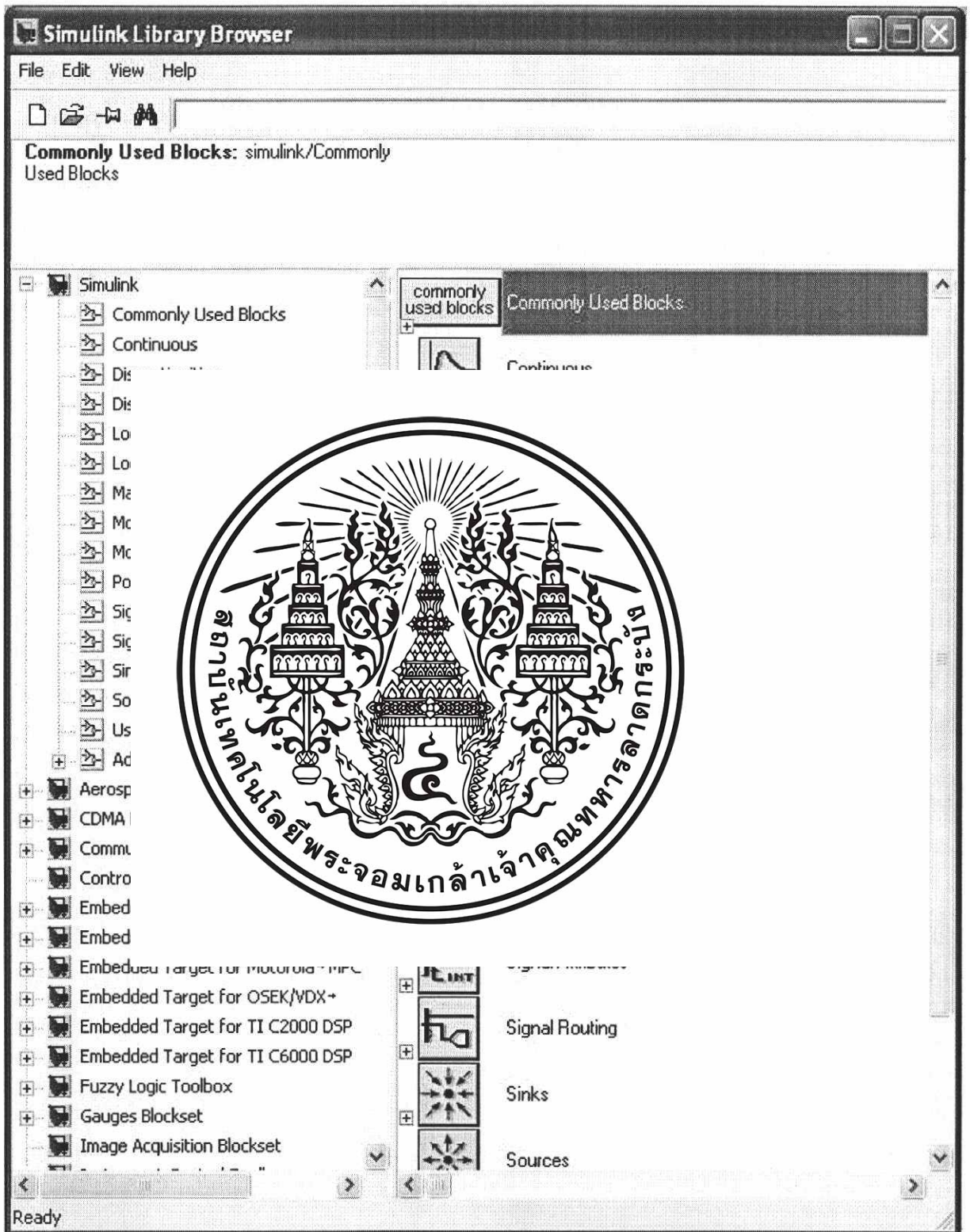
แบบ จำลอง และ
ทำงานที่เป็นทั้งเชิง
เทียบค่าที่แตกต่าง
สาร
องการออกแบบมา
่องเขียน โปรแกรม
แต่ถ้าต้องการสร้าง
อะในตัวโปรแกรม

เองไม่ได้มีทุกบล็อกที่เราต้องการทั้งหมด โดยมีฟังก์ชัน S-function เอาไว้ให้สำหรับสร้างบล็อกของตัวเองได้

ในการออกแบบต้องออกแบบตามขั้นตอนในการปรับค่าต่างๆ ของบล็อกไดอะแกรมที่ทำให้ได้โดยเพียงแค่ดับเบิลคลิกที่บล็อกไดอะแกรม จากนั้นตัวบล็อกจะขึ้นหน้าที่กำหนดพารามิเตอร์ให้ค่าพารามิเตอร์ในแต่ละบล็อกไดอะแกรมได้มาจากการคำนวณ หรือค่ามาตรฐานที่ถูกยอมรับแล้ว และค่าพารามิเตอร์จะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เสร็จแล้วก็สามารถทำการประมวลผลได้เลย แต่หากมีข้อผิดพลาดในการประมวลผลออกมา สามารถวิเคราะห์ ออกแบบ และปรับปรุงใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงหน้าต่างของ โปรแกรม simulink

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบชุดจำลองการทำงาน

การออกแบบชุดจำลองการทำงานได้ทำการออกแบบเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือในส่วนของชุดส่งสัญญาณ และชุดรับสัญญาณ โดยผ่านการรบกวนสัญญาณ ทั้งการสูญเสียในระบบและการกระจายแบบหลายวิถี โดยใช้บล็อกโคอะแกรม

3.3.1 ชุดส่งสัญญาณ

การส่งสัญญาณจะใช้เทคโนโลยี OFDM มาใช้ในการส่งข้อมูลที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 โดยทำการออกแบบใน simulink ของโปรแกรม MATLAB ดังรูปที่ 3.2



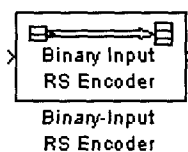
3.3.1.1 ภาพ

3.3.1

Generator

เจอร์

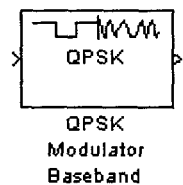
3.3.1.1.2 Integer-Input RS Encoder



เข้ารหัสสัญญาณข้อมูลแบบ Reed-Solomon

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.1.3 QPSK Modulator Baseband



มอดูเลตสัญญาณที่เข้ารหัสแล้ว

3.3.1.1.4 Zero Pad

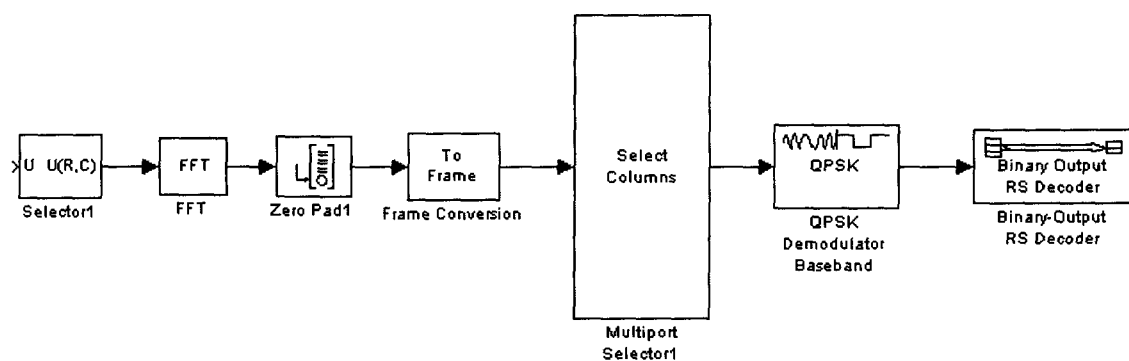


3.3.1

3.3.1



3.3.2

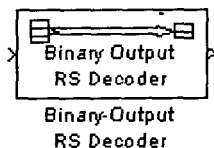


รูปที่ 3.3 ชุดอุปกรณ์รับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.1 ภาพลือกอุปกรณ์ภาครับสัญญาณ

3.3.2.1.1 Binary-Output RS Decoder



ถอดรหัสสัญญาณข้อมูลแบบ Reed-Solomon

3.3.2.1.2 QPSK Demodulator Baseband



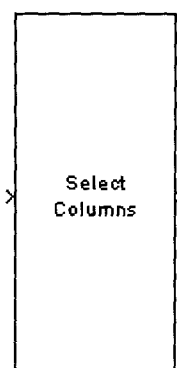
3.3.2.1.5 Selector



จัดตำแหน่งของข้อมูลในรูปแบบเมตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.1.6 Multi-port Selector



เปลี่ยนข้อมูลแบบอนุกรมเป็นข้อมูลแบบขนาน

3.3.3

ควาร

3.3.3



3.3.3



Multipath Rayleigh
Fading Channel

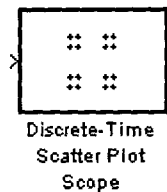


วิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ภาพลึอกอุปกรณ์แสดงสัญญาณ

3.3.4.1 Discrete-Time Scatter Plot Scope



แสดงการกระจายของสัญญาณ

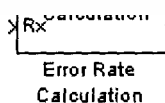
3.3.4

3.3.4



ข้อมูล

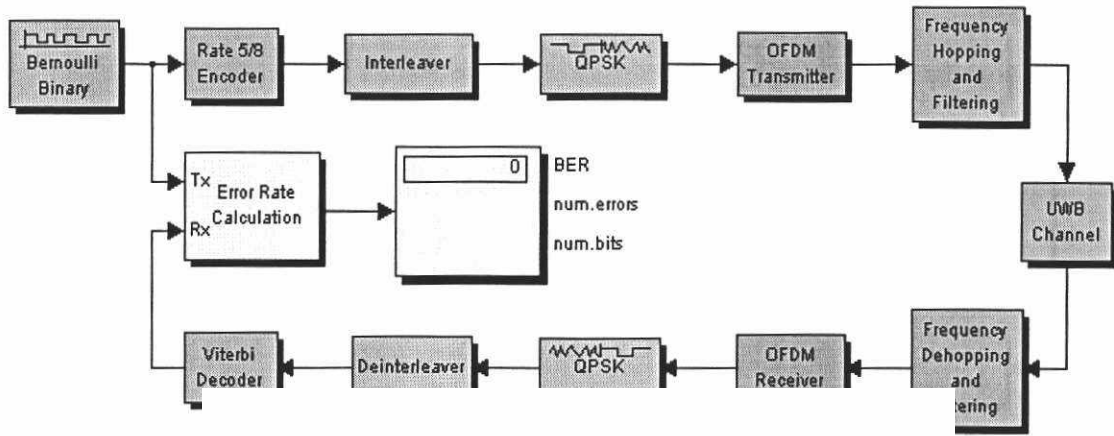
3.3.4



ใช้คำนวณอัตราความผิดพลาดการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 บล็อกไดอะแกรมของระบบ



โดย



ซึ่งจะ
ทางด้านรับเกิด
สภาพแวดล้อม

15
เมตร
10 เมตร
เตรียมของสัญญาณ
นอกจากทางฝั่งรับใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

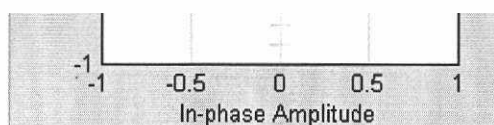
ตารางที่ 3.1 ค่าพารามิเตอร์ของระบบ Multiband-OFDM

RF transmission bandwidth	528 MHz
Frequency hopping ("Mode 1 device")	3 sub-bands (3.43, 3.96, 4.49 GHz centers)
Symbol Length	312.5 ns
Code rate	R=5/8
Modulation	Quaternary Phase Shift Keying (QPSK)
OFDM transmission	128-point IFFT: zero-DC
Payload	
	cy hops)
Multipat	

3.3.6



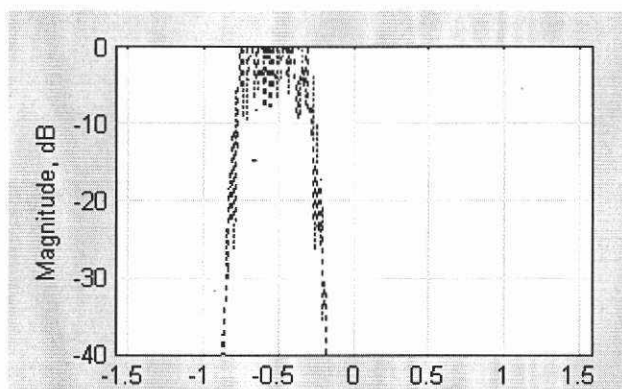
วน



รูปที่ 3.5 ตำแหน่งของสัญลักษณ์ที่ผ่านการมอดูเลตแบบ QPSK

รูปที่ 3.5 ตำแหน่งของสัญลักษณ์ของสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตแบบ QPSK แบบ Multiband-OFDM ที่ความถี่ 3.43, 3.96 และ 4.49 GHz โดยสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตแบบ QPSK จะถูกแบ่งออกเป็น 4 เฟส ซึ่งแต่ละเฟสห่างกัน 90 องศา โดยที่ด้านส่งและด้านรับจะมีลักษณะที่เหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



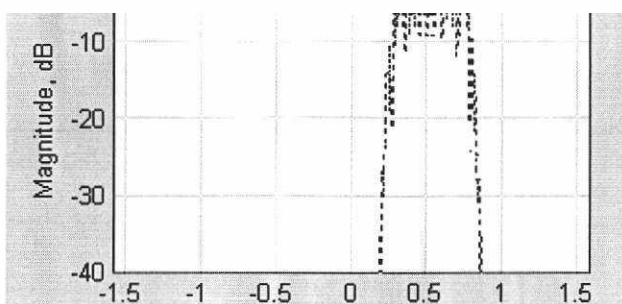
รูปที่ 3.6

มถึ 3.43 GHz



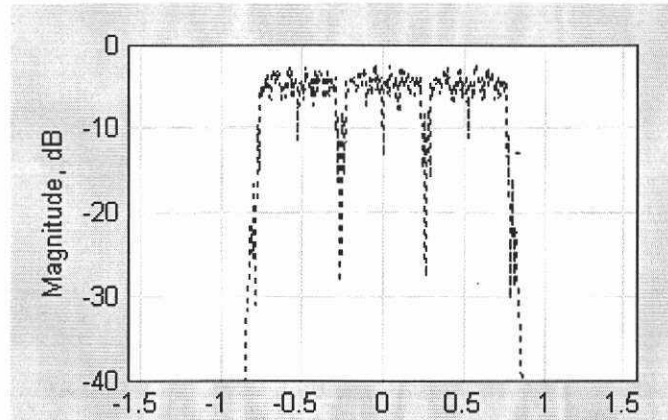
รูปที่ 3.7

มถึ 3.96 GHz



รูปที่ 3.8 สเปกตรัฒของระบบทางค้ำส่ง แบบ ไม่มีช่องสัญญาณรบกวนที่ความถี่ 4.49 GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่:

ภาณรบกวน

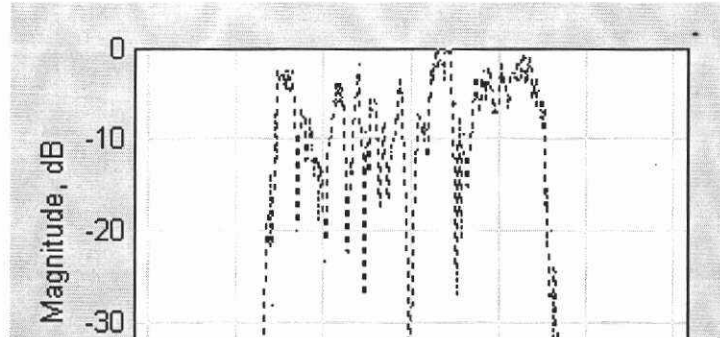
รูปที่
ค้ำนส่งและรับ

ษณะที่ราบ ชั่งทาง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

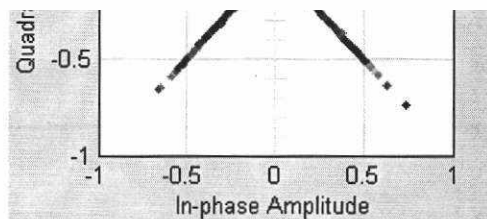
3.3.7 CM1 ช่องสัญญาณ Line of Sight (LOS) ที่ระยะทาง 0-4 เมตร



รูปที่
ไม่ราบเรียบแต่



ได้ว่าสเปกตรัมจะ

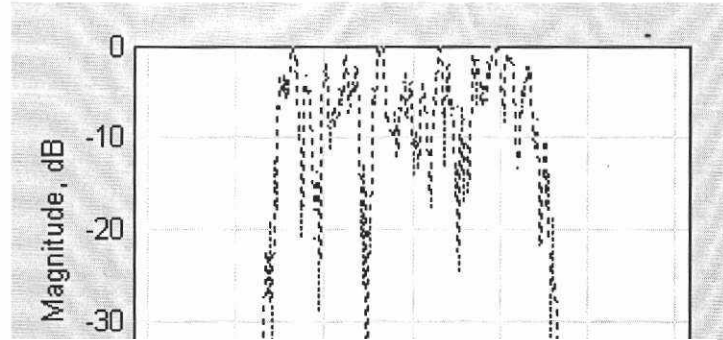


รูปที่ 3.11 การกระจายของสัญญาณทางด้านรับ ผ่านสัญญาณรบกวน ของ CM1

รูปที่ 3.11 แสดงตำแหน่งสัญลักษณ์การกระจายของสัญญาณที่ผ่านสัญญาณรบกวนแบบ AWGN จะเห็นได้ว่าการกระจายตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

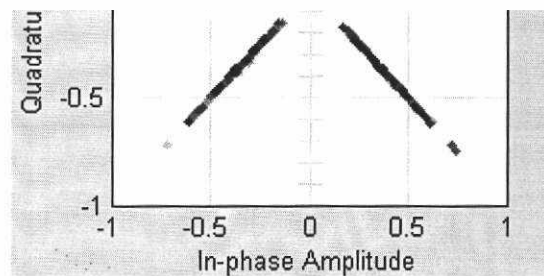
3.3.8 CM2 ช่องสัญญาณ Non Line of Sight (NLOS) ที่ระยะทาง 0-4 เมตร



รูปที่
สัญญาณรบกวน

2

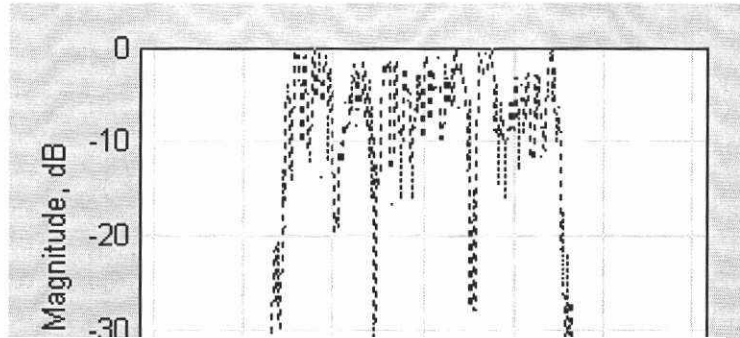
ชนเนื่องจากถูก



รูปที่ 3.13 การกระจายของสัญญาณทางด้านรับ ผ่านสัญญาณรบกวน แบบของ CM2

รูปที่ 3.13 แสดงตำแหน่งสัญลักษณ์การกระจายของสัญญาณที่ผ่านสัญญาณรบกวนแบบ AWGN จะเห็นได้ว่าการกระจายตัวมากขึ้น เมื่ออนุญาตให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

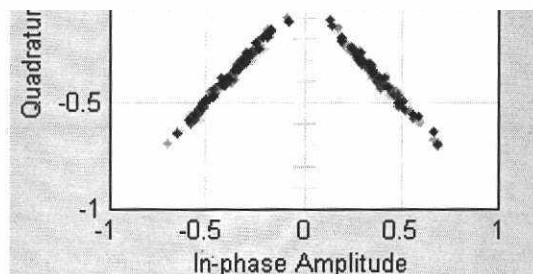
3.3.9 CM3 ช่องสัญญาณ Non Line of sight (NLOS) ที่ระยะทาง 4-10 เมตร



เนื่องจากถูกตัด

3

ไม่ราบเรียบ

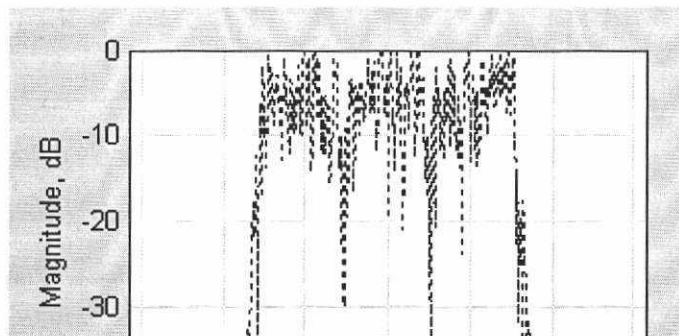


รูปที่ 3.15 การกระจายของสัญญาณทางด้านรับ ผ่านสัญญาณรบกวน ของ CM3

รูปที่ 3.15 แสดงตำแหน่งสัญลักษณ์การกระจายของสัญญาณที่ผ่านสัญญาณรบกวนแบบ

AWGN จะเห็นได้ว่าการกระจายตัวมาก เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.10 CM4 ช่องสัญญาณ Non Line of sight (NLOS) ที่ระยะทางมากกว่า10 เมตร

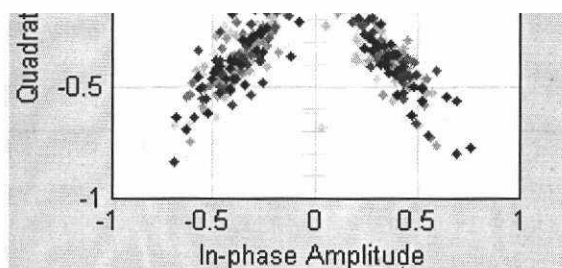


รูปที่
สัญญาณรบกวน



4

บเรียบเรียงจากถูก



รูปที่ 3.17 การกระจายของสัญญาณทางด้านรับ ผ่านสัญญาณรบกวน แบบของ CM4

รูปที่ 3.17 แสดงตำแหน่งสัญลักษณ์การกระจายของสัญญาณที่ผ่านสัญญาณรบกวนแบบ

AWGN จะเห็นได้ว่าการกระจายตัวมาก

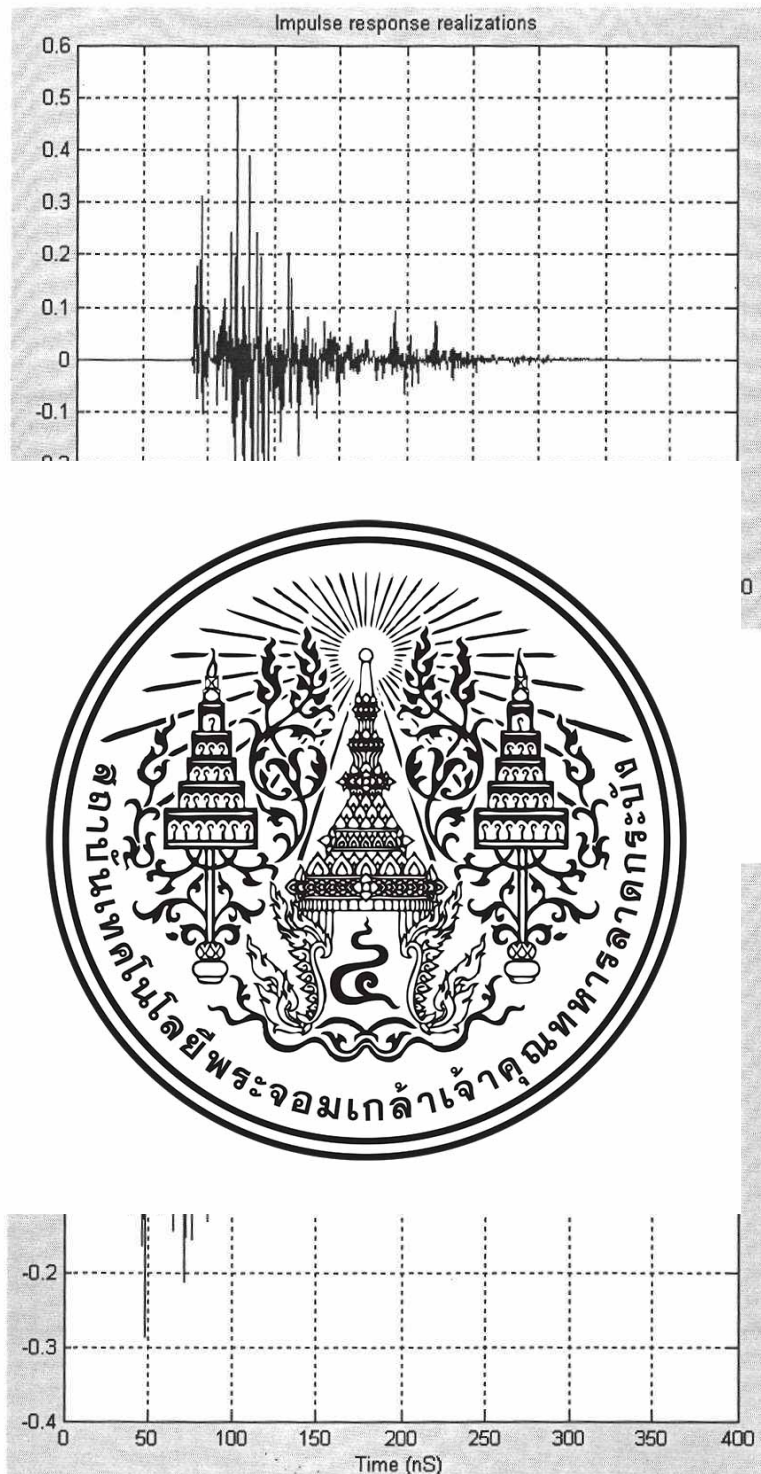
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.11 ผลตอบสนองอิมพัลส์ของช่องสัญญาณ (Impulse Response)



รูปที่ 3.19 ผลตอบสนองอิมพัลส์ของ CM2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 ผลตอบสนองอิมพัลส์ของ CM4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สรุป

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการส่งสัญญาณโดยใช้โปรแกรม MATLAB ในระบบของ HDTV ซึ่งจะทำให้การแบ่งช่องสัญญาณของระบบ UWB เป็น 4 ช่อง ซึ่งเรียกว่าระบบ MB-OFDM ซึ่งแสดงในบล็อกไดอะแกรมของระบบ จากนั้นทำการ simulate สัญญาณเพื่อดูลักษณะของสัญญาณว่า การส่งสัญญาณ สัญญาณที่ออกมาออกมาเป็นรูปแบบใด เพื่อประโยชน์ในการทดลองต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ระบบการทดลอง (Experimental system)

4.1 กล่าวนำ

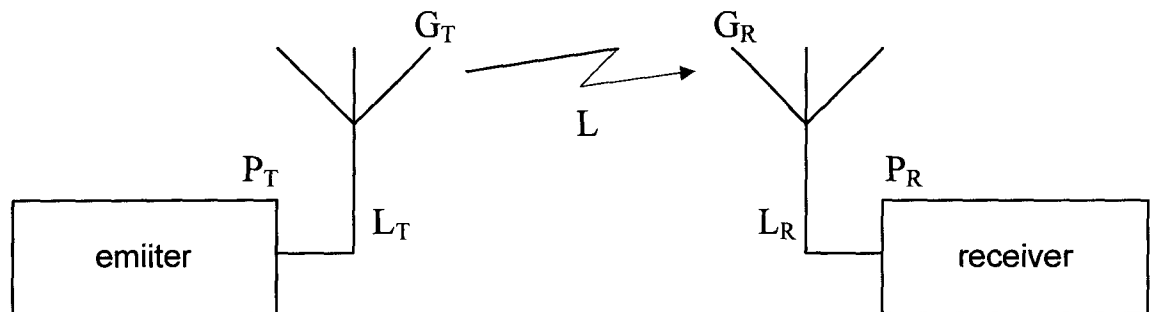
ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของสูตรที่ใช้ในการวิเคราะห์การทดลอง ขั้นตอนและแบบจำลองที่ใช้ในการทดลอง สำหรับขั้นตอนในการวัดนั้น จำเป็นต้องมีการจัดเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือการกำหนดรูปแบบการทดลอง และการเตรียมอุปกรณ์เพื่อที่จะได้วิเคราะห์สถานะแวดล้อม

4.2 การสูญเสีย

การสูญเสียโดยปกติแล้ว การสูญเสียระหว่างสัญญาณช่องทางสัญญาณหาย การสูญเสียต้องพิจารณาและอัตราการ



การต่อกำลังการรับครอบคลุมทั้งหมดของในกรณีของปริมาณจำนวนมากเช่นวัฏจักรของการจางเขย ในระบบที่พิจารณาการสูญเสียไว้ในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 องค์ประกอบของระบบการสื่อสารไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังที่ปรากฏที่จุดต่อเข้าด้านรับ (P_r) ซึ่งคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r}{L L_t L_r} \tag{4.1}$$

โดยที่ P_t เป็นกำลังที่จุดปลายรับ P_r เป็นกำลังที่จุดส่ง
 G_t
 G_r
 L_t, L_r
 L

อัตรา
 (Isotropic) ซึ่ง
 การแพร่กระจาย
 โดย



แบบไอโซทรอปิก
 กำลังงานซึ่งเป็นผล
 ในการคำนวณด้วย

(4.2)

$$P_r = G_r$$

(4.3)

โดย P_t คือ กำลังงานซึ่งเป็นผลต่อการส่งผ่านคลื่นไอโซทรอปิก
 P_r คือ กำลังงานที่เป็นผลการรับคลื่น ไอโซทรอปิก

ข้อดีของการใช้กำลังงานในเทอมของกำลังงาน ซึ่งเป็นผลต่อการแพร่กระจายคลื่นไอโซทรอปิกในการคำนวณนั้นคือ การสูญเสียเชิงวิถี (L) สามารถถูกแสดงเป็นสมการได้อย่างโดยอิสระของพารามิเตอร์ของระบบ โดยการนิยามเป็นอัตราส่วนกำลังงานซึ่งเป็นผลการแพร่กระจายคลื่นไอโซทรอปิกของการส่งต่อกำลังงาน ซึ่งเป็นผลการแพร่กระจายคลื่นไอโซทรอปิกของการรับหรือเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสูญเสีย นั้นจะถูกคิดในระบบที่เป็นอุดมคติว่าการสูญเสียที่เครื่องป้อนด้านรับด้านส่งจะเป็นศูนย์ ($G_r, T=1, L_r, T=1$)

การสูญเสียเชิงวิถีการส่ง (Path Loss, L)

$$L = 10 \log \left(\frac{P_{ti}}{P_n} \right) = 10 \log \left(\frac{P_t G_t G_r}{P_r L_r L_t} \right) \tag{4.4}$$

ในกรณีที่ Pol

กับ



(4.5)

กำลังงานที่ส

(4.6)

โดยที่ คือ E

$$\lambda^2 \dots ek$$

(4.7)

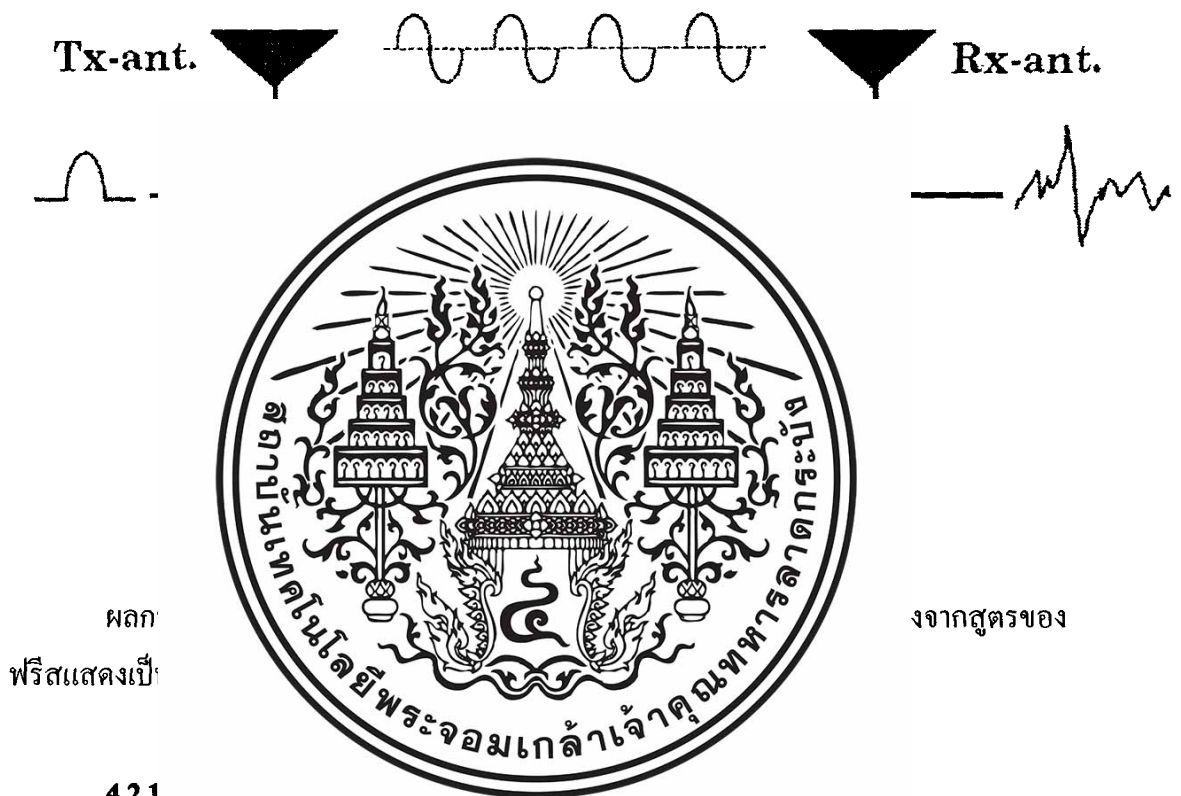
และนำมาแทนค่าจะได้

$$\frac{P_r}{P_t} = G_r G_t \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 \tag{4.8}$$

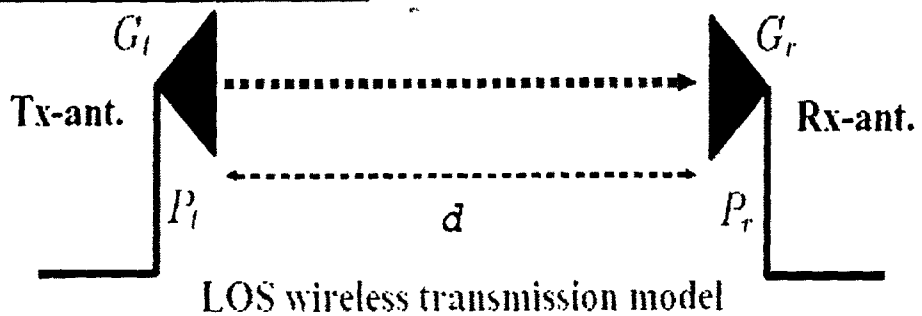
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปการสูญเสียเชิงวิถีในพื้นที่ว่าง (Free space) โดยสูตรของฟรีส (Friis) คือ

$$L = \frac{P_t G_t G_r}{P_r} = \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right)^2 \tag{4.9}$$



Friis' Transmission Formula



รูปที่ 4.3 รูปแบบการส่งไร้สายแบบเส้นทางการตรง (Line of Sight).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราขยายการส่งผ่าน (Transmission gain)

$$G_{Friss}(f) = \frac{P_r(f)}{P_t(f)} = G_f(f)G_r(f)G_i(f) \quad (4.10)$$

อัตราการแพร่กระจายคลื่นในพื้นที่ว่าง (Free space propagation gain)

$$\frac{4\pi r^2}{\lambda^2}$$

(4.11)

ที่ซึ่ง f คือ
 $G_t(f)$
 $G_r(f)$
 λ คือ

สัญญาณอินพุต

หน้าที่การถ่าย



(4.12)

$$H_{e-Friss}(f) = \frac{V_r(f)}{E_t} = H_f H_i \bar{H}_r \bar{H}_t \quad (4.13)$$

ที่ซึ่ง

$$\bar{H}_a = \bar{H}_a(\theta_a, \varphi_a, f) \quad a = r \text{ Or } t$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่การถ่ายโอนเชิงซ้อน (Complex transfer function) ของพื้นที่ว่าง

$$H_f = \frac{\lambda}{4\pi d} \exp(-jkd) , \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} \tag{4.14}$$

เวกเตอร์หนึ่งหน่วย (Unit vectors) ของสายอากาศรับและสายอากาศส่ง

$$\hat{d} - \hat{d} \quad \hat{d} - -\hat{d} \tag{4.15}$$

Matched filte



(4.16)

เอาต์พุตเวฟ

$$\sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} |H_{e-friss}(f)|^2 df} \tag{4.17}$$

ค่าสูงสุด(Maximum)

$$v_{MF}(t)_{\max} = v_{MF}(0) = \int_{-\infty}^{\infty} V_{MF}(f) df = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} |H_{e-Friss}(f)|^2 df} \tag{4.18}$$

“สมการนี้รวมผลตอบสนองความถี่ของสายอากาศการสูญเสียของการแพร่กระจาย และ
สเปกตรัมของสัญญาณการส่งเข้าไปด้วย”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 อัตราความผิดพลาดบิต (Bit Error Rate: BER)

นิยามเป็นจำนวนบิตที่ผิดพลาดหารด้วยจำนวนบิตที่ส่งไปทั้งหมด ในที่นี้เรากำหนดให้สัญญาณดิจิทัลมี 2 ระดับ คือ $f_1(t)$ และ $f_2(t)$ กำหนดให้เมื่อส่งสัญญาณ $f_1(t)$ จะเกิดความผิดพลาดขึ้นเมื่อสัญญาณที่รับได้มีระดับมากกว่าหรือเท่ากับ 0 นั่นคือ ขนาดของสัญญาณรบกวน $n(t)$ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1 และกำหนดให้เมื่อส่งสัญญาณ $f_2(t)$ จะเกิดความผิดพลาดขึ้นเมื่อมีสัญญาณที่รับได้มีระดับน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 นั่นคือ ขนาดของสัญญาณรบกวน $n(t)$ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ -1 ซึ่งอัตราความผิดพลาดบิตรวมจะหาได้จากค่าเฉลี่ยระหว่างอัตราความผิดพลาดจุดของ $f_1(t)$ กับ $f_2(t)$ (กำหนดให้เงื่อนไขว่าจะเกิดเหตุการณ์ $f_1(t)$ เท่ากับ $f_2(t)$) นั่นคือ



(4.19)

4.4 Time D

เพื่อ
ออกแบบของ
ปริมาณที่ห
การกระจายท
สำคัญตัวหนึ่ง
สัญญาณ โ
ใหญ่จะหาปริ

แรกของกำลังงานที่ได้รับและเวลาในการมาถึงของสัญญาณและมันถูกนิยามว่า

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_k a_k^2 \tau_k}{\sum_k a_k^2} = \frac{\sum_k P(\tau_k) \tau_k}{\sum_k P(\tau_k)} \quad (4.20)$$

และเพื่อพัฒนาการ
) ที่สามารถบอก
อยู่หลายตัว ลักษณะ
เบหลายทิศทาง ที่
ลาในการมาถึงของ
เบนวิดท์กว้างส่วน
เป็นการหาช่วงขณะ

ลักษณะการกระจายทางเวลาของสัญญาณ เป็นการหารากที่สองของเหตุการณ์ช่วงขณะช่วงกลาง
ลำดับที่สองของกำลังงานที่ได้รับและเวลาในการมาถึงของสัญญาณซึ่งถูกนิยามไว้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพียงการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sigma_\tau = \sqrt{\bar{\tau}^2 - (\bar{\tau})^2} \quad (4.21)$$

ที่ซึ่ง

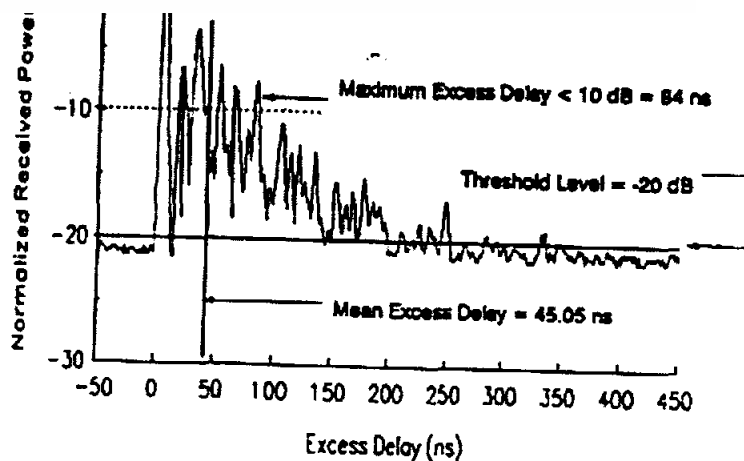
$$\tau^{-2} = \frac{\sum_k a_k^2 \tau_k^2}{\sum_k a_k^2} = \frac{\sum_k P(\tau_k) \tau_k^2}{\sum_k P(\tau_k)} \tag{4.22}$$

การทำให้เวลาชดเชยเหล่านี้ถูกวัดค่าได้โดยความสัมพันธ์ของสัญญาณที่ตรวจจับได้ตอนแรกที่มาถึงที่ตัวรับที่

ในสมการดังกล่าวก็ไม่สามารถเชื่อถือได้บนระดับกำลังอย่างแท้จริง (Absolute power level) ในที่นี้ยกตัวอย่างอาคารในหนึ่งมันส์กำลังงานที่ได้ค่าเฉลี่ยเขวกักค่าเฉลี่ยเกินพีเพื่อที่จะพิจารณาสื่อสารเคลื่อน

ในสมการดังกล่าวก็ไม่สามารถเชื่อถือได้บนระดับกำลังอย่างแท้จริง (Absolute

power level) หลายทิศทางภายในยุคเคลื่อนที่ภายนอกได้ถูกนิยามมาจาก (profile) ซึ่งเป็นลิสต์ตามลำดับและพื้นที่ที่รอบบริเวณหรับระบบการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ **รูปที่ 4.4** ตัวอย่างกำลังงานที่ได้รับและเวลาในการมาถึงของสัญญาณภายในอาคารไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 อัตราการขยายกำลัง (Power gain)

ในการวัดอัตราการขยายกำลังใช้วิธีการปรับเปลี่ยนกำลังงานที่ป้อนเข้าสายอากาศที่วัด เพื่อให้ได้ค่าความเข้มสนามในทิศทางฉลบทันทีที่ระยะทางเท่ากัน เทียบกับค่าความเข้มสนามของสายอากาศมาตรฐาน แล้วเทียบอัตราส่วนกำลังงานที่ป้อนให้สายอากาศทั้งสอง

$$A_p = 10 \log \left[\frac{P_r}{P_t} \right] (dB) \quad (4.23)$$

โดยที่

A_p : อัตราการขยายกำลัง

P_r : กำลังงานรับ

P_t : กำลังงานส่ง

ในกรณีที่มีการขยายกำลังกำลังที่มีส่วนร่วมว่า



ส่วนอัตราการขยายกำลังอีกอย่างได้

(4.24)

ในเมื่อ

D : Directivity

n : จำนวนของสายอากาศ (จำนวนของสายอากาศ)

ค่า Directivity ปกติเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี ส่วนอัตราการขยายกำลังใช้ทางปฏิบัติเป็นสำคัญ ค่าทั้งสองนี้จะเท่ากันสำหรับสายอากาศย่านวีเอชเอฟ (VHF) และยูเอชเอฟ (UHF) ส่วนใหญ่ แต่สายอากาศย่านเอ็มเอฟ (MF) และแอลเอฟ (LF) ค่าจะต่างกันบ้างเพราะมีการสูญเสีย

4.6 แบนด์วิธของสายอากาศ

แบนด์วิธของสายอากาศ คือช่วงความถี่ที่สายอากาศที่มีคุณสมบัติอยู่ในมาตรฐานที่กำหนดหรือช่วงความถี่ที่สายอากาศ ยังคงมีคุณสมบัติต่างๆ อยู่ในค่าที่ใช้งานได้ คือไม่ต้องจากคุณสมบัติที่ออกแบบไว้ที่ความถี่กลาง จนทำให้คุณสมบัติเหล่านี้ผิดไป จากข้อกำหนดมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น อินพุตอิมพีแดนซ์, รูปแบบการแพร่กระจายบีมวิทท์, โพลาริเซชัน, อัตราการขยาย, และประสิทธิภาพของการแพร่กระจายคลื่น

เนื่องจากคุณสมบัติต่างๆ ของสายอากาศไม่เปลี่ยนแปลงตามความถี่ ในลักษณะเดียวกันทั้งหมด ดังนั้นจึงไม่สามารถกำหนดแบนด์วิทท์ตามคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งได้ จึงต้องมีการกำหนดให้เป็นไปตามการประยุกต์ใช้งานแต่ละอย่างไป

ปกติเราใช้คุณสมบัติของรูปแบบการแพร่กระจายกับอิมพีแดนซ์แบนด์วิทท์เป็นตัวกำหนดแบนด์วิทท์ของสายอากาศ

แพทเทิร์นแบนด์วิทท์ (Pattern bandwidth) คือค่าความแตกต่างระหว่างความถี่ที่ทำให้กำลังที่ได้รับลดลง

แบบง่าย ๆ แบนด์ ความถี่ UHF แบนด์ แบนด์วิทท์ของประสิทธิภาพ การหา



สูงสุด สายอากาศที่วิ
ญญาณจาก VHF
antenna) เล็กๆ รับ
ามถี่จะเรียกว่าเป็น
เป็นสายอากาศที่มี
ะสัญญาณที่ส่งมากี่

(4.25)

ในเมื่อ

f_m :

f_L : ช่วงความถี่ต่ำกว่าปลาย (lower end of the frequency band)

f_H : ช่วงความถี่สูงกว่าปลาย (upper end of the frequency band)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การออกแบบการทดลอง

4.7.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

4.7.1.1 เครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแบบเวกเตอร์

ใช้ในการวัดสัญญาณวิทยุในโดเมนความถี่ โดยสัญญาณวิทยุจะถูกสร้างขึ้น ส่งและรับโดยเครื่อง VNA นี้ ซึ่งทำให้การจัดตั้งการวัดทำได้ค่อนข้างง่าย สัญญาณที่จะส่งเป็นชุดของสัญญาณรูปไซน์ที่มีความถี่แคบ ๆ กระจายตัวครอบคลุมตลอดทั้งแถบความถี่ที่ต้องการ ผลที่ได้จากเครื่องวัดนี้เรียกว่า S21-parameter หรือก็คือผลตอบสนองความถี่ต่อย่านความถี่ของช่องสัญญาณนั่นเอง



รูปที่ 4.5 เครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแบบเวกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.1.2 สายอากาศแบบกรวยคู่ (Biconical Antenna)

สายอากาศแบบกรวยคู่ (biconical antenna) เป็นสายอากาศที่ถูกนำมาใช้ในการทดลอง โดยมีคุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่นแบบรอบตัวในมุมกวาด (azimuth) มีอัตราขยาย (gain) อยู่ในช่วง 1.5 ถึง 15.0 dBi

ลักษณะแพร่กระจายเป็นแบบทุกทิศทุกทาง (Omni direction) สามารถคำนวณหาสนามระยะใกล้และสนามระยะไกลได้ดังนี้

$$\text{จากสมการ } R = \frac{2L^2}{c}$$

สนามระยะไกล

c มีค่าเท่ากับ

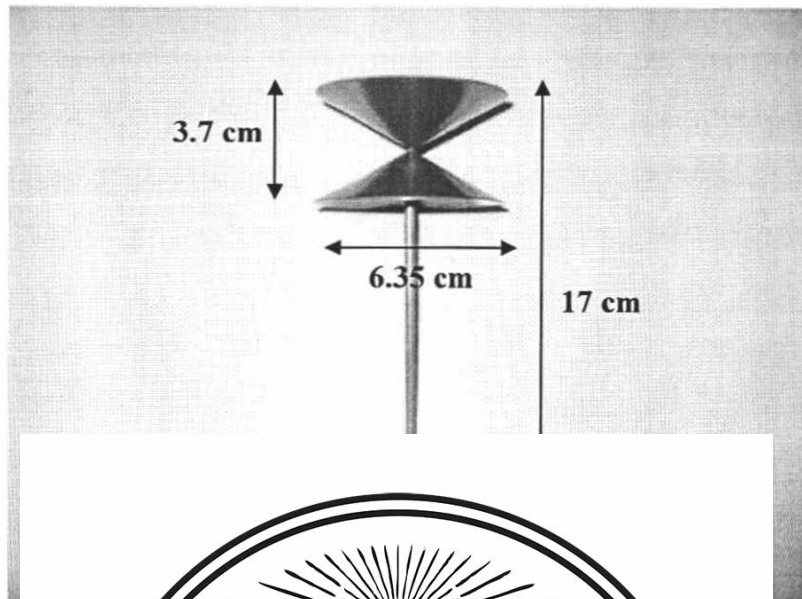
636 เซนติเมตร,

เมตร



รูปที่ 4.6 ส่วนประกอบของสายอากาศแบบกรวยคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ขั้นตอนปฏิบัติการทดสอบ

- เรื่อง** การศึกษาสัญญาณการส่งผ่านวิทยุแบบแถบกว้างยิ่งสำหรับประยุกต์ใน HDTV
- จุดประสงค์**
1. เพื่อศึกษาสัญญาณการส่งผ่านวิทยุแบบกว้างยิ่ง และกำลังงานในขณะที่ทำการส่ง รวมถึงระยะที่ใช้งานที่ 3, 5, 7 เมตร ทั้งแบบ LOS NLOS และแบบ Human Body
 2. สามารถหาค่าตัวแปรที่ใช้บอกคุณลักษณะของช่องสัญญาณนั้นๆ ได้
- อุปกรณ์และเครื่องมือวัด**
1. เครื่อง Vector Network Analyzer: VNA 1 เครื่อง

สถานที่ทดสอบ

วิธีการทดลอง



1

ง

neasurement

ง จำนวน 10 จุด

กำหนดตำแหน่งระยะอ้างอิงที่ 1 เมตร พร้อมทั้งวัดระยะทางจากตำแหน่งที่ติดตั้งสายอากาศตัวส่งไปยังแต่ละตำแหน่งที่จะทำการติดตั้งสายอากาศตัวรับ

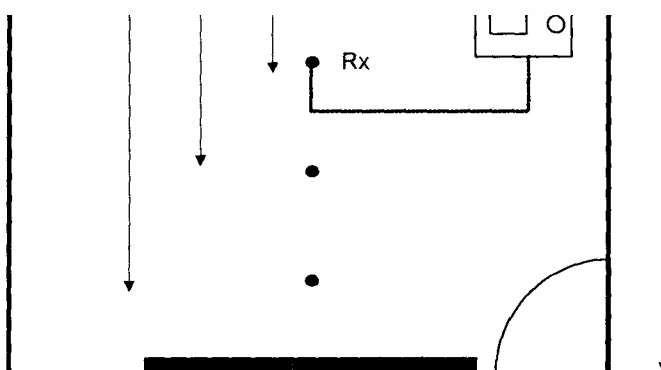
- 1.3 บันทึกระยะทางที่ได้จากการวัด
2. จัดเตรียมเครื่องมือวัด
 - 2.1 ทำการแคลลิเบรท (calibrate) เครื่อง vector network analyzer
 - 2.2 ติดแผ่นลดการสะท้อนรอบเครื่อง vector network analyzer
 - 2.3 ทำการ calibrate แบบ full two-port เครื่องมือวัดเข้ากับสาย semi-rigid coaxial cable ทั้ง 2 เส้น โดยกำหนดย่านความถี่ตั้งแต่ 3 ถึง 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GHz, จำนวนจุดความถี่ (number of frequency points) ไว้ที่จุด 801 จุด พร้อมบันทึกค่าที่ได้ไว้ใช้ในการทดลอง

- 2.4 ติดตั้งสายอากาศตัวส่งเข้ากับ port1 และสายอากาศตัวรับเข้ากับ port2
3. เริ่มทำการวัดโดยเลือก s_{21} -parameter
4. บันทึกค่าที่ได้จากการทดลองที่ได้ไว้ที่ฮาร์ดดิสก์ของคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดให้บันทึกค่าติดต่อกัน 3 ครั้ง (3 snapshots) ต่อการวัดแต่ละจุด
5. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม MATLAB

แบบจำลอง



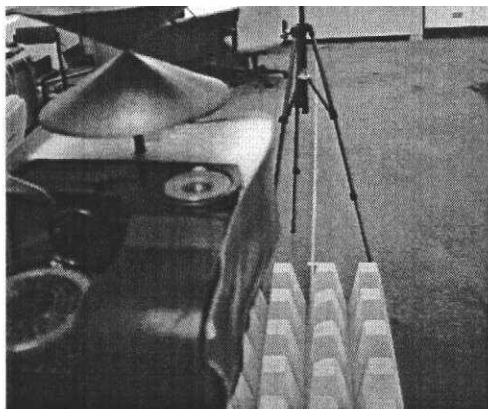
รูปที่ 4.8 แบบจำลองสถานที่ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 แบบจำลองการทดลอง

4.9.1 รูปแบบการวัดแบบจำลองที่ 1

แบบจำลองที่ 1 ตัวส่งและตัวรับเป็นสายอากาศแบบกรวยคู่ ตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณไม่มีสิ่งกีดขวาง แล้วทำการวัดผลโดยเลื่อนตำแหน่งครึ่งละ 2 เมตร ออกไปตามจุด ที่ระยะ 3, 5, 7 เมตร

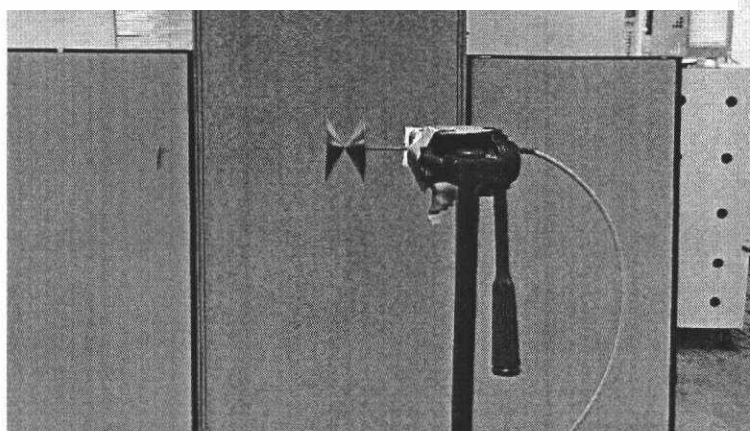
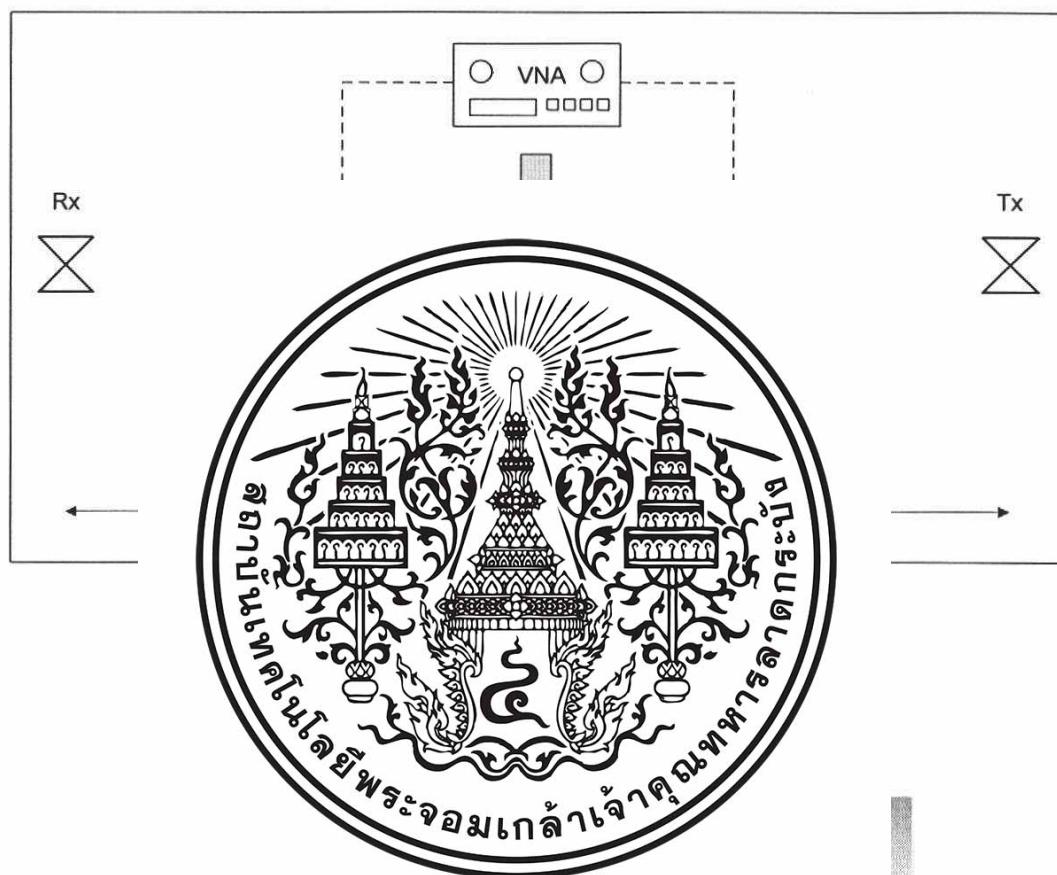


รูปที่ 4.9 (ข) ตัวอย่างภาพถ่ายแบบจำลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9.2 รูปแบบการวัดแบบจำลองที่ 2

แบบจำลองที่ 2 ตัวส่งและตัวรับเป็นสายอากาศแบบกรวยคู่ ตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณมีกำลังพาที่ชั้นกันระหว่างกลาง แล้วทำการวัดผล โดยเลื่อนตำแหน่งครึ่งละ 2 เมตร ออกไปตามจุด ที่ระยะ 3, 5, 7 เมตร

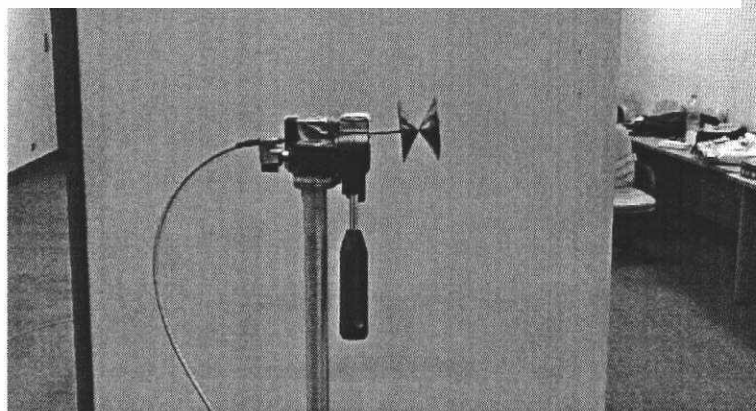


รูปที่ 4.10 (ข) ตัวอย่างภาพถ่ายแบบจำลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9.3 รูปแบบการวัดแบบจำลองที่ 3

แบบจำลองที่ 3 ตัวส่งและตัวรับเป็นสายอากาศแบบกรวยคู่ ตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณมีกำแพงกันระหว่างกลาง แล้วทำการวัดผลโดยเลื่อนตำแหน่งครั้งละ 2 เมตร ออกไปตามจุด ที่ระยะ 3, 5, 7 เมตร

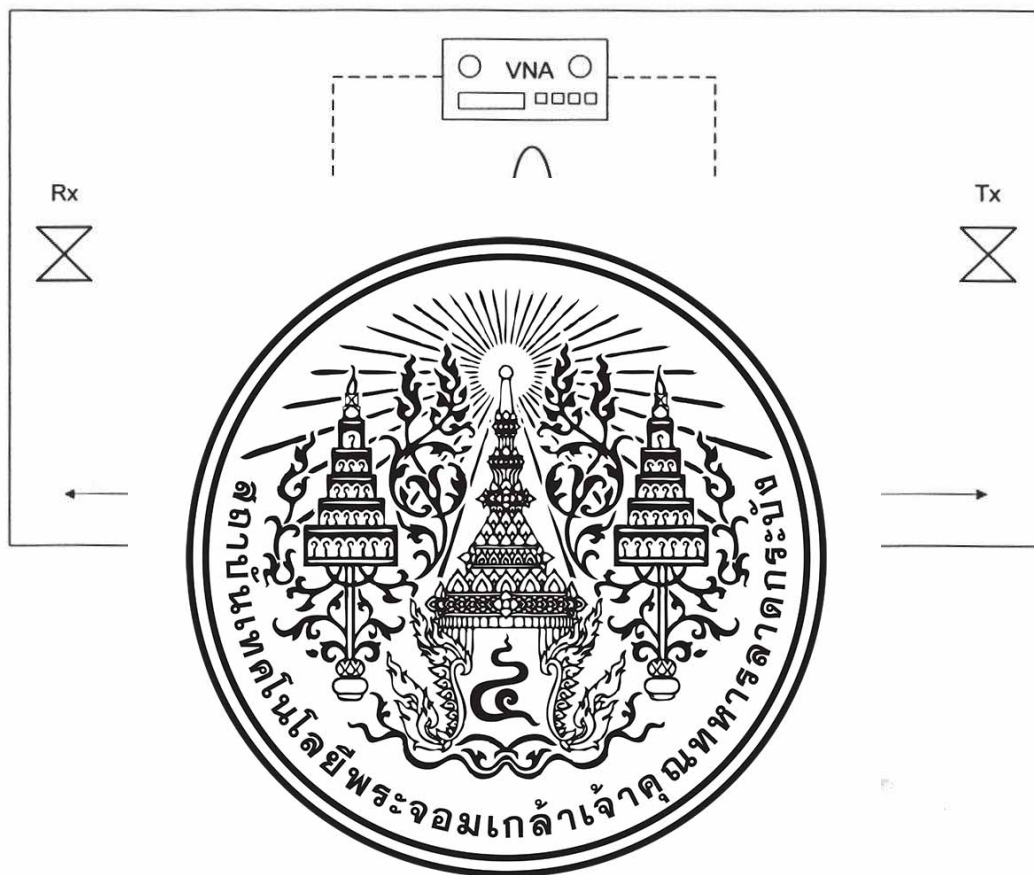


รูปที่ 4.11 (ข) ตัวอย่างภาพถ่ายแบบจำลองที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9.4 รูปแบบการวัดแบบจำลองที่ 4

แบบจำลองที่ 4 ตัวส่งและตัวรับเป็นสายอากาศแบบกรวยคู่ ตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณมี Human Body เข้าม่ากั้ระหว่างกลาง แล้วทำการวัดผล โดยเลื่อนตำแหน่งครั้งละ 2 เมตร ออกไปตามจุด ที่ระยะ 3, 5, 7 เมตร



รูปที่ 4.12 (ข) ตัวอย่างภาพถ่ายแบบจำลองที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 สรุป

ในบทนี้กล่าวถึงสูตรที่ใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณ และขั้นตอนในการทดลองวัดช่องสัญญาณในระบบแถบกว้างยิ่งภายในสถานะแวดล้อมในอาคาร โดยใช้หลักการส่งสัญญาณใน HDTV คือส่งที่ความถี่ 3.1 – 5.0 GHz โดยมีแบบจำลอง 4 แบบเพื่อวิเคราะห์หาผลกระทบต่างๆ ที่เกิดขึ้นในแบบจำลองทั้ง 4 แบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

5.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลของการวิเคราะห์ข้อมูลของช่องสัญญาณ ที่ได้จากการวัดตามแบบจำลองทั้ง 4 แบบ จากนั้นทำการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ คือ การสูญเสียของสัญญาณเชิงวิถี ค่าภาพหน้าตัดข้างการประวิงกำลังงานของสัญญาณ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาด มติผลลาคบิต แล้วนำมาทำการวิ

5.2 พารามิ

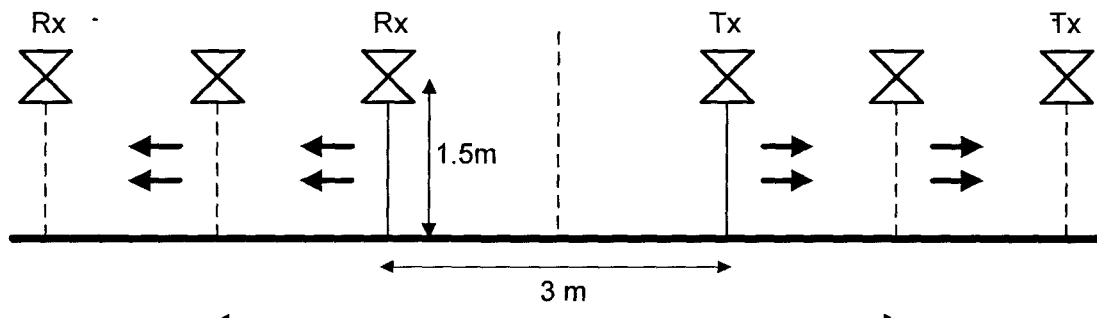
การ



ย่านความถี่	3
จำนวนจุดวัด	n
ค่ากำลังงาน	n
ความสูงเสา	n
ความสูงเสา	n
มุมของสายอากาศตัวรับและส่งแบบจำลองที่ 1	Vertical Polarization
มุมของสายอากาศตัวรับและส่งแบบจำลองที่ 2, 3, 4	Horizontal Polarization
ระยะห่างระหว่างสายอากาศตัวรับและตัวส่ง	3, 5, 7 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ผลการทดลองจากแบบจำลองการวัดแบบที่ 1



แบบ Antennas) ซึ่งส่งออกไปเร็ว

ตารางที่ 5.2



วยคู่ (Biconical) ผนังทั้งตัวรับและตัว

ค่า	ทาง(เมตร)	
		3
2	66.2832	5
3	69.8489	7

จากตารางเป็นการแสดงค่าการสูญเสียเชิงวิถี ที่ตำแหน่งต่างๆ โดยตัวรับและตัวส่งอยู่ห่างกันเป็นระยะที่ 3, 5, 7 เมตร ตามลำดับ โดยมีทั้งหมด 3 ตำแหน่ง ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 5.2 จะเห็นได้ว่ายิ่งระยะไกลออกไปค่าการสูญเสียเชิงวิถีก็จะยิ่งมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งที่อยู่ใกล้เครื่องรับสัญญาณจะรับสัญญาณได้ดีกว่าตำแหน่งที่ไกลออกไปจากตัวรับสัญญาณ ซึ่งจะกล่าวได้ว่าค่าการสูญเสียเชิงวิถีจะแปรผันตามระยะทาง คือ ยิ่งระยะทางระหว่างตัวส่งสัญญาณและตัวรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณอยู่ใกล้กันมาก ค่าการสูญเสียเชิงวิถีก็ยิ่งมากตาม ค่าการสูญเสียเชิงวิถีมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าการรับสัญญาณจะรับได้น้อยกว่าค่าการสูญเสียเชิงวิถีน้อย

ตารางที่ 5.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบจำลองที่ 1

ระยะทาง (เมตร)	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
3	0.6014
5	0.5322

จาก
ตัวส่ง ไปยัง
มากขึ้นจะทำ
ระยะทาง

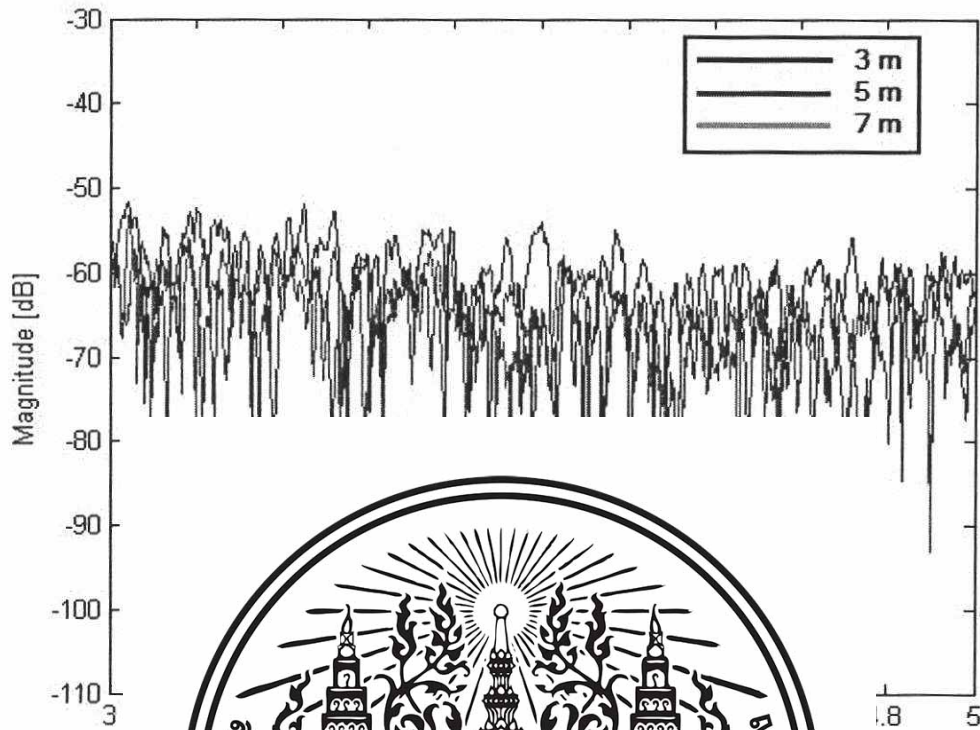
การ
กราฟ ระหว่าง
จากนั้น จะแ



จากสายอากาศ
เมื่อระยะทางเพิ่ม
พันธ์แปรผกผันกับ

และนำมาแสดงใน
แล้วมาหาค่าเฉลี่ย

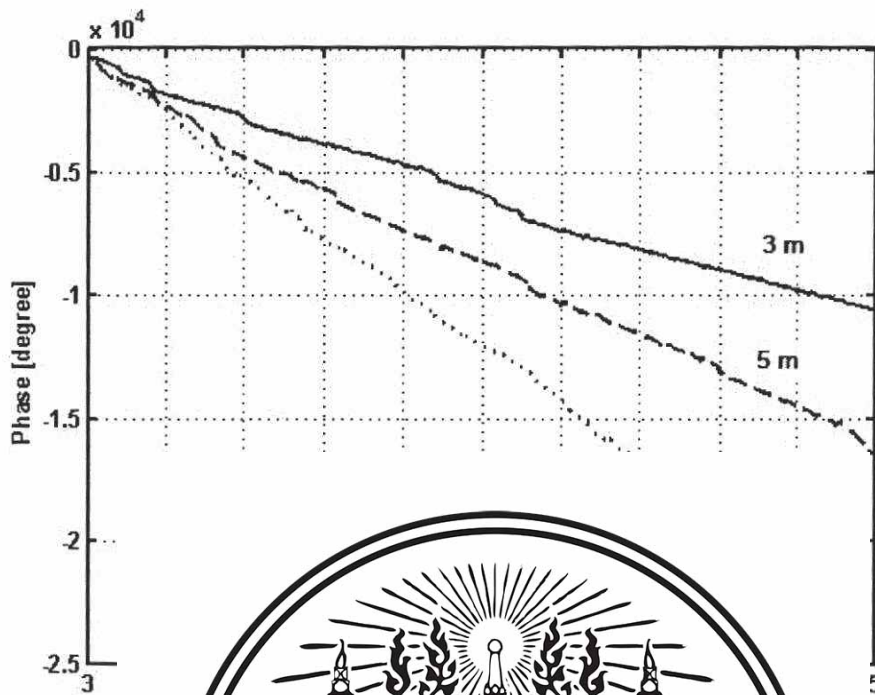
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จาก
กรวยคู่ ทั้งท
การรับสัญญาณ
สัญญาณอยู่ไกล

ใช้สายอากาศแบบ
ความสามารถใน
สัญญาณและตัวรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

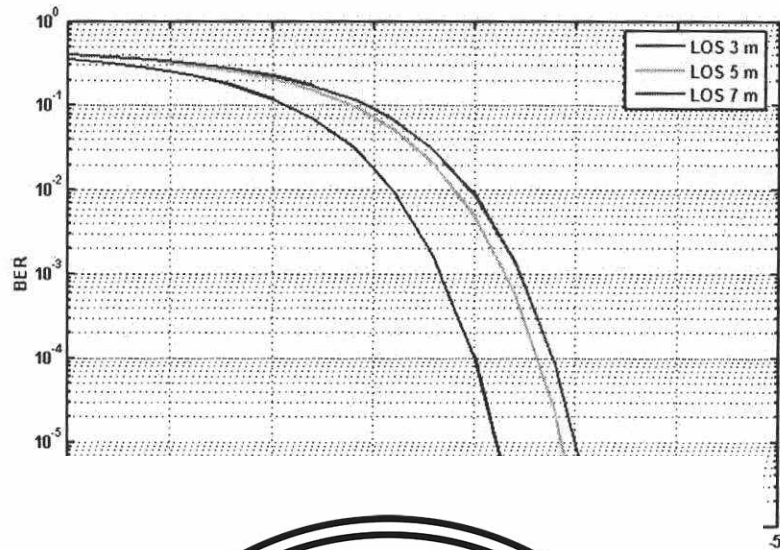


จากรู
กรวยคู่ ทั้งทา
อธิบายได้ว่า ใ
เป็นเชิงเส้นมา
สัญญาณที่ออฟ

ใช้สายอากาศแบบ
7 เมตร สามารถ
สัญญาณจะมีค่าเฟส
ะทางเพิ่มมากขึ้น

อัตราบิดผิดพลาดสามารถชี้วัดประสิทธิภาพในการสื่อสารข้อมูลของช่องสัญญาณได้โดย
การทดลองได้ส่งสัญญาณจากสายอากาศตัวส่งไปยังสายอากาศตัวรับแล้วทำการพล็อตกราฟอัตรา
ผิดพลาดบิดได้ดังนี้

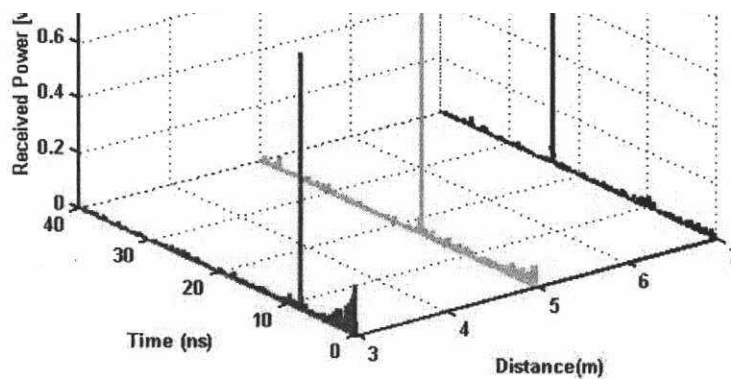
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากผล
บิตที่จะมีมาก
สัญญาณถึงเสา



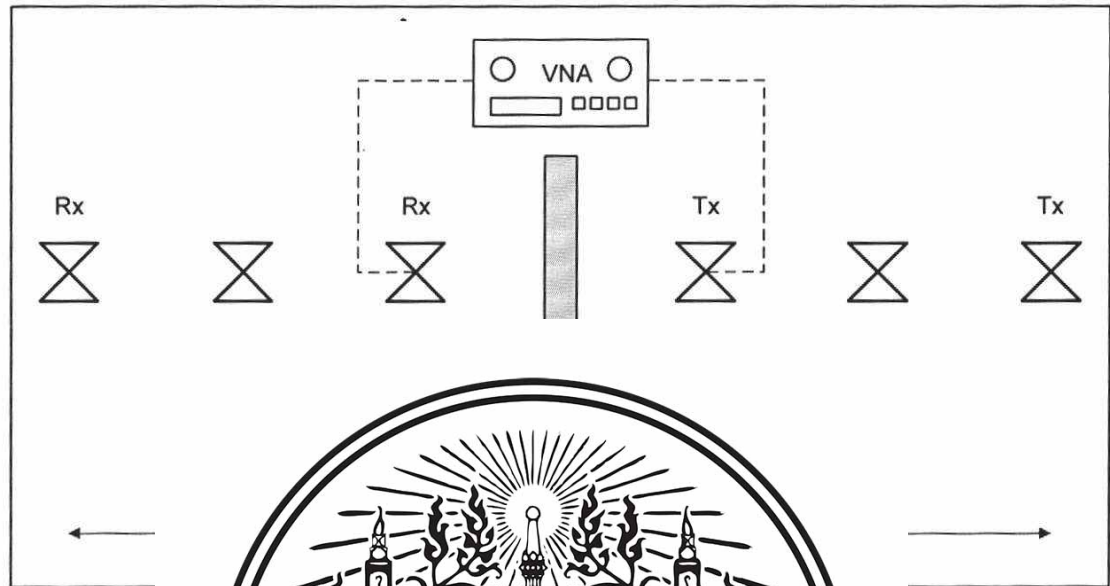
ชั้น อัตราผิดพลาด
ยอากาศตัวส่งส่ง



รูปที่ 5.5 ภาพหน้าตัดข้างการประวิงกำลังงานของสัญญาณแบบจำลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ผลการทดลองจากแบบจำลองการวัดแบบที่ 2



ตารางที่ 5.4 ฟ

ตำแหน่ง	ค่า	ทาง(เมตร)
		3
		5
3	69.1144	7



จากตารางเป็นการแสดงค่าการสูญเสียเชิงวิถี ที่ตำแหน่งต่างๆ โดยตัวรับและตัวส่งอยู่ห่างกันเป็นระยะที่ 3, 5, 7 เมตร ตามลำดับ โดยมีทั้งหมด 3 ตำแหน่ง ซึ่งแสดงได้ดังตาราง จะเห็นได้ว่า ยิ่งระยะไกลออกไปค่าการสูญเสียเชิงวิถีก็จะยิ่งมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งที่อยู่ใกล้เครื่องรับสัญญาณจะรับสัญญาณได้ดีกว่าตำแหน่งที่ไกลออกไปจากตัวรับสัญญาณ ซึ่งจะกล่าวได้ว่า ค่าการสูญเสียเชิงวิถีจะแปรผันตามระยะทาง คือ ยิ่งระยะทางระหว่างตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณอยู่ใกล้กันมาก ค่าการสูญเสียเชิงวิถีก็ยิ่งมากตาม ค่าการสูญเสียเชิงวิถีมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าการรับสัญญาณจะรับได้น้อยกว่าค่าการสูญเสียเชิงวิถีน้อยๆ และแบบจำลองที่ 2 นี้มีค่าการสูญเสียเชิงวิถีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่าแบบจำลองที่ 1 เพราะมีกำแพงพาดขึ้นเป็นสิ่งกีดขวางการส่งสัญญาณระหว่างสายอากาศตัวรับและตัวส่ง

ตารางที่ 5.5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบจำลองที่ 2

ระยะทาง (เมตร)	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
3	0.4154
5	0.4077

จาก
ตัวส่ง ไปยัง
มากขึ้นจะทำให้
ระยะทาง

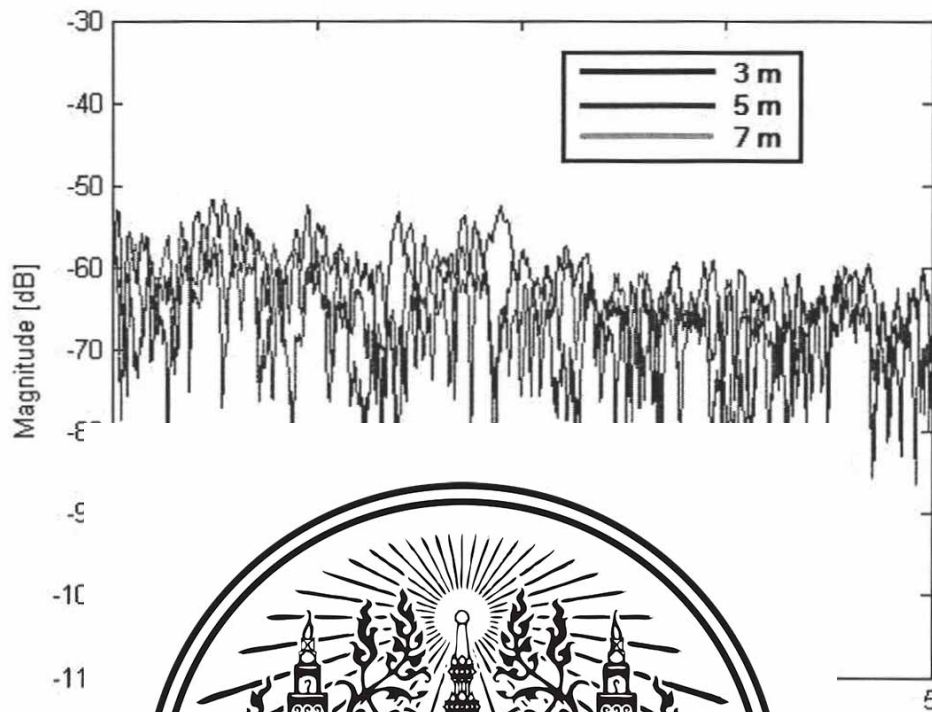
การ
กราฟ ระหว่าง
จากนั้น จะแ



ภาพจากสายอากาศ
เมื่อระยะทางเพิ่ม
พันธ์แปรผกผันกับ

และนำมาแสดงใน
แล้วมาหาค่าเฉลี่ย

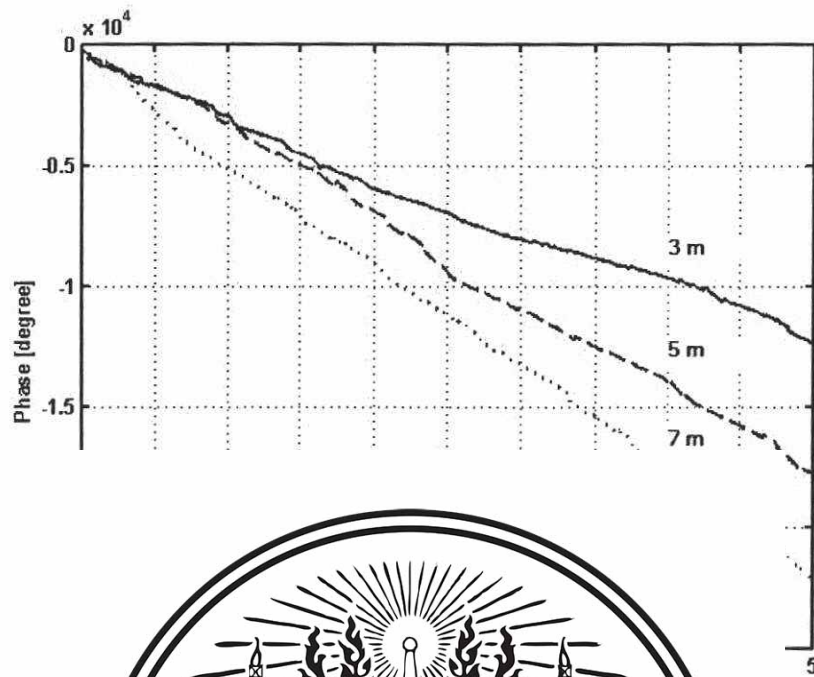
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จาก
กรวยคู่ ที่
สายอากาศตัว
พอลิโคนนี้จะบ่ง
จะทำให้ค่าขนาดมากขึ้นด้วย

ใช้สายอากาศแบบ
ขอากาศตัวส่งและ
อนุญาต ซึ่งค่าแอม
ป์ใกล้เคียงกันมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

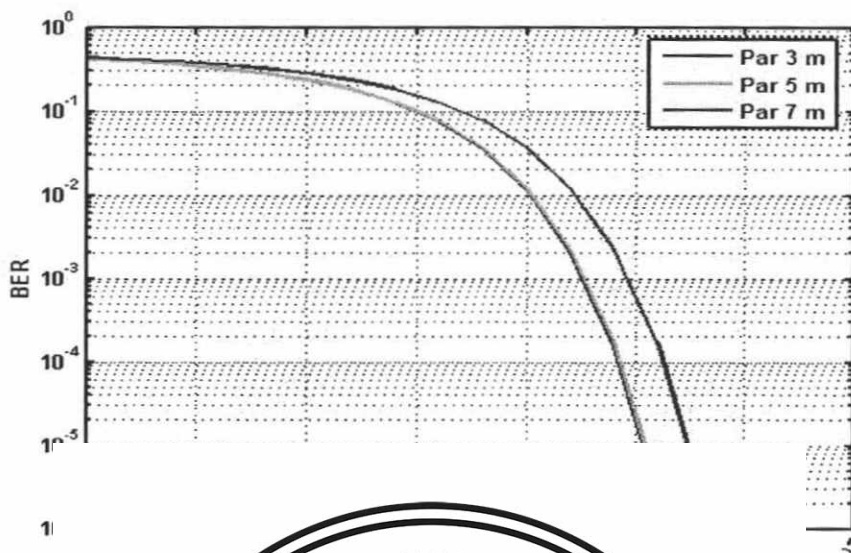


จาก
กรวยคู่ ทั้งทา
อธิบายได้ว่า
เป็นเชิงเส้นมา
การรับสัญญาณ

ใช้สายอากาศแบบ
7 เมตร สามารถ
สัญญาณจะมีค่าเฟส
ยะทางเพิ่มมากขึ้น

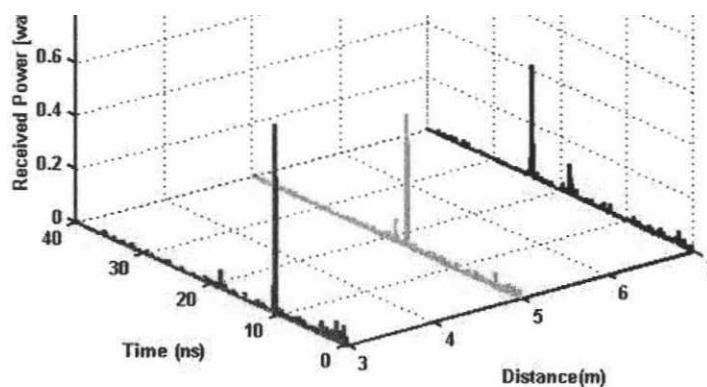
อัตราบิดผิพลาต สามารถชีวิตประสิทธิภาพในการสื่อสารข้อมูลของช่องสัญญาณได้โดย
การทดลองได้ส่งสัญญาณจากสายอากาศตัวส่งไปยังสายอากาศตัวรับ พร้อมทั้งมีกำแพงมากั้น
ระหว่างสายอากาศตัวส่งและสายอากาศตัวรับ แล้วทำการพล็อตกราฟอัตราบิดผิพลาตบิตได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากผล
บิตก็จะมีมาก
สัญญาณถึงเสา

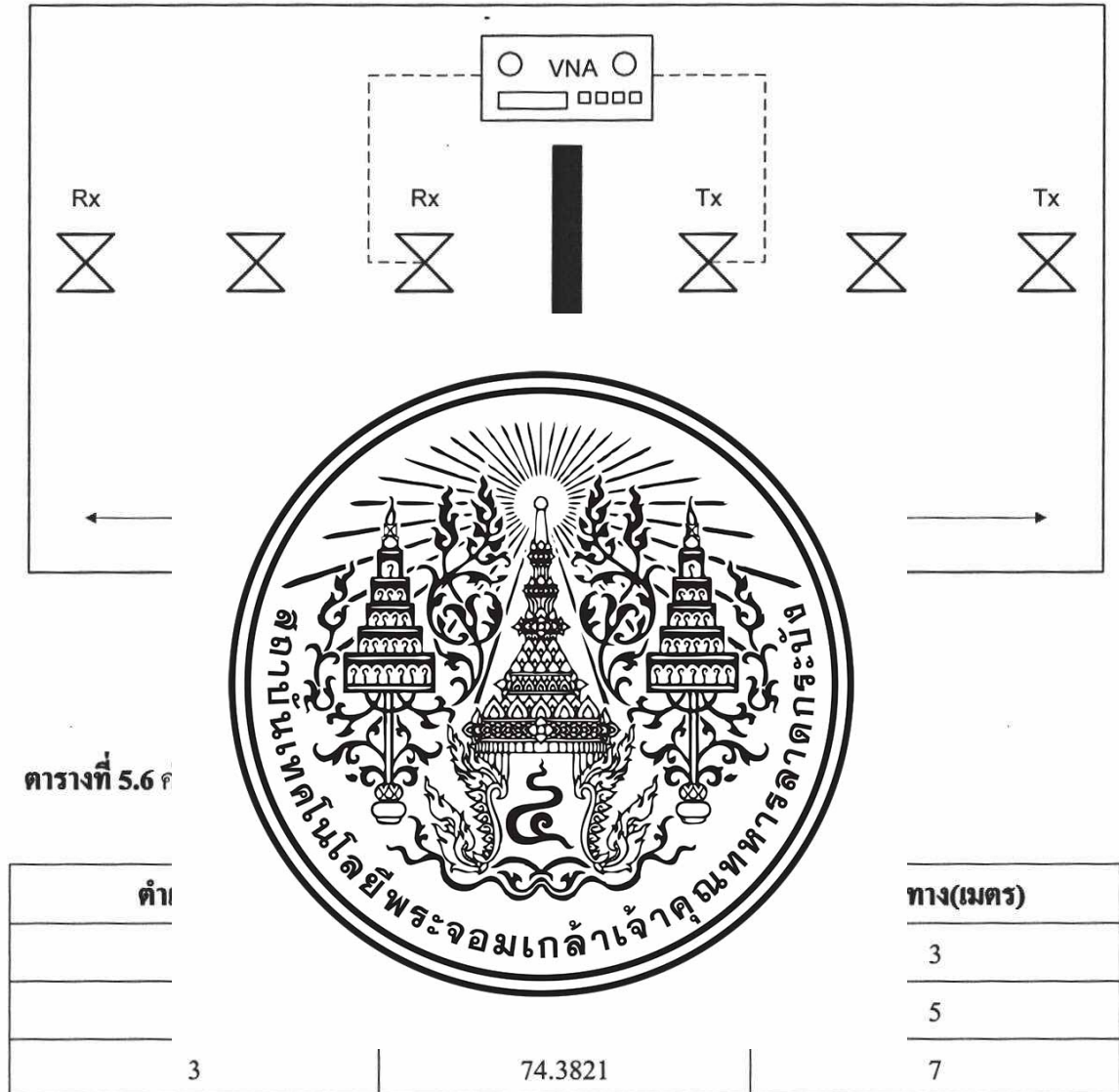
ชั้น อัตราผิดพลาด
ายอากาศตัวส่งส่ง



รูปที่ 5.10 ภาพหน้าตัดข้างการประวิงกำลังงานของสัญญาณแบบจำลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 ผลการทดลองจากแบบจำลองการวัดแบบที่ 3



ตารางที่ 5.6

ตำแหน่ง

ทาง(เมตร)

3

5

3

74.3821

7

จากตารางเป็นการแสดงค่าการสูญเสียเชิงวิถี ที่ตำแหน่งต่างๆ โดยตัวรับและตัวส่งอยู่ห่างกันเป็นระยะที่ 3, 5, 7 เมตร ตามลำดับ โดยมีทั้งหมด 3 ตำแหน่ง ซึ่งแสดงได้ดังตาราง จะเห็นได้ว่า ยิ่งระยะไกลออกไปค่าการสูญเสียเชิงวิถีก็จะยิ่งมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งที่อยู่ใกล้เครื่องรับสัญญาณจะรับสัญญาณได้ดีกว่าตำแหน่งที่ไกลออกไปจากตัวรับสัญญาณ ซึ่งจะกล่าวได้ว่า ค่าการสูญเสียเชิงวิถีจะแปรผันตามระยะทาง คือ ยิ่งระยะทางระหว่างตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณอยู่ไกลกันมาก ค่าการสูญเสียเชิงวิถีก็ยิ่งมากตาม ค่าการสูญเสียเชิงวิถีมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าการรับสัญญาณจะรับได้น้อยกว่าค่าการสูญเสียเชิงวิถีน้อย และแบบจำลองที่ 3 นี้มีค่าการสูญเสียเชิงวิถีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่าแบบจำลองที่ 1 เพราะมีกำแพงคอนกรีตเป็นสิ่งกีดขวางการส่งสัญญาณระหว่างสายอากาศตัวรับและตัวส่ง

ตารางที่ 5.7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบจำลองที่ 3

ระยะทาง (เมตร)	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
3	0.5391
5	0.4717

จาก
ตัวส่ง ไปยัง
มากขึ้นจะทำ
ระยะทาง

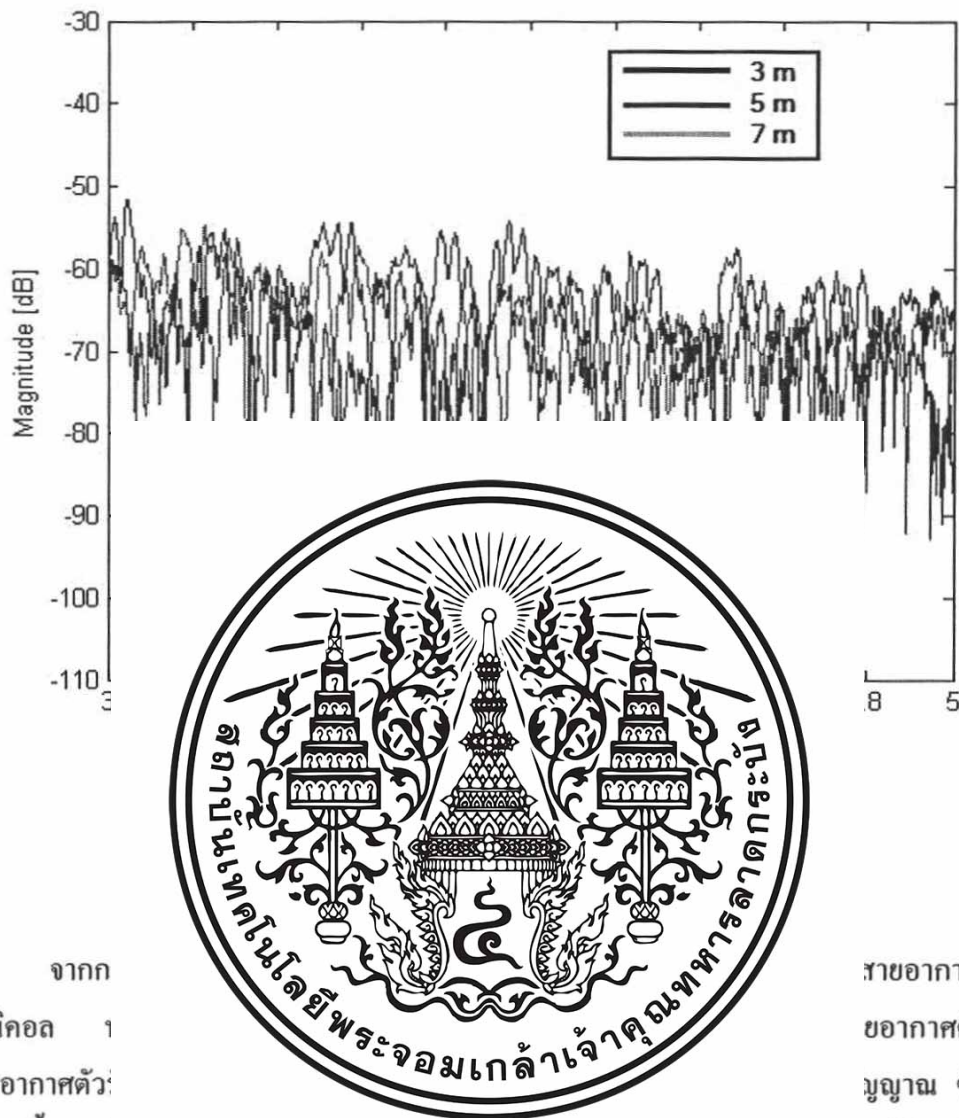
การ
กราฟ ระหว่าง
จากนั้น จะแ



จากสายอากาศ
เมื่อระยะทางเพิ่ม
ขึ้นแปรผกผันกับ

และนำมาแสดงใน
แล้วมาหาค่าเฉลี่ย

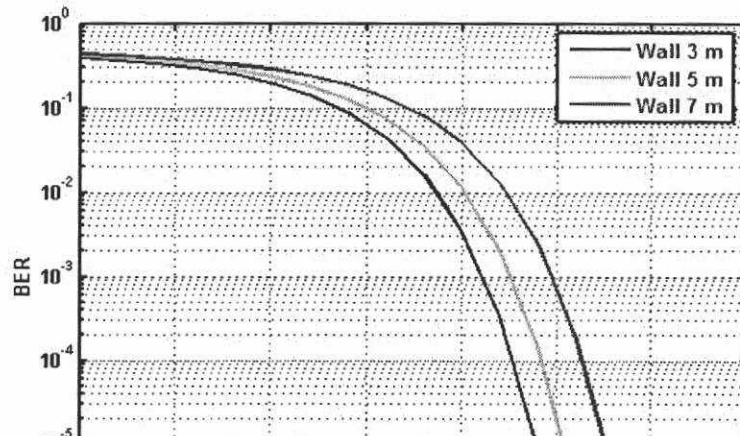
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จาก
โคเน็คด 1
สายอากาศตัว
พลีจุดนี้ จะบ่
จะทำให้ค่าขนาดมากขึ้นด้วย

สายอากาศแบบใบ
ขอากาศตัวส่งและ
บุญญาณ ซึ่งค่าแอม
อยู่ไกลกันมากขึ้น

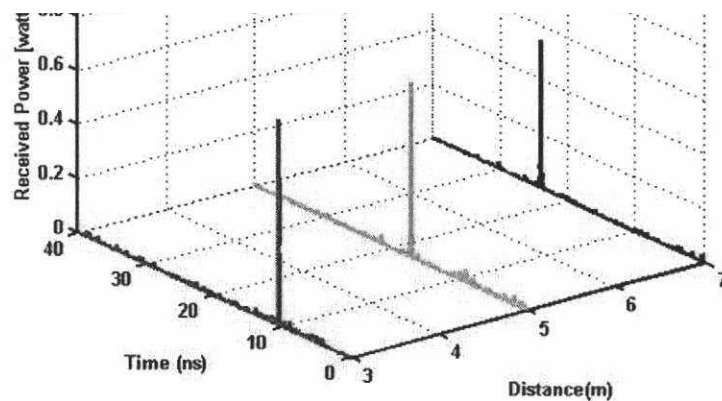
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากผล
บิตก็จะมีมากขึ้น
สัญญาณถึงเสา



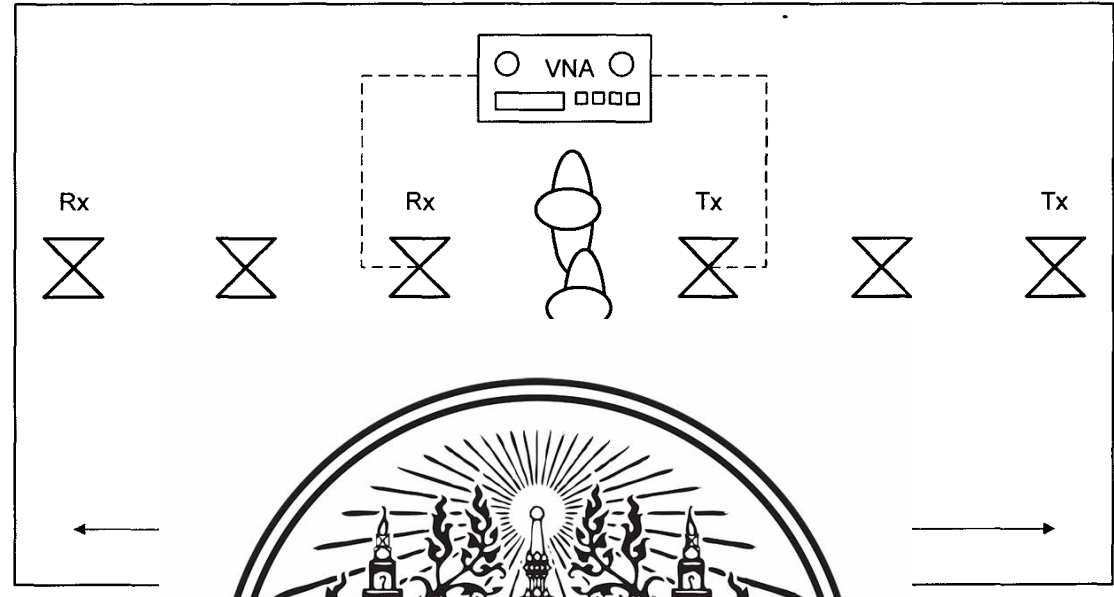
บน อัตราผิดพลาด
ายอากาศตัวส่งส่ง



รูปที่ 5.15 ภาพหน้าตัดข้างการประวิงกำลังงานของสัญญาณแบบจำลองที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 ผลการทดลองจากแบบจำลองการวัดแบบที่ 4



ตารางที่ 5.8

ค่า	ทาง(เมตร)
	3
	5
3	7



จากตารางเป็นการแสดงค่าการสูญเสียเชิงวิถี ที่ตำแหน่งต่างๆ โดยตัวรับและตัวส่งอยู่ห่างกันเป็นระยะที่ 3, 5, 7 เมตร ตามลำดับ และระหว่างสายอากาศตัวส่งและสายอากาศตัวรับมีบุคคลเข้ามาขวาง โดยมีทั้งหมด - ตำแหน่ง ซึ่งแสดงได้ดังตาราง จะเห็นได้ว่ายิ่งระยะไกลออกไปค่าการสูญเสียเชิงวิถีก็จะยิ่งมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งที่อยู่ใกล้เครื่องรับสัญญาณจะรับสัญญาณได้ดีกว่าตำแหน่งที่ไกลออกไปจากตัวรับสัญญาณ ซึ่งจะกล่าวได้ว่า ค่าการสูญเสียเชิงวิถีจะแปรผันตามระยะทาง คือ ยิ่งระยะทางระหว่างตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณอยู่ใกล้กันมาก ค่าการสูญเสียเชิงวิถีก็ยิ่งมากตาม ค่าการสูญเสียเชิงวิถีมากนั้น แสดงให้เห็นว่าการรับสัญญาณจะรับได้น้อยกว่าค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสูญเสียเชิงวิถีน้อย และแบบจำลองที่ 4 นี้มีค่าการสูญเสียเชิงวิถีมกกว่าแบบจำลองทั้งหมด แสดงว่า ร่างกายมนุษย์มีผลต่อสัญญาณที่ส่งจากสายอากาศด้านส่งไปสายอากาศทางด้านรับมากที่สุด

ตารางที่ 5.9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบจำลองที่ 4

ระยะทาง (เมตร)	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
3	0.5801

จาก
ตัวส่ง ไปยัง
มากขึ้นจะทำ
ระยะทาง

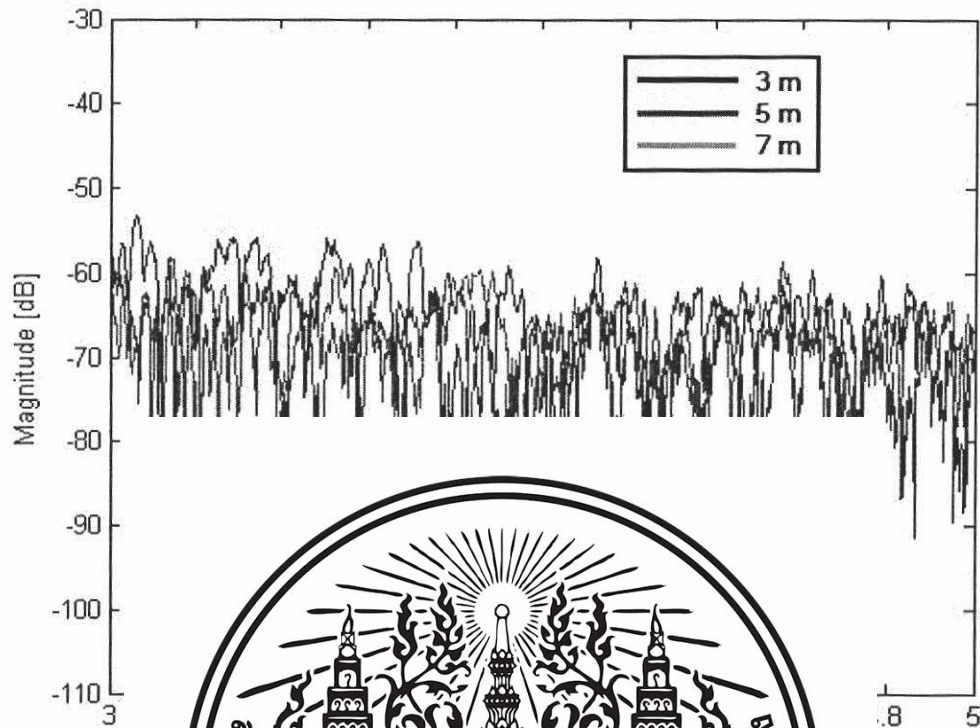
การ
กราฟ ระหว่าง
จากนั้น จะแ



จากสายอากาศ
เมื่อระยะทางเพิ่ม
สัมพันธ์แปรผกผันกับ

และนำมาแสดงใน
แล้วมาหาค่าเฉลี่ย

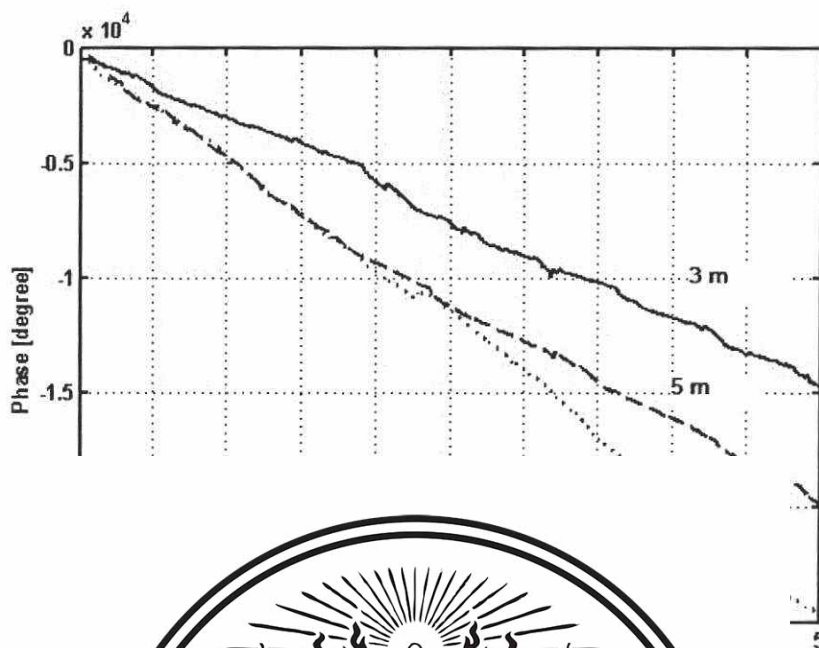
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จาก
กรวยคู่ ที่
สายอากาศตัว
พอลิโคนนี้จะป่ง
จะทำให้ค่าขนาดมากขึ้นด้วย

ใช้สายอากาศแบบ
ขอากาศตัวส่งและ
บุญาน ซึ่งค่าแอม
ป์ไกลก้นมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

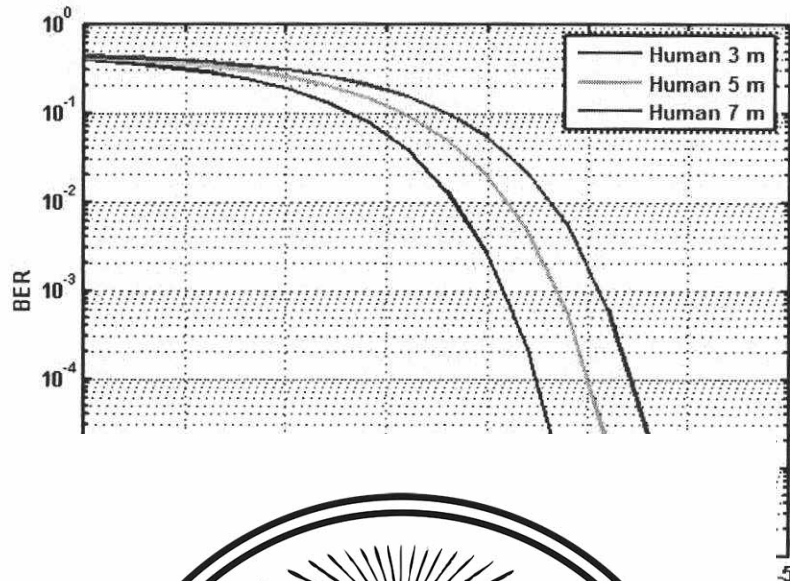


จากรูปร่าง
แบบไบโคนิค
สามารถอธิบาย
มีค่าเฟสเป็นเชิง
มากขึ้นการรับ

ได้ใช้สายอากาศ
ระยะ 3, 5, 7 เมตร
ร่องส่งสัญญาณจะ
เมื่อระยะทางเพิ่ม
ญาณ

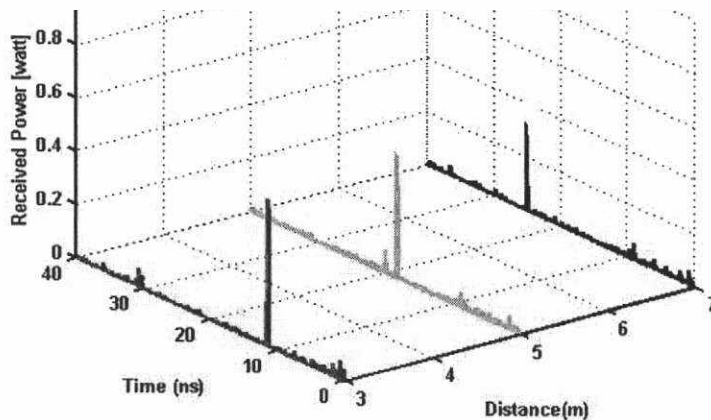
อัตราบิดผิพลาตสามารถชี้วัดประสิทธิภาพในการสื่อสารข้อมูลของช่องสัญญาณได้ โดยการทดลอง ได้ส่งสัญญาณจากสายอากาศตัวส่งไปยังสายอากาศตัวรับ พร้อมทั้งมีกำแพงมากั้นระหว่างสายอากาศตัวส่งและสายอากาศตัวรับ แล้วทำการพล็อตกราฟอัตราบิดผิพลาตบิตได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากผล
บิตก็จะมามากขึ้น
สัญญาณถึงเสา

บน อัตราผิดพลาด
ยอากาศตัวส่งส่ง

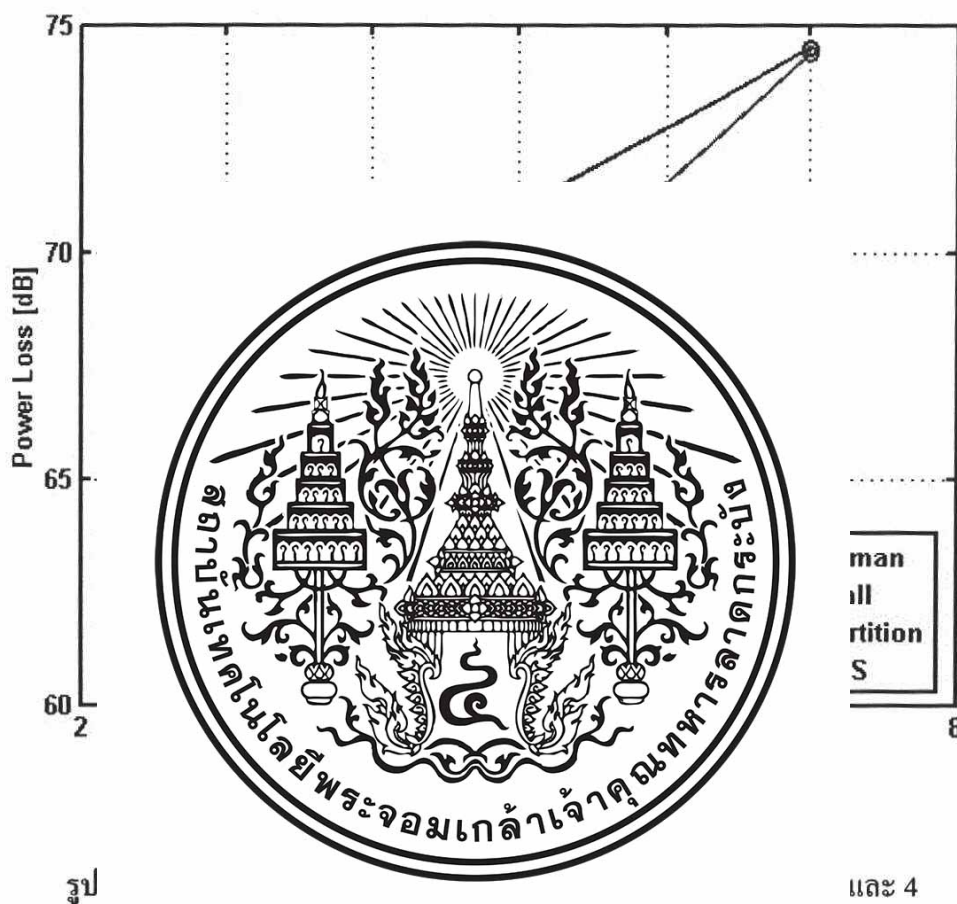


รูปที่ 5.20 ภาพหน้าตัดข้างการประวิงกำลังงานของสัญญาณแบบจำลองที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 การเปรียบเทียบการทดลอง

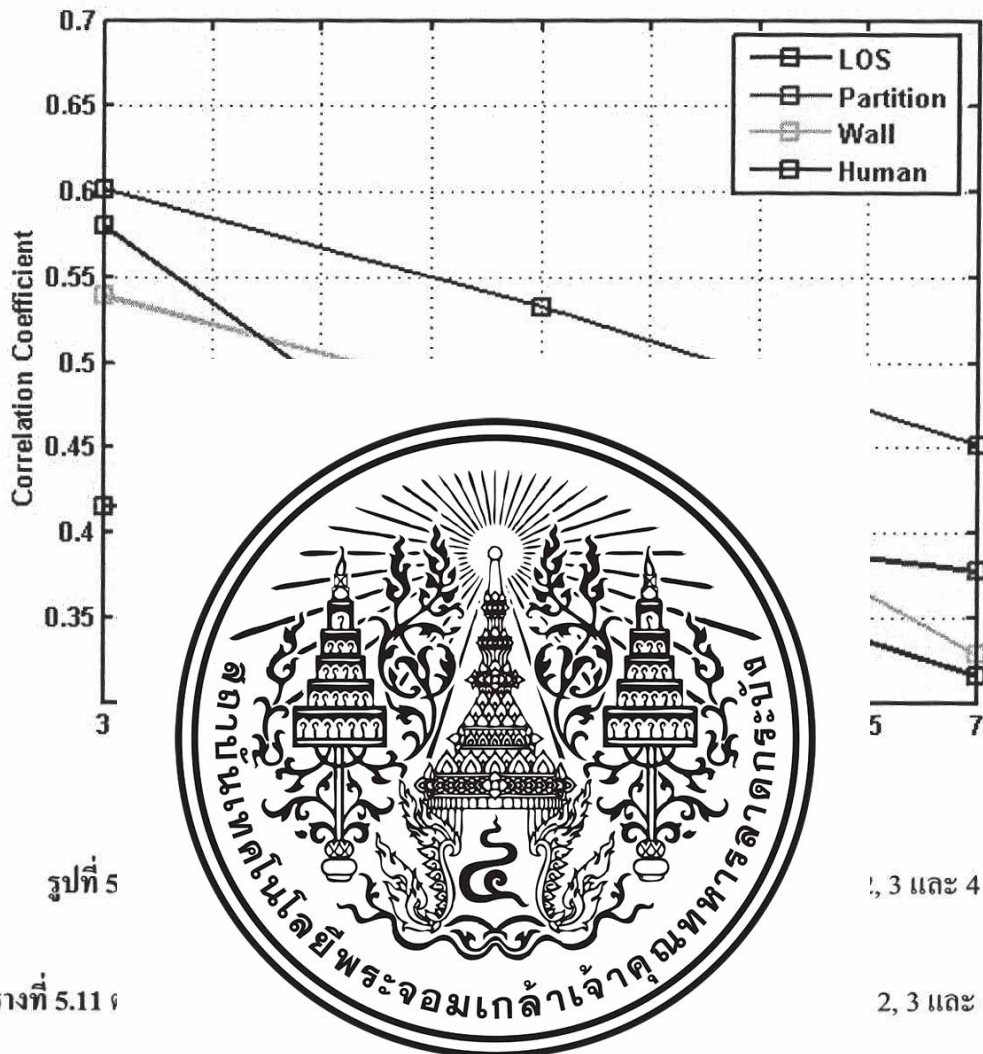
จะเห็นได้ว่า เมื่อทำการทดลองในแบบจำลองทั้ง 4 แบบแล้ว ค่าที่ได้จากกราฟต่างๆ จะมีค่าที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งในหัวข้อนี้ เราจะนำกราฟที่ได้จากแบบจำลองทั้ง 4 รูปแบบ มาทำการเปรียบเทียบ



ตารางที่ 5.10 ตารางเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเชิงวิถีแบบจำลองการวัดที่ 1, 2, 3 และ 4

ที่	ค่าการสูญเสีย เชิงวิถี (dB) แบบจำลองที่ 1	ค่าการสูญเสีย เชิงวิถี (dB) แบบจำลองที่ 2	ค่าการสูญเสีย เชิงวิถี (dB) แบบจำลองที่ 3	ค่าการสูญเสีย เชิงวิถี (dB) แบบจำลองที่ 4	ระยะทาง (เมตร)
1	61.5191	64.4195	66.2363	67.2722	3
2	66.2832	68.5030	68.6594	70.9740	5
3	69.8489	69.1144	74.3821	74.5106	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่	คาสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ แบบจำลองที่ 1	คาสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ แบบจำลองที่ 2	คาสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ แบบจำลองที่ 3	คาสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ แบบจำลองที่ 4	ระยะทาง (เมตร)
1	0.6014	0.4154	0.5391	0.5801	3
2	0.5322	0.4077	0.4717	0.3978	5
3	0.4515	0.3774	0.3281	0.3157	7

จากตารางที่ 5.11 จะเห็นได้ว่าแบบจำลองทั้ง 4 แบบมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คล้ายกัน คือเมื่อระยะทางมากขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองทั้ง 4 แบบ ที่ระยะทาง 3 เมตร แบบจำลองที่ 2 คือมีกำแพงพาทิชั้นเข้ามาใกล้จะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่ำที่สุด และที่ระยะ 5 เมตรและ 7 เมตร คือมีร่างกายมนุษย์เข้ามาใกล้ระหว่างสายอากาศด้านส่งและสายอากาศด้านรับ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่ำที่สุด

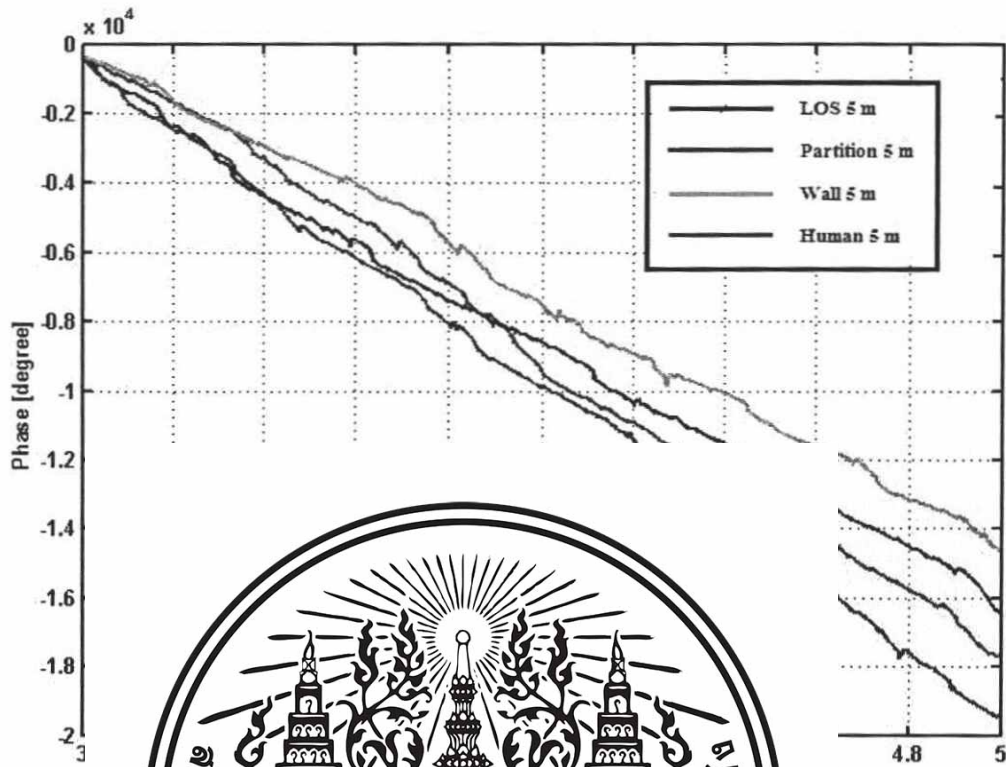
การนำค่าข้อมูลที่ได้จากการวัดมาประมวลผลโดยใช้โปรแกรม MATLAB และนำมาพล็อตกราฟ เพื่อเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองการวัดทั้ง 4 โดยดูจาก เฟส กับ ความถี่ และ เฟส กับ ความถี่ ที่ระยะทางต่างๆ



รูปที่ 5.23 ความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาด กับ ความถี่ ที่ระยะ 5 เมตร

จากกราฟของความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาด กับ ความถี่ ซึ่งในการวัดใช้สายอากาศแบบกรวยคู่ ทั้งทางด้านรับและด้านส่งสัญญาณ ซึ่งค่าแอมพลิจูดนี้เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการรับสัญญาณ ซึ่งค่าแอมพลิจูดนี้จะบ่งบอกด้วยการรับสัญญาณยิ่งถ้าตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณอยู่ใกล้กันมากขึ้นจะทำให้ค่าขนาดมากขึ้นด้วย และสิ่งกีดขวางระหว่างสายอากาศด้านส่งสัญญาณและด้านรับสัญญาณ ก็จะทำให้ค่าขนาดเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



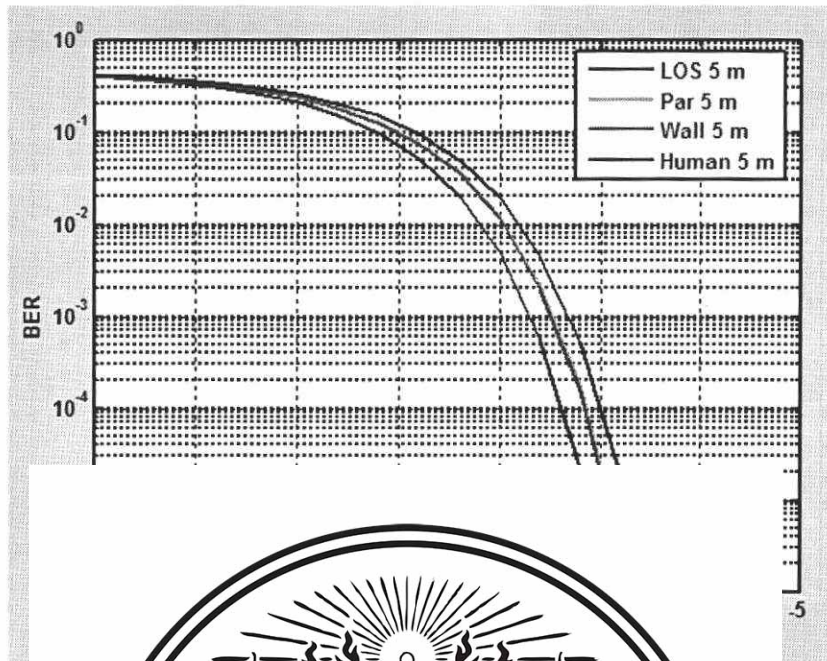
จากรู
กรวยคู่ ทั้งหมด
ว่า เมื่อระยะ

ทางด้านรับ เพศของสัญญาณท เมมสกดคขวางจะเบนเชิงเสนมากกว่า เพศของสัญญาณที่มีกำแพง
กัน และมีคนเข้ามำกัน

ใช้สายอากาศแบบ
สามารถอธิบายได้
ง และสายอากาศ

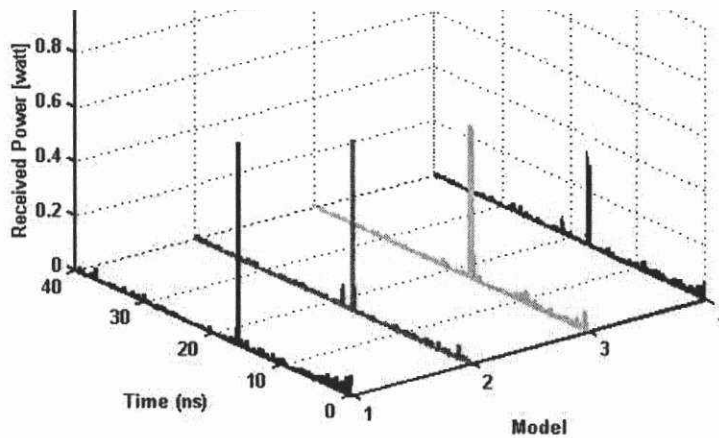
อัตราบิดผิดพลาด สามารถชี้วัดประสิทธิภาพในการสื่อสารข้อมูลของช่องสัญญาณได้โดย
การทดลองได้ส่งสัญญาณจากสายอากาศตัวส่งไปยังสายอากาศตัวรับ ทั้ง 4 แบบ แล้วทำการแสดง
กราฟอัตราผิดพลาดบิตได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากผล
บิตก็จะมีมากขึ้น
สัญญาณถึงเสา

ใน อัตราผิดพลาด
ยอากาศตัวส่งส่ง



รูปที่ 5.26 ภาพหน้าตัดข้างการประวิงกำลังงานของสัญญาณแบบจำลองที่ 1, 2, 3 และ 4 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.8 สรุปการทดลอง

ในบทนี้ได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลของแบบจำลองทั้ง 4 แบบ โดยได้แสดงผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ การสูญเสียช่องสัญญาณเชิงวิถี ค่าภาพหน้าตัดข้างการประวิงกำลังงานของสัญญาณ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาด กับ ความถี่ ความสัมพันธ์ระหว่างเฟส กับ ความถี่ และอัตราความผิดพลาดบิต ซึ่งบทสรุปของปริิณญาณินพนธ์นี้จะกล่าวในบทต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

6.1 สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ผ่านมา ได้จำลองสภาพแวดล้อมที่ต่างกันไป ดังนั้นเราจึงต้องศึกษาพฤติกรรม การแพร่กระจายของสัญญาณ ที่ใช้ในระบบ HDTV โดยสัญญาณนั้นจะมีช่วงความถี่ในช่วง 3.1-4.8 GHz ซึ่งเป็นความถี่ช่วง Low Band ซึ่งใช้ในระบบ HDTV จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่า ระยะทาง แ

การทดลอง ใน

สัญญาณ

เพราะฉะนั้น

สูญเสียเชิงวิถี

ตัวรับสัญญาณ

ค่าการสูญเสีย

ความ

ความสามารถ

สัญญาณและ

ความ

สัญญาณที่มีร

จากเครื่องส่ง

ต่ำกว่าที่ระยะทางที่อยู่ใกล้เครื่องส่งสัญญาณ ซึ่งจากการทดลองจะเห็นได้ว่า เมื่อมีวัสดุเข้ามา กั้น ระหว่างกลาง กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเฟส กับ ความถี่ ก็จะไม่เป็นเชิงเส้นมากกว่าแบบจำลองที่ ไม่มีการกั้นระหว่างกลางด้วย

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง BER กับระยะทาง จะเห็นได้ว่า BER เพิ่มขึ้นเมื่อ ระยะทางเพิ่มมากขึ้นเพราะยิ่งระยะทางไกล ค่าความสูญเสียเชิงวิถีมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้น โอกาสที่จะเกิด ความผิดพลาดในการตัดสินใจข้อมูลผิดพลาดมีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นกัน และหากพิจารณาที่ ระยะทางเท่ากัน แต่กำหนดให้วัสดุที่ใช้กั้นระหว่างกลางแตกต่างกันออกไป จะเห็นได้ว่า ร่ายกาย มนุษย์ มีผลให้เกิด BER สูงกว่าวัสดุอื่นๆ

ับสัญญาณ ซึ่งใน

ระยะทางที่มากขึ้น

ใกล้เคียงกันมาก ค่าการ

าณและสายอากาศ

มนุษย์มีผลให้เกิด

เป็นค่าที่บ่งบอกถึง

ัญญาณยิ่งถ้าตัวส่ง

หน่งของเครื่องรับ

ำแหน่งที่ไกล

้จะรับสัญญาณ ได้

เมื่อมีวัสดุเข้ามา กั้น



จากการทดลอง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะเห็นได้ว่าจะมีค่าลดลงเมื่อระยะทางเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นสรุปได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แปรผกผันกับระยะทาง

สัญญาณที่ได้จากการวัดช่องสัญญาณแถบความถี่กว้างยิ่งภายในอาคารเป็นสัญญาณที่เข้ามาจากหลายทิศทาง เป็นไปตามกลไกการแพร่กระจายของคลื่นที่มีการสะท้อน หักเห และเลี้ยวเบน ซึ่งทำให้แต่ละเส้นทางเข้ามาถึงด้านรับไม่พร้อมกัน ซึ่งสามารถแสดงการขยายออกทางเวลาได้ด้วยค่าภาพหน้าตัดข้างการประวิงกำลังงานของสัญญาณ ซึ่งค่า delay ของสัญญาณนั้นจะแปรตามระยะห่างระหว่างด้านส่งและด้านรับ เมื่อระยะมากขึ้นทำให้ค่าการสูญเสียเชิงวิถีเพิ่มมากขึ้น ค่า delay มีค่าเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

6.2 ปัญหาที่

5.2.1

ซ้ำหลายครั้ง

5.2.2

การรวบรวม

6.3 แนวทาง

5.3.1

5.3.2

5.3.3



นั้นจึงต้องมีการวัด

าให้ต้องใช้เวลาใน

DTV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Brain Willis, FOCUS Enhancements, Tokyo, Japan. **UWB Technology Applied to Consumer Applications For Video Data Rates Across Home Size Distances.**
- [2] C. Duan, G. Pekhteryev, J. Fang, Y-P Nakache, J. Zhang, K. Tajima, Y. Nishioka, H. Hirai, **Transmitting Multiple HD Video Streams over UWB Links.** January 2006.
- [3] Chang, R. W. 1966. **Synthesis of band-limited orthogonal signals for multi-channel data transmission.** Be

[4] Kai-Chuan C
TRANSMITTEI
Computer Engine

[5] Sabira Khatur
ChanSook Fun. U
Department of Cc
Universiti Putra M

[6] The MathWor
Wireless Commu

[7] High-definition television - Wikipedia, the free encyclopedia,
http://en.wikipedia.org/wiki/High-definition_television#HDTV_Sources



fik,
ctrical and

llah,
IONS.
eculty,

and (UWB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้