

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์สายอากาศแบบแถวลำดับสี่กรายคาบ

ANALYSIS OF LOG PERIODIC ARRAY ANTENNA



T111599

โดย

นายสุรศักดิ์

สุขสูงเนิน

นายกรรณ

ศรีจันทร์ดี

นางสาวกรรณิกา

สุขจิตภิญโญ

นายชยุต

นุชเจริญ

ตงหมู่.....
เลขทะเบียน 111599
วัน,เดือน,ปี 13 S.A. 2553

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์สายอากาศแบบแถวลำดับล็อกกรายคาบ

ANALYSIS OF LOG PERIODIC ARRAY ANTENNA

โดย

นายสุรศักดิ์	สุขสูงเนิน	49012022
นายกรกฤษ	ศรีจันทร์ดี	49012145
นางสาวกรรณิกา	สุขจิตภิญโญ	49012146
นายชยุต	นุชเจริญ	49012158

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ชวรงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์

รศ.ดร.สมพล โกศลวิตร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่าจะผ่านการตรวจรับงานแล้ว มิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารผ่านการตรวจรับเล่มแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ปริญญาโทปีการศึกษา 2552

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การวิเคราะห์สายอากาศแบบแถวลำดับสี่อกรายคาบ

ANALYSIS OF LOG PERIODIC ARRAY ANTENNA

ผู้จัดทำ

นายสุรศักดิ์	สุขสูงเนิน	49012022
นายกรกฤษ	ศรีจันทร์ดี	49012145
นางสาวกรรณิกา	สุขจิตกัญญา	49012146
นายชยุต	นุชเจริญ	49012158

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร. ชูวงศ์ พงศ์เจริญพานิชย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร.สมผล โกศลวิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความเมตตาช่วยเหลืออย่างดียิ่งของท่าน อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ชวงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์ และท่าน รศ.ดร.สมพล โกศลวิตร ขอบคุณท่าน อาจารย์ประจำสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ ข้าพเจ้า ขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมา จนกระทั่งการศึกษา ค้นคว้าทดลองครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ความดีอันเกิดจากการศึกษาทดลองครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอ มอบแต่บิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ข้าพเจ้ามีความซาบซึ้งในความกรุณาอันดีจากทุกท่านที่ได้กล่าวนามมา และขอกราบ
ขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

นายสุรศักดิ์ สุขสูงเนิน
นายกรกฤษ ศรีจันทร์ดี
นางสาวกรรณิกา สุขจิตภิญโญ
นายชยุต นุชเจริญ
คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์สายอากาศแบบแถวลำดับล็อกกรายคาบ
ANALYSIS OF LOG PERIODIC ARRAY

โดย	นายสุรศักดิ์	สุขสูงเนิน	49012022
	นายกรกฤษ	ศรีจันทร์ดี	49012145
	นางสาวกรรณิกา	สุขจิตภิญโญ	49012146
	นายชยุต	นุชเจริญ	49012158

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ชวรงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์
รศ.ดร.สมพล โกศลวิตร

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอสายอากาศชนิดแถวลำดับล็อกกรายคาบ ซึ่งเป็นสายอากาศแบบชี้ทิศทาง เพื่อใช้ในการรับส่งในระบบการสื่อสารไร้สาย โดยสายอากาศชนิดนี้มีข้อดีคือมีช่วงความถี่การใช้งานกว้างและมีอัตราการขยายสูง ในปริญญานิพนธ์นี้จะทำการวิเคราะห์และออกแบบสายอากาศชนิดแถวลำดับล็อกกรายคาบ โดยการเปลี่ยนพารามิเตอร์เพื่อพิจารณาผลของพารามิเตอร์ที่มีต่อคุณสมบัติสายอากาศ เพื่อหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการประยุกต์ใช้งานในระบบสื่อสารไร้สายที่ออกแบบต่อไป

Abstract

This thesis presents the analysis of the Log-Periodic Array Antenna. This antenna possesses directional pattern. It is proposed to apply for the wireless communications. The advantage of this antenna is that it has wide bandwidth with high gain. In this thesis, we will analyze and design the Log-Periodic Array Antenna by varying the antenna parameters to consider the influence of the antenna parameters to the antenna characteristics. The antenna structure will be optimized for the design of practical applications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ทฤษฎีสายอากาศไมโครสตริป (Microstrip Antenna Theory)	3
2.1.1 ลักษณะโครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริป	3
2.1.2 ข้อดีและข้อเสียของสายอากาศแผ่นไมโครสตริป	4
2.1.3 รูปร่างลักษณะต่างๆของสายอากาศไมโครสตริป	5
2.1.4 สายอากาศแผ่นไมโครสตริปแบบ Traveling-wave (MTA)	6
2.2 ทฤษฎีแฉวลำดับ	6
2.2.1 แฉวลำดับสองเอเลเมนต์	7
2.3 ทฤษฎีลี้ท็อกเรายคาบ (Log-Periodic Theory)	9
2.3.1 โครงสร้างของ Log-periodic Dipole Antenna (LPDA)	10
2.3.2 การออกแบบสายอากาศไดโพลแบบลี้ท็อกพริออดิกเพื่อใช้งานจริง	11
2.4 เครื่องอ่านของระบบอาร์เอฟไอดี	13
2.5 การออกแบบตัวแบ่งกำลังงาน (Power Divider)	18
2.6 ค่าคุณลักษณะและค่าปัจจัยต่างๆของสายอากาศ	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า	
2.6.1	ระยะของสนามจากสายอากาศหรือระยะสายอากาศ	22
2.6.1.1	ระยะสนามระยะใกล้รีแอกทีฟ	22
2.6.1.2	ระยะสนามระยะใกล้ที่แพร่กระจายคลื่น	23
2.6.1.3	ระยะสนามระยะไกล	23
2.6.2	แบบรูปการแผ่พลังงาน	23
2.6.3	อิมพีแดนซ์ขาเข้า	24
2.6.4	ประสิทธิภาพการแผ่พลังงาน	25
2.6.5	ความกว้างลำคลื่น	26
2.6.6	ประสิทธิภาพลำคลื่น	26
2.6.7	ความหนาแน่นกำลังงานที่แพร่กระจายคลื่น	26
2.6.8	ความเข้มการแพร่กระจายคลื่น	27
2.6.9	ค่าสภาพเงาเชิงทิศทาง	27
2.6.10	อัตรายบาย	28
2.6.11	ความยาวประสิทธิผลและพื้นที่ประสิทธิผล	28
2.6.12	ประสิทธิภาพช่องเปิด	28
2.6.13	โพลาริเซชันและประสิทธิภาพโพลาริเซชัน	29
2.7	ประวัติและความเป็นมาของเทคโนโลยี RFID	29
2.7.1	คลื่นวิทยุ (Radio Frequency)	30
2.7.2	อัตราการรับส่งข้อมูลและแบนด์วิดธ์	31
2.7.3	ย่านความถี่สำหรับ RFID ในประเทศไทย	32
2.7.4	RFID มีข้อได้เปรียบเหนือกว่าระบบบาร์โค้ดดังนี้	32
2.8	องค์ประกอบหลักของระบบ RFID	33
2.8.1	บันทึกและการอ่านข้อมูลได้เป็น 3 รูปแบบ	35
2.9	ลักษณะการทำงานของระบบ RFID	36
2.9.1	หลักการทำงานเบื้องต้นของระบบRFID	37
2.9.2	องค์ประกอบของระบบ RFID	38
2.9.3	Reader หรือ Interrogator	42
2.10	มาตรฐานของ RFID	44

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.11 การนำระบบ RFID ไปใช้งาน	47
2.11.1 การประยุกต์ใช้งาน RFID	47
2.12 ข้อดีและข้อเสียของระบบ RFID	50
2.13 ผลกระทบ ปัญหาที่เกิดจากการใช้ RFID	51
2.13.1 ด้านความถี่ที่ใช้งานของ RFID	51
2.13.2 ด้านวัสดุที่นำ Tag ไปติดตั้ง	51
2.13.3 ด้านสิทธิส่วนบุคคล	51
2.13.4 ด้านความปลอดภัยของข้อมูล	52
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	53
3.1 บทนำ	53
3.2 การออกแบบสายอากาศไมโครสตริปแบบแถวลำดับลือกรายคาบที่มีการโพลาไรซ์แบบเชิงเส้น	53
3.2.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณเพื่อใช้ในการออกแบบสายอากาศ	53
3.3 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างสายอากาศไมโครสตริป	55
3.4 รูปจำลองของสายอากาศ วาดโดยโปรแกรม Visio	60
3.5 สายอากาศที่ออกแบบโดยโปรแกรม CST	63
3.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างสายอากาศไมโครสตริป	67
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ	68
4.1 การจำลองและผลการจำลองสายอากาศลือกรายคาบ 1 แผ่น	68
4.1.1 การสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับอิมพีแดนซ์ด้านเข้า	68
4.1.2 แบบรูปการแผ่พลังงาน	70
4.2 การวัดอัตราขยาย (Gain)	76
4.3 การทดสอบสายอากาศ	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	80
5.1 ผลการทดลอง	80
5.1.1 การสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ	80
5.1.2 อิมพีแดนซ์ด้านเข้า	80
5.1.3 อัตราขยาย	80
5.2 การทดสอบสายอากาศ	81
5.3 ข้อเสนอแนะ	81
5.4 แนวทางการแก้ปัญหา	81
บรรณานุกรม	82



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างโดยทั่วไปของสายอากาศไมโครสตริป	4
รูปที่ 2.2 สายอากาศไมโครสตริปแบบ Patch (MPA)	5
รูปที่ 2.3 สายอากาศไมโครสตริปแบบ Traveling-wave	6
รูปที่ 2.4 แถวลำดับ 2 เอเลเมนต์ ที่วางตามแนวแกน Z	7
รูปที่ 2.5 โครงสร้างของสายอากาศ LPD	10
รูปที่ 2.6 การป้อนสัญญาณเข้าสายอากาศ	11
รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Scaling และ Spacing Factor	12
รูปที่ 2.8 การติดต่อสื่อสารของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์	13
รูปที่ 2.9 RFID Fixed Reader และ RFID Mobile Reader	14
รูปที่ 2.10 ย่านความถี่ที่นิยมใช้งานทั่วไปที่มา : Siliconcraft	15
รูปที่ 2.11 ตัวแบ่งกำลังแบบ T-Junction	18
รูปที่ 2.12 หลักการพิจารณาการปรับอิมพีแดนซ์ที่ตัวป้อนสัญญาณยาว	19
รูปที่ 2.13 ระยะสายอากาศที่ระยะต่างๆ	22
รูปที่ 2.14 ตัวอย่างแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ	24
รูปที่ 2.15 แนวคิดในการพิจารณาการทำงานของสายอากาศโดยอาศัยมุมมองแบบทฤษฎีวงจร	25
รูปที่ 2.16 ป้าย (Tag)	34
รูปที่ 2.17 ไมโครชิป	34
รูปที่ 2.18 RFID TAG รูปแบบต่างๆ	35
รูปที่ 2.19 เครื่องอ่าน RFID TAG รูปแบบต่างๆ	36
รูปที่ 2.20 แผนผังการทำงานของระบบ RFID	37
รูปที่ 2.21 องค์ประกอบของระบบ RFID	38
รูปที่ 2.22 บล็อกไดอะแกรมของ Passive Tag	39
รูปที่ 2.23 สนามแม่เหล็กจากกระบวนคู่ควบแบบเหนี่ยวนำ	39
รูปที่ 2.24 หลักการทำงานของ LF HF และ UHF	40
รูปที่ 2.25 Active Tag	41
รูปที่ 2.26 การทำงานของ RFID Tag	42
รูปที่ 2.27 โครงสร้างภายในเครื่องอ่าน	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ใดๆ การค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปลูกภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.29 มาตรฐานของ RFID ย่านความถี่ UHF ของแต่ละประเทศ	44
รูปที่ 2.30 RFID ที่ใช้ในระบบคลังสินค้า	48
รูปที่ 2.31 RFID ที่ใช้ในด้านการแพทย์สาธารณสุข	49
รูปที่ 2.32 RFID ที่ใช้ในด้านการเกษตรกรรมและปศุสัตว์	50
รูปที่ 2.33 RFID ที่ใช้ในระบบการคมนาคม	50
รูปที่ 3.1 ลักษณะโครงสร้างสายอากาศ	60
รูปที่ 3.2 ขนาดของโครงสร้างสายอากาศ	61
รูปที่ 3.3 ขนาดโครงสร้างสายอากาศ	62
รูปที่ 3.4 จำลองสายอากาศโดยโปรแกรม CST	63
รูปที่ 3.5 ผลลัพธ์จากการคำนวณหารูปแบบการแผ่กระจายคลื่นและค่าอัตราขยาย	63
รูปที่ 3.6 ค่า Return loss ที่ได้ผลจากการจำลองทดสอบโดยโปรแกรม CST	64
รูปที่ 3.7 ค่าอิมพีแดนซ์ที่จำลองจากโปรแกรม CST	64
รูปที่ 3.8 จำลองการรวมสายอากาศโดยโปรแกรม CST	65
รูปที่ 3.9 ผลลัพธ์จากการคำนวณหารูปแบบการแผ่กระจายคลื่นและค่าอัตราขยาย	65
รูปที่ 3.10 ค่า Return loss	66
รูปที่ 3.11 Power Divider ที่ทำการออกแบบ	67
รูปที่ 4.1 สายอากาศไมโครสตริปแบบแถวลำดับสี่กรวยคาบ	68
รูปที่ 4.2 ค่า Return Loss ของสายอากาศจำนวน 1 แผ่น	69
รูปที่ 4.3 อิมพีแดนซ์ด้านเข้าของสายอากาศจำนวน 1 แผ่น	69
รูปที่ 4.4 การจัดวางสายอากาศเพื่อวัดรูปแบบการแผ่พลังงาน	70
รูปที่ 4.5 การแผ่พลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า (E-Plane) ของสายอากาศจำนวน 1 แผ่น	71
รูปที่ 4.6 การแผ่พลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก (H-Plane) ของสายอากาศจำนวน 1 แผ่น	71
รูปที่ 4.7 สายอากาศจำนวน 4 แผ่น ที่นำมาอาร์เรย์กัน โดยมีระยะห่าง 35×35 ซม.	72
รูปที่ 4.8 การจัดวางสายอากาศเพื่อวัดอัตราขยายและรูปแบบการแผ่พลังงาน	72
รูปที่ 4.9 แสดงค่า Return Loss ของสายอากาศ 4 แผ่นที่นำมาอาร์เรย์กัน	73
รูปที่ 4.10 แสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ 4 แผ่นที่นำมาอาร์เรย์กัน	73
รูปที่ 4.11 แสดงค่า Return Loss ของ ตัวแบ่งกำลังงาน (Power Divider) พอร์ต 1	74

เอกสารรูปที่ 4.12 แสดงค่า Return Loss ของ ตัวแบ่งกำลังงาน (Power Divider) พอร์ต 2 ใช้ประโยชน์ค่า 74

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.13 แสดงค่า Return Loss ของ ตัวแบ่งกำลังงาน (Power Divider) พอร์ต 3	75
รูปที่ 4.14 แสดงค่า Return Loss ของ ตัวแบ่งกำลังงาน (Power Divider) พอร์ต 4	75
รูปที่ 4.15 เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดียี่ห้อ skyetek ที่นำมาทดสอบ	77
รูปที่ 4.16 แผ่นป้ายระบุข้อมูล (Tags) ที่นำมาทดสอบ	78
รูปที่ 4.17 กราฟผลการวัดระยะทาง	79
รูปที่ 4.18 การทดสอบสายอากาศกับระบบRFID	79



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ยานความถี่ต่างๆ ของระบบ RFID และการใช้งาน	31
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบระหว่าง Barcode กับ RFID	33
ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราขยายของสายอากาศทั้งสี่แผ่น	76
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลอง	78



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

การติดต่อสื่อสารนับว่าเป็นส่วนสำคัญในการแลกเปลี่ยนทัศนะ ความคิด หรือข้อมูล ต่างๆระหว่างกันของมนุษย์และการสื่อสารนั้นก็สามารถแบ่งจำแนกออกได้หลายประเภท ที่มีความ สะดวก รวดเร็ว ในปัจจุบันและใช้งานกันเป็นจำนวนมากก็คือ เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย และ ส่วนประกอบสำคัญที่ขาดไม่ได้ของการสื่อสารชนิดนี้ นั่นก็คือ สายอากาศ จึงได้จัดทำและ นำเสนอสายอากาศไมโครสตริปแบบแถวลำดับล็อกกรายคาบ (Log-Periodic Microstrip Array Antenna) ซึ่งเป็นสายอากาศที่มีช่วงความถี่การใช้งานกว้าง มีรูปร่างและขนาดเหมาะสมสำหรับการ ใช้งานในสภาพแวดล้อมต่างๆได้เป็นอย่างดี โครงสร้างทำจากวัสดุที่เป็นตัวนำที่ดี การใช้งาน สามารถใช้งานในการแพร่กระจายคลื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบระบุทางคลื่นวิทยุ (Radio Frequency Identification : RFID) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ คลื่นวิทยุในการระบุลักษณะของคนหรือวัตถุโดยอัตโนมัติถูกพัฒนามาตั้งแต่ ค.ศ.1980 มีจุดเด่นคือ สามารถอ่านข้อมูลจากแท็ก (Tag) ได้หลายๆแท็กแบบไร้สัมผัสและสามารถอ่านค่าได้แม้ในสภาพที่ ทัศนวิสัยไม่ดี ทนต่อความเปียกชื้น แร้ง สั่นสะเทือน การกระทบกระแทก สามารถอ่านข้อมูลได้ด้วย ความเร็วสูงโดยสามารถจำแนกได้ครั้งละเป็นจำนวนมากแต่ส่วนใหญ่โดยทั่วไปเป็นการจัดเก็บตาม หมายเลขประจำตัวของวัสดุ บุคคล หรือวัตถุ และในบางครั้งหมายรวมถึงสารสนเทศอื่นๆลงไมโคร ชิพที่ประกอบด้วยสายอากาศ (Antenna หรือ สายสัญญาณสำหรับส่งคลื่นระยะไกล โดยที่ชิพและ สายอากาศ รวมเข้าด้วยกันเรียกว่า RFID Transponder หรือ RFID Tag) สายอากาศทำให้ชิพสามารถ ส่งข้อมูลจำเพาะไปยังเครื่องอ่านได้ เครื่องอ่านจะแปลงคลื่นความถี่วิทยุจากเครื่องลูกข่าย กลายเป็น ข้อมูลดิจิทัลผ่านเข้าไปทางคอมพิวเตอร์เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาใช้ได้ ข้อมูลทางเทคโนโลยีของ ระบบระบุลักษณะทางคลื่นวิทยุ จะประกอบด้วย เครื่องลูกข่ายที่เป็นไมโครชิพ (Microchip Tag) ซึ่ง มีสายอากาศและเครื่องอ่านที่มีสายอากาศเช่นกัน เครื่องอ่านจะส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาและ สายอากาศของเครื่องลูกข่ายจะรับและแปลงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นเป็นพลังงาน ส่งผ่านไปทีระบบ ของเครื่องลูกข่ายเพื่อใช้เป็นพลังงานสำหรับแผงวงจร ไมโครชิพ จากนั้นเครื่องลูกข่ายจะส่งคลื่น ไปยังความถี่วิทยุกลับไปยังเครื่องอ่าน และเครื่องอ่านจะแปลงคลื่นที่ได้ใหม่ให้กลายเป็นข้อมูลดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์หรือสงวนลิขสิทธิ์ในชื่อของวิทยานิพนธ์ ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันระบบระบุลักษณะทางคลื่นวิทยุได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและมีแนวโน้มที่จะขยายมากขึ้นอย่างรวดเร็วในอนาคต เพราะสามารถบรรจุสารสนเทศต่างๆลงในระบบเครื่องลูกข่ายได้ตามที่เราต้องการ เนื่องจากระบบของเครื่องลูกข่าย คือ ไมโครชิปที่มีหน่วยความจำ เช่นเดียวกับเช่นเดียวกับหน่วยความจำคอมพิวเตอร์ที่สามารถทำการประมวลผลการทำงานได้ตามโปรแกรมคำสั่งที่ผู้ใช้ต้องการได้ การทำงานของระบบระบุลักษณะทางคลื่นวิทยุนั้นคือ ระบบของเครื่องลูกข่ายกับเครื่องอ่านต้องมีการปรับคลื่นความถี่ให้เหมือนกันเพื่อการสื่อสารเช่นเดียวกับการฟังวิทยุจำเป็นต้องปรับคลื่นความถี่ให้ตรงกับสถานีที่ต้องการฟัง ระบุลักษณะทางคลื่นวิทยุใช้ได้ ในหลายย่านความถี่ซึ่งในแต่ละย่านความถี่นั้นก็มีความแตกต่างในเรื่องของความเหมาะสมที่จะนำมาใช้กับงานแต่ละประเภท

สำหรับปริญญาโทฉบับนี้กล่าวถึงวิธีการออกแบบสร้างสายอากาศไมโครสตริปแบบ แถวลำดับสี่กรวยคาบที่จะนำไปใช้กับเครื่องอ่าน RFID ที่ย่านความถี่ UHF (920-925 MHz) เพื่อทำการศึกษาดังคุณสมบัติของรูปแบบการกระจายคลื่น (Radiation Pattern), อัตราขยาย (Gain), ลักษณะการโพลาไรซ์ (Polarizations) ในสายอากาศไมโครสตริป

1.2 วัตถุประสงค์

1. ทำการศึกษาค้นคว้าและพัฒนาสายอากาศไมโครสตริปแบบแถวลำดับสี่กรวยคาบ
2. ออกแบบและสร้างสายอากาศไมโครสตริปแบบแถวลำดับสี่กรวยคาบ
3. สร้างสายอากาศไมโครสตริปแบบแถวลำดับสี่กรวยคาบมาใช้งานร่วมกับระบบ RFID

1.2 ขอบเขตของโครงการ

ทำการวิเคราะห์โครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปแบบแถวลำดับสี่กรวยคาบ เพื่อใช้สำหรับเครื่องอ่าน RFID ที่ความถี่ย่าน UHF (920-925 MHz) ศึกษาการทำงานของสายอากาศ ออกแบบโดยใช้โปรแกรมสำหรับจำลองการทำงานและประสิทธิภาพ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับนำไปสร้างเป็นสายอากาศต้นแบบและนำไปทดลองในสภาพการใช้งานจริงและสุดท้ายทำการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

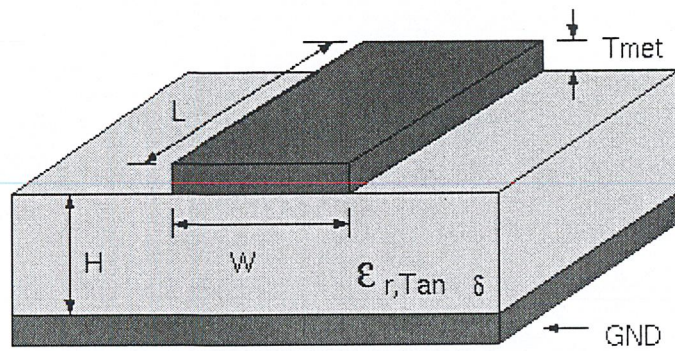
2.1 ทฤษฎีสายอากาศไมโครสตริป (Microstrip Antenna Theory)

แนวความคิดในการใช้ไมโครสตริปซึ่งมีรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาดเล็กในการแพร่กระจายคลื่นถูกนำเสนอครั้งแรก โดย Deschamps ค.ศ.1953 หลังจากนั้น 20 ปี จึงมีการสร้างสายอากาศที่ใช้งานได้จริง โดยมาจากการพัฒนาแบบจำลองทางทฤษฎีและเทคนิค photo-etch ของฐานรองที่เป็น copper หรือ gold-clad และมีคุณสมบัติทางอุณหภูมิจึงและทางกลศาสตร์ที่ดีมีค่า loss tangent ที่ต่ำ สายอากาศไมโครสตริปถูกสร้างขึ้นมาครั้งแรกในปี ค.ศ.1970 โดย Howell Munsun จากนั้นก็มีการวิจัยและพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วและกว้างขวางขึ้นไปสู่การใช้งานที่แตกต่างกัน

2.1.1 ลักษณะโครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริป

ลักษณะโครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปจะประกอบด้วย แผ่นตัวนำสองแผ่นวางขนานกันอยู่ โดยมีแผ่นตัวนำที่อยู่ด้านบนซึ่งจะมีรูปร่างต่างๆ เช่น รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular) รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส วงกลม วงรี ฯลฯ เรียกว่า ตัวแพร่กระจายคลื่น โดยทั่วไปมักจะเป็นแผ่นทองแดงหรือแผ่นทองคำ แผ่นตัวนำที่อยู่ด้านล่างจะเป็นลักษณะแผ่นตัวนำทั้งแผ่น โดยทางอุดมคติจะต้องมีขนาดใหญ่กว่าตัวแพร่กระจายคลื่นอย่างมากเรียกว่า แผ่นกราวด์ และมีวัสดุที่ไม่เป็นสื่อกลางทางไฟฟ้า กั้นกลางระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสอง ขนาดของตัวแพร่กระจายคลื่นจะมีขนาดตามความเหมาะสมกับงานหรือความถี่ที่นำไปใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับกรอกแบบตัวแพร่กระจายคลื่น ให้มีขนาดตามความต้องการ แผ่นกราวด์ตามทฤษฎีจะต้องมีขนาดที่ไม่จำกัด แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถที่จะให้แผ่นกราวด์มีขนาดจนถึงอนันต์ได้ ดังนั้นในการออกแบบจึงไม่มีข้อจำกัดของแผ่นกราวด์ว่าควรมีขนาดเท่าไร เพียงแต่จะต้องมีขนาดใหญ่กว่าตัวแพร่กระจายคลื่น ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของสายอากาศไมโครสตริปสามารถแสดงได้ดัง รูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างโดยทั่วไปของสายอากาศไมโครสตริป

2.1.2 ข้อดีและข้อเสียของสายอากาศแผ่นไมโครสตริป

สายอากาศไมโครสตริป จะมีข้อได้เปรียบหลายประการเมื่อเทียบกับสายอากาศที่ใช้ในย่านไมโครเวฟแบบอื่นๆ โดยสายอากาศไมโครสตริปสามารถใช้งานในย่านความถี่ตั้งแต่ 100MHz ถึง 50GHz

ข้อดีของสายอากาศไมโครสตริป

- น้ำหนักเบา (light), ขนาดเล็ก (low)
- ทำให้เป็นแผ่นบางๆ ได้เพราะ ไม่มีผลทางอากาศพลศาสตร์ (aerodynamics)
- พื้นี่หน้าตัดน้อย (low profile)
- สามารถผลิตได้ง่ายและราคาถูก (low fabrication cost)
- มีความสะดวกในการติดตั้งบนวัตถุที่เคลื่อนที่ได้เช่น จรวด, ดาวเทียม เป็นต้น
- มีการโพลาไรซ์ทั้งแบบเชิงเส้นและแบบวงกลม

ข้อเสียของสายอากาศไมโครสตริป

- มีช่วงความถี่ที่รับและส่งสัญญาณแคบเกินไป (narrow bandwidth)
- มีอัตราการสูญเสีย (loss)
- มีอัตราขยายค่อนข้างต่ำ
- ในทางปฏิบัติอัตราขยายสูงสุดจะถูกจำกัดประมาณ 20 dB
- มีการแพร่กระจายคลื่นต่ำ

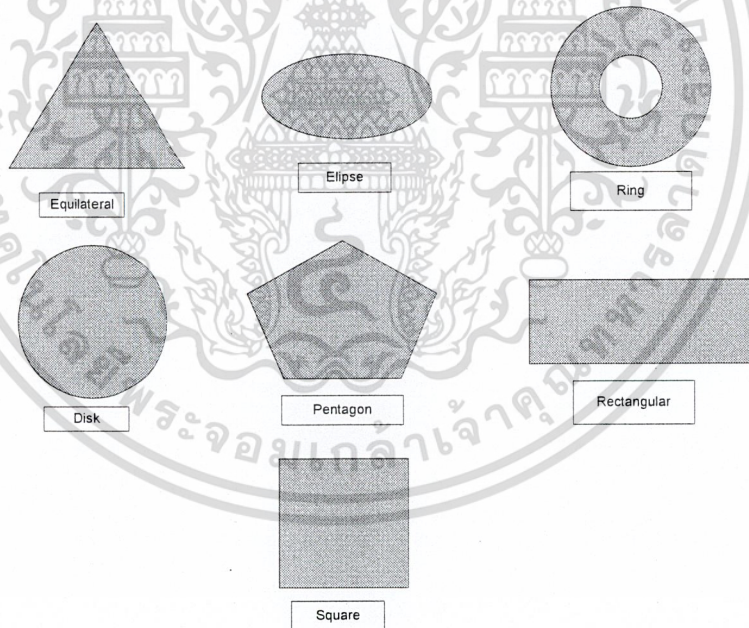
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 รูปร่างลักษณะต่างๆของสายอากาศไมโครสตริป

สายอากาศไมโครสตริปจะมีพารามิเตอร์ต่างๆทางฟิสิกส์มากกว่าสายอากาศย่านไมโครเวฟทั่วๆไปที่เห็นได้ชัดคือ รูปร่างของสายอากาศไมโครสตริปแบบต่างๆ อย่างไรก็ตามสายอากาศไมโครสตริปสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

1. สายอากาศไมโครสตริปแบบ Patch
2. สายอากาศไมโครสตริปแบบ Slot
3. สายอากาศไมโครสตริปแบบ Traveling-wave ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สายอากาศไมโครสตริปแบบ Patch (MPA) ประกอบด้วยแผ่นตัวนำบางรูปทรงทางเรขาคณิตอยู่บนแผ่นไดอิเล็กตริก อีกด้านหนึ่งของไดอิเล็กตริกจะเป็นกราวด์ แผ่นตัวนำจะเป็นตัวกำหนดการแพร่กระจายคลื่น ซึ่งหาได้จากการคำนวณรูปร่างลักษณะต่างๆแสดงดังรูปที่ 2.2

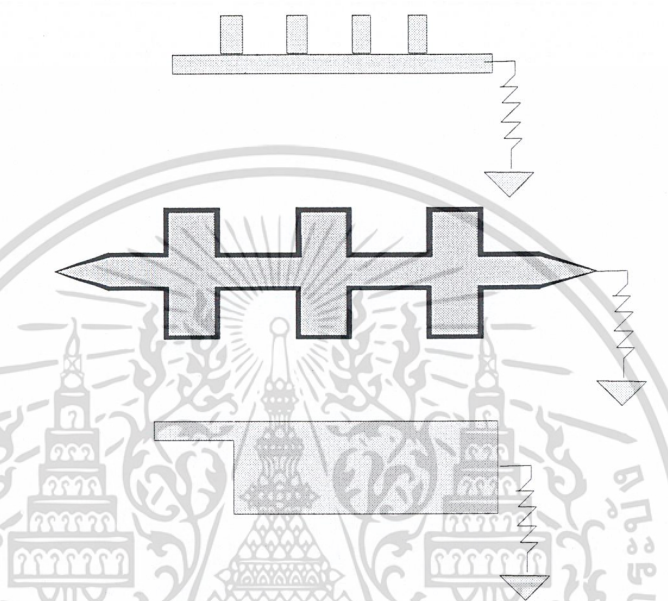


รูปที่ 2.2 สายอากาศไมโครสตริปแบบ Patch (MPA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 สายอากาศแผ่นไมโครสตริปแบบ Traveling-wave (MTA)

ประกอบด้วยตัวนำลักษณะเป็นคาบหรือมีความยาวตามเส้น TEM จะต่อกับความต้านทานที่เป็นภาระโดยมารูปร่างดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 สายอากาศไมโครสตริปแบบ Traveling-wave

2.2 ทฤษฎีแอมพลิฟายเออร์

การเพิ่มขนาดของสายอากาศเดี่ยวทำให้คุณสมบัติในการชี้ทิศทางมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ก็มีวิธีอื่นที่จะเพิ่มขนาดของสายอากาศโดยไม่ต้องเพิ่มขนาดของสายอากาศที่นำมาทำเป็นเอเลเมนต์ ซึ่งทำได้โดยการจัดเอเลเมนต์ที่แพร่กระจายคลื่นให้เหมาะสมทั้งทางไฟฟ้าและรูปทรง ซึ่งเรียกว่าอาร์เรย์ ปกติแล้วจะเลือกให้แต่ละเอเลเมนต์ของอาร์เรย์เหมือนกัน

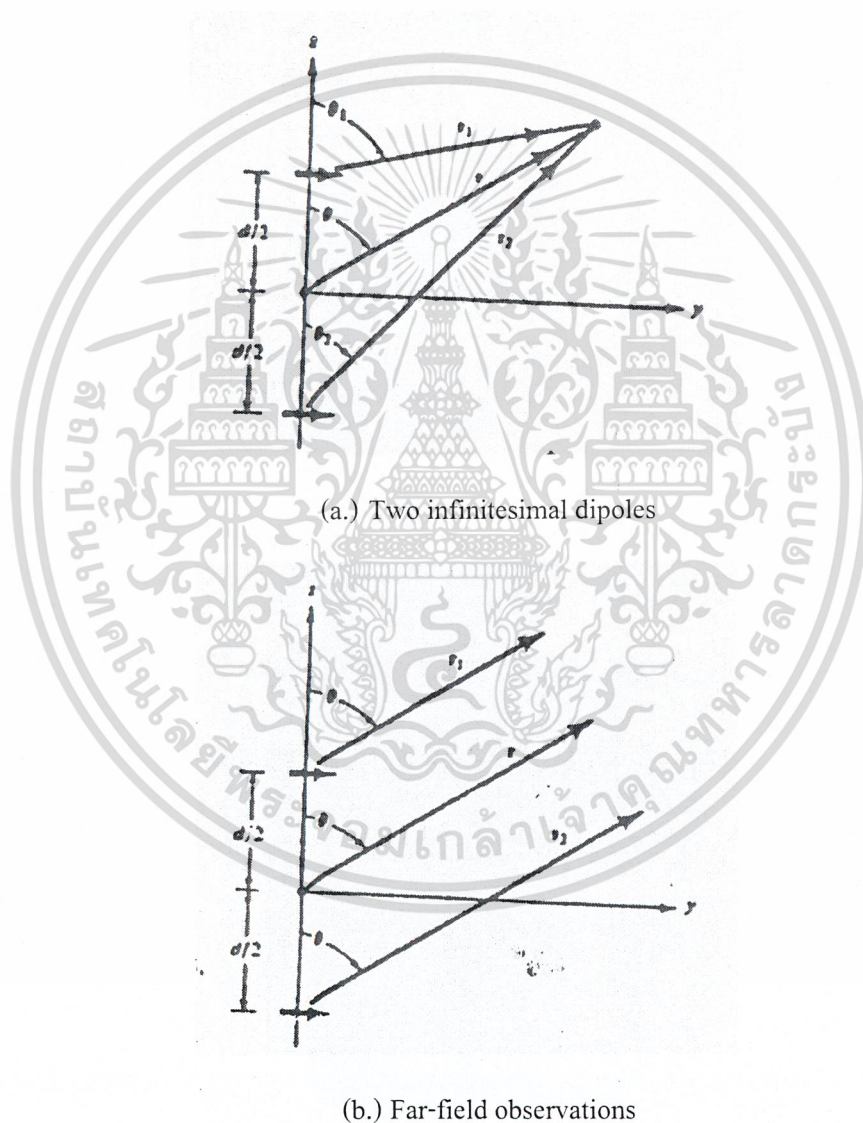
เมื่อตัดการคับปลิง (Coupling) ระหว่างเอเลเมนต์ทั้ง จะหาสนามลัพธ์ของอาร์เรย์ได้ โดยบวกเวกเตอร์ของสนามที่แพร่กระจายจากแต่ละเอเลเมนต์ สนามจะรวมกันในทิศทางที่ต้องการ ติดต่อสื่อสาร และหักล้างกันในทิศทางที่ไม่ต้องการสื่อสาร

มีอยู่ 5 วิธีด้วยกันที่จะควบคุมแพทเทิร์นของสายอากาศได้โดยควบคุมสิ่งต่างๆต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
1. การจัดเรียงเอเลเมนต์ของอาร์เรย์ (เป็นเส้นตรง เป็นวงกลมและเป็นสี่เหลี่ยม ฯลฯ)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระยะห่างระหว่างเอเลเมนต์
3. ขนาดของกระแสที่ป้อนแต่ละเอเลเมนต์
4. เฟสของกระแสที่ป้อนแต่ละเอเลเมนต์
5. แพทเทิร์นของแต่ละเอเลเมนต์

2.2.1 แอลลำดับสองเอเลเมนต์



รูปที่ 2.4 แอลลำดับ 2 เอเลเมนต์ ที่วางตามแนวแกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมุติว่ามีไดโพลจิว 2 ตัว วางตามแนวนอนและเรียงตามแนวแกน Z ดังรูป a และสมมุติว่าไม่มีคัปปลิงระหว่างเอเลเมนต์ทั้งสอง ดังนั้นสนามที่แพร่กระจายจากสายอากาศจิวทั้งสองจะเป็นผลรวมของสนามจากสายอากาศทั้งสองนั้น เมื่อคิดในระนาบ xy จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

$$\vec{E}_t = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{a}_\theta jn \frac{kl_0 I}{4\pi} \left\{ \frac{e^{-j[kr_1 - (\beta/2)]}}{r_1} |\cos \theta_1| + \frac{e^{-j[kr_2 - (\beta/2)]}}{r_2} |\cos \theta_2| \right\} \quad (2.1)$$

เมื่อ β เป็นความต่างเฟสของกระแสที่ป้อนให้แก่เอเลเมนต์ทั้งสอง โดยที่ป้อนให้มีขนาดของกระแสเท่ากัน ถ้าการสังเกตหาสนามที่ระยะทางไกลๆ ดังแสดงในรูป b จะสามารถหาค่าได้ดังนี้

$$\theta_1 \approx \theta_2 \approx \theta \quad (2.2)$$

$$r_1 \approx r - \frac{d}{2} \cos \theta \quad (2.3)$$

$$r_2 \approx r + \frac{d}{2} \cos \theta \quad (2.4)$$

$$r_1 \approx r_2 \approx r \quad (2.5)$$

จะกลายเป็นดังนี้

$$\begin{aligned} \vec{E}_t &= \vec{a}_\theta jn \frac{kl_0 I e^{-jkr}}{4\pi} |\cos \theta| 2 \cos \left[e^{+j(kd \cos \theta + \beta)/2} e^{-j(kd \cos \theta + \beta)/2} \right] \\ &= \vec{a}_\theta jn \frac{kl_0 I e^{-jkr}}{4\pi} |\cos \theta| 2 \cos \left[\frac{1}{2} (kd \cos \theta + \beta) \right] \end{aligned} \quad (2.5)$$

จาก 2. จะเห็นได้ว่าสนามลัพท์ของอาร์เรย์มีค่าเท่ากับสนามของเอเลเมนต์เดี่ยวที่วางอยู่ที่ออริจิน คูณด้วยแฟกเตอร์ ซึ่งเรียกอาร์เรย์แฟกเตอร์ (เพราะฉะนั้นอาร์เรย์แฟกเตอร์ของอาร์เรย์ 2 เอเลเมนต์ ที่มีขนาดของกระแสที่ป้อนให้แก่เอเลเมนต์เท่ากันจะมีค่าดังนี้

$$AF = 2 \cos \left[\frac{1}{2} (kd \cos \theta + \beta) \right] \quad (2.6)$$

ซึ่งนอร์มอลไลซ์อาร์เรย์แฟกเตอร์นี้จะมีค่าดังนี้

$$(AF)_n = \cos \left[\frac{1}{2} (kd \cos \theta + \beta) \right] \quad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าอาร์เรย์แฟลคเตอร์เป็นฟังก์ชันของรูปทรงอาร์เรย์ และเฟสของการป้อนกระแสให้กับเอเลเมนต์ของอาร์เรย์ เราสามารถควบคุมสนามลัพธ์ได้โดยเปลี่ยนแปลงระยะทางระหว่างเอเลเมนต์ d และ/หรือ เฟส β ซึ่งสนามระยะไกลของอาร์เรย์ 2 เอเลเมนต์ที่เหมือนกัน และมีขนาดของการป้อนกระแสเสมอมีค่าดังต่อไปนี้

$$\bar{E} \text{ (ลัพธ์)} = [\bar{E} \text{ (เอเลเมนต์เดี่ยวที่อยู่จุดกำเนิด)}] \times [\text{อาร์เรย์แฟลคเตอร์}] \quad (2.8)$$

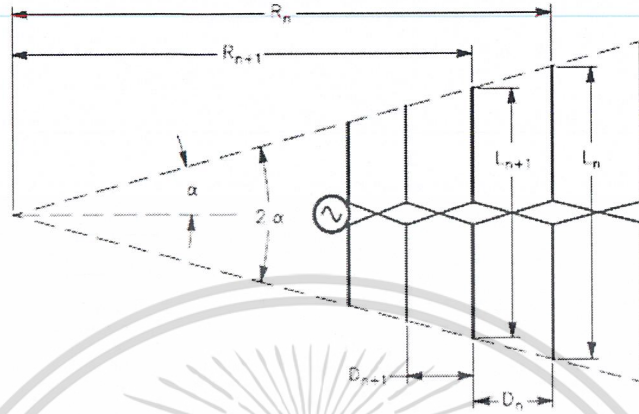
เรียกสมการ (2.8) ว่าหลักการคูณแพทเทอร์น (Pattern Multiplication)

2.3 ทฤษฎีลือกรายคาบ (Log-Periodic Theory)

ในการสื่อสารที่ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น ในบางครั้งมีความจำเป็นที่ต้องใช้สายอากาศที่มีแถบความถี่กว้างและมีประสิทธิภาพสูงสุด ถ้าสายอากาศทำงานในความถี่ที่กว้างได้จะเป็นการประหยัดและสะดวกในการใช้งานสายอากาศไดโพลแบบลือกพริออดิกเป็นสายอากาศแบบไดโพลที่นิยมกันอีกโครงสร้างหนึ่ง เนื่องจากคุณสมบัติของสายอากาศชนิดนี้มีช่วงการตอบสนองความถี่กว้างอีกทั้งมีอัตราขยายสูงพอควร จึงเป็นสายอากาศที่น่าสนใจเพื่อนำมาใช้งานในยุคของการสื่อสารแบบไร้สาย สายอากาศ Log-Periodic dipole (LPD Antenna) เป็นสายอากาศประเภทหนึ่งที่จัดอยู่ในสายอากาศประเภท Broadband Antenna หรือ Frequency-Independent Antenna เป็นความถี่ที่ไม่ขึ้นกับการใช้งานและเป็นช่วงความถี่ที่กว้างจึงเป็นที่นิยมใช้ในงานสื่อสารที่ต้องใช้ความถี่กว้าง โดยเฉพาะในย่านความถี่ VHF (54MHz-216MHz) ซึ่งหลักการของ Frequency-independent Antenna นี้ถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกโดย V.H. Rumsey (1955) R.S Elliott (1962) ได้ออกแบบเพื่อใช้ในการการพิกัด 3 แกน

2.3.1 โครงสร้างของ Log-periodic Dipole Antenna (LPDA)

สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของสายอากาศ LPD

โดย Element ต่างๆ ของ Antenna มีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$\frac{d_{n+1}}{d_n} = \frac{l_{n+1}}{l_n} = \frac{R_{n+1}}{R_n} = \frac{1}{\tau} \quad (2.9)$$

$$\frac{d_n}{4l_{n+1}} = \frac{R_{n+1} - R_n}{2l_{n+1}} = \sigma \quad (2.10)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left[\frac{1 - \tau}{4 - \sigma} \right] \quad (2.11)$$

โดยที่ τ = Scaling factor

σ = Spacing factor

จากความสัมพันธ์ของสมการจะเห็นว่าเมื่อพิจารณาจาก Element ที่สั้นที่สุดจะมีความยาวของแต่ละ element และระยะห่างระหว่าง element จะเพิ่มขึ้นเป็นอัตราส่วนคงที่ เมื่อค่า n เพิ่มขึ้น ลักษณะการป้อนสัญญาณเข้าสายอากาศแบบ LPD นี้จะเป็นแบบ Crisscross Connection ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งเป็นการทำให้กระแสที่ไหลใน element ที่ติดกันมีเฟสตรงกัน จึงทำให้ ระบบ (คือ LPD Antenna) ทั้งหมดเกิดความสมดุล โดยการป้อนเข้าด้านที่มี element สั้นที่สุดเมื่อมีพลังงานที่ความถี่หนึ่งๆ เคลื่อนที่ไปตามสายนำสัญญาณ หรือ Feeder จนกระทั่งถึงส่วนที่ความยาวของ element และ เฟส มี

ความสัมพันธ์กัน ทำให้เกิดการแพร่กระจายคลื่นขึ้น ซึ่งบริเวณที่ทำให้เกิดการ radiation นี้เรียกว่าค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

active region โดยความถี่หนึ่งๆ active region จะเกิดขึ้นบริเวณหนึ่งถ้าที่ความถี่ต่ำๆ active region จะเกิดด้านที่มี element ยาว เมื่อความถี่ใช้งานสูงขึ้น active region ก็จะเลื่อนมาทางด้าน element ที่สั้นกว่า จนถึง element ที่สั้นที่สุด คือ ที่ความถี่ใช้งานสูงสุด และเหนือ active region ขึ้นไปจะมีการแพร่กระจายคลื่นที่น้อยมาก เมื่อเทียบกับบริเวณ active region คลื่น หรือ Beam ที่ Radiate จาก active region จะมีทิศทางซึ่งไปทางด้านที่มี element สั้นเสมอ หรือ อาจกล่าวได้ว่า Beam จะมีทิศทางในการ radiate ไปทาง element ที่มีความยาวน้อยกว่า $\lambda/2$ ที่ความถี่ใช้งานหนึ่งๆ จึงจัดได้ว่าสายอากาศแบบ LPD เป็นสายอากาศแบบแบ็คไฟร์ (Backfire Antenna) คือสายอากาศที่มีการ radiation pattern ย้อนกลับไปทางด้านที่มีการ Feed สัญญาณเข้ามา

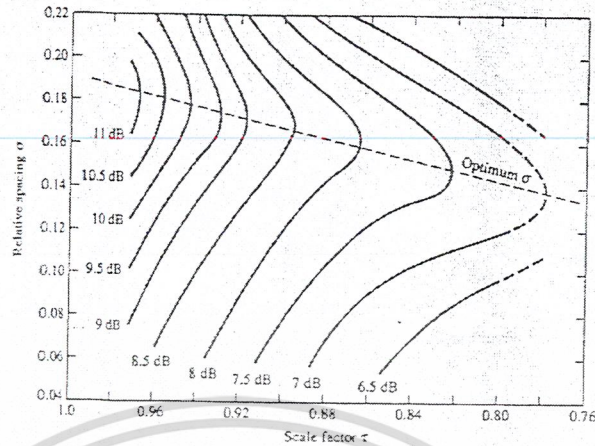


รูปที่ 2.6 การป้อนสัญญาณเข้าสายอากาศ

2.3.2 การออกแบบสายอากาศไดโพลแบบบล็อกพีริออดิกเพื่อใช้งานจริง

ในการออกแบบสายอากาศไดโพลแบบบล็อกพีริออดิกนั้นต้องพิจารณาข้อกำหนดของสายอากาศเพื่อใช้งานได้ดีขึ้น โดยพิจารณาพารามิเตอร์ที่มีส่วนในการประกอบสายอากาศอันได้แก่ค่า τ และ σ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแบนด์วิดธ์ของสายอากาศและยังมีผลต่อมุมที่ทำกับแนวระนาบของสายอากาศอาจทำให้สายอากาศมีขนาดใหญ่ซึ่งจะทำให้ไม่สะดวกต่อการใช้งานปัญหาในการเลือกค่า τ คือถ้าเลือกค่าที่ใกล้เคียงกับ 1.0 จะทำให้ได้อัตราการขยายสูงแต่จำนวนของตัวประกอบ บนสายอากาศก็จะมีมากขึ้น แต่ถ้าหากเลือกค่าที่ต่ำเกินไปคุณสมบัติต่างๆของสายอากาศก็มีโอกาสเปลี่ยนแปลงได้มาก ดังนั้นจึงมีการทดลองขึ้นและพบว่าค่า τ ที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง $0.8 < \tau < 0.95$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Scaling และ Spacing Factor

สำหรับค่าคงที่ σ ก็ต้องพิจารณาเช่นเดียวกับค่า τ เพื่อใช้งานได้อย่างเหมาะสม พบว่าหากมีค่ามากเกินไปจะทำให้อัตราขยายต่ำลง นอกจากนี้จะพิจารณาพารามิเตอร์ทั้งสองแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงแบนด์วิดท์ เพื่อให้สายอากาศมีคุณสมบัติสม่ำเสมอในความถี่ที่ต้องการใช้งาน ดังนั้นแบนด์วิดท์ที่ออกแบบต้องมากกว่าแบนด์วิดท์ที่ต้องการใช้งานเสมอแบนด์วิดท์ที่ทำ การออกแบบหรือออกแบบแบนด์วิดท์ที่ได้จาก โครงสร้าง นั้นคือช่วงความถี่ที่สายอากาศได้โพลาไรซ์ยาวที่สุด และตัวสั้นที่สุดมีความยาวเป็น $\frac{1}{2}$ ของความยาวคลื่น Carrel ได้เสนอความสัมพันธ์ระหว่างแบนด์วิดท์ ที่ทำการออกแบบกับแบนด์วิดท์ที่ต้องการใช้งาน โดยนำแบนด์วิดท์ของบริเวณแอคทีฟ (Active region) คูณเข้าไปดังสมการ

$$B_s = B * B_a \quad (2.12)$$

โดย B_s คือแบนด์วิดท์ที่ทำการออกแบบ

B คือ แบนด์วิดท์ที่ต้องการใช้งาน

B_a คือค่าแฟกเตอร์ช่วงแบนด์วิดท์ที่ต้องการใช้งาน

ความยาวของสายอากาศเป็นไปตามสมการที่กล่าวมาเป็นการกำหนดค่าของ $s = d \left(\cosh \frac{Z_0}{120} \right) \tau$, σ และ α จากแบนด์วิดท์ที่ถูกกำหนดมา นอกจากค่าคงที่นี้แล้วการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดค่าอิมพีแดนซ์ของสายนำสัญญาณ Z_0 ก็จัดว่าสำคัญเช่นเดียวกัน Carrel ได้เสนอวิธีการกำหนดค่า Z_0 เป็นไปตามสมการ ดังนี้

$$L = \frac{\lambda_{\max}}{4} \left(1 - \frac{1}{B_s} \right) \cot \alpha \quad (2.13)$$

โดย l_n เป็นความยาวของตัวประกอบที่ n

d_n เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวประกอบที่ n

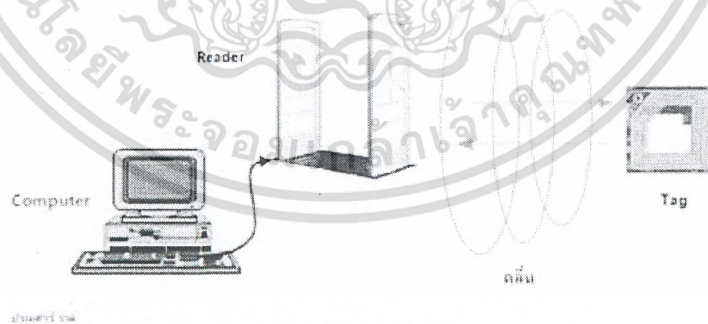
$$s = d \left(\cosh \frac{Z_0}{120} \right) \quad (2.14)$$

เมื่อ s คือระยะห่างระหว่างไดโพลแต่ละ element

d คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง element

จากสมการทั้งหมดที่ได้กล่าวทั้งหมดมานั้น สามารถนำมาคำนวณเพื่อการออกแบบสายอากาศลูปพรีออดิกได้โดยเลือกใช้ในช่วงความถี่ 800-1200 MHz

2.4 เครื่องอ่านของระบบอาร์เอฟไอดี



รูปที่ 2.8 การติดต่อสื่อสารของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

ระบบ RFID มี 2 ส่วนหลักๆ

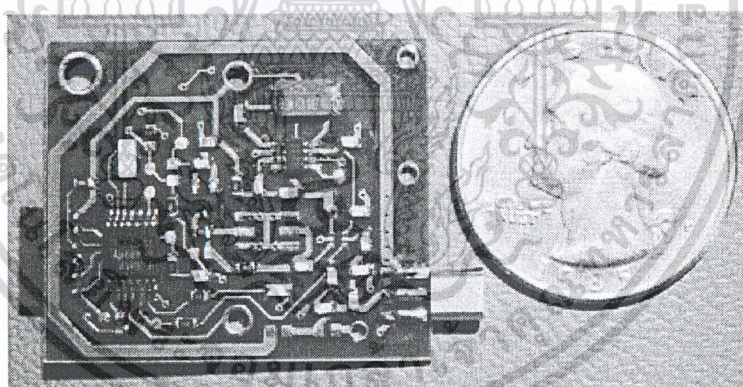
1. แผ่นป้ายระบุข้อมูลหรือเรียกว่าแท็ก (RFID Tags) มีชื่อเรียกเป็นทางการว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
Transponder, Transmitter & Responder เป็นฉลากที่ผนึกติดกับวัตถุ ใช้บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุชิ้น
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้น โครงสร้างภายในแท็กประกอบด้วย ชิพ และขดลวด ซึ่งทำหน้าที่เหมือนสายอากาศที่คอยรับ-ส่ง สัญญาณ แท็กที่ 2 ชนิดใหญ่ๆคือ Passive RFID Tags แท็กชนิดนี้ไม่จำเป็นต้องรับแหล่งจ่ายไฟใดๆ ไม่มีแบตเตอรี่ในตัวเพราะมีวงจรกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาดเล็กเป็นแหล่งจ่ายไฟในตัวอยู่แล้ว ระยะการสื่อสารข้อมูลที่ทำให้ได้สูงสุด 1.5 เมตร มีหน่วยความจำขนาดเล็ก (ทั่วไปประมาณ 32-128 บิต) มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ราคาต่อหน่วยต่ำ Active FRID Tags แท็กชนิดนี้จะใช้แหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ขนาดเล็ก มีหน่วยความจำภายในขนาดใหญ่ได้ถึง 1 เมกะไบต์ มีระยะการสื่อสารข้อมูลที่ทำให้ได้สูงสุดถึง 6 เมตร แม้ว่าแท็กชนิดนี้จะมีชื่อที่อยู่หลายชื่อแต่ก็มีชื่อเสียอยู่ด้วยเหมือนกัน เช่น มีราคาต่อหน่วยแพง มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีระยะเวลาในการทำงานที่จำกัด

2. เครื่องอ่านสัญญาณหรือตัวอ่านข้อมูล (RFID Read หรือ Interrogator) มีชื่อเรียกเป็นทางการว่า Transponder, Transmitter & Responder หน้าที่ของเครื่องอ่านคือ การเชื่อมต่อเพื่ออ่านข้อมูลจากแท็ก

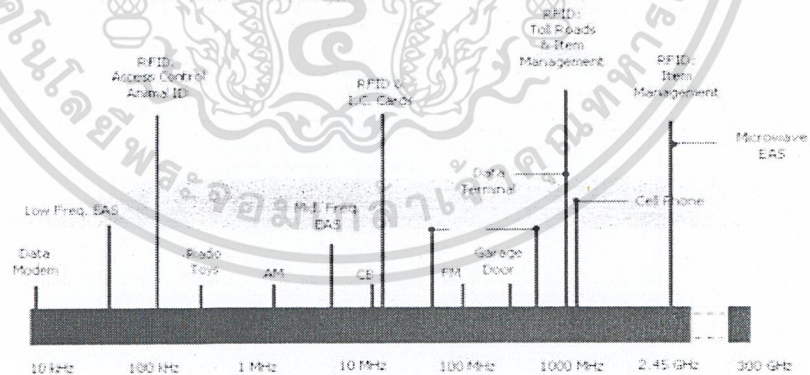
เทคโนโลยี RFID สามารถบรรจุข้อมูลได้อย่างมากมาย ทั้งราคา ยี่ห้อ ชนิด แหล่งที่มา ข้อมูลการผลิตและอื่นๆตามต้องการ เป็นการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless) ซึ่งกำลังได้รับการกล่าวถึงอย่างมาก ทั้งในประเทศและต่างประเทศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะที่องค์กรหรือหน่วยงานที่ไปลงชื่อไว้เพื่อไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.9 RFID Fixed Reader และ RFID Mobile Reader
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RFID เป็นระบบการสื่อสารโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพาหะ (Carrier) เมื่อจะส่งข้อมูลเครื่องอ่าน (RFID Reader) จะบีบอัดข้อมูล (Data) ลงไปแฝงอยู่ในภาวะด้วยการเข้ารหัส (Modulation) แบบต่างๆ ซึ่งตกลงกันไว้ก่อนแล้วและเมื่อตัวรับ (Transponder/Tag) ได้รับคลื่นดังกล่าวก็จะเปลี่ยนพาหะให้อยู่ในรูปพลังงานไฟฟ้าไม่ว่าจะโดยเหนี่ยวนำหรือการเก็บประจุที่ดี เพื่อนำพลังงานมาจ่ายให้กับวงจรภายในและทำการส่งข้อมูลกลับไปในรูปแบบที่ตกลงกันไว้ก่อนแล้ว ดังนั้นอย่างน้อยที่สุด RFID system จึงต้องประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก 2 ส่วน คือ RFID Reader หรือเครื่องอ่าน RFID และ RFID transponder (tag) หรือป้าย RFID โดย Tags จะเป็นส่วนที่เก็บข้อมูลและ Reader เป็นส่วนที่อ่าน/เขียนข้อมูลทั้ง 2 ส่วนจะทำการสื่อสารกันผ่านคลื่นวิทยุ (Radio frequency) เช่น ตัวอย่างในรูปด้านล่าง ซึ่งเป็นการสื่อสารกันของคลื่นวิทยุในช่วงความถี่ต่ำหรือ Low Frequency System.

ย่านความถี่ คลื่นวิทยุที่ใช้งานด้วยกันหลายย่านความถี่โดยความถี่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายจะเป็นความถี่ในช่วงของ ISM (Industrial-Scientific-Medical) ซึ่งเป็น ย่านความถี่ที่กำหนดการใช้งานเชิงอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์และการแพทย์ สามารถใช้งานได้โดยไม่ตรงกับย่านความถี่ที่ใช้งานในการสื่อสารทั่วไป



รูปที่ 2.10 ย่านความถี่ที่นิยมใช้งานทั่วไปที่มา : Siliconcraft

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไป ย่านความถี่ที่มีความนิยมใช้งานนั้น มีด้วยกัน 3 ช่วงคือ

1. LF	Low frequency	30-300 kHz
2. HF/RF	High frequency/radio frequency	330 MHz
3. UHF	Ultra high frequency	300 MHz-3GHz

เราจะจำแนกอุปกรณ์ด้าน RFID ออกตามย่านความถี่ของคลื่น เนื่องจากจะมีคุณสมบัติทางเทคนิค, ข้อจำกัด, ราคาและมาตรฐานการใช้งานที่แตกต่างกันซึ่งแต่ละช่วงความถี่จะมีคุณสมบัติในการใช้งานแตกต่างกันดังนี้

ในปัจจุบัน High frequency เป็นระบบที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง, อ่านได้พร้อมกันหลายชิ้น, สื่อสารได้ในระยะไกล (1เมตร) และสามารถรับส่งข้อมูลได้ดีในเกือบทุกสิ่งแวดล้อม รองลงมาคือ Low Frequency ซึ่งมีข้อจำกัดเรื่องระยะอ่านที่ได้แก่ใกล้ๆ ประมาณ 30cm. และต้องเป็น 1 ต่อ 1 เช่น การใช้งานในระบบ ระบบ Access control และ Animal tracking แต่ก็มีข้อดีในแง่ราคาถูกและสามารถอ่านผ่านวัตถุที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบเช่น ร่างกายสิ่งมีชีวิตได้ดี ส่วน UHF นั้นถึงแม้มีข้อดีหลายอย่างเช่น อ่านได้ในระยะไกลมาก, สามารถอ่าน Tag ได้พร้อมๆกันจำนวนมากที่ความเร็วสูง แต่ก็ยังติดปัญหาเรื่องราคาเครื่องอ่านที่แพงมากอยู่จึงยังมีการใช้งานอยู่ในวงจำกัด แต่ในอนาคตนั้น ยอดการใช้งานระบบ UHF น่าจะสูงขึ้นมาก เพราะเป็นย่านความถี่หลักในระบบ Logistics ซึ่งมีความต้องการใช้ Tag ในจำนวนมากมหาศาล

และนอกจากการใช้ความถี่ใดความถี่หนึ่งในระบบข้างต้นแล้ว ปัจจุบันได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ให้สามารถรองรับได้ในหลายความถี่อย่างแพร่หลายอีกด้วย เช่นระบบ E-seal ของตู้คอนเทนเนอร์ที่สามารถผสมระหว่าง UHF และ LF สามารถโดยการใช้ UHF ในการ Activate ตัว Transponder (Tag) แล้วใช้ LF ในการสื่อสารข้อมูลกับ Reader เมื่อเข้าสู่ระบบใกล้

ปัจจุบันหลายฝ่ายมีความเข้าใจถึงความสามารถเทคโนโลยี RFID ที่มีสูงกว่าเทคโนโลยีอื่นๆทำให้ทุกฝ่ายคาดหวังว่าจะได้รับประโยชน์เมื่อนำมาใช้ แต่ยังมีข้อสงสัยถึงความคุ้มค่าในการลงทุน และความไม่ชัดเจนของประโยชน์ที่ได้รับจากการนำระบบดังกล่าวมาใช้งาน ในที่นี้จะกล่าวถึงประโยชน์ที่ได้รับการนำระบบ RFID มาใช้ในคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า ที่ทำให้เกิดกระบวนการตรวจสอบการรับจัดส่งสินค้าอย่างอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถรองรับปริมาณของสินค้า และข้อมูลในการจัดส่งสินค้าที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก โดยนำระบบ RFID เข้ามาใช้

นอกจากช่วยลดต้นทุนในด้านแรงงานที่จะเพิ่มขึ้นและ ยังเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานที่มีความ

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ขนส่งสินค้าออกไปยังลูกค้าต่อไปในหลายๆระดับของการนำ RFID ไปใช้งาน เช่นระดับพาเลท (Pallet) ระดับบรรจุภัณฑ์ เพื่อการขนส่ง (Case หรือ Carton) และระบบหน่วยย่อยของสินค้าเพื่อการค้าปลีก (Item) จะสามารถสะท้อนประโยชน์ที่แตกต่างของहारประยุกต์ใช้งานระบบ RFID ได้ อย่างชัดเจน ในการติด Tag และอ่านข้อมูลที่ระดับพาเลท (Pallet Tagging) ระบบ RFID จะทำให้เกิด การปรับปรุงประสิทธิภาพในด้านการกระจายสินค้า (Product Diversion) การวางแผนการผลิต (Production Planning) การควบคุมและจัดเก็บสินค้าคงคลัง และการบริหารหารเติมเต็มสินค้าใน รูปแบบ Vendor-Managed Inventory หรือ VMI เป็นต้น

ส่วนการติด Tag ในระดับบรรจุภัณฑ์ เพื่อการขนส่ง Case หรือ Carton ระบบ RFID จะช่วยให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดขึ้นมากในการบริหารอุปสงค์และอุปทาน และกระบวนการในการ ยกจัดวางและจัดส่งเพื่อกระจายสินค้า (Pick Pack and Ship Control) และในส่วนของการติด Tag ใน ระดับตัวสินค้า ระบบ RFID ก็จะมีอีกความหลากหลายในการประยุกต์ใช้งานและอำนวยความสะดวก เพิ่มขึ้น

ตัวอย่างกรณีศึกษาของการนำระบบ RFID มาใช้ในกระบวนการรับและการส่ง สินค้า (Shipping & Receiving) ซึ่งกระบวนการนี้จะต้องมีการติด Tag ที่ระดับพาเลท (Pallet) หรือ บรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง (Carton) โดยมีการใช้เลขรหัส EPC เป็นข้อมูลใน RFID Tag และมีการ ติดตั้ง RFID Reader ที่บริเวณที่จะมีการผ่านเข้าออกของสินค้าระดับ Pallet หรือ Carton เมื่อรถยกมีการยกสินค้าเคลื่อนที่ผ่านบริเวณทางเข้าออก RFID Reader ก็จะอ่านข้อมูลจาก Tag ทั้งหมดที่ติดอยู่ในระดับ Pallet และ Carton ซึ่งจะบรรจุข้อมูลทั้งหมดเหมือนกับที่จำเป็นจะต้องแสดงเวลาที่จะมีการ ขนสินค้าออกไว้ใน RFID Tag และดำเนินการแสดงข้อมูลเพื่อการตรวจสอบ ทุกขั้นตอนโดย อัตโนมัติ เช่น รายละเอียดสินค้า บรรจุภัณฑ์ คำสั่งซื้อ รวมถึงการเชื่อมโยงข้อมูลเข้าสู่ระบบการจัด คลังสินค้า หรือแผนในการจัดตัวส่งสินค้า ไปยังปลายทางทั้งหมดเกิดขึ้นในการอ่านเพียงครั้งเดียวใน ขณะที่การทำงานแบบเดิมด้วยบาร์โค้ด ผู้ปฏิบัติงานจะต้องทำการอ่านรหัสบาร์โค้ดบนบรรจุภัณฑ์ นำข้อมูลไปกำกับใบสั่งซื้อ และดำเนินการตรวจสอบสินค้าใน Carton ว่าใช่หรือไม่และแม้กระทั่ง การเพิ่มฉลากบาร์โค้ดเข้าไปบน Carton เพื่อในกระบวนการทำงานภายนอก

ถึงแม้ว่าระบบ RFID จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าบาร์โค้ด แต่เนื่องจากต้นทุนทุกในการ ติดตั้งอุปกรณ์ Reader และการใช้ Tag จำนวนมากยังมีต้นทุนสูง จึงทำให้ระบบ RFID ยังไม่สามารถ มาแทนที่ระบบบาร์โค้ดได้ทั้งหมด ดังนั้นแนวโน้มการใช้เทคโนโลยี RFID ร่วมกับบาร์โค้ดจึงน่าจะเป็น แนวทางที่ดีที่สุด จนกว่าเทคโนโลยี RFID จะมีการพัฒนาและมีการใช้งานมากขึ้นจนส่งผลให้ ต้นทุนด้านต่างๆลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของระบบ EPC/RFID

1. ความสะดวกรวดเร็วในการบ่งชี้สินค้า และความสามารถในการอ่านข้อมูลสินค้าครั้งละมากๆ ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ
2. ระยะทางและรัศมีในการบ่งชี้สินค้าที่ไกลกว่าสแกนบาร์โค้ดในแบบเดิม ซึ่งจำกัดระยะระหว่างเครื่องสแกนกับตัวสินค้าไม่เกิน 5-10 ซม.
3. การบันทึกข้อมูล EPC ใน RFID Tag ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบ่งชี้ข้อมูลของสินค้าได้อย่างรวดเร็ว และสบายสามารถบริหารจัดการ Supply Chain ได้ดีขึ้น

2.5 การออกแบบตัวแบ่งกำลังงาน (Power Divider)

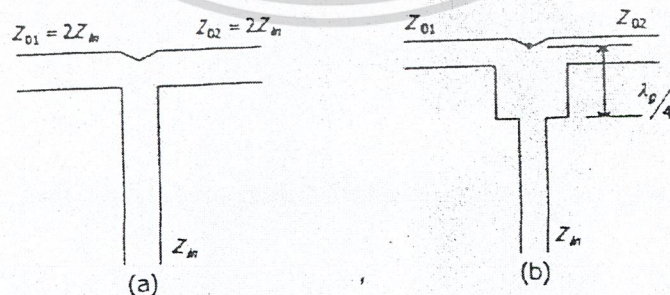
ในการออกแบบสายอากาศไมโครสตริปให้เป็นอาร์เรย์ (Array) เราจำเป็นต้องทราบถึงทฤษฎีที่จะใช้แบ่งกำลังงานจากซอร์ส (source) 1 แหล่งจ่ายให้เป็นกำลังงาน N แหล่งจ่ายเพื่อที่จะสามารถให้แก่องค์ประกอบจำนวน N องค์ประกอบตามต้องการ ตัวแบ่งกำลังงานตัวหนึ่งที่ได้รับคามนิยมคือ ตัวแบ่งกำลังงานแบบทีจังก์ชัน (T-Junction) ซึ่งค่าอิมพีแดนซ์จะเป็นไปตามเงื่อนไขดังนี้

$$\frac{1}{Z_m} = \frac{1}{Z_{01}} + \frac{1}{Z_{02}} \quad (2.15)$$

เมื่อ Z_m คือ อิมพีแดนซ์ที่ป้อนของสายนำสัญญาณ

Z_{01} คือ อิมพีแดนซ์ที่ป้อนให้กับองค์ประกอบที่ 1

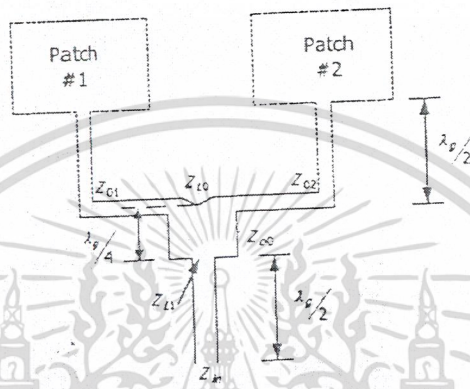
Z_{02} คือ อิมพีแดนซ์ที่ป้อนให้กับองค์ประกอบที่ 2



รูปที่ 2.11 ตัวแบ่งกำลังแบบ T-Junction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.11 เป็นดั่งแบ่งกำลังแบบ T-Junction ที่ไม่มีการปรับค่าอิมพีแดนซ์ คือ ค่าอิมพีแดนซ์ที่จะมีในแต่ละสาขาจะมีค่าเป็น 2 เท่าของอิมพีแดนซ์ที่ป้อนเข้าไป ในรูปที่ เป็นตัวแบ่งกำลังแบบ T-Junction ที่ได้มีการปรับให้อิมพีแดนซ์ของแต่ละสาขาให้มีค่าตามที่ต้องการ ซึ่งในการปรับค่าอิมพีแดนซ์ให้เป็นไปตามอิมพีแดนซ์ของแต่ละสาขาสมพงษ์ (Match) กับอิมพีแดนซ์ของสัญญาณ สามารถทำได้โดยพิจารณารูปองค์ประกอบ



รูปที่ 2.12 หลักการพิจารณาการปรับอิมพีแดนซ์ที่ตัวป้อนสัญญาณยาว

ดังรูป 2.12 ถ้าสมมติให้อิมพีแดนซ์ของตัวแพร่กระจายคลื่น (Patch) มีค่าเท่ากับ 250 ohm ทั้ง 2 ตัว เพราะฉะนั้นค่า Z_{01} และ Z_{02} จะมีค่าเท่ากับ 250 Ohm (เพราะที่ความยาว $\frac{\lambda_g}{4}$ ค่า $Z_{in} = Z_{out}$) แต่เนื่องจากอิมพีแดนซ์ของสายนำสัญญาณมีค่าเท่ากับ 50 Ohm เราจำเป็นต้องทำเมทซิ่ง (Matching) เพื่อให้ค่าอิมพีแดนซ์ของสัญญาณกับสายอากาศสมพงษ์ (Match) กัน โดยที่เราจะมอง Z_{01} และ Z_{02} เปรียบเสมือนความต้านทาน 2 ตัวต่อขนานกัน เพราะฉะนั้นอิมพีแดนซ์ที่เข้า Z_{L0} จะมีค่าเท่ากับ

$$\frac{1}{Z_{L0}} = \frac{1}{Z_{01}} + \frac{1}{Z_{02}}$$

$$\frac{1}{Z_{L0}} = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

ตามตัวอย่าง Z_{L0} จะมีค่าเท่ากับ 125 Ohm และ Z_{L1} จะมีค่าเท่ากับ 50 Ohm ค่า

อิมพีแดนซ์จะถูกรับให้สมพงษ์ (Match) กัน ความยาวเท่ากับ $\frac{\lambda_g}{4}$ ตามสมการ

$$Z_m = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan(\beta L)}{Z_0 + jZ_L \tan(\beta L)} \quad ; \text{สมการหาค่าอิมพีแดนซ์} \quad (2.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้เป็น

$$Z_{L1} = Z_{\sigma 0} \frac{Z_{L0} + jZ_{\sigma 0} \tan(\beta L)}{Z_{\sigma 0} + jZ_{L0} \tan(\beta L)}$$

$$Z_{L1} = Z_{\sigma 0} \frac{Z_{L0} + jZ_{\sigma 0} \tan\left(\frac{2\pi}{\lambda_g} \cdot \frac{\lambda_g}{4}\right)}{Z_{\sigma 0} + jZ_{L0} \tan\left(\frac{2\pi}{\lambda_g} \cdot \frac{\lambda_g}{4}\right)}$$

$$Z_{L1} = Z_{\sigma 0} \frac{Z_{L0} + jZ_{\sigma 0} \tan\left(\frac{\pi}{2}\right)}{Z_{\sigma 0} + jZ_{L0} \tan\left(\frac{\pi}{2}\right)} \quad (2.17)$$

เมื่อ $\tan \frac{\pi}{2} = \infty$ จะได้เป็น $\frac{\infty}{\infty}$

ทำการหาค่าใหม่ โดยการคูณทั้ง 2 ข้าง ด้วย $\frac{\tan \frac{\pi}{2}}{\tan \frac{\pi}{2}}$

จะได้เป็น

$$Z_{L1} \left[\frac{\tan \frac{\pi}{2}}{\tan \frac{\pi}{2}} \right] = Z_{\sigma 0} \frac{Z_{L0} + jZ_{\sigma 0} \tan\left(\frac{\pi}{2}\right)}{Z_{\sigma 0} + jZ_{L0} \tan\left(\frac{\pi}{2}\right)} \left[\frac{\tan \frac{\pi}{2}}{\tan \frac{\pi}{2}} \right]$$

$$Z_{L1} \left[\frac{\tan \frac{\pi}{2}}{\tan \frac{\pi}{2}} \right] = Z_{\sigma 0} \frac{\frac{Z_{L0}}{\tan\left(\frac{\pi}{2}\right)} + \frac{jZ_{\sigma 0} \tan\left(\frac{\pi}{2}\right)}{\tan\left(\frac{\pi}{2}\right)}}{\frac{Z_{\sigma 0}}{\tan\left(\frac{\pi}{2}\right)} + \frac{jZ_{L0} \tan\left(\frac{\pi}{2}\right)}{\tan\left(\frac{\pi}{2}\right)}}$$

$$Z_{L1} = Z_{\sigma 0} \frac{0 + jZ_{\sigma 0}}{0 + jZ_{L0}}$$

$$Z_{L1} = Z_{\sigma 0} \frac{Z_{\sigma 0}}{Z_{L0}}$$

$$Z_{L1} = \frac{Z_{\sigma 0}^2}{Z_{L0}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด (2.18)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามตัวอย่างจะได้ค่า $\therefore Z_{\sigma_0} = \sqrt{50.125} = 79.056$ หลังจากนั้นทำการหาความกว้างของ
ตัวป้อนสัญญาณ (Feed) ที่ช่วงความยาว $\frac{\lambda_g}{4}$ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$\varepsilon_{re} \equiv \left(\frac{\varepsilon_r + 1}{2} \right) + \left(\frac{\varepsilon_r - 1}{2} \right) \left[1 + 12 \left(\frac{h}{W} \right) \right]^{-1} \quad (2.19)$$

เมื่อ ε_r คือ ค่าไดอิเล็กตริกของฉาบสแตต

h คือ ค่าความสูงของสารฉาบสแตต

W คือค่าความกว้างของตัวแพร่กระจายคลื่น (Patch)

$$A = \left(\frac{Z_{\sigma_0}}{60} \right) + \left(\sqrt{\frac{\varepsilon_r - 1}{2}} \right) + \left[\frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r + 1} \right] \left[0.23 + \frac{0.11}{\varepsilon_r} \right] \quad (2.20)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_{\sigma_0}\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (2.21)$$

ตรวจสอบเงื่อนไขว่าความกว้างของตัวป้อนสัญญาณเข้ากรณีใด โดยที่
กรณีที่ 1 เมื่อ A มีค่ามากกว่า 1.52 และ $Z_{\sigma_0}\sqrt{\varepsilon_r}$ มีค่ามากกว่า 89.91

$$W_{feed} = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \quad (2.22)$$

กรณีที่ 2 เมื่อ A มีค่าน้อยกว่า 1.52 และ $Z_{\sigma_0}\sqrt{\varepsilon_r}$ มีค่ามากกว่า 89.91

$$W_{feed} = \frac{2h}{\pi} \left(B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\varepsilon_r - 1}{2\varepsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\varepsilon_r} \right) \right) \quad (2.23)$$

2.6 ค่าคุณลักษณะและค่าปัจจัยต่างๆของสายอากาศ

สายอากาศชนิดต่างๆที่มีใช้งานกันอยู่ทั่วไปมีค่าคุณลักษณะและค่าปัจจัยต่างๆที่จำเป็นต้อง
พิจารณาประกอบการประเมินสมรรถนะของสายอากาศเพื่อช่วยตัดสินใจประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับ
งานอยู่มากมายในตอนนี้จะกล่าวเฉพาะส่วนที่สำคัญและน่าสนใจดังนี้

- ระยะเวลาของสนามจากสายอากาศหรือระยะเวลาสายอากาศ (Field region)
- แบบรูปการแผ่พลังงาน (Radiation pattern)
- อิมพีแดนซ์ขาเข้า (Input impedance)

- ประสิทธิภาพการแผ่พลังงาน (Radiation efficiency)

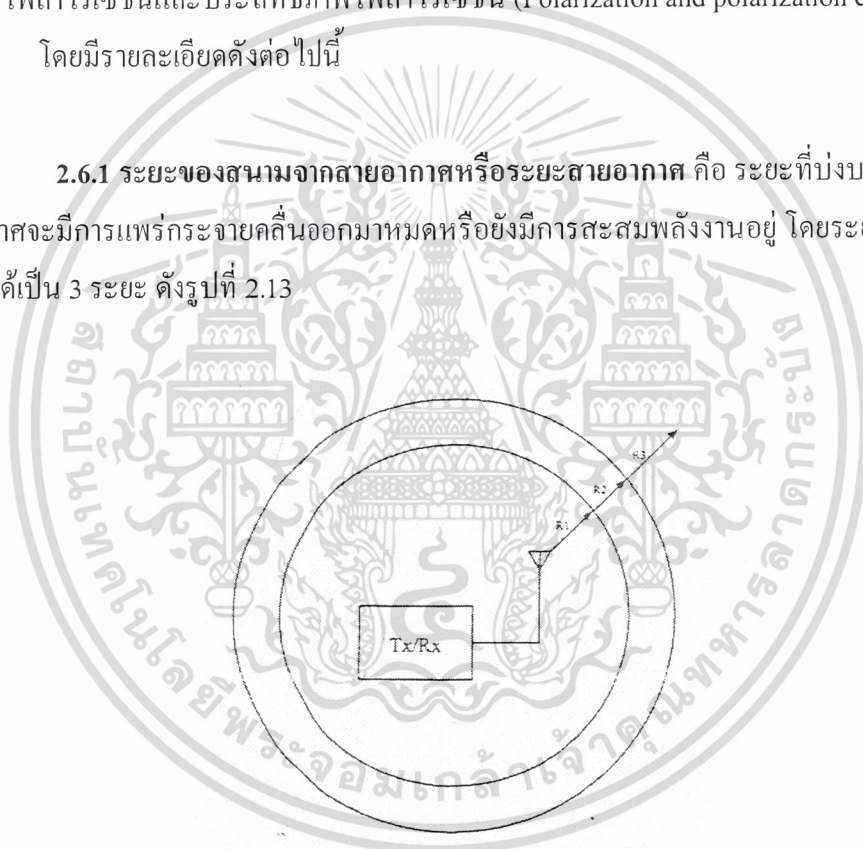
- ความกว้างของลำคลื่น (Beam width)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประสิทธิภาพลำคลื่น (Beam efficiency)
- ความหนาแน่นกำลังงานที่แพร่กระจายคลื่น (Radiation power density)
- ความเข้มการแพร่กระจายคลื่น (Radiation Intensity)
- สภาพเจาะจงทิศทาง (Directivity)
- อัตราขยาย (Gain)
- ความยาวประสิทธิผลและพื้นที่ประสิทธิผล (Effective length and area)
- ประสิทธิภาพช่องเปิด (Aperture efficiency)
- โพลาริเซชันและประสิทธิภาพโพลาริเซชัน (Polarization and polarization efficiency)

โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.6.1 ระยะของสนามจากสายอากาศหรือระยะสายอากาศ คือ ระยะที่บ่งบอกว่าสายอากาศจะมีการแพร่กระจายคลื่นออกมาหมดหรือยังมีการสะสมพลังงานอยู่ โดยระยะสายอากาศจะแบ่งได้เป็น 3 ระยะ ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ระยะสายอากาศที่ระยะต่างๆ

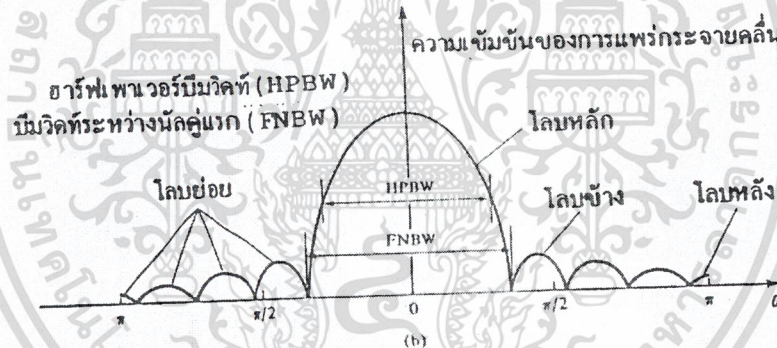
2.6.1.1 ระยะสนามระยะใกล้รีแอกทีฟ (Reactive near field) คือ ระยะที่วัดจากสายอากาศไปจนถึง $0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}}$ หรือระยะที่อยู่ระหว่าง $0 \leq R1 < 0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}}$ โดยที่ D คือ มิติที่กว้างที่สุดของสายอากาศ ที่ระยะนี้จะพบว่าสายอากาศจะไม่แพร่กระจายคลื่นออกมาแต่จะสะสมพลังงานในรูป Reactive กำลังงานที่คำนวณได้จะอยู่ในรูปของส่วนจินตภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1.2 ระยะสนามระยะใกล้ที่แพร่กระจายคลื่น (Radiation near field) คือ ระยะตั้งแต่ $0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}}$ ไปจนถึง $\frac{2D^2}{\lambda}$ หรือ $0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \leq R_2 < \frac{2D^2}{\lambda}$ ที่ระยะนี้สายอากาศจะแพร่กระจายคลื่นออกมาบางส่วนและสะสมไว้บางส่วน กำลังงานที่คำนวณได้จะอยู่ในรูปของจำนวนเชิงซ้อน

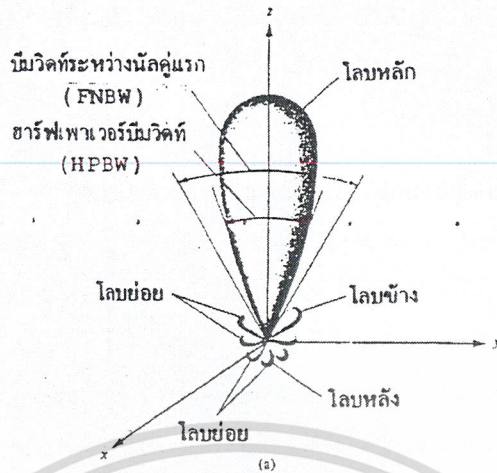
2.6.1.3 ระยะสนามระยะไกล (Far field) คือ ระยะตั้งแต่ $\frac{2D^2}{\lambda}$ เป็นต้นไปหรือ $\frac{2D^2}{\lambda} \leq R_3 < \infty$ ที่ระยะนี้สายอากาศจะแพร่กระจายคลื่นออกมาหมด กำลังที่คำนวณได้จะเป็นส่วนจริง

2.6.2 แบบรูปการแผ่พลังงาน แบบรูปการแผ่พลังงานเป็นวิธีการแสดงความสามารถในการแผ่พลังงานของสายอากาศออกไปในทิศทางต่างๆ หรือรับพลังงานที่ส่งมาจากทิศต่างๆ โดยการวาดภาพเส้นที่นำเสนอค่าระดับกำลังงานสัมพัทธ์ ณ ตำแหน่งเชิงมุมต่างๆ แบบรูปการแผ่พลังงานอาจนำเสนอโดยใช้ระบบพิกัดฉากหรือเชิงขั้วก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.13 (ก)



(ก) นำเสนอในระบบพิกัดฉาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) นำเสนอในระบบ 3 มิติ

รูปที่ 2.14 ตัวอย่างแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ

โดยทั่วไปแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศขณะที่เป็นสายอากาศส่งและสายอากาศรับมีความเหมือนกันทุกประการ ในการวัดจึงสามารถวัดโดยให้สายอากาศทดสอบทำงานในภาคส่งหรือภาครับก็ได้แบบรูปการแผ่พลังงานมีหลายลักษณะ เช่น แบบรูปขนาดยอดของสนาม แบบรูปปฏิภาค แบบรูปโพลาไรเซชัน และแบบรูปสภาพเจาะจงทิศทาง แบบรูปเหล่านี้เป็นประโยชน์ในการใช้ประกอบพิจารณาเพื่อประยุกต์ใช้งานสายอากาศในลักษณะงานเฉพาะต่างๆ

ในแบบรูปการแผ่พลังงานจะประกอบด้วยระดับสัญญาณที่ชี้ไปในทิศทางต่างๆ ปกติระดับสัญญาณที่มียอดสูงสุดเป็นตัวกำหนดแนวตั้งหลักของสายอากาศ ระดับสัญญาณนี้ เรียกว่า ลำคลื่นหลัก ระดับสัญญาณอื่นๆ เรียกว่า ลำคลื่นย่อย ระดับลำคลื่นย่อยมีความสำคัญในการควบคุมระดับสัญญาณรบกวนและจากทิศทางไม่พึงประสงค์ในการใช้งานบางลักษณะ

2.6.3 อิมพีแดนซ์ขาเข้า กรณีที่พิจารณาสายอากาศเป็นชิ้นส่วนหนึ่งในวงจรไฟฟ้า เมื่อต่อแหล่งกำเนิดสัญญาณเพื่อป้องกันพลังงานให้กับสายอากาศ พลังงานจะไหลเข้าสู่สายอากาศที่ละน้อยเนื่องจากปรากฏการณ์มีการต้านการไหลของพลังงานที่เรียกว่าอิมพีแดนซ์ หรือ ความต้านทานเชิงซ้อน อิมพีแดนซ์ดังกล่าวซึ่งปรากฏที่ขั้วของสายอากาศ เรียกว่า อิมพีแดนซ์ขาเข้า ค่านี้มี

ความสำคัญ ในการพิจารณาจัดระบบป้อนกำลังคลื่นให้กับสายอากาศ รูปที่ 2.13 (ก) แสดงแนวคิดของการมองสายอากาศเป็นชิ้นส่วนหนึ่งในวงจรทั้งกรณีที่ทำงาน ในภาครับและภาคส่ง ในกรณี

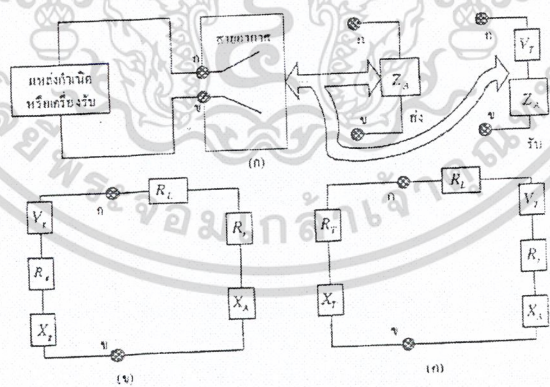
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้สอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเอาไปทำประโยชน์อื่นนอกเหนือจากนี้
ภาคส่งสายอากาศเสมือนอิมพีแดนซ์ตัวหนึ่ง (Z_A) ซึ่งประกอบด้วยความต้านทานการแผ่พลังงาน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(R_r) และรีแอกแตนซ์ (X_A) โดย R_r แทนการสูญเสียในวงจร ซึ่งหมายถึงพลังงานที่เคลื่อนผ่านออกไปโดยสายอากาศ ส่วน X_A คือ พลังงานเชิงจินตภาพที่สะสมในบริเวณสนามใกล้ของสายอากาศโดยไม่แผ่กระจายออกไป รูปที่ 2.13 (ข) แสดงวงจรสมมูลเมื่อสายอากาศทำงานในภาคส่งเมื่อสายอากาศทำงานในภาครับแสดงแทนด้วยวงจรสมมูลในรูปที่ 2.15 ส่วนที่เป็นสายอากาศจะเสมือนประกอบด้วยแหล่งกำเนิดสมมูล V_T และอิมพีแดนซ์ Z_A โดย V_T เป็นสัญญาณออกที่สายอากาศป้อนสู่เครื่องรับที่มีอิมพีแดนซ์ $Z_T = R_T + X_T$ สำหรับ R_L แทนการสูญเสียที่เกิดขึ้นขณะสายอากาศทำงาน

2.6.4 ประสิทธิภาพการแผ่พลังงาน ค่าประสิทธิภาพการแผ่พลังงานแสดง

ความสามารถของสายอากาศที่จะแผ่พลังงานที่ได้รับมาออกไปในปริภูมิเสรี ค่านี้คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างกำลังงานที่สายอากาศแผ่ออกมากับกำลังงานที่ป้อนให้กับตัวสายอากาศ ถ้าพิจารณาให้สายอากาศเสมือนเป็นชิ้นส่วนในวงจรไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 2.15 ก็จะสามารถคำนวณค่าประสิทธิภาพการแผ่พลังงานได้ดังสูตรต่อไปนี้

$$\eta_r = \frac{R_r}{R_r + R_L} \tag{2.24}$$



รูปที่ 2.15 แนวคิดในการพิจารณาการทำงานของสายอากาศโดยอาศัยมุมมองแบบทฤษฎีวงจร

- (ก) ระบบสายอากาศ
- (ข) วงจรสมมูลเมื่อสายอากาศทำงานในภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 ความกว้างลำคลื่น ความกว้างลำคลื่นเป็นค่าที่มีผลต่อการพิจารณาความสามารถในการกำหนดรายละเอียดการตรวจวัดข้อมูลในการสำรวจข้อมูลระยะไกล หรือพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณในการให้บริการการสื่อสารผ่านดาวเทียม เป็นต้น โดยทั่วไปนิยามของความกว้างลำคลื่นสองแบบที่นิยมใช้กัน ได้แก่

- ความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง (Half power beam width) คือ ขนาดเชิงมุมของลำคลื่นหลักที่วัดตรงช่วงระหว่างตำแหน่งที่กึ่งกำลังลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของกำลังสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 2.14 (ข)

- ความกว้างลำคลื่น ณ จุดศูนย์คู่แรก (First null beam width) คือ ขนาดเชิงมุมของลำคลื่นหลักที่วัดตรงช่วงระหว่างตำแหน่งที่เป็นจุดศูนย์คู่แรก ดังสมการในรูปที่ 2.14 (ข)

2.6.6 ประสิทธิภาพลำคลื่น ค่านี้มีอัตราส่วนระหว่างขนาดของพื้นที่ลำคลื่นหลัก (Main beam area) กับพื้นที่ลำคลื่น (beam area) ของสายอากาศซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$\eta_b = \frac{\Omega_M}{\Omega_A} \quad (2.25)$$

โดย Ω_M คือ พื้นที่ลำคลื่นหลัก

Ω_A คือ พื้นที่ลำคลื่นของสายอากาศ

$$\Omega_M = \int_{-\theta_{FN}}^{\theta_{FN}} \int_{-\phi_{FN}}^{\phi_{FN}} P_n(\theta, \phi) d\Omega \quad (2.26)$$

$$\Omega_A = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi (\theta, \phi) d\Omega \quad (2.27)$$

โดย θ_{FN}, ϕ_{FN} และ $-\theta_{FN}, -\phi_{FN}$ คือ ตำแหน่งมุมแนวราบ (Azimuth) และมุมก้มเงย (Elevation) ของจุดศูนย์คู่แรก

$P_n(\theta, \phi)$ คือ ฟังก์ชันแบบรูปการแผ่พลังงานที่ปรับบรรทัดฐานแล้วค่าดังกล่าวนี้แสดงความสามารถในการรวบรวมกำลังคลื่นไว้ในลำคลื่นหลักซึ่งชี้ไปยังทิศทางอันพึงประสงค์ขณะที่สายอากาศกำลังปฏิบัติงานอยู่

2.6.7 ความหนาแน่นกำลังงานที่แพร่กระจายคลื่น คือ กำลังงานที่แพร่กระจายคลื่นต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็น W / m^2 เป็นปริมาณ Vector

$$\overline{W}_{rad} = \overline{W}_{av} = \frac{1}{2} \text{Re} \left[\overline{E} \times \overline{H}^* \right] \quad (2.28)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ระยะสนามระยะไกลจะมี Intrinsic impedance เท่ากับ

$$\eta = \frac{E}{H} \quad (2.29)$$

$$\overline{W}_{av} = \frac{1}{2} \text{Re} \left[\overline{E} \times \overline{H}^* \right]$$

จาก

$$\overline{W}_{av} = \frac{1}{2} \text{Re} \left[\overline{E} \times \frac{\overline{E}^*}{\eta} \right] = \frac{1}{2} \text{Re} \left[\eta \overline{H} \times \overline{H}^* \right]$$

$$\overline{W}_{av} = \frac{1}{2\eta} |\overline{E}|^2 = \frac{\eta}{2} |\overline{H}|^2 \quad (2.30)$$

2.6.8 ความเข้มการแผ่กระจายคลื่น คือ กำลังงานต่อหน่วยมุมตัน มีหน่วยเป็น W/Sr มุมตัน (Solid angle) มีหน่วยเป็นสเตอเรเดียน (sr) โดยที่มุม 1 sr คือ มุมที่รองรับพื้นที่ผิวของทรงกลมที่มีพื้นที่เท่ากับกำลังสองของรัศมี ทรงกลม 1 ลูกมี 4π sr

$$U(\theta, \phi) = r^2 W_{av} \quad (2.31)$$

$$U(\theta, \phi) = \frac{r^2}{2\eta} |E|^2 = \frac{r^2 \eta}{2} |H|^2 \quad (2.32)$$

กำลังงานในการแผ่กระจายคลื่นทั้งหมด

$$P_{rad} = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi U(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi \quad (2.33)$$

2.6.9 ค่าสภาพเจาะจงทิศทาง ค่าสภาพเจาะจงทิศทางถือว่าเป็นคุณลักษณะตัวหนึ่งที่มีความสำคัญมาก ค่านี้นับบอกความสามารถเชิงทิศทางของสายอากาศ โดยคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างความเข้มของการแผ่พลังงานในทิศทางที่สนใจกับความเข้มของการแผ่พลังงานโดยเฉลี่ย เมื่อสมมติว่ามีการแผ่พลังงานออกไปรอบทิศทางอย่างเท่าเทียมกัน โดยละเลยกำลังงานส่วนที่สูญเสียไป สูตรแสดงการคำนวณเป็นดังต่อไปนี้

$$D = \frac{U(\theta, \phi)}{U_0} = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{rad}} \quad (2.34)$$

โดย U_0 คือ ความเข้มการแผ่พลังงานของสายอากาศไอโซโทรปิก (W/Sr)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.10 อัตราขยาย อัตราขยายของสายอากาศมิได้บ่งบอกถึงความสามารถในการขยายสัญญาณเช่นเดียวกับกรณีของวงจขยาย ในกรณีของสายอากาศนั้นอัตราขยายจะคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของการแผ่พลังงานในทิศทางที่สนใจกับความเข้มข้นของการแผ่พลังงานโดยเฉลี่ย พิจารณาว่ากำลังงานทั้งหมดที่ป้อนให้กับสายอากาศได้รับการแผ่ออกอย่างเท่าเทียมกันรอบทิศทาง ไม่มีการสูญเสีย

สูตรสำหรับการคำนวณอัตราขยายเป็นดังต่อไปนี้

$$G = \frac{U(\theta, \phi)}{U_f} = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_f} \quad (2.35)$$

โดย U_f คือ ความเข้มการแผ่พลังงานเฉลี่ยที่ป้อนให้กับสายอากาศ (W/Sr)

P_f คือ กำลังงานที่ป้อนให้กับสายอากาศ (W)

เนื่องจากการคำนวณอัตราขยายจะคำนึงถึงผลของการสูญเสียด้วย ดังนั้นค่าสภาพเจาะจงทิศทางและอัตราขยายจึงมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$G = \eta_r D \quad (2.36)$$

2.6.11 ความยาวประสิทธิผลและพื้นที่ประสิทธิผล แนวคิดเกี่ยวกับความยาวประสิทธิผลและพื้นที่ประสิทธิผลเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกันในการพิจารณาทั้งการรับและการส่งกำลังงานคลื่นโดยสายอากาศ ในส่วนของสายอากาศเส้นลวดการใช้ความยาวประสิทธิผลทำให้มองเห็นความสามารถในการใช้ขนาดทางกายภาพตามแนวความยาวของเส้นลวดที่เป็นสายอากาศให้เกิดประโยชน์ ทั้งนี้เนื่องจากตลอดแนวความยาวดังกล่าวนั้น สนามไฟฟ้าที่ตกกระทบจะไม่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสขึ้นอย่างสม่ำเสมอ เมื่อพิจารณาโดยกำหนดว่าขนาดความยาวที่ได้รับการเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสขึ้นอย่างสม่ำเสมอตลอดแนวความยาวดังกล่าว โดยมีค่าการแจกแจงกระแสที่คงที่เท่ากับค่าสูงสุดของการแจกแจงกรณีไม่สม่ำเสมอ ขนาดความยาวดังกล่าวนี้ เรียกว่า “ความยาวประสิทธิผล”

2.6.12 ประสิทธิภาพช่องเปิด ค่านี้เป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ประสิทธิผลกับขนาดพื้นที่จริงทางกายภาพ ดังสูตรต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\eta_{ap} = \frac{A_{eff}}{A_{phy}} \quad (2.37)$$

โดย η_{ap} คือ ประสิทธิภาพช่องเปิด

A_{eff} คือ พื้นที่ประสิทธิผล

A_{phy} คือ พื้นที่จริงทางกายภาพ

อัตราส่วนนี้เป็นดัชนีบ่งบอกความสามารถในการใช้ประโยชน์พื้นที่ของช่องเปิดที่ปรากฏทางกายภาพของสายอากาศในการรับหรือส่งพลังงานคลื่น

2.6.13 โพลาริเซชันและประสิทธิภาพโพลาริเซชัน โพลาริเซชันของสนามแสดงเส้นทางที่ปลายเวกเตอร์สนามกวาดปกติจะยึดเอาเวกเตอร์สนามไฟฟ้าเป็นสำคัญสำหรับประสิทธิภาพโพลาริเซชันเป็นอัตราส่วนระหว่างกำลังงานคลื่นระนาบที่มีโพลาริเซชันแน่นอนสถานะหนึ่งกับกำลังงานที่สายอากาศควรจะได้รับเมื่อคลื่นระนาบดังกล่าวมีโพลาริเซชันตรงกับโพลาริเซชันของสายอากาศ คำนี้อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ความเข้ากันได้เชิงโพลาริเซชัน”

2.7 ประวัติและความเป็นมาของเทคโนโลยี RFID

RFID ถูกพัฒนามาในยุค ค.ศ. 1970 อุปกรณ์ RFID ที่มีการประดิษฐ์ขึ้นใช้งานเป็นครั้งแรกนั้น เป็นผลงานของ Leon Theremin เพื่อนำไปใช้ในการบังคับวัตถุในระยะไกล และสามารถอ่านข้อมูลจากป้าย (RFID Tag) ได้พร้อม ๆ กันหลายป้าย โดยที่เครื่องอ่านไม่ต้องสัมผัสกับตัวป้าย (RFID Tag) การอ่านข้อมูลสามารถอ่านได้แม้ในสภาพที่ทัศนวิสัยไม่ดี

ยุคเริ่มแรกของการใช้ RFID ในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ ระบบกันขโมย ในห้างสรรพสินค้า โดยที่ตัวสินค้าจะมีการติด RFID แบบ 1 บิต (ซึ่งจะมีค่าเป็น ‘0’ หรือ ‘1’) เมื่อมีการชำระสินค้าสินค้าเครื่องอ่านและเขียนข้อมูล RFID จะทำการเปลี่ยนค่าบิต เป็น ‘0’ ทำให้สามารถนำสินค้าออกจากร้านได้ แต่หากมีการนำสินค้าออกจากร้านโดยที่วัตถุที่ติด RFID มีบิตเป็น ‘1’ สัญญาณเตือนจะดังขึ้น

ในช่วงต้นปี ค.ศ. 1990 บริษัท ไอบีเอ็มได้พัฒนาและจดสิทธิบัตร RFID ในย่าน UHF (ย่านความถี่ตั้งแต่ 300 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 3 กิกะเฮิรตซ์) แต่เมื่อ บริษัท ไอบีเอ็ม มีปัญหาด้านการเงิน จึงได้ขายสิทธิบัตรเกี่ยวกับ RFID ให้กับบริษัท Intermec ในช่วงกลาง ค.ศ. 1990 ซึ่งในขณะนั้นการใช้งานอุปกรณ์ RFID ยังไม่แพร่หลายมากนักเนื่องจากอุปกรณ์มีราคาสูง

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทฯ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RFID กลับมาได้รับความนิยมอีกครั้ง ในปี ค.ศ. 1999 เมื่อ UCC (Uniform Code Council) EAN International บริษัท Procter & Gamble และ บริษัท Gillette ได้รวมก่อตั้งศูนย์ Auto-ID ขึ้นที่สถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ (MIT) ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อพัฒนาแนวทางการใช้ RFID ในห่วงโซ่อุปทาน สำหรับติดตามสินค้าที่ส่งในสายโซ่อุปทานของตนเอง

ภายหลังได้มีการนำ RFID มาประยุกต์ใช้กับงานด้าน ๆ กันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นการเก็บค่าทางด่วนอัตโนมัติ โดยนำ RFID Tag ติดกับรถ และ ติดเครื่องอ่านที่ด่วนเก็บเงิน หรือ ในทางด้านวงการเกษตรของรัฐ มีการนำป้ายแบบ Passive ชนิดความถี่ 25 กิโลเฮิร์ตซ์ สำหรับติดที่ตัววัว เพื่อใช้เก็บข้อมูลการฉีดวัคซีนของวัวแต่ละตัว เป็นต้น

2.7.1 คลื่นวิทยุ (Radio Frequency)

คลื่น วิทยุเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งเหมือนกับพวก แสง คลื่นอัลตราไวโอเล็ต และคลื่นอินฟราเรด เพียงแต่ต่างย่านความถี่เท่านั้น คลื่นวิทยุที่แผ่กระจายออกจากสายอากาศนั้น ประกอบไปด้วยสนามแม่เหล็กและสนาม ไฟฟ้า ความถี่ของคลื่นวิทยุที่เราพูดถึง จะหมายถึงความถี่ของคลื่นพาหะหรือ Carrier Frequency ความถี่ในระบบ RFID ที่ใช้กันทั่วไปได้แก่

- * LF 125 KHz (Low Frequency)
- * HF 13.56 MHz (High Frequency)
- * UHF 869.5 MHz (Ultra-high Frequency)

LF 125 KHz

เป็นความถี่มาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป ระยะการรับส่งข้อมูลใกล้ ต้นทุนไม่สูงมาก ความเร็วในการอ่านต่ำ LF มักพบการใช้งานหน่วยงานของปศุสัตว์ ระบบควบคุมการเปิดปิดประตู

HF 13.56 MHz

“B-9704-1-QP” เป็นออฟชั่นของเครื่องพิมพ์ในการถอดรหัส(Encode)ชิป ที่ใช้ในย่านความถี่ HF 13.56 ในปัจจุบันรองรับชิป C210 C220 C240 C270(I-code) และ tag มาตรฐาน ISO 15693 รวมถึง tag มาตรฐาน ISO 18000 type 3 ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ในย่านความถี่นี้เป็นย่านความถี่ใช้กันทั่วโลก RFID ในย่านความถี่ HF ใช้กับ passive tag และ มักพบเห็นการใช้งาน RFID ในย่านความถี่ HF ในห้องสมุด และการป้องกันการปลอมแปลงสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UHF 869.5 MHz

“B-9704-U1-QP” เป็นออฟชั่นของเครื่องพิมพ์ในการถอดรหัส(Encode)ชิป ที่ใช้ในย่านความถี่ UHF 869.5 MHz ในปัจจุบันรองรับชิป EPC Class0, Class1 และ ISO-1800-6-B EPC Class 0+ และ GEN2 ซึ่งจะหาได้ง่ายในอนาคต คลื่นความถี่ที่อยู่ในช่องความถี่ UHF ที่สามารถใช้กับระบบ RFID จะอยู่ระหว่าง 860 – 960 MHz ระบบ UHF RFID ที่ใช้ในสหรัฐอเมริกาจะอยู่ที่คลื่นความถี่ 915 MHz และ ระบบ UHF RFID ที่ใช้ในยุโรปจะอยู่ที่คลื่นความถี่ 868 MHz การใช้งาน UHF RFID ขยายวงกว้างขึ้นจากองค์กรขนาดใหญ่ , ธุรกิจระหว่างประเทศ ไปยังธุรกิจขนาดเล็กในหลายๆ สายงาน

ตารางที่ 2.1 ย่านความถี่ต่างๆ ของระบบ RFID และการใช้งาน

ย่านความถี่	ระยะทาง	การใช้งาน
ย่านความถี่ต่ำ (Low Frequency : LF)	125-134 kHz	18 นิ้ว ปลั๊กการ์ด หรือ ป้ายสินค้า กันจ. โมยที่อ่านใน ระยะใกล้ หรือระบบกัน จ. โมยรถยนต์
ย่านความถี่สูง (High Frequency : HF)	13.553-13.567 MHz	3 ฟุต อ่านได้เร็ว (10-100 ป้ายต่อ วินาที)
ย่านความถี่ยิ่งสูง (Ultra High Frequency : UHF)	400-1000 MHz (สหรัฐอเมริกาใช้ 433 MHz)	10-30 ฟุต อ่านได้ เร็วมาก (100-1000 ป้ายต่อวินาที)
ย่านความถี่ไมโครเวฟ (Microwave Frequency)	2.45 GHz, 5.8 GHz	>30 ฟุต อุปกรณ์ไร้สาย

2.7.2 อัตราการรับส่งข้อมูลและแบนด์วิดท์

อัตราการรับส่งข้อมูล (Data Transfer Rate) จะขึ้นอยู่กับความถี่ของคลื่นพาหะ ความถี่ของคลื่นพาหะยิ่งสูง อัตราการรับส่งข้อมูลก็จะยิ่งสูงตามไปด้วย ส่วนการเลือกแบนด์วิดท์ หรือย่านความถี่นั้นก็จะมีผลต่ออัตราการรับส่งข้อมูลเช่นกัน โดยมีหลักว่า แบนด์วิดท์ควรจะมีค่ามากกว่าอัตราการรับส่งข้อมูลที่ต้องการอย่างน้อยสองเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง ถ้าใช้แบนด์วิดท์ในช่วง 2.4-2.5 GHz ก็จะสามารถรองรับอัตราการรับส่งข้อมูลได้ประมาณ 2 megabits ต่อวินาที แต่การใช้แบนด์วิดท์ที่กว้างเกินไปก็อาจทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณรบกวนมาก หรือทำให้ S/N Ratio ต่ำลงนั่นเอง ดังนั้นการเลือกใช้แบนด์วิดท์ให้ถูกต้องก็เป็นส่วนสำคัญในการพิจารณา

ปัจจุบันได้มีความนิยมมาใช้ย่าน UHF 800-900 MHz อย่างมาก เพื่อให้การส่งออกของ ไทยเดินหน้า จึงได้มีการจัดสรรความถี่ย่าน UHF ไว้สำหรับ RFID คือ ย่านความถี่ 920-925 MHz โดยมีเงื่อนไขการใช้งานดังนี้

2.7.3 ย่านความถี่สำหรับ RFID ในประเทศไทย

1. ย่านความถี่ 920-925 MHz
2. กำลังส่งให้ใช้กำลังส่งออกอากาศสมมูลแบบไอโซทรอปิก (Equivalent Isotropically Radiated Power: e.i.r.p.) ไม่เกิน 4 วัตต์ และไม่อนุญาตให้ใช้กำลังส่งออกอากาศสมมูลแบบไอโซทรอปิก เกินกว่า 4 วัตต์ เว้นแต่คณะกรรมการกิจการ โทรคมนาคมแห่งชาติ เห็นว่ามีความจำเป็นหรือมีเหตุผลอื่นที่เหมาะสม
3. การได้รับการยกเว้นไม่ต้องได้รับใบอนุญาตอุปกรณ์ RFID ซึ่งมีกำลังส่งออกอากาศสมมูลแบบไอโซทรอปิก ไม่เกิน 0.5 วัตต์ (E.I.R.P.) ได้รับการยกเว้นใบอนุญาต มี ใช้ และนำออก ซึ่งเครื่องวิทยุคมนาคม
4. การตรวจสอบลักษณะทางวิชาการ อุปกรณ์ RFID จะต้องผ่านการทดสอบลักษณะทางวิชาการจาก คณะกรรมการกิจการ โทรคมนาคมแห่งชาติหรือจากห้องปฏิบัติการทดสอบรับรองมาตรฐาน เครื่องวิทยุคมนาคมที่ยอมรับได้
5. สิทธิการคุ้มครอง การใช้อุปกรณ์ RFID ไม่ได้รับสิทธิคุ้มครองการรบกวน หากก่อให้เกิดการรบกวนระดับรุนแรง ต่อการใช้ความถี่วิทยุของข่ายสื่อสารวิทยุคมนาคมอื่นในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง ผู้ใช้ต้องระงับการใช้อุปกรณ์ RFID ที่ก่อให้เกิดการรบกวนในบริเวณนั้นทันที

2.7.4 RFID มีข้อได้เปรียบเหนือกว่าระบบบาร์โค้ดดังนี้

1. มีความละเอียด และสามารถบรรจุข้อมูลได้มากกว่า ซึ่งทำให้สามารถแยกความแตกต่างของสินค้าแต่ละ ชิ้นแม้จะเป็น SKU (Stock Keeping Unit – ชนิดสินค้า) เดียวกันก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2. ความเร็วในการอ่านข้อมูลจากแถบ RFID เร็วกว่าการอ่านข้อมูลจากแถบบาร์โค้ดหลายสิบเท่า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สามารถอ่านข้อมูลได้พร้อมกันหลาย ๆ แถบ RFID
4. สามารถส่งข้อมูลไปยังเครื่องรับได้โดยไม่ต้องนำไปจ่อในมุมที่เหมาะสมอย่างการใช้เครื่องอ่านบาร์โค้ด (Non-Line of Sight)
5. ค่าเฉลี่ยของความถูกต้องของการอ่านข้อมูลด้วยเทคโนโลยี RFID นั้นจะอยู่ที่ประมาณ 99.5 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ความถูกต้องของการอ่านข้อมูลด้วยระบบบาร์โค้ดอยู่ที่ 80 เปอร์เซ็นต์
6. สามารถเขียนทับข้อมูลได้ จึงทำให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ซึ่งจะลดต้นทุนของการผลิตป้ายสินค้า ซึ่งคิดเป็นประมาณ 5% ของรายรับของบริษัท
7. สามารถขจัดปัญหาที่เกิดขึ้นจากการอ่านข้อมูลซ้ำที่อาจเกิดขึ้นจากระบบบาร์โค้ด
8. ความเสียหายของป้ายชื่อ (Tag) น้อยกว่าเนื่องจากไม่จำเป็นต้องติดไว้ภายนอกบรรจุภัณฑ์
9. ระบบความปลอดภัยสูงกว่ายากต่อการปลอมแปลงและลอกเลียนแบบ
10. ทนทานต่อความเปียกชื้น แสงสั่นสะเทือน การกระทบกระแทก

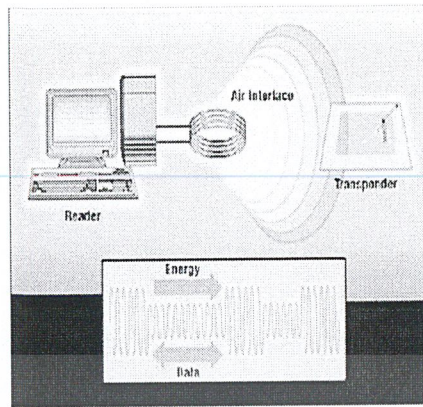
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบระหว่าง Barcode กับ RFID

Barcode	RFID
บาร์โค้ดจะเป็นระบบที่อ่านได้อย่างเดียว (Read only) ไม่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่อยู่บนบาร์โค้ดได้	แท็กของระบบ RFID จะสามารถทั้งอ่านและบันทึกข้อมูลได้ เราจึงสามารถเปลี่ยนแปลงหรือทำการบันทึกข้อมูลที่อยู่ในแท็กได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน
บาร์โค้ด จะต้องใช้กับวัตถุที่หยุดนิ่งเท่านั้น โดยเอาตัวอ่านเข้าไปใกล้กับแถบบาร์โค้ด จึงจะสามารถอ่านได้	RFID สามารถใช้งานได้แม้ในขณะที่วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ เช่น ใช้ระบบ RFID ในการเก็บค่าผ่านทางด่วน โดยที่ผู้ใช้บริการ ไม่หยุดรถเพื่อจ่ายค่าบริการ
บาร์โค้ดไม่สามารถสื่อสารผ่านตัวกลางอื่นๆ ได้นอกจากกระดาษ	แท็กและตัวอ่านข้อมูลสามารถสื่อสารผ่านตัวกลางได้หลายอย่างเช่น น้ำ, พลาสติก, กระจก หรือวัสดุทึบแสงอื่นๆ
บาร์โค้ดใช้อ่านกับวัตถุที่ต้องอยู่ใกล้	RFID สามารถใช้อ่านกับวัตถุที่อยู่ไกลได้ ขึ้นอยู่กับตัวอ่านและแท็กที่ใช้

2.8 ระบบ RFID จะมีย่อประกอบหลักๆด้วยกัน 3 ส่วน คือ

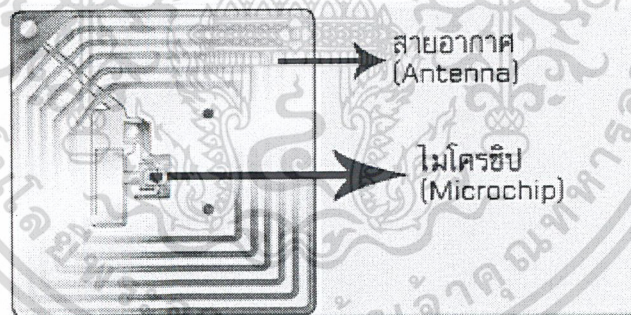
1. ป้าย (Tag, Transponder)
2. เครื่องอ่านป้าย (Reader, Interrogator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ระบบที่ใช่ประมวลผลศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 ป้าย (Tag)

ป้าย (Tag, Transponder [transceiver-responder]) ตัวอย่าง ป้ายที่ติดสินค้า และ ตัวรถไฟฟ้าที่เป็นเหรียญกลมๆสีดำ สิ่งเหล่านี้ก็คือ Tag ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ภายในจะประกอบด้วย เสาอากาศ และ ตัวไมโครชิป ในส่วนของตัวเสาอากาศนั้น จะทำหน้าที่รับส่งสัญญาณคลื่นวิทยุระหว่างป้าย (Tag) กับ เครื่องอ่าน(Reader)นอกจากนั้นแล้วมันยังสามารถทำหน้าที่สร้างพลังงานเพื่อป้อนให้กับไมโครชิปได้อีกด้วย



รูปที่ 2.17 ไมโครชิป

ไมโครชิป หน้าที่หลักๆของไมโครชิปนั้นก็คือ ทำหน้าที่เก็บข้อมูล, ถอดรหัส/เข้ารหัส สัญญาณที่ ส่งมาจากเครื่องอ่านหรือจะส่งไปยังเครื่องอ่าน เป็นต้น ซึ่งตามท้องตลาดนั้น ป้าย (Tag) จะอยู่ในรูปแบบที่เป็นกระดาษ แผ่นฟิล์ม สติกเกอร์ พลาสติก ซึ่งมีหลายรูปร่างลักษณะ โดยมีการนำไปใช้งานที่หลากหลายซึ่งนอกเหนือจากตัวอย่าง เช่น บัตรเครดิต กระดุม ฉลากสินค้า แคปซูล ฯลฯ โดยในส่วนประเภทของป้าย (Tag) นั้น เราสามารถแบ่งประเภทตามลักษณะตามรูปแบบการ

สายอากาศ (Antenna) สายอากาศ คือ ขดลวดขนาดเล็กที่ทำหน้าที่เป็นเสาอากาศ

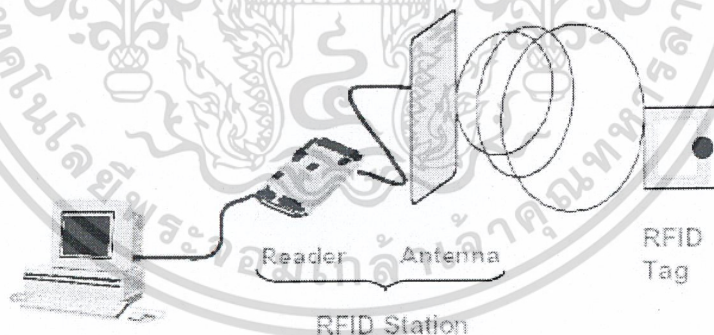
เอกสารนี้สำหรับรับ-ส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุและสร้างพลังงานป้อนให้กับไมโครชิปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายอากาศจะแผ่สัญญาณวิทยุจำนวนหนึ่งออกมา เพื่อกระตุ้นให้ Tag อ่านหรือเขียนข้อมูลลงไป สายอากาศสามารถมีได้หลากหลายขนาดและรูปร่าง เพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุที่จะนำ Tag ไปติดตั้ง และเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการรับ-ส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ สายอากาศจะถูกติดไปโดยตรงกับ Transceiver ให้เป็นอุปกรณ์ติดกัน

2.8.1 บันทึกลงและการอ่านข้อมูลได้เป็น 3 รูปแบบ คือ

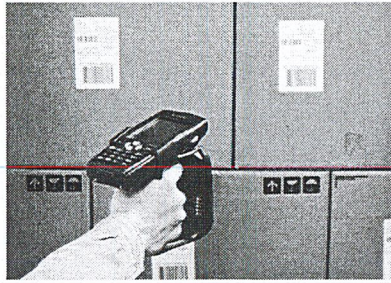
1. ป้ายที่อ่านและเขียนข้อมูลลงไปได้หลายๆครั้ง (Read-write)
2. ป้ายที่เขียนได้เพียงครั้งเดียวแต่อ่านได้หลายๆครั้ง (Write-once Read-many)
3. ป้ายที่อ่านได้เพียงอย่างเดียว (Read-only)

ส่วนที่สอง เครื่องอ่านป้าย (Reader, Interrogator) โดยหน้าที่ของเครื่องอ่านป้ายคือ จะทำการเชื่อมต่อกับป้ายเพื่อทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลลงในป้ายโดยใช้สัญญาณวิทยุ ซึ่งภายในเครื่องอ่านจะประกอบด้วยเสาอากาศ เพื่อใช้รับ-ส่งสัญญาณ, ภาครับภาคส่งสัญญาณวิทยุ, วงจรควบคุมการอ่าน-เขียนข้อมูล และส่วนที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ เช่นเดียวกันกับในส่วนของป้าย เครื่องอ่านนั้นจะมีชนิด และลักษณะรูปร่างหลากหลายแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน เช่น แบบมือถือ แบบติดผนัง จนถึงแบบขนาดใหญ่เท่าประตู ลองดูตัวอย่างจากรูป 2.18

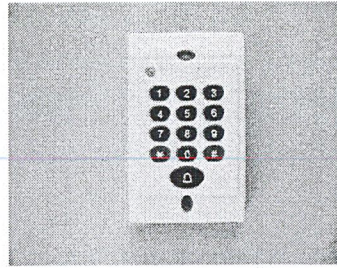


รูปที่ 2.18 RFID TAG รูปแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 เครื่องอ่านแบบมือถือ



รูปที่ 3 เครื่องอ่านแบบติดแก้ว

รูปที่ 4 เครื่องอ่านประเภทใกล้กับฉลาก

รูปที่ 2.19 เครื่องอ่าน RFID TAG รูปแบบต่างๆ

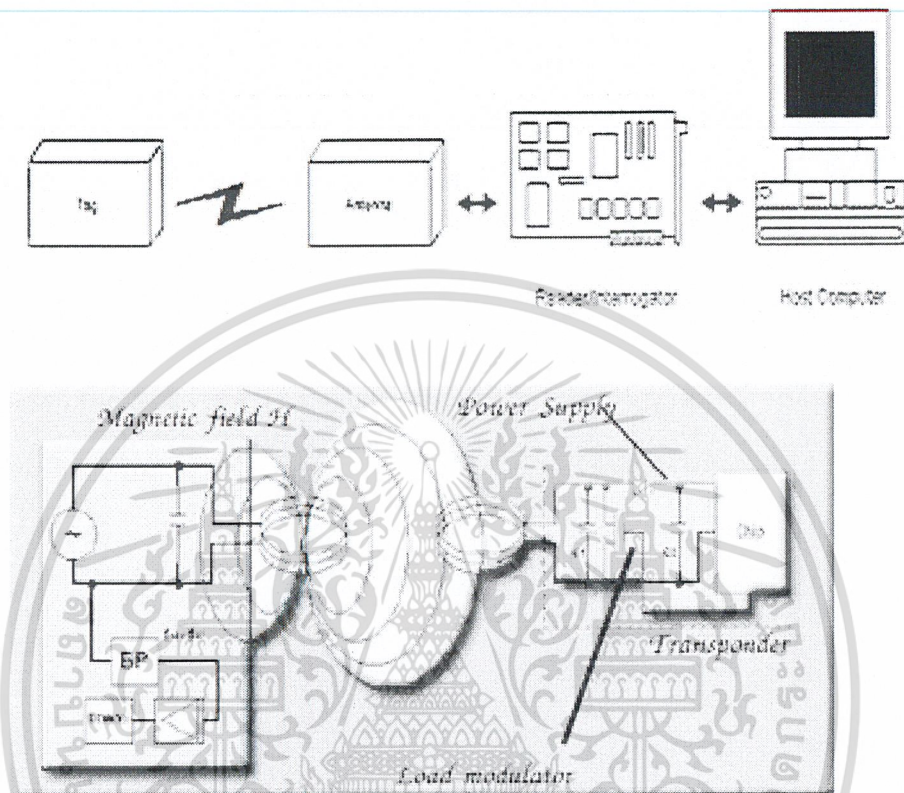
ฮาร์ดแวร์ หรือ ระบบที่ใช้ประมวลผล เป็นส่วนที่จะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้มาจากป้าย (Tag) หรือ จะสร้างข้อมูลเพื่อส่งไปยังป้าย (Tag) หรือว่าจะเป็นที่เก็บระบบฐานข้อมูล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบที่นำเอาไปใช้ ตัวอย่างอย่างเช่น ระบบการจัดการฟาร์มปศุสัตว์ ระบบคลังสินค้า ระบบขนส่ง ระบบการบริหารทรัพยากรต่างๆ เป็นต้น

2.9 ลักษณะการทำงานของระบบ RFID

1. หัวใจของเทคโนโลยี RFID ได้แก่ "Inlay" ที่บรรจุอุปกรณ์และวงจรรอิเล็กทรอนิกส์กับโลหะที่ยืดหยุ่นได้สำหรับการติดตามหรือทำหน้าที่เป็นเสาอากาศนั่นเอง Inlay มีความหนาสูงสุดอยู่ที่ 0.375 มิลลิเมตร สามารถทำเป็นแผ่นบางอัดเป็นชั้น ๆ ระหว่างกระดาษ, แผ่นฟิล์ม หรือพลาสติกก็ได้ ซึ่งเป็นการผลิตเครื่องหมายหรือฉลาก จากวัสดุที่มีราคาไม่แพงมากนัก ซึ่งจะเห็นว่า Inlay มีลักษณะรูปร่างที่บางมาก จึงทำให้ง่ายต่อการติดเป็นป้ายชื่อหรือฉลากของชิ้นงานหรือวัตถุนั้น ๆ ได้สะดวก

2. RFID เป็นระบบที่นำเอาคลื่นวิทยุมาเป็นคลื่นพาหะเพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์สองชนิดที่เรียกว่า แท็ก (Tag) และตัวอ่านข้อมูล (Reader หรือ Interrogator) ซึ่งเป็นเอกสารที่สื่อสารแบบไร้สาย (Wireless) โดยการนำข้อมูลที่ต้องการส่ง มาทำการมอดูเลต (Modulation) คำไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับคลื่นวิทยุแล้วส่งออกผ่านทางสายอากาศที่อยู่ในตัวรับข้อมูล ดังแผนผังการทำงานของระบบ RFID ดังในรูป



รูปที่ 2.20 แผนผังการทำงานของระบบ RFID

2.9.1 หลักการทำงานเบื้องต้นของระบบ RFID

1. ตัวอ่านข้อมูลจะปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาตลอดเวลา และคอยตรวจจับว่ามีแท็กเข้ามาอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าหรือไม่ หรืออีกนัยหนึ่งก็คือการคอยตรวจจับว่ามีการมอดูเลตสัญญาณเกิดขึ้นหรือไม่

2. เมื่อมีแท็กเข้ามาอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แท็กจะได้รับพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อให้แท็กเริ่มทำงาน และจะส่งข้อมูลในหน่วยความจำที่ผ่านการมอดูเลตกับคลื่นพาหะแล้วออกมาทางสายอากาศที่อยู่ภายในแท็ก

3. คลื่นพาหะที่ถูกส่งออกมาจากแท็กจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของแอมพลิจูด, ความถี่ หรือเฟส ขึ้นอยู่กับวิธีการมอดูเลต

4. ตัวอ่านข้อมูลจะตรวจจับความเปลี่ยนแปลงของคลื่นพาหะแปลงออกมาเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้ทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ข้อมูลแล้วทำการถอดรหัสเพื่อนำข้อมูลไปใช้งานต่อไป

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 องค์ประกอบของระบบ RFID

Tags หรือ Transponders

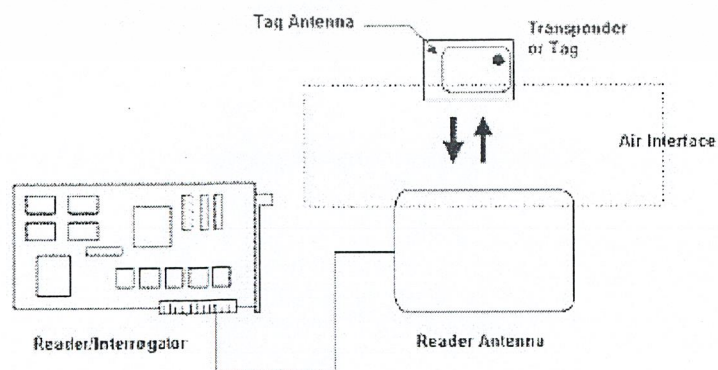
แท็ก (Tag) นั้นเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าทรานสปอนเดอร์ (Transponder) มาจากคำว่า ทรานสมิตเตอร์ (Transmitter) ผสมกับคำว่าเรสปอนเดอร์ (Responder) นั่นเอง ถ้าจะแปลให้ตรงตามศัพท์แท็กก็จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณหรือข้อมูลที่บันทึกอยู่ในแท็กตอบสนองไปที่ตัวอ่านข้อมูล การสื่อสารระหว่างแท็กและตัวอ่านข้อมูลจะเป็นแบบไร้สายผ่านอากาศ ภายในแท็กจะประกอบไปด้วยชิปสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Chip) ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับสายอากาศ

แท็กอาจมีรูปร่างได้หลายแบบขึ้นอยู่กับการใช้งาน โดยอาจมีรูปร่างเหมือนบัตรเครดิตในการใช้งานทั่วไป หรือเล็กขนาดไส้ดินสอยาวเพียง 10 มิลลิเมตร เพื่อฝังเข้าไปใต้ผิวหนังสัตว์ในกรณีนำไปใช้ในงานปศุสัตว์ หรืออาจมีขนาดใหญ่่มากสำหรับแท็กที่ใช้ติดกับเครื่องจักรขณะทำการขนส่ง แท็กอาจนำไปติดไว้กับสินค้าในร้านค้าปลีกทั่วไปเพื่อป้องกันขโมย โดยจะมีการติดตั้งสายอากาศของตัวอ่านข้อมูลขนาดใหญ่ไว้ตรงประตูทางออกเพื่อทำการตรวจจับขโมย

ชิปที่อยู่ในแท็กจะมีหน่วยความจำซึ่งอาจเป็นแบบอ่านได้อย่างเดียว (ROM) หรือทั้งอ่านทั้งเขียน (RAM) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งาน โดยปกติหน่วยความจำแบบ ROM จะใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการรักษาความปลอดภัย เช่น ข้อมูลของบุคคลที่มีสิทธิผ่านเข้าออกในบริเวณที่มีการควบคุมหรือระบบปฏิบัติการ ในขณะที่ RAM จะใช้เก็บข้อมูลชั่วคราวในระหว่างที่แท็กและตัวอ่านข้อมูลทำการติดต่อสื่อสารกัน

นอกจากนี้อาจมีการนำหน่วยความจำแบบ EEPROM มาใช้ในกรณีที่ต้องการเก็บข้อมูลในระหว่างที่แท็กและตัวอ่านข้อมูลทำการสื่อสาร และข้อมูลยังคงอยู่ถึงแม้จะไม่มีพลังงานไฟฟ้าป้อนให้แก่แท็ก

เราสามารถแบ่งชนิดของแท็กออกเป็น 2 ชนิดคือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเนื้อหาที่เบี่ยงเบนเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.21 องค์ประกอบของระบบ RFID

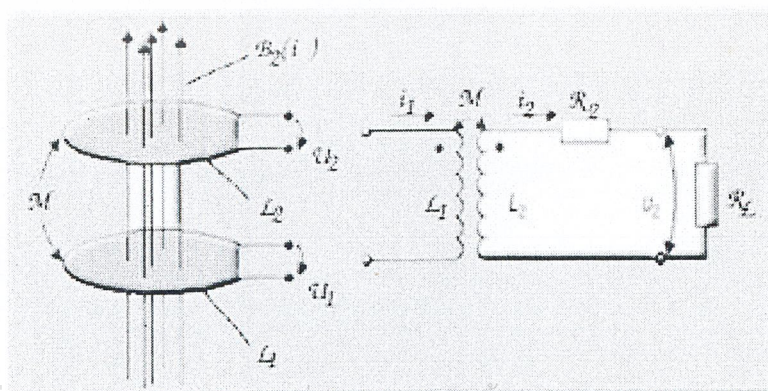
• แท็กชนิดพาสซีฟ (Passive Tag)

จะไม่มีแบตเตอรี่อยู่ภายในแต่จะทำงานโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเกิดจากการอยู่ใกล้กันของขดลวดจากเครื่องอ่านข้อมูลที่กำลังทำงานและสายอากาศของป้าย ทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานจากเครื่องอ่านไปยังป้ายผ่านสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อไมโครชิปได้รับพลังงานก็จะทำงานตามที่ได้ตั้งค่าไว้โดยเครื่องอ่านจะรับรู้จากสนามแม่เหล็กที่ส่งมาจากป้าย จึงทำให้แท็กชนิดพาสซีฟมีน้ำหนักเบากว่าแท็กชนิดแอ็กทีฟ ราคาถูกกว่า และมีอายุการใช้งานไม่จำกัด แต่ข้อเสียก็คือระยะเวลาการรับส่งข้อมูลใกล้ และตัวอ่านข้อมูลจะต้องมีความไวสูง นอกจากนี้แท็กชนิดพาสซีฟมักจะมีปัญหาเมื่อนำไปใช้งานในสิ่งแวดล้อมที่มีสัญญาณแม่เหล็กไฟฟฟารบกวนสูงอีกด้วย แต่ข้อได้เปรียบในเรื่องราคาและอายุการใช้งานทำให้แท็กชนิดพาสซีฟนี้เป็นที่นิยมมากกว่า



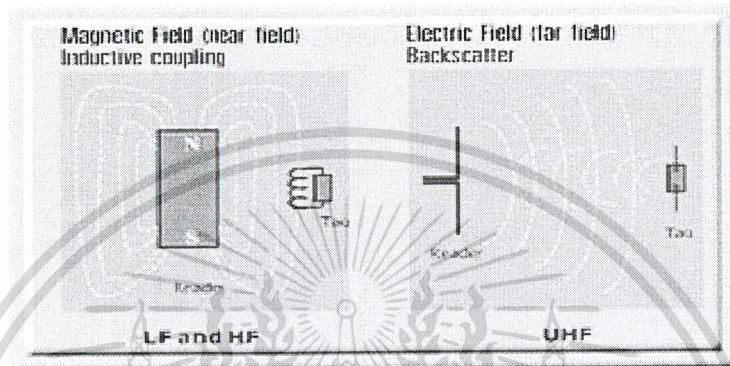
รูปที่ 2.22 บล็อกไดอะแกรมของ Passive Tag

จากหลักการทำงานแบบคู่ควบเหนี่ยวนำ ทำให้ระยะในการอ่านข้อมูลสูงสุดประมาณ 1 เมตร แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกำลังงานของเครื่องอ่านและคลื่นความถี่วิทยุที่ใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 รูปที่ 2.23 สนามแม่เหล็กจากกระบวนคู่ควบแบบเหนี่ยวนำ
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในระบบความถี่สูง (UHF) จะใช้หลักการคู่ควบแบบแผ่กระจาย (Propagation Coupling) โดยที่สายอากาศของเครื่องอ่านจะทำการส่งพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าในรูปคลื่นวิทยุออกมาเมื่อป้ายได้รับสัญญาณผ่านสายอากาศ จะสะท้อนกลับคลื่นที่ถูกปรับค่าตามรหัสประจำตัวไปยังเครื่องอ่าน (backscattering)



รูปที่ 2.24 หลักการทำงานของ LF HF และ UHF

โครงสร้างภายใน Tag แบบ Passive Tag ประกอบด้วย

- 1) ส่วนการควบคุมการทำงานของภาครับส่งสัญญาณวิทยุ (Analog Front-End)
- 2) ส่วนควบคุมภาคลอจิก (Digital Control Unit)
- 3) ส่วนของหน่วยความจำ (Memory) อาจจะเป็นแบบ ROM หรือ EEPROM

ข้อดี และ ข้อเสียของ Passive Tag

ข้อดี

1. น้ำหนักเบา
2. Tag มีขนาดเล็ก
3. ราคาถูก
4. อายุการใช้งานไม่จำกัด

ข้อเสีย

1. ระยะการรับส่งข้อมูลสั้น (ระยะไกลสุดเพียง 1.5 เมตร)
2. หน่วยความจำมีขนาดเล็ก (ประมาณ 32 ถึง 128 บิต)

3. Reader ต้องมีกำลังส่งที่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารไว้ทบทวนเนื้อหาเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• แท็กชนิดแอ็กทีฟ (Active Tag)

แท็กชนิดนี้จะมีแบตเตอรี่อยู่ภายใน เพื่อป้อนพลังงานไฟฟ้าให้แท็กทำงานโดยปกติ เราจะสามารถทั้งอ่านและเขียนข้อมูลลงในแท็กชนิดนี้ได้ และการที่ต้องใช้แบตเตอรี่จึงทำให้แท็กชนิดแอ็กทีฟมีอายุการใช้งานจำกัดตามอายุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่หมดก็ต้องนำแท็กไปทิ้งไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เนื่องจากจะมีการซีล (seal) ที่ตัวแท็กจึงไม่สามารถเปลี่ยนแบตเตอรี่ได้ อย่างไรก็ตามถ้าเราสามารถออกแบบวงจรของแท็กให้กินกระแสไฟน้อยๆ ก็อาจจะมีอายุการใช้งานนานนับสิบปี แท็กชนิดแอ็กทีฟนี้จะมีกำลังส่งสูงและระยะการรับส่งข้อมูลไกลกว่าแท็กชนิดพาสซีฟ นอกจากนี้ยังทำงานในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนได้ดี



รูปที่ 2.25 Active Tag

ในปัจจุบันนิยมใช้ Tag แบบ Passive Tag มากกว่า แบบ Active Tag เนื่องจาก Passive Tag ได้เปรียบในเรื่องของ ราคา และ อายุการใช้งาน นอกจากการแบ่ง Tag ตามชนิดของ Tag แล้ว ยังสามารถแบ่ง Tag ได้ตาม ประเภทรูปแบบในการใช้งานได้ 3 แบบ คือ

1. แบบที่สามารถถูกอ่านและเขียนข้อมูลได้อย่างอิสระ (Read-write)
2. แบบเขียนได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้นแต่อ่านได้อย่างอิสระ (Write-One, Read-Many : WORM)
3. แบบอ่านได้เพียงอย่างเดียว (Read-Only)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่เป็นการค้าไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม ผู้ที่นำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

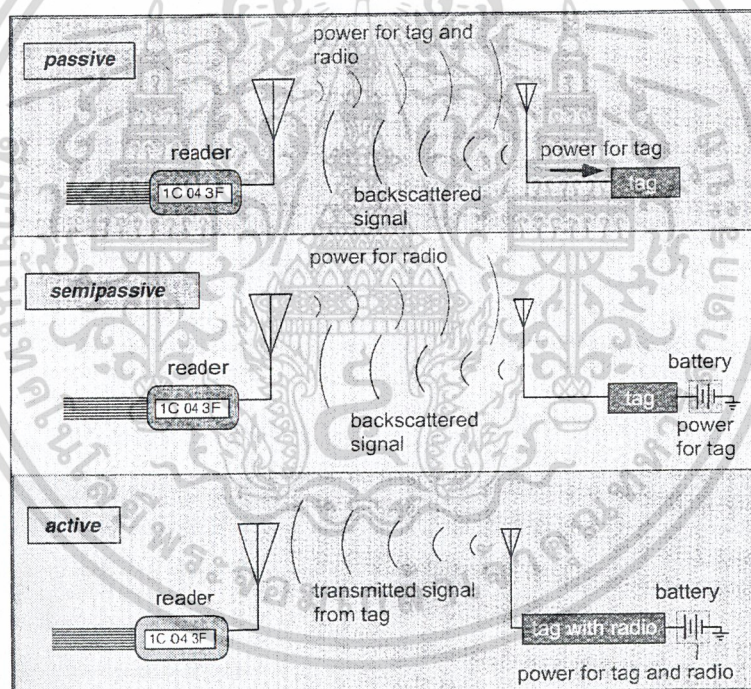
ข้อดี และ ข้อเสียของ Active Tag

ข้อดี

1. มีหน่วยความจำขนาดใหญ่
2. (ประมาณ 1 เมกะไบต์)
3. ระยะการรับส่งข้อมูลไกล (ระยะไกลสุด 6 เมตร)
4. ทำงานในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนได้ดี

ข้อเสีย

1. ราคาสูง
2. Tag มีขนาดใหญ่
3. ระยะเวลาในการทำงานที่จำกัด ตามอายุของแบตเตอรี่ประมาณ 3-7 ปี



รูปที่ 2.26 การทำงานของ RFID Tag

2.9.3 Reader หรือ Interrogator

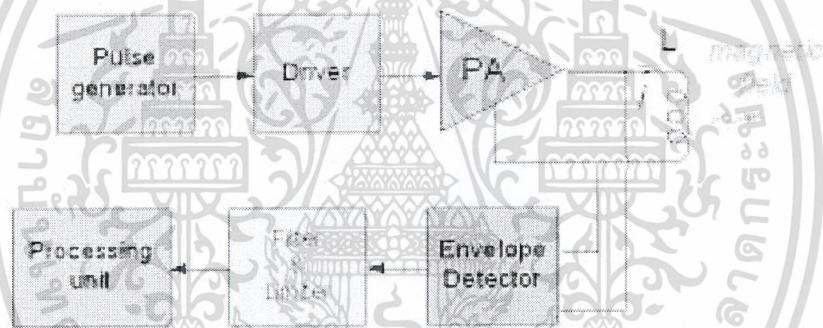
หน้าที่สำคัญของตัวอ่านข้อมูล (Reader หรือ Interrogator) ก็คือการรับข้อมูลที่ส่งมาจากแท็ก แล้วทำการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล ถอดรหัสข้อมูล และนำข้อมูลผ่านเข้าสู่กระบวนการต่อไป นอกจากนี้ตัวอ่านข้อมูลที่ดีต้องมีความสามารถในการป้องกันการอ่านข้อมูลซ้ำ

เช่นในกรณีที่แท็กถูกวางทิ้งอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตัวอ่านข้อมูลสร้างขึ้น หรืออยู่ในไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะการรับส่ง ก็อาจทำให้ตัวอ่านข้อมูลทำการรับหรืออ่านข้อมูลจากแท็กที่อยู่เรื่อยๆ ไม่สิ้นสุด ดังนั้นตัวอ่านข้อมูลที่ติดตั้งมีระบบป้องกันเหตุการณ์เช่นนี้ที่เรียกว่าระบบ "Hands Down Polling" โดยตัวอ่านข้อมูล จะสั่งให้แท็กหยุดการส่งข้อมูลในกรณีเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว หรืออาจมีบางกรณีที่มีแท็กหลายแท็กอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าพร้อมกัน หรือที่เรียกว่า "Batch Reading" ตัวอ่านข้อมูลควรมีความสามารถที่จะจัดลำดับการอ่านแท็กทีละตัวได้

ภายใน Reader จะประกอบด้วยส่วนประกอบหลักดังนี้

1. ภาครับและส่งสัญญาณวิทยุ (Transceiver)
2. ภาคสร้างสัญญาณพาหะ (Carrier)
3. ขดลวดที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศ (Antenna)
4. วงจรจูนสัญญาณ (Tuner)
5. หน่วยประมวลผลข้อมูล (Processing Unit)



รูปที่ 2.27 โครงสร้างภายในเครื่องอ่าน



รูปที่ 2.28 ตัวอย่างการใช้งานแท็กและตัวอ่านข้อมูล (Reader)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับ – ส่งข้อมูลระหว่าง Tag และ Reader

การส่งข้อมูลของ RFID สามารถเข้ารหัสข้อมูล และมอดูเลชัน ได้เหมือนคลื่นความถี่วิทยุทั่วไป โดยสามารถมอดูเลตได้ทั้งแบบ ASK, PSK, FSK รูปแบบการส่งข้อมูล แบบ Full Duplex, Half Duplex, Sequential และมีระบบการใช้งานได้พร้อมกันแบบ TDMA, FDMA, CDMA, SDMA

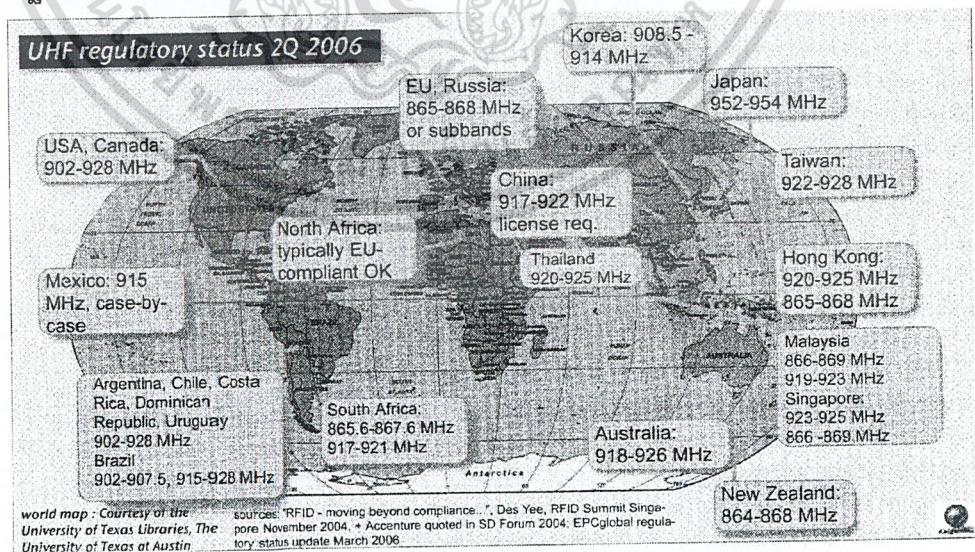
ระยะการรับส่งข้อมูลในระบบ RFID ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญต่างๆ ดังนี้

1. กำลังส่งของตัวอ่านข้อมูล (Reader/Interrogator Power)*
2. กำลังส่งของแท็ก (Tag Power)
3. สภาพแวดล้อม
4. การออกแบบสายอากาศของตัวอ่านข้อมูล**

*Reader จะมีกำลังส่งมากแค่ไหนก็ได้ แต่โดยทั่วไปกฎหมายของแต่ละประเทศ จะกำหนดกำลังส่งระหว่าง 100-500 mW

**การออกแบบสายอากาศของตัวอ่านข้อมูล จะเป็นตัวกำหนดลักษณะรูปร่างของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่กระจายออกมาจากสายอากาศ ดังนั้นระยะการรับส่งข้อมูล บางทีอาจขึ้นอยู่กับมุมของการรับส่งระหว่าง Tag และ Reader

2.10 มาตรฐานของ RFID



รูปที่ 2.29 มาตรฐานของ RFID ย่านความถี่ UHF ของแต่ละประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานระหว่างประเทศสำหรับการใช้งาน RFID มี 2 หน่วยงานหลัก คือ

1. International Organization of Standard (ISO)
2. EPC Global

โดยที่มาตรฐานของ RFID มีการกำหนดไว้ 4 ด้าน คือ

1. มาตรฐานด้านเทคโนโลยี (Technology)
2. มาตรฐานรูปแบบของข้อมูล (Data format)
3. มาตรฐานวิธีการทดสอบ (Conformance)
4. มาตรฐานการใช้งาน (Applications)

International standards organization

ISO – International Organization for Standardization

ITU – International Telecommunication Union

IEC – International Electro technical Commission

Regional standards

CEN – European Committee for Normalization and Standardization

National Standards

ANSI – American National Standards Institute

BSI – British Standards Institution

Industry

EPC global – Electronic Product Code

GS1 – European specific of EPC plus UCC/EAN

AIAG – Automotive Industry Action Group

แต่ละกลุ่มข้างบนก็มักจะมีกลุ่มย่อยๆภายในเพื่อกำหนดมาตรฐานและกฎเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับ RFID ในแต่ละเรื่องแยกออกไปอีกทีหนึ่ง มาตรฐานที่เกี่ยวกับทางเทคนิคก็มักจะมีการพูดถึงเรื่องต่างๆดังต่อไปนี้

- Hardware requirements
- Host interface
- Air interface

- Data syntax, structure and content

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Conformance - read rate, test procedures, print quality, compliance specifications
- Application standards - labeling, package, numbering, master labeling, etc.

โดยทั่วไปแล้วมาตรฐานที่คุ้นเคยกันดีและครอบคลุมเนื้อหาต่างๆข้างต้นครบถ้วนก็จะ
เป็นมาตรฐาน ของ ISO 18000 ทั้งนี้มาตรฐานทาง RFID นั้นเพิ่งจะเริ่มมามีขึ้นหลากหลายเมื่อปี
2006 นี้เอง โดยมาตรฐานที่พบาทอย่างมากที่สุดคือ ISO 18000 กับ EPC Gen 2

มาตรฐาน ISO 18000 นั้นพูดถึง RFID Air Interface ใน 5 ย่านความถี่ด้วยกันคือ

- <135kHz. – 18000 - 2
- 13.56 MHz. – 18000 - 3
- 433 MHz – Active – 18000 -7
- 860 ~ 960 MHz. – 18000 - 6
- 2.45 GHz. – 18000 - 4

ทั้งนี้ ISO 18000 - 1 จะพูดถึงค่า parameters ทั่วไปสำหรับ RFID ทุกย่านความถี่ ส่วน
ISO 18000 - 2 จะพูดถึง Type A ย่าน 125 kHz. แบบ Full Duplex และ Type B ย่าน 134.2 kHz.
แบบ Half Duplex ในขณะที่ ISO 18000 - 3 จะพูดถึงความถี่ย่าน 13.56 MHz. และรายละเอียดใน
การทำงานสอง mode ซึ่งใช้งานร่วมกันไม่ได้และต้องจ่ายค่าลิขสิทธิ์ทางปัญญาให้กับเจ้าของ
เทคโนโลยีในการใช้งานทั้งสอง mode ในส่วนของ ISO 18000 - 4 จะกำหนดมาตรฐานสำหรับย่าน
ความถี่ 2.45 GHz. และการทำงานในสอง mode เช่นกันคือ แบบ passive ที่อยู่ในลักษณะ reader
talks first กับในแบบ active ที่ tag talks first โดย passive mode จะมีระยะทำงานต่ำกว่า 1 เมตร
ในขณะที่ active mode มีระยะการทำงานมากกว่าแบบ passive ถึงกว่า 100 เมตร มาถึง ISO 18000 - 6
ซึ่งเป็นการกำหนดมาตรฐานในย่าน 860 - 960 MHz. โดยในแต่ละประเทศก็จะมีการใช้ความถี่ที่
แตกต่างกันไป โดย ISO 18000 - 6 A กับ B จะครอบคลุมถึง applications แบบต่างๆหลากหลาย
และ ISO 18000 - 6 C จะครอบคลุมถึงมาตรฐาน UHF Gen 2 Global สุดท้ายคือ ISO 18000 - 7 จะ
เป็นการพูดถึงย่าน 433 MHz ในแบบ active ซึ่งปัจจุบันมีการใช้อยู่ใน DoD ของอเมริกา สำหรับ
track container RFID ในย่านนี้มีระยะการทำงานหลายร้อยฟุต แต่มีราคาค่อนข้างแพง ทำให้มีการใช้
กันค่อนข้างน้อย

สุดท้ายคงต้องพูดถึง EPC global และ GS1 โดย EPC นั้นหมายถึง Electronic Product
Code ซึ่งผลิตภัณฑ์ทุกชิ้นที่มีการผลิตขึ้นในโลกสามารถจะมี unique EPC code ได้ ถ้าผู้ผลิตเป็นมี
รหัส EPC ที่ GS1 ออกให้ ทั้งนี้ความตั้งใจของ EPC global ก็คือต้องการจะให้สินค้าทุกชิ้นทั่วโลก

สามารถถูกตรวจสอบหรือ track ใน supply chain ได้เพื่อประสิทธิภาพสูงสุด โดยมี EPC Gen 2 เป็น
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานอันต่ำสุดที่จะทำให้ tag ทุกอันที่ comply ตามมาตรฐาน EPC Gen 2 นี้สามารถอ่านได้ในทุกประเทศโดยใช้มาตรฐาน ISO 18000 - 6 และเนื่องจากในอเมริกาใช้ความถี่ย่าน 915 MHz ในขณะที่ยุโรปใช้ย่าน 868 MHz เจ้าตัว Tag EPC Gen 2 นี้จะต้องสามารถถูกอ่านได้ทั้งโดย Reader ย่าน 868 MHz และ ย่าน 915 MHz. ค้วย

มาตรฐาน EPC Gen 2 นั้นจะกำหนดให้มีอย่างน้อย 96 bits ซึ่งเป็นรหัส EPC ส่วนที่เกินไปจาก 96 bits ก็จะเป็นข้อมูลเช่น password, kill code และส่วนอื่นๆ (อาจจะสงสัยว่า kill code ทำอะไรใช้ไหมครับ kill code ก็คือรหัสที่เมื่อใช้แล้วจะทำให้ tag อันนั้นตายไปเลยคือไม่สามารถอ่านได้อีกตลอดไป)

2.11 การนำระบบ RFID ไปใช้งาน

เราสามารถนำระบบ RFID ไปใช้งานได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นในอุตสาหกรรมการผลิต การค้า หรือการบริการต่างๆ ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลที่ต้องการได้ เช่น บันทึกเวลาทำงานของพนักงาน เก็บเงินค่าใช้บริการทางด่วน หรือระบบกันขโมยรถยนต์ แต่การพิจารณานำระบบ RFID มาใช้งานยังคงต้องคำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆ ในการใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสภาพแวดล้อม หรือกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับระเบียบการใช้คลื่นความถี่วิทยุและกำลังส่งของแต่ละประเทศ

ปัญหาการใช้เทคโนโลยี RFID ระบบและเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นผลที่เกิดจากความต้องการของมนุษย์ทั้งสิ้น แต่หากเทคโนโลยีต่าง ๆ ไม่เกิดขึ้นมนุษย์ก็จะไม่มีการพัฒนาดังนั้นการที่จะนำเทคโนโลยีมาใช้งานในหน่วยงานหรือองค์กรนั้นจำเป็นจะต้องมีการเตรียมการถึงด้านต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อการใช้งาน แต่ปัญหาบางอย่างก็เกิดจากความไม่รู้ถึงกระบวนการขั้นตอนการใช้งานของผู้ใช้งานจริงนี้ทางหน่วยงานหรือองค์กรจำเป็นจะต้องมีการฝึกอบรมบุคลากรอยู่เสมอและจะต้องฝึกให้บุคลากรมีความเอาใจใส่ต่อหน้าที่ที่รับผิดชอบไม่เช่นนั้นแล้วเทคโนโลยีที่เข้ามาแทนที่จะช่วยให้ดีขึ้นกลับกลายเป็นแย่ลง

2.11.1 การประยุกต์ใช้งาน RFID

ในปัจจุบันมีการนำเอาระบบ RFID มาใช้ในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น ระบบคลังสินค้า , ระบบการคมนาคม , ด้านการทหาร , ด้านการแพทย์และสาธารณสุข , การท่องเที่ยว , ด้านการศึกษา , ด้านการเกษตรกรรมและปศุสัตว์ เป็นต้น ดังนั้นจึงขอยกตัวอย่างการนำเอาระบบ RFID มาใช้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• ระบบคลังสินค้า

จะมีการนำ Tag ไปติดที่ตัวสินค้า โดย Tag จะเก็บข้อมูลรหัสสินค้า, รายละเอียดของสินค้า เพื่อการตรวจนับจำนวนและ การติดตามสินค้าอย่างอัตโนมัติ ซึ่งวิธีนี้จะช่วยลดต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลังจากนั้นสินค้าจะถูกบรรจุใส่ลังที่มีแถบ RFID ที่มีรหัสต่างกันติดไว้แล้วรอการขนส่งต่อไป เมื่อสินค้าถูกนำมายังศูนย์กระจายสินค้า เครื่องอ่าน RFID จะทำการตรวจสอบสินค้าทั้งหมดที่โดยไม่ต้องเปิดบรรจุภัณฑ์ออกมาสินค้าเมื่อนำมาจัดเรียงในชั้นวาง Reader จะอ่าน Tag และส่งข้อมูลไปยังระบบของทางร้าน ทำให้ทางร้านสามารถตรวจสอบข้อมูลสินค้า จำนวนของสินค้าเพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจสั่งซื้อสินค้าเข้าร้าน



รูปที่ 2.30 RFID ที่ใช้ในระบบคลังสินค้า

• ด้านการแพทย์และสาธารณสุข

ในประเทศสหรัฐอเมริกา องค์การอาหารและยาของประเทศ ให้การรับรองและอนุญาตให้มีการใช้เครื่องมือ หรือเทคโนโลยี ฟังก์ชันส่วนของไมโครชิป ซึ่งทำงานด้วยระบบ RFID เข้าสู่ผิวหนังผู้ป่วยได้ โดยลักษณะรูปร่างของไมโครชิปนี้จะมีขนาดเล็ก เท่า “เมล็ดข้าว” เท่านั้นเอง และใช้ฉีดเข้าไปฝังตัวใต้ผิวหนังของผู้ป่วย เพื่อช่วยเก็บข้อมูลในทางการแพทย์ อาทิเช่น ข้อมูลรู้ปเลือด ข้อมูลการเกิดภูมิแพ้ ข้อมูลลักษณะเฉพาะของผู้ป่วยแต่ละบุคคล เพื่อให้แพทย์ช่วยรักษาและวินิจฉัยให้ตรงกับโรคมามากที่สุดอีกทั้งยังใช้ เป็นรหัสส่วนบุคคลของผู้ป่วยอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

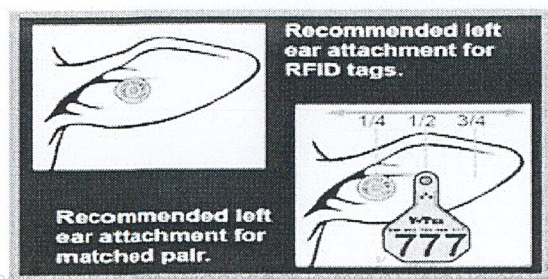


รูปที่ 2.31 RFID ที่ใช้ในการแพทย์ละสาธารณสุข

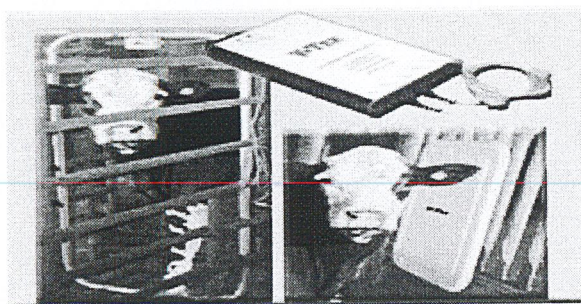
• ด้านการเกษตรกรรมและปศุสัตว์

ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ มีทั้งการเลี้ยงเพื่อขายตามน้ำหนักและการเลี้ยงเพื่อเป็นพ่อพันธุ์ และ แม่พันธุ์ หากเป็นการเลี้ยงเพื่อขายตามน้ำหนัก สัตว์สามารถกินได้เต็มที่โดยไม่ต้องกังวลเรื่องปริมาณอาหารที่ได้รับ หากเป็นการเลี้ยงเพื่อเป็นพ่อพันธุ์ และ แม่พันธุ์ สุขภาพเป็นเรื่องที่สำคัญมาก ต้องไม่อ้วนหรือผอมเกินไป ดังนั้นต้องมีการควบคุมน้ำหนัก เพื่อรักษารูปร่างให้ได้มาตรฐาน ปัญหาการควบคุมปริมาณอาหารนั้น มีซอฟต์แวร์ที่ชื่อว่า Porcode Management System ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ของประเทศเนเธอร์แลนด์ มาใช้ร่วมกับเทคโนโลยี RFID เพื่อควบคุมเครื่องให้อาหาร ซึ่งระบบจะควบคุมให้เครื่องให้อาหารปล่อยอาหารมาตามปริมาณที่เหมาะสมกับสัตว์แต่ละตัว

ระบบให้อาหารหมูอัตโนมัตินี้ ประกอบไปด้วย แถบ RFID สำหรับระบุหมายเลขประจำตัวของสัตว์แต่ละตัว ซึ่งจะติดไว้ที่หู เครื่องอ่าน RFID ซึ่งจะติดอยู่ที่ผนังบริเวณจุดให้อาหาร ทำหน้าที่รับสัญญาณจากแถบ RFID อ่านหมายเลข ที่ใน Tag เพื่อให้ทราบว่าสัตว์ตัวใดกินอาหารเข้าไปในปริมาณเท่าไร หรือ ใช้ RFID ในการตรวจสอบสายพันธุ์ ประวัติการฉีดวัคซีน และ ควบคุมโรคติดต่อในสัตว์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 RFID ที่ใช้ในด้านเกษตรกรรมและปศุสัตว์

• ระบบการคมนาคม

ทุกวันนี้ในการใช้บริการการคมนาคมทางรถไฟฟ้า BTS หรือ รถไฟฟ้ามหานคร ตัวรถไฟฟ้าที่ใช้ คือ การนำเอาระบบ RFID มาใช้ นอกเหนือจากความสะดวกรวดเร็วในการเข้าออกประตูผ่านทาง ยังเกิดประโยชน์ในด้านการประหยัดทรัพยากรธรรมชาติและประหยัดพลังงาน ซึ่งตัวทั้งสองประเภทสามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ได้อย่างต่อเนื่อง ผิดกับตัวกระดาษที่ใช้แล้วทิ้ง นอกจากนี้การเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะ อย่างรถไฟฟ้า หรือรถไฟใต้ดิน ซึ่งเห็นได้ชัดว่าเป็นที่นิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ยังช่วยประหยัดน้ำมัน ลดปัญหาการจราจรติดขัดได้เป็นอย่างดี และประหยัดเวลาการเดินทางเป็นอย่างมาก



รูปที่ 2.33 RFID ที่ใช้ในระบบการคมนาคม

2.12 ข้อดีและข้อเสียของระบบ RFID

ข้อดีของระบบ RFID

- Non-Line-of-sight สามารถบ่งชี้วัตถุหรืออ่านข้อมูลได้ โดยวัตถุนั้นไม่ต้องอยู่ในแนวระดับที่มองเห็น
- สามารถอ่านข้อมูลผ่านวัตถุหรือสิ่งกีดขวางได้ (ยกเว้น โลหะหรือของเหลวที่มีผลต่อการส่งและรับ

เอกสาร คีลินวิทย์) การที่สวทช.ได้ให้การสนับสนุนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถอ่านข้อมูลของวัตถุทั้งหมดที่อยู่ในรัศมีการอ่าน ได้ในครั้งเดียว
- เพิ่มความสะดวกรวดเร็ว และความถูกต้องของข้อมูลที่จัดเก็บ

ข้อเสียของระบบ RFID

- ราคาของอุปกรณ์ RFID มีราคาสูง

2.13 ผลกระทบ ปัญหาที่เกิดจากการใช้ RFID

2.13.1 ด้านความถี่ที่ใช้งานของ RFID

คลื่นความถี่ที่ใช้รับ ส่งสัญญาณ RFID ที่เป็น Ultrahigh Frequency (UHF) อาจจะมีข้อจำกัดในการใช้งาน ในบางประเทศ เช่น ฝรั่งเศส และ โปแลนด์ ยังคงสงวนคลื่นความถี่นี้ไว้สำหรับกิจการทางทหารและความมั่นคงเท่านั้น แต่มีหลายฝ่ายพยายามจะพัฒนาเทคโนโลยีให้สามารถรองรับธุรกรรมการค้าระหว่างประเทศได้เพิ่มมากขึ้นการแก้ปัญหา ทำโดยการพยายามสร้างเครื่องอ่านที่สามารถอ่านข้อมูลและแปลสัญญาณจาก RFID ของคลื่นที่แตกต่างกันและในสิ่งแวดล้อมที่ต่างกันได้ สิ่งที่ควรพิจารณาปรับปรุงเกี่ยวกับระบบ RFID อีกประการหนึ่งที่สำคัญคือเรื่องของมาตรฐานของระบบ ปัจจุบันผู้ผลิตต่างก็มีมาตรฐานเป็นของตัวเอง ไม่ว่าจะเป็นความถี่ที่ใช้งาน หรือโปรโตคอล (Protocol) เรายังไม่สามารถนำ Tag จากผู้ผลิตรายหนึ่งมาใช้กับตัวอ่านข้อมูลของผู้ผลิตอีกรายหนึ่งหรือในทางกลับกันได้ นี่เป็นอุปสรรคที่สำคัญของการเติบโตของระบบ RFID

2.13.2 ด้านวัสดุที่นำ Tag ไปติดตั้ง

ข้อจำกัดของคลื่นที่ใช้รับ ส่งข้อมูลระหว่าง Tag และ Reader คือคลื่นที่ถูกส่งออกไปจะสะท้อนกลับเมื่อกระทบกับโลหะ หรือ คลื่นความถี่จะถูกดูดซับโดยน้ำ รวมถึงความผิดพลาดจากการอ่านค่า ปัญหาเหล่านี้ทำให้บรรดาผู้ค้าปลีกต้องหาซื้อสรุปสำหรับข้อจำกัดเหล่านี้ เพราะมีสินค้ากว่า 100 ชนิดที่มีน้ำบรรจุอยู่ในปริมาณที่สูง หรือทำมาจากโลหะ

2.13.3 ด้านสิทธิส่วนบุคคล

ข้อมูลจาก The United States of Food and Drug Administration (USFDA) พบว่า ปัจจุบันโรงพยาบาลบางแห่งในสหรัฐฯ ได้ฝัง RFID Chip ไว้ใต้ผิวหนังบริเวณท่อนแขน ตรงส่วนกล้ามเนื้อ Triceps ของคนไข้ เพื่อความสะดวกในการตรวจรักษาและติดตามข้อมูลการ รักษาของเอกสารผู้ป่วยเมื่ออวัยวะที่ได้รับการฝังชิปไว้ภายในถูกสแกนด้วย Reader ระบบจะแสดงข้อมูลการรักษา ไม่ว่าจะเป็นกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของคนใช้รายนั้นออกมา ทำให้แพทย์ที่ถูกเปลี่ยนใหม่มาดูแลรักษาคนใช้รายดังกล่าวได้รับทราบประวัติการรักษาโดยแพทย์คนก่อนหน้านั้นได้อย่างถูกต้อง

ถึงแม้จะมีคุณประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน แต่ก็สามารถก่อให้เกิดผลเสียกับประชาชนหรือผู้บริโภคได้ ด้วยคุณสมบัติอันอัจฉริยะของเทคโนโลยี เช่น ประวัติการซื้อสินค้า หรือข้อมูลประจำตัวของเราอาจถูกบันทึกไว้ตอนซื้อสินค้าในร้านค้า และข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปใช้โดยเจ้าของร้านค้า เพื่อทำโฆษณาขายสินค้าให้ตรงกับพฤติกรรมของเราต่อไป นั่นหมายถึงเราจะถูกรุกรานจากโฆษณาเหล่านั้นอยู่เสมอ หรือในกรณีที่เรามี Tag อยู่กับตัว ไม่ว่าจะติดอยู่กับเสื้อผ้า รองเท้า หรือสิ่งของต่าง ๆ เมื่อเราอยู่ในรัศมีสัญญาณของ Reader ข้อมูลเกี่ยวกับตัวเราจะถูกเปิดเผยทั้งหมดนี้ หมายถึงสิทธิส่วนบุคคลของเราได้ถูกละเมิด

2.13.4 ด้านความปลอดภัยของข้อมูล

นายลูคัส กรุนวาลด์ (Lukas Grunwald) นักวิจัยจาก DN-Systems ประเทศเยอรมนี กล่าวในงานสัมมนา “เดอะ แบล็ก แฮท คอนเฟอเรนซ์” (The Black Hat Conference) ที่ลาสเวกัส สหรัฐอเมริกา ว่า พบช่องโหว่ในระบบพาสปอร์ตอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีการใช้ชิป RFID (Radio Frequency Identification) ที่ได้รับความนิยมใช้งานในการ์ดประเภทต่าง ๆ สำหรับยืนยันตัวตนบุคคล และเก็บข้อมูล โดยเฉพาะเอกสารสำหรับการเดินทางในต่างประเทศอย่างพาสปอร์ต (Passport) เนื่องจากสามารถย่นเวลาในการตรวจเอกสารเข้าเมืองของเจ้าหน้าที่ลงได้มากกว่าเดิม แต่พบว่าการปลอมแปลงข้อมูลจากชิปดังกล่าวทำได้ง่ายมาก เพียงแค่มีเครื่องอ่าน (RFID reader) กับเครื่องเขียนข้อมูลลงบัตรสมาร์ทการ์ด (Smart Card Writer) เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.1 บทนำ

การออกแบบสายอากาศไมโครสตริปแบบแถวลำดับถือกรายคาบที่มีการโพลาไรซ์แบบเชิงเส้น เพื่อทดสอบหาความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (Return Loss) โดยใช้วงจรพิมพ์ (Print Circuit) ชนิดสองหน้าสำหรับโพลาไรซ์แบบเชิงเส้น จะใช้วัสดุไดอิเล็กตริกชนิดอีพอกซี (Epoxy) มีสภาพยอมไฟฟ้าสัมพัทธ์ (Relative Permittivity) $\epsilon_r = 4.20$ ความหนาของแผ่นไดอิเล็กตริกเท่ากับ 1.6 มิลลิเมตร ความหนาของแผ่นทองแดงเท่ากับ 0.05 มิลลิเมตร โดยจะมีการออกแบบสายอากาศไมโครสตริปแบบแถวลำดับถือกรายคาบที่ทำการแมตซ์อิมพีแดนซ์สายอากาศให้ตอบสนองความถี่ 922.5 MHz

3.2 การออกแบบสายอากาศไมโครสตริปแบบแถวลำดับถือกรายคาบที่มีการโพลาไรซ์แบบเชิงเส้น

3.2.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณเพื่อใช้ในการออกแบบสายอากาศ

σ = ตัวคูณช่องว่าง (spacing factor)

τ = ตัวคูณตำแหน่ง (scaling factor)

B = แบนด์วิดท์ที่ต้องการใช้งาน (active region bandwidth)

B_{ar} = ตัวคูณแบนด์วิดท์ที่ต้องการใช้งาน (desired bandwidth)

B_s = แบนด์วิดท์ที่ทำการออกแบบ (desired impedance)

Z_m = อิมพีแดนซ์ขาเข้า (input impedance)

N = จำนวนองค์ประกอบ (number of element)

Z_0 = ค่าคุณลักษณะอิมพีแดนซ์ (characteristic impedance)

Z_a = ค่าคุณลักษณะอิมพีแดนซ์เฉลี่ย (average characteristic impedance)

R = ระยะตำแหน่งของแต่ละองค์ประกอบ

L = ความยาวหนึ่งส่วนสี่ขององค์ประกอบ

d = เส้นผ่านศูนย์กลางขององค์ประกอบ

s = ความกว้างของเส้นไฟคกลาง

α = มุมของสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

L = ความยาวของเส้นองค์ประกอบ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ผู้ใช้ต้องรับผิดชอบต่อเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Za = 120 \left[\ln \frac{l_n}{d_n} - 2.25 \right] \quad (3.1)$$

ค่าคุณลักษณะอิมพีแดนซ์เฉลี่ยหาได้จากสูตรข้างต้นที่มีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์สองตัวเท่านั้นคือความยาวของเส้นองค์ประกอบ (l_n) กับเส้นผ่านศูนย์กลางขององค์ประกอบ (d_n)

$$S = d \cosh \left(\frac{Z_0}{120} \right) \quad (3.2)$$

ความกว้างของเส้นพีคหาได้จากผลคูณของเส้นผ่านศูนย์กลางขององค์ประกอบค่าโคซายน์ไฮเปอร์ค่าคุณลักษณะอิมพีแดนซ์หารด้วยหนึ่งร้อยยี่สิบ

$$B = \frac{f_{\max}}{f_{\min}} \quad (3.3)$$

อัตราส่วนความถี่สูงสุดต่อความถี่ต่ำสุดจะได้ค่าเฟคเตอร์แบนด์วิดท์ที่ต้องการใช้งานเพื่อใช้หาแบนด์วิดท์ที่ต้องการใช้งาน

$$\sigma = \frac{1 - \tau}{4 \tan \alpha} \quad (3.4)$$

ตัวคูณช่องว่างสามารถหาได้จากหนึ่งลบค่าตัวคูณตำแหน่งส่วนสี่เท่าของแทนเจนท์มุมของสายอากาศ

คุณลักษณะของสายอากาศทางกายภาพและค่าวัสดุต่างๆ

แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดอีพอกซี (Epoxy) ชื่อเรียก FR4

ค่าความหนาของวัสดุฐานรอง $h=1.6$ มิลลิเมตร

ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าสัมพัทธ์ $\epsilon_r = 4.20$

ความหนาของทองแดง $t=0.05$ มิลลิเมตร

การสร้างสายอากาศไมโครสตริปนั้นเมื่อเรากำหนดทางทฤษฎีแล้ว เราจะทราบขนาดชิ้นงาน, ระยะห่างเอเลเมนต์, เส้นผ่านศูนย์กลางแต่ละเอเลเมนต์แล้วจากนั้นจะใช้โปรแกรม CST จำลองรูปร่างที่ดีที่สุด เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด จากนั้นจึงนำขนาดที่ได้จากการจำลองในโปรแกรม CST ไปวาดลงในโปรแกรม Microsoft Visio แล้วพิมพ์ขนาดที่แท้จริงออกมาคัดลายวงจรพิมพ์ต่อไปเพื่อได้ชิ้นงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างสายอากาศไมโครสตริป

1. ศึกษาการใช้โปรแกรม CST และ Microsoft Visio
2. ทำการวาดรูปร่างสายอากาศในโปรแกรม CST
3. จำลองการทำงานด้วยโปรแกรม CST
4. นำขนาดที่ได้จากโปรแกรม CST มาวัดลงในโปรแกรม Microsoft Visio
5. ทำการแกะลายวงจร
6. นำแผ่นวงจรพิมพ์ไปกัดลายวงจรกับกรดกัดแผ่นวงจรพิมพ์
7. นำมาต่อกับขั้ว SMA
8. ทำการวัดค่าต่างๆด้วยเครื่อง Network Analyzer

1. เลือกค่าคงที่จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง τ กับ σ และ Gain โดยในที่นี้เลือกค่า $\tau = 0.89$, $\sigma = 0.053$ ต้องการ Gain=7

$$B_s = B B_{ar}$$

กำหนดช่วงความถี่ในการออกแบบที่ใช้ในการคำนวณทางทฤษฎี 800-2000 MHz

$$B = \frac{2000}{800} = 2.5$$

$$2. \quad \alpha = \tan^{-1} \left[\frac{1-\tau}{4\sigma} \right]$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left[\frac{1-0.89}{4(0.053)} \right]$$

$$\alpha = 27.38^\circ$$

$$3. \quad B_{ar} = 1.1 + 7.7(1-\tau)^2 \cot \alpha$$

$$B_{ar} = 1.1 + 7.7(1-0.89)^2 \cot 27.38^\circ$$

$$B_{ar} = 1.28$$

$$\text{เพราะฉะนั้น } B_s = B B_{ar} = 2.5 \times 1.28 = 3.2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในที่สารคดีเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวรวมของโครงสร้างสายอากาศจากเอเลเมนต์ที่สั้นที่สุด (l_{\min}) ถึงเอเลเมนต์ที่ยาวที่สุด (l_{\max}) หาจากสมการ

$$L = \frac{\lambda_{\max}}{4} \left(1 - \frac{1}{B_s} \right) \cot \alpha$$

$$L = \frac{0.375}{4} \left(1 - \frac{1}{3.2} \right) \cot 27.38^\circ$$

$$L = 0.124m = 124mm$$

5. คำนวณหาจำนวนเอเลเมนต์

$$N = 1 + \frac{\ln(B_s)}{\ln(1/\tau)}$$

$$N = 1 + \frac{\ln(3.2)}{\ln(1/0.89)} = 10.9 \approx 11 \text{ เอเลเมนต์}$$

6. องค์ประกอบต่างๆของสายอากาศที่ใช้สร้างสายอากาศต้นแบบจริง โดยกำหนดความกว้างของเส้นพีด กลางเท่ากับ 4 mm

องค์ประกอบ k

$$R_k = 121 \text{ mm}$$

$$l_k = 140.6 \text{ mm}$$

$$s = d_k \left(\frac{Z_0}{120} \right)$$

$$= d_k \cosh \left(\frac{50}{120} \right); Z_0 = 50 \Omega$$

$$0.004 = d_k (1.08)$$

$$d_k = \frac{0.004}{1.08} \approx 3.7 \text{ mm}$$

$$\tau_k = \frac{R_l}{R_k} = \frac{99.5}{121} = 0.822$$

$$\sigma_k = \frac{1 - \tau_k}{4} = \frac{1 - 0.822}{4} = 0.044$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบ j

$$R_j = 99.5 \text{ mm}$$

$$l_j = 123.6 \text{ mm}$$

$$d_j = d_k(\tau_j) = (3.7)(0.834) = 3.04 \text{ mm}$$

$$\tau_j = \frac{R_i}{R_j} = \frac{83}{99.5} = 0.834$$

$$\sigma_j = \frac{1-\tau_j}{4} = \frac{1-0.834}{4} = 0.041$$

องค์ประกอบ i

$$R_i = 83 \text{ mm}$$

$$l_i = 108.8 \text{ mm}$$

$$d_i = d_j(\tau_i) = (3.04)(0.819) = 2.536 \text{ mm}$$

$$\tau_i = \frac{R_h}{R_i} = \frac{68}{83} = 0.819$$

$$\sigma_i = \frac{1-\tau_i}{4} = \frac{1-0.819}{4} = 0.045$$

องค์ประกอบ h

$$R_h = 68 \text{ mm}$$

$$l_h = 98.2 \text{ mm}$$

$$d_h = d_i(\tau_h) = (2.536)(0.801) = 2.03 \text{ mm}$$

$$\tau_h = \frac{R_g}{R_h} = \frac{54.5}{68} = 0.801$$

$$\sigma_h = \frac{1-\tau_h}{4} = \frac{1-0.801}{4} = 0.049$$

องค์ประกอบ g

$$R_g = 54 \text{ mm}$$

$$l_g = 87.8 \text{ mm}$$

เอกสารนี้ $d_g = d_h(\tau_g) = (2.03)(0.814) = 1.65 \text{ mm}$ การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\tau_g = \frac{R_f}{R_g} = \frac{44}{54} = 0.814$$

$$\sigma_g = \frac{1 - \tau_g}{4} = \frac{1 - 0.814}{4} = 0.0465$$

องค์ประกอบ f

$$R_f = 44 \text{ mm}$$

$$l_f = 79.2 \text{ mm}$$

$$d_f = d_g(\tau_f) = (1.65)(0.761) = 1.25 \text{ mm}$$

$$\tau_f = \frac{R_e}{R_f} = \frac{33.5}{44} = 0.761$$

$$\sigma_f = \frac{1 - \tau_f}{4} = \frac{1 - 0.761}{4} = 0.059$$

องค์ประกอบ e

$$R_e = 33.50 \text{ mm}$$

$$l_e = 71.4 \text{ mm}$$

$$d_e = d_f(\tau_e) = (1.25)(0.708) = 0.885 \text{ mm}$$

$$\tau_e = \frac{R_d}{R_e} = \frac{23.75}{33.50} = 0.708$$

$$\sigma_e = \frac{1 - \tau_e}{4} = \frac{1 - 0.708}{4} = 0.072$$

องค์ประกอบ d

$$R_d = 23.75 \text{ mm}$$

$$l_d = 63.6 \text{ mm}$$

$$d_d = d_e(\tau_d) = (0.885)(0.684) = 0.605 \text{ mm}$$

$$\tau_d = \frac{R_c}{R_d} = \frac{16.25}{23.75} = 0.684$$

$$\sigma_d = \frac{1 - \tau_d}{4} = \frac{1 - 0.684}{4} = 0.078$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบ c

$$R_c = 16.25 \text{ mm}$$

$$l_c = 57.8 \text{ mm}$$

$$d_c = d_d(\tau_c) = (0.605)(0.538) = 0.325 \text{ mm}$$

$$\tau_c = \frac{R_b}{R_c} = \frac{8.75}{16.25} = 0.538$$

$$\sigma_c = \frac{1 - \tau_c}{4} = \frac{1 - 0.538}{4} = 0.125$$

องค์ประกอบ b

$$R_b = 8.75 \text{ mm}$$

$$l_b = 52 \text{ mm}$$

$$d_b = d_c(\tau_b) = (0.325)(0.257) = 0.083 \text{ mm}$$

$$\tau_b = \frac{R_a}{R_b} = \frac{2.75}{1.75} = 0.257$$

$$\sigma_b = \frac{1 - \tau_b}{4} = \frac{1 - 0.257}{4} = 0.185$$

องค์ประกอบ a

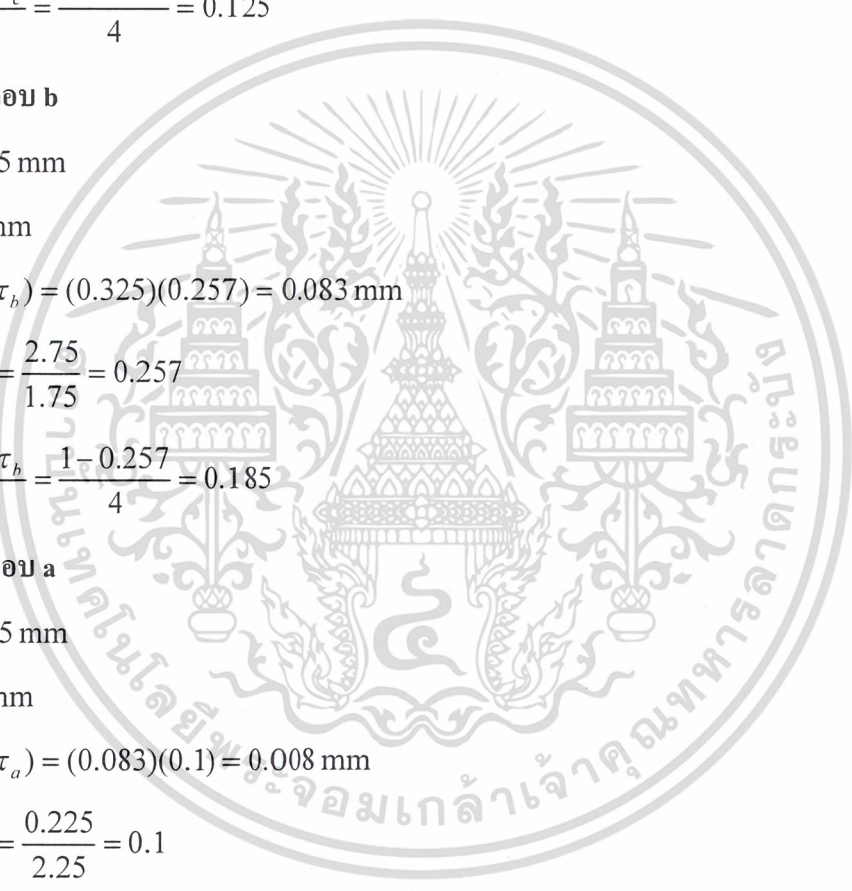
$$R_a = 2.25 \text{ mm}$$

$$l_a = 47 \text{ mm}$$

$$d_a = d_b(\tau_a) = (0.083)(0.1) = 0.008 \text{ mm}$$

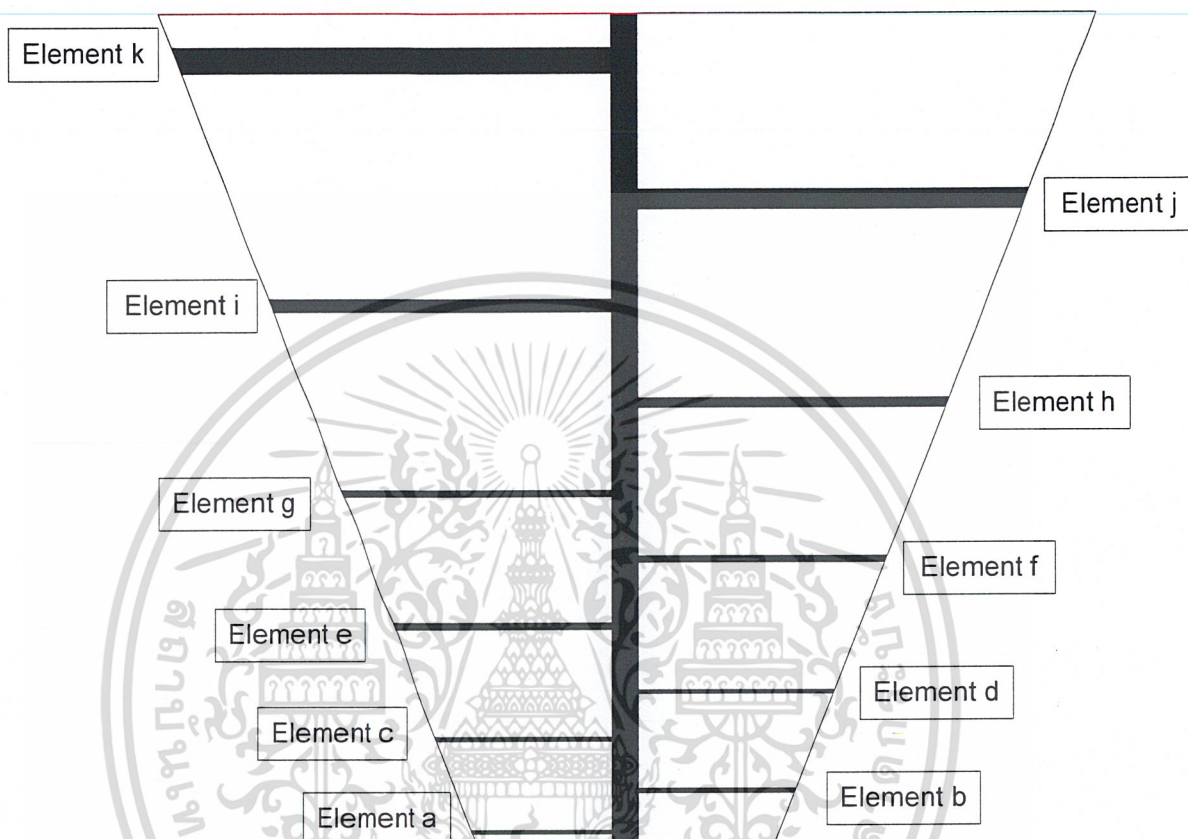
$$\tau_a = \frac{R}{R_a} = \frac{0.225}{2.25} = 0.1$$

$$\sigma_a = \frac{1 - \tau_a}{4} = \frac{1 - 0.1}{4} = 0.225$$



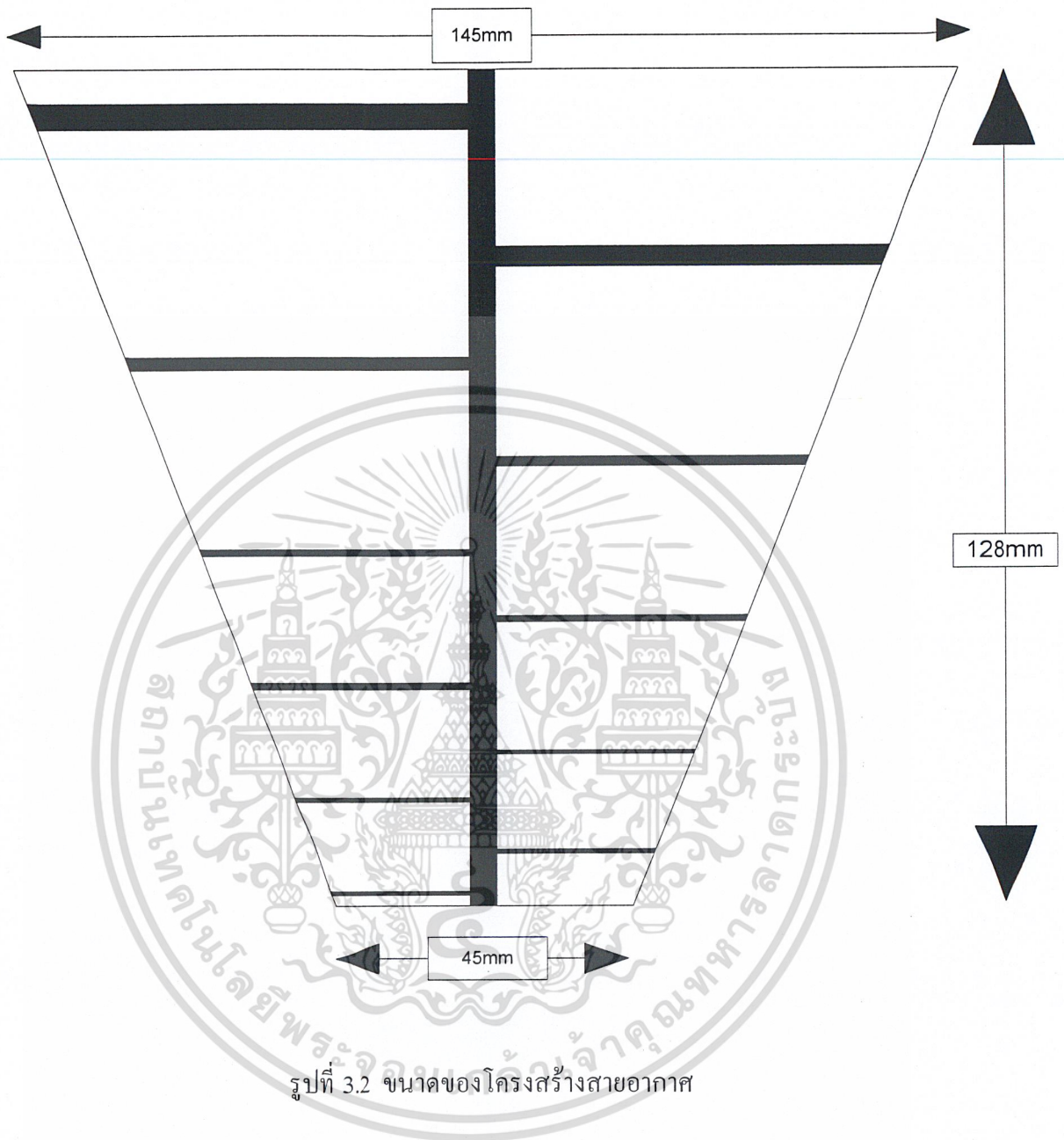
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 รูปจำลองของสายอากาศ วาดโดยโปรแกรม Visio



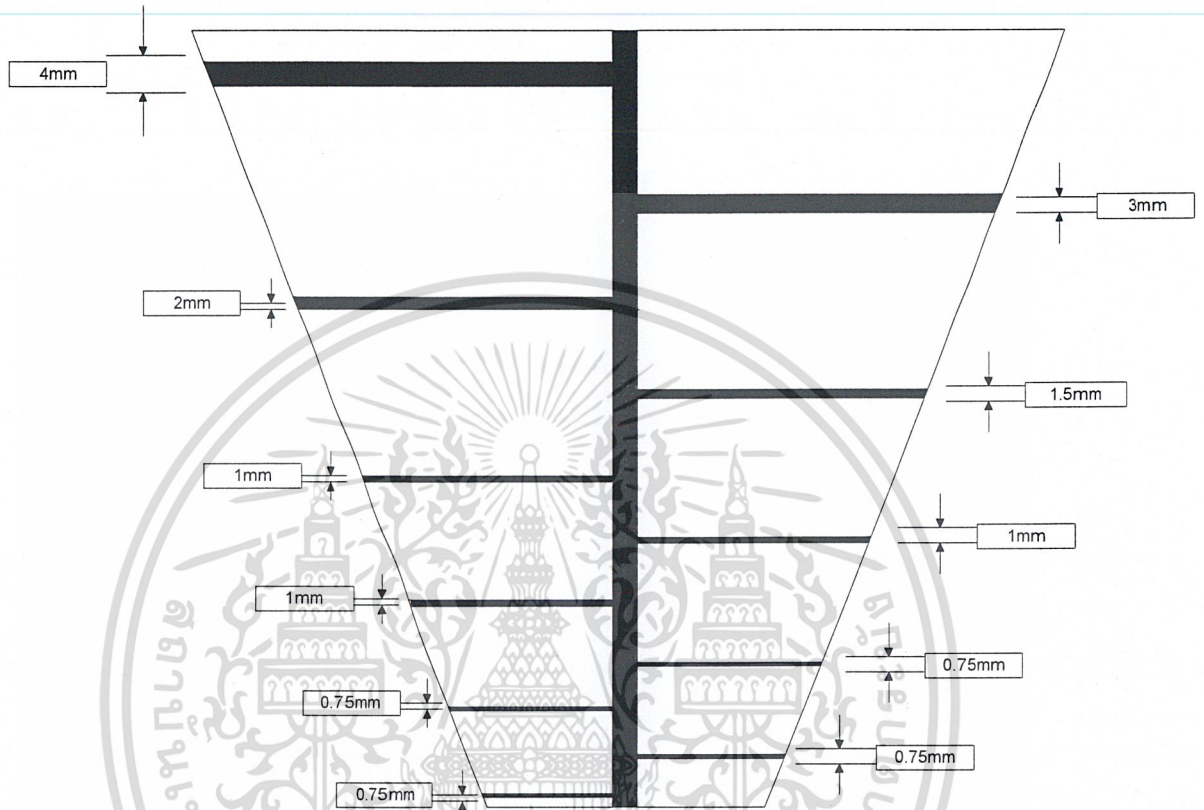
รูปที่ 3.1 ลักษณะโครงสร้างสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ขนาดของโครงสร้างสายอากาศ

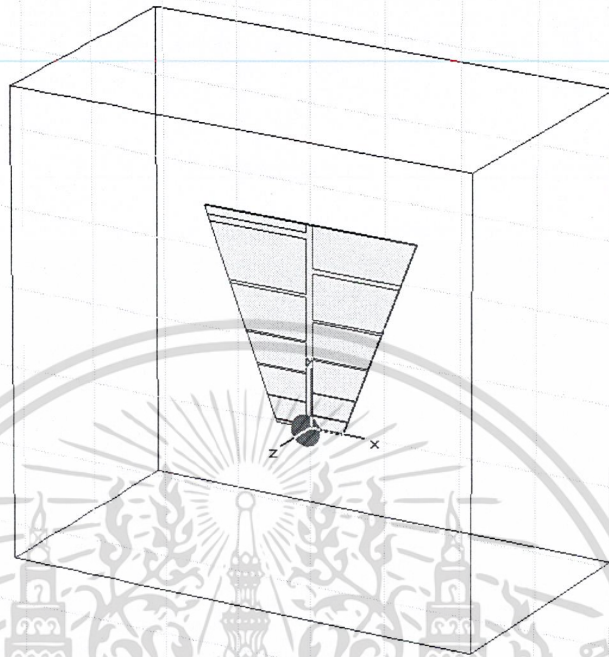
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



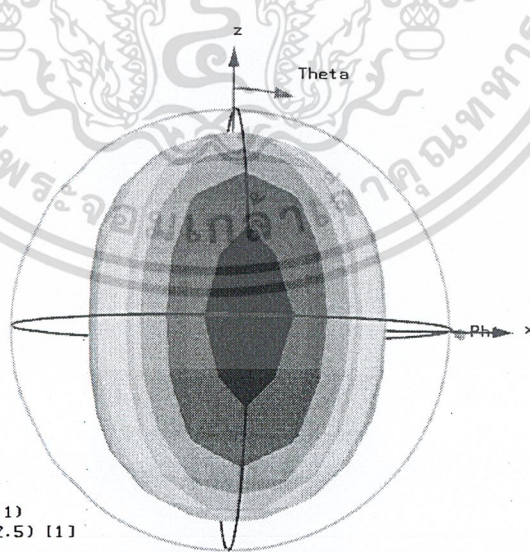
รูปที่ 3.3 ขนาดโครงสร้างสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 สายอากาศที่ออกแบบโดยโปรแกรม CST

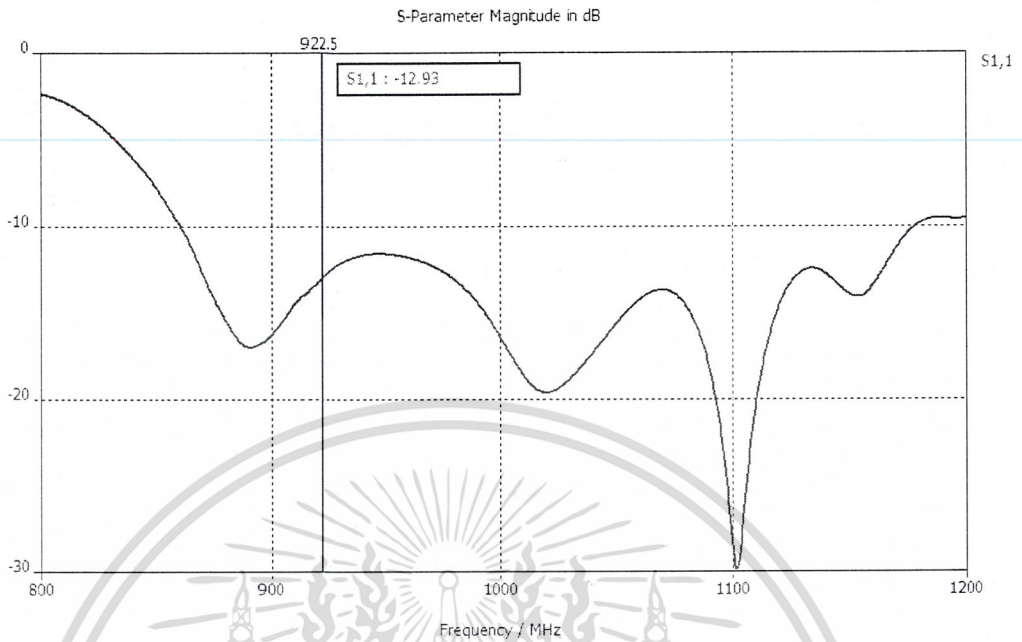


รูปที่ 3.4 จำลองสายอากาศโดยโปรแกรม CST

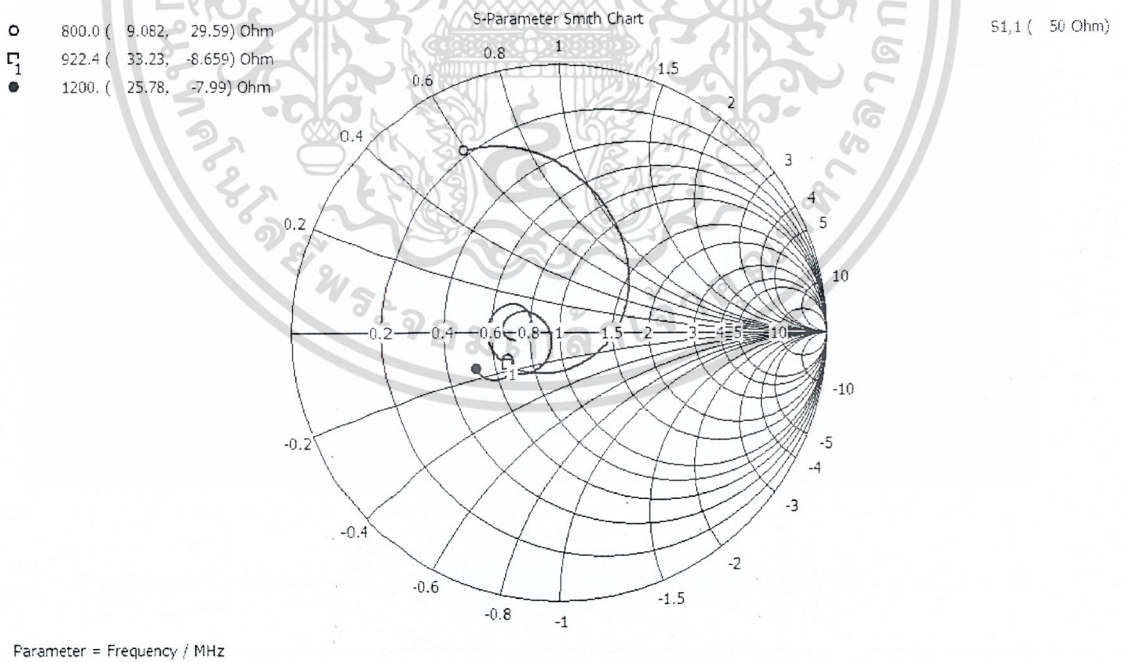


Type = Farfield
 Approximation = enabled ($kR \gg 1$)
 Monitor = farfield (f=922.5) [1]
 Component = Abs
 Output = Directivity
 Frequency = 922.5
 Rad. effic. = 0.8172
 Tot. effic. = 0.7755
 Dir. = 6.413 dBi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำออกนอกระบบไปเผยแพร่ในสื่ออื่นได้
 รูปที่ 3.5 ผลลัพธ์จากการคำนวณหารูปแบบการแผ่กระจายคลื่นและค่าอัตราขยาย
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

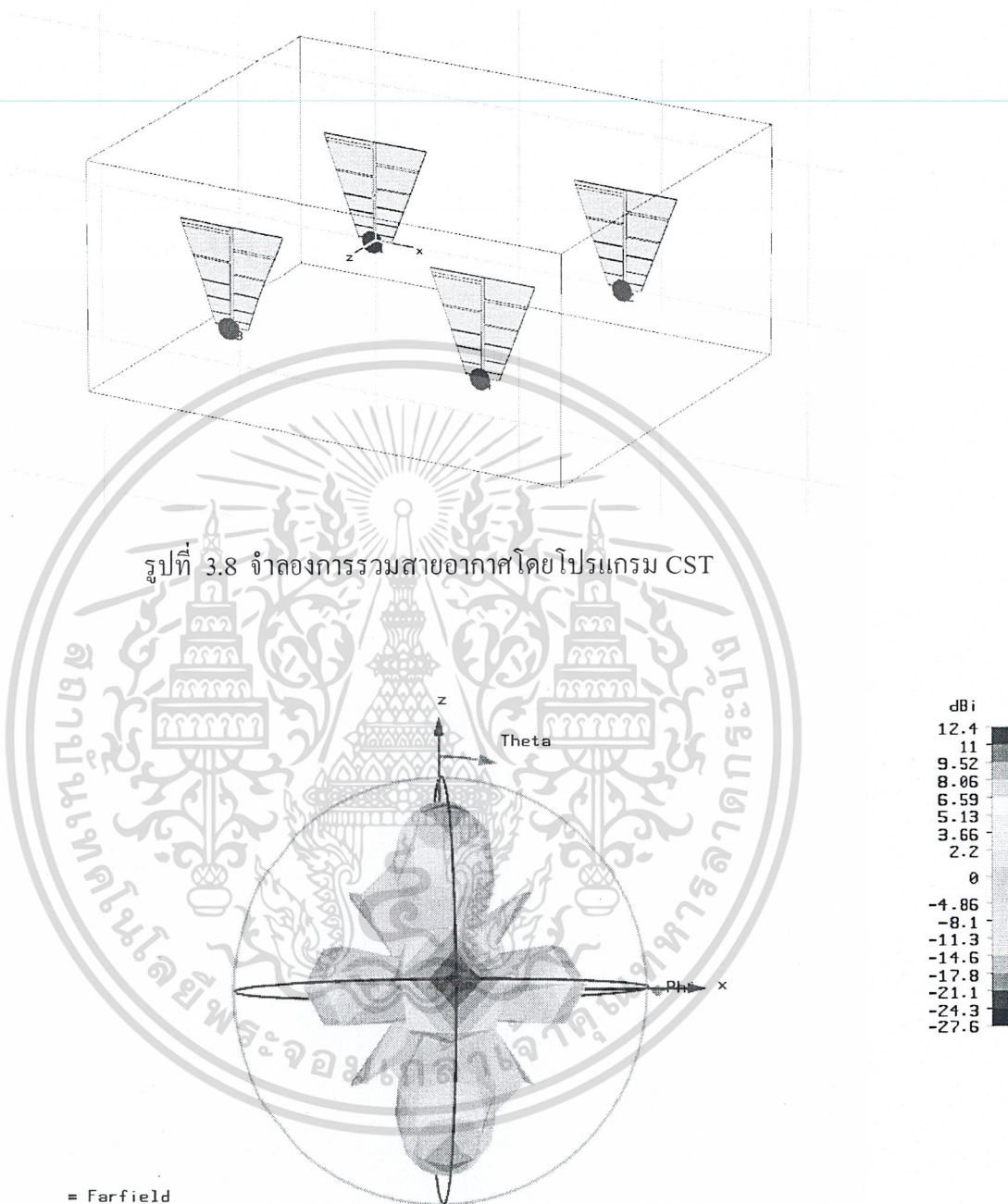


รูปที่ 3.6 ค่า Return loss ที่ได้ผลจากการจำลองทดสอบโดยโปรแกรม CST



รูปที่ 3.7 ค่าอิมพีแดนซ์ที่จำลองจากโปรแกรม CST

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

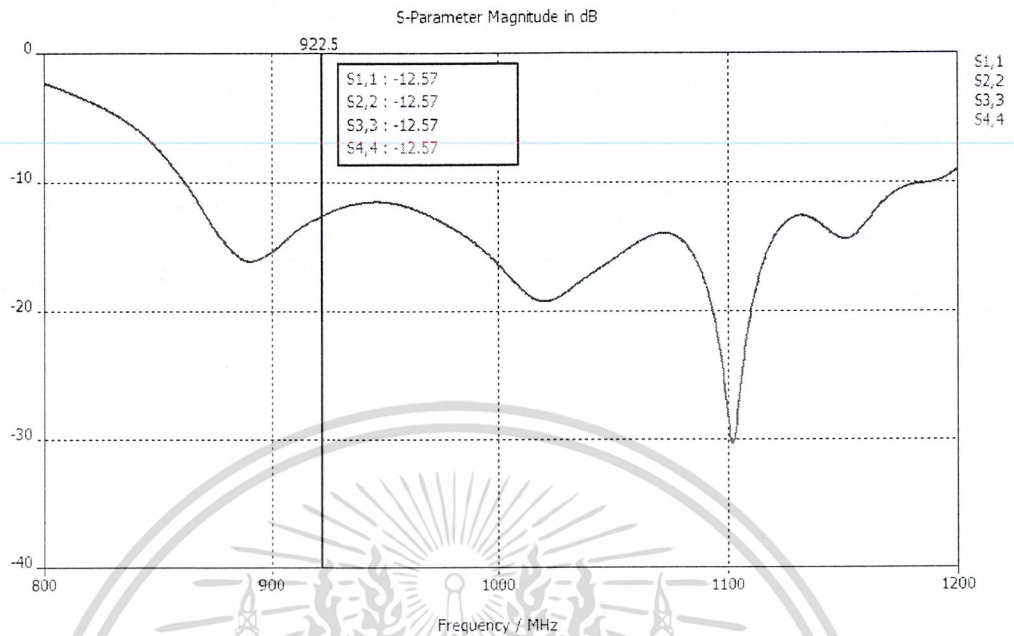


Type = Farfield
 Approximation = enabled ($kR \gg 1$)
 Monitor = farfield (f=922.5) [[1,0]+2[1,0]+3[1,0]+4[1,0]]
 Component = Abs
 Output = Directivity
 Frequency = 922.5
 Rad. effic. = 0.8140
 Tot. effic. = 0.7676
 Dir. = 12.45 dBi

รูปที่ 3.9 ผลลัพธ์จากการคำนวณหารูปแบบการแผ่กระจายคลื่นและค่าอัตราขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ค่า Return Loss

การคำนวณและออกแบบ Power Divider กำหนดความถี่ที่การใช้งานคือ 922.5 MHz

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m}}{922.5 \times 10^6 \text{ m}} = 0.325 \text{ m}$$

$$Z_o = 50 \Omega$$

$$\frac{\lambda}{4} = \frac{0.325}{4} = 0.08125 \text{ m} = 81.25 \text{ mm}$$

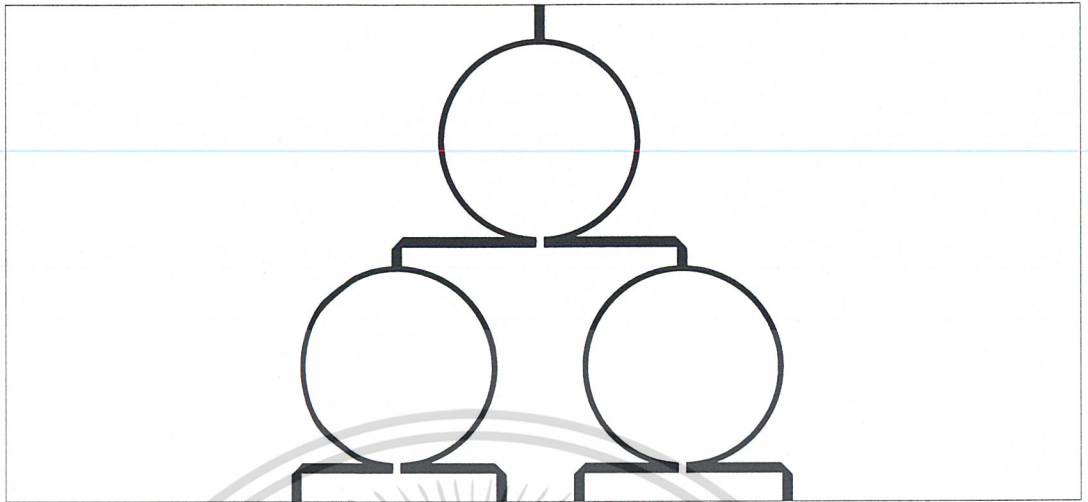
$$2Z_o = 100 \Omega$$

$$\frac{\lambda / 4}{\sqrt{\epsilon_r}} = l_c ; \epsilon_r = 4.3$$

$$l_c = \text{ความยาวครึ่งวงกลม}$$

$$l_c = 3.91 \text{ cm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 Power Divider ที่ทำการออกแบบ Input 1port และ Output 4 port

3.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างสายอากาศไมโครสตริป

1. แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีสารตัวกลางเป็นชนิดดีฟ็อกซ์
2. ขั้วต่อ SMA
3. เลื่อยฉลุ
4. กระดาษทราย หรือ ตะไบ
5. สติกเกอร์ หรือ แผ่นฟิล์ม
6. กรดกัดแผ่นวงจร
7. หัวแร้ง
8. ตะกั่ว

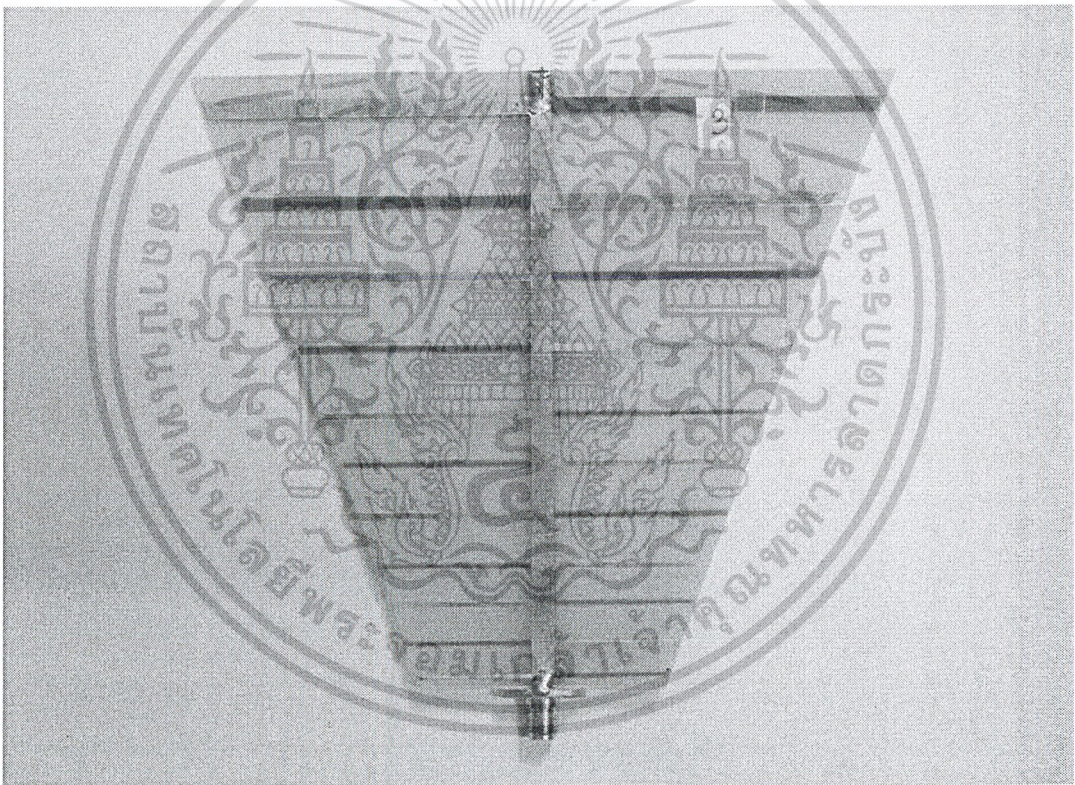
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดลอง

จากการออกแบบและทดลองสายอากาศไมโครสตริปแบบแถวลำดับสี่กรายคาบเพื่อทำการทดลองวัดค่าต่างๆของสายอากาศดังนี้ได้แก่ค่า อิมพีแดนซ์ (Input Impedance), การสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (Return Loss), รูปแบบการแผ่พลังงาน(Radiation-Pattern)ของสายอากาศ โดยทำการวัดค่าต่างๆของสายอากาศจำนวน 4 อาร์เรย์(Array) ผลที่ได้จากการทดลองมีดังนี้



รูปที่ 4.1 สายอากาศไมโครสตริปแบบแถวลำดับสี่กรายคาบที่ได้จัดทำขึ้น

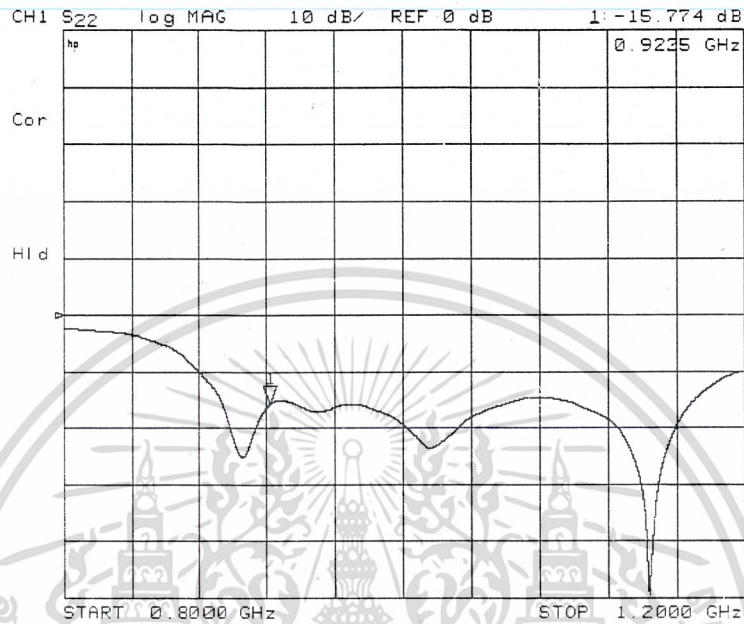
4.1.1 การสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับอิมพีแดนซ์ด้านเข้า

ความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับของสายอากาศเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่มีผลต่อการออกแบบสายอากาศที่มีการ โพลารไรซ์แบบเชิงเส้น ถ้าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับมีค่าน้อย

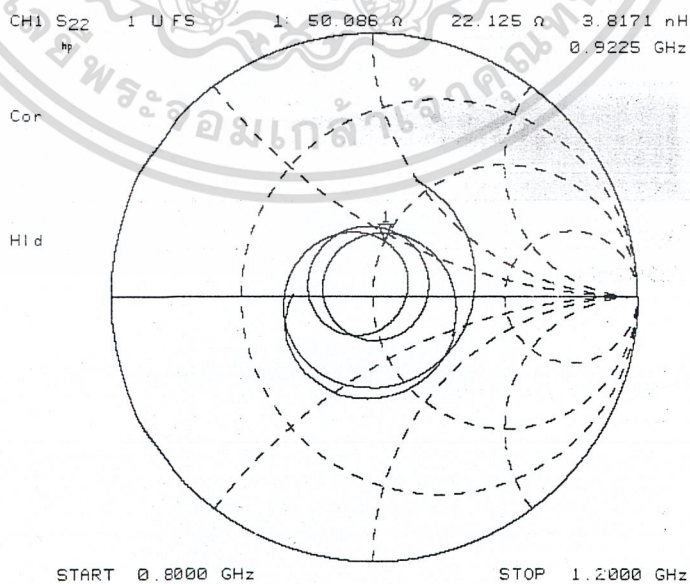
แสดงว่าสายอากาศสามารถรับกำลังงานไว้ได้ทั้งหมดและไม่มีคลื่นสะท้อนกลับ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับของสายอากาศไมโครสตริปแบบแถวลำดับสี่
 ระบายที่มีการ โพลาริซ์แบบเชิงเส้นแสดงในรูป



รูปที่ 4.2 ค่า Return Loss ของสายอากาศจำนวน 1 แผ่น
 จากรูปแสดงค่าสูญเสียการย้อนกลับของสายอากาศตัวที่สามมีค่าเท่ากับ -15.774 dB ที่ความถี่ 922.5 MHz

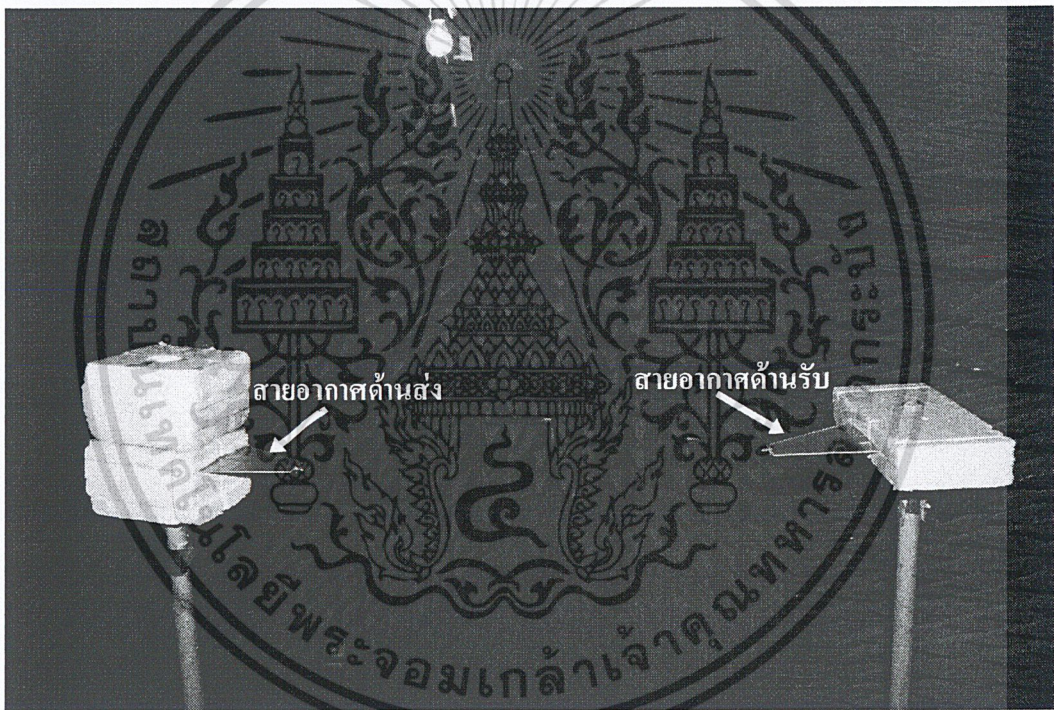


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4.3 อิมพีแดนซ์ด้านเข้าของสายอากาศจำนวน 1 แผ่น มีค่าเท่ากับ 50.086 Ω

ที่ความถี่ 922.5 MHz

4.1.2 แบบรูปการแผ่พลังงาน

แบบรูปการแผ่พลังงานเป็นรูปภาพที่ใช้แสดงคุณสมบัติของการแพร่กระจายหรือรับคลื่นในช่วงทิศทางต่างๆของสายอากาศในระนาบสนามไฟฟ้า (E-Plane) และในระนาบสนามแม่เหล็ก (H-Plane) ซึ่งจากการวัดแบบรูปการแผ่พลังงาน โดยการปรับมุมมองของสายอากาศทางด้านรับครึ่งละ 10 องศาในระบบสนามไฟฟ้าและในระนาบสนามแม่เหล็กและบันทึกกำลังงานที่วัดได้ จากนั้นนำกำลังงานที่ได้มาเขียนลงในกราฟเชิงขั้ว จากการทดลองได้ตั้งสายอากาศส่งและรับให้ห่างกัน 130 เซนติเมตร

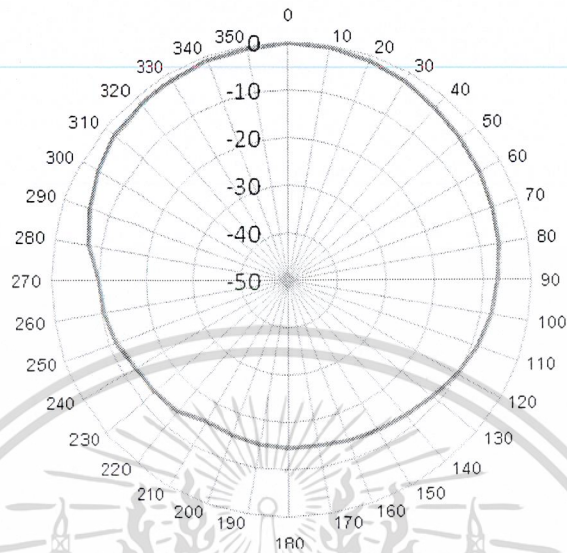


รูปที่ 4.4 การจัดวางสายอากาศไมโครสตริปแบบแถวลำดับถือกรายคาบเพื่อทำการวัดรูปแบบการแผ่พลังงาน

จากรูปที่ 4.4 แสดงการจัดวางสายอากาศเพื่อทำการวัดรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศ โดยมีระยะห่าง 130 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

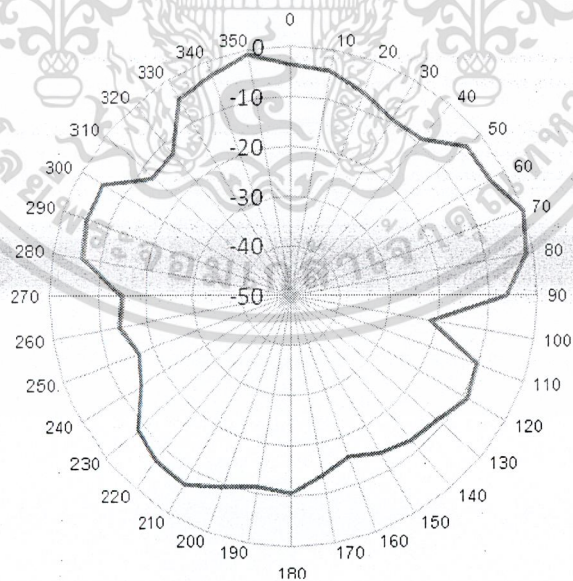
E-co



รูปที่ 4.5 การแผ่พลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า (E-Plane) ของสายอากาศจำนวน 1 แผ่น

จากรูปที่ 4.5 ซึ่งมีลักษณะการแผ่พลังงานรอบทิศทาง(Omni Directional)

H-co

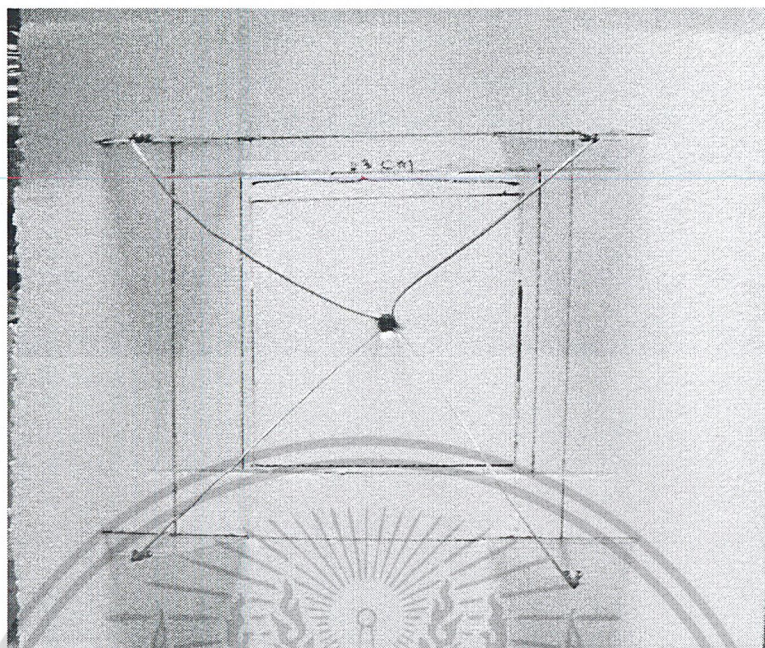


รูปที่ 4.6 การแผ่พลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก (H-Plane) ของสายอากาศจำนวน 1 แผ่น

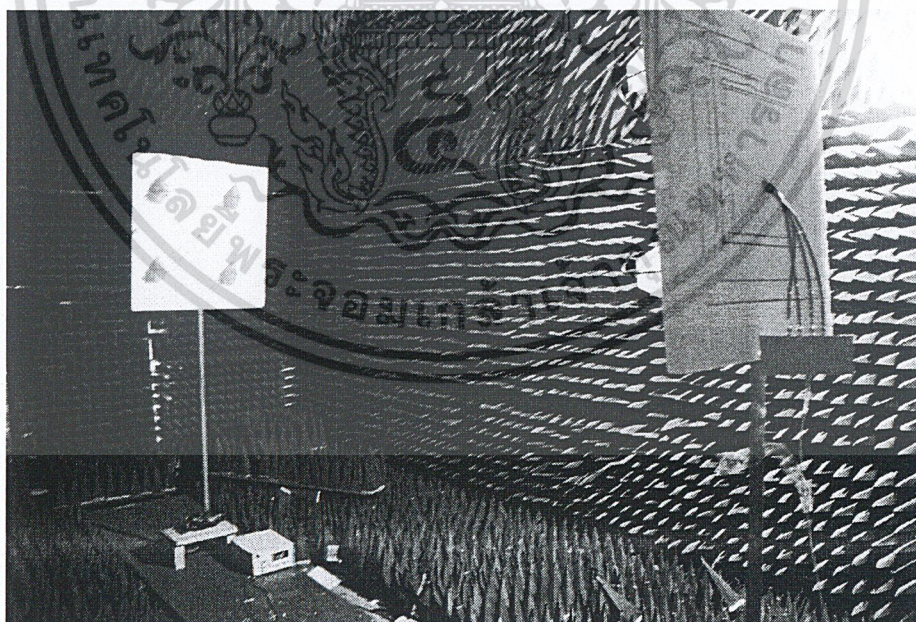
จากรูปที่ 4.6 ซึ่งมีลักษณะการแผ่พลังงานรอบทิศทาง(Omni Directional)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

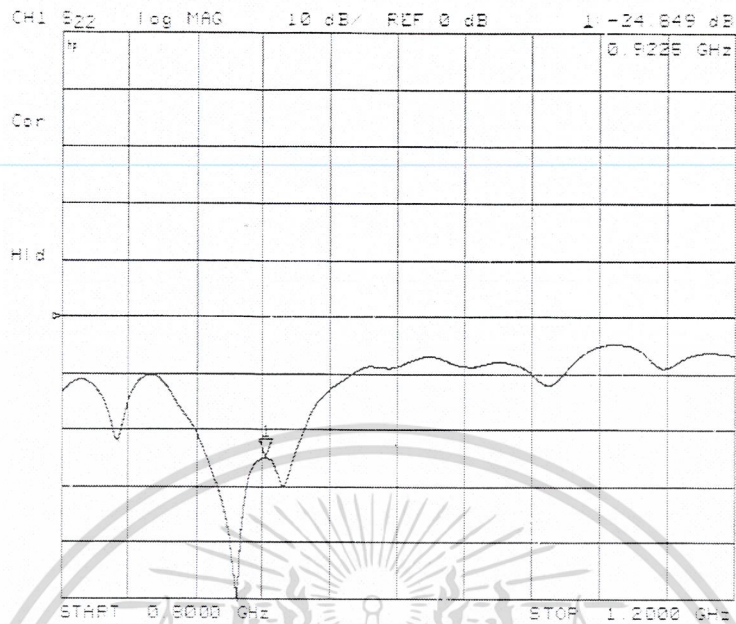
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



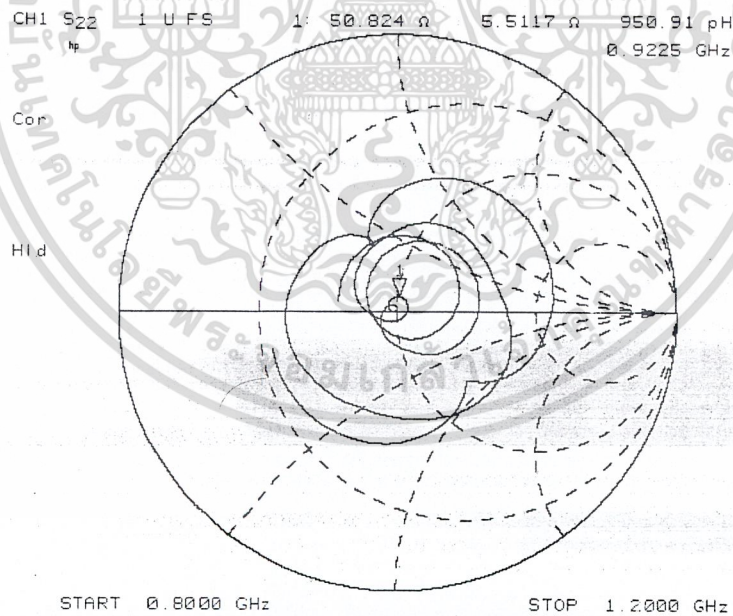
รูปที่ 4.7 สายอากาศจำนวน 4 แผ่น ที่นำมาอาร์เรย์กัน
จากรูปทำการจัดวางสายอากาศโดยมีระยะห่าง 35×35 ซม. โดยต่อกับสายนำสัญญาณ และ
ต่อกับตัวแบ่งกำลังงาน



รูปที่ 4.8 การจัดวางสายอากาศไมโครสตริปแบบแถวลำดับถือกรายคาบ
จากรูปแสดงการจัดวางสายอากาศจำนวน 4 แผ่น ที่นำมาอาร์เรย์กันเพื่อวัดอัตรายายและ
เอกสารรูปแบบการแผ่พลังงาน โดยฝั่งรับและฝั่งส่งมีระยะห่างกัน 3 เมตร อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

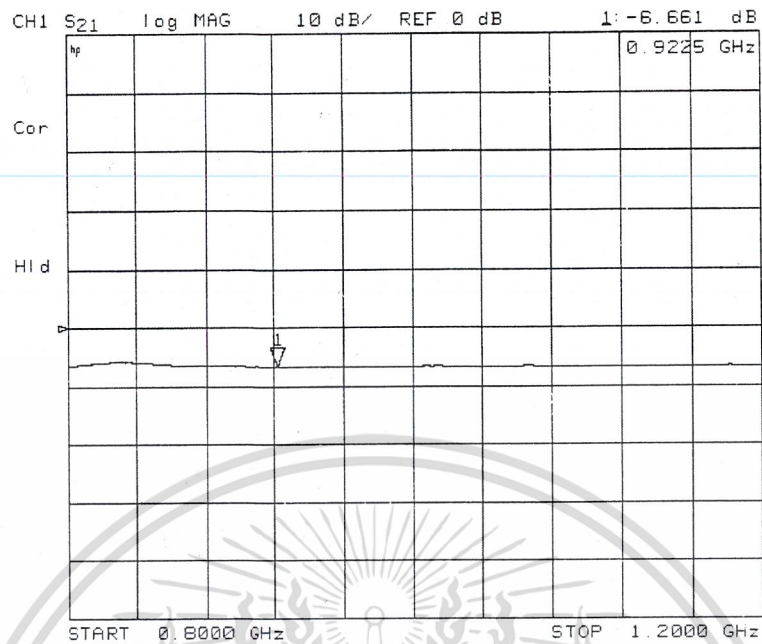


รูปที่ 4.9 ค่า Return Loss ของสายอากาศ 4 ชั้นที่นำมาอาร์เรย์กัน
 จากรูปแสดงค่า Return Loss ของสายอากาศที่ความถี่ 922.5 เท่ากับ -24.84 dB



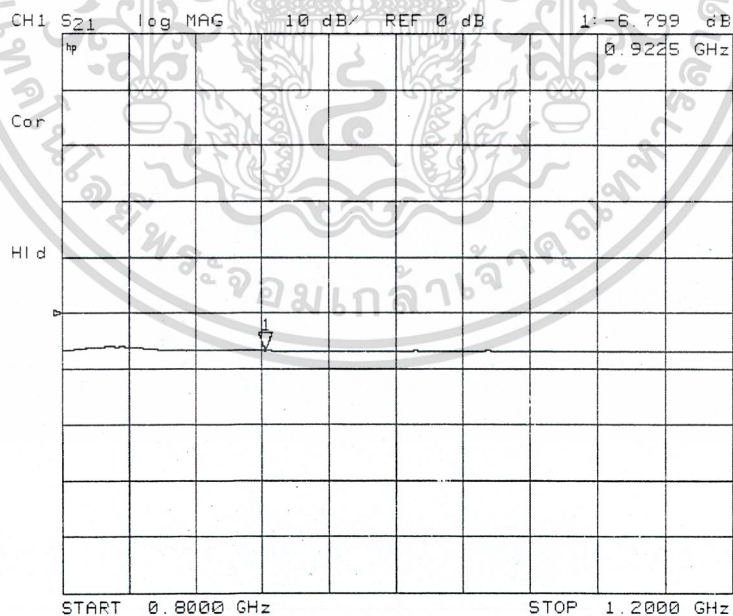
รูปที่ 4.10 ค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ 4 ชั้นที่นำมาอาร์เรย์กัน
 จากรูปแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ ที่ความถี่ 922.5 เท่ากับ 50.82 Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ค่า Return Loss ของ ตัวแบ่งกำลังงาน (Power Divider)

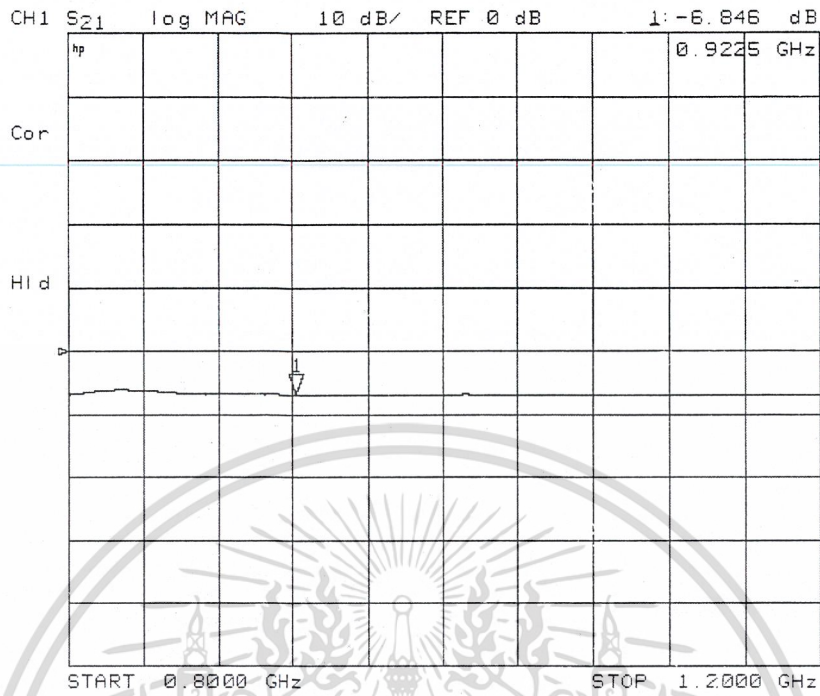
จากรูปแสดงค่า Return Loss ของตัวแบ่งกำลังงานพอร์ต 1 ที่ความถี่ 922.5 MHz มีค่าเท่ากับ -6.661 dB



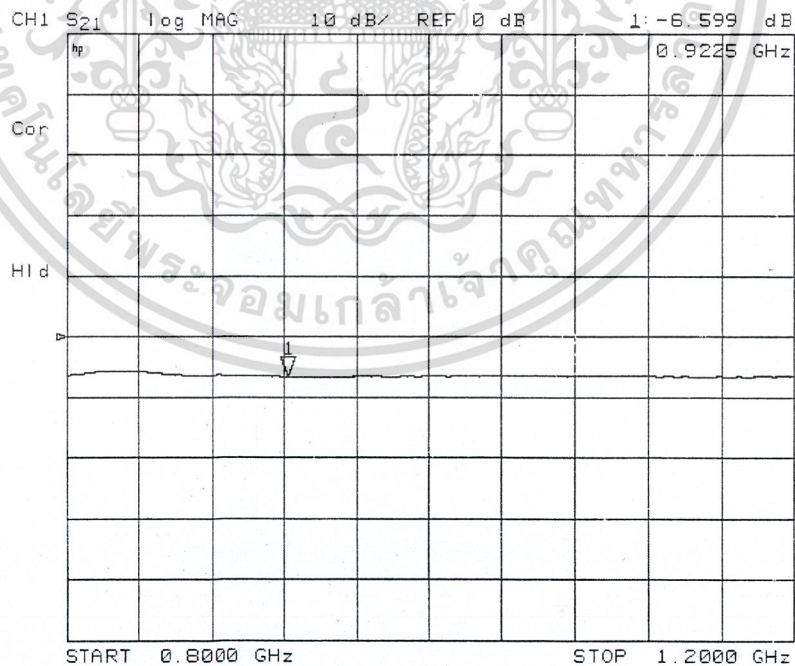
รูปที่ 4.12 ค่า Return Loss ของ ตัวแบ่งกำลังงาน (Power Divider)

จากรูปแสดงค่า Return Loss ของตัวแบ่งกำลังงานพอร์ต 2 ที่ความถี่ 922.5 MHz มีค่าเท่ากับ -6.799 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ค่า Return Loss ของ ตัวแบ่งกำลังงาน (Power Divider) พอร์ต 3 ที่ความถี่ 922.5 MHz มีค่าเท่ากับ -6.846 dB



รูปที่ 4.14 ค่า Return Loss ของ ตัวแบ่งกำลังงาน (Power Divider) พอร์ต 4 ที่ความถี่ 922.5 MHz มี

ค่าเท่ากับ -6.599 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวัดอัตราขยาย (Gain)

สมการที่ใช้ในการคำนวณ

$$G = \frac{1}{2} \left\{ 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) + 10 \log \frac{P_r}{P_t} \right\} \quad (5.1)$$

G_r (dBm) คือ อัตราขยายของสายอากาศ

P_r (dBm) คือ กำลังงานที่เครื่องรับได้รับ

P_t (dBm) คือ กำลังงานที่เครื่องส่ง

d (m) คือ ระยะห่างระหว่างสายอากาศส่งและสายอากาศรับ

ตารางที่ 4.1 อัตราขยายของสายอากาศทั้งสี่แผ่น

สายอากาศ	อัตราขยาย (Gain)
สายอากาศแผ่นที่ 1	5.82 dBi
สายอากาศแผ่นที่ 2	5.78 dBi
สายอากาศแผ่นที่ 3	5.77 dBi
สายอากาศแผ่นที่ 4	5.73 dBi

ใช้ระยะ $d = 90$ cm, $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{922.5 \times 10^6} = 0.325$ m

คำนวณหา Far field

$$\text{Far Field Distance (R)} = \frac{2D^2}{\lambda}$$

$$= \frac{2(0.6)^2}{0.325} = 2.215 \text{ m}$$

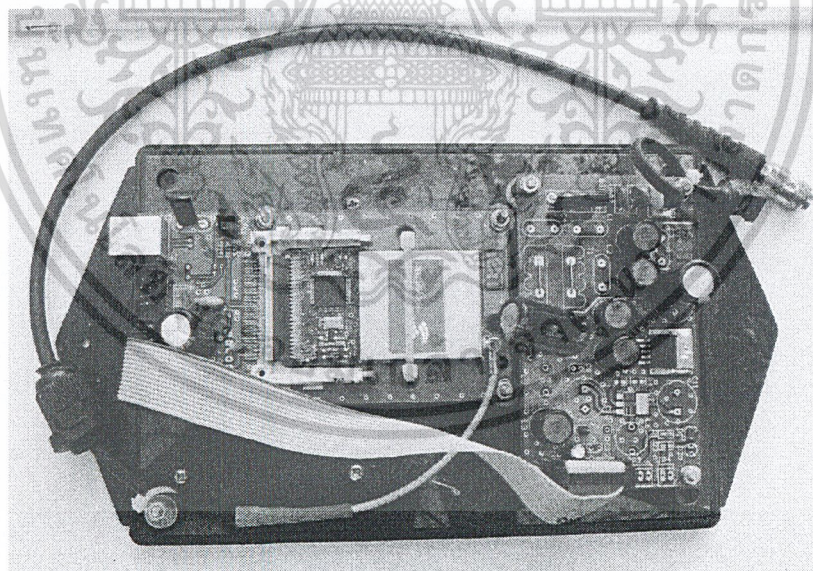
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ปฏิบัติงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณเกณฑ์ของสายอากาศ 4 แผ่น ที่นำมาเปรียบกัน

$$\begin{aligned}
 G &= \frac{1}{2} \left\{ 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) + 10 \log \frac{P_r}{P_t} \right\} \\
 &= \frac{1}{2} \left\{ 20 \log \left(\frac{4\pi (3)}{0.325} \right) + (-17.76) \right\} \\
 &= \frac{1}{2} \{ 20 \log (115.94) + (-17.76) \} \\
 &= 11.76 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

4.3 การทดสอบสายอากาศ

นำสายอากาศที่ได้ทำการออกแบบไว้ไปทดสอบกับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี (RFID Reader) ยี่ห้อ skyetek กับแผ่นป้ายระบุข้อมูล (RFID Tags)



รูปที่ 4.15 เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดียี่ห้อ skyetek ที่นำมาทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แผ่นป้ายระบุข้อมูล (Tags) ที่นำมาทำการทดสอบ

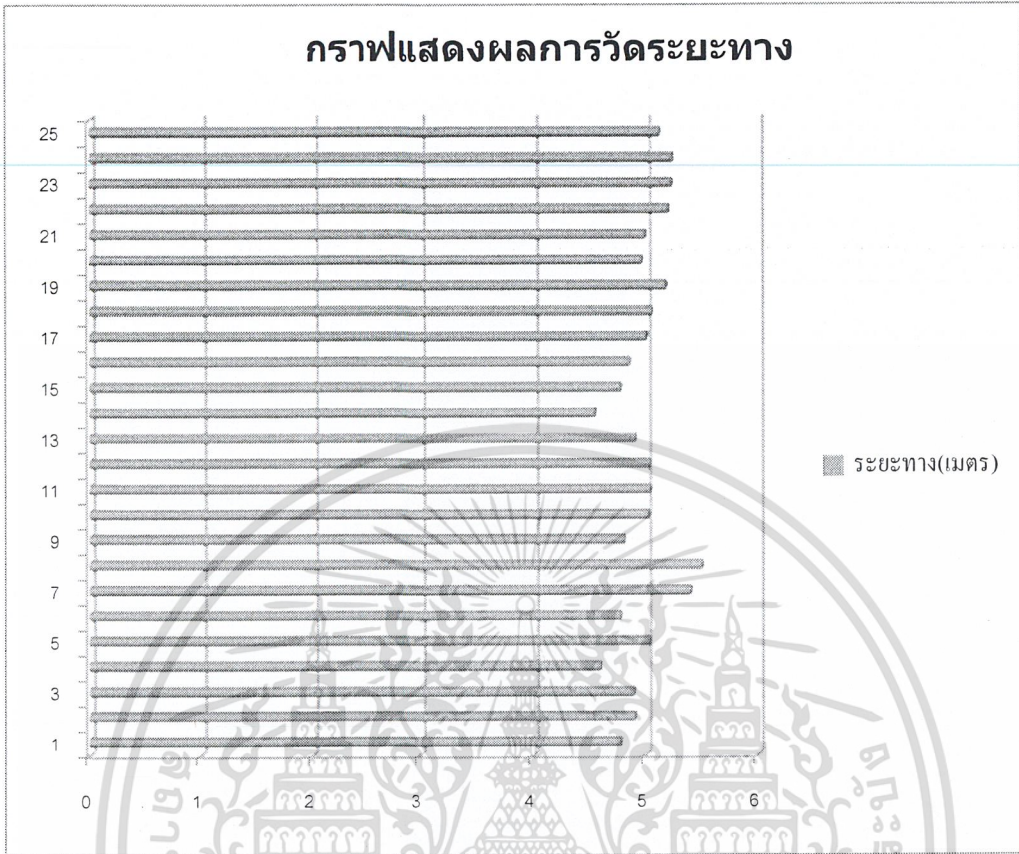
จากรูปแสดงแผ่นป้ายระบุข้อมูล (Tags) มีช่วงความถี่ ในการทดสอบ 860-960 MHz

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลอง

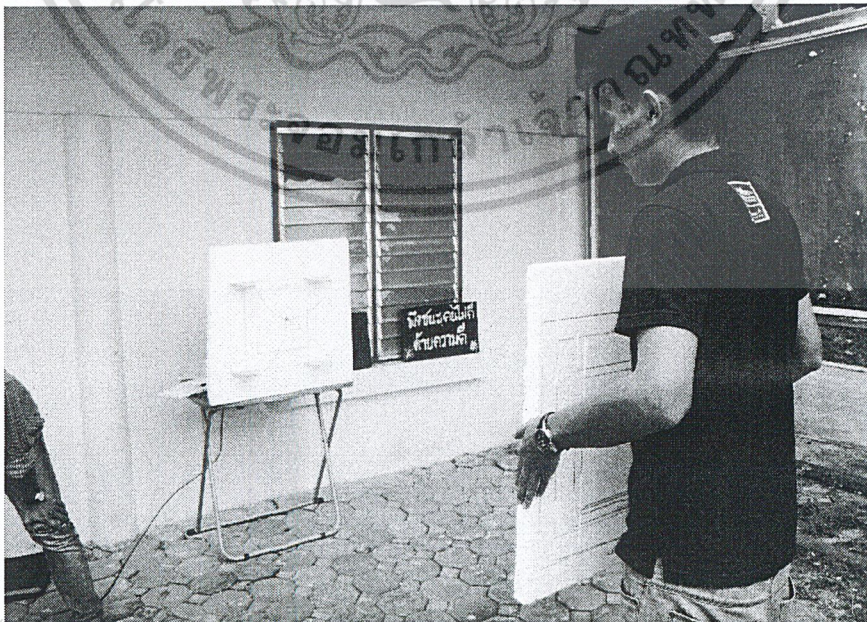
จำนวนครั้งที่ทดลอง	ระยะที่คลื่นส่งถึง (เมตร)	จำนวนครั้งที่ทดลอง	ระยะที่คลื่นส่งถึง (เมตร)
1	4.77	16	4.85
2	4.90	17	5.00
3	4.89	18	5.05
4	4.59	19	5.18
5	5.03	20	4.96
6	4.77	21	4.99
7	5.40	22	5.20
8	5.50	23	5.23
9	4.80	24	5.24
10	5.02	25	5.12
11	5.04	เฉลี่ย	4.988
12	5.03		
13	4.90		
14	4.54		
15	4.77		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 กราฟผลการวัดระยะทาง จากกราฟแสดงผลการวัดระยะ ทำการวัดทั้งหมด 25 ครั้ง ได้ค่าระยะทางเฉลี่ย 4.98 เมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของบริษัทฯ ในเพื่อการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 รูปที่ 4.18 การทดสอบสายอากาศกับระบบRFID
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแหล่งอื่นและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการออกแบบและทำการทดสอบสายอากาศไมโครสตริปแกลวลำดับสี่กรายคาบ เมื่อได้สายอากาศต้นแบบที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงจำนวน 1 แผ่น (ดังรูปที่ 4.1) เมื่อนำไปทดสอบกับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี พบว่าสายอากาศสามารถส่งคลื่นได้ระยะที่ไกล จากนั้นจึงได้ทำการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานให้ไกลขึ้น โดยการนำสายอากาศมาอาร์เรย์กันจำนวน 4 แผ่น โดยวางในลักษณะแนวอนห่างกันเป็นระยะ 35×35 (ดังรูปที่ 4.7) เซนติเมตร ผลการทดสอบในการใช้งานจริงกับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี (RFID Reader) และ RFID Tags พบว่าสายอากาศสามารถแพร่กระจายคลื่นได้ระยะ 4-5 เมตร

5.1.1 การสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ

การสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ (Return Loss) ของสายอากาศซึ่งเป็นอัตราส่วนของกำลังงานที่สะท้อนกลับต่อกำลังงานที่ตกกระทบถ้าค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับมีค่าน้อยกว่า -10 dB แสดงว่าสายอากาศสามารถนำไปใช้งานได้จากการจำลองโดยโปรแกรม CST พบว่าได้ค่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับมีค่า -12.57 dB (ดังรูป 3.10)

ผลการทดสอบพบว่าการสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับของสายอากาศจำนวน 4 แผ่น ซึ่งนำมาอาร์เรย์กันต่อผ่านตัวแบ่งกำลังงานและนำไปใช้งานจริงมีค่าเท่ากับ -24.84 dB

5.1.2 อิมพีแดนซ์ด้านเข้า

ค่าอิมพีแดนซ์ด้านเข้าเป็นค่าที่บอกถึงการแมตซ์ซิ่งกันของสายอากาศ ซึ่งจากผลการทดสอบอิมพีแดนซ์ด้านเข้า (Input Impedance) ของสายอากาศแบบไมโครสตริปแกลวลำดับสี่กรายคาบจำนวน 4 แผ่นที่นำมาอาร์เรย์กัน มีค่าเท่ากับ $50.824 + j5.5117 \Omega$ (ดังรูปที่ 4.10)

5.1.3 อัตราขยาย

เกนเป็นความสัมพันธ์ที่ได้มาจากโคเรคทีวิตีโดยรวมประสิทธิภาพของสายอากาศเข้ามาด้วยกัน ในขณะที่โคเรคทีวิตีอธิบายถึงคุณสมบัติในการชี้ทิศทางของสายอากาศค่าเกนของสายอากาศไมโครสตริปแกลวลำดับสี่กรายคาบจำนวน 4 แผ่นซึ่งนำมาอาร์เรย์กันจากการจำลองโดย

โปรแกรม CST มีค่า 12.45 dBi (ดังรูปที่ 3.9) และสายอากาศที่นำไปใช้งานจริงมีค่าเท่ากับ 11.76 dBi (ดังรูปที่ 5.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การทดสอบสายอากาศ

เมื่อนำสายอากาศไมโครสตริปแกลวต์ดับสี่กรายคาบจำนวน 4 แผ่นมาอาร์เรย์กัน โดยต่อผ่านตัวแบ่งกำลังงานจากนั้นนำไปทดสอบกับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีและแผ่นป้ายระบุข้อมูลพบว่าสายอากาศสามารถรับสัญญาณที่ส่งกลับมาจากแผ่นป้ายระบุข้อมูลได้ระยะไกลที่สุด 5.50 เมตร และเมื่อทำการทดสอบจำนวน 25 ครั้งและหาค่าเฉลี่ยของระยะที่วัดได้ พบว่าได้ค่าเฉลี่ย 4.988 (ดังรูปที่ 4.2) และพบว่าในการจัดวางแผ่นป้ายระบุข้อมูลคนละแนวกับสายอากาศนั้นสายอากาศจะไม่สามารถรับข้อมูลจากแผ่นป้ายระบุข้อมูลได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

สำหรับปัญหาที่พบในทางปฏิบัติที่ได้แก่

- 5.3.1 การจัดวางระนาบและการจัดวางระยะห่างของสายอากาศมีผลต่อระยะทางในการแพร่กระจายคลื่น
- 5.3.2 สายนำสัญญาณที่ไม่มีคุณภาพและมีระยะที่ยาวเกินไปจะทำให้เกิดสูญเสียกำลังงาน
- 5.3.3 การวัดรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศไม่สามารถเป็นไปตามทฤษฎีเนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านสถานที่และเครื่องมือในการทดลอง

5.4 แนวทางการแก้ปัญหา

จากการจัดทำชิ้นงานชิ้นนี้พบปัญหาที่เกิดขึ้นหลายประการ และเพื่อให้มีความใกล้เคียงกับทางทฤษฎีมากที่สุดจึงมีแนวทางแก้ไขปัญหาดังนี้

- 5.4.1 การจัดเรียงระนาบสายอากาศและระยะห่างของสายอากาศแต่ละแผ่น ทางผู้จัดทำได้ทดลองจัดวางในหลายลักษณะและทำการทดสอบการรับส่งข้อมูลกับป้ายระบุข้อมูล พบว่าระยะที่รับส่งข้อมูลได้ไกลที่สุดอยู่ที่ระยะประมาณ 35×35 เซนติเมตร
- 5.4.2 ใช้สายนำสัญญาณที่มีการสูญเสียกำลังงานต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] ศ.ดร.โมไนย ไกรฤกษ์. ทฤษฎีสายอากาศ . สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ : กรุงเทพฯ. 2535
- [2] C.A. Balanis, “Antenna Theory Anlysis and Design ,” Harper & Row Publishers, New York, 1982.
- [3] Robert E.Conllin ; Antenna and Radiowave propagation ; McGraw – Hill Book Company , 1985
- [4] Daniel M.Dobkin, “The RF in RFID”, Elsevier Inc, 2008



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้