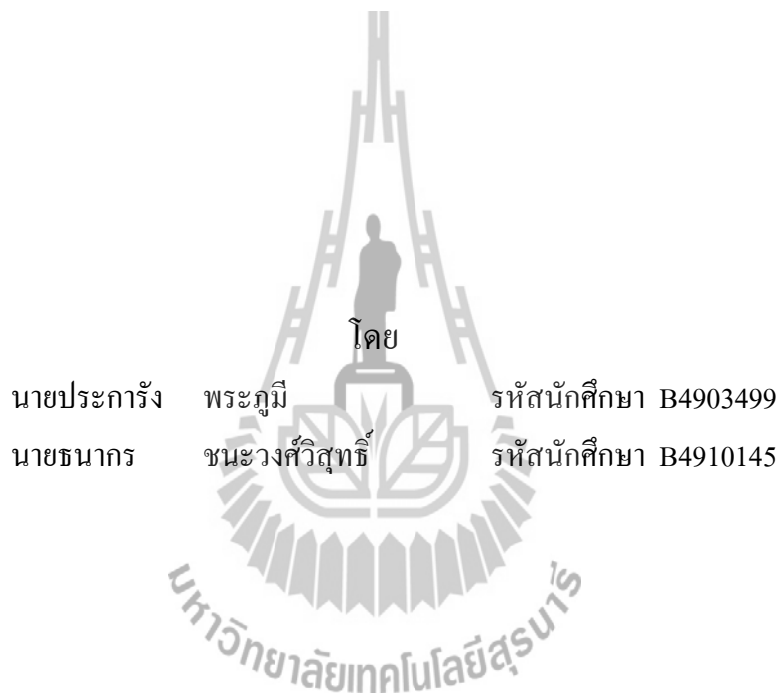




การออกแบบสายอากาศสำหรับตัวตรวจจับไร้สายที่ความถี่ 2.4 GHz



รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 427499 โครงการวิศวกรรมโทรคมนาคม
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2545

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2552

โครงการ	การออกแบบสายอากาศสำหรับตัวตรวจจับไร้สายที่ความถี่ 2.4 GHz	
โดย	1. นายประการัง พระภูมิ	รหัสประจำตัวนักศึกษา B4903499
	2. นายธนากร ชนวงษ์วิสุทธิ	รหัสประจำตัวนักศึกษา B4910145
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. ปิยาภรณ์ กระจงนอก	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ภาคการศึกษา	3/2552	

บทคัดย่อ

การออกแบบสายอากาศสำหรับตัวตรวจจับไร้สายนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบสายอากาศไมโครสตริป (Microstrip Antenna) เพื่อใช้ในการสื่อสารของตัวตรวจจับไร้สายระหว่างสถานีแม่ข่ายกับสถานีลูกข่ายโดยข้อมูลที่ได้รับส่งคือผลวัดความชื้นของสภาพปฐพีในโรงผสมปุ๋ยฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยอาศัยคุณสมบัติการเดินทางของคลื่นในอากาศ และการแผ่กระจายของคลื่น โดยที่มีข้อจำกัดคือ บริเวณที่ติดตั้งสายอากาศของสถานีแม่ข่ายและสถานีลูกข่ายมีระยะทางไกลและมีสิ่งกีดขวางในการเดินทางของคลื่นจึงจำเป็นต้องออกแบบสายอากาศให้เหมาะสมเพื่อรับส่งคลื่นได้ตลอดทุกพื้นที่ที่ติดตั้ง เนื่องจากสายอากาศของตัวตรวจจับที่มีอยู่เดิมเป็นสายอากาศแบบไดโพล ซึ่งสามารถรับส่งข้อมูลได้ในระยะใกล้ และมีอัตราขยายในการส่งไม่เพียงพอ ทำให้ต้องออกแบบสายอากาศขึ้นมาใหม่โดยใช้สายอากาศแบบไมโครสตริปที่ความถี่ 2.4 GHz ร่วมกับจานสะท้อนแบบพาราโบลาโดยใช้โปรแกรม CST ในการจำลองแบบ แต่การใช้งานจริงนั้น เราต้องคำนึงถึงการสูญเสียของกำลังที่มีทั้งในอากาศ และในสายนำสัญญาณ อีกทั้งยังมีสิ่งกีดขวางจำนวนมากซึ่งกระทบต่อการเดินทางของคลื่น ดังนั้นจึงต้องศึกษาวิธีการเพิ่มอัตราขยายและการแผ่กระจายของคลื่น เพื่อให้การส่งข้อมูลของตัวตรวจจับไร้สายที่ใช้ในการวัดความชื้นของสภาพปฐพีระหว่างสถานีลูกข่ายกับสถานีแม่ข่ายมีระยะไกลกว่าตัวตรวจจับตัวเดิมและมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ศศ.ดร. ปิยาภรณ์ กระจงนอก ผู้ที่เป็นเจ้าของแนวคิดเริ่มแรกของการออกแบบสายอากาศสำหรับตัวตรวจจับไร้สายที่ความถี่ 2.4 GHz ที่ได้ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับแนวคิดการดูแลเอาใจใส่ติดตามงาน ชี้แนะข้อบกพร่อง ตลอดจนช่วยฝึกฝนและให้การสนับสนุนคณะผู้จัดทำให้มีความสามารถในการทำโครงการตลอดจนเสนอผลงานให้เป็นที่รู้จักและยอมรับได้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากรสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือแก่คณะผู้จัดทำ มาโดยตลอด รวมทั้งพี่บัณฑิตศึกษาปริญญาโทและปริญญาเอกวิศวกรรมโทรคมนาคม และเพื่อนนักศึกษาสาขาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกคนที่เป็นกำลังใจให้มาโดยตลอด

คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณทุกๆท่านที่ได้กล่าวไปแล้วไว้ ณ ที่นี้ สำหรับส่วนดีของโครงการชิ้นนี้ ขออุทิศให้แก่อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำ

นายประการัง พระภูมิ

นายธนากร ชนะวงศ์วิสุทธิ



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตงาน	3
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง	
2.1 บทนำ	4
2.2 ทฤษฎีระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network)	4
2.2.1 ความหมายของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	5
2.2.2 อุปกรณ์พื้นฐานของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	5
2.3 ทฤษฎีระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย	5
2.3.1 รูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย	6
2.3.2 เทคโนโลยีที่ใช้ในการส่งสัญญาณไร้สาย	7
2.3.3 มาตรฐานที่ใช้ในเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย	7
2.3.4 ข้อดีของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย	9
2.3.5 ข้อเสียของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย	9
2.4 ทฤษฎีสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริป	9
2.5 ทฤษฎีสายอากาศ	12
2.6 สายอากาศแบบพาราโบลิก	14
2.7 กล่าวสรุป	15

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและการจำลองแบบ	
3.1 บทนำ	16
3.2 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	16
3.3 สายอากาศไมโครสตริป	22
3.4 งานสะท้อนแบบพาราโบลิก	33
3.5 กล่าวสรุป	34
บทที่ 4 การสร้างชิ้นงานและผลการทดลอง	
4.1 บทนำ	35
4.2 การสร้างชิ้นงาน	35
4.3 กล่าวสรุป	69
บทที่ 5 ข้อเสนอของโครงการ	
5.1 สรุป	70
5.2 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหา	70
5.3 ข้อเสนอแนะ	72
5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไป	72
เอกสารอ้างอิง	73
ประวัติผู้เขียน	74



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 ตัวอย่างสายอากาศไมโครสตริป	2
รูปที่ 1.2 ตัวอย่างลักษณะงานพาราโบลิกที่ใช้สะท้อนคลื่น	2
รูปที่ 1.3 ตัวอย่างการรับส่งคลื่นระหว่างสถานีแม่ข่ายกับสถานีลูกข่าย	2
รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อแบบกลุ่มส่วนตัว	6
รูปที่ 2.2 การเชื่อมต่อแบบกลุ่มโครงสร้าง	7
รูปที่ 2.3 เครื่องหมาย Wi-Fi	8
รูปที่ 2.4 สายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริป	9
รูปที่ 2.5 สายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริป	10
รูปที่ 2.6 การแผ่กระจายคลื่นของสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริป	10
รูปที่ 2.7 โครงสร้างทั่วไปของสายอากาศไมโครสตริป	12
รูปที่ 2.8 การสะท้อนสัญญาณของการพาราโบลิก	15
รูปที่ 3.1 อุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้ในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	16
รูปที่ 3.2 แผนภาพการทำงานของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ MPR2400	17
รูปที่ 3.3 สิ่งกีดขวางภายในฟาร์มมหาวิทยาลัย	19
รูปที่ 3.4 ระยะทางที่คลื่นจะต้องรับและส่งสัญญาณ	19
รูปที่ 3.5 สายอากาศไดโพลที่ใช้กับอุปกรณ์เซ็นเซอร์	20
รูปที่ 3.6 ค่า S_{11} ของสายอากาศไดโพล	20
รูปที่ 3.7 แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า (E-plane) ของสายอากาศไดโพล	21
รูปที่ 3.8 แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก (H-plane) ของสายอากาศไดโพล	21
รูปที่ 3.9 สายป้อนสัญญาณของสายอากาศไมโครสตริป	22
รูปที่ 3.10 แพทช์ของสายอากาศไมโครสตริป	23
รูปที่ 3.11 โปรแกรม CST ที่ใช้ในการออกแบบสายอากาศ	25
รูปที่ 3.12 สร้างกราวด์ของสายอากาศ	25
รูปที่ 3.13 สร้างชั้นสเตรท ของสายอากาศ	26
รูปที่ 3.14 สร้างแพทช์ของสายอากาศ	26
รูปที่ 3.15 สร้างสายป้อนสัญญาณของสายอากาศ	27
รูปที่ 3.16 สายอากาศไมโครสตริป	27
รูปที่ 3.17 ใส่เวฟไกด์พอร์ตให้กับสายอากาศ	28
รูปที่ 3.18 สายอากาศไมโครสตริปเมื่อใส่เวฟไกด์พอร์ตเรียบร้อยแล้ว	28
รูปที่ 3.19 ค่า S_{11} ของสายอากาศไมโครสตริป	29

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.20 ทำการตัดในส่วนของแพทช์ออกด้านที่หนึ่ง	29
รูปที่ 3.21 ทำการตัดในส่วนของแพทช์ออกด้านที่สอง	30
รูปที่ 3.22 สายอากาศไมโครสตริปที่ทำการแมทช์แล้ว	30
รูปที่ 3.23 ใส่เวฟไกด์พอร์ตให้กับสายอากาศ	31
รูปที่ 3.24 สายอากาศไมโครสตริปที่ทำการแมทช์ เมื่อใส่เวฟไกด์พอร์ตเรียบร้อยแล้ว	31
รูปที่ 3.25 ค่า S_{11} ของสายอากาศไมโครสตริป	32
รูปที่ 3.26 ค่าอัตราขยายของสายอากาศ	32
รูปที่ 3.26 งานสะท้อนแบบพาราโบลิก	33
รูปที่ 3.27 งานสะท้อนแบบพาราโบลิกทำการปรับแกนของงานทำมุม 60°	33
รูปที่ 4.1 ผลการจำลองแบบในโปรแกรม CST	35
รูปที่ 4.2 แผ่น PCB ลอกสติ๊กเกอร์ส่วนที่ไม่ต้องการออกแล้ว	36
รูปที่ 4.3 การนำแผ่น PCB ไปกัดเอาส่วนทองแดงที่ไม่ต้องการออก ด้วยน้ำยากัดแผ่นปรินต์เขียว	36
รูปที่ 4.4 สายอากาศแบบแพทช์ที่ต้องการ หลังจากกัดส่วนที่ไม่ต้องการออกแล้ว	36
รูปที่ 4.5 รูปการนำเอาสายอากาศแบบแพทช์ (Patch) ไปต่อที่หัวเชื่อมต่อ $Z_0 = 50\Omega$ เข้าที่จุดป้อนสัญญาณ ที่เรียบร้อยแล้ว	37
รูปที่ 4.6 การวัด S_{11} ด้วยเครื่องวิเคราะห์โครงข่าย	37
รูปที่ 4.7 ผลการวัด S_{11} ที่ความถี่ 2.4 GHz	38
รูปที่ 4.8 แผนภาพการรับและส่งสัญญาณของสายอากาศ	38
รูปที่ 4.9 การวัดอัตราขยายของสายอากาศในห้องแชมเบอร์	39
รูปที่ 4.10 การวัดการแผ่กระจายกำลังงานในห้องแชมเบอร์	40
รูปที่ 4.11 แบบรูปการแผ่กระจายกำลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า	48
รูปที่ 4.12 แบบรูปการแผ่กระจายกำลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก	48
รูปที่ 4.13 เทคนิคการนำสายอากาศแบบแพทช์ไปติดกับงานพาราโบลิก	49
รูปที่ 4.14 การวัด S_{11} ของสายอากาศพาราโบลิก	49
รูปที่ 4.15 ผลการวัด S_{11} ของสายอากาศพาราโบลิก	50
รูปที่ 4.16 การวัดอัตราขยายของงานพาราโบลิกในห้องแชมเบอร์	51
รูปที่ 4.17 แบบรูปการแผ่กระจายกำลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า	60
รูปที่ 4.18 แบบรูปการแผ่กระจายกำลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก	60
รูปที่ 4.19 สถานที่จริง ณ โรงผสมปุ๋ยในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	62

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.20 สิ่งกีดขวางที่เป็นปัญหาในการรับส่งข้อมูล	62
รูปที่ 4.21 ตัวตรวจจับไร้สาย ของสถานีลูกข่าย	63
รูปที่ 4.22 การแสดงระยะทางจากสถานีลูกข่ายถึงสถานีแม่ข่าย	63
รูปที่ 4.23 การทดลองติดตั้งตัวตรวจจับไร้สายของสถานีลูกข่าย	64
รูปที่ 4.24 การติดตั้งสถานีแม่ข่าย	64
รูปที่ 4.25 หน้าจอแสดงการรับข้อมูลในโปรแกรม	65
รูปที่ 4.26 การรับข้อมูลโดยการสั่ง Run โปรแกรม 3 ครั้ง	66
รูปที่ 4.27 ภาพหน้าจอแสดงการรับข้อมูลไม่ได้	66
รูปที่ 4.28 การเกิด Timeout ทำให้ไม่สามารถรับข้อมูลได้	67
รูปที่ 4.29 ผลการรับข้อมูลหลังจากรันโปรแกรม	67



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงคุณลักษณะการทำงานของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ MPR2400	18
ตารางที่ 4.1 ผลการวัดการแผ่กระจายกำลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า	41
ตารางที่ 4.2 ผลการวัดการแผ่กระจายกำลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก	45
ตารางที่ 4.3 ผลการแผ่กระจายกำลังงาน ในระนาบสนามไฟฟ้า	52
ตารางที่ 4.4 ผลการแผ่กระจายกำลังงาน ในระนาบสนามแม่เหล็ก	56
ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบ	61
ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงผลการวัดความเข้มแสงในโรงผสมปุ๋ย ในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	68
ตารางที่ 5.1 ปัญหาและสาเหตุที่พบในขณะดำเนินงานและวิธีการแก้ไข	71



บทที่ 1

บทนำ

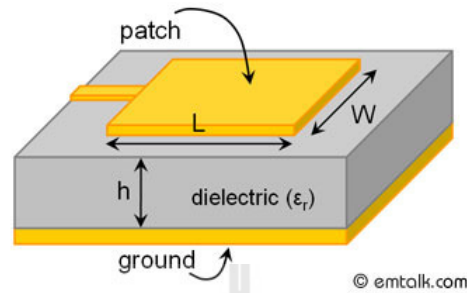
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การติดต่อสื่อสารแบบไร้สายในปัจจุบัน มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการดำรงชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network) ซึ่งได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีข้อได้เปรียบที่เหนือกว่าระบบเซ็นเซอร์ที่ใช้สายนำสัญญาณในการรับส่งข้อมูลในหลายประการด้วยกัน ตัวอย่างเช่น ความสะดวกในการติดตั้งโดยไม่ต้องติดตั้งสายนำสัญญาณ และสามารถติดตั้งตัวเซ็นเซอร์และเครือข่ายเพิ่มเติมได้ง่าย โดยทำการเชื่อมต่อด้วยคลื่นวิทยุเข้ากับระบบเดิมที่มีอยู่ นอกจากนี้ต้นทุนของระบบลดลง เนื่องจากไม่ต้องใช้สายนำสัญญาณ

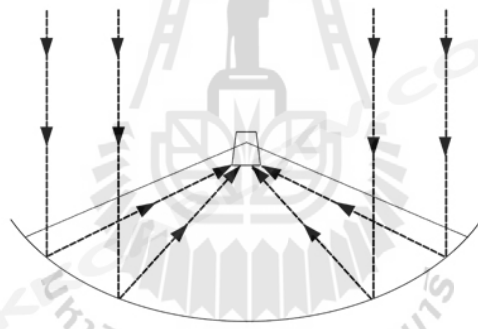
ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องสายอากาศไมโครสตริป (Microstrip Antenna) เพื่อนำมาใช้กับอุปกรณ์ทางการสื่อสาร ในด้านการรับ-ส่งสัญญาณในระยะไกล ได้แก่การวัดอุณหภูมิ ความชื้น ของปุ๋ย เพื่อเพิ่มความสะดวกในการติดตั้ง และมีประสิทธิภาพในการรับส่งสัญญาณได้ชัดเจนยิ่งขึ้น สายอากาศไมโครสตริปจะประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นแผ่นหรือที่เราเรียกว่าแพทช์ (Patch) ซึ่งเป็นตัวนำ โดยทั่วไปจะมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉากหรือวงกลม ซึ่งถูกแยกออกจากกันด้วยแผ่นระนาบกราวด์ที่มีความบาง (เป็นเศษส่วนของความยาวคลื่น) และมีลักษณะเป็นชั้นหรือที่เรียกว่าเป็นซับสเตรท (Substrate) ของสารไดอิเล็กตริก ไมโครสตริปได้รับความนิยมอย่างมากในการใช้งาน เนื่องจากมีลักษณะแบนราบ ไม่ต้านลม และสามารถติดกับผิวของยานพาหนะได้ นอกจากนี้ยังมีข้อดีในแง่ที่ราคาถูก น้ำหนักเบา และมีความสะดวกในการสร้างและการติดตั้ง

การออกแบบสายอากาศสำหรับตัวตรวจจับไร้สายนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบสายอากาศไมโครสตริป เพื่อใช้ในการสื่อสารรับส่งข้อมูลของตัวตรวจจับไร้สายระหว่างสถานีแม่ข่ายกับสถานีลูกข่ายเพื่อใช้วัดความชื้นของสภาพปุ๋ยในโรงผสมปุ๋ย ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยอาศัยคุณสมบัติการเดินทางของคลื่นในอากาศ และการแผ่กระจายของคลื่น โดยที่มีข้อจำกัดคือ บริเวณที่ติดตั้งสายอากาศของสถานีแม่ข่ายและสถานีลูกข่ายมีระยะทางไกลและมีสิ่งกีดขวางในการเดินทางของคลื่น จึงจำเป็นต้องออกแบบสายอากาศให้เหมาะสมเพื่อรับส่งคลื่นได้ตลอดทุกพื้นที่ที่ติดตั้ง เนื่องจากสายอากาศของตัวตรวจจับที่มีอยู่เดิมเป็นสายอากาศแบบไดโพล ซึ่งสามารถรับส่งข้อมูลได้ในระยะใกล้ และมีอัตราขยายในการส่งไม่พอ ทำให้ต้องออกแบบสายอากาศขึ้นมาใหม่โดยใช้สายอากาศแบบไมโครสตริปที่ความถี่ 2.4 GHz ร่วมกับงานสะท้อนแบบพาราโบลิกโดยใช้โปรแกรม CST ในการจำลองแบบ แต่การใช้งานจริงนั้น เราต้องคำนึงถึง

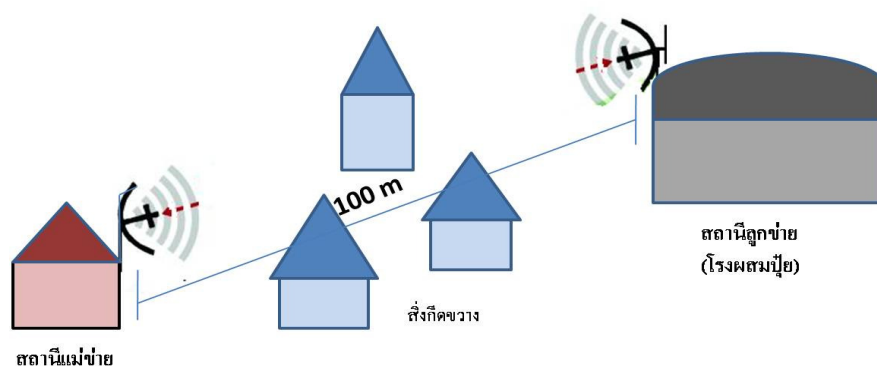
การสูญเสียของกำลังที่มีทั้งในอากาศ และในสายนำสัญญาณ อีกทั้งยังมีสิ่งกีดขวางจำนวนมากซึ่งกระทบต่อการเดินทางของคลื่น ดังนั้นจึงต้องศึกษาวิธีการเพิ่มอัตรายาย และการแผ่กระจายของคลื่น เพื่อให้การส่งข้อมูลของตัวตรวจจับไร้สายที่ใช้ในการวัดความชื้นของสภาพปฏีระหว่างสถานีลูกข่ายกับสถานีแม่ข่ายมีระยะไกลกว่าตัวตรวจจับตัวเดิมและมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น



รูปที่ 1.1 ตัวอย่างสายอากาศไมโครสตริป



รูปที่ 1.2 ตัวอย่างลักษณะงานพาราโบลาที่ใช้สะท้อนคลื่น



รูปที่ 1.3 ตัวอย่างการรับส่งคลื่นระหว่างสถานีแม่ข่ายกับสถานีลูกข่าย

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีและหลักการของสายอากาศไมโครสตริป
2. ศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับลักษณะสมบัติการแผ่กระจายของคลื่น
3. ศึกษาการใช้โปรแกรม CST ในการจำลองแบบ เพื่อศึกษาลักษณะการแผ่กระจายของคลื่นในสายอากาศไมโครสตริป
4. ทำการทดสอบสายอากาศที่สังเคราะห์ขึ้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้ออกไปวิเคราะห์และสรุปผล

3. ขอบเขตงาน

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากตำราและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีและหลักการของ สายอากาศ ไมโครสตริป
2. ใช้โปรแกรม CST ในการจำลองแบบเพื่อศึกษาลักษณะแผ่กระจายคลื่นและคุณสมบัติ ของต่างๆของสายอากาศไมโครสตริป
3. ทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการจำลองระบบเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขในการสร้างสายอากาศ
4. ทำการสร้างสายอากาศต้นแบบและทดสอบสายอากาศให้ได้ตามวัตถุประสงค์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาการทำงานและออกแบบสายอากาศไมโครสตริป
2. ศึกษาการทำงานของโปรแกรม CST ที่ใช้ออกแบบสายอากาศ
3. ใช้โปรแกรม CST ในการออกแบบและจำลองระบบเพื่อศึกษาลักษณะแผ่กระจายคลื่น
4. กัดแผงวงจรพิมพ์เพื่อให้ได้สายอากาศไมโครสตริปตามที่ได้ออกแบบ
5. ทดสอบการทำงานของสายอากาศไมโครสตริป
6. ทดลองการทำงานของสายอากาศในสภาวะการใช้งานจริง
7. สรุปผลการทดลอง เขียนรายงานและนำเสนอโครงการ

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

โครงการนี้ออกแบบสายอากาศสำหรับตัวตรวจจับไร้สายนี้ได้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องสายอากาศไมโครสตริป เพื่อนำมาใช้กับอุปกรณ์ทางการสื่อสาร ได้มีการประยุกต์ใช้สายอากาศไมโครสตริป ร่วมกับจานสะท้อนแบบพาราโบลา เพื่อเพิ่มอัตราขยายและช่วยในเรื่องการสะท้อนคลื่น และนำมาเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย โดยหวังว่าเมื่อนำทั้งสามส่วนมาประกอบรวมกันจะสามารถทำงานร่วมกันได้และสามารถใช้งานได้จริงมีประสิทธิภาพ

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

โครงการการออกแบบสายอากาศสำหรับตัวตรวจจับไร้สายนี้ได้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องสายอากาศไมโครสตริป เพื่อนำมาใช้กับอุปกรณ์ทางการสื่อสาร ในด้านการรับส่งสัญญาณในระยะไกล เพื่อความเหมาะสมในการรับส่งคลื่นให้ได้ตลอดทุกพื้นที่ที่ติดตั้ง จึงได้มีการประยุกต์ใช้สายอากาศไมโครสตริปร่วมกับงานสะท้อนแบบพาราโบลิก เพื่อเพิ่มอัตราขยายและช่วยในเรื่องการสะท้อนคลื่น โดยจะถูกนำมาเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการพื้นฐานที่เกี่ยวข้องในแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

2.2 ทฤษฎีระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network)

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ในปัจจุบันได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีข้อดีที่เหนือกว่าระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ที่ใช้สายนำสัญญาณในการส่งข้อมูลหลายข้อด้วยกัน เช่น การติดตั้งที่สะดวกโดยไม่ต้องติดตั้งสายนำสัญญาณและสามารถติดตั้งตัวเซ็นเซอร์และเครือข่ายเพิ่มเติมได้ง่าย โดยทำการเชื่อมต่อด้วยคลื่นวิทยุเข้ากับระบบเดิมที่มีอยู่ ซึ่งสามารถทำได้โดยการติดตั้งตัวเซ็นเซอร์ที่ตำแหน่งที่ต้องการตรวจจับในขอบเขตของสัญญาณวิทยุของเครือข่ายครอบคลุมถึง นอกจากนี้ยังช่วยลดต้นทุนของระบบ เนื่องจากไม่ต้องใช้สายนำสัญญาณ อีกทั้งปัจจุบันเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายได้ถูกพัฒนาให้มีขนาดเล็กลงมาก ประกอบกับราคาซึ่งไม่สูงมากนัก เหมาะสมกับการใช้งานในระบบที่ต้องการการส่งข้อมูลที่มีจำนวนข้อมูลไม่มาก สำหรับระบบที่มีการนำเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายมาใช้ ถูกแบ่งออกตามการประยุกต์ใช้งาน ตัวอย่างเช่น

- การตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม (Environment detection) เช่น การตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น
- ใช้ในระบบติดตาม (Tracking) เช่น ในระบบการจัดการการจราจร ระบบการจราจรอัจฉริยะ ระบบการจัดการและติดตามรถโดยสารประจำทาง เป็นต้น
- การประยุกต์ใช้งานด้านวิทยาศาสตร์ (Science applications) ในสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ เช่น การตรวจจับสารกัมมันตรังสี ก๊าซพิษและเชื้อโรค เป็นต้น

2.2.1 ความหมายของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย Wireless Sensor Networks (WSN) คือการใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์ (sensor) เล็กๆจำนวนมากเพื่อตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆของสิ่งแวดล้อมที่เราสนใจและประมวลผลข้อมูลเหล่านั้นเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวเราหรือตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้โดยอัตโนมัติ เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเกิดขึ้นจากการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวและการสื่อสารไร้สายที่ส่งผ่านข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์โหนดด้วยรูปแบบเครือข่ายแบบ ad-hoc จุดเด่นของเครือข่ายเซ็นเซอร์ที่อาศัยโปรโตคอลแบบ ad-hoc คือ ไม่จำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์พื้นฐานสำหรับเครือข่ายเช่นเดียวกับเครือข่ายแบบ WLAN หรือ GSM นอกจากนี้การออกแบบเซ็นเซอร์โหนดให้มีขนาดเล็กและใช้พลังงานน้อยทำให้สามารถติดตั้งได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์จึงได้ถูกคาดการณ์ว่าจะเป็นเทคโนโลยีหลักในการขับเคลื่อนสู่ยุคของคอมพิวเตอร์ทุกแห่งหน (ubiquitous computing, pervasive computing) ด้วยการสร้างสภาพแวดล้อมประคิษฐ์ในรอบๆตัวของเราทุกคน

2.2.2 อุปกรณ์พื้นฐานของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ขนาดเล็กมาก เรียกว่า mote ซึ่งได้รับการพัฒนาจากบริษัท Intel และ University of California (UC) at Berkeley ตัว mote เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กสำหรับวัดอุณหภูมิความชื้นหรือสถานะแวดล้อมอื่น ๆ มันทำงานโดยใช้แบตเตอรี่ธรรมดาและสื่อสารกับ mote ตัวอื่นที่อยู่ใกล้เคียงโดยใช้ ad hoc wireless network ซึ่งข้อมูลจะถูกส่งผ่านระหว่าง mote ด้วยกันเองจนกระทั่งถึงจุดหมายซึ่งอาจเป็นคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆสำหรับรวบรวมข้อมูลที่วัดได้ งานของมันเองซึ่งมีอยู่จำกัดด้วยเหตุนี้ผู้พัฒนา mote จึงต้องออกแบบระบบ hardware และ software รวมถึงระบบการสื่อสารของ mote ให้ทำงานโดยใช้พลังงานน้อยที่สุด นอกจากนี้ในแง่ของการใช้งาน ผู้พัฒนาเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายต้องสร้างเครื่องมือที่ทำให้ผู้ใช้ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องมีความรู้ขั้นสูงทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ (computer engineering) สามารถใช้งานและสร้าง WSN applications โดยง่ายด้วย

2.3 ทฤษฎีระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

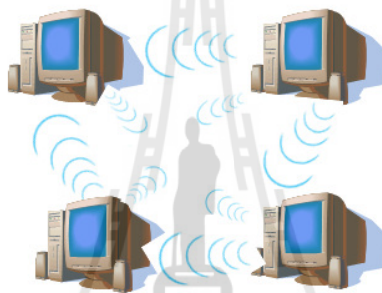
ทฤษฎีระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย (Wireless Local Area Network: WLAN) เป็นระบบการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง หรือ กลุ่มของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้คลื่นความถี่วิทยุเป็นตัวกลางหรือช่องทางการสื่อสารระหว่างกัน ซึ่งเป็นการแทนที่ระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบมีสายระบบเดิม (Local Area Network: LAN) ที่ใช้สายในการเชื่อมต่อกัน ทำให้ไม่ต้องมีการเดินสายส่งสัญญาณ และยังส่งผลไปยังผู้ใช้งานให้สามารถใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น

2.3.1 รูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

- การเชื่อมต่อแบบกลุ่มส่วนตัว

การเชื่อมต่อแบบกลุ่มส่วนตัว (Peer-to-Peer หรือ Ad Hoc Mode) เป็นการเชื่อมต่อกันโดยตรงระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์กระจายสัญญาณ (access point) เหมาะในการใช้งานเกี่ยวกับงานที่ต้องการความรวดเร็วและความสะดวกในการติดตั้งเมื่อไม่มีโครงสร้างพื้นฐานรองรับในสถานที่นั้นๆ เช่น การประชุมนอกสถานที่

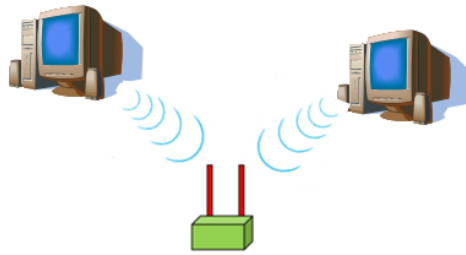
จากรูปที่ 2.1 เป็นการเชื่อมต่อแบบกลุ่มส่วนตัว ประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่ทำการติดต่อสื่อสารกัน โดยไม่ต้องผ่านจุดเข้าถึงเครือข่าย ข้อดีคือ ติดตั้งง่าย และสะดวกต่อการบริหารจัดการ แต่การเชื่อมต่อแบบกลุ่มส่วนตัวมีข้อเสียในด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล เนื่องจากไม่มีระบบการป้องกันในรูปแบบของ บัญชีผู้ใช้ และรหัสผ่าน



รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อแบบกลุ่มส่วนตัว

- การเชื่อมต่อแบบกลุ่มโครงสร้าง

การเชื่อมต่อแบบกลุ่มโครงสร้าง (Infrastructure) เป็นการเชื่อมต่อกันผ่านอุปกรณ์กระจายสัญญาณซึ่งเป็นตัวกลางทำหน้าที่รับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครือข่ายไร้สายไปยังเครือข่ายมีสาย โดยตัวกระจายสัญญาณหนึ่งตัวมีขีดจำกัดในการรองรับจำนวนผู้ใช้งาน หากมีจำนวนผู้ใช้งานมากจะมีผลทำให้ความเร็วของการสื่อสารเครือข่ายไร้สายช้าลง แต่ปัจจุบันนี้การเชื่อมต่อแบบกลุ่มโครงสร้างเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากจุดเด่นในด้านความเร็วของการสื่อสารตลอดจนความปลอดภัยในการสื่อสาร ดังแสดงในรูปที่ 2.2 เป็นการเชื่อมต่อแบบกลุ่มโครงสร้าง โดยในการติดต่อสื่อสารของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย จะต้องผ่านจุดเชื่อมต่อสัญญาณเป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน ข้อดีคือ มีความปลอดภัยในการสื่อสารข้อมูล เนื่องจากมีระบบป้องกันในรูปแบบบัญชีผู้ใช้ และการเข้ารหัส



รูปที่ 2.2 การเชื่อมต่อแบบกลุ่มโครงสร้าง

2.3.2 เทคโนโลยีที่ใช้ในการส่งสัญญาณไร้สาย

เทคโนโลยีที่ใช้ในการส่งสัญญาณไร้สาย แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- แบบที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุ แบ่งเป็น

Narrow Band Technology: เป็นการรับ-ส่งที่ความถี่ 902 MHz ถึง 928 MHz 2.14 MHz ถึง 2.484 MHz และ 5.725 MHz ถึง 5.850 MHz ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูล ระหว่างต้นทางกับปลายทางเพียงหนึ่งคู่เท่านั้น

Spread Spectrum Technology: เป็นเทคโนโลยีที่นิยมใช้มาก ซึ่งใช้ความถี่ที่กว้างกว่า narrow band technology โดย spread spectrum คือ ช่วงความถี่ระหว่าง 902-928 MHz และ 2.4 – 2.484 GHz

- แบบที่ใช้สัญญาณอินฟราเรดในการติดต่อ รับ-ส่งข้อมูล

ลำแสงอินฟราเรด (Infrared:IR) เป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยเราไม่สามารถมองเห็นได้ เนื่องจากอยู่ในย่านความถี่ของแสงที่ต่ำกว่าแสงสีแดงที่เรามองเห็นได้ ถูกนำมาใช้เพื่อการสื่อสารระยะใกล้ จุดเด่นคือ คลื่นเดินทางเป็นแนวตรง ราคาถูก และง่ายต่อการใช้งาน แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถทะลุผ่านวัตถุหรือสิ่งกีดขวางได้

2.3.3 มาตรฐานที่ใช้ในเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

องค์กรที่กำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คือ IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineer) ได้กำหนดมาตรฐานเครือข่ายไร้สาย โดยใช้การกำหนดตัวเลข 802.11 แล้วตามด้วยตัวอักษร เช่น 802.11a 802.11b 802.11g และ 802.11n เป็นต้น ตัวอักษรต่อท้ายจะหมายถึงกลุ่มที่กำหนดมาตรฐาน โดยในแต่ละกลุ่มจะทำการพัฒนาขีดความสามารถของระบบให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม

- มาตรฐาน IEEE 802.11b เรียกว่า Wi-Fi หรือการสื่อสารไร้สายความเร็วสูงใช้เทคโนโลยี CCK (Complimentary Code Keying) ผสมกับ DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) เพื่อปรับปรุงความสามารถของอุปกรณ์ให้รับส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงสุดที่ 11 Mbps ผ่านคลื่นความถี่

วิทยุ 2.4 GHz (เป็นย่านความถี่ที่เรียกว่า ISM (Industrial Scientific and Medical) ซึ่งถูกจัดสรรไว้สำหรับการใช้งานในด้านอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์ และการแพทย์ โดยไม่ต้องขออนุญาตก่อนนำไปใช้งาน โดยอุปกรณ์ที่ใช้งานในย่านความถี่นี้ได้แก่ Bluetooth โทรศัพท์ไร้สาย และเตาไมโครเวฟ) ส่วนใหญ่แล้วอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ทุกวันนี้จะเป็นอุปกรณ์ตามมาตรฐาน IEEE 802.11b ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในนาม Wi-Fi เป็นเครื่องหมายการค้าถูกกำหนดขึ้นโดยสมาคม WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) โดยอุปกรณ์ที่ได้รับเครื่องหมายการค้าดังกล่าว หากผ่านการตรวจสอบแล้วพบว่า เป็นไปตามมาตรฐาน IEEE 802.11b และสามารถนำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์ยี่ห้ออื่นๆ ได้จะมีเครื่องหมายดังกล่าวแสดงในรูปที่ 2.3 ติดอยู่ที่อุปกรณ์ตัวนั้นซึ่งแสดงถึงสัญลักษณ์ Wireless Fidelity: Wi-Fi หมายถึง ชุดผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่สามารถใช้ได้กับมาตรฐานเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย (WLAN) ซึ่งอยู่บนมาตรฐาน IEEE 802.11



รูปที่ 2.1 เครื่องหมาย Wi-Fi

- มาตรฐาน IEEE 802.11a ใช้เทคโนโลยี OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) โดยมีการปรับปรุงความสามารถของอุปกรณ์ให้รับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วที่เพิ่มขึ้นประมาณ 54 Mbps แต่จะใช้งานที่ความถี่ 5 GHz ซึ่งเป็นย่านความถี่สาธารณะที่ใช้งานในประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีสัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์อื่นน้อยกว่าในย่าน 2.4 GHz ข้อเสียของมาตรฐานนี้คือ ในบางประเทศยังไม่มีใบอนุญาตให้ใช้งานย่านความถี่ดังกล่าว เช่นประเทศไทย เนื่องจากย่านความถี่ 5 GHz ได้ถูกจัดสรรสำหรับกิจการอื่นอยู่ก่อนแล้ว นอกจากนี้รัศมีของสัญญาณมีขนาดเล็กค่อนข้างสั้น (ประมาณ 30 เมตร) ซึ่งสั้นกว่ารัศมีสัญญาณของอุปกรณ์มาตรฐาน IEEE 802.11b อีกทั้งราคาของอุปกรณ์ค่อนข้างสูงกว่ามาตรฐาน IEEE 802.11b ดังนั้น อุปกรณ์ IEEE 802.11a จึงได้รับความนิยมน้อยกว่าอุปกรณ์ IEEE 802.11b

- มาตรฐาน IEEE 802.11g สนับสนุนความเร็วในช่วงเดียวกับ IEEE 802.11a แต่มีคุณสมบัติ backward compatibility โดยใช้เทคนิคการแปลงสัญญาณแบบ OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) อุปกรณ์ IEEE 802.11g นี้สามารถทำงานร่วมกันกับอุปกรณ์ IEEE 802.11a และ IEEE 802.11b ได้ ด้วยเหตุนี้บริษัทผู้ผลิตจึงได้ผลิตอุปกรณ์ IEEE 802.11g ให้

สามารถทำงานร่วมกับ IEEE 802.11a IEEE 802.11b ส่งผลให้ปัจจุบันนี้อุปกรณ์ IEEE 802.11g ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก

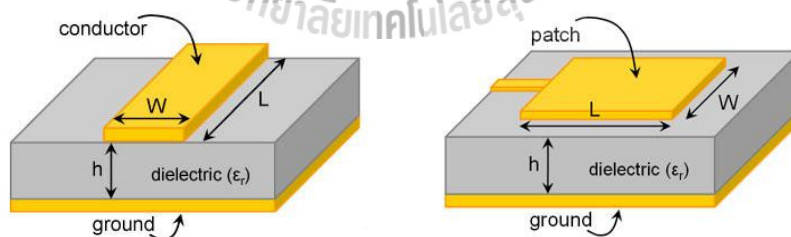
2.3.4 ข้อดีของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

- สามารถเข้าถึงบทเรียน Online ต่างๆ ได้ สามารถสืบค้นข้อมูลบนอินเทอร์เน็ต จากจุดใดจุดหนึ่งของมหาวิทยาลัยได้ และไม่จำเป็นต้องรอเข้าใช้ห้องบริการคอมพิวเตอร์ของ มหาวิทยาลัย สามารถใช้จากจุดใดก็ได้ที่สัญญาณเครือข่ายไร้สายไปถึง ช่วยให้เราสามารถใช้งานได้ สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น
- ลดค่าใช้จ่ายในการเดินสายสัญญาณให้เข้าถึงจุดบริการต่างๆ มากขึ้นและ สามารถให้บริการในจุดบริการที่สายสัญญาณไม่สามารถเข้าถึงได้
- สามารถเฝ้าตรวจสอบระบบ และปรับเปลี่ยนแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับระบบ เครือข่ายจากจุดก็ได้ ทำให้สะดวกและรวดเร็วต่อการจัดการมากขึ้น

2.3.5 ข้อเสียของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

- เกิดจุดอับสัญญาณบางจุดที่สัญญาณไร้สายเข้าไปไม่ถึง
- ปัญหาทางด้านความปลอดภัยในระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย
- สัญญาณแทรกสอดจากคลื่นหลายวิถี และสัญญาณรบกวน

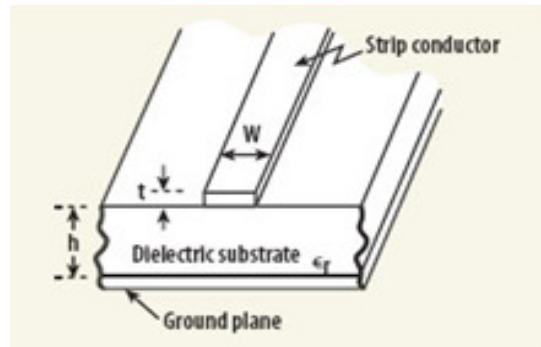
2.4 ทฤษฎีสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริป



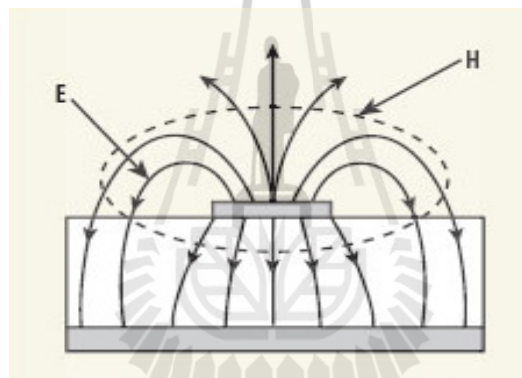
รูปที่ 2.4 สายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริป

สายส่งสัญญาณไมโครสตริปประกอบไปด้วย ตัวนำไฟฟ้าแบบแผ่น และระนาบกราวด์โดย มีไดอิเล็กตริกอยู่ตรงกลาง ดังที่แสดงในรูปที่ 2.4 โดยค่าไดอิเล็กตริกนี้จะอยู่ตรงกลางระหว่าง ตัวนำไฟฟ้าแบบแผ่นและระนาบกราวด์ ในการออกแบบสายส่งสัญญาณไมโครสตริปนี้จะมี

พารามิเตอร์ที่สำคัญ คือ ความกว้างของตัวนำไฟฟ้าแบบแผ่น (W) ความสูงของฐานรองรับ (h) ความหนาของตัวนำไฟฟ้าแบบแผ่น และค่าของค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าของวัสดุ (ϵ_r) เป็นต้น



รูปที่ 2.5 สายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริป



รูปที่ 2.6 การแผ่กระจายคลื่นของสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริป

สนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปดังที่แสดงในรูปที่ 2.5 ไม่ได้บรรจุอยู่ในชั้นของฐานรองรับ แต่การแผ่กระจายคลื่นจะแผ่ออกไปข้างนอกของสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปดังที่แสดงในรูปที่ 2.6 ดังนั้นการแผ่กระจายในสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปจะไม่ใช่โหมด TEM แต่จะเป็น Quasi-TEM ความเร็วเฟสของสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$v_p = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_{re}}} \quad (2.1)$$

เมื่อ ค่าของ c คือ ความเร็วแสง
ค่าของ ϵ_{re} คือ ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าของวัสดุ

การหาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

1. คำนวณหาความกว้างและความยาวสายป้อนสัญญาณ (feed) ของสายอากาศไมโคร-สตริป

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1}} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right) \quad (2.2)$$

$$\frac{W}{h} = \frac{8e^A}{e^{2(A)} - 2} \quad (2.3)$$

$$\epsilon_e = \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \right) \times \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{W}}} \quad (2.4)$$

$$l = \frac{90 \left(\frac{\pi}{180} \right)}{\sqrt{\epsilon_e} k_0}, k_0 = \frac{2\pi f}{c} \quad (2.5)$$

2. คำนวณหาความกว้างและความยาวแพทช์ (patch) ของสายอากาศไมโครสตริป

$$W = \frac{1}{2f \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \left(\sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \right) = \frac{c}{2f} \left(\sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \right) \quad (2.6)$$

$$\Delta L = (0.412) \left[\frac{(\epsilon_e + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_e - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \right] \quad (2.7)$$

$$L = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_e}} - 2\Delta L \quad (2.8)$$

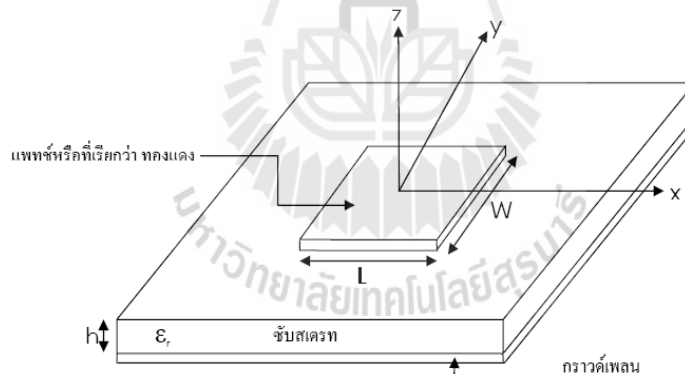
ผลที่ได้จากการคำนวณ คือ ความกว้างและความยาวของตัวนำไฟฟ้าแบบแผ่น (patch) ความกว้างและความยาวของตัวป้อนสัญญาณ (feed) ความสูงของฐานรองรับ (h) ความหนาของตัวนำไฟฟ้าแบบแผ่น สามารถนำค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ไปใช้ในการออกแบบสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปได้

2.5 ทฤษฎีสายอากาศ

2.5.1 สายอากาศไมโครสตริป

สายอากาศแบบไมโครสตริป ได้เริ่มถูกใช้งานครั้งแรกเมื่อ พ.ศ.๒๕๑๓ แม้ว่าแนวความคิดครั้งแรกจะเกิดขึ้นโดย G.A. Deschamps ตั้งแต่เมื่อปี พ.ศ.๒๔๙๖ และถูกจดสิทธิบัตรไปตั้งแต่ในปี พ.ศ.๒๔๙๘ สาเหตุที่ในช่วงแรกไม่มีการพัฒนาไปใช้งาน เนื่องจากสายอากาศชนิดนี้มีประสิทธิภาพต่ำมาก แต่มีข้อดีตรงที่ขนาดเล็ก ซึ่งเหมาะกับงานด้านความถี่สูง UHF ขึ้นไป กล่าวได้ว่าสายอากาศชนิดนี้เป็นการพัฒนารูปแบบหนึ่งของสายอากาศเพื่อใช้งานกับอุปกรณ์ขนาดเล็ก เช่น โทรศัพท์มือถือ ลักษณะอุปกรณ์จึงแบนคล้ายกับแผ่นทองแดงทั่วไปและเนื่องจากถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับความถี่ใดความถี่หนึ่งโดยเฉพาะรูปร่างจึงอิงตามความเหมาะสมของความถี่ใช้งานเป็นหลักและรูปร่างจะแตกต่างกันไป เนื่องจากสายอากาศชนิดนี้ออกแบบได้ง่ายที่สุด จึงมีนักวิจัยให้ความสนใจออกแบบเป็นอย่างมาก สายอากาศไมโครสตริปจะประกอบไปด้วย ส่วนที่เป็นแผ่นหรือที่เราเรียกว่า แพทช์ ซึ่งเป็นตัวนำ ซึ่งถูกแยกออกจากกันด้วยแผ่นระนาบกราวด์ที่มีความบาง และมีลักษณะเป็นชั้นหรือที่เรียกว่า ชั้นสเตรทของสาร ไดอิเล็กตริก ดังที่ได้แสดงไว้ในดังที่แสดงในรูปที่

2.12



รูปที่ 2.7 โครงสร้างทั่วไปของสายอากาศไมโครสตริป

โดยที่ W คือ ความยาวของแพทช์

L คือ ความกว้างของแพทช์

h คือ ความสูงของชั้นสเตรท

ϵ_r คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ ของชั้นสเตรท

คุณสมบัติที่พิเศษกว่าสายอากาศชนิดอื่นๆ มีดังนี้

- น้ำหนักเบา
- ขนาดเล็ก
- สามารถนำมาตัดแปลงรูปร่างให้สมมูลย์ได้
- ราคาถูก
- การผลิตง่าย
- สามารถทำให้บางได้
- มีค่า scattering cross section ต่ำ
- ไม่ต้องมี cavity backing
- ติดตั้งได้ง่ายกว่า

ข้อเสียของสายอากาศไมโครสตริป

- แบนด์วิดท์แคบ (narrow bandwidth)
- มีการสูญเสียมากซึ่งส่งผลให้ได้อัตราขยาย (gain) ต่ำ
- สายอากาศไมโครสตริปส่วนใหญ่จะมีการแผ่กระจายคลื่นเพียงครึ่งระนาบ

คาดว่าต่อไปในอนาคตจะมีการนำสายอากาศไมโครสตริปมาใช้อย่างกว้างขวางมากขึ้น เนื่องจากความหนาของ ไมโครสตริปบางมาก คลื่นที่เกิดขึ้นภายในสาร ไดอิเล็กทริก (คือสารที่อยู่ระหว่างสายอากาศแบบแพทช์และระนาบกราวด์ สามารถพิจารณาได้จากการสะท้อนกลับของคลื่นเมื่อคลื่น เคลื่อนที่มาถึงขอบของสตริปซึ่งเป็นเพียงกลุ่มเล็กๆที่แสดงถึง พลังงานที่ถูกแผ่กระจาย (fringing field) ดังนั้น สายอากาศที่พิจารณาจึงมีประสิทธิภาพต่ำ

ประเภทของสายอากาศแบบไมโครสตริป

สายอากาศแบบไมโครสตริปมีหลายประเภท แต่แบ่งตาม การใช้งาน ได้สามประเภทดังนี้

1. สายอากาศแบบแผ่กระจายคลื่นตามแนวกว้าง เพื่อการสื่อสาร ตามแนวกว้างของแผ่นทองแดง สายอากาศแบบนี้จะมีทิศทางการส่งสัญญาณตั้งฉากกับแผ่นทองแดง
2. สายอากาศที่แผ่กระจายคลื่นตามแนวยาวเพื่อการสื่อสารในทิศทางตัดขวางของแผ่นทองแดง สายอากาศแบบนี้จะมีทิศทางการส่งสัญญาณตามแนวเดียวกับแผ่นทองแดง
3. สายอากาศอื่นๆเป็นสายอากาศที่ออกแบบมาเฉพาะการใช้งานชนิดหนึ่งๆอาจมีมากกว่าสองทิศทางหรืออาจปรับเปลี่ยนทิศทางได้ตามความถี่ที่ใช้งาน

2.6 สายอากาศแบบพาราโบลา (Parabolic antenna)

สายอากาศตัวสะท้อนประเภทหนึ่ง ที่มีอัตราขยายสูง ใช้สำหรับการส่งสัญญาณวิทยุ โทรทัศน์ และการสื่อสารข้อมูลรวมทั้งระบบเรดาร์ บนช่วงความถี่เอชเอฟ (UHF) และเอสเอชเอฟ (SHF) โดยสายอากาศแบบพาราโบลา จะประกอบด้วยจานสะท้อน ที่เป็นรูปพาราโบลา และระบบป้อนสัญญาณ

สายอากาศแบบพาราโบลานั้น จากลักษณะของส่วนโค้ง จะทำให้สัญญาณทั้งหมดที่ตกลงมากระทบส่วนโค้งแล้วสะท้อนไปยังจุดโฟกัสเหนือจานรับสัญญาณ หากส่วนโค้งของจานมีความแน่นอนถูกต้อง ความแรงของสัญญาณก็จะถูกส่งไปยังวงจรถ่ายสัญญาณขั้นแรก หรือที่เรียกกันว่า LNB ก็จะมีมากขึ้น

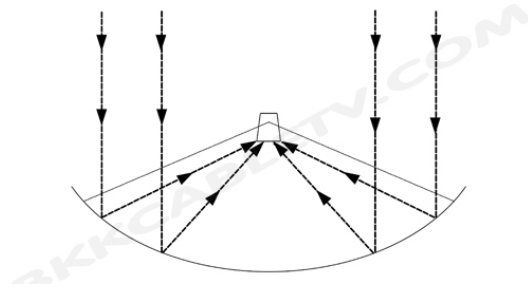
2.6.1 อัตราการขยายของจานรับสัญญาณ

สายอากาศที่มีรูปร่างคล้ายจานจะมีค่าแสดงตัวอัตราต่างๆ เหมือนกับสายอากาศแบบอื่นๆ เช่นกัน สิ่งหนึ่งที่กล่าวกันก็คือค่าอัตราการขยาย หรือที่มักจะเรียกทับศัพท์ภาษาอังกฤษกันเสมอว่า เกน (Gain) นั่นเอง

อัตราการขยายของสายอากาศก็คือ การวัดความสามารถของจานสายอากาศที่รับหรือส่งพลังงานออกไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง สิ่งที่จะกล่าวต่อไปนี้มีผลกระทบต่ออัตราการขยายของจานรับสัญญาณ ซึ่งถือว่าเป็นสายอากาศทั้งสิ้น ได้แก่

- 1) พื้นที่หน้าตัดของจานรับสัญญาณ (ไม่ใช่พื้นที่ผิวของจาน บางตำราใช้คำว่าพื้นที่ว่าช่องเปิด)
- 2) ช่องเปิดของ LNB หรือขนาดของรีเฟล็กเตอร์ย่อย (Sub-reflector)
- 3) ผิวของจานรับสัญญาณ
- 4) รีเฟล็กเตอร์ย่อยไม่อยู่ในตำแหน่งของโฟกัสที่ดีที่สุด
- 5) ความโค้งของผิวจานที่ไม่เป็นไปตามลักษณะพาราโบลา

หากเกิดสิ่งผิดปกติหรือข้อผิดพลาดจากปัจจัยทั้งห้านี้จะเป็นสามเหตุทำให้อัตราการขยายลดลง โดยจานรับสัญญาณแบบพาราโบลาจะมีค่าสัมประสิทธิ์ของประสิทธิภาพ (η) กำหนดเอาไว้เช่นเดียวกับสายอากาศแบบอื่นๆ เช่นกันซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของประสิทธิภาพ ของสายอากาศแบบพาราโบลาจะมีประมาณ 60 -75% ในในการออกแบบจานรับสัญญาณแบบพาราโบลานั้น



รูปที่ 2.8 การสะท้อนสัญญาณของการพาราโบลิก

2.7 กล่าวสรุป

ในการทำโครงการการออกแบบสายอากาศสำหรับตัวตรวจจับไร้สาย มีการนำหลักการของสายอากาศไมโครสตริปมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับงานพาราโบลิก ซึ่งก่อนที่จะทำการออกแบบและประกอบอุปกรณ์ต้นแบบ จำเป็นต้องศึกษาทฤษฎีพื้นฐานในเรื่องดังกล่าวให้มีความเข้าใจเป็นอย่างดี เพราะอุปกรณ์แต่ละชนิดนั้นจะต้องนำมาประกอบเป็นส่วนเดียวกันและทำการสื่อสารติดต่อกันได้ เพื่อให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ของโครงการ



บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

โครงการการออกแบบสายอากาศสำหรับตัวตรวจจับไร้สายนี้ได้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องสายอากาศไมโครสตริป เพื่อนำมาใช้กับอุปกรณ์ทางการสื่อสาร ในด้านการรับส่งสัญญาณในระยะไกล เพื่อความเหมาะสมในการรับส่งคลื่นให้ได้ตลอดทุกพื้นที่ที่ติดตั้ง จึงได้มีการประยุกต์ใช้สายอากาศไมโครสตริปร่วมกับงานสะท้อนแบบพาราโบลิก เพื่อเพิ่มอัตราขยายและช่วยในเรื่องการสะท้อนคลื่น โดยจะถูกนำมาเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการพื้นฐานที่เกี่ยวข้องในแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

2.2 ทฤษฎีระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network)

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ในปัจจุบันได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีข้อดีที่เหนือกว่าระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ที่ใช้สายนำสัญญาณในการส่งข้อมูลหลายข้อด้วยกัน เช่น การติดตั้งที่สะดวกโดยไม่ต้องติดตั้งสายนำสัญญาณและสามารถติดตั้งตัวเซ็นเซอร์และเครือข่ายเพิ่มเติมได้ง่าย โดยทำการเชื่อมต่อด้วยคลื่นวิทยุเข้ากับระบบเดิมที่มีอยู่ ซึ่งสามารถทำได้โดยการติดตั้งตัวเซ็นเซอร์ที่ตำแหน่งที่ต้องการตรวจจับในขอบเขตของสัญญาณวิทยุของเครือข่ายครอบคลุมถึง นอกจากนี้ยังช่วยลดต้นทุนของระบบ เนื่องจากไม่ต้องใช้สายนำสัญญาณ อีกทั้งปัจจุบันเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายได้ถูกพัฒนาให้มีขนาดเล็กลงมาก ประกอบกับราคาซึ่งไม่สูงมากนัก เหมาะสมกับการใช้งานในระบบที่ต้องการการส่งข้อมูลที่มีจำนวนข้อมูลไม่มาก สำหรับระบบที่มีการนำเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายมาใช้ ถูกแบ่งออกตามการประยุกต์ใช้งาน ตัวอย่างเช่น

- การตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม (Environment detection) เช่น การตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น
- ใช้ในระบบติดตาม (Tracking) เช่น ในระบบการจัดการการจราจร ระบบการจราจรอัจฉริยะ ระบบการจัดการและติดตามรถโดยสารประจำทาง เป็นต้น
- การประยุกต์ใช้งานด้านวิทยาศาสตร์ (Science applications) ในสภาพแวดล้อมที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ เช่น การตรวจจับสารกัมมันตรังสี ก๊าซพิษและเชื้อโรค เป็นต้น

2.2.1 ความหมายของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย Wireless Sensor Networks (WSN) คือการใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์ (sensor) เล็กๆจำนวนมากเพื่อตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆของสิ่งแวดล้อมที่เราสนใจและประมวลผลข้อมูลเหล่านั้นเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวเราหรือตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้โดยอัตโนมัติ เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเกิดขึ้นจากการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวและการสื่อสารไร้สายที่ส่งผ่านข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์โหนดด้วยรูปแบบเครือข่ายแบบ ad-hoc จุดเด่นของเครือข่ายเซ็นเซอร์ที่อาศัยโปรโตคอลแบบ ad-hoc คือ ไม่จำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์พื้นฐานสำหรับเครือข่ายเช่นเดียวกับเครือข่ายแบบ WLAN หรือ GSM นอกจากนี้การออกแบบเซ็นเซอร์โหนดให้มีขนาดเล็กและใช้พลังงานน้อยทำให้สามารถติดตั้งได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์จึงได้ถูกคาดการณ์ว่าจะเป็นเทคโนโลยีหลักในการขับเคลื่อนสู่ยุคของคอมพิวเตอร์ทุกแห่งหน (ubiquitous computing, pervasive computing) ด้วยการสร้างสภาพแวดล้อมประดิษฐ์ในรอบๆตัวของเราทุกคน

2.2.2 อุปกรณ์พื้นฐานของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ขนาดเล็กมาก เรียกว่า mote ซึ่งได้รับการพัฒนาจากบริษัท Intel และ University of California (UC) at Berkeley ตัว mote เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กสำหรับวัดอุณหภูมิความชื้นหรือสถานะแวดล้อมอื่น ๆ มันทำงานโดยใช้แบตเตอรี่ธรรมดาและสื่อสารกับ mote ตัวอื่นที่อยู่ใกล้เคียงโดยใช้ ad hoc wireless network ซึ่งข้อมูลจะถูกส่งผ่านระหว่าง mote ด้วยกันเองจนกระทั่งถึงจุดหมายซึ่งอาจเป็นคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆสำหรับรวบรวมข้อมูลที่วัดได้ งานของมันเองซึ่งมีอยู่จำกัดด้วยเหตุนี้ผู้พัฒนา mote จึงต้องออกแบบระบบ hardware และ software รวมถึงระบบการสื่อสารของ mote ให้ทำงานโดยใช้พลังงานน้อยที่สุด นอกจากนี้ในแง่ของการใช้งาน ผู้พัฒนาเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายต้องสร้างเครื่องมือที่ทำให้ผู้ใช้ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องมีความรู้ขั้นสูงทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ (computer engineering) สามารถใช้งานและสร้าง WSN applications โดยง่ายด้วย

2.3 ทฤษฎีระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

ทฤษฎีระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย (Wireless Local Area Network: WLAN) เป็นระบบการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง หรือ กลุ่มของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้คลื่นความถี่วิทยุเป็นตัวกลางหรือช่องทางการสื่อสารระหว่างกัน ซึ่งเป็นการแทนที่ระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบมีสายระบบเดิม (Local Area Network: LAN) ที่ใช้สายในการเชื่อมต่อกัน ทำให้ไม่ต้องมีการเดินสายส่งสัญญาณ และยังส่งผลไปยังผู้ใช้งานให้สามารถใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น

2.3.1 รูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

- การเชื่อมต่อแบบกลุ่มส่วนตัว

การเชื่อมต่อแบบกลุ่มส่วนตัว (Peer-to-Peer หรือ Ad Hoc Mode) เป็นการเชื่อมต่อกันโดยตรงระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์กระจายสัญญาณ (access point) เหมาะในการใช้งานเกี่ยวกับงานที่ต้องการความรวดเร็วและความสะดวกในการติดตั้งเมื่อไม่มีโครงสร้างพื้นฐานรองรับในสถานที่นั้นๆ เช่น การประชุมนอกสถานที่

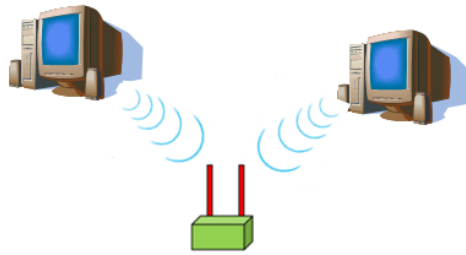
จากรูปที่ 2.1 เป็นการเชื่อมต่อแบบกลุ่มส่วนตัว ประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่ทำการติดต่อสื่อสารกัน โดยไม่ต้องผ่านจุดเข้าถึงเครือข่าย ข้อดีคือ ติดตั้งง่าย และสะดวกต่อการบริหารจัดการ แต่การเชื่อมต่อแบบกลุ่มส่วนตัวมีข้อเสียในด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล เนื่องจากไม่มีระบบการป้องกันในรูปแบบของ บัญชีผู้ใช้ และรหัสผ่าน



รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อแบบกลุ่มส่วนตัว

- การเชื่อมต่อแบบกลุ่มโครงสร้าง

การเชื่อมต่อแบบกลุ่มโครงสร้าง (Infrastructure) เป็นการเชื่อมต่อกันผ่านอุปกรณ์กระจายสัญญาณซึ่งเป็นตัวกลางทำหน้าที่รับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครือข่ายไร้สายไปยังเครือข่ายมีสาย โดยตัวกระจายสัญญาณหนึ่งตัวมีขีดจำกัดในการรองรับจำนวนผู้ใช้งาน หากมีจำนวนผู้ใช้งานมากจะมีผลทำให้ความเร็วของการสื่อสารเครือข่ายไร้สายช้าลง แต่ปัจจุบันนี้การเชื่อมต่อแบบกลุ่มโครงสร้างเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากจุดเด่นในด้านความเร็วของการสื่อสารตลอดจนความปลอดภัยในการสื่อสาร ดังแสดงในรูปที่ 2.2 เป็นการเชื่อมต่อแบบกลุ่มโครงสร้าง โดยในการติดต่อสื่อสารของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย จะต้องผ่านจุดเชื่อมต่อสัญญาณเป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน ข้อดีคือ มีความปลอดภัยในการสื่อสารข้อมูล เนื่องจากมีระบบป้องกันในรูปแบบบัญชีผู้ใช้ และการเข้ารหัส



รูปที่ 2.2 การเชื่อมต่อแบบกลุ่มโครงสร้าง

2.3.2 เทคโนโลยีที่ใช้ในการส่งสัญญาณไร้สาย

เทคโนโลยีที่ใช้ในการส่งสัญญาณไร้สาย แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- แบบที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุ แบ่งเป็น

Narrow Band Technology: เป็นการรับ-ส่งที่ความถี่ 902 MHz ถึง 928 MHz 2.14 MHz ถึง 2.484 MHz และ 5.725 MHz ถึง 5.850 MHz ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูล ระหว่างต้นทางกับปลายทางเพียงหนึ่งคู่เท่านั้น

Spread Spectrum Technology: เป็นเทคโนโลยีที่นิยมใช้มาก ซึ่งใช้ความถี่ที่กว้างกว่า narrow band technology โดย spread spectrum คือ ช่วงความถี่ระหว่าง 902-928 MHz และ 2.4 – 2.484 GHz

- แบบที่ใช้สัญญาณอินฟราเรดในการติดต่อ รับ-ส่งข้อมูล

ลำแสงอินฟราเรด (Infrared:IR) เป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยเราไม่สามารถมองเห็นได้ เนื่องจากอยู่ในย่านความถี่ของแสงที่ต่ำกว่าแสงสีแดงที่เรามองเห็นได้ ถูกนำมาใช้เพื่อการสื่อสารระยะใกล้ จุดเด่นคือ คลื่นเดินทางเป็นแนวตรง ราคาถูก และง่ายต่อการใช้งาน แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถทะลุผ่านวัตถุหรือสิ่งกีดขวางได้

2.3.3 มาตรฐานที่ใช้ในเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

องค์กรที่กำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คือ IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineer) ได้กำหนดมาตรฐานเครือข่ายไร้สาย โดยใช้การกำหนดตัวเลข 802.11 แล้วตามด้วยตัวอักษร เช่น 802.11a 802.11b 802.11g และ 802.11n เป็นต้น ตัวอักษรต่อท้ายจะหมายถึงกลุ่มที่กำหนดมาตรฐาน โดยในแต่ละกลุ่มจะทำการพัฒนาขีดความสามารถของระบบให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม

- มาตรฐาน IEEE 802.11b เรียกว่า Wi-Fi หรือการสื่อสารไร้สายความเร็วสูงใช้เทคโนโลยี CCK (Complimentary Code Keying) ผสมกับ DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) เพื่อปรับปรุงความสามารถของอุปกรณ์ให้รับส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงสุดที่ 11 Mbps ผ่านคลื่นความถี่

วิทยุ 2.4 GHz (เป็นย่านความถี่ที่เรียกว่า ISM (Industrial Scientific and Medical) ซึ่งถูกจัดสรรไว้สำหรับการใช้งานในด้านอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์ และการแพทย์ โดยไม่ต้องขออนุญาตก่อนนำไปใช้งาน โดยอุปกรณ์ที่ใช้งานในย่านความถี่นี้ได้แก่ Bluetooth โทรศัพท์ไร้สาย และเตาไมโครเวฟ) ส่วนใหญ่แล้วอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ทุกวันนี้จะเป็นอุปกรณ์ตามมาตรฐาน IEEE 802.11b ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในนาม Wi-Fi เป็นเครื่องหมายการค้าถูกกำหนดขึ้นโดยสมาคม WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) โดยอุปกรณ์ที่ได้รับเครื่องหมายการค้าดังกล่าว หากผ่านการตรวจสอบแล้วพบว่า เป็นไปตามมาตรฐาน IEEE 802.11b และสามารถนำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์ยี่ห้ออื่นๆ ได้จะมีเครื่องหมายดังแสดงในรูปที่ 2.3 ติดอยู่ที่อุปกรณ์ตัวนั้นซึ่งแสดงถึงสัญลักษณ์ Wireless Fidelity: Wi-Fi หมายถึง ชุดผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่สามารถใช้ได้กับมาตรฐานเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย (WLAN) ซึ่งอยู่บนมาตรฐาน IEEE 802.11



รูปที่ 2.1 เครื่องหมาย Wi-Fi

- มาตรฐาน IEEE 802.11a ใช้เทคโนโลยี OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) โดยมีการปรับปรุงความสามารถของอุปกรณ์ให้รับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วที่เพิ่มขึ้นประมาณ 54 Mbps แต่จะใช้งานที่ความถี่ 5 GHz ซึ่งเป็นย่านความถี่สาธารณะที่ใช้งานในประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีสัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์อื่นน้อยกว่าในย่าน 2.4 GHz ข้อเสียของมาตรฐานนี้คือ ในบางประเทศยังไม่มีการอนุญาตให้ใช้งานย่านความถี่ดังกล่าว เช่นประเทศไทย เนื่องจากย่านความถี่ 5 GHz ได้ถูกจัดสรรสำหรับกิจการอื่นอยู่ก่อนแล้ว นอกจากนี้รัศมีของสัญญาณมีขนาดเล็กค่อนข้างสั้น (ประมาณ 30 เมตร) ซึ่งสั้นกว่ารัศมีสัญญาณของอุปกรณ์มาตรฐาน IEEE 802.11b อีกทั้งราคาของอุปกรณ์ค่อนข้างสูงกว่ามาตรฐาน IEEE 802.11b ดังนั้น อุปกรณ์ IEEE 802.11a จึงได้รับความนิยมน้อยกว่าอุปกรณ์ IEEE 802.11b

- มาตรฐาน IEEE 802.11g สนับสนุนความเร็วในช่วงเดียวกับ IEEE 802.11a แต่มีคุณสมบัติ backward compatibility โดยใช้เทคนิคการแปลงสัญญาณแบบ OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) อุปกรณ์ IEEE 802.11g นี้สามารถทำงานร่วมกันกับอุปกรณ์ IEEE 802.11a และ IEEE 802.11b ได้ ด้วยเหตุนี้บริษัทผู้ผลิตจึงได้ผลิตอุปกรณ์ IEEE 802.11g ให้

สามารถทำงานร่วมกับ IEEE 802.11a IEEE 802.11b ส่งผลให้ปัจจุบันนี้อุปกรณ์ IEEE 802.11g ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก

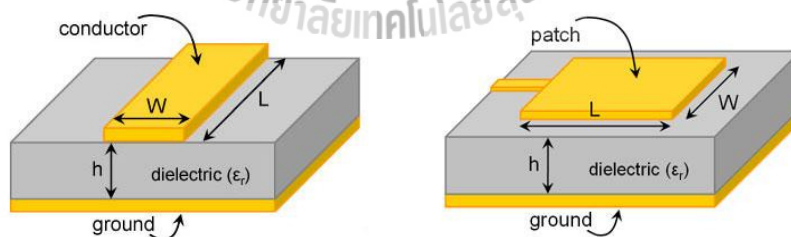
2.3.4 ข้อดีของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

- สามารถเข้าถึงบทเรียน Online ต่างๆ ได้ สามารถสืบค้นข้อมูลบนอินเทอร์เน็ต จากจุดใดจุดหนึ่งของมหาวิทยาลัยได้ และไม่จำเป็นต้องรอเข้าใช้ห้องบริการคอมพิวเตอร์ของ มหาวิทยาลัย สามารถใช้จากจุดใดก็ได้ที่สัญญาณเครือข่ายไร้สายไปถึง ช่วยให้เราสามารถใช้งานได้ สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น
- ลดค่าใช้จ่ายในการเดินสายสัญญาณให้เข้าถึงจุดบริการต่างๆ มากขึ้นและ สามารถให้บริการในจุดบริการที่สายสัญญาณไม่สามารถเข้าถึงได้
- สามารถเฝ้าตรวจสอบระบบ และปรับเปลี่ยนแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับระบบ เครือข่ายจากจุดก็ได้ ทำให้สะดวกและรวดเร็วต่อการจัดการมากขึ้น

2.3.5 ข้อเสียของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

- เกิดจุดอับสัญญาณบางจุดที่สัญญาณไร้สายเข้าไปไม่ถึง
- ปัญหาทางด้านความปลอดภัยในระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย
- สัญญาณแทรกสอดจากคลื่นหลายวิถี และสัญญาณรบกวน

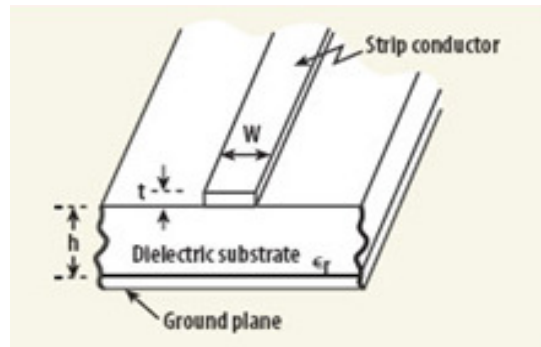
2.4 ทฤษฎีสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริป



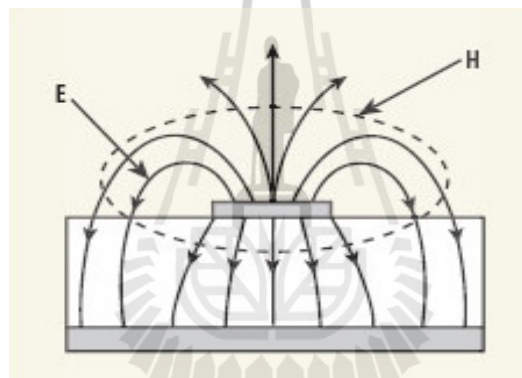
รูปที่ 2.4 สายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริป

สายส่งสัญญาณไมโครสตริปประกอบไปด้วย ตัวนำไฟฟ้าแบบแผ่น และระนาบกราวด์โดย มีไดอิเล็กตริกอยู่ตรงกลาง ดังที่แสดงในรูปที่ 2.4 โดยค่าไดอิเล็กตริกนี้จะอยู่ตรงกลางระหว่าง ตัวนำไฟฟ้าแบบแผ่นและระนาบกราวด์ ในการออกแบบสายส่งสัญญาณไมโครสตริปนี้จะมี

พารามิเตอร์ที่สำคัญ คือ ความกว้างของตัวนำไฟฟ้าแบบแผ่น (W) ความสูงของฐานรองรับ (h) ความหนาของตัวนำไฟฟ้าแบบแผ่น และค่าของค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าของวัสดุ (ϵ_r) เป็นต้น



รูปที่ 2.5 สายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริป



รูปที่ 2.6 การแผ่กระจายคลื่นของสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริป

สนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปดังที่แสดงในรูปที่ 2.5 ไม่ได้บรรจุอยู่ในชั้นของฐานรองรับ แต่การแผ่กระจายคลื่นจะแผ่ออกไปข้างนอกของสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปดังที่แสดงในรูปที่ 2.6 ดังนั้นการแผ่กระจายในสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปจะไม่ใช่โหมด TEM แต่จะเป็น Quasi-TEM ความเร็วเฟสของสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$v_p = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_{re}}} \quad (2.1)$$

เมื่อ ค่าของ c คือ ความเร็วแสง
ค่าของ ϵ_{re} คือ ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้าของวัสดุ

การหาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

1. คำนวณหาความกว้างและความยาวสายป้อนสัญญาณ (feed) ของสายอากาศไมโคร-สตริป

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1}} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right) \quad (2.2)$$

$$\frac{W}{h} = \frac{8e^A}{e^{2(A)} - 2} \quad (2.3)$$

$$\epsilon_e = \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \right) \times \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{W}}} \quad (2.4)$$

$$l = \frac{90 \left(\frac{\pi}{180} \right)}{\sqrt{\epsilon_e} k_0}, k_0 = \frac{2\pi f}{c} \quad (2.5)$$

2. คำนวณหาความกว้างและความยาวแพทช์ (patch) ของสายอากาศไมโครสตริป

$$W = \frac{1}{2f \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \left(\sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \right) = \frac{c}{2f} \left(\sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \right) \quad (2.6)$$

$$\Delta L = (0.412) \left[\frac{(\epsilon_e + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_e - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \right] \quad (2.7)$$

$$L = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_e}} - 2\Delta L \quad (2.8)$$

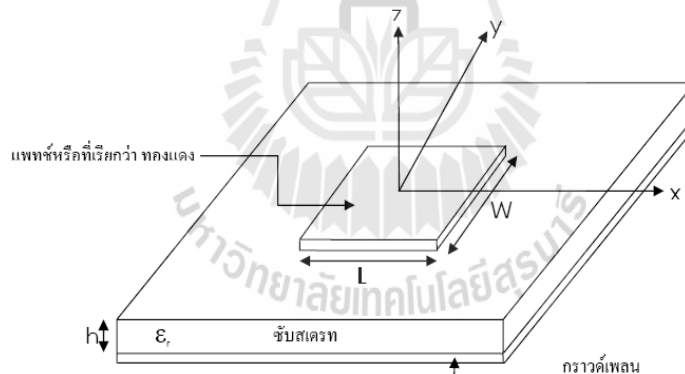
ผลที่ได้จากการคำนวณ คือ ความกว้างและความยาวของตัวนำไฟฟ้าแบบแผ่น (patch) ความกว้างและความยาวของตัวป้อนสัญญาณ (feed) ความสูงของฐานรองรับ (h) ความหนาของตัวนำไฟฟ้าแบบแผ่น สามารถนำค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ไปใช้ในการออกแบบสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปได้

2.5 ทฤษฎีสายอากาศ

2.5.1 สายอากาศไมโครสตริป

สายอากาศแบบไมโครสตริป ได้เริ่มถูกใช้งานครั้งแรกเมื่อ พ.ศ.๒๕๑๓ แม้ว่าแนวความคิดครั้งแรกจะเกิดขึ้นโดย G.A. Deschamps ตั้งแต่เมื่อปี พ.ศ.๒๔๕๖ และถูกจดสิทธิบัตรไปตั้งแต่ในปี พ.ศ.๒๔๕๘ สาเหตุที่ในช่วงแรกไม่มีการพัฒนาไปใช้งาน เนื่องจากสายอากาศชนิดนี้มีประสิทธิภาพต่ำมาก แต่มีข้อดีตรงที่ขนาดเล็ก ซึ่งเหมาะกับงานด้านความถี่สูง UHF ขึ้นไป กล่าวได้ว่าสายอากาศชนิดนี้เป็นการพัฒนารูปแบบหนึ่งของสายอากาศเพื่อใช้งานกับอุปกรณ์ขนาดเล็ก เช่น โทรศัพท์มือถือ ลักษณะอุปกรณ์จึงแบนคล้ายกับแผ่นทองแดงทั่วไปและเนื่องจากถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับความถี่ใดความถี่หนึ่งโดยเฉพาะรูปร่างจึงอิงตามความเหมาะสมของความถี่ใช้งานเป็นหลักและรูปร่างจะแตกต่างกันไป เนื่องจากสายอากาศชนิดนี้ออกแบบได้ง่ายที่สุด จึงมีนักวิจัยให้ความสนใจออกแบบเป็นอย่างมาก สายอากาศไมโครสตริปจะประกอบไปด้วย ส่วนที่เป็นแผ่นหรือที่เราเรียกว่า แพทช์ ซึ่งเป็นตัวนำ ซึ่งถูกแยกออกจากกันด้วยแผ่นระนาบกราวด์ที่มีความบาง และมีลักษณะเป็นชั้นหรือที่เรียกว่า ชั้นสเตรทของสาร ไดอิเล็กทริก ดังที่ได้แสดงไว้ในดังที่แสดงในรูปที่

2.12



รูปที่ 2.7 โครงสร้างทั่วไปของสายอากาศไมโครสตริป

โดยที่ W คือ ความยาวของแพทช์

L คือ ความกว้างของแพทช์

h คือ ความสูงของชั้นสเตรท

ϵ_r คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสัมพัทธ์ ของชั้นสเตรท

คุณสมบัติที่พิเศษกว่าสายอากาศชนิดอื่นๆ มีดังนี้

- น้ำหนักเบา
- ขนาดเล็ก
- สามารถนำมาตัดแปลงรูปร่างให้สมมูลย์ได้
- ราคาถูก
- การผลิตง่าย
- สามารถทำให้บางได้
- มีค่า scattering cross section ต่ำ
- ไม่ต้องมี cavity backing
- ติดตั้งได้ง่ายกว่า

ข้อเสียของสายอากาศไมโครสตริบ

- แบนด์วิดท์แคบ (narrow bandwidth)
- มีการสูญเสียมากซึ่งส่งผลให้ได้อัตราขยาย (gain) ต่ำ
- สายอากาศไมโครสตริบส่วนใหญ่จะมีการแผ่กระจายคลื่นเพียงครึ่งระนาบ

คาดว่าต่อไปในอนาคตจะมีการนำสายอากาศไมโครสตริบมาใช้อย่างกว้างขวางมากขึ้น เนื่องจากความหนาของ ไมโครสตริบบางมาก คลื่นที่เกิดขึ้นภายในสาร ไดอิเล็กตริก (คือสารที่อยู่ระหว่างสายอากาศแบบแพทช์และระนาบกราวด์ สามารถพิจารณาได้จากการสะท้อนกลับของคลื่นเมื่อคลื่น เคลื่อนที่มาถึงขอบของสตริบซึ่งเป็นเพียงกลุ่มเล็กๆที่แสดงถึง พลังงานที่ถูกแพร่กระจาย (fringing field) ดังนั้น สายอากาศที่พิจารณาจึงมีประสิทธิภาพต่ำ

ประเภทของสายอากาศแบบไมโครสตริบ

สายอากาศแบบไมโครสตริบมีหลายประเภท แต่แบ่งตาม การใช้งาน ได้สามประเภทดังนี้

1. สายอากาศแบบแพร่กระจายคลื่นตามแนวกว้าง เพื่อการสื่อสาร ตามแนวกว้างของแผ่นทองแดง สายอากาศแบบนี้จะมีทิศทางการส่งสัญญาณตั้งฉากกับแผ่นทองแดง
2. สายอากาศที่แพร่กระจายคลื่นตามแนวยาวเพื่อการสื่อสารในทิศทางตัดขวางของแผ่นทองแดง สายอากาศแบบนี้จะมีทิศทางการส่งสัญญาณตามแนวเดียวกับแผ่นทองแดง
3. สายอากาศอื่นๆเป็นสายอากาศที่ออกแบบมาเฉพาะการใช้งานชนิดหนึ่งๆอาจมีมากกว่าสองทิศทางหรืออาจปรับเปลี่ยนทิศทางได้ตามความถี่ที่ใช้งาน

2.6 สายอากาศแบบพาราโบลา (Parabolic antenna)

สายอากาศตัวสะท้อนประเภทหนึ่ง ที่มีอัตราขยายสูง ใช้สำหรับการส่งสัญญาณวิทยุ โทรทัศน์ และการสื่อสารข้อมูลรวมทั้งระบบเรดาร์ บนช่วงความถี่เอชเอฟ (UHF) และเอสเอชเอฟ (SHF) โดยสายอากาศแบบพาราโบลา จะประกอบด้วยจานสะท้อน ที่เป็นรูปพาราโบลา และระบบป้อนสัญญาณ

สายอากาศแบบพาราโบลานั้น จากลักษณะของส่วนโค้ง จะทำให้สัญญาณทั้งหมดที่ตกลงมากระทบส่วนโค้งแล้วสะท้อนไปยังจุดโฟกัสเหนือจานรับสัญญาณ หากส่วนโค้งของจานมีความแน่นอนถูกต้อง ความแรงของสัญญาณก็จะถูกส่งไปยังวงจรถ่ายสัญญาณขั้นแรก หรือที่เรียกกันว่า LNB ก็จะมีมากขึ้น

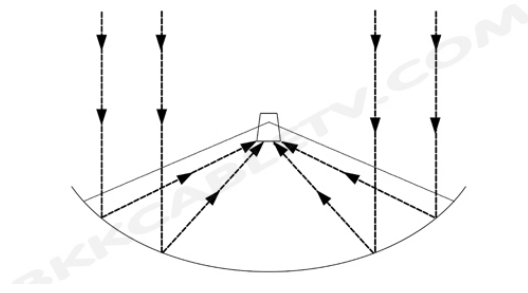
2.6.1 อัตราการขยายของจานรับสัญญาณ

สายอากาศที่มีรูปร่างคล้ายจานจะมีค่าแสดงตัวอัตราต่างๆ เหมือนกับสายอากาศแบบอื่นๆ เช่นกัน สิ่งหนึ่งที่กล่าวกันก็คือค่าอัตราการขยาย หรือที่มักจะเรียกทับศัพท์ภาษาอังกฤษกันเสมอว่า เกน (Gain) นั่นเอง

อัตราการขยายของสายอากาศก็คือ การวัดความสามารถของจานสายอากาศที่รับหรือส่งพลังงานออกไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง สิ่งที่จะกล่าวต่อไปนี้มีผลกระทบต่ออัตราการขยายของจานรับสัญญาณ ซึ่งถือว่าเป็นสายอากาศทั้งสิ้น ได้แก่

- 1) พื้นที่หน้าตัดของจานรับสัญญาณ (ไม่ใช่พื้นที่ผิวของจาน บางตำราใช้คำว่าพื้นที่ว่าช่องเปิด)
- 2) ช่องเปิดของ LNB หรือขนาดของรีเฟล็กเตอร์ย่อย (Sub-reflector)
- 3) ผิวของจานรับสัญญาณ
- 4) รีเฟล็กเตอร์ย่อยไม่อยู่ในตำแหน่งของโฟกัสที่ดีที่สุด
- 5) ความโค้งของผิวจานที่ไม่เป็นไปตามลักษณะพาราโบลา

หากเกิดสิ่งผิดปกติหรือข้อผิดพลาดจากปัจจัยทั้งห้านี้จะเป็นสามเหตุทำให้อัตราการขยายลดลง โดยจานรับสัญญาณแบบพาราโบลาจะมีค่าสัมประสิทธิ์ของประสิทธิภาพ (η) กำหนดเอาไว้เช่นเดียวกับสายอากาศแบบอื่นๆ เช่นกันซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของประสิทธิภาพ ของสายอากาศแบบพาราโบลาจะมีประมาณ 60 -75% ในในการออกแบบจานรับสัญญาณแบบพาราโบลานั้น



รูปที่ 2.8 การสะท้อนสัญญาณของการพาราโบลา

2.7 กล่าวสรุป

ในการทำโครงการการออกแบบสายอากาศสำหรับตัวตรวจจับไร้สาย มีการนำหลักการของสายอากาศไมโครสตริปมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับงานพาราโบลา ซึ่งก่อนที่จะทำการออกแบบและประกอบอุปกรณ์ต้นแบบ จำเป็นต้องศึกษาทฤษฎีพื้นฐานในเรื่องดังกล่าวให้มีความเข้าใจเป็นอย่างดี เพราะอุปกรณ์แต่ละชนิดนั้นจะต้องนำมาประกอบเป็นส่วนเดียวกันและทำการสื่อสารติดต่อกันได้ เพื่อให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ของโครงการ



บทที่ 3

การออกแบบและการจำลองแบบ

3.1 บทนำ

การออกแบบสายอากาศสำหรับตัวตรวจจับไร้สาย ได้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องสายอากาศไมโครสตริป โดยได้ประยุกต์ใช้กับงานสะท้อนแบบพาราโบลิกร่วมกับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย นั้นมีความจำเป็นที่จะต้องมีการออกแบบอุปกรณ์ในแต่ละส่วน โดยแบ่งออกเป็นสามส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนของสายอากาศไมโครสตริป โดยใช้โปรแกรม CST ในการออกแบบ เพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการและสามารถนำมาใช้งานได้ ส่วนที่นำสายอากาศไมโครสตริป มาประยุกต์เข้ากับงานสะท้อนแบบพาราโบลิค เพื่อช่วยในการสะท้อนคลื่นและเพิ่มอัตราขยายในระบบให้สูงขึ้น และส่วนสุดท้ายที่นำมาเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

3.2 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย คือการใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์เล็กๆ เพื่อตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆของสิ่งแวดล้อมที่เราสนใจและประมวลผลข้อมูลเหล่านั้น โดยอุปกรณ์เซ็นเซอร์ขนาดเล็ก เรียกว่า mote ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ทำงานโดยใช้แบตเตอรี่ธรรมดา สื่อสารกับ mote ตัวอื่นที่อยู่ใกล้เคียงโดยใช้ ad hoc wireless network ซึ่งข้อมูลจะถูกส่งผ่านระหว่าง mote ด้วยกันเองจนกระทั่งถึงจุดหมายซึ่งอาจเป็นคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆสำหรับรวบรวมข้อมูล

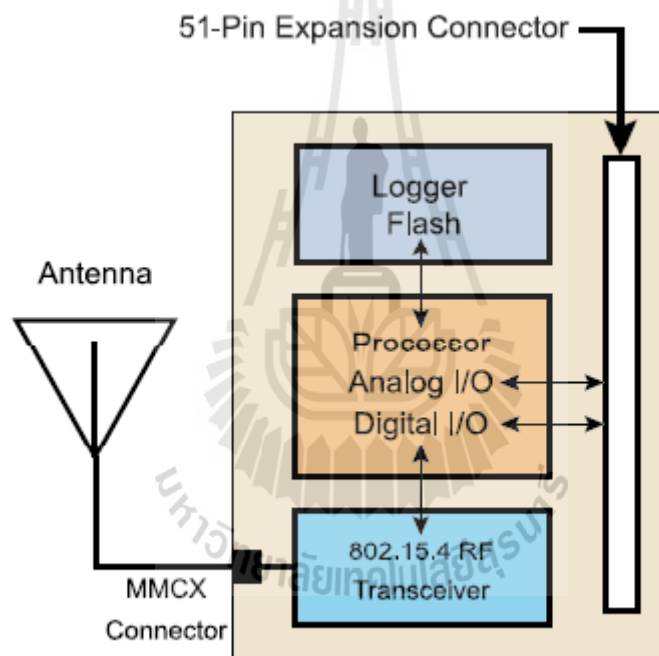


รูปที่ 3.1 อุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้ในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

โดยที่อุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่นำมาใช้งานก็คือ MPR2400 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้พลังงานต่ำ สามารถกำหนดค่าการใช้งานต่างๆผ่านระบบคอมพิวเตอร์ รองรับได้ทั้งสัญญาณอนาล็อก (analog) และดิจิทัล (digital) สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่อพ่วงได้หลายชนิด ทำงานในมาตรฐาน IEEE 802.15.4 และมีระบบรักษาความปลอดภัยของฮาร์ดแวร์

คุณสมบัติของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ MPR2400

- ทำงานในมาตรฐาน IEEE 802.15.4
- รองรับการใช้งานในย่านความถี่ 2.4 – 2.48 GHz
- ความเร็วในการประมวลผลอยู่ที่ 250 kbps
- มีความปลอดภัยในการเก็บข้อมูล
- สามารถใช้งานร่วมกับ sensor boards, data acquisition boards



รูปที่ 3.2 แผนภาพการทำงานของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ MPR2400

คุณลักษณะการทำงานจะแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณลักษณะการทำงานของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ MPR2400

Processor/Radio Board	MPR2400CA	Remarks
Processor Performance		
Program Flash Memory	128K bytes	
Measurement (Serial) Flash	512K bytes	> 100,000 Measurements
Configuration EEPROM	4K bytes	
Serial Communications	UART	0-3V transmission levels
Analog to Digital Converter	10 bit ADC	8 channel, 0-3V input
Other Interfaces	Digital I/O,I2C,SPI	
Current Draw	8 mA	Active mode
	< 15 μ A	Sleep mode
RF Transceiver		
Frequency band ¹	2400 MHz to 2483.5 MHz	ISM band, programmable in 1 MHz steps
Transmit (TX) data rate	250 kbps	
RF power	-24 dBm to 0 dBm	
Receive Sensitivity	-90 dBm (min), -94 dBm (typ)	
Adjacent channel rejection	47 dB	+ 5 MHz channel spacing
	38 dB	- 5 MHz channel spacing
Outdoor Range	75 m to 100 m	1/2 wave dipole antenna, LOS
Indoor Range	20 m to 30 m	1/2 wave dipole antenna
Current Draw	19.7 mA	Receive mode
	11 mA	TX, -10 dBm
	14 mA	TX, -5 dBm
	17.4 mA	TX, 0 dBm
	20 μ A	Idle mode, voltage regular on
	1 μ A	Sleep mode, voltage regulator off
Electromechanical		
Battery	2X AA batteries	Attached pack
External Power	2.7 V - 3.3 V	Molex connector provided
User Interface	3 LEDs	Red, green and yellow
Size (in)	2.25 x 1.25 x 0.25	Excluding battery pack
(mm)	58 x 32 x 7	Excluding battery pack
Weight (oz)	0.7	Excluding batteries
(grams)	18	Excluding batteries
Expansion Connector	51-pin	All major I/O signals

จากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ดังกล่าวเมื่อทดลองนำไปใช้งานจริง ณ สถานที่จริงคือฟาร์มมหาวิทยาลัย ดังที่แสดงในรูป 3.3 และ 3.4 จะเห็นได้ว่าระยะทางระหว่างตัวรับและตัวส่งสัญญาณ รวมถึงสิ่งกีดขวางจะเป็นอุปสรรคต่อการเดินทางของคลื่น จึงทำให้ต้องสร้างสายอากาศตัวใหม่มาใช้แทนสายอากาศไดโพลตัวเดิมที่อยู่กับอุปกรณ์เซ็นเซอร์



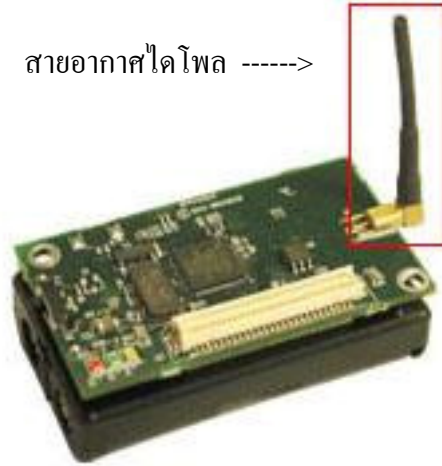
รูปที่ 3.3 สิ่งกีดขวางภายในฟาร์มมหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 ระยะทางที่คลื่นจะต้องรับและส่งสัญญาณ

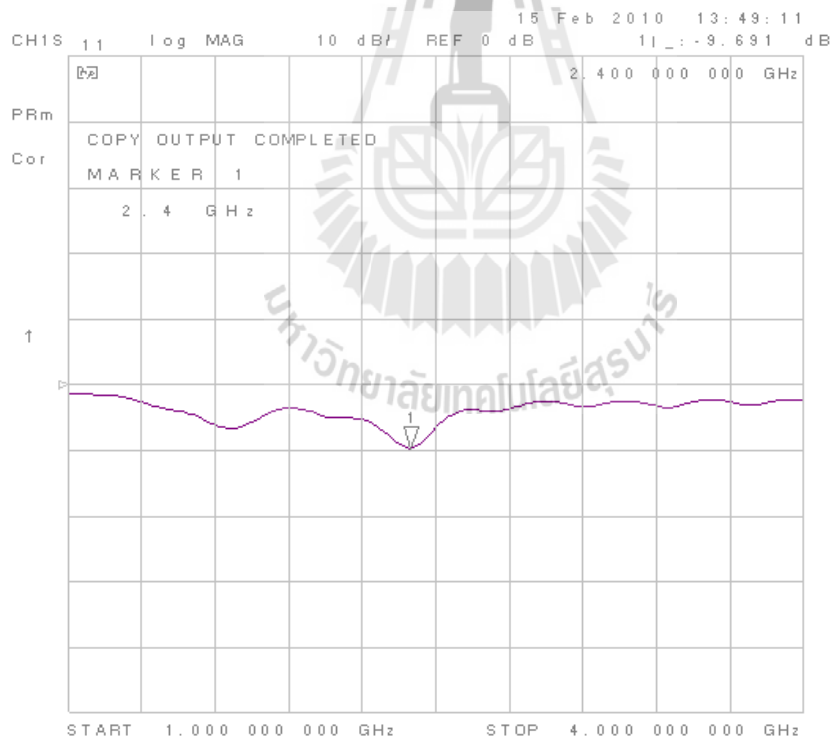
สำหรับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตัวนี้จะมีสายอากาศไดโพล สำหรับใช้ในการรับและส่งสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 3.5

สายอากาศไดโพล ----->

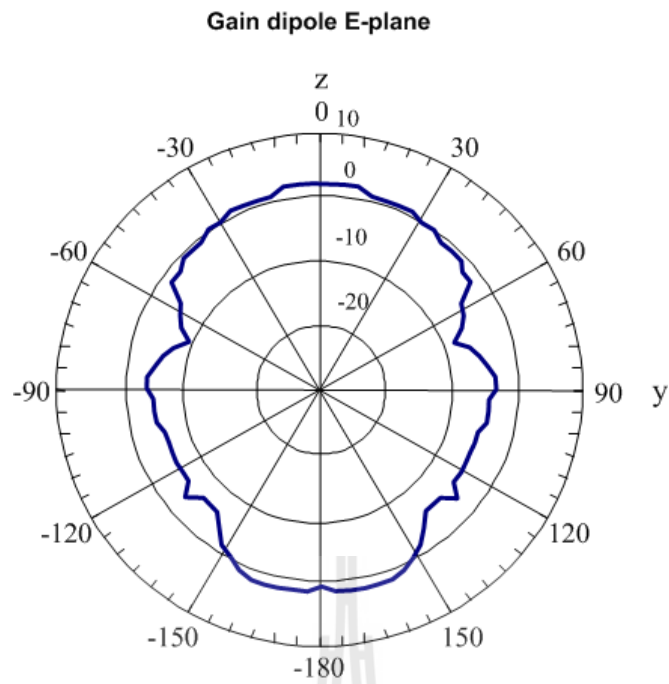


รูปที่ 3.5 สายอากาศไดโพลที่ใช้กับอุปกรณ์เซ็นเซอร์

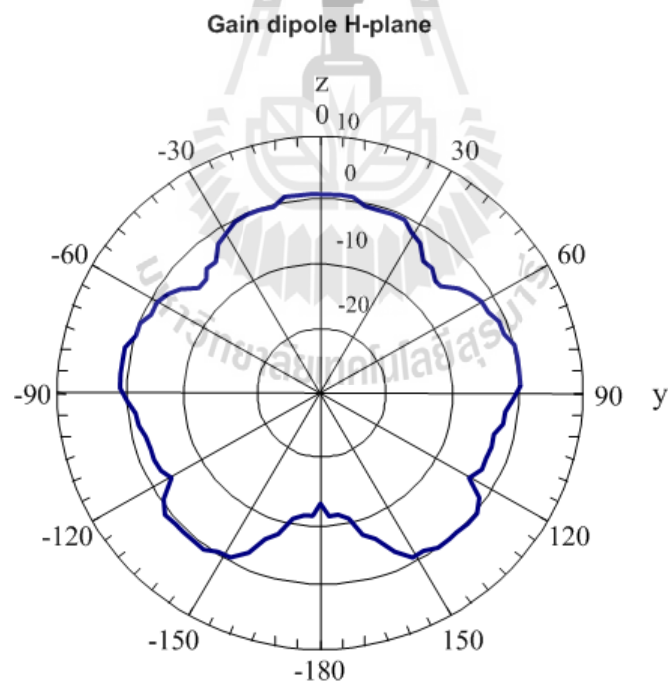
แต่สายอากาศไดโพลตัวนี้ มีความสามารถรับส่งข้อมูลได้ในระยะใกล้ และมีอัตราขยาย (gain) ต่ำดังที่แสดงในรูปที่ 3.6 แสดงค่าพารามิเตอร์ รูปที่ 3.7 และ 3.8 แสดงแบบรูปการแผ่พลังงาน (pattern) ในระนาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กตามลำดับ



รูปที่ 3.6 ค่า S_{11} ของสายอากาศไดโพล



รูปที่ 3.7 แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า (E-plane) ของสายอากาศไดโพล



รูปที่ 3.8 แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก (H-plane) ของสายอากาศไดโพล

จะเห็นได้ว่าจากแบบรูปการแผ่กระจายคลื่น สายอากาศไดโพลที่มีมากับตัวอุปกรณ์ เช่น เซอร์นั้น มีอัตราการขยายต่ำ ทำให้ไม่สามารถส่งสัญญาณไปยังจุดที่ต้องการรับสัญญาณได้ จึงต้องมีการสร้างสายอากาศขึ้นมาใหม่ดังจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

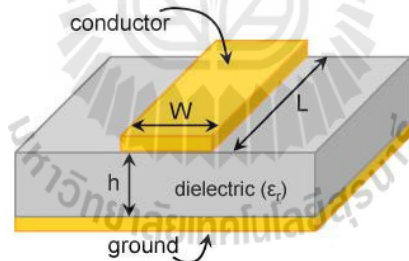
3.3 สายอากาศไมโครสตริป

สายอากาศที่นำมาออกแบบเพื่อการใช้งานนั้น จะเลือกเป็นสายอากาศไมโครสตริป ออกแบบที่ความถี่ 2.4 GHz ซึ่งเป็นความถี่ที่ใช้งาน

โดยสายอากาศไมโครสตริป จะประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นแผ่นหรือที่เราเรียกว่า แพทช์ ซึ่งเป็นตัวนำ โดยทั่วไปจะมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉากหรือวงกลม ซึ่งถูกแยกออกจากกันด้วยแผ่นระนาบกราวด์ (Ground) ที่มีความบาง และมีลักษณะเป็นชั้นหรือที่เรียกว่าเป็นชั้นสเตรทของสารไดอิเล็กตริก

การออกแบบนั้นจะเริ่มจากการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมในการทำงานที่ความถี่ 2.4 GHz ดังนี้

คำนวณหาความกว้างและความยาวสายป้อนสัญญาณ ของสายอากาศไมโครสตริป พิจารณาดังที่แสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 สายป้อนสัญญาณของสายอากาศไมโครสตริป

กำหนดให้

$$\text{ความถี่ใช้งาน (f)} = 2.45 \text{ GHz}$$

$$\text{สภาพยอมทางไฟฟ้า (permittivity) } \epsilon_r = 4.5$$

$$\text{ความสูงของไดอิเล็กตริก (h)} = 1.6 \text{ mm}$$

$$\text{ค่าความต้านทาน } Z_0 = 50 \text{ } \Omega$$

แทนค่าในสมการ

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1}} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right)$$

$$A = \frac{50}{60} \sqrt{\frac{4.5 + 1}{2} + \frac{4.5 - 1}{4.5 + 1}} \left(0.23 + \frac{0.11}{4.5} \right) = 1.543$$

$$\frac{W}{h} = \frac{8e^A}{e^{2(A)} - 2}$$

$$W_{feed} = \frac{8e^{1.543}}{e^{2(1.543)} - 2} \times (1.6 \times 10^{-3}) = 3.008 \text{ mm}$$

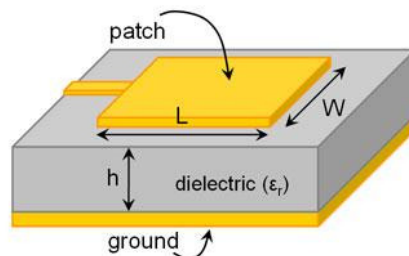
$$\epsilon_e = \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \right) \times \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{W}}}$$

$$\epsilon_e = \left(\frac{4.5 + 1}{2} + \frac{4.5 - 1}{2} \right) \times \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12(1.6)}{3.008}}} = 1.656$$

$$k_0 = \frac{2\pi f}{c} = \frac{2\pi(2.4 \times 10^9)}{3 \times 10^8}$$

$$l_{feed} = \frac{90 \left(\frac{\pi}{180} \right)}{\sqrt{\epsilon_e} k_0} = \frac{90 \left(\frac{\pi}{180} \right)}{\sqrt{1.656} (k_0)} = 17 \text{ mm}$$

คำนวณหาความกว้างและความยาวแพทช์ของสายอากาศไมโครสตริป พิจารณาดังที่แสดง
ในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แพทช์ของสายอากาศไมโครสตริป

แทนค่าในสมการ

$$W = \frac{1}{2f\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} \left(\sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \right) = \frac{c}{2f} \left(\sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \right)$$

$$W_{patch} = \frac{3 \times 10^8}{2(2.4 \times 10^9)} \left(\sqrt{\frac{2}{4.5 + 1}} \right) = 37.7 \text{ mm}$$

$$\Delta L = (0.412) \left[\frac{(\epsilon_e + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_e - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \right]$$

$$\Delta L = (0.412) \left[\frac{(1.656 + 0.3) \left(\frac{37.7}{1.6} + 0.264 \right)}{(1.656 - 0.258) \left(\frac{37.7}{1.6} + 0.8 \right)} \right] = 0.9 \times 10^{-3}$$

$$L = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_e}} - 2\Delta L$$

$$L_{patch} = \frac{3 \times 10^8}{2(2.4 \times 10^9)\sqrt{1.656}} - 2(0.9 \times 10^{-3}) = 29.1 \text{ mm}$$

โดยความกว้างและความยาวของกราวด์ คำนวณได้จาก

$$W_{ground} = W_{patch} + W_{feed}$$

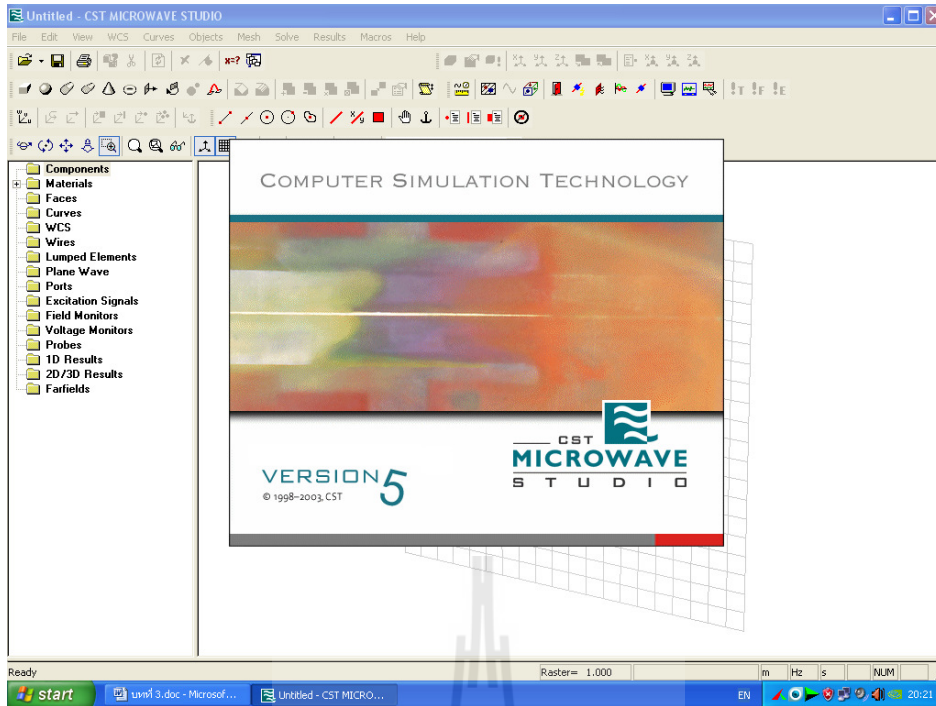
$$W_{ground} = 37.7 + 17 = 71.7 \text{ mm}$$

$$L_{ground} = L_{patch} + l_{feed}$$

$$L_{ground} = 29.1 + 17 = 63.1 \text{ mm}$$

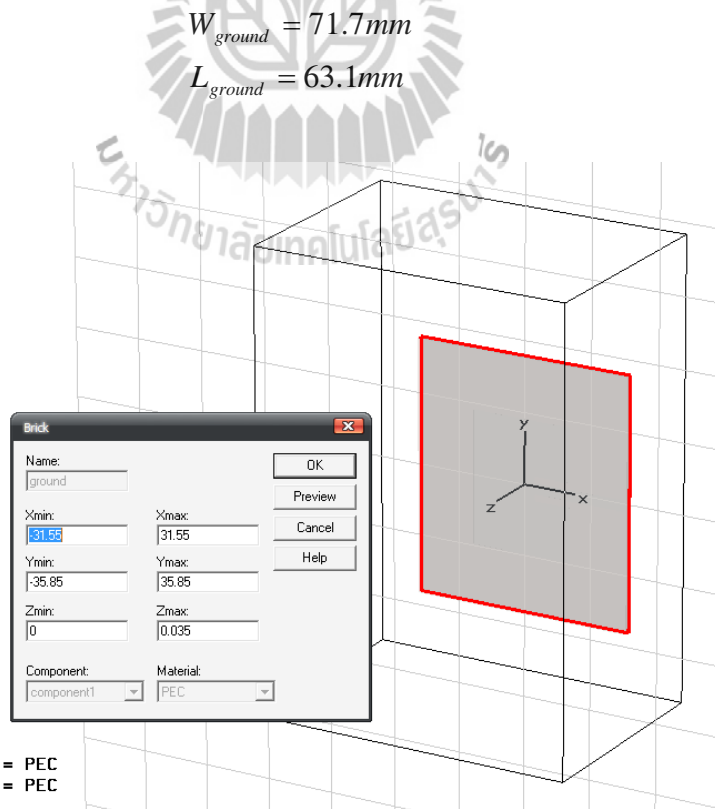
ออกแบบสายอากาศไมโครสตริปด้วยโปรแกรม CST

เมื่อทำการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จึงนำค่าที่คำนวณได้มาออกแบบในโปรแกรม CST เพื่อพิจารณาค่าที่เหมาะสมในการออกแบบ ดังนี้



รูปที่ 3.11 โปรแกรม CST ที่ใช้ในการออกแบบเสาอากาศ

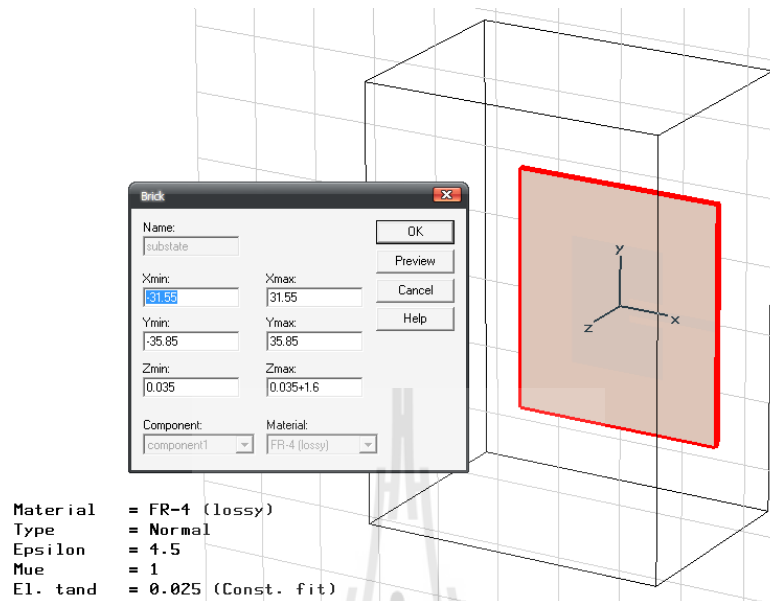
เมื่อเปิดโปรแกรม CST จากนั้นเริ่มทำการออกแบบระนาบกราวด์ของเสาอากาศ ดังแสดง
 ในรูปที่ 3.12 โดยใส่ค่าที่กำหนดหาความกว้างและความยาวของกราวด์ลงไป



Material = PEC
 Type = PEC

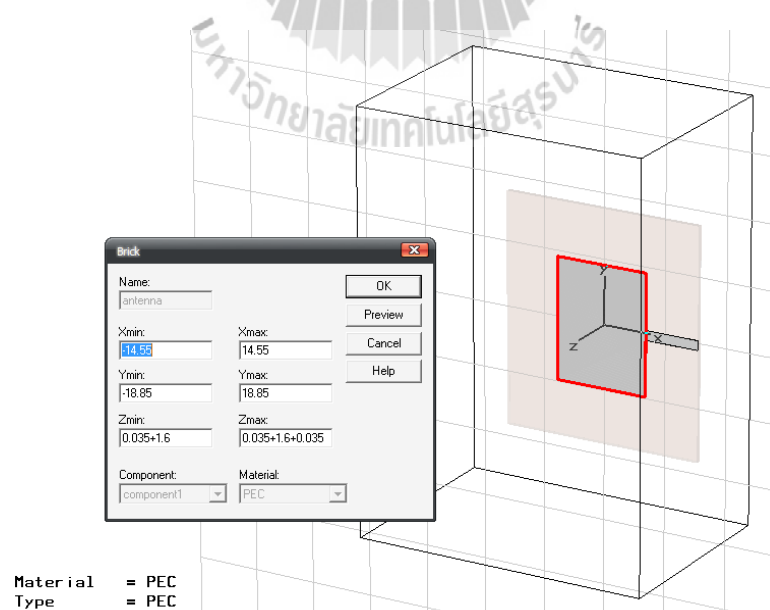
รูปที่ 3.12 สร้างกราวด์ของเสาอากาศ

จากนั้นสร้างในส่วนของชั้นที่เป็นฉนวนของสายอากาศขึ้นมาต่อจากกราวด์ โดยใส่ขนาดเข้าไปเท่ากับกราวด์



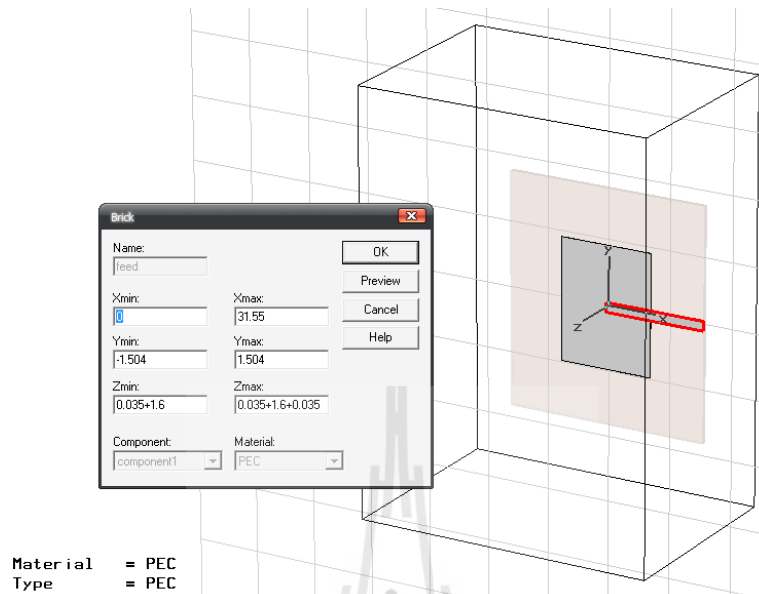
รูปที่ 3.13 สร้างฉนวนของสายอากาศ

เมื่อได้กราวด์ และฉนวนของสายอากาศเรียบร้อยแล้ว จากนั้นทำการสร้างในส่วนของแพทช์ของสายอากาศขึ้นมาต่อจากในส่วนของชั้นฉนวน โดยใส่ค่าพารามิเตอร์ตามที่ได้คำนวณไว้ โดย $W_{patch} = 37.7mm$ และ $L_{patch} = 29.1mm$ ดังแสดงในรูปที่ 3.14



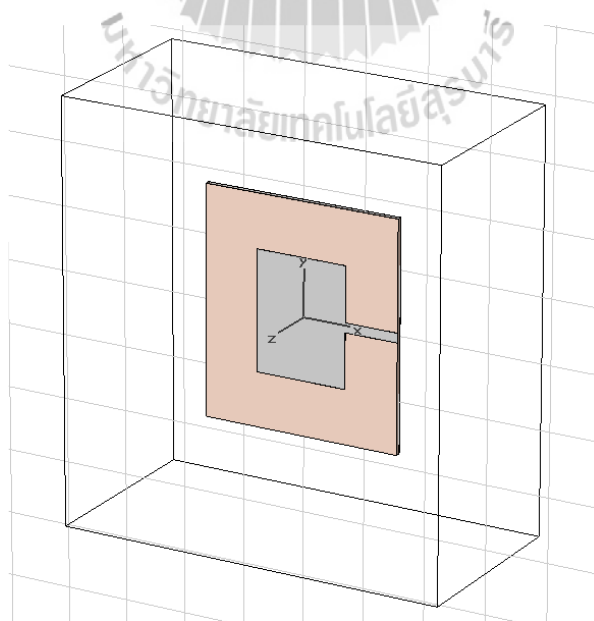
รูปที่ 3.14 สร้างแพทช์ของสายอากาศ

สร้างสายป้อนสัญญาณ ต่อก่อมาจากแพทช์ ใส่ค่าพารามิเตอร์ตามที่ได้คำนวณไว้ โดย $W_{feed} = 3.008mm$ และ $l_{feed} = 17mm$ ดังแสดงในรูปที่ 3.15

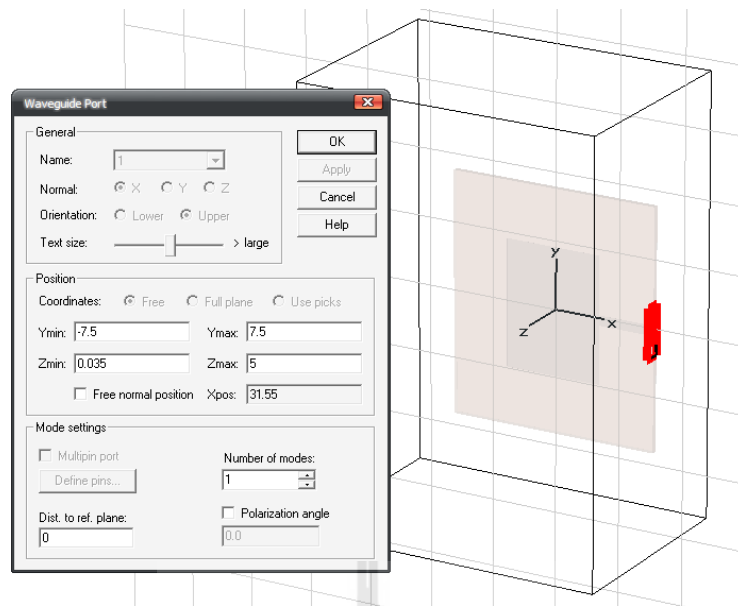


รูปที่ 3.15 สร้างสายป้อนสัญญาณของสายอากาศ

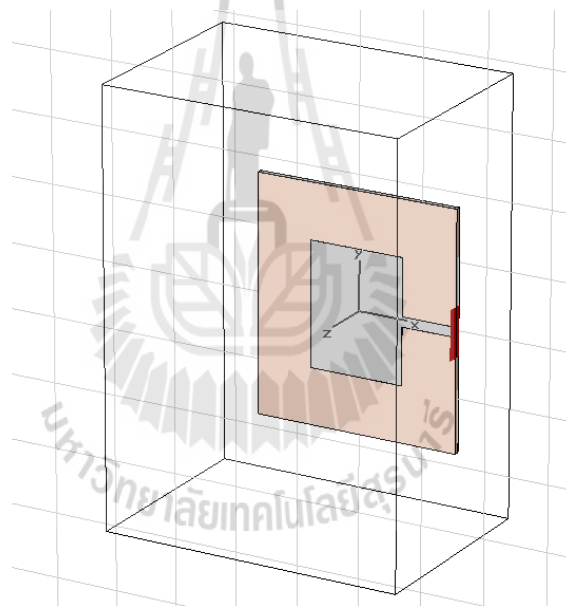
เมื่อได้สายอากาศไมโครสตริปขึ้นมาแล้วดังแสดงในรูปที่ 3.16 จากนั้นใส่เวฟไกด์พอร์ต (waveguide) เข้าไปในด้านสายนำสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 3.17 และจะได้สายอากาศไมโครสตริปที่มีเวฟไกด์พอร์ต ดังที่แสดงในรูป 3.18



รูปที่ 3.16 สายอากาศไมโครสตริป

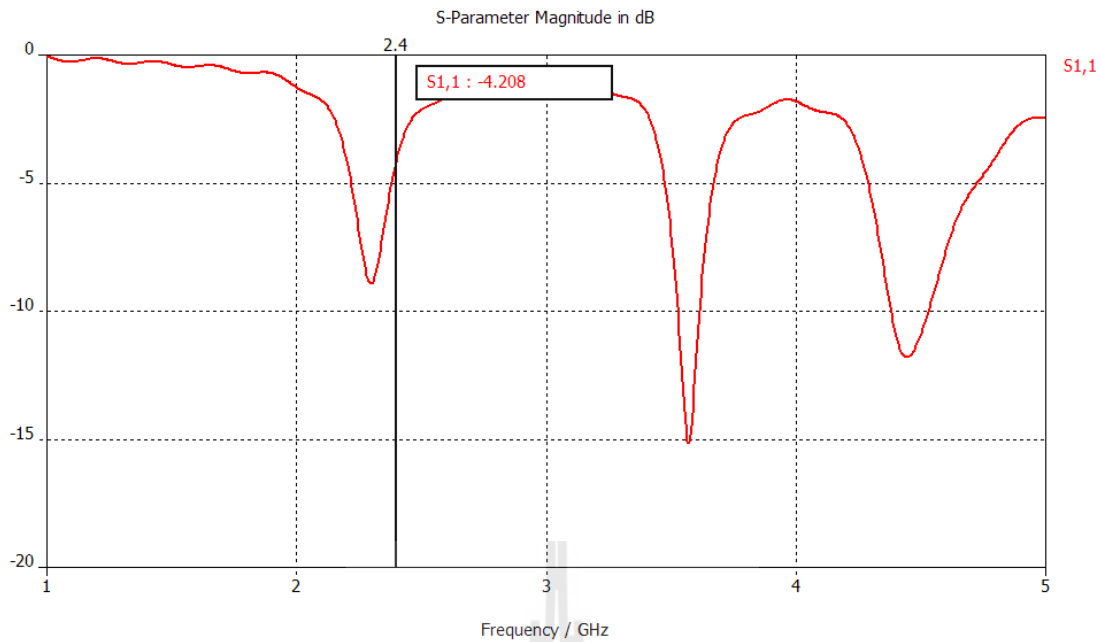


รูปที่ 3.17 ใส่เวฟไกด์พอร์ตให้กับสายอากาศ



รูปที่ 3.18 สายอากาศไมโครสตริปเมื่อใส่เวฟไกด์พอร์ตเรียบร้อยแล้ว

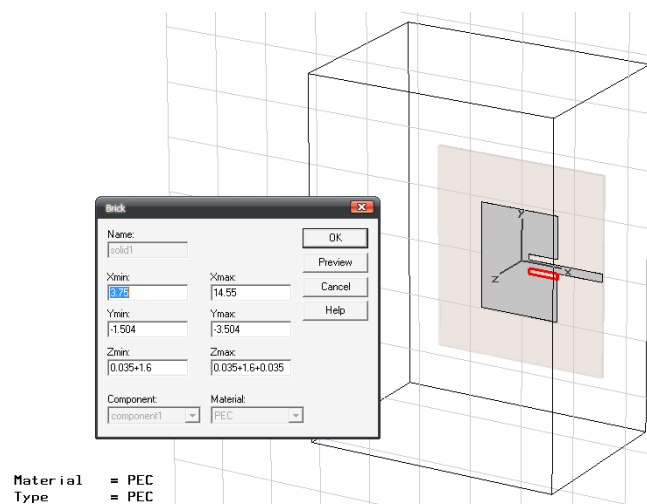
เมื่อสร้างสายอากาศเรียบร้อยแล้ว ทำการรันโปรแกรมเพื่อดูพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศว่าเหมาะสมในการนำไปใช้งานหรือไม่ โดยได้ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 3.19 ดังนี้



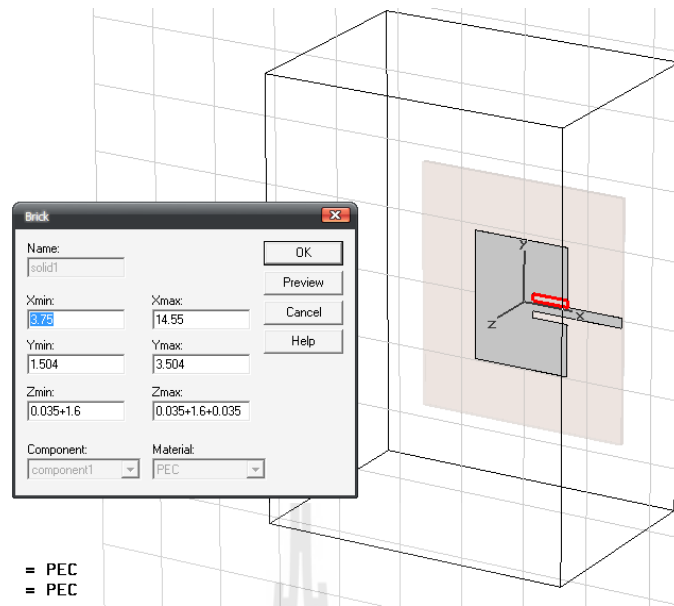
รูปที่ 3.19 ค่า S_{11} ของสายอากาศไมโครสตริป

จากกราฟแสดงผล เมื่อสังเกตที่ค่า S_{11} ดังแสดงในรูปที่ 3.19 ซึ่งค่าที่ได้นั้นมีค่าไม่ถึง -10 dB ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าสัญญาณที่ส่งไปจะเกิดการสูญเสียย้อนกลับออกมาที่พอร์ต 1 ในทางทฤษฎีนั้นถือว่าเป็นสายอากาศที่ใช้การไม่ได้ ดังนั้นจึงต้องทำการแมทซ์ (matching) ในสายอากาศเพื่อที่จะให้สายอากาศสามารถใช้การได้ โดยการตัด (trim) ในส่วนของแพทซ์ที่จะแสดงให้ดูต่อไปนี้

ทำการแมทซ์ สายอากาศด้วยการตัดตัวแพทซ์ ออกสองด้าน โดยกำหนดให้ $W_{trim} = 2mm$ และ $L_{trim} = 10.8mm$ ดังที่แสดงในรูปที่ 3.20 และรูปที่ 3.21

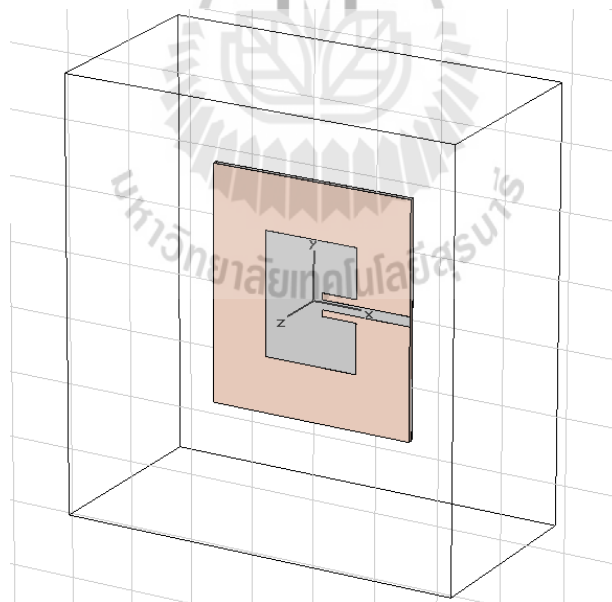


รูปที่ 3.20 ทำการตัดในส่วนของแพทซ์ออกด้านที่หนึ่ง

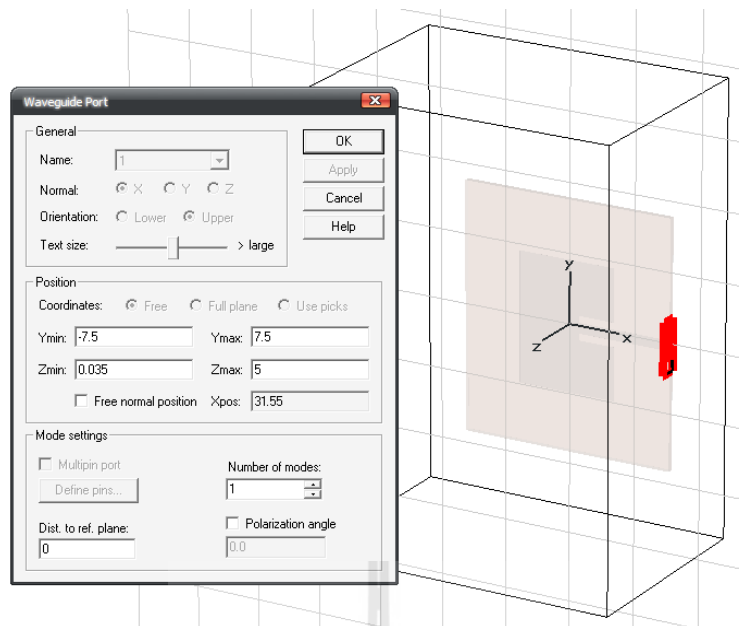


รูปที่ 3.21 ทำการตัดในส่วนของแพทช์ออกด้านที่สอง

เมื่อได้สายอากาศไมโครสตริปที่มีการปรับปรุงโดยทำการแมทซ์ ขึ้นมาแล้วดังแสดงในรูปที่ 3.22 จากนั้นใส่เวฟไกด์พอร์ต เข้าไปในด้านของสายป้อนสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 3.23

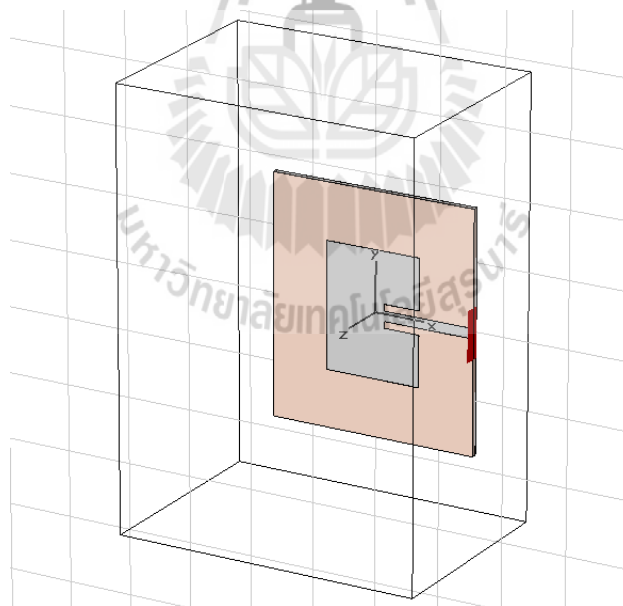


รูปที่ 3.22 สายอากาศไมโครสตริปที่ทำการแมทซ์แล้ว



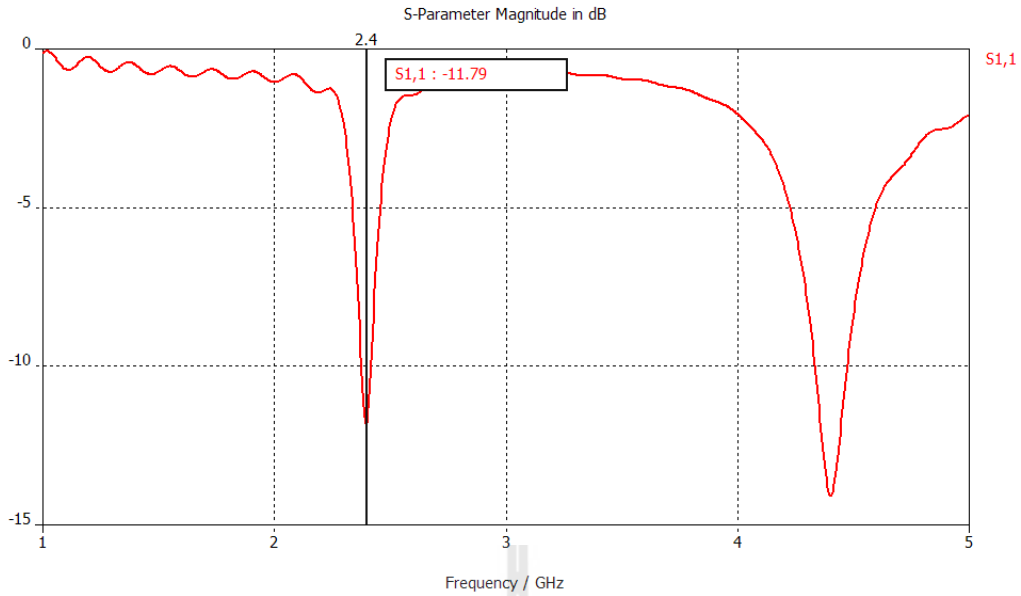
รูปที่ 3.23 ใส่เวฟไกด์พอร์ตให้กับสายอากาศ

จะได้สายอากาศไมโครสตริปที่มีเวฟไกด์พอร์ต ดังแสดงในรูปที่ 3.24

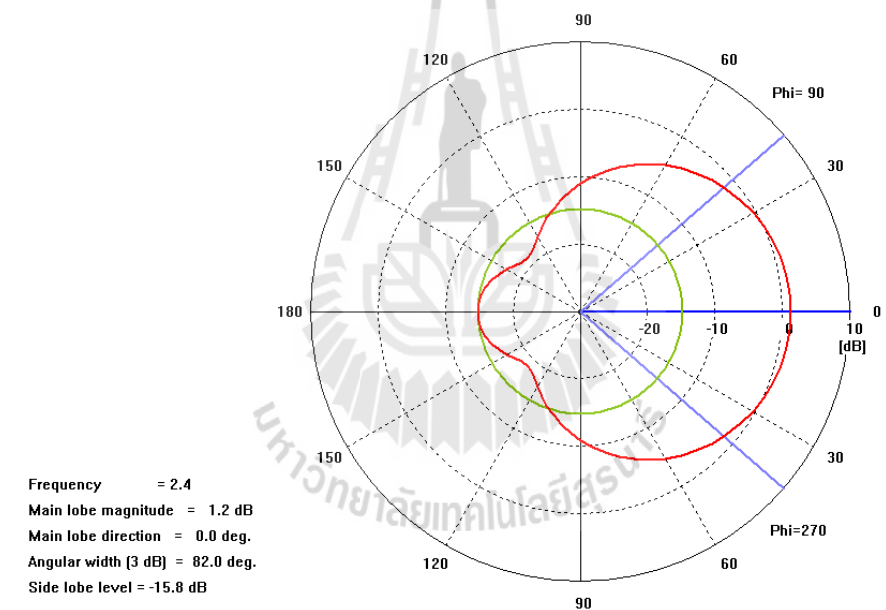


รูปที่ 3.24 สายอากาศไมโครสตริปที่ทำการแมทซ์ เมื่อใส่เวฟไกด์พอร์ตเรียบร้อยแล้ว

เมื่อสร้างสายอากาศเรียบร้อยแล้ว ทำการรันโปรแกรมอีกครั้งเพื่อดูพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศว่าเหมาะสมในการนำไปใช้งานหรือไม่ โดยได้ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 3.25 และรูปที่ 3.26 ดังนี้



รูปที่ 3.25 ค่า S_{11} ของสายอากาศไมโครสตริป



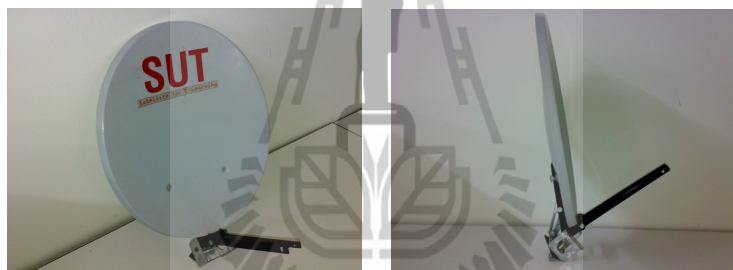
รูปที่ 3.26 ค่าอัตราขยายของสายอากาศ

จากกราฟแสดงผล เมื่อสังเกตที่ค่า S_{11} ดังแสดงในรูปที่ 3.25 ซึ่งค่าที่ได้นั้นมีค่าต่ำกว่า -10 dB ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าไม่มีสัญญาณไหลย้อนกลับออกมาที่พอร์ต 1 ในทางทฤษฎีนั้นถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้

3.4 งานสะท้อนแบบพาราโบลิก

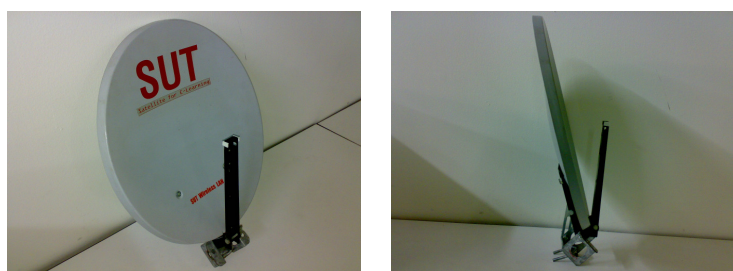
เนื่องจากสายอากาศไมโครสตริปที่ได้ออกแบบขึ้นมาในหัวข้อที่แล้วนั้น มีอัตราขยายที่อยู่ในเกณฑ์ต่ำประมาณ 1.2 dB แต่การใช้งานจริงนั้นต้องคำนึงถึงการสูญเสียกำลังงานที่มีทั้งในอากาศและสายนำสัญญาณ อีกทั้งยังมีสิ่งกีดขวางจำนวนมากซึ่งส่งผลกระทบต่อการเดินทางของคลื่น ดังนั้นจึงต้องศึกษาวิธีการเพิ่มอัตราขยาย และการแผ่กระจายของคลื่น เพื่อให้การส่งข้อมูลของตัวตรวจจับไร้สายระหว่างสถานีลูกข่ายกับสถานีแม่ข่ายมีระยะไกลกว่าเดิมและให้มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น จึงต้องนำงานสะท้อนแบบพาราโบลิกเข้ามาประยุกต์ใช้งานกับสายอากาศไมโครสตริปที่ได้ออกแบบไว้

สายอากาศแบบพาราโบลิกหรืองานสะท้อนแบบพาราโบลิก มีอัตราขยายสูง จากลักษณะของส่วนโค้ง จะทำให้สัญญาณทั้งหมดที่ตกลงมากระทบส่วนโค้งแล้วสะท้อนไปยังจุดโฟกัสเหนือจานรับสัญญาณ หากส่วนโค้งของจานมีความแน่นอนถูกต้อง ความแรงของสัญญาณก็จะถูกส่งไปยังวงจรรขยายสัญญาณขั้นแรก ก็จะมีมากขึ้น โดยสายอากาศแบบพาราโบลิกที่นำมาประยุกต์เข้ากับสายอากาศไมโครสตริปมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 งานสะท้อนแบบพาราโบลิก

หลังจากได้งานสะท้อนแบบพาราโบลิกมาแล้ว จากนั้นได้ทำการหาจุดที่จะทำให้สัญญาณทั้งหมดมาตกกระทบส่วนโค้งและสะท้อนไปยังจุดโฟกัสเหนือจานรับสัญญาณ โดยการปรับแกนของจานทำมุม 60° กับแกน X ดังแสดงในรูปที่ 3.27 และนำมาประกอบกับสายอากาศไมโครสตริปที่ทำการสร้างขึ้น จะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของอัตราขยายซึ่งจะแสดงผลในบทถัดไป



รูปที่ 3.27 งานสะท้อนแบบพาราโบลิกทำการปรับแกนของจานทำมุม 60°

3.5 กล่าวสรุป

การนำอุปกรณ์ต่างๆดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นมาประกอบรวมกันเป็นสายอากาศสำหรับตัวตรวจจับไร้สายสำหรับสถานีแม่ข่ายช่วยให้เพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกในการใช้งาน โดยการนำสายอากาศไมโครสตริปและงานพาราโบลิคมาประกอบรวมกัน แล้วนำมาเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ซึ่งจะมีอุปกรณ์เซ็นเซอร์เป็นตัวประมวลผลข้อมูลเพื่อจัดเก็บข้อมูลที่เราสนใจต่อไป



บทที่ 4

การสร้างชิ้นงานและผลการทดลอง

4.1 บทนำ

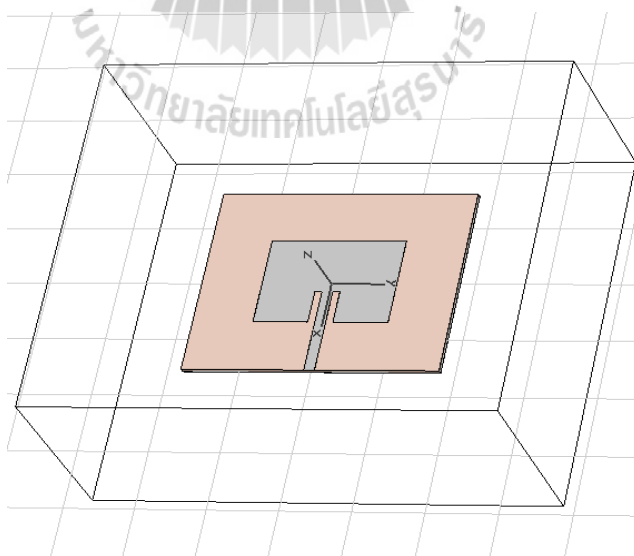
จากการศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีพื้นฐานในบทที่ 2 และ 3 นั้น ทำให้สามารถสร้างอุปกรณ์ต้นแบบที่เสร็จสมบูรณ์พร้อมที่จะนำไปทดสอบการใช้งานจริง เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการ

4.2 การสร้างชิ้นงาน

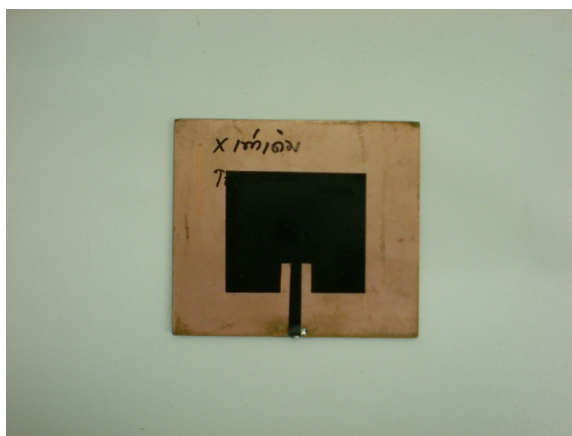
เมื่อออกแบบและจำลองแบบสายอากาศแบบไมโครสตริปในโปรแกรม CST เรียบร้อยแล้ว เราจึงนำผลที่ได้มาสร้างชิ้นงานจริงตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนการสร้างและทดสอบชิ้นงาน

1. นำผลการจำลองแบบในโปรแกรม CST ดังรูปที่ 4.1 ไปตัดสติ๊กเกอร์เพื่อจะนำไปติดบนแผ่น PCB ที่เราตัดมาตามแบบดังรูปที่ 4.2 แล้วนำไปกัดให้เหลือแต่ลายที่เราต้องการดังรูปที่ 4.3 โดยใช้น้ำยาคัดแผ่นปริ้น์สูตรเข้มข้น เราจะได้ชิ้นงานดังรูปที่ 4.4 เสร็จแล้วนำชิ้นงานไปเข้าหัวเชื่อมต่อ (connector) ที่จุดป้อนสัญญาณ (Feed Line) ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.1 ผลการจำลองแบบในโปรแกรม CST



รูปที่ 4.2 แผ่น PCB ลอกสติกเกอร์ส่วนที่ไม่ต้องการออกแล้ว



รูปที่ 4.3 การนำแผ่น PCB ไปกัดเอาส่วนของแดงที่ไม่ต้องการออกด้วยน้ำยากัดแผ่นปรินต์เขียว



รูปที่ 4.4 สายอากาศแบบแพทช์ที่ต้องการ หลังจากกัดส่วนที่ไม่ต้องการออกแล้ว

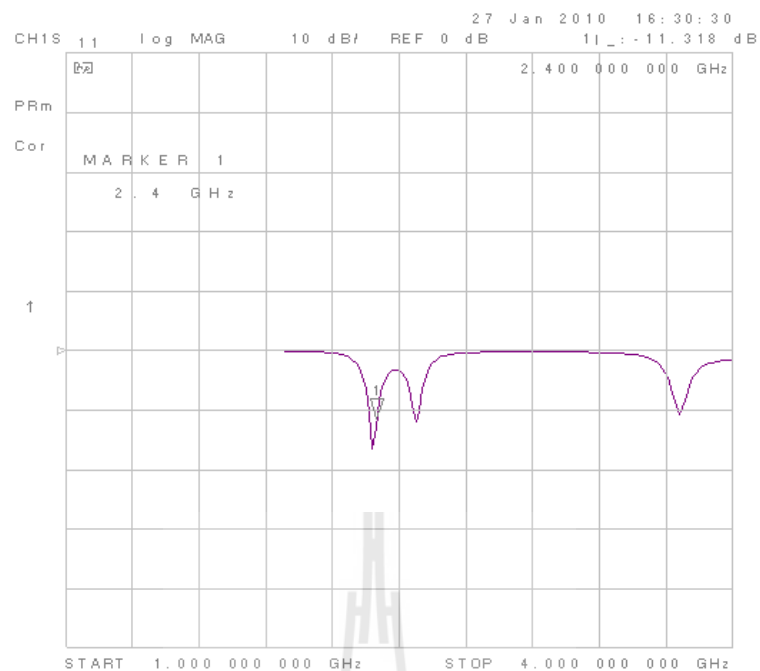


รูปที่ 4.5 รูปการนำเอาสายอากาศแบบแพตช์ (Patch) ไปต่อที่หัวเชื่อมต่อ $Z_0 = 50\Omega$ เข้าที่จุดป้อนสัญญาณ ที่เรียบร้อยแล้ว

2. นำชิ้นงานที่ได้ไปทำการวัดผล S_{11} เพื่อจะดูว่ากำลังงานที่ได้จะต่ำกว่า -10 dB และตกที่ความถี่ 2.4 GHz ที่เราใช้งานหรือไม่ ดังรูปที่ 4.6 และผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 การวัด S_{11} ด้วยเครื่องวิเคราะห์โครงข่าย

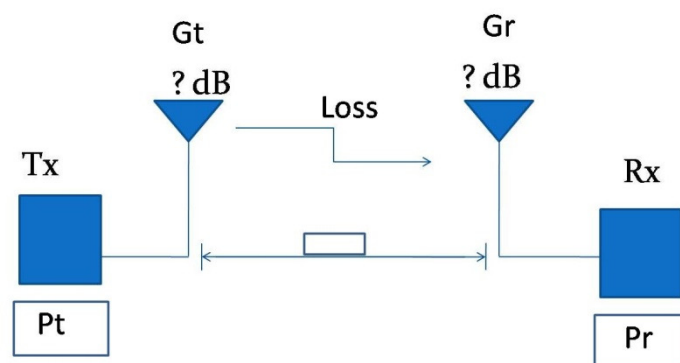


รูปที่ 4.7 ผลการวัด S_{11} ที่ความถี่ 2.4 GHz

จากรูปจะเห็นได้ว่าผล S_{11} ที่ได้ตกที่ความถี่ 2.4 GHz ที่เราต้องการใช้งาน และ S_{11} ที่ได้เท่ากับ -11.318 dB ซึ่งต่ำกว่า -10dB จึงนำไปใช้งานได้

3. เมื่อวัดผล S_{11} ที่ได้ตามต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการนำเอาสายอากาศไปวัดอัตราขยาย (Gain) และแบบรูปแผ่กระจายกำลังงาน ในห้องแชมเบอร์ (Chamber) โดยการใช้สายอากาศสองตัวที่เหมือนกันจากการสร้างชิ้นงานสองชิ้น ดังรูปที่ 4.6 ก่อนทำการวัดอัตราขยายและเราจะต้องทำการ คาลิเบรทด์ (Calibrate) สายนำสัญญาณที่นำมาต่อเข้ากับสายอากาศเพื่อทำให้การสูญเสีย (Loss) ในสายอากาศเป็นศูนย์ เพื่อให้ง่ายต่อการวัดและการคำนวณ

เนื่องจากการวัดหาอัตราขยายผลที่วัดได้คือกำลังงานที่รับได้ ดังนั้นสมการที่ใช้ในการหา คือ “ Friis transmission equation ”



รูปที่ 4.8 แผนภาพการรับและส่งสัญญาณของสายอากาศ

จะได้สมการ

$$P_r = P_t + G_r + G_t - Loss_{FreeSpace} \quad (4.1)$$

การสูญเสียที่เราคิดนั้นคือ การสูญเสียที่เกิดขึ้นในอากาศซึ่งหาได้จากสมการ

$$Loss_{FreeSpace} = 20 \log \frac{4\pi R}{\lambda} \quad (4.2)$$

เนื่องจากการสูญเสียในอากาศ จะแปรผันกับระยะทาง R ซึ่งเราจะคิดระยะทาง R จากสนามไฟฟ้าระยะไกล (Farfield) ซึ่งมีสมการคือ

$$Farfield = \frac{2D^2}{\lambda} \quad (4.3)$$

ซึ่ง D = ความยาวของสายอากาศ เท่ากับ 6.31 cm

λ = ความยาวคลื่น เท่ากับ 0.125 ที่คำนวณไว้แล้วในบทที่ 3

เมื่อแทนค่าแล้วจะได้ $R = 6.37$ Cm

ดังนั้นเราจึงใช้ระยะทางที่มากกว่าสนามไฟฟ้าระยะไกล ในที่นี้เราใช้ $R = 2$ เมตร เพื่อง่าย

ต่อการคำนวณ เพราะฉะนั้น $Loss_{FreeSpace} = 20 \log \frac{4\pi(2m)}{0.125} = 46.07$ dB

การวัดอัตราขยายทำดังรูป 4.9



รูปที่ 4.9 การวัดอัตราขยายของสายอากาศในห้องแชนเบอร์

เนื่องจากอัตราขยายด้านรับ (G_r) และอัตราขยายด้านส่ง (G_t) เราใช้สายอากาศตัวเดียวกัน ดังนั้นสมการที่ได้คือ $G_r + G_t = 2G$
ดังนั้น

$$P_r = P_t + 2G - Loss_{FreeSpace} \quad (4.4)$$

สุดท้ายจะได้

$$G = \frac{P_r - P_t + Loss_{FreeSpace}}{2} \quad (4.5)$$

แทนค่าสมการ P_r คือ กำลังงานที่รับได้ = -48 dB

P_t คือกำลังงานที่ส่งไป = -10 dB

$Loss_{FreeSpace}$ คือการสูญเสียในอากาศ = 46.07 dB

$$G = \frac{-48 - (-10) + 46.07}{2} = 4.04 \text{ dB}$$

อัตราขยายของสายอากาศมีค่าเท่ากับ 4.04 dB

เมื่อได้อัตราขยายมาแล้วขั้นตอนต่อไปคือการวัดการแผ่กระจายกำลังงาน ของสายอากาศ โดยเราจะวัดทั้งในระนาบสนามไฟฟ้า (E-plane) และระนาบสนามแม่เหล็ก (H-plane) ซึ่งการวัดจะหมุนสายอากาศทำมุมทีละ 4 องศาจนถึง 360 องศา โดยเริ่มจาก 0 องศา การวัดทำได้ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การวัดการแผ่กระจายกำลังงานในห้องแชมเบอร์

ผลการวัดได้ผลตามตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดการแผ่กระจายกำลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า

Pt	Pr	loss	Gr
-10	-48	46.07	4.04
-10	-48	46.07	4.04
-10	-49	46.07	3.56
-10	-48	46.07	4.04
-10	-49	46.07	3.56
-10	-49	46.07	3.56
-10	-49	46.07	3.56
-10	-48	46.07	4.04
-10	-49	46.07	3.56
-10	-50	46.07	3.04
-10	-50	46.07	3.04
-10	-49	46.07	3.56
-10	-50	46.07	3.04
-10	-49	46.07	3.56
-10	-49	46.07	3.56
-10	-50	46.07	3.04
-10	-50	46.07	3.04
-10	-51	46.07	2.54
-10	-50	46.07	3.04
-10	-51	46.07	2.54
-10	-52	46.07	2.04
-10	-52	46.07	2.04

-10	-53	46.07	1.54
-10	-52	46.07	2.04
-10	-54	46.07	1.04
-10	-55	46.07	0.54
-10	-58	46.07	-0.97
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-59	46.07	-1.47
-10	-59	46.07	-1.47
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-56	46.07	0.04
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-56	46.07	0.04
-10	-54	46.07	1.04
-10	-53	46.07	1.54
-10	-53	46.07	1.54
-10	-54	46.07	1.04
-10	-53	46.07	1.54
-10	-54	46.07	1.04
-10	-54	46.07	1.04
-10	-53	46.07	1.54
-10	-53	46.07	1.54
-10	-54	46.07	1.04
-10	-53	46.07	1.54

-10	-53	46.07	1.54
-10	-54	46.07	1.04
-10	-54	46.07	1.04
-10	-53	46.07	1.54
-10	-54	46.07	1.04
-10	-53	46.07	1.54
-10	-53	46.07	1.54
-10	-54	46.07	1.04
-10	-56	46.07	0.04
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-56	46.07	0.04
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-59	46.07	-1.47
-10	-59	46.07	-1.47
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-58	46.07	-0.97
-10	-55	46.07	0.54
-10	-54	46.07	1.04
-10	-52	46.07	2.04
-10	-53	46.07	1.54
-10	-52	46.07	2.04
-10	-52	46.07	2.04
-10	-51	46.07	2.54

-10	-50	46.07	3.04
-10	-51	46.07	2.54
-10	-50	46.07	3.04
-10	-50	46.07	3.04
-10	-49	46.07	3.56
-10	-49	46.07	3.56
-10	-50	46.07	3.04
-10	-49	46.07	3.56
-10	-50	46.07	3.04
-10	-50	46.07	3.04
-10	-49	46.07	3.56
-10	-48	46.07	4.04
-10	-49	46.07	3.56
-10	-49	46.07	3.56
-10	-49	46.07	3.56
-10	-48	46.07	4.04
-10	-49	46.07	3.56
-10	-48	46.07	4.04
-10	-48	46.07	4.04

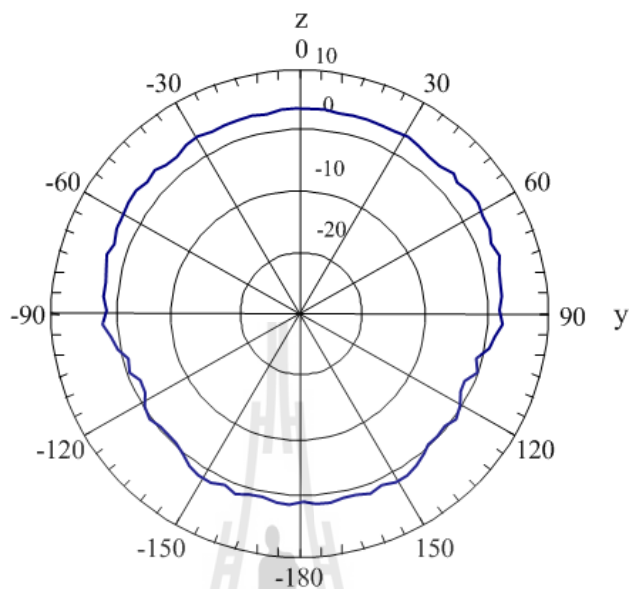
ตารางที่ 4.2 ผลการวัดการแผ่กระจายกำลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก

Pt	Pr	loss	Gr
-10	-48	46.07	4.04
-10	-48	46.07	4.04
-10	-49	46.07	3.56
-10	-49	46.07	3.56
-10	-49	46.07	3.56
-10	-50	46.07	3.04
-10	-50	46.07	3.04
-10	-50	46.07	3.04
-10	-51	46.07	2.54
-10	-51	46.07	2.54
-10	-52	46.07	2.04
-10	-52	46.07	2.04
-10	-53	46.07	1.54
-10	-53	46.07	1.54
-10	-54	46.07	1.04
-10	-54	46.07	1.04
-10	-55	46.07	0.54
-10	-56	46.07	0.04
-10	-56	46.07	0.04
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-58	46.07	-0.97
-10	-59	46.07	-1.47
-10	-59	46.07	-1.47
-10	-60	46.07	-1.97
-10	-61	46.07	-2.47
-10	-63	46.07	-3.47
-10	-63	46.07	-3.47
-10	-60	46.07	-1.97
-10	-60	46.07	-1.97

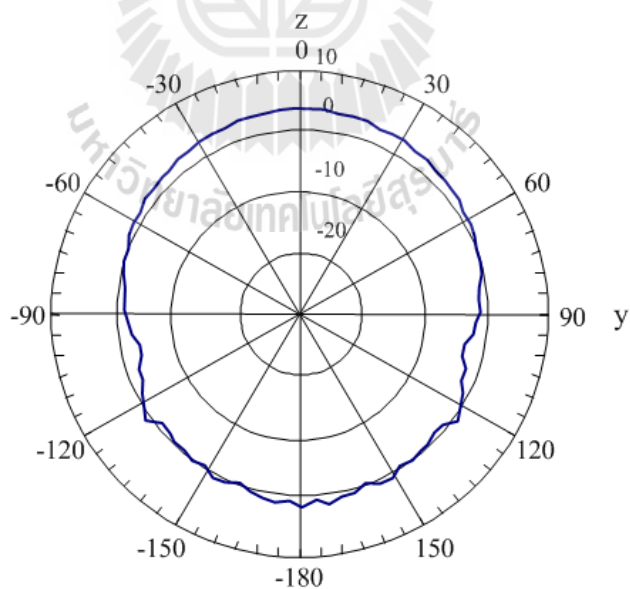
-10	-58	46.07	-0.97
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-55	46.07	0.54
-10	-58	46.07	-0.97
-10	-58	46.07	-0.97
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-56	46.07	0.04
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-55	46.07	0.54
-10	-55	46.07	0.54
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-55	46.07	0.54
-10	-54	46.07	1.04
-10	-53	46.07	1.54
-10	-54	46.07	1.04
-10	-52	46.07	2.04
-10	-54	46.07	1.04
-10	-53	46.07	1.54
-10	-54	46.07	1.04
-10	-55	46.07	0.54
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-55	46.07	0.54
-10	-55	46.07	0.54
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-56	46.07	0.04
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-58	46.07	-0.97
-10	-58	46.07	-0.97
-10	-55	46.07	0.54

-10	-57	46.07	-0.47
-10	-58	46.07	-0.97
-10	-60	46.07	-1.97
-10	-60	46.07	-1.97
-10	-63	46.07	-3.47
-10	-63	46.07	-3.47
-10	-61	46.07	-2.47
-10	-60	46.07	-1.97
-10	-59	46.07	-1.47
-10	-59	46.07	-1.47
-10	-58	46.07	-0.97
-10	-57	46.07	-0.47
-10	-56	46.07	0.04
-10	-56	46.07	0.04
-10	-55	46.07	0.54
-10	-54	46.07	1.04
-10	-54	46.07	1.04
-10	-53	46.07	1.54
-10	-53	46.07	1.54
-10	-52	46.07	2.04
-10	-52	46.07	2.04
-10	-51	46.07	2.54
-10	-51	46.07	2.54
-10	-50	46.07	3.04
-10	-50	46.07	3.04
-10	-50	46.07	3.04
-10	-49	46.07	3.56
-10	-49	46.07	3.56
-10	-49	46.07	3.56
-10	-48	46.07	4.04
-10	-48	46.07	4.04

เมื่อได้ผลการวัดการแผ่กระจายกำลังงาน ตามตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2 แล้ว เราจะนำผลที่ได้มาพล็อตลงแสดง ดังรูปที่ 4.11 และ รูปที่ 4.12



รูปที่ 4.11 แบบรูปการแผ่กระจายกำลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า



รูปที่ 4.12 แบบรูปการแผ่กระจายกำลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก

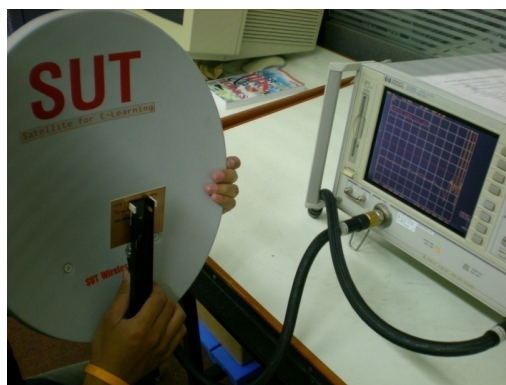
จะสังเกตได้ว่า อัตราขยายที่วัดได้ มีค่าเท่ากับ 4.04 dB ค่าอัตราขยายที่ได้นั้น ยังไม่สามารถส่งและรับข้อมูลในระยะไกลได้ตามที่เราต้องการดังนั้นจึงมีการนำเทคนิคเพิ่มอัตราขยายมาใช้ในขั้นตอนต่อไป

4. เนื่องจากอัตราขยายในขั้นตอนที่แล้วมีค่าต่ำมาก ซึ่งอาจมีผลต่อการนำไปใช้งานจริงซึ่งจะมีระยะทางที่ไกลมาก จึงคิดว่าจะไม่สามารถที่จะรับส่งข้อมูลได้ จึงมีเทคนิคที่ทำให้สายอากาศที่เราสร้างขึ้นทำการส่งและรับข้อมูลได้ไกลมากขึ้นกว่าเดิมคือการนำเอาสายอากาศสมาติดกับจานพาราโบลา (Parabolic) ดังรูปที่ 4.13

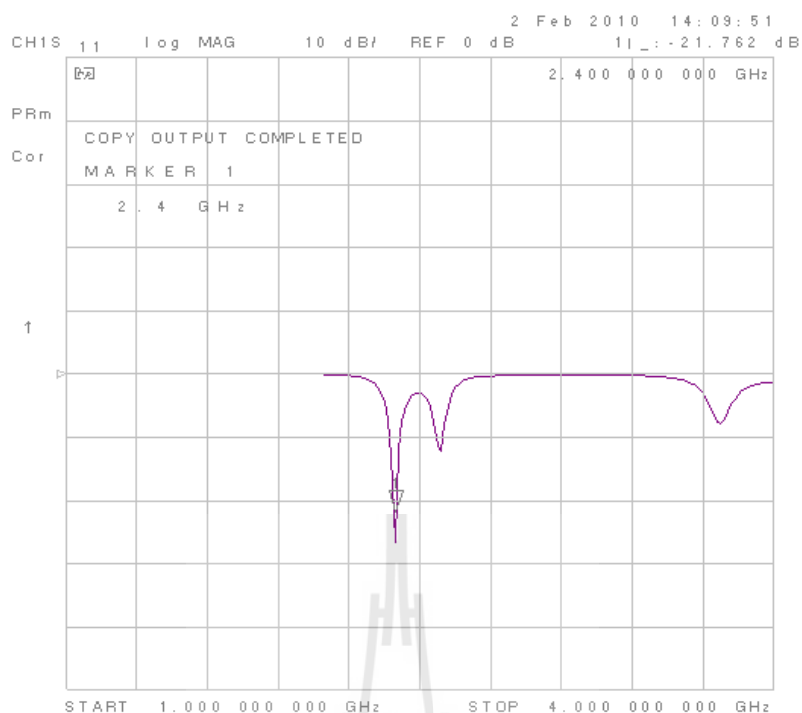


รูปที่ 4.13 เทคนิคการนำสายอากาศแบบแพตช์ไปติดกับจานพาราโบลา

เมื่อนำไปติดกับจานพาราโบลาเรียบร้อยแล้วก็นำไปวัด S_{11} ที่เครื่องวิเคราะห์โครงข่าย เพื่อดูว่ากำลังงานที่ได้จะต่ำกว่า -10 dB ดังรูปที่ 4.14 ซึ่งจะนำไปใช้งานได้หรือไม่ผลออกมาดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.14 การวัด S_{11} ของสายอากาศพาราโบลา



รูปที่ 4.15 ผลการวัด S_{11} ของสายอากาศพาราโบลิก

จากรูปจะเห็นได้ว่า เมื่อนำสายอากาศติดเข้ากับงานพาราโบลิกค่า S_{11} ที่วัดได้ต่ำกว่าสายอากาศที่ยังไม่ติดกับงานพาราโบลิกมาก ดูจากค่าที่วัดได้ในรูป กำลังงานได้เท่ากับ -21.762 dB ซึ่งมากกว่าประมาณ 2 เท่า จึงแน่ใจว่าสายอากาศจะส่งและรับข้อมูลได้ไกลมากขึ้น

5. เมื่อวัด S_{11} ผ่านแล้วต่อไปจะนำสายอากาศที่ติดงานพาราโบลิกไปวัดอัตราขยายและวัดการแผ่กระจายกำลัง ทั้งในระนาบสนามไฟฟ้าและระนาบสนามแม่เหล็ก เหมือนกับขั้นตอนที่ 3 แต่จะต่างกันที่สนามระยะไกลเพราะว่าขนาดของสายอากาศมีขนาดเพิ่มขึ้น การคำนวณหาสนามระยะไกลหาได้ดังนี้

$$\text{ระยะ Farfield} = \frac{2D^2}{\lambda}$$

ซึ่ง D = ความยาวของสายอากาศ ซึ่งเราจะวัดจากงานพาราโบลิกเพราะเราถือว่าเป็น

เป็นสายอากาศตัวหนึ่ง เท่ากับ 40 เซนติเมตร

λ = ความยาวคลื่น เท่ากับ 0.125 ที่คำนวณไว้แล้วในบทที่ 3

เมื่อแทนค่าแล้วจะได้ สนามระยะไกล = 2.56 m

ในที่นี้เราจะใช้ระยะ $R = 2.6$ เมตร ในการคำนวณหาการสูญเสียในอากาศดังสมการที่ 4.2 ดังนี้

$$Loss_{FreeSpace} = 20 \log \frac{4\pi R}{\lambda}$$

แทนค่าลงไปจะได้ $Loss_{FreeSpace} = 48.35$ dB เมื่อได้ค่า $Loss_{FreeSpace}$ ในอากาศเรียบร้อยแล้วเราจะไปวัดอัตราขยาย ในการวัดครั้งนี้เราจะใช้สายอากาศตัวแรกคือตัวที่ยังไม่ติดจานพาราโบลิกเป็นตัวส่งสัญญาณเพราะเราคำนวณหาอัตราขยายเรียบร้อยแล้วและใช้สายอากาศตัวที่ติดกับจานพาราโบลิกเป็นตัวรับสัญญาณ เพื่อง่ายต่อการคำนวณอัตราขยาย ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 การวัดอัตราขยายของจานพาราโบลิกในห้องแอมเบอร์

เราจะใช้สมการที่ 4.1 ในการคำนวณหาอัตราขยาย จะได้

$$P_r = P_t + G_r + G_t - Loss_{FreeSpace}$$

เพราะฉะนั้นจะคำนวณอัตราขยายด้านรับ ได้ดังนี้

$$G_r = P_r - P_t - G_t + Loss_{FreeSpace} \quad (4.6)$$

แทนค่าสมการ P_r คือกำลังงานที่รับได้ในระนาบสนามไฟฟ้า = -47dB

P_t คือกำลังงานที่ส่งออกไป = -10dB

$Loss_{FreeSpace}$ คือการสูญเสียในอากาศ = 48.35 dB

G_t คืออัตราขยายของสายอากาศแบบแพตช์ = 0.532 dB

เมื่อแทนค่าแล้วจะได้อัตราขยายของสายอากาศแบบจานพาราโบลิก = 10 dB

เมื่อได้อัตราขยายแล้วต่อไปเราจะนำสายอากาศไปวัดการแผ่กระจายกำลังงาน ในระนาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ทำตามขั้นตอนที่ 3 จะได้ผลตามตารางที่ 4.3 และ ตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ผลการแผ่กระจายกำลังงาน ในระนาบสนามไฟฟ้า

Pt	Pr	loss	Gr
-10	-48	48.35	9.827
-10	-49	48.35	8.827
-10	-49	48.35	8.827
-10	-50	48.35	7.827
-10	-50	48.35	7.827
-10	-51	48.35	6.827
-10	-50	48.35	7.827
-10	-52	48.35	5.827
-10	-54	48.35	3.827
-10	-56	48.35	1.827
-10	-58	48.35	-0.173
-10	-60	48.35	-2.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-61	48.35	-3.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-65	48.35	-7.173
-10	-65	48.35	-7.173
-10	-64	48.35	-6.173

-10	-66	48.35	-8.173
-10	-67	48.35	-9.173
-10	-69	48.35	-11.173
-10	-68	48.35	-10.173
-10	-68	48.35	-10.173
-10	-69	48.35	-11.173
-10	-70	48.35	-12.173
-10	-69	48.35	-11.173
-10	-65	48.35	-7.173
-10	-65	48.35	-7.173
-10	-64	48.35	-6.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-64	48.35	-6.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-64	48.35	-6.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-61	48.35	-3.173
-10	-60	48.35	-2.173
-10	-58	48.35	-0.173

-10	-60	48.35	-2.173
-10	-61	48.35	-3.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-64	48.35	-6.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-64	48.35	-6.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-64	48.35	-6.173
-10	-65	48.35	-7.173
-10	-65	48.35	-7.173
-10	-69	48.35	-11.173
-10	-70	48.35	-12.173
-10	-69	48.35	-11.173
-10	-68	48.35	-10.173
-10	-68	48.35	-10.173
-10	-69	48.35	-11.173
-10	-67	48.35	-9.173
-10	-66	48.35	-8.173
-10	-65	48.35	-6.173

-10	-66	48.35	-7.173
-10	-66	48.35	-7.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-61	48.35	-3.173
-10	-63	48.35	-4.173
-10	-66	48.35	-5.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-60	48.35	-2.173
-10	-58	48.35	-0.173
-10	-56	48.35	1.827
-10	-54	48.35	3.827
-10	-52	48.35	5.827
-10	-50	48.35	7.827
-10	-51	48.35	6.827
-10	-50	48.35	7.827
-10	-50	48.35	7.827
-10	-49	48.35	8.827
-10	-49	48.35	8.827
-10	-48	48.35	9.827

ตารางที่ 4.4 ผลการแผ่กระจายกำลังงาน ในระนาบสนามแม่เหล็ก

Pt	Pr	loss	Gr
-10	-48	48.35	9.827
-10	-49	48.35	8.827
-10	-49	48.35	8.827
-10	-50	48.35	7.827
-10	-50	48.35	7.827
-10	-51	48.35	6.827
-10	-50	48.35	7.827
-10	-52	48.35	5.827
-10	-54	48.35	3.827
-10	-56	48.35	1.827
-10	-58	48.35	-0.173
-10	-60	48.35	-2.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-61	48.35	-3.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-65	48.35	-7.173
-10	-65	48.35	-7.173
-10	-64	48.35	-6.173
-10	-66	48.35	-8.173
-10	-67	48.35	-9.173

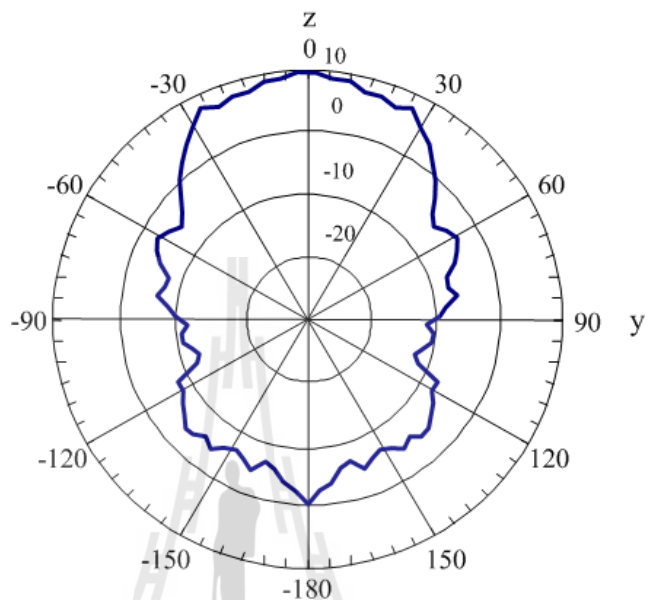
-10	-69	48.35	-11.173
-10	-68	48.35	-10.173
-10	-68	48.35	-10.173
-10	-69	48.35	-11.173
-10	-70	48.35	-12.173
-10	-69	48.35	-11.173
-10	-65	48.35	-7.173
-10	-65	48.35	-7.173
-10	-64	48.35	-6.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-64	48.35	-6.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-64	48.35	-6.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-61	48.35	-3.173
-10	-60	48.35	-2.173
-10	-58	48.35	-0.173
-10	-60	48.35	-2.173
-10	-61	48.35	-3.173

-10	-63	48.35	-5.173
-10	-64	48.35	-6.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-64	48.35	-6.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-63	48.35	-5.173
-10	-64	48.35	-6.173
-10	-65	48.35	-7.173
-10	-65	48.35	-7.173
-10	-69	48.35	-11.173
-10	-70	48.35	-12.173
-10	-69	48.35	-11.173
-10	-68	48.35	-10.173
-10	-68	48.35	-10.173
-10	-69	48.35	-11.173
-10	-67	48.35	-9.173
-10	-66	48.35	-8.173
-10	-65	48.35	-6.173
-10	-66	48.35	-7.173
-10	-66	48.35	-7.173

-10	-63	48.35	-5.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-61	48.35	-3.173
-10	-63	48.35	-4.173
-10	-66	48.35	-5.173
-10	-62	48.35	-4.173
-10	-60	48.35	-2.173
-10	-58	48.35	-0.173
-10	-56	48.35	1.827
-10	-54	48.35	3.827
-10	-52	48.35	5.827
-10	-50	48.35	7.827
-10	-51	48.35	6.827
-10	-50	48.35	7.827
-10	-50	48.35	7.827
-10	-49	48.35	8.827
-10	-49	48.35	8.827
-10	-48	48.35	9.827

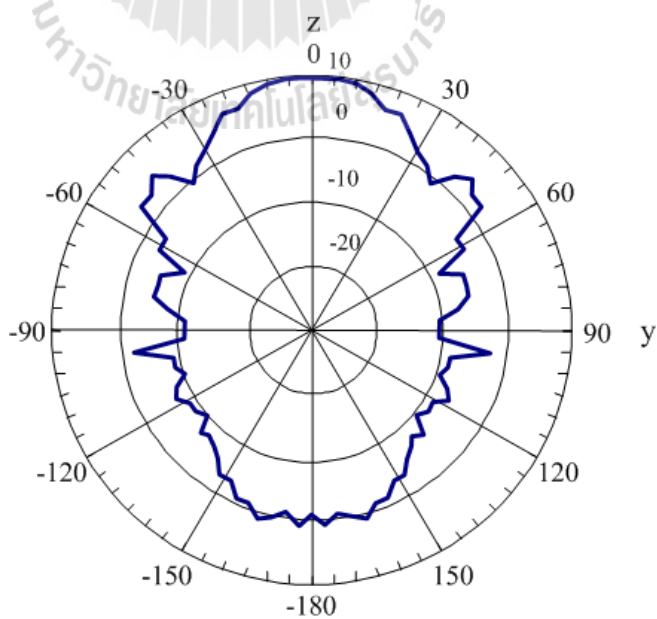
เมื่อได้ผลการวัดการแผ่กระจายกำลังงาน ตามตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 แล้วเราจะนำผลที่ได้มาพล็อตแสดง ดังรูปที่ 4.17 และ รูปที่ 4.18

Gain patch+reflector E-plane



รูปที่ 4.17 แบบรูปการแผ่กระจายกำลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า

Gain patch+reflector H-plane



รูปที่ 4.18 แบบรูปการแผ่กระจายกำลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบ

ประเภทของสายอากาศ	S_{11} (dB)	อัตราขยาย (Gain)	ความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง (องศา)	
			ระนาบ สนามไฟฟ้า	ระนาบ สนามแม่เหล็ก
สายอากาศไมโครสตริป	-11.318 dB	4.04 dB	188	124
สายอากาศพาราโบลิก	-21.762 dB	10 dB	60	54

จะเห็นได้ว่าอัตราขยายที่คำนวณได้สูงกว่าสายอากาศตัวเดิมมากซึ่งสายอากาศตัวที่คิดกับจานพาราโบลิกคำนวณค่าอัตราขยายของสายอากาศได้เท่ากับ 10 dB และระนาบที่มีอัตราขยายมากที่สุดคือระนาบสนามแม่เหล็ก ซึ่งเมื่อเทียบกับสายอากาศแบบแพทช์ตัวเดิมมีอัตราขยายของสายอากาศ เท่ากับ 4.04 dB จะเห็นได้ว่าอัตราขยายเพิ่มขึ้นกว่า 2 เท่า ดังนั้นเราจะตั้งสายอากาศในระนาบสนามแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์จริง จากเทคนิคที่ใช้ทำให้เรียกสายอากาศแบบนี้ว่า “สายอากาศพาราโบลิก”

6.เมื่อวัดผลต่างๆเรียบร้อยแล้วและแน่ใจว่าสายอากาศที่เราสร้างขึ้นสามารถส่งและรับข้อมูลได้ตามระยะทางที่เราต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการใช้สายอากาศพาราโบลิกไปทดสอบกับระบบจริงในสถานที่จริงตามรูปที่ 4.19 คือ โรงผสมปุ๋ยในฟาร์ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งระบบจริงนั้นจะมีทั้งสถานีแม่ข่าย และสถานีลูกข่ายเพื่อจะรับส่งข้อมูลซึ่งกันและกัน



รูปที่ 4.19 สถานที่จริง ณ โรงผสมปุ๋ยในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากลูกศรสีเหลืองที่ชี้อยู่นั้น คือสถานีลูกข่าย ถ้าเรายืนอยู่ที่สถานีลูกข่ายแล้วมองออกมาจากสถานีลูกข่าย จะเห็นที่ตั้งสถานีแม่ข่าย ดังรูปที่ 4.20



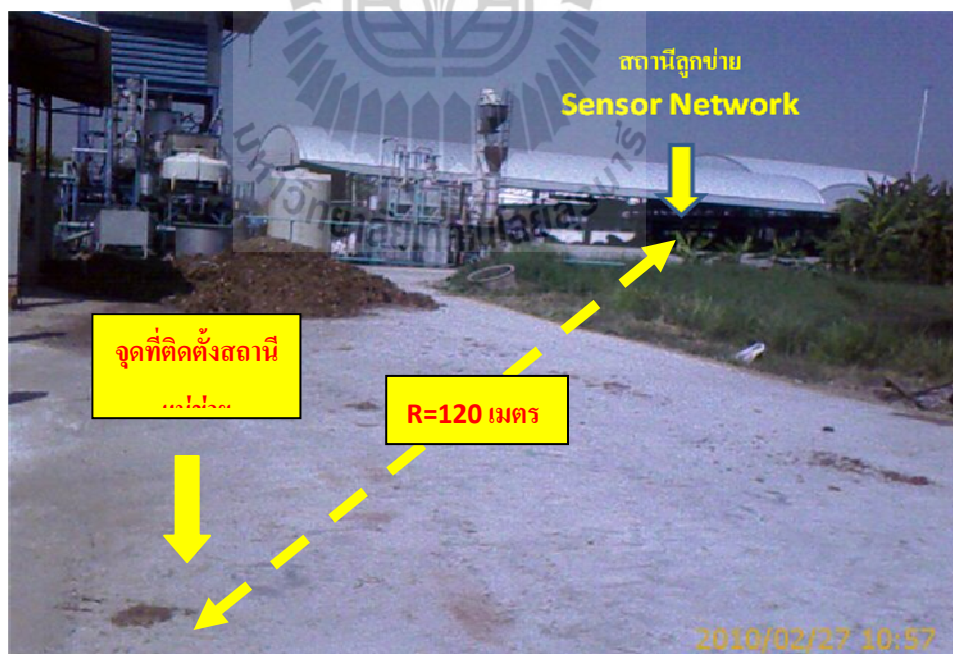
รูปที่ 4.20 สิ่งกีดขวางที่เป็นปัญหาในการรับส่งข้อมูล

จะเห็นได้ว่ามีสิ่งกีดขวางจำนวนมากเมื่อมองออกไปหาสถานีแม่ข่าย ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการรับส่งข้อมูล แต่ในการสร้างสายอากาศพาราโบลิกมีอัตราขยายสูงสิ่งกีดขวางน่าจะไม่มีปัญหาในการรับส่งข้อมูล

การสร้างสายอากาศแบบพาราโบลิกในครั้งนี้เราจะใช้ติดตั้งในสถานีแม่ข่ายซึ่งจะใช้รับข้อมูลจากสถานีลูกข่ายที่ใช้ตัวตรวจจับไร้สาย (Wireless Sensor Network) ตามรูปที่ 4.21 เพื่อส่งข้อมูลการวัด ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นของปุ๋ยในโรงผสมปุ๋ย ดังรูปที่ 4.22 และรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.21 ตัวตรวจจับไร้สาย ของสถานีลูกข่าย



รูปที่ 4.22 การแสดงระยะทางจากสถานีลูกข่ายถึงสถานีแม่ข่าย



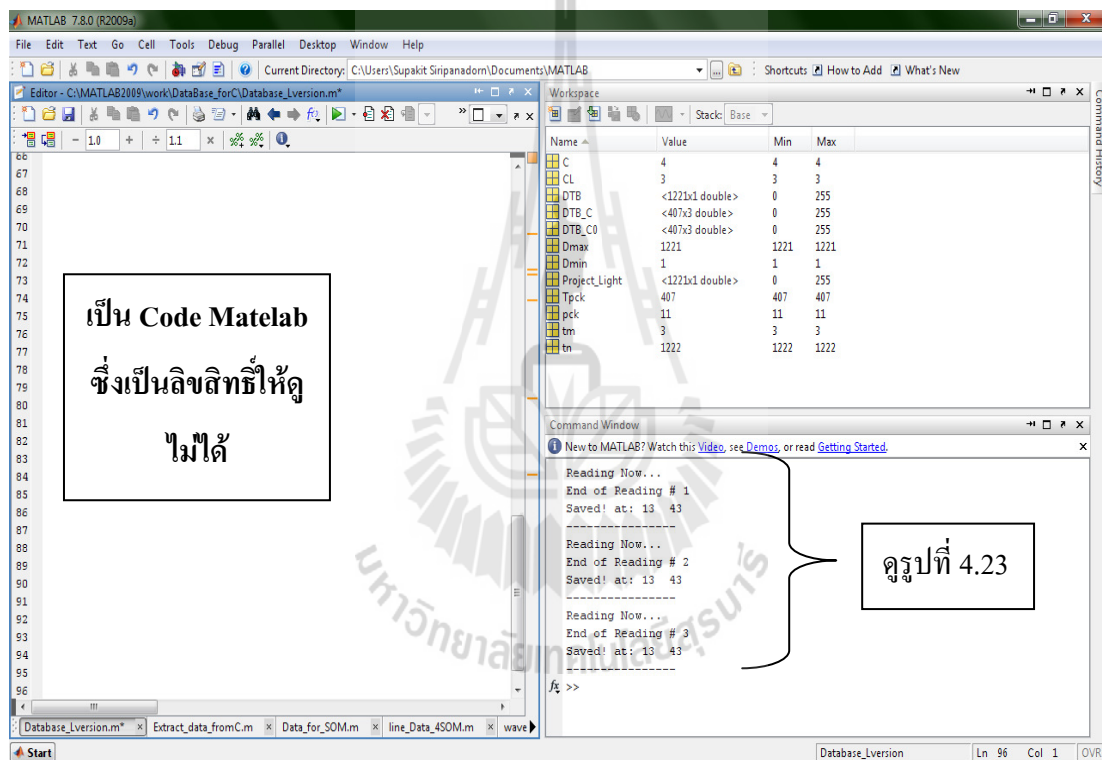
รูปที่ 4.23 การทดลองติดตั้งตัวตรวจจับไร้สายของสถานีลูกข่าย

เมื่อติดตั้งสถานีลูกข่ายแล้วต่อไปเราจะมาติดตั้งสถานีแม่ข่ายดังรูปที่ 4.24

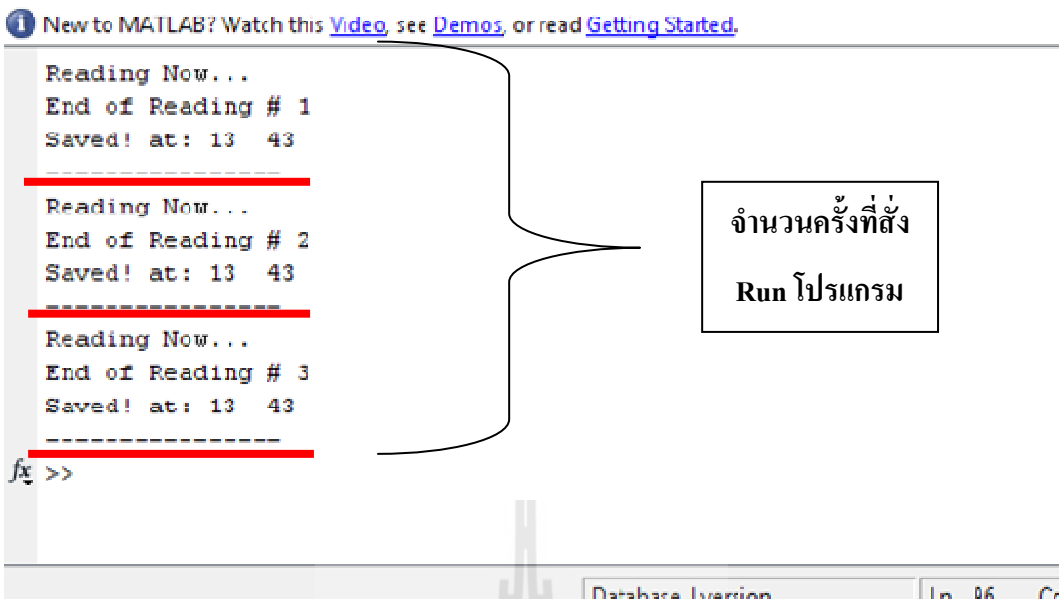


รูปที่ 4.24 การติดตั้งสถานีแม่ข่าย

จากรูปที่ 4.24 ประกอบไปด้วย ตัวตรวจจับไร้สาย ใช้ตัวเดียวกันเหมือนกับสถานีลูกข่ายแต่ต่างกันได้เขียน โปรแกรมเพิ่มเพื่อรับข้อมูลจากสถานีลูกข่าย ต่อไปคือสายอากาศพาราโบลาใช้เป็นตัวรับข้อมูลเป็นระยะทางประมาณ 120 เมตร เมื่อเรามองจากจุดที่ตั้งสถานีแม่ข่ายแล้วหันหน้าไปยังสถานีลูกข่ายดังรูป 4.22 ข้างต้น สายอากาศพาราโบลาจะรับข้อมูลแล้วส่งผ่านตัวตรวจจับไร้สาย ไปแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ที่ลงโปรแกรมไว้แล้ว ผลจะแสดงออกมาดังรูปที่ 4.25

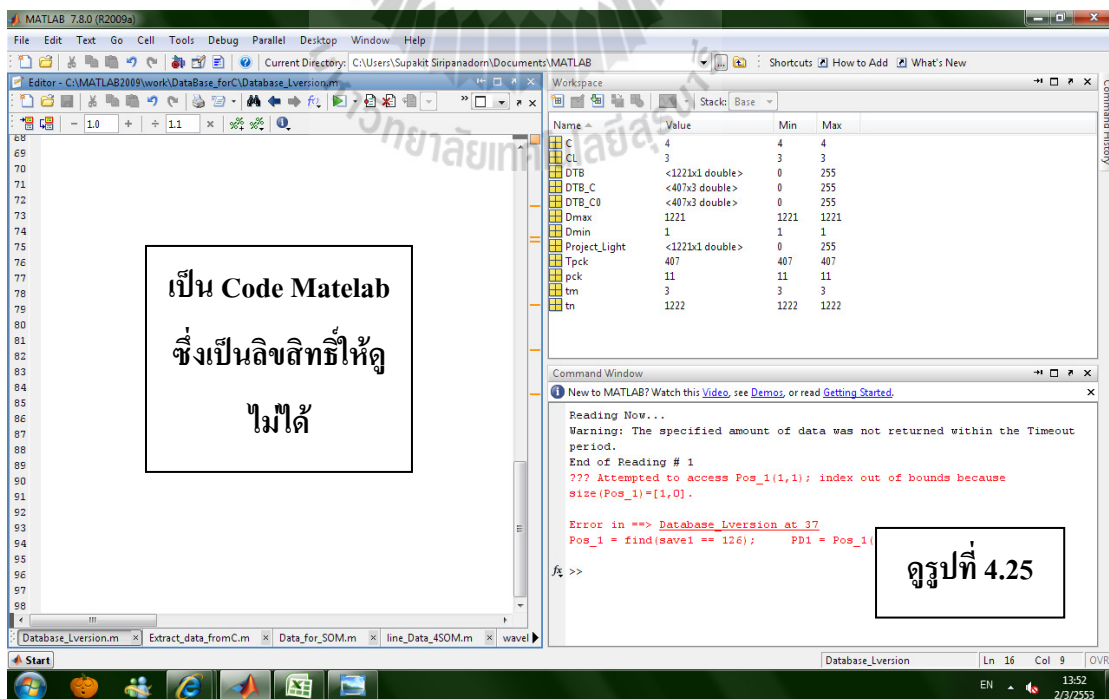


รูปที่ 4.25 หน้าจอแสดงการรับข้อมูลใน โปรแกรม

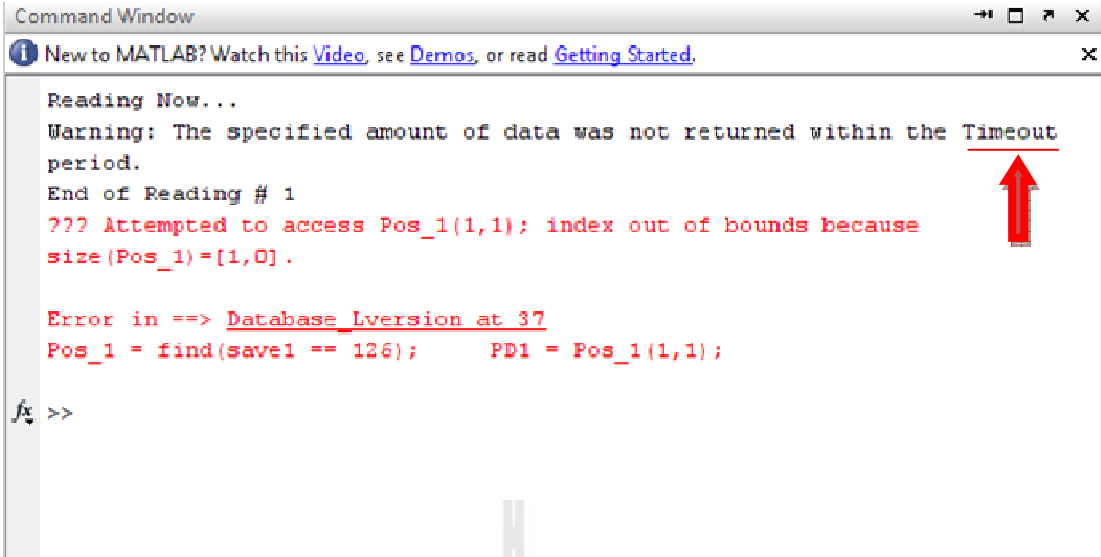


รูปที่ 4.26 การรับข้อมูลโดยการสั่ง Run โปรแกรม 3 ครั้ง

จากรูปที่ 4.26 คือการสั่ง Run โปรแกรมเพื่อรับข้อมูลจากสถานีลูกข่ายสามครั้งต่อกัน ในเวลาเดียวกันคือ 13.43 น. เราจะดูว่าสถานีแม่ข่ายรับข้อมูลได้หรือไม่ดูจากบรรทัดที่มีคำว่า “Saved” ที่ขีดเส้นใต้สีแดงเอาไว้แสดงว่าสถานีแม่ข่ายรับข้อมูลได้ ส่วนกรณีที่รับข้อมูลไม่ได้จากรูปที่ 4.27 และรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.27 ภาพหน้าจอแสดงการรับข้อมูลไม่ได้



```

Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Reading Now...
Warning: The specified amount of data was not returned within the Timeout
period.
End of Reading # 1
??? Attempted to access Pos_1(1,1); index out of bounds because
size(Pos_1)=[1,0].

Error in ==> Database_Lversion at 37
Pos_1 = find(save1 == 126); PD1 = Pos_1(1,1);
>>

```

รูปที่ 4.28 การเกิด Timeout ทำให้ไม่สามารถรับข้อมูลได้

จากรูป 4.27 และ รูป 4.28 จะสังเกตเห็นว่าเมื่อสถานีแม่ข่ายรับข้อมูลไม่ได้จะมีคำว่า “Timeout” ตรงที่ลูกศรชี้ขึ้นมาและจะปรากฏตัวอักษรภาษาอังกฤษสีแดงขึ้นด้านล่างอีกด้วยแต่นี้เป็นตัวอย่างที่แสดงถึงการรับข้อมูลไม่ได้เท่านั้น



รูปที่ 4.29 ผลการรับข้อมูลหลังจากรันโปรแกรม

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงผลการวัดความเข้มแสงในโรงผสมปุ๋ยในฟาร์ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หมายเลข แพคเกจ	หมายเลข ตัว ตรวจจับ	จำนวน ครั้งที่วัด	ค่าที่วัดได้					ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย ทั้งหมด
			ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	ค่าที่ 4	ค่าที่ 5		
1	1	1	1.26E+02	6.60E+01	2.55E+02	2.55E+02	1.00E+01	2.28E+01	2.28E+01
		2	1.26E+02	6.60E+01	2.55E+02	2.55E+02	1.00E+01	2.28E+01	
		3	1.26E+02	6.60E+01	2.55E+02	2.55E+02	1.00E+01	2.28E+01	
	2	1	1.25E+02	9.40E+01	2.60E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.65E+02	2.65E+02
		2	1.25E+02	9.40E+01	2.60E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.65E+02	
		3	1.25E+02	9.40E+01	2.60E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.65E+02	
2	2	1	2.50E+02	0.00E+00	1.00E+00	0.00E+00	2.21E+02	1.14E+02	1.16E+02
		2	1.14E+02	1.00E+00	1.00E+00	0.00E+00	2.42E+02	1.11E+02	
		3	2.44E+02	1.00E+00	1.00E+00	0.00E+00	1.80E+01	1.24E+02	
	1	1	2.00E+00	2.39E+02	2.00E+00	2.43E+02	2.00E+00	2.16E+02	2.22E+02
		2	2.00E+00	2.17E+02	2.00E+00	2.34E+02	2.00E+00	2.10E+02	
		3	3.00E+00	1.60E+01	3.00E+00	2.48E+02	2.00E+00	2.41E+02	
3	1	1	2.25E+02	2.00E+00	2.00E+00	2.00E+00	2.20E+02	2.09E+02	2.20E+02
		2	2.52E+02	2.00E+00	2.00E+00	3.00E+00	2.48E+02	2.40E+02	
		3	2.49E+02	2.00E+00	1.00E+01	3.00E+00	2.10E+01	2.11E+01	
	2	1	2.00E+00	2.39E+02	2.00E+00	2.43E+02	2.00E+00	2.16E+02	2.24E+02
		2	2.00E+00	2.20E+02	2.00E+00	2.34E+02	2.00E+00	2.10E+02	
		3	3.00E+00	1.90E+01	3.00E+00	2.54E+02	2.00E+00	2.48E+02	
4	2	1	2.27E+02	2.00E+00	2.00E+02	2.00E+00	2.10E+01	2.07E+02	2.26E+02
		2	2.52E+02	2.00E+00	4.00E+00	3.00E+00	1.28E+02	2.56E+02	
		3	2.53E+02	2.00E+00	1.50E+01	3.00E+00	1.77E+02	2.16E+02	
	1	1	8.00E+00	1.26E+02	1.26E+02	6.60E+01	2.55E+02	3.93E+02	3.39E+02
		2	6.80E+01	1.26E+02	1.26E+02	6.60E+01	2.55E+02	3.69E+02	
		3	1.16E+02	1.26E+02	1.26E+02	6.60E+01	2.55E+02	2.56E+02	
5	1	1	2.55E+02	1.00E+01	1.25E+02	9.40E+01	2.60E+01	3.36E+01	3.36E+01
		2	2.55E+02	1.00E+01	1.25E+02	9.40E+01	2.60E+01	3.36E+01	
		3	2.55E+02	1.00E+01	1.25E+02	9.40E+01	2.60E+01	3.36E+01	
	2	1	0.00E+00	0.00E+00	4.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.20E+00	0.90E+02
		2	0.00E+00	0.00E+00	1.24E+02	1.00E+00	1.00E+00	0.64E+02	
		3	0.00E+00	0.00E+00	2.34E+02	1.00E+00	1.00E+00	0.86E+02	

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ได้รับได้คือการส่งข้อมูลจากสถานีลูกข่ายมาให้สถานีแม่ข่ายจำนวน 3 ครั้งติดต่อกัน 1 ครั้งจะมีหมายเลขแพ็คเกจ (Packet) อยู่ 5 หมายเลข และแต่ละหมายเลขแพ็คเกจ มีข้อมูลอยู่สิบคำ โดยแบ่งข้อมูลการรับส่งด้วยตัวตรวจจับสองตัว ซึ่งข้อมูลที่ได้ นั้นยังไม่ใช่คำที่สมบูรณ์เพราะว่ายังไม่มีการที่จะแปลงคำที่อ่านได้เป็นคำที่นำไปใช้งานได้

4.3 กล่าวสรุป

หลังจากที่ได้ทำการประกอบอุปกรณ์ต้นแบบ พร้อมทั้งทำการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบ ณ โรงผสมปุ๋ย ในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าสามารถรับส่งข้อมูลในระยะไกลได้และมีประสิทธิภาพมากกว่าสายอากาศไดโพล (dipole) ที่เป็นสายอากาศเดิมในการรับส่งข้อมูลของตัวตรวจจับไร้สายสามารถรับส่งข้อมูลได้ไม่เกิน 50 เมตร แต่เมื่อเราเปลี่ยนสายอากาศเป็นสายอากาศพาราโบลิกที่เราสร้างขึ้นแล้วสามารถรับส่งข้อมูลได้ไกลกว่า 120 เมตรและอาจมากกว่านั้น นับว่าการทดสอบผ่านตามวัตถุประสงค์



บทที่ 5

บทสรุปของโครงการ

5.1 สรุป

โครงการการออกแบบสายอากาศสำหรับตัวตรวจจับไร้สายที่ความถี่ 2.4 GHz มีส่วนประกอบหลัก ดังนี้

1. สายอากาศพาราโบลิก
2. ตัวตรวจจับไร้สาย (Wireless Sensor Network) ส่วนที่เป็นสถานีแม่ข่าย ที่ได้เขียนโปรแกรมรับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว
3. ตัวตรวจจับไร้สาย (Wireless Sensor Network) ส่วนที่เป็นสถานีลูกข่าย
4. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก (Computer Notebook) ที่ลงโปรแกรมรับส่งข้อมูลที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว

ซึ่งจากผลการทดสอบจากสถานที่จริงพบว่า สายอากาศพาราโบลิกที่ออกแบบและสร้างขึ้นมานั้นสามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพมาก สูงกว่าสายอากาศไดโพลที่เป็นอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิม สามารถรับส่งข้อมูลภายในเวลาที่กำหนดและมีระยะทางการรับส่งข้อมูลที่ไกลมาก ตรงตามวัตถุประสงค์ที่จะออกแบบ มาเพื่อใช้งานจริง

เนื้อหาในบทนี้เป็นการกล่าวถึงบทสรุปของโครงการการออกแบบสายอากาศสำหรับตัวตรวจจับไร้สายที่ความถี่ 2.4 GHz ซึ่งประกอบไปด้วยปัญหาที่พบในขณะดำเนินงาน วิธีการแก้ไข ข้อเสนอแนะ และวิธีการพัฒนาโครงการต่อไป

5.2 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหา

ในการทำโครงการการออกแบบสายอากาศสำหรับตัวตรวจจับไร้สายที่ความถี่ 2.4 GHz ปัญหาที่พบได้บ่อยๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.1 ซึ่งประกอบด้วยตัวปัญหาที่พบ สาเหตุของปัญหารวมทั้งวิธีการแก้ไขปัญหา

ตารางที่ 5.1 ปัญหาและสาเหตุที่พบในขณะดำเนินงานและวิธีการแก้ไข

ปัญหาที่พบในขณะดำเนินงาน	สาเหตุและวิธีการแก้ไข
1.การสร้งชิ้นงานจริง	<p>สาเหตุ เนื่องจากการออกแบบและจำลองระบบในโปรแกรม CST นั้น เมื่อนำมาสร้งชิ้นงานจริงแล้ว นำไปทดสอบวัดผล S_{11} ที่เครื่องวิเคราะห์โครงข่าย แล้วผลไม่ตกที่ความถี่ 2.4 GHz และกำลังงานที่ได้ไม่เกิน -10 dB จึงใช้งานไม่ได้</p> <p>วิธีการแก้ไข ทำการเพิ่มและลดขนาดสายอากาศ แล้วทำการ Trim สายอากาศเพื่อทำให้สายอากาศเกิดการแมตซ์ (Matching) ผลที่ได้ S_{11} ตกที่ความถี่ 2.4GHz และกำลังงานที่ได้เกิน -10dB จึงนำไปใช้งานได้</p>
2.การใช้งานเครื่องมืออุปกรณ์มีจำนวนจำกัด	<p>สาเหตุ เนื่องจากเครื่องมือวัดค่าต่างๆของโครงการเกี่ยวกับสายอากาศไม่ว่าจะเป็นค่า S_{11} อัตราขยาย และการวัดการแผ่กระจายกำลังงาน ของสายอากาศเครื่องมือที่วัดก็คือเครื่องวิเคราะห์โครงข่าย ซึ่งมีเพียงเครื่องเดียว และกลุ่ม โครงการเกี่ยวกับสายอากาศก็มีจำนวนมาก ทำให้การใช้งานต้องใช้เวลาอันกว่าจะแล้วเสร็จในการวัดแต่ละกลุ่มต้องใช้เวลาอัน จึงเกิดความล่าช้าในการทำโครงการ</p> <p>วิธีการแก้ไข ควรจะลงเวลาใช้อุปกรณ์ในแต่ละกลุ่มโดยกำหนดวันเวลาให้ชัดเจนจึงจะทำให้โครงการเสร็จภายในเวลาที่กำหนด</p>
3.สายอากาศผิวไม่เรียบและโดนน้ำยากัดแผ่นปรินท์เนื้อทองแดงในส่วนที่ต้องการ	<p>สาเหตุ เนื่องจากการผสมน้ำยากัดแผ่นปรินท์ที่เข้มข้นเกินไปและเวลากัดไม่เขย่าไปมาด้วยทำให้สายอากาศเกิดความเสียหาย</p> <p>วิธีการแก้ไข ควรจะผสมน้ำยากัดแผ่นปรินท์ในอัตราส่วนที่เหมาะสมและเวลากัดแผ่นปรินท์ควรเขย่าไปมาเพื่อไม่ให้เกิดการกัดที่จุดใดจุดหนึ่งจนเกิดการซึมเข้าไปในส่วนที่ต้องการ</p>

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในการออกแบบสายอากาศด้วยโปรแกรม CST มีการใช้งานทรัพยากรของเครื่องสูง สามารถสังเกตได้จากกราฟการทำงานของหน่วยประมวลผลกลางจาก Task manager ของ windows ผู้ใช้งานควรใช้งานโปรแกรมนี้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูง

5.3.2 ในการติดตั้งสายอากาศพาราโบลาในสถานที่จริง ควรจะหันหน้างานให้ตรงกับสถานีลูกข่ายเพื่อจะได้รับส่งข้อมูลมาถึงสถานีแม่ข่ายได้ตลอดเวลา

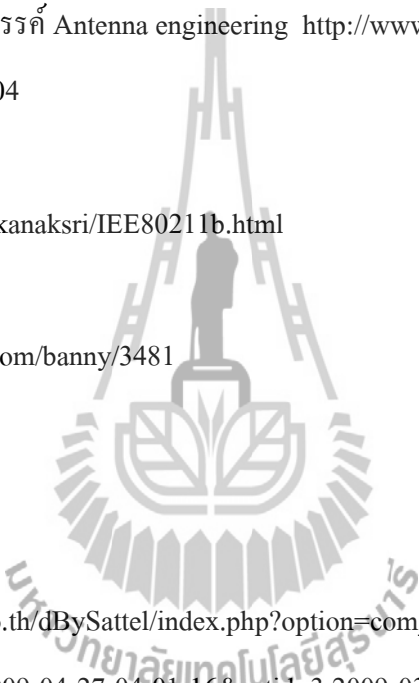
5.3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงานนี้มีขนาดเล็กโดยเฉพาะอุปกรณ์ตัวตรวจจับไร้สาย (Wireless Sensor Network) เวลาถอดเปลี่ยนสายอากาศจากสายอากาศไดโพลมาเป็นสายอากาศพาราโบลิกควรถอดออกด้วยความระมัดระวังเป็นอย่างมากไม่อย่างนั้นหัวคอนเน็คเตอร์จะเสียหาย

5.3.4 ในการกัดลายวงจรนั้นควรทำด้วยความปราณีต ไม่เร่งรีบ และควรสายภาชนะของน้ำยาที่นำลายวงจรลงไปแช่อยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ลายวงจรที่ได้ออกมานั้นมีความคมชัด ไม่ขรุขระ

5.4 แนวทางการพัฒนาต่อไป

เนื่องจากอุปกรณ์ต้นแบบในโครงงานนี้ต้องอาศัยงานพาราโบลาเป็นเทคนิคในการเพิ่มอัตราขยายในการส่งและรับข้อมูลให้ได้ระยะไกล ซึ่งมีขนาดใหญ่และติดตั้งลำบาก การพัฒนาคือการหาเทคนิคที่เพิ่มอัตราขยาย โดยที่สายอากาศมีขนาดเท่าเดิมหรือเล็กลงได้ยิ่งดีเพื่อความสะดวกในการติดตั้ง

เอกสารอ้างอิง

- [1] <http://rssi-dist.blogspot.com/2007/08/wireless-sensor-networks-wsn.html>
- [2] David M. Pozar Microwave Engineering Second Edition, JOHN WILEY & SONS, INC., USA, 1998.
- [3] รศ.ดร.รังสรรค์ วงศ์สวรรค์ Antenna engineering <http://www.sut.ac.th/texts/eng/Antenna,2004>
- [4] <http://alpha.fdu.edu/~kanaksri/IEE80211b.html>
- [5] <http://blog.eduzones.com/banny/3481>
- [6] <http://www.ett.co.th>
- [7] http://www.leotech.co.th/dBySattel/index.php?option=com_content&view=article&id=2:2009-04-27-04-01-16&catid=3:2009-03-26-02-11-49&Itemid=50
- 

ประวัติผู้เขียน

นายประการัง พระภูมิ เกิดเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2530 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลท่าบ่อ อำเภوتاบ่อ จังหวัดหนองคาย สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนท่าบ่อ อำเภوتاบ่อ จังหวัดหนองคาย เมื่อปี พ.ศ. 2549 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นายชนาก ชนวงส์วิสุทธิ์ เกิดเมื่อวันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2531 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลนางรอง อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนนางรอง อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ เมื่อปี พ.ศ. 2549 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

