

การศึกษาของการหาตำแหน่งด้วยสัญญาณวิทยุอิมพัลส์
โดยใช้เทคนิคการเกตเวลา
A STUDY OF IMPULSE RADIO LOCALIZATION BY USING
TIME-GATING TECHNIQUE



โดย
นายศักดิ์พัฒน์ คำเอียด
นางสาวสกลวรรณ ทุ่งคำ
นางสาวนัจฉันท งามสกุลเดิม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาของการหาตำแหน่งด้วยสัญญาณวิทยุอิมพัลส์
โดยใช้เทคนิคการเกตเวลา
A STUDY OF IMPULSE RADIO LOCALIZATION BY USING
TIME-GATING TECHNIQUE



โดย
นายศักดิ์พัฒน์ คำเอียด 61011010
นางสาวสกลวรรณ ทุงคำ 61011063
นางสาวนัจฉันท งามสกุลเดิม 61011393

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ. ดร.สถาพร พรหมวงศ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2564

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาของการหาตำแหน่งด้วยสัญญาณวิทยุอิมพัลส์โดยใช้เทคนิคการเกตเวลา

A STUDY OF IMPULSE RADIO LOCALIZATION BY USING TIME-GATING
TECHNIQUE

ผู้จัดทำ

1. นายศักดิพัฒน์ คำเอียด 61011010
2. นางสาวสกลวรรณ ทุงคำ 61011063
3. นางสาวนัจฉนัท งามสกุลเดิม 61011393



ผศ. ดร.สถาพร พรหมวงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงมาได้ตามที่วางแผนไว้โดยได้รับการอนุเคราะห์และสนับสนุนจาก ผศ. ดร.สถาพร พรหมวงศ์ ที่ได้ช่วยให้คำปรึกษาและคำแนะนำชี้แนะแนวทางที่ดีที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาข้อมูลและการแก้ปัญหาอนุญาตให้ใช้งานอุปกรณ์ซึ่งเป็นประโยชน์ต่องานนี้รวมถึงให้ประสบการณ์การทำงานต่าง ๆ ที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในอนาคต

ขอขอบคุณพี่ธนดล เตียงทอง นักศึกษาปริญญาเอก ห้องปฏิบัติการวิจัย ผศ. ดร. สถาพร พรหมวงศ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้คำปรึกษาและให้การช่วยเหลือดูแลในการทำการทดลองจนกระทั่งรายงานฉบับนี้สำเร็จไปด้วยดี อีกทั้งขอขอบคุณห้องปฏิบัติการของภาควิชาโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้สถานที่เอื้อเอื้อสำหรับการใช้อุปกรณ์ศึกษา และเครื่องวัดในการศึกษาทดลอง

สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน คอยให้กำลังใจ รวมถึงความห่วงใย และแรงบันดาลใจที่ช่วยผลักดันให้งานในครั้งนี้ประสบความสำเร็จ

นายศักดิ์พัฒน์ คำเอียด
นางสาวสกลวรรณ ทุงคำ
นางสาวนัจฉรินทร์ งามสกุลเดิม
ผู้จัดทำ

การศึกษาของการหาตำแหน่งด้วยสัญญาณวิทยุอิมพัลส์โดยใช้เทคนิคการเกตเวลา
A STUDY OF IMPULSE RADIO LOCALIZATION BY USING TIME-GATING TECHNIQUE

โดย นายศักดิพัฒน์ คำเอียด 61011010
นางสาวสกวรรณ ทุงคำ 61011063
นางสาวนัจฉรินทร์ งามสกุลเดิม 61011393

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ดร.สถาพร พรหมวงศ์

บทคัดย่อ

การสื่อสารวิทยุอิมพัลส์เป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีสำหรับการสื่อสารไร้สายที่ถูกพัฒนา มาใช้ในการสื่อสารระยะไกล ด้วยข้อดีด้านการใช้กำลังงานในการส่งต่ำและมีแถบความถี่กว้างเหมาะ สำหรับระบบการสื่อสารที่ต้องการความเร็วในการส่งข้อมูลจำนวนมาก ดังนั้นปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ออกแบบและสร้างอากาศกรวยคู่ และทดสอบสมรรถนะของสายอากาศสามารถนำมาใช้ในการวัด การหาตำแหน่งด้วยวิทยุอิมพัลส์ภายในอาคารที่ช่วงความถี่ 3.1 จิกะเฮิรตซ์ถึง 10.6 จิกะเฮิรตซ์ ด้วยเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแบบเวกเตอร์ นำผลที่ได้จากการวัดมาวิเคราะห์และประเมินผล เปรียบเทียบการสูญเสียเชิงวิถี การประวิงเวลา และความผิดพลาดทางระยะทางด้วยเทคนิควงจร กรองแบบแมตซ์ และเทคนิคการเกตเวลา ผลที่ได้จากการศึกษาปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นไปตาม หลักการทฤษฎี และมีประโยชน์อย่างมากสำหรับข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาวิจัยและพัฒนาระบบ การสื่อสารไร้สายระยะไกลและการหาตำแหน่งด้วยการส่งผ่านวิทยุอิมพัลส์

ABSTRACT

Impulse radio communication is another wireless communication technology developed for short-range communications, with low transmission power and wideband frequency. Which compliance with communication systems that require the speed of transmitting large amounts of data. Therefore, this project has designed and fabrication a biconical antenna. And perform the antenna's performance test to be used in an indoor impulse radio localization in the frequency range of 3.1 GHz to 10.6 GHz with a vector network analyzer. The results of the measurements were analyzed and evaluated in comparison with the path loss, power delay profile, and distance error with matched filter technique and time-gating techniques. The results obtained from the study of this project are based on theory and very useful for basic information in the research and development of short-range wireless communication systems and positioning by impulse radio transmission.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VIII
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1	
บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของโครงการ	3
บทที่ 2	
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 เทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์มาตรฐาน IEEE 802.15.4	6
2.1.1 ความเป็นมาของเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์มาตรฐาน IEEE 802.15.4	6
2.1.2 หลักการทำงานของเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์มาตรฐาน IEEE 802.15.4	6
2.1.3 ข้อดีข้อเสียของเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์มาตรฐาน IEEE 802.15.4	7
2.1.4 กฎข้อบังคับของระบบการสื่อสารวิทยุอิมพัลส์มาตรฐาน IEEE 802.15.4	8
2.1.5 การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์มาตรฐาน IEEE 802.15.4	10
2.2 เทคนิคที่ใช้ในการหาตำแหน่ง	12
2.2.1 เทคนิคการหาตำแหน่งด้วยวงกลม 3 วง (Trilateration Technique)	12
2.2.2 เทคนิค Min-Max	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.3 เทคนิคการพิจารณาเอกลักษณ์เฉพาะตำแหน่ง (Fingerprinting Technique)	13
2.2.4 อัลกอริทึมการวิเคราะห์แบบ K จุดข้างเคียงที่สุด (K-Nearest Neighbor Algorithm: KNN)	15
2.2.5 อัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network Algorithm: ANN)	15
2.2.6 เทคนิคการเกตเวลา (Time-Gating Technique)	16
2.3 สรุป	18
บทที่ 3 การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์	19
3.1 การออกแบบและทดลอง	19
3.1.1 เหตุผลที่เลือกใช้สายอากาศกรวยคู่	19
3.1.2 การออกแบบและสร้างสายอากาศกรวยคู่	20
3.1.3 สัญญาณส่งแบบแถบกว้างที่ได้จากการจำลอง	23
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	25
3.2.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับสร้างสายอากาศกรวยคู่	25
3.2.2 เครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแบบเวกเตอร์	27
3.3 การสร้างสายอากาศ	28
3.3.1 ออกแบบสายอากาศกรวยคู่	29
3.3.2 กลึงแผ่นทองแดงเป็นทรงกรวย	29
3.3.3 ปอกสาย Semi-Rigid ชนิด RG-142	30
3.3.4 เจาะรูตรงกลางแผ่นทองแดงที่กลึงเป็นทรงกรวย	30
3.3.5 เชื่อมสาย Semi-Rigid ชนิด RG-142 กับแผ่นทองแดงทรงกรวย	31
3.3.6 บัดกรีแผ่นทองแดงทรงกรวยเข้ากับสาย Semi-Rigid ชนิด RG-142	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า	
3.4	วิธีการทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศกรวยคู่	32
3.5	วิธีการทดสอบวัดความแรงของสัญญาณที่รับได้ของสายอากาศกรวยคู่	34
3.6	แบบจำลองการหาตำแหน่งภายในอาคารสำหรับการทดสอบ	36
3.7	สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบวัดช่องสัญญาณแถบกว้าง	37
3.8	พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบช่องสัญญาณแถบกว้าง	37
3.9	การวิเคราะห์หาความเที่ยงตรงของการหาตำแหน่งด้วยค่าความ ผิดพลาดระยะทางยูคลิเดียน	39
3.10	ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (Cumulative Distribution Function: CDF)	39
3.11	สรุป	40
บทที่ 4	ผลการทดลอง	42
4.1	ผลการทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศกรวยคู่สำหรับใช้ในระบบ วิทยุอิมพัลส์	42
4.1.1	การทดสอบสัมประสิทธิ์การสะท้อนของสายอากาศกรวยคู่ สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์	42
4.1.2	ผลการทดสอบการวัดขนาดและเฟสของสัญญาณ	43
4.1.3	แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศกรวยคู่	44
4.2	ผลการวิเคราะห์และประเมินผล	46
4.2.1	ค่าการสูญเสียเชิงวิถีของสัญญาณ	46
4.2.2	ค่าการประวิงเวลาของสัญญาณ	49
4.2.3	ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดของระยะทาง	52
4.3	สรุป	56

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5	
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	58
5.1 สรุปผล	58
5.2 ข้อเสนอแนะ	62
บรรณานุกรม	64
ภาคผนวก	67



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	2
เปรียบเทียบระหว่างการใช้งานแถบความถี่ของการสื่อสารวิทยุอิมพัลส์กับการสื่อสารแถบความถี่แคบ	
1.2	3
หลักการสแกนลายนิ้วมือของสัญญาณวิทยุอิมพัลส์	
1.3	4
บล็อกไดอะแกรมศึกษาทฤษฎีและหลักการการหาตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณวิทยุแบบอิมพัลส์และเทคนิคการเกิดเวลา	
1.4	5
บล็อกไดอะแกรมของระบบวิทยุอิมพัลส์ที่ปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและแมตซ์ฟิลเตอร์	
1.5	5
บล็อกไดอะแกรมของระบบวิทยุอิมพัลส์โดยใช้แมตซ์ฟิลเตอร์	
1.6	5
บล็อกไดอะแกรมของระบบวิทยุอิมพัลส์โดยใช้เทคนิคการเกิดเวลา	
2.1	12
การหาตำแหน่งโดยใช้เทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์	
2.2	12
การหาตำแหน่งด้วยเทคนิคการหาตำแหน่งด้วยวงกลม 3 วง	
2.3	13
การหาตำแหน่งด้วยเทคนิค Min-Max	
2.4	14
กระบวนการหาตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการพิจารณาเอกลักษณ์เฉพาะตำแหน่ง	
2.5	15
อัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดจำนวน K ตัว	
2.6	16
โครงข่ายประสาทเทียม	
2.7	17
บล็อกไดอะแกรมของเทคนิคการเกิดเวลา	
3.1	20
รูปทรงสายอากาศกรวยคู่	
3.2	21
โครงสร้างสายอากาศกรวยคู่	
3.3	24
รูปคลื่นแถบผ่านรากที่สองของไรซ์โคชชาน์ที่ถูกนอร์มัลไลซ์ที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์	
3.4	24
ความหนาแน่นสเปกตรัมของรูปคลื่นแถบผ่านรากที่สองของไรซ์โคชชาน์ที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์	
3.5	25
แผ่นทองแดงหนา 0.5 มิลลิเมตร	
3.6	25
สาย Semi-Rigid ชนิด RG-142	

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.7 คอนเนคเตอร์ประเภท SMA ชนิด Female	26
3.8 สว่านแท่น	26
3.9 อุปกรณ์ที่ใช้ในการบัดกรี	27
3.10 เครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแบบเวกเตอร์	27
3.11 บล็อกไดอะแกรมการสร้างสายอากาศกรวยคู่	28
3.12 สายอากาศกรวยคู่ที่ออกแบบ 2 มิติ	29
3.13 กรวยที่ทำจากแผ่นทองแดง	29
3.14 สาย Semi-Rigid ชนิด RG-142 ที่ปกเสร็จ	30
3.15 การเจาะรูแผ่นทองแดงทรงกรวย	30
3.16 ขั้นตอนการบัดกรี	31
3.17 สายอากาศกรวยคู่	31
3.18 บล็อกไดอะแกรมการทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศกรวยคู่	32
3.19 แบบจำลองการทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศกรวยคู่	33
3.20 บล็อกไดอะแกรมการทดสอบวัดความแรงของสัญญาณที่รับได้	34
3.21 แบบจำลองการทดสอบวัดความแรงของสัญญาณที่รับได้ของสายอากาศกรวยคู่	35
3.22 แบบจำลองการหาตำแหน่งภายในอาคารสำหรับการทดสอบ	36
3.23 แบบจำลองการวัดช่องสัญญาณแถบกว้างที่วัดจริง	37
3.24 กราฟฟังก์ชันการแจกแจงสะสม	40
4.1 การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสะท้อน $ S_{11} $	42
4.2 ขนาดและเฟสของสัญญาณ	44
4.3 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศกรวยคู่: E-Plane	45
4.4 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศกรวยคู่: H-Plane	45
4.5 ค่าการสูญเสียเชิงวิถีของสัญญาณจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและวงจรรองแมตซ์	46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 ค่าการสูญเสียเชิงวิถีของสัญญาณจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณ แถบกว้างโดยใช้วงจรรองแมตซ์	47
4.7 ค่าการสูญเสียเชิงวิถีของสัญญาณจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณ แถบกว้างโดยใช้เทคนิคการเกิดเวลา	48
4.8 ค่าการประวิงเวลากำลังงานที่ได้จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณ แถบกว้างโดยปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและวงจรรองแมตซ์ที่พิกัด (1,1) (1,5) และ (2,5)	50
4.9 ค่าการประวิงเวลากำลังงานที่ได้จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณ แถบกว้างโดยใช้วงจรรองแมตซ์ที่พิกัด (1,1) (1,5) และ (2,5)	51
4.10 ค่าการประวิงเวลากำลังงานที่ได้จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณ แถบกว้างโดยใช้เทคนิคการเกิดเวลาที่พิกัด (1,1) (1,5) และ (2,5)	52
4.11 ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดของระยะทางจากการวัด คุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างที่ปราศจากเทคนิคการเกิดเวลา และวงจรรองแมตซ์	53
4.12 ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดของระยะทางจากการวัด คุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้วงจรรองแมตซ์	54
4.13 ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดของระยะทางจากการวัด คุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคการเกิดเวลา	55
4.14 ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดของระยะทางทั้ง 3 กรณี	56
5.1 แบบจำลองการหาตำแหน่งภายนอกอาคาร	63

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ข้อจำกัดในการแพร่กระจายแถบกำลังงานโดยคณะกรรมการสื่อสารแห่งสหรัฐอเมริกา สำหรับการใช้งานในการสื่อสารทั้งภายในและภายนอกอาคาร	9
2.2	ข้อจำกัดในการแพร่กระจายแถบกำลังงานโดยสถาบันกำหนดมาตรฐานทางโทรคมนาคมแห่งสหภาพยุโรป สำหรับการใช้งานในการสื่อสารทั้งภายในและภายนอกอาคาร	10
3.1	พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศกรวยคู่	33
3.2	พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบวัดความแรงของสัญญาณที่ได้รับของสายอากาศกรวยคู่	34
5.1	เปรียบเทียบค่าการสูญเสียเชิงวิถี จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคที่แตกต่างกันทั้ง 3 กรณี	59
5.2	เปรียบเทียบค่ากำลังงานของสัญญาณจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคที่แตกต่างกันทั้ง 3 กรณี	60
5.3	เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของระยะทางที่ได้จากการวัดคุณลักษณะช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคที่แตกต่างกันทั้ง 3 กรณี	61

บทที่ 1

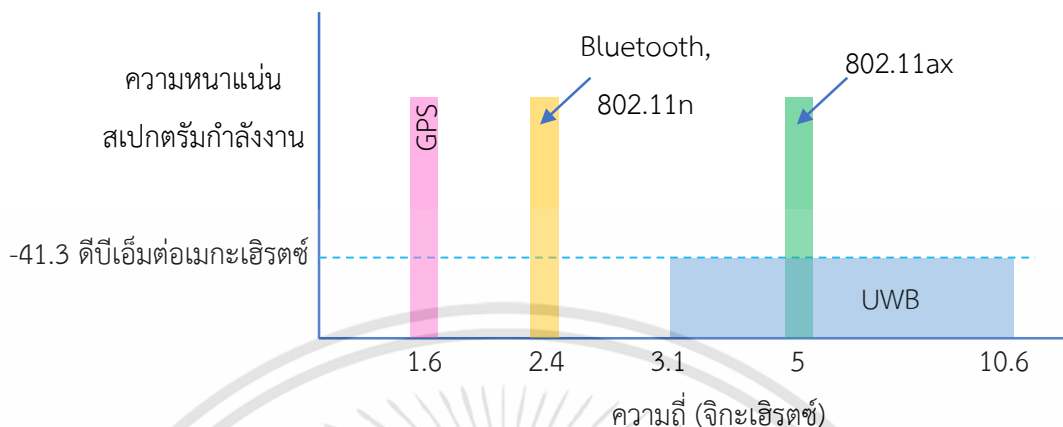
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายได้เข้ามามีบทบาทในการดำเนินชีวิตประจำวันอย่างมาก รวมถึงได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว อุปกรณ์หลากหลายชนิดต่างถูกปรับเปลี่ยนไปสู่การใช้งานแบบเทคโนโลยีไร้สายอุปกรณ์ทุกชนิดจะสามารถใช้งานร่วมกันได้ อีกทั้งสามารถให้บริการการสื่อสารข้อมูล ภาพ เสียง ได้พร้อมกัน ไม่ว่าจะเคลื่อนที่ไปทางใดก็สามารถติดต่อสื่อสารกันได้

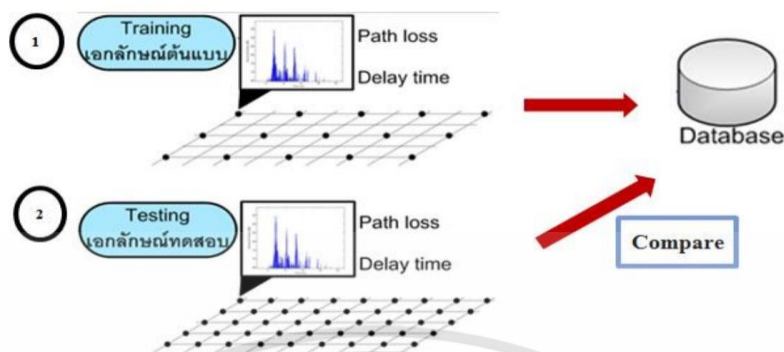
เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้าน การแพทย์ที่ใช้ในการติดตามอาการคนไข้ ด้านธุรกิจ เช่น การติดตามระบบขนส่งทางบกหรือทางอากาศ [1] และการระบุตำแหน่ง เป็นต้น ซึ่งการระบุตำแหน่งที่ใช้งานในปัจจุบันเป็นระบบจีพีเอส (Global Positioning System: GPS) เป็นระบบนำทางที่ใช้การสื่อสารผ่านดาวเทียม และความเร็วแสงเดินทางมายังอุปกรณ์ภาครับ ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดหากนำมาใช้ภายในอาคาร หรือสถานที่ปิดทึบจะทำให้ไม่สามารถใช้คำนวณหาตำแหน่งได้ ด้วยเหตุนี้จึงมีแนวทางพัฒนาการหาตำแหน่งภายในอาคาร โดยประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์ (Impulse Radio Ultra-Wideband: IR-UWB) เทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์เป็นปัจจัยสำคัญในการรองรับเทคโนโลยีไร้สายในอนาคตที่พัฒนาเพื่อรองรับความต้องการแบนด์วิดท์ที่กว้างขึ้น และเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เพราะเป็นเทคโนโลยีที่มีแถบความถี่กว้าง มีแบนด์วิดท์กว้างมากที่สุดเท่ากับ 7.5 จิกะเฮิรตซ์ อยู่ในช่วงความถี่ระหว่าง 3.1 จิกะเฮิรตซ์ ถึง 10.6 จิกะเฮิรตซ์ [1] มีความจุของช่องสัญญาณมากทำให้ส่งข้อมูลได้ปริมาณมาก อีกทั้งยังใช้พลังงานต่ำ และอัตราการส่งข้อมูลมีความเร็วสูง นอกจากนั้นแล้วอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีแถบกว้างยังมีราคาถูกกว่าอุปกรณ์อื่นอีกด้วย จึงเป็นเทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้สำหรับระบบไร้สายระยะสั้นจนถึงระยะกลางเช่น ระบบโครงข่ายตรวจสอบไร้สาย และระบบโครงข่ายไร้สายส่วนบุคคล (Wireless Personal Area Network: WPAN) [2]

ข้อดีที่สำคัญของสัญญาณวิทยุอิมพัลส์ คือ การหาตำแหน่งที่มีความเที่ยงตรงสูง เนื่องจากสัญญาณวิทยุอิมพัลส์ มีแบนด์วิดท์กว้างแสดงได้ดังรูปที่ 1.1 ส่งผลให้ภาครับสามารถขจัดปัญหาที่เกิดจากองค์ประกอบของการเกิดคลื่นหลายวิถี (Multipath Component) [3] ดังนั้นเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์ สามารถคาดคะเนเวลาการมาถึงของสัญญาณวิถีแรกได้อย่างแม่นยำ ส่งผลให้การหาตำแหน่งมีความเที่ยงตรงสูง จึงเป็นลักษณะเด่นของเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์ เป็นจุดที่ทำให้ดึงดูดความสนใจในการนำมาใช้งานสำหรับการสื่อสารต่าง ๆ



รูปที่ 1.1 เปรียบเทียบระหว่างการใช้งานแถบความถี่ของการสื่อสารวิทยุอิมพัลส์กับการสื่อสารแถบความถี่แคบ [4]

สำหรับระบบการหาตำแหน่งภายในอาคารนั้นต้องการความแม่นยำสูง มีเทคนิคการระบุตำแหน่งจำนวนมากถูกนำเสนอเพื่อทำการคาดคะเนตำแหน่ง เทคนิคเหล่านั้น [1] เช่น เทคนิคการหาตำแหน่งด้วยวงกลม 3 วง (Trilateration) เทคนิคการวัดค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับ (Received Signal Strength: RSS) เทคนิคการพิจารณาเวลาในการมาถึงของสัญญาณ (Time Of Arrival: TOA) เทคนิคเหล่านี้เป็นการพิจารณาทิศทางกำลังและเวลาของสัญญาณที่ได้รับ อีกหนึ่งเทคนิคคือ [5] วิธีการสแกนลายนิ้วมือ [6] จะใช้คุณลักษณะของช่องสัญญาณมาสร้างเป็นเอกลักษณ์ต้นแบบ แล้วบันทึกลงฐานข้อมูลจากนั้นตำแหน่งต่าง ๆ จะถูกประมวลโดยการนำเอกลักษณ์ทดสอบของตำแหน่งนั้น ๆ มาเปรียบเทียบกับเอกลักษณ์ต้นแบบซึ่งได้บันทึกไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งเทคนิคนี้จะสามารถช่วยลดผลกระทบ ที่ทำให้เกิดความผิดพลาดของตำแหน่งจากสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร และจะทำให้การคาดคะเนตำแหน่งภายในอาคารนั้นมีความแม่นยำ เที่ยงตรง และน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น โดยการเปรียบเทียบข้อมูลจะใช้อัลกอริทึมรูปแบบการจับคู่ข้อมูลซึ่งมีหน้าที่ในการประมวลผลระหว่างตำแหน่งที่ได้ในขณะนั้นกับตำแหน่งในฐานข้อมูลมาใช้ในการตัดสินใจร่วมด้วย [7] เทคนิคในการวิเคราะห์ตำแหน่งที่ถูกนำมาใช้เป็นอัลกอริทึมมีด้วยกันหลายวิธี เช่น เทคนิคการวิเคราะห์แบบ K จุดข้างเคียงที่สุด (K-Nearest Neighbor: KNN) [8] เทคนิคการเรียนรู้แบบเบย์ (Native Bayes) โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANN) [7] และ [9] เทคนิคการเกตเวลา (Time-Gating)



รูปที่ 1.2 หลักการสแกนลายนิ้วมือของสัญญาณวิทยุอิมพัลส์ [5]

ในปริญญาานิพนธ์นี้ นำวิธีการสแกนลายนิ้วมือมาใช้แต่อย่างไรก็ตามการระบุตำแหน่งโดยใช้วิธีการสแกนลายนิ้วมือนั้นเป็นการเปรียบเทียบระหว่างเอกลักษณ์ต้นแบบ และเอกลักษณ์ทดสอบ เพื่อทำการคาดคะเนตำแหน่งเป้าหมาย ซึ่งในปริญญาานิพนธ์นี้ได้้นำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเกตเวลามาใช้ในการวิเคราะห์ตำแหน่งเนื่องจากเป็นวิธีการวิเคราะห์สัญญาณในโดเมนเวลาที่จำกัดขอบเขตความกว้างของรูปคลื่นวิทยุอิมพัลส์โดยใช้วินโดว์โคเซอร์-เบสเซล [10] เพื่อลดการหน่วงทางเวลาของรูปคลื่นวิทยุอิมพัลส์อันเนื่องมาจากผลกระทบของการแพร่กระจายคลื่นทำให้การคาดคะเนตำแหน่งมีการพัฒนาความเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น

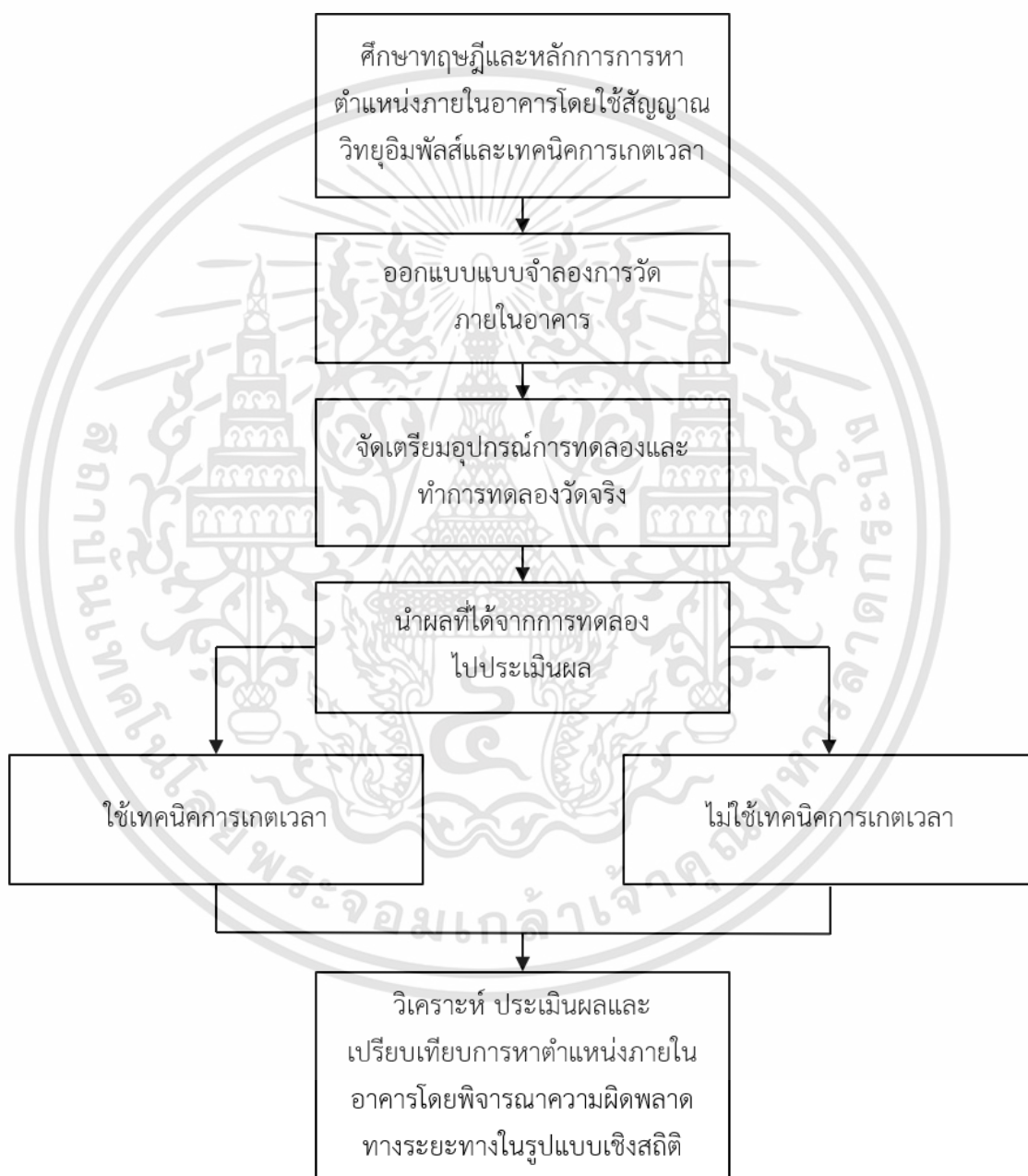
1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาเทคนิคการหาตำแหน่งบนเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์และการประยุกต์ใช้งานด้านการหาตำแหน่งรวมถึงออกแบบแบบจำลองการหาตำแหน่งภายในอาคาร
- 2) ศึกษาและออกแบบการสร้างสายอากาศรวยคู่สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์
- 3) เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคการเกตเวลาในการหาตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณวิทยุอิมพัลส์

1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์

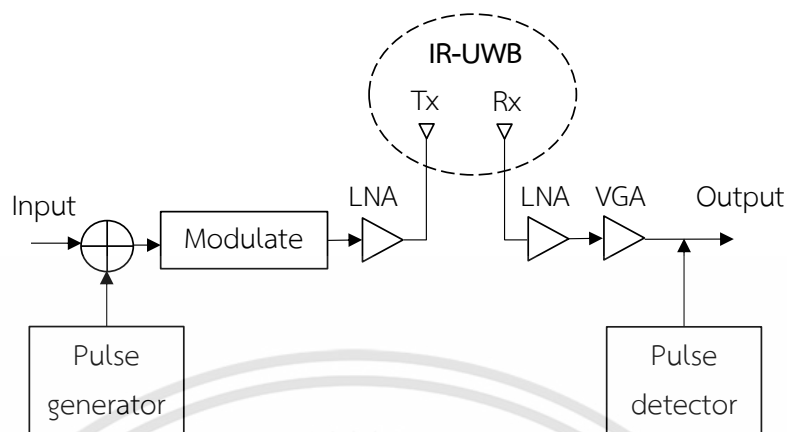
ทำการออกแบบการสร้างสายอากาศรวยคู่สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์ แล้วทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน ขนาดและเฟสของสัญญาณ รวมถึงทำการออกแบบการหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยสัญญาณวิทยุอิมพัลส์โดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือและเทคนิคการเกตเวลา จากนั้นทำการวัดค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ในแต่ละพิกัดตำแหน่ง และทำการวัดช่องสัญญาณของวิทยุอิมพัลส์ที่ช่วงความถี่ 3.1 จิกะเฮิรตซ์ถึง 10.6 จิกะเฮิรตซ์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้เครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแบบเวกเตอร์ (Vector network analyzer: VNA) ผลที่ได้จากการวัดนำมาวิเคราะห์และประเมินผลค่าความผิดพลาดระยะทางจากฟังก์ชันการแจกแจงสะสมและฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น รวมถึงในการประเมินผลนั้นได้ใช้เทคนิคการเกิดเวลาเปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ใช้เทคนิคการเกิดเวลา แสดงดังรูปที่ 1.3 ถึง 1.6

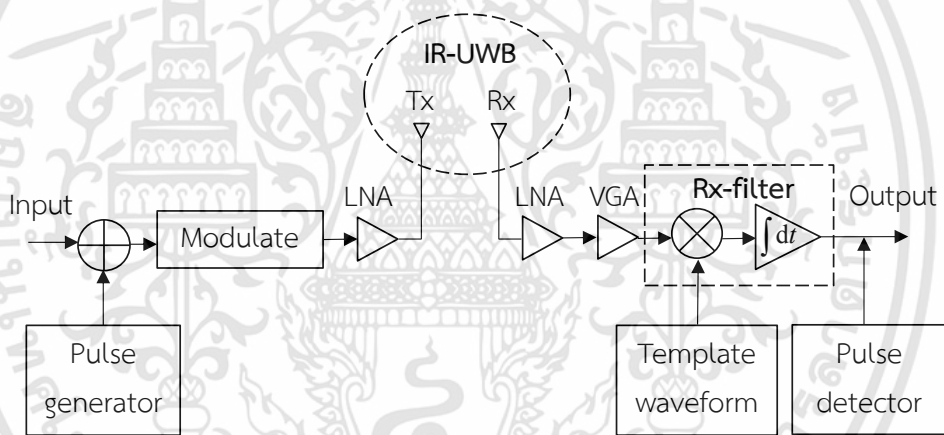


รูปที่ 1.3 บล็อกไดอะแกรมศึกษาทฤษฎีและหลักการการหาตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณวิทยุแบบอิมพัลส์และเทคนิคการเกิดเวลา

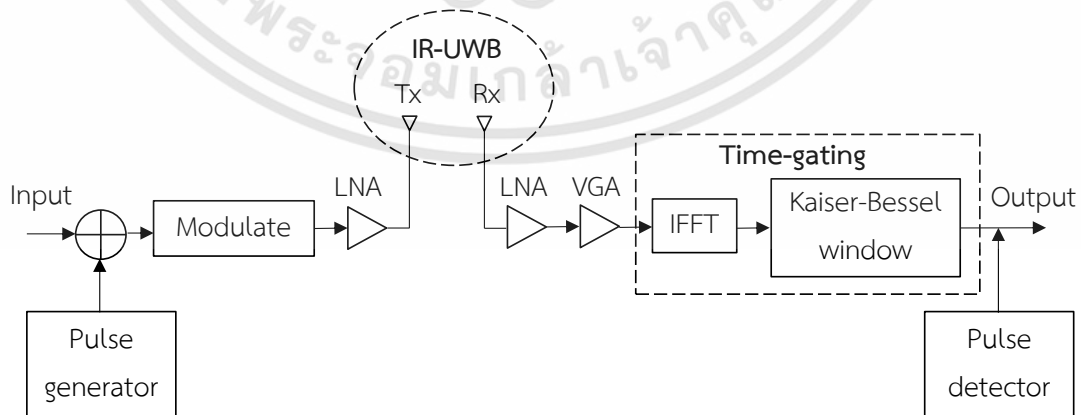
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.4 บล็อกไดอะแกรมของระบบวิทยุอิมพัลส์ที่ปราศจากเทคนิคการเกิดเวลา และแมตซ์ฟิลเตอร์ [11]



รูปที่ 1.5 บล็อกไดอะแกรมของระบบวิทยุอิมพัลส์โดยใช้แมตซ์ฟิลเตอร์ [11]



รูปที่ 1.6 บล็อกไดอะแกรมของระบบวิทยุอิมพัลส์โดยใช้เทคนิคการเกิดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์มาตรฐาน IEEE 802.15.4

2.1.1 ความเป็นมาของเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์มาตรฐาน IEEE 802.15.4

เทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์มาตรฐาน IEEE 802.15.4 เป็นการส่งข้อมูลโดยใช้พัลส์ที่มีความกว้างสั้นมากทำให้มีแบนด์วิดท์ที่กว้างมาก ซึ่งต่างจากการส่งข้อมูลแบบแถบแคบทำให้สามารถส่งข้อมูลได้มากกว่าในระยะเวลาที่เท่ากัน โดยเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์นี้ได้ถูกนำมาใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1980 ซึ่งใช้งานในระบบเรดาร์เป็นหลัก จนกระทั่งปัจจุบันได้เริ่มนำเทคโนโลยีนี้มาใช้งานในระบบการสื่อสารมากขึ้นอันเนื่องมาจากความสนใจที่จะนำมาใช้ในระบบสื่อสารแบบมัลติมีเดีย ระบบสื่อสารที่ต้องการอัตราการรับ - ส่งข้อมูลที่สูงรวมทั้งระบบการหาตำแหน่ง

เทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์ยังได้รับการวางตำแหน่งในฐานะเทคโนโลยีที่สามารถใช้ประสิทธิภาพของแถบความถี่ได้คุ้มค่าที่สุด โดยคณะกรรมการสื่อสารแห่งสหรัฐอเมริกา (Federal Communications Commission: FCC) ให้ข้อกำหนดไว้ว่าเทคโนโลยีอิมพัลส์จะเข้ามาช่วยลดปัญหาความขาดแคลนของแถบความถี่ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เนื่องจากการแบ่งสรรช่วงความถี่ในปัจจุบันได้มีการกำหนดใช้แถบความถี่ไว้แล้ว แต่สัญญาณวิทยุอิมพัลส์มีระดับความหนาแน่นเชิงสเปกตรัม (Power Spectral Density: PSD) ที่ต่ำมากทำให้เปรียบเสมือนสัญญาณรบกวนในระบบการสื่อสารแถบแคบ จึงทำให้สามารถใช้แถบความถี่ซ้อนทับกับระบบสื่อสารแถบแคบได้ [12]

2.1.2 หลักการทำงานของเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์มาตรฐาน IEEE 802.15.4

เทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์ได้รับการกำหนดให้อยู่ในมาตรฐาน IEEE 802.15.4 เป็นการสื่อสารแบบแถบความถี่กว้างโดยใช้สัญญาณที่มีรูปคลื่นสัญญาณปรากฏเพียงชั่วขณะหรือเป็นพัลส์ที่มีความกว้างของสัญญาณในทางเวลาที่แคบมาก โดยอยู่ในระดับนาโนวินาทีหรือที่ระดับพิโควินาทีมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันกับสัญญาณในอุดมคติที่เรียกว่าสัญญาณอิมพัลส์ (Impulse Signal) โดยระบบการสื่อสารวิทยุอิมพัลส์ในการรับ - ส่งสัญญาณนั้นไม่ใช่คลื่นพาห้ในการผสมสัญญาณเหมือนในระบบการสื่อสารแบบแถบความถี่แคบ แต่จะเป็นการส่งสัญญาณที่มีรูปคลื่นของพัลส์ที่มีรูปคลื่นไม่ต่อเนื่องในทางเวลาด้วยอัตราการส่งพัลส์ ในระดับจำนวนหลายร้อยล้านพัลส์

ต่อหนึ่งวินาทีในการรับ – ส่งสัญญาณ ซึ่งทำให้พลังงานถูกกระจายอยู่ในช่วงแถบความถี่ที่กว้างมาก [13]

เนื่องจากเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์มีการใช้แถบความถี่ช่วงเดียวกับระบบการสื่อสารแบบแคบและเพื่อป้องกันปัญหาการแทรกสอดจากสัญญาณวิทยุอิมพัลส์ทางคณะกรรมการการสื่อสารแห่งสหรัฐอเมริกาจึงกำหนดช่วงความถี่อยู่ที่ 3.1 จิกะเฮิรตซ์ถึง 10.6 จิกะเฮิรตซ์ มีแบนด์วิดท์สูงสุดเท่ากับ 7.5 จิกะเฮิรตซ์ นอกจากนั้นได้กำหนดให้สัญญาณวิทยุอิมพัลส์ที่ถูกส่งออกมาต้องมีระดับความหนาแน่นเชิงสเปกตรัมที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับระดับการจำกัดสัญญาณรบกวนส่วนที่ -41.3 ดีบีเอ็มต่อเมกะเฮิรตซ์ (dBm/MHz) ดังรูปที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณวิทยุอิมพัลส์ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบแถบความถี่กว้าง มีการกระจายกำลังงานของสัญญาณอยู่ในช่วงแถบความถี่กว้างมากในระดับจิกะเฮิรตซ์เทียบกับสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสารแบบแถบความถี่แคบที่มีการกระจายกำลังงานของสัญญาณอยู่ในช่วงแถบความถี่แคบชนิดต่าง ๆ [4]

2.1.3 ข้อดีข้อเสียของเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์มาตรฐาน IEEE 802.15.4

2.1.3.1 ข้อดีของระบบการสื่อสารเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์ [14]

- 1) มีแบนด์วิดท์ของสัญญาณมากกว่าเทคนิคอื่น ๆ เช่น Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) ด้วยแบนด์วิดท์ที่กว้างนี้รวมกับความหนาแน่นของสเปกตรัมของกำลังที่มีค่าน้อยทำให้เทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์สามารถใช้ความถี่ร่วมกับระบบอื่นที่อยู่ในช่วงเดียวกันได้
- 2) การรบกวนจากภายในของระบบเองมีค่าน้อยมากทำให้สามารถนำระบบที่ใช้เทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์จำนวนมากมาใช้ร่วมกันได้ในบริเวณที่กำหนด
- 3) จากการที่ใช้พัลส์ที่มีช่วงแคบทำให้ระบบการสื่อสารเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์ไม่ได้รับผลจากหลายวิถี พัลส์ที่สะท้อนกลับนั้นจะไม่เกิดการซ้อนทับกันจึงทำให้ไม่เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน
- 4) สามารถให้ข้อมูลข่าวสารในด้านระยะทางที่มีความถูกต้องสูง (น้อยกว่า 1 เซนติเมตร) ทำให้สามารถบอกตำแหน่งได้โดยใช้เครื่องส่งหลายตัวพร้อมกัน หรือแม้แต่การค้นหาตำแหน่งที่ต้องการซึ่งสามารถทำได้โดยใช้สายอากาศต่อกันหลายอัน
- 5) มีอัตราการส่งข้อมูลได้สูงกว่าและสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้ได้มากกว่า เพราะวาระบบการสื่อสารเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์มีแบนด์วิดท์กว้าง และมีการส่งแบบพัลส์ของสัญญาณที่แคบมากจึงทำให้การส่งสัญญาณเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) มีการใช้พลังงานต่ำในการส่งสัญญาณ เพราะระบบการสื่อสารเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์ได้ถูกกำหนดค่ากำลังงานการแพร่กระจายออกของสัญญาณไว้ที่ -41.3 ดีบีเอ็มต่อเมกะเฮิรตซ์

7) มีความสามารถทะลุผ่านสิ่งกีดขวางได้ดี เพราะวาระบบการสื่อสารเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์มีการส่งผ่านช่องสัญญาณที่เป็นลักษณะของ Slow Fading เนื่องจากมีช่วงแบนด์วิดท์ที่กว้าง

8) มีราคาถูกลงกว่า เพราะที่วงจรรักษาของระบบการสื่อสารเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์ไม่มีวงจรมิกเซอร์ (VCO และ PLL) IF และ LNA

9) ยากต่อการขโมยข้อมูล เพราะวาระบบการสื่อสารเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์มีการใช้ช่วงความถี่ที่กว้างมาก และช่วงความถี่พัลส์ที่แคบมาก

2.1.3.2 ข้อเสียของระบบการสื่อสารเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์

1) เกิดความผิดเพี้ยนของสัญญาณ (Distortion) ได้ในการส่ง เนื่องจากการส่งแบบพัลส์อาจจะเกิดความผิดเพี้ยนได้

2) อุปกรณ์อาจไม่สามารถใช้งานได้ทั่วโลก เนื่องจากช่วงความถี่เทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์มีความถี่ที่กว้างทำให้ผู้ผลิตในแต่ละประเทศออกแบบอุปกรณ์ของตนให้สามารถรับความถี่ในช่วงต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน ซึ่งทำให้อุปกรณ์ของประเทศหนึ่งอาจจะไม่สามารถใช้งานในอีกประเทศหนึ่งได้

3) ระบบสัญญาณที่ใกล้เคียงกับสัญญาณรบกวน อาจจะทำให้เกิดการไม่แมตช์ (Mismatch) กันได้

2.1.4 กฎข้อบังคับของระบบการสื่อสารวิทยุอิมพัลส์มาตรฐาน IEEE 802.15.4

สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่ได้ถูกกำหนดขึ้นในการสื่อสารวิทยุอิมพัลส์นั่นก็คือ การจัดสรรความถี่ในการใช้งาน ซึ่งได้มีกลุ่มทำงานในสหรัฐอเมริกาได้พยายามจำกัดของข้อกำหนดในการใช้งานช่วงความถี่ของเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์จากกฎข้อบังคับเดิมของคณะกรรมการการสื่อสารแห่งสหรัฐอเมริกา ซึ่งกลุ่มทำงานนี้ได้ก่อตั้งขึ้นอย่างเป็นทางการโดยใช้ชื่อว่า Ultra-Wideband Working Group (UWBWG) เพื่อทำการเจรจาหาข้อตกลงร่วมกับคณะกรรมการการสื่อสารแห่งสหรัฐอเมริกา เช่นเดียวกับกับในยุโรปก็ได้มีการหาข้อตกลงการจัดสรรคลื่นความถี่และการแทรกสอดของความถี่วิทยุซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีกำหนดแถบความถี่สำหรับการใช้งานในระบบวิทยุอิมพัลส์ในสถาบันกำหนดมาตรฐานทางโทรคมนาคมแห่งสหภาพยุโรป (European

Telecommunications Standards Institute: ETSI) หรือ สหพันธ์โทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecommunication Union: ITU) [15]

2.1.4.1 ข้อกำหนดของระบบวิทยุอิมพัลส์ในสหรัฐอเมริกา

ในปี ค.ศ. 1998 คณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งสหรัฐอเมริกาได้ออกประกาศเกี่ยวกับการตรวจสอบหรือ Notice of Inquiry (NOI) โดยถึงแม้ว่าจะได้คาดการณ์ถึงระดับกำลังงานที่ใช้ในการส่งผ่านสัญญาณที่มีระดับต่ำมาก ยังมีกลุ่มผู้ที่สนับสนุนในระบบเดิมทำการต่อต้านการนำระบบวิทยุอิมพัลส์มาใช้งานสำหรับการสื่อสารของพลเรือน ซึ่งข้อเรียกร้องโดยมากจะเกี่ยวข้องกับการคาดการณ์ถึงการเพิ่มขึ้นของระดับการแทรกสอดในแถบความถี่ที่มีอยู่อย่างจำกัด อาทิเช่น แถบความถี่ในการกระจายสัญญาณโทรทัศน์ โดยที่องค์การบริหารการบินแห่งสหรัฐอเมริกา หรือ Federal Aviation Administration (FAA) ได้แสดงความเป็นห่วงต่อการแทรกสอดของสัญญาณที่มีต่อระบบความปลอดภัยในด้านต่าง ๆ

ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2002 ทางคณะกรรมการกิจการสื่อสารแห่งสหรัฐอเมริกาได้ออกกฎสำหรับระบบวิทยุอิมพัลส์ ซึ่งเป็นการกำหนดขอบเขตของการแพร่กระจายกำลังงานสำหรับระบบวิทยุอิมพัลส์ ซึ่งในเอกสารได้กล่าวถึงการอนุญาตใช้งานในระบบวิทยุอิมพัลส์ทั้ง 4 ประเภท และการกำหนดขอบเขตการแพร่กระจายพลังงานสำหรับการใช้ในประเภทต่าง ๆ โดยจากนิยามข้างต้น ส่วนข้อจำกัดการแพร่กระจายกำลังงานโดยคณะกรรมการกิจการสื่อสารแห่งสหรัฐอเมริกา แสดงให้เห็นในตารางที่ 2.1 สำหรับใช้ในการสื่อสารข้อมูลทั้งภายในและภายนอกอาคาร

ตารางที่ 2.1 ข้อจำกัดในการแพร่กระจายแถบกำลังงานโดยคณะกรรมการกิจการสื่อสารแห่งสหรัฐอเมริกา สำหรับการใช้งานในการสื่อสารทั้งภายในและภายนอกอาคาร [15]

ความถี่ (เมกะเฮิร์ตซ์)	ภายในอาคาร	ภายนอกอาคาร
	EIRP in dBm	EIRP in dBm
960 - 1610	-75.3	-75.3
1610 - 1990	-53.3	-63.3
1990 - 3100	-51.3	-61.3
3100 - 10600	-41.3	-41.3
สูงกว่า 10600	-51.3	-61.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.2 ข้อกำหนดของระบบวิทยุอิมพัลส์ในยุโรป

ปัจจุบันโครงสร้างของข้อกำหนดระบบวิทยุอิมพัลส์ในทวีปยุโรปอยู่ในช่วงรอข้อมูลทางเทคนิคที่เกี่ยวกับผลกระทบของระบบวิทยุอิมพัลส์บนระบบเดิมที่มีใช้กันอยู่ โดยทางยุโรปนั้น บางส่วนของข้อกำหนดจะรัดกุมกว่าของทางสหรัฐอเมริกา เพราะทางด้านยุโรปนั้นในส่วนของเทคโนโลยีใหม่ต้องแสดงให้เห็นว่าส่งผลกระทบน้อยหรือไม่ส่งผลเสียหายต่อระบบเดิมที่มีอยู่ โดยข้อกำหนดการแพร่กระจายกำลังงานสำหรับการใช้งานทั้งภายในและภายนอกอาคารที่กำหนดโดยสถาบันกำหนดมาตรฐานทางโทรคมนาคมแห่งสหภาพยุโรป แสดงให้เห็นในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อกำหนดในการแพร่กระจายแถบกำลังงานโดยสถาบันกำหนดมาตรฐานทางโทรคมนาคมแห่งสหภาพยุโรป สำหรับการใช้งานในการสื่อสารทั้งภายในและภายนอกอาคาร [15]

	ช่วงความถี่ (จิกะเฮิรตซ์)		
	$f < 3.1$	$3.1 < f < 10.6$	$f > 10.6$
ภายในอาคาร	$-51.3 + 87\log(f / 3.1)$	-41.3	$-51.3 + 87\log(10.6 / f)$
ภายนอกอาคาร	$-61.3 + 87\log(f / 3.1)$	-41.3	$-61.3 + 87\log(10.6 / f)$

2.1.5 การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์มาตรฐาน IEEE 802.15.4

เทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์ถูกนำมาใช้ในระบบการสื่อสารระยะสั้นระหว่างคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ที่อยู่ภายในอาคารสำนักงาน และโครงข่ายภายในบ้านพักอาศัย ที่มีความต้องการความเร็วสูง ซึ่งสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากสายอากาศนั้นอาจจะถูกลดทอนกำลังงาน (Power Attenuation) โดยปัจจัยต่าง ๆ เช่น ถูกลดทอนโดยผนังหรือกำแพงของอาคาร จากวัสดุอุปกรณ์เครื่องใช้ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง ทั้งหมดที่ได้กล่าวมานี้ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของสัญญาณที่ทางด้านเครื่องรับ เทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์นั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้งาน ได้หลายรูปแบบยกตัวอย่างเช่น [16] และ [17]

2.1.5.1 การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายภายในอาคารสำนักงาน

เทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์มีการประยุกต์ใช้ในอาคารสำนักงาน เช่น การควบคุมคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์สื่อสารโดยผ่านระบบไร้สาย ซึ่งแน่นอนว่าการใช้อุปกรณ์การสื่อสารไร้สายอาจจะได้รับผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมภายในอาคารสำนักงาน เช่น โต๊ะทำงาน ผนัง กำแพง ซึ่งอาจจะทำให้ถูกลดทอนกำลังงานในการส่งสัญญาณ

2.1.5.2 การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายภายในบ้านพักอาศัย

การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ของโครงข่ายภายในบ้านพักอาศัย เช่น การเปิดปิดสวิทช์ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านระบบไร้สาย หรือการตั้งเวลาเปิดปิดอุปกรณ์แบบอัตโนมัติ อย่างไรก็ตามการนำไปใช้ติดต่อสื่อสารภายในอาคารมักจะมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อช่องสัญญาณในการสื่อสารไร้สาย เช่นเดียวกับการนำไปประยุกต์ใช้งานโครงข่ายภายในอาคารสำนักงาน

2.1.5.3 การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายบนร่างกายมนุษย์ไร้สาย

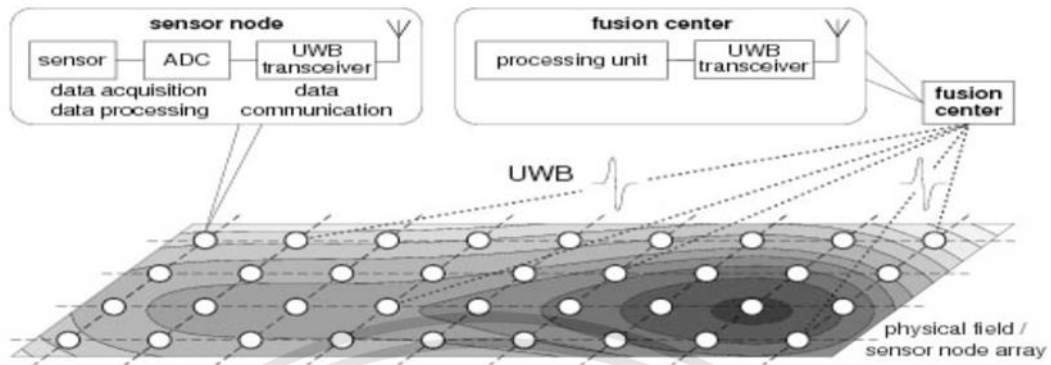
ลักษณะการใช้งานในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์โครงข่ายบนร่างกายมนุษย์ไปยังเครื่องมือวัด อาจจะมีปัจจัยหลายอย่างส่งผลกระทบต่อสื่อสารในสภาวะแวดล้อมจริง และจากร่างกายมนุษย์

2.1.5.4 การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายทางการแพทย์ไร้สาย

ลักษณะการใช้งานในโครงข่ายทางการแพทย์แบบไร้สายโดยพิจารณาจากผลกระทบจากร่างกายมนุษย์ ทำให้คุณลักษณะจำเพาะของอุปกรณ์หรือเครื่องมือทางการแพทย์เปลี่ยนไปและการเชื่อมต่อเข้ากับโครงข่าย ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสื่อสารในสภาวะแวดล้อมจริงได้ทำให้เกิดการผิดพลาดได้

2.1.5.5 การประยุกต์ใช้งานการหาตำแหน่ง

ในการประยุกต์ใช้กับการหาตำแหน่งมีการนำไปประยุกต์ใช้ทั้งการหาตำแหน่งของเซ็นเซอร์ที่อยู่บนร่างกายและการหาตำแหน่งภายในอาคาร ซึ่งเป็นลักษณะการใช้งานในการหาตำแหน่งโดยพิจารณาจากการสูญเสียเชิงวิถีและเวลาประวิง แต่อาจจะมีปัจจัยหลายอย่างส่งผลกระทบต่อสื่อสารในสภาวะแวดล้อมจริงที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการหาตำแหน่ง

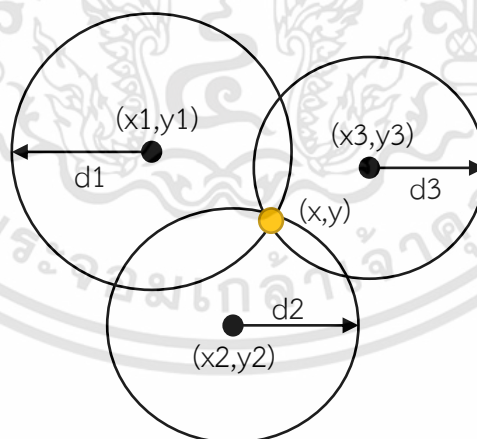


รูปที่ 2.1 การหาตำแหน่งโดยใช้เทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์ [4]

2.2 เทคนิคที่ใช้ในการหาตำแหน่ง

2.2.1 เทคนิคการหาตำแหน่งด้วยวงกลม 3 วง (Trilateration Technique)

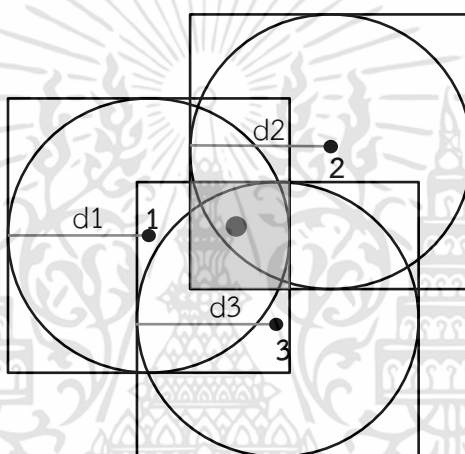
การหาตำแหน่งด้วยวงกลม 3 วงเป็นเทคนิคการหาตำแหน่งที่อาศัยหลักการตัดกันของวงกลมโดยจะคำนวณหาระยะระหว่างสายอากาศส่งและสายอากาศรับ ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีส่วนสายอากาศอย่างน้อย 3 อัน โดยการคำนวณหาตำแหน่งจะนำระยะทางของสายอากาศแต่ละอันมาวาดเป็นวงกลมตำแหน่งที่ได้จะเกิดการซ้อนทับกันของวงกลมทั้ง 3 วง แสดงดังรูปที่ 2.2 [18]



รูปที่ 2.2 การหาตำแหน่งด้วยเทคนิคการหาตำแหน่งด้วยวงกลม 3 วง [18]

2.2.2 เทคนิค Min-Max

Min-Max เป็นเทคนิคการหาตำแหน่งที่ใช้หลักการซ้อนทับกันของกล่องหรือขอบเขตที่ต่ำที่สุดและขอบเขตที่สูงที่สุดในแกน x และ y ซึ่งเทคนิคนี้จำเป็นต้องใช้สายอากาศส่งอย่างน้อย 3 อัน การคำนวณหาตำแหน่งจะนำพารามิเตอร์ทั้งสองมาคำนวณระยะห่างระหว่างสายอากาศส่งและสายอากาศรับ จากนั้นจะทำการวาดกล่องหรือขอบเขตที่เกิดจากสายอากาศส่ง แต่ละอันโดยตำแหน่งที่ต้องการจะหาได้จากค่าเฉลี่ยในแกน x และ y ของส่วนที่ซ้อนทับกันของกล่องหรือขอบเขตทั้งสาม [18] และ [19]

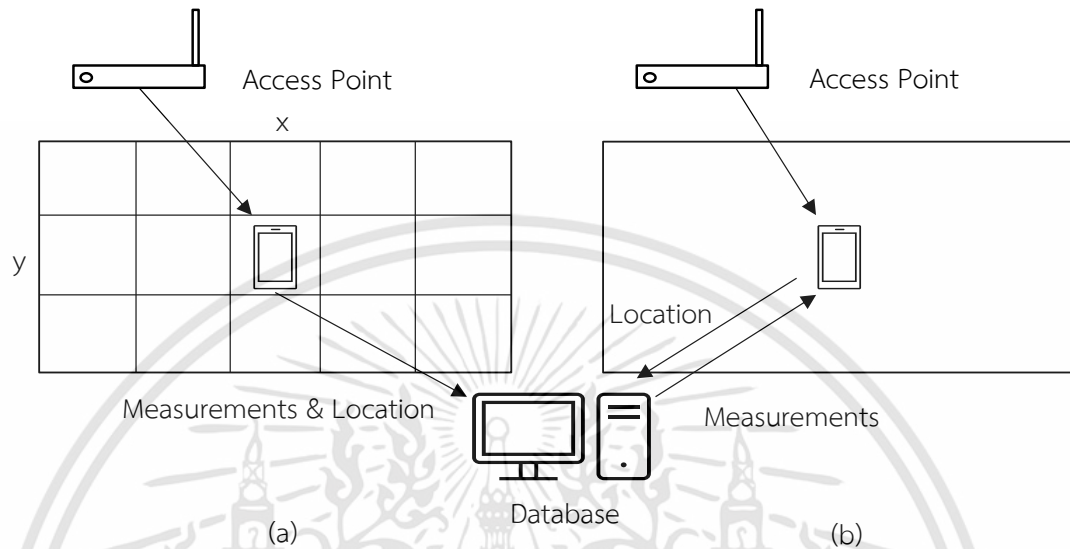


รูปที่ 2.3 การหาตำแหน่งด้วยเทคนิค Min - Max [18]

2.2.3 เทคนิคการพิจารณาเอกลักษณ์เฉพาะตำแหน่ง (Fingerprinting Technique)

การพิจารณาเอกลักษณ์เฉพาะตำแหน่งเป็นเทคนิคที่มีลักษณะคล้ายกับวิธีสแกนนิ้วมือของมนุษย์ โดยจะใช้ฐานข้อมูลเพื่อระบุตำแหน่ง ในขั้นตอนแรกจะเก็บค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณที่ต้องการนำมาพิจารณาไว้ในฐานข้อมูล จากนั้นทำการระบุตำแหน่งเป้าหมายโดยนำค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณมาเปรียบเทียบกับความเป็นเอกลักษณ์ของตำแหน่งที่ได้ทำการเก็บค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณไว้ในฐานข้อมูลก่อนหน้าแล้ว ตำแหน่งเป้าหมายที่ได้คือตำแหน่งที่ได้เมื่อทำการเปรียบเทียบแล้วมีความใกล้เคียงกันที่สุด [20] โดยวิธีการนี้สามารถใช้อุปกรณ์ด้านส่งอย่างน้อย 1 ตัว ก็สามารถหาตำแหน่งได้อย่างไรก็ตาม จุดด้อยของการใช้วิธีนี้คือต้องใช้เวลามากในการเก็บค่าพารามิเตอร์ที่

ต้องการพิจารณาไว้ในฐานข้อมูลสำหรับกรณีที่ต้องการหาตำแหน่งมีขนาดใหญ่ สำหรับกระบวนการหาตำแหน่งโดยใช้เทคนิคความเป็นเอกลักษณ์ของตำแหน่ง แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 กระบวนการหาตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการพิจารณาเอกลักษณ์เฉพาะตำแหน่ง [20]

(a) ขั้นตอนการฝึกฝน (b) ขั้นตอนการทดสอบ

โดยเทคนิคการพิจารณาเอกลักษณ์เฉพาะตำแหน่งจะมีการเก็บข้อมูลค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณที่ต้องการนำมาพิจารณาไว้ในฐานข้อมูลก่อน ซึ่งจะเรียกขั้นตอนนี้ว่าขั้นตอนการฝึกฝน (Training process) หลังจากนั้นในกระบวนการหาตำแหน่งพารามิเตอร์ของสัญญาณจะถูกเก็บแล้วนำมาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่ทำไว้ก่อนหน้านี้ หลังจากนั้นจะทำการแสดงตำแหน่งที่มีค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณแตกต่างกันน้อยที่สุด ซึ่งเรียกขั้นตอนนี้ว่าขั้นตอนการทดสอบ (Testing process)

สำหรับในขั้นตอนการฝึกฝนนั้น เป็นการการเก็บค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณซึ่งจะแสดงถึงเอกลักษณ์เฉพาะของตำแหน่ง ซึ่งจะเรียกว่าชุดข้อมูลฝึกฝน (S) โดยสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการดังนี้

$$S = \{(m_1, p_1), (m_2, p_2), \dots, (m_n, p_n)\} \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

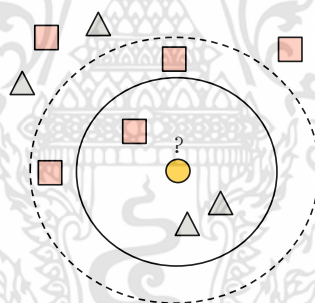
เมื่อ

m_i	คือ พารามิเตอร์ของสัญญาณในตำแหน่งที่ i th
$p_i = (x_i, y_i)$	คือ ตำแหน่งสำหรับปริภูมิ 2 มิติ ของพิกัดในแนวแกน x และ y
n	คือ จำนวนข้อมูลฝึกฝนทั้งหมด

หลังจากนั้นชุดข้อมูลจะถูกนำไปประมวลผลก่อนที่จะเก็บลงฐานข้อมูล ในส่วนขั้นตอนการทดสอบจะเป็นการเก็บพารามิเตอร์ของสัญญาณชนิดเดียวกันกับที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล และทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูล

2.2.4 อัลกอริทึมการวิเคราะห์แบบ K จุดข้างเคียงที่สุด (K-Nearest Neighbor Algorithm: KNN)

KNN เป็นเทคนิคในการตัดสินใจวิธีหนึ่งที่ต่างจากวิธีการรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง ที่สามารถขยายขอบเขตของการตัดสินใจให้มากขึ้นโดยการตรวจสอบ K จำนวนที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด อัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุดจำนวน K ตัว แสดงดังรูปที่ 2.5



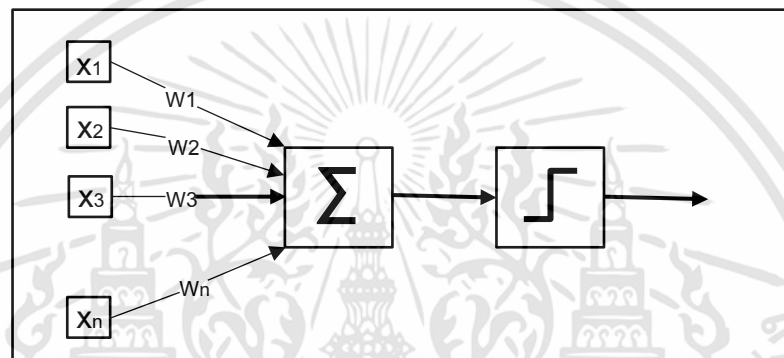
รูปที่ 2.5 อัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุดจำนวน K ตัว [8]

เทคนิคนี้จะเป็นการหาผลรวม (Count Up) ของจำนวนเงื่อนไข หรือกรณีต่าง ๆ สำหรับแต่ละการตัดสินใจ การนำอัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุดจำนวน K ตัวไปใช้นั้นเป็นการหาระยะห่างระหว่างแต่ละตัวแปร (Attribute) ในข้อมูล ซึ่งเหมาะสำหรับข้อมูลเชิงปริมาณ

2.2.5 อัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network Algorithm: ANN)

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่จำลองการทำงานของสมองมนุษย์ แสดงดังรูปที่ 2.6 เพื่อให้คอมพิวเตอร์มีการเรียนรู้ได้เหมือนมนุษย์ โดยสามารถฝึกฝนให้จดจำ

รูปแบบต่าง ๆ รวมไปถึงการอุปมาความรูู้ และการนำทักษะที่ได้ไปแก้ปัญหาต่าง ๆ โครงข่ายประสาทเทียมนี้เป็นการนำเอาแนวคิดของโครงข่ายไฟฟ้าชีวภาพในสมองของมนุษย์ ซึ่งประกอบไปด้วย เซลล์ประสาท (Neurons) และจุดประสานประสาท (Synapses) แต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วยปลายในการรับกระแสประสาท เรียกว่า โยประสาทนำเข้า (Dendrite) ซึ่งเป็นอินพุต และปลายในการส่งกระแสประสาทเรียกว่า แกนประสาทนำออก (Axon) ซึ่งเปรียบเสมือนเอาต์พุตของเซลล์ประสาท



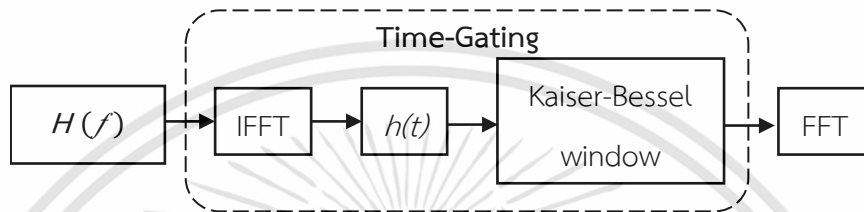
รูปที่ 2.6 โครงข่ายประสาทเทียม [7]

สำหรับโครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วยข้อมูลอินพุต ซึ่งในแต่ละข้อมูลนั้นจะมีค่าน้ำหนัก และถูกส่งไปยังฟังก์ชันการกระตุ้น (Activation Function) เพื่อทำการตัดสินใจและได้ข้อมูลเอาต์พุตออกมา

2.2.6 เทคนิคการเกตเวลา (Time-Gating Technique)

เทคนิคการเกตเวลาเป็นการใช้วินโดว์คูณกับสัญญาณในโดเมนเวลาเพื่อเป็นการกำหนดช่วงเวลาที่ทำให้สัญญาณมีค่าประมาณเท่าเดิม และช่วงเวลาที่ทำให้สัญญาณมีค่าประมาณเป็นศูนย์ แต่อย่างไรก็ตามการใช้วินโดว์จะทำให้เกิดค่าผิดพลาดของสัญญาณในช่วงเวลาที่ต้องการขึ้น วินโดว์ที่ทำให้มีค่าผิดพลาดเกิดขึ้นน้อยจะต้องมีคุณสมบัติในโดเมนความถี่คือ โลกหลักจะต้องแคบและมีความชันมาก โลกข้างจะต้องมีระดับต่ำ เพื่อที่จะให้ได้คุณสมบัติเหล่านี้วินโดว์พื้นฐานชนิดต่าง ๆ เช่น วินโดว์สี่เหลี่ยม วินโดว์บาร์ทเลทท์วินโดว์แฮมมิง วินโดว์ฮานนิง และวินโดว์เบลคแมน จะต้องใช้ความยาวของวินโดว์มากและอันดับวินโดว์สูง วินโดว์ที่ทำให้เกิดค่าผิดพลาดน้อยและใช้ความยาวของวินโดว์น้อยจะต้องใช้วินโดว์ทรงคล้ายทรงกลมแบนข้าง แต่วินโดว์ชนิดนี้มีความ

ซับซ้อนทางคณิตศาสตร์มาก วินโดว์ไคเซอร์-เบสเซลเป็นวินโดว์ที่ประมาณมาจากวินโดว์ทรงคล้ายทรงกลมแบนข้างให้อยู่ในเทอมทางคณิตศาสตร์ที่ง่ายขึ้น แล้วยังคงคุณสมบัติที่ทำให้เกิดค่าผิดพลาดน้อย [10] ดังนั้นในปริภูมิตฤษฎีการวัดสัญญาณปัจจุบันจึงได้เลือกใช้วินโดว์ไคเซอร์-เบสเซล โดยแสดงบล็อกไดอะแกรมเทคนิคการเกิดเวลา แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมของเทคนิคการเกิดเวลา [10]

การเกิดเวลาเป็นวิธีการลดการรบกวนหลายวิถีและเพิ่มความแม่นยำในการวัดซึ่งฟังก์ชันถ่ายโอนความถี่ของการเชื่อมต่อร่วมระหว่างสายอากาศส่งกับสายอากาศรับไม่สามารถกำจัดได้โดยตรงในโดเมนความถี่ จึงจำเป็นต้องใช้การแปลงฟูริเยร์เพื่อแปลงให้อยู่ในโดเมนเวลา ก่อนดังนั้นจึงนำมาใช้ในการวัดสัญญาณวิทยุอิมพัลส์โดยนำเทคนิคการเกิดเวลามาประยุกต์ใช้ลดผลกระทบของการเชื่อมต่อร่วมระหว่างสายอากาศส่งกับสายอากาศรับในโดเมนเวลา

เมื่อวินโดว์ไคเซอร์-เบสเซล แสดงได้ดังสมการที่ 2.2

$$w(f, \theta, \phi, \theta_s, \phi_s) = \begin{cases} I_0(x) (\pi\alpha) \sqrt{1 - \left[\frac{2 \left[t - t_p(\theta_i, \phi_i, \theta_s, \phi_s) \right]}{T} \right]^2} & , t_p - \frac{T}{2} \leq t \leq t_p + \frac{T}{2} \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (2.1)$$

เมื่อ

- T คือ ความกว้างของหน้าต่าง
- $t_p(\theta_i, \phi_i, \theta_s, \phi_s)$ คือ เวลาสูงสุดของหน้าต่าง
- α คือ ขอบเขตของหน้าต่าง

การเกิดเวลาสำหรับการลดคลื่นหลายวิถีหรือลดกระจัดกระจายในเทอมของ $H_c(f, \Omega^s, \Omega^i)$ โดยใช้วินโดว์โคเซอร์-เบสเซลในโดเมนเวลาเพื่อที่จะกรองคลื่นหลายวิถีที่มาเข้าออก ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

$$\begin{aligned} H_{ii}(f, \theta_i, \phi_i, \theta_s, \phi_s) &= \int_{-\infty}^{\infty} h_{sc}(t, \theta_i, \phi_i, \theta_s, \phi_s) w(t, \theta_i, \phi_i, \theta_s, \phi_s) e^{2-j\pi f t} dt \\ &= \frac{c}{8\pi\sqrt{\pi f d_t d_r}} H_{\alpha}(f, \phi_s) e^{-j2\pi f (d_t + d_r)/c} \vec{H}_t(f, \theta, \phi) \cdot \vec{H}_r(f, \theta, \phi) \end{aligned} \quad (2.3)$$

ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันการถ่ายโอนการประยุกต์ภาคตัดขวางเข้าไว้ได้

$$H_{\alpha}(f, \theta_i, \phi_i, \theta_s, \phi_s) = \frac{\sqrt{4\pi d_t d_r}}{d_t} e^{jw\left(\frac{d_t + d_r - d_t}{c}\right)} \frac{H_{1g}(f, \theta_i, \phi_i, \theta_s, \phi_s)}{H_t(f, \theta, \phi)} \quad (2.4)$$

2.3 สรุป

ในบทความนี้ได้กล่าวถึงความเป็นมาและหลักการทำงานของเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์ ข้อดี - ข้อเสียของเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์ การประยุกต์ใช้งานรวมถึงข้อบังคับต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นช่วงความถี่ที่ใช้งาน ซึ่งสัมพันธ์กับแบนด์วิดท์ของระบบที่กำหนดโดยองค์กรที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง อาทิ เช่น คณะกรรมาธิการสื่อสารแห่งสหรัฐอเมริกา กลุ่มที่เจรจาเกี่ยวกับคณะกรรมาธิการสื่อสารแห่งสหรัฐอเมริกา และสถาบันกำหนดมาตรฐานทางโทรคมนาคมแห่งสหภาพยุโรป รวมถึงมาตรฐานที่ใช้ในการอ้างอิง อีกทั้งยังได้กล่าวถึงทฤษฎีวิธีการและเทคนิคที่ใช้ในการหาตำแหน่ง ไม่ว่าจะเป็นเทคนิคการหาตำแหน่งด้วยวงกลม 3 วง เทคนิคการหาตำแหน่ง Min-Max เทคนิคการหาตำแหน่ง การพิจารณาเอกลักษณ์เฉพาะตำแหน่ง เทคนิคการวิเคราะห์แบบ K จุดข้างเคียงที่สุด โครงข่ายประสาทเทียม และเทคนิคการเกิดเวลา ซึ่งปัญญานิพนธ์นี้เลือกใช้เทคนิคการหาตำแหน่งการพิจารณาเอกลักษณ์เฉพาะตำแหน่ง เนื่องจากมีความง่ายต่อการวิเคราะห์โดยจะทำการเก็บค่าพารามิเตอร์ไว้ในฐานข้อมูลก่อน จากนั้นนำค่าพารามิเตอร์ขั้นตอนการทดสอบมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูล และใช้สายอากาศด้านส่งเพียงตัวเดียวทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายต่อการใช้งาน แต่มีจุดด้อยเพราะว่าเกิดความผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้นปัญญานิพนธ์นี้จึงเสนอการใช้เทคนิคการเกิดเวลาเพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดความผิดพลาดในการหาตำแหน่งภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างสายอากาศกรวยคู่

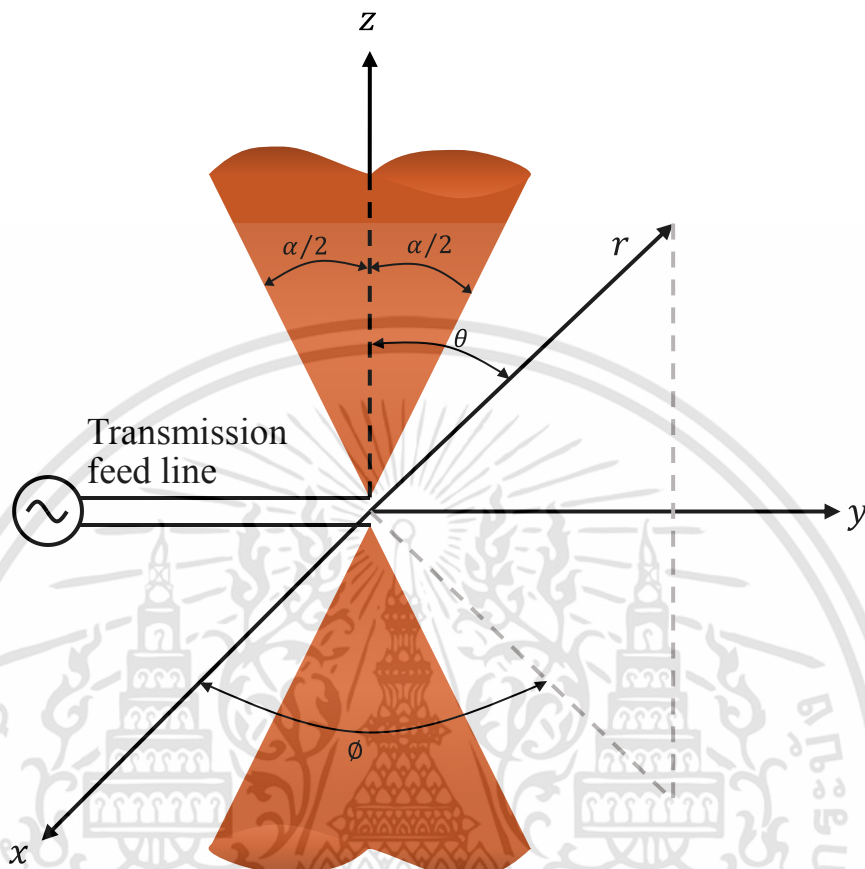
3.1 การออกแบบและทดลอง

3.1.1 เหตุผลที่เลือกใช้สายอากาศกรวยคู่

สายอากาศกรวยคู่เป็นสายอากาศที่มีแบนวิทท์กว้างมาก สามารถประยุกต์ใช้งานในระบบสื่อสารได้หลากหลายและมีรูปร่างไม่ซับซ้อน แสดงดังรูปที่ 3.1 สำหรับแบนวิทท์ของสายอากาศกรวยคู่นั้นเกิดจากการแปรค่ารัศมีตามแนวแกนหรือการเพิ่มค่าของมุมระหว่างกรวยทั้งสอง โครงสร้างของสายอากาศกรวยคู่จะประกอบไปด้วยกรวยสองอันจัดวางอยู่ในแนวแกนเดียวกัน โดยที่จุดยอดของกรวยทั้งสองที่บริเวณจุดกึ่งกลางของสายอากาศจะเป็นจุดป้อนสัญญาณเรียกว่าจุดป้อนการแพร่กระจายของคลื่นของสายอากาศกรวยคู่นั้นจะคล้ายคลึงกับสายอากาศไดโพลโดยที่บริเวณจุดป้อนนี้จะมีกระแสไหลมากที่สุดและมีแรงดันต่ำที่สุด

บริเวณปลายทั้งสองของสายอากาศเสมือนเปิดวงจรจึงมีแรงดันมากที่สุดและมีกระแสไหลน้อยสุด ส่วนบริเวณที่มีค่าแรงดันสูงจะมีสนามไฟฟ้าเกิดขึ้นที่ปลายของสายอากาศ และจะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นบริเวณที่มีกระแสไหลมากที่สุดนั่นก็คือบริเวณจุดป้อนเช่นเดียวกัน สำหรับแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศกรวยคู่จะมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่มีลักษณะเป็นแบบรอบทิศทาง (Omnidirectional) [21]

โดยสายอากาศกรวยคู่มือคือ มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน ขนาดเล็ก และมีน้ำหนักเบา รวมถึงมีช่วงความถี่กว้างมาก สามารถแพร่กระจายคลื่นได้รอบทิศทาง สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย แต่มีข้อเสียคือ ถึงแม้สายอากาศกรวยคู่มือมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน แต่ในการสร้างสายอากาศนั้นมีความยุ่งยาก



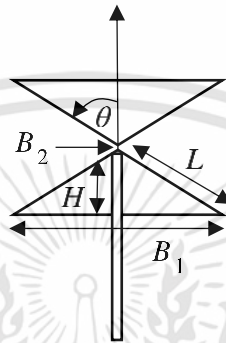
รูปที่ 3.1 รูปทรงสายอากาศกรวยคู่ [21]

3.1.2 การออกแบบและสร้างสายอากาศกรวยคู่

การดำเนินการออกแบบและการสร้างสายอากาศกรวยคู่มีขั้นตอนดังนี้ เริ่มจากคำนวณโครงสร้างสายอากาศ และจำลองสายอากาศโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากนั้นวิเคราะห์คุณสมบัติของสายอากาศที่ต้องการ ถ้าคุณสมบัติสายอากาศไม่เป็นไปตามที่ต้องการต้องปรับปรุงสายอากาศใหม่ ถ้าคุณสมบัติสายอากาศเป็นไปตามที่ต้องการสามารถสร้างสายอากาศตามที่ได้ออกแบบไว้ พร้อมวัดผลการทดลองทั้ง 3 ส่วน คือ ส่วนแรกสัมประสิทธิ์การสะท้อนของสายอากาศ ส่วนที่สองขนาดและเฟสของสัญญาณ และส่วนที่สามคือความแรงของสัญญาณที่รับได้

ในการออกแบบสายอากาศกรวยคู่ขั้นตอนแรกคือต้องมีการกำหนด หรือคำนวณพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ต้องใช้ก่อน จากนั้นจึงทำการออกแบบสายอากาศกรวยคู่ โดย B_1 คือเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวย B_2 คือเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำด้านในสุดของสัญญาณ H คือความ

สูงของกรวย L คือความสูงเอียงของกรวย คือมุมระหว่างกรวยทั้ง 2 อัน θ คือมุมของกรวย โดยคำนวณจาก $\theta = \frac{180 - \varphi}{2}$ ซึ่งมีขั้นตอนการคำนวณโครงสร้างสายอากาศ [22] และ [23] ดังรูปที่ 3.2 ดังนี้



รูปที่ 3.2 โครงสร้างสายอากาศกรวยคู่ [24]

3.1.2.1 การกำหนดช่วงความถี่ที่ใช้งาน เนื่องจากสายอากาศกรวยคู่เป็นสายอากาศที่มีแถบความถี่กว้างจึงต้องกำหนดช่วงความถี่ที่ใช้งานให้เหมาะสมกับงานที่ใช้ โดยการออกแบบสายอากาศกรวยคู่ในงานนี้ใช้ความถี่ตั้งแต่ 3.1 จิกะเฮิรตซ์ถึง 10.6 จิกะเฮิรตซ์

3.1.2.2 กำหนดให้ B_2 มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำด้านในสุดของสาย Semi-Rigid มีค่าเท่ากับ 0.615 มิลลิเมตร จึงกำหนดค่า B_2 เท่ากับ 0.8 มิลลิเมตร กำหนดให้มีค่ามากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำด้านในสุดของสาย Semi-Rigid เพื่อพื้นที่ในการบัดกรี

3.1.2.3 กำหนดมุมระหว่างกรวยทั้งสอง φ เท่ากับ 60° ดังนั้น θ จึงมีค่าเท่า 60°

3.1.2.3 กำหนดระยะห่างระหว่างกรวยเท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร

3.1.2.4 คำนวณหาความสูงของสายอากาศ โดยใช้ความรู้เรื่องสายอากาศไดโพลเต็มความยาวคลื่น (Full Wave Dipole) [25] ในการคำนวณความสูงของกรวยดังสมการ (3.1) จากสมการ

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{\lambda_0}{2} & (3.1) \\
 &= \frac{C/f_0}{2} \\
 &= \frac{3 \times 10^8 / 6.85 \times 10^9}{2} \\
 &= 0.02190m.
 \end{aligned}$$

เมื่อ

λ_0 คือ ความยาวคลื่นความถี่กลาง (เมตร)
 C คือ ความเร็วแสง (เมตรต่อวินาที)
 f_0 คือ ความถี่กลาง (เฮิรตซ์)

3.1.2.5 คำนวณหาความยาวด้าน L ดังสมการที่ (3.2) โดย θ เท่ากับ 60°

$$\begin{aligned}
 \cos\theta &= \frac{H}{L} & (3.2) \\
 L &= \frac{H}{\cos\theta} \\
 &= \frac{0.021895}{\cos(60^\circ)} \\
 &= 0.04379m.
 \end{aligned}$$

เท่ากับ 60°

3.1.3.6 คำนวณหาความยาวรัศมีของด้าน B_1 ดังสมการ (3.3) โดย θ

$$\begin{aligned}
 \sin\theta &= \frac{B_1/2}{L} & (3.3) \\
 \frac{B_1}{2} &= L \times \sin\theta \\
 &= 0.04379 \times \sin(60^\circ) \\
 &= 0.0379m.
 \end{aligned}$$

3.1.3 สัญญาณส่งแบบแถบกว้างที่ได้จากการจำลอง

รูปคลื่นสัญญาณส่งที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์สามารถใช้ในการทดสอบความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นสัญญาณการรับของระบบการส่งผ่านแบบแถบกว้างได้ แต่ผลของความผิดเพี้ยนของสัญญาณรูปคลื่นนั้นจะเห็นได้ชัดเจนมากเมื่อความกว้างของแถบความถี่นั้นกว้างขึ้น ดังนั้นจะพิจารณาตลอดช่วงความถี่ของเทคโนโลยีวิทยุอิมพัลส์ที่กำหนดขึ้นโดยคณะกรรมการกลางกำกับดูแลกิจการสื่อสาร [13] โดยใช้รูปคลื่นแถบผ่านรากที่สองของโรซ์โคซายน์ (Root Raised Cosine Waveform) มีช่วงแถบความถี่ตั้งแต่ 3.1 จิกะเฮิรตซ์ถึง 10.6 จิกะเฮิรตซ์ มีความถี่ศูนย์กลางเท่ากับ 6.85 จิกะเฮิรตซ์ และสเปกตรัมแบนด์วิดท์เท่ากับ 6.37 จิกะเฮิรตซ์ ฟังก์ชันความหนาแน่นสเปกตรัมของรูปคลื่นแบบแถบผ่านรากที่สองของโรซ์โคซายน์ แสดงได้ดังสมการที่ (3.4) และ (3.5)

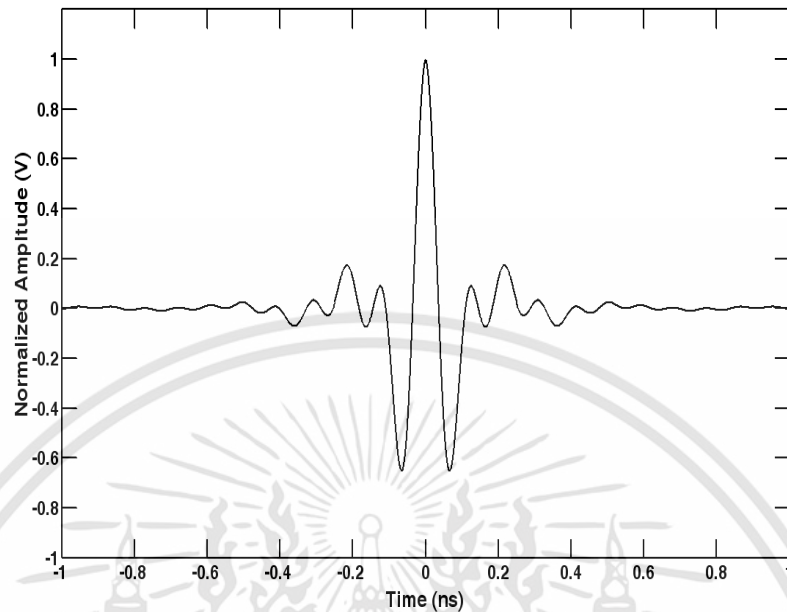
$$V_{r,ro}(f) = \begin{cases} 1 & |f| - f_c \leq \frac{(1-\beta)}{2T} \\ A \frac{(1-\beta)}{2T} < |f| - f_c \leq \frac{(1+\beta)}{2T} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.4)$$

เมื่อ

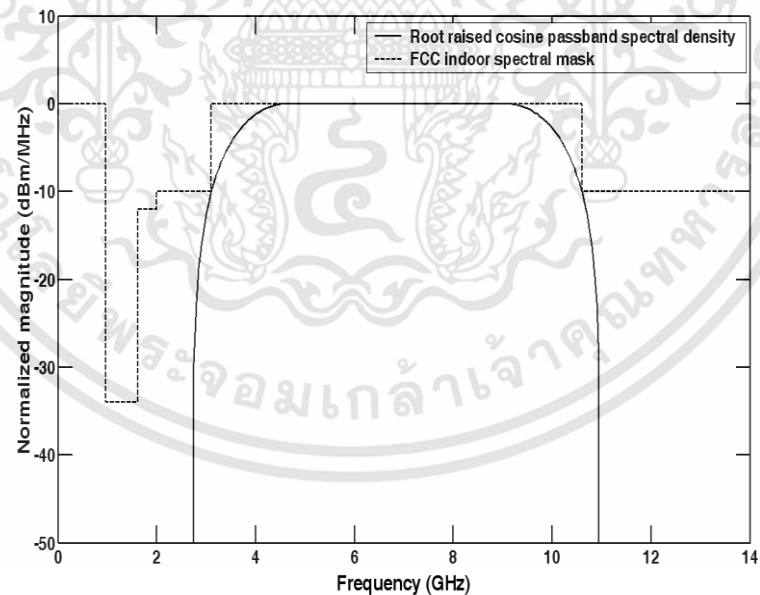
$$A = \sqrt{\frac{1}{2} \left[1 + \cos \left(\frac{\pi T}{\beta} \left[|f| - f_c - \frac{1-\beta}{2T} \right] \right) \right]} \quad (3.5)$$

- $T = 1/f_b$ คือ ส่วนกลับของอัตราสัญลักษณ์
 f_b คือ สเปกตรัมแบนด์วิดท์
 f_c คือ ความถี่กลาง
 $\beta = 0.3$ คือ ตัวประกอบโรลล์ออฟ (Roll - off Factor)

รูปที่ 3.3 แสดงถึงรูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ในโดเมนเวลา โดยแกน x แสดงถึงค่าของเวลา และแกน y แสดงถึงขนาดของแอมพลิจูดที่ใช้ในการส่งผ่านระบบวิทยุอิมพัลส์แบบแถบกว้างมีค่าเท่ากับ 1 โวลต์ รูปที่ 3.4 แสดงถึงความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังงานของรูปคลื่นที่ใช้ในการส่งผ่านระบบวิทยุอิมพัลส์แบบแถบกว้างในโดเมนความถี่ โดยมีแกน x แสดงถึงค่าความถี่และ แกน y แสดงถึงค่าความหนาแน่นสเปกตรัมในหน่วยของดีบีเอ็มต่อเมกะเฮิรตซ์



รูปที่ 3.3 รูปคลื่นแถบผ่านรากลที่สองของไรซ์โคซายน์ที่ถูกนอร์แมลไลซ์
ที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ [26]



รูปที่ 3.4 ความหนาแน่นสเปกตรัมของรูปคลื่นแถบผ่านรากลที่สองของไรซ์โคซายน์
ที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ [26]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับสร้างสายอากาศกรวยคู่

3.2.1.1 แผ่นทองแดง

โดยมีความหนา 0.5 มิลลิเมตร สำหรับการนำมาทำลึงให้เป็นทรงกรวยเพื่อนำมาสร้างสายอากาศกรวยคู่ แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แผ่นทองแดงหนา 0.5 มิลลิเมตร

3.2.1.2 สาย Semi-Rigid ชนิด RG-142

สาย Semi-Rigid ชนิด RG-142 เป็นสายส่งสัญญาณที่มีอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม แสดงดัง

รูปที่ 3.6

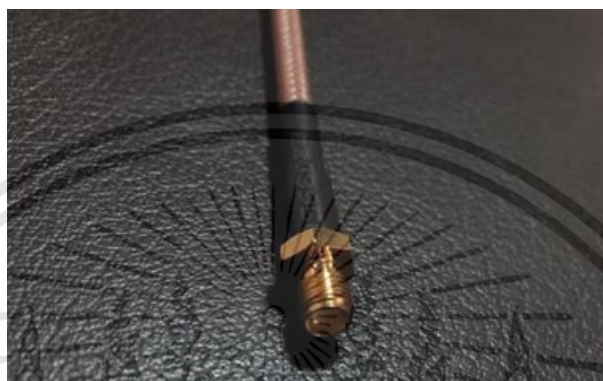


รูปที่ 3.6 สาย Semi-Rigid ชนิด RG-142

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.3 คอนเนคเตอร์ประเภท SMA

คอนเนคเตอร์สำหรับเชื่อมต่อสายส่งสัญญาณเพื่อนำไปเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่จะนำไปใช้งาน โดยใช้ประเภท SMA ชนิด Female แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 คอนเนคเตอร์ประเภท SMA ชนิด Female

3.2.1.4 ส่วนแทน

ส่วนแทนสำหรับเจาะรูบริเวณจุดศูนย์กลางของกรวย แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ส่วนแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.5 หัวแร้ง ตะกั่ว และน้ำยาประสานสำหรับบัดกรี

หัวแร้ง ตะกั่ว และน้ำยาประสานสำหรับบัดกรีใช้สำหรับเชื่อมระหว่างสาย RG-142 กับกรวยเข้าด้วยกัน แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 อุปกรณ์ที่ใช้ในการบัดกรี

3.2.2 เครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแบบเวกเตอร์

ในการทดลองวิจัยนี้การวัดช่องสัญญาณแถบกว้างนั้นจะใช้เครื่องมือสำคัญที่ใช้วัดคุณสมบัติช่องสัญญาณคือ เครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแบบเวกเตอร์ แสดงดังรูปที่ 3.10

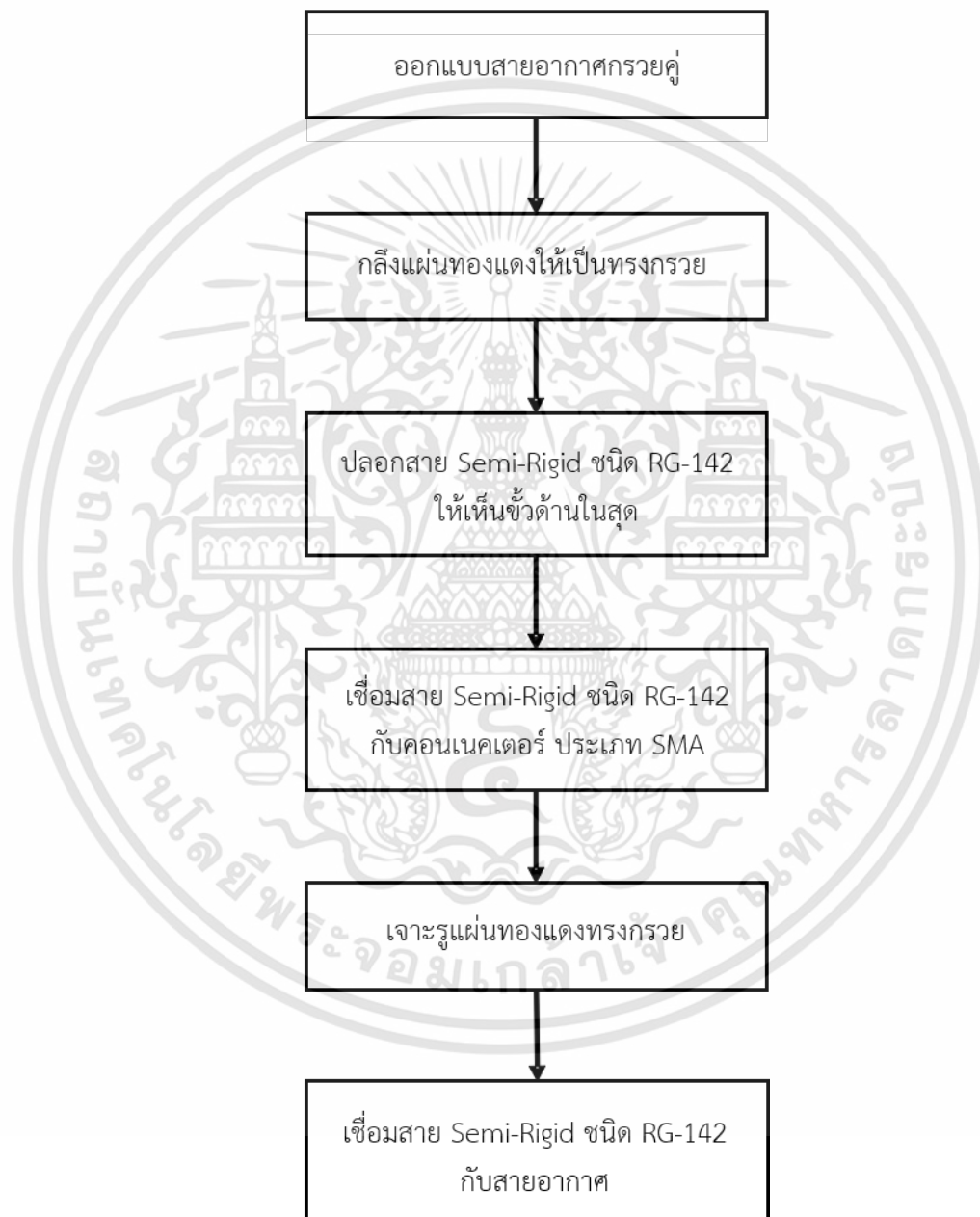


รูปที่ 3.10 เครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแบบเวกเตอร์ [27]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การสร้างสายอากาศ

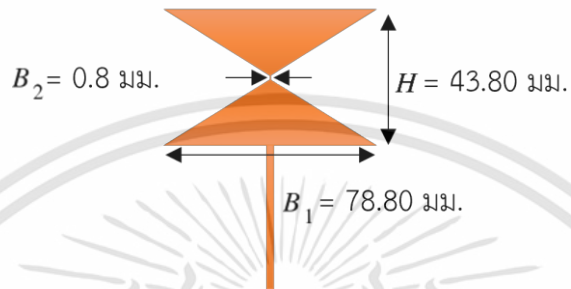
การสร้างสายอากาศกรวยคู่ โดยใช้วัสดุที่เตรียมไว้ในการนำมาสร้างสายอากาศกรวยคู่ตามขนาดที่คำนวณและออกแบบ โดยมีขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 บล็อกไดอะแกรมการสร้างสายอากาศกรวยคู่

3.3.1 ออกแบบสายอากาศกรวยคู่

ออกแบบสายอากาศโดยนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาจำลองโครงสร้างของสายอากาศกรวยคู่แบบ 2 มิติ แสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 สายอากาศกรวยคู่ที่ออกแบบ 2 มิติ

3.3.2 กลึงแผ่นทองแดงเป็นทรงกรวย

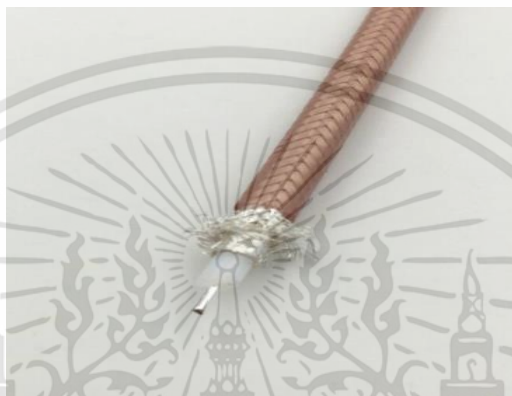
เป็นการนำแผ่นทองแดงที่มีความหนา 0.5 มิลลิเมตร มาผ่านกระบวนการกลึงโลหะให้แผ่นทองแดงเป็นทรงกรวยที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 65.34 มิลลิเมตร และมีความยาวของกรวยรวมกันเท่ากับ 37 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 กรวยที่ทำจากแผ่นทองแดง

3.3.3 ปอกสาย Semi-Rigid ชนิด RG-142

เป็นรูปการนำสาย Semi-Rigid ชนิด RG-142 ที่มีความยาว 5 เซนติเมตร มาปอกให้ได้ตั้งรูปทั้งสองด้านเพื่อจะนำด้านหนึ่งไปบัดกรีเข้ากับแผ่นทองแดงทรงกรวยและอีกด้านหนึ่งนำไปเชื่อมกับคอนเนคเตอร์ประเภท SMA ชนิด Female แสดงดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 สาย Semi-Rigid ชนิด RG-142 ที่ปอกเสร็จ

3.3.4 เจาะรูตรงกลางแผ่นทองแดงที่กลึงเป็นทรงกรวย

เป็นการนำแผ่นทองแดงทรงกรวยมาเจาะรูตรงกลาง แสดงดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การเจาะรูแผ่นทองแดงทรงกรวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 เชื่อมสาย Semi-Rigid ชนิด RG-142 กับแผ่นทองแดงทรงกรวย

เป็นการนำฉนวนของสาย Semi-Rigid ชนิด RG-142 ที่ผ่านการเชื่อมกับคอนเนคเตอร์ประเภท SMA ชนิด Female มาเชื่อมกับแผ่นทองแดงทรงกรวยโดยการบัดกรี แสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ขั้นตอนการบัดกรี

3.3.6 บัดกรีแผ่นทองแดงทรงกรวยเข้ากับสาย Semi-Rigid ชนิด RG-142

เป็นการนำแผ่นทองแดงทรงกรวยอีกแผ่นมาบัดกรีเข้ากับแกนด้านในสุดของสาย Semi-Rigid ชนิด RG-142 ซึ่งจะได้สายอากาศกรวยคู่ที่สมบูรณ์แสดงดังรูปที่ 3.17

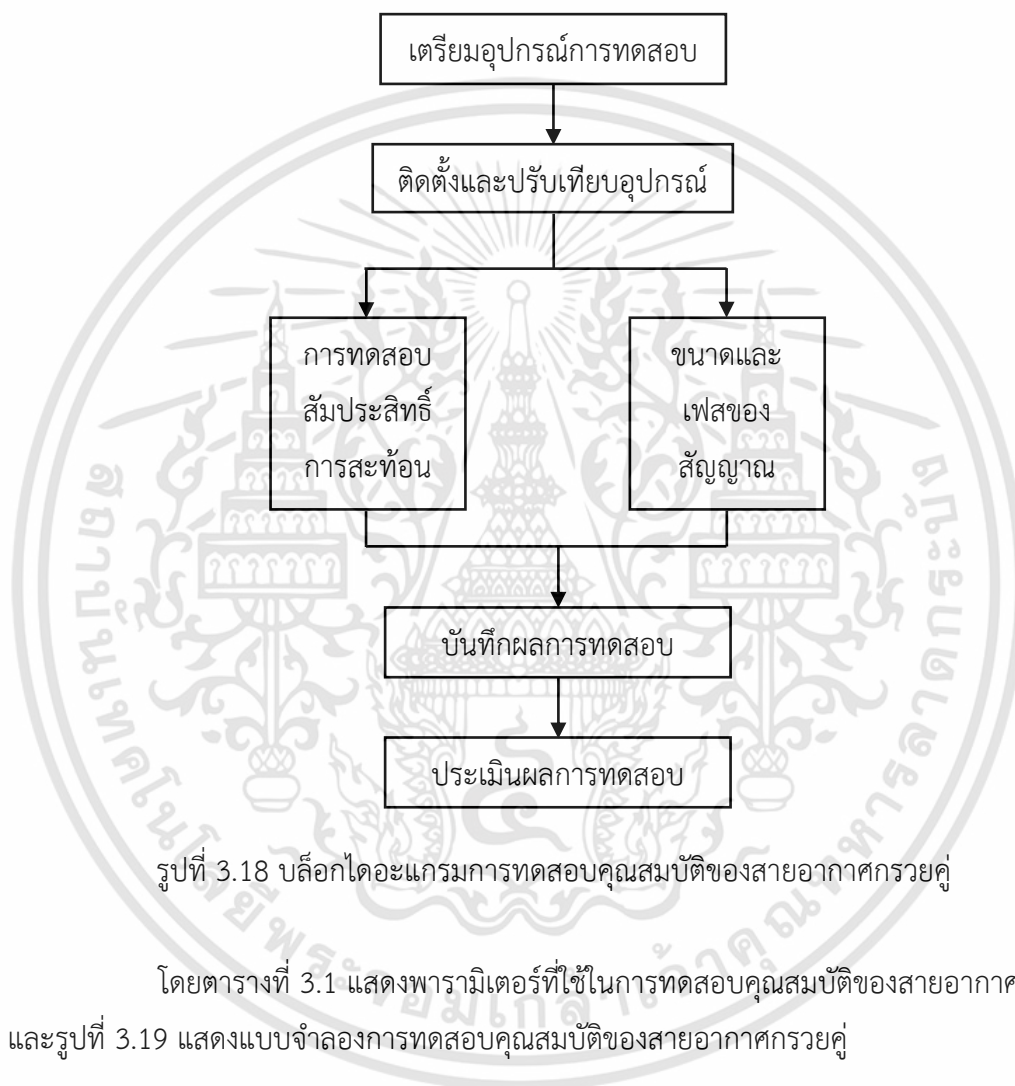


รูปที่ 3.17 สายอากาศกรวยคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

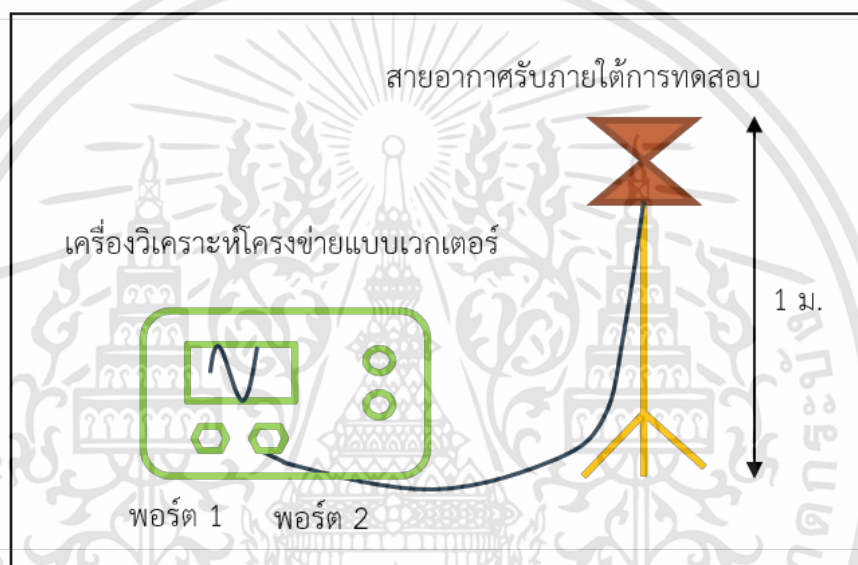
3.4 วิธีการทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศกรวยคู่

นำสายอากาศกรวยคู่ที่ผ่านขั้นตอนการทำสำเร็จแล้วมาทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศ เพื่อให้ทราบว่าสามารถใช้งานได้หรือไม่ แสดงดังรูปที่ 3.18



ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศกรวยคู่

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้ในการทดสอบ
ช่วงความถี่	3.1 จิกะเฮิรตซ์ถึง 10.6 จิกะเฮิรตซ์
ประเภทสายอากาศ	สายอากาศกรวยคู่
ความสูงของสายอากาศส่ง – รับ	1 เมตร



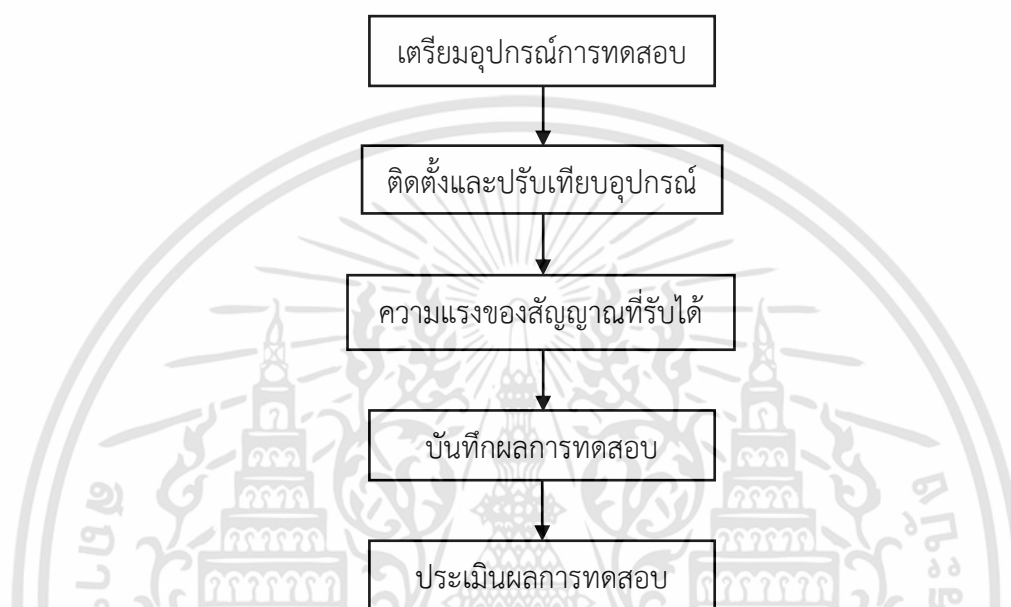
รูปที่ 3.19 แบบจำลองการทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศกรวยคู่

วิธีการทดสอบ

1. ปรับเทียบอุปกรณ์ในการทดสอบสายอากาศรับภายใต้การทดสอบก่อนเชื่อมต่อสายอากาศกับเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายเวกเตอร์
2. เชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่างขั้วของสายอากาศรับภายใต้การทดสอบเข้ากับเครื่องวิเคราะห์สัญญาณ
3. เลือกฟังก์ชันการวัดสัมประสิทธิ์การสะท้อน
4. บันทึกผลการทดสอบ
5. ใช้โปรแกรม MATLAB ในการวิเคราะห์เพื่อทำการวัดขนาดและเฟสของสัญญาณ

3.5 วิธีการทดสอบวัดความแรงของสัญญาณที่รับได้ของสายอากาศกรวยคู่

นำสายอากาศกรวยคู่ที่ผ่านขั้นตอนการทำสำเร็จแล้วมาทดสอบวัดความแรงของสัญญาณที่รับได้ เพื่อให้ทราบว่าสามารถใช้งานได้หรือไม่ แสดงดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 บล็อกไดอะแกรมการทดสอบวัดความแรงของสัญญาณที่รับได้

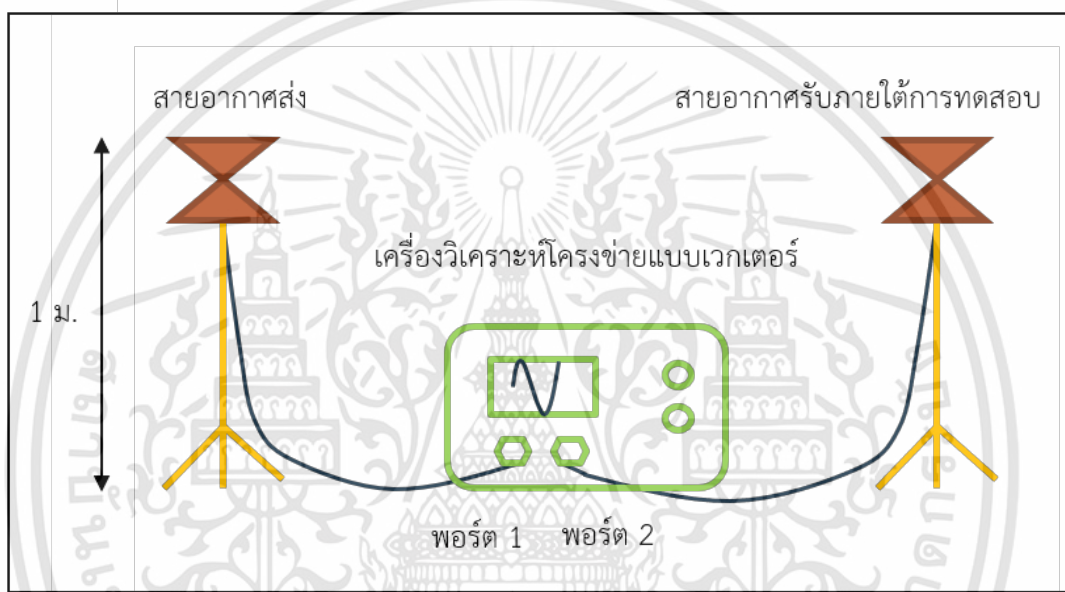
โดยตารางที่ 3.2 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบวัดความแรงของสัญญาณที่รับได้ของสายอากาศกรวยคู่ และรูปที่ 3.21 แสดงแบบจำลองการทดสอบวัดความแรงของสัญญาณที่รับได้ของสายอากาศกรวยคู่

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบวัดความแรงของสัญญาณที่รับได้ของสายอากาศกรวยคู่

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้ในการทดสอบ
ช่วงความถี่	3.1 จิกะเฮิรตซ์ถึง 10.6 จิกะเฮิรตซ์
ช่วงของกำลังของสัญญาณ	80 เดซิเบล
จำนวนจุดของความถี่	801 จุด
ประเภทสายอากาศ	สายอากาศกรวยคู่

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบวัดความแรงของสัญญาณที่รับได้ของสายอากาศกรวยคู่ (ต่อ)

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้ในการทดสอบ
ความสูงของสายอากาศส่ง - รับ	1 เมตร
จำนวนจุดที่ใช้ในการทดสอบ	100 จุด



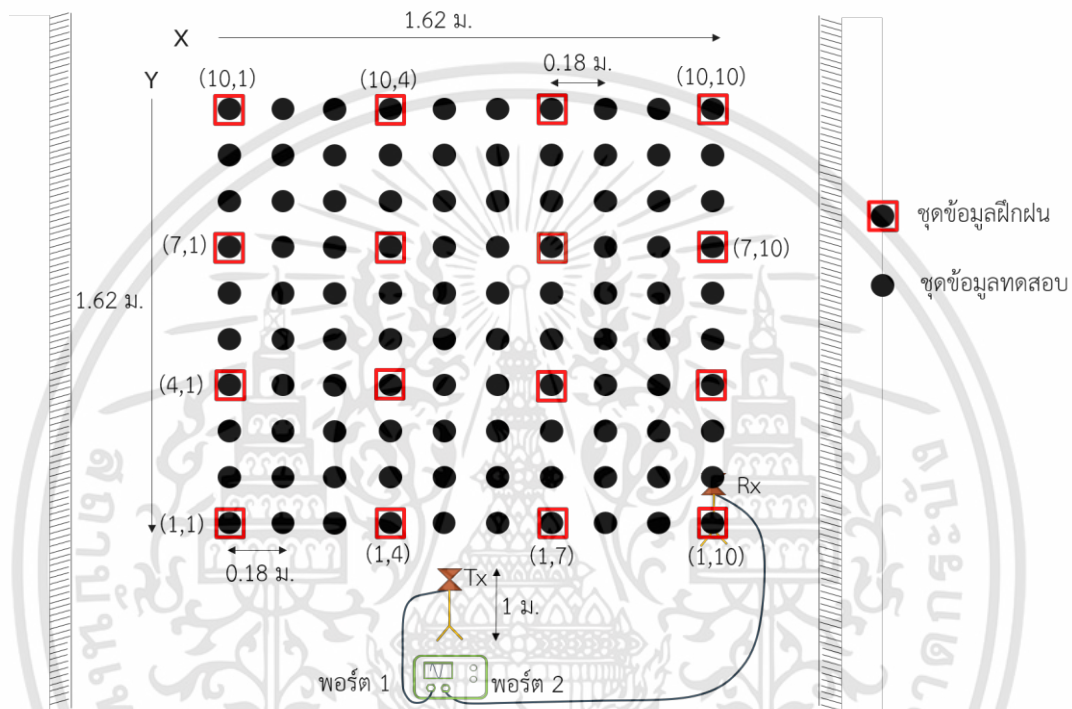
รูปที่ 3.21 แบบจำลองการทดสอบวัดความแรงของสัญญาณที่รับได้ของสายอากาศกรวยคู่

วิธีการทดสอบ

1. ปรับเทียบอุปกรณ์ในการทดสอบสายอากาศกรวยคู่ก่อนเชื่อมต่อสายอากาศกับเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแบบเวกเตอร์
2. ติดตั้งสายอากาศกรวยคู่เข้ากับเสาโดยให้อยู่บนแท่นหมุนและทำการเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่างขั้วของสายอากาศรับภายใต้การทดสอบเข้ากับเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแบบเวกเตอร์
3. ปรับทิศทางของสายอากาศรับภายใต้การทดสอบ
4. ติดตั้งสายอากาศส่งในแนวแกนที่ต้องการทดสอบและทำการเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่างขั้วของสายอากาศส่งเข้ากับเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแบบเวกเตอร์

3.6 แบบจำลองการหาตำแหน่งภายในอาคารสำหรับการทดสอบ

สำหรับการออกแบบการหาตำแหน่งภายในอาคารที่ใช้ในการทดสอบ ใช้ค่าพารามิเตอร์ตามตารางที่ 3.2 มาพิจารณาในการออกแบบแบบจำลอง แสดงดังรูปที่ 3.22

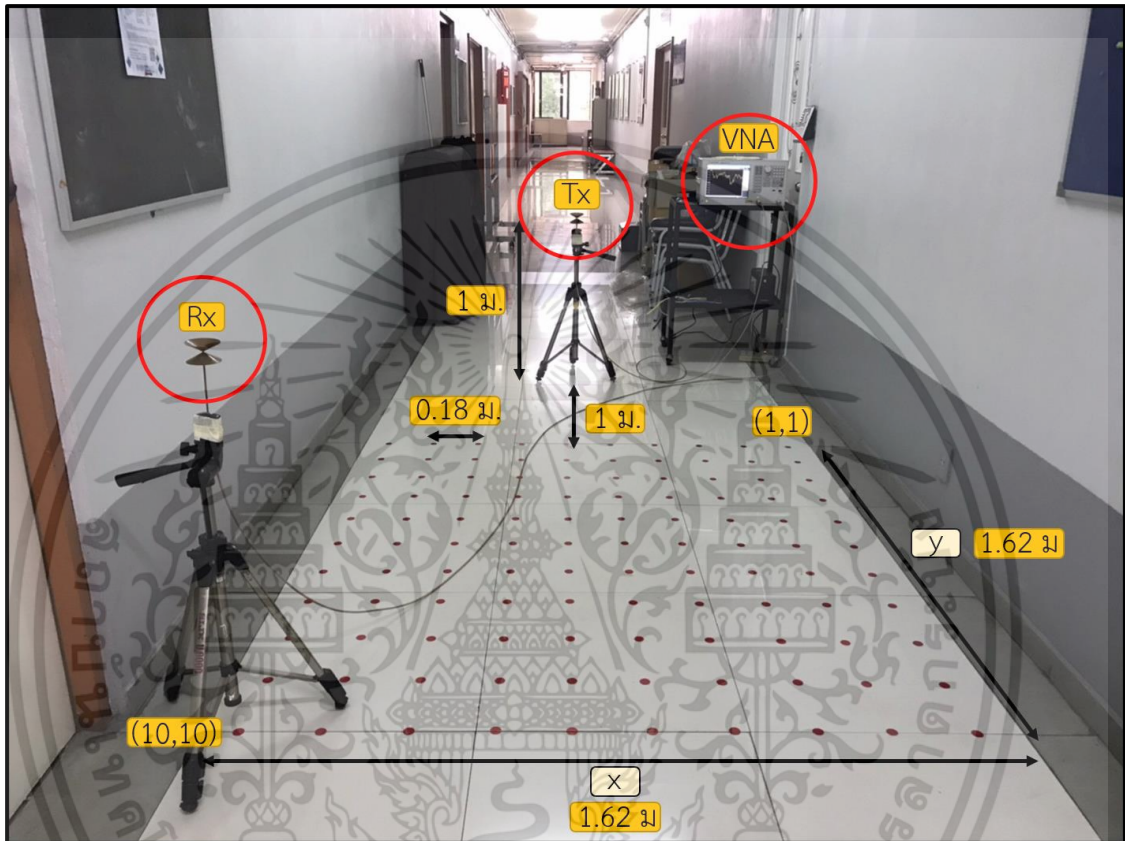


รูปที่ 3.22 แบบจำลองการหาตำแหน่งภายในอาคารสำหรับการทดสอบ

จากรูปที่ 3.22 แบบจำลองการหาตำแหน่งนี้แสดงการออกแบบแบบจำลองการหาตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณวิทยุอิมพัลส์กำหนดจุดสำหรับการวัดทั้งหมด 100 จุด ซึ่งในแต่ละจุดห่างกันในแนวแกน x และ y เป็นระยะทาง 0.18 เมตร ในการออกแบบการหาตำแหน่งภายในอาคารมีการติดตั้งและจัดทำอุปกรณ์การทดสอบ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์โครงข่ายเวกเตอร์สายอากาศสำหรับการทดสอบเป็นสายอากาศกรวยคู่ทั้งด้านส่งและด้านรับ โดยที่พอร์ต 1 ถูกเชื่อมต่อเข้ากับสายอากาศส่งด้วยสายนำสัญญาณที่ระดับความสูงของสายอากาศ 1 เมตร และพอร์ต 2 เชื่อมต่อกับสายอากาศรับด้วยสายนำสัญญาณที่ระดับความสูงของสายอากาศ 1 เมตร

3.7 สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบวัดช่องสัญญาณแถบกว้าง

ทำการวัดที่อาคารภาควิชาโทรคมนาคม ชั้น 2 บริเวณทางเดิน แสดงดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 แบบจำลองการวัดช่องสัญญาณที่วัดจริง

3.8 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบช่องสัญญาณแถบกว้าง

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการสร้างลักษณะเฉพาะตำแหน่งของสัญญาณแถบกว้างนั้นจะประกอบไปด้วยการสูญเสียเชิงวิถี (Path Loss) และการประวิงเวลา (Delay Time) โดยในการพิจารณาค่าการสูญเสียเชิงวิถีจะสามารถหาได้มาจากกำลังสองของสัญญาณที่รับได้ โดยกำลังของสัญญาณที่รับได้ในหน่วยเดซิเบลสามารถหาได้จากสมการ (3.6) และ (3.7)

$$P_r(t) [dB] = 20 \log |v_r(t)| \quad (3.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$PL = -P \quad (3.7)$$

ในการประยุกต์ใช้งาน แบบจำลองกำลังสูญเสียตามวิธีขึ้นกับระยะทางสำหรับการลดทอนหรือการสูญเสียเชิงวิธีของค่าความแรงของสัญญาณ ซึ่งจะนำไปสู่พารามิเตอร์ค่าความแรงของสัญญาณในการหาตำแหน่งคือการแปลงค่าของระยะทาง d จากค่าความเข้มของสัญญาณที่ปล่อยออกมาจากโหนดอ้างอิงแล้วส่งไปยังโหนดเป้าหมาย ดังสมการ (3.8)

$$RSS(d) = RSS(d_0) - 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (3.8)$$

เมื่อ

$RSS(d)$ คือ ค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ที่โหนดเป้าหมาย

$RSS(d_0)$ คือ ค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ที่โหนดอ้างอิง

k คือ ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอน

สำหรับการหาระยะทางระหว่างโหนดอ้างอิงและโหนดเป้าหมายวิเคราะห์ได้ด้วยพารามิเตอร์ค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ สามารถคำนวณได้ดังสมการ (3.9)

$$d = d_0 \cdot 10^{\left(\frac{RSS(d) - RSS(d_0)}{10k}\right)} \quad (3.9)$$

การประวิงเวลาที่ลำดับสัญญาณที่ k เป็นค่าดีเลย์ และมีแอมพลิจูด a_k และขนาดกำลังงาน τ_k ค่าอิมพัลส์ที่เข้ามาเป็นคุณลักษณะของฟังก์ชันของความหนาแน่น น่าจะเป็นการประวิงเวลาจะมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเบี่ยงเบน เขียนอยู่ในสมการ (3.10)

$$\sigma_\gamma = \sqrt{\tau^2 - (\tau)^2} \quad (3.10)$$

เมื่อ

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_k a_k^2 \tau_k}{\sum_k a_k^2} \quad (3.11)$$

$$\overline{\tau^2} = \frac{\sum_k a_k^2 \tau_k^2}{\sum_k a_k^2} \quad (3.12)$$

3.9 การวิเคราะห์หาความเที่ยงตรงของการหาตำแหน่งด้วยค่าความผิดพลาดระยะทางยูคลิดีเนียน

การวิเคราะห์หาความแม่นยำของเทคนิคการพิจารณาเอกลักษณ์เฉพาะตำแหน่งบนพื้นฐานเครือข่ายพื้นที่ไร้สายจะพิจารณาในเทอมของค่าความผิดพลาดระยะทาง โดยกำหนดให้พิกัดตำแหน่ง (x_c, y_c) เป็นพิกัดตำแหน่งที่ได้จากเทคนิคการพิจารณาเอกลักษณ์เฉพาะตำแหน่ง และกำหนดให้พิกัดตำแหน่ง (x_e, y_e) เป็นพิกัดที่ถูกต้อง ค่าความผิดพลาดของระยะทาง e_d จะสามารถคำนวณได้จาก

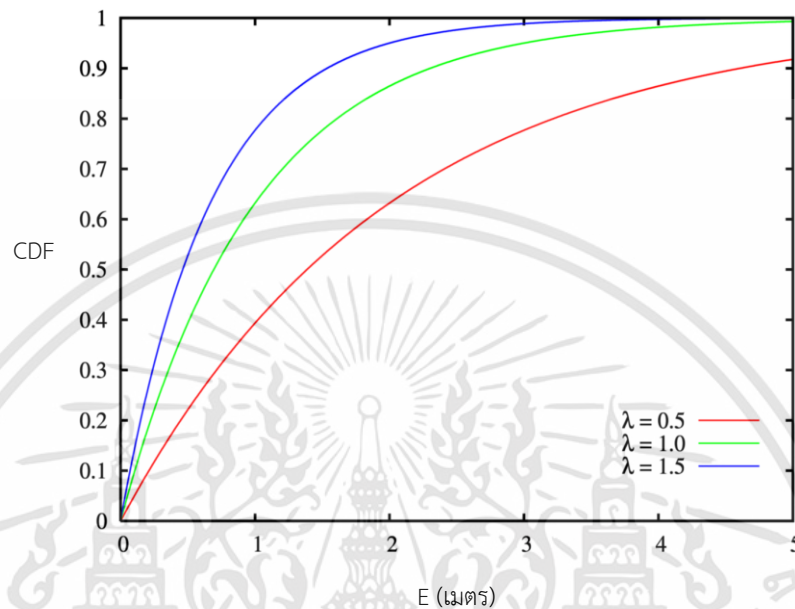
$$e_d = \sqrt{(x_c - x_e)^2 + (y_c - y_e)^2} \quad (3.13)$$

ค่าความผิดพลาดของระยะทางนี้จะเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ถึงความแม่นยำของการหาตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการพิจารณาเอกลักษณ์เฉพาะตำแหน่งบนพื้นฐานเครือข่ายพื้นที่ไร้สาย ซึ่งจะมีความแม่นยำมากเมื่อมีค่าความผิดพลาดของระยะทางน้อย

3.10 ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (Cumulative Distribution Function: CDF)

ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมเป็นการแสดงการแจกแจงที่มาสะสมด้วยกันโดยจะดูที่ความชันของเส้นกราฟซึ่งในทางทฤษฎีเส้นกราฟจะมีความตรง (Linear) แต่ในความเป็นจริงจะเป็นอย่างไรนั้นต้องดูจากผลการทดลองซึ่งค่าของฟังก์ชันการแจกแจงสะสมสามารถหาได้จากสมการ

$$P(R) = \Pr(r \leq R) = \int_0^R p(r) dr = 1 - \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3.14)$$



รูปที่ 3.24 กราฟฟังก์ชันการแจกแจงสะสม [28]

จากรูปที่ 3.24 เป็นตัวอย่างกราฟแสดงข้อมูลของฟังก์ชันการแจกแจงสะสมที่จะถูกนำมาแสดงผลการทดลองโดยกำหนดค่าจำนวนจริงให้กับ λ ซึ่งเป็นแฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก และในแนวแกน x คือค่าของระยะทางความผิดพลาด E เมื่อเทียบกับ CDF

3.11 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบและสร้างสายอากาศกรวยคู่สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์ วัดคุณสมบัติของสายอากาศ ออกแบบแบบจำลองการหาตำแหน่งภายในอาคาร และวัดค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ โดยการออกแบบสายอากาศกรวยคู่สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์ด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์ผลก่อนที่จะนำไปสร้างสายอากาศจริง เมื่อกระบวนการสร้างอากาศเสร็จสิ้น จากนั้นทำการทดสอบวัดคุณสมบัติของสายอากาศสายกรวยคู่สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์ที่สร้างขึ้น ซึ่งคุณสมบัติของสายอากาศที่พิจารณาคือ สัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ และ ขนาดและเฟสของสัญญาณ เพื่อวิเคราะห์ผลว่าสายอากาศสามารถใช้งานในช่วงความถี่ที่ต้องการได้หรือไม่ และออกแบบแบบจำลองการหาตำแหน่งภายในอาคารโดย

กำหนดจุดสำหรับการวัดทั้งหมด 100 จุด ใช้เครื่องวิเคราะห์โครนซ์ข่ายเวกเตอร์ สายอากาศสำหรับการทดสอบเป็นสายอากาศกรวยคู่ทั้งด้านส่งและด้านรับสามารถตอบสนองความถี่ในช่วง 3.1 จิกะเฮิรตซ์ถึง 10.6 จิกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ในช่วงระบบแถบกว้าง ส่วนสุดท้ายคือการทดสอบวัดค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ เพื่อดูการกระจายความแรงของสัญญาณในพื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบ โดยข้อมูลการทดสอบที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์และแสดงผลของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ดังแสดงในบทถัดไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

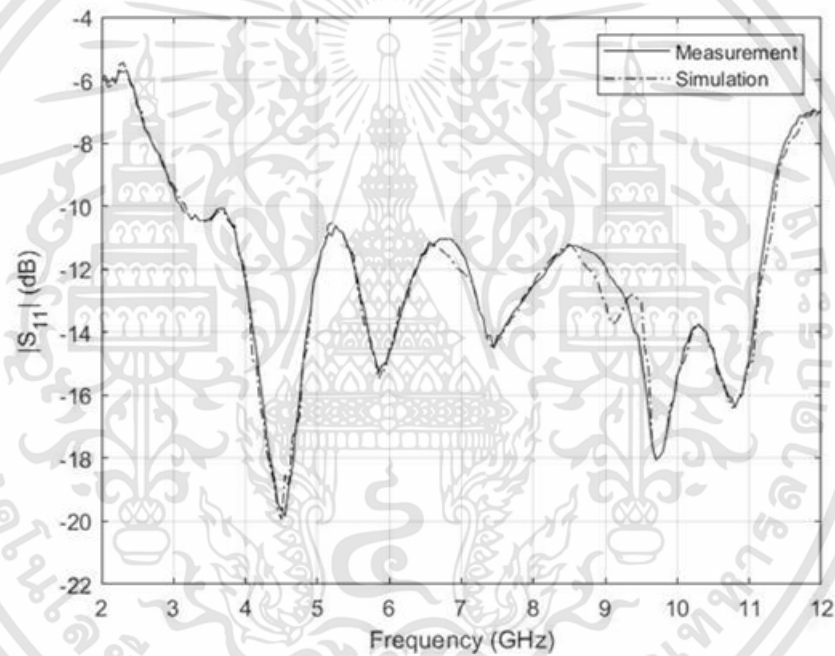
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศกรวยคู่สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์

4.1.1 การทดสอบสัมประสิทธิ์การสะท้อนของสายอากาศกรวยคู่สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์

จากการทดสอบวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$

จากรูปที่ 4.1 แสดงผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ ของสายอากาศกรวยคู่สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์ ระหว่างผลการทดสอบวัดสายอากาศด้วยเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแบบเวกเตอร์ กับผลการจำลองการออกแบบสายอากาศด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดให้เส้นทึบแสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ ของการทดสอบวัดสายอากาศกรวยคู่

สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์ และเส้นประแสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ ของการจำลองการออกแบบสายอากาศด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

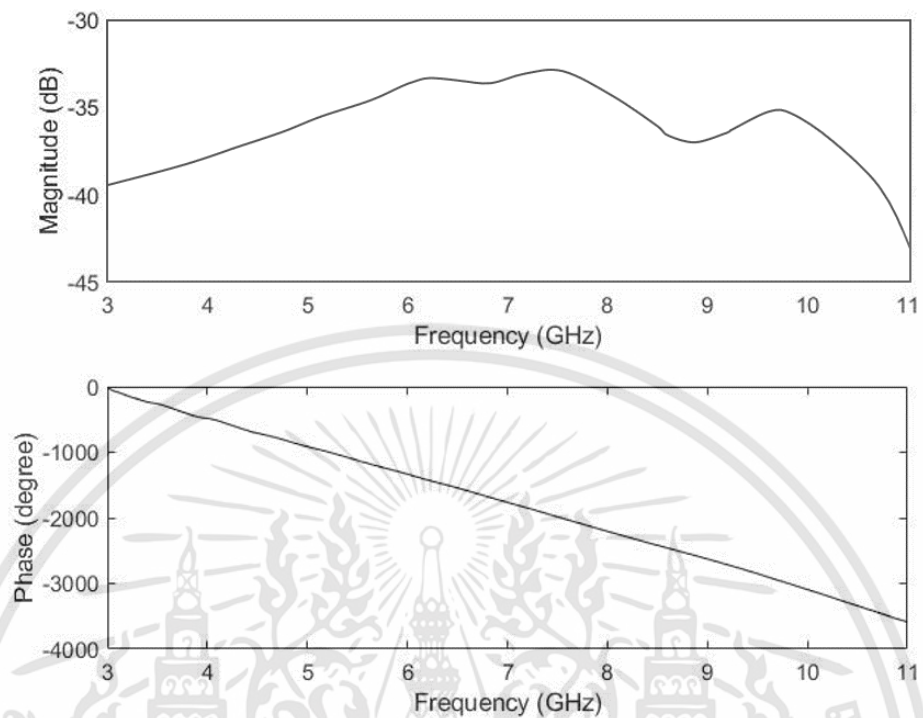
การพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ ของสายอากาศ จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าช่วงความถี่ที่จะนำไปใช้งานสามารถใช้งานได้หรือไม่ โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ ควรมีค่าต่ำกว่า -10 เดซิเบล ซึ่งจากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ ของการจำลองการออกแบบสายอากาศด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ดีกว่าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ ของการทดสอบวัดสายอากาศกรวยคู่สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์ เพราะจากรูปสังเกตได้ว่าเส้นประมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ เฉลี่ยต่ำกว่า -10 เดซิเบลมากกว่าเส้นทึบ ซึ่งสาเหตุที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ ของสายอากาศกรวยคู่สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์ มีค่าคลาดเคลื่อนไปจากการจำลองการออกแบบสายอากาศด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ เนื่องจากอาจเป็นเพราะขั้นตอนระหว่างการสร้างสายอากาศ เช่น การบัดกรี และค่าความสูญเสียที่เกิดจากการเชื่อมต่อ เป็นต้น

แต่ถึงอย่างไรก็ตามค่า ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ ที่ได้จากการทดสอบวัดสายอากาศกรวยคู่สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์นั้นถือว่าเป็นที่ยอมรับได้ เพราะในช่วงความถี่ที่มากกว่า 3 จิกะเฮิร์ตซ์ขึ้นไป สายอากาศมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ ต่ำกว่า -10 เดซิเบล ดังนั้นสายอากาศสามารถใช้งานได้ตลอดช่วงความถี่ 3.1 จิกะเฮิร์ตซ์ถึง 10.6 จิกะเฮิร์ตซ์

4.1.2 ผลการทดสอบการวัดขนาดและเฟสของสายอากาศ

นอกจากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ ของสายอากาศแล้วยังจำเป็นต้องพิจารณาขนาดและเฟสของสายอากาศด้วย เพราะระบบแถบกว้างจะส่งสัญญาณในรูปแบบสัญญาณอิมพัลส์ที่มีแบนด์วิดท์กว้าง หากสายอากาศส่งสัญญาณได้ไม่ดีจะส่งผลเกิดความผิดเพี้ยนของข้อมูลเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งหากไม่พิจารณาขนาดและเฟสของสัญญาณก่อน เมื่อมีความผิดเพี้ยนของข้อมูลเกิดขึ้นจะสามารถวิเคราะห์ได้ว่าความผิดเพี้ยนนั้นเกิดจากสภาวะแวดล้อมหรือเกิดจากสายอากาศ ดังนั้นเพื่อที่จะลดปัจจัยจากสายอากาศที่ทำให้เกิดความผิดเพี้ยนของข้อมูลจึงจำเป็นต้องพิจารณาขนาดและเฟสของสายอากาศ

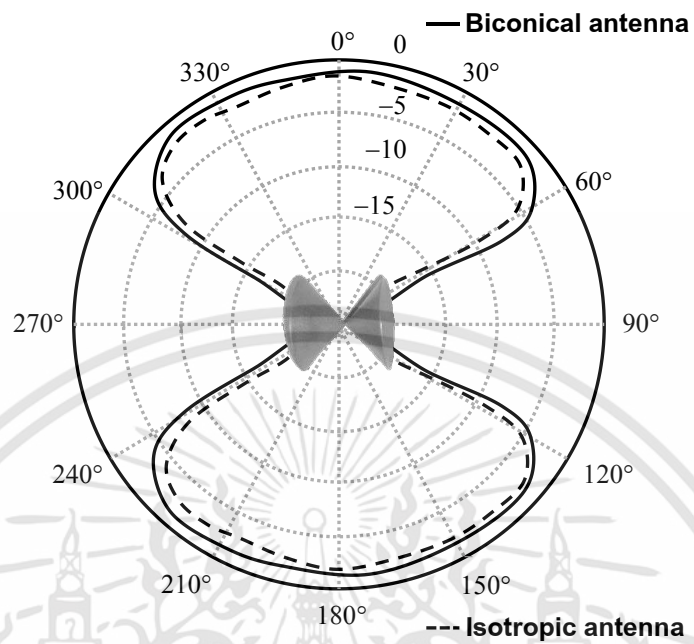
จากการพิจารณาขนาดและเฟสของสัญญาณพบว่า ขนาดของสัญญาณมีการแกว่งเล็กน้อยและเฟสมีความเป็นเส้นตรง ดังนั้นสายอากาศกรวยคู่สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์สามารถนำมาใช้งานได้ แสดงดังรูปที่ 4.2



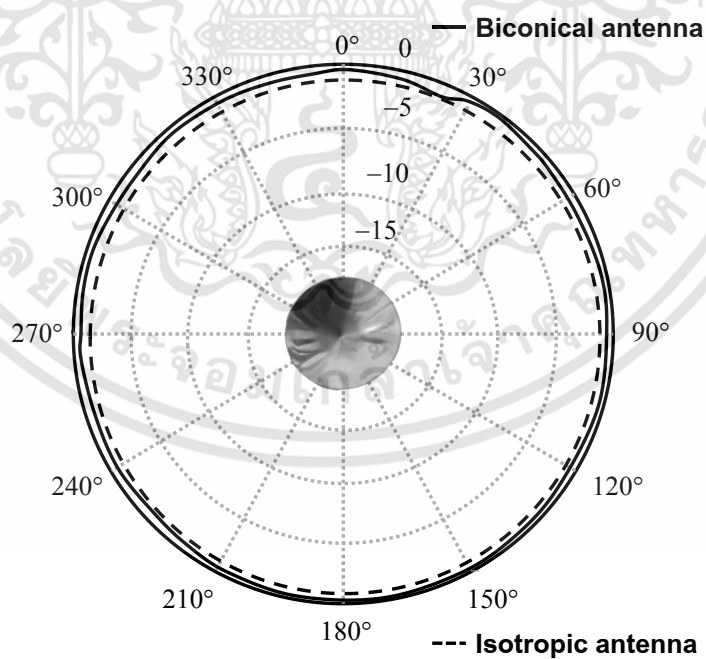
รูปที่ 4.2 ขนาดและเฟสของสายอากาศ

4.1.3 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศกรวยคู่

แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศกรวยคู่: E-plane สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.3 และแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศกรวยคู่: H-plane สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศกรวยคู่: E-plane



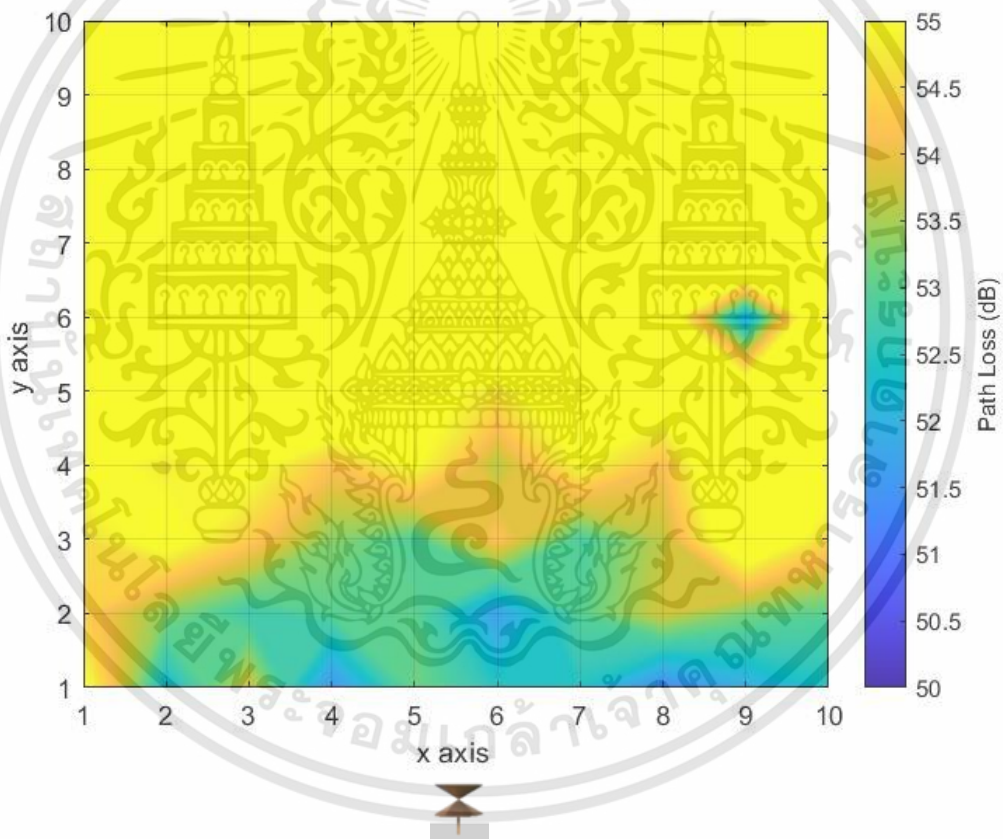
รูปที่ 4.4 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศกรวยคู่: H-plane

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์และประเมินผล

4.2.1 ค่าการสูญเสียเชิงวิถีของสัญญาณ

จากการวิเคราะห์ค่าการสูญเสียเชิงวิถีของสัญญาณเพื่อวิเคราะห์การลดทอนของสัญญาณที่แปรตามระยะทางระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ โดยจะแสดงผลและเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเชิงวิถีจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างที่ปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและวงจรกรองแมตซ์ การวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้วงจรกรองแมตซ์ และการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคการเกิดเวลา สามารถแสดงดังรูปที่ 4.5 ถึง 4.7 ตามลำดับ



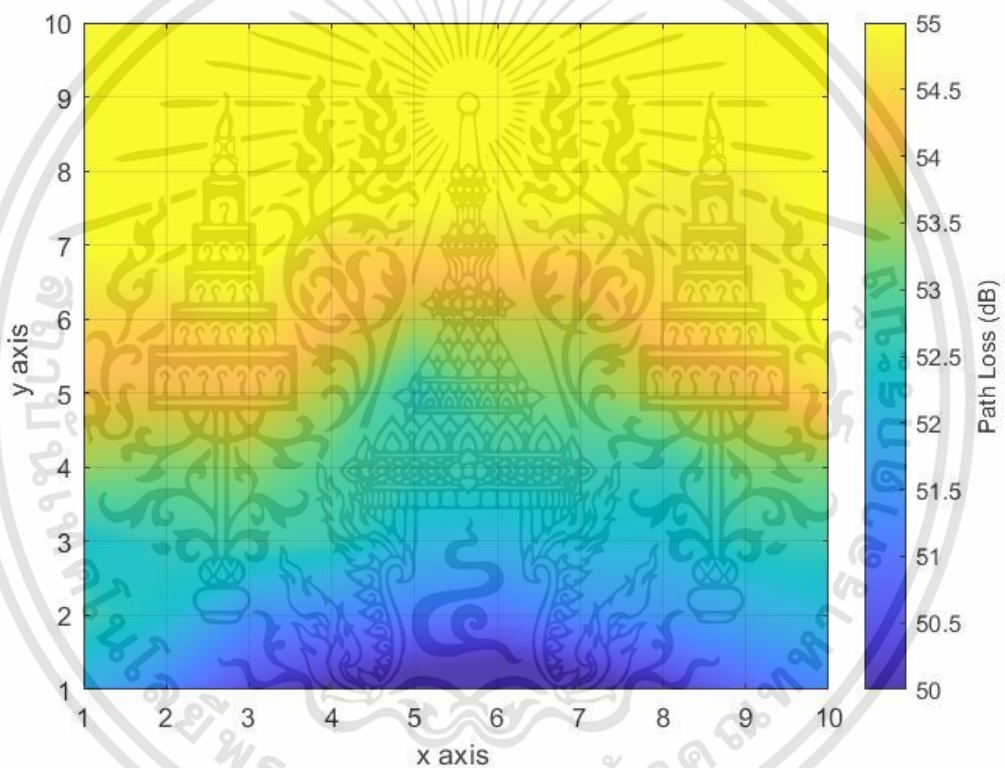
รูปที่ 4.5 ค่าการสูญเสียเชิงวิถีของสัญญาณจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้าง โดยปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและวงจรกรองแมตซ์

จากรูปที่ 4.5 แสดงการสูญเสียเชิงวิถีของสัญญาณจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและวงจรรองแมตซ์ในแต่ละพิกัดตำแหน่ง โดยกำหนดแต่ละแถบสีแทนค่าการสูญเสียเชิงวิถีของสัญญาณ ดังนี้

สีน้ำเงินเข้มถึงสีฟ้าอ่อน แทนค่าการสูญเสียเชิงวิถีเท่ากับ 50 ถึง 52 เดซิเบล

สีเขียวเข้มถึงสีเขียวอ่อน แทนค่าการสูญเสียเชิงวิถีเท่ากับ 52.5 ถึง 53.5 เดซิเบล

สีเหลืองเข้มถึงสีเหลืองอ่อน แทนค่าการสูญเสียเชิงวิถีเท่ากับ 54 ถึง 55 เดซิเบล



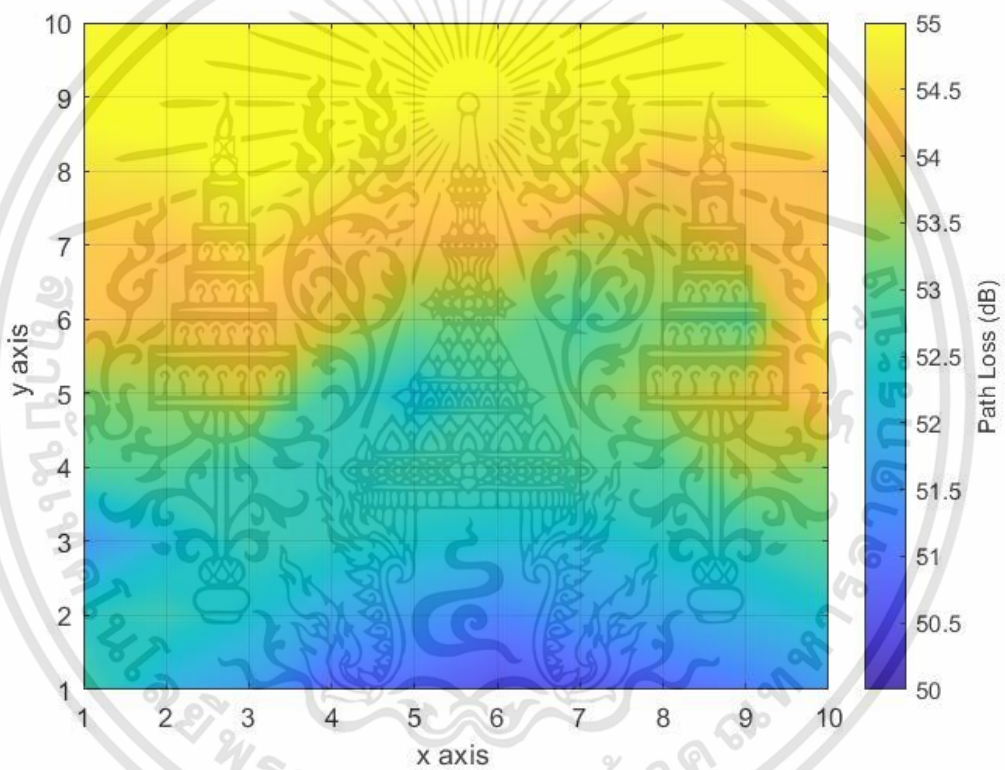
รูปที่ 4.6 ค่าการสูญเสียเชิงวิถีของสัญญาณจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้าง โดยใช้วงจรรองแมตซ์

จากรูปที่ 4.6 แสดงการสูญเสียเชิงวิถีของสัญญาณจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้วงจรรองแมตซ์ โดยกำหนดแต่ละแถบสีแทนค่าการสูญเสียเชิงวิถีของสัญญาณในแต่ละพิกัดตำแหน่ง ดังนี้

สีน้ำเงินเข้มถึงสีฟ้าอ่อน แทนค่าการสูญเสียเชิงวิถีเท่ากับ 50 ถึง 52 เดซิเบล

สีเขียวเข้มถึงสีเขียวอ่อน แทนค่าการสูญเสียเชิงวิถีเท่ากับ 52.5 ถึง 53.5 เดซิเบล

สีเหลืองเข้มถึงสีเหลืองอ่อน แทนค่าการสูญเสียเชิงวิถีเท่ากับ 54 ถึง 55 เดซิเบล



รูปที่ 4.7 ค่าการสูญเสียเชิงวิถีของสัญญาณจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้าง โดยใช้เทคนิคการเกตเวลา

จากรูปที่ 4.7 แสดงการสูญเสียเชิงวิถีของสัญญาณจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคการเกิดเวลา โดยกำหนดแต่ละแถบสีแทนค่าการสูญเสียเชิงวิถีของสัญญาณในแต่ละพิกัดตำแหน่ง ดังนี้

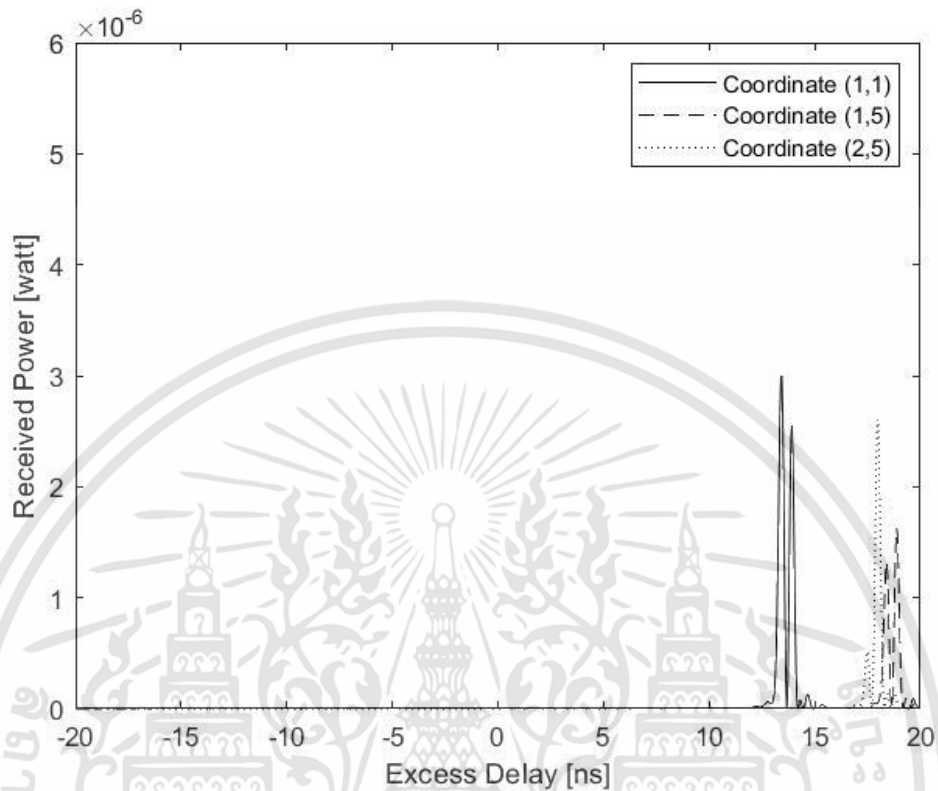
สีน้ำเงินเข้มถึงสีฟ้าอ่อน แทนค่าการสูญเสียเชิงวิถีเท่ากับ 50 ถึง 52 เดซิเบล

สีเขียวเข้มถึงสีเขียวอ่อน แทนค่าการสูญเสียเชิงวิถีเท่ากับ 52.5 ถึง 53.5 เดซิเบล

สีเหลืองเข้มถึงสีเหลืองอ่อน แทนค่าการสูญเสียเชิงวิถีเท่ากับ 54 ถึง 55 เดซิเบล

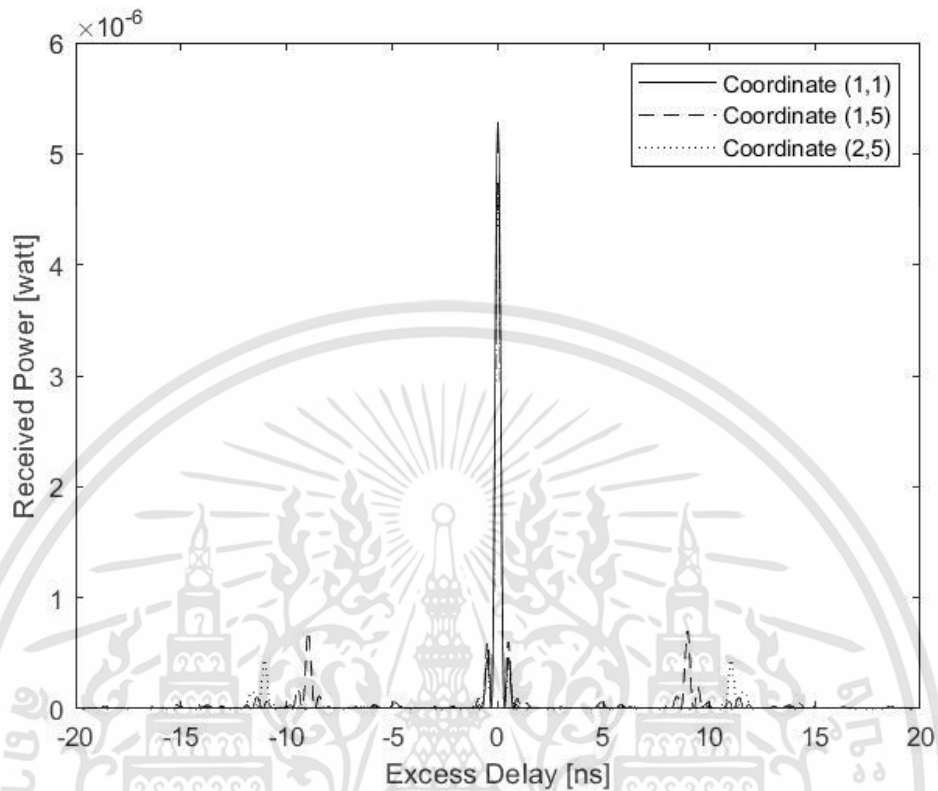
4.2.2 ค่าการประวิงเวลาของสัญญาณ

ในการแสดงผลค่าการประวิงเวลายากำลังงานของสัญญาณนั้น ถูกแสดงในรูปแบบของกราฟ 2 มิติ โดยแกน x คือค่าการประวิงเวลายากำลังงาน และแกน y คือกำลังงานของสัญญาณ ซึ่งจากรูปจะเปรียบเทียบค่าการประวิงเวลายากำลังงานที่ได้จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างที่แตกต่างกันทั้ง 3 กรณี ดังนี้ ค่าการประวิงเวลายากำลังงานที่ได้จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและวงจรรองแมตซ์ การวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้วงจรรองแมตซ์ การวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคการเกิดเวลา โดยจะแสดงเพียงพิกัดตำแหน่งที่ 1,1 1,5 และ 2,5 ของแต่ละกรณีเท่านั้น เพราะพิกัดดังกล่าวสามารถให้เห็นความแตกต่างของทั้ง 3 กรณีได้อย่างชัดเจน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.8 ถึง 4.10 ตามลำดับ



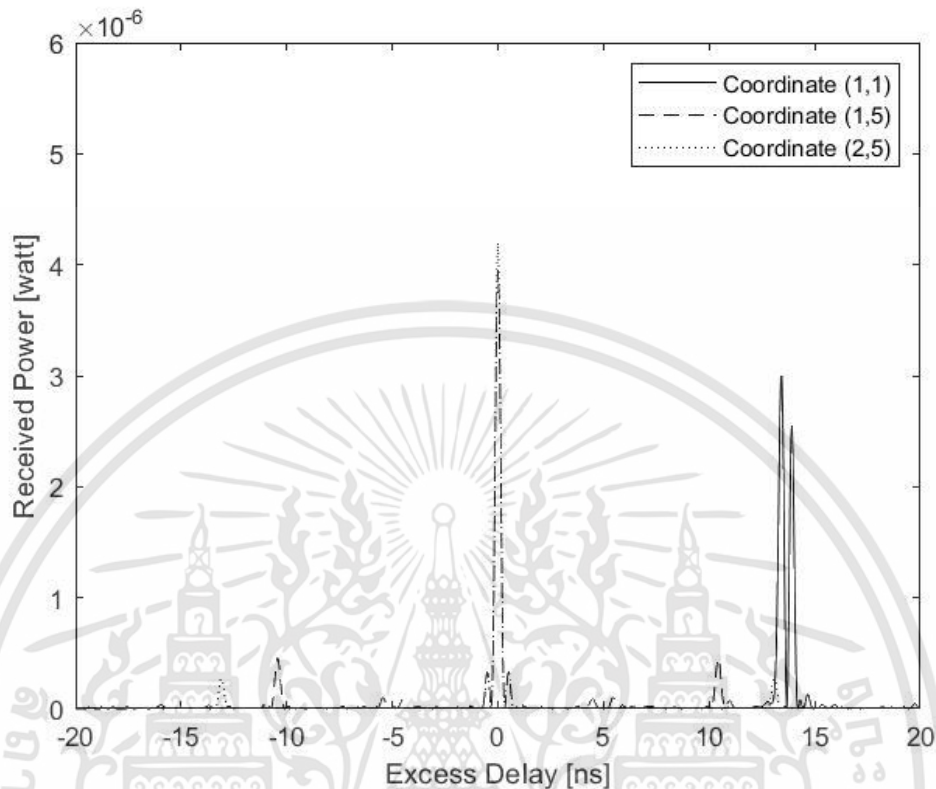
รูปที่ 4.8 ค่าการประวิงเวลากำลังงานที่ได้จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้าง โดยปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและวงจรรองแมตซ์ที่พิกัด (1,1) (1,5) และ (2,5)

จากรูปที่ 4.8 แสดงค่าการประวิงเวลากำลังงานที่ได้จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและวงจรรองแมตซ์ โดยกำหนดให้เส้นทึบแทนค่าการประวิงเวลากำลังงานที่พิกัด 1,1 เส้นประแทนค่าการประวิงเวลากำลังงานที่พิกัด 1,5 และเส้นจุดแทนค่าการประวิงเวลาที่พิกัด 2,5 และจากรูปพบว่ามีค่ากำลังงานสูงสุดที่ 3.00 ไมโครวัตต์



รูปที่ 4.9 ค่าการประวิงเวลากำลังงานที่ได้จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้าง โดยใช้วงจรกรองแมตซ์ที่พิกัด (1,1) (1,5) และ (2,5)

จากรูปที่ 4.9 แสดงค่าการประวิงเวลากำลังงานที่ได้จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้วงจรกรองแมตซ์ โดยกำหนดให้เส้นที่บแทนค่าการประวิงเวลากำลังงานที่พิกัด 1,1 เส้นประแทนค่าการประวิงเวลากำลังงานที่พิกัด 1,5 และเส้นจุดแทนค่าการประวิงเวลาที่พิกัด 2,5 และจากรูปพบว่ามีค่ากำลังงานสูงสุดที่ 5.27 ไมโครวัตต์



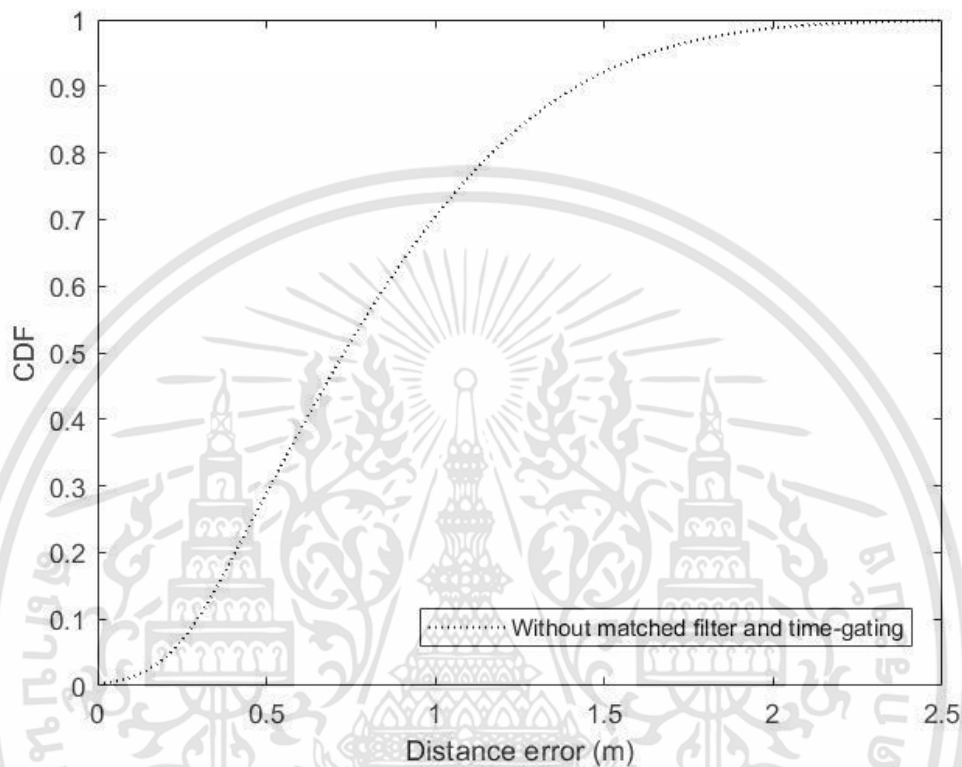
รูปที่ 4.10 ค่าการประวิงเวลากำลังงานที่ได้จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้าง โดยใช้เทคนิคการเกิดเวลาที่พิกัด (1,1) (1,5) และ (2,5)

จากรูปที่ 4.10 แสดงค่าการประวิงเวลากำลังงานที่ได้จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้การเกิดเวลา โดยกำหนดให้เส้นที่บแทนค่าการประวิงเวลากำลังงานที่พิกัด 1,1 เส้นประแทนค่าการประวิงเวลากำลังงานที่พิกัด 1,5 และเส้นจุดแทนค่าการประวิงเวลากำลังงานที่พิกัด 2,5 และจากรูปพบว่ามียค่ากำลังงานสูงสุดที่ 4.20 ไมโครวัตต์

4.2.3 ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดของระยะทาง

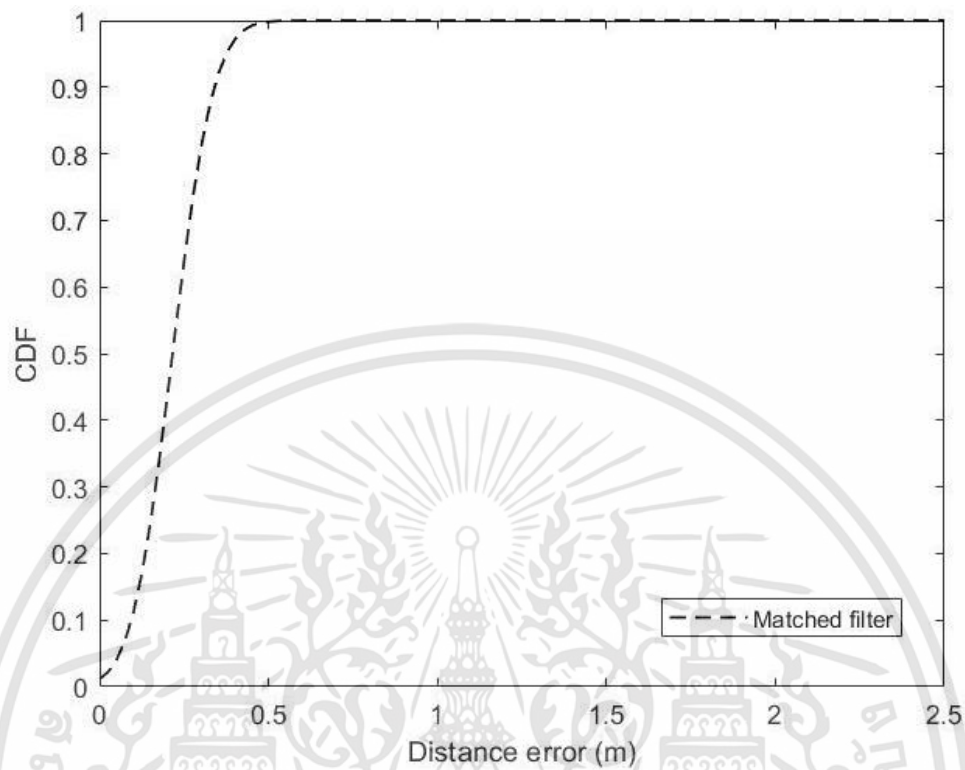
จากการวิเคราะห์หาความผิดพลาดของทางระยะทางที่เกิดขึ้นจากการหาตำแหน่งโดยใช้เทคนิคเสมือนการสแกนลายนิ้วมือ ซึ่งจะแสดงผลในรูปแบบฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดของระยะทางที่ได้จากการวัดคุณลักษณะของช่องช่องสัญญาณแถบกว้างที่แตกต่างกันทั้ง 3 กรณี ได้แก่ ความผิดพลาดของระยะทางจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างที่ปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและวงจรรองแมตซ์ การวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้าง

โดยใช้วงจรกรองแอมป์ และการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคการเกิดเวลา สามารถแสดงดังรูปที่ 4.11 ถึง 4.13 ตามลำดับ



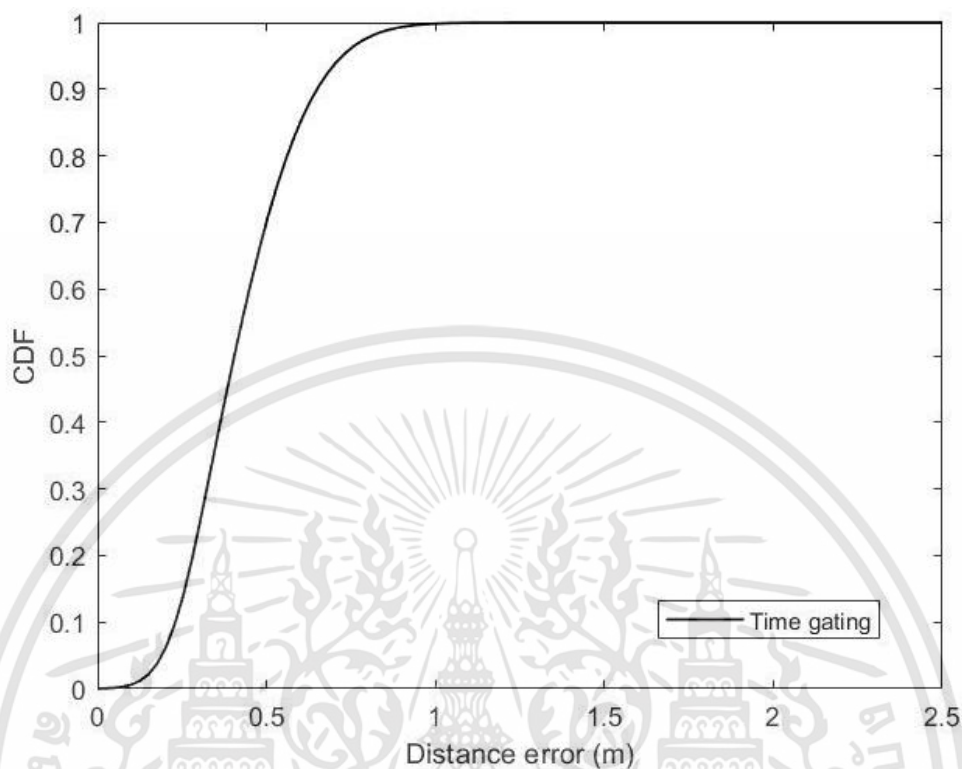
รูปที่ 4.11 ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดของระยะทางจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างที่ปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและวงจกรองแอมป์

จากรูปที่ 4.11 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดของระยะทางจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างที่ปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและวงจกรองแอมป์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดที่ 0.81 เมตร และมีค่าความผิดพลาดมากที่สุดที่ 1.71 เมตร



รูปที่ 4.12 ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดของระยะทางจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้วงจรรองแมตช์

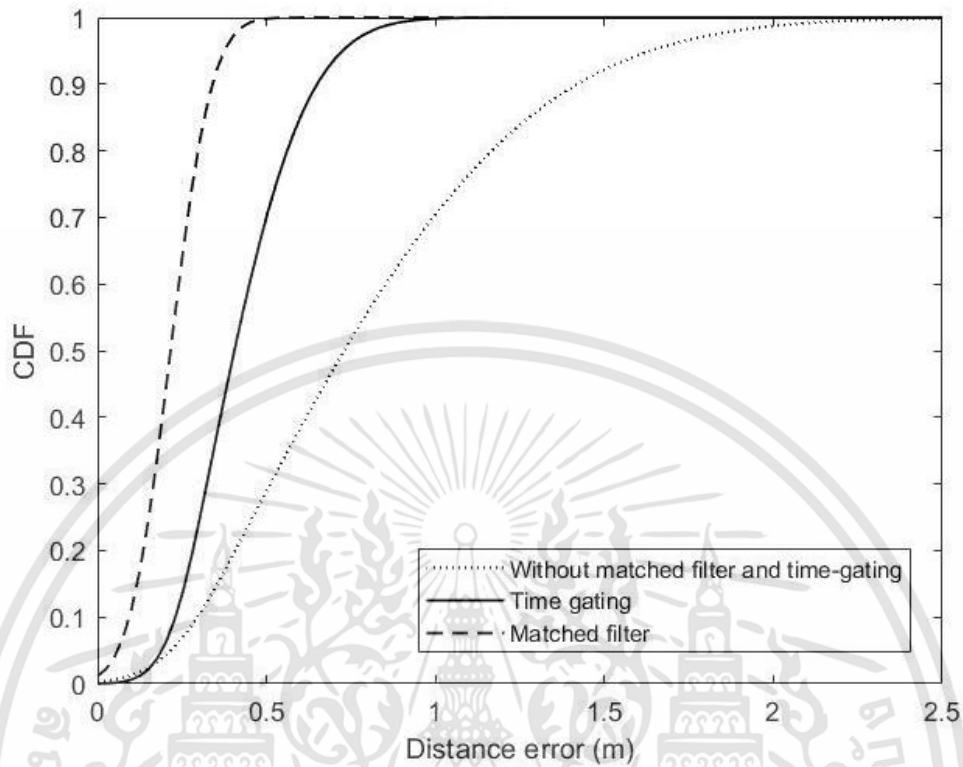
จากรูปที่ 4.12 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดของระยะทางจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้วงจรรองแมตช์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดที่ 0.22 เมตร และมีค่าความผิดพลาดมากที่สุดที่ 0.40 เมตร



รูปที่ 4.13 ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดของระยะทางจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคการเกตเวลา

จากรูปที่ 4.13 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดของระยะทางจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคการเกตเวลา พบว่ามีค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดที่ 0.42 เมตร และมีค่าความผิดพลาดมากที่สุดที่ 0.83 เมตร

รูปที่ 4.14 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดของระยะทางที่เกิดขึ้นจากการหาตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือได้เปรียบเทียบกับ 3 กรณีดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า ความผิดพลาดของระยะทางจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้วงจรรองแมตซ์ มีค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดต่ำที่สุดคือ 0.38 เมตร และความผิดพลาดของระยะทางจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างที่ปราศจากเทคนิคการเกตเวลาและวงจรรองแมตซ์ มีค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดมากที่สุดคือ 1.71 เมตร



รูปที่ 4.14 ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดของระยะทางทั้ง 3 กรณี

4.3 สรุป

ในบทนี้ได้นำเสนอผลการทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศผลการทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศกรวยคู่สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์ พารามิเตอร์ที่พิจารณาคือ สัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ ขนาดและเฟสของสายอากาศ ซึ่งการพิจารณาพารามิเตอร์เหล่านี้ของสายอากาศจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าสายอากาศที่สร้างขึ้นมานั้นจะสามารถนำไปใช้งานได้หรือไม่ โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ ควรมีค่าต่ำกว่า -10 เดซิเบล อีกทั้งได้มีการนำเสนอผลการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณ โดยนำเทคนิคการเกตเวลามาใช้เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน และหาตำแหน่งโดยใช้เทคนิคการสแกนลายนิ้วมือ จากนั้นทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพความแม่นยำและประเมินผลการหาตำแหน่งด้วยความผิดพลาดระยะทางยูคลิเดียน สุดท้ายแสดงผลในรูปแบบฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความผิดพลาดของระยะทาง สามารถสรุปได้ดังนี้

จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างเมื่อพิจารณาทั้ง 3 กรณี พบว่าการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างที่ปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและวงจรรองแมตซ์มีค่าการสูญเสียเชิงวิธีมากที่สุด รองมาคือการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคการเกิดเวลา และสุดท้ายการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้วงจรรองแมตซ์มีค่าการสูญเสียเชิงวิธีน้อยที่สุด จากการพิจารณาค่าการสูญเสียเชิงวิธีของทั้ง 3 กรณี ผลลัพธ์ดังกล่าวเป็นเพราะ กรณีที่ปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและวงจรรองแมตซ์นั้นไม่มีการใช้เทคนิคใด ๆ ในการปรับปรุงสัญญาณที่รับได้ให้ดีขึ้น ดังนั้นจึงมีค่าการสูญเสียเชิงวิธีมากที่สุด และกรณีใช้วงจรรองแมตซ์ วงจรรองแมตซ์เป็นวงจรในอุดมคติซึ่งสามารถปรับปรุงคุณภาพสัญญาณที่รับได้ให้มีคุณภาพเท่ากับสัญญาณส่ง ดังนั้นกรณีใช้วงจรรองแมตซ์จึงมีค่าการสูญเสียเชิงวิธีน้อยที่สุด

จากการพิจารณาค่าการประวิงเวลาพบว่า กำลังงานที่ได้จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างที่ปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและวงจรรองแมตซ์มีค่ากำลังงานต่ำที่สุดคือ 3.00 ไมโครวัตต์ และกำลังงานที่ได้จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้วงจรรองแมตซ์มีค่ากำลังงานมากที่สุดคือ 5.27 ไมโครวัตต์

ความผิดพลาดของระยะทางจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างที่ปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและวงจรรองแมตซ์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดที่ 0.81 เมตร และมีค่าความผิดพลาดมากที่สุดที่ 1.71 เมตร

ความผิดพลาดของระยะทางจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้วงจรรองแมตซ์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดที่ 0.22 เมตร และมีค่าความผิดพลาดมากที่สุดที่ 0.40 เมตร

ความผิดพลาดของระยะทางจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคการเกิดเวลา พบว่ามีค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดที่ 0.42 เมตร และมีค่าความผิดพลาดมากที่สุดที่ 0.83 เมตร

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาการหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยสัญญาณวิทยุ อิมพัลส์โดยใช้เทคนิคความเป็นเอกลักษณ์ของตำแหน่งและเทคนิคการเกิดเวลา ซึ่งทำการวัดในช่วง ความถี่ 3.1 จิกะเฮิรตซ์ถึง 10.6 จิกะเฮิรตซ์ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแบบเวกเตอร์ ในปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือการสร้างสายอากาศรวยคู่สำหรับใช้ใน ระบบวิทยุอิมพัลส์ และทำการทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศว่าสามารถใช้งานได้จริงในช่วง ความถี่ที่ต้องการหรือไม่ จากนั้นวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณในบริเวณที่ต้องการหาตำแหน่ง ทั้งหมด และทำการเก็บพารามิเตอร์ซึ่งคือ ค่าการสูญเสียเชิงวิถีและการประวิงเวลาของสัญญาณเพื่อนำมาสร้างเป็นเอกลักษณ์ต้นแบบ ส่วนที่สองคือทำการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณที่ต้องการ เป็นเอกลักษณ์ทดสอบโดยใช้เทคนิคการเกิดเวลา วงจรกรองแมตซ์ และไม่ใช่ทั้งเทคนิคการเกิดเวลา และวงจรกรองแมตซ์ จากนั้นทำการเก็บค่าการสูญเสียเชิงวิถีและค่าการประวิงเวลาของสัญญาณมา ทำการเปรียบเทียบประมาณการหาตำแหน่ง และวิเคราะห์ประสิทธิภาพความแม่นยำของการหา ตำแหน่งด้วยค่าความผิดพลาดระยะทางยูคลิเดียน แสดงผลของความเที่ยงตรงในรูปแบบของ ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

จากการสร้างสายอากาศรวยคู่สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์ และทดสอบคุณสมบัติ ของสายอากาศโดยพิจารณาพารามิเตอร์แรกคือสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ พบว่าสายอากาศ รวยคู่สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์ที่สร้างขึ้นมานั้น มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน $|S_{11}|$ ต่ำกว่า -10 เดซิเบล ตลอดช่วงความถี่ 3.1 จิกะเฮิรตซ์ถึง 10.6 จิกะเฮิรตซ์ พารามิเตอร์ถัดมาคือขนาดและ เฟส พบว่าเฟสของสายอากาศมีความเป็นเส้นตรง ซึ่งจากการพิจารณาพารามิเตอร์ทั้งหมดสามารถ บ่งชี้ได้ว่า สายอากาศรวยคู่สำหรับใช้ในระบบวิทยุอิมพัลส์ที่สร้างขึ้นมานั้น สามารถนำมาใช้งานได้ จริงในช่วงความถี่ที่ต้องการ

จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคที่แตกต่างกันทั้ง 3 กรณีแล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าการสูญเสียเชิงวิถี สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่าการสูญเสียเชิงวิถึ จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคที่แตกต่างกัน ทั้ง 3 กรณี

ค่าการสูญเสียเชิงวิถึ	ปราศจากเทคนิคการ เกตเวลาและวงจรรองแมตซ์ (เดซิเบล)	เทคนิคการเกตเวลา (เดซิเบล)	วงจรรองแมตซ์ (เดซิเบล)
ค่าการสูญเสียเชิงวิถึ ต่ำที่สุด	51.29	50.51	49.42
ค่าการสูญเสียเชิงวิถึ เฉลี่ย	56.13	53.47	53.77
ค่าการสูญเสียเชิงวิถึ มากที่สุด	61.02	55.70	56.88

จากตารางที่ 5.1 สามารถสรุปได้ว่าการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคการเกตเวลามีค่าสูญเสียเชิงวิถึดีกว่ากรณีปราศจากเทคนิคการเกตเวลาและวงจรรองแมตซ์อยู่ที่ร้อยละ 4.74

การวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้วงจรรองแมตซ์มีค่าสูญเสียเชิงวิถึดีกว่ากรณีปราศจากเทคนิคการเกตเวลาและวงจรรองแมตซ์อยู่ที่ร้อยละ 4.20

การวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคการเกตเวลามีค่าสูญเสียเชิงวิถึดีกว่ากรณีใช้วงจรรองแมตซ์อยู่ที่ร้อยละ 0.54

จากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคที่แตกต่างกันทั้ง 3 กรณีแล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าการประวิงเวลากำลังงาน โดยจากรูปที่ 4.8 ถึง 4.10 แสดงค่าประวิงเวลากำลังงานที่ -20 ถึง 20 นาโนวินาที เนื่องจากต้องการดูกำลังงานของสัญญาณในช่วงเวลาเดียวกันเพื่อเปรียบเทียบกำลังงานของสัญญาณที่ได้รับได้ ที่พิกัด (1,1) (1,5) และ (2,5) โดยใช้เทคนิคที่แตกต่างกันทั้ง 3 กรณี สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบค่ากำลังงานของสัญญาณจากการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคที่แตกต่างกัน ทั้ง 3 กรณี

กำลังงาน	ปราศจากเทคนิคการ เกตเวลาและวงจรรอง แมตซ์ (ไมโครวัตต์)	เทคนิคการเกตเวลา (ไมโครวัตต์)	วงจรรองแมตซ์ (ไมโครวัตต์)
ค่ากำลังงาน ต่ำที่สุด	0	0	0
ค่ากำลังงาน เฉลี่ย	0.02	0.04	0.06
ค่ากำลังงาน มากที่สุด	3.00	4.20	5.27

จากตารางที่ 5.2 สามารถสรุปได้ว่าการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคการเกตเวลามีค่ากำลังงานสูงกว่ากรณีปราศจากเทคนิคการเกตเวลาและวงจรรองแมตซ์อยู่ที่ร้อยละ 40.00

การวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้วงจรรองแมตซ์มีค่ากำลังงานสูงกว่ากรณีปราศจากเทคนิคการเกตเวลาและวงจรรองแมตซ์อยู่ที่ร้อยละ 75.67

การวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้วงจรรองแมตซ์มีค่ากำลังงานสูงกว่ากรณีใช้เทคนิคการเกตเวลาอยู่ที่ร้อยละ 35.67

จากผลการวิเคราะห์ความผิดพลาดของระยะทางที่ได้จากการวัดคุณลักษณะช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคที่แตกต่างกันทั้ง 3 กรณี สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของระยะทางที่ได้จากการวัดคุณลักษณะช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคที่แตกต่างกันทั้ง 3 กรณี

ความผิดพลาดของระยะทาง	ปราศจากเทคนิคการ เกิดเวลาและวงจรรองแมตซ์ (เมตร)	เทคนิคการเกิดเวลา (เมตร)	วงจรรองแมตซ์ (เมตร)
ความผิดพลาดของระยะทางต่ำที่สุด	0	0	0
ความผิดพลาดของระยะทางเฉลี่ย	0.81	0.42	0.22
ความผิดพลาดของระยะทางเฉลี่ยมากที่สุด	1.71	0.83	0.40

จากตารางที่ 5.3 สามารถสรุปได้ว่าการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้เทคนิคการเกิดเวลามีค่าความผิดพลาดของระยะทางต่ำกว่ากรณีปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและวงจรรองแมตซ์อยู่ที่ร้อยละ 48.15

การวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้วงจรรองแมตซ์มีค่าความผิดพลาดของระยะทางต่ำกว่ากรณีปราศจากเทคนิคการเกิดเวลาและวงจรรองแมตซ์อยู่ที่ร้อยละ 72.84

การวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณแถบกว้างโดยใช้วงจรรองแมตซ์มีค่าความผิดพลาดของระยะทางต่ำกว่ากรณีใช้เทคนิคการเกิดเวลาอยู่ที่ร้อยละ 24.69

การใช้วงจรรองแมตซ์สามารถปรับปรุงคุณภาพสัญญาณได้ดีที่สุด เพราะเป็นวงจรรองสัญญาณในอุดมคติ ซึ่งการใช้เทคนิคการเกิดเวลาสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพสัญญาณให้ดีขึ้นได้เช่นกัน เพราะเทคนิคการเกิดเวลาเป็นการใช้วินโดว์คู่กับสัญญาณในโดเมนเวลาเพื่อเป็นการกำหนดช่วงเวลาที่ทำให้สัญญาณมีค่าประมาณเท่าเดิม แต่ถึงอย่างไรก็ตามเทคนิคการเกิดเวลาไม่สามารถปรับปรุงคุณภาพสัญญาณให้ดีเท่ากับวงจรรองแมตซ์

ในการประเมินผลของการทดลอง จะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกับแผนที่ได้นำเสนอกล่าวคือได้มีการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเทคนิคที่นำมากำจัดสัญญาณรบกวน โดยพิจารณา

จากการสูญเสียเชิงวิถี และการประวิงเวลากำลังงาน และสุดท้ายได้แสดงผลความผิดพลาดของ
ระยะทางในรูปแบบของฟังก์ชันการแจกแจงสะสม

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางวิจัยในอนาคต

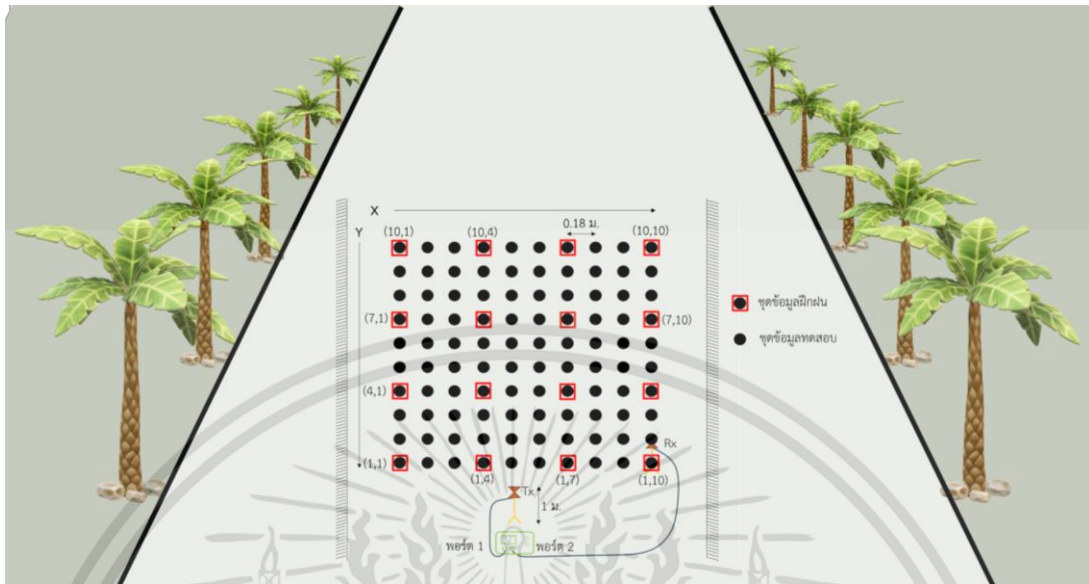
สำหรับขั้นตอนการสร้างสายอากาศกรวยคู่ การเจาะรูของกรวยทั้งสองต้องเจาะที่จุด
ศูนย์กลางให้พอดี มิฉะนั้นจะทำให้สายอากาศเอียง ส่งผลให้คุณสมบัติของสายอากาศเปลี่ยนไปและ
สำหรับขั้นตอนการบัดกรี จุดที่บัดกรีต้องใช้ความประณีตและความละเอียด หากบัดกรีผิดพลาดจะ
ทำให้ยากต่อการแก้ไข

จากการออกแบบและสร้างสายอากาศขึ้นมาเพื่อใช้ในการทดลองหาตำแหน่งภายใน
อาคาร พบว่าสายอากาศกรวยคู่ที่สร้างขึ้นมานั้น ที่ความถี่ 3.1 จิกะเฮิร์ตซ์ถึง 10.6 จิกะเฮิร์ตซ์
สามารถใช้งานได้จริงในช่วงความถี่ 3.1 จิกะเฮิร์ตซ์ถึง 10.6 จิกะเฮิร์ตซ์ แต่อย่างไรก็ตามการ
ทดสอบในครั้งถัดไป ควรจะสอบในห้องไร้การสะท้อนเพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาด และเพื่อเพิ่ม
ความแม่นยำในการหาตำแหน่ง

การเตรียมอุปกรณ์และสถานที่สำหรับการทดสอบค่อนข้างยุ่งยากและใช้เวลานาน
เพราะต้องทำเครื่องหมายลงบนแต่ละพิกัดทั้งหมด 100 จุด และการจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ
ต้องเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ และการวัดคุณลักษณะของช่องสัญญาณนั้นค่อนข้างใช้ระยะ
เวลานานเช่นกัน เนื่องจากต้องทำการวัดทุก ๆ พิกัดตำแหน่งที่ใช้ทดสอบ และต้องเคลื่อนย้าย
เครื่องรับไปเรื่อย ๆ โดยเริ่มต้นจากพิกัดจุด (1,1) ไปจนถึงพิกัดจุด (10,10) ซึ่งมีทั้งหมด 100 จุด

ข้อจำกัดของเทคนิคการเกิดเวลาคือ การเลือกใช้วินโดว์ซึ่งมีผลทำให้เกิดความ
ผิดพลาดของสัญญาณในช่วงเวลาที่ต้องการขึ้น วินโดว์ที่ทำให้มีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้นน้อยจะต้อง
มีคุณสมบัติในโดเมนความถี่ คือ โลกหลักจะต้องแคบและมีความชันมาก โลกข้างจะต้องมีระดับต่ำ

ในปริภูมิตฤษฎีฉบับนี้ได้พิจารณาผลที่ได้จากการวัดจริงในสภาวะแวดล้อมภายใน
อาคาร โดยใช้เทคนิคเสมือนการสแกนลายนิ้วมือร่วมกับเทคนิคการเกิดเวลาเพื่อกำจัดสัญญาณ
รบกวนก่อนนำผลมาวิเคราะห์ ซึ่งได้ทำการศึกษาเฉพาะสภาวะแวดล้อมที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก
แต่ในการใช้งานจริงสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ดังนั้นการศึกษาวิจัยต่อไปในอนาคตจะพิจารณาใน
สภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร แสดงดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แบบจำลองการหาตำแหน่งภายนอกอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Z. Sahinoglu, S. Gezici and I. Guvenc, Ultra-wideband Positioning Systems. Cambridge University Press, 2008.
- [2] B. Rose. Home Networks: A Standards Perspective. IEEE Communications Magazine, vol. 39, no. 12, 2001. pp. 78-85.
- [3] H. Shinde and M. Borse. High-Rate Wireless Personal Area Network. IEEE International Conference on Personal Wireless Communications (ICPWC), 2005. pp. 19-23.
- [4] S. Promwong, Ultra Wideband Technology. ECTI E-magazine, vol. 4, no. 4, Oct.-Dec. 2010.
- [5] N. Chahé, D. Charles and A. Sofiène, Geolocation in Mines With an Impulse Response Fingerprinting Technique and Neural Networks. 2006 IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 5, no. 3, March 2006.
- [6] A. Toak, N. Kandil, S. Affes and S. Georges, Fingerprinting localization using Ultra-Wideband and neural networks. 2007 International Symposium on Signals Systems and Electronics, pp. 529–532, Jul. 2007.
- [7] วิภัสสร วิจิฉัยกุล, “การจำลองการแพร่กระจายคลื่นแถบกว้างยิ่งสำหรับการหาตำแหน่งภายในอาคารด้วยโครงข่ายประสาท.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556.
- [8] K. Limpisawat, J. Sandthong, S. Promwong and P. Sapanakoon, Comparison of 2-D Interpolation and K-Nearst Neighbor Based on Measurement Data for UWB Localization. School of Information Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut’s Insititute of Technology Ladkrabang, 2011.
- [9] รัชชานนท์ ภูมิวิจิตร, “แบบแผนการวัดภาคตัดขวางเข้าเรดาร์แบบกิ่งรวยสายอากาศส่งรับโดยใช้เทคนิคการเกิดเวลา.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2561.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [10] S. K. Mitra and J. F. Kaiser, Handbook for Digital Signal Processing. New York : John Wiley. 1993.
- [11] ชัยรัชช์ ดีปัญญา, “สายอากาศแถบกว้างยิ่งสำหรับระบบมิเดียกว้าง.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมศาสตรโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2557.
- [12] K. Kaemarungsi, Design of indoor positioning systems based on location fingerprinting technique. Ph.D.Thesis, Faculty of Information Science, Pittsburgh University. 2005.
- [13] Federal Communications Commission, Revision of Part 15 of the Commission’s Rule Regarding Ultra-wideband Transmission Systems. First Report and Order, FCC 02-48, Apr. 2002.
- [14] Ghavami, L. B. Michael, and R. Kohon. Ultra wide band signals and systems in communication engineering. John Wiley-Sons, Ltd. 2004.
- [15] H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee and J. Liu, Survey of wireless indoor positioning techniques and systems. IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part C, vol. 37, no. 6, pp. 1067-1080, Nov. 2007.
- [16] K. Siwiak and D.McKeown, Ultra-wideband Radio Technology. John Wiley & Sons, 2004.
- [17] Zhang, Jinyun, et al. UWB systems for wireless sensor networks. Proceedings of the IEEE 97.2 (2009): 313-331.
- [18] K. langendoen and N. Reijers, Distributed localization in wireless sensor network: a quantitative comparison. Elsevier, 2003.
- [19] A. Migel, J. Alfredo and M. Pedro, Location-Based Information Systems Developing Real-Time Tracking Applications. Chapman & Hall/CRC Computer and Information Science Series.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [20] H. Laitinen, J. Lahteenmaki and T. Nordstrom, Database Correlation Method for GSM Location. IEEE Vehicular Technology Conference, vol.4, pp. 2504-2508, May 2001.
- [21] C. A. Balanis. Antenna Theory Analysis and Design. NJ. : John Wiley & Sons Inc., 2005.
- [22] Warren, L. Stutzman and A. Gary. Antenna Theory and Design. 2nd ed, NJ. : John Wiley and Sons, 1997.
- [23] Joshua, S. LaPlant. Design of Broadband Discone Antenna. University of North Carolina, 2017.
- [24] K. Rapin, S. Nipapon, M. Komsak, and K. Sompol. Design of a Compact Biconical Antenna for UWB Applications. : International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS), 2011.
- [25] K. Siwiak. Ultra-wideband radio: A new pan and positioning technology. IEEE Vehicular Technology Society News. (February 2002): 4-9.
- [26] F. Nekoogar. Ultra-wideband Communications: Fundamentals and Applications. United States of America: Prentice-Hall PTR, Aug. 2005.
- [27] Keysight. Product Fact Sheet Keysight E5063A-2H5 2-port, 100 kHz to 18 GHz ENA Network Analyzer Technical Overview.
- [28] กัณฑ์ โตร์ตัน, “การออกแบบเสาพาราเมเตอร์อัลกอริทึมแบบเซนทรอยด์สำหรับการหาตำแหน่งภายในอาคาร.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมศาสตร์โทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2562.



ภาคผนวก

ข้อมูลจากการวัดค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกัดตำแหน่ง (x, y)	พารามิเตอร์ค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ (เดซิเบล)
(1, 1)	-55.2570
(2, 1)	-52.2345
(3, 1)	-53.8341
(4, 1)	-51.4654
(5, 1)	-53.1646
(6, 1)	-52.4797
(7, 1)	-52.4516
(8, 1)	-51.2985
(9, 1)	-51.9074
(10, 1)	-52.4273
(1, 2)	-54.3962
(2, 2)	-53.3267
(3, 2)	-52.6925
(4, 2)	-52.9951
(5, 2)	-53.0403
(6, 2)	-51.7219
(7, 2)	-52.9823
(8, 2)	-53.7962
(9, 2)	-53.2375
(10, 2)	-52.9685
(1, 3)	-54.5418
(2, 3)	-55.3297
(3, 3)	-54.3620
(4, 3)	-53.3197
(5, 3)	-52.9203
(6, 3)	-54.2493
(7, 3)	-52.8576

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกัดตำแหน่ง (x, y)	พารามิเตอร์ค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ (เดซิเบล)
(8, 3)	-53.6600
(9, 3)	-55.8734
(10, 3)	-54.5401
(1, 4)	-55.2353
(2, 4)	-54.7582
(3, 4)	-55.2150
(4, 4)	-54.1883
(5, 4)	-55.0629
(6, 4)	-53.6059
(7, 4)	-54.9855
(8, 4)	-54.1345
(9, 4)	-56.3851
(10, 4)	-55.4863
(1, 5)	-58.0218
(2, 5)	-55.8457
(3, 5)	-55.4906
(4, 5)	-56.4194
(5, 5)	-55.3899
(6, 5)	-54.6618
(7, 5)	-55.8803
(8, 5)	-55.5146
(9, 5)	-55.6874
(10, 5)	-55.7378
(1, 6)	-58.2875
(2, 6)	-56.2085
(3, 6)	-56.2862
(4, 6)	-55.8094

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกัดตำแหน่ง (x, y)	พารามิเตอร์ค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้ (เดซิเบล)
(5, 6)	-55.8848
(6, 6)	-56.6539
(7, 6)	-55.9273
(8, 6)	-55.6864
(9, 6)	-51.9074
(10, 6)	-56.5368
(1, 7)	-59.3190
(2, 7)	-58.2198
(3, 7)	-57.7221
(4, 7)	-56.8271
(5, 7)	-56.9217
(6, 7)	-57.5588
(7, 7)	-56.8697
(8, 7)	-56.3962
(9, 7)	-58.1280
(10, 7)	-57.8752
(1, 8)	-59.0030
(2, 8)	-59.3663
(3, 8)	-58.3401
(4, 8)	-58.5446
(5, 8)	-58.4745
(6, 8)	-57.2104
(7, 8)	-57.4277
(8, 8)	-59.3971
(9, 8)	-58.0845
(10, 8)	-58.2780
(1, 9)	-59.0307

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกัดตำแหน่ง (x, y)	พารามิเตอร์ค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับได้ (เดซิเบล)
(2, 9)	-58.4847
(3, 9)	-58.6106
(4, 9)	-59.3552
(5, 9)	-59.4909
(6, 9)	-57.7171
(7, 9)	-59.1476
(8, 9)	-58.4010
(9, 9)	-57.9804
(10, 9)	-58.4713
(1, 10)	-60.3519
(2, 10)	-61.0227
(3, 10)	-60.9359
(4, 10)	-59.2020
(5, 10)	-59.5475
(6, 10)	-58.7799
(7, 10)	-60.2967
(8, 10)	-60.2226
(9, 10)	-59.2617
(10, 10)	-60.0563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้