



การออกแบบสายอากาศใช้งานหลายย่านความถี่ที่สามารถโค้งงอได้ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม
สำหรับการใช้ในการตรวจหาก้อนเนื้อ

DESIGN OF A MULTIFREQUENCY BENT ANTENNA
BY GENETIC ALGORITHMS FOR TUMOR DETECTION

รัฐนันท์ ละออบุตร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2566

การออกแบบสายอากาศใช้งานหลายย่านความถี่ที่สามารถโค้งงอได้ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม
สำหรับใช้ในการตรวจหาก้อนเนื้อ



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DESIGN OF A MULTIFREQUENCY BENT ANTENNA
BY GENETIC ALGORITHMS FOR TUMOR DETECTION



RATTANAN LAORBOOT

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF ENGINEERING
(Electrical Engineering)

Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University

2023

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การออกแบบสายอากาศใช้งานหลายย่านความถี่ที่สามารถโค้งงอได้ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม
สำหรับใช้ในการตรวจหาก้อนเนื้อ

ของ

รัฐันันท์ ละออบบุตร

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

ที่ปรึกษาหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย ไทยเจียม)

ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ภา อูซารสกุล)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญา ชัยปัญญา)

ชื่อเรื่อง	การออกแบบสายอากาศใช้งานหลายย่านความถี่ที่สามารถโค้งงอได้ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม สำหรับใช้ในการตรวจหาก้อนเนื้อ
ผู้วิจัย	รัฐนันท์ ละออบบุตร
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ชานูไชย ไทยเยี่ยม

งานวิจัยนี้เกี่ยวกับการออกแบบสายอากาศที่สามารถใช้งานได้หลายย่านความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ เพื่อการตรวจจับก้อนเนื้อในสมอง ก้อนเนื้อในปอด และก้อนเนื้อในเต้านม ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วัสดุฐานรองของสายอากาศเป็นยางที่มีความยืดหยุ่นเพื่อให้รับสรีระร่างกายของผู้ใช้งานจริงและได้แสดงผลลัพธ์ในการงอสายอากาศไว้ตั้งแต่ 1-5 องศาการงอ โดยการออกแบบได้ใช้วิธีเชิงพันธุกรรมบน MATLAB และได้ทำการจำลองผลผ่านโปรแกรมซีเอสที เพื่อวัดค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ความถี่ต่างๆ เพื่อพิจารณาผลลัพธ์ของสายอากาศ ผลที่ได้จากการจำลองคือสายอากาศมีค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ความถี่ที่ออกแบบน้อยกว่า -10 เดซิเบลทั้ง 3 ความถี่ แต่ในการงอสายอากาศแต่ละองศาความถี่ที่ใช้งานเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากคุณลักษณะของสายอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป และผลที่ได้จากการทดลองชิ้นงานจริงของสายอากาศที่ออกแบบยังมีความคลาดเคลื่อนในด้านความถี่ใช้งาน อันเนื่องมาจากการสร้างชิ้นงานจริงของงานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดทางด้านอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับสร้างชิ้นงานอยู่ โดยผลการจำลองและการทดลองชิ้นงานจริงแสดงให้เห็นว่า ค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าที่ได้จากการทดลองชิ้นงานจริงมีค่าเพิ่มเติมที่ต้องพิจารณาในการปรับปรุงการออกแบบในอนาคต

คำสำคัญ : สายอากาศแบบหลายความถี่, การตรวจจับก้อนเนื้อ, วิธีเชิงพันธุกรรม, เซ็นเซอร์ไร้สาย

Title	DESIGN OF A MULTIFREQUENCY BENT ANTENNA BY GENETIC ALGORITHMS FOR TUMOR DETECTION
Author	RATTANAN LAORBOOT
Degree	MASTER OF ENGINEERING
Academic Year	2023
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Chanchai Thajijam

This research examines designing antennas capable of operating across multiple frequency bands at 1, 3.8, and 5.8 GHz for detecting tumors in the brain, lungs, and breasts. Rubber was chosen as the substrate material for the antennas due to its flexibility to accommodate the contours of the users, and the results showed antenna bending ranging from 1 to 5 degrees. The design process utilized genetic algorithm optimization in MATLAB, and the results were simulated using CST software to measure return loss values at various frequencies to assess antenna performance. The simulation results indicated return losses below -10 dB across all three frequencies. However, there were deviations in antenna performance at each degree of bending, due to the changing characteristics of the antenna. Additionally, the experimental results showed discrepancies in the operational frequency, likely due to the limitations in the fabrication process. Both simulation and the experimental results highlighted significant differences in return loss values, suggesting additional considerations for future design improvements.

Keyword : Multiple frequency band antennas, Tumor detection, Genetic algorithm, Wireless sensor

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสามารถช่วยเหลือ และความเอาใจใส่อย่างดี ยิ่งตลอดจนการให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการปรับแก้ไขข้อบกพร่องจาก คณะกรรมการผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชาญไชย ไทยเจียม ที่ได้ให้ความเมตตากรุณาเป็นที่ปรึกษาและให้ความช่วยเหลือชี้แนะแนวทางในสิ่งที่ เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการทำปริญญาานิพนธ์นี้ด้วยความเอาใจใส่ตลอดมา รวมทั้ง รองศาสตราจารย์ มนต์ทิพย์ภา อุตารสกุล และ รองศาสตราจารย์ พิชญา ชัยปัญญา ที่กรุณาให้ ข้อเสนอแนะต่างๆ เพิ่มเติมแก่ผู้วิจัย ทำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์หลักสูตรสาขาวิศวกรรมชีวกรรมการแพทย์และ กรรมการบริหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่าน ที่ได้กรุณาประสิทธิ ประสาทความรู้ต่างๆ ให้แก่ผู้วิจัย ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่ ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนค่าธรรมเนียมการศึกษาจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรี นครินทรวิโรฒที่ให้โอกาสในการเล่าเรียน

ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า รวมถึงบุคคลอีกหลายท่านที่ไม่ได้ กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอโน้มรำลึกถึงคุณของบิดามารดาและครูอาจารย์ ที่อบรมสั่งสอนให้ ความรู้เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

รัฐนันท์ ละออบนุตร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญ	1
ความมุ่งหมายของงานวิจัย.....	2
ความสำคัญของงานวิจัย	2
ขอบเขตของงานวิจัย	2
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม.....	3
1. วิธีเชิงพันธุกรรม.....	3
การปรับปรุงพารามิเตอร์ของสายอากาศด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม.....	5
2. สายอากาศไมโครสตริป.....	7
3. สายอากาศหลายย่านความถี่.....	13
4. ระบบถ่ายภาพไมโครเวฟ.....	13
5. วัสดุที่ใช้สำหรับปริภูมิพันธ์	15
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	16

การใช้เครื่องมือวิธีเชิงพันธุกรรมในโปรแกรมแมทแลปเพื่อค้นหาคำตอบของปัญหา	16
การใช้โปรแกรมซีเอสทีเพื่อจำลองแบบการสร้างสายอากาศที่ใช้ในงานวิจัย	17
การออกแบบสายอากาศ	18
บทที่ 4 ผลการศึกษา	21
ผลลัพธ์ของการหาค่าที่ดีที่สุดด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม	21
ผลลัพธ์ของค่าการสูญเสียย้อนกลับจากการจำลองการสร้างสายอากาศด้วยโปรแกรมซีเอสที เปรียบเทียบกับสายอากาศที่สร้างจริง	24
ผลลัพธ์ค่าคุณลักษณะสายอากาศที่สภาวะต่าง ๆ	28
ผลลัพธ์การแผ่พลังงานของสายอากาศในสนามไฟฟ้า	29
ผลลัพธ์การแผ่พลังงานของสายอากาศในสนามแม่เหล็ก	31
ผลลัพธ์การแผ่พลังงานของสายอากาศ	34
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	38
สรุปผลการวิจัย	38
อภิปรายผลการวิจัย	39
ข้อเสนอแนะ	41
บรรณานุกรม	42
ประวัติผู้เขียน	45

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สายอากาศ	21
ตาราง 2 ระยะเวลาในการทำปริญญาณิพนธ์	10
ตาราง 3 ค่าพารามิเตอร์สายอากาศที่ได้จากวิธีเชิงพันธุกรรม	22
ตาราง 4 ค่าการสูญเสียย้อนกลับที่องค์การงอ 0-5 องศา.....	26
ตาราง 5 แสดงค่าคุณลักษณะของสายอากาศที่ความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์	28



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 การไขว้เปลี่ยนของโครโมโซม	5
ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนแสดงการปรับปรุงค่าพารามิเตอร์สายอากาศด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม.....	6
ภาพประกอบ 3 แสดงตัวอย่างของการหาค่าที่ดีที่สุดของวิธีเชิงพันธุกรรม	7
ภาพประกอบ 4 แสดงความกว้างลำคลื่น ณ จุดศูนย์จุดแรก.....	9
ภาพประกอบ 5 โครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส ก.) มุมมองจากทางด้านบน (top view) ข.) มุมมองจากทางด้านล่าง (side view).....	11
ภาพประกอบ 6 รูปแบบแฟร็กทัลของมินิโควส์กี้	13
ภาพประกอบ 7 ขั้นตอนการตรวจจับก่อนเนื้อหาของระบบการถ่ายภาพไมโครเวฟ	14
ภาพประกอบ 8 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแมทแลปและซีเอสทีโดยมีฟังก์ชันความเหมาะสม.....	17
ภาพประกอบ 9 Flow chart แสดงโปรแกรมแมทแลป เข้าร่วมโปรแกรมซีเอสที	18
ภาพประกอบ 10 ภาพสายอากาศที่สร้างจริง.....	23
ภาพประกอบ 11 ผลค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศถูกงอที่ 0 องศา	24
ภาพประกอบ 12 ผลค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศถูกงอที่ 1 องศา	24
ภาพประกอบ 13 ผลค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศถูกงอที่ 3 องศา	25
ภาพประกอบ 14 ผลค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศถูกงอที่ 5 องศา	25
ภาพประกอบ 15 คุณลักษณะของสายอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปจากการงอในแต่ละองศา.....	28
ภาพประกอบ 16 รูปแบบการแผ่พลังงานสายอากาศความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ การงอ 0 องศา	29
ภาพประกอบ 17 รูปแบบการแผ่พลังงานสายอากาศความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ การงอ 1 องศา	30

ภาพประกอบ 18 รูปแบบการแผ่พลังงานสายอากาศความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ การงอ 3 องศา	30
ภาพประกอบ 19 รูปแบบการแผ่พลังงานสายอากาศความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ การงอ 5 องศา	31
ภาพประกอบ 20 รูปแบบการแผ่พลังงานสายอากาศความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ การงอ 0 องศา	31
ภาพประกอบ 21 รูปแบบการแผ่พลังงานสายอากาศความถี่ 11 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ การงอ 1 องศา	32
ภาพประกอบ 22 รูปแบบการแผ่พลังงานสายอากาศความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ การงอ 3 องศา	32
ภาพประกอบ 23 รูปแบบการแผ่พลังงานสายอากาศความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ การงอ 5 องศา	33
ภาพประกอบ 24 แสดงการแผ่พลังงานของสายอากาศโดยสายอากาศถูกงอที่ 0 องศา ก.) 1 กิกะเฮิร์ตซ์ ข.) 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ ค.) 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์	34
ภาพประกอบ 25 แสดงการแผ่พลังงานของสายอากาศโดยสายอากาศถูกงอที่ 1 องศา ก.) 1 กิกะเฮิร์ตซ์ ข.) 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ ค.) 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์	35
ภาพประกอบ 26 แสดงการแผ่พลังงานของสายอากาศโดยสายอากาศถูกงอที่ 3 องศา ก.) 1 กิกะเฮิร์ตซ์ ข.) 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ ค.) 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์	36
ภาพประกอบ 27 แสดงการแผ่พลังงานของสายอากาศโดยสายอากาศถูกงอที่ 5 องศา ก.) 1 กิกะเฮิร์ตซ์ ข.) 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ ค.) 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์	37

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

โรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) และโรคมะเร็ง (Malignant tumors) เป็นโรคที่มีความร้ายแรงที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและการเกิดโรสดังกล่าวจะมีความรุนแรงที่อันตรายถึงแก่ชีวิตสำหรับผู้ป่วยหากไม่ได้รับการรักษาดังนั้นแนวทางสำหรับการป้องกันการเสียชีวิตของผู้ป่วยนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญ โดยผู้ป่วยจะต้องได้รับการวินิจฉัยโรคในระยะเริ่มต้นซึ่งจะช่วยเพิ่มอัตราความสำเร็จของการรักษาโรคและสามารถป้องกันการแพร่กระจายของโรคไม่ให้ไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ในการตรวจคัดกรองโรคนั้น จะมีหลายวิธีในการตรวจคัดกรอง เช่น การสแกนด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT) และอุปกรณ์เอกซเรย์ (X-ray) เป็นหนึ่งในวิธีสำหรับการวินิจฉัยและติดตามการรักษา แต่หากผู้ป่วยได้รับรังสีสะสมในระยะเวลานานอาจส่งผลให้เซลล์มะเร็งเติบโตและแพร่กระจายได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการวินิจฉัยโรสดังกล่าวที่ปลอดภัยและมีราคาเหมาะสม ในช่วงเวลาที่ผ่านมานี้การวิเคราะห์โรคด้วยการใช้การถ่ายภาพด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้รับความสนใจในเทคนิคที่ไม่รุกรานสำหรับการตรวจหาโรคร้ายแรงต่าง ๆ เช่น มะเร็งเต้านม (Breast Carcinoma) โรคหลอดเลือดสมอง (ischemic stroke) การตรวจหามะเร็งปอด (Lung Cancer) และมะเร็งผิวหนัง (Skin Cancer) เมื่อเร็ว ๆ นี้ได้มีการพัฒนาสายอากาศสำหรับการใช้งานที่มีความยืดหยุ่นเพื่อการใช้งานในด้านต่าง ๆ เนื่องจากสายอากาศดังกล่าวมีน้ำหนักน้อย ต้นทุนต่ำ และมีความสะดวกในด้านของการผลิต โดยสายอากาศที่มีความยืดหยุ่นนั้นถูกนำไปใช้ในงานด้านต่าง ๆ เช่น สายอากาศที่สามารถสวมใส่สำหรับการตรวจหาก่อนเนื้อ สายอากาศสำหรับการใช้งานที่หลายย่านความถี่เพื่อการสื่อสาร จากที่กล่าวมาข้างต้นในงานวิจัยนี้จะเสนอการออกแบบสายอากาศที่สามารถใช้งานได้หลายย่านความถี่เพื่อวิเคราะห์โรคที่มากกว่า 1 ชนิด เนื่องจากก่อนหน้านี้นั้นในการออกแบบสายอากาศสำหรับการวิเคราะห์โรคนั้นจะออกแบบเพียงความถี่เดียวสำหรับหนึ่งโรค ผู้จัดทำได้ใช้เทคนิคของการทำสายอากาศไมโครสตริปแบบเศษส่วนที่มีคุณสมบัติที่สามารถใช้งานได้หลายย่านความถี่

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. วิจัยการออกแบบสายอากาศไมโครสตริปเศษส่วนรูปร่างมินิโควสกีที่ยึดหยุ่นโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรม
2. ออกแบบสายอากาศไมโครสตริปเศษส่วนรูปร่างมินิโควสกีที่ยึดหยุ่นโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรม ในโปรแกรม MATLAB ร่วมกับโปรแกรม CST Studio Suite
3. สร้างสายอากาศไมโครสตริปเศษส่วนรูปร่างมินิโควสกีที่ยึดหยุ่นที่สามารถทำงานได้ในย่านความถี่ที่ออกแบบคือ 1 กิกะเฮิรตซ์ 3.8 กิกะเฮิรตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิรตซ์

ความสำคัญของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำวิธีเชิงพันธุกรรมมาใช้เพื่อช่วยในการออกแบบสายอากาศ เพื่อค้นหาค่าความกว้าง ความยาว สำหรับความถี่ที่ใช้งาน และความกว้าง ความยาวของแถบป้อนสัญญาณของสายอากาศที่ทำให้เกิดการแมทชิ่งระหว่างสายอากาศและแถบป้อนสัญญาณ เพื่อได้ค่าการสูญเสียย้อนกลับที่น้อยกว่า -10 เดซิเบล สำหรับ 3 ความถี่คือ 1 กิกะเฮิรตซ์ 3.8 กิกะเฮิรตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิรตซ์ สำหรับการวินิจฉัยและติดตามโรคหลอดเลือดสมอง การตรวจหาเนื้องอกในปอด และการตรวจหามะเร็งเต้านม ตามลำดับ โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วัสดุแผ่นรองสายอากาศที่สามารถโค้งงอได้เพื่อรับสรีระร่างกายสำหรับการนำไปใช้งานจริงในอนาคต

ขอบเขตของงานวิจัย

1. สายอากาศไมโครสตริปเศษส่วนรูปร่างมินิโควสกีที่ยึดหยุ่นมีค่าการสูญเสียย้อนกลับที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ -10 เดซิเบล ที่ความถี่ 1 กิกะเฮิรตซ์ 3.8 กิกะเฮิรตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิรตซ์ ตามลำดับ
2. สร้างสายอากาศไมโครสตริปเศษส่วนรูปร่างมินิโควสกีที่ยึดหยุ่นได้ และทดสอบการใช้งานที่ความถี่ที่ออกแบบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

วิธีเชิงพันธุกรรม หมายถึง เป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาโดยเลียนแบบวิวัฒนาการทางธรรมชาติมีพื้นฐานจากทฤษฎีวิวัฒนาการทางธรรมชาติของ ชาลส์ ดาร์วิน

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. วิธีเชิงพันธุกรรม
2. สายอากาศไมโครสตริป
3. สายอากาศหลายย่านความถี่
4. ระบบการถ่ายภาพไมโครเวฟ
5. วัสดุที่ใช้สำหรับปริภูมิอนุพันธ์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. วิธีเชิงพันธุกรรม

วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาที่สนใจ โดยขั้นตอนการทำงานจะเลียนแบบวิวัฒนาการทางธรรมชาติโดยมีพื้นฐานแนวคิดมาจากทฤษฎีวิวัฒนาการทางธรรมชาติของ ชาร์ล ดาร์วิน (Charles Darwin) ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นจะจำลองกระบวนการทำงานทางวิวัฒนาการทางธรรมชาติสำหรับการถือกำเนิดของประชากรรุ่นใหม่ ๆ เพื่อเป็นประชากรที่เป็นคำตอบของปัญหา โดยจะอาศัยขั้นตอนการวิวัฒนาการทางพันธุกรรมในการถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ ไปยังรุ่นถัดไป ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ที่ได้กำหนดไว้

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

การทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย มีขั้นตอนเบื้องต้นดังต่อไปนี้

- การสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial Population) โดยใช้โครโมโซมที่ประกอบขึ้นจากอักขระที่เลือกใช้โดยการสุ่ม
- การเข้ารหัสโครโมโซม
- การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Function)
- การดำเนินการทางขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Operations) ประกอบไปด้วย การคัดเลือก (Selection) เพื่อเป็นประชากรในรุ่นต่อไป การสลับสายพันธุ (Crossover) การกลายพันธุ์ (Mutation)
- การตรวจสอบเงื่อนไขหยุดการทำงาน

จากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่ายจะมีตัวดำเนินการ (Operator) ที่สำคัญอยู่ 5 ตัว จะ ประกอบไปด้วย การสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial Population) การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Function) การคัดเลือก (Selection) การไขว้เปลี่ยน (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation)

1.1.1 การเข้ารหัสโครโมโซม (Chromosome Encoding)

การได้มาซึ่งโครโมโซมหรือการถอดรหัสนั้นจะเป็นปัญหาแรกก่อนจึงดำเนินการกระบวนการอื่น ๆ และเป็นขั้นตอนที่จะเริ่มการแก้ปัญหาโดยการใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ในการถอดรหัสนั้นจะขึ้นอยู่กับปัญหา โดยเลือกใช้วิธีเข้ารหัสแบบใดก็ได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการแก้ปัญหา

1.1.2 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial Population)

การสร้างประชากรเริ่มต้นเป็นขั้นถัดมาหลังจากผ่านการเข้ารหัสโครโมโซมได้แล้ว และก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม โดยประชากรกลุ่มแรกจะเกิดจากการสุ่ม (Random) เลือกขึ้นมาจากกลุ่มของประชากรทั้งหมด โดยที่ยังไม่มีการสนใจค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม

1.1.3 ฟังก์ชันค่าความเหมาะสม (Fitness Function)

Fitness Function โครโมโซมทุกตัวจะต้องมีค่าซึ่งบ่งบอกถึงความเหมาะสมที่จะพิจารณาว่าสมควรนำไปสืบสายพันธุ์ต่อหรือไม่สมควร และสำหรับค่าความเหมาะสมจะถูกใช้ในขั้นตอนการเลือกเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องมีการให้ค่าความเหมาะสมกับแต่ละโครโมโซมเพื่อนำค่าความเหมาะสมไปพิจารณาว่าโครโมโซมแต่ละตัวนั้นสมควรที่จะเป็นคำตอบของปัญหามากน้อยเพียงใด

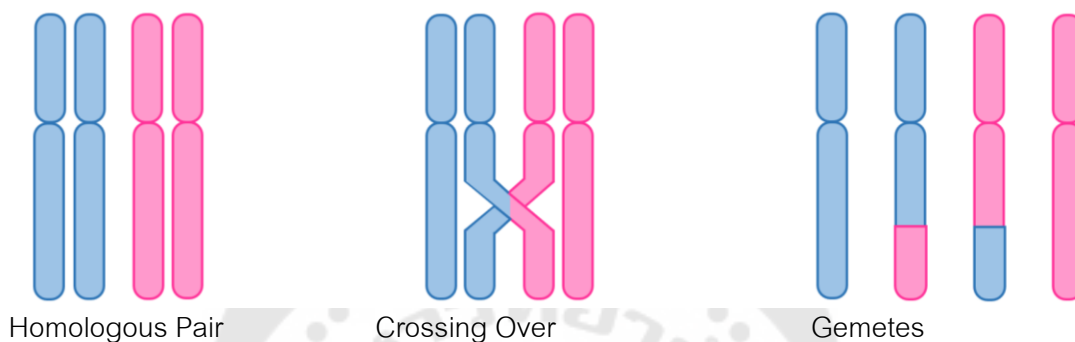
1.1.4 ตัวดำเนินการคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection)

ในการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อที่จะนำมาเป็น พ่อ แม่ (Parent) ในการสืบสายพันธุ์ทำให้เกิดปัญหาว่าแล้วจะทำการเลือกต้นกำเนิดสายพันธุ์ที่ดีได้อย่างไร จึงทำให้เกิดรูปแบบมากมายในการคัดเลือกโครโมโซม เช่น การคัดเลือกแบบจัดอันดับ (Ranking Selection) และวงล้อรูเล็ตต์ (Roulette Wheel Selection) เป็นต้น

1.1.5 การดำเนินการสลับสายพันธุ์ (Crossover)

การสลับสายพันธุ์ (Crossover) เป็นกระบวนการที่สำคัญของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เมื่อเกิดการสลับสายพันธุ์ขึ้นในทางพันธุศาสตร์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตที่หลากหลายซึ่งอัลกอริทึมพยายามสร้างทางเลือกที่ดีขึ้น โดยการรวมลักษณะที่ดีของแต่ละ

โครโมโซมเข้าด้วยกันการไขว้เปลี่ยนถูกจัดเป็นกระบวนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual Reproduction) เป็นการสร้างประชากรรุ่นใหม่ที่เกิดจากการสลับกันของยีนบางส่วนภายในโครโมโซมของรุ่นก่อนจำนวนมากกว่า 1 โครโมโซม โดยจุดที่เกิดการไขว้เปลี่ยนนิยมทำการกำหนดใน 3 รูปแบบขึ้นกับจำนวนจุดไขว้เปลี่ยน ได้แก่ การไขว้เปลี่ยนแบบจุดเดียว การไขว้เปลี่ยนแบบสองจุด และการไขว้เปลี่ยนแบบเอกรูป



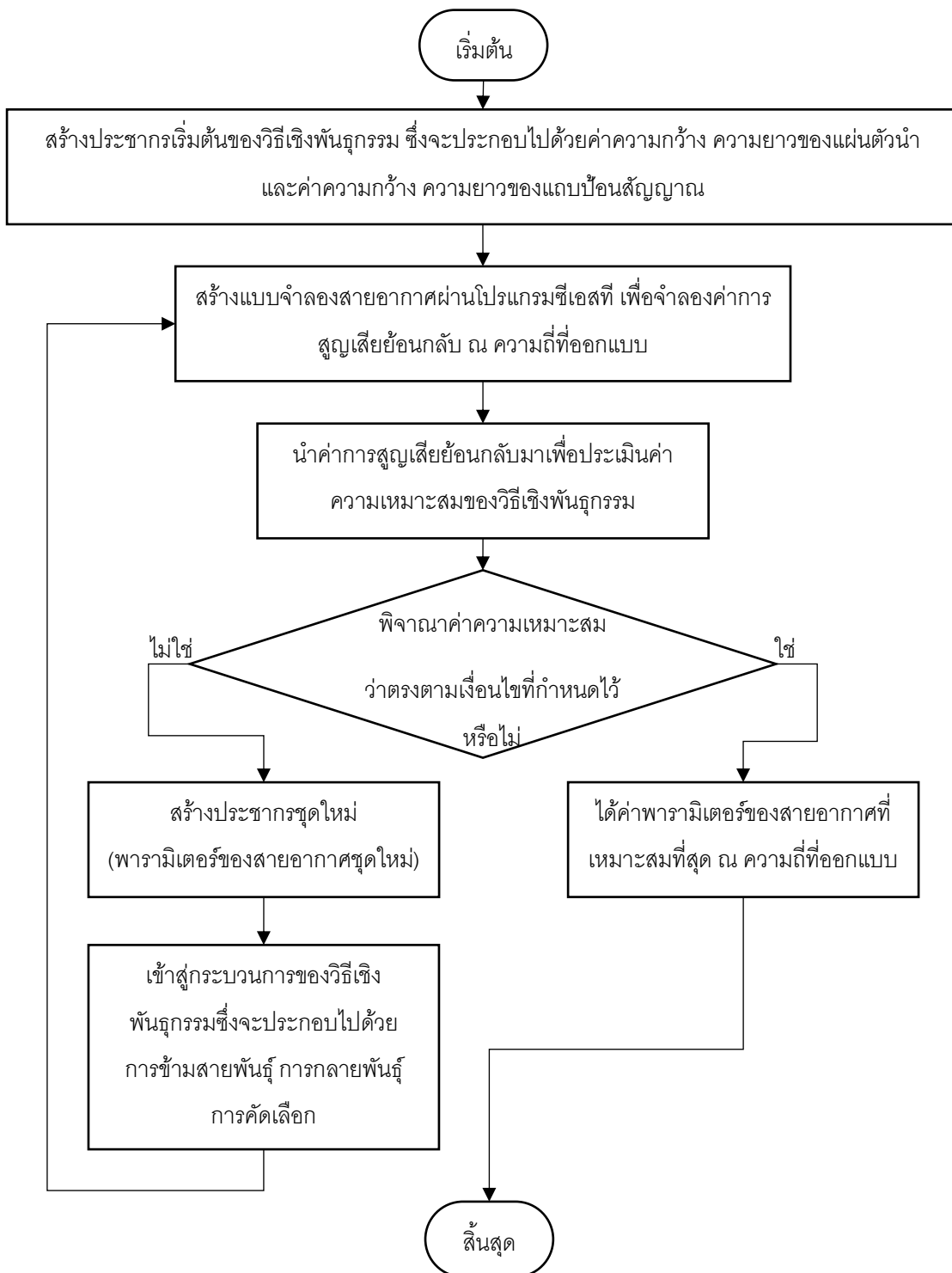
ภาพประกอบ 1 การไขว้เปลี่ยนของโครโมโซม

1.1.6 การดำเนินการกลายพันธุ์ (Mutation)

การกลายพันธุ์เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นหลักจากการสลับสายพันธุ์เสรีจลันวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ค่าของโครโมโซมที่มีอยู่เดิมเกิดการเปลี่ยนแปลง และช่วยหลีกเลี่ยงปัญหาการเวียนซ้ำอยู่กับค่าใดค่าหนึ่ง (Iteration Search) การกลายพันธุ์ถูกจัดเป็นกระบวนการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual Reproduction) คือค่าผลเฉลยหรือโครโมโซมใหม่เกิดจากโครโมโซมรุ่นก่อนเพียงโครโมโซมเดียว และการกลายพันธุ์ในธรรมชาตินั้นมักเกิดขึ้นน้อยเมื่อทำการเทียบกับจำนวนประชากรทั้งหมด เทคนิคการกลายพันธุ์มีอยู่หลายวิธีเช่น การกลายพันธุ์แบบกลับปิด การกลายพันธุ์แบบผกผัน และการกลายพันธุ์แบบแทรก

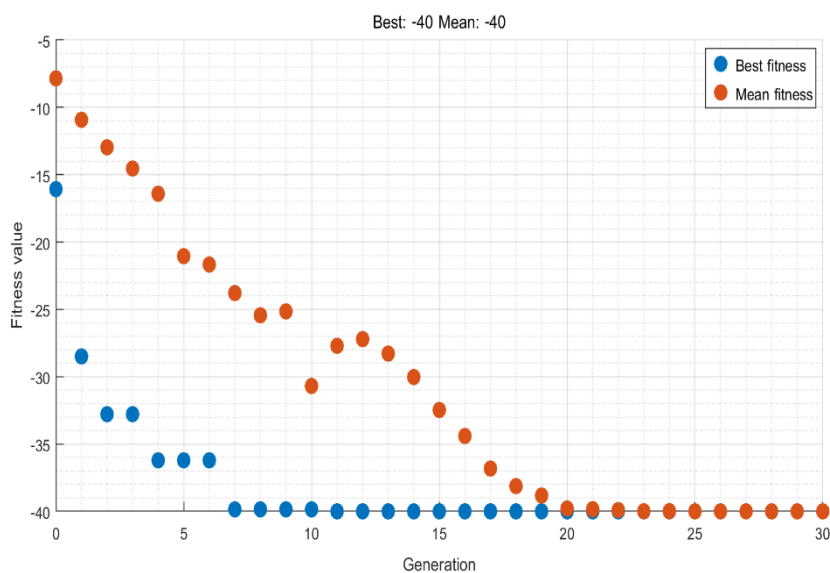
การปรับปรุงพารามิเตอร์ของสายอากาศด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

จากหัวข้อที่ 1 วิธีเชิงพันธุกรรมได้กล่าวถึงภูมิหลังและความหมายนิยามศัพท์เฉพาะของวิธีเชิงพันธุกรรม จะเห็นได้ว่าขั้นตอนของวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นจะเลียนแบบวิวัฒนาการของธรรมชาติของ ชาร์ล ดาร์วิน (Charle Darwin) ดังนั้นในปริญญาณิพนธ์นี้จึงนำแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในงาน โดยวิธีเชิงพันธุกรรมจะถูกนำมาใช้ค้นหาค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศในส่วนของความกว้าง ความยาวของแผ่นตัวนำสายอากาศ และค่าความกว้าง ความยาวของแถบป้อนสัญญาณสายอากาศ(1) เพื่อให้ค่าการสูญเสียย้อนกลับมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ -10 เดซิเบล โดยมีขั้นตอนในการปรับปรุงพารามิเตอร์สายอากาศดังแสดงในภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนแสดงการปรับปรุงค่าพารามิเตอร์สายอากาศด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

ในการแสดงแนวโน้มการหาผลเฉลยด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมของงานวิจัยนี้ ผู้จัดทำได้เลือกการแสดงผลของกราฟดังภาพประกอบที่ 3 โดยภาพประกอบดังกล่าวเป็นตัวอย่างของการหาค่าผลเฉลยที่ดีที่สุด จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่า Best Values และ ค่า Mean Values ทับกัน และค่าดังกล่าวแสดงถึงค่าฟังก์ชันความเหมาะสม โดยให้เป็นค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ความถี่ใช้งาน



ภาพประกอบ 3 แสดงตัวอย่างของการหาค่าที่ดีที่สุดของวิธีเชิงพันธุกรรม

2. สายอากาศไมโครสตริป

ในบริบทงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้สายอากาศชนิดไมโครสตริป ซึ่งมีขนาดเล็กกะทัดรัด มีน้ำหนักเบา สามารถออกแบบได้ง่าย และราคาถูก ในการออกแบบสายอากาศไมโครสตริปมีโครงสร้างที่สำคัญด้วยกันสามส่วนคือ แผ่นตัวนำสายอากาศ ฐานรองวัสดุ และแผ่นกราวด์ โดยส่วนของแผ่นตัวนำสายอากาศกับแผ่นกราวด์จะใช้วัสดุที่เป็นโลหะ เช่น ทองแดง ส่วนฐานรองวัสดุจะเป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางระหว่างแผ่นตัวนำสายอากาศและแผ่นกราวด์เพื่อทำการออกแบบและสร้างสายอากาศ ไมโครสตริปที่สามารถทำงานได้ในหลายย่านความถี่ และสายอากาศจะมีพารามิเตอร์ที่สำคัญดังนี้

2.1 แบบรูปการแผ่กำลัง หรือ Radiation Pattern / Antenna Pattern

รูปแบบการแผ่กระจายคลื่นเป็นคุณสมบัติที่สำคัญ ซึ่งจะแสดงคุณสมบัติของการแผ่กระจายคลื่นของสายอากาศที่ออกแบบว่ามีความเหมาะสมหรือไม่โดยการอธิบายคุณสมบัติของการแผ่กระจายคลื่นจะทำการพิจารณาคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้คือ ความเข้มของการ

แพร่กระจายคลื่น (Radiation - Intensity) ความเข้มของสนาม (Field Strength) การแยกขั้วคลื่น (Polarization) ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะแสดงถึง รูปแบบการแผ่กำลังของคลื่น และมักจะพิจารณาบริเวณที่เป็นสนามระยะไกล (Far Field)

2.2 สภาพเจาะจงทิศทาง หรือ Directivity

เป็นอัตราส่วนของความเข้มการแผ่กระจายกำลังงานในทิศทางที่กำหนดให้จากตัวสายอากาศ กับความเข้มของการแผ่กระจายกำลังงานที่เฉลี่ยออกไปทุกทิศทาง หากไม่มีการกำหนดทิศทางมาให้ จะถือว่าทิศทางที่มีความเข้มของการแผ่กระจายกำลังงานสูงสุดคือสภาพเจาะจงทิศทางสูงสุด (Maximum Directivity) สามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 2.1

$$D_{MAX} = \frac{4\pi U_{MAX}}{P_{rad}} \quad (2.1)$$

โดย D_{MAX} คือ สภาพเจาะจงทิศทางสูงสุด

U_{MAX} คือ ความเข้มของการแผ่กระจายกำลังงานสูงสุด หน่วย วัตต์/หน่วยมุมตัน

P_{rad} คือ กำลังงานรวมของการแผ่กระจายพลังงาน หน่วย วัตต์

2.3 อัตราขยาย หรือ Gain

อัตราขยายของสายอากาศหมายถึงการเปรียบเทียบสายอากาศใช้งานกับสายอากาศมาตรฐาน ว่ามีความสามารถในการส่งหรือรับคลื่นของสายอากาศมากน้อยเพียงใด โดยสายอากาศที่ใช้เปรียบเทียบนั้นอาจจะเป็นสายอากาศไดโพลความยาวครึ่งคลื่น (Half-Wavelength Dipole Antenna) หรือตัวแผ่พลังงานแบบไอโซทรอปิก (Isotropic Radiator) หรือสรุปได้ว่าอัตราขยายคืออัตราส่วนของความเข้มของการแผ่กระจายกำลังงานในทิศทางที่กำหนดให้ต่อความเข้าของการแผ่กระจายกำลังงานที่ได้รับเข้ามา และอัตราขยายที่พิจารณาจะมีอยู่ 2 ประเภทคือ อัตราขยายที่ไม่พิจารณาการสูญเสียพิจารณาเพียงประสิทธิภาพของการแผ่กำลัง (Directivity Gain) และอัตราขยายที่พิจารณาทุกแหล่งกำเนิดของการสูญเสียของสายอากาศ (Absolute Gain) พิจารณาจากสมการที่ 2.2 และ 2.4 ตามลำดับ

$$G_0 = e_{cd} D_0 \quad (2.2)$$

$$e_{cd} = e_c e_d \quad (2.3)$$

$$G_{abs}(\theta, \varphi) = e_r e_{cd} D(\theta, \varphi) \quad (2.4)$$

เมื่อ

$$e_r = (1 - |\Gamma_{in}|^2) \quad (2.5)$$

โดย e_r คือ ประสิทธิภาพการสะท้อนกลับของวัตถุ

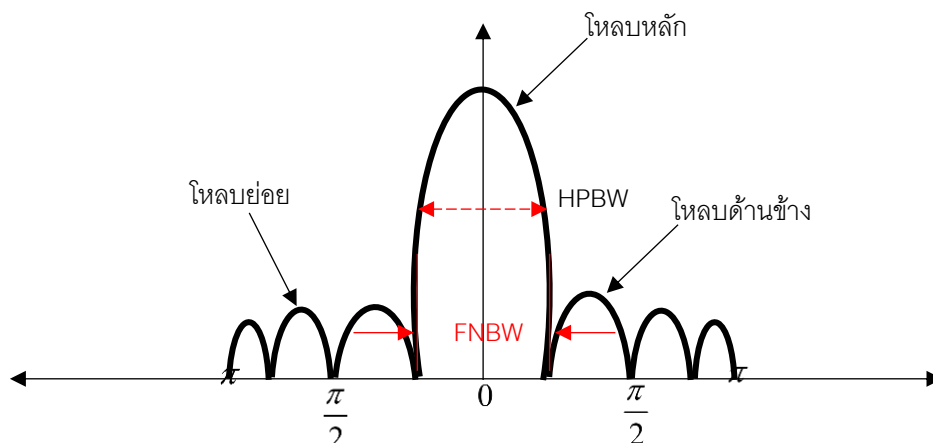
e_{cd} คือ ประสิทธิภาพการแผ่กระจาย

e_c คือ ประสิทธิภาพการนำไฟฟ้าของวัตถุ

e_d คือ ประสิทธิภาพการเป็นฉนวนไฟฟ้าของวัตถุ

2.4 ความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง หรือ Half – Power Beamwidth

ความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังเป็นพารามิเตอร์สำคัญในการพิจารณาความสามารถทางด้านความครอบคลุมพื้นที่ของสัญญาณที่ส่ง และความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง (Half Power Beamwidth) คือตำแหน่งที่กำลังคลื่นลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของกำลังสูงสุดหรือความกว้างลำคลื่นที่มีค่า 3 dB ดังที่แสดงในภาพประกอบที่ 4



ภาพประกอบ 4 แสดงความกว้างลำคลื่น ณ จุดศูนย์จุดแรก

2.5 ค่าการสูญเสียย้อนกลับ หรือ Return loss

เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการพิจารณาสายอากาศที่ได้ทำการออกแบบและสร้างว่าสามารถใช้งานได้จริง ณ ความถี่ที่ต้องการหรือไม่ โดยพารามิเตอร์นี้มีนิยามคือค่ากำลังที่เสียไปในโหลดเมื่อมีการป้อนสัญญาณเข้าไป และเป็นพารามิเตอร์ที่แสดงถึงการแมทชิ่งกันระหว่างสายอากาศและโหลดโดยจะสอดคล้องกับค่าของอัตราส่วนคลื่นนิ่ง ดังสมการที่ 2.6 สำหรับการแมตซ์ค่าอิมพีแดนซ์ที่สมบูรณ์ระหว่างสายอากาศกับสายส่งเมื่อค่า Γ เท่ากับ 0 ค่าสูญเสียย้อนกลับเป็นอนันต์แสดงว่าไม่มีกำลังงานย้อนกลับในทำนองเดียวกันเมื่อ Γ เท่ากับ 1 ค่าความสูญเสียย้อนกลับจะเป็น 0 เดซิเบลซึ่งแสดงว่ากำลังงานสะท้อนกลับหมด

$$S_{11} = -20 \log_{10} |\Gamma| \quad (2.6)$$

โดย S_{11} คือ ค่าการสูญเสียย้อนกลับ

Γ คือ สัมประสิทธิ์การสะท้อน

2.6 อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง หรือ Voltage Standing wave Ratio (VSWR)

พารามิเตอร์นี้จะเป็นค่าที่วัดปริมาณอัตราส่วนแรงดันสูงสุดและแรงดันต่ำสุดของรูปคลื่นนิ่งบนสายนำสัญญาณ โดยจะพิจารณาปริมาณที่โหลดผิดไปจากสภาวะแมทชิ่งมากน้อยเพียงใด และค่าน้อยที่สุดที่เป็นไปได้คือ 1 หากสายอากาศที่ได้ใช้งานสามารถวัดค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งมีค่าใกล้เคียง 1 มากหมายถึงการแมทชิ่งกันของสายอากาศและโหลดมากขึ้นตามไปด้วย ค่าของอัตราส่วนคลื่นนิ่งนั้นสามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 2.7

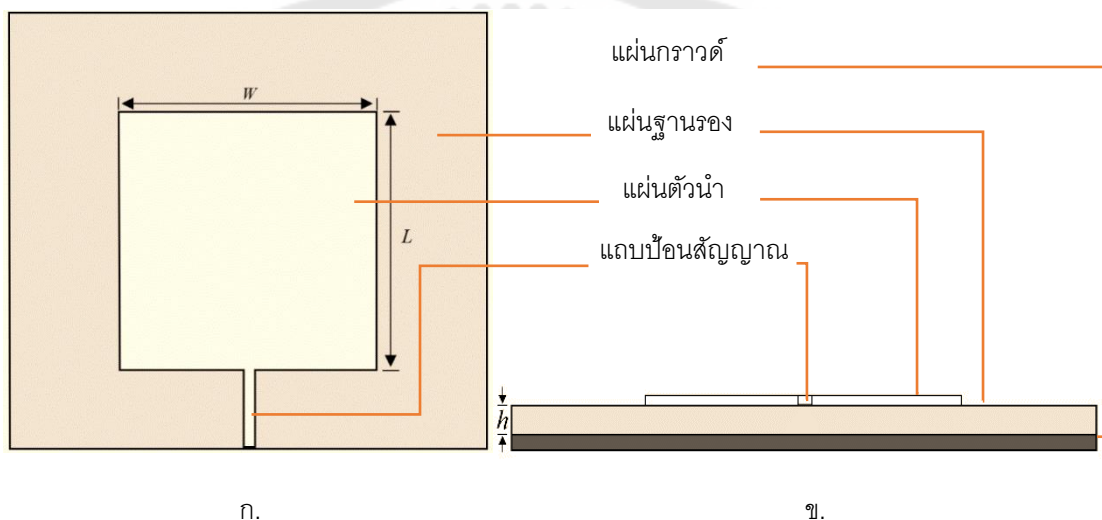
$$VSWR = \frac{Z_o}{R_L} \quad (2.7)$$

โดย Z_o คือ อิมพีแดนซ์ของสายส่ง หน่วย โอห์ม

R_L คือ ค่าความต้านทานของโหลด หน่วย โอห์ม

2.7 การออกแบบสายอากาศไมโครสตริป

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้สายอากาศไมโครสตริป เนื่องจากมีความเหมาะสมในการออกแบบและใช้งาน สามารถออกแบบเป็นรูปแบบต่าง ๆ ได้ อีกทั้งยังมีราคาที่ไม่สูงมาก โดยในการออกแบบสายอากาศไมโครสตริปมีโครงสร้างที่สำคัญด้วยกันสามส่วนคือ แผ่นตัวนำสายอากาศ ฐานรองวัสดุ และแผ่นกราวด์ โดยแผ่นของตัวนำสายอากาศกับแผ่นกราวด์จะใช้วัสดุที่เป็นโลหะเช่น ทองแดง ส่วนฐานรองวัสดุจะเป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางระหว่างแผ่นตัวนำสายอากาศและแผ่นกราวด์ ดังภาพประกอบที่ 5



ภาพประกอบ 5 โครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส ก.) มุมมองจากทางด้านบน (top view) ข.) มุมมองจากทางด้านล่าง (side view)

การออกแบบสายอากาศไมโครสตริปนั้นมีส่วนพื้นฐานในการออกแบบดังสมการที่ 2.8 - 2.12 การหาความกว้างของแผ่นตัวนำสายอากาศ

$$W = \frac{c}{2 \times f_r} \times \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \tag{2.8}$$

โดย W คือ ความกว้างของส่วนแผ่กระจายคลื่น (มิลลิเมตร)

c คือ ความเร็วแสง มีค่าเท่ากับ 3×10^8 เมตรต่อวินาที

f_r คือ ความถี่เริ่มต้น (เมกะเฮิรตซ์)

ϵ_r คือ ค่าสภาพยอมผ่านได้สัมพัทธ์ทางไฟฟ้าของสารตัวกลาง

การหาความยาวของแผ่นตัวนำสายอากาศ

ในการคำนวณหาความยาวของแผ่นตัวนำสายอากาศจะอาศัยสมการที่ 2.9

$$L = L_{eff} - 2 \times \Delta L \quad (2.9)$$

ซึ่งการหาค่า L_{eff} และ ΔL จะอาศัยสมการที่ 2.10 และ 2.11 ตามลำดับ

เมื่อ

$$L_{eff} (\text{efflength}) = \frac{c}{2 \times f_r \times \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (2.10)$$

$$\Delta L = 0.412 \times \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3)}{(\epsilon_{reff} - 0.258)} \times \frac{\left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{\left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \quad (2.11)$$

ซึ่งค่าของ ϵ_{reff} จะอาศัยสมการที่ 2.12

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \times \frac{h}{W}\right)^{-\left(\frac{1}{2}\right)} \quad (2.12)$$

โดย ϵ_{reff} คือ ค่าคงที่ประสิทธิภาพ

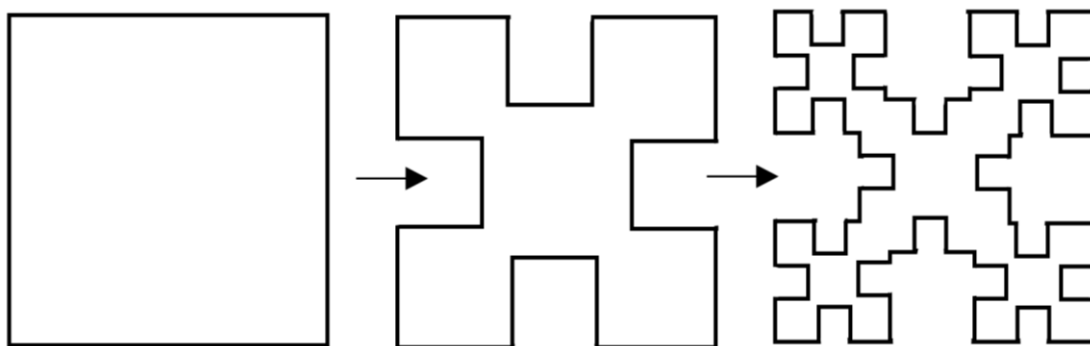
L_{eff} คือ ความยาวประสิทธิภาพ (มิลลิเมตร)

ΔL คือ ความยาวที่เปลี่ยนไปจากปรากฏการณ์ฟริงกิง (มิลลิเมตร)

h คือ ความหนาของตัวกลาง (มิลลิเมตร)

3. สายอากาศหลายย่านความถี่

ในงานวิจัยนี้จากที่กล่าวมาข้างต้นส่วนของที่มาและความสำคัญ จะเห็นได้ว่าการนำคลื่นไมโครเวฟเพื่อตรวจหาก้อนเนื้อในร่างกาย มีการใช้ความถี่ที่แตกต่างกัน และจากหัวข้อก่อนหน้านี้ สายอากาศไมโครสตริป ในการออกแบบจะสามารถออกแบบเพื่อใช้งานได้เพียงความถี่เดียว ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงได้ศึกษาเกี่ยวกับการทำสายอากาศให้สามารถทำงานได้หลายย่านความถี่ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาในการทำสายอากาศแบบรูปร่างเรขาคณิตแฟร็กทัล (Fractal geometry) เรขาคณิตแบบแฟร็กทัลสามารถนำมาใช้เป็นโครงสร้างของสายอากาศได้ และจากคุณสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปจะเห็นได้ว่ารูปร่างของสายอากาศนั้นมีความสัมพันธ์กับความถี่ และด้วยสมบัติของเรขาคณิตแบบแฟร็กทัลจะทำให้เกิดความถี่หลายย่านความถี่ได้ในโครงสร้างหนึ่งอัน จากคุณสมบัติข้อนี้ก่อให้เกิดประโยชน์ในการสร้างสายอากาศที่สามารถทำงานได้ในหลายย่านความถี่ รูปร่างเรขาคณิตแบบแฟร็กทัลในงานวิจัยนี้ ผู้จัดทำได้เลือกรูปแบบแฟร็กทัลแบบมินโคสกี (2) โดยมีรูปแบบเริ่มต้นเป็นลักษณะสี่เหลี่ยม และทำการเพิ่มรูปร่างสี่เหลี่ยมไปในโครงสร้างเดิมแบบวนซ้ำ ดังภาพประกอบที่ 6 และจากรูปแบบเริ่มต้นของโครงสร้างดังกล่าวมีความสอดคล้องกับการออกแบบสายอากาศไมโครสตริป ผู้จัดทำจึงได้นำโครงมินโคสกีมาใช้

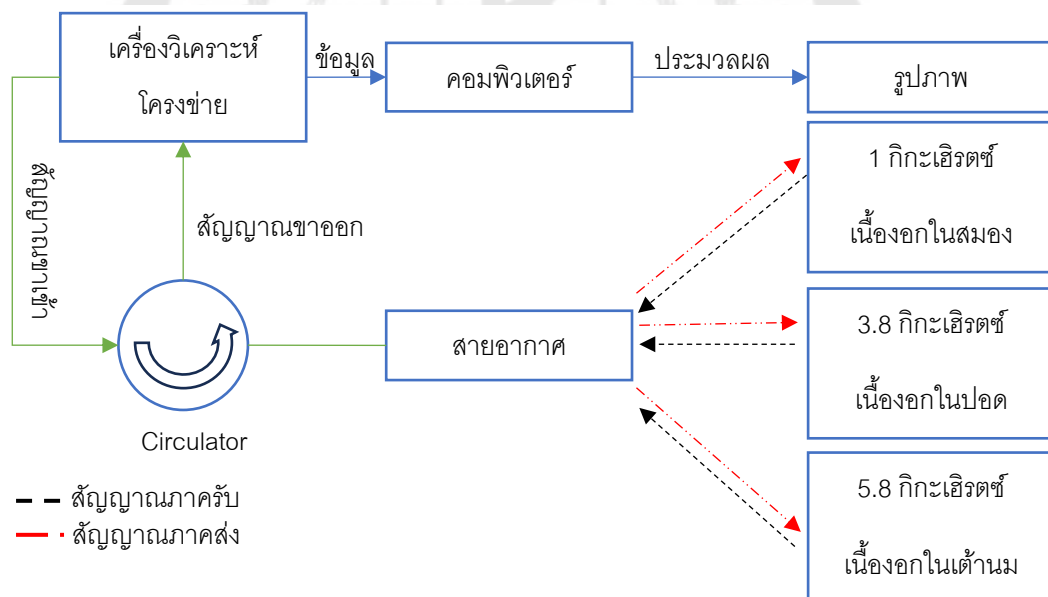


ภาพประกอบ 6 รูปแบบแฟร็กทัลของมินโคสกี

4. ระบบถ่ายภาพไมโครเวฟ

การถ่ายภาพด้วยคลื่นไมโครเวฟจะเริ่มต้นจากการสร้างสัญญาณไมโครเวฟ จากนั้นสัญญาณไมโครเวฟจะถูกส่งไปยังเป้าหมาย เมื่อสัญญาณไมโครเวฟไปถึงเป้าหมายและสะท้อนกลับมาจะถูกนำมาใช้วิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ได้ เช่น สภาพยอมผ่านสัมพัทธ์และสภาพนำไฟฟ้าของตัวกลาง โดยค่าทั้งสองนี้มีผลต่อวิธีการดูดซับ สะท้อน หลังจากนั้นคลื่นสะท้อนบางส่วนจะถูกรวบรวมโดยเครื่องรับและแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า สัญญาณเหล่านี้ประกอบไปด้วยข้อมูล

ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้รับ โดยจะมีทั้งเฟสและแอมพลิจูดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากนั้น ข้อมูลจะถูกนำไปประมวลผลในขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อผลลัพธ์ที่แม่นยำและเชื่อถือได้ของภาพ โดยภาพที่ได้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับเทคนิคที่ใช้ เช่น การสร้างภาพเอกซเรย์ใหม่ และวิธีการกระจายแบบผกผัน หลังจากได้ภาพแล้ว ภาพเหล่านั้นจะถูกวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ นักวิจัย หรือผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง โดยในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้สายอากาศที่ทำงานในย่านความถี่ 1 กิกะเฮิรตซ์ 3.8 กิกะเฮิรตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิรตซ์ โดยความถี่ 1 กิกะเฮิรตซ์ สำหรับการตรวจหาเนื้องอกในสมอง จาก (3) - (4) ความถี่ 1 กิกะเฮิรตซ์สามารถตรวจจับเนื้องอกได้ตั้งแต่ 15 ถึง 40 มม. ที่ความถี่ 3.8 กิกะเฮิรตซ์สามารถใช้ตรวจจับเนื้องอกในปอดได้ตั้งแต่ 5 ถึง 15 มม. (5) สูดทำยที่ความถี่ 5.8 กิกะเฮิรตซ์ใช้ในการตรวจหาเนื้องอกมะเร็งเต้านมตั้งแต่ 1 ถึง 5 มม. (6) - (7) ภาพประกอบที่ 7 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบการถ่ายภาพไมโครเวฟ จะเห็นได้ว่าสายอากาศที่ต้องการนั้นถูกใช้สำหรับการใช้งานต่าง ๆ ตามที่กล่าวไว้ข้างต้น



ภาพประกอบ 7 ขั้นตอนการตรวจจับก้อนเนื้อของระบบการถ่ายภาพไมโครเวฟ

5.วัสดุที่ใช้สำหรับปริญญานิพนธ์

วัสดุที่ใช้สำหรับเป็นแผ่นฐานรองสายอากาศ เพื่อให้มีความสามารถในการโค้งงอรับสรีระร่างกายได้นั้นจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีหลายวัสดุและมีเทคนิคในการสร้างที่แตกต่างกันออกไป ยกตัวอย่างเช่น การนำกระดาษภาพถ่ายมาใช้เป็นแผ่นฐานรองสายอากาศ (8) การใช้วัสดุยางธรรมชาติ (9) และการใช้วัสดุยางสังเคราะห์ (10) โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วัสดุชนิดยางสังเคราะห์ที่มีชื่อว่า วัสดุยางเอทิลีนโพรพิลีนไดอีน หรือ ยาง EPDM (Ethylene-Propylene Diene Rubber) โดยวัสดุดังกล่าวมีความน่าสนใจในเรื่องของความทนทานของวัสดุ สามารถต้านทานการแตกร้าว การฉีกขาด อีกทั้งยังมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนที่ดี สามารถรักษาคุณลักษณะทางไฟฟ้าที่เสถียร ทำให้เหมาะสำหรับการออกแบบสายอากาศต่าง ๆ และสุดท้ายคือ ยาง EPDM มีความยืดหยุ่นซึ่งเหมาะสมสำหรับการใช้เป็นแผ่นฐานรองของสายอากาศที่ต้องการคุณสมบัติในด้านของการโค้งงอได้

6.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการออกแบบสายอากาศหลายย่านความถี่สำหรับใช้ตรวจจับก้อนเนื้อโดย (11) ได้อธิบายขั้นตอนของการตรวจจับก้อนเนื้อด้วยวิธีถ่ายภาพด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไว้ดังนี้ เริ่มต้นด้วยการส่งสัญญาณไมโครเวฟจากแหล่งพลังงานหรือเครื่องส่งสัญญาณผ่านทางสายอากาศ สัญญาณที่ส่งไปจะสะท้อนหรือฉายผ่านก้อนเนื้อภายในร่างกาย จากนั้น สัญญาณที่สะท้อนหรือฉายออกมาจะถูกรวบรวมโดยระบบรับสัญญาณ และจะถูกนำเข้าสู่ระบบวิเคราะห์เพื่อสร้างภาพของก้อนเนื้อ (6) และ (12) ได้กล่าวถึงตำแหน่งในการวางสายอากาศเพื่อตรวจจับหาก้อนเนื้อโดยแต่ละตำแหน่งจะมีลำคลื่นของสายอากาศที่ถูกส่งออกไปเพื่อตรวจจับและระบุตำแหน่งของก้อนเนื้อ จากนั้น (13) และ (5) ได้กล่าวถึงการนำข้อมูลมาสร้างเป็นภาพโดยใช้การเปรียบเทียบค่าสัญญาณสะท้อนระหว่างเนื้อเยื่อปกติและเนื้อเยื่อผิดปกติ และเพื่อพิจารณาความสามารถในการตรวจจับเพื่อระบุตำแหน่งเนื้องอกโดยใช้สายอากาศแบบอาเรย์ ดังนั้นปริญญานิพนธ์นี้จะนำแนวคิดจากการทบทวนวรรณกรรมมาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบและสร้างสายอากาศที่สามารถทำงานได้หลายย่านความถี่สำหรับการตรวจจับก้อนเนื้อ

บทที่ 3

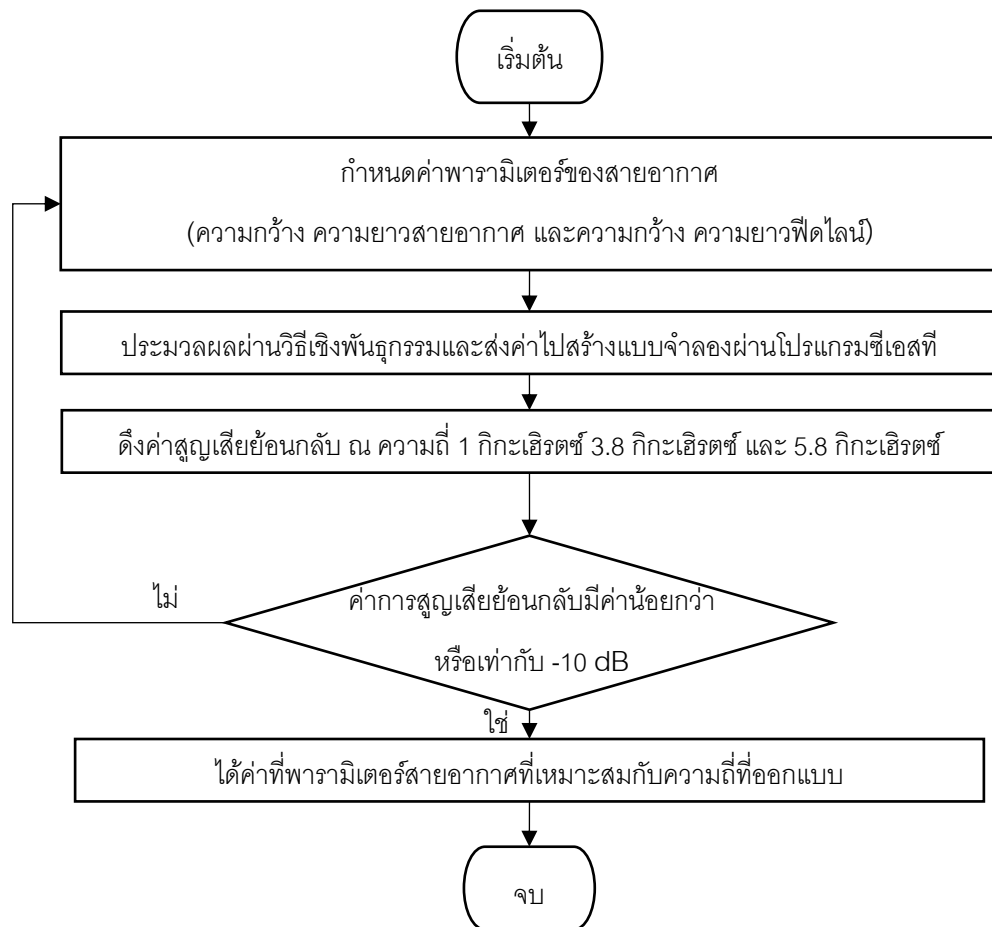
วิธีการดำเนินงาน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การใช้เครื่องมือวิธีเชิงพันธุกรรม ในโปรแกรมแมทแลปเพื่อค้นหาคำตอบของปัญหา
2. การใช้โปรแกรมซีเอสทีเพื่อจำลองแบบการสร้างสายอากาศที่ใช้ในการวิจัย
3. การออกแบบสายอากาศ

การใช้เครื่องมือวิธีเชิงพันธุกรรมในโปรแกรมแมทแลปเพื่อค้นหาคำตอบของปัญหา

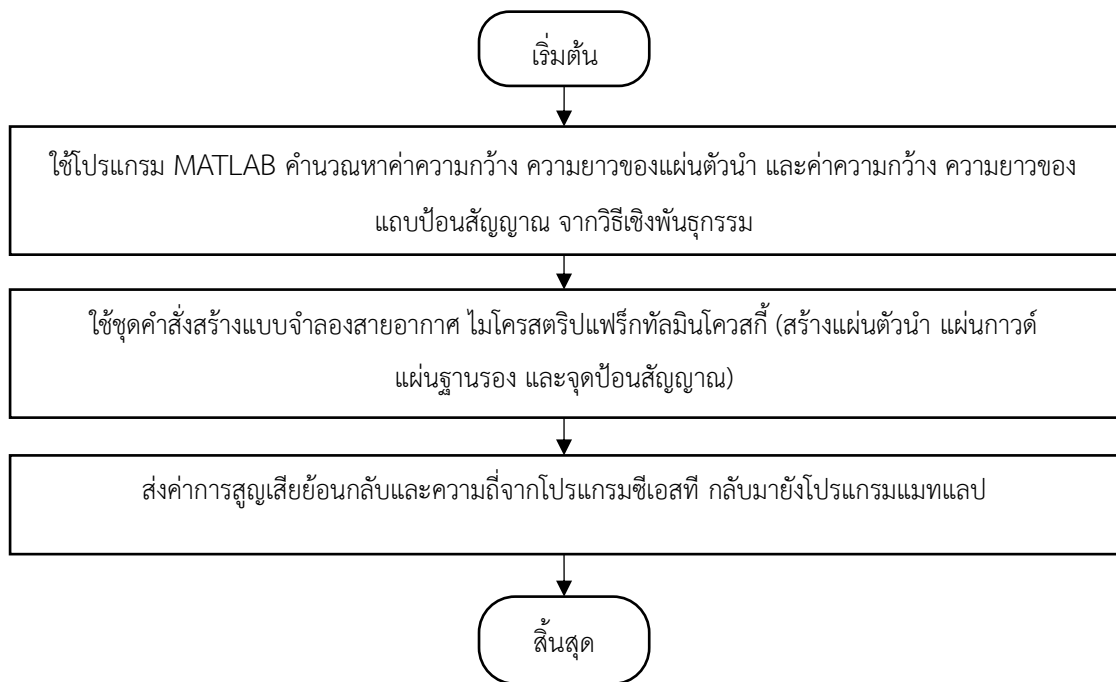
ในการหาค่าที่ดีที่สุดด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมจะมีพารามิเตอร์ที่สำคัญที่สุดในการหาคำตอบของปัญหาคือฟังก์ชันค่าความเหมาะสม (Fitness Function) การออกแบบฟังก์ชันความเหมาะสมในโครงงานนี้จะนำการเรียกใช้และควบคุม ซีเอสที ผ่านโปรแกรม แมทแลป มาเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบ จึงต้องทำการเขียนชุดคำสั่งเพื่อให้โปรแกรมซีเอสทีจำลองแบบสายอากาศและเพื่อส่งค่าความกว้าง ความยาว และค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ได้จากแบบจำลองกลับมาคำนวณในฟังก์ชันค่าความเหมาะสมภายในโปรแกรมแมทแลป เพื่อให้ได้ค่าการสูญเสียย้อนกลับ ณ ความถี่ที่ออกแบบตามที่ต้องการ โดยขั้นตอนการทำงานดังภาพประกอบที่ 8



ภาพประกอบ 8 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแมทแลปและซีเอสทีโดยมีฟังก์ชันความเหมาะสม

การใช้โปรแกรมซีเอสทีเพื่อจำลองแบบการสร้างสายอากาศที่ใช้ในงานวิจัย

ขั้นตอนการเรียกใช้และควบคุมซีเอสทีจากไฟล์ของแมทแลปในการทำงานวิจัยนี้จะใช้วิธีเชิงพันธุกรรมในการออกแบบร่วมด้วยจึงต้องทำสร้างแบบจำลองในโปรแกรมซีเอสทีเพื่อนำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ กลับมาคำนวณยังฟังก์ชันค่าความเหมาะสม ดังนั้นเพื่อความเป็นระบบในการทำงานวิจัยผู้จัดทำจึงได้ศึกษาวิธีการเรียกใช้และควบคุมซีเอสทีจาก ไฟล์ของแมทแลป เพื่อเป็นการลดระยะเวลาในการดำเนินงานในงานวิจัย โดยขั้นตอนการทำงานดังภาพประกอบที่ 9



ภาพประกอบ 9 Flow chart แสดงโปรแกรมแมทแลป เข้าร่วมโปรแกรมซีเอสที

การออกแบบสายอากาศ

การออกแบบสายอากาศไมโครสตริปในงานวิจัยนี้จะเริ่มต้นด้วยการใช้สมการที่ 3.1 ที่เป็นสมการการออกแบบพื้นฐานเพื่อเป็นขอบเขตเริ่มต้นของวิธีเชิงพันธุกรรม โดยใช้วัสดุฐานรองเป็นแผ่นยางที่มีค่าสภาพยอมผ่านสัมพัทธ์ทางไฟฟ้าของสารตัวกลางเท่ากับ 3 และความหนาเท่ากับ 1.6 มิลลิเมตร มีการคำนวณดังนี้

1. การหาความกว้างของแผ่นตัวนำ

ในการหาความกว้างของแผ่นตัวนำใช้สมการที่ (3.1) ดังนี้

$$W = \frac{c}{2 \times f_r} \times \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (3.1)$$

เมื่อ c คือ ความเร็วแสง 3×10^8 เมตรต่อวินาที

f_r คือ ความถี่เริ่มต้น

ϵ_r คือ ค่าสภาพยอมผ่านได้สัมพัทธ์ทางไฟฟ้าของสายตัวกลาง

ทำการแทนค่าลงใน (3.1) เมื่อกำหนดให้ความถี่เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 1 กิกะเฮิรตซ์ โดยใช้วัสดุฐานรองเป็นวัสดุยาง จะกำหนดค่าสภาพยอมผ่านได้สัมพัทธ์เท่ากับ 3 และ กำหนดค่าความสูงเท่ากับ 1.6 มิลลิเมตร หลังจากแทนค่าจะได้ค่าความกว้างของสายอากาศเป็นดังสมการที่ (3.2)

$$W = \frac{c}{2 \times 1 \times 10^9} \times \sqrt{\frac{2}{3+1}} \quad (3.2)$$

$$W = 106.066 \text{ mm} \quad (3.3)$$

2. การหาความยาวของแผ่นตัวนำ

ในการคำนวณความยาวของแผ่นตัวนำสายอากาศ หลังจากได้ความกว้างมาจาก (3.3) แล้ว จะสามารถหาความยาวของแผ่นตัวนำสืบต่อไปได้ดังนี้

$$L = L_{eff} - 2 \times \Delta L \quad (3.4)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \times \frac{h}{W} \right)^{-\left(\frac{1}{2}\right)} \quad (3.5)$$

เมื่อ ϵ_{reff} คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่มีประสิทธิภาพ

h คือ ค่าความหนาของพื้นผิวไดอิเล็กทริก

ทำการแทนค่าความกว้างจากสมการที่ (3.3) ลงในสมการ (3.5) จะได้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่มีประสิทธิภาพดังสมการที่ (3.7)

$$\epsilon_{reff} = \frac{3+1}{2} + \frac{3-1}{2} \left(1 + 12 \times \frac{1.6 \times 10^{-3}}{106.066 \times 10^{-3}} \right)^{-\left(\frac{1}{2}\right)} \quad (3.6)$$

$$\epsilon_{reff} = 2.9202 \quad (3.7)$$

จากนั้นนำค่าจาก (3.7) แทนลงในสมการ (3.8)

$$L_{eff} (efflength) = \frac{c}{2 \times f_r \times \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (3.8)$$

$$L_{eff} (efflength) = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 1 \times 10^9 \times \sqrt{2.9202}} \quad (3.9)$$

$$L_{eff} (efflength) = 0.0878 \quad (3.10)$$

ทำการหาความต่างของความยาวดังสมการ (3.11) เมื่อ ΔL คือ ความต่างของความยาว

$$\Delta L = 0.412 \times \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3)}{(\epsilon_{reff} - 0.258)} \times \frac{\left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{\left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \quad (3.11)$$

$$\Delta L = 0.412 \times \frac{(2.9202 + 0.3)}{(2.9202 - 0.258)} \times \frac{\left(\frac{106.066}{1.6 \times 10^{-3}} + 0.264\right)}{\left(\frac{106.066}{1.6 \times 10^{-3}} + 0.8\right)} \quad (3.12)$$

$$\Delta L = 7.8787 \times 10^{-4} \quad (3.13)$$

ทำการแทนค่า $L_{eff} (efflength)$ และ ΔL ลงในสมการที่ (3.4) จะได้

$$L = L_{eff} - 2 \times \Delta L \quad (3.14)$$

$$L = 0.0878 - 2 \times 7.8787 \times 10^{-4} \quad (3.15)$$

$$L = 86.2025 \text{ mm} \quad (3.16)$$

จากที่กล่าวไปข้างต้นในงานวิจัยนี้ได้มีการนำวิธีเชิงพันธุกรรมมาใช้ออกแบบสายอากาศ
 ดังนั้นเพื่อพิสูจน์ว่าวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ได้ ผู้จัดทำจึงได้ทำการ
 ออกแบบสายอากาศด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมโดยมีค่าความถี่เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 1 กิกะเฮิรตซ์ และ
 กำหนดค่าสภาวะยอมผ่านได้สัมพัทธ์เท่ากับ 3 กำหนดค่าความสูงเท่ากับ 1.6 มิลลิเมตรได้ผลดัง
 ตารางที่ 1

ตาราง 1 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สายอากาศ

พารามิเตอร์สายอากาศ	สมการออกแบบพื้นฐาน	วิธีเชิงพันธุกรรม
ความกว้าง(มิลลิเมตร)	106.0660	94.5860
ความยาว(มิลลิเมตร)	86.2025	83.2320

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่าพารามิเตอร์สายอากาศที่ได้จากการออกแบบที่ความถี่ 1 กิกะเฮิรตซ์
 ระหว่างสมการออกแบบพื้นฐานและวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะนำ
 วิธีเชิงพันธุกรรมไปใช้หาค่าพารามิเตอร์ของรูปร่างแฟล็กทัลมินิโควสกีเพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับ
 ความถี่ 3.8 กิกะเฮิรตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิรตซ์ ต่อไป

บทที่ 4

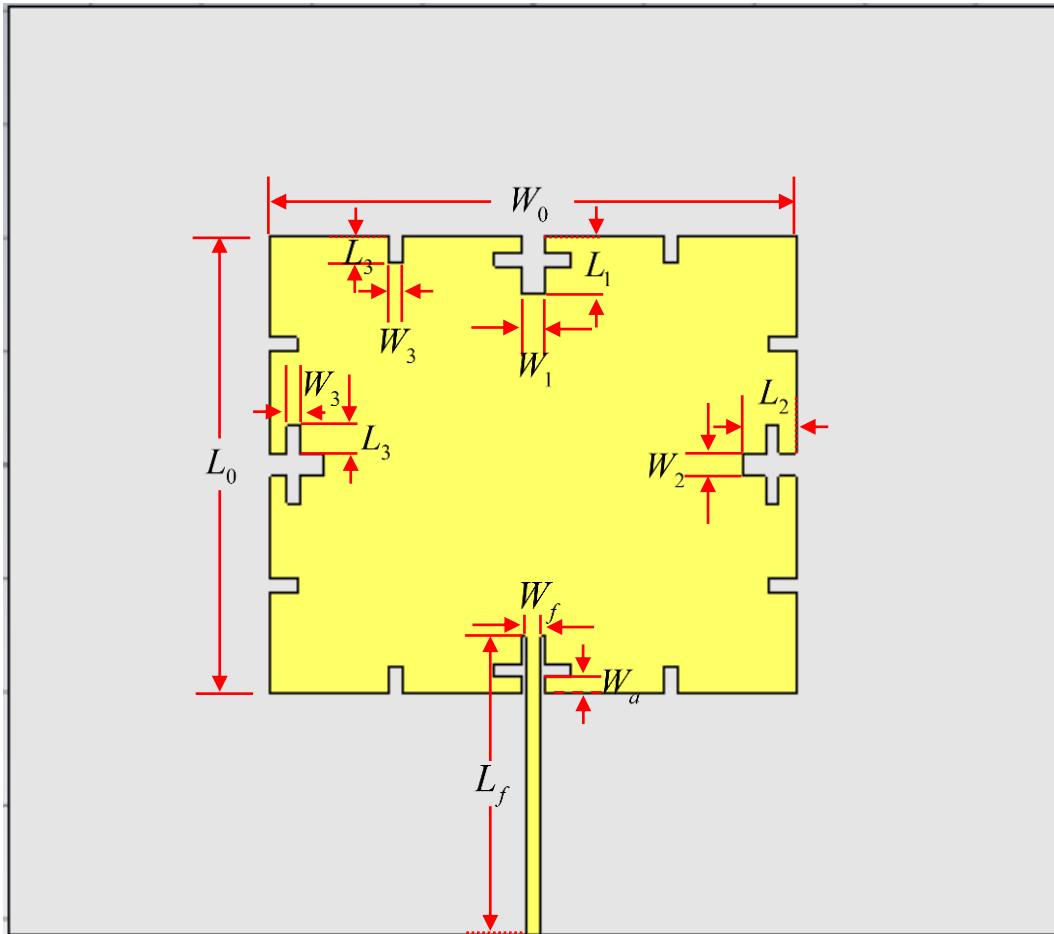
ผลการศึกษา

การวิจัยเพื่อให้ได้ผลเฉลยสำหรับปัญหาการออกแบบสายอากาศที่สามารถทำงานได้หลายย่านความถี่ที่โค้งงอได้ เพื่อตรวจจذبก้อนเนื้อ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยการศึกษาตามขอบข่ายและขั้นตอนต่างๆ จนกระทั่งประเมินประสิทธิภาพของสายอากาศที่สร้างขึ้นและให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ ได้ดังนี้

- 1 ผลลัพธ์ของการหาค่าที่ดีที่สุดด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม
- 2 ผลลัพธ์ของค่าการสูญเสียย้อนกลับจากการจำลองการสร้างสายอากาศด้วยโปรแกรมซีเอสที่เปรียบเทียบกับสายอากาศที่สร้างจริง
- 3 ผลลัพธ์ค่าคุณลักษณะสายอากาศที่สภาวะต่าง ๆ
- 4 ผลลัพธ์การแผ่พลังงานของสายอากาศในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

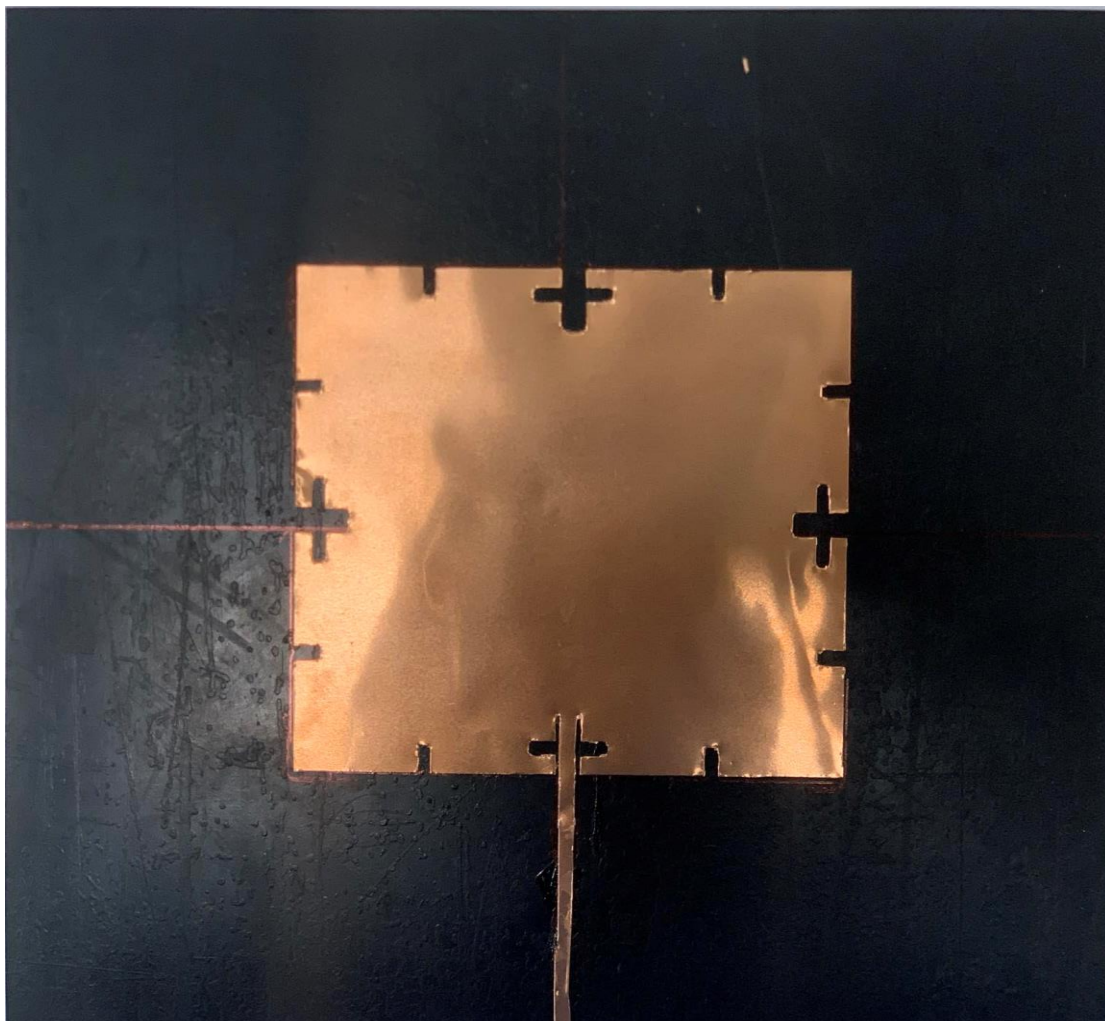
ผลลัพธ์ของการหาค่าที่ดีที่สุดด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

จากบทที่ 2 หัวข้อสายอากาศหลายย่านความถี่ภาพประกอบที่ 6 รูปแบบแฟล็กทาลมินโควสกี ผู้จัดทำได้นำค่าความกว้างยาวของสายอากาศที่ความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ จากการคำนวณในบทที่ 3 ตารางที่ 1 มาเป็นขอบเขตบน-ขอบเขตล่างสำหรับรูปสายอากาศในการวนซ้ำครั้งที่ 0 เพื่อเป็นแนวทางสำหรับค้นหาความถี่ 3.8 และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ ในการวนซ้ำครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยได้ทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของวิธีเชิงพันธุกรรมไว้ดังนี้ ขนาดประชากรเริ่มต้น (PopulationSize) 25 จำนวนการวนซ้ำ (MaxGeneration) 30 เพื่อพิจารณาแนวโน้มของผลเฉลย จากนั้นทำการเพิ่มขนาดประชากรเริ่มต้นครั้งละ 25 จนได้ค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศที่เหมาะสมทางด้านระยะเวลาในการประมวลผลและความถูกต้องของผลเฉลย โดยค่าพารามิเตอร์ของรูปร่างแฟล็กทาลมินโควสกีในการวนซ้ำครั้งที่ 2 ที่จะทำให้เกิดความถี่ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ นั้นจะทำการกำหนดขอบเขตของขนาดไว้ไม่ให้เกินค่าขนาดของการวนซ้ำครั้งที่ 1 เพื่อป้องกันการซ้อนทับกันของค่าพารามิเตอร์ และการวนซ้ำครั้งที่ 2 ที่จะมีขนาดเล็กที่สุดสำหรับความถี่ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ จะทำการกำหนดขอบเขตของค่าพารามิเตอร์เพื่อไม่ให้เกิดการซ้อนทับกับการวนซ้ำครั้งที่ 2 และคำนึงถึงขนาดในการสร้างชิ้นงานจริงว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ โดยตำแหน่งในการเจาะร่องของสายอากาศในการวนซ้ำครั้งที่ 1 และ 2 นั้นเพื่อลดการประมวลผลของวิธีเชิงพันธุกรรม ทางผู้จัดทำได้ระบุตำแหน่งที่เจาะร่องออกไว้เพื่อพิจารณาแนวโน้มในการหาค่าตอบของผลเฉลยด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม และค่าที่ได้แสดงดังตารางที่ 3



ตาราง 3 ค่าพารามิเตอร์สายอากาศที่ได้จากวิธีเชิงพันธุกรรม

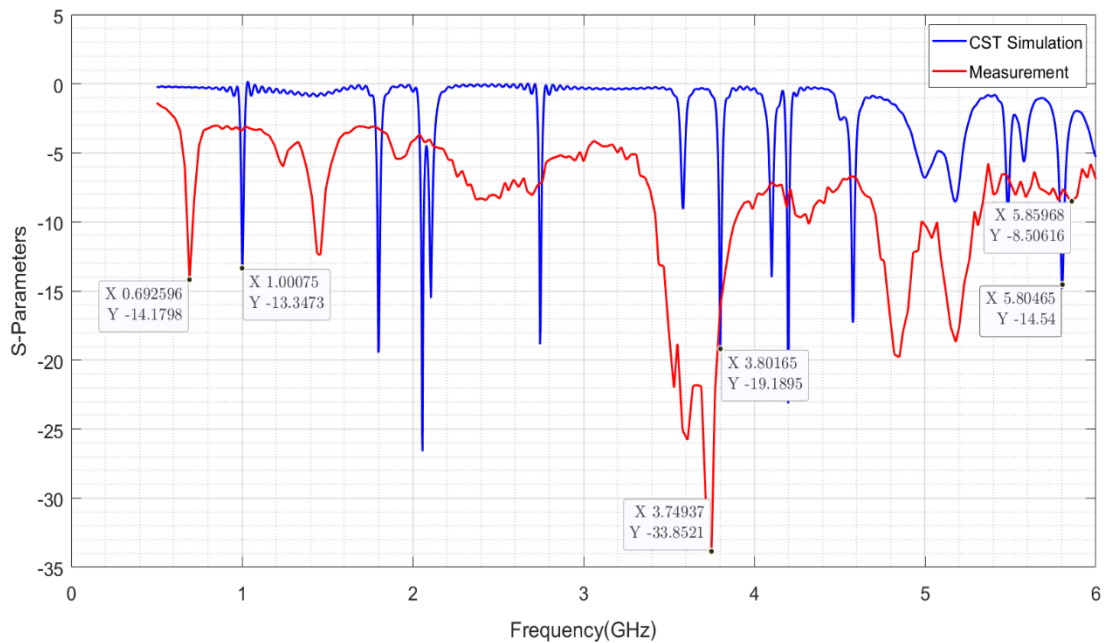
พารามิเตอร์สายอากาศ	ขนาด(mm)
ความกว้างสายอากาศวนซ้ำครั้งที่ 0 (W_0)	94.93
ความยาวสายอากาศวนซ้ำครั้งที่ 0 (L_0)	80.70
ความกว้างสายอากาศวนซ้ำครั้งที่ 1 (W_1)	4.27
ความยาวสายอากาศวนซ้ำครั้งที่ 1 (L_1)	10.13
ความกว้างสายอากาศวนซ้ำครั้งที่ 1 (W_2)	4.02
ความยาวสายอากาศวนซ้ำครั้งที่ 1 (L_2)	9.39
ความกว้างสายอากาศวนซ้ำครั้งที่ 2 (W_3)	2.35
ความยาวสายอากาศวนซ้ำครั้งที่ 2 (L_3)	4.83
ความกว้างฟีดไลน์ (W_f)	2.84
ความยาวฟีดไลน์ (L_f)	52.42
ขนาดเนื้อ (W_a)	3.00



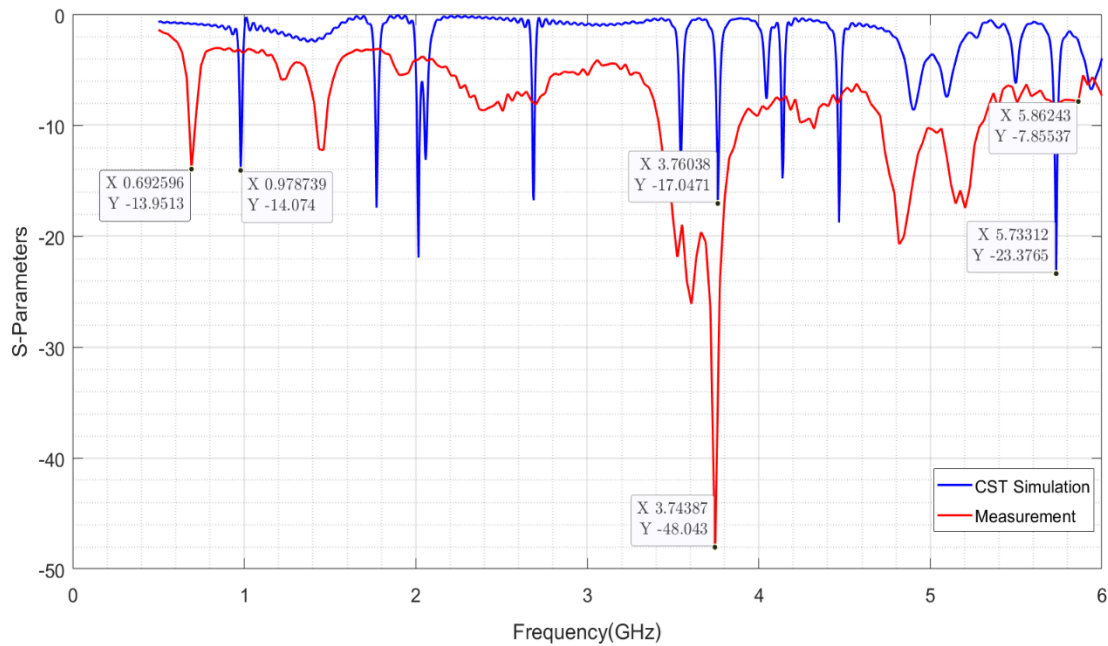
ภาพประกอบ 10 ภาพสายอากาศที่สร้างจริง

หลังจากได้ค่าพารามิเตอร์ความกว้าง ความยาวจากวิธีเชิงพันธุกรรมแล้ว ทางผู้จัดทำได้ดำเนินการสร้างสายอากาศด้วยวิธีการตัดแผ่นทองแดงตามขนาด โดยใช้วิธีลอกลายลงบนแผ่นทองแดงหลังจากนั้นจึงนำกรรไกรและคัตเตอร์ทำการตัดตามลายที่ได้เป็นแบบไว้ และทำการทากาวบางเพื่อติดแผ่นทองแดงเข้ากับแผ่นฐานรองสายอากาศที่เป็นวัสดุยาง โดยการทากาวนี้จะต้องใช้ปริมาณของกาวที่น้อยและบางที่สุดเพื่อให้เกิดผลกระทบน้อยที่สุดจนสามารถละทิ้งได้ ซึ่งหลังจากได้ชิ้นงานที่เป็นต้นแบบดังภาพประกอบที่ 10 แล้วจึงทำการทดลองวัดค่าการสูญเสียย้อนกลับ และวิเคราะห์ผลต่อไป

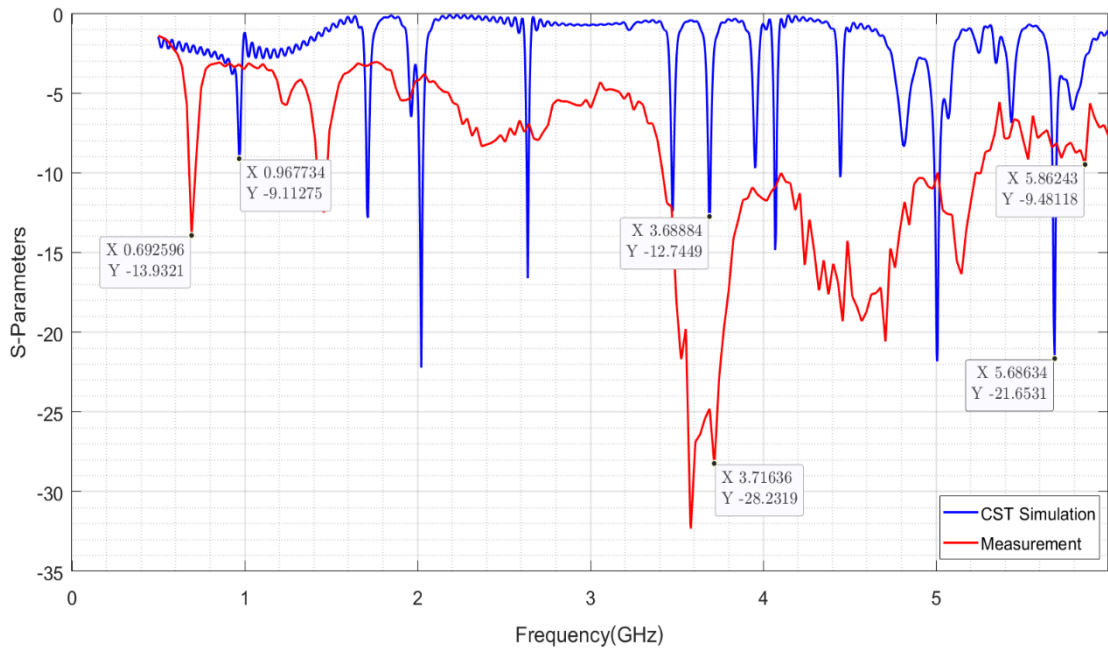
ผลลัพธ์ของค่าการสูญเสียย้อนกลับจากการจำลองการสร้างสายอากาศด้วยโปรแกรมซีเอสทีเปรียบเทียบกับสายอากาศที่สร้างจริง



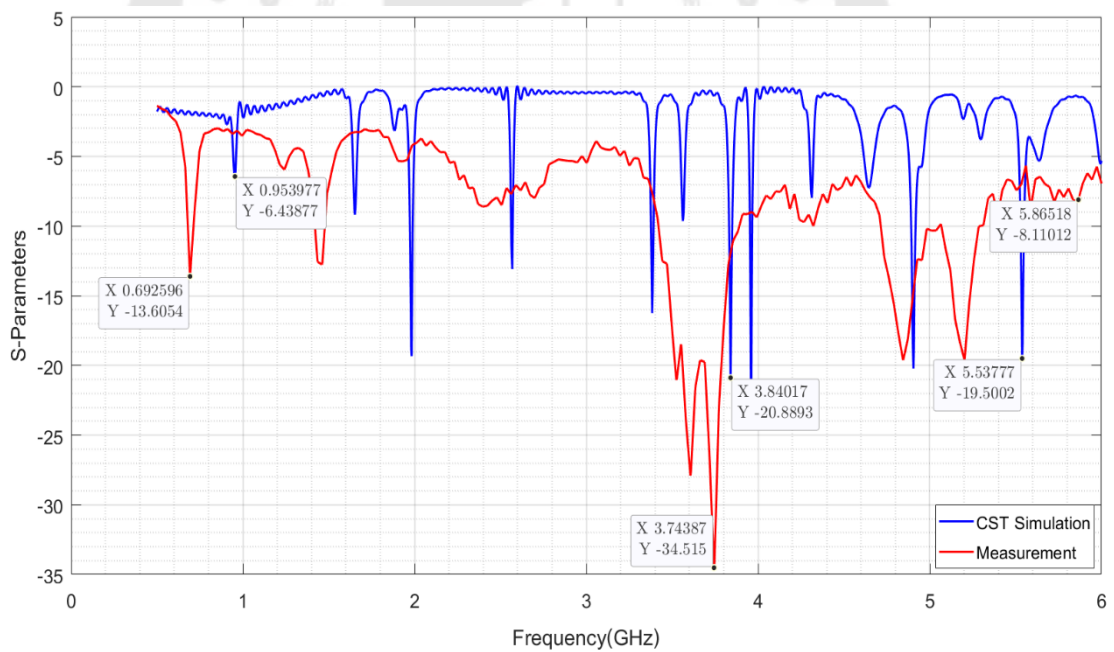
ภาพประกอบ 11 ผลค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศถูกงอที่ 0 องศา



ภาพประกอบ 12 ผลค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศถูกงอที่ 1 องศา



ภาพประกอบ 13 ผลค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศวงที่ 3 องศา



ภาพประกอบ 14 ผลค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศวงที่ 5 องศา

ตาราง 4 ค่าการสูญเสียย้อนกลับที่องค์การอง 0-5 องศา

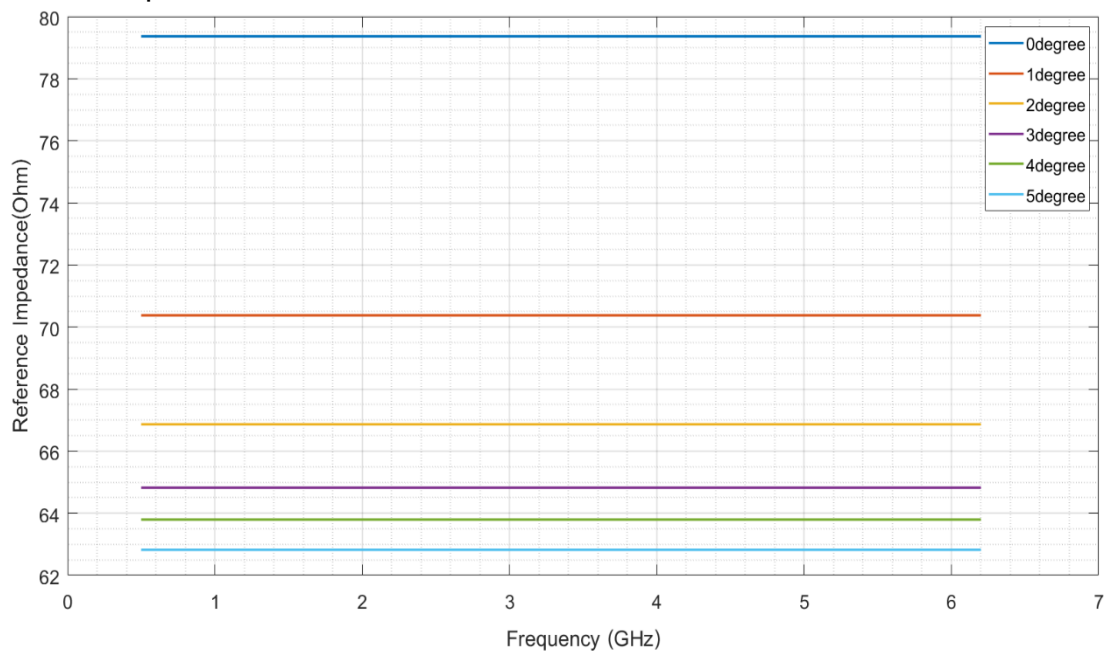
องค์การอง		ค่าการสูญเสียย้อนกลับความถี่ออกแบบ (dB)		
0 องศา	ผลจำลอง	1 GHz	3.8 GHz	5.8 GHz
		-13.3473	-19.1895	-14.54
	ผลจริง	0.6925 GHz	3.75 GHz	5.86 GHz
		-14.1798	-33.8521	-8.5061
ความคลาดเคลื่อนความถี่ (ร้อยละ)		30.7500	1.3157	1.0344
1 องศา	ผลจำลอง	0.9787 GHz	3.7603 GHz	5.7331 GHz
		-14.0740	-17.0471	-23.3765
	ผลจริง	0.6925 GHz	3.7438 GHz	5.8624 GHz
		-13.9513	-48.0430	-7.8553
ความคลาดเคลื่อนความถี่ (ร้อยละ)		29.2428	0.4387	2.2553
3 องศา	ผลจำลอง	0.9677 GHz	3.6888 GHz	5.6863 GHz
		-9.1386	-12.7737	-21.8770
	ผลจริง	0.6925 GHz	3.7175 GHz	5.8624 GHz
		-13.9321	-28.2319	-9.4811
ความคลาดเคลื่อนความถี่ (ร้อยละ)		28.4385	0.6967	3.0969
5 องศา	ผลจำลอง	0.9539 GHz	3.8401 GHz	5.5377 GHz
		-6.4387	-20.8893	-19.5002
	ผลจริง	0.6925 GHz	3.7438 GHz	5.8618 GHz
		-13.6054	-34.5150	-8.1101
ความคลาดเคลื่อนความถี่ (ร้อยละ)		27.3804	2.5077	5.8526

จากภาพประกอบที่ 11 ค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ความถี่ใช้งานระหว่างแบบจำลองเปรียบเทียบกับชิ้นงานจริงจะเห็นได้ว่าจากผลการจำลองค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศนั้นลดลงที่ความถี่ออกแบบ และความถี่ออกแบบที่มีความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือความถี่ 1 กิกะเฮิรตซ์ จากผลการวัดของชิ้นงานจริงพบว่าความถี่ที่ใช้งานได้จะมีค่า 0.7 กิกะเฮิรตซ์ โดยสาเหตุที่เกิดการคลาดเคลื่อนของความถี่ดังกล่าวมาจากความคลาดเคลื่อนในการตัดแผ่นทองแดงในส่วนของการวนซ้ำครั้งที่ 1 และ 2 ออกซึ่งทั้งหมดจะส่งผลทำให้ขนาดของแผ่นทองแดงไม่เป็นไปตามแบบจำลอง และจากผลลัพธ์ของค่าการสูญเสียย้อนกลับจะเห็นความสัมพันธ์ของขนาดและความถี่ โดยความถี่ต่ำสุดที่ออกแบบจะสัมพันธ์กับขนาดทั้งหมดของแผ่นทองแดง กล่าวคือ

ขนาดโดยรวมของแผ่นทองแดงทั้งหมดจะทำให้เกิดความถี่ที่ต่ำที่สุดที่ออกแบบ ต่อมาที่ความถี่กลางที่ออกแบบ (3.8 กิกะเฮิรตซ์) จะสัมพันธ์กับขนาดของการวนซ้ำครั้งที่ 1 และสุดท้ายความถี่สูง (5.8 กิกะเฮิรตซ์) จะสัมพันธ์กับขนาดของการวนซ้ำครั้งที่ 2 โดยสรุปหากต้องการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่ออกแบบจะต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ของขนาดดังกล่าว และจากผลการทดลองจริงที่ความถี่ 5.8 กิกะเฮิรตซ์ จะเห็นได้ว่าค่าการสูญเสียย้อนกลับมีค่าที่มากกว่า -10 เดซิเบล จากที่กล่าวไปข้างต้นในการทำชิ้นงานจริงที่ความถี่สูงสุดของสายอากาศจะสอดคล้องกับขนาดที่เล็กสุดของการตัดแผ่นทองแดง ดังนั้นความผิดพลาดที่ได้จากการตัดแผ่นทองแดงจะส่งผลต่อขนาดดังกล่าว และส่งผลให้ค่าการสูญเสียย้อนกลับมีค่าที่มากกว่า -10 เดซิเบล และจากภาพประกอบที่ 11 – 14 พบว่าความถี่ที่ออกแบบจะมีการคลาดเคลื่อนเนื่องจากค่าความกว้างความยาวของสายอากาศได้เปลี่ยนแปลงไปจากการโค้งงอของสายอากาศจะส่งผลให้คุณลักษณะของสายอากาศเปลี่ยนแปลงไป จากเดิมที่เคยเกิดการแมทซ์กับแถบป้อนสัญญาณเดิม ก็จะมีการไม่แมทซ์

จากที่กล่าวไปตอนต้นของที่มาและความสำคัญการนำสายอากาศไปประยุกต์ใช้กับการตรวจหาก่อนเนื้อ ผู้จัดทำได้เลือกวัสดุที่มีความยืดหยุ่น โค้งงอได้ และมีความทนทาน จึงได้เลือกใช้วัสดุฐานรองของสายอากาศเป็นแผ่นยาง เพื่อให้สายอากาศที่จะทำไปใช้งานนั้นสามารถรองรับการงอของสรีระร่างกายเช่น ศรีษะ ช่ วงลำตัว และเต้านม ดังนั้นตารางที่ 4 จะแสดงค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ความถี่ออกแบบตั้งแต่การงอสายอากาศที่ 0 – 5 องศา เพื่อแสดงแนวโน้มของค่าการสูญเสียย้อนกลับว่าในการงอองศาต่าง ๆ ส่งผลต่อค่าดังกล่าวอย่างไร

ผลลัพธ์ค่าคุณลักษณะสายอากาศที่สภาวะต่าง ๆ



ภาพประกอบ 15 คุณลักษณะของสายอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปจากการงอในแต่ละองศา

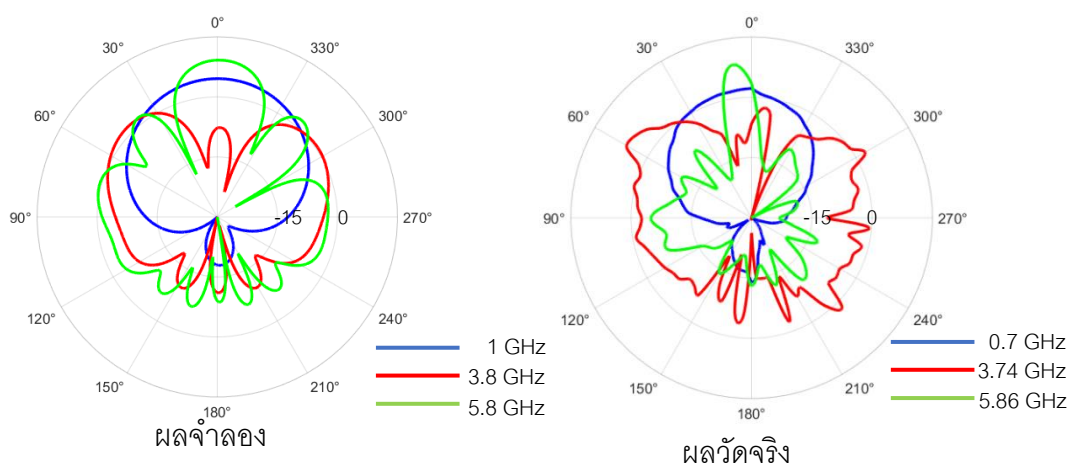
ตาราง 5 แสดงค่าคุณลักษณะของสายอากาศที่ความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์

องศาการงอ	ความถี่ที่ออกแบบ (กิกะเฮิร์ตซ์)		
	1	3.8	5.8
0	79.3647 โอห์ม		
1	70.3763 โอห์ม		
2	66.8635 โอห์ม		
3	64.8229 โอห์ม		
4	63.7945 โอห์ม		
5	62.8218 โอห์ม		

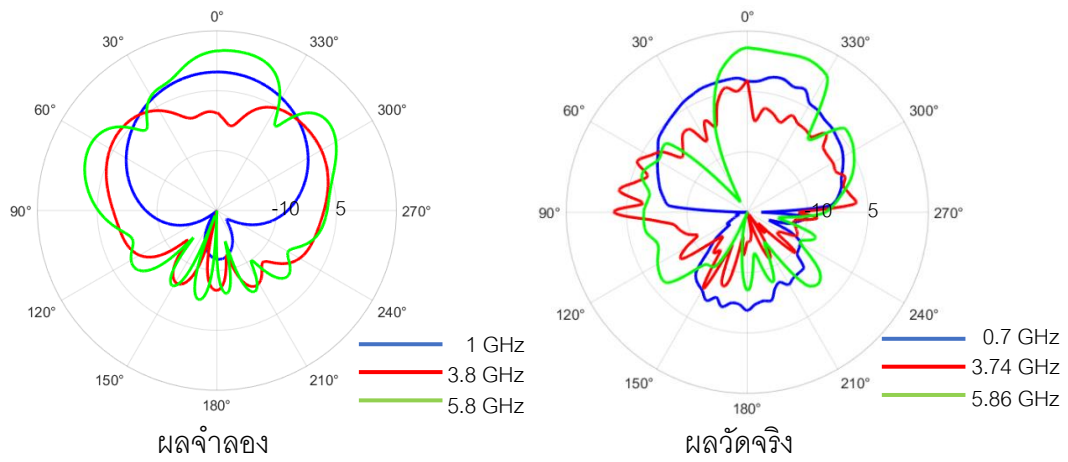
จากภาพประกอบที่ 15 แสดงคุณลักษณะของสายอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปจากการงอสายอากาศ จะเห็นได้ว่าการงอสายอากาศในแต่ละองศานั้นจะทำให้คุณลักษณะของสายอากาศเปลี่ยนแปลงไป โดยจากเดิมสายอากาศมีค่าคุณลักษณะอยู่ที่ 79.3647 โอห์ม หลังจากนั้นทำการงอ

สายอากาศที่ 1 ของเราพบว่ามีค่าคุณลักษณะลดลงอยู่ที่ 70.3763 โอห์ม และจะลดลงทุกครั้งที่มีการขของสายอากาศที่มากขึ้น จากตารางที่ 4 จะเป็นค่าคุณลักษณะของสายอากาศที่ได้มาจากโปรแกรมซีเอสที จะเห็นได้ว่าค่าคุณลักษณะของสายอากาศที่ออกแบบต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไปอย่างเห็นได้ชัด อันเนื่องมาจากความกว้างความยาวของสายอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปจากการโค้งงอสายอากาศ

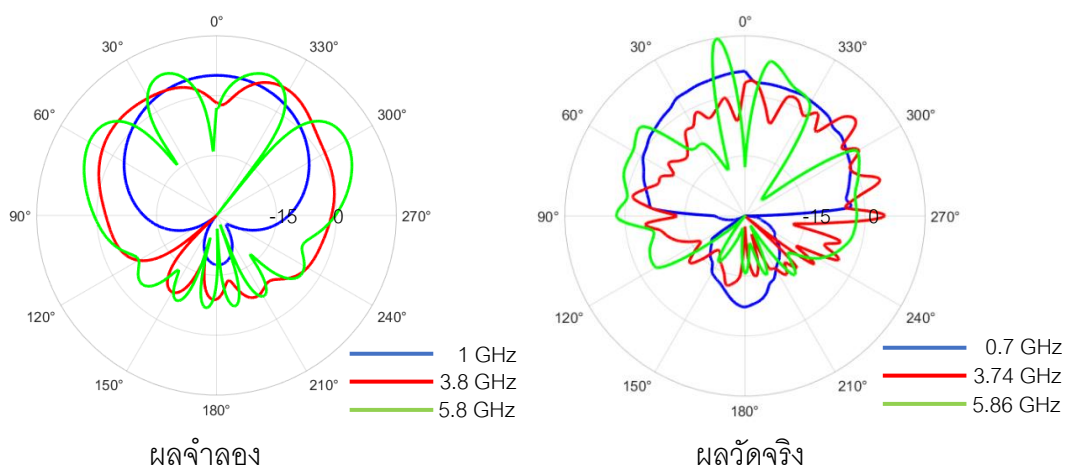
ผลลัพธ์การแผ่พลังงานของสายอากาศในสนามไฟฟ้า



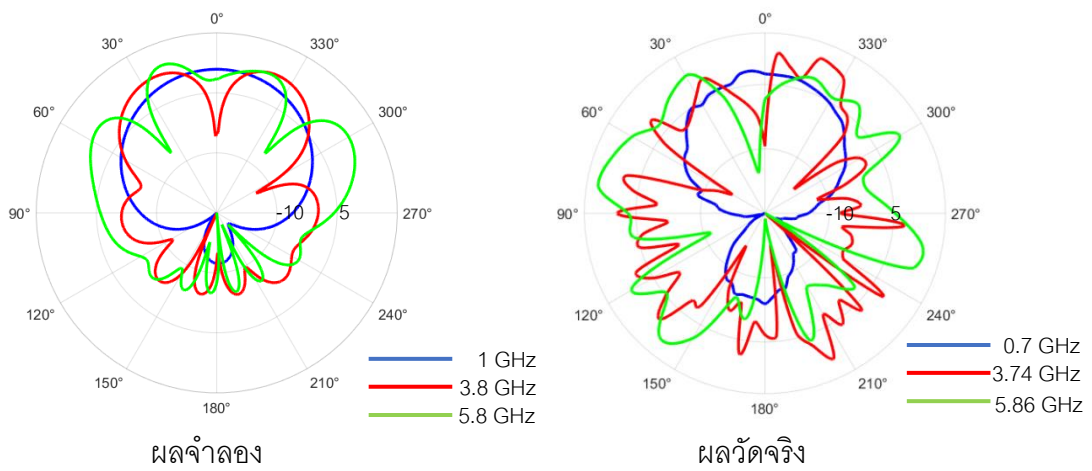
ภาพประกอบ 16 รูปแบบการแผ่พลังงานสายอากาศความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ การงอ 0 องศา



ภาพประกอบ 17 รูปแบบการแผ่พลังงานสายอากาศความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ การวง 1 องศา

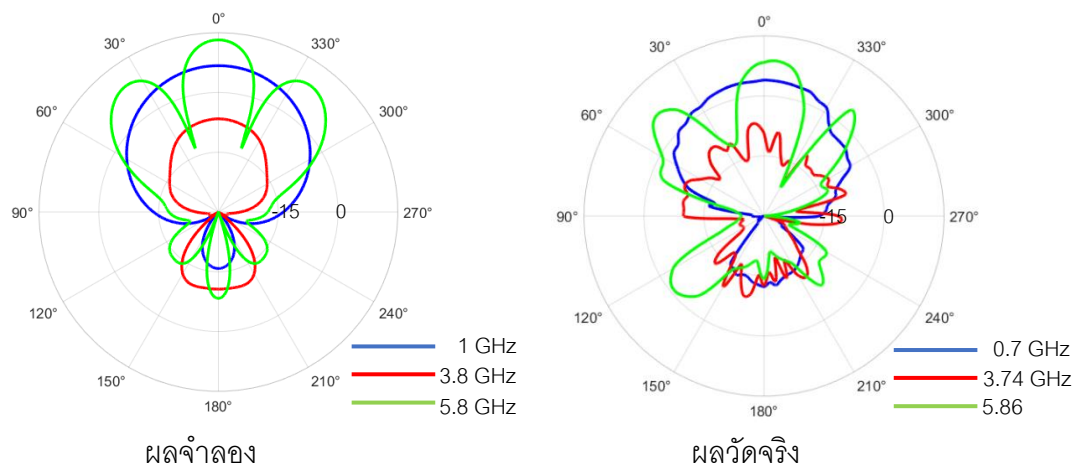


ภาพประกอบ 18 รูปแบบการแผ่พลังงานสายอากาศความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ การวง 3 องศา

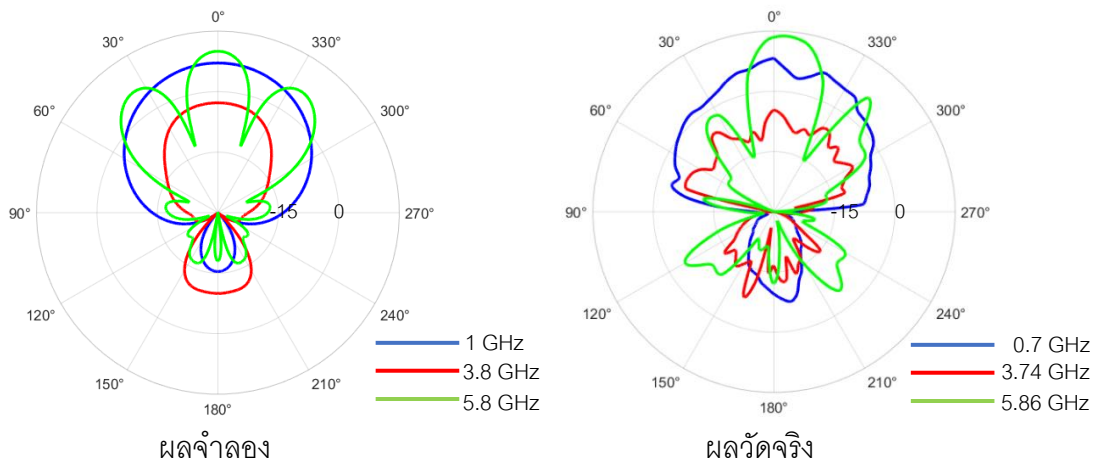


ภาพประกอบ 19 รูปแบบการแผ่พลังงานสายอากาศความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ การวาง 5 องศา

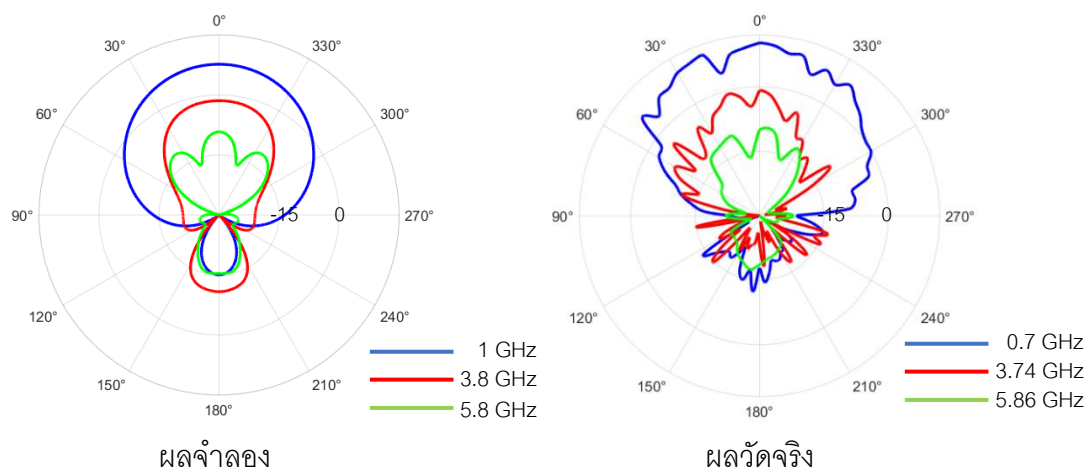
ผลลัพธ์การแผ่พลังงานของสายอากาศในสนามแม่เหล็ก



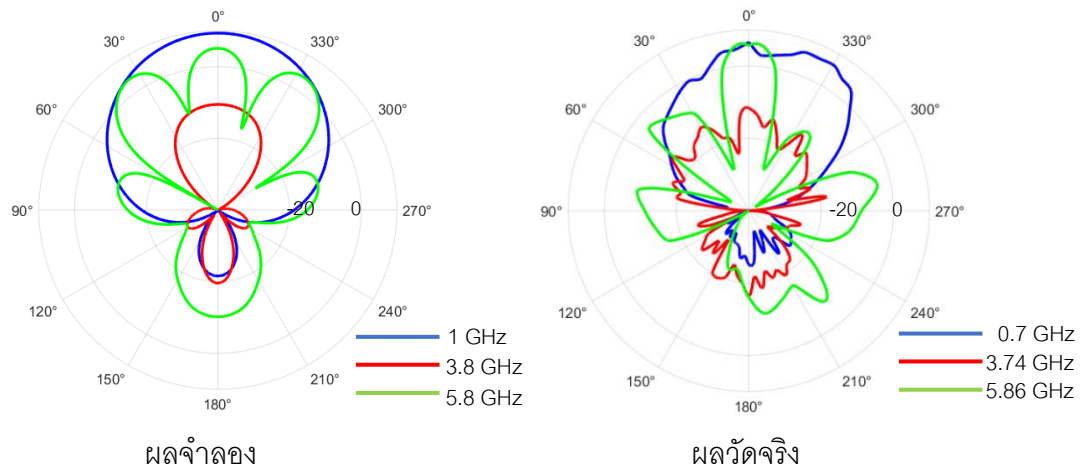
ภาพประกอบ 20 รูปแบบการแผ่พลังงานสายอากาศความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ การวาง 0 องศา



ภาพประกอบ 21 รูปแบบการแผ่พลังงานสายอากาศความถี่ 11 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ การวง 1 องศา



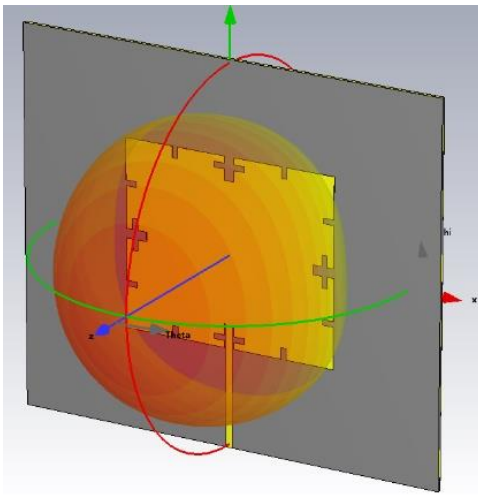
ภาพประกอบ 22 รูปแบบการแผ่พลังงานสายอากาศความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ การวง 3 องศา



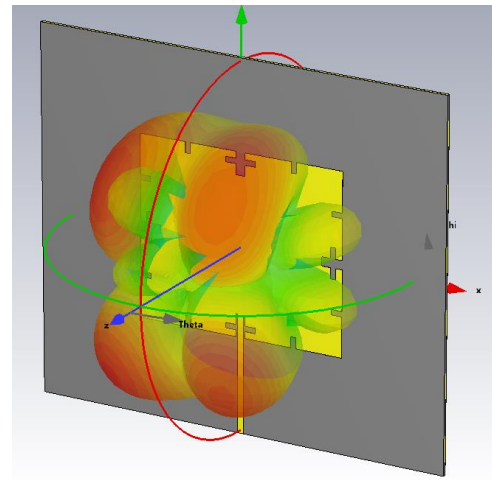
ภาพประกอบ 23 รูปแบบการแผ่พลังงานสายอากาศความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ การงอ 5 องศา



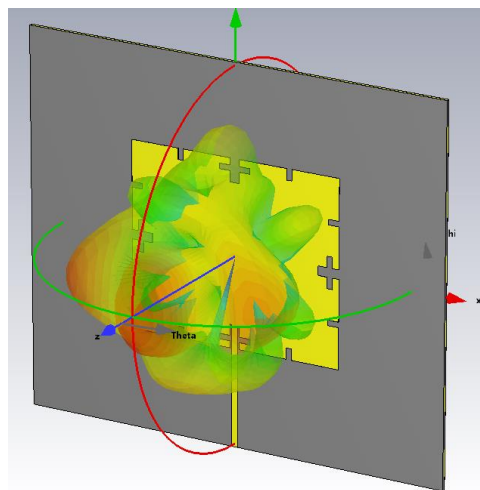
ผลลัพธ์การแผ่พลังงานของสายอากาศ



ก.



ข.

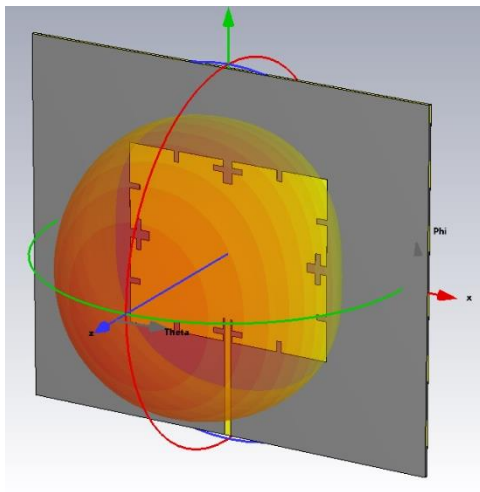


ค.

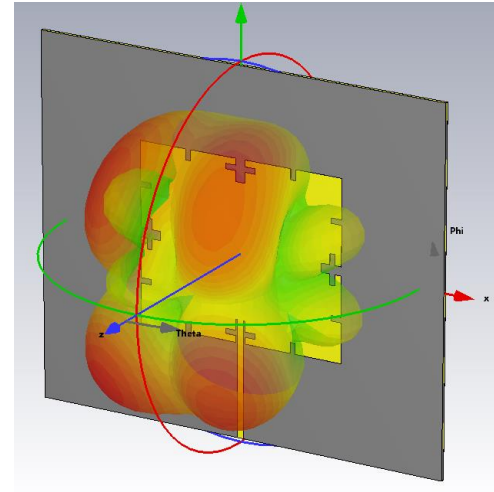
ภาพประกอบ 24 แสดงการแผ่พลังงานของสายอากาศโดยสายอากาศถูกองที่ 0 องศา

ก.) 1 กิกะเฮิร์ตซ์ ข.) 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ ค.) 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์

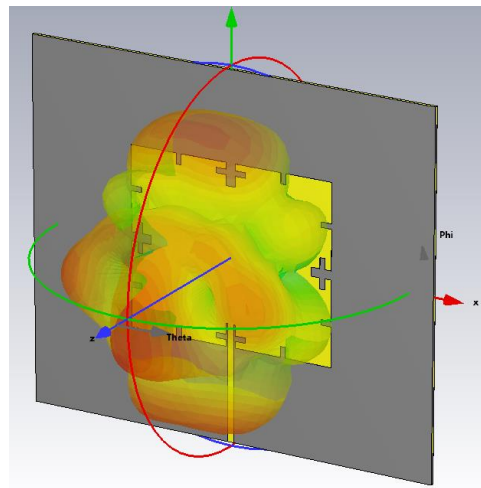
ความถี่ (กิกะเฮิร์ตซ์)	อัตราขยายที่พิจารณาเพียงประสิทธิภาพของการแผ่กำลัง (เดซิเบลไอโซโทรปิค)
1	7.319
3.8	9.818
5.8	14.350



ก.



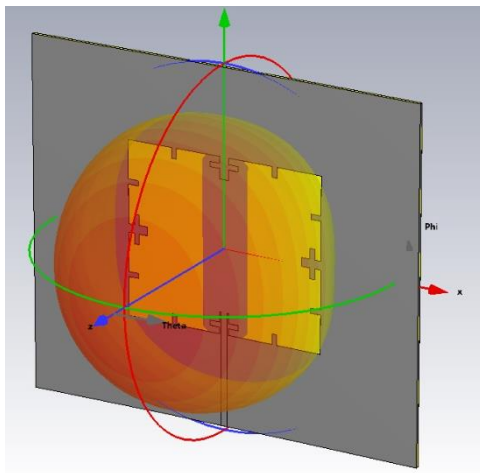
ข.



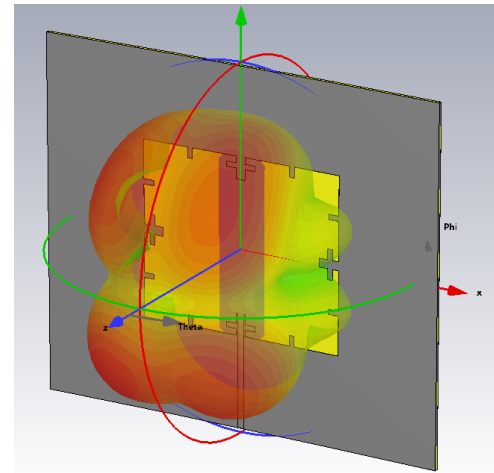
ค.

ภาพประกอบ 25 แสดงการแผ่พลังงานของสายอากาศโดยสายอากาศถูกองที่ 1 องศา
 ก.) 1 กิกะเฮิร์ตซ์ ข.) 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ ค.) 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์

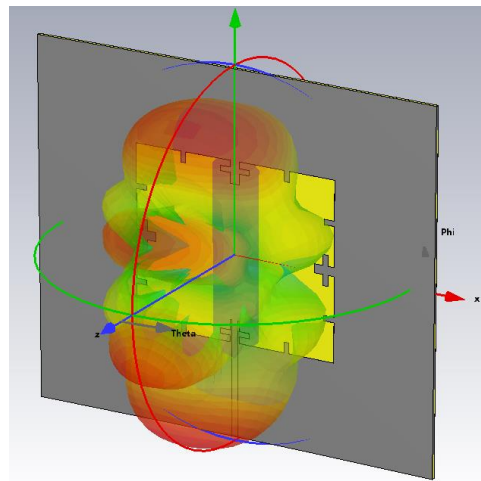
ความถี่ (กิกะเฮิร์ตซ์)	อัตราขยายที่พิจารณาเพียงประสิทธิภาพของการแผ่กำลัง (เดซิเบลไอโซโทรปิค)
1	7.578
3.8	9.324
5.8	11.230



ก.



ข.

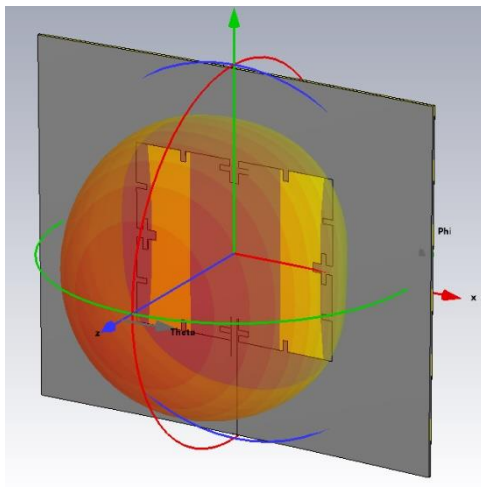


ค.

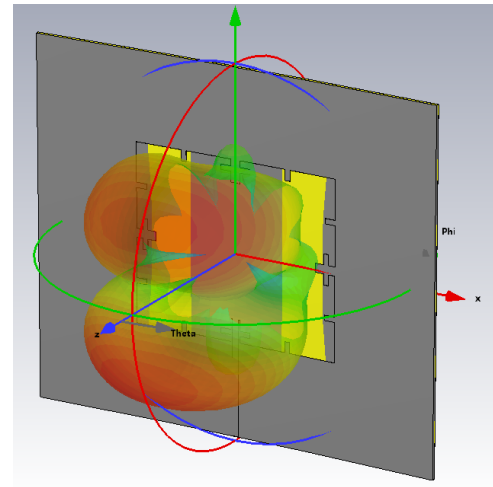
ภาพประกอบ 26 แสดงการแผ่พลังงานของสายอากาศโดยสายอากาศถูกองที่ 3 องศา

ก.) 1 กิกะเฮิร์ตซ์ ข.) 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ ค.) 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์

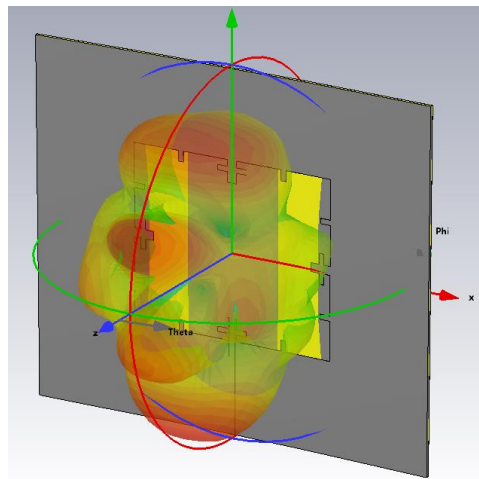
ความถี่ (กิกะเฮิร์ตซ์)	อัตราขยายที่พิจารณาเพียงประสิทธิภาพของการแผ่กำลัง (เดซิเบลไอโซโทรปิก)
1	8.719
3.8	8.173
5.8	10.040



ก.



ข.



ค.

ภาพประกอบ 27 แสดงการแผ่พลังงานของสายอากาศโดยสายอากาศถูกองที่ 5 องศา

ก.) 1 กิกะเฮิร์ตซ์ ข.) 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ ค.) 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์

ความถี่ (กิกะเฮิร์ตซ์)	อัตราขยายที่พิจารณาเพียงประสิทธิภาพของการแผ่กำลัง (เดซิเบลไอโซโทรปิค)
1	7.333
3.8	10.710
5.8	10.790

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยเรื่องการออกแบบสายอากาศใช้งานหลายย่านความถี่ที่สามารถโค้งงอได้ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับใช้ในการตรวจหาก้อนเนื้อ ผู้วิจัยได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของงานวิจัยโดยการจำลองแบบผ่านโปรแกรมซีเอสที และทำการสร้างชิ้นงานจริงเพื่อวัดประสิทธิภาพ หลังจากได้ผลการดำเนินงานแล้ว สามารถสรุปผลการดำเนินงาน โดยแบ่งหัวข้อในการสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

- 1 สรุปผลการวิจัย
- 2 อภิปรายผลการวิจัย
- 3 ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองการค้นหาค่าที่ดีที่สุดด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมโดยใช้จำนวนประชากรที่ 50 และการวนซ้ำที่ 30 จากผลการจำลองสายอากาศผ่านโปรแกรมซีเอสทีนั้น จะเห็นได้ว่าสายอากาศมีค่าการสูญเสียย้อนกลับก่อนที่จะมีการงอสายอากาศที่ความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ อยู่ที่ -13.3473, -19.1895, และ -14.5400 เดซิเบล ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศที่ได้จากวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นสามารถหาผลลัพธ์ที่ต้องการตามที่ต้องการแบบไว้ได้ หลังจากได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแล้ว จึงได้ทำการจำลองการงอสายอากาศผ่านโปรแกรมซีเอสทีและได้ทำการสร้างสายอากาศจริง โดยได้จำลองการงอสายอากาศในองศาการงอที่ 1 องศา 3 องศา และ 5 องศาจากตารางที่ 4 แสดงค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศพบว่าการโค้งงอแต่ละองศาจะมีความคลาดเคลื่อนความถี่ที่ใช้งานของแบบจำลองผ่านโปรแกรมซีเอสทีและชิ้นงานจริงดังนี้ ที่การงอ 1 องศา ความคลาดเคลื่อนความถี่ใช้งานร้อยละ 29.2428 ร้อยละ 0.4387, และร้อยละ 2.2553 ที่ความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ ตามลำดับ ที่การงอ 3 องศา ความคลาดเคลื่อนความถี่ใช้งานร้อยละ 28.4385 ร้อยละ 0.6967 และร้อยละ 3.0969 ที่ความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ ตามลำดับ ที่การงอ 5 องศา ความคลาดเคลื่อนความถี่ใช้งานร้อยละ 27.3804 ร้อยละ 2.5077 และร้อยละ 5.8526 ที่ความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ ตามลำดับ และร้อยละความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองกับชิ้นงานจริงโดยไม่ได้ทำการงออยู่ที่ 30.75 ร้อยละ 1.3157 และร้อยละ 1.0344 ที่ความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ ตามลำดับ จากภาพประกอบที่ 15 ถึงภาพประกอบที่ 22 ในส่วนของการแผ่พลังงานของสายอากาศผู้จัดทำได้ทำ

การปรับสเกล(normalize)ให้แบบจำลองและชิ้นงานจริงมีสเกลเดียวกันเพื่อพิจารณารูปแบบการแผ่พลังงาน จะเห็นได้ว่ารูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศทั้งในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีรูปแบบที่คล้ายกัน และจากภาพประกอบที่ 23 พบว่าค่าอัตราขยายที่พิจารณาเพียงประสิทธิภาพของการแผ่กำลังของสายอากาศมีค่า 7.319 เดซิเบลไอโซโทรปิก 9.818 เดซิเบลไอโซโทรปิก และ 14.350 เดซิเบลไอโซโทรปิก ความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ ตามลำดับ สำหรับการขอสายอากาศที่ 0 องศา ที่การขอสายอากาศ 1 องศา มีค่า 7.575 เดซิเบลไอโซโทรปิก 9.324 เดซิเบลไอโซโทรปิก และ 11.230 เดซิเบลไอโซโทรปิก ที่ความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ ตามลำดับ ที่การขอสายอากาศ 3 องศา มีค่า 8.719 เดซิเบลไอโซโทรปิกที่ความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 10.040 เดซิเบลไอโซโทรปิก ที่ความถี่ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และที่การขอสายอากาศ 5 องศา มีค่า 7.333 เดซิเบลไอโซโทรปิก 10.710 เดซิเบลไอโซโทรปิก และ 10.790 เดซิเบลไอโซโทรปิก ที่ความถี่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.8 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ ตามลำดับ

โดยสรุปในบริบทงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการออกแบบสายอากาศแบบหลายย่านความถี่ที่มีโครงสร้างแบบแฟร็กทัลมินิโควสก็ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อวิเคราะห์โรคมากกว่าหนึ่งโรคโดยมีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์นำความรู้ทางด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมไปประยุกต์ใช้ทางด้านวิศวกรรมชีวการแพทย์ โดยสายอากาศที่ถูกออกแบบนี้จะเป็นส่วนประกอบของระบบการถ่ายภาพด้วยคลื่นไมโครเวฟหรือ (Microwave Imaging : MCI) เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายในการสร้างอุปกรณ์ทางการแพทย์

อภิปรายผลการวิจัย

จากตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศที่ได้จากวิธีเชิงพันธุกรรม จะเห็นได้ว่าในงานวิจัยนี้ได้ให้วิธีเชิงพันธุกรรมหาค่าตัวแปรทั้งหมด 10 ตัว ซึ่งการกำหนดขอบเขตและเงื่อนไขในการหาค่าตอบนั้นเป็นเรื่องสำคัญ เนื่องจากหากค่าพารามิเตอร์เกิดการทับกัน หรือเกินขนาดกัน จะไม่สามารถสร้างจริงได้ในโปรแกรมซีเอสที อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงการสร้างชิ้นงานจริงด้วยว่าขนาดมีความเหมาะสมหรือไม่ หลังจากได้ค่าพารามิเตอร์สายอากาศทั้ง 10 ตัวแล้วจึงได้นำไปจำลองแบบผ่านโปรแกรมซีเอสทีเพื่อพิจารณาว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้นั้นถูกต้องตามฟังก์ชันความเหมาะสมหรือไม่ ในส่วนของฟังก์ชันความเหมาะสมนั้น จากที่กล่าวไปในบทที่ 2 ว่าในงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ความถี่ออกแบบมาเป็นฟังก์ชันความเหมาะสม จึงต้องมีการส่งข้อมูลระหว่างวิธีเชิงพันธุกรรมในโปรแกรมแมทแล็บไปจำลองแบบเพื่อคำนวณค่าการสูญเสียย้อนกลับในโปรแกรมซีเอสที ซึ่งหากคอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลไม่เหมาะสมก็จะเกิดความล่าช้า

หรือไม่สามารถประมวลผลได้ จากเงื่อนไขดังกล่าวนี้ทางผู้จัดทำจึงได้ทำการเพิ่มจำนวนประชากรเริ่มต้นของวิธีเชิงพันธุกรรมที่ละน้อยเพื่อวิเคราะห์แนวโน้มของผลเฉลยว่าขอบเขตที่ระบุไปนั้นมีความถูกต้องในการหาค่าตอบหรือไม่ ในตารางที่ 4 แสดงค่าการสูญเสียย้อนกลับการกระจายอากาศ 0-5 องศา พบว่าในการงอแต่ละองศาค่าความถี่ใช้งานเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเนื่องมาจากค่าคุณลักษณะของสายอากาศที่เปลี่ยนแปลงตามตารางที่ 5 จากค่าคุณลักษณะของสายอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นไม่เกิดการแมทซ์ซึ่งระหว่างแถบป้อนสัญญาณและแผ่นตัวนำสายอากาศ ในส่วนของชิ้นงานจริงจะเห็นได้ว่าค่าความถี่ใช้งานที่ออกแบบเปรียบเทียบกับผลการจำลองสายอากาศนั้นมีความแตกต่างกันเนื่องจากขนาดสายอากาศในส่วนที่กัดออกตามรูปร่างของแฟล็กทัลลิมินโควสกีไม่ตรงตามแบบจำลอง ซึ่งเกิดจากความแม่นยำในการสร้างชิ้นงานจริงของผู้จัดทำ ส่งผลให้ความถี่ออกแบบเกิดการคลาดเคลื่อน จากรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศในส่วนของแบบจำลองเปรียบเทียบกับผลจริงพบว่ามีความแตกต่างกัน เนื่องจากอุปกรณ์สำหรับการวัดรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศของชิ้นงานจริงนั้นผู้จัดทำได้ทำการหมุนสายอากาศด้วยตนเอง ซึ่งอาจจะส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนดังกล่าว ในส่วนของค่าอัตราขยายที่พิจารณาเพียงประสิทธิภาพของการแผ่กำลังของสายอากาศพบว่าที่ความถี่ต่ำสุดที่ออกแบบ (1 กิกะเฮิร์ตซ์) จะมีค่าน้อยกว่าความถี่กลาง (3.8 กิกะเฮิร์ตซ์) และความถี่สูง (5.8 กิกะเฮิร์ตซ์) เนื่องจากแผ่นทองแดงที่เป็นรูปร่างของสายอากาศที่ทำให้เกิดความถี่ต่ำนั้นถูกกัดและตัดเนื้อทองแดงบางส่วนออกไปทำให้ค่าอัตราขยายดังกล่าวมีค่าที่ต่ำสุด หากพิจารณาในการเกิดความถี่กลางจากการวนซ้ำครั้งที่ 1 ของโครงสร้างแฟล็กทัลลิมินโควสกีพบว่าจะมีการตัดเนื้อทองแดงของแผ่นเดิมออกไป 4 ส่วน ซึ่งส่วนที่ตัดออกไปนี้จะร่วมกันทำให้เกิดความถี่ดังกล่าว กล่าวคือเหมือนการสร้างสายอากาศแบบอาเรย์ ซึ่งจะส่งผลให้มีค่าอัตราขยายที่สูงกว่าความถี่ต่ำ เช่นเดียวกันกับความถี่สูงจากการวนซ้ำครั้งที่ 2 ของโครงสร้างแฟล็กทัลลิมินโควสกีที่จะทำการตัดเนื้อทองแดงเดิมออกไปอีก 8 ส่วน แต่จากการจำลองการงอและพิจารณาอัตราขยายดังกล่าว พบว่าในการงอแต่ละครั้งค่าอัตราขยายจะลดลง อันเนื่องมาจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในโครงสร้างสายอากาศเมื่อถูกงอ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการกระจายสัญญาณในสนามแม่ไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

สำหรับการนำสายอากาศที่ออกแบบในงานวิจัยนี้พบว่าสายอากาศสามารถทำงานได้ในหลายย่านความถี่คือ 0.7 กิกะเฮิร์ตซ์ 3.74 กิกะเฮิร์ตซ์ และ 5.86 กิกะเฮิร์ตซ์ แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มในการนำไปใช้งานจริง จากการทบทวนวรรณกรรมของผู้จัดทำพบว่าความถี่ของการตรวจจับก่อนเนื้อในสมอมนั้นสามารถใช้ได้ในย่านความถี่ 0.6 – 1.2 กิกะเฮิร์ตซ์ (3) - (4) และ

การวัดจริงพบว่าสายอากาศสามารถทำงานได้ในช่วงความถี่ 0.7 กิกะเฮิร์ตซ์ ซึ่งมีค่าการสูญเสียย้อนกลับที่น้อยกว่า -10 เดซิเบล ซึ่งอยู่ในย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้และสำหรับความถี่ต่อมาสำหรับใช้ตรวจจذبก้อนเนื้อในปอดคือสามารถได้ในช่วง 3 – 4 กิกะเฮิร์ตซ์ (14) - (15) จากผลการวัดจริงพบว่าสายอากาศสามารถใช้งานได้ในช่วงความถี่ 3.74 กิกะเฮิร์ตซ์ ที่มีค่าการสูญเสียย้อนกลับที่น้อยกว่า -10 เดซิเบล และสุดท้ายสำหรับความถี่ในการตรวจหาก้อนเนื้อในเต้านมพบว่าสามารถใช้ได้ในย่านความถี่ 5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ (6) - (7) สำหรับผลของชิ้นงานจริงพบว่าความถี่ 5.86 กิกะเฮิร์ตซ์ ยังมีค่าการสูญเสียย้อนกลับที่มากกว่า -10 เดซิเบล ซึ่งเป็นผลมาจากการทำชิ้นงานจริงซึ่งจะเป็นส่วนพัฒนาต่อไปในอนาคต โดยสายอากาศที่ออกแบบนี้จะนำไปใช้ในระบบการถ่ายภาพด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยเริ่มต้นด้วยการสร้างสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหรือเครื่องส่งสัญญาณ จากนั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกส่งออกจากอุปกรณ์ส่งสัญญาณและเข้าสู่พื้นผิวของร่างกายผ่านทางสายอากาศหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าสู่ร่างกายจะเกิดการสะท้อนและการกระจายของสัญญาณต่างๆ ที่ส่งมากลับมาที่เครื่องรับสัญญาณเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป จาก (6) และ (12) ได้กล่าวถึงการประยุกต์นำสายอากาศอาเรย์มาใช้เพื่อตรวจจذبก้อนเนื้อจากตำแหน่งในการวางสายอากาศ โดยสายอากาศแต่ละตำแหน่งจะมีลำคลื่นที่ถูกส่งออกไปเพื่อตรวจจذبและระบุตำแหน่งของก้อนเนื้อ ดังนั้นการทำสายอากาศแบบอาเรย์เพื่อเพิ่มตำแหน่งให้ครอบคลุมอวัยวะในร่างกายเพื่อตรวจจذبก้อนเนื้อเป็นงานที่ต้องพัฒนาต่อไปในอนาคตของปริญญาโทฉบับนี้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวัดค่าของสายอากาศจริงเปรียบเทียบกับแบบจำลองนั้นพบว่ามีการคลาดเคลื่อน เนื่องจากในการสร้างจริงผู้ทำวิจัยได้ดำเนินการสร้างแผ่นตัวนำของสายอากาศด้วยตนเองโดยทำการตัดแผ่นทองแดงซึ่งทำหน้าที่เป็นแผ่นตัวนำและทำการติดกาวแผ่นตัวนำลงบนแผ่นยางที่ทำหน้าที่เป็นแผ่นฐานรองสายอากาศ ซึ่งส่งผลให้ขนาดของสายอากาศไม่เป็นไปตามขนาดของแบบจำลอง ในอนาคตสำหรับงานวิจัยนี้จะนำส่วนนี้มาแก้ไขเพื่อให้ลดการผิดพลาดที่เกิดขึ้นและส่งผลให้มีความถูกต้องแม่นยำเพิ่มขึ้นในการนำไปใช้จริง และจะพิจารณาการทำสายอากาศแบบอาเรย์เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการตรวจจذبให้ครอบคลุมอวัยวะช่องอกมากขึ้น

บรรณานุกรม

1. Laorboot R, Puangmanee S, Sangjan S, Thajiam C. Design of a Square Microstrip Antenna Using Genetic Algorithms. Srinakharinwirot University Engineering Journal. 2023;18(2):89 - 95.
2. Laorboot R, Thajiam C, editors. Diagnosis of Brain tumors, Lung tumors, and Breast Cancers by a Patch Fractal Antenna for Wireless Sensor. 2023 15th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON); 2023 28-31 Oct. 2023.
3. Vasquez JAT, Rodriguez-Duarte DO, Origlia C, Turvani G, Scapaticci R, Casu MR, et al., editors. Microwave Imaging Device Prototype for Brain Stroke 3D Monitoring. 2022 International Workshop on Antenna Technology (iWAT); 2022 16-18 May 2022.
4. Scapaticci R, Tobon J, Bellizzi G, Vipiana F, Crocco L. Design and Numerical Characterization of a Low-Complexity Microwave Device for Brain Stroke Monitoring. IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 2018;66(12):7328-38.
5. Alamro W, Seet B-C, Wang L, Parthiban P. Early-Stage Lung Tumor Detection Based on Super-Wideband Microwave Reflectometry. Electronics [Internet]. 2023; 12(1).
6. Amdaouch I, Saban M, El Gueri J, Chaari MZ, Alejos AV, Alzola JR, et al. A Novel Approach of a Low-Cost UWB Microwave Imaging System with High Resolution Based on SAR and a New Fast Reconstruction Algorithm for Early-Stage Breast Cancer Detection. Journal of Imaging [Internet]. 2022; 8(10).
7. Dey GK, Nuzhat T, Das KP, Ali F, editors. Microwave Imaging: CPW Fed Microstrip Patch Antenna with Defected Ground Plane Operating in ISM Band for Breast Tumor Detection. 2022 27th Asia Pacific Conference on Communications (APCC); 2022 19-21 Oct. 2022.
8. S M, P N, P P, S. P S, editors. Photo Paper Based Microstrip Patch Antenna for Telemedicine Application. 2022 2nd International Conference on Technological Advancements in Computational Sciences (ICTACS); 2022 10-12 Oct. 2022.
9. Awang Z, Affendi NAM, Alias N, Razali N. Flexible antennas based on natural rubber. Progress In Electromagnetics Research C. 2016;61:75-90.

10. Ruslan AA, Mohamad SY, Malek NFA, Yusoff SH, Zabri SN, Rahmad FE, editors. Design and Performance Analysis of Flexible Microstrip Patch Antenna with Rubber Substrate. 2021 8th International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE); 2021 22-23 June 2021.
11. Särestöniemi M, Reponen J, Sonkki M, Myllymäki S, Pomalaza-Raez C, Tervonen O, et al., editors. Breast Cancer Detection Feasibility with UWB Flexible Antennas on Wearable Monitoring Vest. 2022 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops and other Affiliated Events (PerCom Workshops); 2022 21-25 March 2022.
12. Meredov A, Klionovski K, Shamim A. Screen-Printed, Flexible, Parasitic Beam-Switching Millimeter-Wave Antenna Array for Wearable Applications. IEEE Open Journal of Antennas and Propagation. 2020;1:2-10.
13. Alqadami ASM, Bialkowski KS, Mobashsher AT, Abbosh AM. Wearable Electromagnetic Head Imaging System Using Flexible Wideband Antenna Array Based on Polymer Technology for Brain Stroke Diagnosis. IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems. 2019;13(1):124-34.
14. Bahramiabarghouei H, Porter E, Santorelli A, Gosselin B, Popović M, Rusch LA. Flexible 16 Antenna Array for Microwave Breast Cancer Detection. IEEE Transactions on Biomedical Engineering. 2015;62(10):2516-25.
15. Alhawari ARH. LUNG TUMOUR DETECTION USING ULTRA-WIDEBAND MICROWAVE IMAGING APPROACH. Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2018;10:222-34.

ประวัติผู้เขียน

