ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250341

รหัสโครงการ SUT7-709-53-12-02

รายงานการวิจัย

การออกแบบตัวป้อนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสายอากาศแถวลำดับสะท้อน

(Design of an Optimized Feed for Reflectarray Antenna)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250341

รหัสโครงการ SUT7-709-53-12-02

รายงานการวิจัย

การออกแบบตัวป้อนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสายอากาศแถวลำดับสะท้อน

(Design of an Optimized Feed for Reflectarray Antenna)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยาภรณ์ กระฉอดนอก

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2553

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กุมภาพันธ์ 2555

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สามารถดำเนินการได้ และได้รับผลสำเร็จบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ทุกประการ โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2553 สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบคุณบิดามารดาและครอบครัว ซึ่งให้การสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ปิยาภรณ์ กระฉอดนอก

บทคัดย่อ

250341

สายอากาศแถวลำดับสะท้อนไมโครสตริปประกอบด้วยแถวลำดับของแผ่นสะท้อนที่จัดระนาบเฟสด้านหน้าและสายอากาศป้อนวางที่ตำแหน่งโฟกัส โดยสมรรถนะของระบบสายอากาศจะขึ้นอยู่กับแบบรูปการแผ่กระจายกำลังงานของสายอากาศป้อนและโครงสร้างของแผ่นสะท้อนเป็นหลัก ซึ่งสายอากาศป้อนที่นิยมใช้งานทั่วไปในสายอากาศตัวสะท้อนคือ สายอากาศปากแตร และท่อนำคลื่น แต่สายอากาศดังกล่าวจะมีพลังงานตกกระทบบนแถวลำดับสะท้อนไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากแบบรูปการแผ่พลังงานมีความเรียว โดยกำลังงานตกกระทบจะลดลงอย่างรวดเร็วจากบริเวณศูนย์กลางตัวสะท้อนไปยังบริเวณขอบตัวสะท้อน ส่งผลให้สายอากาศมีประสิทธิภาพต่ำ ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพอะเพอเจอร์ (aperture efficiency) ให้กับสายอากาศแถวลำดับสะท้อน งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการออกแบบตัวป้อนสำหรับสายอากาศแถวลำดับสะท้อนโดยใช้สายอากาศเส้นร่องแบบเรียว (tapered slot-line antenna) ที่ความถี่ 5.2 GHz ทำให้กำลังงานที่ตกกระทบบนแผ่นสะท้อนมีค่าใกล้เคียงทุกตำแหน่ง ในขั้นตอนการออกแบบจะใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อหาสมการเส้นโค้ง และใช้โปรแกรม CST Microwave Studio ในการจำลองแบบเพื่อวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศ ตามลำดับ ในส่วนสุดท้ายจะทำการสร้างสายอากาศต้นแบบ และทำการวัดผลเปรียบเทียบกับผลการจำลองแบบ หลังจากนั้นจึงจำลองผลสมรรถนะของสายอากาศแถวลำดับสะท้อนในเทอมของประสิทธิภาพและอัตราขยาย

Abstract

250341

A microstrip reflectarray antenna consists of patch array that naturally forms a planar phase front when a feed is placed at its focus. The performance of antenna system is based on the feed pattern and the patch geometry. The pyramidal horn and waveguide are usually used for reflector antenna, however, their energy are non uniform when they illuminate on the reflectarray. Because of the taper pattern, the incidence power is decreased immidiatly from the reflector center and so the antenna has low efficiency. To increase its aperture efficiency, this research proposes an optimized feed design for the reflectarray antenna used tapered slot-line antenna at the operating frequency of 5.2 GHz. In the design step, the tapered slot-line is calculated by using MATLAB and the antenna parameters are analyzed by using CST Microwave Studio, respectively. A prototype antenna has been fabricated and is tested for the development of an optimized feed of reflectarray antenna. The performance in term of efficiency and gain of reflectarray has been compared for simulation.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
สมมุติฐานของการวิจัย	4
ขอบเขตของการวิจัย	5
วิธีการดำเนินการวิจัย	5
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	6
บทที่ 2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
บทนำ	7
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
สรุป	9
บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
บทนำ	10
คุณลักษณะของสายอากาศแถวลำดับสะท้อน	10
เทคนิคการออกแบบแผ่นสะท้อนของสายอากาศแถวลำดับสะท้อนไมโครสตริป	15
ตัวป้อนสัญญาณ	18
สรุป	23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การออกแบบตัวป้อนสำหรับสายอากาศแถวลำดับสะท้อน

บทนำ..... 24

การศึกษาแบบรูปการแผ่กำลังงานของสายอากาศป้อนและสนามตกกระทบบนแถวลำดับสะท้อน..... 24

การศึกษาผลกระทบของกำลังโคไซน์ต่อประสิทธิภาพของสายอากาศแถวลำดับสะท้อน..... 27

การศึกษาผลกระทบของกำลังโคไซน์ต่อแบบรูปการแผ่กำลังงานของสายอากาศแถวลำดับสะท้อน..... 30

การออกแบบและจำลองผลสายอากาศร่องแบบเรียวเพื่อเป็นตัวป้อนของสายอากาศแถวลำดับสะท้อนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป CST 35

สายอากาศแถวลำดับสะท้อนโดยใช้ตัวป้อนที่ได้ออกแบบ..... 47

สรุป..... 51

บทที่ 5 ผลการวัดทดลอง

บทนำ..... 52

วิธีการสร้างสายอากาศต้นแบบ..... 52

ผลการวัดทดสอบการสูญเสียย้อนกลับ..... 53

ผลการวัดทดสอบแบบรูปการแผ่พลังงาน..... 54

ผลการวัดทดสอบอัตราขยาย (Gain) และความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง (HPBW)..... 57

สรุป..... 58

บทที่ 6 บทสรุป

สรุปผลการวิจัย 59

ข้อเสนอแนะ 60

บรรณานุกรม 61

ประวัติผู้วิจัย 64

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 การประยุกต์ใช้สายอากาศแถวลำดับสะท้อนไมโครสตริปลำคลื่นกว้างกับการสื่อสารระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายในห้องขนาดใหญ่ 2

รูปที่ 1.2 สายอากาศแถวลำดับสะท้อนไมโครสตริป 3

รูปที่ 1.3 สายอากาศแถวลำดับสะท้อนไมโครสตริปที่มีสายอากาศเส้นร่องแบบเรียวเป็นตัวป้อน 4

รูปที่ 3.1 สายอากาศแถวลำดับแบบไมโครสตริป 11

รูปที่ 3.2 สายอากาศตัวสะท้อนพาราโบลิก 11

รูปที่ 3.3 สายอากาศแถวลำดับสะท้อนไมโครสตริป 12

รูปที่ 3.4 การแผ่กระจายคลื่นในสายอากาศตัวสะท้อนพาราโบลิกและสายอากาศแถวลำดับสะท้อนไมโครสตริป 14

รูปที่ 3.5 การประวิงเฟสในสายอากาศแถวลำดับสะท้อนไมโครสตริป 14

รูปที่ 3.6 การประวิงเฟสเนื่องจากการเลื่อนตัวป้อนสัญญาณและหน้าคลื่น 15

รูปที่ 3.7 การปรับขนาดของแผ่นสะท้อน 16

รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแผ่นสะท้อนกับเฟสสะท้อน 16

รูปที่ 3.9 การปรับความยาวของสตับ 17

รูปที่ 3.10 การปรับมุมการวางของแผ่นสะท้อน 18

รูปที่ 3.11 สายอากาศร่องแบบเรียวรูปแบบต่าง ๆ 19

รูปที่ 3.12 แบบรูปการแผ่กระจายคลื่นของสายอากาศเส้นร่องแบบเรียว 19

รูปที่ 3.13 โครงสร้างสายอากาศร่องแบบเรียว 20

รูปที่ 3.14 เทคนิคการป้อนกำลังงานให้สายอากาศร่องแบบเรียว 22

รูปที่ 3.15 การป้อนกำลังด้วยเส้นไมโครสตริป 23

รูปที่ 4.1 รูปทรงเรขาคณิตของสายอากาศแถวลำดับสะท้อน 24

รูปที่ 4.2 แบบรูปการแผ่กระจายกำลังงานของตัวป้อนแบบปากแตรปิรามิด 25

รูปที่ 4.3 ผลกระทบของกำลังโคไซน์ต่อแบบรูปการแผ่กำลังงานของตัวป้อน 27

รูปที่ 4.4 ผลกระทบของกำลังโคไซน์ของตัวป้อนต่อประสิทธิภาพความเรียว 28

รูปที่ 4.5 ผลกระทบของกำลังโคไซน์ของตัวป้อนต่อประสิทธิภาพการล้น 28

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.6 ผลกระทบของกำลังโคไซน์ของตัวป้อนต่อประสิทธิภาพอะเพอร์เจอร์ของสายอากาศแถวลำดับสะท้อน 29

รูปที่ 4.7 ประสิทธิภาพของสายอากาศแถวลำดับสะท้อนเมื่อไม่พิจารณาการบดบังของตัวป้อน 29

รูปที่ 4.8 ประสิทธิภาพของสายอากาศแถวลำดับสะท้อนเมื่อพิจารณาการบดบังของตัวป้อน 30

รูปที่ 4.9 ผลกระทบของกำลังโคไซน์ต่อแบบรูปการแผ่กำลังงานของสายอากาศแถวลำดับสะท้อนแบบเจาะจงทิศทาง 31

รูปที่ 4.10 ผลกระทบของกำลังโคไซน์ต่อแบบรูปการแผ่กำลังงานของสายอากาศแถวลำดับสะท้อนแบบจัดลำคลื่นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า 32

รูปที่ 4.11 ผลกระทบของกำลังโคไซน์ต่อแบบรูปการแผ่กำลังงานของสายอากาศแถวลำดับสะท้อนแบบจัดลำคลื่นรูปวงกลม 34

รูปที่ 4.12 ผลการจำลองแบบสายอากาศร่องแบบเรียวด้วยโปรแกรม CST MICROWAVE STUDIO กรณีไม่มีแผ่นสะท้อนด้านหน้า 38

รูปที่ 4.13 ผลกระทบต่อความถี่เรโซแนนซ์เมื่อปรับค่า A_l 39

รูปที่ 4.14 ผลกระทบต่อความถี่เรโซแนนซ์เมื่อปรับค่า F_w 39

รูปที่ 4.15 ผลกระทบต่อความถี่เรโซแนนซ์เมื่อปรับค่า L_g 40

รูปที่ 4.16 ผลกระทบต่อความถี่เรโซแนนซ์เมื่อปรับค่า R 41

รูปที่ 4.17 ผลกระทบต่อลำคลื่นหลังเพิ่มแผ่นสะท้อนด้านหน้า 42

รูปที่ 4.18 ผลการจำลองแบบหลังปรับพารามิเตอร์ของสายอากาศครั้งที่ 1 43

รูปที่ 4.19 ผลการจำลองแบบสายอากาศที่นำเสนอ 46

รูปที่ 4.20 กำลังโคไซน์ของตัวป้อนที่ออกแบบ 47

รูปที่ 4.21 แบบรูปการแผ่กำลังงานของสายอากาศแถวลำดับสะท้อนแบบเจาะจงทิศทางเมื่อใช้ตัวป้อนที่ออกแบบ 48

รูปที่ 4.22 แบบรูปการแผ่กำลังงานของสายอากาศแถวลำดับสะท้อนแบบจัดลำคลื่นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเมื่อใช้ตัวป้อนที่ออกแบบ 49

รูปที่ 4.23 แบบรูปการแผ่กำลังงานของสายอากาศแถวลำดับสะท้อนแบบจัดลำคลื่นรูปวงกลมเมื่อใช้ตัวป้อนที่ออกแบบ 50

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.1 สายอากาศป้อนต้นแบบ 53
รูปที่ 5.2 ผลการวัดค่า S11 54
รูปที่ 5.3 วิธีการวัดทดสอบแบบรูปการแผ่พลังงาน 55
รูปที่ 5.4 การทดสอบสายอากาศในห้อง Chamber ร่วมกับเครื่อง Network Analysis 55
รูปที่ 5.5 ผลวัดทดสอบแบบรูปการแผ่พลังงาน 56

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์อ้างอิงของสายอากาศร่องแบบเรียว 37

ตารางที่ 4.2 ค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศร่องแบบเรียวหลังปรับพารามิเตอร์ 44

ตารางที่ 4.3 ค่าอัตราขยายจากผลการจำลองสายอากาศร่องแบบเรียว 46

ตารางที่ 5.1 คุณลักษณะของสายอากาศป้อน 57