

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูปภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การศึกษาและขอบเขตงานวิจัย.....	3
1.3 รายละเอียดของรายงาน.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....	5
2.1 บทนำ.....	5
2.2 ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังงานไร้สาย.....	5
2.2.1 ความเป็นมาของการส่งผ่านกำลังงานไร้สาย.....	5
2.2.2 การประยุกต์ใช้งานการส่งผ่านกำลังงานไร้สาย.....	6
2.2.3 ประเภทของการส่งผ่านกำลังงานไร้สาย.....	7
2.3. มาตรฐานที่ใช้กับเทคโนโลยี WLAN	8
2.3.1 มาตรฐานของเทคโนโลยี WLAN.....	9
2.3.2 ประวัติลำดับของการพัฒนามาตรฐาน IEEE 802.16.....	10
2.4 หลักการและทฤษฎีสายอากาศไดโพล.....	11
2.4.1 ไดโพลขนาดจิ๋ว.....	12
2.4.2 ไดโพลขนาดเล็ก.....	12
2.4.3 ไดโพลความยาวจำกัด.....	13
2.4.4 ไดโพลครึ่งความยาวคลื่น.....	16
2.5 พารามิเตอร์ของสายอากาศ.....	16
2.5.1 ค่าการสูญเสียย้อนกลับ (Return Loss).....	16
2.5.2 อัตราส่วนคลื่นนิ่ง (Standing Wave Ratio; SWR).....	17
2.5.3 ระยะสนามของสายอากาศ (Field Region).....	18
2.5.4 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น (Radiation Pattern).....	19
2.5.5 โพลาไรเซชันของคลื่นระนาบ (Polarization).....	22

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.6 การออกแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริป.....	24
2.7 วงจรเรียงกระแส (Rectifying circuit).....	25
2.7.1 วงจรเรียงกระแสและการทำงานของไดโอด.....	25
2.7.2 ไดโอดทวีแรงดันสองเท่า (Voltage Doubler Diode).....	26
2.7.3 ตัวเก็บประจุเชื่อมต่อ.....	27
2.7.4 กรองสัญญาณโดยตัวเก็บประจุ (Capacitor Filter).....	28
2.7.5 ตัวต้านทาน (Resistor).....	29
2.7.6 วงจรแมตซ์ชิงสตาบ.....	29
2.8 งานวิจัยที่มีมาก่อน.....	31
2.9 สรุป.....	37
 บทที่ 3 การออกแบบและการจำลองสายอากาศ.....	 38
3.1 บทนำ.....	38
3.2 โครงสร้างและการออกแบบสายอากาศ.....	38
3.2.1 การศึกษาผลกระทบที่เกิดจากพารามิเตอร์ของสายอากาศแถวลำดับ สำหรับการส่งผ่านกำลังงานไร้สายในย่านความถี่ 2.4 GHz.....	38
3.3 การปรับอิมพีแดนซ์และ $ S_{11} $	39
3.3.1 การออกแบบสายอากาศ.....	39
3.3.2 สายอากาศเริ่มต้น.....	41
3.3.3 สายอากาศเมื่อทำการปรับค่าพารามิเตอร์ L_f	42
3.3.4 สายอากาศเมื่อทำการปรับค่าพารามิเตอร์ d_a	44
3.4 ผลการจำลองสายอากาศเมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม.....	45
3.4.1 ผลการ จำลอง $ S_{11} $	45
3.4.2 ผลการจำลองแบบรูปการแพร่กระจายคลื่น.....	45
3.5 การนำเอาสายอากาศไดโพลมาจัดเรียงเป็นแถวลำดับ.....	46
3.5.1 การจำลองสายอากาศจำนวน 2 ถึง 6 ตัวมารวมกัน.....	46
3.6 สายอากาศแถวลำดับสำหรับการส่งผ่านกำลังงานไร้สาย.....	53
3.6.1 การจำลองหาตำแหน่งที่เหมาะสมของสายอากาศ.....	53
3.6.2 ผลการจำลอง $ S_{11} $ ของสายอากาศทั้งสี่องค์ประกอบ	59
3.6.3 ผลการจำลองแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ.....	60
3.6.4 ผลการจำลองอัตราขยายของสายอากาศ.....	61

3.7 สรุป.....	62
---------------	----

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การออกแบบและจำลองวงจรเรียงกระแส.....	63
4.1 บทนำ.....	41
4.2 จำลองค่าความต้านทาน (Resistor) และการตอบสนองต่อความถี่.....	64
4.3 แบบวงจรเรียงกระแสเริ่มต้น.....	66
4.3.1 ผลการจำลอง $ S_{11} $ ของวงจรเรียงกระแสเริ่มต้น.....	67
4.3.2 ผลการจำลอง $ S_{11} $ ของวงจรเรียงกระแสเมื่อมีค่าแมตซ์สลับที่เหมาะสม.....	68
4.3.3 ผลการจำลองค่าแรงดันที่ขาออกของวงจรเรียงกระแส.....	69
4.4 สรุป.....	69
บทที่ 5 ผลการทดสอบ.....	70
5.1 บทนำ.....	70
5.2 สายอากาศต้นแบบ.....	70
5.3 ขั้นตอนและผลการทดสอบสายอากาศ.....	71
5.3.1 การทดสอบคุณลักษณะของ $ S_{11} $	71
5.3.2 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่น (Radiation pattern).....	72
5.3.3 อัตราขยาย (Gain).....	75
5.4 ขั้นตอนและผลการทดสอบวงจรเรียงกระแส.....	77
5.5 สรุป.....	84
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	85
6.1 สรุปเนื้อหาของรายงาน.....	85
6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา.....	87
เอกสารอ้างอิง.....	88
ภาคผนวก.....	90
ภาคผนวก ก.....	91
ประวัตินักวิจัย.....	92

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	จำแนกประเภทของการส่งผ่านกำลังงานไร้สาย.....	8
3.1	พารามิเตอร์ของสายอากาศที่ใช้ในการสร้าง.....	39
3.3	ค่าพารามิเตอร์เมื่อทำการปรับขนาดของ L_f	43
3.4	พารามิเตอร์ของสายอากาศองค์ประกอบเดียวเมื่อทำการหาค่าที่เหมาะสมจากการ จำลอง.....	44
3.5	พารามิเตอร์ของสายอากาศแถวลำดับสององค์ประกอบเมื่อทำการหาค่าที่เหมาะสม จากการจำลอง.....	59
4.1	พารามิเตอร์ของวงจรเรียงกระแสเริ่มต้น.....	66
4.2	พารามิเตอร์ของวงจรเรียงกระแสให้มีค่าของแมตซ์ซิงสตาบที่เหมาะสม.....	67

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	ตัวอย่างการใช้งานจากจุดกระจายสัญญาณ.....	1
1.2	การการประยุกต์ใช้งานกับจุดกระจายสัญญาณ.....	2
1.3	ส่วนประกอบของระบบการส่งผ่านกำลังงานไร้สาย.....	2
2.1	การทดสอบการส่งผ่านกำลังงานไร้สายของเสา.....	6
2.2	สายอากาศไดโพลชนิดลำดับของนักวิจัย อาร์.เฮท จอร์จ.....	7
2.3	การจัดวางโครงสร้างของโพลและการกระจายของกระแส.....	12
2.4	แบบรูปการแผ่พลังงานในสามมิติของไดโพลจีว.....	13
2.5	แบบรูปเชิงขนาดในระนาบมุมยก (Elevation plane) สำหรับไดโพลพอมที่มีการกระจายกระแสแบบไซน์ไฮดอลเมื่อ $l = \lambda/4, \lambda/2, 3\lambda/4$ และ λ	14
2.6	แบบรูปเชิงขนาดสามมิติและสองมิติสำหรับไดโพลพอม เมื่อ $l = 1.25\lambda$ และมีการกระจายกระแสแบบไซน์ไฮดอล.....	15
2.7	การกระจายของกระแสตามแนวความยาวของสายอากาศแบบเส้นลวดเชิงเส้น.....	15
2.8	แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแบบ 3 มิติ ของสายอากาศไดโพลครึ่งความยาวคลื่น.....	16
2.9	การเกิดคลื่นนิ่ง.....	17
2.10	ระยะสนามของสายอากาศที่ระยะต่างๆ.....	18
2.11	แบบรูปการแพร่กระจาย.....	20
2.12	หุคลื่นการแผ่กำลังงานและบีบอัดของสายอากาศ.....	21
2.13	คลื่นระนาบเคลื่อนที่ในทิศ Z	22
2.14	โพลาริเซชันแบบต่างๆ.....	23
2.15	โครงสร้างของสายนำสัญญาณไมโครสตริป และเส้นสนามไฟฟ้า.....	24
2.16	ผังวงจรเรียงกระแส.....	25
2.17	การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น.....	26
2.18	วงจรไดโอดทวิแรงดันสองเท่าและรูปแบบสัญญาณ.....	27
2.19	การจำลองตัวเก็บประจุเชื่อมต่อ C_1	28
2.20	ผังวงจรแมตซ์ชิงสตาบ.....	29
2.21	ผังวงจรปรับแมตซ์ชิงสตาบ.....	30
2.22	การต่อใช้สตาบเดี่ยวในรูปแบบไมโครสตริป.....	31
2.23	รูปแบบการต่อใช้งานของสายอากาศ.....	32
2.24	วงจรเรียงกระแสต้นแบบ.....	32
2.25	ผลการทดสอบคุณลักษณะของ $ S_{11} $ อัตราขยายและการวัดเทียบของวงจร.....	32

2.26	รูปแบบสายอากาศแถวลำดับและการทดสอบ.....	33
2.27	สายอากาศต้นแบบและการนำสายอากาศต้นแบบมาต่อกันแบบแถวลำดับ.....	33

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.28	สายอากาศต้นแบบและการนำสายอากาศต้นแบบมาต่อกันแบบแถวลำดับ.....	33
2.29	รูปสายอากาศต้นแบบด้านหน้าและด้านหลัง.....	34
2.30	ผลการทดสอบคุณลักษณะต่างๆของสายอากาศ.....	34
2.31	สายอากาศแถวลำดับแบบสององค์ประกอบและสามองค์ประกอบ.....	34
2.32	รูปการติดตั้งการทดสอบเพื่อวัดแรงดันทางด้านขาออกของสายอากาศ.....	35
2.33	ผลการทดสอบแรงดันทางด้านขาออกของสายอากาศ.....	35
2.34	การออกแบบไมโครสตริป.....	36
2.36	ผลการทดสอบแรงดันทางด้านขาออกของสายอากาศ.....	37
3.1	โครงสร้างสายอากาศไดโพล WLAN 2.4 GHz มุมมองด้านหน้า ด้านหลังและ ด้านข้าง.....	39
3.2	โครงสร้างของสายอากาศเริ่มต้น.....	41
3.3	$ S_{11} $ ของสายอากาศเริ่มต้น.....	42
3.4	$ S_{11} $ ของสายอากาศเมื่อปรับค่าพารามิเตอร์ L_f	43
3.5	$ S_{11} $ ของสายอากาศเมื่อปรับค่าพารามิเตอร์ d_a	44
3.6	$ S_{11} $ ของสายอากาศเมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม.....	45
3.7	แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ.....	45
3.8	การจำลองสายอากาศจำนวน 2 ถึง 6 ตัวเมื่อนำมารวมกัน.....	47
3.9	การจำลอง $ S_{ii} $ ของสายอากาศจำนวน 2 ถึง 6 ตัวเมื่อนำมารวมกัน.....	49
3.10	ผลการจำลองแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ จำนวน 2 ถึง 6 ตัวเมื่อนำมารวมกัน.....	52
3.11	ผลการจำลองอัตราขยายของสายอากาศแบบ 2 ถึง 6 ตัว.....	52
3.12	โครงสร้างของสายอากาศเมื่อนำมารวมกัน.....	53
3.13	การปรับระยะห่างของสายอากาศโดยเริ่มจากจุดศูนย์กลาง.....	54
3.14	$ S_{ii} $ ของสายอากาศที่ระยะ d_s ต่างๆตั้งแต่ 9 cm ถึง 13 cm ตามลำดับ.....	56
3.15	แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นที่ระยะ d_s ต่างๆ.....	58
3.16	อัตราขยายที่ระยะ d_s ต่างๆ.....	58
3.17	$ S_{ii} $ ของสายอากาศทั้งสี่ตัวเมื่อต่อรวมกันแล้วเทียบกับความถี่.....	59
3.18	แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ.....	61

3.19	ผลการจำลองอัตราขยายของสายอากาศเทียบกับความถี่.....	61
------	--	----

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.1	โครงสร้างของสายอากาศจัดเรียงกระแสไฟฟ้า.....	63
4.2	วงจรที่ใช้ในการจำลองปรับค่าความต้านและความถี่.....	64
4.3	ผลการจำลองค่าความต้านทานของวงจรเรียงกระแส.....	65
4.4	ผลการจำลองวงจรเรียงกระแสเมื่อปรับความถี่.....	65
4.5	แบบวงจรเรียงกระแสเริ่มต้น.....	66
4.6	$ S_{11} $ ของวงจรเรียงกระแสเริ่มต้น.....	67
4.7	$ S_{11} $ ของวงจรเรียงกระแสเริ่มต้น.....	68
4.8	การต่อการจำลองเพื่อทดสอบวงจรเรียงกระแส.....	68
4.9	ผลการจำลองค่าแรงดันที่ขาออกของวงจรเรียงกระแส.....	69
5.1	รูปถ่ายสายอากาศต้นแบบ.....	70
5.2	การทดสอบคุณลักษณะ $ S_{11} $ ของสายอากาศ.....	71
5.3	เปรียบเทียบผลการทดสอบกับผลการจำลอง $ S_{11} $ ของสายอากาศต้นแบบ.....	72
5.4	การต่อทดสอบแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นโดยใช้ตัวแบ่งกำลังงาน.....	74
5.5	การทดสอบแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นในระนาบ xz.....	74
5.6	การทดสอบแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นในระนาบ yz.....	74
5.7	แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศต้นแบบที่ได้จากการทดสอบ เทียบกับผลจากการจำลองที่ความถี่ 2.45 GHz.....	75
5.8	เปรียบเทียบอัตราขยายระหว่างผลการจำลองและผลการทดสอบ.....	76
5.9	รูปถ่ายของวงจรเรียงกระแสต้นแบบ.....	77
5.10	$ S_{11} $ ของวงจรเรียงกระแสเปรียบเทียบระหว่างการจำลองและการทดสอบ.....	77
5.11	การต่อวงจรเรียงกระแสเข้ากับเครื่องกำเนิดสัญญาณโดยตรง.....	78
5.12	เปรียบเทียบแรงดันทางด้านขาออกที่ความถี่ 2.45 GHz.....	79
5.13	การทดสอบการส่งผ่านกำลังงานไร้สายจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไปยังสายอากาศ ต้นแบบ.....	79
5.14	รูปถ่ายสายอากาศต้นแบบและรูปการทดสอบการส่งผ่านกำลังงานไร้สายจาก เครื่องกำเนิดสัญญาณไปยังสายอากาศต้นแบบ.....	80
5.15	เปรียบเทียบแรงดันทางด้านขาออกที่ความถี่ 2.40 GHz 2.45 GHz และ 2.50 GHz โดยการส่งผ่านกำลังงานไร้สายในระยะต่างๆ.....	81

5.16	การหาค่าความหนาแน่นกำลังงาน (S_{RF}) ในแต่ละระยะ (R_s).....	82
5.17	ประสิทธิภาพการส่งผ่านกำลังงานของสายอากาศจัดเรียงกระแสไฟฟ้าต้นแบบ.....	83