

# สารบัญ

|                                                                  | หน้า |
|------------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....                                             | I    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....                                          | II   |
| กิตติกรรมประกาศ.....                                             | III  |
| สารบัญ.....                                                      | IV   |
| สารบัญตาราง.....                                                 | VIII |
| สารบัญรูป.....                                                   | IX   |
| สัญลักษณ์และคำย่อ .....                                          | XV   |
| บทที่ 1 บทนำ.....                                                | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....                          | 1    |
| 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....                  | 2    |
| 1.3 ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....                          | 2    |
| 1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....                                       | 2    |
| 1.5 ขั้นตอนของการศึกษา.....                                      | 3    |
| บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสายอากาศ.....                     | 4    |
| 2.1 บทนำ.....                                                    | 4    |
| 2.2 พารามิเตอร์พื้นฐานของสายอากาศ.....                           | 4    |
| 2.2.1 รูปแบบของการกระจายคลื่น.....                               | 4    |
| 2.2.1.1 รูปแบบไอโซโทรปิก ไดเรกชันแนล และออมนิไดเรกชันแนล .....   | 5    |
| 2.2.1.2 โลบของแพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่น .....                  | 6    |
| 2.2.1.2.1 เมเจอร์โลบ หรือ เมนโลบ (Major Lobe or Main Lobe) ..... | 6    |
| 2.2.1.2.2 โลบย่อย (Minor Lobe) .....                             | 6    |
| 2.2.1.2.3 โลบข้าง หรือ ไซด์โลบ (Side Lobe) .....                 | 6    |
| 2.2.1.2.4 โลบหลัง (Back Lobe) .....                              | 7    |
| 2.2.1.3 บริเวณต่างๆของสนามจากสายอากาศ.....                       | 7    |
| 2.2.1.3.1 สนามรีแอคทีฟระยะใกล้ (Reactive-Near Field) .....       | 7    |
| 2.2.1.3.2 สนามกระจายระยะใกล้ (Radiating-Near Field) .....        | 7    |
| 2.2.1.3.3 สนามระยะไกล (Far Field) .....                          | 7    |

## สารบัญ(ต่อ)

หน้า

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| 2.2.2 โพลาไรเซชัน (Polarization) .....                  | 8  |
| 2.2.3 บีมวิทท์ (Beam width) .....                       | 9  |
| 2.2.4 ไดเรกทีวิตี (Directivity) .....                   | 10 |
| 2.2.5 อัตราขยาย (Gain) .....                            | 11 |
| 2.3 โครงสร้างและคุณสมบัติของไมโครสตริป.....             | 11 |
| 2.3.1 คลื่นที่แพร่กระจายในไมโครสตริป.....               | 12 |
| 2.3.1.1 คลื่นถูกนำทาง (guided wave) .....               | 12 |
| 2.3.1.2 คลื่นแผ่พลังงาน (radiated wave) .....           | 13 |
| 2.3.1.3 คลื่นรั่ว (leaky wave) .....                    | 13 |
| 2.3.1.4 คลื่นผิว (surface wave).....                    | 14 |
| 2.3.1.5 ความต้องการคลื่นในสายส่งสัญญาณและสายอากาศ ..... | 15 |
| 2.4 สายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริป.....                      | 15 |
| 2.4.1 การส่งผ่านคลื่นในสายส่งไมโครสตริป.....            | 16 |
| 2.4.2 การลดทอนกำลังสัญญาณของไมโครสตริป.....             | 20 |
| 2.4.3 สายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปที่ไม่ต่อเนื่อง.....     | 22 |
| 2.4.3.1 แบบช่องต่อ (series gap) .....                   | 22 |
| 2.4.3.2 แบบมุมฉาก (right-angled) .....                  | 24 |
| 2.4.3.3 แบบขั้น (microstrip step) .....                 | 25 |
| 2.4.3.4 แบบรูปตัว T (microstrip T-junction) .....       | 26 |
| 2.5 สายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิด.....                  | 27 |
| 2.5.1 โครงสร้างของสายอากาศ.....                         | 27 |
| 2.5.2 การแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแบบช่องเปิด.....     | 28 |
| 2.5.3 การทำแมตซ์อิมพีแดนซ์ของสายอากาศแบบช่องเปิด.....   | 30 |
| 2.6 สรุป.....                                           | 31 |
| บทที่ 3 วิธีผลต่างสลับเนื่องจำกัดในโดเมนเวลา.....       | 32 |
| 3.1 บทนำ.....                                           | 32 |
| 3.2 สมการแมกซ์เวลล์และอีอัลกอริทึม.....                 | 32 |

## สารบัญ(ต่อ)

หน้า

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.3 แนวคิดของยี่อัสกอร์ทิมซึ่งเป็นแนวความคิดพื้นฐานของวิธี FDTD.....  | 34  |
| 3.4 สมการผลต่างสี่เหลี่ยม.....                                        | 36  |
| 3.5 การกระตุ้นแหล่งกำเนิดแรงดัน.....                                  | 40  |
| 3.6 เงื่อนไขความเสถียรเชิงตัวเลข.....                                 | 41  |
| 3.7 เงื่อนไขขอบเขตการดูดกลืน.....                                     | 44  |
| 3.8 การวิเคราะห์สายอากาศด้วยวิธี FDTD.....                            | 51  |
| 3.8.1 พารามิเตอร์การจัดกระจาย .....                                   | 51  |
| 3.8.2 อินพุตอิมพีแดนซ์และอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง.....                | 53  |
| 3.8.3 แบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศ.....                  | 53  |
| 3.9 การพัฒนาคุณสมบัติต่าง ๆ ของสายอากาศ.....                          | 57  |
| 3.9.1 สูตรการหาอัตราขยาย(gain) ของสายอากาศ.....                       | 57  |
| 3.9.2 การหาค่าประสิทธิภาพของสายอากาศ (Antenna Efficiency).....        | 62  |
| 3.9.3 สูตรการหาค่าของแบนด์วิธ (bandwidth).....                        | 63  |
| 3.10 การทำงานของโปรแกรม FDTD.....                                     | 63  |
| บทที่ 4 การวิเคราะห์และทดสอบสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉาก          |     |
| สำหรับการสื่อสารไร้สาย.....                                           | 66  |
| 4.1 บทนำ.....                                                         | 66  |
| 4.2 การออกแบบสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉาก.....                    | 66  |
| 4.2.1การจำลองสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากด้วยวิธีผลต่างสี่เหลี่ยม |     |
| จำกัดในโดเมนเวลา .....                                                | 67  |
| 4.3 สายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบ 1 ช่องเปิด.....               | 68  |
| 4.4 สายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 2 ช่องเปิด.....       | 75  |
| 4.5 สายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด.....       | 85  |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....                              | 107 |
| 5.1 สรุปผลการออกแบบและวิเคราะห์.....                                  | 107 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา.....                                | 113 |
| เอกสารอ้างอิง.....                                                    | 114 |

## สารบัญ(ต่อ)

|                                                             | หน้า |
|-------------------------------------------------------------|------|
| ภาคผนวก.....                                                | 116  |
| ภาคผนวก ก. บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวิทยานิพนธ์..... | 117  |
| ประวัติผู้เขียน.....                                        | 123  |