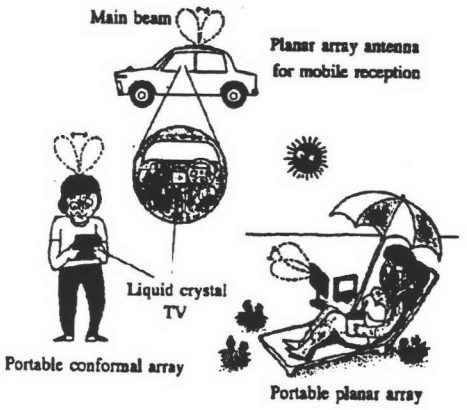
บทที่ 1

บทนำ

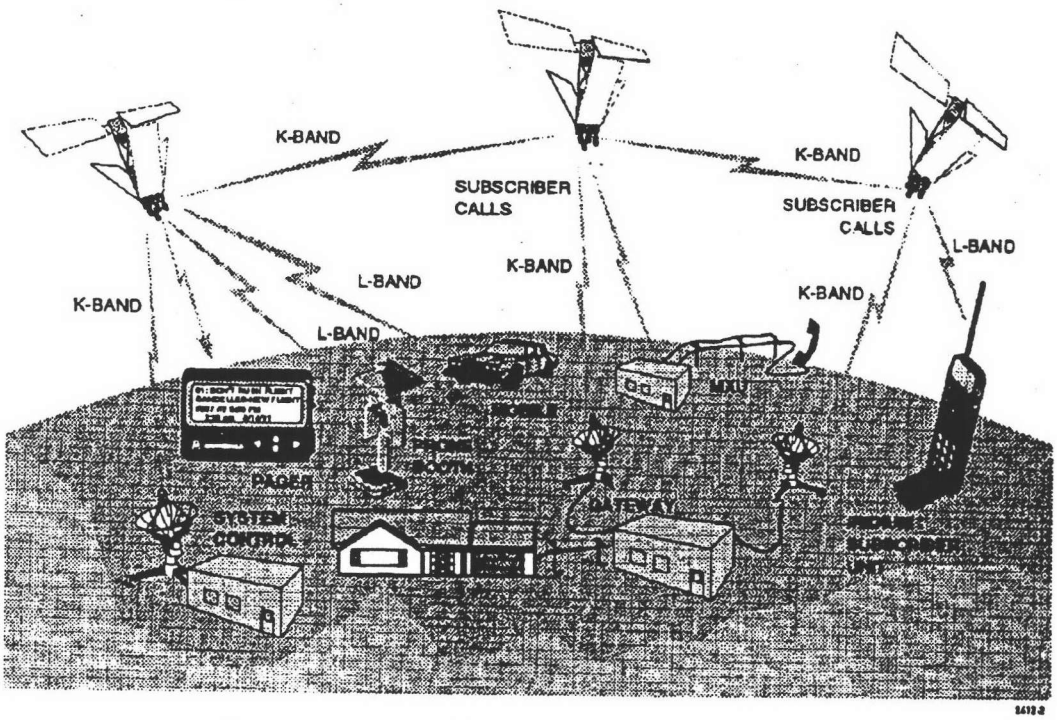
ความเป็นมา

ปัจจุบันระบบสื่อสารใหม่ๆ ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการในการติดต่อสื่อสารกันของมนุษย์ไม่ว่าจะอยู่บนส่วนใดของโลก เช่น ระบบดาวเทียมแพร่ภาพโดยตรง (DBS: Direct Broadcast Satellite) ระบบสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ (Low-Earth-Orbit Mobile Communication System) ในระบบเหล่านี้การเชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้บริการกับดาวเทียมสามารถกระทำได้โดยตรงไม่จำเป็นต้องผ่านสถานีภาคพื้นดินทำให้สายอากาศที่ใช้ต้องมีสมรรถนะสูง นอกจากนี้ขนาดและน้ำหนักของสายอากาศยังเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการเลือกใช้สายอากาศสำหรับผู้ใช้บริการในระบบ ตัวอย่างเช่นเมื่อใช้เป็นสายอากาศบนยานพาหนะของระบบสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียม (Kumar, 1990) ใช้เป็นสายอากาศรับบนยานพาหนะของระบบจีพีเอส (Krzysztofik, Kurowski and Langowski, 1993) ใช้เป็นสายอากาศรับของระบบดาวเทียมแพร่ภาพโดยตรง (Murata and Fujita, 1994) รวมถึงโครงการอิริเดียมซึ่งเป็นโครงการหนึ่งในระบบสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำที่กำลังจะเปิดให้บริการในประเทศไทย การเชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้บริการกับดาวเทียมในโครงการอิริเดียมนั้นจะใช้คลื่นที่มีโพลาไรเซชันแบบวงกลมในย่านความถี่แอ็ล (1.61-1.625 กิกะเฮิร์ต) ดังนั้นเพื่อประโยชน์ในการนำไปพัฒนาสำหรับการใช้งานในโครงการดังกล่าวในอนาคต วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงจะทำการศึกษาสายอากาศที่ทำงานในช่วงความถี่แอ็ลและมีโพลาไรเซชันแบบวงกลมโดยสายอากาศที่ทำการศึกษาคือสายอากาศไมโครสตริปเนื่องจากคุณสมบัติของสายอากาศที่มีน้ำหนักเบา หน้าตัดข้างบาง (Low Profile) สามารถวางแนบกับพื้นผิวใดๆ ได้อย่างแข็งแรง และสามารถจัดเป็นสายอากาศแบบประมวลชนิดโมโนลิทิก (Monolithic Integrated Antenna System) ทำให้ได้องค์ประกอบทั้งชนิดแอกทีฟและพาสซีฟ รวมทั้งการเชื่อมต่อต่างๆ สามารถจัดวางบนพื้นผิวระนาบเดียวกัน ขนาดของสายอากาศจึงเล็กและบางเหมาะสมกับการนำไปใช้งานในระบบสื่อสารต่างๆ ข้างต้น

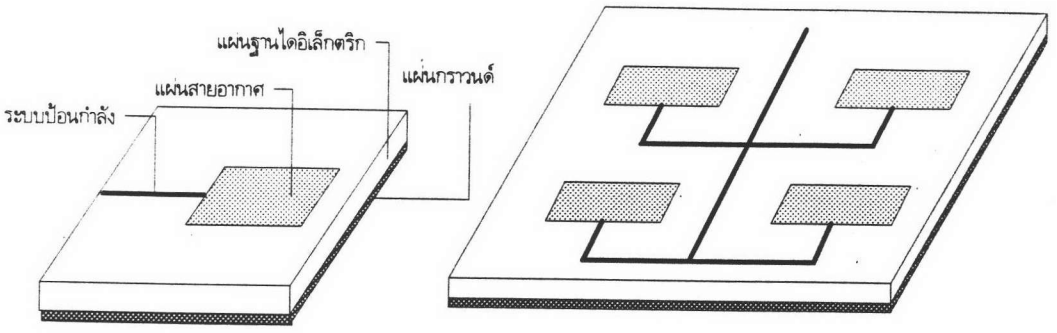
ในช่วง 3 ทศวรรษที่ผ่านมางานวิจัยเกี่ยวกับสายอากาศไมโครสตริปได้รับความสนใจและถูกตีพิมพ์ออกมาอย่างต่อเนื่องเป็นจำนวนมาก ในระยะแรกงานวิจัยส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการศึกษาลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปและผลกระทบเนื่องจากโครงสร้างของสายอากาศได้แก่ แผ่นกราวนด์ แผ่นฐานไดอิเล็กตริก แผ่นสายอากาศ ซึ่งงานวิจัยเหล่านั้นแสดงให้เห็นลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริป



รูป 1.1 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานสายอากาศไมโครสตริป
ในภาพใช้เป็นสายอากาศสำหรับระบบดาวเทียมแพร่ภาพโดยตรง (Murata and Fujita, 1994)



รูป 1.2 การเชื่อมโยงของสถานีภาคพื้นดิน ดาวเทียม และผู้ใช้บริการในโครงการอิริเดียม
(Leopold and Miller, 1993)



รูป 1.3 สายอากาศไมโครสตริปและสายอากาศแถวลำดับแบบไมโครสตริป

เมื่อใช้งานเป็นตัวแผ่พลังงานเดี่ยวคือมีแบบรูปการแผ่พลังงานเป็นแบบบรอดไซด์ ค่าตัวประกอบคุณภาพสูง แบนด์วิดท์แคบ การควบคุมโพลาไรเซชันกระทำได้ยาก โครงสร้างของสายอากาศส่งผลต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศดังนี้ ขนาดของแผ่นกราวนด์ที่จำกัดทำให้เกิดโพลาไรเซชันไขว้และเกิดการรบกวนที่พูหลัง (Huang, 1983; Jacobsen and Lier, 1983) ชนิดและความหนาของแผ่นฐานไดอิเล็กตริกเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการออกแบบสายอากาศซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของสายอากาศและความยากง่ายในการผลิต (Alexopoulos and Katehi, 1981; Bahl, Barthia and Stuchly, 1981; Chowdhury and Das, 1982; Garg and Bhattacharyya, 1986) โดยมีขนาดของแผ่นสายอากาศเป็นตัวกำหนดความถี่ใช้งานของสายอากาศแต่รูปร่างของสายอากาศที่แตกต่างกันส่งผลต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศน้อยมาก (Pozar, 1982; Palanisamy and Garg, 1986) ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสายอากาศและการควบคุมลักษณะสมบัติของสายอากาศ การใช้งานสายอากาศไมโครสตริปจึงมักอยู่ในรูปของสายอากาศแถวลำดับแบบต่างๆ ซึ่งงานวิจัยเกี่ยวกับสายอากาศไมโครสตริปในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 2 แนวทาง คือ

แนวทางที่ 1 เป็นการศึกษาวิธีการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศที่มีประสิทธิภาพเพื่อพัฒนาเป็นโปรแกรมช่วยในการออกแบบ ซึ่งแบ่งวิธีการวิเคราะห์ออกเป็น 2 วิธีคือ วิธีการเชิงวิเคราะห์ (Analytic Method) และวิธีการเชิงเลข (Numerical Method) วิธีการเชิงวิเคราะห์เป็นวิธีที่อาศัยแบบจำลองทางกายภาพแบบต่างๆ เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์ได้แก่การใช้แบบจำลองสายส่ง (Transmission Line Model) (Dearnley and Barel, 1989; Akahavan and Mirshekar-Syahakai, 1994) แบบจำลองแบบโพรง (Cavity Model) (Richards, Lo and Harrison, 1981; Martin, 1988; Damiano, Papiernik and Abboud, 1988; Thouroude, Himdi and Daniel, 1990; Perez and Encinar, 1993; Hall and Morrow, 1994) ส่วนวิธีการเชิงเลขนั้นเป็นการแก้ปัญหาค่าขอบเขตทางทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยวิธีการเชิงเลขแบบต่างๆ เช่น วิธีของโมเมนต์ (Pozar, 1982; Gardiol and Mosig, 1983; Mittra, Park and

Arksun, 1995) วิธีไฟไนต์เอลีเมนต์ (Litva and Wu, 1990; Tian and Lighthart, 1995) วิธีผลต่างสืบเนื่องเชิงเวลา(Kashiwa, Onishi and Fukai, 1983) เป็นต้น

แนวทางที่ 2 เป็นการปรับปรุงและควบคุมลักษณะสมบัติของสายอากาศเมื่อใช้งานเป็นตัวแผ่พลังงานเดี่ยวและเมื่อใช้งานเป็นสายอากาศแถวลำดับแบบไมโครสตริป ในแนวทางนี้มีการศึกษาวิธีการเพิ่มแบนด์วิดท์ (Capelle, Nauwelaers, and An, 1994) การควบคุมโพลาไรเซชัน (Hall, 1983; Gupta and Sharma; Hall and James, 1984; Lo, Chuang and Akson, 1990) การควบคุมพูข้าง (Pozar and Kuafman, 1990) การแผ่พลังงานปลอมเทียมจากระบบป้อนกำลังและปรากฏการณ์เชื่อมต่อร่วม (Hall and Hall; Levine, Malamud and Shtrikman, 1989; Jackson and Manghnani, 1990; Hall and Morrow; Alexopoulos, Wu and Fordham, 1995) เป็นต้น

ในสายอากาศแถวลำดับแบบไมโครสตริปนั้น ระบบป้อนกำลังสามารถจำแนกตามการจัดวางตัวของแผ่นสายอากาศกับระบบป้อนกำลังได้ 2 แบบคือแบบอนุกรม (Series-Fed Network) และแบบโคเปอร์เรตฟีดเน็ตเวิร์ค (Corperate-Fed Network) ซึ่งลักษณะสมบัติของสายอากาศแถวลำดับที่ใช้ระบบป้อนกำลังแต่ละแบบต่างถูกจำกัดด้วยสมรรถนะของสายอากาศไมโครสตริปแต่ละตัวในระบบ นอกจากนี้ระบบป้อนกำลังยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความยากง่ายในการสร้างและลักษณะสมบัติของสายอากาศไม่ว่าจะเป็นแบบรูปการแผ่พลังงาน โพลาไรเซชัน แบนด์วิดท์ และประสิทธิภาพของสายอากาศ เนื่องจากการจัดวางตัวของระบบป้อนกำลัง พลังงานที่สูญเสียในระบบป้อนกำลัง การผิดเพี้ยนทางขนาดและเฟสของกระแสกระตุ้น การแผ่พลังงานปลอมเทียมจากระบบป้อนกำลัง และปรากฏการณ์เชื่อมต่อร่วมระหว่างระบบป้อนกำลังกับแผ่นสายอากาศ ดังนั้นการศึกษาผลกระทบของระบบป้อนกำลังต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปที่เป็นตัวแผ่พลังงานเดี่ยวจึงช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกจัดวางแผ่นสายอากาศและระบบป้อนกำลังให้เป็นสายอากาศแถวลำดับที่มีประสิทธิภาพและสามารถควบคุมลักษณะสมบัติให้เป็นไปตามต้องการได้

ระบบป้อนกำลังของสายอากาศไมโครสตริปสามารถแบ่งตามวิธีการส่งผ่านพลังงานให้แก่สายอากาศได้หลายวิธี (Lo, Chuang and Akson) เช่นแบบโพรบโคแอกเซียล แบบสายนำสัญญาณไมโครสตริป แบบอะเพอร์เจอร์เชื่อมต่อ เป็นต้น ระบบป้อนกำลังแบบโพรบโคแอกเซียลเป็นระบบป้อนกำลังที่มีการแผ่พลังงานปลอมเทียมน้อยมาก (Spurious Radiation) แต่การสร้างเป็นสายอากาศแถวลำดับขนาดใหญ่ทำได้ยาก ระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปเป็นระบบป้อนกำลังที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในระยะเริ่มแรกเช่นเดียวกับระบบป้อนกำลังแบบโพรบโคแอกเซียล สามารถสร้างขึ้นได้ด้วยวิธีการทำแผ่นวงจรพิมพ์และขยายเป็นสายอากาศแบบแถวลำดับได้ง่ายเนื่องจากสายอากาศ ระบบป้อนกำลังและองค์ประกอบอื่นๆ อยู่บนระนาบเดียวกัน แต่การแผ่พลังงานปลอมเทียมจากระบบป้อนกำลังแบบนี้จะมีค่าสูง ขณะที่ระบบป้อนกำลังแบบอะเพอร์เจอร์เชื่อมต่อและระบบป้อนกำลังอื่นๆ ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นมาภายหลังเพื่อลดการแผ่พลังงานปลอมเทียมจากสายนำสัญญาณไมโครสตริปนั้นมีเทคนิคการผลิตที่ยุ่งยาก ราคาแพงและการปรับแต่งในภาย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลังทำได้ยากกว่าระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริป ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเลือกใช้สายนำสัญญาณไมโครสตริปเป็นระบบป้อนกำลังของแผ่นสายอากาศรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีโพลาไรเซชันแบบวงกลม และศึกษาผลกระทบของการวางตัวแบบต่างๆ ของระบบป้อนกำลังต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริป

สำหรับเนื้อหาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งเป็น 4 ส่วนคือส่วนแรกเป็นการศึกษาโครงสร้างและลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปและวิธีการวิเคราะห์สายอากาศไมโครสตริป ส่วนที่สองเป็นหลักการวิเคราะห์ที่เลือกใช้ ส่วนที่สามเป็นการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีโพลาไรเซชันแบบวงกลมและทำงานในช่วงความถี่ย่านแอ็ลและการวิเคราะห์ผลกระทบของการวางตัวแบบต่างๆ ของระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศ และส่วนที่สี่เป็นส่วนของการสรุปผล

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อค้นคว้า ศึกษาผลกระทบของการวางตัวของระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศ เพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกจัดวางแผ่นสายอากาศและระบบป้อนกำลังให้เป็นสายอากาศแถวลำดับแบบไมโครสตริปที่มีประสิทธิภาพและสามารถควบคุมให้มีลักษณะสมบัติเป็นไปตามที่ต้องการได้

ขอบเขตของงานวิจัย

1. วิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
2. ศึกษาผลกระทบของการวางตัวของระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปแบบต่างๆ ต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศ
3. เสนอการวางตัวที่เหมาะสมของสายนำสัญญาณไมโครสตริปเพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกจัดวางแผ่นสายอากาศและระบบป้อนกำลังให้เป็นสายอากาศแถวลำดับแบบไมโครสตริปที่มีประสิทธิภาพและสามารถควบคุมให้มีลักษณะสมบัติเป็นไปตามที่ต้องการได้

ขั้นตอนการดำเนินการ

1. ค้นคว้า ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริป วิธีการวิเคราะห์สายอากาศ ลักษณะสมบัติของสายอากาศและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศ

2. วิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

3. วิเคราะห์ผลกระทบของการวางตัวของระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

4. เสนอการวางตัวที่เหมาะสมของสายนำสัญญาณไมโครสตริปเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบสายอากาศแถวลำดับแบบไมโครสตริปที่มีประสิทธิภาพและสามารถควบคุมให้มีลักษณะสมบัติเป็นไปตามที่ต้องการได้

5. สรุปผลรายงาน

6. เขียนและพิมพ์วิทยานิพนธ์

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. เรียนรู้วิธีการวิเคราะห์สายอากาศและวิธีการที่ใช้สามารถนำไปพัฒนาต่อเป็นโปรแกรมช่วยในการออกแบบสายอากาศไมโครสตริปได้

2. ทราบผลกระทบของการวางตัวของระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

3. ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปใช้ในการเลือกการวางตัวของระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาเป็นสายอากาศแบบแถวลำดับที่มีประสิทธิภาพและสามารถควบคุมให้มีลักษณะสมบัติเป็นไปตามที่ต้องการได้