บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

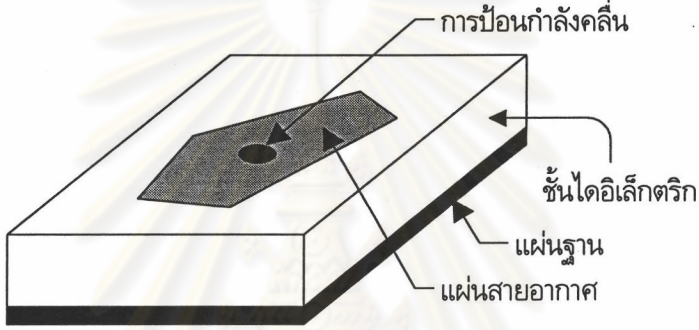
ความเป็นมา

เป็นที่ทราบกันดีว่า ในปัจจุบันเป็นยุคของการแลกเปลี่ยนข้อมูลและข่าวสารซึ่งจำเป็นต้องใช้บริการสื่อสารโทรคมนาคมที่มีประสิทธิภาพจึงจะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้ใช้งาน สายอากาศจัดเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ใช้ในการรับส่งข่าวสาร จึงจำเป็นต้องมีการคิดค้นและพัฒนาให้มีสมรรถนะสูง เหมาะกับการใช้งานในลักษณะต่างๆ สายอากาศไมโครสตริปเป็นสายอากาศชนิดหนึ่งที่ใช้งานในย่านความถี่ไมโครเวฟ ทั้งนี้เนื่องมาจากคุณสมบัติที่ดีหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นขนาดที่เล็กและน้ำหนักเบา ขนาดแผ่นแบนบางสามารถวางแนบกับพื้นผิวต่างๆ ได้เป็นอย่างดี สามารถผลิตได้ง่ายด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ (printed-circuit board) และเป็นองค์ประกอบที่มีความหลากหลายในการประยุกต์ใช้งาน (versatile elements) อีกทั้งยังสามารถผลิตเป็นจำนวนมากได้ในราคาถูก สามารถใช้งานได้ตามแบบรูปการแผ่พลังงานและการเกิดโพลาไรซ์ที่แตกต่างกันได้ โดยขึ้นอยู่กับรูปแบบที่ใช้และรูปร่างของสายอากาศไมโครสตริป ดังนั้นจึงมีการนำสายอากาศไมโครสตริปไปใช้งานในด้านต่างๆ ตัวอย่างเช่น ในระบบสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียม บริการดาวเทียมแพร่ภาพโดยตรงหรือดีบีเอส (direct broadcast satellite) ระบบดาวเทียมบอกพิกัดหรือจีพีเอส (global positioning system) นำไปติดตั้งบนหลังคารถยนต์ เครื่องบิน จรวด ใช้ในการชี้ทิศทางระยะไกล (remote sensing) นำไปใช้ทางด้านการแพทย์ โดยใช้สายอากาศไมโครสตริปในการสร้างคลื่นไมโครเวฟเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดความร้อน นำไปทำลายเนื้อเยื่อที่ไม่ต้องการในร่างกายมนุษย์ ใช้เป็นระบบป้องกันการชนของรถยนต์ นำไปใช้ในระบบอากาศยาน ระบบเรดาร์ทางทหาร งานด้านโทรมาตร (telemetry) เป็นต้น (Collin, 1985; Huang, 1995)

จากการนำสายอากาศไมโครสตริปไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง จึงต้องมีการวิจัยและพัฒนาสายอากาศชนิดนี้อย่างต่อเนื่อง เพื่อปรับปรุงสมรรถนะของสายอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละด้าน งานวิจัยที่เกี่ยวกับสายอากาศไมโครสตริปเริ่มต้นมามากกว่า 30 ปี โดยงานวิจัยในระยะแรกเป็นการศึกษาลักษณะสมบัติและผลกระทบเนื่องจากโครงสร้างของสายอากาศเอง ไม่ว่าจะเป็นแผ่นฐาน แผ่นสายอากาศ ชั้นไดอิเล็กตริก หรือระบบป้อนกำลังดังรูปที่ 1.1 ในระยะต่อมาการศึกษาสายอากาศไมโครสตริปจะมุ่งเน้นไปทางการหาวิธีการที่จะวิเคราะห์สายอากาศให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วิธีการวิเคราะห์สายอากาศไมโครสตริปในปัจจุบันนี้ สามารถทำได้ทั้งในวิธีทางเชิงวิเคราะห์ (analytical method) และในวิธีทางเชิงเลข (numerical method) วิธีทางเชิงวิเคราะห์จะอาศัยแบบจำลองทางกายภาพแบบต่างๆ มาช่วย ได้แก่การใช้แบบจำลองสายส่ง (transmission line model) แบบจำลอง

แบบโพรง (cavity model) (Carver and Mink, 1981) ส่วนวิธีทางเชิงเลขเป็นการแก้ปัญหาค่าขอบเขต (boundary value problem) ในทางทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น วิธีของโมเมนต์ วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ วิธีผลต่างสืบเนื่องทางเวลา (Hall and James, eds., 1989) ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์จัดเป็นวิธีทางเชิงเลขวิธีหนึ่งที่ได้รับการวิจัยและพัฒนาตลอดระยะเวลาประมาณ 30 ปี เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน สามารถประยุกต์ใช้กับปัญหาที่ไม่ใช่รูปทรงทางเรขาคณิตได้ เป็นวิธีที่แก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (Sadiku, 1992)



รูปที่ 1.1 สายอากาศไมโครสตริป

ในการวิเคราะห์สายอากาศไมโครสตริป โดยทั่วไปมุ่งความสนใจไปยังค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าเพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกับวงจรภายนอก สามารถนำไปใช้ในการหาพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น ความถี่เรโซแนนซ์ แถบความถี่ และแบบรูปการแผ่พลังงานที่ระยะสนามไกลซึ่งมีความสำคัญมากในการใช้งานสายอากาศ เพราะทำให้ทราบทิศทางที่มีการรับคลื่นได้ดีที่สุด สามารถปรับตำแหน่งของสายอากาศไปยังทิศทางนั้นได้

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาสายอากาศไมโครสตริป เพื่อวิเคราะห์ค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าและแบบรูปการแผ่พลังงานโดยใช้วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (finite element method, FEM) ร่วมกับสมการอินทิกรัลของศักย์แม่เหล็กและไฟฟ้า (mixed potential integral equation, MPIE) เพื่อใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์สายอากาศไมโครสตริป มีการใช้สมการนี้ในการแก้ปัญหาสายอากาศไมโครสตริปมากว่า 15 ปี ดังมีในผลงานของ Pozar (1982) Michalski (1985) และ Hall and Mosig (1989) สมการอินทิกรัลของศักย์แม่เหล็กและไฟฟ้านี้เป็นรูปแบบหนึ่งของสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาคลื่นไมโครเวฟ สามารถใช้กับแผ่นสายอากาศรูปร่างไม่เจาะจง นอกจากนี้สมการอินทิกรัลของศักย์แม่เหล็กและไฟฟ้ายังสามารถวิเคราะห์ในโดเมนที่วัดค่าได้ (space domain) สามารถใช้งานได้ในทุกความถี่ ไม่มีข้อจำกัดเรื่องความหนาของชั้นไดอิเล็กตริก จำนวนชั้นของตัวกลางไดอิเล็กตริก นอกจากนี้ยังมีการรวมผลของการสูญเสียแบบต่างๆ คือการสูญเสียเนื่องจากการแผ่

พลังงาน การสูญเสียเนื่องจากคลื่นผิวไว้ด้วย จึงอาจกล่าวได้ว่าการวิเคราะห์โดยใช้สมการนี้เป็นการวิเคราะห์สายอากาศไมโครสตริปที่สามารถใช้งานได้ทุกรูปแบบ ส่วนสาเหตุที่เลือกใช้การแก้สมการอินทิกรัลของศักย์แม่เหล็กและไฟฟ้าร่วมกับวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ซึ่งเป็นวิธีทางเชิงวิเคราะห์และวิธีทางเชิงเลขตามลำดับนั้น เป็นการนำข้อดีของทั้งสองวิธีมาใช้ร่วมกัน ทำให้มีความยืดหยุ่นในการนำไปใช้งานดังได้กล่าวมาแล้ว

สำหรับเนื้อหาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วนได้แก่ ส่วนแรก เป็นการศึกษาถึงโครงสร้างและวิธีการวิเคราะห์สายอากาศไมโครสตริป ส่วนที่สอง เป็นหลักการวิเคราะห์ที่เลือกใช้ ส่วนที่สาม เป็นการวิเคราะห์อิมพีแดนซ์ขาเข้าและแบบรูปการแผ่พลังงานที่ระยะสนามไกลของสายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างไม่เจาะจง และส่วนที่สี่เป็นการสรุปผล

วัตถุประสงค์

เพื่อวิเคราะห์อิมพีแดนซ์ขาเข้าและแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างไม่เจาะจง โดยใช้วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ร่วมกับสมการอินทิกรัลของศักย์แม่เหล็กและไฟฟ้าเพื่อใช้ในการออกแบบสายอากาศ

เป้าหมายและขอบเขตของงานวิจัย

1. วิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างไม่เจาะจงด้วยสมการอินทิกรัลของศักย์แม่เหล็กและไฟฟ้าร่วมกับวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์
2. หาค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าและแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างไม่เจาะจง

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริป
2. วิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างไม่เจาะจงด้วยสมการอินทิกรัลของศักย์แม่เหล็กและไฟฟ้าร่วมกับวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์
3. หาค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าและแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างไม่เจาะจง
4. สรุปรวบรวมผลการวิเคราะห์ทั้งหมด
5. จัดทำเอกสารเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. สามารถใช้สมการอินทิกรัลของศักย์แม่เหล็กและไฟฟ้าร่วมกับวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ในการวิเคราะห์สายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างไม่เจาะจง
2. ทราบถึงลักษณะของอิมพีแดนซ์ขาเข้าและแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างไม่เจาะจง
3. โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อวิเคราะห์สายอากาศไมโครสตริปสามารถนำไปพัฒนาต่อเป็นโปรแกรมช่วยในการออกแบบสายอากาศไมโครสตริปได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย