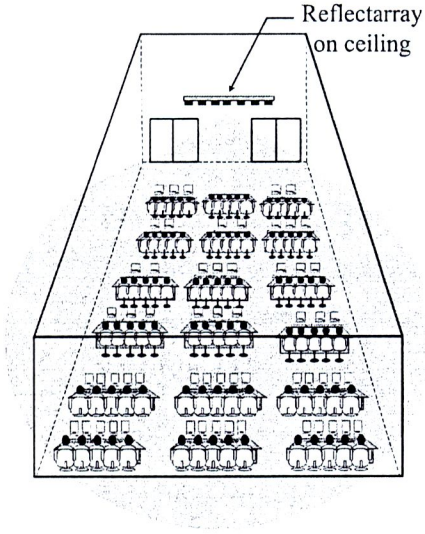
บทที่ 1
บทนำ

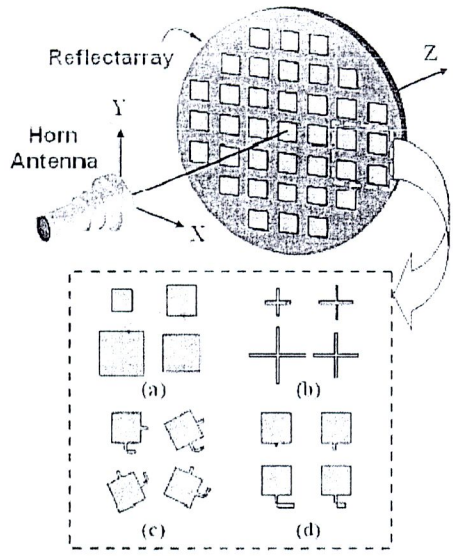
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ปัจจุบันเทคโนโลยีโทรคมนาคมมีการพัฒนาก้าวหน้าไปอย่างเร็วมากในหลาย ๆ ด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เทคโนโลยีทางด้านการสื่อสารไร้สาย เช่น ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูล่าร์ที่มีการพัฒนามาตรฐานจาก 2G ไปเป็น 3G และกำลังมุ่งไปสู่ 4Gในอนาคตข้างหน้า เทคโนโลยีการส่งข้อมูลแบบแพ็กเกต (General Packet Radio Service: GPRS) ถือได้ว่าเป็นมาตรฐานของ 2.5G ที่จะช่วยให้โทรศัพท์มือถือสามารถให้บริการโมบายล์อินเตอร์เน็ตได้ นอกจากนี้เทคโนโลยีหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างสูงในขณะนี้คือ ระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย (Wireless Local Area Network: WLAN) ซึ่งเป็นระบบเชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์หรือเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ใช้สายเข้าด้วยกัน หรือการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต โดยอาศัยคลื่นวิทยุ (Radio Frequency: RF) รับส่งข้อมูลแทนสายเคเบิล กล่าวคือผู้ใช้งานสามารถเชื่อมโยงเข้ากับระบบเครือข่ายจากพื้นที่ใดก็ได้ที่อยู่ในรัศมีของสัญญาณ และระบบยังสามารถแก้ปัญหาเรื่องการติดตั้งสายนำสัญญาณในพื้นที่ที่ทำได้ลำบาก นอกจากนี้เทคโนโลยีทางด้าน WLAN ก็ได้มีการพัฒนามาตรฐานใหม่ ๆ ออกมาหลายมาตรฐาน ซึ่งมุ่งที่จะเพิ่มอัตราเร็วของการส่งข้อมูลให้สูงขึ้นเป็นลำดับ และยังมีแนวคิดที่จะนำระบบ WLAN เข้ามาเสริมการให้บริการแก่ระบบเซลลูลาร์อีกด้วย จากความสำคัญดังกล่าว ทำให้มีการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ระบบ WLAN ออกมาเป็นจำนวนมาก สายอากาศนับเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นตัวช่วยให้อุปกรณ์ WLAN สามารถแพร่กระจายคลื่นออกไปในอากาศทิศทางต่าง ๆ ได้ ซึ่งสามารถแบ่งสายอากาศออกตามการแพร่กระจายคลื่นได้คือ สายอากาศแบบมีทิศทาง (directional antenna) เป็นสายอากาศที่มีลักษณะการกระจายคลื่นในแนวทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ทำให้ผู้ใช้งานสามารถบังคับทิศทางการรับส่งคลื่นได้ตามที่ต้องการ สายอากาศประเภทนี้นิยมใช้ในงานภายนอกอาคาร (outdoor) สำหรับการเชื่อมโยงแบบจุดไปจุด และอีกประเภทหนึ่งคือสายอากาศแบบรอบทิศทาง (omnidirectional antenna) เป็นสายอากาศที่มีลักษณะการกระจายคลื่นในแนวรอบ ๆ สายอากาศโดยคลื่นจะถูกแพร่กระจายออกไปทุกทิศทาง ซึ่งสายอากาศประเภทนี้นิยมใช้งานภายในอาคาร (indoor) หรือใช้สำหรับการเชื่อมโยงแบบจุดไปหลายจุด โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ WLAN เช่น จุดเข้าถึงเครือข่าย (access point) และแลนด์การ์ดไร้สาย ส่วนใหญ่ใช้สายอากาศแบบรอบทิศทาง ซึ่งสายอากาศประเภทนี้ได้แก่ สายกาศแบบไดโพลเส้นตรง (linear dipole) สายอากาศแบบร่อง (slot antenna) สายอากาศแบบบ่วง (loop antenna) สายอากาศไมโครสตริป (microstrip antenna) เป็นต้น ในการติดตั้งจุดเข้าถึงเครือข่าย จะถูกติดตั้งที่บริเวณผนังของห้องหรืออาคาร เนื่องจากสายอากาศ

ดังกล่าวมีการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบรอบทิศทาง ดังนั้นจึงทำให้เกิดการสูญเสียกำลังงานโดยเปล่าประโยชน์ไปในทิศทางที่ไม่ต้องการ เช่น บริเวณที่ไม่มีผู้ใช้งานระบบ WLAN เป็นต้น นอกจากนี้ ถ้าต้องการกำหนดพื้นที่ใช้งานระบบ WLAN เช่น ต้องการให้สัญญาณครอบคลุมเฉพาะห้อง ๆ หนึ่งเท่านั้น สายอากาศเหล่านี้จึงไม่สามารถตอบสนองกับความต้องการได้ จากข้อจำกัดและปัญหาดังกล่าว สายอากาศแถวลำดับสะท้อนไมโครสตริปลำคลื่นกว้าง (broad-beam microstrip reflectarray antenna) ที่กล่าวใน P. Krachodnok and R. Wongsan [19] จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานกับระบบ WLAN สำหรับใช้งานภายในอาคาร ที่ต้องการใช้สายอากาศเพียงตัวเดียวสำหรับแพร่กระจายคลื่นในห้องขนาดใหญ่ โดยสายอากาศจะถูกติดตั้งบนกึ่งกลางของเพดานห้อง ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ซึ่งลำคลื่นที่ส่องลงมาจะมีลักษณะครอบคลุมพื้นที่เป็นวงกลม ดังนั้นผู้ใช้งานระบบ WLAN ที่อยู่ภายในห้องนี้จะสามารถเชื่อมต่อกับจุดเข้าถึงเครือข่ายได้โดยใช้สายอากาศเพียงตัวเดียว นอกจากนี้สายอากาศดังกล่าวยังมีคุณสมบัติที่เหมาะสำหรับใช้ประโยชน์กับดาวเทียมวงโคจรต่ำได้อีกด้วย เนื่องจากลำคลื่นให้พื้นที่ครอบคลุมเป็นบริเวณกว้าง ทำให้ระยะเวลาในการสื่อสารระหว่างดาวเทียมและสถานีฐานบนพื้นดินได้นานขึ้น



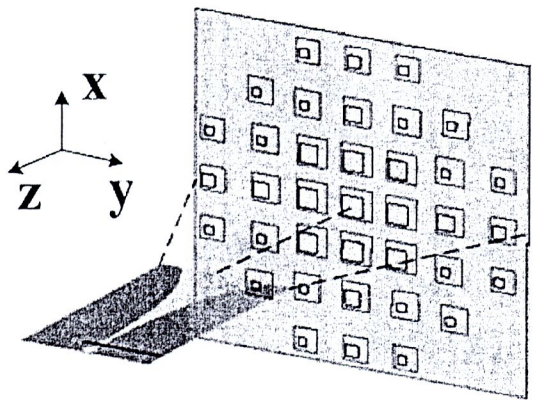
รูปที่ 1.1 การประยุกต์ใช้สายอากาศแถวลำดับสะท้อนไมโครสตริปลำคลื่นกว้าง
กับการสื่อสารระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายในห้องขนาดใหญ่



รูปที่ 1.2 สายอากาศแถวลำดับสะท้อนไมโครสตริป

รูปที่ 1.2 แสดงสายอากาศแถวลำดับสะท้อนไมโครสตริป ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นตัวสะท้อนที่มีลักษณะแบนราบ (planar reflector) โดยตัวสะท้อนประกอบด้วยแถวลำดับของแพทซ์ หรือแถวลำดับสะท้อน (reflectarray) และส่วนที่สองเป็นตัวป้อนสัญญาณซึ่งมักใช้เป็นสายอากาศปากแตร (horn antenna) ติดตั้งอยู่ด้านหน้าตัวสะท้อน โดยประสิทธิภาพของสายอากาศแถวลำดับสะท้อนไมโครสตริปจะขึ้นอยู่กับแบบรูปการแผ่พลังงาน (pattern) ของตัวป้อนและแผ่นสะท้อน แต่สายอากาศปากแตรจะมีแบบรูปการแผ่พลังงานตกกระทบบนตัวสะท้อนไม่สม่ำเสมอ โดยกำลังงานตกกระทบจะลดลงอย่างรวดเร็วจากบริเวณศูนย์กลางตัวสะท้อนไปยังบริเวณขอบตัวสะท้อน ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพอะเพอร์เจอร์ (aperture efficiency) ให้กับสายอากาศแถวลำดับสะท้อน งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการออกแบบตัวป้อนสำหรับสายอากาศแถวลำดับสะท้อนโดยใช้สายอากาศเส้นร่องแบบเรียว (tapered slot-line antenna) ซึ่งเป็นการพัฒนาสายอากาศแถวลำดับสะท้อนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเน้นออกแบบให้แบบรูปการแผ่พลังงานของตัวป้อนมีคลื่นตกกระทบตัวสะท้อนสม่ำเสมอ นอกจากนั้น โดยทั่วไปสายอากาศแถวลำดับสะท้อนจะถูกออกแบบให้มีลำคลื่นแคบ เพื่อให้มีสภาพเจาะจงทิศทางสูง ทำให้สามารถเลื่อนตำแหน่งตัวป้อนให้เหมาะสมได้โดยไม่บดบังทิศทางการแผ่กระจายคลื่น แต่ถ้าออกแบบให้สายอากาศแถวลำดับสะท้อนมีลำคลื่นกว้างเพื่อให้เหมาะกับการใช้งานในระบบ WLAN ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น การใช้สายอากาศเส้นร่องแบบเรียวเป็นตัวป้อนกำลังสามารถช่วยลดการบดบังการแผ่กระจายคลื่นได้ด้วย และข้อดีของสายอากาศเส้นร่องแบบเรียวอีกอย่างคือให้ความกว้างแถบที่กว้าง จึงเหมาะสำหรับนำมาเป็นตัวป้อนสัญญาณของสายอากาศแถวลำดับ

สะท้อนเพื่อใช้งานในระบบ WLAN ตามมาตรฐาน IEEE 801 a,b,g รูปที่ 1.3 แสดงสายอากาศแถวลำดับสะท้อนที่มีตัวป้อนเป็นสายอากาศเส้นร่องแบบเรียว โดยการวิเคราะห์คุณลักษณะของสายอากาศสามารถหาคำตอบได้จากการใช้โปรแกรมจำลองผลสำเร็จรูป CST Microwave studio จากนั้นจะทำการสร้างสายอากาศต้นแบบ เพื่อนำไปวัดทดสอบคุณลักษณะเปรียบเทียบความแม่นตรงจากโปรแกรมจำลองผลต่อไป



รูปที่ 1.3 สายอากาศแถวลำดับสะท้อนไมโครสตริปที่มีสายอากาศเส้นร่องแบบเรียวเป็นตัวป้อน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาวิธีการพัฒนาและออกแบบตัวป้อนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสายอากาศแถวลำดับสะท้อน เพื่อใช้งานกับการสื่อสารเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย

1.2.2 นำโปรแกรมสำเร็จรูป CST Microwave studio มาจำลองแบบและวิเคราะห์คุณสมบัติของสายอากาศป้อน

1.2.3 สร้างสายอากาศต้นแบบเพื่อศึกษาผลจากการวัดทดสอบ โดยเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากระเบียบวิธีโมเมนต์

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

1.3.1 เมื่อทำการป้อนสัญญาณให้กับสายอากาศแถวลำดับสะท้อนโดยใช้สายอากาศเส้นร่องแบบเรียว จะทำให้การบดบังการแผ่กำลังงานลดลง

1.3.2 เส้นร่องแบบเรียวทำให้ความกว้างแถบ (bandwidth) เพิ่มขึ้น

1.3.3 เมื่อคลื่นตกกระทบบนตัวสะท้อนสม่ำเสมอ จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของสายอากาศแถวลำดับสะท้อนเพิ่มสูงขึ้น

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 จำลองผลสายอากาศป้อนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป CST Microwave studio

1.4.2 ศึกษาวิเคราะห์คุณลักษณะของสายอากาศป้อนแบบเส้นร่องแบบเรียว

1.4.3 สร้างสายอากาศต้นแบบเพื่อเปรียบเทียบผลจากการวัดและผลทางทฤษฎี

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1.5.1 แนวทางการดำเนินงาน

- ศึกษาและสำรวจวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับสายอากาศแถวลำดับสะท้อนและสายอากาศเส้นร่องแบบเรียว
- ศึกษาระบบสายอากาศแถวลำดับสะท้อน ซึ่งประกอบด้วยตัวสะท้อนและสายอากาศป้อนสัญญาณ
- จำลองผลเพื่อหาการสูญเสียย้อนกลับ (return loss) และสนามที่ได้จากตัวป้อน และหาสนามที่ได้จากระบบสายอากาศแถวลำดับสะท้อน
- วิเคราะห์สมรรถนะของสายอากาศป้อนเส้นร่องแบบเรียว เพื่อให้ได้สายอากาศที่มีลักษณะเหมาะสมเป็นตัวป้อนสำหรับสายอากาศแถวลำดับสะท้อน เพื่อประยุกต์ใช้งานในระบบสื่อสารไร้สาย
- สร้างสายอากาศต้นแบบและวัดทดสอบคุณลักษณะของสายอากาศ
- วิเคราะห์ เปรียบเทียบผลที่ได้จากการวัดทดสอบและผลทางทฤษฎี รวมทั้งสรุปผลงานวิจัย
- จัดทำบทความสำหรับนำเสนอผลการวิจัยและส่งตีพิมพ์
- จัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

1.5.2 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องวิจัยและปฏิบัติการระบบสื่อสารไร้สาย ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 4 (F4) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) รุ่น Pentium4 ฮาร์ดดิสก์ (HD) 80 Gbytes หน่วยความจำ (RAM) 512 Mbytes

2. โปรแกรม MATLAB™

3. เครื่องมือวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analyzer) ยี่ห้อ Hewlett Packard รุ่น 8722D 50MHz-40GHz

4. Antenna Positioner

1.5.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เก็บรวบรวมข้อมูลของสายอากาศจากการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2. เก็บข้อมูลที่ได้จากการหาคุณสมบัติของสายอากาศจากการจำลองแบบเปรียบเทียบกับผลการวัดและทดสอบสายอากาศต้นแบบ

1.5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการเปรียบเทียบคุณสมบัติสายอากาศจากการจำลองแบบกับผลการวัดและทดสอบสายอากาศต้นแบบ ได้แก่ แบบรูปการแผ่กำลังงาน ความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลัง และอัตราการขยายของสายอากาศ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้เน้นการคิดค้นและพัฒนาวิธีการออกแบบตัวป้อนกำลังงานที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสายอากาศแถวลำดับสะท้อนไมโครสตริป

1.6.1 การวิเคราะห์ขนาดและรูปร่างของร่องแบบเรียวด้วยโปรแกรม CST Microwave studio ให้ได้ความถี่ที่ต้องการ โดยพิจารณาถึงค่าการสูญเสียย้อนกลับ ความกว้างแถบ และแบบรูปการแผ่พลังงานที่เหมาะสมเป็นสายอากาศป้อนกำลังงานสำหรับสายอากาศแถวลำดับสะท้อน เพื่อใช้งานในเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 801 a,b,g

1.6.2 เมื่อทำการสร้างสายอากาศต้นแบบและวัดทดสอบคุณสมบัติ พบว่าสายอากาศที่ได้มีคุณลักษณะเป็นไปตามทฤษฎี และให้คุณสมบัติเหมาะเป็นตัวป้อนกำลังงานสำหรับสายอากาศแถวลำดับสะท้อน

1.6.3 ได้สายอากาศต้นแบบที่สามารถพัฒนาเป็นสายอากาศหลักสำหรับจุดเข้าถึงเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย หรือสายอากาศที่ใช้ในสถานีฐานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในห้องขนาดใหญ่ หรือสายอากาศสำหรับดาวเทียมวงโคจรต่ำ