หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

ระบบสื่อสารที่ก้าวหน้าและทันสมัยมีส่วนช่วยที่สำคัญยิ่งต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ โดยเฉพาะทางด้านการติดต่อธุรกิจระหว่างประเทศ ซึ่งในภาวะปัจจุบันจำเป็นต้องอาศัยความสะดวกรวดเร็วอยู่ตลอดเวลา หน่วยงานของรัฐบาล อันได้แก่ กรมไปรษณีย์โทรเลข และการสื่อสารแห่งประเทศไทยได้ให้ความสนใจปรับปรุงงานให้ทันต่อความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางด้านนี้อยู่เสมอ ในอันที่จะให้บรรลุในความพยายามของมนุษย์ที่จะติดต่อสื่อสารซึ่งกันและกันให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งได้บรรลุผลสำเร็จอีกขั้นหนึ่ง เมื่อมีการนำเอาระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมมาใช้ ระบบสื่อสารดาวเทียมนับว่าเป็นผลมาจากวิวัฒนาการด้านจรวดและดาวเทียมที่มนุษย์สร้างขึ้น และวิวัฒนาการทางด้านส่วนประกอบอิเล็คทรอนิคในย่านความถี่ไมโครเวฟ

นับแต่ปี 1964 ที่องค์การโทรคมมาคมระหว่างประเทศ (INTERNATIONAL TELECOMMUNICATIONS SATELLITE ORGANIZATION) หรือ INTELSAT ได้ก่อตั้งขึ้น ดาวเทียมได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการสื่อสารระหว่างประเทศ และประเทศไทยก็เป็น 1 ในจำนวน 13 ประเทศที่เป็นสมาชิกของ INTELSAT นับแต่นั้นเป็นต้นมานับได้ว่าข่ายสื่อสารได้ขยายไปในของข่ายทั่วโลกอย่างแท้จริง เทคโนโลยีเกี่ยวกับการสื่อสารดาวเทียม แม้ว่าจะมีอายุได้ประมาณ 20 ปีก็ตาม แต่ก็ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงให้ดีขึ้นอยู่ตลอดเวลา การเจริญเติบโตของกิจการสื่อสารดาวเทียมนั้นดูได้จากปริมาณการใช้ที่เพิ่มขึ้นในอัตราที่สูง จากปริมาณการใช้ที่สูงขึ้นมากนี้ทำให้ความถี่วิทยุที่ทางคณะกรรมการจัดสรรความถี่วิทยุระหว่างประเทศ (INTERNATIONAL FREQUENCY REGISTER BROAD) หรือ IFRB จัดสรรให้นั้นแทบจะไม่มีช่องว่างเหลืออยู่เลย ผลที่เกิดขึ้นจากภาวะแบบนี้ คือ จะเกิดการรบกวนกันขึ้นในระหว่างที่ใช้งานอยู่ ซึ่งปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดความพยายามที่จะค้นคว้าหาทางแก้ไข และระบบสายอากาศนับเป็นจุดแรกที่ถูกยกขึ้นมาพิจารณา

1.2 การค้นคว้าวิจัยที่ผ่านมาและปัญหาที่เกิดขึ้น

ในช่วงศตวรรษที่ 17 และ 18 นักออกแบบสายอากาศรุ่นบุกเบิกโดย JAMES GREGORY นักคณิตศาสตร์ชาวสก๊อตได้ประดิษฐ์กล้องส่องทางไกลแบบสะท้อน (REFLECTING TELESCOPE) ขึ้นในปี 1663 และแนวคิดเดียวกันนี้ ISAAC NEWTON ได้ประดิษฐ์เครื่องมือชิ้นแรกเสนอต่อ ROYAL SOCLETY ในปี 1672 และ GEORGE CASSEGRAIN ได้เสนอวิธีการจัดองค์ประกอบของกล้องส่องทางไกลขึ้นใหม่ต่อ PARIS ACADEMIE DES SCIENCE วิธีของ CASSEGRAIN ใช้จานสะท้อนรองเป็นตัวโฟกัสแสงครั้งที่สองไปยังจุดที่อยู่หลังจานสะท้อนหลัก ซึ่งเป็นรูเล็กๆ ที่สร้างขึ้นมา ซึ่งก็เหมือนกับที่ GREGORY ได้ออกแบบไว้ แต่แบบดังกล่าวไม่ได้รับการพัฒนาต่อมานานเนื่องจากประสบปัญหาเรื่องความแม่นยำในการขัดผิวสะท้อนที่ไม่เป็นวงกลม ตราบจนกระทั่ง JAMES SHORT ได้สร้างกล้องส่องทางไกลแบบแคสซีเกรนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้วขึ้น และสายอากาศไมโครเวฟส่วนใหญ่ได้พัฒนามาจากกล้องส่องทางไกลของ CASSEGRAIN และ GREGORY นี้ และได้เริ่มสร้างขึ้นในอีก 2 ศตวรรษผ่านมาในปี 1950 โดยทั่วไปสายอากาศในลักษณะนี้เรามักจะเรียกว่าสายอากาศแบบจานสะท้อน (REFLECTOR ANTENNA) ซึ่งใช้ในระบบสื่อสารไมโครเวฟและวิทยุดาราศาสตร์ (RADIO ASTROMOMY) เนื่องจากให้อัตราขยายกำลัง (GAIN) สูง และมีความละเอียดสูง (HIGH RESOLUTION) ในการออกแบบเรามักจะกำหนดให้สามารถขจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการหรือสัญญาณรบกวนที่มาตกกระทบบนสายอากาศในมุมที่ต่างไปจากทิศทางของลำคลื่นหลัก (MAIN BEAM) ในการใช้ส่วนใหญ่ลำคลื่นหลักมักจะมีลักษณะสมมาตร ดังนั้นจึงเรียกสายอากาศในลักษณะนี้ว่าสายอากาศแบบลำคลื่นดินสอ (PENCIL BEAM ANTENNA) สายอากาศชนิดนี้ให้อัตราขยายสูงมาก มักใช้ในระบบสื่อสารไมโครเวฟแบบจุดต่อจุด (POINT TO POINT COMMUNICATION SYSTEMS) ซึ่งโดยทั่วไปเราต้องการสายอากาศแบบนี้ในลักษณะที่ [13]

1) มีประสิทธิภาพสูง (HIGH EFFICIENCY)

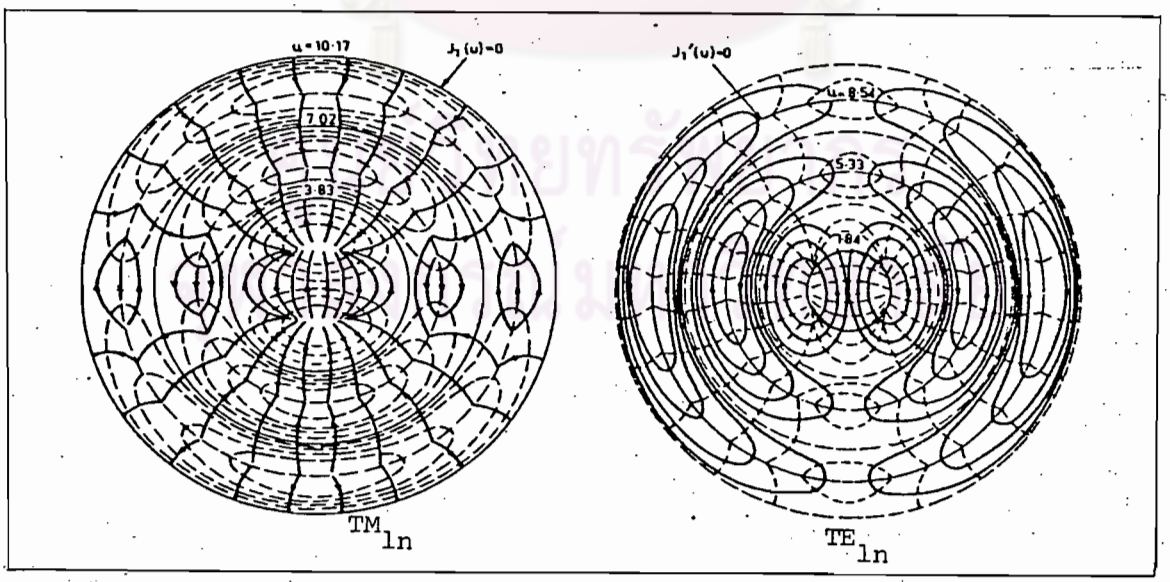
2) ขั้วคลื่นไขว้มีค่าต่ำ (LOW CROSSPOLARIZATION)

3) โลปด้านข้างไม่สูงเกินไป (SATISFACTORY SIDE LOBE EVELOPE)

4) VSWR ต่ำ (LOW VSWR)

บนพื้นฐานของความต้องการดังกล่าว ทำให้ห้องทดลองทางแม่เหล็กไฟฟ้าหลายแห่งพยายามคิดค้นฟีด (FEED) ที่ให้คุณสมบัติทั้ง 4 ประการนี้ แต่ส่วนใหญ่จะพบกับปัญหาความไม่สมมาตรของแพทเทอร์น เช่นถ้าฟีดเป็นท่อนำคลื่นกลมหรือเป็นฮอร์น ก็จะพบคลื่นในโหมด TE_{11} ซึ่งสนามในระนาบ E กับ

ระนาบ H ต่างกันมาก ทำให้แพทเทอร์นไม่สมมาตรและขั้วคลื่นไขว้สูง และสังเกตุพบว่าเส้นสนามของโหมด TE_{11} มีลักษณะโค้ง จึงทำให้เกิดความคิดว่านี้คงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้แพทเทอร์นไม่สมมาตร และอีกเหตุผลหนึ่งก็คืออัตราส่วนระหว่างความเข้มสนามไฟฟ้ากับสนามแม่เหล็ก และเข้าใจว่าในกรณีท่อนำคลื่นวงกลมคงจะมีเงื่อนไขหนึ่งที่ทำให้ผลทั้งสองประการนี้อยู่ในสภาพสมดุลย์ได้ ซึ่งจะทำให้ขั้วคลื่นไขว้ถูกขจัดออกไป สถาบันวิจัยหลายแห่งพยายามแก้ปัญหาดังกล่าวซึ่งก็ไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร ตราบจนกระทั่งในปี 1960 ในสหรัฐอเมริกาโดย KAY และในออสเตรเลียโดย Minnett และ THOMAS ได้เสนอฟีดชนิดใหม่ขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานของ MINNETT และ THOMAS[4] ซึ่งได้ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับสนามในแนวแกน โดยให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบระนาบ (PLANE ELECTROMAGNETIC WAVE) ตกกระทบลงบนผิวจานสะท้อนรูปร่างพาราโบลอยด์ โดยการอินติเกรตกระแสที่สนามแม่เหล็กกระตุ้นให้เกิดขึ้นที่ผิวจานสะท้อน ได้ออกมาเป็นสนามในบริเวณโฟกัสของสายอากาศ และได้พบว่าสนามในบริเวณดังกล่าวเป็นชุดของคลื่นไฮบริดซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบของคลื่น TM และคลื่น TE ซึ่งทำให้เห็นภาพของปรากฏการณ์ของคลื่นในแนวแกนได้ และจากการศึกษาเงื่อนไขขอบเขตของคลื่นไฮบริดในบริเวณแนวแกน แสดงให้เห็นว่าโหมดไฮบริดในลักษณะนี้สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้จากท่อนำคลื่นที่โครงสร้างเป็นผิวคอร์รูเกต ด้วยเหตุนี้จึงใช้แนวคิดนี้เป็นหลักในการสังเคราะห์สนามไฮบริดในท่อนำคลื่นแบบคอร์รูเกตได้ ในทางปฏิบัติท่อนำคลื่นจะมีขนาดไม่ใหญ่นักเมื่อเทียบกับความยาวคลื่น ดังนั้นจึงสามารถกำหนดเงื่อนไขที่ผิวขอบเขตของท่อนำคลื่นเพื่อให้ได้โหมดที่ต้องการได้



รูปที่ 1.1 แสดงแพทเทอร์นของสนามสำหรับคลื่นที่ส่งผ่านตามแนวแกน

____ เส้นแสดงสนามไฟฟ้า E

---- เส้นแสดงสนามแม่เหล็ก H

(จากเอกสารอ้างอิงที่ 4 หน้า 1422)

1.3 วัตถุประสงค์และขั้นตอนในการทำวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทำการศึกษาการส่งผ่านคลื่น (WAVE PROPAGATION) ในท่อนำคลื่นแบบคอร์รูเกต และศึกษาคุณสมบัติการแผ่คลื่น (RADIATION PROPERTIES) ของสายอากาศแบบคอร์รูเกตเต็ดฮอร์น ให้ได้ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบสายอากาศดังกล่าว ซึ่งนำไปใช้เป็นภาคฟีดฮอร์น (FEED HORN) สำหรับสายอากาศแบบแคสซีเกรน (CASSEGRAIN ANTENNA) ที่ใช้ในสถานีภาคพื้นดินของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม

ขั้นตอนในการทำวิจัยมีดังนี้

1) กำหนดโครงสร้างของท่อนำคลื่นแบบคอร์รูเกตที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์การส่งผ่านคลื่น
2) ใช้สมการแมกซ์เวลล์และทฤษฎีของฟลอเกท์เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์การส่งผ่านคลื่นในท่อนำคลื่นแบบคอร์รูเกต และใช้ทฤษฎีการเลี้ยวเบนของคลื่น (DIFFRACTION-FIELD THEORY) ในการหาสนามของการแผ่คลื่นจากสายอากาศแบบคอร์รูเกตเต็ดฮอร์น
3) ใช้วิธีการเชิงเลข (NUMERICAL METHOD) และหาคำตอบเชิงเลข (NUMERICAL SOLUTION) ของสมการลักษณะสมบัติ และหาแพทเทอร์นการแผ่คลื่น เพื่อแสดงคุณ-สมบัติทางกายภาพต่างๆ
4) รวบรวมคุณสมบัติต่างๆ เพื่อใช้พิจารณาในการออกแบบสายอากาศแบบคอร์รูเกตเต็ดฮอร์น
5) เสนอวิธีการออกแบบสายอากาศแบบคอร์รูเกตเต็ดฮอร์น เพื่อใช้เป็นฟีดฮอร์นของสายอากาศแบบแคสซีเกรน

ในบทที่ 2 จะแสดงวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างของท่อนำคลื่นแบบคอร์รูเกต โดยใช้สมการแมกซ์เวลล์และทฤษฎีของฟลอเกท์ เพื่อแสดงคลื่นไฮบริดในท่อนำคลื่น สร้างสมการลักษณะสมบัติ และใช้วิธีการเชิงเลขเพื่อหาคำตอบเชิงเลข แสดงคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงของการส่งผ่านคลื่นเมื่อความถี่เปลี่ยน (FREQUENCY DEPENDENCE PROPERTIES) และคุณสมบัติการกระจัดกระจายของโหมดของคลื่นที่ส่งผ่าน (DISPERSION CHARACTERISTIC)

ในบทที่ 3 จะแสดงวิธีการอธิบายปรากฏการณ์ของคลื่นไฮบริดในเงื่อนไขเฉพาะเจาะจงที่เรียกว่า เงื่อนไขไฮบริดสมดุลย์ (BALANCED HYBRID CONDITION) และแสดงการหาคำตอบเชิงเลขของสมการลักษณะสมบัติในเงื่อนไขโหมดไฮบริดสมดุลย์ด้วย

ในบทที่ 4 จะแสดงวิธีการหาการกระจายสนามที่ช่องเปิดของท่อนำคลื่นแบบคอร์รูเก็ต และวิธีการหาแพทเทอร์นการแผ่คลื่นในโซนเฟรสเนล โดยใช้ทฤษฎีการเลี้ยวเบนของคลื่นพร้อมทั้งหาคำตอบเชิงเลขของการกระจายสนามที่ช่องเปิด และแพทเทอร์นการแผ่คลื่นโดยวิธีการรวมเชิงเลข

ในบทที่ 5 กล่าวถึงระบบแคสซีเกรนอย่างกว้างๆ องค์ประกอบของฟีด ข้อควรคำนึงในการออกแบบ วิธีการออกแบบ และแสดงวิธีการออกแบบฟีดฮอร์น (FEED HORN) เพื่อใช้กับระบบสายอากาศแบบแคสซีเกรน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ข้อมูลและวิธีการออกแบบสายอากาศแบบคอร์รูเกตเต็ดฮอร์นที่เสนอไว้ในที่นี้สามารถจะนำไปใช้ในการออกแบบฟีดฮอร์นสำหรับสายอากาศแบบแคสซีเกรนของสถานีภาคพื้นดินในข่ายสื่อสารผ่านดาวเทียม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย