# บทที่ 1

# บทนำ

## ความเป็นมา

การควบคุมการจราจรทางอากาศเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในระบบการขนส่งทางอากาศ การให้บริการควบคุมการจราจรทางอากาศ (air traffic control service) จะเริ่มตั้งแต่อากาศยานเคลื่อนที่จากลานจอดอากาศยาน เคลื่อนที่ไปตามทางวิ่ง ทำการบินขึ้น และไต่ระดับจนถึงการบินตามเส้นทางการบิน (airway route) จนถึงการขับเคลื่อนอากาศยานเข้าที่จอด

องค์การบินพลเรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization : ICAO) ได้แบ่งน่านฟ้าของโลกให้แต่ละประเทศควบคุมการบินในเขตน่านฟ้าประเทศของตน เรียกว่าพื้นที่แถลงข่าวการบิน ( Flight Information Region : FIR ) ทั้งน่านฟ้าบนพื้นดินและในทะเล นอกจากนี้ในบางบริเวณที่อาณาเขตกว้างขวางเป็นน่านฟ้าสากลจะมอบหมายให้ประเทศที่มีศักยภาพในการควบคุมจราจรทางอากาศควบคุม เรียกว่าพื้นที่เขตรับผิดชอบเพิ่มเติม (air of responsibility) โดยข้อมูลเกี่ยวกับการเดินอากาศทั้งหมดประกาศเป็นหนังสือ เรียกว่าสิ่งพิมพ์ด้านการบินระหว่างประเทศ (Aeronautical International Publication : AIP) ซึ่งจัดทำขึ้นเฉพาะแต่ละประเทศ มีการกำหนดเส้นทางการบินเพื่อใช้บินสู่จุดหมายปลายทางแต่ละเส้นทางประกอบด้วยจุดรายงานการบิน (Report Point)* อยู่เป็นช่วง ๆ เมื่อนักบินทำการบินถึงแต่ละจุดรายงานก็จะเรียกทางวิทยุสื่อสารกลับมายังศูนย์ควบคุมการจราจรทางอากาศ เพื่อเป็นการยืนยันตำแหน่งและรับทราบข้อมูลอื่น ๆ เพิ่มเติมจากเจ้าหน้าที่ควบคุมจราจรทางอากาศของศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศ (air traffic control center)

ดังนั้นศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศจึงเป็นศูนย์กลางในการติดต่อกับอากาศยานทุกลำที่กำลังบินอยู่ในพื้นที่แถลงข่าวการบิน นอกจากนี้ยังเป็นศูนย์กลางข่าวแผนการบินอีกด้วย ซึ่งเจ้าหน้าที่ควบคุมจราจรทางอากาศจะต้องอาศัยข้อมูลเหล่านี้ในการจัดการจราจรให้เหมาะสมกับสภาพการจราจรทางอากาศในขณะนั้น เพื่อให้อากาศยานทุกลำเดินทางด้วยความปลอดภัย เพราะว่าในการบินนั้นนักบินจะไม่ทราบสภาพการจราจรทางอากาศขณะนั้นเลย จึงต้องอาศัยข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ควบคุมจราจรทางอากาศ ซึ่งนักบินจะต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด เพื่อไม่ให้ไปรบกวนเส้นทางการบินของอากาศยานลำอื่น หรืออาจเกิดอันตรายได้

---

* จุดรายงานการบินจะอยู่ห่างกันประมาณ 120 – 250 ไมล์ทะเล ซึ่งใช้เวลาทำการบินประมาณ 15-30 นาที อาจจะอยู่ใกล้หรือไกลกว่านี้ก็ได้ ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ

การควบคุมจราจรทางอากาศสามารถแบ่งพื้นที่การให้บริการออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. พื้นที่ควบคุมเขตสนามบิน (aerodrome control service) คือการควบคุมจราจรทางอากาศ บริเวณเขตสนามบินและการบินขึ้นลงที่สนามบิน
2. พื้นที่ควบคุมเขตประชิดสนามบิน (approach control service) คือการควบคุมจราจรทางอากาศบริเวณใกล้สนามบินก่อนที่จะส่งให้พื้นที่ควบคุมเขตสนามบิน
3. พื้นที่ควบคุมเขตพื้นที่ (area control service) คือการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศสำหรับการบินที่อยู่นอกเหนือจากที่กำหนดไว้ในข้อ 1 และ 2 จะควบคุมการจราจรทางอากาศตามเส้นทางการบิน จนกว่าจะมีการส่งมอบให้กับพื้นที่ควบคุมเขตประชิดสนามบิน

ประเภทของการควบคุมจราจรทางอากาศ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

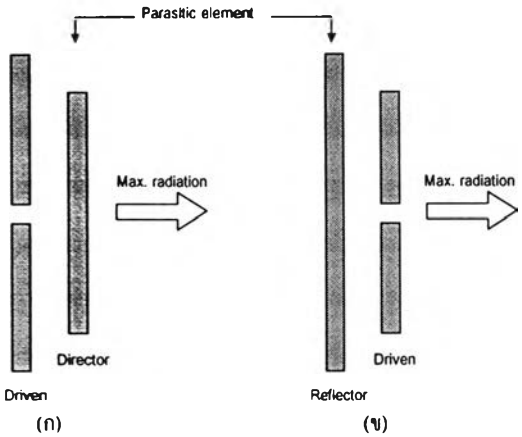
1. การควบคุมจราจรทางอากาศแบบทั่วไป (conventional control) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การควบคุมจราจรทางอากาศแบบไม่ใช้เรดาร์ (non radar control) จะใช้วิทยุสื่อสารในการติดต่อประสานงานระหว่างเจ้าหน้าที่ควบคุมจราจรทางอากาศกับนักบิน ระบบนี้ใช้งานได้ดีในบริเวณที่มีการจราจรทางอากาศไม่หนาแน่นมากนัก สามารถใช้งานได้ดีในทุกสภาพอากาศ แต่มีข้อเสียคือไม่สามารถระบุตำแหน่งพิกัดที่แน่นอนของเครื่องบินได้ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยในการบินจะต้องเว้นระยะต่อมาก ๆ ทั้งทางด้านแนวตั้ง (vertical separate) และทางด้านแนวราบ (horizontal separate) ทำให้จำนวนเที่ยวบินในแต่ละเส้นทางลดลงเพราะต้องรอคอยเวลาในการจัดการจราจรทางอากาศนานขึ้น
2. การควบคุมจราจรทางอากาศแบบใช้เรดาร์ (radar control) ใช้ระบบเรดาร์ ในการควบคุมการจราจรทางอากาศร่วมกับวิทยุสื่อสาร เพื่อเพิ่มความสามารถในการควบคุมการจราจรทางอากาศให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากการใช้วิทยุสื่อสารเพียงอย่างเดียวเจ้าหน้าที่ควบคุมจราจรทางอากาศจะไม่ทราบตำแหน่งพิกัดที่แน่นอนของเครื่องบิน ระบบเรดาร์จะช่วยให้เจ้าหน้าที่ควบคุมสามารถทราบตำแหน่งพิกัดที่แน่นอนของเครื่องบิน ทำให้สามารถลดระยะต่อระหว่างเครื่องบินในแนวตั้งและแนวราบ ทำให้สามารถเพิ่มปริมาณเที่ยวบินในแต่ละเส้นทางการบินได้อย่างมาก

การควบคุมการจราจรทางอากาศถูกกำหนดให้ใช้งานที่ความถี่วิทยุย่าน VHF ช่วง 118 - 137 MHz เพื่อการติดต่อสื่อสารระหว่างเจ้าหน้าที่ควบคุมภาคพื้นดินและนักบิน ความถี่ที่ใช้งานจะถูกแบ่งตามประเภทและพื้นที่ของการควบคุม ลักษณะของสายอากาศในแต่ละส่วนควบคุมต้องมีแบบรูปการแผ่พลังงาน (radiation pattern) ครอบคลุมตลอดเส้นทางการบิน ภายในพื้นที่ที่ได้รับผิดชอบ ปัจจุบันสายอากาศที่ใช้งานในกิจการควบคุมจราจรทางอากาศ จะมีการแผ่พลังงานแบบรอบตัว เช่นสายอากาศแบบโมโนโพลและไดโพลห่วง (folded dipole) มีการติดตั้งแบบโพลาไรซ์แนว-ตั้ง (vertical polarization) สายอากาศแบบนี้

เหมาะสมกับการควบคุมในเขตพื้นที่สนามบินและเขตพื้นที่ประชิดสนามบินเพราะบริเวณของพื้นที่การควบคุมเป็นแบบทรงกระบอก สำหรับการควบคุมเขตพื้นที่แล้วสายอากาศแบบรอบทิศทางไม่เหมาะสม เนื่องจากมีปัญหาเกี่ยวกับการรบกวนกันของคลื่นสัญญาณความถี่ที่อยู่ในเขตพื้นที่เดียวกัน ทำให้บางครั้งการติดต่อสื่อสารทางวิทยุระหว่างเจ้าหน้าที่ภาคพื้นดินและนักบินเกิดขาดหาย หรือรับฟังไม่ชัดเจน และปัญหาอีกส่วนหนึ่งคือจะมีการสูญเสียกำลังส่งของสัญญาณความถี่ในบริเวณที่ไม่ได้อยู่ภายในเขตพื้นที่ควบคุม เพราะว่าที่ตั้งของสถานีวิทยุสื่อสารระหว่างภาคพื้นดินและอากาศ ( air/ground radio communication station) ไม่ได้อยู่ที่จุดศูนย์กลางของพื้นที่ควบคุม ทำให้มีบางส่วนของสัญญาณออกไปนอกเขตพื้นที่ควบคุม ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการออกแบบสายอากาศสื่อสารที่สามารถจะทำให้แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศเหมาะสมกับเขตพื้นที่ในแต่ละส่วนของพื้นที่ควบคุม โดยเลือกใช้สายอากาศยากิ-อุดะเพราะว่าสายอากาศชนิดนี้สามารถกำหนดแบบรูปการแผ่พลังงานได้จากองค์ประกอบต่าง ๆ ของสายอากาศ เพื่อให้ได้แบบรูปการแผ่พลังงานที่ต้องการ ขั้นตอนที่จะทำให้ได้แบบรูปการแผ่พลังงานที่ต้องการวิธีที่ง่ายและสะดวกที่สุดคือการปรับระยะห่างและความยาวขององค์ประกอบ จากการออกแบบหากเปลี่ยนมาใช้สายอากาศแบบยากิ-อุดะจะทำให้สามารถลดการรบกวนกันของคลื่นความถี่ และสามารถลดการสูญเสียกำลังส่งในพื้นที่ที่ไม่ได้ควบคุม โดยการจัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศให้เหมาะสมกับสถานีวิทยุสื่อสารในแต่ละพื้นที่

สำหรับแนวความคิดในการออกแบบสายอากาศยากิ-อุดะ ได้เริ่มจากการต้องการปรับปรุงคุณสมบัติในเรื่องอัตราการขยาย (gain) และแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศแบบไดโพลให้ดีขึ้น โดยใช้หลักการของสายอากาศแบบอะเรย์ ซึ่งสามารถเพิ่มอัตราการขยายให้สูงขึ้นได้จากการเพิ่มจำนวนองค์ประกอบ แต่มีปัญหาในการป้อนสัญญาณให้กับสายอากาศ เพราะต้องมีการจัดวัฏภาคและแอมพลิจูดของกระแสให้ได้ตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งเป็นเรื่องที่ยุ่งยากพอสมควร

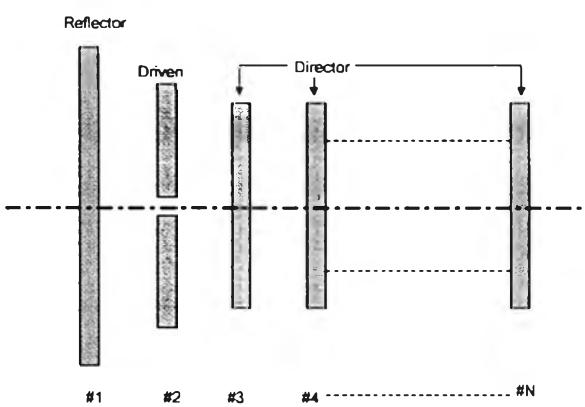
เนื่องจากความยุ่งยากในการจัดวัฏภาคและแอมพลิจูดของสายอากาศแบบอะเรย์ ทำให้ศาสตราจารย์ยากิ และศาสตราจารย์อุดะ [1] ได้ทดลองใช้สายอากาศแบบไดโพลที่ไม่มีการป้อนสัญญาณ ซึ่งเรียกว่าองค์ประกอบปรสิต (parasitic element) มาวางใกล้ ๆ สายอากาศไดโพลซึ่งมีการป้อนสัญญาณอยู่แล้ว พบว่าถ้าหากมีการปรับระยะห่างและขนาดขององค์ประกอบปรสิตอย่างเหมาะสม จะทำให้ได้คุณสมบัติเช่นเดียวกับสายอากาศแบบอะเรย์ ในการทดลองของศาสตราจารย์ทั้งสองใช้องค์ประกอบปรสิตกับสายอากาศไดโพลพบว่า ถ้าแนวการแพร่กระจายคลื่นส่วนใหญ่ไปทางองค์ประกอบปรสิตจะเรียกว่าองค์ประกอบนำคลื่น (director element) ดังรูป 1.1 (ก) ถ้าทิศทางการแพร่กระจายคลื่นส่วนใหญ่ไปทางไดโพลจะเรียกว่าองค์ประกอบสะท้อนคลื่น (reflector element) ดังรูป 1.1 (ข) เพื่อเป็นเกียรติประวัติกับนักประดิษฐ์ทั้งสองจึงได้เรียกสายอากาศชนิดนี้ว่าสายอากาศยากิ-อุดะไดโพล (Yagi – Uda dipole Antenna) ซึ่งมีโครงสร้างตามรูป 1.2




รูป 1.1 สายอากาศไดโพลที่มีองค์ประกอบปรสิตร่วม

(ก) องค์ประกอบปรสิตแสดงตัวเป็นตัวนำคลื่น

(ข) องค์ประกอบปรสิตแสดงตัวเป็นตัวสะท้อนคลื่น




รูป 1.2 โครงสร้างของสายอากาศยากิ - อุดะไดโพล

จากการศึกษาการออกแบบสายอากาศยากิ-อุดะ พบว่าในเบื้องต้นจะใช้วิธีการตัดและทดลอง (cut and try) โดยใช้ข้อมูลทางวิศวกรรมเข้าช่วย ต่อมาได้มีการใช้การวิเคราะห์ทางทฤษฎีเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบที่ง่ายและสะดวก แต่ก็ต้องอาศัยการทดลองปรับแต่งในขั้นตอนสุดท้าย ส่วนวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นวิธีของสำนักงานมาตราฐานแห่งชาติอเมริกา (National Bureau of Standards หรือ NBS) [2] ในการวิเคราะห์ด้วยทษฎีเพื่อหาสูตรสำหรับใช้ในการออกแบบซึ่งมีความสำคัญ ดังเอกสารอ้างอิงที่ [3] โดยบทความนี้กำหนดให้การกระจายกระแส (current distribution) บนทุก ๆ องค์ประกอบเป็นแบบไซนูซอย-ดอล (sinusoidal) หลังจากนั้นก็จะหาสัมประสิทธิ์ของกระแสในแต่ละองค์ประกอบ เพื่อคำนวณหาแบบรูปการแผ่พลังงานและอัตราการขยายของสายอากาศต่อไป

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกัน คือ บทที่ 1 บทนำจะกล่าวถึงความเป็นมาของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย และประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อออกแบบสายอากาศยากิ-อุดะ โดยใช้หลักการของ G.A. Thiele (1969) และ Constantine A. Balanis (1989) โดยการใช้ระเบียบวิธีโมเมนต์ (Moment method) [3-4] แบบวิธีการจับคู่จุด (point matching) บทที่ 3 กล่าวถึงการจัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศตามลักษณะพื้นที่ควบคุม โดยใช้พื้นที่การควบคุมการจราจรทางอากาศของประเทศไทยเป็นพื้นที่ในการออกแบบสายอากาศที่ต้องการ บทที่ 4 กล่าวถึงการสร้างและทดสอบสายอากาศในพื้นที่ภาคสนาม โดยการใช้ทฤษฎีในบทที่ 2 และแบบรูปการแผ่พลังงานที่กำหนดในบทที่ 3 เป็นแนวทางในการออกแบบสายอากาศ ส่วนบทสุดท้ายบทที่ 5 เป็นข้อเสนอแนะและสรุปผลการวิจัย

<u>วัตถุประสงค์ของงานวิจัย</u>

1. พัฒนาสายอากาศยากิ-อุดะ สำหรับการสื่อสารระหว่างสถานีภาคพื้นดินกับอากาศยานในกิจการควบคุมจราจรทางอากาศ
2. ปรับปรุงการใช้งานของสายอากาศสื่อสารโดยออกแบบสายอากาศใหม่ เพื่อใช้งานกับพื้นที่ควบคุมจราจรทางอากาศในเขตพื้นที่ควบคุม

<u>ขอบเขตของการวิจัย</u>

1. ศึกษาปัญหาการใช้สายอากาศสื่อสารในการควบคุมจราจรทางอากาศ
2. ศึกษาทฤษฎีและการออกแบบสายอากาศยากิ-อุดะ
3. ออกแบบและสร้างสายอากาศยากิ-อุดะ และเปรียบเทียบแบบรูปการแผ่พลังงานที่ได้จากการวัดและผลทางทฤษฎี
4. ปรับปรุงโครงสร้างของสายอากาศยากิ-อุดะเพื่อให้สามารถใช้งานในการควบคุมจราจรทางอากาศได้อย่างดี

<u>ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย</u>

1. ศึกษาทฤษฎีและการออกแบบสายอากาศยากิ-อุดะ
2. ออกแบบสายอากาศยากิ-อุดะ สำหรับพื้นที่ควบคุมการจราจรทางอากาศของประเทศไทย

3. สร้างสายอากาศยากิ-อุดะ เพื่อเปรียบเทียบผลแบบรูปการแผ่พลังงานจากการวัดและการออกแบบทางทฤษฎี
4. ปรับปรุงโครงสร้างของสายอากาศเพื่อให้ได้ลักษณะสมบัติการแผ่พลังงานที่ต้องการ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. องค์ความรู้ในการออกแบบสายอากาศยากิ-อุดะ เพื่อใช้ในการควบคุมจราจรทางอากาศ
2. โปรแกรมที่นำไปใช้ในการวิเคราะห์สายอากาศที่ใช้ในการควบคุมจราจรทางอากาศของประเทศไทย
3. สายอากาศที่สามารถใช้ในกิจการควบคุมการจราจรทางอากาศของประเทศไทย