หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

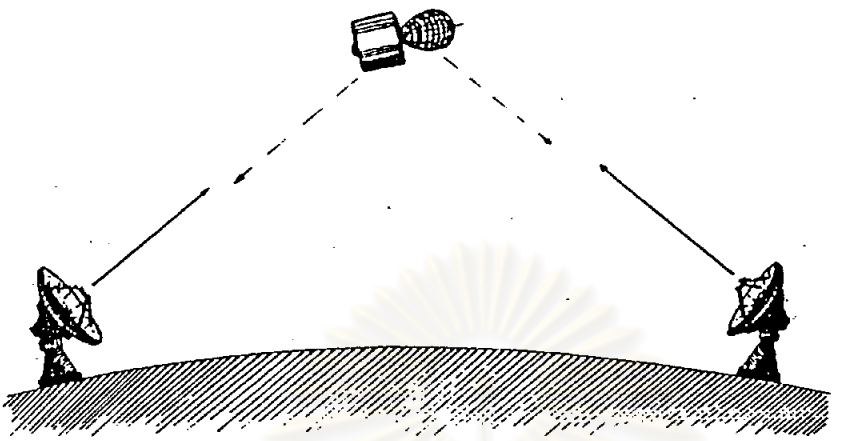
บทที่ 1

บทนำ

คำนำ

แนวความคิดเกี่ยวกับการพัฒนาระบบการสื่อสารโทรคมนาคม เพื่อครอบคลุมอาณาบริเวณอย่างกว้างขวาง โดยอาศัยดาวเทียมที่ลอยอยู่ในอวกาศเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดส่งต่อคลื่นวิทยุ เป็นแนวความคิดความฝันของนักเขียนนิยายวิทยาศาสตร์ (Science - Fiction) ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์สาขาฟิสิกส์ผู้หนึ่ง ชื่อ นายอาร์เธอร์ ซี คลาร์ก (Arthur C. Clarke) โดยได้นำข้อเขียนดังกล่าวออกเผยแพร่ต่อสาธารณชนในวารสาร Wireless World เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2488 หลังจากนั้นเพียง 12 ปี กล่าวคือ เมื่อ พ.ศ. 2500 ประเทศสหภาพโซเวียตได้ส่งดาวเทียมชื่อ Sputnik 1 เข้าสู่วงโคจรได้เป็นผลสำเร็จ ก่อให้เกิดการปฏิวัติทางประยุกต์วิทยาอย่างกว้างขวางด้านการสื่อสารผ่านดาวเทียม

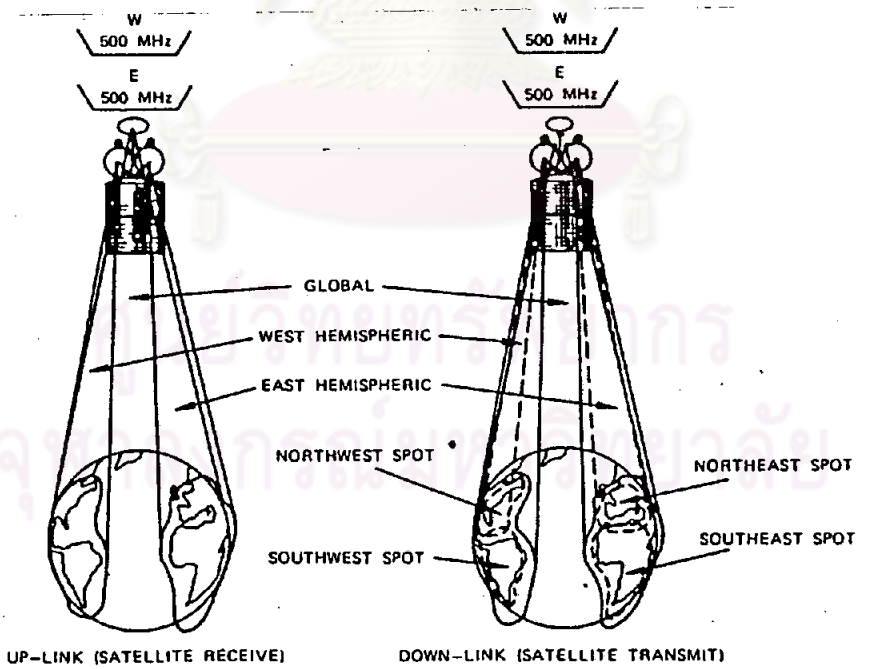
ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมประกอบด้วยส่วนสำคัญของระบบ คือ ภาคอวกาศ (Space Segment) คือตัวดาวเทียมที่โคจรอยู่ในอวกาศและภาคบนพื้นดิน (Ground Segment) คือสถานีภาคพื้นดินต่าง ๆ ในข่ายโทรคมนาคมนี้ ปัจจุบันระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมใช้ดาวเทียมโคจรในวงโคจรแบบอยู่กับที่ (Geostationary orbit) เมื่อเทียบกับจุดหนึ่งจุดใดบนพื้นโลก ซึ่งเรียกดาวเทียมประเภทนี้ว่า "ดาวเทียมแบบอยู่กับที่" (Geostationary Satellite) ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมประกอบด้วยการเชื่อมต่อ (Link) ของคลื่นวิทยุอย่างน้อย 2 ช่วง ที่เรียงลำดับกัน (Cascade) คือ ด้านขาขึ้น (Up - link) โดยสถานีภาคพื้นดิน (Earth Station) จะส่งคลื่นวิทยุไปยังตัวดาวเทียมที่อยู่ในวงโคจร ซึ่งทำหน้าที่เป็นสถานีทวนสัญญาณ (Repeater) ที่ลอยนิ่งอยู่ในอวกาศเมื่อดาวเทียมรับคลื่นวิทยุแล้วอุปกรณ์ด้านการสื่อสาร (Communication Subsystem) ที่เรียกว่าทรานสปอนเดอร์ (Transponder) จะทำการเปลี่ยนความถี่ (frequency translation) ขยายกำลังคลื่นวิทยุแล้วส่งคลื่นวิทยุนั้นกลับลงมาสู่พื้นโลก ซึ่งเรียกว่าด้านขาลง (Down - link) เป็นอันว่าครบวงจรการสื่อสารผ่านดาวเทียมดังแสดงในรูปที่ 1.1



——————— ด้านขาขึ้น

--------- ด้านขาลง

รูปที่ 1.1 วงจรการสื่อสารผ่านดาวเทียม



รูปที่ 1.2 การครอบคลุมพื้นผิวโลกของสายอากาศดาวเทียม INTELSAT IV-A

ความถี่ที่ใช้ในการส่งทอดคลื่นวิทยุผ่านดาวเทียมซึ่งได้รับการจัดสรรในกิจการสื่อสารผ่านดาวเทียมแบบอยู่กับที่ ได้แก่ ย่านความถี่ 6/4 GHz, 14/11 GHz และ 30/20 GHz โดยที่ความถี่ด้านสูงจะใช้ส่งจากสถานีภาคพื้นดินขึ้นสู่ดาวเทียม ส่วนความถี่ด้านต่ำจะส่งจากดาวเทียมกลับมายังพื้นโลก

ลักษณะเด่นประการสำคัญของระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมด้านภูมิศาสตร์ คือ สามารถให้บริการติดต่อสื่อสารครอบคลุมพื้นที่บนพื้นโลก (Coverage Area) อย่างกว้างขวางเหนือกว่าระบบการสื่อสารบนภาคพื้นโลก (Terrestrial Communications) ระบบใด ๆ การครอบคลุมพื้นโลกของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมด้วยดาวเทียมแบบอยู่กับที่นั้น สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้ถึงหนึ่งในสามของพื้นโลก ยกเว้นบริเวณขั้วโลกเหนือและใต้ (Extreme Latitude) ทั้งนี้ขนาดของพื้นที่ที่ดาวเทียมครอบคลุมนั้น ขึ้นอยู่กับบีมวิดท์ของสายอากาศ (Antenna Beamwidth) ของดาวเทียมที่ได้ถูกออกแบบ โดยคำนึงถึงอาณาบริเวณพื้นที่ที่ต้องการให้บริการเป็นหลักได้แก่ แบบ Global Beam, Hemispherical Beam, Zone Beam และ Spot Beam ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 1.2 ทั้งนี้ในการออกแบบขนาดสำคลื่นของสายอากาศของดาวเทียม ควรจะต้องสอดคล้องกับกิจการของการสื่อสารที่จะให้บริการเป็นหลักด้วย เช่น การสื่อสารผ่านดาวเทียมระหว่างประเทศ (International Satellite Communications) การสื่อสารผ่านดาวเทียมภายในภูมิภาค (Regional Satellite Communications) และการสื่อสารผ่านดาวเทียมภายในประเทศ (Domestic Satellite Communications)

ด้วยการสื่อสารผ่านดาวเทียมมีลักษณะสมบัติที่สามารถครอบคลุมพื้นที่การสื่อสารอย่างกว้างขวางนั้น จึงเป็นระบบสื่อสารที่มีความคล่องตัว (Flexibility) สูง กล่าวคือ สถานีภาคพื้นดินใด ๆ จะทำหน้าที่เป็นทั้งสถานีรับและสถานีส่ง การส่งคลื่นวิทยุจากสถานีภาคพื้นดินหนึ่งสถานีภาคพื้นดินใด คลื่นวิทยุนั้นจะถูกถ่ายทอดโดยดาวเทียม แผ่กระจายออกไปทั่วอาณาบริเวณที่สำคลื่นของดาวเทียมนั้นครอบคลุม ในลักษณะของการกระจายคลื่น (Broadcasting) หากสถานีภาคพื้นดินใด ๆ ต้องการรับคลื่นวิทยุนั้น สามารถกระทำได้โดยปรับความถี่ของอุปกรณ์เครื่องรับให้ตรงกับความถี่ของคลื่นวิทยุที่ต้องการ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ สมรรถนะที่สำคัญของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม คือ สถานีภาคพื้นดินทุก ๆ

สถานีที่ติดตั้งอยู่ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในอาณาบริเวณที่ครอบคลุมด้วยสำคลื่นสายอากาศของดาวเทียม สามารถติดต่อสื่อสารซึ่งกันและกันได้ในเวลาเดียวกัน ด้วยวิธีการ Multiple Access สมรรถนะที่สำคัญด้านนี้ของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม ทำให้เป็นระบบที่มีความคล่องตัวเหนือกว่าระบบการสื่อสารบนภาคพื้นโลกระบบใด ๆ ทั้งสิ้น ด้วยเหตุนี้ทำให้การสื่อสารผ่านดาวเทียมเป็นระบบสื่อสารที่เหมาะสม ในการใช้เป็นระบบสื่อสารเพื่อติดต่อสื่อสารกับภูมิประเทศที่ไม่เอื้ออำนวย ในการวางระบบการสื่อสารแบบอื่นที่มีราคาที่เหมาะสมได้ หรือสามารถใช้ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมเพื่อเสริมและสำรองข่ายการสื่อสารบนภาคพื้นโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันประเทศต่าง ๆ กำลังเร่งรัดดำเนินโครงการการสื่อสารเพื่อชนบท (Rural Telecommunications) เพื่อเป็นปัจจัยเสริมปัจจัยหนึ่งในการพัฒนาชนบทที่อยู่ห่างไกลทางด้านสังคม เศรษฐกิจ และการเมืองด้วยการนำระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมเข้ามาช่วยเสริมข่ายการสื่อสารบนภาคพื้นโลกที่มีอยู่

ในอดีตที่ผ่านมารัฐบาลประสบปัญหาในการขยายข่ายการสื่อสารของชาติเข้าสู่เขตชนบท หรือแม้กระทั่งการประชาสัมพันธ์ ให้ความรู้ ข่าวสารและการบันเทิงแก่ประชาชนด้วยวิทยุกระจายเสียงหรือโทรทัศน์ในเขตชนบทก็ถูกจำกัด ทำให้เกิดปัญหาทางด้านสังคม การเมืองและเศรษฐกิจ ถึงแม้ว่าโครงการดังกล่าวจะได้นำมาบรรจุไว้แผนพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติแล้วก็ตาม เนื่องจากปริมาณทราฟฟิค (Traffic) และการลงทุนในการขยายข่ายการสื่อสารเพื่อชนบทสูงไม่คุ้มกับการลงทุน ปัจจุบันระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมได้เข้ามามีบทบาทอย่างสำคัญยิ่ง ในการขยายข่ายการสื่อสารของชาติเข้าสู่ชนบท เพราะสามารถขยายข่ายการสื่อสารได้รวดเร็ว ราคาลงทุนต่อวงจรไม่ขึ้นอยู่กับระยะทางและสะดวกต่อการวางแผนโครงการระยะยาวได้ โดยสามารถทำการเพิ่มและลดปริมาณช่องสัญญาณได้อย่างรวดเร็ว

สำหรับการออกแบบและวางแผนดำเนินการขยายข่ายการสื่อสารของชาติเข้าสู่ชนบท ด้วยระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้น จะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ทั้งทางด้านเทคนิคและเศรษฐกิจ โดยยึดหลักการออกแบบระบบและสถานีภาคพื้นดินเป็นบรรทัดฐานดังนี้

- ส่ถานีภาคพื้นดินต้องมีราคาถูก มีปริมาณช่องสัญญาณการสื่อสารต่ำ (Thin Route) โดยมีความคล่องตัวสูง การขยายปริมาณช่องสัญญาณการสื่อสารสามารถทำได้รวดเร็ว เมื่อปริมาณทราฟฟิคเพิ่มขึ้น
- ง่ายต่อการเคลื่อนย้าย ติดตั้ง และบำรุงรักษา
- อุปกรณ์ใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวนน้อย
- ทนทานต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ
- ใช้เทคนิคของการมอดูเลต (Modulation) แบบง่าย ๆ และมีประสิทธิภาพสูง
- ใช้วิธีการ Multiple Access แบบง่าย ๆ และมีประสิทธิภาพสูง
- ใช้อุปกรณ์ที่มีความแน่นอนสูง (Reliability)
- สามารถเข้ากันได้ (Compatibility) กับระบบการสื่อสารที่มีอยู่ในปัจจุบัน เช่น ระบบสัญญาณเรียกขาน (Signalling) ระหว่างชุมสาย (Exchange) เป็นต้น
- มีระดับคุณภาพ และความแน่นอนของสัญญาณสูง สอดคล้องตามคำแนะนำของ CCIR และ CCITT
- มีอุปกรณ์สำหรับรับสัญญาณโทรทัศน์และวิทยุกระจายเสียง ที่ส่งโปรแกรมจากส่วนกลางโดยผ่านระบบดาวเทียมด้วย

ด้วยการพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้นแล้ว จะเห็นว่าระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมโดยใช้ระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์ (Single Channel Per Carrier) คำย่อ "SCPC" ซึ่งใช้ระบบ Companded Frequency Modulation หรือเรียกสั้น ๆ ว่า SCPC/CFM เป็นระบบซึ่งเหมาะสมต่อการสื่อสารผ่านดาวเทียม ในกรณีของการสื่อสารภายในประเทศ และการสื่อสารเพื่อขยายบทของประเทศไทยในปัจจุบันมากที่สุดระบบหนึ่ง

ความสำคัญของปัญหา

ระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์ ได้รับการยอมรับว่าเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง เพราะสามารถใช้กำลังงาน และแบนด์วิดท์ของทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเหมาะสำหรับใช้กับข่ายการสื่อสารเพื่อชนบทภายในประเทศ ซึ่งเป็นข่ายการสื่อสารที่ประกอบด้วย สถานีภาคพื้นดินจำนวนมาก สถานีภาคพื้นดินที่มีขนาดเล็ก และมีปริมาณวงจร การติดต่อสื่อสารต่ำ อย่างไรก็ตามในการวางแผนดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งระบบการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพสูงสุดนั้น จะต้องประกอบด้วยเทคนิคและกระบวนการปฏิบัติต่าง ๆ มากมาย อาทิเช่น การออกแบบให้การใช้ดาวเทียมอย่างมีประสิทธิภาพ คือ มีความจุช่องสัญญาณของทรานสปอนเดอร์สูง ตลอดจนการเลือกใช้ประยุกต์วิทยาของระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ ได้ศึกษาถึงการออกแบบระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์ โดยกำหนดแนวทางไว้ดังนี้

1. การออกแบบระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์ แบบจัดการกระจายกำลังของคลื่นพาห์ในทรานสปอนเดอร์ แบบระดับเดียว

1.1 ศึกษาวิธีการหาจุดทำงานของทรานสปอนเดอร์ที่เหมาะสม

1.2 ศึกษาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์

1.3 ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์ ที่มีผลกระทบต่อความจุช่องสัญญาณของทรานสปอนเดอร์

2. การออกแบบระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์ แบบจัดการกระจายกำลังของคลื่นพาห์ในทรานสปอนเดอร์แบบหลายระดับ โดยใช้วิธีการดำเนินงานเช่นเดียวกับข้อ 1

3. ศึกษาและทำการประมวลผลข้อมูล ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบทั้งหมดด้วยเครื่องคำนวณ

ความสำคัญหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้

1. ทำให้เข้าใจถึงวิธีการออกแบบระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมในระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์

2. สามารถใช้ทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียมอย่างมีประสิทธิภาพ

3. สามารถนำผลการวิจัยครั้งนี้ มาใช้เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมภายในประเทศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย