

การสื่อสารผ่านดาวเทียม

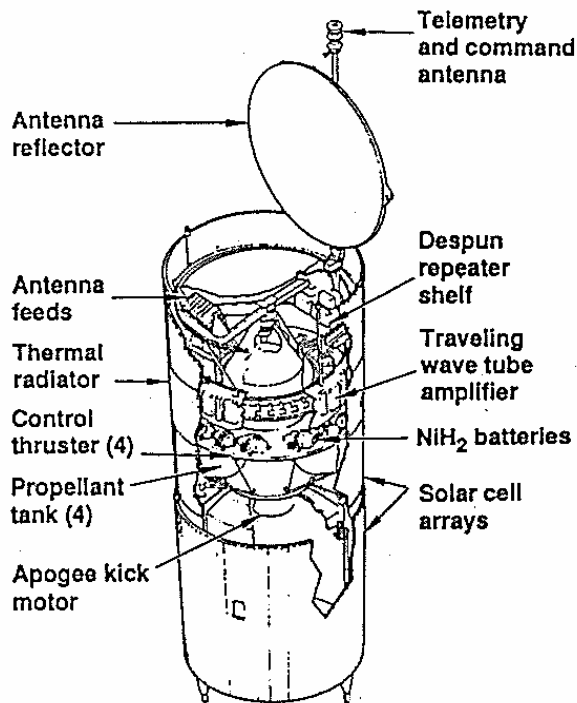
หน้าที่ของดาวเทียม

ดาวเทียมจะมีหน้าที่หลักอยู่ 2 ประการ คือ

1. รับสัญญาณจากสถานีภาคพื้นดิน
2. ขยายและส่งสัญญาณกลับมายังสถานีภาคพื้นดิน

ส่วนประกอบของดาวเทียมมีอยู่ 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. จานสายอากาศรับ-ส่งสัญญาณ (Receive / Transmit Antenna) ทำหน้าที่รวมสัญญาณและส่งกลับมายังพื้นโลก
2. ช่องสัญญาณดาวเทียม (Transponder) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ
3. แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar panel) ทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าสำหรับป้อนให้กับอุปกรณ์สื่อสารอิเล็กทรอนิกส์
4. ส่วนขับเคลื่อนดาวเทียม ทำหน้าที่ขับเคลื่อนดาวเทียมให้อยู่ในตำแหน่งวงโคจร ซึ่งจะต้องใช้เชื้อเพลิงในการขับเคลื่อน โดยอายุการใช้งานของดาวเทียมจะขึ้นอยู่กับปริมาณเชื้อเพลิงที่ส่งขึ้นไปพร้อมกับดาวเทียม

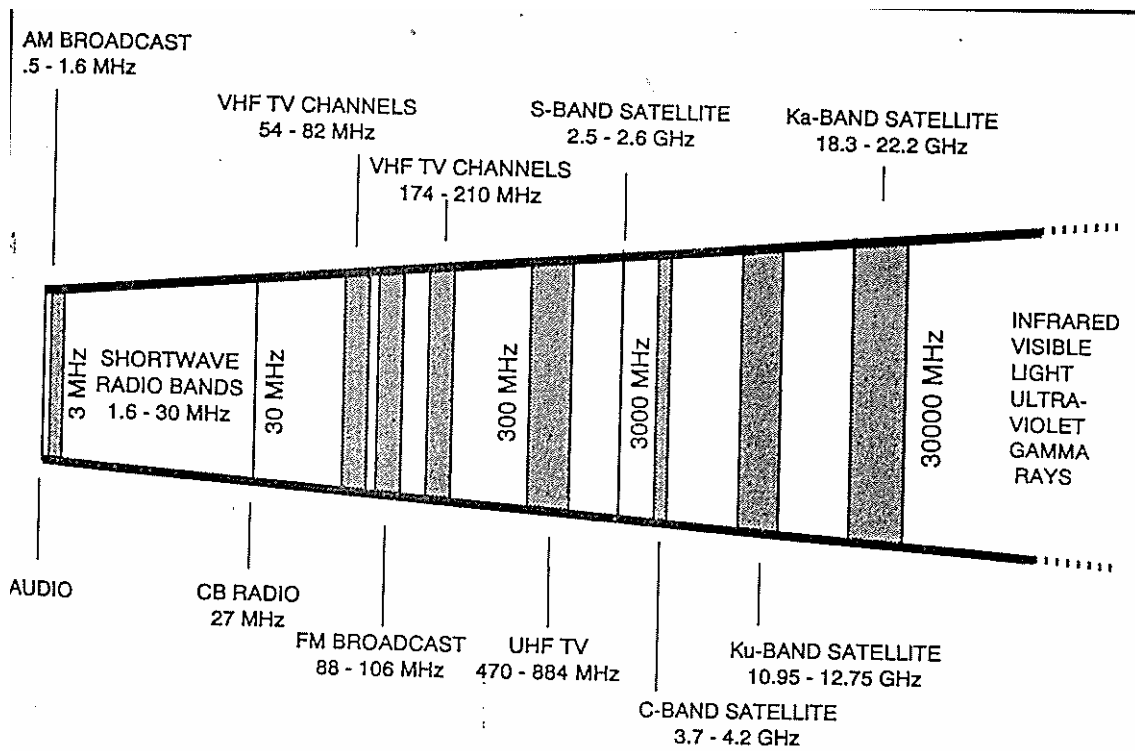


โครงสร้างของดาวเทียมไทยคม 2 รุ่น HS-376

ย่านความถี่ดาวเทียม

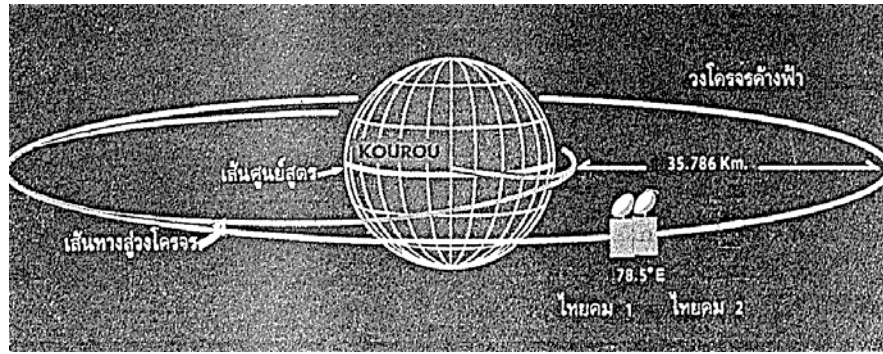
ดาวเทียมจะส่งสัญญาณกลับมายังพื้นที่ให้บริการ โดยใช้ความถี่ที่ได้จัดสรรไว้ในแต่ละย่านความถี่ที่ไม่ถูกรบกวนโดยสภาพภูมิอากาศ หรือแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถแบ่งย่านความถี่ดาวเทียมได้ดังนี้

1. S-Band มีความถี่ในช่วง 2.5 ถึง 2.6 GHz
2. C-Band มีความถี่ในช่วง 3.7 ถึง 4.2 GHz
3. Ku-Band มีความถี่ในช่วง 10.95 ถึง 12.75 GHz
4. Ka-Band มีความถี่ในช่วง 18.3 ถึง 22.2 GHz



แถบแสดงความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สำหรับประเทศไทยนั้น ย่านความถี่ที่ใช้งานจะอยู่ในช่วง C-Band และ Ku-Band ส่วนการรับ-ส่งสัญญาณนั้น ประเทศไทยตั้งอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร แต่ตำแหน่งต่างๆ ของดาวเทียมสื่อสารทั้งหมดจะอยู่ในแนวเส้นศูนย์สูตร การตั้งจานสายอากาศรับ-ส่งสัญญาณดาวเทียมจึงต้องหันหน้าจานสายอากาศไปยังทิศใต้ โดยที่ตำแหน่งวงจรโคจรของดาวเทียมไทยคม 2 จะอยู่ที่ตำแหน่ง 78.5 องศาตะวันออก ดังนั้นจะต้องหันหน้าจานสายอากาศไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยอ่านพิกัดมุมกวาด (มุม Azimuth) จากทิศเหนือตามเข็มนาฬิกาไปที่ 229-256 องศา และอ่านพิกัดมุมเงย (มุม Elevation) ไปที่ 53-65 องศา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดที่ตั้งของสถานีรับ-ส่งสัญญาณดาวเทียม



ดาวเทียมไทยคมทั้งสองดวงขณะอยู่ในวงโคจร

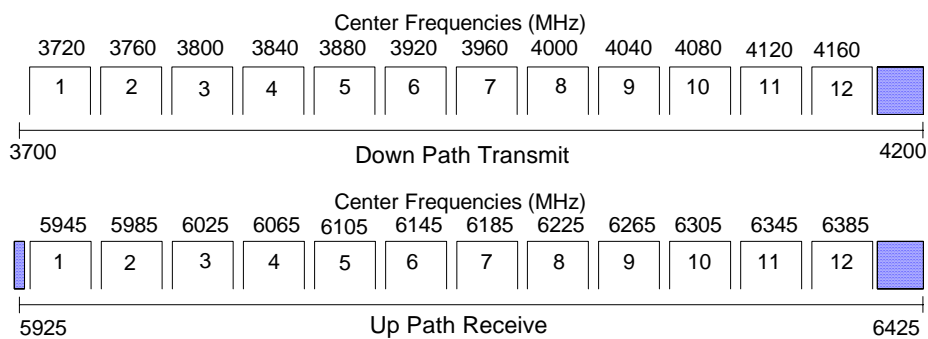
ความถี่ขาขึ้นและขาลง

ดาวเทียมสื่อสารแต่ละดวงนั้น เป็นเสมือนกับสถานีทวนสัญญาณ หรือที่เรียกว่า รีพีตเตอร์ (Repeater) ซึ่งติดตั้งอยู่สูงมากถึง 35,786 กิโลเมตรจากพื้นโลกระดับน้ำทะเล จึงต้องทำหน้าที่เป็นทั้งเครื่องรับและเครื่องส่ง เพื่อติดต่อกับสถานีภาคพื้นดิน โดยสถานีภาคพื้นดินจะส่งสัญญาณในช่วง “ขาขึ้น” ที่ความถี่หนึ่งซึ่งเรียกว่า Up link frequency ไปให้ดาวเทียมเมื่อดาวเทียมได้รับสัญญาณก็จะขยายสัญญาณและส่งสัญญาณในช่วง “ขาลง” อีกความถี่หนึ่งซึ่งเรียกว่า Down link frequency กลับมายังสถานีภาคพื้นดิน

ช่องสัญญาณดาวเทียม

ดาวเทียมทุกดวงจะมีช่องสัญญาณสำหรับใช้สื่อสารซึ่งเรียกว่า ทรานส์พอนเดอร์ (Transponder) ซึ่งมีหลายย่านความถี่ โดยดาวเทียมดวงหนึ่งๆ อาจจะมีช่องสัญญาณได้มากถึง 24 ทรานส์พอนเดอร์ และในแต่ละทรานส์พอนเดอร์สามารถใช้งานพร้อมกันได้หลายรูปแบบ เช่น การถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมไปพร้อมกับการรับ-ส่งสัญญาณโทรศัพท์ติดต่อพร้อมกันได้จำนวนมาก และ/หรือ ส่งสัญญาณวิทยุให้กับเครือข่ายหรือข่าวสารเทเลเท็กซ์ (Teletext) หรือข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ (Data Communication) ก็ย่อมกระทำได้

สัญญาณความถี่ในทุกๆ ทรานส์พอนเดอร์ จะมีการจัดขั้วของคลื่น (Polarization) ไว้ให้มีทั้งขั้วแนวตั้ง (Vertical) และขั้วแนวนอน (Horizontal) เพื่อให้สามารถขยายจำนวนช่องสัญญาณให้มากขึ้นจากเดิมได้โดยไม่เกิดการรบกวนสัญญาณ (Interference) กันเองและไม่มีผลกระทบจากสภาพของอวกาศ



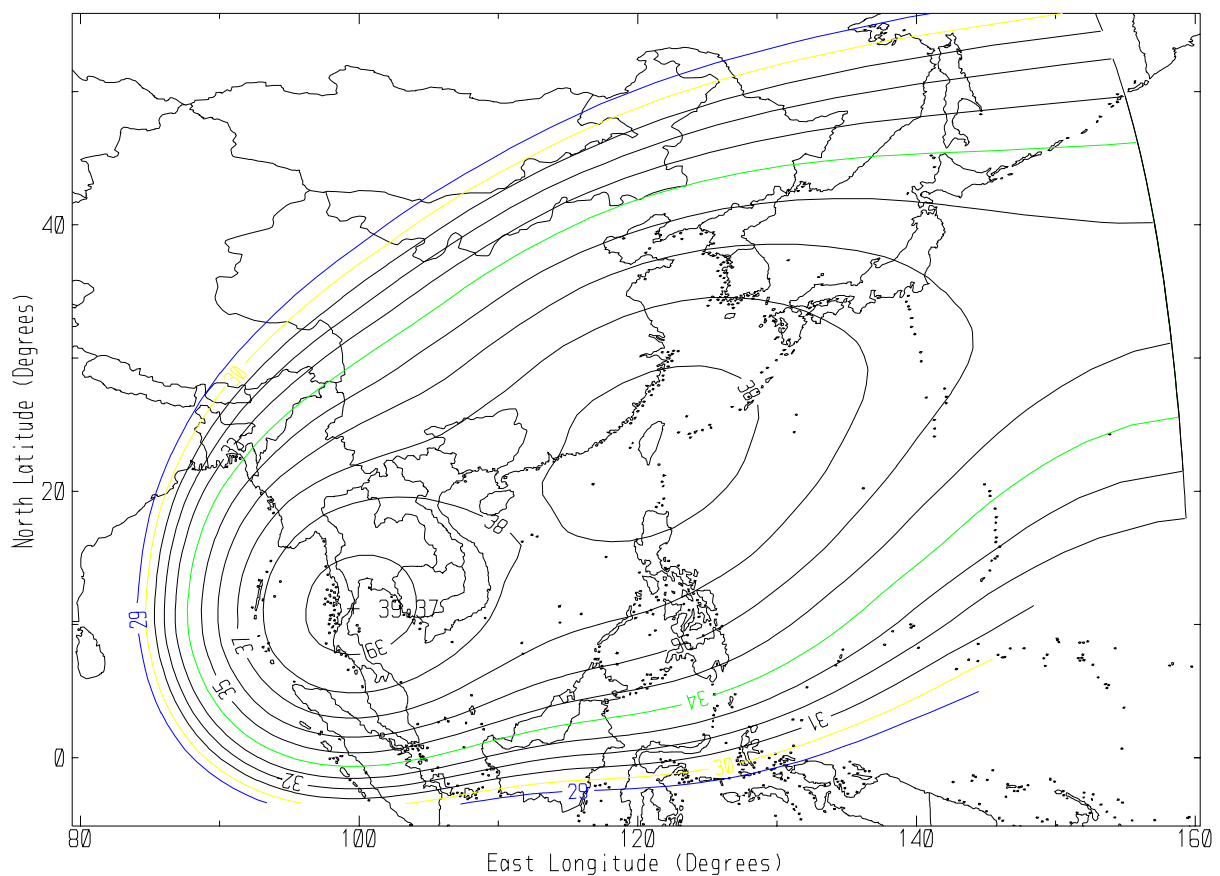
รูปผังความถี่ดาวเทียมไทยคม

พื้นที่ให้บริการ (Footprint)

พื้นที่ให้บริการเป็นลักษณะของสัญญาณที่ส่งลงมาครอบคลุมพื้นโลก ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีพื้นที่ให้บริการต่างกันขึ้นอยู่กับความถี่ของดาวเทียมดวงนั้นๆ โดยสัญญาณจะมีความเข้มที่สุดตรงจุดศูนย์กลาง และจะค่อยๆ จางลงเมื่อออกห่างจากจุดศูนย์กลาง

การส่งสัญญาณในย่านความถี่ C-Band จะสามารถครอบคลุมพื้นที่ให้บริการได้กว้าง เช่น ดาวเทียมไทยคมสามารถส่งสัญญาณครอบคลุมพื้นที่ได้มากถึง 126 ประเทศ

ส่วนการส่งสัญญาณย่านความถี่ Ku-Band จะครอบคลุมพื้นที่ให้บริการได้น้อยกว่า แต่จะมีความแรงของสัญญาณสูงกว่า สามารถใช้จานขนาดเล็กรับสัญญาณได้



รูปพื้นที่ให้บริการของดาวเทียมไทยคม

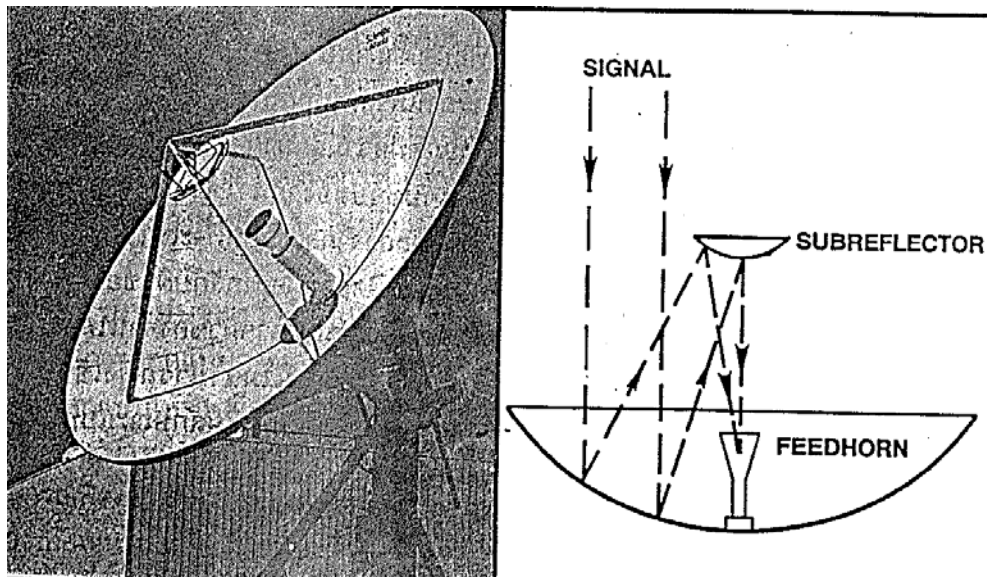
สถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน (Satellite Earth Station)

สถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน เป็นส่วนประกอบสำคัญในการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่ทำหน้าที่ติดต่อกับดาวเทียมและเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน เช่น ระบบสื่อสารข้อมูลเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ระบบโทรศัพท์ หรือระบบถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์ เป็นต้น

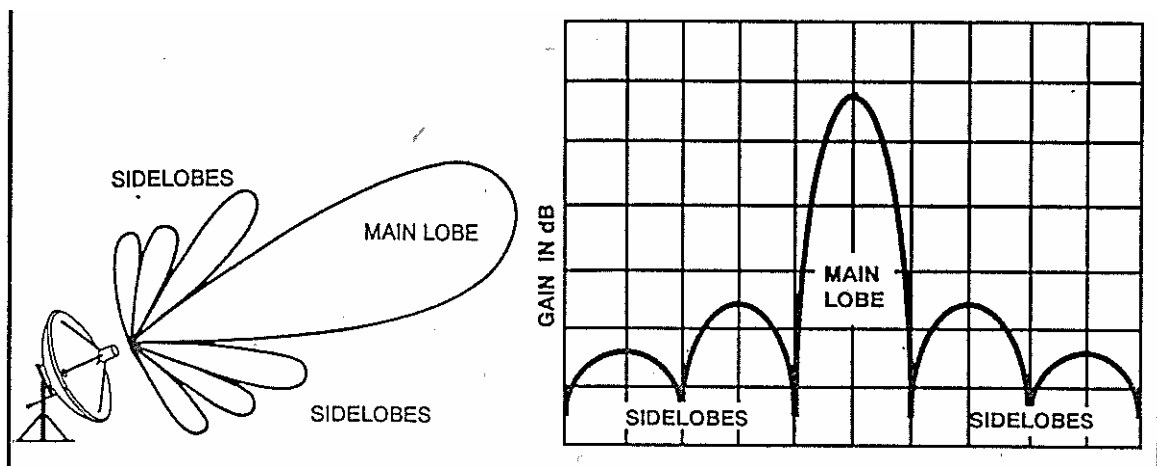
สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินในปัจจุบันได้รับการพัฒนาให้ใช้เทคโนโลยีในระบบดิจิทัล ทำให้มีความสามารถสูงขึ้น เช่น สามารถส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง ในขณะที่ขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้มีขนาดเล็กลง และสามารถทำงานในสภาพแวดล้อมทั่วไปได้

โครงสร้างของสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน แบ่งได้เป็น 4 ส่วนหลักๆ คือ

1. อุปกรณ์จานสายอากาศ (Antenna subsystem)
2. อุปกรณ์เครื่องรับ-ส่งความถี่วิทยุ (RF subsystem)
3. อุปกรณ์แปลงสัญญาณคลื่นวิทยุ (IF subsystem)
4. อุปกรณ์ MODEM (MOdulator / DEModulator)



จานรับส่งสัญญาณดาวเทียมแบบแคสซีแกน



ลำคลื่นด้านข้างของจานรับส่งสัญญาณ และรูปแบบของลำคลื่นทางอุดมคติที่แผ่กระจายออกจากจาน

อุปกรณ์งานสายอากาศ (Antenna subsystem)

งานสายอากาศซึ่งใช้สำหรับการสื่อสารผ่านดาวเทียมเป็นส่วนสำคัญสำหรับการรับส่งสัญญาณอย่างมาก เนื่องจากสัญญาณที่ส่งขึ้นดาวเทียมต้องถูกส่งขึ้นไปเป็นลำคลื่นที่แคบตรงไปยังตำแหน่งดาวเทียมได้อย่างถูกต้อง งานสายอากาศต้องมีความสามารถในการรวมพลังงานไปในทิศทางที่ตรงกับตัวดาวเทียมด้วยเช่นกัน และในทำนองเดียวกันงานสายอากาศต้องมีความสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมที่ได้พลังงานที่สูงพอสำหรับการใช้งานในภาครับด้วย งานสายอากาศนี้จะต้องถูกออกแบบให้มีสัญญาณรบกวนต่ำ และต้องมีสัญญาณที่แพร่ออกด้านข้างของจาน (Side Lobe) ต่ำ เพื่อไม่ให้รบกวนดาวเทียมดวงที่อยู่ใกล้กัน

ลักษณะทั่วไปของงานสายอากาศ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ

1. แผ่นสะท้อนคลื่น (Reflector) มีลักษณะเป็น Parabola ซึ่งจะทำหน้าที่สะท้อนคลื่นที่รับได้รวมเข้าไว้ที่จุดโฟกัสในด้านรับ และทำหน้าที่สะท้อนคลื่นที่ส่งออกจากจุดโฟกัสเป็นลำออกไปยังดาวเทียม
2. อุปกรณ์รับและป้อนสัญญาณ (Antenna feed) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งที่ตำแหน่งจุดโฟกัสของงานสายอากาศ ซึ่งทำหน้าที่กระจายคลื่นที่มาจากเครื่องส่งไปยังแผ่นสะท้อนคลื่น และรับคลื่นที่สะท้อนมาจากแผ่นสะท้อนคลื่นเข้าภายในตัว feed ซึ่งภายใน feedhorn จะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า OMT (Orthogonal Mode Transducer) ซึ่งทำหน้าที่แยกคลื่นด้านรับและด้านส่งออกจากกัน เพื่อป้องกันมิให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน ดังนั้นสัญญาณในด้านส่งและสัญญาณในด้านรับจะมีขั้วสัญญาณ (Polarize) ที่ต่างกัน เช่น ในการส่งสัญญาณที่มีขั้วแบบเชิงเส้น (Linear Polarization) สัญญาณจะถูกส่งขึ้นตัวดาวเทียมโดยใช้ขั้วหนึ่ง (Vertical หรือ Horizontal) และรับสัญญาณจากดาวเทียมอีกขั้วหนึ่ง (Horizontal หรือ Vertical) เป็นต้น โดยชนิดของ Antenna feed มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ Linear feed และ Circular feed
3. อุปกรณ์ลดการรบกวนจากด้านส่ง (Transmit reject filter) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Bandpass filter ซึ่งยอมให้สัญญาณคลื่นความถี่ด้านรับให้ผ่านไปได้ และกันสัญญาณที่มีความถี่ด้านส่งไม่ให้ย้อนเข้าไปยังภาครับสัญญาณ เพื่อป้องกันอุปกรณ์ด้านรับที่ทำงานกับสัญญาณที่มีกำลังต่ำเกิดความเสียหายจากกำลังส่งของอุปกรณ์เครื่องส่ง

อุปกรณ์เครื่องรับ-ส่งความถี่วิทยุ (RF subsystem)

การสื่อสารผ่านดาวเทียมทำงานได้โดยคลื่นความถี่วิทยุในย่านความถี่ต่างๆ เช่น ย่านความถี่ C-Band ใช้สัญญาณที่มีความถี่ 6/4 GHz เป็นต้น ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ต้องสามารถใช้งานได้ ในย่านความถี่นั้นๆ ด้วยอุปกรณ์ในภาคนี้จะทำหน้าที่รับส่งสัญญาณความถี่วิทยุที่ใช้งานเป็นหลัก ซึ่งประกอบด้วย

1. Low Noise Amplifier (LNA) เป็นส่วนที่ใช้สำหรับขยายสัญญาณที่รับจากจานดาวเทียม ซึ่งสัญญาณดังกล่าวจะมีกำลังงานเมื่อรับได้ที่จานสายอากาศต่ำมาก ดังนั้น สัญญาณดังกล่าวต้องได้รับการขยายกำลังขึ้นเพื่อส่งต่อไปยังภาครับอื่นต่อไป เครื่องขยายในส่วนนี้ต้องมีสัญญาณรบกวนต่ำ สามารถขยายส่วนที่เป็นสัญญาณแท้จริง และตัดส่วนที่เป็นสัญญาณรบกวนออกไป
2. High Power Amplifier (HPA) เป็นเครื่องขยายสัญญาณกำลังสูงสำหรับสถานีภาคพื้นดิน ทำหน้าที่ขยายสัญญาณวิทยุย่านความถี่ดาวเทียมเพื่อส่งขึ้นไปยังดาวเทียม เครื่องขยายสัญญาณประเภทนี้มีด้วยกันหลายชนิด เช่น
 - a. TWTA (Traveling Wave Tube Amplifier) ใช้หลักการถ่ายเทพลังงานที่เกิดจากอิเล็กตรอนที่สร้างขึ้นภายในหลอดสูญญากาศชนิดพิเศษ (TWT) โดยสัญญาณที่ถูกขยายนั้นถูกส่งผ่านเข้าไปยังหลอด TWT โดยผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า Helix ชุดขยายสัญญาณชนิดนี้จะใช้งานกับสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินทั่วไปที่มีกำลังส่งระหว่าง 50-500 วัตต์
 - b. Klystron Amplifier เป็นเครื่องขยายกำลังสูงเช่นเดียวกับ TWTA แต่ให้กำลังขยายสูงกว่าและมีประสิทธิภาพสูงกว่า แต่ให้ความกว้างแถบคลื่นความถี่ (Bandwidth) ได้แคบกว่า เหมาะสำหรับการใช้งานที่ไม่ต้องการความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงความถี่ เช่น สถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ เป็นต้น เครื่องขยายชนิดนี้มีกำลังส่งระหว่าง 1-3 กิโลวัตต์
 - c. Solid State Power Amplifier (SSPA) เป็นเครื่องขยายชนิดที่ใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด GaAs FET ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการขยายที่สูงกว่า TWTA มาก แต่มีข้อเสียที่ยังไม่สามารถสร้างให้มีกำลังสูงๆ ได้ นิยมนำมาใช้กับสถานีภาคพื้นดินขนาดเล็กอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

อุปกรณ์แปลงสัญญาณคลื่นวิทยุ (IF subsystem)

ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วนด้วยกัน คือ

1. Up Converter Part ทำหน้าที่แปลงสัญญาณย่านความถี่ IF (70 MHz / 140 MHz) ซึ่งรับจาก Satellite Modem ให้เป็นความถี่ดาวเทียมในย่านที่ใช้งานกับระบบดาวเทียมต่างๆ เช่น ย่านความถี่ C-Band (5925-6425 MHz) จากนั้นสัญญาณที่ได้รับการแปลงความถี่แล้วจะถูกส่งต่อไปยังภาคขยายสัญญาณกำลังส่งสูง เพื่อส่งไปยังดาวเทียมต่อไป
2. Down Converter Part ทำหน้าที่แปลงสัญญาณความถี่ที่ได้รับจาก LNA ซึ่งเป็นย่านความถี่ของดาวเทียม เช่น C-Band (3700-4200 MHz) ไปเป็นย่านความถี่ IF (70 MHz / 140 MHz) เพื่อส่งต่อไปให้กับภาค Demodulator ของ Satellite Modem ต่อไป

อุปกรณ์ MODEM (MOdulator / DEModulator)

ทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่ต้องการส่งผ่านระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมให้อยู่ในรูปของสัญญาณคลื่นวิทยุ (Modulation) เพื่อส่งสัญญาณดังกล่าวไปยังดาวเทียม และในทางกลับกันก็ทำการแปลงสัญญาณคลื่นวิทยุที่มีข้อมูลผสมอยู่ให้ได้เป็นข้อมูลออกมา (Demodulation) เพื่อนำไปใช้งานต่อไป สำหรับสถานีดาวเทียมในปัจจุบันจะทำงานโดยรับข้อมูลที่เป็นดิจิทัลที่เราเรียกว่า สัญญาณ Baseband ข้อมูลข่าวสารที่ผู้ใช้ต้องการส่งผ่านสถานีดาวเทียมระบบดิจิทัลนี้จะถูกเปลี่ยนให้เป็นข้อมูลดิจิทัล เช่น สัญญาณเสียงจากระบบโทรศัพท์ หรือเสียงสำหรับสถานีวิทยุ เป็นต้น

ก่อนที่นำสัญญาณ Baseband ซึ่งอยู่ในรูปดิจิทัลมาส่งในระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม จะต้องทำการผสมกับคลื่นพาห้ (Carrier) เพื่อให้อยู่ในรูปของสัญญาณวิทยุอนาล็อก (70 MHz / 140 MHz) ก่อน จึงส่งผ่านไป ในภาค up/down converter และภาคขยายสัญญาณ เพื่อส่งไปยังดาวเทียมต่อไป

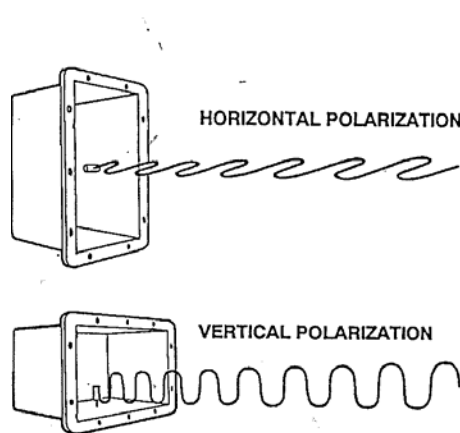
อุปกรณ์รวมสัญญาณ (Multiplexer : MUX)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รวมสัญญาณข้อมูลจากแหล่งต่างๆ (หลายๆ ช่องสัญญาณ) ทั้ง Voice และ Data ให้สามารถรับ-ส่งได้พร้อมกัน หรือส่งผ่านสายส่งเส้นเดียวกัน

ขั้วสัญญาณ (Polarization)

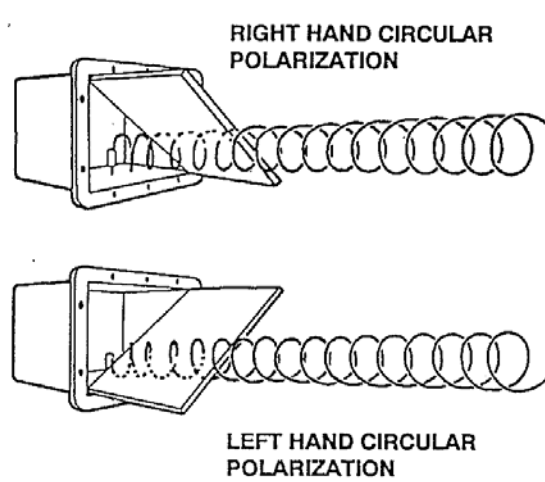
คือเทคนิคในการส่งสัญญาณที่สามารถเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณให้มากขึ้นจากช่องสัญญาณที่มีอยู่ โดยการกำหนดให้ความถี่ในแต่ละช่องของดาวเทียมคาบเกี่ยวกัน และกำหนดให้มีขั้วสัญญาณที่ต่างกัน เพื่อป้องกันการรบกวนกันเอง ด้วยวิธีการดังกล่าวทำให้เราสามารถจัดสรรจำนวนช่องสัญญาณได้มากขึ้น ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ขั้วสัญญาณแบบเชิงเส้น (Linear Polarization) แบ่งออกเป็น แนวตั้ง (Vertical) และ แนวนอน (Horizontal) โดยพิจารณาจากแกนขั้วรับสัญญาณของ Feedhorn โดยทั้งสองขั้วนี้จะทำมุมกัน 90 องศา ดาวเทียมที่ใช้การรับ-ส่งแบบนี้ได้แก่ ดาวเทียมไทยคม เป็นต้น



ลักษณะสัญญาณที่มีขั้วคลื่นเป็นแบบเชิงเส้น (Linear Polarization) ทั้งแบบแนวตั้ง (Vertical) และแนวนอน (Horizontal)

2. ขั้วสัญญาณแบบหมุนสัญญาณ (Circular Polarization) แบ่งออกเป็น หมุนตามเข็มนาฬิกา (Right hand) และ หมุนทวนเข็มนาฬิกา (Left hand) ดาวเทียมที่ใช้การรับ-ส่งแบบนี้ ได้แก่ ดาวเทียมอินเทลแซท เป็นต้น



ลักษณะสัญญาณที่มีขั้วคลื่นเป็นแบบหมุน (Circular Polarization) ทั้งแบบตามเข็ม (Right hand) และทวนเข็ม (Left hand)