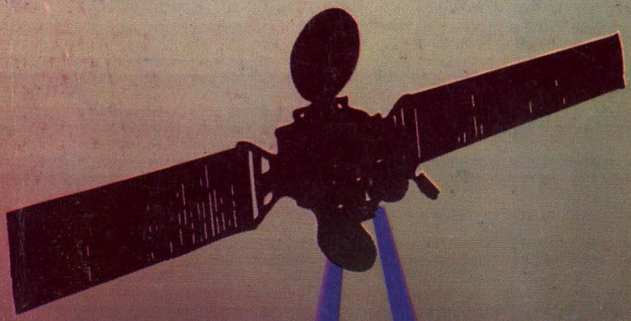


เปิดโลกทัศน์สู่การสื่อสารผ่านดาวเทียม

629.783
มหว
ล.2

ศูนย์บริการเอกสารการวิจัย
ห้องสมุด
วท

ดาวเทียมไทยชุดแรก...เมื่อหลายร้อยปีก่อน
เป็นความสำเร็จอันยิ่งใหญ่ของการสื่อสารไทย
เป็นชุดเริ่มต้นความรู้ความสามารถของคนไทย
และเป็นพื้นฐานความรู้ความสามารถของพวกเรา

คนไทย...ก้าวมาไกลจากจุดเริ่มต้นแค่ไหน

จนถึงวันนี้...โลกสื่อสารได้ก้าวมาไกลกว่าที่เราคิด
ตลอดระยะเวลา 40 ปี ที่ผ่านมา สามารถได้ทุ่มเท
ความรู้ความสามารถเพื่อพัฒนาการสื่อสาร
จนกลายมาเป็นผู้เชี่ยวชาญในระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม
ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่อยู่เบื้องหลังธุรกิจของชาติ
เรามีส่วนช่วยให้สถาบันการเงินต่าง ๆ ติดต่อรับส่ง
และแลกเปลี่ยนข้อมูลจำนวนมากผ่านทางดาวเทียม
ได้อย่างสะดวกสบายรวดเร็วตลอด 24 ชั่วโมง
เรายังเป็นตัวกลางในการกระจายข่าวสารและความบันเทิง
ไปสู่ทุกพื้นที่ของประเทศ ไม่ว่าคุณจะอยู่ที่ไหนก็ตาม
รวมทั้งการออกแบบสร้างระบบสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ
ให้กับทุกองค์กร ทุกธุรกิจ เพื่อให้คุณและคนไทย
ทั่วประเทศ ติดต่อสื่อสารดำเนินธุรกิจสำคัญของคุณ
อย่างสะดวก รวดเร็ว อย่างไร้ขีดจำกัดใด ๆ

009394
629.783
ส 29
ค. 2

และด้วยความรู้ความสามารถของเรา เราจะก้าว
ไปสู่อนาคตของโลกสื่อสารพร้อม ๆ กับคุณ

สามารถ คอร์ปอเรชั่น...บุกเบิกระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม

SAMART CORPORATION

37/1 หมู่ 3 ถนนพหลโยธิน ต. คลองหนึ่ง อ. คลองหลวง ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ (66-2) 516-1188 โทรสาร (66-2) 516-1594

สารบัญ

คำนำ 5

ภาคที่ 3 6

Chapter 5 Ground Segment Design 7

บทที่ 5 การออกแบบสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน 9

การออกแบบสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน 9

พารามิเตอร์ของระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่สำคัญ 10

การออกแบบสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินสำหรับองศาสัญญาณรบกวนต่ำ 19

สมการเชื่อมโยง 21

Chapter 6 VSAT Network Technology 29

บทที่ 6 VSAT Network Technology 31

VSAT Network Configuration 33

หลักการของเครือข่าย VSAT 33

การเข้าใช้ช่องสัญญาณดาวเทียม (Multiple Access) 38

Network Size 41

อุปกรณ์ภาคพื้นดิน (Ground Segment) 44

VSAT Applications 48

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ห้องสมุด

Chapter 7 Master Earth Station Installation.....49
บทที่ 7 การติดตั้งสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน.....51
การเลือกสถานที่และการเตรียมสถานที่ติดตั้ง.....51
การเตรียมการเพื่อลดปัญหาอันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวน.....57
การติดตั้งสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน.....59
การปรับแต่งและการตรวจสอบสถานีดาวเทียม (Earth Station Lineup and Verification Test.....61

Chapter 8 Earth Station Management.....65
บทที่ 8 การบริหารเครือข่ายสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน.....67
Network Management.....67
Redundance System.....70
Maintenance.....70
Sun Outage.....72

ท้ายเล่ม 73

11 มี.ค. 2542

คำนำ

บกันอีกครั้งกับ "เปิดโลกทัศน์สู่การสื่อสารผ่านดาวเทียม" เล่ม 2 โดยบริษัท สามารถคอร์เปอร์เรชั่น จำกัด (มหาชน) ในเล่มที่ 1 เราได้กล่าวถึงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านดาวเทียมไปบ้างแล้ว โดยเราจะมาทวนความจำก่อนการศึกษาในเล่มที่ 2 นี้ต่อไป ในเล่มที่ 1 เราได้พูดถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ของการสื่อสารผ่านดาวเทียม (Satellite Communication) โดยแยกเป็น ภาคอวกาศ (Space Segment) และภาคพื้นดิน (Ground Segment) ประกอบไปด้วยวงโคจรของดาวเทียมและการส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรเทคโนโลยีดาวเทียมสื่อสาร (Communication Satellite Spacecraft Technology) สถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน (Satellite Earth Station) และสุดท้ายเทคนิคการใช้ช่องสัญญาณดาวเทียม ซึ่งทำให้ท่านทั้งหลายได้ความรู้เบื้องต้นของการสื่อสารผ่านดาวเทียมไปบ้างแล้ว

ในเล่ม 2 นี้ เราจะพาท่านเข้าสู่ความรู้ที่ลึกล้ำยิ่งขึ้นเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านดาวเทียม เพื่อให้ท่านได้สัมผัสกับการสื่อสารผ่านดาวเทียมในรายละเอียดที่ท่านยังไม่เคยทราบมาก่อน โดยจะกล่าวถึง การออกแบบสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน VSAT Network Technology การติดตั้งสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินและการบริหารเครือข่ายสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน (Earth Station Management) อย่างละเอียด

บริษัท สามารถคอร์เปอร์เรชั่น จำกัด (มหาชน) มีความมั่นใจเป็นอย่างยิ่งว่าความรู้ที่บรรจุอยู่ใน " เปิดโลกทัศน์สู่การสื่อสารผ่านดาวเทียม " เล่ม 2 นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ท่านผู้อ่านทุกท่าน และท่านสามารถนำความรู้นี้ไปใช้ได้ในชีวิตประจำวันและหน้าที่การงานอันจะนำประโยชน์มาสู่สังคมและประเทศชาติต่อไป

บริษัท สามารถคอร์เปอร์เรชั่น จำกัด (มหาชน)

ภาคที่ 3
PART 3

CHAPTER

5

Ground Segment Design

This chapter explains the basic theory in the design of the satellite link and calculating methods relating to the satellite link called "Link Power Budget Calculations" which relate to two quantities - the transmit power and the receive power. The power of signal transmission in satellite links will be reduced according to many kinds of noise and loss so these calculations are important in designing effective satellite communication links. These can determine the suitable transmit power, antenna size and gain, etc., to offset the losses and noises during the signal transmission.

The Important Parameters in Satellite Communications Link are

1. Antenna Gain - the ability of the antenna to focus the radiated signal power both in transmitting and receiving sides.

2. Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) - the product of the transmitter power and antenna power gain which is radiated from antenna.

3. Transmission Loss - The signal power losses which occur during the transmission signal in satellite link

- Free-Space Loss: The losses of signal power which occur during transmitting signals in clear sky conditions both in uplink and downlink.

- Feeder Loss: The losses which occur in the connection between the receive/transmit antenna and transmitter/receiver which occur in connecting waveguide, connector, coupler, etc.

- Antenna Pointing Loss: The losses from misalignment of antenna to achieve maximum gain.

- Atmospheric Losses: occur in the earth's atmosphere as a result of energy absorption by the atmospheric gases during signal transmission through the earth's atmosphere.

4. System Noise - this noise arises from the equipment in the system. The major source of noise in the equipment is that which arises from the random, thermal motion of free electrons in the components in the receiver.

5. Carrier to Noise Ratio (C/N) - is the ratio of the power of the carrier signal to the power of noise at receiver input. The ratio C/N is one of the parameters used to measure the performance of satellite link.

6. Figure of Merit G/T - is the ratio of the antenna gain to noise temperature of the receiving subsystem.

7. Energy Per Bit (Eb) - is the parameter used to identify the power per digital data per bit in digital modulation technique which is used to determine the bit error rate in digital transmission in satellite link.

5

การออกแบบ สถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินที่ใช้งานรับส่งสัญญาณเพื่อการสื่อสาร โดยจะอธิบายถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการส่งสัญญาณในระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมและการคำนวณที่ใช้ในการออกแบบวงจรสื่อสารผ่านดาวเทียมที่เรียกว่า การคำนวณ Link Power Budget Calculation ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม เพื่อให้ได้วงจรสื่อสารที่เหมาะสมกับการใช้งานและมีประสิทธิภาพที่ดี จากหนังสือเล่มที่ 1 บทที่ 3 และ 4 เราได้ทราบถึงองค์ประกอบและหลักการทำงานเบื้องต้นของสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินไปแล้ว ดังนั้นในบทนี้ จึงเป็นการอธิบายในรายละเอียดเพื่อที่ท่านผู้อ่านจะได้ทราบถึงวิธีการคำนวณในการออกแบบสถานีดาวเทียมที่ใช้งานสำหรับการสื่อสารโดยทั่วไปในปัจจุบัน

การออกแบบสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน

ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้นใช้คลื่นวิทยุเป็นสื่อในการติดต่อกับตัวดาวเทียม ซึ่งในการส่งสัญญาณนั้นจะมีองค์ประกอบหลายด้านที่ทำให้กำลังส่งสูญเสียหรือถูกลดทอนลงไปในระหว่างการส่ง เช่น ชั้นบรรยากาศ สัญญาณรบกวน (Noise) ต่างๆ เป็นต้น ดังนั้นในการออกแบบวงจรสื่อสารผ่านดาวเทียม จึงต้องมีการคำนวณกำลังงานที่ใช้ในการส่งสัญญาณซึ่งเรียกว่า Link Power Budget Calculation หรือ Link Budget Calculation จากผลที่ได้จากการคำนวณทำให้เราทราบถึงขนาดของกำลังงานที่ต้องการในการส่งสัญญาณเพื่อชดเชยการสูญเสียกำลังงานระหว่างการส่ง และยังทำให้สถานีรับปลายทางสามารถรับสัญญาณได้เพียงพอต่อการใช้งาน เพื่อให้ได้วงจรสื่อสารผ่านดาวเทียมที่มีประสิทธิภาพตามความต้องการ

การคำนวณ Link Budget มักจะใช้ปริมาณที่วัดเป็น Decibel ในการคำนวณซึ่งปริมาณ Decibel จะใช้สำหรับการวัดเปรียบเทียบเป็นอัตราส่วน ตัวอย่างเช่น อัตราส่วนของกำลังงาน P1/P2 ถ้าจะให้อยู่ในหน่วยของ Decibel จะอธิบายได้โดยใช้ 10 log (P1/P2) ซึ่งเป็น Logarithm ของเลขฐาน 10 หน่วยย่อของ Decibel คือ dB

หน่วย Decibel จะใช้สำหรับการวัดที่เกิดจากการเปรียบเทียบอัตราส่วน เช่น การวัดกำลังงาน ซึ่งเทียบกับกำลังงาน 1 Watt จะมีหน่วยเป็น dBW ถ้ากำลังงาน (Power) 50 Watt เมื่อเปรียบเทียบกับกำลังงาน 1 Watt จะสามารถเปลี่ยนเป็นหน่วย Decibel ได้เท่ากับ 10 log (50/1) หรือประมาณ 16.99 dBW นอกจากนี้หน่วยที่นิยมใช้ในการเปรียบเทียบคือ มิลลิวัตต์ (Milliwatt) ซึ่งหน่วย Decibel ที่ใช้คือ dBm เช่น กำลังงาน 50 Watt เปรียบเทียบกับกำลังงาน 1 mW เท่ากับ 10 log (50/10-3) ประมาณ 46.99 dBm. เป็นต้น

ข้อดีของการใช้หน่วย Decibel ก็คือ เราสามารถรวมปริมาณต่างๆ ได้โดยตรง แม้ว่าจะมีจุดเปรียบเทียบที่ต่างกัน ตัวอย่างเช่น ถ้ากำลังงานขนาด 30 dBW ถูกส่งผ่านวงจรที่มีค่าการสูญเสียพลังงาน 20 dB แล้ว พลังงานที่รับได้อีกด้านหนึ่งจะเท่ากับ

Pr = 30 dBW-20 dB = 14 dBW เป็นต้น

นอกจากการออกแบบการคำนวณการเชื่อมโยง (Link Budget Calculation) แล้ว การออกแบบสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินก็คงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องพิจารณาลักษณะทางกายภาพของอุปกรณ์อันได้แก่ จานสายอากาศ รวมทั้งข้อควรปฏิบัติในการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อให้ทำงานได้ดีและการจัดเตรียมสถานที่ติดตั้ง ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปในบทที่ 7

พารามิเตอร์ของระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่สำคัญ

1. อัตราทวีกำลังของจานสายอากาศ (Antenna Gain)

จานสายอากาศที่ใช้ในการสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้นจะไม่แพร่สัญญาณออกทุกทิศทาง แต่จะถูกออกแบบให้รวมสัญญาณ (Focus) เป็นลำคลื่นเพื่อส่งขึ้นสู่ดาวเทียม ซึ่งจานสายอากาศที่มีพื้นที่ของจานสะท้อนขนาดใหญ่จะสามารถรวมกำลังงานของสัญญาณไปยังเครื่องรับได้ดีกว่า

อัตราทวีกำลังของสายอากาศ (Antenna Gain) G จะเท่ากับ

$$G = \frac{4\pi\phi}{P}$$

ϕ = ค่าความเข้มของกำลังงานที่แพร่ออกมาในทิศทางที่ต้องการ

P = กำลังงานที่แพร่กระจายออกทั้งหมด

$$G = \frac{4\pi At}{\lambda^2}$$

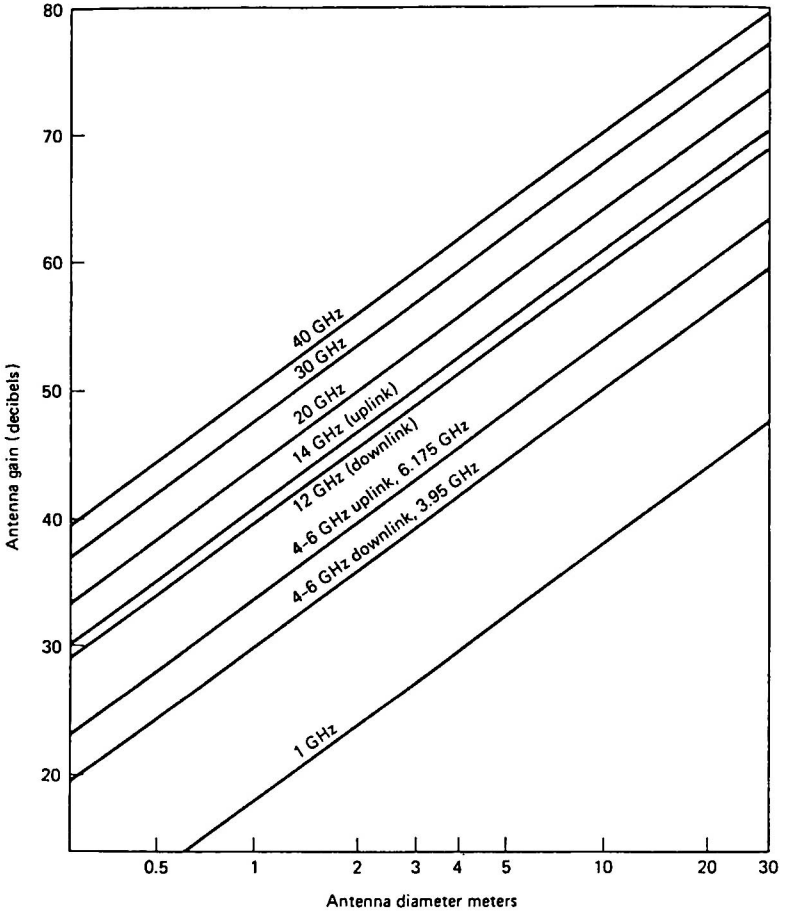
$$G = A_{eff}\,\frac{4\pi f^2\,At}{c^2}$$

A_{eff} = Aperture Efficiency

c = ความเร็วของแสง

f = ความถี่ของสัญญาณที่ใช้

จะเห็นได้ว่าอัตราทวีกำลังของจานสายอากาศแปรตามความถี่ที่ใช้งาน ซึ่งเมื่อความถี่สูงขึ้นจะสามารถใช้จานสายอากาศที่มีค่าทวีกำลังที่สูงขึ้น



รูปอัตราขยายกำลังและขนาดของจานสายอากาศเมื่อใช้งานที่ความถี่ต่าง ๆ

2. Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

ส่วนประกอบสำคัญในระบบการส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมก็คือ Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) หมายถึง กำลังงานที่แพร่จากจานสายอากาศซึ่งเกิดจากกำลังส่งจริงของเครื่องส่งสัญญาณและอัตราทวีกำลังของจานสายอากาศ (Antenna Power Gain)

เมื่อพิจารณาถึงการส่งกำลังงาน P_t เข้าไปยังจานสายอากาศโดยที่จานสายอากาศดังกล่าวมีทิศทางการส่งที่เหมาะสม ทำให้มีกำลังงานแพร่กระจายออก (Power Radiate) ได้สูงสุด ถ้าการแพร่กระจายของกำลังงานสม่ำเสมอในทุกทิศทาง (Isotropic Radiation) จะทำให้ความเข้มข้นของกำลังงานเท่ากับ $\frac{P_t}{4\pi}$ watt per steradian

Isotropic Power Gain อัตราขยายของจานสายอากาศ G_t จะเป็นอัตราส่วนของพลังงานในทิศทางที่พลังงานสูงสุด (P/d) กับความเข้มข้นพลังงานที่มีประสิทธิภาพของการแพร่กระจาย (Efficient Isotropic Radiator) เป็น 100 % ดังนั้น

$$G_t = \frac{P_d}{P_t/4\pi}$$

$$P_o = \frac{G_t P_t}{4\pi}$$

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ กำลังงาน Isotropic Radiation แล้วจะได้

$$EIRP = P_t G_t$$

โดยทั่วไป EIRP จะใช้หน่วยเป็น Decibel โดยเปรียบเทียบกับพลังงาน 1 Watt หรือ dBW.

3. การสูญเสียพลังงานในการส่งสัญญาณ (Transmission Loss)

ค่า EIRP เปรียบเสมือนกำลังงานที่ป้อนให้แก่ระบบส่งสัญญาณ ดังนั้นในการหาปริมาณพลังงานที่รับได้ที่ปลายทางนั้น จะต้องเข้าใจถึงการสูญเสียกำลังงานที่เกิดขึ้นระหว่างการส่งสัญญาณดังกล่าว ซึ่งค่าความสูญเสียบางค่าจะคงที่ และบางส่วนจะได้มาจากข้อมูลทางสถิติหรือบางอย่างจะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศด้วย เช่น ปริมาณของเมฆ ฝน ลม เป็นต้น

การสูญเสียกำลังในการส่งสัญญาณมีดังต่อไปนี้

*** Free-Space Transmission**

การส่งสัญญาณไปในอวกาศนั้นจะเกิดการสูญเสียกำลังงาน เนื่องจากการกระจายของสัญญาณในอวกาศ ซึ่งเกิดขึ้นทั้งด้านขาขึ้น (Uplink) และด้านขาลง (Downlink) การสูญเสียกำลังงานนี้เรียกว่า Free Space Loss ซึ่งเป็นส่วนที่สูญเสียกำลังมากส่วนหนึ่ง

เมื่อพิจารณาการส่งสัญญาณโดยจานสายอากาศซึ่งมีค่า EIRP ค่าหนึ่ง ซึ่งระยะระหว่างจานสายอากาศถึงตัวดาวเทียมคือ R พื้นที่ที่ส่งสัญญาณคือ $4\pi d^2$ ความเข้มของสัญญาณ (Fluxdensity) ในทิศทางที่มีการแพร่สัญญาณมากที่สุดได้แก่

$$\phi = \frac{EIRP}{4\pi R^2}$$

ในการรับสัญญาณที่ภาครับนั้นจานสายอากาศจะรับความเข้มของสัญญาณนี้ได้กำลังงาน P_r

$$P_r = A_{eff}\phi = \frac{EIRP}{4\pi d^2}$$

A_{eff} คือประสิทธิภาพพื้นที่รับสัญญาณ (Aperture efficiency) ซึ่ง

$$A_{eff} = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_r \qquad ;G_r \text{ คือ อัตรากำลังของสายอากาศภาครับ}$$

$$P_r = EIRP \cdot G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi R}\right)^2$$

$$P_r = EIRP + G_r - 10\log \left(\frac{4\pi R}{\lambda}\right)^2$$

$10\log\left(\frac{4\pi R}{\lambda}\right)^2$ คือ Free Space Loss ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความสัมพันธ์กับความยาวคลื่นที่ใช้ในการส่งสัญญาณ ซึ่งถ้าใช้หน่วยเป็น decibel

$$\text{Free Space Loss (Lfs)} = 20\log\left(\frac{4\pi R}{C}\right)$$

R = ระยะทางจากสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินถึงดาวเทียม

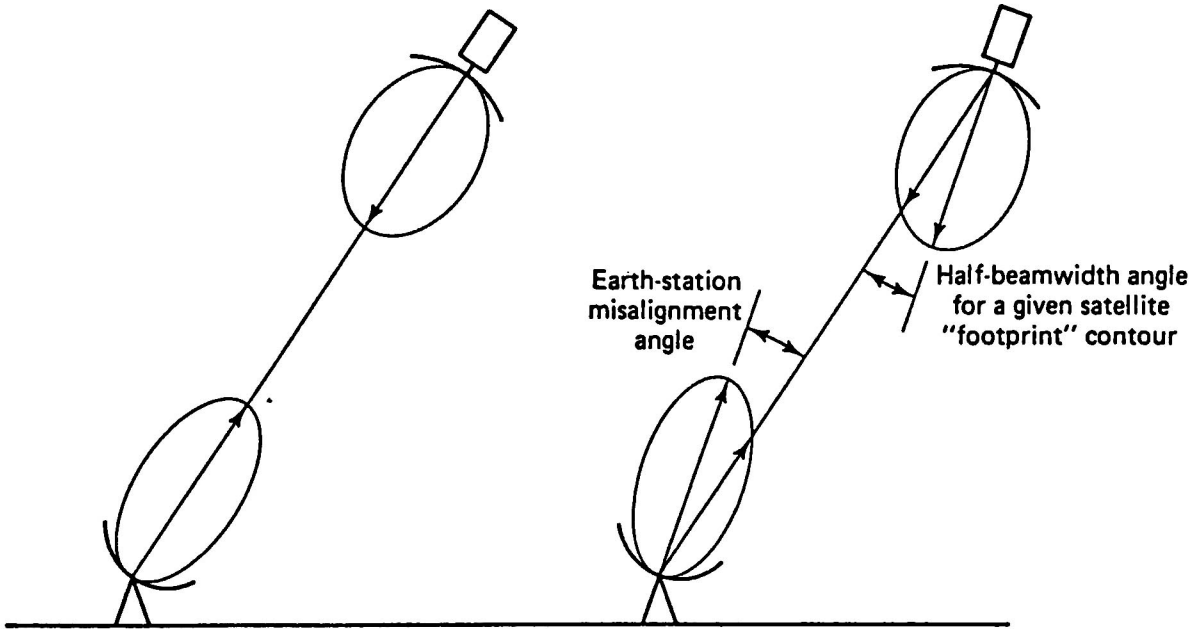
λ = ความยาวคลื่นของสัญญาณที่ใช้งาน

C = ความเร็วของแสง

f = ความถี่ของคลื่นที่ใช้งาน

*** Feeder Loss**

หมายถึงการสูญเสียกำลังงานเนื่องจากการเชื่อมต่อของสายนำสัญญาณภายในสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน เช่น จาก Waveguide จาก Connector ต่างๆ เป็นต้น



รูปการปรับแต่งจานสายอากาศคลาดเคลื่อนทำให้เกิด Antenna Pointing Loss

*** Antenna Pointing Loss**

หมายถึงการสูญเสียกำลังเนื่องจากการติดตั้งสายอากาศมีการปรับแต่งคลาดเคลื่อนที่เรียกว่า Off-Axis ซึ่งในการติดตั้งจานสายอากาศต้องมีการปรับแต่งให้ตรงตำแหน่งของดาวเทียมมากที่สุดเพื่อให้สามารถรับส่งกำลังงานได้สูงสุด

*** Atmospheric Losses**

สถานีดาวเทียมที่ติดตั้งในสถานที่ต่างๆนั้นจะมีระยะทางห่างจากตัวดาวเทียมไม่เท่ากันซึ่งทำให้การเดินทางของคลื่นต้องผ่านชั้นบรรยากาศที่ไม่เท่ากันด้วย เราอาจจะอธิบายการสูญเสียกำลังงานของสถานีแต่ละสถานีที่แตกต่างกันได้จากมุมเงยของจานสายอากาศ (Elevation Angle) ซึ่งสามารถบ่งบอกระยะทางที่คลื่นต้องเดินทางไปในบรรยากาศ ซึ่งจะส่งผลถึงการสูญเสียกำลังงานที่ไม่เท่ากันด้วยเช่นกัน นอกจากนั้นความถี่ที่ใช้ในการส่งคลื่นจะมีผลต่อการสูญเสียกำลังงานในการส่งสัญญาณไปในชั้นบรรยากาศด้วย ข้อมูลของการสูญเสียกำลังงานจากชั้นบรรยากาศนั้น จะเป็นข้อมูลทางสถิติที่ได้จากการเก็บข้อมูลเป็นระยะๆ

RAIN DEGRADATION(MARGIN) ANALYSIS

SATELLITE NAME\LOCATION		Indonisia Palapa B4\118.0E
UPLINK\DOWNLINK FREQUENCY(MHz)		6325.0\4100.0
EARTH STATION SYSTEM NOISE TEMP.,CLEAR SKY(deg.K)		106.18
FREE SPACE DISTANCE(Km.)		36172.81
FREE SPACE TRANSMISSION LOSS(dB)	UPLINK(H)	199.63
	DOWNLINK(V)	195.87
ELEVATION(deg.)		64.00
AZIMUTH(deg.)		124.00
RAIN FALL RATE FOR 0.01% OF AVG. YEAR(mm./Hr.)		147.00

% of Year Values are not exceeded	UpLink Rain Attenuation (dB)	DownLink Rain Attenuation (dB)	Increase in Sys. Noise Temp. (deg. K)	Decrease in Earth Stat. G/T (dB/K)	TOTAL Rain Degradation (dB)
99.99%	3.94	0.24	14.81	0.57	0.81
99.95%	2.02	0.12	7.69	0.30	0.43
99.90%	1.52	0.09	5.81	0.23	0.32
99.85%	1.22	0.08	4.68	0.19	0.26
99.80%	1.06	0.07	4.06	0.16	0.23
99.75%	0.94	0.06	3.63	0.15	0.20
99.70%	0.86	0.05	3.32	0.13	0.19
99.60%	0.75	0.05	2.87	0.12	0.16
99.50%	0.67	0.04	2.57	0.10	0.15

ตารางตัวอย่างแสดงการลดทอนสัญญาณเนื่องจากฝน ของสัญญาณดาวเทียม PALAPA อินโดนีเซีย

การสูญเสียกำลังงาน เนื่องจากการดูดซับกำลังงานของชั้นบรรยากาศมีสาเหตุมาจาก

- โมเลกุลของออกซิเจนในชั้นบรรยากาศ
- ไอน้ำในชั้นบรรยากาศ
- ฝน
- ปริมาณเมฆและหมอก
- หิมะ
- ประจุอิเล็กตรอนอิสระในชั้นบรรยากาศ เป็นต้น

4. สัญญาณรบกวนของระบบ (System Noise)

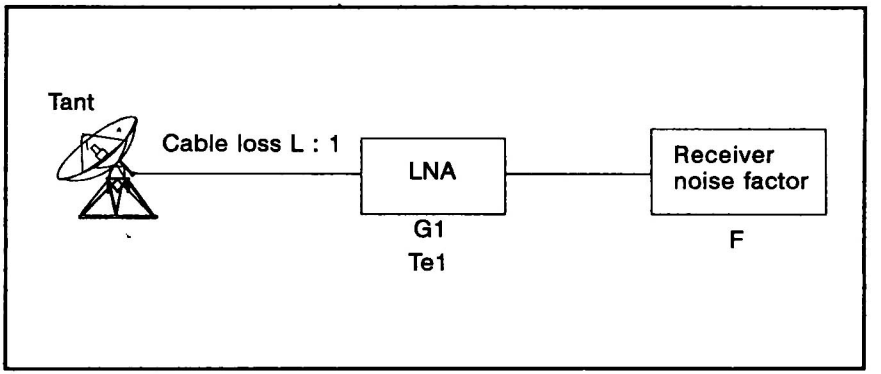
สัญญาณการรบกวนของระบบหรือ System Noise ในที่นี้หมายถึง การรบกวนที่เกิดขึ้นภายในตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณเนื่องจากการเคลื่อนไหวของประจุไฟฟ้าลบอิเล็กตรอนภายในตัวอุปกรณ์นั้นๆซึ่งการรบกวนนี้เรียกว่า Thermal Noise

ปริมาณกำลังงานของสัญญาณรบกวน (Noises) ดังกล่าวเรียกว่า Noise Temperature ที่มีหน่วยวัดเป็น องศาเคลวิน (Degree Kelvin) หรือ ใช้หน่วย Decibel dBK

สัญญาณรบกวนของระบบที่สำคัญได้แก่

- Antenna Noise Temperature
- Amplifier Noise Temperature

ซึ่งการรบกวนของระบบโดยรวมสามารถอธิบายได้ดังรูป



$$T_s = T_{ant} + T_{ei} + \frac{(L-1)T_o}{G_i} + \frac{L(F-1)T_o}{G_i}$$

T_s = System noise temperature

T_{ant} = องศาสัญญาณรบกวนของจานสายอากาศ (Antenna Noise Temperature)

T_{ei} = องศาสัญญาณรบกวน LNA (Low Noise Amplifier)

G_i = อัตราทวีกำลังของ LNA (Low Noise Amplifier)

F = อัตราสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในภาคขยายสัญญาณ (Amplifier Noise) Noise Factor

L = การสูญเสียกำลังในสายนำสัญญาณ

T_o = อุณหภูมิห้อง (Room Temperature) ซึ่งปกติคือ 290 K

5. Carrier to Noise Ratio (C/N)

การวัดประสิทธิภาพของวงจรสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้นสามารถวัดได้จากอัตราส่วนของกำลังงานของสัญญาณต่อกำลังงานของสัญญานรบกวนที่รับได้ที่ Input ของภาครับของสถานีดาวเทียม คือค่า C/N ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการ

$$\frac{C}{N} = \frac{P_t G_t}{kB}\left[\frac{\lambda}{4\pi R}\right]^2 \frac{G_r}{T_s}$$

P_t = กำลังงานที่ส่งออกมาจากจานสายอากาศบนดาวเทียม

G_t = ค่าทวีกำลังของจานสายอากาศภาคส่งบนดาวเทียม

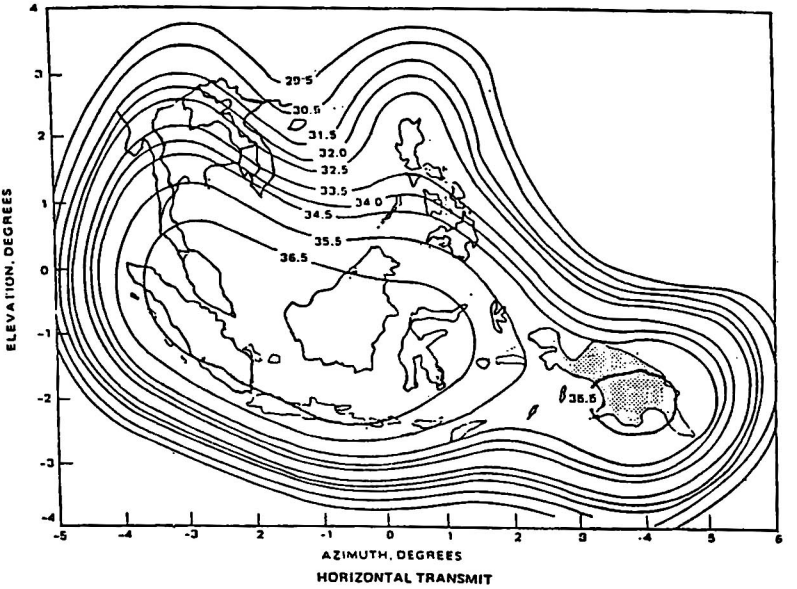
B = ความกว้างแถบความถี่ (bandwidth) ที่ใช้ในการเชื่อมโยง

K = ค่าคงที่ Boltmann เท่ากับ 1.38×10^{-23} J/K

λ = ความยาวคลื่นพาห์ที่ยิงลงมา

R = ระยะระหว่างดาวเทียมกับสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินที่รับสัญญาณ

T_s = กำลังงานของสัญญาณรบกวนของระบบ (System Noise Temperature)



Footprint ของดาวเทียม PALAPA ที่แสดงค่า G/T

6. Figure of Merit G/T

การรับส่งสัญญาณในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้น สัญญาณที่รับได้ที่จานสายอากาศของสถานีภาคพื้นดินและที่จานสายอากาศของดาวเทียมจะมีกำลังงานที่อ่อนมาก ดังนั้นในการออกแบบระบบจึงต้องคำนึงถึงการเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ ควรจะมีสัญญาณรบกวนต่ำเพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียกำลังงานไป พารามิเตอร์ที่สามารถบอกถึงประสิทธิภาพการทำงานของ ภาครับ สามารถบอกได้โดยใช้อัตราทวีกำลังของจานสายอากาศต่อ Noise Temperature

Figure of Merit = G/T

G = อัตราทวีกำลังของจานสายอากาศ

T = Noise Temperature ของภาครับ

สำหรับดาวเทียมสื่อสารที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบันมีการแสดงคุณสมบัติของค่า G/T ของดาวเทียมในรูปของ Footprint ที่ตำแหน่งต่างๆ ที่สัญญาณของดาวเทียมควรนั้นๆครอบคลุมไปถึง จากข้อมูลนี้สามารถใช้ในการคำนวณ Link Budget สำหรับการออกแบบสถานีดาวเทียมที่จะตั้งในตำแหน่งต่างๆ ได้

7. Energy per Bit (Eb)

ดังที่ได้กล่าวไปในตอนต้นแล้วว่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนที่สถานีดาวเทียมภาครับ C/N เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญยิ่งต่อการทำงานของระบบและเมื่อการนำระบบสื่อสารดาวเทียมมาใช้กับการส่งข้อมูลดิจิตอลด้วยเทคนิคการมอดูเลตทางดิจิตอล (Digital Modulation Technique) ทำให้เกิดความสัมพันธ์ของอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนกับ BER (Bit Error Rate) ค่า BER มักจะถูกระบุในรูปของพลังงานต่อบิต (Energy per Bit) พลังงานเฉลี่ยของบิตที่ถูกส่งออกมาถูกกำหนดโดย

$$E_b = P_o T_b$$

โดยที่ Po คือกำลังงานในบิตเป็นวัตต์ และ Tb คือช่วงเวลาของบิตเป็นวินาที จะเห็นได้ว่าพลังงานต่อบิตที่สูงจะทำให้อัตราการผิดพลาดของข้อมูล BER มีค่าน้อยลง

ดังนั้น สิ่งสำคัญอันหนึ่งในการออกแบบระบบคือ การทำให้แน่ใจว่าได้พลังงานบิตที่เพียงพอ ซึ่งจะหมายถึง ความต้องการกำลังงานเครื่องส่ง ค่าทวีกำลังของจานสายอากาศ ส่วนที่มีการสูญเสียในระบบและอื่นๆ

การออกแบบสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน สำหรับองศาสัญญาณรบกวนระบบต่ำ

การออกแบบสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินจัดเป็นส่วนสำคัญของการออกแบบระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมโดยเฉพาะทางด้านภาคส่ง ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องส่งที่อยู่บนดาวเทียมมีกำลังงานส่งออกที่จำกัด ทั้งระยะทางจากดาวเทียมถึงสถานีดาวเทียมก็ห่างถึงประมาณ 36,000 กม.เป็นอย่างต่ำ ทำให้ระดับกำลังงานที่รับได้มีค่าต่ำมาก โดยมากจะไม่เกิน 0.1 nW (หรือ 10^{-10} วัตต์) ระบบที่ทำงานได้อย่างน่าพอใจควรมีกำลังงานของสัญญาณสูงกว่ากำลังงานของสัญญาณรบกวน ณ ที่เครื่องรับ เป็นปริมาณระหว่าง 5 ถึง 25 dB ดังนั้นในการออกแบบสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินเพื่อส่งสัญญาณ จะต้องมีการคำนวณหาค่ากำลังงานที่ต้องใช้เพื่อให้ได้อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (C/N) ที่เครื่องรับอยู่ในระดับที่กำหนด

ในการออกแบบสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินนั้น สิ่งหนึ่งที่สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินทุกแห่งมีร่วมกันคือ การให้ได้มาซึ่งองศาสัญญาณรบกวนระบบ (System Noise Temperature) ในช่องสัญญาณของการรับมีค่าต่ำๆ

ค่าองศาสัญญาณรบกวน (Noise Temperature) นี้มักจะถูกกำหนดในรูปของอัตราส่วนของสัญญาณ พาห์ต่อสัญญาณรบกวน (Carrier to Noise Ratio) C/N ซึ่งค่านี้ควรอยู่ในช่วง 5 ถึง 25 dB โดยวัดในช่วงแถบความถี่ IF ของเครื่องรับ ค่า C/N นี้หาได้จากสูตร

$$\frac{C}{N} = \frac{P_t G_t}{kB}\left[\frac{\lambda}{4\pi R}\right]^2 \cdot \frac{G_t}{T_s}$$

โดยในที่นี้ P_t หมายถึง กำลังงานที่ส่งออกมาจากจานสายอากาศบนดาวเทียม

G_t หมายถึง ค่าทวีกำลังของจานสายอากาศภาคส่งบนดาวเทียม

B หมายถึง ความกว้างแถบความถี่ (bandwidth) ที่ใช้ในการเชื่อมโยง

k เป็น ค่าคงที่ Boltmann เท่ากับ 1.38×10^{-23} J/K

λ หมายถึง ความยาวคลื่นพาห์ที่ยิงลงมา

R คือ ระยะระหว่างดาวเทียมกับสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินที่รับสัญญาณ

พารามิเตอร์ของสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินที่กระทบต่อ C/N คือ ค่าทวีกำลังของจานสายอากาศ Gr และ องศาสัญญาณรบกวนของระบบ Ts เนื่องจาก C/N เป็นปฏิภาคโดยตรงกับ G/T อัตราส่วนตัวนี้จึงเป็นพารามิเตอร์ที่เป็นประโยชน์ในการกำหนดคุณลักษณะของสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน

อัตราส่วน G/T มักจะถูกกำหนดในรูปของหน่วย dBK^{-1} ซึ่งได้จากการเปลี่ยนหน่วยขององศาสัญญาณรบกวนระบบเป็น dBK ดังนั้น

G/T = Gr เป็น dB - 10 log (Ts หน่วย Kelvin) dBK^{1}

G/T อาจมีค่าต่ำ ตั้งแต่ -10 dBK^{1} จนสูงถึง 50 dBK^{1} ระบบการสื่อสารดาวเทียมส่วนมากจะถูกออกแบบบนพื้นฐานของ G/T ของสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินที่กำหนด

ค่า G/T ที่กำหนดมานั้นสามารถหามาได้จากค่า G และ T ต่างๆ มากมาย อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติองศาสัญญาณรบกวนระบบ Ts มีค่าในช่วงที่จำกัด ในทางทฤษฎีแล้วเป็นสิ่งที่ดีที่สามารถลด Ts ให้เข้าหาศูนย์ เพื่อที่ G/T จะมีค่าสูงมากแต่ไม่อาจทำได้จริง เนื่องจากแหล่งสัญญาณรบกวนจากภายนอกระบบสายนำสัญญาณ และตัว LNA (Low Noise Amplifier) ของเครื่องรับเหล่านี้ต่างมีความสำคัญต่อค่า Ts ทั้งสิ้น ตามปกติแล้ว Ts มักจะมีค่าไม่ต่ำกว่า 70K (18.45 dBK) และอาจจะสูงถึง 2,000K (33 dBK)

ค่าทวีกำลังของจานสายอากาศภาครับสามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการใช้จานที่มีพื้นที่ (Aperture Area) ที่ใหญ่ขึ้นโดยมีค่าจำกัดอยู่ประมาณ 65 dB ทำให้จำกัดค่า G/T สูงสุดไว้ที่ประมาณ 46 dB ไว้กับจานสายอากาศที่ใหญ่ที่สุดและองศาสัญญาณรบกวนต่ำที่สุด

ค่า G/T ที่เหมาะที่สุดสำหรับการใช้งานนั้น จะอยู่ตรงค่าใช้จ่ายของจานสายอากาศ ซึ่งถ้ามีขนาดใหญ่อัตราทวีกำลังของจาน G ก็จะสูงแต่ราคาก็จะสูงขึ้นเช่นกันและค่าใช้จ่ายของการลดสัญญาณรบกวนของระบบเพื่อลด Ts

ในการออกแบบโดยใช้จานสายอากาศมีขนาดใหญ่ขึ้นจนไม่คุ้มค่าต่อการเพิ่มค่า G จึงทำให้เราหันไปลด T อย่างไรก็ดี สำหรับจานสายอากาศภาคพื้นดินขนาดเล็กแล้วจะคุ้มค่ากว่าในการเพิ่มขนาดจานสายอากาศแทนการลดองศาสัญญาณรบกวน

สมการการเชื่อมโยง (Link Equation)

หากเราส่งสัญญาณระหว่างสถานีดาวเทียม 2 แห่งที่ห่างกันเป็นระยะ R เมตร กำลังงานที่จานสายอากาศภาครับจะรับได้ถูกกำหนดโดย

$$P_r = P_t G_t G_r \left[\frac{\lambda}{4\pi R}\right]^2$$

โดยสัญลักษณ์ต่างๆ มีความหมายเหมือนกับที่เคยกล่าวไว้ในตอนต้นของบทนี้นั่นเอง นอกจากนี้ Gr ซึ่งเป็นค่าทวีกำลังของจานสายอากาศภาครับ อาจมีค่าประสิทธิภาพของจานสายอากาศ (Aperture Efficiency) ซึ่งจะไม่เกิน 1 คูณรวมไปด้วย สมการนี้เป็นพื้นฐานเพื่อหาค่ากำลังงานสำหรับการเชื่อมโยงผ่านดาวเทียม เมื่อเขียนสมการข้างบนในรูปเดซิเบล จะได้รูปแบบที่มักจะเรียกเป็น สมการการเชื่อมโยง (Link Equation) นั่นคือ

$$P_r(dB) = 10 \log P_t G_t - 20 \log \frac{4\pi R}{\lambda} + 10 \log G_r$$

และเพื่อให้สมการการเชื่อมโยงมีประโยชน์เพิ่มขึ้น จึงมักจะมีการนิยามพจน์เพิ่มเติม พจน์ตัวหนึ่งคือ ความหนาแน่นของสัญญาณรบกวน (Noise Density)

$$N_o = kT_s$$

พจน์ที่มักจะถูกนำมาใช้อีกตัวหนึ่งคือ อัตราส่วนสัญญาณพาห์ต่อความหนาแน่นสัญญาณรบกวน (Carrier-to-Noise Density Ratio) C/No

$$\frac{C}{N_o} = \frac{C}{kT_s}$$

พารามิเตอร์อีกตัวหนึ่งได้แก่ อัตราส่วนของพลังงานต่อบิตต่อความหนาแน่นสัญญาณรบกวน Eb/No พารามิเตอร์ตัวนี้ทำให้สามารถเปรียบเทียบระบบที่ต่างกันบนพื้นฐานองค์ประกอบ เช่น อัตราการส่งชนิดของการมอดูเลต และระบบการเข้ารหัสที่ต่างกัน พารามิเตอร์ตัวนี้เขียนได้เป็น

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{CT_b}{N_o} = \frac{CT_b}{kT_s}$$

ถ้าเราทราบ C/No เราก็จะได้ Eb/No สำหรับการเชื่อมโยงผ่านดาวเทียมแล้ว เราสนใจทั้งการส่งสัญญาณขึ้น (Uplink) และการรับสัญญาณลงมา (Downlink) ในภาคการส่งขึ้น จะมี

$$\frac{C_u}{N_{Ou}} = \frac{Pr_u}{kT_s} = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi R)^2 kT_s}$$

THAI NATIONAL DOCUMENTATION CENTER

เมื่อทำเป็นเดซิเบล จะได้

$$\left(\frac{C_u}{N_{Ou}}\right)_{dB} = 10 \log P_t G_t - 20 \log \frac{4\pi R_u}{\lambda_u} + 10 \log \frac{G_{ru}}{T_s} - 10 \log k$$

ในทางปฏิบัติแล้ว ยังมีการสูญเสียเพิ่มเติมที่เกิดจากสายสัญญาณ ขั้วต่อ และ อื่นๆ ระหว่างจานสายอากาศกับระบบไมโครเวฟ เราจึงมักจะรวมการสูญเสียต่างๆเข้าด้วยกัน ดังนั้น สมการของภาคส่งขึ้นจึงอาจเขียนได้เป็น

$$\left(\frac{C_u}{N_{Ou}}\right)_{dB} = \underset{\text{(EIRP ของดาวเทียม)}}{\left(10 \log P_t G_t\right)} - \underset{\text{(Free-Space Uplink Loss)}}{\left(20 \log \frac{4\pi R_u}{\lambda_u}\right)} + \underset{\text{(G/T ของดาวเทียม)}}{\left(10 \log \frac{G_{ru}}{T_s}\right)} + \underset{\text{(Additional Uplink Loss)}}{\left(10 \log L_u\right)} - \left(10 \log k\right)$$

และ สำหรับภาคขาลง ก็จะมี

$$\left(\frac{C_d}{N_{Od}}\right)_{dB} = \underset{\text{(EIRP ของดาวเทียม)}}{\left(10 \log P_s G_s\right)} - \underset{\text{(Free-Space Downlink Loss)}}{\left(20 \log \frac{4\pi R_d}{\lambda_d}\right)} + \underset{\text{(G/T ของสถานีรับ)}}{\left(10 \log \frac{G_{ed}}{T_d}\right)} + \underset{\text{(Additional Downlink Loss)}}{\left(10 \log L_d\right)} - \left(10 \log k\right)$$

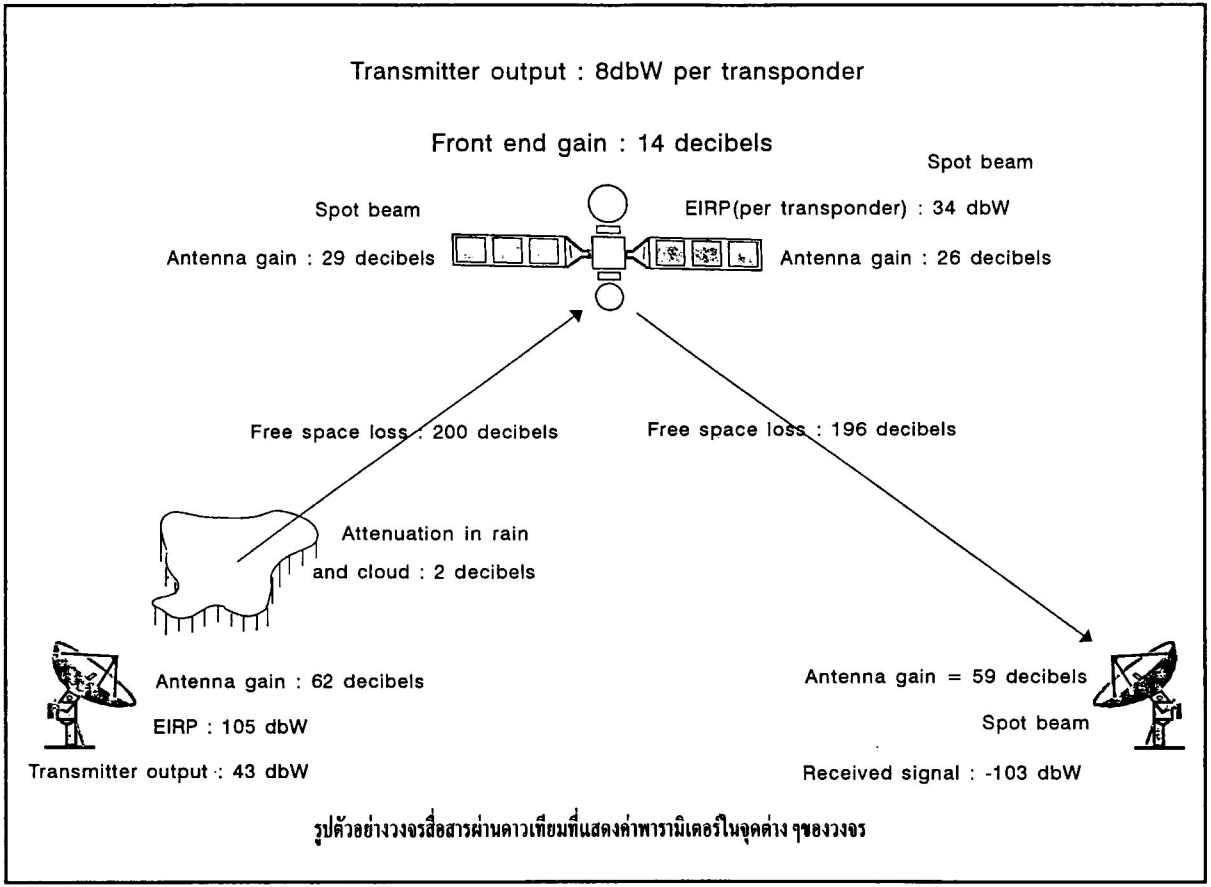
โปรดระลึกไว้ว่า ดาวเทียมในที่นี้แท้ที่จริงหมายถึง ทรานสปอนเดอร์ (Transponder) ซึ่งมีหน้าที่ถ่ายทอดกำลังงาน ดังนั้น C/No ของภาคส่งขึ้นจะถูกถ่ายทอดและให้ผลต่อ C/No ของภาคขาลงที่รับได้ด้วย อัตราส่วนสัญญาณพาห์ต่อความหนาแน่นของสัญญาณรบกวนทั้งหมดที่สถานีดาวเทียมภาครับจึงถูกกำหนดโดย

$$\left(\frac{C}{N_O}\right)_T = \frac{1}{N_{Ou} / C_u + N_{Od} / C_d}$$

พลังงานบิตสามารถหาได้จาก Eb = CTb ดังนั้นเราอาจจะเขียนสมการข้างบนเป็น

$$\left(\frac{E_b}{N_O}\right)_T = \frac{1}{N_{Ou} / C_{bu} + N_{Od} / C_{bd}}$$

สมการนี้มีประโยชน์มาก เพราะมีความสัมพันธ์กับ BER แต่ถึงกระนั้นก็ดี ยังมีองค์ประกอบอีกหลายตัวที่มิได้นำมากล่าวถึง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทรานสปอนเดอร์แต่ละตัวต้องรองรับสัญญาณพาห์หลายสัญญาณ (หลายความถี่) ก็อาจจะเกิดการรบกวนข้ามสัญญาณกันได้ การได้รับสัญญาณจากดาวเทียมข้างเคียง และ แม้แต่การสอดแทรก (Interference) จากสัญญาณ Cross-Polarize รวมทั้ง Intermodulation ที่อาจเกิดขึ้น หากทรานสปอนเดอร์ต้องทำงานที่จุดอิ่มตัว (Saturation) เพื่อป้องกันมิให้ทรานสปอนเดอร์ทำงานที่จุดอิ่มตัวจึงมีการกำหนดค่ากำลังงานลดหย่อน (Back-off Power) ทั้งทางด้าน Input และ Output ของทรานสปอนเดอร์ กำลังงานลดหย่อนนี้คือกำลังงานที่นำไปลดลงจาก



รูปตัวอย่างวงจรสื่อสารผ่านดาวเทียมที่แสดงค่าพารามิเตอร์ในจุดต่าง ๆของวงจร

กำลังงานที่ได้จากการคำนวณ โดยปกติแล้วเมื่อนำเอาองค์ประกอบเหล่านี้เข้ามาร่วมพิจารณา จะต้องมีการดัดแปลงแก้ไขการหาสมการสำหรับ C/No หรือ Eb/No บ้าง ซึ่งมีรายละเอียดค่อนข้างมาก แต่หลักการจะเหมือนกันกับที่ได้แสดงมา

ในการคำนวณออกแบบการเชื่อมโยงระหว่างจุด 2 จุด หรือ 1 คู่สัญญาณ ส่วนใหญ่จะใช้ช่วงความถี่ของ ทรานสปอนเดอร์ เพียงช่วงเล็กๆ คือ ไม่เต็มทรานสปอนเดอร์ กำลังงานที่ใช้ส่งสัญญาณจึงมีค่าไม่มากจนถึงขนาดไปขับให้ทรานสปอนเดอร์ทำงานอย่างเต็มที่เราต้องคำนวณหาค่ากำลังงานที่เพียงพอที่จะทำให้ทางภาครับสามารถรับสัญญาณที่มีค่า C/No หรือ Eb/No ได้ในระดับที่กำหนดและต้องเป็นกำลังงานที่ไม่สูงมากจนเกินไป เพราะทรานสปอนเดอร์ยังต้องรับกำลังงานจากสัญญาณที่อยู่ในช่วงความถี่อื่นอีกโดยกำลังงานรวมทั้งหมดจะต้องไม่ทำให้ทรานสปอนเดอร์ทำงานที่จุดอิ่มตัวด้วย

ขอส่งท้ายบทนี้ด้วยตัวอย่างการออกแบบการคำนวณการเชื่อมโยง (Link Budget Calculation) ระหว่างสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินที่กรุงเทพฯส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมไปลงที่สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินที่จ.ราชบุรีโดยเราจะกำหนดค่า Eb/No สำหรับ BER ที่ต้องการ และค่าเผื่อขาด (Margin) รวมทั้งกำหนดอัตราเร็วของข้อมูลกับความกว้างแถบความถี่ของสัญญาณ

Eb/No ที่ให้ BER 10^{-7}	:	6.2	dB
Margin	:	3	dB
Data Rate	:	64	kbps

ตารางชุดที่ 1 แสดงแบบกรอกพารามิเตอร์ต่างๆที่กำหนดมา ประกอบด้วย 4 ส่วน

ส่วนที่ 1 เป็นส่วนของข้อกำหนดข้างต้น และ รายละเอียดของอุปกรณ์โมเด็มดาวเทียม (Satellite Modem) ข้อมูลตรงส่วนนี้จะถูกนำไปคำนวณหาความกว้างแถบความถี่ (Bandwidth) ออกมาได้

ส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลของดาวเทียมที่ต้องการใช้งาน มีปริมาณตัวหนึ่งที่ไม่ได้กล่าวไว้ คือ C/I เป็นอัตราส่วนของสัญญาณพาห์ต่อ Intermodulation ทรานสปอนเดอร์ที่ดี ถ้าไม่ทำงานที่จุดอิ่มตัว ควรมีค่าปริมาณนี้สูง

ส่วนที่ 3 เป็นส่วนของสถานีดาวเทียมภาครับประกอบด้วย ตำแหน่งของสถานีดาวเทียมข้อกำหนดของจานสายอากาศ และ ค่าปริมาณการสูญเสียต่างๆ โดยมี C/Ico แสดงถึงผลที่ได้รับจากการสอดแทรกของสัญญาณ Cross Polarize และ C/Iobe แสดงถึงผลจากการรับสัญญาณจากดาวเทียมข้างเคียง

และ ส่วนที่ 4 เป็นส่วนของสถานีดาวเทียมภาคส่ง มีการระบุค่าการสูญเสียกับค่าทวีกำลังของจานสายอากาศส่ง จะสังเกตได้ว่า ค่า C/Ico และ C/Iobe เราใช้ค่าเดียวกันกับสถานีดาวเทียมภาครับ

ส่วนที่ 1

Entry Area

Customer: บ้านโป่ง Receives from กรุงเทพฯ

Model:	CM401		
Modulation type:	QPSK	Mod. Index	2.00
Data rate, R (kbps):	64.00	IF Freq.:	84.800
FEC Coding:	0.50		
Req. Eb/N0 for BER of 10^-7 (dB):	6.20		
Margin (dBW):	3.00		

ส่วนที่ 2

Satellite parameters Longitude, Is, (deg.): 118.00

EIRP (dBW):	35.50
Saturated Flux Density, SFD (dBW/m^2)	-91.10
G/T (dB/K)	1.00
Output backoff (dB):	3.00
Input backoff (dB):	7.00
C/I (dB)	14.00

ตารางชุดที่ 1 แสดงแบบกรอกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่กำหนดมา

ส่วนที่ 3

Down-link	Location:	บ้านโป่ง	Latitude (deg. N):	13.80
Frequency (MHz):	4,200.00		Longitude, le, (deg. E):	99.80
Antenna Model:	Prodelin	*Size (m.):*	3.80	
Antenna Gain (dB):	42.10			
Ant. Elevation, El (deg.)				
Ant. Temperature, Ta (K):	10.00	(corresponding to El.)		
Ambient Temp., To (K):	300.00			
LNB Noise Temp. (K):	45.00	*Gain (dB):*	60.00	
1 m^2 ant. gain (dBW):	37.10			

Feed loss	0.20 dB
Down-link rain margin	2.00 dB
Pointing loss	0.50 dB
Atmospheric loss	0.50 dB
Miscellaneous losses	0.00 dB
Boltzmann's constant	-228.60 dBW/K/Hz
C/Ico	27.00
C/Iobe	24.00

ส่วนที่ 4

Up-link	Location:	กรุงเทพฯ	Latitude (deg. N):	13.75
Frequency (MHz):	6,425.00		Longitude, le, (deg. E):	100.50
Antenna Model:	Prodelin	*Size (m.):*	3.80	
Antenna Gain (dB):	46.00			

Pointing loss (dB):	0.50 dB
Uplink rain margin (dB):	0.00 dB
Atmopheric loss (dB):	0.00 dB
C/Ico (dB):	27.00 dB
C/Iobe (dB):	24.00 dB

ตารางชุดที่ 1 แสดงแบบกรอกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่กำหนดมา (ต่อ)

ผลการคำนวณพบว่าเราจะต้องส่งสัญญาณจากสถานีดาวเทียมส่งด้วยกำลังงาน 0.2 วัตต์ ปริมาณอื่นๆ ได้ปรากฏอยู่ในแผ่นแสดงผลทั้งทางด้านภาครับ (Downlink) และ ภาคส่ง (Uplink) โปรดสังเกตในตารางของภาคส่งว่ามิได้กำหนดค่าเผื่อขาดสำหรับการสูญเสียเนื่องจากน้ำฝน (Rain Fade Margin) เนื่องจากการออกแบบจริงส่วนมากจะรวมเฉพาะทางด้านภาครับไว้เท่านั้น แล้วหาเครื่องขยายส่งสัญญาณที่มีกำลังส่งเพียงพอที่จะให้ค่าเผื่อขาดทางภาคส่งที่ต้องการ ดังนั้นเมื่อมีฝนทางด้านภาคส่งเราก็จะเพิ่มกำลังงานเครื่องส่ง เพื่อชดเชยกับการลดทอนสัญญาณ (Attenuation) อันเนื่องมาจากฝน ค่าการลดทอนนี้มีค่าไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับปริมาณของฝน ซึ่งถ้าเป็นบริเวณที่มีฝนหนักการลดทอนก็อาจจะสูงเป็น 10 dB ที่ความถี่ 6.425 GHz

Up-link **Location:** กรุงเทพฯ

Frequency (MHz):	6,425.00				
Antenna Model:	Prodelin	*Size (m.):*	3.80	*Type:*	prime focus / offset
Antenna Gain (dB):	46.00			*Dist (km):*	36,420.00

1. Saturation flux density, SFD	-91.10	dB/m^2
2. Input backoff for the req.output backoff	7.00	dB
3. Operating flux density, OFD	-98.10	dB/m^2
4. Beam spreading loss, BSL	162.22	dB
5. Atmopheric loss	0.00	dB
6. EIRP of the earth station	64.12	dB
7. Free-space loss	199.83	dB
8. Pointing loss	0.50	dB
9. Uplink rain margin	0.00	dB
10. Satellite G/T	1.00	dB/K
11. C/Ico (dB):	27.00	dB
12. C/Iobe (dB):	24.00	dB
13. Uplink losses (7. +8. + 9. + 5.)	200.33	dB
14. Uplink interferences (C/Ico + C/Iobe)	0.005976334	
15. Uplink factor (-UL losses + Sat. G/T - k - B)	-20.25	dB
16. Up-link carrier-to-noise density ratio, C/N0	68.08	dB-Hz
17. Up-link carrier-to-noise ratio, C/N	18.56	dB
18.. C/T at repeater input	-160.52	dB/K
19. C/(N+I)	17.01	dB
20. Eb/No at repeater input	20.02	dB

System factor	-28.92		
C/I links	8.91		
Uplink EIRP/crx (dB)	38.81		
Power for transmitter	-7.19	dB (or)	0.19 Watts
Input B.O./crx (dB)	33.32	dB	
Output B.O./crx (dB)	29.32	dB	
Downlink EIRP/crx, (dB)	6.18	dB	
Total C/(N+I), (dB)	7.74		
Total C/(N0+I0), (dB)	57.26		
Eb/(N0+I0), (dB)	9.20		

ตารางแสดงผลจากการคำนวณการเชื่อมโยง (Link Budget Calculation)

Customer:

Location กรุงเทพฯ **to** บ้านโป่ง

Modem

Model:	CM401		
Modulation type:	QPSK	Mod. Index	2.00
Data rate, R (kbps):	64.00	Symbol rate:	64.00
FEC Coding:	0.50	IF Freq. (MHz):	84.800
Bandwidth, B (kHz):	89.60	(dB-Hz)	49.52
Req. Eb/N0 for BER of 10^-7 (dB):	6.20		
Margin (dBW):	3.00		
C/N (dB):	7.74		

Down-link **Location:** บ้านโป่ง

Frequency (MHz):	4,200.00				
Antenna Model:	Prodelin	*Size (m.):*	3.80	*Type:*	prime focus / offset
Antenna Gain (dB):	42.10	*G/T, (dB/K):*	23.77	*Dist (km.):*	36,448.32
Ant. Elevation, El (deg.)	0.00				
Ant. Temperature, Ta (K):	10.00	(corresponding to El.)			
Feed loss (dB):	0.20				
Ambient Temp., To (K):	300.00				
LNB Noise Temp. (K):	45.00	*Gain (dB):*	60.00		
Receiving system temperature, Tsys (K):			68.05		

1. EIRP at beam edge	35.50 dBW
2. Output power backoff	3.00 dB
3. Free-space loss, Ld	196.14 dB
4. Down-link rain margin	2.00 dB
5. Pointing loss	0.50 dB
6. Atmospheric loss	0.50 dB
7. Miscellaneous losses	0.00 dB
8. Earth station G/T	23.77 dB/K
9. Boltzmann's constant, k	-228.60 dBW/K/Hz
10.C/Ico (dB):	27.00 dB
11.C/Iobe (dB):	24.00 dB
12.Down-link losses (3. + 4. + 5. + 6. + 7.)	199.14 dB
13.Downlink interferences (C/Ico + C/Iobe)	0.005976334
14. Down-link carrier-to-noise density, C/N0	59.41 dB-Hz
15. C/N	9.89 dB
16. C/T	-169.19 dB/K
17. C/(N+I)	9.64 dB
18. Eb/No at receiver input	11.35 dB

บนนี้...ไม่มีการจราจรติดขัด

เส้นทางนี้ปลอดโปร่งโล่งตลอดไม่มีรถเลยสักคัน

ไม่มีสี่แยกที่ต้องหยุดรอไฟแดงนานแสนนาน

ไม่มีจุดคอขวดที่ต้องติดตายไม่มีทางออก

ไม่ต้องค้างเติ่งอยู่บนสะพานลอยที่รถติดยาวเป็นกิโล

ไม่ต้องไปแออัดยัดเยียดกันอยู่ในถนนแคบ ๆ

ถ้านี่คือสภาพการจราจรบนเส้นทางสำหรับการติดต่อสื่อสารข้อมูลทางธุรกิจของคุณ ลองนึกดูสิว่าธุรกิจของคุณจะรุดหน้าและก้าวไกล ได้รวดเร็วขนาดไหน

เปิดเส้นทางใหม่ให้การสื่อสารข้อมูลทางธุรกิจของคุณบนท้องฟ้ากว้างที่ไม่มีขอบเขตจำกัด ด้วยเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านดาวเทียมของสามารถเทลคอม

ไม่ว่าธุรกิจของคุณจะติดต่อกันในรูปของการแลกเปลี่ยนข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ นับล้าน ๆ ตัวอักษร หรือจำนวนมากมายแค่ไหน ผ่านคอมพิวเตอร์หลายเครื่อง หลายจุด

ข้อมูลต่าง ๆ จะเดินทางผ่านตลอดถึงที่หมายในเสี้ยววินาที

สามารถเทลคอมแข็งแกร่งด้วยทีมงานมืออาชีพหนักแน่นด้วยความเชี่ยวชาญ เทคโนโลยีดาวเทียมระดับโลก ด้วยการสนับสนุนอย่างใกล้ชิดของบริษัทร่วมทุนของเรา " OTC แห่งออสเตรเลีย " บริษัทยักษ์ใหญ่ระดับแนวหน้าที่พัฒนาระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมของโลก

ซึ่งนั่นหมายถึงบริการและคำปรึกษาของผู้เชี่ยวชาญ และระบบการสื่อสารที่ล้ำหน้าอย่างแท้จริง

วันนี้ เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลผ่านดาวเทียมของสามารถเทลคอม เป็นเส้นทางเดียวเท่านั้นที่จะพาธุรกิจของคุณทะลุขีดจำกัดของการสื่อสารภาคพื้นดินออกไปได้สำเร็จ

ถึงพื้นดินจะดูกว้างไกลสุดสายตาเพียงใดก็ยังมีจุดจบ หากท้องฟ้าเบื้องบนนั้นกว้างไกลไร้ขอบเขต

SAMART TELCOMS

คุณครองครองท้องฟ้ากว้างสำหรับการสื่อสาร

CHAPTER

6

VSAT Network Technology

This chapter explains the VSAT Network (Very Small Aperture Terminal) which is a development of communications technology, especially the Ground Segment concerning the replacement of large antenna and transceivers with smaller units. Hub stations with larger antenna can communicate to many VSAT terminals at remote sites by sharing transponders effectively.

VSAT Network Technology

VSAT terminal, which has smaller antenna and lower cost, can easily be deployed. With this characteristic the so-called "VSAT Satellite Telecommunication Network" can be implemented. The VSAT Network comprises four parts:

- Hub Station
- Remote Site
- Network Management Center
- Transponder

VSAT Network

The hub station is the heart of the VSAT Network which controls the operation of the entire network. All VSAT remote terminals can share the single hub master station and the same satellite transponder.

Multiple Access Technique

The transponder can be utilized by accessing procedures as follows:

1. Statistical Channel, or ALOHA, is divided into Pure Aloha (P-Aloha), Slotted Aloha (S-Aloha), Aloha with Capture Effect (C-Aloha) and lastly Aloha with Capacity Reservation (R-Aloha).

2. Determination Channels (SCPC-VSAT): is designed to support high-volume traffic transmission which the Statistic Channel or ALOHA cannot support.

บทที่ 6

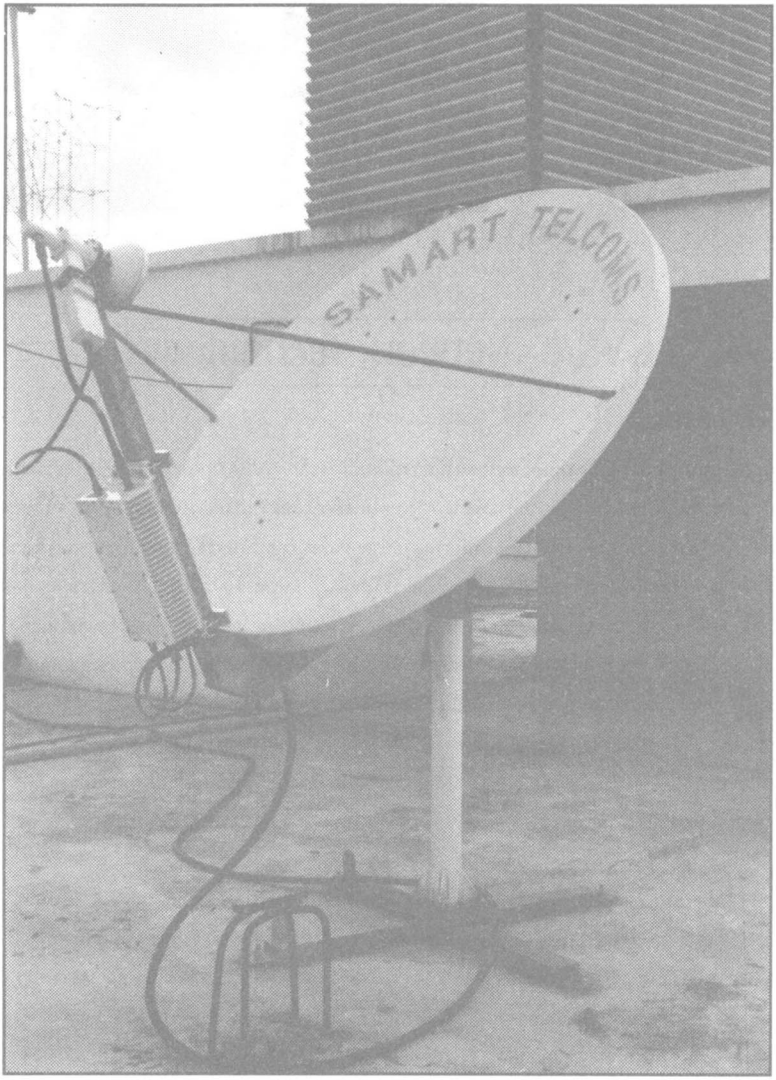
VSAT Network Technology

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงระบบเครือข่ายสถานีดาวเทียมขนาดเล็ก (VSAT Network) ซึ่งเป็นวิวัฒนาการของการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่เกิดจากการพัฒนาทางเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านดาวเทียมทางด้านภาคพื้นดิน(Ground Segment) ทำให้สามารถสร้างสถานีดาวเทียมที่มีจานสายอากาศและอุปกรณ์รับส่งสัญญาณที่มีขนาดเล็กมากได้ สถานีดาวเทียม VSAT ได้ถูกนำมาสร้างเป็นเครือข่ายเพื่อการใช้งานในรูปแบบต่างๆ เช่น การสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์ เป็นต้น โดยการใช้งานนั้นจะมีสถานีแม่ข่าย (Hub Station) ซึ่งมีจานสายอากาศและเครื่องส่งขนาดใหญ่ที่สามารถส่งสัญญาณติดต่อกับสถานีลูกข่ายที่มีจานสายอากาศขนาดเล็กมาก (VSAT) ได้และเป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานที่ทำให้สถานีลูกข่ายหลายๆ สถานีสามารถใช้ช่องสัญญาณดาวเทียมร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีเทคนิคการใช้ช่องสัญญาณดาวเทียม (Multiple Access) ชนิดต่างๆ เช่น R-Aloha S-Aloha เป็นต้น

การอธิบายการทำงานของระบบ VSAT Network ในบทนี้จะมีการใช้ทฤษฎีและสมการทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายประกอบเนื้อหาบ้างตามสมควร

VSAT Network Technology

VSAT ย่อมาจาก Very Small Aperture Terminal ซึ่งหมายถึงจานสายอากาศขนาดเล็กมาก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณไม่เกิน 2 เมตร จานสายอากาศ VSAT นี้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการสื่อสารผ่านดาวเทียมอย่างมาก เนื่องจากสามารถทำให้สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินมีขนาดเล็กลง สามารถติดตั้งได้ง่าย รวดเร็ว และที่สำคัญคือ ราคาของสถานีดาวเทียม VSAT นี้มีราคาถูก



จานสายอากาศ VSAT ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.8 เมตร

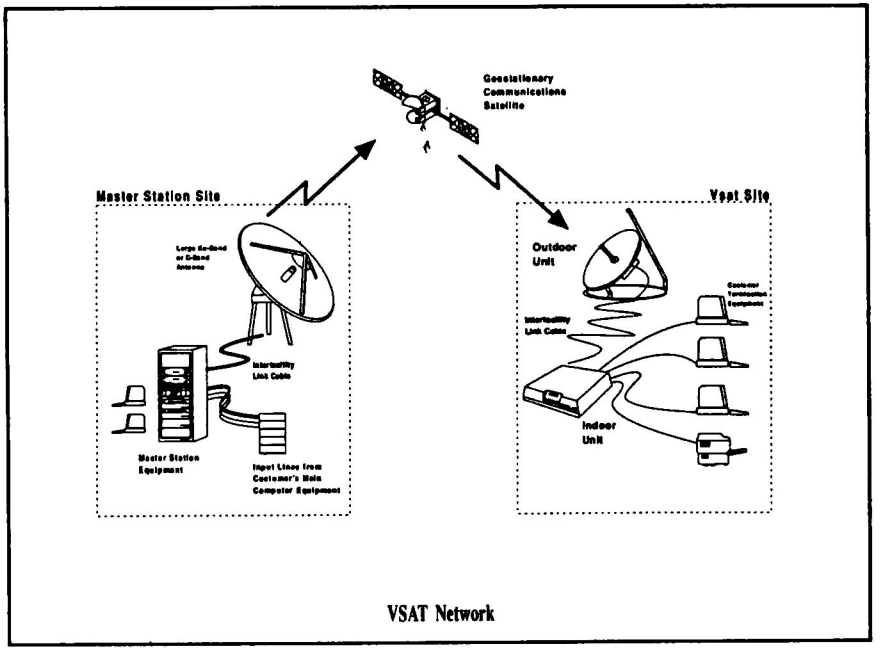
จากคุณสมบัติที่ดีของจานสายอากาศ VSAT นี้เอง จึงได้มีการพัฒนาเป็นเครือข่ายสื่อสารผ่านดาวเทียมที่เรียกว่า VSAT Network ซึ่งมีการนำไปใช้ประโยชน์ในหลายๆ ด้าน เช่น การเชื่อมโยงเครือข่ายสื่อสารข้อมูล การส่งสัญญาณภาพ (Video) และเสียงแก่ธุรกิจเอกชนที่มีเครือข่ายขนาดใหญ่หรือนำไปใช้เป็นสถานีดาวเทียมเพื่อให้ผู้ใช้รายย่อยมาใช้งานร่วมกัน (Shared Hub Network) ได้ เป็นต้น

VSAT Network Configuration

ระบบเครือข่ายสถานีดาวเทียมวีแซท (VSAT Network) ซึ่งใช้งานอยู่ในปัจจุบัน จะมีโครงสร้างเป็นแบบ Star Configuration โดยมีสถานีแม่ข่าย (Hub Station หรือ Master Station) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครือข่ายทั้งหมดและสถานีลูกข่ายทั้งหมดจะติดต่อสื่อสารผ่านสถานีแม่ข่าย (Hub Station)

ระบบเครือข่าย VSAT ประกอบด้วย 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ

- สถานีแม่ข่าย (Hub Station) เป็นศูนย์กลางของเครือข่ายสัญญาณ
- สถานีลูกข่าย (Remote Site) ที่เป็น VSAT Terminal ใช้ต่อกับระบบของผู้ใช้ที่สาขาปลายทาง
- ศูนย์กลางจัดการเครือข่าย (Network Management Center) ซึ่งการทำงานและการจัดรูปแบบของ VSAT สามารถบริหารได้จากสถานีแม่ข่าย

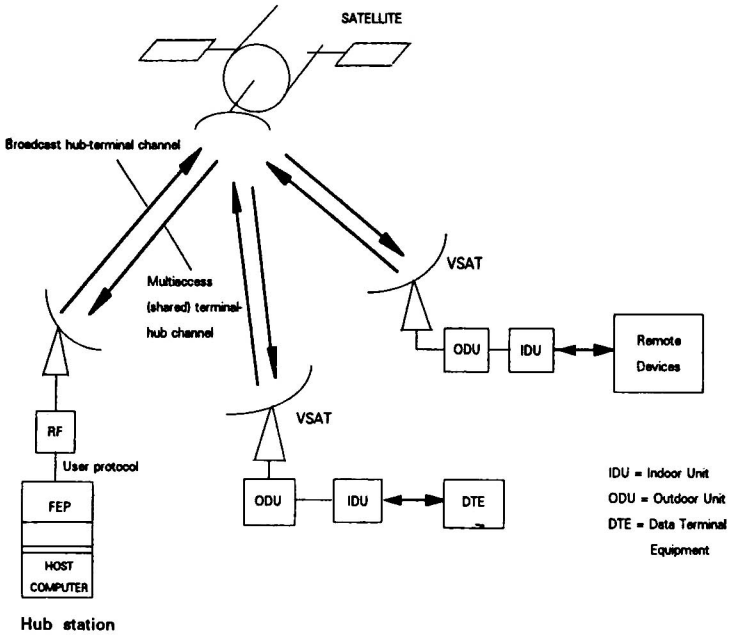


VSAT Network

- ทรานสปอนเดอร์ (Transponder) บนดาวเทียม เราสามารถใช้ทรานสปอนเดอร์ (Transponder) บริหารได้อย่างมีประสิทธิภาพเพราะระบบเครือข่ายจะใช้ทรานปอนเดอร์บนดาวเทียมน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนสถานีลูกข่าย(Remote Site)

หลักการของเครือข่าย VSAT

สถานีแม่ข่ายใน VSAT Network จะทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของเครือข่ายทั้งหมด เพราะสถานีแม่ข่ายและสถานีลูกข่ายจะติดต่อถึงกันผ่านช่องสัญญาณดาวเทียมซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนได้แก่ ด้านขาออก (Outroute หรือ Outlink) จากสถานีแม่ข่ายส่งไปยังสถานีลูกข่ายและด้านขาเข้า (Inroute หรือ Returnlink) เป็นการ

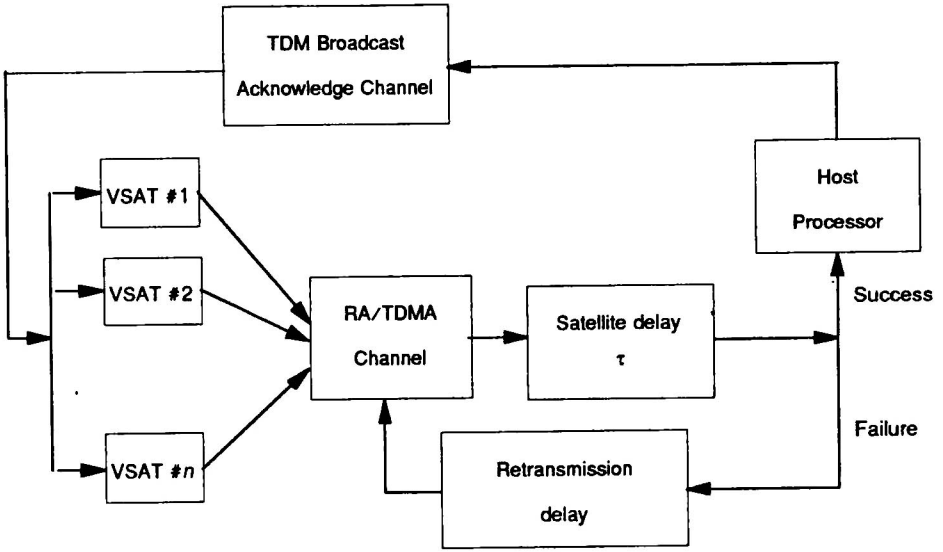


โครงสร้างของระบบ VSAT Network

ส่งสัญญาณจากสถานีลูกข่ายมายังสถานีแม่ข่าย ในการส่งข้อมูลจากสถานีแม่ข่ายออกไปยังสถานีลูกข่ายนั้น (Outroute) สถานีแม่จะใช้การส่งข้อมูลแบบ Time Division Multiplex (TDM) ซึ่งแบ่งช่องเวลาในการส่งข้อมูลไปยังสถานีลูกข่ายที่แน่นอน โดยที่สถานีลูกข่ายทุกสถานีจะสามารถรับสัญญาณทั้งหมดจากสถานีแม่ข่าย แต่จะแยกข้อมูลที่เป็นของสถานีนั้นออกมาโดยการแยกรหัสที่ระบุสถานีที่ต้องการส่งข้อมูลไปถึง ส่วนในการส่งข้อมูลจากสถานีลูกข่ายเข้ามายังสถานีแม่นั้นจะใช้วิธีการส่งข้อมูลแบบ Time Division Multiple Access หรือ TDMA โดยให้สถานีลูกข่ายใช้ช่องส่งสัญญาณดาวเทียมร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ

หลักการทำงานเครือข่ายสถานีดาวเทียมวีแซทสามารถแสดงเป็น Block Diagram ได้ดังรูป

เครือข่าย VSAT แบบ Star พื้นฐานแสดงเป็น Block Diagram ได้ดังรูป สถานีลูกข่ายหลายสถานีที่อยู่กระจัดกระจายต่างก็พยายามส่งข้อมูลในรูปแพคเก็ต (Packet) ผ่านช่องสัญญาณดาวเทียมด้วยระบบ Random Access/ Time Division Multiple Access (RA/TDMA) โดยมีความล่าช้าของการส่ง t วินาที เมื่อสถานีแม่ข่ายได้ประมวล



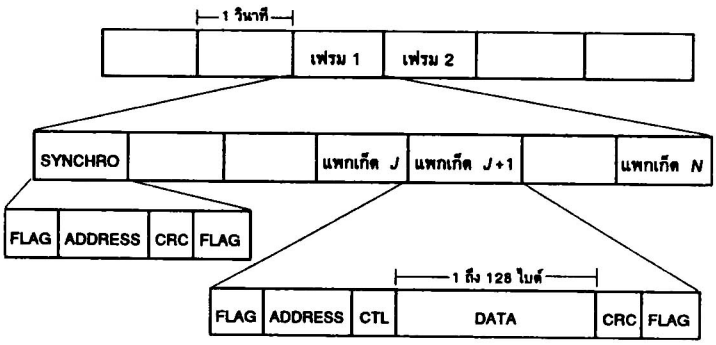
Block Diagram แสดงการทำงานของระบบ VSAT Network

ผลข้อมูลเรียบร้อยก็จะแจ้งการรับทราบของการรับแพคเก็ตโดยผ่านช่องด้านขาออก (Outroute) ที่มีกระจายสัญญาณแบบมัลติเพล็กซ์ช่องเวลา (Time Division Multiplex หรือ TDM)

เมื่อการรับสัญญาณไม่ถูกต้องอันเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนหรือการชนกันของแพคเก็ต (Collision) จากสถานีลูกข่ายหลายสถานี จะทำให้มีการส่งข้อมูลซ้ำใหม่ (Retransmission) วงจรของการส่งซ้ำนี้ทำให้ระบบเกิดความซับซ้อนในการออกแบบ และเราจะแก้ไขปัญหาความล่าช้า (Delay Time) ของการส่งนี้ด้วยการออกแบบระบบให้ทำงานที่อัตราความคลาดเคลื่อนในการส่งข้อมูล (Bit Error Rate or BER) ที่มีค่าต่ำกว่า 10^{-7} และสร้างแบบที่ปลอดการกระทบกันของแพคเก็ต โดยการยอมลดทางด้านความเร็วของระบบ เป็นต้นว่า ที่ BER 10^{-7} อัตราความคลาดเคลื่อนของข้อมูลแพกเก็ตขนาด 1,120 บิต (140 ไบต์) จะมีค่าประมาณ 10^{-4} ซึ่งภายใต้ภาวะที่ไม่มีการชนกันของข้อมูล จะมี 1 ในทุก 10 แพคเก็ตของข้อมูลที่จะต้องส่งใหม่อีกครั้ง แพคเก็ตข้อมูลที่คลาดเคลื่อนเนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของช่องสัญญาณ รวมทั้งการชนกันของข้อมูลจะไม่ได้รับการตอบรับจากสถานีแม่ข่าย ซึ่งจะถูกส่งซ้ำและจะเกิดขึ้นไม่บ่อยนัก (ประมาณ 1 ใน 10 แพคเก็ต) ซึ่งจะไม่กระทบต่อความล่าช้าของ Throughput มากนัก ดังนั้นภายใต้สภาวะข้างต้น ถ้าเราไม่ยอมให้มีการใช้งานสูงเกินภาระที่ระบบรับได้ระบบก็ควรทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพ

สำหรับรูปแบบของเฟรมสัญญาณนั้น เฟรม TDM จากสถานีแม่อาจจะเป็นข้อมูลที่มีความยาวไม่แน่นอนที่ถูกมัลติเพล็กซ์ที่สถานีและส่งกระจายไปยังปลายทางทุกจุดในเครือข่าย รูปแบบสัญญาณการซิงโครไนซ์ (Synchronization Pattern) จะถูกส่งออกไปทุกเฟรมเพื่อการซิงโครไนซ์ของสถานีลูกข่าย

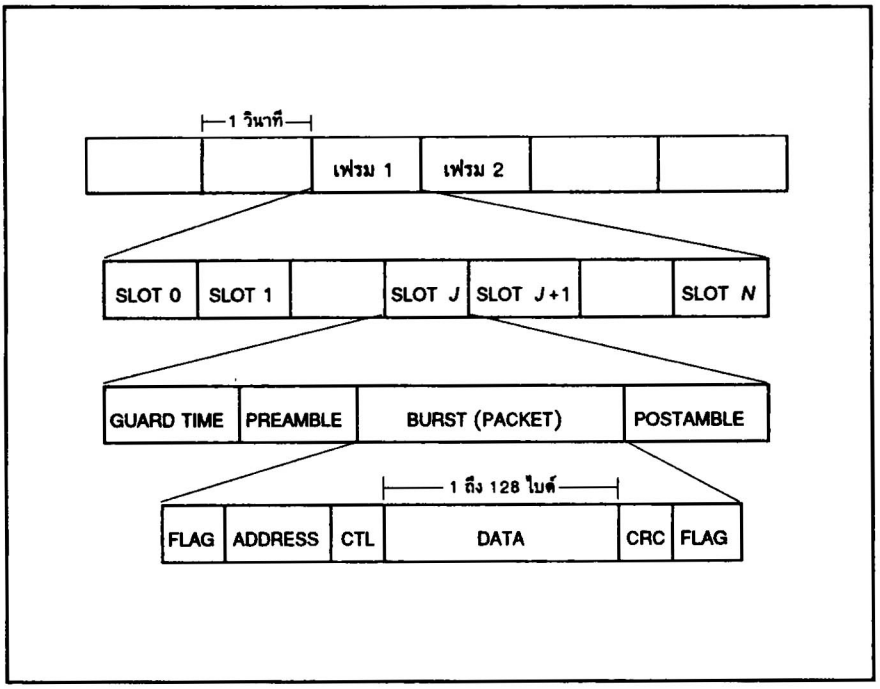
สัญญาณซิงโครไนซ์ยังช่วยบอกการเริ่มต้นของเฟรม TDMA แก่ปลายทางทุกจุดในเครือข่ายอีกด้วย โครงสร้างของเฟรม TDM แสดงในรูป ข้อความแต่ละชิ้นในเฟรม TDM ประกอบด้วย Address Field ใช้ระบุสถานีลูกข่ายที่



เฟรม TDM ที่สถานีแม่ข่ายส่งออกมา

ข้อความนั้นต้องการไป สถานีลูกทุกสถานีจะรับสัญญาณ TDM และกรองข้อความที่ไม่ได้ส่งถึงตัวเองออกทิ้งไป ดังนั้น การหาวิธีการกำหนด Addressing Scheme ที่เหมาะสม จึงเป็นไปได้ที่จะส่งข้อความชิ้นเดียวให้กระจายไปยังสถานีลูกข่ายทุกสถานีหรือกระจายไปยังกลุ่มเฉพาะของสถานีลูกข่ายหรือส่งไปยังสถานีลูกข่ายเฉพาะสถานีได้

สำหรับช่องสัญญาณที่สถานีลูกร้องขอด้วยระบบ RA/TDMA ตามที่กล่าวก่อนหน้านี้ เป็นวิธีการที่เรียกว่า Slotted Aloha ซึ่งทำให้ช่องสัญญาณมีชื่อเรียกว่า Slotted Aloha Channel ซึ่งจะถูกใช้ร่วมกันโดยสถานีลูกข่ายหลายสถานี เพื่อการส่งเข้าจากสถานีลูกข่ายมายังสถานีแม่ ช่วงเวลาของช่องสัญญาณ TDMA ถูกแบ่งออกเป็นเฟรมและช่องเวลา (Slot) โดยแต่ละเฟรมจะประกอบด้วย Slot N ดังรูป สถานีลูกส่งแพคเก็ตภายใน Slot ขนาดของแพคเก็ตหนึ่งจะไม่เกินขนาดของ Slot ขนาดของช่องและจำนวนช่องในเฟรมหนึ่งๆ จะขึ้นอยู่กับประเภทของการใช้งาน คาบเวลาของ Slot สามารถเลือกได้โดยซอฟท์แวร์



เฟรม TDMA ที่สถานีลูกข่ายส่งเข้าสู่สถานีแม่ข่าย

Slot ของสัญญาณ TDMA เป็นได้ทั้งแบบ RA/TDMA หรือ Demand Assigned (DA/TDMA) ช่อง RA/TDMA เป็นช่องที่ให้สถานลูกข่ายแย่งกันใช้ได้ ส่วน DA/TDMA เป็น Slot ที่จัดเฉพาะแก่สถานีเป็นรายๆ ซึ่งปกติ Slot ประเภทนี้จะไม่มีการแย่งกัน สถานีแม่ข่ายจะเป็นผู้กำหนดว่า Slot ใดเป็น RA/TDMA และ Slot ใดเป็น DA/TDMA ในเฟรม TDMA แต่ละเฟรม ซึ่งสามารถทำได้โดยอัตโนมัติหรือการโปรแกรมไว้ล่วงหน้า สถานีลูกข่ายทุกสถานีจะต้องรับ Slot นี้ และจะส่งข้อมูลใส่ Slot ที่ได้รับอนุญาตนั้น

การเข้าใช้หาช่องสัญญาณดาวเทียม (Multiple Access)

เราอาจจะมองช่องสัญญาณดาวเทียมหรือทรานสปอนเดอร์ ตามลักษณะและวิธีการจัดส่งสัญญาณซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ เป็น Deterministic Channel และ Statistical Channel

1. Statistical Channel

วิธีการของการเข้าใช้ช่องสัญญาณวิธีการหนึ่งที่จัดเป็น Statistical Channel ก็คือ Aloha ทำให้เราเรียกช่องสัญญาณที่มีการเข้าถึงด้วยวิธีนี้ว่า Aloha Channel ซึ่งก็มีการแยกย่อยลงไปอีกได้แก่

- **Pure Aloha (P-Aloha)**
- **Slotted Aloha (S-Aloha)**
- **Aloha with Capture Effect (C-Aloha)**
- **Aloha with Capacity Reservation (R-Aloha)**

Pure Aloha (P-Aloha)

วิธีการของ P-Aloha จะง่ายและไม่ต้องใช้ฮาร์ทแวร์ที่สลับซับซ้อน ซึ่งโดยหลักการแล้ว สถานีลูกข่ายหลายๆ สถานีจะส่งข้อมูลของตนลงในเฟรม TDMA ในลักษณะ Random โดยจะส่งทันทีที่มีข้อมูล แต่ในกรณีที่สถานีลูกข่ายตั้งแต่ 2 สถานีขึ้นไปส่งข้อมูลพร้อมๆ กัน ก็จะเกิดการชนกันของแพคเก็ตซึ่งต้องมีการส่งซ้ำทำให้เกิดความล่าช้าและ Throughput จะลดลงเข้าหาศูนย์อย่างรวดเร็ว เมื่อมีการส่งสัญญาณหนาแน่นขึ้น

Slotted Aloha (S-Aloha)

วิธีการ S-Aloha จะลดโอกาสของการชนกันระหว่างแพคเก็ตลง โดยให้สถานีลูกข่ายส่งแพคเก็ตได้เฉพาะตอนเริ่มต้นของแต่ละ slot เท่านั้น ซึ่งก็หมายความว่าสถานีลูกข่าย 2 สถานีจะรบกวนซึ่งกันและกันก็ต่อเมื่อทั้งคู่ส่งในเวลาตรงกัน วิธีการแบบ S-Aloha มีข้อเสีย 2 ประการ ประการแรก คือ ความซับซ้อนของการสร้างเวลาอ้างอิงที่ใช้สำหรับการซิงโครไนซ์ให้แก่ผู้ใช้ทุกคน และอีกประการหนึ่ง ได้แก่ ความยาวแพคเก็ต (Packet Size) นั่นคือ ช่วงความยาวของเวลาที่แทนปริมาณสูงสุดของข้อมูล ถ้ากำหนดแพคเก็ตยาวไปแต่ผู้ใช้มีข้อมูลส่งน้อย ก็จะมีเวลาสูญเปล่า ค่า Throughput ของวิธีการ S-Aloha นี้จะเป็น 2 เท่าของ P-Aloha

Aloha with Capture Effect (C-Aloha)

การปรับปรุง Throughput สามารถทำได้ถ้าผู้ใช้แต่ละคนส่งข้อความที่ระดับกำลังต่างกันเล็กน้อย ถ้าแพคเก็ต 2 แพคเก็ตที่ระดับสัญญาณต่างกันเกิดการชนกันความเป็นไปได้ที่สัญญาณที่แรงกว่าจะเข้าสู่เครื่องรับได้และถูกส่งไปโดยไม่มีความคลาดเคลื่อน ถ้า C-Aloha Channel ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมแล้วจะเพิ่มความจุเป็น 3 เท่าของ P-Aloha Channel อย่างไรก็ดี ในอุปกรณ์ดาวเทียมที่มีความไม่เป็นเชิงเส้นและมี AM/PM Effect เมื่อรองรับกับ C-Aloha Channel หลายๆ ช่องสัญญาณแล้วอาจเกิด Modulation Transfer Effect ตลอดแถบความถี่ของทรานสปอนเดอร์ได้

Aloha with Capacity Reservation (R-Aloha)

ในระบบที่มีสถานีลูกข่ายรายใหญ่ๆ ใช้ข้อมูลที่มีปริมาณมากอยู่ 2-3 สถานี ก็จะจัดส่วนหนึ่งของช่องสัญญาณให้เฉพาะ (Fixed Assignment) และส่วนที่เหลือของช่องจะจัดไว้สำหรับร่วมกันใช้ในกลุ่มสถานีลูกข่ายที่มีปริมาณข้อมูล

ไม่สูงนัก โปรโตคอล (Protocol) ที่มีใช้กับ R-Aloha ในการสำรองช่องสัญญาณมีหลายชนิด ซึ่งข้างล่างนี้เป็นเพียงบางโปรโตคอลที่ใช้กัน

- Implicit Reservation
- Explicit Reservation
- Priority Oriented Demand Assignment (PODA)
- Contention PODA
- First In / First Out (FIFO) Reservation
- Split Reservation Upon Collision (SROC)

ซึ่งตารางข้างล่างแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการใช้ช่องสัญญาณ

ตารางแสดงประสิทธิภาพช่องสัญญาณที่มีการสำรองช่อง

ร้อยละของช่องจัดให้แก่		ประสิทธิภาพของช่องโดยรวม	หมายเหตุ
R-Aloha	S-Aloha	(%)	
01	00	36.8	Purely statistical channel
20	80	45.4	
40	60	54.1	
50	50	58.4	
70	30	67.0	
90	10	75.7	
100	0	80.0	Purely deterministic channel.

จากตารางจะเห็นได้ว่า ถ้านำประสิทธิภาพของช่องสัญญาณมาเกี่ยวข้องก็จะต้องกล่าวถึงโปรโตคอลคู่ที่ให้การสำรองช่องสำหรับข้อความยาวๆ และที่ส่งข้อความสั้นแบบไม่มีการสำรอง ในอีกนัยหนึ่งถ้าความต้องการของการสำรองและการแย่งกันในส่วนที่ไม่มีการสำรองช่องสัญญาณมีเพิ่มขึ้นเวลาที่เข้ารอของแพคเก็ตแต่ละชิ้นจะเพิ่มขึ้นทำให้ Throughput ลดลงไปด้วย การจัด Slot สำหรับการสำรองแบบไดนามิค (Dynamic Assignment) จะมี 2 สถานะ กล่าวคือ S-Aloha และ Reserved ตอนเริ่มทำงานและทุกครั้งหลังจากที่การขอสำรองลดลงเป็นศูนย์ ช่องสัญญาณจะอยู่ที่สถานะ S-Aloha ที่สถานะนี้ Slot ทุก Slot จะเล็ก และจะใช้การส่งแบบ S-Aloha ในการขอสำรอง (Reservation) การรับทราบ (Acknowledgement) อย่างไรก็ตามถ้าการสำรองช่องสำเร็จครั้งแรกก็จะทำให้เริ่มสถานะที่ถูกสำรองตามรูป ช่องเวลาขนาดใหญ่ (M) ถูกสำรองไว้สำหรับแพคเก็ตข้อมูลและหลังช่องเวลา M ช่องเวลาขนาดใหญ่ช่องหนึ่งจะถูกแบ่งย่อยเป็นช่องเล็กๆ V ช่อง เมื่อข้อความจำนวนมากมารอที่ปลายทาง สถานีลูกข่ายก็จะส่งการขอสำรองไปในช่องเล็ก (V) ที่ถูกเลือกแบบสุ่ม (Random) เมื่อสถานีแม่ข่ายได้รับสัญญาณร้องขอการสำรองก็จะนำคำขอไปไว้ในคิวที่ศูนย์ควบคุมเครือข่ายและจะให้บริการได้ถ้ามี Slot ว่าง ตามปกติค่าของ M จะคงที่ เพื่อให้การใช้งานของช่องสัญญาณได้ประโยชน์สูงสุด

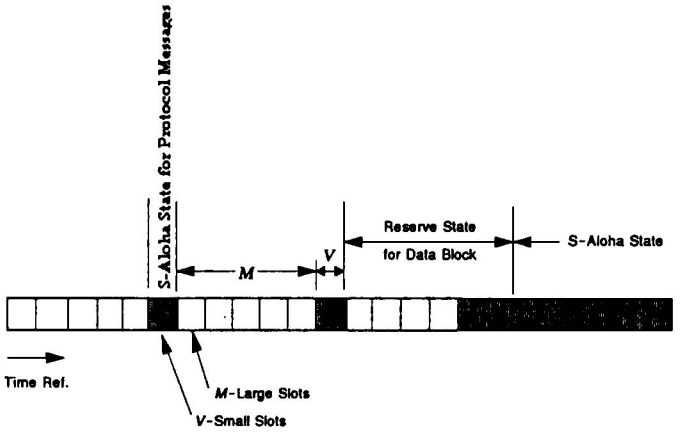
ค่า Throughput ในกรณีของ P-Aloha หาได้จากสมการ

$$s = g \cdot e^{-2g}$$

โดยที่ s = Normalized throughput

g = Normalized traffic factor = (nb/R), n = Number of traffic packets

b = Bits per packet including overhead, R = Channel rate



รูปแสดง Dynamic Reservation Scheme

ที่ Throughput ค่าสูงสุดตามทฤษฎีในช่วงเวลาที่มีการใช้งานสูงสุด (g) แพคเก็ตจะชนกันอย่างแน่นอนและต้องมีการส่งซ้ำใหม่ ตัวอย่างเช่น ใน P-Aloha, Smax = 0.184 และ gpeak = 0.5 นั่นคือ Throughput โดยเฉลี่ยต้องส่งซ้ำ (0.5/0.184) = 2.7 ครั้ง ซึ่งในแง่ของ VSAT แล้วถือว่ายังใช้ไม่ได้ แต่ถ้าเราลด Smax ลงไป 2.7 เท่า เราก็สามารถสร้างระบบที่ปลอดการชนกัน ดังนั้น Throughput ที่ปราศจากการชนกันทางสถิติมีค่า (0.184/2.7) = 6.8% สำหรับตัวเลขของ S-Aloha มีค่าเท่ากับ 13.6%

Throughput Delay

การพิจารณาหา Throughput ตามโครงสร้างในรูป เมื่อออกแบบระบบให้เสมือนไม่มีการส่งซ้ำ ความล่าช้าของ Throughput จึงเกิดจาก RA/TDMA Delay กับ Satellite Delay ค่า Satellite Delay ที่ถือเป็นมาตรฐานทั่วไปคือ 250 ms ส่วน RA/TDMA Delay อันเนื่องมาจากการติดต่อจากสถานีลูกสู่สถานีแม่นั้น คำนวณจากความยาวของแพคเก็ตกับอัตราเร็วของช่องสัญญาณ

ตัวอย่าง : แพคเก็ตรวม Overhead ยาว 1,120 บิต (140 ไบต์) อัตราเร็วช่องสัญญาณ (Channel Rate) = 56,000 bps

$$\text{RA / TDMA Delay, } \tau = \frac{\text{Packet Length}}{\text{Channel Rate}} = \frac{1{,}120}{56{,}000} = 20\text{ms}$$

ในระบบ P-Aloha แพคเก็ตถูกส่งทันที

$$\textbf{Throughput Delay} = (\tau + \text{Satellite Delay}) = 270 \text{ ms}$$

ถ้าเป็นระบบ S-Aloha แพคเก็ตอาจจะต้องรอให้ถึงจุดเริ่มต้นของ Slot ถัดไป โดยเฉลี่ยแล้วต้องรอนานเท่ากับครึ่งหนึ่งของเวลาของแพคเก็ต ซึ่งเท่ากับ 10 ms เพราะฉะนั้น

$$\text{RA / TDMA delay ของ S - Aloha, } \tau = 30 \text{ ms}$$

และ Throughput Delay ของ S-Aloha = 270+10 = 280 ms

Network Size

ความหนาแน่นของเครือข่ายวีแซทที่จะให้บริการได้ในระบบ RA/TDMA จะขึ้นอยู่กับพิกัดของช่องสัญญาณดาวเทียม ความถี่ของการใช้ของสถานีต่างๆ ความหนาแน่นของข้อมูล Throughput Delay และวิธีการใช้ช่องสัญญาณที่ถูกเลือกมา ซึ่งพิกัดของช่องขาเข้า (Inbound) จะถูกจำกัดโดยความสามารถของเครื่องขยายกำลังงาน (SSPA) และขนาดของจานสายอากาศของสถานีลูกข่าย ในปัจจุบันนี้ พิกัดช่องสัญญาณขนาด 32, 56, 64, และ 128 Kbps มีให้บริการแล้ว โดยช่องขนาด 56 Kbps เป็นพิกัดที่สอดคล้องกับมาตรฐานของการสื่อสารภาคพื้นดินของสหรัฐอเมริกา และช่องขนาด 64 Kbps จะสอดคล้องกับมาตรฐานสากล นอกจากนี้ช่อง 64 Kbps ยังเหมาะสมกับระบบ ISDN ได้อย่างดี

ปริมาณของสถานี VSAT ที่สามารถให้การบริการในช่อง 56 Kbps S-Aloha คำนวณได้จาก

$$g = 0.16 = \frac{Xb}{56{,}000}$$

โดยที่ X = จำนวนของแพคเก็ต

b = ขนาดของแพคเก็ตรวม Overhead = 1,120 บิต (ขนาดสูงสุด); 320 (ขนาดเล็กที่สุด)

เพราะฉะนั้น

$$X = \frac{56{,}000 \times 0.16}{b}$$

$= 8$ (ขอบเขตด้านล่าง หรือ Lower Limit)

$= 28$ (ขอบเขตด้านบน หรือ Upper Limit)

ความจุที่ใช้งานได้, C = 56,000x0.16

ถ้าเราใช้ทฤษฎีความหนาแน่นเบื้องต้น โดยให้ความหนาแน่นของการใช้ช่องสัญญาณของสถานี VSAT จำนวน n สถานีเข้ามา โดยมีความต้องการใช้ช่องสัญญาณดาวเทียมในรูปแบบที่ไม่แน่นอน (Random) ที่มีความจุเป็น C สมมุติให้ช่วงเวลาเฉลี่ยที่สถานีลูกข่ายใช้งานเท่ากับ T วินาที สถานีลูกข่ายแต่ละสถานีจะผลิตข่าวสารด้วยอัตราโดยเฉลี่ย คือ

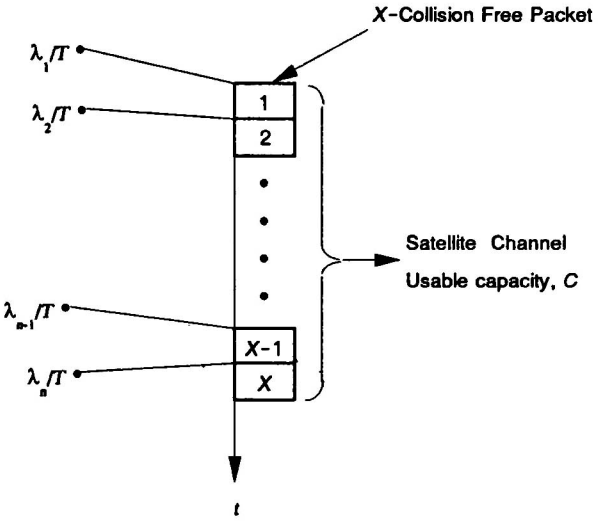
$$\frac{\lambda_1}{T}, \frac{\lambda_2}{T}, \ldots\ldots, \frac{\lambda_n}{T}$$

เพราะฉะนั้น ผลรวมของอัตราเร็วของข่าวสาร คือ

$$\frac{\lambda_1}{T} + \frac{\lambda_2}{T} + \frac{\lambda_3}{T} + \ldots\ldots + \frac{\lambda_n}{T} = \frac{n\lambda}{T} \text{ sec}^{-1}$$

โดยที่ $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \ldots\ldots = \lambda_n$ โดยเฉลี่ย
ดังนั้น ความหนาแน่นที่มีให้ได้ คือ

$$E = \frac{n\lambda b}{T} \text{ erlangs}$$



VSAT Population Estimation Model

ถ้าการใช้ความจุช่องสัญญาณประมาณ 100 % นั่นคือ E/C = 1

เราจะได้ว่า

$$\frac{n\lambda b}{TC} = 1$$

$$n = \frac{T}{\lambda}\frac{C}{b} = \frac{T}{\lambda}\frac{0.16x56,000}{b}$$

ดังนั้น ด้วยสถานีลูกข่ายจำนวนมาก และ E/C = 1 แพคเก็ตที่จะส่งก็จะติดต่อในช่วงที่มีความหนาแน่นสูง จำนวนแพคเก็ตเฉลี่ยที่อยู่ในคิวจะเป็น

$$m = \frac{E/C}{1 - E/C}$$

ถ้าเราสมมุติให้ E/C = 0.8 ก็จะได้ m = 4 และ ความล่าช้าเฉลี่ยในการส่งแพคเก็ต ก็คือ

$$T = \tau(1 + m) = 30x5 = 150 \text{ ms}$$

โดยที่ τ = เวลาที่ให้แก่ S-Aloha Packet ขนาด 1,120 บิตบนช่อง 56 Kbps RA/TDMA

จำนวนสถานีลูกข่าย n ที่เป็นไปได้ แสดงตามตาราง

จากตาราง จะพบว่าจำนวนสถานีลูกข่ายจะขึ้นอยู่กับปริมาณ 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ (1) ขนาดของแพคเก็ต (Packet Size) (2) จำนวนแหล่งข้อมูลที่ต่อกับสถานีลูกแต่ละสถานี ในตารางแสดง 2 ค่า คือ จำนวน 1 เครื่อง กับ 4 เครื่อง ต่อ 1 สถานี และ (3) พฤติกรรมการส่งของผู้ใช้ กล่าวคือคาบเวลาที่ผู้ใช้แต่ละคนส่งข้อมูลในช่วงที่มีความหนาแน่นสูง เป็นต้น ถ้าโดยเฉลี่ย ผู้ใช้ช่องสัญญาณในแต่ละครั้งนาน 3 นาที (180 นาที) ช่อง 56 Kbps RA/TDMA ก็สามารถรองรับสถานีลูกข่าย ได้ถึง 1,440 สถานี ถ้าแต่ละสถานีต่อกับเครื่องส่งข้อมูล 1 เครื่อง และส่งแพคเก็ตขนาด 1,120 บิต/แพคเก็ต แต่ถ้าสถานีแต่ละแห่งต่อกับเครื่อง 4 เครื่อง จำนวนสถานีก็จะลดลงเหลือประมาณ 360 แห่ง ถ้าหากขนาดของแพคเก็ตลดลงจำนวนสถานีก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ตามตาราง

ตารางแสดง VSAT Population Per Single 56 Kbps RA/TDMA Carrier

VSAT Terminal Activities$(\lambda/T)^{-1}$ (วินาที)	VSAT Population n			
	b = 320 bits/Packet		**b = 1120 bits/Packet**	
	#User 1	**4**	**1**	**4**
60	1680	420	480	120
120	3360	840	960	240
180	5040	1260	1440	360
240	6720	1920	1920	480
300	8400	2100	2400	600

2. Deterministic Channels (SCPC-VSAT)

ช่องสัญญาณที่ได้กล่าวมา คือ Statistical Channel จะเหมาะกับข้อมูลแบบ Bursty คือ มีสัญญาณส่งเป็นช่วงสั้นๆ ถ้าข้อมูลที่ต้องการส่งมีเป็นจำนวนมาก และส่งอย่างต่อเนื่อง หรือกึ่งต่อเนื่องช่องสัญญาณแบบ Statistical Channel ก็ไม่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม Statistical Channel อาจถูกเปลี่ยนเป็น Deterministic Channel ได้เช่น ช่อง RA/TDMA ที่มีการสำรองช่อง 100 % ก็จะกลายเป็นช่อง TDMA แบบ Deterministic ไป แต่ด้วยประสิทธิภาพ 80 % ช่อง TDMA ขนาด 56 Kbps จะให้บริการสถานีลูกข่ายได้ 40 สถานี โดยแต่ละสถานีมีข้อมูลเฉลี่ย 1,120 bps ในขณะที่ช่องสัญญาณเดียวกันนี้ ถ้าทำงานที่ RA/TDMA อาจจะให้บริการได้ถึง 1440 สถานี จากการที่ช่อง TDMA ให้บริการได้จำนวนน้อย จึงทำให้ไม่ได้รับความสนใจมากนัก

อย่างไรก็ดี ช่องสัญญาณ SCPC (Single-Channel-Per-Carrier) ขาเข้าสู่สถานีแม่ที่อัตราเร็ว 9.6 Kbps และขาออก TDM 56 Kbps ก็อาจเหมาะสมกับการส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องหรือกึ่งต่อเนื่องได้

อุปกรณ์ภาคพื้นดิน (Ground Segment)

ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ว่าในส่วนของระบบเครือข่ายแบบ Star องค์ประกอบหลักบนภาคพื้นดินแบ่งออกเป็นสถานีแม่ข่าย กับ สถานีลูกข่าย ที่สถานีแม่ข่ายนั้นจะมีอุปกรณ์ที่ซับซ้อนกว่าเนื่องจากส่วนใหญ่จะรวมเอาระบบการจัดการและควบคุมเครือข่ายเข้าไว้ด้วยกัน

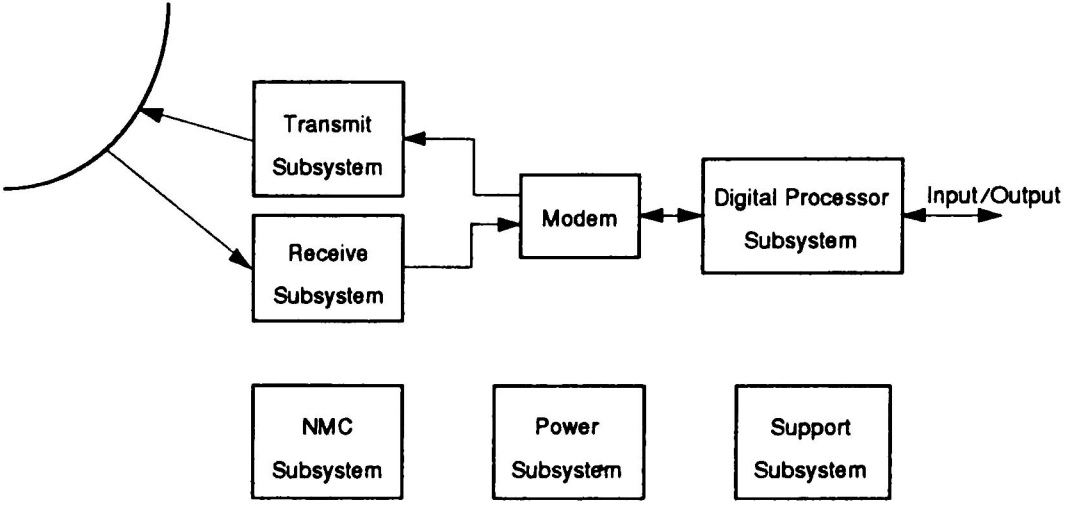
1. สถานีแม่ข่าย (Hub Station or Master Station)

เครือข่าย VSAT แบบ Star มีสถานีแม่ข่ายเป็นสถานีหลักที่จุดต่างๆ ในเครือข่ายต้องติดต่อผ่าน สถานีแม่ข่ายจึงมีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับสถานีลูกข่าย อุปกรณ์หลักที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

- ระบบจานสายอากาศ
- ระบบส่งสัญญาณออก
- ระบบรับสัญญาณ
- โมเด็ม (MODEM)
- ระบบ Digital Processor
- ระบบจัดการและควบคุมเครือข่าย (Network Management and Control)
- ระบบจ่ายไฟและระบบสนับสนุนอื่นๆ

- **ระบบจานสายอากาศ**

โดยทั่วไปแล้วจานสายอากาศที่ใช้ที่สถานีแม่ข่ายเป็นจานสายอากาศขนาดใหญ่ ลักษณะตัวสะท้อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 6-11 เมตรเพื่อที่จะรับสัญญาณจากสถานีลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการใช้ช่องสัญญาณดาวเทียมอย่างมีประสิทธิภาพที่สุดทางด้านภาคส่งจะต้องเลือกขนาดของตัวขยายกำลัง (Power Amplifier) ที่ใช้ส่งสัญญาณให้เหมาะกับจานสายอากาศและลักษณะของงาน



Block Diagram ของสถานีแม่

• **ระบบส่งสัญญาณออก**

ระบบการส่งสัญญาณออกจะประกอบด้วย Up-Converter และ Solid-State Power Amplifier

Up-Converter จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณจากอุปกรณ์โมเด็มที่ผ่านสัญญาณในย่าน IF คือ ประมาณ 70 MHz ให้เป็นความถี่ในย่านไมโครเวฟ C Band หรือ Ku Band เพื่อส่งต่อให้ High Power Amplifier (HPA) ขยายสัญญาณดังกล่าวส่งขึ้นไปยังดาวเทียมต่อไป

• **ระบบรับสัญญาณ**

ระบบการรับสัญญาณประกอบด้วยอุปกรณ์ Low Noise Amplifier (LNA) และ Down-Converter เนื่องจากสัญญาณที่ส่งกลับลงมาจากดาวเทียมมีความแรงของสัญญาณน้อยจึงจำเป็นขยายสัญญาณดังกล่าวก่อน โดยให้มีสัญญาณรบกวน (Noise) น้อยที่สุด จากนั้นจึงส่งเข้าสู่ Down-Converter เพื่อแปลงความถี่ให้เป็นความถี่ย่าน IF เพื่อเชื่อมต่อเข้าโมเด็มต่อไป

• **โมเด็ม (MODEM)**

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้มอดูเลตสัญญาณที่ส่งออกจากสถานีและดีมอดูเลตที่รับเข้ามาจากดาวเทียม จากระบบการทำงานที่ได้อธิบายไปในหัวข้อก่อน เราทราบแล้วว่าสัญญาณที่ส่งออกจากสถานีแม่ข่ายจะอยู่ในรูปของสัญญาณ TDM ที่มีความเร็วสูงโดยสัญญาณข้อมูลจะออกไปในรูปแพคเก็ต ในขณะที่สัญญาณที่รับเข้ามาจะเป็นในลักษณะ Burst Signal ที่สถานีลูกแต่ละแห่งส่งเป็นช่วงตามแต่วิธีการเข้าหาช่องสัญญาณ

• **Digital Processor**

เป็นอุปกรณ์ที่จัดการด้านข้อมูลของผู้ใช้เพื่อจัดเส้นทางแล้วควบคุมการส่งข้อมูลดังกล่าวผ่านระบบสื่อสารดาวเทียม ในปัจจุบันนี้ได้มีการนำ แพกเก็ตสวิตช์ตามมาตรฐาน CCITT X.25 มาทำหน้าที่เป็นตัวจัดการ ทำให้การเชื่อมโยงระหว่างจุดต่างๆ ของผู้ใช้สามารถใช้โปรโตคอลได้หลากหลายมากขึ้น

• **ระบบจัดการและควบคุมเครือข่าย**

เพื่อช่วยให้การทำงานของระบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบการบริหารเครือข่ายจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ระบบควบคุมต้องสามารถควบคุมการทำงานของสถานีลูกข่ายทุกสถานี เช่น การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ และ Configurationของสถานีลูกข่ายแต่ละแห่งรวมทั้งการตรวจการทำงานที่ผิดพลาดของระบบและรายงานให้ที่สถานีแม่ข่ายทราบเพื่อแก้ปัญหา นอกจากนี้ระบบจัดการยังสามารถบอกถึงปริมาณการใช้งานของระบบ ทั้งในส่วนของแพคเก็ต การใช้ช่องสัญญาณดาวเทียม และปริมาณข้อมูลของสถานีลูกข่ายให้ผู้ควบคุมได้ทราบเพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนเพื่อรองรับการขยายตัวของเครือข่ายในอนาคต

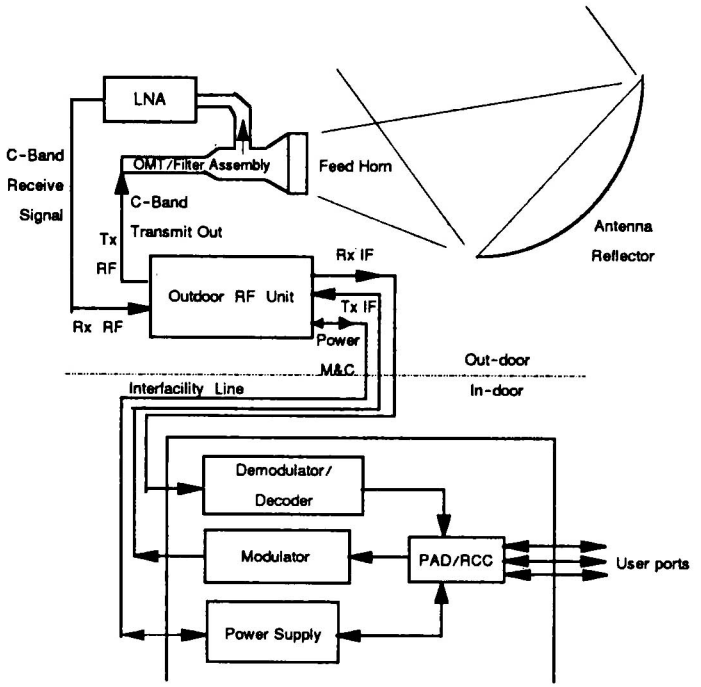
• **ระบบไฟฟ้าและระบบสนับสนุนอื่นๆ**

เพื่อให้การทำงานของสถานีแม่เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ระบบสนับสนุนต่างๆ เช่น ระบบไฟฟ้าสำรอง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบป้องกันอัคคีภัย ระบบปรับอากาศ จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องจัดเตรียมให้พร้อมที่จะใช้งานได้ตลอดเวลา

2. สถานีลูกข่าย (Remote Station)

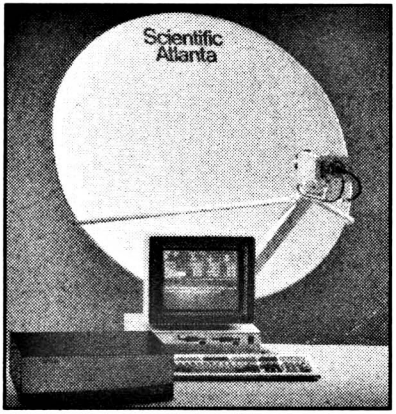
บางครั้งเรียกว่า VSAT Terminal มีอุปกรณ์ที่สำคัญดังนี้

- จานสายอากาศขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2 เมตร
- ท่อป้อนสัญญาณ (Feed) ส่วนใหญ่เป็น Corrugated Horn กับ LNA
- Outdoor RF Unit (ORU)
- Indoor Unit หรือ Digital Processor
- IFL Cable (Interfacility Link Cable)



ผังองค์ประกอบของสถานีลูกข่าย VSAT

VSAT Applications



สถานีลูกข่าย VSAT

ในปัจจุบันมีการติดตั้งเครือข่าย VSAT เพื่อใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ข้อดีของระบบเครือข่าย VSAT พอจะสรุปได้ดังนี้

1.สามารถควบคุมเครือข่ายได้จากต้นทางไปจนถึงปลายทาง คือ สถานีลูกข่าย

2.มีค่าใช้จ่ายคงที่ไม่ขึ้นกับระยะทาง

3.เหมาะสำหรับการติดต่อระหว่างจุดหนึ่งไปยังหลายๆจุด

4.มีความยืดหยุ่นเปลี่ยนแปลงขนาดของเครือข่ายได้ง่าย

5.ข้อมูลที่ส่งมีความเชื่อถือได้สูง ข้อมูลไม่หล่นหาย

6.ติดตั้งได้รวดเร็ว

ตัวอย่างการที่ผู้ใช้เลือกระบบ VSAT ไปใช้งานในธุรกิจต่างๆ มีดังนี้

Data Network

1. One-Way Communication เป็นการนำเอาระบบ VSAT ไปใช้ส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์แบบส่งทางเดียว จากจุดหนึ่งไปยังหลายๆจุด เป็นการกระจายข่าวสารที่มีประสิทธิภาพสูงและเป็นการใช้งานแบบแรกของระบบ VSAT กลุ่มผู้ใช้ที่นำระบบนี้ไปใช้ ได้แก่ บริษัทขายข้อมูลข่าวสารต่างๆ เช่น Reuters, Dow Jones สำหรับในประเทศไทยก็มีการนำเอา VSAT มาใช้สำหรับส่งข้อมูลทางเดียวเช่นกัน ตัวอย่างได้แก่ บริษัท Bisnews ซึ่งเป็นบริษัทขายข่าวสารข้อมูลด้านการซื้อขายหลักทรัพย์และอื่นๆ ส่วนตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยนำการใช้ระบบ VSAT แบบทางเดียวไปใช้กระจายราคาหุ้นแก่บริษัทตัวแทนค้าขายหลักทรัพย์ทั่วประเทศไทย

2. Two-Way Communication เป็นการนำระบบ VSAT ไปจัดเป็นเครือข่ายเพื่อเชื่อมโยงสาขาหรือสำนักงานของผู้ใช้จำนวนหลายๆ สถานีให้สามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลกับศูนย์คอมพิวเตอร์กลางได้ในลักษณะโต้ตอบกันได้ (Interactive) รวมทั้งการถ่ายโอนข้อมูล (File Transfer) เช่น ธุรกิจธนาคารใช้ในการเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ระหว่างสำนักงานใหญ่กับสาขาธนาคารทั่วประเทศ

Video Network

Video Teleconferencing เป็นการใช้งานอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำระบบ VSAT มาใช้ในองค์กรที่ต้องการกระจายสัญญาณภาพที่เป็นของตนเองหรือการโฆษณาไปยังสถานีรับสัญญาณเฉพาะที่อยู่ในเครือข่ายเท่านั้น การใช้งานอาจจะมีได้ทั้งในลักษณะทางเดียวหรือสองทาง คือ โต้ตอบกันก็ได้

เพราะท้องฟ้ากว้างขวาง
เพียงพอสำหรับทุกฝัน
ไม่ว่าใหญ่หรือเล็ก

ความฝันที่จะบินไปในท้องฟ้าให้ได้อย่างนก สร้างเครื่องบิน

ความฝันถึงภาพของดวงดาวท่ามกลางจักรวาลอันกว้างใหญ่ไพศาล สร้างกล้องดูดาว

ความฝันถึงชีวิตต่างดาวในฟากฟ้า สร้างนิยายวิทยาศาสตร์

ท้องฟ้าเป็นแรงบันดาลใจของมนุษย์มาทุกยุคทุกสมัย

จนทุกวันนี้ท้องฟ้ายังคงหล่อเลี้ยงความฝันของมนุษย์เรา

ด้วยการสื่อสารที่มีท้องฟ้าเป็นเส้นทาง...เทคโนโลยีอันล้ำหน้าของการสื่อสารผ่านดาวเทียม

สามารถเทลคอม นำระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านดาวเทียมมาช่วยให้ธุรกิจของคุณไปได้ถึงความฝันของแต่ละคน

ไม่ว่าคุณจะฝันถึงธุรกิจขนาดไหน ระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านดาวเทียมของสามารถเทลคอม จัดสรรได้พอเหมาะพอดีเฉพาะแต่ละขนาดธุรกิจ เฉพาะความต้องการที่แตกต่างกัน ด้วยการสื่อสารระหว่างเครือข่ายที่เป็นของคุณโดยเฉพาะ

ไม่ว่าจะเป็นการติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลจำนวนมากมายแค่ไหนผ่านคอมพิวเตอร์ คุณสามารถทำได้ฉับไวไม่ติดขัดตลอด 24 ชม.

เพียงแต่บอกความต้องการกับเรา สามารถเทลคอมสร้างระบบทั้งหมด จัดวางเครือข่ายที่เหมาะสม แก้ปัญหาการสื่อสารให้คุณ ด้วยความเชี่ยวชาญของผู้ที่อยู่ในธุรกิจการสื่อสารผ่านดาวเทียมมาโดยตลอด

ทีมงานมืออาชีพผู้ชำนาญการของเรา รู้จริงทางเทคโนโลยีเชี่ยวชาญที่จะใช้เทคโนโลยีจัดการปัญหาการสื่อสารของคุณอย่างได้ผลดีที่สุด

สิ่งที่คุณต้องทำคือฝันอย่างที่คุณอยากฝัน ฝันถึงธุรกิจเล็ก ๆ พอตัว ฝันถึงธุรกิจมูลค่าหลายพันล้าน ทุกฝันมีความสำคัญที่เราพร้อมที่จะตอบสนองอย่างเท่าเทียมกัน

เพราะเราเชื่อว่าภายใต้ท้องฟ้ามนุษย์ยังคงมีความฝัน

และความฝันพาให้มนุษย์ก้าวหน้าต่อไปไม่หยุดยั้ง

SAMART TELCOMS

คุณครอบครองท้องฟ้ากว้างสำหรับการสื่อสาร

CHAPTER

7

Master Earth Station Installation

Each earth station is an important part of satellite telecommunication. It links between the user and the satellite. Thus, each earth station will require a special engineering design to meet the customer's applications. In designing the ground segment, link calculation budget is required to determine the size of the antenna at the master station and at remote sites, and required transmission power. Other than the link calculation budgets, the site selection and preparation for site installation is also an important aspect in designing the ground segment. A good site selection and preparation will help to clear up the interference of unwanted satellite signal for efficient satellite communication.

Site Selection and Preparation for Equipment Installation

Before installing the telecommunication equipment, a site survey is required to determine the best site selection to avoid RF interference. In site selection for installation of the earth station, three important factors must be determined and can be described as follow:-

1. Physical Location : the location of installing an antenna that is in-line with the geostationary arc must be cleared of any obstruction. There must also be enough space for future equipment maintenance and adjusting the antenna vertically and horizontally. In addition, the length of the cable between the outdoor and indoor units

must also be determined for an efficient signal. Other considerations such as building foundations to support the total weight of the earth station, and wind load must be taken into consideration.

2. Radio Frequency Interference : the location of the earth station must be cleared from radio frequency interference which may come from other sources such as terrestrial microwave and radar system.

3. Environment : We must study in detail the overall surroundings and conditions of the location such as wind speed, climate, and power source, etc.

Earth Station Line Up and Verification Test

The earth station, once installed, is adjusted to receive and transmit signals according to the specifications. Parameters requiring adjustment and inspection comprise the following

- Antenna Pointing
- Antenna Pattern
- Transmission Power Level
- Cross Polarization Isolation

บทที่

7

การติดตั้งสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน

การติดตั้งสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งสำหรับระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม เนื่องจากสถานีดาวเทียมเป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับส่งสัญญาณติดต่อกับดาวเทียมและเชื่อมโยงกับผู้ใช้งานภาคพื้นดินที่ต้องการการสื่อสารที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูง สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินแต่ละสถานีในระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมจะได้รับการออกแบบเพื่อให้ใช้งานกับดาวเทียมแต่ละดวง ตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งการออกแบบดังกล่าวส่วนหนึ่งจะได้มาจากการคำนวณ Link Budget ซึ่งได้อธิบายไว้ในบทที่ 5 แล้ว ทำให้สามารถระบุขนาดของจานสายอากาศที่ใช้สำหรับสถานีแม่ข่าย สถานีลูกข่าย อุปกรณ์เครื่องส่งที่แต่ละสถานีต้องการใช้ได้ ดังนั้นสิ่งสำคัญต่อมา ก็คือขั้นตอนการติดตั้งสถานีดาวเทียมแต่ละสถานีนั้นเพื่อให้ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์และไม่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนแก่ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมในระบบอื่นๆด้วย

การเลือกสถานที่และการเตรียมสถานที่ติดตั้ง

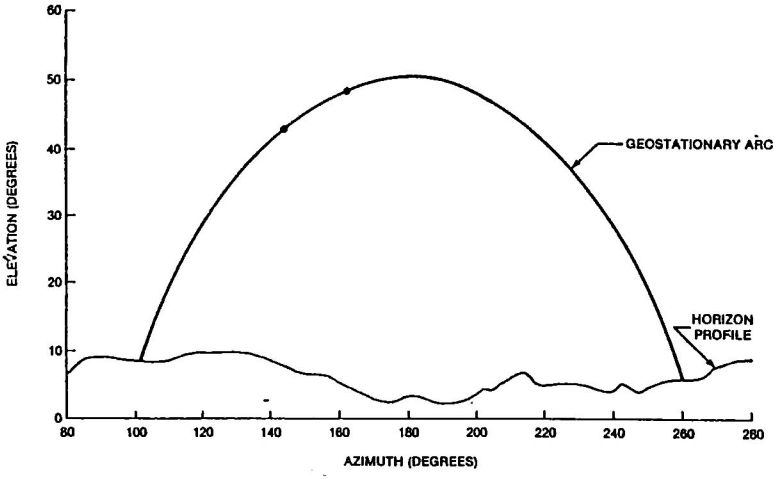
วิธีการในการเลือกสถานที่ติดตั้งสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน (Earth Station) นั้นจะต้องคำนึงถึงเรื่องการสำรวจสถานที่ตั้ง (Site Survey) สัญญาณรบกวนที่เกิดจากความถี่คลื่นวิทยุ (Radio Frequency Interference RFI) ฯลฯ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วจะขึ้นอยู่กับความจำเป็นและความต้องการในการเลือกขนาดของสถานีนั้นๆ

ปัจจัยที่จะต้องคำนึงถึงในการเลือกสถานที่ตั้งสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินคือ

- ตำแหน่งที่ตั้ง (Physical Location)
- สัญญาณรบกวนจากความถี่คลื่นวิทยุ (Radio Frequency Interference)
- สภาพแวดล้อมโดยทั่วไป (Environment)

• **ตำแหน่งที่ตั้ง (Physical Location)**

1. สถานที่ตั้งของสถานีดาวเทียม จะต้องไม่มีสิ่งกีดขวางแนวทางเดินของคลื่นระหว่างหน้าจานสายอากาศกับแนวทางโคจรของดาวเทียม (Geostationary Arc) ตลอดช่วงอายุการใช้งานของสถานีดาวเทียม



LOCUS OF SATELLITE LOOK ANGLES AT A PROPOSED EARTH STATION SITE

Geostationary Arc

2.บริเวณที่ติดตั้งจานสายอากาศจะต้องมีที่ว่างพอที่จานสายอากาศจะหมุนทั้งแนวนอนและแนวตั้ง และมีบริเวณมากพอที่จะใช้ทำการซ่อมบำรุงรักษาในอนาคต

3.ในกรณีที่สถานีดาวเทียมดังกล่าวต้องต่อเชื่อมกับระบบงานอื่นเช่น ระบบสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์ ระบบโทรศัพท์ ควรต้องคำนึงถึงระยะทางของสายสัญญาณและแนวที่จะเดินสายสัญญาณ

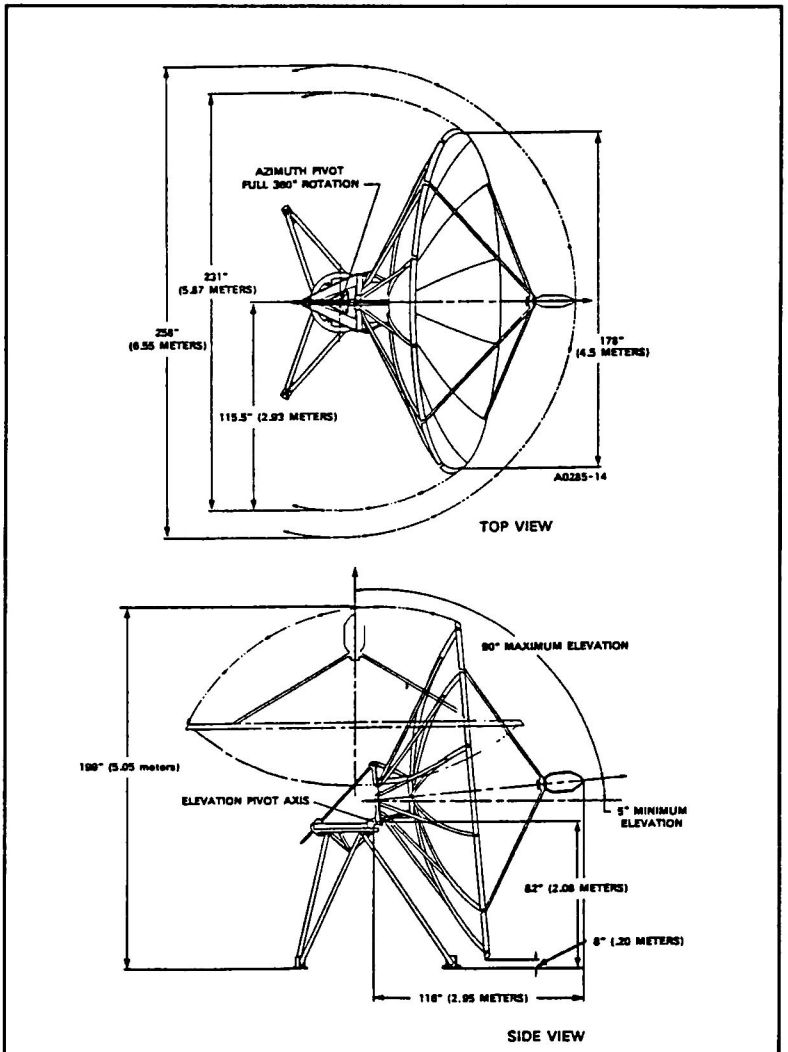
4.บริเวณสถานที่ที่ต้องการติดตั้งสถานีดาวเทียม ควรจะแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักของจานสายอากาศและสิ่งก่อสร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งจานสายอากาศที่มีขนาดใหญ่ของสถานีแม่ข่ายซึ่งจะมีโครงสร้างของจานสายอากาศที่มีน้ำหนักมาก

5.กรณีที่ต้องติดตั้งจานสายอากาศบนพื้นดิน ควรคำนึงถึงโอกาสในการเกิดน้ำท่วม แผ่นดินไหว และ การทรุดตัวของพื้นดินด้วย

6.กรณีที่ต้องติดตั้งจานสายอากาศบนอาคารต้องพิจารณาถึงความสามารถในการรับน้ำหนักของพื้นอาคาร ดังกล่าวโดยละเอียด (โดยปกติพื้นอาคารทั่วไปสามารถรับน้ำหนักได้ 250-600 Kgs./ตารางเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและโครงสร้างของตัวอาคารและพื้นอาคาร) ซึ่งการทำฐานจานสายอากาศพิเศษเพื่อกระจายน้ำหนักของจานสายอากาศให้มีน้ำหนักต่อตารางเมตรลดลงอยู่ในพิกัดที่ปลอดภัยเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง

7. การคิดน้ำหนักจานสายอากาศจะต้องรวมแรงต้านลม (Wind Load) เข้าไปด้วย ซึ่งค่าแรงต้านลมจะมีอยู่ใน

คุณสมบัติเฉพาะ (Specification) ของตัวจานสายอากาศ ส่วนข้อมูลของแรงลมที่เกิดขึ้นบริเวณที่ติดตั้งสถานีดาวเทียม นั้นเป็นข้อมูลที่เป็นสถิติของแต่ละภูมิภาค ซึ่งสามารถนำมาให้วิศวกรโครงสร้างในการคำนวณการรับน้ำหนักของฐานจานสายอากาศได้อย่างถูกต้องและปลอดภัยต่อการใช้งาน

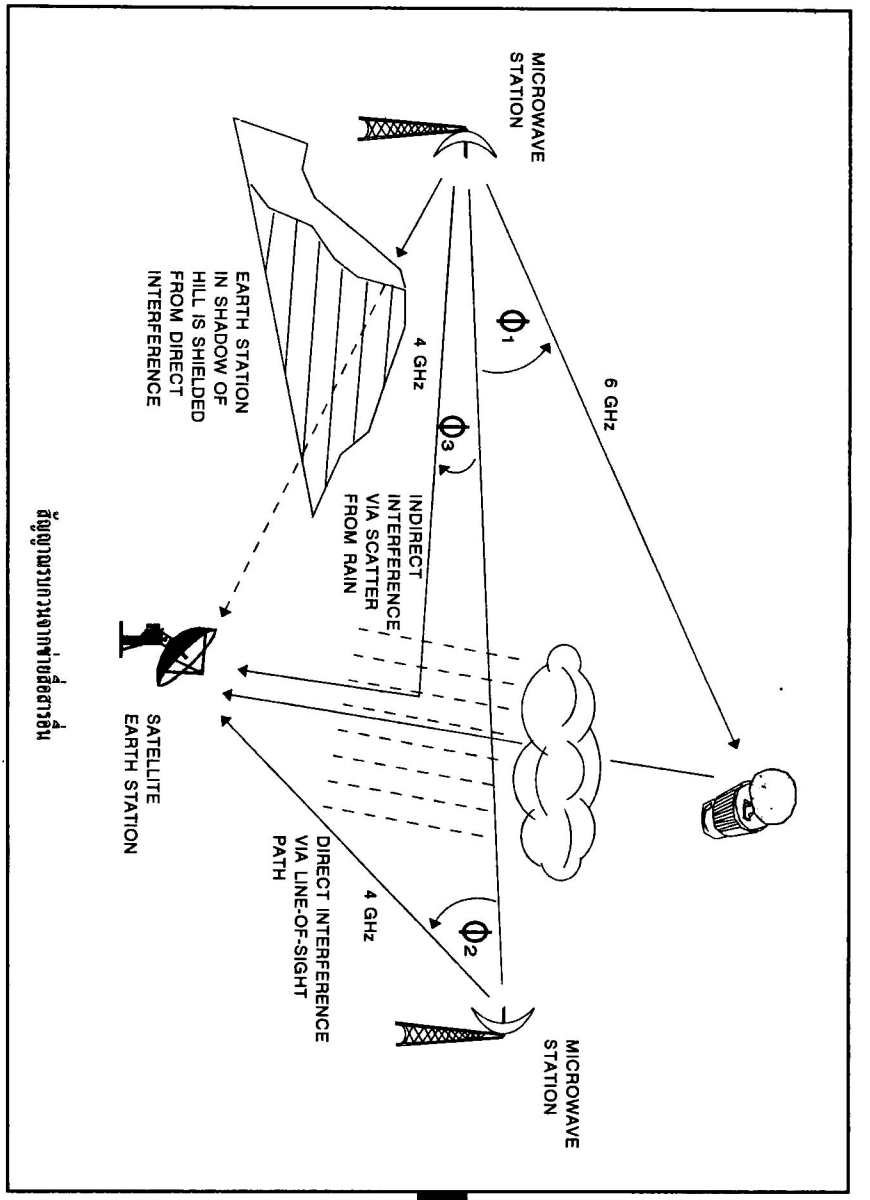


Clearance Requirements for 4.5-Meter Antenna

Operation Clearance

• **สัญญาณรบกวน (RF Interference)**

สัญญาณรบกวน (RF Interference) ทางภาคพื้นดินซึ่งอาจจะเกิดขึ้นในบริเวณสถานที่ตั้งสถานีดาวเทียม ซึ่งสถานีดาวเทียมอาจรับมาพร้อมกับสัญญาณที่จะรับจริง จึงทำให้คุณภาพของสัญญาณที่รับมาได้ลดลงหรือรับไม่ได้เลย โดยปกติแล้ว แหล่งที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนภาคพื้นดินที่สำคัญๆมี 2 แหล่ง คือ



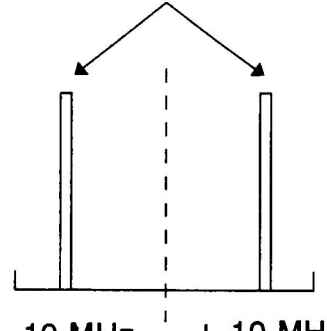
1. สัญญาณรบกวนที่เกิดจากอุปกรณ์สื่อสารอื่นๆ เช่น เซลล์ของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบไมโครเวฟที่ใช้ความถี่เดียวกันกับความถี่ดาวเทียม เช่น ความถี่ย่าน C Band ที่ 6 GHz เป็นต้น

2. สัญญาณรบกวนที่เกิดจากการเหนี่ยวนำจากระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง

3. สัญญาณรบกวนที่เกิดจาก Third Harmonic Emissions จากระบบเรดาร์ของสนามบิน เป็นต้น

SOLUTION OF TERRESTRIAL INTERFERENCE PROBLEMS

Potential TI Positions



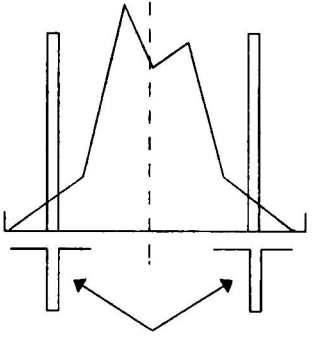
- 10 MHz + 10 MHz

36 MHz

Transponder

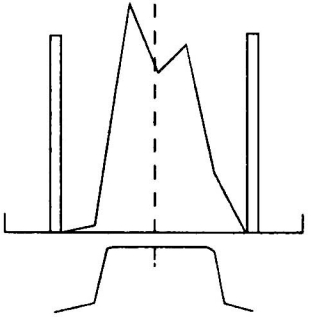
TI Removal By Filtering

Full-Bandwidth Video



IF Notch-Filters

Reduced-Bandwidth Video



IF Bandpass Filter

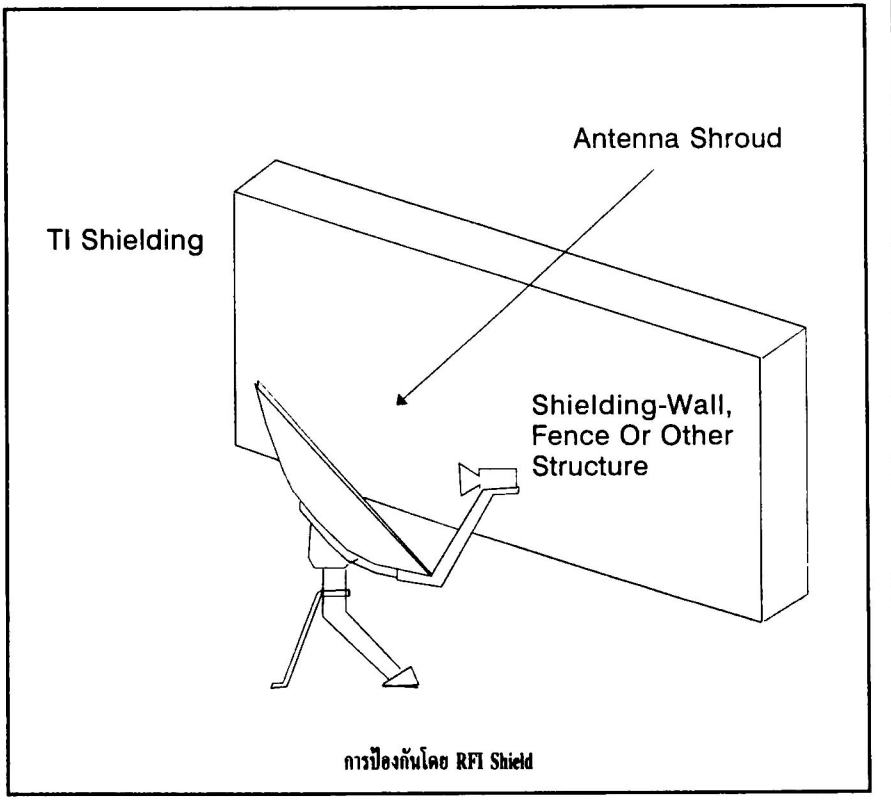
การป้องกันโดย RFI Filter

การเตรียมการเพื่อลดปัญหาอันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวน

เพื่อที่จะลดปัญหาที่เกิดจากสัญญาณรบกวนนั้น จะมีหลักในการเลือกสถานที่และการแก้ไขในกรณีที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงสถานที่ดังกล่าวได้ ดังนี้

1. ทำการสำรวจสัญญาณคลื่นรบกวน (Radio Frequency Interference Survey) ในบริเวณที่จะติดตั้งเพื่อตรวจหาสัญญาณคลื่นวิทยุความถี่ต่างๆ ที่อาจจะรบกวนระบบได้

2. กรณีที่ติดตั้งบนพื้นดินควรเลือกสถานที่ที่เป็น อ่าง กะทะ หรือที่ลุ่ม เพื่อที่จะใช้ข้อได้เปรียบของพื้นที่ในการป้องกันสัญญาณรบกวน ถ้าเราไม่สามารถหาพื้นที่ที่มีลักษณะทางธรรมชาติเช่นนี้ได้เราสามารถสร้างแนวป้องกันสัญญาณรบกวนขึ้นเอง (RFI Shield) หรือเราอาจจะใช้อุปกรณ์ในการกำจัดสัญญาณรบกวน (RFI Filter) แต่อย่างไรก็ดีวิธีนี้จะซับซ้อนและราคาสูงกว่าการสร้างแนวป้องกันสัญญาณรบกวน



การป้องกันโดย RFI Shield

3. ในกรณีที่พื้นที่นั้น ๆ อยู่ใกล้กับชายทะเล ซึ่งอาจจะมีสัญญาณรบกวนที่เกิดจาก Radar ที่ใช้ในเรือเดินทะเล ฉะนั้น จึงควรหาทางป้องกันสัญญาณรบกวนชนิดนี้ด้วย

4. ในกรณีที่สถานที่ตั้งอยู่ใกล้กับ High-Voltage Power Line ซึ่งโดยปกติจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นโดยรอบ จึงไม่ควรตั้งสถานีดาวเทียมไว้ใกล้กับ High-Voltage Power Line มากเกินกว่า 200-300 เมตร

5. ในพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับท่าอากาศยาน จะต้องคำนึงถึงการรบกวนที่เกิดจากสัญญาณรบกวนที่เกิดจาก Radar ซึ่งถูกส่งออกมาจากสนามบินและแนวทางบินของเครื่องบินด้วย

• สภาพแวดล้อมโดยทั่วไป (Environment)

ในการเลือกตำแหน่งที่ตั้ง ควรทำการศึกษาสภาพแวดล้อมของพื้นที่ด้วย เช่น

1. ความเร็วลมโดยเฉลี่ยและสูงสุด และทิศทางของลม ซึ่งจะต้องนำมาใช้ในการคำนวณน้ำหนักของฐานจานสายอากาศของสถานีดาวเทียมที่จะต้องรับ

2. ปริมาณน้ำฝน ซึ่งจะมีผลในการสื่อสารผ่านดาวเทียม ซึ่งฝนโดยปกติจะลดทอนกำลังของสัญญาณที่ส่งมาจากสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินหรือจากดาวเทียมเอง นอกจากนี้น้ำฝนมีโอกาสทำให้อุปกรณ์รับส่งสัญญาณที่ติดตั้งภายนอกอาคารมีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำลงหรือเสียหายได้ในกรณีที่เกิดการรั่วซึมเข้าไปในตัวอุปกรณ์ดังกล่าว จึงต้องมีการป้องกันเรื่องนี้ด้วย

3. อุณหภูมิและความชื้น โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ติดทะเล จะต้องพิจารณาความเค็มในอากาศเพื่อหาทางป้องกันการเกิดสนิมในโครงสร้างของจานสายอากาศและสายนำสัญญาณและข้อต่อต่างๆ ซึ่งจะเป็นปัญหากับสถานีดาวเทียมในระยะยาว

4. ระบบไฟฟ้าที่จะนำมาใช้กับสถานีดาวเทียม ควรตรวจสอบให้ได้ตามมาตรฐานของอุปกรณ์ที่จะนำมาติดตั้งในกรณีที่ระบบไฟฟ้าไม่ได้ตามมาตรฐาน เช่น แรงดันไฟฟ้าสูงหรือต่ำกว่ามาตรฐานเกินกว่า 10% หรือมีไฟกระชาก หรืออาจมีไฟดับ ไฟตกบ่อย ควรจัดหาอุปกรณ์ป้องกันปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ อุปกรณ์ป้องกันปัญหาจากระบบไฟฟ้า เช่น Voltage Stabilizer, Line Conditioner หรือ Uninterruptable Power Supply (UPS) เป็นต้น

5. แหล่งจ่ายไฟฟ้า ซึ่งจ่ายให้แก่สถานีดาวเทียม โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถานีแม่ข่าย ที่เป็นหัวใจสำคัญในการทำงานของระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่มีสถานีลูกข่ายจำนวนมาก ควรจะมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไว้ใช้ในยามที่ระบบไฟฟ้าสาธารณะไม่อาจจ่ายไฟให้ได้เป็นเวลานานๆ

6. ระบบระบายอากาศ เนื่องจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยทั่วไปมักจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อมีการทำงานและอุณหภูมิดังกล่าว มักเป็นสาเหตุให้อุปกรณ์เสื่อมสภาพได้เร็วขึ้นและมีประสิทธิภาพการทำงานลดลงได้ ดังนั้นบริเวณสถานที่ติดตั้งควรมีระบบระบายอากาศที่ดีพอหรืออาจมีการติดระบบปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิก็จะช่วยให้อุปกรณ์ทำงานได้มีประสิทธิภาพดีและอายุใช้งานมากขึ้น โดยเฉพาะอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณที่ติดตั้งภายในอาคาร (In-door Unit)

การติดตั้งสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน

หลังจากที่มีการเตรียมสถานที่ติดตั้งอย่างถูกต้องแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการติดตั้งสถานีดาวเทียมซึ่งสามารถแบ่งการติดตั้งออกได้ตามชนิดของอุปกรณ์ที่จะติดตั้ง ที่สำคัญมีด้วยกัน 4 ส่วนคือ

- ชุดจานสายอากาศ
- ชุดอุปกรณ์รับส่งสัญญาณที่ติดตั้งอยู่ภายนอกอาคาร (Outdoor Equipment)
- ชุดอุปกรณ์รับส่งสัญญาณที่ติดตั้งภายในอาคาร (Indoor Equipment)
- สายนำสัญญาณ

การติดตั้งจานสายอากาศ

เมื่อเลือกจุดที่จะทำการติดตั้งได้แล้ว ถ้าหากว่าจะต้องทำฐานคอนกรีตจะต้องใช้แบบ (Template) ที่ทางผู้ผลิตให้มาพร้อมทั้งปรับระดับระนาบด้วย และคอนกรีตที่ผสมจะต้องได้มาตรฐานที่กำหนดไว้ เช่น 3000 PSI เมื่อคอนกรีตครบกำหนด จึงเริ่มทำการติดตั้งโดยเริ่มจากฐานล่าง (Feet) ในส่วนนี้ต้องทำการติดตั้งสายดินด้วย เมื่อประกอบตามขั้นตอนจนกระทั่งถึง Hub ซึ่งจะต้องทำการตรวจสอบระดับน้ำด้วย เพื่อให้การปรับมุมระนาบ (Azimuth) และมุมยก (Elevation) ได้ความแม่นยำต่อการรับสัญญาณจากดาวเทียม จากนั้นประกอบส่วนของแผ่นสะท้อนหลัก (Main Reflextor) ซึ่งต้องรักษาสภาพความโค้งของรูป Parabolar ไว้ จากนั้นทำการประกอบชุด Feed และ แผ่นสะท้อนคลื่นย่อย (Subreflextor) ซึ่งจะต้องสัมพันธ์กับจุดโฟกัสของแต่ละส่วนด้วย

• การติดตั้งอุปกรณ์รับส่งสัญญาณดาวเทียมที่ติดตั้งภายนอกอาคาร (Outdoor Equipment)

สำหรับสถานีดาวเทียมขนาดเล็กในปัจจุบัน อุปกรณ์การรับ-ส่งสัญญาณดาวเทียมมักจะมีการผลิตให้มีอุปกรณ์ที่สามารถติดตั้งใช้งานอยู่ภายนอกอาคาร เช่น Low Noise Amplifier (LNA) , High Power Amplifier (HPA) เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้เป็นอุปกรณ์ที่ต้องทำการติดตั้งอยู่ใกล้กับจานสายอากาศมากที่สุดเพื่อลดการลดทอนสัญญาณเนื่องจากสายนำสัญญาณ ตัวอย่างเช่น สัญญาณที่รับได้จากดาวเทียมที่มีกำลังต่ำมากควรได้รับการป้อนเข้า LNA เพื่อขยายสัญญาณให้มีกำลังที่สูงขึ้นก่อนที่จะส่งต่อไปยังภาคอื่นๆ ต่อไป

อุปกรณ์ Outdoor เหล่านี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้ทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ และอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง แต่อย่างไรก็ตามการติดตั้งอุปกรณ์ Outdoor ก็ยังต้องมีมาตรฐานในการติดตั้งเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างคงทนต่อไป ดังนี้

1.อุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณที่ติดตั้งภายนอกอาคาร (Outdoor Unit) ทุกเครื่องควรได้รับการต่อสายดินอย่างถูกต้อง เพื่อเป็นการป้องกันการเสียหายต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายใน

2.การป้องกันความชื้นและน้ำซึมเข้าสู่เครื่อง เนื่องจากสภาพภูมิอากาศของเสถานที่ติดตั้ง ตัวอย่างเช่น ในประเทศไทยที่มีฝนตกชุกในฤดูฝนทำให้อุปกรณ์อาจจะเกิดการเสียหายได้ง่าย จากการที่น้ำซึมเข้าตามรอยต่อของอุปกรณ์สายนำสัญญาณ ซึ่งควรได้รับการป้องกันโดยการใช้เทปกันน้ำพันในจุดที่เป็นรอยต่อทุกจุดให้แน่นหนา

• **การติดตั้งอุปกรณ์รับส่งสัญญาณที่ติดตั้งภายในอาคาร (Indoor Unit)**

อุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในอาคารเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อกับผู้ใช้งานเช่น Satellite Modem และ Multiplexer เป็นต้น อุปกรณ์ทั้งหมดนี้จะบรรจุในชั้นวางอุปกรณ์เพื่อความเป็นระเบียบและความปลอดภัยในการใช้งาน ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้ทำการติดตั้งภายในอาคารเพื่อสะดวกต่อการเชื่อมต่อกับระบบอื่นๆ เช่น ระบบคอมพิวเตอร์ ระบบโทรศัพท์ เป็นต้น ดังนั้นสถานที่ติดตั้งควรอยู่ในตำแหน่งที่สามารถติดต่อกับระบบอื่นได้โดยสะดวก เช่น ถ้าเชื่อมโยงเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์ด้วยมาตรฐาน V.24/RS 232 การเดินสายสัญญาณไม่ควรยาวเกินกว่า 15 เมตร เป็นต้น ควรมีระบบปรับอากาศหรือระบบระบายอากาศที่ดีพอสมควร และที่สำคัญอีกประการคือ ระบบไฟฟ้าและระบบ Ground ที่ได้มาตรฐาน

การติดตั้งสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินที่ได้รับการติดตั้งที่ถูกต้องตามวิธีการแล้วจะทำให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธภาพและมีความเชื่อถือได้ (Reliability) สูง แต่อย่างไรก็ตามการใช้งานระบบอย่างถูกต้องก็เป็นสิ่งสำคัญด้วยเช่นกัน

• **การเดินสายสัญญาณ**

อุปกรณ์รับส่งสัญญาณดาวเทียมที่ติดตั้งใช้งานกับสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินนั้น ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆเข้าด้วยกันด้วยสายนำสัญญาณชนิดต่างๆตามการใช้งาน เช่น ท่อนำสัญญาณ (Waveguide) ชนิด Elliped Waveguide ชนิด Flexible Waveguide ชนิด Heliax Cable หรือ Coaxial Cable เป็นต้น ซึ่งสายนำสัญญาณต่างชนิดกันจะมีคุณสมบัติในการนำสัญญาณที่ต่างกันตามย่านความถี่ของสัญญาณที่ใช้งานและที่สำคัญคือการเชื่อมต่อจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดจากผู้ผลิตอุปกรณ์ เช่น ความถี่ที่ใช้งานย่าน C Band ที่ 6 GHz ซึ่งต้องการการลดทอนสัญญาณต่ำ ต้องใช้ Waveguide เป็นตัวนำสัญญาณ เป็นต้น

การติดตั้งสายนำสัญญาณมีวิธีการขั้นตอนที่ต้องพิจารณาดังนี้

1. การติดตั้งสายนำสัญญาณชนิด Waveguide ต่างๆ ซึ่งจะใช้งานสำหรับสัญญาณความถี่สูงเช่นย่านความถี่ C Band เป็นต้น ตัว Waveguide ไม่ว่าชนิดใดก็ตามจะมีโครงสร้างเป็นท่อที่ภายในกลวง ดังนั้นการติดตั้งต้องไม่ทำให้ท่อนำสัญญาณดังกล่าวบุบหรือคดงอซึ่งจะทำให้เกิดการลดทอนกำลังของสัญญาณได้ สำหรับกรณีการติดตั้งที่ต้องการการหักมุมต่างๆ เราสามารถเลือกใช้ท่อนำสัญญาณชนิดคดงอได้ (Flexible Waveguide) นอกจากนี้ภายในท่อนำสัญญาณต้องมีการป้องกันไม่ให้มีความชื้นเข้าภายใน เนื่องจากจะทำให้เกิดการผุกร่อนของท่อนำสัญญาณและลดทอนสัญญาณด้วยซึ่งการติดตั้งต้องมีการป้องกันความชื้นเหล่านี้ด้วย กรณีสถานีดาวเทียมขนาดใหญ่มักจะมีเครื่องมือกำจัดความชื้นในเส้นท่อนำสัญญาณที่เรียกว่า Dehydrator ที่จะทำหน้าที่ไล่ความชื้นในเส้นท่ออย่างสม่ำเสมอ และเนื่องจากภายในท่อนำสัญญาณเป็นท่อที่มีลักษณะปิดดังนั้นจึงต้องควบคุมความดันอากาศภายในท่อนำสัญญาณด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้ท่อมีการโป่งหรือบุบโดยใช้เครื่องมือชนิดเดียวกันนี้

2. การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ Outdoor และ Indoor ต้องการสายนำสัญญาณตามระยะทางที่ต้องการใช้งาน ซึ่งสายนำสัญญาณจะมีค่าการลดทอนของสัญญาณในสาย ดังนั้นถ้าต้องใช้สายความยาวมากอาจทำให้สัญญาณที่ส่งออกมาจากอุปกรณ์ด้านส่ง และเมื่อไปถึงด้านรับสัญญาณอาจมีระดับต่ำเกินกว่าอุปกรณ์ด้านรับจะสามารถรับสัญญาณได้ ระยะความยาวของสายนำสัญญาณขึ้นอยู่กับชนิดของสายนำสัญญาณ โดยทั่วไปสายที่ใช้ย่านความถี่ L-Band ที่ 1 GHz

ไม่ควรจะยาวเกินกว่า 100 เมตร

3. ทางเดินสายนำสัญญาณ ควรมีแนวเส้นทางที่เป็นระเบียบและอยู่ในรางหรือท่อสำหรับเดินสายนำสัญญาณโดยเฉพาะ และไม่ควรเดินสายนำสัญญาณร่วมกันหรืออยู่ในแนวเดียวกันกับ สายไฟฟ้าแรงสูง เพราะอาจเกิดการเหนี่ยวนำทำให้เกิดสัญญาณรบกวนได้

4. ควรทำสัญลักษณ์ที่ปลายสายสัญญาณ เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการต่อสายและสะดวกในการแก้ไขปัญหากับสายนำสัญญาณดังกล่าวในภายหลัง

การปรับแต่งและการตรวจสอบสถานีดาวเทียม (Earth Station Lineup and Verification Test)

สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินที่ได้รับการติดตั้งแล้ว ต้องได้รับการปรับแต่งให้มีการรับส่งสัญญาณเป็นไปตามที่ออกแบบไว้และเป็นไปตามข้อกำหนดของเจ้าของดาวเทียมต่างๆ เช่น PALAPA หรือ ASIASAT เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้การใช้งานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและไม่ก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนแก่ระบบอื่นๆ

พารามิเตอร์ในการติดตั้งสถานีดาวเทียมที่ต้องได้รับปรับแต่งและการตรวจสอบได้แก่

- การปรับทิศทางการรับสัญญาณ (Antenna Pointing)
- การปรับรูปแบบการส่งสัญญาณ (Antenna Cut-Pattern)
- การปรับระดับสัญญาณ (Level Adjustment)
- การปรับ Cross Polarization

- การปรับทิศทางการรับสัญญาณ (Antenna Pointing)

เมื่อการติดตั้งเสร็จสิ้นสิ่งแรกที่จะต้องกระทำคือการปรับทิศทางของจานสายอากาศให้ตรงกับดาวเทียมที่ต้องการใช้งาน ซึ่งมีตัวแปรเบื้องต้นที่จำเป็นต้องทราบคือเส้นรุ้งของดาวเทียมเทียบกับทิศตะวันออก เช่น ดาวเทียม PALAPA B4 อยู่ที่ตำแหน่ง 118° ตะวันออก ตัวแปรตัวถัดไปคือเส้นรุ้งและเส้นแวงของสถานีภาคพื้นดิน เช่น กรุงเทพฯ มีตำแหน่งเส้นรุ้งที่ 100.5° เส้นแวงที่ 13.85° จากนั้นนำมาคำนวณหาค่ามุม Azimuth และมุม Elevation จากสมการ

$$AZ = \cos^{-1}\left[\tan\theta_E \cdot \left(\frac{1}{\tan(\cos^{-1}(\cos\theta_E \cdot \cos(\phi_E - \phi_S)))}\right)\right] \text{Degree}$$

$$EL = \tan^{-1}\left[\frac{6.62 - \cos\rho}{\sin\rho}\right] - \rho \qquad \text{Degree}$$

$$\rho = \cos^{-1}\left[\cos\theta_E \cdot \cos(\phi_E - \phi_S)\right]$$

ซึ่ง θ_E = Latitude of Earth Station

ϕ_E = Longtitude of Earth Station

ϕ_S = Longtitude of Satellite

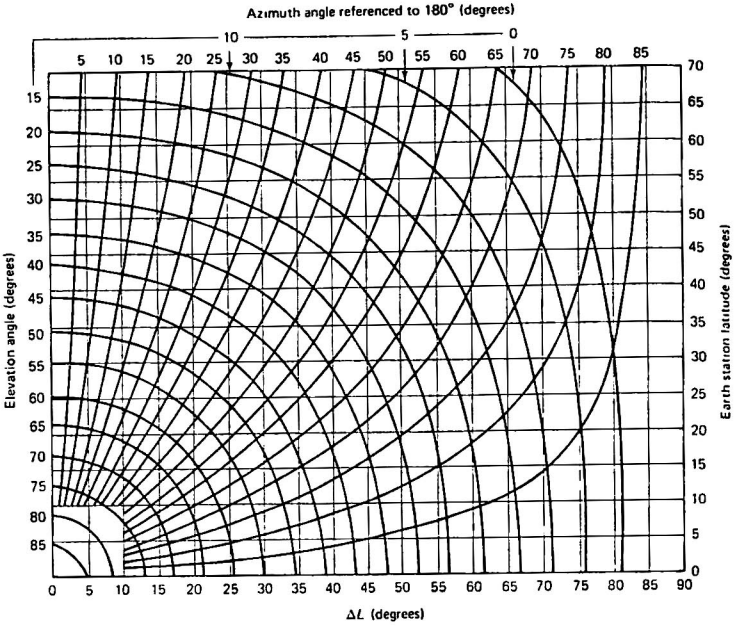
ดังนั้น $AZ = 180^\circ - 52.794^\circ = 127.206^\circ$

$EL = 64.024^\circ$

หรือใช้ข้อมูลจากตารางในการหา ค่าก็ได้เช่นกัน

โดย $\Delta L = \phi_S - \phi_E$

ดังนั้น $\Delta L = 118^\circ - 100.5^\circ = 17.5^\circ$ นำไปเทียบค่าในตาราง



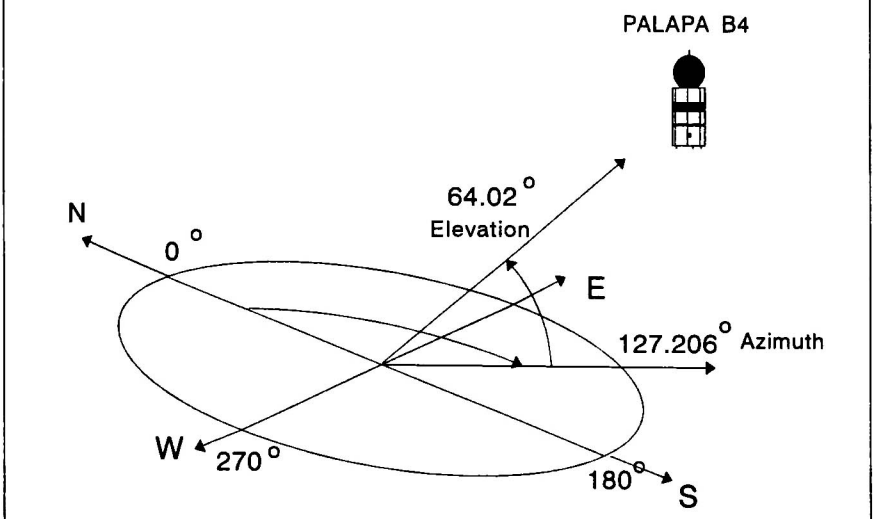
Azimuth and elevation angle for earth stations located in the northern hemisphere (referred to 180°).

ตารางหาค่ามุม Azimuth และ Elevation ของสถานีภาคพื้นดิน

เมื่อได้ค่ามุม Azimuth และมุม Elevation แล้วจึงทำการปรับทิศทางของจานสายอากาศโดยคร่าวๆ จากนั้นทำการปรับละเอียดโดยใช้เครื่องมือวัดชื่อ Spectrum Analyzer อีกครั้งหนึ่ง

• การปรับรูปแบบการส่งสัญญาณ (Antenna Cut-Pattern)

โดยปกติแล้ว Antenna Pattern จะมีระบุไว้เป็นคุณสมบัติเฉพาะ (Specification) ของจานสายอากาศ จากการทดสอบโดยโรงงานผลิต แต่อย่างไรก็ตามจานสายอากาศขนาดใหญ่ที่มีการแบ่งเป็นชิ้นส่วนย่อยๆเพื่อการขนส่งต้องได้รับการประกอบขึ้นใหม่ระหว่างการติดตั้ง จึงต้องมีการตรวจสอบว่าการติดตั้งนั้นยังคงทำให้จานสายอากาศยังมี Pattern



การมองตำแหน่งดาวเทียมจากสถานีภาคพื้นดิน

ของสัญญาณเป็นไปตาม Specification หรือที่เรียกว่าการ Cut Pattern โดย Pattern ที่ได้ต้องมีสัญญาณ 1st Sidelobe เทียบกับ Mainlobeไม่ต่ำกว่า มาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยปกติจะมีค่าไม่น้อยกว่า 14 dB เพราะถ้า Sidelobe มีค่าสูงเกินไปจะทำให้สัญญาณที่ส่งออกจากจานสายอากาศไปรบกวนดาวเทียมดวงข้างเคียงได้ และในทำนองเดียวกันก็อาจไปรับสัญญานจากดาวเทียมดวงข้างเคียงมารบกวนสัญญาณของสถานีนั้นๆ ได้เช่นกัน และ เปรียบเทียบ 1st Sidelobe กับส่วนที่ลึกที่สุด (Deep Null) ระหว่าง Mainlobe กับ 1st Sidelobe เพื่อแยกการรับ-ส่งสัญญาณระหว่าง Mainlobe กับ Sidelobe ให้มีความชัดเจนมากที่สุด (Selectivity หรือ Directivity)

สำหรับจานสายอากาศขนาดเล็ก เช่น จาน VSAT ที่มีจานสะท้อนคลื่นชิ้นเดียว อาจจะไม่จำเป็นต้องทำการ Cut Pattern เนื่องจากจานสายอากาศจะไม่มีการเปลี่ยนรูปไปจากเดิมหลังการติดตั้ง

• การปรับระดับสัญญาณ (Level Adjustment)

ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้น ข้อจำกัดในการใช้งานช่องสัญญาณดาวเทียม (Transponder) จะถูกจำกัดโดยผู้ที่เป็นเจ้าของดาวเทียม (Satellite Operator) ในรูปของ Bandwidth และ Power ที่ได้รับตามสัดส่วนของปริมาณการเช่าช่องสัญญาณดาวเทียมดังกล่าว การที่ต้องมีการจำกัดค่ากำลังงานที่ใช้ส่งจากจานสายอากาศ (Effective Isotropic Radiated Power หรือ EIRP) เนื่องจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ภาคขยายสัญญานบนดาวเทียม (HPA) เช่น ชนิด Travelling Wave Tube Amplifier (TWTA) หรือ Solid State Power Amplifer (SSPA) เป็นต้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 เกี่ยวกับตัวดาวเทียม

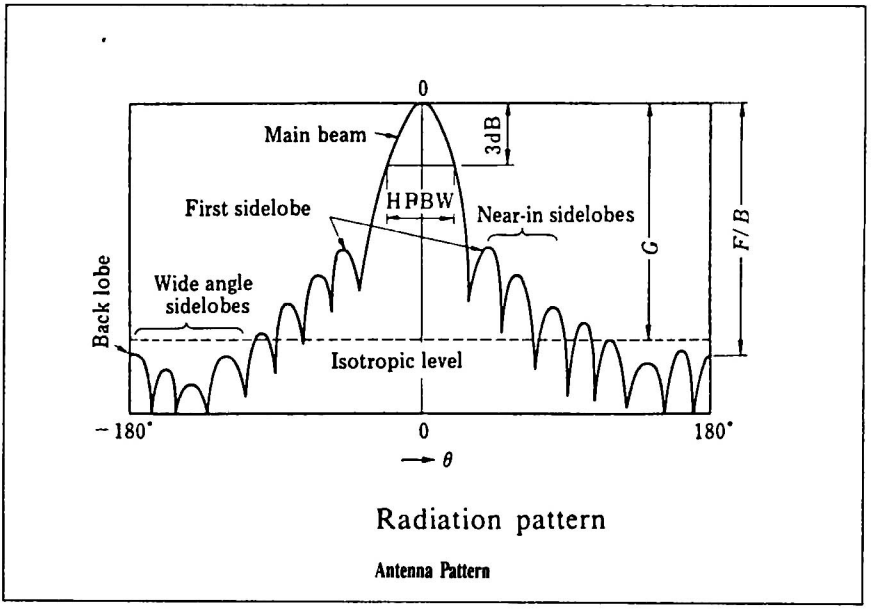
การจำกัดการใช้กำลังงานของช่องสัญญาณดาวเทียมนั้นก็เพื่อป้องกันการเกิดสัญญาณรบกวนอันเนื่องมาจาก

การทำงานผิดเพี้ยนของภาคขยายสัญญาณเมื่อทำงานที่กำลังขยายใกล้จุดอิ่มตัว (Saturation) ที่เรียกว่า Intermodulation Noise ดังนั้นในการออกแบบและใช้งานระบบเครือข่ายดาวเทียมจึงต้องมีการควบคุมการใช้งานช่องสัญญาณบนดาวเทียมให้รัดกุม

• การปรับ Cross Polarization

การส่งสัญญาณในระบบดาวเทียมสื่อสารในปัจจุบันได้มีการใช้เทคนิคในการส่งสัญญาณความถี่ซ้ำ (Frequency Reuse) โดยใช้ Polarization ที่ต่างกัน เช่น Linear Polarization ชนิด Vertical Polarization และ Horizontal Polarization หรือ Circular Polarization ชนิด Right-hand Circular และ Left-hand Circular เป็นต้น ดังนั้นในการที่จะใช้ Polarization ใดๆ จึงจำเป็นต้องตรวจดูสัญญาณว่า ไม่มีปรากฏในอีก Polarization หนึ่ง ซึ่งการตรวจวัด Polarization นั้นกระทำได้โดยการส่งสัญญาณที่มีความเข้มสูงและมีความถี่คงที่ ณ ความถี่ที่กำหนดจากสถานีที่ต้องการตรวจปรับด้วย Polarization ที่ใช้งานและใช้สถานี Reference ที่ได้ทำการปรับแต่งไว้แล้วกับหน่วยงานเจ้าของดาวเทียมทำการตรวจดูอีก Polarization หนึ่งที่ความถี่เดียวกันว่าปรากฏสัญญาณจากสถานีนั้นหรือไม่ ซึ่งการปรับนั้นจะกระทำที่ Feed Horn ในลักษณะการหมุนรอบตัวเอง ตามข้อกำหนดแล้วสถานีภาคพื้นดินควรมีอัตราส่วนของ Cross Polarization Isolation อย่างน้อย 30 dB

Cross Polarization Isolation ที่ดีเกิดจากการติดตั้งสถานีดาวเทียมในส่วนของการปรับแต่ง Feed Horn ของจานสายอากาศที่ดี ซึ่งโดยปกติในการติดตั้งสถานีภาคพื้นดินจำเป็นต้องปรับ Polarization ทุกสถานี



Radiation pattern

Antenna Pattern

CHAPTER

8

Earth Station Management

Another important factor concerning the satellite communications system is the reliability and effective utilization of the system. The network management and control system is a tool to manage the network which consists of many remote sites. A suitable configuration for each part of the network is designed to make the network more reliable.

1. Network Management: this system monitors, controls and manages the performance of the satellite network through the "Control System". The major functions of the "Control System" are:

- Control System :

• Fault Management: the management of problems in the network is one of the important roles of the network management system. The major function of the system is to record and analyze historical data of problem identification and solutions for future troubleshooting.

• Configuration Management: consisting of many users the large satellite network have a variety of configurations and complicated applications. The efficient network should be able to record all the configurations and parameters of the users for better network management.

• Performance Management: the performance of the network is very important to users in the network. Continuous monitoring and improving the network

performance to suit the specifications and users' requirements is essential.

• Security Management: security has to be implemented in the system to prevent unauthorised parameter changes.

2. Redundancy System: the master earth station which is the most essential part of the satellite communication network has to be configured with the redundant hardware in the common equipment such as high power amplifier, low noise amplifier, up/down converter, etc.

3. Maintenance: the hub station and remote sites in satellite network require periodic maintenance to keep the system reliable.

Sun Outage

Every satellite communication network experiences the phenomenon of sun outage which can interrupt satellite communication for a certain period (15 minutes daily for about 1 week). This phenomenon occurs when the earth, sun and satellite are aligned along the same axis. During this period, the energy of magnetic field from the sun which contains signals of all frequencies, causes noise in the satellite communication. Sun outage occurs twice a year. The sun outage period can be predicted by the satellite operator.

เข้าวันใดที่พระอาทิตย์ไม่ทอแสงทางทิศตะวันออก
เข้าใจได้เลยว่าสามารถเทลคอมหยุดดำเนินการ

" ผู้ที่ไม่ก้าวเดินไปข้างหน้า คือผู้ที่เดินถอยหลัง "

นับว่าเป็นปรัชญาที่ให้ข้อคิดกับโลกธุรกิจที่แข่งขันกันก้าวไปข้างหน้า ไม่แม้แต่จะหยุดอยู่กับที่ เพราะนั่นหมายถึงข้อเสียเปรียบทางธุรกิจ

การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพจึงต้องก้าวให้ทันธุรกิจที่รุดหน้าอยู่เสมอเช่นนี้ ก้าวต่อก้าว

คำตอบของความคิดนี้คือ เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านดาวเทียม ที่ตอบสนองได้ทุกจังหวะก้าวธุรกิจ

ตราบใดที่โลกยังหมุนรอบตัวเองอยู่เช่นนี้ ดาวเทียมของสามารถเทลคอมก็หมุนไปพร้อม ๆ กับโลก นำข้อมูลทางธุรกิจมากมาย ส่งไปโต้ตอบเจรจาผ่านสัญญาณดาวเทียมตลอด 24 ชม.

ถ้าธุรกิจของคุณเดินไปพร้อมกับเข็มนาฬิกาตลอดเวลา ไม่ว่าคุณจะติดต่อกันเวลาใด แลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านคอมพิวเตอร์จำนวนมากมายแค่ไหน คุณก็สามารถสั่งการไปยังเครือข่าย ผ่านช่องสัญญาณรับ-ส่งที่พร้อมเสมอ 24 ชม. ต่อวัน 365 วันต่อปี

สำหรับสามารถเทลคอม เรารับประกันว่าคุณสามารถติดต่อได้ตลอดเวลา ไม่ขาดตอน ไม่ว่าคุณจะอยู่ห่างไกลสักแค่ไหน ระบบการสื่อสารของคุณทั้งหมดอยู่ในสายตาเราตลอดเวลา ด้วยระบบที่ใช้เทคโนโลยีรายงานปัญหาและสั่งการแก้ไขจากศูนย์กลาง

และด้วยเครือข่ายการบริการของเราที่พร้อมแก้ปัญหาอย่างใกล้ชิดในทุกภูมิภาค คุณติดต่อได้ทันทีโดยไม่เสียเวลาขลุกขลักแม้เพียงเล็กน้อย

เราเชื่อเช่นกันว่า ผู้ที่ไม่ก้าวเดินคือผู้ที่ถอยหลัง เราจึงยังคงพัฒนานำเทคโนโลยี มาตอบสนองและผลักดันธุรกิจด้วยความคิดใหม่ ๆ ในการสื่อสารที่รุดหน้าตลอดเวลา

เราจะไม่หยุดยั้งการบริการ เราจะก้าวเดินไปข้างหน้าด้วยเทคโนโลยี ตราบเท่าที่พระอาทิตย์ยังขึ้นทางทิศตะวันออก

เพื่อให้เช้าวันใหม่ในธุรกิจของคุณเป็นเช้าที่สดใสทุกวัน

SAMART TELCOMS

ดุณครองครองท้องฟ้ากว้างสำหรับการสื่อสาร

บทที่

8

การบริหารเครือข่ายสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน (EARTH STATION MANAGEMENT)

การใช้งานระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้นสิ่งสำคัญที่ต้องมี ได้แก่ การใช้งานที่ถูกต้องและมีระบบที่ช่วยให้การใช้งานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและมีความเชื่อถือได้ นอกจากนั้น ยังต้องเข้าใจถึงปรากฏการที่เกิดขึ้นกับระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมต่างๆ เช่น Sun Outage เป็นต้น ระบบบริหารและควบคุมเครือข่ายมีความสำคัญมากต่อการทำงานของระบบการทำงานของสถานีลูกข่ายซึ่งมีอยู่จำนวนมาก ปัจจัยต่างๆที่เป็นตัวช่วยในการทำงานของสถานีแม่ข่ายให้มีประสิทธิภาพและความเชื่อถือได้จึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงและควรทำความเข้าใจ

NETWORK MANAGEMENT

ระบบควบคุมเครือข่ายเป็นระบบควบคุมดูแลการทำงานทุกอย่างของสถานีแม่ข่ายที่อยู่ภาคพื้นดิน รวมทั้งดูแลการทำงานของสถานีลูกข่ายทั้งหมด ซึ่งระบบควบคุมเครือข่ายเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้ให้บริการการสื่อสารผ่านดาวเทียมเพราะทำให้เราสามารถตรวจสอบการทำงาน ตรวจสอบจุดบกพร่อง การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ที่จำเป็น ตรวจสอบปริมาณข้อมูลที่ใช้งานอยู่ และคอยเตือนในกรณีที่มีการเสียหรือใช้งานไม่ได้ของสถานีลูกข่าย

ระบบควบคุมเครือข่าย สามารถแบ่งออกเป็นประเภทของการดูแลระบบแบบต่างๆ ได้ดังนี้

- **Control System**

ระบบควบคุมเครือข่ายสื่อสารดาวเทียมเป็นระบบที่มีความสลับซับซ้อนและมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลกระทบต่อการทำงานของเครือข่ายดาวเทียม เช่น ในกรณีของ VSAT Network นั้นจะมีสถานีลูกข่ายติดตั้งอยู่เป็นจำนวนมากและต้องอาศัยการทำงานของระบบ Hub Station อีกทั้งการใช้งานของสถานีลูกข่ายแต่ละแห่งเป็นลักษณะของการใช้ช่องสัญญาณดาวเทียมร่วมกัน (Share) ดังนั้นการที่จะตรวจสอบการทำงานของสถานีลูกข่ายที่มีอยู่จำนวนมากและอยู่กระจัดกระจายกัน จึงเป็นเรื่องที่ทำไม่ได้ง่ายนักถ้าไม่มีระบบควบคุมเครือข่ายเป็นเครื่องมือช่วยเหลือ

การทำงานของระบบควบคุมเครือข่ายโดยทั่วไปจะมีความสามารถในการจัดการหลักๆ ดังนี้

1. Fault Management

คอยดูแลสภาพการทำงานของเครือข่ายที่สถานีแม่ข่ายและสถานีลูกข่าย โดยคอยตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นและทำการแยกแยะประเภทของปัญหาว่าเกิดจากสาเหตุใด จากนั้นจะทำการบันทึกลง Log File เกี่ยวกับปัญหาต่างๆ ที่

เกิดขึ้น พร้อมทั้งรายงานให้กับผู้ดูแล (Operators) ในขณะนั้นทราบ นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมสำหรับเป็นเครื่องมือสนับสนุนในการตรวจสอบ (Diagnostic) ให้กับผู้ดูแล เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ (Analysis) ได้ว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากส่วนใดในระบบเครือข่ายดาวเทียมซึ่งสามารถบอกได้ตั้งแต่ระบบสื่อสารของคอมพิวเตอร์หลัก จนกระทั่งถึงอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ที่สถานีลูก ส่วนในระบบ VSAT Network สามารถตรวจ สอบระบบ Backhaul และระบบ Packet Switch ได้ และยังสามารถเก็บสถิติการเกิดปัญหาต่างๆ ได้ด้วย เพื่อนำมาตรวจสอบหาจุดบกพร่องและพัฒนาแผนการป้องกันปัญหาล่วงหน้าได้อีกด้วย

2. Configuration Management

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่สนับสนุนการทำงานของผู้ดูแลระบบในการใส่ค่าพารามิเตอร์ที่จำเป็นสำหรับระบบเครือข่ายสื่อสารผ่านดาวเทียม ซึ่งพารามิเตอร์หลักๆมีดังนี้

ระบบ SCPC

- ระดับกำลังงานของสัญญาณที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล
- วิธีการมอดูเลต (Modulation Type) สัญญาณเพื่อส่งออกไปยังดาวเทียม
- ความถี่ที่อนุญาตให้ใช้งานได้
- ความเร็วของการใช้งานระหว่างสถานีต้นทางและสถานีปลายทาง

ระบบ VSAT Network

- ชนิดของโปรโตคอลที่อนุญาตให้ใช้ได้ของสถานีลูกข่ายแต่ละแห่ง
- ความเร็วในการใช้งานเชื่อมโยงระหว่างระบบคอมพิวเตอร์หลักกับสถานีลูกข่าย
- ขนาดของเฟรมข้อมูลสูงสุดที่จะมีการรับส่งกันได้
- ตำแหน่ง Latitude และ Longitude ของสถานีลูกข่าย
- ตำแหน่งของช่องสัญญาณบนดาวเทียมที่สถานีลูกแต่ละแห่งอนุญาตให้ใช้งานได้

3. Performance Management

มีระบบตรวจสอบและวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบกา ทำงานของสถานีแม่ข่าย หรือ VSAT Hub Station และสถานีลูกข่ายต่างๆ ว่ามีประสิทธิภาพในการใช้งานเป็นอย่างไรบ้าง ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะสามารถตรวจสอบและวัดค่าต่างๆ ได้ดังนี้

ระบบ SCPC

- ระดับหรือความแรงของสัญญาณที่รับส่งกัน
- ปริมาณข้อมูลที่เกิดความผิดพลาดเกิดขึ้นในการรับส่งกัน (BER หรือ Bit Error Rate)

ระบบ VSAT Network

- ปริมาณข้อมูลในการรับส่งกันระหว่างระบบคอมพิวเตอร์หลักกับสถานีลูกข่าย
- ปริมาณข้อมูลรวมทั้งระบบของ Hub Station
- ปริมาณข้อมูลที่เกิดความผิดพลาดเกิดขึ้นในการรับส่งกัน
- การชนกัน (Collision) ของข้อมูลที่ส่งมาจากสถานีลูกข่ายกลับไปยัง Hub Station

- สถานีลูกข่ายแต่ละแห่งมีการใช้ช่องสัญญาณดาวเทียมเป็นอย่างไร
- เวลาตอบสนองของข้อมูลที่ผ่านระบบดาวเทียม (ไม่รวมเวลาการทำงานของคอมพิวเตอร์หลัก)
- ปริมาณการใช้งาน (Utilization) ของระบบ Hub Station อยู่ในระดับใด

4. Security Management

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ในด้านของข้อมูลและในด้านของการควบคุมระบบเครือข่าย ซึ่งในด้านของข้อมูลก็จะมีการเข้ารหัส (Encode) ไว้เพื่อป้องกันการลักลอบนำข้อมูลออกไปจากระบบ ส่วนในแง่ของการควบคุมระบบเครือข่ายนั้นจะเป็นระบบป้องกันการล่วงล้ำของผู้ที่ไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้องหรือการแก้ไขเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ที่สำคัญของระบบ ซึ่งระบบป้องกันนี้เป็นระบบที่มีสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าระบบอื่นๆ ที่กล่าวมา เพราะหากไม่มีระบบนี้ป้องกัน จะทำให้ผู้ที่ไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง เข้ามาเรียกใช้งานได้ หรือ มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขพารามิเตอร์ที่สำคัญได้

Response Time

เวลาตอบสนอง (Response Time) ของการใช้งานผ่านดาวเทียมของสถานีลูกข่ายเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ใช้ทุกคนมักต้องการให้การทำงานของเครื่องเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่การใช้งานผ่านดาวเทียมนั้นผู้ใช้ต้องทำความเข้าใจถึงลักษณะหรือคุณสมบัติ (Characteristic) ของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อเวลาตอบสนองด้วย เราสามารถแยกพิจารณา ได้ดังนี้

ระบบ SCPC

การใช้งานของระบบผ่านดาวเทียมแบบมีช่องสัญญาณเป็นอิสระ ไม่มีการใช้งานร่วมกับผู้ใช้รายอื่น เวลาตอบสนองที่เกิดขึ้นจากปัจจัยหลักๆ คือ

- เวลาหน่วงของดาวเทียม ซึ่งมีค่าคงที่เท่ากับ 250 ms (0.25 วินาที)
- ลักษณะของโปรโตคอลที่ใช้เชื่อมโยง (ดูหัวข้อเรื่อง "การสร้างเครือข่ายระบบคอมพิวเตอร์โดยใช้ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม")
- ระยะเวลาในการ Poll และรอรับ Poll ของคอมพิวเตอร์หลัก

แต่โดยทั่วไปการทำงานภายใต้ระบบ SCPC จะมีเวลาตอบสนองที่ค่อนข้างคงที่ เพราะปัจจัยที่กระทบมีน้อย

ระบบ VSAT Network

ในแง่ของผู้ให้บริการ (Service Provider) นั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคอยดูแลและทำการตรวจสอบเวลาหน่วงที่เกิดที่ผู้ใช้แต่ละรายได้รับอยู่ แต่สำหรับระบบ VSAT Network จะมีปัจจัยที่กระทบมากกว่า SCPC และผู้ดูแลจะต้องทำการรักษาสมดุลย์ของการใช้งาน (Balance Traffic) ของลูกค้าให้ได้เวลาตอบสนองที่ใกล้เคียงกันและอยู่ในระดับที่ดีที่สุด สำหรับปัจจัยหลักๆ ที่มีผลกระทบ คือ

- เวลาหน่วงของดาวเทียม ซึ่งมีค่าคงที่เท่ากับ 250 ms (0.25 วินาที)
- ลักษณะของโปรโตคอลที่ใช้เชื่อมโยง (ดูหัวข้อเรื่อง "การสร้างเครือข่ายระบบคอมพิวเตอร์โดยใช้ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม")
- ระยะเวลาในการ Poll และรอรับ Poll ของคอมพิวเตอร์หลัก
- จำนวนของช่องสัญญาณบนดาวเทียม
- เวลาในการทำงาน (Processing Time) ของระบบ Packet Switch ที่ Hub Station

- เวลาหน่วงในการส่งออกดาวเทียมของอุปกรณ์สื่อสารผ่านดาวเทียม
- ปริมาณข้อมูลที่มีการรับส่งกันในแต่ละครั้ง
- ขนาดของเฟรมที่ใช้งาน
- ความเร็วของการส่งสัญญาณไปยังดาวเทียม (In-route และ Out-route)
- จำนวนครั้งที่เกิดการชนของข้อมูล (Collision)

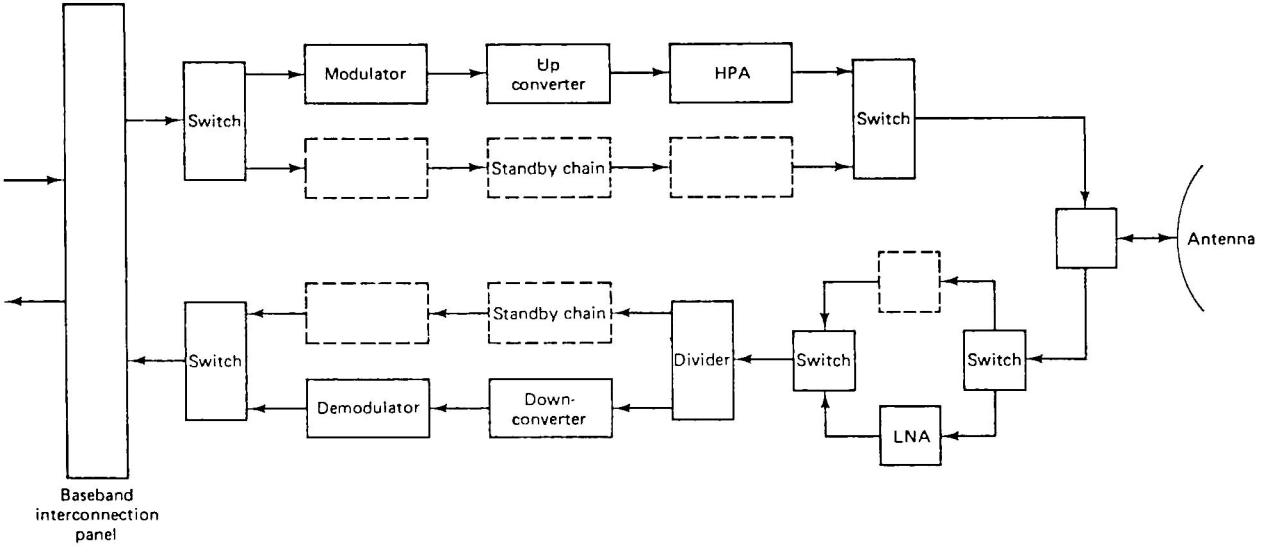
REDUNDANCY SYSTEM

ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมเป็นระบบที่มีความเชื่อถือได้สูง ส่วนประกอบที่เป็นปัจจัยสำคัญในการสื่อสารของเครือข่ายสื่อสารก็คือ สถานีภาคพื้นดิน ซึ่งจะมีสถานีแม่ข่ายเป็นตัวควบคุมการทำงานของสถานีลูกข่าย ทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นระบบ SCPC หรือ VSAT Network อุปกรณ์ฮาร์ทแวร์ของสถานีภาคพื้นดินถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนด reliability ของสถานี ดังนั้นสถานีแม่ข่ายที่มีความสำคัญจึงต้องมีระบบสำรองอุปกรณ์ทางฮาร์ทแวร์หรือที่เรียกกันว่า Redundancy และสำหรับ VSAT Network แล้ว Hub Station มีความสำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมการใช้งานของสถานีลูกซึ่งมีจำนวนมากนับร้อยนับพันสถานีเพราะว่า Hub Station เป็นศูนย์กลางการทำงานและรวบรวมข้อมูลจากสถานีต่างๆ ก่อนส่งขึ้นดาวเทียม ดังนั้นหากมีการหยุดชะงักของระบบการทำงานของ Hub Station เกิดขึ้นจะทำให้สถานีลูกข่ายปลายทางทุกแห่งใช้การไม่ได้ ดังนั้นจึงมีการกำหนดเป็นมาตรฐานให้มีการติดตั้งระบบ Redundancy ให้กับ Hub Station สำหรับผู้ให้บริการสื่อสารผ่านดาวเทียม เพราะทำให้ระบบควบคุมที่ Hub Station ไม่มีการหยุดชะงักแม้ว่าจะเกิดการการขัดข้องของระบบควบคุมหลัก ระบบ Redundancy เป็นระบบสำรองทางฮาร์ทแวร์แบบอัตโนมัติซึ่งจะทำงานทันทีที่ระบบควบคุมหลักของ Hub Station มีปัญหา และ Hub Station ที่มี ระบบ Redundancy ติดตั้งอยู่จะเป็นสถานีที่มีค่า Mean Time To Repair (MTTR) เป็น ค่าเฉลี่ยของเวลาในการแก้ไขปัญหาอันเนื่องจากความขัดข้องของอุปกรณ์ต่ำที่สุด เพราะระบบควบคุมสำรองนั้นสามารถทำงานแทนที่ระบบควบคุมหลักได้ทันที โดยเสียเวลาในการสลับหน้าที่ (Switch) น้อยมาก ซึ่งสามารถทำให้ค่า Availability ของ Hub Station สูงถึง 99.99% เลยทีเดียว

โดยทั่วไป Hub Station จะให้ความสำคัญกับระบบควบคุมมากเพราะเป็นศูนย์กลางของการทำงานของสถานีลูกข่ายทั้งหมด จึงมักจะติดตั้งระบบ Redundancy แบบครบทั้งระบบ หรือที่เราเรียกกันว่า Fully Redundant ซึ่งระบบนี้จะเสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเพิ่มขึ้นมากเมื่อเทียบกับระบบที่ไม่มี Redundancy ทั้งนี้เนื่องจากอุปกรณ์สำรองจะต้องเป็นชนิดเดียวกับอุปกรณ์หลักและมีจำนวนเป็นสัดส่วนที่กำหนดตามมาตรฐานของ Hub Station นั้นๆ

MAINTENANCE

เนื่องจากการติดตั้งและใช้งานของสถานีแม่ข่ายและสถานีลูกข่ายเป็นระยะเวลานานจึงจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาเพื่อให้อยู่ในสภาพที่พร้อมตลอดเวลาและไม่เกิดเหตุขัดข้องในระหว่างการใช้งาน เพราะการใช้งานเป็นเวลานานนั้นอาจทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนของตำแหน่งของอุปกรณ์ภายนอก เช่น ที่จานสายอากาศ หรือเกิดการสะสมของฝุ่นละอองในอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในอาคาร ก่อให้เกิดความร้อนเป็นเหตุให้อุปกรณ์เสื่อมเร็วขึ้น ดังนั้นเราจึงควรให้ความสนใจและเอาใจใส่ในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆอย่างสม่ำเสมอ ส่วนระยะเวลาในการบำรุงรักษาโดยส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์

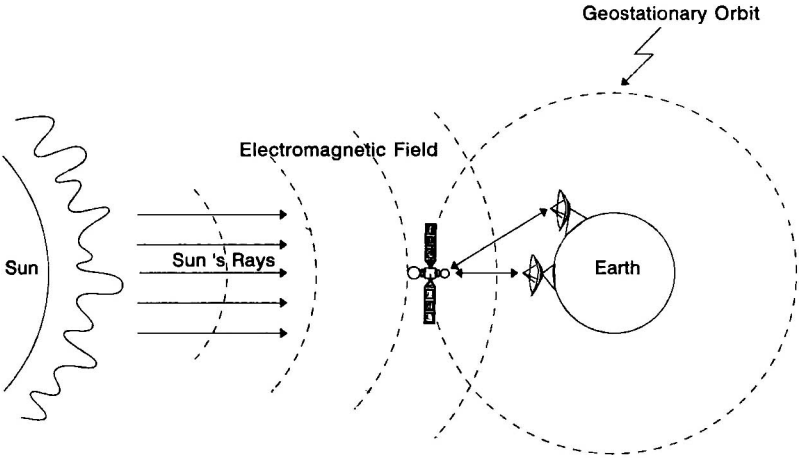


Basic elements of a redundant earth station.

ส่วนประกอบของสถานีภาคพื้นดินที่มีระบบ Redundance

SUN OUTAGE

ในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมโดยทั่วไปแล้วจะมีปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับดาวเทียมทุกๆ ดวงที่จะทำให้การติดต่อสื่อสารต้องหยุดชะงักลงไปชั่วขณะ ปรากฏการณ์นี้คือ การเกิด SUN OUTAGE ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ เมื่อโลก ดวงอาทิตย์ และดาวเทียมโคจรมาอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน ทำให้จานสายอากาศของสถานีภาคพื้นดินรับสัญญาณจากดวงอาทิตย์(ที่เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีกำลังงานขนาดมหาศาล)ซึ่งมีทุกย่านความถี่ เกิดเป็นสัญญาณรบกวน (Noise) ปะปนเข้าไปกับระบบสื่อสารของสถานีภาคพื้นดินนั้นๆ ทำให้สถานีภาคพื้นดินไม่สามารถติดต่อสื่อสารได้ถูกต้อง ซึ่งเหตุการณ์ SUN OUTAGE นี้จะเกิดขึ้นปีละ 2 ครั้ง แต่ละครั้งกินเวลานาน 5-10 วัน วันละประมาณ 15 นาที และการเกิด SUN OUTAGE นี้จะเกิดขึ้นกับสถานีดาวเทียมที่ติดตั้งในพื้นที่ต่างๆ ไม่พร้อมกัน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งดาวเทียมและตำแหน่งของสถานีภาคพื้นดินบนพื้นโลก ซึ่งสามารถคำนวณเพื่อคาดการณ์วันและเวลาที่จะเกิดล่วงหน้าได้อย่างแม่นยำ ซึ่งการคำนวณนี้เป็นหน้าที่โดยตรงของผู้เป็นเจ้าของดาวเทียม (Satellite Operator)



ปรากฏการณ์ SUN OUTAGE

ท้ายเล่ม

ท้ายเล่ม "เปิดโลกทัศน์สู่การสื่อสารผ่านดาวเทียม" เล่มที่ 2 นี้ บริษัท สามารถคอร์เปอร์เรชั่น จำกัด (มหาชน) หวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านคงได้รับความรู้โดยละเอียดเกี่ยวกับการออกแบบสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน VSAT Network Technology การติดตั้งสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน และการบริหารเครือข่ายสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน (Earth Station Management) มากยิ่งขึ้น ซึ่งบริษัท ฯ ตั้งใจเป็นอย่างยิ่งในการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดเพื่อเป็นประโยชน์แก่ส่วนรวม ต่อจากเนื้อหาในเล่มนี้ ยังมีความรู้อีกส่วนหนึ่งที่บริษัท ฯ เห็นว่าเป็นประโยชน์และน่าศึกษาซึ่งได้ถูกรวมไว้ใน "เปิดโลกทัศน์สู่การสื่อสารผ่านดาวเทียม" เล่ม 3 ในอาทิตย์หน้า โดยท่านจะถูกพาเข้าสู่อีกมิติหนึ่งของการสื่อสารผ่านดาวเทียมในภาคที่ 4 การประยุกต์ใช้ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมในปัจจุบัน โดยจะกล่าวถึงการประยุกต์ใช้งานในด้านธุรกิจ การประยุกต์ใช้สำหรับงานบริการสาธารณะ (Public Service) และการประยุกต์ใช้งานในชีวิตประจำวัน และภาคที่ 5 แนวโน้มการพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารดาวเทียม

ด้วยความปรารถนาดีจาก
บริษัท สามารถคอร์เปอร์เรชั่น จำกัด (มหาชน)

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

SPECIAL PUBLICATIONS Editor: Lawrence Neal **Creative Director:** Kawee Pongsopa **Graphic Design:** Supayoke Kongchumnian **Text:** Supplied, Orapim Luangon **Production:** Nipot Montripisut **Photography:** Supplied **Group Sales Director:** Aeumsree Boonhachairat

The Nation is edited and published by Thepchai Yong for Nation Publishing Group Co., Ltd. at 44 Moo 10 Bangna-Trat Road, Bangna, Phra Khanong, Bangkok 10260 and printed by Nation Publishing Group Co., Ltd. Tel 317-0420 Telex 72650 NATION TH Fax (editorial) 317-2084-5, Subscription Dept Tel. 317-1400-5 Fax 317-1409, Display & Supplements Advertising Tel 317-1392-4 Fax 317-1413-4

เนชั่นวิชาการ ที่ปรึกษาบริหาร ผู้จัดพิมพ์ ผู้โฆษณาหนังสือพิมพ์กลุ่มเนชั่นธุรกิจ โดยบริษัท เนชั่น พับลิชชิ่ง กรุ๊ป จำกัด พิมพ์ที่โรงพิมพ์เนชั่น พับลิชชิ่ง กรุ๊ป สำนักงานแสตฟ ที่ 44 หมู่ 10 ถ.บางนา-ตราด บางนา พระโขนง กรุงเทพฯ 10260 กองบรรณาธิการ โทร 317-0420 โทรสาร 317-2084-5 เทเล็กซ์ 72650 ฝ่ายสมาชิก โทร 317-1400-5 โทรสาร 317-1409 ฝ่ายโฆษณา โทร 317-1392-4 โทรสาร 317-1413-4

บันทึกท้ายเล่ม
Notes

บันทึกท้ายเล่ม
Notes

บันทึกท้ายเล่ม
Notes

บันทึกท้ายเล่ม
Notes

Date Due		
4 JAN 2001		

629.783
บรษ 9394

629.783
บรษ 9394

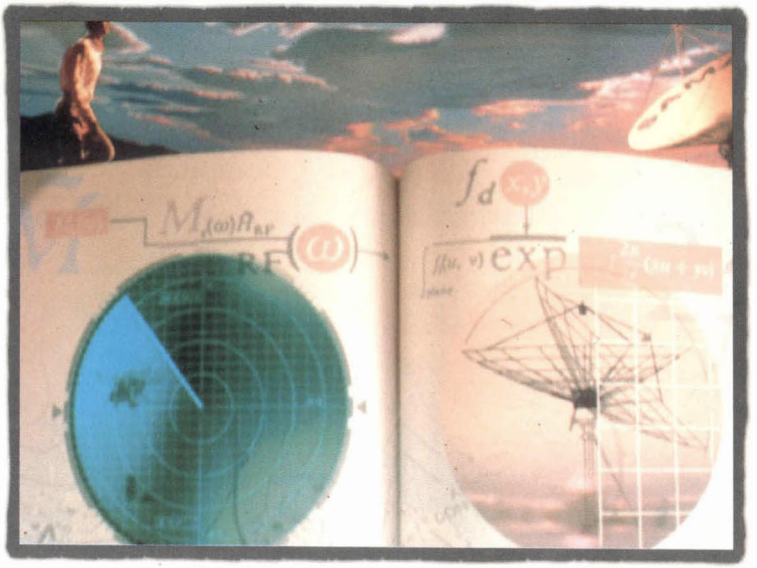
บริษัท สามารถคอร์เปอร์เรชั่น

629.783
บรษ 9394

บริษัท สามารถคอร์เปอร์เรชั่น จำกัด (มหาชน)

เปิดโลกทัศน์สู่การสื่อสารผ่านดาวเทียม

: 2



เบื้องหน้า คือ ความสำเร็จของคุณ

เบื้องหลัง คือ ความพยายามของเรา

เราทุ่มเท ความรู้ ความสามารถ และความพยายามมาตลอด 40 ปี
เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารของไทย...ให้ก้าวไกล
และวันนี้ เราก้าวมาเป็นผู้เชี่ยวชาญในระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม ซึ่งอยู่
เบื้องหลังธุรกิจของชาติและการสื่อสารผ่านดาวเทียมของประเทศ เรามีส่วนช่วย
ให้สถาบันการเงินต่างๆ รับ-ส่ง หรือแลกเปลี่ยนข้อมูลจำนวนมากผ่าน
ทางดาวเทียมอย่างสะดวกสบาย รวดเร็วตลอด 24 ชั่วโมง ถึงแม้คุณ
จะอยู่ไกลแค่ไหนก็ไม่ถูกตัดขาด เรายังเป็นตัวกลางในการช่วยกระจายข่าวสาร
และความบันเทิงไปสู่ทุกพื้นที่ ไม่ว่าคุณจะอยู่ส่วนไหนของประเทศ และเรา
ยังออกแบบสร้างระบบสื่อสารที่มีประสิทธิภาพให้กับทุกองค์กร ทุกธุรกิจ
เพื่อให้การดำเนินธุรกิจสำคัญของคุณเป็นไปอย่างสะดวก รวดเร็ว
อย่างไร้ขีดจำกัดใดๆ เพราะเรารู้ว่า ชีพจรการสื่อสารของชาติจะหยุดไม่ได้
แม้แต่วินาที ตราบใดที่โลกของการสื่อสารไม่หยุดนิ่ง สามารถก็ยังคงพยายาม
คิดค้นพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้คุณและคนไทยทั้งประเทศได้ก้าวไป
พร้อมกับโลกสื่อสารสมัยใหม่ และไม่ว่าเทคโนโลยีจะก้าวไปไกลแค่ไหน
เราจะอยู่ที่นั่นกับคุณเสมอ ...

สามารถ คอร์ปอเรชั่น...บุกเบิกระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม

SAMART
COMMUNICATION

ความพยายามอันไม่สิ้นสุดของมนุษย์...เป็นแรงผลักดันให้

เทคโนโลยีสื่อสารก้าวไกล มนุษย์สามารถสื่อสารข้ามซีกโลกได้อย่างไร้ขีดจำกัด

และนั่นเป็นข้อพิสูจน์ว่า...ความรู้ความสามารถของมนุษย์

จะเอาชนะความเป็นไปไม่ได้ทุกอย่างบนโลก

ความรู้ความสามารถของเรา...จะพาคุณไปไกลกว่าที่คิด

วันนี้...ความรู้ความพยายามและประสบการณ์กว่า 40 ปีของเรา

ทำให้ สามารถ...ก้าวมาเป็นผู้เชี่ยวชาญในระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม

ที่มีส่วนช่วยสร้างประโยชน์ให้กับธุรกิจและการสื่อสารของชาติ

และเรายังยึดมั่นกับความเชื่อที่ว่า ทุกสิ่งทุกอย่าง ไม่เกินความสามารถ

พรุ่งนี้...เทคโนโลยีจะพาเราไปไกลแค่ไหน ไม่มีใครรู้

แต่ไม่ว่าเราจะคิดค้นหรือพัฒนาเทคโนโลยีในรูปแบบใดก็ตาม

สิ่งนั้นต้องเป็นประโยชน์ต่อคุณและคนไทยทั้งประเทศ

เพราะเราเชื่อว่า...เทคโนโลยีที่ดีที่สุด คือเทคโนโลยีที่ให้ประโยชน์กับมนุษย์มากที่สุด

สามารถ คอร์ปอเรชั่น...บุกเบิกระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม

SAMART CORPORATION

17/1 หมู่ 2 ถนนพหลโยธิน ต. คลองหนึ่ง อ. คลองหลวง ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 0-2516-1188 โทรสาร 0-2516-1594