



การติดตั้งชุดระบบรับสัญญาณดาวเทียม
(Installation of Satellite receiving system)



ปฏิญานี้เป็นหนังสือราชการที่ออกโดยอธิบดีกรมการศึกษานอกโรงเรียน กระทรวงศึกษาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร

ศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปี พ.ศ. 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032649

โครงการงาน

(project)

ชื่อปริญญาโท : การติดตั้งระบบรับสัญญาณดาวเทียม

(Project's name : Installation of Satellite Receiving System)

ผู้จัดทำ

1. นาย ณัฐชัย รอดรักษา เลขประจำตัว 34.132106

(Nattachai Rodruksa)

2. นาย ทวีศักดิ์ พิพัฒน์สารพันธ์ เลขประจำตัว 34.132107

(Tweesak Pipulsarapan)

3. นาย พิสิฐ ศิษฏเวสชัย เลขประจำตัว 34.132116

(Pisit Distavejchai)

4. นาย ราชภพ อิมเกษม เลขประจำตัว 34.132122

(Rachapop Imkasim)

อ.ที่ปรึกษา

(Advisor)

1. อ.ประดิษฐ์ วัชรนิบูลย์

2. อ.สมภพ แก้วมีชัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ (Faculty of Engineering)

ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (Department of Industrial Technology)

สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม (Major in Telecommunication Technology)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
(King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032649

การติดตั้งระบบรับสัญญาณดาวเทียม

(Installation of Satellite receiving system)


ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

ปีการศึกษา 2535

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง


คณะกรรมการตรวจสอบปริญญาโท


ประธานกรรมการ


กรรมการ


กรรมการ

()


กรรมการ

()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____

กิตติกรรมประกาศ

(ACKNOWLEDGMENT)

ปริญญาโทที่ฉันได้จัดทำขึ้นฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้น เกิดขึ้นจากความร่วมมือกับความสามัคคีในการทำงานของบุคคลในกลุ่ม อีกทั้งความรู้ที่ได้จากการศึกษาในสถาบันฯ โดยการประสิทธิ์ประสาทจากคณาจารย์ทุก ๆ ท่านที่คณะผู้จัดทำสามารถนำเอาความรู้มาจัดทำเป็นปริญญาโทฉบับนี้ขึ้นมา

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ภาคเทคนิค ที่มอบความอนุเคราะห์โดยให้คำปรึกษาและจัดหาอุปกรณ์ในการทำงานโดยตลอด โดยเฉพาะ อ.ประดิษฐ์ วัชรนิบูลย์ ที่ให้การสนับสนุนและแนะนำตลอดจนประสานงานกับผู้เชี่ยวชาญของ สถานีโทรทัศน์ NHK ของญี่ปุ่น คือ MR. NIO และ MR. MURASATO

คณะผู้จัดทำ

มีนาคม 2536

สารบัญ

	หน้า	
บทที่ 1	ข้อการสื่อสารดาวเทียม	1
1.1	ข้อการสื่อสารผ่านดาวเทียม	1
1.2	ลักษณะข้อการในการรับส่ง	5
1.3	คุณสมบัติของสัญญาณข้อการประเภทเสียงพูด	5
1.4	คุณสมบัติข้อการโทรทัศน	7
1.5	คุณสมบัติสัญญาณเดต้า	8
1.6	การปรับสภาพและเข้ารหัส	9
1.7	การเชื่อมโยงเพื่อสร้างข้อการดาวเทียม	11
1.8	ระบบ FDMA และ TDMA	13
1.9	การเชื่อมโยงทางดาวเทียมและการกำหนด Link Budget	14
1.10	การถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน	26
1.11	สถานีทวนสัญญาณโทรทัศน	28
1.12	อุปกรณ์บนดาวเทียม	32
1.13	อุปกรณ์ที่สถานีภาคพื้นดิน	36
1.14	LNA	37
1.15	NOISE FIGURE	40
1.16	NOISE TEMPERATURE	42
1.17	NOISE TEMPERATURE เนื่องจาก Loss	43
1.18	ชนิดและเสียงรบกวนของ LNA	45
1.19	Interface noise temperature	46
1.20	Antenna subsystem noise temperature	48
1.21	ระบบกวนทำให้เสียงของ LNA	49
บทที่ 2	ระบบโทรทัศนผ่านดาวเทียม	52
2.1	ความเป็นมา	53
2.2	หลักการเบื้องต้น	54
2.3	ตัวดาวเทียม	59
2.4	ระบบ TVRO	63
2.5	งานสาขากาชา	68

2.6	LNA, DC	76
✓2.7	เครื่องรับ TVRO	78
2.8	มอดูเลเตอร์	83
บทที่ 3	งานสายอากาศสำหรับรับสัญญาณจากดาวเทียม	
3.1	หลักพื้นฐานงานสายอากาศแบบพาราโบล่า	84
3.2	ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับงานสายอากาศ	88
3.3	คุณสมบัติของงานสายอากาศรับสัญญาณโดยตรงจากดาวเทียม	98
3.4	สาเหตุการศึกษาคุณสมบัติสายอากาศ	100
✗ บทที่ 4	การหามุมเงยและมุมอาซิมุทของงานรับ	
4.1	การใช้สูตรคำนวณ	102
4.2	การใช้แผ่น Nomogram	107
* บทที่ 5	การทดลองรับสัญญาณจากดาวเทียม	
5.1	งานรับสัญญาณจากดาวเทียม PALAPA-B2	111
5.2	ลำดับขั้นตอนการ Control Motor	112
5.3	การใช้เครื่อง Maspro Satellite Receiver	113
5.4	ลักษณะการต่อวงจรในการทดลอง	114
5.5	ขั้นตอนการปรับทิศทางงาน Maspro Satellite	
5.7	การแก้ไขเพื่อให้สัญญาณมีความชัดเจน	123
5.8	การทดลองรับสัญญาณจากดาวเทียม BS	124
5.9	การติดต่อและรับสัญญาณจากดาวเทียม ASIASAT	126
✗ บทที่ 6	การทดลองหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของงานสายอากาศ	
6.1	การวัดประสิทธิภาพงานสายอากาศจาก SOLAR NOISE	133
6.2	การวัด G/T โดยใช้สเปคตรัมโดยตรง	135
6.3	การวัดค่า C/N ของสัญญาณโทรทัศน	136
6.4	การวัด C/N โดยใช้วัดจาก SOLAR NOISE	137
6.5	การหา Pattern ของสายอากาศ	138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 ข่ายการสื่อสารผ่านดาวเทียม

1.1 ข่ายการสื่อสารผ่านดาวเทียม

ข่ายการสื่อสารผ่านดาวเทียมตามที่อธิบายต่อไปก็คือ การใช้ระบบดาวเทียม เชื่อมโยงข่าวสารถึงกัน โดยนำข่าวสารรูปแบบต่างๆคือ ภาพ ตัวหนังสือ เสียง และ เค็ด้ามาแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า หรือเรียกว่าสัญญาณข่าวสารพร้อมกับเข้ารหัสที่จำเป็นแล้วฝากไปบนคลื่นพาห้ จากนั้นจึงส่งคลื่นพาห้ซึ่งเป็นความถี่สูงไปยังปลายทางเสมือนอาศัยคลื่นพาห้พาข่าวสารจากต้นทางไปยังปลายทาง การส่งคลื่นพาห้จากต้นทางไปยังปลายทางนั้น สถานีส่งต้องส่งผ่านตัวดาวเทียมในอวกาศโดยตัวดาวเทียมจะทำหน้าที่ทบทวนและขยายกำลังสัญญาณแล้วส่งมายังสถานีรับบนโลกอีกครั้ง

การฝากสัญญาณข่าวสารไปกับคลื่นพาห้เพื่อใช้เป็นสื่อ นำไปส่งจุดหมายปลายทางตามต้องการนั้นต้องใช้อุปกรณ์มอดูเลเตอร์(modulator) เพื่อทำหน้าที่นี้และที่จุดหมายปลายทาง อุปกรณ์ดีมอดูเลเตอร์(demodulator) จะทำหน้าที่ดึงสัญญาณข่าวสารกลับออกมาจากคลื่นพาห้

แต่การจะนำคลื่นพาห้ซึ่งมีข่าวสารฝากอยู่ที่เป็นผลผลิตของอุปกรณ์มอดูเลเตอร์ส่งไปที่ตัวดาวเทียมเลยที่เดียวนั้นไม่สามารถทำได้ เพราะหากไม่มีการจัดความถี่ของใครของมันแล้วก็จะเกิดรบกวนกันของข่าวสารจากหลายแหล่ง เพื่อความง่ายในการสร้างวงจรคลื่นพาห้ตัวแรกที่เป็นผลผลิตของมอดูเลเตอร์นั้น ในขั้นที่หนึ่งเราจะผลิตคลื่นพาห้ที่มีความถี่เท่ากันหมดคือ 70 MHz (หรือ 140 MHz แล้วแต่กรณี) จากนั้นในขั้นที่สองเราจะใช้อุปกรณ์ Up Converter เปลี่ยนความถี่ของคลื่นพาห้ที่ได้จากมอดูเลเตอร์ให้เป็นความถี่ใหม่ที่สูงขึ้นตามความถี่ที่ได้รับอนุญาตจากกรมไปรษณีย์และอยู่ในย่าน 6/4 GHz (C-Band) หรือ 11/14 GHz (Ku-Band) จากนั้นก็ขยายกำลังคลื่นพาห้ความถี่สูงที่ได้นั้นด้วยอุปกรณ์ High Power Amplifier แล้วจึงส่งออกจากจานสายอากาศไปยังตัวดาวเทียม

ณ ที่จุดหมายปลายทางคือ ที่สถานีรับเราต้องทำกลับกับทางด้านส่งกล่าวคือ เมื่อสัญญาณจากดาวเทียมรับได้โดยจานสายอากาศรับ เราก็จะนำไปผ่านเครื่องขยายสัญญาณแบบที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ (Low Noise Amplifier) แล้วนำสัญญาณที่ได้ไปผ่านอุปกรณ์ Down Converter ซึ่งจะเปลี่ยนคลื่นพาห้ความถี่สูงพิเศษให้เป็นความถี่ที่ใช้กันทั่วๆ ไป คือ 70 MHz (หรือ 140 MHz แล้วแต่กรณี) เพื่อส่งต่อไปให้อุปกรณ์ Demodulator ทำหน้าที่ดึงสัญญาณข่าวสารออกมาจากคลื่นพาห้

แถบความถี่ (Frequency Band) ที่สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU) จัดสรรไว้สำหรับระบบสื่อสารดาวเทียมนั้นมีหลายแถบแต่นิยมใช้กันมากและมีใช้งานในประเทศไทยคือ C-Band ซึ่งเป็นแถบความถี่กว้าง 575 MHz ระหว่างความถี่ 5,850-6,425 MHz สำหรับข่ายขาขึ้น (Up-Link) และความถี่ 3,625-4,200 MHz สำหรับข่ายขาลง (Down-Link)

เหตุผลที่ต้องมีการมอดูเลท ก็เนื่องจากสัญญาณข่าวสารที่มนุษย์แต่ละคนผลิตขึ้น มีความถี่ต่ำและกำลังงานต่ำ และมีความถี่ต่ำเหมือนกันทั้งหมด หากส่งไปในตัวกลางเดียวกันและเดินทางไปไม่ได้ไกล การมอดูเลทไปบนคลื่นพาห้จึงจำเป็นเพื่อให้ข่าวสารหลายๆ สัญญาณส่งไปได้เป็นระยะทางไกลๆ ทั้งนี้เพราะคลื่นพาห้ที่ให้นำข่าวสารไปนั้น เราจะจัดให้มีความถี่ต่างๆ กันและทำให้มีกำลังงาน (Power) สูงมากด้วย

ดาวเทียมโดยทั่วไปและที่ประเทศไทยใช้งานอยู่คือ ดาวเทียมปาเลอบัวหรืออินเทลแซทนั้น จะแบ่งแถบความถี่ 575 MHz นี้เป็น 14 แถบย่อย โดยแต่ละแถบย่อยจะมีความกว้างประมาณ 40 MHz แถบความถี่ย่อยๆ เพื่อการใช้งานเหล่านี้เมื่อผนวกกับเครื่องขยายสัญญาณ (Amplifier) บนตัวดาวเทียมด้วยแล้วจะมีชื่อเฉพาะเรียกว่า หนึ่งทรานสปอนเดอร์ (One Transponder)

ดังนั้น ทรานสปอนเดอร์คือ หน่วยเล็กๆ ที่บ่งบอกการใช้งานของตัวดาวเทียมโดยกำหนดเป็นรูปธรรมขึ้นว่า หนึ่งทรานสปอนเดอร์ หมายถึง แถบกว้างความถี่ใช้งานได้ 36 MHz และมีกำลังส่งคลื่นวิทยุ 5-10 Watt จากตัวดาวเทียมและโดยสภาพเป็นจริงแล้ว หนึ่งทรานสปอนเดอร์บนตัวดาวเทียมจะหมายถึงอุปกรณ์ (Hardware) จริงๆ คือประกอบด้วย ตัวขยายสัญญาณ (Amplifier) จริงๆ และอุปกรณ์กรองแถบความถี่ให้ผ่านเฉพาะสัญญาณที่มีความถี่สำหรับทรานสปอนเดอร์นั้น ๆ จริง ๆ

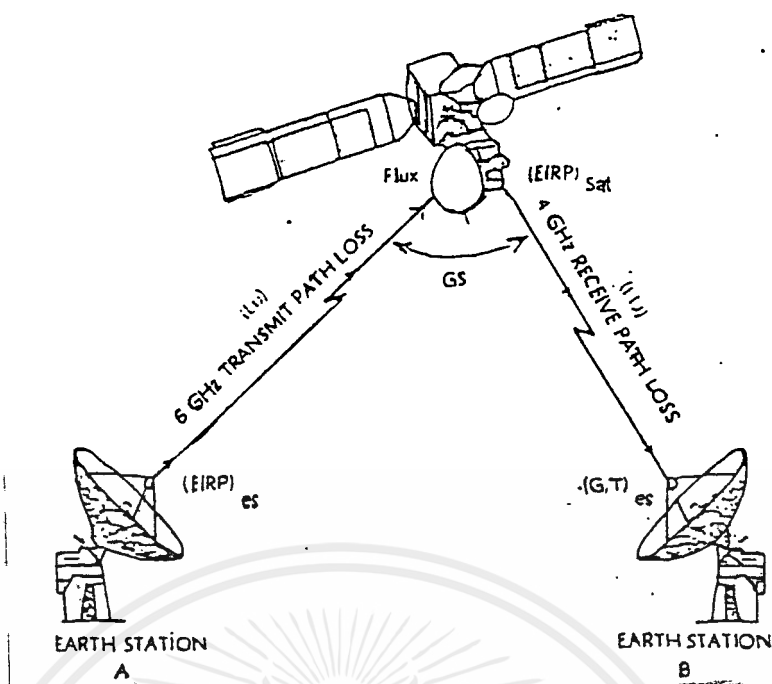
ตามคำอธิบายข้างต้น ความจุของตัวดาวเทียมโดยทั่วๆ ไปควรมีขนาด 12-14 ทรานสปอนเดอร์ แต่ก็มีดาวเทียมบางดวงสร้างขึ้นมาให้มีขนาดเล็กลงกว่านั้น คือ ขนาด 6-8 ทรานสปอนเดอร์ เพื่อให้มีน้ำหนักเบา ดวงที่สร้างให้มีทรานสปอนเดอร์ที่มีขนาดแถบกว้างความถี่เป็น 72 MHz แทนที่จะเป็น 36 MHz ในกรณีนี้จำนวนทรานสปอนเดอร์ในดาวเทียมดวงนั้นก็ลดลง นอกจากนั้นการใช้เทคนิค Frequency Reuse (ใช้ความถี่ซ้ำ) เช่น การใช้โพลาริเซชันต่างกันในการส่งคลื่น 2 คลื่นที่มีความถี่เท่ากันก็ทำให้เราสามารถส่งคลื่นความถี่เดียวกันได้โดยไม่กวนกัน เช่นนี้ จะเป็นผลทำให้ดาวเทียมบางดวงมีทรานสปอนเดอร์มากกว่า 12-14 หน่วย คือมีมากถึง 24 หรือ 48 ทรานสปอนเดอร์ก็ได้

การใช้ตัวทรานสปอนเดอร์ในการสร้างข่ายดาวเทียมนั้นทำได้ 2 วิธี คือ

1. แบ่งทรานสปอนเดอร์ 36 MHz หรือ 72 MHz นั้น ออกเป็นช่วงความถี่เล็กๆ แล้วจัดสรรให้สมาชิกแต่ละสถานีใช้งานในการส่งคลื่นพาห้โดยใช้แต่ละช่วงความถี่ของใครของมัน วิธีนี้เรียก Frequency Division Multiple Access (FDMA)

2. แบ่งเวลายกกันใช้ ซึ่งแบบนี้ จะไม่มีช่วงความถี่ของใครของมันโดยเฉพาะ ทุกคนจะใช้ความถี่บนตัวทรานสปอนเดอร์ร่วมกันโดยทุกคนจะส่งคลื่นพาห้ความถี่เดียวกัน แต่การส่งคลื่นพาห้ของแต่ละคนจะแบ่งเวลายกกันส่งทีละคน เช่น ส่งทีละ 1 มิลลิวินาทีเป็นต้น หลังจากนั้นจะหยุดส่งชั่วขณะให้ผู้อื่นส่งคลื่นพาห้เดียวกันบนทรานสปอนเดอร์นั้นต่อไป วิธีนี้เรียก Time Division Multiple Access (TDMA)

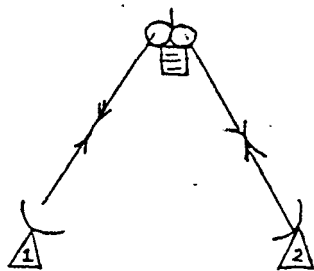
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

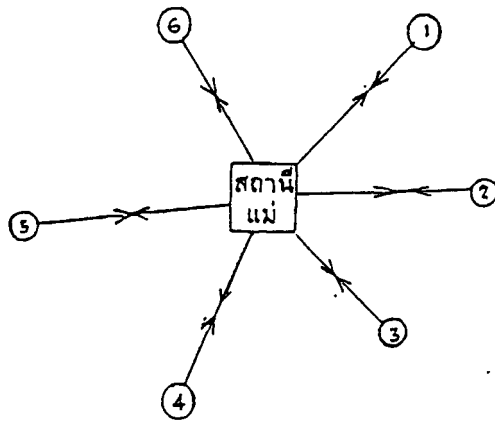


รูป 1.1 แสดงการ Link ของดาวเทียม

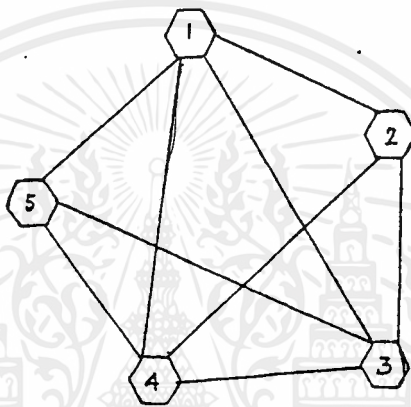
การสร้างข่ายเชื่อมโดยดาวเทียมนั้น อาจสร้างได้ 3 ลักษณะ คือ

1. จุดต่อจุด (Point to Point) วิธีนี้ จะใช้กับข่ายเชื่อมโยงที่มีปริมาณกราฟิคค่อนข้างสูง เช่น การติดต่อโดยระบบดาวเทียมของประเทศไทยกับต่างประเทศ
2. หนึ่งจุดต่อหลายจุดเหมือนลักษณะก้านร่ม (Star Network) โดยจะมีสถานีแม่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลาง แล้วติดต่อกับสถานีลูกข่ายดังภาพเช่น ระบบถ่ายทอดโทรทัศน์ทั่วประเทศของช่อง 3, 5, 7, 9
3. หลายจุดต่อเชื่อมกับหลายจุด มีลักษณะต่อเชื่อมถึงกันได้หมด มีศัพท์เทคนิคเรียกว่า Mesh Network ดังภาพ ตัวอย่างก็คือ ระบบดาวเทียมต่างประเทศที่เราติดต่อเป็นข่ายแบบ Mesh ทำให้ทุกประเทศติดต่อกันโดยตรงพร้อมกันทั่วโลก





STAR NETWORK



MESH NETWORK

รูป 1.2 แสดงข่ายการเชื่อมโยงดาวเทียม

การเชื่อมโยงระบบดาวเทียมนั้น เมืองไทยใช้ระบบดาวเทียม 2 แห่งคือ ปลายาป้าของอินโดนีเซียและอินเทลแซทขององค์การดาวเทียมระหว่างประเทศ ในการเชื่อมโยงเราต้องกำหนด "Link Budget" ซึ่งกำหนดกำลังส่ง วิธีส่ง วิธีรับ และคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับการที่ต้องมี Link Budget เพราะสัญญาณคลื่นพาห์ในระบบดาวเทียมต้องเดินทางไกลมาก พอมาถึงด้านรับระดับของสัญญาณคลื่นพาห์ที่รับได้จะต่ำมากจนอาจถูกรบกวนได้ง่าย จึงจำเป็นต้องกำหนดกำลังส่งให้มากพอและเหมาะสม ในทางตรงกันข้าม หากเราเลือกส่งกำลังไปยังตัวดาวเทียมมากเกินไปเพื่อต่อสู้กับ สัญญาณรบกวน (Noise) เราก็จะไปใช้กำลังงานบนตัวดาวเทียมมาก จะเป็นผลให้เราส่งจำนวนช่องได้น้อย อีกประการหนึ่งกำลังงานของทรานสปอนเดอร์บนตัวดาวเทียมมีอยู่จำกัดและชื่อหามาในราคาแพงจึงจำเป็นที่เราต้องกำหนดให้กำลังส่งของคลื่นพาห์แต่ละตัวมีกำลังพอเหมาะไม่มากเกินไปและน้อยเกินไป นอกจากนี้การส่งกำลังคลื่นพาห์มากไปก็จะไปรบกวนดาวเทียมดวงข้างเคียงด้วยดังนั้นการกำหนด Link Budget จึงจำเป็นในการเชื่อมโยงดาวเทียมและ Link Budget ที่กำหนดขึ้นต้องมี Parameter ต่างๆ เหมาะสมกับการใช้งานตามที่ต้องการและต้องใช้ตามนั้นด้วย

เอกสาร เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้นูย ได้เห็นใบแจ้งประโยชน์ด้านการค้า ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้เพื่อการค้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

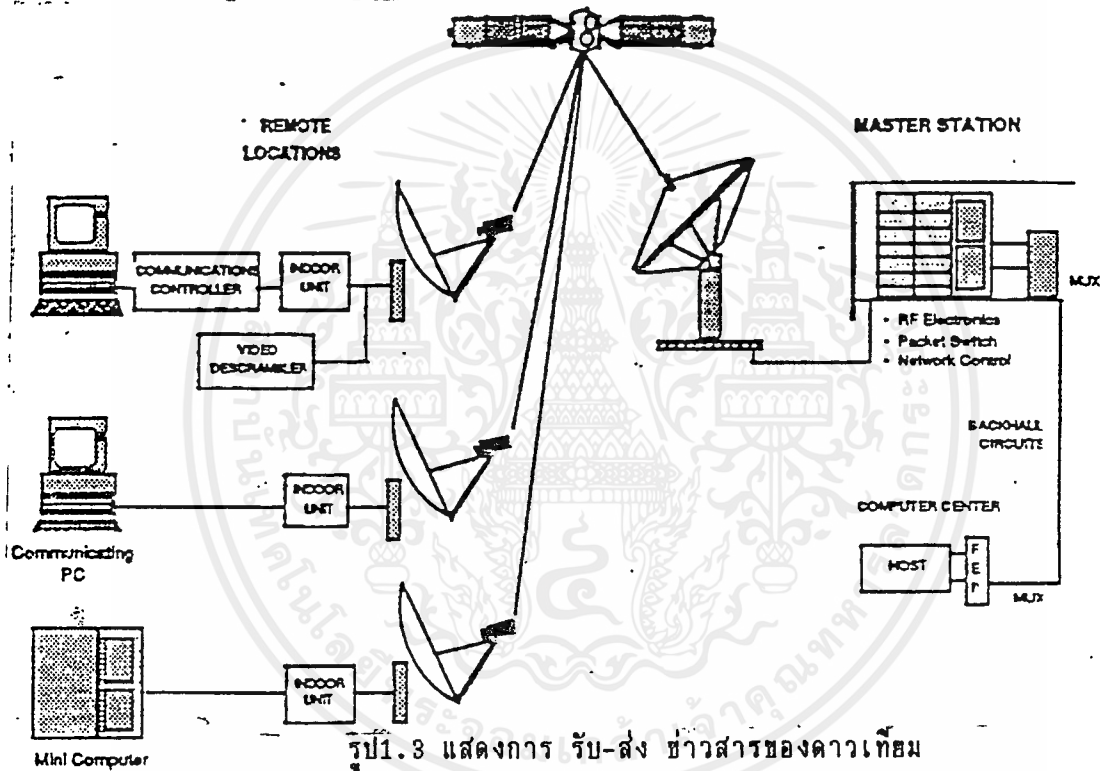
1.2 ลักษณะของข่าวสารส่วนใหญ่ที่มนุษย์ต้องการ รับ-ส่ง

ตัวระบบสื่อสารนั้น แบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือ

- เสียง (Voice) ได้แก่ เสียงโทรศัพท์ เสียงรายการวิทยุกระจายเสียง

- ภาพ (Video) ได้แก่ ภาพโทรทัศน์ ภาพเครื่องแฟกซ์ (เป็นภาพแบบแปลน หรือลายมือเขียน)

- ข้อมูล (Data) ได้แก่ สัญญาณจากเครื่องคอมพิวเตอร์ สัญญาณไบนารี หรือสัญญาณสองระดับต่างๆ สัญญาณ Digitized Voice หรือ สัญญาณ PCM และสัญญาณโทรเลข เทเล็กซ์ เป็นต้น (ในเอกสารนี้จะเรียกข่าวสารที่เป็นข้อมูลว่า สัญญาณเดต้า หรือ สัญญาณข้อมูล)



รูปที่ 1.3 แสดงการ รับ-ส่ง ข่าวสารของดาวเทียม

1.3 คุณสมบัติของสัญญาณข่าวสารประเภทเสียงพูด (Voice)

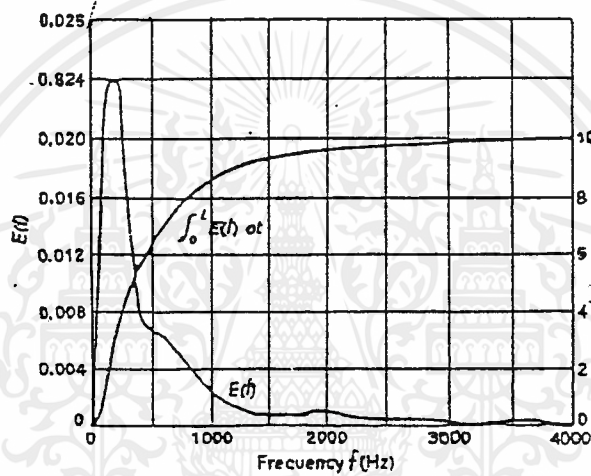
เราเปลี่ยนเสียงพูดเป็นสัญญาณข่าวสารโดยใช้ไมโครโฟน ผู้พูดแต่ละคนจะมีสเปคตรัมของสัญญาณเสียงพูดแตกต่างกันไป รูปที่ข้างล่างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานเฉลี่ยที่ความถี่ค่าต่างๆ ซึ่งเราจะเรียกว่า สเปคตรัม จะเห็นได้ว่ากำลังงานจะมีค่าเกือบเป็นศูนย์ที่ความถี่ค่าใกล้ศูนย์และจะเริ่มมีค่าสูงขึ้นจนสูงสุดที่ความถี่ประมาณ 200 KHZ และจะลดลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งความถี่ประมาณ 400 HZ แล้วจากนั้นจะลดถอยลงอย่างช้าๆ จนถึง ความถี่หลายพันเฮิรตซ์ แต่เวลามนุษย์ฟังเสียงพูดแล้ว บังจึยที่ทำให้เกิดความเข้าใจในเสียงที่ได้ยินก็ไม่ได้ขึ้นอยู่กับ ความสัมพันธ์ของสเปคตรัมในรูป นี้เสียทั้งหมด เพราะเราพบว่าถึงแม้เราจะตัดความถี่ต่างๆ ทิ้งไปก็ไม่ทำให้เสียงพูดนั้น ถูกลดความเข้าใจได้ลงไปแต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

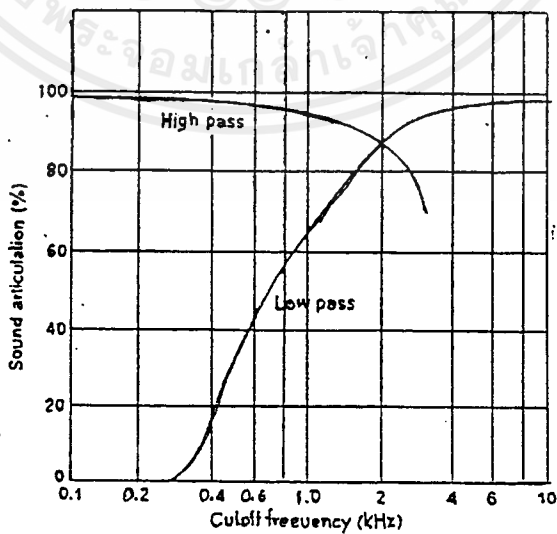
ไม่ว่าใครผิดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจะสรุปว่าสัญญาณเสียงพูดควรจะมีองค์ประกอบของความถี่อย่างไร หรือแค่ไหนที่ ยิ่งทำให้ผู้ฟังเข้าใจได้โดยไม่สับสนนั้น ทำได้โดยใช้อาสาสมัครมาทดลองฟังเสียงจากเทปแล้วสอบถามความเข้าใจหรือ ความพอใจที่ยังฟังได้รู้เรื่อง ซึ่งพบว่าหากเราขีดหรือตัดความถี่ที่ต่ำกว่า 300 Hz ทิ้งไปมันจะไม่มีผลกระทบต่อความเข้าใจได้ในเสียงพูดที่ถูกตัดนั้นเลยและทำนองเดียวกันหากเราขีดหรือตัดความถี่สูงที่สูงกว่า 3,500 Hz ออกไปมันก็ยังฟังได้เข้าใจอย่างดี

จากการทดลองที่ใช้คนเป็นเครื่องวัดความเข้าใจเสียงพูดแล้ว เราสรุปได้ว่าเสียงพูดโทรศัพท์จะมี สเปคตรัมที่ต้องคิดคำนึงในการออกแบบ เพื่อสร้างเครื่องมือสื่อสารนั้น มีพิสัยเป็นแถบกว้างความถี่เพียง 100 - 3,500 Hz เท่านั้น



a) average energy versus frequency for representative speakers



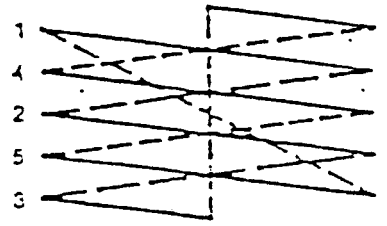
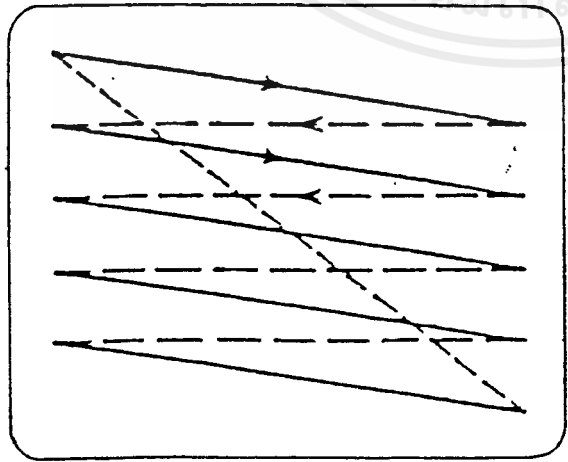
b) Experimentally determined articulation of filtered speech

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูป 1.4 กราฟแสดงของสัญญาณเสียงพูด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 คุณสมบัติของสัญญาณข่าวสารโทรทัศน (Voice)

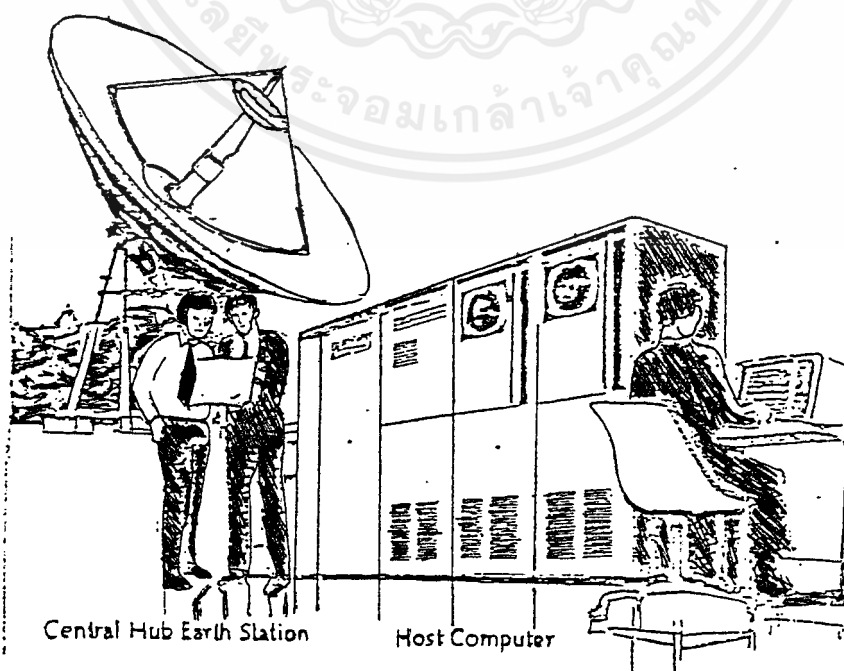
สัญญาณโทรทัศนได้จากการกวาดภาพที่ปรากฏบนกล้องถ่ายภาพด้วยสัญญาณไฟฟ้า โดยกวาดไปทีละเส้น แล้วเปลี่ยนความสว่าง ของแสงของจุดแต่ละจุดบนจอภาพเป็นสัญญาณไฟฟ้าในระบบ 625 เส้น จะมีการกวาดไปตามแนวนอนของจอภาพเป็นจำนวน 625 เส้นต่อ 1 ภาพ และภาพเปลี่ยนไป 25 ภาพ ต่อวินาที ดังนั้น ความถี่ของสายเส้นที่กวาดบนจอโทรทัศนซึ่งเรียกว่า Line Frequency จึงมีค่า $625 * 25 = 15,625$ Hz สเปกตรัมสัญญาณสายเส้นจึงมีลักษณะเป็นกลุ่มของความถี่ 15,625 Hz ซึ่ง แยกกลุ่มด้วยความถี่ 25 Hz และเนื่องจากเราต้องการให้ความชัดของภาพ ซึ่งเกิดจากจุดเล็กๆ บน จอภาพนั้นมีความชัดเท่ากันทั้งในด้านตั้งและด้านนอน ซึ่งจำนวนจุด หรือจำนวนเส้นในด้านตั้งของจอภาพ จะเป็น $625/2b$ (b คือความสูงของจอภาพ) ดังนั้น เพื่อให้ความชัดของภาพด้านตั้งเท่ากับ ด้าน นอน ความถี่ของสัญญาณจุดที่เกิดในการกวาดแต่ละเส้น หรือ ความถี่ของจุดบนจอภาพจึงมีค่า เท่ากับ $(625 a/2b) * 15,625$ หรือเท่ากับ $4.88 * (a/b)$ MHz ซึ่งจอโทรทัศนทั่วไป a/b มีค่า 4:3 นั้น คือ ความถี่สูงสุดของสัญญาณภาพโทรทัศนจะมีค่าสูงสุดประมาณ 6.5 MHz แต่ในทางปฏิบัติเราอาจใช้ ความถี่สัญญาณโทรทัศนเพื่อการรับส่งประมาณ 6.0 MHz ก็เพียงพอ เนื่องจากการกวาดของเส้นบนจอ โทรทัศน เมื่อกวาดจาก ด้านหนึ่งไปสิ้นสุดอีกด้านหนึ่งนั้นตอนจะกลับมากวาดอีกต้องปล่อยสัญญาณให้ว่าง (สีขาว) ทำให้ความถี่ระหว่างจุดของภาพด้านตั้ง

เราจึงสรุปว่าในการรับส่งสัญญาณภาพโทรทัศนผ่านระบบไฟฟ้าสื่อสารนั้นความถี่ที่ต้องนำมาคำนึงใน การออกแบบจะใช้แถบกว้างประมาณ 6 MHz และ ความถี่สายเส้นของภาพประมาณ 15,625 Hz



1.5 คุณสมบัติสัญญาณเคต้า

สัญญาณเคต้า คือสัญญาณสองระดับหรือไบนารี ซึ่งใช้งานในเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องโทรเลข เครื่องเทเล็กซ์สัญญาณเหล่านี้มี 2 ระดับ เช่น 0 กับ 5 โวลต์ , 0 กับ 12 โวลต์ , -12 กับ +12 โวลต์ และมีความเร็วต่างๆ กัน เช่น ความเร็วต่ำ 16 Kbps, 32 Kbps, 64 Kbps จนถึงความเร็วขนาดกลาง 2.048 Mbps เป็นต้น ระบบสื่อสารในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะเป็นไปในลักษณะใช้สัญญาณข่าวสารในการรับส่งเป็นสัญญาณ 2 ระดับทั้งหมด ซึ่งทำได้โดยเปลี่ยนสัญญาณเสียงพูดและสัญญาณภาพเป็นสัญญาณสองระดับ (Binary) แล้วบรรจุให้นำพาไปโดยใช้คลื่นพาห์แบบดิจิทัล เทคนิคนี้กำลังเป็นที่นิยมเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เพราะมีข้อดีเนื่องจากการรับส่งสัญญาณสองระดับเราไม่ต้องกังวลมากในเรื่องรูปร่างของสัญญาณเพราะเราจะตรวจจับแต่เพียงว่าสัญญาณสองระดับที่รับได้มีระดับสูงหรือต่ำเท่านั้นถึงแม้รูปร่างของสัญญาณ 2 ระดับที่รับได้ที่เครื่องรับจะผิดเพี้ยนบิดเบี้ยวไปบ้างก็ไม่มีผลกระทบทำให้สัญญาณข่าวสารที่รับได้ผิดเพี้ยนไปแต่ประการใดไม่ ยิ่งหากมีการต้องทบทวนสัญญาณกัน ในระหว่างทางหลายๆ ครั้ง เราสามารถปรับแต่งให้สัญญาณสองระดับที่รับได้ให้มีรูปร่างสวยงาม ก่อนส่งต่อไปได้ นอกจากนี้ในการทำสัญญาณเสียง และสัญญาณภาพหรือสัญญาณข่าวสารรูปอื่นใดมาเป็นสัญญาณ สองระดับนั้นมักจะมีการ " เข้ารหัส " ควบคู่ไปด้วยในตัว ซึ่งการเข้ารหัสนี้จะทำให้การตรวจรับสัญญาณสองระดับที่เครื่องรับลดความคลาดเคลื่อนลงไปได้ เพราะการเข้ารหัสบางอย่างจะทำให้เราสามารถรักษาความลับของข่าวสารได้อย่างดีเยี่ยม จึงทำให้สัญญาณเคต้าหรือสัญญาณสองระดับจะกลายเป็น สัญญาณตัวแทนของสัญญาณข่าวสารที่ครอบคลุมทั่วโลกในอนาคต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูป 1.6 Economical Data Communication by Satellite
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1.6 เราควรปรับสภาพ (Conditioned) และเข้ารหัส (Encoded) ก่อนส่งไปกับคลื่นพาห้

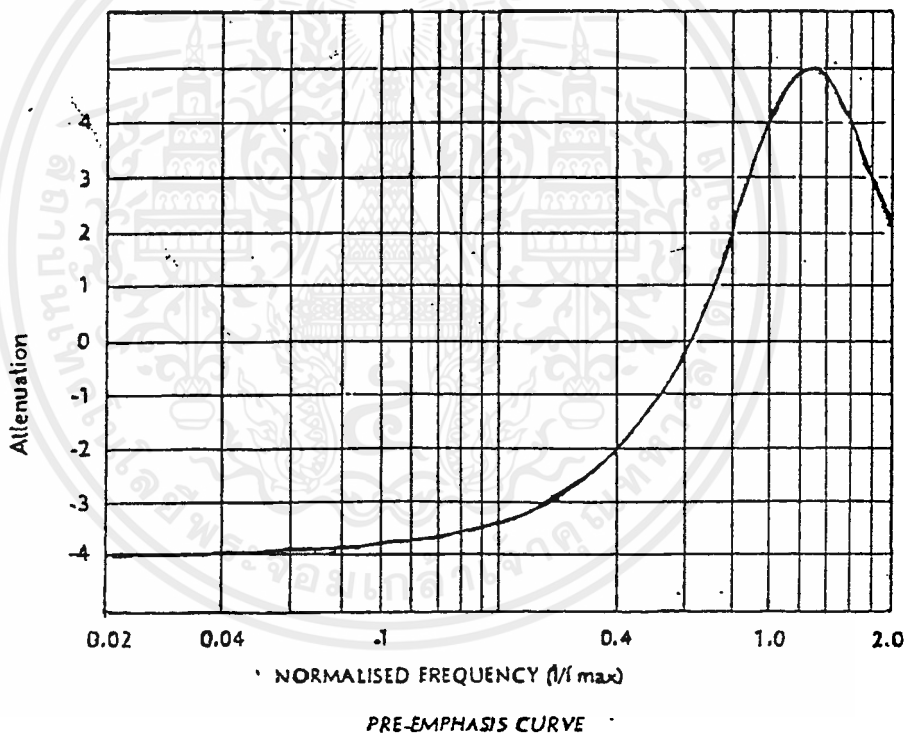
สัญญาณเสียงพูดโทรศัพท์ที่นั่นตามที่ได้กล่าวแล้วคือ มีสเปกตรัมที่จำเป็นต่อการส่งข่าวสารอยู่ระหว่าง 100 - 3,500 Hz เท่านั้น และในแถบความถี่แคบๆ 3.2 KHz สเปกตรัม (หรือขนาด) ของมันก็ไม่กระจายอย่างสม่ำเสมอด้วยกล่าวคือ มันจะมีสเปกตรัมสูงสุดที่ประมาณ 200 - 300 Hz และหลังจากความถี่ 1,000 Hz เป็นต้นไปสเปกตรัมของมันจะมีค่าน้อยมากและลดลงเรื่อยๆ แต่จากปรากฏการณ์ที่เราพบนั้นการรบกวนจากสิ่งรบกวน (Noise) จะเกิดขึ้นทุกความถี่โดยใกล้เคียงกัน ทำให้องค์ประกอบในช่วงความถี่ที่สูงกว่า 1,000 Hz ถูกรบกวนมากกว่าองค์ประกอบที่ต่ำกว่าความถี่ 1,000 Hz ในขณะนั้นเราแก้ไขโดยใช้วงจรปรับสภาพซึ่งยกระดับสัญญาณที่ความถี่สูงกว่า 1,000 Hz ขึ้นไป ให้สูงขึ้นก่อนนำสัญญาณเสียงพูดโทรศัพท์ฝากไปบนคลื่นพาห้และที่เครื่องรับเราก็ใช้วงจรปรับสภาพในทางภาคส่ง เราเรียกว่า Pre-emphasis ส่วนวงจรปรับสภาพทางภาครับเราเรียกว่า De-emphasis การปรับสภาพสัญญาณโทรศัพท์ก่อนบรรจุบนคลื่นพาห้เช่นนี้ ทำให้คุณภาพการต่อสู้กับสัญญาณรบกวน (Noise) ดีขึ้นประมาณ 7 dB เมื่อเทียบกับการที่เราจะส่งไปอย่างธรรมดาโดยไม่มีการปรับสภาพ ยังมีการปรับสภาพอีกอย่างหนึ่งที่ใช้กับเสียงพูดโทรศัพท์เมื่อส่งผ่านสายดาวเทียม เนื่องจากการพูดโทรศัพท์ของคนขึ้นอยู่กับการอารมณ์ในขณะที่พูด โดยอาจจะมีการกระแทกเสียงหรือทำเสียงอ่อนออก บางครั้งมีการพรูสวาท บางครั้งสุภาพนอบน้อม เหล่านี้ทำให้เสียงพูดโทรศัพท์ที่มีนิสัยการเปลี่ยนแปลงระดับกำลังงานขึ้นลงจากต่ำสุดถึงสูงสุด (Dynamic Range) ประมาณ 60 dB (ล้านเท่าตัว) หากเราปรับสภาพให้มันมี Dynamic Range เหลือ 30 dB เราพบว่าก็ยังไม่ทำให้คุณภาพความเข้าใจหรือคุณภาพการรับส่งข่าวสาร นั้นเสียไปเราจึงปรับสภาพดังกล่าวนี้ด้วยวงจร Comander และการปรับสภาพเช่นนี้กลับทำให้แถบกว้างความถี่ที่ต้องใช้ของคลื่นพาห้ลดลงได้ อันเป็นการประหยัดแถบกว้างความถี่ แต่ได้ผลเช่นเดิม อันเป็นสิ่งที่พึงปรารถนาปรากฏว่าการใช้วงจร Comander ซึ่งเป็นวงจรกดคั้น (Compressor) ร่วมกับวงจรปล่อยขยาย (Expander) นี้ทำให้คุณภาพในการรับส่งสัญญาณต่อสู้กับสัญญาณรบกวน (Noise) ได้ดีขึ้นประมาณ 17 dB (แปดร้อยเท่าตัว)

การปรับสภาพทั้งสองอย่างสำหรับการรับส่งสัญญาณเสียงโทรศัพท์ผ่านดาวเทียมที่กล่าว ก็เป็นการปรับสภาพในเชิงความถี่และการปรับสภาพในเชิงขนาด

สัญญาณโทรศัพท์ที่เราสามารถปรับสภาพได้ดังเช่นที่ทำกับสัญญาณเสียงพูดโทรศัพท์ดังกล่าวแต่สัญญาณโทรศัพท์ที่นั่นผลิตโดยกล้องโทรทัศน์ สัญญาณที่ได้จึงมีการปรับขนาดที่ค่อนข้างจะสมบูรณ์แบบอยู่แล้ว เราจึงทำการปรับสภาพในเชิงความถี่เท่านั้นคือใช้ Pre-emphasis ที่ด้านส่งและใช้ De-emphasis ที่ด้านรับและโดยทั่วไปการปรับสภาพเช่นนี้จะทำให้การรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ต่อสู้กับสัญญาณรบกวน (Noise) ได้ดีเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 14 dB (300 เท่าตัว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับสัญญาณเดต้าหรือสัญญาณสองระดับ เป็นสัญญาณที่ได้มาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่อง เทเล็กซ์ โทรเลขนั้นก็มักจะมีการปรับระดับสัญญาณที่ได้มาตรฐานอยู่แล้ว เราจึงมักจะใช้เพียงการปรับ ระดับในเชิงความถี่หรือการเข้ารหัส (En-coded) การเข้ารหัสจะทำให้สัญญาณเดต้าสามารถต่อสู้กับ สัญญาณรบกวน (Noise) ได้ดีขึ้น ซึ่งเราวัดได้โดยดูจากค่า Bit Error Rate (BER) เทคนิคที่มีอยู่ ขณะนี้ การเข้ารหัสจะทำให้แถบกว้างความถี่ในการรับส่งสัญญาณเดต้าต้องใช้มากขึ้นแต่ก็ทำให้ค่า BER ของสัญญาณเดต้าที่รับได้มีค่าต่ำลง และคุ้มกับแถบกว้างความถี่ที่ต้องใช้เพิ่มขึ้น ดังนั้นการส่งสัญญาณเดต้า ผ่านดาวเทียมเราจึงมักใช้การเข้ารหัสร่วมด้วยเป็นส่วนใหญ่



รูป 1.7 แสดง Pre-emphasis curve

1.7 การเชื่อมโยงเพื่อสร้างข่ายดาวเทียม

ปัจจุบันการเชื่อมโยงข่ายดาวเทียมตามลักษณะการประยุกต์ใช้งาน มีดังนี้

1.7.1 การเชื่อมโยงเพื่อถ่ายทอดโทรทัศน์

จะมีสองลักษณะ คือ การเชื่อมโยงแบบก้านร่วม (Star) และการเชื่อมโยงระหว่างจุด 2 จุด (Point to Point) ตามรูป เส้นประและเส้นทึบตามลำดับ

1.7.2 การเชื่อมโยงเพื่อส่งสัญญาณโทรทัศน์

การรับส่งโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมมักจะเป็นการรับส่งทางไกลระหว่างจังหวัดกับจังหวัดหรือประเทศหนึ่งกับอีกประเทศหนึ่งจึงแบ่งลักษณะการเชื่อมโยงได้ 3 ลักษณะ คือ จุดต่อจุดก้านร่วม และแบบเลข และจะมีเทคนิคที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณเป็น 2 แบบ ดังนี้

- แบบ Single, Channel Per Carrier (SCPC) โดยการใช้คลื่นพาห์คลื่นเดียว

ในการรับส่งสัญญาณโทรทัศน์ 1 ช่อง ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 เทคนิค คือ

1. ใช้มอดูเลชันแบบ Frequency Modulation (SCPC-FM)

2. ใช้ดิจิตอลแบบ Phase Shift Keying (SCPC-PSK)

และแบบ Frequency Shift Keying (SCPC-FSK) ซึ่งส่วนใหญ่ในระบบที่ใช้เทคนิค PSK นั้นจะเป็นชนิด 2 เฟส หรือ BPSK และ 4 เฟส QPSK

- แบบ Multiple Channel Per Carrier (MCPC)

โดยใช้คลื่นพาห์คลื่นเดียวในการรับ-ส่ง สัญญาณโทรทัศน์หลายช่องพร้อมๆ กัน แบ่งเป็น 2 เทคนิค

1. ใช้มอดูเลชัน FM เช่น (FDM-FM)

2. ใช้ดิจิตอล PSK เช่นระบบ Intermediate Data Rate (IDR) ระบบ INTE Business

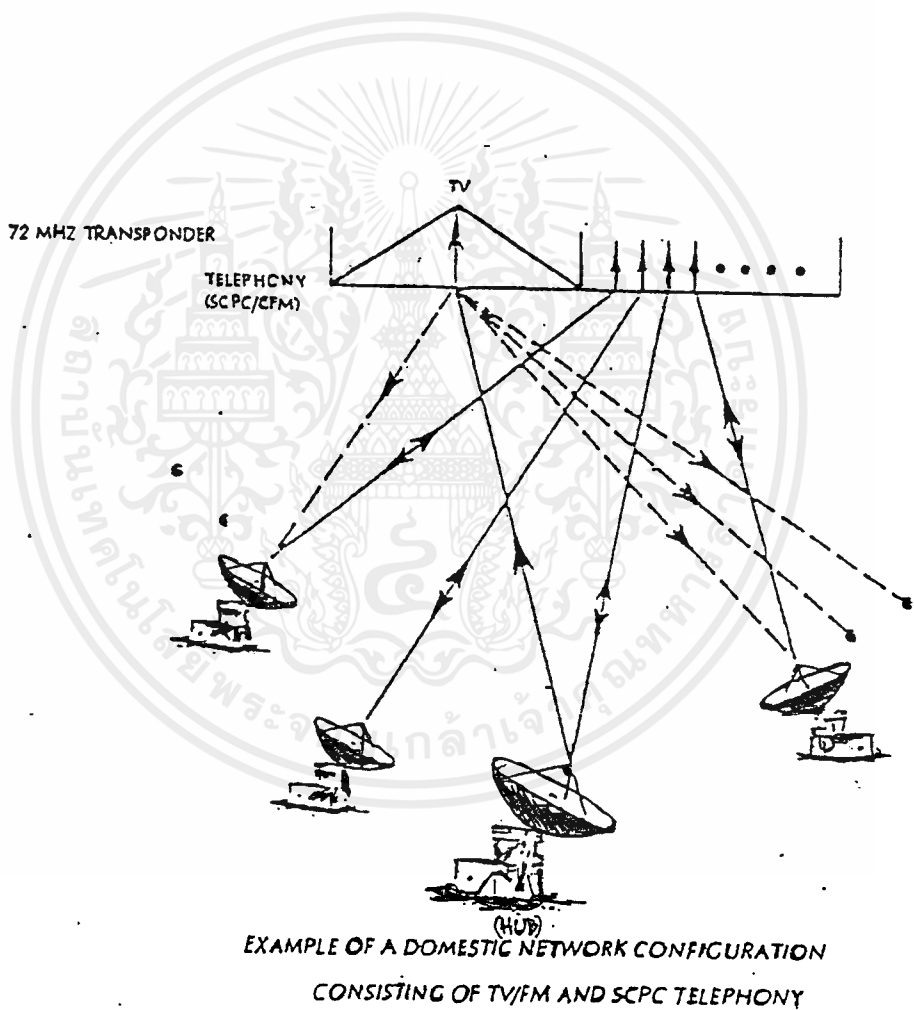
Service (IBS)

1.7.3 การเชื่อมโยงเพื่อสร้างข่ายเคเบิล

การรับส่งสัญญาณเคเบิลหรือสัญญาณสองระดับ ปัจจุบันมักจะเป็นการเชื่อมโยงใช้กับข่ายคอมพิวเตอร์หรือเป็นการเชื่อมโยงเพื่อรับส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่เข้ารหัสเป็นสัญญาณสองระดับ (Digitized Voice) ส่วนการเชื่อมโยงเพื่อรับส่งโทรทัศน์ แบบดิจิตอลนั้นก็กำลังพัฒนาและจะนำมาใช้ในอนาคตอันใกล้เช่นกัน การเชื่อมโยงข่ายเคเบิลนี้อาจแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

- แบบ SCPC ซึ่งใช้สำหรับการรับส่งสัญญาณสองระดับหรือเคเบิลที่ความเร็วต่ำ เช่น 16 Kbps, 32 Kbps หรือ อย่างสูง 64 Kbps และเทคนิคที่ใช้ปัจจุบันเป็นชนิดเดี่ยวคือ ดิจิตอล BPSK และ ดิจิตอล QPSK และดิจิตอล BPSK

- แบบ MCPC ซึ่งใช้สำหรับรับส่งสัญญาณเดต้าโดยใช้คลื่นเดียวในการรับส่งเดต้าหลาย ๆ ช่องพร้อมกัน ในการนี้จะนำสัญญาณสองระดับหลายช่องมามีลติเพล็กซ์ เป็นสัญญาณสองระดับที่ความเร็วสูงขึ้น เช่น 128 Kbps หรือ 512 Kbps หรือ 2048 Mbps แล้วส่งไปจุดหมายปลายทางจุดเดียว (Single - Destination) หรือหลายจุด (Multiple Destination) และที่สถานีรับจะใช้ดีมัลติเพล็กซ์แยกเอาสัญญาณเดต้าแต่ละช่องออกมา เทคนิคที่ใช้มักจะเป็นชนิดเดียวคือ ดิจิตอล QPSK



รูป 1.8 แสดงการเชื่อมโยงของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูช่างงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 Frequency Division Multiple Access (FDMA) และ Time Division Multiple Access (TDMA)

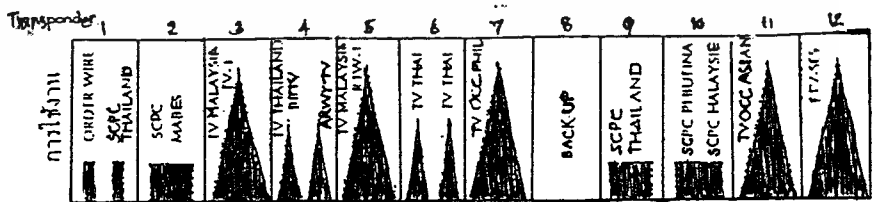
การรับส่งข่าวสารทั้ง 3 รูปแบบ ถ้ามีการสร้างเป็นข่ายที่มีจำนวนสถานีรับและส่งหลายสถานี การจะแบ่งให้ทุกสถานีใช้งานโดยไม่วกวนกันนั้น ทำได้ 2 วิธี

1.8.1 แบ่งความถี่กันใช้ (FDMA)

โดยนำเอาความถี่ในแถบ 36 MHz ของทรานสปอนเดอร์หนึ่ง ๆ มาแบ่งซอยเป็นความถี่ของคลื่นพาห์แต่ละคลื่นไม่ซ้ำกันหากันพอสมควรที่จะไม่รบกวนกัน คลื่นพาห์แต่ละตัว จะห่างกัน 22.5 KHz หรือ 30 KHz หรือ 45 KHz หรือ 90 KHz หรือ 180 KHz หรือ 1,250 KHz หรือ 2.5 KHz หรือ 5 MHz เป็นต้น

1.8.2 แบ่งเวลากันใช้ (TDMA)

โดยอาศัยความจริงที่ว่าคลื่นพาห์แต่ละคลื่นอาจรับส่งสัญญาณ 2 ระดับได้เร็วถึง 2,048 Kbps หรือมากกว่านั้นดังนั้นหากเรามีสถานี 15 สถานีในเครือข่ายสถานีแม้ว่าจะส่งแค่ได้ 64 Kbps ในช่วงเวลาครึ่งวินาทีและสลับกันส่งเพราะการส่งแค่ 64 Kbps นั้นลูกข่ายหนึ่ง ๆ จะใช้เวลาเพียง 30 มิลลิวินาที เท่านั้น เมื่อสลับชั้นลงคลื่นพาห์กันครบ 15 สถานี ก็จะใช้เวลาประมาณครึ่งวินาทีจากนั้นก็เป็นการที่สถานีแต่ละแห่งจะส่งอีกครั้งวินาทีแล้วก็วนมาเป็นคราวสถานีลูกข่ายที่ 1, 2, 3, ... ไล่ไปจนถึง 15 อีกแบบนี้เรียกว่า สลับเวลากันส่ง ซึ่งจะทำให้เมื่อใช้คลื่นพาห์แบบดิจิทัลที่สามารถส่งสัญญาณ 2 ระดับที่มีความเร็วสูง ๆ เท่านั้น เช่น ความเร็ว 2,048 Mbps , 8 Mbps และ 34 Mbps เป็นต้น



รูป 1.9 แสดง Transponder ของดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.9 การเชื่อมโยงทางดาวเทียมและการกำหนด Link Budget

การเชื่อมโยงทางดาวเทียมเพื่อรับส่งสัญญาณข่าวสารประเภทเสียง ภาพ และเคตาดังได้กล่าวมา นั้นจำเป็นต้องมีการกำหนด Link Budget เพื่อให้ทราบว่าสถานีส่งจะส่งคลื่นพาห์ด้วยกำลังส่งเท่าใด ใช้แถบความถี่กว้างเท่าใด จึงจะได้คุณภาพการรับสัญญาณที่เหมาะสมและใช้งานได้

มีตัวแปรที่เข้ามาเกี่ยวข้องในการคำนวณหา Link Budget เช่น

1.9.1 สัญญาณรบกวน

ในระบบดาวเทียมเราคิดว่าเป็น White Noise ซึ่งมี Powerdensity = No ตลอดทุกๆ ความถี่ และกำลังงานของสัญญาณรบกวนที่รับได้ที่สถานีรับนั้นจะแปรผันตรงกับแถบกว้างความถี่ของคลื่นพาห์ซึ่งเรากำหนดโดยสมมติกำลังงานของ Noise จะมีค่ามากหรือน้อยในรูปแบบที่เรียกว่า Noise Temperature หรือ อุณหภูมิของเสียงรบกวนดังนั้นเราอาจกำหนดค่าของ Noise ได้ง่าย ๆ ในทางปฏิบัติโดยสมการ

กำลังงานของ Noise = $N = K.T.B$

โดยที่ K = Boltzman's Const (-228.6 dB)

B = 10 Log B หรือ Decibell ของแถบกว้างความถี่

T = คือ Noise Temperature

1.9.2 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับตัวดาวเทียมเอง

ลองดูตัวอย่างดาวเทียมสองดวงที่มีพารามิเตอร์ประจำตัวไม่เหมือนกับในตารางข้างล่างนี้

	Intelsat	Palapa	(Units)
Satellite EIRP (Over Thailand)	28.5	32.0	(dBW)
Bandwidth	36.0	36.0	(MHz)
Saturation Flux Density (High Gain)	78.1	-89.0	(dBW/M ²)
Satellite Receive Sensitivity (Above Thailand)	-4.5	-4.1	(dB/K)

Frequency bandwidth	3.7-4.2 GHz	3.625-4.2 GHz (575 MHz)				3.4-4.2GHz (800MHz)	10.95-11.7GHz (750 MHz)			
Type of amplifier	Parametric			FET		FET	Parametric		FET	
Cooling type	Parametric cryogenically cooled	T.E. cooled	Un-cooled	T.E. cooled	Un-cooled	T.E. cooled	T.E. cooled	Un-cooled	T.E. cooled	Un-cooled
Guaranteed noise temperature (MAX)	20K	32K	47K	47K	70K	45K	80K	100K	125K	180K
Power consumption	2KVA	600VA	200VA	360VA	11.5VA	700VA	250VA	200VA	400VA	10VA
Reliability and easiness of Maintenance	No good	Fair	Good	Better	Best	Better	Fair	Good	Better	Best

ตาราง ชนิดและเสียงรบกวนของ LNA Units

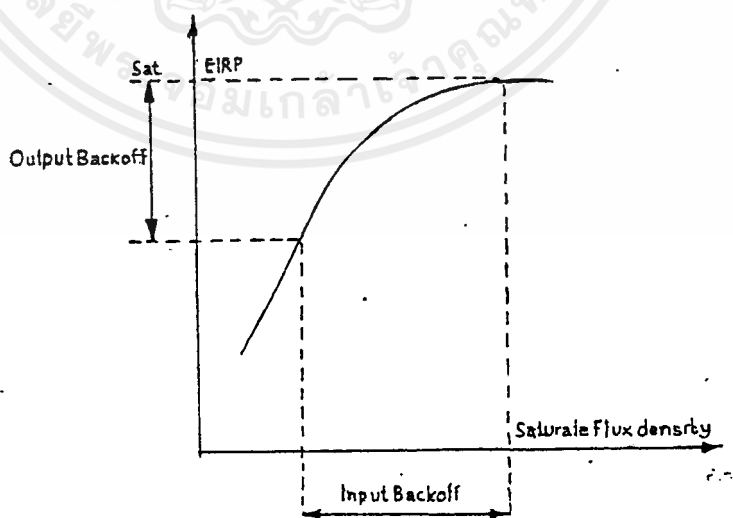
Types and Noises of LNA Units

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.9.3 Transponder Backoff

ค่ากำลังคลื่นวิทยุที่ส่งจากดาวเทียมใน 1 ทรานสปอนเดอร์ 36 MHz สำหรับดาวเทียมปลาบ๋า แต่ค่าตัวเลขนี้เป็นค่ากำลังส่งคลื่นวิทยุสูงสุดและเมื่อเรา drive เครื่องส่งบนดาวเทียมจนใกล้จะส่งคลื่นออกมาได้กำลังสูงสุด คือ 28.5 dBW นั้นมันจะเข้าสู่สภาพการทำงานแบบ Saturate และในสภาพนั้นความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังงานคลื่นวิทยุที่ส่งเข้าดาวเทียม (Input Power) กับกำลังงานคลื่นวิทยุที่ส่งจากดาวเทียม (Output Power) จะไม่เป็นเชิงเส้น (Linear) คุณสมบัติเช่นนี้เป็นอยู่ประจำตัวของเครื่องขยายกำลังสัญญาณทั้งแบบที่เป็นทรานซิสเตอร์และแบบหลอดสุญญากาศ

การใช้งานทรานสปอนเดอร์ดาวเทียมตรงจุดใกล้อิ่มตัว (Saturate) นั้นหากเรามีคลื่นพาหุหลายตัวป้อนเข้าทรานสปอนเดอร์นั้น จะมีผลทำให้ด้าน Output ของทรานสปอนเดอร์เกิดสัญญาณแปลกปลอมนี้เกิดจากการลดความถี่ในทรานสปอนเดอร์บนดาวเทียมต่ำกว่าจุดอิ่มตัวอย่างน้อยครึ่งหนึ่งหรือหนึ่งในสี่ส่วน โดยเราจะยึดเป็นหลักว่าการใช้งานทรานสปอนเดอร์ถ้าไม่พึงประสงค์ให้เกิดสัญญาณแปลกปลอมที่ต้องการ อันเนื่องจากคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้นนั้น ควรใช้งานให้มีกำลังส่งรวมแล้วต่ำกว่าจุดอิ่มตัว มากกว่าครึ่งหนึ่ง หรือถ้าจะให้แน่ใจควรจะใช้งาน ประมาณ 1 ใน 4 ของกำลังส่งที่ทรานสปอนเดอร์นั้นให้ได้ที่จุดอิ่มตัว และในการใช้งานหลายๆ คลื่นพาหุหากเราใช้งานให้มีกำลังส่งออกรวมกันต่ำกว่า 10 เท่าของกำลังงานที่ให้ได้ ณ จุดอิ่มตัวเราจะปลอดภัยจากปัญหาที่เกิดจากมีสัญญาณแปลกปลอมอันเนื่องจากคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้น อันเกิดจากสภาพใกล้อิ่มตัวโดยสิ้นเชิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูป 1.10 แสดงความสัมพันธ์ของจุดการทำงานที่ Power Input กับ Power Output
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.9.4 Signal-to-Noise (S/N) กับ Carrier-to-Noise (C/N) ในระบบอนาล็อกและ Bit Error Rate (BER) กับ Bit Energy (Eb) ในระบบดิจิทัล

เนื่องจากในระบบดาวเทียม ดาวเทียมอยู่ไกลจากโลกมาก 37,600 กม. กว่าสัญญาณจะถึงปลายทางคือ ที่รับได้ที่ดาวเทียมและที่รับได้บนพื้นโลก สัญญาณที่รับได้นี้จะอ่อนกำลังมาก ทำให้เราต้องเอาใจใส่เป็นพิเศษต่อการรบกวนโดยคลื่นอื่นที่มีความแรงมากกว่า อีกทั้งกำลังส่งของดาวทรานสปอนเดอร์บนดาวเทียมมีจำกัด เป็นของมีค่าซึ่งต้องซื้อด้วยราคาแพง การใช้กำลังส่งบนดาวเทียมจึงต้องใช้ให้คุ้มค่าและละเอียดถี่ถ้วน กล่าวคือสำหรับคลื่นพาห์หนึ่งๆ เราต้องใช้กำลังส่งไม่มากและไม่บ่อยเกินไป เพราะถ้ามากเกินไปก็จะทำให้ทรานสปอนเดอร์ใช้จำนวนช่องสัญญาณได้น้อย ราคาค่า M^2 บริการก็จะแพง หากส่งด้วยกำลังส่งน้อยไป พอสัญญาณมาถึงสถานีรับบนพื้นโลกมันก็จะถูกรบกวนได้ง่าย

เมื่อพูดถึงระบบอนาล็อก เรามีสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (S/N) กับ (C/N) โดยเฉพาะระบบ FM ซึ่งเราใช้มากที่สุดขณะนี้และเมื่อพูดถึงระบบดิจิทัลเราก็มีสมการแสดง Bit Error Rate กับ Bit Energy (Eb)

ตัวอย่างการคำนวณ Link Budget เปรียบเทียบกันระหว่างดาวเทียม อินเทลแซท และปลาป้า สำหรับการใช้งาน 3 แบบ แสดงในตารางที่ 1, 2 และ 3

จาก Link Budget เปรียบเทียบกันที่ได้ออกมาสรุปได้ว่า

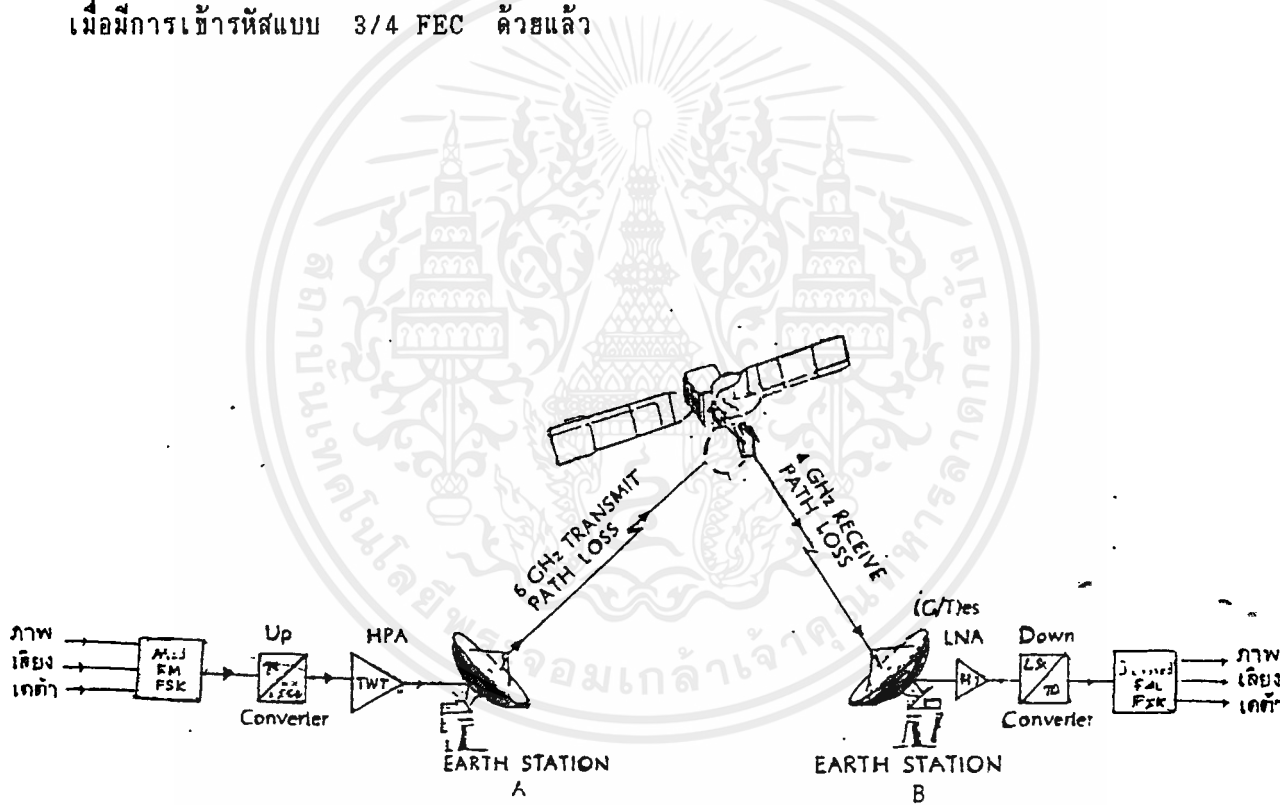
1. หากเข้าทรานสปอนเดอร์ขนาด 36 MHz มาใช้งานเป็นข่ายถ่ายทอดโทรทัศนข่ายที่ใช้ดาวเทียมอินเทลแซท ต้องใช้จวนสายอากาศขนาดใหญ่กว่าข่ายที่ใช้ดาวเทียมปลาป้าถึง 30 % กล่าวคือ

	(ระบบที่ใช้ดาวเทียมอินเทลแซท)		(ระบบที่ใช้ดาวเทียมปลาป้า)	
สถานีแม่	ขนาด	11 เมตร	ขนาด	9 เมตร
	เครื่องส่ง	1.5 KW	เครื่องส่ง	400 W
สถานีลูก	ขนาด	9 เมตร	ขนาด	6 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หากเข้าทรานสponder ขนาด 36 MHz มาใช้งานเป็นข่ายถ่ายทอด (หรือรับส่ง) ทรานส์พ็ททางไกลในประเทศและข่ายที่จัดตั้งหากใช้สถานีดาวเทียมขนาดเท่ากัน คือใช้งานขนาด 6 เมตร และกำลังส่งช่องละ 2 วัตต์ทั้งในข่ายที่ใช้ดาวเทียมอินเทลแซท และดาวเทียมปลาป้าพบว่าข่ายที่ใช้ดาวเทียมปลาป้าจะให้จำนวนช่องทรานส์พ็ทที่ใช้งานได้ทั้งหมดประมาณ 1,200 ช่อง ซึ่งเป็น "จำนวน 1.7 เท่าตัว" ของจำนวนช่องทรานส์พ็ทที่ใช้ได้ในกรณีใช้ดาวเทียมอินเทลแซท คือ 777 ช่อง

3. หากเข้าทรานสponder ขนาด 36 MHz ของดาวเทียมปลาป้ามาใช้สร้างข่ายรับส่งสัญญาณเดต้าความเร็ว 64 Kbps โดยใช้ข่ายที่มีสถานีขนาดจวน 6 เมตร และเครื่องส่งช่องละ 2 วัตต์ตลอดทั้งข่าย เช่นนี้จะสามารถใช้วงจรเดต้าความเร็ว 64 Kbps ได้ 427 ช่อง ในขณะที่ใช้ดาวเทียมอินเทลแซทจะสามารถใช้วงจรได้ 300 ช่อง คุณภาพของวงจรเดต้าความเร็ว 64 Kbps นี้มี BER 10^{-7} เมื่อมีการเข้ารหัสแบบ 3/4 FEC ด้วยแล้ว



A TYPICAL SATELLITE LINK

รูป 1.11 แสดงการส่งผ่านข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทรานสพอนเดอร์ของดาวเทียมปลาป้ามี Input Saturation Flux Density ที่มีค่าต่ำมากคือ -89 dBW/M^2 (ในกรณีที่ตั้งให้เป็น High Gain) และ -81 dBW/M^2 (ในกรณีที่ตั้งให้เป็น Low Gain) ในขณะที่ทรานสพอนเดอร์ของอินเทลแซทที่มีค่า Input Saturation Flux Density -78.1 dBW/M^2

การที่ทรานสพอนเดอร์ปลาป้ามี Saturation Flux Density ได้ค่าต่ำมีผลดีมากเพราะจะทำให้ภาคส่งขาขึ้น (Up Link) ส่งกำลังหรือส่ง eirp ค่าต่ำๆ ได้ หรือจะทำให้สถานีแม่มีขนาดเล็กลงได้ ต่างจากสถานีในเครือข่ายทรานสพอนเดอร์อินเทลแซท ซึ่งต้องใช้สถานีแม่ขนาดใหญ่กว่าสถานีลูกข่ายของส่วนข่ายปลาป้าสามารถใช้สถานีแม่ขนาดเท่ากับสถานีลูกข่ายได้เลย ที่กล่าวนี้ในกรณีของข่ายแบบก้ำก๋อ (Star Network)

นอกจากนั้น การที่ทรานสพอนเดอร์ปลาป้าให้ค่ากำลังส่ง EIRP สูงกว่าทรานสพอนเดอร์ของอินเทลแซท ประมาณ 2.5-3 dB เช่นนี้จะทำให้ข่ายปลาป้ามีจำนวนช่องการใช้งานได้มากกว่าของข่ายอินเทลแซทประมาณเกือบเท่าตัว ซึ่งจะเห็นได้ชัดแจ้งจากตาราง 1-3 ซึ่งเป็นตัวอย่างของ Link Budget ที่เปรียบเทียบของปลาป้าและอินเทลแซทไว้

ตารางที่ 1

LINK BUDGET CALCULATIONSAT C-BAND FOR

DOMESTIC NETWORK THAILAND C/BAND

FOR VIDEO CARRIER

INTELSAT

PALAPA

NUMBER OF FREQUENCY REUSE UP-DOWN

OCCUPIED CARRIER BANDWIDTH(MHz)

30.00

30.00

ALLOCATED CARRIER BANDWIDTH(MHz)

36.00

36.00

UP-LINK

EARTH STATION CARRIER EIRP(DBW)

79.80

70.50

UP-LINK POINTING LOSS(DB)

0.50

0.50

PATH LOSS(DB)

-199.70

-199.70

UP-LINK ATTENUATION(DB)

00.00

00.00

SATELLITE FLUX DENSITY(DBW/M2)

-78.10

-89.00

SATELLITE G/T(DB/K)

-4.50

-4.10

CARRIER INPUT BACKOFF(DB)

5.30

3.60

C/N THERMAL NOISE(DB)

29.00

19.70

C/I CO-CHANNEL INTERFERENCE(DB)

24.00

27.00

C/(N+1)UP-LINK(DB)

22.80

18.90

C/I INTERMODULATION(DB)

30.70

30.70

DOWN-LINK

SATELLITE EIRP(DBW)

28.50

32.00

CARRIER OUTPUT BACKOFF(DB)

2.50

2.00

PATH LOSS(DB)

196.10

-196.10

DOWN-LINK ATTENUATION(DB)

0.00

0.00

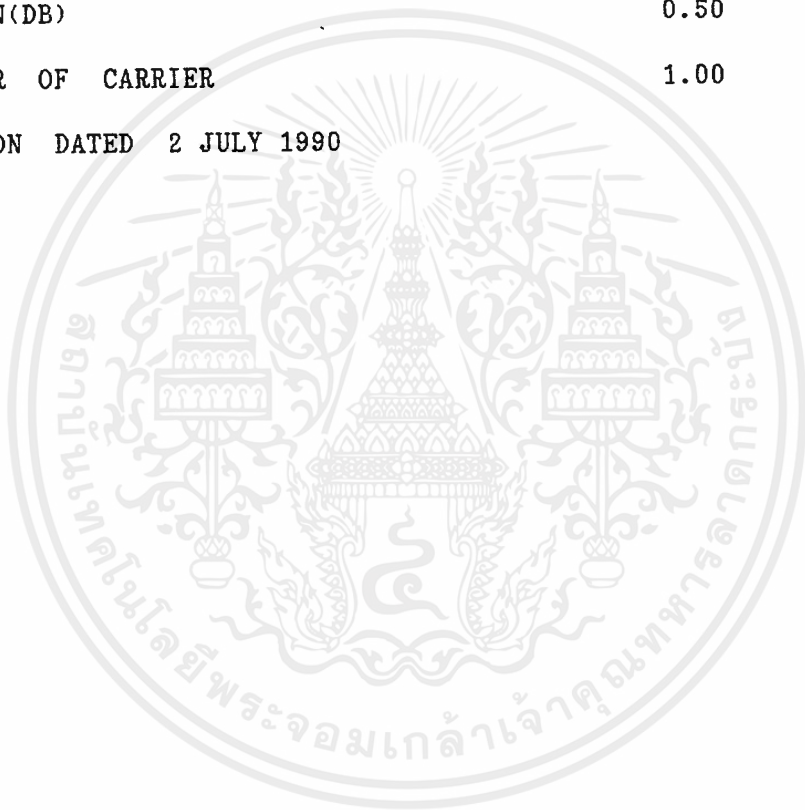
DOWN-LINK POINTING LOSS(DB)

0.50

0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EARTH STATION G/T(DB/K)	29.00	26.00
C/N THERMAL NOISE(DB)	13.40	13.90
C/I CO-CHANNEL INTERFERENCE(DB)	24.00	27.00
C/(N+1)DOWN-LINK(DB)	13.00	14.20
TOTAL C/(N+1)(DB)	12.50	12.70
OCCUPIED CARRIER BANDWIDTH(DB-Hz)	72.80	74.80
TOTAL C/(NO+IO)(DB-Hz)	87.30	87.30
REQUIRED C/(N+1)(DB)	12.00	12.00
MARGIN(DB)	0.50	0.70
NUMBER OF CARRIER	1.00	1.00
VERSION DATED 2 JULY 1990		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2

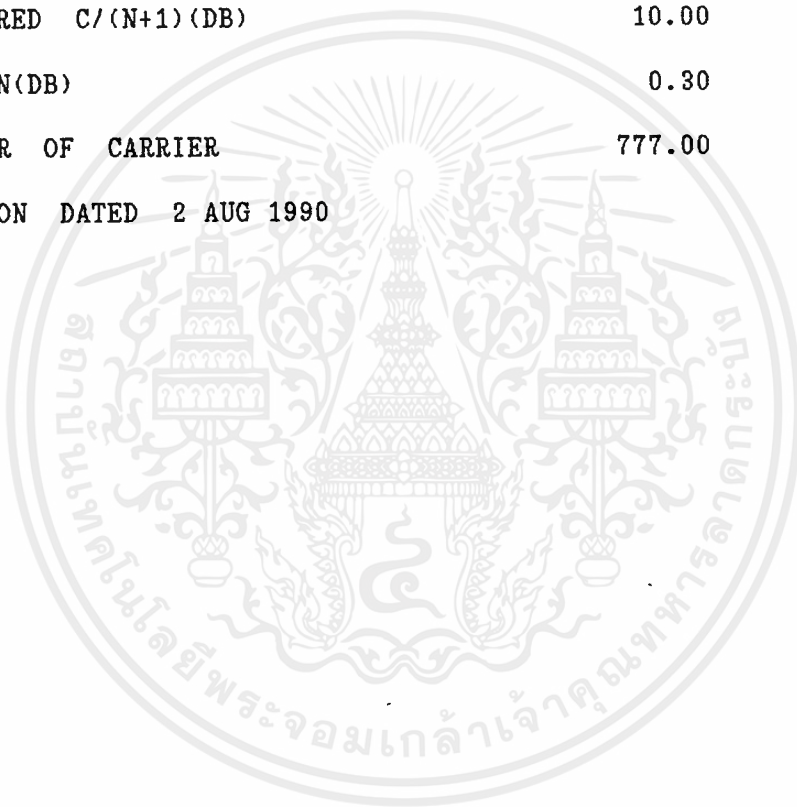
LINK BUDGET CALCULATIONS AT C-BAND FOR
DOMESTIC NETWORK THAILAND C/BAND

FOR TELEPHONE SCOC/CFM CARRIER

	INTELSAT	PALAPA
NUMBER OF FREQUENCY REUSE UP-DOWN		
OCCUPIED CARRIER BANDWIDTH(MHz)	0.025	0.025
ALLOCATED CARRIER BANDWIDTH(MHz)	0.030	0.030
UP-LINK		
EARTH STATION CARRIER EIRP(DBW)	51.00	5.70
UP-LINK POINTING LOSS(DB)	0.50	0.50
PATH LOSS(DB)	-199.70	-199.70
UP-LINK ATTENUATION(DB)	0.00	0.00
SATELLITE FLUX DENSITY(DBW/M ²)	78.10	1.50
SATELLITE G/T(DB/K)	-4.50	-4.10
CARRIER INPUT BACKOFF(DB)	34.00	36.00
C/N THERMAL NOISE(DB)	30.80	26.00
C/I CO-CHANNEL INTERFERENCE(DB)	24.00	27.00
C/(N+1) UP-LINK(DB)	23.10	23.10
C/(N+1) INTERMODULATION(DB)	23.50	23.50
DOWN-LINK		
SATELLITE EIRP(DBW)	28.50	32.00
CARRIER OUTPUT BACKOFF(DB)	31.90	33.80
PATH LOSS(DB)	-196.10	-196.10
DOWN-LINK ATTENUATION(DB)	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DOWN-LINK POINTING LOSS(DB)	0.50	0.50
EARTH STATION G/T(DB/K)	26.00	25.00
C/N THERMAL NOISE(DB)	10.70	10.70
C/I CO-CHANNEL INTERFERENCE(DB)	24.00	27.00
C/(N+1) DOWN-LINK(DB)	10.50	10.50
TOTAL C/(N+1)(DB)	10.30	10.30
OCCUPIED CARRIER BANDWIDTH(DB-Hz)	43.90	43.90
TOTAL C/(NO+IO)(DB-Hz)	44.20	44.20
REQUIRED C/(N+1)(DB)	10.00	10.00
MARGIN(DB)	0.30	0.30
NUMBER OF CARRIER	777.00	1,200.00
VERSION DATED 2 AUG 1990		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3

Link Budget For IDR Carrier in 36 MHz TRPD C-Band Channel

	PARAMETER	UNITS	
	1 Satellite Id		PALAPA
	2 Up Link Coverage		THAILAND
G	3 Down Link Coverage		
E	4 Frequency (up)	GHz	6.225
N	5 Frequency (down)	GHz	4.000
E	6 Transponder bandwidth	MHz	36.00
R	7 Transmit Earth Station	F-3	
A	8 Maximum Earth Station eirp	dBW	55.10
L	9 Required Earth Station eirp	dBW	53.80
	10 Receive Earth Station	F-3	
	11 Earth Station eirp (total)	dBW	78.10
	12 Path Loss (up) at 10 degrees	dB	200.80
	13 Other up-Link losses	dB	0.50
	14 Gain of $1m^2$	dB/m ²	37.30
U	15 Operating flux density	dBW/m ²	-85.40
P	16 Station flux density	dBW/m ²	-79.20
L	17 Antenna pattern advantage	dB	0.00
I	18 Input Back-off	dB	-6.20
N	19 Spacecraft G/T	dB/k	-11.00
	20 C/No thermal (up)	dB-Hz	94.40
	21 Spacecraft beam isolation(up)	dB	NA
	22 Earth station x-pol isol.(up)	dB	NA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	23	New isolation (up)	dB	NA
	24	C/No Co-channel (up)	dB-Hz	NA
	25	Saturated eirp	dBW	31.00
I	26	Output back-off	dB	-3.20
M	27	Intermod. power density (rel. to single saturation)	dB-Hz	-92.20
	28	C/No intermod	dB-Hz	89.00
	29	Spacecraft beam isolation(down)	dB	NA
D	30	Earth station x-pol isol.(down)	dB	NA
O	31	Net isolation(down)	dB	NA
W	32	C/No Co-channel(down)	dB-Hz	NA
N	33	Antenna pattern advantage(down)	dB	0.00
L	34	Path loss(down) at 10 degrees	dB	196.90
I	35	Tracking Loss(down)	dB	0.50
N	36	Earth station G/T	dB/K	29.00
K	37	C/No thermal(down)	dB-Hz	88.00
T	38	C/No Total	dB-Hz	84.90
O	39	C/Lo External Interference	dB-Hz	91.90
T	40	Other Losses (E/S 1M,ter.intf...)	dB	1.00
A	41	C/(No+Lo)Available	dB-Hz	83.10
L				
	42	C/No threshold per carrier(10E-3)	dB-Hz	53.80
S	43	System margin	dB	3.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.10 การถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์

ในปัจจุบันนี้การสื่อสารผ่านดาวเทียมได้รุดหน้าไปมากและได้ใช้กันในหลายกิจการเช่น การสื่อสารโทรคมนาคม การพยากรณ์ทางอากาศ การประเมินผลผลิตการเกษตร การสำรวจหาแหล่งแร่ และทรัพยากรธรณี การทดลองค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการทหาร และอื่นๆ อีกมาก

กิจการต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วล้วนเกี่ยวข้องกับโทรทัศน์ทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นการพยากรณ์อากาศ หรือการสำรวจแหล่งแร่ ก็นำมาออกในรายการโทรทัศน์ได้ทั้งสิ้น ขณะนี้สถานีโทรทัศน์ในประเทศไทย มีถึง 10 สถานี ซึ่งสถานีโทรทัศน์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังได้รับอนุญาตให้ถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์ในช่อง 22 ในย่าน UHF

ในระยะต้นๆ ของกิจการโทรทัศน์ ได้แพร่ภาพไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ตามบ้านด้วยความถี่ VHF คือ ความถี่ตั้งแต่ 30-300 MHz ในประเทศไทยได้ใช้มาตรฐาน CCIR ซึ่งแบ่งออกได้เป็นช่อง 2-12 โดยไม่มีช่อง 1 ความถี่ของช่องต่างๆ มีดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตาราง ความถี่ของช่องสัญญาณโทรทัศน์

ช่อง	ความถี่ (MHz)
2	47-54
3	54-61
4	61-68
5	174-181
6	181-188
7	188-195
8	195-202
9	202-209
10	209-216
11	216-223
12	223-230

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่า

1. ไม่มีการออกอากาศในช่อง 1
2. ความถี่ในช่อง 4 กับช่อง 5 ต่างกันมาก ทั้งนี้เพราะช่อง 2,3,4 อยู่ในแบนด์ 1 แต่ช่อง 12 อยู่ในแบนด์ 3 ส่วนแบนด์ 2 นั้นไม่ใช้ในการแพร่ภาพโทรทัศน์

เมื่อสถานีส่งโทรทัศน์มีมากขึ้น จึงได้มีการเพิ่มความถี่ในการส่งโทรทัศน์ขึ้นในย่าน ความถี่ UHF คือ ความถี่ตั้งแต่ 300-3,000 MHz ทำให้สถานีโทรทัศน์มีได้มากมายหลายช่อง สถานีโทรทัศน์ VHF หรือ UHF นี้ จะส่งสัญญาณเป็นเส้นตรงในระดับสายตา เมื่อถูกสิ่งปลูกสร้าง ภูเขา หรือส่วนโค้งของโลก บัง ก็ไม่สามารถจะส่งผ่านไปยังเครื่องรับได้ การรับชมโทรทัศน์แต่ละสถานีจึงรับสัญญาณได้ไกลจากสถานีส่งประมาณ 100 กิโลเมตร เท่านั้น เมื่อเกิน 100 กิโลเมตร สัญญาณจะถูกลดทอนลงไปจนรับไม่ได้

ถ้าต้องการให้ส่งออกอากาศ หรือแพร่ภาพได้ไกลกว่านี้ ก็จะต้องตั้งสถานีถ่ายทอด (REPEATER)



1.11 สถานีทวนสัญญาณโทรทัศน (REPEATER)

สถานีทวนสัญญาณโทรทัศน ประกอบด้วย สายอากาศรับ ภาครับ ภาคขยายสัญญาณให้แรงขึ้น ภาคเปลี่ยนความถี่ หรือเปลี่ยนช่องสัญญาณ เช่น สถานีแม่ใช้ช่อง 3 สถานีลูกขยายอาจส่งด้วยช่อง 6 ก็ต้องเปลี่ยนความถี่ หรือเปลี่ยนช่องสัญญาณเป็นช่อง 6 แล้วขยายให้มีความถี่กำลังส่งออกสายอากาศ ไปยังเครื่องรับก็ต้องรับที่ช่อง 6 จึงจะรับสัญญาณช่อง 3 ได้เมื่อมีสถานีถ่ายทอดหลายๆ สถานี ก็กลายเป็นสถานีเครือข่าย (NETWORK)

การสร้างสถานีเครือข่ายแบบนี้ราคาถูกแต่ก็ต้องสร้างติดต่อกันหลายๆ สถานี เพราะแต่ละสถานีจะต้องอยู่ในเขตที่รับสัญญาณจากสถานีแม่ได้ชัดเจน เช่น สถานีแม่ขยายอยู่ กรุงเทพมหานคร สถานีถ่ายทอดต้องอยู่ อุดรธานี อุทัยธานี นครสวรรค์ กำแพงเพชร ถ้าจะถ่ายทอดจากไปนครสวรรค์ก็ถ่ายทอดไม่ได้ เพราะไกลเกินไปจึงต้องมีสถานีถ่ายทอดหลายสถานีโดยไม่จำเป็น และการถ่ายทอดแบบนี้ในปัจจุบัน จะถ่ายทอดได้ติดต่อเมื่อถ่ายทอดไม่เกิน 5 สถานีเท่านั้น ถ้าเกินกว่านั้นสัญญาณจะไม่ชัดเจน จนดูไม่ได้แต่ต่อไปในอนาคต อาจถ่ายทอดได้เกินกว่านี้โดยใช้เทคโนโลยีใหม่

การถ่ายทอดแบบนี้ ยังใช้อยู่ในหลายประเทศ แต่ก็ใช้กับประเทศชุมชนอยู่ใกล้ติดกัน จนต้องมีเครื่องส่งโทรทัศนอยู่ใกล้ๆ กัน เมื่อชุมชนอยู่ห่างกัน หรือต้องการจะถ่ายทอดในระยะไกลออกไป ก็จะใช้คลื่นไมโครเวฟ หรือ เรียกว่าการเชื่อมโยงสัญญาณด้วยไมโครเวฟ (Microwave) ตัวอย่าง เช่น กรมประชาสัมพันธ์ ซึ่งยังคงใช้งานการเชื่อมโยงด้วยไมโครเวฟอยู่ทั่วประเทศ การเชื่อมโยงสัญญาณหรือการถ่ายทอดสัญญาณด้วยไมโครเวฟนี้เชื่อว่ายังคงต้องใช้ไปอีกนาน เพราะในหลายประเทศก็ยังใช้อยู่ รวมทั้งการถ่ายทอดโทรทัศนใกล้ๆ เช่น การถ่ายทอดพระราชพิธี รัฐพิธี การกีฬาต่างๆ และข่าวบางชนิดก็ยังใช้ไมโครเวฟและการถ่ายทอดจากสถานีโทรทัศนไปยังสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินบางแห่งก็ใช้ไมโครเวฟ ไมโครเวฟคือ เครื่องส่งและรับสัญญาณในความถี่สูงตั้งแต่ 1,000 MHz ขึ้นไป การส่งมักจะส่งเป็นมุมแคบๆ ทำให้ไม่มีการรบกวนมากนักและใช้กำลังส่งน้อยด้วย การถ่ายทอดด้วยไมโครเวฟนี้มีข้อดี คือ การถ่ายทอดส่งเป็นลำเล็กๆ ซึ่งมีวิธีควบคุมด้วยจาน ที่อยู่ด้านหลัง ทำให้สัญญาณพุ่งไปด้านหน้าเหมือน ลำไฟฉายที่จะทำให้ลำใหญ่หรือเล็ก ขึ้นอยู่กับขนาดของจานมีขนาดเล็กลำก็กว้างทำให้การขยายน้อย

ไมโครเวฟจานใหญ่มักใช้กับการส่งสัญญาณถ่ายทอดในระยะไกล ส่วนจานเล็กใช้ถ่ายทอดในระยะใกล้ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการขนย้ายเครื่องไมโครเวฟที่ต้องเปลี่ยนที่ถ่ายทอดอยู่เสมอจึงมักใช้จานเล็ก

ขนาดของจานไมโครเวฟที่ใช้อยู่ทั่วไปในงานถ่ายทอดระยะไกลมีขนาดตั้งแต่ 1-2 เมตรส่วนขนาดเล็กกว่านั้นมักใช้ในงานถ่ายทอดเคลื่อนที่

มีการถ่ายทอดสัญญาณ ชนิดรอบตัวด้วยไมโครเวฟด้วยเช่นกัน เช่น การถ่ายทอดโทรทัศนจากเฮลิคอปเตอร์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มีการคิดค้นที่จะส่งโทรทัศนทางไกลกันมานาน เนื่องจากการส่งโทรทัศนเป็นเส้นตรงระดับสายตา จึงส่งไปได้ทอดละไม่เกิน 100 กม. จึงต้องใช้สถานีถ่ายทอดเป็นจำนวนมากไม่ว่าจะถ่ายทอดทางอากาศหรือถ่ายทอดทางไมโครเวฟก็ตามการถ่ายทอดก็จะลำบากมากเพราะต้องทำการถ่ายทอดหลายทอดและบางแห่งถ้าเป็นประเทศที่ไม่มีสัมพันธไมตรีกัน ก็ตั้งสถานีถ่ายทอดไม่ได้หรือเป็นทะเล หรือทะเลทราย การถ่ายทอดก็ทำลำบากมาก

ได้มีการคิดถ่ายทอดโดยให้สัญญาณสะท้อนจากชั้นบรรยากาศของโลกบ้าง แต่การถ่ายทอดก็ไม่ชัดเจนและไม่แน่นอน ระยะนี้ได้มีผู้คิดค้นสายอากาศสำหรับรับทางไกลขึ้นเป็นอันมากและได้ทดลองใช้การสะท้อนจากดวงจันทร์ แต่ก็ไม่ได้รับผลดีเท่าที่ควร

เมื่อได้มีการส่งดาวเทียมสำเร็จเมื่อปี พ.ศ. 2500 รัสเซียได้ส่งดาวเทียมสำเร็จเป็นดาวเทียมดวงแรกของโลกชื่อ สปุตนิก 1 (Sputnik 1) สหรัฐอเมริกา ซึ่งไม่ยอมแพ้และแพ้ไม่ได้ก็ได้เริ่มต้นส่งดาวเทียมบ้างจนสำเร็จเป็นต้น

เมื่อส่งดาวเทียมสำเร็จ การถ่ายทอดโทรทัศนดาวเทียมก็ทำได้ โดยการนำเอาเครื่องรับไมโครเวฟ เครื่องหนึ่งไปติดอยู่บนดาวเทียม รับสัญญาณจากพื้นโลกแล้วนำสัญญาณนั้นไปขยาย และเปลี่ยนความถี่ใหม่ให้ต่ำลง แล้วส่งกลับลงมาบนพื้นโลก การส่งจากดาวเทียมซึ่งอยู่สูงมากนี้จึงทำให้ครอบคลุมพื้นที่ได้ไกล จึงสามารถถ่ายทอดได้ทั่วโลกโดยใช้ดาวเทียมเพียง 3 ดวง ที่จริงการถ่ายทอดโทรทัศนผ่านดาวเทียมก็คือ การถ่ายทอดผ่านไมโครเวฟที่อยู่ในที่สูงมากนั่นเอง

ในระหว่างนี้ก็ยังมีผู้คิดถึงนักเขียน นวนิยายวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ชื่อ อาร์เทอร์ ซี คล้าก (ARTHUR C. CLARKE) ซึ่งเขียนชื่อเรื่องลงในวารสาร WIRELESS WORLD ในปี พ.ศ. 2488 ว่าต่อไปดาวเทียมที่จะใช้สื่อสารทั่วโลกนั้นจะใช้ดาวเทียมเพียง 3 ดวง ท่ามกลาง 120 องศา ดาวเทียมนั้นจะโคจรรอบโลกด้วยความเร็วเท่ากับการหมุนรอบแกนของโลก ซึ่งทำให้ดาวเทียมทั้ง 3 ดวงนี้เสมือนอยู่กับที่ มีสภาพเท่ากับดาวเทียมค้างฟ้า อาจใช้ดาวเทียมทั้ง 3 ดวงนี้เป็นสถานีถ่ายทอด ที่จะสามารถรับส่งสัญญาณไปยังจุดต่างๆ ทั่วโลกได้

โครงการดาวเทียมเพื่อการโทรคมนาคมได้เริ่มขึ้นและในปี พ.ศ. 2505 ได้มีการส่งดาวเทียมเพื่อการคมนาคม ชื่อ เทลสตาร์ 1 (TELSTAR 1) ขึ้นสู่อวกาศได้สำเร็จและนำมาซึ่งความสำเร็จก้าวแรกในการถ่ายทอดโทรทัศน และโทรศัพท์ระหว่างประเทศ

แต่ความสำเร็จที่แท้จริงของคำพยากรณ์ของอาร์เทอร์ ซี คล้าก เริ่มเป็นจริงขึ้นมาเมื่อ พ.ศ. 2508 องค์การโทรคมนาคมระหว่างประเทศผ่านดาวเทียม หรือที่เรียกย่อๆ ว่า "อินเทลแซท" (INTELSAT) ซึ่งเป็นองค์การระหว่างประเทศที่ประเทศไทยเป็นสมาชิกด้วยได้ส่งดาวเทียมเพื่อการสื่อสาร (Communication Satellite) ชื่อ "อินเทลแซท 1" ได้สำเร็จ

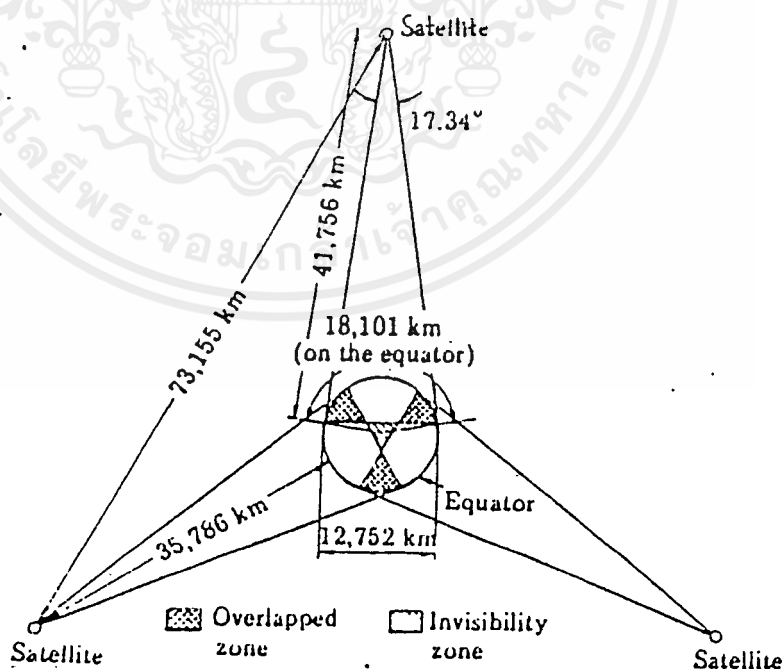
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายหลังความสำเร็จจากการส่งดาวเทียมเพื่อการสื่อสารโทรคมนาคม ผู้แทนจากประเทศต่าง ๆ 11 ประเทศได้ประชุมกัน ที่ประชุมได้ตกลงให้จัดตั้งองค์การดาวเทียม เพื่อการโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecommunications Satellite Consortium) มีชื่อย่อว่า อินเทลแซท (INTELSAT) ทำหน้าที่จัดการและดำเนินการโทรคมนาคมระหว่างประเทศผ่านดาวเทียมเพื่อการพาณิชย์

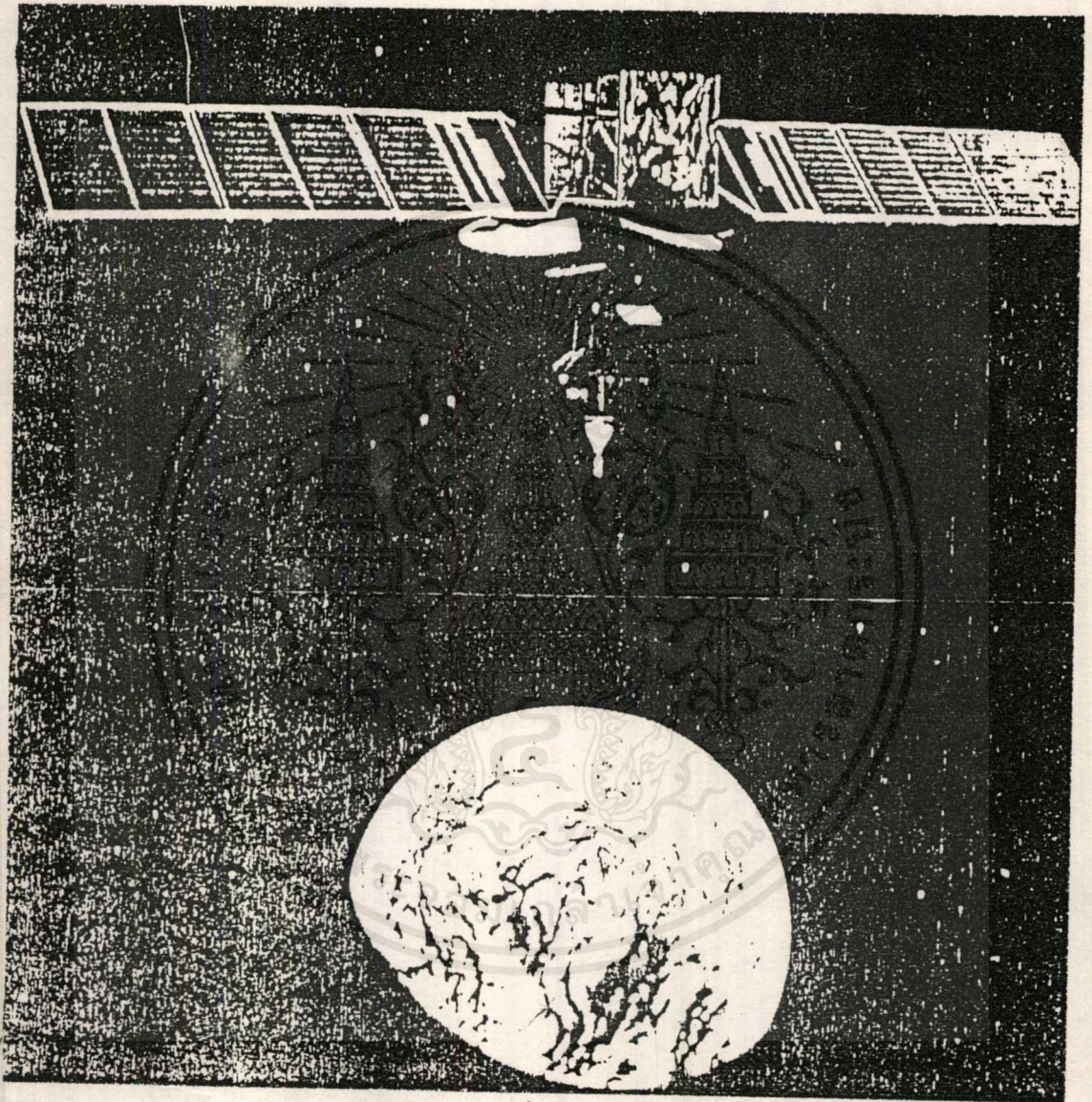
อินเทลแซท ได้ส่งดาวเทียมขึ้นไปโคจรตามจุดต่างๆ ในอวกาศเหนือพื้นโลก 3 จุด ตามความคิดของ อาร์เธอร์ ซีคัลลัก คือ

1. เหนือมหาสมุทรอินเดีย เพื่อการติดต่อระหว่างยุโรปกับเอเชีย
2. เหนือมหาสมุทรแปซิฟิก เพื่อการติดต่อระหว่างเอเชียกับอเมริกา
3. เหนือมหาสมุทรแอตแลนติก เพื่อการติดต่อระหว่างอเมริกากับยุโรป

ดาวเทียมเหล่านี้จะลอยอยู่ตรงเส้นศูนย์สูตรสูงจากพื้นผิวโลก 35,800 กม. ซึ่งความสูงขนาดนี้ทำให้ดาวเทียมมีความเร็วเท่ากับความเร็วของโลกที่หมุนรอบแกนพอดีทำให้ดูเหมือนลอยค้างฟ้า และที่จุดนี้จะสามารถส่งสัญญาณติดต่อครอบคลุมได้ 1/3 ของโลก เมื่อทำการถ่ายทอดผ่านดาวเทียมทั้ง 3 ดวงก็จะสามารถทำให้การติดต่อทั่วโลกไปได้อย่างทั่วถึง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารที่นำมาใช้



รูป 1.13 แสดงดาวเทียมที่ลอยอยู่ในอวกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.12 อุปกรณ์บนดาวเทียม

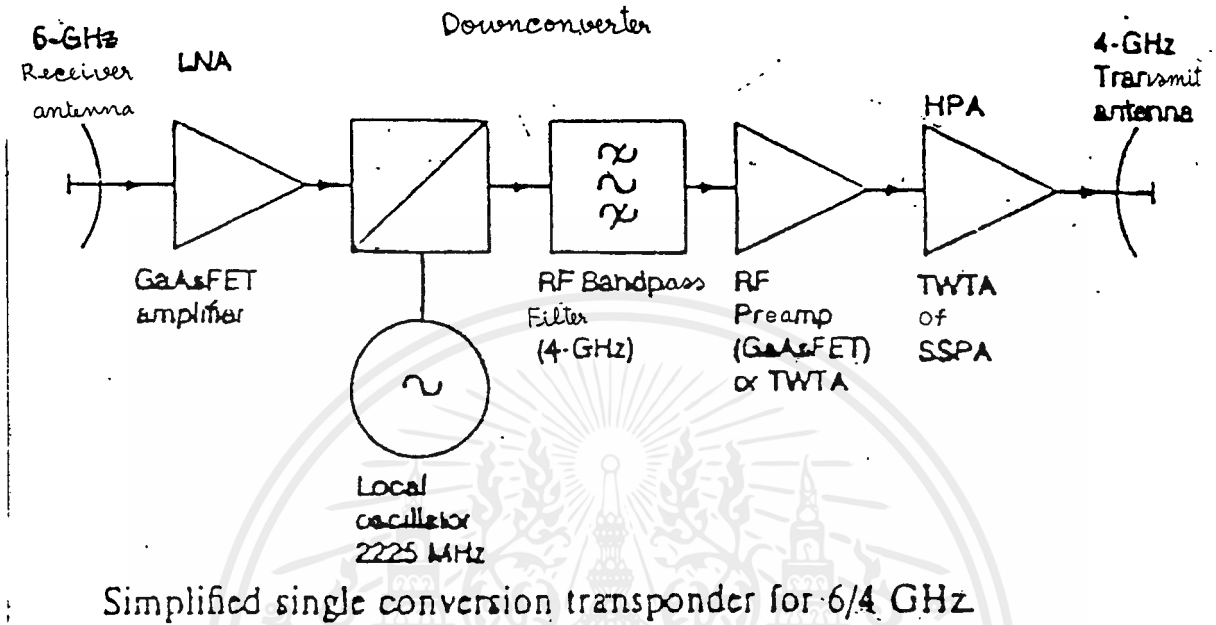
ความจริงดาวเทียมก็คือสถานีถ่ายทอดมีเครื่องรับรับสัญญาณแล้วนำไปขยายให้แรงขึ้นเปลี่ยนความถี่ให้ต่ำลงแล้วนำไปขยายให้มีความถี่สูง แล้วส่งมาที่พื้นโลก ตามจุดที่ต้องการก็จบเรื่อง แต่ดาวเทียมก็ยังต้องมีอุปกรณ์อื่นๆ ร่วมด้วย อุปกรณ์ที่สำคัญของดาวเทียมก็คือ

1. อุปกรณ์ขับเคลื่อน (Apogee Motor) ใช้สำหรับควบคุมตำแหน่งที่ตั้งของดาวเทียมตลอดจนการทรงตัวของดาวเทียม
2. ระบบกำลังไฟฟ้าภายในดาวเทียมมีแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งประกอบไปด้วย โซลาร์เซลล์มากมาย แบตเตอรี่และวงจรควบคุมอื่นๆ
3. เครื่องรับคำสั่งทางวิทยุ และเครื่องโทรมาตร
4. ระบบควบคุมอุณหภูมิ (Thermal Control)
5. เครื่องถ่ายทอดสัญญาณสื่อสาร โทรทัศน์ โทรเลข วิทยุโทรทัศน ฯลฯ (Transponder)

เครื่องอุปกรณ์ทั้ง 5 อย่างนี้ จะมีขนาดโต มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับขนาดของดาวเทียม ถ้าขนาดใหญ่ก็มีทรานสปอนเดอร์มาก ไฟฟ้าก็ต้องใช้มาก แผงโซลาร์เซลล์ก็ต้องโตขึ้น

ความถี่ของสัญญาณที่จะส่งขึ้นไปดาวเทียมหรือที่จะรับจากดาวเทียมนั้นได้เลือกสรรแล้วว่าเป็นสัญญาณที่มีการสูญเสียน้อยที่สุดความถี่ที่ใช้กับการถ่ายทอดสัญญาณดาวเทียมนั้นนิยมใช้ที่ "ซี แบนด์" (C-BAND) หรือความถี่ 3.95-5.85 GHz แต่ที่จริงดาวเทียมใช้ความถี่ระหว่าง 5925-6425 MHz ซึ่งจะเลย C-BAND ไปหน่อย แต่ก็ยังเรียกว่า C-BAND

จะเห็นว่า ความกว้างของแบนด์ของดาวเทียม เท่ากับ 3700-4200 เท่ากับ 500 MHz แต่จะทำหลอด Traveling wave ซึ่งเป็นหลอดส่งกำลังของเครื่องส่งกำลังของเครื่องส่งสัญญาณให้มีความกว้างถึง 500 MHz นั้นทำไม่ได้ จึงตกลงทำความกว้างของแบนด์ได้เพียง 36 MHz ต่อ 1 หลอด ดังนั้นจึงได้นำเอาหลอด Traveling wave 12 ชุด 36 เท่ากับ 432 ซึ่งยังไม่ถึง 500 MHz ส่วนที่เหลือก็คือ ช่องว่างที่กันการรบกวนซึ่งกันและกันเรียกว่า การ์ด แบนด์ (guard band) จะเห็นว่าดาวเทียมดวงหนึ่งจะแบ่งการทำงานในช่วงความถี่ ช่วงละ 36 MHz หนึ่งช่วงใช้หลอด TWT หรือ Traveling wave รับ 1 หลอด แต่ละช่วงเรียก 1 ทรานสปอนเดอร์ ดาวเทียมจึงมี 12 ทรานสปอนเดอร์



รูป 1.14 แสดง Satellite Transponder Block Diagram

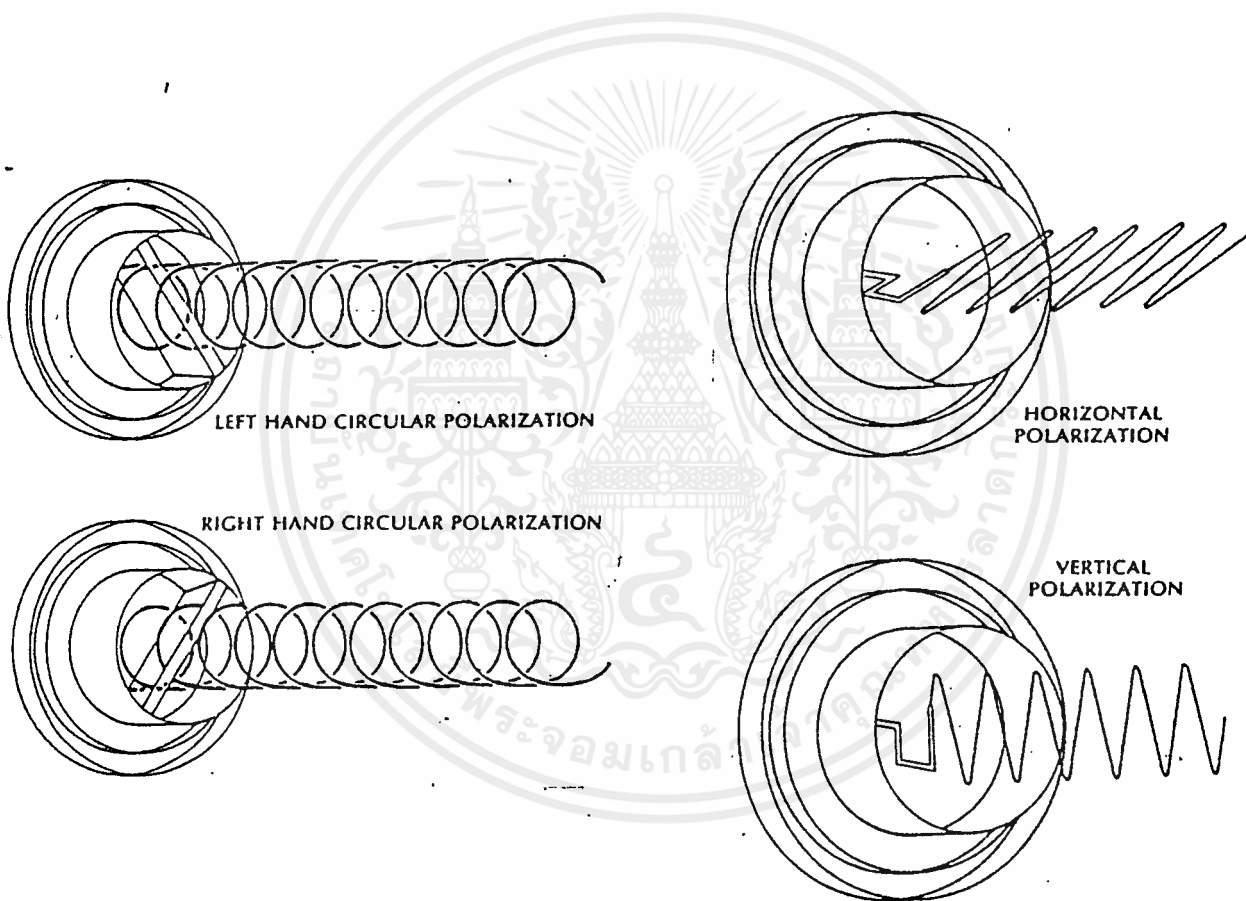
ดังนั้นดาวเทียม 1 ดวง จึงมีความกว้างของแบนด์เท่ากับ 500 MHz มีทรานสปอนเดอร์ 12 ทรานสปอนเดอร์ เท่าจำนวน Traveling wave และทรานสปอนเดอร์ หนึ่งมีความกว้าง 36 MHz

ต่อมาการส่งสัญญาณได้พัฒนาขึ้น ได้นำเอาการส่งที่ใช้โพลาไรเซชันแบบแนวนอน (Horizontal Polarization) และแนวตั้ง (Vertical polarization) มาใช้ ดังนั้นใน 1 ช่วงความถี่ 36 MHz จึงส่งได้ 2 ชุดสัญญาณเรียกว่า 2 ทรานสปอนเดอร์ โดยที่ไม่ทำให้คุณภาพของช่องสัญญาณด้อยลง

ในดาวเทียมปลาบ่า A ใช้แบบ 12 ทรานสปอนเดอร์แต่ในปลาบ่า B ใช้ 24 ทรานสปอนเดอร์ โดยที่ความกว้างของสัญญาณดาวเทียมเท่ากันคือ 500 MHz แต่ละทรานสปอนเดอร์ 36 MHz แต่ใน 1 ทรานสปอนเดอร์ส่งและรับได้ 2 ระบบคือ แนวตั้งและแนวนอน จึงทำให้กลายเป็น 24 ทรานสปอนเดอร์ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางดาวเทียม อินเทลแซท ใช้โพลาไรเซชันแบบวงกลม (Circular Polarization) ซึ่งมี 2 แบบคือ แบบเกลียวซ้าย Left Hand Circular Polarization และเกลียวขวา Right Hand Circular Polarization ช่องสัญญาณที่ส่งเกลียวซ้าย จะรับที่เกลียวขวา เพราะหันหน้าชนกัน ช่องสัญญาณที่ส่งเกลียวขวาจะรับด้วยระบบเกลียวซ้ายถ้ารับผิดเกลียวจะรับไม่ได้ ดังนั้นจึงกลายเป็น 24 ทราเนสปอนเดอร์ไป



รูป 1.15 แสดงโพลาไรซ์ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูอาจารย์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

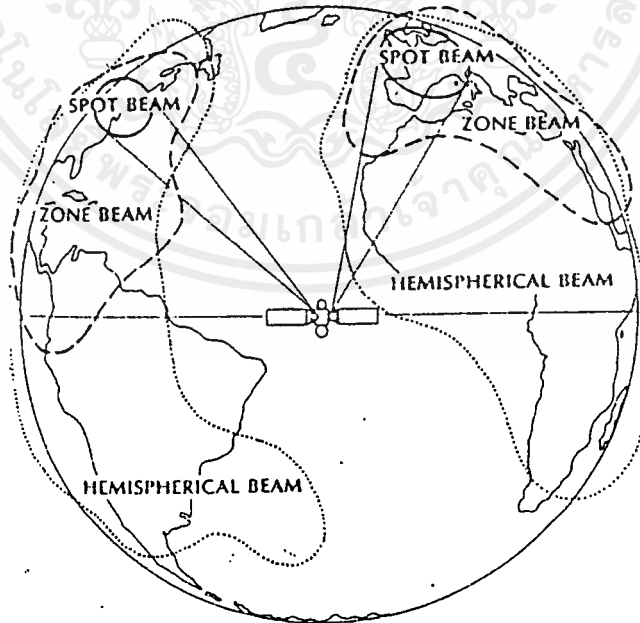
แต่ในอินเทลแซท 5 นี้ ขนาดทรานสปอนเดอร์ ได้เปลี่ยนไปหมดและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ทำให้ดาวเทียมดีขึ้น ส่งได้หลายแบบ ทั้งแบบ globa beam คือ ส่ง 1/3 ของโลกต่อ 1 ดวง แบบ hemispheric beam ส่งเป็นโซนที่ต้องการ หรือ ส่งเป็นสปอตและยังส่งเป็นเกลียวซ้ายเกลียวขวาอีก จึงทำให้การส่งได้มาก ความกว้างของทรานสปอนเดอร์ก็จะแตกต่างกันไป

ตัวอย่าง เช่น ไทยทีวีสีช่อง 3 อ.ส.ม.ท. และช่อง 9 อ.ส.ม.ท. เข้าทรานสปอนเดอร์ของ อินเทลแซท 5 ดวง 60 องศาตะวันออก (60 E)

ทรานสปอนเดอร์ที่ 35 ที่ช่อง 3 และช่อง 9 เข้านี้มีความกว้างของแบนด์ 72 MHz แต่ช่อง 3 เข้าเพียง 20 MHz และช่อง 9 เข้าอีก 20 MHz รวม 2 ช่อง 40 MHz ยังเหลืออีก 32 MHz ซึ่งทางการสื่อสารแห่งประเทศไทยจะได้นำไปให้ประชาชนเช่าผูกโทรศัพท์ หรือใช้กับบริการอื่นได้อีกมากมาย

แต่ช่อง 5 และช่อง 7 กองทัพบกเช่าปลาป่า B ทรานสปอนเดอร์ 4 คนละครึ่ง ทรานสปอนเดอร์ปลาป่า B1 ทรานสปอนเดอร์เท่ากับ 36 MHz ครึ่งหนึ่งจะเท่ากับ 18 MHz เมื่อคิดถึงการด์แบนด์ แล้วจะเหลือ 17.5 MHz

อินเทลแซท 5 มี ทรานสปอนเดอร์มากเพราะส่งทั้ง global, hemi, zone และ spot หมายถึง เลขทรานสปอนเดอร์จึงเป็นรหัส ไม่ใช่จำนวนจริง จึงขอทำความเข้าใจไว้ ณ ที่นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงรูป 1.16 แสดงลำปี่มต่างๆ ของดาวเทียม ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.13 อุปกรณ์ที่สถานีภาคพื้นดิน

สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินมีหลายแบบแต่เท่าที่แบ่งไว้มี 4 แบบคือ

- สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินกลาง
- สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินที่สามารถส่งและรับสัญญาณผ่านดาวเทียมได้
- สถานีดาวเทียมที่สามารถส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมได้เพียงอย่างเดียว
- สถานีดาวเทียมที่รับสัญญาณจากดาวเทียมเพียงอย่างเดียว

สถานีดาวเทียมกลาง เป็นสถานีที่ใช้ควบคุมตำแหน่งของดาวเทียมตลอดจนควบคุมการใช้ดาวเทียมด้วยและสามารถส่งสัญญาณขึ้นสู่ดาวเทียม รับสัญญาณจากดาวเทียมได้ สถานีชนิดนี้จะมีอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์ศูนย์กลางควบคุมการทำงานของดาวเทียม (Tracking, Telemetry and command Center) อุปกรณ์นี้จะทำหน้าที่ควบคุมให้ดาวเทียมอยู่ในตำแหน่งLongitude ที่กำหนดตลอดจนคอยติดตามความเคลื่อนไหวและบันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวของดาวเทียม
2. อุปกรณ์ไฟฟ้ากำลัง (Power System) ระบบไฟฟ้ากำลังชนิดที่มีเครื่องควบคุมแรงเคลื่อนให้คงที่ปราศจากการรบกวนทั้งมวลตลอดจน อุปกรณ์ที่จะสามารถจ่ายไฟฟ้าได้ทั้งที่เมื่อมีเหตุขัดข้องเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์นี้สำคัญมากสำหรับการสื่อสารดาวเทียมจึงต้องใช้ยูพีเอส (U.P.S.)
3. จานสายอากาศและระบบควบคุม (Antenna Dish & Tracking System) เพื่อให้จานสายอากาศสามารถติดต่อกับดาวเทียมได้ตลอดเวลาจานสายอากาศนี้จะสามารถใช้ได้ทั้งรับและส่งสัญญาณไปดาวเทียม
4. อุปกรณ์ควบคุมและตรวจสอบเฟือง (Control and Monitoring Systems) อุปกรณ์นี้จะคอยส่งสัญญาณแจ้งให้พนักงานประจำสถานีได้ทราบว่า มีเหตุขัดข้องขึ้นที่ส่วนหนึ่งส่วนใดของสถานี
5. อุปกรณ์มัลติเพล็กซ์ (Multiplexing Equipment) จะมีตามจำนวนของช่องสัญญาณที่จะต้องติดต่อผ่านดาวเทียมรวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ติดต่อโดยตรงระหว่างสถานีภาคพื้นดินด้วย
6. อุปกรณ์เครื่องส่งกำลังสูง ที่จะส่งสัญญาณความถี่ 5,925-6,425 MHz ไปยังดาวเทียมอุปกรณ์นี้รวมทั้งอุปกรณ์สื่อสารภาคพื้นดิน (Ground Communication Equipment) ด้วย
7. อุปกรณ์เครื่องรับสัญญาณจากดาวเทียม (3,700-4,200) MHz ซึ่งมีอุปกรณ์เครื่องรับที่มีการรบกวนต่ำ (Low Noise Receiver) ครอบคลุมขยายและส่งสัญญาณกลับไปเข้าอุปกรณ์ทางภาครับ

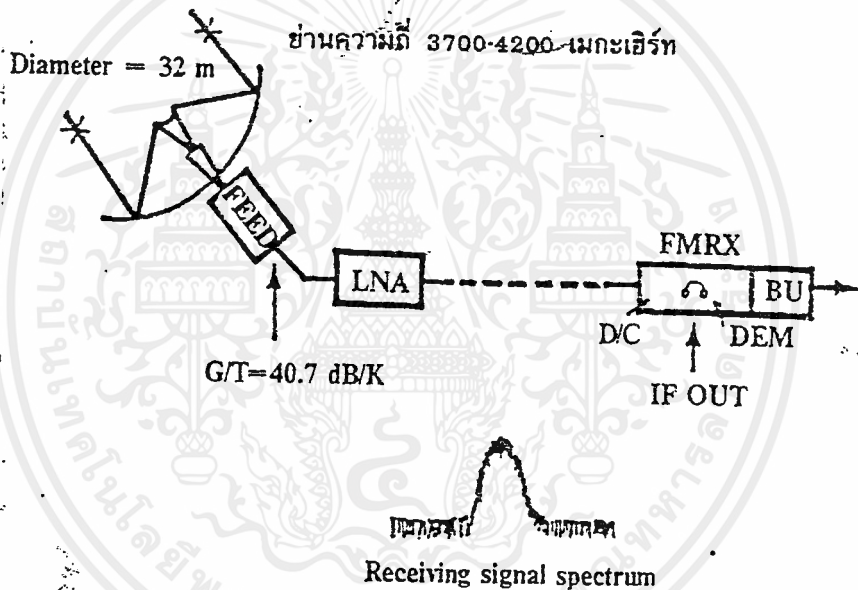
อุปกรณ์ 7 ข้อย่างบนนี้เป็นอุปกรณ์ของสถานีกลางใหญ่ถ้าเป็นสถานีแม้ขายโทรทัศน์ก็ไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ในข้อ 1 และจานสายอากาศก็อาจเล็กก็ได้

ส่วนสถานีที่สามารถส่งได้อย่างเดียวก็ไม่ต้องมีอุปกรณ์ในข้อ 1 และข้อ 7 สถานีที่รับเพียงอย่างเดียวก็ไม่ต้องมีอุปกรณ์ในข้อ 1 และข้อ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่หวังเงินแต่หวังดี อีกทั้งยังมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.14 Low noise amplifier (LNA)

ขอให้เราพิจารณาการรับของสถานีภาคพื้นดินดังในรูป ค่า G/T เป็นค่าที่แสดงถึงคุณภาพการทำงานของสถานีภาคพื้นดิน จากค่า G/T เราสามารถหาค่า C/N (Carrier to noise power ratio) สำหรับการตีโมดูเลชัน เมื่อสัญญาณที่รับจางดาวเทียมมีค่าต่ำมากๆ เพราะฉะนั้นระบบการรับของสถานีภาคพื้นดินควรที่จะมีจานสายอากาศขนาดใหญ่เพื่อให้ได้ $gain$ สูงและมี low noise amplifier ซึ่งค่าเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นภายในมีค่าต่ำมาก ๆ



รูป 1.17 ระบบการรับของสถานีภาคพื้นดิน

เราพิจารณาว่าระบบสายอากาศแบบโหนด และ low noise receiving amplifier subsystem ชนิดโหนดที่จะทำให้เราได้ค่า G/T ที่ดี กรณี G/T คิดที่ input ของ Low noise

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

receiving amplifier subsystem

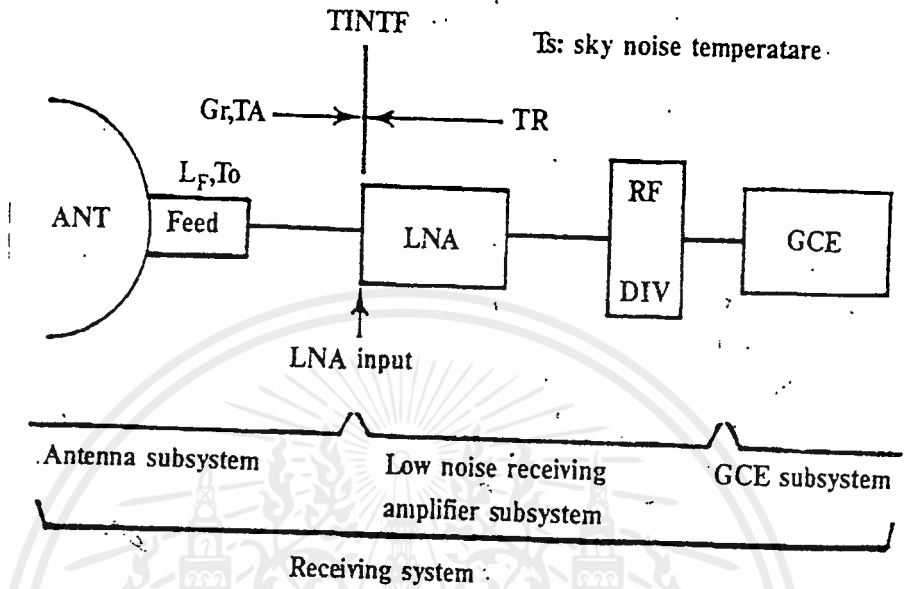
$$\begin{aligned}
 G/T_{SYS} &= G - T_{SYS} && (\text{dB}/^{\circ}\text{K}) \\
 G &= G_Y - L_F && (\text{dB}) \\
 T_{SYS} &= T_A + T_R + T_{INTF} \\
 &= T_A + T_R \\
 T_A &= [(T_a + T_Y)/L_f] + [T_o(1 - 1/L_f)] && (^{\circ}\text{K}) \\
 T_{INTF} &= T_d \cdot (\text{VSWR} - 1)^2 / (\text{VSWR} + 1)^2
 \end{aligned}$$

ในทันที

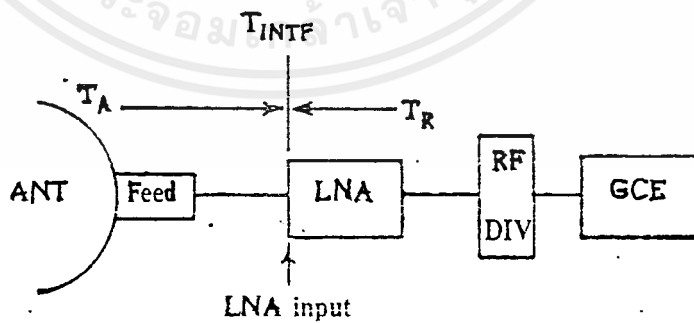
G	: Antenna subsystem gain	(dB)
T_{SYS}	: receiving system noise temperature	($^{\circ}\text{K}$)
G_Y	: antenna gain	(dB)
T_A	: antenna subsystem noise temperature	($^{\circ}\text{K}$)
T_R	: low noise receiving amplifier subsystem noise temperature ($^{\circ}\text{K}$) of LNA unit	
T_{INTF}	: interface noise temperature	($^{\circ}\text{K}$)
L_F	: feed loss	(dB)
T_o	: ambient temperature	($^{\circ}\text{K}$)
T_d	: noise temperature ($^{\circ}\text{K}$) of dummy load of circulator in LNA unit	
VSWR	: VSWR of feed output	
T_a	: antenna noise temperature	($^{\circ}\text{K}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อที่จะพิจารณา receiving system noise temperature T_{sys} ขอให้เรามาศึกษาเกี่ยวกับ noise temperature, noise figure, และ noise temperature เนื่องจาก loss



รูป 1.18 G/T ของระบบการรับสัญญาณ



$$T_{sys} = T_A + T_R + T_{INTF} [K]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูป 1.19 receiving system noise temperature, T_{sys}
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.15 NOISE FIGURE

$$\text{Noise Figure} : NF = (S_{in} / N_{in}) / (S_{out} / N_{out})$$

S_{in} : input signal power (W)

N_{in} : input noise power (W)

S_{out} : output signal power (W)

N_{out} : output noise power (W)

T_o : ambient temperature ($^{\circ}$ K)

T_e : equivalent noise temperature of amplifier ($^{\circ}$ K)

ในที่นี้ $S_{in} / N_{in} = S_{in} / (K \cdot T_o \cdot B)$

$$S_{out} / N_{out} = S_{in} \cdot G / (K \cdot T_o \cdot B + K \cdot T_e \cdot B) G$$

$$\begin{aligned} \text{Noise Figure} &= [S_{in} / (K \cdot T_o \cdot B)] / [S_{in} \cdot G / (K \cdot T_o \cdot B + K \cdot T_e \cdot B) G] \\ &= 1 + T_e / T_o \end{aligned}$$

โดยทั่วไป noise figure กำหนดอยู่ในรูปของ dB คือ

$$\text{noise figure} = 10 \log(1 + T_e / T_o) \quad \text{dB}$$

ส่วน equivalent noise temperature T_e ที่เป็น input ของแอมพลิไฟเออร์กำหนดโดย

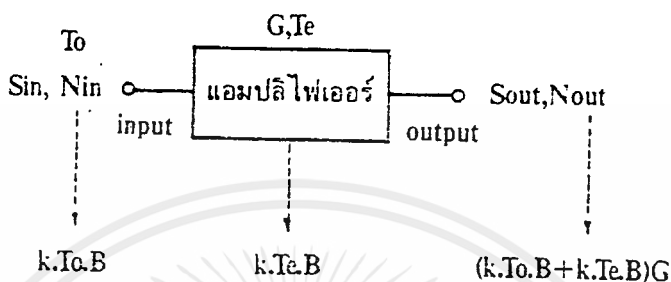
$$T_e = T_o (NF - 1) \quad ({}^{\circ}\text{K})$$

ambient temperature T_o คืออุณหภูมิของห้องที่ปรับอุปกรณ์นั้นๆ ตั้งอยู่ ปกติจะมีค่าประมาณ 20°C หรือ 293°K

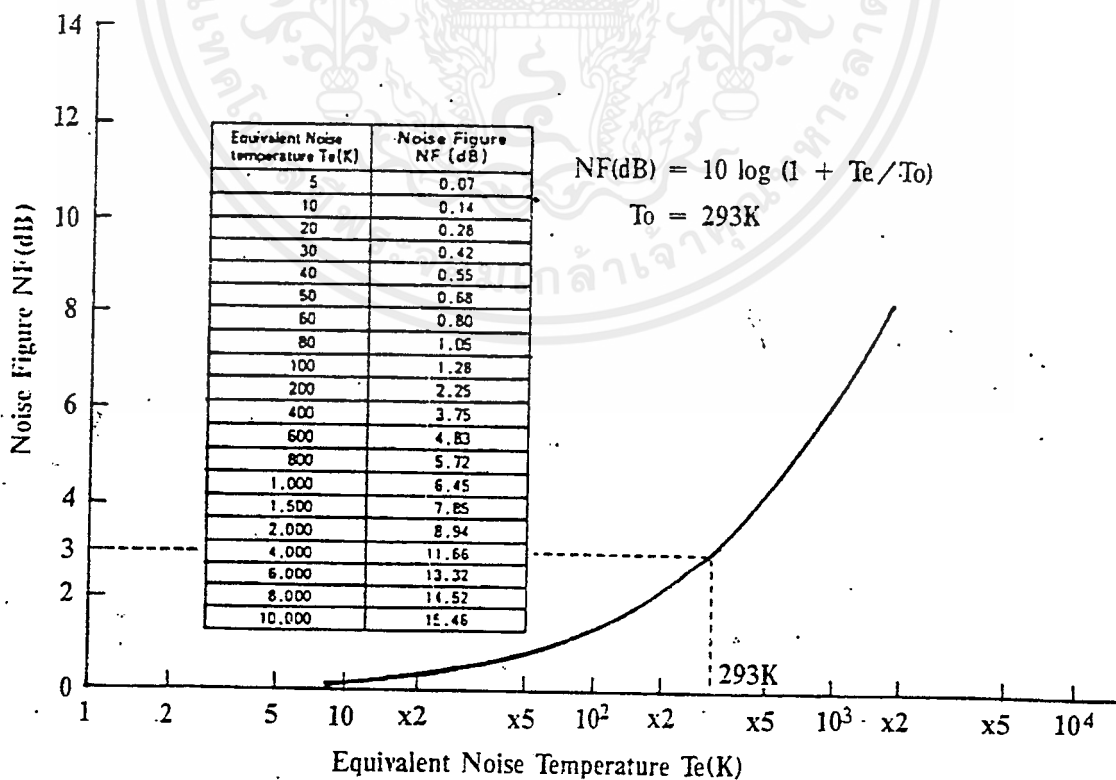
จะเห็นได้จากสมการข้างต้นว่า noise figure กำหนดโดยอัตราส่วนของ signal-to-noise power ratio (S/N) ที่ input ของแอมพลิไฟเออร์ต่อ S/N ที่ output ของแอมพลิไฟเออร์

input signal power S_{in} และ input noise power N_{in} ถูกขยายโดยแอมพลิไฟเออร์ซึ่งมี gain G ได้ output ออกมาเป็น output signal power S_{out} และ input noise power N_{out} ตามลำดับ อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

input noise power N_{in} จะมีค่าเป็น $K.T_o.B$ เนื่องจาก noise temperature ที่ทางเข้าคือ T_o ส่วน output noise power N_{out} จะเป็น $(K.T_o.B + K.T_e.B)G$ เนื่องจากผลบวกของ $K.T_e.B$ เนื่องจาก input equivalent noise temperature T_e ของตัวแอมพลิไฟเออร์เอง และ input noise power $K.T_o.B$ ถูกขยายโดยแอมพลิไฟเออร์ ซึ่งมี gain เท่ากับ G



รูป 1.20 noise power ที่ input-output ของแอมพลิไฟเออร์ จากกราฟในรูปต่อไปนี้จะแสดง noise figure ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงตาม equivalent noise temperature



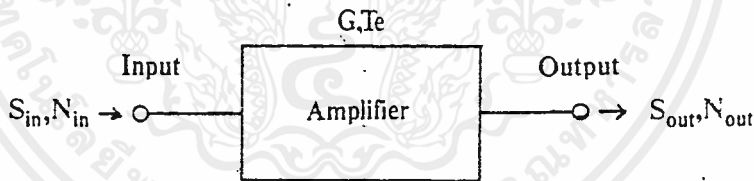
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูป 1.21 noise figure V.S. equivalent noise temperature
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.16 NOISE TEMPERATURE

noise power สูงสุด P_n ต่อแถบความถี่ $B(\text{Hz})$ ซึ่งถูกสร้างขึ้นจากแหล่งกำเนิดความร้อนของ absolute temperature กำหนดโดยสมการ

$$P_n = k \cdot T \cdot B \quad (\text{W})$$

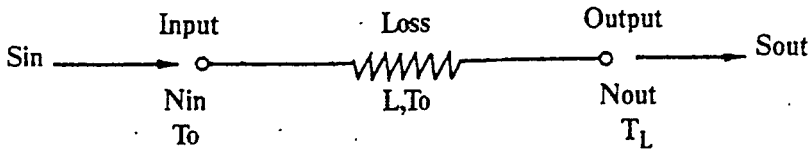
ค่า thermal noise power อาจจะถูกกำหนดได้โดยจาก อุณหภูมิสมบูรณ์ T ดังนั้นประโยชน์จาก อุณหภูมิสมบูรณ์จึงสะดวกสำหรับหาค่า thermal noise ที่มีค่าน้อยมาก ๆ ดังเช่น thermal noise ของระบบการรับในสถานีภาคพื้นดิน อุณหภูมิสมบูรณ์ T สำหรับจำนวนของ thermal noise power นี้ เรียกว่า "noise temperature" มีหน่วยเป็น ($^{\circ}\text{K}$)



รูป 1.22 การพิจารณา noise temperature จาก input/output ของแอมพลิฟายเออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.17 NOISE TEMPERATURE เนื่องจาก LOSS



S_{in} : Input signal power (W)

S_{out} : Output signal power (W)

L : Loss

T_o : Temperature of material causing loss (K)

N_{in} : Equivalent input noise power of material causing loss

N_{out} : Output noise power of material causing loss

T_L : Equivalent output noise temperature (K) of material causing loss

T'_L : Equivalent input noise temperature (W) of material causing loss

รูป วงจรในการพิจารณา noise temperature เนื่องจาก loss , loss กำหนดโดยสมการต่อไปนี

$$L = S_{in} / S_{out}$$

equivalent noise power N ของวัสดุซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียที่ตำแหน่ง input กำหนดโดย

$$N_{in} = K \cdot T_o \cdot B \quad (W)$$

noise power ที่ output คือ

$$N_{out} = N_{in} - N_{in} / L \quad (W)$$

$$= K \cdot T_o \cdot B - K \cdot T_o \cdot B / L \quad (W)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

equivalent noise temperature ที่ output T คือ

$$T_L = T_o (1 - 1/L) \quad (^\circ K)$$

equivalent noise temperature ที่ input ของส่วนที่มีการสูญเสียได้จากการคูณ T ด้วย L

$$T'_L = T_L \cdot L = T_o (1 - 1/L) \cdot L = T_o (L - 1) \quad (^\circ K)$$

1.17.1 Receiving System Noise Temperature , T

receiving system noise temperature คำนวณได้จากสมการ

$$T_{sys} = T_A + T_r + T_{INTF}$$

เราจะมาพิจารณา T ซึ่งเป็น low noise receiving amplifier subsystem noise temperature เป็นผลบวกของ equivalent noise temperature ของคอมโพเนนต์ต่างๆ เช่น IFL และ line amplifier ที่ input ของ LNA equipment ซึ่ง T หาได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$T_r = T_r + T_{e1} / G + L \cdot T_{e2} / G + L \cdot T_{e3} / G_1 \cdot G_2 + L \cdot L \cdot T_{e4} / G_1 \cdot G_2$$

ค่า low noise receiving amplifier subsystem noise temperature T ประกอบด้วย LNA equivalent noise temperature T และ NF ในอุปกรณ์สื่อสารภาคพื้นดินเป็นส่วนใหญ่ นอกเหนือจากองค์ประกอบอื่นๆ

1.17.2 LNA subsystem noise temperature T

จากรูปเป็น block diagram ของ LNA ที่เป็นแบบ 1:1 (ใช้งานจริง : สำรอง) และสมการสำหรับหา input equivalent noise temperature ของ LNA

circulator ในรูปมีไว้เพื่อปรับปรุง VSWR ให้ดีขึ้น ส่วน transmit band elimination filter (T.BRF) มีไว้เพื่อตัด(reject) สัญญาณที่มี transmitting frequency bandwidth ซึ่งส่งมาจาก transmitting amplifier subsystem ผ่าน feeder ของระบบสายอากาศและป้องกันการหยุดทำงาน หรือทำงานผิดพลาดของ LNA, LNA input equivalent noise temperature T ขึ้นอยู่กับ ผลบวกของ LNA noise temperature T และ noise temperature เนื่องจากการสูญเสียของ circulator, T.BRF, waveguide switch แต่ทว่าเวฟไกด์ในช่วงจาก input ถึง LNA

1.18 ชนิดและเสียงรบกวนของ Low noise amplifier

ตามตาราง แสดงชนิดและคุณสมบัติการทำงานของ LNA ในปัจจุบัน LNA ที่ใช้ในระบบสื่อสารดาวเทียมแยกออกได้เป็น พารามิเตอร์แอมพลิไฟเออร์ และ FET แอมพลิไฟเออร์

Low Noise Receiving Amplifier Subsystem Noise Temperature

	Tr	Te 1	Te 2	Te 3	Te 4
ANT	LNA	IFL	LINE AMP	RF DIV	GCE(D/C)
Feed	G1	L1, To	NF1, To, G2	L2, To	NF2, To
Value of Tr, G1-G2, L1-L2	Tr = 55K G1 = 60dB	L1 = 25 dB	NF1 = GdB G2 = 40dB	L2 = 35 dB	NF2 = 14 dB
Total gain	40 dB				
Equivalent input noise temperature of each component (K)	Equivalent LNA input noise temperature (K) Tr	$T_{e1} = (L1-1)T_o$	$T_{e2} = (NF1-1)T_o$	$T_{e3} = (L2-1)T_o$	$T_{e4} = (NF2-1)T_o$
Equivalent LNA input noise temperature of each component (K)	Tr	$\frac{T_{e1}}{G_1}$	$\frac{L_1 \cdot T_{e2}}{G_1}$	$\frac{L_1 \cdot T_{e3}}{G_1 G_2}$	$\frac{L_1 \cdot L_2 \cdot T_{e4}}{G_1 G_2}$
Low noise receiving amplifier subsystem noise temperature (K) TR	$T_R = Tr + \frac{T_{e1}}{G_1} + \frac{L_1 \cdot T_{e2}}{G_1} + \frac{L_1 \cdot T_{e3}}{G_1 \cdot G_2} = \frac{L_1 \cdot L_2 \cdot T_{e4}}{G_1 \cdot G_2}$				

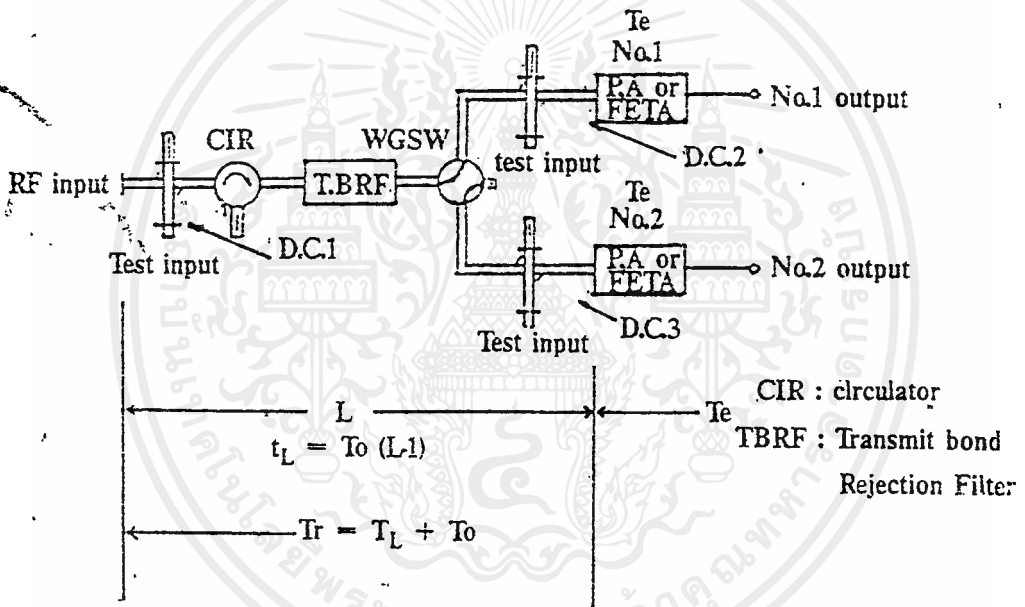
รูป 1.23 Low noise receiving amplifier subsystem noise temperature

จากตาราง จะเห็นได้ว่าในแง่ของ noise temperature แล้ว พารามิเตอร์แอมพลิไฟเออร์มีข้อดีกว่า FET แอมพลิไฟเออร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อถูกทำให้เย็นโดย แก๊สฮีเลียม จะมี noise temperature ต่ำมากคือ ประมาณ 20 องศาเคลวิน แต่พารามิเตอร์แอมพลิไฟเออร์ที่ถูกทำให้เย็นโดย แก๊สฮีเลียม นี้มีข้อเสียคือ ความเชื่อถือได้ไม่ค่อยแน่นอน และการซ่อมบำรุงรักษาทำได้ยาก ดังนั้นในปัจจุบันนี้จึงนิยมใช้พารามิเตอร์แอมพลิไฟเออร์ หรือ FET แอมพลิไฟเออร์แบบทำให้เย็นโดย thermo-electronic cooled กรณี FET แอมพลิไฟเออร์มีข้อดีตรงที่วงจรง่ายมีความเชื่อถือค่อนข้างสูง บำรุงรักษาง่าย และโดยเฉพาะอย่างยิ่งราคาถูกกว่าพารามิเตอร์แอมพลิไฟเออร์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

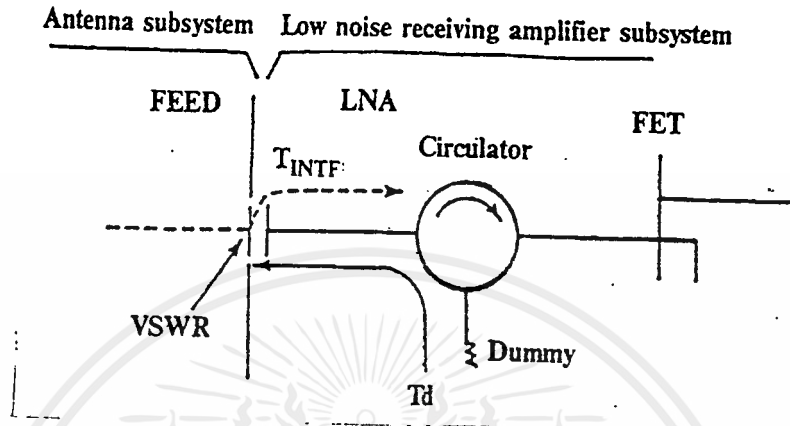
1.19 Interface noise temperature, T

noise temperature ชนิดนี้เป็นเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นที่ interface ระหว่าง ระบบสายอากาศ และ LNA จากรูปแสดง interface ระหว่าง feeder ของระบบสายอากาศ และ LNA unit ของ LNA ซึ่งอยู่ใน low noise receiving amplifier subsystem



รูป 1.24 block diagram ของ LNA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 1.25 ในการพิจารณา interface noise temperature

$$\text{Reflection coefficient}(\rho) = (VSWR - 1)/(VSWR + 1)$$

$$\begin{aligned} T_{INTF} &= T_d \cdot \rho^2 \\ &= T_d (VSWR - 1)^2 / (VSWR + 1)^2 \quad (K) \end{aligned}$$

Td : Noise temperature (K) of dummy load of circulator

VSWR : VSWR at Feed output

T_{INTF} : Noise due to interface (K)

ที่ input ของ LNA unit จะใช้ circulator เพื่อปรับปรุงให้ input VSWR มีค่าดีขึ้น ส่วน noise temperature ของ dummy load ของ circulator นี้ถูกสร้างขึ้นในทิศทางไปยัง Input ของ LNA unit และส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับเนื่องจากการไม่แมทซ์ซึ่งที่ output ของ interface feeder เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.21 ระบบการทำให้เย็นของ Low noise amplifier

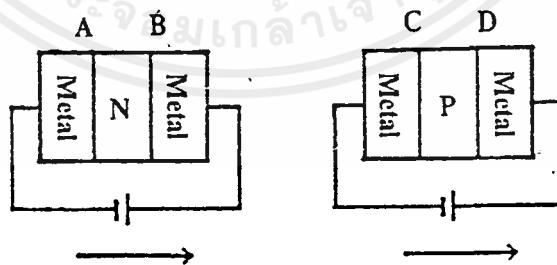
noise temperature ของพารามेटริกแอมพลิไฟเออร์จะขึ้นอยู่กับความต้านทานอย่างอนุกรมของแท่นวาระคเตอร์เป็นส่วนใหญ่ ส่วน noise temperature ของ FET แอมพลิไฟเออร์ จะขึ้นอยู่กับ thermal noise เป็นองค์ประกอบใหญ่

เพื่อจะทำให้ noise temperature ของแอมพลิไฟเออร์มีค่าลดลงโดยส่วนรวมแท่นวาระคเตอร์ FET และอุปกรณ์อื่นๆ ของพารามेटริกแอมพลิไฟเออร์ จะถูกทำให้เย็นลงโดยตัวทำความเย็นแบบ cryogenic ซึ่งใช้แก๊สฮีเลียมเป็นตัวทำความเย็น

ตัวทำความเย็นแบบ cryogenic ที่สร้างขึ้นโดยใช้ แก๊สฮีเลียมนี้ ได้มีวิธีการที่ทำเป็น thermo-electronic cooler บนพื้นฐานของ Peltier effect

ตัวทำความเย็นแบบนี้มีคุณลักษณะที่สำคัญ คือ มีความเชื่อถือสูง ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา อุดมภูมิในการทำให้เย็นสามารถปรับได้ง่าย โดยการเปลี่ยนแปลงการไหลของกระแสผ่านชั้นส่วนของตัวทำความเย็น และสามารถทำให้เป็นตัวให้ความร้อนได้ โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแส

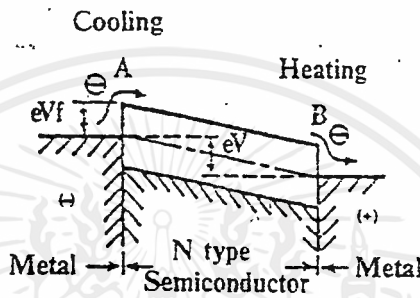
เรามาพิจารณาหลักการของ Peltier effect ถ้ากระแสถูกป้อนผ่าน P-type และ N-type ของเซมิคอนดักเตอร์ ซึ่งแนบติดอยู่กับแผ่นโลหะ ความร้อนจะถูกดูดกลืนที่ พื้นผิวรอยต่อ A และ D ขณะที่ความร้อนจะถูกสร้างขึ้นที่ผิวรอยต่อ B และ C ปรากฏการณ์แบบนี้เรียกว่า Peltier effect



รูป 1.28 Peltier effect

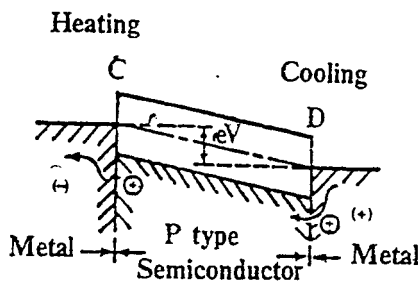
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอให้เราพิจารณาการถ่ายเทของพลังงานที่เกิดขึ้นเมื่อเซมิคอนดักเตอร์แบบ N ถูกวางอยู่ระหว่างแผ่นโลหะ และถูก charge ด้วยโวลเตจ จากรูปจะเห็นได้ว่าอิเล็กตรอนวิ่งออกจากขั้วลบเคลื่อนที่ข้าม energy gap ของเซมิคอนดักเตอร์แบบ N ไปยังขั้วบวก ขณะเดียวกันนี้ อิเล็กตรอนเหล่านี้จะเปลี่ยนตำแหน่ง (shift) ไปยังระดับที่มีพลังงานสูงกว่า ในขณะที่มีการรับพลังงานจากภายนอกที่พื้นผิว A ความเย็นเกิดขึ้นในขณะนี้เนื่องจากการดูดกลืนความร้อน ต่อจากนั้นที่พื้นผิว B การเกิดความร้อนจะสร้างขึ้นโดยอิเล็กตรอนคลายพลังงานของมัน ขณะที่เปลี่ยนตำแหน่งมายังระดับพลังงานที่ต่ำกว่า



รูป 1.29 energy band of peltier effect

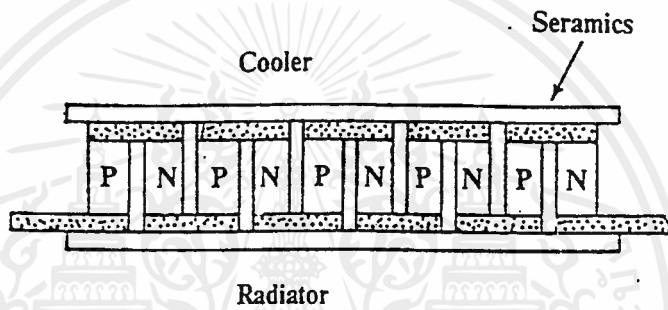
ตอนนี้เราลองมาพิจารณาการเคลื่อนที่ของพลังงานที่เกิดขึ้น เมื่อเซมิคอนดักเตอร์แบบ P ถูกวางอยู่ระหว่างแผ่นโลหะและถูก charge ด้วยโวลเตจในกรณีของเซมิคอนดักเตอร์แบบ P ซึ่ง positive holes จะเคลื่อนที่จากแผ่นโลหะบวก (+) ไปยังแผ่นโลหะลบ (-) ที่พื้นผิว D พลังงานจะถูกดูดกลืนเป็นสาเหตุให้เกิดการเย็นตัว ขณะที่พื้นผิว C พลังงานถูกคลายออกมาทำให้ความร้อนถูกสร้างขึ้นมา ซึ่งหลักการอันนี้เป็นหลักการทำให้ความเย็นเกิดขึ้นบนพื้นฐานของ Peltier effect



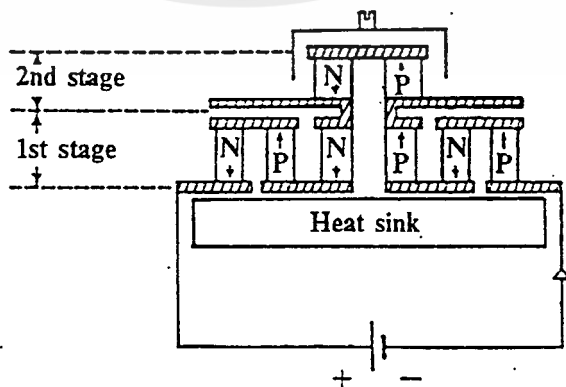
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูป 1.30 หลักการทำให้เย็นบนพื้นฐานของ Peltier effect
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้เด็ดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเซมิคอนดักเตอร์แบบ P และแบบ N วางอยู่ระหว่างแผ่นโลหะ ซึ่งต่อสลับกันอยู่อย่างอนุกรมพื้นผิวที่ดูดกลืนความร้อน และพื้นผิวที่สร้างความร้อนของเซมิคอนดักเตอร์แบบ N และแบบ P ถูกเชื่อมต่อกันโดยแผ่นโลหะ ซึ่งแทรกคั่นอยู่ระหว่างพื้นผิวทั้งสอง โดยวิธีการนี้จะได้พื้นผิวที่ถูกทำให้เย็น และพื้นผิวที่สร้างความร้อน ซึ่งมีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่สูง

เพื่อที่จะลดอุณหภูมิให้ต่ำลง มีวิธีหนึ่งโดยการวางเซมิคอนดักเตอร์ และอุปกรณ์ดูดกลืนความร้อนในแนวตั้งแบบพีรามิด ดังรูป



รูป 1.31 แสดงการจัดวางเซมิคอนดักเตอร์แบบ N และแบบ P



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูป 1.32 แสดงการออกแบบรูปพีรามิด
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ระบบโทรทัศนผ่านดาวเทียม

เมื่อประมาณ 10 กว่าปีก่อน ถ้าเราพูดถึงดาวเทียมมักจะเกิดความรู้สึกว่าเป็นเทคโนโลยีขั้นสูงที่ยากต่อการทำความเข้าใจ เป็นสิ่งที่ซับซ้อนและแปลกใหม่ส่วนเรื่องการจะเข้าถึงหรือมีส่วนร่วมในการใช้งานด้วย คงจะเป็นไปไม่ได้เลยจะมีบ้างก็เป็นหน่วยงานของรัฐบาล ที่เป็นการถ่ายทอดข่าวหรือเหตุการณ์สำคัญของบ้านเมือง ผ่านดาวเทียมมาแพร่สัญญาณโทรทัศน์ปกติ เป็นบางครั้งบางคราวเท่านั้น

สำหรับประเทศของเราประชาชนคนไทยได้มีโอกาสใช้งานระบบการสื่อสารดาวเทียมเมื่อประมาณ 15 ปีที่แล้ว โดยการสื่อสารแห่งประเทศไทย (เมื่อครั้งยังเป็นกรมไปรษณีย์โทรเลข) ทำการถ่ายทอดสดการส่งอพอลโล 11 จากสหรัฐอเมริกามาให้ชมกัน โดยรับสัญญาณไมโครเวฟจาก ดาวเทียมอินเทลแซท (INTELSAT = The International Satellite Organization) ด้านมหาสมุทรแปซิฟิก ณ สถานีภาคพื้นดินที่อำเภอศรีราชาจังหวัดชลบุรี จากนั้นก็มีการเชื่อมสัญญาณไมโครเวฟมายังกรุงเทพฯ แล้วจึงส่งให้สถานีโทรทัศน์ทำการแพร่ภาพปกติอีกต่อหนึ่ง

อินเทลแซทที่กล่าวเป็นองค์การระหว่างประเทศที่ดำเนินด้านการสื่อสารดาวเทียมระหว่างประเทศ เป็นหลักใหญ่ นอกจากการสื่อสารดาวเทียมระหว่างประเทศแล้วยังมีระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมภายในประเทศหรือเรียกย่อว่า " DOMSAT " (Domestic Satellite Communication)

ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่จะกล่าวถึงในที่นี้เป็นลักษณะของ DOMSAT เริ่มครั้งแรกเมื่อประมาณปี 2513 โดยการนำของประเทศไทยและได้รับความสำเร็จจนประเทศอื่น ๆ หันมาใช้งานตามไม่ว่าจะเป็นสหรัฐ รัสเซีย ฝรั่งเศส บราซิล จีน ฯลฯ

สำหรับภาคพื้นเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นั้น ประเทศอินโดนีเซียเป็นประเทศแรกที่ส่งดาวเทียมของตนเองเพื่องานสื่อสารภายในประเทศ คือ ดาวเทียมปาลาปา (PALAPA) ซึ่งก็เป็นผลให้ประเทศไทยใช้ประโยชน์ได้ในกิจการแพร่ภาพสัญญาณโทรทัศน์ โดยโทรทัศน์กองทัพบกช่อง 5 และสถานีโทรทัศน์ช่อง 7 อย่างไรก็ตามการรับชมโทรทัศน์ของเราก็คงเป็นการรับชมจากสถานีส่ง อันเป็นการแพร่สัญญาณโทรทัศน์ตามปกติอยู่ดี

ปัจจุบันด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้โดยตรงเป็นส่วนตัวด้วยอุปกรณ์ราคาไม่สูงนัก ระบบไม่ซับซ้อนสามารถติดตั้งได้ด้วยตนเอง โดยอาศัยทักษะและความรู้ไม่ต้องลึกซึ้งนัก การที่สามารถรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมด้วยเครื่องรับส่วนตัวได้เป็นการเปิดโอกาสให้สามารถรับชมรายการโทรทัศน์ที่หลากหลายมากขึ้นกว่าเดิม เนื่องจากดาวเทียมแต่ละดวงมีช่องสัญญาณที่จะส่งโทรทัศน์ได้มากกว่าถึง 12 หรือ 24 ช่อง (แล้วแต่ลักษณะของดาวเทียม) ยิ่งถ้ามีดาวเทียมหลายดวงให้เลือกรับสัญญาณรายการโทรทัศน์ก็จะเพิ่มมาเป็นเงาตามตัวอย่างเช่น ในสหรัฐอเมริกามีดาวเทียมที่ใช้ในงานสื่อสารภายในประเทศถึงกว่า 20 ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 ความเป็นมา

เริ่มต้นของการแพร่ภาพกิจการโทรทัศน์การแพร่ภาพถูกกำหนดเฉพาะย่านความถี่ VHF (30 MHz-300 MHz) คือในช่วงความถี่ 47 MHz ถึง 230 MHz ตั้งแต่ช่อง 2 ถึงช่อง 12

เมื่อความต้องการในการรับชมโทรทัศน์มีมากขึ้น จึงมีการเพิ่มแถบความถี่ของการแพร่ภาพโทรทัศน์ในย่าน UHF (30 MHz-3000 MHz) คือ ในช่วงความถี่ 470 MHz ถึง 789 MHz ตั้งแต่ช่อง 13 ถึงช่อง 63 แต่ยังมีข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ให้บริการเนื่องจาก คุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่าน UHF และ VHF ไปได้ไกลเพียงประมาณ 100 KM ก็จะถูกลดทอนกำลังสัญญาณลงไปมากจนรับไม่ได้หรือได้ไม่ดี ความต้องการในการที่จะขยายพื้นที่ให้บริการไปให้ครอบคลุมทั่วประเทศในลักษณะโครงข่าย จึงได้รับการจัดตั้ง สถานีเครือข่ายหรือลูกข่ายในสถานีภูมิภาคอื่นๆ โดยสถานีแม่ข่ายส่งสัญญาณโทรทัศน์ด้วยคลื่นในย่าน VHF หรือ UHF ไปยังสถานีลูกข่ายไปยังสถานีถ่ายทอดสัญญาณ (repeater)

สถานีถ่ายทอดสัญญาณประกอบด้วย ภาครับและ ภาคขยายสัญญาณ ให้มีกำลังแรงขึ้นแล้วส่งต่อไปยังสถานีถ่ายทอดสัญญาณถัดไปแม้ว่าการสร้างโครงข่ายระบบนี้จะมีราคาถูกแต่ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการติดตั้งและการทำที่ติดตั้งค่อนข้างสูง เนื่องจากตำแหน่งของสถานที่ตั้งสถานีถ่ายทอดสัญญาณ และสถานีลูกข่ายจะต้องอยู่ในที่สูงเพื่อจะแพร่คลื่นไปได้ไกลสุดเท่าที่จะทำได้ ตัวอย่างเช่น สถานีถ่ายทอดสัญญาณจากช่อง 9 อสมท. ซึ่งตั้งอยู่บนเขาใหญ่เพื่อทำการถ่ายทอดไปยังปากช่องและพื้นที่ใกล้เคียง

นอกจากนี้โครงข่ายแบบนี้ยังมีข้อจำกัดทางด้านจำนวนสถานีแต่ละเส้นทาง ซึ่งมีได้ไม่เกิน 5 สถานี ถ้ามากกว่านั้นคุณภาพของสัญญาณจะเลวลงจนใช้งานไม่ได้ จากคลื่นในย่าน VHF, UHF ก็เปลี่ยนเป็นคลื่นในย่านไมโครเวฟ (microwave link) ตัวอย่างเช่น เครือข่ายของกรมประชาสัมพันธ์ ซึ่งยังคงใช้งานอยู่ โดยการเชื่อมโยงด้วยไมโครเวฟเป็นทอดๆ ไปออกอากาศ ณ สถานีโทรทัศน์แห่งประเทศไทยในส่วนภูมิภาคโครงข่ายไมโครเวฟมีคุณภาพดีกว่าระบบแรก แต่ยังมีปัญหาในการหาสถานที่ตั้ง สถานีถ่ายทอดสัญญาณ เนื่องจากคุณสมบัติการแพร่คลื่นไมโครเวฟที่เดินทางเป็นเส้นตรงสุดสายตา ระยะห่างของแต่ละสถานีในแต่ละเส้นทางจึงต้องอยู่ห่างกันประมาณ 40-50 กิโลเมตร

จะเห็นได้ว่าถ้าเราสร้างข่ายจากกรุงเทพ ฯ ไปเชียงใหม่จะต้องมีสถานีถ่ายทอดไม่ต่ำกว่า 10 สถานี อีกทั้งสถานียังต้องตั้งในที่สูงเป็นการยากต่อการดำเนินการติดตั้ง โครงข่ายชนิดสุดท้ายที่เพิ่งนำมาใช้งานเมื่อประมาณ 10 ปีมานี้เอง คือโครงข่ายผ่านดาวเทียม โดยการใช้อาวเทียมเป็นเสมือนสถานีถ่ายทอดสัญญาณที่ตั้งอยู่ในอวกาศเพียงสถานีเดียว เนื่องจากดาวเทียมอยู่สูงขึ้นไปในอวกาศ จึงตัดปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดในระบบการสื่อสารไมโครเวฟลง

แม้ว่าดาวเทียมจะมีราคาไม่สูงนัก แต่ค่าใช้จ่ายในการจ่ายมันขึ้นสู่วงโคจรมีราคาสูงมาก นอกจากนี้อายุการใช้งานของมันยังมีจำกัด (ประมาณ 7 ปี) ดังนั้นสำหรับพื้นที่ที่มีบริการไม่กว้างใหญ่นัก หรือเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจหรือเรียกว่าความจำเป็นในการใช้งานไม่สูง ก็จะทำให้ต้นทุนเฉลี่ยต่อช่องสัญญาณมีค่าสูง ปัญหาเช่นนี้เกิดกับไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุเปลี่ยนแปลงและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศเล็กผู้เป็นเจ้าของดาวเทียมอย่างอินโดนีเซีย การลดหรือการแก้ปัญหา ทำโดยการแบ่งการใช้งานดาวเทียมไปยังประเทศในภูมิภาคเดียวกัน ในลักษณะแบ่งให้เข้าช่องสัญญาณดาวเทียมแต่สำหรับประเทศที่เข้าช่องสัญญาณจากประเทศอื่น เมื่อพิจารณากับโครงข่ายไมโครเวฟหรือ VHF, UHF ค่าใช้จ่ายในการลงทุนจะต่ำกว่า เพราะสามารถตัดการสร้างสถานีถ่ายทอดสัญญาณจำนวนมากลงแล้วทดแทนด้วยการสร้างสถานีภาคพื้นดินเพียงสถานีเดียวในแต่ละภูมิภาค สถานีภาคพื้นดินที่ใช้งานในภาครัฐบาลมีขนาดใหญ่ค่อนข้างซับซ้อนเพื่อให้ได้สัญญาณที่มีคุณภาพ แต่ในปัจจุบันการพัฒนาทางเทคโนโลยี ทำให้สร้างสถานีภาคพื้นดินขนาดเล็ก ๆ ขนาดที่ว่าสามารถนำมาติดตั้งบนยานยนต์เคลื่อนที่ไปได้หรือมีไว้ใช้ในบ้านด้วยราคาไม่สูงนักซึ่งระบบดังกล่าวจะไม่เรียกว่าสถานีก็ได้ เนื่องจากมันมีอุปกรณ์น้อยชิ้นและมีขนาดเล็ก และโดยการทำหน้าที่รับสัญญาณโทรทัศน์เพียงอย่างเดียวไม่มีการส่งเราจึงเรียกระบบนี้ว่า "TVRO" (TV Receive Only)

2.2 หลักการเบื้องต้นของระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม

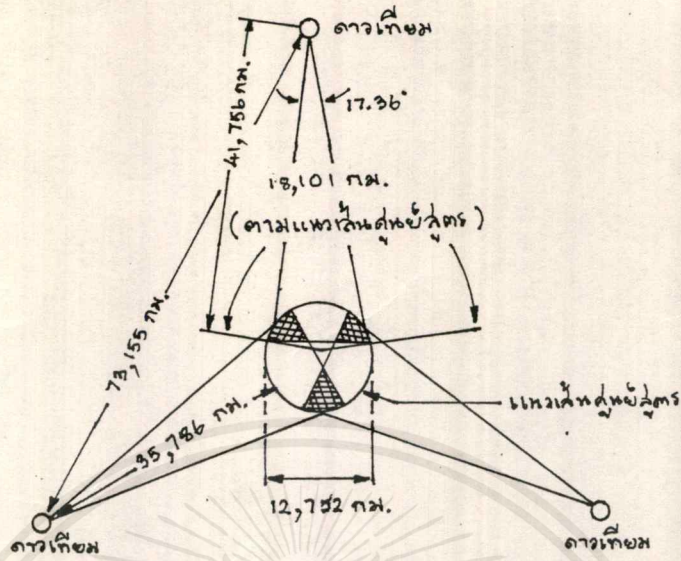
ก่อนที่จะไปทำความรู้จักกับระบบ TVRO หรือโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมมาทำความเข้าใจเบื้องต้นพอสังเขปเกี่ยวกับหลักการของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม เพื่อเป็นแนวทางทำความเข้าใจกับโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมต่อไป ดาวเทียมที่มีการใช้งานในปัจจุบันมีด้วยกัน 2 ชนิด จำแนกตามวงโคจรที่มันมีอยู่

ชนิดแรกคือ วงโคจรดาวเทียมที่อยู่ในวงโคจรทั่วไปซึ่งมักเป็นวงโคจรรูปวงรีมีระนาบไม่แน่นอนตำแหน่งของมันเมื่อเทียบกับโลกก็ไม่แน่นอน มักใช้งานทางด้านการสำรวจภูมิอากาศ ภูมิประเทศแหล่งทรัพยากรธรรมชาติรวมทั้งงานจารกรรมทางทหาร

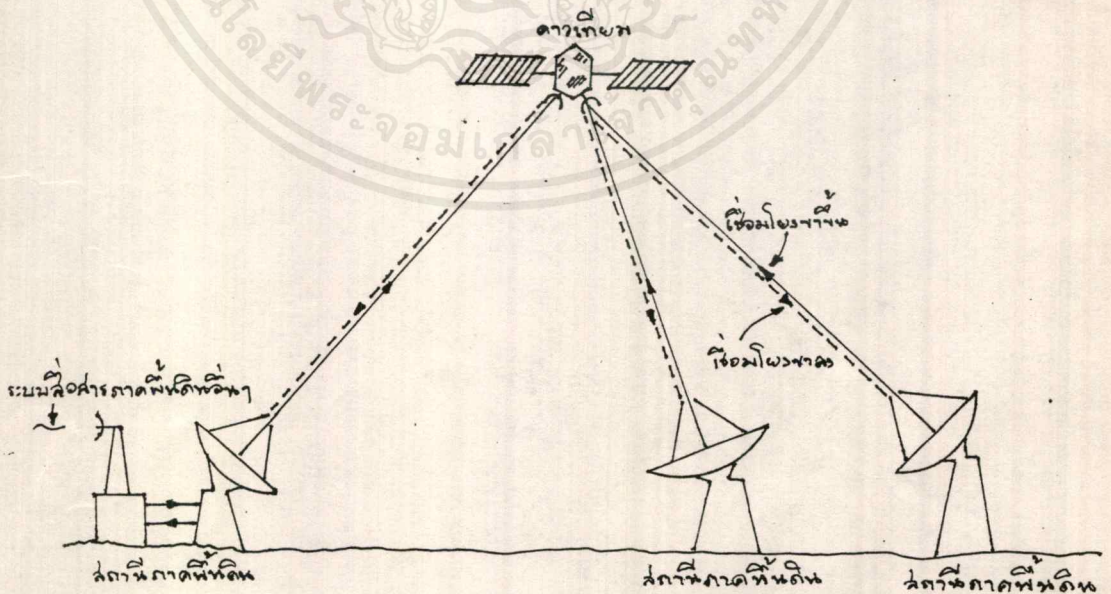
ชนิดที่สอง เป็นเป็นดาวเทียมที่อยู่กับที่ซึ่งอยู่กับที่เมื่อเทียบกับโลกเรียกว่า ดาวเทียมค้างฟ้า (geostationary satellite) มีวงโคจรอยู่ในระนาบเดียวกับเส้นศูนย์สูตรอยู่สูงจากผิวโลกประมาณ 35786 กิโลเมตร วงจรพิเศษนี้อาจเรียกว่า วงโคจรค้างฟ้าหรือวงโคจรคล้าก เพื่อเป็นเกียรติกับ Arthur C. Clarke ผู้ค้นพบวงโคจรนี้ ดาวเทียมค้างฟ้าส่วนมากมีไว้ใช้ในการสื่อสารระหว่างประเทศและภายในประเทศตัวอย่าง เช่น ดาวเทียมอนุกรมอินเทลแซท ดาวเทียมปลาปาของอินโดนีเซีย ปัจจุบัน มีดาวเทียมค้างฟ้าเป็นร้อย ๆ ดวงที่ปรากฏอยู่บนวงโคจรคล้าก

วงโคจรคล้าก เป็นวงโคจรในระนาบเส้นศูนย์สูตร ที่มีความสูงเป็นระยะที่ทำให้ดาวเทียมเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากับการหมุนของโลกแล้ว ทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางมีค่าเท่ากับแรงดึงดูดของโลกพอดี เป็นผลให้ดาวเทียมดูเหมือนอยู่คงที่ ณ ระดับความสูงนี้

ในงานระหว่างประเทศ ซึ่งต้องการให้ระบบครอบคลุมพื้นโลกจะต้องจัดตำแหน่งของดาวเทียม 3 ดวงที่มุมห่างกัน 120 องศา บนวงโคจรในรูปที่ 1 เหตุมาจากลักษณะที่เป็นวงกลมของโลก ซึ่งต้องการให้พื้นที่บนโลกทุกที่ทุกแห่งสามารถมองเห็นดาวเทียมได้อย่างน้อย 1 ดวงญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การจัดวางตำแหน่งของดาวเทียมซึ่งในระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมระหว่างประเทศเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่บนผิวโลกได้ทั่วทุกบริเวณ



รูปที่ 2.2 โครงสร้างพื้นฐานของการสื่อสารผ่านดาวเทียม ซึ่งใช้ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ดาวเทียมเป็นเสมือนสถานีถ่ายทอดสัญญาณ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและเผยแพร่ข้อมูลใดๆ ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณพื้นที่ซึ่งสามารถมองเห็นดาวเทียมได้ 2 ดวง ข้อได้เปรียบของบริเวณนี้ ก็คือสามารถมองเห็นดาวเทียมได้ 2 ดวง (เช่นประเทศไทย) ส่วนประเทศที่เห็นดาวเทียมได้ดาวเดียว ถ้าต้องการติดต่อดาวเทียมถึงอีกซีกโลกหนึ่งจะต้องอาศัยบนพื้นที่แรงงาเป็นส่วนเชื่อมต่อกับสัญญาณดาวเทียมอีกทอดหนึ่ง สำหรับ ดาวเทียมภายใน จะใช้ในงานสื่อสารภายในประเทศทุกชนิด (หรือภายในประเทศ) ไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์ โทรเลข โทรทัศน์ เทเล็กซ์ การสื่อสารข้อมูล โดยเฉพาะภายในประเทศ ซึ่งมีพื้นที่กว้างใหญ่นับเป็นการเอื้ออำนวยความสะดวกอย่างมากเช่น สหรัฐอเมริกา ส่งดาวเทียมเพื่องานสื่อสารภายในประเทศ มีทั้งภาครัฐบาลและเอกชนหลาย 10 ดวงครอบคลุมพื้นที่ได้ทั่วประเทศ

รูปที่ 2.2 แสดงระบบพื้นฐานของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม ซึ่งอาศัยดาวเทียมเป็นตัวถ่ายทอดสัญญาณการส่งสัญญาณขาขึ้นเราเรียกว่า การเชื่อมโยงขาขึ้น (down link) โดยความถี่ของคลื่นไมโครเวฟขาขึ้นจะแตกต่างจากขาลง ซึ่งเป็นคุณสมบัติของการถ่ายทอดสัญญาณโดยทั่วไป และความถี่ขาขึ้นจะมากกว่าขาลงเสมอ ปัญหาคือ ความถี่ด้านใดที่จะเหมาะสมกับระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม

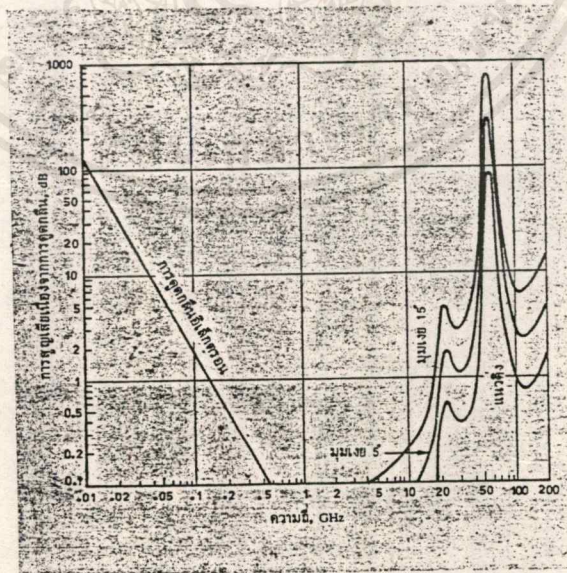
พิจารณาจากชั้นบรรยากาศของโลกก่อน เรารู้แล้วว่าโลกมีชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ ซึ่งสามารถสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้คลื่นนั้นคือย่านความถี่ HF และ VHF ดังนั้นความถี่ย่านดังกล่าวเป็นอันว่าใช้ไม่ได้

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ได้ดีก็คือ ย่านความถี่ไมโครเวฟ มีอยู่หลายช่วงตามตารางที่ 1 ปัจจุบันต่าง ๆ ที่ต้องพิจารณามากมายไม่จำเป็นเป็นการดูคลื่นคลื่นของบรรยากาศ การลดทอนกำลังสัญญาณเนื่องจากระยะทางเป็นต้น แต่ปัจจัยหลักที่พิจารณาก็คือ การดูดกลืนคลื่นเนื่องมาจาก อิเล็กตรอนโมเลกุลของออกซิเจนหรือ ไอน้ำในชั้นบรรยากาศ

ตารางที่ 1 การแบ่งช่วงความถี่ย่านไมโครเวฟ

ชื่อแบนด์	ความถี่ (GHz)
UHF	0.30 - 1.12
L	1.12 - 1.70
Ls	1.70 - 2.60
S	2.60 - 3.95
C	3.95 - 5.85

ชื่อแบนด์	ความถี่ (GHz)
Xc	5.85 - 8.20
X	8.20 - 12.4
Ku *	12.4 - 18.0
K	18.0 - 26.5
Ka	26.5 - 40.0
Q	33.0 - 50.0
U +	40.0 - 60.0
M	50.0 - 75.0
E	60.0 - 90.0
F	90.0 - 140.0
G	140.0 - 220.0
R	220.0 - 325.0

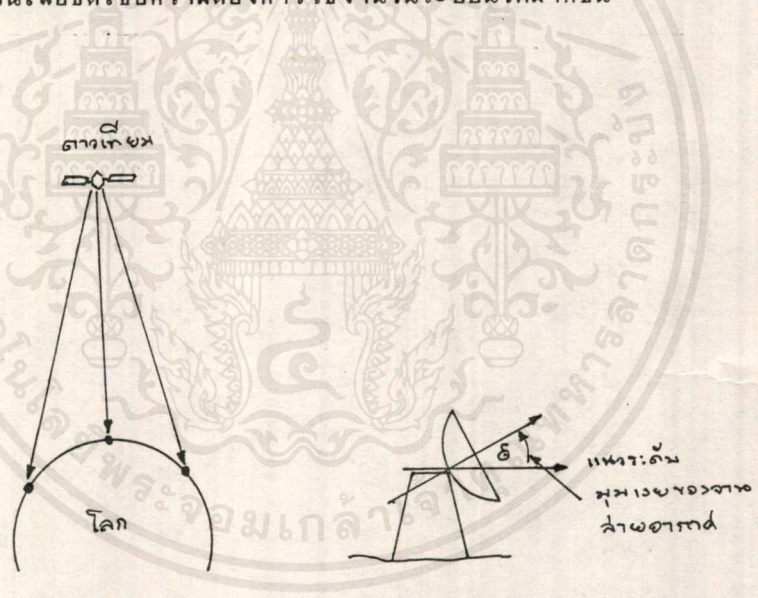


รูปที่ 2.3 กราฟแสดงการดูดกลืนคลื่นของชั้นบรรยากาศเอตโมสเฟียร์

ซึ่งเป็นผลมาจากอนุภาคอิเล็กทรอนิกส์ ไอออน โมเลกุลไอน้ำ ออกซิเจน ฯลฯ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออยู่ใต้เงื่อนไขด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากครั้งที่มีการนำไปใช้

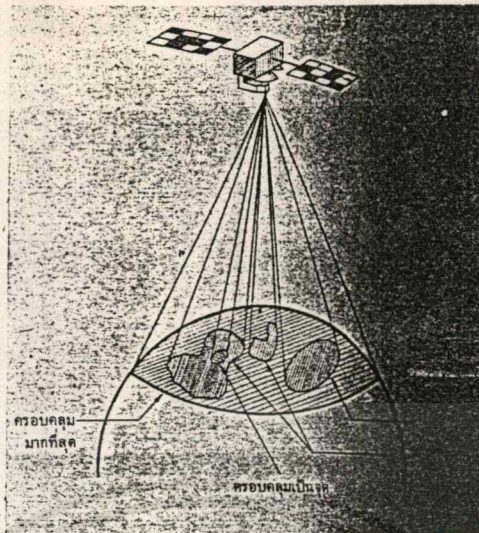
จากรูปที่ 2.3 ในกราฟนั้น คำว่า อีเลวิเอชัน (elevation) คือ มุมเงยของสายอากาศเทียบกับแนวระดับ จะมีค่าแตกต่างกันตามตำแหน่งต่างบนโลกปกติจะมีค่าต่ำสุดที่ 5 องศา และมากที่สุดที่ 90 องศา ถ้ามุมเงยมีค่าน้อย แสดงว่าสถานีภาคพื้นดินแห่งนั้นอยู่ห่างจากดาวเทียมมากตามรูปที่ 4 ซึ่งมีมุมเงย 5 องศา สถานี ๓ อยู่ห่างจากดาวเทียมประมาณ 41,000 กิโลเมตร ที่ 90 องศา อยู่ห่างประมาณ 35,700 กิโลเมตร

พิจารณากราฟในรูปที่ 2.3 จะเห็นว่าการเคลื่อนที่คลื่นในช่วงต่ำสุดในช่วง 500 MHz ถึง 10 GHz เมื่อพิจารณาร่วมกับปัจจัยอื่นๆ แล้วช่วงความถี่แบนด์ C ถูกเลือกมาใช้กับระบบการสื่อสารดาวเทียมตั้งแต่เริ่มต้น โดยจัดความถี่เชื่อมโยงขาขึ้นเท่ากับ 6 GHz และความถี่เชื่อมโยงขาขึ้นเท่ากับ 4 GHz เรียกเป็นชุดความถี่ 6/4 GHz การที่ต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆ มากมายก็เพราะว่าระยะทางที่ไกลหลายหมื่นกิโลเมตร กำลังสัญญาณทั้งขาขึ้นและขาลงถูกลดทอนจากระยะทางก็มากอยู่แล้วจึงจำเป็นต้องเลือกความถี่ที่ถูกลดทอนโดยบรรยากาศน้อยที่สุด ในปัจจุบันการนำความถี่แบนด์อื่นๆ เข้ามาใช้งานด้วย เช่น 14/11 GHz, 30/20 GHz ทั้งนี้เพื่อชดเชยความต้องการใช้งานในระบบนี้ให้มากขึ้น



รูปที่ 2.4 มุมเงยงานสายอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ บนผิวโลกมีค่าไม่เท่ากัน ที่จุด B มีค่ามุมเงยมากที่สุด (90 องศา) ค่ามุมเงยยิ่งเล็กลงเท่าใด ค่าการเคลื่อนที่ของชั้นบรรยากาศก็จะมากตามไปด้วย

งานสายอากาศบนดาวเทียมมีรูปแบบการแพร่กระจายแตกต่างกัน เพื่อจุดประสงค์ในการครอบคลุมพื้นที่ของผิวโลกในลักษณะแตกต่างกัน เช่น แบบครอบคลุมมากที่สุด แบบครอบคลุมพื้นที่เฉพาะส่วน และแบบครอบคลุมเป็นจุด ดังแสดงในรูปที่ 2.5 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



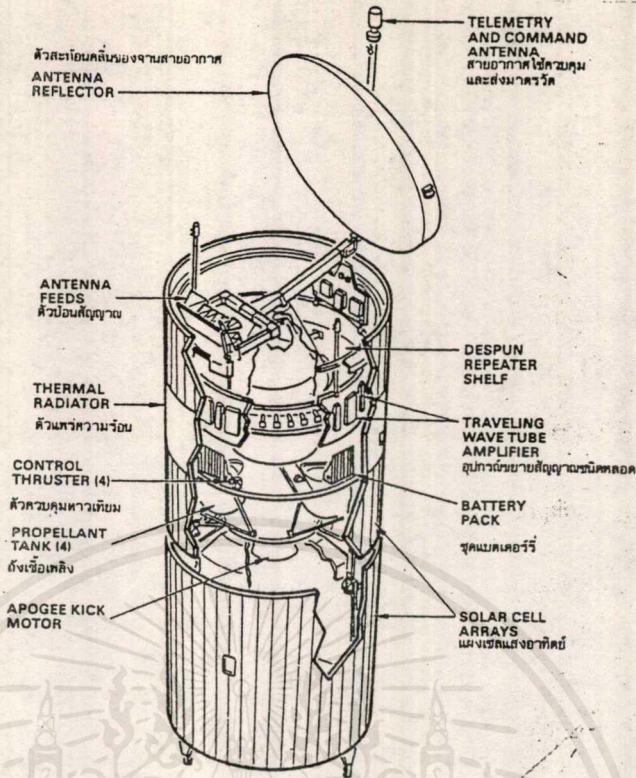
รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศของงานสายอากาศ
ที่ถูกออกแบบครอบคลุมพื้นที่โลกในหลายลักษณะ ครอบคลุมเป็นจุด
ครอบคลุมมากที่สุด และครอบคลุมเป็นพื้นที่

คลื่นไมโครเวฟจากดาวเทียมเมื่อผ่านงานสายอากาศของสถานีภาคพื้นดินก็จะผ่านขบวนการต่าง ๆ
เพื่อนำสัญญาณขึ้นต้นอันได้แก่ สัญญาณโทรศัพท์ โทรทัศน์ โทรเลข หรือข่าวสารข้อมูลกลับมา แล้วจึงส่ง
ต่อไปยังการสื่อสารภาคพื้นดินต่อไป

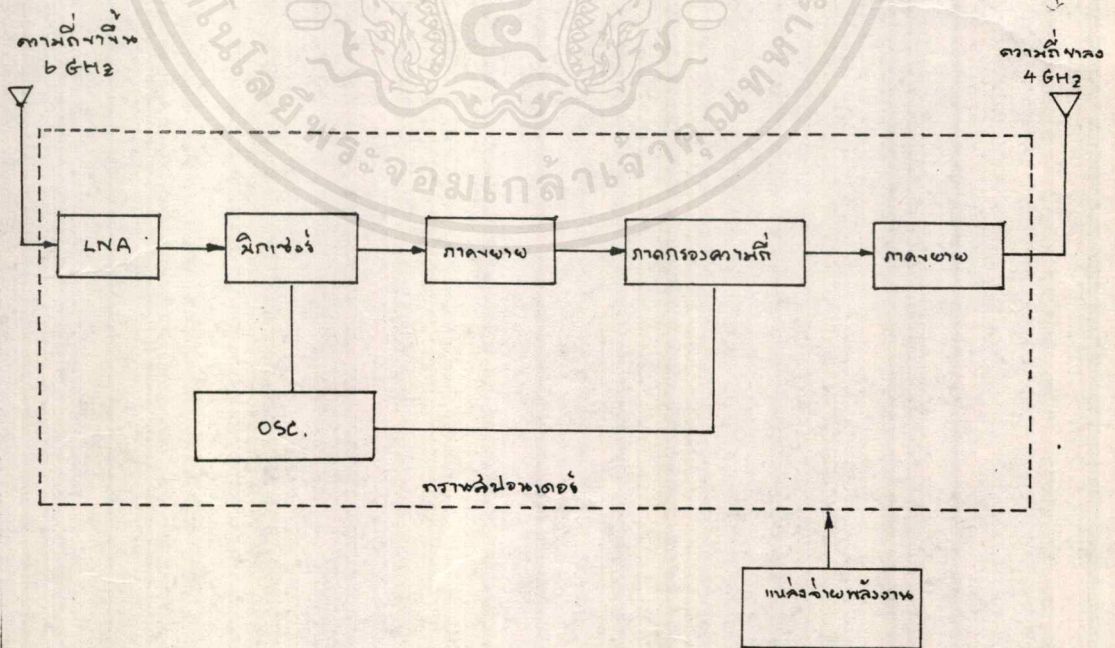
2.3 ดาวเทียม

โครงสร้างของดาวเทียมมีมากมายหลายรูปแบบตามลักษณะการใช้งานแต่สำหรับโครงสร้างของ
ดาวเทียมที่ใช้ในงานกิจการสื่อสารพอสรุปได้เป็นแผนผังดังรูปที่ 2.7 ซึ่งไม่รวมระบบควบคุมการโคจรและ
ตำแหน่ง โครงสร้างแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ สายอากาศ อุปกรณ์หลักในการถ่ายทอดสัญญาณ หรือทรานสปอน
เดอร์ และแหล่งจ่ายพลังงาน

รูปที่ 2.6 เป็นดาวเทียมพาลาปารุ่นที่ 2 (PARAPA B2) ที่ส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อปี พ.ศ. 2526 มีอายุ
การใช้งาน 2.7 ปีโดยประมาณ แสดงไว้เป็นตัวอย่างของลักษณะภายนอกของดาวเทียมค้างฟ้าที่ใช้ในกิจ
การสื่อสารภายใน จะเห็นว่าม้อุปกรณ์และส่วนทำงานต่างๆ มากมาย ส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วน มีรายละเอียด
ดังนี้ คือ



รูปที่ 2.6 เป็นดาวเทียม PALAPA-B ซึ่งเป็นดาวเทียมในอนุกรมปาลาปาของอินโดนีเซีย ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อปี พ.ศ. 2526 เป็นดาวเทียมซึ่งใช้ในกิจการ DOMSAT มีอายุการใช้งาน 7 ปี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2.7 แผนผังโครงสร้างภายในของทรานสponder
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

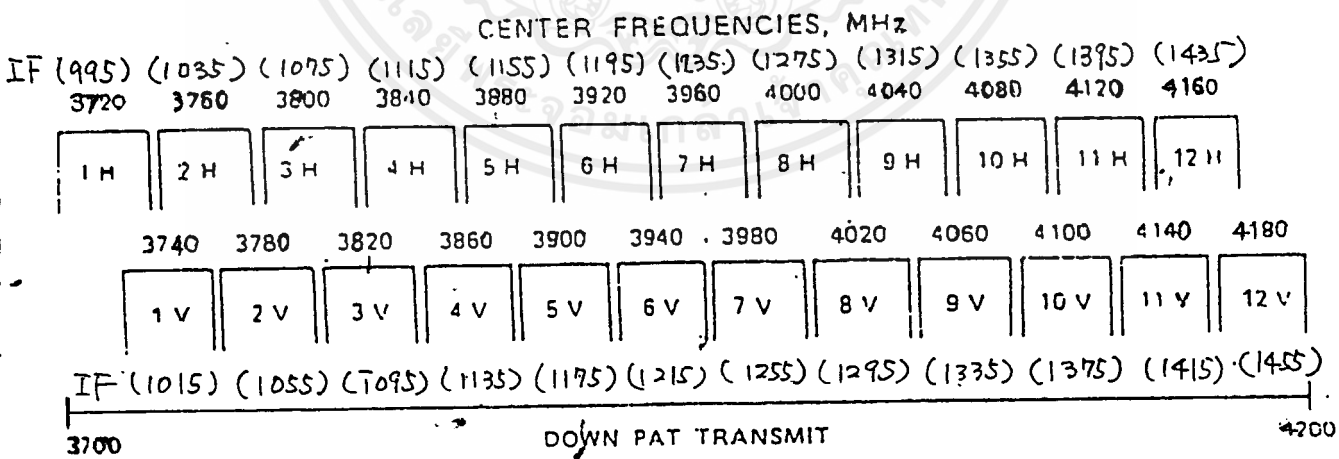
- สายอากาศ

สายอากาศของดาวเทียมมีหลายรูปแบบตามจุดประสงค์การใช้งานในการครอบคลุมพื้นที่การใช้งานบนโลกอาจเป็นไปได้ทั้ง แบบจานพาราโบลิก เป็นกลุ่มของสายอากาศฮอร์น หรือพวกสายอากาศแบบ สลิตเวฟไกด์

- ทรานสปอนเดอร์

รูปที่ 2.7 แสดงไดอะแกรมภายในของทรานสปอนเดอร์ คือ ชุดอุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่ในการถ่ายทอดสัญญาณที่รับได้กลับมายังภาคพื้นดิน เริ่มจากการขยายสัญญาณที่รับจากสายอากาศ จากนั้นแปลงความถี่ให้ต่ำลงในภาคมิกเซอร์ แล้วจึงขยายสัญญาณให้มีขนาดสูงขึ้นแล้วส่งลงมายังโลกซึ่งขั้นตอนการทำงานอยู่ในย่านไมโครเวฟทั้งสิ้น ตามปกติทรานสปอนเดอร์บนดาวเทียมมีอยู่ด้วยกัน 12 ชุด แยกกันตามแถบความถี่ใช้งาน ซึ่งแต่ละชุดจะครอบคลุมความถี่ 36 MHz รวมทั้ง 12 ชุด จะครอบคลุมความถี่ทั้งหมดเท่ากับ 500 MHz ของระบบสื่อสารดาวเทียม

หนึ่งทรานสปอนเดอร์จะใช้งานกับช่องสัญญาณเสียง (300-3,400 Hz) หรือที่เรียกว่าช่องสัญญาณโทรศัพท์ ได้ประมาณ 400 ช่อง หรือถ้าใช้กับสัญญาณภาพได้ 1 ถึง 2 ช่อง แล้วแต่เทคนิคแต่ละช่องในการจัดช่องสัญญาณ



รูปที่ 2.8 แผ่นดังแสดงแถบความถี่ของทรานสปอนเดอร์ทั้ง 12 ชุด ของดาวเทียม

PALAPA-B โดยแยกเป็นโพลาริซ์แนวนอนและแนวตั้ง จัดความถี่กลางให้เหลื่อมกันอยู่ เพื่อลดการรบกวนสอดแทรก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสำนักงาน กสทช. หากมีการนำออกไปใช้

- แหล่งจ่ายพลังงาน

แหล่งจ่ายพลังงานที่เหมาะสมที่สุดก็คือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ใช้งานร่วมกับแบตเตอรี่แบบนิเกิลแคดเมียม ซึ่งแหล่งจ่ายพลังงานเป็นตัวกำหนดอายุการใช้งานของดาวเทียมเพราะมีการเสื่อมสภาพการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่ตามระยะเวลาที่ใช้งาน อายุการใช้งานโดยเฉลี่ยของดาวเทียมปัจจุบันมีค่าประมาณ 7 ปี ต่อไปในอนาคตความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ คงสามารถยืดอายุการใช้งานของดาวเทียมให้มากขึ้นไปอีก นั่นเอง จึงทำให้ลดต้นทุนในการส่งดาวเทียมขึ้นไปเปลี่ยนดาวเทียมทั้งหมดอายุลง

เนื่องจากแถบความถี่ทางธรรมชาติมีจำกัด จึงมีการคิดค้นเทคนิคที่จะทำให้ความถี่เกิดขึ้นสูงสุด เทคนิคนี้เรียกว่า เทคนิคการนำความถี่กลับมาใช้งาน (frequency reuse technique) เทคนิคที่ใช้ในระบบดาวเทียมมีด้วยกัน 2 ลักษณะ

ลักษณะแรก อาศัยคุณสมบัติทางโพลาไรเซชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแยกแนวการส่งเป็นโพลาไรซ์แนวตั้งและโพลาไรซ์แนวนอน ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ความถี่โดยเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณได้ถึงเท่าตัว รูปที่ 2.8 เป็นแผนผังแสดงแถบความถี่ของทรานสปอนเดอร์ทั้ง 12 ชุด ของดาวเทียม ปาลาปา-บี โดยแยกเป็นแนวตั้งและแนวนอนจะเห็นว่าแถบความถี่เหลื่อมกันอยู่ทั้งนี้เพื่อลดผลการรบกวนแบบสอดแทรกที่อาจเกิดขึ้นได้ เทคนิคแบบนี้เป็นเทคนิคที่ใช้กับระบบส่งคลื่นแบบโพลาไรซ์แบบเชิงเส้น

ส่วนเทคนิคแบบที่ 2 เป็นเทคนิคแบบการส่งคลื่นแบบโพลาไรซ์วงกลม โดยแยกโพลาไรซ์เป็นการหมุนซ้ายและการหมุนขวา เทคนิคแบบนี้ให้ผลได้ดีกว่าในด้านคุณภาพสัญญาณแต่ในด้านการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณยังคงมีคุณสมบัติเท่ากัน

สำหรับโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมโดยส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดจะเป็นโพลาไรซ์แบบเชิงเส้น ส่วนโพลาไรซ์แบบวงกลมใช้การสื่อสารระหว่างประเทศ

2.4 ระบบ TVRO

คำว่า TVRO มาจากคำเต็มว่า "television receive only" อาจนับรวมให้เป็นสถานีภาคพื้นดินแบบหนึ่งที่สามารถรับสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียมได้เพียงอย่างเดียว ไม่มีระบบส่งสัญญาณขาขึ้นซึ่งแต่เดิมที่เดิยวั้น TVRO เป็นส่วนหนึ่งในสถานีภาคพื้นดินขนาดใหญ่

แต่ในปัจจุบันเมื่อก้าวถึง TVRO จะหมายถึง ระบบรับสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียมที่ประชาชนทั่วไปมีไว้ใช้งานโดยส่วนตัวได้ อาจเป็นระบบขนาดเล็กซึ่งมีอุปกรณ์เพียงไม่กี่ชิ้น จากที่ได้กล่าวถึงวิวัฒนาการของระบบโคจรขาสื่อสารโทรทัศน์แล้วในตอนต้น ความต้องการในการรับข่าวสารโทรทัศน์มีเพิ่มมากขึ้นตลอดเวลา ซึ่งแน่นอนว่าเทคโนโลยีย่อมถูกบีบบังคับไปในทิศทางของตลาดและความต้องการของประชาชนทำให้ระบบ TVRO ซึ่งเดิมอยู่ในมือของรัฐหรือบริษัทเอกชนขนาดใหญ่ได้ถูกแบ่งปันลงมายังประชาชนทั่วไป ในรูปสิ่งอำนวยความสะดวกอย่างหนึ่งภายในบ้าน เช่นเดียวกับ โทรทัศน์ วิทยุ หรือเครื่องใช้อื่นๆ ระบบ TVRO ที่ใช้งานในบ้านเครื่องแรกถูกผลิตขึ้นในปี พ.ศ. 2522 โดยบริษัท ไชแอนทีฟิค แอตแลนต้า ในครั้งนั้นระบบ TVRO ดังกล่าวไม่ได้รับการต้อนรับจากตลาด เนื่องจากมีราคาสูงมากถึงเกือบ 2 แสนบาททีเดียว

ระบบดังกล่าวประกอบไปด้วยจานสายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เมตร LNA หรือภาคขยายชนิดสัญญาณรบกวนต่ำหนึ่งคู่ สำหรับแต่ละโพลาริซ สามารถรับสัญญาณในเวลาเดียวกันได้ 4 ช่องโทรทัศน์ ต่อมาในปีเดียวกันนั้นเองก็มีผู้ผลิตรายอื่นได้แก่ บริษัท AVCOM เล็งเห็นถึงจุดบอดทางด้านราคาจึงได้ผลิตระบบ TVRO ที่มีราคาถูกลงมาที่ราคาประมาณ 8 หมื่นบาท ในขณะที่ขีดความสามารถเท่า ๆ กัน ทำให้ตลาดของ TVRO เริ่มมีความเป็นไปได้มากขึ้น

ปีถัดมาคือ พ.ศ. 2523 การแข่งขันทางการค้าของระบบ TVRO จึงเริ่มขึ้นอย่างจริงจัง มีจำนวนผู้ผลิตมากขึ้น แข่งขันกันพัฒนาขีดความสามารถให้สูงขึ้นในขณะที่ราคาถูกลง จนถึงในปัจจุบันเราสามารถซื้อระบบ TVRO ได้ในราคาต่ำที่สุดประมาณ 8,000 บาท ในขณะที่ขีดความสามารถดีกว่าระบบแรกเริ่มเสียอีก และโดยที่ TVRO มีวิวัฒนาการที่ไม่ถูกจำกัดรูปแบบเนื่องจากเป็นของใหม่ที่ยังไม่มีมาตรฐานควบคุม จึงทำให้มี TVRO ที่มีรูปแบบมากมายเกิดขึ้นตามแนวความคิดของผู้ผลิตแต่ละรายไม่ว่าจะเป็นความถี่ IF ฟังก์ชันอำนวยความสะดวกต่างๆ และรวมไปถึงความถี่ RF ซึ่งรับจากดาวเทียมด้วย

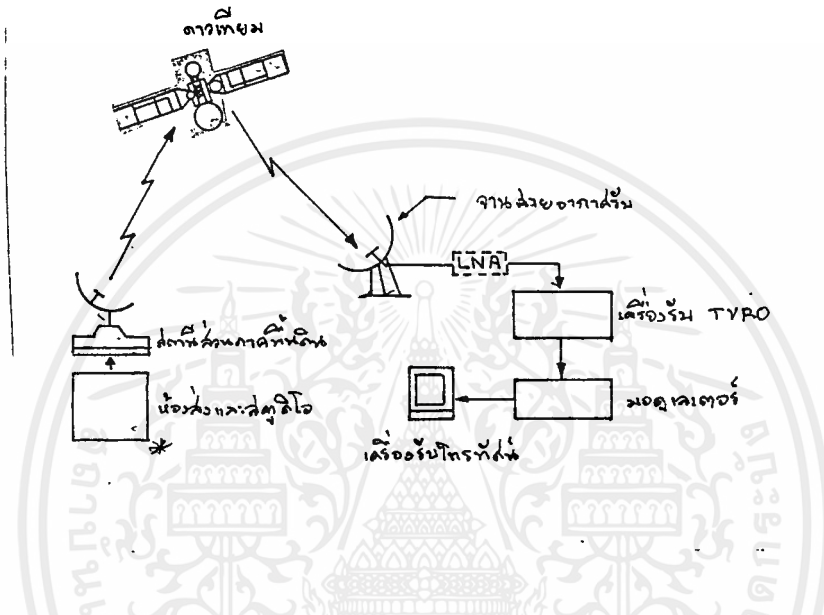
ก่อนที่จะไปรู้จักอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบ TVRO ขอกล่าวถึงการจัดสรรช่องสัญญาณโทรทัศน์ของดาวเทียมก่อน ดาวเทียมในปัจจุบันมีทรานสปอนเดอร์ 12 ชุด เมื่อใช้เทคนิคการนำความถี่กลับมาใช้งานทำให้เสมือนมี 24 ทรานสปอนเดอร์ แต่ละทรานสปอนเดอร์คลุมแถบความถี่ 36 MHz

การจัดสรรช่องสัญญาณโทรทัศน์ทำได้ 2 ลักษณะ คือ 1 ช่องสัญญาณภาพต่อ 1 ทรานสปอนเดอร์

และ 2 ช่องสัญญาณภาพต่อ 1 ทรานสปอนเดอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ TVRO เป็นส่วนที่ 4 ทำหน้าที่รับสัญญาณไมโครเวฟชาลงนี้ มาผ่านขบวนการนำสัญญาณภาพ และเสียงกลับมา แล้วทำการมอดูเลตให้เป็นสัญญาณปกติของการแพร่ภาพโทรทัศน์ส่งต่อไปให้กับ เครื่องรับโทรทัศน์ซึ่งเป็นส่วนที่ 5 ต่อไปองค์ประกอบพื้นฐานทั้ง 5 ส่วนแสดงไว้ในรูปที่ 2.10



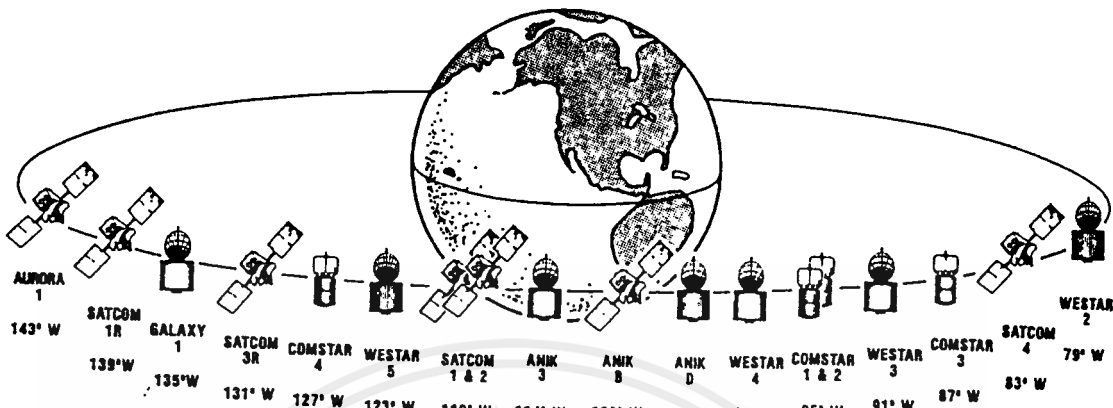
รูปที่ 2.10 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบสื่อสารโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม ได้แก่ ห้องส่ง สถานีภาคพื้นดินส่ง ดาวเทียม ระบบ TVRO และเครื่องรับโทรทัศน์

ปัจจุบันสองส่วนแรกคือ ห้องส่งและสถานีภาคพื้นดิน มักจะรวมกันเป็นหน่วยเดียวกัน หรือบางทีก็ติดตั้งร่วมกันบนรถเทรเลอร์ สามารถเคลื่อนย้ายเพื่องานถ่ายทอดสด (ประเทศไทยมีช่อง 7 สี) ได้สะดวก บนรถจะมีจานเสาอากาศขนาดเล็กสำหรับส่งและรับพร้อมกับสตูดิโอ และส่วนควบคุมการตัดต่อภาพ

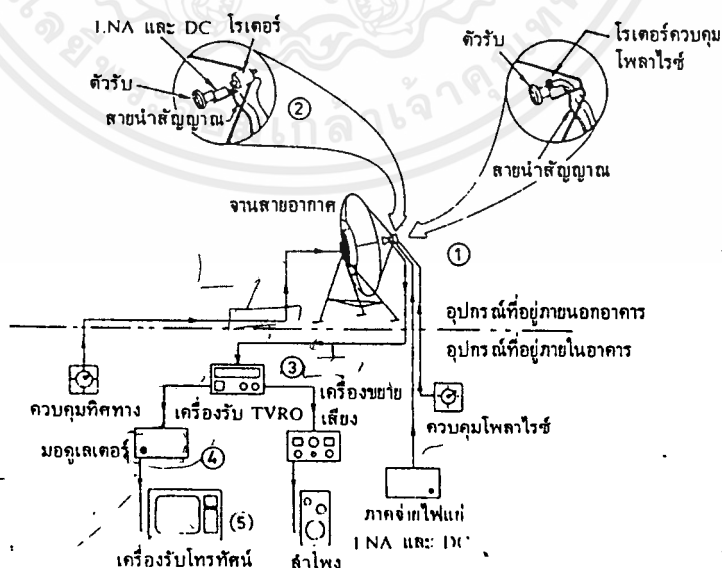
สถานีหลักเหล่านี้ สามารถจัดเป็นโครงข่ายเพื่อระบบสื่อสารที่ครอบคลุมพื้นที่กว้างๆ ได้ อย่างเช่น ในสหรัฐอเมริกา มีสถานีหลักนี้กว่า 10 สถานีต่อหนึ่งโครงข่าย กระจายอยู่ทั่วประเทศใช้งานดาวเทียมดวงเดียวกัน โดยแบ่งสรรทรานสปอนเดอร์กันไป

ดาวเทียมซึ่งใช้งานกับ ระบบ TVRO ในสหรัฐอเมริกาปัจจุบันนี้มีหลายสิบดวงมีบริษัทเอกชนผู้เป็นเจ้าของมากมายอย่างเช่น RCA, Western Union, COMSAT, AT&T, Telesat Canada, Intelsat, GTE, Hughes ฯลฯ ซึ่งดาวเทียมเหล่านี้อยู่บนวงโคจรคล้าย เรียงกันอยู่ ณ ตำแหน่งต่างๆ ตามแนวลองจิจูดของระนาบศูนย์สูตรเหนือท้องฟ้าอเมริกา ดังแสดงในรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ดาวเทียมค้างฟ้าซึ่งใช้งานกับระบบ TVRO ของสหรัฐอเมริกาและแคนาดา วางเรียงตัวอยู่บนวงโคจรคล้ายตามแนวลองกิจูดของระนาบศูนย์สูตรที่ระยะประมาณ 35,000 กิโลเมตร จากผิวโลก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2.12 อุปกรณ์หลัก 5 ส่วนของระบบ TVRO
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ TVRO ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 5 ส่วนด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.12 ได้แก่

1. งานสายอากาศรับ
2. เครื่องขยายชนิดสัญญาณรบกวนต่ำหรือ LNA (low noise amplifier) และเครื่องแปลงความถี่ให้ต่ำลง หรือ DC (downconverter)
3. เครื่องรับ TVRO
4. เครื่องผสมสัญญาณโทรทัศน์ หรือมอดูเลเตอร์
5. เครื่องรับโทรทัศน์

อุปกรณ์ส่วนอื่นนอกเหนือจากนี้เป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวก ซึ่งก็แล้วแต่บริษัทผู้ผลิตระบบ TVRO แต่ละรายมีรายละเอียดฟังก์ชันการทำงานอย่างไรบ้าง เช่น ระบบหาคีษทางดาวเทียมโคจรอัตโนมัติ ซึ่งอาศัยการควบคุมมอเตอร์หมุนแกนต่างๆ ของตัวอืดงานสายอากาศ, ระบบควบคุมระยะไกล หรือ รีโมตคอนโทรล ฯลฯ

การทำงานของระบบ TVRO เริ่มจากสัญญาณไมโครเวฟขาลง งานสายอากาศจะหันตรงไปยังดาวเทียมที่ต้องการรับสัญญาณขาลงที่รับได้ดังกล่าวมาก (อยู่ในอันดับของ 10 วัตต์) เนื่องจากระยะทางที่ไกลมาก และขนาดจำกัดของแหล่งจ่ายพลังงานบนดาวเทียมที่ให้เอาต์พุตแต่ละทรานสปอนเดอร์ได้เพียงประมาณ 5 วัตต์

ประกอบกับการสูญเสียเนื่องจากระยะทางมีค่าสูงถึง 196 - 200 dB งานสายอากาศของ TVRO จึงจำเป็นต้องใช้แบบที่มีอัตราขยายสูงซึ่งได้แก่งานสายอากาศแบบพาราโบลา หรือแบบส่วนของทรงกลม งานสายอากาศทำหน้าที่สะท้อนคลื่นไปยังจุดโฟกัส ซึ่งมีตัวรับสัญญาณอยู่คลื่นจะผ่านต่อไปยัง เครื่องขยาย LNA และเครื่องแปลงความถี่ ทำการแปลงความถี่ต่ำลงมาเป็นย่าน UHF หรือ VHF สัญญาณนี้ถือเป็นสัญญาณ IF ซึ่งจะผ่านสายเคเบิลเข้าไปยังเครื่องรับ TVRO ทำการดีมอดูเลตนำสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงกลับมา

สัญญาณภาพและสัญญาณเสียงจะส่งต่อให้มอดูเลเตอร์ทำการมอดูเลตแบบ AM ให้เป็นสัญญาณ RF สำหรับเครื่องรับโทรทัศน์ สัญญาณ RF นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับสัญญาณพาหะที่ใช้ในการแพร่ภาพโทรทัศน์ปกติซึ่งจะเป็นระบบ PAL, NTSC หรือ SECAM ก็แล้วแต่มาตรฐานซึ่งใช้ในแต่ละประเทศสัญญาณ RF ซึ่งได้จากมอดูเลเตอร์ของ TVRO จะอยู่ในย่าน VHF ที่ช่อง 3 หรือช่อง 4

การทำงานของระบบ TVRO ที่กล่าวถึงนี้ เป็นระบบที่มีใช้งานอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน จะแตกต่างจากนี้บ้างก็ในรายละเอียดปลีกย่อย เช่น ส่วนใดอยู่ภายนอก ส่วนใดอยู่ในอาคาร ความถี่ IF หรือฟังก์ชันอำนวยความสะดวกต่างๆ ต่อไปจะได้กล่าวโดยละเอียดถึงอุปกรณ์ประกอบของ TVRO แต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

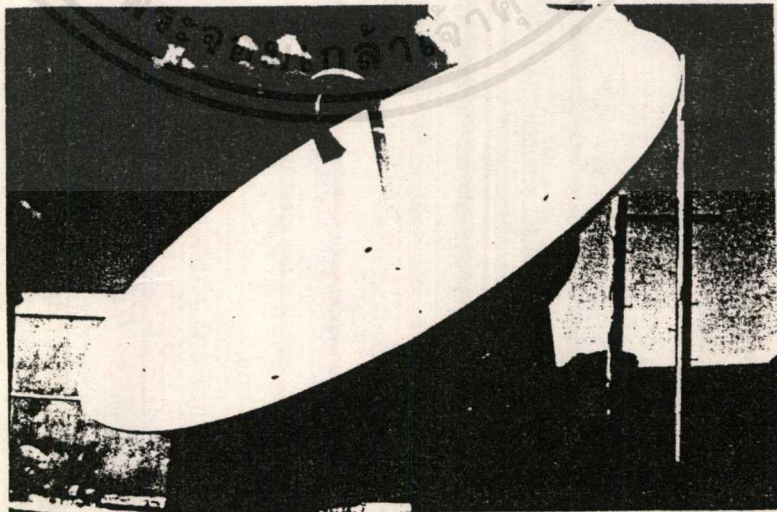
2.5 งานสายอากาศ

ในระบบ TVRO งานสายอากาศนับว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดต้องการพื้นที่ติดตั้งมากที่สุด ทั้งการติดตั้งก็ต้องการความพิถีพิถันด้วย งานสายอากาศที่ใช้กับระบบ TVRO ก็เป็นเช่นเดียวกับ งานสายอากาศซึ่งใช้ในระบบสื่อสารไมโครเวฟ จะแตกต่างกันที่ขนาดค่อนข้างใหญ่กว่า (ในระบบไมโครเวฟจะมีขนาดงานสายอากาศประมาณ 0.5-2.0 เมตร) รูปลักษณ์ของงานที่ใช้กับระบบ TVRO ที่นิยมใช้มีด้วยกัน 2 ลักษณะคือ *แบบจานพาราโบลิก และแบบส่วนของทรงกลม*

งานสายอากาศพาราโบลิกเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุด ประมาณ 95% ของระบบ TVRO ที่ใช้งานในสหรัฐอเมริกาและแคนาดา เป็นจานพาราโบลิก ขนาดของจานพาราโบลิก ขนาดของจานพาราโบลิกที่ใช้งาน อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1.0 เมตรถึง 4.5 เมตร โครงสร้างทำจากไฟเบอร์กลาสเคลือบโลหะ หรือ อะลูมิเนียมหล่อ น้ำหนักเบา โครงสร้างที่นิยมใช้มี 3 แบบคือ แบบอะลูมิเนียมหล่อขึ้นเดียว แบบตาข่ายโลหะหรืออะลูมิเนียม และแบบขึ้นรูปด้วยไฟเบอร์กลาส ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ก, ข, ค

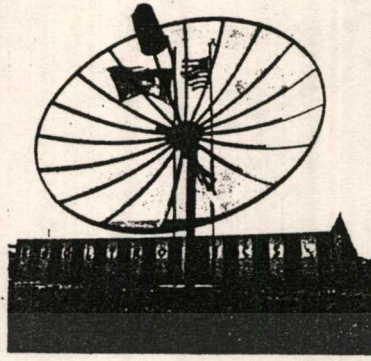
นอกจาก 3 แบบนี้แล้ว ที่น่าสนใจก็ยังมี แบบรมของลูลี่ ดังแสดงในรูปที่ 2.14 ซึ่งโครงสร้างทำจากไมลาร์ชนิดพิเศษ ย้อมผิวด้วยเงิน มีลักษณะคล้ายร่ม สามารถหุบได้กางออกได้ สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายมีน้ำหนักเบาเพียง 10-20 กิโลกรัม สามารถติดตั้งได้ภายในเวลาไม่กี่นาที

สำหรับแบบส่วนของทรงกลมโครงสร้างจะทำจากตาข่ายอะลูมิเนียมมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.15 ข้อได้เปรียบของงานสายอากาศแบบส่วนของทรงกลมก็คือ สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมหลายดวงได้ในเวลาเดียวกันเพราะมีรูปแบบการรับคลื่นที่กว้าง แต่ก็มีข้อเสียเปรียบทางด้านอัตราขยายที่ต่ำกว่างานพาราโบลิกที่มีขนาดเดียวกัน อีกทั้งแบบส่วนของทรงกลมยังถูกจำกัดให้รับสัญญาณจากดาวเทียมเป็นกลุ่มคงที่

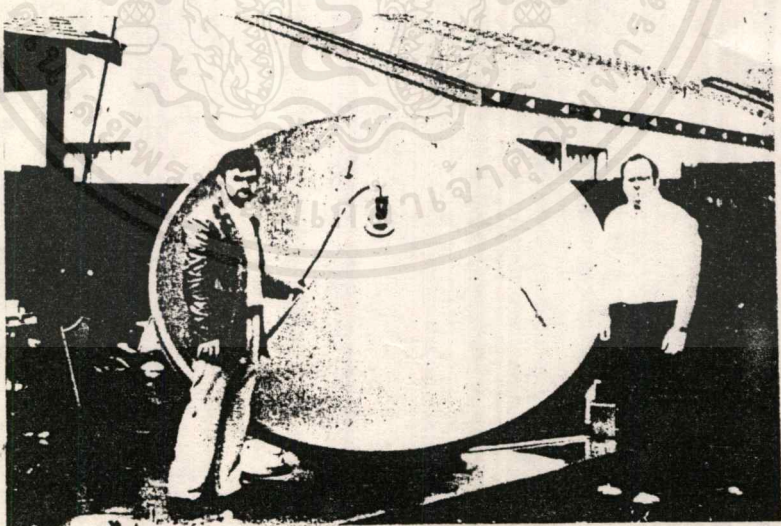


รูปที่ 2.13 ก โครงสร้างงานสายอากาศพาราโบลิกแบบอะลูมิเนียมหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการประชุมเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เช่นเดียวเป็นแบบที่ความแข็งแรงแต่นานมาก
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

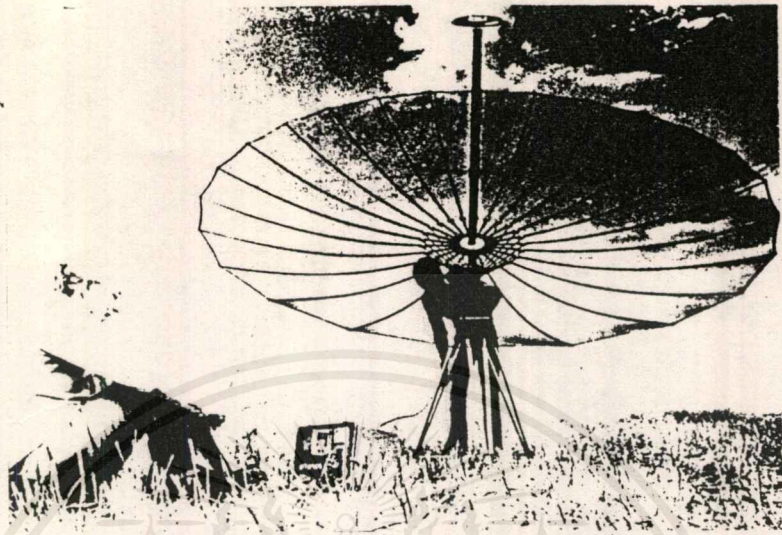


รูปที่ 2.13 ข โครงสร้างงานพาราโบลาแบบตาข่ายอะลูมิเนียม
มีคุณสมบัติลดแรงต้านลมได้เป็นอย่างดี

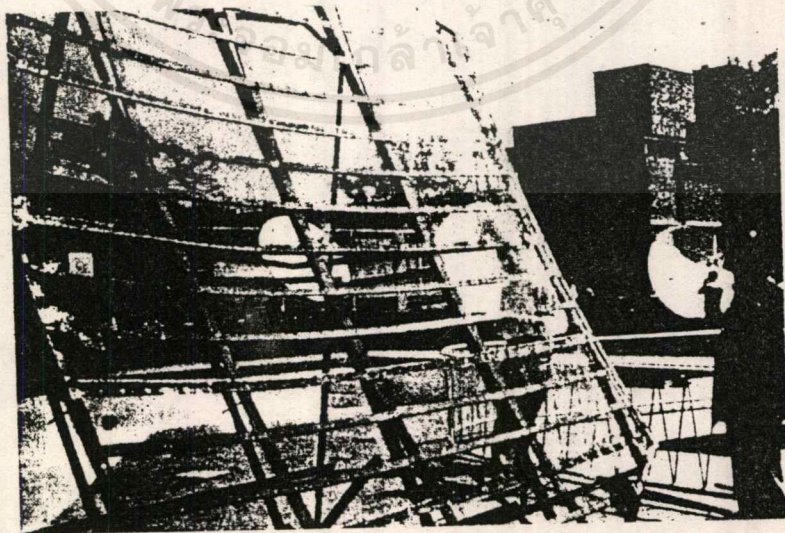


รูปที่ 2.13 ค โครงสร้างงานพาราโบลาแบบขึ้นรูปด้วยไฟเบอร์กลาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แล้วฉาบผิวด้วยโลหะ มีน้ำหนักเบา และราคาถูก
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 โครงสร้างงานสายอากาศพาราโบลาแบบร่มของลูลี (luly umbrella type)
โครงสร้างทำด้วยไม้อัดชนิดพิเศษยึดม้วนด้วยเงินหรือโลหะอื่น สามารถหุบเข้า
และกางออกได้คล้ายร่ม มีน้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายสะดวก



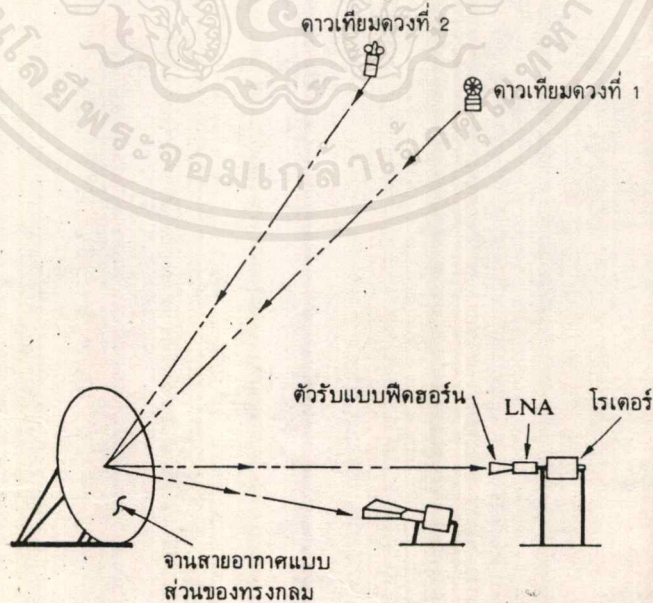
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.15 สายอากาศแบบส่วนของทรงกลม
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากไม่มีระบบหมุนแกนเคลื่อนที่ทั้งนี้ก็เพราะขนาดค่อนข้างใหญ่ของมันแตกต่างจาก จานพาราโบลิค ซึ่งรูปแบบการรับของมันจะพุ่งตรงไปยังดาวเทียมดวงเดียวในขณะเวลาหนึ่งๆ อัตราขยายจึงมีค่าสูงกว่าและสภาพการรับดีกว่า

สายอากาศแบบส่วนของทรงกลมสามารถมีจุดรวมสัญญาณได้หลายจุด แล้วแต่ว่ามันใช้งานในการรับดาวเทียมกี่ดวง (ปกติไม่เกิน 5-6 ดวง) ที่จุดโฟกัสแต่ละจุดจะมีตัวรับสัญญาณสำหรับดาวเทียมแต่ละดวง แล้วจึงนำมารวมกันภายหลังดังแสดงในรูปที่ 2.16 การทำงานลักษณะนี้จะทำให้ระบบ TVRO สามารถรับช่องสัญญาณโทรทัศน์ที่ไดกว่า 100 ช่อง ในเวลาเดียวกัน TVRO ซึ่งใช้สายอากาศแบบส่วนของทรงกลมจึงมักใช้กับสถานที่ซึ่งมีผู้ใช้ระบบร่วมกันจำนวนมาก เช่น อพาร์ทเมนต์, แฟลต หรืออาคารขนาดใหญ่

กลับมาดูจานสายอากาศแบบพาราโบลิค เนื่องจากต้องหันไปยังดาวเทียมดวงเดียวในขณะหนึ่ง จึงทำให้สามารถรับช่องสัญญาณโทรทัศน์ได้สูงที่สุด 24 ช่องจาก 12 ทรานส์ปอนเดอร์ การที่มันจะหันขึ้นไปหาดาวเทียมดวงอื่นได้ ก็ต้องอาศัยตัวยึดจานสายอากาศซึ่งสามารถหมุนเคลื่อนที่ได้หรือไม่ถ้าได้ก็หมายความว่ารายการโทรทัศน์หลากหลายจากแต่ละ 24 ช่องของดาวเทียมแต่ละดวงซึ่งมีจำนวนกว่า 20 ดวงเหนือท้องฟ้าอเมริกา ก็จะมีมาให้ผู้เป็นเจ้าของระบบ TVRO ได้ชมกัน ตัวยึดจานมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ

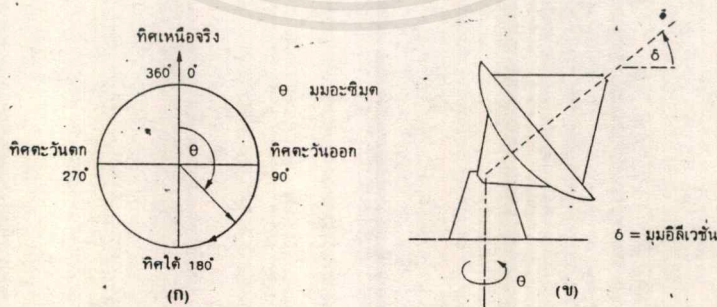
1. ตัวยึดแบบที่มีทิศทางคงที่เปลี่ยนไม่ได้
2. ตัวยึดแบบหมุนเปลี่ยนทิศทางได้ในแนวอะซิมุตและอีลีเวชัน หรือ Az/Ei
3. ตัวยึดแบบหมุนเปลี่ยนทิศทางในแนวโพลาร์



รูปที่ 2.16 การทำงานของสายอากาศทรงกลมซึ่งมีจุดโฟกัสหลายจุด สามารถสืบเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า สัญญาณจากดาวเทียมได้พร้อมกันหลายดวงในเวลาเดียวกัน ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตัวยึดแบบติดอยู่กับที่ เป็นแบบที่ง่ายที่สุดมีราคาถูกที่สุด งานสายอากาศจะหันไปยังดาวเทียมดวงเดียวหรือกลุ่มเดียว ไม่สามารถเปลี่ยนไปรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงอื่นได้ ตามปกติระบบนี้จะใช้กับสายอากาศแบบส่วนของทรงกลม หรือไม่ก็เป็นจานพาราโบลิก ซึ่งใช้กับระบบ TVRO ราคาถูกไม่ต้องการระบบหันทิศทาง
- ตัวยึดแบบ Az/EI นั้นมมอัสเวชันก็ได้อธิบายไว้แล้วตอนต้นว่าเป็นมุมเงยของจาน สำหรับมุมอะซิมุตนั้นก็คือมุมหันซึ่งอยู่ในระนาบระดับโดยใช้ทิศเหนือจริงของโลกเป็นจุดอ้างอิง โดยเมื่อพิจารณาหมุนตามเข็มนาฬิกาไปตามรูปที่ 2.17 จะได้ทิศตะวันออกคือมุมอะซิมุต 90° ทิศใต้ 180° และทิศตะวันตกคือ 270° ส่วนทิศเหนือก็คือ 360° การทำงานของตัวยึดแบบนี้ก็มีลักษณะเดียวกับขาตั้งกล้องถ่ายรูปนั่นเองตำแหน่งของดาวเทียมเป็นเสมือนตำแหน่งพิกัดของจุดหนึ่ง โดยมีมุมเงยและมุมหันเป็น θ และ ϕ สามารถเข้าถึงทุกจุดบนครึ่งทรงกลมท้องฟ้าได้โดยการเปลี่ยนค่า θ และ ϕ ซึ่งเราสามารถคำนวณหาค่า θ และ ϕ ได้ ถ้าเราทราบตำแหน่งที่ตั้งจานว่าอยู่ที่ละติจูดและลองจิจูดเท่าใด และดาวเทียมที่ต้องการหันไปหาอยู่ที่ลองจิจูดเท่าใดในวงโคจรคล้าก

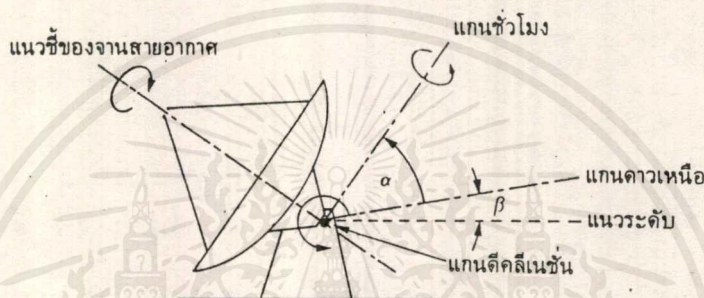
ตัวยึดแบบ Az/EI นี้ เป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน สามารถเพิ่มสิ่งอำนวยความสะดวกได้ง่าย อย่างเช่น ระบบตามดาวเทียมหมุนได้อัตโนมัติ ซึ่งใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนจานทั้งสองแกน โดยเรากำหนดค่า θ และ ϕ ให้กับไมโครโปรเซสเซอร์ซึ่งอยู่ในเครื่องรับ TVRO งานสายอากาศจะหันไปยังทิศทางตามที่เรากำหนด



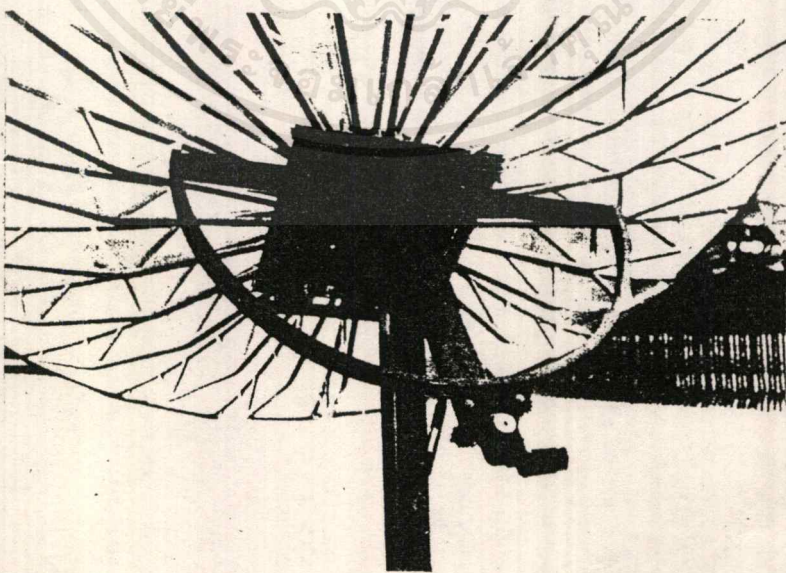
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.17 (ก) แสดงมุมอะซิมุต (ข) แสดงตัวยึดจานสายอากาศ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น หากท่านมีข้อสงสัยประการใด กรุณาติดต่อขอข้อมูลเพิ่มเติมจากเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตัวยึดหมุนได้แบบโพลาร์ ได้แนวความคิดมาจากระบบฐานของกล้องดูดาวมีแกนเคลื่อนที่ดังรูปที่ 2.18 สามารถเข้าถึงทุกจุดบนครึ่งทรงกลมท้องฟ้าได้ เช่นเดียวกับ Az/EI โดยอาศัยแนวแกนที่ชี้ไปยังดาวเหนือเป็นแกนอ้างอิง ซึ่งแกนนี้จะชี้ไปยังดาวเหนือตลอดเวลา

สำหรับซีกโลกภาคเหนือนั้น แกนดาวเหนือจะยกสูงกว่าแนวระดับ แต่สำหรับซีกโลกภาคใต้จะต่ำกว่าแนวระดับ ค่าของมุม β ซึ่งยกจากแนวระดับ (หรือต่ำกว่า) นี้ จะมีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละจุดบนผิวโลก จุดที่ใกล้ขั้วโลกเหนือจะมีค่า β โด ส่วนที่ใกล้ศูนย์สูตรจะมีค่าเล็กน้อย (ประเทศไทยมีค่า β ประมาณ +14 ถึง +15)



รูปที่ 2.18 (ก) ตัวยึดหมุนได้ แบบโพลาร์ ประกอบไปด้วยแกน 2 แกนคือ แกนดาวเหนือซึ่งจะชี้ไปยังดาวเหนือตลอดเวลา และแกนขั้วโฌง ซึ่งสามารถวาดตามแนวตะวันออกตะวันตก หรือซ้ายขวา แกนขั้วโฌงจะหมุนกวาดมุมคิลลิเนชัน α รอบแกนคิลลิเนชัน



รูปที่ 2.18 (ข) รูปร่างภายนอกของตัวยึดหมุนได้ แบบโพลาร์ซึ่งประกอบขึ้นเองจะเห็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ส่วนที่คล้ายวงแหวนครึ่งซีกทำหน้าที่ในการกวาดรอบแกนขั้วโฌงนั่นเอง ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ก็มีแนวคิดคลื่นสั้น ซึ่งจะเป็นแกนให้แกนหัวโหม่งหมุนรอบดิ่งรูปแกนหัวโหม่งนี้จะตั้งฉากกับทิศทางของจานสายอากาศ มุมซึ่งแกนหัวโหม่งทำกับแกนชี้ดาวเหนือเขาเรียกว่า *มุมดีคลิเนชัน* หรือมุมจานสายอากาศสามารถกวาดซ้ายขวารอบแกนหัวโหม่งได้ถ้าเราเปลี่ยนค่า α ไปเรื่อยๆ ก็จะสามารถเข้าถึงทุกจุดของครึ่งทรงกลมท้องฟ้าได้

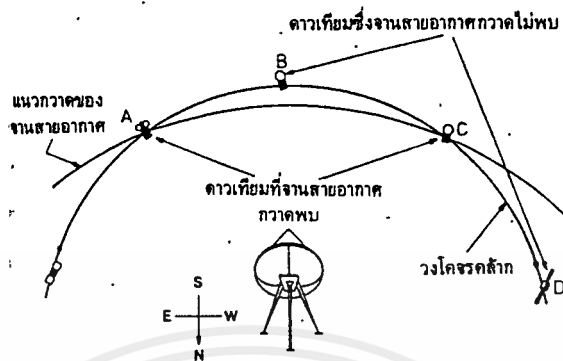
จากรูปที่ 2.19 ซึ่งแสดงคุณสมบัติบางประการของการกวาดรอบแกนหัวโหม่งของจานสายอากาศสมมุติว่าจานสายอากาศชี้ไปยังดาวเทียม A บนวงโคจรคล้ากโดยการคงค่า α ไว้เมื่อกวาดจานสายอากาศรอบแกนหัวโหม่ง ส่วนโด่งการกวาดจะไม่อยู่ในแนวเดียวกับส่วนโด่งของโคจรคล้ากตลอด แต่จะมีจุดตัดกับวงโคจรคล้าก 2 จุดคือ จุด A และจุด C การที่จะเข้าถึงดาวเทียม B และ D ต้องเปลี่ยนค่ามุม α ไปเล็กน้อย แต่ถ้าสถานที่ตั้งจานสายอากาศ อยู่ที่เส้นศูนย์สูตร ส่วนโด่งการกวาดของจานสายอากาศจะสอดคล้องกับวงโคจรคล้ากพอดี

การทำงานของตัวยึดหมุนได้แบบโพลาร์ข้อดีกว่าแบบ Az/EI ตรงที่มันสามารถเข้าถึงดาวเทียมในวงโคจรคล้ากได้เร็วกว่าเนื่องจากระบบนี้สามารถกวาดส่วนโด่งท้องฟ้าตามแนวลองจิจูดได้อย่างรวดเร็วแล้วจึงปรับค่า α อีกเล็กน้อยก็ถึงดาวเทียมที่ต้องการได้ในขณะที่แบบ Az/EI ต้องปรับมุม ϕ เป็นมุมกว้างกว่า

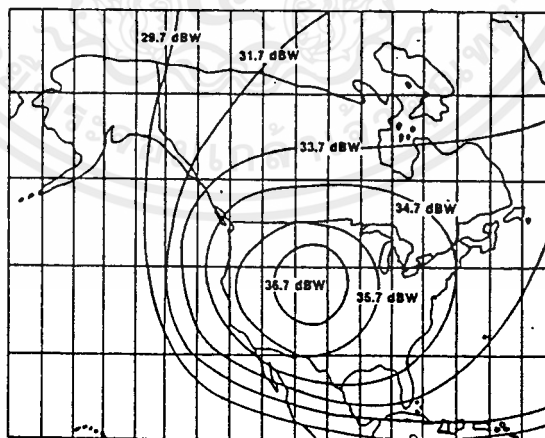
ในปัจจุบันตัวยึดหมุนได้แบบโพลาร์ยังไม่เป็นที่นิยมใช้ เนื่องจากการทำงานค่อนข้างซับซ้อน การติดตั้งทำได้ยากต้องการความแม่นยำสูงตัวยึดระบบนี้จะมีใช้บ้างในงานภาครัฐบาลที่ต้องการความเร็วในการหันทิศทางแต่สำหรับระบบ TVRO ทางการค้ายังคงเป็นแบบ Az/EI เป็นส่วนใหญ่กล่าวถึงระบบตัวยึดจานสายอากาศไปแล้วก็มาถึงฐานรากสำหรับวางระบบจานสายอากาศ จานสายอากาศของTVRO สามารถติดตั้ง ได้ทั้งบนสนามหญ้าบนลานคอนกรีตหรือแม้แต่บนหลังคาที่ใช้ยึดกับพื้นมีทั้งประเภทสามขาและขาเดี่ยว การพิจารณาเลือกใช้ก็ต้องพิจารณาว่า ขนาดน้ำหนักของระบบสายอากาศเป็นเช่นใด ข้ายึดกับพื้นแบบขาเดี่ยวจะต้องยึดบนพื้นคอนกรีตขนาดใหญ่พื้นเดียวกัน ส่วนแบบสามขาสามารถยึดบนคอนกรีตทั่วไปได้

จานสายอากาศเป็นหัวใจสำคัญของระบบแม้ว่าเครื่องรับหรือส่วนอื่นจะดีเพียงใด แต่ถ้าสายอากาศไม่ดี หรือเลือกใช้ไม่เหมาะสมก็เป็นอันหมดความหมาย การเลือกขนาดของจานสายอากาศต้องพิจารณาความต้องการของระบบว่าต้องการอัตราขยายของสายอากาศเท่าใดพื้นที่ที่ติดตั้งระบบ TVRO มี *ฟุตปรีนซ์* ซึ่งเป็นแผนที่แสดงระดับสัญญาณจากดาวเทียมที่ปรากฏบนผิวโลกที่ตำแหน่งต่างๆ เป็นเช่นใด โดยจะบอกเป็นค่ากำลังงาน EIRP (effective isotropically radiated power) ถ้าอยู่ในบริเวณที่มีค่า EIRP สูง ก็ใช้จานสายอากาศขนาดเล็กลงได้ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาตัวดาวเทียมด้วย เพราะกำลังส่งของดาวเทียมเป็นตัวกำหนดลักษณะของฟุตปรีนซ์ข้อควรคำนึงถึงอีกอย่างหนึ่งก็คือ การเลือกวัสดุที่ใช้ทำ

โครงสร้างของจานสายอากาศว่าเหมาะสมต่อสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศที่จะนำไปติดตั้งหรือไม่ ภูมิประเทศที่มีลมแรง หิมะตกหรือฝนตกหนักก็ควรเลือกโครงสร้างที่แข็งแรง อย่างแบบอะลูมิเนียมขึ้นเดี่ยวนั้นไม่เหมาะที่จะใช้ในพื้นที่ที่มีหิมะตกหนักหรือฝนตกหนักและต้องอยู่ในเงาของเสาหรือสิ่งปลูกสร้างที่มีรั้วไปเซ



รูปที่ 2.19 คุณสมบัติของตัวยึดหมุนได้แบบโพลาร์ แสดงลักษณะการกวาดรอบแกนชี้วงเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนโค้งของวงโคจรคล้าก



รูปที่ 2.20 ตัวอย่างของแผนที่พหุพรีนซ์ของดาวเทียม Satcom 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ค่าต่างๆ ที่แสดงคือค่า EIRP
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

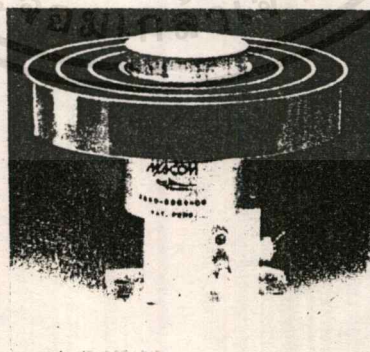
2.6 เครื่องขยายชนิดสัญญาณรบกวนต่ำ (LNA) และเครื่องแปลงความถี่ให้ต่ำลง (DC)

คลื่นไมโครเวฟขาลงที่สะท้อนจากชั้นบรรยากาศจะไปรวมที่จุดโฟกัส ซึ่งมีตัวรับพีดีอาร์เอ็น หรือไดโพล รอร์รับอยู่จากนั้นผ่านท่อนำคลื่นเข้าสู่เครื่องขยายสัญญาณชนิดสัญญาณรบกวนต่ำ หรือ LNA เป็นการขยายสัญญาณเบื้องต้นก่อนคุณสมบัติของ LNA ถูกออกแบบให้มีสัญญาณรบกวนต่ำอย่างมาก เพื่อที่จะไม่ให้เกิดสัญญาณรบกวนไปบดบังสัญญาณไมโครเวฟที่รับได้ (ที่มีกำลังอ่อนมากอยู่แล้ว) คุณสมบัติหรือพารามิเตอร์สำคัญของ LNA ก็คือ อุณหภูมิสัญญาณรบกวน (noise temperature) และอัตราขยาย

ในระบบสื่อสารดาวเทียม สัญญาณรบกวนอันเนื่องมาจากความร้อนมีผลต่ออากาศรับเป็นอย่างมากในทาง พิสิกส์เราสามารถแปลงค่ากำลังของสัญญาณรบกวนมาเทียบเป็นค่าในหน่วยของค่าสมบูร์นได้ และเรียกว่า "อุณหภูมิสัญญาณรบกวน" คล้ายกับพารามิเตอร์ NF (noise figure) ของภาคขยายในย่านความถี่ต่ำ ทั่วๆ ไปยิ่งค่าอุณหภูมิสัญญาณรบกวนยิ่งต่ำก็แสดงว่า LNA ตัวนั้นมีระดับสัญญาณรบกวนต่ำ มีคุณภาพดี

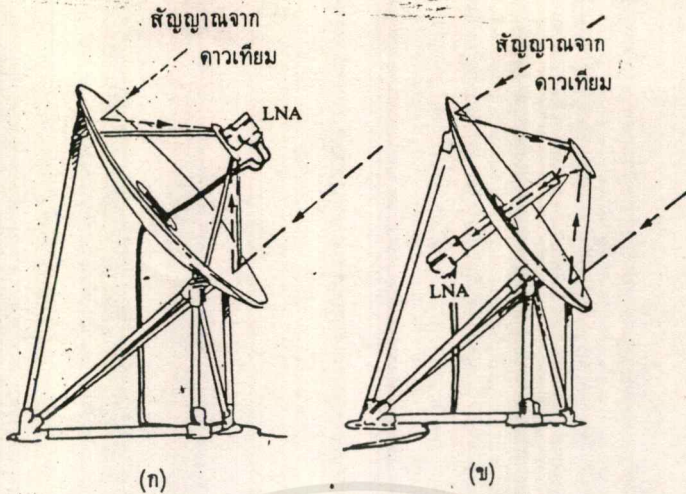
สำหรับอัตราขยายของ LNA บ่งบอกในหน่วย dB มีค่าทั่วไปประมาณ 30-35 dB (หรือ 1,000-300,000 เท่า) LNA ในปัจจุบันจะมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสัญญาณรบกวนประมาณ 100 K ที่อัตราขยาย 50 dB ถ้าอย่างดีหน่วยก็ไม่เกิน 85 K 60 dB

คุณสมบัติของ LNA มีความสัมพันธ์กับขนาดของจานสายอากาศโดยตรง ถ้าเราเลือกใช้จานสายอากาศขนาดเล็กก็ต้องเลือก LNA ที่มีคุณสมบัติดีพิเศษ ตามปกติแล้วเราจะพิจารณาขนาดของจานสายอากาศ ก่อน แล้วจึงแปรค่าคุณสมบัติของ LNA ตามไป ตัวอย่างเช่น จานสายอากาศขนาด 3 เมตรที่ใช้กับ LNA 100 K จะมีคุณสมบัติเป็นเช่นเดียวกับจานสายอากาศขนาด 1.8 เมตรที่ใช้กับ LNA 60 K



รูปที่ 2.21 แสดงลักษณะพีดีอาร์เอ็นแบบวงกลมที่ใช้เป็นตัวรับสัญญาณ ซึ่งเป็นแบบที่นิยมใช้

กันมากที่สุด วงแหวนรอบๆ ด้านบน ช่วยให้การเหนี่ยวนำคลื่นไมโครเวฟ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุที่แตกต่างจากเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



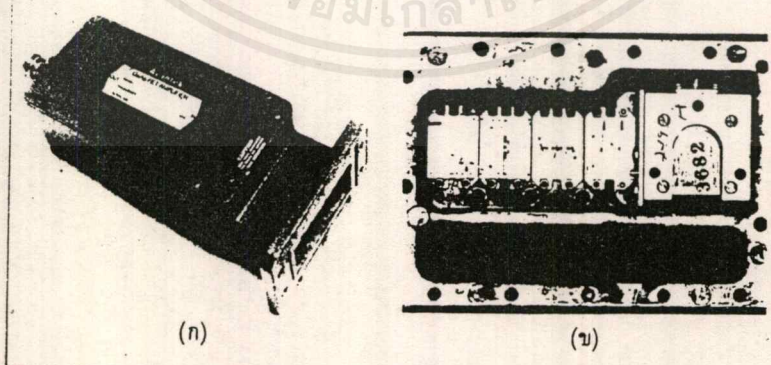
รูปที่ 2.22 แสดงลักษณะการบ่อนสัญญาณให้แก่ตัวรับสองลักษณะคือ

(ก) แบบปกติ

(ข) แบบ cassegrain ซึ่งมีจานสะท้อนรองเพิ่มเข้ามาอีกชั้นหนึ่ง

ช่วยให้คุณสมบัติการรับดีกว่าแบบปกติ

โครงสร้างภายใน LNA ในปัจจุบันจะใช้เฟตชนิดแกลเลียมอาร์เซไนต์เป็นอุปกรณ์ขยายสัญญาณโดยมีการหล่อเย็นให้มีอุณหภูมิต่ำมากเป็นค่าลบหลายสิบลองศาเซลเซียส อากาศภายในตัว LNA จะต้องมีการควบคุมให้นำพาความร้อนน้อยที่สุด ตัวอย่างของ LNA ดังกล่าวแสดงในรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 รูปลักษณะของ LNA (low-noise amplifier) รูป

(ก) เป็นลักษณะภายนอกที่ด้านขวามือเป็นส่วนที่ต่อเชื่อมกับตัวรับ

ด้านซ้ายมือมีขั้วต่อซึ่งเป็นเอาต์พุตของมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องยกย่องถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) แสดงลักษณะภายในประกอบไปด้วยเฟต และอุปกรณ์หล่อเย็น

อาจมีปัญหาหลายอย่างที่เกิดเนื่องจาก LNA รั่ว เกิดการถ่ายเทอากาศภายนอกและภายใน ทำให้คุณสมบัติการทำงานของมันเลงลงอย่างมาก ด้านท้ายของ LNA เป็นหัวต่อสายเอาต์พุตโดยจะส่งผ่านโดยสายโคแอกเซียลพิเศษที่มีขนาดใหญ่เรียกว่า เฮลิแอกซ์ RG 213 ไปยังเครื่องแปลงความถี่ให้ต่ำลง (ต่อไปจะขอเรียกว่า DC)

DC ทำหน้าที่แปลงความถี่จากย่านไมโครเวฟ (C band หรือ Ku band) ลงมาเป็นความถี่ IF ในย่าน VHF หรือ UHF ในปัจจุบันความถี่ IF มีให้เลือกหลายค่าแล้วแต่บริษัทผู้ผลิตเช่น 70 MHz, 950 MHz หรือ 1,450 MHz

DC มีจุดต่อใช้งาน 3 จุดด้วยกันคือ อินพุตจาก LNA, เอาต์พุตซึ่งเป็นสัญญาณ IF และอินพุตที่เป็นสัญญาณควบคุมการจูนเลือกช่องสัญญาณซึ่งมาจากเครื่องรับ TVRO (ซึ่งมีผลให้เราสามารถจูนเลือกทรานสปอนเดอร์ต่างๆ ได้ตามต้องการ) สัญญาณ IF จะส่งผ่านสายโคแอกเซียล RG 59 ไปยัง RF อินพุตของเครื่องรับ TVRO ต่อไป

การทำงานของ DC ก็คือภาคมิกเซอร์ในย่านความถี่ต่ำกว่านั่นเอง ปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตได้รวม LNA และ DC เข้าในตัวเดียวกันและเรียกรวมว่า LNC (low-noise converter) เพื่อลดขนาดของมันลงลดสายเคเบิลเฮลิแอกซ์ซึ่งมีราคาแพง (เดิมนั้น DC จะอยู่ภายในอาคารเราต้องใช้สายเคเบิลต่อเชื่อมจาก LNA เข้าไป) อีกทั้งแน่นอนว่าตัดการลดทอนเนื่องจากสายเคเบิลส่วนนี้ไปได้เนื่องจากความถี่ที่สูง การลดทอนสัญญาณเนื่องจากสายเคเบิลก็ยิ่งสูงตามไปด้วย

2.7 เครื่องรับ TVRO

เครื่องรับ TVRO ทำหน้าที่โดยตรงในการตีมอดูเลชั่นสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงกลับมา และการจูนเลือกช่องสัญญาณจากแต่ละทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียมรูปแบบของเครื่องรับ TVRO ในปัจจุบันมีภาคหน้าหลายตาแต่จุดประสงค์การทำหน้าที่ของมันก็ยังเป็นเช่นเดิม

พารามิเตอร์สำคัญของระบบ TVRO

S/N (signal-to-noise ratio) เป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกคุณภาพของสัญญาณโทรทัศน์ (base-band signal) ว่ารับได้ดีเพียงใด S/N เป็นฟังก์ชันของ CNR (carrier-to-noise ratio) ถ้า CNR ดีมีค่าสูง ค่า S/N ก็สูงตามไปด้วย (S/N ที่เหมาะสมกับระบบ TVRO ที่ใช้ภายในบ้านต้องไม่ต่ำกว่า 45 dB)

CNR (carrier-to-noise ratio) หรือ ค่ากำลังสัญญาณพาห่ต่อกำลังสัญญาณรบกวนของระบบ สามารถอธิบายด้วยสมการต่อไปนี้ (หน่วยเป็น dB)

$$CNR = EIRP - \text{การสูญเสียเนื่องจากระยะทาง} + G/T$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
- $10 \log$ (แบนด์วิดท์ของทรานสปอนเดอร์) + ค่าคงที่ของ Boltzmann (dB)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ ; EIRP : (effective isotropic radiated power) ของดาวเทียม

$$\text{EIRP} = \text{Pt} \cdot \text{Gt} \quad (\text{dBW})$$

Pt : กำลังส่งของดาวเทียม (dBW)

Gt : อัตราขยายของสายอากาศบนดาวเทียม (dBW)

; แบนด์วิดธ์ของทรานสปอนเดอร์มีค่า 36 MHz เมื่อคิดเป็น dB จะได้ 75.6 dB

; การสูญเสียเนื่องจากระยะทาง (free space loss) สำหรับแบนด์ C มีค่าประมาณ 196.5 dB สำหรับแบนด์ Ku มีค่าประมาณ 206.0 dB

; ค่าคงที่ของ Boltzmann $1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ เมื่อคิดเป็น dB จะได้ 228.6 dB

สรุปสำหรับแบนด์ C จะได้ CNR เป็น

$$\text{CNR} = \text{EIRP} - 196.5 + (\text{G/T}) - 75.6 + 228.6 \text{ dB}$$

(ค่า CNR ที่เหมาะสมกับระบบ TVRO ภายในบ้านต้องไม่ต่ำกว่า 8 dB)

G/T บางครั้งเรียกว่า "figure of merit" เป็นพารามิเตอร์สำคัญของระบบ TVRO ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถในการรับ อื่นๆ ตัวแปรสำคัญซึ่งจะทำให้คุณภาพสัญญาณดีหรือไม่ นั่นคือระดับสัญญาณรบกวน ในระบบสื่อสารดาวเทียมกำลังสัญญาณมีค่าต่ำมาก สัญญาณรบกวนที่มีผลต่อระบบมากที่สุดคือสัญญาณรบกวนเนื่องจากความร้อน (thermal noise) ซึ่งจะเกิดในตัวงานสายอากาศเองอาจเรียกรวมว่า สัญญาณรบกวนของงานสายอากาศ (antenna noise) ตามปกติจะคิดรวมไปถึงสัญญาณรบกวนซึ่งเกิดใน LNA ด้วยจะได้ว่า

อัตราขยายของงานสายอากาศของระบบ TVRO

$$\text{G/T} = 10 \log \left[\frac{\text{อัตราขยายของงานสายอากาศ}}{\text{สัญญาณรบกวนของงานสายอากาศ} + \text{สัญญาณรบกวนของ LNA}} \right] \text{ dB}$$

ค่า G/T เป็นพารามิเตอร์ซึ่งบริษัทผู้ผลิตจะกำหนดบอกมาให้ค่า G/T ยิ่งสูงแสดงถึงความสามารถในการรับของระบบ TVRO สูงตามไปด้วย งานสายอากาศยิ่งมีขนาดใหญ่ G/T ก็สูงตามไปด้วย

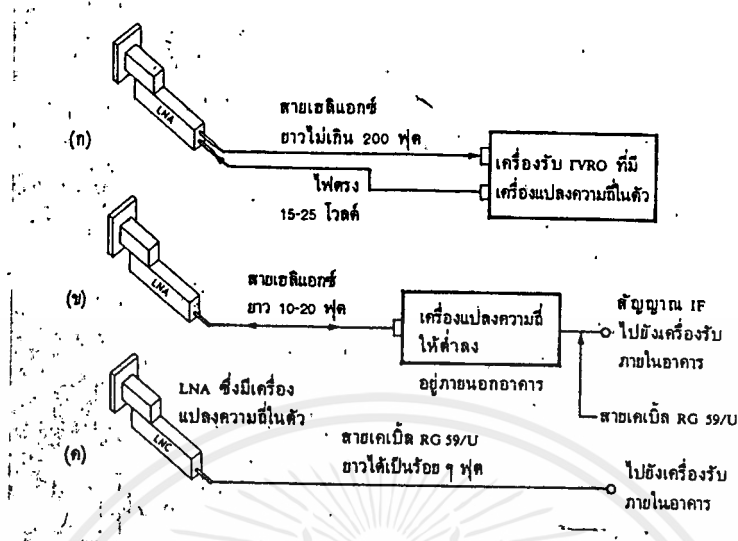
$$\text{อัตราขยายของงานสายอากาศพาราโบลิค} \quad G = 10 \log \left\{ \frac{7(\pi D)^2}{\lambda} \right\} \text{ dB}$$

เมื่อ η : ประสิทธิภาพของงานสายอากาศมีค่าอยู่ระหว่าง 0.55-0.65

D : ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางงานสายอากาศ (เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

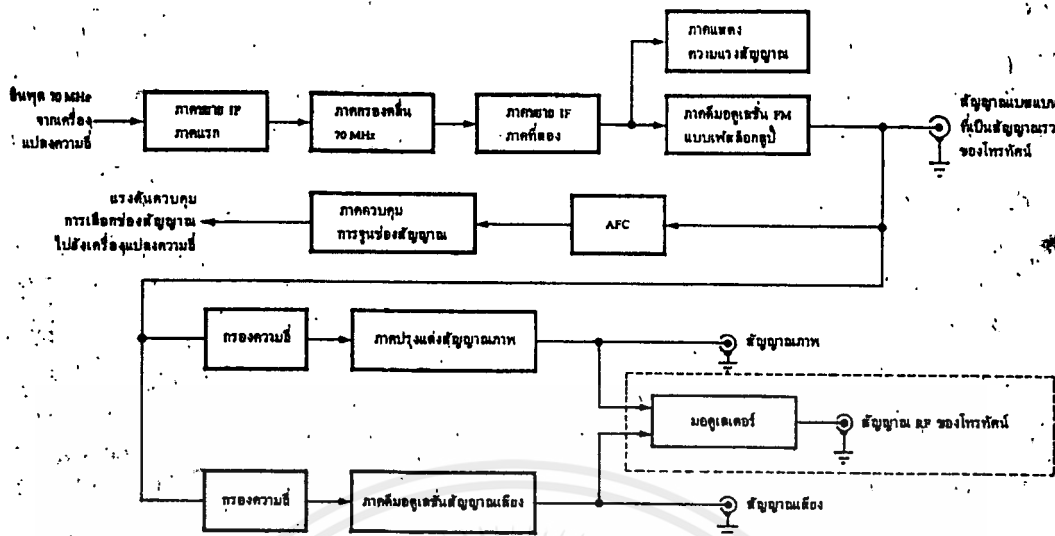
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 วิวัฒนาการของระบบ TVRO ซึ่งเปลี่ยนแปลงตำแหน่งติดตั้งตัวแปลงความถี่ให้ต่ำลงหรือ DC (downconverter) จากรูป (ก) อยู่ร่วมกับเครื่องรับ TVRO จำเป็นต้องใช้สายเฮลิแอกซ์ระยะยาวราคาแพง (ข) แยก DC มาไว้ภายนอกอาคาร (ค) รวม LNA และ DC เป็น LNC (low noise converter) ทำให้ประหยัดราคาสายเคเบิลลง เพราะสาย RG 59/U ราคาถูกกว่ามาก

จากรูปที่ 2.24 แสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการของเครื่องรับ TVRO ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งติดตั้ง DC รูป 2.24 ก คือระบบดั้งเดิมซึ่ง DC รวมอยู่กับเครื่องรับภายในอาคารต้องใช้สายเคเบิลเฮลิแอกซ์ยาวมากเพื่อต่อเชื่อมจาก LNA เข้ามาในอาคารต่อมาก็ขยับขยายเอา DC ไปไว้ใกล้กับ LNA มากขึ้น ดังรูปที่ 2.24 ข และในรูปที่ 2.24 ค เป็นระบบสุดท้ายซึ่งเอา LNA และ DC รวมกับเป็น LNC ติดตั้งที่จุดพิกัดของจานสายอากาศแล้วต่อเชื่อมด้วยสายโคแอกเซียลราคาถูกลงเข้ามายังเครื่องรับภายในอาคาร

นอกจากหน้าที่ในการดัดมอดูเลชันและการจูนแล้วเครื่องรับ TVRO ยังมีหน้าที่อื่นๆ อีก เช่น ควบคุมการหมุนเปลี่ยนทิศทางการของจานสายอากาศในการชี้ดาวเทียมการเปลี่ยนโพลาริเซชัน ฯลฯ ในที่นี้จะกล่าวถึงหน้าที่โดยตรงสองประการของมันเท่านั้น



รูปที่ 2.25 แผนผังแสดงส่วนทำงานของเครื่องรับ TVRO ส่วนที่เส้นประล้อมรอบนั้นคือ มอดูเลเตอร์ หรือภาคผสมสัญญาณโทรทัศน์ ซึ่งอาจจะรวมอยู่ในเครื่องรับ หรือแยกต่างหากก็ได้

จากรูปที่ 2.25 เป็นแผนผังการทำงานคร่าวๆ ของเครื่องรับ TVRO ซึ่งใช้ความถี่ IF เท่ากับ 70 MHz ซึ่งเป็นแบบพื้นฐานที่งานกันทั่วไปสัญญาณ IF 70 MHz จาก DC (อาจเป็นแบบ single converter คือ แปลงจาก 4 GHz ลงเป็น 70 MHz หรือแบบ dual converter คือแปลงจาก 4 GHz เป็น 1.1 GHz แล้วแปลงต่อเป็น 70 MHz อีกที) เป็นอินพุต RF ที่เครื่องรับ

หลังจากภาคขยาย IF ทำการขยายสัญญาณขึ้นก่อนแล้วก็ผ่านภาคกรองความถี่ 70 MHz แล้วขยายสัญญาณในภาคขยาย IF ชุดที่สองอีกทีหนึ่ง เอาต์พุตของภาคนี้จะนำไปยังภาคแสดงความแรงสัญญาณ และภาคคีมอดูเลชันแบบ FM ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบบเฟสล็อกดูป

เอาต์พุตของภาคคีมอดูเลชันจะเป็นสัญญาณเบสแบนด์หรือสัญญาณรวมของโทรทัศน์ ซึ่งประกอบด้วยสัญญาณภาพและคลื่นพาห์ของเสียงความถี่ 5.5-7.5 MHz สัญญาณเบสแบนด์จะป้อนกลับเข้า AFC (auto matic frequency control) เพื่อควบคุมเสถียรภาพทางความถี่ให้การรับชัดเจนที่สุด เอาต์พุตของ AFC ก็จะไปควบคุมการทำงานของภาคควบคุมการจูนช่องสัญญาณอีกทีหนึ่ง

ภาคควบคุมการจูนเลือกช่องสัญญาณ ทำหน้าที่ในการเลือกช่องสัญญาณทั้ง 24 ช่องจากทรานสพอน เดอร์ของดาวเทียมซึ่งแน่นอนจะต้องควบคุมการเปลี่ยนโวลตาไรเซชันด้วย สัญญาณเบสแบนด์จะแยกป้อน ให้ภาคปวงแต่งสัญญาณภาพ และภาคคีมอดูเลชันสัญญาณเสียงสัญญาณภาพที่ส่งมานั้นจะผ่านการปรับแต่ง เพื่อ

คุณภาพในการส่ง/รับ ดังนั้นจึงต้องมาทำการชดเชยสัญญาณเสียใหม่เพื่อให้ได้สัญญาณภาพดั้งเดิมส่วนภาค เลื่อนี่เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า คีมอดูเลชันเสียง เป็นแบบ FM เพื่อนำสัญญาณเสียงกลับมา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าตาของเครื่องรับ TVRO ตัวจริงแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.26 จะเห็นว่าหน้าตาสวยหรูใช้เป็นเฟอร์นิเจอร์ประดับบ้านได้สบายๆ ประกอบไปด้วยปุ่มควบคุมฟังก์ชันต่าง ๆ ส่วนแสดงผลการทำงานของฟังก์ชันแถมพกด้วยรีโมตคอนโทรลเพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้ TVRO ที่แสดงให้ดูนี้ค่อนข้างใหม่ ในรุ่นเก่า ๆ การแสดงผลของการจูนจะเป็นเข็มและกราฟส่วนระบบสัญญาณเสียงก็เป็นโมโนซึ่งรุ่นใหม่จะเป็นสเตอริโอทั้งสิ้น

รูปที่ 2.27 เป็นอีกแบบหนึ่งของเครื่องรับ TVRO ซึ่งมีระบบตามหาดาวเทียมอัตโนมัติใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการคำนวณมุมอะซิมุตและอีลีเวชันของดาวเทียม เพียงแต่ป้อนข้อมูลต่างๆ ให้เท่านั้น โดยบอกชื่อดาวเทียมค่าอะซิมุตและอีลีเวชัน เรียกได้อ่างเฉย ๆ ภายในบ้านแล้วก็กดรีโมตคอนโทรลเรียกเอาข่าวสาร สารคดี ฯลฯ จากทุกสารทิศเข้ามาไว้ดูภายในบ้านได้ตามสบาย

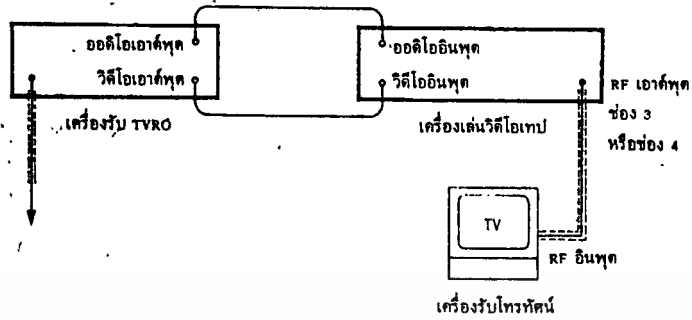
แต่อย่างไรก็ขอออกกล่าวไว้หน่อยว่าเครื่องรับ TVRO ที่นำมาให้ดูหน้าตาแบบนี้ ราคาค่อนข้างแพงมากอยู่ การจะเลือกซื้อเครื่องรับ TVRO ก็ต้องประเมินกำลังทรัพย์กันก่อน เครื่องรับแบบง่าย ๆ ที่ไม่มีเครื่องประดับมากมายแต่มีฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ครบ ก็สามารถให้คุณภาพการรับได้ดีพอๆ กับเครื่องรับ TVRO ราคาแพง ดังนั้นถ้าไม่จำเป็นหรือเงินเหลือเพื่อเราก็สามารถใช้เครื่องรับที่มีราคาไม่สูงนักก็ได้



รูปที่ 2.26 หน้าตาเครื่องรับ TVRO พร้อมรีโมตคอนโทรล



รูปที่ 2.27 อีกรูปแบบหนึ่งของเครื่องรับ TVRO ซึ่งแสดงผลด้วย LCD สามารถ
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์หรือทรัพย์สินทางปัญญาอื่นใดในกรณีที่มีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้โปรแกรมตำแหน่งของดาวเทียมให้กับเครื่องใด ๆ ที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 แสดงการนำเครื่องเล่นวีดีโอเทป มาใช้งานร่วมกับเครื่องรับ TVRO แทนมอดูเลเตอร์

2.8 เครื่องผสมสัญญาณโทรทัศน์หรือมอดูเลเตอร์

มอดูเลเตอร์คือส่วนที่ทำหน้าที่นำสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงที่ได้จากเอาต์พุตของเครื่องรับ TVRO มามอดูเลตแบบ AM กับความถี่ย่าน VHF (ช่อง 2, 3, 4) สัญญาณ RF ที่ได้จากเอาต์พุตของมอดูเลเตอร์ จะมีลักษณะเช่นเดียวกับสัญญาณ RF ของระบบสื่อสารโทรทัศน์ปกติ สามารถนำเข้าไปที่ช่องสายอากาศของเครื่องรับโทรทัศน์ได้ทันที

มอดูเลเตอร์นี้ บางทีก็อยู่รวมในเครื่องรับ TVRO เลยโดยจะมีเอาต์พุต RF เพิ่มไว้ดังรูปที่ 2.25 ที่ล้อมเส้นประไว้ การทำงานของมอดูเลเตอร์ในเครื่องเล่นวีดีโอเทป ดังนั้นถ้าเรามีวีดีโอเทปอยู่แล้วก็สามารถนำมาใช้งานร่วมกับเครื่องรับ TVRO ได้ดังในรูปที่ 2.28

ระบบ TVRO ได้วิวัฒนาการไปตลอดเวลาพร้อมกับระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมอื่นๆ ทั้งยังมีการประยุกต์ใช้ในลักษณะการอย่างอื่น เช่น การประชุมทางไกล โดยผู้ประชุมอยู่กันคนละแห่งเป็นต้น ทิศทางการวิวัฒนาการขณะนี้ เป็นไปเพื่อลดขนาดและราคาของระบบลง เพิ่มสิ่งอำนวยความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้ ปัจจุบันนอกจาก TVRO ในย่านแบนด์ C แล้วก็ยังมีระบบ TVRO ในย่านแบนด์ Ku ออกมาจำหน่ายเช่นกัน

สำหรับประเทศของเราการที่จะมีระบบ TVRO สักระบบไว้ใช้งานยังคงไม่คุ้มนัก เนื่องจากมีดาวเทียมเพียงดวงเดียวที่เราสามารถใช้งานได้ คือ ปลาปา ของอินโดนีเซียแต่ต่อไปในอนาคตถ้าประเทศ

ไทยตัดสินใจที่จะมีดาวเทียมไว้ใช้เอง หรือประเทศเพื่อนบ้านใกล้เคียงส่งดาวเทียมขึ้นใช้มากขึ้น ก็เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การนำเสนอใจอยู่ไม่น้อยที่เราจะมีระบบ TVRO ระบบเล็กๆ ไว้ใช้ส่วนตัวภายในบ้านสักชุด ไม่วารมิดๆ ที่เล่น ออกทงหันมให้คิดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 งานสายอากาศสำหรับรับสัญญาณจากดาวเทียม

สถานีภาคพื้นดินที่รับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากดาวเทียม (STVRO EARTH STATION) อุปกรณ์อย่างหนึ่งที่มีความสำคัญก็คือ งานสายอากาศ ซึ่งคุณภาพในการรับสัญญาณจะดีหรือเลวนั้น งานสายอากาศก็มีส่วนด้วย งานสายอากาศคุณลักษณะโดยทั่วไปมันจะทำหน้าที่รับและส่งคลื่นไมโครเวฟ ย่านความถี่ 6/4 GHz, 14/11 GHz, 30/20 GHz ระหว่างสถานีภาคพื้นดินกับดาวเทียมเป็นหลักงานสายอากาศที่นิยมใช้ในย่านความถี่ไมโครเวฟโดยทั่วไปจะมีรูปทรงเป็นแบบพาราโบลอยด์ (PARABOLOID) ผิวเปิดเนื่องจากความยาวคลื่นไมโครเวฟสั้นมากประมาณ 0.5-1.0 CM. จึงมีคุณสมบัติคล้ายแสง เมื่อคลื่นมาตกกระทบที่ผิวของงานสายอากาศที่ทำด้วยวัสดุที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนคลื่น ก็จะทำให้คลื่นที่มาตกกระทบผิวงานเกิดการสะท้อนไปเข้ายัง จุดโฟกัส (FOCUS) ทำให้ที่บริเวณจุดโฟกัสเป็นบริเวณที่คลื่นมีความแรงที่สุดถ้านำเอาพีดีอาร์และอุปกรณ์อื่นๆ ไปวางที่จุด โฟกัสก็จะสามารถรับสัญญาณนี้ได้ ดังนั้นงานสายอากาศแบบพาราโบลอยด์นี้จึงมีอัตราขยาย (GAIN) สูงกว่างานสายอากาศแบบอื่นดังนั้นจึงนิยมนำงานสายอากาศแบบนี้มาใช้ในระบบสื่อสารดาวเทียม ซึ่งเป็นระบบสื่อสารที่สามารถส่งไปได้ไกลที่สุดในยุคปัจจุบันนี้

เนื้อหาของบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงงานสายอากาศแบบพาราโบลอยด์โดยทั่วไป ตั้งแต่หลักการพื้นฐานของสายอากาศ ค่าพารามิเตอร์ ของงานสายอากาศ คุณสมบัติที่สำคัญของงานสายอากาศ และสาเหตุที่เลือกใช้สายอากาศแบบ PRIME FOCUS FEED ANTENNA ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญในการสร้างงานสายอากาศที่ควรทราบไว้

3.1 หลักพื้นฐานของงานสายอากาศแบบพาราโบล่า

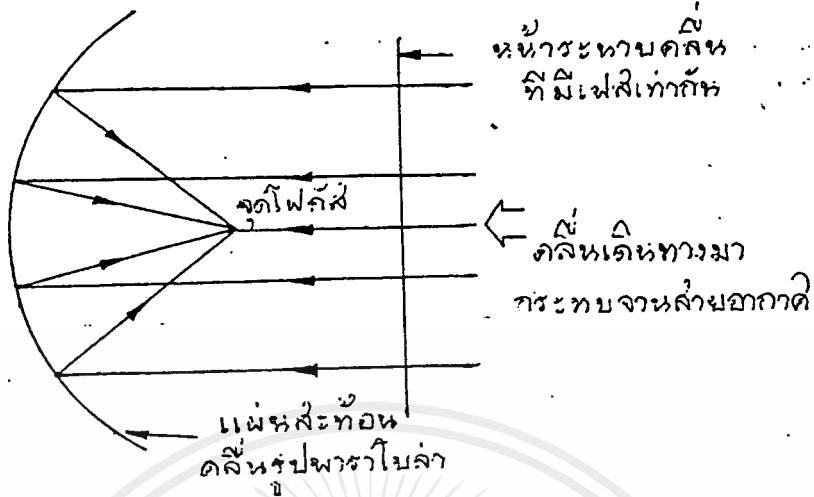
ในการวิเคราะห์งานสายอากาศ แบบพาราโบล่านี้ สิ่งที่จะต้องคำนึงถึงในการวิเคราะห์ก็คือ หลักการของแสง (OPTICAL PRINCIPLE) ทางเรขาคณิตได้แก่ การสะท้อนของแสงเป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีพื้นฐานที่ง่าย และได้ค่าใกล้เคียงที่สุดเมื่อลำคลื่นขนานที่ส่งมาจากดาวเทียมเดินทางมากระทบกับแผ่นสะท้อน (REFLECTOR) ของรูปพาราโบล่า ก็จะเกิดการสะท้อนของคลื่นเข้าจุดโฟกัสดังรูปที่ 2.1 ในทางกลับกัน คลื่นที่ออกจากจุดโฟกัส เมื่อกระทบกับแผ่นสะท้อนก็จะสะท้อนเป็นลำขนานออกจากงานสายอากาศไปสู่ดาวเทียม

คุณสมบัติทางเรขาคณิตของกราฟพาราโบล่า สามารถแสดงอยู่ในเทอมของระบบคาร์ทีเซียน (CARTESIAN COORDINATE) ดังรูปที่ 2.2 แกนทางแนวนอนคือแกน X ซึ่งลากผ่านจุดกึ่งกลางของกราฟพาราโบล่าจุดตัดระหว่างแกนทั้ง 2 คือ จุดยอด (vertex) ระยะทางจากจุดยอดมายังจุดโฟกัส F ของกราฟยาว f ดังนั้นสมการของกราฟพาราโบล่าซึ่งอยู่ในเทอมของพิกัด X, Y และระยะ f คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$Y^2 = 4fX \quad \text{----- (3.1)}$$

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของคลื่นที่ตกกระทบจานลำอากาศ

จากสมการ (3.1) ถ้ากำหนดให้ X เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง INFINITY ค่า Y จะมี 2 ค่า คือ +Y, และ -Y และจะขยายออกไปตามแกน Y จนถึง INFINITY ในทางปฏิบัติแผ่นสะท้อนคลื่นจะมีขนาดจำกัด ขนาดของจานลำอากาศดังรูป 3.2 คือระยะ D ค่า X1 คือ ความลึกของจานถ้า X1 น้อยกว่าระยะ f จุดโฟกัสจะวางอยู่ข้างนอกจานลำอากาศ แต่ถ้า X1 มากกว่าระยะ f จุดโฟกัส จะวางอยู่ข้างในของจานลำอากาศซึ่งไม่นิยมใช้ อัตราส่วนของระยะ f กับขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลาง D เรียกว่า f/D RATIO

ค่า f/D นี้เป็นตัวกำหนดความลึกของแผ่นสะท้อน (X1) ที่สัมพันธ์กับระยะโฟกัส (f) ซึ่งจานลำอากาศแบบพาราโบล่า ทั่วๆ ไปจะมีค่าความลึก (X1) < ระยะโฟกัส (f) เสมอ

กำหนดให้ $X1 = f/2$ ----- (3.2)

แทนค่าในสมการ (3.1)

$$Y^2 = 4f [f/2]$$

$$Y = \pm \sqrt{2} f$$

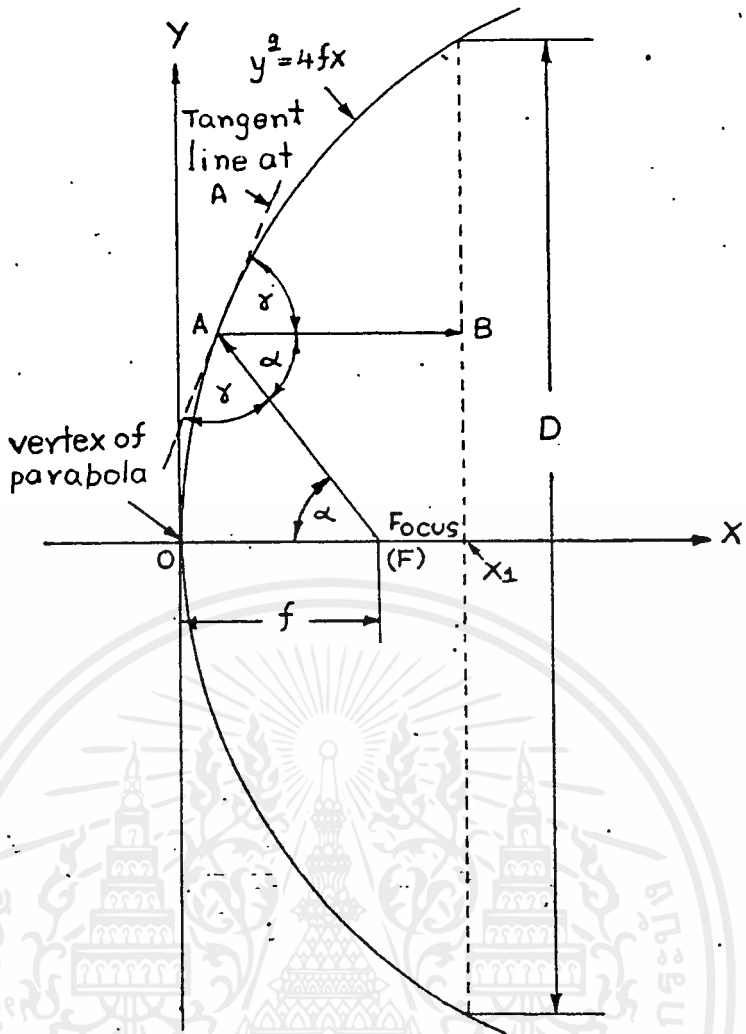
กำหนดให้ $+ Y = - Y = D/2$ ----- (3.3)

$$D/2 = \sqrt{2} f$$

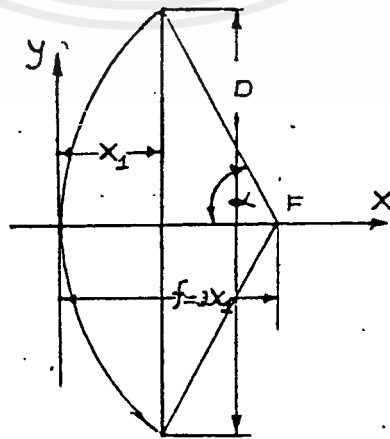
เพราะฉะนั้น

$$f/D = 1/\sqrt{2} \times 2 = 0.353$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า จานลำอากาศแบบพาราโบล่า ที่มีค่า f/D = 0.35 ดังแสดงในรูป 3.3 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติทางเรขาคณิตของกราฟพาราโบลาในระบบคาร์ทีเซียน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.3 แสดงจวนสายอากาศแบบพาราโบลาที่มีค่า $f/D = 0.35$
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามปกติงานสายอากาศรูปพาราโบลา ทั่วๆ ไปจะมีค่า f/D ระหว่าง 0.25 ถึง 0.5 เสมอจากรูปที่ 3.2 สมมุติคลื่นตกกระทบบนที่จุด A เมื่อคลื่นออกจากจุดโฟกัสไปกระทบแผ่นสะท้อนที่จุด A มุมตกกระทบบจะเท่ากับมุม α ตามทฤษฎีของแสง มุมตกกระทบบจะเท่ากับมุมสะท้อนคลื่นก็จะสะท้อนจากจุด A เป็นเส้นขนานกับแกน X ของกราฟพาราโบลาจากคุณสมบัติของกราฟพาราโบลาระยะทางจากจุดโฟกัส F ไปจุด A (FA) รวมกับระยะทางจากจุด A ไปยังจุด B (AB) จะมีค่าเท่ากับระยะทาง 2 เท่าของความยาวโฟกัส ดังสมการที่ (3.4)

$$FA + AB = 2f \quad \text{----- (3.4)}$$

$$AB = FA \cos \alpha$$

$$FA + FA \cos \alpha = 2f$$

$$FA(1 + \cos \alpha) = 2f$$

$$FA = 2f / (1 + \cos \alpha) \quad \text{----- (3.5)}$$

จากสมการ (3.5) เราสามารถหาระยะทาง FA ได้ ถ้าเราทราบระยะ f และมุม α จากรูป 3.2 ที่บริเวณเส้นประ D คลื่นจะมีเฟส (PHASE) ตรงกัน (INPHASE) บริเวณนี้เราเรียกว่า หน้าคลื่น (WAVE FRONT) ดังนั้นหน้าคลื่นก็จะขนานกันไปเป็นลั่วออกมาจากงานสายอากาศ

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะ f กับมุม α สามารถแสดงได้ดังสมการ (3.6) ดังนี้

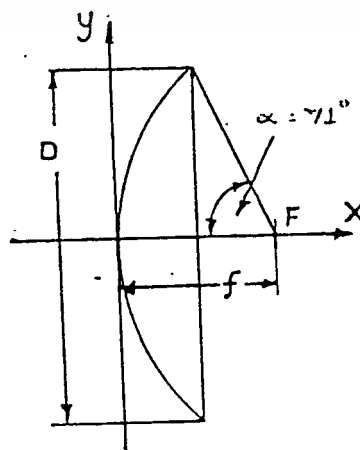
$$\alpha = \tan^{-1} \{ (f/2D) - [(f/D)^2 - (1/16)] \} \quad \text{----- (3.6)}$$

จากสมการ(3.6) ถ้าเราทราบค่า f/D RATIO เราก็สามารถหาค่ามุม α ได้เช่นเมื่อให้ $f/D = 0.35$

$$\begin{aligned} \alpha &= \tan^{-1} \{ (0.35/2) / [(0.35)^2 - (1/16)] \} \\ &= \tan^{-1} (2.916) \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น $\alpha = 71$ องศา

ดังนั้นถ้าเราให้ $f/D = 0.35$ ก็จะได้มุม $\alpha = 71$ องศา ดังรูปที่ 3.4



การวิเคราะห์นี้ได้คิดค้นโดย ดร.เจ.รูซ (DR. J. RUZE) ซึ่งเขาได้ทดลองและให้รายละเอียด ดังนี้ ค่าผิดพลาดของผิวงานที่ผิดพลาดจากทฤษฎี จะทำให้คลื่นเกิดการสะท้อนสะเปะสะปะ (Diffuse Reflection) ซึ่งจะเพิ่มระดับ side lobe และทำให้เกินจากสายอากาศลดลง เขาได้กำหนดค่าผิดพลาดนี้เป็นค่าเฉลี่ย (rms Diviation) ใช้สัญลักษณ์ σ งานสายอากาศพาราโบลาจะมีค่าความยาวคลื่นค่าหนึ่งที่จะทำให้เกินงานสูงที่สุด ค่าความยาวคลื่นนั้นคือ λ_{max} ดังนั้น จะมีค่าเท่ากับ

$$\sigma = \lambda_{max}/4 = \lambda_{max}/16 \quad \text{----- (3.9)}$$

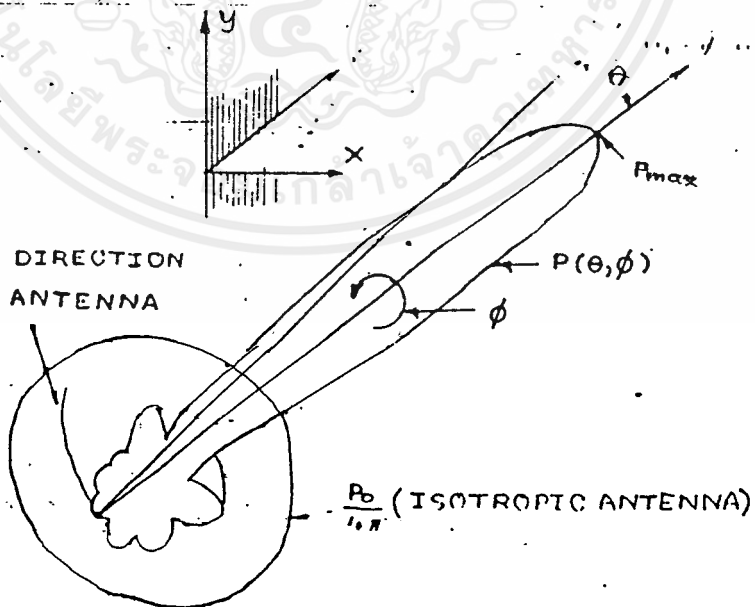
$$\lambda_{max} = 16\sigma \quad \text{----- (3.10)}$$

3.2.2 อัตราการขยายของสายอากาศ (Antenna Gain)

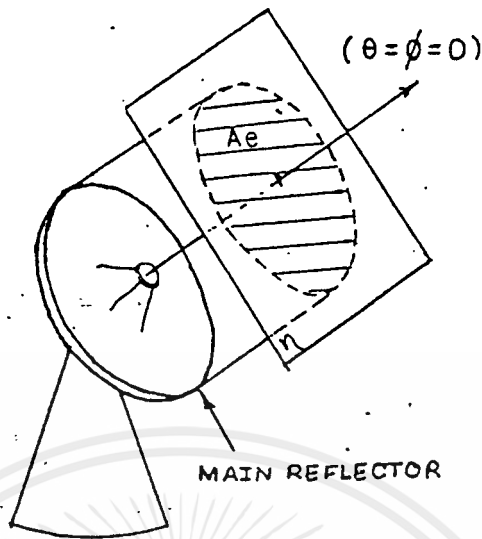
ถ้าสายอากาศด้านส่งมีแพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นรอบตัวทุกทิศทาง เรียกว่า สายอากาศรอบตัว (Isotropic Antenna) มันจะแพร่กระจายคลื่นเป็นรูปทรงกลมซึ่งมี ยูนิฟอร์มเพาเวอร์ (Uniform Power) = P_0 ในทุกทิศทางตามมุม (θ, ϕ) รอบๆ ตัวเมื่อ P_0 คือกำลังส่งที่ป้อนเข้าสายอากาศ

จากรูปที่ 3.6 เป็นสายอากาศที่มีทิศทางการแพร่กระจายคลื่นไปตามทาง P มีทิศทางเป็น (θ, ϕ) จะได้อัตราการขยาย (Gain, G) เป็น

$$G = [P(\theta, \phi)] / (P_0/4\pi) \quad \text{----- (3.11)}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.6 แสดงสายอากาศที่มีทิศทางการแพร่กระจายไปตามทาง P ทิศมุม (θ, ϕ)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงพื้นที่ประสิทธิผลของสายอากาศพาราโบลาคำรับ

$P(\theta, \phi)$ คือ กำลังที่แพร่กระจายออกจากงานสายอากาศในทิศทาง (θ, ϕ)
คือ

เพราะ อัตราการขยาย คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังที่แพร่กระจายออกจากงานสายอากาศ
ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง เทียบกับกำลังส่ง ที่แพร่กระจายออกจากงานสายอากาศ

$$P_o = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} P(\theta, \phi) \sin \theta \, d\theta \, d\phi \quad \text{----- (3.12)}$$

ในกรณีทางด้านรับดังรูป 3.7 ถ้าคลื่นตกกระทบบที่หน้า งานสายอากาศพาราโบลาคำรับซึ่งมีพื้นที่ประสิทธิ
ผลของงาน (Effective Aperture Area, A_e) ถ้างานสายอากาศไม่มีการสูญเสียพื้นที่ประสิทธิผล
จะเท่ากับ พื้นที่วงกลมของงาน ($A = \pi D^2 / 4$) แต่ในทางปฏิบัติจะต้องมีการสูญเสีย เช่น มีการบังคลื่น
ของฟีดฮอร์นหน้างาน ดังนั้น

$$A_e = \eta \cdot A$$

เมื่อ η = ประสิทธิภาพของงานปกติมีค่าน้อยกว่า 1 เสมอ

เพราะฉะนั้น

อัตราการขยาย

$$(G) = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} \quad \text{----- (3.13)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เมื่อ λ = ความยาวคลื่น
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกนของจานสายอากาศพาราโบลาตรงกลมจะมีค่า

$$G_{max} = n (\pi D/\lambda)^2 \quad \text{---- (3.14)}$$

เขียนให้อยู่ในรูปของ เดซิเบล (dB) ได้เป็น

$$G_{max} = 10 \log [n (\pi D/\lambda)^2] \quad \text{dB} \quad \text{---- (3.15)}$$

ในการออกแบบจานสายอากาศค่า η เป็นค่าที่มีความสำคัญมาก เพราะเป็นตัวทำให้เกนของจานสายอากาศเปลี่ยนแปลง การออกแบบจึงพยายามทำให้ค่า η มีค่าสูงที่สุดจานสายอากาศพาราโบลาจะมีค่า η ประมาณ 0.5 - 0.8 ในสมการ (3.16) เป็นเกนจาก สายอากาศที่มุม θ และ ϕ ใดๆ ซึ่งจะมีค่าเกนสูงสุด (G_{max}) เมื่อ $\theta = \phi = 0$

$$g(\theta, \phi) = 4\pi A_{o(\theta, \phi)} / \lambda^2 \quad \text{---- (3.16)}$$

$A_{o(\theta, \phi)}$ คือ ค่าพื้นที่ประสิทธิผลของจานที่มุม (θ, ϕ) ใด ๆ เกนจานสายอากาศรอบตัว จะได้

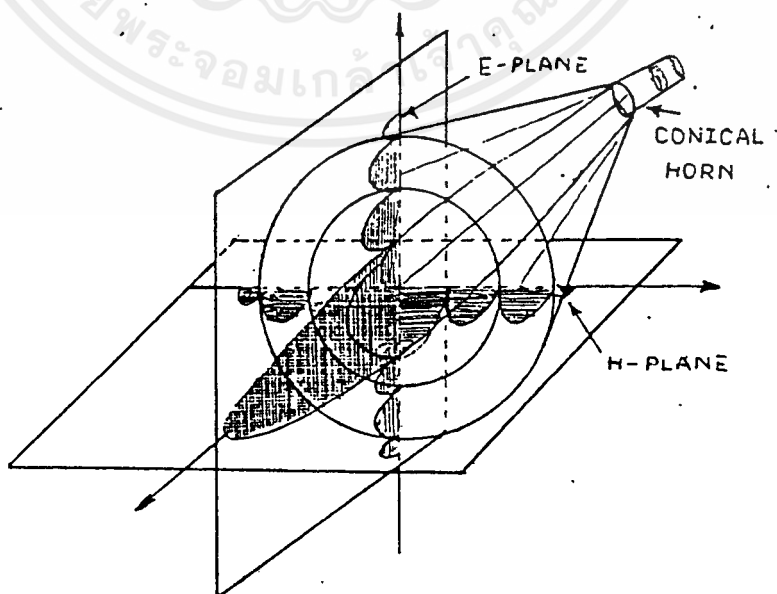
$$G_{max} = g(\theta, \phi) = 1 \quad \text{จากสมการ (3.16) หาพื้นที่ประสิทธิผลของสายอากาศรอบตัวได้จาก}$$

$$A_{\theta} = \lambda^2 / 4\pi \quad \text{---- (3.17)}$$

3.2.3 แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ และบีมวิดท์

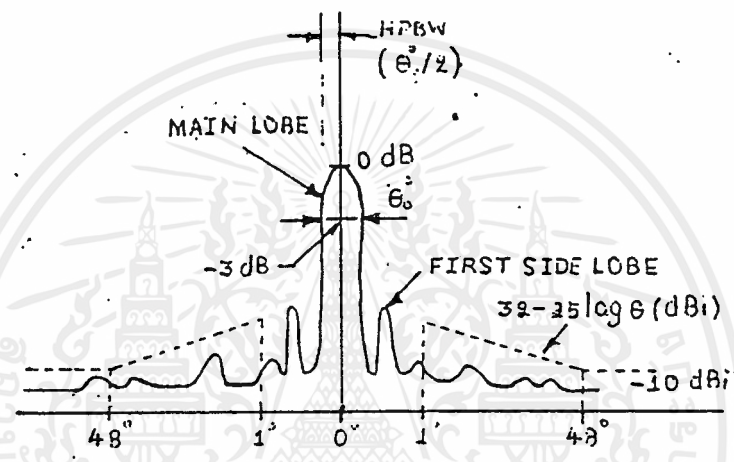
(Radiation Pattern And Beam Width)

ทิศทางการแพร่กระจายคลื่น หรือการรับคลื่นของสายอากาศเราเรียกว่า Radiation Pattern ดังแสดงในรูป 3.8 แพทเทิร์นของจานจะมีทั้ง E-plane pattern และ H-plane pattern

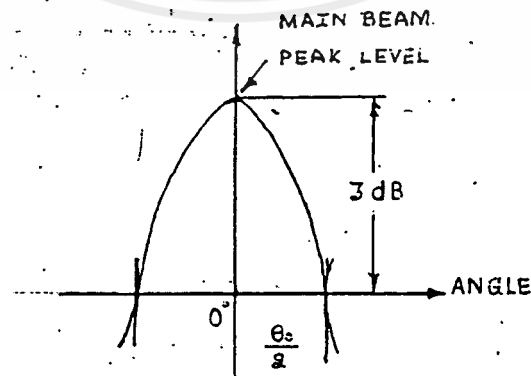


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.8 แสดงแพทเทิร์นของสนามไฟฟ้า (E) และสนามแม่เหล็ก (H)
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกกรณีการนำไปใช้

แพทเทิร์นในแกนตั้งเราเรียกว่า E-pattern ซึ่งจะสมมาตรกับแกนกลางของพีลชีร์นขณะที่แพทเทิร์นทางแกนนอน เรียก H-pattern จะตั้งฉากกับ E-pattern เสมอ บีมวิคท์สามารถหาได้จากรูปแพทเทิร์นที่พล็อตได้จากกราฟดังแสดงในรูปที่ 3.9 ความกว้างระหว่างจุด 2 จุด ซึ่งเป็นจุดต่ำกว่า Main beam ลงมาอีกข้างละ 3 dB เราเรียกว่า Beam Width Angle หรือ Half Power Beam Width



รูปที่ 3.9 แสดงบีมวิคท์ของสายอากาศ



รูปที่ 3.10 แสดงมุม HPBW และ 3 dB บีมวิคท์

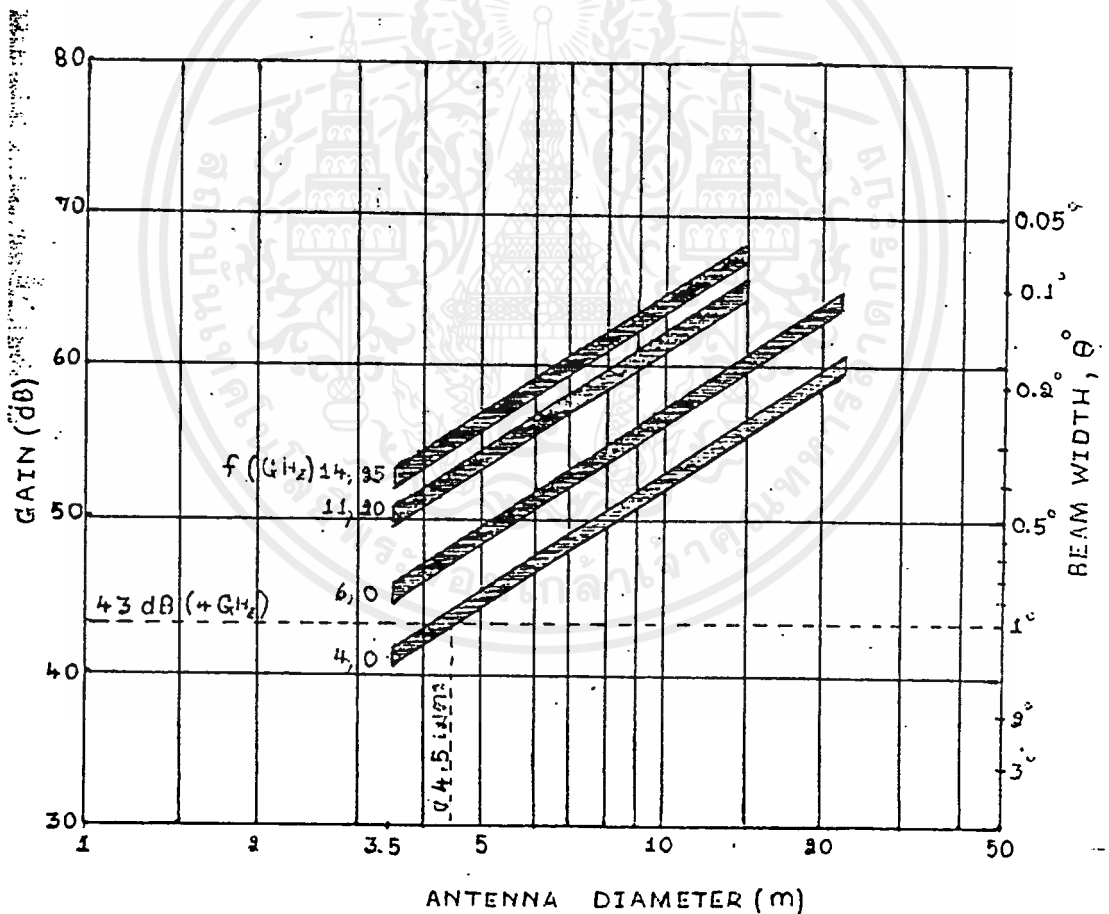
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกแบบสิ่งนี้อะไรและเผยแพร่อย่างอื่นถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครึ่งหนึ่งของมุม HPBW ($\theta/2$) คือระหว่าง Main beam กับจุด -3 dB ดังนั้นบีมวิดท์ (θ_0)
 นี้จะขึ้นอยู่กับแอมพลิจูด ของคลื่นที่กระจายอยู่บนหน้าจานสายอากาศ ค่าประมาณของ HPBW ของจานสาย
 อากาศพาราโบลาจะมีค่า

$$\theta_0 = 140 / D \quad \text{----- (3.19)}$$

เช่น จานสายอากาศ $D = 4.5$ เมตร ที่ความถี่ 4 GHz จะมีค่า

$$\text{HPBW} = 2.32 \text{ องศา}$$



รูปที่ 3.11 แสดงค่าเกนสายอากาศ , เส้นผ่าศูนย์กลางของจานสายอากาศ

และ 3 dB บีมวิดท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 Side lobe ของจานสายอากาศ

โดยทั่วไป กำลังคลื่นที่แพร่กระจายออกจากจานสายอากาศ จะเป็นไปตาม Main lobe ของแพทเทิร์น แต่มีกำลังคลื่นบางส่วนแพร่กระจายในบริเวณ Side lobe ในทางกลับกันแพทเทิร์นการแพร่กระจายทางด้านรับจะเหมือนกันกับทางด้านส่ง ถ้า Side lobe ของแพทเทิร์นทางด้านรับสูง มันก็จะไปรับเอาคลื่นที่ไม่ต้องการเข้ามาด้วย Side lobe จะเกิดขึ้นกับจานสายอากาศแบบพาราโบลาทุกชนิด และไม่สามารถกำจัดให้หมดได้ แต่สามารถลด Side lobe ลงให้ต่ำ ๆ ได้โดยการออกแบบจานสายอากาศชนิดพิเศษ เช่น จานสายอากาศแบบ Offset Paraboloid Reflector การลด Side lobe สามารถกระทำได้ดังนี้

1. ลดระดับของคลื่นที่กระจายอยู่บริเวณขอบ ๆ จานให้น้อยที่สุด
2. ลดหรือปรับปรุงความเที่ยงตรงของพื้นผิวจาน (Reflector Surface Accuracy)
3. ออกแบบสายอากาศที่ไม่ให้มีอะไรมาบังผิวหน้าจานสะท้อนคลื่น
4. ปรับปรุงระบบฟีดฮอร์น คือ ให้มีการแพร่กระจายคลื่นที่สมมาตร

ค่าคุณสมบัติทาง Side lobe ของจานสายอากาศของสถานีภาคพื้นดิน มีความสำคัญมากเพราะจะเป็นตัวรับเอา อินเตอร์เฟอเรนซ์ น้อยส์ (Interference noise) ในระบบดาวเทียมเนื่องจากระดับ Side lobe ด้านส่งไปปรากฏที่ดาวเทียมดวงอื่นที่อยู่ใกล้กันในวงโคจรดังนั้น CCIR ได้กำหนดข้อกำหนดของระดับ Side lobe สำหรับสถานีภาคพื้นดินขึ้น คือ

จานสายอากาศที่มีค่า D/λ มากกว่า 100 อัตราการขยายของ Side lobe ที่มุมต่างๆ (θ) จะต้องไม่เกิน

$$\begin{aligned} G(\theta) &= 32-25 \log \theta \quad \text{dBi} \quad \text{เมื่อ} \quad 1 < \theta < 48 \\ &= -10 \quad \text{dBi} \quad \text{เมื่อ} \quad 48 < \theta < 180 \end{aligned}$$

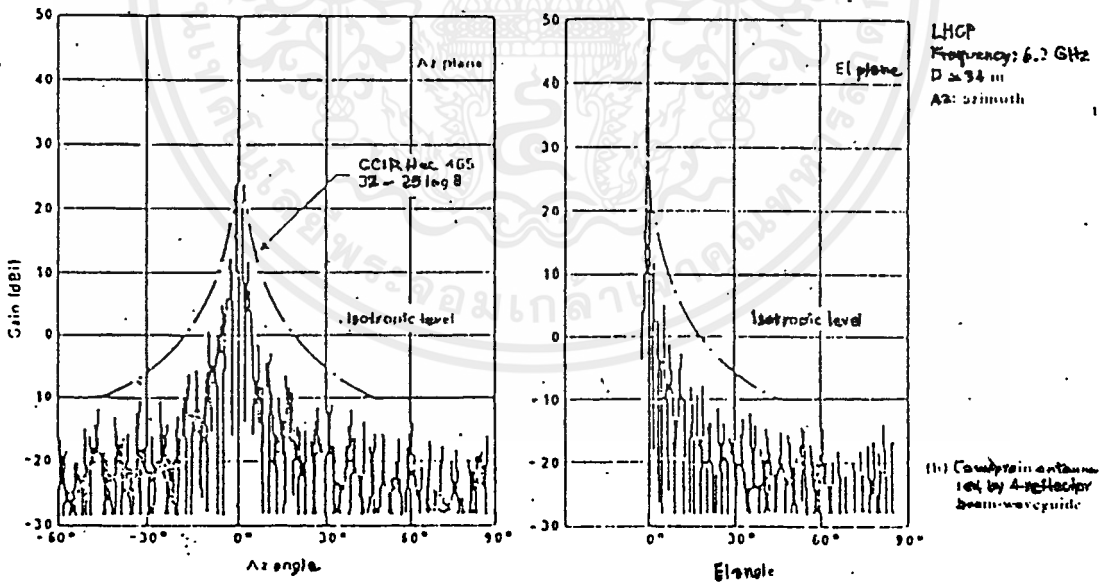
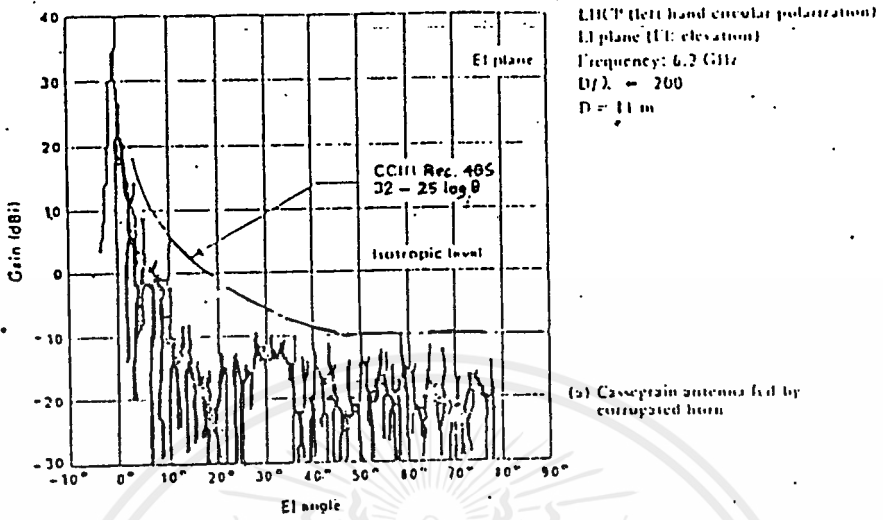
จานสายอากาศที่มีค่า D/λ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 อัตราการขยายของ Side lobe ที่มุมต่างๆ (θ) จะต้องไม่เกิน

$$\begin{aligned} G(\theta) &= 52-10 \log D-25 \log \theta \quad \text{dBi} \quad \text{เมื่อ} \quad 100 < \theta < 48 \\ &= 10-10 \log D \quad \text{dBi} \quad \text{เมื่อ} \quad 48 < \theta < 180 \end{aligned}$$

ส่วนสายอากาศที่ออกแบบสร้างหลังปี 2530 CCIR ได้กำหนด Side lobe ใหม่คือ สายอากาศจะต้องมี Side lobe สูงสุดไม่เกิน 10 % ของค่า

$$G(\theta) = 29-25 \log \theta \quad \text{dBi}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ซึ่ง เป็นจานสายอากาศที่มีค่า $D/\lambda = 150$ ดังแสดงในรูป 3.12



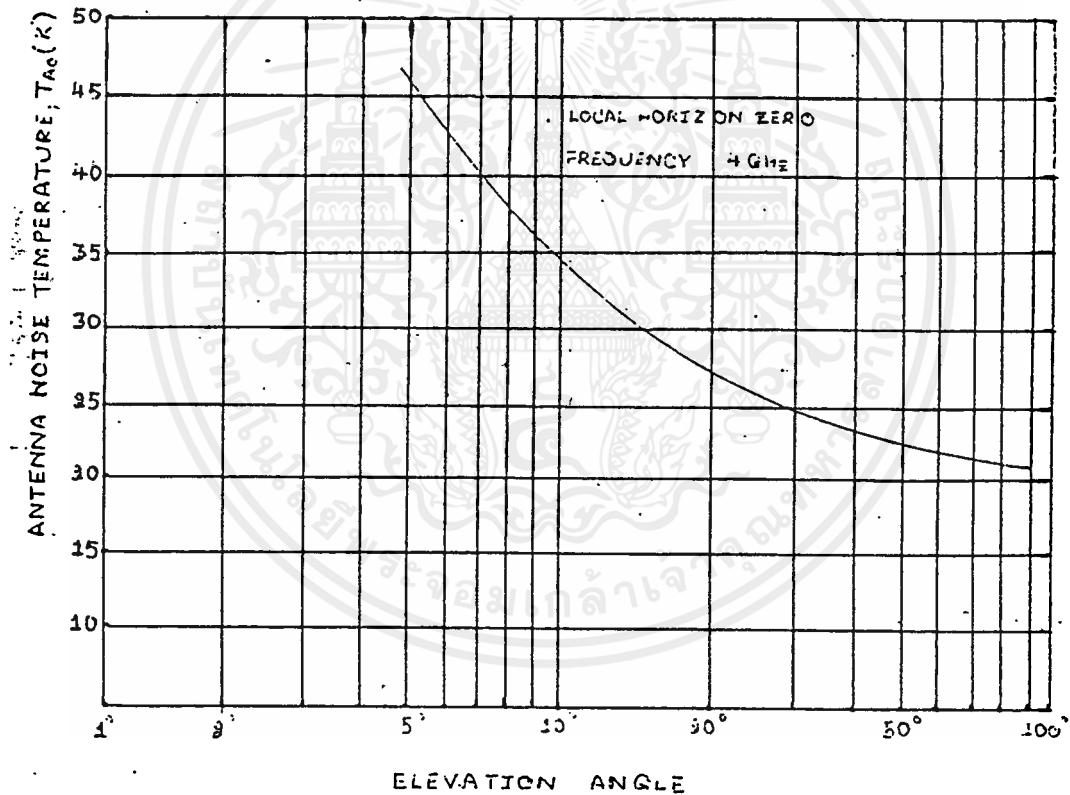
รูปที่ 3.12 แสดงแพทเทิร์นการกระจายคลื่นของจานสายอากาศชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 Antenna Noise Temperature

น้อยส์จากงานสายอากาศจะต้องให้มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพราะน้อยส์จะมีผลต่อเกนของงานสายอากาศ แหล่งที่เป็นตัวกำเนิดน้อยส์จากงานสายอากาศ ได้แก่

1. น้อยส์เกิดจากการลดทอนคลื่นของชั้นบรรยากาศ Atmosphere น้อยส์ชนิดนี้จะลดลงถ้ามุมเงย (Elevation) ของงานสายอากาศเพิ่มขึ้น
2. คอสมิก น้อยส์ (Cosmic Noise) คือ น้อยส์ที่เกิดจากดวงดาวต่าง ๆ ในอวกาศ
3. น้อยส์จากพื้นดิน เกิดจากการแพร่กระจายรังสีคลื่นวิทยุของพื้นดิน



รูปที่ 3.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้อยส์จากงานสายอากาศ
กับมุมเงยของงานสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

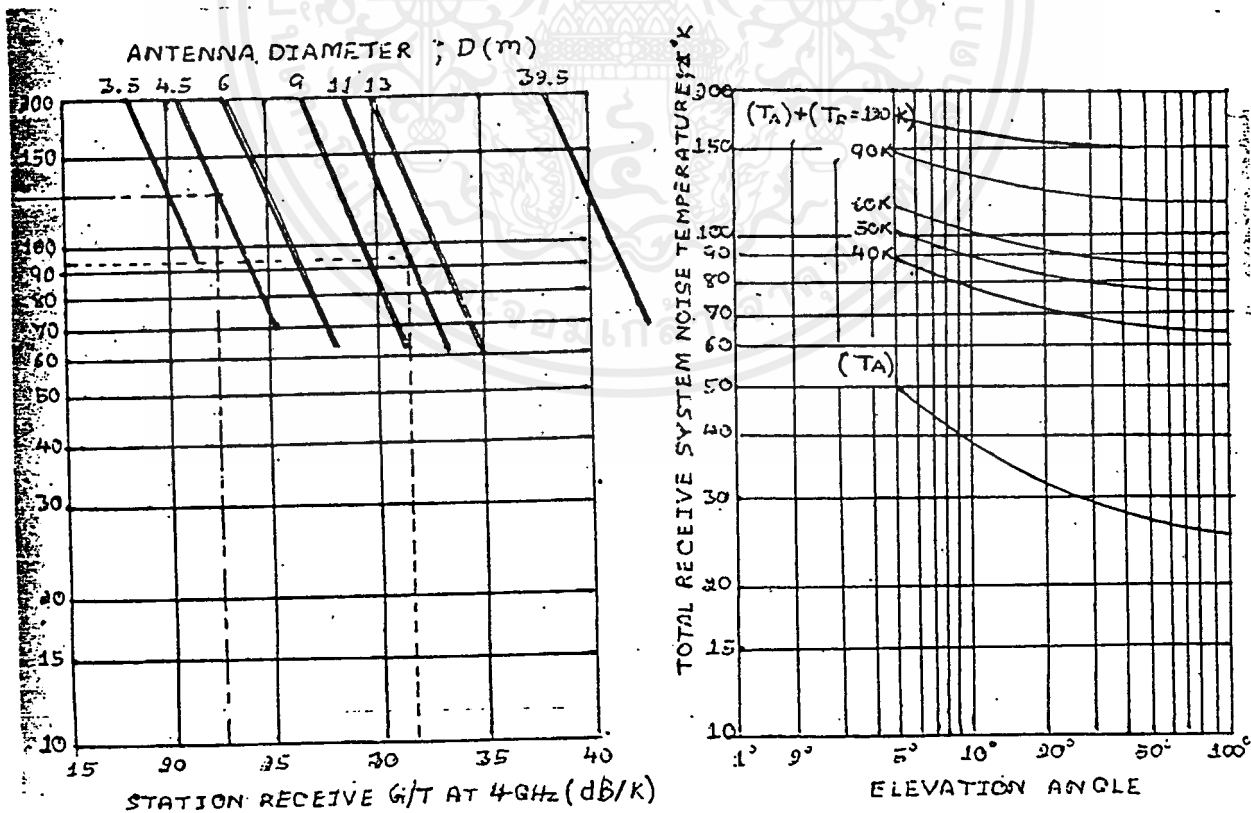
3.2.6 ค่า G/T (Figure of merit at receiver side)

ค่า G/T เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เป็นพื้นฐานสำคัญ ทางภาครับของสถานีภาคพื้นดินเพราะ เป็นค่าที่แสดงถึงคุณภาพของงานสายอากาศและ LNA ว่ามีคุณภาพในการรับดีหรือเลวอย่างไร ถ้าค่า G มีค่าสูงๆ แสดงว่าสถานีนั้นมีความสามารถในการรับดี เช่น สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินของอินเทลแซทมาตรฐาน A จะต้องมีความ $G/T > 40.7 \text{ dB/K}$ ขึ้นไป ค่า G/T จะขึ้นอยู่กับอัตราการขยายของงานสายอากาศทางด้านรับกับนอ้สส์จากงานสายอากาศและจากเครื่องรับ LNA ดังรูปที่ 3.14 และ 3.15 ตามลำดับ

รูปที่ 3.14 แสดงค่า G/T ที่ความถี่ 4 GHz ซึ่งจะขึ้นอยู่กับ System noise temperature และเส้นผ่าศูนย์กลางของงานสายอากาศ

รูปที่ 3.15 แสดงค่าผลรวมของ System noise temperature ทั้งหมด (T) จะขึ้นอยู่กับมุม Elevation ของงานสายอากาศรวมกับ Antenna noise temperature และนอ้สส์จากเครื่องรับ LNA

ตัวอย่าง เส้นประแสดงค่า $G/T = 31.7 \text{ dB/K}$ ของงานสายอากาศขนาด 11 เมตร System noise temperature = 50 K ทมุม Elevation = 8.3°



3.3 คุณสมบัติของงานสาขอากาศรับสัญญาณโดยตรงจากดาวเทียม

จากการศึกษา คุณสมบัติต่าง ๆ ของงานสาขอากาศรับสัญญาณโดยตรงจากดาวเทียมพบว่างานสาขอากาศที่สมควรมีลักษณะดังนี้

1. มีอัตราการขยายสูงในทิศทางที่รับสัญญาณที่ต้องการ
2. มีอัตราการขยายต่ำในทิศทางที่รับสัญญาณที่ไม่ต้องการ
3. มีประสิทธิภาพสูง (high efficiency)
4. มีผลกระทบกระเทือนต่อ noise temperature ของการรับสัญญาณต่ำ
5. สามารถที่จะปรับทิศทางของสาขอากาศให้รับสัญญาณได้ง่าย
6. เมื่อเลี้ยงสาขอากาศไปยังดาวเทียมแล้ว ตำแหน่งที่ตั้งของสาขอากาศจะต้องเที่ยงตรงและแน่นอน
7. มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสาขอากาศมาก ต่อกระแสลมและภูมิอากาศที่แปรปรวน
8. มีการเปลี่ยนแปลงต่อการสะท้อนคลื่นน้อย
9. สามารถให้ความแตกต่างในหัวของสัญญาณที่รับและส่งได้สูง
10. สามารถนำไปดัดแปลงใช้ใน ระบบสาขอากาศแบบ multi-beam หรือ multi-band ได้

ซึ่งสิ่งที่มีผลต่อคุณสมบัติของงานสาขอากาศมากที่สุดได้แก่ รูปร่างและโครงสร้างของงานสาขอากาศนั่นเอง ซึ่งพอจะแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ ได้ดังนี้

3.3.1 ตัวสะท้อนคลื่นและโครงสร้างทางด้านล่างของงานสาขอากาศ

ในการออกแบบจะต้องคำนึงถึงรูปร่าง และการปรับทิศทางของงานสาขอากาศซึ่งพอจะแบ่งได้ 3 วิธีคือ

- แบบ azimuth - elevation
- แบบ x-y
- แบบ polar mount

ซึ่งทั้ง 3 ชนิด จะต้องให้ค่าความเที่ยงตรงสูงแม้ว่าจะมีลมแรงกรรโชกหรืออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปมาก ๆ

ก็ตาม

3.3.2 ค่าความแน่นอนบนพื้นผิวของตัวสะท้อนคลื่น

พื้นผิวของตัวสะท้อนคลื่นนี้ จะต้องให้มีความแน่นอนมาก แม้จะมีสิ่งมากระทบก็ยังคงที่จะรักษาสภาพ เช่นนั้นไว้ได้ เพราะถ้าเรารักษาสภาพเช่นนี้ไม่ได้แล้ว จะทำให้เกิดสาเหตุดังนี้

- เกิดการสูญเสียอัตราการขยายของสัญญาณ
- เกิด side-lobe สูงขึ้นกว่าเดิม
- การสูญเสียของอัตราการขยายของสายอากาศ

$$X = 0.00761 e^2 f^2 \quad \text{dB}$$

X : การสูญเสียของอัตราการขยายของสายอากาศ dB

e : surface rms error mm.

f : ความถี่ GHz

ถ้าใช้ความถี่ในย่าน 11 GHz หากผิวของจานไม่เรียบแม้แต่เพียง 1 mm. เท่านั้น จะมีผลทำให้ อัตราการขยายลดลงไปประมาณ 1 dB

- การเกิด side - lobe ในย่านความถี่ที่ใช้งานในการทดลองนี้ใช้ย่าน 4/6 GHz ค่าความผิดพลาดบนผิวของจานสายอากาศเพียง 1 mm. (rms) จะทำให้เกิด side - lobe ห่างจากแกนกลางขึ้นมา 2 แต่ถ้าวัดความผิดพลาด 0.5 mm. ของการปรับผิวของจานสายอากาศแต่ละแผ่น จะทำให้เกิด side lobe อยู่ในระหว่าง 2 กับ 10 (ห่างจากแกนกลาง) ดังนั้นจะเห็นว่า ถ้าปรับแผงสายอากาศแต่ละแผ่น ให้ผิวหน้าราบเรียบตามส่วนโค้งของจานจะทำให้ได้ประโยชน์
- ลดระดับของ side lobe ได้ทั้งหมด
- แหล่งกำเนิดสัญญาณต่าง ๆ ที่สามารถเข้ามารบกวนจะลดน้อยลง

3.3.3 การปรับทิศทางของจานสายอากาศและการเล็งหาค่าแห่งของดาวเทียม

ในทุก ๆ ระบบถ้าการปรับทิศทางของจานสายอากาศ และการเล็งหาค่าแห่งของดาวเทียมกระทำไม่ถูกต้องและแน่นอนจะทำให้เกิดการสูญเสียของสัญญาณอย่างมาก เช่น ถ้าใช้จานขนาด 30 เมตรจะต้องมีความแน่นอนมากอย่างน้อยก็ 0.01 องศา ซึ่งในจานขนาดใหญ่ ๆ นี้ เรายานิยมใช้การปรับทิศทางและการเล็งหาค่าแห่งของดาวเทียมแบบอัตโนมัติเพียงแต่ใช้ปรับด้วยมือก็พอเพียง ทั้งนี้เพราะว่ามีวิศกรของจานสายอากาศกว้างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับจานสายอากาศ ขนาดใหญ่กว่า เช่น จานสายอากาศขนาด 4.5 เมตร จะมีบีมวิศกรประมาณ 2-3 องศา เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สาเหตุของการศึกษาคุณสมบัติของสายอากาศแบบ Prime focus feed antenna

3.4.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของสายอากาศแต่ละชนิด

ในการหาความสัมพันธ์ของสายอากาศนั้นจะคำนึงถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของสายอากาศที่นำมาใช้งาน เช่น side lobe characteristics, radiation pattern เป็นต้น ชนิดต่าง ๆ ของสายอากาศนั้นพอแยกได้ดังนี้

1. Cassegrain antenna
2. Prime focus feed antenna
3. Off-set reflector antenna
4. Horn reflector with conical horn feed
5. Casshorns (Cassegrain feed)

การเปรียบเทียบจะแสดงได้โดยการวัด pattern ของสายอากาศแต่ละชนิดซึ่งสามารถคำนวณได้จากการใช้สมการ

$$G(\beta)/G = 1/[1 + (\beta/\beta_0)^n] \quad : \quad 2 < \beta/\beta_0 < 100$$

G = เป็น main beam gain ของสายอากาศ

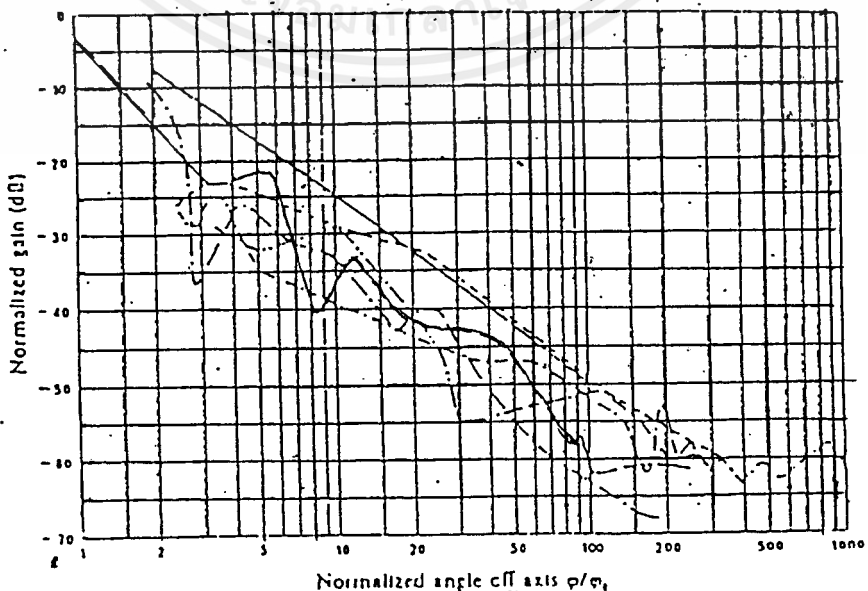
β = เป็นมุมของ main beam axis

$$G(\beta) = 32 - 25 \log(\beta)$$

$$n = 2.5$$

$$\beta/\beta_0 = \text{half beam width}$$

ซึ่งแสดงให้เห็นดังรูป 3.17



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.17. Measured patterns of various types of antennas
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$G(\beta) = [1 + (\beta/\beta_0) 2.5]^{-1}$$

Cassegrain antenna D = 600

Prime focus feed antenna D = 600

Off-set reflector antenna D = 100

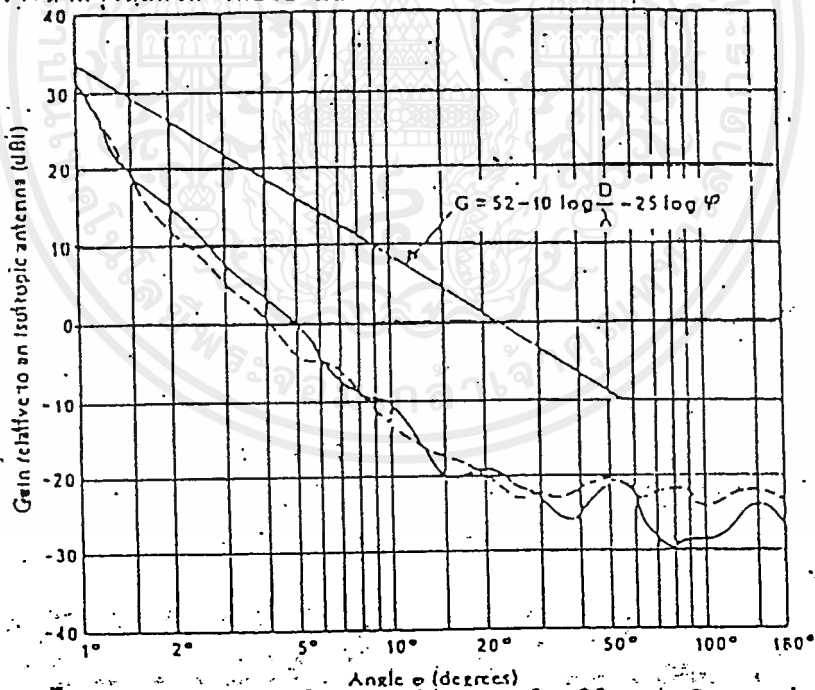
Horn reflector with Cassegrain feed D = 128

Horn reflector with control feed D = 250

3.4.2 คุณสมบัติของ side lobe ของสายอากาศแบบ Off-set

ปกติเราต้องการให้ side lobe ของสายอากาศทุกชนิดมีค่าต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งมีการดัดแปลงคุณสมบัติต่าง ๆ ของสายอากาศ เช่น ท่อนำคลื่นใช้แบบ dielectric loaded horn หรือใช้ corrugated horn เป็น primary radiator ก็ได้ซึ่งจะไม่ทำให้มีส่วนที่จะไปบึงการกระจายคลื่นอื่น เป็นเหตุให้เกิด side lobe

แต่ในบางครั้ง edge-diffraction และ scatter ที่เกิดขึ้นมาจาก side lobe ของสายอากาศนั่นเอง ซึ่งจะสามารถลดได้ โดยใช้ microwave absorber ดังแสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 Peak envelope pattern of off-set Gregorian antenna without microwave absorber

ดังนั้นจะเห็นว่า คุณสมบัติของสายอากาศแบบ Prime Feed จะมีอัตราการขยายสูงกว่าแบบอื่น ๆ เนื่องจาก Efficiency (η) หรือประสิทธิภาพของจานสูง แต่มี Beam width ค่อนข้างกว้าง ระดับ side lobe ต่ำการออกแบบง่ายไม่ซับซ้อน ซึ่งเหมาะสำหรับใช้เป็นจานรับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ดาวเทียม ซึ่งไม่ต้องพิถีพิถันมากนัก
ไม่ทราบแต่ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การหามุมเงยและมุมอาซิมุทของจานรับ

4.1 การคำนวณหามุมเงยและมุมอาซิมุท

ความสำคัญประการหนึ่งในการรับสัญญาณจากดาวเทียมให้ได้ผลดีคือ จำเป็นต้องตั้งตัวจานสายอากาศรับให้ทิศทางของสายอากาศชี้ไปยังดาวเทียมได้ถูกต้องแม่นยำ เนื่องจากสายอากาศพาราโบลา มีลำคลื่น main beam ที่แคบมากยิ่งจานขนาดใหญ่ลำคลื่นยิ่งแคบลงไปอีก ถ้าทิศทางที่ชี้ไปยังดาวเทียมดวงที่ต้องการรับผิดพลาดไปเพียงหนึ่งหรือสององศา สัญญาณที่รับได้จะมีระดับต่ำลงไปมาก ดังนั้นในการรับสัญญาณจากดาวเทียมระบบ TVRO จึงจำเป็นต้องรู้มุมอาซิมุทและมุมเงย ที่แน่นอนโดยเราสามารถหาได้ 2 วิธี คือ

4.1.1 การใช้สูตรคำนวณ

4.1.2 การใช้แผ่น NOMOGRAM

4.1.1 การใช้สูตรคำนวณ

จากรูปที่ 4.1 เส้นเอ็ควาเตอร์และตัวดาวเทียมอยู่บนระนาบ X-Y จานสายอากาศรับสัญญาณจากดาวเทียมอยู่บนแนวระนาบ X-Z ค่า K เป็นค่าเส้นรุ้งของตำแหน่งที่ตั้งจานสายอากาศ ให้ K เป็นอัตราส่วนระหว่างรัศมีของโลกกับรัศมีวงโคจรของดาวเทียมซึ่งจะได้ค่า

$$K = 6370 \times 10^3 / (6370 + 35860) \times 10^3 \\ = 0.15084$$

สมมุติให้ระยะทางจากใจกลางโลกไปยังดาวเทียมมีค่าเท่ากับ 1 รัศมีของโลกจะสามารถเขียนได้ในรูปเท่ากับ K และให้เป็นความแตกต่างของเส้นวงระหว่างจุดที่ตั้งจานสายอากาศและดาวเทียม

เราสามารถแสดงโคออร์ดิเนตของจุดที่ตั้งจานสายอากาศและดาวเทียมได้ดังนี้

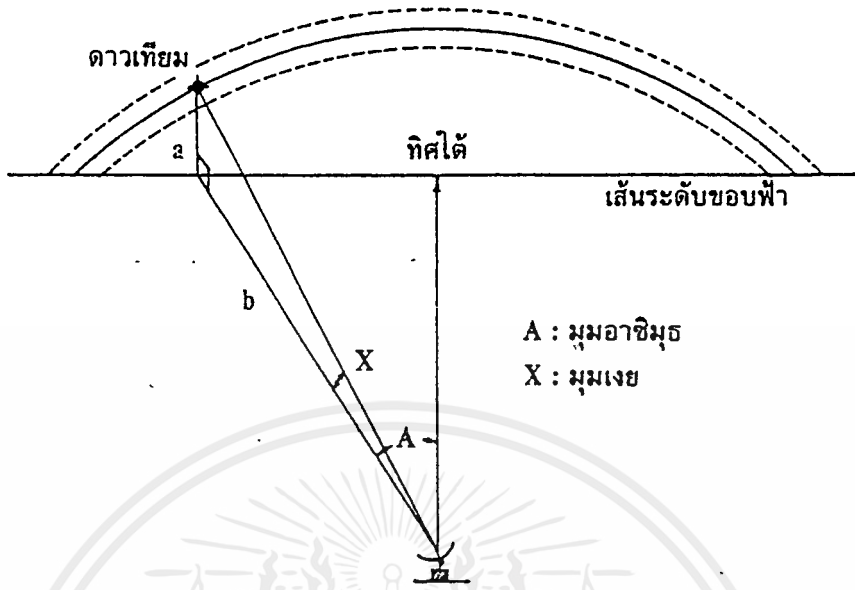
โคออร์ดิเนตของจุดที่ตั้งจานสายอากาศ : $(K \cos \phi, \theta, K \sin \phi)$

โคออร์ดิเนตของดาวเทียม : $(\cos \gamma, \sin \gamma, \theta)$

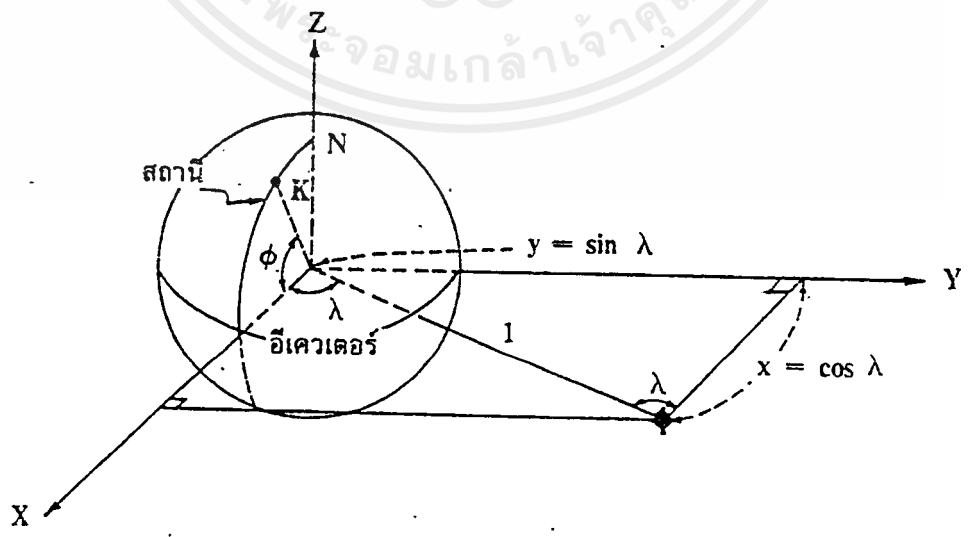
ต่อไปถ้าเราหมุนโลกไปเป็นมุม ϕ ทางระนาบ X-Y ดังนั้นจากรูปที่ 2 เขียนได้เป็นรูปที่ 3 ซึ่งตำแหน่งที่ตั้งของจานสายอากาศจะมีโคออร์ดิเนตบนแกน X ทางเดียว

โคออร์ดิเนตใหม่ของจุดที่ตั้งจานสายอากาศ : (K, θ, ϕ)

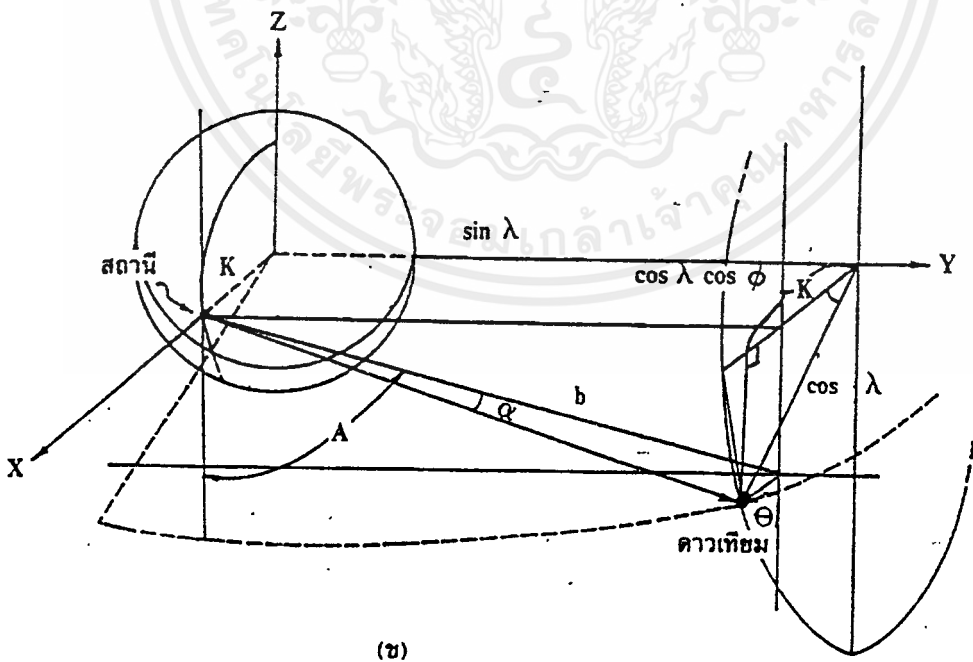
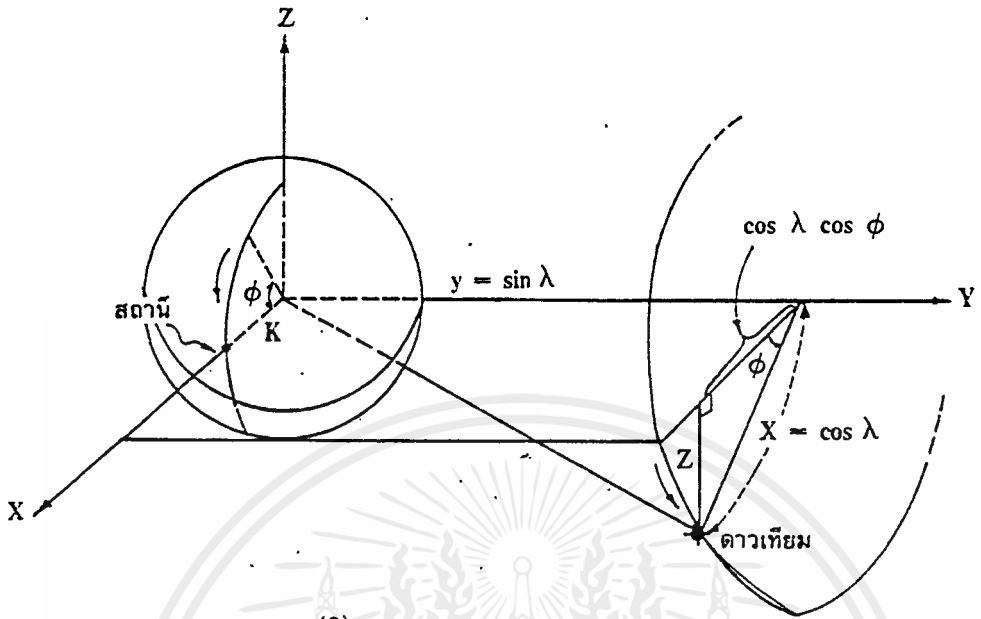
โคออร์ดิเนตใหม่ของดาวเทียม : $(\cos \gamma \cos \phi, \sin \gamma, -\cos \gamma \sin \phi)$



รูปที่ 4.1 มุมเงยและมุมอาซิมุส



รูปที่ 4.2 โคออร์ดิเนตของสถานีรับสัญญาณดาวเทียม



(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามรูปที่ 4.3 โคออร์ดิเนตใหม่ของสถานีรับสัญญาณดาวเทียมที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 4.3 ระบายที่สัมผัสผิวโลกตรงจุดที่ตั้งจานสายอากาศจะขนานกับระนาบ Y-Z ดังนั้นมุมเงย และมุมอาซิมุทจากสายอากาศหาได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{มุมเงย} : \tan \alpha &= a/b = (\cos \gamma \cos \phi - 0.1508) / (\sqrt{(\sin^2 \gamma + \cos^2 \gamma \sin^2 \phi)}) \\ &= (\cos \gamma \cos \phi - 0.1508) / (\sqrt{(1 - \cos^2 \gamma \cos^2 \phi)}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{มุมอาซิมุท} : \tan A &= Y \text{ โคออร์ดิเนทของดาวเทียม} / -(Z \text{ โคออร์ดิเนทของดาวเทียม}) \\ &= \sin \gamma / \cos \gamma \sin \phi \\ &= \tan \gamma / \sin \phi \end{aligned}$$

จากสูตรในการคำนวณเราจะมาคำนวณหา มุมเงย และ มุมอาซิมุท โดยเราทราบตำแหน่งเส้นรุ้ง และเส้นแวงของจานรับดาวเทียมของเราอยู่ที่ตำแหน่ง เส้นรุ้ง $13^{\circ} 45' 37''$ เหนือ และเส้นแวง $100^{\circ} 45' 19''$ ตะวันออก และที่ตั้งของดาวเทียม PALAPA B2 อยู่ที่ 113.00 องศา จะได้

$$\begin{aligned} \text{เส้นรุ้ง} \quad 13^{\circ} 45' 37'' &= 13.76 \text{ องศา} \\ \text{เส้นแวง} \quad 100^{\circ} 45' 19'' &= 100.80 \text{ องศา} \\ \text{หา } \gamma &= 113.00 - 100.80 \text{ องศา} \\ &= 12.20 \text{ องศา} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ} \quad ; \quad \alpha &= \text{มุมเงย} \\ \phi &= \text{เส้นรุ้ง} \\ \gamma &= \text{ความแตกต่างของเส้นแวงระหว่างจุดที่ตั้งกับจานสายอากาศ} \end{aligned}$$

คำนวณหามุมเงย

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= (\cos \gamma \cos \phi - 0.1508) / (\sqrt{(1 - \cos^2 \gamma \cos^2 \phi)}) \\ &= (\cos 12.2^{\circ} \cos 13.76^{\circ} - 0.1508) / (\sqrt{(1 - \cos^2 12.2 \cos^2 13.76)}) \\ &= ((0.977 \times 0.971) - 0.1508) / (\sqrt{(1 - 0.955 \times 0.943)}) \\ &= 0.7977 / 0.3153 \end{aligned}$$

$$= 2.53$$

$$\alpha = \tan^{-1} 2.53$$

$$= 68.43^{\circ}$$

คำนวณหามุมอาซิมุท

$$\begin{aligned} \tan A &= \tan \gamma / \sin \phi \\ &= \tan 12.20 / \sin 13.76 \\ &= 0.2162 / 0.2379 \end{aligned}$$

$$= 0.909$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A = \tan^{-1} 0.909$$

$$= 42.27^\circ$$

ถ้าสัญญาณจากดาวเทียม PALAPA B2 ต้องใช้มุมเงย = 63.43°

$$\text{มุมอาซิมุท} = 42.27^\circ \text{ เทียบกับทิศใต้}$$

ต่อมาเราคำนวณหามุมเงยและมุมอาซิมุทของดาวเทียมอีกดวงคือ ASIASAT - 1 โดยมีตำแหน่งอยู่ที่ 105.5° E โดยเราทราบตำแหน่งเส้นรุ้ง $13^\circ 45' 37''$ เหนือ และเส้นแวง $100^\circ 45' 19''$ ตะวันออก ทำการคำนวณเช่นเดียวกับดาวเทียม PALAPA B2

คำนวณมุมเงย

$$= 105.5^\circ - 100.8^\circ$$

$$= 4.7^\circ \text{ องศา}$$

$$\tan \alpha = (\cos \gamma \cos \phi - 0.1508) / (\sqrt{(1 - \cos^2 \gamma \cos^2 \phi)})$$

$$= (\cos 4.7^\circ \cos 13.76^\circ - 0.1508) / \sqrt{(1 - \cos^2 4.7^\circ \cos^2 13.76^\circ)}$$

$$= 0.996 \times 0.991 - 0.1508 / \sqrt{(1 - 0.993 \times 0.9431)}$$

$$= 0.8163 / 0.252$$

$$= 3.239$$

$$= \tan 3.239$$

$$= 72.8^\circ$$

คำนวณหามุมอาซิมุท

$$\tan A = \tan \gamma / \sin \phi$$

$$= \tan 4.7 / \sin 13.76$$

$$= 0.996 / 0.2379$$

$$A = \tan 0.909$$

$$= 42.7^\circ$$

ดังนั้นถ้ารับสัญญาณจากดาวเทียม ASIASAT จะใช้มุมเงย = 72.8°

$$\text{มุมอาซิมุท} = 42.7^\circ \text{ เทียบกับทิศใต้}$$

ส่วนการรับสัญญาณจากดาวเทียม BS ได้ค่า = 9.1

$$\text{จะใช้มุมเงย} = 70.7^\circ$$

$$\text{มุมอาซิมุท} = 34.1^\circ$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การใช้แผ่น Nomogram คำนวณหามุมอาซิมุทและมุมเงย

Nomogram เป็นแผ่นตารางที่สร้างมาเพื่อคำนวณหามุมอาซิมุทและมุมเงย จากรูปเส้นทางแนวนอนคือเส้นละติจูดของจุดที่ตั้งสถานีนบนภาคพื้นดิน ส่วนเส้นทางแนวตั้งคือเส้นผลต่างระหว่างเส้นลองติจูดของดาวเทียบกับจุดที่ตั้งสถานีนบนภาคพื้นดิน มีหลักการคำนวณใช้ต่อไปนี้

1. ต้องทราบเส้นละติจูดและเส้นลองติจูด (เส้นรุ้งและเส้นแวง) ของที่จุดตั้งสถานีนรับสัญญาณบนภาคพื้นดิน
2. ต้องทราบเส้นลองติจูด (เส้นแวง) ของดาวเทียมที่ต้องการจะรับสัญญาณ
3. คำนวณหาค่าผลต่างของเส้นลองติจูดระหว่างดาวเทียมกับจุดที่ตั้งสถานีนรับสัญญาณ (ค่าที่ได้เป็นค่าบวก) และทำการลากเส้นที่ได้ลงบนแผ่น Nomogram
4. ทำการลากเส้นละติจูดของจุดที่ตั้งสถานีนบนโลกลงบนแผ่น Nomogram เส้นที่ลากนี้จะขนานกับเส้นผลต่างของเส้นลองติจูดระหว่างดาวเทียมกับจุดที่ตั้งสถานีน
5. อ่านจุดตัดของเส้นที่ลากทั้งสองมาตัดกันเราก็จะได้มุมอาซิมุทกับมุมเงยจากแผ่น Nomogram

ตัวอย่างที่ 1. ต้องการรับสัญญาณดาวเทียมที่จุด 23° W และสถานีนที่ตั้งที่ละติจูด 51.30° N ลองติจูดที่ 0.10° W

$$\begin{aligned} \text{คำนวณหาผลต่างของเส้นลองติจูด} &= 23^{\circ} - 0.10^{\circ} \\ &= 22.90^{\circ} \end{aligned}$$

เมื่อนำค่าที่ได้แล้วไปลากเส้นลงบนแผ่น Nomogram เราได้

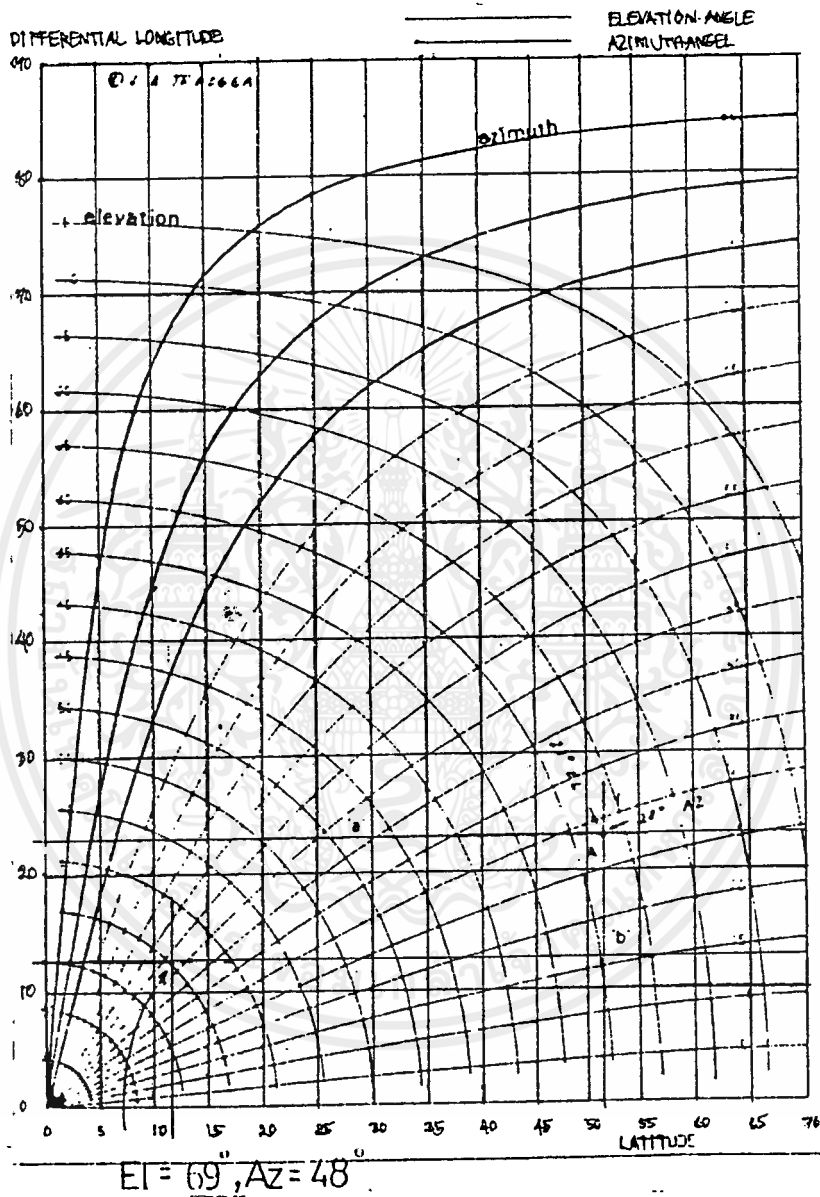
$$\begin{aligned} \text{มุมอาซิมุท} &= 28^{\circ} \\ \text{มุมเงย} &= 27^{\circ} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2. ต้องการรับสัญญาณดาวเทียม PALAPA B2 ที่จุด 113° E และสถานีนที่ตั้งของสถาบัน-เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ละติจูด 13.76° E ลองติจูดที่ 100.80° N

$$\begin{aligned} \text{คำนวณหาผลต่างของเส้นลองติจูด} &= 113^{\circ} - 100.80^{\circ} \\ &= 12.20^{\circ} \end{aligned}$$

เมื่อนำค่าที่ได้แล้วไปลากเส้นลงบนแผ่น Nomogram เราได้

$$\begin{aligned} \text{มุมอาซิมุท} &= 48^{\circ} \\ \text{มุมเงย} &= 69^{\circ} \end{aligned}$$



รูป 4.4 แสดงแผ่น Nomogram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ตัวอย่างตำแหน่งที่ตั้งจวนรับสัญญาณดาวเทียม

เครือข่ายสถานี โทรทัศน์เสীগองทัพบกช่อง 7	Longitude	Latitude	ลำดับการ เปิดสถานี ฯ	ออกอากาศ ช่อง
1. เชียงใหม่	98° 57' 0"	18° 48' 0"	27 ธ.ค. 22	7
2. อุบลราชธานี	104° 55' 48"	15° 22' 48"	5 เม.ย. 23	7
3. ขอนแก่น	102° 54' 00"	16° 49' 48"	1 ต.ค. 23	5
4. ภูเก็ต	98° 24' 00"	7° 54' 00"	9 ต.ค. 23	7
5. นครราชสีมา	101° 33' 00"	14° 46' 48"	1 พ.ย. 23	12
6. หาดใหญ่	100° 37' 48"	7° 10' 12"	7 มี.ค. 24	6
7. สุราษฎร์ธานี	99° 21' 20"	9° 05' 45"	7 มี.ค. 24	11
8. สุโขทัย	99° 43' 12"	16° 46' 48"	22 มี.ค. 24	5
9. ระนอง	98° 37' 48"	10° 00' 00"	1 พ.ย. 24	7
10. ระยอง	103° 06' 40"	14° 56' 40"	1 พ.ย. 24	8
11. เชียงราย	99° 54' 20"	20° 05' 50"	24 ธ.ค. 26	6
12. นครสวรรค์	100° 07' 35"	15° 42' 40"	24 ธ.ค. 26	12
13. นครศรีธรรมราช	99° 48' 35"	8° 14' 10"	1 ก.ค. 27	8
14. สกลนคร	104° 07' 12"	17° 09' 00"	2 ธ.ค. 27	12
15. เลย	101° 31' 59"	17° 17' 10"	30 พ.ค. 28	8
16. ประจวบคีรีขันธ์	99° 35' 25"	11° 25' 10"	15 ส.ค. 28	8
17. ลำปาง	99° 42' 50"	18° 25' 50"	29 พ.ค. 29	12
18. ยะลา	101° 23' 25"	6° 20' 19"	29 พ.ย. 29	7
19. บุรีรัมย์	103° 06' 40"	14° 56' 40"	6 มี.ค. 31	3
20. แม่ฮ่องสอน	97° 57' 50"	19° 17' 45"	11 เม.ย. 34	8
21. แม่สะเรียง	97° 56' 45"	18° 9' 45"	9 พ.ค. 34	8
22. ปาย	98° 27' 00"	19° 21' 45"	20 ก.ค. 34	8
23. ตะกั่วป่า (พังงา)	98° 20' 10"	8° 50' 50"	1 ก.พ. 35	4
24. ตรัง	120° 19'	12° 12'	1 ก.พ. 35	5

บทที่ 5 การทดลองรับสัญญาณจากดาวเทียมปาลาปา

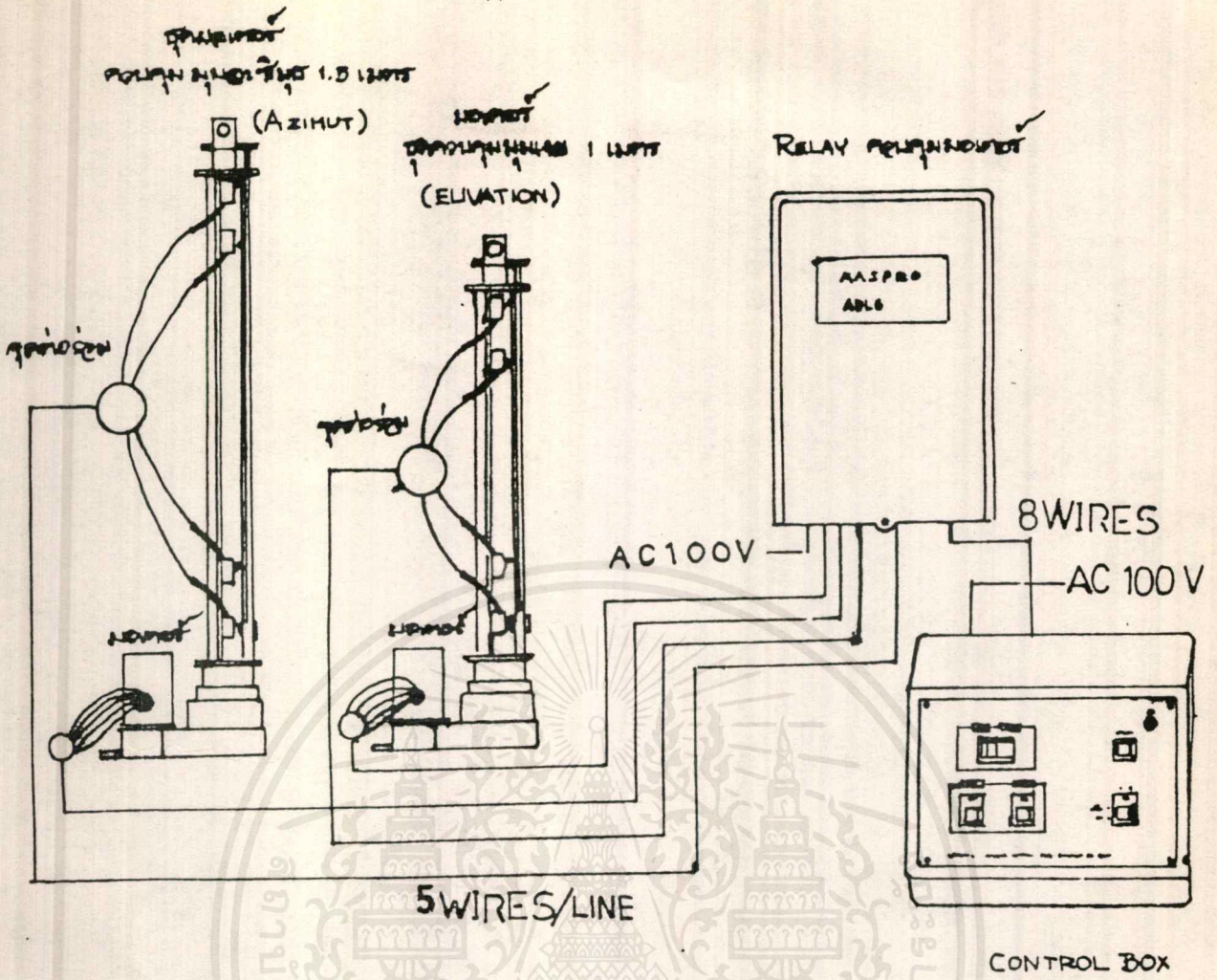
งานสายอากาศ และการปรับทิศทางของสายอากาศเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ในการรับสัญญาณจากดาวเทียมดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดต่างๆเกี่ยวกับการทดลอง

5.1 งานขนาด 6 เมตรรับสัญญาณจากดาวเทียม PALAPA-B2

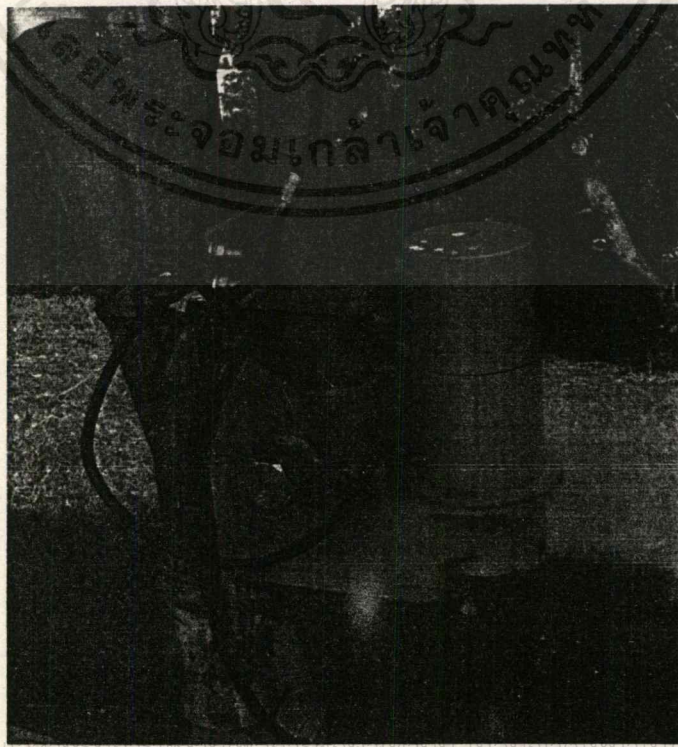
เส้นผ่าศูนย์กลางของจานมีขนาด 6 เมตรทำจากวัสดุผิวเรียบตลอดงาน การคอนโทรลทำได้โดยต่อชุดคอนโทรลตามรูปที่ 5.2 โดยชุดคอนโทรลจะมีมอเตอร์อยู่ 2 ตัว ตัวหนึ่งปรับมุมเงยส่วนอีกตัวปรับมุมอาซิมุท



รูปที่ 5.1 จานที่ทำการทดลอง

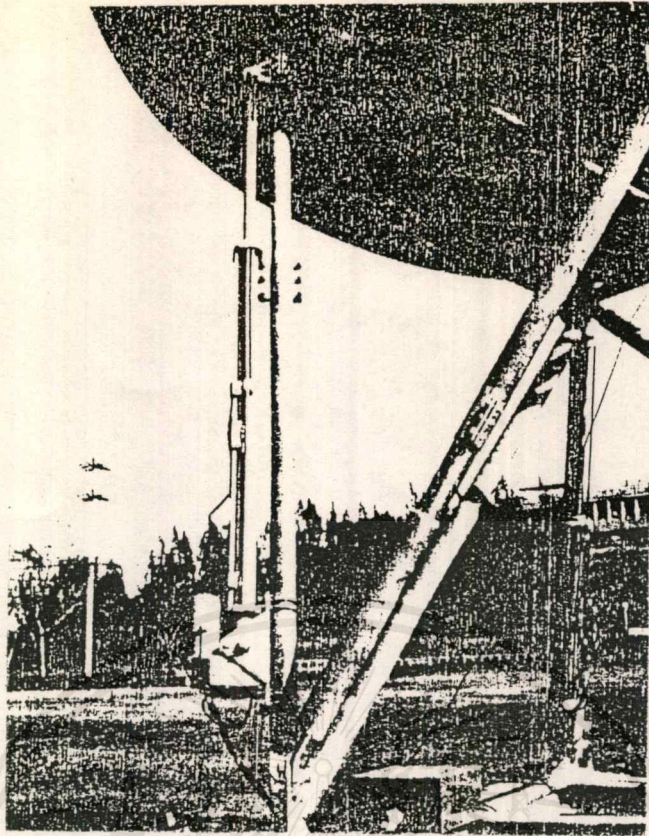


รูปที่ 5.2 แสดงการต่อชุดคอนโทรลมอเตอร์



รูปที่ 5.3 ELEVATION MOTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจะถือว่าผิดกฎหมาย
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



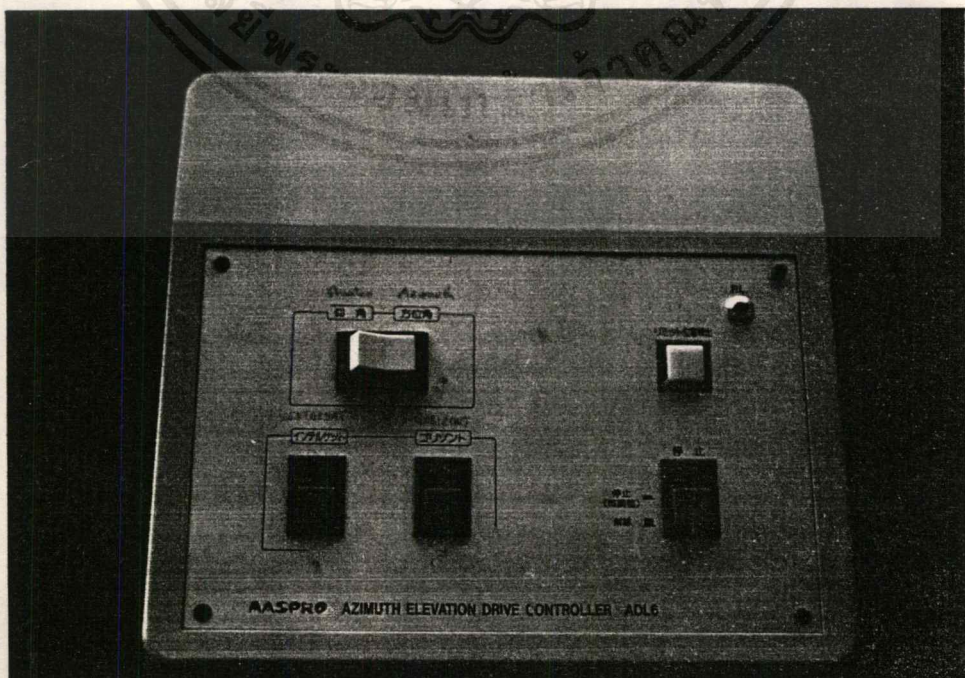
รูปที่ 5.4 AZIMUTH MOTOR

5.2 ลำดับขั้นตอนการ Control Motor

5.2.1 ตามรูปด้านล่างเลือกกด SW 1 เลือกปรับมุม Azimuth หรือ Elevation

5.2.2 SW2, SW3 เป็นการปรับขึ้นหรือปรับลง

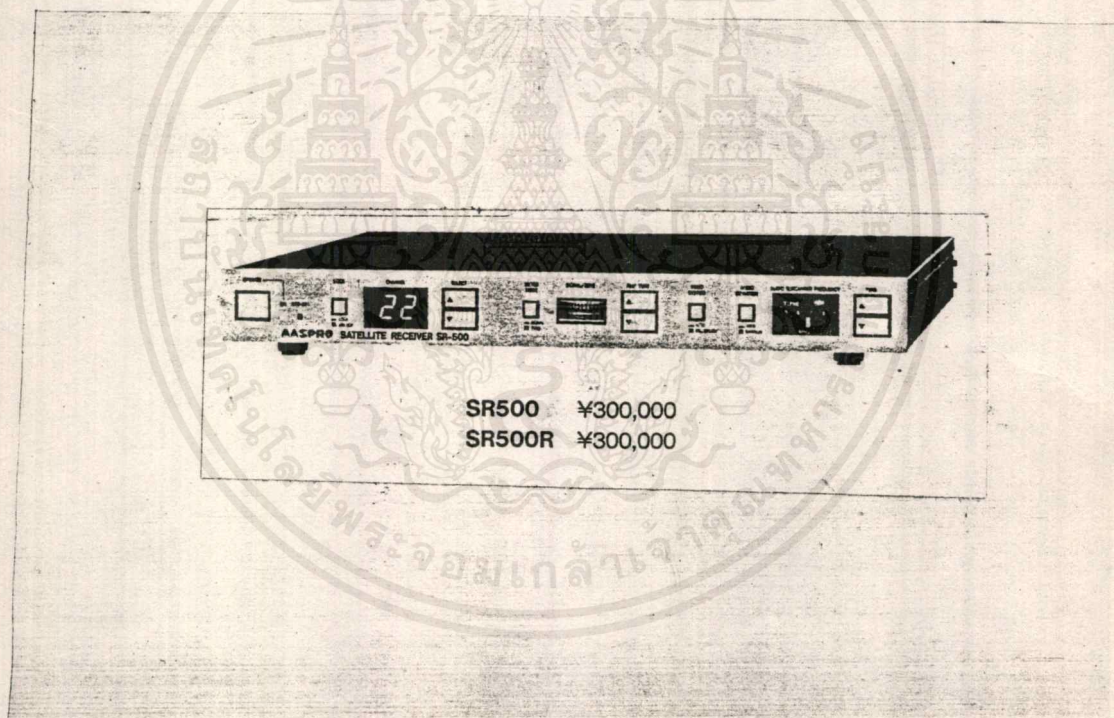
5.2.3 SW4, เป็น switch สำหรับหยุดปรับ Motor



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูป 5.5 แสดงหน้าปัทมตัว Control
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การใช้เครื่อง Maspro Satellite Receiver

- 5.3.1 กด SW stand by ที่หลังเครื่อง และ SW operate
- 5.3.2 ปุ่ม SW select ใช้สำหรับเลือกช่องสัญญาณจาก 1-24 ช่อง
- 5.3.3 การดูขนาดความแรงของสัญญาณดูจาก Meter signal/tune โดยมีปุ่มมิเตอร์โหมคไว้สำหรับเลือก signal หรือ tune
- 5.3.4 ปุ่ม Fine tune ปรับขึ้นลงเพื่อให้สัญญาณมีขนาดสูงสุดโดยดูสัญญาณจาก Specturm หรือสัญญาณจากเครื่องรับทีวี
- 5.3.5 ปุ่ม Video system เป็นตัวเลือกระบบทีวีที่ใช้รับสัญญาณภาพ
- 5.3.6 เมื่อรับสัญญาณภาพได้แล้วต้องทำการจูนสัญญาณเสียงใหม่โดยกดปุ่ม tune ขึ้นลงจนได้สัญญาณเสียงที่ชัดเจนที่สุด



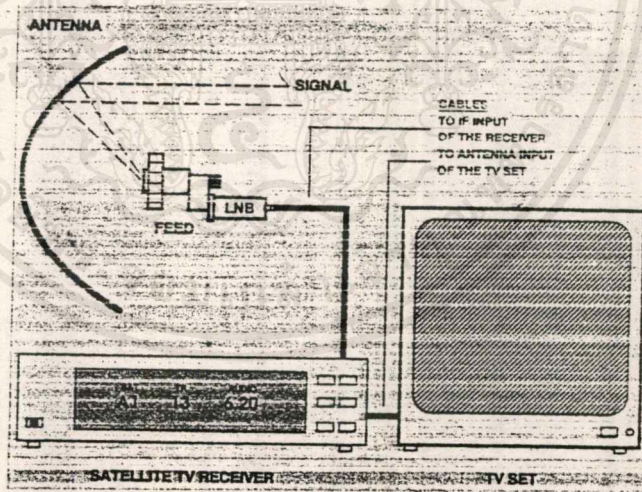
รูปที่ 5.6 เครื่องรับ Maspro Satellite Receiver

เมื่อเราทราบรายละเอียดเครื่องรับแล้วขั้นตอนต่อไปที่สำคัญก็คือการติดตั้งระบบและการปรับทิศทางจานไปตำแหน่งของดาวเทียม โดยใช้ข้อมูลจากบทที่ 4 จากการคำนวณมุมเงยและมุมอาซิมุทที่ผ่านมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ลักษณะการต่อวงจรในการทดลอง

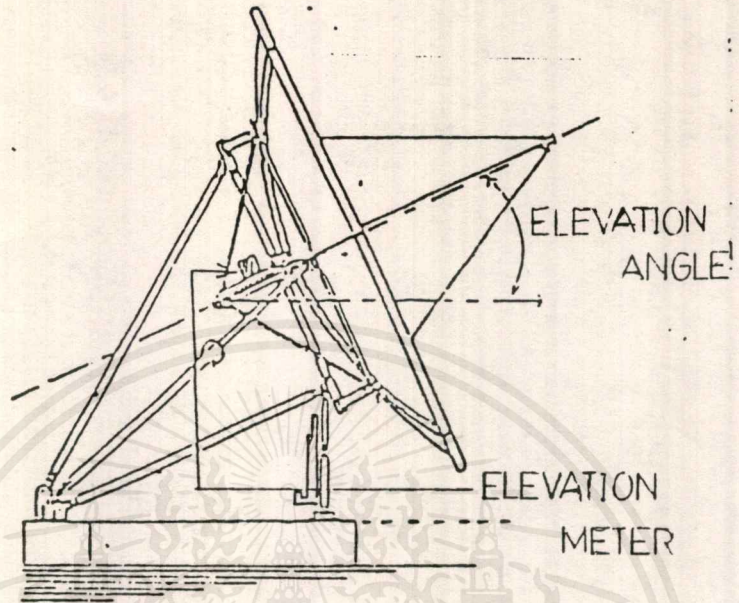
- งานสายอากาศรูปพาราโบลาร์ย่าน C BAND และ KU BAND
- ระบบส่วนหน้าทำหน้าที่บังคับทิศทางจากพีดี ที่จุดโฟกัสเพื่อนำส่งสัญญาณไปยังโคแอกเซียลประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้
 - * Feed Horn ของดาวเทียมพาลาปาและ BS สามารถปรับโพลาไรซ์ได้ทั้งแนวนอนและแนวตั้ง, LNB
- บูสเตอร์ขยายสัญญาณก่อนเข้าเครื่องรับ
 - * CS BOSSTER 950-1450 MHz GAIN 20 dB
 - * BS BOSSTER 1035-1335 MHz GAIN 20 dB
- SATELLITE TV RECEIVER ของดาวเทียม PARAPA และ BS
- เครื่องรับโทรทัศน์ระบบ PAL 14' (ตั้งไว้ที่ video)



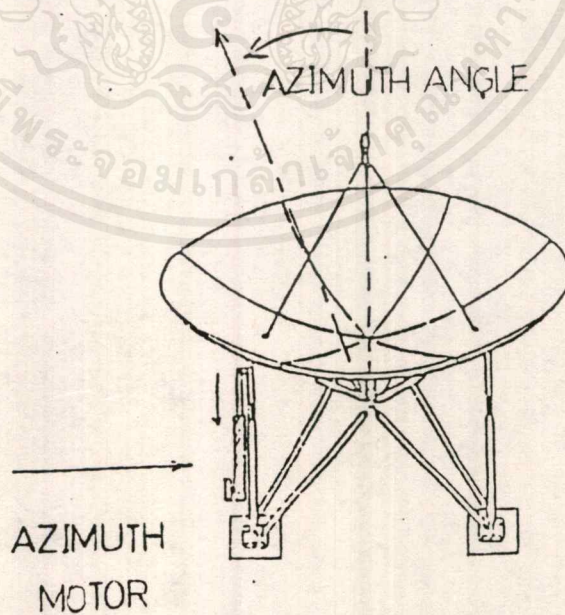
รูปที่ 5.7 แสดงแผนภาพระบบเครื่องรับดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 ขั้นตอนการปรับทิศทางงาน Maspro Satellite

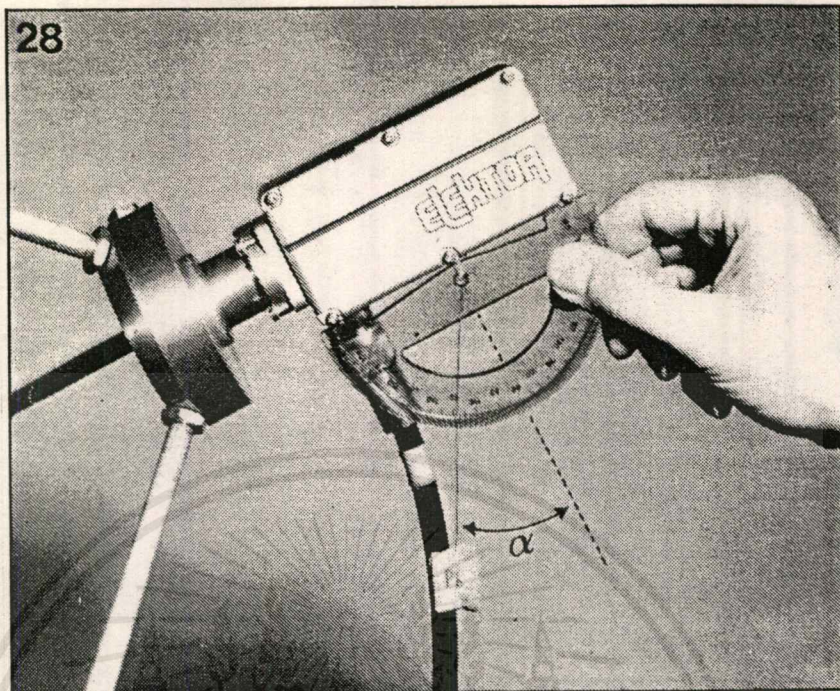


รูปที่ 5.8 การปรับมุม Elevation



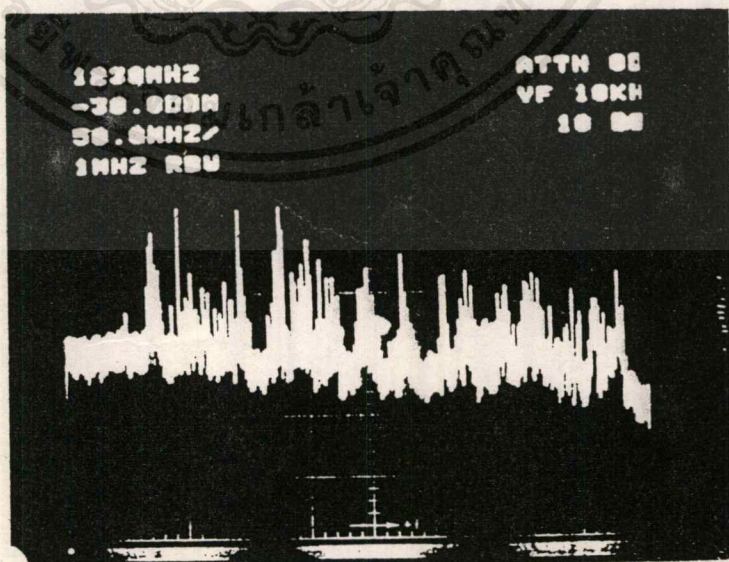
รูปที่ 5.9 การปรับมุมอาซิมุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.11 การใช้ plastic protractor หามุมเงย

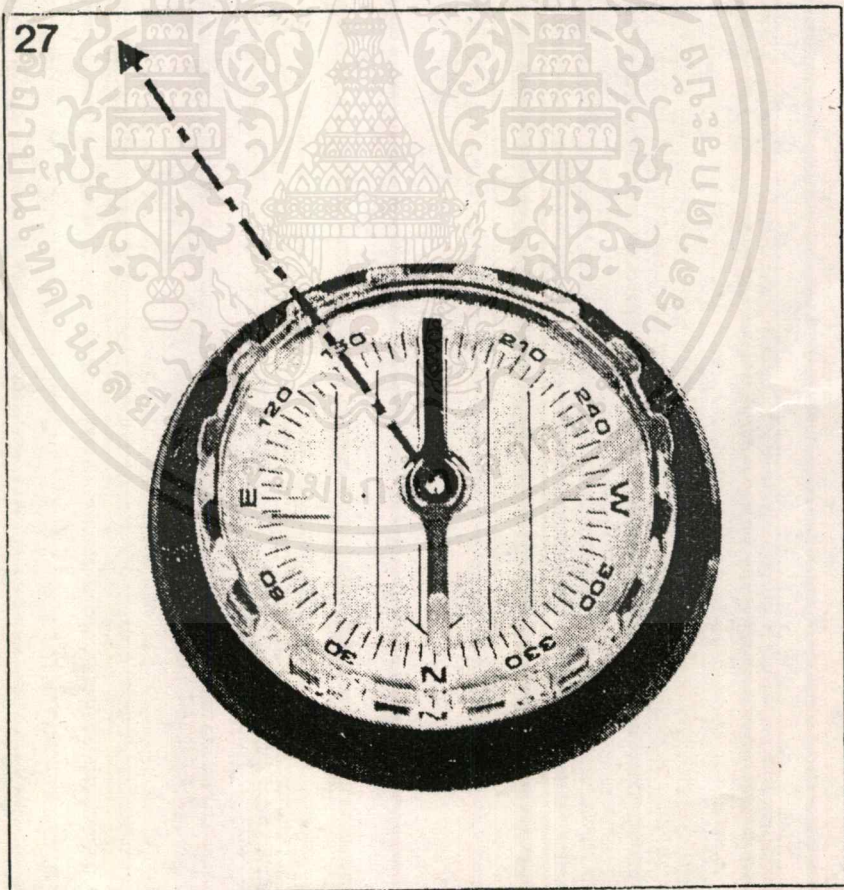
5.6 ระดับความแรงของสัญญาณที่รับได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 5.12 แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้จากบริเวณใต้จวนรับ
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากงาน Maspro มีขนาดใหญ่คือมีเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 6 เมตรจึงทำให้มันมีเมเนบีมที่แคบดิ่งนั้นหากทิศทางการหันงานไปผิดพลาดไปเพียง 1-2 องศาจะทำให้สัญญาณมีความแรงลดลงไปอย่างมากหรือไม่สามารถรับสัญญาณได้เลย เราจึงกำหนดขั้นตอนในการปรับไว้ดังนี้

- 5.5.1 หมุนฐานของงานไปยังตำแหน่งของดาวเทียม PARAPA B2 คือ 113 องศาตะวันออกโดยใช้เข็มทิศหาตำแหน่งโดยประมาณ
- 5.5.2 ปรับชุดคอนโทรลมุมอาซิมุทจนกระทั่งเข้าใกล้ 42.27 องศา เทียบกับทิศใต้
- 5.5.3 ปรับชุดคอนโทรลมุมเงยโดยใช้ pastic protractor ทาบไปที่ตัวงานหรือที่บริเวณของ Feed Horn แล้วนำเชือกผูกเป็นตุ้มถ่วงไว้จะทำให้แนวเชือกอยู่ที่ตำแหน่ง 90 องศาหลังจากนั้นปรับชุดคอนโทรลมอเตอร์จนกระทั่งอ่านค่ามุมได้เท่ากับ 63.43 องศา
- 5.5.4 สังเกตความแรงที่ IF METER และเครื่องรับโทรทัศน์หากยังไม่ชัดเจนก็มุมอาซิมุทขึ้นลงอีกเล็กน้อยจนกระทั่งได้สัญญาณที่แรงที่สุด



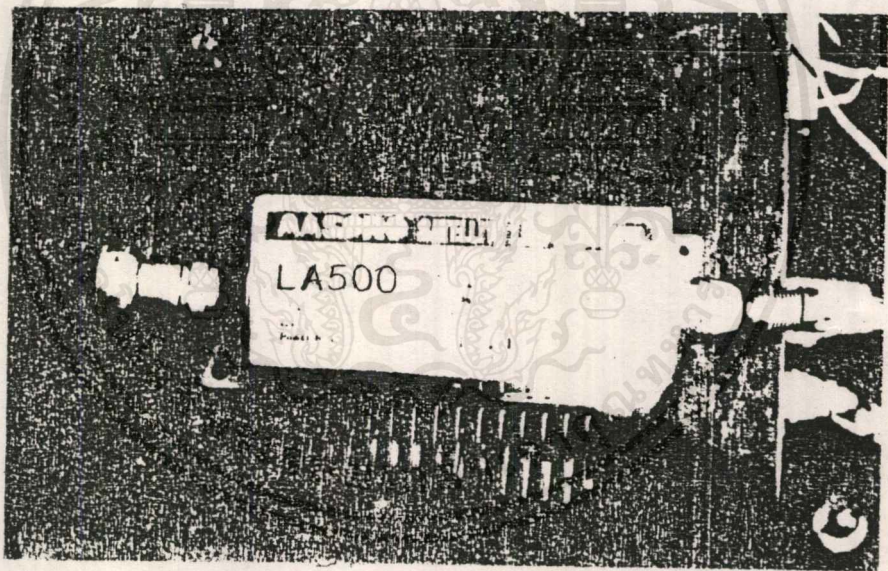
รูปที่ 5.10 การใช้เข็มทิศหาทิศทางของดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.12 อธิบายได้ดังนี้

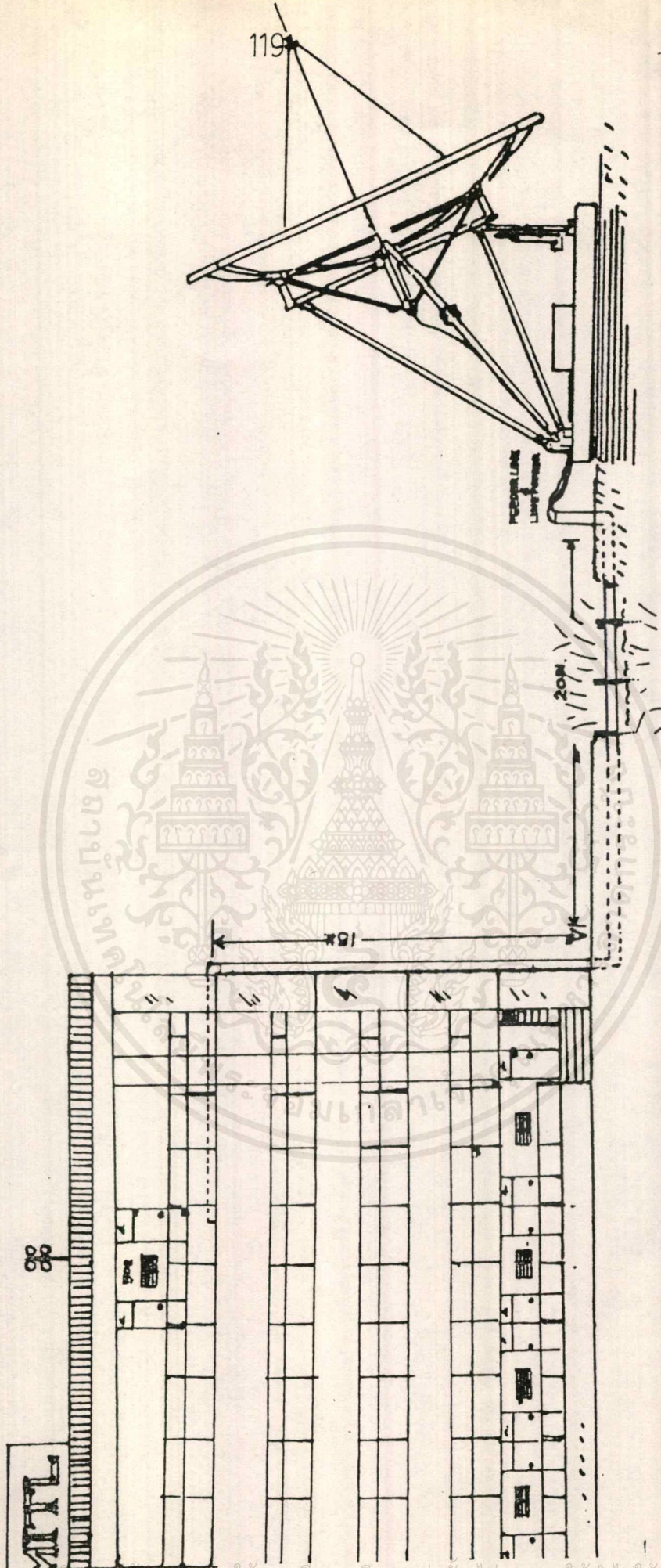
จากรูปเป็น Spectrum Full Band ของ Palapa-B2-P ที่ผ่าน down Convertor แล้วระดับยอด Peak สูงสุดคือ Center Frequency ของแต่ละ Transponder เนื่องจากเป็น Full Band เมื่อเรามาดูจาก Space Transponder ของดาวเทียมแล้วจะเห็นว่าบาง Transponder ก็ใช้ถ่ายทอดสัญญาณ TV และบางอย่างก็ใช้ในย่านสื่อสาร SCPC เพราะฉะนั้นเมื่อมองจากรูปช่วง Band width จึงไม่เท่ากัน

จากการทดลองเพื่อให้มีขนาดความแรงของสัญญาณมีขนาดสูงขึ้นจึงใช้ Maspro Setellite Line Amplifier มี GAIN 20 dB แสดงดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 5.13 Maspro Setellite Line Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 5.14 รูปแบบการเดินสาย Feeder
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองวัดสัญญาณ (ใต้งานสายอากาศพาราโบลา)

Mark Point Freq. (MHz)	Strange Signal (dBm)	Down Freq. (MHz)	Transponder Channel
1102	- 48.2	3832	3
1120	- 53.0	3850	4
1140	- 48.1	3870	4
1194	- 51.2	3924	5
1200	- 49.8	3930	6
1219	- 53.1	3949	6
1254	- 53.5	3984	7
1410	- 49.8	4140	11
1450	- 51.2	4180	12

ผลการทดลองวัดสัญญาณผ่าน Booster CS.(Line Amplifier LA 500)

Mark Point Freq. (MHz)	Strange Signal (dBm)	Down Freq. (MHz)	Transponder Channel
1102	- 28.1	3832	3
1120	- 33.1	3850	4
1140	- 28.1	3870	4
1194	- 31.0	3924	5
1200	- 29.7	3930	6
1219	- 33.1	3949	6
1254	- 33.7	3984	7
1410	- 29.7	4140	11
1450	- 31.0	4180	12

ผลการทดลองวัดสัญญาณบนชั้น ๕ ตึกพระเทพ

Mark Point Freq. (MHz)	Strange Signal (dBm)	Down Freq. (MHz)	Transponder Channel
1102	- 69.2	3832	3
1120	- 74.4	3850	4
1140	- 69.7	3870	4
1194	- 72.1	3924	5
1200	- 68.3	3930	6
1219	- 72.6	3949	6
1254	- 69.8	3984	7
1410	- 72.5	4140	11
1450	- 71.9	4150	12

ผลการทดลองวัดสัญญาณผ่าน Booster CS. (ชั้น ๕)

Mark Point Freq. (MHz)	Strange Signal (dBm)	Down Freq. (MHz)	Transponder Channel
1102	- 48.9	3832	3
1120	- 52.4	3850	4
1140	- 49.3	3870	4
1194	- 51.7	3924	5
1200	- 49.4	3930	6
1219	- 52.2	3949	6
1254	- 49.1	3984	7
1410	- 53.8	4140	11
1450	- 54.3	4150	12

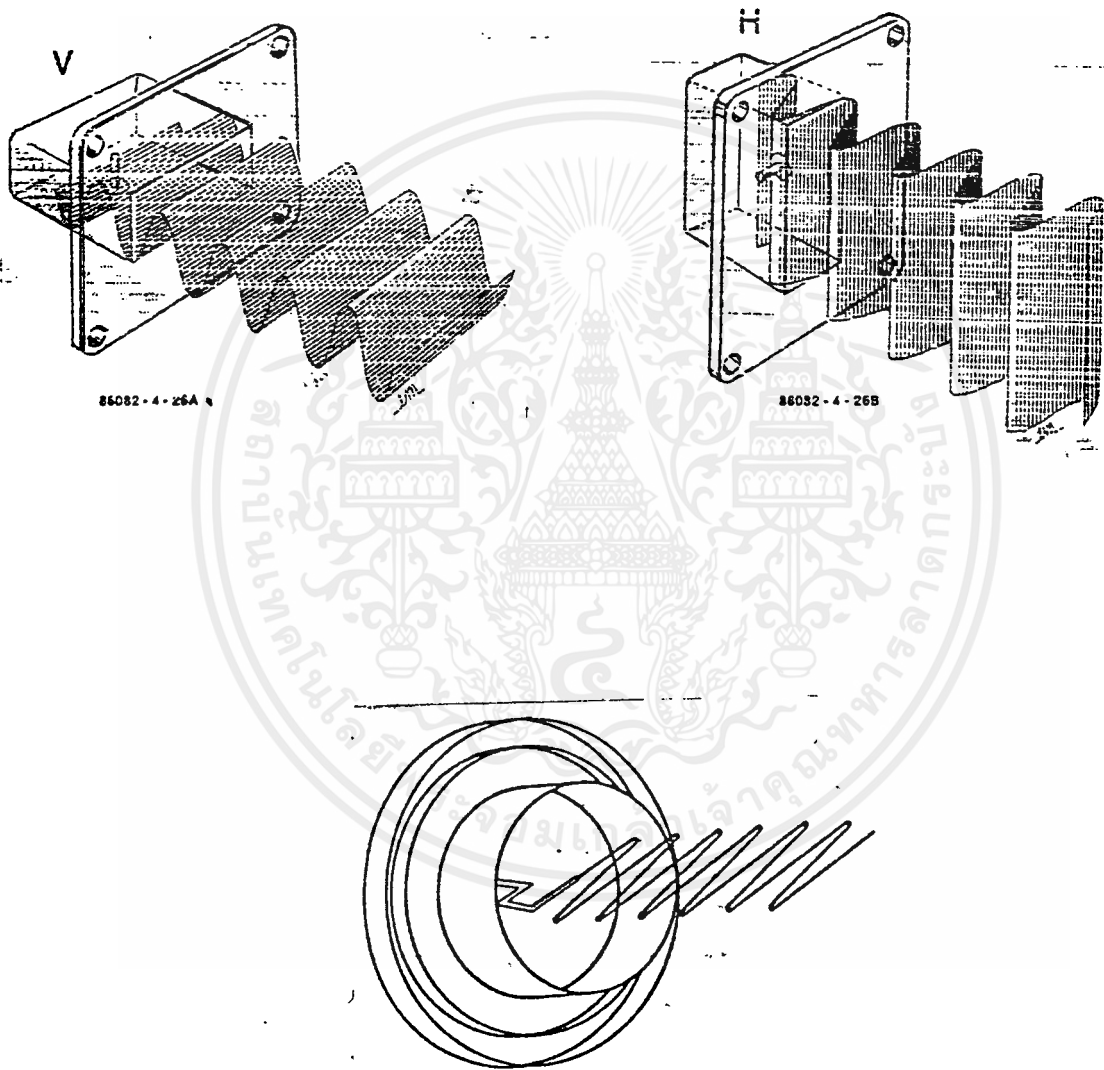
- จากการทดลองรับสัญญาณจากดาวเทียม PARAPA - B2 จะมีความแรงเท่าๆกันในทุกๆ ทราบ สปอนเดอร์ คือเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับ 50.8 dBm เมื่อใส่ Line Amplifier ก็จะทำให้ขนาดความแรงของสัญญาณเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 20 dBm ส่วนการเปรียบเทียบระหว่างการวัดขนาดของสัญญาณที่บริเวณใต้ งานและบนตึกพระเทพจะมีสัญญาณต่างกันประมาณ 20.7 dBm ซึ่งค่านี้ก็คือค่าของ Loos ภายในสายนั้นเอง สรุปรายการที่บันทึกได้จากการทดลองรับสัญญาณได้ดังตารางข้างล่างนี้

CHANEL	COUNTRY	SYSTEM	PROGRAM	LANGUAGE
RCT 1	INDONESIA	PAL	ENTERTAINMENT	ENG, INDO
RTM 1	MALASIA	PAL	ENTERTAINMENT	ENG, MALAY
TV 3	MALASIA	PAL	ENTERTAINMENT	ENG, MALAY
CH-5	THAILAND	PAL	ENTERTAINMENT	NOSOUND
CH-7	THAILAND	PAL	ENTERTAINMENT	NOSOUND
สทท. 11	THAILAND	PAL	ENTERTAINMENT	THAI
PACIFIC	THAILAND	PAL	NEWS	ENG
ABS/CBN	PHILIPINES	NTSC3.58	ENTERTAINMENT	ENG, PHIL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 การแก้ไขเพื่อให้สัญญาณมีความชัดเจนขึ้น

เนื่องจากสัญญาณที่รับจากดาวเทียม PAPRPA B2 ยังไม่ชัดเจนนักเนื่องจากยังคงมี SPARK NOISE ซึ่ง NOISE ชนิดนี้เกิดมาจากการสั่นไหวของระบบ Feed ของสาย และจากการตรวจสอบพบว่าลักษณะโพลาร์ไลซ์ที่ปรับไว้ยังไม่ถูกต้องโดยโพลาร์ไลซ์ที่ส่งจากดาวเทียม PAPRPA B2 นั้นส่งในแบบโพลาร์ไลซ์แบบแนวตั้ง ซึ่งข้อแตกต่างของโพลาร์แบบแนวนอนและแนวตั้งแสดงได้ดังรูปที่ 5.15



รูปที่ 5.15 แสดงลักษณะ Feed Horn และลักษณะโพลาร์ไลซ์

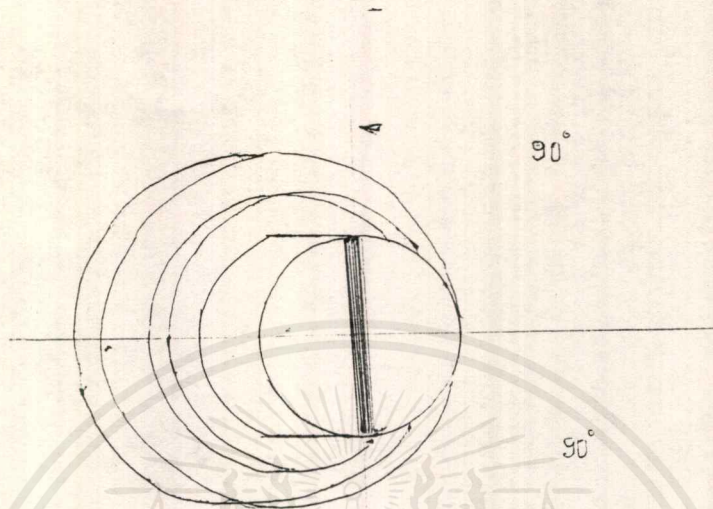
ก) VERTICAL POLARIZATION

ข) HORIZONTAL POLARIZATION

ค) Feed Horn ที่ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเราจึงแก้ไขโดยการทดลองปรับ Feed Hond ทีละ step โดยปรับ step ละ 90 องศา แล้วดูความแรงที่ IF METER ปรับทีละ step แล้วบันทึกค่าความแรงของสัญญาณไว้ สัญญาณที่มีความแรงที่สุดคือตำแหน่งโพลาไรซ์ที่ถูกต้อง



รูปที่ 5.16 แสดงการปรับโพลาไรซ์

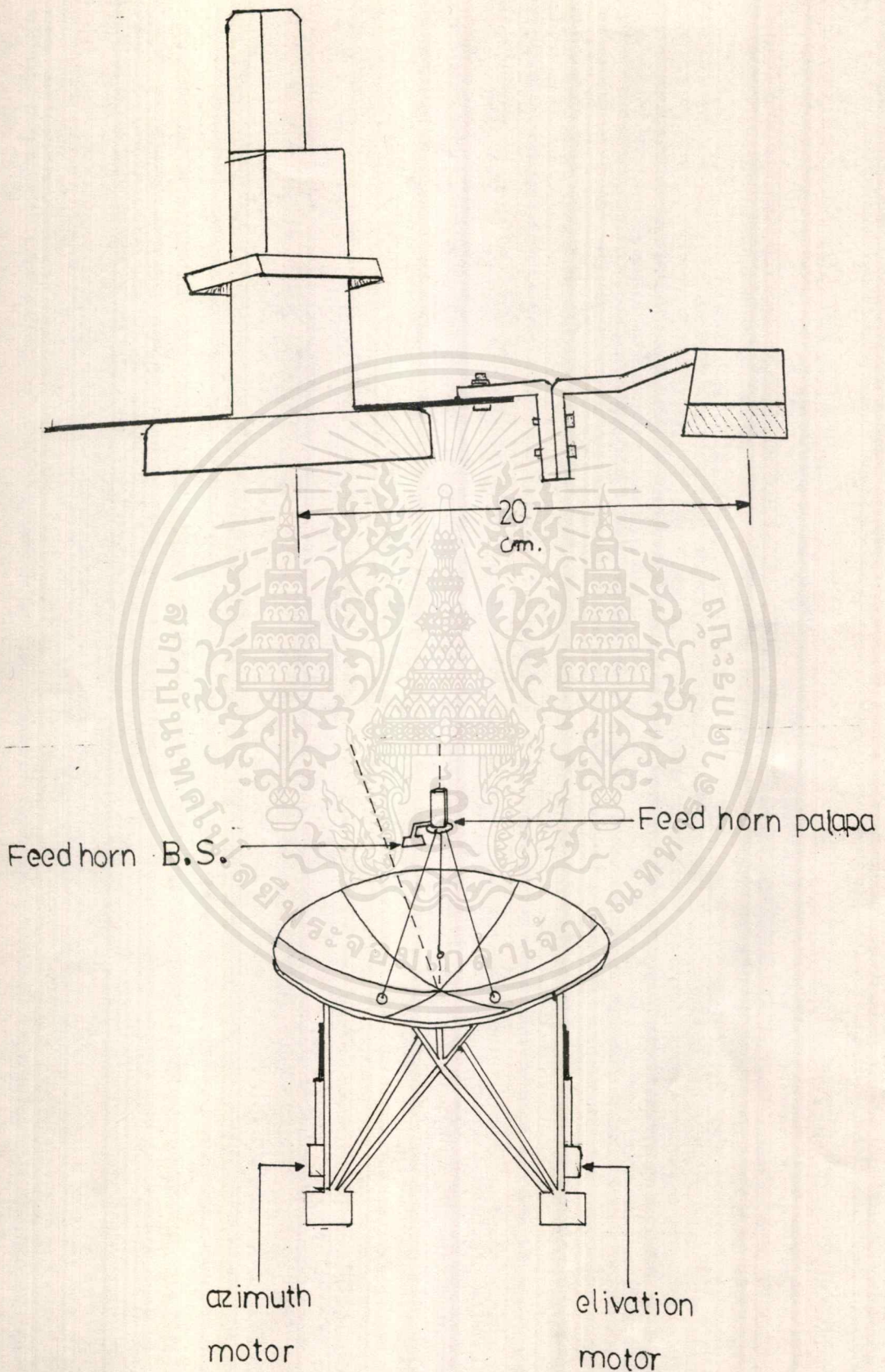
5.8 การทดลองรับสัญญาณจากดาวเทียม BS.

ดาวเทียม BS เป็นดาวเทียมสื่อสารของประเทศญี่ปุ่น ครอบคลุมพื้นที่ความถี่อยู่ในย่าน KU BAND ลักษณะตัวจานและชุดรับที่ใช้รับภายในประเทศญี่ปุ่นแสดงดังรูปที่ 5.17



รูปที่ 5.17 แสดงชุดรับดาวเทียม BS ที่ใช้ภายในประเทศญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นว่าจานรับที่มีอยู่นั้นมีขนาดเล็กจึงทำให้มี GAIN ที่ต่ำในการทดลองจึงนำเอา Feed Horn ถอดออกแล้วนำไปใส่กับจานของ Maspro Satellite ขนาด 6 เมตร โดยนำไปติดรวมกับ Feed HORN ของ C.S. แสดงรายละเอียดการติดตั้งดังรูปที่ 5.18

ผลการทดลองเราไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียม B.S ได้โดยวิเคราะห์เป็นเหตุผลได้ดังนี้

- จานที่ทำการทดลองไม่เป็น PARAPOLA เนื่องจากความบกพร่องในการประกอบจาน และจากการปรับขึ้นปรับลงในกาหาค่าแห่งของดาวเทียมทำให้จานเกิดการเบี้ยวเล็กน้อยทำให้ประสิทธิภาพในการรับสัญญาณต่ำไป

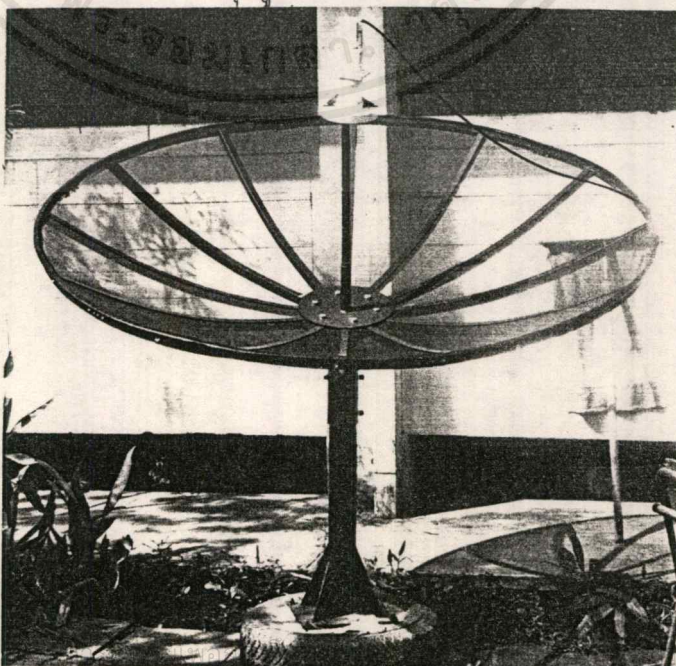
- การติดตั้ง FEEDHORN B.S ไม่ได้ติดตั้งไว้ ณ. ตำแหน่งจุดโฟกัสของจาน แต่ติดตั้งไว้ห่างจากจุดโฟกัส 20 cm. เนื่องจากตำแหน่งจุดโฟกัสได้ติดตั้ง FEED HORN C.S เอาไว้

- เมื่อดู DOWN LINK ANTENNA PATTERN จะเห็นว่าใช้สื่อสารภายในเกาะญี่ปุ่น(มีGainสูง) เมื่อได้ปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว มีความเห็นว่าในแถบประเทศไทยจะมีGainต่ำ เราจึงไม่สามารถทำการทดลองรับได้ (ข้อมูลจาก NHK)

5.9 การติดตั้งและรับสัญญาณจากดาวเทียม ASIASAT

5.9.1 การประกอบจาน

ทำการประกอบจานรับดาวเทียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๖ เมตร ลักษณะโครงสร้างของจานเป็นแบบแกนเหล็กโค้งเป็นรูปพาราโบลาร์ นำมาเสียบร่วมกันที่จุดกึ่งกลาง หลังจากนั้นนำตาข่ายมาเสียบในแต่ละช่องของแกนเหล็กโค้ง แล้วนำเหล็กมายึดขอบเพื่อตั้งให้เป็นวงกลมเมื่อประกอบส่วนนี้เสร็จแล้วก็นำแกนยึดตัว Feed Horn แบบแกนเตี้ยมายึดติดที่จุดศูนย์กลางของจาน จานที่ประกอบเสร็จแล้วแสดงดังรูปที่ 5.18



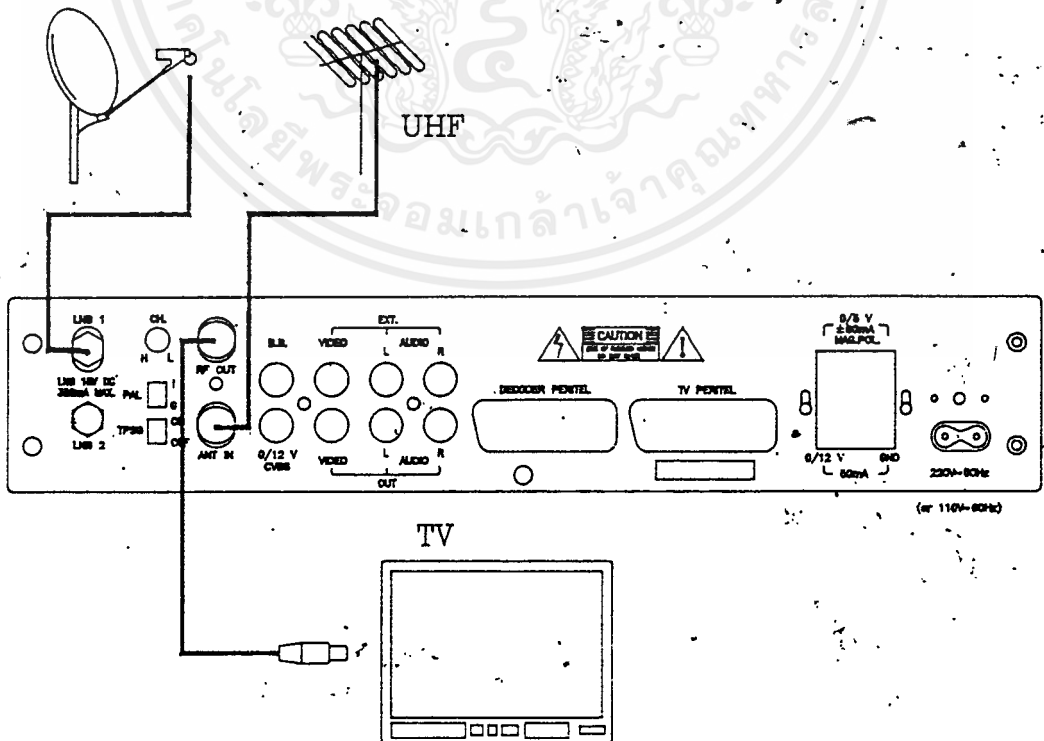
รูปที่ 5.18 แสดงจานที่ประกอบเสร็จแล้ว

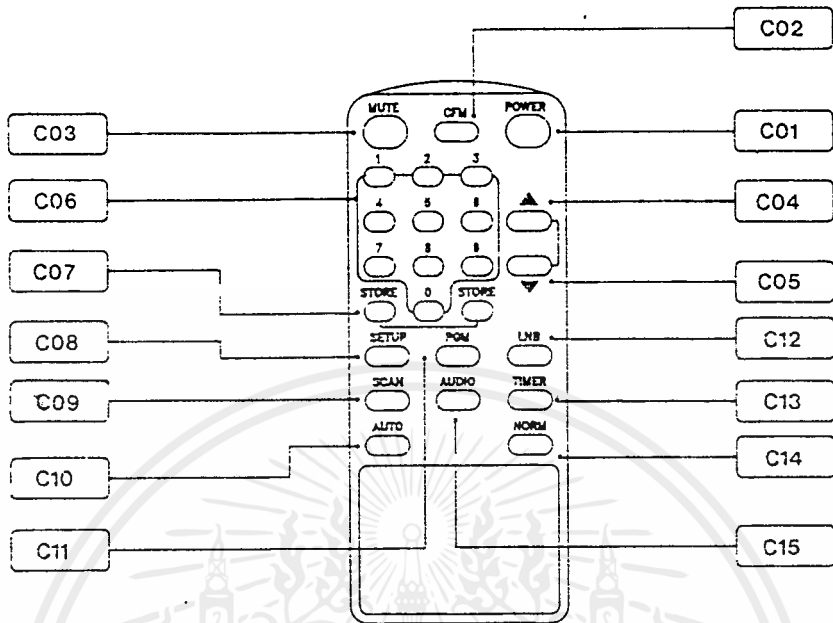
5.9.2 การใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.19
2. เปิดเครื่องรับสัญญาณ TV โดย SET ไปที่ mode VDO
3. เปิดเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ON POWER KEY ที่ Remote Control
4. กด PGM KEY เพื่อแสดงโปรแกรมข้อมูลบนจอทีวี ข้อมูลจะ ON SCREEN ดังนี้

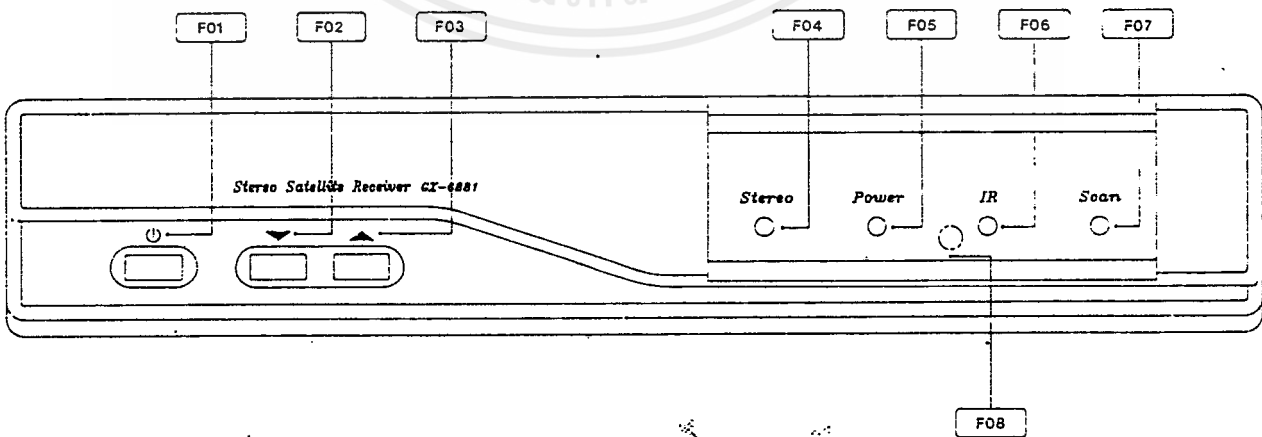
```

>CHNNEL      :      01
V TUNE       :      1280
POLALITY     :      V,H
DECODER      :      PAL
AV INPUT     :      AUTO
LNB          :      1
IF BAND      :      WIND
CONTRAST     :      S,HI
AUDIO        :      0630,0648
  
```





REMOTE CONTROL



RECEIVER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.9.3 การปรับทิศทางจาน

เนื่องจากจานที่ทำการติดตั้งนี้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียง 1.8 เมตร ดังนั้นการปรับมุมเงยและมุมอาซิมุทจึงมีความง่ายและสะดวก และด้วยเหตุที่จานมีขนาดเล็กจึงทำให้มันมีเมมเบรนที่กว้างทำให้มันสามารถรับได้ในทิศทางที่กว้างขึ้นกว่าจานขนาดใหญ่ เรากำหนดขั้นตอนในการปรับตั้งนี้โดยใช้เครื่องมือ IF METER เป็นตัวช่วยวัดความแรงของสัญญาณ

- ดาวเทียม ASIASAT-2 มี Location อยู่ที่ 116 องศาตะวันออก ตำแหน่งภาคพื้นดินที่เราทำจากตำแหน่งที่เราทำการรับอยู่ที่ นนทบุรี หามุมอาซิมุทได้ 161 องศา และมุมเงยได้ 73.1 องศา
- ทำการปรับจานไปที่ตำแหน่งดังกล่าวซึ่งลักษณะการปรับมุมเงยและมุมอาซิมุทของจานที่ทำการทดลองนี้แสดงดังรูปที่ 5.20



รูปที่ 5.20 รูปแบบการปรับมุมเงยและอาซิมุท

- เมื่อคิดว่าปรับจานได้ตามตำแหน่งที่คำนวณไว้แล้วก็มาเช็คสัญญาณที่ IF Meter แล้วทำการปรับจานอีกเล็กน้อยจนได้สัญญาณที่แรงที่สุด
 - เนื่องจากสัญญาณที่รับยังไม่ชัดเจนจึงทดลองปรับโพลาไรซ์ และปรับระดับไฟก๊สของ Feed Horn ก็จะได้สัญญาณที่ชัดเจนและมีความแรงเป็นที่น่าพอใจ
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
- หลังจากนั้นทำการ SET เครื่องรับดังต่อไปนี้
- ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

01	กีฬา	1280 - 1290 MHz	เสียง	630 - 648 MHz
02	MTV	1240 - 1250 MHz	,,	630 - 648 MHz
03	BBC	1200 - 1210 MHz	,,	630 - 648 MHz
04	อินเดีย	1160 - 1170 MHz	,,	630 - 648 MHz
05	ENTER	1120 - 1130 MHz	,,	630 - 648 MHz
06	MANDARIN	1080 - 1090 MHz	,,	630 - 648 MHz
07	YUNNAN	1040 - 1050 MHz	,,	630 MHz
08	พม่า	1005 - 1015 MHz	,,	660 MHz

บันทึกความแรงของสัญญาณได้ดังนี้

CHANNEL	ขนาดสัญญาณ (dB)
01	55.8
02	61
03	59.5
04	59.2
05	63.5
06	60.5
07	59
08	-

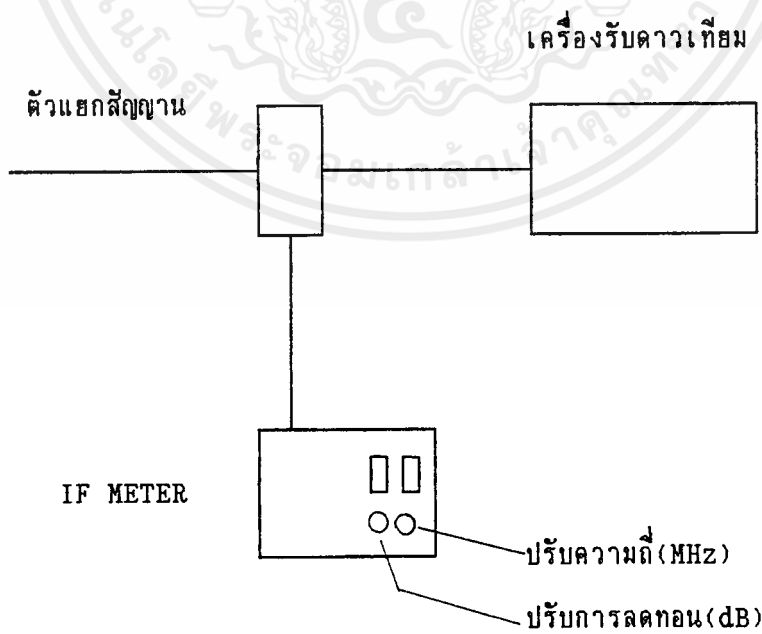
ตัวบัสเตอร์ BS. มี Gain 20-30 dB ย่านความถี่ 1015-1335 MHz ต่อวงจรเหมือนเดิม
เพียงแต่ใส่บัสเตอร์เข้าไประหว่าง Feedhorn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากใส่บูสเตอร์แล้วทำให้สัญญาณมีความแรงขึ้นดังตารางบันทึกผลการทดลอง

CHANNEL	ขนาดสัญญาณ (dB)
01	83
0	80
03	80
04	80.3
05	87.5
06	87.5
07	84
08	-

การวัดสัญญาณที่ปลายสาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์ เพื่อหา LOSS ภายในสายว่ามี LOSS กี่ dB

CHANNEL	ความแรง (dB)	CHANNEL	ความแรง (dB)
01	50	01	74.8
02	50	02	74.8
03	51.8	03	74.5
04	53.2	04	75.5
05	52	05	74
06	51	06	72
07	53.4	07	74.5
08	-	08	-

ไม่ใช้บูสเตอร์

ใช้บูสเตอร์

จากผลการทดลอง ในการวัดที่ปลายสายเปรียบเทียบกับการวัดที่ได้งานจะเห็นว่าสัญญาณถูกลดทอนไปประมาณ 5.58-11.5 dB ซึ่งค่าที่ได้นี้ คือค่าสูญเสียภายในสายนั่นเอง โดยสายที่ใช้ในการทดลองนี้ยาวประมาณ 15 ม. ดังนั้นในการติดตั้งเราควรจะพยายามให้สายจากงานมายังเครื่องรับให้สั้นที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 การทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของจานเสาอากาศ

เนื่องจากการทดลองนี้เป็นโทรทัศน์ระบบ TVRO จึงสามารถรับได้อย่างเดียว ดังนั้นการหาค่าพารามิเตอร์ของเสาอากาศ จึงหาเฉพาะด้านรับด้านเดียว โดยค่าพารามิเตอร์ที่ทำการวัดมีดังนี้

6.1 การวัดประสิทธิภาพของจานเสาอากาศจาก SOLAR NOISE

อุณหภูมิของเสาอากาศทำกับ SOLAR NOISE แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$T_{as} = \eta \cdot T_{sun} [\phi_s / \phi_a]^2 \quad \phi_a > \phi_s \quad \text{----- (6.1)}$$

$$= \eta \cdot T_{sun} \quad \phi_a < \phi_s$$

โดย ; $T_{sun} = 12000 \text{ K}$ ที่ความถี่ 12 GHz

$$= 38000 \text{ K} \text{ ที่ความถี่ } 4 \text{ GHz}$$

T_{sun} ; ประสิทธิภาพของจานเสาอากาศ

ϕ_s ; มุมของดวงอาทิตย์ = 0.53

ϕ_a ; มุมฮัฟท์เพาเวอร์

6.1.1 หาค่า N_{as} (IF) โดยหันจานเสาอากาศไปที่ตำแหน่งดวงอาทิตย์

$$N_{as}(IF) = (T_{as} + T_e) \cdot K \cdot B \cdot G_c \quad \text{----- (6.2)}$$

T_e : อุณหภูมิ NOISE ของ down converter

K : Boltzmann's constant

B : Bandwidth Resolution ของ สเปคตรัมหรือ IF METER

G_c : Gain downconverter

หาค่า N_a (IF) โดยหันจานเสาอากาศเบี่ยงเบนไปจากตำแหน่งดวงอาทิตย์ จากสูตร

$$N_a(IF) = (T_a + T_e) \cdot K \cdot B \cdot G_c \quad \text{----- (6.3)}$$

T_a : อุณหภูมิ noise ของเสาอากาศ

นำสมการ (6.2) / (6.3)

$$N_{as}(IF) / N_a(IF) = T_{as} + T_e / T_a + T_e$$

$$T_{as} + T_e = (T_a + T_e) N_{as}(IF) / N_a(IF)$$

$$T_{as} = (T_a + T_e) N_{as}(IF) / N_a(IF) - T_e \quad \text{----- (6.4)}$$

6.1.2 หาค่าเพื่อไปแทนในสมการที่ (6.4) โดยก็คือมุมฮัฟท์เพาเวอร์ของจานเสาอากาศ

โดยหาจากสูตร

$$= 21 / f(\text{GHz}) \cdot D(\text{m})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
D : เส้นผ่าศูนย์กลางของจานเสาอากาศ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นมีเหตุตบแต่งสงวนเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

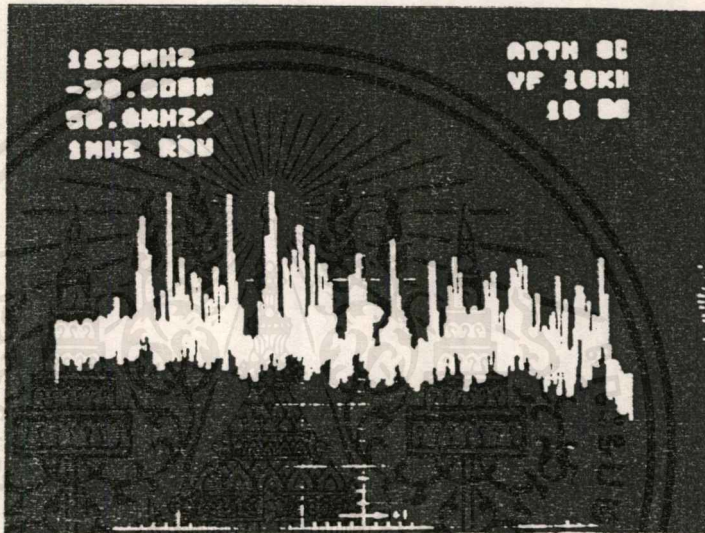
f : ความถี่ของย่านที่รับ

จากการทดลองรับสัญญาณจากดาวเทียม PARAPA B2 ย่าน C BAND down link = 4GHz และ
ขนาดของจานมีขนาด 6 เมตร แทนค่าในสูตร

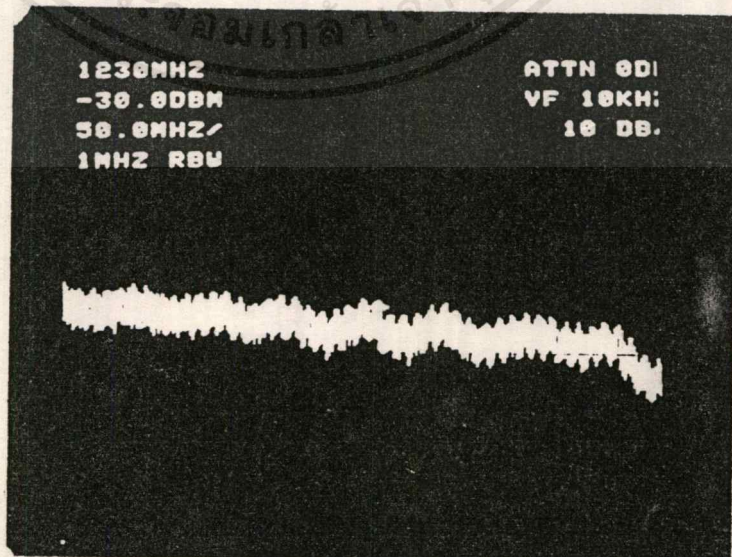
$$= 21/4\text{GHz} * 6\text{M}$$

$$= 0.88 \text{ องศา}$$

6.1.3 วัดค่า Nas และ Na จากสเปคตรัม โดยต่ออุปกรณ์ดังรูป



ผลการทดลองที่ได้จากการวัดโดยสเปคตรัมแสดงดังรูปที่ 6.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดรูปที่ 6.1 แสดงสัญญาณ noise ที่วัดจากสเปคตรัมการนำไปใช้

จากการวัดอ่านค่าได้ดังนี้

Noise max = 67.5 dBuV = 5623413.2

Noise min = 55 dBuV = 316227.7

โดยที่ Down converter Noise temp = 70°K

Antenna Noise temp = 60°K

แทนค่าในสมการที่ (6.4)

$$Tas = 130 * 5623413.2 / 3162277 - 70 = 2244$$

นำค่า Tas แทนค่าในสมการ (6.1)

$$= 2244 / 38000 [0.88 / 0.53]^2 = 0.162 = 16 \%$$

เมื่อทราบค่า เราสามารถใช้สมการเพื่อหาค่า GAIN ของสายอากาศโดยใช้สูตร

$$G = 10 \log [\eta (\pi D / \lambda)^2] = 10 \log [0.16 (\pi * 6 / .075)^2] = 40.04 \text{ dB}$$

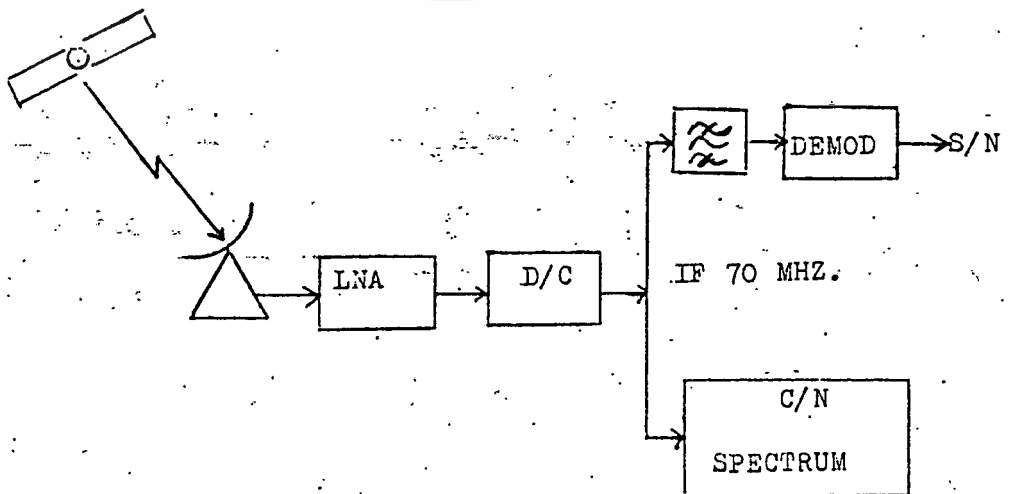
6.2 การวัด G/T โดยให้สเปคตรัมวัดโดยตรง

ขั้นตอนการวัด

6.2.1 ต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 6.2 ปรับจูนสายอากาศให้ตรงกับตำแหน่งของดาวเทียมมากที่สุด

6.2.2 วัดค่าสัญญาณที่สูงสุดกับระดับ Noise เรียกว่า Y Factor ซึ่งสามารถหาได้จาก

Y Factor = Peak Carrier Level - Noise Level (dB)



6.2.3 C/No โดยแทนค่าในสูตร

$$C/No = Y - 10\log [1\text{Hz}/\text{RBW}] - 2.5 \quad (\text{dB/Hz})$$

$$C/No = \text{Carrier to Noise Density ที่ Band Width 1Hz}$$

$$\text{RBW} = \text{Resolution Bandwidth ของ Spactum Analyzer}$$

6.2.4 จากการทดลองได้ค่า

$$Y \text{ Factor} = 24 \text{ dB}$$

$$\text{RBW} = 1.2 \text{ MHz}$$

$$\begin{aligned} C/No &= 24 - 10\log [1\text{Hz}/1.2\text{MHz}] - 2.5 \\ &= 82.4 \text{ dB/Hz} \end{aligned}$$

แทนค่า C/No ที่ได้ในสมการ (6.3)

$$G/T = C/No - [\text{EIRP}] + \text{Part Loss} - 228.6 \text{ dB/K} \quad \text{----- (6.5)}$$

$$\text{โดย EIRP} = \quad \text{dBW}$$

$$\text{Part loss} = 196 \text{ dB}$$

$$C/No = 82.4 \text{ dB/Hz}$$

ดังนั้นจะได้

$$\begin{aligned} G/T &= 82.5 - 26 + 196 - 228.6 \\ &= 22.9 \text{ dB/K} \end{aligned}$$

6.3 การวัดค่า C/N ของสัญญาณโทรทัศน์

เพื่อที่จะวัดค่าคุณภาพของ C/N ของสัญญาณโทรทัศน์ที่ได้รับ ก่อนจะถูก Demodulate

ขั้นตอนการวัด

6.3.1 ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 6.2 เพื่อทำการหาค่า C/No ก่อนแล้วจึงนำมาแทนในสมการ

$$C/N = C/No - 10\log [\text{BW}] \quad \text{----- (6.6)}$$

$$\text{โดย } C/N = \text{Carrier to noise ที่ BW ค่าหนึ่ง}$$

$$C/No = \text{Carrier to noise ที่ BW 1 Hz}$$

$$\text{BW} = \text{Bandwidth ของ Receiver ใช้ 36 MHz (1 ทราวนส์ปอนเดอร์ดาวเทียม)}$$

6.3.2 วัดค่า C/No ของสัญญาณโทรทัศน์ดาวเทียมจากดาวเทียม PALAPA - B2 ที่ความถี่ 1152 MHz

channel 1 อินโต้นี้เขี่ย

$$C/No = 82.4 - 10\log [36 \text{ MHz}]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$C/N = 6.8 \text{ dB/K}$$

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 การวัด C/N โดยใช้วัดจาก SOLAR NOISE

โดยการใช้สเปคตรัมและ IF meter ขั้นตอนการวัดเหมือนกับหัวข้อ 6.3 แต่จะแทนค่าสูตรคนละอย่าง มีลำดับขั้นดังนี้

6.4.1 ใช้ spectrum วัดสัญญาณความแรงของ channel 1 ($f = 1152 \text{ MHz}$) หาค่า Y

$$C/N = Y - 10 \log [BS/(1+Br)] - 2.5 \quad \text{-----}(6.7)$$

$$\begin{aligned} Y &= C - N \\ &= 24 \text{ dBW} \end{aligned}$$

โดย ; Bandwidth transponder = 36 MHz

$$Br = 1.2 \text{ MHz}$$

แทนค่าในสูตร

$$C/N = 24 + 2.5 - 10 \log [36/(1 \times 1.2)] = 11.8 \text{ dB}$$

6.4.2 ใช้ Level meter

$$\begin{aligned} Y &= C - N \\ &= 65 - 55 \\ &= 10 \text{ dB} \end{aligned}$$

โดย ; Bandwidth ของ filter = 27 MHz

$$= 2$$

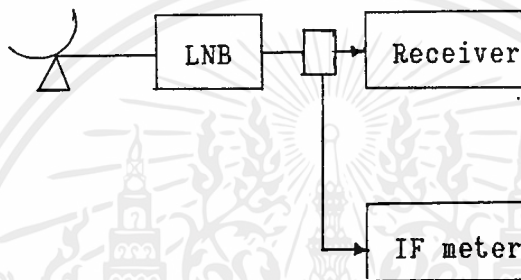
แทนค่าในสูตร

$$\begin{aligned} C/N &= 10 + 2 - 10 \log (36/27) \\ &= 10.8 \text{ dB} \end{aligned}$$

6.5 การวัดค่า Receiver Antenna Pattern

การวัดค่า Pattern ของจานเสาอากาศทางด้านรับนี้ถือว่าผู้ใช้งานจะต้องทราบเพราะเป็นค่าที่บอกถึง beam width ของจานเสาอากาศถ้ามี beam width ของจานกว้างจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนจากดาวเทียมข้างเคียงได้หากดาวเทียมอยู่ห่างกัน 2-4 องศาในวงโคจร

เครื่องมือวัด IF meter



รูปที่ 6.3 แสดงการวัด Pattern ของจานเสาอากาศด้านรับ

ขั้นตอนการวัด

1. ต่อดังรูป 6.3 ปรับจานเสาอากาศให้ตรงกับดาวเทียมมากที่สุดโดยใช้ IF meter วัดสัญญาณ Unmodulate Carrier ในที่นี้ใช้ความถี่ 1,150 MHz ทำเครื่องหมายที่ตำแหน่งนี้เท่ากับ 0 องศา อ่านค่า Gain เป็น dBuV.
2. ทำการวัด Pattern ของจานเสาอากาศทางด้าน Elevation ก่อนโดยทำการปรับมุมเอlevation จากตำแหน่งที่อ้างอิงขึ้นทีละ 2 cm/0.12 องศา และลงทีละ 2 cm/0.12 องศา อ่านค่า Gain dBuV ในแต่ละตำแหน่งที่ปรับ
3. บันทึกค่าที่วัดได้ลงในตาราง
4. ทำการวัด Pattern ของจานเสาอากาศทางด้าน Azimuth โดยทำการปรับมุมเอlevation จากตำแหน่งที่อ้างอิงขึ้นทีละ 2 cm/0.5 องศา
5. นำค่าที่ได้ทั้ง 2 ตารางมา Plot กราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	cm.	dBuV.
ปรับขึ้นทีละ 2 cm.	+ 8	58
	+ 6	59
	+ 4	60
	+ 2	62
	0 องศาอ้างอิง	63
ปรับลงทีละ 2 cm.	+ 2	62
	+ 4	60
	+ 6	59
	+ 8	58

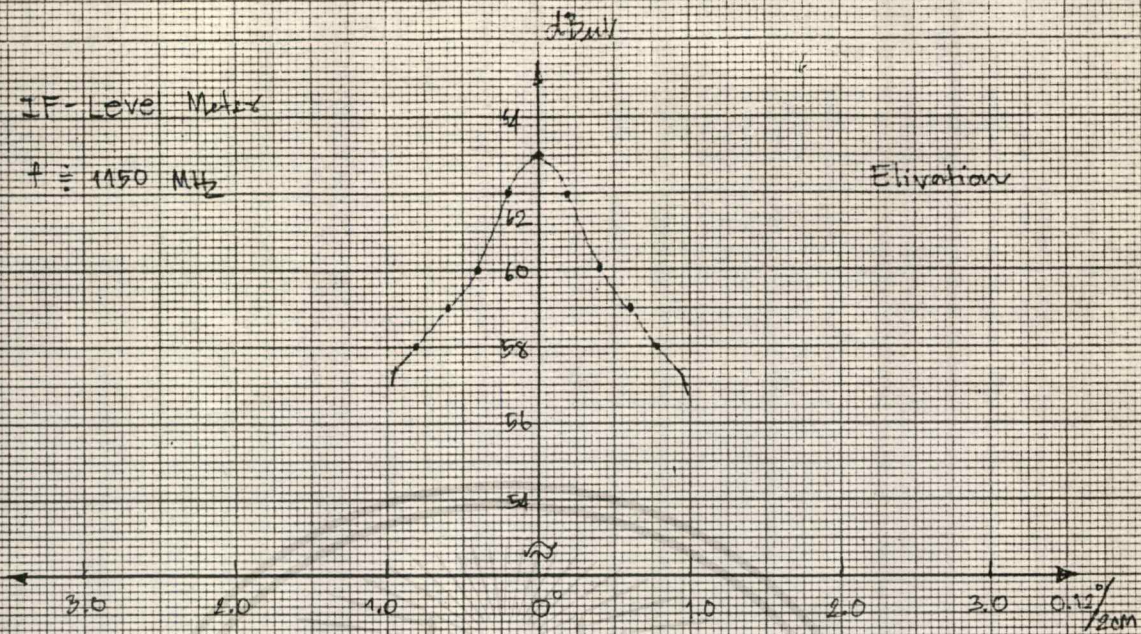
ตารางปรับ
ชั้น Elevation

	cm.	dBuV.
ปรับขึ้นทีละ 2 cm.	+ 12	55
	+ 10	55.5
	+ 8	56
	+ 6	55
	+ 4	56
	+ 2	58
ปรับลงทีละ 2 cm.	0 องศาอ้างอิง	64
	+ 2	58
	+ 4	56
	+ 6	55
	+ 8	56
	+ 10	55.5
	+ 12	55

ตารางปรับ
ชั้น Azimuth

IF-Level Meter

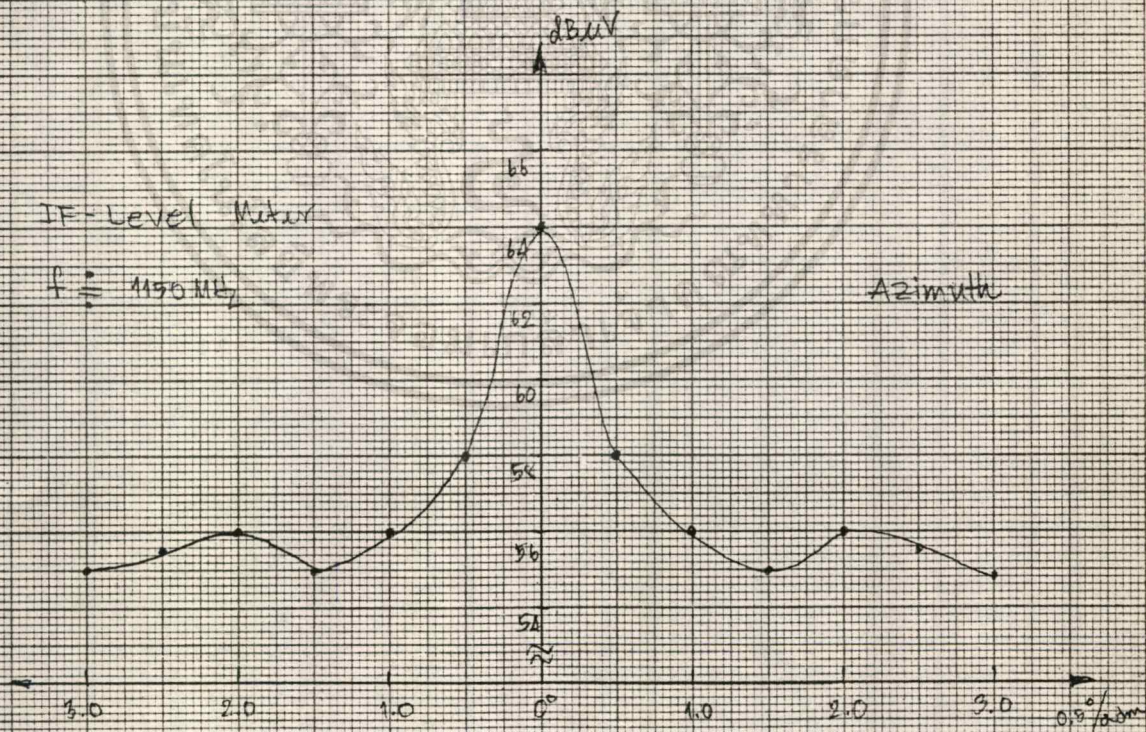
$f = 1150 \text{ MHz}$



กราฟแสดง Elevation Antenna Pattern

IF-Level Meter

$f = 1150 \text{ MHz}$



กราฟแสดง Azimuth Antenna Pattern

บทสรุป

การติดตั้งระบบรับสัญญาณดาวเทียมเป็นสิ่งสำคัญในการที่จะรับสัญญาณจากดาวเทียมในการศึกษาและทดลองใน PROJECT นี้ได้สำเร็จลุล่วงตามจุดประสงค์ที่วางไว้ โดยได้ติดตั้งและรับสัญญาณจากดาวเทียมด้วยกัน 3 ดวงคือ PARAPA B2 , ASIASAT และ BS

การทดลองรับสัญญาณจากดาวเทียม ASIASAT เป็นการใช้อุปกรณ์ที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป เช่นการออกแบบจานจะเป็นจานที่มีขนาดเล็กและตัวจานจะเป็นแบบตาข่ายเพื่อป้องกันแรงดันของลม นอกจากนี้ยังเป็นความสะดวกในการปรับทิศทางไปยังตำแหน่งของดาวเทียม การทดลองลุล่วงไปด้วยดี โดยใช้เวลาไม่นานนัก เราจึงสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้นี้นำไปประยุกต์ออกแบบการติดตั้งระบบรับสัญญาณจากดาวเทียมได้

ส่วนการรับสัญญาณจากดาวเทียม PARAPA B2 นั้นใช้จานรับดาวเทียมขนาด 6 เมตร ในการทดลองจึงเกิดปัญหาในการปรับจานเป็นอย่างมากแต่เราก็ได้ปรับจนกระทั่งรับสัญญาณจากดาวเทียม PARAPA B2 ได้ นอกจากนี้เรายังสามารถใช้ชุดรับชุดเดียวกันนี้มาทำการรับสัญญาณจากดาวเทียมดวงอื่นได้อีกโดยการคำนวณมุมเงยและมุมอาซิมูทออกมา แล้วจึงไปทำการปรับจาน นอกจากทำการติดตั้งแล้วเรายังได้ทำการศึกษาค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบการรับสัญญาณจากดาวเทียม โดยทำการทดลองและปฏิบัติงานกับเครื่องมือโดยตรง ทำการศึกษาสูตรเพื่อนำมาหาค่าต่างๆ ของระบบการรับสัญญาณดาวเทียม แต่ในระบบการรับสัญญาณอย่างเคียวอย่างระบบ TVRO ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้อาจไม่สำคัญ แต่เราสามารถนำความรู้นี้ไปประยุกต์ใช้งานในระบบใหญ่ๆได้ เมื่อออกไปปฏิบัติงาน

ปัญหาในการรับสัญญาณจากการใช้จานรับ Maspro ดังที่กล่าวไว้แล้วคือการปรับทิศทางสามารถทำได้ลำบาก และเนื่องจากจานมีระบบการควบคุมทั้งมุมเงยและมุมอาซิมูทอยู่แล้วดังนั้นในอนาคตเราจึงสามารถนำระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมตำแหน่งของจานรับนี้ได้ นอกจากนี้เรายังสามารถนำสัญญาณที่รับได้นี้มาทำการส่งออกอากาศได้ หรือนำมาประยุกต์ใช้กับระบบ MATV และ CATV

วิจารณ์การทดลอง

เพื่อศึกษาการทำงานและหน้าที่ต่าง ๆ ของโทรทัศน์ระบบ TVRO และทดลองรับสัญญาณจากดาวเทียม PALAPA-B2, ASIASAT และจากดาวเทียม BS-2

โดยเหตุผลในการเลือกรับสัญญาณจากดาวเทียมโดยตรงอาจกล่าวได้ว่ามีเหตุผลอยู่ 3 ประการ

- การรับสัญญาณจากดาวเทียมโดยตรงรับได้ชัดเจนกว่าการรับจากสถานีส่งโทรทัศน์จากภาคพื้นดิน
- มีอิสระในการเลือกชมรายการทีวีได้มากกว่าการถ่ายทอดระบบภาคพื้นดินเพราะว่า มีจำนวนช่องให้ดูมากกว่า และในรายการแต่ละช่องยังไม่มี การติดต่อหรือถูกเซ็นเซอร์
- ไม่ว่าจะอยู่ใกล้ไกลจากสถานีส่งทีวีเท่าใดก็ตาม ความชัดเจนในการรับสัญญาณจะมีค่าเท่ากัน

ผลการทดลองได้สัญญาณภาพที่รับได้คมชัดพอใช้ได้ แต่ยังคงมี noise เข้ามารบกวนอยู่ซึ่ง noise ชนิดนี้เกิดมาจากการรบกวนของสัญญาณ FM และการสูญเสียในสาย แต่เราสามารถลด noise เหล่านี้ได้ด้วย การติดตั้งที่ถูกต้องแม่นยำ และระบบชุดรับที่วิเศษภาพ เราสรุปปัญหาและการแก้ปัญหาหรือให้ภาพมีความชัดเจนดังนี้

1. ทิศทางของจานรับเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งจานขนาดใหญ่ต้องมีการคำนวณและปรับทิศทางที่แน่นอน
2. การปรับโพลาริซของระบบ feed horn ต้องปรับไว้ให้ตรงกับแนวโพลาริซที่ส่งมาจากดาวเทียม โดยชุดรับดาวเทียมนี้ได้มาตรฐานจะต้องมีชุดมอเตอร์ปรับโพลาริซ
3. ระยะห่างของ feed horn และจานรับจะต้องอยู่ที่จุด focus จริงต่าง ๆ เพราะหากไม่ตรงแล้วจะมีผลต่อการลดทอนของสมการลงไปมาก
4. สาย feed ที่นำสัญญาณระหว่าง feed horn มาถึงเครื่องรับต้องพยายามให้สั้นที่สุด
5. เพิ่มขนาดความแรงของสัญญาณโดยใช้ Booster โดยคำนึงถึงย่านความถี่ IF ที่ใช้และขนาดเกน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 1

Earth Station Cross - Polarization Isolation

ในสมัยก่อนเมื่อต้องการเพิ่มจำนวนการส่งสัญญาณหรือข้อมูลผ่านระบบไมโครเวฟหรือระบบดาวเทียม ตามทฤษฎีที่ได้ศึกษามาแล้วจะกระทำได้ด้วยวิธีส่งสัญญาณโดยให้มีโพลาไรซ์ต่างกัน และตั้งฉากซึ่งกันและกัน (Orthogonal) ทำให้สามารถแยกผลการรับสัญญาณได้แตกต่างกันตามความต้องการนั่นคือ สามารถแยกสัญญาณของแต่ละอันได้อย่างชัดเจนแต่ในทางปฏิบัติจริงมีปัญหาต่าง ๆ เกิดขึ้น เช่น เกิดข้อจำกัดของระบบสายอากาศส่งและรับ เป็นสาเหตุให้เกิด X-POL ปัญหาตัวกลางในการแพร่กระจายคลื่นและอื่น ๆ อีก เป็นต้น จะเห็นว่าสายอากาศที่ใช้ในการสื่อสารดาวเทียมแต่ละชนิดไม่ว่าจะเป็นแบบ Symmetrical Off-set front Feed, Cassegrain Feed ฯลฯ ซึ่งล้วนแต่ทำให้เกิด XPD ได้ทั้งนั้น บางชนิดสูงถึงค่า HPB (-3dB) ทำให้เกิดการ Cross-talk ดังนั้นจึงมีการคิดค้นหาวิธีที่จะลดค่า X-POL นี้ ทั้งทางด้าน Boresight และ Off-Axis โดย

1. ใช้ Primary Feed แบบพิเศษ
2. ใช้ระบบสะท้อนคลื่นที่มีค่า f/d สูง ๆ นั่นคือ มีระยะโฟกัสยาว ๆ แบบ Cassegrain

ต่อมาในระยะหลัง ๆ ได้มีการใช้ Huygen's Source ช่วยทำให้ค่า X-POL ลดลงได้ หรือใช้หลักการทางเทคนิคอื่น ๆ ช่วย เช่น Circular Polarization เป็นต้นแต่เป็นที่น่าสังเกตว่าในระบบพลาลาปามีได้หวนกลับมาใช้ Linear Polarization เนื่องจากเหตุผลบางประการ เช่น ความเหมาะสมในด้านราคา, ความสอดคล้องทางคุณสมบัติด้านเทคนิค เป็นต้น และสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ คือ การเกิด X-POL

ในระบบของพลาลาปามี ใช้ Frequency Rense ซึ่งมีอัตราส่วนที่ต้องคำนึงถึงคือ XPD และ XPI

$$XPD = 10 \log [(P1-1)/(P1-2)]$$

$$XPI = 10 \log [(P1-1)/(P2-1)]$$

P1-1 : Received Power in the co-polarized signal

P1-2 : Received Power in the cross-polarized signal

(that was originally transmitted as polarization type 1)

P2-1 : Received Power in the cross-polarized signal

(that was originally transmitted as polarization type 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 2

การเปรียบเทียบของ Linear และ Circular Polarization

มี Comment ของ D.C. Hogg และ T.S. Chu กล่าวว่า ได้มีการพยายามที่จะใช้ Circular Polarization เพื่อที่จะหลีกเลี่ยง Polarization tracking และ ทำให้เกิด Zero differential attenuation ในแบบ orthogonal polarization เท่ากัน อย่างไรก็ตามได้มีการทดลองของทั้งสองแบบแสดงให้เห็นว่า ฝนเป็นตัวอุปสรรคที่ทำให้เกิด Depolarization กับคลื่นใน ระบบ Circular Polarization มากต่อมาได้มีการทดลองกับ INTELSAT IV ย่านความถี่ 4 GHz แสดงให้เห็นว่า ฝนก็เป็นตัวอุปสรรคที่ทำให้เกิด X-POL สูงถึง 11 dB กับแบบ Orthogonal Polarization

T.S. Chu แสดงให้เห็นว่า XPD ของ Linear Polarization > Circular Polarization 10dB

I.P. Shkarofsky แสดงให้เห็นว่าแบบ Linear มีข้อได้เปรียบกว่าแบบ Circular อยู่ประมาณ 17 dB ซึ่งการกล่าวแบบนี้เนื่องมาจากเหตุผลต่าง ๆ กัน เช่น จาก Rain Models และ Rain-Statistic เป็นต้น

PALAPA - B

ดาวเทียม PALAPA - B เป็นดาวเทียมสื่อสารช่วงที่สองของประเทศอินโดนีเซีย ได้กำหนดเริ่มดำเนินการขึ้นในปี ค.ศ.1983 จะมีความจุของ POWER เป็นสี่เท่าของดาวเทียม PALAPA - A ที่ได้ดำเนินการสร้างขึ้นเมื่อปี ค.ศ.1976-1977 ดาวเทียม PALAPA - A ได้ใช้ในการติดต่อสื่อสารในหลายๆ เกาะของประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งนำความเจริญก้าวหน้าทางสื่อสารโทรคมนาคมของพลเมืองชาวอินโดนีเซีย และสัญลักษณ์ "PALAPA" แสดงถึงประเทศอินโดนีเซีย

ดาวเทียม PALAPA - B นี้แบบพื้นฐานของ Hughes HS 376 spacecraft จะเหมือนกับดาวเทียม Telesat Canada Anik D , โครงการถูกกำหนดสร้างโดยบริษัท Hughes ซึ่งเป็นผู้รับเหมารายใหญ่

ดาวเทียม PALAPA - B จะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 216 เซนติเมตร(85 นิ้ว) ความสูง 683 เซนติเมตร (269 นิ้ว) ซึ่งรวมทั้งโซลาร์เซลล์

ข้อมูลทั่วไปของ PALAPA - B

ชื่อระบบ	PALAPA - B
จำนวนสถานีเครือข่ายในระบบ	3
ตำแหน่งละติจูด	PALAPA - B1 108 E PALAPA - B2 113 E PALAPA - B3 118 E
การใช้	ภายในประเทศและเฉพาะเขต
จำนวน BANDWIDTH และ EIRP ของช่องสัญญาณ	24 ทรานส์ปอนเดอร์ BANDWIDTH 500 MHZ EIRP ที่จุดอิมิตัว : 36.5 dBw ที่ BEAM CENTER 31.5 dBw ที่ BEAM EDGE
การส่งและการรับของ GAIN สายอากาศ และ NOISE TEMPERATURE	การส่ง 28 dBi ที่ BEAM CENTER การรับ 24 dBw ที่ BEAM EDGE NOISE TEMPERATURE 1000 K
Satellite antenna pointing tolerances	ผิดพลาดไม่เกิน 0.5
Polarization	Vertical และ Horizontal

Satellite antenna beam Spot beam ในเขต ASEN
Shaping กับ Papue New Guinea

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อายุการใช้งาน	10 ปี
อายุของระบบ	8 ปี ตั้งแต่ กรกฎาคม 1983 ถึง กรกฎาคม 1991
จำนวนสถานีบนพื้นโลก	125 สถานี
สถานีบนพื้นโลก	

ขนาดของจานสายอากาศ	13.0	11.0	10.0	4.6	3.0	(m)
Gain การส่ง	56.0	54.0	53.5	46.5	43.0	dBi
GAIN การรับ	53.0	51.5	50.5	43.5	40.0	dBi
NOISE TEMPERATURE	23.3	22.8	24.5	27.5	26.0	dB.K

Earth station side-lobe envelope Conforming with CCIR Rec.465 - 2

ชนิดของทวนการ modulate และ mutiple access FM - FDMA
FM - SCPC
PSK - TDMA

ความจุของ channel ในโครงข่าย 28,800 channels ต่อ โครงข่าย
Single or multiple band Single (one pair)
Other pertinent datd Flux density 89.5 dBw/m

รายละเอียดของเครื่องรับที่ใช้การรับสัญญาณ

Gain	69.5 dB
Noise Figure , dB	3.9 dB
Phase Shift , deg	0.2
AM/PM , deg/dB	0.3
FM Tntelligible crosstalk ratio , dB	-193 + 20 log fm
Ɔ/3IM , dB	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Band width of carrier and associated up-path and down-path EIRP'S

Carrier type	Bandwidth (MHz)	E/S transit power (dBw)		S/C transmit EIRP (dBw)	
		min	max	min	max
		TV	36.0	27.0	31.0
	17.5	24.0	27.0	26.0	31.0
FDM/FM					
1200 chn	36.0	24.0	31.0	31.5	36.5
1068 chn	36.0	24.0	31.0	31.5	36.5
952 chn	36.0	24.0	31.0	31.5	36.5
360 chn	36.0	13.5	19.3	24.6	29.9
180 chn	21.5	10.6	16.8	21.7	27.0
144 chn	11.0	10.1	15.9	21.2	26.5
120 chn	10.0	9.5	15.3	20.6	25.9
108 chn	8.5	9.1	14.9	20.2	25.5
96 chn	8.0	8.7	14.5	19.8	25.1
84 chn	7.0	8.2	14.0	19.3	24.6
72 chn	5.5	7.6	13.4	18.7	24.0
60 chn	5.0	7.0	12.8	18.1	23.4
48 chn	4.0	6.2	12.0	17.3	22.6
36 chn	3.5	5.3	11.1	16.4	21.7
24 chn	2.0	4.0	9.8	15.1	20.4
12 chn	1.5	1.8	7.8	12.5	18.0
SCPC 60 kHz	0.025	-4.4	9.7	2.6	7.6
45 kHz	0.020	-6.2	8.5	0.3	5.8
30 kHz	0.020	-7.4	6.7	-0.4	4.6
22.5 kHz	0.01875	-9.2	5.5	-2.2	2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRE - PALAPA USERS MEETING 1992



BANDUNG, 28 NOVEMBER 1991

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PALAPA - B2R TRANSPONDER UTILIZATION

TELKOM

TRANSPONDER	U S E R	SERVICE	B W
1 H	TELEKOMUNIKASI INDONESIA	SCPC - DA	36 MHz
2 H	TELEKOMUNIKASI INDONESIA	SCPC - PA	36 MHz
3 H	TELEKOMUNIKASI INDONESIA	FDM - FM	36 MHz
4 H	TELEKOMUNIKASI INDONESIA	FDM - FM	36 MHz
5 H	TELEKOMUNIKASI INDONESIA	FDM - FM	36 MHz
6 H	TELEKOMUNIKASI INDONESIA	FDM - FM	36 MHz
7 H	TELEKOMUNIKASI INDONESIA	FDM - FM	36 MHz
8 H	TV REPUBLIC INDONESIA	TELEVISION	36 MHz
9 H	TELEKOMUNIKASI INDONESIA	FDM - FM	36 MHz
10 H	TELEKOMUNIKASI INDONESIA	SCPC - PA	36 MHz
11 H	TELEKOMUNIKASI INDONESIA	TDMA - LBR	36 MHz
12 H	TELEKOMUNIKASI INDONESIA	SCPC - PA	36 MHz
1 V	RINTIS SEJAHTERA	VSAT	36 MHz
2 V	TV REPUBLIC INDONESIA	OCCASIONAL TV	36 MHz
3 V	FREEPORT INDONESIA INCORPORATED	MCPC	1 MHz
4 V	CITRA SARI MAKMUR LINTAS ARTA	VSAT	9 MHz
5 V	DWIMITRA AEROLINTASWISATA	VSAT	9 MHz
6 V	TELEKOMUNIKASI INDONESIA	VSAT	9 MHz
7 V	TELEKOMUNIKASI INDONESIA	TDMA	36 MHz
8 V	TELEKOMUNIKASI INDONESIA	TDMA	36 MHz
9 V	TELEKOMUNIKASI INDONESIA	FDM - FM	36 MHz
10 V	PRIVATE USERS	FDM - FM	36 MHz
11 V	TELEKOMUNIKASI INDONESIA	FDM - FM	36 MHz
12 V	TELEKOMUNIKASI INDONESIA	TDMA - LBR	36 MHz
		TDMA	36 MHz
		TDMA	36 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PALAPA - B2P TRANSPONDER UTILIZATION

TELKOM

TRANSPONDER	U S E R	COUNTRY	B W	SERVICE
1 H	REPUBLIC BROADCASTING SYSTEM	PHILIPPINES	18 MHz	BROADCAST
2 H	CLAVESILLA RADIO SYSTEM - CORPORATION	PHILIPPINES	9 MHz	VSAT
	INTERNATIONAL COMMUNICATION CORPORATION	PHILIPPINES	9 MHz	VSAT
	TELECOMMUNICATION AUTHORITY OF THAILAND	THAILAND	18 MHz	VSAT
3 H	RAJAWALI CITRA TELEVISI INDONESIA	INDONESIA	36 MHz	BROADCAST
4 H	TELECOMMUNICATION AUTHORITY OF THAILAND	THAILAND	36 MHz	TDMA
5 H	INTERNATIONAL COMMUNICATION CORPORATION	PHILIPPINES	18 MHz	BROADCAST
	PEOPLE'S NETWORK	PHILIPPINES	18 MHz	BROADCAST
	TELEVISION NEW ZEALAND	NEW ZEALAND	36 MHz	BROADCAST
6 H	ABS - CBN BROADCASTING	PHILIPPINES	36 MHz	BROADCAST
7 H	HOME BOX OFFICE	U S A	36 MHz	BROADCAST
8 H	ENTERTAINMENT SPORT PROGRAM NETWORK	U S A	36 MHz	BROADCAST
9 H	OCCASIONAL TV	ASEAN	36 MHz	BROADCAST
10 H	SURYA CITRA TELEVISI INDONESIA	INDONESIA	36 MHz	BROADCAST
11 H	POST AND TELECOMMUNICATION CORPORATION	PAPUA NEW GUINEA	36 MHz	BROADCAST
12 H				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PALAPA - B2P TRANSPONDER UTILIZATION

TELKOM

TRANSPONDER	U S E R	COUNTRY	B W	SERVICE
1 V	ORDER WIRE GENERAL CIVIL AVIATION ADMINISTRATION	ASEAN VIETNAM	1 MHz 0,5 MHz	SCPC SCPC
2 V	SMARTCOM	INDONESIA	22,75 MHz	MCPC
3 V	MABES ABRI	INDONESIA	36 MHz	SCPC, TDMA
4 V	TELEVISION - 3 BANGKOK BROADCASTING AND TELEVISION CORPORATION	MALAYSIA THAILAND	36 MHz 36 MHz	BROADCAST BROADCAST
5 V	TELEVISION - 1 PUBLIC RELATIONS DEPARTMENT	MALAYSIA THAILAND	36 MHz 36 MHz	BROADCAST BROADCAST
6 V	TURNER BROADCASTING STATION	U S A	36 MHz	BROADCAST
7 V	SAMART - 2 BANGKOK BROADCASTING AND TELEVISION CORPORATION	THAILAND THAILAND	36 MHz 9 MHz	VSAT, SCPC SCPC
8 V	S C H Q POST AND TELEGRAPH DEPARTEMENT OF THAILAND	THAILAND THAILAND	9 MHz 18 MHz	SCPC SCPC
9 V	DOMESTIC SATELLITE PHIL SYARIKAT TELEKOM MALAYSIA	PHILIPPINES MALAYSIA	18 MHz 9 MHz	SCPC SCPC
10 V	SAMART - 1 TOPAZ	THAILAND AUSTRALIA	36 MHz 36 MHz	VSAT BROADCAST

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PALAPA - B4 TRANSPONDER UTILIZATION

TELKOM

NUMBER OF
TRANSPONDER

NUMBER OF TRANSPONDER	USER	COUNTRY
1	CAPITOL WIRELESS	PHILIPPINES
1	BUSINESS NEWS NETWORK	HONGKONG
1	VISTAR	HONGKONG
1	SINGAPORE BROADCAST	SINGAPORE
1	VIETNAM	VIETNAM
1	HOME BOX OFFICE	U S A
1	TURNER BROADCASTING STATION	U S A
1	EDUCATION TV	INDONESIA
4	TELKOM INDONESIA	INDONESIA
1	ARMY TV	THAILAND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TELKOM

PACIFIC RIM SATELLITE SYSTEMS

HUGHES STUDY

C - BAND

ASIASAT

PALAPA

CHINASAT

PACSTAR

TDRSS

INSAT

CS

STW

THAISAT

PANAMSAT

KU - BAND

INTELSAT

AUSSAT

PACSTAR

JCSAT

BS

KOREASAT

THAISAT

PANAMSAT

L - BAND

INMARSAT

AUSSAT

PACSTAR

PALAPA DOMESTIC TRANSPONDER REQUIREMENT

TELKOM

EXISTING PLAN (1996)

● FDM / FM	9	9
● SCPC / FM	4	4
● TDMA - MBR	4	4
● TDMA - LBR	0	3
● IDR	0	6
		26
● TV	3	8
		34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ENGINEERING ORDER WIRE

TELKOM

- TO BE PROVIDED BY TELKOM
- SEPARATE FROM THE EXISTING EQUIPMENT
- INDEPENDENT TO THE TRANSPONDER LEASED
- INTERIM PHASE, POINT TO POINT BETWEEN USERS AND MCS
- FINAL PHASE, HUGHES DIGITAL SCPC TELEPHONY EARTH STATION

TELKOM

REGIONAL

● PALAPA SATELLITE SYSTEM WILL
CONTINUE TO SERVE REGION
BEYOND INDONESIA TERRITORY

● PALAPA SATELLITE SYSTEM WILL
COVER OTHER POTENTIAL USERS

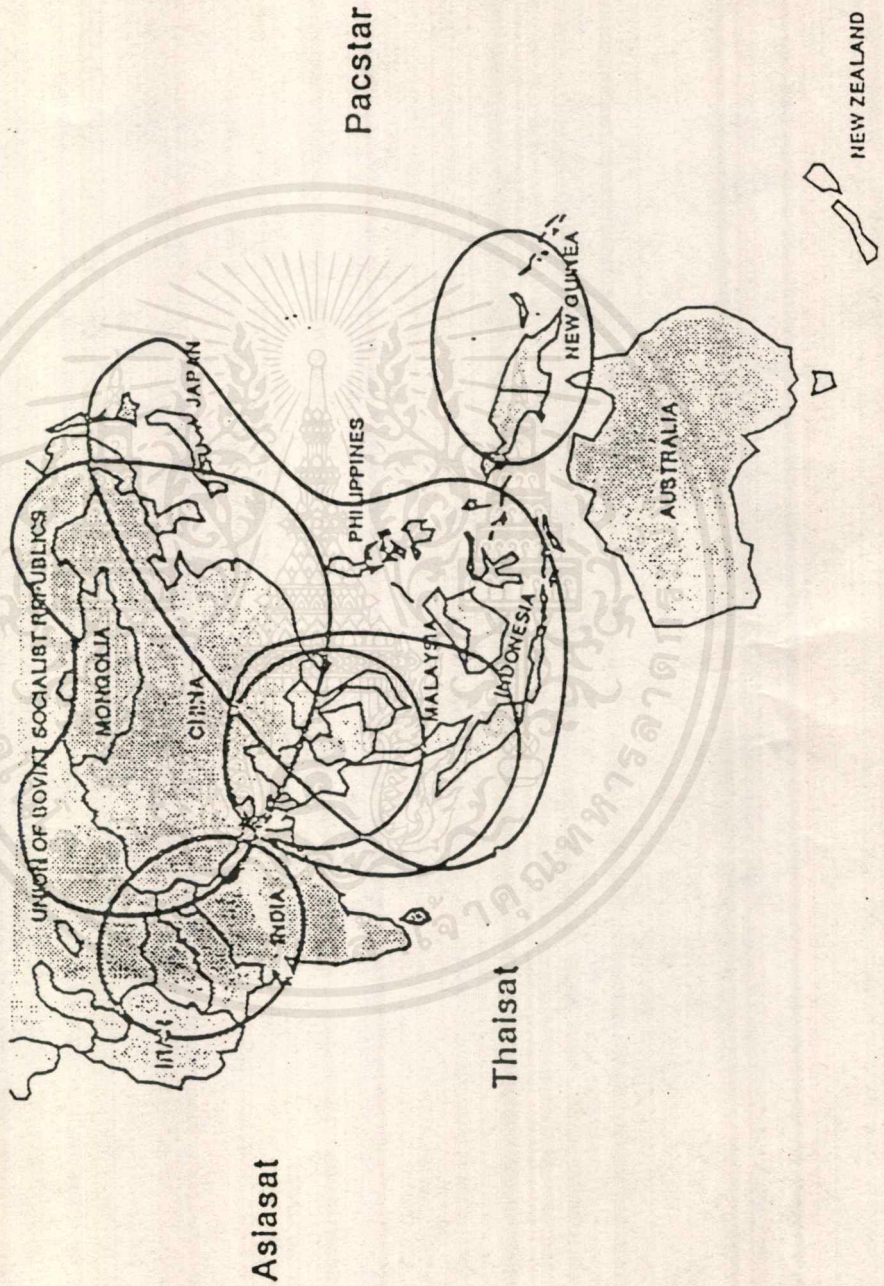
TELKOM	OPTION FOR PALAPA - C PAYLOAD
<ul style="list-style-type: none"> ● STANDARD C - BAND = 2 X 12 TRANSPONDER ● EXTENDED C - BAND = 2 X 14 TRANSPONDER ● L - BAND = 1 TRANSPONDER ● Ku - BAND = 2 TRANSPONDER 	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANTENNA COVERAGE OF SATELLITE SYSTEMS IN ASIA - PACIFIC

(HUGHES STUDY)

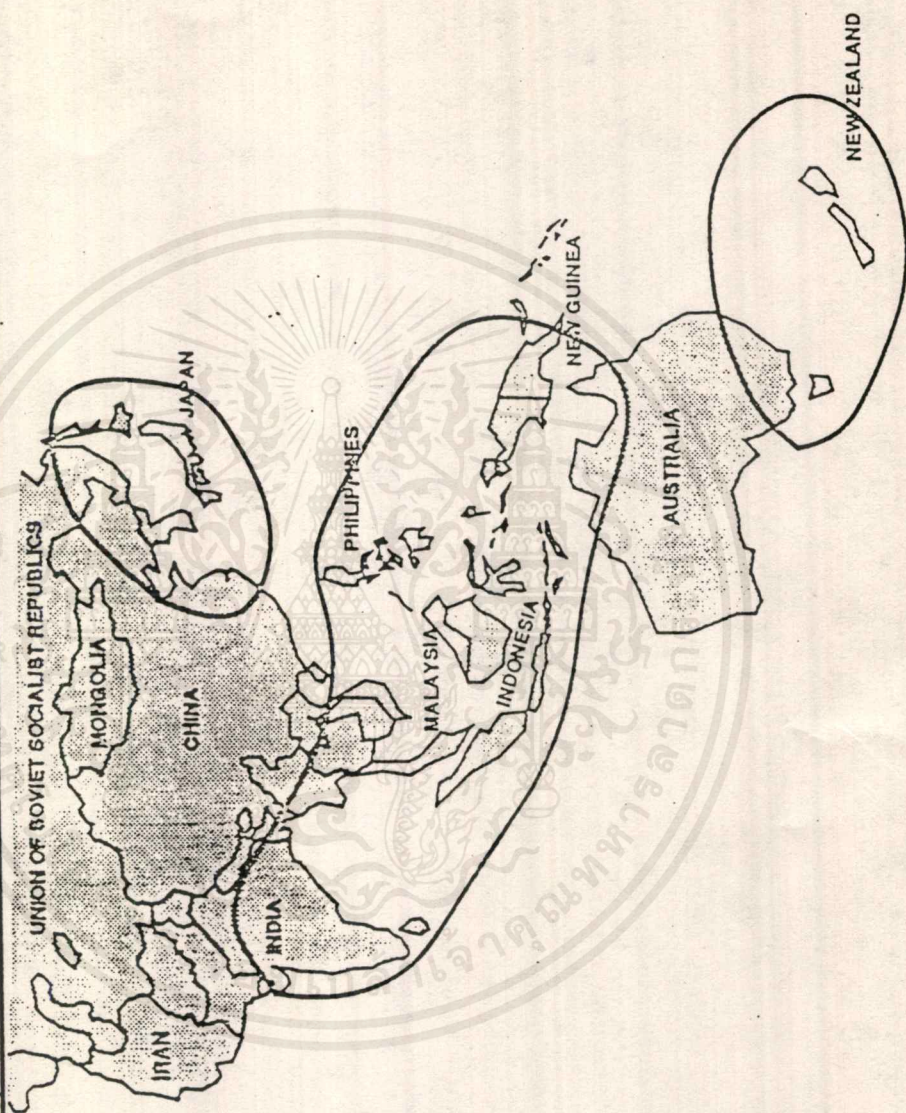
TELKOM



OPTION FOR PALAPA - C COVERAGE

(HUGHES STUDY)

TELKOM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

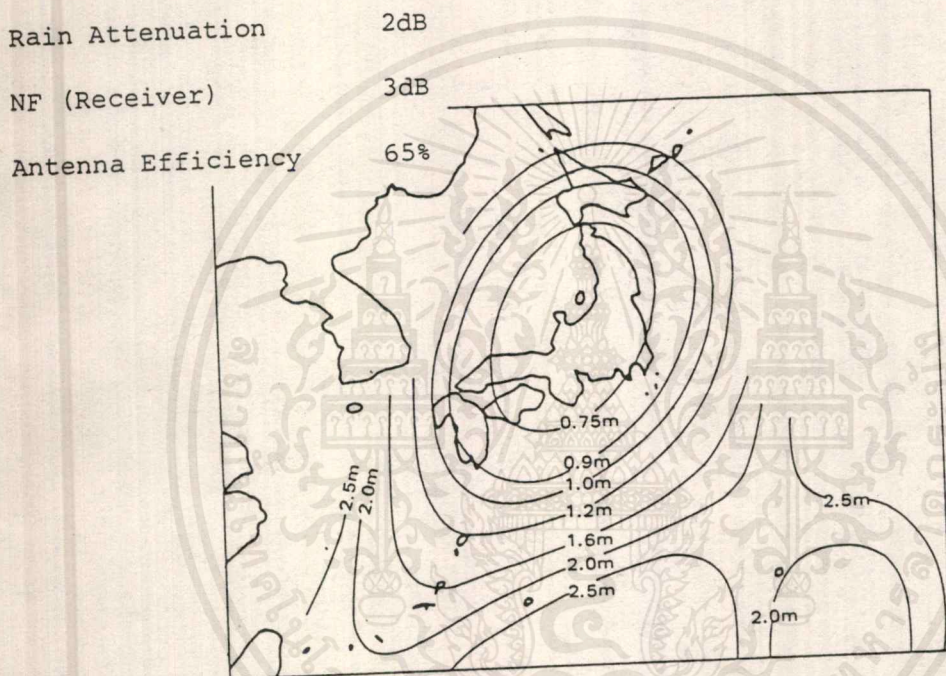


Fig.1 Diameter of parabolic antenna (CN Ratio 14dB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

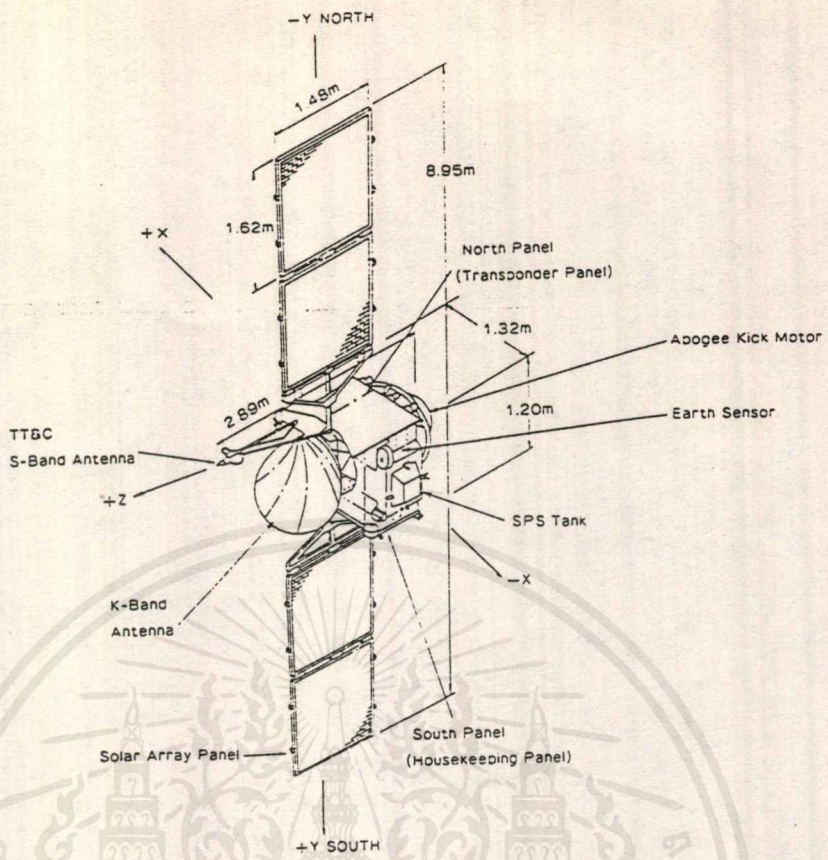


Fig.2-a BS-2 External View

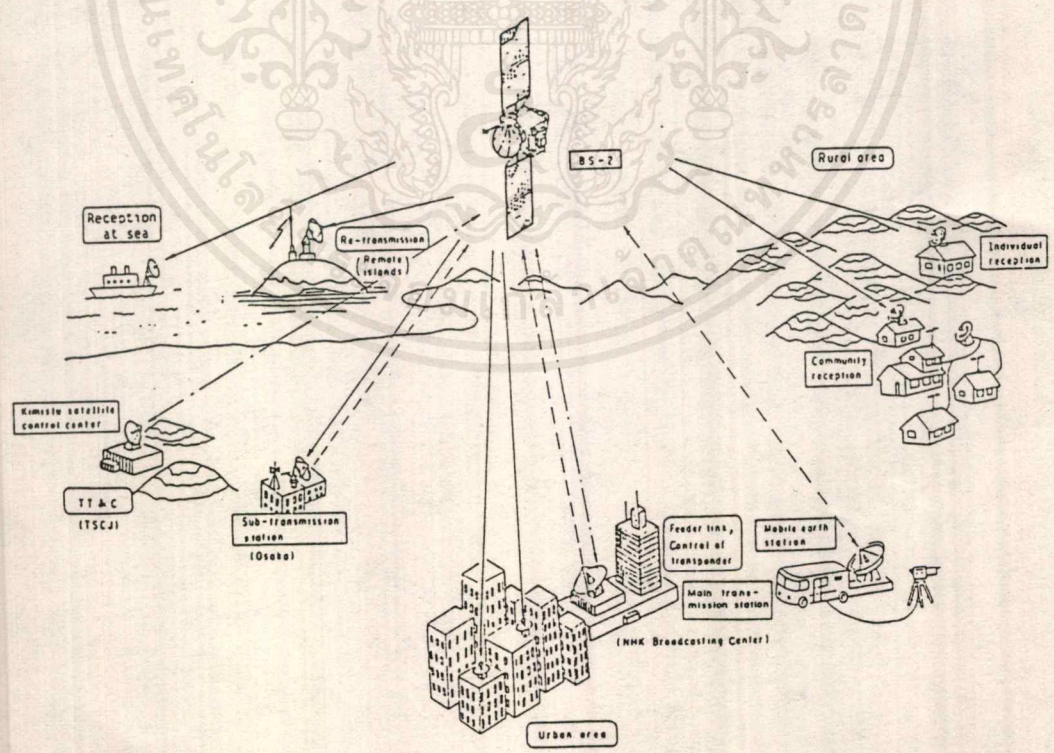
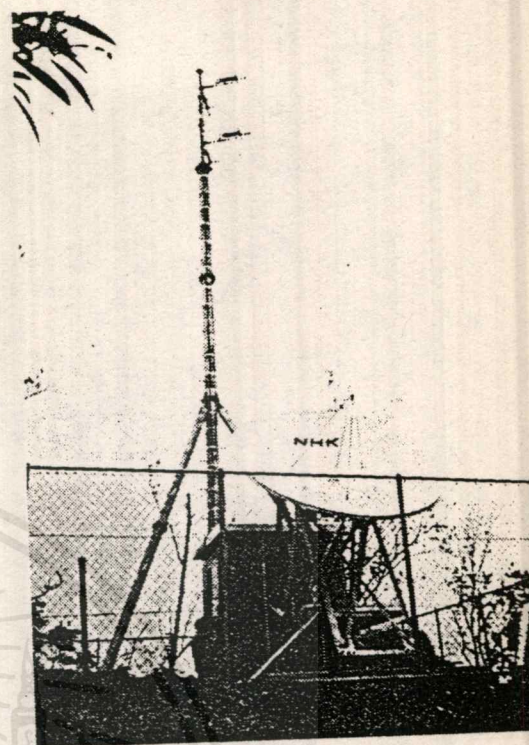


Fig.2-b Satellite Broadcasting System

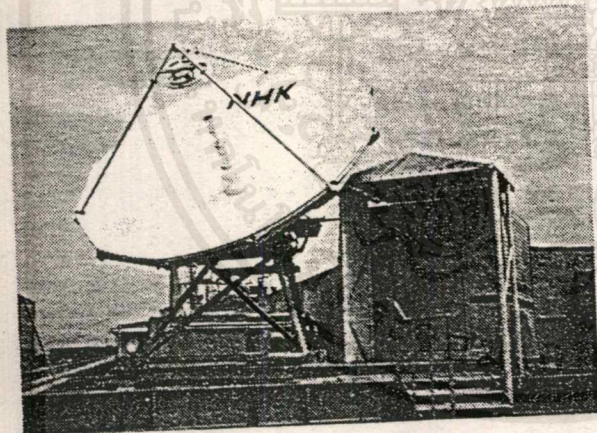
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



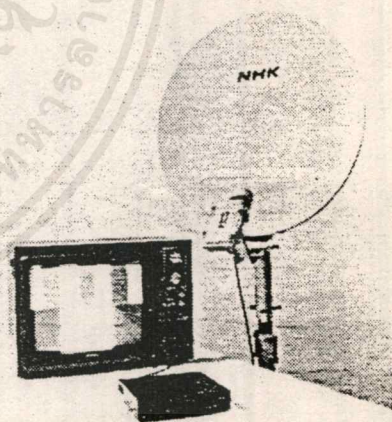
Main Earth Station



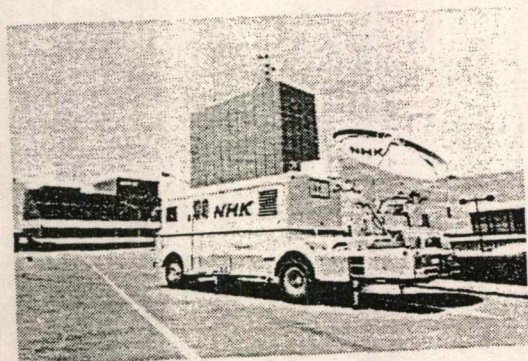
Rebroadcast Station



Osaka Sub Earth Station



Home Receiver



เอกสารนี้เป็นเอกสาร Mobile Earth Station สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 Major Characteristics of BS-2

Item	Function/Performance
Dimension	Box-type: 1.20m x 1.32m x 2.89m (including antenna)
Weight	N-II Rocket launch capability: 670 kg at launch
Attitude Control	Zero momentum 3-axis stabilization system
Station Keeping Accuracy	Orbit position: 110° East Longitudinal : Within $\pm 0.1^\circ$ Latitudinal : Within $\pm 0.1^\circ$ (for both BS-2a and BS-2b)
Antenna Beam Pointing Accuracy	Pointing accuracy: Within 0.1° (3σ) Rotation accuracy : Within $\pm 0.6^\circ$ (3σ)
Design Life	5 years
Communications Sub-system (COMM)	Number of channels: 2 (simultaneous operation) (channel 11 and channel 15 of WARC-BS) Transponder: Helix-type-TWT amplifier Transponder output: 100W or more

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2 Parameters/Performances for Communication System

Items	Parameters/Performances
Transmitting/Receiving System for Communication Channel Feeder/Down Link of Transponder Transmitting Power Transmission Bandwidth Head-amplifier for Reception Exciter (Transmitter) Final-amplifier (Transmitter)	14/12GHz Band 100W/Channel 27MHz GaAs FET Amplifier GaAs FET Amplifier Helix-type-TWT Amplifier
Antenna System for Communication Channel Polarization Beam Shape Antenna Gain	Offset-feed Parabolic Antenna Right-hand Circular Shaped Beam by 3 Feed-horns Main Islands of Japan: 37dB or more Remote Islands of Japan: 28dB or more

Table 3 Major Specifications of Ground Stations

	Diameter of antenna	Transmitting capability		Receiving capability
		Maximum power	Number of channels	
Main transmitting earth station	8 m (Tokyo)	1.4 kW	2	300 K
Sub transmitting earth station	4.5 m (Osaka)	1.4 kW	1	350 K
Transportable transmitting earth station	2.5 m	1.2 kW	1	400 K
Receive-only station (mainland	---	---	250 - 300 K
	remote island	---	---	250 K

Table 4 Ground Stations

	Capability	Location
Program Switch and Transmission Facility	To handle two channels of color TV programs with multiple access. On Air Program Switching Matrix, VTRs, Flying Spot Scanners, Announce Machines, etc.	NHK Broadcast Center (Tokyo)
Main Earth Station	To transmit two channels of color TV programs with the feeder link in 14 GHz band. To command the onboard broadcast transponders to switch on/off and to collect telemetry data. To have an order wire channel. Transmitting Antenna - - - - 8 m in diameter Transmitting Power ----- 1.4 kW Receiver G/T ----- min. 28 dB/K	
Osaka Sub Earth Station	To transmit one channel of color TV programs with the feeder link in 14 GHz band. To have an order wire channel. Transmitting Antenna ----- 4.5 m in diameter Transmitting Power ----- 1.4 kW Receiver G/T ----- min. 24 dB/K	Osaka Broadcasting Station
Mobile Sub Earth Station	To transmit one channel of color TV program with the feeder link in 14 GHz band. To have an order wire channel. Transmitting Antenna ----- 2.5 m in diameter Transmitting Power ----- 1.2 kW Receiver G/T ----- min. 21 dB/K	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4 Ground Stations (Continued)

	Capability	Location
Rebroadcasting Station	<p>To receive two channels of broadcast signals in 12 GHz band and to rebroadcast through VHF band.</p> <p>Receiving Antenna ----- 3 to 4.5 m in diameter</p> <p>Receiver G/T ----- 21 to 24 dB/K</p> <p>Rebroadcast Power ----- 1 to 100 W</p>	<p>Minami-daito Is. (about 1,300 km SW of Tokyo)</p> <p>Ogasawara Is. (2) (about 1,000 km S of Tokyo)</p>
Receive Monitor Station	<p>To monitor the variation of signal strength of DBS signals in 12 GHz band.</p> <p>To transfer those data, such as received signal level and rain fall data, to the main earth station.</p> <p>Receiving Antenna ----- 1 to 3 m in diameter</p> <p>Receiver G/T ----- 12 to 21 dB/K</p>	<p>Regional and Local Stations</p> <p>Sapporo (Hokkaido)</p> <p>Kumamoto (Kyushu).</p> <p>Minami-daito Is.</p>
Monitor Receiver	<p>To monitor the quality of video/audio signal.</p> <p>Receiving antenna ----- 1.2 m in diameter</p> <p>Receiver G/T ----- Min. 12 dB/K</p>	<p>Regional and Local Stations (about 60)</p>

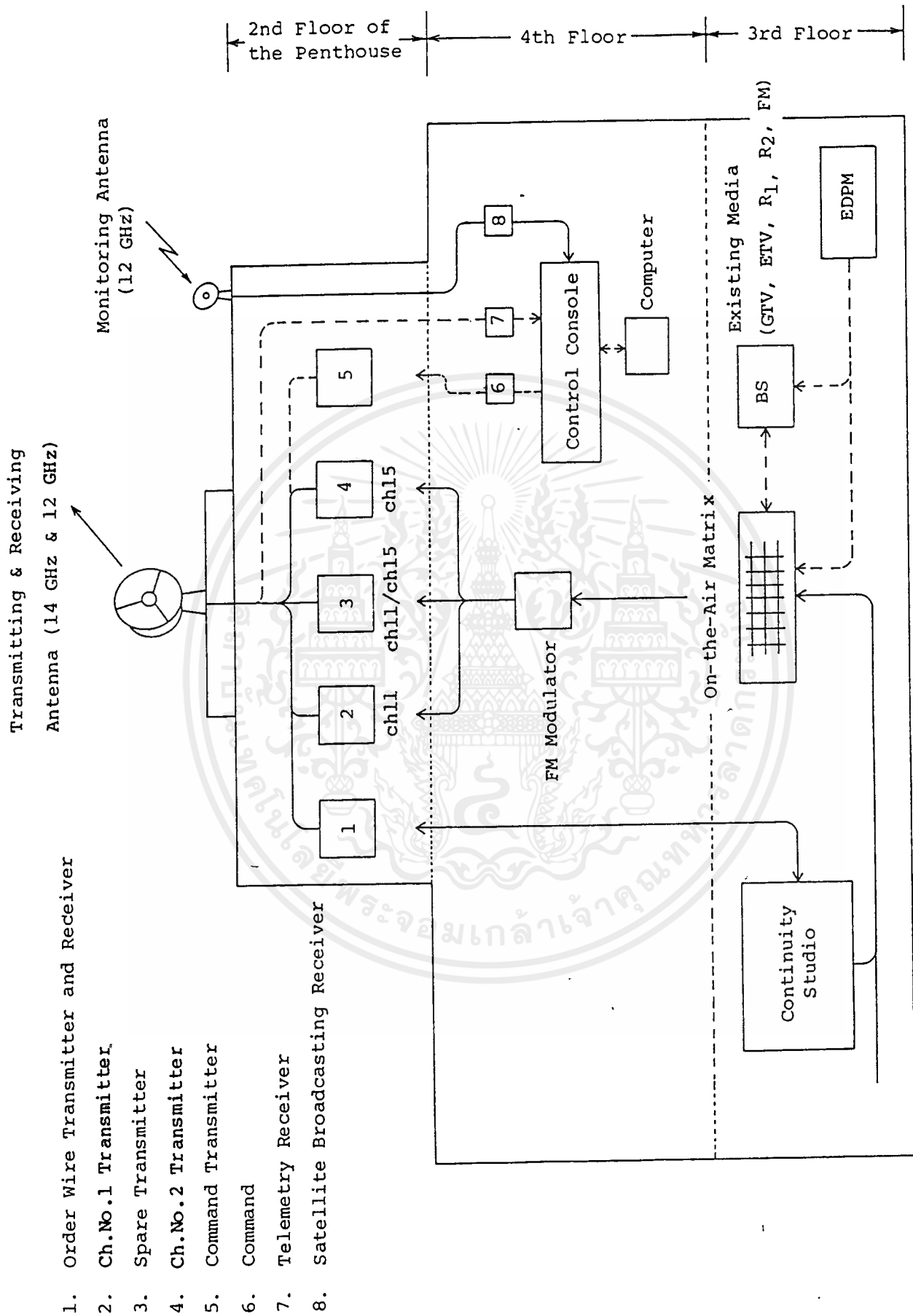


Fig.3 Block Diagram of Main Earth Station

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[TECHNICAL STANDARDS FOR SATELLITE BROADCASTING]

The Ministry of Posts and Telecommunications Ordinance stipulates television standards for the broadcasting satellite services. The modulation of the picture signal is FM of a 525 line NTSC television signal with a video frequency bandwidth 4.5 MHz. For sound, there is a single subcarrier system, which is modulated by digital sound and data signals (4 ϕ -DPSK). As various services, such as facsimile, teletext, and data/code signals in addition to sound are planned in the future, the two transmission modes, Mode A and Mode B are standardized.

[Mode A]: Mode A can transmit four monophonic sound signals with 32 kHz sampling, near-instantaneous 14 to 10-bit companding and error-protection using BCH (63, 56) which enable the correction of one single error and the detection of one double error of each sample, and additional 480 kbit data signals per second.

[Mode B]: Mode B can transmit two high quality sound signals with 48 kHz sampling, linear 16-bit per sample coding and error protection using BCH (63, 56) which enables the correction of one single error and the detection of one double error of each sample, and additional 240 kbit data signals per second.

This system offers good quality of reception of picture and sound, high capacity and flexibility in transmitting sound and data, as well as the use of less complex and less expensive receivers for satellite broadcasting.

Table 5 Transmission Parameters of the Video Signal

Items	Performances
Signal Standard	525 lines M/NTSC
Video Bandwidth	4.5MHz
Deviation	17MHzp-p (including sync)
Polarization of Modulation	Positive modulation for the video
Emphasis	CCIR Rec. 405-1
Energy Dispersal	600kHzp-p deviation 15Hz triangle wave

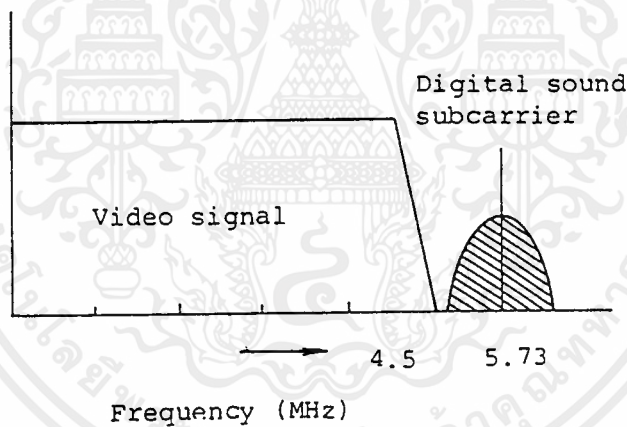


Fig.4 Spectrum of the Video Signal and a Digitally Modulated Sound Sub-carrier

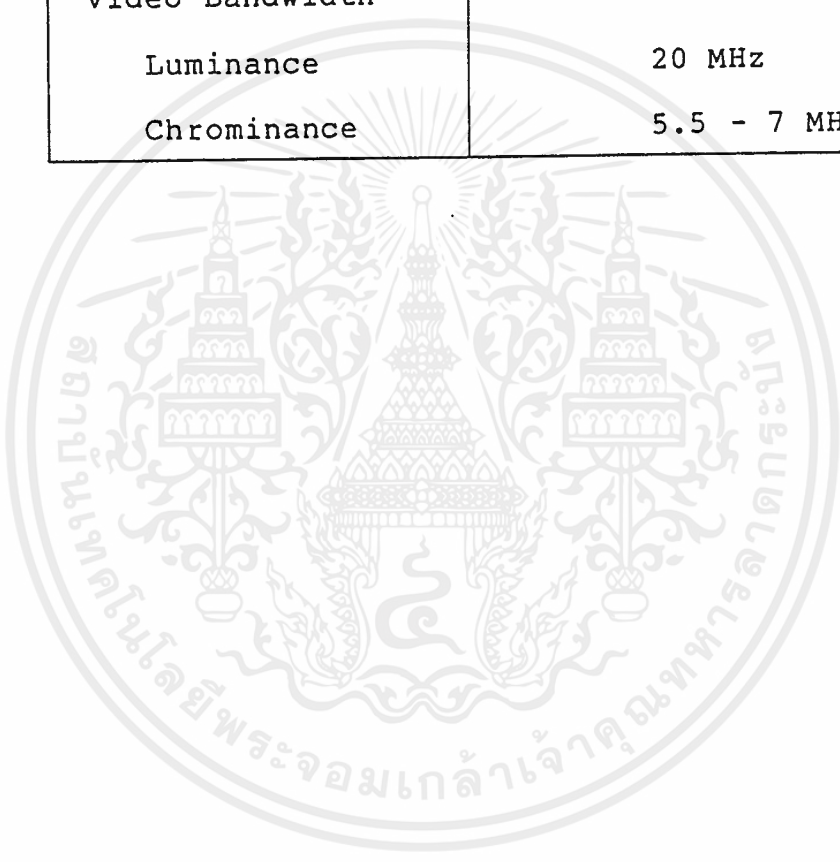
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 6 Transmission Parameters for Sound in Television Broadcasting via Satellite

Mode	A	B
Coding		
Sound Signal Bandwidth	15kHz	20kHz
Sampling Frequency	32kHz	48kHz
Sound Coding and Companding	14/10 bits near-instantaneous companding	16 bits linear
Sound Emphasis	50 μ s + 15 μ s	50 μ s + 15 μ s
Multiplexing		
Bit Rate	2,048Mbits/s	
Number of Sound Channels	4	2
Additional Data Capacity	480kbit/s	240kbit/s
Error Correction	BCH, SEC-DED (63, 56)	
- Sound and Data	BCH, SEC-DED + Hamming (7, 3)	
- Range Code	Majority decision	
- Control Code		
Modulation		
Subcarrier Frequency	5.727272MHz	
Deviation of the Main Carrier by the Subcarrier	\pm 3.25MHz	
Modulation Scheme	4 ϕ - DPSK	

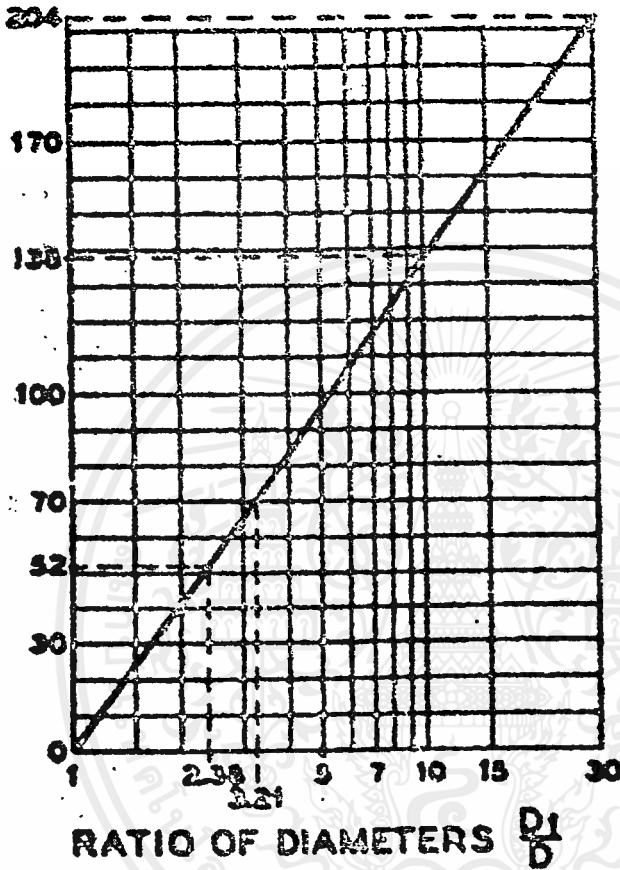
Table 7 Provisional Standard for a High Definition Television at NHK

Items	Parameters
Number of Lines	1,125
Aspect Ratio	5 : 3
Interlace Ratio	2 : 1
Field Frequency	60 Hz
Video Bandwidth	
Luminance	20 MHz
Chrominance	5.5 - 7 MHz



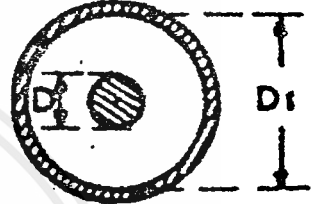
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHARACTERISTIC IMPEDANCE IN OHMS, Z_0



$$Z_0 = 438 \log_{10} \frac{D_1}{D}$$

COAXIAL OR CONCENTRIC LINE



D_1 = INSIDE DIAMETER OF OUTER CONDUCTOR

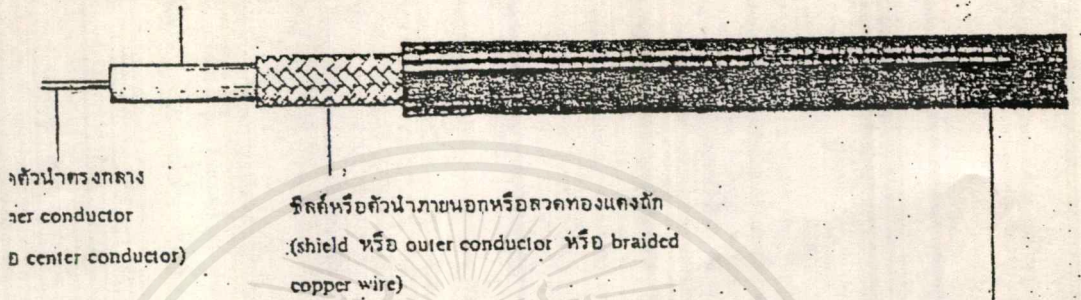
D = OUTSIDE DIAMETER OF INNER CONDUCTOR

CHARACTERISTIC IMPEDANCE OF AIR-FILLED COAXIAL LINES

If the filling of the line is a dielectric material other than air, the characteristic impedance of the line will be reduced by a factor proportional to the square-root of the dielectric constant of the material used as a dielectric within the line.

ชื่อเรียกและคำย่อเกี่ยวกับสายโคแอกเชียลที่ควรรู้

ฉนวนหรือสารไดอิเล็กทริก (insulation หรือ dielectric) มักจะเป็น PE (โพลีเอทิลีน) หรือ โฟม (cellular PE)



เปลือกหุ้ม (Jacket หรือ sheath) มักจะเป็น PE (โพลีเอทิลีน-มักจะเป็นสีดำ หรือสีธรรมชาติของสาร) หรือ PVC (โพลีไวนิลคลอไรด์ - มักจะเป็นสีเทาหรือดำ หรือขาว) หรือ NMV (non-migratory PVC - มักจะเป็นสีเทา หรือดำ)

ย่อมาจากคำว่า Radio Guide ซึ่งหมายถึงสายนำคลื่นวิทยุ

ย่อมาจากคำว่า Utility หรือ Universal ซึ่งหมายถึง ใช้งานทั่วไป

RG-8A/U

เป็นตัวเลขแสดงเบอร์ของสายโคแอกเชียล

ตัวอักษร A,B,C (อาจมีหรือไม่มีตัวแควร์ณี) แสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น วัสดุทำเปลือกหุ้มเปลี่ยนไป, จำนวนลวดตรงกลางต่างกัน, อิมพีแดนซ์ต่างกันเล็กน้อย, อัตราการสูญเสียต่างกันเล็กน้อย ฯลฯ

ตัวเลขแสดงเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกโดยประมาณของสารไดอิเล็กทริก

แสดงค่าอิมพีแดนซ์

C = 75Ω (เปลือกหุ้มมักจะเป็นสีดำหรือขาว)

D = 50Ω (เปลือกหุ้ม PVC มักจะเป็นสีเทาหรือขาว ถ้าเป็น PE มักจะเป็นสีดำ)

3C-2V

แสดงชนิดของสารไดอิเล็กทริก

2 = PE

F = โฟม

แสดงลักษณะของชีลด์ + เปลือกหุ้ม เช่น

B = ชีลด์ทองแดง + ชีลด์อะลูมิเนียม + PVC

E = ชีลด์ทองแดง + PE

L = ชีลด์อะลูมิเนียม + PVC

N = ชีลด์ทองแดง + ไนลอนถัก

V = ชีลด์ทองแดง + PVC

W = ชีลด์ทองแดง 2 ชั้น + PVC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง แสดงคุณสมบัติของสายนำสัญญาณเบอร์ต่างๆ

เบอร์สาย	อิมพีแดนซ์ (Ω)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	จำนวนเส้น	ผิวหุ้ม	อัตราสูญเสีย (dB) ที่ความยาว 100 เมตร								ความถี่ให้ (MHz)	แรงดันไฟฟ้า (V rms)	น้ำหนัก (kg/100m)
					10 MHz	30 MHz	50 MHz	100 MHz	145 MHz	200 MHz	400 MHz	1 GHz			
RG-8/U	52	10.3 (PVC)	7	0.78	2.0	3.7	5.2	7.2	8.8	10.3	15.4	29.2	98.8	4000	23 - 26.50
RG-8/U โฟม	50	10.3 (PVC)	1	0.78	1.3	2.9	3.9	5.5	7.4	8.9	13.8	22.4	85.3	1500	
RG-8A/U	52	10.3 (NMV)	7	0.88	2.0	3.7	5.2	7.2	8.8	10.5	15.4	29.2	98.8	4000	28 - 29.50
RG-11/U	75	10.3 (PVC)	7T	0.88	2.0	3.6	5.2	7.2	9.0	11.0	15.7	29.6	87.2	4000	28 - 29.50
RG-11/U โฟม	75	10.3 (PVC)	1	0.78	-	2.5	3.3	-	5.8	-	9.8	-	55.4	1600	
RG-12A/U	75	10.3 (NMV)	7T	0.88	2.0	3.6	5.2	7.2	9.0	11.0	15.7	29.6	87.2	4000	
RG-58/U	52.5	4.0 (PVC)	1	0.68	4.1	7.6	10.7	14.6	18.6	22.3	32.8	53.8	93.8	1000	10 - 12
RG-58A/U	50	4.0 (PVC)	19T	0.68	4.3	8.1	10.8	14.1	19.9	23.9	37.7	70.3	101.0	1000	10 - 13
RG-58A/U โฟม	50	4.0 (PVC)	1	0.78	-	-	10.5	14.8	17.8	21.8	29.1	47.8	85.3	800	
RG-58C/U	50	4.0 (NMV)	19T	0.68	4.3	8.1	10.8	14.1	19.9	23.9	37.7	70.3	101.0	1500	12
RG-59/U	75	6.1 (PVC)	1	0.68	3.6	6.9	7.9	11.2	13.6	16.1	23.3	39.7	68.9	2300	
RG-59/U โฟม	75	6.1 (PVC)	1	0.78	2.3	4.8	5.8	7.9	10.4	12.5	17.8	28.9	56.7	800	
RG-59B/U	75	6.1 (NMV)	1	0.68	3.6	6.9	7.9	11.2	13.6	16.1	23.3	39.7	68.9	2300	18
RG-174/U	50	2.5 (PVC)	1	0.68	15.8	-	21.7	29.2	34.3	39.4	51.4	98.4	101.0	1300	
RG-213/U	50	10.3 (NMV)	7	0.68	2.0	3.7	5.2	7.2	8.8	10.3	15.4	29.2	101.0	4000	
RG-214/U (Shield 7 ชั้น)	50	10.3 (NMV)	7S	0.68	2.0	3.7	5.2	7.2	8.8	10.3	15.4	29.2	101.0	5000	
RG-218/U	50	22.1 (NMV)	7	0.68	0.78	1.3	-	3.0	3.9	4.9	-	-	98.8	11000	
13C-2V	75	3.1 (PVC)	1	0.68	8.8	14.5	-	-	33.0	38.0	-	-	89.0	300	
23C-2V	75	4.0 (PVC)	1	0.68	5.2	9.0	-	-	21.0	25.0	-	-	68.0	500	
3C-2V	75	5.8 (PVC)	1	0.68	4.4	7.7	-	-	17.4	20.8	-	-	67.0	1000	5 - 7
(3C-2V)	75	5.8 (PVC)	7	0.68	4.8	8.8	-	-	19.4	22.9	-	-	67.0	1000	
5C-2V	75	7.5 (PVC)	1	0.68	2.8	4.9	-	-	11.2	13.2	-	-	67.0	2000	8 - 12
(5C-2V)	75	7.5 (PVC)	7	0.68	2.3	5.8	-	-	13.4	15.9	-	-	67.0	2000	
7C-2V	75	10.3 (PVC)	1	0.68	1.8	3.2	-	-	7.8	9.0	-	-	67.0	4000	23 - 40
(7C-2V)	75	10.3 (PVC)	7	0.68	2.1	2.7	-	-	8.9	10.8	-	-	67.0	4000	
10C-2V	75	13.8 (PVC)	1	0.68	1.4	-	-	-	6.2	7.4	-	-	67.0	5000	
(10C-2V)	75	13.8 (PVC)	7	0.68	1.8	2.1	-	-	7.2	8.6	-	-	67.0	5000	
13D-2V	50	2.8 (PVC)	7	0.64	8.3	13.8	-	28.8	34.2	40.6	-	100.8	104	300	
23D-2V	50	4.0 (PVC)	1	0.64	5.0	8.8	-	15.2	19.2	23.5	-	55.3	100	500	
3D-2V	50	5.8 (PVC)	1	0.68	4.4	7.7	-	13.8	17.0	-	-	50.3	100	1000	
(3D-2V)	50	5.8 (PVC)	7	0.68	4.6	9.0	-	13.8	19.0	22.5	-	54.3	100	1000	
5D-2V	50	7.5 (PVC)	1	0.68	2.8	4.8	-	8.0	10.6	12.5	-	33.8	180	2000	
(5D-2V)	50	7.5 (PVC)	7	0.68	2.7	4.9	-	10.0	12.2	14.5	-	37.3	100	2000	
8D-2V	50	11.3 (PVC)	1	0.68	1.5	-	-	5.0	7.0	-	-	22.7	100	4000	
(8D-2V)	50	11.3 (PVC)	7	0.68	2.0	3.3	-	8.2	7.9	9.5	-	24.9	100	4000	
10D-2V	50	13.7 (PVC)	1	0.68	1.4	2.4	-	4.7	5.6	6.5	-	19.7	-	5000	
(10D-2V)	50	13.7 (PVC)	7	0.68	1.4	-	-	5.3	6.8	-	-	21.4	-	-	
3D-LFV (โฟม)	50	8.0 (PVC)	1	0.78	-	-	-	-	15.6	-	27.6	-	-	-	13 - 18
3D-FB (โฟม/Shield 2 ชั้น)	50	7.8 (PVC)	1	0.78	-	-	-	-	7.8	-	13.6	-	-	-	18 - 22
4D (โฟม/Shield 2 ชั้น)	-	11.1 (PVC)	1	0.78	-	-	-	-	5.0	-	9.0	-	-	-	47 - 60
10D-FB (โฟม/Shield 2 ชั้น)	50	13.6 (PVC)	1	0.78	-	-	-	-	3.8	-	7.0	-	84	-	65 - 73
12D-FB (โฟม/Shield 2 ชั้น)	50	15.4 (PVC)	1	0.79	-	-	-	-	3.2	-	5.9	-	84	-	170 - 127
hard line 3" Alum Foam	52	-	1	0.81	-	1.8	2.4	-	4.3	-	7.5	-	82	-	
hard line 1" Alum Foam	52	-	1	0.81	-	1.4	1.8	-	3.3	-	5.6	-	82	-	
helix แบบโฟม 1" 2	50	11.2	1	0.88	1.0	1.8	2.3	3.4	4.1	4.9	7.1	11.5	-	-	
helix แบบโฟม 1" 2	50	16.0	1	0.88	0.7	1.3	1.7	2.5	3.1	3.7	5.4	8.9	-	-	
พวมน้อยขงค	300	10.3	7	0.85	-	-	-	-	8.9	-	-	-	-	-	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 3-1 - TRANSMISSION LINES

Type of Line	Nominal Imp., ohms	RGU Type	Mfrs. No.	Outside Dia. inches	Jacket	Inner Cond. Size	Dielectric	Cap. per Ft. pF	Velocity Factor	Max. rms Voltage	Power Rating, Watts		Connector Series		
											30 MHz	400 MHz			
Flexible Coaxial Medium	52	8A	621-111	.405	I	7/21	SP	29.5	.66	8000	1720	465	UHF, N		
	50		T-4-50	.405	IIA	7/21	SP	29.5	.66	5000	1720	465	UHF, N		
	50			.405	X	7/19	FP	24.5	.80	1500			UHF		
	75			.405	X	10	FP	20.5	.66	3000			UHF, N		
	75	11A		.405	I	7/26	SP	20.5	.66	5000	1400	340	UHF, N		
	75		621-100	.405	IIA	7/26	SP	20.5	.66	3000			UHF, N		
	75		JT-204	.407	X	14	FP	16.5	.80	3000			UHF		
														UHF	
															UHF, BNC, N
															UHF, BNC, N
Small	53.5	58		.195	I	.20	SP	28.5	.66	1900	580	135	UHF, BNC, N		
	50	58A		.195	I	19/.0071	SP	30	.66	1900	550	105	UHF, BNC, N		
	53.5	58B		.195	IIA	.20	SP	28.5	.66	1900	580	135	UHF, BNC, N		
	30	58C		.195	IIA	19/.0071	SP	30	.66	1900	550	105	UHF, BNC, N		
	73	59		.212	I	.23 cw	SP	21.5	.66	2300	720	185	UHF, BNC, N		
Parallel Conductor Flat or Oval	75		214-023	.242	I	20 cw	SSP	13.5	.80	1000	550	230	UHF, BNC, N		
	300		214-036				SP	20	.71	1000					
	300		214-022				SP	3.8	.82	900					
Tubular	300		214-271				PA	3.9	.82	1000					
	300		214-076				PA								
	309		214-103				FP								

Column 3: T-4-50 and JT-204 are manufactured by Times Wire & Cable, Wallingford, Conn. Other numbers are types made by Amphenol, Chicago, Ill.

Column 5: I - Polyvinyl chloride (PVC), black; IIIA - Noncontaminating PVC, black or gray; IIIA - Polyethylene, black; Noncontaminating and abrasion-resistant. Recommended when cable is to be buried underground. P - Polyethylene. X - Xelon.

Column 6: Conductors are copper unless followed by CW (copper-weld). Decimal numbers give wire diameter in inches; others are standard copper-wire gauge except when preceding a figure, when the figure indicates number of strands; e.g., 7/21 means 7 strands of No. 21 copper wire.

Column 7: SP - Solid polyethylene; SSP - Polyethylene strand wound around inner conductor; enclosed in solid tube of same material. FP - Foamed polyethylene. FPE - Foamed polyethylene surrounding each conductor; outer en-

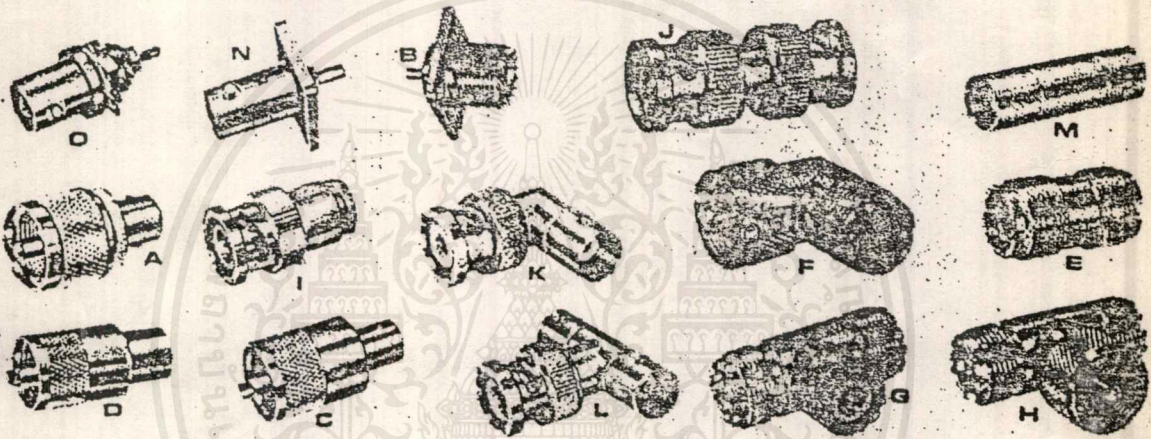
closure solid polyethylene. Type 214-103 I, intended for use under adverse conditions. PA - Polyethylene tube with air core.

Column 9: Open parallel-conductor line has a velocity factor of 0.95 to 0.975, depending on number of spacers and dielectric material of which they are made. Polyethylene spacers used in types listed.

Column 12: Only connectors in common use by amateurs are included.

Connectors

BNC & UHF SERIES PLUGS AND SOCKETS



O...แจ็ก BNC แบบขั้วคั่น ฐานกลมใช้ต่อสาย

N...แจ็ก BNC แบบขั้วคั่น ฐานสี่เหลี่ยม มีรูยึดสกรู 4 ตัว ใช้ต่อสาย

B...แจ็ก SO259 แบบขั้วคั่น ฐานสี่เหลี่ยม มีรูยึดสกรู 4 ตัว ใช้ต่อสาย

J...ปลั๊ก BNC หัวท้าย

M...แจ็ก BNC หัวท้าย

A...ปลั๊ก UHF PL-259 อีกด้านเป็นแจ็ก BNC.

L...Free Plug BNC แบบต่อสาย.

F...จ็องอปลั๊ก PL-259 ด้านท้ายเป็นแจ็ก SO-259

K...จ็องอปลั๊ก BNC อีกด้านเป็นแจ็ก BNC

E...จ็องอตรงแจ็ก PL-259 หัวท้าย

D...หัวต่อปลั๊ก UHF PL-259 ท้ายเข้าสาย 5C

C...หัวต่อปลั๊ก UHF PL-259 ท้ายเข้าสาย 3C

L...BNC T Adaptor แบบ Free Plug BNC 1 ทาง เป็นแจ็ก BNC 2 ทาง

G...Coaxial Cable Connector แจ็กหัวต่อ 3 ทาง UHF PL-259

H...Coaxial Cable Connector จ็องอ 3 ทาง UHF PL-259 และ SO-295

マサプロ

AASPRO SATELLITE RECEIVING SYSTEM

外国衛星放送受信機

SATELLITE RECEIVERS

受信周波数 950~1475MHz

SR500

(据置式)

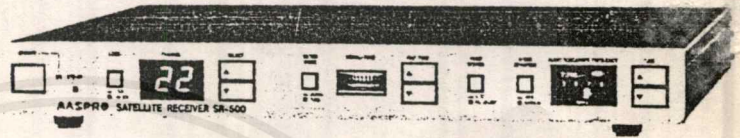
SR500R

(ラック式)

B-12

衛星受信装置

初文



アメリカ、オーストラリア、ソ連のテレビ放送を直接受信する高性能受信機です。据置式とラック式があります。

SR500 ¥300,000
SR500R ¥300,000

アメリカの放送 (NTSC方式) は国内用テレビで見ることができます。
オーストラリア、ソ連の放送をカラーで受信するためには、PAL、SECAM方式のテレビが必要です。

MAASHT & MASHT & MASHT

高性能・最新技術

- きれいな画面 ———— マスプロ独自のリニア-PLL映像復調回路によって、衛星からの極めて微弱な電波を鮮明な画像として映し出します。
- 選局操作が簡単 ———— ボルテージ シンセサイザ チューニング方式ですから、選局ボタンを押すだけで、瞬時に選局できます。

使い易い便利な機能

- 見やすいチャンネル表示 ———— 選局ボタンを押すと、見やすい大きな文字で受信チャンネルが表示されます。
- チューニングメーター ———— 映像と音声のチューニングがメーターで簡単に確認できます。
- 選局ロック機能 ———— 選局してからロックボタンを押しておけば、誤って操作ボタンに触れてもチューニングがずれません。

親切・技術の

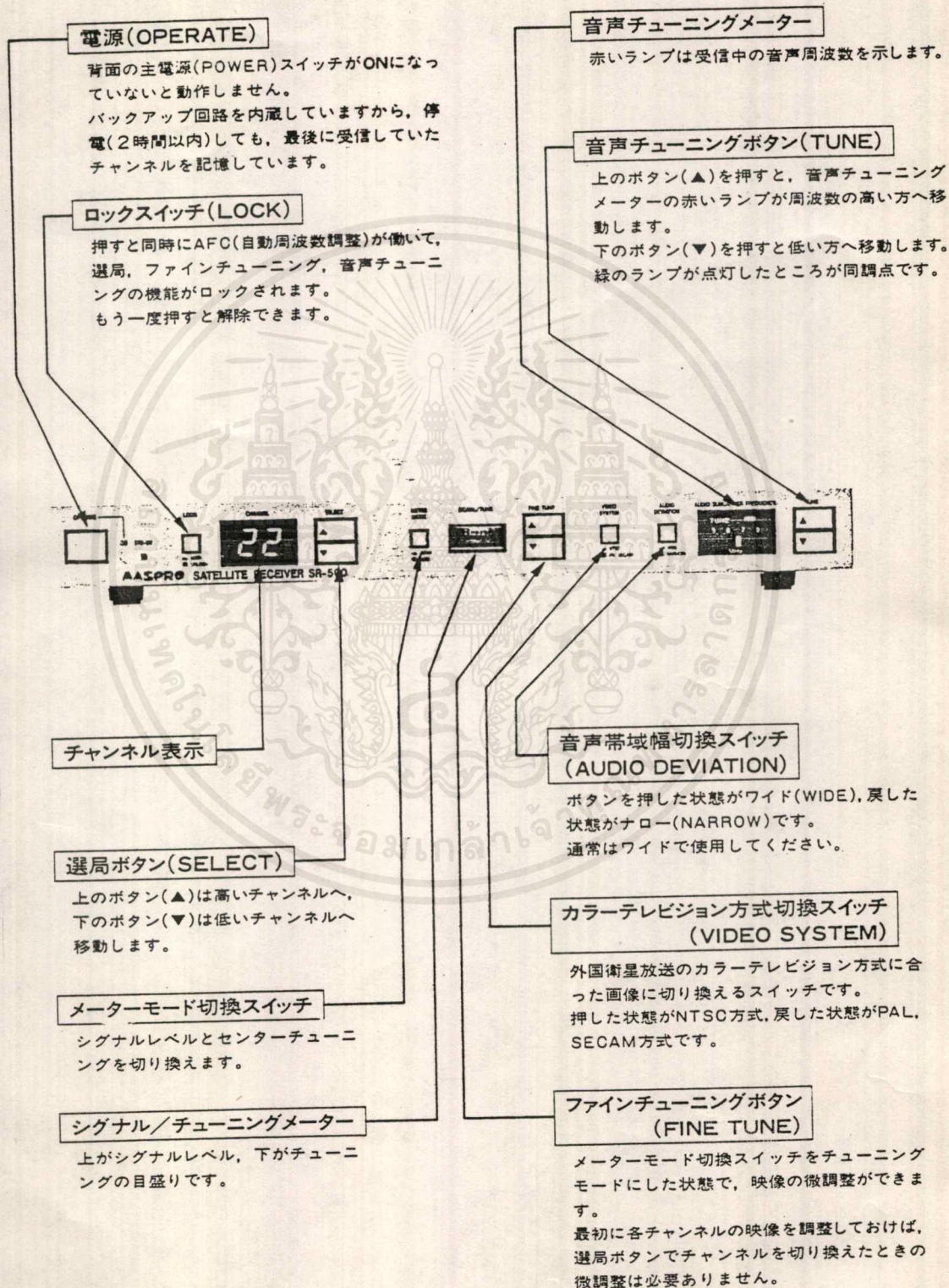
AASPRO

マサプロ電工

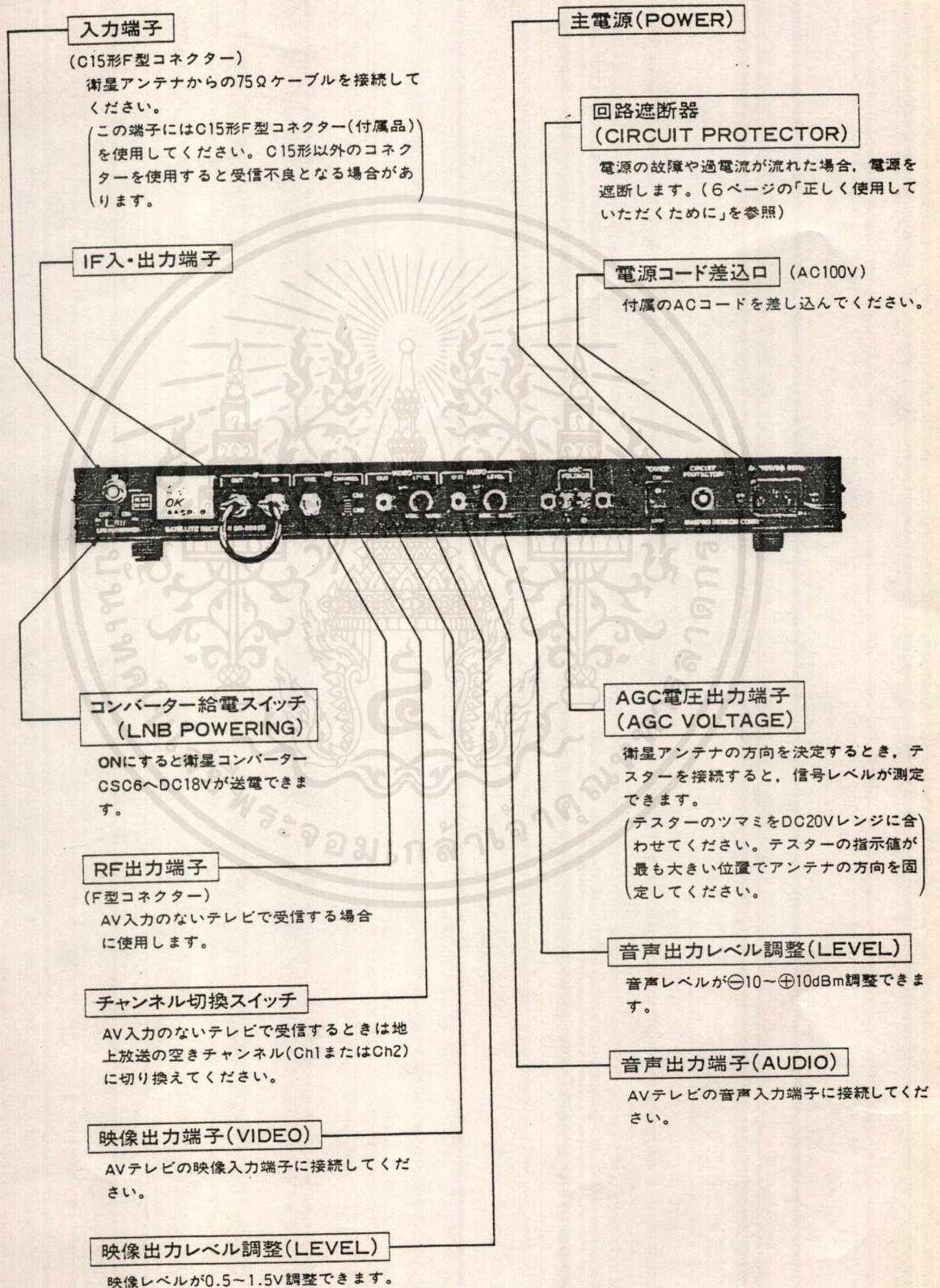
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำ ธ.ค.60 10/1

部の名称と機能

前面

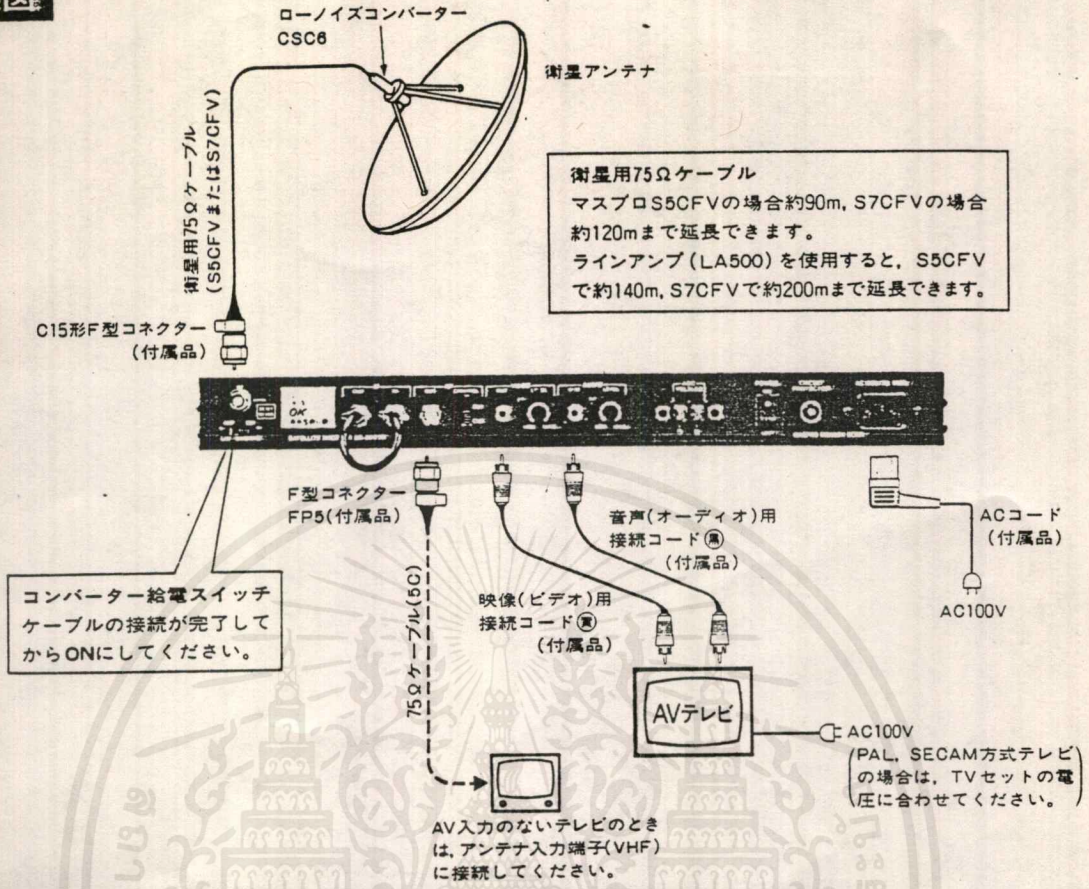


背面



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

線図

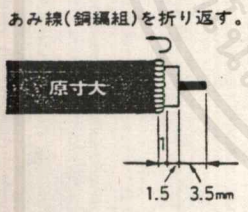


衛星用75Ωケーブル
 マスプロS5CFVの場合約90m, S7CFVの場合約120mまで延長できます。
 ラインアンプ(LA500)を使用すると, S5CFVで約140m, S7CFVで約200mまで延長できます。

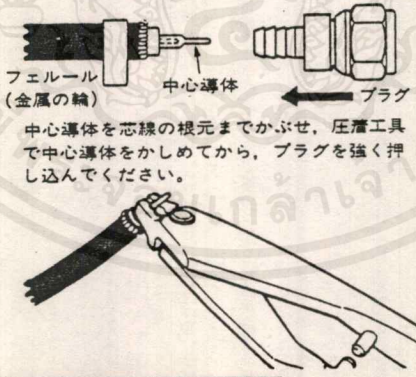
C15形F型コネクタ(プラグC15FP5, C15FP7)の取付方法

接触不良やショートを防ぐため、プラグはていねいに取り付けてください。
 C15FP5はS5CFV用, C15FP7はS7CFV用です。

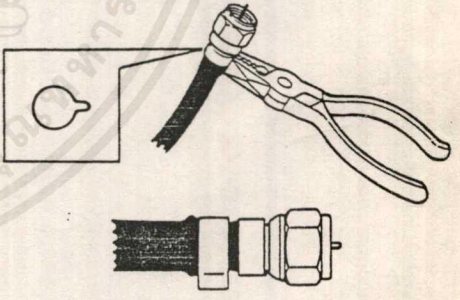
① 75Ωケーブルの加工



② 中心導体の圧着とプラグの取り付け

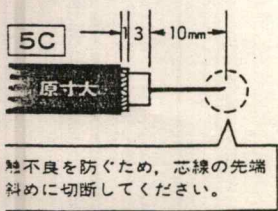


③ フェルールの圧着

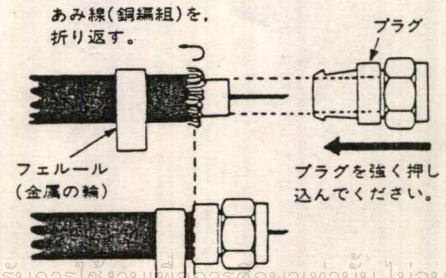


F型コネクタ(プラグFP5)の取付方法

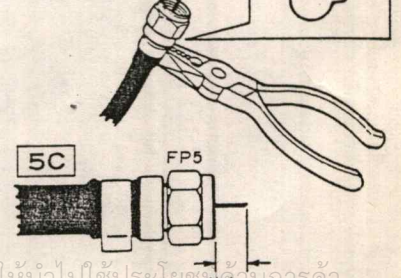
① 75Ωケーブルの加工



② プラグの取り付け



③ フェルールの圧着



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่น การค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

各表

Specifications

MASPRO

式 odel	SR500(据置式), SR500R(ラック式)	
受信周波数 ut Reception Frequency	950~1475MHz	
局方式 annel Selection	ボルテージ シンセサイザー	
出力レベル範囲 ut Level Range	⊖60~⊖20dBm	
出力VSWR ut VSWR	2以下	
動作範囲 C Hold Range	±5MHz	
像出力レベル deo Output Level	1Vp-p	
像出力可変範囲 deo Output Level Control Range	0.5~1.5Vp-p	
ランプ amping	40dB以上	
像ディエンファシス deo De-emphasis	525本(NTSC) 625本(PAL, SECAM)	
分利得(DG) fferential Gain	3%(APL10~90%)以下	
分位相(DP) fferential Phase	3°(APL10~90%)以下	
声副搬送波周波数 idio Subcarrier Frequency	5~8MHz	
声周波数特性 idio Frequency Response	50~15000Hz	
声周波数偏移(NARROW/WIDE) idio Deviation	75/280kHz	
声出力レベル idio Output Level	⊖10~⊕10dBm(連続可変)	
用温度範囲 emperature Range	0~⊕40℃	
電源 ower Requirements	AC100V 50-60Hz 30W	
外形寸法 ensions	SR500 据置式	54(H)×425(W)×390(D)mm
	SR500R ラック式	49(H)×480(W)×390(D)mm(BTS標準ラックに適合)
重量 eight	約6kg	
その他 ite	DC18V 5W (入力端子からコンバーターへ給電)	

マスプロの性能表に絶対うそはありません。保証します。

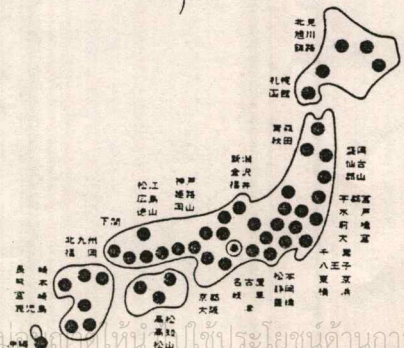
付属品

- ACコード..... 1本
- 映像用接続コード(ⓐ)..... 1本
- 音声用 " (ⓑ)..... 1本
- C15形F型コネクタ(プラグC15FP5)..... 1個
- " " (" C15FP7)..... 1個
- F型コネクタ(プラグFP5)..... 1個
- (SR500Rにはラック取付用のビス・ワッシャー)
が各2個付いています。

年間無償保証
 的故障はメーカーの責任です。正常な
 月で、1年以内に故障した場合は無償
 理いたします。
 は全製品に保証書を発行しておりま
 が、責任をもって修理いたします。

**ニューメディア CATVの
マスプロ電**

営業窓口 TEL 名古屋 (052) 802-2244
 技術相談 // (052) 802-2211



MASPRO & MAS PRODUCTION

2K52-92B

N-510-1928-1

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ณรงค์ เหมกรณ์.การสื่อสารดาวเทียม.กรุงเทพฯ:สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2533.
2. ทศพร ชิมตระการ.เทคโนโลยีการสื่อสาร.กรุงเทพฯ.2533.
3. น.ศ.อนุวัตร เล็กสวัสดิ์.เทคโนโลยีการสื่อสาร.กรุงเทพฯ.2534.
4. สมชาย โมบัณฑิตย์.เซมิคอนดักเตอร์.กรุงเทพฯ.2533.
5. อุดม จะโนภาช.เทคโนโลยีการสื่อสาร.กรุงเทพฯ.2534.
6. Frank Baylin and Brent Gale.Ku-Band SATELLITE TV.Baylin/Gale Production.1986.

