

จานรับสัญญาณดาวเทียม
(Parabolic Antenna)



บริษัทยาภิวัฒน์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตรปริญญาเอกสาขารัฐศาสตร์บัณฑิต

สาขา เทคโนโลยีโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032588



PARABOLIC ANTENNA



MR. SOMBOON PONGPRUK
MR. THEERA NEESUNGNEON
MR. CHAIMONGKOL KIENNGAM

PROJECT REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE BACHELOR'S DEGREE
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032588

หัวข้อบริษัฏาณินท์	งานรับสั่งฎาฎคาว เขียม
โดย	นาย สมบุรณ พงษ์พดกษ
	นาย ชีระ ถีสุง เนิน
	นาย ชัยมงคล เคียมงาม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. กนก เจนจิระพงศเวช
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2535

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับบริษัฏาณินท์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์
บัณฑิต

.....	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
()	
คณะกรรมการสอบบริษัฏาณินท์	
.....	ประธานกรรมการ
()	
.....	กรรมการ
()	
.....	กรรมการ
()	
.....	กรรมการ
()	
.....	กรรมการ
()	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROJECT REPORT

PARABOLIC ANTENNA

BY

MR.SOMBOON PONGPRUK

MR.THEERA NEESUNGNEON

MR.CHAIMONGKOL KIENNGAM

PROJECT REPORT ADVISOR

DR. KANOK JAINJIRAPONGVEJ

DEPARTMENT OF

INDUSTRIAL TECHNOLOGY

ACADEMIC

1992

ACCEPTED BY THE FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY, LADKRABANG IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE BACHELOR'S DEGREE.

DEAN OF FACULTY OF ENGINEERING

PROJECT REPORT COMMITTEE

CHAIRMAN

MEMBER

MEMBER

MEMBER

MEMBER

COPYRIGHT OF THE FACULTY OF ENGINEERING KMITL

1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานรับสัญญาณดาวเทียม

โดย

1. นายสมบูรณ์ พงษ์พาศน์ 34.132130
2. นายธีระ ธีสูงเนิน 34.132109
3. นายชัยมงคล เคียนงาม 34.132105

ผศ.ดร. กนก เจนจิระพงศ์เวช อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2535

บทคัดย่อ

โครงการที่หา นี้ เป็นการทดลองสร้างงานสายอากาศรับสัญญาณดาวเทียม ในระบบ TVRO (Television Receiver Only) โดยงานสายอากาศที่สร้างนี้ มีส่วนโค้งเป็นลักษณะ Ideal Parabola ทาจากแผ่นโลหะตะแกรง โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.4 เมตร จากการออกแบบ ให้มีประสิทธิภาพของงานสายอากาศประมาณ 65% ทำให้ได้ค่าอัตราขยายของงานสายอากาศประมาณ 38 dB

PARABOLIC ANTENNA

by

Mr. Somboon Pongpruk 34.132130

Mr. Theera Neesungnoen 34.132109

Mr. Chaimongkol Kienngam 34.132105

Dr. Kanok Jainjirapongvej Advisor

1992

Abstract

This project construct parabolic antenna by have object for receive signal from ASIASAT satellite in system for education and experiment about this antenna.

This parabolic antenna make from sieve metal have diameters length 2.4 m. From design have efficiency antenna approximately 65 % therefore have gain antenna equal 38 dB

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
abstract	
บทนำ	
บทที่ 1 ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม	1
บทที่ 2 ระบบงานสายอากาศดาวเทียม	16
บทที่ 3 งานสายอากาศสำหรับรับสัญญาณจากดาวเทียม	21
บทที่ 4 การออกแบบและการสร้างงานรับสัญญาณดาวเทียม	47
บทที่ 5 การทดลองรับสัญญาณดาวเทียม	55
กิตติกรรมประกาศ	
ภาคผนวก	
เอกสารอ้างอิง	

บทนำ

ในโลกยุคปัจจุบันและอนาคตที่กำลังจะเป็น "ยุคสารสนเทศ" นั้นความเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงใด ๆ ของสถานการณ์โลก ไม่ว่าจะเป็นทางด้านเศรษฐกิจ การเมือง การทหารหรือ การเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ ในทุกประเทศไม่ว่าจะอยู่ในส่วนไหนของโลก ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อ เนื่องกันเป็นลูกโซ่ต่อประเทศอื่น แทบทั้งสิ้น ไซ้แต่จะจำกัดอยู่เฉพาะประเทศนั้น หรือ ประเทศใกล้เคียง เช่น แต่ก่อนไม่เคยเฉพาะอย่างยิ่ง ในด้านเศรษฐกิจที่มีความไวต่อกระแสการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยภายนอกได้อย่างรวดเร็วมาก เราจะเห็นได้จากช่วงวิกฤติการณ์สงครามอ่าวเบอร์เซียที่ผลกระทบในแง่เศรษฐกิจแผ่ขยายไปทั่วโลก เพียงแต่จะมาก หรือน้อยเท่านั้น ทำให้การได้รับข้อมูลข่าวสารที่รวดเร็ว และถูกต้องของเหตุการณ์กลายมาเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการตัดสินใจและการส่งข้อมูลข่าวสารจากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่งจำเป็นต้องมีสื่อที่เข้าในการติดต่อ

สำหรับการสื่อสารระหว่างประเทศ ดาวเทียมจะ เป็นสื่อหนึ่งที่มีความเหมาะสมกว่าสื่อประเภทอื่น ไม่ว่าจะเป็นระบบสายเคเบิลที่ถูกจำกัดจากจุดคุ้มทุน ในการติดตั้งไปยังบริเวณพื้นที่จุดเดียว นอกจากนี้ยังมีความยุ่งยากอันเกิดจากการซ่อมบำรุงอีกด้วย ส่วนการนำคลื่นวิทยุก็ถูกจำกัดจากลักษณะภูมิประเทศ และยังคงมีค่าใช้จ่ายเพิ่มจากการตั้งสถานีทวนสัญญาณเป็นระยะ ๆ ในกรณีแต่ละสถานีอยู่ห่างกันมาก นับว่าการสื่อสารผ่านดาวเทียมจะถูกนำมาใช้งานกันมากขึ้น ในหลายพื้นที่ทั่วโลก ไม่เพียงเฉพาะประเทศที่มีความรุดหน้าทางเทคโนโลยีเท่านั้น แต่ได้แพร่กระจายไปยังประเทศกำลังพัฒนาด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศที่มีภูมิประเทศไม่เอื้ออำนวยในการที่จะติดต่อสื่อสารกันด้วยวิธีอื่น เช่น ประเทศอินโดนีเซียที่ประกอบไปด้วยหมู่เกาะเล็กาหล่มมากมาย

ในปัจจุบันมีดาวเทียมที่เข้าเฉพาะการสื่อสารในวงโคจรอยู่ถึงเกือบ 200 ดวง และจากสถิติ การนำใช้โทรศัพท์ระหว่างประเทศ ซึ่งมีการเรียกใช้โทรศัพท์ระหว่างประเทศประมาณ 2 ล้าน เลขหมาย ในจำนวนนี้เป็นการใช้โทรศัพท์ โคม่าใช้การสื่อดาวเทียมอยู่ถึง 2 ใน 3 ที่เดียว การสื่อสารผ่านดาวเทียมไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการนำส่งสัญญาณเสียง แต่ยังสามารถส่งสัญญาณภาพ (Video) และข้อมูล(Data) ได้อีกด้วยดังจะ เห็นได้จากสถานีโทรทัศน์ของไทยแทบทุกช่องสามารถถ่ายทอดสัญญาณไปทั่วประเทศก็ด้วยอาศัยสื่อดาวเทียมทั้งสิ้นนอกจากนี้ยังมีการพัฒนาด้วยการตั้งศูนย์

ชาวภูมิภาคเพื่อรายงานข่าวสำคัญ ๆ ในต่างจังหวัดสู่ศูนย์กลางโดยผ่านทางดาวเทียมอีกด้วยในยุค
ต้น ๆ ของ การใช้ดาวเทียมนั้น จะเป็นการติดต่อกันระหว่างสถานีใหญ่ ๆ ที่มีระยะห่างกันมาก ๆ
เป็นการติดต่อกันแบบจุดต่อจุดส่วนใหญ่ใช้สำหรับกิจการที่เกี่ยวข้องกับรัฐบาลหรือรัฐวิสาหกิจ หน่วย
งานเอกชนไม่ค่อยจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการรับส่งมากนักทั้งนี้เพราะดาวเทียมยุคแรก ๆ ยังมีคุณภาพ
ไม่ดีพอ ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการตั้งสถานีสูง เพราะต้องใช้จานสายอากาศขนาดใหญ่ แต่ใน
ปัจจุบันดาวเทียมมีขีดความสามารถสูงขึ้น สถานีภาคพื้นดินมีขนาดเล็กลงประกอบด้วยภาคเอกชนและ
ธุรกิจต่าง ๆ เริ่มสังเกตเห็นประโยชน์จากการสื่อสารดาวเทียม จึงมีการนำระบบสื่อสารดาวเทียมมา
ใช้รับส่งข้อมูลมากขึ้น

โครงการที่ทำในบริเวณนี้ขณะนี้ คือ การสร้างจานรับสัญญาณดาวเทียม ซึ่ง เมื่อสร้าง
เสร็จแล้ว จะทำการทดลองรับสัญญาณดาวเทียม จากดาวเทียม ASIASAT โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ
ศึกษาลักษณะคุณสมบัติของสายอากาศแบบ Parabola นี้

ในบริเวณนี้ขณะนี้ ประกอบด้วยเนื้อหา ประมาณ 5 บท ที่เกี่ยวข้องกับจานรับ
สัญญาณดาวเทียม

- บทที่ 1 เป็นการกล่าวถึงระบบการสื่อสารของดาวเทียม ในยุคปัจจุบันอย่างคร่าว ๆ
- บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงระบบของสายอากาศภาคพื้นดิน ในการรับสัญญาณดาวเทียม
- บทที่ 3 เป็นการกล่าวถึงหลักการพื้นฐานต่าง ๆ ของจานสายอากาศแบบพาราโบลา
ที่ทดลองสร้างตามโครงการงาน
- บทที่ 4 เป็นการกล่าวถึง วิธีการในการออกแบบ สร้าง จานสายอากาศ ตลอดจน
ขั้นตอนการสร้างต่าง ๆ ตามโครงการงาน
- บทที่ 5 เป็นการกล่าวถึงการทดลองรับสัญญาณดาวเทียม จากจานสายอากาศที่ทดลอง
สร้างขึ้นมา เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติต่างๆ ของจานสายอากาศชนิดนี้

บทที่ 1

ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม

ประวัติของการสื่อสารดาวเทียม

การนำดาวเทียมมาใช้งานสื่อสารโทรคมนาคมนั้น เพิ่งเริ่มต้นเมื่อ 20 ปีเศษที่ผ่านมา ภายใต้อำนาจขององค์การอินเทลแซท (INTELSAT หรือ International Telecommunication Satellite Organization) ซึ่งก่อตั้งขึ้นจากนานาประเทศที่มีข้อตกลง ในอันที่จะมีข่ายสื่อสารดาวเทียมร่วมกัน เชื่อมโยงระหว่างประเทศในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก ข้อตกลงนี้กระทำกัน เมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2507 ใช้เงินทุนเริ่มแรกในการวิจัยวางแผนประมาณ 4,000 ล้านบาท

ดาวเทียมสื่อสารพาณิชย์ดวงแรก ชื่อ อินเทลแซท 1 ถูกส่งขึ้นโคจรเหนือบรรยากาศของโลก เมื่อวันที่ 6 เมษายน 2508 เหนือมหาสมุทรแอตแลนติก มีความจุของช่องสัญญาณ 240 คู่สายโทรศัพท์ เนื่องจากเป็นดาวเทียมยุคแรก ๆ จึงมีอายุการใช้งานที่ออกแบบไว้เพียง 1.5 ปี (แต่พอใช้งานจริงกลับอยู่ได้ถึง 5 ปี) มูลค่าของตัวอินเทลแซทเองประมาณ 6.7 ล้านดอลลาร์ ค่าใช้จ่ายในการส่งขึ้นไปอยู่ในอวกาศก็ประมาณ 5 ล้านดอลลาร์

ต่อจากนั้นในปี 2509 ดาวเทียมอินเทลแซท 2 ก็ถูกส่งไปสู่วงโคจร แต่ครั้งนี้ไม่ประสบความสำเร็จขึ้น เนื่องจาก เกิดข้อขัดข้องทางเทคนิค ทำให้ไม่สามารถบังคับให้เข้าสู่วงโคจรได้ ต่อมาในปี 2510 จึงได้ถูกส่งขึ้นไปอีกครั้ง โคจรขึ้นสู่วงโคจร ในตำแหน่ง เหนือมหาสมุทรแปซิฟิก มหาสมุทรอินเดีย และมหาสมุทรแอตแลนติก

จากนั้นก็มีการยิงดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรเรื่อย ๆ ซึ่งมีทั้งประสบความสำเร็จและล้มเหลวแต่ดาวเทียมรุ่นใหม่ ๆ ก็ถูกพัฒนาให้มีขีดความสามารถสูงขึ้นอายุการใช้งานนานขึ้น ในขณะที่อัตราค่าเช่าสัญญาณกลับถูกลง ยกตัวอย่างดาวเทียมอินเทลแซท 5 จะมีความจุของสัญญาณโทรศัพท์ถึง 13,000 คู่สาย มีอายุการใช้งานนานถึง 7 ปี ถึงแม้ว่ามูลค่าของดาวเทียมและค่าขนส่งจะเพิ่มขึ้นคือตัวดาวเทียมตกประมาณ 33.5 ล้านดอลลาร์ ส่วนค่าขนส่งประมาณ 30 ล้านดอลลาร์ แต่ขีดความสามารถสูงขึ้นมากและมีอัตราค่าเช่าสัญญาณที่ถูกลงคือประมาณ 800 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อ 1 คู่สาย ต่อ 1 ปีเท่านั้น

ส่วนการใช้ดาวเทียม ในการสื่อสารภายในประเทศ หรือ ภายในอาณาเขตจำกัดซึ่ง เรียกว่า DOMSAT (Domestic Satellite Communication) ได้เริ่มขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2513 โดยประเทศแคนาดา ได้นำมาใช้เป็นประเทศแรก ส่วนประเทศแถบเอเชีย นั้น อินโดนีเซียเป็น ประเทศแรกที่นำมาใช้ก่อนชาติอื่น โดยเริ่มใช้งานเมื่อปี 2519 โดยใช้ดาวเทียมชื่อ PALAPA ซึ่งสถานีโทรทัศน์ช่อง 5 และ ช่อง 7 ได้ทำการเช่าใช้รับส่งข้อมูลอยู่

ข้อดีของระบบสื่อสารดาวเทียม

ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้นมีข้อดีคือ

1. ค่าใช้จ่ายต่ำ

ค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างน้อยนั้นจะมีด้วยกันอยู่ 2 ส่วน ส่วนแรกคือค่าใช้จ่ายในการตั้ง สถานีภาคพื้นดิน ส่วนที่สองจะเป็นค่าเช่าช่องสัญญาณดาวเทียม สำหรับส่วนแรกนั้น ในปัจจุบันได้มี ราคาถูกลงกว่าเมื่อก่อนมากนับเป็นพัน ๆ เท่า ส่วนค่าใช้จ่ายในการเช่าช่องสถานี มักจะทำการ เช่ากันเป็นรายเดือนหรือรายปี ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะมีลักษณะ เหมือนกันทุกจุด โดยเพิ่มขึ้นกับระยะ ทางระหว่างสถานีรับส่ง เช่น การติดต่อสื่อสารระหว่างกรุงเทพฯ กับสมุทรปราการจะเสียค่าเช่า ช่องสัญญาณเท่ากับการส่งสัญญาณจาก เชียงใหม่ไปยังยะลาและไม่ว่าจะทำการติดตั้งสถานีรับสัญญาณ ก็สถานีก็ตาม อัตราค่าเช่าช่องสัญญาณที่จะต้องเสียก็ยังคงเท่าเดิม นั่นก็คือ บริษัทที่มีสาขาอยู่ อยุ่ ทั่วประเทศสามารถทำการส่งข้อมูลจากบริษัทใหญ่ไปยังสาขาต่าง ๆ ไม่ว่าจะมียุ่กี่สิบแห่ง โดยที่ ยังคงเสียค่าเช่าช่องสัญญาณเท่าเดิม

2. ความจุข้อมูลมาก(High Band width)

คือสามารถทำการส่งข้อมูลได้คราวละมาก ๆ ภายในช่วงเวลาเดียวกัน เป็น ความสามารถของดาวเทียมรุ่นใหม่ ๆ ที่สามารถขยายความถี่ออกไปได้มาก ถ้าหากทำการเปรียบ เทียบกันกับวงจรโทรศัพท์แล้ว การสื่อสารผ่านดาวเทียม สามารถรับส่งสัญญาณเสียงได้นับพัน ๆ คู่ สายภายใน 1 ช่องสัญญาณดาวเทียม โดยใช้อุปกรณ์รับส่ง เพียงชุดเดียวเท่านั้น

3. ไม่ต้อง เสียค่าใช้จ่ายในการตั้งสถานีทวนสัญญาณ

ในระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม จะใช้ดาวเทียมเป็นสถานีทวนสัญญาณเพียงสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียว ทำให้ไม่คง เสียค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เพิ่ม ซึ่งตรงกันข้ามกับการตั้งสถานีไมโครเวฟที่จำเป็นต้องมีสถานีทวนสัญญาณเป็นระยะ ๆ

4. ความผิดพลาดของข้อมูลค่า

ในการสื่อสารผ่านดาวเทียม ความผิดพลาดของข้อมูลมีน้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อเป็นการส่งสัญญาณแบบดิจิทัล เนื่องจากมีการใช้เทคนิคที่เรียกว่า Error Detection และ Error Correction

Error Detection คือ การเข้ารหัสเพื่อตรวจจับสัญญาณที่รับมาว่ามีส่วนใดผิดพลาดจากข้อมูลที่ส่งมาจากสถานีต้นทางซึ่งทำได้โดยการใส่รหัสเพื่อตรวจสอบเพิ่มเข้าไปในข้อมูล

Error Correction นั้นทำได้โดย เมื่อข้อมูลที่ได้รับมาหลังจากทำการตรวจสอบแล้วทราบว่าข้อมูลนั้นผิดพลาดจากที่ส่ง ระบบก็จะทำการแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้องก่อนที่จะส่งกลับมายังสถานีต้นทางอีกที

ข้อเสียของระบบสื่อสารดาวเทียม

ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมยังมีข้อบกพร่องและข้อจำกัดอยู่หลายประการคือ

1. ความล่าช้าของสัญญาณเนื่องมาจากระยะทาง

จะเห็นได้ว่าดาวเทียมที่ใช้สำหรับการสื่อสาร ที่โคจรรอบเส้นศูนย์สูตรจะมีระยะความสูงอยู่ประมาณ 35,860 กิโลเมตรเหนือพื้นโลก จะเห็นว่าเป็นระยะทางที่ไกล ซึ่งตามธรรมชาติของคลื่นวิทยุที่มีความเร็วเท่ากับแสงคือ 3×10^8 เมตร ต่อวินาที ถ้าเป็นระยะทาง 35,860 กิโลเมตร คลื่นวิทยุจะใช้เวลาเดินทางประมาณ $1/8$ วินาที แต่การเดินทางของสัญญาณในระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้น มีทั้งขาขึ้นและขาลง ฉะนั้นเวลาที่ใช้จะเป็น 2 เท่า ซึ่งก็ตกประมาณ $1/4$ วินาที หรือ ประมาณ 250 มิลลิวินาที ซึ่งเวลาที่ใช้นี้จะมีผลต่อการสื่อสารโดยเสียง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสื่อสารแบบสองทาง เช่น การสนทนาทางโทรศัพท์ ในระหว่างการสนทนาจะมีช่วงสะดุด ไม่เป็นธรรมชาติ

2. สถานีภาคพื้นดินขนาดใหญ่มีราคาสูง

ทั้งนี้เนื่องมาจาก ในปัจจุบันมีการส่งดาวเทียม ขึ้นไปโคจรรอบอวกาศ เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนมาก ดาวเทียมแต่ละดวงนั้นมีระยะห่างกันแค่ 2 องศา จึงมีการออกกฎควบคุมไม่ให้ ดาวเทียมดวงใดดวงหนึ่งส่งสัญญาณแรงเกินกำหนด ที่จะไปรบกวน การสื่อสารของดาวเทียมดวงอื่น ๆ ประกอบด้วย ระยะห่างจากสถานีภาคพื้นดินบางแห่งอยู่ไกล ทำให้สถานีภาคพื้นดินนั้น ๆ รับสัญญาณได้ต่ำ จึงต้องใช้งานรับที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่ เพื่อให้มีอัตราขยายสูง ผลที่ตามมาก็คือทำให้สถานีภาคพื้นดินมีราคาสูงตามไปด้วย

3. ความลับของข้อมูล

จะเห็นว่าถ้าใครก็ตามที่มีเครื่องรับ และรู้ความถี่ก็จะสามารถรับข้อมูลได้ แต่ก็สามารถแก้ปัญหานี้ได้โดยทำการ เข้ารหัส (Encrypted) ซึ่งทางด้านรับจะต้องมีตัวถอดรหัสที่ตรงกันถึงจะรับข้อมูลได้

4. การรบกวนและการลดทอนคามธรรมชาติของคลื่นวิทยุ

เมื่อส่งผ่านชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก สัญญาณจะเกิดการสูญเสีย ถ้าเป็นการใช้สัญญาณคลื่นความถี่ต่ำ ก็จะมีการสูญเสียอันเนื่องมาจากการดูดกลืนที่ชั้นบรรยากาศ ที่เรียกว่า ไอโอโนสเฟียร์เป็นหลัก แต่ถ้าเป็นความถี่สูง การสูญเสียส่วนใหญ่จะเกิดจากก๊าซ เมฆ หมอกและ ฝน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดทอนอันเนื่องมาจาก เม็ดฝน ถ้าการออกแบบระบบไม่ดีพอ เมื่อเจอสภาพ เช่นนี้ก็ทำให้การสื่อสารข้อมูลมีอัตราค่าผิดพลาดมาก

ระบบของดาวเทียม

ดาวเทียมมีด้วยกัน 3 ระบบ คือ

1. ดาวเทียมระบบเคลื่อนที่ (Random Satellite)
2. ดาวเทียมระบบเฟส (Phase Satellite)
3. ดาวเทียมระบบอยู่กับที่ (Geostationary Satellite)

ดาวเทียมระบบเคลื่อนที่ (Random)

ระบบนี้มีวิธีการคร่าว ๆ คือ จะทำการส่งดาวเทียมขึ้นไปพร้อม ๆ กันหลายดวง แต่ละดวงนั้นจะมีวงโคจรของตัวเองแตกต่างกันออกไป มีระดับความสูงตั้งแต่หลายพันกิโลเมตร จนถึงหลายหมื่นกิโลเมตรเหนือพื้นผิวโลก เหตุที่ว่าหามต้องส่งขึ้นไปหลาย ๆ ดวงด้วยกันก็เพราะ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดาวเทียมชนิดนี้ไม่สามารถบังคับให้อยู่กับที่ได้ วิธีการที่จะใช้ประโยชน์จากดาวเทียม จะทำได้โดยทำการหันจานรับ ไปยังดาวเทียมดวงที่บัง เอียงโครงมาอยู่ในบริเวณที่สามารถทำการติดต่อได้ ส่วนจะเป็นเวลาใดนั้นก็ไม่สามารถกำหนดได้ จานรับจะหันตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมไปเรื่อย ๆ ที่นี้ถ้าดาวเทียมโคจรหันตำแหน่งที่จานรับสัญญาณจะสามารถทำการรับได้แล้ว ก็จะหันจานรับสัญญาณไปยังดาวเทียมอีกดวง (ซึ่งส่งขึ้นไปพร้อม ๆ กัน) ที่โคจรมาอยู่ในบริเวณที่สามารถทำการติดต่อได้ โดยทำเช่นนี้ไปกับดาวเทียมทุก ๆ ดวงที่ส่งขึ้นไป

การใช้วิธีนี้จะมีปัญหาตามมาอันเกิดจาก ช่วงที่จานรับสัญญาณ เปลี่ยนการรับสัญญาณ จากดาวเทียมดวงหนึ่งไปยังดาวเทียมอีกดวงหนึ่ง จะเกิดการขาดหายของสัญญาณขึ้น วิธีแก้ก็คือ จะใช้จานรับสัญญาณสองจานแล้วใช้สวิตซ์ 2 ชุด เมื่อทำการหันจานรับสัญญาณตาม ดาวเทียมดวงแรกที่เคลื่อนออกไปเรื่อย ๆ จนหันรัศมีทำการ ก็จะมีการสับสวิตซ์ เปลี่ยนไปยังจานรับอีกชุดที่ทำการตั้งให้ตรงกับดาวเทียมดวงถัดไปล่วงหน้าไว้แล้ว ถ้าหากระยะทางจากสถานีภาคพื้นดินซึ่งมีจานรับสัญญาณอยู่ถึงดาวเทียมดวงแรก และระยะทางจากสถานีเดียวกันถึง ดาวเทียมดวงที่สองมีความแตกต่างกันมาก การติดต่อแบบนี้ก็ยังคงมีการขาดช่วงของสัญญาณอยู่ ถ้าความแตกต่างของเวลาที่สัญญาณใช้ในการเดินทางระหว่างสถานีกับดาวเทียมทั้งสองมีค่าเกิน 20 มิลลิวินาที ดังนั้นการสับสวิตซ์เปลี่ยนจานรับจะต้องกระทำเมื่อดาวเทียมทั้งสองดวงอยู่ห่างจากสถานีภาคพื้นดิน ในระยะทางที่ใกล้เคียงกัน

ดาวเทียมระบบเฟส (Phased)

ดาวเทียมแบบนี้จะเป็นดาวเทียม ที่สามารถบังคับเส้นทางโคจรได้ มีแนวทางโคจรแตกต่างกันออกไปแล้ว แต่ลักษณะงาน สามารถกำหนดให้ดาวเทียมโคจรผ่านตำแหน่งใด

ดาวเทียมระบบโคจรอยู่กับที่ (Geostationary)

ระบบนี้ตัวดาวเทียมจะถูกส่งขึ้นไปอยู่ในบริเวณเส้นศูนย์สูตรในระดับความสูงประมาณ 35,860 กิโลเมตรเหนือพื้นโลก และจะอยู่ ณ ตำแหน่งนี้ตลอดไปจนกว่าดาวเทียมจะหมดอายุการใช้งาน โดยจะมีสถานะจอดนิ่งอยู่กับที่เมื่อเทียบกับจุดใด ๆ บนพื้นโลกนั้น เนื่องจากความเร็วของดาวเทียมที่โคจรรอบโลกจะต้องใช้เวลาเท่ากับโลกหมุนรอบตัวเองครบหนึ่งรอบพอดี การเคลื่อนที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของดาวเทียมรอบโลกนั้นใช้หลักการทางฟิสิกส์ที่ว่า เมื่อโลกหมุนรอบตัวเองจะเกิดแรงเหวี่ยงวัตถุออกนอกโลก ซึ่งถ้าแรงเหวี่ยงนี้มีค่ามากกว่าแรงดึงดูดของโลกวัตถุก็จะหลุดลอยจากโลกไป แต่ถ้าแรงเหวี่ยงมีค่าสมดุลกับแรงดึงดูดของโลกจะทำให้วัตถุลอยนิ่งอยู่กับที่ และแรงเหวี่ยงจะทำให้ดาวเทียมเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วที่เรียกว่าความเร็วเชิงมุม ที่ตำแหน่งความสูง 35,860 กิโลเมตร นี้ถ้ามีดาวเทียมเพียง 3 ดวงรอบโลกก็จะสามารถหาข่าวสารติดต่อกันได้ทั่วทุกมุมโลก

ยกตัวอย่างดาวเทียมอินเทลแซทจะมีดาวเทียมอยู่ 3 ดวง โดยแต่ละดวงจะอยู่กับคนละตำแหน่งคือ เหนือมหาสมุทรแอตแลนติก มหาสมุทรแปซิฟิก และ มหาสมุทรอินเดียแต่ในทางปฏิบัติแล้ว มักจะต้องมีดาวเทียมสำรองไว้ทดแทนสำหรับในกรณีดาวเทียมที่ใช้งานจริง เกิดขัดข้องไว้อีกอย่างน้อยตำแหน่งละ 1 ดวง

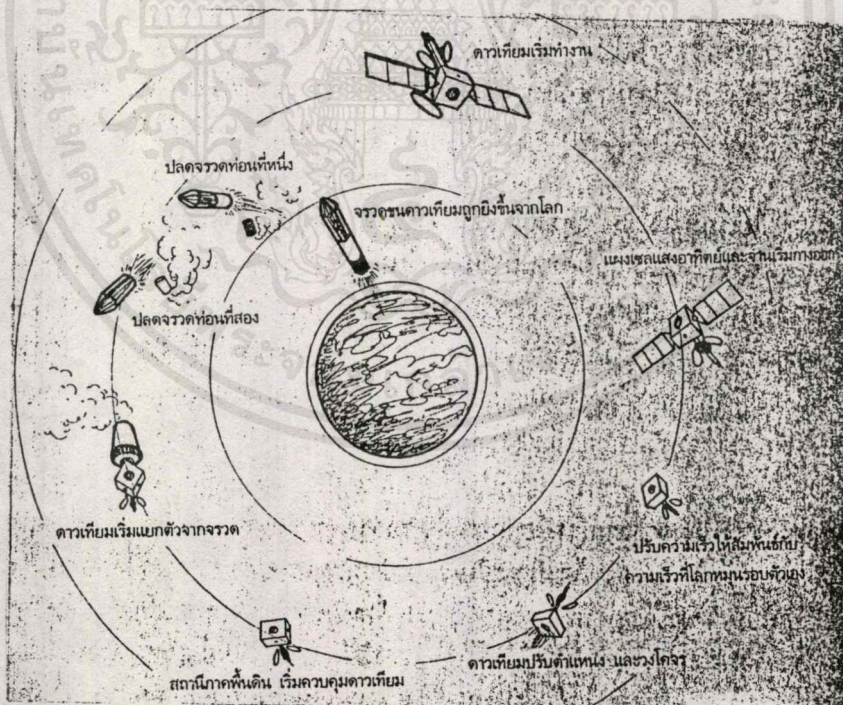
ดาวเทียมระบบโคจรอยู่กับที่ ถ้าใช้ในการส่งสัญญาณโทรศัพท์จะใช้งานได้ดี เมื่อการติดต่อเป็นการติดต่อแบบช่วงเดียว (1 hop) จะมีข้อเสียอยู่บ้างตรงความล่าช้าของสัญญาณ แต่ก็ประหยัดและง่ายกว่าระบบการสื่อสารแบบอื่น แต่ถ้าเป็นการที่ต้องส่งสัญญาณ 2 ช่วง (2 hop) คือถ้ามีการส่งสัญญาณผ่านดาวเทียม 2 ดวงแล้วก็จะมีปัญหาอันเนื่องมาจากการขาดช่วงของสัญญาณที่ล่าช้าประมาณ 1/2 วินาที ซึ่งเวลานานนี้ก็ถือว่ามากเกินไปสำหรับการสนทนาโต้ตอบ จึงไม่เหมาะที่จะนำระบบนี้มาใช้ หากจะต้องส่งสัญญาณไปยังบริเวณที่ดาวเทียมเพียงดวงเดียว ที่มีรัศมีทำการไม่ถึง ก็ควรจะนำระบบดาวเทียมมาผสมกับระบบอื่น จะเหมาะสมกว่า เช่น ใช้งานร่วมกับระบบเคเบิลใต้น้ำ หรือร่วมกับระบบไมโครเวฟ เป็นต้น

ตามที่กล่าวมาแล้วว่าดาวเทียมนั้นจะโคจรรอบโลก เท่ากับโลกหมุนรอบตัวเอง 1 รอบ จึงดูเหมือนดาวเทียมดวงนั้นลอยนิ่งอยู่กับที่ แต่ตามที่กล่าวมาข้างต้นนั้น จะใช้ได้แต่เฉพาะในกรณีโลกของเราเป็นรูปทรงกลมที่สมบูรณ์แบบ และต้องมีแรงดึงดูดอื่นใดจากภายนอกโลกมากระทำด้วย แต่ในความเป็นจริงโลกของเราหาเป็นเช่นนั้นไม่ โลกไม่ได้มีสัญญาณเป็นรูปทรงกลมอย่างสมบูรณ์แบบตลอดทั้งยังมีแรงดึงดูดจากดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์และดาวอื่น ๆ อีกทำให้วงโคจรของดาวเทียมเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งที่ควรจะเป็น แรงดึงดูด หรือ ผลภายนอกที่มากระทำต่อดาวเทียม เราเรียกว่าการรบกวนจากภายนอก (Perturbation) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ดาวเทียมแทนที่จะลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้อยู่ ณ ตำแหน่งเดิมกลับจะค่อย ๆ เคลื่อนที่ออกนอกเส้นทางโคจรถ้าเราต้องการให้ดาวเทียม อยู่ในเส้นทางโคจรของมันจำเป็นจะต้องมีสถานีทางภาคพื้นดินมาคอยควบคุมเราเรียก สถานีนี้ว่า สถานีติดตาม และบังคับควบคุมดาวเทียม TT&C (Tracking Telemetry and Command) สถานี TT&C จะกระจายอยู่ตามภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก หน้าที่ของสถานีเหล่านี้ก็คือต้องคอยควบคุมดูแลให้ดาวเทียมอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง และ คอยส่งข้อมูลของตำแหน่งดาวเทียมมาให้สถานีรับสัญญาณทราบ นอกจากนั้นยังมีหน้าที่ควบคุมในการย้ายตำแหน่งดาวเทียม และ เมื่อดาวเทียมหมดอายุ สถานี TT&C ก็จะทำหน้าที่บังคับให้ดาวเทียมจู่ท้อจรวดขับดันนำให้หลุดพ้นจากแรงดึงดูดออกไปนอกโลกอีกด้วย

การส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรนั้นทำได้ด้วยกัน 2 วิธี คือ วิธีแรกใช้ยานขนส่งอวกาศ ส่วนวิธีที่สองใช้จรวดส่งขึ้นไป ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 การส่งดาวเทียมโดยใช้จรวด

การที่ดาวเทียมจะมีอายุการใช้งานได้นานเพียงใดนั้นจะขึ้นอยู่กับเชื้อเพลิงที่บรรจุอยู่

ในตัวดาวเทียม แผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ และ ที่สำคัญก็คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า โดยเฉพาะอุปกรณ์หลัก Traveline Wave Tube หรือ TWT ซึ่งเป็นอุปกรณ์ขยายสัญญาณหลังจากไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เด็ดขาดสิ่งเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารที่ตรงหน้าเสมอ

ดาวเทียมหมกอายุการใช้งานแล้วซึ่งเฉลี่ยประมาณ 19 ปี ทางสถานีภาคพื้นดินจะส่งสัญญาณควบคุมไปยังดาวเทียมให้ดาวเทียมทำการจุดท่อดจรวัด เชื้อเพลิง เพื่อขับเคลื่อนให้ดาวเทียมหลุกหัน จากแรงดึงดูดของโลก เหตุที่ว่าทำมาไม่นานกลับมาแล้วทำการซ่อมแซมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ก็เนื่องมาจากค่าใช้จ่ายในการกลับมาแล้วทำการยิงขึ้นในอีกครั้งนั้นไม่คุ้มกัน

ความถี่ของสัญญาณดาวเทียม

ช่วงความถี่ที่เหมาะสมต่อการสื่อสารดาวเทียมได้แก่ ย่านความถี่ 1 กิกะเฮิรตซ์ถึง 10 กิกะเฮิรตซ์ ที่เรียกว่า Radio Window สำหรับการสื่อสารผ่านดาวเทียมจะใช้ย่านความถี่ที่อยู่ในช่วงนี้เช่นกัน ในย่านความถี่ที่เรียกว่า CU-Band ความถี่ที่ใช้ส่งจากสถานีภาคพื้นดินมีค่า 6 กิกะเฮิรตซ์ ส่วนความถี่ที่ส่งออกจากดาวเทียมมีค่า 4 กิกะเฮิรตซ์ แต่เนื่องจากในปัจจุบัน มีการใช้ดาวเทียมกันมาก ย่านความถี่ CU-Band จึงไม่พอใช้งาน จำเป็นต้องใช้ความถี่ย่านอื่นด้วย ปัจจุบันก็มีย่าน KU-Band ซึ่งมีความถี่ที่ใช้ส่งจากสถานีภาคพื้นดินมีค่า 14 กิกะเฮิรตซ์ และความถี่ที่ส่งจากดาวเทียมมีค่า 11 กิกะเฮิรตซ์ อีกย่านความถี่ที่ใช้กันก็คือ KA-Band มีความถี่ที่ส่งจากสถานีภาคพื้นดิน 30 กิกะเฮิรตซ์ และความถี่ที่ส่งจากดาวเทียมมีค่า 20 กิกะเฮิรตซ์

สัญญาณในย่าน KU-Band และย่าน KA-Band จะถูกลดทอนและรบกวนจากสภาพอากาศ เช่น ฝนหรือหมอกได้ง่าย ส่วนความถี่ในย่าน CU-Band แม้จะเป็นความถี่ที่เหมาะสมแล้วก็ตาม (อยู่ในย่าน Radio Window) แต่ก็ยังประสบปัญหาการรบกวนซึ่งกันและกัน ระหว่างระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม กับระบบไมโครเวฟภายในประเทศ ที่ใช้ย่านความถี่เดียวกัน ดังนั้นเราจะเห็นได้ว่าสถานีภาคพื้นดินของไทย จำเป็นต้องเลือกที่ศรีราชาเป็นที่ติดตั้งสถานีภาคพื้นดิน เพื่อต้องการให้ภูเขาในบริเวณรอบ ๆ นั้น เป็นตัวช่วยบังลาคเส้นของระบบไมโครเวฟ ที่ใช้สื่อสารภายในประเทศมารบกวนระบบสื่อสารดาวเทียม และในทางกลับกันไม่ให้เกิดการสื่อสารดาวเทียม ไปรบกวนการสื่อสารไมโครเวฟ

จากการที่ปัจจุบันมีความถี่หลายย่านให้ใช้งาน การที่จะเลือกใช้ความถี่ย่านใดมีองค์ประกอบอยู่หลายข้อที่ต้องจะต้งนำมาพิจารณาให้เหมาะสมคือ

ความถี่ย่าน CU-Band ความถี่ย่านนี้มักจะใช้สำหรับการรับส่งสัญญาณในกรณีที่เรา
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ต้องการให้ดาวเทียม ทำการส่งสัญญาณครอบคลุมพื้นที่เป็นอาณาบริเวณกว้าง ๆ ที่ เรียกกันว่า Global beam หรือ Zone beam ข้อดีของความถี่ย่านนี้ก็คือ จะถูกรบกวนจากฝนและหมอกน้อยกว่าความถี่อื่น ข้อเสียของมันก็คือ เสียค่าใช้จ่ายมากกว่าย่านความถี่อื่น ๆ เพราะสถานีภาคพื้นดินจำเป็นต้องใช้สายอากาศ ขนาดใหญ่ เหตุผลที่ต้องใช้จานสายอากาศใหญ่ นั้นมีด้วยกัน 2 ข้อคือ

ข้อแรก สัญญาณที่รับมาได้จะมีกำลังต่ำ เนื่องจากต้องส่งกินอาณาบริเวณกว้าง ทำให้ต้องใช้จานที่มีอัตราขยายสูง เป็นการทดแทนการที่จานส่งจะมีอัตราขยายสูงนั้น เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญได้แก่ขนาดของจานนั่นเอง

ข้อสอง ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ กับขนาดของจานจะมีลักษณะแปรผกผัน กล่าวคือ ถ้าอัตราขยายของจานมีค่าเท่ากัน ถ้าความถี่ที่ใช้ยิ่งมีค่าต่ำเท่าใด ขนาดของจานจะยิ่งมีขนาดเพิ่มขึ้นมากเท่านั้น (คือถ้าเทียบกันไปแล้ว หากเป็นการใช้ความถี่ย่านที่สูงกว่า CU-Band ขนาดของจานที่ใช้ก็จะเล็กลงกว่าที่ใช้กับ CU-Band)

ความถี่ย่าน KU-Band และ KA-Band จะกล่าวรวม ๆ กันไปเพราะทั้ง 2 ความถี่นี้มีลักษณะคล้าย ๆ กันความถี่ทั้งสองย่านนี้มักจะใช้สำหรับบริการที่ต้องการส่งสัญญาณให้ครอบคลุมเฉพาะพื้นที่ในบริเวณแคบ ๆ หรือเฉพาะจุดมักใช้กับการสื่อสารภายในประเทศ เมื่อเป็นบริเวณแคบ ดังนั้น ไม่จำเป็นต้องใช้จานที่มีอัตราขยายสูงก่อให้เกิดผลดีตามมา ในแง่ของขนาดจานที่ไม่จำเป็นต้องมีขนาดใหญ่ นอกจากนี้เราสามารถส่งสัญญาณให้มีกำลังสูง ๆ ได้มากกว่าความถี่ย่าน CU-Band เนื่องจากไม่ต้องกลัวว่าจะรบกวนย่านความถี่ในบริเวณอื่น เพราะเป็นความถี่คนละย่านกัน และประการสุดท้ายที่ทำให้จานมีขนาดเล็กลงก็คือ เป็นย่านความถี่ที่สูงขึ้นกว่าย่าน CU-Band เมื่อไม่จำเป็นต้องใช้จานขนาดใหญ่ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสถานีภาคพื้นดินก็จะมีมูลค่าน้อย

อนึ่ง ภายในดาวเทียมดวงเดียวกันสามารถส่งสัญญาณได้หลายย่านความถี่ และ กรณีดาวเทียมของไทยนั้น จะมีทั้งความถี่ย่าน CU-Band และ KU-Band

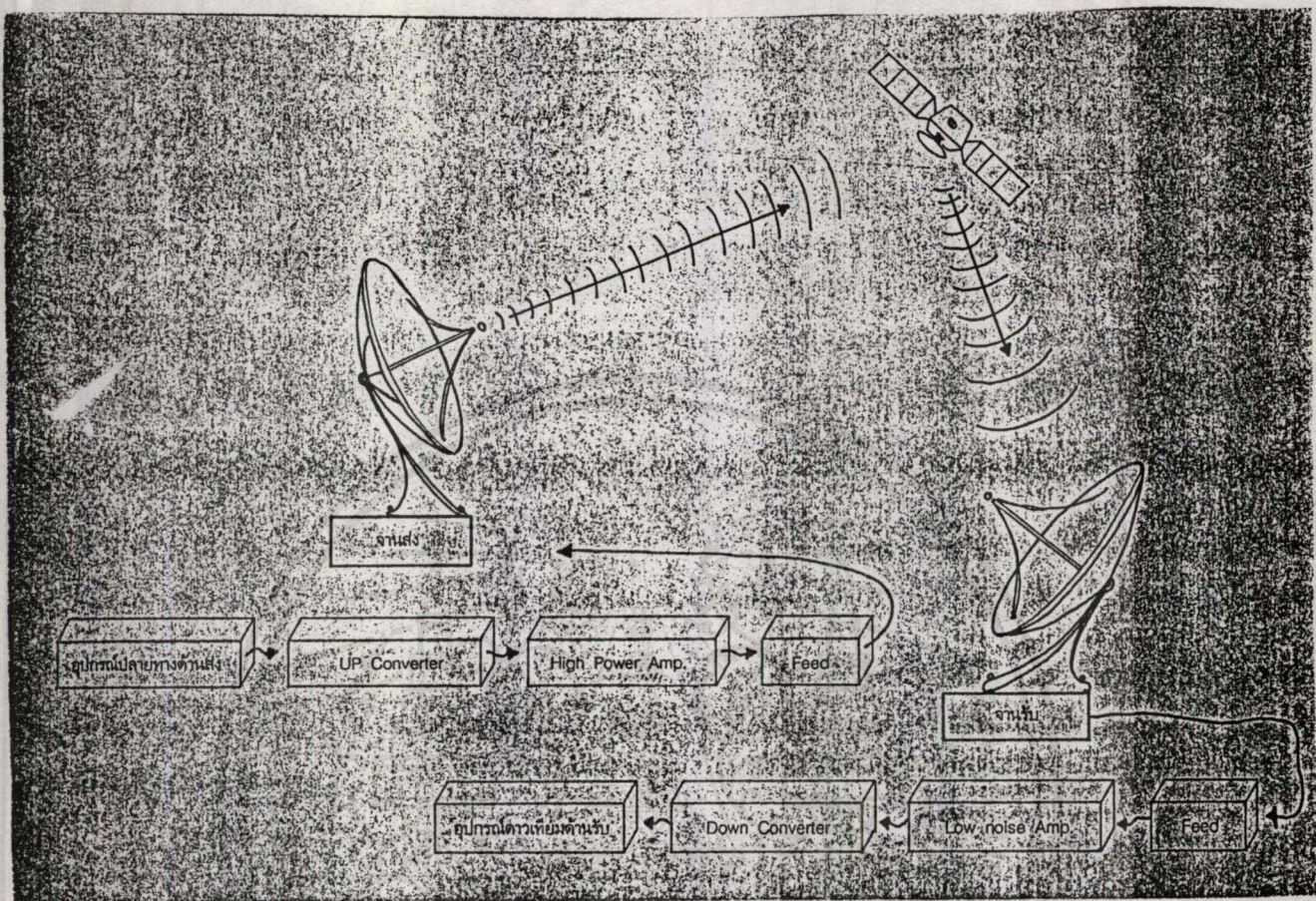
สถานีภาคพื้นดิน

สถานีภาคพื้นดินอาจจะ เป็นเพียงสถานีรับหรือส่ง เพียงอย่างเดียว หรืออาจจะ เป็นทั้ง

สองแบบพร้อมกัน เลขก็ได้ส่วนหลักการนั้นว่าจะรับหรือส่งก็ใช้หลักการเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 อุปกรณ์ภาคพื้นดิน

จากรูปที่ 1.2 จะกล่าวถึงรายละเอียดในส่วนด้านส่งก่อน เริ่มกันที่อุปกรณ์ปลายทางด้านส่งซึ่งจะเป็นอุปกรณ์อะไรบางอย่างแล้วแต่ลักษณะงาน เช่น ทรานส์มิท (ซึ่งใช้ส่งสัญญาณเสียง) หรือ คอมพิวเตอร์ (ซึ่งใช้ส่งข้อมูล) นอกจากนี้ก็ยังมีอุปกรณ์เสริมอื่น ๆ เช่น อุปกรณ์เพิ่มความถี่สัญญาณ (Modulator) อุปกรณ์รวมสัญญาณ (Multiplexer) โปรโตคอลเน็ตเวิร์ก (Network Protocol) ซึ่งเชื่อมการทำงานของอุปกรณ์ต่างชนิดกันให้ทำงานร่วมกันได้ และอุปกรณ์ควบคุมและ จัดสรรเวลา (control/timing) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมให้การติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีภาคพื้นดินหลาย ๆ สถานีใช้ดาวเทียมร่วมกันได้ในเวลาเดียวกัน

หลังจากผ่านอุปกรณ์ทางด้านส่งแล้วสัญญาณที่ได้จะมีความถี่ประมาณ 1 กิกะเฮิรตซ์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากรัฐบาล ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่นี้ จะถูกแปลงเป็นความถี่ 6 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ที่ใช้ในย่าน CU-Band โดย
อุปกรณ์ที่เรียกว่าอุปกรณ์เพิ่มความถี่ (UP Converter) จากนั้นสัญญาณที่ได้จะไปเข้าอุปกรณ์ขยาย
สัญญาณกำลังสูง (High Power Amplifier) อุปกรณ์ชิ้นนี้มีให้เลือกหลายขนาดตามความเหมาะสม
ตั้งแต่กำลัง 1 วัตต์ ถึง 1,000 วัตต์ การเลือกใช้งานก็ต้องพิจารณาและคำนวณให้เหมาะสม
เพื่อให้มีกำลังส่งสูงพอที่จะส่งสัญญาณถึงสถานีดาวเทียมและไม่รบกวนการส่งของสถานีอื่นอุปกรณ์
ชิ้นต่อมาเรียกว่า ฟีด (Feed) ทาหน้าที่ แยกคลื่นออกเป็นสองระนาบทำให้เกิดประโยชน์แน่นอนที่
สามารถเพิ่มช่องในการส่งได้มากขึ้นอุปกรณ์ชิ้นสุดท้ายคือจานส่งหน้าที่ของมันนั้นจะทำการสะท้อนสัญญาณ
ที่ได้รับมาจากฟีดไปสู่ดาวเทียม กำลังขยายของจานส่งมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ
หลายอย่าง จานที่ขนาดใหญ่กำลังขยายก็จะสูงตามไปด้วยพื้นผิวของจานถ้า เรียบก็จะสะท้อนสัญญาณ
ได้ดีกว่าพื้นผิวขรุขระ รวมไปถึงรูปร่างของจานว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

นอกจากอุปกรณ์หลักที่กล่าวมาแล้วยังมีอุปกรณ์อื่น ๆ อีก เช่น อุปกรณ์ควบคุมของ
จานสายอากาศ (Tracking system) ทาหน้าที่รับมุมการรับตามตำแหน่งของดาวเทียมเพื่อให้
สัญญาณที่ได้รับได้มีระดับสูงสุดอยู่ตลอดเวลา

สำหรับทางด้านรับ จากรูปที่ 1.2 จะประกอบไปด้วยจานรับที่ทาหน้าที่สะท้อนสัญญาณที่
รับมาจากดาวเทียมส่งต่อไปยังฟีด ฟีดนั้นจะต้อง เป็นชนิดเดียวกับฟีดของต้นทางและจะต้องมีระนาบ
คลื่นตรงกันด้วยเช่นนั้นจะรับสัญญาณมาได้หรือไม่ได้หรือไม่ดีพอตัวฟีด เองนั้นไม่มีอัตราขยายจะเป็นตัวรับสัญญาณ
ที่สะท้อน จากนั้นจะส่งสัญญาณมายังอุปกรณ์ที่เรียกว่า Low noise Amplifier ซึ่งจะขยาย
สัญญาณโดยมีสัญญาณรบกวนที่เกิดภายในตัวมันเองมีค่าต่ำ

อุปกรณ์ตัวถัดมาเรียกว่า อุปกรณ์ทวนความถี่ (Down Converter) ทาหน้าที่เปลี่ยน
ความถี่ 4 กิกะเฮิรตซ์ให้เป็นความถี่ 1 กิกะเฮิรตซ์ ในการตั้งสถานีรับสัญญาณโทรทัศน์เพียงอย่าง
เดียวมักจะรวมอุปกรณ์ Low noise Amplifier กับ Down Converter เข้าด้วยกันเป็น
อุปกรณ์ที่เรียกว่า LNB หรือ Low Noise Block down converter ถ้าพิจารณากันแต่เพียงผิว
เผินจะดูเหมือนว่าอุปกรณ์ LNB นั้นน่าจะดีกว่าเพราะประหยัดและใช้งานง่ายกว่า แต่การใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมการสื่อสารแห่งประเทศไทย ซึ่งอยู่ภายใต้การคุ้มครองตามกฎหมาย
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับความร้อนจากแสงแดดโดยตรงตลอดเวลา ทำให้อุปกรณ์ไม่สามารถระบายความร้อนได้ทันซึ่งจะทำให้อุปกรณ์มีโอกาสทำงานผิดพลาด รับสัญญาณความถี่ที่ผิดออกไปได้ ซึ่งเรียกว่า ความถี่ชิฟท์ (Shift) เพราะฉะนั้นถ้าหากเราใช้ LNB ในการรับสัญญาณที่มีความกว้างของแถบความถี่สัญญาณ (bandwidth) แคบ เช่น สัญญาณเสียง โอกาสที่จะรับความถี่ที่ผิดพลาดก็จะสูงตามไปด้วย แต่จะเหมาะกับสัญญาณที่มี bandwidth กว้าง เช่น การส่งสัญญาณโทรทัศน์ ซึ่งความถี่ที่ผิดพลาดจะไม่มีผลกระทบ

อุปกรณ์สุดท้ายได้แก่อุปกรณ์ปลายทางด้านรับ ซึ่งอาจประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลายชิ้นร่วมกัน เช่นตัวลดทอนความถี่สัญญาณ (Demodulator) อุปกรณ์แยกสัญญาณ (Demultiplexer) ทรานส์มิท และคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

VSAT ระบบสถานีลูกข่าย สถานีแม่ข่าย

คือวิธีการประยุกต์เพื่อใช้งานของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมที่เรียกว่าระบบ VSAT (Very Small Aperture Terminal) ซึ่งก็คือ ระบบที่สถานีปลายทางใช้งานสายอากาศขนาดเล็ก ระบบจะประกอบด้วยสถานีลูกข่ายหลายสถานี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของจานที่ใช้ ในสถานีลูกข่ายจะมีขนาดเล็ก โดยทั่วไปจะตกประมาณ 0.6 เมตร ถึง 1.8 เมตร และมีกำลังส่งไม่มากนัก สถานีลูกข่ายนี้จะติดต่อกับสถานีแม่ข่ายที่เรียกกันว่า "HUB" หรือบางทีก็เรียกว่าสถานี "MASTER" สถานีนี้จะมีขนาดใหญ่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของจานที่ใช้ตกประมาณ 10 กว่าเมตร และมีกำลังส่งสูง สถานีแม่ข่ายนี้จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังสถานีลูกข่าย และพร้อมกันนั้นก็ทำการรับสัญญาณจากสถานีลูกข่ายไปด้วยในเวลาเดียวกัน แต่ในกรณีที่ต้องการจะติดต่อกันระหว่างสถานีลูกข่ายด้วยตัวเอง โดยตรงจะไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากที่กล่าวไปแล้วว่า สถานีลูกข่ายนั้นมีขนาดเล็กและกำลังส่งไม่มากนัก เพราะต้องการประหยัดต้นทุนค่า ฉะนั้นระดับสัญญาณ จึงไม่พอเพียงในการที่จะทำการติดต่อกันโดยตรง หากแต่ต้องทำการติดต่อผ่านสถานีแม่ข่ายก่อน แล้วสถานีแม่ข่ายจะทำการทวนสัญญาณ แล้วส่งไปยัง สถานีลูกข่ายอีกครั้งหนึ่ง ที่สถานีแม่ข่ายจะมีอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ เพื่อทำหน้าที่ให้การจัดการ และควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด ในแง่ของการลงทุนจะลงทุนมาก

เพียงครั้งเดียวสำหรับการสร้างสถานีแม่ข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปลักษณะของดาวเทียม

เราจำแนกดาวเทียมโดยอาศัยรูปร่างภายนอก เป็นเกณฑ์ ก็จะสามารถแยกออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

ดาวเทียมทรงกลม ดาวเทียมแบบนี้จะประกอบไปด้วยแผง เซลล์แสงอาทิตย์อยู่รอบ ๆ ตัว โดยมีความสามารถที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาแปลง เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ เพื่อนำไปป้อนให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ภายในตัวของดาวเทียม

ดาวเทียมแบบ Three Axis Stabilized รูปร่างของดาวเทียมแบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกล่องและมีแขนยื่นออกมา 2 ข้าง ในส่วนที่มีลักษณะคล้ายกล่องเป็นตัวดาวเทียม ส่วนที่เป็นแขนยื่นออกมา 2 ข้าง จะเป็นแผง เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ โดยเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 2 ข้างนั้น เวลาที่ทำการยิงดาวเทียมขึ้นไปในวงโคจรจะหมุนแนบกับตัวดาวเทียม

ส่วนประกอบของดาวเทียม

ดาวเทียมประกอบไปด้วยอุปกรณ์สำคัญ ๆ 4 ส่วน คือ

1. แหล่งจ่ายพลังงาน(Power Supply)

จะได้มาจากแผง เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ ในช่วงที่สามารถทำการรับแสงอาทิตย์ได้ แต่ถ้าเป็นช่วงที่ไม่สามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้ อันเนื่องมาจากการถูกบังของโลก ก็จะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่สะสมพลังงานไฟฟ้าไว้ในช่วงที่รับแสงอาทิตย์ได้

2. อุปกรณ์ส่งสัญญาณควบคุม(Telemetry Tracking and Command)

สัญญาณควบคุมที่ว่ามี 2 หน้าทีด้วยกัน หน้าทีแรกได้แก่ คอยควบคุมตำแหน่งของดาวเทียม และอีกหน้าทีหนึ่งคือ ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ดาวเทียม

การควบคุมตำแหน่งของดาวเทียม

คือวิธีการที่จะนำดาวเทียมให้กลับมาสู่วงโคจรเดิม เนื่องจากดาวเทียมเมื่อส่งขึ้นสู่วงโคจรจะมีการเคลื่อนที่ผิดตำแหน่งอยู่เสมอ โดยสามารถทำได้โดยการมีสถานีภาคพื้นดินคอยทำหน้าที่ติดตามและบังคับควบคุมดาวเทียม การที่สถานีภาคพื้นดินจะสามารถติดตามดาวเทียมได้ตลอดเวลา นั้น ดาวเทียมจะส่งสัญญาณที่เรียกว่า "สัญญาณควบคุมตำแหน่ง" มายังสถานีภาคพื้นดิน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดิน สัญญาณนี้จะประกอบด้วยข้อมูลที่แสดงให้รู้ว่าตำแหน่งดาวเทียมนั้น ตอนนี้อยู่ที่ใด มีการผิดจากตำแหน่งเดิมไปหรือไม่เมื่อสถานีภาคพื้นดินรับสัญญาณมาแล้ว ก็จะนำข้อมูลที่ได้ เปรียบเทียบกับข้อมูลตำแหน่งที่ถูกต้องของดาวเทียม เมื่อผ่านการคำนวณแล้วสถานีภาคพื้นดิน จะทราบว่าควรจะต้องบังคับดาวเทียมอย่างไร จากนั้นก็จะส่งสัญญาณควบคุมไปยังดาวเทียม เพื่อไปบังคับให้ดาวเทียมทำการจุดต่อจรวด เชื้อเพลิง เพื่อผลักดันดาวเทียมให้กลับไปยังตำแหน่งที่ถูกต้อง

การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ดาวเทียม

คล้าย ๆ กับการเริ่มแรกคือ ดาวเทียมจะส่งข้อมูลที่เกี่ยวกับการทำงานของดาวเทียมเองมาให้สถานีภาคพื้นดินทราบ จากนั้นทางสถานีภาคพื้นดินจะทำการพิจารณาว่าตอนนี้สถานีดาวเทียมทำงานตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการอยู่หรือไม่ ถ้าหากไม่ ก็จะส่งสัญญาณควบคุมไปยังบังคับดาวเทียมปฏิบัติตามที่ต้องการ เช่น ทำการปรับปรุงอัตราขยายในการส่งหรือรับให้มีความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ เป็นต้น

3. อุปกรณ์ทรานสปอนเดอร์(Transponder)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่จัดการส่งสัญญาณที่ได้รับจากสถานีต้นทาง ไปยังสถานีรับสัญญาณปลายทางที่ทำหน้าที่เสมือนเครื่องทวนสัญญาณ อุปกรณ์เหล่านี้จะประกอบด้วย ตัวขยายสัญญาณทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ได้รับมาได้ แล้วส่งให้อุปกรณ์เปลี่ยนความถี่ ทำการเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณที่ได้รับมาได้ให้เป็นความถี่ที่สูงขึ้น อุปกรณ์เปลี่ยนความถี่จะประกอบด้วย ตัวผสมสัญญาณ(Mixer) และตัวผลิตความถี่(Local Oscillator) จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งไปยังตัวขยายกำลังส่งของสัญญาณ

เหตุที่ต้องมีการเปลี่ยนความถี่ เนื่องจากสัญญาณที่มีความถี่เดียวกัน สัญญาณที่มีกำลังส่งสูงกว่าจะเบรบกวนสัญญาณที่มีกำลังส่งต่ำกว่า สัญญาณที่ดาวเทียมรับได้จะมีกำลังต่ำ ส่วนสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีกำลังสูง ดังนั้นถ้ามีความถี่เดียวกันสัญญาณที่รับก็จะถูกรบกวนโดยสัญญาณที่ส่งได้ง่าย

4. งานรับส่งสัญญาณ(Antenna)

ดาวเทียมสามารถที่จะส่งสัญญาณได้หลายแบบ เช่นส่งครอบคลุมพื้นที่บริเวณเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว้าง หรืออาจส่งครอบคลุมเป็นบริเวณแคบ ๆ ซึ่งก็จะใช้งานรับส่งสัญญาณที่แตกต่างกันออกไป งานรับส่งสัญญาณจะหาหน้าที่ทั้งกระจายสัญญาณและรวมสัญญาณในเวลาเดียวกัน

การสร้างงานรับส่งสัญญาณสำหรับดาวเทียม มีคุณลักษณะ 3 ประการที่ต้องคำนึงถึงประกอบไปด้วย

1. ความสามารถในการรวบรวมสัญญาณและกระจายสัญญาณ (GAIN) เป็นหน่วยวัดความแรง (Strength) และทิศทางการส่งของสัญญาณ (directionality) มีหน่วยเป็นเดซิเบล (decibel) เป็นค่าของอัตราส่วน ระหว่างความแรงของสัญญาณที่ถูกส่งออกไปอย่างมีทิศทาง กับความแรงของสัญญาณที่ถูกส่งออกไปรอบทิศทาง เมื่อวัดที่กำลังส่งเท่ากันและรัศมีเดียวกัน

2. ทิศทางของงานรับส่งสัญญาณ (direction) คือ มุมของสัญญาณที่ออกจากงานรับส่งสัญญาณ

3. พื้นที่รับสัญญาณ (footprint) คือ บริเวณพื้นที่ที่สถานีภาคพื้นดินสามารถทำการรับสัญญาณได้ ดาวเทียมสามารถส่งสัญญาณครอบคลุมพื้นที่ได้เป็นบริเวณกว้างหลายร้อยกิโลเมตรจนถึงหลายพันกิโลเมตรซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

บทที่ 2

ระบบงานสายอากาศดาวเทียม

ระบบงานสายอากาศของสถานีภาคพื้นดิน

ในบทนี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของระบบงานสายอากาศ เช่น noise temperature figure of merit(G/T) รูปร่างการกระจายคลื่นของสายอากาศ ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านี้ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับความถี่ที่ใช้

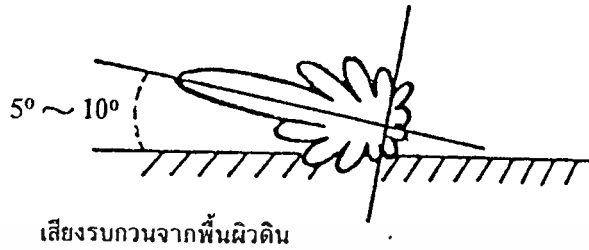
Figure of merit(G/T)ของสถานีภาคพื้นดิน หมายถึงอัตราส่วนของ gain สายอากาศ ต่อ system noise temperature ซึ่งมักจะใช้ในการพิจารณา คุณสมบัติการทำงานของ สถานี นั้น ๆ ว่าดีเลวเพียงใด ดังนั้น สถานีภาคพื้นดินควรมีงานสายอากาศ ที่มี gain สูง และ noise temperature ของระบบมีค่าต่ำ system noise temperature นั้นจะประกอบไปด้วย เสียงรบกวนที่เกิดจากระบบสายส่ง อุปกรณ์เครื่องรับและอุปกรณ์ขยายสัญญาณ ในบางกรณีค่า T ในสูตรของ G/T จะคิดเฉพาะ noise temperature ของงานสายอากาศ ดังนั้น กรณีนี้ ค่า G/T จึงเป็น figure of merit ของระบบการแพร่คลื่นของสายอากาศเท่านั้น G คิดในหน่วย เดซิเบล ส่วน T คิดในหน่วยเดซิเบลสัมพันธ์กับอุณหภูมิสมบูรณ์ 1 เคลวิน ในระบบดาวเทียม G/T แสดงอยู่ในหน่วย dB/K

System noise temperature ที่รับได้ทั้งหมดของสถานีภาคพื้นดิน แสดงอยู่ในรูปของผลบวกของ noise temperature ของเครื่องรับ ระบบแพร่คลื่นของงานสายอากาศและระบบสายส่งของงานสายอากาศ ค่า equivalent noise temperature(T_A) ของ ระบบแพร่คลื่นของงานสายอากาศ ประกอบด้วย เสียงรบกวนที่รับได้ทั้งหมดที่เกิดจากฝนตก และ เสียงรบกวนที่เกิดจากพื้นผิวดิน ซึ่งรับเข้ามาโดย sidelobe ของงานสายอากาศ

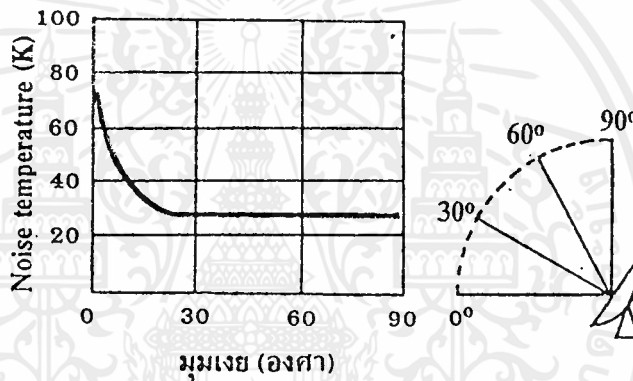
ถ้างานสายอากาศมีมุมเงยต่ำ เสียงรบกวนที่เกิดจากพื้นดิน และเสียงรบกวนที่เกิดจากบรรยากาศจะมีค่ามาก เพราะว่า main beam ของงานสายอากาศ จะผ่านชั้นบรรยากาศที่หนา และside lobe ค่าสูงที่อยู่ใกล้ main lobe จะรับเสียงรบกวนที่เกิดจากพื้นผิวดิน เข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียงรบกวนจากชั้นบรรยากาศ



รูปที่ 2.1 งานสายอากาศมีมุมเงยค่าจะรับเสียงรบกวนเข้ามา



รูปที่ 2.2 noise temperature ที่มุมเงยต่าง ๆ ของงานสายอากาศ

ต่อไปพิจารณาการกระจายคลื่นของงานสายอากาศ จากรูปที่ 2.3 แสดงรูปการกระจายคลื่นของงานสายอากาศ ซึ่งชี้ให้เห็นทิศทางการแพร่คลื่นของงานสายอากาศ ประกอบด้วย main beam และ sidelobe ซึ่ง sidelobe ที่อยู่ใกล้ ๆ main beam เรียกว่า axis side lobe ส่วน sidelobe ที่อยู่ห่างจาก main beam ออกไปเรียกว่า wide angle sidelobe สาเหตุที่ near axis sidelobe มีการกระจายค่าอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากพื้นที่รับคลื่นของงานสายอากาศถูกบังโดย subreflector และขาชี้คิ้ว subreflector นอกจากนั้นยังมีสาเหตุจากที่คลื่นบางส่วนแฉลบออกจากขอบของ subreflector

ตอนนี้จะพิจารณาเกี่ยวกับ half power beamwidth ซึ่งกำหนดอยู่ในรูปของ มุมระหว่าง 2 ทิศทาง ซึ่งกำลังงานของการแพร่คลื่นของงานสายอากาศ ตกลงมารึ่งหนึ่งของค่าสูงสุดของลวดคลื่น หรือ อีกนัยหนึ่งก็คือ มุมระหว่างจุดค่านข้างทั้งสองของแกน ซึ่งมีค่าต่ำกว่า main beam อยู่ 3 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

half power beamwidth ของงานสายอากาศขนาดใหญ่ ที่ใช้ในระบบสื่อสารดาวเทียม สามารถหาได้จากสูตร

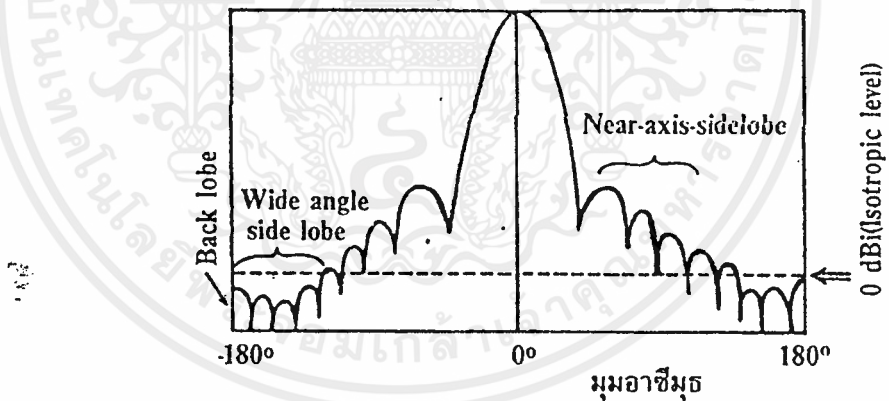
$$\theta = K (\lambda/D)$$

K : ค่าคงที่ ซึ่งกำหนดโดยรูปร่างของงานสายอากาศ มีค่าอยู่ในช่วง 60-70

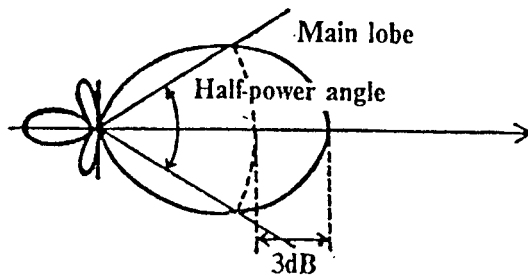
λ : ความยาวคลื่น (ม)

D : เส้นผ่าศูนย์กลางของงานสายอากาศ (ม)

เนื่องจากสายอากาศที่ใช้ในระบบสื่อสารดาวเทียมมีขนาดใหญ่ เช่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 27-34 เมตร ดังนั้น half power beam width จะมีค่าประมาณ 0.1-0.2 องศา ในย่านความถี่ 4-6 กิกะเฮิรต์ ดังนั้น เพื่อที่จะชี้ทิศทางของลำคลื่นให้บตรงดาวเทียม จำเป็นที่จะต้องออกแบบระบบการควบคุมทิศทาง ลำคลื่นของงานสายอากาศให้ถูกต้องแม่นยำ



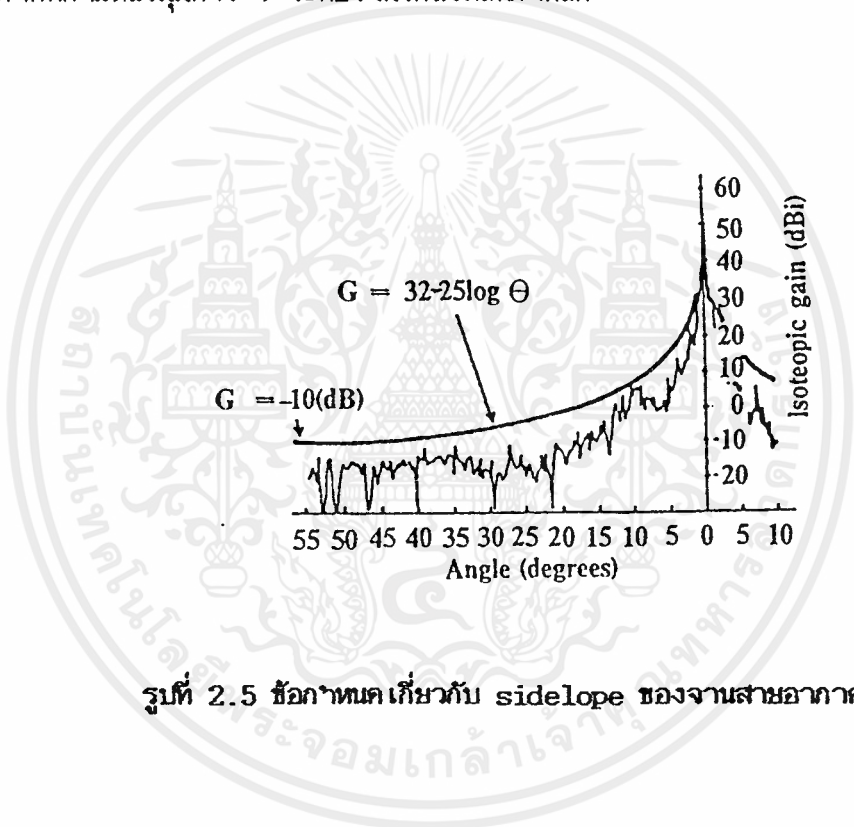
รูปที่ 2.3 รูปร่างการกระจายคลื่นของงานสายอากาศ



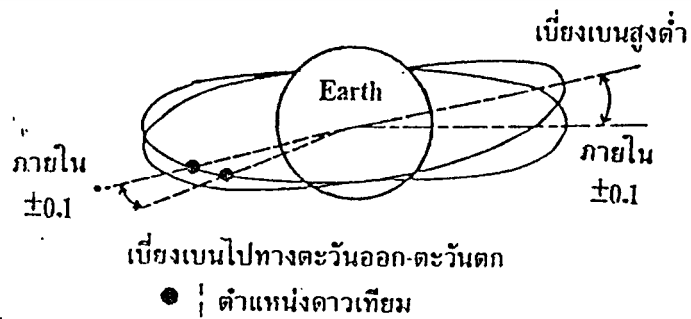
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.4 half power beamwidth
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติการทำงานของจานสายอากาศ

จานสายอากาศที่ใช้ในระบบสื่อสารดาวเทียมจะต้องไม่มี sidelobe สูงเกินกว่าค่าที่กำหนด เพราะถ้ามี sidelobe สูงสัญญาณจะมีโอกาสรบกวนระบบ ดาวเทียมดวงอื่น(กรณีจานส่ง) หรือรับสัญญาณรบกวนจากระบบอื่น (กรณีจานรับ) ดังนั้น ข้อจำกัดเกี่ยวกับ sidelobe ของจานสายอากาศที่ตำแหน่งมุมต่าง ๆ จะต้องไม่เกินเส้นที่กำหนด



รูปที่ 2.5 ข้อจำกัดเกี่ยวกับ sidelobe ของจานสายอากาศ



รูปที่ 2.6 การเบี่ยงเบนของตำแหน่งดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปพิจารณาเกี่ยวกับการชี้ตำแหน่งไปยังดาวเทียมให้ได้ตลอด เวลาของงานสายอากาศ ซึ่ง
จำเป็นต้องใช้ระบบการขับเคลื่อนหมุนงานสายอากาศ เพื่อที่จะติดตามดาวเทียมได้ตลอดเวลาขณะที่
ดาวเทียมเปลี่ยนตำแหน่งไป การให้งานสายอากาศชี้ ตำแหน่งติดตามดาวเทียมนี้ มีทั้งระบบอัตโนมัติ
และระบบปรับด้วยมือ งานสายอากาศจะต้องถูกขับเคลื่อนให้หมุนไปตามการ เปลี่ยนตำแหน่งของดาว
เทียม ความสามารถในการให้ทิศทางของงานสายอากาศของสถานีภาคพื้นดิน ชี้ติดตามดาวเทียมจะ
ต้องให้สามารถชี้ติดตามได้ กรณีดาวเทียมเคลื่อนที่เบี่ยงเบนไป $+0.1$ องศา ตะวันออก-ตะวันตก
ดังในรูปที่ 2.6

การให้งานสายอากาศชี้ตำแหน่งติดตามดาวเทียม โดยระบบอัตโนมัตินั้นกระทำได้โดยการรับ
สัญญาณ beacon จากดาวเทียม งานสายอากาศที่สถานีภาคพื้นดินจะถูกควบคุมโดยอัตโนมัติ เพื่อให้
ทิศทางของสัญญาณ beacon ที่ส่งมาทับกัน หรือ อยู่ในทิศทาง boresight axis ของงานสาย
อากาศ

บทที่ 3

งานสายอากาศสำหรับรับสัญญาณจากดาวเทียม

สถานีภาคพื้นดินที่รับสัญญาณโทรทัศน์โดยตรงจากดาวเทียม อุปกรณ์อย่างหนึ่งที่มีความสำคัญก็คือ งานสายอากาศ ซึ่งคุณภาพในการรับสัญญาณจะดีหรือเลว นั้น งานสายอากาศก็มีส่วนด้วย งานสายอากาศคุณลักษณะโดยทั่วไป มันจะหาหน้าที่ รับและส่งคลื่นไมโครเวฟ ย่านความถี่ 6/4 GHz, 14/11 GHz, 30/20 GHz ระหว่างสถานีภาคพื้นดินกับดาวเทียมเป็นหลัก งานสายอากาศที่นิยมมาใช้ในย่านความถี่ไมโครเวฟ โดยทั่วไปจะมีรูปทรงเป็นแบบพาราโบล่า (PARABOLA) ผิวเปิดเนื่องจาก ความยาวคลื่นไมโครเวฟสั้นมาก ประมาณ 0.5 - 1.0 cm. จึงมีคุณสมบัติคล้ายแสง เมื่อคลื่นมาตกกระทบที่ผิวของงานสายอากาศ ที่ทำด้วยวัสดุ ที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนคลื่น ก็จะทำให้คลื่นที่มาตกกระทบผิวงาน เกิดการสะท้อนไปเข้ามายังจุดโฟกัส (FOCUS) ทำให้ที่บริเวณจุดโฟกัสเป็นบริเวณที่คลื่นมีความแรงที่สุด ถ้านำเอาฟีดฮอร์นและอุปกรณ์อื่น ๆ ไปวางที่จุดโฟกัส ก็จะสามารถรับสัญญาณนี้ได้ ดังนั้นงานสายอากาศแบบพาราโบล่านี้ จึงมีอัตราขยาย (GAIN) สูงกว่างานสายอากาศแบบอื่น ดังนั้น จึงนิยมนำงานสายอากาศแบบนี้ มาใช้ในระบบสื่อสารดาวเทียม ซึ่งเป็นระบบสื่อสารที่สามารถส่งไปได้ไกลที่สุดในยุคปัจจุบันนี้

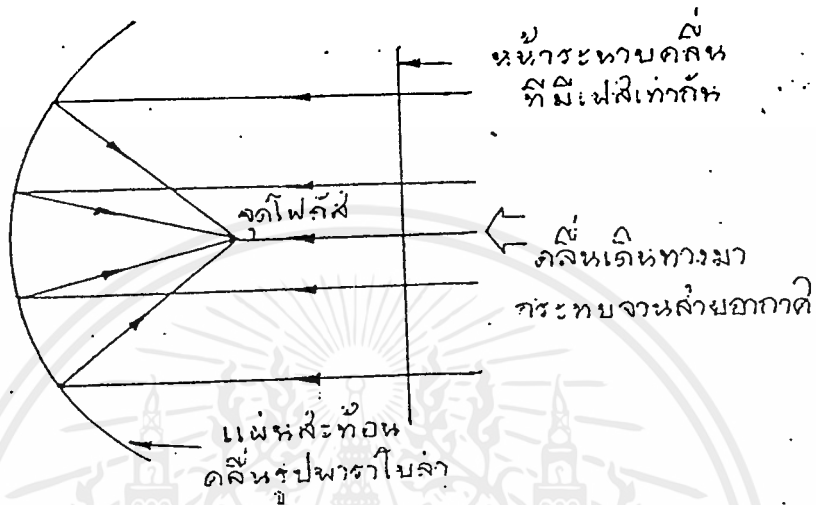
เนื้อหาของบทนี้ จะเป็นการกล่าวถึง งานสายอากาศแบบพาราโบล่าโดยทั่ว ๆ ไป ตั้งแต่หลักการพื้นฐานของงานสายอากาศ ค่าพารามิเตอร์ ของงานสายอากาศ คุณสมบัติที่สำคัญของงานสายอากาศ และสาเหตุที่เลือกใช้สายอากาศแบบ PRIME FOCUS FEED ANTENNA ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างงานสายอากาศที่ควรทราบไว้

หลักพื้นฐานของงานสายอากาศแบบพาราโบล่า

การวิเคราะห์งานสายอากาศแบบพาราโบล่านี้ สิ่งที่จะต้องคำนึงถึงในการวิเคราะห์ ก็คือ หลักการของแสง (OPTICAL PRINCIPLE) ทางเรขาคณิต ได้แก่ การสะท้อนของแสง เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีพื้นฐานที่ง่าย และได้ค่าใกล้เคียงที่สุด เมื่อลำคลื่นขนานที่ส่งมาจากดาวเทียม เดินทางมากระทบ กับแผ่นสะท้อน (REFLECTOR) ของรูปพาราโบล่า ก็จะเกิดการสะท้อนของคลื่นเข้าจุดโฟกัส ดังรูปที่ 3.1 ในทางกลับกัน คลื่นที่ออกจากจุดโฟกัส เมื่อกระทบกับแผ่นสะท้อน ก็จะสะท้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นลำขนานออกจากงานสายอากาศเข้าสู่ดาวเทียม



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของคลื่นที่ตกกระทบงานสายอากาศ

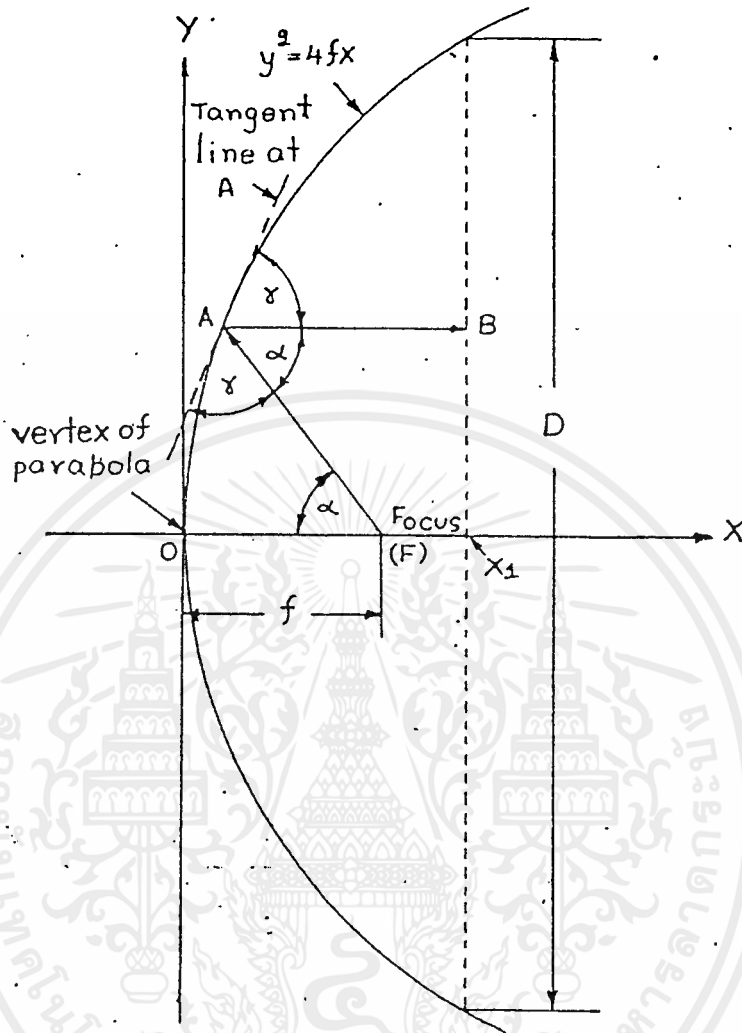
คุณสมบัติทางเรขาคณิตของกราฟพาราโบลา สามารถแสดงอยู่ในเทอมของระบบการที่เขียน (CARTESIAN COORDINATE) ดังรูปที่ 3.2 แกนทางแนวนอนคือ แกน X ซึ่งลากผ่านจุดกึ่งกลางของกราฟพาราโบลา ซึ่งสมมาตรกันทั้งช่วงบนและช่วงล่าง และตั้งฉากกับแกน Y ซึ่งลากสัมผัสกราฟพาราโบลา จุดตัดระหว่างแกนทั้ง 2 คือ จุดยอด (vertex) ระยะทางจากจุดยอดมายังจุดโฟกัส F ของกราฟยาว f ดังนั้นสมการของกราฟพาราโบลาซึ่งอยู่ในเทอมของพิกัด X,Y และระยะ f คือ

$$y^2 = 4fx \tag{3.1}$$

จากสมการ (3.1) ถ้ากำหนดค่าให้ X เพิ่มขึ้น จาก 0 ถึง INFINITY ค่า Y จะมี 2 ค่า คือ +Y และ -Y และจะขยายออกไปตามแกน Y จนถึง INFINITY ในทางปฏิบัติ แผ่นสะท้อนคลื่นจะมีขนาดจำกัด ขนาดของงานสายอากาศดังรูป 3.2 คือระยะ D ค่า X_1 คือความลึกของงาน

ถ้า X_1 น้อยกว่าระยะ f จุดโฟกัสจะวางอยู่ข้างนอกงานสายอากาศ แต่ถ้า X_1 มากกว่าระยะ f จุดโฟกัส จะวางอยู่ข้างในของงานสายอากาศ ซึ่งนิยามใช้ อัตราส่วนของระยะ f กับขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลาง D เรียกว่า f/d RATIO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติทางเรขาคณิตของกราฟพาราโบลาในระบบคาร์ทีเซียน

ค่า f/d นี้เป็นตัวกำหนดความลึกของแผ่นสะท้อน (X_1) ที่สัมพันธ์กับระยะโฟกัส (f) ซึ่งจานสายอากาศแบบพาราโบลา ทั่ว ๆ ไปจะมีค่าความลึก (X_1) < ระยะจุดโฟกัส (f) เสมอ

กำหนดค่าให้

$$X_1 = f/2 \quad (3.2)$$

แทนค่าในสมการ (3.1)

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดค่าให้

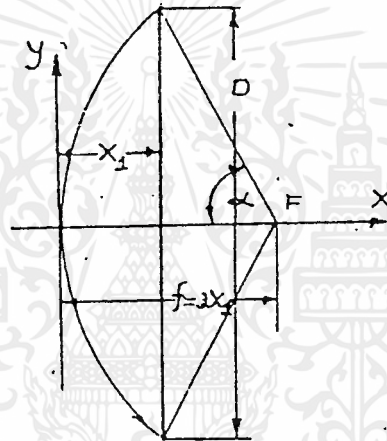
$$+Y = -Y = D/2 \quad (3.3)$$

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

เพราะฉะนั้น

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

งานสายอากาศแบบพาราโบล่า ที่มีค่า $f/D = 0.35$ ดังแสดงในรูป 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงงานสายอากาศแบบพาราโบล่าที่มีค่า $f/D = 0.35$

ตามปกติงานสายอากาศรูปพาราโบล่า ทั่ว ๆ ไป จะมีค่า f/D ระหว่าง 0.25 ถึง 0.5 เสมอ จากรูปที่ 3.2 สมมุติคลื่นตกกระทบบนที่จุด A เมื่อคลื่นออกจากจุดโฟกัสบนระนาบสะท้อนที่จุด A มุมตกกระทบบน จะเท่ากับมุมสะท้อน ความหนาของแสง คลื่นก็จะสะท้อนจากจุด A เป็นเส้นขนานกับแกน X ของกราฟพาราโบล่า

จากคุณสมบัติของกราฟพาราโบล่า ระยะทางจากจุดโฟกัส F ไปจุด A (FA) รวมกับระยะทางจากจุด A ไปยังจุด B (AB) จะมีค่าเท่ากับระยะทาง 2 เท่าของความยาวโฟกัส ดังสมการที่ (3.4)

$$FA+AB = 2f \quad (3.4)$$

$$AB = FA \cos \alpha$$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

จากสมการ (3.5) เราสามารถหาระยะทาง FA ได้ ถ้าเราทราบ ระยะ f และมุม α จากรูปที่ 3.2 ที่บริเวณเส้นประ D คลื่นจะมีเฟส (PHASE) ตรงกัน (INPHASE) บริเวณนี้ เราเรียกว่า หน้าคลื่น (WAVE FRONT) ดังนั้นหน้าคลื่นก็จะขนานกันไปเป็นลวดออกมาจากงานสายอากาศ ความสัมพันธ์ระหว่าง f กับมุม α สามารถแสดงได้ดังสมการ (3.5) ดังนี้

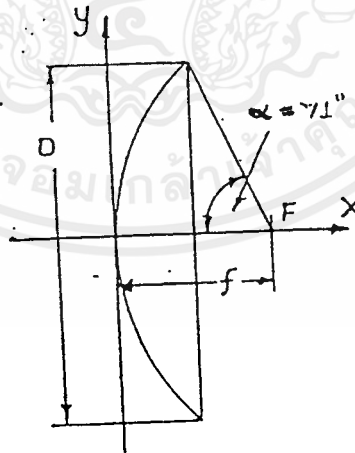
$$\alpha = \tan^{-1} \left\{ \frac{(f/2D) - [(f/D)^2 - (1/16)]}{1} \right\} \quad (3.6)$$

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

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

เพราะฉะนั้น $\alpha = 71$ องศา

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



รูปที่ 3.4 แสดงมุม α เมื่อให้ f/D = 0.35

หรือเราอาจจะหาระยะ f เมื่อรู้ค่า D และมุมค่า α ได้ดังนี้

$$f = [D/4 \tan(\alpha/2)] \quad (3.7)$$

จากสมการที่ (3.1) เราสามารถเขียนให้อยู่ในรูป f/D RATIO ดังสมการที่ (3.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Y^2 = 4D (f/D)X \quad (3.8)$$

จากสมการที่ (3.8) เมื่อเราทราบเส้นผ่าศูนย์กลาง (D) ของจานสายอากาศระยะ X_1 ที่สัมพันธ์กับระยะโฟกัส เมื่อนำไปหาค่า f/D RATIO และเมื่อเรากำหนดค่า X ให้เพิ่มขึ้น จาก 0 จนถึง X_1 เราก็จะได้ค่า Y ที่เพิ่มขึ้นด้วย จาก 0 ไปทางซีกบนและซีกบนของแกน Y และเมื่อ เรานำค่า X และค่า Y ที่ได้ไปพล็อตกราฟ(PLOT CURVE)ดู ก็จะได้เป็นลักษณะของ จานสายอากาศรูปพาราโบลาตามต้องการ

ค่าพารามิเตอร์ (PARAMETER) ที่สำคัญสำหรับจานสายอากาศ

ก่อนที่จะศึกษาถึงการสร้างจานสายอากาศ เราจะต้องทราบถึงค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ ของจานสายอากาศเสียก่อน ค่าพารามิเตอร์ของจานสายอากาศที่สำคัญ มีดังนี้

1. ค่าความเที่ยงตรงของผิวสะท้อน (Reflector Surface Accuracy)

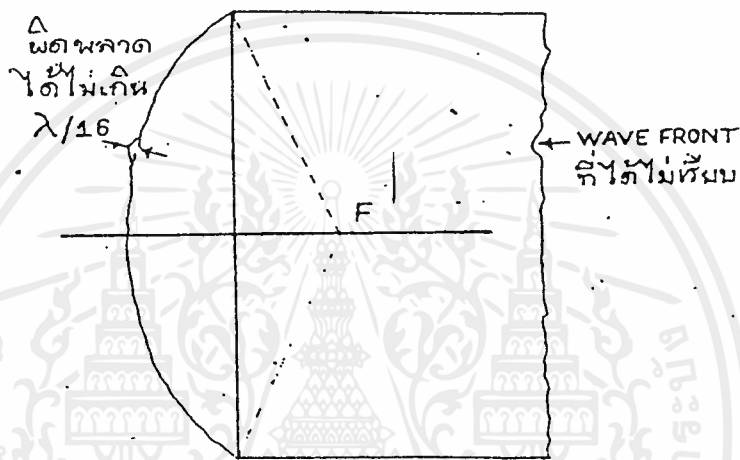
คือความเที่ยงตรงของพื้นผิวหน้างาน บริเวณส่วนโค้งของพาราโบลาที่คลื่นมากกระทบ ทางทฤษฎีต้องการให้ คลื่นที่สะท้อนกลับออกมาหน้างาน มีเฟสตรงกัน แต่ทางปฏิบัติหาได้ยาก ดังนั้น เราจึงจำเป็นต้องรู้ค่าผิดพลาดของส่วนโค้งน้อยที่สุดที่จะไม่ส่งผลต่อการรับสัญญาณของ จานสายอากาศ

โดยทั่ว ๆ ไป ค่าที่ยอมรับผิดพลาดทางทฤษฎีมีค่าไม่เกิน $\lambda/16$ [ระหว่าง $(\lambda/16)$ - $(\lambda/32)$] ดังนั้น พื้นผิวหน้างานจะต้องเรียบและสูงไม่เกิน $\lambda/16$ ของความถี่สูงสุดที่ใช้งาน เช่น การรับสัญญาณเรดาร์ ในช่วงความถี่ย่าน C-BAND ความถี่สูงสุด = 4.2 GHz เพราะ ฉะนั้นพื้นผิวงานจะต้องไม่สูงหรือต่ำเกิน 4.5 มม. ดังรูป 3.5

โดยค่าผิดพลาดของผิวงานที่ผิดพลาดจากทฤษฎี จะทำให้เกิดการสะท้อนสะเปะ สะปะ (Diffuse Reflection) ซึ่งจะเพิ่มระดับ side-lobe และทำให้เกนจากสาย อากาศลดลง โดยที่กำหนดค่าผิดพลาดนี้เป็นค่าเฉลี่ย (rms Diviation) ใช้สัญลักษณ์ σ จานสายอากาศพาราโบลา จะมีค่าความยาวคลื่นค่าหนึ่ง ที่จะทำให้เกนงานสูงที่สุด ค่าความ ยาวคลื่นนี้คือ λ_{max} ดังนั้น จะมีค่าเท่ากับ

$$\delta = \lambda_{\max}/4 = \lambda_{\max}/16 \quad (3.9)$$

$$\lambda_{\max} = 16\delta \quad (3.10)$$



รูปที่ 3.5 แสดงค่าผิดพลาดของผิวงานทำให้ WAVE FRONT ไม่เรียบ

2. แพทเทิร์นการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ และมีวิคท์

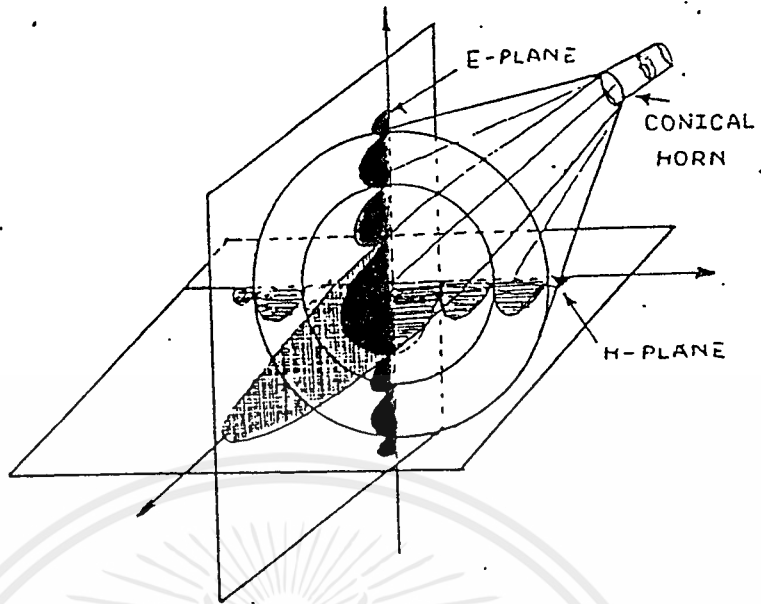
(Radiation Pattern And Beam Width)

ทิศทางการแพร่กระจายของคลื่นหรือการรับคลื่นของสายอากาศ เราเรียกว่า

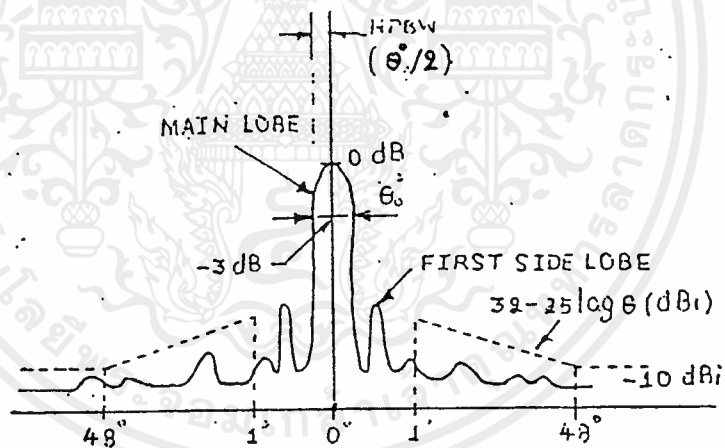
Radiation Pattern ดังแสดงในรูป 3.6 แพทเทิร์นของงานจะมีทั้ง E-plane pattern และ H-plane pattern

แพทเทิร์นในแกนตั้ง เราเรียกว่า E-pattern ซึ่งจะสมมาตรกับแกนกลางของ พิคฮอร์น ขณะที่แพทเทิร์นทางแกนนอน เรียก H-pattern จะตั้งฉากกับ E-pattern เสมอ
 วิคท์สามารถหาได้จากรูปแพทเทิร์นที่พล็อตได้จากกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ความกว้าง
 ระหว่างจุด 2 จุด ซึ่งเป็นจุดต่ำกว่า Main beam ลงมาอีกข้างละ 3 dB เราเรียกว่า Beam
 Width Angle หรือ Half Power Beam Width

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงแพทเทิร์นของสนามไฟฟ้า (E) และสนามแม่เหล็ก (H)



รูปที่ 3.7 แสดงโมเมนต์ของสายอากาศ

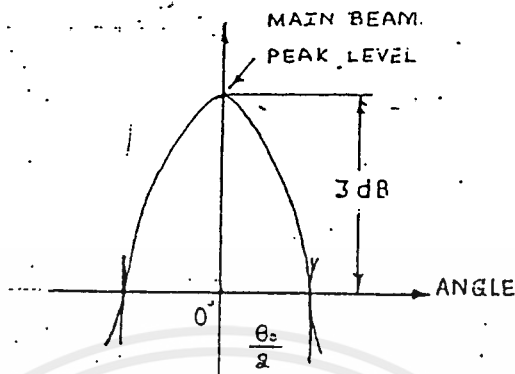
ครึ่งหนึ่งของมุม HPBW ($\theta/2$) คือระหว่าง Main beam กับจุด -3 dB ดังนั้นโมเมนต์ (θ_0) นี้จะขึ้นอยู่กับแอมพลิจูด ของคลื่นที่กระจายอยู่บนหน้างานสายอากาศ ค่าประมาณของ HPBW ของงานสายอากาศหาราบสำจะมีค่า

$$\theta_0 = 140\lambda/D \quad (3.11)$$

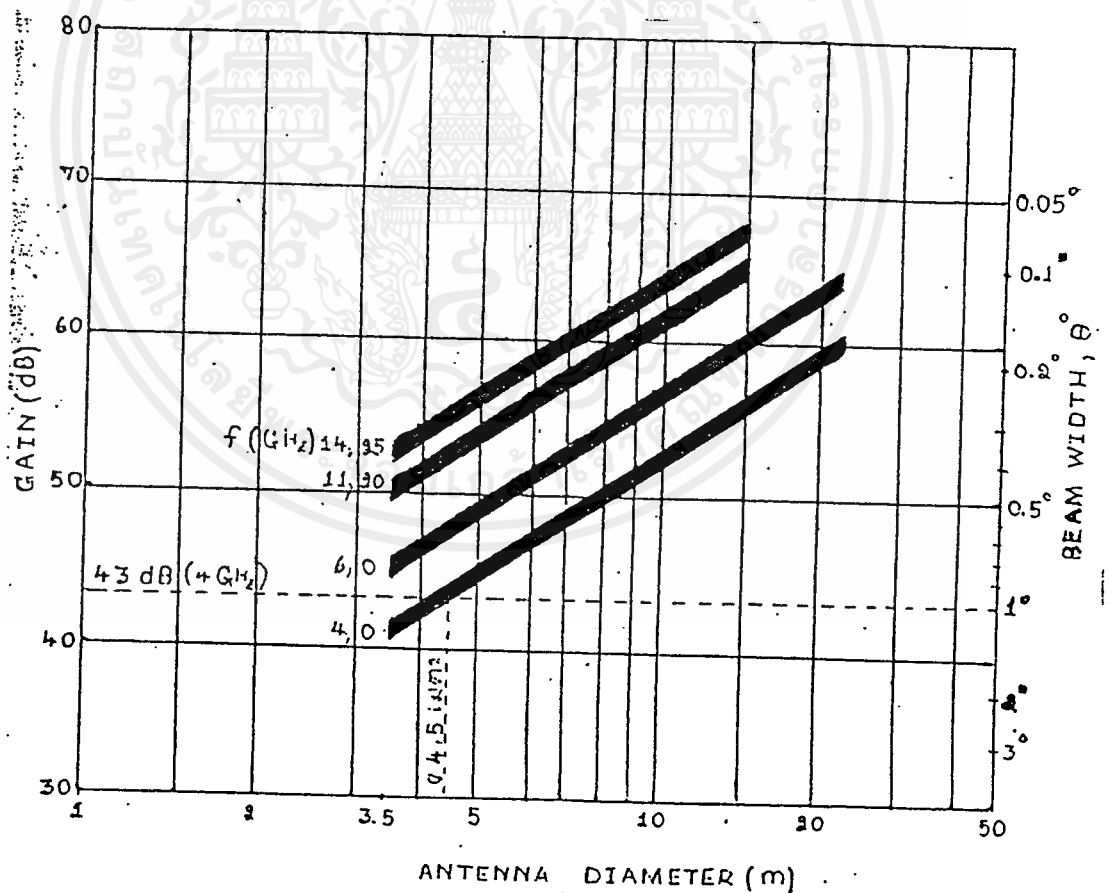
เช่น งานสายอากาศ $D = 4.5$ เมตร ที่ความถี่ 4 GHz จะมีค่า

$$\text{HPBW} = 2.32 \text{ องศา}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงมุม HPBW และ 3 dB บีมวิท



รูปที่ 3.9 แสดงค่าเกณฑ์สายอากาศ, เส้นผ่าศูนย์กลางของจานสายอากาศ และ 3 dB บีมวิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Side lobe ของงานสายอากาศ

โดยทั่วไป กำลังคลื่นที่แพร่กระจายออกจากงานสายอากาศ จะเป็นไปตาม Main lobe ของแพทเทิร์น แต่มีกำลังคลื่นบางส่วนแพร่กระจาย ในบริเวณ Side lobe ในทางกลับกันแพทเทิร์น การแพร่กระจายทางด้านรับ จะเหมือนกันกับทางด้านส่ง ถ้า Side lobe ของแพทเทิร์นทางด้านรับสูง มันก็จะไปรับเอาคลื่นที่มุ่งต้องการเข้ามาด้วย Side lobe จะเกิดขึ้นกับงานสายอากาศแบบพาราโบล่า ทุกชนิด และไม่สามารถกำจัดให้หมดได้ แต่สามารถลด Side lobe ลงให้ต่ำ ๆ ได้โดยการออกแบบงานสายอากาศชนิดพิเศษ เช่น งานสายอากาศแบบ Off set Parabolic Reflector การลด Side lobe สามารถกระทำได้ด้วยดังนี้

- (1) ลดระดับของคลื่นที่กระจายอยู่บริเวณขอบ ๆ งานให้น้อยที่สุด
- (2) ลดหรือปรับปรุงความเที่ยงตรงของพื้นผิวงาน (Reflector Surface Accuracy)
- (3) ออกแบบงานสายอากาศที่นำมาใช้มาบังผิวหน้างานสะท้อนคลื่น
- (4) ปรับปรุงระบบฟีดฮอร์น คือให้มีการแพร่กระจายคลื่นที่สมมาตรกัน

ค่าคุณสมบัติทาง Side lobe ของงานสายอากาศ ของสถานีภาคพื้นดิน มีความสำคัญมาก เพราะจะเป็นตัวรับเอา อินเตอร์เฟอเรนซ์ น้อยส์ (Interference noise) ในระบบดาวเทียม เนื่องจากระดับ Side lobe ของสถานีภาคพื้นดินสูงเกินไป ดังรูป 3.9 จะทำให้เกิดคลื่นที่เกิดจาก Side lobe ด้านส่ง ไปปรากฏที่ดาวเทียมดวงอื่นที่อยู่ใกล้กันจนวงจร ดังนั้น CCIR ได้กำหนดข้อกำหนดของระดับ Side lobe สำหรับสถานีภาคพื้นดินขึ้น คือ

งานสายอากาศที่มีค่า D/λ มากกว่า 100 อัตราการขยายของ Side lobe ที่มุมต่าง ๆ (θ) จะต้องมีไม่เกิน

$$\begin{aligned} G(\theta) &= 32 - 15 \log \theta \quad \text{dBi} \quad \text{เมื่อ } 1 < \theta < 48 \\ &= -10 \quad \text{dBi} \quad \text{เมื่อ } 48 < \theta < 180 \end{aligned}$$

งานสายอากาศที่มีค่า D/λ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 อัตราการขยายของ Side lobe ที่มุมต่าง ๆ (θ) จะต้องมีไม่เกิน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

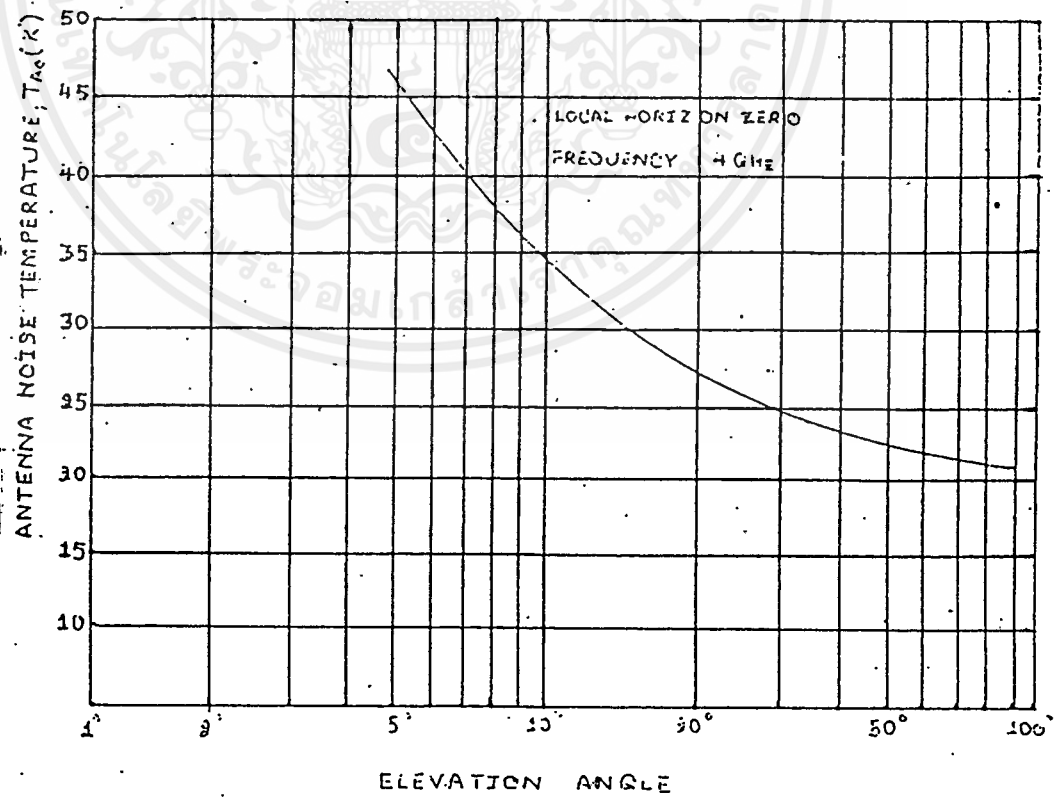
ส่วนสายอากาศที่ออกแบบสร้างหลังปี 2530 CCIR ได้กำหนด Side lobe ใหม่
คือ สายอากาศจะต้องมี Side lobe สูงสุดไม่เกิน 10% ของค่า

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

4. Antenna Noise Temperature

น้อยสจจากงานสายอากาศจะต้อง ำห้มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพราะน้อยสจ
จะมีผลต่อ เกนของงานสายอากาศ แหล่งที่เป็นตัวกำเนินค่าน้อยสจจากงานสายอากาศ ได้แก่

- (1) น้อยสจเกิดจากการลดทอนคลื่นของชั้นบรรยากาศ Atmosphere น้อยสจชนิดนี้
จะลดลงถ้ามุมเงย (Elevation) ของงานสายอากาศเพิ่มขึ้น
- (2) คอสมิก น้อยสจ (Cosmic Noise) คือ น้อยสจที่เกิดจากดวงดาวต่าง ๆ ใน
อากาศ
- (3) น้อยสจจากพื้นดิน เกิดจากการแพร่กระจายรังสีคลื่นวิทยุของพื้นดิน



รูปที่ 3.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้อยสจจากงาน สายอากาศ กับมุมเงยของงานสายอากาศ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

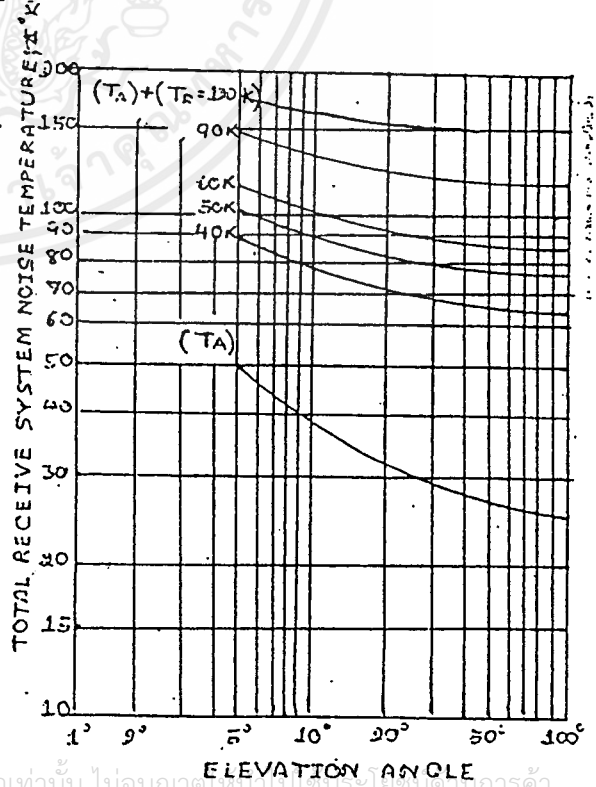
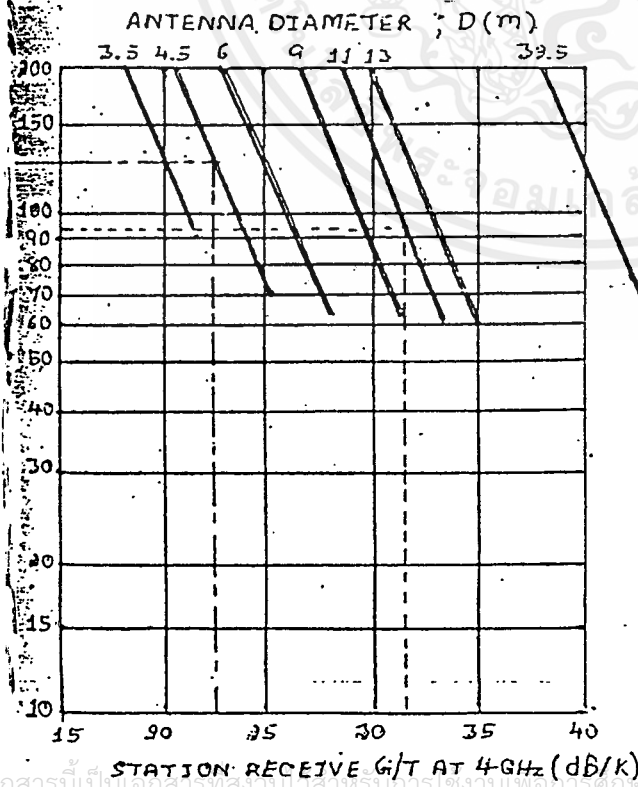
5. ค่า G/T (Figure of merit at receiver side)

ค่า G/T เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เป็นพื้นฐานสำคัญ ทางภาครับของสถานีภาคพื้นดิน เพราะเป็นค่าที่แสดงถึง คุณภาพของงานสายอากาศและ LNA ว่ามีคุณภาพในการรับ ดีหรือเลว อย่างไรก็ตามถ้าค่า G/T มีค่าสูง ๆ แสดงว่าสถานีนั้นก็มีคุณภาพในการรับดี ค่า G/T จะขึ้นอยู่กับอัตรา การขยายของงานสายอากาศทางด้านรับ กับน้อยสจจากงานสายอากาศ และจาก เครื่องรับ LNA

รูปที่ 3.11 แสดงค่า G/T ที่ความถี่ 4 GHz ซึ่งจะขึ้นอยู่กับ System noise temperature และ เส้นผ่าศูนย์กลางของงานสายอากาศ

รูปที่ 3.12 แสดงค่าผลรวมของ System noise temperature ทั้งหมด (T) จะขึ้นอยู่กับมุม Elevation ของงานสายอากาศรวมกับ Antenna noise temperature และ น้อยสจจาก เครื่องรับ LNA

ตัวอย่าง เส้นประแสดงค่า G/T = 31.7 dB/ K ของงานสายอากาศขนาด 11 เมตร System noise temperature = 50 K ที่มุม Elevation = 8.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 รูปที่ 3.11
 รูปที่ 3.12

3.3 คุณสมบัติของงานสายอากาศรับสัญญาณโดยตรงจากดาวเทียม

จากการศึกษา คุณสมบัติต่าง ๆ ของงานสายอากาศรับสัญญาณโดยตรงจากดาวเทียม พบว่า งานสายอากาศที่ดีควรมีลักษณะดังนี้-

- มีอัตราการขยายสูงในทิศทางที่รับสัญญาณที่ต้องการ
- มีอัตราการขยายต่ำในทิศที่รับสัญญาณที่ไม่ต้องการ
- มีประสิทธิภาพสูง (high efficiency)
- มีผลกระทบระเทือนต่อ noise temperature ของการรับสัญญาณต่ำ
- สามารถที่จะปรับทิศทางของสายอากาศให้รับสัญญาณได้ง่าย
- เมื่อเลี้ยงสายอากาศในยังดาวเทียมแล้ว ตำแหน่งที่ตั้งของสายอากาศจะต้อง เที่ยงตรงและแน่นอน
- มีการ เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสายอากาศมาก ต่อกระแสลมและภูมิอากาศที่แปรปรวน
- มีการ เปลี่ยนแปลงต่อการสะท้อนคลื่นน้อย
- สามารถให้ความแตกต่างในชั่วของสัญญาณที่รับและส่ง ได้สูง
- สามารถนำใบัดแปลงใช้ใน ระบบสายอากาศแบบ multi-beam หรือ multi-band ได้

ซึ่งสิ่งที่มีผลต่อคุณสมบัติของงานสายอากาศมากที่สุด ได้แก่ รูปร่างและโครงสร้างของงานสายอากาศนั่นเอง ซึ่งพอจะแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ได้ดังนี้

1. ตัวสะท้อนคลื่น และโครงสร้างทางด้านล่างของงานสายอากาศ

ในการออกแบบจะต้องคำนึงถึงรูปร่าง และการปรับทิศทางของงานสายอากาศ ซึ่งพอจะแบ่งได้ 3 วิธีคือ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งทั้ง 3 ชนิด จะต้องมีค่าความเที่ยงตรงสูง แม้ว่าจะมีลมแรงกรรโชก หรือ อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงมาก ๆ ก็ตาม

2. ค่าความแน่นอนบนพื้นผิวของตัวสะท้อนคลื่น

พื้นผิวของตัวสะท้อนคลื่นนี้จะต้องให้มีความแน่นอนมาก แม้จะมีสิ่งมากระทบที่ยังคงที่จะรักษาสภาพเช่นนั้นไว้ได้ เพราะถ้าเรารักษาสภาพเช่นนั้นไม่ได้แล้ว จะทำให้เกิดสาเหตุดังนี้

- เกิดการสูญเสียอัตราการขยายของสัญญาณ
- เกิด side lobe สูงขึ้นกว่าเดิม
- การสูญเสียของอัตราการขยายของสายอากาศ

$$X = 0.00761 e^{3f^3} \quad (\text{dB})$$

X : การสูญเสียของอัตราการขยายของสายอากาศ (dB)

e : surface rms error (mm.)

f : ความถี่ (GHz)

ถ้าใช้ความถี่ในย่าน 11 GHz หากผิวของจานไม่เรียบ แม้แต่เพียง 1 มม. เท่านั้นจะมีผลทำให้อัตราการขยายลดลงไปประมาณ 1 dB

- การเกิด side-lobe ในย่านความถี่ที่ใช้งาน ในการทดลองนี้ใช้ ย่าน 4/6 GHz ค่าความผิดพลาดบนผิวของจานสายอากาศเพียง 1 มม. (rms) จะทำให้เกิด side lobe ห่างจากแกนกลางขึ้นมา 2 แต่ถ้าเกิดความผิดพลาด 0.5 มม. ของการปรับผิวของจานสายอากาศแต่ละแผ่น จะทำให้เกิด side lobe อยู่ในระหว่าง 2 กับ 10 (ห่างจากแกนกลาง) ดังนั้นจะเห็นว่า ถ้าปรับแผงสายอากาศแต่ละแผ่น ให้ผิวหน้าราบเรียบตามส่วนโค้งของจาน จะทำให้ได้ประโยชน์:-

- ลดระดับของ side lobe ได้ทั้งหมด
- แหล่งกำเนิดสัญญาณต่าง ๆ ที่เข้ามาบริเวณจะลดน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การปรับทิศทางของงานสายอากาศและการ เล็งหาค่าแห่งของดาวเทียม

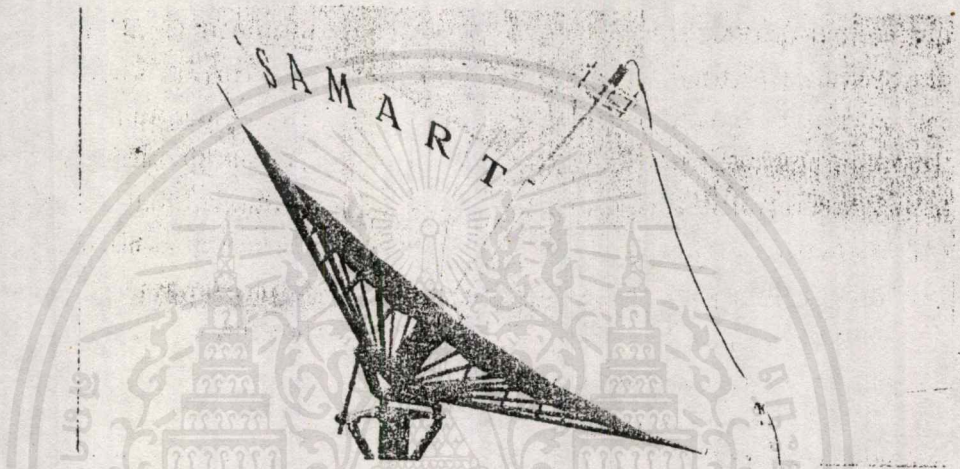
ในทุก ๆ ระบบ ถ้าการปรับทิศทางของงานสายอากาศ และการ เล็งหาค่าแห่งของดาวเทียม กระทำไม่ถูกต้องและแน่นอนทำให้เกิดการสูญเสียของสัญญาณอย่างมาก เช่น ถ้าใช้งานขนาด 30 เมตร จะต้องมีความแน่นอนมากอย่างน้อยก็ 0.01 องศา ซึ่งในงานขนาดใหญ่ ๆ นี้ เขานิยมใช้การปรับทิศทางและการ เล็งหาค่าแห่งของดาวเทียมแบบอัตโนมัติ เพียงแค่ใช้รับค้ำยมือก็พอเพียง ทั้งนี้เพราะว่า รัศมีของงานสายอากาศกว้างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับงานสายอากาศขนาดใหญ่กว่า เช่น งานสายอากาศ ขนาด 4.5 เมตร จะมีรัศมีประมาณ 2-3 องศาเท่านั้น



ชนิดของจานรับส่งสัญญาณดาวเทียม

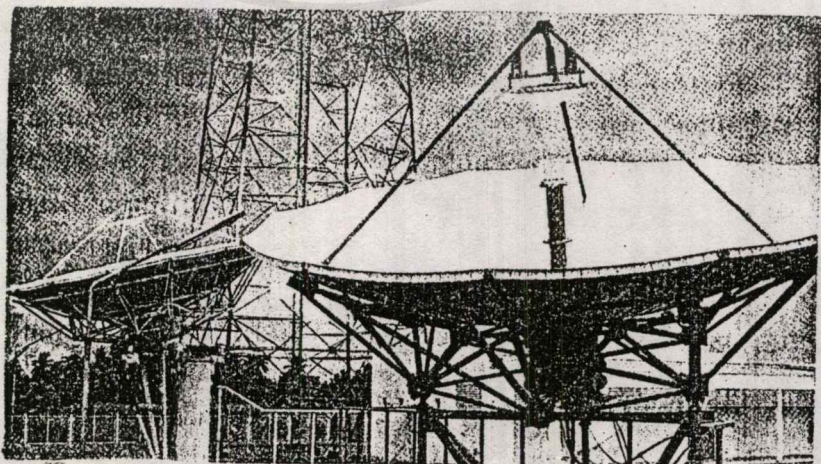
จานรับส่งมีด้วยกัน 3 แบบคือ

-แบบแรกเรียกว่า Prime Feed ลักษณะจานแบบนี้จะมีการสะท้อนหรือรวมสัญญาณที่จานเพียงครั้งเดียวแล้วสะท้อนเข้าสู่หีคเลย ลักษณะเช่นนี้จะหาหีคอยู่ตามตำแหน่งตรงข้ามกับจาน



รูปที่ 3.15 จานรับส่งแบบ Prime Feed

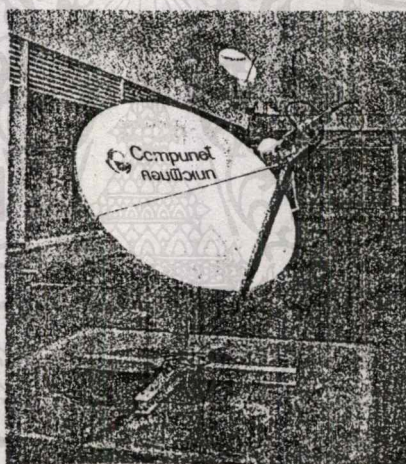
-แบบสองเรียกว่า Cassegrain จะมีโครงสร้างประกอบด้วยจานสะท้อนสัญญาณหลัก (main reflector) ซึ่งมีผิวโค้งเป็นรูปโพลาริโบลอยด์ (paraboloid) และจานสะท้อนรอง (sub reflector) ซึ่งมีผิวโค้งเป็นรูปไฮเพอร์โบลอยด์ (hyperboloid) การทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ เป็นดังนี้คือ สัญญาณที่ออกจากหีคจะสะท้อนที่จานสะท้อนรองก่อนจากนั้น จึงส่งไปที่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.16 จานรับส่งแบบ Cassegrain
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานสะท้อนหลัก ถ้าเป็นงานรับจะสะท้อนที่งานสะท้อนหลักก่อนแล้ว ไปสู่งานสะท้อนรองจาก นั้น
สัญญาณจะรวมกันที่พีค โดยที่พีคจะอยู่ที่คิกกับงานเลย

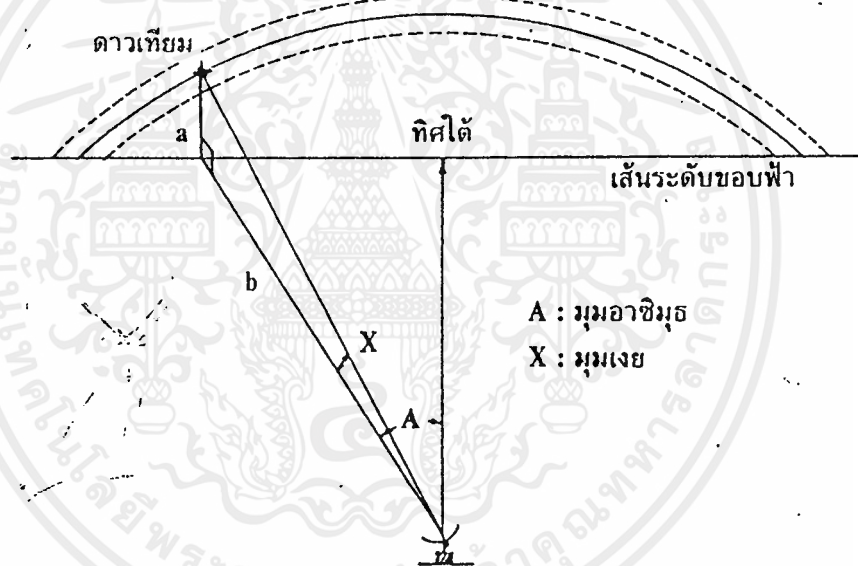
งานสายอากาศแบบนี้จะมีคุณสมบัติดีกว่าแบบ Prime Feed แต่ก็มีราคาสูงกว่าด้วย
-แบบที่สามเรียกว่า Off Set จะมีโครงสร้างเป็นแบบที่แสดงไว้ในรูปงานสาย
อากาศชนิดนี้จะทำได้โดยตัดส่วนใดส่วนหนึ่งจากงานสายอากาศ 2 แบบแรกมาใช้ทำให้มีขนาดเล็ก
ลง ลักษณะนี้สังเกตได้ชัดว่าเป็นแผ่นงานแบบนี้ คือ จะมีที่ค้ำพีคไม่อยู่ตำแหน่งตรงกลางงานสาย
อากาศเช่น 2 แบบแรกงานสายอากาศชนิดนี้มักจะนำมาใช้งานร่วมกับระบบ VSAT



รูปที่ 3.17 งานรับส่งแบบ Off Set

การคำนวณมุมเงยและมุมอาซิมุทของงานรับสัญญาณดาวเทียม

ความสำคัญประการหนึ่ง ในการรับสัญญาณจากดาวเทียม ให้นำได้ผลดีก็คือ จำเป็นต้องตั้งงานสายอากาศรับ ให้ทิศทางของงานสายอากาศชี้ไปยังดาวเทียมมาได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากงานสายอากาศแบบพาราโบลา มีลำคลื่น main beam ที่แคบมาก ยิ่งงานขนาดใหญ่ ลำคลื่นก็ยิ่งแคบลงไปอีก ถ้าทิศทางที่ชี้ไปยังดาวเทียม ดวงที่ต้องการจะรับผิดพลาดไปเพียงหนึ่งหรือสององศา สัญญาณที่รับได้จะมีระดับต่ำลงอย่างมาก ดังนั้นต้องมี การคำนวณมุมเงยและมุมอาซิมุทอย่างละเอียดถูกต้อง



รูปที่ 3.18 มุมเงยและมุมอาซิมุท

จากรูป เส้นอีควาเตอร์ และตัวดาวเทียมอยู่บนแนวระนาบ x-y งานสายอากาศรับสัญญาณจากดาวเทียมอยู่บนแนวระนาบ x-z ค่า ϕ เป็นค่าเส้นรุ้งของตำแหน่งที่ตั้งงานสายอากาศ ให้ K เป็นอัตราส่วนระหว่างรัศมีของโลกกับรัศมีวงโคจรของ ดาวเทียม

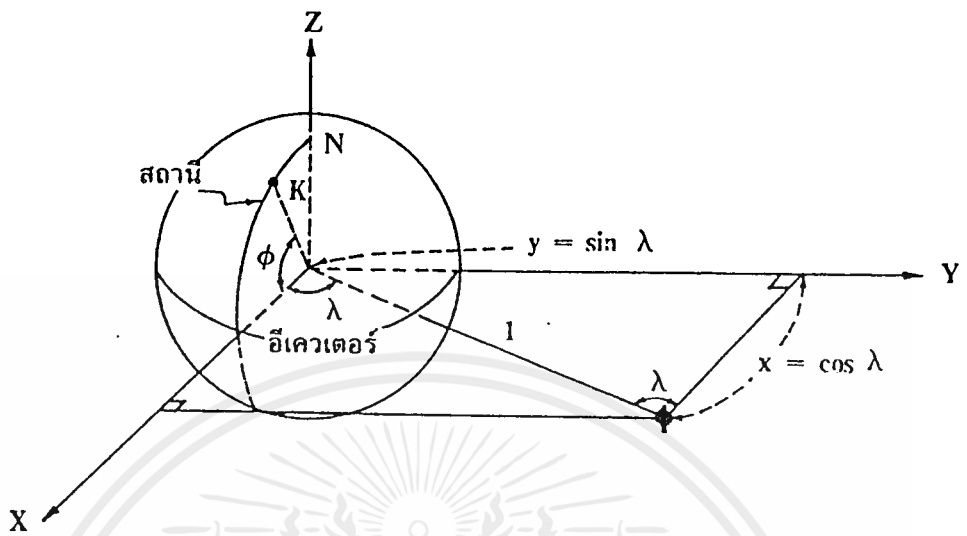
$$\text{เพราะฉะนั้นค่า } K = 6370 \times 10^3 / (6730 + 35860) \times 10^3 = 0.15084$$

สมมติให้ ระยะทางจากใจกลางของโลก ไปยังดาวเทียมมีค่าเท่ากับ 1 รัศมีของโลกจะ

สามารถเขียนได้ในรูปเท่ากับ K และให้ λ เป็นความแตกต่าง ของเส้นแวงระหว่าง จุดที่ตั้งงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สายอากาศและดาวเทียม ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 โคออร์ดิเนตของสถานีรับสัญญาณดาวเทียม

เราสามารถแสดงโคออร์ดิเนตของจุดที่ตั้งงานสายอากาศและดาวเทียมได้ดังนี้

โคออร์ดิเนตของจุดที่ตั้งงานสายอากาศ : $(K \cos \phi, 0, K \sin \phi)$

โคออร์ดิเนตของดาวเทียม : $(\cos \lambda, \sin \lambda, 0)$

ค่ามุมที่เราหมุนโกลบเป็นมุม ϕ ทางระนาบ x-z ดังนั้นจากรูปที่ 3.19 เขียนได้เป็นรูปที่ 3.20 ซึ่งตำแหน่งที่ตั้งของงานสายอากาศจะมีโคออร์ดิเนตบนแกน x ทางเดียว

โคออร์ดิเนตใหม่ของจุดที่ตั้งงานสายอากาศ : $(k, 0, 0)$

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

จากรูปที่ 3.20 ระนาบที่สัมผัสโลกตรงจุดที่ตั้งงานสายอากาศจะขนานกับระนาบ y-z ดังนั้นมุมเงยและมุมอาซิมุทจากงานสายอากาศหาได้ดังนี้

มุมเงย : $\tan a = \frac{y}{x} = \frac{\sin \lambda}{\cos \lambda \cos \phi} - 0.1508$

$$b = \frac{\sqrt{\sin^2 \lambda + \cos^2 \lambda \sin^2 \phi}}{\cos \lambda \cos \phi} - 0.1508$$

$$= \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \lambda \cos^2 \phi}}{\cos \lambda \cos \phi} - 0.1508$$

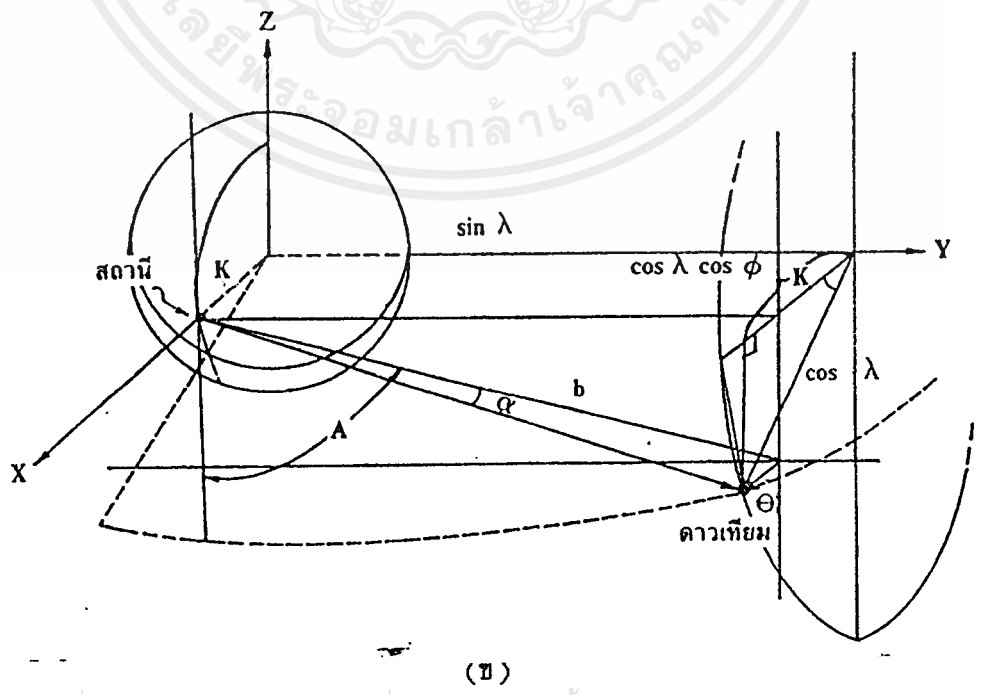
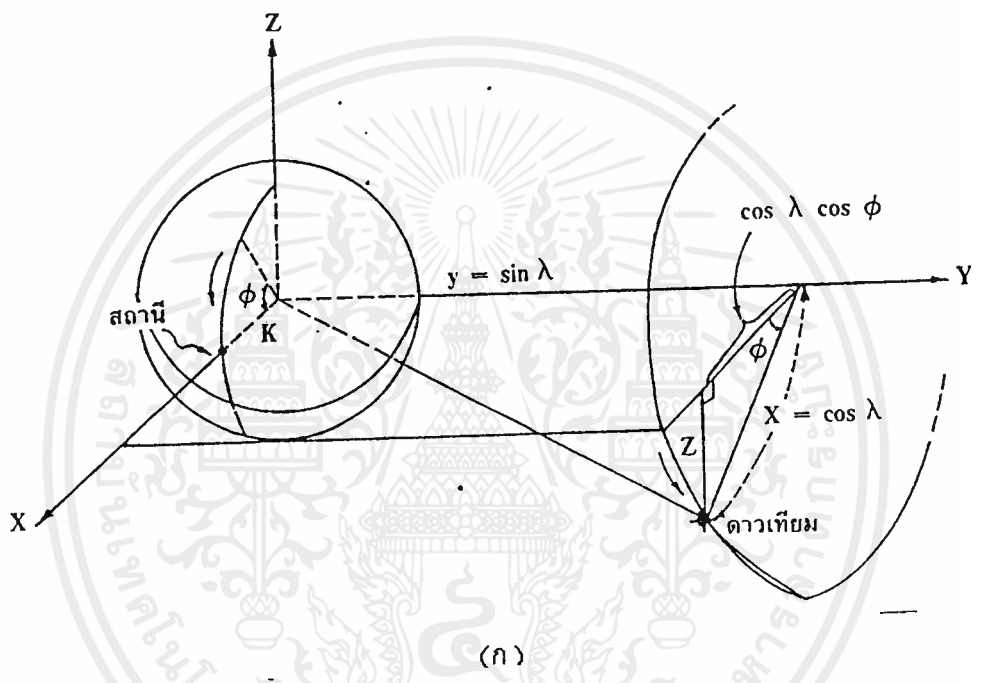
มุมอาซิมุท : $\tan A = \frac{Y \text{ โคออร์ดิเนตของดาวเทียม}}$

$-(Z \text{ โคออร์ดิเนตของดาวเทียม})$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{\sin \lambda}{\cos \lambda \sin \phi}$$

$$= \frac{\tan \lambda}{\sin \phi}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.20 โคออดิเนตใหม่ของสถานีรับสัญญาณดาวเทียม
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบหาค่า พารามิเตอร์ ต่าง ๆ ของจานสายอากาศ

จานสายอากาศที่ได้ออกแบบ และสร้างขึ้นนี้ จะสามารถวัดหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายอากาศได้ การวัดหาค่าพารามิเตอร์ของจานสายอากาศ จะหาเฉพาะด้านรับด้านเดียว เนื่องจากเป็นจานสายอากาศ ที่เข้ากับระบบ TVRO คือ รับสัญญาณโทรทัศน์ได้อย่างเดียว เพราะได้ออกแบบ Main Reflector เป็น ideal curve

ค่าพารามิเตอร์ของจานสายอากาศสำหรับ TVRO

- ANTENNA RECEIVE GAIN
- FIGURE OF MERIT [G/T]
- RECEIVE ANTENNA PATTERN
 - HALF POWER BEAM WIDTH
 - 12 dB. BEAM WIDTH
 - SIDE LOPE
- CARRIER TO NOISE RATIO [C/N]

ในการหาค่าพารามิเตอร์นี้ ได้ผ่านขั้นตอนวิธีการปฏิบัติ ตามมาตรฐานขององค์การ INTELSAT ซึ่งจะได้แสดงดังต่อไปนี้

1. การวัด ANTENNA RECEIVE GAIN [G_{rx}]

1.1 เครื่องมือวัด

1. IF level meter
2. LNA Gain = 49 dB
3. Down Converter [4GHz/70 MHz] Gain 25 dB

1.2 ขั้นตอนการวัด

1. ต่ออุปกรณ์ดังรูป 3.21 รับจานสายอากาศ ให้ตรงควาเข็มมากที่สุด โดย
ใช้ IF Level meter วัด Clean Carrier จากควาเข็ม [Clean
Carrier คือ Carrier ที่ไม่มี การ Modulate Information เข้าไป]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วัดค่า IF Level ของทรานซิสเตอร์ Output ของ Down Converter
3. คำนวณ Receive $[G_{RX}]$ ของงานสายอากาศจากสูตร

$$G_{RX} = R_x - EIRP_{[sat]} + PATH LOSS - G[LNA] + L_s - G[d/c] - 30$$

โดยที่ :

Rx คือค่า Receiver Level ที่วัดได้ (dBm)

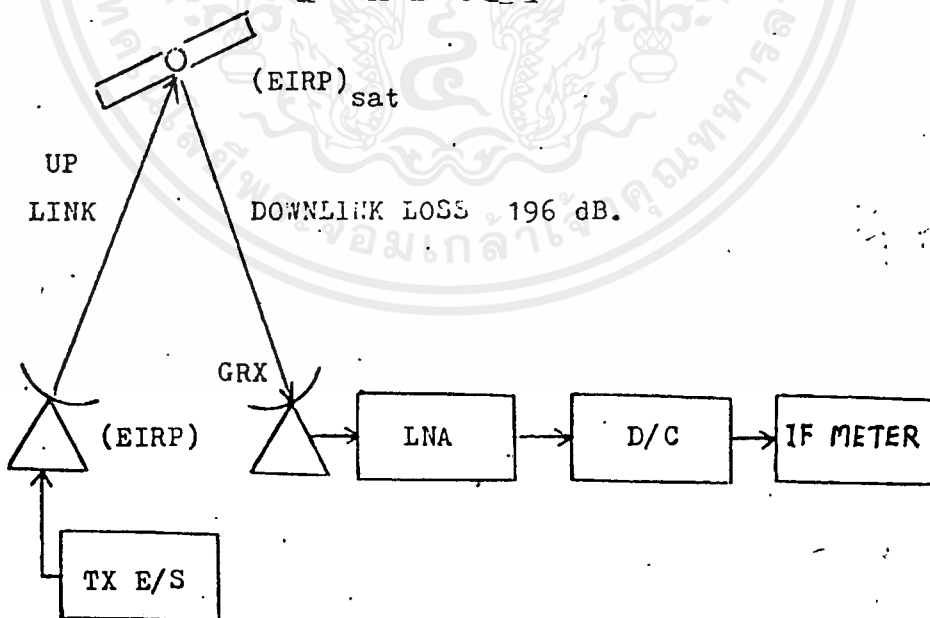
EIRP [sat] คือค่า กำลังส่งออกที่ปากงานสายอากาศดาวเทียม (dBW)

PATH LOSS คือ ค่ากำลังสูญเสียที่เกิดจากระยะทาง (dB)

G[LNA] คือค่า LNA Gain (dB)

Ls คือค่า Coaxial Loss (dB)

G[D/C] คือค่า Down Converter Gain (dB)



รูปที่ 3.21 การวัด Receive Gain ของงานสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวัด G/T โดยใช้นิ SPECTRUM ANALYZER วัดโดยตรง

การวัดค่า G/T วิธีนี้สามารถทำได้โดย วัดจากสัญญาณ Beacon หรือ สัญญาณ Saturated Unmodulate on Test Carrier

2.1 เครื่องมือวัด

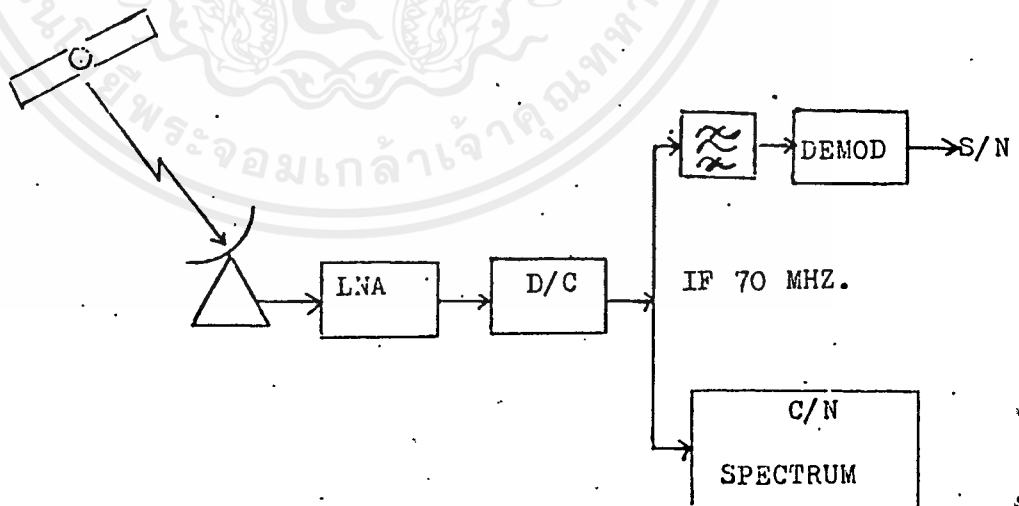
- Spectrum Analyzer

2.2 ขั้นตอนการวัด

1. ทำอุปกรณ์ดังรูป 3.22 รับงานสายอากาศให้ตรงควมเหียงมากที่สุด โดยใช้นิ Spectrum Analyzer วัดสัญญาณทรหัทศัน
2. วัดค่าของสัญญาณที่สูงสุดกับระดับ Noise ดังรูป 3 เรียกค่า Y Factor

ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$Y \text{ Factor} = \text{Peak Carrier Level} - \text{Noise level [dB]}$$



รูปที่ 3.22 แสดงการวัด C/N₀ ของสัญญาณทรหัทศัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทาค่า C/N₀ โดยแทนค่าในสูตร

$$C/N_0 = Y - 10 \text{ LOG } (1\text{Hz}/\text{RBW}) - 2.5 \quad (\text{dB}/\text{Hz})$$

C/N₀ คือค่า Carrier to Noise Density ที่ Band Width 1 Hz

RBW คือค่า Resolution Band Width ของ Spectrum Analyzer

2.5 คือค่า Correction Factor Error ของ Spectrum Analyzer

จากนั้นแทนค่า C/N₀ ที่ได้ในสูตร

$$G/T = C/N_0 - [\text{EIRP}]_{\text{sat}} + \text{PATH LOSS} - 228.6 \quad (\text{dB}/\text{K})$$

228.6 คือค่า Boltzmann's constant (dB)

3. การวัดค่า RECEIVE ANTENNA PATTERN

การวัดค่า Pattern ของงานสายอากาศทางด้านรับนี้ ก็ว่าผู้ใช้งาน จะต้องทราบ เพราะเป็นค่าที่บอกถึง Beam Width ของงานสายอากาศ ถ้ามี Beam Width ของงานกว้างจะ ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน จากดาวเทียมข้างเคียงได้ หากดาวเทียมอยู่ห่างกัน 2-4 องศา ในวงโคจร

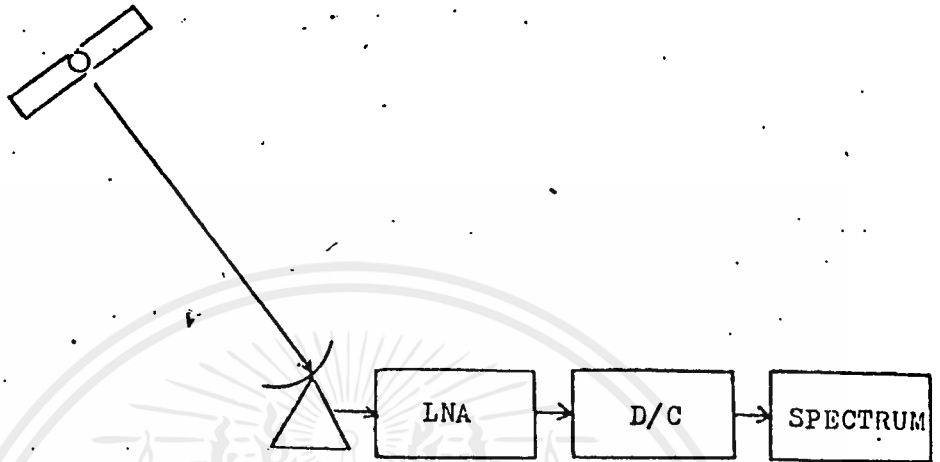
3.1 เครื่องมือวัด

- Spectrum Analyzer

3.2 ขั้นตอนการวัด

1. ต่อบางจรวดรูป 3.23 ปรับงานสายอากาศให้ตรงกับดาวเทียมมากที่สุด โดยใช้ Spectrum Analyzer วัดสัญญาณ Unmodulate Carrier
2. ปรับงานสายอากาศจากมุมมองที่ตรงที่สุดทางแนวนอน ไปตามเข็มนาฬิกา [ทาง Azimuth หรือ ทางแนวระดับ] จนงานห่างจาก Main Beam ประมาณ 40 องศา และกลับไปที่ Main Beam แล้วปรับทวนเข็มนาฬิกา อีก 40 องศาทุก ๆ 0.5 องศา ที่ปรับต้องบันทึกค่าระดับสัญญาณสูงสุดไว้
3. นำค่า ระดับสัญญาณสูงสุดจาก ขั้นที่ 2 มา Plot Graph ก็จะได้ค่า Pattern ของงานสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 แสดงการวัด Pattern ของจานสายอากาศด้านรับ

ค่าที่วัดได้เมื่อนำมาเทียบกับจานมาตรฐานแล้ว อาจสรุปได้ว่า Beam Width ของจานสายอากาศที่สร้างขึ้นนี้ กว้างกว่าหรือแคบกว่ามาตรฐาน การแก้ไขข้อเสียนี้อาจจะต้องปรับปรุงที่ Feed Horn ของจานสายอากาศ

ในกรณีที่ดาวเทียมในวงโคจรอยู่ต่างกันมากกว่า 3 องศา ถ้าเอาจานสายอากาศนี้ไปรับจะไม่เกิดปัญหาการบวมจากดาวเทียมข้างเคียง แต่ถ้าดาวเทียมอยู่ใกล้กันไม่เกิน 3 องศา เมื่อรับสัญญาณจากดาวเทียม จะเกิดการบวมจากดาวเทียมดวงข้างเคียงได้

4. การวัดค่า C/N ของสัญญาณโทรทัศน์

จุดประสงค์คือ ต้องการวัด คุณภาพ C/N ของสัญญาณโทรทัศน์ ที่รับได้ก่อนจะถูก Demodulate แล้วเปรียบเทียบกับ ทฤษฎี

1. เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ส่วนประกอบ
 1. Spectrum analyzer
 2. LNA, D/C, Receiver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนการวัด

- ทหาการทดลอง เช่นเดียวกับข้อ 2 เพื่อหาการหาค่า C/No ก่อนแล้วจึงนำมาแทนค่าในสมการ

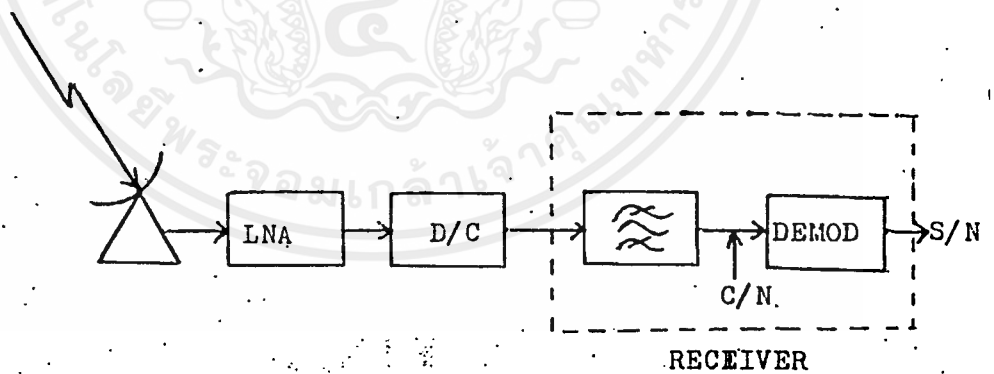
$$C/N = C/No - 10 \text{ LOG } [BW] \quad [\text{dB}]$$

เมื่อ C/N คือ Carrier to Noise ที่ Band Width ค่าหนึ่ง

C/No คือ Carrier to Noise ที่ Band Width 1 Hz

Bw คือ Band Width ของ Receiver ก่อนที่จะ Demodulating ปัจจุบันนิยมใช้ 17.5 MHz, 20 MHz, 27 MHz, 30 MHz, 36 MHz

ค่า C/N นี้สามารถเลือกได้จากวงจร Band Pass Filter ใน Receiver ซึ่งถ้าจะให้ค่า C/N สูงขึ้น ต้องเลือก BPF ให้มี BW แคบลง



รูปที่ 3.24 Block Diagram การวัด C/N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบและการสร้างจานรับสัญญาณดาวเทียม

การออกแบบจานสายอากาศรับสัญญาณดาวเทียม ASIASAT

1. ขนาด ϕ ที่ปากจานสายอากาศ	2.4 m
2. อัตราขยายทางค้ำรับ (ความถี่ 4 GHz)	38 dB
3. ลักษณะ REFLECTOR	IDEAL PARABOLA
4. FOCUS/DIAMETER RATIO	0.353
5. แถบความถี่ใช้งาน (ย่าน C band)	3.7-4.2 GHz
6. ค่าประสิทธิภาพของจาน (η) ในทางปฏิบัติ	65 %

การคำนวณค่า F/D

ค่า f/d เป็นตัวกำหนดความลึกของแผ่นสะท้อน (X_1) ที่สัมพันธ์กับระยะโฟกัส (f) ซึ่งจานสายอากาศแบบพาราโบล่าทั่วไป จะมีความลึกของแผ่นสะท้อนน้อยกว่าระยะจุกโฟกัสเสมอ ($X_1 < f$)

จากสมการของกราฟพาราโบล่า

$$y^2 = 4fx \quad \dots (1)$$

กำหนดค่าให้ $x_1 = f/2$

แทนค่าใน (1) ได้ $y^2 = 4f(f/2)$

ดังนั้น $y = +\sqrt{2f}, -\sqrt{2f}$

กำหนดค่าให้ $+y = -y = d/2$

ดังนั้น $d/2 = \sqrt{2f}$

ดังนั้น $f/d = (1/2) \times (1/\sqrt{2})$

$= 0.353$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ GAIN ทางกรรับของจานสายอากาศ

$$\text{gain} = 10 \log[n(\pi d/\lambda)^2]$$

กำหนดค่าให้ $n =$ ประสิทธิภาพของจานสายอากาศ $= 0.65$

$d =$ เส้นผ่าศูนย์กลางของจาน $= 2.4 \text{ m}$

$\lambda =$ ความยาวคลื่นความถี่ $4 \text{ GHz} = 0.075 \text{ m}$

ดังนั้น $\text{gain} = 10 \log[0.65(\pi \times 2.4/0.075)^2]$
 $= 38.175 \text{ dB}$

การคำนวณระยะโฟกัสของจานสายอากาศ (f)

จาก $f/d = 0.353$ โดย $d = 2.4 \text{ m}$

ดังนั้น $f = 0.353 \times 2.4$
 $= 0.85 \text{ m}$

การคำนวณส่วนโค้งของหารารับ

จาก $y^2 = 4fx$

โดย $f = 0.85 \text{ m}$

ดังนั้น $y^2 = (4 \times 0.85)x$
 $= 3.4x$

ดังนั้น $x = y^2/3.4$ (m)

$= y^2/340$ (cm)

เนื่องจากขนาด diameter ของจาน $= 2.4 \text{ m} = 240 \text{ cm}$ เราจะคำนวณ
เพียงครึ่งหนึ่งของจาน คือ 120 cm โดยแบ่งเป็น 20 ค่า เพื่อคำนวณหาค่า x ออกมา

เหตุที่คำนวณเพียงครึ่งหนึ่ง เนื่องจากอีกครึ่งหนึ่งจะมีค่าเท่ากัน คือส่วนโค้งทาง

ขวามือ (+y) กับ ส่วนโค้งทางซ้ายมือ (-y) จะมีลักษณะที่เหมือนกันทุกประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างจานรับสัญญาณดาวเทียม

รายละเอียดขั้นตอนการสร้าง

- 1) การสร้างจานสายอากาศตามโครงการงานนี้ จะใช้ตัวสะท้อนคลื่นเป็นแผ่นโลหะตะแกรงหนา 1 มม. ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถสะท้อนคลื่นได้ ทำให้ได้อัตราการขยายที่สูง
- 2) การใช้แผ่นโลหะตะแกรงทำ จะเกิดการบวมที่แน่นอน อีกทั้งยังมีราคาประหยัด
- 3) การติดตั้งพีคฮอว์นที่จุดรีเฟลคเตอร์ของจานทำได้ง่ายกว่าแบบอื่น ๆ ใช้เสาโครงยึดเพียงอันเดียว ก็สามารถออกแบบให้รับมุมและระดักับ LNA ได้โดยง่าย โครงยึดจานได้รับการออกแบบให้สามารถปรับมุมรับดาวเทียมได้ง่าย

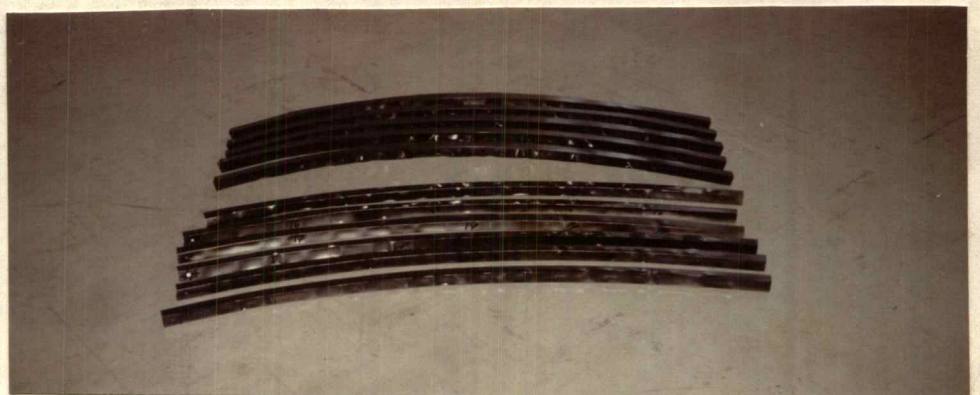
ขั้นตอนการสร้าง

เราจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

- 1) ขั้นตอนการทำแผ่นสะท้อนคลื่น (Reflector)
- 2) ขั้นตอนการทำขาตั้ง

ขั้นตอนการทำแผ่นสะท้อนคลื่น

1. คำนวณและออกแบบส่วนครึ่งของจาน
2. นำค่าที่คำนวณได้แล้วมา plot ลงในกระดาษกราฟ เพื่อใช้เป็นแบบในการตัดท่ออลูมิเนียม
3. นำท่ออลูมิเนียมฉากยาว 130 ซม. จำนวน 16 ท่อน มาคัดตาม curve ที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ 4.1

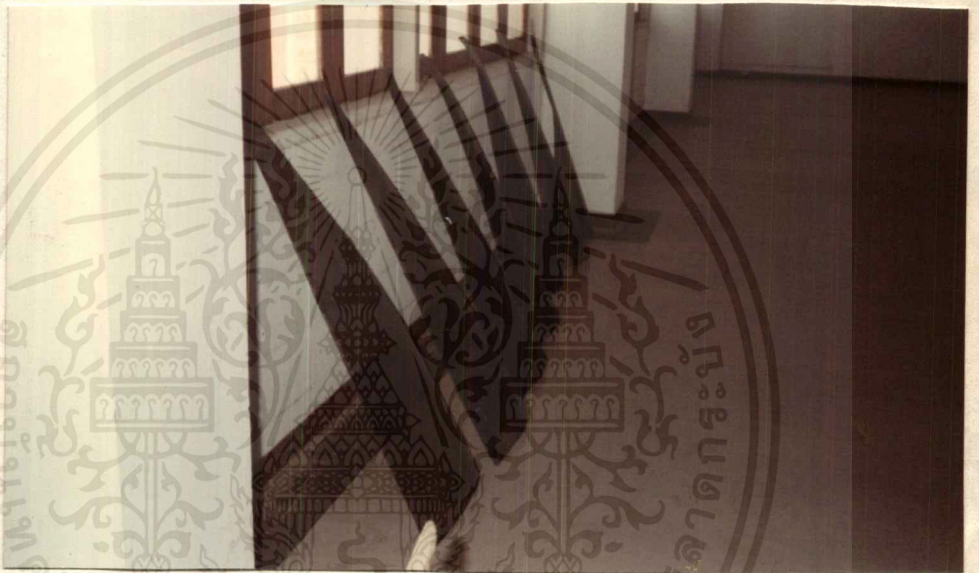


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.1

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

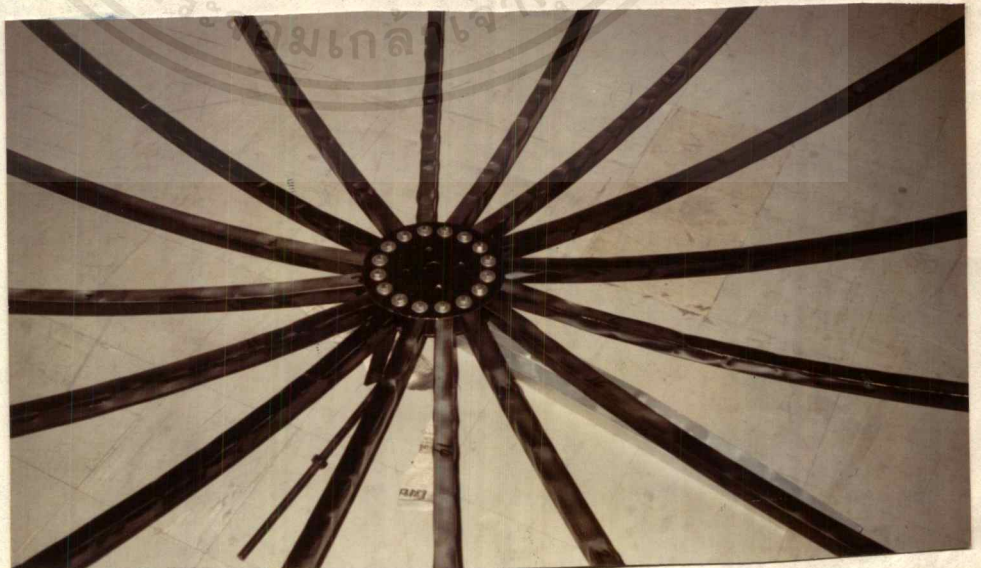
4. ทานแผ่นฐานของแผ่นสะท้อนคลื่น ใดยาซี เหล็กแผ่นหนา 10 mm. ตัดให้เป็นวงกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 24 ซม. ใดยาฮาไว้ 2 แผ่น แผ่นหนึ่งไว้ติดกับท่ออลูมิเนียม อีกแผ่นหนึ่งไว้ติดกับขาตั้ง
5. นำแผ่นตะแกรงมาตัดให้ได้ตามแบบ ใดยาทำการทานและตัดที่ละส่วน ดังรูปที่

4.2



รูปที่ 4.2

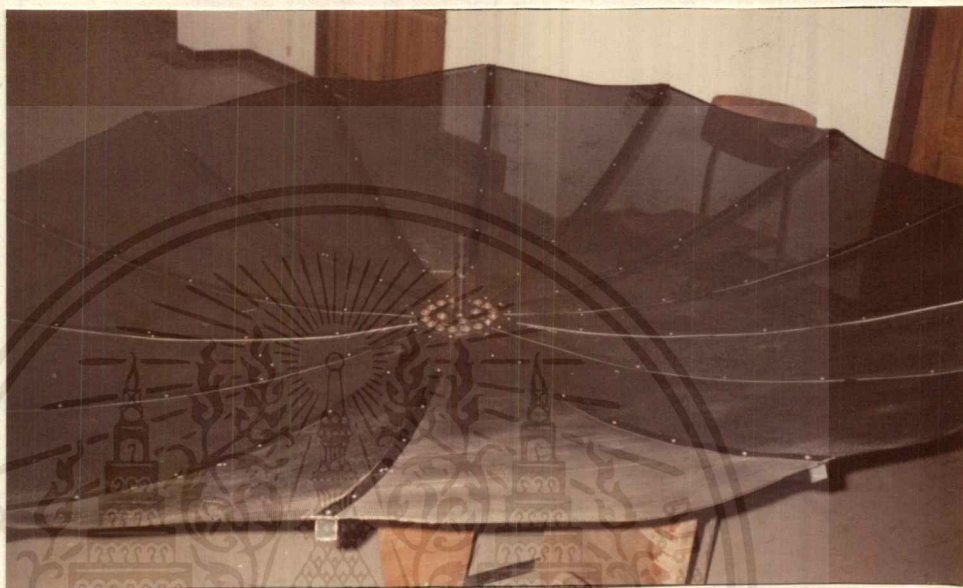
6. ยึดอลูมิเนียมเข้ากับแผ่นฐานของแผ่นสะท้อนคลื่นใดยาซีน็อค ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3

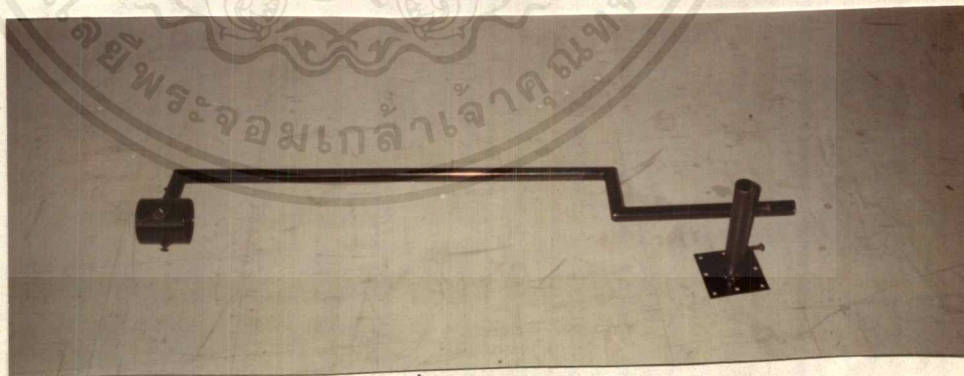
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. นำแผ่นตะแกรงมายึด เข้ากับท่ออลูมิเนียมที่คัทไว้แล้ว ศึกษายิงการยิงรีเวิร์ค
ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4

8. นำท่อเหล็ก ϕ 1 นิ้ว มาทำเป็นก้านยึด Feed horn ศึกษายิงน็อคยึดกับ
Feed horn และยึดกับแผ่นฐานของแผ่นสะท้อนคลื่น ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5

9. ติดตั้งก้านยึด Feed horn เข้ากับแผ่นฐานสะท้อนคลื่น
10. เตรียมประกอบเข้ากับขาตั้ง
11. เมื่อทำการประกอบเข้ากับขาตั้งแล้ว ทาการตกแต่งสี
12. นำมาทดลองรับสัญญาณจากดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทาสี

1. นำท่อเหล็ก ขนาด ϕ 24 ทู มาทำการเชื่อมกับ เหล็กแผ่นสี่เหลี่ยมจตุรัส ขนาดประมาณ 12 นิ้ว ทน ประมาณ 10 mm เพื่อใช้ทำเป็นฐานของขาตั้ง
2. เจาะรูที่ท่อเหล็ก เพื่อใช้สอดชั้นเพื่อยึดกับท่อเหล็กขนาด ϕ 23 ทู
3. เชื่อมเหล็กแผ่นให้ตั้งฉากเป็นรูปตัว U เจาะรูร้อยน๊อตเข้ากับท่อเหล็กขนาด ϕ 23 ทู
4. เชื่อมเหล็กแผ่นรูปตัว U เข้ากับแผ่นฐานของแผ่นสะท้อนคลื่น ที่เตรียมยึดไว้กับขาตั้ง
5. ทาสีตะเกียบ รอยใช้เหล็กแผ่นหน้ากว้าง 2 นิ้ว ยาวประมาณ 8 นิ้ว 2 อัน เจาะรูที่ปลายทั้งสอง เพื่อร้อยหัวเกลียว ปลายอีกด้านหนึ่งเชื่อมเข้ากับแผ่นฐานของแผ่นสะท้อนคลื่น
6. ทำเกลียว รอยใช้เหล็กเส้นยาวประมาณ 16 นิ้ว ขนาด 4 ทู
7. ทำที่ค้ำเกลียว รอยใช้เหล็กแผ่นหน้ากว้าง 2 นิ้ว ยาวประมาณ 6 นิ้ว รอย เจาะรูที่ปลายด้านหนึ่งขนาด ϕ 4 ทู ปลายอีกด้านหนึ่งเชื่อมเข้ากับท่อเหล็กขนาด ϕ 23 ทู
8. ทาสีพ่นสี รอยพ่นสีรองพื้นกันสนิมก่อน
9. ยึดขาตั้ง เข้ากับส่วนแผ่นสะท้อนคลื่น

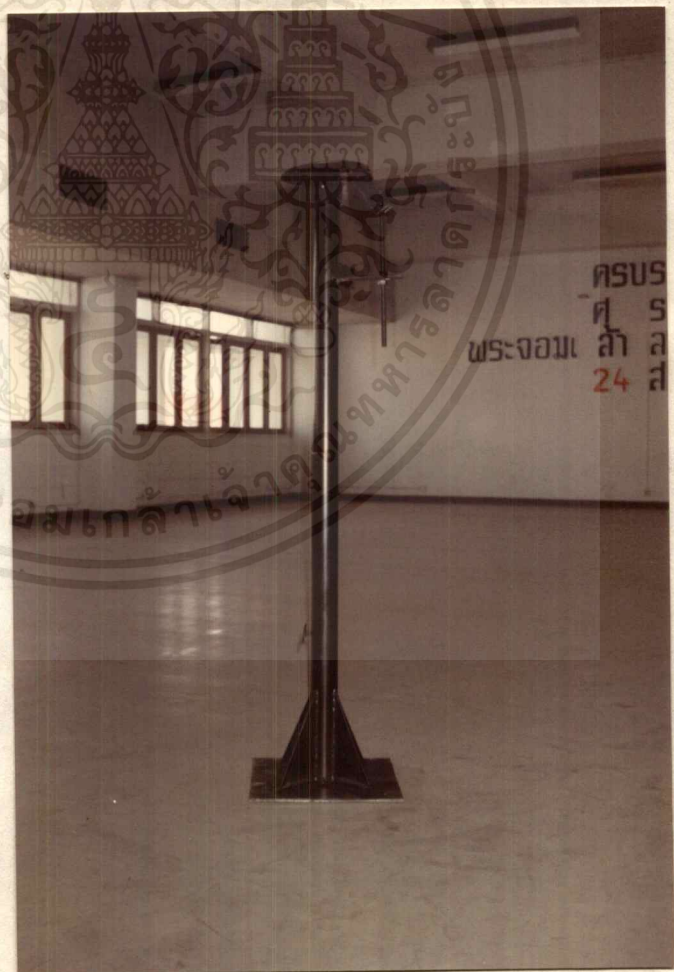
ปัญหาที่เกิดขึ้น

1. การค้ำท่ออลูมิเนียมทาสีได้ยาก เนื่องจากใช้มือค้ำ ทาให้ท่ออลูมิเนียมที่ำได้ถูกน้ำเรียบร้อยเท่าที่ควร
2. ในขั้นตอนการทาสีขาตั้ง เนื่องจากทางกลุ่มผู้ทำโครงการงาน ใช้น้ำมันในเรื่องชนิดและขนาดต่าง ๆ ของเหล็ก ทำให้เกิดปัญหาในการออกแบบและการเชื่อมเหล็กมาทาสีขาตั้ง
3. การหาซื้อแผ่นตะแกรงที่ใช้ทำแผ่นสะท้อนคลื่นหาซื้อได้ยากมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.6 แสดงขาตั้งงานรับสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 งานรับส่งภาพดาวเทียมที่สร้างสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลองรับสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียม

ในขั้นตอนแรกของการรับสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียม เมื่อทำงานสายอากาศเสร็จเรียบร้อยแล้ว คือ การรับงานสายอากาศไปยังทิศทางของดาวเทียมได้อย่างถูกต้อง

ในการหันทิศทางงานสายอากาศ ไปยังตำแหน่งของดาวเทียมนั้น ขั้นตอนแรกต้องทราบมุมเงยและมุมอาซิมูท ของงานสายอากาศ เช่น การคำนวณมุมเงยและมุมอาซิมูท

ในโครงการนี้ เราต้องการรับสัญญาณดาวเทียม ASIASAT ซึ่งอยู่ที่เส้นศูนย์สูตร ในตำแหน่ง 105.5 E และ เมื่อดูจากแผนที่จะเห็นว่าประเทศไทย อยู่ที่ตำแหน่งเลขเส้นศูนย์สูตร ขึ้นมาก็คืออยู่ที่ตำแหน่ง เส้นรุ้งที่ 13 N และ เส้นแวง 100 E ดังนั้น เราจะคำนวณมุมเงย และ มุมหันของงานสายอากาศได้ดังนี้

การคำนวณค่ามุมเงย (elevation angle)

$$\tan \alpha = \frac{\cos \lambda \cos \phi - 0.1508}{\sqrt{1 - \cos^2 \lambda \cos^2 \phi}} \quad \dots\dots(1)$$

α คือ ค่ามุมเงย

รอย λ คือ ค่าผลต่างของตำแหน่ง longitude ของที่ตั้งงานสายอากาศกับดาวเทียม

ϕ คือ ค่าละติจูดของที่ตั้งงานสายอากาศ

0.1508 คือ ค่าอัตราส่วนระหว่างรัศมีของโลก กับรัศมีวงโคจรของดาวเทียม
ตำแหน่งของที่ตั้งงานสายอากาศ

$$\text{เส้นละติจูด} = 13 \text{ N}$$

$$\text{เส้นลองจิจูด} = 100 \text{ E}$$

ตำแหน่งของดาวเทียม : เส้นลองจิจูด = 105.5 E

จะได้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

$$\lambda = 105.5 - 100 = 5.5$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\phi = 13$$

แทนค่าใน (1) ได้

$$\begin{aligned}\tan \alpha &= \frac{\cos 5.5^\circ \cos 13^\circ - 0.1508}{\sqrt{1 - \cos^2 5.5^\circ \cos^2 13^\circ}} \\ &= \frac{(0.995)(0.974) - 0.1508}{\sqrt{1 - (0.99)(0.949)}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tan \alpha &= 3.327 \\ &= 73.27\end{aligned}$$

การคำนวณค่ามุมหัน (Azimuth Angle)

$$\begin{aligned}\tan a &= \frac{\tan \lambda}{\sin \phi} \\ &= \frac{\tan 5.5^\circ}{\sin 13^\circ} \\ &= \frac{0.096}{0.225} \\ \tan a &= 0.427 \\ a &= 23.1\end{aligned}$$

จากการคำนวณจะได้ค่า

$$\text{มุมเงย (elevation angle)} = 73.27$$

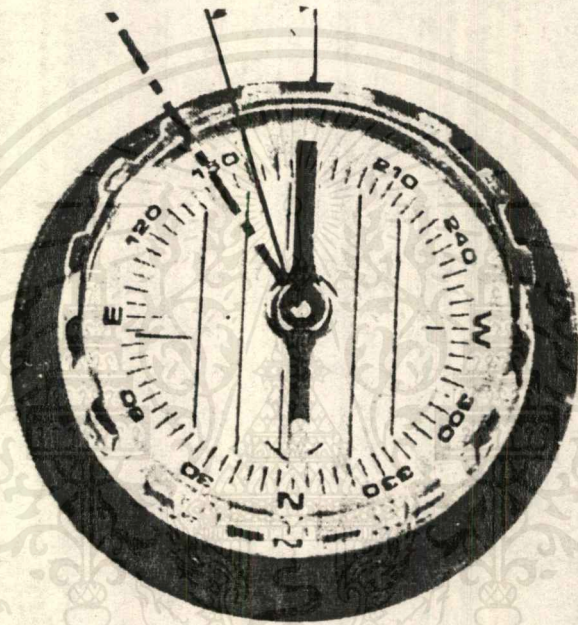
$$\text{มุมหัน (Azimuth angle)} = 23.1$$

ขั้นตอนการปรับทิศทางงานสายอากาศ

ก่อนการติดตั้งสิ่งหนึ่งที่สำคัญก็คือ ต้องแน่ใจว่า ตำแหน่งของดาวเทียมที่จะรับ นั้น มีคันทัน สิ่งก่อสร้าง หรือภูเขา บดบังอยู่หรือไม่ เพราะหากเกิดการบดบังจากสิ่งเหล่านี้จะทำให้ยาก ในการที่จะรับสัญญาณจากดาวเทียม

จากการที่ประเทศไทยอยู่ในตำแหน่งที่เหนือเส้นศูนย์สูตรขึ้นมา ดังนั้นการที่จะ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รับสัญญาณดาวเทียม ขั้นตอนแรกจะต้องหันทิศทางงานสายอากาศไปยังทิศใต้ก่อน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

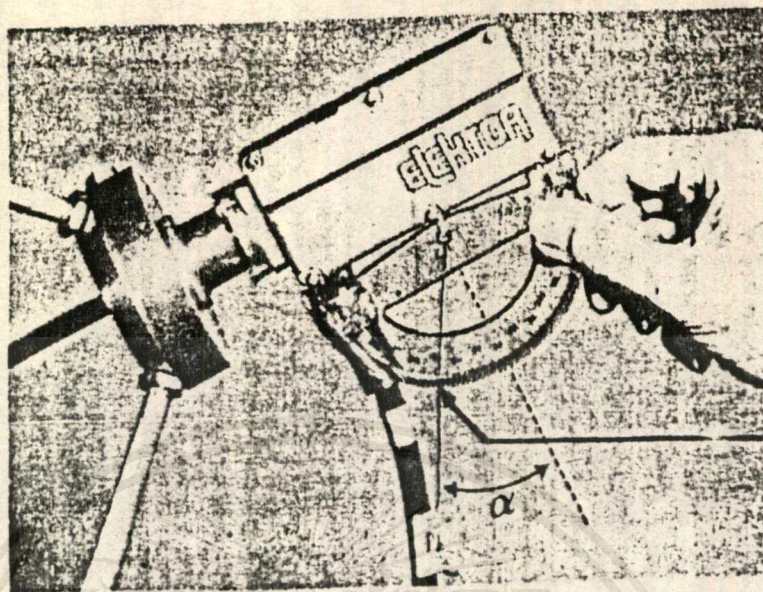
การหาค่าแอมป์ของทิศใต้ ก็คือการใช้เข็มทิศ จากนั้นปรับมุมหันของงานสายอากาศโดยมุมหันของงานสายอากาศ ก็คือมุมที่กระทำกับทิศใต้ตัวเอง จากการคำนวณมุมอะซิมูตอยู่ที่ 23 ดังนั้นเราจะหันมุมฐานของงานสายอากาศไปยังค่าแอมป์ 23 ของเข็มทิศ ดังรูป 5.1



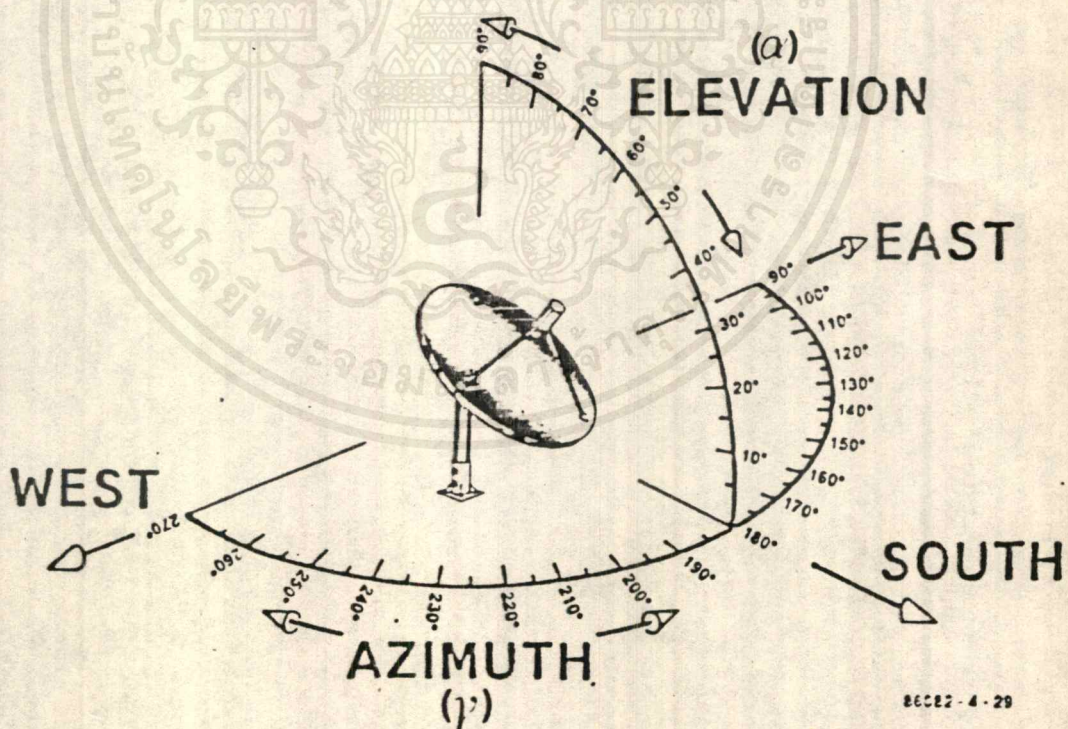
รูปที่ 5.1

เมื่อได้ค่าแอมป์มุมอะซิมูตแล้วก็มาปรับค่าค่าแอมป์มุมเงย(มุมที่กระทำกับพื้นดิน) จากการ คำนวณตั้งค่าเท่ากับ 73 องศา ใช้ plastic protractor ทาบขนานที่ feed horn แล้วนำคัมเหล็กถ่วงปลาย แล้วปรับมุมเงยของงานสายอากาศ จนกระทั่ง เข็มอยู่ที่ค่าแอมป์ 73.1 องศา แสดงค่าแอมป์ตามรูปที่ 5.2

เมื่อปรับค่าแอมป์ของงานสายอากาศที่ถูกต้องแล้ว ก็จะได้ค่าแอมป์ตามรูปที่ 5.3 ซึ่งค่าแอมป์ตามรูปจะเป็นค่าแอมป์ที่รับสัญญาณได้แรงที่สุด



รูปที่ 5.2



EECE2-4-29

รูปที่ 5.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับแสดงการรับ: น Elevation และ Azimuth
 ไม่จากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองหาระยะพิสัยของงานสายอากาศ

เนื่องจากการทดลองรับสัญญาณ TV จากดาวเทียมครั้งแรกนั้น ปรากฏว่ายังรับภาพไม่ค่อยชัดเจน โดยทางกลุ่มผู้จัดทำโครงการฯ ได้ทำการทดลองปรับงานสายอากาศอีกครั้ง ซึ่งผลที่ได้ก็ยิ่งเหมือนเดิม ดังนั้นทางกลุ่มผู้จัดทำโครงการฯ จึงได้นำ IF Level meter มาวัดความแรงของสัญญาณที่เอาที่หูของพิกซอร์น โดยผ่านตัวสวิตเตอร์(splitter) จากนั้นจึงทำการปรับระยะพิสัยของพิกซอร์นใหม่ ซึ่งได้ผลการวัดดัง ตารางที่ 5.1

ระยะพิสัย (cm)	ความแรงของสัญญาณ (dB)
100	61
99	61
98	62
97	64
96	64
* 95	64.5
94	63
93	62.5
92	62.5
91	60
90	59
89	59
87	56
86	55
85	54.5

ตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นว่าที่ระยะพาสเท่ากับ 95 cm จะเป็นจุดที่ทำให้สัญญาณแรงมากที่สุด คือเท่ากับ 64.5 dB ซึ่งแตกต่างจากความแรงของสัญญาณจากระยะพาสที่คำนวณได้ถึง 10 dB ดังนั้นทางกลุ่มผู้จัดทำโครงการงานจึงได้เลือกระยะพาสนี้ เป็นระยะพาสที่ใช้งานของงานสายอากาศที่ทดลองสร้างขึ้นนี้

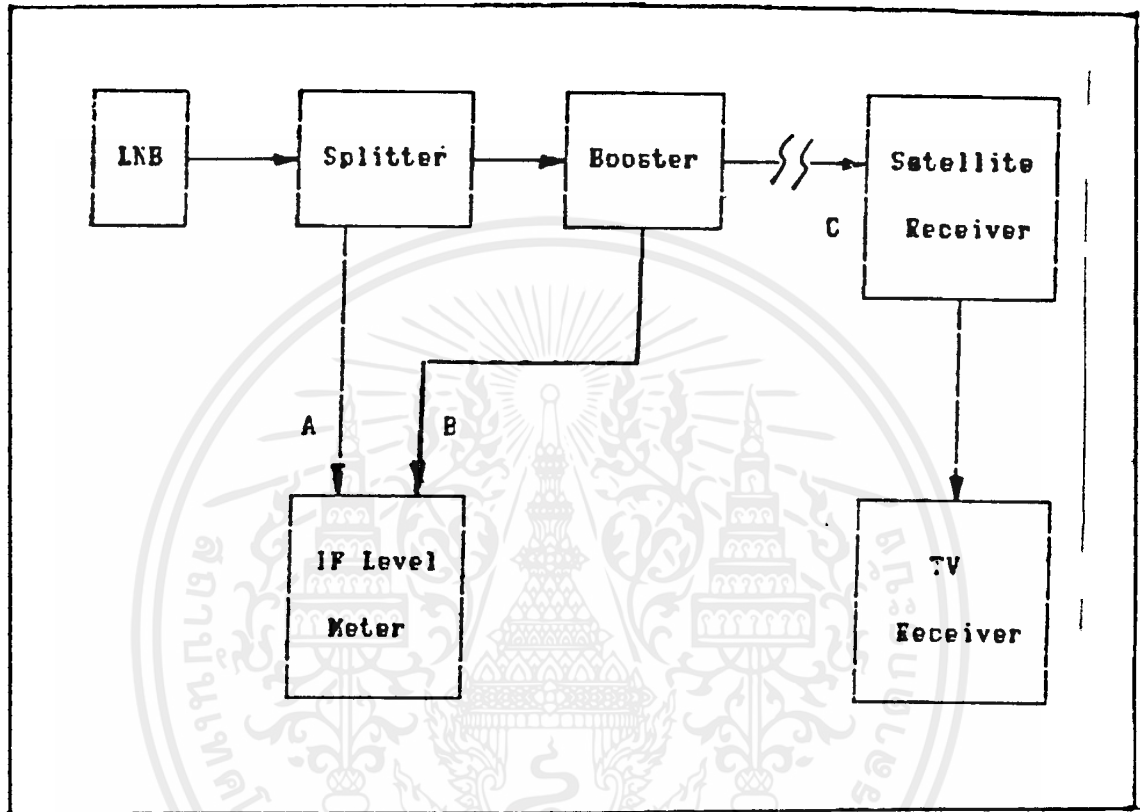
เหตุที่ระยะพาสที่ใช้ในทางปฏิบัติไม่ตรงกับระยะพาสที่คำนวณไว้ อาจมีสาเหตุมาจาก ลักษณะของงานสายอากาศที่สร้างขึ้นนี้ มีลักษณะของส่วนโค้งแบนกว่าปรกติ ซึ่งเกิดจากข้อผิดพลาดบางประการในขั้นตอนการประกอบงานสายอากาศ ซึ่งทำให้ท่อสุมนิยมเกิดการคั่นตัวจากที่ทำการคัดไว้ในตอนแรกเล็กน้อย ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ระยะพาสของงานสายอากาศที่ทดลองสร้างขึ้นนี้ต้องมีระยะห่างออกไปตามลักษณะของงานสายอากาศ

การวัดความแรงของสัญญาณดาวเทียมระบบ TVRO

การวัดความแรงของสัญญาณแต่ละแชนเนลบริเวณที่งานดาวเทียม ASIASAT ลักษณะการต่อวงจรในการทดลองจะเป็นไปตามรูปที่ 5.4 โดยเราจะต่อตัวสวิตเตอร์เพื่อกันแรงดันไฟ 18 V 300 mA จากเครื่องรับดาวเทียมที่ส่งไปมาเลี้ยง LNB มาเข้าเครื่องวัด IF METER และก่อนการทดลอง เราจะเช็คเครื่องรับดาวเทียม ว่าจะอยู่ที่ความถี่เสียงและภาพดังต่อไปนี้

01	กีฬา	1280-1290	เสียง	630-648
02	MTV	1240-1250	เสียง	630-648
03	BBC	1200-1210	เสียง	630-648
04	อินเดียน	1160-1170	เสียง	630-648
05	ENTER	1120-1130	เสียง	630-648
06	MANDARIN	1080-1090	เสียง	630-648
07	YUNNAN	1040-1050	เสียง	600
08	พม่า	1005-1015	เสียง	660

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แสดงการวัดความแรงของสัญญาณดาวเทียม

หลังจาก เช็ทเครื่องตามที่กำหนดแล้ว ก็ทำการวัดความแรงของสัญญาณแต่ละแชนแนล โดยปรับ IF LEVEL METER ไปตามความถี่ในตาราง เช่นในช่อง 01 ก็ปรับ IF LEVEL METER ไปที่ช่วงความถี่ 1280-1290 แล้วอ่านค่าที่สากล dB จนกระทั่งพบสัญญาณที่แรงที่สุด

หากขนาดความแรงของสัญญาณเกินค่าสากล ให้ปรับตัวลดทอนเพิ่มขึ้นอีกตามหน้าปัด โดย จากผลการทดลองบันทึกผลตาราง 5.2 ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHANNEL	ขนาดสัญญาณ (dB)
01	64.5
02	64
03	63
04	62.5
05	62
06	61.5
07	61.5
08	-

ตารางที่ 5.2

จากการทดลองจะเห็นว่าผลที่ได้ขนาดความแรงของแต่ละ CHANNEL ของดาวเทียม ASIASAT 1 นั้นจะมีความแรงใกล้เคียงกันตลอดทุก CHANNEL คืออยู่ในช่วง 62 dB ซึ่งเราทำเป็น dBW ก็จะได้

$$62 \text{ dB} + 10 \log 1 \times 10^{-3} = 32 \text{ dBW}$$

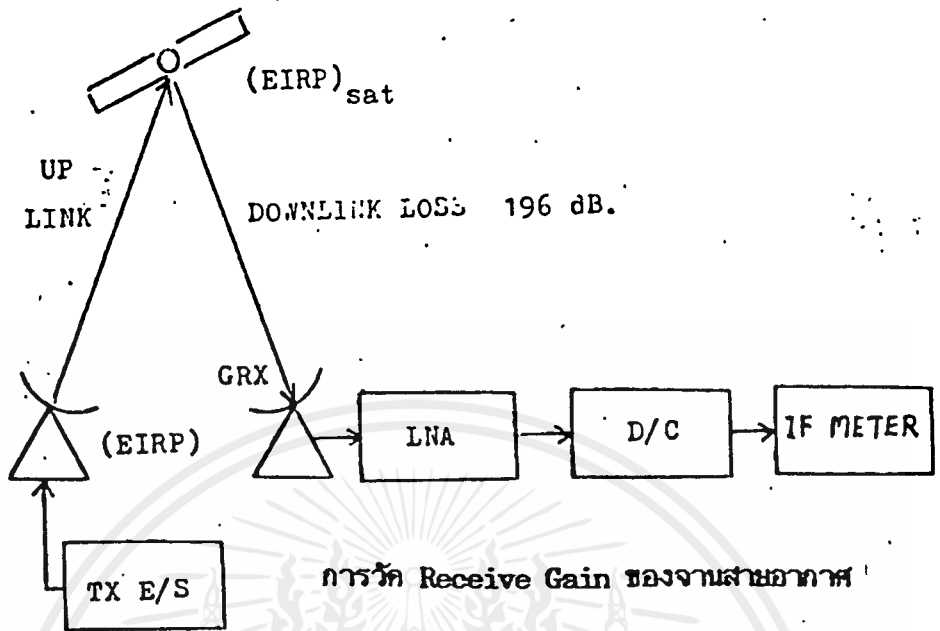
จากการดูจากตารางภาคผนวก จะเห็นว่าดาวเทียม ASIASAT มีการส่งแรงเท่ากันทุก CHANNEL คือ 37 dBW ดังนั้นจะเกิดค่าการสูญเสียประมาณ 5 dBW ซึ่งอาจจะเป็นการสูญเสียเนื่องจากชั้นบรรยากาศ หรือ จากสายสัญญาณที่เรานำมาทดลอง

การทดลองวัดค่าพารามิเตอร์ของจานสายอากาศ

เครื่องมือวัด

1. Spectrum Analyzer
2. IF Level meter
3. Down Converter และ LNA
4. Satellite Receiver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การวัด Receive Gain ของงานสายอากาศ

รูปที่ 5.5

1. การวัด ANTENNA RECEIVE GAIN

ขั้นตอนการวัด

1. ต่ออุปกรณ์ ดังรูปที่ 5.5 โดยปรับงานสายอากาศให้ตรงดาวเทียมมากที่สุด
2. วัดค่า IF Level ของสัญญาณวิทยุที่เอาท์พุทของ Down converter
3. คำนวณ Receive Gain (G_{rx}) ของงานสายอากาศ จากสูตร

$$G_{rx} = -R_x(\text{dBm}) - EIRP_{\text{sat}} + \text{Path Loss} - G_{\text{LNB}} + L_S - 30$$

โดยที่ :

- $EIRP_{\text{sat}} = 37 \text{ dBW}$
- $\text{Path Loss} = 196 \text{ dB}$
- $R_x = \text{Receive Level} = 32 \text{ dBm}$
- $G_{\text{LNB}} = \text{LNB Gain} = 65 \text{ dB}$
- $L_S = \text{Coaxial Loss} = 3 \text{ dB}$

แทนค่าในสมการได้

$$\begin{aligned} G_{rx} &= -32-37+196-65+3-30 \\ &= 35 \text{ dB} \end{aligned}$$

เมื่อเราทราบค่า Gain ทางด้านรับของสายอากาศแล้ว เราอาจคำนวณหาประสิทธิภาพ(η)ของงานสายอากาศที่ทดลองสร้างขึ้นได้จาก สูตร

$$G = 10 \log n(\pi D/\lambda)^2$$

โดย

$$n = (1/(\pi D/\lambda)^2) \log^{-1}(G/10)$$

โดยแทนค่าต่าง ๆ แล้วจะได้

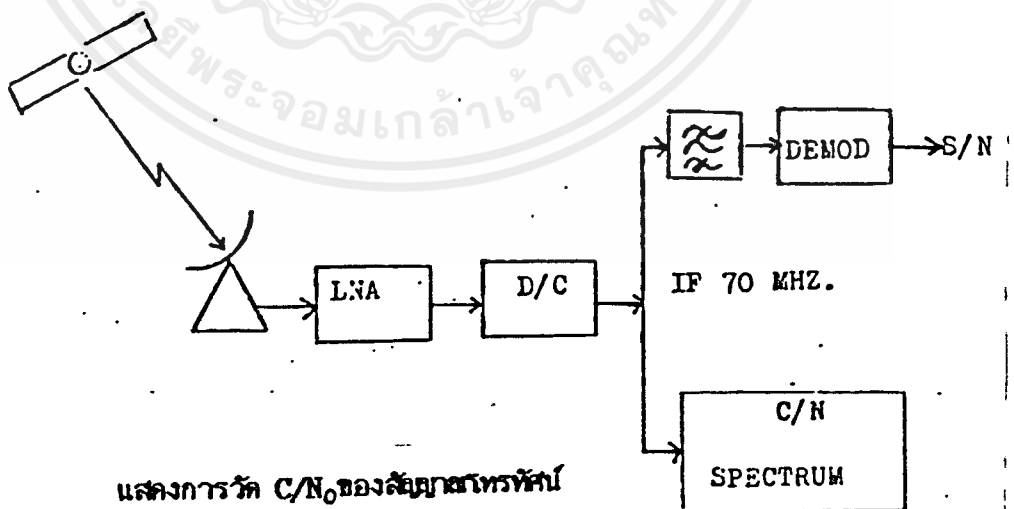
$$\begin{aligned} n &= (1/[(3.14*2.4)/0.075]^2) \log^{-1}(35/10) \\ &= 0.3132 \end{aligned}$$

จะเห็นว่า งานสายอากาศที่ทดลองสร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 31.32 % ซึ่งต่ำกว่าที่ได้ออกแบบไว้

2. การวัด G/T ของงานสายอากาศ

ขั้นตอนการวัด

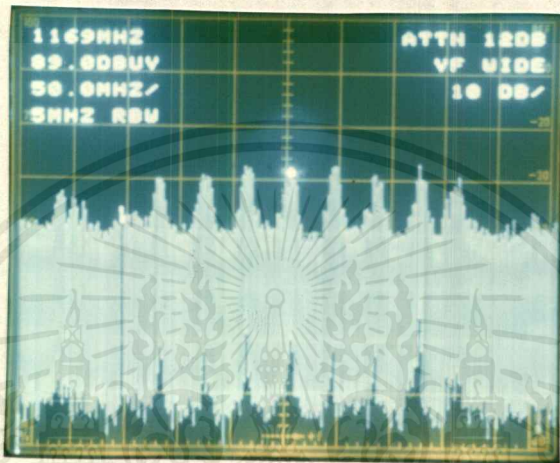
1. ต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 5.6 ภายใต้งาน Spectrum Analyzer วัดสัญญาณทรานส์



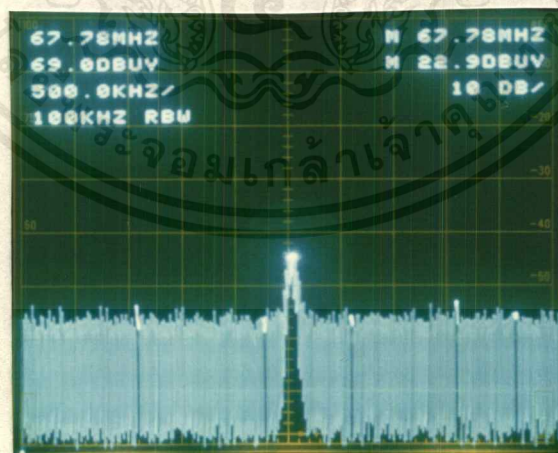
รูปที่ 5.6

2. วัดค่าความแตกต่างของสัญญาณสูงสุกกับระดับสัญญาณรบกวน ซึ่ง เรียกว่าค่า

Y Factor



รูปที่ 5.7 แสดงภาพ Spectrum ของสัญญาณที่ความถี่ 1169 MHz



รูปที่ 5.8 แสดงภาพ Spectrum ของสัญญาณ IF ที่ออกจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

จากรูปที่ 5.7 จะเห็นว่าค่า $Y = 9.7 \text{ dB}$

$$\text{RBW} = 5 \text{ MHz}$$

แทนค่าในสูตร

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

จะได้

$$\begin{aligned} C/\text{No} &= 9.7 - 10\log(1/(5 \times 10^{-6})) - 2.5 \\ &= 74.2 \text{ dB/Hz} \end{aligned}$$

แทนค่า C/No ในสูตร

$$G/T = C/\text{No} - \text{EIRP}_{\text{sat}} + \text{Path Loss} - 228.6$$

จะได้

$$\begin{aligned} G/T &= 74.2 - 37 + 196 - 228.6 \\ &= 4.6 \text{ dB/K} \end{aligned}$$

3. การวัด C/N ของสัญญาณโทรทัศน์

ขั้นตอนการวัด

1. ทดลองวัดค่า C/No ก่อน จากนั้นแทนค่าในสูตร

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

โดย BW คือ Band width ของ receiver = 8 MHz

จากการทดลองวัดค่า C/No ของสัญญาณโทรทัศน์ได้เท่ากับ 74.2 dB/Hz

จะได้

$$\begin{aligned} C/N &= 74.2 - 10\log(8 \times 10^{-6}) \\ &= 5.12 \text{ dB} \end{aligned}$$

จากการทดลองสร้างงานสายอากาศแบบพาราโบลานี้ จากการทดลองวัดคุณสมบัติต่าง ๆ ปรากฏว่า งานสายอากาศที่ทดลองสร้างขึ้นนี้ มีคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

1. ขนาด ϕ ที่ปากงานสายอากาศที่วัดได้ประมาณ 2.4 เมตร
2. มีอัตราขยายทางด้านรับในทางปฏิบัติ มีค่าเท่ากับ 35 dB
3. ลักษณะของแผ่นสะท้อนคลื่นเป็นแบบ ideal Parabola
4. ค่า Focus/Diameter ratio ที่นำมาใช้ออกแบบมีค่าเท่ากับ 0.353
5. ใช้งานในแถบความถี่ย่าน C-Band ความถี่ 3.7-4.2 GHz
6. ค่าประสิทธิภาพของงานสายอากาศ(η)ในทางปฏิบัติ มีค่าเท่ากับ 31.32 %
7. ระยะโฟกัสของพิกซอร์ที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 95 cm
8. มีค่า G/T (Figure of merit) ของงานสายอากาศเท่ากับ 4.6 dB/K
9. มีค่า C/No ของงานสายอากาศเท่ากับ 74.2 dB/Hz
10. มีค่า C/N ของงานสายอากาศเท่ากับ 5.12 dB

และ เมื่อนำงานสายอากาศนี้มาทดลองรับสัญญาณโทรทัศน์จากดาวเทียม ผลปรากฏว่าภาพที่ได้จากหน้าจอตีทัศน์ ยังมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นที่หน้าจอเล็กน้อย ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากงานสายอากาศที่สร้างขึ้นนี้ยังมีประสิทธิภาพไม่สูงนัก



รูปที่ 5.9 แสดงภาพจาก เครื่องรับโทรทัศน์ที่รับสัญญาณภาพจากดาวเทียม

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทสำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากการช่วยเหลือจากท่านอาจารย์ภาควิชา
เทคนิคอุตสาหกรรม และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ได้ให้คำแนะนำ พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือตลอดมา
และขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. กนก เจนจิระพงศ์เวช ที่ได้ให้คำปรึกษา และแนะแนวทางที่เป็น
ประโยชน์ ในการทำปริญญาโทนี้เป็นอย่างมาก จนทำให้โครงการนี้ประสบผลสำเร็จลงด้วยดี

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



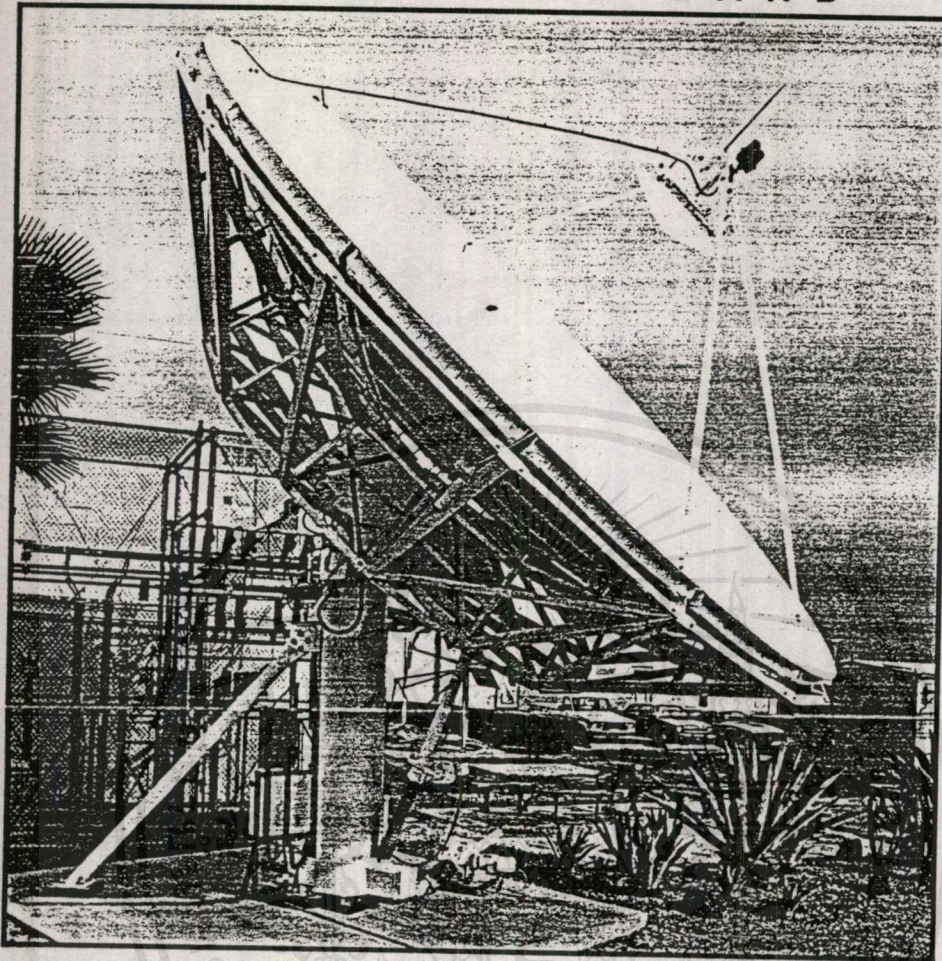
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง แสดงรายละเอียดของดาวเทียมที่ใช้ในภูมิภาคเอเชีย

SATELLITE NAME	LOCATION	SIGNAL LEVEL	COLOUR SYSTEM	PROGRAM	COUNTRY	LANGUAGE	DISH SIZE	NOTE
PALAPA B-2P (INDONESIA)	113°E	34 dBW	PAL PAL PAL PAL PAL PAL NTSC 3.58	PACIFIC RCTI TV 3 BETV-3 ARMY-3 RTM 1 ABS-CBN	THAILAND INDONESIA MALAYSIA THAILAND THAILAND- MALAYSIA PHILIPPINES	ENGLISH ENGLISH/INDO. ENGLISH/MALAY THAI THAI ENGLISH/MALAY ENGLISH/THAIL.	4.5 m.	WITH DESCRAMBLE WITH DESCRAMBLE
CHINASAT-3 DFH 2-A2 (CHINA)	110.0°E	34 dBW	PAL PAL	CCTV 1 CCTV 2	CHINA CHINA	MANDARIN MANDARIN	4.5 m.	
PALAPA B-2R (INDONESIA)	113°E	32 dBW	PAL	TVRI	INDONESIA	ENGLISH/INDO.	4.5 m.	
ASIASAT-1 (SATELLITE- TELEVISION- ASIAN REGION LTD.)	105.5°E	37 dBW	PAL PAL PAL PAL PAL NTSC 3.58	PRIME SPORTS MUSIC TELEVISION ENTERTAINMENT CH. ENTERTAINMENT BBC NEWS RXXK	HONG KONG HONG KONG HONG KONG HONG KONG HONG KONG MYANMAR	ENGLISH ENGLISH ENGLISH MANDARIN ENGLISH ENGLISH/MYAN.	16.5 FT. & 4.5 m.	PANDA- STEREO 24 HOURS
GORIZONT 20 (USSR)	90°E		SECAM SECAM SECAM	SOVIET I SOVIET II VIETNAM TV	USSR USSR VIETNAM	RUSSIAN RUSSIAN VIETNAMESE		
CHINASAT-1 DFH2-A1 (CHINA)	87.5°E	34 dBW	PAL PAL PAL	CCTV I CCTV II CCTV III	CHINA CHINA CHINA	MANDARIN MANDARIN MANDARIN	4.5 m.	
INSAT 1 C (INDIA)	90°E	37 dBW	PAL				4.5 m.	
INTELSAT V-F3 (INTERNATIONAL)	60°E	31 dBW	PAL PAL SECAM	RTM 2 WORLDNET FRENCH- INTERNATIONAL	MALAYSIA USA FRANCE	ENGLISH/MALAY ENGLISH FRENCH	4.5 m. & 7.5 m.	TRACKING
INTELSAT VA-F11	63°E	24 dBW	PAL	CHANNEL 3 CHANNEL 9	THAILAND THAILAND	THAI THAI	9 m.	TRACKING
STATIONAR-12 (USSR)	40°E	24 dBW	PAL	CNN INTERNATIONAL (CABLE NEWS- NETWORK)	USA	ENGLISH	4.5 m.	TRACKING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C - B A N D & K U - B A N D



VERTEX 7.2-METER

Model 7.2 KPC & KPK (Kingpost Pedestal)

E A R T H S T A T I O N A N T E N N A S

Vertex developed the 7.2-Meter C-Band and Ku-Band antennas to offer superior performance for receive-only and transmit/receive worldwide applications.

Model 7.2 KPC (C-Band) and 7.2 KPK (Ku-Band) antennas incorporate stretch formed, doubly contoured reflectors with matched radials and hub assemblies for ease of field assembly. The reflectors and azimuth/elevation kingpost pedestals provide the stiffness and pointing accuracy required for C-Band and Ku-Band operation. These antennas are designed for full orbital arc coverage and are readily adaptable to ground or rooftop installations. The antennas meet the requirements for 2° satellite spacing per FCC Docket 81-704 and INTELSAT specifications.

Options:

- Two port, three port, four port Rx/Tx linear and circular polarized feeds
- Reflector and feed deicing, full reflector systems with manual or automatic controls
- Manual or motorized azimuth, elevation and polarization drive systems with controls and readouts
- Step track control systems with readouts
- Turnkey installations or installation assistance
- Extended Azimuth Travel Pedestal System 180° — 2 positions



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้ขายหรือผู้ผลิต
ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VERTEX COMMUNICATIONS CORPORATION

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

FOR C-BAND

TRANSMIT/RECEIVE LINEARLY POLARIZED FEED

	<u>Receive</u>	<u>Transmit</u>
Frequency	3.70 - 4.20 GHz	5.925-6.425 GHz
Polarization (Rx and Tx Orthogonal)	Linear	Linear
VSWR (Return Loss)	1.25:1 (19 dB)	1.25:1 (19 dB)
Insertion Loss	0.10 dB Max.	0.15 dB Max.
Port-to-Port Tx/Rx Isolation	30 dB	30 dB
Cross-Pol Isolation (on axis)	35 dB	35 dB
Power Capability	-----	10 kW CW*
Flange Interface	CPR-229G	CPR-159G
Pressurization Leak Rate:	100 cc/min.	
Pressurization Release Valve Setting:	0.5 psi	

*High power capability optional

4.0 ANTENNA RF PERFORMANCE

4.1 Subreflector and Main Reflector Design

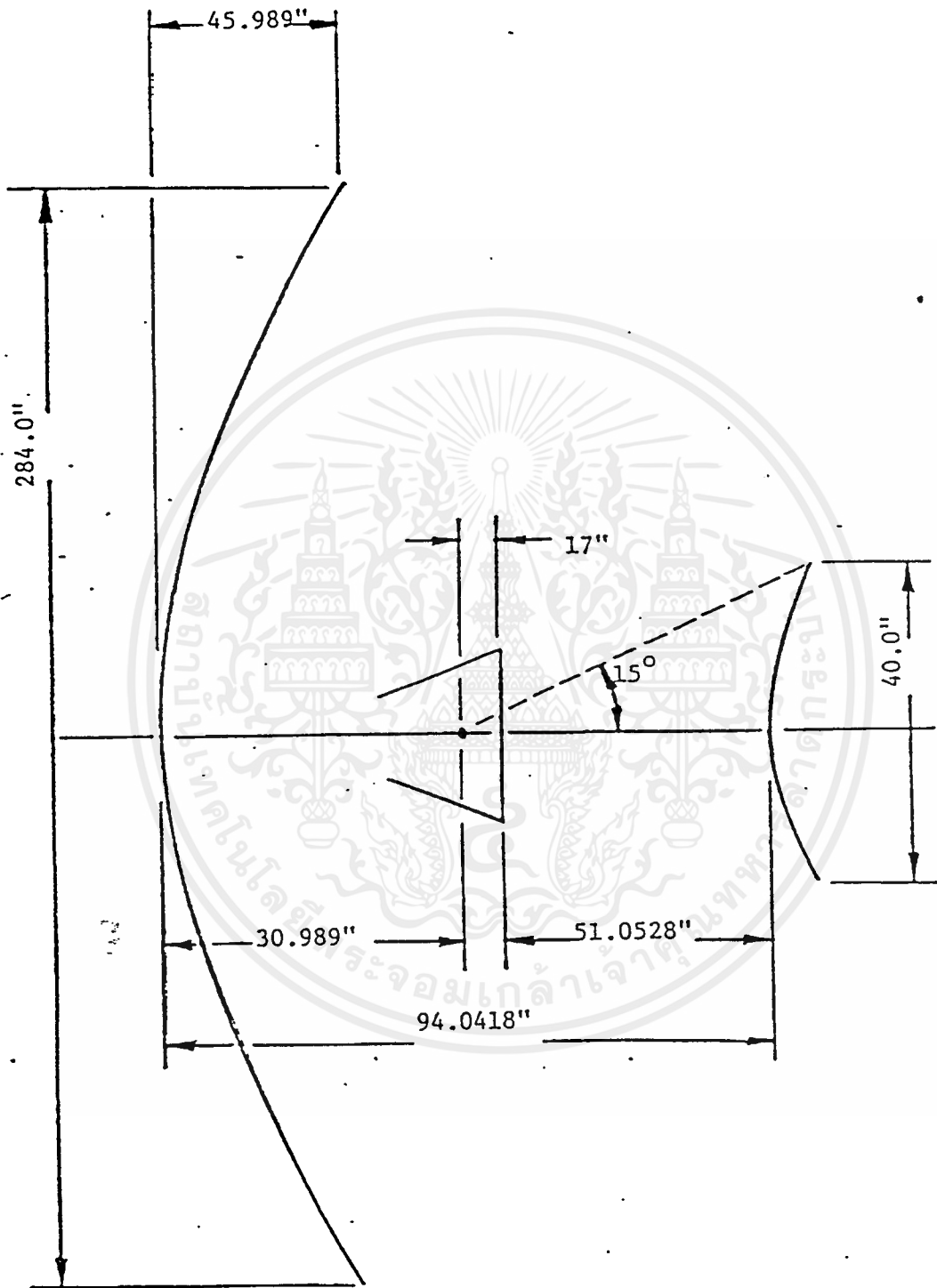
Both the main and subreflector for the VERTEX Cassegrain antenna are shaped using a unique VERTEX design technique. The sub and main reflectors are shaped for maximum efficiency and lowest possible sidelobes. This design technique both suppresses sidelobes and improves the noise temperature. The optical geometry so obtained can be used for both C and Ku bands.

4.2 Gain Performance

The overall efficiency or gain of the antenna, referred to the feed input flange at the vertex of the main reflector, is dependent upon the following contributing efficiency factors.

- o) Subreflector Spillover Efficiency
- o) Main reflector Spillover Efficiency
- o) Subreflector Blockage Efficiency
- o) Spar Blockage Efficiency
- o) Aperture Efficiency
- o) Surface RMS Efficiency
- o) Feed VSWR and Ohmic Loss Efficiency

The detailed definition of the above factors are as defined by EIA Standards RS-411. The gain performance of the antenna with a complete breakdown for all parts is enclosed for reference.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
7.2 METER C-BAND CASSEGRAIN ANTENNA WITH CORRUGATED HORN
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นทำหนังสือขออนุญาตแบบสงวนลิขสิทธิ์และต้องจ่ายค่าลิขสิทธิ์แก่ผู้สร้างสรรค์ที่นำมาไปใช้

R.F. Specification
for
VERTEX 7.20 Meter Cassegrain Antenna
With Transmit/Receive Linearly Polarized Feed

	RECEIVE	TRANSMIT
Frequency in GHz*.....	3.700 - 4.200	5.925 - 6.425
Typical Gain at Midband.....	47.80 dB	51.20 dB
VSWR.....	1.25:1	1.25:1
Beamwidth		
-3dB.....	0.70	0.47
-15dB.....	1.48	0.98
Antenna Noise Temperature		
5° Elevation.....	46 K	
10° Elevation.....	35 K	
20° Elevation.....	27 K	
40° Elevation.....	24 K	
Typical midband G/T at 20° Elevation, Clear Horizon		
With 40 K LNA.....	29.2 dB/ K	
With 65 K LNA.....	27.9 dB/ K	
Power Handling Capability**.....		10 kW CW
Feed Insertion or Ohmic Loss.....	0.10 dB	0.15 dB
Feed Interfaces.....	CPR-229G	CPR-159G
Transmit to Receive Isolation Without Filter...	30.0 dB	30.0 dB
Transmit to Receive Isolation With Optional Filter	30.0 dB	85.0 dB
Cross Polarization Isolation		
Within 1 dB Beamwidth.....	30.8 dB	30.8 dB
Sidelobes		
First Sidelobe Level.....		-14 dB
Beyond First Sidelobe Meets FCC Regulation 25.209, IESS (Intelsat) and CCIR Recommendation 580		

* -Other Operational Frequencies Available

** -Higher power optional

B0289

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3

Secondary Pattern Sidelobe Characteristics

The transmit sidelobes of the antenna beyond the first sidelobe conform to the requirements as specified by the FCC Regulation 25.209 (for 2 degree satellite spacing) IESS (Intelsat) and CCIR Recommendation 580. Typical measured transmit sidelobe patterns are included with the following envelope plotted:

1° to 7° 29-25 log theta dBi

7° to 9.2° +8 dBi

9.2° to 48° 32-25 log theta dBi

48° to 180° -10 dBi.

The receive sidelobes of the antenna beyond the first sidelobe conform to the envelope defined by the following formulas:

1° to 48° 32-25 log theta dBi

48° to 180° -10 dBi.

The above envelope may be exceeded by 10% of the sidelobes.

4.4 Antenna Noise Temperature

The antenna noise temperature referred at the feed input flange, according to H. H. Reed (Microwaves, April 1967), can be mainly divided into two main parts. First one is the contribution dependent upon the environment temperature or sky temperature antenna pattern and sidelobes. The environment or sky temperature is dependent upon the frequency and the elevation angle. The antenna noise temperature due to the pattern, according to Jueken and Maanders (Proc. IEE, October 1968), can again be divided into many subparts depending upon the power content in various regions like mainlobe, first order sidelobes, near sidelobes, etc.

The second part of the antenna noise temperature is due to the feed losses and VSWR. This part is not dependent upon the type of antenna or elevation angle.

A complete component breakdown of the antenna noise temperature for the antenna is provided in the enclosed table. This temperature has been field measured and verified on many VERTEX installations.

NOISE TEMPERATURE FOR VERTEX 7.2 METER ANTENNA AT 4.0 GHZ
WITH TWO PORT LINEARLY POLARIZED FEED

COMPONENT	ANTENNA ELEVATION ANGLES						
	5.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0
MAIN LOBE	20.9	10.8	5.8	4.1	3.4	2.9	2.7
FIRST SIDE LOBES	1.2	0.6	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1
NEAR SIDE LOBES	2.2	1.5	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1
SUB RFL SPILL OVER	3.1	2.7	1.3	0.4	0.3	0.2	0.2
FAR SIDE LOBES	2.0	2.0	1.8	1.7	1.5	1.4	1.2
MAIN RFL SPILL OVER	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.2
BACK LOBES	0.3	0.3	0.5	0.7	0.9	1.2	1.4
TOTAL PATTERN TEMP	30.5	18.6	10.8	8.2	7.3	7.0	7.0
PAINT+WINDOW LOSS TEMP	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
TOTAL EXTERNAL TEMP	37.1	25.2	17.4	14.8	13.9	13.6	13.6
TEMP AFTER FEED LOSSES	35.8	24.3	16.8	14.3	13.5	13.1	13.1
FEED LOSSES TEMP	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1
ISOLATION LOSS TEMP	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
TOTAL ANTENNA TEMP	46.2	34.7	27.2	24.7	23.8	23.5	23.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

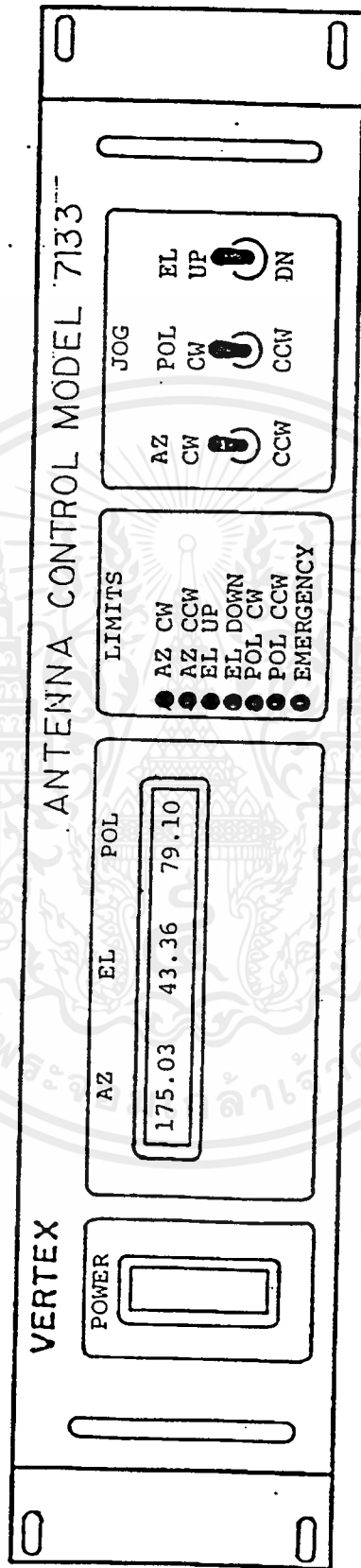
The Model 7133B servo positioning system integrates the motors, limit switches and angle transducers with a motor control unit at the antenna and a control and display panel installed within the earth station or shelter. The following illustrations show the arrangement of the components and the control panel layout.

5.1 Motor Drives

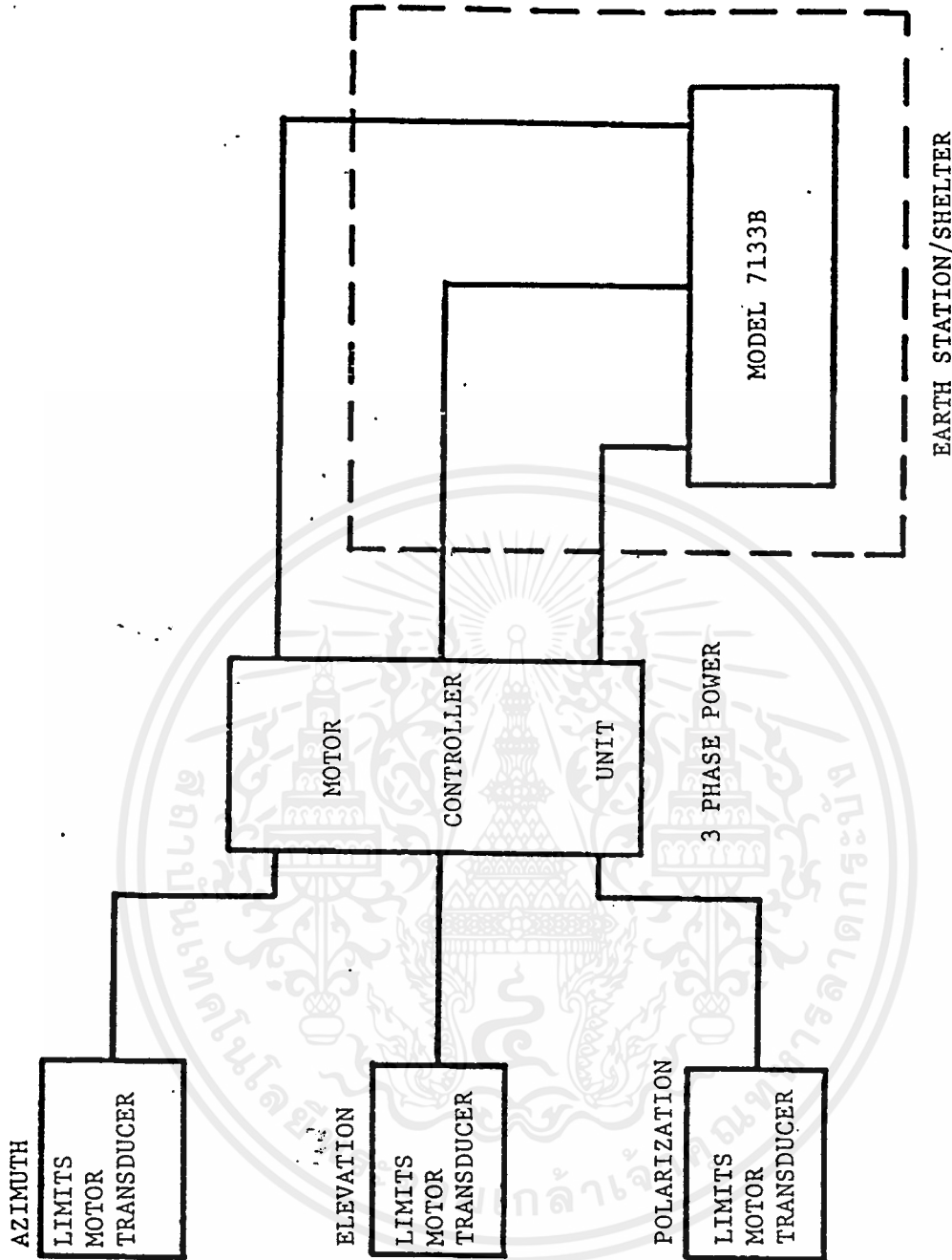
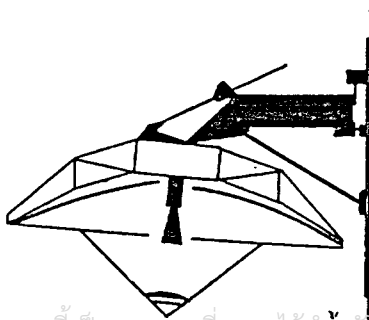
The elevation and azimuth drive systems on the antenna have been designed to allow for accurate positioning of the main beam. Typically, this corresponds to driving the azimuth and elevation axes at rates up to 0.2 receive beamwidths per second. The axes are driven by three-phase motors operating at either 208/120 VAC, 60 Hz, or at 380/220 VAC or 415/240 VAC, 50 Hz. For linear polarized systems, the polarization axis is motorized at about 1 degree per second. An emergency stop button is provided at the antenna on the motor drive unit as a safety precaution.

5.2 Antenna Control Unit

The antenna jog panel is offered to provide remote positioning control of the antenna. The standard readout system provides a display resolution of 0.02 degrees. The jog controls are spring loaded to the OFF position. The pointing angles are displayed simultaneously for operator convenience. The axis mounted angle transducers are brushless resolvers operated at 2500 Hz.

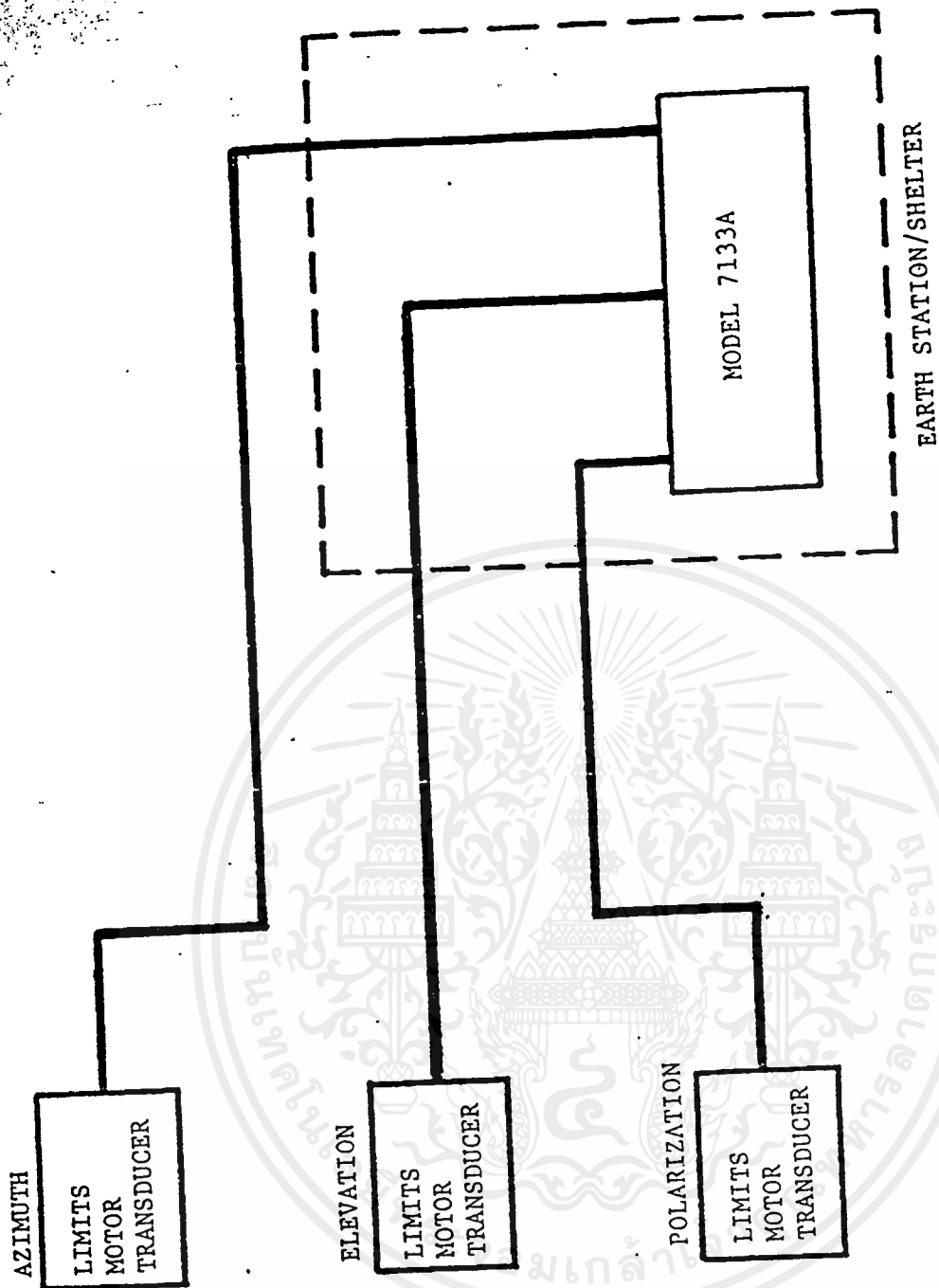
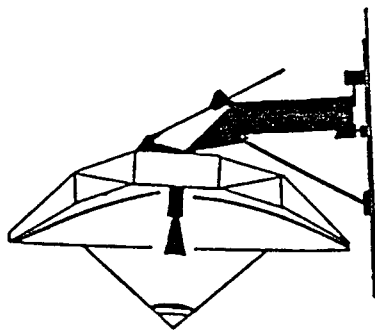


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BLOCK DIAGRAM OF 7133B ANTENNA CONTROL SYSTEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



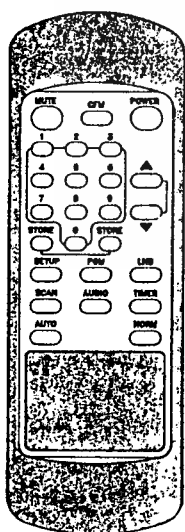
BLOCK DIAGRAM OF 7133A ANTENNA CONTROL SYSTEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

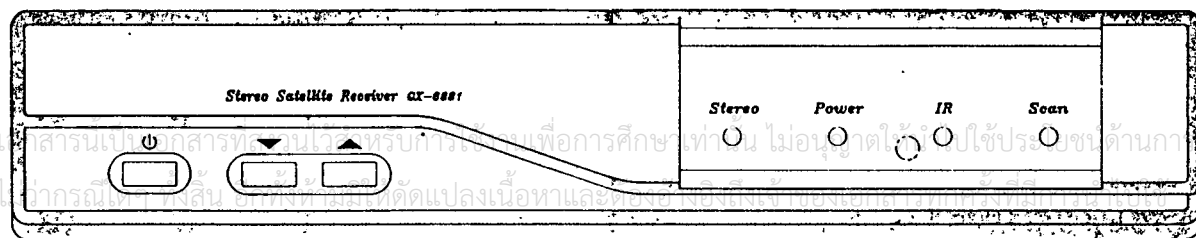
STEREO SATELLITE RECEIVER

Full Auto Remote Control System On Screen Display

GX-6881



Introduction	Page 03
Front Panel	Page 04
Rear Panel Description	Page 04
Remote Control Description	Page 04
Operation	Page 06
Installation	Page 11
Scart Connections	Page 14
Specification	Page 15



CH. NO.	PROGRAME MANE	POLARI ZATON	VIDEO FREQUENCY	AUDIO FREQUENCY	SATELLITE
00	SCREEN SPORT	HOR	1214MHZ	0650MHZ	ASTRA 1A
01	SCREEN SPORT	HOR	1214MHZ	0650MHZ	ASTRA 1A
02	RTL PLUS	VER	1229MHZ	0650MHZ	ASTRA 1A
03	TV3 SWEDEN/NORWAY	HOR	1244MHZ	7.02/7.20	ASTRA 1A
04	EÜROSPORT	VER	1259MHZ	0650MHZ	ASTRA 1A
05	CHILD. CH./LIFE STYLE	HOR	1273MHZ	0650MHZ	ASTRA 1A
06	SAT 1	VER	1288MHZ	0650MHZ	ASTRA 1A
07	TV1000	HOR	1303MHZ	7.02/7.20	ASTRA 1A
08	SKY ONE	VER	1318MHZ	0650MHZ	ASTRA 1A
09	TELECLUB	HOR	1332MHZ	0650MHZ	ASTRA 1A
10	3 SAT	VER	1347MHZ	0650MHZ	ASTRA 1A
11	FILMNET 24	HOR	1362MHZ	0660MHZ	ASTRA 1A
12	SKY NEWS	VER	1377MHZ	0650MHZ	ASTRA 1A
13	RTL4	HOR	1391MHZ	0650MHZ	ASTRA 1A
14	PRO7	VER	1406MHZ	0650MHZ	ASTRA 1A
15	MTV EUROPE	HOR	1421MHZ	0650MHZ	ASTRA 1A
16	SKY MOVIE PLUS	VER	1436MHZ	0650MHZ	ASTRA 1A
17	PREMIERE	HOR	1464MHZ	0650MHZ	ASTRA 1B
18	MOVIE CHANNEL	VER	1480MHZ	0650MHZ	ASTRA 1B
19	EINS PLUS	HOR	1494MHZ	0650MHZ	ASTRA 1B
20	SKY SPORTS	VER	1509MHZ	0650MHZ	ASTRA 1B
21	TELE5	HOR	1523MHZ	0650MHZ	ASTRA 1B
22		VER	1539MHZ	0650MHZ	ASTRA 1B
23		HOR	1554MHZ	7.02/7.20	ASTRA 1B
24		VER	1568MHZ	0650MHZ	ASTRA 1B
25		HOR	1583MHZ	0650MHZ	ASTRA 1B
26		VER	1598MHZ	0650MHZ	ASTRA 1B
27		HOR	1613MHZ	0650MHZ	ASTRA 1B
28		VER	1627MHZ	0650MHZ	ASTRA 1B
29	TV3 DENMARK	HOR	1641MHZ	7.02/7.20	ASTRA 1B
30		VER	1657MHZ	0650MHZ	ASTRA 1B
31	TV3 NORGE	HOR	1671MHZ	7.02/7.20	ASTRA 1B
32		VER	1685MHZ	0650MHZ	ASTRA 1B
33		HOR	0964MHZ	0650MHZ	ASTRA 1C
34		VER	0978MHZ	0650MHZ	ASTRA 1C
35		HOR	0993MHZ	0650MHZ	ASTRA 1C
36		VER	1008MHZ	0650MHZ	ASTRA 1C
37		HOR	1023MHZ	0650MHZ	ASTRA 1C
38		VER	1037MHZ	0650MHZ	ASTRA 1C
39		HOR	1052MHZ	0650MHZ	ASTRA 1C
40		VER	1067MHZ	0650MHZ	ASTRA 1C
41		HOR	1082MHZ	0650MHZ	ASTRA 1C
42		VER	1096MHZ	0650MHZ	ASTRA 1C
43		HOR	1111MHZ	0650MHZ	ASTRA 1C
44		VER	1126MHZ	0650MHZ	ASTRA 1C
45		HOR	1141MHZ	0650MHZ	ASTRA 1C
46		VER	1155MHZ	0650MHZ	ASTRA 1C
47		HOR	1170MHZ	0650MHZ	ASTRA 1C
48		VER	1185MHZ	0650MHZ	ASTRA 1C
.		HOR	1200MHZ	0650MHZ	
.		VER	1200MHZ	0650MHZ	
.		HOR	1200MHZ	0650MHZ	
90		VER	1200MHZ	0650MHZ	

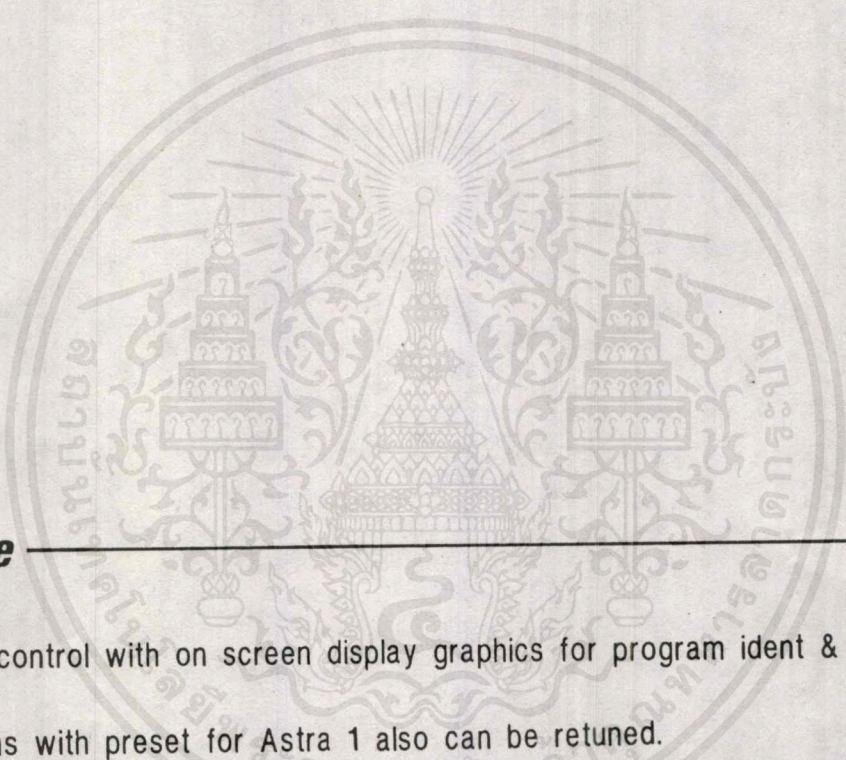
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Introduction

INTRODUCTION.....

This stereo satellite receivers are quality products will provide you years trouble free service and it is fitted the "PANDA" noise reduction system to enhance its performance.



Feature

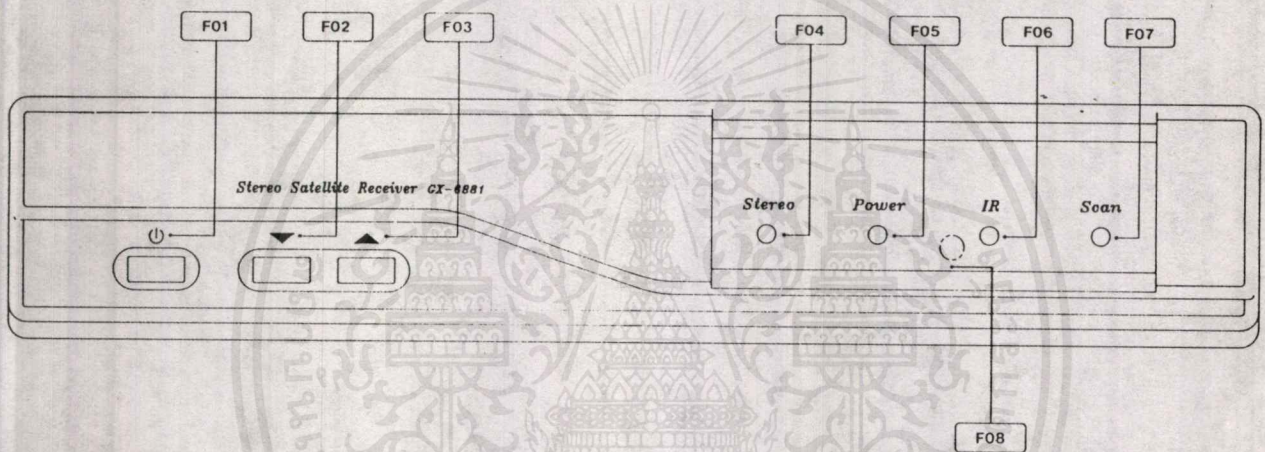
- Full remote control with on screen display graphics for program ident & set up function.
- 100 programs with preset for Astra 1 also can be retuned.
- Auto scan, auto stop and auto channel memory to help setup new programs.
- Wanger panda 1 stereo.
- Two peritel (scart) connectors for TV, VCR and external decoders.
- Choice of 6 stereo and 13 mono frequencies per program.
- Program parental lock facility.
- 2 event 7 days VCR timer with on screen clock facility.
- Support two external decoders.
- Real time clock display.
- UHF loop through.
- Four steps video contrast.
- Auto scan and auto memorized by different frequency from low to high (950 to 2000 MHz).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Front Panel, Rear Panel and

FRONT PANEL DESCRIPTION

- F01. POWER "⏻" key to bring the receiver in and out of power.
- F02. "▼" down key for selecting the available satellite program.
- F03. "▲" up key for selecting the available satellite program.
- F04. Stereo led to show audio is in stereo mode.
- F05. Power key "⏻" for power "on" and "off", the LED Lamp will be lighted while press the power key for "on" model.
- F06. Infrared remote control receiving led.
- F07. Scan led lit when the receiver is scanning.
- F08. Infrared sensor.

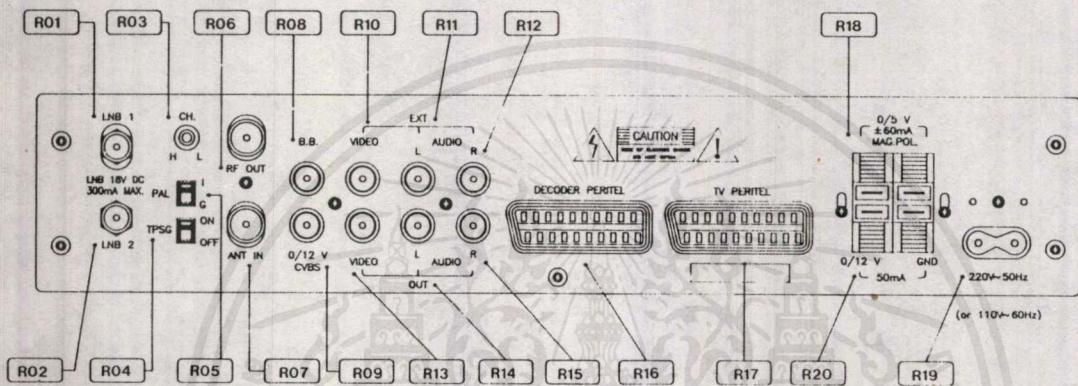


REAL PANEL DESCRIPTION

- R01. LNB input Dish Aerial cable input connector.
- R02. LNB input Dish Aerial cable input connector optional if required
- R03. Channel adjustment screw. Preset to channel 38.
- R04. Test signal on/off switch to assist in tuning the TV into satellite receiver.
- R05. PAL G or PAL I switch.
- R06. TV/VCR socket. UHF Aerial output socket to TV/VCR.
- R07. Aerial socket. UHF Aerial input socket.
- R08. Base Band (B.B) output.
- R09. CBVS status, will have 12V output when turn on.
- R10. Phono jact video loop in.
- R11. Phono jact audio loop in left.
- R12. Phono jact audio loop in right.
- R13. Phono jact video output.
- R14. Phono jact audio output left .
- R15. Phono jact audio output. right.
- R16. Decoder scart connector.
- R17. TV and VCR scart connector.
- R18. Magnetic polarizer connector.
- R19. Power cord plug.
- R20. A/B Switch connector.

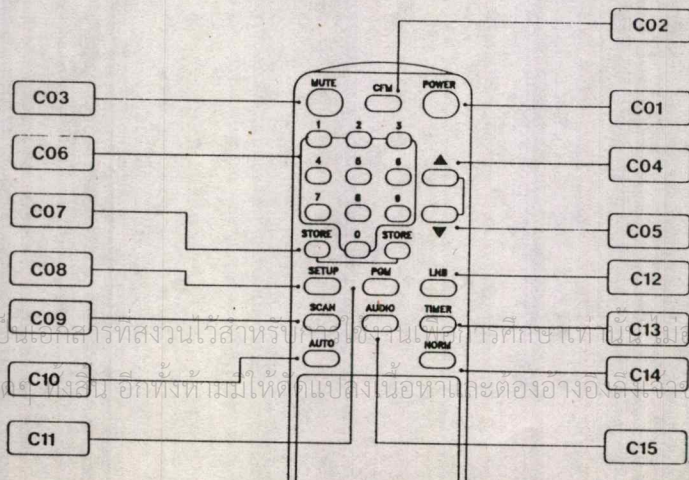
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote Control Description



REMOTE CONTROL DESCRIPTION

- C01. POWER key for bring the receiver in and out of Power.
- C02. CFM key for auto scanning from frequency 950 to 2000 MHZ.
- C03. MUTE key for muting the receiver.
- C04. "▲" up key for channel up and tuning up.
- C05. "▼" down key for channel down and tuning down.
- C06. Number keys for channel direct access and video tuning frequency direct access.
- C07. Press these two STURE keys simultaneous to store information while fine tuning adjusting of program information is required.
- C08. SETUP key for scan and select tuning item.
- C09. SCAN key for scanning program available.
- C10. AUTO key for showing the letter CFM on the screen.
- C11. PGM key for showing channel program information.
- C12. LNB key for showing LNB information.
- C13. TIMER key for VCR timer.
- C14. NORM key to turn off on screen display graphics.
- C15. AUDIO key for getting audio preset information.



Operation

OPERATION

The following information assumes that your dish and receiver have been correctly installed. If this is not the case, refer to the installation guide in this manual.

Contents

POWER ON

SETTING PROGRAMS.....

- (01)PROGRAM
- (02)V. TUNE
- (03)POLARITY
- (04)DECODER
- (05)AV INPUT
- (06)LNB
- (07)I.F. BAND
- (08)CONTRAST
- (09)AUDIO MODE
- (10)PASSWORD
- (11)NEW PASSWORD

AUDIO PRESET METHOD.

LNB PRESET METHOD.....

- (01)HOR BASE
- (02)VER BASE
- (03)V. OFFSET
- (04)PASSWORD

VCR TIMER..... SLEEP TIMER

SCANNING.....

AUTO SCAN AND AUTO MEMORY.

POWER ON

Press power key on remote handset or on front panel.

SELECTING PROGRAMS

Programs are selected by pressing the numeric keys on remote handset. All programs need to press two digits. For instance press "0" and "8" to select program 8. Press "9" and "8" to select program 98. It is also possible to browse through all the programs using "▲" and "▼" key on remote or front panel the program ident will be displayed on the top right corner of TV screen.

SETTING PROGRAMS

Press "PGM" key on remote handset for retuning program. After pressing the TV screen will display program information as follow:

>PROGRAM : XX
V.TUNE : XXXXMHz
POLARITY : X
DECODER : XXX
AV INPUT : XXXX
LNB : X
IF BAND : XXXX
CONTRAST : XX
AUDIO MD : XXXX XXXX
PASSWORD : ☀

Press "SETUP" key the flickering ">" will go down for selecting returned item.

① PROGRAM

Program no. can be changed by pressing "▲" and "▼" key or direct 0-9 number. Program number from 00, 01, 02,....., 99, total 100 programs can be stored.

② V. TUNE

This receiving video frequency can be retuned by "▲" and "▼" key on the handset or direct frequency number. For instance, press "1", "2", "3", "5" the TV screen "V. TUNE" will show 1235 MHz that is receiving 11.235 GHz transponder. Total frequency tuning range is 1000 MHz from 0950,0951,0952,2000MHz.

③ POLARTT

Select horizontal or vertical by pressing "▲" and "▼" key TV screen will show "H" or "V"

④ DECODER

Select "PAL" or "MAC" decoder by pressing "▲" or "▼". เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

⑤ AV INPUT

Select "Auto", "Internal", "External Video", "External Audio and Video" by pressing "▲" or "▼" key, TV Screen will show "Auto" "Int", "Ext V", "Ext A", "Ext AV"

⑥ LNB

Select LNB "1" or "2" (Optional feature)

⑦ IF BAND

I.F. bandwidth for select 27 MHz or 18 MHz. TV screen will show "Narrow" for 18MHz "wide" for 27 MHz. (Optional feature)

⑧ CONTRAST

Select picture contrast. There are four step "Low", "Med", "HI", "S. HI" by pressing "▲" or "▼" key.



⑨ AUDIO MODE

Select audio preset by pressing "▲" or "▼" There are 19 preset audio subcarrier frequency including.

01)	xxxx	xxxx		PANDA ON STEREO
02)	xxxx	xxxx		PANDA ON STEREO
03)	xxxx			PANDA ON MONO
04)	xxxx			PANDA OFF MONO
05)	xxxx			PANDA OFF MONO
06)	xxxx			PANDA OFF MONO
07)	0702	0720	MHz	PANDA ON STEREO
08)	0738	0756	MHz	PANDA ON STEREO
09)	0774	0792	MHz	PANDA ON STEREO
10)	0810	0828	MHz	PANDA ON STEREO
11)	0650		MHz	PANDA OFF MONO
12)	0702		MHz	PANDA ON MONO
13)	0720		MHz	PANDA ON MONO
14)	0738		MHz	PANDA ON MONO
15)	0756		MHz	PANDA ON MONO
16)	0774		MHz	PANDA ON MONO
17)	0792		MHz	PANDA ON MONO
18)	0810		MHz	PANDA ON MONO
19)	0828		MHz	PANDA ON MONO

Note: Audio present 1)....6) refer audio preset manual the stereo led will come on when stereo mode is selected.

⑩ **PASSWORD** ← [THIS FUNCTION HAS BEEN DELETED]

press 4 number to switch on or off for parent program lock for changing 4 number password, refer LNB manual. When symbol  follow password means this program was locked. Press 4 number password will turn off the symbol  also unlock this program.

⑪ **NEW PASSWORD** [THIS FUNCTION HAS BEEN DELETED]

IN case of forgetting password numbers or setup password at the first time, refer to "LNB present manual"

AUDIO PRESET METHOD

Press "AUDIO" key on handset, the TV screen will show follow:

>STEREO 1 :	0500	0518	MHZ
STEREO 2 :	0850	0868	MHZ
MONO 1 :	0500		MHZ
MONO 2 :	0500		MHZ
MONO 3 :	0500		MHZ
MONO 4 :	0500		MHZ

Press "SETUP" key the flicking ">" will go down for selecting returned item press "▲" or "▼" key to tune audio subcarrier. After finishing preset frequency, press "STORE" key (dual key) to store information.

LNB PRESET METHOD

Press "LNB" key on handset, the TV screen will show follow:

V TUNE	:	××××	MHz
>HOR BASE	:	××	
VER BASE	:	××	
V OFFSET	:	××	
PASSWORD	:		

Press "SETUP" key the ">" flickering sign will go down to select item for tuning press "▲" or "▼" key for tuning.

1. Hor Base : Hor base will change from 00,01,....63 total 64 steps.
2. Ver Base : Ver base will change from 00,01,....63 total 64 steps.
3. V. Offset : V. offset (LNB offset) will change from 00,01,....39 total 40 steps. LNB offset is 0.5 MHz per step. Total range +/-10 MHz.
4. Password : Password for setting new password, press "9" key 4 times

the screen will show "New" then press 4 number keys on handset to input new password.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VCR TIMER

Press "TIMER" key on handset, the TV screen will show follow:

	SUN X X : X X		
	CH	START	STOP
1	X X	TUE X X : X X	X X : X X
2	X X	TUE X X : X X	X X : X X
	SLEEP TIME : X X		

Press "SETUP" to select tuning item. Press "▲" or "▼" for changing setting. Press "NORM" key to turn off on screen display.

SLEEP TIMER

Press "TIMER" key select sleep timer by "SETUP" key then press "▲" or "▼" key to set minutes to turn off the receiver. Maximum time to turn off is 99 minutes.

SCANNING

Press "SETUP", TV screen will show "SCAN?" to ask do you want scan? If no, press "NORM" key to remove "SCAN?". If you want scan, then press "SCAN" key the receiver will be scanning the available programs. After finding program, the receiver will automatic stop scanning. If you need next program, press "SCAN" key again.

AUTO SCAN AND AUTO MEMORY

Press "AUTO" key, TV screen will show "CFM" to ask do you want to CFM? if not, press "NORM" key to remove "CFM". if you want to CFM, press CFM key, then the receiver will searching the available programes from 950 to 2000 MHz automatically. When the programe has been searched, the receiver will store the program frequency accordingly and return back to channel "00" when searching completed.

Introduction

CONNECTING EQUIPMENTS

The receiver is recommended to connect to either a stereo amplifier or a stereo TV set to obtain the maximum performance.

TUNNING TV/VCR TO THE SATELLITE RECEIVER

The receiver RF out is setted at CH 38. Switch the TPSG switch on (refer rear panel description C04) if the two vertical bar is not visible then adjust either TV set or channel adjust screw (refer rear panel description C06).

POLARITY

The receiver support two type polaroty device. One is 17V/13V voltage switch. Horizontal LNB power supply 17V, vertical 13V. The other one is magnetic polarizer. The receiver will supply +/-60mA total 128 step for accurate polarity.

A/B SWITCH OUTPUT

Polarity H/V also drive A/B switch output. Horizontal is 0V, Vertical 12V.

BASE BAND OUTPUT

If decoder select PAL, base band output from phono jack and also AV loop in switched to phono jack. If decoder select MAC, base band and audio video loop switched to decoder scart.

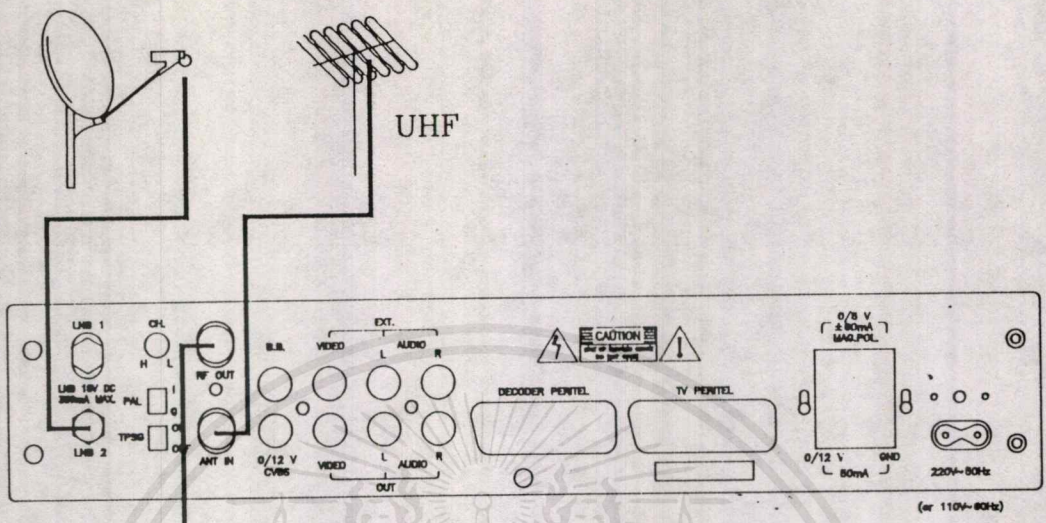
AV INPUT

AV input (audio video source) have four different status. Mode auto only works when decoder select "MAC". The receiver will automatic switch to external video and audio. AV input can be select to internal video and audio or external video and audio or external video only.

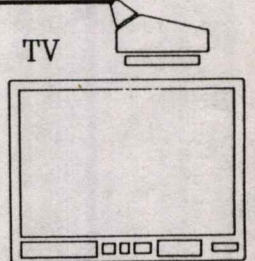
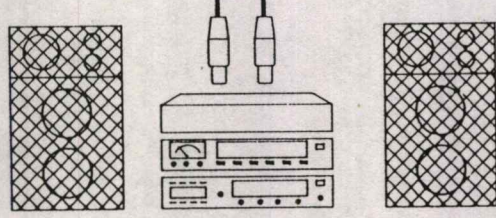
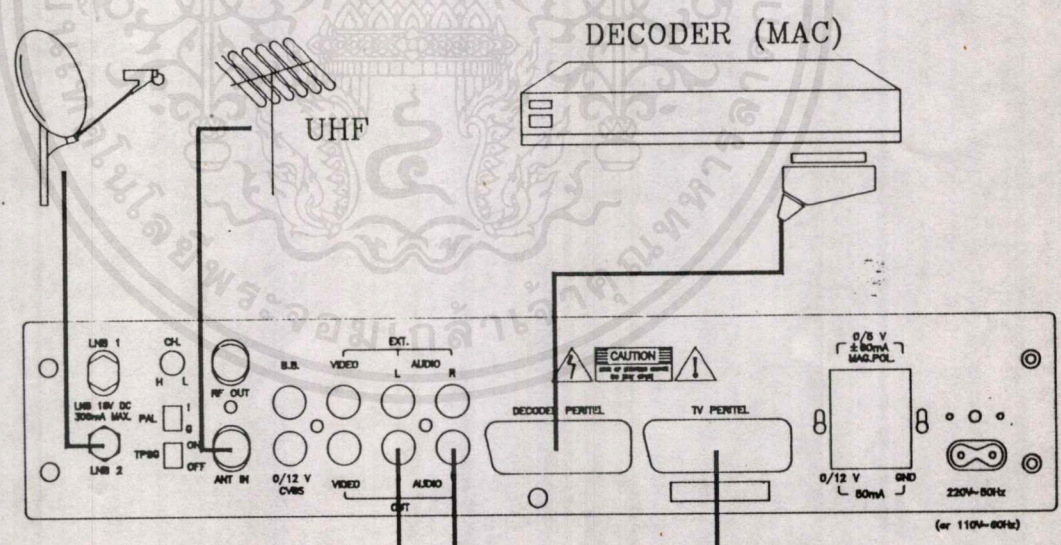
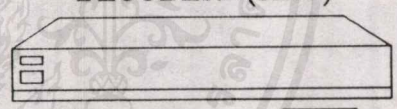
LNB IF OFFSET

When press "LNB" key TV screen will show LNB offset on screen graphics and polarity base. Lower number of polarity base means lower drive current H/V change will reverse current direction.

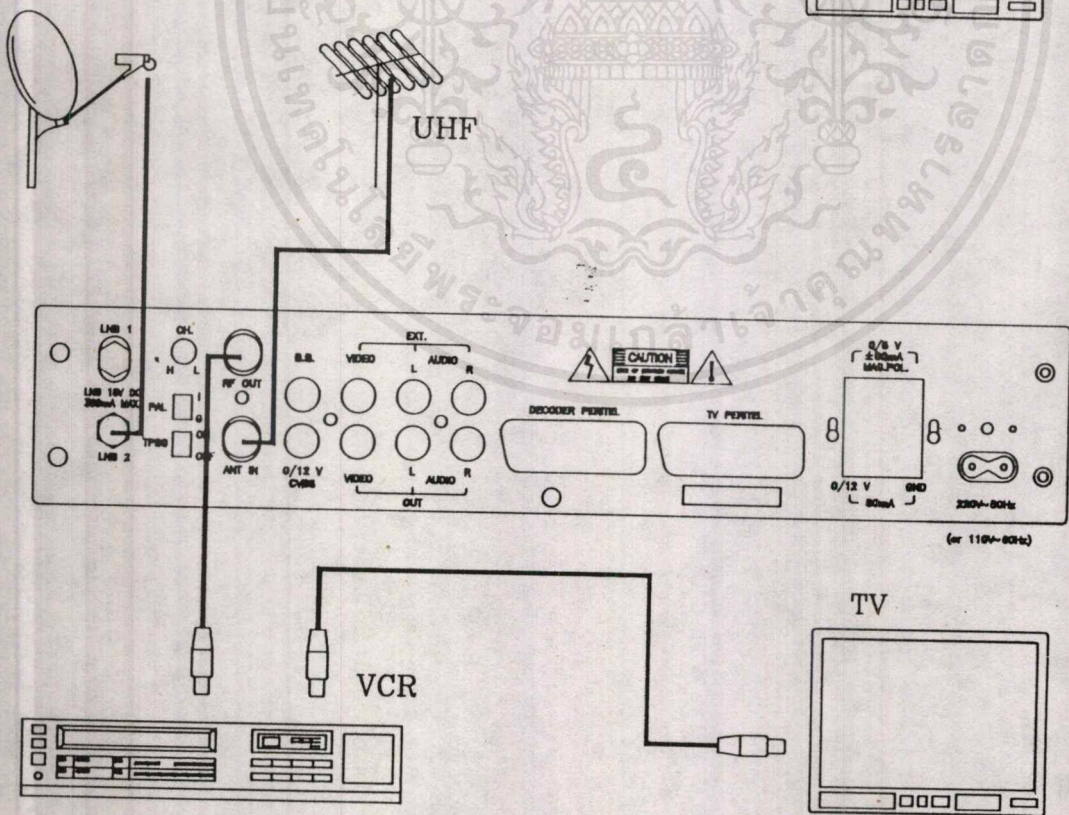
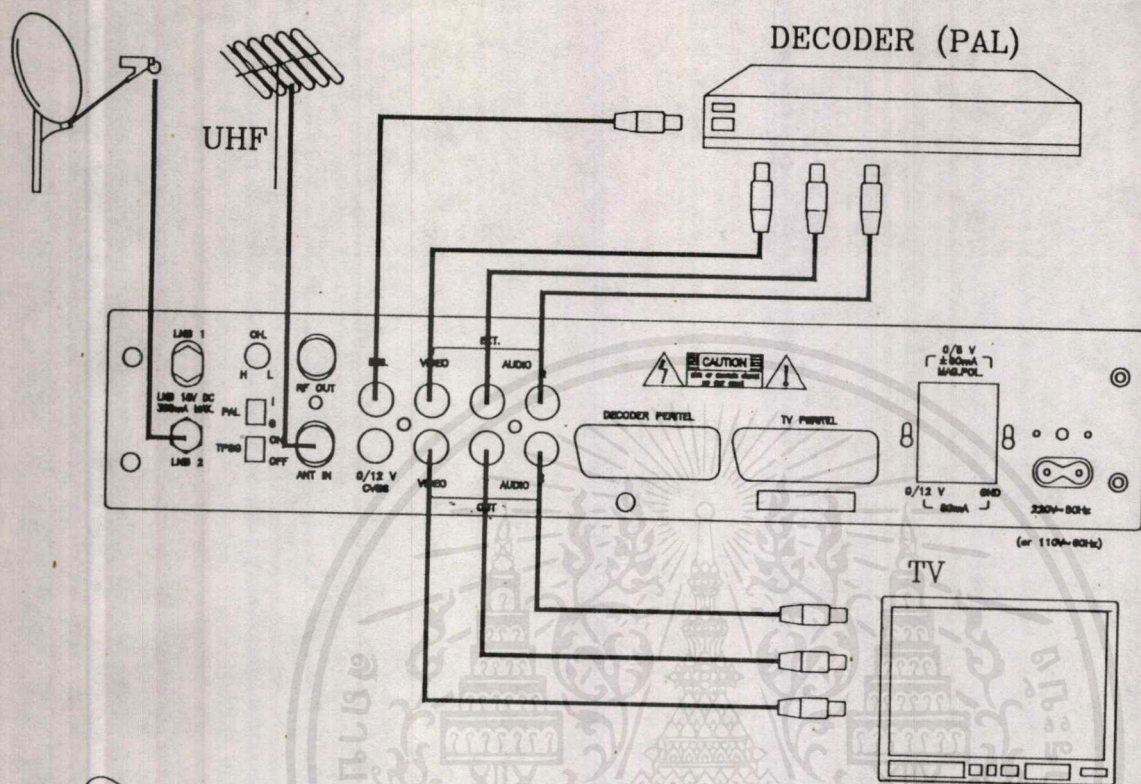
The center of LNB offset frequency number is 20. "01" means -10 MHz
"40" means +10 MHz.



DECODER (MAC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

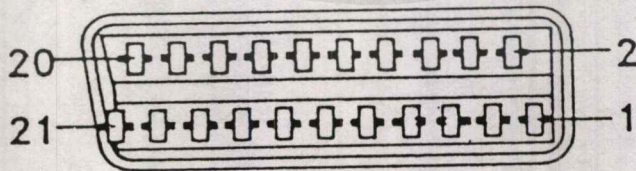
Scart Connections

TV PERITEL

- 1.Audio Out RH
- 2.—
- 3.Audio Out LH
- 4.Earth
- 5.Earth
- 6.—
- 7.—
- 8.CVBS status
- 9.Earth
- 10.—
- 11.—
- 12.—
- 13.Earth
- 14.—
- 15.—
- 16.—
- 17.Earth
- 19.Video out
- 20.—
- 21.Casing socket earth

DECODER PERITEL

- Audio Out RH
- Audio in RH
- Audio Out LH
- Earth
- Earth
- Audio in LH
- Status
- Earth
-
-
-
- Earth
-
-
- Earth
-
- Base Band out(MAC)
- Casing socket earth



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specification

Number of Programs	100
Receiving Frequency	950-2000 MHz
LNB Output Voltage	Horizontal 17V vertical 13V
Input Impedance	75 ohm
I.F. Frequency	479.5 MHz
I.F. Bandwidth	27 MHz
Input Level	-65 dBm to -25 dBm
Image Rejection	50 dB (Typical)
Threshold	6.5 dB C/N (Typical)
Video De-Emphasis	CCIR 405-1
Video Output Level	1V p-p
Video Output Connector	Peritel & Phono's
Base Band Output Level	1V p-p
Base Band Modes (PAL/MAC)	Deemphasised or flat (Software switched)
Base Band Frequency Responses (MAC)	DC to 10.5 MHz
Energy Dispersion Removal	Greater than 40 dB
Audio Subcarrier	5.0 MHz to 8.5 MHz
Preset Subcarrier	Fixed 4 stereo pairs and 9 mono 2 stereo pairs and 4 mono for free setting
Audio Frequency Response	50 Hz to 16 KHz +/-3 dB
Audio Output Level	0 dBm/600 ohm
Audio Bandwidth	150 KHz
Audio output Connector	Peritel & Phono's
U.H.F. Modulator	European & Asia : CCIR CH30 to CH39 with test signal. Preset to channel 38 PAL G & I switchable Taiwan : NTSC 3.58, output CH13 America : South America -- NTSC 4.43 North America -- NTSC 3.58, output CH3/CH4 (others optional if request)
Magnetic Polarizer	+/-60 mA (Servo Polarizer Optional)
Operation Voltage	220V AC 50Hz (240V Optional)
Power Consumption	30 Watts (Typical)
Dimensions	H65mm, W340mm, D260mm
Weight	3.5kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WINERSAT

OPERATION INSTRUCTION

SATELLITE RECEIVER

Model No.

WR-3500i PLUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONTENT

	PAGE
WARNING & CAUTION.....	1
INTRODUCTION.....	2
OPERATION.....	3
TROUBLE SHOOTING.....	5
FEATURE.....	6
SPECIFICATION.....	6

Thank you for buying this product.

Please read through this operation instruction, so you will know how to operate your model properly, and keep good performance of this equipment and enjoy yourself for a long time.

After you have finished reading the instruction, put them away in a safe place for future reference.

WARNING !

To prevent fire or shock hazard, do not expose this appliance to rain or moisture.

CAUTION !

To prevent the risk of electric shock, do not remove cover (or back). This product can only be serviced by qualified technicians.

INTRODUCTION

Welcome to the world of Satellite T.V.!

With your new equipment, you will be able to enjoy many programs with high quality picture and sound better than normal broadcast television.

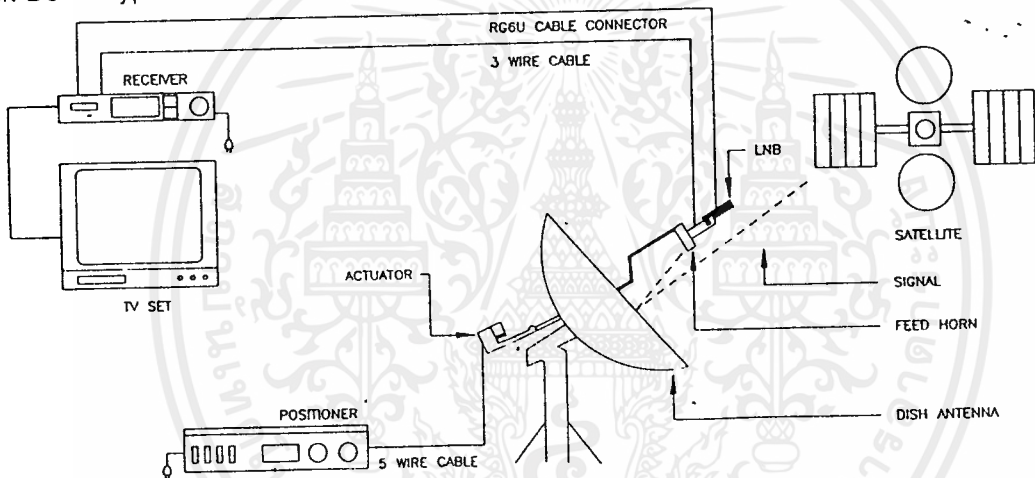
All the satellite broadcasting television programs are in a geostationary orbit. That is to say, they occupy a position above the equator in sky travelling at the same speed as that of the earth rotation. By doing this, the satellite always remains stationary in sky and beams down programs to your home.

This Satellite Receiver can be programmed to bring these channels into your home.

The quality of reception depends on installation procedures.

Satellite T.V. System. Typical Installation

Block Down Type

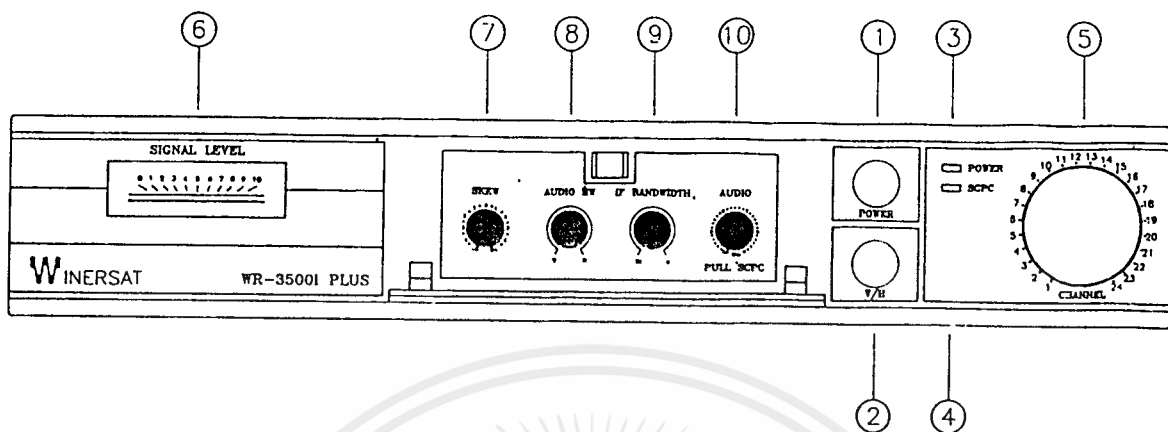


REMARK:

1. Please make sure Dish location and offset angle must exactly fact to Satellite before operating Receiver.
2. Please make sure the distance between Feedhorn surface and Dish center must be exact according to Dish F/D ratio.

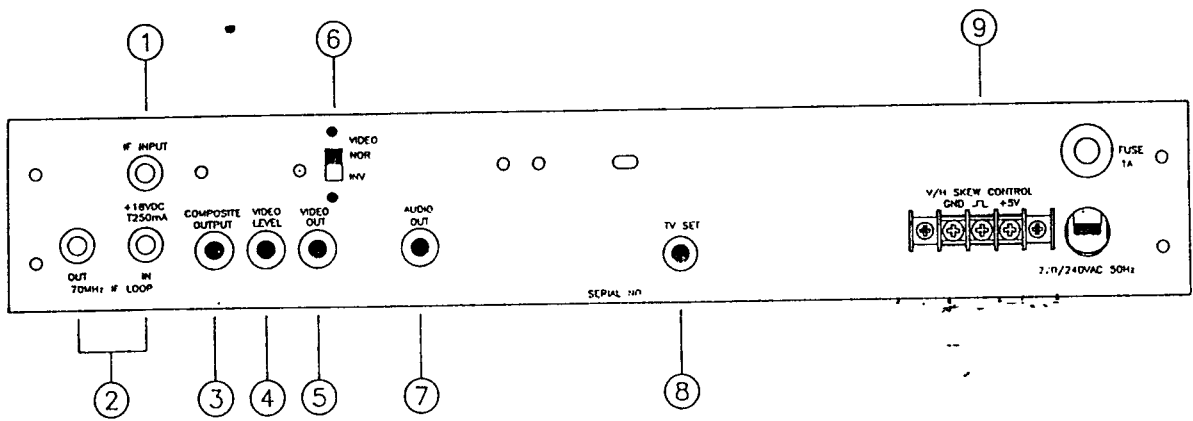
OPERATION

FRONT PANEL



1. POWER
Control power on/off.
2. V/H: Control polarity to vertical or horizontal.
3. POWER ON INDICATOR
This illuminates when power is turned on.
4. SCPC ON INDICATOR
This illuminates when scpc is pull up.
5. CHANNEL
Control the input frequency.
6. SIGNAL LEVEL
Indicate the relative strength of the incoming signal.
7. SKEW: Fine tune the Feedhorn polarity.
8. AUDIO BANDWIDTH
Control audio subcarrier bandwidth range.
9. IF BANDWIDTH
Control the IF bandwidth.
10. AUDIO/PULL SCPC
Pull up for scpc Audio. Push down for Normal Audio

REAR PANEL



REAR PANEL

1. IF INPUT
Connect to LNB.
2. 70MHz IF LOOP IN/OUT
Above two terminals are in short condition normally, but open when putting on extra bandpass filter.
3. COMPOSITE OUT
Connect to decoder input (decoder output to T.V. set).
4. VIDEO LEVEL
Control video output level.
5. VIDEO OUT
Connect to T.V. monitor.
6. VIDEO polarity
NOR position for LNB of low side design.
INV position for LNB of high side design.
7. AUDIO OUT
Connect to T.V. monitor.
8. TV SET
Connect to T.V. set.
9. V/H SKEW CONTROL
Connect to servo motor of Feedhorn.

TROUBLE SHOOTING

PROBLEM	PROBABLE CAUSE	CHECK
No power	<ul style="list-style-type: none"> * AC plug not inserted * Fuse blown 	<p>AC cable</p> <p>Fuse inside unit</p>
No picture No audio	<ul style="list-style-type: none"> * Antenna mis-aligned * T.V. set not set to correct channel * Polarity not correct for channel selected * Cables not connected or faulty 	<p>Azimuth/Elevation of antenna</p> <p>Selected UHF/VHF channel of T.V. set</p> <p>Preset data of polarity</p> <p>RF cable to T.V. set</p> <p>IF cable</p> <p>Video cable</p> <p>Audio cable</p> <p>Polarizer control cable</p> <p>IF loop cable</p>
Noisy picture Noisy audio	<ul style="list-style-type: none"> * Antenna not peaked * Antenna obstruction * Heavy rain * Poor cable connection * Parameters incorrectly preset * LNB/Polarizer malfunction 	<p>Azimuth/Elevation of antenna</p> <p>Obstruction at signal path</p> <p>Picture quality in good weather</p> <p>Connections of cables</p> <p>Preset parameters</p> <p>Contact dealer</p>

FEATURE

- * Full band channels
- * Manual
- * SCPC built in, PLL built in
- * Audio bandwidth tunable
- * IF bandwidth tunable
- * Video level control
- * Auto gain control

SPECIFICATION

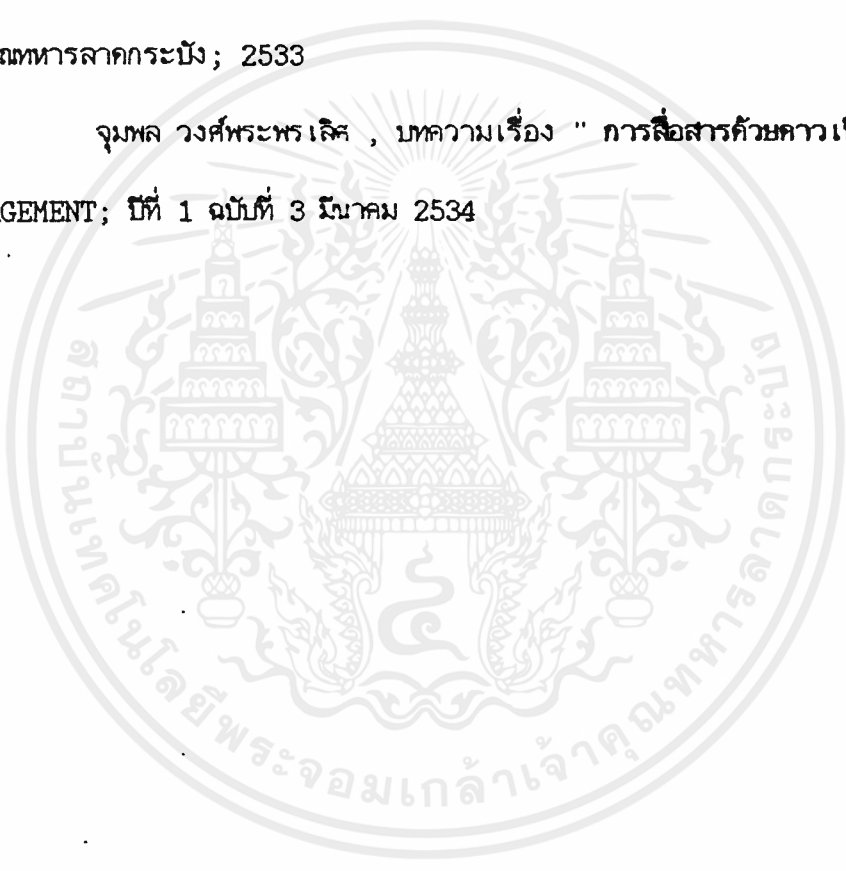
RF input frequency.....	950—1450 MHz
Input level	-60 dBm to -30 dBm
2nd IF frequency	70 MHz
IF bandwidth	Video bandwidth continue selection, tunable bandwidth from 8 MHz to 32 MHz.
Input impedance	75 Ohm
Threshold	8.0 dB typical
DC output to LNB	18 V DC
Video	
De-emphasis	CCIR Rec 405-1
Output level	1 VP-P typical (Load 75Ω)
Output impedance	75 Ohm
Frequency response	50 Hz to 5 MHz
S/N ratio	45 dB at C/N of 12 dB
Audio	
Frequency response	30 Hz to 15 KHz +/- 3 dB
De-emphasis	50 μs
Output level	1 VRMS into 10K Ohm Load
S/N ratio	50 dB at 75 KHz dev.
Distortion	0.25% THD
Composite out	1 VP-P (Load 75Ω)
Power requirements	220 V AC, 50 Hz
RF modulator	
Channel	VHF channel 3/4 switchable, PAL-B
Impedance	75 Ohm unbalanced
SCPC PLL	
Input frequency	950—1450 MHz
Audio output frequency	40 Hz—15 KHz
Center frequency	70 MHz
Tune range	5 MHz ± 0.5
Receiving frequency	4041.5 MHz

หนังสืออ้างอิง

W.L. Stuteman and G.A. Thiele, "Antenna Theory and Design",
John Wiley & Sons; 1981.

ณรงค์ เหมกรณ์ , "การสื่อสารควาเทียม" , สถาบันเทคโนโลยี่พระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ; 2533

จุมพล วงศ์พระพรเลิศ , บทความเรื่อง " การสื่อสารด้วยควาเทียม " , IT
MANAGEMENT; ปีที่ 1 ฉบับที่ 3 มีนาคม 2534



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้