

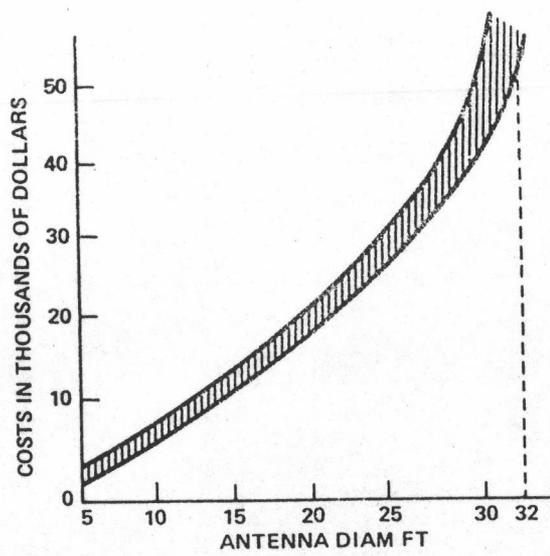
บทที่ 5

การสร้างจานสายอากาศที่ใช้กับสถานีภาคพื้นดินขนาดเล็ก

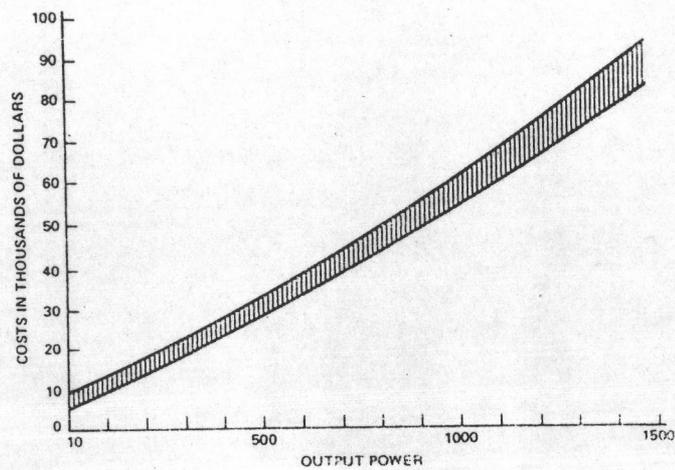
5.1 คำนำ

จากการที่ได้ศึกษาข้อมูลที่ใช้ในธุรกิจต่างประเทศซึ่งนิยมใช้บริการสื่อสารผ่านดาวเทียม โดยมีจุดมุ่งหวังที่จะช่วยลดต้นทุนของการสื่อสารประเภทนี้ โดยอาศัยการประเมินผลจากค่าการลงทุนต่อขนาดของจานสายอากาศรับส่งและกำลังส่ง (EIRP) เพื่อเป็นแนวทางในการหาค่าความเหมาะสมสำหรับความน่าจะเป็นไปได้ ในการกำหนดขนาดและอุปกรณ์สำหรับสถานีสื่อสารดาวเทียมขนาดเล็ก

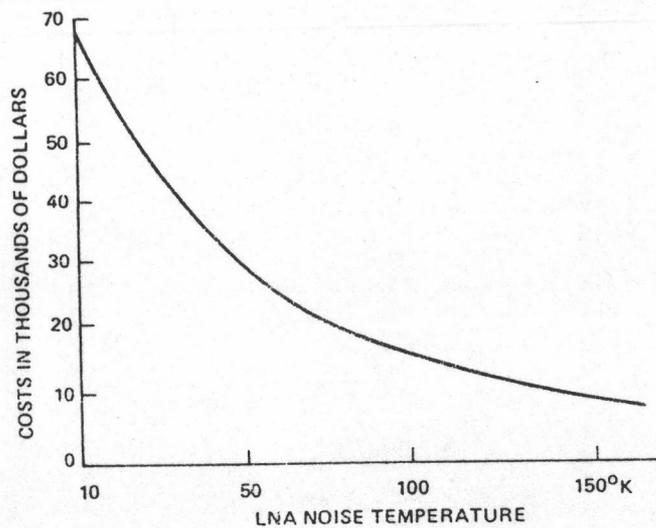
โดยปกติแล้ว สถานีภาคพื้นดินขนาดเล็กอาจจะจำแนกออกไปได้หลายขนาดแล้วแต่ความต้องการ เช่น มีการรับ-ส่ง สัญญาณโทรทัศน์และโทรศัพท์, มีการรับ-ส่ง เฉพาะสัญญาณโทรทัศน์, มีการรับสัญญาณโทรทัศน์เพียงอย่างเดียว, มีการรับสัญญาณโทรทัศน์อย่างเดียว พร้อมกับมีวงจรโทรศัพท์อีกหนึ่งหรือสองคู่สาย หรือจะใช้รับ-ส่งโทรศัพท์ เป็นต้น ดังนั้น อุปกรณ์เหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดขนาดและคุณภาพในการรับสัญญาณ ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ได้แก่ เครื่องขยายอณหภูมิต่ำ (Low Noise Amplifier), จานสายอากาศ, เครื่องขยายกำลังสูง (High Power Amplifier), อุปกรณ์ทางภาคพื้นดินส่วนต่าง ๆ โดยหากมีตัวแปรผันมาทำให้คุณสมบัติของอุปกรณ์เปลี่ยนแปลงไปมาก ๆ แล้วจะทำให้คุณภาพและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต่ำลงไป ยกตัวอย่างเช่น จานสายอากาศที่ต้องการนำมาใช้สำหรับการรับส่งสัญญาณโทรทัศน์และโทรศัพท์ จะต้องนำมาศึกษาค้นคว้าเพื่อหาขนาดและชนิดของจานสายอากาศที่เหมาะสมในการสร้างสถานีภาคพื้นดินขนาดเล็ก ซึ่งได้แสดงการเปรียบเทียบอุปกรณ์ที่สำคัญต่าง ๆ ที่จะใช้ในระบบเพื่อประกอบการพิจารณาต่อไป ดังแสดงในรูป.-



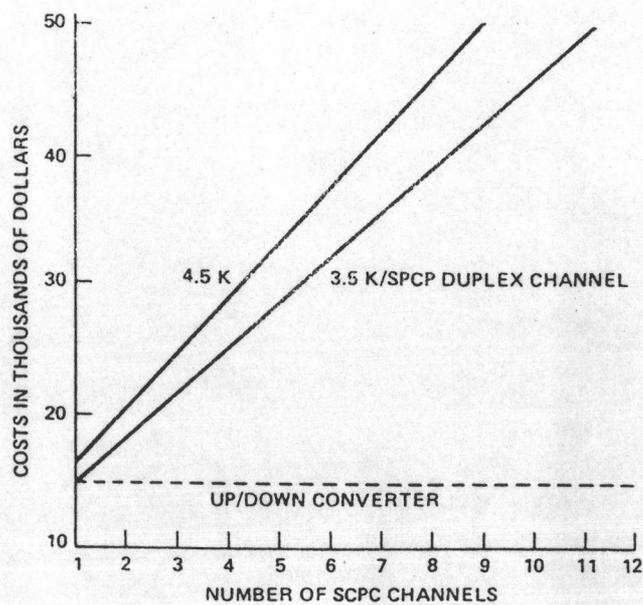
รูปที่ 5.1 แสดงขนาดของสายอากาศ ต่อ ราคาขาย



รูปที่ 5.2 แสดงเครื่องขยายกำลังสูง ต่อ ราคาขาย



รูปที่ 5.3 แสดงขนาดของเครื่องขยายอ้อมทวีคูณต่ำ ต่อ ราคาขาย



รูปที่ 5.4 แสดงจำนวนช่องของ SCPC ต่อ ราคาขาย

| Cost vs. Antenna Diameter for $G/T = 20$ | | | | | | |
|---|------|---------|---------|----------|--------|----------|
| Antenna Diameter (ft) | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 32 |
| Antenna Gain (dB) at 60% Eff and at 4 GHz | 34 | 40 | 43.5 | 46 | 48 | 50 |
| Nominal Antenna + Feed Cost (K\$) | 2 | 4.5 | 7.5 | 16 | 33 | 50 |
| $G(\text{dB}) - T_s(\text{dB})$ | 17.2 | 20 | 23.5 | 26 | 26 | 30 |
| T_s is System Noise Temp in dB | | | | | | |
| T_s in $^{\circ}\text{K}$ | 53 | 100 | 225 | 400 | 630 | 1000 |
| $T_r = T_s - 55^{\circ}$ | | | | | | |
| Where Antenna Noise Temp is 40 $^{\circ}\text{K}$ and Feed Loss is 15 $^{\circ}\text{K}$. | | 45 | 170 | 345 | 585 | 945 |
| $T_r = \text{LNA Noise Temp}$ | | | | (3.4 dB) | (5 dB) | (6.5 dB) |
| Cost of T_r (Cost of LNA) | | \$35K | \$8K | \$5K | \$3K | \$2K |
| Cost of Antenna Plus LNA | | \$39.5K | \$15.5K | \$21K | \$36K | \$52K |

(31)
ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบราคาต่อขนาดของจานสายอากาศ

เมื่อกำหนดให้ค่า $G/T = 20 \text{ dB/K}^{\circ}$

ซึ่งจะเห็นว่า เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้เป็นสถานีรับสัญญาณ

โทรทัศน์เท่านั้น โดยใช้จานสายอากาศรับที่มีขนาด 15 ฟุต

หรือ 4.5 เมตร ต่อเครื่องขยายอุณหภูมิทำที่ 170 $^{\circ}\text{K}$ จึงจะ

ทำให้ราคาการลงทุนนั้นต่ำที่สุด

| Cost vs. EIRP vs. Antenna Diameter | | | | | | |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Antenna Diameter (ft) | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 32 |
| Antenna Gain (dB) at 6 GHz | 37.2 | 43.5 | 47 | 49.5 | 51.5 | 53.5 |
| Nominal Antenna Cost (\$K) | 2 | 4.5 | 7.5 | 16 | 33 | 50 |
| Using 50 Watt TWT & EIRP = 64 dBw | | | | | | |
| Required HPA Power in dBw | 26.8 | 20.5 | 17 | 14.5 | 12.5 | 10.5 |
| HPA Power in Watts | 480 | 112 | 50 | 28 | 17 | 11 |
| HPA Cost (\$K) | 28 | 12 | 10 | 8 | 7 | 7 |
| Antenna HPA Cost (\$K) | 30 | 16.5 | 17.5 | 24 | 40 | 57 |
| Using 500 Watt TWT & EIRP = 74 dBw | | | | | | |
| Required HPA Power in dBw | 36.8 | 30.5 | 27 | 24.5 | 22.5 | 20.5 |
| HPA Power in Watts | 4600 | 1100 | 500 | 300 | 175 | 110 |
| HPA Cost (\$K) | 200 | 60 | 28 | 22 | 15 | 12 |
| Antenna + HPA Cost (\$K) | 202 | 64.5 | 35.5 | 38 | 48 | 62 |

(31)
 ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างราคา ต่อ EIRP และขนาดของจาน
 สายอากาศ

จากตารางข้างบน พอสรุปได้ว่า:- จานสายอากาศแบบ Cassegrain ขนาด
 15 ฟุต หรือ 4.5 เมตร ให้ความเหมาะสมในทุกกรณี จากการวิเคราะห์เพื่อใช้ใน
 ระบบการสื่อสารดาวเทียมขนาดเล็กในปัจจุบัน พบว่าราคาการลงทุนต่ำกว่าขนาดอื่น ๆ
 และส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบที่จะนำมาใช้งานได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด
 ดังนั้น จากเหตุผลต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว พอสรุปเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างจาน
 สายอากาศขนาด 4.5 เมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมมากที่สุด

5.2 สายอากาศรับสัญญาณสำหรับสถานีภาคพื้นดินแบบอยู่กับที่และเคลื่อนที่

จากการศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ของสายอากาศรับสัญญาณของสถานีภาคพื้นดินพบว่า ควรมัลักษณะดังนี้:-



1. มีอัตราการขยายสูงในทิศทางที่รับสัญญาณที่ต้องการ
2. มีอัตราการขยายต่ำในทิศทางที่รับสัญญาณที่ไม่ต้องการ
3. มีประสิทธิภาพสูง
4. มีผลกระทบกระเทือนต่อ noise temperature ของการรับสัญญาณต่ำ
5. สามารถที่จะปรับทิศทางของสายอากาศให้รับสัญญาณได้ง่าย
6. เมื่อเลี้ยงสายอากาศไปยังดาวเทียมแล้ว ตำแหน่งที่ตั้งของสายอากาศจะต้องเที่ยงตรงและแน่นอน
7. มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสายอากาศน้อยมาก ต่อกระแสลมและภูมิอากาศที่แปรปรวน
8. มีการเปลี่ยนแปลงต่อการสั่นคลอนน้อย
9. สามารถให้ความแตกต่างในชั่วของสัญญาณที่รับและส่งได้สูง
10. สามารถจะนำไปดัดแปลงใช้ในระบบสายอากาศแบบ multi-beam หรือ multi-band ได้

5.2.1 รูปร่างและโครงสร้างทางกลศาสตร์ จะจำแนกออกเป็นส่วน ๆ ได้ดังนี้.-

- 1) ตัวสะท้อนคลื่น (reflector) และโครงสร้างทางด้านล่างของสายอากาศ

ในการออกแบบ จะต้องคำนึงถึงรูปร่างและการปรับทิศทางของจานสายอากาศ ซึ่งพอจะแบ่งได้ 3 วิธี คือ

- แบบ azimuth - elevation

- แบบ x-y
- แบบ polar mount

แต่ทั้ง 3 ชนิด จะต้องให้ค่าความเที่ยงตรงสูง แม้ว่าจะมีลมแรงกรรโชก หรือ อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปมาก ๆ ก็ตาม

2) ค่าความแน่นอนบนพื้นผิวของตัวสะท้อนคลื่น

พื้นผิวของตัวสะท้อนคลื่นนี้จะต้องให้มีความแน่นอนมาก แม้จะมีสิ่งมากระทบ ก็ยังคงที่จะรักษาสภาพเช่นนั้นไว้ได้ เพราะถ้ารักษาสภาพเช่นนี้ไม่ได้แล้ว จะทำให้เกิดสาเหตุดังนี้:-

- ก) การสูญเสียอัตราการขยายของสัญญาณ
- ข) เกิด side-lobe สูงขึ้นกว่าเดิม
- ก) การสูญเสียของอัตราการขยายของจานสายอากาศ

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

- x : การสูญเสียของอัตราการขยายของสายอากาศ dB
- e : surface rms error mm.
- f : ความถี่ GHz

ถ้าใช้ความถี่ในย่าน 11 GHz หากผิวของจานไม่เรียบแม้แต่เพียง 1 มม. เท่านั้น จะมีผลทำให้อัตราการขยายลดลงไปประมาณ 1 dB

- ข) การเกิด side lobe

ในย่านความถี่ที่ใช้งานในการทดลองนี้ ใช้ย่าน 4/6 GHz ค่าความผิดพลาดบนผิวของจานสายอากาศเพียง 1 มม.(rms) จะทำให้เกิด side lobe ห่างจากแกนกลางขึ้นมา 2°

แต่ถ้าเกิดความผิดพลาด 0.5 มม. ของการปรับผิวของจาน สายอากาศแต่ละแผ่นจะทำให้เกิด side lobe อยู่ในระหว่าง 2° กับ 10° (ห่างจากแกนกลาง) ดังนั้นจะเห็นว่า ถ้าปรับแผงสายอากาศแต่ละแผ่นให้ผิวหน้าราบเรียบตามส่วนโค้งของจาน จะทำให้ได้ประโยชน์.-

- ลดระดับของ side-lobe ได้ทั้งหมด
- แหล่งกำเนิดสัญญาณต่าง ๆ ที่สามารถเข้ามา
รบกวนจะลดน้อยลง

3) การปรับทิศทางของจานสายอากาศ และการเล็งหาตำแหน่งของดาวเทียม (tracking)

ในทุก ๆ ระบบ ถ้าการปรับทิศทางของจานสายอากาศและการเล็งหาตำแหน่งของดาวเทียม กระทบไม่ถูกต้องและแน่นอนจะทำให้เกิดการสูญเสียของสัญญาณอย่างมาก เช่น ถ้าใช้จานขนาด 30 เมตร จะต้องมีความแน่นอนมากอย่างน้อยก็ 0.01 องศา ซึ่งในจานขนาดใหญ่ ๆ นี้เขานิยมใช้การปรับทิศทางและการเล็งหาตำแหน่งของดาวเทียมแบบอัตโนมัติ ถ้าในระบบสื่อสารดาวเทียมในประเทศที่ใช้จานสายอากาศขนาดเล็กแล้ว ไม่จำเป็นต้องมีเครื่องปรับทิศทางและเล็งหาแบบอัตโนมัติ เพียงแค่ใช้ปรับด้วยมือก็พอเพียง ทั้งนี้เพราะว่า beam width ของจานสายอากาศกว้างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับจานสายอากาศขนาดใหญ่กว่า

5.3 ความเหมาะสมของจานสายอากาศสำหรับสถานีภาคพื้นดิน

5.3.1 ชนิดของจานสายอากาศ

ปกติจานสายอากาศที่ใช้งานอยู่มีหลายชนิด เช่น parabolic reflector

with Cassegrain, Gregorian หรือแบบ focal point feed หรือ horn reflectors ซึ่งแบบที่ใช้มากคือ parabolic reflector กับ Cassegrain feed ซึ่งยังแบ่งออกได้เป็นอีกหลายแบบ เช่น.-

แบบ near field

แบบ source feed

การออกแบบทั้งสองชนิดต้องการให้มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งในปัจจุบันมีผู้นิยมใช้ multi - reflector feeds ของแบบ near field มากกว่าแบบอื่น ๆ

5.3.2 อัตราการขยายของ main lobe

ขึ้นอยู่กับความราบเรียบของพื้นผิวจานสายอากาศกับการสะท้อนของลำคลื่น ดังนั้น ถ้าจะให้มีประสิทธิภาพสูงอาจจะตัดแปลงรูปร่างของ sub-reflector และ main reflector ให้มีรูปร่างเปลี่ยนไปจากทฤษฎีบ้าง เพื่อช่วยทำให้การสะท้อนคลื่นได้สัดส่วน แต่ต้องให้มี plane wave front ตามทฤษฎีที่ได้กล่าวไว้ด้วย

5.3.3 ระดับของ side lobes และ back lobes (ภาคผนวกที่ 6)

เนื่องจากตำแหน่งของแต่ละดวงในวงโคจรอยู่ใกล้กันมาก ดังนั้นระดับของ side lobe ควรจะไม่สูงมากนัก ซึ่งจะทำให้เกิดการรบกวนดาวเทียมดวงข้างเคียงได้ และสาเหตุอื่นที่อาจจะเกิดได้มี.-

- 1) เกิดจากจำนวนพลังงาน spills over ที่บริเวณริม ๆ ขอบของ primary และ secondary reflector
- 2) เกิดจากกำลังงานที่ถูกกั้นโดย reflector หรือส่วนอื่น ๆ หรือจาก primary feed horn ก็ได้

ถ้ากรณีที่เป็นจานสายอากาศขนาดเล็ก ($D/\lambda < 100$) ระดับของ side lobe จะสูงกว่าจานขนาดใหญ่กว่า

5.3.4 Noise Temperature

โดยปกติจะมีมาตรฐานกำหนดไว้ ดังนี้.-

| | | | | |
|---------------------------|---------------------|-------------------|-----------|--------|
| ถ้าให้มุมเงยของจานต่ำกว่า | -10° | noise temperature | ควรจะเป็น | 290° K |
| " | ระหว่าง -10° ถึง 0° | " | " | 150° K |
| " | " 0° " 10° | " | " | 50° K |
| " | " 10° " 90° | " | " | 10° K |

แต่ถ้าใช้กับจานสายอากาศขนาดใหญ่แบบ Cassegrain แล้ว ให้มีมุมเงยประมาณ 5° ทำให้.-

| | |
|--------------------------------|--------------|
| main beam มี noise temperature | 25° K |
| near side - lobes | 2° K |
| sub - reflector spill - over | 8° K |
| main - reflector spill - over | 5° K |
| รวม | <u>40° K</u> |

ดังนั้นจะเห็นว่า noise temperature จะเป็นตัวทำให้ system noise temperature เปลี่ยนไป

5.3.5 Figure of merit (ภาคผนวกที่ 7) ของระบบที่จะใช้งาน

เป็นสิ่งสำคัญมากในการกำหนดคุณสมบัติและคุณภาพของสถานีภาคพื้นดินต่อการรับสัญญาณต่าง ๆ

5.3.6 Multi Band Antenna

ถ้าในกรณีนำเอามาใช้กับหลาย ๆ ความถี่แล้ว สายอากาศแบบ paraboloidal ที่มี focal feed point ไม่เหมาะที่จะนำเอามาใช้ ทั้งนี้

เพราะโครงสร้างและการก่อสร้างยากกว่า โดยปกติที่นิยมใช้จะเป็นแบบ Cassegrain เพราะแบบนี้สามารถให้คุณภาพที่สูงและแน่นอนกว่า ในย่านความถี่ 4, 6, 20 และ 30 GHz

5.3.7 Polarization Discrimination

สามารถแยกความแตกต่างของขั้วของสัญญาณได้สูงถึง 30 ถึง 35 dB ในกรณี Orthogonal polarization เป็นต้น

5.4 สาเหตุของการศึกษาคุณสมบัติของสายอากาศแบบ Cassegrain

5.4.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของสายอากาศแต่ละชนิด (สำหรับนำมาใช้ในระบบสื่อสารดาวเทียมเท่านั้น)

ในการหาความสัมพันธ์ของสายอากาศนั้น จะคำนึงถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของสายอากาศที่นำมาใช้งาน เช่น side lobe characteristics, radiation pattern เป็นต้น

ชนิดต่าง ๆ ของสายอากาศนั้น พอแยกได้ดังนี้.-

- Cassegrain antenna
- Prime focus feed antenna
- Off-set reflector antenna
- Horn reflector with conical horn feed
- Casshorns (Cassegrain feed)

การเปรียบเทียบ จะแสดงได้โดยการวัด pattern ของสายอากาศแต่ละชนิด ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการใช้สมการ.-

$$\frac{G(\varphi)}{G} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right)^n} \quad : \quad 2 \left\langle \frac{\varphi}{\varphi_0} \right\rangle < 100$$

G : เป็น main beam gain ของสายอากาศ

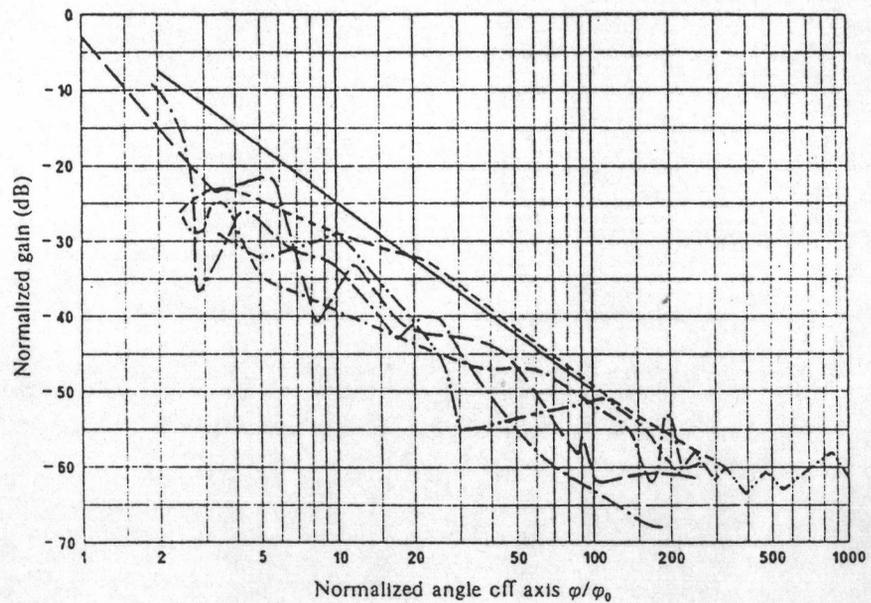
φ : เป็นมุมของ main beam axis

$$G(\varphi) : 32 - 25 \log \varphi$$

n : 2.5

$\frac{\varphi}{\varphi_0}$: half beam width

ซึ่งแสดงให้เห็นดังในรูป.-



รูปที่ 5.5 Measured patterns of various types of antennae

————— $G(\varphi) = \left[1 + \left(\frac{\varphi}{\varphi_0} \right)^{2.5} \right]^{-1}$

----- Cassegrain antenna D = 600

- · - · - Prime focus feed antenna D = 600

- · · - · Off-set reflector antenna D = 100

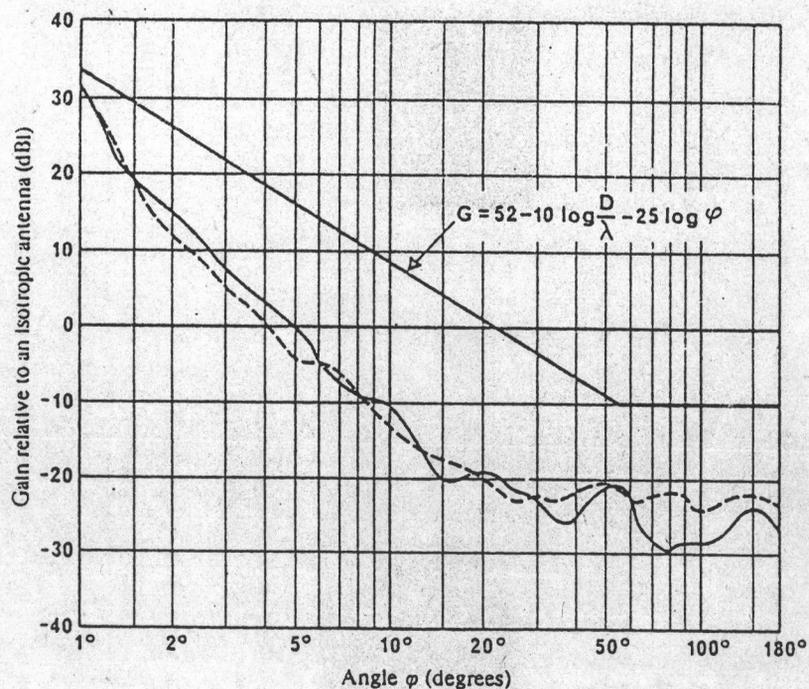
- - - - - Horn reflector with Cassegrain feed D=128 (Casshorn)

- · · · - Horn reflector with conical feed D = 250

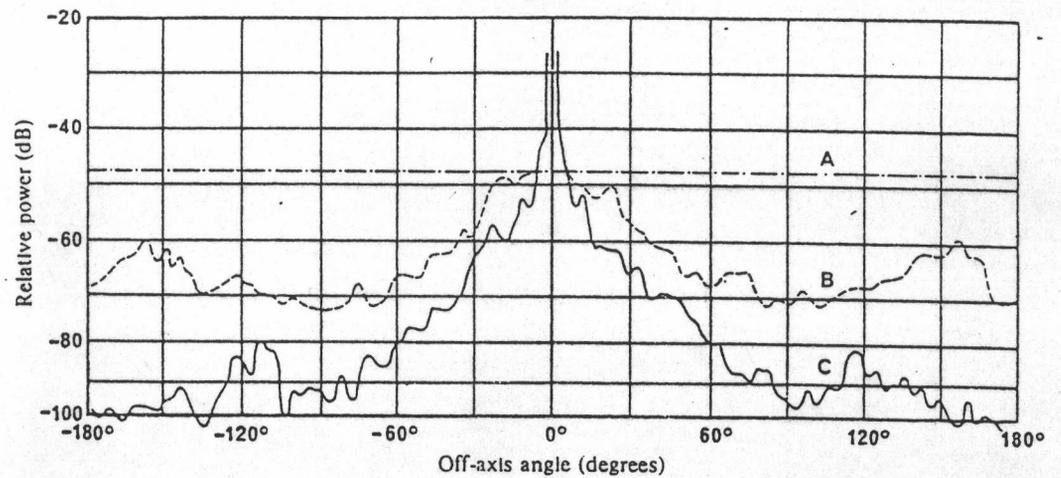
5.4.2 คุณสมบัติของ side lobe ของสายอากาศแบบ Off-set

ปกติเราต้องการให้ side lobe ของสายอากาศทุกชนิดมีค่าต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งมีการดัดแปลงคุณสมบัติต่าง ๆ ของสายอากาศ เช่น ท่อนำคลื่นใช้แบบ dielectric - loaded horn หรือ ใช้ corrugated horn เป็น primary radiator ก็ได้ ซึ่งจะไม่ทำให้มีส่วนที่จะไปบ่งการกระจายคลื่นอันเป็นเหตุให้เกิด side lobe

แต่ในบางครั้ง edge - diffraction และ scatter ที่เกิดขึ้นนี้มาจาก side lobe ของสายอากาศนั่นเอง ซึ่งจะสามารถลดได้โดยใช้ microwave absorber ดังแสดงให้เห็นในรูป pattern ข้างล่างนี้



รูปที่ 5.6 peak envelope pattern of off-set Gregorian-antenna without microwave absorber



รูปที่ 5.7 side lobe pattern ของ Gregorian antenna with microwave absorber

- A : Isotropic level
- B : Without microwave absorber
- C : With microwave absorber

ดังนั้นจะเห็นว่า คุณสมบัติของสายอากาศแบบ Cassegrain มีส่วนที่น่าสนใจมากในการศึกษา เนื่องจากคุณสมบัติประจำตัวที่ได้กล่าวมาแล้วว่ามี main lobe ที่แหลมมาก และยังมี side lobe ที่ค่อนข้างต่ำมาก ทั้งยังอยู่ล้อมรอบ main lobe ด้วย ทำให้อัตราการขยายสัญญาณสูง แต่ไม่ควรใช้กับความถี่ต่ำ ๆ เพราะทำให้ขนาดของสายอากาศใหญ่เกินไป

5.5 การออกแบบสายอากาศขนาด 4.5 เมตร

งานสายอากาศในระบบการสื่อสารดาวเทียม จำเป็นจะต้องออกแบบให้ระบบของสายอากาศสามารถที่จะขยายสัญญาณได้ดีทั้งสัญญาณขาขึ้น (Up-link) และสัญญาณขาลง (down-link)

ปกติสายอากาศที่ใช้ในระบบสื่อสารดาวเทียม จะใช้สายอากาศแบบแผ่นสะท้อนคลื่น (reflectors) โดยให้มีจุดป้อนสัญญาณอยู่ที่บริเวณกลางของแผ่นสะท้อนคลื่นในระยะทางที่ห่างจากแผ่นสะท้อนคลื่นขนาดพอเหมาะ จึงจะทำให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด

ในระบบสายอากาศแบบแผ่นสะท้อนคลื่น จะประกอบด้วย.-

- 1) ส่วนผิวบริเวณสะท้อนคลื่น (reflecting surfaces)
- 2) ระบบป้อนสัญญาณ (feed system)
- 3) ส่วนแบ่งพลังงาน (distributed network)

1) ส่วนผิวบริเวณสะท้อนคลื่น ตามปกติทั่ว ๆ ไป รูปร่างผิวหน้าให้เป็นแบบ parabolic และ paraboloid เพื่อช่วยสะท้อนคลื่น ระบบที่กล่าวมานี้ รวมเรียกว่า Cassegrain ซึ่งให้ผลดังนี้.-

- ขนาดของผิวจานสะท้อนคลื่น จะเป็นตัวกำหนดอัตราการขยายของสัญญาณที่มีความถี่ต่าง ๆ ตามต้องการ โดยคำนวณได้จาก.-

$$A_p = \frac{4\pi A_0}{\lambda^2}$$

A_0 : Capture area = kA

A_p : gain ของ parabolic antenna

k : ค่า Constant ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสายอากาศ แต่ในสายอากาศแบบ paraboloid ที่ใช้ excited โดย half-wave dipole จะใช้ค่าอยู่

ระหว่าง 0.5 ถึง 0.7 แต่ในการคำนวณจริง ๆ จะใช้ 0.65

$$A : \text{actual area} = \frac{\pi}{4} D^2$$

ดังนั้น (1) จะได้.-

$$A_p = 6.4 \left[\frac{D}{\lambda} \right]^2 \quad \dots(2)$$

แต่ค่าที่ใช้คำนวณจริง ๆ อยู่ระหว่าง

$$A_p = 6.0 \left[\frac{D}{\lambda} \right]^2 \quad \dots(3)$$

ดังนั้น ถ้าขนาดของจานสายอากาศที่มีพื้นที่ผิวเปิด 4.5 เมตร ควรจะให้
อัตราขยายสัญญาณ ดังนี้.-

| | | |
|---------------------------|-------|----|
| อัตราขยายทางด้านส่งประมาณ | 46.86 | dB |
| อัตราขยายทางด้านรับประมาณ | 43.34 | dB |

- ส่วนโค้งและเว้าของจานสะท้อนคลื่นจะช่วยทำให้อัตราการขยายของ
สัญญาณดีขึ้น และลดการรบกวนต่าง ๆ อันเนื่องจาก side lobe ปกติค่า side lobe
level จะต้องพยายามสร้างให้ลดลงต่ำกว่า 20 dB โดยให้ power densityทางด้าน
แรงสุดของ side lobe มีค่าเพียง 1% ของ main lobe ซึ่งคุณสมบัติของ side
lobe มีดังนี้.-

- | | |
|---|---|
| a) at 1° and greater off axis | -20dB down from main lobe peak |
| b) from 1° - 48° peak smooth side lobe gain | 32 - 25 log θ θ : offset angle from main lobe |
| c) from angle more than 48° peak smooth side lobe gain | -10dB below isotropic level |

ซึ่ง side lobe ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนี้จะอยู่ล้อมรอบ main lobe แต่เนื่องจากว่า คุณสมบัติประจำตัวของจานสายอากาศแบบ Cassegrain ที่ให้ main beam ที่แหลมมากเป็นแบบ pencil beam ซึ่งจะคำนวณ beam width ได้.-

$$\phi = \frac{70\lambda}{D}$$

$$\phi_0 = 2\phi$$

| | | | |
|----------|---|-------------------------------------|------|
| ϕ | : | beam width ระหว่าง half power point | องศา |
| ϕ_0 | : | beam width ระหว่างจุดศูนย์ (null) | องศา |
| D | : | เส้นผ่าศูนย์กลางของจานสายอากาศ | เมตร |

ดังนั้น ถ้าขนาดของจานสายอากาศ 4.5 เมตร ควรจะมี beam width ระหว่าง half power point ในย่าน C-Band ประมาณ 1 องศา ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ถ้าใช้จานสายอากาศขนาดนี้แล้วไม่จำเป็นต้องใช้ auto tracking เลย ทั้งนี้เพราะว่า จากคุณสมบัติของดาวเทียมจะรักษาท่าแหน่งในอวกาศไว้ไม่เกิน $\pm 0.3^\circ$ ทำให้ beam ของสายอากาศยังคงอยู่ในย่านที่จะรับสัญญาณได้ดี ขณะที่ดาวเทียมเคลื่อนที่ไปเล็กน้อย

2) ระบบป้อนสัญญาณ ซึ่งมีอยู่หลายวิธีที่ใช้กันอยู่เป็นส่วนมาก เช่น แบบปากแตร (horn), แบบแผง (array) หรือแบบเลนซ์ (lens) โดยกำหนดให้วางอยู่ในระยะโฟกัส (focal length) ของแผ่นสะท้อนคลื่นกับ sub-reflector แต่ในบางกรณีที่ต้องการจะแยกลำคลื่น หรือจะทำรัศมีการแผ่กระจายคลื่นให้ได้ตามภูมิภาคที่ต้องการ ก็ดัดแปลงระบบป้อนสัญญาณนี้ เพื่อให้ได้ผลตามต้องการได้

ในระบบ Cassegrain จะใช้ระบบป้อนสัญญาณมีลักษณะเป็นปากแตร จัดอยู่ในจำพวกหนึ่งของ off set antenna ซึ่งมีผลที่ทำให้ side lobe ต่ำ และ cross-polarization level ในทิศทางของ off axis มีค่าค่อนข้างสูง แต่เนื่องจากระบบป้อนสัญญาณแบบปากแตรนี้ให้อัตราการขยายสัญญาณต่ำ แต่มี beam width กว้าง จึงจำเป็น

จะต้องใช้ Corrugated horn เพื่อช่วยทำให้ beam width แคบ

3) ส่วนแบ่งพลังงาน จะประกอบด้วย phase shifters และส่วนแบ่งกำลังงาน เพื่อป้อนให้ระบบป้อนสัญญาณต่อไป ซึ่งจะเห็นว่ารูปร่างของลำคลื่นและทิศทางของลำคลื่น จะดัดแปลงหรือทำขึ้นที่ส่วนนี้เพื่อให้ได้ผลต่าง ๆ ตามที่ต้องการ

5.6 การดำเนินงานและทดลองงานสายอากาศขนาด 4.5 เมตร

งานสายอากาศขนาด 4.5 เมตร นี้เป็นงานสายอากาศที่ใช้สำหรับรับสัญญาณ จากดาวเทียมเพื่อใช้เป็นสถานีสื่อสารดาวเทียมภาคพื้นดิน ซึ่งอาจจะใช้เป็นแบบเคลื่อนที่ ได้ และยังมีความสามารถที่จะรับและส่งสัญญาณในย่านความถี่ 4 GHz และ 6 GHz ได้ ตามลำดับ โดยมีขั้วสัญญาณเป็นแบบวงกลม (Circularly) หรือ ขั้วของสัญญาณเป็นแบบ เชิงเส้น (linearly)

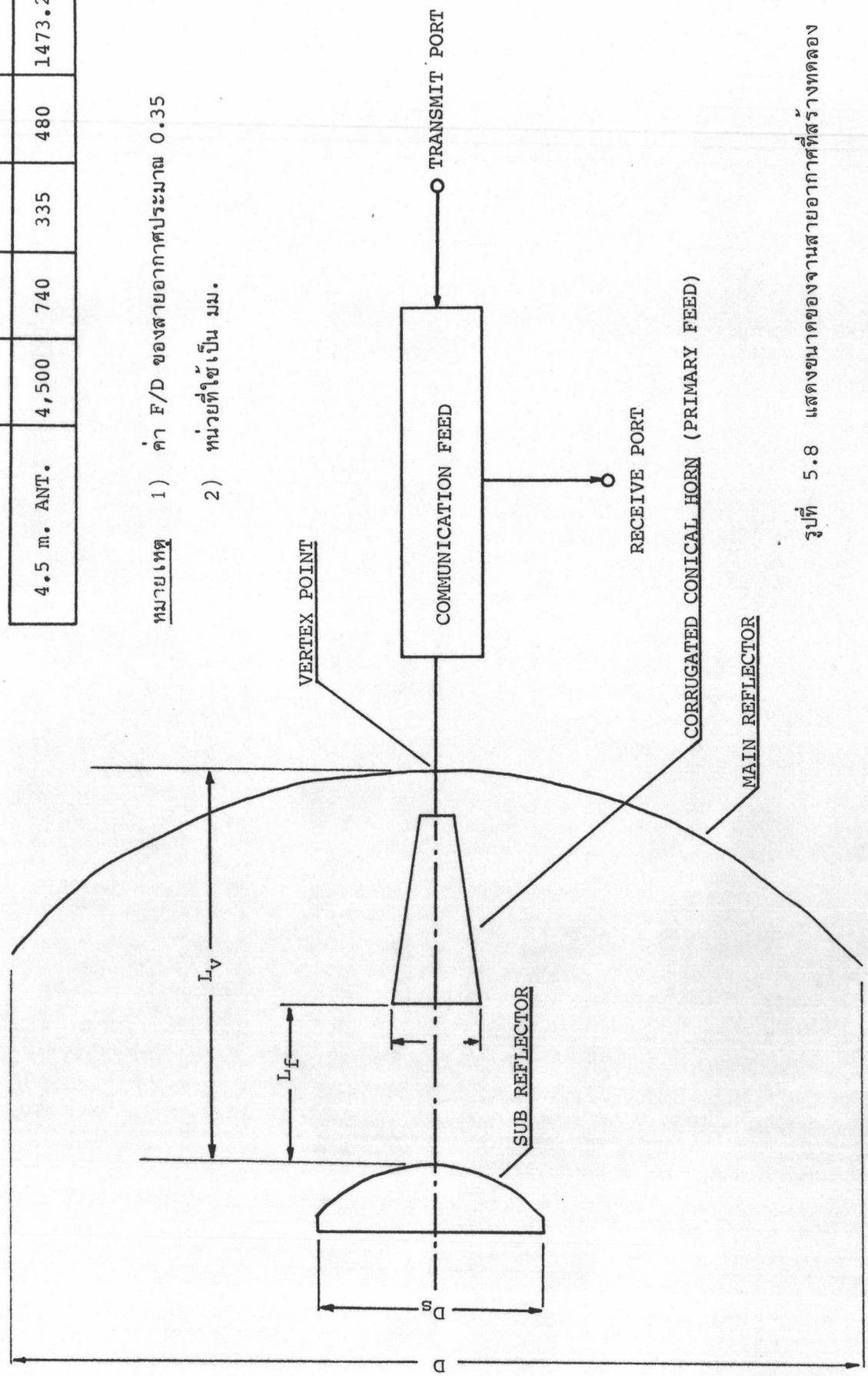
งานสายอากาศขนาด 4.5 เมตร นี้ ประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ ดังนี้.-

- 1) Main reflector และ sub reflector
- 2) Primary feed
- 3) Mounting Structure

1) Main reflector และ Sub reflector ที่ใช้อยู่ในประเภท shaped cassegrain antenna ซึ่งได้ออกแบบให้มีผลของ figure of merit (G/T) ได้อย่างดีเยี่ยม โดยให้พื้นผิวหน้าของตัวสะท้อนคลื่นทั้งสองฉาบด้วยอลูมิเนียม ซึ่งพ่นลงไปบน พื้นผิวหน้าสะท้อนคลื่นนั่นเอง เพื่อช่วยให้การสะท้อนคลื่นได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งแผ่นสะท้อนคลื่นแผ่นใหญ่ (main reflector) ประกอบด้วยแผ่นเล็ก ๆ อีก 4 แผ่น ประกอบกันเป็นวงกลม โดยกำหนดให้ แผ่นสะท้อนคลื่นแผ่นใหญ่มีอัตราส่วนของ $F/D = 0.35$ และแผ่นสะท้อนคลื่น แผ่นเล็ก (sub reflector) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 74 ซม. และขนาดต่าง ๆ ดังแสดงในรูป

| | | | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|
| D | D_s | D_h | L_f | L_v |
| 4,500 | 740 | 335 | 480 | 1473.2 |

- หมายเหตุ 1) ค่า F/D ของสายอากาศประมาณ 0.35
 2) หน่วยที่ใช้เป็น มม.



รูปที่ 5.8 แสดงขนาดของจานสายอากาศที่สร้างทดลอง

- 2) Primary feed ขณะที่ทำการทดลอง ยังไม่ได้จัดสร้างขึ้นแต่ได้ทำการศึกษาทางทฤษฎีเพื่อเป็นแนวทางก่อน และในอนาคตจะได้ทำการสร้างอย่างแน่นอน
- 3) Mounting Structure ได้สร้างขึ้นเป็นแบบ x-y type เพื่อให้ทนต่อสภาพสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ใต้สูง และพร้อมที่จะนำไปติดตั้งบนรถยนต์เคลื่อนที่ได้ เนื่องจากแบบนี้เหมาะที่จะนำเอามาใช้มากทั้งทางด้านเทคนิคและด้านทั่ว ๆ ไป

5.7 การสร้างจานสายอากาศเพื่อทดลอง ครั้งที่ 1

ขนาดของจานสายอากาศที่ทำการสร้าง มีขนาดกว้าง ปากจานสายอากาศ มีขนาด 4.8 เมตร เป็นแบบ Cassegrain พื้นที่บริเวณผิวหน้าและโครงสร้างทั้งหมด ทำด้วยเหล็กขึ้นรูปโค้งตามส่วนโค้งต่าง ๆ ของจานสายอากาศ และได้แบ่งขั้นตอนในการทดลองและตรวจสอบอัตราการขยาย และ pattern ของการแผ่กระจายคลื่น ตามลำดับดังนี้.-

5.7.1 ลักษณะของการทดลองจานสายอากาศ ครั้งที่ 1

ได้จัดแบ่งขั้นตอนการทดลองออกเป็นดังนี้

- เพื่อหาอัตราการขยายของสายอากาศ เมื่อเปลี่ยนระยะโฟกัสของ sub-reflector (L_V) ต่อ main reflector
- เพื่อหาอัตราการขยายของสายอากาศ เมื่อเปลี่ยนระยะทางระหว่าง sub-reflector กับท่อนำคลื่น (L_F)

5.7.2 มาตรฐานที่นำมาใช้ในการวัดสัญญาณ

- สัญญาณ clean carrier จากดาวเทียมปลาป่า A-2 ทรานสปอนเดอร์หมายเลข 4 ความถี่ที่รับ 3838.000 MHz (TV. Video)
- ตำแหน่งของดาวเทียม 77° E

- จุดที่ใช้ทดลองวัด Lat. $13^{\circ} 44'$ N. Long. $100^{\circ} 30'$ E.
- มุมทางแนวตั้ง 58.59° และ มุมทางแนวนอน 241.57° (ภาคผนวกที่ 12)
- เครื่องขยายอณูหิมิตำ 90° K 50 dB (gain)

5.7.3 การเปลี่ยนระยะ L_v

- ให้มีระยะห่างกัน 1.60 เมตร และวัด gain สูงสุดได้ประมาณ -70 dB
- ให้ระยะห่างออกไป เป็น 2.50 เมตร วัด gain สูงสุดได้ประมาณ -90 dB นั่นคือไม่มีการขยายเลย
- ลดระยะห่างให้เหลือ 2.02 เมตร ทำให้ได้อัตราการขยายดีขึ้น วัดได้สูงสุดประมาณ -59 ถึง -60 dB
- กำหนดระยะ L_v ให้แน่นอนที่ตำแหน่ง 2.02 เมตร

5.7.4 การเปลี่ยนระยะ L_f

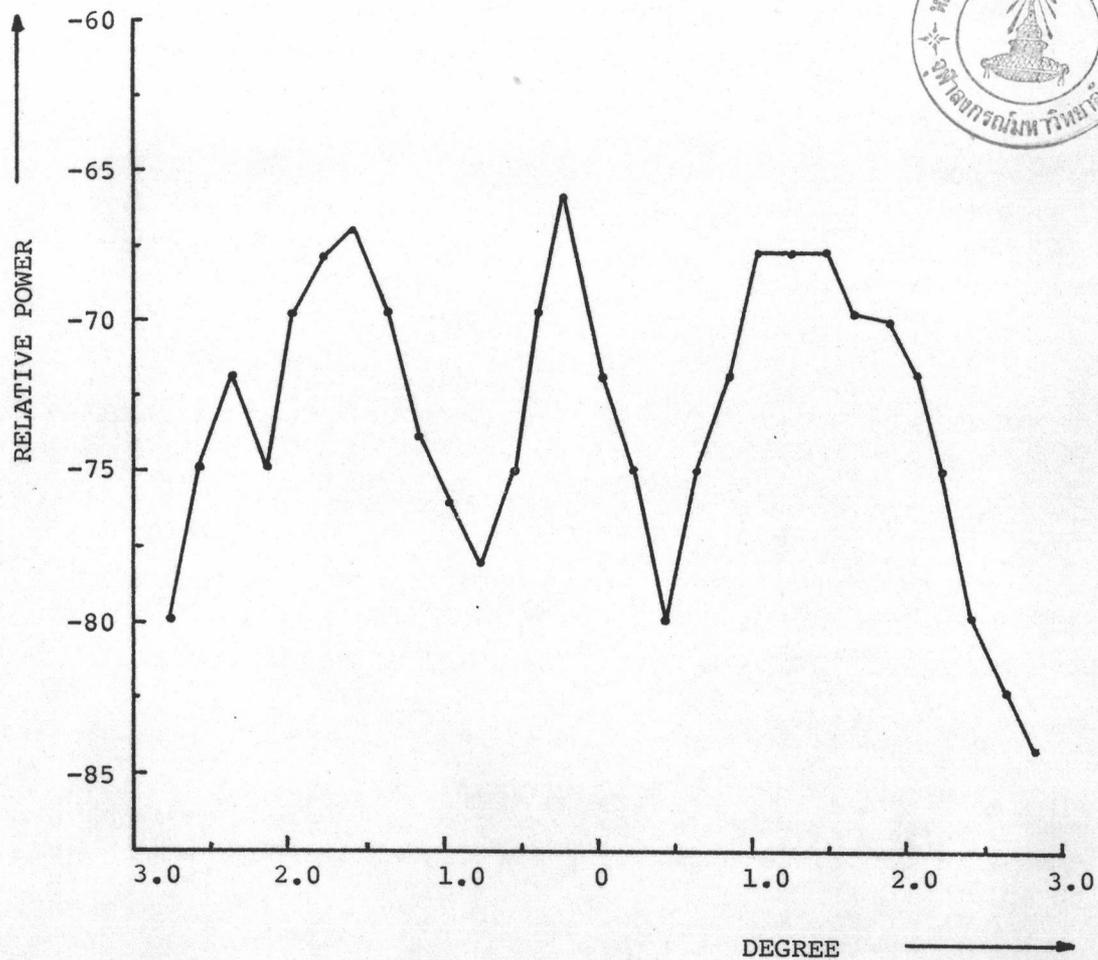
ไม่ทำให้เกิดผลการเปลี่ยนแปลงมากนัก ถ้าผิดพลาดไม่เกินประมาณ 3 ซม. ถึง 4 ซม. แต่ถ้ามากกว่านี้ จะทำให้ S/N ลดลงมาก ดังนั้นขนาดที่พอเหมาะที่ปรับแต่งแล้วได้อัตราการขยายสูงสุด คือ

| | | | |
|-------|-------|------|------|
| L_v | มีค่า | 2.02 | เมตร |
| L_f | มีค่า | 1.60 | เมตร |

ซึ่งแสดง radiation pattern ที่วัดได้ ดังในรูป.-

RADIATION PATTERN

ของสายอากาศ ขนาด 4.8 เมตร



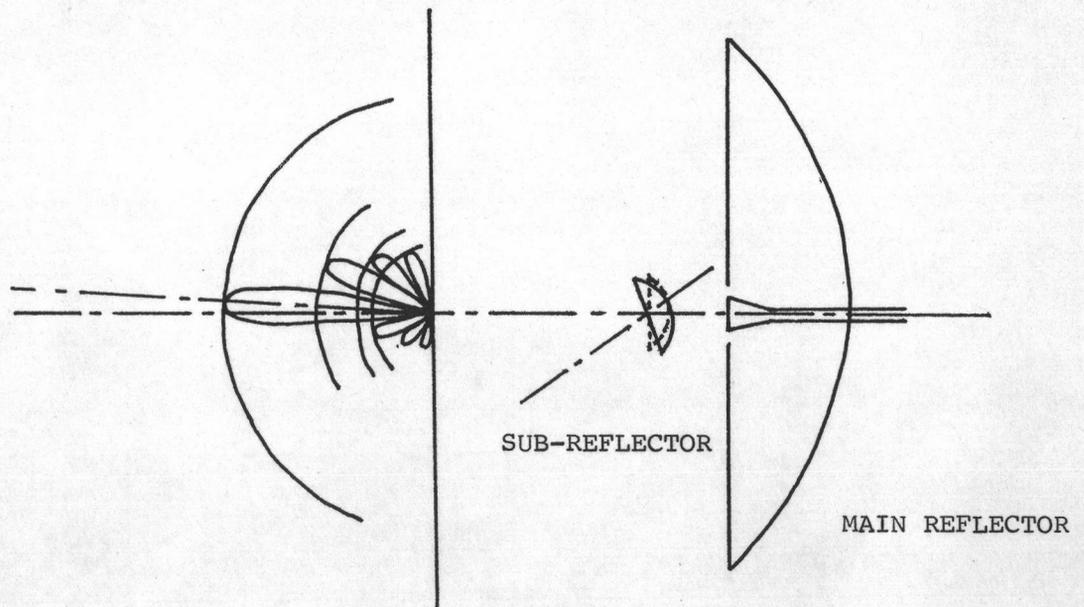
รูปที่ 5.9 แสดงผลการวัด radiation pattern ของจานสายอากาศ ขนาด 4.8 เมตร ขณะท่องฟ้าแจ่มใส หลังจากได้ปรับแต่ง ระยะโฟกัสของ sub reflector และ feed horn เพื่อให้ ได้ประสิทธิภาพในการรับสัญญาณสูงสุด

5.7.5 ศึกษาการเกิด side lobe เนื่องจากการปรับตำแหน่งของ Sub-reflector
ไม่ถูกต้อง

ปกติจานสายอากาศแบบ Cassegrain จะไม่ได้โฟกัสเนื่องจาก.-

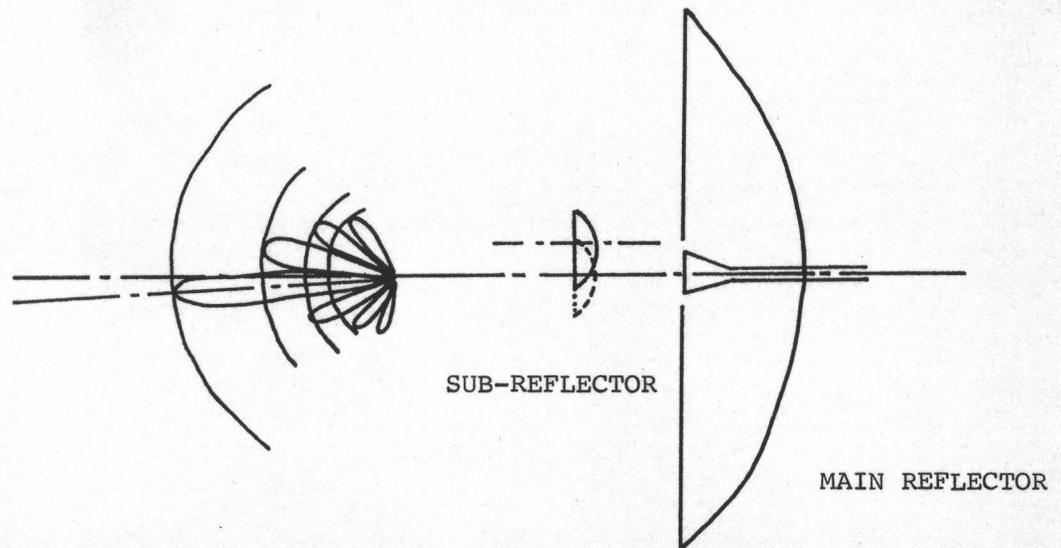
- 1) Sub-reflector เอียง
- 2) Sub-reflector ไม่ตรงศูนย์กลาง

1) Sub-reflector เอียง เป็นการติดตั้งให้เอียงไปจากตำแหน่งปกติ จะทำให้เกิด side lobe ไม่เท่ากันทั้งสองข้าง ตามรูปที่ได้แสดงข้างล่างนี้



รูปที่ 5.10 แสดง sub-reflector เอียง

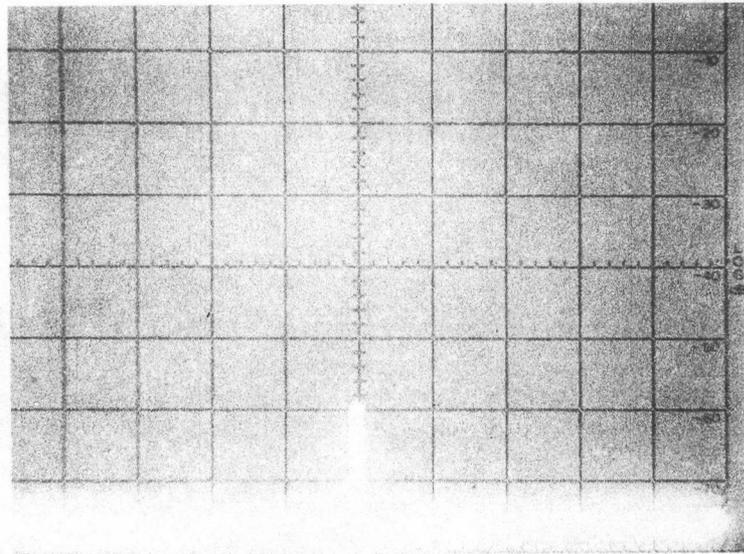
2) Sub-reflector ไม่ตรงศูนย์กลาง ทั้งนี้เนื่องจาก sub-reflector จะต้องขนานกับ main-reflector แต่ถ้าได้เบี่ยงเบนไปจากศูนย์กลางจะทำให้เกิด side lobe ทั้งสองข้างไม่เท่ากัน ตามรูปที่ได้แสดงข้างล่างนี้



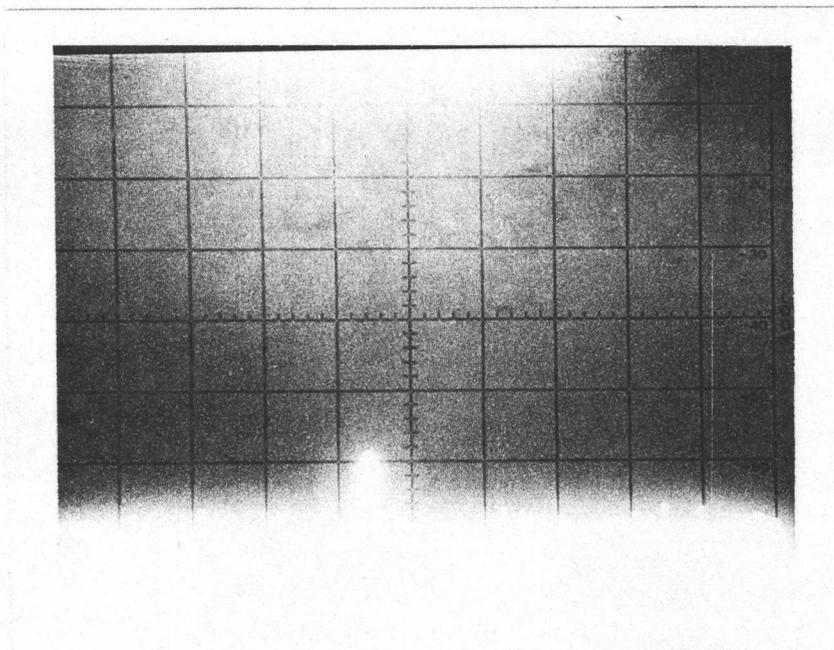
รูปที่ 5.11 แสดง RADIATION PATTERN เมื่อปรับ SUB-REFLECTOR
ไม่ถูกต้อง ทำให้ SIDELOBE ไม่เท่ากัน

สรุป จากการศึกษาความผิดเพี้ยนของ side lobe ที่เกิดจากการปรับ mechanical ไม่ถูกต้อง ทำให้เกิด side lobe ไม่เท่ากันทั้งสองข้าง แต่ยังมีอีกสาเหตุหนึ่งซึ่งเกิดขึ้นในลักษณะคล้ายกับแบบที่ได้ศึกษามาแล้ว คือ การปรับแต่ง sub reflector ไม่ให้สอดคล้องกับ primary feed horn หรือในทางที่ตรงกันข้าม feed horn ไม่ได้อยู่ตรงศูนย์กลาง จะทำให้ side lobe ทั้งสองข้างไม่เท่ากันได้

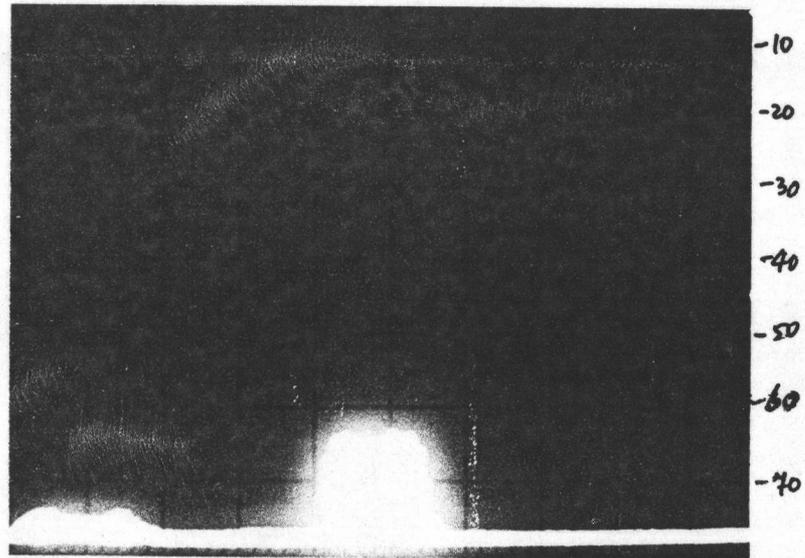
ตัวอย่างการปรับแต่งทาง mechanical เช่น ในรูป sub-reflector เอียง เมื่อ plot radiation pattern จะเห็นว่า side lobe ทางด้านบนสูงกว่าทางด้านล่าง สิ่งที่จะปรับก็คือ เลื่อนทิศทางของ sub-reflector ไปในทิศที่ตรงกันข้ามกับ side lobe ที่มีระดับสูง จะทำให้ side lobe ทั้งสองข้างสมดุลได้ เป็นต้น.



รูปที่ 5.12 SPECTRUM ขณะที่วัดได้เป็น CLEAN CARRIER
FILTER 100 Hz



รูปที่ 5.13 แสดง SPECTRUM ของ CLEAN CARRIER
ขณะที่ไม่ได้ FILTER NOISE



รูปที่ 5.14 แสดง SPECTRUM ของสัญญาณโทรทัศน์ จาก
TRANSPONDER หมายเลข 4
ของดาวเทียม PALAPA A-2



รูปที่ 5.15 แสดงโครงสร้างของจานสายอากาศที่สร้างขึ้น
และใช้ทดลองหาข้อมูลต่าง ๆ เป็นครั้งแรก
ซึ่งมีปากจานกว้าง 4.8 เมตร



5.8 การเริ่มสร้างงานสายอากาศ ครั้งที่ 2

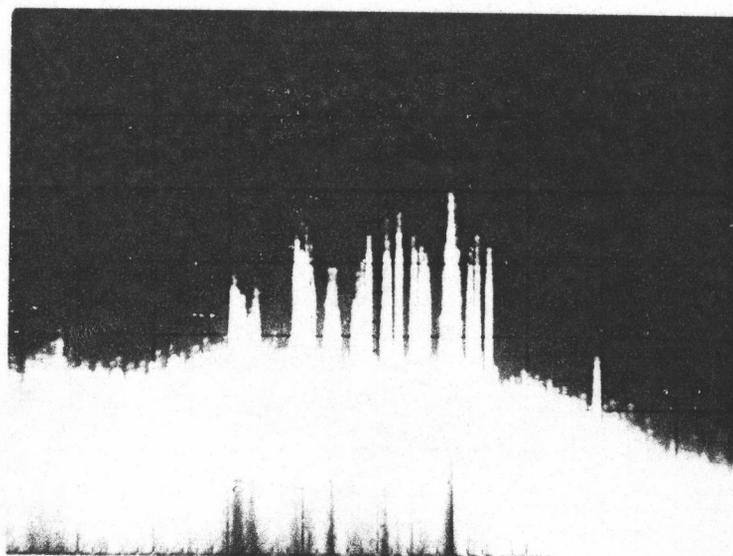
ขนาดของงานสายอากาศที่ทำขึ้น มีขนาด 4.5 เมตร (ดังรูปที่ 5.8) อุปกรณ์ที่ใช้ทำเป็นไฟเบอร์กลาสบริสุทธิ์ และเคลือบผิวหน้าด้วยสี epoxy เพื่อให้เกิดความแข็งแรงบนผิวหน้า ผลที่ทำการตรวจสอบและวัดได้ ไม่ดีเท่าที่ควร ได้อัตราการขยายประมาณ 37 dB pattern การแผ่กระจายคลื่นดีมาก

ได้ตัดแปลงผิวหน้าของงานสายอากาศ โดยการพ่นสี aluminum S-125 high heat ซึ่งมีส่วนผสม ดังนี้.-

vehical 96.7% (silicone resin, acrylic ester
resin non volatile 5.5%)

pigment 3.3% (aluminium - extra fire lining)

ผลที่ได้จากการพ่นสีอลูมิเนียมลงบนผิวหน้าหนาประมาณ 0.02 มม. ทำให้อัตราการขยายดีขึ้นกว่าเดิม ประมาณ 2 dB นั่นคือ อัตราการขยายของงานสายอากาศเพิ่มเป็น ประมาณ 39 dB



รูปที่ 5.16 แสดง SPECTRUM ของสัญญาณ วัดตั้งแต่ 3.7 - 4.2 GHz

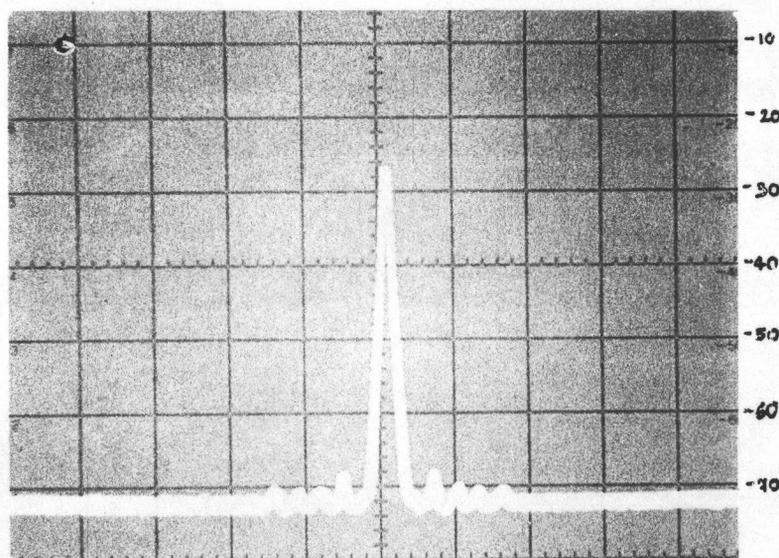
รวม 12 TRANSPONDERS



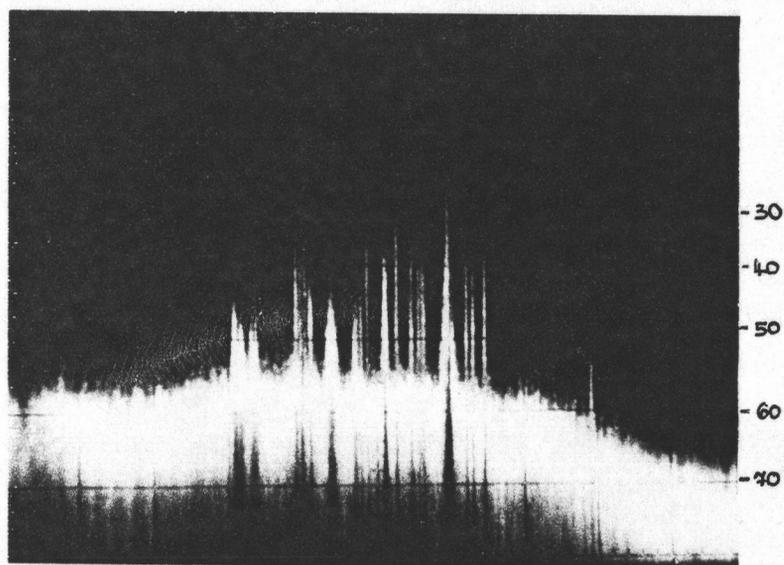
รูปที่ 5.17 แสดงจานสายอากาศ ที่ประกอบสมบูรณ์
ใช้ทำการทดลองส่ง-รับ สัญญาณ
ฉาบผิวหน้าด้วย ALUMINIUM S-125 HIGH HEAT

5.9 การสร้างจานสายอากาศเพื่อทดลอง ครั้งที่ 3

ขนาดของจานสายอากาศที่ทำขึ้นนี้ มีขนาด 4.5 เมตร อุปกรณ์และโครงสร้าง เป็นไฟเบอร์กลาสทั้งหมด หนาประมาณ 1 ซม. และปูผิวหน้าด้วยตะแกรงลวดเป็นตารางสี่ เหลี่ยมขนาดช่องละ 1x1 มม. และฉาบตารางสี่เหลี่ยมโดยผงอลูมิเนียมเกิดบริสุทธิ์ผสมน้ำยา เพื่อให้ติดลงบนไฟเบอร์กลาส เพื่อป้องกันการเล็ดลอดของคลื่นที่จะทะลุลงไปบริเวณส่วน หลังของจานสายอากาศ



รูปที่ 5.18 แสดง SPECTRUM ของ CLEAN CARRIER
และ FILTER 100 H_Z



รูปที่ 5.19 แสดง SPECTRUM ของสัญญาณ

ทุก ๆ TRANSPONDER วัดตั้งแต่ 3.7 GHz ถึง 4.2 GHz



รูปที่ 5.20 - 5.21 แสดงโครงสร้างทั้งทางด้านหน้า และด้านข้าง

5.9.1 ผลที่ได้จากการทดลอง

การทดลองในครั้งที่ 3 นี้ ครั้งแรกพ่นด้วยสี prime coated เป็น metallic resin 15% แต่ไม่ได้ผล ทั้งนี้เพราะว่า สีประเภทนี้แห้งเร็วมาก ต้องเปลี่ยนมาใช้ metallic resin 5% ถึงทำได้ ผลการวัดสัญญาณเมื่อเปรียบเทียบกับจานสายอากาศขนาด 11 เมตร ได้ผลดังตารางข้างล่างนี้.-

หมายเหตุ การทดลองครั้งนี้พ่นสีที่ผิวหน้าด้วยสีเทา เพื่อทดสอบคุณสมบัติของการดูดซึมคลื่นของสี ที่มีต่อคลื่นที่ลงมาตกกระทบบริเวณผิวหน้าของจานสายอากาศอีกด้วย.

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการวัด Signal to noise ratio

ผลการวัด S/N โดยใช้ APL 50% (peak white)

LPF : LOW PASS FILTER

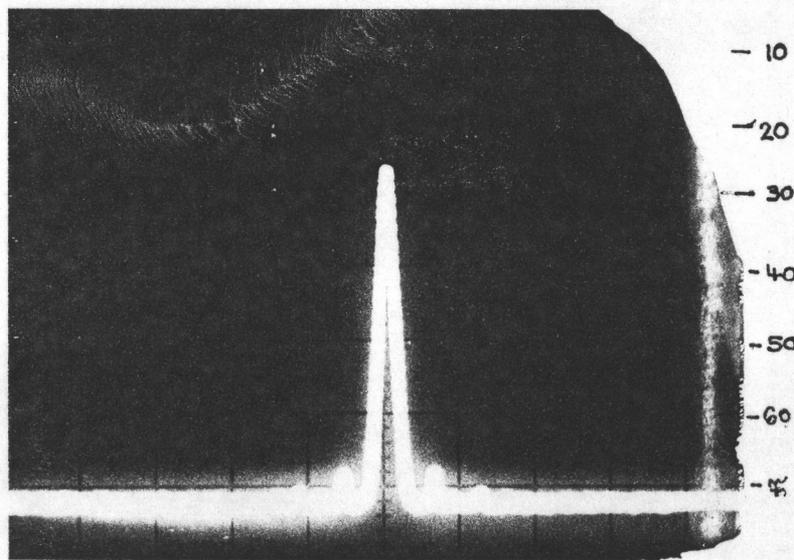
HPF : HIGH PASS FILTER

| | | | | HPF | | | |
|-----|-----------|-----------------------|--------------------------|--------|-----------|---------|-----------|
| | | | | 10 KHz | | 100 KHz | |
| | | φ 11 m. 90° K , 60 dB | φ 4.57 m. 90° K 50 dB | φ 11m. | φ 4.57 m. | φ 11m. | φ 4.57 m. |
| LPF | Weighting | -51.8 | -46.3 | -53.2 | -48.1 | -54.6 | -49.1 |
| | Video | -43.8 | -37.9 | -44.0 | -38.2 | -44.2 | -38.5 |

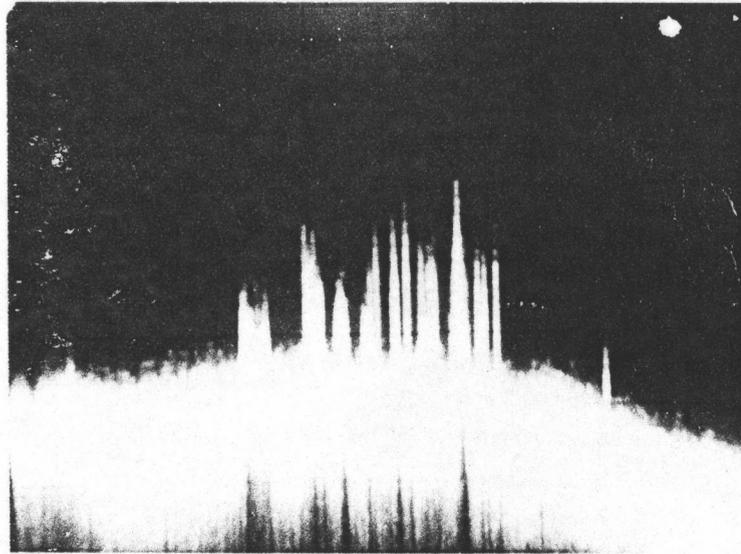
CABLE จาก LNA - FM Rx ยาว 10 เมตร

5.10 การสร้างจานสายอากาศเพื่อทดลอง ครั้งที่ 4

ขนาดของจานสายอากาศที่ทำการสร้าง 4.5 เมตร อุปกรณ์และโครงสร้าง เป็นไฟเบอร์กลาสทั้งหมด แต่ลดความหนาของผิวหน้าจานลงครึ่งหนึ่ง เพื่อช่วยลดน้ำหนักของ จานสายอากาศ (ซึ่งลดได้ประมาณ 40 กก.) และเคลือบสีผิวหน้าด้วยสี metallic สีขาว เพื่อตรวจสอบการดูดซึมคลื่น และบริเวณใต้ผิวหน้า ใช้สี metallic resin 5% ผสมกับ pigment ของอลูมิเนียมเกิด เพื่ออุดช่องตะแกรงเหล็กที่ปูบนผิวหน้าอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งผลการทดลอง ได้ดังรูป



รูปที่ 5.22 แสดง SPECTRUM ขณะที่เป็น CLEAN CARRIER
และ FILTER 100 Hz



รูปที่ 5.23 แสดง SPECTRUM ของสัญญาณทั้ง 12 TRANSPONDERS
ตั้งแต่ความถี่ 3.7 ถึง 4.2 GHz

5.10.1 การวัดหาค่า SIGNAL TO NOISE RATIO

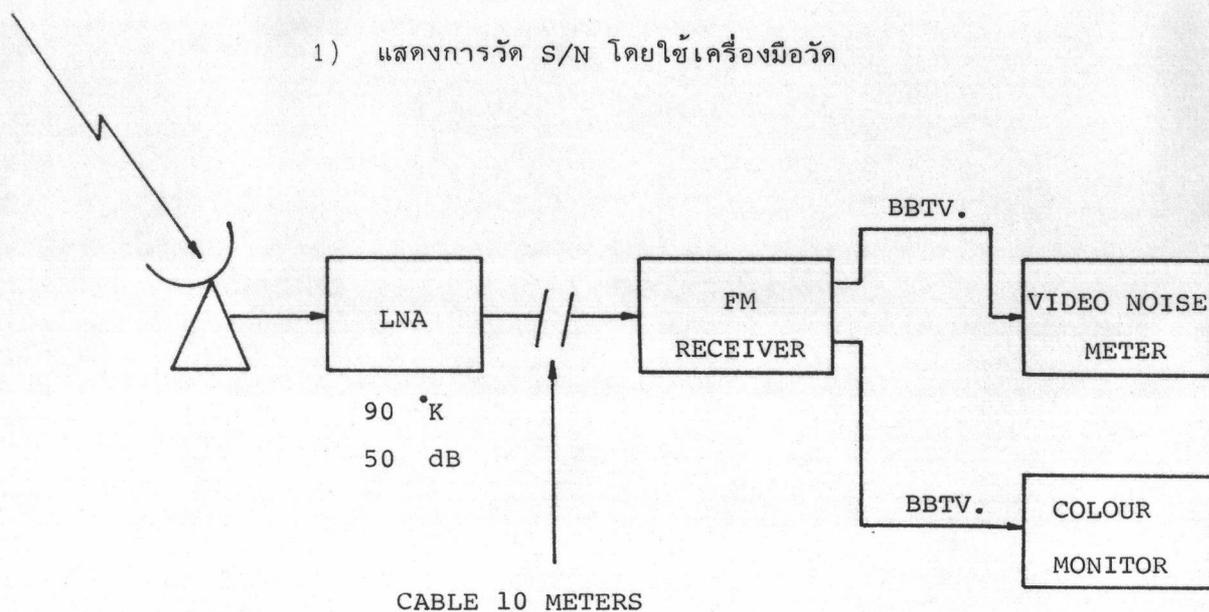
มีวิธีวัดได้ 2 แบบ คือ

- 1) โดยใช้เครื่องมือวัด
- 2) ใช้ RMS VOLTMETER และ NETWORK

ตารางที่ 5.4 แสดงค่า S/N ที่วัดได้จากเครื่องมือวัด

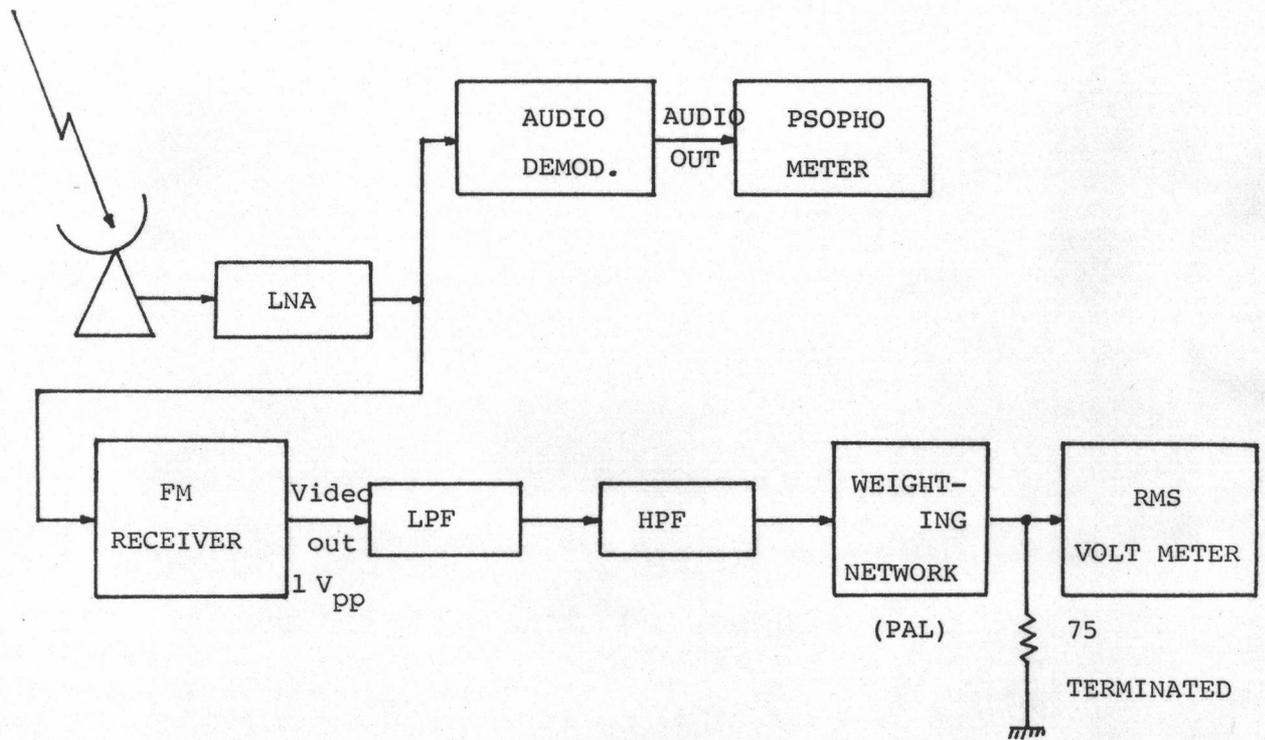
| | | | | HPF | | | |
|----------------------------------|-----------|------------|-----------------------|--------------|--------------------------|--------------|--------------------------|
| φ 4.57 m. 90 °K (LNA) 50 dB gain | | | | 10 KHz | | 100 KHz | |
| L P F | CABLE | RG-8, 1 m. | HELIG ANDREW 10 m. | RG-8 1 m. | HELIG ANDREW 10 m. | RG-8 1 m. | HELIG ANDREW 10 m. |
| | WEIGHTING | -47.6 | -47.3 | -49.5 | -49.4 | -50.4 | -50.4 |
| | VIDEO | -39.2 | -39.2 | -39.8 | -39.8 | -40.0 | -40.0 |

1) แสดงการวัด S/N โดยใช้เครื่องมือวัด



รูปที่ 5.24 Block diagram แสดงการใช้เครื่องมือวัด Signal to noise ratio

2) แสดงการวัด S/N โดยใช้ RMS VOLTMETER และ NETWORK



รูปที่ 5.25 BLOCK DIAGRAM แสดงการวัด S/N ของสัญญาณภาพและเสียง

ค่าที่ได้จาก RMS V.METER นำไปแทนค่าลงในสมการข้างล่าง.-

$$\frac{s_{(p-p)}}{N_{(rms)}} = 8.15 - (\text{ค่า noise ที่วัดได้จาก meter (dBm)}) - 9.03$$

8.15 : เป็นค่า video signal level dBm $(10 \log \frac{0.7^2 \times 10}{75})$

9.03 : เป็นค่า Correction factor สำหรับ RMS meter scale

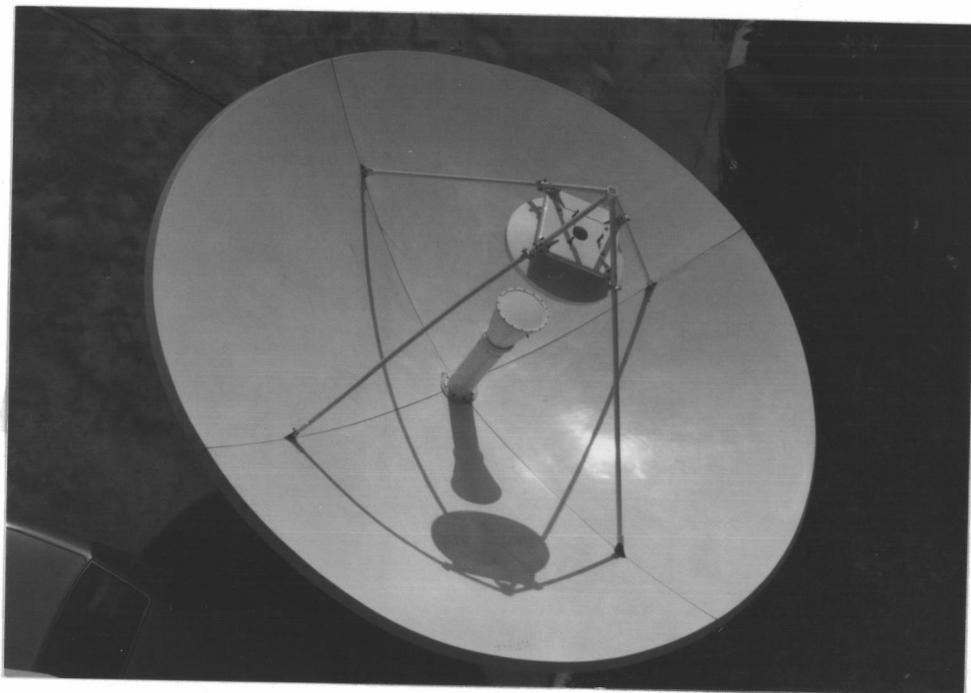
ซึ่งปกติจะ CALIBRATED ไว้ที่ $600 \Omega, 1.0 \text{ mW}$ แต่เมื่อนำ meter นี้มาใช้กับ 75Ω จะทำให้ค่า impedance เปลี่ยนไป

$$\dots \text{ dB } (10 \log \frac{600}{75})$$

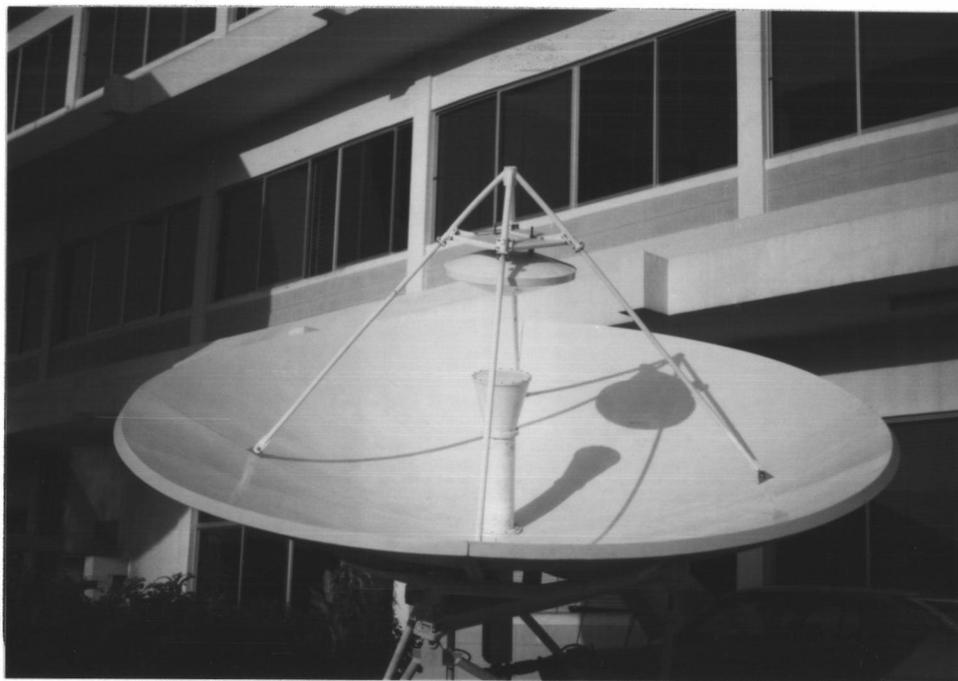


รูปที่ 5.26 - 5.27 แสดงโครงสร้างทางด้านหน้า และด้านข้าง

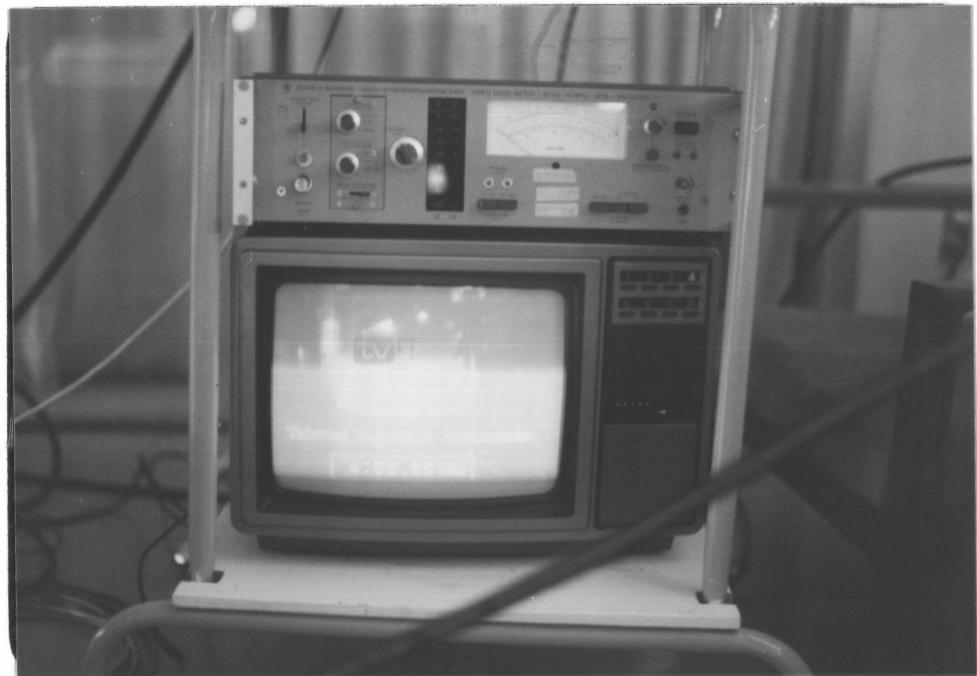




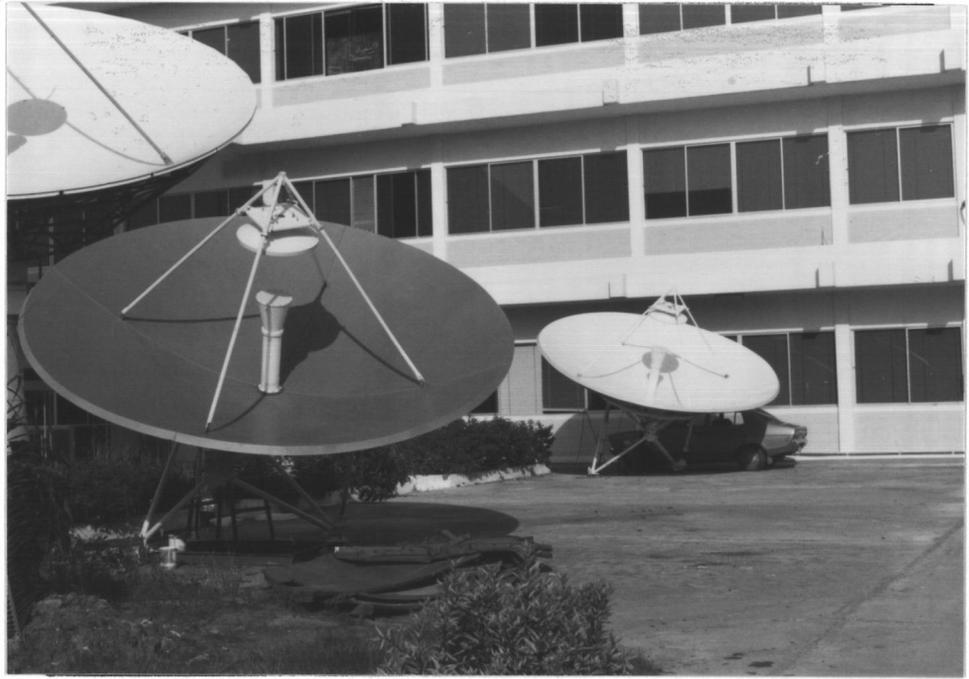
รูปที่ 5.28 - 5.29 แสดงโครงสร้างทางด้านบน และมุมเอียง



รูปที่ 5.30 - 5.31 แสดงรูปร่างทางด้านหน้า และด้านหลัง



รูปที่ 5.32 - 5.33 แสดงการวัด S/N และทดลองรับภาพจาก
อินโดนีเซีย



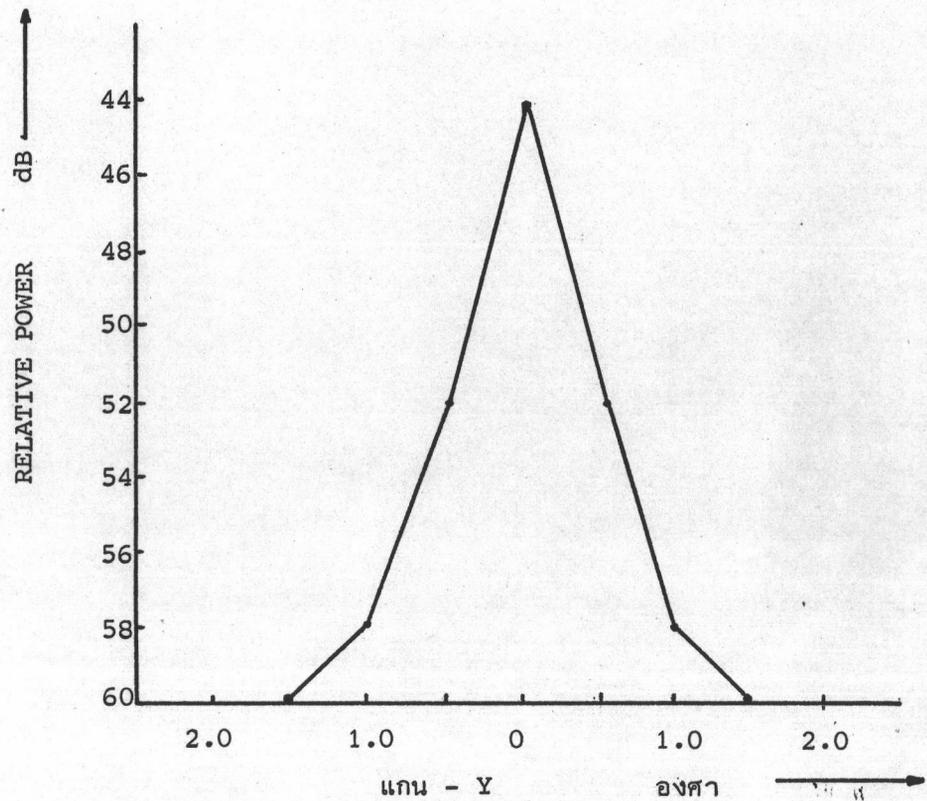
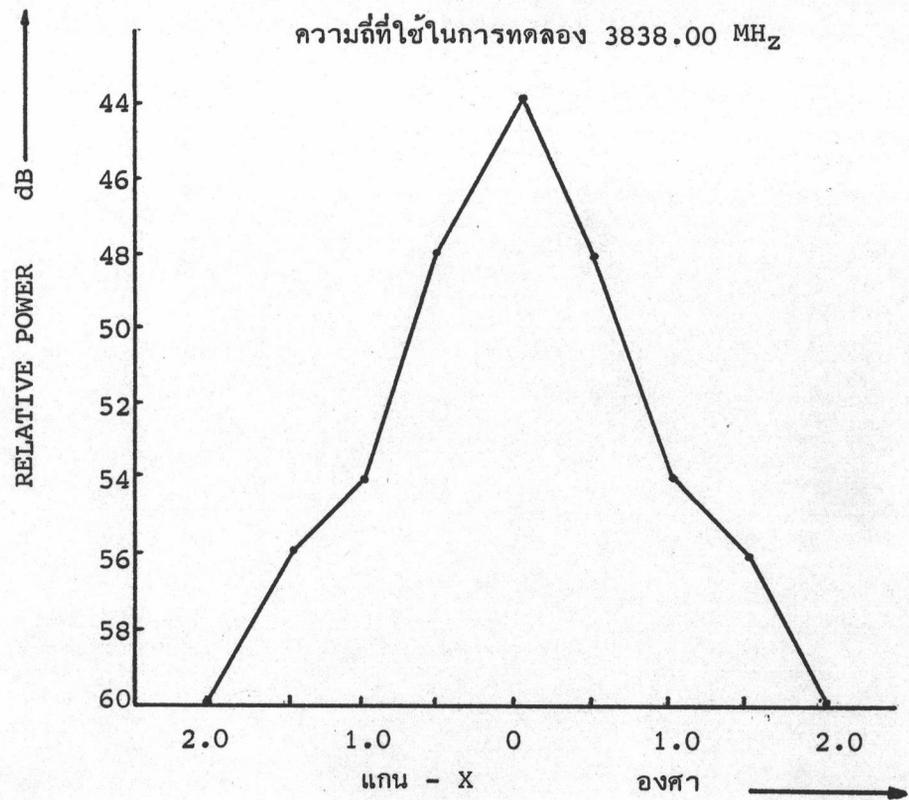
รูปที่ 5.34 แสดงการเปรียบเทียบ งานสายอากาศครั้งที่ 3 และ ที่ 4



รูปที่ 5.35 แสดงการเปรียบเทียบกับงานสายอากาศ ขนาด 11 เมตร

การทดลองกระทำเมื่อท้องฟ้ามีเมฆพอสมควร

ความถี่ที่ใช้ในการทดลอง 3838.00 MHz



รูปที่ 5.36 แสดง RADIATION PATTERN ของสายอากาศ

หลังจากปรับแต่ง SUB REFLECTOR ให้อยู่ในตำแหน่งที่ดีที่สุด

5.11 การออกแบบและสร้าง Pyramidal Horn ขนาดย่านความถี่ 4 GHz

จากการที่ได้ออกแบบและสร้างจานสายอากาศขนาด 4.5 เมตร ซึ่งประกอบด้วย Main-reflector, Sub-reflector และโครงสร้างของฐานจนเป็นผลสำเร็จตามต้องการ จึงได้ดำเนินงานขั้นต่อไปโดยสร้างส่วนที่ใช้ในการรับคลื่น คือ Horn โดยออกแบบและสร้างเป็นรูป Pyramidal Horn ดังแสดงในรูปที่ 5.37 และออกแบบให้มี HPB (Half Power Beamwidth) 18° ทั้งนี้เพื่อให้สามารถรับกำลังงานที่สะท้อนจาก Sub-reflector ได้เป็นส่วนใหญ่ เพราะเมื่อมองจากจุดป้อนของ Corrugated Horn ไปที่ Sub-reflector แล้วจะได้มุม 28°

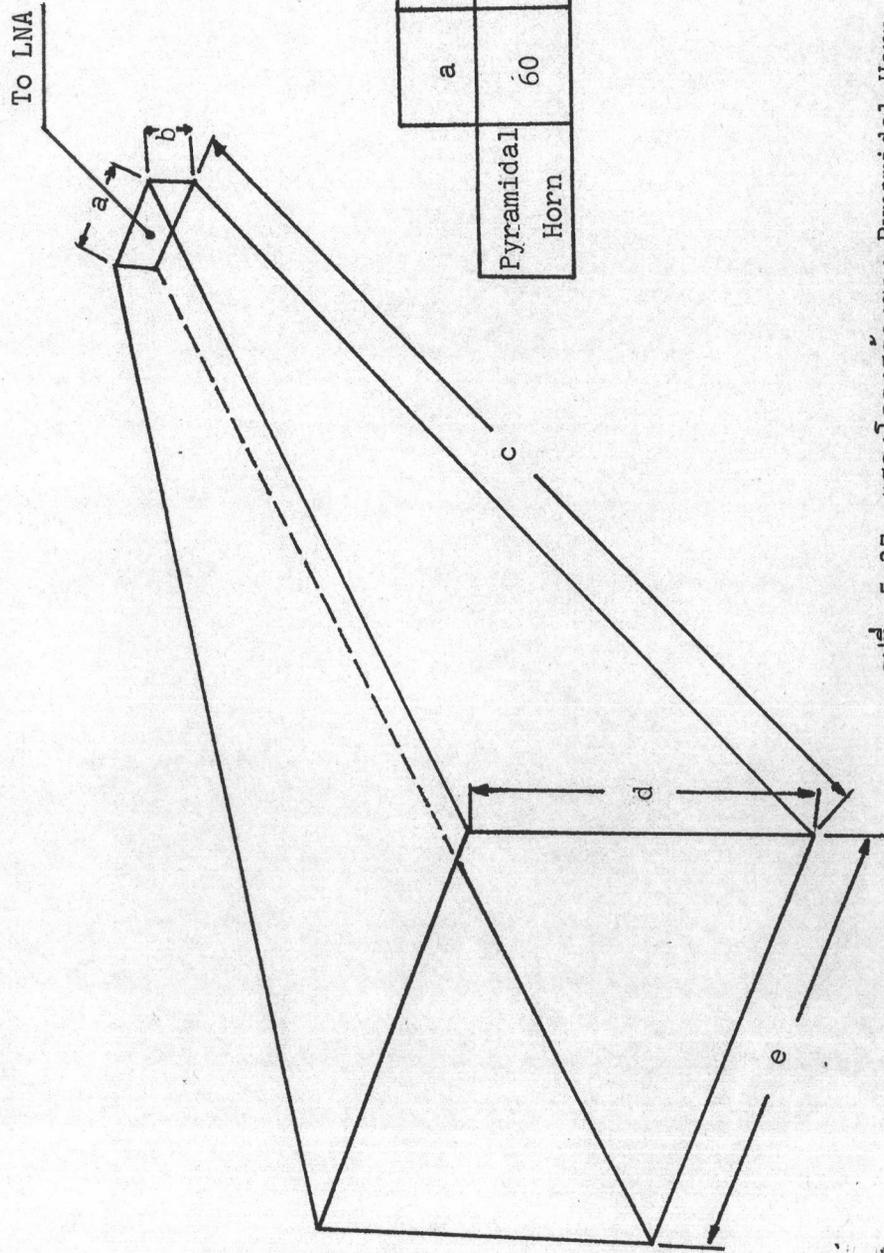
5.11.1 การทดลอง Pyramidal Horn

หลังจากที่ได้ทำการสร้างเรียบร้อยแล้ว เนื่องจากไม่มีเครื่องมือตรวจสอบ จึงได้ทดลองกับจานสายอากาศขนาด 4.5 เมตร โดยใช้ Main-reflector และ Sub-reflector ของจานสายอากาศที่สร้างขึ้นเสร็จแล้วเพื่อทดลองดังนี้

โดยการนำเอา Pyramidal Horn ไปวางไว้ที่ตำแหน่งเดียวกันกับ Corrugated Horn ในการทดลองที่ผ่านมา ปรากฏว่าอัตราการขยายในการรับสัญญาณไม่ดีเท่าที่ควร จึงได้ทดลองปรับระยะห่างของ Horn กับ Sub-reflector ไปเรื่อย ๆ จนรับสัญญาณได้ดีเมื่อ Horn อยู่ห่างจากตัว Sub-reflector ประมาณ 23 ซม. และวัดค่า S/N ได้ประมาณ 44.2 dB นั่นคือแสดงว่า Feed Horn ที่สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพในการรับสัญญาณไม่ดีเท่าที่ควรเนื่องจาก Beamwidth กว้างมากจนต้องเลื่อน Horn เข้าไปใกล้กับ Sub-reflector มาก

5.11.2 จากการศึกษา Pyramidal Horn พบว่า

- 1) ความยาวของ Feed Horn มากเกินไปทำให้ phase ของสัญญาณที่บริเวณหน้าของพื้นที่ผิวเปิดไม่ inphase กัน
- 2) HPB ของ Pyramidal Horn ที่สร้างขึ้นกว้างเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับของ Circular Horn ที่นำมาทดลอง ให้ค่า HPB เพียง 17.77°



| | | | | | | |
|-------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Pyramidal Horn | a | b | c | d | e | mm. |
| | 60 | 30 | 475 | 220 | 287 | |

รูปที่ 5.37 แสดงโครงสร้างของ Pyramidal Horn

- 3) ถ้าสามารถทำให้ลำ beam ของ Horn นี้แคบ ๆ จะทำให้อัตราการขยายดีขึ้นกว่านี้มาก

5.12 สรุปการสร้างและทดสอบจานสายอากาศขนาด 4.5 เมตร กับ Pyramidal Horn

สำหรับการสร้างและทดสอบจานสายอากาศขนาด 4.5 เมตร ได้ทำการสร้างติดต่อกัน 4 จานสายอากาศ ซึ่งจานสายอากาศที่สร้างขึ้นในครั้งที่ 3 และ 4 ให้ผลในการทดลองเป็นไปตามขั้นตอนการศึกษาและออกแบบทุกประการ และให้อัตราการขยายทางด้านรับสัญญาณเท่ากับของต่างประเทศ คือประมาณ 43 dB ส่วนการทดลองทางด้านส่งในย่านความถี่ 6 GHz โดยใช้ระบบ SCPC มีประสิทธิภาพในการส่งดี การสร้างและทดสอบนี้ใช้เวลาประมาณ 2 ปี โดยทดลองกับทุกสภาวะอากาศเป็นเวลา 6 เดือน จึงยอมสรุปได้ว่าผลที่ได้นี้เป็นที่น่าพอใจทุกประการ

ส่วนในการออกแบบและสร้าง Pyramidal Horn นี้ นับเป็นครั้งแรกซึ่งยังไม่มีมีการปรับปรุงโครงสร้างและตัดแปลงคุณสมบัติทางเทคนิคเลย ทำให้ประสิทธิภาพในการรับสัญญาณไม่ดีเท่าที่ควร อีกทั้งไม่มีเครื่องมือในการวัดและตรวจสอบ จึงทำการตรวจสอบโดยใช้วิธีวัดเปรียบเทียบกับของจริง แล้วทำการบันทึกค่า S/N เามาเปรียบเทียบกับการใช้ Circular Horn ดังนั้น แม้จะวัดค่าของ S/N ได้ประมาณ 44.2 dB ก็ยังพบว่าเป็นค่าที่ต่ำอยู่เมื่อเปรียบเทียบกับค่า S/N ที่ได้จากแบบ Circular Horn ประมาณ 3 ถึง 4 dB ถ้าได้ทำการปรับปรุง Pyramidal Horn ที่ได้ออกแบบไว้แล้วนี้ให้ได้อัตราการขยายของสัญญาณในย่าน 4 GHz จะทำให้มีประสิทธิภาพในการรับสัญญาณมากยิ่งขึ้น