บทที่ 3

การออกแบบและกำหนดอุปกรณ์สำหรับการสื่อสารดาวเทียม

ในการออกแบบและกำหนดอุปกรณ์ที่จะใช้กับการสื่อสารระบบดาวเทียมนั้น เนื่องจากการสื่อสารระบบนี้ ประกอบด้วย ส่วนที่อยู่ในอวกาศ (space segment) ได้แก่ ดาวเทียม ซึ่งโคจรอยู่ในลักษณะ geosynchronous และอีกส่วนหนึ่ง บนพื้นโลก (ground segment) ได้แก่ สถานีรับ-ส่งภาคพื้นดิน โดยแบ่งลักษณะการทำงานของแต่ละสถานี ดังนี้.-

Master Control Station, Main Traffic Station,
Light Traffic Station , Rural Traffic Station

จะเห็นว่าแต่ละสถานีมีจุดประสงค์ในการทำงานไม่เหมือนกัน ดังนั้นในการออกแบบระบบการทำงานและอุปกรณ์ย่อมไม่เหมือนกัน ซึ่งในลักษณะการใช้งานสำหรับประเทศไทย (ใช้รับ-ส่งโทรทัศน์ และ Orderwire Telephone) แบ่งลักษณะการทำงานได้ดังนี้.-

- ส่งสัญญาณจากสถานีหลัก (Master station) ไปยังสถานีเครือข่าย (Network Station) หรือสถานีแบบเคลื่อนที่ได้ (Mobile Station) ซึ่งรวมทั้งสัญญาณภาพและเสียง (โทรทัศน์) และ Orderwire
- ส่งสัญญาณจากสถานีหลักไปยังสถานีขนาดเล็ก
- การรับ-ส่งสัญญาณ Orderwire Telephone ระหว่างสถานีเครือข่าย
- การส่งสัญญาณจากสถานีขนาดเล็กแบบเคลื่อนที่ได้กลับมายังสถานีหลัก และสถานีเครือข่าย (โดยใช้ทรานสปอนเดอร์เดิม)

จากกรณีข้างบนนี้เป็นลักษณะการใช้งานของสถานีโทรทัศน์สีกองทัพบกช่อง 7 เพื่อส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมไปยังสถานีเครือข่าย โดยใช้ดาวเทียมปาลาป้าของอินโดนีเซีย ซึ่งได้อาศัยลักษณะนี้เพื่อใช้ในการออกแบบ และใช้คุณสมบัติต่าง ๆ ดังต่อไปนี้.-

ในกรณีของสถานีโทรทัศน์สีกองทัพบกช่อง 7

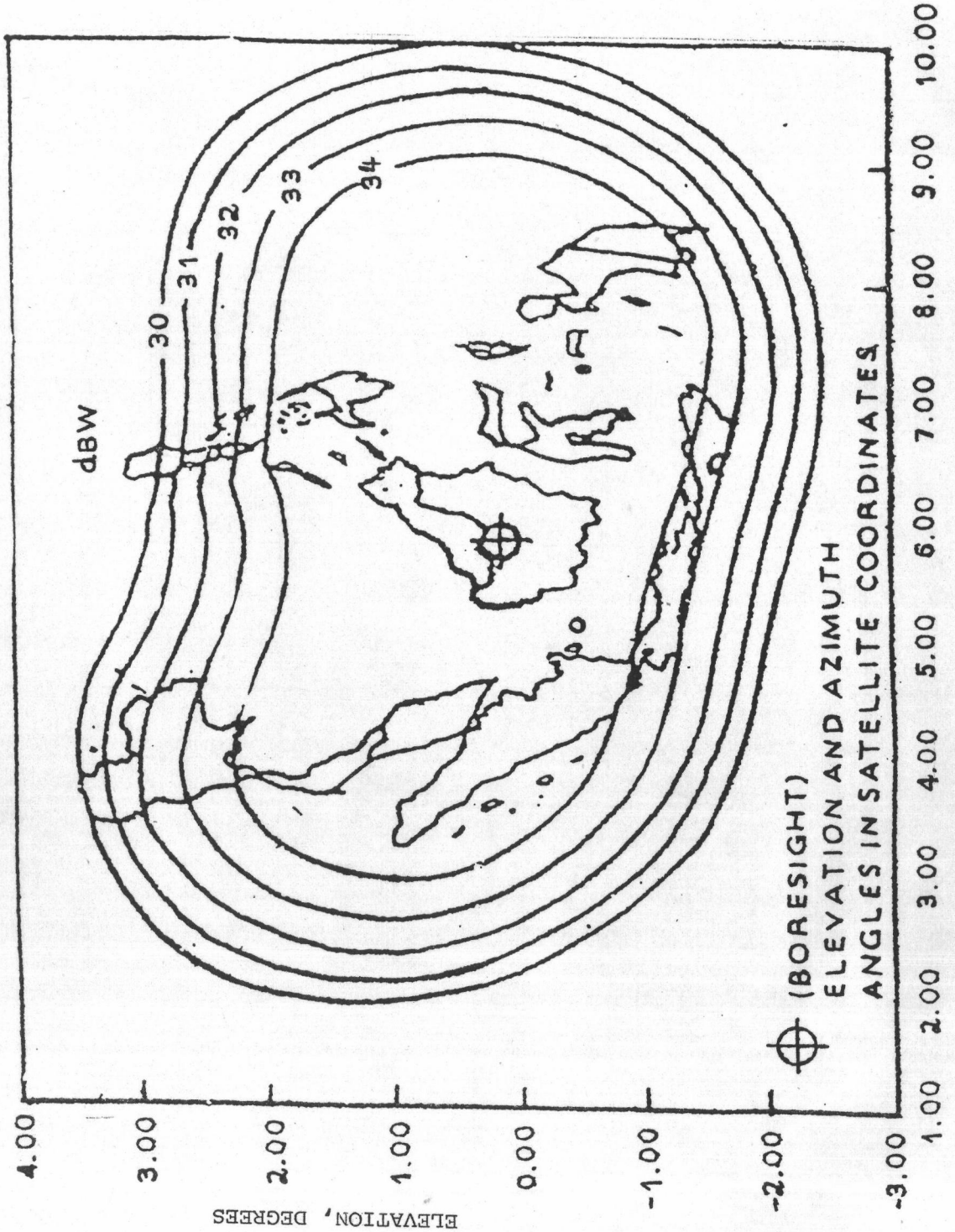
3.1 ตัวเลขแสดงค่าต่าง ๆ ของดาวเทียมปาลาป้า A-2*

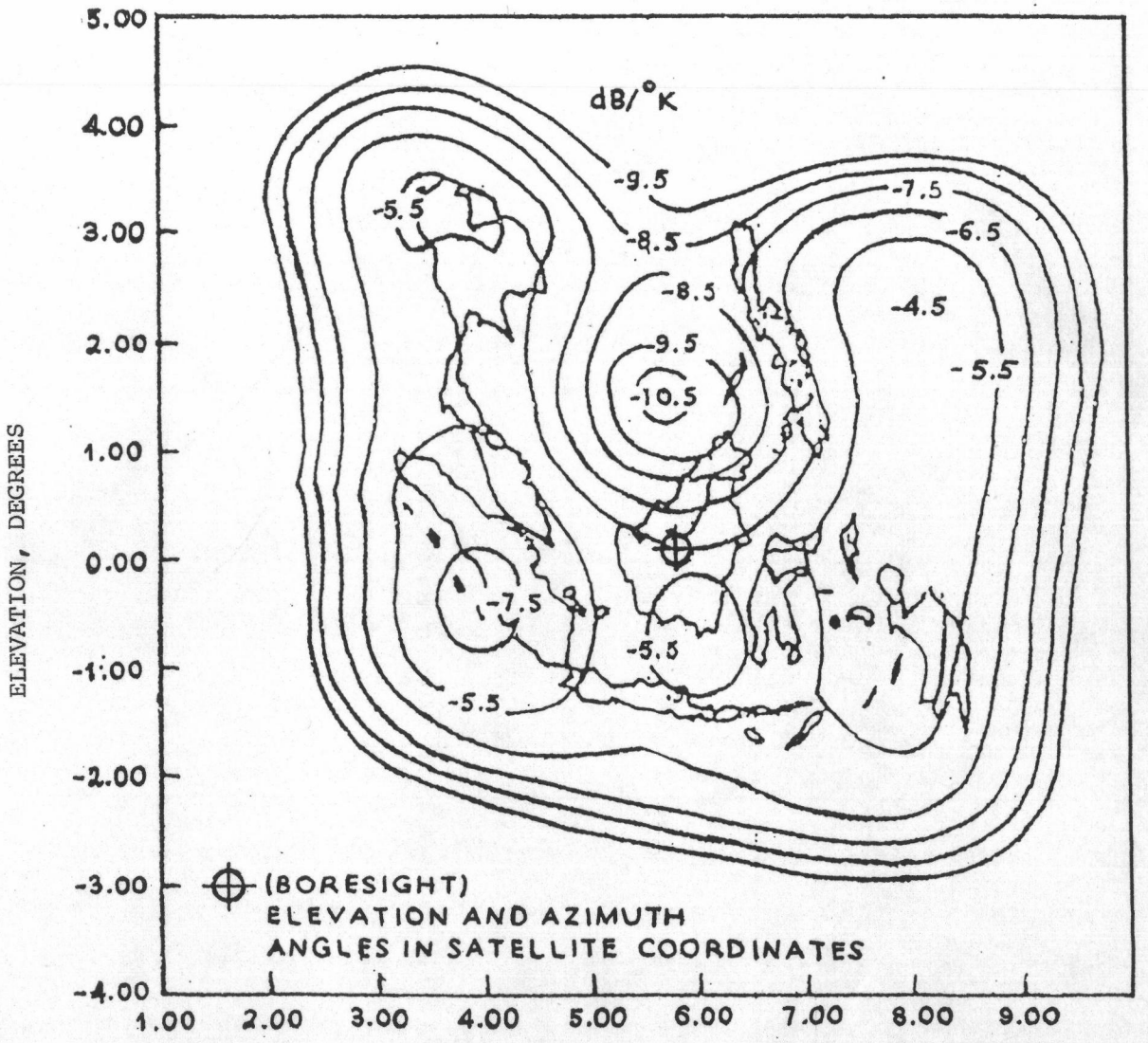
ก.	ตำแหน่งของดาวเทียมที่ใช้	77° (ตะวันออก)	
ข.	จำนวนทรานสปอนเดอร์ที่ใช้งาน	1	ช่อง
ค.	ความถี่ - ขาขึ้น (up-link)	5925 - 6425	MH_z
	- ขาลง (down-link)	3700 - 4200	MH_z
ง.	ความกว้างของแต่ละทรานสปอนเดอร์	36	MH_z
จ.	คลื่นที่แผ่กระจายออกไปจนถึงจุดอิ่มตัวของแต่ละทรานสปอนเดอร์ (Saturation EIRP Per Transponder)	32	dBW
ฉ.	FLUX DENSITY TO SATURATED TRANSPONDER	-79	dBW/m^2
ช.	การสูญเสียในการส่งสัญญาณ		
	- ขาขึ้น	199.5	dB
	- ขาลง	196.0	dB
ซ.	จุดทำงานของทรานสปอนเดอร์ (Transponder Operating Point) - ค่า Back-off สำหรับการทำงานหลาย ๆ ความถี่ (multi-carrier)		
	- Output Back-off	4.0	dB
	- Input Back-off	7	dB
	ค่าที่ยอมให้กระจายคลื่นได้สูงสุด (allowable max. transponder EIRP)		
	32 dBW - 4 dB	= 28	dBW

---

* แสดงในรูปประกอบที่ 3.1, 3.2, 3.3

รูปที่ 3.1 แสดง PALAPA A-2 EIRP CONTOURS

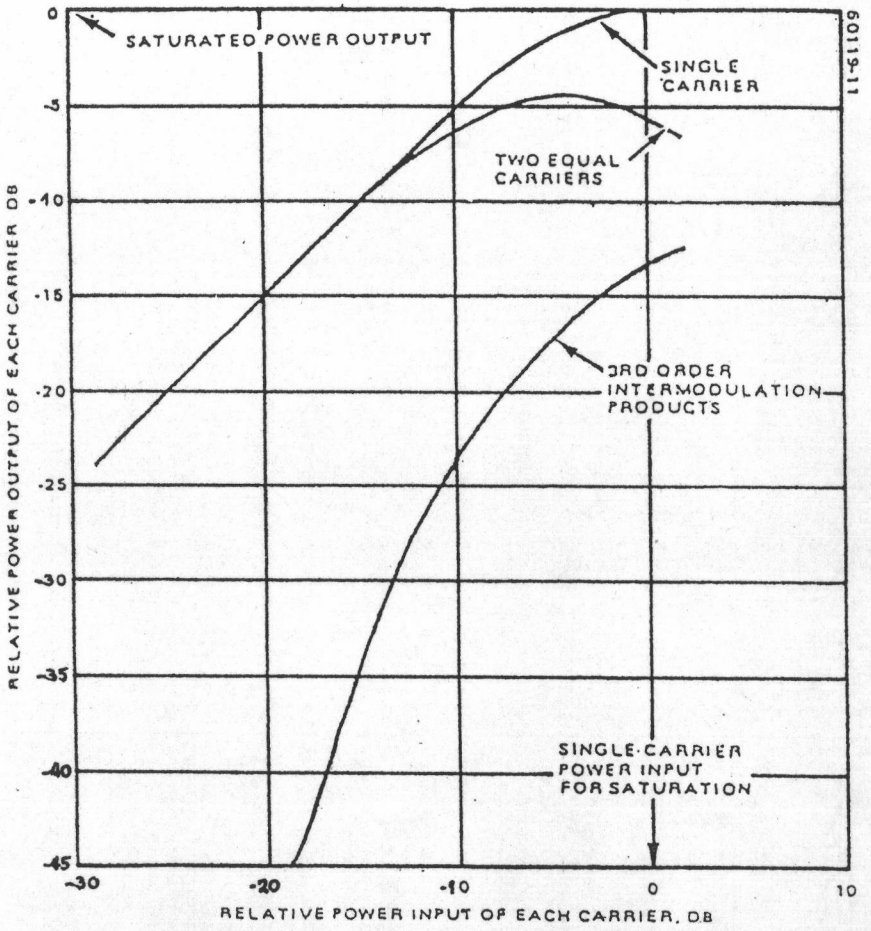




SATELLITE AT 77 °E LONGITUDE

รูปที่ 3.2 PALAPA A-2 G/T CONTOURS

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.3 TYPICAL POWER OUTPUT VERSUS POWER INPUT

ฌ. การแบ่งกำลังเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน

(EIRP allocation)

- สำหรับส่งสัญญาณทีวี 1 ช่อง	27.7	dBW
- สำหรับส่งสัญญาณเสียง 2 ช่อง	15.1	dBW
- สำหรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ 170 ความถี่	16.3	dBW

3.2 ตัวเลขแสดงค่าต่าง ๆ ของสถานีภาคพื้นดิน

	สถานีหลัก	สถานีขนาดกลาง	สถานีขนาดเล็ก	
ขนาดของสายอากาศ	11	7.5	4.5	เมตร
อัตราการขยายของสายอากาศขณะส่ง	54.5	51.2	46.5	dB
" " รับ	51.5	48.2	43.1	dB
เครื่องขยายอุณหภูมิต่ำ	90° K	90° K	37° K	
ค่า G/T ที่มุมเงยของจาน 50°	30.7	27.3	25.3	dB/K

3.3 ตัวเลขแสดงค่าต่าง ๆ ของสัญญาณโทรทัศน์*

	สัญญาณภาพ	สัญญาณเสียง
มาตรฐานโทรทัศน์	625 เส้น 50 ไซเกิ้ล	(SYSTEM B)
ความถี่สูงสุดของสัญญาณพื้นฐาน (max. baseband)	6 MH_Z	15 KH_Z
การผสมคลื่น (modulation)	FM	CFM
แถบความถี่กว้างที่ใช้งาน (allocated bandwidth)	F**,H***	300 KH_Z

---

* SATELLITE SYSTEM OPERATION GUIDE VOLUME 1

OPERATION MEMORANDUM REVISION 23 - AUGUST 1977

** F : Full transponder Bandwidth 30.0 MH_Z

*** H : Half transponder Bandwidth 17.5 MH_Z

	สัญญาณภาพ	สัญญาณเสียง
IF NOISE BANDWIDTH	30, 15.75	180 KH_Z
p-p deviation	23.0 MH_Z	-
pre-emphasis	CCIR REC.405-1	CCITT J 17
weighting factor	16.3 dB	3.8 dB

3.4 ตัวเลขแสดงค่าต่าง ๆ ของการส่งสัญญาณระบบ 1 ช่อง ต่อ 1 คลื่นพาห์

ความถี่พื้นฐาน (baseband frequency)	0.3 - 3.4	KH_Z
การผสมคลื่น (modulation)	Companded FM	
แถบความถี่กว้างที่ใช้งาน (bandwidth allocated)	30	KH_Z
IF NOISE BANDWIDTH	25.8	KH_Z
pre-emphasis	26.5	
weighting factor	2.5	dB
Compander improvement	17.0	dB

การคำนวณระบบเมื่อใช้เต็มทรานสปอนเดอร์

3.5 การส่งเฉพาะสัญญาณภาพโทรทัศน์ (สำหรับสถานีหลัก) ดังแสดงการทำงานในรูป 3.4

ก. Up-link thermal C/T

กำลังส่งของเครื่องขยายกำลังสูง(HPA OUTPUT)	24.7	dBW
อัตราการขยายของจานสายอากาศ	54.5	dB
การสูญเสียเนื่องจากสายส่ง	-3.0	dB
การสูญเสียในระยะทางจากสถานีหลักถึงดาวเทียมที่ มุมเงยของจาน 50°	-198.5	dB

G/T ของดาวเทียม		-6.5	dB/°K
∴ UP-link thermal C/T	=	-128.8	dBW/°K

ข. Down-link thermal C/T

กำลังส่งที่ปากจานสายอากาศของดาวเทียม		28.1	dBW
การสูญเสียในระยะทางจากดาวเทียมถึงสถานีหลักที่มุมเงยของจาน 50°		-196.0	dB
การสูญเสียเนื่องจากการปรับจานสายอากาศผิดพลาด		-1.0	dB
G/T ของสถานีหลัก		30.7	dB/°K
Down-link thermal C/T	=	-138.2	dBW/°K

ค. ค่า C/T เนื่องจากการรบกวนของการผสมสัญญาณ (INTERMODULATION) บนดาวเทียม

จากคุณสมบัติของดาวเทียมในตารางที่ 3.1*

Bi	=	-7	dB
Bo	=	-4.0	dB
Cm/Ti	=	-143.7	dBW/°K

กำหนดให้

Bi : input back-off relative to single carrier saturation

Bo : output back-off relative to single carrier saturation

Cm/Ti : multi carrier power to noise temperature ratio

---

* Multicarrier - to - Noise Temperature Ratio due to Satellite Intermodulation

ตารางที่ 3.1 Multicarrier-to-Noise Temperature Ratio due to Satellite Intermodulation

B_I (dB)	B_0 (dB)	C/IM_3 (dB)	C/IM_5 (dB)	C/IM_T (dB)	Cm/T (dBW/K)
0	-2.06	9.33	17.01	8.65	-149.1
-1	-2.04	10.19	17.88	9.51	-148.3
-2	-2.12	10.99	18.66	10.30	-147.5
-3	-2.3	11.74	19.44	11.06	-146.7
-4	-2.57	12.47	20.27	11.80	-146.0
-5	-2.93	13.2	21.7	12.56	-145.2
-6	-3.37	13.94	22.16	13.33	-144.5
-7	-3.9	14.71	23.27	14.14	-143.7
-8	-4.5	15.51	24.54	15.00	-142.8
-9	-5.17	16.39	26.01	15.94	-141.9
-10	-5.91	17.35	27.71	16.97	-140.8
-12	-7.57	19.6	31.73	19.34	-138.5
-14	-9.39	22.25	36.46	22.09	-135.7
-16	-11.32	25.22	41.89	25.13	-132.7
-18	-13.31	28.45	48.02	28.40	-129.4
-20	-15.31	31.89	54.73	31.88	-125.9

(Note)

B_I = input backoff relative to single carrier saturation

B_0 = output backoff relative to single carrier saturation

C/IM_3 = C/IM ratio on center carrier, for infinite number of carriers, due to 3rd order IM products

C/IM_5 = C/IM ratio, as C/IM_3, but for 5th order IM

C/IM_T = combination of C/IM_3 amd C/IM_5

$$Ti = -\frac{Ti}{Cm} + Cm$$

$$= - (-143.7) + 28.1$$

$$= -171.8 \quad dBK$$

แต่ค่า Ti ลดลงเนื่องจากส่งไม่เต็มความกว้างของทรานสปอนเดอร์

$$= \frac{30}{36}$$

$$= 0.83 \quad dB$$

$$C/Ti = 28.1 - 171.8 + 0.83 \quad dBW/K$$

$$= -142.87 \quad dBW/K$$

ค่า C/T ของทั้งระบบ = -144.26 dBW/K

ค่า S/N ของทั้งระบบ = $C/T + 10 \log \frac{3(0.7F)^2}{fv^3} - Wv$ dB ((24)

C/T : Carrier power to equivalent noise temperature ratio dBW/ K

F : peak to peak frequency deviation at the cross over frequency of pre-emphasis characteristics 25 MH_Z (H_Z)

Fv : Top baseband frequency 625/50 5 MH_Z (H_Z)

Wv : weighting factor for FM triangular noise spectrum between 0 - 5 MH_Z include pre-emphasis improvement 16.3 dB

k : Boltzmann' s constant 1.38×10^{-23} J/K

$$= 48.578 \quad dB$$

3.6 การส่งสัญญาณเสียงโทรทัศน์ (ดังแสดงการทำงานในรูปที่ 3.4)

ก. Up-link thermal C/T

กำลังส่งของเครื่องขยายกำลังสูง (HPA OUTPUT)		8.57	dBW
อัตราการขยายของจานสายอากาศ		54.50	dB
การสูญเสียเนื่องจากสายส่ง		-3.00	dB
การสูญเสียในระยะทางจากสถานีหลักถึงดาวเทียมที่ มุมเงยของจาน 50°		-198.50	dB
G/T ของดาวเทียม		-6.50	dB/K
Up-link thermal C/T	=	-144.93	dBW/K

ข. Down-link thermal C/T (loop-back)

กำลังส่งที่ปากจานสายอากาศของดาวเทียม		12.1	dBW
การสูญเสียในระยะทางจากดาวเทียมถึงสถานีหลักที่ มุมเงยของจาน 50°		-196.0	dB
การสูญเสียเนื่องจากการปรับจานสายอากาศผิดพลาด		-1.0	dB
G/T ของสถานีหลัก		30.7	dB/K
Down-link thermal C/T	=	-154.2	dBW/K

ค. ค่า C/T เนื่องจากการรบกวนของการผสมสัญญาณ (INTERMODULATION) บนดาวเทียม = -153.2 dBW/K

ค่า C/T ของทั้งระบบ = -158.89 dBW/K

ค่า S/N ของทั้งระบบ $= C/T + 10 \log \frac{3fr^2}{fb^3} - k + W + C$ dB (25)

C/T : เป็นค่า C/T ของทั้งระบบ

fr : rms frequency deviation for average peak level (APL) of 8 dBm, 23500 H_z rms.

fb : top base band frequency 15,000 H_z

k : Boltzman Constant 1.38×10^{-23} J/K

W : Weighting factor including pre-emphasis improvement 3.8 dB

C : Compandor improvement 17 dB

S/N ทั้งระบบ = 57.51 dB

3.7 การใช้ส่งโทรศัพท์ (ORDERWIRE) ไปยังสถานีขนาดกลาง (ดังแสดงในรูปที่ 3.4)

ก. Up-link thermal C/T

กำลังส่งของเครื่องขยายกำลังสูง		-0.2	dBW
อัตราการขยายของจานสายอากาศ		54.5	dB
การสูญเสียเนื่องจากสายส่ง		-8.0	dB
การสูญเสียในระยะทางจากสถานีหลักถึงดาวเทียมที่			
มุมเงยของจาน 50°		-198.5	dB
G/T ของดาวเทียม		-6.5	dB/K
Up-link thermal C/T	=	-158.7	dBW/K

ข. Down-link thermal C/T

กำลังส่งที่ปากจานของดาวเทียม		-2.2	dBW
การสูญเสียในระยะทางจากดาวเทียมถึงสถานีหลักที่		-196.0	dB
มุมเงยของจาน 50°			
การสูญเสียเนื่องจากการปรับจานสายอากาศผิดพลาด		-1.0	dB
G/T ของสถานีขนาดกลาง		27.3	dB/K
Down-link thermal C/T	=	-171.9	dBW/K

ค. ค่า C/T เนื่องจากการรบกวนของการผสมสัญญาณบนดาวเทียม

= -167.5 dBW/K

ค่า C/T ของระบบ = -173.39 dBW/K

ค่า S/N ของทั้งระบบ = $C/T + 10 \log \frac{3fr^2}{fb^3-fa^3} - k + E + W + C$

... dB (26)

C/T : เป็นค่า C/T ของทั้งระบบ -173.39 dBW/K

fr : rms test tone deviation 4800 H_z

fb : top baseband (voice) frequency 3400 H_z

fa : bottom baseband (voice) frequency 300 H_z

E : emphasis improvement 5.8 dB

W : Psophometric weighting 2.5 dB

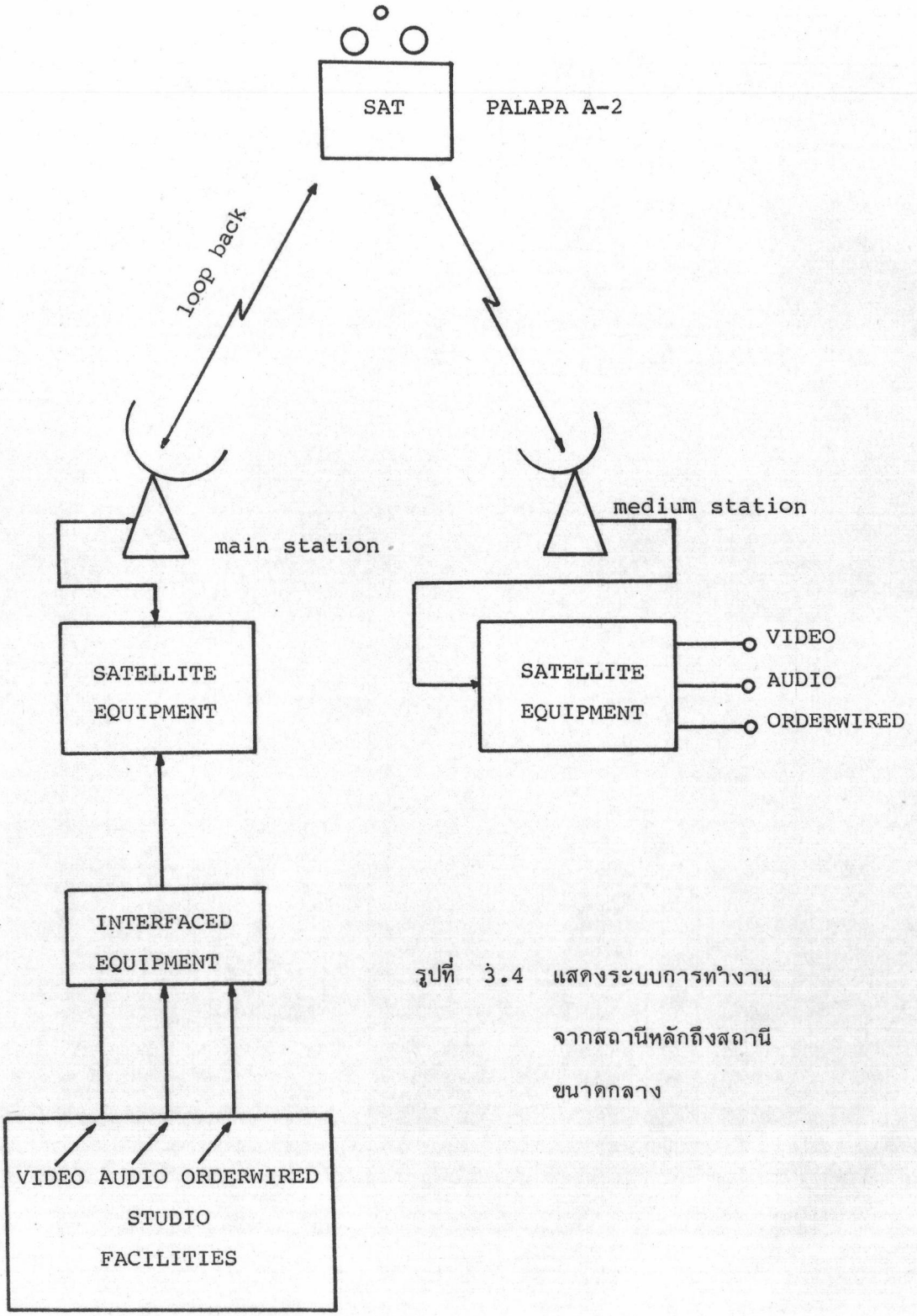
C : Compander improvement 17.0 dB

S/N = 53.01 dB

3.8 การใช้สถานีขนาดกลาง (medium) รับสัญญาณโทรทัศน์ทั้งภาพและเสียง โดยมีวงจรโทรศัพท์ (ORDERWIRED) ส่งกลับมายังสถานีหลักด้วย (ดังแสดงในรูปที่ 3.5)

ก. เมื่อรับสัญญาณภาพโทรทัศน์

Up-link thermal C/T	-128.8	dBW/K
ค่า C/T เนื่องจากการรบกวนของการผสม (Intermodulated) บนดาวเทียม	-142.87	dBW/K
Down-link thermal C/T		
กำลังส่งที่ปากจานของดาวเทียม	28.1	dBW
การสูญเสียในระยะทางจากดาวเทียมถึงสถานีขนาดกลาง	-196.0	dB



รูปที่ 3.4 แสดงระบบการทำงาน
จากสถานีหลักถึงสถานี
ขนาดกลาง

การสูญเสียเนื่องจากปรับจานสายอากาศผิดพลาด		-1.0	dB
G/T ของสถานีขนาดกลาง		27.3	dB/K
Down-link thermal C/T		-141.6	dBW/K
ค่า C/T ของทั้งระบบ		-145.387	dBW/K
แทนค่าในสมการ (24)			
ค่า S/N ของทั้งระบบ	=	47.451	dB

ข. เมื่อรับสัญญาณเสียงโทรทัศน์

Up-link thermal C/T		-144.93	dBW/K
ค่า C/T เนื่องจากการรบกวนบนดาวเทียม (Intermodulated)		-153.2	dBW/K
Down-link thermal C/T			
กำลังส่งที่ปากจานของดาวเทียม		12.1	dBW
การสูญเสียในระยะทาง		-196.0	dB
การสูญเสียเนื่องจากปรับจานผิดพลาด		-1.0	dB
G/T ของสถานีขนาดกลาง		27.3	dB/K
Down-link thermal C/T		-157.6	dBW/K
ค่า C/T ของทั้งระบบ		-159.1	dBW/K
แทนค่าในสมการ (25)			
ค่า S/N ของทั้งระบบ	=	57.199	dB

ค. เมื่อใช้ส่งสัญญาณโทรศัพท์ (ORDERWIRED) กลับมายังสถานีหลัก

Up-link thermal C/T

กำลังส่งของเครื่องส่ง		-6.8	dBW
อัตราการขยายของจานสายอากาศ		51.2	dB
การสูญเสียเนื่องจากสายส่ง		-0.2	dB
การสูญเสียในระยะทางจากสถานีขนาดกลางถึงดาวเทียม ที่มุมเงย 50°		-198.5	dB
G/T ของดาวเทียม		-6.5	dB/K
Up-link thermal C/T		-160.8	dBW/K
ค่า C/T เนื่องจากการรบกวนบนดาวเทียม		-169.6	dBW/K

Down-link thermal C/T

กำลังส่งที่ปากจานของดาวเทียม		-4.3	dBW
การสูญเสียในระยะทาง		-196.0	dB
การสูญเสียเนื่องจากปรับจานผิดพลาด		-1.0	dB
G/T ของสถานีหลัก		30.7	dB
Down-link thermal C/T	=	-170.6	dBW/K
ค่า C/T ของทั้งวงจร		-173.39	dBW/K

แทนค่าในสมการ (26)

ค่า S/N ของทั้งระบบ	=	53.01	dB

ง. เมื่อมีการส่งสัญญาณโทรศัพท์ระหว่างสถานีขนาดกลางด้วยกัน

Up-link thermal C/T		-160.8	dBW/K

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

C/T เนื่องจากการรบกวนบนดาวเทียม		-169.6	dBW/K
down-link thermal C/T		-174.0	dBW/K
ค่า C/T ของทั้งวงจร		-175.49	dBW/K
ค่า S/N	=	50.897	dB

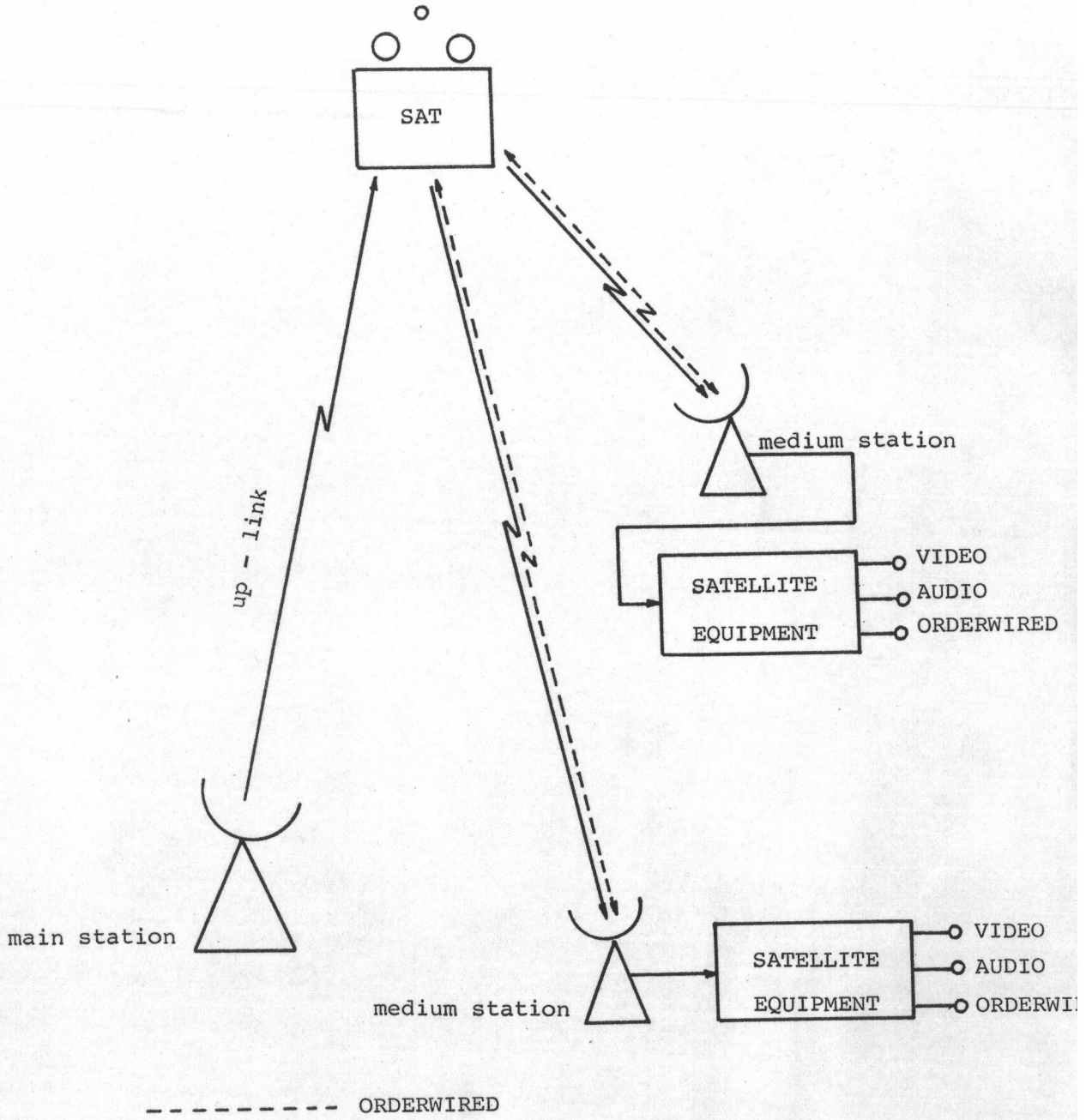
จ. เมื่อใช้รับสัญญาณโทรศัพท์จากสถานีหลัก

Up-link thermal C/T		-158.7	dBW/K
C/T เนื่องจากการรบกวนบนดาวเทียม		-167.5	dBW/K
Down-link thermal C/T			
กำลังส่งที่ปากจานของดาวเทียม		-2.2	dBW
การสูญเสียในระยะทาง		-196.0	dB
การสูญเสียเนื่องจากปรับจานสายอากาศผิดพลาด		-1.0	dB
G/T ของสถานีขนาดกลาง		27.3	dB/K
Down-link thermal C/T		-171.9	dBW/K
ค่า C/T ของทั้งระบบ		-173.39	dBW/K
ค่า S/N ของทั้งระบบ	=	53.00	dB

3.9 การใช้สถานีขนาดเล็ก (small station) รับสัญญาณโทรทัศน์ทั้งภาพและเสียง โดยมีวงจรโทรศัพท์ (ORDERWIRED) กลับมายังสถานีหลัก (ดังแสดงในรูปที่ 3.6)

ก. เมื่อรับสัญญาณภาพโทรทัศน์

Up-link thermal C/T		-128.8	dBW/K
C/T เนื่องจากการรบกวนบนดาวเทียม			
(Intermodulated)		-142.87	dBW/K



รูปที่ 3.5 แสดงระบบการทำงานจากสถานีหลักถึงสถานีขนาดกลาง และการติดต่อระหว่างสถานีขนาดกลางกับสถานีขนาดกลาง, สถานีหลัก

Down-link thermal C/T		
กำลังส่งที่ปากจานของดาวเทียม	28.1	dBW
การสูญเสียในระยะทางจากดาวเทียมถึงสถานีขนาดเล็ก	-196.0	dB
การสูญเสียเนื่องจากการปรับจานสายอากาศผิดพลาด	-1.0	dB
G/T ของสถานีขนาดเล็ก	25.3	dB/$^{\circ}$K
Down-link thermal C/T	-143.6	dBW/$^{\circ}$K
ค่า C/T ของทั้งระบบ	-146.336	dBW/$^{\circ}$K
ค่า S/N ของทั้งระบบ	46.50	dB

ข. เมื่อรับสัญญาณเสียงโทรทัศน์

Up-link thermal C/T	-144.93	dBW/$^{\circ}$K
C/T เนื่องจากการรบกวนบนดาวเทียม	-153.20	dBW/$^{\circ}$K
Up-link thermal C/T		
กำลังส่งที่ปากจานของดาวเทียม	12.1	dBW
การสูญเสียในระยะทาง	-196.0	dB
การสูญเสียเนื่องจากปรับจานสายอากาศผิดพลาด	1.0	dB
G/T ของสถานีขนาดเล็ก	25.3	dB/$^{\circ}$K
Down-link thermal C/T	-159.6	dBW/$^{\circ}$K
ค่า C/T ของทั้งระบบ	-160.61	dBW/$^{\circ}$K
ค่า S/N ของทั้งระบบ	50.93	dB

ค. เมื่อรับสัญญาณโทรศัพท์จากสถานีหลัก

Up-link thermal C/T	-158.7	dBW/K
C/T เนื่องจากการรบกวนบนดาวเทียม	-167.5	dBW/K
Down-link thermal C/T		
กำลังส่งที่ปากจานของดาวเทียม	-2.2	dBW
การสูญเสียเนื่องจากระยะทาง	-196.0	dB
การสูญเสียเนื่องจากสายอากาศผิดพลาด	-1.0	dB
G/T ของสถานีขนาดเล็ก	25.3	dB/K
Down-link C/T	-173.9	dBW/K
ค่า C/T ของทั้งระบบ	-174.89	dBW/K
ค่า S/N ของทั้งระบบ	51.50	dB

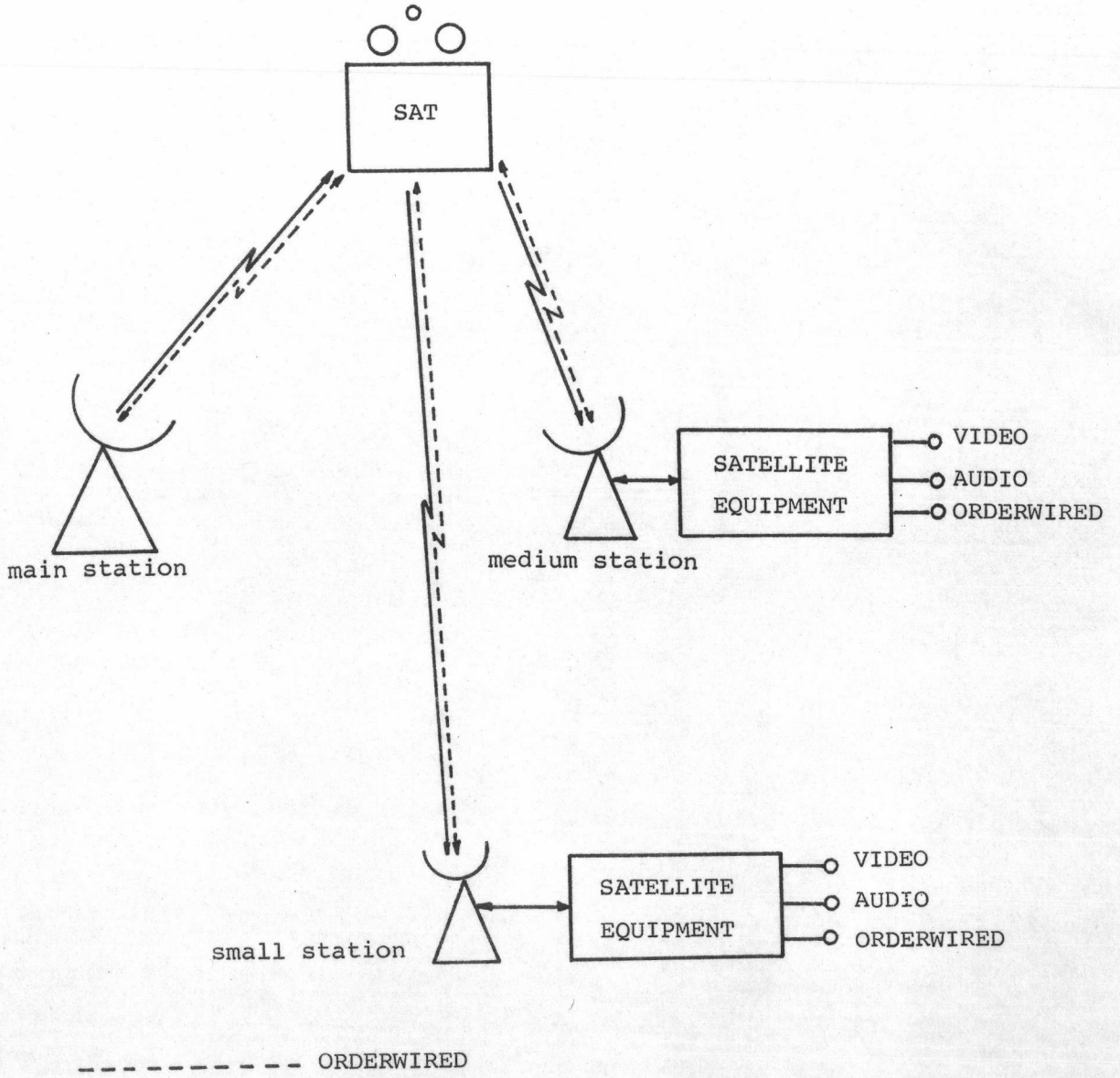
ง. เมื่อส่งสัญญาณโทรศัพท์กลับไปยังสถานีหลัก

Up-link thermal C/T		
กำลังส่งของเครื่องส่ง	-6.8	dBW
อัตราการขยายของจานสายอากาศ	46.5	dB
การสูญเสียเนื่องจากสายส่ง	-0.2	dB
การสูญเสียในระยะทางจากสถานีขนาดเล็กถึง		
ดาวเทียมที่มุมเงย 50°	-198.5	dB
G/T ของดาวเทียม	-6.5	dB/K
Up-link thermal C/T	-165.5	dBW/K
C/T เนื่องจากการรบกวนบนดาวเทียม	-169.6	dBW/K

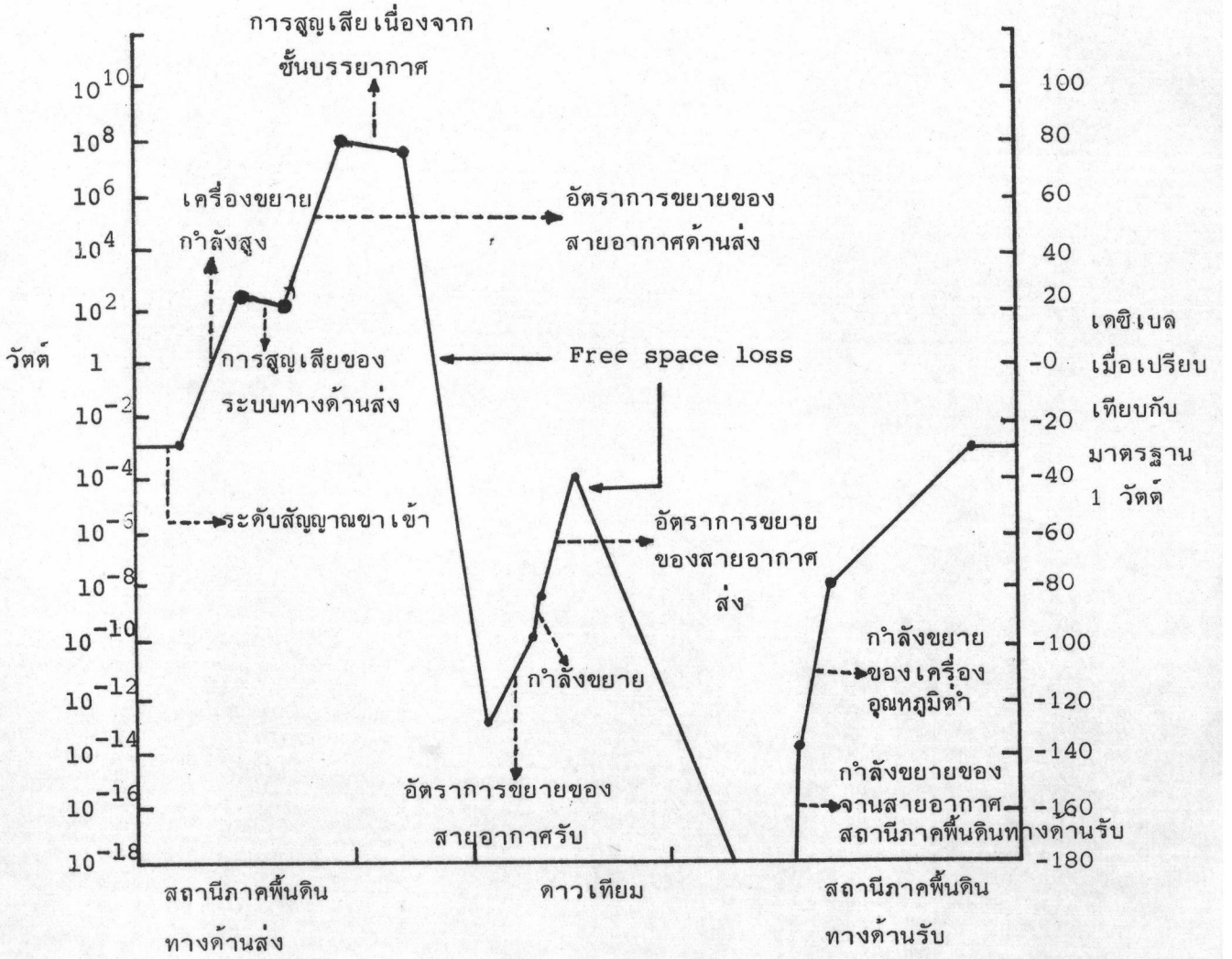
Down-link thermal C/T		
กำลังส่งที่ปากจานของดาวเทียม	-4.3	dBW
การสูญเสียในระยะทาง	-196.0	dB
การสูญเสียเนื่องจากปรับจานสายอากาศผิดพลาด	-1.0	dB
G/T ของสถานีหลัก	30.7	dB/K
Down-link thermal C/T	-170.6	dBW/K
ค่า C/T ของทั้งวงจร	-173.82	dBW/K
ค่า S/N ของทั้งวงจร	52.57	dB

จ. เมื่อส่งสัญญาณโทรศัพท์ไปยังสถานีขนาดกลาง

Up-link thermal C/T	-165.5	dBW/K
ค่า C/T เนื่องจากการรบกวนบนดาวเทียม	-169.6	dBW/K
Down-link thermal C/T		
กำลังส่งที่ปากจานของดาวเทียม	-4.3	dBW
การสูญเสียในระยะทาง	-196.0	dB
การสูญเสียเนื่องจากปรับจานสายอากาศผิดพลาด	-1.0	dB
G/T ของสถานีขนาดกลาง	27.3	dB/K
Down-link thermal C/T	-174.0	dBW/K
ค่า C/T ของทั้งวงจร	-175.77	dBW/K
ค่า S/N ของทั้งระบบ	50.628	dB



รูปที่ 3.6 แสดงการทำงานของสถานีขนาดเล็ก เมื่อมีการประสานงาน
เข้ากับสถานีขนาดกลางและสถานีหลัก



รูปที่ 3.7 แสดงระดับสัญญาณของระบบดาวเทียมที่ความถี่ 6/4 กิกกะเฮิทซ์ เมื่อใช้ในการส่ง-รับ สัญญาณภาพโทรทัศน์