การออกแบบระบบและสายอากาศสำหรับสถานีรับในการสื่อสารภายในประเทศผ่านดาวเทียม

นายศรัณย์ วิรุฒมวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2526

ISBN 974-561-837-3

010533

THE SYSTEM AND ANTENNA DESIGN FOR RECEIVING STATION IN DOMESTIC SATELLITE COMMUNICATION

MR. SARAN VIRUTAMAVONGSA

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1983

i 17413679

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบระบบและสายอากาศสำหรับสถานีรับในการสื่อสารภายในประเทศผ่านดาวเทียม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย นายศรัณย์ วิรุฒมวงศ์

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต โรจน์อารยานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ อาภรณ์ เก่งพล)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาตรี ศรีไพพรรณ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต โรจน์อารยานนท์)

ลิขสิทธิ์บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบระบบและสายอากาศสำหรับสถานีรับในการสื่อสารภายในประเทศผ่านดาวเทียม
โดย	นายศรัณย์ วิรุฑมวงศ์
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร. บัณฑิต โรจน์อารยานนท์
ปีการศึกษา	2525

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการออกแบบระบบและสายอากาศสำหรับสถานีรับในการสื่อสารภายในประเทศผ่านดาวเทียม โดยที่ในส่วนแรกเป็นการศึกษาการออกแบบระบบการส่งสัญญาณโทรทัศน์เพื่อให้การใช้ทรานสปอนเดอร์บนดาวเทียมมีประสิทธิภาพสูง จากการวิเคราะห์และการทดลองโดยใช้ดาวเทียมปาลาป้า A-2 ของประเทศอินโดนีเซีย ผลปรากฏว่าการส่งสัญญาณโทรทัศน์ 2 ช่องเข้าไปในทรานสปอนเดอร์เดียวกันสามารถทำได้ โดยที่ค่า S/N ลดต่ำลงเพียง 2.5 dB เมื่อเปรียบเทียบกับการส่งสัญญาณโทรทัศน์เพียงหนึ่งช่องเข้าไปเต็มทรานสปอนเดอร์ สำหรับการส่งสัญญาณเสียงนั้นจะสามารถส่งได้โดยระบบ Sub-carrier หรือจะใช้วิธีแทรกลงไปในช่องความถี่ที่เหลือในทรานสปอนเดอร์ โดยใช้วิธีส่งแบบ SCPC-FM จะได้ค่า S/N สูงกว่า 50 dB ในการส่งทั้งสองแบบดังกล่าวข้างต้น

ในส่วนที่สองนั้นเป็นการออกแบบและสร้างสายอากาศรับของสถานีภาคพื้นดิน โดยได้ทำการสร้างสายอากาศแบบ Cassegrain ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 เมตร โดยใช้วัสดุที่เป็นไฟเบอร์กลาสและบุผิวสะท้อนคลื่นด้วยตาข่ายอลูมิเนียม จากผลการทดลองโดยใช้ดาวเทียมปาลาป้า A-2 โดยการรับสัญญาณโทรทัศน์แบบเต็มทรานสปอนเดอร์ ปรากฏว่าได้ค่า S/N เป็น 44.2 dB ซึ่งเป็นค่าที่สูงเพียงพอในการป้อนให้กับระบบ CATV (Community Antenna Television System)

Thesis Title	The System and Antenna Design For Receiving Station In Domestic Satellite Communication
Name	Mr. Saran Virutamavongsa
Thesis Advisor	Associate Professor Bandhit Rojarayanont, Ph.D.
Department	Electric Engineering
Academic year	1982

ABSTRACT

In this thesis, the system and antenna design for a receiving station in domestic satellite communication was investigated. The first part was the study on system design for transmission of television signal through a transponder for maximum efficiency. The result of the analysis was tested on PALAPA A-2 of Indonesia. It was shown that the transmission of two television signals through one transponder gave a Signal to Noise ratio of 2.5 dB lower than the transmission of one television signal through one transponder. Audio signals may be transmitted through subcarrier system or in the surplus space segment by SCPC-FM method. Both methods gave the Signal to Noise ratio of more than 50 dB.

The second part was the design and construction of a receiving antenna for ground station using a 4.5 meter diameter Cassegrain antenna using a fibre glass structure with aluminium grid as the reflecting surface. The antenna was tested by receiving television signal from PALAPA A-2 in full transponder arrangement. The Signal to Noise ratio obtained was 44.2 dB which is high enough for CATV System (Community Antenna Television System)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต โรจน์อารยานนท์ แห่งภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในฐานะที่เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ตลอดมา ถ้าปราศจากคำแนะนำและการชี้แนวทางอันเป็นประโยชน์อย่างมากแล้ว วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงจะสำเร็จลงได้ยาก

นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ อาภรณ์ เก่งพล รองศาสตราจารย์ ดร. ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาตรี ศรีไพพรรณ แห่งภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาและให้คำแนะนำ อีกทั้งข้อแก้ไขต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณ พันโทชายชาญ เทียนประภาส อดีตกรรมการผู้จัดการผู้ล่วงลับไปแล้ว ของบริษัทกรุงเทพโทรทัศน์และวิทยุ จำกัด (ทีวีสีช่อง 7) คุณชาติเชื้อ กรรณสูต ผู้ดำรงตำแหน่งกรรมการผู้จัดการของบริษัทฯ คนปัจจุบัน ร้อยเอกสุพจน์ แสงสายัณห์ ผู้จัดการฝ่ายเทคนิคที่ได้สนับสนุนให้ผู้เขียนมีโอกาสศึกษาต่อขั้นปริญญามหาบัณฑิต พร้อมกันนั้นได้ออกทุน และให้ความสนใจในการทดลองและวิจัยตลอดเวลา รวมทั้งเพื่อนร่วมงานทุกคนที่ได้ให้กำลังใจในการทำงานเพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมาย และขอขอบคุณ คุณภัทราวดี จูที่ได้ช่วยเหลือในการค้นคว้าและการพิมพ์วิทยานิพนธ์นี้ให้สำเร็จลงได้ด้วยดี.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

			หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย			ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ			ค
กิตติกรรมประกาศ			ง
สารบัญตารางประกอบ			จ
สารบัญรูปประกอบ			ฉ
บทที่ 1	บทนำ		1
	1.1	คำนำ	1
	1.2	ความเป็นมาของระบบสื่อสารดาวเทียม	6
	1.3	สถานะภาพของการสื่อสารดาวเทียมระหว่างประเทศและภายในประเทศ	7
	1.4	เป้าหมายของงานวิจัย	15
บทที่ 2	แนวความคิดในการจัดทำระบบ		18
	2.1	การรับ-ส่งสัญญาณโทรศัพท์	21
	2.2	การรับ-ส่งสัญญาณโทรทัศน์	36
	2.3	การเพิ่มปริมาณความต้องการ	43
	2.4	จำนวนราคาต่อช่องสัญญาณต่อปี	43
	2.5	การสิ้นสุดอายุการใช้งานของดาวเทียม	43
	2.6	การประหยัดการใช้พลังงานบนดาวเทียมเพื่อให้มีประสิทธิภาพการใช้งานได้ยาวนาน	44
	2.7	การปรับปรุงการใช้งานของทรานสปอนเดอร์บนดาวเทียมเพื่อให้ใช้ประโยชน์สูงสุด	44

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	2.8 การปรับปรุงพารามิเตอร์บางอย่างเพื่อให้ระบบการสื่อสารมีประสิทธิภาพสูง.....	45
บทที่ 3	การออกแบบและกำหนดอุปกรณ์สำหรับการสื่อสารดาวเทียม	47
	3.1 ตัวเลขแสดงค่าต่าง ๆ ของดาวเทียมปาลาป้า A-2.....	48
	3.2 ตัวเลขแสดงค่าต่าง ๆ ของสถานีภาคพื้นดิน.....	52
	3.3 ตัวเลขแสดงค่าต่าง ๆ ของสัญญาณโทรทัศน์.....	52
	3.4 ตัวเลขแสดงค่าต่าง ๆ ของการส่งสัญญาณระบบ 1 ช่องต่อ 1 คลื่นพาห์.....	53
	3.5 การส่งเฉพาะสัญญาณภาพโทรทัศน์ (สำหรับสถานีหลัก).....	53
	3.6 การส่งสัญญาณเสียงโทรทัศน์.....	57
	3.7 การใช้ส่งโทรศัพท์ (Orderwire) ไปยังสถานีขนาดกลาง.....	58
	3.8 การใช้สถานีขนาดกลาง (medium) รับสัญญาณโทรทัศน์ทั้งภาพและเสียงโดยมีวงจรโทรศัพท์ (Orderwire) ส่งกลับมายังสถานีหลักด้วย....	59
	3.9 การใช้สถานีขนาดเล็ก (small station) รับสัญญาณโทรทัศน์ทั้งภาพและเสียง โดยมีวงจรโทรศัพท์ (Orderwire) กลับมายังสถานีหลัก.....	63
บทที่ 4	การใช้ประโยชน์ของทรานสปอนเดอร์ให้มีประสิทธิภาพสูง.	70
	4.1 การรับ-ส่งสัญญาณภาพโทรทัศน์.....	71

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	4.2 การเลือกชนิดของการรับ-ส่งสัญญาณเสียงโทรทัศน์และโทรศัพท์.....	83
บทที่ 5	การสร้างจานสายอากาศที่ใช้กับสถานีภาคพื้นดินขนาดเล็ก.	92
	5.1 คำนำ.....	92
	5.2 สายอากาศรับสัญญาณสำหรับสถานีภาคพื้นดินแบบอยู่กับที่และเคลื่อนที่.....	97
	5.3 ความเหมาะสมของจานสายอากาศสำหรับสถานีภาคพื้นดิน.....	99
	5.4 สาเหตุของการศึกษาคุณสมบัติของจานสายอากาศแบบ Cassegrain.....	102
	5.5 การออกแบบสายอากาศขนาด 4.5 เมตร.....	106
	5.6 การดำเนินงานและทดลองจานสายอากาศขนาด 4.5 เมตร.....	109
	5.7 การสร้างจานสายอากาศเพื่อทดลองครั้งที่ 1....	111
	5.8 การสร้างจานสายอากาศเพื่อทดลองครั้งที่ 2....	121
	5.9 การสร้างจานสายอากาศเพื่อทดลองครั้งที่ 3....	124
	5.10 การสร้างจานสายอากาศเพื่อทดลองครั้งที่ 4....	128
	5.11 การออกแบบและสร้าง Pyramidal Horn ขนาดย่านความถี่ 4 GH_Z	138
	5.12 สรุปการสร้างและทดสอบจานสายอากาศขนาด 4.5 เมตร กับ Pyramidal Horn	140
บทที่ 6	บทสรุป.....	141
	6.1 สรุปการออกแบบระบบการสื่อสารดาวเทียมภายในประเทศ.....	141

สารบัญ (ต่อ)

6.2 สรุปการออกแบบและสร้างจานสายอากาศรับภาคพื้นดิน..... 142

6.3 ประโยชน์ของผลงานวิจัย..... 145

เอกสารอ้างอิง..... 146

สารบัญภาคผนวก..... 150

ประวัติ..... 205

สารบัญตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
3.1	Multicarrier-to-noise Temperature Ratio due to Satellite Intermodulation	55
4.1	แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณและทดลองแบบครึ่งทรานสปอนเดอร์.....	78
5.1	แสดงการเปรียบเทียบราคาต่อขนาดของจานสายอากาศ.....	95
5.2	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างราคาต่อ EIRP และขนาดของจานสายอากาศ.....	96
5.3	แสดงผลการวัด Signal to noise ratio ครั้งที่ 3.....	127
5.4	แสดงผลการวัด Signal to noise ratio ครั้งที่ 4.....	130

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1.1	แบบครอบคลุมพื้นที่ได้อย่างกว้างขวาง (GLOBAL BEAM).....	2
1.2	แบบครอบคลุมพื้นที่ได้เป็นจุดหรือเฉพาะพื้นที่ต้องการ (SPOT BEAM).....	3
1.3	Block diagram ของระบบ CDMA.....	13
2.1	แนวความคิดในการจัดทำระบบ.....	18
2.2	แนวความคิดของการออกแบบระบบเบื้องต้น.....	34
2.3	Transmission Path And Hypothetical Reference Circuit of Television Signal Half Transponder.....	39
3.1	แสดง PALAPA A-2 EIRP Contours.....	49
3.2	แสดง PALAPA A-2 G/T Contours.....	50
3.3	Typical Power Output Versus Power Input	51
3.4	แสดงระบบการทำงานจากสถานีหลักถึงสถานีขนาดกลาง.....	60
3.5	แสดงระบบการทำงานจากสถานีหลักถึงสถานีขนาดกลาง และการติดต่อระหว่างสถานีขนาดกลางกับสถานีขนาดกลางและสถานีหลัก.....	64
3.6	แสดงการทำงานของสถานีขนาดเล็ก เมื่อมีการประสานงานเข้ากับสถานีขนาดกลางและสถานีหลัก.....	68
3.7	แสดงระดับสัญญาณของระบบดาวเทียมที่ความถี่ 6/4 กิกกะเฮิทซ์ เมื่อใช้ในการรับ-ส่งสัญญาณภาพโทรทัศน์.	69

รูปที่		หน้า
4.1	แสดงความผิดเพี้ยนที่บริเวณปลายทรานสปอนเดอร์...	76
4.2	แสดงการแบ่งใช้ทรานสปอนเดอร์.....	77
4.3	แสดง Block Diagram วิธีส่ง-รับสำหรับครึ่งทรานสปอนเดอร์.....	81
4.4	แสดงวิธีส่งแบบเต็มทรานสปอนเดอร์.....	82
4.5	แสดงการส่งแบบครึ่งทรานสปอนเดอร์.....	82
4.6	แสดง PLL Demodulator.....	85
5.1	แสดงขนาดของสายอากาศต่อราคาขาย.....	93
5.2	แสดงเครื่องขยายกำลังสูงต่อราคาขาย.....	93
5.3	แสดงขนาดของเครื่องขยายอุณหภูมิต่ำต่อราคาขาย...	94
5.4	แสดงจำนวนช่องของ SCPC ต่อราคาขาย.....	94
5.5	Measured patterns of various types of antenne	103
5.6	Peak envelope pattern of off-set Gregorian-antenna without microwave absorber.....	104
5.7	side lobe pattern ของ Gregorian antenna with microwave absorber.....	105
5.8	แสดงขนาดของสายอากาศที่สร้างเพื่อทดลอง.....	110
5.9	แสดงผลการวัด radiation pattern ของจานสายอากาศ ครั้งที่ 1.....	113
5.10	แสดง sub-reflector เอียง.....	114
5.11	แสดง radiation pattern เมื่อปรับ sub-reflector ไม่ถูกต้อง ทำให้ sidelobe ไม่เท่ากัน	115

รูปที่ หน้า

5.12 แสดง spectrum ขณะที่วัดได้เป็น clean carrier, filter 100 Hz 117

5.13 แสดง spectrum ของ clean carrier ขณะไม่ filter noise 118

5.14 แสดง spectrum ของสัญญาณโทรทัศน์จากทรานสปอนเดอร์หมายเลข 4 119

5.15 แสดงโครงสร้างของจานสายอากาศที่สร้างขึ้นครั้งแรก 120

5.16 แสดง spectrum ของสัญญาณรวม 12 ทรานสปอนเดอร์..... 122

5.17 แสดงจานสายอากาศที่ประกอบสมบูรณ์ และ ใช้ทดลองเป็นครั้งที่ 2... 123

5.18 แสดง spectrum ของ clean carrier และ filter 100H_z... 124

5.19 แสดง spectrum ของสัญญาณรวม 12 ทรานสปอนเดอร์..... 125

5.20 แสดงโครงสร้างทางด้านหน้าของจานสายอากาศครั้งที่ 3..... 126

5.21 แสดงโครงสร้างทางด้านข้างของจานสายอากาศครั้งที่ 3..... 126

5.22 แสดง spectrum ของclean carrier และ filter 100 H_z... 128

5.23 แสดง spectrum ของสัญญาณรวม 12 ทรานสปอนเดอร์..... 129

5.24 Block Diagram แสดงการใช้เครื่องมือวัด S/N..... 130

5.25 Block Diagram แสดงการวัด S/N ทั้งสัญญาณภาพและเสียง..... 131

5.26 แสดงโครงสร้างทางด้านหน้าของจานสายอากาศครั้งที่ 4..... 132

5.27 แสดงโครงสร้างทางด้านข้างของจานสายอากาศครั้งที่ 4..... 132

5.28 แสดงโครงสร้างทางด้านบน..... 133

5.29 แสดงทางด้านมุมเอียง..... 133

5.30 แสดงรูปร่างทางด้านหน้า..... 134

5.31 แสดงรูปร่างทางด้านบน..... 134

5.32 แสดงการวัด S/N..... 135

5.33 แสดงการรับภาพจากดาวเทียมของอินโดนีเซีย..... 135

5.34 แสดงการเปรียบเทียบจานสายอากาศครั้งที่ 3 และที่ 4..... 136

รูปที่ หน้า

5.35 แสดงการเปรียบเทียบกับจานสายอากาศขนาด 11 เมตร..... 136

5.36 แสดง radiation pattern ของสายอากาศ เมื่อปรับ sub-reflector ให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง..... 137

5.37 แสดงโครงสร้างของ Feed Horn ที่ได้ทำการสร้างขึ้น เป็นแบบ Pyramidal Horn 139

6.1 แสดงขนาดของสายอากาศ เมื่อส่งสัญญาณโทรทัศน์แบบเต็ม ทรานสปอนเดอร์..... 143

6.2 แสดงขนาดของสายอากาศ เมื่อส่งสัญญาณโทรทัศน์แบบครึ่ง ทรานสปอนเดอร์..... 144