การออปติไมซ์ในการจัดช่องสัญญาณผ่านตัวถ่ายทอดสัญญาณของดาวเทียม ในระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์

นาย วิวัฒน์ สุทธิภาค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2527

ISBN 974-563-696-7

013313
17394636

OPTIMIZATION OF SINGLE CHANNEL PER CARRIER (SCPC) SATELLITE REPEATER CHANNEL CAPACITY

Mr. Wiwat Suttipak

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1984

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออปติไมซ์ในการจัดช่องสัญญาณผ่านตัวถ่ายทอดสัญญาณของดาวเทียมในระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์
โดย	นาย วิวัฒน์ สุทธิภาค
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ปรีติ เหตระกูล
	รองศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ อาภรณ์ เก่งพล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต โรจน์อารยานนท์)

.....กรรมการ
(ดร. ปรีติ เหตระกูล)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออปติไมซ์ในการจัดช่องสัญญาณผ่านตัวถ่ายทอดสัญญาณของดาวเทียมในระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์
โดย	นายวิวัฒน์ สุทธิภาค
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ปรีติ เหตระกูล
	รองศาสตราจารย์ ดร. ประสิทธิ์ ประทีปมงคลการ
ปีการศึกษา	2526

พอลุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการออปติไมซ์ในการจัดช่องสัญญาณผ่านตัวถ่ายทอดของดาวเทียมในระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์ โดยที่ในส่วนแรกได้ศึกษาถึงการออปติไมซ์จุดทำงานที่เหมาะสม เพื่อหาความจุช่องสัญญาณของทรานสปอนเดอร์ในระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์ที่จัดการกระจายกำลังของคลื่นพาห์ในทรานสปอนเดอร์แบบระดับเดียว

ในส่วนที่สองได้ศึกษาการใช้ระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์ที่จัดการกระจายกำลังของคลื่นพาห์แบบหลายระดับ ในข่ายการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่ประกอบด้วยสถานีภาคพื้นดินหลายประเภท ในการนี้จะต้องทำการวิเคราะห์หาค่า G/T ร่วมซึ่งได้มาจากการเฉลี่ยน้ำหนักของค่า G/T ของสถานีภาคพื้นดินประเภทต่าง ๆ ทั้งนี้ได้นำวิธีการในส่วนแรกมาใช้เพื่อออปติไมซ์จุดทำงานและหาความจุช่องสัญญาณของทรานสปอนเดอร์ แล้วทำการจัดระดับกำลังของคลื่นพาห์แต่ละประเภทที่สอดคล้องกับค่า G/T ของสถานีภาคพื้นดินประเภทนั้น ๆ

วิทยานิพนธ์นี้ได้ชี้ให้เห็นว่าในข่ายการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่ประกอบด้วยสถานีภาคพื้นดินหลายประเภท จะสามารถใช้ทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียมอย่างมีประสิทธิภาพหากจัดการกระจายกำลังของคลื่นพาห์ในทรานสปอนเดอร์แบบหลายระดับ

Thesis Title Optimization of Single Channel Per Carrier (SCPC) Satellite Repeater Channel Capacity

Name Mr. Wiwat Suttipak

Thesis Advisor Mr. Priti Hetrakul, Ph.D.
Associate Professor Prasit Prapinmongkolkarn, Ph.D.

Department Electrical Engineering

Academic Year 1983

ABSTRACT

This thesis, the optimization of single channel per carrier (SCPC) transponder channel capacity was investigated. In the first part, the transponder operating point was optimized to evaluate its channel capacity for the single level SCPC system. Then the multilevel SCPC system was studied in the second part.

The fixing of the common G/T value for an earth station which is the weighted average of different G/T values of earth stations in a satellite communication network of mixed earth stations could be carried out by finding the optimum transponder operating point employing the methods used in the first part, then the carrier level of each earth station is adjusted in accordance with its G/T value.

From this thesis, it could be concluded that in satellite communication network of mixed earth stations, the transponder would be efficiently utilized if multilevel SCPC is employed.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ดร.ปรีติ เหตระกูล รักษาราชการแทนผู้อำนวยการกองโทรคมนาคมระหว่างประเทศ การสื่อสารแห่งประเทศไทย และรองศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างยิ่ง ในการที่ท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างมาก รวมทั้งการตรวจสอบแก้ไขจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ อาภรณ์ เก่งพล และรองศาสตราจารย์ ดร.ปัณฑิต โรจน์อารยานนท์ ในการตรวจสอบและแก้ไขให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี และขอขอบพระคุณอาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านซึ่งได้วางรากฐานแห่งความรู้ให้แก่ผู้เขียน

ขอขอบพระคุณ พลตำรวจตรี สุชาติ เผือกสกนธ์ อดีตอธิบดีกรมไปรษณีย์โทรเลข ที่ได้ให้การสนับสนุนให้ผู้เขียนได้มีโอกาสศึกษาต่อขั้นปริญญามหาบัณฑิต รวมทั้งให้เอกสารเพื่อประกอบการค้นคว้ามากมาย

ขอขอบพระคุณ คุณเศรษฐพร คูศรีทิพักษ์ ผู้อำนวยการกองแผนงาน ที่ได้ให้การสนับสนุนแก่ผู้เขียนในด้านการศึกษาเล่มอมา นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ คุณศิลปชัย พิชเยนทรโยธิน ผู้ช่วยผู้อำนวยการกองแผนงาน กรมไปรษณีย์โทรเลข ในการที่ได้ให้การสนับสนุนและกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตลอดมา

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ คุณ สุพัตรา ธรรมฉวี ที่ช่วยให้งานพิมพ์และการประกอบรูปเล่มวิทยานิพนธ์สำเร็จได้ตามกำหนดเวลา

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย . . . . . ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ . . . . . จ

กิตติกรรมประกาศ . . . . . ฉ

สารบัญตารางประกอบ . . . . . ช

สารบัญรูปประกอบ . . . . . ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

คำนำ 1

ความสำคัญของปัญหา 6

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 6

ความสำคัญหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้ 7

บทที่ 2 ระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์ 8

ความหมาย 8

วิธีการ Multiple Access 8

ความเป็นมาของระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์ 14

ระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์เพิ่มประสิทธิภาพของทรานสปอนเดอร์ . . 14

เทคนิคที่ใช้ในระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์ 17

การจัดความถี่ของระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์ 25

บทที่ 3 ลักษณะสมบัติและพารามิเตอร์ของทรานสปอนเดอร์ 29

ย่านความถี่ 29

ทรานสปอนเดอร์ 30

ลักษณะสมบัติของดาวเทียม PALAPA 32

ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นพาห์ด้านเข้ากับคลื่นพาห์ด้านออก 36

ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นพาห์ด้านเข้ากับคลื่นพาห์ด้านออกของระบบ SCPC/CFM. 38

การหากำลังอินเตอร์มอดูเลชั่นโปรดัค 42

อัตราส่วนกำลังคลื่นพาห์ต่ออินเตอร์มอดูเลชั่นโปรดัค 44

บทที่ หน้า

บทที่ 4 การคำนวณออกแบบระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม ระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์ 47

แนวทางในการออกแบบระบบ 47

สมรรถนะของระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม 49

ข้อบังคับเรื่องจุดทำงานของทรานสปอนเดอร์ 60

การออกแบบระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์ที่มีการกระจายกำลังของคลื่นพาห์แบบระดับเดียว 61

การออกแบบระบบหนึ่งช่องสัญญาณต่อหนึ่งคลื่นพาห์แบบจัดการกระจายกำลังของคลื่นพาห์ในทรานสปอนเดอร์แบบหลายระดับ 64

บทที่ 5 การประเมินผลเชิงตัวเลขและผลการวิจัย 73

การประเมินผลเชิงตัวเลขของสัญญาณด้านออกของทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียม PALAPA-A2 74

การประเมินผลเชิงตัวเลขของระบบ SCPC/CFM แบบจัดการกระจายกำลังของคลื่นพาห์ในทรานสปอนเดอร์แบบระดับเดียว 75

การหาจุดทำงานของทรานสปอนเดอร์ 79

การประเมินผลเชิงตัวเลขของระบบ SCPC/CFM แบบจัดการกระจายกำลังของคลื่นพาห์ในทรานสปอนเดอร์แบบหลายระดับ 85

บทที่ 6 บทสรุป 90

เอกสารอ้างอิง 92

ภาคผนวก ก. โปรแกรมการคำนวณระบบ SCPC/CFM แบบจัดการกระจายกำลังแบบระดับเดียว 98

ข. โปรแกรมการคำนวณระบบ SCPC/CFM แบบจัดการกระจายกำลังแบบหลายระดับ 105

ค. เทอมและสมการการคำนวณที่สำคัญเพิ่มเติม 115

ประวัติผู้เขียน 119

สารบัญตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงความจุช่องสัญญาณของทรานสปอนเดอร์ในระบบ FDM/FDMA . .	15
2.2	การเปรียบเทียบความจุช่องสัญญาณต่อทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียม INTELSAT IV-A (Global Beam) ที่ใช้เทคนิคการส่งสัญญาณต่างกัน (สถานีภาคพื้นดินมีค่า G/T 40.7 dB/^{o}K)	16
2.3	S/N Improvement by Emphasis	20
2.4	แสดงพารามิเตอร์ของระบบ SCPC/CFM ที่ใช้ช่วงห่างระหว่างช่องแต่ละแบบ	25
5.1	สัมประสิทธิ์ (b_s) ของหลอดขยายกำลัง TWT ของดาวเทียม PALAPA-A2	74
5.2	แสดงพารามิเตอร์ของระบบ SCPC/CFM ที่ใช้ช่วงห่างระหว่างช่องแต่ละแบบ	78
5.3	ความสัมพันธ์ระหว่าง $(C/N_o)_{TH}$, (C/N_o) และ (S/N) ของระบบ SCPC/CFM ที่ใช้ช่วงห่างระหว่างช่องแต่ละแบบ	80
5.4	ค่า EIRP ของคลื่นพาห์แต่ละคลื่นของระบบ SCPC/CFM ที่ใช้ช่วงห่างระหว่างช่องแต่ละแบบ เมื่อใช้ G/T ของสถานีภาคพื้นดินค่าต่าง ๆ .	82
5.5	ความจุช่องสัญญาณของทรานสปอนเดอร์ของระบบ SCPC/CFM ที่ใช้ช่วงห่างระหว่างช่องแต่ละแบบ เมื่อใช้ G/T ของสถานีภาคพื้นดินค่าต่าง ๆ	83
5.6	แสดงผลการคำนวณหาค่า $(G/T)_{eq}$ และ EIRP เฉลี่ยของดาวเทียมระหว่างค่า G/T ของสถานีภาคพื้นดินในตารางกับ G/T 31.7 dB/^{o}K	86
5.7	แสดงความจุช่องสัญญาณของทรานสปอนเดอร์ เมื่อจัดการกระจายกำลังของคลื่นพาห์แบบ 2 ระดับ	87
5.8	แสดงการเปลี่ยนแปลงของ G/T ร่วม ของสถานีภาคพื้นดิน เมื่อ fractional number เปลี่ยนแปลง	88

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1.1	วงจรการสื่อสารผ่านดาวเทียม	2
1.2	การครอบคลุมพื้นผิวโลกของสายอากาศดาวเทียม INTELSAT IV-A.	2
2.1	Frequency Division Multiple Access (FDMA)	9
2.2	Time Division Multiple Access (TDMA)	9
2.3	แผนผังอุปกรณ์ DAMA ระบบควบคุมจากส่วนกลางที่ประเทศอินโดนีเซียได้นำมาประยุกต์ใช้กับระบบ SCPC/CFM	12
2.4	ลักษณะสมบัติของ Pre-emphasis	20
2.5	ลักษณะสมบัติของ Compandor	21
2.6	แผนภาพอุปกรณ์หน่วยย่องสัญญาณ (FM Modem) ของระบบ SCPC/CFM	24
2.7	SCPC Frequency Plan for Full Transponder Operation	27
3.1	การจัดสรรความถี่ย่าน C Band และ K Band	29
3.2	โครงสร้างทรานสปอนเดอร์ของดาวเทียม	30
3.3	TWT Amplifier Transfer Characteristics	33
3.4	Typical Third and Fifth Order Intermodulation for Infinite Carrier Case	33
3.5	EIRP คอนทัวร์ของดาวเทียม PALAPA A-2	35
3.6	EIRP คอนทัวร์ของดาวเทียม PALAPA A-2	35
4.1	Optimum TWT Operating Point	59
4.2	แสดงวิธีการจัดการกระจายกำลังของคลื่นพาห์ในทรานสปอนเดอร์แบบหลายระดับ	64
5.1	TWT transfer Characteristic ของดาวเทียม PALAPA-A2 ในกรณีการส่งคลื่นพาห์ระบบ SCPC	76
5.2	อัตราส่วนกำลังคลื่นพาห์ต่ออินเตอร์มอดูเลชั่นโปรดัค	76

รูปที่ หน้า

5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง input back-off ของทรานสปอนเดอร์กับ G/T ของสถานีภาคพื้นดิน 78

5.4 ความลุ่ยของสัญญาณของทรานสปอนเดอร์ของระบบ SCPC/CFM ที่ใช้ช่วงห่างระหว่างช่อง 45 kHz แบบที่ 1 84

5.5 ความลุ่ยของสัญญาณของทรานสปอนเดอร์ของระบบ SCPC/CFM
ช่วงห่างระหว่างช่อง 45 kHz แบบที่ 2
ช่วงห่างระหว่างช่อง 30 kHz
ช่วงห่างระหว่างช่อง 22.5 kHz 84

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย