การวิเคราะห์การลดทอนสัญญาณความถี่ย่านเคยูแบนด์ระหว่างพื้นดินกับดาวเทียม เนื่องจากฝนในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

นายราชันย์ เหล็กกล้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-639-037-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17848738

Analysis of Ku-band Rain Attenuation on Earth-Satellite Paths in the Southeast Asia Region

Mr. Rachan Lekkla

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for the Degree of Doctor of Engineering in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School of Chulalongkorn University
Academic Year 1997

ISBN 974-639-037-6

Thesis Title: Analysis of Ku-band Rain Attenuation on Earth-Satellite Paths in the Southeast Asia Region

By: Mr. Rachan Lekkla

Department: Electrical Engineering Department

Thesis Advisor: Professor Dr. Prasit Prapinmongkolkarn

Thesis Co-advisor: Dr. Steward McCormick

Dr. Priti Hetrakul

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Doctorate Degree

..... Dean of Graduate School

(Professor Supawat Chutivongse M.D.)

Thesis Committee

..... Chairman

(Professor Arporn Kengpol)

..... Thesis Advisor

(Professor Dr. Prasit Prapinmongkolkarn)

..... Thesis Co-advisor

(Dr. Steward McCormick)

..... Thesis Co-advisor

(Dr. Priti Hetrakul)

..... Member

(Associated Professor Dr. Narong Yoothanom)

..... Member

(Assistant Professor Dr. Tuptim Angkaew)

ราชันย์ เหล็กกล้า : การวิเคราะห์การลดทอนสัญญาณความถี่ย่านเคยูแบนด์ระหว่างพื้นดินและดาวเทียม เนื่องจากฝนในเขตภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Analysis of Ku-band Rain Attenuation on Earth-Satellite Paths in Southeast Asia Region) อ.ที่ปรึกษา : ศ. ดร. ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ดร. Stewart McCormick, ดร. ปริติ เหตระกูล ; 194 หน้า, ISBN 974-639-037-6

งานวิจัยนี้เน้นถึงการศึกษาการลดทอนสัญญาณความถี่ 12GHz และความเข้มของฝนในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยใช้ข้อมูลจากโครงการ Canada ASEAN Cooperation in the Ku-band Propagation Measurement Program on Earth-space Paths ข้อมูลการวัดประมาณ 3 ปี ในประเทศอินโดนีเซีย ประเทศสิงคโปร์ และประเทศไทย ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อให้เข้าใจถึงคุณลักษณะของการลดทอนสัญญาณและความเข้มของฝน ความรู้ที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ ก็จะถูกนำมาใช้ในการพัฒนาการทำนายสถิติช่วงเวลาการลดทอนสัญญาณ และสถิติการลดทอนสัญญาณทุก 2 ชั่วโมงในแต่ละวันซึ่งการทำนายที่จะนำเสนอนี้ยังไม่ได้มีการเผยแพร่มาก่อน

ผลการศึกษาวิจัยจากข้อมูลทั้งสิ้นประมาณ 24 ปี สามารถสรุปได้ดังนี้ 1) สถิติการแจกแจงการลดทอนสัญญาณสะสมจากการวัดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองการทำนายการลดทอนสัญญาณในปัจจุบันพบว่าไม่มีแบบจำลองใด ๆ ให้ ผลลัพธ์สอดคล้องกับผลการวัดได้ อย่างไรก็ตามสถิติการแจกแจงแบบ Log-normal ให้ค่าใกล้เคียงกับข้อมูลการวัดทั้ง 4 ที่มากที่สุด 2) สถิติการแจกแจงความเข้มของฝนสะสมสามารถแทนได้ด้วยสถิติการแจกแจงแบบ Negative Exponential 3) สถิติการแจกแจงช่วงเวลาการลดทอนสัญญาณสามารถแทนได้ด้วยสถิติการแจกแจงแบบ Double Exponential 4) สถิติการเปลี่ยนแปลงการลดทอนสัญญาณในแต่ละวันมีความสอดคล้องกับสถิติปริมาณฝนตกรายชั่วโมง 5) แบบจำลองการทำนายการลดทอนสัญญาณเนื่องจากฝนทุก 2 ชั่วโมงโดยใช้ความรู้จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการลดทอนสัญญาณ สถิติปริมาณฝนตกในแต่ละชั่วโมง และสถิติการแจกแจงแบบ Log-normal ที่ได้คิดค้นขึ้นนี้ ได้ถูกทดสอบกับข้อมูลการวัดจริง พบว่าแบบจำลองดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ออกแบบระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมเคยูแบนด์ได้โดยเฉพาะในบริเวณที่มีฝนตกชุกในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C615854 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD: RAIN ATTENUATION / KU-BAND / SOUTHEAST ASIA REGION
RACHAN LEKKLA : ANALYSIS OF KU-BAND RAIN ATTENUATION ON EARTH-SATELLITE PATH IN THE SOUTHEAST ASIA REGION. THESIS ADVISOR; PROF. PRASIT PRAPINMONGKOLKARN, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR; STEWARD MCCORMICK, Ph.D, PRITI HETRAKUL, Ph.D. 194 pp. ISBN 974-639-037-6

This research is mainly concentrated on the study of 12 GHz rain attenuation along an earth-satellite path and point-rainfall intensity in Southeast Asia using the data from the "Canada-ASEAN Cooperation in the Ku-band Propagation Measurement Program on Earth-space Paths". Three years of measured data in Indonesia, Singapore, and Thailand were analyzed to obtain the knowledge of rain attenuation and rainfall intensity characteristics. The knowledge from these analysis are applied to develop a powerful model to predict fade-duration statistics and rain attenuation distribution at least every 2 hours of the day that has never been reported before.

Results of 24-year-data study can be summarized as follows: 1) the measured cumulative distributions of rain attenuation over a three-year period between February 1992 and March 1995 in Southeast Asia disagree with all prediction models, but the log-normal distribution proves to be more reasonably fitted to data of all experimental sites, 2) the measured cumulative distributions of rain intensity agree very well with the negative exponential distribution, 3) the fade duration distributions fit very well with the double exponential distribution, 4) the diurnal variations of rain attenuation statistics at all locations are well correlated with one-hour rainfall statistics, 5) the new model that predicts rain fade every two hours utilizing the knowledge of the diurnal variations statistics of rain attenuation and rainfall associated with the log-normal distribution, was developed and evaluated. Finally, it is found very useful for the design of Ku-band satellite communication system especially in the heavy rainfall regime of Southeast Asia.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to express my deepest gratitude to my excellent thesis advisor Professor Dr. Prasit Prapinmongkolkarn, for his valuable advice and encouragement throughout the five years research. I am also obliged to my co-advisors: Dr. Priti Hetrakul who initiated my Ph.D study and provided many kind assistance, Dr. Stewart McCormick who provided a lot of research information and valuable suggestions. I also acknowledge Dr. Roderic Olsen from the Communications Research Centre (CRC) who suggested on my research topic, and Dr. David Rogers from the CRC who supplied a lot of reference research materials.

I am also in debt to Professor Arporn Kengpol, Associated Professor Dr. Narong Yoothanorm, Assistant Professor Dr. Tuptim Angkaew for graciously consenting to serve as the member of examination committee and their valuable suggestions. In addition, I acknowledge the Communications Authority of Thailand (CAT) for providing me the research equipment and experimental site. I also wish to acknowledge all my co-workers who are involved in the Canada-ASEAN Ku-band propagation project and my co-workers at the CAT for providing me with their kind assistance. I would like to expresses my appreciation to Miss Angkana Pacharapha from the Telephone Organization of Thailand, for her help in correcting my English writing.

Finally, I very much appreciate my wife, my son and my daughter, for their love, understanding and encouragement me during the five years of my study.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TABLE OF CONTENTS

PAGE

PAGE

LIST OF TABLES

PAGE

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

PAGE

PAGE

PAGE

PAGE

PAGE

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF SYMBOLS

SYMBOLS	DESCRIPTIONS
$\propto$	specific attenuation in dB/km
α	threshold Attenuation in dB
β	ratio of convective rainfall of Rice and Holmberg rainfall rate model
λ	wave length in meter
κ, Λ	the constants of specific attenuation
σ	the fraction of transmissitivity
γ	threshold rain intensity in mm/h
ρ, μ	the fitted parameters of the exponential distribution of rain intensity distribution
ϕ, θ	empirical constants of ITU-R 732 model for worst month distribution
a, b, d	the fitted constants of double exponential distribution of fade duration distribution
i	the number of hour-interval
m	refractive index
n	number of selected hour-interval of a day
n(a)d(a)	Drop size distribution
n(a)	number of rain drop
v(a)	raindrop velocity
x, y	the fitted constant of the power-law distribution of cumulative rain attenuation distribution
A	measured attenuation in dB
A(p)	measured attenuation at percentage time "p"
Bi	event of rain intensity exceeding threshold in i'th hour interval
D	fade duration time in seconds
Dq	threshold fade duration time in seconds
$F_y(\alpha)$, Py	average or annual cumulative distribution of rain attenuation
$F_{Hi}(\alpha)$	average cumulative distribution of rain attenuation in i'th hour interval
Hi	event of rain attenuation exceeding threshold in the i'th hour interval
M_1	High rainfall rate with thunderstorms
M_2	High rainfall rate without thunderstorms
Leff(p)	effective path length at percentage tine "p"
Pw	average worst month distribution
P(Y)	probability of event Y
P(H\Y)	conditional probability of event H given Y is known
P(H,Y)	Joint probability of event H and event Y

SYMBOLS	DESCRIPTIONS
R	observed rain intensity in mm/h
Ri	event of rainfall in i'th hour interval
T_s	increasing noise temperature in degree Kelvin
T_m	effective medium temperature in degree Kelvin
T_{sp}	atmospheric noise temperature in degree kelvin
T_{earth}	earth noise temperature in degree kelvin
T_{cs}	clear sky noise temperature in degree kelvin
T_{total}	total observation times
Y	event of rain attenuation exceeding threshold in all observation periods
Z	event of rainfall in 24 hours or all observation periods

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF ABBREVIATIONS

ACTS	Advance Communications Technology Satellite
ASEAN	Association of Southeast Asia Nation
BER	Bit Error Rate
C/No	Carrier-to-noise Density
CAT	Communications Authority of Thailand
CCIR	International Radio Consultative Committee
CETUC	Catholic University of Rio de Janeiro, Brazil
CIDA	Canadian International Development Agency
COR	Correlation Coefficient
COV	Covariance of Variation
CRC	Communications Research Centre
DTH	Direct-to-Home
E/S	Earth Station
EIRP	Equivalent Isotropic Radiated Power
G/T	Gain-to-Noise Temperature
GPO	General Post Office
INTELSAT	International Telecommunications Satellite Organization
ISDN	Integrated Services Digital Network
ITCZ	Inter-tropical Convergence Zone
ITALSAT	Italian Communications Satellite System
ITU-R	International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector
ITU-T	International Telecommunication Union - Transmission Sector
MEASAT	Malaysian Satellite System
NASA	National American Space Agency
OLYMPUS	European Satellite System
PALAPA	Indonesian Satellite System
RAM	Random Access Memory
THAICOM	Thai Communication Satellite System
VSAT	Very Small Aperture Terminal

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย