การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของเรนไฮต์เพื่อทำนายการลดทอนของสัญญาณย่านความถี่เคยู เนื่องจากฝนในประเทศไทย

นาย ไวทยา บุญญรัตน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-245-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16757865

Analysis of Variations in Rain Height for Prediction of Ku-Band Attenuation due to Rain in Thailand

Mr. Waitaya Buriyarat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1995

ISBN 974 - 632 - 245 - 1

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของเรนไฮต์เพื่อทำนายการลดทอนของสัญญาณย่านความถี่เคยู เนื่องจากฝนในประเทศไทย

โดย นาย ไวทยา บุญญรัตน์

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร มงคล เดชนครินทร์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร ณรงค์ อยู่ถนอม)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร ทับทิม อ่างแก้ว)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ไวทยา บุญญรัตน์ : การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของเรนไฮต์เพื่อทำนายการลดทอนของสัญญาณย่านความถี่เคยู เนื่องจากฝนในประเทศไทย (ANALYSIS OF VARIATIONS IN RAIN HEIGHT FOR PREDICTION OF KU-BAND ATTENUATION DUE TO RAIN IN THAILAND) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ, 52 หน้า.
ISBN 974 - 632 - 245 - 1

ในย่านความถี่มากกว่า 10 GHz รวมทั้งความถี่เคยู (Ku-Band 14/11 GHz) ฝนเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการลดทอนของสัญญาณในระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศแห่งสหประชาชาติ (ITU) จึงได้จัดทำแบบจำลองมาตรฐานการลดทอนของสัญญาณเนื่องจากฝนในย่านความถี่ที่มากกว่า 10 GHz โดยแบบจำลองดังกล่าวเป็นฟังก์ชันของระดับความสูงของฝนโดยมีค่าที่ขึ้นกับเส้นรุ้งของโลก ปัจจุบันพบว่าแบบจำลองของ ITU-R เมื่อนำมาใช้คำนวณในเขตมรสุมรวมทั้งประเทศไทย จะให้ข้อผิดพลาดในการคำนวณเมื่อเปรียบเทียบกับการวัดการลดทอนโดยตรง เพราะลักษณะของฝนในเขตมรสุมมีการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงของฝนค่อนข้างมาก

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงได้ศึกษาระดับความสูงของฝน โดยทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับความสูงที่ 0 ° C ไอโซเทอม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความชื้น อุณหภูมิ ฯลฯ ในภูมิภาคต่างๆของประเทศไทย โดยใช้สถิติข้อมูลสถิติอย่างน้อย 4 ปีจากกรมอุตุนิยมวิทยา แล้วหาค่าสถิติความสูงของฝนโดยวิธีเชิงประสบการณ์ปรากฏว่าแบบจำลองที่เหมาะสมกับประเทศไทย คือ

$$h_R = 4607 + 18.765\varphi - 0.152\varphi^2 - 0.039\varphi^3 \quad \text{เมตร}$$

ในที่นี้ φ คือ ตำแหน่งของเส้นรุ้ง

h_R คือ ความสูงของฝนจากระดับน้ำทะเล

เมื่อนำไปแทนค่าระดับความสูงของฝนในแบบจำลองของ ITU แล้วจะสามารถทำนายการลดทอนของสัญญาณเนื่องจากฝนได้อย่างแม่นยำกว่าแบบจำลองของ ITU-R ในอัตราร้อยละ 5.23 .โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานประมาณ 0.26

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2547 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C315674 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD: RAIN HEIGHT/0^0C ISOTHERM HEIGHT/RAIN ATTENUATION/
RADIOWAVE PROPAGATION
WAITAYA BUNYARAT : ANALYSIS OF VARIATIONS IN RAIN HEIGHT FOR PREDICTION OF KU-BAND ATTENUATION DUE TO RAIN IN THAILAND.
THESIS ADVISOR :
ASSO.PROF. PRASIT PRAPINMONGKOLKARN, PH.D.
52 pp. ISBN 974 - 632 - 245 - 1

In the frequency range of more than 10 Ghz, which includes Ku-band frequency (14/11 GHz), rain is a critical factor that attenuates signals and deteriorates the Ku-band satellite communication system. Recently, International Telecommunication Union (ITU) has designed standard rain attenuation model (ITU model) for the rain in regions with frequency range of more than 10 GHz. The said model is a function of rain height levels, depending on latitude. At present, it is found that when ITU-R model is accommodated in the south-east Asia and Thailand, there is an error in calculation when compared with attenuation measurement directly due to a large variation of effective rain height (h_R).

The objective of this research is to study the 0° C Isotherm height statistics corresponding to the effective rain height in Thailand. Various data accumulated for at least 4 years obtained from Thai's Meteorological Department (0° C Isotherm height, temperature, humidity etc) were analyed to acquire a well suitable effective rain height for Thailand that shall be appropriated for ITU-R model. This empirical results indicate that the effective rain height for Thailand is

$$h_R = 4607 + 18.765\varphi - 0.152\varphi^2 - 0.039\varphi^3$$

where: φ = latitude (degree)
h_R = effective rain height (meter)

Moreover, empirical results compared with current ITU-R model, give a better result than ITU-R model for 5.23 % with standard deviation of 0.26.

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและการให้ความรู้ คำแนะนำและคำปรึกษาอย่างใกล้ชิดของ รองศาสตราจารย์ ดร ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ นอกจากนี้ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร มงคล เตชนศรินทร์ รองศาสตราจารย์ ดร ณรงค์ อยู่เถนอม และ อาจารย์ ดร ทินทิม ช่างแก้ว ล้วนแต่ให้คำแนะนำในการแก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้ และขอขอบคุณ คุณราชันย์ เหล็กกล้า ที่ได้ให้ข้อมูล คำแนะนำและคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ อีกทั้งขอขอบคุณเป็นอย่างมากที่กรมอุตุนิยมวิทยาได้กรุณาให้ข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณครูและอาจารย์ที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ และขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ท่านคอยห่วงใย ดูแลเอาใจใส่และเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

ไวทยา บุญญรัตน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญภาพ ..... ซ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม 2

1.2 ระดับความสูงของฝน 3

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

2. ฝน 5

2.1 ลักษณะการเกิดฝน 5

2.2 ชนิดของฝน 6

2.3 พายุฟ้าคะนอง 6

3.ระดับความสูงของฝน ITU-R model และผลการวิจัยที่ผ่านมา 10

3.1 ระดับความสูงของฝนโดย ITU-R model 10

3.2 แบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณหาการลดทอนของสัญญาณ 11

3.3 ผลการวิจัยระดับความสูงของฝนที่ผ่านมาในอดีต 12

4. การวิจัยหาค่าระดับความสูงของฝนในประเทศไทย 16

4.1 ที่มาและข้อมูลวิจัย 16

4.2 การวิเคราะห์ความถดถอย 16

4.3 ผลการวิจัย 18

5. สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ 42

รายการอ้างอิง 44

ภาคผนวก 46

ประวัติผู้เขียน 52

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

4.1 การเปลี่ยนแปลงของระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอมตามจังหวัดต่างๆในประเทศไทย.....33
4.2 การเปรียบเทียบค่าการลดทอนที่กรุงเทพมหานคร.....38

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่

1.1 แสดงระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม ที่วัดได้ในขณะที่มีฝนตกแบบพาความร้อนและระดับความสูงของฝน 2
1.2 ความแตกต่างของการก่อตัวของกลุ่มเมฆและลักษณะการตกของฝนในฝนแบบพาความร้อนที่มีพายุฟ้าคะนองกับฝนแบบกระจาย 3
2.1 ระยะเริ่มก่อตัวเป็นเมฆคิวมูลัสซึ่งเป็นระยะแรกของการเกิดพายุฟ้าคะนอง 7
2.2 ระยะเจริญเติบโตเต็มที่ (Mature stage) ของพายุฟ้าคะนอง 8
2.3 ระยะสลายตัวของพายุฟ้าคะนอง 8
2.4 การกระจายของหยาดน้ำฟ้าในเมฆฟ้าคะนอง 9
3.1 แสดงระดับความสูงของฝนตาม ITU-R 1994 10
3.2 แบบจำลองที่ใช้ในการทำนายค่าการลดทอนของสัญญาณของ ITU-R 11
3.3 ระดับความสูงของฝนที่ได้จากการวัดโดยเรดิโอมิเตอร์ 14
3.4 ระดับความสูงของฝนกับอัตราฝนตก 14
3.5 ระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม วัดที่กรุงวอร์ซอในช่วงเวลา 27 ปีแยกตามชนิดฝน 15
4.1 ค่าผลรวมกำลังสองมีค่ามาก 17
4.2 ค่าผลรวมกำลังสองมีค่าน้อย 17
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°Cไอโซเทอมกับความชื้นสัมพัทธ์ 19
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°Cไอโซเทอมกับอุณหภูมิ 19
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิ 20
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°Cไอโซเทอมขณะที่มีฝนตกกับอัตราฝนตก แยกตามเวลาที่อุบลราชธานี 21
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°Cไอโซเทอมขณะที่มีฝนตกกับอัตราฝนตกที่อุบลราชธานี 21
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°Cไอโซเทอมขณะที่มีฝนตกกับอัตราฝนตก แยกตามเวลาที่กรุงเทพมหานคร 22
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°Cไอโซเทอมขณะที่มีฝนตกกับอัตราฝนตก ที่กรุงเทพมหานคร 22
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°Cไอโซเทอมขณะที่มีฝนตกกับอัตราฝนตก ที่ประเทศไทย 23
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอมเฉลี่ยรายเดือนกับอุณหภูมิ แยกตามเวลา ที่อุบลราชธานี 24
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอมเฉลี่ยรายเดือนกับอุณหภูมิ ที่อุบลราชธานี 24

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอมเฉลี่ยรายเดือนกับอุณหภูมิ แยกตามเวลาที่กรุงเทพมหานคร 25
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอมเฉลี่ยรายเดือนกับอุณหภูมิที่กรุงเทพมหานคร 26
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอมเฉลี่ยรายเดือนกับอุณหภูมิ แยกตามเวลาที่สงขลา 27
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอมเฉลี่ยรายเดือนกับอุณหภูมิ ที่สงขลา 27
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอมเฉลี่ยรายเดือนกับอุณหภูมิ แยกตามเวลาที่เชียงใหม่ 28
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอมเฉลี่ยรายเดือนกับอุณหภูมิ ที่เชียงใหม่ 28
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอมขณะที่มีฝนตกกับอุณหภูมิ แยกตามเวลาที่อุบลราชธานี 29
4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอมขณะที่มีฝนตกกับอุณหภูมิ แยกตามเวลาที่กรุงเทพมหานคร 30
4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอมขณะที่มีฝนตกกับอุณหภูมิ ที่ประเทศไทย 31
4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับองศาละติจูดของประเทศไทย 32
4.23 ระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม ที่จังหวัดต่างๆในประเทศไทย 34
4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอมขณะที่มีฝนตกกับระดับความสูงของฝนในช่วงฤดูฝน 36
4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอมขณะที่มีฝนตกกับระดับความสูงของฝนในระยะตลอดปี 36
5.1 แสดงระดับความสูงของฝนที่ได้จากการวิจัยเปรียบเทียบกับของ ITU ในประเทศไทย 40