หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 1

# บทนำ

ในปัจจุบันการใช้งานการสื่อสารผ่านดาวเทียมมีการใช้งานเพิ่มมากขึ้น และความถี่ที่ใช้ในระบบสื่อสารดาวเทียมส่วนมากจะอยู่ในย่านความถี่ซี (C-Band , 4/6 GHz) ความถี่เคยู (Ku-Band , 11/14 GHz) และ ความถี่เคเอ (Ka-Band , 20/30 GHz) โดยเฉพาะในเขตมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ได้มีการใช้งานระบบสื่อสารดาวเทียมย่านความถี่ซีนี้แพร่หลายจนทำให้เกิดปัญหาด้านสัญญาณเกิดการรบกวนกันขึ้นในระบบสื่อสารดาวเทียม ทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง นอกจากนี้ตำแหน่งวงโคจรค้างฟ้า (Geostationary Orbit) สำหรับดาวเทียมความถี่ซีปัจจุบันค่อนข้างหนาแน่น คาดว่าในอนาคตอาจจะไม่สามารถวางตำแหน่งดาวเทียมย่านความถี่ซีได้อีก ดังนั้นในอนาคตอันใกล้นี้ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมจะต้องหันมาใช้งานในย่านความถี่เคยู หรือย่านความถี่เคเอเพิ่มมากขึ้น ข้อดีของความถี่เคยู คือ ปัจจุบันความถี่ย่านนี้ได้ถูกกำหนดให้ใช้เฉพาะในระบบสื่อสารดาวเทียมเท่านั้น จึงถูกรบกวนจากระบบไมโครเวฟภาคพื้นดินน้อยมาก และดาวเทียมที่ใช้ย่านความถี่เคยู สามารถเพิ่มกำลังส่งให้มีระดับความแรงของสัญญาณได้สูง(มากกว่า 51 dBW) จึงทำให้สถานีภาคพื้นดินสามารถใช้จานรับส่งสัญญาณขนาดเล็กได้ แต่ข้อเสียของความถี่ในย่านความถี่เคยู นี้ก็คือ สัญญาณจะถูกลดทอนเนื่องจากฝนได้ง่าย ในบริเวณเขตเส้นศูนย์สูตรและเขตมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งมีฝนตกชุก การลดทอนของสัญญาณความถี่เคยูก็จะยิ่งมีมากขึ้นกว่าบริเวณแถบอื่นของโลก ฉะนั้นการศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะของการลดทอน จึงมีความจำเป็นเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบระบบสื่อสารดาวเทียมย่านความถี่เคยูในเขตมรสุม ให้ถูกต้องและตรงตามมาตรฐานสากล ในการออกแบบระบบสื่อสารดาวเทียมเคยูในปัจจุบัน เราจะใช้วิธีการหาค่าเปอร์เซนต์การลดทอนของสัญญาณเคยูในช่วงเวลา 1 ปีได้ 2 วิธี คือ จากการวัดโดยตรง (Direct Measurement) หรือโดยเรดิโอมิเตอร์( Radiometer) และจากการคำนวณของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU-R model) ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการออกแบบระบบดาวเทียมในกรณีที่ไม่มีข้อมูลจากการวัดโดยตรง ซึ่งในการคำนวณค่าการลดทอนของ ITU-R model นั้น ความถูกต้องแม่นยำจะขึ้นอยู่กับข้อมูลที่สำคัญ คืออัตราฝนตก(R) มุมเอียงของจานสายอากาศที่สถานีภาคพื้นดินทำกับแนวระนาบ(Elevation angle $\theta$) และ ระดับความสูงของฝน หรือ เรนไฮต์(Rain Height $h_R$) เป็นต้น

สำหรับการหาค่าการลดทอนจากการวัดโดยตรง ปัจจุบันการสื่อสารแห่งประเทศไทยร่วมกับประเทศสิงคโปร์ อินโดนีเซีย และ แคนาดา ได้ทำการทดลองศึกษาการแพร่กระจายคลื่นย่านความถี่เคยู 12 GHzในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ [18] พบว่า ผลการวัดการลดทอนโดยใช้เรดิโอมิเตอร์ เทียบกับ ITU-R model [16] ที่มุมเงยต่ำๆ (น้อยกว่า 10 องศา) มีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบที่มุมเงยเท่ากับ 40 องศา พบว่า ITU-R model ทำนายได้ต่ำกว่าการวัดโดยเรดิโอมิเตอร์

โดยทั่วไปแล้ว จากสถิติของกรมอุตุนิยมวิทยาในประเทศไทย พบว่า ฝนที่เกิดในเขตมรสุมและในประเทศไทย แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ ฝนแบบตกกระจายทั่วไป ฝนแบบพาความร้อน และ ฝนแบบพายุฤดู

ร้อน (Tropical Cyclone) เช่น ฝนที่เกิดในกรณี พายุไต้ฝุ่น ดีเปรสชัน เป็นต้น รายละเอียดของฝนแต่ละชนิดจะอธิบายในบทที่ 2

การวิจัยครั้งนี้จะศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงของฝนในประเทศไทยเป็นหลัก เพื่อปรับปรุงการทำนายการลดทอนของ ITU-R model ให้ถูกต้องยิ่งขึ้น

1.1 ระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม (0°C Isotherm Height)

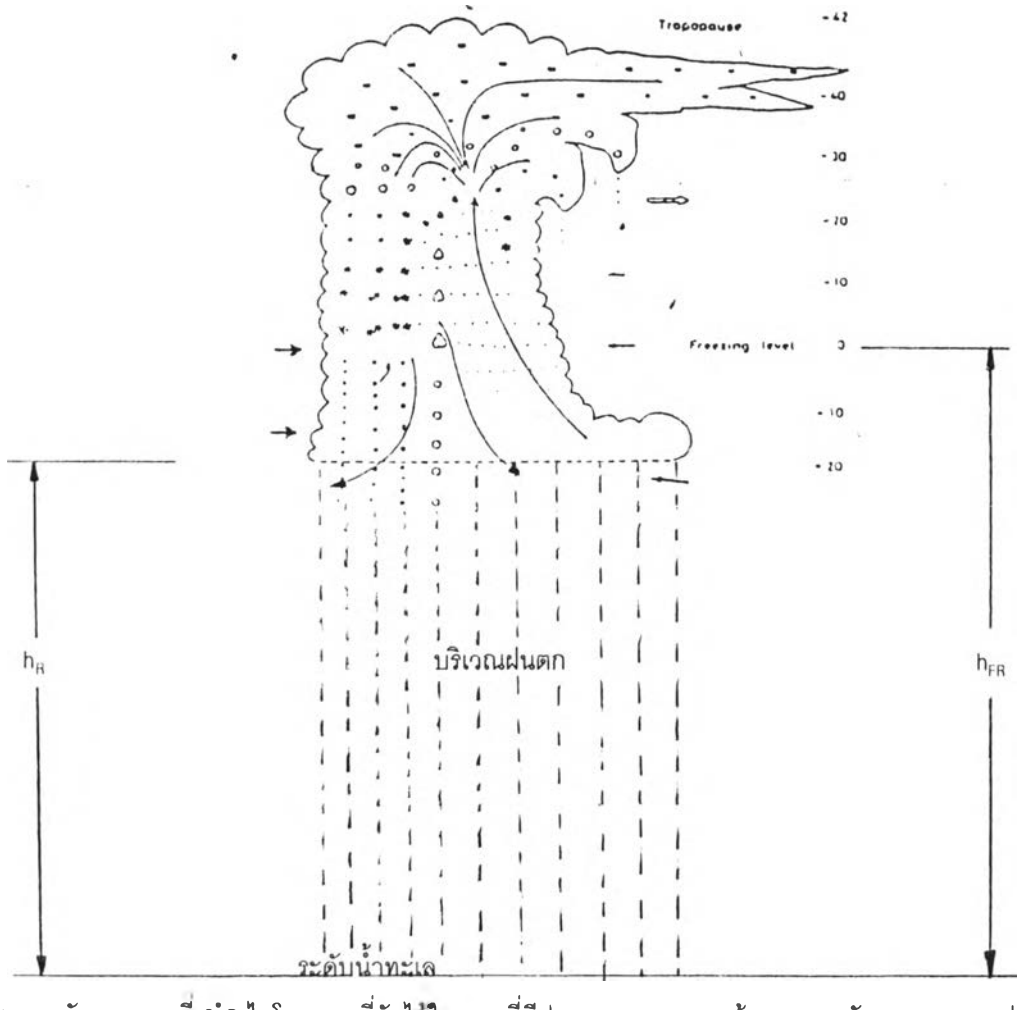
คือระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลจนถึงชั้นบรรยากาศ ณ บริเวณที่มีอุณหภูมิ 0° เซลเซียสในกรณีที่มีฝนหรือไม่มีฝนก็ตาม ตัวแปรที่ใช้แทนค่าระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม มีอยู่หลายตัวแปรขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่ทำการวัด กล่าวคือ

$h_{FR}$ คือ ค่าระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม ที่วัดได้ในขณะที่มีฝนตก

$h_{FS}$ คือ ค่าระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม ที่วัดได้ในช่วงฤดูฝน (มิถุนายน - ตุลาคม)

$h_{FM}$ คือ ค่าระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม ที่วัดได้เฉลี่ยรายเดือน

$h_{FY}$ คือ ค่าระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม ที่วัดได้เฉลี่ยรายปี




รูปที่ 1.1 แสดงระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม ที่วัดได้ในขณะที่มีฝนตกแบบพาความร้อนและระดับความสูงของฝน

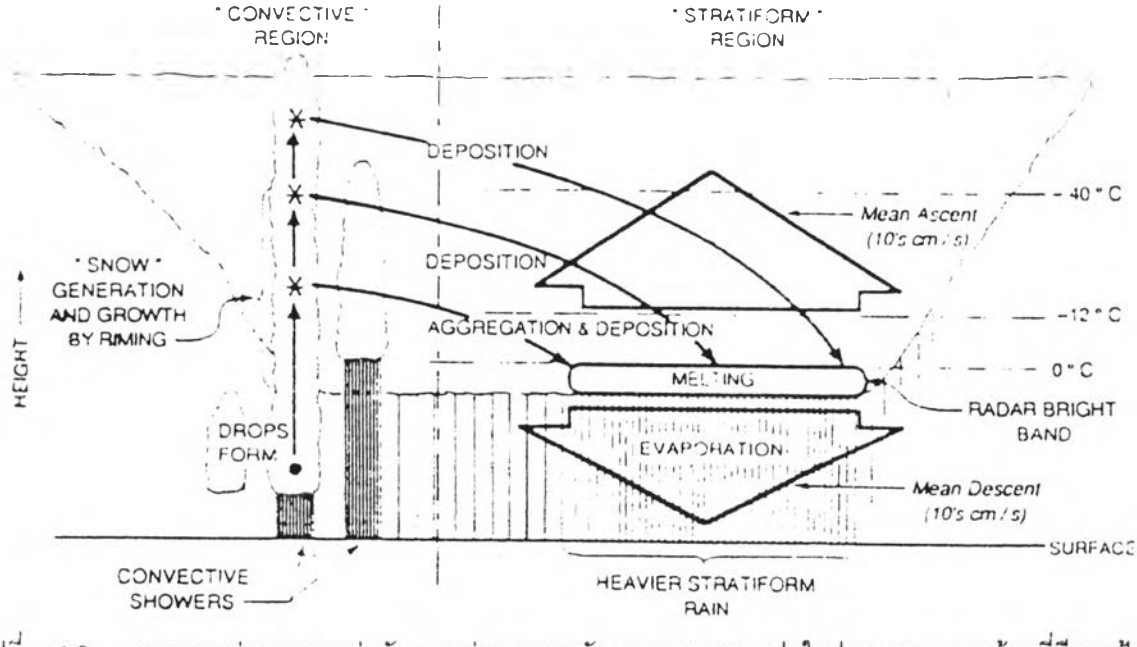
1.2 ระดับความสูงของฝน (Rain Height-$h_R$)

ในการคำนวณหาค่าการลดทอนเนื่องจากฝนโดยวิธีการของ ITU-R model นั้น ตัวแปรที่สำคัญอันหนึ่งก็คือ ระดับความสูงของฝน ($h_R$) ซึ่งคำนิยามของ ระดับความสูงของฝน ($h_R$) นั้นก็คือ ระดับความสูงซึ่งมีหยดน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 0.1 mm เกิดขึ้นใต้ฐานของจุดหลอมละลาย (Melting Layer) ซึ่งหยดน้ำขนาดนี้จะมีผลต่อการแพร่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในแนวเอียงของแนวเดินทางของสัญญาณ เพื่อให้เห็นภาพอย่างชัดเจน รูปที่ 1.1 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างระดับความสูงของฝนกับระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม ที่วัดได้ในขณะที่มีฝนตก แต่ในการหาค่าระดับความสูงของฝน วิธีที่ง่ายที่สุดก็คือการประมาณค่า ระดับความสูงของฝน ($h_R$) ให้เท่ากับค่าระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม ในระหว่างที่มีฝนตกเกิดขึ้น ($h_{FR}$) [3] ซึ่งวิธีการประมาณค่าดังกล่าวนี้ความถูกต้องจะขึ้นอยู่กับชนิดของฝนที่ตก กล่าวคือ [4]

1.2.1 ถ้าเป็นฝนแบบพาความร้อน(Warm Rain) จะตกเพียงระยะเวลาสั้นๆ อาจตกหนักแต่หยุดเร็ว การก่อตัวของฝนแบบนี้จะเกิดขึ้นที่ระดับต่ำกว่าค่าระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม ที่ถูกวัดระหว่างที่มีฝนตก ($h_{FR}$) ทำให้ $h_R < h_{FR}$ จึงเป็นการประมาณค่าระดับความสูงของฝนที่ทำให้เกิดการลดทอนเกินกว่าความเป็นจริงดังแสดงในรูปที่ 1.2 ระดับความสูงของฝนจะเปลี่ยนแปลงขึ้นลง

1.2.2 ถ้าเป็นฝนแบบที่มีพายุฝนฟ้าคะนอง (Thunderstorm Rain) มีความหนาแน่นมาก มีฟ้าแลบ มีฟ้าร้อง เม็ดฝนจะถูกลมพัดขึ้นไปที่ระดับสูงกว่า $h_{FR}$ ทำให้ $h_R > h_{FR}$ จึงเป็นการการประมาณค่าระดับความสูงของฝนที่ทำให้เกิดการลดทอนต่ำกว่าความเป็นจริง

1.2.3 ถ้าเป็นฝนแบบตกกระจายทั่วไป ( Stratiform Rain ) ที่มีการก่อตัวไม่รุนแรงและการแปรปรวนของบรรยากาศค่อนข้างน้อย บริเวณที่เกิดเม็ดฝนจะต่ำกว่าจุดหลอมละลายเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 1.2 กรณีนี้เราจะประมาณค่า $h_R = h_{FR}$ ซึ่งการประมาณค่าจะใกล้เคียง




รูปที่ 1.2 ความแตกต่างของการก่อตัวของกลุ่มเมฆและลักษณะการตกของฝนในฝนแบบพาความร้อนที่มีพายุฟ้าคะนองกับฝนแบบกระจาย [19]

## 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1. เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม ในระหว่างที่มีฝนและไม่มีฝนในประเทศไทย

1.3.2. เพื่อวิเคราะห์สถิติของ ระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม ในปีต่างๆในประเทศไทยเป็นระยะเวลามากกว่า 4 ปี

1.3.3. เพื่อหาสูตรของระดับความสูงของฝนที่เหมาะสมกับประเทศไทย

1.3.4. เพื่อนำค่าระดับความสูงของฝนที่ได้จากการวิเคราะห์ ร่วมกับ ITU-R modelไปใช้ในการทำนาย (Prediction) การลดทอนของสัญญาณเนื่องจากฝนในประเทศไทย

## 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยนี้จะทำการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม ในภูมิภาคต่างๆ ในประเทศไทย แล้วเขียนสมการออกมาในรูปแบบเชิงประสบการณ์ (Empirical) จากนั้นทำการหาค่าระดับความสูงของฝน โดยใช้การคำนวณจากสูตรของ ITU-R แล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงของฝนกับระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม แล้วเขียนสมการของระดับความสูงของฝนออกมาในรูปแบบเชิงประสบการณ์

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการวิจัยในโครงการนี้จะทำให้สามารถทราบถึงค่า ระดับความสูงที่ 0°C ไอโซเทอม และ ระดับความสูงของฝน จากการวัดโดยใช้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาในช่วงมากกว่า 4 ปีในภาคต่างๆในประเทศไทย ซึ่งมีค่าน่าเชื่อถือได้ เมื่อนำมาใช้กับการทำนายการลดทอนของ ITU-R model จะช่วยในการทำนายการลดทอนของสัญญาณเนื่องจากฝนได้ถูกต้องยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการออกแบบระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมในย่านความถี่เคยูในประเทศไทย