

## บทที่ 8

### ระบบการเตือนภัยด้านดินถล่ม

#### 8.1 การเตือนภัยด้านดินถล่ม

การเตือนภัยได้แบ่งออกเป็น 2 กรณีใหญ่ๆ ได้แก่ การเตือนภัยทางอ้อมและการเตือนภัยทางตรง การเตือนภัยทางอ้อม ได้แก่ การเตือนภัยโดยใช้ปริมาณน้ำฝนซึ่งจำเป็นต้องสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับอัตราส่วนความปลอดภัยของลาดชัน ทั้งนี้เพื่อให้ได้เกณฑ์การเตือนภัยด้วยน้ำฝน โดยค่าน้ำฝนที่ได้มาจากการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดน้ำฝน (Rain Gauge) และความชื้นในมวลดินที่เปลี่ยนไปสำหรับการประเมินค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินจากการติดตั้งเครื่องมือวัดศักย์แรงดูดน้ำหรือแรงดันน้ำในดิน (Tensiometer/ Piezometer) ดังรูปที่ 8-1 สำหรับการเตือนภัยทางตรง ได้แก่ การดำเนินการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมในสนามที่วัดการเคลื่อนตัวของแผ่นดินโดยตรง เช่นการใช้ Inclinometer หรือ Extensometer ดังแสดงในรูปที่ 8-2 และรูปที่ 8-3

สำหรับงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้เน้นการเตือนภัยทางอ้อมโดยอาศัยข้อมูลการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ แล้วสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การวิเคราะห์พื้นที่โอกาสเกิดดินถล่ม โดยใช้หลักการทางวิศวกรรมปฐพีกลศาสตร์ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองเพื่อประเมินพื้นที่โอกาสเกิดดินถล่มแบบใกล้เวลาปัจจุบัน (Real Time) นั้นต้องอาศัยข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ถูกต้องและละเอียดเพียงพอต่อการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น

สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนจึงเป็นอีกเครื่องมือหนึ่งที่สำคัญต่อการเตือนภัยด้านดินถล่ม ในปัจจุบัน หลายๆ หน่วยงานได้มีการเก็บข้อมูลน้ำฝนในพื้นที่เสี่ยงภัย โดยมีทั้งการจดบันทึกจากกระบอกตวงแบบง่ายไปจนกระทั่งการตั้งสถานีตรวจวัดเก็บข้อมูลแบบอัตโนมัติ ตลอดจนการส่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนเข้าสู่ฐานข้อมูลส่วนกลางด้วยระบบส่งข้อมูลทางไกล (Wireless GPRS) อย่างไรก็ตามการส่งข้อมูลด้วยระบบนี้ยังมีข้อเสียอยู่บ้าง คือ สามารถตั้งสถานีได้ในพื้นที่ที่มีสัญญาณโทรศัพท์เท่านั้น ซึ่งอาจจะเป็นตัวแทนของปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้ไม่ถี่นักเนื่องจากโดยส่วนใหญ่แล้วจะอยู่ในบริเวณพื้นที่ชุมชนหรือในตัวอำเภอเมือง แต่ลักษณะของการเกิดดินถล่มนั้นโดยส่วนมากมักจะเกิดในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง และเป็นพื้นที่ที่อับสัญญาณโทรศัพท์จึงไม่สามารถตั้งสถานีตรวจวัดได้

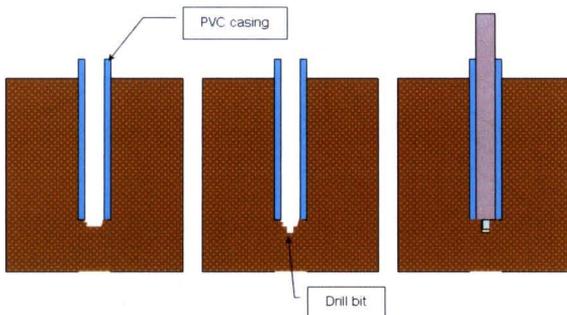
ดังนั้น คณะผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลการส่งสัญญาณในรูปแบบอื่นเพื่อแก้ปัญหาการติดตั้งสถานีตรวจวัดน้ำฝนในพื้นที่อับสัญญาณโทรศัพท์ โดยจะได้กล่าวต่อไป



ก. เครื่องวัดน้ำฝน

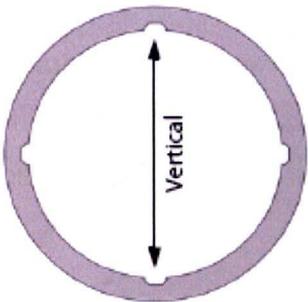


ข. รูปแบบ Tensiometer ที่นำมาใช้งาน



ค. การติดตั้ง KU-Tensiometer ในสนาม

รูปที่ 8-1 เครื่องมือวัดศักยภาพแรงดันน้ำหรือแรงดันน้ำในดิน



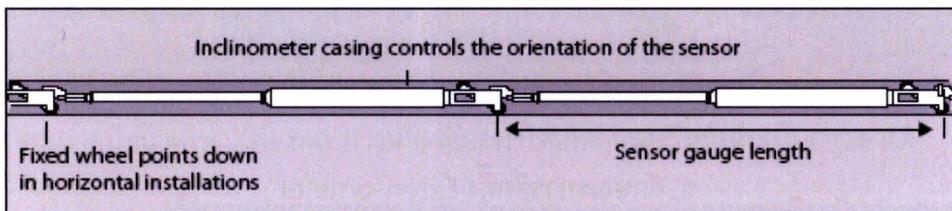
ก. ลักษณะของท่อ (Casing)  
 ที่ใช้ในการติดตั้งในชั้นดิน



ข. หัววัดค่าการเคลื่อนตัว

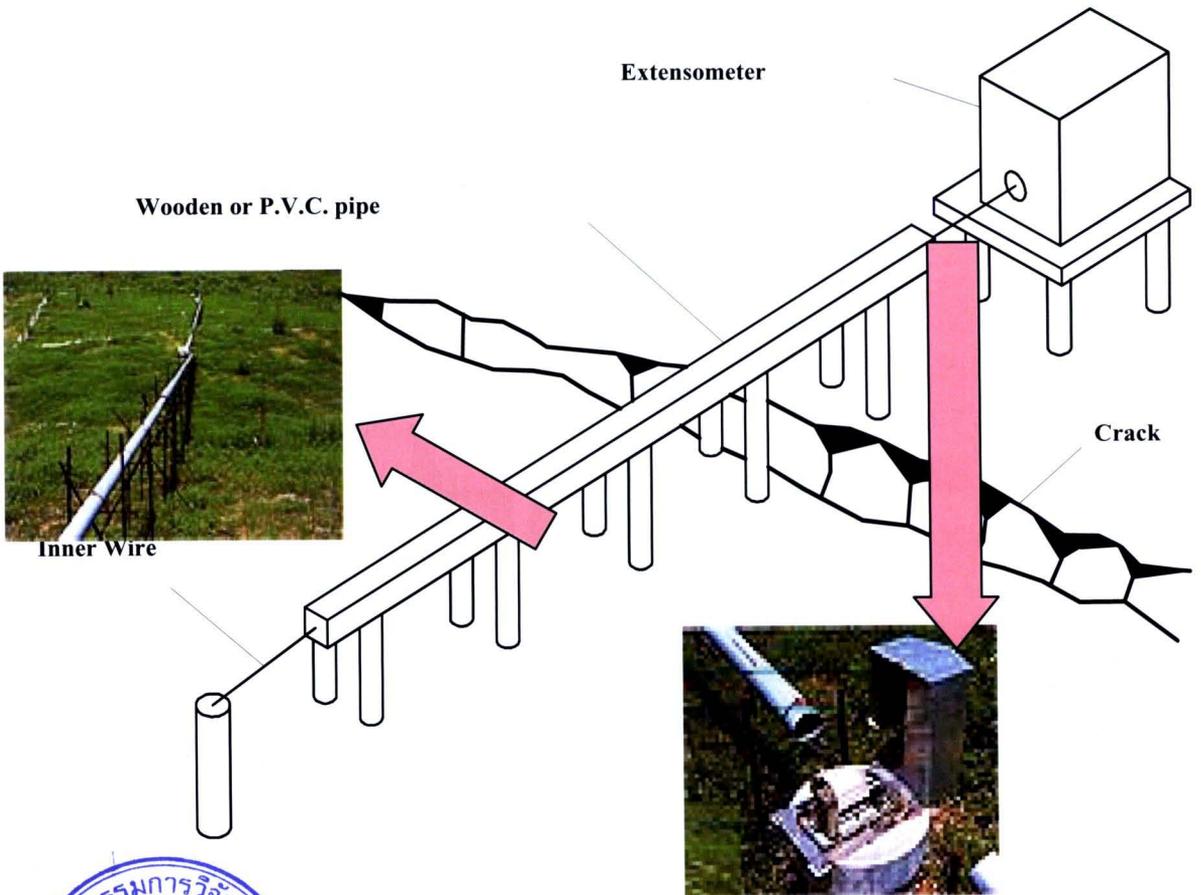


ค. หัววัดการเคลื่อนตัวแบบติดตั้งใน  
 ที่ (In-Place Inclinator  
 Sensors)

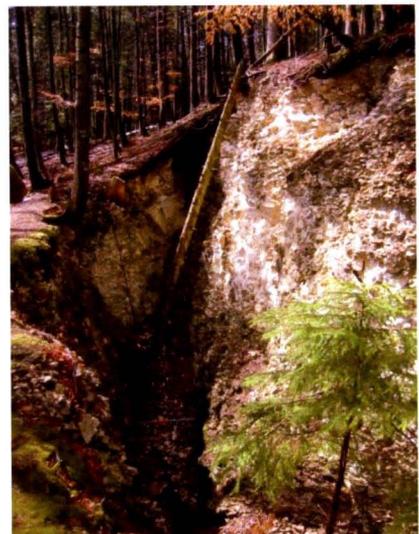


ง. ลักษณะการติดตั้งหัววัดในที่

รูปที่ 8-2 ตัวอย่างเครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวบนลาดเขา (Inclinometer)



ก. เครื่องมือวัดการขยายตัว (Extensometer)



ข. ลักษณะการติดตั้ง Extensometer

รูปที่ 8-3 เครื่องมือวัดการขยายตัว (Extensometer)

## 8.2 การพัฒนาระบบการเตือนภัย

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาข้อมูลของเครื่องมือส่งสัญญาณโดยอาศัยการสื่อสารแบบ Meteor Communication ซึ่งได้รับการสนับสนุนข้อมูลจากคุณธีรศักดิ์ อนันตกุล ทั้งนี้เนื่องจากการเตือนภัยน้ำท่วมดินถล่มในสถานการณ์ที่ฝนตกหนักระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่มักจะมีปัญหาในการส่งข้อมูลหรือไม่สามารถส่งสัญญาณได้ในบริเวณที่อับสัญญาณโทรศัพท์ ซึ่งส่วนมากเป็นบริเวณพื้นที่ต้นน้ำที่ต้องการข้อมูลน้ำฝน การสื่อสารแบบ Meteor Burst Communication (MBC) หรือเรียกว่า การสื่อสารผ่านดาวตก โดยไม่ต้องอาศัยสัญญาณโทรศัพท์แต่จะอาศัยการสะท้อนคลื่นสัญญาณกับชั้นฝนดาวตกในระดับสูงกว่า 50 ไมล์จากผิวโลกและมีความหนาของชั้นนี้ประมาณ 25 ไมล์ โดยมีรายละเอียดของการสื่อสารแบบ MBC ดังนี้

### 8.2.1 การสื่อสารผ่านดาวตก หรือ meteor burst communication (MBC)

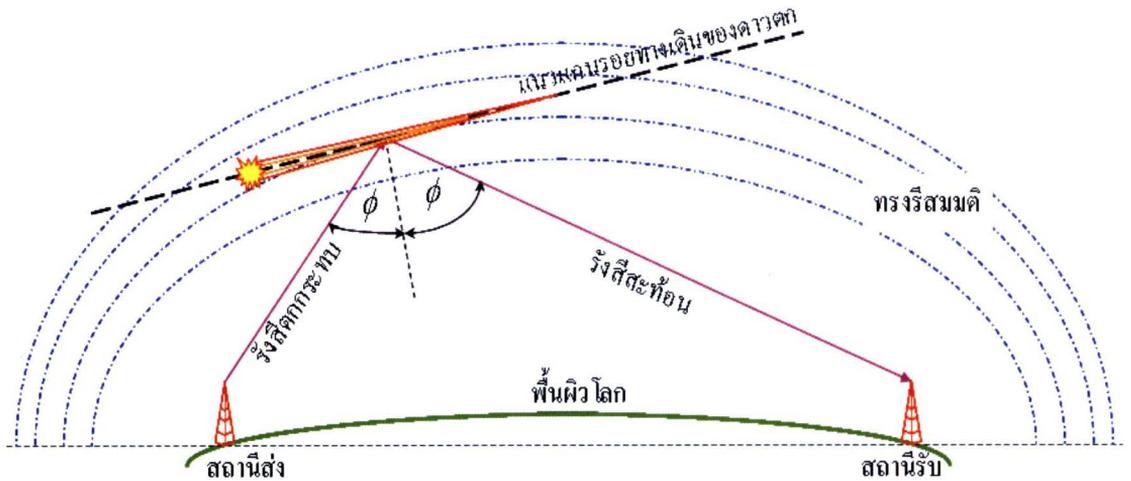
เป็นการสื่อสารที่รับส่งสัญญาณระหว่างกันโดยอาศัยการสะท้อนคลื่นวิทยุจากรอยทางเดินของดาวตก (meteor trail) โดยที่รอยทางเดินของดาวตก คือ กลุ่มประจุที่เกิดจากการแตกตัวเนื่องจากความร้อนจากการเสียดสีระหว่างอนุภาคดาวตกกับโมเลกุลของอากาศ กลุ่มประจุที่เกิดขึ้นนี้เรียงตัวเป็นแนวยาวตามเส้นทางที่อนุภาคดาวตกเคลื่อนที่ไป

ช่องสัญญาณสื่อสารผ่านดาวตกจะเกิดขึ้นเมื่อ คลื่นวิทยุจากสายอากาศส่งสะท้อนรอยทางเดินของดาวตกที่มีขนาดและแนวการวางตัวที่เหมาะสมกลับมายังสายอากาศรับ และสิ้นสุดลงเมื่อความหนาแน่นประจุของรอยทางเดินลดลงจนไม่สามารถสะท้อนสัญญาณได้ ช่องสัญญาณของการสื่อสารผ่านดาวตกจึงมีลักษณะเป็นพักๆ (intermittent) โดยมีความยาวนาน (duration) ของช่องสัญญาณอยู่ในหลักหลายร้อยมิลลิวินาที ซึ่งเพียงพอที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการสื่อสารข้อมูลได้ ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะสมบัติทั่วไปทางด้านการสื่อสาร และอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบสื่อสารผ่านดาวตก สรุปเป็นหัวข้อได้ดังนี้

#### 8.2.1.1 ลักษณะทางกายภาพของข่ายเชื่อมโยงการสื่อสารผ่านดาวตก

ในแต่ละวันมีอนุภาคขนาดเล็กพุ่งเข้าสู่โลกเป็นจำนวนมาก อนุภาคเหล่านี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วระหว่าง 11.3-72 กิโลเมตรต่อวินาที ความร้อนจากการเสียดสีกับชั้นบรรยากาศจะทำให้ตัวอนุภาคและโมเลกุลของอากาศแตกตัวเป็นกลุ่มประจุ เรียกว่า รอยทางเดินของดาวตก รอยทางเดินนี้จะเกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศในระดับที่ต่ำกว่า 120 กิโลเมตร และจะแตกตัวหมดในระดับที่สูงกว่า 80 กิโลเมตร รอยทางเดินเกือบทั้งหมดไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา จึงอาจกล่าวได้ว่า รอยทางเดินคือดาวตกที่มองไม่เห็น แต่หากอนุภาคมีขนาดใหญ่เพียงพอ การเสียดสีจะทำให้เกิดการลุกไหม้เห็นเป็นดาวตกได้

ถ้าหากพิจารณาจุดสถานีรับส่งหนึ่งคู่ แม้ว่าจะมีรอยทางเดินเป็นจำนวนมากเหนือคู่สถานีนี้ แต่รอยทางเดินที่จะสะท้อนสัญญาณได้จะต้องเป็นรอยทางเดินที่วางตัวในแนวสัมผัสกับผิวทรงรีสมมติที่มีสายอากาศส่งและสายอากาศรับเป็นจุดโฟกัสทั้ง 2 ของทรงรี ดังรูปที่ 8-4



รูปที่ 8-4 เรขาคณิตของข่ายเชื่อมโยงการสื่อสารผ่านดาวตก

เนื่องจากรอยทางเดินของดาวตกเกิดขึ้นที่ระดับความสูงประมาณ 80–120 กิโลเมตรเหนือพื้นโลก ดังนั้นระยะสื่อสารสูงสุดของระบบสื่อสารผ่านดาวตกจึงอยู่ที่ประมาณ 2,000 กิโลเมตร ขณะที่ระยะสื่อสารต่ำสุดก็ไม่ควรน้อยกว่า 200 กิโลเมตร ทั้งนี้เพราะระยะสื่อสารที่ใกล้มากเกินไปปริมาณรอยทางเดินที่เหมาะสมกับการสะท้อนสัญญาณจะลดลง และความยาวนานของสัญญาณที่สะท้อนจากรอยทางเดินก็จะสั้นลงด้วย

#### 8.2.1.2 ลักษณะสมบัติทั่วไปของระบบสื่อสารผ่านดาวตก

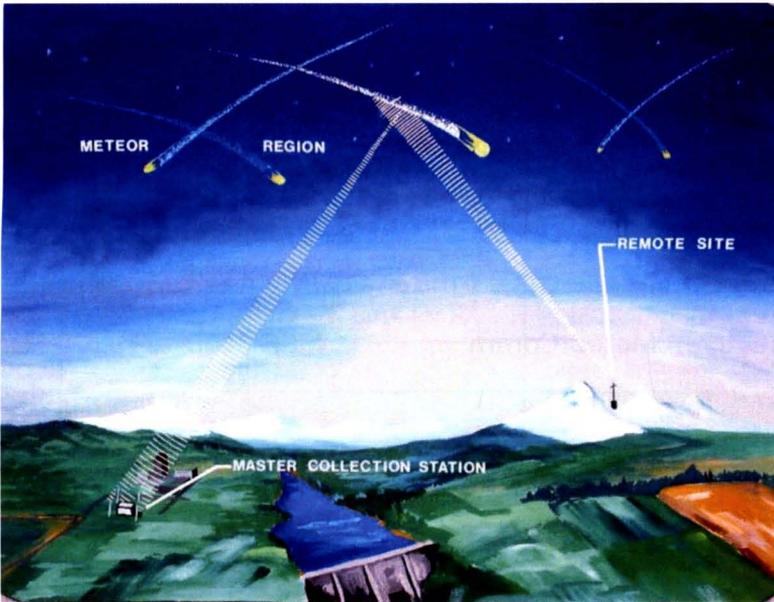
ระบบสื่อสารผ่านดาวตกมีขอบเขตการใช้งานและสมรรถนะที่จำกัดโดยธรรมชาติของตัวระบบเอง ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

- ก. ความถี่ปฏิบัติการ (operating frequency): 30 – 100 MHz
- ข. กำลังส่ง (transmit power): ไม่น้อยกว่า 100 วัตต์ โดยทั่วไปใช้กำลังส่งตั้งแต่ 100 วัตต์ จนถึงหลายกิโลวัตต์
- ค. กำลังรับ (receive power): ปกติต่ำกว่า -100 dBm
- ง. เขตคลุมสัญญาณ (footprint): ประมาณ 5 x 25 ตารางกิโลเมตร
- จ. เวลารอคอย (waiting time): ขึ้นอยู่กับกำลังส่ง แต่โดยทั่วไปจะอยู่ในหลักสิวินาที
- ฉ. ความยาวนานของช่องสัญญาณ (channel duration): ขึ้นอยู่กับกำลังส่งเช่นกัน โดยทั่วไปอยู่ในหลักหลายร้อยมิลลิวินาที
- ช. วิสัยสามารถ (throughput): อยู่ในหลัก กิโลบิตต่อวินาที

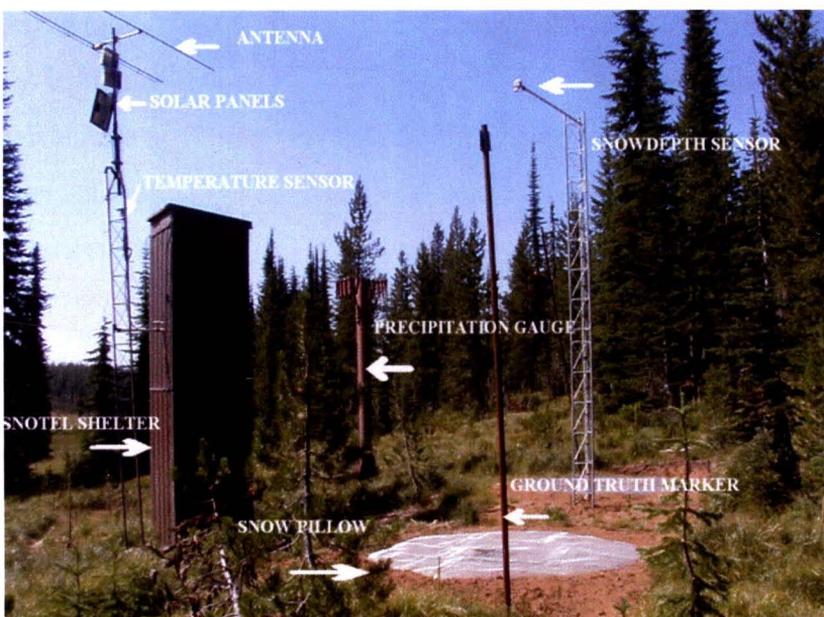
### 8.2.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบสื่อสารผ่านดาวตก

ระบบสื่อสารผ่านดาวตกอาจมีลักษณะเป็นคู่สถานีรับส่ง 1 คู่ หรือมีสถานีหนึ่งเป็นสถานีศูนย์กลาง เรียกว่า master station และมีสถานีลูกข่ายหรือ remote station อยู่หลายสถานี

ในกรณีที่ประยุกต์ใช้การสื่อสารผ่านดาวตกเป็นระบบตรวจวัดระยะไกล (remote monitoring system) มักจะมีลักษณะเป็น master station และ remote station ดังรูปที่ 8-5 และตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ที่ remote station แสดงดังรูปที่ 8-5



รูปที่ 8-5 ระบบตรวจวัดระยะไกลโดยอาศัยการสื่อสารผ่านดาวตก



รูปที่ 8-6 Remote station ของโครงการ SNOTEL

หากไม่นับอุปกรณ์ตรวจวัดหรือ sensor ต่างๆ ของระบบตรวจวัดระยะไกลแต่ละประเภท ชุดอุปกรณ์ที่ master station และ remote station จะมีเพียง เครื่องรับส่งและสายอากาศเท่านั้น ตัวอย่างของอุปกรณ์แสดงดังรูป 8-7 ถึง 8-8



รูปที่ 8-7 เครื่องรับส่ง master station รุ่น MCC-520S ของบริษัท MeteorComm ประเทศสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 8-8 เครื่องรับส่ง remote station รุ่น MCC-545B ของบริษัท MeteorComm ประเทศสหรัฐอเมริกา



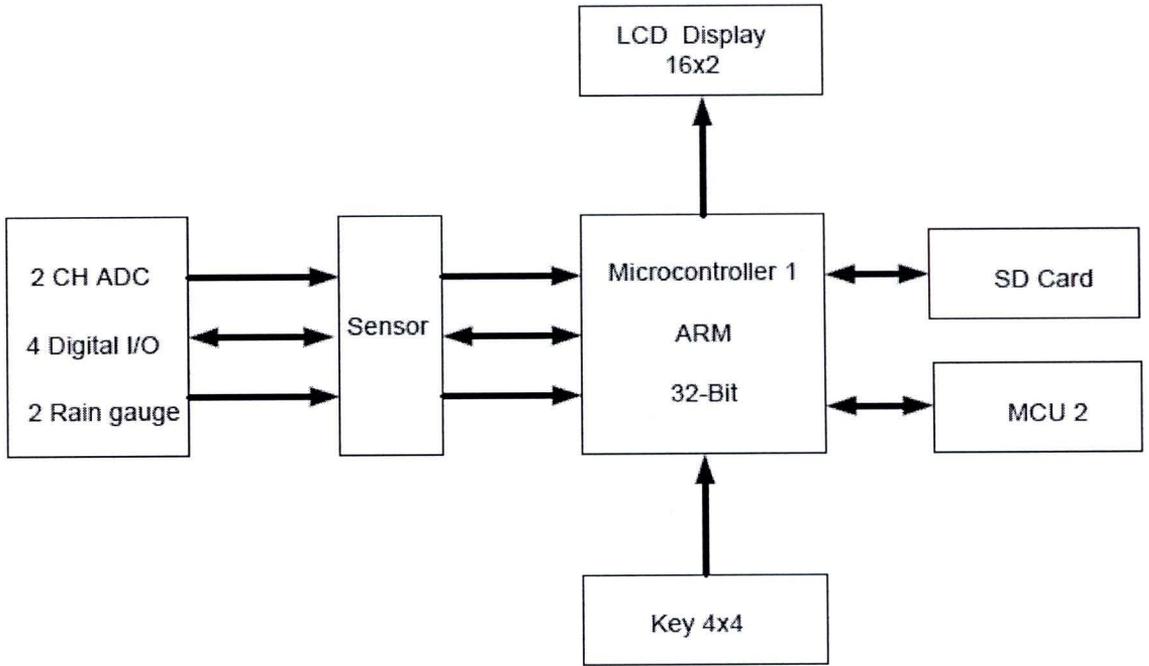
รูปที่ 8-9 ตัวอย่างสายอากาศยาขนาด 3 elements ที่ใช้ในโครงการ SNOTEL ประเทศสหรัฐอเมริกา

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการติดต่อกับทาง บริษัท พีเอิร์ธส์ คอมมิวนิเคชั่นส์ จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทภายในประเทศไทย ร่วมกับคำแนะนำจาก ดร.ธีระศักดิ์ อนันทกุล ในการกำหนดลักษณะเฉพาะของสถานีศูนย์กลาง (Master Station) และ สถานีลูกข่าย (Remote Station) สำหรับการส่งสัญญาณระบบนี้ ดังแสดงในตารางที่ 8-1

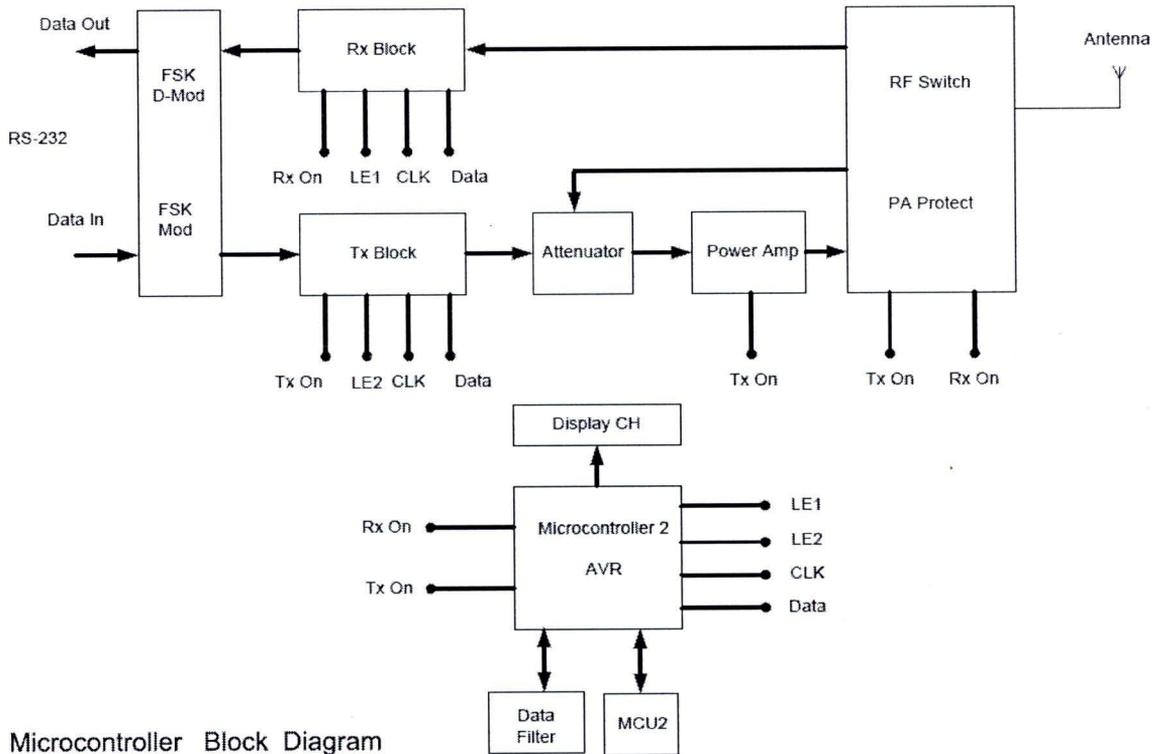
### ตารางที่ 8-1 คุณสมบัติเฉพาะของสถานีศูนย์กลาง (Master Station) และ สถานีลูกข่าย (Remote Station)

Specification	Master Station	Remote Station
Frequency	45-70 MHz	45-70 MHz
Channel Space	25 kHz	25 kHz
Modulation	FSK	FSK
Communication Port	RS-232/RS-485	RS-232/RS-485
Bitrate	600 Bps	600 Bps
RF Power	>100 Watts at 24V Input	>100 Watts at 24V Input
Protection PA	yes	yes
Power supply	220AC	+24VDC(From battery)
Digital Code	NRZ or Manchester	NRZ or Manchester
Frequency Deviation	5kHz	5kHz
Sensitivity	-100dBm for 10db SINAD	-100dBm for 10db SINAD
Current	~10Amp for TX / ~100mA for RX	~10Amp for TX / ~100mA for RX
Sensor Input	-	8 Channel
Data Packet	-	Times, ID, Port sensor, Data

สำหรับส่วนของการออกแบบพัฒนาการเก็บบันทึกข้อมูลน้ำฝนและการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับรับ-ส่งข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดในสนามเข้าสู่ส่วนกลางนั้น ได้แสดงดังรูปที่ 8-10 ชุดอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลน้ำฝนผ่านระบบการส่งสัญญาณดาวตก ดังรูปที่ 8-10 โดยชุดสถานีส่วนศูนย์กลาง (Master Station) ตั้งอยู่ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รับข้อมูลจากสถานีลูกข่าย (Remote Station) ในสนาม ข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำของเครื่องสถานีลูกข่าย แล้วจึงทำการส่งข้อมูลมายังเครื่องรับส่วนกลาง ทุกๆ 15 นาที โดยใช้คลื่นความถี่ 46 MHz ซึ่งความถี่ที่เลือกใช้นั้น คณะผู้วิจัยฯ ได้ทำการตรวจวัดระดับสัญญาณย่านความถี่ด้วยเครื่องวัดระดับสัญญาณ (spectrum analyzer) ทั้งในพื้นที่กรุงเทพมหานครและพื้นที่ศึกษาของงานวิจัยใน ต.แม่พูล อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์ เปรียบเทียบสัญญาณช่วงละ 5 MHz (จาก 45 – 75 MHz) ระหว่างสัญญาณที่ได้จากการวัดที่แม่พูลกับสัญญาณที่วัดในกรุงเทพฯ เมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2553 (รูปที่ 8-11) พบว่าช่วงคลื่นความถี่ที่เหมาะสม อยู่ในช่วง 46 MHz – 49 MHz

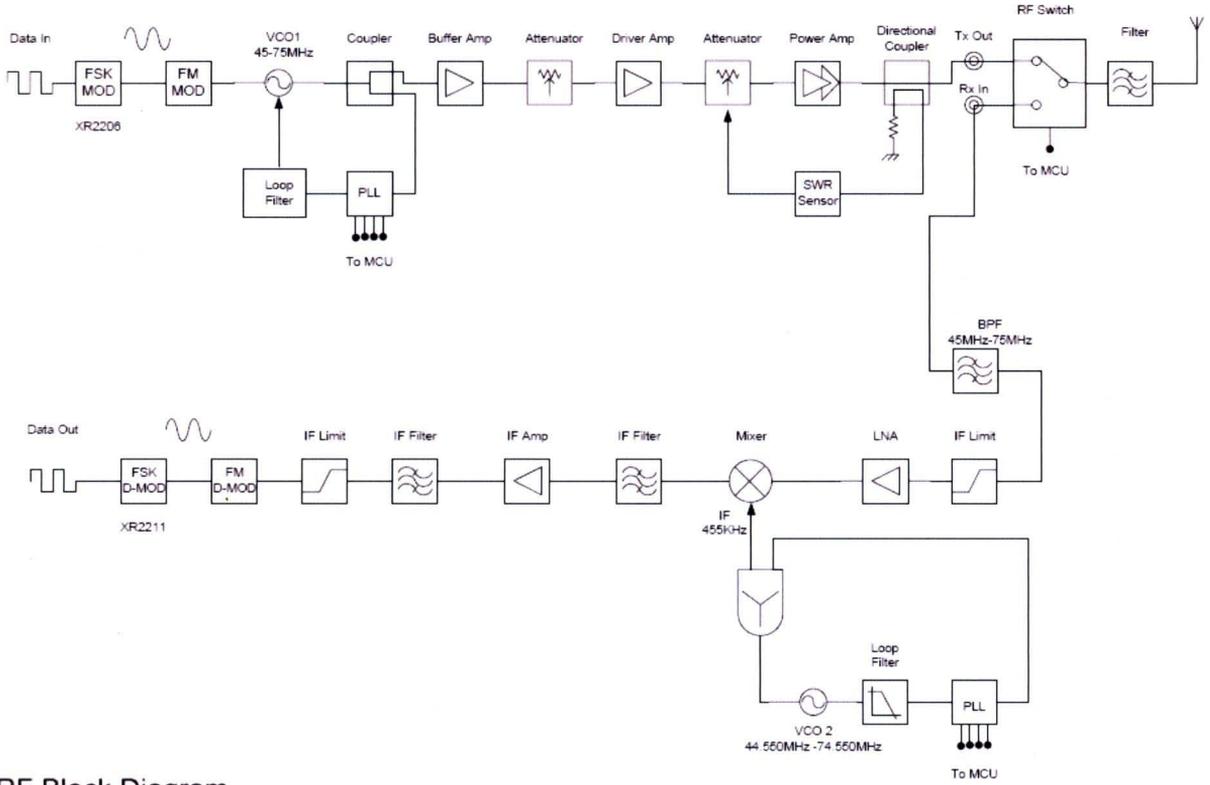


รูปที่ 8-10 แผนผังการออกแบบระบบบันทึกข้อมูล (Datalogger)



Microcontroller Block Diagram

รูปที่ 8-11 แผนผังการออกแบบระบบสถานีศูนย์กลาง (Master Station)



RF Block Diagram

รูปที่ 8-12 แผนผังการออกแบบระบบสถานีลูกข่าย (Remote Station)

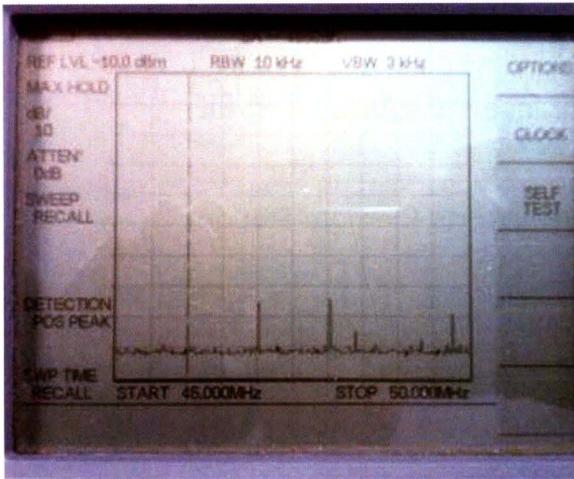
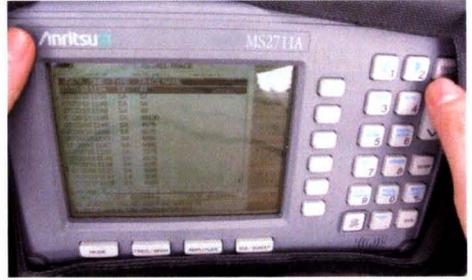


ก. Master Station

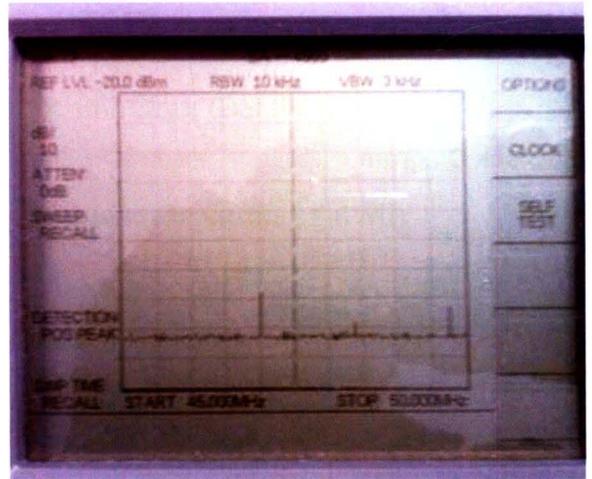


ข. Remote Station

รูปที่ 8-13 ชุดรับ-ส่งสัญญาณ ผ่านระบบดาวตก



กรุงเทพมหานคร

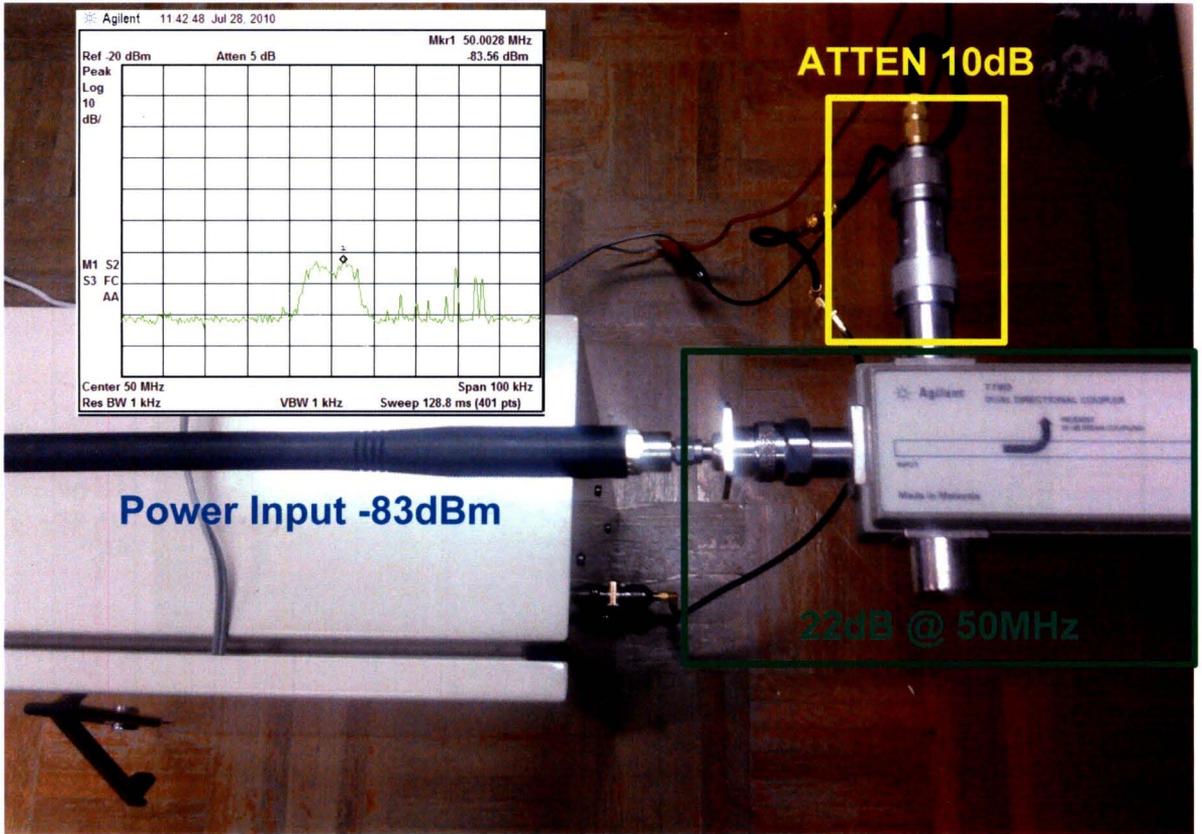


ต.แม่พูล อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์

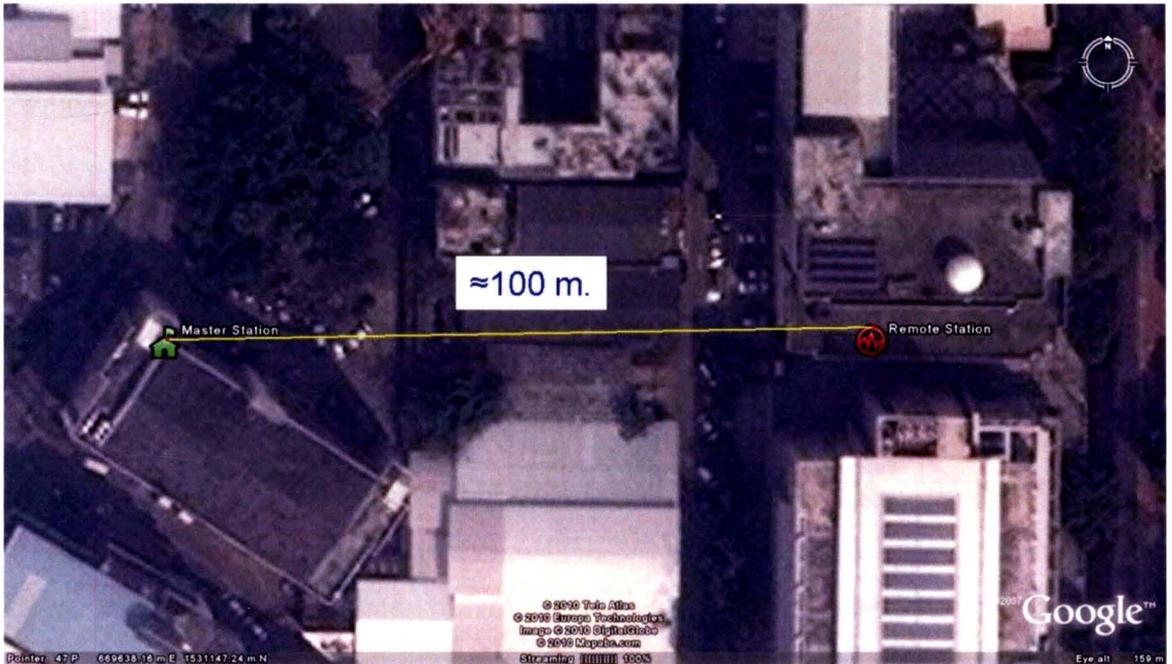
### รูปที่ 8-14 การสำรวจย่านความถี่ช่วง 45 MHz -50 MHz

#### 8.2.1.4 การทดสอบอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลเบื้องต้น

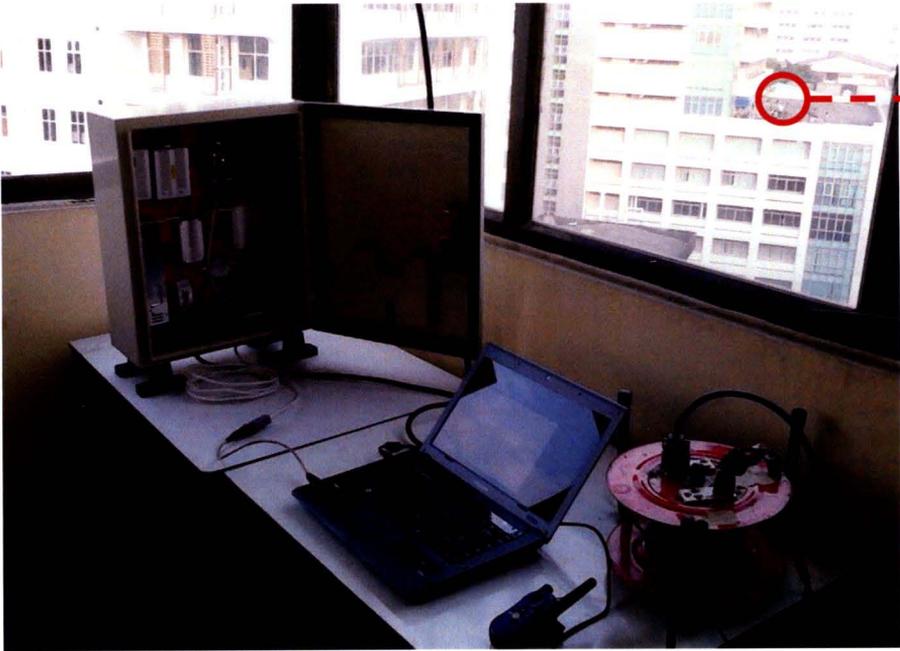
คณะผู้วิจัยฯ ร่วมกับบริษัทพีเอ็ดร ได้ทำการทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ที่ได้พัฒนาขึ้นจำนวน 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 2553 ซึ่งทำการทดสอบส่งระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่าย ระยะสั้น เพื่อตรวจสอบเครื่องมือทั้งสองชุดว่าใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์เบื้องต้นแล้วหรือยัง พบว่า สามารถรับ-ส่งสัญญาณได้ ดังรูปที่ 8-15 และครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 3 พฤศจิกายน 2553 ทดสอบการส่งข้อมูลร่วมกับการต่อสายอากาศจริงที่จะใช้ในภาคสนาม และได้ทำการเพิ่มระยะทางระหว่างเครื่องลูกข่ายกับแม่ข่ายที่ไกลมากขึ้นดังรูปที่ 8-16 พบว่า สามารถรับ-ส่งสัญญาณได้เช่นกันดังรูปที่ 8-17 ลักษณะของสัญญาณที่ตรวจวัดได้ในขณะที่มีการส่งสัญญาณออกจะแสดงจุดสูงสุดเกิดขึ้น (Peak) และค่าของย่านความถี่ที่รับได้ สำหรับการทดสอบเบื้องต้นทั้งสองครั้งทำการทดสอบที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งผลการทดสอบสามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ถูกต้องตามเงื่อนไขการส่งข้อมูล



รูปที่ 8-15 การทดสอบเบื้องต้นการรับ-ส่งข้อมูลจากเครื่องส่งสัญญาณระยะสั้น



รูปที่ 8-16 การทดสอบเบื้องต้นการรับ-ส่งข้อมูลจากเครื่องส่งสัญญาณร่วมกับเสาอากาศที่พัฒนาขึ้น

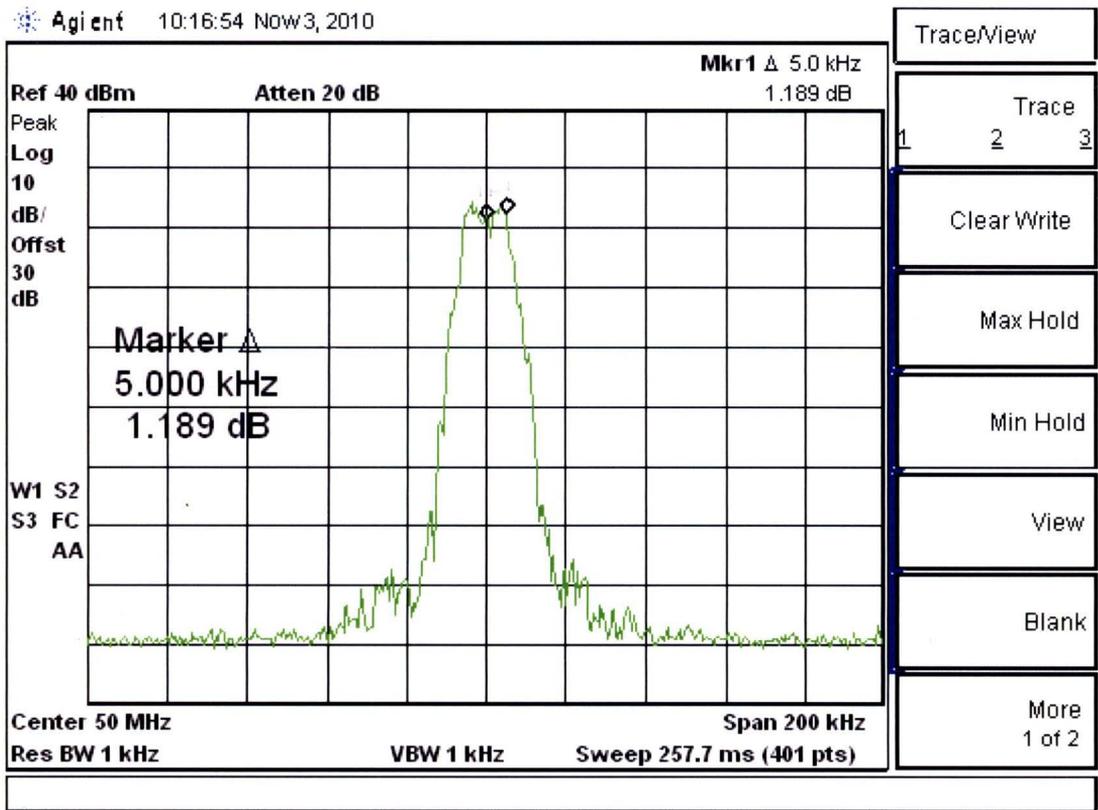


Master Station



Remote Station

รูปที่ 8-16 (ต่อ) การทดสอบเบื้องต้นการรับ-ส่งข้อมูลจากเครื่องส่งสัญญาณร่วมกับเสาอากาศที่พัฒนาขึ้น

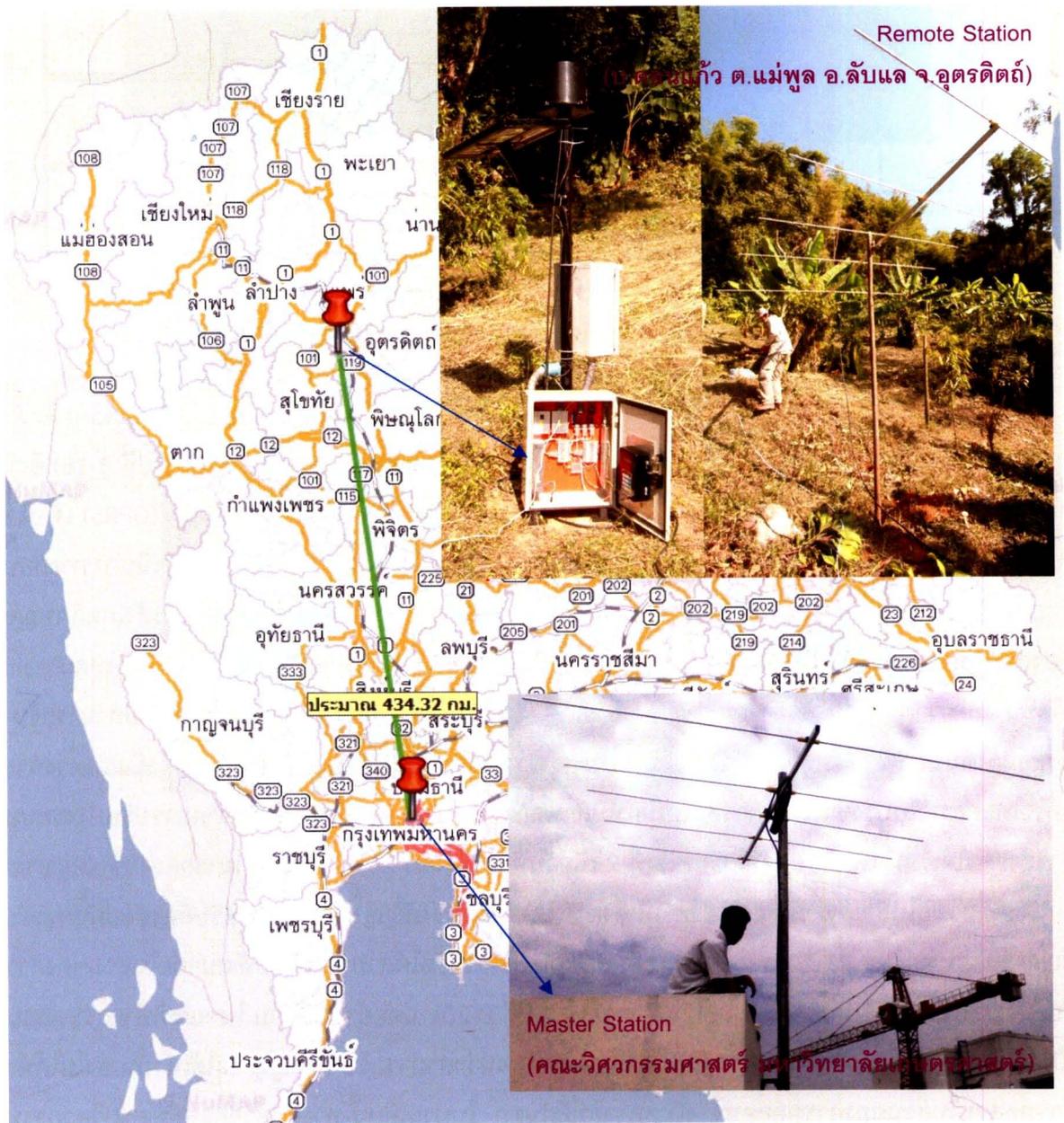


รูปที่ 8-17 ลักษณะสัญญาณที่ตรวจวัดได้

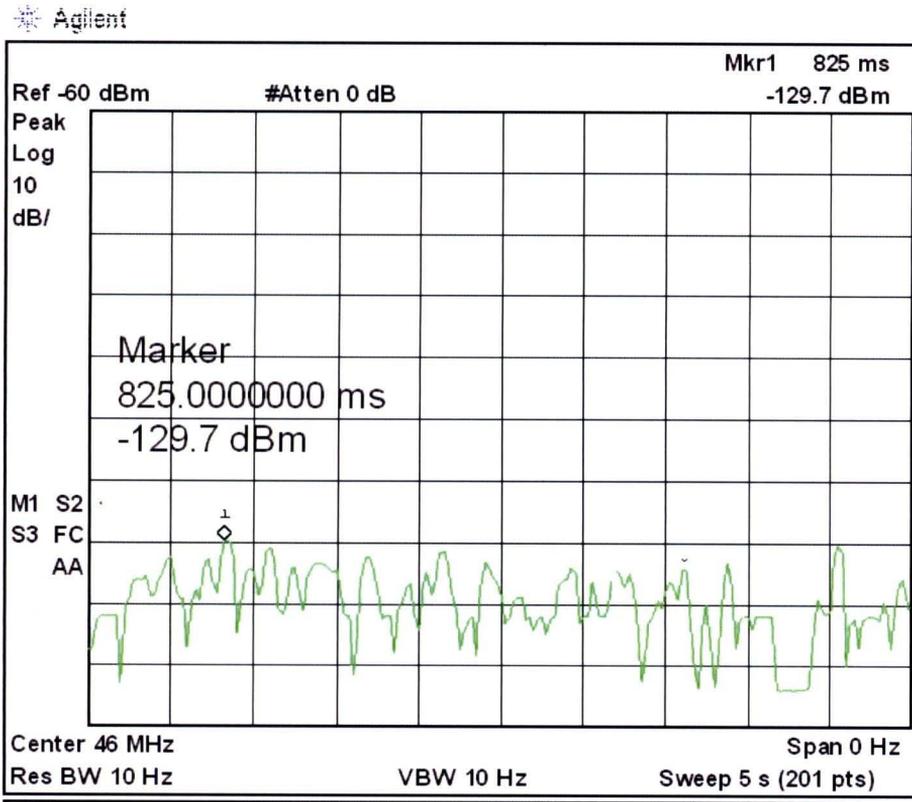
สำหรับการทดสอบจริงในสนาม โดยนำสถานีลูกข่าย (Remote Station) ติดตั้งในพื้นที่หลังโรงเรียนบ้านดอนแก้ว มีระยะห่างจากสถานีแม่ข่ายประมาณ 435 กิโลเมตร (รูปที่ 8-18) ซึ่งมีสถานีตรวจวัดน้ำฝนที่ได้ติดตั้งไปแล้วด้วยระบบการส่งข้อมูลผ่านสัญญาณโทรศัพท์ (GPRS) เพื่อใช้เปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลน้ำฝนที่ส่งเข้าสู่สถานีศูนย์กลาง (Master Station) ได้ดำเนินการทดสอบด้วยกัน 2 ช่วงเวลา โดยทดสอบช่วงที่ 1 เมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2553 ผลปรากฏว่า จากการสังเกตลักษณะของลูกคลื่นสัญญาณที่ตรวจวัดได้ในขณะที่มีการส่งสัญญาณไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีค่าสูงสุด (Peak) เกิดขึ้น แสดงว่าการทดสอบไม่สามารถรับสัญญาณได้ (รูปที่ 8-19) จากการวิเคราะห์สาเหตุที่ไม่สามารถรับส่งข้อมูลได้นั้นอาจเนื่องมาจาก เงื่อนไขของการส่งข้อมูลแต่ครั้งมีช่วงเวลาที่สั้นเกินไป จึงมีแนวทางการแก้ไขโดยการปรับปรุงช่วงเวลาการส่งข้อมูลให้มีลักษณะการส่งแบบต่อเนื่อง ซึ่งหลังจากการปรับปรุงระบบการส่งแล้วได้ทำการทดสอบภาคสนามช่วงที่ 2 เมื่อวันที่ 4 มีนาคม 2554 พบว่า สามารถตรวจจับสัญญาณการส่งคลื่นวิทยุในย่านความถี่ 46 MHz ได้ ซึ่งความแตกต่างของสัญญาณระหว่างรอรับสัญญาณกับการรับสัญญาณอยู่ประมาณ 21-22 dBm และระดับสัญญาณที่ตรวจวัดได้สามารถนำไปพัฒนาต่อในส่วนของการรับส่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนและข้อมูลสภาพอากาศได้ (รูปที่ 8-20) แต่อย่างไรก็ตาม ในขณะที่ทำการทดสอบเป็นเพียงการทดสอบการส่งสัญญาณในเบื้องต้น เพื่อพิสูจน์ว่าสามารถรับ-ส่งสัญญาณได้เท่านั้น ยังไม่ได้ทำการทดสอบในส่วนของการทดสอบจริงในสภาวะที่มีฝนตก ในประเด็นนี้ ทางศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เห็นควรว่า จำเป็นต้องทำการพัฒนาต่อ ควบคู่กับการศึกษา

พฤติกรรมการเกิดภัยดินถล่ม เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการเตือนภัยด้านดินถล่มในพื้นที่ต้นน้ำที่ไม่มีสัญญาณโทรศัพท์

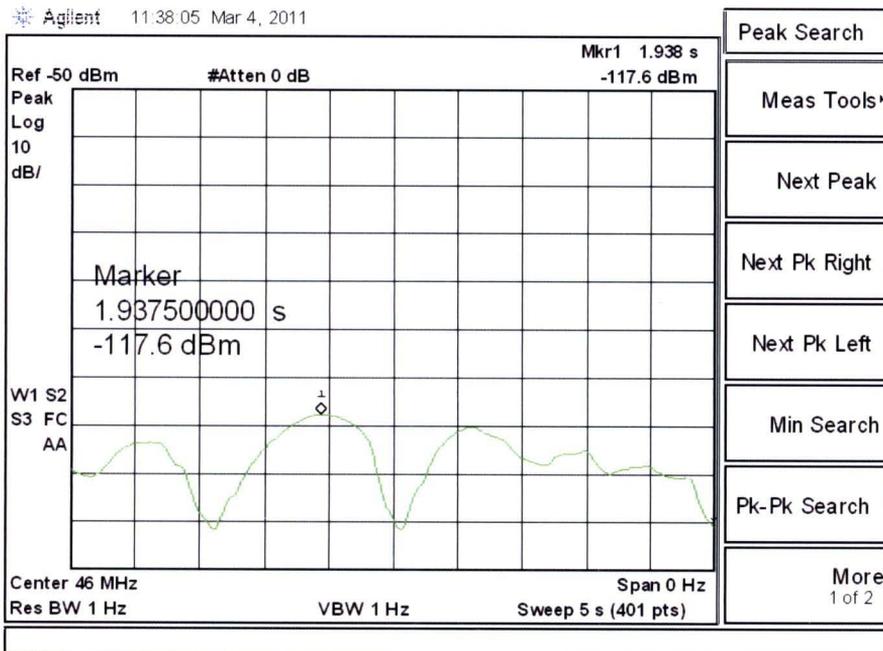
ในการใช้ระบบดังกล่าว สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กทช.) ได้อนุญาตให้มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ใช้ความถี่วิทยุคลื่น 46 MHz เพื่อใช้ในการวิจัยในโครงการนี้ ตามหนังสือ กทช.ที่ 3200/3405 ลงวันที่ 8 เมษายน 2554 โดยมีระยะเวลาในการใช้ระหว่างวันที่ 8 เมษายน 2554 – 31 มกราคม 2555 และสามารถขอขยายเวลาการใช้ได้ก่อนสิ้นสุดการอนุญาต



รูปที่ 8-18 การติดตั้งสถานีเพื่อทดสอบการรับ-ส่งสัญญาณผ่านดาวตก

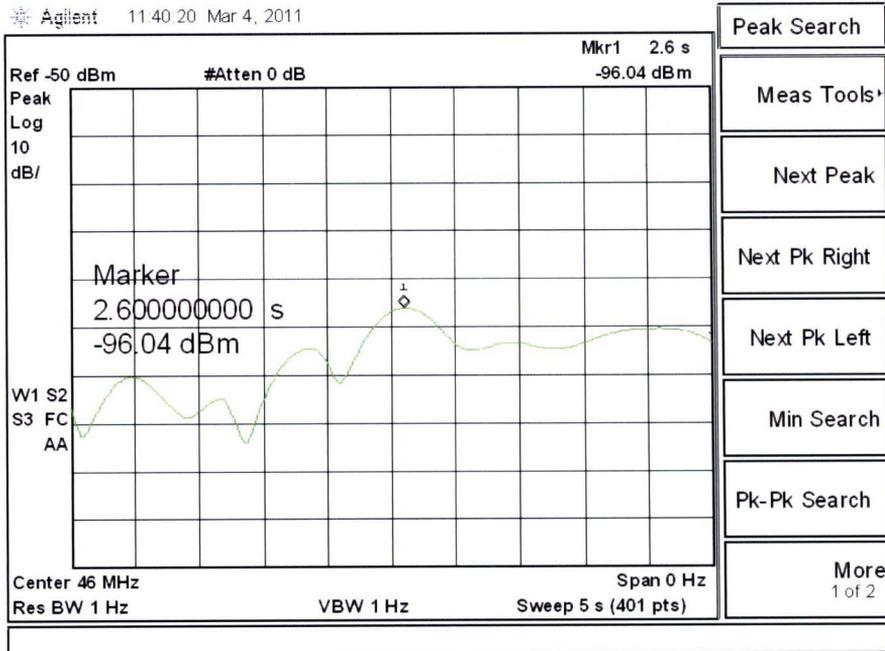


รูปที่ 8-19 ผลการตรวจวัดการรับ-ส่งสัญญาณภาคสนาม 2 ธันวาคม 2553



ก.ขณะรอรับสัญญาณ

รูปที่ 8-20 ผลการตรวจวัดการรับ-ส่งสัญญาณภาคสนาม 4 มกราคม 2554



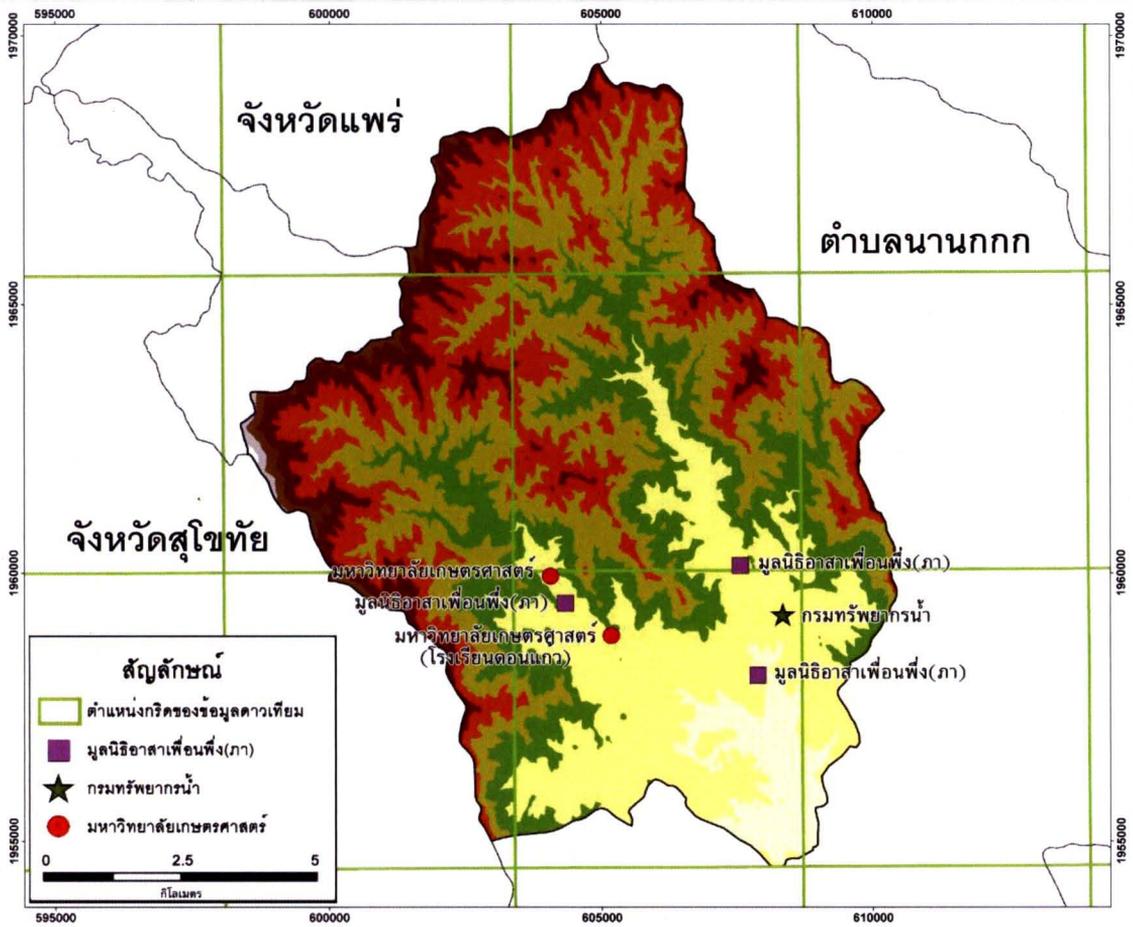
### ข. ขณะรับสัญญาณ

#### รูปที่ 8-20 (ต่อ) ผลการตรวจวัดการรับ-ส่งสัญญาณภาคสนาม 4 มกราคม 2554

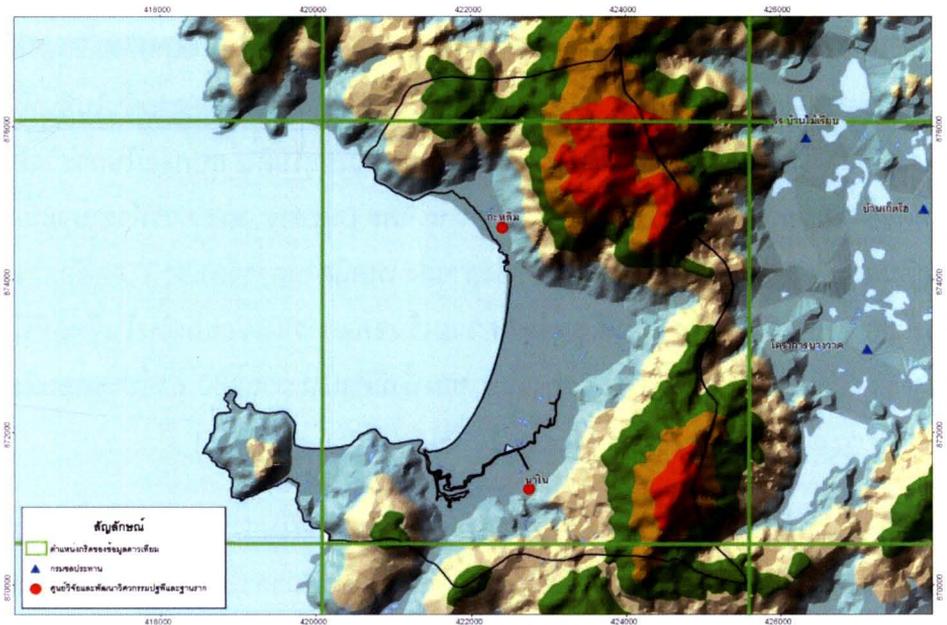
สำหรับแนวทางการพัฒนาระบบการสื่อสารผ่านดาวตกในขั้นต่อไป คือ พัฒนาในส่วนของโปรแกรมการบันทึกและการแปลผลข้อมูลที่ตรวจวัดได้ให้เป็นข้อมูลสภาพอากาศของสถานีตรวจ รวมถึงการพัฒนาในส่วนของพลังงานที่ใช้ของสถานีลูกข่าย (Remote Station) ที่อยู่ในพื้นที่ที่ไม่มีทั้งสัญญาณโทรศัพท์และไฟฟ้าเข้าถึง เพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้จริงและเกิดประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัยและการจัดการด้านภัยดินถล่มต่อไป

### 8.3 การติดตั้งสถานีตรวจวัดน้ำฝนและอุปกรณ์วัดความชื้น

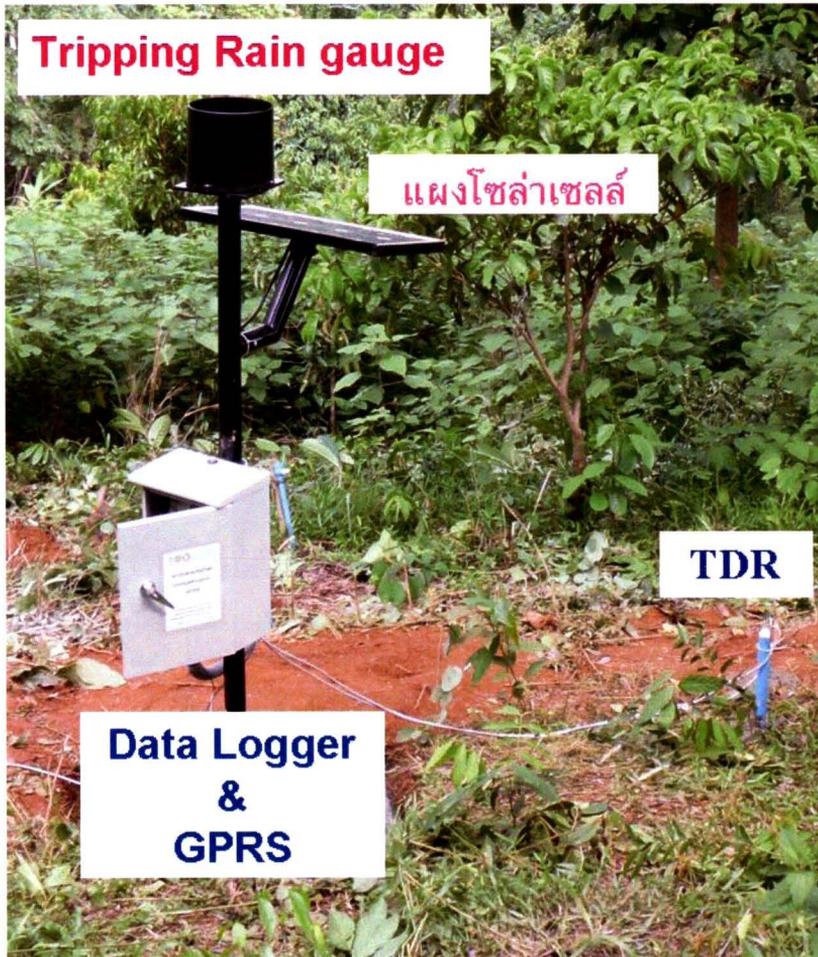
การติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนมีวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับการแปลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ดังรายละเอียดในบทที่ 6 ทั้งนี้ ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนจะกระจายอยู่ในพื้นที่ศึกษาและจะได้วางตำแหน่งให้สอดคล้องกับพิกัดของขอบเขตภาพถ่ายดาวเทียมแต่ละภาพ ดังแสดงในรูปที่ 8-21 และ 8-22 โดยระบบตรวจวัดน้ำฝนเป็นแบบ Tipping Bucket เก็บข้อมูลต่อเนื่องและส่งสัญญาณไร้สายผ่านเครือข่าย GPRS ทุกๆ 15 นาทีเข้าสู่ website [www.landslide-engineering.com](http://www.landslide-engineering.com) ภายใต้การดูแลของศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ระบบตรวจวัดน้ำฝนใช้ระบบจ่ายไฟจากแบตเตอรี่และชาร์จไฟโดยแผง Solar Cell รูปที่ 8-23 และรูปที่ 8-24 แสดงการเข้าถึงข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากการตรวจวัดจากสถานีบ้านดอนแก้ว ตำบลแม่พูน อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์



รูปที่ 8-21 ตำแหน่งพื้นที่ติดตั้งสถานีวัดน้ำฝน ต.แม่พูล อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์



รูปที่ 8-22 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝน ต.ป่าตอง อ.กะทู้ จ.ภูเก็ต

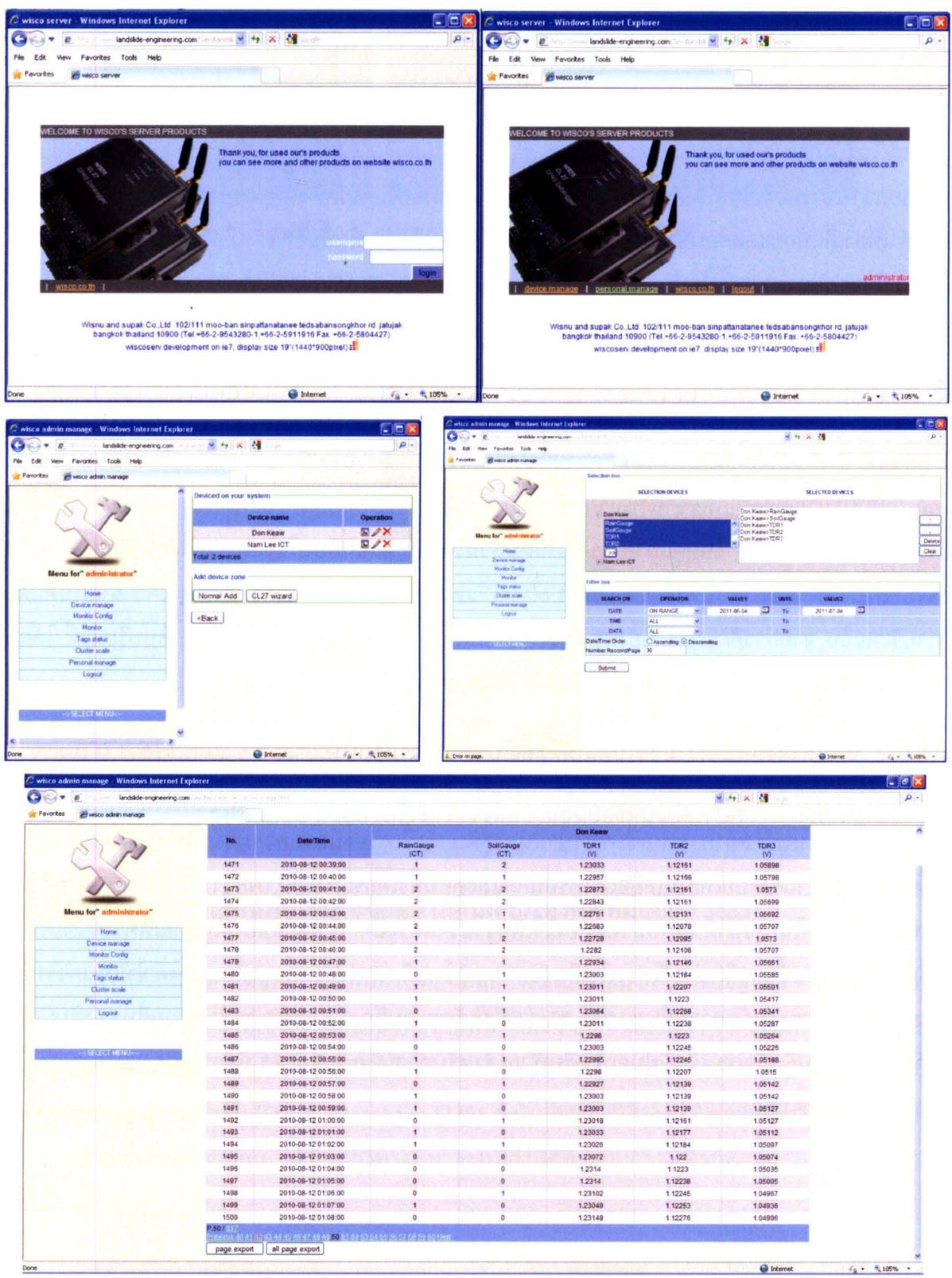


รูปที่ 8-23 ระบบเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนอัตโนมัติ

นอกจากจะติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝนแล้วยังได้ตรวจสอบความชื้นในดินโดยติดตั้งอุปกรณ์เครื่องวัดความชื้นในดินแบบ TDR (Time Domain Reflectometry) ซึ่งเป็นเครื่องวัดความชื้นในดินที่มีการทำงานโดยใช้วัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของโมเลกุลน้ำเพื่อใช้ประมาณความชื้นในดิน อุปกรณ์ในการวัดความชื้นของ TDR ประกอบด้วย Pulser, Sampling Receiver, Timing และ Display unit การทำงานจะมีการแพร่ของกระแสไฟฟ้าสู่ดินและมีการย้อนกลับมายังที่ปลายของสายส่ง เทคนิคในการวัดของ TDR คือการวัดความเร็วของการแพร่สัญญาณที่มีสัญญาณความถี่สูง โดยความเร็วของการแพร่จะลดลงในวัตถุที่มี dielectric constant ที่สูงกว่า สำหรับค่า dielectric constant ของน้ำมีค่าประมาณ 80 องค์กรประกอบที่เป็นของแข็งในดินมีค่า dielectric constant เท่ากับ 1 (Topp, 1993)

การวัดความชื้นในดินโดยใช้เครื่องวัดแบบ TDR เป็นที่นิยมใช้ในการวัดปริมาณน้ำในดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการศึกษาการใช้น้ำของพืช เพราะค่าที่ได้เป็นสัดส่วนโดยปริมาตรโดยตรง และสามารถฝังไว้ใต้ดินเพื่อทำการวัดที่เดิมได้อย่างต่อเนื่อง โดยรบกวนดินเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Topp และคณะ, 1980) สามารถวัดความชื้นในดินบริเวณใกล้ผิวดิน มีความเป็นอิสระกับชนิดดินและความเค็ม รวมทั้งยังสามารถใช้ได้กับคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง (ESI Environment Sensors, Inc., 1999) Topp และคณะ (1980) พบว่าค่า

dielectric constant ยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในดิน แต่ค่านี้จะไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของดิน ชนิดดิน ความหนาแน่นของดิน และปริมาณของเกลือในดิน



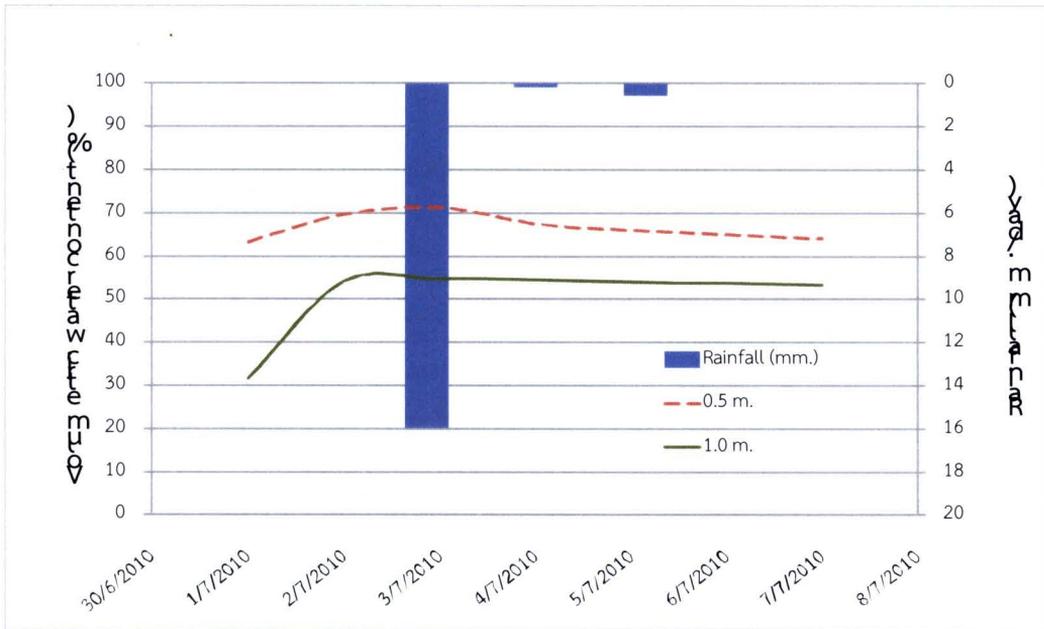
รูปที่ 8-24 ลักษณะข้อมูลจากการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนอัตโนมัติผ่านเว็บไซต์

อมลรัตน์ (2544) ทำการศึกษาความผันแปรความชื้นในดินของป่าเบญจพรรณ โดยใช้เครื่องวัดความชื้นในดินแบบ TDR ทำการวัดปริมาณความชื้นในดินทุกวัน ตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2542 ถึง 30 เมษายน พ.ศ. 2543 ในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลตามความลาดชัน 4 ระดับคือ ส่วนล่าง ส่วนกลางตอนล่าง ส่วนกลางตอนบน และส่วนบนความลาดชัน ที่ระดับความลึกจากผิวดิน 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 และ 90-120 เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณความชื้นในดินเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ในช่วงฤดูฝนปริมาณความชื้นในดินมีค่าอยู่ระหว่าง 20-40 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และในฤดูแล้งมีค่าน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร การลดลงของความชื้นในดินมีการลดลงอย่างช้าๆ ช่วงปลายฤดูฝนจนมีค่าเพียงเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่ในฤดูแล้ง ความชื้นในดินจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อมีฝนตกลงมา บริเวณที่มีความผันแปรของความชื้นในดินมากที่สุด คือที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร สำหรับปริมาณความชื้นในดินช่วงฤดูฝนมีค่าสูงสุดเท่ากับ 44.6 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ในเดือนตุลาคม บริเวณส่วนกลางตอนล่างความลาดชันที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร สำหรับปริมาณความชื้นในดินต่ำสุดเท่ากับ 0.6 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ในเดือนกุมภาพันธ์ บริเวณส่วนบนความลาดชันที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง สาเหตุที่ความชื้นในดินบริเวณนี้มีค่าน้อยเกิดจากปริมาณดินเหนียวที่มีอยู่ไม่มาก แต่มีปริมาณของรากพืชจำนวนมาก อีกทั้งยังเป็นพื้นที่ที่อยู่บนยอดเขาทำให้มีช่วงเวลาในการรับแสงยาวนานกว่าบริเวณอื่น ในฤดูแล้งความชื้นในดินส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกันในทุกระดับความลึก ยกเว้นบริเวณส่วนล่างความลาดชันที่ระดับความลึก 60-90 และ 90-120 เซนติเมตร มีปริมาณความชื้นในดินต่ำกว่าบริเวณอื่น จากการศึกษาครั้งนี้ยังพบอีกว่าปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดปริมาณความชื้นในดินบริเวณนี้ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณอนุภาคดินเหนียว และบริเวณที่ตั้งของพื้นที่

ทั้งนี้เครื่องมือวัดความชื้นในดินได้ติดตั้งในระดับความลึกประมาณ 0.5 เมตร และ 1.0 เมตรจากผิวดินลงไปตามลำดับ เพื่อใช้สำหรับตรวจวัดความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและความชื้นในมวลดินนำไปใช้พิสูจน์แบบจำลองการไหลซึมของน้ำฝนลงสู่ดิน ทั้งนี้เครื่องมือวัดความชื้นที่ใช้ (รูปที่ 8-25) เป็นเครื่องมือที่พัฒนาโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ซึ่ง NECTEC ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการนำต้นแบบมาทดลองใช้เพื่องานวิจัยครั้งนี้ ลักษณะของสัญญาณที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือวัดความชื้นจะมีหน่วยวัดทางไฟฟ้า (Voltage) โดยมีกราฟเปรียบเทียบเพื่อแปลงค่าให้เป็นความชื้นของดิน จากการตรวจวัดความชื้นของดิน พบว่า ที่ระดับความลึก 0.5 เมตร ระดับความชื้นของดินมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นชัดเจนเมื่อมีฝนตกในพื้นที่ แต่สำหรับความลึก 1.0 เมตร มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินเล็กน้อย ดังรูปที่ 8-26



รูปที่ 8-25 อุปกรณ์วัดความชื้นของดิน (TDR)



รูปที่ 8-26 ตัวอย่างการตรวจวัดความชื้นของดินจาก TDR

#### 8.4 การทดสอบการเตือนภัยโดยใช้ข้อความสั้นผ่านโทรศัพท์มือถือ (SMS)

การเตือนภัยด้านดินถล่ม เพื่อให้การเตือนภัยมีประสิทธิภาพมากขึ้น คณะผู้วิจัยฯ มีแนวคิดว่าหากมีการแจ้งเตือนภัยล่วงหน้าที่จะเข้าถึงประชาชนที่อยู่ในพื้นที่โอกาสเกิดดินถล่มและรวดเร็วแล้ว น่าจะเป็นวิธีที่สามารถลดผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินได้อย่างมาก ดังนั้น จึงได้นำเสนอการแจ้งข่าวเตือนภัยดินถล่มในพื้นที่ด้วยการส่งข้อความสั้น (Short Message, SMS) ซึ่งในปัจจุบันนี้ถือได้ว่าโทรศัพท์มือถือได้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในทุกกลุ่มคน จึงเป็นช่องทางที่น่าจะเป็นไปได้สำหรับการพัฒนาด้านการเตือนภัยดินถล่มต่อไป

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาข้อมูลด้านการให้บริการในลักษณะการส่งข้อความครั้งละหลายๆ ซึ่งพบว่า มีบริษัทวันม็อบบี จำกัด ที่ให้บริการในด้านนี้อยู่ ดังนั้นจึงได้ติดต่อกับบริษัทดังกล่าว เพื่อดำเนินการวิจัยด้านการพัฒนาระบบเตือนภัยด้วยการส่งข้อความผ่านโทรศัพท์มือถือ และได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดี

ซึ่งทางบริษัทได้อนุเคราะห์ให้สามารถส่งข้อความสั้นได้จำนวน 9,000 ข้อความในเบื้องต้นโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย ทั้งนี้จะสามารถทดสอบการเตือนภัยได้ 3 ครั้ง เนื่องจาก ต.แม่พูล มีประชากรจำนวน 3,000 คน และสำหรับการทดสอบส่งข้อความเตือนภัยในพื้นที่ศึกษานั้น ตามโครงการย่อยที่ 2 ได้ทำการทดสอบการส่งข้อความไปยังมือถือ พบว่า สามารถรับข้อความได้ภายในเวลา 2-7 นาที ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและส่งและระดับความแรงของสัญญาณโทรศัพท์ของผู้รับ อย่างไรก็ตาม สำหรับโครงการย่อยที่ 1 ยังไม่ได้ทำการทดสอบในพื้นที่ทั้ง 3,000 หมายเลขในพื้นที่ เนื่องจากเกรงว่าข้อความเตือนภัยดินถล่มจะทำให้ประชาชนเกิดความสับสนของแหล่งที่มาได้ แต่อย่างไรก็ตาม คณะกรรมการได้ให้คำแนะนำทดลองส่งเป็นข้อความ เช่น “ทดลองระบบรับข้อความ” ในส่วนนี้ถึงแม้ว่าระยะเวลาของโครงการวิจัยครั้งนี้จะสิ้นสุดลง คณะผู้วิจัยฯ มีความเห็นที่ตรงกับคำแนะนำของคณะกรรมการ จึงจะได้ทำการทดลองต่อไป