รายงานวิจัย

การพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

สุภัตรา ปินจันทร์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ปีงบประมาณ 2560
พ.ศ. 2561

รายงานวิจัย

การพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

สุภัตรา ปินจันทร์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ปีงบประมาณ 2560
พ.ศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนและความร่วมมือจากหน่วยงานและบุคคลจำนวนมาก อันได้แก่ พื้นที่วิจัย ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์, ผู้ช่วยนักวิจัยนักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, ที่ปรึกษาโครงการวิจัยนายปกรณ์ภพ บุญยืน ตำแหน่งนักอุตุนิยมวิทยาปฏิบัติการส่วนพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข สำนักพยากรณ์อากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในการสนับสนุนและความร่วมมือในการให้ข้อมูลคำแนะนำในการวิจัย ตลอดจนการอำนวยความสะดวกในการจัดหาข้อมูลที่ใช้จัดทำโครงการวิจัย และเสนอแนะแนวทางในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับโครงการวิจัยนี้ตลอดมา

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ รวมทั้งท่านผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ทุกคน ที่ได้ให้การสนับสนุนในการดำเนินงานโครงการวิจัย และอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานวิจัยในด้านต่างๆ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และให้การสนับสนุนในด้านนโยบาย ทำให้ผู้วิจัยสามารถนำความคิดสู่การปฏิบัติซึ่งช่วยให้เห็นผลที่เป็นรูปธรรม และเกิดการเรียนรู้ที่มีคุณค่ายิ่งต่อการพัฒนาท้องถิ่นชุมชนต่อไป

สุภัตรา ปินจันทร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยการประยุกต์ใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย เป็นการพัฒนาภายใต้หลักการของเครื่องมือที่ใช้งานง่ายและไม่ยุ่งยาก เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานสำหรับท้องถิ่นได้ งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1.) เพื่อออกแบบและพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย 2.) เพื่อศึกษาระดับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการเฝ้าระวังภัยพิบัติของพื้นที่ตัวอย่าง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผลการวิจัยพบว่าต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่มที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพของระบบโดยรวมมีค่าระดับประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี และค่าระดับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการเฝ้าระวังภัยพิบัติของพื้นที่ตัวอย่างในการจัดทำระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม พบว่าการมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผลในภาพรวมอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : ระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม, เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย, พื้นที่เสี่ยงภัย

UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

Abstract

This research is to construct of flash flood and landslide early warning system by application of wireless sensor network and satellite remote sensing for risky area was developed upon the concept of user friendly and simple equipment for officers of local organizations. The research aimed to 1.) develop of flash flood and landslide early warning system using wireless sensor network and satellite remote sensing for risky area. 2.) study the level of involvement of the community in disaster warning and monitoring of the pilot area. Data were analysed using mean and standard deviation. The results of research indicated that using flash flood and landslide early warning system has level of efficiency was good. The degree of public participation in the preparation of flash flood and landslide early warning system using wireless sensor network and satellite remote sensing for risky area. The results show that public participation in monitoring and evaluation in the overall level.

Keywords : flash flood and landslide early warning system, wireless sensor network, risky area

UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ

บทที่	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
1. บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
นิยามศัพท์เฉพาะ	6
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
3. วิธีดำเนินการวิจัย	61
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	61
วิธีดำเนินการวิจัย	61
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	62
การวิเคราะห์ข้อมูล	62
4. ผลการวิจัย	73
5. สรุปผลการวิจัย	88
จุดมุ่งหมาย	88
สรุปผลการวิจัย	89
อภิปรายผลการวิจัย	90
ข้อเสนอแนะ	91
บรรณานุกรม	92

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	การแบ่งความเสี่ยงอุทกภัยตามค่าคะแนนปริมาณน้ำฝน	43
2.2	ชนิดของน้ำฝน	43
3.1	เกณฑ์การให้คะแนนของการประเมินประสิทธิภาพ	70
3.2	เกณฑ์การให้คะแนนของการประเมินความพึงพอใจ	70
3.3	ตัวอย่างแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจการประยุกต์ใช้ระบบ	70
4.1	การวัดอุณหภูมิของสภาพอากาศ	74
4.2	ตารางบันทึกข้อมูลการวัดความชื้นในดิน	75
4.3	การบันทึกผลข้อมูลการวัดระดับน้ำ	77
4.4	บันทึกค่าสถานีวัดปริมาณน้ำฝน	78
4.5	สถานะการแจ้งเตือนและสัญญาณไฟของระบบเตือนภัยของระดับน้ำ	80
4.6	สถานะการแจ้งเตือนและสัญญาณไฟของระบบเตือนภัยของดิน	81
4.7	ผลลัพธ์การแจ้งเตือนภัยผ่านอีเมล์, SMS, และการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม จากการวัดระดับน้ำ	82
4.8	ผลลัพธ์ของการหาประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ	83
4.9	เกณฑ์การให้คะแนนของการประเมินประสิทธิภาพ	86
4.10	เกณฑ์การให้คะแนนของการประเมินความพึงพอใจ	86
4.11	แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจการประยุกต์ใช้ระบบ	86

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
2-1	โครงสร้างแบบจำลองเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	9
2-2	ส่วนประกอบของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์	10
2-3	ลักษณะการใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	14
2-4	บอร์ด Arduino รุ่น mega 2560	18
2-5	โครงสร้างของบอร์ด ET-MEGA2560-ADK	19
2-6	เซนเซอร์วัดปริมาณความชื้นในดิน	22
2-7	วงจรเซนเซอร์วัดปริมาณความชื้นในดิน	23
2-8	การติดตั้งเครื่องมือวัดชนิดอัลตราโซนิคเพื่อวัดระดับแบบต่อเนื่อง	25
2-9	เครื่องมือวัดระดับชนิดอัลตราโซนิก	26
2-10	หลักการทำงานของอุลตร้าโซนิค	28
2-11	อุลตร้าโซนิคเซ็นเซอร์ วงจรส่งผ่าน/รับ	29
2-12	อุลตร้าโซนิคเซ็นเซอร์, คุณลักษณะการตรวจจับ	29
2-13	สมการหาความชื้นสัมพัทธ์	31
2-14	โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น DHT11	32
2-15	ตัวอย่างวงจร XBee-PRO	34
2-16	ตัวอย่าง ZigBee-PRO	34
2-17	รายละเอียดของ ZX-XBee	35
2-18	รายละเอียดของ ADX-XBee	36
2-19	เครื่องวัดน้ำฝน	38
2-20	ผลึกน้ำแข็ง ซึ่งมีรูปร่างและขนาดต่างๆ กัน	42
2-21	โมเลกุลของน้ำ	45
2-22	ประเภทต่างๆของน้ำในดิน	47
2-23	แผนที่เสี่ยงภัยดินถล่ม จังหวัดอุตรดิตถ์	50
2-24	แผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับชุมชน ต.แม่พูล อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์	54

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
2-25	แสดงดินชั้นบนและดินชั้นล่าง	55
2-26	หอเตือนภัย	58
3-1	ภาพรวมการออกแบบระบบ	62
3-2	วงจรของเซนเซอร์วัดปริมาณความชื้นในดิน	63
3-3	กระบอกวัดปริมาณน้ำฝน กรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดอุตรดิตถ์	63
3-4	แสดงไดอะแกรมของระบบ	64
3-5	แสดงการเก็บข้อมูลของเซนเซอร์ต่างๆในฐานข้อมูล	64
3-6	รูปแบบหน้าเว็บไซต์เข้าดูระบบ	65
3-7	แสดงข้อมูลอุณหภูมิและวัดปริมาณน้ำฝนในรูปแบบกราฟ	65
3-8	การแจ้งเตือนภัยผ่านข้อความ	66
3-9	การแจ้งเตือนภัยผ่านสัญญาณเสียงและไฟสถานะ	66
3-10	สถานีเตือนภัย	66
3-11	แสดงแผนที่อากาศล่าสุด และภาพระดับความกดอากาศ พายุและร่องฝน	67
3-12	แสดงตัวอย่างปริมาณน้ำฝน	67
4-1	การทดลองใช้ระบบกับชุมชน และการประเมินความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้ระบบ	84

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเกิดภัยพิบัติทั้งที่เกิดจากธรรมชาติ (Natural Disaster) ได้แก่ น้ำท่วม แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด ดินถล่ม พายุ ฝนฟ้าคะนอง พายุเขตร้อน คลื่นพายุซัดฝั่ง ไฟป่า สึนามิ ฝนแล้ง ฯลฯ และการกระทำของมนุษย์ (Man-made Disaster) เช่น อัคคีภัย ภัยจากการจราจรและคมนาคมขนส่ง ภัยจากการก่อการร้าย ภัยจากการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ เป็นสภาวะที่ระบบการทำงานของชุมชนหรือสังคมได้รับการกระทบกระเทือนหรืออาจรุนแรงจนเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียชีวิต ทรัพย์สิน เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ที่เกินกำลังความสามารถของชุมชนหรือสังคมที่ได้รับผลกระทบจะจัดการเพียงลำพังได้โดยใช้ทรัพยากรของตนเองที่มีอยู่

ความถี่และความรุนแรงที่เพิ่มมากขึ้นของการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ ทำให้ประเทศต่างๆ โดยเฉพาะเมืองใหญ่ๆ ที่เต็มไปด้วยความหนาแน่นของประชากรและธุรกรรมมากมาย เช่น กรุงเทพมหานคร โตเกียว นิวยอร์ค ฯลฯ ต่างหันมาให้ความสนใจกับความปลอดภัยของสาธารณะมากขึ้น โดยรัฐบาลได้มุ่งเน้นในการสร้างความสามารถให้กับหน่วยงานภาครัฐในการปฏิบัติงานของเครือข่ายการจัดการภัยพิบัติที่มีหน่วยงานภาครัฐเป็นผู้แสดงบทบาทหลัก ทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค โดยมุ่งความสนใจไปที่การมีส่วนร่วมของประชาชนในท้องถิ่นต่างๆ ที่มีวิถีชีวิตอยู่กับภัยและความเสี่ยงที่ต่างๆ กัน ในการเตรียมพร้อมเผชิญหน้าต่อภัยพิบัติที่จะเกิดขึ้นรวมทั้งสามารถฟื้นคืนจากภัยกลับสู่สภาวะปรกติได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม การสร้างความปลอดภัยสาธารณะดังกล่าวนั้นไม่ใช่แต่ความพยายามในการหาคำตอบที่เป็นทางออกเชิงโครงสร้าง ตัวอย่างเช่น การพัฒนาเทคโนโลยีที่ล้ำหน้าในการพยากรณ์ การสร้างสิ่งปลูกสร้างที่มีความมั่นคงแข็งแรง การใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณความรุนแรงของภัยการพัฒนาระบบข้อมูลข่าวสารและการสื่อสาร หรือแม้แต่การใช้การพัฒนาระบบนิเวศน์ในการป้องกันการเกิดภัยบางประเภทเท่านั้น หากแต่ยังรวมถึงการหาคำตอบให้กับทางออกที่ไม่ใช่เชิงโครงสร้าง อาทิเช่น การให้ความรู้ชุมชนถึงภัยและการปฏิบัติตนเบื้องต้น การฝึกฝนและพัฒนาความสามารถของหน่วยงานในการตอบสนองต่อสถานการณ์ การให้ความสำคัญกับเครือข่ายการประสานงานระหว่างภาครัฐและภาคส่วนต่างๆ เป็นต้นเนื่องด้วยความตระหนักถึงความสำคัญของการเตรียมความพร้อมให้กับประชาชนและชุมชน ซึ่งเป็นด่านแรกในการเผชิญหน้ากับภัยพิบัติ และประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของหน่วยงานช่วยเหลือต่างๆ ในการบริหารจัดการภัยพิบัติและสถานการณ์ฉุกเฉิน แม้แต่ในประเทศต่างๆ ที่มีความคุ้นเคยกับการเผชิญหน้าอยู่กับภัยพิบัติตลอดเวลา เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่นและออสเตรเลีย ซึ่งเป็นประเทศที่มีการพัฒนาอยู่ในระดับต้นๆ

ต่างก็เอาใจใส่และเน้นความสำคัญของการพัฒนาแนวทางทั้งสองดังกล่าวไปพร้อมๆ กัน (ทวิดา กมลเวช, 2554)

จังหวัดอุตรดิตถ์เกิดเหตุการณ์อุทกภัยน้ำป่าไหลหลากดินโคลนถล่ม และเกิดน้ำท่วมฉับพลัน ในคืนวันที่ 22 พฤษภาคม 2554 เขตอำเภอลับแลถูกน้ำท่วมเสียหาย 7 ตำบล ได้แก่ ตำบลนานกกก ตำบลแม่พูล ตำบลฝายหลวง ตำบลศรีพนมมาศ ตำบลไผ่ล้อม ตำบลชัยจุมพล และตำบลทุ่งยั้ง เขตอำเภอท่าปลา ได้แก่ บ้านน้ำต๊ะ หมู่ 2 และบ้านน้ำรีหมู่ 3 ตำบลน้ำหมัน ตำบลนางพญา เขตอำเภอเมือง ได้แก่ ตำบลน้ำริด ตำบลบ้านด่านนาขาม และเขตเทศบาลเมืองอุตรดิตถ์ ก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงมีผู้เสียชีวิตมากกว่า 70 ราย สูญหายมากกว่า 40 ราย บ้านเรือน เสียหายทั้งหลังในอำเภอลับแลมากกว่า 142 หลัง อำเภอท่าปลามากกว่า 55 หลัง มีผู้เดือดร้อนกว่า 23,000 คน เนื่องจากมีฝนตกหนักติดต่อกัน จนส่งผลให้มีปริมาณน้ำฝนมากถึง 330 มิลลิเมตร ประกอบกับพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ ถูกล้อมรอบด้วยภูเขา มีหน้าผาสูงชัน และเป็นดินร่วน ทำให้ดินไม่สามารถอุ้มน้ำในปริมาณมากขนาดนั้นไว้ได้ จึงพัดเอาโคลนและต้นไม้ถล่มบ้านเรือนชาวบ้านอย่างรุนแรง ปริมาณน้ำฝนที่ตกในอำเภอเมืองเมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม 2549 วัดได้ 120.4 มิลลิเมตร และวันที่ 22 พฤษภาคม 2549วัดได้ 263.7 มิลลิเมตรจึงทำให้เกิดน้ำป่าไหลหลากเอ่อท่วมพื้นที่ริมตลิ่งของลำน้ำน่าน และลำน้ำสาขาท่วมพื้นที่การเกษตรในเขตอำเภอท่าปลา อำเภอลับแล อำเภอทองแสนขัน อำเภอตรอน อำเภอพิชัย และ อำเภอเมืองมีระดับน้ำท่วมพื้นถนน 0.5-1 เมตร ส่วนที่บริเวณศาลากลางจังหวัด และในตัวเมือง มีระดับน้ำท่วม 1-3 เมตร

และในเดือนกันยายน ปี 2554 เกิดน้ำป่าและดินโคลนถล่มในพื้นที่หมู่ที่ 2 บ้านห้วยเดื่อและหมู่ที่ 3 บ้านต้นขนุน ตำบลน้ำไผ่ อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุตรดิตถ์ บ้านชาวบ้านพังเสียหายไม่ต่ำกว่า 10 หลัง มีชาวบ้านเสียชีวิต 8 คนสะพานเข้าหมู่บ้านถูกน้ำพัดพังเสียหายอีกทั้งระบบการสื่อสารและสัญญาณโทรศัพท์มือถือล่มไม่สามารถติดต่อกับหน่วยงานภายนอกได้ พื้นที่ทางการเกษตรเสียหายเป็นวงกว้าง จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นประเด็นสำคัญที่ต้องคำนึงถึงนั้นคือ รูปแบบการจัดการภัยพิบัติระดับพื้นที่ที่มีการเตรียมความพร้อมที่มีประสิทธิภาพนั้น จะสามารถลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้นการพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ จึงเป็นระบบการจัดการก่อนเกิดภัยพิบัติ โดยผู้วิจัยจึงคาดหวังว่าจะเป็นงานวิจัยการจัดการภัยพิบัติที่ยั่งยืนได้

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์
2. เพื่อออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการก่อนเกิดภัยพิบัติระดับพื้นที่แบบบูรณาการภายใต้การมีส่วนร่วมของพหุภาคีในจังหวัดอุตรดิตถ์
3. เพื่อออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการเฝ้าระวังและเตือนภัยพิบัติโดยชุมชน
4. เพื่อหาประสิทธิภาพเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการเฝ้าระวังและเตือนภัยพิบัติ
5. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการเฝ้าระวังและเตือนภัยพิบัติและระบบการเฝ้าระวังภัยพิบัติสู่ชุมชนแบบบูรณาการภายใต้การมีส่วนร่วมของพหุภาคีในจังหวัดอุตรดิตถ์
6. เพื่อให้เกิดการร่วมมือและการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผลงานวิจัยสู่การนำไปใช้ประโยชน์ระหว่างภาควิชาการกับภาคองค์กรชุมชนในการเตือนภัยน้ำท่วมและดินโคลนถล่ม

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. สร้างต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่มโดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม 1 ระบบ
2. เซ็นเซอร์สามารถส่งข้อมูลต่างๆบันทึกลงในฐานข้อมูลเพื่อวิเคราะห์สถานการณ์และทำการเตือนภัยได้
3. ทำการศึกษาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบเตือนภัยน้ำท่วมและดินโคลนถล่มผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม
4. นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม มาช่วยเสริมวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำในการตัดสินใจเตือนภัยของระบบ
5. ทดสอบระบบโดยจำลองสถานการณ์การทำงานของระบบเตือนภัยน้ำท่วมและดินโคลนถล่มผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม ผ่านคอมพิวเตอร์
6. ถ่ายทอดเทคโนโลยีระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม โดยจัดการอบรมให้กับผู้อาศัยในเขตพื้นที่เสี่ยงภัย ณ หมู่บ้านห้วยคำบิ-บ้านด่านห้วยใต้ หมู่ที่ 6 ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พร้อมกับเก็บข้อมูลเป็นแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้งาน
7. ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 12 เดือน

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เกิดการวิจัยเพื่อการพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์
2. เกิดรูปแบบการถ่ายทอดเทคโนโลยีและองค์ความรู้ด้านระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียมที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์
3. สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีและองค์ความรู้ด้านระบบเตือนภัยน้ำท่วมและดินโคลนถล่มให้กับหน่วยงานอื่นๆ ทั้งภาครัฐ เอกชน หรือนักวิจัยและนักประดิษฐ์คิดค้น เพื่อการต่อยอดและการพึ่งพาตนเองด้านเทคโนโลยีของประเทศ

5. คำถามวิจัย

1. การพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ มีการออกแบบ วิธีการพัฒนา และผลการใช้เครื่องมือในการพัฒนาเป็นอย่างไร
2. ประสิทธิภาพของการพัฒนาการพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์เป็นอย่างไร
3. ระดับความพึงพอใจในการใช้ต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ อยู่ในระดับเท่าไหร่ และมีแนวทางในการพัฒนาต่อไปอย่างไร

6. แนวคิดและเป้าหมาย

แนวคิดในการพัฒนาการพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ประกอบด้วย

ตัวแปรต้น คือ

1. ต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม

ตัวแปรตาม คือ

1. ประสิทธิภาพของการพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

2. ระดับความพึงพอใจในการใช้ต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

7. ระเบียบวิธีวิจัย

7.1 วิธีการศึกษา ประกอบด้วยขั้นตอนการวิจัย ดังต่อไปนี้

7.1.1. ศึกษาและรวบรวมเอกสารที่ตีพิมพ์แล้วโดยมีเนื้อหาใกล้เคียง

7.1.2. เก็บรวบรวมข้อมูลพร้อมกับวิเคราะห์

7.1.3. ศึกษาและออกแบบลำดับขั้นตอนที่แน่นอนซึ่งใช้ในการสร้างต้นแบบระบบ

7.1.4 ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมซึ่งอยู่บนพื้นฐานของการนำไปใช้งานจริงได้อย่างรวดเร็วและให้ผลการตรวจสอบที่เชื่อถือได้

7.1.5 ทดสอบการใช้งานที่ได้พัฒนาพร้อมทั้งทำการแก้ไขปรับปรุงในส่วนที่ยังมีปัญหา

7.1.6 สรุปผลงานวิจัยและจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

7.1.7 ถ่ายทอดเทคโนโลยีระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียมในเขตพื้นที่เสี่ยงภัยหมู่ที่ 6 ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

7.2 สมมติฐานของโครงการวิจัย ประกอบด้วย

7.2.1 เทคโนโลยีและองค์ความรู้ด้านระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียมที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ก่อให้เกิดระบบการบริหารจัดการที่ดีในภาวะฉุกเฉินได้

8. คำนิยามศัพท์เฉพาะ

8.1 พื้นที่เสี่ยง หมายถึง บริเวณพื้นที่ที่อยู่ในจุดเสี่ยงมีโอกาสเกิดภัยจากอุกกภัยและดินถล่ม

8.2 พื้นที่เสี่ยงภัย หมายถึง พื้นที่ที่เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยปัจจัย 4 อย่าง คือปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นในดิน และระดับน้ำในแม่น้ำ เพื่อทำการวิเคราะห์ถึงระดับความเสี่ยง 3 ระดับ คือ พื้นที่ปลอดภัย พื้นที่เสี่ยงปานกลาง และพื้นที่เสียงมาก

8.3 พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม หมายถึง พื้นที่ที่เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยปัจจัย 3 อย่าง คือปริมาณน้ำฝน ความชื้นสะสมในดิน และชนิดของดิน เพื่อทำการวิเคราะห์ว่าพื้นที่ดังกล่าวเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มใน 3 ระดับ คือ พื้นที่เสี่ยงน้อย พื้นที่เสี่ยงปานกลาง และพื้นที่เสียงมาก

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการวิจัย การพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำเสนอตามลำดับดังนี้

2.1 พื้นที่วิจัย ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พื้นที่วิจัย ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

เนื้อที่ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

ประมาณ 116 ตารางกิโลเมตร แต่พื้นที่ในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลแม่พูลมีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 107.50 ตารางกิโลเมตร (67,187.50 ไร่)

พื้นที่

ตำบลแม่พูลอุดมสมบูรณ์ไปด้วยป่าไม้ โดยเฉพาะป่าไม้เศรษฐกิจ เช่น ต้นทุเรียน ลางสาด ลองกอง มังคุด กาแฟ สภาพพื้นที่ของตำบลเป็นภูเขาสลับกับที่ราบลุ่ม มีน้ำ และป่าไม้ อุดมสมบูรณ์ ประชาชนมีฐานะปานกลาง พอมี พอกิน

ภูมิประเทศและอาณาเขต

ลักษณะทั่วไปเป็นป่าและภูเขาทั่วทั้งตำบล ตั้งแต่แนวทิศตะวันตก ทิศเหนือ และทิศตะวันออก และมีพื้นที่ราบ บริเวณตอนกลางของพื้นที่มีแหล่งต้นกำเนิดของลำน้ำ ทางทิศเหนือต่อจากจังหวัดแพร่ ซึ่งเป็นต้นน้ำของ น้ำตกแม่พูลและน้ำตกตาดใหญ่ ตาดอ้อแล้วไหลเป็นสายน้ำคลองแม่พูลและแม่พร่องลงไปยังตำบลฝายหลวง อำเภอลับแล มีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ข้างเคียงดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับ อำเภอเด่นชัย จังหวัดแพร่

ทิศใต้ ติดต่อกับ องค์การบริหารส่วนตำบลฝายหลวง อำเภอลับแล

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ องค์การบริหารส่วนตำบลนานกกก อำเภอลับแล

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย

อาชีพ

อาชีพหลัก ทำนา ทำสวน ทำไร่

อาชีพเสริม ทำไม้กวาดตองกง จักสานเข่ง

สาธารณูปโภค

จำนวนครัวเรือนที่มีไฟฟ้าใช้ในเขต อบต. 1,263 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 95.00 จำนวนบ้านที่มีโทรศัพท์ 378 หลังคาเรือน คิดเป็นร้อยละ 30.00 ของจำนวนหลังคาเรือน

การเดินทาง

เส้นทางที่เข้าสู่ ต. แม่พูล มี 2 สาย สายหลัก ได้แก่ ถนนสายหัวดง – น้ำริด และทางหลวงชนบทหมายเลข 1043 ซึ่งห่างจากตัวอำเภอลับแลประมาณ 6 กิโลเมตร

ผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์จากทุเรียน,ไม้กวาด,เข่งลางสาด

2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network)

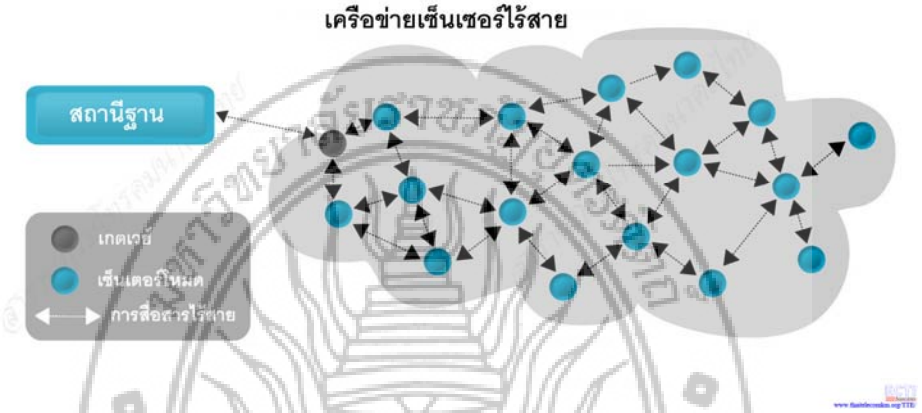
เนื่องจากข้อจำกัดในหลายๆ ด้าน เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายจึงมีระบบเครือข่ายที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น ในระบบเตือนภัย ระบบเครือข่ายต้องการความเร็วสูงในการส่งข้อมูล และจะส่งข้อมูลเมื่อเกิดอุบัติการณ์ขึ้นเท่านั้นเพื่อประหยัดพลังงาน ในระบบวัดและควบคุมทางการเกษตร ระบบเครือข่ายไม่ต้องการความเร็วสูงในการส่งข้อมูล แต่จะส่งข้อมูลตลอดเวลาโดยอาจมีการรวมข้อมูล(data fusion)ในระหว่างเส้นทางการเดินทางของข้อมูลเพื่อลดจำนวนครั้งของการสื่อสารและประหยัดพลังงาน ดังนั้นการเลือกชนิดและออกแบบเครือข่ายจะต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับการใช้งาน

เทคโนโลยีการผลิตไมโครอิเล็กทรอนิกส์ได้รับการพัฒนาถึงระดับที่สามารถผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็ก ราคาถูก และประหยัดพลังงาน ซึ่งเหมาะสำหรับสร้างหน่วยประมวลผลและหน่วยส่งข้อมูลของเซ็นเซอร์ไร้สาย และด้วยเทคโนโลยีระบบเครื่องกลจุลภาค การสร้างเซ็นเซอร์ขนาดเล็กและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กเกิดขึ้นได้จริง ทำให้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายยุคนี้เข้าใกล้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ในจินตนาการของนักวิจัยยุคก่อนๆ อย่างไรก็ตามเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายนี้ยังมีการวิจัยอย่างต่อเนื่อง

ภาพรวมสถาปัตยกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

สถาปัตยกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายประกอบด้วยสาม ส่วนได้แก่ หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ เกตเวย์ และสถานีฐาน (base station) หน่วยร่วมเซ็นเซอร์จำนวนมากฝังตัวในสภาพแวดล้อมเพื่อเก็บข้อมูล โดยแต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ติดต่อสื่อสารแบบไร้สายกับหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ข้างเคียง ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับส่งแบบไร้สาย แต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ควบคุมและจัดการงานของตัวเอง (self-organize) ทุกๆ หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ที่ติดต่อถึงกันทำงานร่วมกัน(collaboration)เป็นเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายทำให้แต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์สามารถส่งข้อมูลไปหากันได้แม้ว่าหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ปลายทางไม่สามารถติดต่อ กับหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ต้นทางได้โดยตรง โดยให้หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ระหว่าง

ทางช่วยส่งข้อมูลต่อๆ กันตั้งแต่ต้นทางถึงปลายทาง วิธีการส่งแบบนี้เรียกว่าการส่งแบบมัลติฮอพ (multi-hop)เกตเวย์ทำหน้าที่รับส่งข้อมูล ระหว่างสถานีฐานและเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายโดยเกตเวย์อาจเป็นหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ธรรมดาหรือเป็นหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ ที่มีความสามารถพิเศษในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย สถานีฐานทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่วัดได้จากหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ควบคุมการทำงานและติดต่อกับผู้ใช้งาน หรืออาจติดต่อกับเครือข่ายอื่นๆ เช่น อินเทอร์เน็ต



ภาพ 2-1 โครงสร้างแบบจำลองเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย
ที่มา www. http://thaitelecomkm.org/.[ออนไลน์].

เนื่องจากเป็นการทำงานแบบไร้สายทำให้แต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ใช้แหล่งพลังงานภายในหน่วยร่วมเซ็นเซอร์เองหรือในบางกรณีอาจใช้แหล่งกำเนิดพลังงานเพื่อให้หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้ทำให้เครือข่ายมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาเนื่องจาก หน่วยร่วมเซ็นเซอร์อาจหยุดทำงานเพราะพลังงานหมดหรือกลับขึ้นมาทำงานได้อีกครั้งเมื่อมีพลังงานเพียงพอ รวมไปถึงในบางเครือข่าย ที่มีหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ที่เคลื่อนที่ได้ การเปลี่ยนแปลงของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์นั้นมีผลต่อโครงสร้าง (topology) ของเครือข่าย และส่งผลถึงเส้นทางในการส่งข้อมูลของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ โดยเส้นทางในการส่งข้อมูล ในแต่ละโครงสร้างนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการหาเส้นทาง (routing algorithm) ซึ่งวิธีการหาเส้นทางในแต่ละเครือข่าย จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของเครือข่ายนั้นๆ

คุณสมบัติของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์และเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

1. หน่วยร่วมเซ็นเซอร์มีราคาต่ำเพื่อการสร้างเครือข่ายที่ต้องใช้หน่วยร่วมเซ็นเซอร์จำนวนมาก และเหมาะสำหรับการนำไปใช้ครั้งเดียว

2. หน่วยร่วมเซ็นเซอร์มีขนาดเล็กเพื่อฝังตัวในสภาพแวดล้อม

3. หน่วยร่วมเซ็นเซอร์มีแหล่งพลังงานและความสามารถในการประมวลผลจำกัด

4. หน่วยร่วมเซ็นเซอร์และเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสามารถจัดการตัวเองได้ โดยไม่ต้องมี

มนุษย์เข้าไปควบคุมหรือช่วยเหลือ

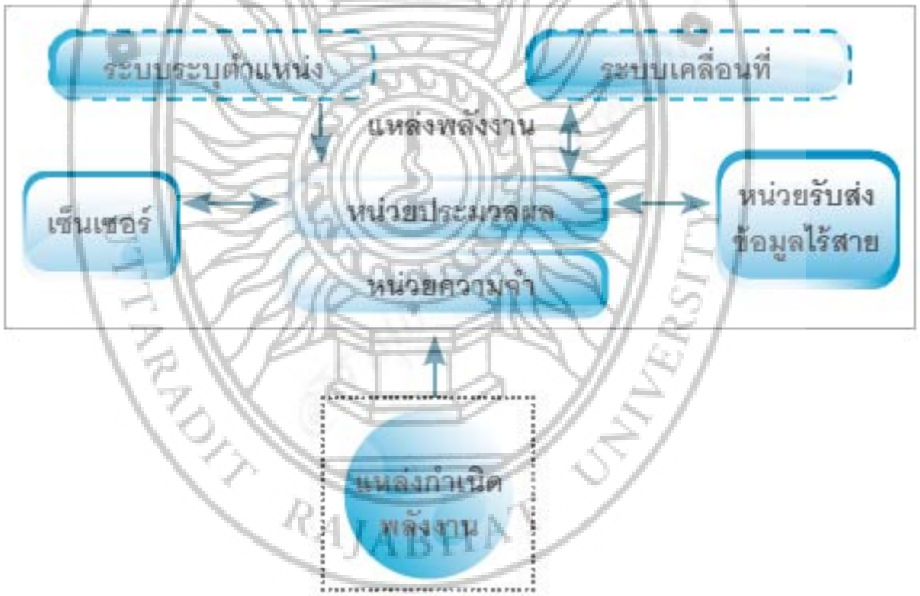
5. หน่วยร่วมเซ็นเซอร์จำนวนมาก กระจายตัวครอบคลุมบริเวณทำการของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

6. เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายทนทานต่อความเสียหายเมื่อหน่วยร่วมเซ็นเซอร์บางส่วนทำงานไม่ได้

7. โครงสร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเป็นโครงสร้างที่ไม่แน่นอนและเปลี่ยนแปลงได้อยู่ตลอดเวลา

หน่วยร่วมเซ็นเซอร์

การทำงานของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์คือการวัดและเก็บข้อมูลที่ได้จากสภาพแวดล้อม นำข้อมูลไปประมวลผล สร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและส่งข้อมูล ทำให้หน่วยร่วมเซ็นเซอร์มีส่วนประกอบ



ภาพ 2-2 ส่วนประกอบของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์

ที่มา www. http://thaitelecomkm.org/.[ออนไลน์].

ส่วนประกอบของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์แบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มส่วนประกอบหลักที่จำเป็นเพื่อให้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายทำงานได้ โดยในรูปที่ 2 จะเป็นส่วนประกอบที่มีเส้นรอบรูปเป็นเส้นทึบและกลุ่มส่วนประกอบเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มคุณสมบัติพิเศษให้กับหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ จะเป็นรอบรูปเป็นเส้นประ

กลุ่มส่วนประกอบหลัก

1. เซ็นเซอร์ (sensor) ทำหน้าที่วัดค่าต่างๆ จากสภาพแวดล้อมตามแต่ชนิดของเซ็นเซอร์ เช่น ความชื้น อุณหภูมิ ความเข้มแสง ควัน ความเร่ง แรงสั่นสะเทือน ความเคลื่อนไหว ความลึก กรด ด่าง

2. หน่วยรับ-ส่งข้อมูลไร้สาย (transceiver unit) ทำหน้าที่รับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สายในย่านความถี่สาธารณะ (ISM band) เพื่อรับ-ส่งข้อมูลระหว่างหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ข้างเคียง

3. หน่วยประมวลผล (processing unit) ติดต่อกับเซ็นเซอร์เพื่อสั่งงานหรือรับข้อมูลที่วัดได้จากตัว เซ็นเซอร์ เพื่อนำไปประมวลผลเป็นข้อมูลจัดเก็บลงในหน่วยความจำรอการร้องขอข้อมูล หรืออาจส่งข้อมูลทันทีผ่านทางหน่วยรับส่งข้อมูลไร้สายหน่วยประมวลผลกลางอาจรับข้อมูลจากระบบระบุตำแหน่งเพื่อช่วยในการประมวลผลต่างๆ หรือหน่วยประมวลผลกลางอาจทำหน้าที่ควบคุม การเคลื่อนที่ของหน่วยเซ็นเซอร์ผ่านทางระบบเคลื่อนที่นอกจากนี้หน่วยประมวลผลกลางยังทำหน้าที่ประมวลผลเครือข่าย

4. แหล่งพลังงาน (power unit) เก็บสะสมพลังงานและให้พลังงานกับทุก ส่วนประกอบบนหน่วยร่วมเซ็นเซอร์แหล่งพลังงานจะรับพลังงานจากแหล่งกำเนิดพลังงานหากหน่วยร่วมเซ็นเซอร์มีแหล่งกำเนิดพลังงาน

กลุ่มส่วนประกอบเพิ่มเติม

1. ระบบระบุตำแหน่ง (positioning unit) เป็นหน่วยระบุตำแหน่งของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์โดยใช้ GPS เพื่อนำข้อมูลตำแหน่งไปใช้ประมวลผล เช่น หาเส้นทางเพื่อส่งข้อมูล หาตำแหน่งสำหรับการเคลื่อน ที่ของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ เป็นต้น

2. ระบบเคลื่อนที่ (mobilizing unit) ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายตำแหน่งของเซ็นเซอร์ เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่น จัดรูปแบบโครงสร้างเครือข่ายติดตามวัตถุเคลื่อนที่หาสัญญาณสื่อสาร เป็นต้น

3. แหล่งกำเนิดพลังงาน(power generator unit) ทำหน้าที่กำเนิดพลังงานจากสิ่งแวดล้อม เช่น พลังงานลม ความร้อน ปฏิกิริยาเคมี การสั่นสะเทือน เป็นต้น ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อเก็บสะสมและใช้ต่อไปเพื่อชดเชยพลังงานที่ถูกใช้ไป ทำให้ตัวเซ็นเซอร์ไร้สายทำงานได้เป็นเวลานาน

โปรโตคอลสแตก (protocol stack) หรือระดับชั้น

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายให้ความสำคัญกับพลังงานมาก เพราะเซ็นเซอร์ไร้สายมักมีแหล่งพลังงานที่จำกัด ทำให้พลังงานมีผลมากกับเซ็นเซอร์ไร้สายและเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ในด้านการออกแบบจึงปรับปรุงโปรโตคอลสแตกของ Open Systems Interconnection (OSI) model โดยแบ่งเป็นสามชั้นและหนึ่งระนาบแต่ละชั้นจะทำหน้าที่เฉพาะของตัวเอง คอยให้ความช่วยเหลือชั้นบนและขอความช่วยเหลือจากชั้นล่างที่ติดกับชั้นตัวเอง ส่วนระนาบซึ่งเชื่อมโยงกับทุกชั้นจะควบคุมบริหาร

จัดการในทุกๆ ชั้นให้ทำงานตามวัตถุประสงค์ของระนาบนั้นๆ อย่างไรก็ตามการใช้งานที่แตกต่างกันก็ส่งผลถึงรูปแบบโปรโตคอลสแตกที่แตกต่างกัน

1. ชั้นกายภาพ (physical layer) รับผิดชอบการรับ-ส่งสัญญาณไร้สายในด้านกายภาพ เช่น ช่วงความถี่สัญญาณ การมอดูเลต (modulation) การเข้ารหัสระดับช่องสัญญาณ (channel coding) ชั้นกายภาพในประเทศไทยจะใช้ช่วงความถี่สาธารณะและกำลังส่งตามกฎหมายกำหนด

2. ชั้นเชื่อมต่อข้อมูล (data link layer) รับผิดชอบการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์ข้างเคียง การเข้าใช้ช่องสัญญาณ (medium access control (MAC)) การควบคุมข้อผิดพลาด (error control) ของข้อมูล เพื่อให้การสื่อสารระหว่างหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ถูกต้องและเชื่อถือได้ ปัจจุบันการเข้าใช้ช่องสัญญาณของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์จะเป็นแบบสุ่มเข้าใช้งาน (random access) ที่เป็นเช่นนี้เพราะการใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายประกอบไปด้วยหน่วยร่วมเซ็นเซอร์อยู่เป็นจำนวนมากและไม่มีโครงสร้างที่แน่นอนทำให้การควบคุมแบบรวมศูนย์ทำได้ยาก และการใช้ช่องสัญญาณแบบสุ่มทำให้เกิดความเท่าเทียมกันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ

3. ชั้นเครือข่าย (network layer) รับผิดชอบการรับ-ส่งข้อมูลระดับเครือข่าย เนื่องจากเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายใช้การส่งข้อมูลแบบมัลติฮอพ เพื่อส่งข้อมูลจากหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ไปยังสถานีฐาน การคำนวณหาเส้นทางที่เหมาะสมในการส่งข้อมูลเป็นหน้าที่หลักของชั้นนี้

4. ระนาบพลังงาน (power plane)รับผิดชอบควบคุมการใช้พลังงานในชั้นต่างๆของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ และเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายให้มีประสิทธิภาพ โดยอาจประสานงานข้ามชั้น(cross layer) เช่น หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ที่เหลือพลังงานน้อย อาจจะลดพลังงานในการส่งข้อมูลในชั้นกายภาพโดยประสานงานกับชั้นเครือข่ายเพื่อเลือกเส้นทางที่ควรจะส่งข้อมูลในกรณีที่ระยะส่งข้อมูลลดลงเนื่องการลดพลังงานในการส่งข้อมูล

2.2.2 มาตรฐานระบบเครือข่าย

มาตรฐานระบบเครือข่ายที่ใช้ในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายจะเป็นมาตรฐานเฉพาะกลุ่มที่พัฒนาขึ้นและเริ่มใช้ในงานวิจัยและงานจริง ซึ่งแตกต่างจากกรณีของอินเทอร์เน็ต ZigBee พัฒนาโดย ZigBee Alliance บนมาตรฐานของ IEEE 802.15.4 ความถี่ที่ใช้คือความถี่สาธารณะ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) ความเร็วด้านกายภาพ 250 กิโลบิตต่อวินาที (kbps) และระยะทำการ10–75 เมตรWibree พัฒนาโดย Nokia Research Center ด้วยการแก้ไข Bluetooth ให้ใช้พลังงานน้อยลง ทำให้ Wibree ทำงานได้สองแบบ คือ Wibree Stand-Alone Chip ซึ่งจะทำงานแบบใช้พลังงานต่ำ สำหรับการส่งข้อมูลจำนวนน้อยและ Bluetooth-Wibree Dual-Mode ซึ่งทำงานติดต่อได้ทั้ง Bluetooth และ Wibree

การพิจารณาระบบเครือข่าย

1. การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากหน่วยร่วมเซ็นเซอร์มีพลังงานอยู่จำกัด ซึ่งพลังงานที่มีเก็บสะสมอยู่เป็นตัวแปรหนึ่งของอายุการใช้งานหน่วยร่วมเซ็นเซอร์และอายุของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

2. ความล่าช้าของข้อมูล การใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในบางประเภทต้องการให้ได้ข้อมูลเร็วที่สุดหรือมีระดับความล่าช้าของข้อมูลไม่เกินค่าที่กำหนดหลังจากหน่วยร่วมเซ็นเซอร์เก็บข้อมูลได้ เช่น ในงานสัญญาณเตือนภัยสึนามิ ไฟป่า หรือในงานควบคุมที่ความล่าช้าของข้อมูล(delay-sensitive) มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุม เป็นต้น

3. ความถูกต้องของข้อมูล เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายควรจะให้ข้อมูลที่ถูกต้องสูง ซึ่งขึ้นอยู่กับความแม่นยำของเซ็นเซอร์และการประมวลผลข้อมูลในหน่วยร่วมเซ็นเซอร์หรือในเครือข่ายเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องที่สุด

4. ความทนทานต่อความเสียหาย เหตุการณ์ที่หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ไม่สามารถทำงานได้มีโอกาสเกิดขึ้นได้ ดังนั้นเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างเพื่อให้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายยังคงทำงานต่อไปได้ เช่น การมีเส้นทางสำรองในการเชื่อมต่อเครือข่ายและในการส่งข้อมูล

5. ความสามารถในการส่งข้อมูล แบ่งออกเป็น ความสามารถในการส่งข้อมูลของแต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์และความสามารถในการส่งข้อมูลของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ในกรณีที่ส่งข้อมูลไม่พร้อมกัน ความสามารถในการส่งข้อมูลของแต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์เป็นสิ่งสำคัญ แต่ในกรณีที่ส่งข้อมูลพร้อมๆ กันจำนวนมาก ความสามารถในการส่งข้อมูลของเครือข่ายเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

6. จำนวนหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเป็นปัจจัยหลักกับค่าใช้จ่ายและความคุ้มค่าในการเลือกใช้ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

2.2.3 การประยุกต์ใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

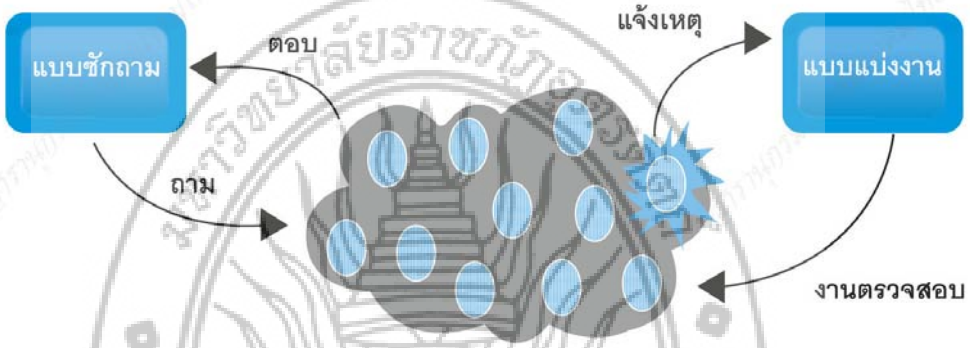
การใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็นสองประเภทคือ ประเภทซักถาม (querying) กับประเภทแบ่งงาน(tasking)

1. แบบซักถาม (querying)

เมื่อเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายถูกถามหาข้อมูลหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ใดๆที่มีข้อมูลจะตอบกลับผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ตัวอย่างเช่น ในงานการเกษตร หน่วยร่วมเซ็นเซอร์จะถูกถามเมื่อโปรแกรมที่ใช้งานต้องการใช้ข้อมูลความชื้นและอุณหภูมิ หน่วยร่วมเซ็นเซอร์จะตอบด้วยข้อมูลที่ถูกเก็บบันทึกไว้ในแต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์

2. แบบแบ่งงาน (tasking)

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายรับหน้าการตรวจสอบเหตุการณ์ต่างๆเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ได้รับมอบหมายให้ตรวจสอบ หน่วยร่วมเซ็นเซอร์จะแจ้งข้อมูลผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายกลับทันทีดังรูปที่ ๗.๑ตัวอย่างเช่น ในการเตือนภัยไฟป่า เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายได้รับมอบหมายให้เฝ้าวัดความร้อนและควันไฟ หน่วยร่วมเซ็นเซอร์จะแจ้งข้อมูลกลับทันทีเมื่อตรวจวัดความร้อนและควันไฟได้เกินระดับที่ตั้งไว้เท่านั้น



ภาพ 2-3 ลักษณะการใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย
ที่มา www. http://thaitelecomkm.org/.[ออนไลน์].

2.2.4 Server

Serverคือเครื่องคอมพิวเตอร์หรือระบบปฏิบัติการหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ทำหน้าที่ให้บริการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง แก่เครื่องคอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เป็นลูกข่าย ในระบบเครื่อข่ายข้อความแบบนี้สรุปServer ในทางcomputer มี3ความหมายคือ

- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ให้ บริการอะไรบางอย่างแก่คอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์อื่น

- ระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ให้บริการอะไรบางอย่างแก่คอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์

- โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ให้บริการ อะไรบางอย่างแก่คอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์อื่น โดยส่วนมากแล้วเครื่อง Server จะแบ่งเป็น 2 แบบด้วยกันคือ

1. แบบ Rack จะมีลักษณะเป็นแท่งสีเหลี่ยมยาวๆ เพราะถ้าใช้แบบ Rack ค่าบริการที่จะนำ Server ไปวางไว้ที่ Data Center ก็จะถูกกว่าแบบ Tower

2. แบบ Tower หน้าตาจะเหมือนกับ PC ทั่วๆไปที่ใช้กันในบ้าน และค่าบริการการวางที่ Data Center ก็จะแพงกว่าแบบ Rack เกือบเท่าตัว

โดยปกติแล้ว โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เป็น Server จะทำงานบนระบบปฏิบัติการ อาจจะเป็น Linux หรือ Windows หรือ Unix ก็ได้ ดังนั้นคำว่า server จึงมิได้หมายถึง คอมพิวเตอร์ เพียงอย่างเดียวแต่ยังหมายถึงระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์อีกด้วย ตัวอย่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็น server ถ้าพูดถึงเราคงรู้จักกันดี แต่อาจจะไม่รู้ว่าเรียกว่า server ก็เป็นไปได้ยกตัวอย่างเป็นกลุ่มๆ ดังต่อไปนี้

Web server คือโปรแกรมที่ทำหน้าที่ให้บริการเว็บ เช่น Apache web server

Mail server คือโปรแกรมที่ทำหน้าที่ให้บริการ E-mail เช่น Postfix, qmail, courier

DNS server คือโปรแกรมที่ทำหน้าที่ให้บริการโดเมนเนม เช่น bind9

Database server คือโปรแกรมที่ทำหน้าที่ให้บริการ Database เช่น mysql, DB2

ระบบปฏิบัติการที่ใช้ในเครื่องServer

1. Linux สำหรับ Linux Distribution ที่ได้รับความนิยมได้แก่ Debian, Ubuntu, Redhat และ Fedora เป็นต้น Linux เป็นระบบปฏิบัติการที่ใช้งานโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย พร้อมทั้งมีนักพัฒนาอยู่ทั่วโลกร่วมกันพัฒนาด้วย

2. Windows สำหรับ Windows ที่นิยมใช้เป็น server ได้แก่ Windows Server 2003 WindowsServer 2008 ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการจากไมโครซอฟท์ที่มีความเสถียรและเป็น Windows ที่นิยมยอมรับโดยทั่วไป

3. Unix สำหรับ Unix สำหรับระบบปฏิบัติการนี้เป็นระบบปฏิบัติการณ์ที่เก่าแก่ระบบหนึ่ง ที่ยังใช้งานอยู่จนถึงทุกวันนี้ ได้แก่ BSD

Server เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการให้บริการที่สูงมาก โดยประโยชน์หลักๆ ของ Server นั้นเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่คอยให้บริการกับผู้ใช้ทางงานอินเตอร์เน็ตที่เข้ามาขอใช้บริการนอกจากที่ เครื่อง Server ก็ยังสามารถนำมาใช้ในสำนักงานได้อีกด้วยโดยประโยชน์ในการใช้เครื่อง Serveในสำนักงาน คือ ช่วยให้ประหยัดทรัพยากรต่างๆได้ดีเพราะว่าคอมพิวเตอร์ทุกตัวสามารถใช้งานทรัพยากรเหล่านั้นได้เช่น เครื่องพิมพ์ ฮาร์ดดิสก์ เป็นต้น

ประเภทของเซิร์ฟเวอร์ โดยปกติจะแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ File Server , Print Server , Database Server , Application Server การแบ่งออกเป็น 4 ประะเภทนั้น แบ่งตามลักษณะการใช้งาน คือ เก็บ-บริการไฟล์ บริการ/บริหาร งานพิมพ์ เก็บและบริการฐานข้อมูล และบริการ/บริหาร

ซอฟต์แวร์ประยุกต์ ส่วน Mail Server, Internet Server หรือประเภทอื่นๆที่มีการเรียกชื่อนั้น เกิดจากการนำเอาเซิร์ฟเวอร์มากกว่า 2 ประเภทมารวมกันในตัวเดียว

1.File Server เป็นเซิร์ฟเวอร์ที่มีหน้าที่จัดเก็บไฟล์ โดยการจัดเก็บไฟล์จะทำเสมือนเป็นฮาร์ดดิสก์รวมศูนย์ (Centerized disk storage) เสมือนว่าผู้ใช้งานทุกคนมีที่เก็บข้อมูลอยู่ที่เดียว เพราะควบคุมบริหารง่าย การสำรองข้อมูล การ Restore ง่าย ข้อมูลดังกล่าวสามารถ Shared ให้กับ Client ได้ โดยส่วนมากข้อมูลที่อยู่ใน File Server คือ โปรแกรมและข้อมูล (Personal Data File) โดยปกติแล้วเซิร์ฟเวอร์ไม่มีหน้าที่ต้องประมวลข้อมูลเหล่านี้ เป็นเพียงแหล่งเก็บข้อมูล กล่าวง่ายๆ ก็คือ File Server ทำหน้าเสมือน Input/Output สำหรับไฟล์การทำงานของเซิร์ฟเวอร์ที่เป็นFileServerนั้น ในทางเทคนิคแล้วยังไม่เรียกว่าเป็น “Client/Server” เพราะไม่มีการแบ่งโหลดการทำงานระหว่างไคลเอ็นต์กับเซิร์ฟเวอร์ แต่หน้าที่ที่ File Server จะต้องจัดการคือ มี NOS (Network Operating System) ที่ดูแลเกี่ยวกับการ “เข้าถึง” ไฟล์ ต้องมีกระบวน “Lock” ไว้ ไม่ให้เกิดความซ้ำซ้อนในการแก้ไขไฟล์ เช่น ขณะที่ผู้ใช้งานคนที่1เปิดไฟล์ A และกำลังแก้ไข (edit) อยู่ ผู้ใช้งานคนที่สองจะเปิดไฟล์ A เพื่อแก้ไขไม่ได้ (แต่เปิดเพื่ออ่าน Read Only ได้) แต่ถ้าหากข้อมูลนั้นเป็น Database แทนที่ไฟล์ หรือฐานข้อมูลทั้งฐานข้อมูลจะถูก Lock กระบวนการ Lock ก็อาจจะเกิดเฉพาะ Record (Row) นี้เป็นหน้าที่ของ NOS และ Application ที่ใช้งาน

2.Print Server หนึ่งเหตุผลที่ต้องมี Print Server ก็คือ เพื่อแบ่งให้พรินเตอร์ราคาแพงบางรุ่นที่ออกแบบมาสำหรับการทำงานมากๆ เช่น HP Laser 5000 พิมพ์ได้ 10 – 24 แผ่นต่อนาที พรินเตอร์ประเภทนี้ ความสามารถในการทำงานสูง ถ้าหากซื้อมาเพื่อใช้งานเพียงคนเดียว แต่ละวันพิมพ์ 50 แผ่น ก็ไม่คุ้มค่า ดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการจัดการแบ่งปันพรินเตอร์ดังกล่าวให้กับผู้ใช้ทุกๆ คนในสำนักงาน หน้าที่ในการแบ่งปัน ก็ประกอบด้วย การจัดคิว ใครสั่งพิมพ์ก่อน การจัดการเรื่อง File Spooling เป็นของเซิร์ฟเวอร์ ที่มีชื่อว่า Print Server โดยส่วนใหญ่ในองค์กร น้อยองค์กรที่จะซื้อเซิร์ฟเวอร์มาเพื่อใช้สำหรับเป็น Print Server โดยเฉพาะ แต่จะใช้วิธีเอาเซิร์ฟเวอร์ที่ซื้อมาเพื่อเป็น File Server , Data Base server ทำเป็น Print Serverด้วย

3.Database Server Database Server หมายถึง เซิร์ฟเวอร์ที่มีไว้เพื่อรันระบบที่เป็นฐานข้อมูล DBMS (DataBase Managment System) เช่น SQL , Informix เป็นต้น โดยภายในเซิร์ฟเวอร์ที่มีทั้งฐานข้อมูลและตัวจัดการฐานข้อมูล ตัวจัดการฐานข้อมูลในที่นี้หมายถึง มีการแบ่งปันการประมวลผล โดยผ่านทางไคลเอ็นต์

4.Application Server Application Server คือเซิร์ฟเวอร์ที่รันโปรแกรมประยุกต์ได้ด้วยโดยการทำงานสอดคล้องกับไคลเอ็นต์ เช่น Mail Server (รัน MS Exchange Server) Proxy Server (รัน Proxy Server) หรือ Web Server (รัน Web Server Program เช่น Xitami ,Apache’)

2.2.5 บอร์ด Arduino รุ่น mega 2560

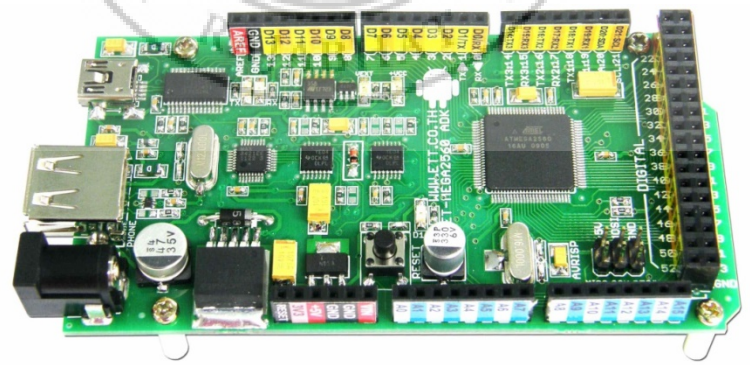
จากการที่ Arduino ที่เป็นโครงการพัฒนาระบบ MCU ของ AVR แบบ Open Source ได้รับการแนะนำเผยแพร่ออกมาสู่สาธารณะ ซึ่งได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายจากผู้คนทั่วโลก ภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว ทางด้านของ Software ก็มีการพัฒนากันอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในขณะนี้ (กันยายน 2554) โปรแกรมของ Arduino ได้รับการปรับปรุงเป็น Version “arduino-0022” แล้ว โดยทางด้าน Hardware เองก็ได้มีการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่องควบคู่กันไปด้วยเช่นเดียวกัน ซึ่งจากเดิมที่มีการพัฒนาโปรแกรมให้รองรับกับการใช้งานได้กับชิพ MCU รุ่นเล็ก 28 ขา อย่าง ATMEGA8,ATMEGA88/ATMEGA168/ATMEGA328 และพัฒนาต่อมาจนเป็นรุ่นใหญ่แบบ 100Pin อย่าง ATMEGA1280/ATMEGA2560 ตามลำดับ และล่าสุดได้มีการพัฒนาขีดความสามารถของ Arduino บน AVR ให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ USB Host ได้ ทำให้สามารถนำ Arduino ไปดัดแปลงประยุกต์เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ USB Device แบบต่างๆเช่น USB HID Keyboard หรือ USB HID Mouse เป็นต้น และที่น่าตื่นเต้นและน่ายินดีเป็นอย่างยิ่งก็คือการนำเอา Arduino ไปประยุกต์เชื่อมต่อกับสมาร์ทโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการแบบโอเพ่นซอร์ส จากค่าย Google ยักษ์ใหญ่ด้านเวปบราวเซอร์ของโลก ซึ่งเป็นที่รู้จักกันในแวดวงผู้ใช้ ในนามของ แอนดรอยด์โฟน ซึ่งทำให้เราสามารถเชื่อมต่อสื่อสารสั่งานบอร์ด Arduino ผ่านอุปกรณ์ แอนดรอยด์โฟน ได้ ซึ่งนับเป็นพัฒนาการอีกขั้นของ Arduino บน AVR ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมา ทำให้ Arduino มีความโดดเด่นและน่าสนใจมากยิ่งขึ้นไปอีก

ทาง ETT จึงได้นำชิพ MCU ตระกูล AVR เบอร์ ATMEGA2560 และ MAX3421 มาพัฒนาเป็นบอร์ด Arduino แบบมี USB Host เพื่อรองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ USB Device และ อุปกรณ์แอนดรอยด์โฟน โดยใช้ชื่อว่า ”ET-MEGA2560-ADK” โดยได้ออกแบบให้มีการจัดสรร Pin I/O ต่างๆ รวมทั้งขนาดให้ตรงตามมาตรฐานของบอร์ด “Arduino Mega” เพียงแต่ได้มีการเพิ่ม USB Host และปรับปรุงข้อจำกัดบางอย่างให้ดียิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มความสะดวกกับผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้น

คุณสมบัติของบอร์ด Arduino รุ่น mega 2560

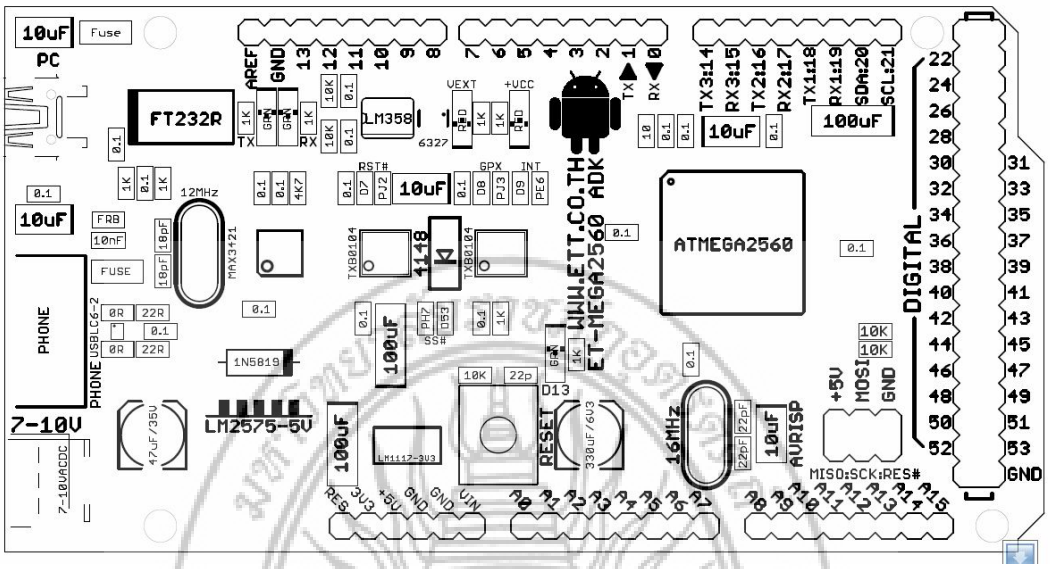
1. ใช้ ATMEGA2560 เป็น MCU ประจำบอร์ด Run ความถี่ 16MHz จาก Crystal Oscillator
2. 256KByte Flash(สงวนไว้ 4KByte สำหรับ Bootloader) / 8KByte SRAM / 4KByte EEPROM
3. รองรับการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา C++ ของ Arduino ตามแบบ Arduino Mega ได้ 100%

4. ใช้ USB Bridge ของ FTDI เบอร์ FT232RL พร้อม Over Current Protection สำหรับติดต่อสื่อสาร
5. และ Download Code จากคอมพิวเตอร์ให้บอร์ด โดยไม่ต้องใช้เครื่องโปรแกรมจากภายนอก
6. On Board USB Host(MAX3421) สำหรับเชื่อมต่อ USB Device หรืออุปกรณ์ Android ADK
7. รองรับการพัฒนาโปรแกรมด้วย ADK (Android Open Accessories development Kit)
8. โดยใช้ Google Open Accessories API เมื่อใช้กับอุปกรณ์แอนดรอยด์ทได้รับการติดตั้ง
9. ระบบปฏิบัติการแอนดรอนด์ V2.3.4 หรือสูงกว่า
10. รองรับการพัฒนาโปรแกรมด้วย Android Debug Bridge (ADB) โดยใช้ Library ของ
11. Microbridge เมื่อใช้กับอุปกรณ์แอนดรอยด์ที่ได้รับการติดตั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอนด์
12. V1.5 หรือสูงกว่า 54 Pin Digital I/O โดยมี
13. 16 Pin Analog Input (ADC ขนาด 10 บิต 16 ช่อง)
14. 14 PWM outputs
15. 4 UART(Hardware Serial Port) แบบ TTL Logic
16. 1 Hardware TWI (I2C)
17. 1 Hardware SPI (up to 8Mbps)



ภาพ 2-4 บอร์ด Arduino รุ่น mega 2560
ที่มา www.arduitronics.com.[ออนไลน์].

โครงสร้างบอร์ด ET-MEGA2560-ADK



ภาพ 2-5 โครงสร้างของบอร์ด ET-MEGA2560-ADK

ที่มา www.arduitronics.com.[ออนไลน์].

คุณสมบัติของสัญญาณต่างๆของบอร์ด ET-MEGA2560-ADK

1. RESET เป็นสัญญาณ Input Reset ของ MCU ทำงานเมื่อเป็น Logic Low โดยสัญญาณ RESET นี้จะถูกควบคุมจาก 2 แหล่ง คือจาก สวิตช์ RESET ภายในบอร์ด และ จากสัญญาณDTR ของ FT232RL

2. +3V3 เป็นแหล่งจ่ายไฟขนาด +3.3V ที่ได้จากวงจร Regulate ของ LM1117-3V3 สามารถจ่าย
กระแสได้สูงสุด 500mA

3. +5V เป็นจุดต่อแหล่งจ่ายไฟของบอร์ดออกไปใช้งาน ซึ่งมาจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่งคือ จากพอร์ต USB และจาก External Supply ซึ่งถ้าต่อแหล่งจ่ายให้บอร์ดจาก External Supply ผ่านทาง JackVIN แหล่งจ่าย +5V นี้จะมาจาก Switching Regulate (LM2575-5V) สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุดถึง 1A แต่ถ้าใช้แหล่งจ่ายจากพอร์ต USB แหล่งจ่าย +5V นี้จะมาจากพอร์ต USB โดยตรงโดยจะมีฟิวส์ แบบ Poly ขนาด 500mA ต่อป้องกันการดึงกระแสเกินเพื่อป้องกันความเสียหายของพอร์ต USB โดยจะจ่ายกระแสได้สูงสุดไม่เกิน 500mA ขึ้นอยู่กับการ Configure ค่าให้กับ FT232RL ด้วย

4. +VIN เป็นไฟ DC ที่รับมาจาก Jack VIN(External Supply) แต่ผ่านการ Rectifier และ Filter เป็น

DC แล้ว มีขนาดแรงดันเฉลี่ยตามขนาดแรงดันที่ป้อนให้กับบอร์ดทาง Jack VIN

5. A0-A15 เป็นขาสัญญาณ Analog Input แบบ ADC มีขนาดความละเอียด 10บิต มี 16 Pin สามารถรับแรงดัน Analog Input ได้ 0-5VDC

6. D0-D53 เป็นขาสัญญาณ Digital Input/Output แบบ TTL มีทั้งหมด 54 Pin สามารถใช้ทำหน้าที่

เป็น Input หรือ Output ตามการกำหนดจากโปรแกรม โดยมีบาง Pin สามารถกำหนดหน้าที่ใช้งานเป็นฟังก์ชั่นพิเศษต่างๆเพิ่มเติมได้อีก

- D0-D1 ถูกสงวนไว้ใช้ทำหน้าที่เป็นพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 (UART0) โดยได้ทำการ
- เชื่อมต่อกับ USB Bridge ของ FT232RL เพื่อใช้ Upload Code ให้กับบอร์ด และยัง
- สามารถใช้ทดลองติดต่อสื่อสารรับส่งข้อมูลระหว่างบอร์ดกับคอมพิวเตอร์ PC
- D2-D13 สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น PWM ขนาด 8 บิต มี 14 Pin
- D14 สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น TX3 สำหรับ ส่งข้อมูลของ UART3
- D15 สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น RX3 สำหรับ รับข้อมูลให้กับ UART3
- D16 สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น TX2 สำหรับ ส่งข้อมูลของ UART2
- D17 สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น RX2 สำหรับ รับข้อมูลให้กับ UART2
- D18 สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น TX1 สำหรับ ส่งข้อมูลของ UART1
- D19 สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น RX1 สำหรับ รับข้อมูลให้กับ UART1

AREF เป็นสัญญาณ Analog Reference จากภายนอกที่ต้องการป้อนให้กับ MCU ซึ่งตามปรกติแล้ว ATMEGA2560 สามารถโปรแกรมให้เลือกใช้แรงดันอ้างอิงจากภายในได้อยู่แล้วโดยสามารถเลือกเป็น 1.1V หรือ 2.56V หรือ AVCC(+5V) โดยไม่จำเป็นต้องป้อนแรงดันอ้างอิงจากภายนอกให้กับบอร์ดอีก แต่ถ้าต้องการแรงดันอ้างอิงที่มีความแตกต่างจากที่กล่าวมาแล้วก็สามารถป้อนเป็นแรงดันอ้างอิงจากภายนอกผ่านทางขา AREF นี้เข้าไปเองได้ระหว่าง 0-5V

USB Host ใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ USB Device หรือ แอนดรอยด์โฟนโดยใช้ชิพ USB Host เบอร์ MAX3421 เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ USB กับ MCU ATMEGA2560 ซึ่งในปัจจุบันมีการ สร้าง Library ขึ้นมาสนับสนุนการเชื่อมต่อให้นำไปประยุกต์ดัดแปลงใช้งานกันได้ฟรีๆ ทั้งแบบ USB Host และแบบเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ แอนดรอยน์โฟน ซึ่งถ้าใช้แอนดรอยน์โฟนที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการรุ่น V2.3.4 หรือสูงกว่าสามารถใช้การพัฒนาด้วย Google ADK ได้ แต่ถ้าแอนดรอยน์โฟนไม่รองรับ ADK ก็สามารถใช้ ADB ของ Microbridge แทนได้เช่นกัน การพัฒนาโปรแกรมแบบ USB Host โดยใช้รูปแบบการพัฒนาโปรแกรมเช่นเดียวกันกับบอร์ด Arduino ปรกติทั่วๆไป โดยในกรณีนี้จะประยุกต์ใช้ MAX3421 ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ USB Host เพื่อเชื่อมตอ่ กับอุปกรณ์ USB Device ทั่วๆไป เช่น USB HIDKeyboard, USB HID Mouse ฯลฯ

การพัฒนาโปรแกรมแบบ Android สามารถทำได้ 2 แนวทาง

1. พัฒนาโปรแกรมผ่าน Google Open Accessories API ด้วยชุดพัฒนาของ ADK(Android Open Accessories development Kit) มุ่งเน้นไปที่การนำความสามารถของอุปกรณ์แอดดรอยน์โฟน เช่น หน้าจอแสดงผล ระบบ TouchScreen และอุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่างๆที่มีบรรจุไว้ในแอนดรอยน์โฟน มาพัฒนาต่อยอดใช้งาน ซึ่งความสามารถนี้จะใช้ได้กับอุปกรณ์แอนดรอยน์โฟนรุ่นที่สามารถติดตั้งระบบปฏิบัติการของแอนดรอยน์ ตั้งแต่เวอร์ชั่น 2.3.4 หรือสูงกว่า

2. พัฒนาโปรแกรมผ่าน Library ของ Microbridge ด้วย ADB (Android DebugBridge) มุ่งเน้นไปที่การเชื่อมต่อสื่อสาร สงั่ งานอุปกรณ์ I/O ภายนอกกับแอนดรอยน์ ซึ่งในกรณีของการเชื่อมต่อกับ Arduino ก็จะทำให้เราสามารถนำ แอนดรอยน์โฟน ส่งคำสั่งออกไป หรือ รับข้อมูลจาก Arduino ได้ตามต้องการ ไม่ว่าจะเป็น Digital I/O,PWM,I2C Bus หรือ Analog Input(ADC) ซึ่งความสามารถนี้จะใช้ได้กับอุปกรณ์แอนดรอยน์โฟนทุกรุ่นทีสามารถติดตั้งระบบปฏิบัติการของแอนดรอยน์ ตั้งแต่เวอร์ชั่น V1.5 หรือสูงกว่า

2.2.5 เซนเซอร์วัดปริมาณความชื้นในดิน

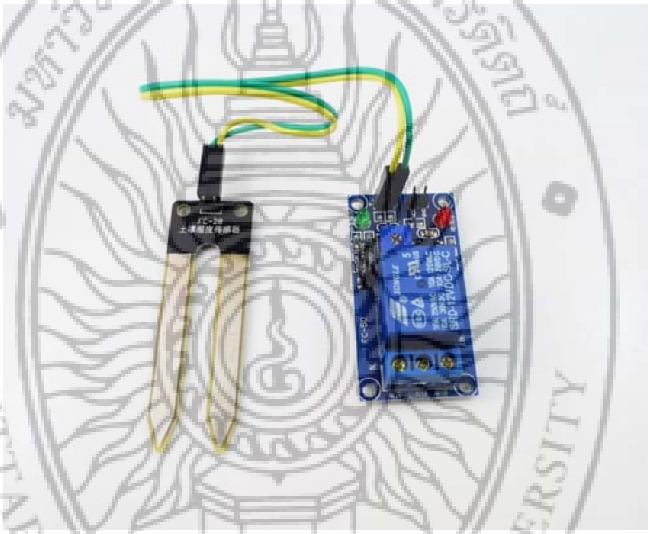
เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ / ความชื้น หรือ Temperature Sensor / Humidity Sensor คือ อุปกรณ์สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิ หรือความชื้นในบริเวณที่ใช้งาน ซึ่งเหมาะสำหรับห้องควบคุมอุณหภูมิความชื้น, อุตสาหกรรมอาหาร,ห้องอบ,ห้องแช่เย็น,ห้องแล็ป,ห้องควบคุมระบบคอมพิวเตอร์ CleanRoom, Warehouse ที่มี ปัญหาในการควบคุมอุณหภูมิหรือความชื้น ทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ หรือวัสดุที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ/ความชื้น ที่ถูกคัดสรรมาเป็นอย่างดีของบริษัท แสงชัยมิเตอร์ จำกัด สามารถช่วยให้ วัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ซึ่งแตกต่างจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ / ความชื้นแบบอื่นในท้องตลาดตรงที่ มีรูปแบบการติดตั้งที่หลากหลายให้เลือกใช้ สามารถต่อร่วมกับจอแสดงผล หรือเครื่องควบคุมได้ง่าย ใช้วัดความชื้นในดิน หรือเป็นเซ็นเซอร์น้ำก็ได้ สามารถต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้อนาล็อกอินพุตอ่านค่าความชื้น หรือเลือกใช้สัญญาณดิจิตอลที่ส่งมาจากโมดูก็ได้ โดยสามารถปรับความไวได้ด้วยการปรับ Trimpot

เซนเซอร์วัดปริมาณความชื้นในดิน ประกอบด้วย

- แผ่น PCB สำหรับเสียบลงดินเพื่อวัดค่าความชื้น
- โมดูลวัด และประมวลผล
- สายจั้มตัวเมีย - เมีย จำนวน 6 เส้น

หลักการทำงานเซนเซอร์วัดปริมาณความชื้นในดิน

การใช้งาน จะต้องเสียบแผ่น PCB สำหรับวัดลงดิน เพื่อให้วงจรแบ่งแรงดันทำงานได้ครบวงจร จากนั้นจึงใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยใช้ไอซีออปแอมปเบอร์ LM393 เพื่อวัดแรงดันเปรียบเทียบกันระหว่างแรงดันดันที่วัดได้จากความชิ้นในดิน กับแรวดันที่วัดได้จากวงจรแบ่งแรงดันปรับค่าโดยใช้ Trimpot หากแรงดันที่วัดได้จากความชิ้นของดิน มีมากกว่า ก็จะทำให้วงจรปล่อยลอจิก 1 ไปที่ขา D0 แต่หากความชิ้นในดินมีน้อย ลอจิก 0 จะถูกปล่อยไปที่ขา D0 ขา A0 เป็นขาที่ต้อโดยตรงกับวงจรที่ใช้วงความชื้นในดิน ซึ่งให้ค่าแรงดันออกมาตั้งแต่ 0 - 5V (ในทางอุดมคติ) โดยหากความชิ้นในดินมีมาก แรงดันที่ปล่อยออกไปก็จะน้อยตามไปด้วย ในลักษณะของการแปรผันกลับ



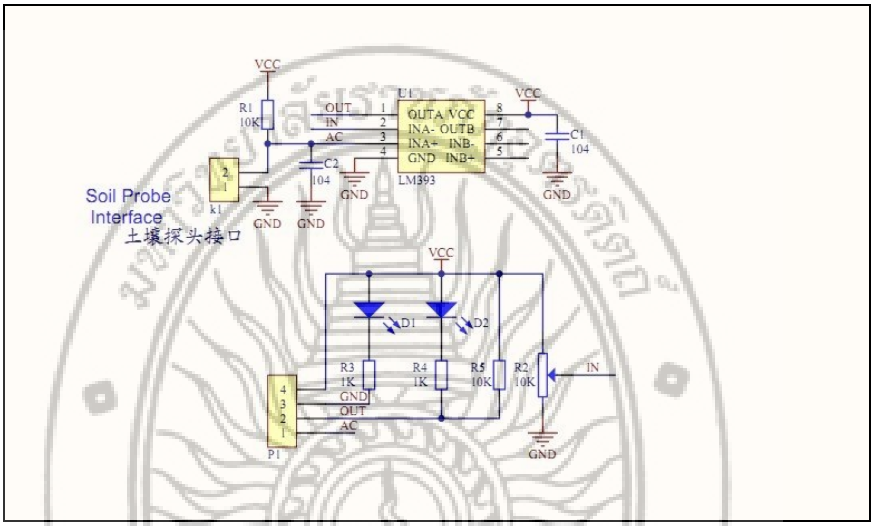
ภาพ 2-6 เซนเซอร์วัดปริมาณความชื้นในดิน
ที่มา www.ioxhop.com .[ออนไลน์].

การใช้งานเซนเซอร์วัดปริมาณความชื้นในดิน

หากนำไปใช้งานด้านการวัดความชื้นแบบละเอียด แนะนำให้ใช้งานขา A0 ต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อวัดค่าแรงดันที่ได้ ซึ่งจะได้ออกมาใช้เปรียบเทียบค่าความชื้นได้ หากมีความชื้นน้อยแรงดันจะใกล้ 5V มาก หากความชิ้นมาก แรงดันก็จะลดต่ำลงหากต้องการนำไปใช้ในโปรเจคที่ไม่ต้องใช้วัดละเอียด เช่น โปรเจครดน้ำต้นไม้ ที่ใช้แค่วัดว่าควรจะรดน้ำต้นไม้หรือยัง สามารถนำขา D0 ต่อเข้ากับทรานซิสเตอร์กำลังเพื่อสั่งให้มอเตอร์ หรือโซลินอยทำงานเพื่อให้มีน้ำไหลมารดต้นไม้ได้เลย เมื่อความชิ้นในดินมีมากพอ จะปล่อยลอจิก 0 แล้วทรานซิสเตอร์จะหยุดนำกระแสไปเองในส่วนของ Soil moisture sensor module นี้สามารถให้ค่าได้ 2 แบบ

- อ่านค่าเป็นแบบ Analog หมายถึงอ่านค่าความชื่นและให้ค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1024

- อ่านค่าเป็นแบบ Digital โดยเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ ถ้ามากกว่าก็ให้ logic HIGH ถ้าต่ำกว่าก็ LOW จากนั้นค่าที่อ่านได้ก็จะเอาป้อนให้กับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน IC LM393 (DUAL DIFFERENTIAL COMPARATORS) โดยตั้งค่าได้จาก Variable Resistor นะครับ (ใช้ไขควงปรับค่าให้ตรงกับค่าที่ต้องการ)
- ค่าความชื้นในดินสามารถวัดได้ตั้งแต่ 0%-100%



ภาพ 2-7 วงจรเซนเซอร์วัดปริมาณความชื้นในดิน

ที่มา www.ioxhop.com_.[ออนไลน์].

2.2.6 เซนเซอร์วัดปริมาณน้ำในแม่น้ำ Ultrasonic Module

ในประเทศอังกฤษ น้ำในแม่น้ำมักมีการไหลบ่าเสมอๆ ทุกปีหลังคริสต์มาส เป็นเหตุให้ Danny Hughes นักคอมพิวเตอร์ศาสตร์และสิ่งแวดล้อมแห่งมหาวิทยาลัยแลงคาสเตอร์ (Lancaster University) และคณะ พัฒนาเซ็นเซอร์อัจฉริยะเตือนภัยน้ำท่วมขึ้น โดยได้มีการติดตั้งเซ็นเซอร์อัจฉริยะเพื่อวัดระดับน้ำ และกระแสการไหลของน้ำโดยอัตโนมัติ ซึ่งสามารถทำนายการเกิดภาวะน้ำท่วมอย่างฉับพลันได้ เครือข่ายเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำอัจฉริยะจะทำการแจ้งเตือนโดยการส่งผลการพยากรณ์ที่แม่นยำก่อนที่จะเกิดน้ำท่วมไปยังเจ้าหน้าที่ของรัฐบาลและท้องถิ่นเพื่อทำการแจ้งเตือนให้ประชาชนทราบโดยเร็ว

ขณะนี้ได้มีการทดลองติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ 2 จุด ไปตามความยาวของแม่น้ำริบเบิล และภายในสิ้นปีนี้เครือข่ายที่เหลืออีก 11 จุด จะถูกติดตั้งในหุบเขายอร์กเชอร์ (Yorkshire Dales) เครือข่ายเซ็นเซอร์อัจฉริะประกอบด้วยชุดเซ็นเซอร์ 3 ชนิด คือ ชุดเซ็นเซอร์วัดความดันน้ำ 11 ตัว เพื่อวัดระดับความลึกของน้ำ และชุดเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร็วของกระแสน้ำ 2 ตัว โดยเซ็นเซอร์ตัวหนึ่งใช้

วัดคลื่นอัลตร้าซาวนด์ใต้น้ำ และเซนเซอร์อีกตัวหนึ่งใช้กล้องวีดีโอ (webcam) ซึ่งถูกติดตั้งริมฝั่งของแม่น้ำเพื่อติดตามวัตถุและระลอกคลื่นบนผิวน้ำ

เครือข่ายเซ็นเซอร์แต่ละจุดมีขนาดเล็กกว่ากำปั้นมนุษย์ และใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ร่วมกับแผงพลังงานแสงอาทิตย์ นอกจากนี้เซ็นเซอร์แต่ละตัวยังถูกเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดเล็กเท่ากับแผงหมากฝรั่ง ซึ่งประกอบด้วยระบบประมวลผลสมรรถนะสูงที่พบได้ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคใหม่ เซ็นเซอร์ทั้งหมดถูกติดตั้งโดยมีระยะห่างกันประมาณ 10 เมตร และทำงานเชื่อมโยงกันผ่านเครือข่ายไร้สายวายฟาย (Wi-Fi) และบลูทูธ ทำให้มีการเก็บข้อมูลและกระบวนการประมวลผลร่วมกัน เกิดเป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ ที่มีลักษณะเหมือนกับการประมวลผลแบบกริด (Grid computing) คือ ระบบการประมวลผลคอมพิวเตอร์ด้วยการเชื่อมโยงหน่วยประมวลผลจำนวนมาก ที่อาจอยู่ห่างกันหลายพันไมล์เข้าด้วยกัน โดยใช้เร้าเตอร์ (Router) เป็นอุปกรณ์สำคัญในการเชื่อมต่อระบบ เพื่อรองรับการรับ-ส่งข้อมูล และมีประสิทธิภาพในการประมวลผลสูง ถ้าพฤติกรรมของแม่น้ำมีการเปลี่ยนแปลง เครือข่ายจะใช้ข้อมูลที่มีอยู่ในการสร้างแบบจำลองและพยากรณ์สิ่งที่กำลังจะเกิดขึ้นต่อไป ถ้าปริมาณน้ำเริ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ และไหลอย่างรวดเร็ว เครือข่ายเซ็นเซอร์ก็จะส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านเครือข่ายไร้สายไปยังเจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมระบบ

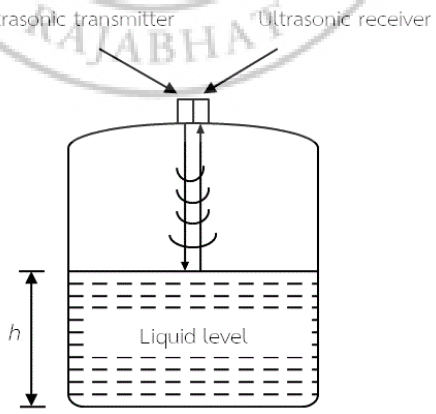
ปัจจุบันเครือข่ายเซ็นเซอร์อัจฉริยะเตือนภัยน้ำท่วมรายงานผลไปยังห้องปฏิบัติการวิจัยของมหาวิทยาลัยแลงคาสเตอร์ผ่านระบบไร้สาย GPRS (General Packet Radio Service) เท่านั้น อย่างไรก็ตาม ในอนาคตมันมีความเป็นไปได้ว่าระบบจะสามารถแจ้งเตือนประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยได้ทันที ระบบป้ายโฆษณาอิเล็กทรอนิกส์สามารถนำมาใช้เป็นสื่อในการแจ้งเตือนได้ ส่วนข้อมูลที่เป็นรายละเอียดสามารถส่ง เป็นข้อความสั้น (SMS Messages) ให้กับสมาชิกที่ลงทะเบียนไว้ได้ โดยเป้าหมายสุดท้ายของการพัฒนาเพื่อให้ได้ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ที่ง่าย และทนทานพอที่ประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยจะสามารถติดตั้งและดูแลระบบได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังมีเซ็นเซอร์ชนิดอื่นอีกอย่างเช่น เซ็นเซอร์ที่ใช้ในการเฝ้าระวังระดับน้ำในเขื่อน หรือระดับมลภาวะในเมืองชั้นในได้ ในขณะที่ Craig Hutton ซึ่งเป็นอีกผู้หนึ่งที่ทำวิจัยเกี่ยวกับเซ็นเซอร์แม่น้ำที่มหาวิทยาลัยเซาท์แทมตัน (Southampton University) กล่าวว่า บางเครือข่ายสามารถที่จะช่วยให้การแก้ไขปัญหาเป็นไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเครือข่ายพวกนี้มีศักยภาพในการประมวลข้อมูลเบื้องต้น และจะส่งเฉพาะข้อมูลที่จำเป็นต่อการตัดสินใจเท่านั้น เพราะหากใครก็ตามกำลังจัดการเกี่ยวกับปัญหาน้ำท่วมหรือมลพิษทางอากาศ และมีเวลาในการตัดสินใจเพียงสองชั่วโมง เขาต้องการเพียงข้อมูลสำคัญเท่านั้น ไม่ต้องการข้อมูลจำนวนมาก และในอนาคตเครือข่ายเซ็นเซอร์อัจฉริยะอาจจะเสนอแนวทางป้องกันที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติควบคู่ไปกับการแจ้งเตือน

2.2.7 เซนเซอร์วัดระดับชนิดอัลตราโซนิก (ultrasonic level sensor หรือ ultrasonic sensor)

เป็นเซนเซอร์ (sensor) วัดระดับที่อาศัยหลักการสะท้อนคลื่นเสียง (คลื่นอัลตราโซนิก คือ คลื่นเสียงที่มีความถี่ตั้งแต่ 20 kHz ขึ้นไป) โดยแหล่งกำเนิดอัลตราโซนิกปล่อยคลื่นเสียงมากระทบที่ผิวของเหลวและสะท้อนกลับมาที่ตัวรับ โดยคลื่นเสียงที่เดินทางมาที่ผิวอาจเดินทางมาจากด้านบนลงมาหรือจากด้านล่างของภาชนะขึ้นไปก็ได้ (รูปที่ 11) โครงสร้างมีทั้งประเภทตัวรับและตัวส่งติดตั้งอยู่ด้วยกัน และประเภทแยกตัวรับและตัวส่งออกจากกัน การวัดระดับด้วยคลื่นเสียงนี้หากทราบระยะห่างระหว่างตัวส่งและตัวรับคลื่นเสียงและมุมระหว่างคลื่นเสียงตกกระทบและสะท้อนจะสามารถวิเคราะห์หาระดับความสูงของของเหลวได้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากธรรมชาติของคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมีลักษณะกระจายออก ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่นิยมนำมาใช้สำหรับการวัดระดับ โดยนิยมใช้การวัดช่วงเวลาที่เสียงเดินทางจากตัวส่งมายังตัวรับแทนการวัดมุม ซึ่งวิธีนี้ให้ค่าการวัดที่ถูกต้องแม่นยำ (accuracy)มากกว่า

1.การติดตั้งเซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิกบริเวณด้านบนภาชนะ มีข้อได้เปรียบ คือ สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับของเหลวที่ต้องการวัดระดับ และความเร็วในการเคลื่อนที่ผ่านของเหลวไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลว อย่างไรก็ตาม การติดตั้งด้านบนนั้นคลื่นเสียงต้องเดินทางผ่านอากาศ ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานบางส่วนให้กับไอน้ำในอากาศที่อยู่ระหว่างเครื่องมือวัดกับพื้นผิวของของเหลว

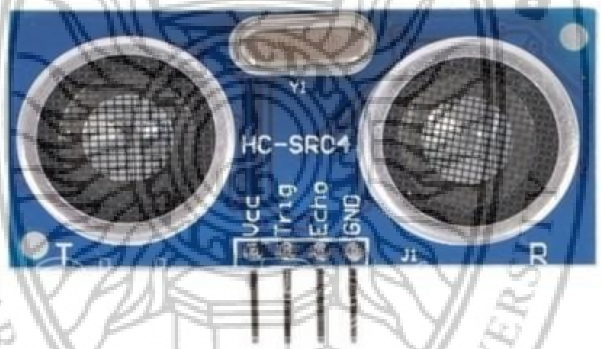
2.การติดตั้งเซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิกบริเวณด้านล่างภาชนะ ให้ค่าการวัดระดับของเหลวได้ดีที่สุดสำหรับของเหลวบริสุทธิ์ หากของเหลวมีสารแขวนลอยปะปนจะสูญเสียพลังงานบางส่วนให้กับสารแขวนลอย โดยตัวรับสัญญาณสามารถติดตั้งบริเวณผนังด้านนอกได้ ซึ่งทรานสดิวเซอร์จะไม่สัมผัสกับของเหลว อย่างไรก็ตาม การติดตั้งที่ด้านนอกภาชนะจะสูญเสียพลังงานบางส่วนให้กับกลไกลการนำคลื่นเสียงผ่านผนังของภาชนะ



ภาพ 2-8 การติดตั้งเครื่องมือวัดชนิดอัลตราโซนิคเพื่อวัดระดับแบบต่อเนื่อง

ที่มา www.foodnetworksolution.com.[ออนไลน์].

เซนเซอร์วัดระดับชนิดอัลตราโซนิกสามารถใช้วัดระดับได้ทั้งของเหลวและของแข็ง เช่น ฝุ่นผง เมล็ดพืช หรือเม็ดพลาสติก โดยที่ของแข็งควรมีขนาดเล็ก และใกล้เคียงกัน มีพื้นผิวโดยรวมเรียบเพื่อการสะท้อนคลื่นเสียงที่ดี พื้นผิวที่มีลักษณะของการดูดซับเสียงหรือสกปรกให้ค่าการสะท้อนที่ไม่ดีจะส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อน (error) ของค่าที่วัดได้ สามารถวัดระดับได้ทั้งแบบจุดและแบบต่อเนื่องซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการออกแบบเครื่องมือวัด และตำแหน่งการติดตั้ง กรณีการวัดระดับแบบจุด จะติดตั้งเซนเซอร์ไว้ที่บริเวณด้านข้างของภาชนะเมื่อระดับความสูงของตัวกลาง (ของแข็งและของเหลว) เพิ่มจนถึงระดับที่ติดตั้งจะได้สัญญาณทางด้านเอาต์พุตออกมาจากเซนเซอร์ และกรณีการวัดระดับแบบต่อเนื่องถ้าตัวกลางเป็นของเหลวสามารถติดตั้งเครื่องมือวัดไว้ ที่บริเวณด้านบนหรือด้านล่างของภาชนะก็ได้ การเลือกใช้เครื่องมือวัดระดับแบบใช้คลื่นเสียงต้องจำกัดย่านการใช้งาน (range) ให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิ (temperature) แคบ ๆ หรืออาจติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิของตัวกลางเพิ่มเติม เพื่อส่งสัญญาณไปแก้ไขค่าความเร็วของคลื่นเสียงที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ



ภาพ 2-9 เครื่องมือวัดระดับชนิดอัลตราโซนิก
ที่มา www.foodnetworksolution.com.[ออนไลน์].

2.2.8 ระบบอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic)

คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่หูมนุษย์จะได้ยินโดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 15 KHz เท่านั้น แต่พวกที่อายุยังน้อย ๆ อาจจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่านี้ได้ ดังนั้นโดยปกติแล้วคำว่าอุลตร้าโซนิคจึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 KHz ขึ้นไป จะสูงขึ้นจนถึงเท่าใดไม่ได้ระบุจำกัดเอาไว้ สาเหตุที่มีการนำเอาคลื่นย่านอุลตร้าโซนิคมาใช้ก็เพราะว่าเป็นคลื่นทีมีทิศทางทำให้เราสามารถเล็งคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง เรื่องนี้เป็นคุณสมบัติของคลื่นอย่างหนึ่ง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ที่ให้เสียงนั้นออกมา)ของตัวกำเนิดเสียงความถี่นั้นเช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ใน

อากาศจะมีความยาวถึงประมาณ 1 เมตรเศษ ๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียงโดยทั่วไปมากมายคลื่นจะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่นแต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอุลตร้าโซนิค อย่างเช่น 40 KHz จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียงประมาณ 8 มม. เท่านั้นซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นี้มากคลื่นเสียงจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบๆ หรือที่เราเรียกว่า มีทิศทาง

การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอุลตร้าโซนิคทำให้เรานำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (Ultrasonic remote control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic cleaner) โดยให้น้ำสั่นที่

ความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยสังเกตระยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกาย ใช้ทดสอบการรั่วไหลของท่อ เป็นต้น โดยความถี่ที่ใช้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น คลื่นเสียงต้องเดินทางผ่านอากาศแล้วความถี่ที่ใช้ก็มักจะจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 50 KHz เพราะที่ความถี่สูงขึ้นกว่านี้อากาศจะดูดกลืนคลื่นเสียงเพิ่มขึ้นมาก ทำให้ระดับความแรงของคลื่นเสียงที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้งานด้านการแพทย์ซึ่งต้องการรัศมีทำการสั้น ๆ ก็อาจใช้ความถี่ในช่วง 1 MHz ถึง 10 MHz ขณะที่ความถี่เป็น GHz (109 Hz) ก็มีใช้กันในหลาย ๆการใช้งานที่ตัวกลางที่คลื่นเสียงเดินทางผ่านไม่ใช่อากาศ

อุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานในรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานทางกลโดยการสั่นไปมา ซึ่งทำให้เกิดคลื่นเสียงย่านอุลตร้าโซนิคกระจายไปในอากาศได้หรือแปลงพลังงานทางกลให้มาเป็นพลังงานในรูปอื่นได้นั้น มีชื่อเรียกว่า อัลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducer) ในปัจจุบันอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้แบบที่นิยมใช้กันมากได้แก่

แบบเปียโซอิเลคทริก (Piezo-electric Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานทางกล โดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ค่าหนึ่ง

แบบแมกนีโตสตริคทีฟ (Magnetostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้นอยู่

แบบอิเลคโตรสตริคทีฟ (Electrostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานทางกล

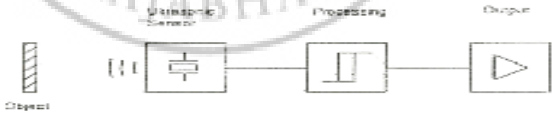
ทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคทริค ภายในตัวอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคทริค แบบที่มีใช้กันในปัจจุบันซึ่งได้รับการพัฒนากันมาในระดับหนึ่งแล้วจะประกอบด้วยชิ้นสารเซรามิคสี่เหลี่ยมซึ่งมีผิวโลหะเงินฉาบอยู่ทั้ง 2 หน้าเพื่อให้ต่อสายไฟออกมาเป็นขา 2 ขา ชิ้นสารเซรามิคนี้ประกอบขึ้นจากสารเซรามิค 2 ชิ้น ประกบกันอยู่โดยวางให้ขั้วไดโพลทางไฟฟ้าภายในอะตอมของมันมีทิศทางตรงข้ามกัน

ชิ้นสารเซรามิคถูกยึดติดภายในตัวถังอย่างดีเพื่อไม่ให้การสั่นขณะที่มันทำงานอยู่ได้รับผลกระทบกระเทือนจากภายนอกตัวถังมักจะเป็นรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางและมีความสูงประมาณ 1 ถึง 2.5 ซม. ด้านหน้าทำเป็นช่องเปิดมีตะแกรงติดอยู่เพื่อให้คลื่นอุลตร้าโซนิคเข้ามาหรือออกจากช่องเปิดได้โดยสะดวก ถ้าตัวถังทำมาจากโลหะก็ควรต่อตัวถังลงกราวด์เพื่อทำหน้าที่ชีลด์ สำหรับบางยี่ห้อเขาจะต่อขาหนึ่งติดกับตัวถังมาให้เลย เมื่อพลิกดูขา 2 ขาที่โผล่ออกมาจากตัวถังจะเห็นมีขาหนึ่งติดกับตัวถัง

เมื่อมีสัญญาณแรงดันมาตกคร่อมขั้วทั้งสองของชิ้นสารเซรามิคดังรูป (ข) จะทำให้ชิ้นสารโก่งงอมากหรือน้อยหรือในทิศทางใดตามขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณนั้นๆทำให้เกิดการกดอัดอากาศโดยรอบเกิดเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่เดียวกับสัญญาณนั้นออกไปโดยทั่วๆ ไปกำลังเอาท์พุทที่ออกมาจะตกประมาณ 10%ของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไปแต่กำลังเอาท์พุท์จะสูงสุดที่ค่าประมาณนี้ต่อเมื่อความถี่ของสัญญาณตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ซึ่งเป็นความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชิ้นสารเซรามิคนั้นๆ ส่วนที่ความถี่อื่นๆ กำลังเอาท์พุทจะลดลงกว่านี้มากในทำนองกลับกันเมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของชิ้นสารเซรามิคเข้ามาจะทำให้ชิ้นสารโก่งงอไปมาและเกิดสัญญาณแรงดันซึ่งมีขนาดเล็กขึ้นมาคร่อมขั้วทั้งสองของตัวมันเองได้คุณสมบัติโดยทั่วไปของอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคตริคก็คือมีค่าความต้านทานไฟตรงสูงมากอาจสูงถึง 100 MW เรียกว่าถ้าเอามัลติมิเตอร์ธรรมดามาตั้งสเกลวัดค่าความต้านทานสูงๆเข็มจะไม่กระดิกเลยแต่ในขณะที่มันทำงานความต้านทานทางด้านไฟสลับจะลดลง

อุลตร้าโซนิคเซ็นเซอร์หน้าที่และการทำงาน

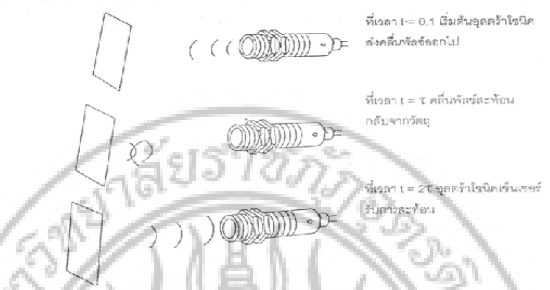
รูปแบบต่าง ๆ ของอุลตร้าโซนิคเซ็นเซอร์ประกอบด้วย ตัวตรวจจับด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิค ชุดส่งสัญญาณ ชุดประมวลผล และชุดเอ้าท์พุท



ภาพ 2-10 หลักการทำงานของอุลตร้าโซนิค
ที่มา http://webcache.googleusercontent.com.[ออนไลน์].

มักจะใช้เป็นภาครับ และ ภาคส่ง อาจมีระบบซึ่งประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ แยกกันอยู่ 2 ส่วน ในระหว่างการทำงานเซ็นเซอร์จะทำการส่งสัญญาณเสียงซึ่งเรียกว่า “ซาวด์พาร์เซลส์” (Sound parcels) ให้ขบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ ของเวลาทำงานไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีการ รับการสะท้อน

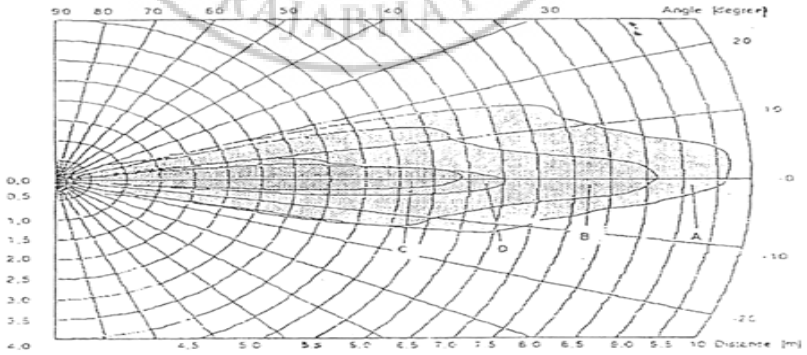
ครั้งแรกเกิดขึ้น วงจรส่งผ่าน/รับ สำหรับการทำงานเป็นวงจรของอุลตร้าโซนิคเซ็นเซอร์ จะส่งผ่านคลื่นพัลซ์เสียงที่ช่วงเวลาสม่ำเสมอ หรือช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลง คลื่นเสียงที่ปล่อยออกไปจะถูกสะท้อนได้โดยวัตถุที่เหมาะสม โดยเซ็นเซอร์ และระบบการทำงานจะรับการสะท้อนของคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมา (ดังแสดงในรูป)ความกว้างของคลื่นพัลซ์ของเสียงอยู่ในช่วง 2.-200 ไมโครเซท



ภาพ 2-11 อุลตร้าโซนิคเซ็นเซอร์ วงจรส่งผ่าน/รับ
ที่มา http://webcache.googleusercontent.com.[ออนไลน์].

การลดสัญญาณรบกวน และสภาวะการทำงาน

ผลที่เกิดจากคลื่นรบกวน และการทรอดแทรกในการประยุกต์ใช้อุลตร้าโซนิคเซ็นเซอร์คือการตรวจจับวัตถุได้แต่ระยะที่ใกล้กับเซ็นเซอร์ และไม่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีการสะท้อนได้ไม่ดี เนื่องจากความจริงที่ว่า คลื่นอุลตร้าโซนิคจะสะท้อนได้จากวัตถุเกือบทุกชนิด และง่ายต่อการเบียงเบน วัตถุเหล่านั้นจะทำให้สวิทช์เปิด-ปิด เมื่อเข้าใกล้บริเวณที่เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับได้ ดังกราฟทำนายคุณลักษณะของเซ็นเซอร์



ภาพ 2-12 อุลตร้าโซนิคเซ็นเซอร์ , คุณลักษณะการตรวจจับ
ที่มา http://webcache.googleusercontent.com.[ออนไลน์].

2.2.9 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ

การวัดความชื้นในบรรยากาศการวัดความชื้นหรือปริมาณไอน้ำในบรรยากาศมีความสำคัญยิ่งอย่างหนึ่งเช่นกัน เพราะปริมาณไอน้ำเป็นสิ่งที่ช่วยบอกความเป็นไปของอากาศปัจจุบันและล่วงหน้าได้ด้วย การวัดความชื้นในบรรยากาศวัดได้หลายวิธีดังนี้

1. การวัดความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) คือการวัดอัตราส่วน (เป็นร้อยละ) ของจำนวนไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศในขณะนั้น ต่อจำนวนไอน้ำที่อาจจะมีอยู่ได้ เมื่ออากาศนั้นอิ่มตัวด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน

2. การวัดความชื้นสัมบูรณ์ (absolute humidity) คือการวัดปริมาณของไอน้ำในอากาศเป็นกรัมต่ออากาศชื้นหนัก 1 กิโลกรัม

3. การวัดอัตราส่วนผสม (mixing ratio) คือการวัดปริมาณของไอน้ำในอากาศเป็นกรัมต่ออากาศแห้งหนัก 1 กิโลกรัม โดยที่ปริมาณไอน้ำในอากาศมีจำนวนน้อย เมื่อเทียบกับน้ำหนักของอากาศ ดังนั้นจะเห็นว่า ความชื้นสัมบูรณ์ และอัตราส่วนผสม เป็นตัวเลขใกล้เคียงกันและบางครั้งอาจใช้แทนกันได้

4. การวัดจุดน้ำค้าง (dew point) คือการวัดอุณหภูมิของอากาศ เมื่ออากาศนั้นเย็นลงจนถึงจุดอิ่มตัวโดยความกดอากาศและปริมาณไอน้ำไม่เปลี่ยนแปลง น้ำค้าง (dew) คือไอน้ำซึ่งกลั่นตัวบนต้นไม้ หญ้าหรือวัตถุซึ่งอยู่ตามพื้นดิน และจะเกิดขึ้นเมื่ออากาศมีอุณหภูมิเย็นลงต่ำกว่าจุดน้ำค้า อุณหภูมิของจุดน้ำค้างมีประโยชน์สำหรับแสดงลักษณะอากาศว่าชื้นหรือแห้งมากน้อยเท่าใด ถ้าอุณหภูมิของอากาศใกล้เคียงกับอุณหภูมิของจุดน้ำค้างก็แสดงว่าไอน้ำในอากาศพร้อมที่จะกลั่นตัวเป็นเมฆหรือหมอกได้ง่ายความชื้นสัมพัทธ์คือตัวเลข (เป็นร้อยละ) ซึ่งแสดงถึงความสามารถของอากาศที่จะรับจำนวนไอน้ำไว้ได้ ณ อุณหภูมิที่เป็นอยู่ขณะนั้น หรือแสดงว่าในขณะนั้นอากาศอยู่ใกล้กับการอิ่มตัวเพียงใด เมื่อมีไอน้ำอยู่ในบรรยากาศเต็มที่เราเรียกว่า "อากาศอิ่มตัว" (saturation)

2.2.10 การตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Relative Humidity: RH)

ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความชื้น (Humidity) คือ ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ความชื้นของอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความดันและอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) คือ “อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ ต่อ ปริมาณไอน้ำที่จะทำให้อากาศอิ่มตัว ณ อุณหภูมิเดียวกัน” หรือ “อัตราส่วนของความดันไอน้ำที่มีอยู่จริง ต่อ ความดันไอน้ำอิ่มตัว” ซึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์แสดงในรูปของร้อยละ (%)

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = \left(\frac{\text{ปริมาณไอน้ำที่อยู่ในอากาศ}}{\text{ปริมาณไอน้ำที่ทำให้อากาศอิ่มตัว}} \right) \times 100\%$$

หรือ

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = \left(\frac{\text{ความดันไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ}}{\text{ความดันไอน้ำของอากาศอิ่มตัว}} \right) \times 100\%$$

ภาพ 2-13 สมการหาความชื้นสัมพัทธ์

ที่มา http://globethailand.ipst.ac.th.[ออนไลน์].

เครื่องมือสำหรับวัดความชื้นในบรรยากาศมีอยู่หลายชนิด เช่น

1. ไซโครมิเตอร์แบบตุ้มแห้ง-ตุ้มเปียก(dry and wet bulb psychrometer) ซึ่งประกอบด้วยเทอร์มอมิเตอร์สองอัน อันหนึ่งเป็นเทอร์มอมิเตอร์ธรรมดาหรือเรียกว่า "ตุ้มแห้ง" อีกอันหนึ่งเป็นเทอร์มอมิเตอร์ซึ่งมีผ้ามัสลินหรือผ้าเปียกหุ้มที่ตุ้ม ซึ่งมีสายต่อไปยังถ้วยน้ำข้างใต้เรียกว่า "ตุ้มเปียก" เมื่อเปิดพัดลมลมจะพัดทำให้ระดับปรอทของตุ้มเปียกลดลงเนื่องจากการระเหยของน้ำ อุณหภูมิต่ำสุดที่ปรอทลดลงนี้เรียกว่า "อุณหภูมิตุ้มเปียก" (wet bulb temperature)จากค่าของ อุณหภูมิตุ้มแห้งและตุ้มเปียกนี้สามารถคำนวณหาความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศได้จากค่าในตารางซึ่งได้คำนวณไว้แล้ว

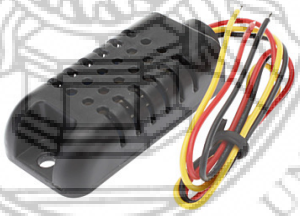
2. ไฮโกรกราฟ (hygrograph) คือ เครื่องบันทึกค่าความชื้นของอากาศลงบนกระดาษกราฟ โดยใช้เส้นผมของมนุษย์หรือขนของสัตว์บางชนิด นำมาขึงให้ตึงและต่อกับคานกระเดื่องและแขนปากกา เส้นผมยืดและหดตัวตามการเปลี่ยนแปลงของความชื้นของบรรยากาศ คือ จะยืดตัวเมื่อความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงขึ้น การยืดและหดของเส้นผมนี้จะทำให้คานกระเดื่อง และแขนปากกาเขียนเส้นบนกระดาษกราฟและแสดงตัวเลขของความชื้นของอากาศ เครื่องบันทึกที่สามารถบันทึกอุณหภูมิ ความกด และความชื้นสัมพัทธ์ ได้พร้อมกัน 3 อย่างนี้เรียกว่า "บารอเทอร์มอ ไฮโกรกราฟ" (barothermo-hygrograph)

2.2.11 โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น DHT11/AM2301 (temperature and humidity sensor)

โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้นที่มีความแม่นยำสูง (สูงกว่า DHT11 แต่ต่ำกว่า DHT22) ทำงานในลักษณะเดียวกับDHTในตระกูลเดียวกันความจุดิจิตอลอุณหภูมิและความชื้นเซ็นเซอร์ความละเอียดแม่นยำช่วงการวัด 0.1: 0- 100%rhช่วงการวัดอุณหภูมิ- 40~80c

คุณสมบัติ

- Ultra- พลังงานต่ำ
- ไม่มีอุปกรณ์เพิ่มเติม
- ย่านวัดอุณหภูมิ 0 -50 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความแม่นยำ +- 2 องศาเซลเซียส ความละเอียดในการวัด 1 องศาเซลเซียส แสดงผลแบบ 8 บิต
- การสอบเทียบทั้งหมด, สัญญาณดิจิตอล
- ระยะยาวการส่งสัญญาณ
- ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิวัด
- ย่านวัดความชื่น 20-90% RH โดยมีค่าความแม่นยำ +- 5% RH ความละเอียดในการวัด 1 % แสดงผลแบบ 8 บิต



ภาพ 2-14 โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น DHT11
ที่มา http://www.arduitronics.com.[ออนไลน์].

2.2.12 ZigbeePro 2.4 GHz

ZigbeePro 2.4 GHz โมดูลสื่อสารสื่อสาร 2.4 GHz ช่องสัญญาณย่านความถี่ 2.4 Ghz นี้เรียกว่าเป็นย่านไมโครเวฟ หลักสำคัญของย่านไมโครเวฟอย่างหนึ่งคือ การวางตำแหน่งตัวรับส่งสัญญาณนั้น ต้องตั้งแบบ line of sight (ไม่มีสิ่งกีดขวางใด ๆ) ถึงจะได้กำลังส่งสูงสุด สำหรับกำลังส่งของ Xbee ในรุ่น Pro จะใช้ 50-60 mw ใน datasheet บอกว่าได้ไกลถึง 1.5 km. แต่ก็ต้องเป็นลักษณะของ line of sight หากไม่ใช่เงื่อนไขนี้ เราจะได้ระยะการรับส่งสัญญาณที่ลดลง นอกเหนือจากเรื่อง line of sight แล้ว ยังมีเรื่องสัญญาณรบกวนต่างๆ (Interference)

คุณสมบัติโดยทั่วไป

- ความถี่ในการทำงาน 2.4 GHz
- มีสายอากาศแบบ Whip
- ระยะทำการในร่มสูงสุด 300 ฟุต หรือประมาณ 100 เมตร
- ระยะทำการกลางแจ้งสูงสุด 1 ไมล์ หรือประมาณ 1500 เมตร
- กำลังส่ง 60 mW
- ความไวในการับสัญญาณ -100 dBm
- การทำงานของขาพอร์ตสามารถกำหนดผ่านทางซอฟต์แวร์X-CTU
- ไฟเลี้ยง 2.8 – 3.4 V

คุณสมบัติด้านการสื่อสารข้อมูล

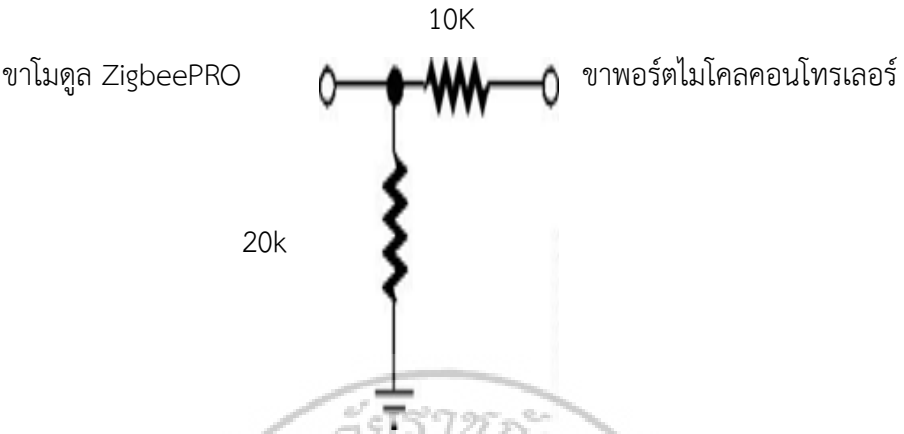
- สามารถทำงานเป็นมาสเตอร์และเสฟได้
- อัตตราการถ่ายข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ 250,000 บิตต่อวินาที
- อัตตราการถ่ายข้อมูลแบบอนุกรม 1,200 ถึง 115.200 บิตต่อวินาที
- รูปแบบโครงข่ายข้อมูลที่รองรับ จุดต่อจุด (Point to Point) จุดต่อหลายจุด (Point to multipoint) และเข้าได้กลับอุปกรณ์ตามมาตรฐานรหัส 802.15.4
- ทางเลือกแอดเดรส PAN ID, ช่อง channel และ addresses สำหรับแอดเดรสสามารถกำหนดรหัสได้มากถึง 65,000 รหัส

2.2.13 การใช้งานโมดูล XBee-PRO เบื้องต้น

เมื่อจัดซื้อโมดูล XBee-PRO มาแล้วสามารถใช้งานได้ทันที โดยไม่ต้องมีการตั้งค่าใดๆ โดยค่าตั้งต้นที่มาจากโรงงานผู้ผลิตคือ อัตตราบอร์ดเป็น 9,600 บิตต่อวินาที 8 บิตข้อมูล ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้

การต่อขาใช้งานเพียงต่อขา TxD ของ XBee-PRO เข้ากับ TxD ของไมโครคอนโทรเลอร์หรือคอมพิวเตอร์ และต่อขา RxD ของ XBee-PRO เข้ากับ TxD ของไมโครคอนโทรเลอร์หรือคอมพิวเตอร์ จ่ายไฟเลี้ยง +3v และต่อกราว์ด ก็สามารถใช้งานได้

เนื่องจาก XBee-PRO ต้องการไฟเลี้ยงในย่าน 2.8 ถึง 3.4V และขาสัญญาณทั้งหมดทำงานในระบบบัส 3V ดังนั้นหากนำไปเชื่ อมต อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ หรืออุปกรณ์ ภายนอกที่ ใช้ ระบบบัส 5V จะต้องมีการลดแรงดันที่ ขาพอร์ตลงด้วย ตัวอย่างวงจรเป็นดังนี้



ภาพ 2-15 ตัวอย่างวงจร XBee-PRO

ที่มา http://webcache.googleusercontent.com/.[ออนไลน์].

การตั้งค่าคอนฟิกูเรชั่นให้ แก่โมดูล ZigBee-PRO

จะต้องใช้ บอร์ด ZX-ZigBee และซอฟต์แวร์ X-CTU มาช่วยในการกำหนดค่าคอนฟิกูเรชั่นหรือค่ากำหนดการทำงานทางฮาร์ดแวร์

ความต้องการของระบบ

สำหรับคอมพิวเตอร์ที่จะนำมาใช้ ในการกำหนดค่าคอนฟิกูเรชั่นของ ZigBee-PRO นั้น ควรมีคุณสมบัติดังนี้

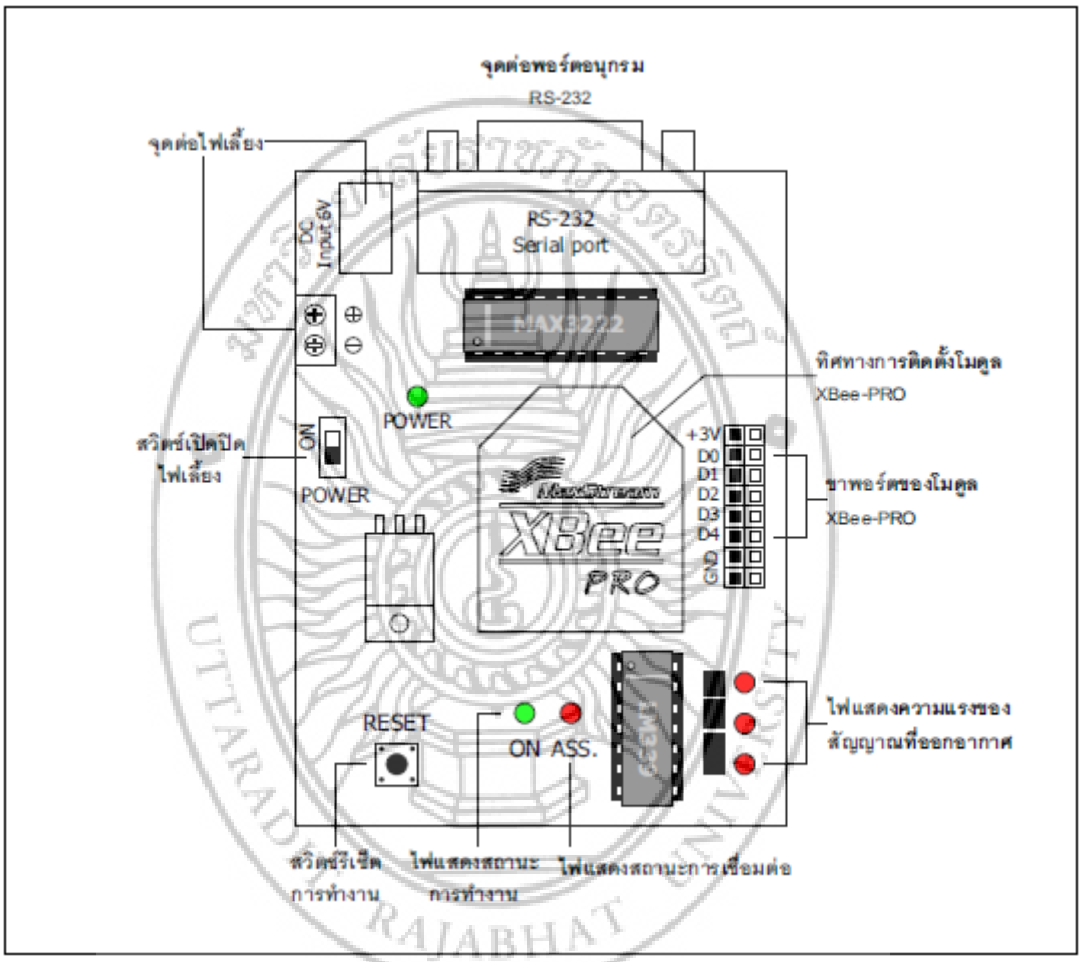
- ซีพียู ความเร็ว 500MHzขึ้นไป
- หน่วยความจำแรม 256MB
- ฮาร์ดดิสก์ มีเนื้อที่ ว่าง 100MB เป็นอย่างน้อย
- ติดตั้งระบบปฏิบัติการวินโดวส XP เซอร วิสแพ็ก 2
- มีพอร์ตอนุกรมว่างอย่างน้อย 1 พอร์ต ถ้ามีเฉพาะพอร์ต USB ต้องใช้ ตัวแปลงสัญญาณพอร์ต USB เป็นพอร์ตอนุกรม RS-232 แบบที่ ให้สายสัญญาณครบทั้ง 9 เส้น แนะนำรุ่น UCON-232S ของ inex (www.inex.co.th)ซึ่งหากใช้ตัวแปลง UCON-232S จะต้องทำการติดตั้งไดรเวอร์ ให้ เรียบร้อยเสียก่อน

ภาพ 2-16 ตัวอย่าง ZigBee-PRO

ที่มา http://webcache.googleusercontent.com/.[ออนไลน์].

ZX-ZigBee บอร์ดเชื่อมต่อโมดูล ZigBee-PRO กับคอมพิวเตอร์

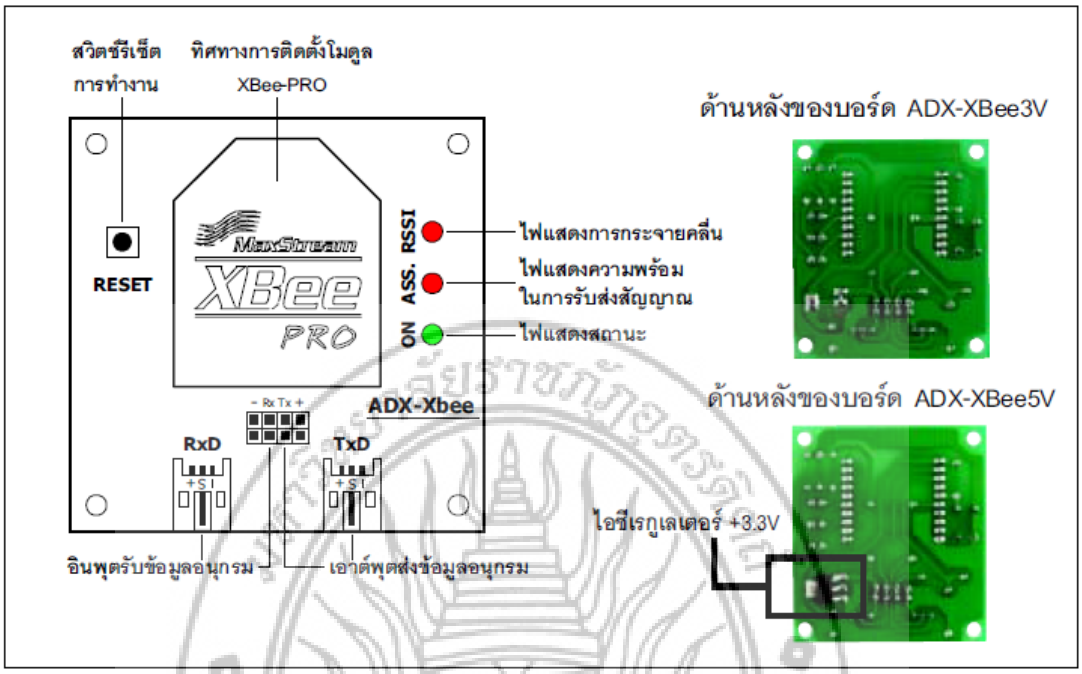
เป็นนบอร์ดสำหรับติดตั้งโมดูล ZigBee-PRO เพื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ สำหรับตั้งค่าพารามิเตอร์ ต่างๆ ในรูปที่ 2-22 แสดงรายละเอียดของบอร์ด ZX-ZigBee และการติดตั้งโมดูล ZigBee-PRO ลงบนบอร์ด สำหรับวงจรของบอร์ด ZX-ZigBee



ภาพ 2-17 รายละเอียดของ ZX-XBee บอร์ดเชื่อมต่อโมดูล XBee/XBee-PRO กับคอมพิวเตอร์
ที่มา http://webcache.googleusercontent.com.[ออนไลน์].

ADX-XBee บอร์ดเชื่อมต่อโมดูล XBee-PRO กับอุปกรณ์ ภายนอก

เป็นบอร์ดสำหรับติดตั้ง XBee-PROเพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ .PGA เพื่อช่วยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์และ.PGA มีระบบสื่อสารข้อมูลอนุกรมไร้สาย 2.4GHz ในรูปที่ 2-23 แสดงรายละเอียดของบอร์ด ADX-XBee และการติดตั้งโมดูล ZigBee ลงบนบอร์ด ส่วนวงจรของบอร์ด ADX-XBee ทั้ง 2 รุ่นคือ รุ่น 5V และ 3V



ภาพ 2-18 รายละเอียดของ ADX-XBee บอร์ดเชื่อมต่อโมดูล XBee/XBee-PRO กับคอมพิวเตอร์ ที่มา http://webcache.googleusercontent.com.[ออนไลน์].

2.2.14 เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน Rain Gauge

เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน (หรือเรียกว่า udometer หรือ pluviometer หรือ ombrometer หรือ cup) เป็นประเภทของเครื่องที่ใช้โดยนักอุตุนิยมวิทยาและ hydrologists เพื่อรวบรวมและวัดปริมาณฝนมากกว่าของเหลวระยะเวลาที่กำหนดของเวลา

ประวัติ ครั้งแรกที่รู้จักประวัติฝนจะถูกเก็บไว้โดยชาวกรีกโบราณประมาณ 500 BC นี้ตาม 100 ปีต่อมาโดยคนในประเทศอินเดียโดยใช้ชามที่จะบันทึกปริมาณน้ำฝน อ่านจากนี้มีความสัมพันธ์กับการเติบโตที่คาดหวังและใช้เป็นพื้นฐานสำหรับภาษีที่ดิน ใน Arthashastra ใช้ เช่น ในกาดล้ามาตรฐานที่แม่นยำถูกตั้งค่าให้เป็นไปผลิตข้าว แต่ละรัฐทัศนาถูกติดตั้งด้วยวัดปริมาณน้ำฝนที่เป็นมาตรฐานในการจำแนกที่ดินเพื่อการจัดเก็บภาษี ในขณะที่บางคน (เกาหลี) แหล่งกล่าวว่าภายหลัง cheugugi ของเกาหลีเป็นเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแรกของโลกแหล่งที่มา (เกาหลี) อื่น ๆ บอกว่า Jang Yeong-SIL การพัฒนาหรือการกลั่นวัดที่มีอยู่ ใน 1662 คริสโตเฟอร์เรนสร้างขึ้นครั้งแรกเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนปลาย-ถังในสหราชอาณาจักร

George James Symons ได้รับเลือกให้สภาของอังกฤษอุตุนิยมวิทยาสังคมในปี 1863 และทำให้มันชีวิตของการทำงานในการตรวจสอบปริมาณน้ำฝนภายในเกาะอังกฤษ เขาตั้งค่าเครือข่ายอาสาสมัครของผู้สังเกตการณ์ที่เก็บข้อมูลซึ่งถูกส่งกลับไปให้เขาสำหรับการวิเคราะห์ เขายังได้รวบรวม

ประวัติฝนตกเก่าจะกลับประมาณหนึ่งร้อยปีก่อนหน้านี้ ในปี 1870 เขาผลิตบัญชีของปริมาณน้ำฝนใน เกาะอังกฤษเริ่มต้นใน 1725 เนื่องจากตัวเลขที่เพิ่มขึ้นของผู้สังเกตการณ์และตรวจสอบก่อนที่ Symons ของ rain gauge มาตรฐานของมาตรวัดเป็นสิ่งจำเป็น Symons เริ่มการทดลอง เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน ใหม่ในสวนของเขาเอง เขาทดลองกับการเปลี่ยนแปลงในขนาดรูปร่างและความสูงของวัด ในปี 1863 เขาใช้ความช่วยเหลือของพันเอกไมเคิลฟอสเตอร์วอร์ด คาร์วิลต์เชียร์ที่มารับการตรวจสอบอย่างกว้างขวางมากขึ้น โดยรวมวอร์ดและอื่น ๆ ในสหราชอาณาจักรการสืบสวนต่อไปจนถึง 1890 การทดลองที่น่าทึ่งเป็นสำหรับการวางแผนการดำเนินการของพวกเขาและภาพวาดของข้อสรุป ผลของการทดลองนี้นำไปสู่การยอมรับความก้าวหน้าของมาตรฐานของ rain gauge ที่รู้จักกันดีโดย ยังคงใช้ในสหราชอาณาจักรในวันนี้สำนักงานอุตุนิยมวิทยา คือหนึ่งที่ทำจากทองแดงพร้อมช่องทางที่ห้า นิ้วมีทองเหลืองขอบเท้าข้างหนึ่งของมันอยู่เหนือพื้นดิน

หลักการ เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน มากที่สุดในระดับ millimeters.The ของปริมาณน้ำฝนมี รายงานว่าบางครั้งนิ้วหรือเซนติเมตร จำนวน เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน จะอ่านด้วยตนเองหรือโดยสถานี อากาศอัตโนมัติ (AWS) ความถี่ของการอ่านจะขึ้นอยู่กับความต้องการของหน่วยงานจัดเก็บ บาง ประเทศจะเสริมสังเกตการณ์สภาพอากาศที่ชำระกับเครือข่ายของอาสาสมัครเพื่อให้ได้ข้อมูลฝน (และ ชนิดอื่นๆของสภาพอากาศ) สำหรับพื้นที่ที่มีประชากรเบาบางในกรณีส่วนใหญ่ฝนจะไม่ถูกเก็บ แต่บาง สถานีจะส่งฝน (และหิมะ) สำหรับการทดสอบซึ่งจะทำเพื่อให้ได้ระดับของสารมลพิษ

เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน มีข้อ จำกัด ของพวกเขา ความพยายามที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลฝน พายุเฮอริเคนสามารถเกือบไปไม่ได้และไม่น่าเชื่อถือ (แม้ว่าอุปกรณ์ที่ยังมีชีวิต) เนื่องจากขั้วลม นอกจากนี้ rain gauge เพียงระบุปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ที่มีการแปล สำหรับแทบวัดใดๆ หยดจะติด ด้านข้างหรือช่องทางของอุปกรณ์การจัดเก็บภาษีจำนวนดังกล่าวที่มีการประเมินเล็กน้อยและผู้ .01 นิ้ว หรือ 0.25 มม. อาจถูกบันทึกเป็นร่องรอยปัญหาที่พบก็คือเมื่ออุณหภูมิอยู่ใกล้หรือต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ฝนอาจตกอยู่ในกรวยและน้ำแข็งหรือหิมะอาจจะเก็บรวบรวมในวัดและไม่อนุญาตให้ใด ๆ ที่ตามมาฝน ผ่าน มาตรวัดน้ำฝนควรจะอยู่ในพื้นที่เปิดที่มีอุปสรรคไม่เช่นอาคารหรือต้นไม้เพื่อป้องกันฝน นี้ยังเป็น เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำที่เก็บอยู่บนหลังคาของอาคารหรือใบของต้นไม้จากหยดลงใน เครื่องวัดปริมาณ น้ำฝน หลังฝนตกส่งผลให้ในการอ่านไม่ถูกต้อง

การวัดปริมาณน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝนเป็นสิ่งสำคัญยิ่งสิ่งหนึ่งในอุตุนิยมวิทยา เพราะน้ำฝนเป็นปัจจัยสำคัญ ที่เกี่ยวข้องกับการกสิกรรมและอื่นๆ พื้นที่ใด จะอุดมสมบูรณ์ และสามารถทำการเพาะปลูกได้ หรือจะเป็นทะเลทราย ก็ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในบริเวณนั้น เราวัดปริมาณ น้ำฝนตามความสูงของ จำนวนฝนที่ตกลงมาจากท้องฟ้า โดยให้น้ำฝนตกลงในภาชนะโลหะซึ่งส่วนมากเป็นรูป ทรงกระบอก มี

เส้นผ่านศูนย์กลางของปากกระบอก เป็นขนาดจำกัด เช่น ปากกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ๘ นิ้ว หรือประมาณ ๒๐ เซนติเมตร ฝนจะตกผ่าน ปากกระบอกลงไปตามท่อกรวยสู่ภาชนะรองรับน้ำฝน ไว้ เมื่อเราต้องการทราบปริมาณน้ำฝน เราก็ใช้ไม้ บรรทัดหยั่งความลึกของฝน หรืออาจใช้แก้วตวงที่ มีมาตราส่วนแบ่งไว้สำหรับอ่านปริมาณน้ำฝน เป็น นิ้วหรือเป็นมิลลิเมตร สำหรับประเทศไทยวันใดที่มี ฝนตก ณ แห่งใด หมายความว่ามีปริมาณฝนตก ณ ที่นั้นอย่างน้อย ๐.๑ มิลลิเมตร ขึ้นไป เพราะฉะนั้น ในเดือนที่มีฝนตกโดยมีจำนวนวันเท่ากันก็ไม่จำเป็น จะต้องมีปริมาณน้ำฝนเท่ากัน และควรจะทราบด้วยว่า เมื่อทราบความสูงของน้ำฝน ณ ที่ใดแล้ว ก็อาจจะประมาณจำนวนลูกบาศก์เมตรของน้ำฝนได้ ถ้าทราบเนื้อที่ของบริเวณที่มีฝนตก ในการรายงานปริมาณน้ำฝนนั้น จะรายงานว่าฝนตกเล็กน้อย ฝนตกปานกลาง ฝนตกหนัก หรือฝนตกหนักมาก แต่การที่จะตั้งเกณฑ์สากลที่เรียกว่า ฝนตกเล็กน้อย หรือตกปานกลาง เป็นจำนวนเท่าใด หรือกี่มิลลิเมตรนั้น ไม่อาจจะกระทำได้ เพราะเหตุว่า สภาพของฝนแต่ละประเทศนั้นมีปริมาณไม่เหมือนกัน

เครื่องวัดน้ำฝนมีอยู่หลายชนิด

1. เครื่องวัดน้ำฝนแบบธรรมดาหรือแบบแก้วตวง (ordinary raingage)

2. เครื่องวัดน้ำฝนแบบบันทึก (recording raingage) เป็นชนิดที่มีปากกาเขียนด้วยหมึกสำหรับบันทึก ปริมาณน้ำฝนไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือตลอด สัปดาห์หรือนานกว่านี้ ซึ่งมีทั้งแบบชั่ง (weighing raingage) และแบบกาลักน้ำ (siphon raingage)

ภาพ 2-19 เครื่องวัดน้ำฝน
ที่มา กรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดอุตรดิตถ์

2.2.15 ทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำฝน

น้ำฟ้าหรือหยาดน้ำฟ้า (Precipitation) หมายถึงน้ำที่ตกจากฟ้าลงสู่พื้นดินไม่ว่าจะมีสภาวะเป็นน้ำหรือน้ำแข็ง เช่น ฝนละออง ฝนธรรมดา หิมะ และลูกเห็บ ลักษณะของหยาดน้ำฟ้าดังกล่าวมีความแตกต่างไปจากเมฆ หมอก น้ำค้าง น้ำค้างแข็ง และไอน้ำหรือน้ำแข็ง ในรูปอื่นๆ ที่หยาดน้ำฟ้าจะต้องตกจากบรรยากาศถึงพื้นดิน การวัดปริมาณของหยาดน้ำฟ้าจะใช้เครื่องมือชนิดเดียวกันกับการวัดฝน ถ้าหยาดน้ำฟ้าที่ตกลงมาในเครื่องวัดนั้นมีลักษณะเป็นน้ำแข็ง ต้องทำให้ละลายเป็นน้ำเสียก่อนแล้วจึงวัดปริมาณของน้ำนั้นออกมาด้วยการเทียบเป็นความสูงคือเป็นเซ็นติเมตรหรือเป็นนิ้วเช่นเดียวกับการวัดฝน

ฝน (Rain) หมายถึงหยาดน้ำฟ้าชนิดหนึ่งที่รวมตัวกันมีขนาดใหญ่ขึ้นจนมีน้ำหนักมากกว่าแรงต้านทานของกระแสอากาศที่ไหลขึ้น จึงตกลงมาเป็นเม็ดเล็กๆ ซึ่งมีสภาวะเป็นของเหลว ส่วนมากเม็ดฝนจะมี เส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 0.5 มิลลิเมตร ตามธรรมดาเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของเม็ดฝนจะมีค่าประมาณ 2 มิลลิเมตร

ฝน, ปริมาณฝน (Rainfall) หมายถึง ปริมาณฝนที่ตกจากบรรยากาศลงสู่พื้นดินและสามารถวัดได้ด้วยเครื่องวัดฝน สำหรับประเทศไทยการรายงานฝนประจำวันเป็นการรายงานจำนวนน้ำฝนที่ตกสะสมลงมาในเครื่องวัดฝนในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยเริ่มนับเวลาตั้งแต่0700 น.ของวันนี้จนถึงเวลา 0700 น.ของวันพรุ่งนี้ หรือตั้งแต่เวลา 0900 น. ของวันนี้จนถึง 0900 น.ของวันพรุ่งนี้

ฝนละออง(Drizzle) หมายถึงหยาดน้ำฝนที่เป็นเม็ดมีขนาดเล็กละเอียดเป็นละอองหรือเป็นฝอยบางๆมีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าหรือเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร (0.02นิ้ว) เกิดจากเมฆตระกูลเมฆแผ่น (Stratiform) หรือเมฆสเตรตัส (Stratus) ที่อยู่ในระดับต่ำๆใกล้ผิวพื้น บางครั้งแทบสัมผัสพื้นดิน(Fog) ฝนชนิดนี้แสดงให้เห็นความมีเสถียรภาพของอากาศ(Stable) เพราะฝนละอองมักเกิดในขณะที่ไม่มีการยกตัวของอากาศในทางตั้ง ฝนละอองจะมีปริมาณไม่มากนัก และตกลงมาอย่างเป็นระเบียบ บางครั้งอาจวัดจำนวนไม่ได้แต่บางครั้งอาจวัดได้ถึง 1 มิลลิเมตรต่อชั่วโมงโดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งทะเลและภูเขา ฝนละอองตกค่อนข้างสม่ำเสมอ เนื่องจากเป็นเม็ดเล็กละเอียดและอยู่ใกล้ชิดกันมากสามารถลอยปลิวไปมาตามกระแสลมได้และมักตกจากเมฆสเตรตัส ชั้นต่ำ จึงทำให้ทัศนวิสัยไม่ดี แตกต่างจากหมอกตรงที่ฝนละอองนี้จะตกจากท้องฟ้าลงสู่ดิน

ฝนซู่ หรือฝนไล่ช้าง (Rain shower) เดิมเรียกว่าฝนโปรย คือหยาดน้ำฟ้าหรือฝนตกหนักโดยกระทันหันในระยะเวลาสั้นๆมีเสียงดังบนเนื้อที่ไม่กว้างขวางมาก เริ่มตกและหยุดได้ในทันทีทันใดและมีการเปลี่ยนแปลงความรุนแรงของฝนอย่างรวดเร็ว ฝนประเภทนี้จะตกจากตระกูลเมฆก้อน (Cumuliform)ที่หนา เช่น เมฆคิวมูโลนิมบัส ที่ก่อตัวขึ้นโดยกระแสอากาศไหลในทางตั้ง 6 (Convective clouds) จึงเป็นลักษณะที่ แสดงให้เห็นถึงความไม่มีเสถียรภาพของอากาศ และอาจมีลูกเห็บตกลงมาด้วยในกรณีที่มีการยกตัวของอากาศขึ้นสู่เบื้องบนอย่างรุนแรง โดยทั่วไปหยดน้ำหรือ

อนุภาคของแข็งที่ตกลงมาจะมีขนาดใหญ่ เม็ดฝนหรือเม็ดของน้ำฟ้าโดยปกติโตกว่าน้ำฟ้าหรือน้ำฝนชนิดอื่น ลักษณะท้องฟ้าเปลี่ยนแปลงมืดคลื้มน่ากลัวอย่างรวดเร็วเพราะเมฆคิวมูโลนิมบัส (Cumulonimbus) และกลับกลายเป็นแจ่มใสในช่วงเวลาสั้นๆภายหลังฝนตก

ฝนเยือกแข็ง (Freezing rain) ฝนที่ตกลงมาในรูปของของเหลว แต่จะเกิดการแข็งตัวเมื่อกระทบพื้นดิน วัตถุบนผิวโลก หรือเครื่องบินขณะบินอยู่กลางอากาศ

ฝนละอองเยือกแข็ง(Freezing drizzle) เป็นฝนละอองที่จะแข็งตัวเมื่อกระทบพื้นดินวัตถุบนพื้นโลกหรือเครื่องบินขณะบินอยู่กลางอากาศ

ฝนซุปเปอร์คูลหรือฝนเย็นจัดต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง(Supercooled rain) เป็นฝนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส และเมื่อตกลงมากระทบกับพื้นดินหรือวัตถุใดจะทำให้เกิดมีน้ำแข็งลักษณะหนาและใสเคลือบบนสิ่งนั้น

ฝนโคลน(Mud rain) เป็นน้ำฝนที่มีละอองของดินทรายหรือผงฝุ่นปนอยู่จนทำให้ฝนที่ตกลงมามีสีคล้ายโคลน ฝุ่นละอองดังกล่าวนี้อาจมาจากถิ่นที่อยู่ไกลๆแล้วปลิวมากับลม

ฝนสีแดงเรื่อหรือฝนสีสนิม(Blood rain) เป็นฝนที่มีละอองของฝุ่นสีแดงผสมอยู่ จนทำให้น้ำฝนที่ตกลงมามีสีแดงคล้ายเลือด เกิดขึ้นจากเม็ดฝนที่กระแสลมภายในก้อนเมฆหอบกลับขึ้นสู่เบื้องบนก่อนตกถึงพื้นดินและได้ซับเอาฝุ่นละอองสีแดงเข้าไปในเม็ดฝน ฝุ่นละอองสีแดงนี้เกิดจากละอองเกษรดอกไม้หรือจากฝุ่นที่มีเหล็กอ็อกไซด์สีแดงปนอยู่ฯลฯ น้ำฝนที่มีสีแดงจะอ่อนหรือเข้มแล้วแต่ปริมาณฝุ่นที่ปนอยู่

ฝนสีเหลืองหรือฝนกำมะถัน (Sulphur rain) เป็นฝนที่มีละอองของฝุ่นสีเหลืองผสมอยู่จนทำให้ฝนที่ตกลงมามีสีเหลืองคล้ายกำมะถัน ฝุ่นละอองสีเหลืองนี้เกิดจากละอองเกษรดอกไม้หรือจากฝุ่นที่มีสีเหลือง ฯลฯ

ฝนวิษุวัตหรือฝนอีควิน๊อกซ(Equinoctial rains) เป็นฝนที่มักเกิดขึ้นบริเวณศูนย์สูตรในระหว่างที่ดวงอาทิตย์อยู่ตรงเส้นศูนย์สูตรคือขณะที่โลกมีเวลากลางวันและกลางคืนเท่ากัน(Equinoxes)

ฝนตกอย่างต่อเนื่อง(Continuous rain) เป็นฝนที่ตกต่อเนื่องกันนานๆ อาจตกตลอดวันตลอดคืน ฝนหนาบ้าง บางบ้าง มักเกิดขึ้นขณะที่มีพายุหมุนพัดผ่านหรือมรสุมกำลังแรง หรือเวลาที่มีร่องความกดอากาศต่ำกำลังแรงพาดผ่าน

ฝนตกเป็นระยะๆ(Intermittent rain) เป็นฝนที่ตกไม่ต่อเนื่องกัน โดยตกเป็นระยะๆตกแล้วหยุด หยุดแล้วตกอีก ฝนประเภทนี้เกิดจากเมฆแผ่น เช่น อัลโตสเตรตัส(Altostratus) และนิมโบสเตรตัส(Nimbostratus)ที่ปกคลุมท้องฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานกินอาณาบริเวณกว้างและมีการยกตัวของอากาศค่อนข้างช้า นอกจากนี้ยังมีลักษณะที่แตกต่างจากฝนซู่ คือไม่เริ่มต้นหรือสิ้นสุดลงอย่างทันทีทันใด และไม่มีความกระจ่างของเมฆจนกว่าฝนประเภทนี้จะหยุดไปโดยสิ้นเชิง ลักษณะของอากาศแบบนี้โดยปกติจะสัมพันธ์กับแนวปะทะอากาศหรือพายุหมุนที่ไม่ได้ผ่านบริเวณนั้น

โดยตรงการผกผันตามความสูงหรืออินเวอร์ชั่นของน้ำฟ้า(Inversion of precipitation) คือการกลับลดลงของปริมาณน้ำฟ้าตามความสูงที่เพิ่มขึ้น เป็นปรากฏการณ์ของน้ำฟ้าบริเวณภูเขา ซึ่งจะมีปริมาณน้ำฟ้าเพิ่มขึ้นตามความสูงจนถึงระดับหนึ่งแล้วกลับลดลงเมื่ออยู่สูงเกินระดับนั้นไป

วันที่มีฝนตก คือ วันที่มีปริมาณฝนสะสมใน 24 ชั่วโมงไม่ต่ำกว่า 0.1 มิลลิเมตรหรือ0.005 นิ้ว (เป็นมาตรฐานที่ยอมรับกันทั่วไป ทั้งนี้แล้วแต่ประเทศต่างๆจะกำหนดขึ้นเอง)ในประเทศไทยเราจะนับเวลาตั้งแต่0700 น.วันนี้ไปจนถึง 0700 น.ของวันพรุ่งนี้รวม ระยะเวลา 2400น.หรือ 0900 น.ของวันนี้ไปจนถึง 0900 น. ของวันพรุ่งนี้

จำนวนฝนหรือปริมาณฝน คือ ปริมาณฝนที่ตกสะสมลงบนพื้นดินหรือคิดเป็นความสูงของน้ำฝนที่ตกสะสมลงบนพื้นดินและสามารถวัดได้ด้วยเครื่องวัดฝน

เกณฑ์การตรวจวัดฝน

ฝนวัดจำนวนไม่ได้(Trace) มีปริมาณฝนไม่ถึง 0.1 มิลลิเมตร

ฝนเล็กน้อย(Slight rain) มีปริมาณฝนตั้งแต่0.1 มิลลิเมตร ถึง 10.0 มิลลิเมตร

ฝนพอประมาณ(Moderate rain) มีปริมาณฝนตั้งแต่10.1 มิลลิเมตร ถึง 35.0 มิลลิเมตร

ฝนหนัก (Heavy rain) มีปริมาณฝนตั้งแต่35.1 มิลลิเมตร ถึง 90.0 มิลลิเมตร

ฝนหนักมาก (Very heavy rain) มีปริมาณฝนตั้งแต่90.1 มิลลิเมตร ขึ้นไป

(ที่มา กรมอุตุนิยมวิทยา)

การวัดปริมาณฝนตกอาจมีการวัดทุกระยะ 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมงหรือ 24 ชั่งโมง แล้วรวบรวมปริมาณฝนตกของแต่ละตำบลที่เป็น 1 วัน 1 สัปดาห์1 เดือน หรือ 1 ปี แล้วแต่ความประสงค์ที่จะนำเอาข้อมูลฝนไปใช้ประกอบการพิจารณาในการดำเนินงานแต่ละประเภทของงาน

การเกิดฝน

ฝนเกิดจากเมฆที่หนาทึบ โดยมีอากาศลอยสูงขึ้นตามระบบการพาความร้อนหรือการเบียดตัวเข้าหากันของอากาศเป็นตัวหล่อเลี้ยง อันเป็นผลมาจากการแผ่รังสีความร้อนหรือการเย็นตัวของผิวโลกและบรรยากาศไม่เท่ากันหรือจากสิ่งกำบังของภูมิประเทศ (Orographic barriers) เมื่ออากาศชื้นลอยตัวขึ้นและเย็นลง ไอน้ำในอากาศจะกลั่นตัวกลายเป็นเมฆ โดยทั่วไปไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นเมฆต่อเมื่อมีอนุภาคเล็กๆ (Condensation nuclei) หรือเม็ดน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งจะต้องดึงเม็ดน้ำขนาดเล็กมารวมตัวกันจนเกิดเป็นเม็ดฝน ความรู้ในการรวมตัวกันนี้ยังไม่มีใครทราบอย่างสมบูรณ์แต่ในขณะนี้นักวิทยาศาสตร์ได้แบ่งทฤษฎีใหม่ๆของการรวมตัว(Coalescence) ของเม็ดเมฆ (Clouddroplets) จนเกิดเป็นฝนไว้ 2 กรรมวิธีคือ

1. กรรมวิธีผลึกน้ำแข็ง ฝนที่เกิดจากกรรมวิธีนี้จะเกิดขึ้นในเมฆซึ่งมีไอน้ำผลึกน้ำแข็งและน้ำปนกันอยู่ ซึ่งทั้ง 3 สถาวะจะอยู่ด้วยกันในเมฆที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 เซลเซียส เรียกน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 เซลเซียสว่า “น้ำเย็นยิ่งยวด”(Super cooled water) ซึ่งมีอยู่ในธรรมชาติเสมอและเป็นปรากฎการณ์ปกติ เมื่อไอน้ำ ผลึกน้ำแข็งและน้ำเย็นกว่า 0 เซลเซียสอยู่ด้วยกันแล้วจะเกิดสภาวะไร้เสถียรภาพขึ้น เพราะความดันไอน้ำ (Vapor pressure) ของเม็ดน้ำสูงกว่าความดันไอน้ำของผลึกน้ำแข็ง ฉะนั้นไอน้ำจะกลั่นตัวลงบนผลึกน้ำแข็งและมีเม็ดโตขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่อผลึกน้ำแข็งโตใหญ่ขึ้น ก็จะตกลงมาเป็นหิมะในเขตหนาว ถ้าตกลงมาในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิสูง เช่น ในเขตร้อน หิมะจะละลายและตกลงมาเป็นฝน กรรมวิธีนี้มีชื่อว่า กรรมวิธีเบอรเกรอน ฟินดีเซน (Bergeron Fincleisen process) ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองเป็นผู้ค้นพบ

สภาวะของน้ำที่ตกลงมาจากท้องฟ้านั้น อาจจะเป็นลักษณะของฝน หิมะ ฝนละอองหรือลูกเห็บซึ่งเรียกสิ่งเหล่านี้รวมกันว่าเป็นน้ำฟ้า(Precipitation) การที่น้ำฟ้าจะตกลงมาเป็นฝนหรือหิมะนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศว่า ร้อนเย็นเพียงใด ลักษณะของหิมะหรือผลึกน้ำแข็งเล็กๆ มีลักษณะที่คล้ายกันอย่างหนึ่งคือส่วนมากจะเป็นรูปผลึกหกเหลี่ยม

2. กรรมวิธีการชนกันและรวมตัวของเม็ดเมฆได้แก่ กรรมวิธีของการชนกันและรวมตัวกัน (Collision-coalescence process) กรรมวิธีจับตัวรวมกัน(Capture process) หรือกรรมวิธีของฝนในเขตร้อน(Warm rain process) กรรมวิธีที่มีชื่อต่างๆกันทั้ง 3 ชนิดนี้เป็นวิธีเดียวกัน โดยมีสมมติฐานว่าในก้อนเมฆก้อนหนึ่งจะมีเม็ดเมฆที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง0.001-0.1มิลลิเมตร ขนาดต่างๆหลายขนาด เม็ดเมฆขนาดใหญ่มีการเคลื่อนที่เร็วกว่าเม็ดเมฆขนาดเล็ก จึงเคลื่อนเข้าชนเม็ดขนาดเล็กในทางเดินของมัน เกิดรวมตัวให้มีขนาดใหญ่ยิ่งขึ้น (Collision andcoalescence) พฤติการณ์นี้จะเกิดขึ้นซ้ำๆต่อเนื่องกันอย่างรวดเร็วจนเกิดเม็ดน้ำใหญ่มากและเม็ดใหญ่ๆจะแตกแยกออกแล้วเกิดกรรมวิธีซ้ำๆกันอีกจนเกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ ทำให้เกิดเม็ดฝนมากมาย กรรมวิธีนี้เป็นกรรมวิธีของการเกิดฝนในเขตร้อนซึ่งเมฆมีอุณหภูมิสูงกว่า 0 เซลเซียส

ภาพ 2-20 ผลึกน้ำแข็ง ซึ่งมีรูปร่างและขนาดต่างๆ กัน แต่ส่วนมากเป็นรูป 6 เหลี่ยม
ที่มา http://kanchanapisek.or.th.[ออนไลน์].

ตาราง 2.1 การแบ่งความเสี่ยงอุทกภัยตามค่าคะแนนปริมาณน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตรต่อ 1 – 3 วัน)	เกณฑ์ความเสี่ยง	Ramk/Class
0.1 – 10.0	เสี่ยงน้อย	1
10.0 – 35.0	เสี่ยงปานกลาง	2
35.1 - 90.0	เสี่ยงมาก	3
=> 90	เสี่ยงมากที่สุด	4

ที่มา http://kanchanapisek.or.th.[ออนไลน์].

ตาราง 2.2 ชนิดของน้ำฝน

ชนิด	ขนาด (มล.)	สถานะ	คำอธิบาย
Mist (หมอก)	0.005 - 0.05	ของเหลว	ขนาดน้ำใหญ่พอที่จะรู้สึกได้เมื่อตกใส่หน้า
Drizzle (ฝนปรอย)	<0.5	ของเหลว	ขนาดเล็กสม่ำเสมอมักตกเป็นเวลาหลายๆวโมง
Rain (ฝน)	0.5 – 0.7	ของเหลว	มีขนาดต่างๆขึ้นอยู่กับพายุ
Glaze	1 -20	ของแข็ง	เป็นแผ่น ทำความเสียหายต่อต้นไม้ สายไฟฟ้า
Hail (ลูกเห็บ)	5 หรือ >100	ของแข็ง	มีขนาดต่างๆมักมากับพายุ convective ถ.พ. 0.7 – 0.9
Graupel (ลูกเห็บอ่อน)	2 -5	ของแข็ง	เกิดจาก rime และรวมกับผลึกหิมะทำให้เกิดเป็นมวลรูปร่างไม่แน่นอนไม่แข็งมากเหมือน Hail เมื่อตกกระทบจะยุบตัวเรียกว่า soft hail

ที่มา http://kanchanapisek.or.th.[ออนไลน์].

2.2.16 ความชื้นในดิน

น้ำเป็นสารประกอบจำพวกโมเลกุลที่มีขั้ว (polar compound) คือ สามารถละลายได้ดีในโมเลกุลที่มีขั้ว ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ของพืชทั้ง 13 ธาตุที่อยู่ในดิน พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้จะต้องอยู่ในรูปของไอออน ซึ่งน้ำจะเป็นตัวทำละลายที่ดีสามารถละลายธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ทุกธาตุ โมเลกุลของน้ำ น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของมนุษย์ สัตว์ และ พืช ในมนุษย์มีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณ 70 – 80 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักของร่างกาย ในส่วนของพืชจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณ 50 – 70 เปอร์เซ็นต์ ในการปลูกพืชน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งเนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในเซลล์พืช น้ำเป็นตัวปรับอุณหภูมิภายในลำต้นของพืชไม่ให้มีอุณหภูมิสูงเกินในเวลากลางวันซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช น้ำเป็นตัวช่วยในการลำเลียงธาตุอาหารไป

ภายในต้นพืช และน้ำสามารถช่วยลดความเป็นกรด – ด่างและความเค็ม ตลอดจนทำให้สารเคมีที่เป็นพิษ จำพวกสารฆ่าแมลงและสารกำจัดศัตรูพืชเจือจางลง ทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี

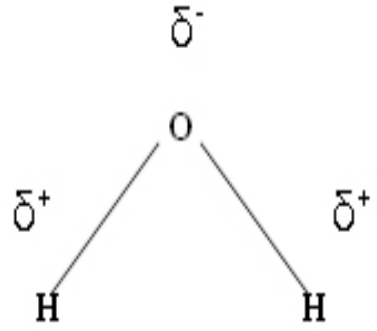
ความชื้นของดิน

ความชื้นของดินประกอบด้วย 2 สถานะ คือ สถานะที่เป็นของเหลว เราเรียกว่า น้ำในดิน และสถานะที่เป็นก๊าซ เราเรียกว่า ไอน้ำในดิน ในประเทศที่มีอากาศหนาวจัด ความชื้นของดินอาจจะอยู่ในรูปของน้ำแข็ง ส่วนประเทศในเขตร้อน ส่วนใหญ่น้ำในดินจะอยู่ในรูปของของเหลว ดังนั้น ความชื้นของดิน กับน้ำในดิน จึงมีความหมายเดียวกัน คือ ส่วนที่อยู่ในสถานะที่เป็นของเหลว ถ้าในส่วนของช่องว่างในดินมีน้ำอยู่เต็มไม่มีก๊าซอยู่เลยเรียกว่า ดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated soil) แต่ถ้าในช่องว่างของดินมีทั้งน้ำและก๊าซอยู่ด้วยเรียกว่า ดินที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated soil) ดังนั้น ดินที่ใช้ในการทำการเกษตรส่วนใหญ่ คือดินที่ไม่อิ่มตัว ความชื้นในดินมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับสิ่งมีชีวิตในดิน ได้แก่ สัตว์ พืช หรือจุลินทรีย์ เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพืชและสัตว์ เพื่อใช้ในขบวนการเมทาบอลิซึม (metabolism) ต่าง ๆ เช่น ขบวนการสังเคราะห์แสงของพืชและจุลินทรีย์ในดินบางชนิด พืชสามารถที่จะนำเอาธาตุอาหารไปใช้ได้ ธาตุอาหารเหล่านั้นจะต้องอยู่ในรูปของสารละลาย น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีและมีปริมาณมาก หาได้ง่ายและสะดวก น้ำเป็นตัวกลางที่ดีในการเคลื่อนย้ายไอออนจากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่ง อีกทั้งยังลำเลียงธาตุอาหารที่อยู่ในรูปของไอออนจากดินเข้าสู่ภายในลำต้นของพืช และเข้าไปในจุลินทรีย์ นอกจากนี้น้ำยังมีความร้อนจำเพาะและความร้อนแฝงที่สูง ทำให้เปลี่ยนอุณหภูมิได้ยาก ทำให้น้ำในดินมีอุณหภูมิไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป ทำให้ดินมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา,(2541)ให้ทรรศนะความชื้นของดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชไว้ 3 ประเภท คือ

1. ความชื้นที่เป็นประโยชน์ (available moisture) หมายถึงความชื้นส่วนที่อยู่ภายใต้อำนาจดูดยึดของดิน ที่พืชดูดไปจากดิน ในอัตราส่วนที่ทัดเทียมกับอัตราการระเหยน้ำของพืช

2. ความชื้นที่ไม่เป็นประโยชน์ (unavailable moisture) หมายถึงความชื้นส่วนที่ดินดูดยึดไว้ด้วยพลังงานที่มากกว่าที่จะให้พืชดูดไปใช้ในอัตราที่ทัดเทียมกับอัตราการระเหยน้ำของพืชได้

3. ความชื้นเกินจำเป็น (superfluous moisture) หมายถึงความชื้นส่วนที่เกินอำนาจดูดยึดตามปกติของดิน ซึ่งโดยปกติขังอยู่ในที่ว่างขนาดใหญ่ที่เป็นที่อยู่ของอากาศ และเมื่อมีโอกาสจะเคลื่อนพ้นบริเวณที่รากพืชลึกลงไปในหน้าตัดดิน โดยอิทธิพลแรงดึงดูดของโลก



ภาพที่ 2-21 โมเลกุลของน้ำ
ที่มา http://elearning.nsru.ac.th.[ออนไลน์].

แรงดูดยึดความชื้นของดิน

หลังจากฝนตก น้ำส่วนหนึ่งระบายออกไปจากดินแล้ว ดินนั้นยังเป็นดินชื้นอยู่ต่อไปอีกระยะหนึ่ง การที่น้ำบางส่วนยังคงสามารถอยู่ในช่องว่างของดินโดยไม่ระบายออกไปจนหมด แสดงว่าดินมีแรงดูดยึดต่อน้ำจำนวนนั้น แรงดูดยึดนี้อาจแบ่งได้ 3 ลักษณะ คือ

1. การดูดซับ (adsorption)การดูดซับโมเลกุลของน้ำบนผิวอนุภาคดินโดยเฉพาะผิวของอนุภาค ที่มีประจุเกิดจากสมบัติมีขั้วของโมเลกุลของน้ำ การดูดซับนี้มักจะเกิดขึ้นในขณะที่ดินมีระดับความชื้นค่อนข้างต่ำ และอาจเกิดขึ้นได้ในอีกกรณี คือเมื่ออนุภาคดินมีไอออนบวกถูกดูดซับอยู่ และไอออนเหล่านั้นดูดซับโมเลกุลของน้ำเอาไว้ล้อมรอบตัวมันเอง(water of hydration)

2. การดูดผ่านช่องเล็กๆ(osmotic suction)น้ำในดินมีสารละลายอยู่หลายชนิด ละลายหรือแขวนลอยอยู่ไอออนต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไอออนบวกจะถูกดูดซับอยู่ที่ผิวนอกของดินเหนียวที่มีประจุเป็นลบ และทำให้ความเข้มข้นของไอออนในชั้นของไอออนบวกที่ถูกดูดซับ สูงกว่าในสารละลายรวม(bulk solution) ถ้าความชื้นของดินค่อนข้างต่ำ ซึ่งไม่ถึงกับแห้ง อนุภาคดินเหนียว มีโอกาสสัมพันธ์ (overlap) ซึ่งกันและกัน และทำให้สารละลายในระหว่างชั้นทั้งสอง นั้นเข้มข้นยิ่งขึ้น เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า สารละลายที่เข้มข้นจะมี การดูดแบบออสโมติกสูงถ้านำมาสัมผัสกับน้ำบริสุทธิ์ผ่านเมนเบรนกึ่งซึมได้ (semipermeable membrane) น้ำจะเคลื่อนตัวผ่านเมนเบรน (membrane)ไปหาสารละลายนั้นๆ ปรากฏการณ์นี้ก็ใช้ได้กับดินนั่นคือ ถ้าสารละลายในบริเวณการดูดซับ นั่นคือ ถ้าสารละลายในบริเวณการดูดซับ (adsorption zone) ของอนุภาคดินเหนียวเข้มข้นมาก ดินนั้นจะมีแรงดึงดูดน้ำที่เพิ่มขึ้น และน้ำที่ถูกดึงดูดเข้าไปในระหว่าง ดินเหนียว 2 แผ่นที่เรียงซ้อนกันจะดันให้ดินเหนียวพองตัว

3. แคพิลลารีตี้ (capillarity) เป็นแรงดึงน้ำซึ่งเกิดเนื่องจากแรงตึงผิวของน้ำ ซึ่งเป็นผลรวมระหว่างความเชื่อมแน่น (cohesion) ของน้ำและการประสาน (adhesion) ระหว่างน้ำกับผิวของ

อนุภาคดินตรงผิวของน้ำ (air - water interface) ปรากฏการณ์นี้อาจเห็นได้ทั่วไป คือ เมื่อจุ่มหลอดเล็ก ๆ ที่ผนังด้านในเปียกน้ำลงไปในน้ำผิวเรียบ จะมีน้ำบางส่วนดึงดูดขึ้นไปขังอยู่ในหลอด และถ้าสังเกตจะเห็นว่าผิวของน้ำ ในหลอดจะเว้าลงไปในน้ำ และความโค้งของผิวน้ำจะเพิ่มขึ้น เมื่อขนาดของหลอดเล็กลง และในขณะเดียวกันความสูงของน้ำที่ขังอยู่ในหลอดจะเพิ่มขึ้นเมื่อรัศมีของหลอดเล็กลง ด้วยการวิเคราะห์ทางฟิสิกส์แสดงให้เราทราบว่า มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดระหว่างความสูงของน้ำในหลอด แคพิลลารีกับรัศมีของหลอด หรือความโค้งของผิวน้ำในหลอด ปรากฏการณ์นี้สามารถใช้ได้กับดิน โดยที่ดินมีรูพรุน ซึ่งเป็นช่องแทรกตัวอยู่ทั่วไปทั้งในเม็ดดินและระหว่างเม็ดดิน ถึงแม้ช่องในดินจะมีรูปร่างและความต่อเนื่องที่แตกต่างจากหลอด แคพิลลารีตี้ มาก แต่เราสามารถดัดแปลงปรากฏการณ์แคพิลลารี(capillarity phenomenon)ใช้กับดินได้

สภาพของน้ำในดิน

ในช่องว่างของดินจะมีน้ำและอากาศเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ถ้าช่องว่างของดินมีปริมาณน้ำมากหรือมีน้ำขังตลอดเวลา ย่อมแสดงว่าไม่มีอากาศอยู่ในช่องว่าง ดังนั้นสามารถแบ่งสภาพของน้ำในดินออกได้ตามความแตกต่างของน้ำที่มีอยู่ในดินได้ดังต่อไปนี้

1. สภาพดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated soil) คือดินที่มีน้ำอยู่เต็มในสัดส่วนของ เปอร์เซนต์ของอากาศและเปอร์เซนต์ของน้ำในส่วนประกอบของดินได้แก่ดินที่อยู่ในสภาพน้ำขัง

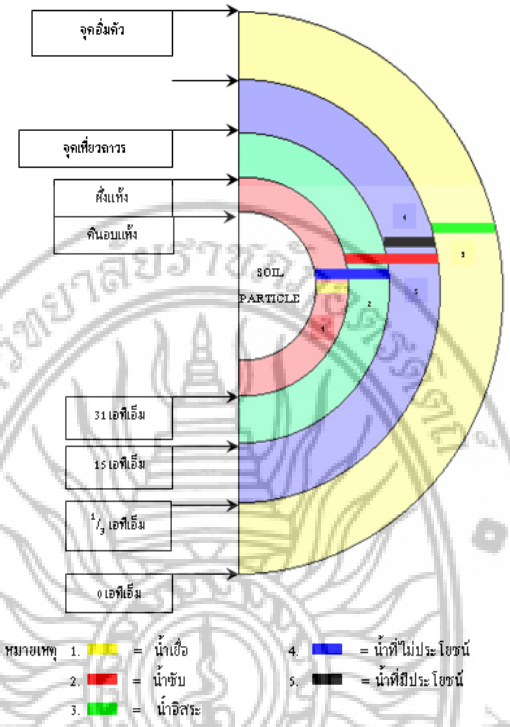
2. สภาพดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (unsaturated soil) คือดินที่มีน้ำอยู่ไม่เต็มในสัดส่วนของเปอร์เซนต์ของอากาศและเปอร์เซนต์ของน้ำในส่วนประกอบของดิน ได้แก่ดินที่ดอน ที่ใช้ทำการเกษตรกรรมโดยทั่วไป

3. สภาพความจุความชื้นภาคสนาม (field capacity : FC) คือสภาพของดินที่สามารถอุ้มน้ำหรือดูดยึดน้ำได้มากที่สุดซึ่งอยู่ในช่วงความลึกจากผิวดินลงไป 6 นิ้ว ช่องว่างขนาดเล็กในดินจะอิ่มตัวด้วยน้ำ ส่วนน้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่ออกหมดโดยแรงดึงดูดของโลก

4. สภาพน้ำเยื่อ (hygroscopic coefficient) เป็นสภาพที่น้ำจะอยู่ในรูปเยื่อบางๆรอบอนุภาคดิน น้ำจะถูกยึดด้วยแรงดึงดูดที่สูงมากตั้งแต่ 31 บรรยากาศจนถึง 10,000 บรรยากาศ สภาพเช่นนี้พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์

5. สภาพจุดเหี่ยวถาวรของพืช (permanent wilting point) เป็นสภาพที่เกิดขึ้นเนื่อง จากในช่องว่างขนาดเล็กของดินมีปริมาณน้ำอยู่น้อยประกอบกับมีแรงยึดเพิ่มขึ้น ในเวลากลางวันพืชจะต้องคายน้ำ ทำให้อัตราการคายน้ำมากกว่าอัตราการดูดน้ำของพืชทำให้พืชแสดงอาการเหี่ยวเฉาแบบ ชั่วคราว เมื่อเราเพิ่มน้ำให้กับดินอาการเช่นนี้ก็จะหายไป ในกรณีที่เราไม่เพิ่มน้ำให้แก่ดิน ปริมาณน้ำในดินก็จะน้อยลงไปเรื่อยๆประกอบกับแรงดูดยึดมีค่ามากขึ้นทำให้ปริมาณการดูดน้ำของพืชได้ น้อย

และยากกว่าเดิม ทำให้พืชแสดงอาการเหี่ยวเฉาแบบรุนแรงมาก สภาพเช่นนี้จะทำให้พืชเหี่ยวเฉา อย่างถาวร แม้นเราเพิ่มปริมาณน้ำในดินก็ตาม



ภาพ 2-22 ประเภทต่างๆของน้ำในดิน โดยประมาณที่ระดับความชื้นต่างๆ
ที่มา (ปรับปรุงมาจาก คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541, หน้า 41)
http://elearning.nsru.ac.th.[ออนไลน์].

2.2.17 ทฤษฎีเกี่ยวกับดินโคลนถล่มและชนิดของดิน

ดินถล่มหรือโคลนถล่ม คือ การเคลื่อนตัวของมวลดินและหินภายใต้อิทธิพลแรงโน้มถ่วงของโลก สาเหตุหลักของดินถล่มหรือโคลนถล่ม คือ ดินบริเวณนั้นไม่สามารถรับน้ำหนักของตัวเองได้อีกต่อไป ดินถล่มมักเกิดพร้อมกับหรือตามมาหลังจากน้ำป่าไหลหลาก เกิดขึ้นในขณะหรือภายหลังพายุฝนที่ทำให้เกิดฝนตกหนักต่อเนื่องอย่างรุนแรง กล่าวคือ เมื่อฝนตกต่อเนื่องน้ำซึมลงในดินอย่างรวดเร็ว เมื่อถึงจุดหนึ่งดินจะอิ่มตัวชุ่มด้วยน้ำยังผลให้น้ำหนักของมวลดินเพิ่มขึ้น และแรงยึดเกาะระหว่างมวลดินลดลง ระดับน้ำใต้ผิวดินเพิ่มสูงขึ้นทำให้แรงต้านทานการเลื่อนไหลของดินลดลง จึงเกิดการเลื่อนไหลของตะกอนมวลดินและหิน ดังนั้น โอกาสที่เกิดดินถล่มหรือโคลนถล่มจึงมีมากยิ่งขึ้นการเคลื่อนตัวของดินอาจ เกิดอย่างช้าๆหรืออย่างฉับพลัน น้ำหนักของมวลดินที่ถล่มลงมามีกำลังมหาศาลที่ทำลายสิ่ง

ต่างๆ ที่ขวางทางและก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินการเกิดดินถล่มเกิดขึ้ได้หลายลักษณะลักษณะการเคลื่อนตัวได้ 3 ชนิดคือ

1. แผ่นดินถล่มที่เคลื่อนตัวอย่างแผ่นดินถล่มที่เคลื่อนตัวอย่างช้าๆเรียกว่า Creep เช่น Surficial Creep
2. แผ่นดินถล่มที่เคลื่อนตัวอย่างรวดเร็วเรียกว่า Slide หรือ Flow เช่น Surficial Slide
3. แผ่นดินถล่มที่เคลื่อนตัวอย่างฉับพลัน เรียกว่า Fall Rock Fall

การจำแนกชนิดของดินถล่ม

เกณฑ์ในการจำแนกชนิดของดินถล่ม และการพังทลายของลาดเขา มีหลายอย่าง เช่น ความเร็วและกลไกในการเคลื่อนที่ ชนิดของตะกอน รูปร่างของรอยดินถล่ม และปริมาณของน้ำที่เข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการดินถล่ม การจำแนกชนิดของดินถล่มที่ใช้กันแพร่หลายได้แก่การจำแนกโดย Varnes, 1975 ซึ่งอาศัยหลักการจำแนก ชนิดของของวัสดุที่พังทลายลงมา (Type of material) และลักษณะการเคลื่อนที่ (Type of movement) ประเภทของดินถล่มจำแนกตามลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุที่พังทลายลงมา ได้แก่

การร่วงหล่น (Falls) เป็นการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วลงมาตามลาดเขาหรือหน้าผาสูงชัน โดยอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงของโลก อาจเกิดการตกอย่างอิสระ หรือมีการกลิ้งลงมาตามลาดเขาร่วมด้วย โดยมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องน้อย หรือไม่มีส่วนเกี่ยวข้อง ดังนั้นตะกอนดินหรือหินที่พังทลายลงมาจะกองสะสมกันอยู่บริเวณเชิงเขาหรือหน้าผานั้นเอง ถ้าเป็นหน้าผาหินและตะกอนที่ตกลงมาส่วนมากเป็นหิน เรียกว่า “Rock fall”

ส่วนถ้าเป็นหน้าผาดินและตะกอนที่ตกลงมาเป็นดินเม็ดหยาบ เรียกว่า “Debris fall” และถ้าตะกอนที่ตกลงมาเป็นดินเม็ดละเอียด เรียกว่า “Earth fall”

การล้มคว่ำ (Topples) เป็นการเคลื่อนที่โดยมีการหมุน หรือล้มคว่ำลงมาตาม ลาดเขา มักพบว่าเกิดเชิงหน้าผาดินหรือหินที่มีรอยแตกรอยแยกมาก โดยกระบวนการเกิดดินถล่มมี น้ำเข้ามาเกี่ยวข้องน้อย หรือไม่มีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง

การลื่นไถล (Slides) การเกิดดินถล่มชนิดนี้มีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องเสมอ สามารถ จำแนกตามลักษณะของระนาบการเคลื่อนที่ ได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

- Rotational slide เป็นการลื่นไถล ของวัตถุลงมาตามระนาบของการเคลื่อนที่ที่มีลักษณะโค้งครึ่งวงกลมคล้ายช้อน (Spoon-shaped) ทำให้มีการหมุนตัวของวัตถุขณะเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่จะเป็นไปอย่างช้าๆซึ่งลักษณะดังกล่าวมักเกิดขึ้นในบริเวณที่ดินมีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous material) เช่น บริเวณที่ชั้นดินหนามาก หรือ ดินที่นำมาถม เป็นต้น

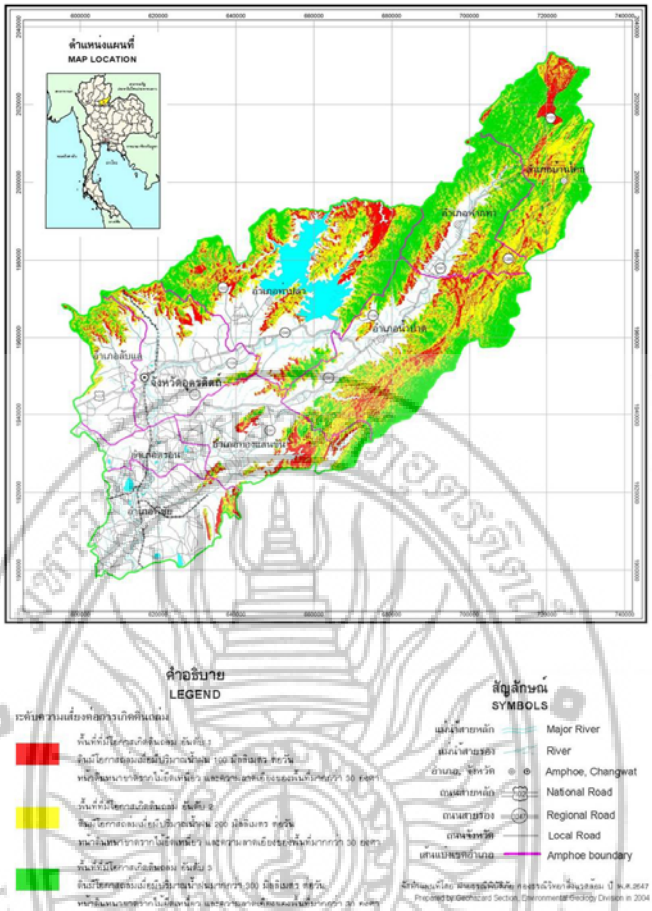
- Translational slide เป็นการลื่นไถลลงมาตามระนาบการเคลื่อนที่มีลักษณะค่อนข้างตรง ส่วนใหญ่เป็นการเคลื่อนที่ตามระนาบของโครงสร้างทางธรณีวิทยา เช่น ตามระนาบรอย แตก (joint) ระนาบทิศทางการวางตัวของชั้นหิน (bed) รอยต่อระหว่างชั้นดินและหิน

การแผ่ออกทางด้านข้าง (Lateral spread) ส่วนใหญ่จะเกิดบนพื้นราบ หรือพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย โดยชั้นดินจะประกอบด้วยตะกอนขนาดละเอียดมาก การเกิดส่วนมากเกี่ยวข้องกับกระบวนการ liquefaction เมื่อชั้นตะกอนละเอียดที่อิ่มตัวด้วยน้ำมีพฤติกรรมเหมือนของไหลเนื่องจากอิทธิพลของแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว หรือจากการที่มีหินหรือดินที่แข็งและไม่อุ้มน้ำวางตัวทับอยู่บนชั้นดินที่อุ้มน้ำ เมื่อชั้นดินที่อุ้มน้ำถูกทับด้วยน้ำหนักที่มากก็จะไหลออกด้านข้าง ทำให้ชั้นดิน ชั้นหินที่อยู่ด้านบนแตกออกและยุบตัว

การไหล (Flows) กระบวนการเกิดดินถล่มมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องมากที่สุด น้ำทำให้ ตะกอนมีลักษณะเป็นของไหลและเคลื่อนที่ไปบนพื้นระนาบลาดเขา ลงไปกองทับถมกันที่ช่วงล่างของ ลาดเขาหรือเชิงเขา ตะกอนอาจเคลื่อนที่ไปได้เป็นระยะทางไกล และความเร็วในการเคลื่อนที่อาจสูงมาก ถ้าลาดเขามีความชันสูง ดินถล่มชนิดนี้ยังแบ่งตามชนิดของตะกอน

ชนิดของดินถล่ม และปัจจัยการเกิดดินถล่ม

จากการศึกษาการแผ่กระจายของรอยดินถล่ม ในพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่มในประเทศไทยส่วนใหญ่ พบว่ารอยของดินถล่มมีลักษณะเกิดร่วมกันได้หลายแบบ และมักเกิดตามทางน้ำเดิมที่มีอยู่แล้วหรือบนร่องเล็ก ๆ บนลาดเขาที่น้ำมักไหลมารวมกันเมื่อมีฝนตก และมีความลาดชันสูงมากกว่า ร้อยละ 30 (วรวุฒิ, 2535) และเมื่อพิจารณาเฉพาะจุดบนภูเขาสูงพบว่าบริเวณที่ชั้นดินหนาส่วนใหญ่จะเป็นรูปแบบ Debris avalanche และ Rotational slide ส่วนบริเวณที่ชั้นดินบางจะเป็นแบบ Translational slide เป็นส่วนใหญ่ และจากการ ที่ดินถล่มในประเทศไทยเกิดร่วมกับการที่มีฝนตกเป็นปริมาณที่สูงมาก ดังนั้นชนิดของรอยดินถล่มโดยภาพรวม จึงเป็นแบบ Flows เป็นส่วนใหญ่ ตะกอนดินทราย ที่พังทลายเนื่องจากดินถล่ม ก็จะถูกพัดพาโดยน้ำ ออกจากที่เกิดการถล่มลงไปสู่เบื้องล่าง ก่อนที่จะไหลลงมากองทับถมกันบริเวณที่ราบเชิงเขาในลักษณะของเนินตะกอนรูปพัดหน้าหุบเขา ซึ่งเป็นรูปแบบของ Debris flow



ภาพ 2-23 แผนที่เสี่ยงภัยดินถล่ม จังหวัดอุตรดิตถ์ ดัดแปลงจากแผนที่แสดงพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม

ที่มา www.dmr.go.th.[ออนไลน์].

ปัจจัยการเกิดดินถล่ม

ดินถล่มที่เกิดขึ้นในปะเทศไทยเกิดจากปัจจัยหลัก 4 ประการ ดังนี้คือ (คณะสำรวจพื้นที่เกิดเหตุดินถล่มภาคเหนือตอนล่าง, 2550)

1.สภาพธรณีวิทยา โดยปกติชั้นดินที่เกิดการถล่มลงมาจากภูเขา เป็นชั้นดินที่เกิดจากการผุกร่อนของหิน ให้เกิดเป็นดิน โดยหินแต่ละชนิดเวลาผุจะให้ชนิดและความหนาของดินที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากชั้นหินแต่ละชนิดมีอัตราการผุพังไม่เท่ากัน เช่น

- หินแกรนิต จะมีอัตราการผุพังสูง แร่องค์ประกอบเมื่อผุพังแล้วจะให้ชั้นดินทรายร่วนหรือดินทรายปนดินเหนียว และให้ชั้นดินหนา

- หินภูเขาไฟ มีอัตราการผุพังใกล้เคียงกับหินแกรนิต เมื่อผุพังให้ชั้นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียว และให้ชั้นดินหนาเช่นกัน

- หินดินดาน – หินโคลน เมื่อผุพังจะให้ชั้นดินเป็นดินเหนียวปนทราย และมีความหนาน้อยกว่าหินแกรนิต

จากปัจจัยดังกล่าวพบว่า ดินที่ผุพังมาจากหินต่างชนิดกันจะให้ดินต่างชนิดกัน และความหนาต่างกัน คุณสมบัติของดินในการยึดเกาะระหว่างเม็ดดินและค่าแรงต้านทานการไหลของดินก็จะแตกต่างกันตามชนิดของดินนั้นๆด้วย ทำให้ไหล่เขามีความลาดชันไม่เท่ากัน และต้นไม้ที่ขึ้นตามธรรมชาติบนภูเขาต่างชนิดกันตามชนิดของชั้นดินและความสูงของภูเขานอกจากชนิดของหินแล้ว ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาเช่น รอยเลื่อน รอยแตก และทิศทางการวางตัวของชั้นหิน จะมีผลต่อการผุพังโดยเฉพาะหินที่มีรอยแตกมาก หินที่อยู่ในเขตรอยเลื่อนโดยเฉพาะรอยเลื่อนมีพลังจะมีการผุพังสูง เนื่องจากมวลหินที่รอยแตกนั้นจะมีช่องว่างให้น้ำและอากาศผ่านเข้าไปทำปฏิกิริยาทางเคมีให้หินผุพังได้ง่าย ชั้นหินในบางบริเวณหากมีการแทรกดันของหินอัคนีแทรกซอน หรือบริเวณที่มีน้ำพุร้อน และแหล่งแร่จากสายน้ำแร่ร้อน จะทำให้หินมีอัตราการผุพังยิ่งขึ้นไปอีกเพราะความร้อนและสารละลายน้ำแร่ร้อนที่มาจากหินอัคนีแทรกซอนจะไปทำ ปฏิกิริยา ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในเนื้อหิน

2. สภาพภูมิประเทศ ลักษณะภูมิประเทศเป็นผลที่เกิดจากขบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก การผุพังที่แตกต่างกันของชั้นหินและลักษณะการวางตัวของโครงสร้างชั้นหิน ซึ่งเป็นปัจจัยอีกตัวที่มีผลต่อเสถียรภาพของดินบนภูเขา ค่าความลาดชันจะมีความสัมพันธ์โดยตรง กับเสถียรภาพของดินที่อยู่บนภูเขา กล่าวคือยิ่งบริเวณใดที่มีความลาดชันสูง ยิ่งมีโอกาสที่ดินจะเกิดการสูญเสียเสถียรภาพและเคลื่อนที่ลงมาตามลาดชันของภูเขาได้สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งชั้นดินทรายร่วนที่ไม่มีแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดดินมีโอกาสจะถล่มลงมาได้สูงเมื่อผนวกเข้ากับปัจจัยตัวอื่นๆ ซึ่งจากการศึกษาของ วรวุฒิ ตันติวนิช (2535) ได้รายงานผลการศึกษาการเกิดดินถล่มที่บ้านเหนือ

อำเภอพิปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2531 พบว่ารอยดินถล่มส่วนมากพบอยู่ในบริเวณที่มีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 30 นอกจากนี้ลักษณะภูมิประเทศที่เป็นร่องเขาหน้ารับน้ำฝนและเป็นบริเวณที่น้ำฝนไหลมารวมกันจะทำให้ปริมาณน้ำในมวลดินสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และทำให้บริเวณพื้นมีค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของลาดดินลดลง มีโอกาสเกิดการเคลื่อนตัว และถล่มลงมาได้มากกว่าพื้นที่ที่ไม่ใช่ร่องเขาหน้ารับน้ำฝน

3. ปริมาณน้ำฝน ดินถล่มที่เคยเกิดขึ้นในประเทศไทย จะเกิดขึ้นเมื่อฝนตกหนักเป็นเวลานาน โดยน้ำฝนจะไหลซึมลงไปในชั้นดินจนกระทั่งชั้นดินชุ่มน้ำ ไม่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้ เนื่องจากความดันของน้ำในดินเพิ่มขึ้น(Piezometric head) เป็นการเพิ่มความดันในช่องว่างของเม็ดดิน (Pore Pressure) ดันให้ดินมีการเคลื่อนที่ลงมาตามลาดเขาได้ง่ายขึ้น และนอกจากนี้แล้วน้ำที่เข้าไปแทนที่ช่องว่างระหว่างเม็ดดินทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดดินลดน้อยลง ส่งผลให้ดินมีกำลังรับแรงต้านทานการไหล

ของดินลดลงทำให้ความปลอดภัยของลาดดินลดลงไปด้วย (วรากร ไม้เรียง, 2546) และถ้าหากปริมาณน้ำในมวลดินเพิ่มขึ้นจนมวลดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำ และระดับน้ำในชั้นดินสูงขึ้นมาที่ระดับผิวดินจะเกิดการไหลบนผิวดินและกัดเซาะหน้าดิน ความปลอดภัยของลาดดินจะลดลงไปครึ่งหนึ่งของสภาวะปกติ (Glawe ,2004)หมายความว่าลาดดินเริ่มมีการเคลื่อนตัวตามระนาบของการเคลื่อนตัวของดิน และถ้าฝนตกต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานออกไป น้ำจะไหลลงไปในระนาบของรอยการเคลื่อนตัวและชะล้างเม็ดดินที่เป็นดินเหนียวออกไปตามแนวระนาบทำให้ค่าแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดดินบริเวณระนาบการเคลื่อนตัว ลดลงไปอย่างมาก ก่อให้เกิดดินถล่มลงมาตามความลาดชันของไหล่เขา จากการศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำฝนร่วมกันกับประชาชนในพื้นที่หลายจังหวัด (คณะสำรวจพื้นที่เกิดเหตุดินถล่มภาคเหนือตอนล่าง, 2550) พบว่าถ้าปริมาณน้ำฝนมากกว่า 90 มิลลิเมตร ในรอบ 24 ชั่วโมง จะเกิดน้ำป่าไหลหลาก และหากปริมาณน้ำฝนมากกว่า 150 มิลลิเมตร ชั้นดินบางแห่งอาจเกิดดินไหลหรือดินถล่ม นอกจากนี้ปริมาณน้ำฝนที่ตกต่อเนื่องกันหลายวันสะสมมากกว่า 300 มิลลิเมตร บางแห่งอาจเกิดดินไหลหรือดินถล่มได้เช่นเดียวกัน

4. สภาพสิ่งแวดล้อม จากบันทึกเหตุการณ์ดินถล่มในอดีต พบว่าพื้นที่เกิดดินถล่มส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ภูเขาสูงชันและหลายๆ พื้นที่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากรายงานของคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2540) (อ้างถึงใน วรวุฒิ ตันติวนิช, 2548) พบพื้นที่ที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม ที่บ้านกระทูนเหนือ มีการเปลี่ยนแปลงสภาพป่าเป็นสวนยางพารา โดยเฉพาะพวกต้นยางที่ยังมีขนาดเล็กอยู่ หรือที่บ้านน้ำก้อ บ้านน้ำชุน มีการบุกรุกทำลายป่าไม้เพื่อทำไร่และทำการเกษตรบนที่สูง

จากการศึกษาของ Abe และ Twamoto (1986) (อ้างถึงในกวี จรุงทวีเวทย์, 2546) พบว่าดินที่มีรากไม้ยึดเกาะจะมีค่าแรงยึดเหนียวระหว่างเม็ดดินมากกว่าดินที่ไม่มีรากไม้ ซึ่งทำให้ค่ากำลังรับแรงต้านทานการไหลของดินมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากว่ารากพืชที่แทรกตัวในเนื้อดิน จะแทรกซอนผ่านแนวระนาบเฉือนของพื้นราบ ซึ่งจะช่วยรับแรงดึงและยึดโครงสร้างดินทำให้ดินมีค่ากำลังรับแรงต้านทานการไหลของดินสูงขึ้น จากการศึกษาของ กวี จรุงทวีเวทย์ (2546) พบว่า การเพิ่มขึ้นของค่ากำลังรับแรงต้านทานการไหลของดินจะมีการเปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับคุณสมบัติ ความหนาแน่นของรากพืช หมายความว่าชั้นดินที่มีรากพืชหนาแน่นมาก ค่ากำลังรับแรงต้านทานการไหลของดินจะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย และในการศึกษาเดียวกันนี้ ได้ทำการจำลองอิทธิพลของรากพืชต่อการเพิ่มเสถียรภาพพื้นลาดที่ระนาบเฉือนความลึกแตกต่างกัน พบว่าค่าอัตราส่วนความปลอดภัยพื้นลาดที่มีรากพืชแทรกอยู่ต่อพื้นลาดที่ไม่มีรากพืช มีค่ามากกว่าพื้นลาดที่ไม่มีรากพืช และมีค่ามากสุดที่ระดับความลึกของระนาบเฉือน 0.0-0.5 เมตร และลดลงไปตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น

แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของรากพืชช่วยเพิ่มค่ากำลังรับแรงต้านทานการไหลของมวลดินเฉพาะในส่วนที่รากไม้หยั่งลึกลงไปถึงเท่านั้น และมีความหนาแน่นมาก หากเกิดการเฉือนของระนาบอยู่ลึกลง

ไปมากกว่าชั้นดินที่รากไม้จะหยั่งถึง รากไม้นั้นก็ไม่มีส่วนช่วยใดๆ ในกำลังรับแรงต้านทานการไหลของดิน กำลังรับแรงต้านทานการไหลของดิน ทั้งหมดก็จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน และแรงเสียดทานระหว่างเม็ดดิน ของชนิดดินนั้นๆ ดังที่เราจะเห็นได้ว่าเมื่อมีเหตุการณ์ดินถล่มบางพื้นที่ที่เป็นป่าสมบูรณ์ ดินโคลนจะถล่มลงมาพร้อมต้นไม้ โดยการเลื่อนไถลของต้นไม้ซึ่งเคลื่อนที่ลงไปในลักษณะลำต้นยังคงตั้ง ตรงอยู่ในแนวดิ่ง นอกจากคุณสมบัติในการเพิ่มกำลังรับแรงต้านทานการไหลของดินแล้ว รากพืชยังมีส่วนในการดูดซึมเอาน้ำที่ไหลลงไปในดินให้มีปริมาณลดลงหรือชะลอการอิ่มตัวของดินอีกทาง

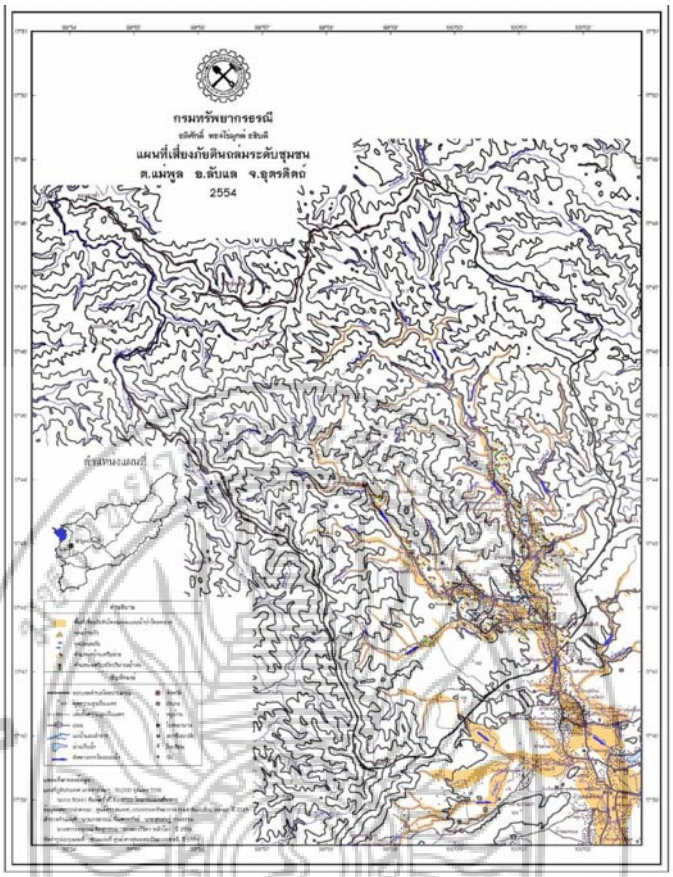
ลักษณะพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

ลักษณะที่ตั้งของหมู่บ้านเสี่ยงภัยดินถล่มมีข้อสังเกตดังต่อไปนี้

1. อยู่ติดภูเขาและใกล้ลำห้วย
2. มีร่องรอยดินไหลหรือดินเลื่อนบนภูเขา
3. มีรอยแยกของพื้นดินบนภูเขา
4. อยู่บนเนินหน้าหุบเขาและเคยมีโคลนถล่มมาบ้าง
5. ถูกน้ำป่าไหลหลากและท่วมบ่อย
6. มีกองหิน เนินทรายปนโคลนและต้นไม้ ในห้วยใกล้หมู่บ้าน

ข้อสังเกตหรือสิ่งบอกเหตุ

1. มีฝนตกหนักถึงหนักมาก (มากกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวัน)
2. ระดับน้ำในห้วยสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว
3. สีของน้ำเปลี่ยนเป็นสีของดินบนภูเขา
4. มีเสียงดัง อื้ออึง ผิดปกติดังมาจากภูเขาและลำห้วย
5. น้ำท่วมหมู่บ้าน และเพิ่มระดับขึ้นอย่างรวดเร็ว



ภาพ 2-24 แผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับชุมชน ต.แม่พูล อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์
ที่มา www.dmr.go.th.[ออนไลน์].

ชนิดของดิน

ถ้าจำแนกดินตามลักษณะของเนื้อดินแบ่งได้ 3 ชนิด

1. ดินทราย เป็นที่ประกอบด้วยทรายตั้งแต่ร้อยละ70ขึ้นไปโดยน้ำหนักมีสมบัติเหมือนทราย น้ำซึมผ่านได้ง่ายมาก

2 .ดินร่วน เป็นดินที่ประกอบด้วย ทราย โคลนตม และดินเหนียวโดยมีปริมาณดินทรายและดินเหนียวไม่มากนัก ดังนั้น น้ำและอากาศจึงไหลผ่านดินร่วนได้ดีกว่าดินเหนียว

3 .ดินเหนียว เป็นดินที่มีเนื้อละเอียดแน่นอุ้มน้ำได้ดี และไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้ง่ายไม่เหมาะสมในการเพาะปลูก

ชั้นของดิน ดินแบ่งเป็น 2 ชั้น คือ ดินชั้นบนและดินชั้นล่าง ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันดังตาราง

ตาราง2.3 เปรียบเทียบลักษณะของดินชั้นบนและดินชั้นล่าง

ลักษณะของดิน	
ดินชั้นบน	**ดินชั้นล่าง**
1. ดินนับจากผิวดินจนถึงดินที่ลึกประมาณ 20 cm 2. ดินที่มีสารอินทรีย์สะสมมาก ทำให้ดินมีสีคล้ำ 3. เม็ดดินมีขนาดโต ทำให้ช่องว่างระหว่างเม็ดดินมีขนาดใหญ่ น้ำและอากาศผ่านสะดวก	1. ดินที่อยู่ลึกกว่า 20 cm ขึ้นไป 2. ดินที่มีสารอินทรีย์สะสมน้อย ทำให้ดินมีสีจาง 3. เม็ดดินมีขนาดเล็ก ทำให้ช่องว่างระหว่างเม็ดดินมีขนาดเล็ก น้ำและอากาศผ่านยาก

การแบ่งความเสี่ยงดินถล่มตามค่าคะแนนชนิดของดิน

ค่าคะแนนชนิดของดิน	**เกณฑ์ความเสี่ยง**	**Ramk/Class**
ดินเหนียว	เสี่ยงน้อย	1
ดินร่วน	เสี่ยงปานกลาง	2
ดินปนทราย	เสี่ยงมาก	3
ดินทราย	เสี่ยงมากที่สุด	4

ที่มา : การศึกษาและวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยและแผ่นดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์

ภาพ 2-25 แสดงดินชั้นบนและดินชั้นล่าง
ที่มา http://www.dmr.go.th.[ออนไลน์].

2.2.18 ระบบการเตือนภัย

รูปแบบของการแจ้งเตือนภัยน้ำท่วม

การแจ้งเตือนเพื่อเตรียมพร้อม เป็นการแจ้งเตือนเพื่อให้ประชาชนในหมู่บ้านหรือพื้นที่เสี่ยงภัยเตรียมความพร้อมสำหรับการเผชิญกับสถานการณ์ เช่น การแจ้งเตือนให้ประชาชนฟังประกาศจากกรมอุตุนิยมวิทยาหรือหน่วยงานราชการอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงการเตรียมความพร้อมในด้านอื่นๆ เช่น การเตรียมความพร้อมสำหรับการอพยพ ซึ่งควรจัดทำแผนอพยพประชาชนและมีการฝึกซ้อมแผนอยู่เสมอ

การแจ้งเตือนเพื่อหนีภัย เป็นการบอกให้รู้ว่าภัยกำลังจะเกิดขึ้นในเวลาอันใกล้ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเช่น ปริมาณน้ำฝนจากกระบอกวัดน้ำฝนมีจำนวนมากอยู่ในขั้นอันตราย มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณหรือสีของแม่น้ำในลำธารเหนือหมู่บ้านขึ้นไป โดยวิธีการแจ้งเตือนต้องขึ้นกับวิธีการที่ได้ตกลงกันไว้ล่วงหน้าในชุมชน ซึ่งอาจจะกระทำได้หลายวิธีเช่น

1. ไซเรนเตือนภัยแบบมือหมุน หมุนให้เกิดเสียงดังให้ชาวบ้านได้ยินและหนีไปตามแผนที่ตกลงกันไว้
2. ตีเกราะเคาะไม้ที่หมู่บ้านใช้เวลามีเหตุร้าย
3. ตีกลองเพล โดยต้องตกลงกันไว้ก่อน ถ้าตีในเวลาที่ไม่ใช่เวลาปกติ ให้ถือว่าเป็นการเตือนภัย
4. เป่านกหวีดเสียงยาว

ค่าวิกฤตที่ใช้ในการเตือนภัย

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้สร้างแบบจำลองสถานการณ์น้ำฝนและสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในการกำหนดปัจจัยและเกณฑ์ในการเตือนภัยสำหรับพื้นที่ตอนบนและพื้นที่ตอนล่าง

2.1 เกณฑ์สำหรับเตือนภัยในสถานีบน (เสี่ยงภัยดินถล่ม)ใช้ค่าปริมาณน้ำฝนและประเมินหาค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน หรือ API วิกฤติหรือระดับที่เป็นอันตราย เปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นในดินที่ทำการตรวจวัดได้ โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์และแบบจำลอง 3 มิติเข้าช่วย สำหรับลุ่มน้ำแม่วางนั้นพบว่า ค่า API วิกฤติที่จะทำให้เกิดอันตรายอยู่ที่เกณฑ์เฉลี่ย 180 มิลลิเมตร

2.2 เกณฑ์สำหรับเตือนภัยในสถานีกลาง (เสี่ยงภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินถล่ม)ใช้แบบจำลองปริมาณน้ำฝนสะสมทุกสถานีและประเมินการให้ปริมาณน้ำท่า ณ สถานีบ้านสบวินซึ่งมีระดับวิกฤติที่ระดับ 4.50 ม. (รสม.) ที่ทำให้เกิดน้ำท่วม โดยพบว่าหากมีปริมาณน้ำฝน 2 สถานี คือ สถานีทุ่งหลวงและสถานีขุนวาง รวมกันมากกว่า 200 มิลลิเมตร จะทำให้มีปริมาณน้ำที่สถานีบ้านสบวินมากกว่า 4.0 เมตร ในเวลาปริมาณ 4-6 ชั่วโมง

2.3 เกณฑ์สำหรับเตือนภัยในสถานีล่าง (เสี่ยงภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินถล่ม)ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ 2 สถานี คือสถานีบ้านสบวิน และสถานีบ้านพันตนในการเตือนภัย คือ

หากระดับน้ำสถานีบ้านสบวินสูง 4.50 ม.(รสม.) จะทำให้เกิดน้ำท่วมพื้นที่ตอนล่างใต้สถานีบ้านพันตน ในเวลาประมาณ 4-6 ชั่วโมง

ลักษณะการเตือนภัย

เมื่อการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนและอุปกรณ์อื่น ๆ และส่งข้อมูลผ่านระบบสื่อสารต่าง ๆ (GSM,GPRS, ระบบดาวเทียม) มายังส่วนกลาง เพื่อทำการประมวลผลด้วย model ทางอุทกวิทยาและส่งสัญญาณการเตือนภัยไปยังสถานีตามหมู่บ้านเสี่ยงภัย โดยมีเกณฑ์การเตือนภัยใน 3 ระดับ คือ
ระดับที่ 1 สัญญาณเสียงและแสงสีเขียว ให้ราษฎรเฝ้าระวัง
ระดับที่ 2 สัญญาณเสียงและแสงสีเหลือง ให้ราษฎรเตรียมพร้อม
ระดับที่ 3 สัญญาณเสียงและแสงสีแดง ให้ราษฎรอพยพหรือย้ายไปอยู่ในที่ที่ปลอดภัย โดยการศึกษาจะมีการจำลองแบบเพื่อกำหนดระดับและตำแหน่งของผลกระทบ หรือบ้านเรือนที่จะได้รับผลกระทบหากมีปริมาณน้ำฝนถึงจุดวิกฤติ

อุปกรณ์ในการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนภัยน้ำท่วม

หอเตือนภัย หอเตือนภัยเป็นอุปกรณ์กระจายเสียง ซึ่งตั้งอยู่บริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยของประเทศ มีความสูงประมาณ 20 ถึง 30 เมตรสร้างด้วยวัสดุที่มีความมั่นคง และแข็งแรง ทนทาน สามารถทนแรงลม หรือแรงกระแทกของคลื่นได้ หอเตือนภัยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ และมีชุดลำโพงกระจายเสียง เพื่อส่งสัญญาณเตือนได้รอบทิศทางในรัศมีประมาณ 1 ถึง1.5 กิโลเมตร (รัศมีจริงจะขึ้นอยู่กับชนิด จำนวน ความดังของลำโพง และลักษณะภูมิประเทศ) โดยระบบหอเตือนภัยประกอบด้วยระบบการใช้งานหลัก ดังนี้

1. การส่งสัญญาณเสียงจริง (Activate) เป็นการส่งสัญญาณเสียงแจ้งเตือนภัยต่างๆ ตามเหตุการณ์จริง
2. การส่งสัญญาณเสียงเงียบ (Test) เป็นการส่งสัญญาณเพื่อทดสอบระบบลำโพงว่าสามารถใช้งานได้ปกติ
3. หรือไม่ โดยหอเตือนภัยจะมีเสียงดังต่ำๆ เหมือนการเปิดลำโพง ถ้าลำโพงเกิดขัดข้องหอเตือนภัยจะส่งข้อมูลข้อขัดข้องต่างๆกลับมายังศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ
4. การส่งสัญญาณตรวจสอบอุปกรณ์ (Poll) เป็นการส่งสัญญาณไปยังหอเตือนภัยเพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ ว่ามีสถานะเป็นอย่างไร สามารถใช้งานได้ปกติหรือไม่ เมื่อหอเตือนภัยได้รับสัญญาณตรวจสอบอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว หอเตือนภัยจะทำการตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ โดยอัตโนมัติ และส่งข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ต่างๆ กลับมายังศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ

ภาพ 2-26 หอเตือนภัย

ที่มา www.disaster.go.th.[ออนไลน์].

ไซเรนเตือนภัยแบบมือหมุนไซเรนเตือนภัย เป็นอุปกรณ์สำหรับให้สัญญาณเตือนภัยในหมู่บ้าน ชุมชนหรือสถานที่อื่นๆตามที่ผู้ควบคุมและผู้รับฟังสัญญาณไซเรนจะทำข้อตกลงนำไปกำหนดใช้งาน สามารถใช้งานในสถานที่ที่ไม่มีไฟฟ้าได้โดยใช้มือหมุน มีรัศมีความดังประมาณ 1.5 กิโลเมตรสำหรับการใช้งานไซเรนมือหมุนนั้น ให้หมุนด้ามจับที่อยู่ด้านข้างของตัวเครื่องไปทิศทางตามเข็มนาฬิกา และเพื่อให้ได้ยินเสียง 2 เสียง หรือTwo Tone จะต้องทำการหมุนด้ามจับสำหรับควบคุมเสียงที่อยู่ด้านบนของตัวเครื่องด้วย เพื่อไปหมุนการทำงานของแผ่นเลื่อนภายในตัวเครื่องทำให้เกิดเสียงสองเสียงสลับกันไปมา

การเตือนภัยด้วยวิธีการอื่นหรือด้วยวิธีการจากภูมิปัญญาชาวบ้านระบบการเฝ้าระวังและการแจ้งเตือนภัยนั้นอาจใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วในชุมชนหรือคิดค้นระบบการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนภัยที่เป็นภูมิปัญญาของคนในชุมชนเองขึ้นมาใหม่ โดยต้องเป็นวิธีการหรือระบบที่คนในชุมชนรับทราบยอมรับและเข้าใจตรงกัน ตัวอย่างการแจ้งเตือนภัยที่ชุมชนสามารถคิดค้นหรือจัดระบบได้เองได้แก่

1. การตีเกราะ เคาะไม้
2. การจุดพลุ

3. การตีกลองเพล หรือกลองประจำหมู่บ้าน
4. การบีบแตรรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์
5. การเป่านกหวีด
6. การสั่นกระดิ่ง ฯลฯ

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธรณีพิบัติภัยดินโคลนถล่ม ดร.ไตรภพ ผ่องสุวรรณ (2555) เหตุการณ์ธรณีพิบัติภัยดินถล่ม (landslide) โคลนไหล (mud flow) น้ำป่าไหลหลาก และน้ำท่วมฉับพลัน (flash flood) ในพื้นที่ภาคเหนือ และในพื้นที่ภาคใต้ ระหว่างวันที่ 24 –31 มีนาคม 2554 และล่าสุด ในช่วงธันวาคม – มกราคม 2555 ได้สร้างความสูญเสียทั้งชีวิต และทรัพย์สินของประชาชนเป็นจำนวนมาก ทั้งในพื้นที่ต้นน้ำ กลางน้ำและปลายน้ำ สาเหตุสำคัญ เนื่องมาจากการจัดตั้งชุมชนขึ้นใหม่จำนวนมากในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม โดยเฉพาะพื้นที่เชิงเขาสูง การปรับพื้นที่สูงชันเพื่อทำการเกษตร ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น การก่อสร้างถนนเข้าสู่ชุมชน การปรับเปลี่ยนความลาดชัน และการรุกพื้นที่ป่า/การจัดสรรพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมเพื่อทำการเกษตร เพื่อการท่องเที่ยว เป็นผลให้มีประชาชนจำนวนมาก เข้ามาอาศัยในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อธรณีพิบัติภัยดินโคลนถล่มเพิ่มมากขึ้น

ธนพร สุปริยศิลป์ (2552) ได้ศึกษาการมีส่วนร่วมของชุมชนเครือข่ายลุ่มน้ำน่านตอนบนในการป้องกันอุทกภัยและดินถล่ม ในการศึกษาได้เน้นหนักในด้านกระบวนการการมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อให้ชุมชนเป็นศูนย์กลางในการป้องกันอุทกภัยและดินถล่ม โดยยึดหลักแนวคิดตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง อันได้แก่ ความพอประมาณ ความมีเหตุมีผล และการมีภูมิคุ้มกันที่ดี ก่อให้เกิดแนวคิดหลักในการดำเนินการโครงการวิจัยคือ ทำให้ชุมชนและชุมชนในพื้นที่ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ศักยภาพของคนในชุมชน กลุ่มเป้าหมายในการศึกษานี้ประกอบด้วย กำนัน ผู้ใหญ่บ้านจากหมู่บ้านเสี่ยงภัย ผลการวิจัยพบว่าโครงการวิจัยนี้ได้สร้างการมีส่วนร่วมของประชาชน และได้สร้างเครือข่ายขึ้นในอำเภอเชียงกลาง จ.น่าน ซึ่งเครือข่ายประกอบด้วยตัวแทนของทุกภาคส่วนในชุมชนและชุมชนต่างๆ สามารถทางานในการป้องกันอุทกภัยและดินถล่มเป็นอย่างดี

นงลักษณ์ ไทยเจียมอารีย์ (2546) ได้กล่าวว่า แผ่นดินถล่มเป็นภัยพิบัติที่ทำความเสียหายให้แก่ชีวิตและทรัพย์สินซึ่งนับวันยิ่งมีแนวโน้มที่จะมีความรุนแรงขึ้นตลอดเวลาช่วง 10-20 ปีมานี้ ฝนตกหนักเป็นสาเหตุสำคัญที่ทาให้ดินบริเวณพื้นที่ภูเขาถล่มโดยการทำดินชุ่มน้า ในต้นฤดูฝนดินไหล่เขาที่ไม่อิ่มตัวและอยู่เหนือระดับน้ำใต้ดินมีแรงดันน้าเป็นลบหรือเป็นแรงดูด (Suction) สูงจะยังคงมีความมั่นคง เมื่อความชื้นในมวลดินสูงขึ้นจากทฤษฎีของหน่วยแรงประสิทธิผล จะพบว่าความแข็งแรงของดินก็จะลดลงตามความชื้นในมวลดินที่เพิ่มขึ้น พฤติกรรมนี้เกิดจากการทำลายแรงดูดของน้ำและอากาศใน

ช่องว่างระหว่างเม็ดดิน การศึกษาความแข็งแรงของดินภูเขาที่ไม่อิ่มตัวในประเทศไทยยังมีน้อยมากจึงได้มี

การสำรวจและทดสอบดินเป็นกรณีตัวอย่าง จากการเกิดพิบัติดินถล่มที่ลุ่มน้าก้อ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ ตัวอย่างดินคงสภาพที่ระดับความลึกและสภาพทางธรณีวิทยาต่างๆได้ถูกเก็บมาทดสอบที่สภาวะความชื้นในดินที่แตกต่างกันโดยวิธี Multi-stage Direct ShearTest พบว่าเมื่อความชื้นเกินกว่าร้อยละ 85 โดยน้ำหนักแล้วความเชื่อมแน่นจะสลายไปจนหมด และความแข็งแรงของดินจะสามารถแทนด้วยระนาบ 3 มิติ คล้ายทฤษฎีของ Mohr-Coulomb หากมีการเพิ่มอัตราส่วนความอิ่มตัวเป็นแกนตัวแปรอิสระขึ้น ผลของการศึกษาทำให้สามารถวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดเขาที่ปริมาณน้ำฝนต่างๆได้และสามารถนำมาสร้างเป็นกราฟแสดงขอบเขตปริมาณน้ำฝนวิกฤตซึ่งจะใช้ในการวัดติดตามปริมาณของน้ำในสนามและเตือนภัยการเกิดแผ่นดินถล่มได้ล่วงหน้า งานวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงฝนตกหนักเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ดินบริเวณพื้นที่ภูเขาถล่มโดยการทาดินชุ่มน้ำ จะพบว่าความแข็งแรงของดินก็จะลดลงตามความชื้นในมวลดินที่เพิ่มขึ้น พฤติกรรมนี้เกิดจากการทำลายแรงดูดของน้ำและอากาศในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน

จุมพล สวัสดิยากร (2535) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ลักษณะทางอุทกวิทยาและผลกระทบที่เกิดจากอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำตาปี ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2531 พบว่า อุทกภัยก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สิน อาคารสิ่งก่อสร้างและสาธารณูปโภค ตลอดจนก่อให้เกิดผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคม สุขภาพจิตและอนามัยของประชาชน โดยผลการศึกษาทำให้ทราบข้อมูลถึงสาเหตุและปัจจัยอันก่อให้เกิดความเสียหาย และการสูญเสียต่อคุณภาพของลุ่มน้ำ ทั้งที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์หรือโดยอิทธิพลของธรรมชาติ ซึ่งสามารถนำมาเป็นแนวทางในการกำหนดเป็นกฎเกณฑ์ วิธีการในการป้องกันภัยได้ งานวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงอุทกภัยก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สิน อาคารสิ่งก่อสร้างและสาธารณูปโภค ตลอดจนก่อให้เกิดผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคม สุขภาพจิตและอนามัยของประชาชน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัย การพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เป็นการวิจัยประยุกต์ เพื่อบูรณาการความรู้มาใช้ประโยชน์กับชุมชนท้องถิ่น โดยการพัฒนาและทดลองใช้ระบบสารสนเทศ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

3.1 การศึกษาวิเคราะห์และสำรวจข้อมูลความต้องการใช้ระบบจากผู้ใช้ที่เกี่ยวข้อง

3.2 การวิเคราะห์ ออกแบบระบบ และการดำเนินการพัฒนาระบบ

3.3 การประเมินความพึงพอใจการใช้ระบบสารสนเทศ

3.1 การศึกษาวิเคราะห์และสำรวจข้อมูลความต้องการใช้ระบบจากผู้ใช้ที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังต่อไปนี้

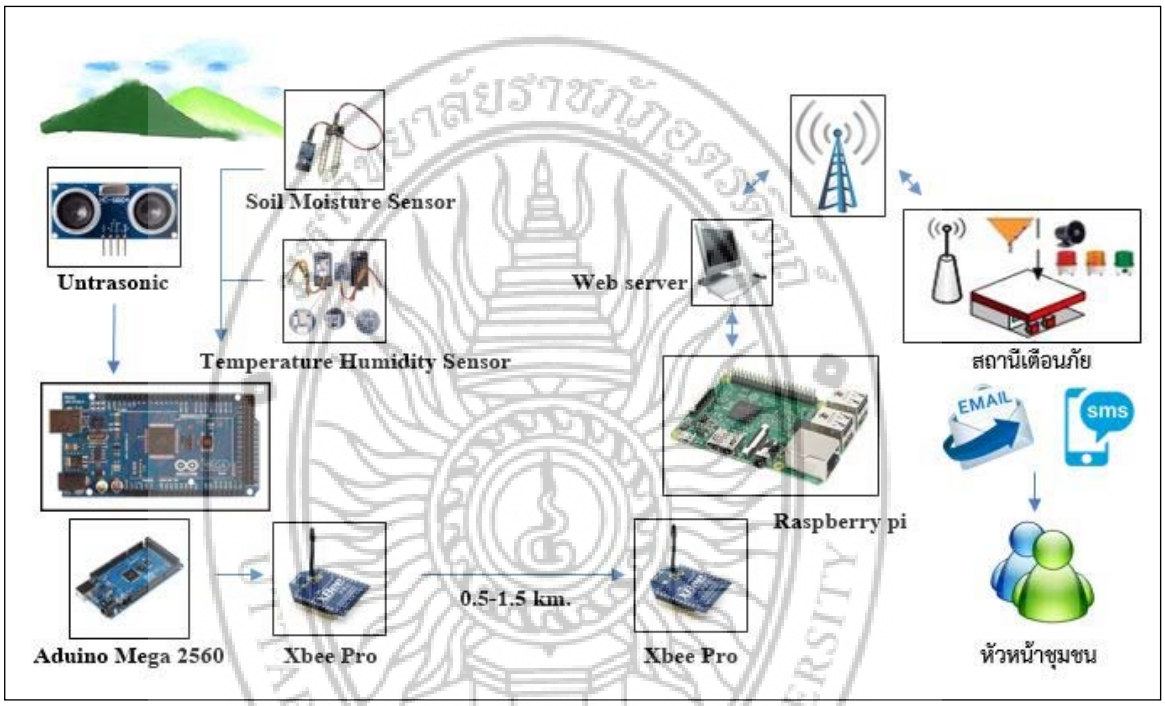
1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย

2. การวิเคราะห์ปัญหาโดยการศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ เพื่อการพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย

3. ศึกษาความเป็นไปได้ถึงแนวการพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย โดยศึกษาสภาพโครงสร้างพื้นฐานของระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ สภาพฮาร์ดแวร์ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ สภาพความรู้ความสามารถของบุคลากรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ สภาพด้านซอฟต์แวร์โปรแกรม การสนับสนุนจากผู้บริหารด้านงบประมาณด้านการวิจัยและการช่วยเหลือสนับสนุนในด้านอื่นๆ ในทุกๆ ด้าน เพื่อเกิดประโยชน์สูงสุดในการนำเทคโนโลยีมาใช้

3.2 การวิเคราะห์ ออกแบบระบบ และการดำเนินการพัฒนาระบบ

ระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ สามารถแยกส่วนประกอบออกเป็น 5 ส่วนหลักคือ 1.ระบบเซ็นเซอร์โหนด (ใต้ดิน) 2.โหนดสถานีวัดปริมาณน้ำฝน 3.ระบบฐานข้อมูลและเว็บเซิร์ฟเวอร์ 4.สถานีแจ้งเตือน 5.วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม



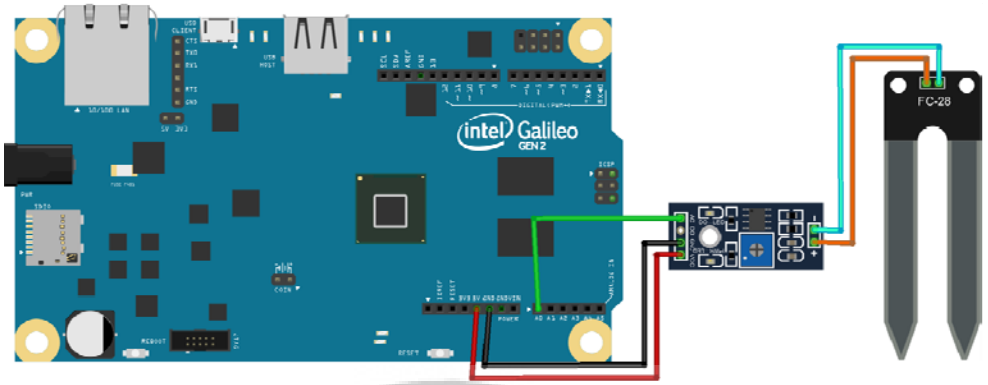
ภาพ 3-1 ภาพรวมการออกแบบระบบ

หลักการทำงานของระบบคือ ใช้การรับค่าจากเซนเซอร์ต่างๆ ในการวิเคราะห์ผลของโอกาสการเกิดดินสไลด์และการเกิดน้ำท่วม ประกอบด้วย

1. ระบบเซ็นเซอร์โหนด (ใต้ดิน) ใช้เซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดิน (soil Moisture sensor) โดยวัดค่าความชื้นในดินบริเวณที่มีฝนตกลงมา และนำไปคำนวณกับค่าสถิติ โดยจะนำค่าที่ได้ จากเซนเซอร์ทั้งหมดส่งไร้สายผ่านโมดูล Xbee Pro เข้าฐานข้อมูล Mysql ในserver (RaspberryPi) และแสดงออกหน้าเว็บ ในรูปแบบกราฟ หากมีระดับเสี่ยงภัยเกิดขึ้นจะส่งสัญญาณเตือนภัย

Soil Moisture Sensor สามารถอ่านค่าได้ 2 แบบ

- อ่านค่าแบบ Analog คือ อ่านค่าความชื้นและให้ค่าตั้งแต่ 0 – 1024
- อ่านค่าแบบ Digital คือ มีการเปรียบเทียบค่าที่ตั้งไว้และให้ค่าเป็น HIGH หรือ LOW



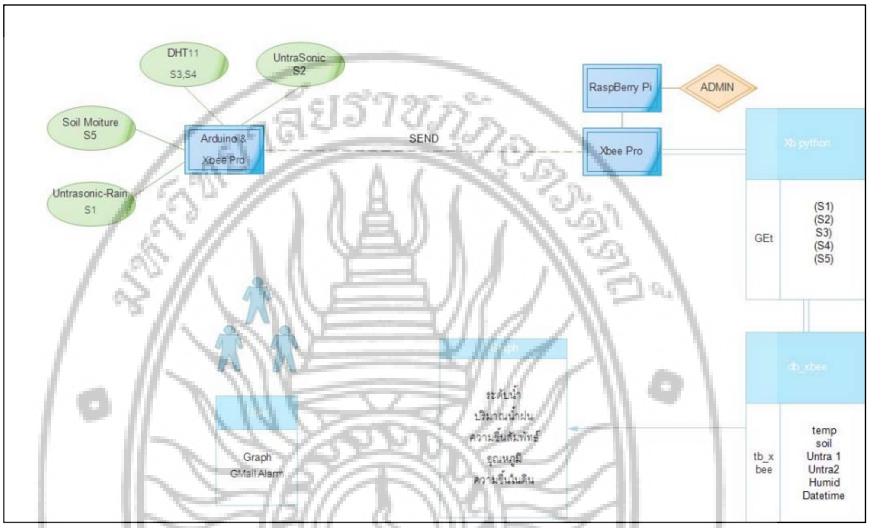
ภาพ 3-2 วงจรของเซนเซอร์วัดปริมาณความชื้นในดิน

2. โหนดสถานีวัดปริมาณน้ำฝน ใช้เซนเซอร์วัดปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา (Rain/water detection sensor) มี 4 ค่าการวิเคราะห์ คือ 1. การกระจายของฝน 2. ความหนักเบาของฝน 3. ความยาวนานของฝน 4. ปริมาณที่ตกไล่จากต่ำไปสูง จากนั้นจะมีการวัดระดับน้ำในแม่น้ำ ใช้เซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิก (ultrasonic sensor) ในการวัดระดับน้ำเพื่อส่งข้อมูล ทำการติดตั้งไฟแจ้งเตือนสถานะเพื่อบอกระดับน้ำในแม่น้ำว่าอยู่ในระดับไหน และติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเตือนสัญญาณเตือนภัยแบบเสียงเพื่อส่งสัญญาณเสียงเตือนภัยระดับน้ำในแม่น้ำ เมื่อน้ำมีระดับสูงก็จะส่งสัญญาณเตือนภัยในรูปแบบเสียงออกมา

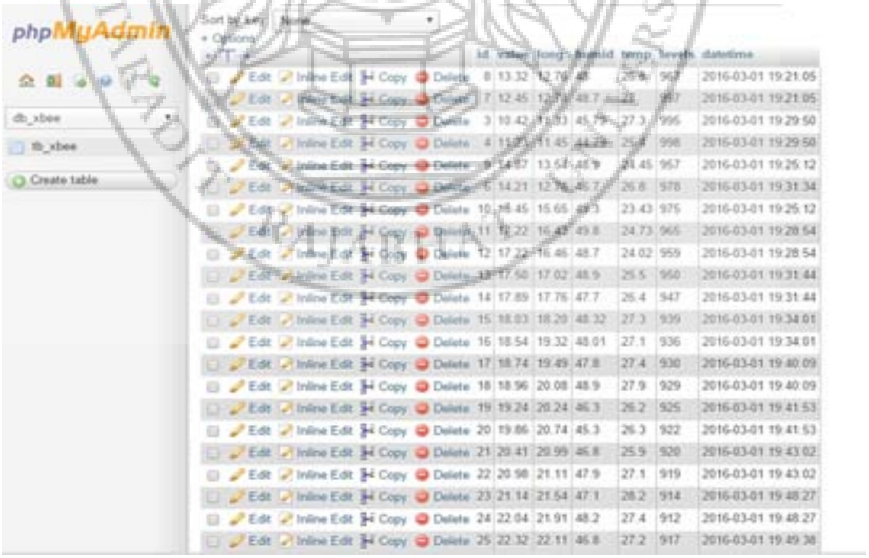
การออกแบบกระบอกวัดปริมาณน้ำฝน ซึ่งได้รับคำแนะนำมาจากเจ้าหน้าที่กรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยทำการติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์เข้ากับกระบอกที่วัดปริมาณน้ำฝนเพื่อทำการเทน้ำออกแบบอัตโนมัติเมื่อน้ำในกระบอกวัดถึงจุดเตือนภัย และได้ติดตั้งเซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิก (ultrasonic sensor) เพื่อส่งข้อมูลระดับน้ำฝนในแต่ละระดับ

ภาพ 3-3 กระบอกวัดปริมาณน้ำฝน กรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดอุตรดิตถ์

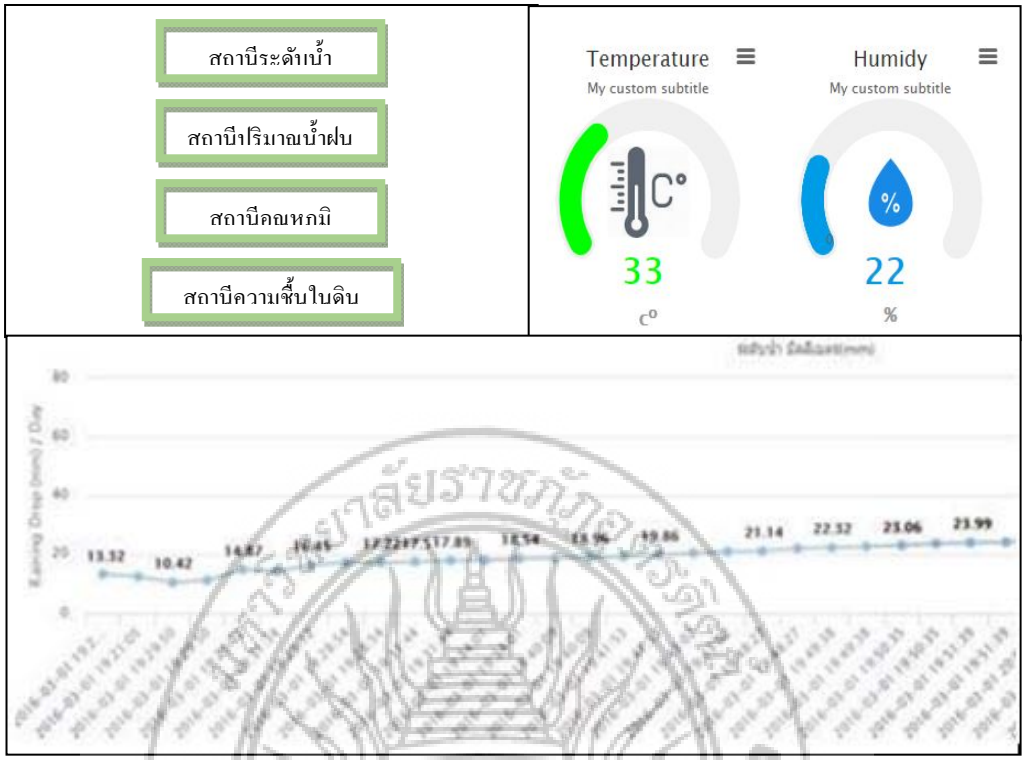
3. ระบบฐานข้อมูลและเว็บเซิร์ฟเวอร์ ได้ทำการออกแบบหน้าเว็บสำหรับเข้าดูระบบโดยในส่วนนี้ admin ผู้ดูแลระบบจะสามารถผู้ข้อมูลที่ทางเซนเซอร์ของแต่ละสถานีได้ทำการส่งข้อมูลเข้ามา โดยหน้าเว็บจะประกอบไปด้วยหน้าเมนู สถานีวัดระดับน้ำ สถานีวัดปริมาณน้ำฝน สถานีวัดความชื้นในดิน และสถานีวัดอุณหภูมิ โดยผู้ดูแลระบบจะสามารถเช็คข้อมูลของแต่ละสถานีได้และสามารถดูข้อมูลในรูปแบบของกราฟได้ ดังแสดงที่ภาพ 3-4, ภาพ 3-5, ภาพ 3-6 และภาพ 3-7



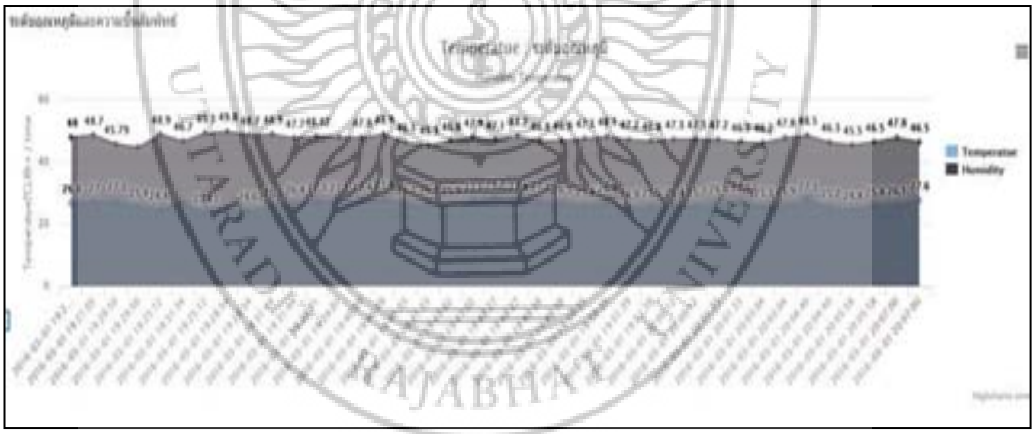
ภาพ 3-4 แสดงไดอะแกรมของระบบ



ภาพ 3-5 แสดงการเก็บข้อมูลของเซนเซอร์ต่างๆในฐานข้อมูล

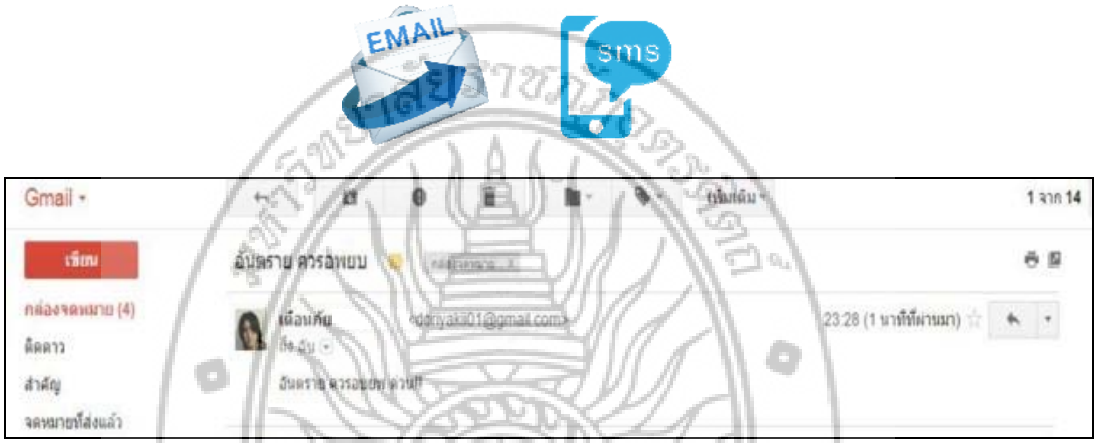


ภาพ 3-6 รูปแบบหน้าเว็บไซต์เข้าดูระบบ



ภาพ 3-7 แสดงข้อมูลอุณหภูมิและวัดปริมาณน้ำฝนในรูปแบบกราฟ

4. สถานีแจ้งเตือน ทดสอบระบบโดยจำลองสถานการณ์การทำงานของระบบเตือนภัยน้ำท่วมและดินโคลนถล่มผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียมผ่านคอมพิวเตอร์ เมื่อเซนเซอร์ได้ทำการวัดค่าของแต่ละสถานีและส่งข้อมูลมายังฐานข้อมูล และทำการเปรียบเทียบค่าข้อมูลที่อยู่ในระดับความเสี่ยงต่างๆ ทางระบบก็จะทำการแจ้งเตือนมายังอีเมล์และ SMS ของผู้ดูแลระบบ ว่าสถานีไหนอยู่ในระดับที่อันตรายควรที่จะอพยพออกจากพื้นที่ และที่สถานีย่อยระบบจะทำการแจ้งเตือนผ่านสัญญาณเสียงและไฟสถานะเมื่อถึงระดับที่ต้องแจ้งเตือน ดังแสดงที่ภาพ 3-8, ภาพ 3-9 และภาพ 3-10

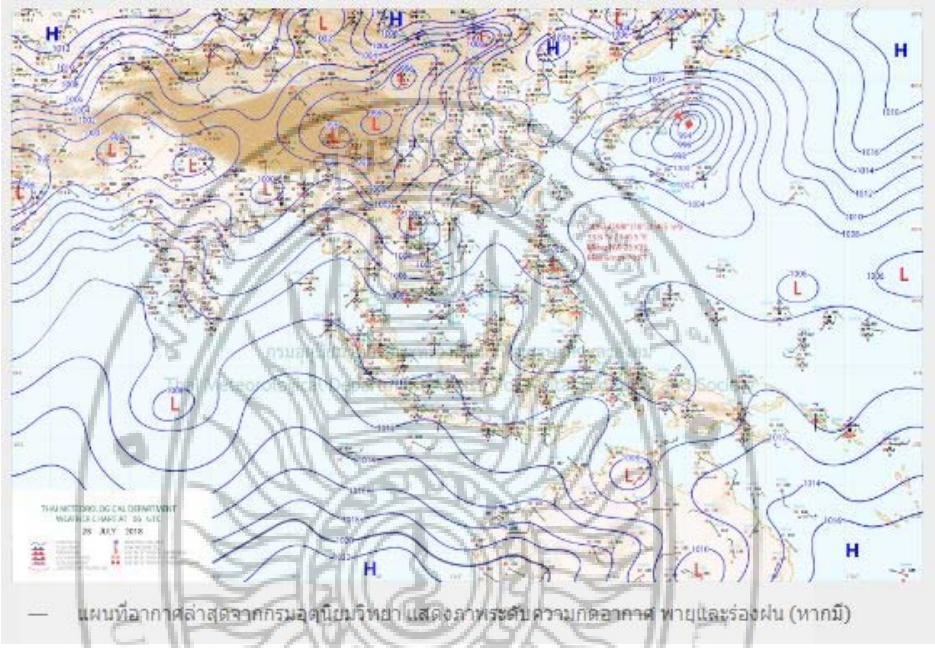


ภาพ 3-8 การแจ้งเตือนภัยผ่านข้อความ

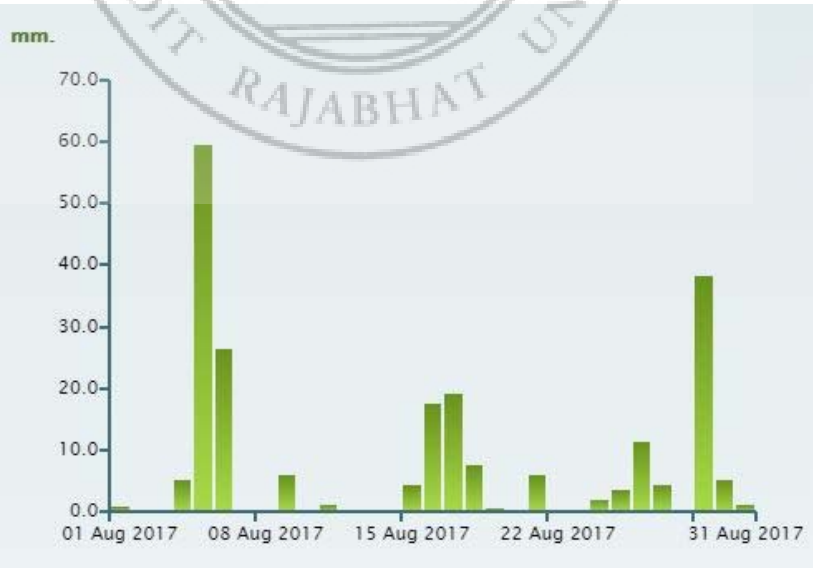
ภาพ 3-9 การแจ้งเตือนภัยผ่านสัญญาณเสียงและไฟสถานะ

ภาพ 3-10 สถานที่ติดตั้งการเก็บข้อมูลและสถานีเตือนภัย

5. วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม นำผลจากการวิเคราะห์ระบบจากการเก็บข้อมูลต่างๆของเซ็นเซอร์ มาเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของกรมอุตุนิยมวิทยา ที่แสดงแผนที่อากาศล่าสุด และภาพระดับความกดอากาศ พายุและร่องฝน มาช่วยเสริมวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำในการตัดสินใจเตือนภัยของระบบ ดังแสดงที่ภาพ 3-11 และภาพ 3-12



ภาพ 3-11 แสดงแผนที่อากาศล่าสุด และภาพระดับความกดอากาศ พายุและร่องฝน
ที่มา : http://www.thaiwater.net/



ภาพ 3-12 แสดงตัวอย่างปริมาณน้ำฝน

3.3 การประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ระบบสารสนเทศ

ประชากร/กลุ่มตัวอย่าง

ได้กำหนดประชากร/กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้นำกลุ่มหมู่ 6 ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์, นักวิชาการทางการศึกษา, และผู้ใช้ทั่วไปจำนวน 20 คน ทำการทดสอบการใช้งานระบบ เก็บข้อมูลผลประเมินประสิทธิภาพของซอฟท์แวร์ และผลประเมินความพึงพอใจ

ตอนที่ 1 การเก็บรวบรวมข้อมูลและแหล่งข้อมูลเพื่อสร้างเครื่องมือ

ข้อมูลและแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยแบ่งได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

1) ข้อมูลเบื้องต้นเป็นข้อมูลโดยตรง มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ

1.1) การสำรวจพื้นที่ที่ศึกษา โดยเดินทางไปสำรวจกลุ่มเป้าหมายในพื้นที่เพื่อสังเกตข้อมูลโดยทั่วไป สำหรับใช้เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล การสัมภาษณ์ การสอบถามบุคคลที่เกี่ยวข้อง การจัดกลุ่มสนทนา (Focus Group) และการประเมิน โดยใช้แบบสัมภาษณ์ แบบสอบถาม แบบบันทึก และแบบประเมินผล

1.2) ข้อมูลขั้นที่สอง (Secondary Data) เป็นการศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลจากหนังสือ บทความ ตำรา เอกสารต่างๆ รวมทั้งทางวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) การวิเคราะห์องค์ความรู้

จากการศึกษาข้อมูลขั้นพื้นฐานทำให้ทราบถึงสภาพปัญหาและความต้องการของผู้ใช้ระบบ ในการสำรวจความพึงพอใจใช้หลักการวัดคุณสมบัติที่ดีของระบบสารสนเทศ ซึ่งจะต้องมีลักษณะที่ครอบคลุมมิติทั้ง 4 ได้แก่ มิติด้านเวลา (Time) มิติด้านเนื้อหา (Content) มิติด้านรูปแบบ (Format) และมิติด้านกระบวนการ (Process)

ตอนที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การประเมินความพึงพอใจในการใช้ระบบ ใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งแบบสอบถามที่ใช้ใน จำนวน 3 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 เป็นข้อคำถามที่เกี่ยวกับสถานภาพส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ วุฒิการศึกษา สถานภาพ อาชีพ ซึ่งมีลักษณะข้อคำถามเป็นคำถามแบบสอบถามรายการ (Check List)

ชุดที่ 2. คำถามประเมินความพึงพอใจในการใช้ระบบ แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Ratting Scales) โดยแบ่งเป็น 3 ด้านคือ

ด้านที่ 1 ด้านการออกแบบ ได้แก่ ความสวยงาม การใช้สี และการสื่อความหมาย ความทันสมัย การจัดวางรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งานขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านได้ง่ายและสวยงาม ความเร็วในการข้อมูลต่างๆ ความเหมาะสมของเมนูการใช้งาน

ด้านที่ 2 ด้านประสิทธิภาพ ได้แก่ ความถูกต้องของการประมวลผล ความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ ความเหมาะสมของขั้นตอนการบันทึกข้อมูล การกำหนดความปลอดภัยในการเข้าถึงข้อมูล ความเหมาะสมในการใช้ระบบสื่อสาร

ด้านที่ 3 ด้านประโยชน์ ได้แก่ สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีและองค์ความรู้ด้านระบบเตือนภัยน้ำท่วมและดินโคลนถล่ม

ชุดที่ 3 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับความต้องการใช้ระบบของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นคำถามปลายเปิด (Open Ended)

เกณฑ์ในการให้คะแนนประเมินผลการทำงานของระบบ ได้ทำการติดตั้งและทดลองฟังก์ชันของระบบในแต่ละโมดูล (Function Test) โมดูลละ 30 ครั้ง มีเกณฑ์ในการให้คะแนนประเมินผลการทำงานของระบบ ดังนี้

1. การประเมินประสิทธิภาพของระบบแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ด้าน ดังนี้
   - ก. ด้านความถูกต้องในการทำงานระบบ
   - ข. ด้านความปลอดภัยของระบบ
2. การประเมินความพึงพอใจของระบบ แบ่งการประเมินออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้
   - ก. ด้านการออกแบบระบบ
   - ข. ด้านด้านประสิทธิภาพ
   - ค. ด้านประโยชน์

มีเกณฑ์ในการให้คะแนนประเมินผลการทำงานของระบบ ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง โปรแกรมทำงานถูกต้องมากที่สุด (ข้อมูลถูกต้องร้อยละ 90 ขึ้นไป)

คะแนน 4 หมายถึง โปรแกรมทำงานถูกต้องมาก (ข้อมูลถูกต้องร้อยละ 80-89)

คะแนน 3 หมายถึง โปรแกรมทำงานถูกต้องระดับปานกลาง (ข้อมูลถูกต้องร้อยละ 70-79)

คะแนน 2 หมายถึง โปรแกรมทำงานถูกต้องน้อย (ข้อมูลถูกต้องร้อยละ 60-69 ขึ้นไป)

คะแนน 1 หมายถึง โปรแกรมทำงานถูกต้องน้อยที่สุด (ข้อมูลถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 60)

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์การให้คะแนนของการประเมินประสิทธิภาพ

ระดับเกณฑ์	ความหมาย
ร้อยละ 90-100	ระบบมีประสิทธิภาพระดับดีที่สุด
ร้อยละ 70-89	ระบบมีประสิทธิภาพระดับดีมาก
ร้อยละ 50-69	ระบบมีประสิทธิภาพระดับดี
ร้อยละ 30-49	ระบบมีประสิทธิภาพระดับพอใช้
ร้อยละ 1-29	ระบบมีประสิทธิภาพระดับควรปรับปรุง

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การให้คะแนนของการประเมินความพึงพอใจ

ระดับเกณฑ์	ความหมาย
4.51-5.00	มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
3.51-4.50	มีความพึงพอใจในระดับมาก
2.51-3.50	มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
1.51-2.50	มีความพึงพอใจในระดับน้อย
1.00-1.50	มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

การสร้างแบบสอบถาม

ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้เครื่องมือวัดการใช้ระบบสารสนเทศเป็นลักษณะการสำรวจความพึงพอใจ (Survey Research) โดยผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามขึ้นมาโดยมีขั้นตอนการสร้างตามลำดับ

ระยะที่ 1

1. ศึกษารายละเอียด จุดมุ่งหมายของการวิจัยเพื่อให้ทราบถึงแนวทางและขอบเขตในการวิจัย และขอบเขตของแบบสอบถาม

2. ศึกษาเอกสาร ทฤษฎี บทความ วารสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจน การศึกษาวิธีการเขียน รูปแบบของแบบสอบถาม ลักษณะของแบบสอบถามและการสร้างแบบสอบถาม

3. ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถาม ให้เนื้อหาครอบคลุมคุณลักษณะทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านการออกแบบ ด้านประสิทธิภาพ ด้านประโยชน์

4. สร้างแบบสอบถามที่ใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย

ระยะที่ 2

1. นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องและปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

2. แก้ไขปรับปรุงแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

เพื่อตรวจพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยให้คะแนนตามวิธีการของ โรวิเนลลีและแฮมเบิลตัน (Rainelli & Hambleton) ซึ่งมีวิธีการให้คะแนนดังนี้ (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2547. หน้า 69)

+1	หมายถึง	เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดตรงจุดประสงค์
0	หมายถึง	เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นตรงจุดประสงค์
-1	หมายถึง	เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดไม่ตรงจุดประสงค์

จากนั้นนำผลการพิจารณามาคำนานหาค่า IOC ถ้าค่า IOC ที่ทำการคำนวณได้มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 แสดงว่าแบบสอบถามข้อนั้นสามารถวัดจุดประสงค์ข้อนั้น แต่ถ้าคำนวณแล้วมีค่าน้อยกว่า 0.50 แสดงว่าแบบสอบถามข้อนั้นไม่ได้วัดจุดประสงค์ข้อนั้นต้องนำไปทำการปรับปรุงแก้ไขใหม่จนได้ค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 โดยแบบสอบถามที่สร้างขึ้นนี้ มีค่า 0.60 ถึง 1.00 แสดงว่าข้อคำถามที่ใช้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ทุกข้อ

3. ทำการปรับปรุง แก้ไขแบบสอบถามที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะแล้วนำไปทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มผู้ใช้สารสนเทศที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจการประยุกต์ใช้ระบบ

ข้อ	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ปรับปรุง
ก. ด้านการออกแบบ						
1.	ความเหมาะสมของโครงสร้างระบบ					
2.	ความเหมาะสมและทันสมัยของโปรแกรมใช้งาน					
3.	ความเหมาะสมการจัดวางรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งานต่อผู้ใช้งาน					
4.	ความเร็วในการแสดงข้อมูลต่าง ๆ					
ข. ด้านประสิทธิภาพ						
5.	ความแข็งแรงของโครงสร้างระบบ					
6.	ความเร็วในการตอบสนองของโปรแกรม					
7.	ความถูกต้องของการประมวลผลข้อมูลต่างๆ ที่ตรวจวัดได้					
8.	ความเหมาะสมในการใช้ระบบสื่อสาร					

ข้อ	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ปรับปรุง
	ค. ด้านประประโยชน์					
9.	เกิดประโยชน์ต่อชุมชนพื้นที่เสี่ยงภัย					
10.	เกิดความสะดวกและง่ายในการใช้งาน					
11.	ลดค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ต่างๆที่มีราคาสูง					
12.	สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีและองค์ความรู้ด้านระบบเตือนภัยน้ำท่วมและดินโคลนถล่มให้กับหน่วยงานอื่นๆ					

ข้อเสนอแนะอื่นๆเพิ่มเติม

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ระยะที่ 3

นำแบบสอบถามที่ผ่านการหาคุณภาพแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบอีกครั้ง เพื่อรับความเห็นชอบแล้วนำแบบสอบถามดังกล่าวไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ที่เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการหาค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (x) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

โครงการวิจัย โครงการวิจัย การพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เป็นการวิจัยประยุกต์ เพื่อบูรณาการความรู้มาใช้ประโยชน์กับชุมชนและท้องถิ่น โดยโครงการวิจัยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้คือ

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์
2. เพื่อออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการก่อนเกิดภัยพิบัติระดับพื้นที่แบบบูรณาการภายใต้การมีส่วนร่วมของพหุภาคีในจังหวัดอุตรดิตถ์
3. เพื่อออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการเฝ้าระวังและเตือนภัยพิบัติโดยชุมชน
4. เพื่อหาประสิทธิภาพเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการเฝ้าระวังและเตือนภัยพิบัติ
5. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการเฝ้าระวังและเตือนภัยพิบัติและระบบการเฝ้าระวังภัยพิบัติสู่ชุมชนแบบบูรณาการภายใต้การมีส่วนร่วมของพหุภาคีในจังหวัดอุตรดิตถ์
6. เพื่อให้เกิดการร่วมมือและการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผลงานวิจัยสู่การนำไปใช้ประโยชน์ระหว่างภาควิชาการกับภาคองค์กรชุมชนในการเตือนภัยน้ำท่วมและดินโคลนถล่ม

ทั้งนี้ได้ดำเนินการวิจัยและมีผลของการพัฒนาระบบดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย

2. การวิเคราะห์ปัญหาโดยการศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการในการนำเทคโนโลยีมาใช้ โดยเริ่มตั้งแต่การพิจารณาปัญหาของชุมชน และความต้องการที่จะแก้ไขปัญหาหรือปรับปรุงให้ดีขึ้น สำรวจความต้องการขององค์กรและความต้องการของผู้ใช้ สำรวจสิ่งที่จะต้องทำหรือปรับปรุงเพื่อให้ได้สิ่งที่ต้องการ ผลจากขั้นตอนนี้เป็นการแจกแจงปัญหาสรุปประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อเป็นข้อมูลในการขออนุมัติเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของระบบที่ต้องการต่อไป

3. ศึกษาความเป็นไปได้ของระบบเป็นการรวบรวมข้อมูลและข้อเท็จจริงของระบบปัจจุบัน โดยการสำรวจออกแบบสอบถามหรือสัมภาษณ์ เพื่อวิเคราะห์หาความเป็นไปได้ของระบบใหม่ที่จะพัฒนา

เพื่อพิจารณาหาข้อสรุปว่าควรมีการเปลี่ยนระบบที่เป็นอยู่หรือไม่ หากมีการเปลี่ยนระบบควรเปลี่ยนแปลงทั้งระบบหรือบางส่วน ศึกษาสภาพโครงสร้างพื้นฐานของระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ สภาพฮาร์ดแวร์ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ สภาพความรู้ความสามารถของบุคลากรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ สภาพด้านซอฟต์แวร์โปรแกรม การสนับสนุนจากผู้บริหารด้านงบประมาณด้านการวิจัย และการช่วยเหลือสนับสนุนในด้านอื่นๆ ในทุกๆ ด้าน เพื่อเกิดประโยชน์สูงสุดในการนำเทคโนโลยีมาใช้

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย โดยการศึกษาตามกระบวนการและขั้นตอนต่างๆ ตามขั้นตอนข้างต้น จนกระทั่งประเมินประสิทธิภาพของระบบที่สร้างขึ้น และให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ สามารถแยกกล่าวเป็นหัวข้อได้ดังนี้

4.1 ผลลัพธ์ของการวัดค่าเซ็นเซอร์ต่างๆ

4.2 ผลลัพธ์ของสถานะแจ้งเตือนและสัญญาณไฟของระบบเตือนภัย

4.3 ผลลัพธ์การแจ้งเตือนภัยผ่านอีเมล์, SMS, และการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

4.4 ผลลัพธ์ของการหาประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ

4.5 ผลลัพธ์ของการประเมินประสิทธิภาพความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ และการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับชุมชน

4.1 ผลลัพธ์ของการวัดค่าเซ็นเซอร์ต่างๆ

4.1.1 Sensor DHT11 วัดอุณหภูมิ การวัดค่าความชื้นและวัดอุณหภูมิ ด้วย Sensor DHT11 โดยทำการวัดอุณหภูมิในแต่ละวัน เริ่มทำการทดลองวัดค่าตั้งแต่เวลา 09.00-21.00 น. และนำค่ามาเปรียบเทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิจริง เพื่อส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูล

ตารางที่ 4.1 การวัดอุณหภูมิของสภาพอากาศ

เวลา	อุณหภูมิที่วัดได้จากเซนเซอร์ (° C)	อุณหภูมิที่วัดได้จากเครื่องวัดอุณหภูมิ (° C)	ค่าความคลาดเคลื่อน (° C)
09.00 น.	23.2	22.7	0.5
11.00 น.	25.5	25.9	0.4
13.00 น.	27.0	27.6	0.6
15.00 น.	32.2	32.0	0.2
17.00 น.	32.2	32.6	0.4
19.00 น.	29.8	30.7	0.9
21.00 น.	26.0	26.3	0.3

จากตารางที่ 4.1 อุณหภูมิที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่าอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับเครื่องวัดอุณหภูมิของจริง โดยบางช่วงเวลาค่าอุณหภูมิมีการคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง เนื่องจากการส่งสัญญาณไร้สายเกิดการขาดหายหรือส่งข้อมูลล่าช้า แต่โดยรวมเซนเซอร์มีความสามารถวัดอุณหภูมิได้ใกล้เคียงกับเครื่องวัดอุณหภูมิของจริง

4.1.2 สถานีเตือนภัยวัดความชื้นในดิน ใช้เซนเซอร์วัดความชื้นของดินตั้งแต่ดินที่อยู่ในระดับปกติจนถึงดินที่อยู่ในระดับเสี่ยงภัย โดยเซนเซอร์จะทำการวัดค่าและส่งข้อมูลของดินที่ได้ทำการวัดในแต่ละครั้งมายังฐานข้อมูล เพื่อทำการเปรียบเทียบผลค่าความชื้นของดิน โดยได้แบ่งระดับความชื้นของดินดังนี้

1.ระดับ 1 (970-1023) หมายถึง ระดับความชื้นของดินแห้งจัด หรือเทียบเท่าอากาศโดยรอบ

2.ระดับ 2 (650-970) หมายถึง ระดับความชื้นของดินแห้ง

3.ระดับ 3 (250-650) หมายถึง ระดับความชื้นของดินมากดินชุ่มมีน้ำอยู่ในชั้นผิวดิน

4.ระดับ 4 (0-250) หมายถึง ระดับความชื้นของดินเปียกมีน้ำมากเกินไป หรือเทียบเท่าความชื้นของน้ำ

* แปลงข้อมูลที่ได้ เทียบ 0-100% จากค่าที่วัดได้ จะมีค่าตั้งแต่ 0-1023
* การทำเทียบเปอร์เซ็นต์ คือ (1023-ค่าที่ได้)/10 = 0-100%
* วิธีการเทียบเปอร์เซ็นต์ วัดค่าความชื้นได้ 900 = ดินแห้ง

แทนค่า (1023-900)/10

ผลลัพธ์ =10% ความชื้นที่ 10%

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกข้อมูลการวัดความชื้นในดิน

ครั้งที่	ค่าที่เซนเซอร์ตรวจวัดได้			
	ระดับ1	ระดับ2	ระดับ3	ระดับ4
	ดินแห้งจัด (970-1023)	ดินแห้ง (650-970)	ดินชื้นชุ่มน้ำ (250-650)	ดินเปียกเหลว (0-250)
1	1001	763	431	167
2	1023	734	396	159
3	1010	812	401	178
4	1021	809	412	156
5	1023	703	388	143
6	1021	710	398	187
7	1019	763	402	167

ครั้งที่	ค่าที่เซนเซอร์ตรวจวัดได้			
	ระดับ1	ระดับ2	ระดับ3	ระดับ4
	ดินแห้งจัด (970-1023)	ดินแห้ง (650-970)	ดินชื้นชุ่มน้ำ (250-650)	ดินเปียกเหลว (0-250)
8	998	712	410	169
9	989	698	478	152
10	1022	745	445	149
11	1021	801	342	178
12	1001	812	376	167
13	993	786	412	154
14	978	762	423	198
15	1013	712	398	186

จากตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกข้อมูลการวัดความชื้นในดิน วัดความชื้นในดินด้วยเซนเซอร์โดยค่าความชื้นในดินระดับที่ 1 เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 970-1023 โดยระดับที่ 2 เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 650-820 โดยระดับที่ 3 เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 300-470 โดยระดับที่4 เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 140-200 โดยใช้วิธีการเทียบเปอร์เซ็นต์จากค่าความชื้นที่วัดได้ โดยเซนเซอร์สามารถวัดค่าความชื้นของดินอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับข้อมูลจากเซนเซอร์วัดปริมาณความชื้นในดิน

เทียบค่าจากรูปแบบการวัด Soil Moisture sensor ข้อมูลจากเซนเซอร์วัดปริมาณความชื้นในดิน

* ถ้าค่าที่อ่านได้มากกว่า 970 และน้อยกว่า 1023 เซนเซอร์อยู่ในดินที่แห้งจัด (“Sensor in hard dry soil”)
* ถ้าค่าที่อ่านได้มากกว่า 650 และน้อยกว่า 969 เซนเซอร์อยู่ในดินที่แห้ง (“Sensor in dry soil”)
* ถ้าค่าที่อ่านได้มากกว่า 250 และน้อยกว่า 649 เซนเซอร์อยู่ในดินที่แห้ง (“Sensor in humidity soil”)
* ถ้าค่าที่อ่านได้น้อยกว่า 250 เซนเซอร์อยู่ในดินที่เหลวน้ำมากเกินไป (“Sensor in humid water”)

ที่มา http://www.sathittham.com/

4.1.3 การวัดค่าระดับน้ำจากเซนเซอร์ของสถานีเตือนภัยวัดระดับน้ำ

การทดลองวัดค่าระดับน้ำจากเซนเซอร์ของสถานีเตือนภัยวัดระดับน้ำ โดยการวัดระดับน้ำในแต่ละครั้งจะใช้เซนเซอร์วัดระดับเป็นตัววัดระดับน้ำในแต่ละระดับ และส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูลเพื่อให้ผู้ดูแลระบบทราบถึงระดับน้ำว่าอยู่ในจุดที่ปลอดภัยหรืออยู่ในระดับที่อันตราย โดยได้ทำการทดลองในแต่ละระดับจำนวน 25 ครั้ง โดยได้แบ่งระดับความปลอดภัยดังนี้

1. ระดับ1 (0-32.43 มิลลิเมตร) หมายถึง ระดับน้ำอยู่ในจุดที่ปลอดภัย
2. ระดับ2 (40.65-65.72 มิลลิเมตร) หมายถึง ระดับน้ำอยู่ในจุดที่เฝ้าระวัง
3. ระดับ3 (65.73-92.8 มิลลิเมตร) หมายถึง ระดับน้ำอยู่ในจุดอันตรายเกิดสภาวะน้ำท่วม

ตารางที่ 4.3 การบันทึกผลข้อมูลการวัดระดับน้ำ

ครั้งที่	ระดับ 1		ระดับ 2		ระดับ 3	
	ค่าที่เซนเซอร์วัดได้ (มม.)	ค่าระดับจริงของน้ำ (มม.)	ค่าที่เซนเซอร์วัดได้ (มม.)	ค่าระดับจริงของน้ำ (มม.)	ค่าที่เซนเซอร์วัดได้ (มม.)	ค่าระดับจริงของน้ำ (มม.)
1	25.64	26.45	56.42	58.27	68.91	70.33
2	22.35	25.04	42.47	44.95	73.11	75.67
3	24.83	22.78	56.12	57.78	71.27	68.15
4	27.39	29.33	58.25	56.36	78.93	80.96
5	27.77	25.18	59.62	63.70	75.22	72.45
6	24.37	25.92	48.20	52.56	73.12	76.31
7	22.34	24.67	40.41	43.25	78.13	81.25
8	28.37	29.56	42.47	40.32	73.19	76.68
9	22.38	23.87	48.43	52.34	74.11	76.89
10	28.87	30.54	42.13	44.92	73.39	70.23
11	26.35	27.36	38.43	40.88	76.19	73.48
12	29.87	30.87	49.56	54.74	68.15	72.48
13	28.37	26.64	42.11	45.05	73.17	76.74
14	28.97	29.73	52.61	54.02	82.29	85.17
15	28.10	30.11	43.92	46.72	73.14	70.42

จากตารางที่ 4.3 การวัดระดับน้ำด้วยเซนเซอร์ ปริมาณน้ำที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่าระดับน้ำที่ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำในค่าระดับจริง โดยบางช่วงเวลาระดับน้ำมีการคลาดเคลื่อนอยู่บ้างเนื่องจากการส่งสัญญาณไร้สายเกิดการขาดหายหรือส่งข้อมูลล่าช้า แต่โดยรวมเซนเซอร์วัดระดับน้ำสามารถวัดระดับน้ำได้ใกล้เคียงกับค่าระดับจริง

4.1.4 สถานีวัดปริมาณน้ำฝน การวัดปริมาณน้ำฝนจากสถานการณ์ฝนตกโดยใช้เซนเซอร์ในการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในกระบอกวัดปริมาณน้ำฝน โดยในกระบอกวัดมีระยะทั้งหมดจำนวน 4 ระยะ โดยแบ่งระดับปริมาณน้ำฝนออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. ระดับที่ 1 คือ ระยะ 0-50 มิลลิเมตร หมายถึง สถานการณ์ปกติ
2. ระดับที่ 2 คือ ระยะ 51-100 มิลลิเมตร หมายถึง แจ้งเตือนเฝ้าระวัง
3. ระดับที่ 3 คือ ระยะ 101-150 มิลลิเมตร หมายถึง แจ้งเตือนเตรียมพร้อมอพยพ
4. ระดับที่ 4 คือ ระยะ 151 มิลลิเมตรขึ้นไป หมายถึง อพยพหนีภัย

ตารางที่ 4.4 บันทึกค่าสถานีวัดปริมาณน้ำฝน

ค่าที่เซนเซอร์ตรวจวัดได้			
ระยะกระบอกตวง ระดับ1 (0-50 มม.)	**ระยะกระบอกตวง ระดับ2 (51-100 มม.)**	**ระยะกระบอกตวง ระดับ3 (101-150 มม.)**	**ระยะกระบอกตวง ระดับ4 (151 มม.ขึ้นไป)**
43.12	89.32	132.65	178.08
44.32	88.44	133.45	180.20
42.15	76.75	130.34	181.33
47.62	87.63	131.66	180.88
39.85	89.54	129.97	179.32
37.78	86.11	131.06	182.77
44.63	90.21	128.92	183.48
38.11	92.53	133.53	178.33
41.23	90.18	127.76	177.93
45.79	87.15	129.98	180.37
47.84	87.56	131.44	181.73
46.19	88.12	132.65	174.98
39.12	89.56	129.56	192.02

ค่าที่เซนเซอร์ตรวจวัดได้			
ระยะกระบอกตวง ระดับ1 (0-50 มม.)	**ระยะกระบอกตวง ระดับ2 (51-100 มม.)**	**ระยะกระบอกตวง ระดับ3 (101-150 มม.)**	**ระยะกระบอกตวง ระดับ4 (151 มม.ขึ้นไป)**
42.11	90.13	128.78	185.12
44.78	92.43	130.73	177.82

จากตารางที่ 4.4 บันทึกค่าสถานีวัดปริมาณน้ำฝน โดยใช้เซนเซอร์วัดปริมาณน้ำฝนมาใช้ในการวัดปริมาณน้ำฝนที่ตกลงในกระบอกวัดปริมาณน้ำ เพื่อวัดหาค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาว่ามีปริมาณเท่าไหร่ โดย ระยะที่1 เซนเซอร์ตรวจวัดเฉลี่ยอยู่ที่ 48.12 มิลลิเมตร ระยะที่2 เซนเซอร์ตรวจวัดเฉลี่ยอยู่ที่ 95.01 มิลลิเมตร ระยะที่3 เซนเซอร์ตรวจวัดเฉลี่ยอยู่ที่ 134.86 มิลลิเมตร และระยะที่4 เซนเซอร์ตรวจวัดเฉลี่ยอยู่ที่ 192.75 มิลลิเมตร โดยรวมเซนเซอร์วัดปริมาณน้ำฝนสามารถวัดระดับน้ำได้ใกล้เคียงกับค่าระดับจริง

4.2 ผลลัพธ์ของสถานะการแจ้งเตือนและสัญญาณไฟของระบบเตือนภัย

สถานีเตือนภัยได้ทำการติดตั้งไฟแสดงสถานะและสัญญาณเตือนภัยในรูปแบบเสียง โดยได้ทำการทดลองจำนวน 20 ครั้ง โดยแบ่งสัญญาณเตือนภัยและไฟแสดงสถานะดังนี้

ไฟแสดงสถานะของระดับน้ำ

1. ไฟสถานะสีเขียว หมายถึง ระดับน้ำอยู่ในจุดปลอดภัย
2. ไฟสถานะสีเหลือง หมายถึง ระดับน้ำอยู่ในจุดที่เฝ้าระวังเตรียมตัวอพยพ
3. ไฟสถานะสีแดง หมายถึง ระดับน้ำอยู่ในจุดวิกฤต มีโอกาสน้ำท่วมสูง

ไฟแสดงสถานะของวัดความชื้นในดิน

1. ไฟสถานะสีเขียว หมายถึง ระดับความชื้นของดินอยู่ในจุดปลอดภัย
2. ไฟสถานะสีเหลือง หมายถึง ระดับความชื้นของดินอยู่ในจุดที่เฝ้าระวังเตรียมตัวอพยพ
3. ไฟสถานะสีม่วง หมายถึง ระดับความชื้นของดินอยู่ในจุดอันตรายเฝ้าระวัง
4. ไฟสถานะสีแดง หมายถึง ระดับความชื้นของดินเปียกจัด เหลวมีโอกาสหน้าดินพังทลาย

ตารางที่ 4.5 สถานะการแจ้งเตือนและสัญญาณไฟของระบบเตือนภัยของระดับน้ำ

ครั้งที่	ค่าที่ได้จากเซนเซอร์ (มม.)	สัญญาณแจ้งเตือนเสียง	ไฟสถานะสีเขียว	ไฟสถานะสีเหลือง	ไฟสถานะสีแดง
1	25.64	-	✓	-	-
2	22.35	-	✓	-	-
3	80.83	✓	-	-	✓
4	57.39	✓	-	✓	-
5	27.77	-	✓	-	-
6	62.37	✓	-	✓	-
7	53.64	✓	-	✓	-
8	60.35	✓	-	✓	-
9	24.83	✓	-	-	-
10	28.87	-	✓	-	-
11	52.35	✓	-	✓	-
12	61.87	✓	-	✓	-
13	28.37	-	✓	-	-
14	78.97	✓	-	-	✓
15	88.10	✓	-	-	✓
16	28.37	-	✓	-	-
17	77.32	✓	-	-	✓
18	55.67	✓	-	✓	-
19	61.11	✓	-	✓	-
20	62.23	✓	-	✓	-

หมายเหตุ : ✓ หมายถึง ไฟสถานะและสัญญาณแจ้งเตือนทำงาน

– หมายถึง ไฟสถานะและสัญญาณแจ้งเตือนไม่ทำงาน

ตารางที่ 4.6 สถานะการแจ้งเตือนและสัญญาณไฟของระบบเตือนภัยของดิน

ครั้งที่	ค่าที่ได้จากเซนเซอร์	สัญญาณแจ้งเตือนเสียง	ไฟสถานะสีเขียว	ไฟสถานะสีเหลือง	ไฟสถานะสีม่วง	ไฟสถานะสีแดง
1	1010	-	✓	-	-	-
2	985	-	✓	-	-	-
3	560	-	-	✓	-	-
4	344	✓	-	-	✓	-
5	421	✓	-	-	✓	-
6	1001	-	✓	-	-	-
7	991	-	✓	-	-	-
8	368	✓	-	-	✓	-
9	541	✓	-	-	✓	-
10	410	✓	-	-	✓	-
11	771	-	-	✓	-	-
12	813	-	-	✓	-	-
13	932	-	-	✓	-	-
14	136	✓	-	-	-	✓
15	189	✓	-	-	-	✓
16	981	-	✓	-	-	-
17	992	-	✓	-	-	-
18	113	✓	-	-	-	✓
19	348	✓	-	-	✓	-
20	412	✓	-	-	✓	-

หมายเหตุ : ✓ หมายถึง ไฟสถานะและสัญญาณแจ้งเตือนทำงาน

- หมายถึง ไฟสถานะและสัญญาณแจ้งเตือนไม่ทำงาน

จากตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6 สัญญาณเตือนภัยและไฟแจ้งเตือนสถานะจากแต่ละสถานะใช้งานได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้งานได้จริง

4.3 ผลลัพธ์การแจ้งเตือนภัยผ่านอีเมล์, SMS, และการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

เมื่อเซนเซอร์ได้ทำการวัดค่าของแต่ละสถานีและส่งข้อมูลมายังฐานข้อมูล และทำการเปรียบเทียบค่าข้อมูลที่อยู่ในระดับความเสี่ยงต่างๆ ทางระบบก็จะทำการแจ้งเตือนมายังอีเมล์และ SMS ของผู้ดูแลระบบ ว่าสถานีไหนอยู่ในระดับที่อันตรายควรที่จะอพยพออกจากพื้นที่ และนำผลจากการวิเคราะห์ระบบจากการเก็บข้อมูลต่างๆของเซ็นเซอร์ มาเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของกรมอุตุนิยมวิทยา ที่แสดงแผนที่อากาศล่าสุด และภาพระดับความกดอากาศ พายุและร่องฝน ว่าระบบมีความแม่นยำมากน้อยเพียงใด

ตาราง 4-7 ผลลัพธ์การแจ้งเตือนภัยผ่านอีเมล์, SMS, และการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม จากการวัดระดับน้ำ

ค่าที่ได้จากเซนเซอร์ (มม.)	การแจ้งเตือนไฟสถานะ	การแจ้งเตือนผ่านสัญญาณเสียงเตือน	การแจ้งเตือนผ่านอีเมล์	การแจ้งเตือนผ่าน SMS	การเปรียบเทียบผลกับภาพถ่ายดาวเทียม
80.83	สีแดง	✓	✓	✓	ข้อมูลสอดคล้องกัน
88.10	สีแดง	✓	✓	✓	ข้อมูลสอดคล้องกัน
57.39	สีเหลือง	✓	-	-	ข้อมูลสอดคล้องกัน
27.77	สีเขียว	-	-	-	ข้อมูลสอดคล้องกัน
78.97	สีแดง	✓	✓	✓	ข้อมูลสอดคล้องกัน
88.10	สีแดง	✓	✓	✓	ข้อมูลสอดคล้องกัน
28.37	สีเขียว	-	-	-	ข้อมูลสอดคล้องกัน
77.32	สีแดง	✓	✓	✓	ข้อมูลสอดคล้องกัน
79.42	สีแดง	✓	✓	✓	ข้อมูลสอดคล้องกัน
88.52	สีแดง	✓	✓	✓	ข้อมูลสอดคล้องกัน

หมายเหตุ : ✓ หมายถึง ไฟสถานะและสัญญาณแจ้งเตือนทำงาน

- หมายถึง ไฟสถานะและสัญญาณแจ้งเตือนไม่ทำงาน

จากตารางที่ 4.7 ผลลัพธ์การแจ้งเตือนภัยผ่านอีเมล์, SMS, และการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากการวัดระดับน้ำ ผลปรากฏว่า โดยรวมแต่ละสถานีการทดลองสามารถใช้งานและแสดงการแจ้งเตือนภัยผ่านอีเมล์, SMS, และการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของกรมอุตุนิยมวิทยา มีผลที่สอดคล้องกัน

4.4 ผลลัพธ์ของการหาประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ

ในการหาประสิทธิภาพได้ทำการทดลองว่าอุปกรณ์เซนเซอร์ต่างๆสามารถใช้งานและส่งข้อมูลได้ และดูว่าในการวัดค่าของแต่ละการทดลองมีความแม่นยำมากน้อยเพียงใด และการหาประสิทธิภาพของสัญญาณเสียงและไฟสถานะเมื่อถึงระดับที่ต้องแจ้งเตือน โดยได้ทำการทดลองทั้งหมด 20 ครั้ง

ตารางที่ 4.8 ผลลัพธ์ของการหาประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ

ครั้งที่	เซนเซอร์วัดระดับน้ำ (มม.)	เสียงแจ้งเตือน	ไฟสถานะ	เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน	เสียงแจ้งเตือน	ไฟสถานะ	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	อุณหภูมิ (°C)
1	22.43	-	✓	1021	-	✓	52.21	28.7
2	25.22	✓	✓	973	-	✓	53.41	28.9
3	28.51	✓	✓	212	✓	-	54.22	27.6
4	31.23	-	✓	243	✓	✓	54.61	28.7
5	42.31	✓	✓	301	✓	✓	56.36	28.9
6	30.21	-	✓	995	-	✓	56.79	27.6
7	62.21	✓	✓	223	✓	✓	58.42	28.4
8	68.43	✓	✓	321	✓	✓	62.44	29.3
9	80.13	✓	✓	339	✓	✓	66.45	27.4
10	22.21	-	✓	1021	-	✓	70.03	28.7
11	55.32	✓	✓	1003	-	✓	89.52	28.7
12	61.95	✓	✓	243	✓	✓	90.12	28.9
13	32.23	-	✓	621	✓	✓	92.21	27.6
14	23.12	-	✓	215	✓	✓	92.34	29.7
15	65.77	✓	✓	995	✓	-	94.53	27.7
16	66.12	✓	✓	153	✓	✓	96.54	28.9
17	66.98	✓	✓	187	✓	✓	98.21	27.6
18	67.87	✓	✓	1021	✓	-	102.33	28.7
19	67.91	✓	✓	717	✓	✓	107.51	27.6
20	70.21	✓	✓	981	-	✓	112.13	28.7

หมายเหตุ : ✓ หมายถึง ไฟสถานะและสัญญาณแจ้งเตือนทำงาน

\- หมายถึง ไฟสถานะและสัญญาณแจ้งเตือนไม่ทำงาน

จากตารางที่ 4.8 ผลลัพธ์ของการหาประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ ผลปรากฏว่าเซนเซอร์แต่สถานี สามารถทำการวัดหาค่าออกมาได้ใกล้เคียงกัน โดยรวมแต่ละสถานีการทดลองสามารถใช้งานและแสดงสถานะการแจ้งเตือนแบบเสียงและไฟสถานะได้

4.5 ผลลัพธ์ของการประเมินประสิทธิภาพความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ และการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับชุมชน

ภาพ 4-1 การทดลองใช้ระบบกับชุมชน และการประเมินความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้ระบบ

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานการออกแบบและการพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ได้กำหนดประชากร/กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้นำกลุ่มหมู่ 6 ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์, นักวิชาการทางการศึกษา, และผู้ใช้ทั่วไปจำนวน 20 คน ทำการทดสอบการใช้งานระบบ เก็บข้อมูลผลประเมินประสิทธิภาพของซอฟท์แวร์ และผลประเมินความพึงพอใจ

มีเกณฑ์ในการให้คะแนนประเมินผลการทำงานของระบบ ได้ทำการติดตั้งและทดลองฟังก์ชันของระบบในแต่ละโมดูล (Function Test) โมดูลละ 30 ครั้ง มีเกณฑ์ในการให้คะแนนประเมินผลการทำงานของระบบ ดังนี้

1. การประเมินประสิทธิภาพของระบบแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ด้าน ดังนี้
   ก. ด้านความถูกต้องในการทำงานระบบ
   ข. ด้านความปลอดภัยของระบบ
2. การประเมินความพึงพอใจของระบบ แบ่งการประเมินออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้
   ก. ด้านการออกแบบระบบ
   ข. ด้านด้านประสิทธิภาพ
   ค. ด้านประโยชน์

มีเกณฑ์ในการให้คะแนนประเมินผลการทำงานของระบบ ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง โปรแกรมทำงานถูกต้องมากที่สุด (ข้อมูลถูกต้องร้อยละ 90 ขึ้นไป)

คะแนน 4 หมายถึง โปรแกรมทำงานถูกต้องมาก (ข้อมูลถูกต้องร้อยละ 80-89)

คะแนน 3 หมายถึง โปรแกรมทำงานถูกต้องระดับปานกลาง (ข้อมูลถูกต้องร้อยละ 70-79)

คะแนน 2 หมายถึง โปรแกรมทำงานถูกต้องน้อย (ข้อมูลถูกต้องร้อยละ 60-69 ขึ้นไป)

คะแนน 1 หมายถึง โปรแกรมทำงานถูกต้องน้อยที่สุด (ข้อมูลถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 60)

ตารางที่ 4.9 เกณฑ์การให้คะแนนของการประเมินประสิทธิภาพ

ระดับเกณฑ์	ความหมาย
ร้อยละ 90-100	ระบบมีประสิทธิภาพระดับดีที่สุด
ร้อยละ 70-89	ระบบมีประสิทธิภาพระดับดีมาก
ร้อยละ 50-69	ระบบมีประสิทธิภาพระดับดี
ร้อยละ 30-49	ระบบมีประสิทธิภาพระดับพอใช้
ร้อยละ 1-29	ระบบมีประสิทธิภาพระดับควรปรับปรุง

ตารางที่ 4.10 เกณฑ์การให้คะแนนของการประเมินความพึงพอใจ

ระดับเกณฑ์	ความหมาย
4.51-5.00	มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
3.51-4.50	มีความพึงพอใจในระดับมาก
2.51-3.50	มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
1.51-2.50	มีความพึงพอใจในระดับน้อย
1.00-1.50	มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการสำรวจความพึงพอใจในการใช้งานต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

ข้อ	รายการ	ระดับความพึงพอใจ		
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน	ระดับ
	ก.ด้านการออกแบบ			
1.	ความเหมาะสมของโครงสร้างระบบ	4.35	0.49	มาก
2.	ความเหมาะสมและทันสมัยของโปรแกรมใช้งาน	4.28	0.57	มาก
3.	ความเหมาะสมการจัดวางรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งานต่อผู้ใช้งาน	4.61	0.50	มากที่สุด
4.	ความเร็วในการแสดงข้อมูลต่าง ๆ	4.65	0.55	มากที่สุด
	ข.ด้านประสิทธิภาพ			
5.	ความแข็งแรงของโครงสร้างระบบ	4.48	0.68	มาก
6.	ความเร็วในการตอบสนองของโปรแกรม	4.42	0.50	มาก
7.	ความถูกต้องของการประมวลผลข้อมูลต่างๆ ที่ตรวจวัดได้	4.42	0.56	มาก

8.	ความเหมาะสมในการใช้ระบบสื่อสาร	4.55	0.57	มากที่สุด
ค.ด้านประโยชน์				
9.	เกิดประโยชน์ต่อชุมชนพื้นที่เสี่ยงภัย	4.61	0.56	มากที่สุด
10.	เกิดความสะดวกและง่ายในการใช้งาน	4.65	0.49	มากที่สุด
11.	ลดค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ต่างๆที่มีราคาสูง	4.62	0.55	มากที่สุด
12.	สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีและองค์ความรู้ด้านระบบเตือนภัยน้ำท่วมและดินโคลนถล่มให้กับหน่วยงานอื่นๆ	4.64	0.55	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ผู้ใช้ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อการใช้งานต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ อยู่ในระดับมาก โดยเมื่อพิจารณาความพึงพอใจในแต่ละด้าน พบว่า

1. ผู้ใช้มีความพึงพอใจระบบต่อด้านการออกแบบ หัวข้อความเร็วในการแสดงข้อมูลต่าง ๆ สูงเป็นอับดับหนึ่ง มีค่าระดับเกณฑ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.65 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ หัวความเหมาะสมการจัดวางรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งานต่อผู้ใช้งาน โดยมีค่าระดับเกณฑ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.61 อยู่ในระดับมากที่สุด

2. ผู้ใช้มีความพึงพอใจระบบต่อด้านประสิทธิภาพ หัวความเหมาะสมในการใช้ระบบสื่อสารสูงเป็นอับดับหนึ่ง มีค่าระดับเกณฑ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.55 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ หัวข้อความแข็งแรงของโครงสร้างระบบ โดยมีค่าระดับเกณฑ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.48 อยู่ในระดับมาก

3. ผู้ใช้มีความพึงพอใจระบบต่อด้านประประโยชน์ หัวข้อเกิดความสะดวกและง่ายในการใช้งาน สูงเป็นอับดับหนึ่ง มีค่าระดับเกณฑ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.65 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ หัวข้อสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีและองค์ความรู้ด้านระบบเตือนภัยน้ำท่วมและดินโคลนถล่มให้กับหน่วยงานอื่นๆ โดยมีค่าระดับเกณฑ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.64 อยู่ในระดับมากที่สุด

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัย โครงการวิจัย การพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เป็นการวิจัยประยุกต์ เพื่อบูรณาการความรู้มาใช้ประโยชน์กับชุมชนและท้องถิ่น ผู้วิจัยได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยประเมินผลการวิจัยจากการกำหนดประชากร/กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้นำกลุ่มหมู่ 6 ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์, นักวิชาการทางการศึกษา, และผู้ใช้ทั่วไปจำนวน 20 คน ทำการทดสอบการใช้งานระบบ เก็บข้อมูลผลประเมินประสิทธิภาพของซอฟท์แวร์ และผลประเมินความพึงพอใจ

เพื่อวิเคราะห์หาประสิทธิภาพและความพึงพอใจของระบบ หลังจากได้ผลการดำเนินงานแล้ว สามารถสรุปผลการวิจัย โดยแบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

5.1 จุดมุ่งหมายของโครงการวิจัย
5.2 สรุปผลการวิจัย
5.3 อภิปรายผลการวิจัย
5.4 ข้อเสนอแนะ

5.1 จุดมุ่งหมายของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์
2. เพื่อออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการก่อนเกิดภัยพิบัติระดับพื้นที่แบบบูรณาการภายใต้การมีส่วนร่วมของพหุภาคีในจังหวัดอุตรดิตถ์
3. เพื่อออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการเฝ้าระวังและเตือนภัยพิบัติโดยชุมชน
4. เพื่อหาประสิทธิภาพเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการเฝ้าระวังและเตือนภัยพิบัติ
5. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการเฝ้าระวังและเตือนภัยพิบัติและระบบการเฝ้าระวังภัยพิบัติสู่ชุมชนแบบบูรณาการภายใต้การมีส่วนร่วมของพหุภาคีในจังหวัดอุตรดิตถ์

6. เพื่อให้เกิดการร่วมมือและการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผลงานวิจัยสู่การนำไปใช้ประโยชน์ระหว่างภาควิชาการกับภาคองค์กรชุมชนในการเตือนภัยน้ำท่วมและดินโคลนถล่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ตัวแปรต้น ได้แก่ ต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม ตัวแปรตาม ได้แก่ 1. ประสิทธิภาพของการพัฒนาการพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ 2. ระดับความพึงพอใจในการใช้ต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าสถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) สูตรการหาค่าเฉลี่ยทางสถิติการทดสอบ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation :SD)

5.2 สรุปผลการวิจัย

5.2.1 ผลผลิตของโครงการวิจัย

ผลผลิตของโครงการวิจัย คือ ต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม

5.2.2 ผลลัพธ์ของโครงการวิจัย

ผู้ใช้ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อการใช้งานต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย : กรณีศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ อยู่ในระดับมาก โดยเมื่อพิจารณาความพึงพอใจในแต่ละด้านพบว่า

1. ผู้ใช้มีความพึงพอใจระบบต่อด้านการออกแบบ หัวข้อความเร็วในการแสดงข้อมูลต่าง ๆ สูงเป็นอับดับหนึ่ง มีค่าระดับเกณฑ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.65 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ หัวความเหมาะสมการจัดวางรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งานต่อผู้ใช้งาน โดยมีค่าระดับเกณฑ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.61 อยู่ในระดับมากที่สุด

2. ผู้ใช้มีความพึงพอใจระบบต่อด้านประสิทธิภาพ หัวข้อความเหมาะสมในการใช้ระบบสื่อสารสูงเป็นอับดับหนึ่ง มีค่าระดับเกณฑ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.55 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ หัวข้อความแข็งแรงของโครงสร้างระบบ โดยมีค่าระดับเกณฑ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.48 อยู่ในระดับมาก

3. ผู้ใช้มีความพึงพอใจระบบต่อด้านประโยชน์ หัวข้อเกิดความสะดวกและง่ายในการใช้งาน สูงเป็นอับดับหนึ่ง มีค่าระดับเกณฑ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.65 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ หัวข้อสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีและองค์ความรู้ด้านระบบเตือนภัยน้ำท่วมและดินโคลนถล่มให้กับหน่วยงานอื่นๆ โดยมีค่าระดับเกณฑ์เฉลี่ยเท่ากับ 4.64 อยู่ในระดับมากที่สุด

5.2.3 ผลกระทบของโครงการวิจัย

1.) ชุมชนมีส่วนร่วมในการจัดการและการประยุกต์ใช้ระบบเตือนภัย

2.) ส่งเสริมการสร้างความเข้มแข็งของชุมชนในพื้นที่วิจัย

3.) เกิดการร่วมมือและการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผลงานวิจัยสู่การนำไปใช้ประโยชน์ระหว่างภาควิชาการกับภาคองค์กรชุมชน

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลของการพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่มโดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ด้านการออกแบบระบบ เมื่อพิจารณาการประเมินความพึงพอใจของระบบในด้านการออกแบบระบบ เช่น ความเหมาะสมการจัดวางรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งานต่อผู้ใช้งาน, ความเร็วในการแสดงข้อมูลต่าง ๆ นั้นได้รับผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด และความเหมาะสมของโครงสร้างระบบ, ความเหมาะสมและทันสมัยของโปรแกรมใช้งาน นั้นได้รับผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
2. ด้านประสิทธิภาพ เมื่อพิจารณาการประเมินความพึงพอใจของระบบในด้านประสิทธิภาพ เช่น ความเหมาะสมในการใช้ระบบสื่อสาร นั้นได้รับผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด และความแข็งแรงของโครงสร้างระบบ, ความเร็วในการตอบสนองของโปรแกรม, ความถูกต้องของการประมวลผลข้อมูลต่างๆ ที่ตรวจวัดได้ นั้นได้รับผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
3. ด้านประโยชน์ เมื่อพิจารณาการประเมินความพึงพอใจของระบบในด้านประโยชน์ เช่น เกิดความสะดวกและง่ายในการใช้งาน, สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีและองค์ความรู้ด้านระบบเตือนภัยน้ำท่วมและดินโคลนถล่มให้กับหน่วยงานอื่นๆ, ลดค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ต่างๆที่มีราคาสูง, เกิดประโยชน์ต่อชุมชนพื้นที่เสี่ยงภัย นั้นได้รับผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

จากผลการประเมินความพึงพอใจในแต่ละด้านของระบบนั้น สามารถพิจารณาผลของความพึงพอใจของการใช้ระบบในภาพรวมของระบบได้ คือ การพัฒนาต้นแบบระบบเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่ม โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและภาพถ่ายดาวเทียม นั้นถือว่าได้ผลและประสบความสำเร็จในระดับที่ดี

5.4 ข้อเสนอแนะ

ข้อจำกัดของงานวิจัย

- ระบบเป็นต้นแบบที่ใช้ในพื้นที่ของหมู่ที่ 6 ตำบลแม่พูล อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์เท่านั้น

ข้อเสนอแนะของงานวิจัย

- ควรมีหัวหน้าชุมชนในการดูแลระบบและตรวจเช็คสภาพการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ

บรรณานุกรม

กอบเกียรติ ผ่องพุฒิ . (2552). การขยายเครือข่ายการมีส่วนร่วมของชุมชน และระบบเตือนภัยบริเวณลุ่มน้ำน่านตอนบน เพื่อการป้องกันอุทกภัยและดินถล่ม. กรุงเทพมหานคร : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วรากร ไม้เรียง, นงลักษณ์ ไทยเจียมอารีย์. (2546). เสถียรภาพของลาดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำก้อโดยใช้คุณสมบัติทางวิศวกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์, อภินิติ โชติสังกาศ, บรรพต กุลสุวรรณ, มนันยา จันทศร, ดำรงศ์ ปิ้งสุวรรณ, สิริศาสตร์ ยังแสนภู, วรวัชร์ ตอวิวัฒน์ และจิตติมา เทพพานิช. (2551). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการการศึกษาพฤติกรรมการเกิดน้ำท่วม-ดินถล่ม ในพื้นที่ต้นแบบเพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับกำหนดเกณฑ์และวิธีการในการเตือนภัย, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพ.

วศิน เพิ่มทรัพย์ และวิโรจน์ ชัยมูล. (2548). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ.กรุงเทพฯ : โปรวิชัน.

Dr. Nizar Zarka, Jyad Al-Houshi, Mohanad Akhkobek. “Temperature Control Via SMS.” Communication department, Higher Institute for Applied Sciences and Technology (HIAST). 2 Apr 2006 : 2578-2683.

Junqin Wang. (2012). “Design Intelligent Temperature Monitoring System Based on DSP Department of Mechanical and Electronic Engineering.”

ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์. [on-line]. แหล่งที่มา : http://www.maephun.org/

เว็บภัยพิบัติ. [on-line]. แหล่งที่มา : http://www.paipibat.com/