



รายงานการวิจัย

การสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับระบบเตือนภัยและเฝ้าระวัง
น้ำหลากของจังหวัดเพชรบูรณ์

**The Construction of Wireless Sensor Network for Flood Warning
and Monitoring System of Phetchabun Province**

เสริมศักดิ์ ทิพย์วงศ์ และคณะ
สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2557

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับระบบเตือนภัยและเฝ้าระวัง น้ำหลากของจังหวัดเพชรบูรณ์

The Construction of Wireless Sensor Network for Flood Warning and Monitoring System of Phetchabun Province

เสริมศักดิ์ ทิพย์วงศ์

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ทุนอุดหนุนโดย งบประมาณแผ่นดินที่พิจารณาโดยผ่านความเห็นชอบจาก

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ 2557

ชื่องานวิจัย	การสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลากของจังหวัดเพชรบูรณ์
ผู้วิจัย	เสริมศักดิ์ ทิพย์วงศ์
ผู้ร่วมวิจัย	เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสร็จวิจัย 2557

บทคัดย่อ

ประเทศไทยตั้งอยู่บริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุม ทั้งมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือส่งผลให้เกิดอุทกภัยอยู่บ่อยครั้ง เกิดความเสียหายกับพื้นที่ชุมชนเมือง พื้นที่เกษตรกรรม ทรัพย์สินต่างๆ ตลอดจนมีประชาชนเสียชีวิตเป็นจำนวนมาก การสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลากของจังหวัดเพชรบูรณ์ ดำเนินการศึกษาทดลองและพัฒนาระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลาก ซึ่งเป็นโครงข่ายรับส่งสัญญาณด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย โดยมีสถานีเก็บวัดข้อมูลและส่งสัญญาณกระจายอยู่ในลุ่มน้ำป่าสักตอนบน ทำการตรวจสอบวัดข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา ได้แก่ น้ำฝน ความชื้นดิน และน้ำในลำธาร ด้วยเครื่องมือและการบันทึกแบบอัตโนมัติ และข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งเข้ามาที่สถานีรับสัญญาณแม่ข่าย เพื่อจัดเก็บและประมวลผลเพื่อการเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลาก

โดยอาศัยหลักการทำงานของเซนเซอร์ไร้สาย ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ คอยตรวจสอบวัดข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาที่มีการเปลี่ยนแปลงแล้วส่งข้อมูลเข้ามายังส่วนควบคุม หากมีข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาสูงเท่าค่าที่ตั้งไว้ระบบก็จะมีการแจ้งเตือนให้เจ้าหน้าที่ผู้ที่เกี่ยวข้อง ผลการประเมินระบบด้านประสิทธิภาพของเนื้อหาของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญปรากฏว่าอยู่ในระดับดีโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 และผลการประเมินการใช้งานระบบโดยผู้ใช้งานปรากฏว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจกับระบบอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

คำสำคัญ : ระบบเตือนภัยน้ำหลาก, ระบบเฝ้าระวังน้ำหลาก, เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

Research	The Construction of Wireless Sensor Network for Flood Monitoring and Warning System of Phetchabun Province
Researcher	Sermsak Thipwong
Co-researcher	Anekpong Thammathiwat
Major	Industrial Technology
	Phetchabun Rajabhat University Year 2014

Abstract

Thailand is located in the area affected from the south west and the north east monsoons and always facing disastrous floods. Such damages and happening crisis did stir public criticizes that Thailand lacks of sustainable management to mitigate the seasonal flood disaster. Wireless sensor network for fire detecting system was developed by concept of wireless sensor. It was controlled microcontroller that detects changing temperature. Then sent data to staff. If the temperature rises as the main temperature, the sensor will send the data to officer suddenly.

The conclusion from the questionnaire of efficiency evaluation by 5 specialist it present that the efficiency of of Wireless Sensor Network for Flood Monitoring and Warning System of Phetchabun Province was good criterion at arithmetic mean 4.49 and standard deviations is 0.50. The result from the questionnaire of efficiency evaluation by 10 users summarized that the efficiency of satisfactory users was good criterion at arithmetic mean 4.43 and standard deviations is 0.62 at $\alpha = 0.05\%$

Keyword : Flood Warning System, Flood Monitoring System, Wireless Sensor Network

(ค)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน โดยผ่านความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2557 โดยมี น.ส.สกุลรัตน์ ธรรมาธิวัฒน์ เป็นที่ปรึกษาโครงการ ขอขอบคุณ ดร.บุญช่วย สุทธิรักษ์ ที่ให้ คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการวิจัย ตลอดช่วงระยะเวลาการวิจัย และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ ช่วยในการประสานงาน อำนวยความสะดวก ตอบแบบสอบถาม และเก็บข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้

เสริมศักดิ์ ทิพย์วงศ์ และคณะ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	ก
Abstract.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดอุทกภัย.....	4
2.2 เซนเซอร์โหนด (Sensor Node).....	10
2.2.1 เครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย (Wireless Sensor Network).....	10
2.2.2 โพรโตคอลในเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย.....	11
2.3 การสื่อสารข้อมูล	12
2.3.1 การติดต่อสื่อสารแบบหนึ่งสาย (1 Wire TM Communication Protocol).....	12
2.3.2 การสื่อสารไร้สาย.....	13
2.3.3 มาตรฐานของการสื่อสารไร้สาย	14
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC	16
2.4.1 ความเร็วของ PIC	17
2.4.2 หน่วยความจำของ PIC	17
2.4.3 สถาปัตยกรรมของ PIC.....	17
2.4.4 สถาปัตยกรรมและโครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์ของ PIC 16F877	18
2.4.5 การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	29
2.5 โมดูล TRW-2.4 GHz	30

2.5.1	คุณสมบัติของโมดูล TRW-2.4 GHz.....	30
2.5.2	การตั้งค่าใช้งาน.....	31
2.6	เซนเซอร์ DS1820.....	32
2.7	เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา.....	36
2.7.1	ไมโครซอฟต์วิซวลเบสิก (Visual Basic).....	36
2.7.2	พิคเบสิกโปร คอมไพเลอร์ PIC BASIC PRO Compiler (หรือ PBP).....	37
2.8	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	39
บทที่ 3	วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	41
3.1	การศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง.....	41
3.1.1	ศึกษาการทำงานของโปรโตคอล Zigbee.....	41
3.1.2	ศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ.....	42
3.2	การวิเคราะห์และออกแบบระบบ.....	42
3.2.1	ส่วนการสื่อสารข้อมูลระหว่างตัวอุปกรณ์เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย.....	42
3.2.2	ส่วนแสดงข้อมูลสภาพอากาศผ่านทางโปรแกรม.....	43
3.2.3	แอกเตอร์ (Actor).....	43
3.2.4	Use Case Diagram.....	44
3.2.5	คลาสไดอะแกรมและซีควเอนซ์ไดอะแกรม.....	51
3.2.6	โครงสร้างฐานข้อมูล (E-RP).....	57
3.3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	62
3.3.1	ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	62
3.3.2	การออกแบบระบบในภาพรวม.....	62
3.3.3	การพัฒนาระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ.....	62
3.3.4	การออกแบบเครื่องมือในการทดสอบระบบ.....	62
3.3.5	การซ่อมและบำรุงรักษาระบบ (System Maintenance).....	62
3.3.6	สรุปผลการวิจัยและจัดทำรูปเล่มโครงงานพิเศษ.....	62
3.4	การพัฒนาระบบ.....	63
3.4.1	การออกแบบอุปกรณ์.....	63
3.4.2	การพัฒนาในส่วนของโปรแกรมประยุกต์.....	63
3.4.3	ขั้นตอนการทำงานของระบบ.....	66
3.5	การทดสอบระบบและประเมินผล.....	69
บทที่ 4	ผลการวิจัย.....	70

4.1 ส่วนของระบบ หรือโปรแกรม.....	70
4.2 ส่วนของการประเมินผล.....	72
4.3 สรุปผลการประเมินหาประสิทธิภาพโปรแกรม.....	79
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	81
5.1 สรุปผลการวิจัย	81
5.2 ข้อจำกัด	81
5.3 ข้อเสนอแนะ	81
5.4 ปัญหาที่พบในการทำวิจัย.....	82
เอกสารอ้างอิง	83
ภาคผนวก	85
ภาคผนวก ก คู่มือการติดตั้งระบบเครือข่ายเซิร์ฟเวอร์ไร้สาย เพื่อเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลาก ..	86
ภาคผนวก ข แบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบเครือข่ายเซิร์ฟเวอร์ไร้สายสำหรับ ระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลากของจังหวัดเพชรบูรณ์.....	88
ภาคผนวก ค แบบสอบถามเพื่อประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบเครือข่ายเซิร์ฟเวอร์ ไร้สายเพื่อเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลาก	92
ภาคผนวก ง ประวัติคณะผู้วิจัย.....	94

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ชั้นการทำงานของเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย	12
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของระบบสื่อสารข้อมูล	13
รูปที่ 2.3 โครงสร้างหน่วยความจำของ PIC16F877.....	19
รูปที่ 2.4 หน่วยความจำข้อมูลของ PIC16F877.....	20
รูปที่ 2.5 สถานะการทำงานของรีจิสเตอร์	21
รูปที่ 2.6 โครงสร้างของรีจิสเตอร์ PIC	23
รูปที่ 2.7 การจัดวางตำแหน่งของขาสัญญาณต่างของ PIC 16F877.....	24
รูปที่ 2.8 ลักษณะการจัดขาของไอซีตรวจจับระดับน้ำ DS1820.....	33
รูปที่ 2.9 ลักษณะโครงสร้างการทำงานภายในของไอซีตรวจจับระดับน้ำ DS1820.....	33
รูปที่ 2.10 การจัดสรรพื้นที่ของสแต็คแฟรมใน DS1820	34
รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างโดยรวมของระบบ	43
รูปที่ 3.2 แสดง Use Case Diagram ของระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเพื่อแสดงผลสภาพอากาศ	44
รูปที่ 3.3 คลาสไดอะแกรมของยูสเคส Display Data	51
รูปที่ 3.4 ซีเควนไดอะแกรมของ Display Data	52
รูปที่ 3.5 คลาสไดอะแกรมของยูสเคส Request Data	52
รูปที่ 3.6 ซีเควนไดอะแกรมของ Request Data.....	53
รูปที่ 3.7 คลาสไดอะแกรมของยูสเคส System Alert	53
รูปที่ 3.8 ซีเควนไดอะแกรมของ System Alert.....	54
รูปที่ 3.9 คลาสไดอะแกรมของยูสเคส DataMining Rule.....	54
รูปที่ 3.10 ซีเควนไดอะแกรมของ DataMining Rule	55
รูปที่ 3.11 คลาสไดอะแกรมของยูสเคส Critical Value Management	55
รูปที่ 3.12 ซีเควนไดอะแกรมของ Critical Value Management.....	56

รูปที่ 3.13 คลาสไดอะแกรมของยูสเคส System Config.....	56
รูปที่ 3.14 ซีควเอนไดอะแกรมของ System Config	57
รูปที่ 3.15 แผนภาพข้อมูลเชิงสัมพันธ์ของฐานข้อมูล rbws	61
รูปที่ 3.16 บล็อกไดอะแกรมระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อแสดงผลสภาพอากาศและทำนาย ข้อมูลฝนตก	63
รูปที่ 3.17 โมดูลไร้สาย Xbee (ก) อุปกรณ์ในฝั่งโหนดลูกบรรจุในกล่องกันฝน (ข) อุปกรณ์ XBeeU ของบริษัท Inex สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ XBee เพื่อรับส่งข้อมูล โดยเชื่อมต่อเข้ากับเครื่อง แม่ข่าย.....	64
รูปที่ 3.18 แสดงชุดคำสั่งบางส่วนในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากพอร์ตอนุกรมทางฝั่งเครื่อง เซิร์ฟเวอร์.....	65
รูปที่ 3.19 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์ในการร้องขอข้อมูล.....	67
รูปที่ 3.20 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของโหนดลูกในการสื่อสารข้อมูลกับเครื่องเซิร์ฟเวอร์ .	68
รูปที่ 4.1 หน้าจอแสดงการทำงานของโปรแกรม	70
รูปที่ 4.2 หน้าจอการตั้งค่าระดับน้ำที่ต้องการให้ระบบแจ้งเตือน.....	71
รูปที่ 4.3 หน้าจอเมื่อระบบมีการแจ้งเตือน	71
รูปที่ 4.4 หน้าจอแสดงแผนภูมิของระดับน้ำ.....	72

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตัวแปรและประเภทข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย	8
ตารางที่ 2.2 ตารางกำหนดค่าในรีจิสเตอร์	21
ตารางที่ 2.3 สรุปการทำงานของขาพอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877	25
ตารางที่ 2.4 ฟังก์ชันการทำงานแต่ละขาของ TRW-2.4GHz.....	30
ตารางที่ 2.5 การตั้งค่าโหมดการทำงาน	31
ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างคำสั่งที่ใช้กับเซนเซอร์ DS1820.....	35
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของ Use Case Display Data	45
ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของ Use Case Request Data.....	46
ตารางที่ 3.3 รายละเอียดของ Use Case System Alert.....	47
ตารางที่ 3.4 รายละเอียดของ Use Case DataMining Rule	48
ตารางที่ 3.5 รายละเอียดของ Use Case Critical Value Management.....	49
ตารางที่ 3.6 รายละเอียดของ Use Case System Config.....	50
ตารางที่ 3.7 พจนานุกรมข้อมูลของฐานข้อมูลชื่อ rbws	57
ตารางที่ 3.8 ลักษณะ Attribute ตาราง withdata.....	58
ตารางที่ 3.9 ลักษณะ Attribute ตาราง sndata	58
ตารางที่ 3.10 ลักษณะ Attribute ตาราง critidata	59
ตารางที่ 3.11 ลักษณะ Attribute ตาราง alertdata.....	60
ตารางที่ 3.12 ลักษณะ Attribute ตาราง account.....	60
ตารางที่ 3.13 ลักษณะ Attribute ตาราง config	61

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

เนื่องจากสภาพแวดล้อมของโลกมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ ขึ้น อาทิ สภาพะเรือนกระจก เป็นสาเหตุให้ระดับน้ำของโลกสูงขึ้น การเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ส่งผลให้สภาพอากาศ มีการแปรปรวน ก่อให้เกิดภัยพิบัติจากธรรมชาติ เช่น อุทกภัย วาตภัย และดินถล่ม ที่มีความรุนแรงมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันแนวทางการพัฒนาประเทศที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่เป็นหลัก ทำให้สภาพแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติถูกทำลาย นิเวศน์ทางธรรมชาติเสียสมดุล ด้วยเหตุดังกล่าวการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติจึงทวีความรุนแรงขึ้นเป็นลำดับ ตัวอย่างที่เห็นได้อย่างเด่นชัดคือเหตุการณ์ดินถล่มที่บ้านน้ำก้อ ตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ของวันที่ 11 สิงหาคม 2544 น้ำป่าไหลหลากพัดบ้านเรือนประชาชนหายไปทั้งหลัง ทั้งหมู่บ้านราบเป็นหน้ากลอง มีผู้เสียชีวิตมากมายถึง 147 ศพ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการที่มีหัวใจสำคัญอยู่ที่การมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน ร่วมกันเรียนรู้ร่วมกันแสวงหาปัญหา และคิดค้นแนวทางออกเพื่อแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาที่เป็นเรื่องอันเป็นฉันทามติของชุมชน ไม่ว่าจะเป็นปัญหาทางเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง ส่งเสริมกิจกรรมกลุ่ม ทำงานร่วมกันทั้งแก้ปัญหา และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยมีนักวิจัยภายนอกทำหน้าที่เป็นผู้เอื้ออำนวย หรือวิทยากรกระบวนการร่วมกับนักวิจัยชุมชนที่เป็นชาวบ้าน ดังนั้น การวิจัยจึงสร้างคุณลักษณะของการเรียนรู้แบบพหุภาคี พร้อมกับบังเกิดผลพลอยได้ที่เป็นจิตสำนึกตระหนักในปัญหา หน้าที่ และร่วมกันแก้ปัญหา เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการแก้ไขปัญหาได้ถูกต้องตรงตามความต้องการ

ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเป็นระบบที่ใช้อุปกรณ์เซนเซอร์เล็กๆ จำนวนมากเพื่อตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆ ของสิ่งแวดล้อมที่เราสนใจและประมวลผลข้อมูลเหล่านั้นเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรา หรือตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้โดยอัตโนมัติ เนื่องจากระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสามารถตรวจวัดสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัวเราได้อย่างทั่วถึงและมีประสิทธิภาพซึ่งส่งผลให้เราสามารถปรับตัวและดำรงชีวิตอยู่อย่างปลอดภัยและสะดวกสบายมากขึ้น ในปัจจุบันได้มีการนำระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายไปประยุกต์ใช้งานมากมาย เช่น การตรวจสอบความแข็งแรงของสะพาน การตรวจวัดความชื้นและสภาพอื่นๆ ทางเกษตร เพื่อพัฒนาระบบชลประทาน การตรวจวัดลักษณะความผิดปกติใต้ดินก่อนเกิดแผ่นดินไหว เป็นต้น

ดังนั้นคณะวิจัยจึงเสนอแนวทางหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลากของจังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งสามารถวัดค่าและเก็บข้อมูลจากสถานที่จริงได้อย่างถูกต้อง ประมวลผลได้ด้วยตัวเอง และเซนเซอร์แต่ละตัวในเครือข่ายทำงานร่วมกันในการส่งข้อมูล โดยการส่งข้อมูลอาจเป็นการส่งระหว่างหน่วยรวมเซนเซอร์ที่อยู่ในระยะติดต่อสื่อสารโดยตรง หรือในกรณีที่หน่วยรวมเซนเซอร์ต้นทางและปลายทางไม่อยู่ในระยะติดต่อสื่อสารได้โดยตรง ซึ่งในการวิจัยจะเน้นความร่วมมือของทุกภาคส่วน โดยเฉพาะคนในชุมชนซึ่งเป็นหัวใจสำคัญอยู่ที่การมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน ร่วมกันเรียนรู้ร่วมกันแสวงหาปัญหา และคิดค้นแนวทางออกเพื่อแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาที่เป็นเรื่องอันเป็นฉันทามติของชุมชน ทำงานร่วมกันทั้งแก้ปัญหา และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยใช้จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบเตือนภัยและระบบการเฝ้าระวังน้ำหลากโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาโปรแกรมระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลากของจังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายโดยใช้กระบวนการแบบมีส่วนร่วม
- 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลากของจังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย
- 3) เพื่อศึกษากระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลากของจังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม โดยมีขอบเขตของการดำเนินการแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนของการออกแบบเครื่องมือและโปรแกรมสำหรับควบคุมการส่งข้อมูลผ่านทางเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนของการพัฒนาเครื่องมือและโปรแกรมตามที่ออกแบบ และทดสอบการใช้งานจริง

- 1) ส่วนของการออกแบบเครื่องมือและโปรแกรมสำหรับการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย การออกแบบอุปกรณ์เซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัด และการส่งสื่อสารข้อมูลคุณลักษณะของอุปกรณ์ ที่ออกแบบ ประกอบด้วย

- 1.1) ความสามารถในการตรวจวัดระดับน้ำ

- 1.2) ความเร็วในการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมเซนเซอร์แต่ละจุดสามารถเป็นได้ทั้งเครื่องรับและเครื่องส่ง สามารถรับและส่งต่อข้อมูลไปยังเซนเซอร์ตัวอื่น

2) คุณลักษณะของโปรแกรมที่ออกแบบ ประกอบด้วย ความสะดวกในการใช้โปรแกรม

2.1) โปรแกรมสามารถอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่สร้างขึ้น

2.2) โปรแกรมสามารถตั้งค่าระดับน้ำเพื่อให้แจ้งเตือนตามต้องการได้

3) ส่วนของการพัฒนาโปรแกรมแสดงผล

3.1) การพัฒนาในส่วนที่ทำหน้าที่แสดงผลและรายงานผล

3.2) การพัฒนาในส่วนที่ทำหน้าที่อำนวยความสะดวกในการใช้โปรแกรม

4) ด้านพื้นที่ที่ใช้วิจัย

พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษากระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการการสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลากของจังหวัดเพชรบูรณ์ ได้แก่ บ้านกลางตำบลศิลา อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่จะได้ประโยชน์โดยตรงได้แก่ชุมชนในพื้นที่และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการภัยพิบัติ ตลอดจนประชาชนทั่วไป โดยประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับคือ

1) ได้ระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลากของจังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายโดยใช้กระบวนการแบบมีส่วนร่วม

2) ทราบประสิทธิภาพระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลากของจังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

3) ได้กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลากของจังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

4) ได้แนวทางการสร้างกระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมในการบูรณาการการบริหารจัดการ ภัยพิบัติอย่างยั่งยืน โดยใช้กระบวนการวิจัยเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ของหน่วยงานต่างๆ

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลากของจังหวัดเพชรบูรณ์ มีแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 1) ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดอุทกภัย
- 2) เซนเซอร์โหนด
- 3) การสื่อสารข้อมูล
- 4) ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC
- 5) โมดูล RF 2.4 GHz
- 6) เซนเซอร์ DS1820
- 7) เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ
- 8) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดอุทกภัย

อุทกภัยหรือภัยจากการเกิดน้ำท่วมเป็นปัญหาใหญ่ของประเทศไทยที่กำลังประสบอยู่ เป็นภัยธรรมชาติที่สร้างความเสียหายต่อมนุษย์ ทรัพย์สิน และสิ่งก่อสร้างต่างๆ เป็นอย่างมาก ประเทศไทยประสบปัญหาน้ำท่วมแทบทุกปีในรอบทศวรรษที่ผ่านมาและทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยปกติน้ำท่วมในประเทศไทยจะเริ่มตั้งแต่เดือน กรกฎาคม ถึง ตุลาคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือน กันยายน เพราะตามปกติแล้ว เดือนกันยายน เป็นเดือนที่มีฝนตกมากที่สุดในรอบปี เนื่องจากอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำกำลังแรงที่พัดผ่านประเทศไทยและมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดปกคลุมประเทศไทยรวมทั้งได้อิทธิพลจากพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนตัวอยู่บริเวณทะเลจีนใต้ และเคลื่อนตัวเข้าใกล้หรือเข้าสู่ประเทศไทยได้มากในเดือนกันยายน ทำให้เกิดฝนตกชุกต่อเนื่องกันเป็นเวลานานและบริเวณกว้าง ก่อให้เกิดน้ำท่วมฉับพลัน น้ำทะเลหนุนทำให้น้ำในแม่น้ำสายหลักไม่สามารถระบายลงสู่ทะเลได้ทัน

การเกิดน้ำท่วมในประเทศไทย ภูมิประเทศเป็นปัจจัยสำคัญที่แสดงออกมาในลักษณะของความรุนแรงที่แตกต่างกันไปตามภูมิประเทศ โดยเฉพาะภูมิประเทศของไทยที่มีความเอียงลาดต่อการเกิดอุทกภัย ในภาคเหนือบริเวณที่มีโอกาสเกิดอุทกภัยจะเป็นบริเวณพื้นที่ราบระหว่างภูเขา ลักษณะของอุทกภัยเป็นแบบเฉียบพลัน มีการระบายน้ำลงสู่ภาคกลางตอนบนอย่างรวดเร็ว ระยะเวลาของการท่วมขังของปริมาณน้ำฝนจะมีอยู่เพียงไม่กี่วันก็ไหลลงสู่ภาคกลางตอนบน ส่วน

ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนั้นมีการเกิดน้ำท่วม 2 ลักษณะ คือ การเกิดน้ำท่วมขัง ลักษณะแรกมักเกิดในบริเวณราบลุ่มน้ำท่วมถึงของแม่น้ำสำคัญ ได้แก่ แม่น้ำสงคราม แม่น้ำพอง แม่น้ำชี และแม่น้ำมูล ลักษณะที่สองเกิดในบริเวณที่ราบเชิงเขาและที่ราบระหว่างเนินสอนลาด น้ำป่าไหลหลากในภูมิภาคนี้มีความรุนแรงเนื่องจากลักษณะภูมิประเทศไม่ลาดชันมาก ขณะที่ลักษณะการเกิดน้ำท่วมในภาคกลางส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ ซึ่งประสบกับปัญหาน้ำท่วมบ่อยครั้งและค่อนข้างรุนแรงเนื่องจากลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มที่เกิดจากการพัดพาตะกอนจากแม่น้ำท่าจีน เจ้าพระยา แม่น้ำแม่กลอง และบางปะกง เป็นเหมือนพื้นที่รับน้ำจากภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคตะวันออก ความเร็วในการหลากของน้ำลงสู่ทะเลมีน้อยเนื่องจากความลาดชันของร่องน้ำต่ำมาก โดยเฉพาะพื้นที่ติดอ่าวไทย นอกจากนี้ยังได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลหนุน จึงประสบปัญหาน้ำท่วมขัง การเกิดน้ำท่วมในภาคใต้นั้น ลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบสูงชัน ทางด้านตะวันตกและที่ราบลุ่มบริเวณด้านตะวันออกและใต้ ภาคใต้ฝั่งตะวันออก และภาคใต้ฝั่งตะวันตก มักเกิดความเสียหายจากน้ำท่วมฉับพลันเป็นผลมาจากลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูงชันทอดตัวลงพื้นที่สู่บริเวณเชิงเขา แล้วลดหลั่นลงสู่พื้นที่ลาดจนถึงพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำหรือพื้นที่ราบชายฝั่งในที่สุด ส่วนการเกิดน้ำท่วมจากภาคตะวันออกเป็นแบบฉับพลัน มักเกิดในบริเวณแอ่งที่ราบระหว่างภูเขา เนื่องจากระบบแม่น้ำเป็นแบบสายสั้นๆ การพัดพาของน้ำหลากเป็นไปอย่างรวดเร็ว สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลท่วมถึงมักได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลหนุนจึงเกิดน้ำท่วมขัง และในภาคตะวันตกลักษณะการเกิดน้ำท่วมจะคล้ายกับภาคเหนือ แต่ความรุนแรงน้อยกว่าภาคเหนือเพราะพื้นที่มีความลาดชันมากกว่า ทำให้ลักษณะน้ำท่วมเป็นแบบฉับพลันไม่มีความรุนแรงมากนัก (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540)

ลักษณะการเกิดน้ำท่วมในประเทศไทย

การแบ่งประเภทหรือรูปแบบของการเกิดน้ำท่วมในประเทศไทยนั้น โดยทั่วไปแล้วสามารถแบ่งออกได้ตามสาเหตุการเกิดหรือแบ่งตามขนาดได้

1. แบ่งตามสาเหตุการเกิด

1.1 Long – rain flood เกิดจากมีฝนตกติดต่อกันนานเป็นเวลาหลายชั่วโมง หลายวันหรือสัปดาห์ (Long rainfall duration) ฝนมักจะมีความหนักเบา (Rainfall intensity) ปานกลางหรือเกิดจากพายุดีเปรสชันที่เคลื่อนตัวจากชายฝั่งทะเลขึ้นสู่พื้นดิน การเกิดน้ำท่วมรูปแบบนี้มักทำให้เกิดน้ำท่วมขังในช่วงระยะเวลาหนึ่ง และแผ่ขยายเป็นบริเวณกว้างเนื่องจากระบบระบายน้ำไม่มีประสิทธิภาพ มักเกิดในบริเวณที่ราบลุ่ม แม่น้ำ และบริเวณชุมชนเมืองใหญ่ๆ มีลักษณะค่อยเป็นค่อยไป

1.2 Flash flood เกิดจากมีฝนตกหนัก (High rainfall intensity) ในบริเวณพื้นที่ที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก มักทำให้เกิดอัตราการตกของฝนมากกว่าอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินได้ไม่ทัน ปริมาณน้ำฝนส่วนหนึ่งที่เกิดเกินพอ (Excess rainfall) จึงแปรสภาพกลายเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดิน

แล้วไหลสู่ลำธารได้อย่างรวดเร็ว น้ำท่วมชนิดนี้จึงเป็นสภาวะน้ำท่วมที่เกิดขึ้นอย่างฉับพลัน เนื่องจากการเคลื่อนตัวอย่างรวดเร็วของปริมาณน้ำจำนวนมากที่สูงลงต่ำ มักเกิดขึ้นหลังจากฝนตกหนัก ไม่เกิน 6 ชั่วโมง และมักเกิดในบริเวณที่ราบระหว่างหุบเขา ซึ่งอาจจะไม่มีฝนตกหนักในบริเวณนั้นมาก่อน แต่มีฝนตกหนักมากในบริเวณต้นน้ำที่อยู่ห่างออกไป

1.3 Tidal flood เกิดขึ้นบริเวณชายฝั่งทะเล โดยเกิดจากการโหมกระหน่ำของคลื่นทะเลที่มีขนาดใหญ่มีสาเหตุมาจาก

1.3.1 การเกิดแผ่นดินไหวของโลกบริเวณใต้น้ำทะเล โดยเกิดจากการโหมกระหน่ำของคลื่นขนาดใหญ่ซัดพื้นที่ชายฝั่งอย่างรุนแรง

1.3.2 เกิดจากลมพายุ พัดน้ำทะเลเกิดเป็นคลื่นขนาดใหญ่เข้าชายฝั่ง

1.3.3 เกิดจากระดับน้ำทะเลที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ ทำให้เกิดน้ำขึ้นน้ำลง

2. แบ่งตามขนาดการเกิด

2.1 Large – area flood เกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีขนาดกว้างมาก มีสาเหตุการเกิดได้จากทั้งหมดที่กล่าวข้างต้นขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และสภาวะอากาศขณะนั้น มีลักษณะน้ำไหลหลากเป็นเวลานานและครอบคลุมพื้นที่กว้าง

2.2 Small – area flood เกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีขนาดเล็กและในช่วงเวลาสั้นๆ เนื่องจากการเกิดฝนตกหนักน้ำไม่สามารถไหลลงในดินได้ทัน กลายเป็นน้ำในลำธาร

3. แบ่งตามลักษณะการท่วมของน้ำท่วม

3.1 น้ำท่วมขัง เป็นสภาวะน้ำท่วม ที่เกิดขึ้นจากระบบระบายน้ำไม่มีประสิทธิภาพ มักเกิดบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำและบริเวณชุมชนเมืองใหญ่มีลักษณะค่อยเป็นค่อยไป โดยเกิดจากฝนตกหนัก ณ จุดนั้น ติดต่อกันเป็นเวลาหลายวัน หรือ เกิดจากสภาวะน้ำล้นตลิ่ง น้ำท่วมขังส่วนใหญ่จะเกิดบริเวณท้ายน้ำ และมีลักษณะแผ่เป็นบริเวณกว้าง เนื่องจากไม่สามารถระบายน้ำได้ทันความเสียหายจะเกิดกับพืชผลทางเกษตร และอสังหาริมทรัพย์ เป็นส่วนใหญ่ สำหรับความเสียหายอื่นๆ มีไม่มากนัก เพราะสามารถเคลื่อนย้ายไปอยู่ในที่ปลอดภัยได้ เมื่อทราบคำเตือนล่วงหน้าเกี่ยวกับสภาวะฝนตกหนัก และน้ำล้นตลิ่ง

3.2 น้ำท่วมฉับพลัน เป็นสภาวะน้ำท่วมที่เกิดขึ้นอย่างฉับพลัน จากการเคลื่อนตัวอย่างรวดเร็วของปริมาณน้ำจำนวนมาก จากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ มักเกิดหลังจากฝนตกหนัก ไม่เกิน 6 ชั่วโมง และมักเกิดบริเวณที่ราบระหว่างหุบเขา โดยอาจไม่มีฝนตกหนัก บริเวณนั้นมาก่อนเลยก็ได้ แม้มีฝนตกหนักมากบริเวณต้นน้ำที่อยู่ห่างออกไปหรืออาจเกิดจากเขื่อนพังก็ได้ น้ำท่วมฉับพลัน มีความรุนแรงและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วมาก โอกาสที่จะป้องกันหรือหลบหนีจึงมีน้อย จึงเกิดความเสียหายได้มากกว่าทั้งแก่ชีวิตและทรัพย์สิน

จากการศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยและภัยธรรมชาติ ในเขตลุ่มน้ำภาคกลาง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2542) ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการประสานข้อมูลตัวแปรด้านต่างๆ ของลุ่มน้ำภาคกลาง นำมากำหนดน้ำหนักร้อยละของแต่ละตัวแปร โดยตัวแปรที่มีความสำคัญได้แก่ ปริมาณฝนสูงสุดรายปีเฉลี่ย 1 วัน ปริมาณฝนสูงสุดรายปีเฉลี่ย 3 วัน พื้นที่น้ำท่วมในอดีต ความหนาแน่นของลำน้ำในลุ่มน้ำย่อย สิ่งกีดขวางของแต่ละลุ่มน้ำย่อย ขนาดพื้นที่ของลุ่มน้ำย่อย สภาพพื้นที่ การอุ้มน้ำของดินและพื้นที่รองรับน้ำ

เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวข้างต้นมาวิเคราะห์ตามน้ำหนักร้อยละตัวแปรที่กำหนดไว้ คูณกับระดับถ่วงน้ำหนักประเภทข้อมูลตัวแปรนั้น จะได้ผลการคำนวณและทำการจัดลำดับ จะได้สภาพพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยเป็น 4 ระดับ คือ พื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัยระดับสูง ซึ่งกำหนดไว้เป็นพื้นที่ที่เกิดอุทกภัยรุนแรงมาก และทำความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน ตลอดจนสิ่งก่อสร้างมากขึ้นกว่าระดับเสี่ยงอุทกภัยปานกลาง พื้นที่ที่เสี่ยงอุทกภัยปานกลาง ซึ่งกำหนดให้เป็นพื้นที่ที่เกิดอุทกภัยรุนแรงปานกลางและทำความเสียหายต่อทรัพย์สินของประชาชนมากขึ้นประชาชนมากขึ้น แต่ไม่มีการสูญเสียชีวิต พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยระดับต่ำ กำหนดให้เป็นพื้นที่ที่เกิดอุทกภัยรุนแรงน้อย และทำความเสียหายต่อทรัพย์สินของประชาชนไม่มากนัก และพื้นที่ที่ไม่เสี่ยงอุทกภัย กำหนดให้เป็นพื้นที่ที่เกิดอุทกภัยไม่รุนแรงและไม่ทำให้สูญเสียชีวิตและทรัพย์สินประชาชน

การศึกษาหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ตามแนวความคิดดังกล่าว เป็นวิธีการกันพื้นที่ (Zoning) เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่เสี่ยง ด้วยการกำหนดค่าน้ำหนักให้กับตัวแปรแล้วทำการวิเคราะห์ด้วยระบบ GIS นับเป็นวิธีการสมัยใหม่ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้นเรื่อยๆ โดยไม่จำเป็นต้องใช้วิธีทาง Modeling ซึ่งเป็นลักษณะทาง Deterministic หรือ Stochastic ที่ต้องการข้อมูลทั้งในเชิงข้อมูลขาเข้า และข้อมูลขาออกมาประกอบการคำนวณหาค่าตัวแปรของแบบจำลองก่อนการใช้จริง สมรรถนะของระบบ GIS มีหลายประการด้วยกัน เช่น การซ้อนทับข้อมูล (Overlay) เชิงพื้นที่ตั้งแต่สองชั้นขึ้นไปการวิเคราะห์พื้นที่กันชน (Buffering) และการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) เป็นต้น ซึ่งจะให้ผลลัพธ์ออกมาในรูปของแผนที่ ซึ่งสามารถนำผลที่ได้ไปพิจารณาหรือวิเคราะห์ข้อมูลรวมกันกับปัจจัยหรือตัวแปรอื่นๆ จนกว่าจะได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจในการวิเคราะห์โดยการซ้อนทับข้อมูลนี้ โดยต้องพิจารณาว่ามีปัจจัย (ตัวแปร) ไหนบ้างที่เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภัยแล้วใช้หลักการของ GIS weighting ทำการกำหนดน้ำหนักค่าตัวแปรต่างๆ ซึ่งจะกำหนดค่าเป็นเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับ ความรู้และประสบการณ์ของผู้วิจัยประกอบกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยวิธีทดลองแบบการลองผิดลองถูก เช่นกำหนดให้ตัวแปรทุกตัวมีความสำคัญเท่ากันก็จะมีค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากันหรือกำหนดตามลำดับความสำคัญ คือ ตัวแปรที่มีความสำคัญมากลดหลั่นกันลงไป ส่วนรายละเอียดของแต่ละตัวแปร (ประเภทข้อมูล) ซึ่งมีผลต่อการวิเคราะห์ระดับความเสี่ยง ควรกำหนดตามลำดับความสำคัญสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้

ตารางที่ 2.1 ตัวแปรและประเภทข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา	ประเภทข้อมูล	น้ำหนัก ถ่วงตัวแปร	น้ำหนัก ประเภทข้อมูล
1. ปริมาณน้ำฝน (เฉลี่ยรายปี)		8	
	1.1 >2000 มม.		8
	1.2 1800-2000 มม.		6
	1.3 1400-1800 มม.		4
	1.4 <1400 มม.		2
2. ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ		7	
	2.1 >2000 กม ²		8
	2.2 1000-2000 กม ²		7
	2.3 500-1000 กม ²		6
	2.4 100-500 กม ²		4
	2.5 <100 กม ²		2
3. ความลาดชันของกลุ่มน้ำ		6	
	3.1 > 35%		8
	3.2 16-35%		7
	3.3 8-16%		5
	3.4 3-8%		3
	3.5 0-3%		2
4. ความลาดเทของทางน้ำหลักของกลุ่มน้ำ		5	
	4.1 5%		8
	4.2 4-5%		7
	4.3 3-4%		6
	4.4 2-3%		5
	4.5 1-2%		3
	4.6 < 1%		2
5. ความหนาแน่นของลำน้ำ		4	
	5.1 <1		8
	5.2 1-3		6
	5.3 3-5		4
	5.4 >5		2

ตารางที่ 2.1 ตัวแปรและประเภทข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย (ต่อ)

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา	ประเภทข้อมูล	น้ำหนัก ถ่วงตัวแปร	น้ำหนัก ประเภทข้อมูล
6. การใช้ประโยชน์ที่ดิน		3	
	6.1 ป่าไม้ขึ้นต้นสวนไม้ผล <10%		8
	6.2 ป่าไม้ขึ้นต้นสวนไม้ผล <10-20%		7
	6.3 ป่าไม้ขึ้นต้นสวนไม้ผล <20-40%		5
	6.4 ป่าไม้ขึ้นต้นสวนไม้ผล <40-60%		3
	6.5 ป่าไม้ขึ้นต้นสวนไม้ผล >60%		2
7. ชนิดของดิน		2	
	7.1 ดินที่ประกอบด้วย ดินตื้นปนดินเหนียว >60%		8
	7.2 ดินที่ประกอบด้วย ดินตื้นปนดินเหนียว >40-60%		6
	7.3 ดินที่ประกอบด้วย ดินตื้นปนดินเหนียว >20-40%		4
	7.4 ดินที่ประกอบด้วย ดินตื้นปนดินเหนียว <20%		2

ที่มา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2540 (อ้างโดย ประสิทธิ์ เมฆอรุณ; 2544)

ในส่วนของจังหวัดเพชรบูรณ์ ก็มีลักษณะการท่วมของน้ำท่วม แบบน้ำท่วมขัง ซึ่งได้รับอิทธิพลจากแม่น้ำป่าสัก สาเหตุหลักของการเกิดอุทกภัยเนื่องมาจากลักษณะทางกายภาพของจังหวัดเป็นพื้นที่รองรับน้ำจากจังหวัดใกล้เคียง เมื่อมีฝนตกหนักจากทางด้านเหนือและตะวันออกของจังหวัด ผนวกกับสภาพห้วย หนอง คลอง บึง ดินเขิน ถูกบุกรุกทำลาย สะสมเรื่องมาและความตื้นเขินของแม่น้ำยมที่ไหลผ่านหลายอำเภอทำให้เกิดการระบายน้ำไม่ทัน นอกจากนี้การก่อสร้างถนนหลายสายเป็นการกั้นน้ำทำให้การระบายน้ำลงสู่แม่น้ำไม่ทัน

2.2 เซนเซอร์โหนด (Sensor Node)

เซนเซอร์โหนดเป็นฮาร์ดแวร์ที่ถูกออกแบบมาให้มีขนาดเล็ก และใช้พลังงานในการทำงานต่ำ ทำหน้าที่ตรวจจับข้อมูลต่างๆ เช่น ระดับน้ำ ความชื้น แสงสว่าง การเคลื่อนไหว เสียง และทำการประมวลผลข้อมูล โดยมีช่องทางการสื่อสารรับ/ส่งข้อมูลแบบไร้สายอยู่ในตัวเอง เซนเซอร์โหนดประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ

ก) ส่วนไฟเลี้ยง (Power Unit) จัดการเกี่ยวกับการแปลงพลังงานจากแหล่งพลังงาน (Power Generator) เช่น โซลาร์เซลล์ พลังงานจากกังหันลม พลังงานจากการสั่นสะเทือน หรือ แบตเตอรี่ให้อยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำไปเลี้ยงวงจรไฟฟ้าภายในโหนด

ข) ส่วนการตรวจสอบ (Sensing Unit) ทำหน้าที่ตรวจสอบข้อมูลทางกายภาพต่างๆ ผ่านทางเซนเซอร์และข้อมูลที่ได้จะถูกแปลงเป็นดิจิทัลโดยเอดีคอนเวอร์เตอร์ (Analog-To-Digital Converter) เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลกับโปรเซสเซอร์

ค) ส่วนการประมวลผล (Processing Unit) ทำหน้าที่รับข้อมูล รูปดิจิทัลจากส่วนการตรวจสอบ สามารถนำข้อมูลมาประมวลผลโดยโปรเซสเซอร์ และเก็บข้อมูลในส่วนจัดเก็บ (Storage) ได้

ง) ส่วนการสื่อสารไร้สาย (Transmission Unit) เป็นช่องทางการสื่อสารแบบไร้สายเพื่อรับ-ส่งข้อมูลจากเซนเซอร์โหนดอื่น

เซนเซอร์โหนด อาจจะมีข้อมูลค้นหาตำแหน่งของเซนเซอร์ (Position Finding system) เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยที่ระบบสามารถระบุแหล่งที่มาของข้อมูลได้อย่างแม่นยำ ตัวอย่างระบบข้อมูลตำแหน่งของเซนเซอร์ คือ เครื่องรับจีพีเอส (GPS Receive) ซึ่งเป็นส่วนที่สามารถบอกตำแหน่งของโหนดได้ และข้อมูลตำแหน่งที่ได้สามารถส่งต่อไปให้กับส่วนของโปรเซสเซอร์เพื่อทำการประมวลผลต่อไป

2.2.1 เครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย (Wireless Sensor Network)

เครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สายเป็นเครือข่ายของเซนเซอร์โหนดที่ประกอบด้วยเซนเซอร์โหนดจำนวนมาก เซนเซอร์โหนดที่อยู่ภายในเครือข่าย จะทำหน้าที่ตรวจจับเก็บข้อมูล และส่งข้อมูลที่ได้กลับไปยังโหนดต้นทาง (Sink Node) ที่ต้องการข้อมูลนั้น โดยอาศัยเซนเซอร์โหนดที่เคียงข้างกัน ส่งข้อมูลต่อๆ กันไป

ตัวอย่างการนำเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายมาประยุกต์ใช้งาน เช่น งานเกี่ยวกับการเฝ้าดูสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น การเก็บข้อมูลสภาพอากาศ การวิเคราะห์เกี่ยวกับโครงสร้างของสิ่งก่อสร้าง การทำการเกษตรที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง

1) คุณสมบัติที่สำคัญของเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย คุณสมบัติหลักที่สำคัญของเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย ที่ต้องคำนึงถึงในการพัฒนา

1.1) การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Energy Efficiency) เนื่องจากลักษณะของเซนเซอร์โหนดถูกออกแบบมาให้มีขนาดเล็ก และพลังงานที่สามารถหาได้จากตัวของโหนดเอง เช่น พลังงานจากแบตเตอรี่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานจากการสั่นสะเทือน ซึ่งพลังงานเหล่านั้นมีจำนวนที่จำกัด ดังนั้นเซนเซอร์โหนดจำเป็นที่มึการทำงานโดยใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2) ความสามารถในการขยายขนาดของเครือข่าย (Scalability) เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายต้องมีความสามารถรับรองการทำงานของเซนเซอร์โหนดจำนวนมาก

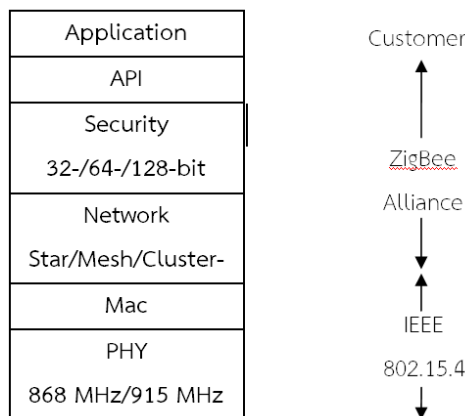
1.3) ความทนทานต่อการล้มเหลวของเครือข่าย (Robustness/Fault Tolerance) เซนเซอร์โหนดบางโหนด อาจเกิดปัญหาในระหว่างการทำงาน เช่น แบตเตอรี่หมด เกิดความเสียหายกับตัวโหนด เครือข่ายต้องสามารถทำงานต่อไปได้

2.2.2 โพรโทคอลในเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย

การที่เซนเซอร์โหนดจำนวนมาก ทำงานเป็นกลุ่มรวมกันเป็นเครือข่าย เรียกว่าเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย จำเป็นต้องมีวิธีการสื่อสารกันระหว่างโหนดซึ่งจะทำงานร่วมกัน ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครือข่าย ส่งไปยังโหนดซึ่งเป็นเบสสเตชัน (Base Station) ซึ่งส่วนที่ควบคุมการทำงานดังกล่าวเรียกว่า ส่วนโพรโทคอลในการรับส่งข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย เราตั้งโพรโทคอลเป็นส่วนการทำงานในชั้นของเครือข่าย (Network) ทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับการค้นหาเส้นทางในการรับส่งข้อมูลระหว่างเบสสเตชัน (Sink) กับโหนดที่ทำการตรวจจับข้อมูล (Source)

โพรโทคอลสำหรับเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย จะถูกแบ่งเป็นตามลักษณะชั้นการทำงานซึ่งการทำงานของโพรโทคอลในส่วนสองชั้นแรก จะเกี่ยวกับส่วนมาตรฐานของฮาร์ดแวร์ (PHY) และวิธีการเข้าใช้สื่อ (MAC) จะเกี่ยวข้องกับฮาร์ดแวร์เป็นส่วนใหญ่ โพรโทคอลในสองชั้นนี้ ถูกกำหนดเป็นมาตรฐานโดยไอทีริปเปิ้ลอี (IEEE 802.15.4 WPAN Low Rate) ไว้แล้ว แต่สำหรับชั้นของโพรโทคอลที่อยู่สูงขึ้นมา ซึ่งโดยตามมาตรฐานของชั้นเครือข่าย (OSI Model) จะทำหน้าที่เกี่ยวกับเครือข่าย (Network) การค้นหาเส้นทางในการรับส่งข้อมูล (Routing) การรับส่งข้อมูล

(Transportation) ในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายยังไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานในการใช้งาน ปัจจุบันได้มีกลุ่มบริษัทที่ได้ทำการพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับไวร์แลนซ์ ร่วมตัวกันเป็นกลุ่มชื่อว่า ซิกบี (Zigbee Alliance) ได้ทำการร่วมกันออกเป็นมาตรฐาน โดยซิกบีจะทำการกำหนดใช้ชั้นของเครือข่าย (Network) ขึ้นไป จนถึงชั้นของเอพีไอ (API) ดังภาพที่ 2-3 (สันติพงศ์, 2548)



รูปที่ 2.1 ชั้นการทำงานของเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย

2.3 การสื่อสารข้อมูล

2.3.1 การติดต่อสื่อสารแบบหนึ่งสาย (1 Wire™ Communication Protocol)

การสื่อสารในระบบบัสหนึ่งสาย อุปกรณ์มาสเตอร์สามารถติดต่ออุปกรณ์สเลฟได้ครั้งละ 1 ตัวเท่านั้น อุปกรณ์สเลฟได้ครั้งละ 1 ตัวเท่านั้น อุปกรณ์สเลฟแต่ละตัวจึงต้องมีข้อมูลกำหนดแอดเดรสเฉพาะตัว โดยเก็บไว้ในหน่วยความจำรวมภายในอุปกรณ์สเลฟตัวนั้น โดยปกติอุปกรณ์สเลฟจะมีหน่วยความจำ 64 บิต หรือ 8 ไบต์ สำหรับเก็บข้อมูลต่างๆ ที่สำคัญของอุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งประกอบด้วย

- 1) รหัสของตระกูลจำนวน 8 บิต
- 2) เลขหมายประจำตัว (Serial number) จำนวน 48 บิต
- 3) รหัสตรวจสอบความผิดพลาด (CRC : Cyclical Redundancy Check) จำนวน 8 บิต

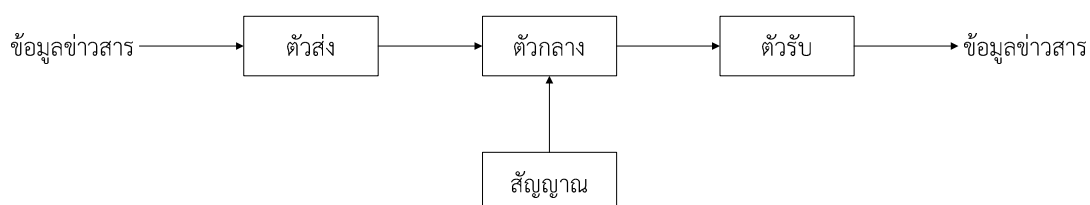
ผู้ใช้งานสามารถอ่านข้อมูลประจำตัวของอุปกรณ์สเลฟได้ด้วยคำสั่งอ่านหน่วยความจำรวมในกรณีที่บนบัสมีอุปกรณ์สเลฟเพียงตัวเดียวไม่จำเป็นต้องอ้างแอดเดรสในการติดต่อ เพื่อลดเวลาในการติดต่อลง (ณัฐพล และชัยวัฒน์, 2521 : 20-22)

การติดต่อจะเริ่มขึ้นเมื่ออุปกรณ์มาสเตอร์ทำการรีเซตและกำหนดแอดเดรสของอุปกรณ์ที่ทำการติดต่อ ถ้าอุปกรณ์สเลฟมีเพียงตัวเดียวสามารถข้ามขั้นตอนการติดต่อกับหน่วยความจำรวมในอุปกรณ์สเลฟได้ จะเรียกวิธีการดังกล่าว การไม่ติดต่อหน่วยความจำรวม หรือ สกิปรอม (Skip Rom) จากนั้นรอการตอบรับจากอุปกรณ์สเลฟ เมื่อการตอบรับสมบูรณ์ก็จะสามารถเริ่มต้นขั้นตอนการอ่านหรือเขียนข้อมูลได้ต่อไป

2.3.2 การสื่อสารไร้สาย

การสื่อสารไร้สาย คือ การติดต่อสื่อสารโดยที่ไม่มีการใช้สายสัญญาณในการเชื่อมต่อกัน โดยปกติถ้าต้องการเชื่อมต่อเทอร์มินอล (Terminal) เข้ากับเบส (Base) หรือเชื่อมต่อเทอร์มินอลเข้ากับเทอร์มินอล ต้องใช้สายสัญญาณในการเชื่อมต่อ แต่การสื่อสารแบบไร้สายจะทำการเชื่อมต่อโดยที่ไม่ใช้สาย แต่จะใช้เป็นการสื่อสารแบบไร้สายแทน เช่น การใช้คลื่นวิทยุในการติดต่อสื่อสาร

องค์ประกอบของระบบสื่อสารไร้สาย มีลักษณะเช่นเดียวกับองค์ประกอบโดยทั่วไปของการสื่อสารทุกประเภท โดยมีอยู่ 4 ส่วน แสดงดังภาพที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของระบบสื่อสารข้อมูล

จากภาพที่ 2.2 ระบบการสื่อสารไม่ว่าจะในรูปแบบใดจะมีส่วนประกอบพื้นฐานที่เหมือนกันอยู่ 4 อย่างดังนี้

1) ตัวส่งสัญญาณ (Transmitter) ตัวส่งสัญญาณคือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อที่จะแปลงข้อมูลข่าวสารหรือเสียงพูดให้เป็นสัญญาณรูปแบบที่สามารถส่งออกไปในตัวกลางหรือ ช่องสัญญาณได้แก่ อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งสัญญาณคลื่นวิทยุไมโครเวฟเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง เป็นต้น

2) สื่อตัวกลางหรือช่องสื่อสาร (Communication Channel) เป็นตัวกลางที่ให้สัญญาณอิเล็กทรอนิกส์สามารถส่งจากผู้ส่ง ณ สถานที่ที่หนึ่งผ่านไปยังผู้รับในอีกสถานที่หนึ่งได้ ตัวกลางในที่นี้ได้แก่ คลื่นวิทยุ และในตัวกลางนี้มีส่วนทำให้สัญญาณที่ถูกส่งลดทอนลงไปได้ส่วนหนึ่ง

3) สัญญาณรบกวน (Noise) เป็นสัญญาณของพลังงานรูปแบบต่างๆ ที่มีลักษณะไม่แน่นอนเข้ามาในระบบสื่อสาร มีผลรบกวนสัญญาณข้อมูลที่ถูกส่งมาในช่องสื่อสาร บางครั้งสัญญาณรบกวนอาจเกิดขึ้นในวงจรของตัวรับสัญญาณก็ได้ สำหรับระบบการสื่อสารไร้สายนั้นสัญญาณรบกวนมีอยู่ทั่วไปในอากาศ เช่น สัญญาณจากปรากฏการณ์ฟ้าแลบ

4) ตัวรับสัญญาณ (Receiver) เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบมาให้รับสัญญาณที่ถูกส่งออกมาทางช่องสื่อสารและทำการแปลงสัญญาณให้กลับไปอยู่ในรูปแบบ ที่ผู้รับปลายทางสามารถเข้าใจได้ เช่น ตัวรับสัญญาณจากดาวเทียม

2.3.3 มาตรฐานของการสื่อสารไร้สาย

ปัจจุบันมาตรฐานของอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายนั้นมีความเร็วในการรับและส่งข้อมูลครอบคลุมไปจนถึงอุปกรณ์ต่อพ่วงที่เกี่ยวข้องกับเครือข่ายไร้สายคือไอทีริปเปิ้ลอี (IEEE 802.1x) ที่ตอนนี้มีด้วยกัน 3 มาตรฐานหลัก นั่นก็คือ IEEE 802.11, IEEE 802.11a และ IEEE 802.11b มาตรฐานแรกเริ่ม IEEE 802.11 นั้นเริ่มประกาศใช้ตั้งแต่ปี 1997 ตามมาด้วยมาตรฐาน IEEE 802.11b ในปี 1999 ย่านความถี่ที่เริ่มให้ใช้ในเบื้องต้น คือความถี่วิทยุ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ โดยมีความเร็วรับ-ส่งข้อมูลสูงสุดอยู่ที่ 11 เมกะบิตต่อวินาที และในอนาคตอันใกล้นี้ มาตรฐานใหม่ IEEE 802.11a กำลังจะออกมาด้วยคลื่นความถี่สูงถึง 5 กิกะเฮิรตซ์ และมีความเร็วสูงสุดในการรับ-ส่งข้อมูลถึง 5.4 เมกะบิตต่อวินาที

1) การทำงานของเครือข่ายไร้สาย โดยปกติเครือข่ายไร้สายจะมีลักษณะทอพอโลยี (Topology) หรือลักษณะการเชื่อมต่อเพื่อรับ-ส่งสัญญาณ 2 รูปแบบด้วยกัน นั่นคือ แบบ Infrastructure และ แบบ Adhoc

1.1) Infrastructure เป็นลักษณะของการใช้ AP (Access Point) เป็นตัวกระจายสัญญาณเพื่อรับ-ส่งข้อมูลเป็นรัศมีโดยรอบ เครื่องลูกข่ายที่อยู่ในรัศมีของ AP จะกลายเป็นเครือข่ายที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันทันที โดยที่ AP เชื่อมต่ออยู่กับเลนอีกทีหนึ่ง

1.2) Adhoc เป็นลักษณะการเชื่อมต่อแบบโครงข่าย โดยไม่ต้องอาศัย AP แต่ใช้การเชื่อมต่อโดยตรงระหว่างเครื่องลูก ในแต่ละโหนดจะมีระยะการส่งข้อมูล ซึ่งถ้าโหนดแต่ละโหนดอยู่ในระยะการรับ-ส่งสัญญาณก็จะสามารถเชื่อมต่อกันได้ทันที วิธีการเช่นนี้เหมือนกับการเชื่อมต่อแบบบลูทูธ (Blue Tooth) นั่นเอง

จาก 2 วิธีข้างต้น ก็ยังสามารถประยุกต์การเชื่อมต่อได้อีกหลายแบบ เช่น Roaming คือ การเชื่อมต่อในลักษณะการใช้งาน AP มากกว่า 1 เครื่อง ซึ่งถ้าทำให้ระยะเหลื่อมซ้อนกัน ดังนั้น ไม่ว่าจะย้ายเครื่องถูกย้ายไปวงใด ก็ทำงานได้ตามปกติเสมือนเป็นเครือข่ายเดียวกันและในกรณีที่ต้องการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายเข้ากับเครือข่ายอีเทอร์เน็ต (Ethernet) ปกติ นอกจากจะสามารถเชื่อมต่อผ่าน AP ผ่านช่องอีเทอร์เน็ต (Ethernet) ที่มีให้แล้วยังสามารถประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์บริดจ์ติดตั้งเข้ากับเครื่องพีซีตัวใดตัวหนึ่งในเครือข่ายให้ทำหน้าที่เป็นสะพานส่งข้อมูลข้ามไปมาระหว่างเครือข่ายไร้สายและ Ethernet ได้อีกด้วย

2) เทคนิคการส่งข้อมูลของการสื่อสารไร้สาย

2.1) Narrowband Technology เป็นลักษณะการรับ-ส่งสัญญาณคลื่นวิทยุโดยระบบคลื่นความถี่ที่ใช้คลื่นความถี่ดังกล่าวจะใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างต้นทางกับปลายทางเพียง 1 คู่ การรับ-ส่งข้อมูลแบบนี้จะใช้แถบความถี่แคบๆ สำหรับรับ-ส่งข้อมูลและจะไม่สามารถส่งสัญญาณข้ามโหมคไปมาได้ การส่งสัญญาณแบบนี้เปรียบได้กับคู่สายโทรศัพท์ที่สามารถคุยได้เฉพาะต้นทางกับปลายทางเท่านั้นไม่สามารถคุยพร้อมกันหลายคนได้

2.2) Spread Spectrum Technology ต่างจากการส่งสัญญาณแบบ Narrowband ตรงที่จะใช้แถบความถี่กว้างกว่าทำให้ส่งข้อมูลได้มากกว่า แต่ก็เปลืองแบนด์วิดธ์มากกว่าเช่นกัน การส่งสัญญาณด้วยวิธีการนี้ เริ่มจากทางด้านการทหารก่อน เนื่องจากต้องการส่งปริมาณข้อมูลที่มากกว่า และต้องการความน่าเชื่อถือมากกว่า เนื่องจากแถบความถี่ที่กว้างกว่า ทำให้สามารถแทรกการเข้ารหัสได้หลากหลายกว่า ถ้าทางด้านผู้รับไม่ทราบรหัสดีโค้ด ก็จะรับได้เพียงสัญญาณรบกวนเท่านั้น ปัจจุบันวิธีการส่งสัญญาณแบบนี้เป็นที่นิยมใช้ในระบบเครือข่ายไร้สาย

2.3) Frequency – Hopping Spread Spectrum Technology (FHSS) เป็นลักษณะการผสมผสานระหว่างการส่งสัญญาณแบบ Spread Spectrum และ Narrowband โดยในแถบความถี่ที่กว้างระดับ Spread Spectrum จะใช้คลื่นพาหะที่มีแถบคลื่นเพียงแค่นarrowband เป็นตัวส่งข้อมูล และจะกระโดดข้ามแถบคลื่นไปมาภายในการส่งแต่ละครั้ง ดังนั้นจะมีแต่ผู้รับและผู้ส่งที่รู้กันเท่านั้นจึงจะรับข้อมูลได้ การส่งข้อมูลแบบนี้จำเป็นที่จะต้องมีการซิงโครไนซ์หรือนับจังหวะให้พร้อมกันทั้งผู้ส่งและผู้รับเพื่อให้ข้อมูลตรงกัน

2.4) Direct - Sequence Spread Spectrum Technology (DSSS) เป็นการส่งสัญญาณที่เพิ่มเทคนิคทางด้านการกู้คืนข้อมูล (Recovery data) เข้ามา กล่าวคือทุกๆ การส่งข้อมูลจะมีบิตที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่เรียกว่า ชิปปิง (Chipping Code) ควบคู่ไปด้วย ดังนั้น แม้ข้อมูลที่ส่งไปถึงผู้รับจะเสียหายก็สามารถกู้คืนกลับมาได้โดยไม่จำเป็นต้องส่งข้อมูลมาใหม่ทั้งหมด และเนื่องจากต้องมีการใช้ชิปปิง (Chipping Code) คู่ไปกับข้อมูล ดังนั้นจึงต้องการแบนด์วิดธ์ที่มากกว่าเดิมในการส่งข้อมูลแต่ละครั้ง

2.5) Orthogonal frequency division multiplexes (OFDM) เทคนิคนี้ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มความเร็วในการส่งข้อมูลในมาตรฐานใหม่ๆ ของระบบเครือข่ายไร้สายคือ IEEE 802.11a และ 802.11g การส่งสัญญาณคลื่นวิทยุแบบนี้เป็นการมัลติเพล็กซ์สัญญาณ โดยช่องสัญญาณความถี่จะถูกแบ่งออกเป็นความถี่พาหะย่อย (sub carrier) หลายๆ ความถี่ โดยแต่ละความถี่พาหะย่อยจะตั้งฉากซึ่งกันและกัน ทำให้มันเป็นอิสระต่อกัน ความถี่ที่คลื่นพาหะที่ตั้งฉากกันนั้นทำให้ไม่มีปัญหาการซ้อนทับกันของสัญญาณที่อยู่ติดกัน

OFDM เป็นเทคนิคการมัลติเพล็กซ์โดยการแบ่งความถี่ เมื่อช่องความถี่ถูกแบ่งออกเป็นขนาดเล็กๆ N ช่องแต่ละช่องมีขนาดเท่ากับขนาดของสัญลักษณ์บิตเรต (bit rate) ดิจิตอล ทางด้านส่งจะมีสัญญาณดิจิตอล ความเร็วสูงที่ถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มข้อมูลย่อยๆ ที่มีความถี่ต่ำกว่าจะถูกมอดูเลตกับสัญญาณพาหะย่อย 1 สัญญาณ และนำสัญญาณทั้งหมดส่งขนานกันออกไปรูปแบบในการมอดูเลตสัญญาณพาหะย่อยที่นิยมทั่วไปได้แก่ QAM, 16 QAM หรือ 64 QAM เป็นต้น OFDM กลุ่มของข้อมูลจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปขนานกัน โดยการมอดูเลตกับสัญญาณพาหะย่อย ดังนั้น จะกลายมาเป็นสัญญาณบนแกนความถี่ ซึ่งการแปลงสัญญาณกลับให้อยู่บนแกนเวลาอีกครั้ง โดยการแปลงกลับฟาสต์ฟูเรียร์ (IFFT) จากนั้นจะสัญลักษณ์บนแกนเวลาจะถูกมัลติเพล็กซ์เข้าด้วยกันให้เป็นอนุกรมของสัญญาณ แล้วจึงส่งสัญญาณออกไปทางเสาอากาศ

หลังจากการมอดูเลตแบบ OFDM จะมีการสอดแทรกช่วงแถบป้องกันแคบๆ เพื่อลดสัญญาณรบกวนระหว่างสัญลักษณ์ (Inter Symbol Interference : ISI) ที่เกิดจากสัญญาณหลายเส้นทาง (multi-path) เราเรียกแถบป้องกันแคบๆ นี้ว่า การเสริมไซคลิก (cyclic prefix) ส่วนในเครื่องรับจะคำนวณกระบวนการตรงข้ามกับเครื่องส่งในเครื่องรับจะใช้การแปลงฟาสต์ฟูเรียร์แปลงสัญญาณที่อยู่บนแกนเวลาไปเป็นแถบความถี่สมมูลย์

ข้อดีของ OFDM คือสามารถใช้งานแถบความถี่ในระบบที่เคยใช้สัญญาณพาหะเดี่ยวได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ (spectral efficiency) สามารถป้องกันผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของสัญญาณหลายเส้นทาง (immunity to multi-path) และมีความไวต่ำต่อการเลื่อนหายไปของความถี่ที่เลือก (less sensitivity to frequency selective fading) (ปราโมทย์, 2545 : 178-184)

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

PIC คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์อีกตระกูลหนึ่ง ย่อมาจากคำว่า Peripheral Interface Controller ซึ่งหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ก็คือ พยายามรวมเอาทุกอย่างเอาไว้ในตัวไม่ว่าจะเป็น PROGRAM MEMROY, RAM, EEPROM, SERIAL, A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอกในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผลรวมทั้งหน่วยความจำซึ่งทำให้มันเหมือนกับ CPU หนึ่งตัว

2.4.1 ความเร็วของ PIC

ความเร็วของ PIC ภายจากความถี่สัญญาณนาฬิกา ปัจจุบันสามารถทำสัญญาณนาฬิกาได้ที่ 20 MHz ซึ่งทำให้หนึ่งคำสั่งของ PIC ใช้เวลาเพียง 0.25 uSec แต่อย่างไรก็ตามได้มีบริษัทอื่นได้ซื้อลิขสิทธิ์ PIC จาก microchip และได้สร้าง chip ที่มีความเร็วได้มากกว่าเดิมขึ้นไปอีก

2.4.2 หน่วยความจำของ PIC

ในอดีตนหน่วยความจำของ PIC จะค่อนข้างน้อย คืออยู่ระหว่าง 512 เวิร์ด (words) ถึง 4 กิโลเวิร์ด (K words) แต่ในปัจจุบัน บริษัทไมโครชิพ (Microchip) ซึ่งเป็นเจ้าของ PIC ได้พัฒนาจนทำให้หน่วยความจำ (memory) ของ PIC มีขนาดเป็นหลายสิบกิโลไบต์และมีที่คาดว่าจะขยายได้ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ในเรื่องของขนาดของหน่วยความจำของ PIC จะนับไม่เหมือนปกติ โดยที่หนึ่งคำสั่งของ PIC จะมีขนาด 14 บิต ดังนั้นเราจะเรียกว่า 1 เวิร์ด (word) ของ PIC จะมีขนาด 14 บิต เช่น PIC16F84A ระบุว่ามีความจำ 1 K (ซึ่งหมายถึง 1 กิโลเวิร์ด (K word) ถ้าคำนวณให้เป็นแบบ 1 ไบต์ = 8 บิต จะได้ว่า $1 \times 1,024 \times 14 = 14,336$ บิต ดังนั้น $14,336 / (8 \times 1,024) = 1.75$ กิโลไบต์

2.4.3 สถาปัตยกรรมของ PIC

สถาปัตยกรรมของ PIC มี 3 ตระกูลหลักๆ เดิมมีแค่สองตระกูล คือ ขึ้นต้นด้วย 16xxx, 17xxx และที่เพิ่มเข้ามาใหม่คือ ตระกูล 18xxx ถ้าพูดถึงคุณสมบัติที่เหนือกว่าเรียงจากน้อยสุดไปมากที่สุดก็คือ 16 -> 17 -> 18 คำสั่งแอสเซมบลี (assembly) ของ 17 และ 18 จะมีมากกว่า 16 ทำให้เขียนโปรแกรมได้ง่ายกว่า ราคาที่สูงกว่าด้วย แต่ตระกูลที่เป็นที่นิยมก็คือตระกูล 16xxx

PIC จะยึดถือการออกแบบที่ว่ารวมทุกอย่างไว้ในชิพ (chip) ตัวเดียวโดยไม่ต้องต่ออุปกรณ์ใดๆ เพิ่มเติม ผลที่ตามมาคือแผ่นวงจรจะมีขนาดเล็ก และอุปกรณ์ที่ใช้จะไม่มากบางงานอาจจะใช้แค่ PIC เพียงตัวเดียวโดยไม่ต้องใช้ชิพ (chip) อื่นมาเพิ่มเติมเลย นี่ก็คุณสมบัติพิเศษของ PIC ซึ่งปัจจุบันหลายบริษัทที่ผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็เริ่มจะหันมาเลียนแบบแนวทางนี้ แต่ทุกอย่างย่อมมีข้อเสีย เนื่องจากหลักการที่จะรวมทุกอย่างไว้ใน chip เดียว ทำให้หน่วยความจำโปรแกรม (program memory) และหน่วยความจำข้อมูล (data memory) ไม่สามารถขยายโดยใช้กับหน่วยความจำภายนอกได้ PIC จึงเหมาะสำหรับงานเล็กๆ ไม่ใช่งานใหญ่ๆ ที่ต้องใช้การคำนวณและหน่วยความจำจำนวนมากๆ

2.4.4 สถาปัตยกรรมและโครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์ของ PIC 16F877

สถาปัตยกรรมและโครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์ของ PIC 16F877 เป็น CPU ของบริษัท ไมโครชิพเทคโนโลยี (Microchip Technology) ซึ่งเป็นผู้ผลิต CPU ตระกูล PIC โดยในเบอร์ 16F877 นี้เป็นเบอร์ที่มีความสามารถสูงพอสมควร ประกอบไปด้วยฟังก์ชันการทำงานต่างๆ มากมาย พอจะสรุปคุณสมบัติคร่าวๆ ได้ดังนี้

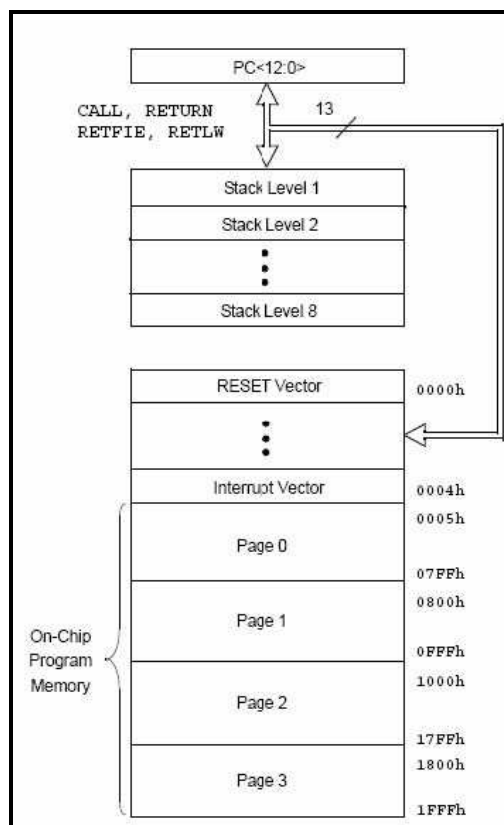
มี 35 คำสั่ง (Instruction) ในการปฏิบัติงานคำสั่งต่างๆ จะใช้ได้ไซเคิล (Cycle) เดียว และ 2 ไซเคิล ในคำสั่งที่เป็นการกระโดดความถี่สูงสุดที่ทำงานได้คือ 20 MHz (16F877-20/P) การทำงานจะเป็นลักษณะไปป์ไลน์ (Pipeline) ทำให้มีการทำงานที่เร็วขึ้น หน่วยความจำโปรแกรม FLASH Program Memory มีขนาด 8 k (14 บิต เวิร์ด) หน่วยความจำข้อมูล (RAM) 368 ไบต์ หน่วยความจำข้อมูล (EEPROM) 256 ไบต์ สามารถตอบสนองการอินเทอร์รัพต์ได้ถึง 14 แหล่ง มีสแตค (STACK) 8 ระดับ มีเพาเวอร์อนรีเซต (POR) เพาเวอร์อัปไทมเมอร์ (PWRT) และ Oscillator Start-up Timer – Watchdog Timer สามารถเลือกการป้องกันข้อมูลได้ (Code Protection) มีโหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode) เลือกโหมดของสัญญาณนาฬิกาได้หลายโหมด สามารถโปรแกรมโดยใช้แรงดัน +5V ได้ มีฟังก์ชันการโปรแกรมแบบ ICSP (In-Circuit Serial Programmig) ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2.0V ถึง 5.5V กระแสทั้งซิงค์และซอร์สของพอร์ตคือ 25mA มี Timer/Counter จำนวน 3 ตัว คือ Timer0, Timer1 และ Timer2 มีโมดูล Capture/Compare/PWM จำนวน 2 ชุด มี Analog to Digital Converter ความละเอียด 10 บิต 8 แชนเนล ภายในตัว มีโมดูลการสื่อสาร USART มีโมดูลตรวจจับระดับไฟเลี้ยง Brown-out reset (BOR) มีพอร์ต I/O 5 พอร์ตประกอบด้วย A, B, C, D และ E แต่ละพอร์ตจะมีจำนวน บิตไม่เท่ากันซึ่งรวมแล้วจะมี I/O จำนวน 33 บิต

1) การจัดสรรพื้นที่หน่วยความจำ และรีจิสเตอร์ต่างๆ

การจัดหน่วยความจำของ PIC 16F877 นี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ หน่วยความจำโปรแกรม หน่วยความจำข้อมูล (RAM) และหน่วยความจำข้อมูลที่เป็น EEPROM ซึ่งเราจะมาดูในแต่ละส่วนดังนี้

1.1) หน่วยความจำโปรแกรม

PIC 16F877 นี้มี Program Counter ขนาด 13 บิต ซึ่งสามารถอ้างถึงตำแหน่งข้อมูลได้ถึง 8 กิโลเวิร์ด โดยจะมีตำแหน่งรีเซตเวกเตอร์ (Reset Vector) ที่ 0000h และอินเทอร์รัพต์เวกเตอร์ (Interrupt Vector) ที่ 0004h ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมจึงควรสงวนพื้นที่ส่วนนี้ไว้สำหรับการใช้งานอินเทอร์รัพต์ จากรูปด้านล่างจะเห็นว่าพื้นที่ของสแตค (Stack) 8 ระดับ และหน่วยความจำโปรแกรมแบ่งออกเป็น 4 เฟจ (Page) (8 กิโลเวิร์ด) ซึ่งพื้นที่ในส่วนนี้มีไว้สำหรับเก็บข้อมูลคำสั่งทั้งหมดโดยโครงสร้างจะเป็นแบบแฟลช (Flash memory) ทำให้ลบและเขียนใหม่ได้หลายครั้ง แสดงดังภาพที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างหน่วยความจำของ PIC16F877

1.2) หน่วยความจำข้อมูล

ใน PIC 16F877 นี้หน่วยความจำข้อมูลจะแบ่งออกเป็นพื้นที่ของ RAM หน่วยความจำใช้งานทั่วไป (General Purpose Register) ขนาด 368 Bytes และพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special Function Register) ในการจัดวางพื้นที่ที่จะแบ่งออกเป็น 4 แบนค์ ตั้งแต่แอดเดรส 00h ถึง 1FFh แสดงดังภาพที่ 2.4

ตารางที่ 2.2 ตารางกำหนดค่าในรีจิสเตอร์

RP1	RP0	Blank Select
0	0	Blank0 : 00h-7Fh
0	1	Blank1 : 80h-FFh
1	0	Blank2 : 100h-17Fh
1	1	Blank3 : 180h-1FFh

1.3) หน่วยความจำข้อมูล EEPROM

PIC 16F877 มีหน่วยความจำแบบ EEPROM จำนวน 256 ไบต์ โดยสามารถอ่านและเขียนในขณะที่ทำงานปกติได้แต่ต้องไม่มีการ Enable Code protect bit โดยการเข้าถึงนั้นจะต้องทำผ่านรีจิสเตอร์พิเศษ (Special Function Register) ซึ่งต้องใช้ถึง 4 ตัว ดังนี้

EECON1 : ควบคุมการเข้าถึงหน่วยความจำ

EECON2 : จัดลำดับการเขียนข้อมูล

EEDATA : เป็นบัฟเฟอร์ใช้เก็บข้อมูล 8 บิต สำหรับการอ่านและเขียน

EEADR : รีจิสเตอร์ที่เก็บแอดเดรส 00h-FFh

2) รีจิสเตอร์ที่สำคัญต่างๆ ของ PIC 16F877 รีจิสเตอร์จัดได้ว่าเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาโปรแกรมเป็นอย่างมาก ซึ่งใน PIC 16F877 นี้มีรีจิสเตอร์ต่างๆ มากมาย เราจะมาดูเฉพาะรีจิสเตอร์ที่ใช้งานหลักๆ ดังนี้

2.1) รีจิสเตอร์ STATUS เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลสถานะ การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ไม่ว่าจะเป็นแฟลคสถานะต่างๆ ที่ใช้ออกผลลัพธ์การทำงานของส่วนต่างๆ เช่น การคำนวณทางคณิตศาสตร์ การเลือกแบ่งกข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละบิต แสดงดังภาพที่

2.5

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-1	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x
IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C
bit 7							bit 0

รูปที่ 2.5 สถานะการทำงานรีจิสเตอร์

1. IRPO (Indirect Register Blank Select bit – บิต 7) ใช้เลือกแบงก์ในหน่วยความจำชนิด RAM ในกรณีที่ใช้องค์การอ้างถึงข้อมูลแบบทางอ้อม (indirect addressing mode)

“0” เลือกแบงก์ 0 และ 1

“1” เลือกแบงก์ 2 และ 3

2. RP1, RP0 (Register Bank Select) ใช้เลือกแบงก์ของหน่วยความจำข้อมูลแรม และรีจิสเตอร์ไฟล์เมื่อเป็นการเข้าถึงข้อมูลแบบโดยตรง (direct addressing mode)

“00” เลือกแบงก์ 0

“01” เลือกแบงก์ 1

“10” เลือกแบงก์ 2

“11” เลือกแบงก์ 3

3. TO (Time-out bit) เป็นบิตที่แสดงการเกิดไทม์เอาต์ของวอตช์ด็อก ไทเมอร์ แอคทีฟฟลอจิก “0”

4. PD (Power-down) บิตแสดงการทำงานในโหมดสลีป (Sleep mode) คือเมื่อเข้าสู่ Sleep mode บิตนี้จะกลายเป็น “0”

5. Z (Zero bit) เป็นบิตแสดงสถานการณ์ทำงานทางคณิตศาสตร์

“0” เมื่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ลอจิกไม่เป็นศูนย์

“1” เมื่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ลอจิกเป็นศูนย์

6. DC (Digit carry/borrow) เป็นบิตทดหรือยืมระหว่างหลัก

“0” เมื่อไม่เกิดการทดจากบิต 3 ไปบิต 4 หรือ หากเกิดการยืมจากบิต 4 มาบิต 3

“1” เมื่อเกิดการทดจากบิต 3 ไปบิต 4 หรือ หากไม่เกิดการยืมจากบิต 4 มาบิต 3

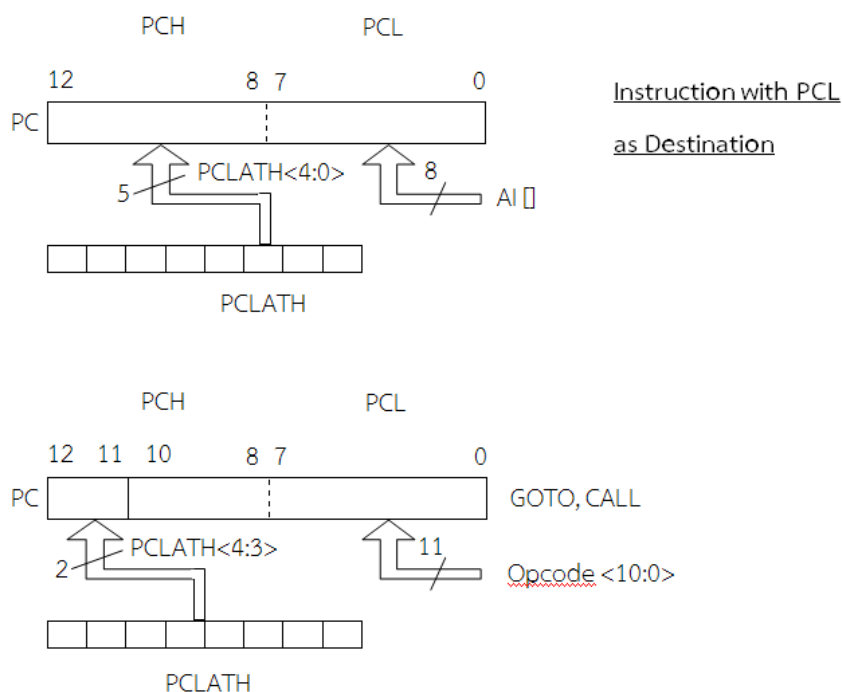
7. C (Carry/borrow) บิตทดหรือยืม ใช้แสดงสถานะการทดหรือการยืมทางคณิตศาสตร์

“0” เมื่อไม่มีการทดบิต 7(MSB) หรือ เกิดการยืมจากบิต 7 (MSB)

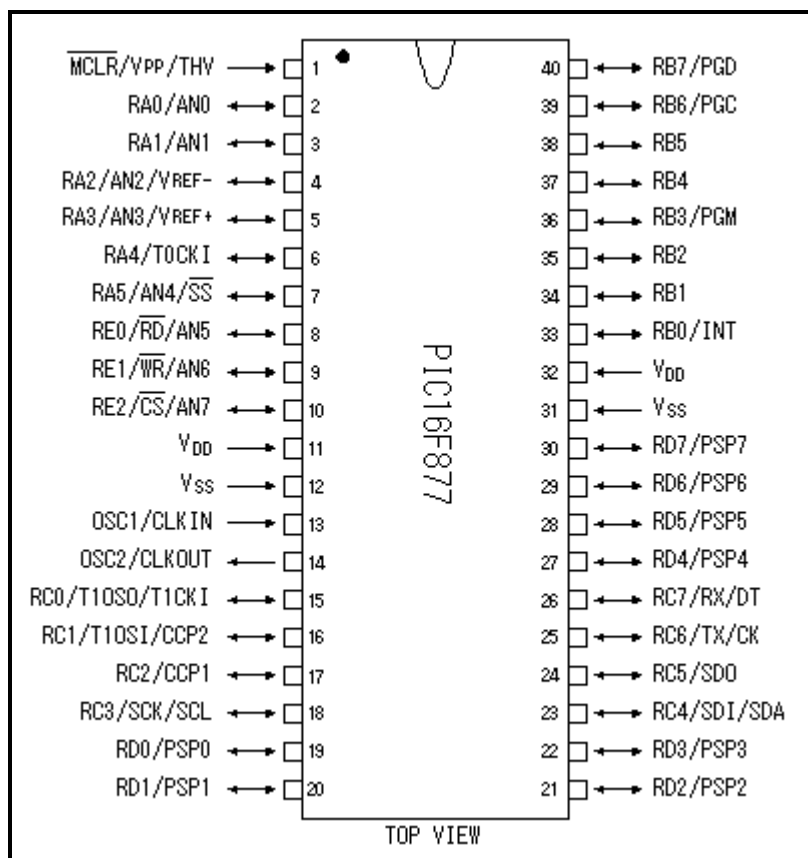
“1” เมื่อมีการทดบิต 7(MSB) หรือ ไม่เกิดการยืมจากบิต 7 (MSB)

2.2) รีจิสเตอร์ W (Working register) เป็นรีจิสเตอร์ที่มีความสำคัญมากที่สุดตัวหนึ่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ซึ่งรีจิสเตอร์ W เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต จะทำหน้าที่เหมือนเป็นรีจิสเตอร์ แอ็กคิวมูเลเตอร์ ในการทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์หรือการโอนย้ายข้อมูลจะต้องผ่านรีจิสเตอร์ W ทั้งสิ้น

2.3) โปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC) เป็นรีจิสเตอร์ที่สำคัญอีกตัวหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่เก็บตำแหน่งแอดเดรสที่จะให้ CPU ไปทำงานโดยรีจิสเตอร์ PC ของ PIC 16F877 จะมีขนาด 13 บิต โดย 8 บิตล่าง $PC<7:0>$ จะอยู่ที่รีจิสเตอร์ PCL สามารถอ่านและเขียนได้เหมือนรีจิสเตอร์ทั่วไป ส่วน $PC<12:8>$ จะไม่สามารถเข้าถึงได้ตามปกติ การเข้าถึงจะกระทำผ่านรีจิสเตอร์ $PCLATH<4:0>$ และเมื่อเกิดการรีเซต PCLATH จะเคลียร์สถานะเป็น “0” ในการใช้คำสั่งในการกระโดด เช่น CALL หรือ GOTO จะเป็นการนำค่าแอดเดรสมาใส่ในรีจิสเตอร์ $PC<10:0>$ เพียง 11 บิต เท่านั้น ส่วน $PC<12:11>$ จะไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้การใช้คำสั่ง CALL หรือ GOTO ไปได้ไกลเพียง 2 Kwords (2048 ตำแหน่ง) แต่หน่วยความจำทั้งหมดมี 8 กิโลเวิร์ด (K words) แบ่งเป็น 4 เฟจ (Page) ฉะนั้นในการกระโดดข้ามเฟจ (Page) จะต้องมีการกำหนดค่าให้กับ $PC<12:11>$ ด้วยโดยผ่านทางรีจิสเตอร์ PCLATH แสดงดังภาพที่ 2.6



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของรีจิสเตอร์ PIC



รูปที่ 2.7 การจัดวางตำแหน่งของขาสัญญาณต่างของ PIC 16F877

จากภาพที่ 2.7 ขาสัญญาณของ PIC เบอร์ 16F877 นี้จะมีทั้งหมด 40 ขา ประกอบไปด้วยขาที่ทำหน้าที่ต่างๆ โดยจะมีขาสัญญาณ I/O Ports ทั้งหมดจำนวน 33 ขา โดยสามารถนำไปใช้เป็นอินพุต/เอาต์พุตได้ทั้งหมดทุกขา ยกเว้นขา RA4 ซึ่งโครงสร้างภายในเป็นแบบโอเพ่น เดรน (Open Drain) ดังนั้นหากต้องการนำไปใช้เป็นขาสัญญาณเอาต์พุต จะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัพ (Pull-up) ไว้ด้วย ส่วนขาที่เหลือสามารถใช้งานได้ตามปกติ นอกจากขาสัญญาณ I/O แล้ว ยังประกอบไปด้วยขาสัญญาณอื่นๆ คือ ขาไปเลี้ยง กราวด์ ขารีเซ็ต และขาออสซิลเลเตอร์ซึ่งสามารถสรุปหน้าที่การทำงานขาสัญญาณในแต่ละขาได้ดังตารางที่ 2-2 (วัชรินทร์, 2546)

ตารางที่ 2.3 สรุปการทำงานของขาพอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877

ขาสัญญาณ	ตำแหน่งขา	ชนิดของขา	ชนิดบัฟเฟอร์	รายละเอียดการทำงาน
OSC1/CLKIN	9(13)	I	ST/CMOS	ขาสัญญาณอินพุตสัญญาณนาฬิกา
OSC2/CLKOUT	10(14)	O	-	เป็นขาเอาต์พุตของสัญญาณนาฬิกา (1/4 ของ CLKIN) ใช้ต่อร่วมกับสัญญาณ OSC1 เพื่อกำหนดสัญญาณนาฬิกาในกรณีที่ใช้คริสตอลแบบเรโซเนเตอร์ หรือ วงจร RC ภายนอก
MCLR/VPP	1	I/P	ST	ขาสัญญาณรีเซ็ตแอกทีฟ “0” ขา รับแรงดันสำหรับการโปรแกรม
ขาพอร์ต A เป็นขาพอร์ต 2 ทิศทาง				
RA0/AN0	2	I/O	TTL	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาอินพุตสัญญาณอนาล็อก AN0
RA1/AN1	3	I/O	TTL	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาอินพุตสัญญาณอนาล็อก AN1
RA2/AN2/VREF CVREF	4	I/O	TTL	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาอินพุตสัญญาณอนาล็อก AN2 และขาสัญญาณแรงดันอ้างอิงลบ
RA3/AN3/VREF	5	I/O	TTL	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาอินพุตสัญญาณอนาล็อก AN2 และขาสัญญาณแรงดันอ้างอิงบวก
RA4/TOCK1	6	I/O	TTL	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาอินพุตสัญญาณนาฬิกาของไทม์เมอร์ 0
RA5/SS/AN4	7	I/O	TTL	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาอินพุตสัญญาณอนาล็อก AN4 และขาสัญญาณ Slave Select ในโหมด Synchronous Serial Port
ขาพอร์ต B เป็นขาพอร์ต 2 ทิศทาง				
RB0/INT	21(33)	I/O	TTL/ST	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาอินพุตสัญญาณอินเตอร์รัพท์

ขาสัญญาณ	ตำแหน่งขา	ชนิดของขา	ชนิดบัฟเฟอร์	รายละเอียดการทำงาน
				ภายนอก
RB1	22(34)	I/O	TTL	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RB2	23(35)	I/O	TTL	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RB3/LVP	24(36)	I/O	TTL	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณการโปรแกรมแบบ แรงดันต่ำ
RB4	25(37)	I/O	TTL	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากการ เปลี่ยนแปลงสถานะของ ขาสัญญาณ
RB5	26(38)	I/O	TTL	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากการ เปลี่ยนแปลงสถานะของ ขาสัญญาณ
RB6/PGC	27(39)	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากการ เปลี่ยนแปลงสถานะของ ขาสัญญาณ และเป็นขาสัญญาณ นาฬิกาในโหมดการโปรแกรม
RB7PGD	28(40)	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากการ เปลี่ยนแปลงสถานะของ ขาสัญญาณ และเป็นขาสัญญาณ นาฬิกาในโหมดการโปรแกรม
ขาพอร์ต C เป็นขาพอร์ต 2 ทิศทาง				
RC0/T1OSO/ T1CKI	11(15)	I/O	ST	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณออสซิลเลเตอร์ เอาต์พุต และขาอินพุตสัญญาณ นาฬิกาของไทม์เมอร์ 1
RC1T1OSI	12(16)	I/O	ST	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณออสซิลเลเตอร์ไทม์

ขาสัญญาณ	ตำแหน่งขา	ชนิดของขา	ชนิดบัฟเฟอร์	รายละเอียดการทำงาน
				เมอร์ 1 และเป็นขาสัญญาณ Capture 2 input/Compare 2 output/PWM 2 output
RC2/CCP1	13(17)	I/O	ST	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต และเป็นขาสัญญาณ Capture 1 input/Compare 1 output/PWM 2 output
RC3/SCK/SCL	14(18)	I/O	ST	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาอินพุตสัญญาณนาฬิกาในการสื่อสาร Synchronous, ขาสัญญาณนาฬิกาในโหมด I ² C และ SPI
RC4/SDI/SDA	15(23)	I/O	ST	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาอินพุตสัญญาณข้อมูลในโหมด SPI, ขาอินพุตสัญญาณข้อมูลในโหมด I ² C
RC5/SDO	16(24)	I/O	ST	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาเอาต์พุตสัญญาณข้อมูลในโหมด SPI
RC6/TxD	17(25)	I/O	ST	
RC7/RxD	18(26)	I/O	ST	
ขาพอร์ต D เป็นขาพอร์ต 2 ทิศทาง				
RD0/PSP0	19	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RD1/PSP1	20	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RD2/PSP2	21	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RD3/PSP3	22	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RD4/PSP4	27	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RD5/PSP5	28	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RD6/PSP6	29	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
RD7/PSP7	30	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต
ขาพอร์ต E เป็นขาพอร์ต 2 ทิศทาง				

ขาสัญญาณ	ตำแหน่งขา	ชนิดของขา	ชนิดบัฟเฟอร์	รายละเอียดการทำงาน
RE0/AN5/RD	8	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณควบคุมการอ่านในโหมด Parallel Slave Port และเป็นขาสัญญาณอินพุตสัญญาณอนาล็อก AN5
RE1/AN6/WR	9	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณควบคุมการเขียนในการติดต่อแบบ Parallel Slave Port และเป็นขาสัญญาณอินพุตสัญญาณอนาล็อก AN6
RE2/AN7/CS	10	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต, ขาสัญญาณควบคุม Control Select ในการติดต่อแบบ Parallel Slave Port และเป็นขาสัญญาณอินพุตสัญญาณอนาล็อก AN7
ขาต่อไฟเลี้ยง				
V _{DD}	20(11, 32)	P	-	ขาสัญญาณกราวด์
V _{SS}	8,19(12,31)	P	-	ขาแรงดันไฟเลี้ยง
I = อินพุต O = เอาต์พุต I/O = อินพุต/เอาต์พุต P = POWER - = ไม่ใช้ TTL = ระดับสัญญาณ TTL ST = วงจรชนิดต์ทริกเกอร์ อินพุต หมายเหตุ (1) อินพุตของวงจรบัฟเฟอร์จะเป็นแบบชนิดต์ทริกเกอร์ เมื่อมีการใช้งานอินเทอร์รัปจากภายนอก (2) อินพุตของวงจรบัฟเฟอร์จะเป็นแบบชนิดต์ทริกเกอร์ เมื่อทำงานในโหมดโปรแกรมข้อมูล (3) อินพุตของวงจรบัฟเฟอร์จะเป็นแบบชนิดต์ทริกเกอร์ เมื่อกำหนดให้ทำงานเป็นขาพอร์ตปกติ และแบบ ทีทีแอลเมื่อกำหนดให้ทำงานเป็นส่วนขยายพอร์ตขนาน (PSP) สำหรับเชื่อมต่อกับระบบไมโครโปรเซสเซอร์อื่น (4) สำหรับ PIC16F874/877 อินพุตของวงจรบัฟเฟอร์จะเป็นแบบชนิดต์ทริกเกอร์ เมื่อกำหนดให้ทำงานในโหมด RC และเป็นซิมอสเมื่อทำงานในโหมดอื่น				

2.4.5 การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมบน Microcontroller (MCU) แบ่งได้เช่นเดียวกับการเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์คือภาษาระดับสูง และภาษาระดับต่ำ ภาษาระดับสูง เช่น C, Basic ข้อดีคือเขียนง่าย แก้ไขเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมได้ง่าย ส่วนข้อเสียก็คือการทำงานจะช้า ขนาดโปรแกรมที่เขียนมีขนาดใหญ่

ภาษาระดับต่ำ เช่น ภาษาแอสเซมบลี (Assembly) ข้อดีคือ ตัวคอมไพเลอร์ (compiler) ขนาดของโปรแกรมหลังจากคอมไพล์ (compiled) แล้วมีขนาดเล็ก โปรแกรมมีความเร็ว แต่ข้อเสียก็คือเขียนได้ยาก เพราะลักษณะภาษาไม่ค่อยสื่อความหมาย การแก้ไขเปลี่ยนแปลงยาก รูปแบบ การเขียนโปรแกรม เขียนด้วยภาษาแอสเซมบลี (Assembly) เป็นแบบไฟล์เดียว หลังจากนั้นก็ทำการคอมไพล์ (Compile) ด้วยแอสเซมเบลอ (Assembler) ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ในส่วนผู้ผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่เก็บค่าลิขสิทธิ์ สำหรับแอสเซมเบลอ (Assembler) ของไมโครชิพ (Microchip) ก็คือ MPASM โดยไฟล์ที่ได้มาจะได้หลายชนิดแต่ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ Hex file ใช้ภาษาแอสเซมบลี (Assembly) เช่นกัน แต่แบ่งเป็นหลายๆ ไฟล์ แล้วคอมไพล์ (Compile) แต่ละไฟล์ให้ออกมาเป็นออบเจกต์ไฟล์ (Object files) และทำการรวมกันด้วยลิงก์เกอร์ (Linker) ในขณะที่ทำการลิงก์ (link) ก็จะมีสคริปต์ไฟล์ (script file) ของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นั้นๆ ประกอบหลังจากทำการลิงก์ (Link) เสร็จจะได้ Hex file ออกมา

ภาษาระดับสูง เช่น ภาษาระดับสูงที่ใช้อาจจะเป็นภาษาซี ภาษาเบสิก ฯลฯ ซึ่งอาจจะเขียนร่วมกับภาษาแอสเซมบลี (Assembly) โดยไฟล์ที่เขียนจะถูกทำให้กลายเป็นออบเจกต์ไฟล์ (Object files) โดยแอสเซมเบลอ (Assembler) สำหรับภาษาแอสเซมบลี และคอมไพล์ โดยคอมไพล์ (Compile) สำหรับภาษาสูง จากนั้นก็ทำการลิงก์ (Link) เข้าด้วยกันด้วยลิงก์เกอร์ (Linker) ซึ่งขณะทำการลิงก์ (Link) ก็จะมีการรวมเอาไลบรารี (Library) ที่ถูกเรียกใช้ในโปรแกรมเข้าไปรวมด้วยกัน สุดท้ายก็จะได้มาเป็น Hex file หลังจากได้ Hex file มาแล้ว ก็จะทำการเขียนโปรแกรมเข้าสู่ชิพ (chip) ด้วยตัวโปรแกรมเมอร์ ส่วนใหญ่จะมีรูปแบบคือ มีซอฟต์แวร์ (Software) บนคอมพิวเตอร์ สำหรับใช้ในการควบคุมการอ่าน เขียน หรือลบ โดยส่วนใหญ่จะเชื่อมต่อไปยังเครื่องโปรแกรมเมอร์ (programmer) ด้วยพอร์ตอนุกรม (serial port) หรือพอร์ตขนาน (parallel) เมื่อเขียนโปรแกรมลงชิพ (chip) ได้แล้ว ก็พร้อมที่จะนำไปทดสอบการทำงานต่อไป (กฤษดา, ญัฐพล และ ชัยวัฒน์, 2521 : 24-26)

2.5 โมดูล TRW-2.4 GHz

2.5.1 คุณสมบัติของโมดูล TRW-2.4 GHz

- 1) ย่านความถี่ (Frequency Range) : 2.4 ~ 2.524 GHz ISM Band
- 2) สลับแบบ GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)
- 3) สามารถตั้งช่องความถี่ใช้งานด้วยโปรแกรมได้ถึง 125 ช่องสัญญาณ ใช้เวลาในการเปลี่ยนช่องสัญญาณมากกว่า 0.2 mS
- 4) รองรับฟรีคววนซี ฮอปปีง (Frequency Hopping)
- 5) ทำงานที่แรงดัน 1.9-3.6 V
- 6) กำลังส่ง +4 dBm
- 7) อัตราการส่งข้อมูล 1 Mbps, 250 Kbps
- 8) มีขนาด กว้าง 20 mm ยาว 36.7 mm สูง 2.4 mm
- 9) ระยะทาง 280 m (250 Kbps), 150 (1 Mbps)
- 10) เสืออากาศในตัว

ตารางที่ 2.4 ฟังก์ชันการทำงานแต่ละขาของ TRW-2.4GHz

Pin	Name	Pin Function	Description
1	GND	POWER	Ground (0V)
2	CE	Input	Chip Enable Activates RX or TX mode
3	CLK2	I/O	Clock Output/Input for RX data channel 2
4	CS	Input	Chip Select Activates Configuration mode
5	CLK1	I/O	Clock Input (TX) & I/O (RX) for data channel 1 3-Wire Interface
6	DATA	I/O	RX data channel 1 / TX data Input 3-Wire Interface
7	DR1	Output	RX data ready at data channel 1 (ShockBurst only)
8	DOUT2	Output	RX data channel 2
9	Dr2	Output	RX data ready at data channel 2 (Shock Burst only)
10	VCC	POWER	Power Supply (+3V DC)

จากตารางที่ 2.3 แสดงโหมดแอคทีฟ (Active) (RX/TX) คือ โหมดของการรับ-ส่ง ข้อมูลเวลาจะทำการรับส่งข้อมูลจะต้องทำการเซตค่า CE ให้เป็น 1 หรือว่าสูง (High) ชะก่อนและ เซตค่า CS ให้เป็น 0 หรือต่ำ (Low) โดยใน 6 โหมดนี้จะมีโหมดย่อยให้ใช้งานอีก คือ โหมดชอคบรัสต์ (ShockBurst) และโหมดไคเร็ค (Direct)

โหมดการตั้งค่า (Configuration) คือ โหมดการตั้งค่าเริ่มต้นใช้ก่อนการทำงาน เวลาจะทำการตั้งค่าใช้งานต้องทำการเซตค่า CE ให้เป็น 0 หรือว่า Low ซะก่อนและเซตค่า CS ให้เป็น 1 หรือ High

โหมดเตรียมพร้อม (Stand by) เตรียมพร้อมหรือการรอการทำงานให้เซตค่า CE และ CS ให้เป็น 0 หรือให้อยู่ในสภาวะ Low ดังแสดงในตารางที่ 2-4 (ัญจุพล และชัยวัฒน์, 2521 : 127)

ตารางที่ 2.5 การตั้งค่าโหมดการทำงาน

Mode	CE	CS
Active (RX/TX)	1	0
Configuration	0	1
Stand by	0	0

2.5.2 การตั้งค่าใช้งาน

ในการตั้งค่าใช้งานเริ่มต้นของโมดูล TRW-2.4 GHz นั้นต้องกำหนดข้อมูล 144 บิต ให้กับตัวโมดูล รายละเอียดที่ต้องทำการตั้งค่านั้นมีอยู่ 15 ส่วน และหน้าที่การทำงานของแต่ละส่วนมีดังนี้

TEST จำนวน 24 บิต ที่ตำแหน่งบิตที่ 143-120 เป็นส่วนแรกของการตั้งค่า คือ เป็นส่วนที่ส่ง MSB ของแพ็คเกจออกไป

DATA2_W จำนวน 8 บิต ที่ตำแหน่งบิตที่ 119-112 เป็นส่วนที่กำหนดความยาวของข้อมูลที่จะทำการรับ-ส่งของ channel 2

DATA1_W จำนวน 8 บิต ที่ตำแหน่งบิตที่ 111-104 เป็นส่วนที่กำหนดความยาวของข้อมูลที่จะทำการรับ-ส่งของ channel 1

ADDR2 จำนวน 40 บิต ที่ตำแหน่งบิตที่ 103-64 เป็นส่วนที่กำหนด Address ของฝั่งรับ และ Address ที่ต้องการส่งของฝั่งส่งของ channel 2

ADDR1 จำนวน 40 บิต ที่ตำแหน่งบิตที่ 63-24 เป็นส่วนที่กำหนด Address ของฝั่งรับ และ Address ที่ต้องการส่งของฝั่งส่งของ channel 1

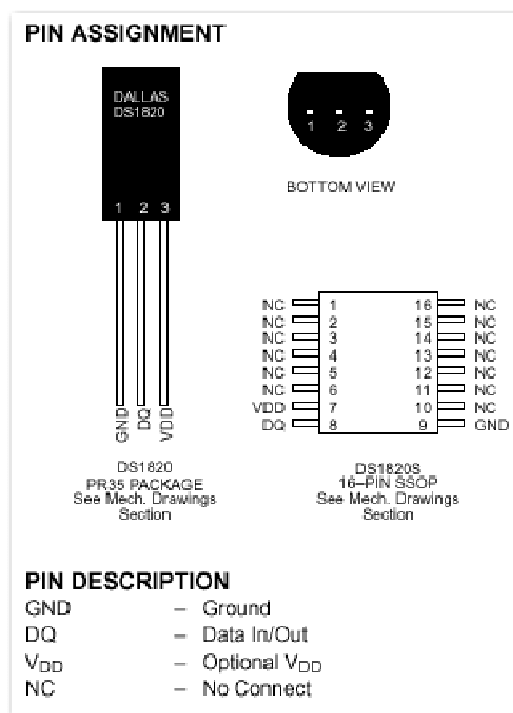
ADDR_W จำนวน 6 บิต ที่ตำแหน่งบิตที่ 23-18 เป็นเลขที่ส่งวนไว้เพื่อ Address ของฝั่งรับ

- CRC_L จำนวน 1 บิต ที่ตำแหน่งบิตที่ 17 เป็นการกำหนดว่าจะใช้ CRC-8 หรือ CRC-16
- CRC_EN จำนวน 1 บิต ที่ตำแหน่งบิตที่ 16 เป็นการกำหนดว่าจะเช็ค CRC หรือไม่
- RX2_EN จำนวน 1 บิต ที่ตำแหน่งบิตที่ 15 เป็นส่วนที่จะเลือกว่าจะรับ 1 channel หรือ 2 channel
- CM จำนวน 1 บิต ที่ตำแหน่งบิตที่ 14 เป็นส่วนที่เลือกว่าจะใช้โหมด Direct หรือ โหมด Shock Burst
- RFDR_SB จำนวน 1 บิต ที่ตำแหน่งบิตที่ 13 เป็นส่วนกำหนดความเร็วในการส่ง ซึ่งจะมีให้เลือก 2 อย่างคือ 250 kbps และ 1 Mbps
- XO_F จำนวน 3 บิต ที่ตำแหน่งบิตที่ 12-10 เป็นส่วนตั้งความถี่ของ Crystal
- BF_PWR จำนวน 2 บิต ที่ตำแหน่งบิตที่ 9-8 เป็นส่วนกำหนดกำลังส่ง
- RF_CH จำนวน 7 บิต ที่ตำแหน่งบิตที่ 7-1 เป็นส่วนกำหนดช่องสัญญาณ
- RXEN จำนวน 1 บิต ที่ตำแหน่งบิตที่ 0 เป็นส่วนที่กำหนดว่าจะส่งหรือรับ

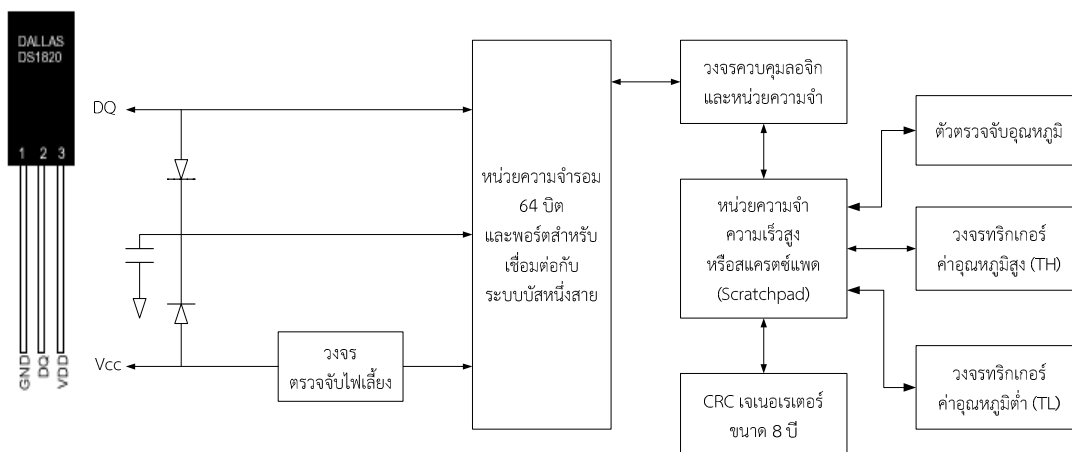
2.6 เซนเซอร์ DS1820

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อผ่านระบบบัส 1 สาย ที่ได้รับความนิยมสูง DS1820 เป็นไอซีตรวจจับระดับน้ำที่มีขาต่อใช้งานเพียง 3 ขา คือ DQ ซึ่งเป็นขาเชื่อมต่อกับระบบบัส ขาต่อไฟเลี้ยงภายนอก และขากราวด์ ดังแสดงการจัดขาของไอซี DS1820 ดังภาพที่ 2-10 และโครงสร้างการทำงานภายในของไอซี DS1820 ดังภาพที่ 2-11

หัวใจสำคัญอยู่ที่ตัวตรวจจับระดับน้ำและหน่วยความจำความเร็วสูงที่เรียกว่า สแครชแพด (Scratchpad) ซึ่งมีขนาด 9 ไบต์ มีการจัดสรรหน่วยความจำส่วนนี้ดังภาพที่ 2-12



รูปที่ 2.8 ลักษณะการจัดขาของไอซีตรวจจับระดับน้ำ DS1820



รูปที่ 2.9 ลักษณะโครงสร้างการทำงานภายในของไอซีตรวจจับระดับน้ำ DS1820

	ไบต์
ข้อมูลอุณหภูมิไบต์ต่ำ (TL)	0
ข้อมูลอุณหภูมิไบต์สูง	1
ข้อมูลค่าอุณหภูมิสูง (TL)	2
ข้อมูลค่าอุณหภูมิต่ำ (TL)	3
สำรองไว้	4
สำรองไว้	5
รีจิสเตอร์เก็บค่าการนับ	6
รีจิสเตอร์เก็บค่าการนับต่อ °C	7
CRC	8

รูปที่ 2.10 การจัดสรรพื้นที่ของสแควร์แพดใน DS1820

จากภาพที่ 2-12 เมื่อ DS1820 วัดระดับน้ำได้จะนำค่าที่วัดได้นี้เก็บไว้ในสแควร์แพดที่ไบต์ 0 และ 1 ทั้งนี้เนื่องจากไอซี DS1820 สามารถให้ข้อมูลของระดับน้ำได้ละเอียดถึง 16 บิต เมื่อนำมาแปลงเป็นข้อมูลเลขฐานสิบจึงสามารถแสดงความละเอียดของระดับน้ำได้ถึง 0.5 องศาเซลเซียส และ 0.9 องศาฟาเรนไฮต์ โดยมีย่านวัดระดับน้ำ -55 ถึง +125 องศาเซลเซียส หรือ -67 ถึง +257 องศาฟาเรนไฮต์ โดยค่าขององศาฟาเรนไฮต์ต้องใช้การแปลงหน่วยช่วย DS1820 ใช้เวลาในการแปลงค่าระดับน้ำเป็นข้อมูลดิจิทัลประมาณ 200 มิลลิวินาที สามารถกำหนดขอบเขตของระดับน้ำที่วัดได้ และให้แจ้งเตือนเมื่อค่าระดับน้ำสูงหรือต่ำถึงค่าที่กำหนด โดยค่าระดับน้ำที่กำหนดนี้จะเก็บไว้ในสแควร์แพดในไบต์ที่ 2 และ 3

คำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของ DS1820 ในการติดต่อกับไอซี DS1820 จะมีคำสั่งที่ต้องส่งให้แก่ DS1820 เพื่อกำหนดรูปแบบของการทำงาน คำสั่งที่ไ่ม่มากที่สุดมีด้วยกัน 3 คำสั่งดังนี้

1. คำสั่งไม่ติดต่อกับหน่วยความจำรอม หรือสคิปรอม (Skip ROM) เนื่องจากในการใช้งาน DS1820 โดยปกติแล้วจะมี DS1820 อยู่บนสายสัญญาณเพียงตัวเดียว ไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลกำหนดแอดเดรส ดังนั้น จึงไม่ต้องติดต่อกับหน่วยความจำรอมเพื่ออ่านข้อมูล ข้อมูลของคำสั่งสคิปรอมที่ต้องส่งให้ DS1820 คือ 0xCC

2. คำสั่งแปลงระดับน้ำ (Convert T) มีค่าเท่ากับ 0x44 เมื่อส่งคำสั่งให้ DS1820 จะต้องวนลูปอย่างน้อย 200 มิลลิวินาที เพื่อให้ DS1820 ใช้เวลานี้ในการแปลงค่าของระดับน้ำเป็นข้อมูลดิจิทัลมาเก็บไว้ในสแครชแพด

3. คำสั่งอ่านข้อมูลจากสแครชแพด (Read Scratchpad) มีค่าเท่ากับ 0xBE เมื่อส่งคำสั่งนี้ DS1820 จะทยอยส่งข้อมูลค่าระดับน้ำออกมาทั้งหมด 9 ไบต์แสดงดังตารางที่ 2-5 (ณัฐพล และ ชัยวัฒน์, 2521 : 127-130)

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างคำสั่งที่ใช้กับเซนเซอร์ DS1820

ขั้นตอนที่	การทำงานของอุปกรณ์มาสเตอร์	ข้อมูลหรือสถานะ	รายละเอียด
1	ตัวส่ง	รีเซต	สร้างสัญญาณรีเซต
2	ตัวรับ	ตอบรับ	รอการตอบรับจาก DS1820
3	ตัวส่ง	\$CC	คำสั่ง Skip ROM
4	ตัวส่ง	\$44	คำสั่งแปลงระดับน้ำ (Convert T)
5	ตัวรับ	ข้อมูล 1 ไบต์	อ่านแฟล็ก Busy 8 ครั้ง
6	ตัวส่ง	รีเซต	สร้างสัญญาณรีเซต
7	ตัวรับ	ตอบรับ	รอการตอบรับจาก DS1820
8	ตัวส่ง	\$CC	คำสั่ง Skip ROM
9	ตัวส่ง	\$BE	คำสั่งอ่านค่าจากสแครชแพด
10	ตัวรับ	ข้อมูล 9 ไบต์	อ่านค่าของระดับน้ำจากสแครชแพด
11	ตัวส่ง	รีเซต	สร้างสัญญาณรีเซต
12	ตัวรับ	ตอบรับ	รอการตอบรับจาก DS1820
13			ทำการคำนวณค่าที่ได้จาก DS1820 เป็นเลขฐานสิบแล้วนำไปแสดงผลหรือใช้งานต่อไป

2.7 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

2.7.1 ไมโครซอฟต์วิซวลเบสิก (Visual Basic)

ไมโครซอฟต์วิซวลเบสิกเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่มีศักยภาพสูงและนับได้ว่าเป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาโปรแกรมบนวินโดวส์ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและเป็นเครื่องมือตัวแรกๆ ที่พัฒนาออกมาพร้อมๆ กับเครื่องมือสำหรับการพัฒนาโปรแกรมบนวินโดวส์อื่นๆ อีกหลายตัว แต่ส่วนใหญ่แล้วไม่ยืนยงเท่าวิซวลเบสิก อาจจะเป็นเพราะความง่ายต่อการใช้งาน มีความสามารถในหลายๆ ด้าน มีเครื่องมือและโปรแกรมสนับสนุนจำนวนมาก

1) การสร้างโปรแกรมประยุกต์ด้วย Visual Basic ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ

1.1) การสร้างอินเตอร์เฟซ โดยมีฟอร์มเป็น Object พื้นฐานและเป็นที่วางตัว Control สำหรับการติดต่อกับผู้ใช้

1.2) ตั้งค่าคุณสมบัติ เป็นการกำหนดพฤติกรรมและการทำงานให้กับ Object ต่างๆ

1.3) การเขียนคำสั่งการควบคุมการประมวลผลผ่าน Procedure ที่กำหนด

2) โครงสร้างของ Project ที่สร้างขึ้นด้วย Visual สามารถประกอบด้วยไฟล์และ Object ดังนี้

2.1) Form Modules (.frm) สามารถเก็บข้อความของฟอร์มตัว Control ที่มีการกำหนดค่าคุณสมบัติ และเก็บระดับการประกาศค่า ระดับฟอร์มของค่าคงที่ตัวแปร และ Procedure ภายนอก Event Procedure และ Procedure ทั่วไป

2.2) Class Modules (.cls) คล้ายกับ Form Module แต่แตกต่างที่จะไม่มีการรับทวนจากผู้ใช้ทั่วไปใน Class Module สามารถสร้าง Object ของผู้พัฒนาโปรแกรมรวมถึงคำสั่งเมทอด และคุณสมบัติ

2.3) Standard Modules (.cls) สามารถเก็บการประกาศค่า Public และระดับโมดูลของค่าคงที่ ประเภตัวแปร Procedure ภายนอกและ Public Procedure

2.4) Resource File (.res) เก็บไฟล์บิตแมป ข้อความ และข้อมูลอื่นที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยไม่ต้องแก้ไขคำสั่ง เช่น ผู้พัฒนาโปรแกรมวางแผนการสร้างโปรแกรมประยุกต์เป็นภาษาอื่น จะสามารถเก็บข้อความที่ติดต่อกับผู้ใช้และไฟล์บิตแมปใน Resource file แต่ Project สามารถมี Resource file เพียง 1 ไฟล์ต่อ Project

2.5) ActiveX Documents (.dob) คล้ายกับฟอร์มแสดงด้วย Internet Browser โดย Visual Basic ชุด Professional และ Enterprise สามารถสร้าง ActiveX Document

2.6) User Control และ Property Page Modules โดย UserControl (.ctl) และ Property Page (.pag) เป็นโมดูลที่คล้ายกับฟอร์มแต่ใช้ในการสร้างตัว Control ประเภท ActiveX และ Property Page ที่ใช้งานร่วมกัน

2.7) Components หมายถึง ไฟล์หรือโมดูลที่เพิ่มเข้าไปใน Project โดยจะเพิ่มเข้าไปใน Project ได้

2.8) ActiveX Control (.ocx) เป็นตัว Control เพิ่มเติมที่สามารถเพิ่มเข้าไปใน Toolbox และฟอร์ม เมื่อมีการติดตั้ง Visual Basic ไฟล์ที่เก็บตัว Control ของ Visual Basic จะได้รับการคัดลอกไปยังไดเรกทอรีร่วม (Windows/System) นอกจากนี้ตัว Control ประเภท ActiveX มีแหล่งที่กว้างขวาง และผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถสร้างตัว Control ของตัวเองได้ด้วย Visual Basic

2.9) Insertable Objects หมายถึง Component เช่น ไฟล์ Excel ที่สามารถสร้างขึ้นเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมในรูปแบบ Integrate Solutions โดยรูปแบบนี้สามารถเก็บข้อมูลที่มีฟอร์แมตที่แตกต่างกัน เช่น ไฟล์กระดาดทำการ (Excel) บิตแมป และข้อความ ซึ่งมาจากโปรแกรมประยุกต์ที่แตกต่างกัน

2.10) References เป็นการเพิ่มตัว Control ประเภท ActiveX ภายนอก มาใช้ในโปรแกรมประยุกต์ การอ้างอิงทำได้โดยไดอะล็อกของ Reference ซึ่งเข้าถึงด้วยเมนู Reference ในเมนู Project

2.11) ActiveX Designer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ Class ที่ต้องการ Object โดยการออกแบบการติดต่อสำหรับฟอร์มที่เป็น Designer เริ่มต้น ส่วน Designer เพิ่มเติมมีให้จากแหล่งอื่น

2.12) Standard Control เป็นตัว Control มาตรฐานที่ Visual Basic มีไว้ให้ เช่น ปุ่ม คำสั่ง Textbox, Combo Box, Label, Picture Box เป็นต้น (สุกชัย, 2547 : 11-13)

2.7.2 พิกเบสิกโปร คอมไพเลอร์ PIC BASIC PRO Compiler (หรือ PBP)

พิกเบสิกโปร คอมไพเลอร์ PIC BASIC PRO Compiler (หรือ PBP) เป็นภาษาคอมไพเลอร์จากการเขียนโปรแกรมในรูปแบบคำสั่งเหมือนภาษาเบสิก (BASIC) ทั่วไป เช่น ควิก เบสิก (Quick BASIC) หรือเทอร์โบ เบสิก (Turbo BASIC) ที่เรารู้จักมาก่อน PIC BASIC PRO คอมไพเลอร์ เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการแปลโปรแกรมภาษาเบสิกของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เป็นภาษาเครื่องหรือแมชีนโค้ด (machine code) ใช้งานแทนการเขียนโปรแกรมเป็นภาษา Assembly เพื่อนำไปเขียนลงในหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ภาษา PIC BASIC PRO

Compiler พัฒนามาเพื่อการเขียนโปรแกรมตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ของบริษัท Microchip ที่นิยมใช้งานกันแพร่หลายในเมืองไทย ได้แก่ เบอร์ 16F84/84A แบบ 18 ขา เบอร์ 16F873 แบบ 28 ขา และ 16F74/877 18F258/458 แบบ 40 ขา นอกจากนี้ยังมีเบอร์อื่นๆ อีกมาก ซึ่งทั้งหมดใช้เทคโนโลยีโครงสร้างของคำสั่งแบบ RISC (RISC : Reduce Instruction Set Computer) ซึ่งกระบวนการทำงานของ PIC BASIC PRO คอมไพเลอร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งแมชีนโค้ดมีดังนี้

1. นำโปรแกรมภาษาเบสิกมาแปลงเป็นภาษาแอสเซมบลี ได้ผลลัพธ์เป็นไฟล์ .asm
2. การแอสเซมเบลอร์โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี ได้ผลลัพธ์เป็นไฟล์ .hex

ดังนั้นส่วนประกอบที่สำคัญมากของ PIC BASIC PRO คอมไพเลอร์ คือ ส่วนแปลงภาษาเบสิกเป็นแอสเซมบลี โดยภายใน PIC BASIC PRO คอมไพเลอร์จะมีตัวแปลภาษาแอสเซมบลี 2 ตัว คือ PM (PICmicro Macro assembler) ซึ่งเป็นของ Microengineering Labs กับ MPASM ของ Microchip กระบวนการแปลหรือคอมไพล์จะดำเนินการไปในคราวเดียวกัน ตั้งแต่แปลภาษาเบสิกเป็นแอสเซมบลี และจากภาษาแอสเซมบลีเป็นแมชีนโค้ดได้ไฟล์ .hex เพื่อนำไปโปรแกรมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป (วัชรินทร์, 2547 : 12-15)

1) ซอฟต์แวร์สำหรับพัฒนาโปรแกรมภาษาเบสิกมีด้วยกัน 3 ตัว หลักๆ คือ

1.1) โปรแกรมแปลหรือคอมไพล์ภาษาเบสิกซึ่งในที่นี้คือ PIC BASIC PRO คอมไพเลอร์

1.2) ซอฟต์แวร์ช่วยในการเขียนโปรแกรม ไม่ว่าจะเป็นซอฟต์แวร์พื้นฐานอย่าง เทกซ์เอดิเตอร์ จำพวกโน้ตแพด (Notepad) หรือไมโครซอฟต์เวิร์ดหรืออาจเป็นซอฟต์แวร์ช่วยที่การจัดเตรียมสภาพแวดล้อมและเครื่องมือช่วยอย่างสมบูรณ์ในรูปแบบ IDE (Integrated Development Environment) เช่น ไมโครโค้ด สตูดิโอ (Microcode Studio)

1.3) ซอฟต์แวร์สำหรับโปรแกรมหรือเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์หรือโปรแกรมเมอร์ (Programmer) ซอฟต์แวร์ส่วนนี้จะสัมพันธ์กับเครื่องมือพัฒนาทางฮาร์ดแวร์ โดยซอฟต์แวร์ โปรแกรมเมอร์นี้จะนำไฟล์รหัสเลขฐานสิบหก หรือไฟล์ .hex ที่ได้จากการคอมไพล์ไปเขียนลงในหน่วยความจำโปรแกรม ซึ่งในที่นี้ใช้ซอฟต์แวร์ที่ชื่อ Miracle PIC โดยทำงานงานร่วมกับเครื่องโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น PX-17 หรือเครื่องโปรแกรมรุ่นอื่น ซึ่งพัฒนาโดยบริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด เชื่อมต่อการทำงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตขนาน

1.4) เครื่องโปรแกรมตัวชิพ (Programmer) ที่เป็นฮาร์ดแวร์

1.5) บอร์ดทดลอง (Experiment Board)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สนิท วงษา (2544) ได้ทำการศึกษาการพัฒนากระบวนการพยากรณ์และเตือนภัยน้ำหลากโดยแบบจำลองอย่างง่าย การศึกษาได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาสร้างระบบพยากรณ์และเตือนภัยล่วงหน้าสำหรับอุทกภัยเนื่องจากน้ำป่าไหลป่าแบบฉับพลัน โดยใช้ฟังก์ชันเก็บกักแบบไร้เชิงเส้น (Nonlinear Storage Function) ร่วมกับทฤษฎี Extended Kalman Filter ได้มีการอธิบายถึงลักษณะคุณสมบัติของฟังก์ชันเก็บกักแบบไร้เชิงเส้นเพื่อสร้างสมการความสัมพันธ์นำไปพยากรณ์อุทกวิทยาของน้ำหลากแบบฉับพลัน การแปลงสมการแบบไร้เชิงเส้นให้เป็นสมการแบบเชิงเส้น และขั้นตอนการประยุกต์ทฤษฎี Extended Kalman Filter เพื่อนำไปใช้สร้างระบบพยากรณ์และเตือนภัยล่วงหน้าที่สามารถทำนายปริมาณน้ำหลากที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้ล่วงหน้า 3 ชั่วโมง พร้อมทั้งได้แสดงผลการคำนวณและเปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจริงในสองลุ่มน้ำคือ ลุ่มน้ำ Abbetsu ประเทศญี่ปุ่น และลุ่มน้ำป่าสักเพื่อแสดงความสามารถในการนำเอาแบบจำลองไปประยุกต์ใช้

นลินี จานงค์พล (2547) ได้ทำการศึกษาการพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วมลุ่มน้ำเจ้าพระยาในปี พ.ศ.2546 โดยลุ่มน้ำเจ้าพระยาเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งเกิดจากลำน้ำปิง วัง ยม และน่าน ไหลมาบรรจบกันที่ จังหวัดนครสวรรค์ ตลอดทั้งสองฝั่งของลำน้ำเจ้าพระยาตอนบน และตอนล่างยังเป็นที่ตั้งของจังหวัดสำคัญต่างๆ ในฤดูฝนจึงมักจะมีปัญหาน้ำล้นฝั่งเข้าท่วมชุมชนอยู่เสมอ การคาดการณ์ระดับน้ำและการเตือนภัย ณ สถานที่สำคัญบนลุ่มน้ำจึงเป็นเรื่องสำคัญ การพยากรณ์และเตือนภัยลุ่มน้ำเจ้าพระยาได้แบ่งลุ่มน้ำออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน ประกอบด้วยสถานีที่พยากรณ์ทั้งหมด 3 สถานี คือ สถานี Y.4 (อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย) สถานี N.14A (อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์) และสถานี C.2 (อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์) และส่วนลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างพยากรณ์ทั้งหมด 3 สถานี คือ สถานี C.3 (อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี) สถานี C.22 (อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี) และสถานี C.4 (สะพานพุทธฯ กรุงเทพมหานคร) ซึ่งในการพยากรณ์ระดับน้ำได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมร่วมกับแบบจำลองพันธุกรรมพบว่าเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณ และข้อมูลระดับน้ำที่วัดได้จริงให้ค่าความแม่นยำค่อนข้างสูง

อรรษา วิสกุล และ สุทัศน์ วิสกุล (2547) ได้ทำการศึกษาการพยากรณ์ความเสี่ยงของการเกิดน้ำท่วมแบบออนไลน์โดยใช้ระบบข้อมูลอุทกวิทยาร่วมกับเรดาร์ การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายในการนำข้อมูลจากภาพถ่ายเรดาร์มาใช้ร่วมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน ที่กระจายทั่วกรุงเทพมหานคร เพื่อใช้ในการคำนวณและทำนายปริมาณน้ำฝนที่เวลาจริง ทั้งนี้เพื่อนำไปประเมินหาความเสี่ยงของการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ต่างๆของกรุงเทพมหานคร ข้อมูลปริมาณน้ำฝนทุกๆ 15 นาที จากสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติของกรุงเทพมหานครจำนวน 46 สถานี และภาพเรดาร์จากสถานี

เรดาร์ของกรมอุตุนิยมวิทยา ได้ถูกนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ และนำไปใช้ในการคำนวณลักษณะการกระจายของฝนในพื้นที่ต่างๆ จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากภาพเรดาร์และปริมาณฝนที่วัดได้จากสถานีน้ำฝน แสดงให้เห็นว่าจำเป็นต้องมีการปรับแก้ภาพเรดาร์ก่อนนำไปใช้ในการทำนายปริมาณน้ำฝนและประเมินความเสี่ยงจากการเกิดน้ำท่วม โดยค่าที่ปรับแก้ขึ้นกับพื้นที่และตำแหน่งที่ตั้งของสถานี ผลที่ได้จากการคำนวณการกระจายของฝนในพื้นที่ร่วมกับข้อมูลภาพเรดาร์ ทำให้สามารถพยากรณ์ความเสี่ยงของการเกิดน้ำท่วมในบริเวณพื้นที่ต่างๆ ของกรุงเทพมหานครได้ โดยใช้ความเข้มของฝนเป็นเกณฑ์ในการกำหนดความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วม

ยุพา ชิตทอง และคณะ (2547) ได้ทำการศึกษาการพยากรณ์น้ำท่วมโดยแบบจำลองพีชชีลอจิก การศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองพีชชีลอจิกเพื่อการพยากรณ์น้ำท่วมบริเวณ อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัยทั้งนี้เนื่องจากทฤษฎีพีชชีลอจิกใช้ภาษาธรรมชาติ และทำงานบนฟังก์ชันสมาชิก ซึ่งเหมาะกับงานที่มีการเก็บข้อมูลที่อาจจะมีข้อผิดพลาดหรือมีความไม่แน่นอน เช่น กรณีของข้อมูลระดับน้ำข้อมูลน้ำฝน เป็นต้น ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองพีชชีลอจิกสามารถใช้ได้ดีและมีประสิทธิภาพมากกว่า 90 % นอกจากนี้ การหากฎของพีชชีที่เหมาะสม มีความจำเป็นที่จะต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการทดสอบกฎด้วย

เทพชัย เสรีอำนาจ (2534) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองน้ำท่วมของชุมชนเมืองโดยคอมพิวเตอร์โดยการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับประเมินสภาพน้ำท่วมที่สามารถวางแผนป้องกันน้ำท่วม โดยพิจารณาข้อมูลที่เกี่ยวข้องมากขึ้น ซึ่งได้แก่ ข้อมูลน้ำฝน การใช้พื้นที่ ชนิดของดิน ลักษณะภูมิประเทศข้อมูลอ่างเก็บน้ำและลำน้ำ โดยโปรแกรมประกอบด้วย การหาพายุฝน ออกแบบ การหาน้ำท่าจากฝนการไหลผ่านอ่างเก็บน้ำและลำน้ำ การคำนวณระดับน้ำในพื้นที่น้ำท่วม ซึ่งได้ทำการทดสอบการใช้โปรแกรม โดยประเมินสภาพน้ำท่วมของเมืองอุดรธานีในปัจจุบันและระบบน้ำท่วมที่เสนอ โดยการปรับปรุงคลองระบายน้ำ และการก่อสร้างคลองผันน้ำแบบจำลองนี้สามารถใช้ในการประเมินและออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วมสำหรับชุมชนเมืองได้

วุฒิชัย วิชัยเมฆพัตร และเสรี ศุภราทิตย์ (2547) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ FLO-2D ซึ่งเป็นแบบจำลอง Hydrodynamics ชนิด 2 มิติเพื่อศึกษาพฤติกรรมน้ำหลากในลำน้ำและบนพื้นที่น้ำท่วมถึง โดยเหตุการณ์น้ำท่วมในปี 2543 เป็นกรณีศึกษาพบว่าสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้เหตุการณ์ในครั้งนี้มีความรุนแรง เนื่องมาจากความไม่มีประสิทธิภาพของคลองระบายน้ำสายหลักในลุ่มน้ำ การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการสร้างแผนที่แสดงระดับความรุนแรงของน้ำท่วมของพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ โดยการใช้ความเข้มของฝนเป็นดัชนีวัดเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการน้ำท่วมในอนาคต

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินการในการพัฒนาระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อแสดงผลสภาพอากาศ และการทำนายข้อมูลฝนตกนี้ ทางผู้จัดทำได้เลือกใช้อุปกรณ์ประเภทเครือข่ายไร้สายที่อยู่บนมาตรฐานโปรโตคอล Zigbee/IEEE 802.15.4 ในการสื่อสารข้อมูลของโหนดอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor Node) ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินการออกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

- 1) การศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- 2) การวิเคราะห์ และออกแบบระบบ
- 3) วิธีดำเนินงานวิจัย
- 4) การพัฒนาระบบ
- 5) การทดสอบระบบและประเมินผล

3.1 การศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาระบบเครือข่ายไร้สายเพื่อแสดงผลสภาพอากาศ หรือ สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่มีความละเอียดสูง โดยสามารถนำผลที่ได้มาใช้ในการแจ้งเตือนข้อมูล ฝนตก โดยผู้วิจัยมุ่งพัฒนาในการสร้างระบบที่ใช้อุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย ขนาดเล็กราคาไม่สูง โดยผู้วิจัยได้เลือกอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายที่อยู่บนมาตรฐาน Zigbee/IEEE 802.15.4 เนื่องจากมีความ ซับซ้อนน้อย มีความยืดหยุ่นสูง สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ชนิดเดียวกันเพื่อสร้างเป็นระบบ เครือข่ายไร้สายได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งรัศมีในการสื่อสารข้อมูลผ่านทาง RF (Radio Frequency) ในสภาพไม่มีสิ่งกีดขวาง มีรัศมีทำการที่ 1.5 กิโลเมตร โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ เลือกใช้อุปกรณ์ XBee ของบริษัท Digi International เสารุ่นอากาศแบบ U.FL (รุ่นที่สามารถต่อสาย พร้อมเสารอากาศได้) พร้อมอุปกรณ์ตรวจวัด

ในการศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาระบบเครือข่ายไร้สายเพื่อ แสดงผลสภาพอากาศ ทางผู้จัดทำได้แบ่งหัวข้อในการศึกษา และรวบรวมข้อมูลไว้ดังนี้

3.1.1 ศึกษาการทำงานของโปรโตคอล Zigbee

ศึกษาการทำงานของโปรโตคอล Zigbee เนื่องจากระบบที่จะพัฒนานั้น ทำงานอยู่บน โปรโตคอล Zigbee ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่ใช้สื่อสารสำหรับของอุปกรณ์ประเภทเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้ สาย (Wireless Sensor Network) ซึ่งมีความสามารถในการสื่อสารข้อมูลในลักษณะโหนดต่อโหนด เป็นต่อๆ กันไปได้ โดยไม่จำเป็นต้องมีปลายทางต้องสื่อสารกับอุปกรณ์เซิร์ฟเวอร์โดยตรง แต่ สามารถส่งข้อมูลผ่านไปยังอุปกรณ์ตัวอื่นๆ ได้ โดยผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาหัวข้อหลักๆ ได้ดังนี้

- 1) รูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ XBee บนมาตรฐาน Zigbee
 - 1.1) Star การเชื่อมต่อโดยมีโหนดแม่เพียง 1 โหนด
 - 1.2) Cluster Tree เสมือนมีตัว Repeater ช่วยในการติดต่อโหนดที่ไกล
 - 1.3) MESH การที่อุปกรณ์ทุกตัวสามารถเชื่อมต่อถึงกันได้หมด
- 2) อุปกรณ์ตัวรู้ที่ใช้ในการตรวจวัดสภาพอากาศ (Weather Sensor)
 - 2.1) SHT11 Humidity temperature sensor วัดระดับน้ำและความชื้น
 - 2.2) TEMP6000-illuminance sensor วัดความเข้มของแสง
 - 2.3) Barometric Pressure Sensor วัดความกดอากาศ
 - 2.4) ความเร็วลมและปริมาณน้ำฝน ใช้การสุ่มค่าจากชุดข้อมูลจริง
- 3) ภาษาที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน
 - 3.1) ภาษา C#
 - 3.2) ภาษา PHP
 - 3.3) ภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Arudino

3.1.2 ศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

ศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ เป็นการศึกษาเครื่องมือที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาระบบ โดยเครื่องมือที่เลือกใช้ภาษา PHP ในการแสดงผลผ่านทางเว็บไซต์เพื่อใช้ในการแสดงระดับน้ำ

3.2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อแสดงผลสภาพอากาศนั้นจะแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ ดังนี้

3.2.1 ส่วนการสื่อสารข้อมูลระหว่างตัวอุปกรณ์เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

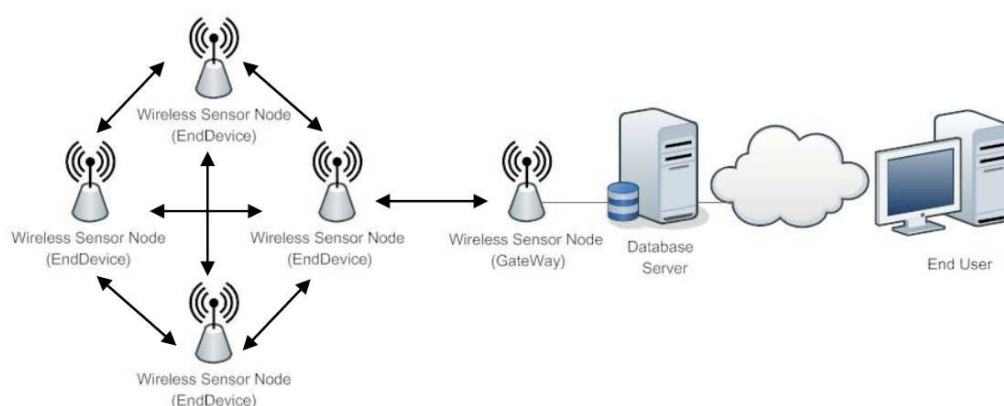
ในส่วนนี้จะเป็นการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดสภาพอากาศหรือโหนดลูก (ตั้งค่าเป็น End Device) ที่นำไปวางไว้ยังจุดต่างๆ กับเครื่องเซิร์ฟเวอร์ (ตั้งค่าเป็น Coordinator) ที่ทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ XBee โดยโหนดลูกจะส่งข้อมูลมายังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ โดยหากโหนดลูกตั้งอยู่เกินรัศมีที่จะติดต่อกับเครื่องเซิร์ฟเวอร์ได้ ก็จะส่งข้อมูลผ่านมาทางโหนดลูกอื่นๆ ที่สามารถติดต่อกับเครื่องเซิร์ฟเวอร์ได้ แล้วส่งต่อไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์อีกที ดังรูปที่ 3.1

ในเวลาปกติที่ไม่มีการรับส่งข้อมูลนั้นจะมีการตั้งค่าให้อุปกรณ์ในโหมดการจำศีล (Sleep Mode) เมื่อมีการกระตุ้นเพียงเล็กน้อยก็พร้อมใช้งาน เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน โดยอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพอากาศจะถูกเขียนชุดคำสั่งควบคุมให้ส่งข้อมูลตามที่มีการร้องขอจากเครื่องเซิร์ฟเวอร์ เป็นต้น โดยข้อมูลที่ตัวอุปกรณ์ตรวจวัดส่งออกไปนั้น มีดังนี้

- 1) หมายเลขประจำตัวของอุปกรณ์
- 2) ข้อมูลระดับน้ำ
- 3) ความชื้น
- 4) ความเข้มของแสง
- 5) ความกดอากาศ
- 6) ความเร็วลม
- 7) ปริมาณน้ำฝน

3.2.2 ส่วนแสดงข้อมูลสภาพอากาศผ่านทางโปรแกรม

เมื่อได้รับข้อมูลจากโหนดลูกแล้ว จะมีการจัดเก็บลงในฐานข้อมูล เมื่อผู้ใช้งานทำการเปิดโปรแกรมก็จะมีการนำข้อมูลนั้นมาแสดง และเลือกแสดงข้อมูลที่เป็นสถิติได้



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างโดยรวมของระบบ

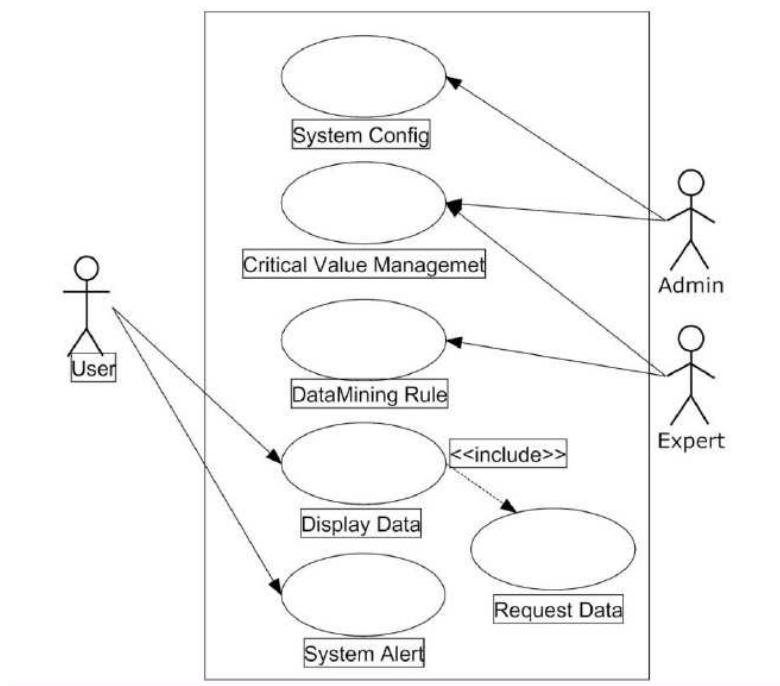
3.2.3 แอ็กเตอร์ (Actor)

แอ็กเตอร์ในระบบนี้จะมีสองส่วนคือคือผู้ใช้งานระบบทั่วไป (End User) ที่จะเรียกดูข้อมูลสภาพอากาศ และผู้ดูแลระบบที่มีสิทธิในการปรับตั้งค่า (Super User) ที่สามารถจะกำหนดค่าต่างๆ ของการทำงานของระบบได้ เช่น การตั้งค่าวิกฤตที่จะใช้ในการแจ้งเตือนผู้ใช้งาน เช่น เมื่อฝนตกติดต่อกันเป็นระยะเวลานานเกิน 1 ชั่วโมง โดยมีสถิติที่บันทึกไว้เมื่อฝนตกเกิน 1 ชั่วโมงในพื้นที่ และมีปริมาณน้ำฝนจำนวนใกล้เคียงกัน ก็จะแจ้งเตือนผู้ใช้งานให้ระวังเหตุการณ์น้ำท่วม

3.2.4 Use Case Diagram

1) Diagram

ในรูปที่ 3.2 แสดง Use Case Diagram ของระบบ โดยมี Use Case หลักๆ อยู่ 4 Use Case มี 3 Use Case ที่ถูกใช้งานโดยผู้ใช้งานทั่วไปและ 1 Use Case ที่ถูกใช้โดยผู้ดูแลระบบซึ่งจะแสดงรายละเอียดของแต่ละ Use Case ไว้ใน Use Case Description ในหัวข้อที่ 1.2)



รูปที่ 3.2 แสดง Use Case Diagram ของระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อ
แสดงผลสภาพอากาศ

2) Use Case Description

ส่วนนี้จะเป็นการอธิบายถึงการทำงานของแต่ละ Use Case ว่ามีรายละเอียด และขั้นตอนการทำงานอย่างไร เพื่อให้มองเห็นระบบที่จะพัฒนาได้ชัดเจนขึ้น และแสดงข้อมูลของส่วนหลักที่มีความสำคัญ

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของ Use Case Display Data

Use Case Name	Display Data
Scenario	ผู้ใช้ทำการร้องขอข้อมูล
Triggering Event	เมื่อผู้ใช้เปิดเว็บไซต์หรือโปรแกรมเพื่อแสดงผลข้อมูล
Brief Description	เมื่อผู้ใช้เปิดเว็บไซต์หรือโปรแกรมเพื่อแสดงผลข้อมูล ระบบจะทำการประมวลผลและดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล
Actors	ผู้ใช้งานทั่วไป
Related Use Cases	-
Preconditions	ผู้ใช้ทำการเปิดเว็บไซต์หรือโปรแกรม แล้วเลือกความต้องการให้โปรแกรมแสดงผลข้อมูลแบบไหน เช่น สถิติปัจจุบัน
Postconditions	ระบบจะทำการประมวลผลและดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล เพื่อนำมาแสดงผล
Flow of Activities	การทำงานของผู้ใช้ - ผู้ใช้ทำการเปิดเว็บไซต์หรือโปรแกรม การทำงานของระบบ - ระบบทำการแสดงผลตามที่ผู้ใช้ได้เลือก
Exception Conditions	ถ้าหากระบบฐานข้อมูลขัดข้อง ระบบจะแจ้งเตือนให้ทราบ

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของ Use Case Request Data

Use Case Name	Request Data
Scenario	การร้องขอข้อมูลจากระบบ
Triggering Event	เมื่อระบบรับคำสั่งจากผู้ใช้ ก็จะมีการประมวลและดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล
Brief Description	ระบบแสดงผลข้อมูล จากคำสั่งของผู้ใช้งาน
Actors	ผู้ใช้งานทั่วไป
Related Use Cases	-
Preconditions	ผู้ใช้ทำการเลือกรายละเอียดในการแสดงผลข้อมูล
Postconditions	ระบบแสดงผลข้อมูล
Flow of Activities	การทำงานของผู้ใช้ - เลือกรายละเอียดของข้อมูลต้องการให้แสดงผล การทำงานของระบบ 1. ระบบประมวลแล้วทำการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลขึ้นมาแสดงผล 2. เมื่อแสดงผลเสร็จแล้ว รอรับคำสั่งต่อไป
Exception Conditions	หากข้อมูลไม่มีการปรับปรุง ภายในระยะเวลาที่กำหนด ระบบจะแจ้งให้ทราบว่าเป็นข้อมูล ณ ช่วงเวลาใด

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดของ Use Case System Alert

Use Case Name	System Alert
Scenario	โปรแกรมแจ้งเตือน เมื่อพบว่าค่าที่กำหนดเกินกว่าค่าวิกฤต
Triggering Event	เมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติ จะมีการประมวลผล จัดเก็บระยะเวลาที่ผิดปกติ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลทางสถิติทุกๆ ช่วงเวลาที่กำหนด
Brief Description	ระบบแจ้งเตือนเมื่อ เปรียบเทียบค่าปัจจุบันกับสถิติแล้วมีโอกาสเกิดเหตุ เช่น น้ำท่วม
Actors	ผู้ใช้งานทั่วไป
Related Use Cases	Request Network Map, Network Scan
Preconditions	ผู้ใช้งานทั่วไปทำการเปิดโปรแกรมเบ็ดเตล็ดบนหน้าจอวินโดว
Postconditions	หากเกิดความผิดปกติ ระบบจะแจ้งเตือน
Flow of Activities	การทำงานของผู้ใช้ - ผู้ใช้ทำการเปิด โปรแกรมเบ็ดเตล็ดบนหน้าจอวินโดว การทำงานของระบบ 1. เมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติ ระบบจะมีการเฝ้าติดตามเปรียบเทียบกับข้อมูลทางสถิติ เพื่อแจ้งเตือน 2. ค่าที่ระบบวัดได้เกินกว่าค่าวิกฤต ระบบจะทำการแจ้งเตือน
Exception Conditions	หากมีตัวแปรแวดล้อมอื่นๆ อาจทำให้การแจ้งเตือนผิดพลาด เช่น หากทางระบบน้ำดัน อาจเกิดน้ำท่วมได้เร็วกว่าปกติ

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดของ Use Case DataMining Rule

Use Case Name	DataMining Rule
Scenario	การตั้งค่าต่างๆ การประมวลผลโดยผู้เชี่ยวชาญ
Triggering Event	ผู้เชี่ยวชาญเข้าสู่ระบบ
Brief Description	ผู้เชี่ยวชาญตั้งค่าในการคำนวณหาค่าวิกฤตเพื่อใช้ในการแจ้งเตือน
Actors	ผู้ดูแลระบบ
Related Use Cases	-
Preconditions	เข้าสู่ระบบ
Postconditions	ระบบบันทึกข้อมูลแล้วนำมาใช้งาน
Flow of Activities	การทำงานของผู้ใช้ 1. ผู้เชี่ยวชาญเข้าสู่ระบบ 2. ผู้เชี่ยวชาญตั้งค่าในการคำนวณหาค่าวิกฤต
Exception Conditions	หากผู้ดูแลระบบไม่ทำการบันทึกข้อมูลของค่าที่ตั้งไว้ ระบบจะไม่มี การเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดของ Use Case Critical Value Management

Use Case Name	Critical Value Management
Scenario	การจัดการกับวิกฤตที่คำนวณได้ ในการนำมาใช้งาน
Triggering Event	ผู้ดูแลระบบหรือผู้เชี่ยวชาญเข้าสู่ระบบ
Brief Description	ผู้ดูแลระบบหรือผู้เชี่ยวชาญจัดการกับค่าวิกฤต
Actors	ผู้ดูแลระบบหรือผู้เชี่ยวชาญ
Related Use Cases	-
Preconditions	ผู้ดูแลระบบหรือผู้เชี่ยวชาญได้ค่าวิกฤต
Postconditions	ระบบบันทึกข้อมูลแล้วนำมาใช้งาน
Flow of Activities	การทำงานของผู้ใช้ 1. ผู้ดูแลระบบหรือผู้เชี่ยวชาญเข้าสู่ระบบ 2. ผู้ดูแลระบบหรือผู้เชี่ยวชาญทำการจัดการค่าวิกฤต เช่น เพิ่ม แก้ไข หรือลบ การทำงานของระบบ - เมื่อระบบทำการบันทึกค่าต่างๆ แล้วก็สามารถนำมาใช้งานได้ทันที
Exception Conditions	หากผู้ดูแลระบบหรือผู้เชี่ยวชาญไม่ทำการบันทึกข้อมูลของค่าที่ตั้งไว้ ระบบจะไม่มีเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดของ Use Case System Config

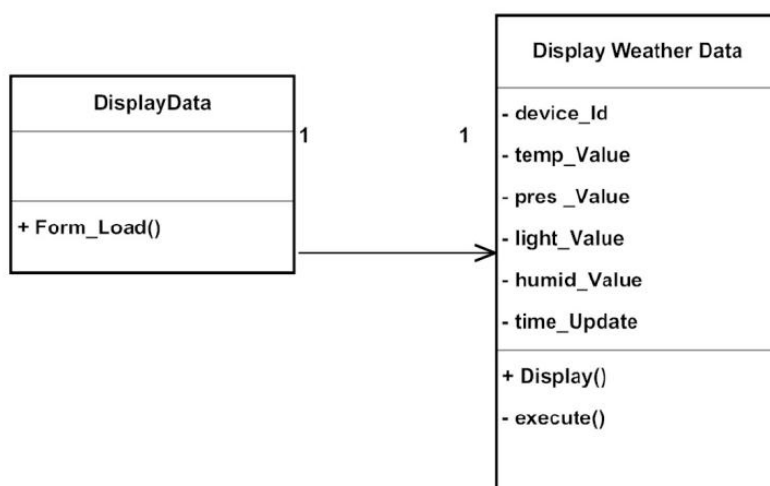
Use Case Name	System Config
Scenario	การตั้งค่าต่างๆ ของโปรแกรม
Triggering Event	ผู้ดูแลระบบตั้งค่าต่างๆ ของระบบ
Brief Description	ผู้ดูแลระบบตั้งค่าต่างๆ ของระบบ ให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
Actors	ผู้ดูแลระบบ
Related Use Cases	-
Preconditions	ผู้ดูแลระบบทำการตั้งค่าของระบบ
Postconditions	ระบบบันทึกข้อมูลแล้วนำมาใช้งาน
Flow of Activities	การทำงานของผู้ใช้ 1. ผู้ดูแลระบบเข้าสู่ระบบ 2. ผู้ดูแลระบบทำการปรับตั้งค่าต่างๆ แล้วทำการบันทึก การทำงานของระบบ 1. ระบบทำการแสดงเมนู 2. เมื่อระบบทำการบันทึกค่าต่างๆ แล้วก็สามารถนำมาใช้งานได้ทันที
Exception Conditions	หากผู้ดูแลระบบไม่ทำการบันทึกข้อมูลของค่าที่ตั้ง ระบบจะไม่มีเปลี่ยนแปลง

3.2.5 คลาสไดอะแกรมและซีเควนไดอะแกรม

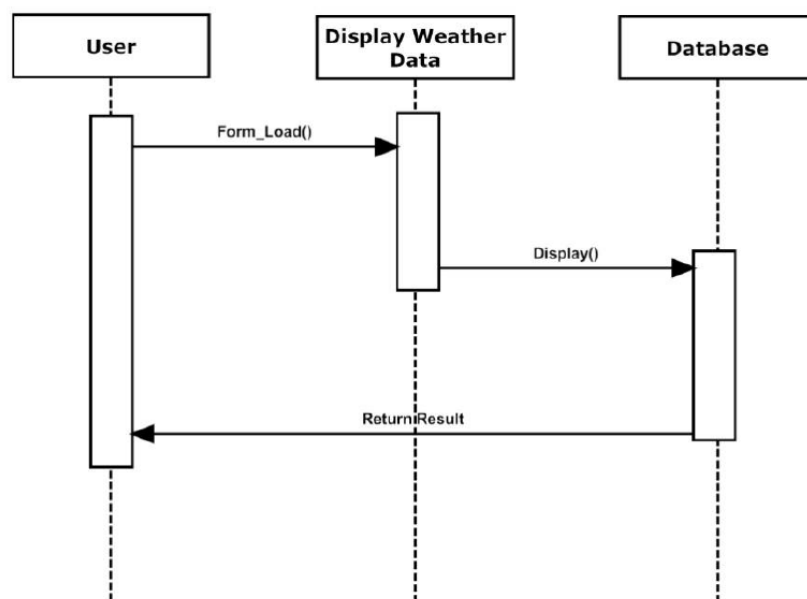
ขั้นตอนการวิเคราะห์และหาพฤติกรรมของคลาสจากตารางรายละเอียดของแต่ละยูสเคสสามารถหาเพื่อค้นหาในแต่ละยูสเคสมีกلاسและพฤติกรรมของคลาสอย่างไร ซึ่งแต่ละยูสเคสมียรายละเอียดดังนี้

1) คลาสและพฤติกรรมของยูสเคส Display Data

ในการแสดงผลข้อมูลจะมีคลาสที่เกี่ยวข้องดังแสดงในคลาสไดอะแกรม ดังรูปที่ 3.3 โดยมีลำดับการทำงานของแสดงผลข้อมูลซีเควนไดอะแกรม ดังรูปที่ 3.4 เมื่อผู้ใช้ต้องการดูข้อมูลสภาพอากาศ ระบบจะทำการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล แล้วนำมาแสดงผล



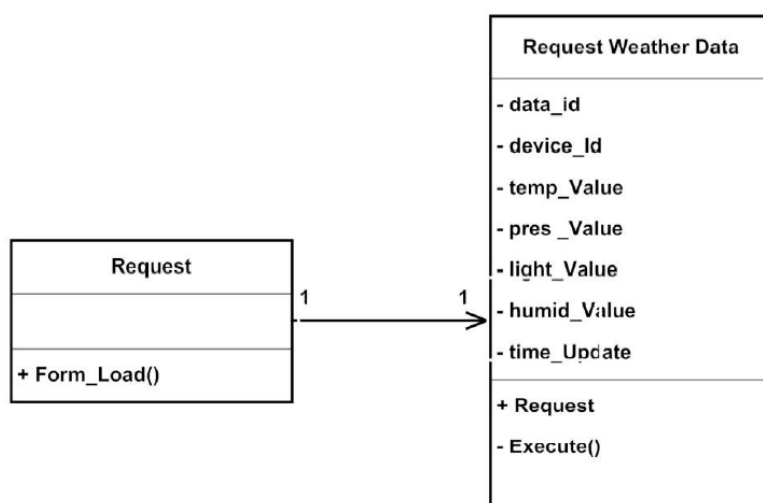
รูปที่ 3.3 คลาสไดอะแกรมของยูสเคส Display Data



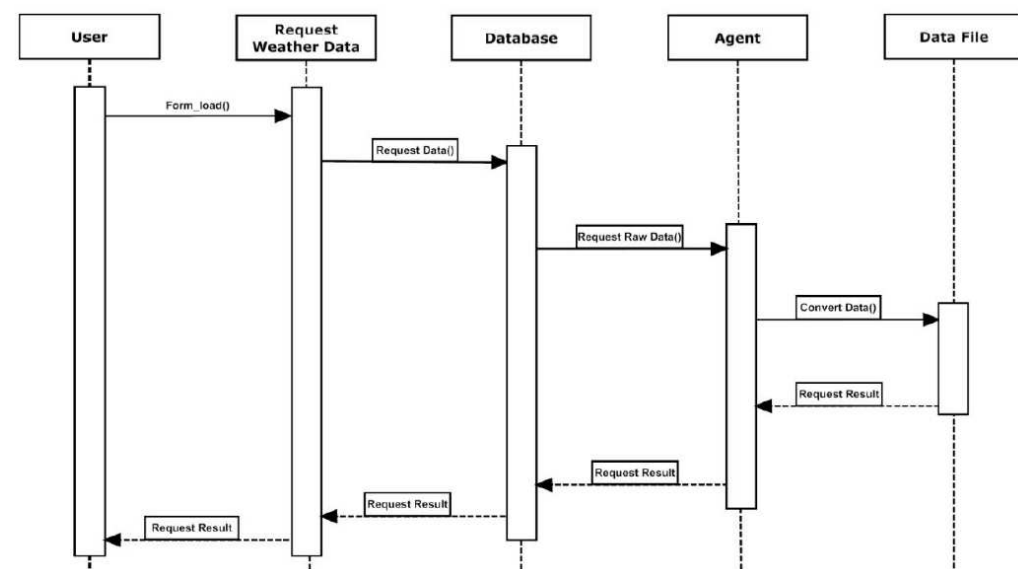
รูปที่ 3.4 ซีเควนไอะแกรมของ Display Data

2) คลาสและพฤติกรรมของยูสเคส Request Data

ในการร้องขอข้อมูลสภาพอากาศ จะมีคลาสที่เกี่ยวข้องดังแสดงในคลาสไดอะแกรม ดังรูปที่ 3.5 โดยมีลำดับการทำงานของการแสดงผลข้อมูลซีเควนไอะแกรม ดังรูปที่ 3.6 ในการนำเข้าข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูลนั้น จะมีตัว Agent เป็นตัวกลางในการแปลงข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ที่เป็นไฟล์ให้อยู่รูปแบบที่ใช้งานได้



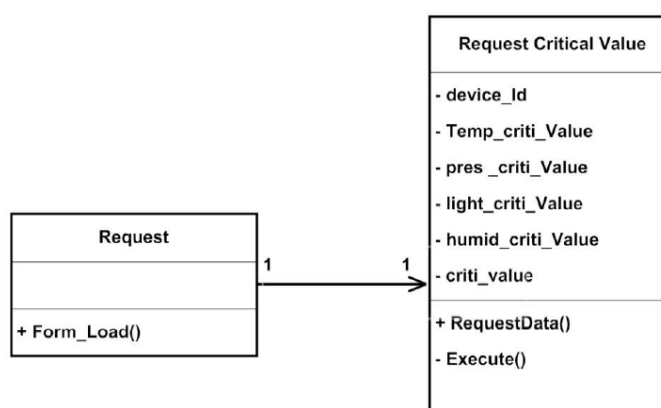
รูปที่ 3.5 คลาสไดอะแกรมของยูสเคส Request Data



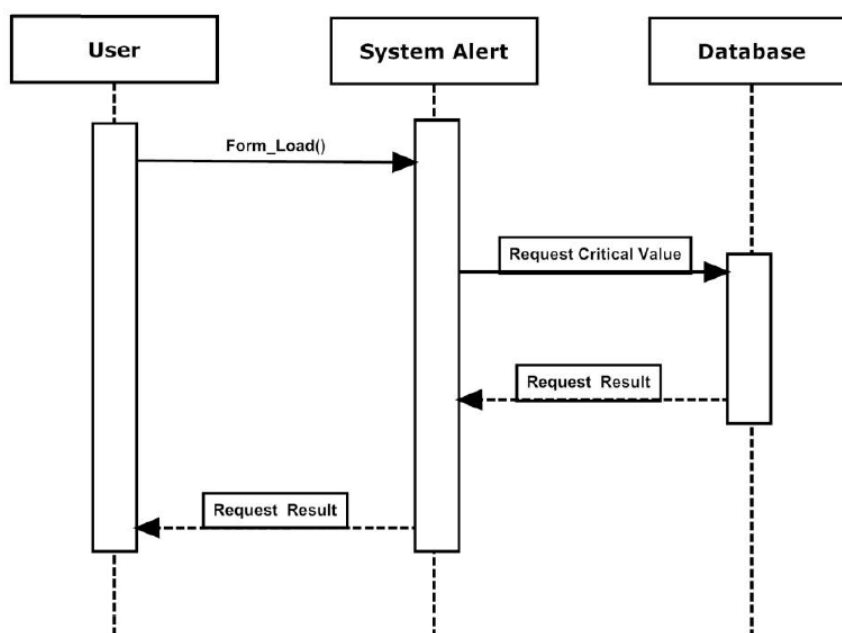
รูปที่ 3.6 ซีควเอนโคอะแกรมของ Request Data

3) คลาสและพฤติกรรมของยูสเคส System Alert

ในการแจ้งเตือนจะมีคลาสที่เกี่ยวข้องดังแสดงในคลาสโคอะแกรม ดังรูปที่ 3.7 โดยมีลำดับการทำงานของแสดงผลข้อมูลซีควเอนโคอะแกรม ดังรูปที่ 3.8 เมื่อระบบได้ข้อมูลสภาพอากาศเข้ามาแล้วตรงกับเงื่อนไขการแจ้งเตือน จะทำการแจ้งเตือน



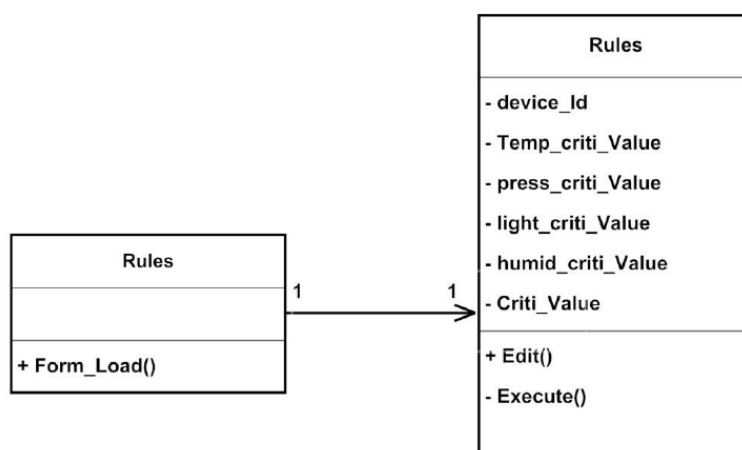
รูปที่ 3.7 คลาสโคอะแกรมของยูสเคส System Alert



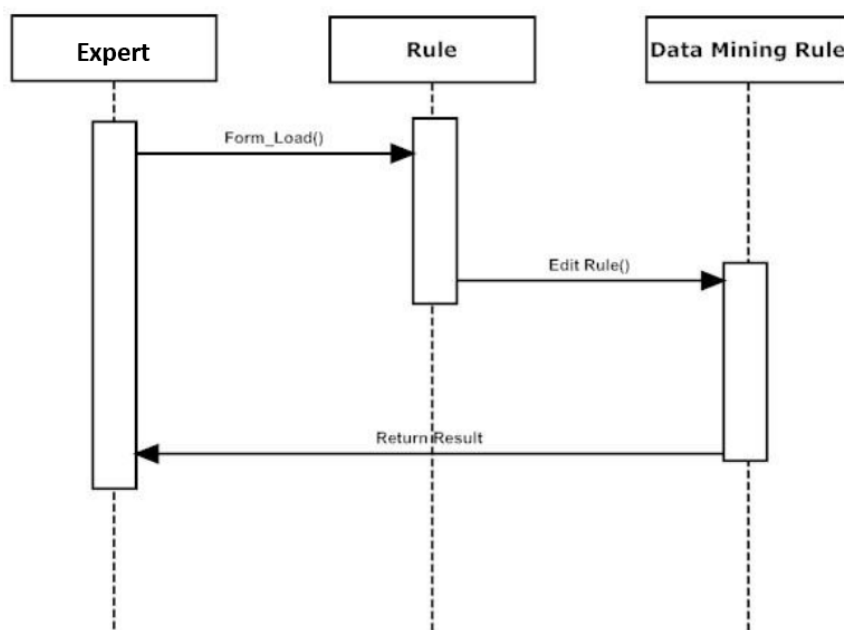
รูปที่ 3.8 ซีควเอนไอะแกรมของ System Alert

4) คลาสและพฤติกรรมของยูสเคส DataMining Rule

ในการกำหนดค่าที่ใช้ในการแจ้งเตือน จะมีคลาสที่เกี่ยวข้องดังแสดงในคลาสไอะแกรมดังรูปที่ 3.9 โดยมีลำดับการทำงานของการแสดงผลข้อมูลซีควเอนไอะแกรม ดังรูปที่ 3.10 เมื่อผู้เชี่ยวชาญทำการกำหนดค่าที่ใช้ในการแจ้งเตือน จากข้อมูลทางสถิติ



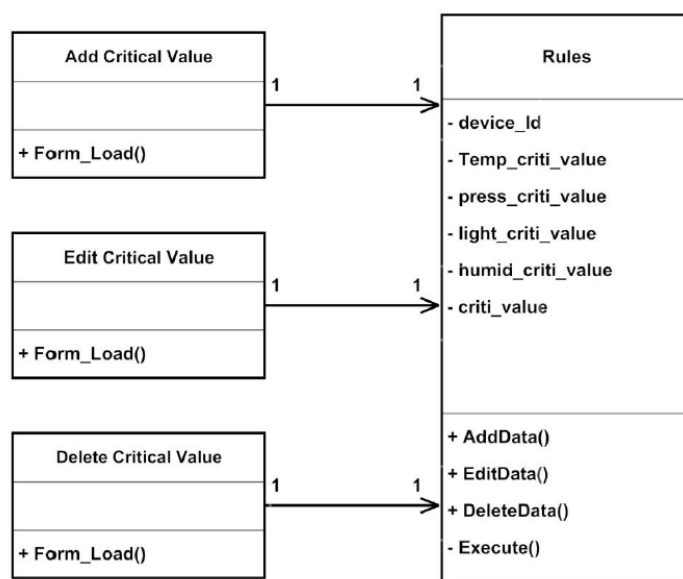
รูปที่ 3.9 คลาสไอะแกรมของยูสเคส DataMining Rule



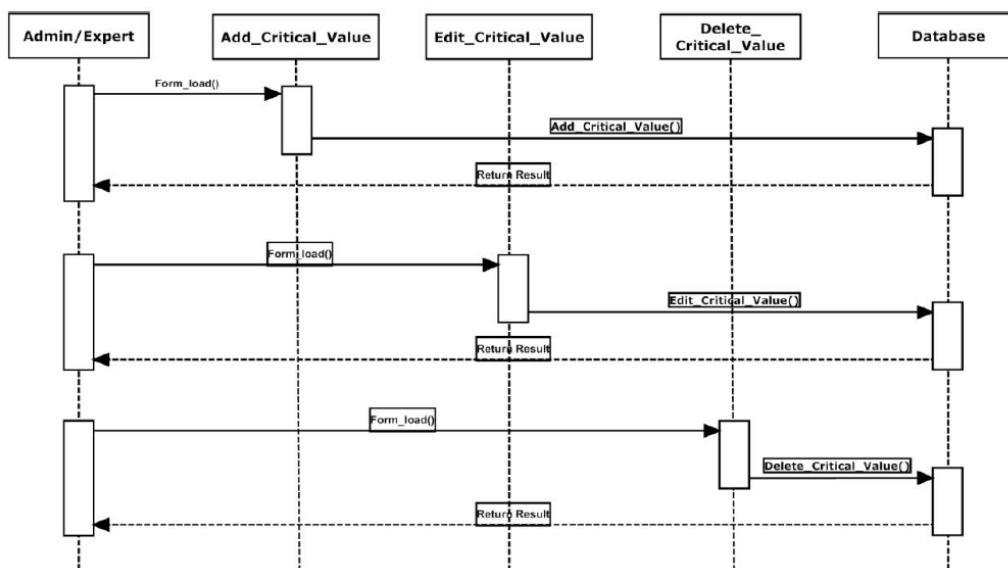
รูปที่ 3.10 ซีควเอนไคอะแกรมของ DataMining Rule

5) คลาสและพฤติกรรมของยูสเคส Critical Value Management

ในการจัดการค่าการแจ้งเตือนจะมีคลาสที่เกี่ยวข้องดังแสดงในคลาสไคอะแกรม ดังรูปที่ 3.11 โดยมีลำดับการทำงานของการแสดงผลข้อมูลซีควเอนไคอะแกรม ดังรูปที่ 3.12 เมื่อผู้ใช้งานต้องการจัดการค่าการแจ้งเตือน เพิ่ม แก้ไข และลบ



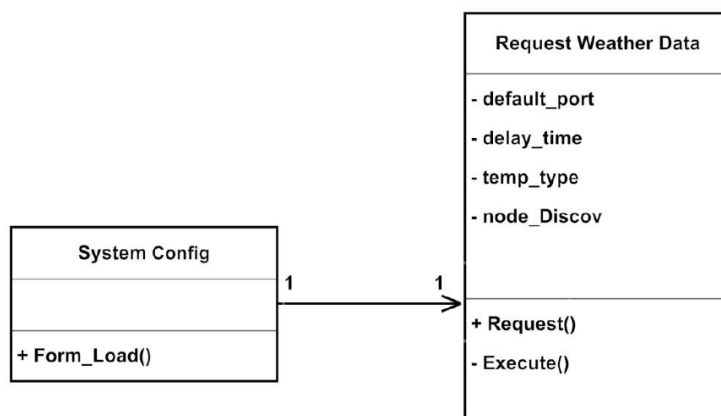
รูปที่ 3.11 คลาสไคอะแกรมของยูสเคส Critical Value Management



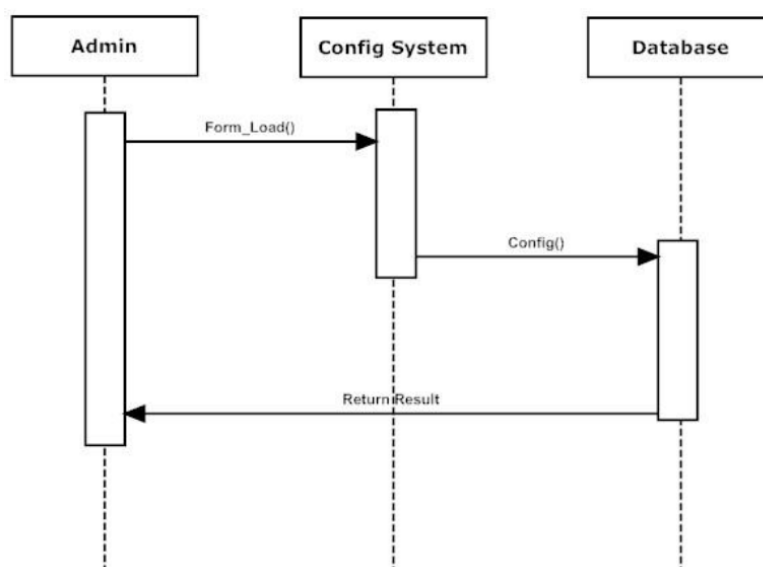
รูปที่ 3.12 ซีควเอนไอะแกรมของ Critical Value Management

6) คลาสและพฤติกรรมของยูสเคส System Config

ในการตั้งค่าการในงานระบบจะมีคลาสที่เกี่ยวข้องดังแสดงในคลาสไอะแกรม ดังรูปที่ 3.13 โดยมีลำดับการทำงานของการแสดงผลข้อมูลซีควเอนไอะแกรม ดังรูปที่ 3.14 เมื่อผู้ดูแลระบบต้องการที่จะตั้งค่าการทำงานของระบบ



รูปที่ 3.13 คลาสไอะแกรมของยูสเคส System Config



รูปที่ 3.14 ซีควเอนโคอะแกรมของ System Config

3.2.6 โครงสร้างฐานข้อมูล (E-RP)

โครงสร้างฐานข้อมูลของการพัฒนาระบบเครือข่ายไร้สายเพื่อแสดงผลสภาพอากาศ ได้พิจารณาจากข้อมูลและความสัมพันธ์เกี่ยวข้องของข้อมูลในแบบต่างๆ ดังรูปที่ 3.15 โดยมีรายละเอียดของโครงสร้างตารางข้อมูลต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 3.7 พจนานุกรมข้อมูลของฐานข้อมูลชื่อ rbws

ตาราง	รายละเอียด
wthdata	เก็บข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์
sadata	เก็บข้อมูลของสภาพอากาศ
critidata	เก็บข้อมูลของค่าที่ใช้ในการแจ้งเตือน
alertdata	เก็บข้อมูลของการแจ้งเตือน
account	เก็บข้อมูลบัญชีผู้ใช้งาน
config	เก็บข้อมูลการตั้งค่าระบบ

1) ข้อมูลสภาพอากาศที่ได้รับจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ไร้สาย ข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ไร้สาย จะถูกส่งเข้ามาตามเวลาที่กำหนด จะมีคีย์ที่ใช้ในการจำแนกคือคีย์ลำดับการได้รับข้อมูล โดยข้อมูลในตารางนี้เป็นข้อมูลหลักที่จะนำไปใช้ในการประมวลผลและแสดงผล โดยมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ลักษณะ Attribute ตาราง withdata

ที่	ชื่ออังกฤษ	ชนิดข้อมูล	ขนาด	Key	คำอธิบาย	Null
1.	WithData_ID	INT	4	PK	คีย์ข้อมูลหลัก	N
2.	Device_ID	INT	4	-	หมายเลขอุปกรณ์	N
3.	Temp_Value	FLOAT	4	-	ค่าระดับน้ำ	N
4.	Pres_Value	FLOAT	4	-	ค่าความกดอากาศ	N
5.	Light_Value	FLOAT	4	-	ค่าความเข้มของแสง	N
6.	Humid_Value	FLOAT	4	-	ค่าความชื้นสัมพัทธ์	N
7.	Alt_Value	FLOAT	4	-	ค่าความสูงจากน้ำทะเล	N
8.	Rain_Value	FLOAT	4	-	ค่าปริมาณน้ำฝน	N
9.	Wind_Value	FLOAT	4	-	ค่าความเร็วลม	N
10.	Compass_Value	FLOAT	4	-	ค่าทิศทางลม	N
11.	Time_Update	DATETIME	8	-	เวลาที่ได้รับข้อมูล	N

2) ข้อมูลที่ตั้งของตัวอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพอากาศ จับเก็บตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์
เซ็นเซอร์ไว้สายไว้ โดยอ้างอิงพิกัด GPS เพื่อใช้ในการกำหนดจุดลงบนโปรแกรมแสดงแผนที่ โดยมี
โครงสร้างดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ลักษณะ Attribute ตาราง sndata

ที่	ชื่ออังกฤษ	ชนิดข้อมูล	ขนาด	Key	คำอธิบาย	Null
1.	SnData_ID	INT	4	PK	คีย์ข้อมูลหลัก	N
2.	Device_Name	VARCHAR	20	-	ชื่อของโหนด	N
3.	Device_SL	VARCHAR	8	-	ตำแหน่งทางต่ำ 32 บิต	N
4.	Device_SH	VARCHAR	8	-	ตำแหน่งทางสูง 32 บิต	N
5.	MY	VARCHAR	4	-	ตำแหน่ง 16 บิต	N
6.	E_Position	FLOAT	4	-	พิกัด GPS ทาง E	N
7.	N_Position	FLOAT	4	-	พิกัด GPS ทาง N	N
8.	Description	VARCHAR	45	-	หมายเหตุ	N

3) ข้อมูลที่ใช้ในการแจ้งเตือน ในกรณีที่ข้อมูลสภาพอากาศที่ได้รับในขนาดนั้นตรงตามเงื่อนไขซึ่งอาจจะทำให้เกิดภัยพิบัติได้ โดยจะเป็นค่าของข้อมูลตามตำแหน่งอุปกรณ์เซ็นเซอร์ในแต่ละที่หรือค่าของอุปกรณ์ทุกตัว โดยมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ลักษณะ Attribute ตาราง critidata

ที่	ชื่ออังกฤษ	ชนิดข้อมูล	ขนาด	Key	คำอธิบาย	Null
1.	CritiData_ID	INT	4	PK	คีย์ข้อมูลหลัก	N
2.	Device_ID	INT	4	-	หมายเลขอุปกรณ์	N
3.	t0	FLOAT	4	-	ค่าระดับน้ำ 0*	N
4.	t1	FLOAT	4	-	ค่าระดับน้ำ 1**	N
5.	h0	FLOAT	4	-	ค่าความชื้นสัมพัทธ์ 0	N
6.	h1	FLOAT	4	-	ค่าความชื้นสัมพัทธ์ 1	N
7.	p0	FLOAT	4	-	ค่าความกดอากาศ 0	N
8.	p1	FLOAT	4	-	ค่าความกดอากาศ 1	N
9.	l0	FLOAT	4	-	ค่าความเข้มแสง 0	N
10.	l1	FLOAT	4	-	ค่าความเข้มแสง 1	N
11.	r0	FLOAT	4	-	ค่าปริมาณน้ำฝน 0	N
12.	r1	FLOAT	4	-	ค่าปริมาณน้ำฝน 1	N
13.	w0	FLOAT	4	-	ค่าความเร็วลม 0	N
14.	w1	FLOAT	4	-	ค่าความเร็วลม 1	N
15.	c0	FLOAT	4	-	ค่าที่ได้จากการคำนวณ 0	N
16.	c1	FLOAT	4	-	ค่าที่ได้จากการคำนวณ 1	N

0* ค่าที่ใช้เป็นขอบล่าง 1** ค่าที่ใช้เป็นขอบบน ของช่วงตามเงื่อนไข

4) ข้อมูลการแจ้งเตือน เป็นข้อมูลที่ได้จากการแจ้งเตือนเหตุภัยพิบัติ โดยจะบันทึกทุกครั้งที่มีการแจ้งเตือน เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลสถิติถึงค่าต่างๆ ในเหตุการณ์นั้น โดยมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 ลักษณะ Attribute ตาราง alertdata

ที่	ชื่ออังกฤษ	ชนิดข้อมูล	ขนาด	Key	คำอธิบาย	Null
1.	AlertData_ID	INT	4	PK	คีย์ข้อมูลหลัก	N
2.	Device_ID	DATETIME	8	-	หมายเลขอุปกรณ์	N
3.	Alert_Date	INT	4	-	วันที่แจ้งเตือน	N
4.	Temp_CriValue	FLOAT	4	-	ค่าระดับน้ำ	N
5.	Pres_CriValue	FLOAT	4	-	ค่าความกดอากาศ	N
6.	Light_CriValue	FLOAT	4	-	ค่าความเข้มของแสง	N
7.	Humid_CriValue	FLOAT	4	-	ค่าความชื้นสัมพัทธ์	N
8.	Rain_CriValue	FLOAT	4	-	ค่าความสูงจากน้ำทะเล	N
9.	Wind_CriValue	FLOAT	4	-	ค่าปริมาณน้ำฝน	N
10.	memo	VARCHAR	45	-	บันทึกช่วยจำ	Y

5) ข้อมูลชื่อผู้ใช้งานพร้อมรหัสผ่าน จัดการข้อมูลชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านสำหรับการเข้าไปใช้งานระบบ โดยจะมีผู้มีสิทธิ์สองแบบคือ ผู้ใช้งานทั่วไปและผู้ดูแลระบบ โดยมีโครงสร้างข้อมูลดังตารางที่ 3.12

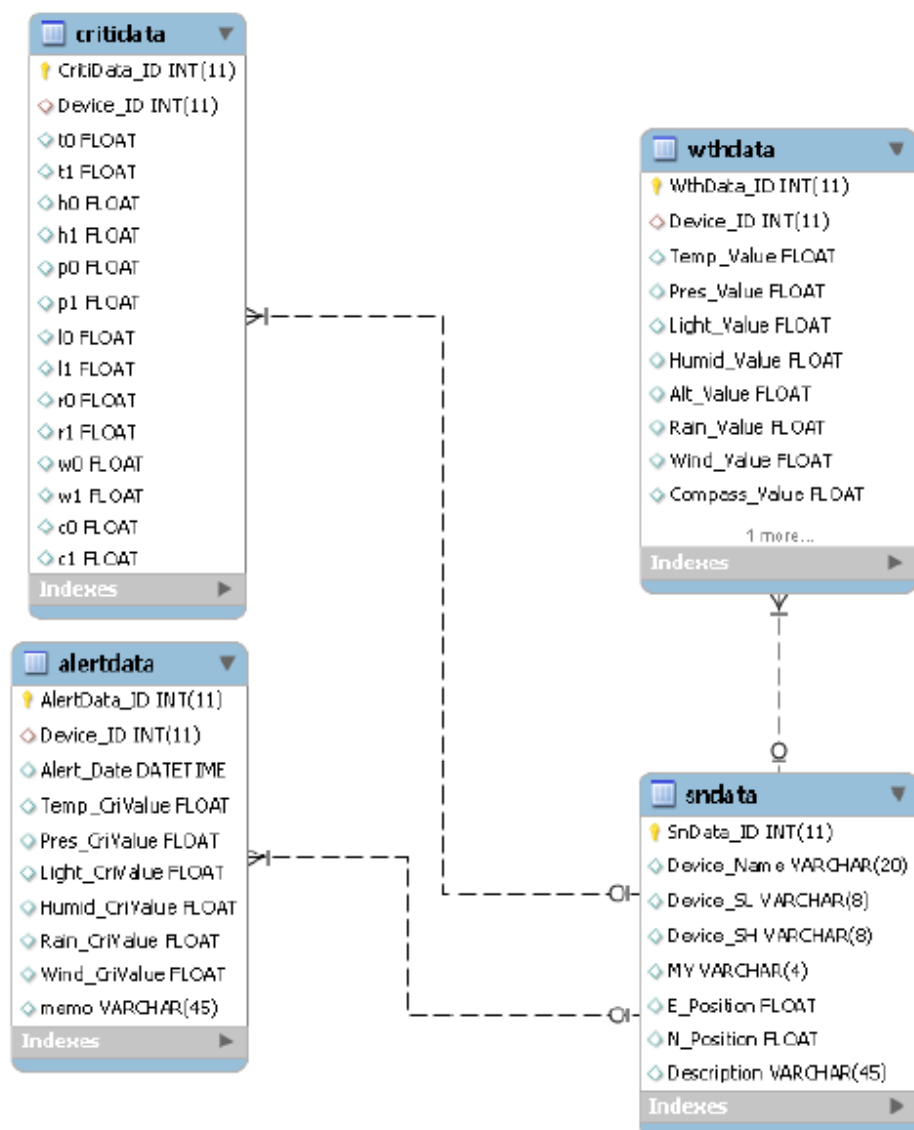
ตารางที่ 3.12 ลักษณะ Attribute ตาราง account

ที่	ชื่ออังกฤษ	ชนิดข้อมูล	ขนาด	Key	คำอธิบาย	Null
1.	User_ID	INT	4	PK	คีย์ข้อมูลหลักของตาราง	N
2.	Name	VARCHAR	100	-	ชื่อของผู้ใช้งาน	N
3.	Username	VARCHAR	10	-	ชื่อที่ใช้เข้าสู่ระบบ	N
4.	Password	VARCHAR	32	-	รหัสผ่าน เข้ารหัส MD5	N
5.	Type	INT	1	-	ประเภทของผู้ใช้งาน	N

6) ข้อมูลชื่อผู้ใช้งานพร้อมรหัสผ่าน จัดการข้อมูลชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านสำหรับการเข้าไปใช้งานระบบ โดยจะมีผู้มีสิทธิ์สองแบบ คือ ผู้ใช้งานทั่วไปและผู้ดูแลระบบ โดยมีโครงสร้างข้อมูลดังตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 ลักษณะ Attribute ตาราง config

ที่	ชื่ออังกฤษ	ชนิดข้อมูล	ขนาด	Key	คำอธิบาย	Null
1.	Port	VARCHAR	5	-	ค่าพอร์ตอนุกรมที่ใช้	N
2.	TempType	VARCHAR	1	-	รูปแบบการแสดงผลระดับน้ำ	N
3.	DeleyTime	INT	4	-	เวลาที่รอ ก่อนร้องขอข้อมูล ถัดไป (มิลลิวินาที)	N
4.	NodeDiscov	VARCHAR	1	-	รูปแบบการแสดงผลโหนด	N



รูปที่ 3.15 แผนภาพข้อมูลเชิงสัมพันธ์ของฐานข้อมูล rbws

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

- 1) การศึกษาปัญหาและวิเคราะห์ความต้องการของระบบ
- 2) การศึกษาขั้นตอนการพัฒนาระบบ
- 3) การศึกษาเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

3.3.2 การออกแบบระบบในภาพรวม

- 1) ออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบ
- 2) ออกแบบหน้าจอ
- 3) ออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้

3.3.3 การพัฒนาระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

- 1) การพัฒนาระบบทางด้านรับบริการ (Client)
- 2) การพัฒนาระบบทางด้านให้บริการ (Server)

3.3.4 การออกแบบเครื่องมือในการทดสอบระบบ

- การออกแบบเครื่องมือทดสอบ ทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน โดยใช้วิธีกล่องดำ (Black Box Testing)

3.3.5 การซ่อมและบำรุงรักษาระบบ (System Maintenance)

- เป็นขั้นตอนของการนำผลที่ได้จากการทดสอบระบบมาวิเคราะห์หาข้อผิดพลาด และทำการแก้ไข แล้วทำการทดสอบเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาด

3.3.6 สรุปผลการวิจัยและจัดทำรูปเล่มโครงงานพิเศษ

3.4 การพัฒนาระบบ

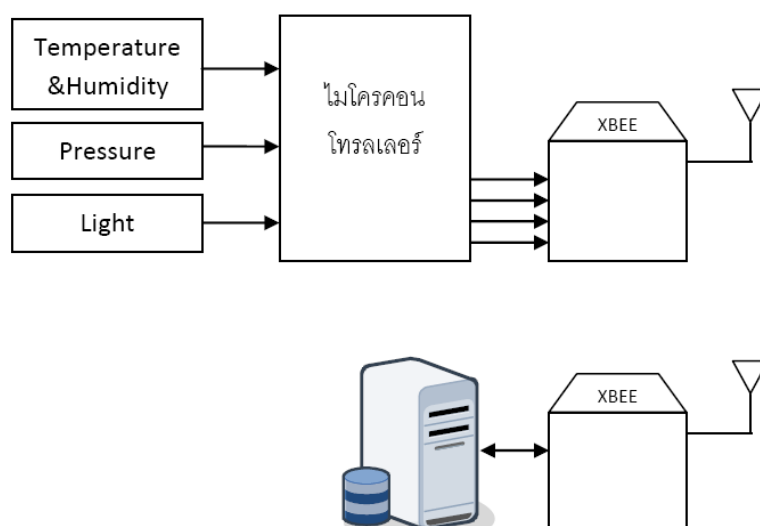
การพัฒนาระบบเครือข่ายไร้สายตัวรู้เพื่อแสดงผลสภาพอากาศ แบ่งออกเป็นสามส่วนคือ

3.4.1 การออกแบบอุปกรณ์

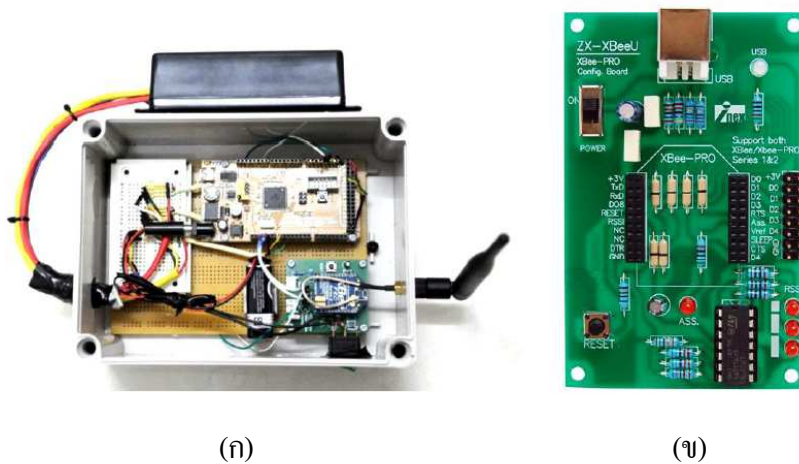
การออกแบบอุปกรณ์ สามารถแสดงเป็นไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 3.16 ซึ่งจากรูปเป็นบล็อกไดอะแกรมของส่วนอุปกรณ์ในระบบ โดยทางฝั่งเครื่องเซิร์ฟเวอร์ทำการร้องขอข้อมูลไปยังโมดูลผ่านทางโมดูลไร้สาย XBee เมื่อฝั่งโมดูลได้รับข้อมูลการร้องขอก็จะทำการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ผ่านทางไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วส่งค่ากลับไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ผ่านทางโมดูลไร้สาย XBee ดังรูปที่ 3.17 แสดงอุปกรณ์โมดูล (ซ้าย) และอุปกรณ์ฝั่งเครื่องเซิร์ฟเวอร์ (ขวา)

3.4.2 การพัฒนาในส่วนของโปรแกรมประยุกต์

การพัฒนาในส่วนของโปรแกรมประยุกต์ มีการพัฒนาในสองส่วนหลัก คือ ส่วนแอปพลิเคชันที่ใช้ควบคุมการทำงานทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์ และชุดคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้ชุดคำสั่งภาษา C# ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ ดังรูปที่ 3.18 แสดงบางส่วนของชุดคำสั่งในการวิเคราะห์ข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม ส่วนชุดคำสั่งในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เลือกใช้ชุดคำสั่งภาษา C (สำหรับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Arduino) ใช้สำหรับในการควบคุมอุปกรณ์เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย



รูปที่ 3.16 บล็อกไดอะแกรมระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อแสดงผลสภาพอากาศและทำนายข้อมูลฝนตก



รูปที่ 3.17 โมดูลไร้สาย Xbee (ก) อุปกรณ์ในฝั่งโหนดลูกบรรจุในกล่องกันฝน (ข) อุปกรณ์ XBeeU ของบริษัท Inex สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ XBee เพื่อรับส่งข้อมูล โดยเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องแม่ข่าย

```

for (ii = 0; ii < intBytes; ii++) {
    buf = Convert.ToString(bytes[ii], 16).ToUpper();
    if (bytes[ii] == 0x7E)
    {
        if (bytes[ii + 3] == 0x95) //Node Online
        {
            devDetial = Byte2Data(bytes, ii + 15, ii + 43, 0x95);
            ShowLog("โหนด " + devDetial.NodeName + " ออนไลน์ SL=" + devDetial.SL +
" SH=" + devDetial.SH + " MY=" + devDetial.MY);
            DevList.Add(devDetial);
            nd = 1;
        }
        if (bytes[ii + 3] == 0x88) // Discovery Node
        {
            devDetial = Byte2Data(bytes, ii + 8, ii + 36, 0x88);
            ShowLog("พบ 1 โหนด " + devDetial.NodeName + " SL=" + devDetial.SL + "
SH=" + devDetial.SH + " MY=" + devDetial.MY);
            DevList.Add(devDetial);
            nd = 1;
        }
        if (bytes[ii + 3] == 0x90)//Recive Data
        {
            devDetial = Byte2Data(bytes, ii + 15, ii + 44, 0x90);
        }
        if ((bytes[ii + 3] == 0x88) && (bytes[ii + 7] == 0 && bytes[ii + 8] == 0 &&
bytes[ii + 9] == 0))//Transmition sucess
        {
            string my = Byte2Hex(bytes, ii+5, ii+6);
            string cmd = "Select Device_Name From sndata WHERE MY='" + my + "' ";
            string nodename = mysqlExcute.Mysql_Read(cmd);
            ShowLog("โหนด " + nodename + " ได้รับการร้องขอข้อมูลเรียบร้อยแล้ว !!!");
        }
    }
}
}

```

รูปที่ 3.18 แสดงชุดคำสั่งบางส่วนในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากพอร์ตอนุกรมทางฝั่งเครื่องเซิร์ฟเวอร์

3.4.3 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

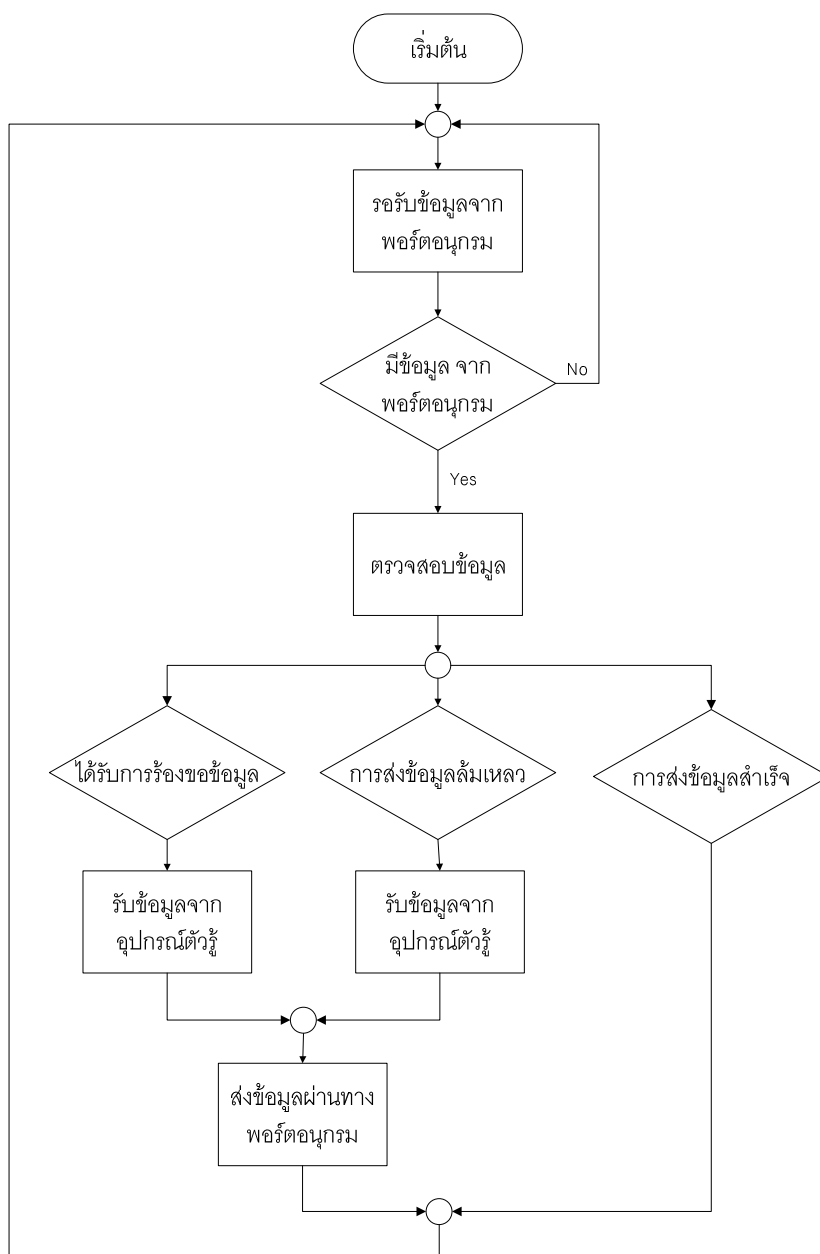
ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้จะใช้รูปแบบการเชื่อมต่อแบบ Mesh โดยเครื่องเซิร์ฟเวอร์จะทำการกำหนดค่าเป็นแบบ Coordinator และโหนดจะถูกกำหนดค่าเป็นแบบ End Device (สามารถดูการกำหนดค่าได้จาก ภาคผนวก ก) โดยขั้นตอนการทำงานสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนดังนี้

1) ขั้นตอนการทำงานของทางฝั่งเครื่องเซิร์ฟเวอร์ เมื่อทำการเริ่มต้นระบบ ระบบจะทำการเลือกเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์โมดูลไร้สายตามพอร์ตอนุกรมที่เลือกไว้ เมื่อทำการเชื่อมต่อสำเร็จ ระบบจะทำการส่งคำสั่งค้นหาโหนดในระบบ (Node Discovery) เมื่อได้รับข้อมูลของโหนดในระบบจะทำการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลและแสดงผลสถานะของโหนด คือ ค่า ON หรือ OFF เมื่อทราบสถานะของโหนดแล้ว ระบบจะทำการส่งชุดคำสั่งในการร้องขอข้อมูลไปยังโหนดลูกที่มีสถานะ ON โดยคำสั่งจะอยู่ในรูปแบบของเลขฐานสิบหก โดยเมื่อโหนดลูกได้รับการร้องขอข้อมูลแล้วจะทำการส่งข้อมูลกลับมา แต่หากไม่ส่งกลับมาเครื่องเซิร์ฟเวอร์จะทำการร้องขอข้อมูลไปอีกครั้ง ในกรณีที่มีการส่งข้อมูลกลับมา ระบบจะนำข้อมูลที่ได้นั้นไปตรวจสอบกับฐานข้อมูลที่ใช้ในการแจ้งเตือน หากตรงกับเงื่อนไขก็จะทำการแจ้งเตือนแล้วทำการบันทึกข้อมูลการแจ้งเตือน จากนั้นระบบจะทำการบันทึกข้อมูลที่ได้มาจากโหนดลูกลงฐานข้อมูล แล้วรอช่วงเวลาตามที่ผู้ใช้กำหนด แล้วระบบจะทำการส่งชุดคำสั่งในการร้องขอข้อมูลออกไป สามารถแสดงเป็นขั้นตอนการทำงานได้ ดังรูปที่ 3.19

2) ขั้นตอนการทำงานของโหนดลูก โหนดลูกจะทำการรอคำสั่งที่เข้าทางพอร์ตอนุกรม โดยมีคำสั่งที่รอรับมีอยู่สองรูปแบบคือ คำสั่งร้องขอข้อมูล และคำสั่งแสดงสถานะการส่งข้อมูล โดยเมื่อเครื่องลูกได้รับคำสั่งร้องขอข้อมูลจากเครื่องเซิร์ฟเวอร์แล้วจะทำการอ่านค่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์แล้วส่งข้อมูลออกไป โดยเมื่อทำการส่งข้อมูลแล้ว จะมีการส่งคำสั่งแสดงสถานะกลับมาจากเซิร์ฟเวอร์ในกรณีที่การส่งประสบความสำเร็จและคำสั่งแสดงสถานะล้มเหลวในกรณีที่การส่งไม่สำเร็จ หากโหนดลูกได้รับคำสั่งแสดงสถานะการส่งประสบความสำเร็จก็จะรอรับคำสั่งต่อไป แต่หากโหนดลูกได้รับสถานะการส่งล้มเหลว ก็จะทำการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์แล้วส่งออกไปอีกครั้ง แสดงเป็นขั้นตอนการทำงานได้ ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.19 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์ในการร้องขอข้อมูล



รูปที่ 3.20 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของโหนดลูกในการสื่อสารข้อมูลกับเครื่องเซิร์ฟเวอร์

3.5 การทดสอบระบบและประเมินผล

ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการทดสอบแบบกล่องดำหรือ Black Box Testing โดยพิจารณาจากข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์ที่ออกมา โดยไม่จำเป็นต้องทราบว่าโครงสร้างภายในของโปรแกรมเป็นอย่างไร โดยผู้วิจัยจะทำการทดสอบการทำงานของระบบแฉ่งเดือนโดยการกำหนดค่าให้ระบบทำการแฉ่งเดือน แล้วไม่แฉ่งเดือน จำนวน 25 กรณี เพื่อทดสอบความถูกต้องเพื่อทำการหาประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ

โดยจะทำการกำหนดค่าขอบ (Boundary Value) ขึ้นมาเพื่อใช้ในการทดสอบ โดยค่าขอบเหล่านี้จะมีทั้งหมด 12 ค่าใน 1 กรณีทดสอบ โดยจะเป็นค่าขอบบนและขอบล่าง โดยค่าขอบเหล่านี้มาจากการใช้ในการประมวล คือ ระดับน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ แรงกดอากาศ ความเข้มของแสง ปริมาณน้ำฝนและความเร็วลม โดยสร้างเป็นกรณีทดสอบทั้งหมด 25 กรณี โดยมีการกำหนดผลลัพธ์ที่คาด (Expect Output) ระบบทำการแฉ่งเดือน 13 กรณี และไม่แฉ่งเดือน 12 กรณี เพื่อทดสอบการทำงานของระบบว่าสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง โดยวัดผลจากผลลัพธ์ที่ได้จริง ว่าแฉ่งเดือนและไม่แฉ่งเดือนตรงกับผลลัพธ์ที่คาดหวังหรือไม่ หากระบบสามารถแฉ่งเดือนได้ 13 และไม่แฉ่งเดือน 12 กรณี โดยตรงกับผลลัพธ์ที่คาดหวังทั้งหมดซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพ 100 เปอร์เซนต์

บทที่ 4

ผลการวิจัย

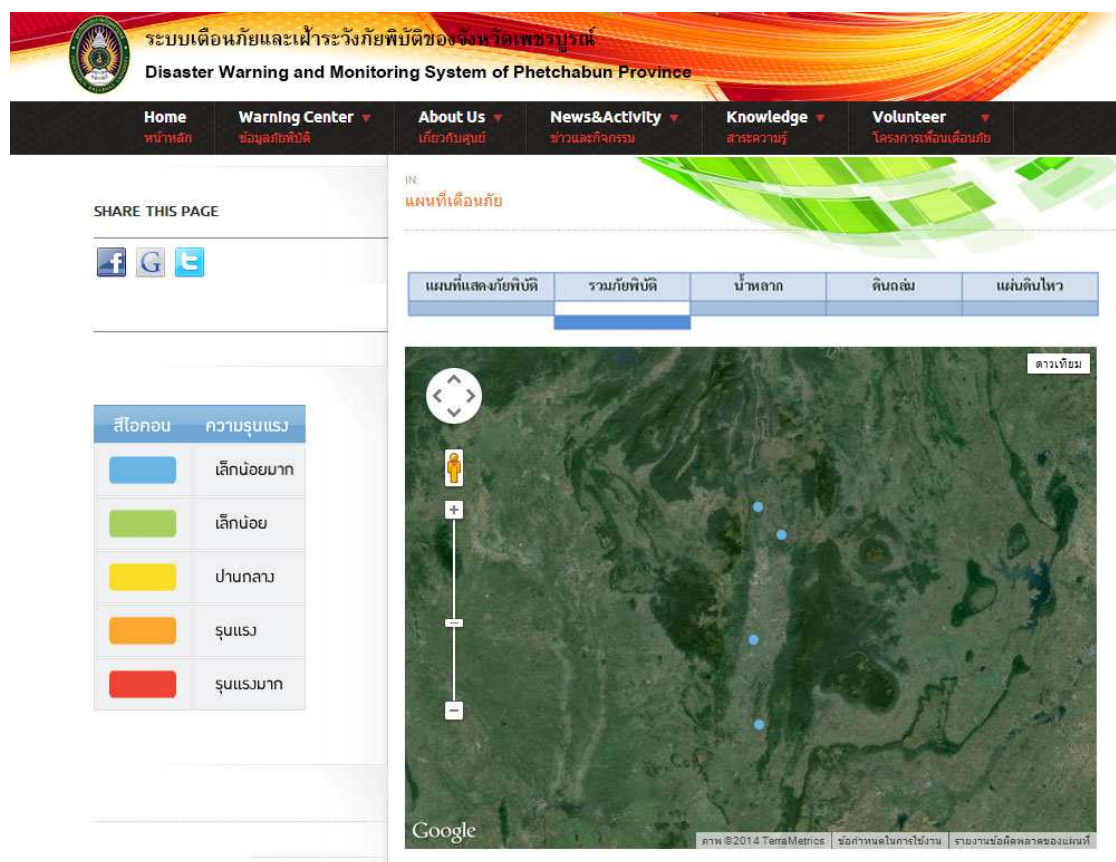
ในการพัฒนาระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเพื่อเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลาก ผู้พัฒนาแบ่งผลการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน คือ

- 4.1 ส่วนของระบบ หรือโปรแกรม
- 4.2 ส่วนของการประเมินผล
- 4.3 สรุปผลการประเมินหาประสิทธิภาพโปรแกรม

4.1 ส่วนของระบบ หรือโปรแกรม

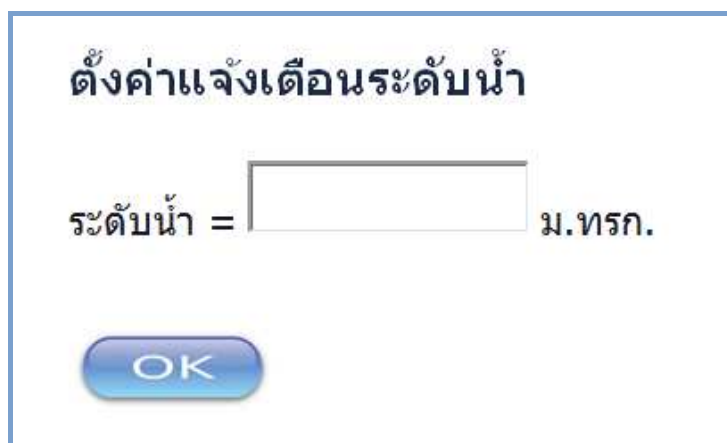
หลังจากได้พัฒนาระบบตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ ผลการพัฒนาโปรแกรมแสดงหน้าจอดังต่อไปนี้

หน้าจอแรกเมื่อได้ติดตั้งโปรแกรมและมีการเรียกใช้งานระบบแสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 หน้าจอแสดงการทำงานของโปรแกรม

ในส่วนนี้จะป็นหน้าจอหลักที่ใช้ในการแสดงค่าระดับน้ำของเซนเซอร์ที่เครื่องถูกข่ายส่งเข้ามาซึ่งแสดงในลักษณะเป็นกราฟิกรวมทั้งแสดงค่าเป็นตัวเลขระดับน้ำ เราสามารถ ตั้งค่าระดับน้ำที่ต้องการให้ระบบแจ้งเตือนแสดงดังรูปที่ 4.2 ถ้าต้องการดูการแสดงผลระดับน้ำเป็นกราฟแสดงดังรูปที่ 4.4 รวมทั้งการออกจากระบบสามารถใช้งานได้ง่าย

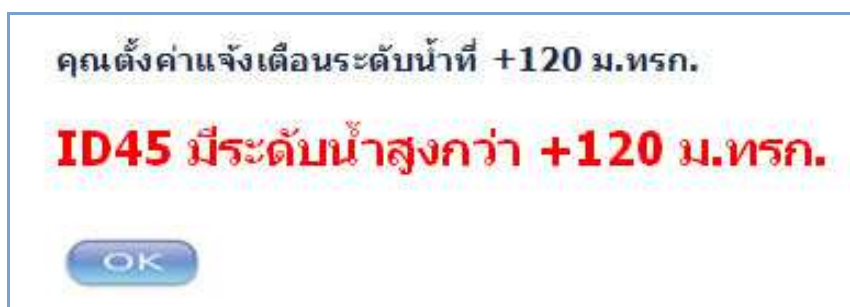


ตั้งค่าแจ้งเตือนระดับน้ำ

ระดับน้ำ = ม.ทรก.

OK

รูปที่ 4.2 หน้าจอการตั้งค่าระดับน้ำที่ต้องการให้ระบบแจ้งเตือน



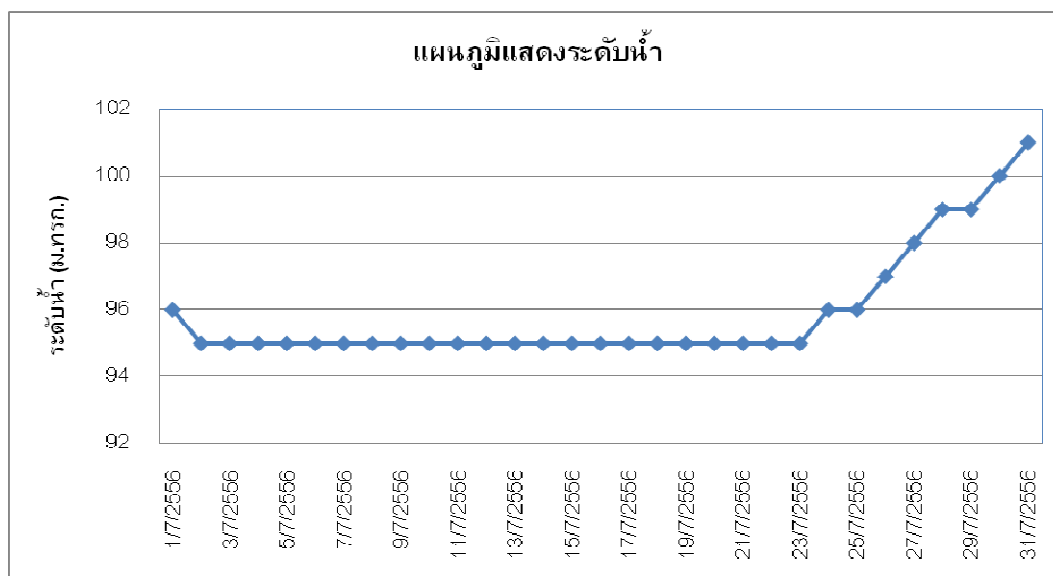
คุณตั้งค่าแจ้งเตือนระดับน้ำที่ +120 ม.ทรก.

ID45 มีระดับน้ำสูงกว่า +120 ม.ทรก.

OK

รูปที่ 4.3 หน้าจอเมื่อระบบมีการแจ้งเตือน

จากรูปที่ 4.3 หน้าจอแสดงการแจ้งเตือนเมื่อเซนเซอร์ตรวจพบว่ามีระดับน้ำถึงกำหนดที่ตั้งไว้ก็จะแสดงการแจ้งเตือนให้ทราบ



รูปที่ 4.4 หน้าจอแสดงแผนภูมิของระดับน้ำ

4.2 ส่วนของการประเมินผล

4.2.1 การวิเคราะห์ผลของการแสดงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยมีความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเพื่อเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลาก ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือและอุปกรณ์

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	t ($\mu = 3.5$)	การแปลผล
1. รูปแบบของอุปกรณ์ตรวจวัดมีความเหมาะสม	4.20	0.45	3.50	ดี
2. อุปกรณ์ที่ใช้มีประสิทธิภาพ	4.60	0.55	4.49	ดี
3. อุปกรณ์มีความสะดวกในการใช้งาน	4.40	0.55	3.67	ดี
4. ความสะดวกในการติดตั้งระบบ	4.40	0.55	3.67	ดี
5. สามารถใช้งานระบบได้	4.60	0.55	4.49	ดี
6. รูปแบบของอุปกรณ์ตรวจวัดมีความเหมาะสม	4.60	0.55	4.49	ดี
7. อุปกรณ์ที่ใช้มีประสิทธิภาพ	4.60	0.55	4.49	ดี
ค่าประเมินรวม	4.49	0.51	4.35	ดี

จากตารางที่ 4.1 ผลการตอบแบบสอบถาม สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) โดยรวมเท่ากับ 4.49 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 0.51 และค่า t (คำนวณ) เท่ากับ 4.35 จากการเปิดตารางแจกแจงแบบ t ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ $df = 4$ พบว่าค่า t จากตารางเท่ากับ +2.132 แสดงว่าค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า จึงอยู่ในเขตปฏิเสธ H_0 แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนานั้นมีประสิทธิภาพในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์อยู่ในระดับดีมาก

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้งานโปรแกรม

รายการประเมิน	$\bar{X}$	$S.D.$	t ($\mu = 3.5$)	การแปลผล
1. โปรแกรมสามารถใช้งานได้ง่าย	4.20	0.45	3.50	ดี
2. ความสามารถในการตรวจวัดระดับน้ำ	4.40	0.55	3.67	ดี
3. ความสามารถในการรายงานผล	4.40	0.55	3.67	ดี
4. ความสามารถในการแจ้งเตือน	4.80	0.45	6.50	ดี
5. โปรแกรมสามารถแสดงสถานะของเซนเซอร์	4.60	0.55	4.49	ดี
ค่าประเมินรวม	4.48	0.51	4.30	ดี

จากตารางที่ 4.2 ผลการตอบแบบสอบถาม สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้งานระบบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) โดยรวมเท่ากับ 4.48 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 0.51 และค่า t (คำนวณ) เท่ากับ 4.30 จากการเปิดตารางแจกแจงแบบ t ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ $df = 4$ พบว่าค่า t จากตารางเท่ากับ +2.132 แสดงว่าค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า จึงอยู่ในเขตปฏิเสธ H_0 แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนานั้นมีประสิทธิภาพในการใช้งานโปรแกรมอยู่ในระดับดี

ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้งานระบบ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	$S.D.$	t ($\mu = 3.5$)	การแปลผล
1. ความยากของการทำความเข้าใจระบบอยู่ในระดับ	4.60	0.55	4.49	ดี
2. ความง่ายต่อการใช้งานระบบอยู่ในระดับ	4.40	0.55	3.67	ดี
3. ความสะดวกในการใช้งานระบบอยู่ในระดับ	4.60	0.55	4.49	ดี
4. ความสะดวกของการบันทึกระดับน้ำอยู่ในระดับ	4.40	0.55	3.67	ดี
5. ความพึงพอใจต่อการให้การช่วยเหลือของระบบอยู่ในระดับ	4.20	0.45	3.50	ดี
6. ความสะดวกของการเข้าถึงระบบในการช่วยเหลืออยู่ในระดับ	4.60	0.55	4.49	ดี
7. ความง่ายต่อการทำความเข้าใจระบบให้การช่วยเหลือ	4.40	0.55	3.67	ดี
8. ความพึงพอใจต่อรูปแบบการนำเสนอผลการประเมินอยู่ในระดับ	4.40	0.55	3.67	ดี
ค่าประเมินรวม	4.44	0.50	4.20	ดี

จากตารางที่ 4.3 ผลการตอบแบบสอบถาม สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้งานระบบ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) โดยรวมเท่ากับ 4.44 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 0.50 และค่า t (คำนวณ) เท่ากับ 4.20 จากการเปิดตารางแจกแจงแบบ t ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ $df = 4$ พบว่าค่า t จากตารางเท่ากับ +2.132 แสดงว่าค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า จึงอยู่ในเขตปฏิเสธ H_0 แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนานั้นมีประสิทธิภาพในด้านการใช้งานระบบ อยู่ในระดับดี

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการประมวลผลของระบบ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	$S.D.$	t ($\mu = 3.5$)	การแปลผล
1. เวลาในการตอบสนองการทำงานแต่ละฟังก์ชันอยู่ในระดับ	4.60	0.55	4.49	ดี
2. ความรวดเร็วในแสดงผล	4.60	0.55	4.49	ดี
3. ความถูกต้องของการแสดงผลข้อมูลอยู่ในระดับ	4.60	0.55	4.49	ดี
4. ความถูกต้องของผลการประเมินอยู่ในระดับ	4.40	0.55	3.67	ดี
5. ความรวดเร็วในการรายงานผล	4.80	0.45	6.50	ดีมาก
6. ความรวดเร็วในการแจ้งเตือน	4.60	0.55	4.49	ดี
ค่าประเมินรวม	4.60	0.50	4.94	ดี

จากตารางที่ 4.4 ผลการตอบแบบสอบถาม สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการประมวลผลของระบบ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) โดยรวมเท่ากับ 4.60 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 0.50 และค่า t (คำนวณ) เท่ากับ 4.94 จากการเปิดตารางแจกแจงแบบ t ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ $df = 4$ พบว่าค่า t จากตารางเท่ากับ +2.132 แสดงว่าค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า จึงอยู่ในเขตปฏิเสธ H_0 แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนานั้นมีประสิทธิภาพในการประมวลผลของระบบ อยู่ในระดับดีมาก

ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	$S.D.$	t ($\mu = 3.5$)	การแปลผล
1. ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องและสมบูรณ์	4.60	0.55	4.49	ดี
2. ผลลัพธ์ที่ได้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้	4.40	0.55	3.67	ดี
3. ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปใช้งานจริง	4.40	0.55	3.67	ดี
4. ด้านความสามารถของระบบตรงต่อความต้องการของผู้ใช้	4.60	0.55	4.49	ดี
5. ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องและสมบูรณ์	4.40	0.55	3.67	ดี
ค่าประเมินรวม	4.48	0.51	4.30	ดี

จากตารางที่ 4.5 ผลการตอบแบบสอบถาม สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) โดยรวมเท่ากับ 4.48 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 0.51 และค่า t (คำนวณ) เท่ากับ 4.30 จากการเปิดตารางแจกแจงแบบ t ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ $df = 4$ พบว่าค่า t จากตารางเท่ากับ +2.132 แสดงว่าค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า จึงอยู่ในเขตปฏิเสธ H_0 แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนานั้นมีประสิทธิภาพในด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ อยู่ในระดับดี

4.3.2 ผลการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจเมื่อทดสอบกับ กลุ่มพนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย จังหวัดเพชรบูรณ์ และกลุ่มผู้ใช้ทั่วไป มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้งานด้านเครื่องมือและอุปกรณ์

รายการประเมิน	$\bar{X}$	$S.D.$	t ($\mu = 3.5$)	การแปลผล
1. รูปแบบของอุปกรณ์ตรวจวัดมีความเหมาะสม	4.20	0.63	3.50	ดี
2. อุปกรณ์ที่ใช้มีประสิทธิภาพ	4.20	0.63	3.50	ดี
3. อุปกรณ์มีความสะดวกในการใช้งาน	4.40	0.70	4.07	ดี
4. ความสะดวกในการติดตั้งระบบ	4.30	0.67	3.75	ดี
5. สามารถใช้งานระบบได้	4.40	0.70	4.07	ดี
ค่าประเมินรวม	4.30	0.65	3.91	ดี

จากตารางที่ 4.6 ผลการตอบแบบสอบถาม สำหรับผู้ใช้งานทั่วไปด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) โดยรวมเท่ากับ 4.30 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 0.65 และค่า t (คำนวณ) เท่ากับ 3.91 จากการเปิดตารางแจกแจงแบบ t ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ $df = 9$ พบว่าค่า t จากตารางเท่ากับ +1.833 แสดงว่าค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า จึงอยู่ในเขตปฏิเสธ H_0 แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนานั้นมีประสิทธิภาพในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ อยู่ในระดับดี

ตารางที่ 4.7 ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้งานด้านเครื่องมือและอุปกรณ์

รายการประเมิน	$\bar{X}$	$S.D.$	t ($\mu = 3.5$)	การแปลผล
1. ความยากง่ายของการทำความเข้าใจระบบอยู่ในระดับ	4.50	0.53	6.00	ดีมาก
2. การใช้เวลาในการเรียนรู้ขั้นตอนการทำงานของระบบ	4.60	0.52	6.74	ดีมาก
3. ความสามารถในการตรวจวัดระดับน้ำ	4.50	0.53	6.00	ดีมาก
4. ความสามารถในการรายงานผล	4.30	0.67	3.75	ดี
5. ความสามารถในการแจ้งเตือน	4.30	0.67	3.75	ดี
6. ความสะดวกในการใช้งานระบบอยู่ในระดับ	4.40	0.70	4.07	ดี
7. ความสะดวกในการบันทึกระดับน้ำอยู่ในระดับ	4.20	0.52	5.25	ดีมาก
8. ความพึงพอใจต่อรูปแบบการนำเสนอผลการประเมินอยู่ในระดับ	4.30	0.67	3.75	ดี
9. ระบบมีตรงต่อความต้องการของผู้ใช้	4.30	0.67	3.75	ดี
10. ระบบสามารถนำไปใช้งานจริง	4.30	0.67	3.75	ดี
ค่าประเมินรวม	4.36	0.61	4.45	ดี

จากตารางที่ 4.7 ผลการตอบแบบสอบถาม สำหรับผู้ใช้งานทั่วไปด้านการใช้งานของระบบ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) โดยรวมเท่ากับ 4.36 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 0.61 และค่า t (คำนวณ) เท่ากับ 4.45 จากการเปิดตารางแจกแจงแบบ t ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ $df = 9$ พบว่าค่า t จากตารางเท่ากับ +1.833 แสดงว่าค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า จึงอยู่ในเขตปฏิเสธ H_0 แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนานั้นมีประสิทธิภาพในการใช้งานของระบบ อยู่ในระดับดี

4.3 สรุปผลการประเมินหาประสิทธิภาพโปรแกรม

จากการประเมินประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายเซิร์ฟเวอร์ไร้สายเพื่อเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลากแบ่งเป็น 2 กลุ่มผู้ใช้งาน คือ ผู้ใช้งานทั่วไปที่ต้องการใช้งานระบบ โดยได้รับการประเมินจากพนักงานหน่วยป้องกันไฟฟ้า จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 10 คน และส่วนของระบบควบคุมการทำงานโดยผู้ดูแลได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน สามารถสรุปผลการประเมินในแต่ละด้านได้ดังตารางที่ 4.8 และตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 ผลสรุปการประเมินประสิทธิภาพระบบในทุกๆ ด้านของผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	t ($\mu = 3.5$)	การแปลผล
1. ด้านการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์	4.49	0.51	4.35	ดี
2. ด้านการใช้งานระบบ	4.48	0.51	4.30	ดี
3. ด้านการประมวลผลของระบบ	4.44	0.50	4.20	ดี
4. ด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ	4.48	0.51	4.30	ดี

จากตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านความสามารถระบบในทุกๆ ด้านของผู้ใช้ผู้เชี่ยวชาญ

มัธยิมเลขคณิต (Mean : $\bar{X}$) = 4.49

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) = 0.50

เมื่อ $\mu = 3.50$ จะได้ $t_{(คำนวณ)} = 4.43$ ซึ่งมากกว่า $t_{(ตาราง)}$ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.50 จึง ยอมรับ H_1

จากการเปิดตารางแจกแจงแบบ t ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ $df = 4$ ค่า t จากตารางเท่ากับ +2.132 พบว่าค่า t ที่คำนวณได้มากกว่า ซึ่งอยู่ในเขตปฏิเสธ H_0 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของโปรแกรม มีค่าระดับประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี

ตารางที่ 4.9 ผลสรุปการประเมินประสิทธิภาพระบบในทุกๆ ด้านของผู้ใช้ทั่วไป

รายการประเมิน	$\bar{X}$	$S.D.$	t ($\mu = 3.5$)	การแปลผล
1. การประเมินด้านเครื่องมือและอุปกรณ์	4.30	0.65	3.91	ดี
2. การประเมินด้านการใช้งานของระบบ	4.36	0.61	4.45	ดี

จากตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านความสามารถระบบในทุกๆ ด้านของผู้ใช้ทั่วไป

มัชฌิมเลขคณิต (Mean : $\bar{X}$) = 4.34

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) = 0.62

เมื่อ $\mu = 3.50$ จะได้ $t_{(คำนวณ)} = 4.27$ ซึ่งมากกว่า $t_{(ตาราง)}$ ดังนั้น ยอมรับ H_1

จากการเปิดตารางแจกแจงแบบ t ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ $df = 9$ พบว่าค่า t จากตารางเท่ากับ +1.833 พบว่าค่า t ที่คำนวณได้มากกว่า ซึ่งอยู่ในเขตปฏิเสธ H_0 แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนานั้นมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบเครือข่ายเซนเซอร์เพื่อเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลากพัฒนาขึ้นจากแนวความคิดที่จะพัฒนาเครื่องมือเพื่ออำนวยความสะดวกในการตรวจสอบความเคลื่อนไหวของระดับน้ำในบริเวณที่ต้องการติดตามหรือเป็นพื้นที่ ที่เสี่ยงต่อเกิดไฟป่า มีความสะดวกในการตรวจสอบระดับน้ำพอสมควร ด้านการพัฒนาได้ใช้เครื่องมือหลายอย่างในการพัฒนา ทั้งด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งได้ใช้โปรแกรม MicroCode Studio ซึ่งเป็น editor และใช้โปรแกรม PicBasic Pro ในส่วนที่เป็น compiler ส่วนด้านโปรแกรมที่ใช้พัฒนาบนไมโครคอมพิวเตอร์ ใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์วิซวลเบสิก

5.2 ข้อจำกัด

แม้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นจะทำงานได้ตามขอบเขตและวัตถุประสงค์ แต่ยังมีข้อจำกัดดังต่อไปนี้

1. ระบบที่พัฒนาขึ้นยังมีปัญหาเรื่องแหล่งพลังงาน เนื่องจากต้องอาศัยแหล่งพลังงานแบตเตอรี่ ซึ่งมีอายุการใช้งานจำกัด
2. รัศมีการรับส่งข้อมูลของเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายยังอยู่ในวงจำกัด ขึ้นอยู่กับจำนวนของเครื่องลูกข่าย และสภาพภูมิประเทศ

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. หากมีการพัฒนาต่อควรมีการระบุตำแหน่งที่วางเซนเซอร์บนแสดงบนแผนที่
2. ควรหาแหล่งพลังงานที่สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องเช่นจากพลังงานแสงอาทิตย์
3. หากเครือข่ายมีขนาดใหญ่มีปริมาณข้อมูลมากควรมีโปรโตคอลในการจัดการข้อมูลที่ดี
4. เมื่อมีการพัฒนาต่อให้สามารถติดตามข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
5. ด้านการเตือนภัยหากมีการพัฒนาต่ออาจจะเตือนภัยผ่านโทรศัพท์มือถือ หรือแจ้งเตือนผ่านระบบข้อความสั้น (SMS)
6. ควรเพิ่มความมั่นคงปลอดภัยวัสดุของเครื่องลูกข่าย

5.4 ปัญหาที่พบในการทำวิจัย

1. การประมวลผลของโปรแกรมไมโครซอฟท์ วิชวลเบสิก จะขึ้นกับประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้งานแต่ละคนซึ่งไม่สามารถวัดอัตราเร็วในการประมวลผลได้
2. อุปกรณ์ที่ใช้มีความแปรปรวน

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา ใจเย็น (2521). ฌักฐพล วงศ์สุนทรชัยและชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล. เรียนรู้และใช้งาน PICBASIC PRO คอมไพเลอร์. กรุงเทพฯ: อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์

ฌักฐพล วงศ์สุนทรชัยและชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล (2521). ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F87x. กรุงเทพฯ : อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์

เทพชัย เสรีอำนาจ (2534) “แบบจำลองน้ำท่วมของชุมชนเมืองโดยคอมพิวเตอร์” วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมทรัพยากรแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

นลินี จานงค์พล (2547). การพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วมลุ่มน้ำเจ้าพระยาในปี พ.ศ.2546, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ, ครั้งที่ 9, 19-21 พฤษภาคม 2547, เพชรบุรี, หน้า 244.

ประสิทธิ์ เมฆอรุณ (2544). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัยในเขตลุ่มน้ำยมตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปราโมทย์ อนันต์วรพงษ์. "เรื่อนำรู้สำหรับการส่งข้อมูลเบสแบนด์ดิจิทัล." วารสารเคมีคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์. 2546 : 178-184.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2540). เอกสารประกอบการสัมมนา การป้องกันอุทกภัยในเมืองของประเทศไทย โดยใช้โครงการแก้มลิงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยุพา ชิดทอง และคณะ (2547). การพยากรณ์น้ำท่วมโดยแบบจำลอง ฟิชชีลอจิก, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ, ครั้งที่ 9, 19-21 พฤษภาคม 2547, เพชรบุรี, หน้า 19.

วัชรินทร์ เคารพ (2547). เรียนรู้และเข้าใจไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ด้วยภาษาเบสิก PicBasic PRO. กรุงเทพฯ : อีทีที,

วัชรินทร์ เคารพ. เรียนรู้และเข้าใจสถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877. กรุงเทพฯ: อีทีที, 2546

วุฒิชัย วิชัยเมฆพัตร และเสรี สุภราทิษฐ์ (2547) “การคำนวณน้ำหลากจากเหตุการณ์น้ำท่วมขนาดใหญ่ 2543” การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 9, 19-21 พฤษภาคม 2547, เพชรบุรี

ศุภชัย บุศราทิจ. Guide to PIC16F877 ตอนที่ 1. [ออนไลน์], จาก : <http://www.etteam.com/article/pic/pic008.html> [4 มกราคม 2550]

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2542). การศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดอุทกภัยและภัยธรรมชาติ (ในเขตลุ่มน้ำภาคกลาง). รายงานฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (สผ.)

สนธิ วงษา (2544) “การพัฒนาระบบพยากรณ์และเตือนภัยน้ำหลากโดยแบบจำลองอย่างง่าย” วารสารชมรมนักอุทกวิทยาไทย, ปีที่ 9, ฉบับที่ 8, หน้า 65-71

สันติพงศ์ คุรุกันันต์. (2548) การหลีกเลี่ยงการครอบงำของแพคเกจข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย ที่ใช้การหาเส้นทางแบบประหยัดพลังงาน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมไฟฟ้าบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

อุรุยา วิสกุล และ สุทัศน์ วิสกุล (2547) “การพยากรณ์ความเสี่ยงของการเกิดน้ำท่วมแบบออนไลน์โดยใช้ระบบข้อมูลอุทกวิทยาร่วมกับเรดาร์”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 9, 19-21 พฤษภาคม 2547, เพชรบุรี, หน้า 214

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก คู่มือการติดตั้งระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย เพื่อเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลาก

คู่มือการติดตั้งระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย เพื่อเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลาก

แนะนำโปรแกรม

ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายนี้ ใช้สำหรับแสดงระดับน้ำสภาพแวดล้อมในที่บริเวณที่เราต้องการจะตรวจสอบ

การติดตั้ง

1. โปรแกรมสามารถติดตั้งได้บนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟวินโดวส์ (Microsoft Windows)
2. ติดตั้งเครื่องเซนเซอร์ที่ทำงานเป็นแม่ข่ายโดยใช้สายพอร์ตอนุกรมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ซีเรียลพอร์ตคอม 1 (Serial Port Com 1)
3. รันแบตไฟล์ที่เพื่อติดตั้งและใช้งานโปรแกรม

การใช้งานโปรแกรม

เมื่อเข้าสู่โปรแกรมจะปรากฏหน้าจอหลักที่ควบคุมการทำงานของระบบ

การทำงานของโปรแกรมอธิบายได้ดังนี้

1. หน้าจอจะแสดงระดับน้ำของเซนเซอร์ลูกข่ายแต่ละตัว เป็นกราฟฟิคและเป็นตัวเลข
2. แสดงสถานะการทำงานของเซนเซอร์ลูกข่ายในส่วนของ ID-Status การใช้งานทำได้โดยการกดปุ่ม Check Status แล้วโปรแกรมจะตอบสนองโดยการแสดงสีสถานะของเครื่องเซนเซอร์ลูกข่ายซึ่งมีอยู่ 3 สถานะ

2.1 สีเหลือง หมายถึง สถานะไม่มีการเปลี่ยนแปลงและไม่มีการส่งข้อมูล

2.2 สีแดง หมายถึง เซนเซอร์ลูกข่ายไม่ทำงาน

2.3 สีเขียว หมายถึง เซนเซอร์ยังทำงานปกติ

3. ปุ่ม Help เป็นแสดงระบบช่วยเหลือวิธีใช้งาน โปรแกรมเมื่อกจะ

4. ปุ่ม Set Temp ใช้ตั้งค่าระดับน้ำที่ต้องการให้แจ้งเตือนให้ระบุ ตัวเลขเป็นองศาเซลเซียส และกด OK

5. ปุ่ม Chart ใช้แสดงกราฟระดับน้ำ

จากรูปที่ ก.6 เป็นการแสดงระดับน้ำของเครื่องเซนเซอร์ลูกข่ายแบ่งเป็นการแสดงแต่ละ ID มีวิธีการใช้งานดังนี้

5.1 ปุ่ม Preview ทำหน้าที่ ย่อขยายกราฟ

5.2 ปุ่ม Copy To Clipboard ทำหน้าที่ คัดลอกกราฟระดับน้ำไปยังโปรแกรมอื่น

5.3 ปุ่ม Save Chart ทำหน้าที่บันทึกกราฟระดับน้ำ

5.4 ปุ่ม exit ทำหน้าที่ออกจากหน้าจอแสดงกราฟระดับน้ำ

6. Alert Temp เป็นส่วนที่แสดงระดับน้ำที่ตั้งไว้ให้โปรแกรมแจ้งเตือนแสดงดังรูปที่ ก.7 เมื่อระดับน้ำตรงกับที่ได้ตั้งค่าไว้ โปรแกรมก็จะแจ้งเตือน

7. ส่วนแสดงตารางที่บันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล

8. Exit เมื่อต้องการออกจากโปรแกรม

ภาคผนวก ข แบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบเครือข่ายเซิร์ฟเวอร์ไร้สายสำหรับ
ระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลากของจังหวัดเพชรบูรณ์

แบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

วัตถุประสงค์

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินผลของโปรแกรมระบบเครือข่ายเซิร์ฟเวอร์ไร้สาย
เพื่อเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลาก

1. ด้านการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์
2. ด้านการใช้งานระบบ
3. ด้านการประมวลผลของระบบ
4. ด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ที่ท่านเลือก และเติมข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริง

ส่วนที่ 1 ข้อมูลของผู้ประเมิน

1. ชื่อ – นามสกุล

.....

2. ตำแหน่ง / หน่วยงานที่สังกัด

.....

3. ระดับการศึกษาสูงสุด

1) ☐ ปริญญาตรี

2) ☐ ปริญญาโท

3) ☐ ปริญญาเอก

4) ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

4. เพศ

1) ☐ ชาย

2) ☐ หญิง

5. ระดับอายุ

1) ☐ 20-30 ปี

2) ☐ 31-40 ปี

3) ☐ 41-50 ปี

4) ☐ มากกว่า 40 ปี

6. ประสบการณ์ในการทำงาน

1) ☐ น้อยกว่า 5 ปี

2) ☐ 5-10 ปี

3) ☐ 11-15 ปี

4) ☐ มากกว่า 15 ปี

ส่วนที่ 2 ด้านการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์

ประสิทธิภาพด้านการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์		ระดับความคิดเห็น				
		4 มากที่สุด	3 มาก	2 ปานกลาง	1 พอใช้	0 ปรับปรุง
ด้านปัจจัยที่นำมาใช้ประเมิน						
1.	รูปแบบของอุปกรณ์ตรวจวัดมีความเหมาะสม					
2.	อุปกรณ์ที่ใช้มีประสิทธิภาพ					
3.	อุปกรณ์มีความสะดวกในการใช้งาน					
4.	ความสะดวกในการติดตั้งระบบ					
5.	สามารถใช้งานระบบได้					

ส่วนที่ 3 ด้านการใช้งานระบบ

ประสิทธิภาพด้านการใช้งานระบบ		ระดับความคิดเห็น				
		4 มากที่สุด	3 มาก	2 ปานกลาง	1 พอใช้	0 ปรับปรุง
ประสิทธิภาพด้านการใช้งานโปรแกรม						
1.	โปรแกรมสามารถใช้งานได้ง่าย					
2.	ความสามารถในการตรวจวัดระดับน้ำ					
3.	ความสามารถในการรายงานผล					
4.	ความสามารถในการแจ้งเตือน					
5.	โปรแกรมสามารถแสดงสถานะของเซนเซอร์					

ข้อมูลอื่นที่ต้องการเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ประสิทธิภาพด้านการใช้งานระบบ		ระดับความคิดเห็น				
		4 มากที่สุด	3 มาก	2 ปานกลาง	1 พอใช้	0 ปรับปรุง
ด้านการใช้งานระบบ						
1.	ความยากของการทำความเข้าใจระบบอยู่ในระดับ					
2.	การใช้เวลาในการเรียนรู้ขั้นตอนการทำงานของระบบ					
3.	ความง่ายต่อการใช้งานระบบอยู่ในระดับ					
4.	ความสะดวกในการใช้งานระบบอยู่ในระดับ					
5.	ความสะดวกของการบันทึกระดับน้ำอยู่ในระดับ					
6.	ความพึงพอใจต่อการให้การช่วยเหลือของระบบอยู่ในระดับ					
7.	ความสะดวกของการเข้าถึงระบบในการช่วยเหลืออยู่ในระดับ					
8.	ความง่ายต่อการทำความเข้าใจระบบให้การช่วยเหลือ					
9.	ความพึงพอใจต่อรูปแบบการนำเสนอผลการประเมินอยู่ในระดับ					

ข้อมูลอื่นๆ ที่ต้องการแนะนำเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ส่วนที่ 4 ด้านการประมวลผลระบบ

ด้านการประมวลผล		ระดับความคิดเห็น				
		4 มากที่สุด	3 มาก	2 ปานกลาง	1 พอใช้	0 ปรับปรุง
1.	เวลาในการตอบสนองการทำงานแต่ละฟังก์ชันอยู่ในระดับ					
2.	ความรวดเร็วในแสดงผล					
3.	ความถูกต้องของการแสดงผล ข้อมูลอยู่ในระดับ					
4.	ความถูกต้องของผลการประเมินอยู่ในระดับ					
5.	ความรวดเร็วในการรายงานผล					
6.	ความรวดเร็วในการแจ้งเตือน					

ส่วนที่ 5 ด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ

ด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ		ระดับความคิดเห็น				
		4 มากที่สุด	3 มาก	2 ปานกลาง	1 พอใช้	0 ปรับปรุง
ด้านผลลัพธ์ของระบบ						
1.	ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องและสมบูรณ์					
2.	ผลลัพธ์ที่ได้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้					
3.	ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปใช้งานจริง					
4.	ความสามารถของระบบตรงต่อความต้องการของผู้ใช้					
5.	ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องและสมบูรณ์					

ข้อมูลอื่นๆ ที่ต้องการแนะนำเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค แบบสอบถามเพื่อประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเพื่อเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลาก

แบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้ใช้งาน

วัตถุประสงค์

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินผลของโปรแกรมระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเพื่อเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลาก

1. ด้านการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์
2. ด้านการใช้งานระบบ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน □ ที่ท่านเลือก และเติมข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริง

ส่วนที่ 1 ด้านการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์

ประสิทธิภาพด้านการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์		ระดับความคิดเห็น				
		4 มากที่สุด	3 มาก	2 ปานกลาง	1 พอใช้	0 ปรับปรุง
ด้านปัจจัยที่นำมาใช้ประเมิน						
1.	รูปแบบของอุปกรณ์ตรวจวัดมีความเหมาะสม					
2.	อุปกรณ์ที่ใช้มีประสิทธิภาพ					
3.	อุปกรณ์มีความสะดวกในการใช้งาน					
4.	ความสะดวกในการติดตั้งระบบ					
5.	สามารถใช้งานระบบได้					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ส่วนที่ 2 ด้านการใช้งานของระบบ

ประสิทธิภาพด้านการใช้งานระบบ		ระดับความคิดเห็น				
		4 มากที่สุด	3 มาก	2 ปานกลาง	1 พอใช้	0 ปรับปรุง
ด้านการใช้งานระบบ						
1.	ความยากง่ายของการทำความเข้าใจระบบอยู่ในระดับ					
2.	การใช้เวลาในการเรียนรู้ขั้นตอนการทำงานของระบบ					
3.	ความสามารถในการตรวจวัดระดับน้ำ					
4.	ความสามารถในการรายงานผล					
5.	ความสามารถในการแจ้งเตือน					
6.	ความสะดวกในการใช้งานระบบอยู่ในระดับ					
7.	ความสะดวกของการบันทึกระดับน้ำอยู่ในระดับ					
8.	ความพึงพอใจต่อรูปแบบการนำเสนอผลการประเมินอยู่ในระดับ					
9.	ระบบมีตรงต่อความต้องการของผู้ใช้					
10.	ระบบสามารถนำไปใช้งานจริง					

ข้อมูลอื่นๆ ที่ต้องการแนะนำเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง ประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายเสริมศักดิ์ ทิพย์วงศ์
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Sermsak Thipwong
 2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3670301310920
 3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย (วิชาการ)
 4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก
สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) : SSRJR2@hotmail.com
 5. ประวัติการศึกษา
ค.อ.ม. ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าพระนครเหนือ
วศ.บ. ไฟฟ้ากำลัง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตขอนแก่น
 6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
เครื่องกลไฟฟ้า
มอเตอร์และเจนเนอเรเตอร์
การควบคุมระบบอัตโนมัติ
วิศวกรรมสายอากาศ
 7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
 - 7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย
 - ชุดประลองการควบคุมและแสดงผลระบบสายพานลำเลียงโดยใช้คอมพิวเตอร์
 - เครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรพลังงานลม
 - ชุดรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าสำหรับกักเก็บผลผลิตไฟฟ้า
 - 7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว
 - ชุดประลองการควบคุมและแสดงผลระบบสายพานลำเลียงโดยใช้คอมพิวเตอร์
ทุนมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2552
 - 7.3 งานวิจัยที่กำลังทำ
 - การออกแบบและพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีศึกษาน้ำตกธาราเอราวัณ ชุมชนบ้านตะเภา
- ได้ทำการวิจัยถูกล่วงแล้วประมาณ 80 % (วช.) 2554

ประวัติผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายเอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr Anekpong Thammathiwat
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3679800154743
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำ
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก
สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) : anekpong_l@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ) สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (กำลังศึกษา)
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน
วิศวกรรมโครงสร้าง
วิศวกรรมปฐพี
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
 - 7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว
หัวหน้าโครงการวิจัย
1) “พฤติกรรมด้านกำลังรับแรงและการเสียดรูปของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ โดยการทดสอบแรงอัดสามทิศทางแบบวัฏจักร” วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 2546
2) “การมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการน้ำของจังหวัดเพชรบูรณ์ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงอย่างยั่งยืน” แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2555
ผู้ร่วมโครงการวิจัย
1) “การบูรณาการการจัดการระบบการผลิตของกลุ่มผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ บ้านสะเดียงอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ในเชิงธุรกิจชุมชน” แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2554
2) “การวิจัยเพื่อพัฒนาครูภายในจังหวัดเพชรบูรณ์ด้วยภูมิปัญญาการทอผ้าไหม” แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2555

3) “การศึกษาความหลากหลายทางภาษาและวัฒนธรรมของจังหวัดเพชรบูรณ์” แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2555

7.2 งานวิจัยที่กำลังทำ

หัวข้อโครงการวิจัย

1) “เครื่องอบข้าวเปลือกพลังงานไมโครเวฟอัตโนมัติ” แหล่งทุน เครือข่ายการวิจัย ภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีงบประมาณ 2554 ทำคู่แล้วประมาณ 70%

2) “การพัฒนาศักยภาพโรงไฟฟ้าพลังน้ำทำอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลโดยใช้กระบวนการแบบมีส่วนร่วม” แหล่งทุน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ พ.ศ.2555 ทำการวิจัย คู่แล้วประมาณ 50 %

7.3 ผลงานตีพิมพ์วารสารวิชาการ

1) Thammathiwat, A. and Chim-oye, W. “Behavior of Strength and Pore Pressure of Soft Bangkok Clay under Cyclic Loading” *Thammasat International Journal of Science and Technology*, Vol. 9, No. 4, October-December, 2004, pp. 21-28

2) Thammathiwat, A. “Application of cyclic behavior of soft clay to the road settlement prediction” *International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE-2004)* July 27 to 28, 2004 Faculty Club (Gakushi-Kaikan), Hiroshima University Higashi-Hiroshima, Japan, pp. 241-250

3) Thammathiwat, A. and Chim-oye, W. “Effect of Permeant Liquid on the Swell Volume and Permeability of Geosynthetic Clay Liners” *The Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, Vol.15, 2010, pp.1183-1197

4) เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์, วีรยา นิยมอ้อย “การคาดคะเนการทรุดตัวของถนน โดยใช้ผลการทดสอบแรงอัดสามทิศทางแบบวัฏจักร”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 9, ชะอำ, จ.เพชรบุรี, 19-21 พฤษภาคม 2547

5) วีรยา นิยมอ้อย, เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์ “อิทธิพลของสารละลายที่มีต่อคุณสมบัติการพองตัวและการซึมผ่านของแผ่นใยสังเคราะห์ดินเหนียว” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์* 16, 3 (ก.ย.-ธ.ค. 2551)