



รายงานการวิจัย

การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อการจัดทำระบบเตือนภัย
สำหรับพื้นที่ เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา
ของจังหวัดเพชรบูรณ์

**Participatory Action Research for Sensor Base Landslide Early
Warning System of Phetchabun Province**

ณรงค์ศักดิ์ แผงสาย และคณะ
สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2557

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อการจัดทำระบบเตือนภัย
สำหรับพื้นที่ เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา
ของจังหวัดเพชรบูรณ์

**Participatory Action Research for Sensor Base Landslide Early
Warning System of Phetchabun Province**

ณรงค์ศักดิ์ แพงสาย

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ทุนอุดหนุนโดย งบประมาณแผ่นดินที่พิจารณาโดยผ่านความเห็นชอบจาก

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ 2557

ชื่องานวิจัย	การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาของจังหวัดเพชรบูรณ์
ผู้วิจัย	ณรงค์ศักดิ์ แพงสาย
ผู้ร่วมวิจัย	เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสร็จวิจัย 2557

บทคัดย่อ

ในกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาของจังหวัดเพชรบูรณ์นั้น กระบวนการทางสังคมที่สร้างขึ้นในกิจกรรมการวิจัยได้มีส่วนกระตุ้นให้เกิดกระบวนการพัฒนาขึ้นในชุมชน โดยโครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การมีส่วนร่วมเพื่อการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา เพื่อศึกษากระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังอุทกภัยของจังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยเครือข่ายเช่นเซอร์ไร้สาย การดำเนินกิจกรรมการวิจัยที่สร้างบรรยากาศร่วมคิด ร่วมวางแผนและร่วมกระบวนการ ทำให้ชุมชนมีความเข้าใจผลของการใช้ระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในการแก้ปัญหาต่างๆ มากขึ้น

จากผลการวิจัยพบว่า ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศิลา จังหวัดเพชรบูรณ์ การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ บ้านวังก้นหวด รองลงมา คือ บ้านกลาง และระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ บ้านหิน โกงน ระดับความคิดเห็นต่อระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม จังหวัดเพชรบูรณ์ภาพรวมอยู่ในระดับดี และเมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ระดับความคิดเห็นต่อระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม จังหวัดเพชรบูรณ์ อยู่ในระดับดีเกือบทุกรายการ

คำสำคัญ : ระบบเตือนภัยพื้นที่ดินถล่ม, การมีส่วนร่วม, การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

Research	Participatory Action Research for Sensor Base Landslide Early Warning System of Phetchabun Province
Researcher	Narongsak Pangsai
Co-researcher	Anekpong Thammathiwat
Major	Industrial Technology
	Phetchabun Rajabhat University Year 2014

Abstract

In participatory action research for sensor base landslide early warning system of Phetchabun province, social processes generated in research activities has been to encourage development in the community. Overall, the project aims to contribute to the preparation of a warning system for the region, landslide hazard areas along foothills. To study the participation of the community in the design and development of a flood warning system and monitoring of Phetchabun. With wireless sensor networks Research activity that creates a joint idea. Joint planning and joint process Communities to understand the effect of the risk Babe warning for landslides in the area of problem solving and more.

The results showed that The level of public participation in the preparation of a warning system for landslide hazard. Foothills area of the district head of Phetchabun. Participation in monitoring and evaluation. In the overall level. The participation of the people most hit bottom, followed by Wang Noi and the level of public participation is minimal stone house fool's opinion warning system for landslide hazard. Phetchabun overall was good. And considering each item found. The opinions warning system for landslide hazard. Phetchabun In almost every level.

Keyword : Landslide Early Warning System, Wireless Sensor Network, Failure surface,
Community Participation

(ค)

กิตติกรรมประกาศ

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

ณรงค์ศักดิ์ พงษ์สายและคณะ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	ก
Abstract.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ได้จากการวิจัย	4
1.5 กรอบแนวความคิดของการวิจัย	4
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 การเกิดดินถล่มเมื่อฝนตก.....	5
2.1.1 แรงดันน้ำในช่องว่างดินและอัตราส่วนความปลอดภัย	5
2.1.2 พฤติกรรมของลาดดินในสภาวะไม่อิ่มน้ำ.....	7
2.2 ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย.....	9
2.2.1 MANET Applications	10
2.2.2 IEEE 802.15.4	11
2.3 มาตรฐาน Zigbee	19
2.3.1 มาตรฐานของ Zigbee.....	19
2.3.2 โครงสร้างเครือข่าย Zigbee.....	21
2.3.3 Xbee Pro	21
2.4 ระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม	23
2.5 การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม	25
2.5.1 ความหมายการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม.....	26
2.5.2 คุณลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม	29
2.5.3 แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการวิจัยแบบมีส่วนร่วม	30

2.5.4 พัฒนาการของการวิจัยแบบมีส่วนร่วม	31
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	37
3.1 การศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	37
3.2 การออกแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย.....	39
3.2.1 วงจรสมบูรณัภาคส่ง	39
3.3 การสร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	43
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	54
4.1 การจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มของจังหวัดเพชรบูรณ์	54
4.1.1 การส่งข้อมูลจาก Main Office ไปยัง End Device.....	55
4.1.2 การส่งข้อมูลจาก End Device ไปยัง Main Office.....	62
4.1.3 การใช้ Main Office เรียกดูข้อมูลจาก End Device จุดต่างๆ	63
4.2 ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดิน ถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา ในเขตอำเภอศิลา จังหวัดเพชรบูรณ์	65
4.3 การสร้างเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่ เสี่ยงภัยดินถล่ม จังหวัดเพชรบูรณ์	74
4.4 ปัญหา อุปสรรคการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัย	77
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	79
5.1 สรุปผลการวิจัย	79
5.1.1 การมีส่วนร่วมคิด	79
5.1.2 การมีส่วนร่วมตัดสินใจ	80
5.1.3 การมีส่วนร่วมปฏิบัติตามโครงการ	81
5.1.4 การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล	81
5.2 ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ.....	82
5.3 อภิปรายผล	83
5.4 ข้อเสนอแนะ	85
เอกสารอ้างอิง.....	86
ภาคผนวก	89
ภาคผนวก ก ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม.....	90
ภาคผนวก ข แบบสอบถามเพื่อการศึกษา	92
ภาคผนวก ค ประวัติคณะผู้วิจัย.....	96

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำในช่องว่างดิน และอัตราส่วนความปลอดภัย สำหรับลาดดินที่มีความชันต่างๆ	8
รูปที่ 2.2 โครงสร้างเฟรมของ IEEE 802.15.4 ในชั้น physical layer	11
รูปที่ 2.3 IEEE 802.15.4 LR-WPAN star topology	12
รูปที่ 2.4 IEEE 802.15.4 peer-to-peer network topology	13
รูปที่ 2.5 IEEE 802.15.4 cluster-tree network topology	13
รูปที่ 2.6 IEEE 802.15.4 superframe structure	14
รูปที่ 2.7 แสดงการตั้งขอบเขตให้กับโนดต่างๆ ในเครือข่ายไร้สาย	16
รูปที่ 2.8 แสดงวิธีการทำงานของโปรโตคอล AODV	17
รูปที่ 2.9 แสดงการทำงานของโปรโตคอล AODV	18
รูปที่ 2.10 ข่ายความถี่ของมาตรฐาน IEEE 802.15.4	19
รูปที่ 2.11 Zigbee Protocol	20
รูปที่ 2.12 ระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา	23
รูปที่ 2.13 แสดงวิธีการศึกษาเชิงคุณภาพโดยใช้วิธีการสังเกตแบบมีส่วนร่วม	32
รูปที่ 2.14 แสดงวิธีการศึกษาเชิงคุณภาพโดยใช้วิธีการวิจัยแบบมีส่วนร่วม	32
รูปที่ 3.1 ผลงานแสดงการทำงานของเครื่องเซนเซอร์ซึ่งเป็นแม่ข่าย	38
รูปที่ 3.2 วงจรสมบรูณ์ภาคส่ง	39
รูปที่ 3.3 วงจรสมบรูณ์ภาครับ	39
รูปที่ 3.4 ลายวงจรไม่มีชุดอุปกรณ์	42
รูปที่ 3.5 ลายวงจรมีชุดอุปกรณ์	42
รูปที่ 3.6 ชุดอุปกรณ์ Main Office	43
รูปที่ 3.7 ชุดอุปกรณ์ Coordinator	44
รูปที่ 3.8 ชุดอุปกรณ์ End Device	44
รูปที่ 3.9 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้เป็น Coordinator	51
รูปที่ 3.10 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้เป็น End Device	52
รูปที่ 3.11 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของ End Device เมื่อสร้างเครือข่ายเรียบร้อยแล้ว	53
รูปที่ 4.1 เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย	55

รูปที่ 4.2 ส่งข้อมูลจาก Main Office แบบ 16-bits Address.....	56
รูปที่ 4.3 ข้อมูลที่ End Device ได้รับ.....	57
รูปที่ 4.4 ส่งข้อมูลจาก Main Office แบบ Broadcast 64-bits Address.....	58
รูปที่ 4.5 ข้อมูลที่ End Device ได้รับ.....	59
รูปที่ 4.6 ส่งข้อมูลจาก Main Office แบบ Indirect 64-bits Address	60
รูปที่ 4.7 ข้อมูลที่ End Device ได้รับ.....	61
รูปที่ 4.8 ข้อมูลที่ Main Office ได้รับ.....	62
รูปที่ 4.9 การเรียกดูข้อมูลในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	63
รูปที่ 4.10 ผลการเรียกดูข้อมูล ณ จุดต่างๆ	64
รูปที่ 4.11 การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยง ภัยดินถล่ม จังหวัดเพชรบูรณ์	76

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ช่วงความถี่และอัตราการส่งข้อมูลของ IEEE 802.15.4.....	11
ตารางที่ 2.2 กลุ่มความถี่ของมาตรฐาน IEEE 802.15.4 (Frequency Band).....	19
ตารางที่ 2.3 ลักษณะเฉพาะและคุณสมบัติที่สำคัญของ Xbee Pro.....	22
ตารางที่ 3.1 นิยามของคำต่างๆ	45
ตารางที่ 4.1 ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดิน ถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศิลา จังหวัดเพชรบูรณ์ในภาพรวม	65
ตารางที่ 4.2 ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดิน ถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศิลา จังหวัดเพชรบูรณ์การมีส่วนร่วมคิด....	66
ตารางที่ 4.3 ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดิน ถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศิลา จังหวัดเพชรบูรณ์การมีส่วนร่วม ตัดสินใจ	68
ตารางที่ 4.4 ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดิน ถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศิลา จังหวัดเพชรบูรณ์การมีส่วนร่วมปฏิบัติ ตามโครงการ	70
ตารางที่ 4.5 ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย..	72
ตารางที่ 4.6 ปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบ เตือนภัย	77
ตารางที่ ก.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	90

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

เนื่องจากสภาพแวดล้อมของโลกมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ ขึ้น อาทิ สภาพภาวะเรือนกระจก เป็นสาเหตุให้การเคลื่อนตัวของดินของโลกสูงขึ้น การเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ส่งผลให้สภาพอากาศ มีการแปรปรวน ก่อให้เกิดภัยพิบัติจากธรรมชาติ เช่น อุทกภัย วาตภัย และดินถล่ม ที่มีความรุนแรงมากขึ้น ในขณะเดียวกันแนวทางการพัฒนาประเทศที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่เป็นหลัก ทำให้สภาพแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติถูกทำลาย นิเวศน์ทางธรรมชาติเสื่อมศุล ด้วยเหตุดังกล่าวการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติจึงทวีความรุนแรงขึ้นเป็นลำดับ ตัวอย่างที่เห็นได้อย่างเด่นชัดคือเหตุการณ์ดินถล่มที่บ้านน้ำก้อ ตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ของวันที่ 11 สิงหาคม 2544 เกิดน้ำป่าพัดบ้านเรือนประชาชนหายไปทั้งหลัง มีผู้เสียชีวิตมากมายถึง 147 ศพ

ดินถล่มเป็นธรณีพิบัติภัยที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของมวลดินและหินลงมาตามลาดเขา ด้วยอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงของโลก ที่พบในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ ดินถล่ม ดินไหล และหินร่วงหรือหินถล่ม ปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่มมีหลายประการ เช่น สภาพภูมิประเทศเป็นพื้นที่ภูเขาสูงและมีความลาดชัน ลักษณะสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยไม่ถูกหลักวิชาการ ได้แก่ สร้างบ้านและทา สวนทา ไร่รุกกล้า พื้นที่ลาน้ำ และภูเขา การตัดถนนผ่านภูเขาสูง หรือสร้างสิ่งก่อสร้างขวางทางระบายน้ำ เช่น ถนน สะพาน และท่อเป็นต้น ปริมาณน้ำฝนที่มากจนชั้นดินอุ้มน้ำไม่ไหว โดยทั่วไปปริมาณน้ำฝนที่มากกว่า 150 มิลลิเมตร ในรอบ 24 ชั่วโมง หรือมีปริมาณฝนสะสมมากกว่า 300 มิลลิเมตร เป็นต้น ซึ่งจังหวัดเพชรบูรณ์มีพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มทั้งหมด 51 หมู่บ้าน ดังที่แสดงในตารางที่ 1.1

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

ตารางที่ 1.1 บัญชีรายชื่อหมู่บ้านเสี่ยงภัยดินถล่ม จังหวัดเพชรบูรณ์ (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)

อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
1. อำเภอเมือง	ตำบลวังชมพู ตำบลท่าพล ตำบลตะเภา ตำบลบ้านโคก ตำบลป่าเลา	บ้าน กม.2 บ้านงามประทีป บ้านชัยข่อย บ้านยางหัวลม บ้านวังทอง บ้านโนนสง่าบ้านโพธิ์เงิน บ้านโพธิ์งาม บ้านป่าม่วง บ้านอุมแพ บ้านเขาขาด บ้านโนนเสาชง บ้านห้วยไคร้ บ้านห้วยตูม บ้านโนนโก บ้านพี บ้านสะแกงาม บ้านพล้า
2. อำเภอหล่มสัก	ตำบลบ้านน้ำก้อ ตำบลน้ำซุน ตำบลวังบาล ตำบลบ้านโสก ตำบลนุ่งน้ำเต้า	บ้านน้ำก้อ บ้านน้ำก้อเศษ บ้านน้ำก้อโคก บ้านน้ำก้อโป่ง บ้านน้ำก้อใหญ่ บ้านเนิน บ้านเนินนาทอน บ้านกกโอ บ้านคงขวาง บ้านน้ำซุน บ้านฝายวังบอน บ้านพร้าว บ้านห้วยลาน บ้านหินโง่น บ้านเหมืองแบ่ง บ้านจันทน์ บ้านภูปูน บ้านวังบาล บ้านห้วยโป่ง บ้านธารทิพย์
3. อำเภอชนแดน	ตำบลพุทธบาท ตำบลลาดแค	บ้านน้ำพุ บ้านโป่งเจ็ดหัว บ้านโป่งตะแบก บ้านลาดน้อย บ้านเขาแม่แก่ บ้านโคกยาว
4. อำเภอหนองไผ่	ตำบลบ่อไทย	บ้านโนนคูณ บ้านโนนสมบูรณ์ บ้านนาวังแหน บ้านวังเจริญรัตน์
5. อำเภอวังโป่ง	ตำบลชัยเปิบ	บ้านคลองน้ำคั้น บ้านชัยเปิบเหนือ บ้านชัยเปิบใต้

การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม เป็นการวิจัยที่ให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน ร่วมกันเรียนรู้ร่วมกันแสวงหาปัญหา และคิดค้นแนวทางออกเพื่อแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาที่เป็นเรื่องอันเป็นฉันทามติของชุมชน ไม่ว่าจะเป็นปัญหาทางเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง ส่งเสริมกิจกรรมกลุ่ม ทำงานร่วมกันทั้งแก้ปัญหา และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยมีนักวิจัยภายนอกทำหน้าที่เป็นผู้เอื้ออำนวย หรือวิทยากรกระบวนการร่วมกับนักวิจัยชุมชนที่เป็นชาวบ้าน การวิจัยจึงสร้างคุณลักษณะของการเรียนรู้แบบพหุภาคี ในการร่วมกันแก้ปัญหาตามความต้องการ

เรื่องภัยพิบัติเป็นเรื่องที่ชุมชนต้องร่วมมือกันทั้งในแง่ความคิด ความสามัคคี เนื่องจากภัยพิบัติที่เกิดขึ้นชุมชนสามารถจัดการตนเองได้ถึงแม้จะไม่มากแต่ก็ช่วยชะลอความรุนแรงที่จะเกิดขึ้นในชุมชนได้ โดยแต่ละชุมชนใช้วิธีการจัดการภัยพิบัติด้วยภาคประชาชนให้สามารถใช้ชีวิตอยู่ร่วมกับภัยพิบัติได้นั้นคือสิ่งที่คนในชุมชนต้องช่วยกันคิดช่วยกันทำ รวมทั้งต้องหาวิธีการแก้ปัญหาแบบยั่งยืน ชุมชนท้องถิ่นต้องมีกลไก มีแผนในการจัดการภัยพิบัติด้วยตนเอง เน้นการสร้างกระบวนการเรียนรู้ให้ทุกฝ่ายหันหน้าเข้าหากันระดมความคิด วางแผนหาแนวทางป้องกันภัยพิบัติในระยะยาว เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาภัยพิบัติอย่างยั่งยืนของชุมชน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1) เพื่อการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาของจังหวัดเพชรบูรณ์
- 2) เพื่อศึกษากระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังอุทกภัยของจังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม โดยมีขอบเขตของการดำเนินการแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนของการออกแบบเครื่องมือและโปรแกรมสำหรับควบคุมการส่งข้อมูลผ่านทางเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนของการพัฒนาเครื่องมือและโปรแกรมตามที่ออกแบบ และทดสอบการใช้งานจริง

- 1) ส่วนของการออกแบบเครื่องมือและโปรแกรมสำหรับการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย การออกแบบอุปกรณ์เซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัด และการส่งสื่อสารข้อมูลคุณลักษณะของอุปกรณ์ ที่ออกแบบ ประกอบด้วย

- (1) ความสามารถในการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของดิน

- (2) ความเร็วในการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมเซนเซอร์แต่ละจุดสามารถเป็นได้ทั้งเครื่องรับและเครื่องส่ง สามารถรับและส่งต่อข้อมูลไปยังเซนเซอร์ตัวอื่นได้

- 2) คุณลักษณะของโปรแกรมที่ออกแบบ ประกอบด้วย ความสะดวกในการใช้โปรแกรม

- (1) โปรแกรมสามารถอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่สร้างขึ้น

- (2) โปรแกรมสามารถตั้งค่าการเคลื่อนตัวของดินเพื่อให้แจ้งเตือนตามต้องการได้

- 3) ส่วนของการพัฒนาโปรแกรมแสดงผล

- (1) การพัฒนาในส่วนที่ทำหน้าที่แสดงผลและรายงานผล

- (2) การพัฒนาในส่วนที่ทำหน้าที่อำนวยความสะดวกในการใช้โปรแกรม

- 4) ด้านพื้นที่ที่ใช้วิจัย

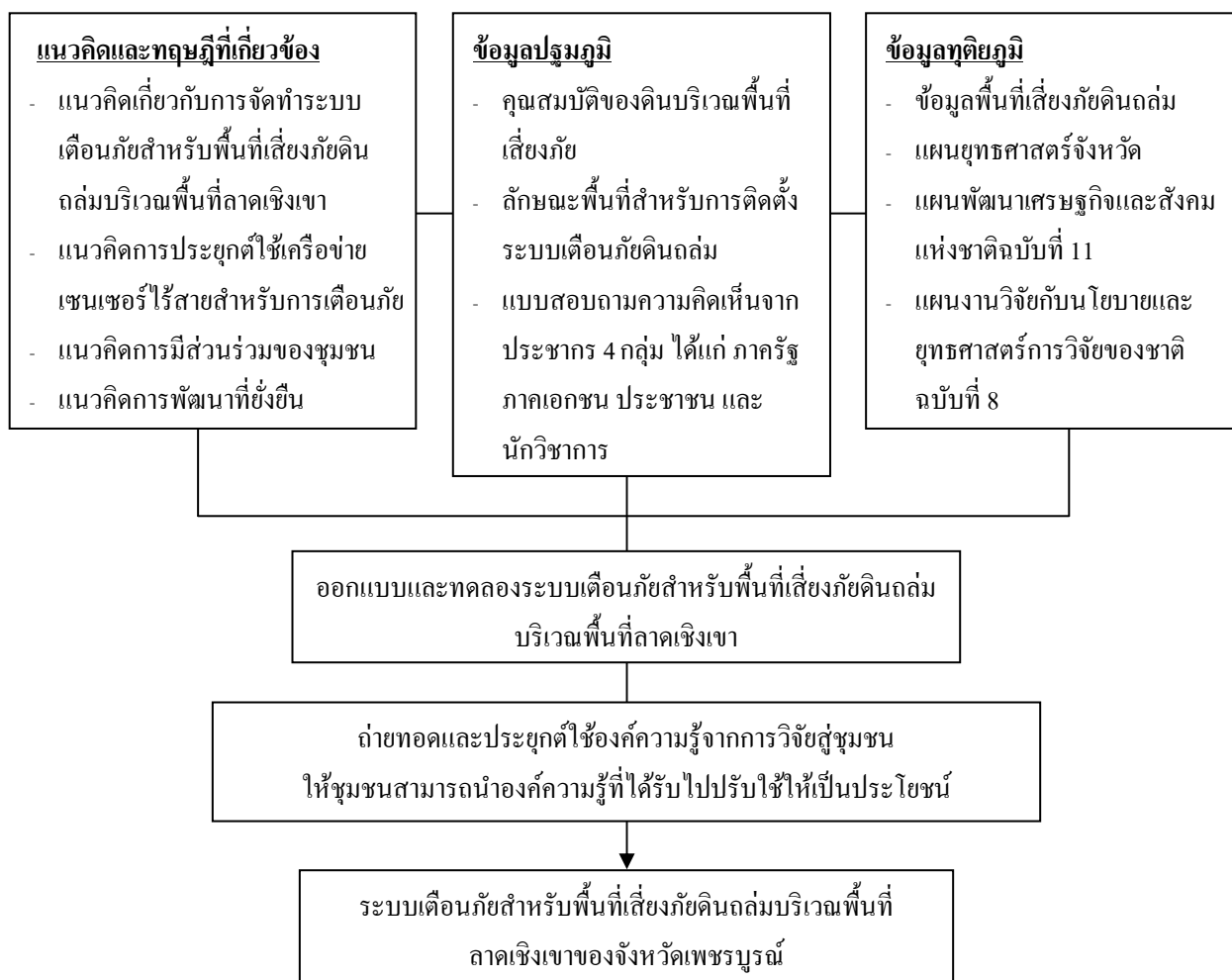
พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษากระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการการสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังน้ำหลากของจังหวัดเพชรบูรณ์ ได้แก่ บ้านกลางตำบลศิลา อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่จะได้ประโยชน์โดยตรงได้แก่ชุมชนในพื้นที่และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการภัยพิบัติ ตลอดจนประชาชนทั่วไป โดยประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยคือ

- 1) ได้ระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาของจังหวัดเพชรบูรณ์ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายโดยใช้กระบวนการแบบมีส่วนร่วม
- 2) ทราบประสิทธิภาพระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาของจังหวัดเพชรบูรณ์ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย
- 3) ได้กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาของจังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย
- 4) ได้แนวทางการสร้างกระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมในการบูรณาการการบริหารจัดการ ภัยพิบัติอย่างยั่งยืน โดยใช้กระบวนการวิจัยเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ของหน่วยงานต่างๆ

1.5 กรอบแนวความคิดของการวิจัย



บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาของจังหวัดเพชรบูรณ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาของจังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อศึกษากระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังอุทกภัยของจังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย โดยมีแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 1) การเกิดดินถล่มเมื่อฝนตก
- 2) ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย
- 3) มาตรฐาน Zigbee
- 4) ระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม
- 5) การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม
- 6) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเกิดดินถล่มเมื่อฝนตก

กลไกการเกิดดินถล่มเมื่อฝนตกในพื้นที่ที่มีต้นไม้ปกคลุม ปริมาณน้ำฝนส่วนหนึ่งจะถูกกักไว้ด้วยต้นไม้ ก่อนที่จะไหลซึมสู่ดิน ในขณะที่ถ้าหน้าดินปราศจากพืชปกคลุม เม็ดฝนจะกระแทกเม็ดดินจนกระเด็นหลุด รวมกับน้ำไหลบ่าพัดพาทำให้เกิดการกัดเซาะ แอ่งยังทำให้น้ำฝนซึมลงสู่ดินอย่างรวดเร็วเพราะไม่มีพืชดูดซับไว้ และเมื่อฝนตกหนักต่อเนื่องยาวนาน จะเกิด “แรงดันน้ำในโพรงดิน” (Pore water pressure) สูงขึ้นเรื่อยๆ จากระดับดินไปลึก และเมื่อแรงดันน้ำสูงขึ้นมากในบริเวณที่แนวการเคลื่อนพัง (Failure surface) ดินจะอ่อนตัวจนกระทั่งรับน้ำหนักตัวเองไม่ได้และไหลลงตามแนวการเคลื่อนพังนั่นเอง

2.1.1 แรงดันน้ำในช่องว่างดินและอัตราส่วนความปลอดภัย

การเกิดดินถล่มเกี่ยวข้องโดยตรงกับพฤติกรรมทางกลศาสตร์และการไหลซึมของน้ำผ่านดิน โดยพิจารณาได้ว่าดินถล่มจะเกิดขึ้นเมื่อกำลังรับแรงเฉือนของดินมีค่าน้อยกว่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจริง หรือค่าอัตราส่วนความปลอดภัยมีค่าน้อยกว่าหนึ่ง (Factor of safety, $FS = \tau_f / \tau_{mobilised} < 1$) โดยทั่วไป แรงดันน้ำที่เพิ่มขึ้นในดินในช่วงฝนตก u_w จะไปลดหน่วยแรง

ประสิทธิภาพ $\sigma'_n = \sigma_n - u_w$ และกำลังรับแรงเฉือนของดินในที่สุด สำหรับดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ จะสามารถเขียนสมการของ Mohr-Coloumb ในรูปแบบหน่วยแรงประสิทธิภาพได้ดังนี้

$$\tau = c' + \sigma'_n \tan \theta \quad (2.1)$$

สำหรับลาดดินอนันต์ (Infinite slope) จากสมดุลของแรง จะสามารถเขียนสมการสำหรับอัตราส่วนความปลอดภัย, F ได้ดังสมการ (2) (Gray & Sotir, 1996)

$$F = A[\tan \phi' / \tan \beta] + B[(c' + c_R) / \gamma H] \quad (2.2)$$

$$A = [1 - r_u / \cos^2 \beta]$$

$$B = [1 / \cos^2 \beta \tan \beta]$$

$$r_u = [(\gamma_w / \gamma)(1 / 1 + \tan \beta \tan \theta)]$$

โดย β = องศาความชันของลาดดิน

ϕ' = มุมกำลังรับแรงเฉือนประสิทธิภาพ

θ = องศาของการไหลซึม (วัดเทียบกับแนวระดับ)

H = ความลึกของดินจนถึงระนาบการพัง

c' = ค่าความเชื่อมแน่นประสิทธิภาพของดิน (กรณีดินเปล่าไม่มีรากพืช)

c_R = ค่าความเชื่อมแน่นเนื่องจากรากพืชเสริมแรง

γ = ความหนาแน่นรวมของดิน

γ_w = ความหนาแน่นของน้ำ

$r_u = u / \gamma H$ = สัมประสิทธิ์ของแรงดันน้ำ ในกรณีที่มีการตรวจวัดแรงดันน้ำ

ในสนามจะสามารถคำนวณค่า r_u นี้ได้โดยตรง

สมการสำหรับลาดดินอนันต์จะเหมาะสมในการประเมินเสถียรภาพของลาดดินซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างความยาวของแนวดินถล่มต่อความลึกมากกว่า 10 หน้าดินมีความหนาไม่มากนัก (1-3 เมตร) และระนาบการพังขนานกับผิวดิน โดยทั่วไปสมการลาดอนันต์จะให้ค่า F ที่ต่ำกว่าการวิเคราะห์แบบส่วนโค้งของวงกลม

2.1.2 พฤติกรรมของลาดดินในสถานะไม่อิ่มน้ำ

ในสถานะที่ไม่มีฝนตก ดินบริเวณลาดเขามักจะอยู่ในสถานะไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated) ซึ่งแรงดันน้ำในดินจะอยู่ในสถานะที่มีค่าเป็นลบ หรือภายใต้สภาวะของแรงดูดเมตริก (Matric suction, $s = u_a - u_w$) ในสถานะทั่วๆ ไปของลาดดิน แรงดันของอากาศในดิน u_a เท่ากับความดันบรรยากาศด้านนอก และค่าแรงดูดเมตริกจะเท่ากับค่าแรงดันน้ำคูณด้วยลบหนึ่งนั่นเอง

น้ำที่อยู่ใต้สภาวะแรงดึงนี้จะส่งผลให้ดินมีกำลังรับแรงเฉือนที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากเลนส์ของน้ำผิวโค้ง (Menisci water) เกาะยึดเม็ดดินไว้ด้วยกัน โดยอาจพิจารณาได้ว่าค่ากำลังของดินจะเพิ่มขึ้นตามสมการ (2.3)

$$\tau = c' + \sigma_n \tan \phi' + c_s \quad (2.3)$$

สังเกตได้ว่าในสมการที่ (2.3) ค่าหน่วยแรง σ_n ที่ใช้วิเคราะห์จะเป็นหน่วยแรงรวม (Total stress) ในขณะที่ในสมการที่ (1) จะเป็นหน่วยแรงประสิทธิผล

ค่าความเชื่อมแน่นเนื่องจากแรงดูด c_s จะได้จากการทดสอบเฉือนตรงชนิด Multistage Direct shear test กับตัวอย่างดินหลายตัวอย่างที่เปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวต่างๆ กัน (วรากร และ บรรพต, 2548, สุทธิศักดิ์ และคณะ, 2550) โดยค่าความเชื่อมแน่นที่ทดสอบได้นี้จะเป็นฟังก์ชันกับค่าเปอร์เซ็นต์ความอิ่มน้ำ $c_s = f(S_r)$ โดยประมาณ หรือในกรณีที่ทราบแรงดันน้ำด้านลบ (suction) และเปอร์เซ็นต์ความอิ่มน้ำของตัวอย่างดิน s_r จะประมาณหาค่า c_s ได้ดังสมการ (4)

$$c_s = -u_w S_r \tan \phi' \quad (2.4)$$

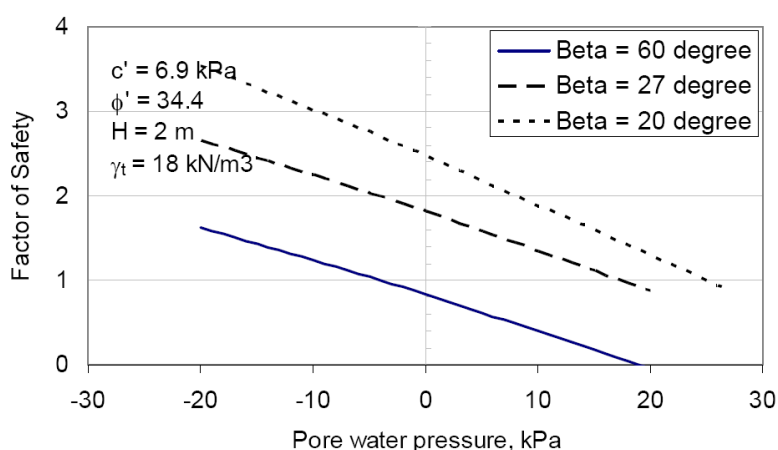
สมการที่ (4) นี้นำไปใช้ประมาณกำลังรับแรงเฉือนที่สถานะไม่อิ่มน้ำได้ในเบื้องต้น ในกรณีที่ยังไม่มีทดสอบ Multistage Direct Shear Test

สำหรับการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินอนันต์กรณีดินไม่อิ่มน้ำ สามารถคำนวณได้จากสมการ (2) และกำหนดให้พจน์ $r_u = 0$ และเพิ่มความเชื่อมแน่นจากแรงดูด เข้าไปในกำลังรับแรงเฉือน โดยสมการ (2.1) จะเป็น

$$F = [\tan \phi' / \tan \beta] + B[(c' + c_R + c_s) / \gamma H] \quad (2.5)$$

รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างของค่าสัดส่วนความปลอดภัยซึ่งมีค่าลดลงตามแรงดันน้ำที่เพิ่มขึ้นโดยคำนวณจากสมการที่ (1) – (5) ข้อสังเกตที่น่าสนใจประการหนึ่งคือ ในกรณีที่ลาดดินมีความชันมากกว่ามุมเสียดทานประสิทธิผลของดิน ϕ' ก่อนข้างมาก (Beta = 60 degree) แรงดันน้ำที่ลาดดินเริ่มพังทลาย (FS = 1) จะมีค่าน้อยกว่าศูนย์เล็กน้อย (-4 kPa) ซึ่งแสดงว่าลาดดินอาจจะยังไม่อึดตัวด้วยน้ำเต็มที่ในขณะที่เกิดการพังทลาย ในขณะที่ถ้าลาดดินมีความชันน้อยกว่ามุมเสียดทานประสิทธิผลของดินอย่างมาก (Beta = 20 degree) ลาดดินจะพังทลาย (FS = 1) ก็ต่อเมื่อแรงดันน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นถึง 25 kPa ซึ่งแสดงว่านอกจากการอึดตัวด้วยน้ำของดินแล้ว ยังจำเป็นต้องเกิดแรงดันน้ำในช่องว่างดินที่เพิ่มสูงขึ้นจนดินไม่สามารถต้านทานได้จึงจะเกิดการพังทลายลงมา

ค่าแรงดันน้ำบริเวณลาดดินจะขึ้นกับปัจจัยหลายประการด้วยกัน อาทิ ปริมาณน้ำฝน ลักษณะการระบายน้ำและสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของดิน Vaughan (1984) และ Johnson and Sitar (1990) ได้เสนอว่าลักษณะดินที่ยอมให้น้ำซึมได้น้อยลงตามความลึกหรือมีชั้นหินที่น้ำอยู่ที่ระดับตื้น หรือดินมีโพรงระบายน้ำซึ่งอุดตัน สภาวะเหล่านี้จะส่งผลให้เกิดแรงดันน้ำที่มีค่าสูงได้ในลักษณะของ Perched water table นอกจากนี้ Burland and Ridley (1996) ยังเสนอว่าการกระทบกระเทือนดินอย่างรุนแรง (Perturbation) สามารถส่งผลให้เกิดแรงดันน้ำส่วนเกินขึ้นในดินได้ (Excess pore water pressure) การกระทบกระเทือนนี้อาจเกิดจากดินที่ถล่มจากด้านบนของลาด หรือเศษวัสดุอื่นๆ เช่น ก้อนหินหรือขอนไม้ไหลลงมาทับดินด้านล่าง ลักษณะของแรงดันน้ำส่วนเกินดังกล่าวอาจก่อให้เกิดการพังทลายของดินลงมาแบบโดมิโนได้



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำในช่องว่างดิน และอัตราส่วนความปลอดภัยสำหรับลาดดินที่มีความชันต่างๆ

2.2 ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

เครือข่ายเซนเซอร์ เป็นสิ่งสำคัญที่นำมาใช้ในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม สิ่งก่อสร้าง บริษัทยาธรณูปโภค โรงงาน บ้านเรือน ระบบการติดต่อสื่อสารแบบอัตโนมัติ และอื่นๆ อีกมาก ภูมิของผู้ก่อการร้ายและการต่อสู้แบบกองโจรต้องการเครือข่ายเซนเซอร์ที่สามารถอยู่กระจ่ายกันได้ สามารถใช้อากาศยานทุกชนิดโปรยกระจายเซนเซอร์ได้ และสามารถรวมตัวกันได้เอง ความต้องการเช่นนี้ การใช้สายไฟหรือใช้สายเคเบิลไม่สามารถนำมาใช้งานได้จริง ดังนั้นเครือข่ายเซนเซอร์จึงกลายเป็นที่ต้องการอย่างรวดเร็ว อีกทั้ง เครือข่ายเซนเซอร์ยังต่อการติดตั้งและการบำรุงรักษาอีกด้วย

ความท้าทายของเครือข่ายเซนเซอร์คือ ต้องมีการตรวจจับข้อมูลอย่างสัมพันธ์กัน การเฝ้าดูการรวบรวมข้อมูล ประเมินและวิเคราะห์ข้อมูล การสร้างกฎเกณฑ์ การตัดสินใจและการเตือนข้อมูลข่าวสารที่ต้องการได้รับมาจากการอยู่แบบกระจายของ WSNs ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบในการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ตัวแรกไปยังเซนเซอร์ตัวต่อไปที่อยู่ใกล้ๆ

ตารางเส้นทางสำหรับเครือข่ายที่มีการกระจายนั้น มีเพิ่มขึ้นตามโนดที่มีมากขึ้น เครือข่าย $N \times M$ mesh มี $N \times M$ links และมีเส้นทางหลายเส้นทางจากต้นกำเนิดถึงปลายทาง เครือข่ายที่มีโครงสร้างเรียงกันเป็นระดับชั้น ทำให้สามารถหาเส้นทางได้ง่ายขึ้น และเป็นไปตามกฎเกณฑ์ของกระบวนการแพร่กระจายของสัญญาณและการตัดสินใจ เพราะบางกระบวนการสามารถทำงานให้เสร็จได้ในระดับชั้นนั้นเลย เครือข่ายที่มีการติดต่อกันอย่างสมบูรณ์จะมี NP-hard ที่ซับซ้อน โดยมีการกำหนดเส้นทางอย่างจำกัดให้กับโปรโตคอลที่ใช้งาน และมีการบรรจุผลลัพธ์ที่ได้กลับเข้าไปใหม่ในเส้นทางเดิมของโทโปโลยี ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีการซ้อนทับกันของข้อมูลเกิดขึ้น

ขณะที่โนดมีมากขึ้น จำนวนเส้นทางก็เพิ่มขึ้นด้วย เส้นทางที่เพิ่มขึ้นนี้ สร้างมาเพื่อแก้ไขปัญหา NP-complexity ในเส้นทาง และแก้ไขปัญหาก็ไม่สามารถกู้ข้อมูลกลับคืนมาได้ ในการแก้ไขโครงสร้างสามารถใช้วิธีการรวมกลุ่มแบบเป็นระดับชั้น โครงสร้างแบบระดับชั้นนี้ต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น คือ ต้องมีโครงสร้างเหมือนเดิมในระดับเดียวกัน โครงสร้างระดับชั้นค่อนข้างเป็นโครงสร้างที่ใช้ทั่วไปใน WSNs และโนดต่างๆ จะรวมกันอยู่เป็นกลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีหัวหน้าคือ โหนดที่ได้รับแต่งตั้งจะรวบรวมกัน ข้อมูลที่ได้จากโนดจะถูกรวบรวมไว้ที่หัวหน้าของแต่ละกลุ่ม และหัวหน้าจะส่งต่อข้อมูลไปยังสถานีกลางที่เครือข่ายของฮอปหลายๆ ฮอปได้สร้างขึ้นมาจากหัวหน้าของการรวมกลุ่มหลายๆกลุ่มเข้าด้วยกัน

2.2.1 MANET Applications

เนื่องจากว่า ad hoc network เป็นเครือข่ายที่ค่อนข้างที่จะมีความยืดหยุ่นสามารถที่จะติดตั้งได้จากทุกที่และทุกเวลาโดยปราศจากโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการพัฒนา รวมทั้งการกำหนดค่าก่อน และการบริหารจัดการ ผู้คนที่เข้าใจถึงศักยภาพในการติดต่อและข้อดีของ mobile ad hoc network จึงเริ่มให้ความสนใจในเทคโนโลยีนี้ ต่อไปเราจะศึกษาในส่วนของ การประยุกต์ใช้ mobile ad hoc network ว่ามีการเปลี่ยนแปลงในอดี้อย่างไร และในอนาคตจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ในอดีต mobile ad hoc network มีความสำคัญอย่างยิ่งในการแก้ปัญหาการติดต่อสื่อสารกันในสมรภูมิ ธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงแปลงอยู่ตลอดเวลาของการปฏิบัติการทางทหารนั้นมันทำให้ความน่าเชื่อถือในการติดต่อสื่อสารระหว่างฐานที่มั่นคงกับกลางสมรภูมิที่ไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ เนื่องจากการติดต่อแบบไร้สายนั้นมีข้อจำกัดโดยสัญญาณวิทยุ จะมีปัญหาคลื่นรบกวน ซึ่ง mobile ad hoc network จึงเข้ามาแก้ปัญหาในจุดนี้ได้

สำหรับยุคเริ่มต้น mobile ad hoc network สามารถหาเส้นทางกลับไปยัง DARPA Packet Radio Network (PRNet) ที่มีการวางแผนไว้ ใน ค.ศ.1972 และนี่ถูกกระตุ้นโดยประสิทธิภาพของเทคโนโลยี packet switching ดังเช่น การแชร์แบนวิธ และ store-and-forward routing ใน ค.ศ. 1983 Survivable Radio Network (SURANs) ถูกพัฒนามาจาก DARPA โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือพยายามที่จะพัฒนาเครือข่ายออกฤทธิ์ให้รองรับเครือข่ายที่มีถึง 10,000 โหนด ป้องกันการถูกโจมตีราคาถูก ลดกำลังส่งสัญญาณวิทยุ ในช่วงปลายทศวรรษ 1980 ถึงต้นทศวรรษ 1990 ความเจริญเติบโตทางด้านอินเทอร์เน็ตและไมโครคอมพิวเตอร์เพิ่มมากขึ้น ทำให้ปัจจัยในการลงมือเริ่มต้นทำโครงการ initial packet radio network เริ่มมีความเป็นไปได้ ที่ U.S. Department of Defense initiated the DARPA Global Mobile (GloMo) ได้จัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะรองรับ Ethernet-Type multimedia connectivity ให้ได้ทุกที่ทุกเวลาระหว่างอุปกรณ์ในเครือข่ายด้วยกัน หลากหลายการออกแบบถูกค้นพบ ยกตัวอย่างเช่น Wireless Internet Gateway (WINGs) ที่ใช้หลักการ flat peer-to-peer network และ Multimedia Mobile Wireless Network (MMWN) ที่ใช้เทคนิคการรวมกันเป็นกลุ่ม

แม้ว่าในช่วงเริ่มต้นการประยุกต์ใช้และการขยายงานของ MANET ส่วนใหญ่แล้วจะถูกใช้ทางทหาร แต่ต่อมาก็ถูกนำมาใช้กันภายนอกจนกระทั่งกลายมาเป็นสิ่งที่ควรจับตามองในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของงานวิจัย mobile ad hoc network ทำให้กลายมาเป็นสิ่งที่น่าสนใจและถูกนำมาใช้ในภาคธุรกิจ ยกตัวอย่างเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่ได้จากการประยุกต์ใช้ mobile ad hoc network ที่นอกเหนือมาจากการทหาร ได้แก่ Bluetooth IEEE.802.11 ZigBee เป็นต้น

2.2.2 IEEE 802.15.4

มาตรฐาน IEEE 802.15.4 เป็นมาตรฐานสำหรับเครือข่ายแบบไร้สายระยะใกล้ความเร็วต่ำ หรือ low-rate WPAN (LR-WPAN) โดยมีคุณลักษณะ คือ อัตราการรับ-ส่งข้อมูล ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 250 kbps ใช้กำลังไฟฟ้าน้อย อุปกรณ์มีราคาถูก นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์พื้นฐานที่หลากหลายในชีวิตประจำวันและโดยมากการนำมาประยุกต์ใช้ของ WPAN มักจะเกี่ยวข้องกับ WSNs

1) IEEE 802.15.4 Physical Layer

ชั้น Physical Layer มาตรฐาน IEEE 802.15.4 มีการใช้ 3 ความถี่ คือ 868/868.6 MHz ใช้ Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) (DSSS คือ การส่งสัญญาณรูปแบบหนึ่ง ใช้ความกว้างของช่องสัญญาณมากกว่าการส่งสัญญาณแบบ narrow band แต่ทำให้สัญญาณมีความแรงมากกว่า ซึ่งง่ายต่อการตรวจจับมากกว่าแบบ narrow band) โดยอัตราความเร็วของข้อมูล 20 kbps สำหรับความถี่ 902/928 MHz ใช้ DSSS โดยอัตราความเร็วของข้อมูล 40 kbps และความถี่ 2.4 GHz ใช้ DSSS โดยอัตราความเร็วของข้อมูล 250 kbps สำหรับความถี่ 868 MHz จะมี 1 ช่องสัญญาณสื่อสาร 10 ช่องสัญญาณใน 915 MHz และ 16 ช่องสัญญาณ ใน 2.4 GHz โดยย่านความถี่เหล่านี้ไม่ใช่ความถี่สากล โดย 868 MHz ใช้ในยุโรป 915 MHz ใช้ในอเมริกา และ 2.4 GHz ถือว่าเป็นความถี่ที่ใช้กันมากที่สุดในโลก โครงสร้างของ Physical Layer เป็นดังรูปที่ 2.1 มีหลายช่องสัญญาณในความถี่ที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถหาที่ใหม่ในสเปกตรัมได้

Preamble 4 bytes	Start of Packet 1 byte	Length Field 1 byte	Physical layer payload (2-127 bytes)
------------------	------------------------	---------------------	--------------------------------------

รูปที่ 2.2 โครงสร้างเฟรมของ IEEE 802.15.4 ในชั้น physical layer

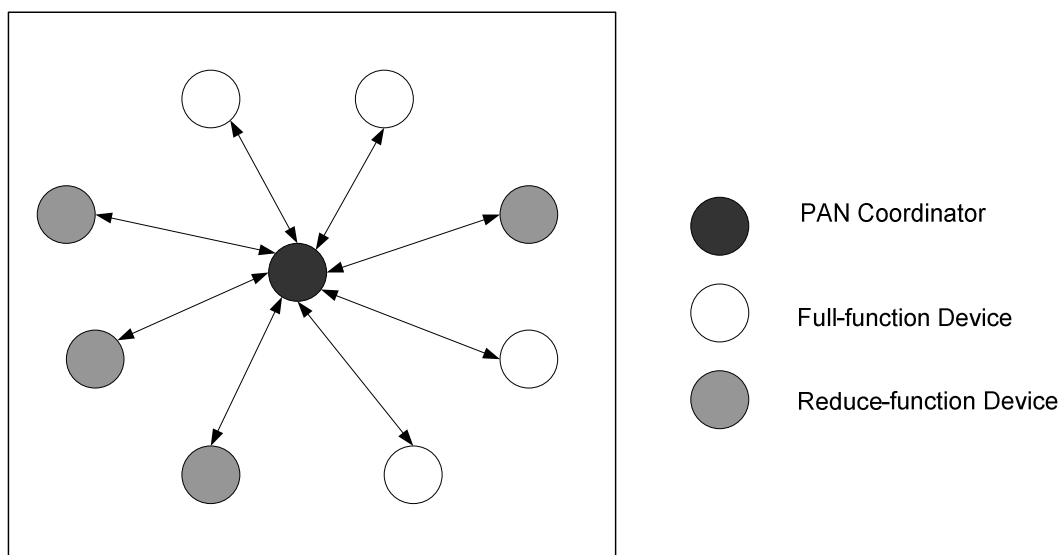
ตารางที่ 2.1 ช่วงความถี่และอัตราการส่งข้อมูลของ IEEE 802.15.4

Band (MHz)	Frequency Band	Bit Rate (kbps)	Symbol Rate (kbps)	DSS Spreading Parameter	
				Modulation Technique	Chip
868	868-868.6 MHz	20	20	BPSK	300 kcps
915	902-928 MHz	40	40	BPSK	600 kcps
2400	2400-2483.5 MHz	250	62.5	O-QPSK	2 mcps

2) IEEE 802.15.4 Piconets

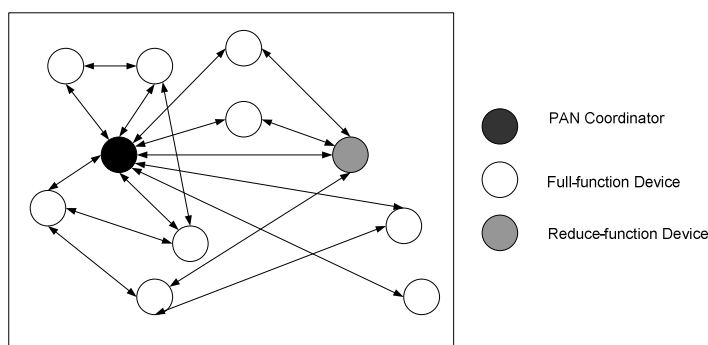
ชั้น MAC Layer มาตรฐาน IEEE 802.15.4 ได้จัดเตรียมการเพื่อสนับสนุนระหว่างสอง โทโปโลยีของเครือข่ายแบบไร้สาย เช่น การเชื่อมต่อแบบ star และ peer-to-peer โดยสำหรับการใช้งานในบ้านนั้นจะเป็นแบบ star และในทางอุตสาหกรรมและธุรกิจจะการใช้การเชื่อมต่อแบบ peer-to-peer สำหรับโครงสร้างแบบ star การเชื่อมต่อภายในเครือข่ายจะถูกควบคุมด้วย PAN coordinator เพียงตัวเดียว โดย PAN coordinator นี้ทำหน้าที่เป็นเหมือนผู้ดูแลเครือข่าย (network master) ทำหน้าที่ จัดเตรียมเครือข่าย จัดการ โหนดในเครือข่ายและเก็บข่าวสารของโหนดในเครือข่าย โดย PAN coordinator เป็นอุปกรณ์แบบ FFD(full-function device) ที่สามารถส่งเฟรมบีคอนได้ อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์แบบ RFDs (Reduced-function device) อาจมีส่วนร่วมในเครือข่ายแบบ star ได้เช่นกัน ยิ่งกว่านั้น เครือข่ายแบบ star จะทำงานเป็นอิสระไม่ขึ้นกับเครือข่ายอื่นๆ

ใน IEEE 802.15.4 FFD อาจสร้างเครือข่าย star หลังจากทำการค้นหาช่องสัญญาณ ถ้า FFD ไม่สามารถตรวจพบการส่งเฟรมบีคอน จะเริ่มต้นทำหน้าที่ PAN coordinator โดยการส่งเฟรมบีคอนที่ไม่ซ้ำใครในเครือข่ายหรือ ID ไปยังทุกอุปกรณ์ที่มีส่วนร่วมอยู่ใน LR-WPANs เมื่อมีอุปกรณ์ตัวหนึ่งเริ่มทำการส่งเฟรมบีคอน อุปกรณ์อื่นก็จะมีการติดต่อเข้ามาเพื่อขอเข้าร่วม โดยส่งคำร้องขอเข้าร่วมมาที่ ad hoc network ลักษณะของโทโปโลยีแบบ star เป็นดังรูปที่ 2.2



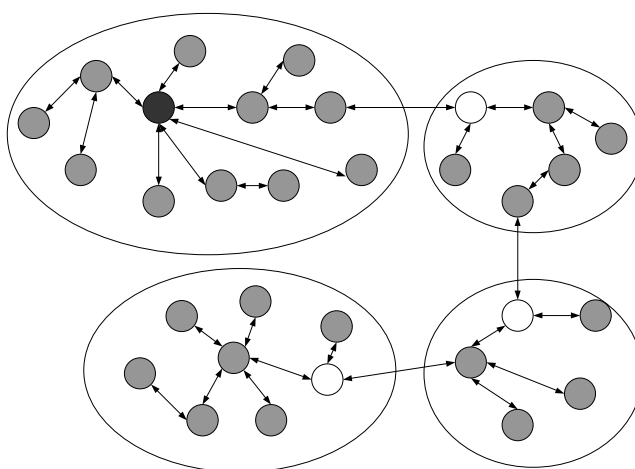
รูปที่ 2.3 IEEE 802.15.4 LR-WPAN star topology

เครือข่ายแบบ peer-to-peer เป็นการส่งผ่านข้อมูลในเครือข่ายโดยจะอนุญาตให้อุปกรณ์ FFD ติดต่อกับ FFD อื่นที่อยู่ภายในอาณาเขตของตัวเองและส่งข้อความไปยัง FFD ที่อยู่นอกอาณาเขตอีกด้วย ซึ่งเครือข่ายแบบ peer-to-peer นี้สามารถทำให้ ad hoc wireless network ซับซ้อนขึ้น ด้วยการเพิ่มการครอบคลุมพื้นที่ เนื่องจากการทำงานของ multihop และ mesh network ซึ่งจะกำหนดคุณสมบัติที่อนุญาตในการส่งข้อความในเครือข่ายแบบ peer-to-peer นี้ RFDs อาจสามารถเข้าร่วมในเครือข่ายได้ แต่จะไม่สามารถทำการส่งผ่านข้อมูลได้ โดยลักษณะของโทโปโลยีแบบ peer-to-peer แสดงดังรูปที่ 2.3



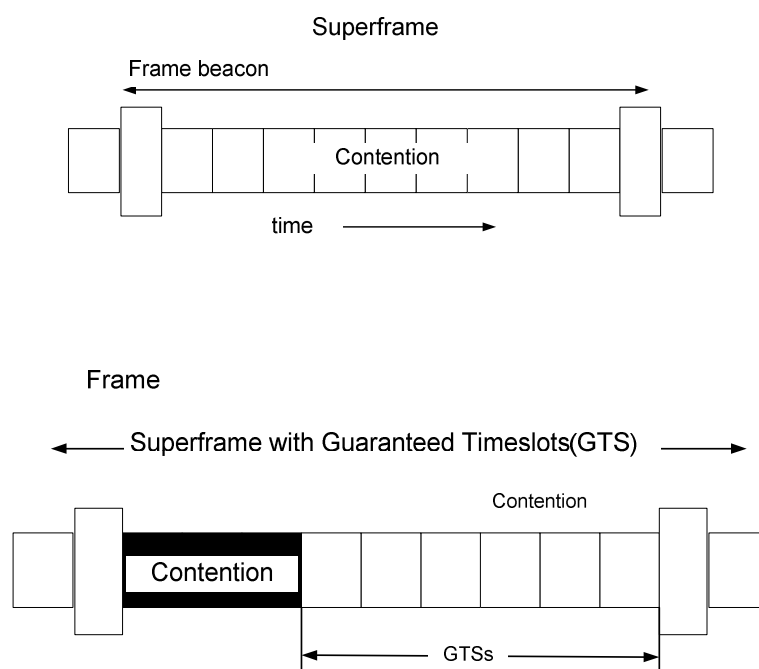
รูปที่ 2.4 IEEE 802.15.4 peer-to-peer network topology

อีกชนิดของเครือข่ายแบบ peer-to-peer คือ เครือข่าย cluster-tree ซึ่งจะเป็นการรวมกันของแบบโทโปโลยีแบบ Star และ Mesh เพื่อที่จะได้ประโยชน์จากทั้งสองแบบ คือ สามารถรองรับจำนวนของโหนดและสามารถใช้งานจากแบตเตอรี่ได้นาน โดยเครือข่ายชนิดนี้จำนวนของอุปกรณ์เครือข่ายจะอยู่บนหลักการ “cluster heads” โครงสร้างนี้จะจัดหาเส้นทางให้กับอุปกรณ์เครือข่ายชนิดต่างๆและสามารถมีการขยายเครือข่ายออกไปให้กว้างขึ้น ลักษณะของโทโปโลยีแบบ cluster-tree แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.5 IEEE 802.15.4 cluster-tree network topology

ในหลายๆกรณีเครือข่ายแบบ peer-to-peer จะเลือกอุปกรณ์ตัวหนึ่งให้ทำหน้าที่ PAN coordinator ระหว่างการสร้างเครือข่ายแบบ peer-to-peer จะต้องมีตรวจสอบแล้วว่าการทำงานต่างๆ นั้นรองรับการทำงานและบริการของอุปกรณ์เครือข่ายทำให้สามารถทำงานได้



รูปที่ 2.6 IEEE 802.15.4 superframe structure

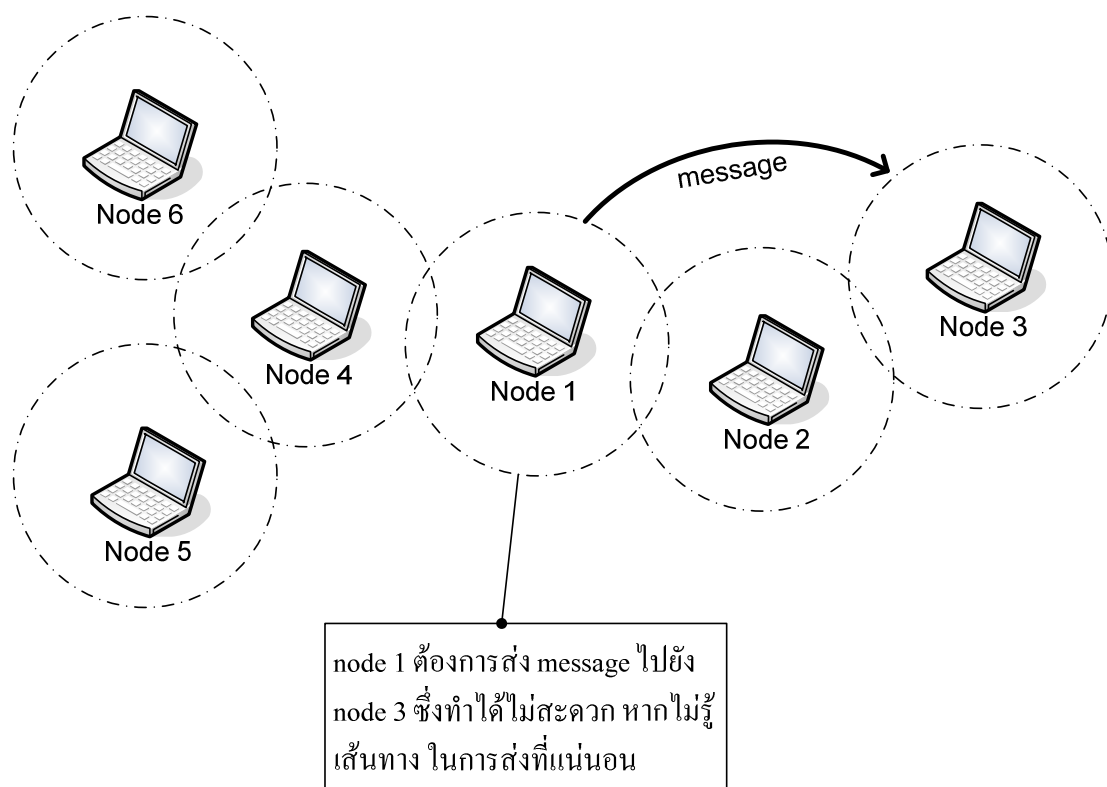
มาตรฐาน IEEE 802.15.4 รองรับโครงสร้าง superframe ที่ดูแลจัดการโดย PAN coordinator รูปแบบของ superframe แสดงดังรูปที่ 2.5 โดย superframe เริ่มจากการส่งเฟรมบีคอนเพื่อชิงโครโนซ์เครือข่าย จัดหา network ID และข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของ superframe สำหรับ superframe นี้จะแบ่งออกเป็น 16 timeslots เพื่อจัดเตรียมไว้สำหรับ contention access period (CAP) ขณะที่มีการใช้ CSMA/CA อุปกรณ์เครือข่ายพยายามที่จะเชื่อมต่อกัน โดยผ่าน PAN coordinator ระหว่างคาบเวลานี้เครือข่าย coordinator สามารถที่จะใช้ส่วนแบ่งของ superframe เพื่อทำการร้องขออุปกรณ์เครือข่ายได้ และ guaranteed timeslots (GTS) จะอยู่ส่วนท้ายของ superframe รูปแบบของ superframe แสดงดังรูปที่ 2.5

เนื่องจากในช่วงหลายปีที่ผ่านมาเทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย เป็นหัวข้อวิจัยที่แพร่หลายเป็นอย่างมาก โดยหัวข้อที่มีการศึกษาล่าสุด เช่น เทคโนโลยีมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้มีการนำเทคโนโลยีที่วิจัยในห้องแล็บมาประยุกต์สร้างผลิตภัณฑ์ขึ้น โดยนำแนวความคิดการเชื่อมต่อของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายจะทำงานบนมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ซึ่งในชั้น Physical Layer ของมาตรฐาน IEEE 802.15.4 มีการใช้ 3 ความถี่ คือ 2.4 GHz และ 896/915 MHz สำหรับความถี่ 2.4 GHz จะมีช่องสื่อสาร 16 ช่อง ที่มีอัตราเร็วข้อมูล 250 Kb/s สำหรับความถี่ 896 MHz จะมีช่องสื่อสาร 10 ช่อง ที่มีอัตราเร็วข้อมูล 40 Kb/s สำหรับความถี่ 915 GHz จะมีช่องสื่อสาร 1 ช่อง ที่มีอัตราเร็วข้อมูล 20 Kb/s สำหรับชั้น network/security และชั้น application framework จะอยู่บนพื้นฐานของระบบ IEEE 802.15.4 ซึ่งในชั้น Network สามารถรองรับได้ 3 แบบ คือ star, mesh และ Cluster tree และจากคุณสมบัติหลายอย่างที่ได้จากมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ทำให้ บริษัท maxstream ได้สร้างอุปกรณ์ ZigBee ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นต่างๆ เช่น มีขนาดเล็กกะทัดรัด กินไฟต่ำและสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ โดยใช้การเชื่อมต่อแบบ Serial RS232 ซึ่งเหมาะกับการนำมาใช้งานในเครือข่ายเซ็นเซอร์แบบไร้สาย โดยให้รองรับกับมาตรฐาน IEEE 802.15.4 การที่ Zigbee รองรับโทโปโลยีแบบ Mesh ทำให้จำเป็นต้องใช้อัลกอริทึมในการหาเส้นทางเพื่อให้โหนดแต่ละโหนดสามารถติดต่อกันได้ โดย ZigBee ที่บริษัท maxstream ผลิตขึ้นมีการใช้โปรโตคอล Ad hoc On-Demand Distance Vector protocol (AODV)^[3, 4] อยู่แล้ว จึงต้องศึกษาโปรโตคอลนี้ต่อไป

3) Routing Protocol

Routing Protocol เป็นส่วนสำคัญในการส่งผ่านข้อมูลจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง เนื่องจากใน MONET เครือข่ายอาจมีการเปลี่ยนรูปแบบตลอดเวลา โดยในที่นี้กล่าวถึงโปรโตคอล AODV เนื่องจากเป็นโปรโตคอลที่นำมาใช้ในเครือข่าย Zigbee

AODV เป็นโปรโตคอลที่เป็นแบบแผนของการหาเส้นทางระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เคลื่อนย้ายได้ หรือโหนดในการส่งข้อความผ่านไปยังโหนดข้างเคียง เพื่อไปยังโหนดที่ต้นทางไม่สามารถติดต่อได้โดยตรง ในระหว่างทางที่ข้อความถูกส่งผ่านไป AODV จะทำการค้นหาเส้นทางไปด้วย โดยมั่นใจได้ว่าจะไม่เกิดการวนซ้ำ และพยายามหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่จะเป็นไปได้ อีกทั้งโปรโตคอล AODV สามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงของเส้นทางและสามารถหาเส้นทางใหม่หากเกิดข้อผิดพลาดได้อีกด้วย

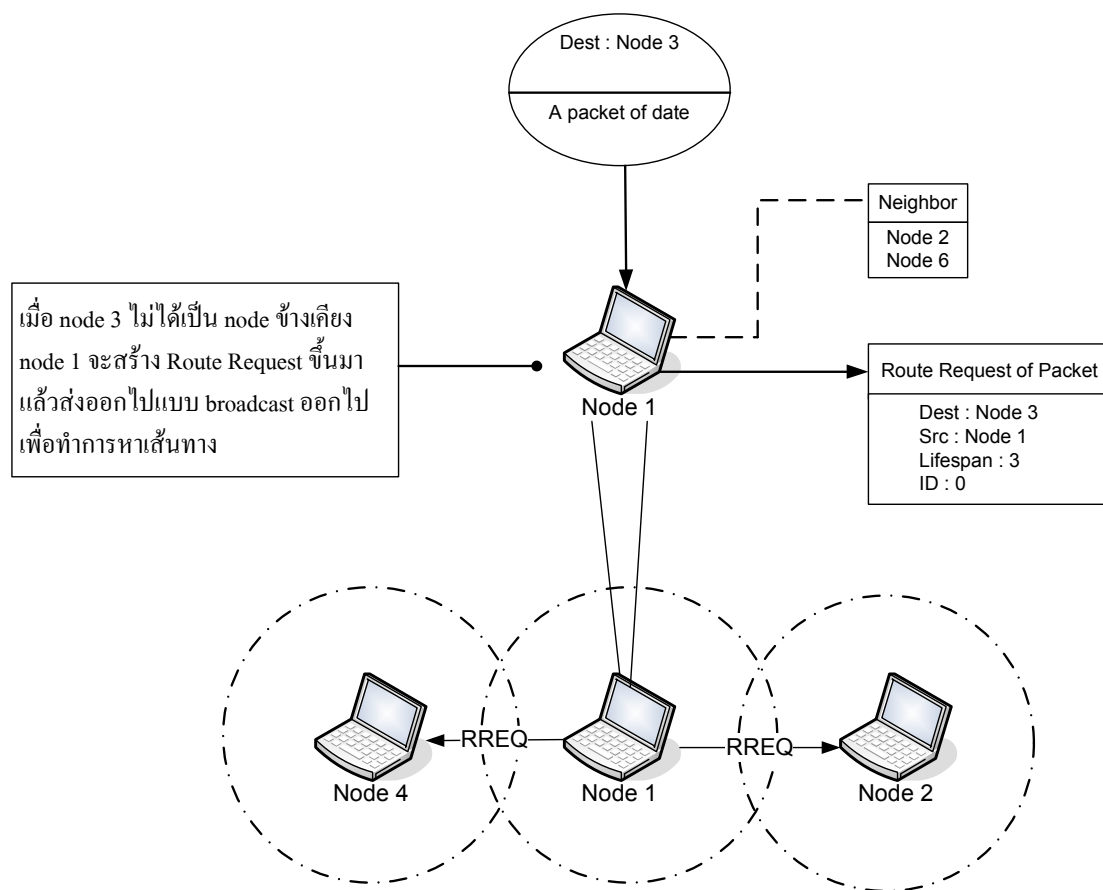


รูปที่ 2.7 แสดงการตั้งขอบเขตให้กับโนดต่างๆ ในเครือข่ายไร้สาย

จากรูป 2.6 เป็นการแสดงการตั้งค่าให้กับโนดในเครือข่ายไร้สาย วงกลมแสดงขอบเขตการติดต่อสื่อสารของแต่ละโนด เพราะมีการกำหนดขอบเขตการเชื่อมต่อ ทำให้แต่ละโนดสามารถติดต่อกับโนดที่อยู่ถัดจากตัวเองเท่านั้น

สำหรับโนดที่เราสามารถติดต่อได้โดยตรงนั้น เรียกว่า neighbor โดยโนดจะเก็บข้อมูลของ neighbor เมื่อได้รับข้อความ HELLO แต่ละโนดจะทำการส่งข้อความนั้นออกมาตามช่วงเวลาที่ได้ตั้งค่าไว้

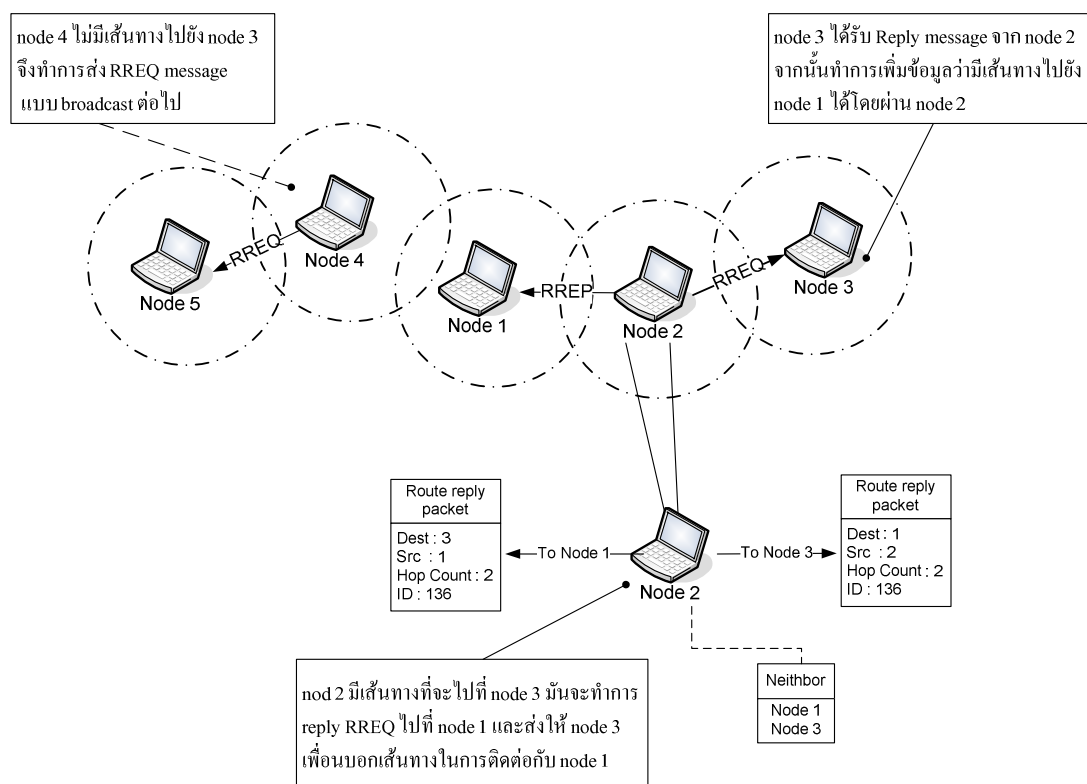
เมื่อมีโนดใดต้องการส่งข้อความไปยังโนดอื่นๆ ไม่ใช่ neighbor โนดจะทำการส่งข้อความ Route Request (RREQ) ซึ่งใน RREQ นี้จะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญของข้อมูล เช่น ต้นทาง ปลายทาง lifespan ของข้อความและหมายเลขลำดับที่เป็น unique ID



รูปที่ 2.8 แสดงวิธีการทำงานของโปรโตคอล AODV

ตัวอย่างในรูปที่ 2.7 โหนด 1 ต้องการจะส่งข้อความไปยังโหนด 3 โดยที่โหนด 1 มี neighbors คือ โหนด 2 และ โหนด 4 ดังนั้นโหนด 1 จะไม่สามารถติดต่อกับโหนด 3 ได้โดยตรงจึงต้องส่ง RREQ ไปที่โหนด 2 และ โหนด 4

เมื่อ neighbor ของโหนด 1 ได้รับข้อความ RREQ จะมีสองเงื่อนไข คือ ถ้าโหนดเหล่านั้นรู้จักเส้นทางที่จะไปหาปลายทางหรือเป็นปลายทางเอง โหนดนั้นจะส่งข้อความเส้นทางกลับไปที่โหนด 1 แต่ถ้าไม่ใช่กรณีดังกล่าว โหนดนั้นจะ rebroadcast RREQ ไปยัง neighbor ของตน และถ้า lifespan หมดไปแต่โหนด 1 ยังไม่ได้รับข้อความกลับมา จะทำการส่ง RREQ ออกไปใหม่ โดยเพิ่ม lifespan และสร้าง ID ใหม่ขึ้นมาแนบออกไปด้วย โดยโหนดทั้งหมดจะใช้ลำดับหมายเลขใน RREQ เพื่อตรวจสอบว่าเป็นการ rebroadcast หรือไม่



รูปที่ 2.9 แสดงการทำงานของโปรโตคอล AODV

ในตัวอย่างดังรูปที่ 2.8 โหนด 2 มีเส้นทางที่จะไปที่โนด3 มันจะทำการส่งข้อความ RREQ กลับ โดยการส่ง RREP ส่วน โหนด4 ที่ไม่มีข้อมูลเส้นทางไปยังโนด3 ก็จะทำ rebroadcast RREQ

Sequence Numbers จะให้บริการคล้าย time stamp โดยยอมให้โนดนำไปเปรียบเทียบว่า ข้อมูลใดใหม่ที่สุด โดยทุกครั้งที่โนดมีการส่งข้อความชนิดต่างๆออกไป โหนดจะทำการเพิ่มค่า Sequence Numbers ของตัวเอง แต่ละโนดจะทำการบันทึก Sequence Numbers ของโนดอื่นที่ติดต่อยู่ด้วย Sequence Numbers ที่สูงกว่าจะแสดงเส้นทางที่ใหม่กว่า

Route Error Message (RERR) ยอมให้โปรโตคอล AODV ปรับปรุงเส้นทางเมื่อโนดมีการเคลื่อนย้าย เมื่อโนดได้รับ RERR จะไปพิจารณาที่ Routing table แล้วทำการลบโนดที่มีปัญหาออกไป

2.3 มาตรฐาน Zigbee

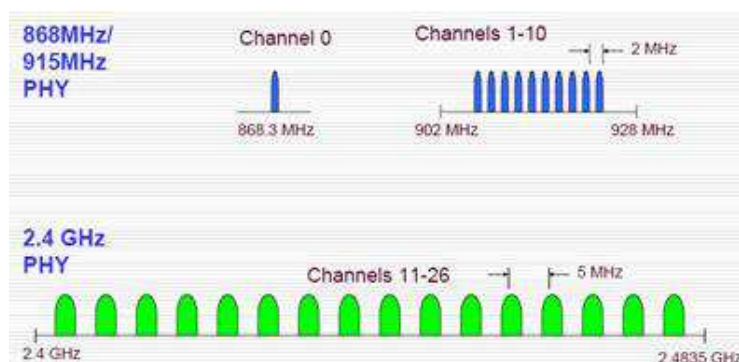
Zigbee เป็นมาตรฐานที่ออกแบบมาสำหรับการสื่อสารไร้สาย ที่มีอัตราการส่งข้อมูลต่ำ ใช้พลังงานต่ำ ราคาถูก เหมาะกับการทำงานเพื่อเป็นเซนเซอร์ตรวจวัดทางด้านสิ่งแวดล้อมบนระบบเครือข่ายไร้สาย สามารถทำงานได้ทุกสภาพแวดล้อม ทนแดด ทนฝน และทำงานด้วยแบตเตอรี่ขนาดเล็ก ที่มีอายุการใช้งานอยู่ได้เป็นเดือน หรืออาจจะยาวนานเป็นปี

ลักษณะการทำงานของ Zigbee จะเป็นการรับส่งคลื่นสัญญาณข้อมูลระหว่าง zigbee หลายตัวที่อยู่ใกล้กัน ผ่านชิปขนาดเล็ก เพื่อส่งสัญญาณข้อมูล ไปถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางเพื่อประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ตรวจวัดได้ อาจจะเป็นการเคลื่อนตัวของดิน ปริมาณมลพิษในอากาศ การเคลื่อนไหวของวัตถุ

2.3.1 มาตรฐานของ Zigbee

Zigbee ถูกกำหนดย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ซึ่งมีดังนี้

- 1) ย่านความถี่ 2.4 GHz มีช่องสัญญาณ 16 ช่อง อัตราการรับส่งข้อมูล 250 Kbps
- 2) ย่านความถี่ 915 MHz มีช่องสัญญาณ 10 ช่อง อัตราการรับส่งข้อมูล 40 Kbps
- 3) ย่านความถี่ 868 MHz มีช่องสัญญาณ 1 ช่อง อัตราการรับส่งข้อมูล 20 Kbps



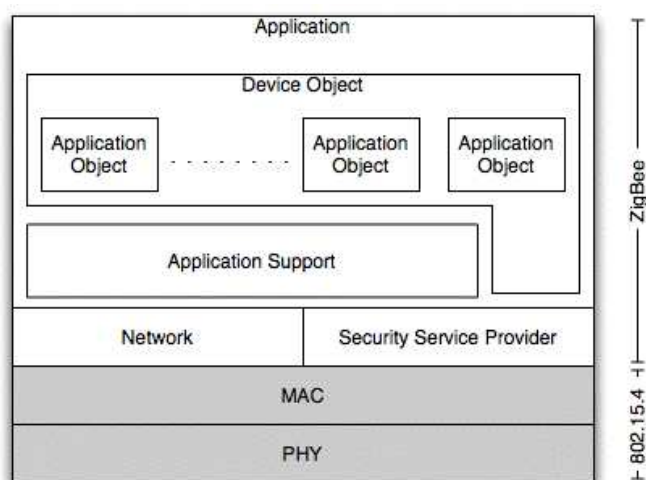
รูปที่ 2.10 ย่านความถี่ของมาตรฐาน IEEE 802.15.4

โดยบริเวณพื้นที่ที่สามารถใช้ย่านความถี่ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 เป็นดังนี้

ตารางที่ 2.2 กลุ่มความถี่ของมาตรฐาน IEEE 802.15.4 (Frequency Band)

ย่านความถี่	พื้นที่ที่สามารถใช้งานได้	อัตราการส่งข้อมูล	จำนวนช่องสัญญาณ
2.4 GHz	ทั่วโลก	250 kbps	16
915 MHz	อเมริกา	40 kbps	10
868 MHz	ยุโรป	20 kbps	1

เนื่องจาก Zigbee เป็นอุปกรณ์ที่อยู่บน 2 มาตรฐาน คือ มาตรฐาน IEEE 802.15.4 และ Zigbee Protocol ซึ่งมาตรฐาน IEEE 802.15.4 จะเกี่ยวข้องกับการทำงานใน Physical Layer และ Mac sub Layer และ Zigbee Protocol จะควบคุมการทำงานของ Layer อื่น ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 Zigbee Protocol

การทำงานของแต่ละ Layer

1) Physical layer

ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 แบ่งการทำงานของ Physical layer เป็นสองรูปแบบคือ data service และ management service จะทำงานในการเปิดปิดตัวรับส่งสัญญาณวิทยุ (transceiver) การตรวจจับพลังงาน (Energy Detection) Link Quality Indication (LQI) การเลือกช่องสัญญาณ (Channel selection) การทำให้ช่องสัญญาณว่าง (Clear Channel Assessment) และการรับส่งข้อมูลผ่านความถี่ 2.4 GHz ISM

2) Mac sublayer

Mac sublayer ทำงานตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 มีการทำงานสองส่วน คือ MAC data service ทำหน้าที่ส่งผ่าน Mac Protocol Data Unit (MPDU) ไปยัง PHY data service และการทำงานอีกส่วนหนึ่งคือ MAC management

3) Network layer

ทำหน้าที่ค้นหาเส้นทาง เพื่อส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ที่อยู่บนเครือข่ายเดียวกัน

4) Application layer

เป็นชั้นที่มีส่วนของการทำงานบนเฟรม (Application Framework) ทำหน้าที่จัดการการเข้าถึงและใช้งานบน Application layer

2.3.2 โครงสร้างเครือข่าย Zigbee

Zigbee ได้แบ่งชนิดอุปกรณ์ทางกายภาพ (Physical Device) ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) Full Function Device (FFD) คือ อุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการรับส่งข้อมูลจากอุปกรณ์อื่นๆ คุณสมบัติของ FFD คือ สามารถกำหนดฟังก์ชันการทำงานในแต่ละโทโพลยีได้, สามารถทำงานร่วมกันเครือข่ายอื่นได้ดี และสามารถติดต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้

2) Reduce Function Device (RFD) คือ อุปกรณ์ที่เป็นโหนดปลายทาง ไม่สามารถส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์อื่นได้ อุปกรณ์ที่เป็น RFD จะใช้พลังงานต่ำ สามารถทำงานในโทโพลยีแบบดาว (Star) คุณสมบัติของ RFD คือ จำกัดเฉพาะการทำงานกับโทโพลยีที่เป็นแบบสตาร์ (star) เท่านั้น, ไม่สามารถทำงานร่วมกับเครือข่ายอื่นได้ และพัฒนาปรับปรุงได้ง่าย

ในระบบเครือข่าย Zigbee ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ที่เป็นทั้ง FFD และ RFD ซึ่ง FFD สามารถทำหน้าที่ได้ 3 โหนด คือ ตัวประสานการเชื่อมต่อของเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล (Personal Area Network Coordination) ตัวประสานการเชื่อมต่อ (Coordination) และเป็น RFD ได้ โดยที่ FFD สามารถส่งข้อมูลผ่าน RFD หรือ FFD ได้ ในขณะที่ RFD สามารถส่งข้อมูลได้เฉพาะ RFD เท่านั้น

โครงสร้างเครือข่ายหรือโทโพลยีที่ Zigbee รองรับ ได้แก่ โครงสร้างแบบดาว (Star) โครงสร้างแบบต้นไม้ (Tree) และโครงสร้างแบบเมช (Mesh)

2.3.3 Xbee Pro

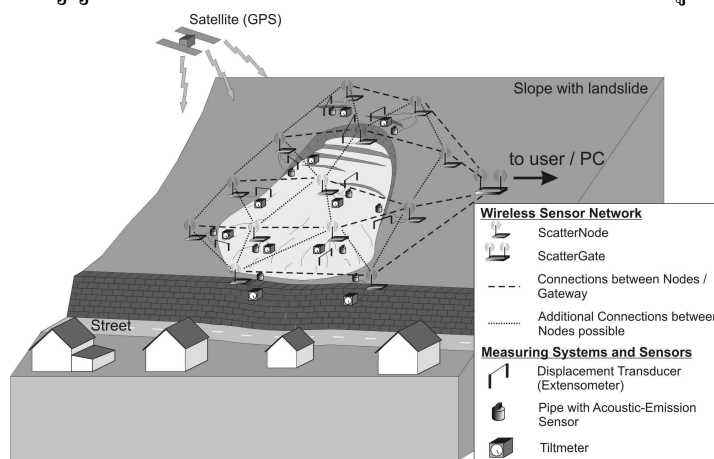
Xbee จะมีอยู่ 2 รุ่น คือ Series 1 และ Series 2 นอกจากนั้นยังมีขนาด Power ให้เลือกอีก 2 แบบ คือ Xbee แบบธรรมดา (1-2mW) และ Xbee Pro (50-60mW) ซึ่งจะมีผลเรื่องระยะทางการรับส่งข้อมูล โดยแต่ละ Series นั้นสามารถสร้างเครือข่ายได้หลายแบบ ได้แก่ Peer to peer, Point to point และ Point to multipoint แต่จะมีเพียง Series 2 เท่านั้นที่จะทำเครือข่ายแบบ mesh ได้ ระยะทางที่ Xbee รับส่งข้อมูลได้จะขึ้นกับสายอากาศ ซึ่ง Xbee ที่มีขายอยู่ทั่วไปจะมีสายอากาศ 4 แบบ คือ Whip, Chip U.FL และ SMA Antenna เนื่องจากการพัฒนาชุดอุปกรณ์เซนเซอร์รับเสียงใช้ Xbee Pro ทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลของเสียง ซึ่งลักษณะเฉพาะและคุณสมบัติที่สำคัญของ Xbee Pro แสดงดังตารางที่ 9.2

ตารางที่ 2.3 ลักษณะเฉพาะและคุณสมบัติที่สำคัญของ Xbee Pro

ลักษณะเฉพาะ	Xbee Pro
ประสิทธิภาพ	
ระยะการส่งสัญญาณภายนอกอาคาร	ประมาณ 1,500 เมตร
ระยะการส่งสัญญาณภายในอาคาร	ประมาณ 100 เมตร
กำลังในการส่งสัญญาณเอาต์พุต	100 mW
อัตราการส่งข้อมูล	250,000 bps
อัตราการส่งข้อมูลในพอร์ตอนุกรม	1200 – 115,200 bps
ความไวในการรับสัญญาณ	-100 dBm (ความคลาดเคลื่อน 1%)
ความต้องการด้านพลังงาน	
กระแสไฟฟ้าในการรับข้อมูล	PL=0 (10dBm): 137mA (3.3V) 139mA(3.0V) PL=0 (12dBm): 153mA (3.3V) 155mA(3.0V) PL=1 (14dBm): 170mA (3.3V) 171mA(3.0V) PL=2 (16dBm): 188mA (3.3V) 195mA(3.0V) PL=3 (10dBm): 215mA (3.3V) 227mA(3.0V)
สถานะว่าง/ กระแสไฟฟ้าในการส่งข้อมูล	55 mA (3.3 V)
กระแสไฟฟ้าเมื่อไม่มีการใช้งาน	<10 μ A
ลักษณะทั่วไป	
ความถี่	ISM 2.4 GHz
ขนาด	2.483cm x 3.294cm
การเคลื่อนตัวของดิน	-40 to 85
เสาอากาศที่สามารถใช้ได้	Whip, Chip หรือ U.FL Connector
การทำเครือข่ายและความปลอดภัย	
การสนับสนุนโครงสร้างเครือข่าย	Point-to-point, Point-to-multipoint & Peer-to-peer
จำนวนของช่องสัญญาณ	12 Direct Sequence Channels
การเลือกแอดเดรส	PAN ID, Channel and Addresses
การรองรับอุปกรณ์	65,535 Device (0x0000-0xFFFF) (64 bits)

2.4 ระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

ระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังภัยพิบัติอัตโนมัติในแผนงานวิจัยนี้เป็นระบบที่ประยุกต์ใช้ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อตรวจวัดสัญญาณเป้าหมายและส่งสัญญาณติดต่อกันระหว่างอุปกรณ์เซ็นเซอร์จำนวนมาก ปัจจุบันมีการคิดค้นหรือพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดสิ่งต่างๆ จากเซ็นเซอร์ไร้สายมากมาย เนื่องจากใช้ต้นทุนในการพัฒนาต่ำ อุปกรณ์มีขนาดเล็กเหมาะสมสำหรับทุกพื้นที่สภาพแวดล้อม โดยอุปกรณ์เซ็นเซอร์แต่ละตัวจะประกอบไปด้วยเทคโนโลยีเซ็นเซอร์เพื่อตรวจจับสัญญาณเป้าหมาย เทคโนโลยีประมวลผลภายใน ซึ่งทำงานได้จำกัด เทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารไร้สาย เพื่อใช้ในการติดต่อระหว่างอุปกรณ์เซ็นเซอร์และเครื่องปลายทางเซ็นเซอร์จะทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารหรือส่งข้อมูลถึงกันตามที่ผู้พัฒนาได้โปรแกรมไว้เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงหรือสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้น โดยการนำเซ็นเซอร์แต่ละตัวติดตั้งไว้ในบริเวณพื้นที่ที่ต้องการตรวจวัดสัญญาณ และเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายจะติดต่อและส่งข้อมูลถึงกัน



รูปที่ 2.12 ระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา

การสนับสนุนการเตือนภัยใช้ค่าปริมาณน้ำฝนและประเมินค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน หรือ API วิกฤติหรือระดับที่เป็นอันตราย เปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นในดินที่ทำการตรวจวัดได้ โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์และแบบจำลอง 3 มิติเข้าช่วย วิธีการวิเคราะห์หาค่า API ในอดีตได้มีการศึกษาวิจัยและปัจจัยความชุ่มชื้นของดิน (Antecedent Precipitation Index : API) มาใช้ในการประเมินการเกิดน้ำท่วมฉับพลัน โดยถ้าค่า API เกินกว่า 150 มิลลิเมตร ยกเว้นภาคตะวันออก จังหวัดจันทบุรีและตลาดและภาคใต้ค่า API เกินกว่า 250 มิลลิเมตร จะทำให้เกิดน้ำท่วม ซึ่งค่าที่ได้จะค่อนข้างหายากมากสำหรับการพยากรณ์และใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในการเตือนภัยน้ำท่วมและแผ่นน้ำหลากและดินถล่มในพื้นที่ต่าง ๆ ได้เพื่อให้สามารถนำปัจจัยของ API นี้ไปใช้ในการเฝ้าระวังและเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันและแผ่นน้ำหลากและดินถล่มในพื้นที่ใดๆ ให้ถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือมากนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาและกำหนดค่า API ต่อไป

กรมทรัพยากรน้ำ (2548) เมื่อฝนตกในบริเวณลาดเขา ปริมาณน้ำฝนส่วนหนึ่งจะไหลซึมในชั้นดินด้านล่าง โดยน้ำส่วนนี้จะแทรกตัวไปตามช่องว่างและรอยแยกในมวลดิน ทำให้ความดันน้ำที่แรงดึงบริเวณช่องว่างที่เป็นอากาศจะค่อยๆ ลดลง ซึ่งทำให้ความดันของอากาศลดลงด้วยอัตราการไหลผ่านและการยอมให้น้ำซึมผ่านดินจะลดลงตามเวลาที่ฝนตก เมื่อน้ำไหลเต็มช่องว่างในดิน น้ำไม่สามารถซึมผ่านดินลงมาได้ และจะไหลผ่านผิวดินในที่สุด ภายหลังฝนหยุดตกน้ำในดินจะเริ่มระเหยออกไปเนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นในบรรยากาศ ทำให้ความชื้นในดินหรือปริมาณน้ำในดินจะเริ่มลดลงเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น ความชื้นในดินนี้สามารถบ่งชี้ได้ด้วยค่าดัชนีความชุ่มชื้น (Antecedent Precipitation Index, API) ซึ่งสัมพันธ์กับระยะเวลาหลังฝนตกปริมาณฝนตก (Precipitation) ความสามารถในการเก็บน้ำของดินต่อการระเหย (Water Holding Capacity) และความหนาแน่นหลวมของดิน (Bulk Density) โดยในความสัมพันธ์ของ Linsely et.al. ดังสมการที่ 2.5

$$API_t = (K_t \times API_{t-1}) + P_t \quad (2.5)$$

เมื่อ API_t = ค่า API ณ เวลาใดๆ (t) (มม.)

API_{t-1} = ค่า API ของเวลาก่อนหน้า (t-1) (มม.)

P_t = ค่าปริมาณน้ำฝน ณ เวลาใดๆ (t) (มม.)

K = ค่าคงที่คูณลด ณ เวลาใดๆ

ซึ่ง K นี้หาได้จากความสัมพันธ์ของ Chodhury and Blanchard (1983) ดังสมการที่ 2.6

$$K_t = \exp(-E_t / W) \quad (2.6)$$

เมื่อ E_t = การคายระเหย ณ เวลาใดๆ

W = ความชื้นในดินที่สามารถระเหยได้ (มม.)

ปริมาณน้ำฝนที่อยู่ในมวลดินมีผลกระทบโดยตรงต่อลาดดิน 2 ประการสำคัญคือประการแรก ปริมาณน้ำที่แทรกซึมเข้าสู่ดินจะทำให้กำลังของดิน (Soil Strength) ลดลง น้ำอิสระ (Free Water) จะลดความต้านทานแรงเฉือนของมวลดิน เนื่องจากน้ำเข้าไปลดความดันของอากาศในมวลดิน และประการที่สอง ลาดดินมีน้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นจากก่อนฝนตก จากผลกระทบข้างต้นหากลาดดินนั้นไม่สามารถต้านทานน้ำหนักด้านบนได้จะทำให้ลาดดินเสียความมั่นคงจากเหตุผลข้างต้น เมื่อฝนตกหนักหาก API เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว่อมทำให้ลาดดินเสียความมั่นคงและลาดดินนั้นอาจพิบัติลงได้ในที่สุด

2.5 การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

ในรอบหลายปีที่ผ่านมา สังคมวิชาการไทยจะตื่นตัวมากกับรูปแบบการวิจัยแบบใหม่ ที่ได้รับการเสนอขึ้นมาทดแทนกระบวนทัศน์ของการวิจัยแบบดั้งเดิมที่เน้นตัวผู้วิจัยเป็นศูนย์กลาง (Researcher centric) ของการวิจัย หรือการวิจัยในปัญหาหรือเพื่อหาข้อเสนอแนะในการปรับปรุงพัฒนาเรื่องหนึ่งเรื่องใด เกิดจากความสนใจของนักวิจัยเป็นด้านหลัก อันส่งผลให้ผลงานวิจัยที่มีอาจปฏิเสธได้ว่าใช้ความพยายามและงบประมาณจำนวนไม่น้อย เกิดภาวะเสียเปล่าในแง่ที่ไม่อาจตอบสนองหรือเอื้อให้เกิดการแก้ไขปัญหาอย่างแท้จริง

การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research-PAR) เป็นการวิจัยที่มุ่งแก้ปัญหา หรือปรับปรุงการทำงาน หรือกิจกรรมต่าง ๆ ที่ดำเนินการอยู่ในหน่วยงานหรือองค์กร นับเป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาและแก้ไขปัญหาสังคมและชุมชนที่สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และบัณฑิตวิทยาลัยของมหาวิทยาลัยหลายแห่งทั้งภาครัฐและเอกชนได้ให้ความสำคัญและกระตุ้นให้นักวิจัย/นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาใช้เป็นรูปแบบในการวิจัยและการทำวิทยานิพนธ์/การค้นคว้าอิสระเพื่อตอบสนองต่อโจทย์แห่งการพัฒนาและการแก้ไขปัญหาที่มุ่งไปที่การค้นหาแนวทางอันเป็นรูปธรรมที่เกิดจากการระดมสมองในลักษณะของการมีส่วนร่วมของหลายฝ่ายที่เกี่ยวข้อง โดยปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ของการวิจัยจากแบบดั้งเดิมที่การตั้งประเด็นของปัญหาเริ่มต้นและจบกระบวนการโดยนักวิจัย

ซึ่งพบว่างานวิจัยหลากหลายชิ้นมิได้ถูกนำไปเผยแพร่หรือนำไปทดลองใช้ อันเป็นการสูญเสียทั้งกำลังความคิด งบประมาณและทรัพยากรเวลาอย่างน่าเสียดายยิ่ง มาเป็นงานวิจัยที่เริ่มต้นจากชุมชน ชุมชนมีส่วนร่วม ทั้งในมิติของการร่วมกันเรียนรู้ร่วมกันแสวงหาปัญหา และคิดค้นแนวทางออกเพื่อแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาที่เป็นเรื่องอันเป็นฉันทามติของชุมชน รวมทั้งร่วมรับผลของการพัฒนา โดยมีนักวิจัยภายนอกทำหน้าที่เป็นผู้เอื้ออำนวย หรือวิทยากรกระบวนการร่วมกับนักวิจัยชุมชนที่เป็นชาวบ้าน ดังนั้น การวิจัยจึงสร้างคุณลักษณะของการเรียนรู้แบบพหุภาคี พร้อมกับบังเกิดผลพลอยได้ที่เป็นจิตสำนึกตระหนักในปัญหา หน้าที่ และร่วมกันแก้ปัญหาทางเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง ส่งเสริมกิจกรรมกลุ่ม ทำงานร่วมกันทั้งแก้ปัญหา และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีประสบการณ์ภาคสนามหลายท่านสะท้อนความเห็นและข้อสังเกตเอาไว้ โดยเฉพาะประเด็นของการสร้างส่วนร่วมในกระบวนการวิจัยแต่ละขั้นตอนอันจะเป็นแนวทาง และคำแนะนำที่น่าสนใจ รวมทั้งช่วยให้นักวิจัยที่สนใจใช้รูปแบบนี้ในการทำวิจัยปัญหาของสังคม เศรษฐกิจและการเมือง โดยจุดที่แตกต่างกันของงานวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมกับงานวิจัยแบบมีส่วนร่วมก็คือ การวิจัยแบบมีส่วนร่วมนั้น เป็นการวิจัยที่เน้นในมิติของการเก็บข้อมูล แต่การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเป็นการประยุกต์หาวิธีการแก้ไขปัญหาไปพร้อม ๆ กัน

2.5.1 ความหมายการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

Kirlinger (1992) กล่าวว่า การวิจัยเป็นรูปแบบหนึ่งของการแสวงหาความรู้ ความจริงที่ถูกต้อง เชื่อถือได้ ตรวจสอบได้ เกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในสังคมด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนคำว่าเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การปฏิบัติงานในกิจกรรมการพัฒนาคู่ควบคู่ไปกับการวิจัย และคำว่า การมีส่วนร่วมหมายถึง การเข้าร่วมอย่างแข็งขันของกลุ่มบุคคลในขั้นตอนต่างๆ ของการดำเนินกิจกรรมอย่างหนึ่ง สรุปได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ก็คือ การแสวงหาความรู้ ความจริงที่ถูกต้อง เชื่อถือได้ ตรวจสอบได้ โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีกลุ่มบุคคลเข้ามาร่วมกันเรียนรู้เพื่อรู้จักตัวเองชุมชนสิ่งแวดล้อม ให้เห็นปัญหาของตัวเอง และเห็นทางแก้หรือทางออกจากปัญหา โดยลงมือปฏิบัติจริง ได้ผลจริง แก้ปัญหาได้จริง

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี ใช้คำว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติ (action research) เป็นระเบียบวิธีสำหรับเรียนรู้จากประสบการณ์ เสนอโดยนักจิตวิทยาสังคมชื่อเคิร์ต เลวิน (Kurt Lewin) รวมถึงวิธีสร้างและจัดการความรู้ในลักษณะของการสอบถาม (inquiry) ประกอบด้วยเส้นเวียนก้นหอย (spiral) ของกิจกรรมตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผน (planning) การปฏิบัติ (acting) การสังเกตผล (observing) และการประเมินสะท้อนกลับ (reflecting) โดยจะมีการกระทำซ้ำกิจกรรมในเส้นเวียนก้นหอยทั้งหมด จนกว่าจะบรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่นั้น

วิธีการแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ มาจากคำว่า "การปฏิบัติ" (Action) และ "การวิจัย" (Research) ที่เกี่ยวข้องกับวิธีการทำงานร่วมกัน การตกลงใจร่วมกัน การพัฒนาปรับปรุงร่วมกันของกลุ่มผู้ปฏิบัติงานในงานนั้นๆมากกว่าการอาศัยผู้เชี่ยวชาญจากภายนอก และโดยอาศัยคุณสมบัติของนักวิจัยที่แตกต่างกับการวิจัยแบบอื่นที่มีกฏเกณฑ์เครื่องมือการวิจัยและความเห็นของกลุ่มตัวอย่างเป็นสิ่งสำคัญ

Action Research เน้นการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพมิใช่เพียงเก็บข้อมูลโดยการส่งแบบสอบถามความคิดเห็นกับกลุ่มตัวอย่างแต่อย่างเดียว มีการเก็บข้อมูลหลายวิธี เช่น การสัมภาษณ์ การสังเกต การอภิปรายกลุ่ม (เล็กและใหญ่) การศึกษาค้นคว้าด้วยการวิเคราะห์เอกสารและการสนทนากลุ่ม (Focus group)

กมล สดประเสริฐ (2540) ได้ให้ความหมายไว้ว่า “การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (PAR) คือ การวิจัย ค้นคว้า และหาความรู้ตามหลักการของการวิจัยเชิงวิทยาศาสตร์แบบเดิมๆ ต่างกันเพียงแต่ว่า PAR นั้นมีวัตถุประสงค์มุ่งไปที่การแก้ปัญหาในการพัฒนาและเป็นการวิจัยที่ดำเนินไปด้วยการมีส่วนร่วมของชุมชนผู้ร่วมงาน รวมทั้งในกระบวนการวิจัย และในการมีหุ้นส่วนใช้ประโยชน์ของการวิจัย”

สุภาวค์ จันทวานิช (2547) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (PAR) หมายถึง วิธีการที่ให้ชาวบ้านเข้ามามีส่วนร่วมวิจัย เป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์ โดยอาศัยการมีส่วนร่วมอย่างแท้จริงจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการวิจัย นับตั้งแต่การกำหนดปัญหา การดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตลอดจนหาแนวทางในการแก้ปัญหาหรือส่งเสริมกิจกรรม (<http://www.ru.ac.th/>) การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม เป็นการวิจัยที่นำแนวคิด 2 ประการมาผสมผสานกันคือการปฏิบัติการ (Action) ซึ่งหมายถึงกิจกรรมที่โครงการวิจัยจะต้องดำเนินการ และคำว่า การมีส่วนร่วม (Participation) อันเป็นการมีส่วนร่วมเกี่ยวข้องของทุกฝ่ายที่เข้าร่วมกิจกรรมวิจัย ในการวิเคราะห์สภาพปัญหาหรือสถานการณ์อันใดอันหนึ่ง แล้วร่วมในกระบวนการตัดสินใจและการดำเนินการจนกระทั่งสิ้นสุดการวิจัย โดยมีความหมายถึง วิธีการที่ให้ผู้ถูกวิจัยหรือชาวบ้าน เข้ามามีส่วนร่วมในการวิจัย เป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์ โดยอาศัยการมีส่วนร่วมอย่างแท้จริงจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมวิจัย นับตั้งแต่การระบุปัญหาของการดำเนินการ การช่วยให้ข้อมูล และการช่วยวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนช่วยหาวิธีแก้ไขปัญหหรือส่งเสริมกิจกรรมนั้น ๆ ซึ่งในการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ข้อมูลจากการทำวิจัยทุกขั้นตอนชาวบ้านเป็นผู้ร่วมกำหนดปัญหาของชุมชนและหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา กระบวนการวิจัยจึงดำเนินไปในลักษณะของการแลกเปลี่ยนความเห็นระหว่างชาวบ้านกับผู้วิจัย เพื่อให้ได้ข้อสรุปเป็นขั้น ๆ ส่วนกระบวนการสังเคราะห์ข้อมูลเป็นไปในเชิงการวิภาษ (Dialectic) ซึ่งชาวบ้านจะค่อย ๆ เรียนรู้ด้วยตัวเอง และด้วยวิธีการวิจัยเช่นนี้ ข้อมูลที่ได้จึงมีความชัดเจน สะท้อนความคิดอ่านตลอดจนนิสัยใจคอของชาวบ้าน สะท้อนความต้องการและแบบแผนในการดำเนินชีวิตของเขา การวิจัยแบบนี้จึงเป็นวิธีการที่สนับสนุนให้ชาวบ้านหรือตัวแทนในชุมชนเป็นคนสร้างองค์ความรู้ใหม่ให้กับตนเองและชุมชน โดยการศึกษาเรียนรู้หาข้อมูล การศึกษาวิเคราะห์ถึงปัญหา รวมทั้งการแก้ไขปัญหาที่กำลังประสบอยู่ โดยการร่วมกันวางแผน และกำหนดการดำเนินงานตามแผนหรือโครงการ พร้อมทั้งการปฏิบัติตามแผน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการแก้ไขปัญหาได้ถูกต้องตรงตามความต้องการ ประกอบกับการใช้ภูมิปัญญาและทุนที่มีอยู่ในชุมชน การเปิดโอกาสให้ประชาชนได้เข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมนี้ นอกจากจะส่งผลดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ยังช่วยให้เกิดการพัฒนาของผลงานวิจัยและกระบวนการวิจัยในตัวของมันเองอีกด้วย

ชนิษฐา กาญจนสินนท์ (2547) ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมไว้ว่า หมายถึง การวิจัยที่พยายามศึกษาชุมชน โดยเน้นการวิเคราะห์ปัญหา ศึกษาหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา วางแผนและดำเนินการตามแผนในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งการดำเนินการประเมินผลโดยที่ทุกขั้นตอนดังกล่าวสมาชิกชุมชนเข้าร่วมด้วย อันเป็นการส่งเสริมให้ชุมชนได้เกิดการเรียนรู้ได้พัฒนาตนเอง ในการทำงานพัฒนา

สุริยา วีรวงศ์ (2546) กล่าวถึงความหมายการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมไว้ว่าเป็นวิธีวิทยาให้สังคมช่วยกันคิด โดยเป็นการวิจัยและพัฒนา ซึ่งขยับจากการวิจัยแบบปกติ การทำวิจัยประเภทนี้ จะต้องมีความสัมพันธ์กับชุมชน ซึ่งจะเห็นจากภาพของวิธีการที่เคลื่อนตัวมาเป็นการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

โดยทั่วไปแล้ว ข้อกำหนดของงานวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมนั้นแตกต่างไปจากแนวคิดของการวิจัยแบบเดิมอยู่มาก แนวคิดในการวิจัยแบบเดิมนั้น ตั้งอยู่บนฐานของปรัชญาปฏิฐานนิยมเชิงตรรก (Philosophy of Logical Positivism) และพฤติกรรมศาสตร์ (Behavioralism) ซึ่งมีข้อกำหนดว่า นักวิจัยทุกคนจะต้องรักษาความเป็นกลาง (Neutrality) โดยแยกตัวเองโดยสิ้นเชิงออกจากสิ่งที่ศึกษาเพื่อมิให้เกิดอคติ (bias) ต่อการศึกษา อันจะทำให้ผลของการศึกษาเบี่ยงเบนและไม่น่าเชื่อถือ แต่การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมนั้น เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างนักวิจัยและนักพัฒนาหรือนักปฏิบัติการ (Practitioners) ตลอดกระบวนการศึกษาค้นคว้า กมล สุคประเสริฐ (2537) จึงให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมไว้ว่าเป็นการวิจัยที่จัดกระทำโดยผู้ปฏิบัติการ

เพื่อนำผลการวิจัยมาใช้ในการแก้ไขปัญหาโดยทันที และต้องกระทำเป็นหมู่คณะร่วมกัน ขยายความอีกได้ว่า เป็นการวิจัยที่ต้องอาศัยกระบวนการทำงานร่วมกันที่จะต้องสืบสวนสอบสวนหาปัญหาและข้อโต้แย้งร่วมกันเป็นกลุ่ม วิเคราะห์สาเหตุแห่งปัญหา โดยเป็นกระบวนการที่ค่อนข้างจะลำเอียงไปในทางทางกระบวนการประชาธิปไตย

นิตยา เงินประเสริฐศรี (2544) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเป็นกลยุทธ์ที่สะท้อนให้เห็นถึงการเดินทางไปสู่การพัฒนา (Journey of Development) โดยมีการเปลี่ยนแปลงจากสิ่งที่เป็นอยู่ไปสู่สิ่งที่สามารถเป็นไปได้ ทั้งในระดับปัจเจกชนและระดับสังคม โดยหัวใจสำคัญของการเปลี่ยนแปลงอยู่ที่กระบวนการวิจัย ซึ่งใช้แนวทางความร่วมมือ (Collaborative Approach) ระหว่างนักวิจัยกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholders) ทั้งนี้กระบวนการวิจัยจะต้องเป็นประชาธิปไตย ยุติธรรม มีอิสระ และส่งเสริมคุณค่าของชีวิต และกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจะเข้าร่วมสังเกต ตรวจสอบสถานการณ์ต่าง ๆ สะท้อนความคิดเห็นและความต้องการของตน ทรัพยากรที่มีอยู่ อุปสรรคและปัญหาที่ปรากฏอยู่ ตรวจสอบทางเลือกที่เป็นไปได้ และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีจิตสำนึกไปสู่การเปลี่ยนแปลงใหม่

กล่าวโดยสรุป การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมหมายความว่า การร่วมกันดำเนินกระบวนการวิจัยโดยผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ ทั้งที่เป็นชาวบ้านและนักพัฒนา กับผู้วิจัยภายนอก เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสภาพความจริงของสังคมนั้น และเพื่อให้เห็นภาพแห่งคุณลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมที่เด่นชัด

2.5.2 คุณลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

คุณลักษณะสำคัญของงานวิจัยรูปแบบดังกล่าวเมื่อเทียบกับงานวิจัยแบบดั้งเดิม สามารถสรุปได้จากผลงานความคิดของพันธุทิพย์ รามสูตร (2540) ได้ดังนี้

ประเด็นเปรียบเทียบ	การวิจัยแบบดั้งเดิม	การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม
รูปแบบ	เป็นพิมพ์เขียวที่กำหนดให้	เน้นกระบวนการที่ปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์
อุดมการณ์/ปรัชญา	เน้นกลุ่มคนชั้นสูง	เน้นกลุ่มคนที่ด้อยโอกาสในสังคม คนชายขอบ
จุดมุ่งหมาย	ไม่ผูกพัน ทำให้ได้ข้อมูลเพื่อตอบปัญหาการวิจัย	มีพันธกรณีระหว่างนักวิจัยกับชาวบ้านที่จะร่วมกันเพื่อสิทธิของมนุษย์
กรอบการวิจัย	กำหนดโดยนักวิจัยองค์กร	กำหนดโดยประชาชนในพื้นที่
จุดเน้น	วัตถุ เน้นการสร้างสิ่งของ	คน เริ่มที่คนเป็นหลัก ทำให้คนมีคุณค่า สร้างความภาคภูมิใจและกำลังใจ
เป้าหมาย	กำหนดไว้ล่วงหน้า	ปรับเปลี่ยนตามความต้องการของท้องถิ่นตามเงื่อนไขความเหมาะสม
ยุทธวิธี	เน้นการวางแผนที่อ้างว่าชาวบ้าน	
ไม่สามารถวางแผนเองได้	เน้นการมีส่วนร่วม เชื่อมมั่นในความสามารถในการเรียนรู้ของคน	
วิธีการ	เข้มงวดรัดกุม เน้นหลักการวิจัยเชิงปริมาณ มองมิติชุมชนที่ศึกษาและใช้เทคโนโลยีหรือระเบียบวิธีการชั้นสูง	เรียบง่าย ใช้วิธีการที่ชาวบ้านรู้จักและถนัดมองชุมชนอย่างเป็นองค์รวม และใช้เทคโนโลยีชาวบ้าน
การวิเคราะห์สถานการณ์	เน้นการย่อส่วน (Reductionism)	การมององค์รวม (Holistic Approach)
รูปแบบการพัฒนา	ควบคุม ชี้แนะและให้แรงจูงใจ เป็นวัตถุ เน้นการทำงานตามแผน และส่งเสริมวัฒนธรรมการพึ่งพา	ปลดปล่อย สร้างกำลังใจอำนาจในการคิด และต่อรองให้สำเร็จในสิ่งที่ได้กระทำ โดยมีแรงจูงใจคือความภูมิใจในศักดิ์ศรีของตน และเป็นการส่งเสริมวัฒนธรรมการพึ่งพาตนเอง
มองชาวบ้าน	เป็นผู้รับประโยชน์จากความสำเร็จของโครงการวิจัย	เป็นผู้ทำประโยชน์ เป็นผู้ลงมือกระทำโครงการสำเร็จ และมีส่วนร่วม

2.5.3 แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการวิจัยแบบมีส่วนร่วม

ปัญหาสำคัญของการวิจัยเพื่อการพัฒนาได้แก่การวิจัยเพื่อแสวงหารูปแบบเพื่อการพัฒนาการวิจัย เพื่อการวางแผนหรือการวิจัยเพื่อนำเอาวิทยาการสมัยใหม่ไปปรับใช้ในชนบท ต่างก็มิได้ช่วยให้กระบวนการพัฒนาและผลพวงของการศึกษาดกถึงกลุ่มคนที่ควรจะเป็นเป้าหมายที่แท้จริงอย่างเต็มเม็ดเต็มหน่วยแต่อย่างใด ทั้งนี้ก็อาจเป็นเพราะว่างานวิจัยแบบดั้งเดิมเพื่อการพัฒนาชุมชนนั้นจะให้ความสำคัญกับชาวบ้านในฐานะที่เป็น “ผู้ถูกวิจัย” และมักจะกันผู้ถูกวิจัยออกไปหรือปฏิบัติต่อเขาในฐานะที่เป็นเพียงแหล่งข้อมูลดิบ วิธีการวิจัยต่าง ๆ แบบแผนการวิจัย ระเบียบวิธี การรวบรวม ข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนกรอบแนวความคิดทางทฤษฎีต่าง ๆ จะถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว และนักวิชาการหรือนักวิจัย ซึ่งเป็นบุคคลภายนอกชุมชนมักจะเป็นผู้กำหนดหรือผู้วิเคราะห์และสรุปว่าปัญหาในชุมชนหนึ่ง ๆ นั้นได้แก่อะไรบ้างซึ่งถ้าโครงการวิจัยนั้นทำโดยนักวิชาการหรือนักวิจัยสาขาใด การกำหนดปัญหาของชุมชนมักขึ้นอยู่กับศาสตร์ (Discipline) หรือความสนใจของนักวิชาการหรือนักวิจัยสาขานั้น ๆ และหากการวิจัยนั้น ๆ ได้รับการมอบหมายให้หน่วยงานหนึ่งที่เกี่ยวข้องรับผิดชอบหน่วยงานนั้น ๆ ก็มักจะทำการศึกษาวิจัยเพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายสำหรับหน่วยงานของตน การกำหนดปัญหาเพื่อการตอบสนองต่อความต้องการของประชาชนจึงเป็นไปเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของหน่วยงานนั้น ๆ มากกว่าเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของประชาชน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความร่วมมือของประชาชนในการรวบรวมข้อมูลปัญหาทั้งหลายนั้นอยู่ในวงจำกัดและประชาชนเกือบจะไม่ได้อะไรจากการวิจัยอันเป็นองค์ความรู้เหล่านั้นเลย

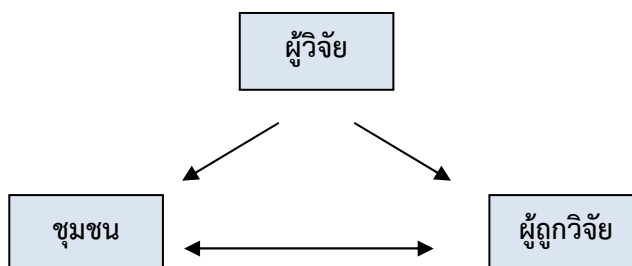
ต่อมาแทนที่จะเป็นการศึกษาโดยนักวิจัยฝ่ายเดียว จึงได้มีการปรับใช้วิธีการศึกษาเป็นแบบสองทาง คือ ผู้ถูกศึกษา หรือ สมาชิกของชุมชนได้มีโอกาสรับรู้ด้วยว่านักวิจัยกำลังศึกษาเรื่องอะไร เพื่ออะไร เป็นต้น และจะได้มีส่วนร่วมในการศึกษานั้น เมื่อสมาชิกในชุมชนเข้าใจในโครงการวิจัย มีส่วนร่วมในการวิจัย และผู้วิจัยยอมรับการมีส่วนร่วมของชุมชนหรือประชาชนโดยการเชื่อมโยงระหว่างการมีส่วนร่วมของชุมชนในการตัดสินใจกับวิธีการศึกษาสภาพปัญหา ซึ่งใช้ความพยายามทุกวิถีทางที่จะพัฒนาแนวทางการวิจัยให้รวมเอาผู้ที่คาดว่าจะสามารถได้รับประโยชน์จากการวิจัยเอาไว้ด้วย และให้เข้ามามีบทบาทตั้งแต่เริ่มวางแผนโครงการวิจัย เก็บรวบรวมข้อมูล การตีความของข้อมูล การเชื่อมโยงดังกล่าวนี้ เป็นวิธีการวิจัยที่เรียกว่า การวิจัยแบบมีส่วนร่วม (Participatory Research) ซึ่งการวิจัยแบบนี้เข้ามามีบทบาทในฐานะที่เป็นทางเลือกและนวัตกรรมเพื่อใช้ในการพัฒนาชุมชนตั้งแต่ช่วงทศวรรษ 1960 เป็นต้นมา การวิจัยแบบมีส่วนร่วมได้รับการพัฒนาเป็นระยะ ๆ ปัจจุบันได้มีการใช้การวิจัยแบบนี้มากขึ้นทั้งภาครัฐบาลและเอกชน

2.5.4 พัฒนาการของการวิจัยแบบมีส่วนร่วม

หลักการและวิธีการวิจัยแบบมีส่วนร่วมได้พัฒนามาจากหลายทฤษฎีทางสังคมศาสตร์ โดยเฉพาะแนวโน้มนั้นในสาขามานุษยวิทยา เป็นปัจจัยสำคัญยิ่งในจุดเริ่มต้นของการวิจัยอย่างมีส่วนร่วม เพราะวิชามานุษยวิทยาเป็นหนึ่งในไม่กี่สาขาของสังคมศาสตร์ที่ใช้วิธีการศึกษาแบบเจาะลึกในชุมชน และการวิจัยอย่างมีส่วนร่วมก็ใช้วิธีเหล่านี้ไปตลอดกระบวนการวิจัย (พันธทิพย์ งามสุด, 2540) ซึ่งวิธีการศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพในภาคสนามของนักมานุษยวิทยา มีเทคนิควิธีการศึกษาที่เน้นการสังเกต สัมภาษณ์ จดบันทึกข้อมูล ซึ่งทั้งหมดนี้รวมเรียกว่า การสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) ซึ่งเป็นการสังเกตโดยเข้าไปใช้ชีวิตอยู่ในชุมชนนั้นด้วย ลักษณะเด่นของการศึกษาชุมชนของนักมานุษยวิทยานี้ มีผลดีตรงที่ช่วยให้เข้าใจคนที่ถูกศึกษาเป็นอย่างดี ทั้งนี้เป็นความเข้าใจที่รวมความเห็นใจ พร้อมทั้งจะช่วยเหลือ วิธีการศึกษาของนักมานุษยวิทยา จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานพัฒนาอยู่เสมอ จากการนำวิธีการศึกษาของนักมานุษยวิทยามาประยุกต์ใช้ในการพัฒนานั้น วิธีการศึกษาก็มีการปรับปรุงขึ้นด้วย กล่าวคือ การวิจัยในระยะแรกจะเป็นการที่ผู้วิจัยเข้าไปในชุมชน เพื่อไปสังเกตและซักถามหรือรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีต่าง ๆ แต่ฝ่ายเดียวซึ่งเป็นการวิจัยที่บุคคลภายนอกพยายามที่จะทำความเข้าใจ ทำความรู้จักชุมชนนั้น ๆ แต่ต่อมาเมื่อมีการใช้ประโยชน์จากการวิจัยเชิงคุณภาพมากขึ้น โดยเฉพาะในเรื่องของการศึกษาชุมชนจึงได้มีการปรับปรุงรูปแบบแนวทางการวิจัย โดยให้ผู้ถูกวิจัยได้มีโอกาสรับรู้ ได้ร่วมศึกษาวิเคราะห์ชุมชนด้วย เพื่อเป็นประโยชน์ให้สมาชิกได้เข้าใจสังคมและชุมชนของตนเองรวมทั้งเป็นการชักนำและกระตุ้นให้สมาชิกของชุมชนได้เข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมแก้ไขปัญหาของชุมชนด้วยตนเอง ซึ่งการศึกษแบบนี้เราเรียกว่าการวิจัยแบบมีส่วนร่วม (Participatory Research)

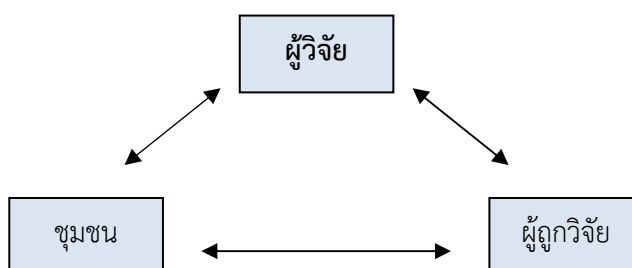
วิธีการศึกษาเชิงคุณภาพโดยใช้การสังเกตแบบมีส่วนร่วมกับการวิจัยแบบมีส่วนร่วม ดังที่กล่าวมาแล้วนั้นมักจะทำให้เกิดความสับสนอยู่บ้างเกี่ยวกับความหมายและวิธีการ ซึ่งสามารถเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างเทคนิควิธีการวิจัยเชิงคุณภาพทั้ง 2 วิธี ดังกล่าวดังนี้คือ วิธีการสังเกตแบบมีส่วนร่วมเป็นการวิจัยที่นักวิจัยทำการสังเกตเพื่อเก็บข้อมูลในสนามโดยที่นักวิจัยเข้าร่วมเป็นสมาชิกของสังคม (สุภางค์ จันทวานิช, 2537)

วิธีการศึกษาจะเน้นการสังเกตและการสัมภาษณ์รวมทั้งการใช้ชีวิตในชุมชน เพื่อให้ได้ข้อมูลเฉพาะเรื่องอย่างละเอียดลึกซึ้ง นักวิจัยมีโอกาสซักถามและตรวจสอบข้อมูลที่ได้มาด้วยการเปลี่ยนคำถามและหรือการตรวจสอบจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ อาจต้องใช้เวลาที่ยาวนานในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อให้สามารถแน่ใจได้ว่านักวิจัยและชาวบ้านเข้าใจซึ่งกันและกันอย่างถูกต้องไม่คลาดเคลื่อน ชาวบ้านมีโอกาสให้คำตอบเกี่ยวกับพฤติกรรมที่ควรปฏิบัติตามขนบธรรมเนียมประเพณีและพฤติกรรมที่ปฏิบัติกันจริง ๆ รวมทั้งแน่ใจได้ว่าชาวบ้านไม่ได้พยายามเอาใจนักวิจัย โดยให้ข้อมูลที่คาดว่านักวิจัยอยากได้ (อมรา พงศาพิชญ์, 2531) ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.3 ได้ดังนี้



รูปที่ 2.13 แสดงวิธีการศึกษาเชิงคุณภาพโดยใช้วิธีการสังเกตแบบมีส่วนร่วม
ที่มา : อมรา พงศาพิชญ์ (2531)

ส่วนการวิจัยแบบมีส่วนร่วมนั้นเป็นวิธีการที่ให้ผู้ถูกวิจัย (ชาวบ้าน) เข้ามามีส่วนร่วมวิจัย เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับโครงการวิจัยประเภทประยุกต์ให้ชาวบ้านเป็นนักวิจัยด้วย มีส่วนร่วมในการช่วยให้ข้อมูลวิจัยและช่วยวิเคราะห์ข้อมูล (สุภางค์ จันทวานิช, 2547) ซึ่งในขั้นตอนการเก็บข้อมูลเป็นการแลกเปลี่ยนข่าวสาร เป็นแบบสองทาง (Two-way Communication) และการสัมภาษณ์เป็นแบบลักษณะพูดคุยแลกเปลี่ยนข่าวสาร ที่เรียกว่า การสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน (Dialogue) วิธีการนี้นักวิจัยและชาวบ้านได้ศึกษาสภาพชุมชนร่วมกัน (อมรา พงศาพิชญ์, 2531) ซึ่งจากข้อแตกต่างของวิธีการศึกษาเชิงคุณภาพดังกล่าว แสดงในรูปที่ 2.4 ได้ดังนี้



รูปที่ 2.14 แสดงวิธีการศึกษาเชิงคุณภาพโดยใช้วิธีการวิจัยแบบมีส่วนร่วม
ที่มา : อมรา พงศาพิชญ์ (2531)

การวิจัยแบบมีส่วนร่วม ทำให้ชาวบ้านหรือประชาชนได้รับประโยชน์ในสองทางด้วยกัน คือ ได้เรียนรู้วิธีการในการแก้ไขปัญหาของตนเอง ด้วยตนเอง และผลของการวิจัย ชาวบ้านสามารถนำมาใช้ประกอบการวางแผนดำเนินโครงการพัฒนาชุมชนของตนได้ตรงตามความต้องการของชุมชนอย่างแท้จริงและจากการสนับสนุนของสภาการศึกษาผู้ใหญ่ระหว่างประเทศ (The International Council of Adult Education) ทำให้นักวิจัยหลายรายในประเทศต่าง ๆ ใช้ทดลองปรับปรุงเอาวิธีการวิจัยแบบมีส่วนร่วมไปใช้ในโอกาสต่าง ๆ อย่างเป็นทางการ และไม่เป็นทางการ ถ้ามีการประยุกต์การวิจัยแบบมีส่วนร่วม เพื่อหาทางแก้ไขปัญหาซึ่งทำเป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) วิธีการศึกษาก็จะเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research) ซึ่งองค์กรและโครงการขนาดเล็กได้ใช้วิธีการเช่นนี้ได้ผลมาแล้ว (สุภางค์ จันทวานิช, 2547)

โดยปกติแล้ว การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) มีอยู่สองแบบคือ การวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยผู้วิจัยเป็นผู้กำหนด (Manipulative Action Research) และการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research) การวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยผู้วิจัยเป็นผู้กำหนด กระบวนการที่ผู้วิจัยได้เลือกกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งที่เห็นว่าดี เหมาะสม ตามความรู้ความเข้าใจของผู้วิจัยมาเน้นการปฏิบัติเพื่อประเมิน ดูความเหมาะสมในความเป็นจริง ต่างจากการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมที่ต้องอาศัยการมีส่วนร่วมจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ในการวิจัยแบบนี้ชาวบ้านหรือประชาชนเป็นผู้ที่รู้ดีเท่า ๆ กับนักวิจัยหรือนักพัฒนา การกำหนดปัญหาและการเลือกปฏิบัติใด ๆ ก็ตามที่จะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตปัญหาของการวิจัยจะเริ่มจากชาวบ้านด้วยไม่ใช่จากสมมติฐานของผู้วิจัยหรือผู้พัฒนาเพียงฝ่ายเดียว (สุภางค์ จันทวานิช, 2547)

ลักษณะที่สำคัญที่สุดของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ วิพอร์ท นิลโมจน์ (2528) ได้สรุปว่าอย่างน้อยที่สุดจะต้องประกอบด้วยลักษณะต่อไปนี้

1. โดยตัวมันเองเป็นการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงและการโฟกัสปัญหาเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงการปฏิบัติการทางสังคมที่เป็นอยู่ในขณะนั้น
2. เป็นการวิจัยที่มีหลายกระบวนการในตัวของมันเอง คือ เป็นการวิจัยที่ประกอบด้วยขั้นตอนของการค้นหาข้อเท็จจริงที่เป็นระบบการกำหนดนโยบายและการวางแผนการที่มียุทธวิธีและการประเมินผล
3. เป็นการวิจัยแบบร่วมมือกัน คือ เป็นการวิจัยที่เกิดจากความพยายามร่วมกันระหว่างผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการวิจัยเชิงปฏิบัติการเน้นมากในเรื่องของกระบวนการกลุ่ม การวิจัยเชิงปฏิบัติการที่สมบูรณ์นั้น จะต้องเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ซึ่งผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยต้องมีความเข้าใจซึ่งกันและกันโดยใช้แนวทางประชาธิปไตยในการแก้ปัญหาดลอดกระบวนการวิจัย

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุรัสวดี หุ่นพยนต์ (2528) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการพัฒนาชุมชนของประชาชนยากจนในหมู่บ้านเขาหิน พบว่า ประชาชนจะเข้าร่วมในขั้นตอนการปฏิบัติตามแผนงานและขั้นตอนรับผลประโยชน์จากโครงการมากกว่าขั้นตอนการค้นหาปัญหาและวิเคราะห์สาเหตุ ขั้นตอนการกำหนดแนวทางแก้ไข และขั้นตอนการตัดสินใจ

จิรายุ ทองเขื่อน (2537) ทาการศึกษา การมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตรในจังหวัดลาพูน พบว่า การมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตรอยู่ในระดับต่ำ โดยมีส่วนร่วมในการปรึกษาหารือ การประสานงาน การดำเนินงาน และการรับผลประโยชน์อยู่ในระดับต่ำเช่นเดียวกัน สำหรับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตร ส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจในระดับสูง ส่วนการได้รับข้อมูลข่าวสาร ได้รับจากโทรทัศน์และเพื่อนบ้านมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า ปัจจัยเกี่ยวกับอายุ รายได้ของครัวเรือน พื้นที่ถือครอง สมาชิกในครอบครัว ตำแหน่งทางสังคม การได้รับข้อมูลข่าวสาร และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตร ยกเว้นเพศและระดับการศึกษา มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตร

ศลิษา พึ่งแสงแก้ว (2537) ได้ศึกษา การมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ป่าไม้ป่าชุมชนบ้านห้วยแก้ว อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในสี่ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการค้นหาปัญหาและสาเหตุ ขั้นตอนการวางแผนดำเนินงาน ขั้นตอนการลงทุนปฏิบัติ และขั้นตอนการติดตามประเมินผลงาน ผลการศึกษาเชิงปริมาณพบว่า ชาวบ้านมีส่วนร่วมน้อย แต่การศึกษาเชิงคุณภาพยืนยันได้ว่าทั้งสี่ขั้นตอนชาวบ้านมีส่วนร่วมมาก แต่ชาวบ้านจะมี ส่วนร่วมแบบไม่เป็นทางการเป็นส่วนมาก จึงทำให้ไม่สามารถวัดด้วยข้อมูลเชิงปริมาณได้

พงษ์ศักดิ์ จัตรเดชะ (2540) ได้ศึกษา การมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์พื้นที่อุทยานแห่งชาติแม่โล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ ในบทบาทกระบวนการมีส่วนร่วม 4 ขั้นตอน พบว่า ในภาพรวมแล้วชาวบ้านมีส่วนร่วมในระดับปานกลาง ส่วนผลการมีส่วนร่วมในแต่ละขั้นตอนได้ผลดังนี้ ขั้นตอนการค้นหาปัญหาและสาเหตุ ขั้นตอนการวางแผนดำเนินการและขั้นตอนการลงทุนและปฏิบัติ ประชาชนมีส่วนร่วมในระดับปานกลาง ส่วนขั้นตอนการติดตามประเมินผลชาวบ้านจะมีส่วนร่วมในระดับต่ำ

วาสนา นารักษ์ (2542) ได้ศึกษาเรื่อง การรับรู้สิทธิผู้ป่วยของประชาชนในจังหวัดสมุทรปราการ กลุ่มตัวอย่างได้แก่ ชายที่มีอายุ 18-25 ปี ใช้วิธีวิจัยเชิงปริมาณ ผลการศึกษาพบว่า ระดับการรับรู้ของผู้ป่วยอยู่ในระดับสูง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการรับรู้สิทธิผู้ป่วยได้แก่ อายุ อาชีพที่เกี่ยวข้องกับการแพทย์ การรับรู้ข่าวสารจากสื่อ การได้เข้าร่วมสัมมนา และการได้รับทราบข้อมูลจากญาติและพี่น้อง

รักษาติ วัฒนประชากุล (2542) ศึกษาการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการสวนป่ากลางดง อาเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการสวนป่ากลางดงที่เด่นชัดคือ ระยะเวลาการอยู่อาศัย การเป็นสมาชิกกลุ่ม การรับข่าวสาร และความเป็นเพศชาย-หญิง

เพียรเลิศ ธีระจาง (2543) ศึกษาเรื่องการมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ป่าต้นน้ำธาราพื้นที่ต้นน้ำแม่สาละ อาเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า หากประชาชนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติจะทำให้เข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมเกี่ยวกับการอนุรักษ์มากขึ้น

ชัยรัตน์ วงศ์ฟู (2545) ศึกษาปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของราษฎรบ้าน ป่าแดงในการจัดการป่าชุมชนจังหวัดแพร่ พบว่า ระดับการศึกษา การเป็นสมาชิกกลุ่มทางสังคม การร่วมกิจกรรมต่างๆทางสังคม การรับรู้ข่าวสาร การได้รับผลประโยชน์จากป่าชุมชน และการเป็นคณะกรรมการเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการมีส่วนร่วมด้านการวางแผนดำเนินการ ติดตามผล และพบว่า ปัจจัยเพศและปัจจัยทางรายได้ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมจัดการป่าชุมชน โดยเฉพาะการดำเนินการตามแผน การติดตามประเมินผล ส่วนอายุ ระยะเวลา ที่อยู่อาศัยเป็นปัจจัยที่ไม่มีผลต่อการมีส่วนร่วม

สังคม สุภรัตนกุล (2546) กล่าวว่า การรับรู้ เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในตัวบุคคลจากการเผชิญหน้ากับสิ่งเร้าและการตีความข้อมูลดิบต่าง ๆ ซึ่งไม่สามารถสังเกตได้โดยตรงต้องผ่านกระบวนการการรับรู้ที่ผ่านมาทางประสาทสัมผัส และเกิดการแปลความหมายและตีความ การสัมผัสนั้นออกมาในรูปการกระทำ ฉะนั้นการรับรู้ของคนแต่ละคน จึงอาจแตกต่างกันได้ เนื่องจากความแตกต่างทางอายุ เพศ สติปัญญา ประสบการณ์สถานการณ์ ความพร้อมของแต่ละบุคคล ซึ่งจะมีผลทำให้พฤติกรรมแตกต่างกันออกไป

ทานตะวัน อินทร์จันทร์ (2546) ได้ศึกษา การมีส่วนร่วมของคณะกรรมการชุมชนในการพัฒนาชุมชนย่อยในเขตเทศบาลเมืองลำพูน พบว่า คณะกรรมการชุมชนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการพัฒนาชุมชนด้านการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ การปฏิบัติการ การรับผลประโยชน์ และการประเมินผล โครงการพัฒนาชุมชนย่อยของเทศบาลเมืองลำพูนอยู่ในระดับปานกลาง นอกจากนี้พบว่าปัจจัยด้านอายุ ระดับการศึกษา รายได้ไม่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของคณะกรรมการชุมชนในการพัฒนาชุมชนย่อยในเขตเทศบาลเมืองลำพูน

สมเด็จ สาธิต (2546) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้กับพฤติกรรมการมีส่วนร่วมของนักเรียนในการป้องกันและแก้ไขปัญหาภัยน้ำในโรงเรียนพบว่า นักเรียนมีการรับรู้ต่อสถานการณ์ภัยน้ำทั้งด้านความรู้ความเข้าใจ อยู่ในระดับสูง ส่วนด้านการมีส่วนร่วม

ร่วมในภาพรวม นักเรียนมีส่วนร่วมทั้งด้านการร่วมคิด ร่วมวางแผน ร่วมกิจกรรม และร่วมประเมินผล อยู่ในระดับปานกลาง ในด้านการหาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้กับการมีส่วนร่วมของนักเรียนเพื่อทดสอบสมมติฐานนั้น ในภาพรวมการรับรู้ทั้งด้านความรู้และความเข้าใจมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการมีส่วนร่วมของนักเรียนคือ นักเรียนที่มีการรับรู้สูงจะมีส่วนร่วมน้อย ขณะที่นักเรียน ซึ่งมีการรับรู้ต่ำจะมีส่วนร่วมมาก

จิตชัย อนันตเศรษฐ์ (2550) ได้ศึกษา ปัญหาดินถล่มในจังหวัดเชียงใหม่และภาคเหนือตอนบนพบว่า ลักษณะภูมิประเทศบริเวณภาคเหนือประกอบด้วยพื้นที่เขาเป็นส่วนใหญ่ โดยสภาพทางธรณีสัณฐานในยุควีเมอไครนที่มีอายุกว่า 544 ล้านปีจนถึงยุคปัจจุบัน ควอเทอร์นารีมีทั้ง หินแปร หินแกรนิต หินตะกอน และหินภูเขาไฟ การเคลื่อนตัวของลาดดินจากการศึกษาในประเทศไทยเกิดขึ้นมากที่สุดในภาคเหนือมากกว่าร้อยละ 50 นับเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ลาดดินเกิดการเคลื่อนตัว แผ่นดินไหวมีผลต่อเสถียรภาพของลาดดินไม่มากนัก การตัดไม้ทำลายป่าจะทำให้เสถียรภาพของลาดดินตามธรรมชาติลดลง ระบบการเตือนภัยที่ดีมีความจำเป็นอย่างยิ่งในบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยจากดินถล่ม

สุริย์ หน่อโพ (2550) ได้ศึกษา การมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการปัญหาที่เกิดจากสารแคดเมียมในพื้นที่อำเภอแม่สวด จังหวัดตาก พบว่า ระดับการมีส่วนร่วมในขั้นตอนที่ 1 การค้นหาปัญหาและสาเหตุของปัญหา อยู่ในระดับปานกลาง ขั้นตอนที่ 2 การวางแผนแก้ไขปัญห พบว่า ระดับการมีส่วนร่วมในการวางแผนแก้ไขปัญห อยู่ในระดับน้อย ขั้นตอนที่ 3 การลงทุนและปฏิบัติตามแผนงาน ระดับการมีส่วนร่วมในการการลงทุนและปฏิบัติตามแผนงาน อยู่ในระดับ ปานกลาง และขั้นตอนที่ 4 การติดตามและประเมินผล ระดับการมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล อยู่ในระดับน้อย

วรรณัย กุทองกุล (2552) ศึกษา การวิเคราะห์ปัจจัยดินถล่มในพื้นที่อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา อธิบายว่า ปัจจัยทางกายภาพที่มีผลกระทบต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ที่เคยเกิด ดินถล่มได้แก่ ความลาดชันของพื้นที่ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่นำไปสู่การเกิดดินถล่ม โดยพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงจะมีโอกาสเกิดดินถล่มสูงกว่าพื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำ ชนิดหิน หินที่มีแร่เฟลด์สปาร์เป็นส่วนประกอบจะเกิดการผุพังได้ง่าย จากปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดจากน้ำที่เข้าไปยังตัวแร่เช่น หินภูเขาไฟและหินแกรนิต ชนิดดินและความหนาของชั้นดิน ส่วนใหญ่บริเวณที่มีดินร่วนปนโคลนเป็นชั้นหนา เมื่อฝนตกหนักมากหรือตกติดต่อกันหลายวัน ทำให้ปริมาณน้ำและแรงดันน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้น จึงไปกระตุ้นให้เกิดดินถล่ม การใช้ที่ดินมีผลต่อการเกิดดินถล่มเช่น บริเวณที่ป่าไม้ถูกทำลายมาก สภาพป่าเสื่อมโทรม การตัดถนนบริเวณไหล่เขา การถางป่าเพื่อทำการเกษตรกรรม บริเวณที่มีความลาดชันสูง และระยะห่างจากทางแม่น้ำ พื้นที่ที่มีระยะห่างจากทางน้ำน้อยมีโอกาสเกิดดินถล่มมากกว่าพื้นที่ไกลออกไป

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

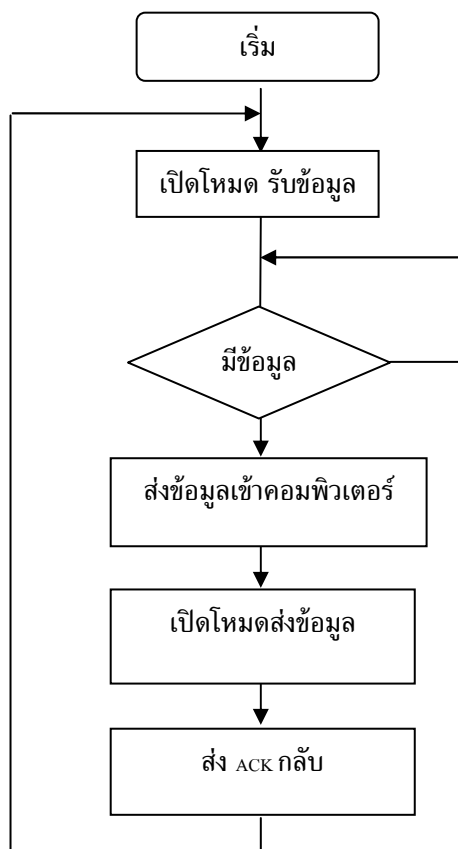
การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาของจังหวัดเพชรบูรณ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม และเพื่อศึกษากระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังอุทกภัยของจังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

- 1) การศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- 2) การออกแบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย
- 3) เชื่อมต่อวงจรสมบูรณัภาคกับคอมพิวเตอร์
- 4) การสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย
- 5) การทดสอบและประเมินผล

3.1 การศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนการสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังอุทกภัยนั้น การออกแบบการทำงาน โดยรวมของเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย จะมีลักษณะการทำงานจะเป็นการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายไร้สายจากโมดูลรับส่งคลื่น RF โดยจะมีส่วนที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน เรียกว่า เครื่องแม่ข่าย ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเครื่องลูกข่าย และส่งข้อมูลต่อไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ และส่วนที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ซึ่งเป็นแวนดินถล่ม เรียกว่า เครื่องลูกข่าย โดยการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องแม่ข่ายกับเครื่องลูกข่าย โดยการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องแม่ข่ายกับเครื่องลูกข่ายจะติดต่อกันผ่าน ไอพีแอดเดรส (IP address)

คอมพิวเตอร์จะติดต่อสื่อสารกับเครื่องแม่ข่ายผ่านพอร์ตอนุกรม โดยให้เครื่องแม่ข่ายเป็นตัวรับข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายผ่านระบบเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย โดยเครื่องลูกข่ายจะส่งข้อมูลก็ต่อเมื่อเซนเซอร์ตรวจพบว่าการขึ้นในมวลดินดินสูงความขึ้นในมวลดินที่กำหนด จึงจะทำการส่งข้อมูลออกมา 2 ไบต์ โดยไบต์แรกประกอบด้วยหมายเลขประจำเครื่อง หรือ IP address จำนวน 3 บิต และไบต์ ที่ 2 จะเป็นค่าความขึ้นของมวลดิน จำนวน 2 บิต หากเครื่องลูกข่ายอยู่ไกลเกินระยะรัศมีทำการของโมดูลที่ส่งผ่านไปยังเครื่องลูกข่ายตัวอื่นๆ เครื่องลูกข่ายจะทำการเช็คหมายเลข IP address และข้อมูล ที่เครื่องลูกข่ายตัวอื่นส่งมาหากไม่ใช่หมายเลขของตนเองและข้อมูลไม่ใช่ข้อมูลเดิม ก็จะบันทึกข้อมูลเอาไว้ และทำการส่งผ่านข้อมูลออกไปเรื่อยๆ จนถึงเครื่องแม่ข่าย IP address ของตนเอง หรือเป็นข้อมูลซ้ำก็จะไม่ส่งข้อมูลออกไป

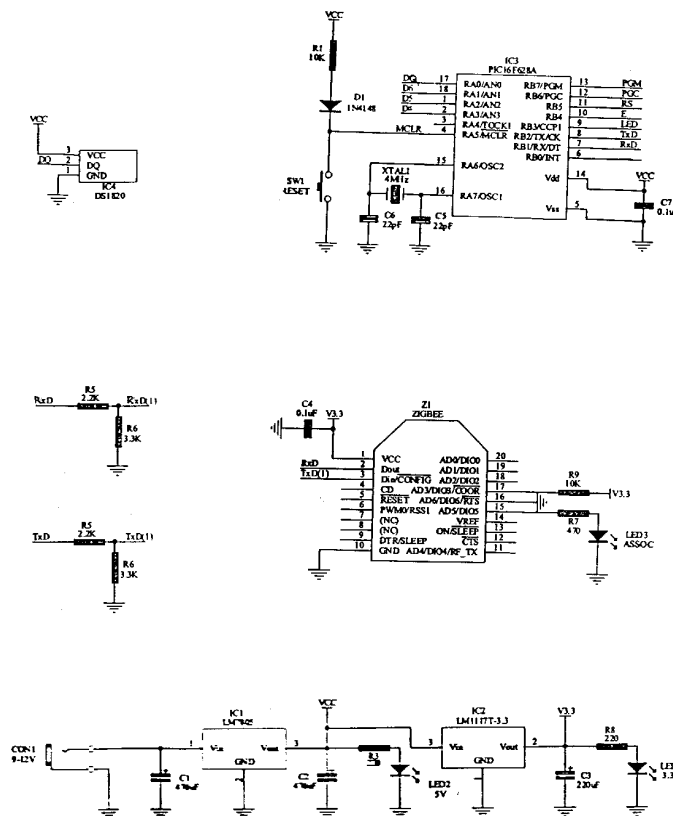


รูปที่ 3.1 ผังงานแสดงการทำงานของเครื่องเซนเซอร์ซึ่งเป็นแม่ข่าย

การออกแบบวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วย วงจรเครื่องแม่ข่าย (เทอร์มินอลมาสเตอร์) หลักการทำงานของเครื่องแม่ข่าย คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำการคอนฟิกโมดูล TRW-2.4G ที่ต่อไว้ที่ขา RB3-RB7 ให้อยู่ในโหมด RX เพื่อรอรับข้อมูล และทำการรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม (RC6-RC7) ไปพร้อมๆกัน โดยเทอร์มินอลมาสเตอร์นี้จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างคอมพิวเตอร์ที่ต่อทางพอร์ตอนุกรม กับเครือข่ายเซนเซอร์โดยผ่านโมดูล TRW-2.4G นี้ ซึ่ง MCU จะรอรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์เพื่อทำการส่งข้อมูลไปยังเป้าหมาย จากนั้นเป้าหมายจะทำการส่งข้อมูลกลับมายัง MCU เพื่อที่จะส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์อีกที วงจรเครื่องลูกข่าย(เทอร์มินอลสเลฟ) หลักการทำงานของเครื่องลูกข่าย คือไอซีตรวจจับแรงดันถล่ม DS1820 เมื่อวัดแรงดันถล่มได้ก็จะส่งให้ข้อมูลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ รับข้อมูล จะทำการคอนฟิกโมดูล TRW-2.4G ที่ต่อไว้ที่ขา RB3-RB7 ให้อยู่ในโหมด RX เพื่อรอรับข้อมูล โดยเทอร์มินอลสเลฟนี้จะทำหน้าที่อ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ เพื่อตรวจสอบแรงดันถล่มเมื่อแรงดันถล่มถึงกำหนดที่ตั้งไว้ จากนั้นเทอร์มินอลสเลฟจะทำการส่งข้อมูลของเซนเซอร์กลับไปยังเครื่องแม่ข่าย (เทอร์มินอลมาสเตอร์) โดยผ่านโมดูล TRW-2.4G นี้ เพื่อให้เครื่องแม่ข่าย (เทอร์มินอลมาสเตอร์) ส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อแจ้งเตือนต่อไป

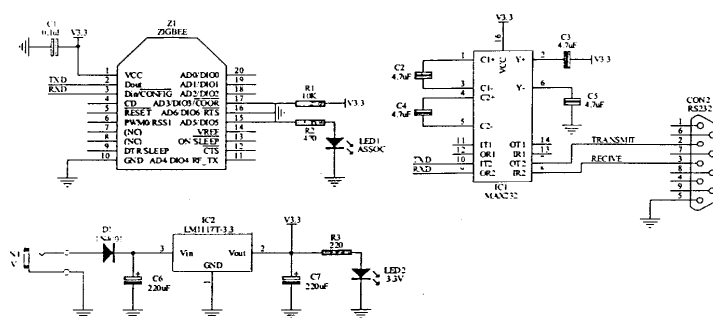
3.2 การออกแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

3.2.1 วงจรสมบรูณ์ภาคส่ง



รูปที่ 3.2 วงจรสมบรูณ์ภาคส่ง

3.2.2 วงจรสมบรูณ์ภาครับ



รูปที่ 3.3 วงจรสมบรูณ์ภาครับ

3.1.3 การทำงานของวงจร

วงจรสมบูรณัภาคส่ง ป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 9-12 โวลต์ เข้าทาง CON1 จากนั้นส่งแรงดันผ่าน IC LM7805 เพื่อลดระดับแรงดันลงเหลือ 5 โวลต์ เพื่อจ่ายให้กับ ไมโครคอนโทรเลอร์ PIC16F628A^[10] และ IC DS1820 (IC วัดอุณหภูมิ) เนื่องจาก Zigbee ต้องการแรงดันขนาด 3.3 โวลต์ จึงต้องใช้ IC LM1117T3.3 เพื่อลดแรงดันจาก 5 โวลต์ เหลือ 3 โวลต์ ขณะเดียวกันแรงดันจะถูกตัวเก็บประจุ C1 C2 และ C3 กรองให้เรียบยิ่งขึ้นเพื่อให้เหมาะกับ IC การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรเลอร์ PIC16F628A กับ IC DS1820 เป็นลักษณะ One Wire คือ การรับส่งสัญญาณทำเพียงเส้นเดียว โดยทำการเชื่อมต่อระหว่างขา 17 ของไมโครคอนโทรเลอร์ PIC16F628A กับ ขา 2 ของ IC DS1820

วงจรสมบูรณัภาครับ เชื่อมต่อ Zigbee เข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่าน RS-232 โดยป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาดไม่เกิน 9 โวลต์ เข้าทาง CON1 จากนั้นจะลดระดับแรงดันลงเหลือขนาด 3.3 โวลต์ โดย IC LM1117T3.3 เพื่อป้อนให้กับ Zigbee สำหรับการต่อขาของ Zigbee จะใช้ IC MAX3232^[6] ในการเปลี่ยนระดับแรงดันให้เป็นแบบ TTL สำหรับขาที่ใช้งานในภาครับนี้ คือ ขา รับข้อมูลต่อเข้ากับขาส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์ และขาส่งข้อมูลต่อเข้ากับขา รับข้อมูลของคอมพิวเตอร์ สำหรับ LED ASSOIC (LED3) จะต่อกับขา 15 ของ Zigbee ซึ่งจะกระพริบทุกๆ 1 วินาที เพื่อบ่งบอกถึงสภาวะการทำงานของ Zigbee

สรุปการทำงานของวงจร ภาคส่งจะทำการอ่านค่าอุณหภูมิ แล้วส่งค่าอุณหภูมิที่ได้นี้ไปยัง PIC16F628A จากนั้น PIC16F628A จะทำการส่งค่าที่ได้ไปที่ Zigbee แล้ว Zigbee จะทำการส่งค่าอุณหภูมินี้ไปยัง PIC16F628A ของวงจรอื่นที่อยู่ใกล้ที่สุดและอยู่ภายในระยะที่สามารถส่งข้อมูลได้ เมื่อ PIC16F628A ได้รับค่าอุณหภูมินี้แล้ว จะทำการส่งต่อข้อมูลนี้ไปยัง Zigbee ในวงจรของตัวเอง จากนั้น Zigbee จะทำการส่งค่าอุณหภูมินี้ไปยัง PIC16F628A ของวงจรอื่น เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงภาครับ แล้วภาครับจะทำการส่งค่าอุณหภูมินี้ที่ได้รับนี้ไปแสดงผลที่คอมพิวเตอร์

3.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้

วงจรสมบูรณัภาคส่งสารกึ่งตัวนำ

Microcontroller PIC16F628A	1	ตัว
IC DS1820	1	ตัว
IC LM7805	1	ตัว
IC LM1117T3.3	1	ตัว
LED1 – สีแดง 3 มม.	1	ตัว
LED2– สีเขียว 3 มม.	1	ตัว
LED3– สีส้ม 3 มม.	1	ตัว

ตัวเก็บประจุ

C1, C7 - 0.1 μ F	2	ตัว
C2, C3 - 15 pF	2	ตัว
C4, C5 – 470 μ F	2	ตัว
C6 – 220 μ F	1	ตัว

ตัวต้านทาน

R1, R2 – 4.7 K Ω	2	ตัว
R3, R4 – 220 Ω	2	ตัว
R5, R7 – 2.2 K Ω	2	ตัว
R6, R8 – 3.3 K Ω	2	ตัว
R9 – 10 K Ω	1	ตัว

อื่นๆ

Zigbee	1	ตัว
XTAL – คริสตอล 4 MHz	1	ตัว
CON1 – แจ็คอะแดปเตอร์	1	ตัว
SW	1	ตัว

วงจรสมบูรณัภากรับ

สารกึ่งตัวนำ

IC1 – MAX3232 (SMD)	1	ตัว
IC2 – LM1117T3.3	1	ตัว
D1 – 1N4001	1	ตัว
LED1 – สีแดง 3 มม.	1	ตัว
LED2– สีเขียว 3 มม.	1	ตัว
LED3– สีส้ม 3 มม.	1	ตัว

ตัวเก็บประจุ

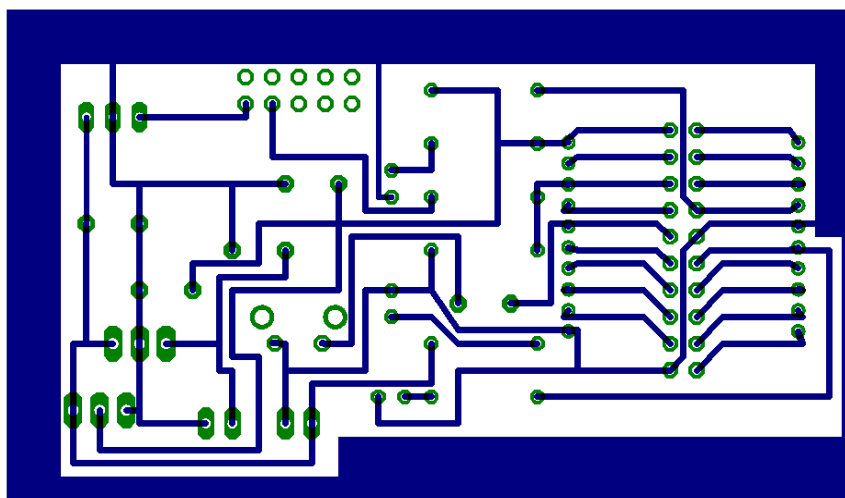
C1 - 0.1 μ F	1	ตัว
C2 – C5 – 4.7 μ F	4	ตัว
C6, C7 – 220 μ F	2	ตัว

ตัวต้านทาน

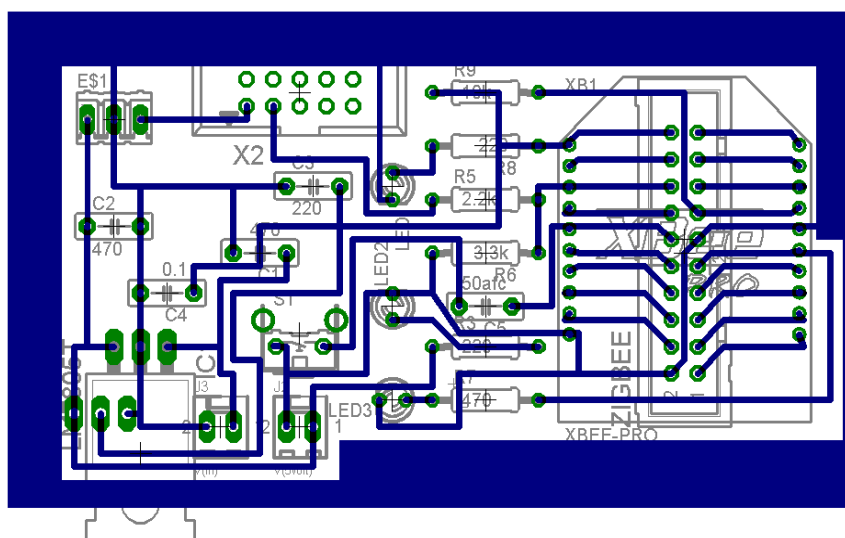
R1 - 10 K Ω	1	ตัว
R2 - 470 Ω	1	ตัว

R1 - 220 Ω	1	ตัว
อื่นๆ		
Zigbee	1	ตัว
CON1 – แจ็คอะแดปเตอร์	1	ตัว
CON2 – DB-9 ตัวเมียลงปรีนซ์	1	ตัว

3.1.5 ลายวงจรพิมพ์



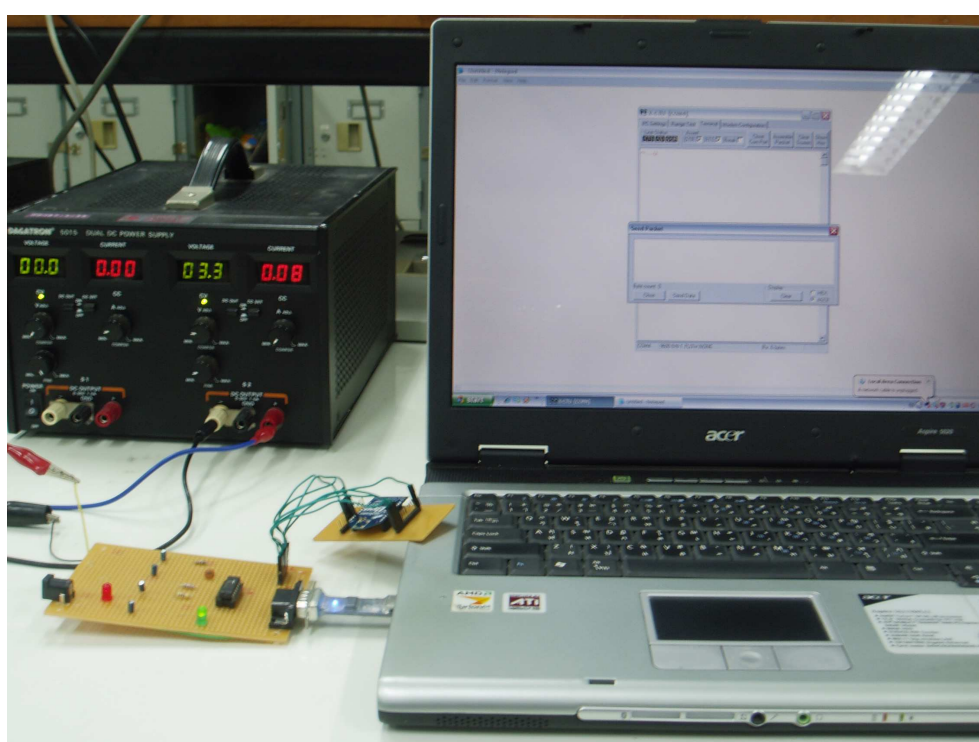
รูปที่ 3.4 ลายวงจรไม่มีชุดอุปกรณ์



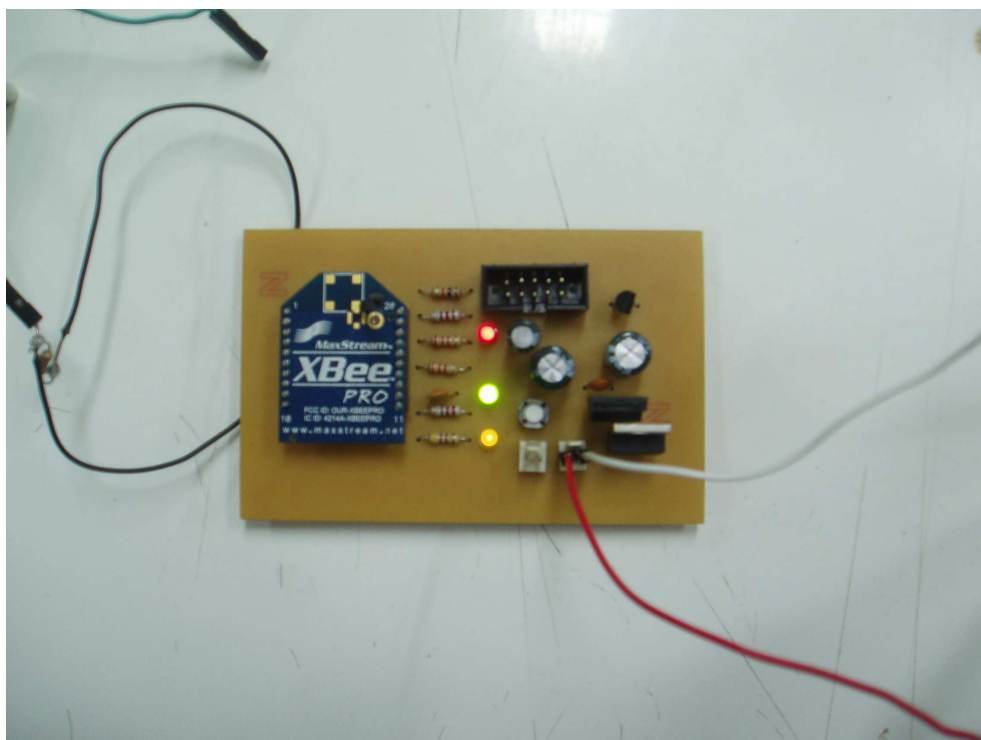
รูปที่ 3.5 ลายวงจรมีชุดอุปกรณ์

3.3 การสร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

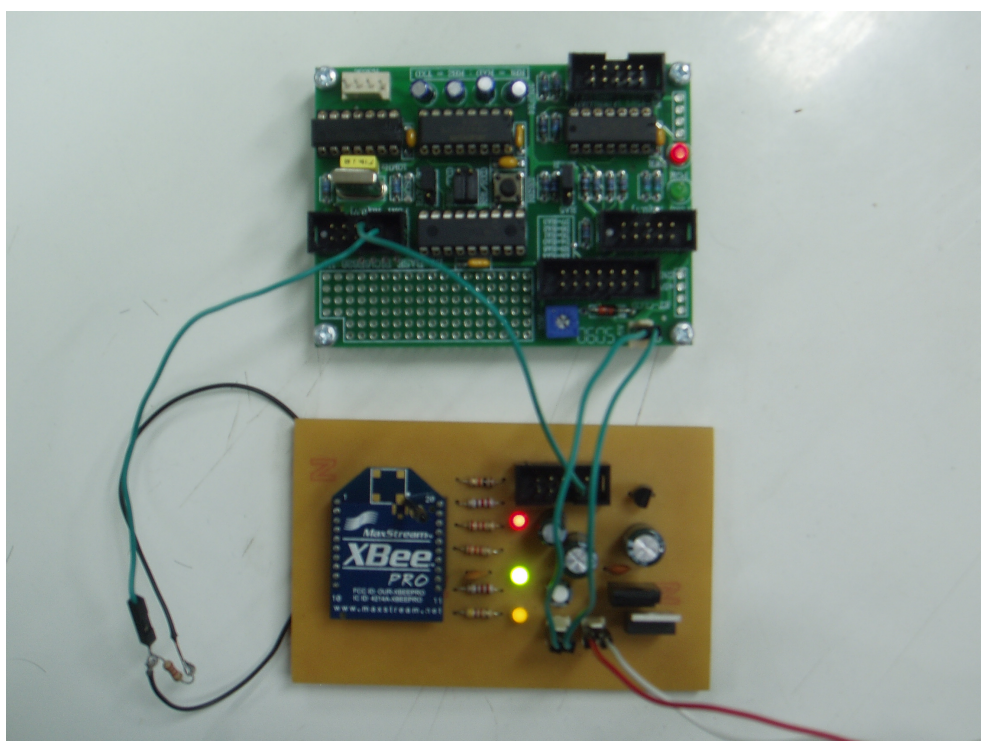
การสร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายจะต้องประกอบด้วย Main Office 1 ชุด Coordinator 1 ชุดและ End Device อย่างน้อย 1 ชุด โดย Main Office คือ ชุดอุปกรณ์ภาครับที่ทำหน้าที่ในการส่งคำร้องขอข้อมูลจาก End Device ที่อยู่จุดต่างๆ ดังรูปที่ 5.1 Coordinator คือ ชุดอุปกรณ์ภาคส่งที่เป็นเสมือนหัวใจของการสร้างเครือข่ายไร้สาย ทำหน้าที่เชื่อมการติดต่อระหว่าง Main Office และ End Device ดังรูปที่ 5.2 และสุดท้าย End Device คือ ชุดอุปกรณ์ภาคส่งที่นำไปติดตั้ง ณ จุดที่ต้องการตรวจวัดข้อมูล ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 3.6 ชุดอุปกรณ์ Main Office



รูปที่ 3.7 ชุดอุปกรณ์ Coordinator



รูปที่ 3.8 ชุดอุปกรณ์ End Device

สำหรับการทำให้ชุดอุปกรณ์ทำงานตามที่ได้กล่าวข้างต้นนั้น ต้องทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยชุดอุปกรณ์ภาครับที่ต้องทำหน้าที่เป็น Main Office และอุปกรณ์ภาคส่งทั้งหมดที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูล ณ จุดต่างๆ ให้กำหนดค่าพารามิเตอร์ให้ทำงานในโหมด End Device และสำหรับภาคส่ง 1 ชุดที่ทำหน้าที่เป็น Coordinator ให้กำหนดค่าพารามิเตอร์ให้ทำงานในโหมด Coordinator โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ อธิบายไว้ด้านล่าง

5.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

XBee/XBee-PRO Networks จากมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ชนิดของ network ที่รองรับโดย XBee/XBee-PRO RF modules ได้แก่ NonBeacon และ NonBeacon (w/ Coordinator)

ตารางที่ 3.1 นิยามของคำต่างๆ

Term	Definition
PAN	Personal Area Network ระบบเครือข่ายการเชื่อมต่อข้อมูลที่ประกอบด้วย End Devices อย่างน้อย 1 ตัว และ Coordinator 1 ตัว
Coordinator	เป็นอุปกรณ์เครือข่ายแบบ Full-function device (FFD) ทำหน้าที่เตรียมการสร้างเครือข่าย กำหนดเชิงโครโนซ์ให้กับโหนดในเครือข่าย
End Device	อยู่ในเครือข่ายเดียวกับ Coordinator จะทำการเชิงโครโนซ์ภายใต้การกำหนดของ Coordinator
Association	การเข้าร่วมเป็นเครือข่ายเดียวกันระหว่าง End Device กับ Coordinator

5.1.1 NonBeacon

โดยปกติแล้ว XBee/XBee-PRO RF Modules สามารถตั้งค่าให้รองรับ NonBeacon communications ได้ ระบบ NonBeacon ทำงานภายในเครือข่ายที่มีโทโปโลยีแบบ Peer-to-Peer ดังนั้นจึงไม่ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่าง Master/Slave หมายความว่าโมดูลจะเชิงโครโนซ์โดยไม่ต้องตั้งค่า master/server แต่ละโมดูลในเครือข่ายจะรวมกฎของ master และ slave โครงสร้าง peer-to-peer มีลักษณะเด่น คือ synchronization times and cold start times ได้รวดเร็ว เครือข่ายแบบ peer-to-peer สามารถตั้งได้ โดยการตั้งค่าแต่ละโมดูลให้ทำงานเป็น End Device (CE = 0) disabling End Device Association ในทุกโมดูล (A1 = 0) และตั้งค่าพารามิเตอร์ ID และ CH ไม่ให้ซ้ำกัน

5.1.2 NonBeacon (w/ Coordinator)

อุปกรณ์ที่กำหนดให้เป็น Coordinator โดยการตั้งค่าพารามิเตอร์ CE (Coordinator Enable) เป็น “1” Coordinator power-up จะควบคุมโดยพารามิเตอร์ A2 (Coordinator Association) สำหรับในระบบ NonBeacon (w/ Coordinator) Coordinator สามารถตั้งได้ว่าจะให้ทำการส่งข้อมูลแบบ direct หรือ indirect transmissions ถ้าพารามิเตอร์ SP (Cyclic Sleep Period) ถูกตั้งค่า ให้เป็น “0”, Coordinator จะส่งข้อมูลทันที ในทางตรงกันข้าม SP จะกำหนดระยะเวลาที่ Coordinator จะค้างข้อมูลไว้ก่อนที่จะทิ้งไป โดยทั่วไปพารามิเตอร์ SP (Cyclic Sleep Period) และ ST (Time before Sleep) ควรจะตั้งค่าให้สอดคล้องกับการตั้งค่า SP และ ST ของ End Devices

5.1.3 Association

Association คือ การก่อตั้งระหว่าง End Devices และ Coordinator และจะใช้ได้ในเครือข่าย NonBeacon (w/ Coordinator) เท่านั้น การก่อตั้งของสมาชิกนี้จะเป็นประโยชน์ในกรณีที่ต้องการ central unit (Coordinator) เพื่อจะส่งต่อข้อความ หรือเก็บรวบรวมข้อมูลจากหลาย remote units (End Devices) กำหนดช่องสัญญาณหรือ PAN IDs โดยเครือข่าย RF data นี้ประกอบด้วย Coordinator 1 จุดและ End Devices 1 จุดหรือมากกว่า 1 จาก PAN โดยแต่ละอุปกรณ์ใน PAN จะมี PAN Identifier (พารามิเตอร์ ID (PAN ID)) PAN IDs จะต้องเป็นแบบหนึ่งเดียว เพื่อป้องกันการล้มเหลวในการส่งระหว่าง PANs ในส่วนของ Coordinator PAN ID จะตั้งค่าโดยใช้คำสั่งสำหรับ ID (PAN ID) และ A2 (Coordinator Association) End Device สามารถเข้าร่วมกับ Coordinator โดยไม่จำเป็นต้องรู้ address PAN ID หรือช่องสัญญาณของ Coordinator พารามิเตอร์ A1 (End Device Association) ใช้กำหนดความยืดหยุ่นให้กับ End Device ในระหว่างการเข้าร่วม

5.1.4 Coordinator / End Device Setup and Operation

การตั้งค่าโมดูลให้ทำงานเป็น Coordinator ทำได้โดยตั้งค่าพารามิเตอร์ CE (Coordinator Enable) เป็น “1” จากนั้นตั้งค่าพารามิเตอร์ CE ของ End Devices เป็น “0” (default)

5.1.4.1 NonBeacon (w/ Coordinator) Systems

ในระบบ NonBeacon (w/ Coordinator) Coordinator สามารถตั้งค่าได้ว่าจะให้ทำการส่งข้อมูลแบบ direct หรือ indirect transmissions ถ้าพารามิเตอร์ SP (Cyclic Sleep Period) ถูกตั้งค่า เป็น “0” Coordinator จะทำการส่งข้อมูลโดยทันที ในทางตรงข้าม พารามิเตอร์ SP จะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาที่ Coordinator จะยังคงค้างข้อมูลก่อนจะทำการทิ้งไป โดยทั่วไปพารามิเตอร์ SP (Cyclic Sleep Period) และ ST (Time before Sleep) ควรตั้งค่าให้สอดคล้องกับการตั้งค่า SP และ ST ของ End Devices

5.1.4.2 Coordinator Power-up

1. Check A2 parameter- Reassign_PANID Flag

ตั้งค่าบิต 0 = 1 Coordinator ทำการ Active Scan โดยการทำงานของ Active Scan คือ จะเลือก 1 ช่องสัญญาณและทำการส่งคำสั่ง BeaconRequest เป็น broadcast address (0xFFFF) และ broadcast PAN ID (0xFFFF) ออกไป และรอรับฟังที่ช่องสัญญาณนั้น เพื่อรับป้อนจาก Coordinator ต่างๆ ที่ทำงานบนช่องสัญญาณนี้ ระยะเวลาที่ใช้ในการรอแต่ละ ช่องสัญญาณกำหนดโดยพารามิเตอร์ SD (Scan Duration) เมื่อหมดเวลาในช่องสัญญาณนั้น Active Scan จะทำการเลือกช่องสัญญาณอื่นและส่งคำสั่ง BeaconRequest อีกครั้ง กระบวนการเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งสแกนครบทุกช่องสัญญาณ หรือจนกระทั่งพบ 5 PANs เมื่อ Active Scan ทำงานเสร็จสมบูรณ์ ผลลัพธ์ที่ได้จะประกอบด้วยรายการของ PAN IDs และ ช่องสัญญาณที่ถูกใช้โดย PANs อื่นๆ สำหรับรายการที่ได้มานี้จะใช้ในการกำหนด PAN ID ให้กับ Coordinator ใหม่ๆ พารามิเตอร์ ID จะถูกเก็บไว้ถ้าไม่พบในผลลัพธ์ของ Active Scan

ตั้งค่าบิต 0 = 0 Coordinator จะทำการเก็บ ID ของมันที่มีการตั้งค่าไว้ และจะไม่มีการใช้งาน Active Scan

2. Check A2 parameter – Reassign_Channel Flag (bit 1)

ตั้งค่าบิต 1 = 1 Coordinator จะทำ Energy Scan ซึ่ง Energy Scan นี้จะเลือก 1 ช่องสัญญาณ และค้นหาพลังงานที่ช่องสัญญาณนั้น ตลอดเวลาที่ทำหาค้นหาจะระบุรายละเอียดได้โดยพารามิเตอร์ SD (Scan Duration) เมื่อทำการค้นหาที่ช่องสัญญาณนั้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว Energy Scan จะทำการเลือกช่องสัญญาณถัดไป และเริ่มทำการค้นหาที่ช่องสัญญาณนั้น กระบวนการนี้จะกระทำอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งทุกช่องสัญญาณได้ถูกค้นหาเรียบร้อยแล้ว

เมื่อทำการ Energy Scan เสร็จแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้รวมถึงค่าพลังงานที่มากที่สุดที่ตรวจพบในแต่ละช่องสัญญาณค่าพลังงานที่ได้นี้จะนำไปใช้หาช่องสัญญาณที่มีค่าพลังงานน้อยที่สุด ถ้า Active Scan ถูกปฏิบัติแล้ว (Reassign_PANID Flag set) จะเลือกใช้สัญญาณที่ถูกตรวจพบ PANs ดังนั้น ผลลัพธ์ของการทำ Energy Scan และ Active Scan นำมาใช้หาช่องสัญญาณที่ดีที่สุด (สัญญาณที่ใช้พลังงานน้อยที่สุดและยังไม่ถูกใช้งาน) เมื่อช่องสัญญาณที่ดีที่สุดได้ถูกเลือกแล้ว ค่าของพารามิเตอร์ CH(Channel) จะเปลี่ยนไปตามสัญญาณนั้น

ตั้งค่าบิต 1 = 0 Coordinator จะรักษา CH ที่เรารักษาไว้ เพราะฉะนั้น Energy Scan จะไม่ทำงาน

3. Start Coordinator Coordinator เริ่มทำงานที่ channel (CH parameter) และ PAN ID (ID parameter) ที่ได้ถูกเลือกไว้

Note ช่องสัญญาณและ PAN ID อาจเลือกจากขั้นตอนที่ 1 และ/หรือ 2 ตามข้างบน Coordinator จะอนุญาตให้ End Devices เข้าร่วมกับ Coordinator ถ้าตั้งค่าพารามิเตอร์ A2 เป็น flag “AllowAssociation” เมื่อ Coordinator เริ่มทำงานแล้ว LED จะกระพริบ 1 ครั้งต่อวินาที (LED ไม่กระพริบ ถ้า Coordinator ไม่ทำงาน)

4. Coordinator Modifications เมื่อ Coordinator เริ่มทำงานแล้ว:

การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ A2 (Reassign_Channel or Reassign_PANID bits) ID, CH หรือ MY เป็นสาเหตุของการตั้งค่า MAC ของ Coordinator (The Coordinator RF module(รวมถึง volatile RAM) จะไม่ถูก reset) ใหม่ การเปลี่ยนแปลง A2 AllowAssociation จะไม่ตั้งค่า MAC ของ Coordinator ใหม่ ในระบบ non-beaconing End Devices ที่เข้าร่วมกับ Coordinator จะทราบค่าใหม่ๆ ที่ตั้งให้กับ Coordinator ดังนั้น ถ้า Coordinator เปลี่ยนค่า ID, CH หรือ MY End Devices จะสามารถติดต่อกับ non-beacon Coordinator ได้ไม่นานนัก เพราะฉะนั้น เมื่อ Coordinator ได้เริ่มทำงานแล้วค่า ID, CH MY หรือ A2 (Reassign_Channel or Reassign_PANID bits) จึงไม่ควรถูกเปลี่ยนแปลง

5.1.4.3 End Device Power-up

End Device จะสามารถ Power-up ได้ ขึ้นอยู่กับคำสั่งใน A1 เมื่อ power-up End Device จะทำตามคำสั่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. Check A1 parameter – AutoAssociate Bit

ตั้งค่าบิต 2=1 End Device จะพยายามเข้าร่วมกับ Coordinator

ตั้งค่าบิต 2=0 End Device จะไม่เข้าร่วมกับ Coordinator โดยที่ End Device จะทำงานตามค่าพารามิเตอร์ ID, CH และ MY ที่ได้กำหนดไว้ เมื่อสามารถทำการเข้าร่วมได้สำเร็จ LED จะกระพริบ 5 ครั้งต่อวินาที เมื่อบิต AutoAssociate ไม่ได้ถูกตั้งค่า จะไม่มีการทำงานตามขั้นตอนที่ 2-3

2. Discover Coordinator (if Auto-Associate Bit Set) End Device จะทำการ Active Scan ซึ่ง Active Scan นี้เลือก 1 ช่องสัญญาณและส่งต่อคำสั่ง BeaconRequest ไปยัง broadcast address (0xFFFF) และ broadcast PAN ID (0xFFFF) และจะคอยฟังบิตคอนที่ช่องสัญญาณนั้น จาก Coordinator ใดๆ ที่ทำงานอยู่ในช่องสัญญาณนั้น เวลาที่ใช้ในการฟังแต่ละช่องสัญญาณขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ SD

เมื่อเวลาที่ช่องสัญญาณนั้นหมดแล้ว Active Scan จะทำการเลือกช่องสัญญาณอื่นๆ และทำการส่งคำสั่ง BeaconRequest เหมือนเดิมอีกครั้ง กระบวนการนี้จะทำอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งทุกช่องสัญญาณได้ถูกค้นหาเรียบร้อยแล้ว หรือจนกระทั่ง 5 PANs ได้ถูกค้นพบ เมื่อ Active Scan เรียบร้อยแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้รวมถึงรายการของ PAN IDs และช่องสัญญาณจะถูกนำมาใช้ตรวจหา PANs End Device จะเลือก Coordinator ที่จะเข้าร่วม ขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ A1 “Reassign_PANID” และ “Reassign_Channel” flags:

Reassign_PANID Bit Set (บิต 0=1) End Device จะสามารถเข้าร่วมใน PAN ที่มีค่า ID ใดๆ ได้

Reassign_PANID Bit Not Set (บิต 0=0) End Device จะสามารถเข้าร่วมใน PAN เฉพาะที่มีค่า ID ตรงกับค่า ID ของ End Device

Reassign_Channel Bit Set (บิต 1=1) End Device จะสามารถเข้าร่วมใน PAN ที่มีค่า CH ใดๆ ได้

Reassign_Channel Bit Not Set (บิต 1=0) End Device จะสามารถเข้าร่วมใน PAN เฉพาะที่มีค่า CH ตรงกับค่า CH ของ End Device

หลังจากใช้การกำหนดบิตต่างๆกับ Coordinator ที่ค้นพบแล้ว ถ้ามีหลาย PANs ปรากฏขึ้น End Device จะเลือก PAN ที่มีคุณภาพในการส่งผ่านข้อมูลได้ดีที่สุด ถ้าไม่มีการค้นพบ Coordinator End Device จะ sleep (ตามที่กำหนดใน SM(Sleep Mode) parameter) หรือทำการเข้าร่วมอีกครั้ง

Note End Device จะไม่เข้าร่วมกับ Coordinate ถ้า Coordinate ไม่อนุญาตให้เข้าร่วม (A2-AllowAssociation) หรือกรณีที่ Coordinate ใช้รูปแบบ non-beacon ไม่เหมือนกับ End Device

3. Associate to Valid Coordinator เมื่อค้นพบ Coordinate แล้ว End Device จะส่งข้อความ AssociationRequest ไปยัง Coordinate จากนั้นจะคอย AssociationConfirmation ที่จะส่งมาจาก Coordinator เมื่อได้รับ Association Confirmation แล้ว End Device จะสามารถเข้าร่วมได้ แล้ว LED จะกระพริบ 2 ครั้งต่อวินาที LED จะไม่กระพริบ ถ้า End Device ไม่สามารถเข้าร่วมได้

4. End Device Changes once an End Device has associated การเปลี่ยนพารามิเตอร์ A1 ID หรือ CH จะเป็นสาเหตุที่ทำให้ End Device ไม่สามารถเข้าร่วมได้ ถ้า End Device ไม่สามารถเข้าร่วมได้ คำสั่ง A1 จะแสดงสาเหตุของการล้มเหลวให้ทราบ

5.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลองสร้างเครือข่ายไร้สาย

1. การกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับ Coordinator

สำหรับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้ชุดอุปกรณ์ภาครับ ที่ทำงานเป็น Coordinator พารามิเตอร์สำคัญที่ต้องกำหนดค่ามีดังนี้

- CH (channel) = C เนื่องจากต้องการระบุให้ใช้ช่องสัญญาณ C เหมือนกันหมดทั้งเครือข่าย
- ID (PAN ID) = 111 พารามิเตอร์นี้จะต้องเป็นหนึ่งเดียวไม่ซ้ำกัน และในเครือข่ายเดียวกัน PAN ID จะต้องเหมือนกัน
- DH, DL (Destination Address High-Low) = 0, 0 ตามลำดับ
- MY(16-bit Source Address) = 2 พารามิเตอร์นี้เป็น Address แบบ 16-bit ของ Zigbee แต่ละตัวจะซ้ำกันไม่ได้ต้องเป็นหนึ่งเดียว
- CE (Coordinator Enable) = 1 เป็นการกำหนดให้ทำงานในโหมด Coordinator
- A2 (Coordinator Association) = 4 -100B

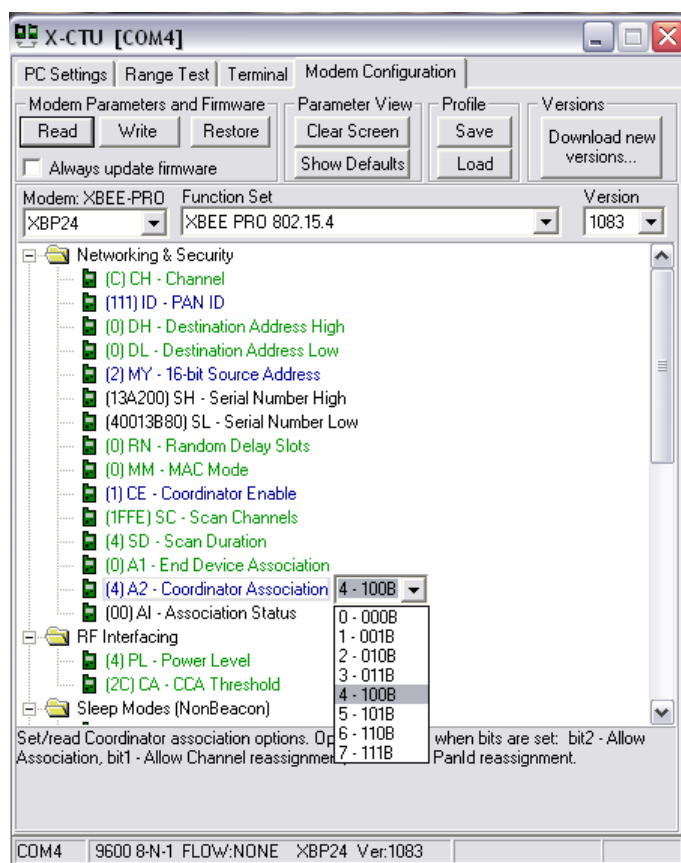
ตั้งค่าบิต 0 เป็น 0 เนื่องจากไม่มีการใช้งาน Active Scan

ตั้งค่าบิต 1 เป็น 0 เนื่องจาก Coordinator จะรักษา CH ที่ตั้งค่าไว้และทำงานที่ช่องสัญญาณนี้ เพราะฉะนั้น Energy Scan (การสแกนหาช่องสัญญาณที่จะใช้รับ-ส่งข้อมูล) จะไม่ทำงาน

ตั้งค่าบิต 2 เป็น 1 เพื่ออนุญาตให้ End Devices เข้าร่วมสร้างเครือข่ายกับ

Coordinator

โดยหน้าตาการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เป็นดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 3.9 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้เป็น Coordinator

2. การกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับ End Device

สำหรับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้ชุดอุปกรณ์ภาคส่งที่ทำงานเป็น End Device และ Main Office พารามิเตอร์สำคัญที่ต้องกำหนดค่ามีดังนี้

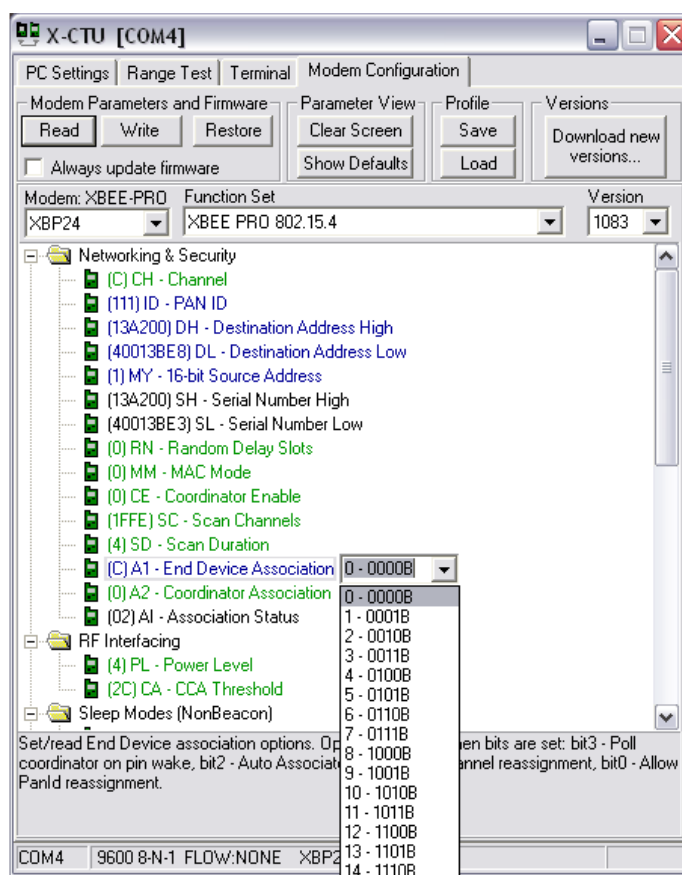
- CH (channel) = C เนื่องจากต้องการระบุให้ใช้ช่องสัญญาณ C เหมือนกันทั้งเครือข่าย
- ID (PAN ID) = 111 พารามิเตอร์นี้จะต้องเป็นหนึ่งเดียวไม่ซ้ำกัน และในเครือข่ายเดียวกัน PAN ID จะต้องเหมือนกัน
- DH (Destination Address High-Low) = 13A200, 40013BE8 ตามลำดับ คือ กำหนดให้เป็น 64-bit Address ของ Zigbee ของ Main Office
- MY (16-bit Source Address) = 1 พารามิเตอร์นี้เป็น Address แบบ 16-bit ของ Zigbee แต่ละตัวจะซ้ำกันไม่ได้ ในตัวอย่างจะกำหนดเป็น 1
- A1 (End Device Association) = C -1100B
ตั้งค่าบิต 0 เป็น 0 เนื่องจากไม่มีการใช้งาน Active Scan

ตั้งค่าบิต 1 เป็น 0 เนื่องจาก Coordinator จะรักษา CH ที่ตั้งค่าไว้และทำงานที่ช่องสัญญาณนี้ เพราะฉะนั้น Energy Scan จะไม่ทำงาน

ตั้งค่าบิต 2 เป็น 1 End Device จะพยายามเข้าร่วมเครือข่ายกับ Coordinator

ตั้งค่าบิต 3 เป็น 1 เพื่อส่ง Poll Request ไปยัง Coordinator เมื่อต้องการรับข้อมูล

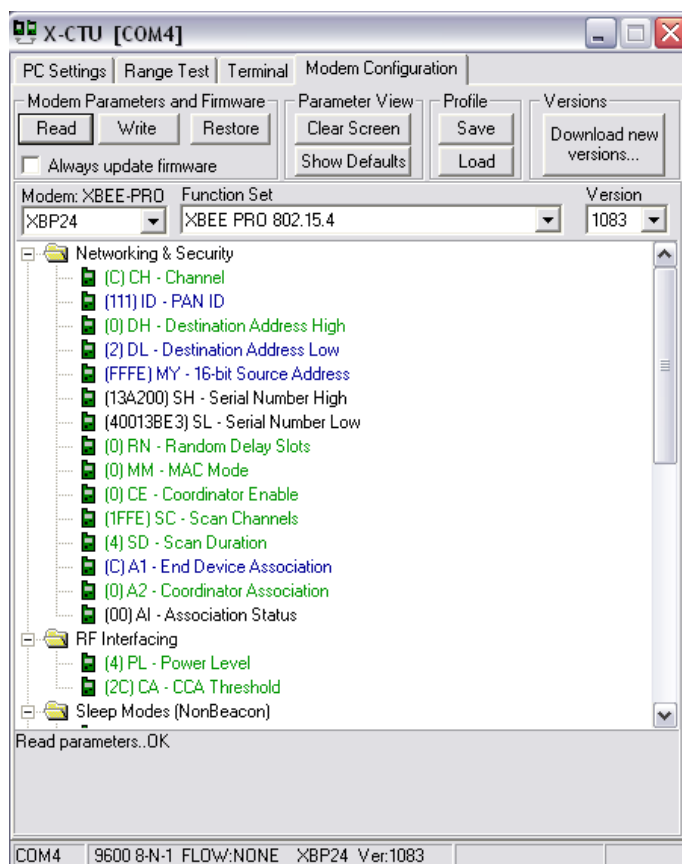
โดยหน้าต่างการกำหนดค่าพารามิเตอร์เป็นดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้เป็น End Device

3. ผลการทำงานเมื่อสร้างเครือข่ายได้สำเร็จ

เมื่อทำการป้อนไฟทุกวงจรจะเข้าร่วมสร้างเครือข่ายไร้สายโดยอัตโนมัติ โดยคุณได้จากไฟที่วงจร เริ่มแรกไฟของวงจร Coordinator จะกระพริบ แสดงว่าวงจรนี้ได้ทำงานแล้ว ไฟของวงจรที่เหลือจะติดสว่างประมาณ 3-5 วินาที จากนั้นไฟจะกระพริบ แสดงว่าวงจรที่เหลือสามารถเข้าร่วมสร้างเครือข่ายได้สำเร็จ จากรูปที่ 5.6 จะเห็นว่า ค่าพารามิเตอร์ DH เปลี่ยนเป็น 0 DL เปลี่ยนเป็น 2 ซึ่งตรงกับค่า MY ของ Coordinator เพื่อให้ End Device ทุกวงจรมาเรียกดูและรับข้อมูลจาก Coordinator ค่า MY เปลี่ยนเป็น FFFE แสดงว่าเป็น 16-bits Address ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงนี้เป็นอีกทางที่บอกว่างจรสามารถเข้าร่วมสร้างเครือข่ายไร้สายได้สำเร็จ



รูปที่ 3.11 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของ End Device เมื่อสร้างเครือข่ายเรียบร้อยแล้ว

เมื่อสามารถสร้างเครือข่ายได้แล้ว เราสามารถนำเครือข่ายนี้ไปใช้งานได้ตามต้องการ ซึ่งโครงงานนี้ใช้เครือข่ายที่สร้างขึ้นเรียกดูข้อมูลที่ต้องการจากจุดต่างๆ

บทที่ 4

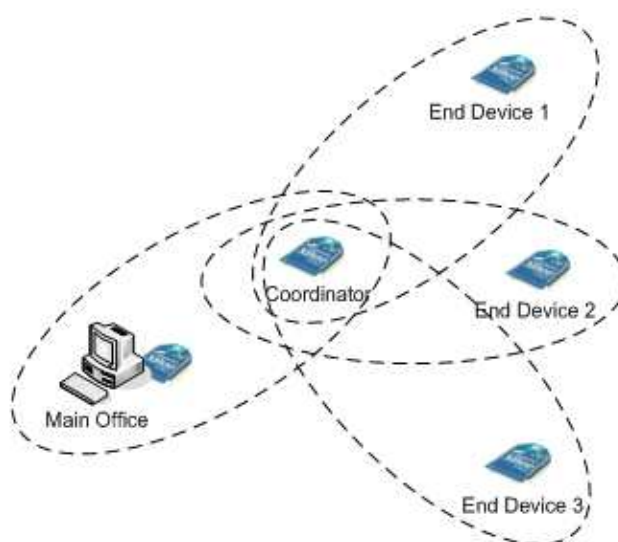
ผลการวิจัย

การศึกษาการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาของจังหวัดเพชรบูรณ์โดยมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาของจังหวัดเพชรบูรณ์ และเพื่อศึกษากระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังอุทกภัยของจังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย ประชากรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ประชาชนที่อาศัยภายในเขตพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา อำเภอศิลา จังหวัดเพชรบูรณ์ 15 หมู่บ้าน จำนวน 400 คน ทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป และได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

- 1) การจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มของจังหวัดเพชรบูรณ์
- 2) การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม จังหวัดเพชรบูรณ์
- 3) การสร้างเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม จังหวัดเพชรบูรณ์
- 4) ปัญหา อุปสรรคการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัย

4.1 การจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มของจังหวัดเพชรบูรณ์

ระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังภัยพิบัติอัตโนมัติในงานวิจัยนี้เป็นระบบที่ประยุกต์ใช้ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายและโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อตรวจวัดสัญญาณเป้าหมายและส่งสัญญาณติดต่อกันระหว่างอุปกรณ์เซนเซอร์จำนวนมาก ปัจจุบันมีการคิดค้นหรือพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดสิ่งต่างๆ จากเซนเซอร์ไร้สายมากมาย เนื่องจากใช้ต้นทุนในการพัฒนาต่ำ อุปกรณ์มีขนาดเล็กเหมาะสำหรับทุกพื้นที่สภาพแวดล้อม โดยอุปกรณ์เซนเซอร์แต่ละตัวจะประกอบไปด้วย เทคโนโลยีเซนเซอร์เพื่อตรวจจับสัญญาณเป้าหมาย เทคโนโลยีประมวลผลภายใน ซึ่งทำงานได้จำกัด เทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารไร้สาย เพื่อใช้ในการติดต่อระหว่างอุปกรณ์เซนเซอร์และเครื่องปลายทางเซนเซอร์จะทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารหรือส่งข้อมูลถึงกันตามที่ผู้พัฒนาได้โปรแกรมไว้เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงหรือสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้น โดยการนำเซนเซอร์แต่ละตัวติดตั้งไว้ในบริเวณพื้นที่ที่ต้องการตรวจวัดสัญญาณ และเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายจะติดต่อและส่งข้อมูลถึงกัน



รูปที่ 4.1 เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

งานวิจัยนี้ได้สร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายดังรูปที่ 4.1 โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในบทที่ 3 จากนั้นทดลองรับ-ส่งข้อมูล 3 รูปแบบ คือ

- ทดลองส่งข้อมูลจาก Main Office ไปยัง End Device ต่างๆ
- ทดลองส่งข้อมูลจาก End Device ไปยัง Main Office
- ทดลองใช้ Main Office เรียกดูข้อมูลจาก End Device จุดต่างๆ ซึ่งการรับ-ส่งข้อมูล

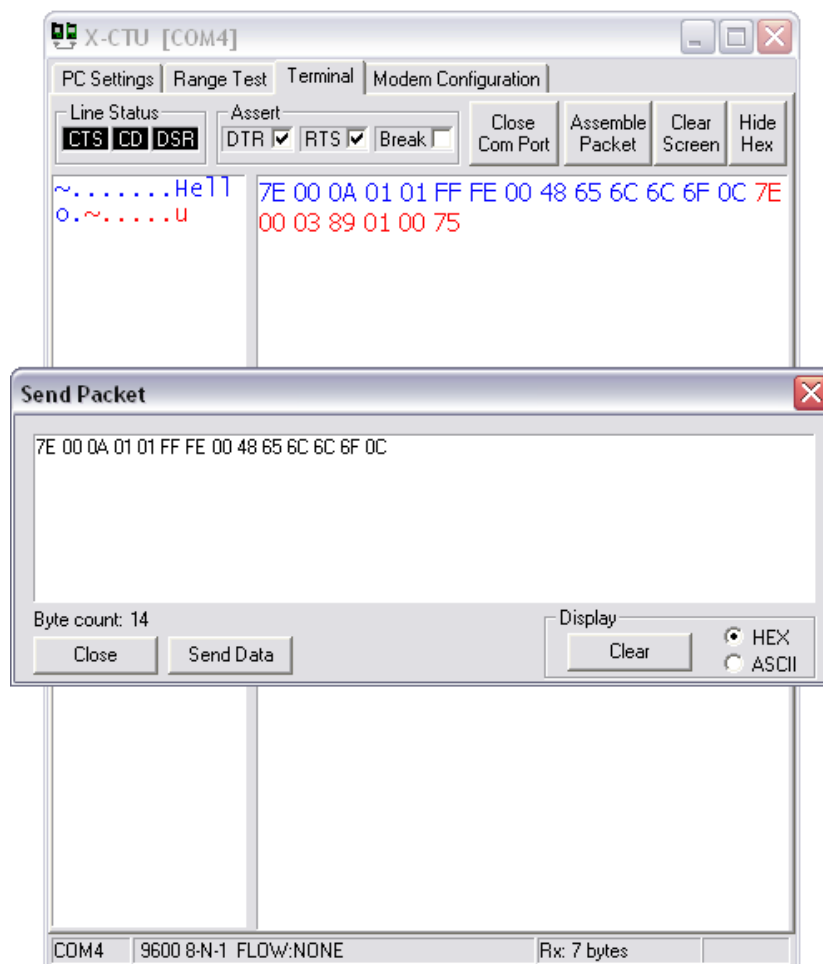
รูปแบบนี้ต้องใช้ API Command แทน AT Command เนื่องจาก AT Command มีข้อจำกัดในการใช้งาน รูปแบบของ API แสดงในภาคผนวก

4.1.1 การส่งข้อมูลจาก Main Office ไปยัง End Device

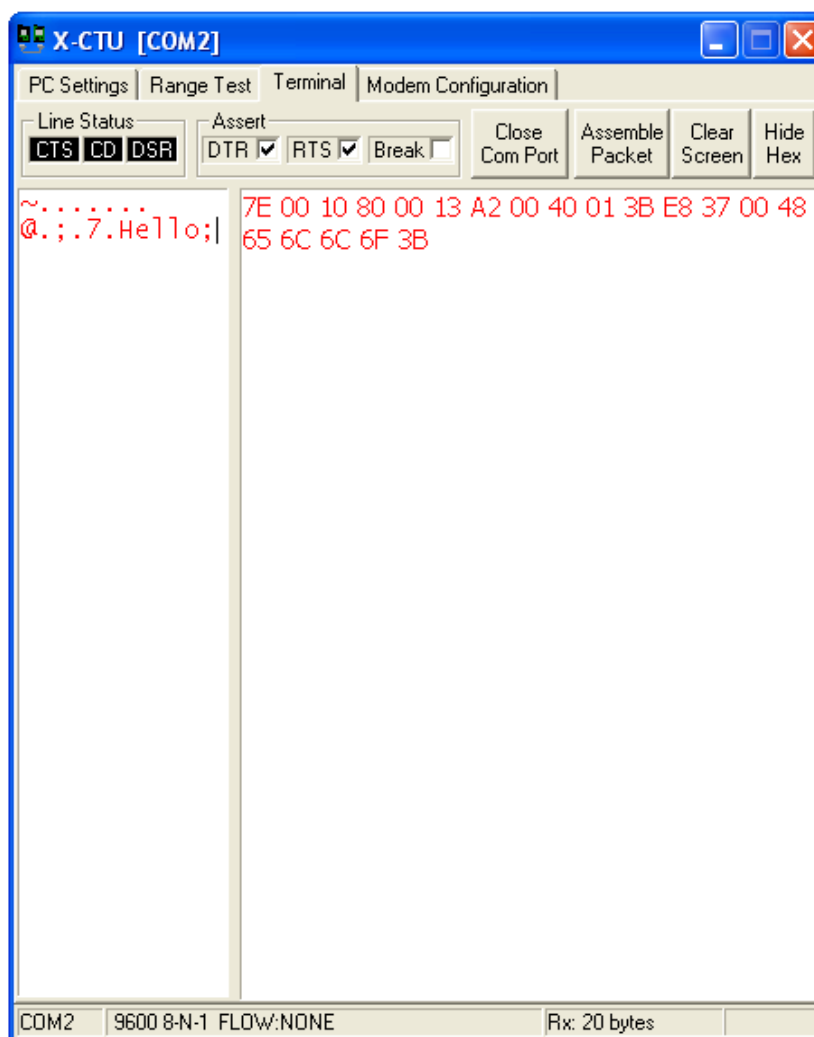
การส่งข้อมูลจาก Main Office ไปยัง End Device ข้อมูลที่ส่งออกจาก Main Office จะเขียนแปลงข้อมูลตัวอักษร ASCII เป็นตัวเลข 16 บิต ส่งออกไปในรูปแบบ API Command ในที่นี้ End Device ที่เป็นฝั่งรับข้อมูลต้องเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงข้อมูลที่ End Device ได้รับออกมาที่หน้าต่างโปรแกรม X-CTU เพื่อใช้ตรวจสอบว่าข้อมูลที่ Main Office ส่งไปตรงกับข้อมูลที่ End Device ได้รับหรือไม่ โดยในการทดลองนี้มีการส่งข้อมูลจาก Main Office ไปยัง End Device ทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ

- การส่งแบบ 16-bits Address
- การส่งแบบ Broadcast 64-bits Address
- การส่งแบบ Indirect 64-bits Address

1) การส่งแบบ 16-bits Address



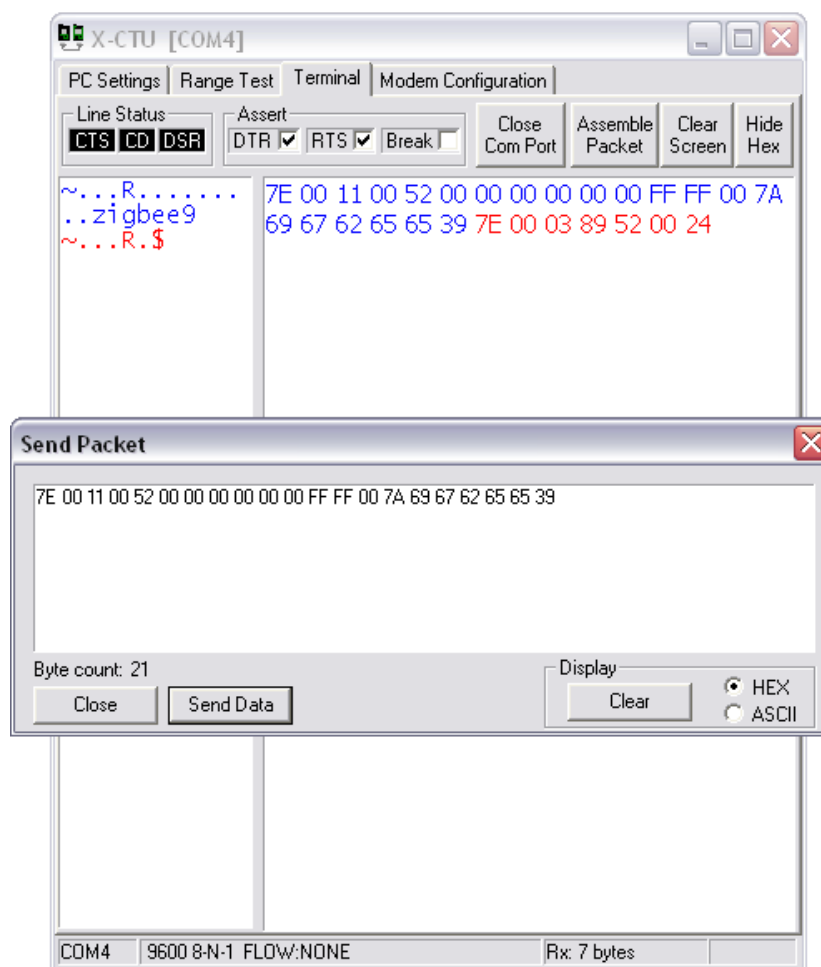
รูปที่ 4.2 ส่งข้อมูลจาก Main Office แบบ 16-bits Address



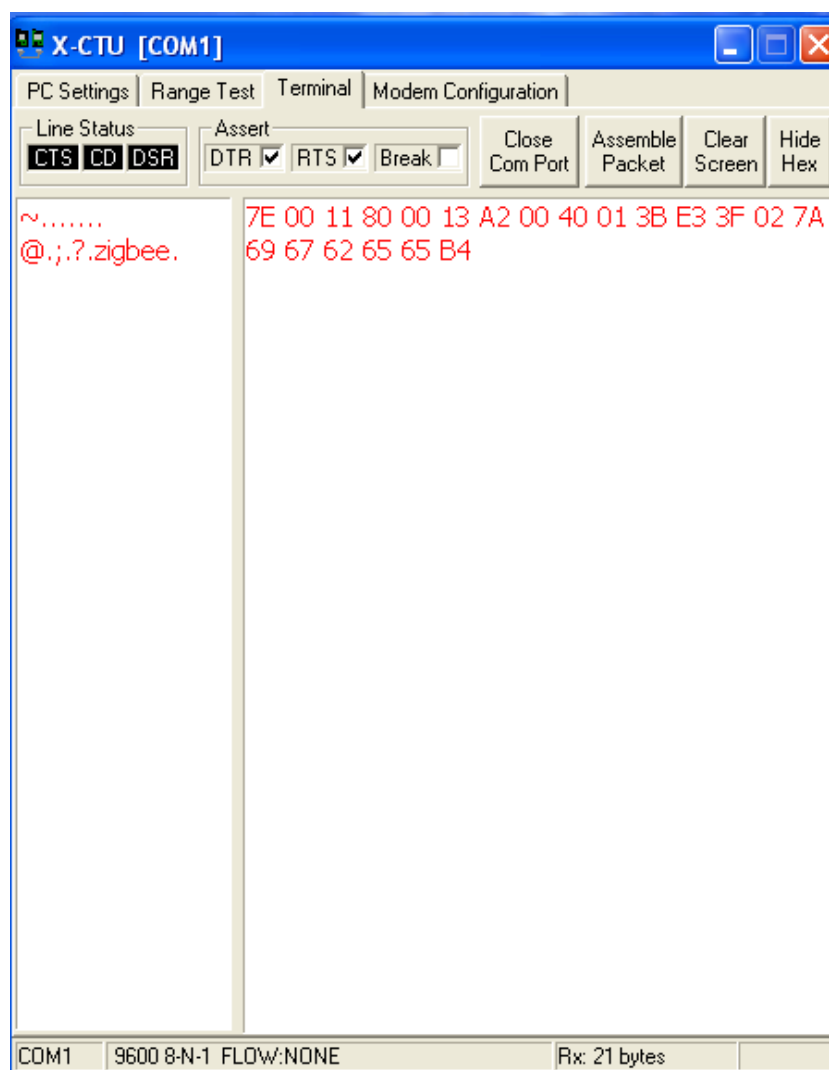
รูปที่ 4.3 ข้อมูลที่ End Device ได้รับ

จากรูปที่ 4.3 ในที่นี้ใช้คำสั่งที่จะส่งข้อมูลไปยังปลายทางแบบระบุ 16-bits Address ของปลายทาง ดังนั้นในคำสั่ง API Frame จึงใช้ค่า MY ของ End Device ปลายทาง คือ FF FE ดังรูปที่ 6.2 ข้อมูลที่ขีดเส้นใต้ หมายถึง ข้อมูลที่ส่งออกไปซึ่งประกอบด้วยคำสั่งที่ระบุให้ส่ง ข้อมูล 16-bit Address ของ End Device ปลายทาง ข้อมูล และ check sum ซึ่งรายละเอียดดูได้จาก ภาคผนวก ข้อมูลที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ หมายถึง Main Office สามารถส่งข้อมูลได้สำเร็จหรือไม่ ซึ่ง ตรวจสอบได้จากรูปแบบของ API Frame ในไบต์ที่ 6 ในรูปเป็น 00 แสดงว่าส่งข้อมูลสำเร็จ รูปที่ 4.4 เป็นการแสดงผลข้อมูลที่ End Device ได้รับจาก Main Office จากรูปได้รับคำว่า Hello จะเห็นว่าข้อมูลที่ Main Office ส่งไปและข้อมูลที่ End Device ได้รับ เป็นข้อมูลเดียวกัน

2) การส่งแบบ Broadcast 64-bits Address



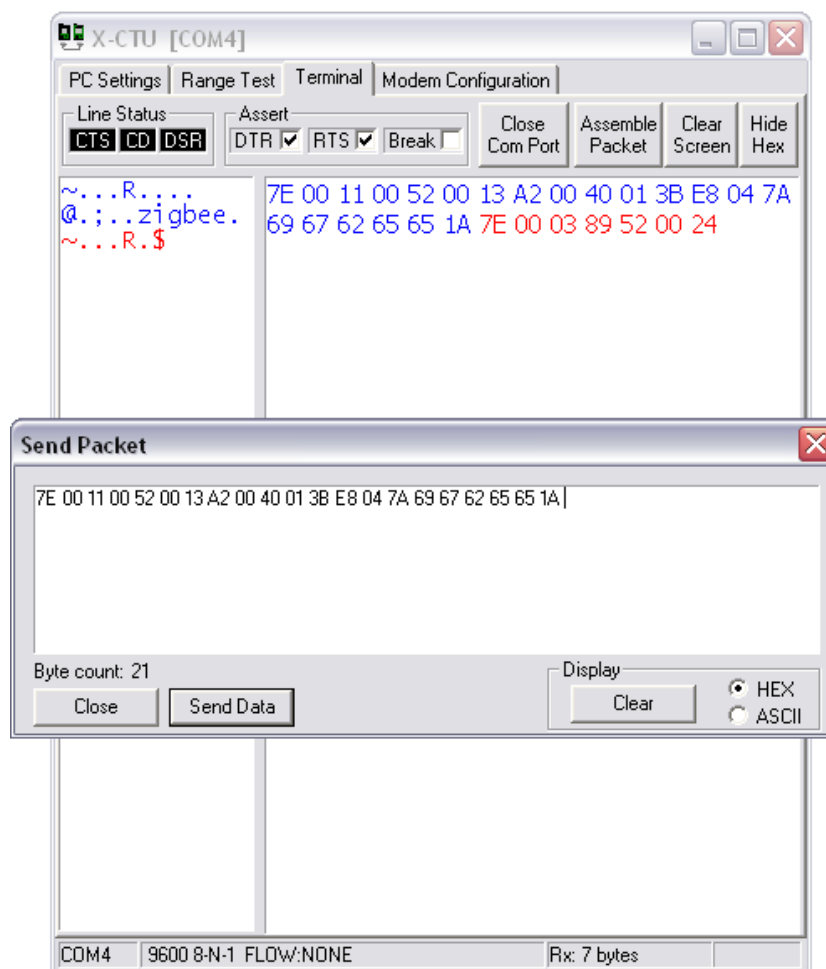
รูปที่ 4.4 ส่งข้อมูลจาก Main Office แบบ Broadcast 64-bits Address



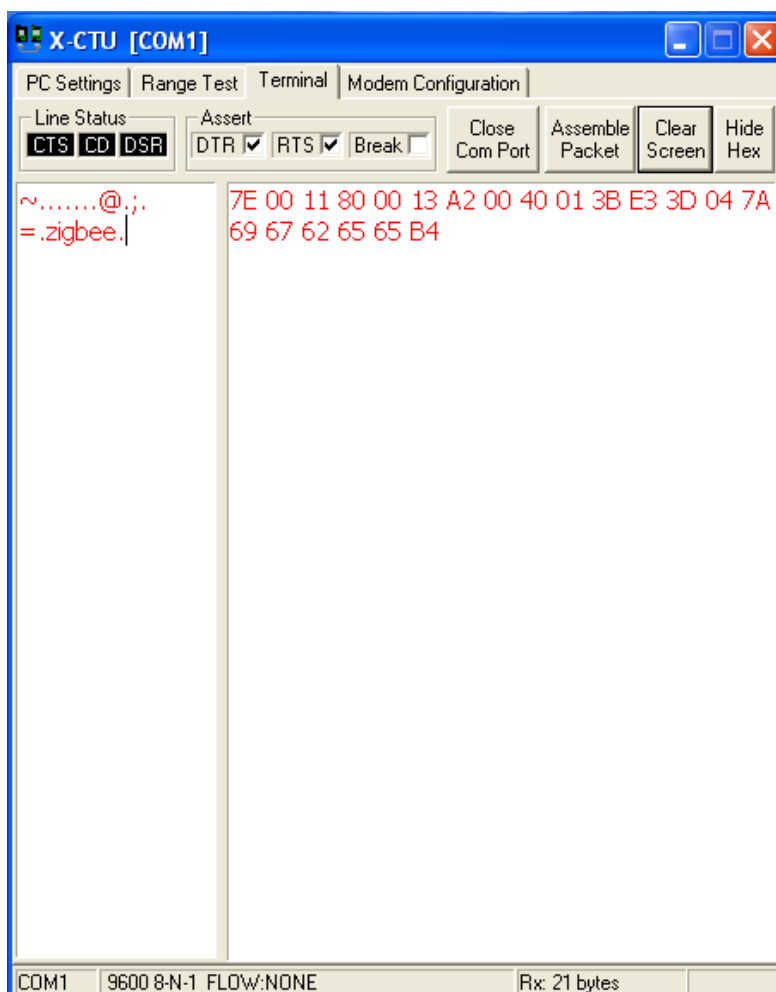
รูปที่ 4.5 ข้อมูลที่ End Device ได้รับ

รูปที่ 4.5 เป็นการส่งคำว่า Zigbee จาก Main Office ไปยัง End Device ซึ่งในที่นี้เป็นการส่งแบบ Broadcast 64-bits Address โดยระบุ Destination Address ให้เป็นแบบ broadcast คือ 000000000000FFFF และใช้ API Frame ดังรูป การทำงานอื่นๆ เหมือนกับที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น รูปที่ 6.5 เป็นการแสดงผลข้อมูลที่ End Device ได้รับจาก Main Office จากรูปจะเห็นว่าเป็นข้อมูลเดียวกัน

3) การส่งแบบ Indirect 64-bits Address



รูปที่ 4.6 ส่งข้อมูลจาก Main Office แบบ Indirect 64-bits Address

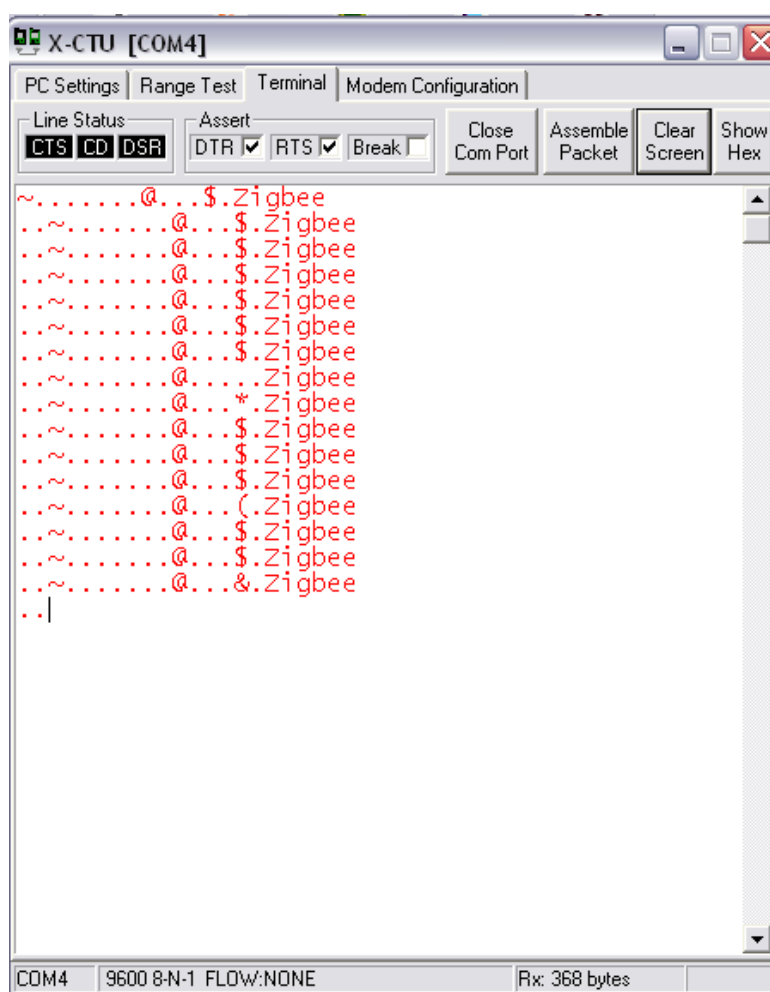


รูปที่ 4.7 ข้อมูลที่ End Device ได้รับ

รูปที่ 4.7 เป็นการส่งคำว่า Zigbee จาก Main Office ไปยัง End Device เหมือนดัง การส่งข้อมูลที่แล้ว แต่ในที่นี้เป็นการส่งแบบ Indirect 64-bits Address โดยระบุ Address แบบ 64-bit ของ End Device ปลายทาง คือ 00 13 A2 00 40 01 3B E8 และใช้ API Frame ดังรูป การทำงาน อื่นๆ เหมือนกับที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น รูปที่ 4.8 เป็นการแสดงผลข้อมูลที่ End Device ได้รับจาก Main Office จากรูปจะเห็นว่าเป็นข้อมูลเดียวกัน

4.1.2 การส่งข้อมูลจาก End Device ไปยัง Main Office

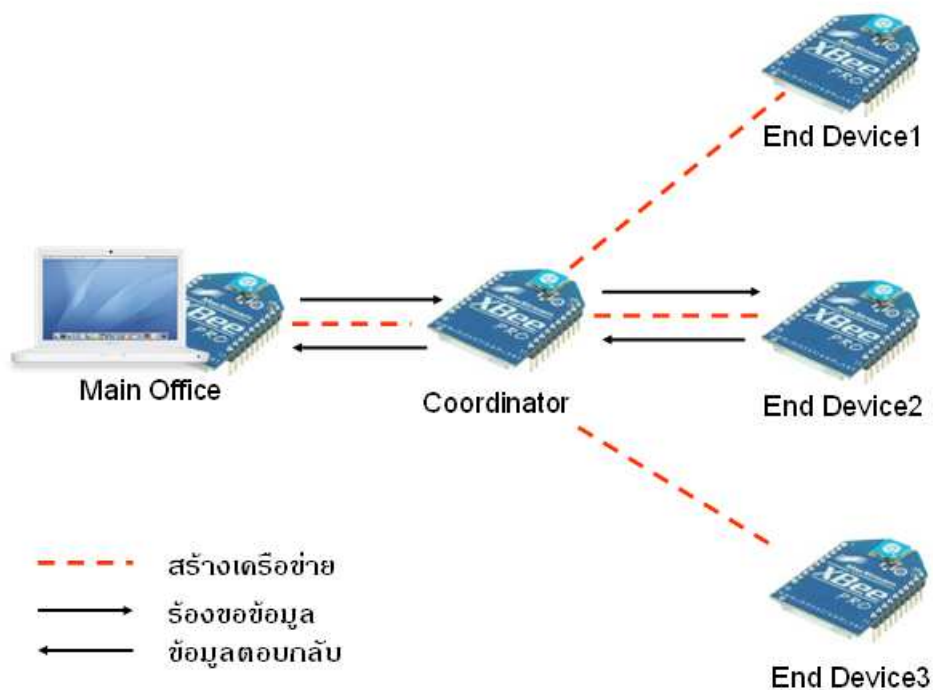
การส่งข้อมูลจาก End Device ไปยัง Main Office คือ การที่ End Device ส่งข้อมูลต่างๆ ให้กับ Main Office ทำได้โดยเขียนโปรแกรมลง PIC16F628A ในที่นี้ให้ส่งข้อมูลคำว่า Zigbee มายัง Main Office ทุกๆ 1 วินาที ซึ่งในโปรแกรมเป็นการเขียนข้อมูลให้เป็น hex ให้เหมือนกับ API Frame ดังในการทดลองที่แล้ว



รูปที่ 4.8 ข้อมูลที่ Main Office ได้รับ

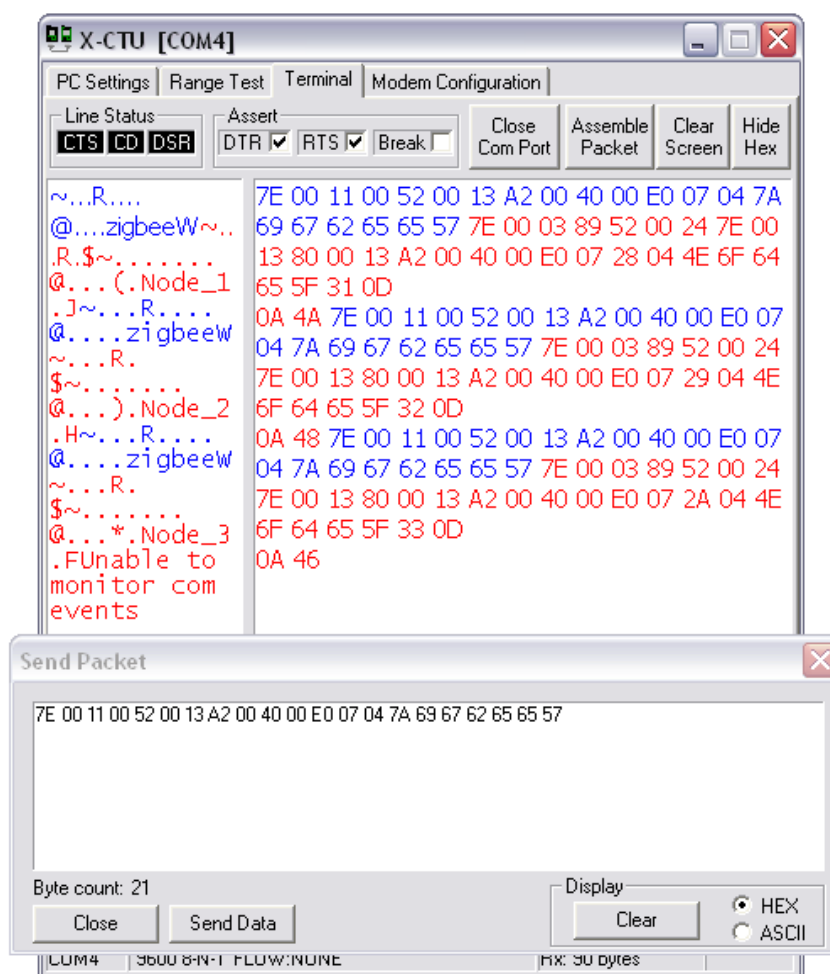
จากรูปที่ 4.8 เป็นการแสดงผลทางหน้าต่าง X-CTU ของ Main Office ในที่นี้ได้รับคำว่า Zigbee ซึ่งข้อมูลที่ตรงกับข้อมูลในโปรแกรมที่ End Device ส่งมา

4.1.3 การใช้ Main Office เรียกดูข้อมูลจาก End Device จุดต่างๆ



รูปที่ 4.9 การเรียกดูข้อมูลในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

การใช้ Main Office เรียกดูข้อมูลจาก End Device จุดต่างๆ คือ การที่ Main Office จะทำการส่งคำร้องขอข้อมูลไปยัง End Device ณ จุดที่ต้องการเรียกดูข้อมูล โดยใช้ API Command เมื่อ End Device ได้รับคำร้องขอข้อมูลแล้ว จะส่งกลับข้อมูลที่ Main Office ต้องการมาให้ Main Office ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.10 ผลการเรียกดูข้อมูล ณ จุดต่างๆ

จากรูปที่ 4.10 เป็นการแสดงการเรียกดูข้อมูล ณ จุดต่างๆ ในที่นี้ Main Office ส่งคำว่า Zigbee ไปยัง End Device 1 เมื่อ End Device 1 ได้รับข้อมูลแล้วจะส่งกลับคำว่า Node_1 (เนื่องจากโปรแกรมให้ข้อมูลที่ End Device 1 มีคือ Node_1) มาให้ Main Office สำหรับการเรียกดูข้อมูลของ End Device 2 และ End Device 3 ทำในลักษณะเดียวกันและได้ข้อมูลคำว่า Node_2 และ Node_3 กลับมาตามลำดับ

ถ้า End Device ทุกวงจรติดเซ็นเซอร์ที่ต้องการเข้าไป ตรงข้อมูลคำว่า Node_1, Node_2 และ Node_3 จะเปลี่ยนเป็นข้อมูลที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้แต่ละจุดตามลำดับ

4.2 ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขตอำเภอศีลา จังหวัดเพชรบูรณ์

ตารางที่ 4.1 ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศีลา จังหวัดเพชรบูรณ์ในภาพรวม

การมีส่วนร่วมของ ประชาชน	บ้านกลาง			บ้านหินโงน			บ้านวังก้นหวด		
	$\bar{X}$	<i>S.D.</i>	ระดับ	$\bar{X}$	<i>S.D.</i>	ระดับ	$\bar{X}$	<i>S.D.</i>	ระดับ
1. การมีส่วนร่วมคิด	2.82	0.78	มาก	2.52	1.31	มาก	2.74	1.13	มาก
2. การมีส่วนร่วมตัดสินใจ	2.66	0.87	มาก	2.31	0.99	มาก	2.81	1.13	มาก
3. การมีส่วนร่วมปฏิบัติ ตามโครงการ	2.73	0.80	มาก	2.37	1.01	มาก	2.68	1.16	มาก
4. การมีส่วนร่วมในการ ติดตามและประเมินผล	2.56	0.83	มาก	2.54	1.06	มาก	2.67	1.10	มาก
รวม	2.69	0.82	มาก	2.44	1.09	มาก	2.73	1.13	มาก

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย ดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศีลา จังหวัดเพชรบูรณ์ในภาพรวม การมีส่วนร่วมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาระดับการมีส่วนร่วมของแต่ละอำเภอ พบว่าบ้านวังก้นหวดมีระดับการมีส่วนร่วมมากที่สุด ($\bar{X}=2.73$) รองลงมา คือ บ้านกลาง ($\bar{X}=2.69$) และบ้านหินโงนมีระดับการมีส่วนร่วมน้อยที่สุด ($\bar{X}=2.44$)

ตารางที่ 4.2 ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศิลา จังหวัดเพชรบูรณ์การมีส่วนร่วมคิด

การมีส่วนร่วมของ ประชาชน	บ้านกลาง			บ้านหินโง่น			บ้านวังก้นหวด		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ท่านได้เข้าร่วมประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นโครงการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่ดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในชุมชนของท่าน	3.10	0.77	มาก	2.68	0.90	มาก	2.80	1.21	มาก
2. ท่านได้ร่วมแสดงความคิดเห็นกำหนดแนวทางการดำเนินโครงการจัดทำระบบเตือนภัยพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา	2.78	0.69	มาก	2.53	0.99	มาก	2.67	1.09	มาก
3. ท่านได้ร่วมแสดงความคิดเห็นในการกำหนดพื้นที่เหมาะสมในการอพยพหนีภัยดินถล่ม	2.81	0.79	มากที่สุด	2.51	0.99	มาก	2.74	1.13	มาก
4. ท่านได้ร่วมแสดงความคิดเห็นในการกำหนดสัญญาณไฟเขียวเหลืองแดง	2.57	0.86	มาก	2.34	0.94	น้อย	2.75	1.08	มาก
รวม	2.82	0.78	มาก	2.52	1.31	มาก	2.74	1.13	มาก

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศิลา จังหวัดเพชรบูรณ์การมีส่วนร่วมคิด ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ บ้านกลาง ($\bar{X}=2.82$) รองลงมา คือ บ้านวังก้นหวด ($\bar{X}=2.74$) และระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ บ้านหินโง่น ($\bar{X}=2.52$) เมื่อพิจารณาการมีส่วนร่วมของประชาชนเป็นรายข้อ พบว่า

บ้านกลาง การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ เข้าร่วมประชุม เพื่อรับฟังความคิดเห็นโครงการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่ดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในชุมชน ($\bar{X}=3.10$) รองลงมา คือ ร่วมแสดงความคิดเห็นในการกำหนดพื้นที่เหมาะสมในการอพยพหนีภัยดินถล่ม ($\bar{X}=2.81$) และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือร่วมแสดงความคิดเห็นในการกำหนดสัญญาณไฟ เขียว เหลือง แดง ($\bar{X}=2.57$)

บ้านหินโง่น การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ ร่วมประชุม เพื่อรับฟังความคิดเห็นโครงการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่ดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในชุมชน ($\bar{X}=2.68$) รองลงมา คือ รับแสดงความคิดเห็นกำหนดแนวทางการดำเนินโครงการจัดทำระบบเตือนภัยพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา ($\bar{X}=2.53$) และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ ร่วมแสดงความคิดเห็นในการกำหนดสัญญาณไฟ เขียว เหลือง แดง ($\bar{X}=2.34$)

บ้านวังก้นหวด การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ เข้าร่วมประชุม เพื่อรับฟังความคิดเห็นโครงการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่ดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในชุมชน ($\bar{X}=2.80$) รองลงมา คือ ร่วมแสดงความคิดเห็นในการกำหนดสัญญาณไฟ เขียว เหลือง แดง ($\bar{X}=2.75$) และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ แสดงความคิดเห็นกำหนดแนวทางการดำเนินโครงการจัดทำระบบเตือนภัยพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา ($\bar{X}=2.67$)

ตารางที่ 4.3 ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศิลา จังหวัดเพชรบูรณ์การมีส่วนร่วมตัดสินใจ

การมีส่วนร่วมของ ประชาชน	บ้านกลาง			บ้านหินโงน			บ้านวังก้นหวด		
	$\bar{X}$	<i>S.D.</i>	ระดับ	$\bar{X}$	<i>S.D.</i>	ระดับ	$\bar{X}$	<i>S.D.</i>	ระดับ
1. ท่านมีส่วนร่วมเข้า มาร่วมเลือกพื้นที่ ติดตั้งเครื่องเตือนภัย สำหรับพื้นที่ดิน ถล่ม	2.59	0.89	มาก	2.31	0.96	มาก	2.78	1.17	มาก
2. ท่านมีส่วนร่วมเลือก แนวทางการ ดำเนินงานที่ เหมาะสมสำหรับ การจัดทำระบบ เตือนภัยดินถล่ม	2.66	0.75	มาก	2.32	0.96	น้อย	2.75	1.08	มาก
3. ท่านมีส่วนร่วมเลือก พื้นที่ที่เหมาะสม สำหรับอพยพหนีภัย ดินถล่มไปยังพื้นที่ ปลอดภัย	2.80	0.88	มาก	2.45	1.01	น้อย	2.82	1.08	มาก
4. ท่านมีส่วนร่วมเข้า มาร่วมเลือกเกณฑ์ สัญญาณไฟเขียว เหลือง แดง ที่ เหมาะสม	2.59	0.96	มาก	2.15	1.02	น้อย	2.87	1.17	มาก
รวม	2.66	0.87	มาก	2.31	0.99	น้อย	2.81	1.13	มาก

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัย สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขตอำเภอศิลา จังหวัดเพชรบูรณ์การมีส่วนร่วมตัดสินใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ บ้านกลาง ($\bar{X}=2.73$) รองลงมา คือ บ้านวังก้นหวด ($\bar{X}=2.68$) และระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ บ้านหินโง่น ($\bar{X}=2.37$) เมื่อพิจารณาการมีส่วนร่วมของประชาชนเป็นรายข้อ พบว่า

บ้านกลาง การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ เข้าร่วมกับชุมชนของท่านในการเฝ้าระวังและประสานงานของเครือข่ายระหว่างชุมชน ($\bar{X}=2.98$) รองลงมา คือ ร่วมอบรมทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องเตือนภัย ดินถล่ม ($\bar{X}=2.91$) และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ ร่วมช่วยเหลือในการติดตั้งเครื่องเตือนภัย เช่น ช่วยปรับพื้นที่ ถางหญ้า ขุดหลุม และอำนวยความสะดวกอื่น ๆ ($\bar{X}=2.42$)

บ้านหินโง่น การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับน้อย การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ มีส่วนร่วมเลือกพื้นที่เหมาะสมสำหรับอพยพหนีภัยดินถล่มไปยังพื้นที่ปลอดภัย ($\bar{X}=2.45$) รองลงมา มีส่วนร่วมเลือกแนวทางการดำเนินงานที่เหมาะสมสำหรับการจัดทำระบบเตือนภัยดินถล่ม คือ ($\bar{X}=2.32$) และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ มีส่วนร่วมเลือกเกณฑ์สัญญาณไฟเขียว เหลือง แดง ที่เหมาะสม ($\bar{X}=2.15$)

บ้านวังก้นหวด การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ มีส่วนร่วมเลือกเกณฑ์สัญญาณไฟเขียว เหลือง แดง ที่เหมาะสม ($\bar{X}=2.87$) รองลงมา คือ มีส่วนร่วมเลือกพื้นที่เหมาะสมสำหรับอพยพหนีภัยดินถล่มไปยังพื้นที่ปลอดภัย ($\bar{X}=2.82$) และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ มีส่วนร่วมเลือกแนวทางการดำเนินงานที่เหมาะสมสำหรับการจัดทำระบบเตือนภัยดินถล่ม ($\bar{X}=2.75$)

ตารางที่ 4.4 ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอสิดา จังหวัดเพชรบูรณ์การมีส่วนร่วมปฏิบัติตามโครงการ

การมีส่วนร่วมของ ประชาชน	บ้านกลาง			บ้านหินโงน			บ้านวังก้นหวด		
	$\bar{X}$	<i>S.D.</i>	ระดับ	$\bar{X}$	<i>S.D.</i>	ระดับ	$\bar{X}$	<i>S.D.</i>	ระดับ
1. ท่านได้เข้าร่วมอบรม ทำความเข้าใจเกี่ยวกับ การทำงานของเครื่อง เตือนภัยดินถล่ม	2.91	0.86	มาก	2.59	1.04	มาก	2.81	1.19	มาก
2. ท่านได้เข้าร่วมกับ ชุมชนของท่านในการ เฝ้าระวังและ ประสานงานของ เครือข่ายระหว่าง ชุมชน	2.98	0.66	มาก	2.41	0.98	น้อย	2.72	1.11	มาก
3. ท่านได้ร่วมช่วยเหลือ ในการติดตั้งเครื่อง เตือนภัย เช่น ช่วย ปรับพื้นที่ ถางหญ้า ขุดหลุม และอำนวยความสะดวกอื่นๆ	2.42	0.82	น้อย	2.24	1.03	น้อย	2.55	1.16	มาก
4. ท่านได้ร่วมดูแลรักษา เครื่องเตือนภัย	2.61	0.84	มาก	2.25	1.00	น้อย	2.63	1.17	มาก
รวม	2.73	0.80	มาก	2.37	1.01	น้อย	2.68	1.16	มาก

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำหลาก- ดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขตอำเภอสิดา จังหวัดเพชรบูรณ์การมีส่วนร่วมปฏิบัติตามโครงการ ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ บ้านกลาง ($\bar{X}=2.73$) รองลงมา คือ บ้านวังก้นหวด ($\bar{X}=2.68$) และระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ บ้านหินโงน ($\bar{X}=2.37$) เมื่อพิจารณาการมีส่วนร่วมของประชาชนเป็นรายข้อ พบว่า

บ้านกลาง การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ เข้าร่วมกับชุมชนของท่านในการเฝ้าระวังและประสานงานของเครือข่ายระหว่างชุมชน ($\bar{X}=2.98$) รองลงมา คือ ร่วมอบรมทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องเตือนภัยดินถล่ม ($\bar{X}=2.91$) และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ ร่วมช่วยเหลือในการติดตั้งเครื่องเตือนภัย เช่น ช่วยปรับพื้นที่ ถางหญ้า ขุดหลุม และอำนวยความสะดวกอื่น ๆ ($\bar{X}=2.42$)

บ้านหินโง่น การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับน้อย การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ ร่วมอบรมทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องเตือนภัย ดินถล่ม ($\bar{X}=2.59$) รองลงมา คือ เข้าร่วมกับชุมชนของท่านในการเฝ้าระวังและประสานงานของเครือข่ายระหว่างชุมชน ($\bar{X}=2.41$) และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ ร่วมช่วยเหลือในการติดตั้งเครื่องเตือนภัย เช่น ช่วยปรับพื้นที่ ถางหญ้า ขุดหลุม และอำนวยความสะดวกอื่น ๆ ($\bar{X}=2.24$) บ้านวังกั้นหวด การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ ร่วมอบรมทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องเตือนภัย ดินถล่ม ($\bar{X}=2.81$) รองลงมา คือ เข้าร่วมกับชุมชนของท่านในการเฝ้าระวังและประสานงานของเครือข่ายระหว่างชุมชน ($\bar{X}=2.72$) และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ ร่วมช่วยเหลือในการติดตั้งเครื่องเตือนภัย เช่น ช่วยปรับพื้นที่ ถางหญ้า ขุดหลุม และอำนวยความสะดวกอื่นๆ ($\bar{X}=2.55$)

ตารางที่ 4.5 ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย
ดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขตอำเภอศีลา จังหวัดเพชรบูรณ์การมีส่วนร่วมในการติดตาม
และประเมินผล

การมีส่วนร่วมของ ประชาชน	บ้านกลาง			บ้านหินโงน			บ้านวังกั้นหวด		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ท่านได้ร่วมส่งมอบ เครื่องมือร่วมกับ โครงการ	2.29	0.90	น้อย	2.22	1.07	น้อย	2.41	1.15	น้อย
2. ท่านได้ร่วมตรวจสอบ การทำงานของเครื่อง เตือนภัย	2.34	0.77	น้อย	2.27	1.05	น้อย	2.45	1.05	น้อย
3. ท่านได้ร่วมในการ ซ่อมทำความเข้าใจ เครื่องเตือนภัย	2.69	0.77	มาก	2.59	1.05	มาก	2.67	1.09	มาก
4. ท่านได้รับความอุ่น ใจความปลอดภัยหลัก จากติดตั้งเครื่องเตือน ภัย	2.90	0.89	มาก	3.09	1.05	มาก	3.13	1.12	มาก
รวม	2.56	0.83	มาก	2.54	1.06	มาก	2.67	1.10	มาก

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัย
สำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศีลา จังหวัดเพชรบูรณ์การมีส่วนร่วม
ร่วมในการติดตามและประเมินผล ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมาก
ที่สุด คือ บ้านวังกั้นหวด ($\bar{X}=2.67$) รองลงมา คือ บ้านกลาง ($\bar{X}=2.56$) และระดับการมีส่วนร่วม
ของประชาชนน้อยที่สุด คือ บ้านหินโงน ($\bar{X}=2.54$) เมื่อพิจารณาการมีส่วนร่วมของประชาชนเป็น
รายข้อ พบว่า

บ้านกลาง การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชน
มากที่สุด คือ ได้รับความอุ่นใจความปลอดภัยหลักจากติดตั้งเครื่องเตือนภัย ($\bar{X}=2.90$) รองลงมา
คือ ได้ร่วมในการซ่อมทำความเข้าใจเครื่องเตือนภัย ($\bar{X}=2.69$) และการมีส่วนร่วมของประชาชน
น้อยที่สุด คือ ได้ร่วมส่งมอบเครื่องมือร่วมกับโครงการ ($\bar{X}=2.29$)

บ้านหินโง่น การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ ได้รับความเข้าใจความปลอดภัยหลักจากติดตั้งเครื่องเตือนภัย ($\bar{X}=3.09$) รองลงมาคือ ได้ร่วมในการซ่อมทำความเข้าใจเครื่องเตือนภัย ($\bar{X}=2.59$) และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ ได้ร่วมส่งมอบเครื่องมือร่วมกับโครงการ ($\bar{X}=2.22$)

บ้านวังก้นหวด การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ ได้รับความเข้าใจความปลอดภัยหลักจากติดตั้งเครื่องเตือนภัย ($\bar{X}=3.13$) รองลงมา คือ ได้ร่วมในการซ่อมทำความเข้าใจเครื่องเตือนภัย ($\bar{X}=2.67$) และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ ได้ร่วมส่งมอบเครื่องมือร่วมกับโครงการ ($\bar{X}=2.41$)

4.3 การสร้างเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม จังหวัดเพชรบูรณ์

จากการติดตามผลการสร้างเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยการประยุกต์ใช้เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายและโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา โดยอาศัยความร่วมมือของทุกภาคส่วน โดยเฉพาะคนในชุมชนซึ่งเป็นหัวใจสำคัญอยู่ที่การมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน ร่วมกันเรียนรู้ร่วมกันแสวงหาปัญหา และคิดค้นแนวทางออกเพื่อแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาที่เป็นเรื่องอันเป็นฉันทามติของชุมชน ทำงานร่วมกันทั้งแก้ปัญหา ได้ผลการสำรวจระดับความคิดเห็น ดังแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.1 ระดับความคิดเห็นต่อระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม จังหวัดเพชรบูรณ์

ข้อ	รายการ	ระดับความคิดเห็น		
		$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1	ท่านมีส่วนเข้าร่วมเลือกพื้นที่ติดตั้งเครื่องเตือนภัยสำหรับพื้นที่ดินถล่ม	3.15	1.27	ดี
2	ท่านมีส่วนร่วมเลือกแนวทางการดำเนินงานที่เหมาะสมสำหรับการจัดทำระบบเตือนภัยดินถล่ม	3.43	0.85	ดี
3	ท่านมีส่วนร่วมเลือกพื้นที่เหมาะสมสำหรับอพยพหนีภัยดินถล่มไปยังพื้นที่ปลอดภัย	3.64	0.69	ดีมาก
4	ท่านมีส่วนร่วมเข้าร่วมเลือกเกณฑ์สัญญาณไฟเขียว เหลือง แดงที่เหมาะสม	3.39	0.87	ดี
5	ท่านได้เข้าร่วมอบรมทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องเตือนภัยดินถล่ม	3.47	0.81	ดี
6	ท่านได้เข้าร่วมกับชุมชนของท่านในการเฝ้าระวังและประสานงานของเครือข่ายระหว่างชุมชน	3.53	0.79	ดีมาก
7	ท่านได้ร่วมช่วยเหลือในการติดตั้งเครื่องเตือนภัย เช่น ช่วยปรับพื้นที่ ถางหญ้า ขุดหลุม และอำนวยความสะดวกอื่นๆ	3.43	0.85	ดี
8	ท่านได้ร่วมดูแลรักษาเครื่องเตือนภัย	3.45	0.84	ดี
9	ท่านได้ร่วมส่งมอบเครื่องมือร่วมกับโครงการ	3.46	0.85	ดี
เฉลี่ย		3.44	0.87	ดี

จากตารางที่ 4.19 พบว่า ระดับความคิดเห็นต่อระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม จังหวัดเพชรบูรณ์ภาพรวมอยู่ในระดับดี และเมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ระดับความคิดเห็นต่อระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม จังหวัดเพชรบูรณ์ อยู่ในระดับดีเกือบทุกรายการ ยกเว้น การมีส่วนร่วมเลือกพื้นที่เหมาะสมสำหรับอพยพหนีภัยดินถล่มไปยังพื้นที่ปลอดภัย และการเข้าร่วมกับชุมชนของท่านในการเฝ้าระวังและประสานงานของเครือข่ายระหว่างชุมชน อยู่ในระดับดีมาก เมื่อพิจารณาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของพฤติกรรมในทุกประเด็น มีค่าไม่เกิน 1 ยกเว้นการเข้าร่วมเลือกพื้นที่ติดตั้งเครื่องเตือนภัยสำหรับพื้นที่ดินถล่มที่มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าพฤติกรรมของผู้เข้ารับการอบรมไม่มีความแตกต่างกันมากนักในทุกประเด็น

เรื่องภัยพิบัติเป็นเรื่องที่ชุมชนต้องร่วมมือกันทั้งในแง่ความคิด ความสามัคคี เนื่องจากภัยพิบัติที่เกิดขึ้นชุมชนสามารถจัดการตนเองได้ถึงแม้จะไม่มากแต่ก็ช่วยชะลอความรุนแรงที่จะเกิดขึ้นในชุมชนได้ โดยแต่ละชุมชนใช้วิธีการจัดการภัยพิบัติด้วยภาคประชาชนเอง คือ คนในชุมชนต้องไม่รอให้ใครมาช่วยเหลือ เพราะภัยพิบัติไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้แต่จะอย่างไรให้สามารถใช้ชีวิตอยู่ร่วมกับภัยพิบัติได้นั้นคือสิ่งที่คนในชุมชนต้องช่วยกันคิดช่วยกันทำ รวมทั้งต้องหาวิธีการแก้ปัญหาแบบยั่งยืน ชุมชนท้องถิ่นต้องมีกลไก มีแผนในการจัดการภัยพิบัติ พลังชุมชนในวันนี้จะเป็นแรงผลักดันทำให้การจัดการปัญหาภัยพิบัติด้วยตนเองสำเร็จลุล่วงก็ต่อเมื่อทุกฝ่ายหันหน้าเข้าหากันระดมความคิด วางแผนหาแนวทางป้องกันภัยพิบัติในระยะยาว เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาภัยพิบัติอย่างยั่งยืนของชุมชน

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาของจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยศึกษาและออกแบบพัฒนาการสร้างระบบเตือนภัยและเฝ้าระวังภัยพิบัติของจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยการประยุกต์ใช้เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายและโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาของจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยอาศัยความร่วมมือของทุกภาคส่วน โดยเฉพาะคนในชุมชนซึ่งเป็นหัวใจสำคัญอยู่ที่การมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน ร่วมกันเรียนรู้ร่วมกันแสวงหาปัญหา และคิดค้นแนวทางออกเพื่อแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาที่เป็นเรื่องอันเป็นจันทามติของชุมชนทำงานร่วมกันทั้งแก้ปัญหา และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยใช้จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบเตือนภัยและระบบการเฝ้าระวังน้ำหลากและดินถล่มโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน จนสามารถนำผลการวิจัยสู่การกำหนดนโยบายสาธารณะด้านการป้องกันภัยพิบัติของประเทศได้



รูปที่ 4.11 การสร้างเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่
เสี่ยงภัยดินถล่ม จังหวัดเพชรบูรณ์

4.4 ปัญหา อุปสรรคการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัย

ตารางที่ 4.6 ปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัย

ปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะ	จำนวน/คน	ร้อยละ
ปัญหาและอุปสรรคการมีส่วนร่วมในการจัดทำระบบเตือนภัย		
1. ฝนตกบ่อยทำให้ดินถล่ม น้ำท่วม ถนนลื่น การคมนาคมไม่สะดวก	108	27.20
2. ประชาชนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจเรื่องระบบเตือนภัย	76	19.14
3. สัญญาณเตือนภัยเสียงดังไม่ทั่วถึง	50	12.59
4. สัญญาณเตือนภัยบางครั้งไม่มีเสียงดัง เมื่อมีภัยมา	48	12.09
5. ดินถล่ม ทำให้ถนนเสียหาย	44	11.08
6. ขาดเครื่องมือในการอพยพผู้ประสบภัยและความพร้อมของเจ้าหน้าที่	43	10.83
7. การประกาศข่าวสารแจ้งเตือนไม่ทั่วถึง	30	7.56
ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดทำระบบเตือนภัย		
1. การจัดทำระบบเตือนภัยเป็นสิ่งที่ดีกับประชาชน	95	23.93
2. ควรติดตั้งสัญญาณเตือนภัยให้ครบทุกหมู่บ้าน	87	21.91
3. ควรทำความเข้าใจในชุมชน สร้างความสามัคคีเมื่อเกิดภัยต่างๆ	72	18.14
4. ติดตั้งระบบเตือนภัยมีเสียงดังได้ยินอย่างทั่วถึง	56	14.11
5. ควรเพิ่มเสียงประกาศตามสายแจ้งเตือนด้วย	41	10.33
6. ควรเชื่อมโยงข้อมูลข่าวสารการเตือนภัยในแต่ละหมู่บ้าน	30	7.56
7. ควรจัดผู้เชี่ยวชาญเรื่องระบบเตือนภัย เมื่อภัยมาจะได้ช่วยเหลือได้ทันทั่วถึง	16	4.03

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ปัญหาและอุปสรรคการมีส่วนร่วมในการจัดทำระบบเตือนภัย ส่วนใหญ่ ปัญหาที่พบ คือ ฝนตกบ่อยทำให้ดินถล่ม น้ำท่วม ถนนลื่น การคมนาคมไม่สะดวก คิดเป็นร้อยละ 22.20 รองลงมา คือ ประชาชนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจเรื่องระบบเตือนภัย คิดเป็นร้อยละ 19.14 และปัญหาที่พบน้อยที่สุด คือ การประกาศข่าวสารแจ้งเตือนไม่ทั่วถึง คิดเป็นร้อยละ 7.56

ส่วนข้อเสนอแนะสำหรับการจัดทำระบบเตือนภัย คือ การจัดทำระบบเตือนภัยเป็นสิ่งที่ดีกับประชาชน มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 23.93 รองลงมา คือ ควรติดตั้งสัญญาณเตือนภัยให้ครบทุกหมู่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 21.91 และควรจัดผู้เชี่ยวชาญเรื่องระบบเตือนภัย เมื่อภัยมาจะได้ช่วยเหลือได้ทันทั่วถึง น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 4.03

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงระดับการมีส่วนร่วมของประชาชน ในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา ในเขต อำเภอศีลา จังหวัด เพชรบูรณ์ประชากรที่ใช้ศึกษา ได้แก่ ประชาชนที่อยู่อาศัยภายในเขตพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำหลาก-ดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา บ้านกลาง บ้านหินโง่น และบ้านวังก้นหวด จังหวัดเพชรบูรณ์จำนวน 396 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ได้แก่ แบบสอบถาม ซึ่งสร้างขึ้นตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อใช้รวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศีลา จังหวัดเพชรบูรณ์ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก พิจารณาผลการศึกษาในแต่ละด้านสรุปได้ดังนี้

5.1.1 การมีส่วนร่วมคิด

ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศีลา จังหวัดเพชรบูรณ์การมีส่วนร่วมคิด ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ บ้านกลาง รองลงมา คือ บ้านวังก้นหวด และระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ บ้านหินโง่น

เมื่อพิจารณาการมีส่วนร่วมของประชาชนเป็นรายข้อ พบว่า บ้านกลาง การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ เข้าร่วมประชุม เพื่อรับฟังความคิดเห็นโครงการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่ดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในชุมชนรองลงมา คือ ร่วมแสดงความคิดเห็นในการกำหนดพื้นที่เหมาะสมในการอพยพหนีภัยดินถล่มและการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ ร่วมแสดงความคิดเห็นในการกำหนดสัญญาณไฟ เขียว เหลือง แดง

บ้านหินโง่น การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ ร่วมประชุม เพื่อรับฟังความคิดเห็นโครงการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่ดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในชุมชน รองลงมา คือ รับแสดงความคิดเห็นกำหนดแนวทางการดำเนินโครงการจัดทำระบบเตือนภัยพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาและการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ ร่วมแสดงความคิดเห็นในการกำหนดสัญญาณไฟเขียว เหลือง แดง

บ้านวังก้นหวด การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ เข้าร่วมประชุม เพื่อรับฟังความคิดเห็นโครงการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่ดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในชุมชนรองลงมา คือ ร่วมแสดงความคิดเห็นในการกำหนดสัญญาณไฟ เขียว เหลือง แดง และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ รับแสดงความคิดเห็นกำหนดแนวทางการดำเนินโครงการจัดทำระบบเตือนภัยพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา

5.1.2 การมีส่วนร่วมตัดสินใจ

ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศีลา จังหวัดเพชรบูรณ์การมีส่วนร่วมตัดสินใจ ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ บ้านกลาง รองลงมา คือ บ้านวังก้นหวด และระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ บ้านหินโง่น

เมื่อพิจารณาการมีส่วนร่วมของประชนเป็นรายข้อ พบว่า บ้านกลาง การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ เข้าร่วมกับชุมชนของท่านในการเฝ้าระวังและประสานงานของเครือข่ายระหว่างชุมชน รองลงมา คือ ร่วมอบรมทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องเตือนภัย ดินถล่ม และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ ร่วมช่วยเหลือในการติดตั้งเครื่องเตือนภัย เช่น ช่วยปรับพื้นที่ ถางหญ้า ขุดหลุม และอำนวยความสะดวกอื่น ๆ

บ้านหินโง่น การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับน้อย การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ มีส่วนร่วมเลือกพื้นที่เหมาะสมสำหรับอพยพหนีภัยดินถล่มไปยังพื้นที่ปลอดภัยรองลงมา มีส่วนร่วมเลือกแนวทางการดำเนินงานที่เหมาะสมสำหรับการจัดทำระบบเตือนภัยดินถล่ม คือ และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ มีส่วนร่วมเลือกเกณฑ์สัญญาณไฟเขียว เหลือง แดง ที่เหมาะสม

บ้านวังก้นหวด การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ มีส่วนร่วมเลือกเกณฑ์สัญญาณไฟเขียว เหลือง แดง ที่เหมาะสม รองลงมา คือ มีส่วนร่วมเลือกพื้นที่เหมาะสมสำหรับอพยพหนีภัยดินถล่มไปยังพื้นที่ปลอดภัย และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ มีส่วนร่วมเลือกแนวทางการดำเนินงานที่เหมาะสมสำหรับการจัดทำระบบเตือนภัยดินถล่ม

5.1.3 การมีส่วนร่วมปฏิบัติตามโครงการ

ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศิลา จังหวัดเพชรบูรณ์การมีส่วนร่วมปฏิบัติตามโครงการในภาพรวมอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ บ้านกลาง รองลงมา คือ บ้านวังก้นหูด และระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ บ้านหินโง่น

เมื่อพิจารณาการมีส่วนร่วมของประชนเป็นรายข้อ พบว่า บ้านกลาง การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ เข้าร่วมกับชุมชนของท่านในการเฝ้าระวังและประสานงานของเครือข่ายระหว่างชุมชน รองลงมา คือ ร่วมอบรมทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องเตือนภัย ดินถล่ม และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ ร่วมช่วยเหลือในการติดตั้งเครื่องเตือนภัย เช่น ช่วยปรับพื้นที่ ถางหญ้า ขุดหลุม และอำนวยความสะดวกอื่นๆ

บ้านหินโง่น การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับน้อย การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ ร่วมอบรมทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องเตือนภัย ดินถล่ม รองลงมา คือ เข้าร่วมกับชุมชนของท่านในการเฝ้าระวังและประสานงานของเครือข่ายระหว่างชุมชน และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ ร่วมช่วยเหลือในการติดตั้งเครื่องเตือนภัย เช่น ช่วยปรับพื้นที่ ถางหญ้า ขุดหลุม และอำนวยความสะดวกอื่นๆ

บ้านวังก้นหูด การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ ร่วมอบรมทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องเตือนภัย ดินถล่ม รองลงมา คือ เข้าร่วมกับชุมชนของท่านในการเฝ้าระวังและประสานงานของเครือข่ายระหว่างชุมชน และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ ร่วมช่วยเหลือในการติดตั้งเครื่องเตือนภัย เช่น ช่วยปรับพื้นที่ ถางหญ้า ขุดหลุม และอำนวยความสะดวกอื่นๆ

5.1.4 การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล

ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศิลา จังหวัดเพชรบูรณ์การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ บ้านวังก้นหูด รองลงมา คือ บ้านกลาง และระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ บ้านหินโง่น

เมื่อพิจารณาการมีส่วนร่วมของประชนเป็นรายข้อ พบว่า บ้านกลาง การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ ได้รับความสนใจความปลอดภัยหลักจากติดตั้งเครื่องเตือนภัย รองลงมา คือ ได้ร่วมในการซ่อมทำความเข้าใจเครื่องเตือนภัย และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ ได้ร่วมส่งมอบเครื่องมือร่วมกับโครงการ

บ้านหินโงน การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ ได้รับความเข้าใจความปลอดภัยหลักจากติดตั้งเครื่องเตือนภัย รองลงมา คือ ได้ร่วมในการซ่อมทำความเข้าใจเครื่องเตือนภัย และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ ได้ร่วมส่งมอบเครื่องมือร่วมกับโครงการ

บ้านวังคันหวด การมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก การมีส่วนร่วมของประชาชนมากที่สุด คือ ได้รับความเข้าใจความปลอดภัยหลักจากติดตั้งเครื่องเตือนภัย รองลงมา คือ ได้ร่วมในการซ่อมทำความเข้าใจเครื่องเตือนภัย และการมีส่วนร่วมของประชาชนน้อยที่สุด คือ ได้ร่วมส่งมอบเครื่องมือร่วมกับโครงการ

5.2 ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ

ปัญหาและอุปสรรคการมีส่วนร่วมในการจัดทำระบบเตือนภัยส่วนใหญ่ ปัญหาที่พบคือ ฝนตกบ่อยทำให้ดินถล่ม น้ำท่วม ถนนลื่น การคมนาคมไม่สะดวก รองลงมา คือ ประชาชนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจเรื่องระบบเตือนภัย และปัญหาที่พบน้อยที่สุด คือ การประกาศข่าวสารแจ้งเตือนไม่ทั่วถึง ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดทำระบบเตือนภัย คือ การจัดทำระบบเตือนภัยเป็นสิ่งที่ดีกับประชาชน มากที่สุด รองลงมา คือ ควรติดตั้งสัญญาณเตือนภัยให้ครบทุกหมู่บ้าน และควรจัดผู้เชี่ยวชาญเรื่องระบบเตือนภัย เมื่อภัยมาจะได้ช่วยเหลือได้ทันท่วงทีน้อยที่สุด

จากการวิจัยเรื่องการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา ในเขตอำเภอศีลา หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการแก้ไข ปรับปรุง และพัฒนาระบบเตือนภัย ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ควรเปิดโอกาสให้ผู้นำชุมชนตลอดจนประชาชนในท้องถิ่นเข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินงานและรับทราบปัญหาการดำเนินงานต่างๆ ของระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย เพิ่มความร่วมมือและประสานงานระหว่างชุมชนกับองค์การบริหารส่วนตำบลในการบริหารงานของระบบเตือนภัย และใช้ผลการวิจัยในการสร้างการมีส่วนร่วมต่อกิจกรรมการพัฒนา ระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา ในเขต อำเภอศีลา จังหวัดเพชรบูรณ์ให้มากขึ้นในทุกด้าน โดยกำหนดให้มีแผนการมีส่วนร่วมให้ชัดเจน ดำเนินการอย่างเป็นรูปธรรม รวมทั้งจัดให้มีการประเมินผลและปรับปรุงการมีส่วนร่วมให้บังเกิดผลมากขึ้น

5.3 อภิปรายผล

ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศิลา จังหวัดเพชรบูรณ์

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว พบว่าประชาชนมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขตอำเภอศิลา จังหวัดเพชรบูรณ์อยู่ในระดับมากทั้งทางด้านการมีส่วนร่วมคิด การมีส่วนร่วมตัดสินใจ การมีส่วนร่วมปฏิบัติตามโครงการ การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล จึงทำให้ระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศิลา จังหวัดเพชรบูรณ์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอนุชัย วิทยาสรเพชร (2551, หน้า 57-61) ได้ศึกษาผลการดำเนินการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมแบบบูรณาการ ศึกษากรณีเทศบาลเมืองทุ่งสง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลการดำเนินการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมแบบบูรณาการของเทศบาลเมืองทุ่งสงของประชาชนในเขตเทศบาลเมืองทุ่งสง ประชากรที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้ ได้แก่ ประชาชนที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป มีภูมิลำเนาอยู่ในเขตบ้านกลางทุ่งสง อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 200 คน การดำเนินงานตามแผนงานของคณะกรรมการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมแบบบูรณาการของเทศบาลเมืองทุ่งสง มีประสิทธิผล วิธีการแก้ปัญหาน้ำท่วมทั้งด้านกายภาพและสังคมสามารถแก้ไขบรรลุลผลอย่างมีประสิทธิภาพ ข้อเสนอแนะเพื่อเพิ่มศักยภาพในการวางแผน โดยกำหนดเป็นผังยุทธศาสตร์ใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์สถานการณ์ของพื้นที่และวิเคราะห์ศักยภาพขององค์กรตามประเด็นสำคัญอย่างรอบคอบ มีการบูรณาการให้ได้ยุทธศาสตร์ที่เหมาะสมและสนับสนุนกันเพื่อมุ่งไปสู่เป้าหมายร่วมกัน ซึ่งการมีส่วนร่วม คือ ความรู้ ทักษะ และ การรับรู้ข่าวสารได้รับทราบข่าวสารแจ้งเตือนภัยก่อนเกิดเหตุ ทำให้ประชาชนได้เตรียมตัวรับมือกับสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้น อีกทั้งยังหาแนวทางป้องกันภัยได้ทันทั่วทั้งซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภวัฒน์ เพชรวงศ์ (2550) ได้ทำการศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการควบคุมไฟฟ้า อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุดรดิษฐ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการควบคุมไฟฟ้า อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุดรดิษฐ์ และเพื่อเปรียบเทียบระดับการศึกษา การรับรู้ข่าวสารและความรู้เรื่องไฟฟ้าของประชาชนต่อการมีส่วนร่วมในการควบคุมไฟฟ้า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 200 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ผลการวิจัย พบว่า การมีส่วนร่วมของประชาชนในการควบคุมไฟฟ้าในภาพรวม ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านการตัดสินใจ ด้านการดำเนินกิจกรรม และด้านการติดตามประเมินผล อยู่ในระดับน้อย ประชาชนมีระดับการศึกษาแตกต่างกัน มีการรับรู้ข้อมูลข่าวสารจากแหล่งความรู้ที่แตกต่างกัน และปัญหา อุปสรรคที่ทำให้ประชาชนไม่สามารถเข้าร่วมในการควบคุมไฟฟ้าได้ ส่วนใหญ่เนื่องจากมีภาระในการประกอบอาชีพ กลุ่ม/องค์กรในหมู่บ้านที่

ต้องการให้มีบทบาทในการควบคุมไฟฟ้า คือ คณะ กรรมการหมู่บ้าน และมีความคิดเห็นว่า ประชาชนสามารถมีส่วนร่วมในการควบคุมไฟฟ้าได้โดยคนในชุมชนช่วยกันดูแล รักษา ป้องกัน และดับไฟฟ้ากันเอง

การมีส่วนร่วมของประชาชน ในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา พบว่า การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับ พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศิลา จังหวัดเพชรบูรณ์ในภาพรวมอยู่ใน ระดับมากเมื่อพิจารณาระดับการมีส่วนร่วมของแต่ละอำเภอพบว่า บ้านวังกั้นหวดมีระดับการมี ส่วนร่วมมากที่สุดรองลงมาคือบ้านกลางและบ้านหินโง่นมีระดับการมีส่วนร่วมน้อยที่สุด เพราะ ประชาชนในเวียงป่าเป้ามีความสนใจในความปลอดภัยเนื่องจากสภาพพื้นที่ของอำเภอดังกล่าวเป็น ที่ลาดเชิงเขา ส่วนบ้านกลางระดับรองลงมาเพราะสภาพพื้นที่ของอำเภอดังกล่าวมีส่วนน้อยที่เป็น พื้นที่เสี่ยงภัยและบ้านหินโง่นระดับน้อยที่สุดเพราะว่าประชาชนในพื้นที่ดังกล่าวขาดความสนใจใน ความปลอดภัยและมุ่งที่จะประกอบอาชีพเพื่อเลี้ยงครอบครัวจึงไม่ค่อยมีเวลาให้กับกิจกรรมหรือ โครงการดังกล่าว หากมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในระบบเตือนภัยก็จะทำให้ระบบเตือนภัยมี ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้งประชาชนยังได้รับข้อมูลข่าวสารการแจ้งเตือนได้อย่างรวดเร็ว ซึ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ พระพงษ์ ยุทธาจิต (2548) ได้ทำการศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลอง FFW สำหรับพยากรณ์และเตือนภัยน้ำหลากในกลุ่มน้ำโขงทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ได้นำแบบจำลอง Flood Forecast and Warning (FFW) ที่พัฒนาโดยใช้ภาษา FORTRAN มา ประยุกต์ใช้ในการสร้างระบบพยากรณ์และเตือนภัยล่วงหน้า เนื่องจากอุทกภัยจากน้ำป่าไหลบ่า แบบฉับพลันในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงในส่วนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งใน แบบจำลองนี้ได้นำเอาทฤษฎี Extended Kalman Filter (EKF) มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้สมการแบบไร้เชิงเส้นสามารถพยากรณ์และเตือนภัยครอบคลุมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำโขง ได้ทำการคัดเลือกสถานีวัดน้ำ ให้กระจายครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำโขง มีจำนวน 8 สถานี คือ สถานี Kh.18 สถานี Kh.53 สถานี Kh.58A สถานี Kh.86 สถานี Kh.90 สถานี Kh.91 สถานี Kh.92 และสถานี Kh.101 กรณีการเกิดน้ำ หลากในพื้นที่ลุ่มน้ำมี 2 ลักษณะ คือ ฝนตกปานกลางและฝนตกหนักมาก ซึ่งเวลาที่ใช้คำนวณในแต่ละครั้งประมาณ 2-3 วินาทีเท่านั้น จากผลการคำนวณของแบบจำลองพบว่าสามารถทำนายโค้งน้ำ หลาก (Flood Hydrograph) ช่วงก่อนและหลังฝนตกหนักได้เป็นอย่างดี สามารถทำนายเส้นโค้งน้ำ หลากช่วงฝนตกหนักที่ข้อมูลขาดหายไปได้ด้วย อีกทั้งยังสามารถคำนวณการเกิดน้ำเอ่อท่วมล้นตลิ่ง ในพื้นที่ลุ่มน้ำได้

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาวิจัยถึงศักยภาพและแนวทางในการดำเนินงานของระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา ในเขต อำเภอศีลา จังหวัดเพชรบูรณ์

2. ควรจัดให้มีการวิจัยในเชิงลึกถึงแนวทางและวิธีการมีส่วนร่วมในการพัฒนาระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา ในเขต อำเภอศีลา จังหวัดเพชรบูรณ์ที่สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ได้จริงในระดับปฏิบัติการ

3. ควรจัดให้มีการวิจัยถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการมีส่วนร่วมโดยแยกเป็นรายด้าน เพื่อที่จะได้วิเคราะห์ถึงตัวแปรที่เป็นปัจจัยในการก่อให้เกิดการมีส่วนร่วม เพื่อที่จะได้มีการกำหนดแผนการดำเนินการให้ประชาชนมีส่วนร่วมได้ชัดเจนและเป็นรูปธรรมมากขึ้น

ข้อเสนอแนะดังกล่าวเพื่อที่จะได้นำไปเป็นแนวทางและปรับปรุงการจัดทำโครงการระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัย บริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาให้มีประสิทธิภาพ ประสิทธิผลในพื้นที่ดังกล่าวเพื่อลดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนให้มีความเป็นอยู่อย่างปลอดภัย

เอกสารอ้างอิง

- กมล สดประเสริฐ. (2540). การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมของผู้ปฏิบัติ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานประสานโครงการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์.
- กรมทรัพยากรน้ำ 2548. โครงการกำหนดค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (Antecedent Precipitation Index: API) เพื่อสนับสนุนการเตือนภัยล่วงหน้า น้ำท่วมฉับพลัน-แผ่นดินถล่ม. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- ขนิษฐา กาญจนารังสี. (2547). การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม. ค้นเมื่อ ธันวาคม 6, 2549 จาก [http:// www.rajabhat.ac.th](http://www.rajabhat.ac.th).
- จิรายุ ทองเขาอ่อน. (2537). “การมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตรในจังหวัดลาปูน”. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการส่งเสริมการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชัยรัตน์ วงศ์ฟู. (2545). “ปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของราษฎรบ้านป่าแดงในการจัดการป่าชุมชนจังหวัดแพร่”. การค้นคว้าแบบอิสระวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการบริหารทรัพยากรป่าไม้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จิตชัย อนันตเศรษฐ์. (2550). ปัญหาดินถล่มในจังหวัดเชียงใหม่และภาคเหนือตอนบน. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ทานตะวัน อินทร์จันทร์. (2546). “การมีส่วนร่วมของคณะกรรมการชุมชนในการพัฒนาชุมชนย่อยในเขตเทศบาลเมืองลาปูน”. การค้นคว้าแบบอิสระรัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นิตยา เงินประเสริฐศรี. (2544). การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์. กรุงเทพมหานคร
- พงษ์ศักดิ์ ฉัตรเดชะ. (2540). “การมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์พื้นที่อุทยานแห่งชาติแม่โต อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่”. การค้นคว้าแบบอิสระศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการส่งเสริมการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พันธ์ทิพย์ งามสุด. (2540). การวิจัยปฏิบัติอย่างมีส่วนร่วม. กรุงเทพมหานคร: พี เอ ลีฟวิ่ง.
- พีระพงษ์ยุทธาจิต. (2548). การประยุกต์ใช้แบบจำลอง FFW สำหรับพยากรณ์และเตือนภัยน้ำหลากในกลุ่มน้ำโขงทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

- เพียรเลิศ ธีระงานง. (2543). “การมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ป่าต้นน้ำธารผืนที่ ต้นน้ำแม่สาละ อาเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่”. การค้นคว้าแบบอิสระศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รักษาดิ วัฒนาประชากร. (2542). “การมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการสวนป่ากลางดง อาเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา”. การค้นคว้าแบบอิสระวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวนศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- วรรณชัย คูทองกุล. (2552). การวิเคราะห์ปัจจัยดินถล่มในพื้นที่อาเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา. ภาควิชาธรณี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วาสนา นารักษ์. (2542). “การรับรู้สิทธิผู้ปวยของประชาชนในจังหวัดสมุทรปราการ”. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ศลิษา พึ่งแสงแก้ว. (2537). “การมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ป่าไม้: ศึกษาเฉพาะกรณีป่าชุมชนบ้านห้วยแก้ว อาเภอสันคาแพง จังหวัดเชียงใหม่”. วิทยานิพนธ์พัฒนศาสตร์มหาบัณฑิต. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- ศุภวัฒน์เพชรวงศ์. (2550). การมีส่วนร่วมของประชาชนในการควบคุมไฟป่า อาเภอน้ำปาด จังหวัดอุดรดิ. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิ
- สมเด็จ สาฉลาด. (2546). “ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้กับพฤติกรรมการมีส่วนร่วมของนักเรียนในการป้องกันและแก้ไขปัญหายาบ้าในโรงเรียน”. การค้นคว้าแบบอิสระศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย เชียงใหม่.
- สังคม สุภรัตนกุล. (2546). “การรับรู้บทบาทและแรงจูงใจของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขกับการปฏิบัติปฏิบัติงานในการให้บริการหลักในศูนย์สุขภาพชุมชนจังหวัดหนองบัวลาภู”. วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารสาธารณสุข บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุภางค์ จันทวานิช. (2547). การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเชิงคุณภาพ. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรัสวดี หุ่นพยนต์. (2528). “ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในกิจกรรมพัฒนาชุมชนของประชาชนยากจน: ศึกษาเฉพาะกรณีหมู่บ้านชาดิน ตาบลวังน้ำลัด อาเภอไพสาลี จังหวัดนครสวรรค์”. วิทยานิพนธ์สังคมสงเคราะห์ศาสตรมหาบัณฑิต คณะสังคมสงเคราะห์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ .

- สุริยา วีรวงศ์. (2546). แนวคิดการวิจัยและพัฒนา: วิธีการและเทคนิคการวิจัย. ค้นเมื่อ พฤศจิกายน 2, 2549 จาก [http:// It.ribr.ac.th/person/kanes/KTMRIBR/history/h6.html](http://It.ribr.ac.th/person/kanes/KTMRIBR/history/h6.html)
- สุริย์ หน่อโพธิ์. (2550). “การมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการปัญหาที่เกิดจากสารแคดเมียมในพื้นที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก”. การค้นคว้าแบบอิสระศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อนุชัช วิทยาสรรเพชร. (2551). ผลการดำเนินการป้องกันและแก้ไขปัญหา น้ำท่วมแบบบูรณาการ ศึกษา กรณีเทศบาลเมืองทุ่งสง. การศึกษาอิสระรัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อมรา พงศาพิชญ์. (2531). รวมบทความการวิจัยเชิงคุณภาพ (อัดสำเนา)
- Burland, J. B. & Ridley, A. M. (1996). The importance of suction in soil mechanics. Proceedings of the 12th Southeast Asian Geotechnical Conference, Kuala Lumpur. Vol 2, 27-49.
- Chodhury and Blanchard. (1983). Available source: <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/1994/ts3/ts3006.asp>, February 2007
- Gray, D.H. and Sotir, R.B. (1996). Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization, A Practical Guide for Erosion Control, John Wiley & Sons, USA
- Johnson, K.A., and Sitar, N. 1990. Hydrological conditions leading to debris-flow initiation. Canadian Geotechnical Journal, 27: 789-801
- Kirlinger, F. N. (1992), Foundations of Behavioral Research, 3rd ed., Harcourt Brace College Publishers. Orlando, FL.
- Linsley, R.K., Kohler, M.A., & Paulhus, J.L.H., (1949). Applied Hydrology, First Edition, McGraw-Hill Book company, Inc., New York, 689 P.
- Vaughan, P.R. (1985) Pore pressures due to infiltration into partly saturated slopes. Proc. 1st International Conference on Geomechanics in Tropical Lateritic and Saprolitic soils. Vol 2 Brazil.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ปัจจัยส่วนบุคคล	บ้านกลาง		บ้านหินโงน		บ้านวังก้นหวด	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
เพศ						
ชาย	83	66.40	89	56.70	46	40.40
หญิง	42	33.60	68	43.30	68	59.60
อายุ						
อายุ 15-25 ปี	30	24.00	54	34.40	69	60.50
อายุ 26-35 ปี	28	22.40	51	32.50	26	22.80
อายุ 36-45 ปี	41	32.80	28	17.80	14	12.30
อายุ 46 ขึ้นไป	26	20.80	24	15.30	5	4.40
ระดับการศึกษา						
ไม่ได้ศึกษา	22	17.60	50	31.80	10	8.80
ประถมศึกษา	59	47.20	59	37.60	37	32.50
มัธยมศึกษา	37	29.60	32	20.40	58	50.90
ปริญญาตรี/สูงกว่าปริญญาตรี	7	5.60	16	10.20	9	7.90
อาชีพ						
รับข้าราชการ	2	1.60	11	7.00	2	1.80
ผู้นำชุมชน	10	8.00	8	5.10	11	9.60
ค้าขาย	27	21.60	9	5.70	15	13.20
เกษตรกร	79	63.20	94	59.90	36	31.60
อื่นๆ เช่น พนักงานรัฐวิสาหกิจ รับจ้าง ธุรกิจส่วนตัว และ นักเรียนนักศึกษา	7	5.60	35	22.30	50	43.90
ประสบการณ์ที่เคยเห็น						
เคยเห็นน้ำท่วม	81	64.80	63	40.13	64	56.14
เคยเห็นดินถล่ม	28	22.40	59	37.58	26	22.81
ไม่เคยเห็น	14	11.20	35	22.30	24	21.10

จากตารางที่ ก.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า

บ้านกลาง ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 66.40 รองลงมา คือ เพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 33.60 มีอายุระหว่าง 36-45 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 32.80 รองลงมา คือ อายุ 15 – 25 ปี คิดเป็นร้อยละ 24.00 และน้อยที่สุด คือ อายุ 46 ปี ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 20.80 ระดับการศึกษา มากที่สุด คือ ระดับชั้นประถมศึกษา 47.20 คิดเป็นร้อยละ 47.20 รองลงมา คือ ระดับชั้นมัธยมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 29.60 และน้อยที่สุด คือ ระดับปริญญาตรี/สูงกว่าปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 5.60 มีอาชีพเกษตร มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 63.20 รองลงมา คือ อาชีพค้าขาย คิดเป็นร้อยละ 21.60 และ อาชีพรับราชการน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 1.60 ประสบการณ์ที่เคยเห็น ส่วนใหญ่คือ เคยเห็นน้ำท่วม คิดเป็นร้อยละ 64.80 รองลงมา คือ เคยเห็นดินถล่ม คิดเป็นร้อยละ 22.40 และไม่เคยเห็น น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 11.20

บ้านหินโงน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 56.70 รองลงมา คือ เพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 43.30 มีอายุ 15-25 ปี คิดเป็นร้อยละ 34.40 รองลงมา คือ อายุ 26-35 ปี คิดเป็นร้อยละ 32.50 และน้อยที่สุด คือ อายุ 46 ปี ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 15.30 ระดับการศึกษา ชั้นประถมศึกษามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 37.60 รองลงมา คือ ไม่ได้ศึกษา คิดเป็นร้อยละ 31.80 และน้อยที่สุด คือ ระดับชั้นปริญญาตรี/สูงกว่าปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 10.20 มีอาชีพ เกษตร มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 59.90 รองลงมา คือ อาชีพ อื่น ๆ เช่น พนักงานรัฐวิสาหกิจ รับจ้าง ธุรกิจส่วนตัว และนักเรียนนักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 22.30 และอาชีพ ผู้นำชุมชน น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 5.10 ประสบการณ์ที่เคยเห็น มากที่สุด คือ เคยเห็นน้ำท่วม คิดเป็นร้อยละ 40.13 รองลงมา คือ เคยเห็นดินถล่ม คิดเป็นร้อยละ 37.58 และน้อยที่สุด คือ ไม่เคยเห็น คิดเป็นร้อยละ 22.30

บ้านวังกันหวด พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 59.60 รองลงมา คือ เพศชาย คิดเป็นร้อยละ 40.40 มีอายุ 15-25 ปี คิดเป็นร้อยละ 60.50 รองลงมา คือ อายุ 26-35 ปี คิดเป็นร้อยละ 22.80 และน้อยที่สุด คือ อายุ 36-45 ปี คิดเป็นร้อยละ 4.40 ระดับการศึกษาชั้นมัธยมศึกษามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50.90 รองลงมา คือ ระดับชั้นประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 32.50 และน้อยที่สุด คือ ระดับชั้นปริญญาตรี/สูงกว่าปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 7.90 มีอาชีพ อื่น ๆ เช่น พนักงานรัฐวิสาหกิจ รับจ้าง ธุรกิจส่วนตัว และนักเรียนนักศึกษา มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 43.90 รองลงมา คือ เกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 31.60 และอาชีพรับราชการน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 1.80 ประสบการณ์ที่เคยเห็น มากที่สุด คือ เคยเห็นน้ำท่วม คิดเป็นร้อยละ 56.14 รองลงมา คือ เคยเห็นดินถล่ม คิดเป็นร้อยละ 22.81 และน้อยที่สุด คือ ไม่เคยเห็น คิดเป็นร้อยละ 21.10

ภาคผนวก ข แบบสอบถามเพื่อการศึกษา

เรื่อง การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา ในเขต อำเภอศีลา จังหวัดเพชรบูรณ์

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย
การจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา
ของจังหวัดเพชรบูรณ์

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในเขต อำเภอศีลา จังหวัดเพชรบูรณ์
แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัย

ส่วนที่ 3 ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะในการจัดทำระบบเตือนภัย

ผู้วิจัยขอความร่วมมือมายังผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่าน กรุณาตอบแบบสอบถามทุกคำถามตามความเป็นจริงซึ่ง แบบสอบถามนี้ ไม่มีผลต่อท่านแต่อย่างใด และข้อมูลที่ได้รับเกิดเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพงานด้านการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัย จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

แบบสอบถาม

เรื่อง การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณ
พื้นที่ลาดเชิงเขา ในเขต อำเภอศีลา จังหวัดเพชรบูรณ์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ใน ☐ ข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงของท่านเพียงข้อเดียว

หมู่บ้าน.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....

1. เพศ

☐ 1. ชาย

☐ 2. หญิง

2. อายุ

☐ 1. 15 - 25 ปี

☐ 2. 26 - 35 ปี

☐ 3. 36 - 45 ปี

☐ 4. 46 ปีขึ้นไป

3. การศึกษา

☐ 1. ไม่ได้ศึกษา

☐ 2. ประถมศึกษา

☐ 3. มัธยมศึกษา

☐ 4.ปริญญาตรี/สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

☐ 1. รับราชการ

☐ 2. ผู้นำชุมชน

☐ 3. ค้าขาย

☐ 4. เกษตรกร

☐ 5. อื่นๆ(โปรดระบุ).....

5. ประสบการณ์ที่เคยเห็นมา

☐ 1.เคยเห็น

☐ น้ำท่วม

☐ ดินถล่ม

☐ 2. ไม่เคยเห็น

ส่วนที่ 2 ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา ในเขต อำเภอศีลา จังหวัดเพชรบูรณ์

คำชี้แจง กรุณาทำเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องว่างที่สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด

4 = มากที่สุด 3 = มาก 2 = น้อย 1 = น้อยที่สุด

มีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัย	ระดับการมีส่วนร่วม			
	4	3	2	1
การมีส่วนร่วมคิด				
1. ท่านได้เข้าร่วมประชุม เพื่อรับฟังความคิดเห็นโครงการจัดทำระบบเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขาในชุมชนของท่านมากน้อยเพียงใด				
2. ท่านได้ร่วมแสดงความคิดเห็นกำหนดแนวทางการดำเนินโครงการจัดทำระบบเตือนภัยพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขามากน้อยเพียงใด				
3. ท่านได้ร่วมแสดงความคิดเห็นในการกำหนดพื้นที่เหมาะสมในการอพยพหนีภัยดินถล่มมากน้อยเพียงใด				
4. ท่านได้ร่วมแสดงความคิดเห็นในการกำหนดสัญญาณไฟเขียว เหลือง แดง มากน้อยเพียงใด				
การมีส่วนร่วมตัดสินใจ				
1. ท่านมีส่วนเข้าร่วมเลือกพื้นที่ติดตั้งเครื่องเตือนภัยสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม				
2. ท่านมีส่วนร่วมเลือกแนวทางการดำเนินงานที่เหมาะสมสำหรับการจัดทำระบบเตือนภัย ดินถล่ม				
3. ท่านมีส่วนร่วมเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับอพยพหนีภัยดินถล่มไปยังพื้นที่ปลอดภัย				
4. ท่านมีส่วนร่วมเลือกเกณฑ์สัญญาณไฟ เขียว เหลือง แดง ที่เหมาะสม				

คำชี้แจง กรุณาทำเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องว่างที่สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด

4 = มากที่สุด

3 = มาก

2 = น้อย

1 = น้อยที่สุด

มีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัย	ระดับการมีส่วนร่วม			
	4	3	2	1
การมีส่วนร่วมปฏิบัติตามโครงการ				
1. ท่านได้ร่วมอบรมทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องเตือนภัย ดินถล่ม				
2. ท่านได้ร่วมกับชุมชนของท่านในการเฝ้าระวังและประสานงานของเครือข่ายระหว่างชุมชน				
3. ท่านได้ร่วมช่วยเหลือในการติดตั้งเครื่องเตือนภัย เช่น ช่วยปรับพื้นที่ ถางหญ้า ขุดหลุม และอำนวยความสะดวกอื่นๆ				
4. ท่านได้ร่วมดูแลรักษาเครื่องเตือนภัย				
การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล				
1. ท่านได้ร่วมส่งมอบเครื่องมือร่วมกับโครงการ				
2. ท่านได้ร่วมตรวจสอบการทำงานของเครื่องเตือนภัย				
3. ท่านได้ร่วมในการซ่อมทำความเข้าใจเครื่องเตือนภัย				
4. ท่านได้รับความอุ่นใจความปลอดภัยหลักจากติดตั้งเครื่องเตือนภัย				

ส่วนที่ 3 ปัญหา/อุปสรรคการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดทำระบบเตือนภัย

ท่านพบปัญหาและอุปสรรคการมีส่วนร่วมในการจัดทำระบบเตือนภัยในด้านใดบ้าง โปรดระบุปัญหาที่ท่านประสบ

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดทำระบบเตือนภัย

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค ประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) : นายณรงค์ศักดิ์ แพงสาย
(ภาษาอังกฤษ) : Mr. Narongsak Pang sai
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน : 3-6703-00165-80-2
3. ตำแหน่งปัจจุบัน : พนักงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ ระดับตำแหน่งอาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ / โทรสารและไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
 - 4.1 หน่วยงาน : สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร
 - 4.2 สถานที่ติดต่อ : อาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 4 ห้อง TE 425 สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม
 - 4.3 โทรศัพท์มือถือ : 089-6727-311
 - 4.4 โทรศัพท์ภายใน : 056717100 ต่อ 1702
 - 4.5 Email : narongsak @ pcru.ac.th
5. ประวัติการศึกษา
 - 5.1 การศึกษาระดับปริญญาตรี : วท.บ. (สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม)
 - 5.2 การศึกษาระดับปริญญาโท : ค.ม. (สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม)
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) : สาขาวิชาเครื่องกล
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
 - 7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย
 - 7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย
 - 7.2.1 (ภาษาไทย) : ศึกษาและเปรียบเทียบแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
(ภาษาอังกฤษ) : Study and compare the induced voltage of Direct Current generator.
 - 7.2.2 : การพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง สถิติในงานเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล
 - 7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : การพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง สถิติในงานเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

ประวัติผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายเอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr Anekpong Thammathiwat
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3679800154743
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำ
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก
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 บ้านสะเดียง บ้านกลาง จังหวัดเพชรบูรณ์ ในเชิงธุรกิจชุมชน” แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2554
2) “การวิจัยเพื่อพัฒนาครูภายในจังหวัดเพชรบูรณ์ด้วยภูมิปัญญาการทอผ้าหมัก” 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) “การพัฒนาศักยภาพโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลาโดยใช้กระบวนการแบบมีส่วนร่วม” 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)