



รายงานการวิจัย

เรื่อง

การวิจัยและพัฒนาระบบการตรวจวัดสภาพแวดล้อมและระบบ
สารสนเทศในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายระดับ
หมู่บ้านเพื่อลดการใช้สารเคมีและสารพิษตกค้างลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี

โดย

ศิวาพร เหมียดไธสง

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ปี พ.ศ. 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(2)
กิตติกรรมประกาศ.....	(3)
สารบัญ	(4)
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.5 คำนิยามศัพท์	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายระยะใกล้	5
2.2 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	10
2.1.1 กลุ่มส่วนประกอบหลัก	12
2.1.2 กลุ่มส่วนประกอบเพิ่มเติม.....	12
2.3 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย Tmote sky	13
2.4 ตัวส่งสัญญาณ Xbee	15
2.4.1 การใช้งานโมดูลไร้สาย XBee	16
2.5 ตัวส่งสัญญาณ Nrf24101.....	20
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino	21

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.7	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	27
3.1	สร้างระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย	27
3.1.1	เซ็นเซอร์โหนด.....	27
3.1.2	โหนดฐาน	37
3.1.3	โหนดสถานี.....	40
3.2	สร้างระบบสารสนเทศในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว.....	47
3.2.1	การออกแบบและสร้างด้วยระบบด้วย Weewx	47
3.2.2	การออกแบบด้วยระบบ weather_PBRU.....	50
3.2.3	การออกแบบซอฟต์แวร์โหนดสถานี.....	62
3.2.4	การสร้างระบบสารสนเทศ บนระบบเซิร์ฟเวอร์.....	65
3.2.5	การออกแบบและสร้างระบบ weather_PBRU	81
บทที่ 4	ผลการวิจัย.....	94
4.1	ผลการทดสอบระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายในห้องปฏิบัติการ	94
4.1.1	การทดสอบระหว่างโหนดฐานกับเซนเซอร์โหนด (point –to point)	94
4.1.2	การทดสอบ ระหว่างโหนดฐานกับเซนเซอร์โหนด (point –to point) แบบ 3 จุด.....	97
4.1.3	การทดสอบ ระหว่างโหนดฐานกับเซนเซอร์โหนด แบบต้นไม้ (tree) แบบ 6 จุดเป็นการทดสอบแบบ system test.....	100
4.2	การทดสอบโหนดที่ใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการ	102
4.2.1	การทดสอบ ระหว่างโหนดฐานกับเซนเซอร์โหนด (point –to point) แบบ 3 จุด.....	102
4.2.2	การทดสอบระหว่างโหนดฐานกับเซนเซอร์โหนดแบบต้นไม้ (tree) แบบ 6 จุดเป็นการทดสอบแบบ system test.....	104

4.3	การทดสอบระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายในสถานที่จริง	107
4.3.1	การทดสอบในพื้นที่ปลูกมะนาวอย่างเดียว.....	108
4.3.2	การทดสอบในพื้นที่ปลูกมะนาวและกล้วยไข่.....	110
4.3.3	การทดสอบในพื้นที่ปลูกมะนาวและกล้วยที่รดด้วยเถาวัลย์และวัชพืช ...	111
4.3.4	การทดสอบในพื้นที่ปลูกมะนาวและกล้วยสถานที่จริงแบบ 3 จุด.....	113
4.3.5	การทดสอบในพื้นที่ปลูกมะนาวและกล้วยสถานที่จริงแบบ 6 จุด.....	115
4.4	การทดสอบระบบสารสนเทศระบบ weewx ในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว	117
4.5	การทดสอบระบบสารสนเทศระบบ weather_PBRU ในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว.....	124
4.6	ผลการถ่ายทอดระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมและระบบสารสนเทศ	133
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	137
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	137
5.1.1	ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย	137
5.1.2	การทดสอบระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายในห้องปฏิบัติการ.....	138
5.1.3	การทดสอบระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายจริงในห้องปฏิบัติการ	139
5.1.4	การทดสอบระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายในสถานที่จริง	139
5.1.5	การสร้างระบบสารสนเทศ ระบบ weewx ในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว	140
5.1.6	การทดสอบระบบสารสนเทศ weather raja.....	141
5.2	ข้อเสนอแนะการนำงานวิจัยไปใช้.....	141
5.3	ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป	141
บรรณานุกรม	142	
ภาคผนวก	144	
ประวัติผู้วิจัย.....	152	

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง การวิจัยและพัฒนาระบบการตรวจวัดสภาพแวดล้อมและระบบสารสนเทศในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายระดับหมู่บ้านเพื่อลดการใช้สารเคมีและสารพิษตกค้างลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่เอื้อเฟื้อห้องวิจัยและห้องปฏิบัติการ

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนาระบบการตรวจวัดสภาพแวดล้อมและระบบสารสนเทศในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายระดับหมู่บ้านเพื่อลดการใช้สารเคมีและสารพิษตกค้างลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี และขอขอบคุณท่านผู้แต่งตำราทุกท่านที่ได้นำความรู้มาใช้ในการวิจัยตลอดจนผู้ร่วมงานทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะ ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เกษตรแผนใหม่หรือเกษตรเคมีเริ่มเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 50 ปีที่ผ่านมา ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจาก การปฏิวัติเขียว โดยการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร โดยใช้เครื่องจักรกลแทนแรงงานสัตว์ มีการใช้ปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืช สอร์โวนีฟอสเฟตสังเคราะห์ การใช้สิ่งเหล่านี้เพื่อต้องการให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นให้ทันกับความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นของมนุษย์ แต่การใช้เทคโนโลยีในการผลิต มีการใช้ปุ๋ยและสารเคมีในปริมาณที่สูง ทำให้ดินเสื่อมโทรมและขาดความอุดมสมบูรณ์ การใช้สารเคมีในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชในอัตราที่สูงเกินความจำเป็นทำให้เกิดปัญหาสารพิษตกค้างในพืชผลการเกษตรและสิ่งแวดล้อม เป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนและสิ่งแวดล้อม ปัญหายังจะทวีความรุนแรงขึ้น เนื่องจากรายงานการนำเข้าสารเคมีในระยะ 4 ปีที่ผ่านมา โดยในปี พ.ศ. 2548 นำเข้าสารกำจัดแมลง 18,529 ตัน มูลค่า 3,322 ล้านบาท สารป้องกันและกำจัดโรคพืช 9,052 ตัน มูลค่า 1,716 ล้านบาท ปี พ.ศ. 2549 นำเข้าสารกำจัดแมลง 20,487 ตัน มูลค่า 3,856 ล้านบาท สารป้องกันและกำจัดโรคพืช 9,383 ตัน มูลค่า 1,722 ล้านบาท ปี พ.ศ. 2550 นำเข้าสารกำจัดแมลง 21,590 ตัน มูลค่า 3,746 ล้านบาท สารป้องกันและกำจัดโรคพืช 10,626 ตัน มูลค่า 1,833 ล้านบาท ปี พ.ศ. 2551 นำเข้าสารกำจัดแมลง 25,332 ตัน มูลค่า 4,577 ล้านบาท สารป้องกันและกำจัดโรคพืช 11,255 ตัน มูลค่า 2,537 ล้านบาท (http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=146)

ปัญหาสารเคมีการเกษตรมีผลกระทบต่อผู้บริโภคและเกษตรกร เป็นปัญหาใหญ่ของประเทศปัญหาดังกล่าวยังได้ขยายและส่งผลกระทบต่อการค้าสินค้าเกษตรและอาหารออกสู่ต่างประเทศ ทำให้มีผลกระทบต่อภาพลักษณ์การค้าสินค้าเกษตรออกไปยังต่างประเทศ ยกตัวอย่างเช่น การส่งออกสินค้าไปประเทศสหภาพยุโรปตรวจพบสารเคมีการเกษตรตกค้างในผักและผลไม้ของไทยสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกประเทศที่ส่งออกไปยุโรป โดยปริมาณการส่งออกผักและผลไม้ของไทยต่ำกว่าประเทศอื่นๆ หลายเท่าตัว จากการตรวจเลือดของเกษตรกรทั่วประเทศกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พบว่า มีเกษตรกรที่ได้รับสารเคมีจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชอยู่ในระดับเสี่ยงและไม่

ปลอดภัยสูงมากขึ้นเป็นลำดับ โดยผลการตรวจเมื่อปี พ.ศ. 2550 พบว่ามีสูงขึ้นเกือบ 40 เปอร์เซ็นต์ สูงขึ้นแบบก้าวกระโดดกว่าปี พ.ศ. 2540 ถึงสองเท่า ในขณะที่ผู้บริโภคริโภคทั่วไปได้รับสารพิษ ตกค้างจากสารกำจัดศัตรูพืช ในผัก ผลไม้ สูงกว่าเกษตรกร

ความพยายามในการป้องกันและแก้ปัญหาสารพิษตกค้างในพืชที่ผ่านมาจะมีการป้องกันและแก้ปัญหาที่ปลายทางโดยการรณรงค์ให้ผู้บริโภคริโภคดูแลการบริโภคริโภคพืชผักที่มีสารพิษด้วยตนเองเช่น การลดสารเคมีด้วยวิธีการล้าง การต้ม และการปอกเปลือก เป็นต้น ส่วนต้นทางซึ่งเป็นต้นเหตุของปัญหาที่มีการแก้ไขค่อนข้างน้อย โดยการรณรงค์ให้ทำเกษตรอินทรีย์ และมีการรณรงค์ให้ลดและเลิกการใช้สารเคมีของหน่วยงานต่างๆ ซึ่งผลการทำเช่นนั้นไม่ทำให้เกษตรกรหันมาควบคุมการใช้สารเคมีในการปลูกพืชลดลงเท่าที่ควร เกษตรกรอินทรีย์ยังต้องหันกลับไปใช้สารเคมีเช่นเดิมเพราะมีแมลงและศัตรูพืชที่ระบาดอย่างหนักจนพืชที่ปลูกเสียหายขาดทุนบางรายหมดตัว ซึ่งจากปรากฏการณ์ที่พบเพราะเกษตรกรมีข้อมูลน้อยเกี่ยวกับ การเกิดและกระจายของศัตรูพืชในเรื่องของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการระบาดของศัตรูพืช เช่น อากาศชื้นสูงมีโอกาสเกิดราน้ำค้างได้ง่ายกับต้นมะนาว โดยปกติชาวไร่จะพ่นสารเคมีป้องกันและกำจัดตามคำแนะนำของนักวิชาการหรือจากร้านเคมีเกษตร ซึ่งเกษตรกรไม่ทราบสภาพที่แท้จริงของพื้นที่ว่าที่มีราน้ำค้างเพราะสภาพอากาศมีความชื้นสูงต้องคให้น้ำต้นมะนาว ไม่ใช่เพียงการพ่นสารเคมีป้องกันและกำจัดอย่างเดียว ความชื้นสูงทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเจริญโตได้ดีในที่นา ทำให้ข้าวเกิดความเสียหาย วิธีการของเกษตรกรคือพ่นสารเคมีกำจัด แทนที่จะลดความชื้นโดย ขอความร่วมมือจากเกษตรกรด้วยกันให้ควบคุมความชื้นและปริมาณน้ำเข้านา ควบคุมอัตราส่วนของปุ๋ย รวมถึงหมั่นสังเกตตัวเพลี้ยที่เกาะต้นข้าว เป็นต้น ปรากฏการณ์เหล่านี้มักเกิดขึ้นเสมอๆ เกษตรกรขาดข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม เนื่องด้วยสาเหตุเกษตรกรไม่มีเครื่องมือและข้อมูลเช่น ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ แสง ความเร็วลม ทิศทางลม มวลของอากาศ ปริมาณน้ำฝน การพยากรณ์อากาศ เมื่อไรฝนจะตก และสารสนเทศจากการวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ เหล่านี้เพื่อที่จะบอกเกษตรกรได้ว่า เกิดอะไรขึ้นกับพืชที่ปลูก สิ่งเหล่านี้มีผลต่อการระบาดของศัตรูพืชและการปลูกพืช แต่เกษตรกรในระดับหมู่บ้านที่ยากจนไม่มีข้อมูลเหล่านี้ จึงทำให้จำเป็นต้องใช้สารเคมีเพื่อกำจัดอย่างเดียว จึงทำให้เกิดสารเคมีตกค้างในพืชเป็นจำนวนมาก

จากปัญหาและวิธีการแก้ไขข้างต้นจะเห็นว่า เกษตรกรขาดข้อมูลและสารสนเทศในการปลูกพืชและป้องกันกำจัดศัตรูพืชในไร่นาของตน โดยเฉพาะ ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม ที่เกษตรกรมีความจำเป็นต้องทราบและใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการเพาะปลูกพืช แต่ระบบการตรวจวัดและระบบสารสนเทศเหล่านี้ยังมีการวิจัยและพัฒนาที่ค่อนข้างน้อย ในระดับที่ชาวบ้านในระดับฐานราก

จำเป็นต้องใช้ ส่วนใหญ่จะเป็นการวิจัยในระดับภาพรวมของประเทศและในระดับใหญ่ ของหน่วยงานราชการในระดับที่เป็นภาพรวมเช่น กรมอุตุนิยมวิทยา กรมที่ดิน สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) และ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ส่วนเอกชนได้แก่ เกษตรอัจฉริยะในระดับใหญ่ ไร่รุ่งนกราน-มอนเดอ อำเภopakช่อง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นไร่รุ่งนกรานที่ใช้เกษตรความแม่นยำสูง (precision farming) แห่งแรกของเอเชีย ที่สามารถจัดเก็บข้อมูลสภาพอากาศและพยากรณ์ล่วงหน้าถึงพายุและฝนได้ ทำให้สามารถกำหนดการให้น้ำ ปุ๋ย การควบคุมแมลงศัตรูอย่างแม่นยำ แต่ในระดับหมู่บ้านเกษตรกรที่ยากจนยังขาดโอกาสที่จะใช้เครื่องมือในการตรวจวัดสภาพแวดล้อมและสารสนเทศเพื่อใช้ในการปลูกพืช ทำให้เกษตรกรไม่มีทางเลือกในการควบคุมการปลูกพืชของตน สำหรับการจัดการกับปัญหาโดยไม่ทราบว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับพืชที่ตนปลูก ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมและระบบสารสนเทศระดับหมู่บ้านจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับแต่ละหมู่บ้านในกลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนกลางได้แก่ อำเภอท่ายาง และอำเภอบ้านลาด ซึ่งเป็นแหล่งปลูกมะนาวที่มีคุณภาพดีของประเทศ และมีพื้นที่เพาะปลูกตลอดตามแนวลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี การวิจัยและพัฒนาจะทำให้เกษตรกร มีข้อมูลในการตัดสินใจ เข้าใจสภาพแวดล้อมในไร่มะนาวของตนเองเพื่อลดการใช้สารเคมีและสารพิษในการปลูก บริหารจัดการปลูกมะนาวให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมป้องกันความเสียหาย การขาดทุนให้กับเกษตรกร และผลิตมะนาวปลอดภัย อีกทั้งยังช่วยลดปริมาณสารเคมีที่จะลงสู่ทะเลอันจะเป็นการทำลายระบบนิเวศทางทะเลด้วย

ดังนั้นการวิจัยและพัฒนา ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมและระบบสารสนเทศในการปลูกมะนาวระดับหมู่บ้านเพื่อลดการใช้สารเคมีและสารพิษตกค้าง จึงเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาศักยภาพของเกษตรกรที่ยากจนระดับฐานรากของประเทศ ต่อการผลิตอาหารปลอดภัยตั้งแต่ต้นทางงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการวิจัยและพัฒนา ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมโดยใช้เซ็นเซอร์แบบไร้สายโดยเซ็นเซอร์ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ วัดความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิในอากาศ ความชื้นและอุณหภูมิในดิน ความเข้มแสง ความเร็วลม ทิศทางลม ปริมาณน้ำฝน ส่วนระบบสารสนเทศการปลูกพืชเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากระบบตรวจวัดมาจัดทำเป็นระบบสารสนเทศการตัดสินใจในปลูกพืชเพื่อลดการใช้สารเคมีและสารพิษตกค้างที่มีราคาถูกให้กับชาวบ้านที่ยากจนในระดับหมู่บ้าน โดยจะแสดงเป็นจอมอนิเตอร์ที่ศาลาประจำหมู่บ้านทั้ง 10 หมู่บ้าน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. สร้างระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมเครือข่ายเซ็นเซอร์แบบไร้สาย พื้นที่ปลูกมะนาวระดับหมู่บ้านเพื่อลดการใช้สารเคมีและสารพิษตกค้าง
2. สร้างระบบสารสนเทศการปลูกมะนาวระดับหมู่บ้านเพื่อลดการใช้สารเคมีและสารพิษตกค้าง
3. ถ่ายทอดเทคโนโลยีการตรวจวัดสภาพแวดล้อมและระบบสารสนเทศการปลูกมะนาวระดับหมู่บ้านเพื่อลดการใช้สารเคมีและสารพิษตกค้าง

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ระบบที่สามารถตรวจวัดสภาพแวดล้อมโดยใช้เซ็นเซอร์แบบไร้สายสำหรับพื้นที่เพาะปลูกพืช
2. อุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่ใช้สามารถหาได้ภายในประเทศและราคาไม่แพง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ได้สถานีตรวจวัดสภาพแวดล้อมด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ที่สามารถนำไปติดตั้งในพื้นที่ที่ต้องการได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ราคาไม่แพง และบำรุงรักษาง่าย
3. สามารถนำข้อมูลสภาพอากาศ มาใช้เป็นข้อมูลทางสถิติเพื่อประกอบการตัดสินใจในการทำกิจกรรมทางการเกษตรได้

1.5 คำนิยามศัพท์

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (wireless sensor network) หมายถึง ระบบเครือข่ายที่ส่งข้อมูลแบบไร้สายประกอบด้วย เซ็นเซอร์ โหนด โหนดฐาน และโหนดสถานี

ตรวจวัดสภาพแวดล้อม (environment measurement) หมายถึง การตรวจวัดข้อมูลที่ประกอบไปด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มของแสง อุณหภูมิในดิน ความชื้นในดิน พลังงานจากแบตเตอรี่

ระบบสารสนเทศ (information systems) หมายถึง ระบบข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในพื้นที่เพาะปลูกมะนาวลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี

พื้นที่เพาะปลูก (grow area) หมายถึง พื้นที่ปลูกมะนาว ตำบลท่าแลง อำเภوتاขยาง จังหวัดเพชรบุรี

บทที่ 2

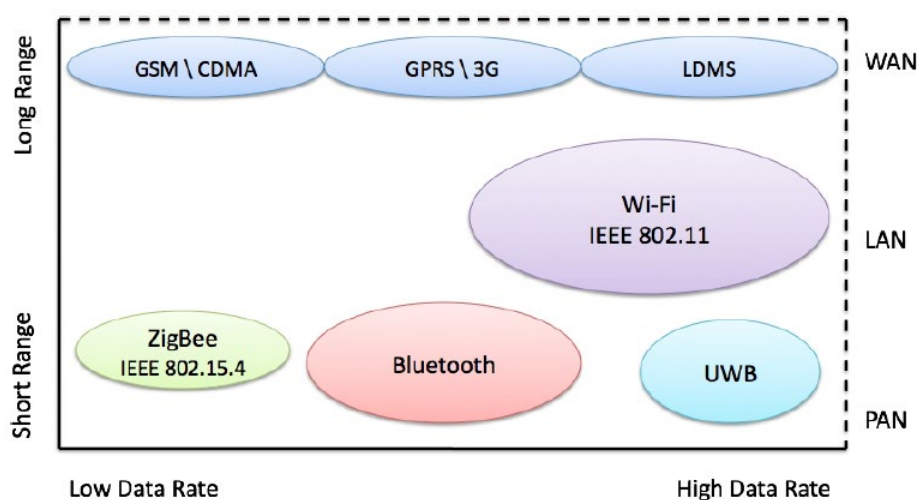
ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด หลักการทางทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งออกเป็นหัวข้อดังนี้

- 2.1 เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายระยะใกล้
- 2.2 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย
- 2.3 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย Tmote sky
- 2.4 ตัวส่งสัญญาณ Xbee
- 2.5 ตัวส่งสัญญาณ nrf24l01
- 2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายระยะใกล้

การสื่อสารในปัจจุบันมีเทคโนโลยีรูปแบบใหม่ ๆ เกิดขึ้นมากมายแสดงดังภาพที่ 2.1 โดยเฉพาะระบบการสื่อสารไร้สายระยะใกล้เป็นอีกระบบการสื่อสารหนึ่งซึ่งมีอิทธิพลและบทบาทต่อชีวิตประจำวัน ซึ่งให้ความสะดวกสบายในการใช้งานโดยที่ไม่ต้องมีสายทำให้การเคลื่อนที่ไปไหนมาไหนสะดวกสบายยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2.1 มาตรฐานการสื่อสารไร้สาย

(Valada, Kohanbash and Kantor, 2010)

ปัจจุบันมาตรฐานเทคโนโลยีนี้ ที่เป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันประกอบด้วย 4 มาตรฐาน ได้แก่ IEEE 802.15.4, WLAN, Bluetooth และ Infrared

มาตรฐาน IEEE 802.15.4 และ Zigbee มาตรฐานนี้เป็นมาตรฐานของอุปกรณ์ที่มีความเร็วในการส่งข้อมูลต่ำ ใช้พลังงานน้อย ราคาไม่แพง การส่งสัญญาณตามมาตรฐานนี้แสดงดังภาพที่ 2.1 สามารถส่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือและมีความถูกต้องสูง โดยมีโทโปโลยีแบบ Start และ แบบ Peer-to- Peer โดยที่ระยะในการส่งข้อมูลประมาณ 10 -75 เมตร ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและพลังงานในการรับส่งข้อมูล โดยสามารถเลือกความถี่ที่ใช้งานได้ 3 ช่วงความถี่ คือ ย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์มีช่องสัญญาณ 16 ช่อง อัตรารับส่งข้อมูล อยู่ที่ 250 Kbps ย่านความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์จะมีช่องสัญญาณ 10 ช่อง มีอัตรารับส่งข้อมูลอยู่ที่ 40 Kbps และย่านความถี่ 868 เมกะเฮิรตซ์ มีช่องสัญญาณ 1 ช่อง มีอัตราการรับส่งข้อมูล 20 Kbps มาตรฐาน IEEE 802.15.4 มีการกำหนดรูปแบบชั้นกายภาพและชั้น MAC คือ ชั้นกายภาพ เป็นชั้นล่างสุดจะรับผิดชอบเกี่ยวกับการส่งข้อมูลที่เป็นบิต ย่านความถี่ที่ใช้งาน 2 ช่วงความถี่คือ ความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ และความถี่ 868/902-928 เมกะเฮิรตซ์ โดยในย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ มีอัตราการรับส่งข้อมูลสูงสุด 250 kbps ส่วนย่านความถี่ 902-928 เมกะเฮิรตซ์ มีอัตราการรับส่งข้อมูลสูงสุด 40 kbps และย่านความถี่ 868 เมกะเฮิรตซ์ มีอัตราการรับส่งข้อมูลสูงสุด 20 kbps การรับส่งข้อมูลจะขึ้นอยู่กับความถี่ถ้าความถี่สูงจะสามารถส่งข้อมูลได้เร็วแต่ครอบคลุมพื้นที่น้อยกว่าย่านความถี่ต่ำ ดังนั้นการใช้งานจึงขึ้นอยู่กับทางเลือกย่านความถี่และความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม สำหรับรูปแบบของกลุ่มข้อมูลของชั้นกายภาพ จะประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ คือ

- 1) Synchronize Header (SHR) เป็นข้อมูลที่ใช้ซิงค์ไครนัส กันระหว่างตัวรับและตัวส่ง
- 2) PHY header เป็นข้อมูลความยาวของ payload
- 3) PHY payload เป็นส่วนของข้อมูลที่ต้องการสื่อสารกัน

ชั้น MAC เป็นส่วนที่รับผิดชอบการรับส่งข้อมูลให้ถูกต้องและสำเร็จ โดยจะรับผิดชอบในการสร้างกลไกสำหรับตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล นอกจากนั้นยังตรวจสอบชั้นกายภาพว่าช่องสัญญาณพร้อมสำหรับการรับส่งข้อมูลหรือไม่ ถ้ายังไม่พร้อม ชั้น MAC จะรอจนกว่าจะว่างแล้วจึงทำการส่งข้อมูล รูปแบบของเฟรม MAC มีอยู่ 4 รูปแบบ คือ

- 1) Beacon frame เป็นเฟรมที่ตัว Coordinator จะทำการส่งเป็นระยะเพื่อตรวจสอบสถานะต่างๆของระบบและอุปกรณ์จะใช้เฟรมนี้ซิงโครไนส์กับระบบ
- 2) Data frame เป็นเฟรมสำหรับการส่งข้อมูล
- 3) Acknowledgement frame เป็นเฟรมที่ถูกส่งมาจากภาครับ เพื่อทำการยืนยันว่าได้รับข้อมูลที่ส่งมาเรียบร้อยแล้ว
- 4) Command frame เป็นเฟรมที่ใช้ส่งเพื่อการสื่อสารกันของอุปกรณ์ในชั้น MAC

Physical Layer	Band	Channel Numbering	Chip Rate	Modulation	Bit Rate
868/915MHz	868-870MHz	0	300 kchip/sec	BPSK	20kbps
868/915MHz	902-928MHz	1-10	600 kchip/sec	BPSK	40kbps
2.4GHz	2.4-2.4835GHz	11-26	2 Mchip/sec	O-QPSK	250kbps

ภาพที่ 2.2 ย่านความถี่มาตรฐาน IEEE 802.15.4

มาตรฐาน IEEE 802.11 WLAN เป็นมาตรฐานที่ได้รับความนิยมมากในนามที่ทุกคนรู้จักคือระบบ WI-FI แสดงดังภาพที่ 2.2 เนื่องจาก WLAN มีความสะดวกสบายของการเชื่อมต่ออุปกรณ์คอมพิวเตอร์เข้าด้วยกันโดยไม่จำเป็นต้องใช้สายอีกต่อไป อุปกรณ์คอมพิวเตอร์สามารถเชื่อมต่อถึงกันได้จากตำแหน่งต่างๆที่อยู่ภายในขอบเขตของการส่งสัญญาณความสามารถในการรับส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 1, 2, 5.5, 11 และ 54 Mbps โดยมีย่านความถี่อยู่ 3 ความถี่ คือ ย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ย่านความถี่ 5 กิกะเฮิรตซ์ และ Infrared 1, 2 Mbps นอกจากนี้ IEEE 802.11 ยังกำหนดให้มีทางเลือกที่สร้างความปลอดภัยให้กับเครือข่าย ด้วยกลไกการเข้ารหัสข้อมูลและตรวจสอบผู้ใช้ที่เรียกว่า WEP (Wired Equivalent Privacy) เครือข่ายไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11 ถูกกำหนด

ขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1997 และเป็นที่ยอมรับใช้งานมากเนื่องจากระยะทางที่สามารถใช้งานในที่ร่มไกลถึง 100 เมตร และในที่โล่งแจ้ง 400 เมตร มีความเร็วในการส่งข้อมูลสูงสุด 54 Mbps ซึ่งในปัจจุบันมีอยู่ 3 มาตรฐาน คือ

1) มาตรฐาน IEEE 802.11a มาตรฐานนี้ถูกกำหนดขึ้นในปี ค.ศ. 1999 มีความเร็วในการส่งข้อมูลสูงถึง 54 Mbps แต่ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากมาตรฐานนี้ใช้ย่านความถี่ 5 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นย่านที่ไม่เปิดให้ใช้อย่างเสรีในทุกประเทศ และข้อเสียอีกอย่างคือ มาตรฐานนี้ระยะการใช้งานไกลสุดเพียง 50 เมตร นอกจากนี้ยังไม่สามารถใช้อุปกรณ์ร่วมกับมาตรฐานอื่น ๆ ได้

2) มาตรฐาน IEEE 802.11b มาตรฐานนี้ ถูกกำหนดขึ้นในปี 1999 พร้อมกับมาตรฐาน 802.11a แต่ได้รับความนิยมสูงกว่ามาก เนื่องจากใช้ความถี่ในย่าน 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ได้เปิดใช้โดยอิสระกับทุกประเทศทั่วโลก แต่มาตรฐานนี้มีข้อเสียคือ มีความเร็วต่ำสุดเมื่อเทียบกับมาตรฐานอื่น ๆ และยังมีปัญหาของสัญญาณรบกวนสูง เนื่องจากย่านนี้มีการใช้ความถี่นี้กับอุปกรณ์อื่น ๆ อยู่มาก

3) มาตรฐาน IEEE 802.11g เป็นมาตรฐานใหม่ที่เปิดตัวในปี ค.ศ. 2003 โดยนำข้อดีของมาตรฐาน 802.11a และ มาตรฐาน 802.11b มารวมกัน คือ มีความเร็วในการส่งข้อมูลสูงถึง 54 MBps และมีมาตรฐานระยะการทำงานไกลเท่ากับมาตรฐาน IEEE 802.11b นอกจากนี้ยังใช้ความถี่ย่าน 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นช่วงความถี่เสรีและยังสามารถใช้อุปกรณ์ร่วมกับเครือข่าย IEEE 802.11b ได้โดยไม่มีปัญหา

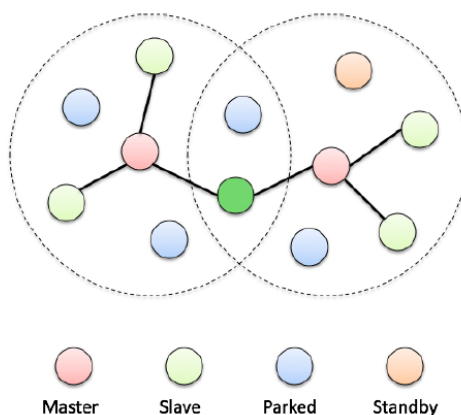
	IEEE 802.11	IEEE 802.11b	IEEE 802.11a	IEEE 802.11g
Ratification	June 1997	Sept. 1999	Sept. 1999	June 2003
RF Band	2.4 GHz	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz
Max. Data Rate	2 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps
Physical Layer	FHSS, DSSS, IR	DSSS / CCK	OFDM	OFDM
Typical Range	50 - 100m	50 - 100m	50 - 100m	50 - 100m

ภาพที่ 2.3 มาตรฐาน IEEE 802.11 (WI-FI)

มาตรฐาน Bluetooth เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายที่ออกมารองรับการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น หูฟัง อุปกรณ์ภายนอกต่างๆของคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ การสื่อสารของ Bluetooth จะใช้ความถี่ในช่วง 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่เปิดให้ใช้โดยเสรี Bluetooth สามารถเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุดได้หลายๆจุด (Point to multi-point) ไม่ว่าจะเป็นเสียง หรือการส่ง

ข้อมูลทั่ว ๆ ไป โดยสามารถส่งข้อมูลได้ในระยะ 10 เซนติเมตร ถึง 10 เมตร และสามารถขยายได้เป็น 100 เมตร โดยเพิ่มกำลังส่งให้มากขึ้น Bluetooth มีอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสุด 1 Mbit/s สามารถกระโดดข้ามความถี่อย่างรวดเร็ว ทำให้ช่วยลดการแทรกสอดของสัญญาณอื่น ๆ ได้ ความถี่ในการกระโดดเปลี่ยนช่องสัญญาณ 1600 ครั้งต่อวินาที การปรับกำลังของสัญญาณออกจะช่วยลดสัญญาณรบกวนโดยความแรงของสัญญาณที่ส่งแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ 0 dBm, 4 dBm และ 20 dBm การเข้ารหัสเสียงเป็นแบบ Continuously Variable Slope Delta Modulation ซึ่งทำให้การทำงานที่มี bit rate error สูงสามารถทำได้

Bluetooth เป็นเทคโนโลยีที่ทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ติดต่อสื่อสารกันในระยะห่างสั้น ๆ โดยอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีนี้สามารถติดต่อสื่อสารสูงสุดได้ถึง 7 ตัวพร้อมกัน ซึ่งเราเรียกเครือข่ายนี้ว่า Piconet แสดงดังภาพที่ 2.4 นอกจากนั้นอุปกรณ์แต่ละตัวยังสามารถสังกัดอยู่กับเครือข่าย Piconet ได้หลายเครือข่ายพร้อมกัน โดยที่การติดต่อแบบ Piconet นี้จะต้องมีอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งจะต้องทำหน้าที่เป็น Master และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เหลือจะทำหน้าที่เป็น Slave โดยที่ Piconet จะเป็นการติดต่อสื่อสารแบบหลาย ๆ จุด จากกรณีดังกล่าวช่องสัญญาณและแบนด์วิดท์ (Bandwidth) จะถูกใช้ร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ใน Piconet การส่งคลื่นวิทยุของระบบแบบ Bluetooth จะใช้การกระโดดเปลี่ยนความถี่



ภาพที่ 2.4 ระบบ Piconet

(Valada, Kohanbash and Kantor, 2010)

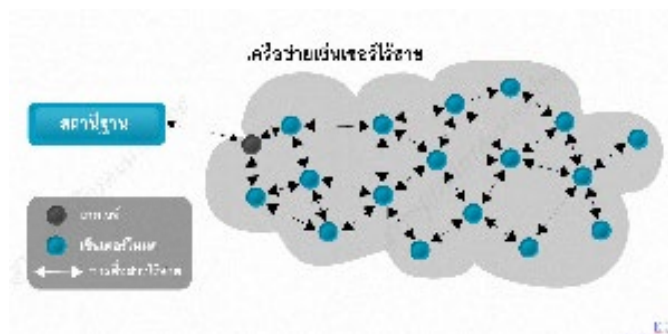
มาตรฐาน Infrared มาตรฐานเกิดจากการพัฒนาร่วมกันของกลุ่มบริษัทมากกว่า 40 บริษัท ในการพัฒนามาตรฐานที่จะใช้ในการส่งข้อมูลระยะสั้นโดยใช้คลื่น Infrared ซึ่งเรียกว่า Infrared Data Association (IrDA) อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ IrDA แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ Primary Device เป็น

อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเลือกที่จะส่งสัญญาณทำการติดต่อให้กับอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งในขอบเขตนั้น ๆ และ Secondary device คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่คอยฟังสัญญาณที่จะติดต่อเข้ามาและตอบรับการติดต่อ

2.2 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

เทคโนโลยีการผลิตไมโครอิเล็กทรอนิกส์ได้รับการพัฒนาถึงระดับที่สามารถผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็ก ราคาถูก และประหยัดพลังงาน ซึ่งเหมาะสำหรับสร้างหน่วยประมวลผลและหน่วยส่งข้อมูลของเซ็นเซอร์ไร้สาย และด้วยเทคโนโลยีระบบเครื่องกลจุลภาค การสร้างเซ็นเซอร์ขนาดเล็กและวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ขนาดเล็กเกิดขึ้นได้จริง ทำให้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายยุคนี้เข้าใกล้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ในจินตนาการของนักวิจัยยุคก่อน ๆ อย่างไรก็ตามเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายนี้ยังมีการวิจัยอย่างต่อเนื่อง

สถาปัตยกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายประกอบด้วยสามส่วน (สุชา สุพิทยภรณ์พงศ์, 2013) ได้แก่ หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ เกตเวย์ และสถานีฐาน (base station) ดังภาพที่ 2.4 หน่วยร่วมเซ็นเซอร์จำนวนมากฝังตัวในสภาพแวดล้อมเพื่อเก็บข้อมูล โดยแต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ติดต่อสื่อสารแบบไร้สายกับหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ข้างเคียง ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับส่งแบบไร้สาย แต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ควบคุมและจัดการงานของตนเอง (self-organize) ทุก ๆ หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ที่ติดต่อถึงกันทำงานร่วมกัน (collaboration) เป็นเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายทำให้แต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์สามารถส่งข้อมูลไปหากันได้แม้ว่าหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ปลายทางไม่สามารถติดต่อ กับหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ต้นทางได้โดยตรง โดยให้หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ระหว่างทางช่วยส่งข้อมูลต่อๆ กันตั้งแต่ต้นทางถึงปลายทาง วิธีการส่งแบบนี้เรียกว่าการส่งแบบมัลติฮอป (multi-hop) เกตเวย์ทำหน้าที่รับส่งข้อมูล ระหว่างสถานีฐานและเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายโดยเกตเวย์อาจเป็นหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ธรรมดาหรือเป็นหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ ที่มีความสามารถพิเศษในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย สถานีฐานทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่วัดได้จากหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ควบคุมการทำงาน และติดต่อกับผู้ใช้งาน หรืออาจติดต่อกับเครือข่ายอื่น ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างแบบจำลองเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

ที่มา: http://www.thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Wireless_Sensor_Network/index.php

เนื่องจากการทำงานแบบไร้สายทำให้แต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ใช้แหล่งพลังงานภายในหน่วยร่วมเซ็นเซอร์เองหรือในบางกรณีอาจใช้แหล่งกำเนิดพลังงานเพื่อให้หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้ทำให้เครือข่ายมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาเนื่องจาก หน่วยร่วมเซ็นเซอร์อาจหยุดทำงานเพราะพลังงานหมดหรือกลับขึ้นมาทำงานได้อีกครั้งเมื่อมีพลังงานเพียงพอ รวมไปถึงในบางเครือข่าย ที่มีหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ที่เคลื่อนที่ได้ การเปลี่ยนแปลงของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์นั้นมีผลต่อโครงสร้าง (topology) ของเครือข่าย และส่งผลถึงเส้นทางการส่งข้อมูลของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ โดยเส้นทางการส่งข้อมูล ในแต่ละโครงสร้างนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการหาเส้นทาง (routing algorithm) ซึ่งวิธีการหาเส้นทางในแต่ละเครือข่าย จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของเครือข่ายนั้น ๆ



ภาพที่ 2.6 ส่วนประกอบของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์

ที่มา: http://www.thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Wireless_Sensor_Network/index.php

การทำงานของหน่วยรวมเซ็นเซอร์คือการวัดและเก็บข้อมูลที่ได้จากสภาพแวดล้อม นำข้อมูลไปประมวลผล สร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและส่งข้อมูล ทำให้หน่วยรวมเซ็นเซอร์มีส่วนประกอบดังรูปที่ 2 ส่วนประกอบของหน่วยรวมเซ็นเซอร์ แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มส่วนประกอบหลักที่จำเป็นเพื่อให้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายทำงานได้ โดยในภาพที่ 2.6 เป็นส่วนประกอบที่มีเส้นรอบรูปเป็นเส้นทึบและกลุ่มส่วนประกอบเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มคุณสมบัติพิเศษให้กับหน่วยรวมเซ็นเซอร์ โดยในภาพ จะเป็นส่วนประกอบที่มีเส้นรอบรูปเป็นเส้นประ

2.2.1 กลุ่มส่วนประกอบหลัก

ก) เซ็นเซอร์ (sensor) ทำหน้าที่วัดค่าต่างๆ จากสภาพแวดล้อมตามแต่ชนิดของเซ็นเซอร์ เช่น ความชื้น อุณหภูมิ ความเข้มแสง ความดัน ความเร็ว แรงสั่นสะเทือน ความเคลื่อนไหว ความลึก ความเป็นกรดหรือด่าง เป็นต้น

ข) หน่วยรับ-ส่งข้อมูลไร้สาย (transceiver unit) ทำหน้าที่รับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สายในย่านความถี่สาธารณะ (ISM band) เพื่อรับ-ส่งข้อมูลระหว่างหน่วยรวมเซ็นเซอร์ข้างเคียง

ค) หน่วยประมวลผล (processing unit) ติดต่อกับเซ็นเซอร์เพื่อสั่งงานหรือรับข้อมูลที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ เพื่อนำไปประมวลผลเป็นข้อมูล จัดเก็บลงในหน่วยความจำ รวบรวมข้อมูลหรืออาจส่งข้อมูลทันทีผ่านทางหน่วยรับ-ส่งข้อมูลไร้สาย หน่วยประมวลผลกลางอาจรับข้อมูลจากระบบระบุตำแหน่งเพื่อช่วยในการประมวลผลต่างๆ หรือหน่วยประมวลผลกลางอาจทำหน้าที่ควบคุม การเคลื่อนที่ของหน่วยรวมเซ็นเซอร์ผ่านทางระบบเคลื่อนที่ นอกจากนี้หน่วยประมวลผลกลางยังทำหน้าที่ประมวลผลเครือข่ายและหาเส้นทางในการส่งข้อมูลของหน่วยรวมเซ็นเซอร์

ง) แหล่งพลังงาน (power unit) เก็บสะสมพลังงานและให้พลังงานกับทุกส่วนประกอบบนหน่วยรวมเซ็นเซอร์ แหล่งพลังงานจะรับพลังงานจากแหล่งกำเนิดพลังงานหากหน่วยรวมเซ็นเซอร์มีแหล่งกำเนิดพลังงาน

2.2.2 กลุ่มส่วนประกอบเพิ่มเติม

ก) ระบบระบุตำแหน่ง (positioning unit) เป็นหน่วยระบุตำแหน่งของหน่วยรวมเซ็นเซอร์ โดยใช้ GPS เพื่อนำข้อมูลตำแหน่งไปใช้ประมวลผล เช่น หาเส้นทางเพื่อส่งข้อมูล หาดำเนินการเคลื่อนที่ของหน่วยรวมเซ็นเซอร์ เป็นต้น

ข) ระบบเคลื่อนที่ (mobilizing unit) ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายตำแหน่งของเซ็นเซอร์ เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เช่น จัดรูปแบบโครงสร้างเครือข่าย ติดตามวัตถุ เคลื่อนที่หาสัญญาณสื่อสาร เป็นต้น

ค) แหล่งกำเนิดพลังงาน (power generator unit) ทำหน้าที่กำเนิดพลังงานจากสิ่งแวดล้อม เช่น พลังงานลม ความร้อน ปฏิกิริยาเคมี การสั่นสะเทือน เป็นต้น ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อเก็บสะสมและใช้ต่อไป เพื่อชดเชยพลังงานที่ถูกใช้ไป ทำให้ตัวเซ็นเซอร์ไร้สายทำงานได้เป็นเวลานาน

2.3 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย Tmote sky

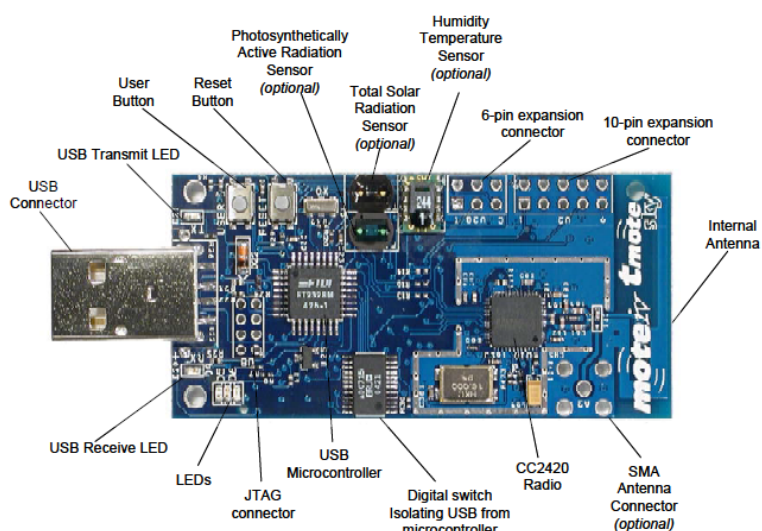
อุปกรณ์ไร้สาย Tmote sky เป็นอุปกรณ์ไร้สายที่ประหยัดพลังงาน และเป็นอุปกรณ์ไร้สายต้นแบบในการนำไปใช้สังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและกะทันหัน ผลิตภัณฑ์โดย บริษัท โมทีฟ คอร์ปอเรชั่น ประกอบด้วย เซ็นเซอร์ความชื้น เซ็นเซอร์อุณหภูมิ และเซ็นเซอร์แสง ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด AA จำนวน 2 ก้อน ขณะมีการทำงานจะสิ้นเปลืองพลังงาน 2.1-3.6 โวลต์ และขณะมีการเขียนโปรแกรมหรือทำการทดสอบโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ จะสิ้นเปลืองพลังงานอย่างน้อย 2.7 โวลต์ เมื่อต่ออุปกรณ์ไร้สาย Tmote Sky เข้ากับพอร์ต USB เพื่อทำการเขียนโปรแกรมหรือติดต่อกับอุปกรณ์ไร้สาย Tmote Sky ตัวอื่นนั้น อุปกรณ์ไร้สาย Tmote Sky จะใช้พลังงานจากพอร์ต USB ของคอมพิวเตอร์ที่นำไปต่อซึ่งแรงดันจากพอร์ต USB มีค่า 3 โวลต์

อุปกรณ์ไร้สาย Tmote sky สามารถนำไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ต่อพ่วงอย่างอื่นได้ และมีการนำไปประยุกต์ใช้งานกับเครือข่ายแบบเมช (Mesh Topology) อย่างแพร่หลาย คุณสมบัติของอุปกรณ์ไร้สาย Tmote Sky ดังนี้

- 1) อัตราการรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย 250 kbps 2.4 กิกะเฮิร์ตซ์ เป็นไปตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4
- 2) สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ได้
- 3) ไมโครคอนโทรลเลอร์ MSP430 ของบริษัทเท็กซัส อินสตรูเมนต์จำกัด
- 4) มีเซ็นเซอร์ความชื้น อุณหภูมิ และแสง
- 5) การสิ้นเปลืองพลังงานน้อย
- 6) สายอากาศแบบไมโครสตริปอยู่บนบอร์ด สามารถส่งสัญญาณภายในอาคารได้ไกล 50 เมตร และภายนอกอาคารได้ไกล 125 เมตร



ภาพที่ 2.7 อุปกรณ์ไร้สายทีโมทสกาย



ภาพที่ 2.8 แผนภาพของอุปกรณ์ไร้สายทีโมทสกาย

เซ็นเซอร์ความชื้นและอุณหภูมิที่มาพร้อมกับอุปกรณ์ไร้สาย Tmote Sky เป็นรุ่น SHT11/SHT15 ได้ผ่านการเทียบมาตรฐานไว้แล้วและสร้างเอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิทัล สัมประสิทธิ์ของการเทียบมาตรฐานถูกเก็บไว้ใน EEPROM ของอุปกรณ์ไร้สาย Tmote Sky ข้อแตกต่างระหว่างรุ่น SHT11 และรุ่น SHT15 คือ รุ่น SHT15 ให้ความแม่นยำสูงกว่า

การอ่านค่าเซ็นเซอร์ความชื้นและอุณหภูมิที่แสดงผลด้วยแอสกีเคชัน Oscilloscope เป็นข้อมูลขนาด 14 บิต สามารถแปลงเป็นหน่วยของศาเซลเซียสได้ด้วยสมการที่ (1) ดังนี้

$$\text{Temperature} = (-39.60) + (0.01)(\text{Sot}) \quad (1)$$

เมื่อ Sot คือ ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์

การอ่านค่าเซ็นเซอร์ความชื้นเป็นข้อมูลขนาด 12 บิตไม่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ จำนวนได้จากสมการที่ (2) ดังนี้

$$\text{Humidity} = (-4) + (0.0405)(\text{Sorh}) + (-2.8 \times 10^{-6})(\text{SORh}^2) \quad (2)$$

เมื่อ SORh คือ ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ความชื้นสัมพัทธ์ ใช้การคำนวณและการวัดอุณหภูมิเพื่อหาความชื้นสัมพัทธ์ที่ถูกต้องซึ่งมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิตามสมการที่ (3) ดังนี้

$$\text{Humidity}_{\text{true}} = (T_c - 25)(0.01 + 0.00008\text{SORh}) + (\text{Humidity}) \quad (3)$$

เมื่อ T_c คือ อุณหภูมิที่วัดได้ หน่วยเป็นองศาเซลเซียส ซึ่งคำนวณมาจากสมการที่(1)

Sorh คือ ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ความชื้นสัมพัทธ์

Humidity คือ ความชื้นที่คำนวณจากสมการที่ (3)

เซ็นเซอร์แสง ที่มาพร้อมกับอุปกรณ์ไร้สาย Tmote Sky ได้ต่อเข้ากับโฟโตไดโอด 2 ตัว ซึ่งผลิตโดยบริษัท ฮามามัทสึ (Hamamatsu) ถ้าหน่วยอุปกรณ์ไร้สาย Tmote Sky มีโฟโตไดโอดต่อมาด้วย ไดโอดที่ใช้สำหรับวัดการเปลี่ยนแปลงการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเป็นเบอร์ s1087 ส่วนไดโอดที่ใช้สำหรับวัดแถบความถี่หรือความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารวมถึงอินฟราเรด ซึ่งมีความยาวคลื่นแสงประมาณ 750 นาโนเมตร จะเป็นเบอร์ S1087-01

2.4 ตัวส่งสัญญาณ Xbee

ตัวส่งสัญญาณ Xbee เป็นอุปกรณ์ที่พัฒนาโดยบริษัท Digi International ประเทศสหรัฐอเมริกา อ้างอิงการทำงานอยู่บนมาตรฐาน Zigbee 802.15.4 มีย่านความถี่ 3 ย่านคือ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ 900 เมกะเฮิรตซ์ และ 868 เมกะเฮิรตซ์ โดยสามารถแบ่งประเภทของ Xbee ได้ตามชนิดของเสาอากาศ 3 แบบดังภาพที่ 2.8 คือ

- 1) Whip Antenna เสาส่งสัญญาณถูกติดตั้งบนตัวอุปกรณ์
- 2) U.FL และ RS-PMA เสาอากาศแยกจากอุปกรณ์
- 3) Chip Antenna เสาส่งสัญญาณเป็นชิปติดบนตัวอุปกรณ์



ภาพที่ 2.9 ภาพอุปกรณ์ประเภทของเสาอากาศ 3 แบบ

XBee สามารถทำการต่อใช้งานได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยต่อไฟเลี้ยงอุปกรณ์ 3 โวลต์ และ กราวด์ พร้อมเชื่อมต่อสัญญาณการสื่อสาร Tx และ Rx ของ โมดูล Xbee

2.4.1 การใช้งานโมดูลไร้สาย XBee

สามารถทำได้โดยต่ออุปกรณ์โมดูลไร้สาย Xbee เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยต่อไฟเลี้ยงอุปกรณ์ 3 โวลต์และกราวด์ พร้อมเชื่อมต่อการสื่อสาร Tx, Rx ของอุปกรณ์โมดูลไร้สาย XBee เข้ากับ Tx, Rx ของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยสามารถแบ่งรูปแบบการทำงานของอุปกรณ์โมดูลไร้สาย XBee ได้ดังนี้

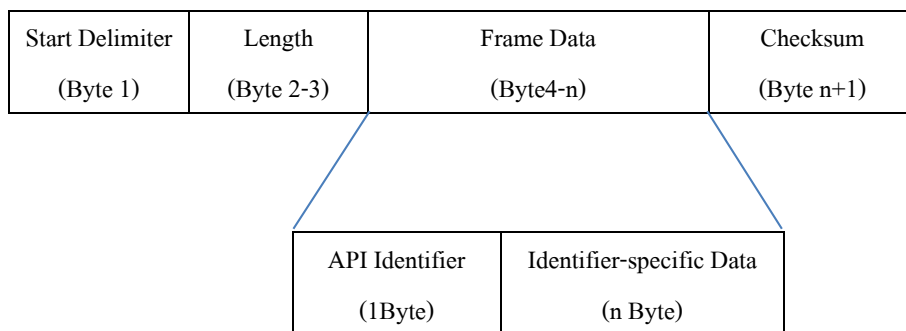
1) Transparent Mode เป็นการควบคุมการทำงานโดยใช้รูปแบบคำสั่ง AT Command (คำสั่งที่ใช้ในการติดต่อกับโมเด็ม AT ย่อมาจาก Attention) เช่น ATND (node discovery) เมื่ออุปกรณ์ได้รับคำสั่งแล้วจะทำการค้นหาโหนดในระบบแล้วแสดงผลออกมา ดังภาพที่ 2.9 เหมาะกับการใช้ควบคุมอุปกรณ์จำนวนไม่มาก มีความซับซ้อนน้อย และใช้งานง่าย

2) API Mode เป็นการส่งชุดคำสั่ง AT Command ไปในรูปแบบของเฟรมข้อมูล เช่น 7e00111016A2004142432C (node discovery) เมื่ออุปกรณ์ได้รับคำสั่งแล้วจะทำการค้นหาโหนดในระบบแล้วแสดงผลออกมา ดังภาพที่ 2.10 เหมาะกับการใช้ควบคุมอุปกรณ์จำนวนมาก มีความซับซ้อนมากและมีการใช้หมายเลขของอุปกรณ์มาอ้างอิงในการรับส่งข้อมูล

ATND RABBIT01 13A200 4060ECB3	7E00111016A2004142432C 7E001110183500616263CC
AT Command Mode	API Mode

ภาพที่ 2.10 แสดงตัวอย่างรูปแบบคำสั่งของ AT Command และ API Mode

3) รูปแบบเฟรมคำสั่งของ API Mode แสดงรายละเอียดได้ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.11 แสดงรายละเอียดของ Frame Data ใน API Mode

Start Delimiter	คือ จุดเริ่มต้นของเฟรมข้อมูล
Length	คือ ขนาดของข้อมูลใน Frame Data
Frame Data	คือ ส่วนที่เก็บคำสั่งและข้อมูล ตัวอย่างการใช้ AT Command
	0x7E 0x00 0x04 0x08 0x52 0x4E0 x44 0x13
0x7E	เริ่มต้นเฟรม
0x0004	Frame Data มีความยาว 4 ไบต์
0x08	API Identifier เป็นการส่ง AT Command
0x52	Frame ID (R Read)
0x4E44	AT Command ('ND') (Node Discovery)
0x13	Checksum เท่ากับ 0xFF-(08+52+4E+44)

Checksum คือ ค่าที่เอาไว้ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล คำนวณได้จาก 0xFF – (ผลรวมของค่าของข้อมูลใน Frame Data) ในกรณีของ API Mode ในการรับข้อมูลตัว XBee จะทำการตรวจสอบความถูกต้องเอง (ในตัว XBee มีไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กอยู่) แต่ในการส่งข้อมูลตัวโปรแกรมที่บรรจุไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์หรือการส่งข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์ต้องคำนวณค่า Checksum เอง

4) ลักษณะการใช้งานอุปกรณ์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะตามการใช้ คือ

4.1) Coordinator ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่ายติดต่อรับส่งข้อมูลเป็นศูนย์กลางในการเชื่อมโยงระหว่างสองเครือข่าย หรือเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์

4.2) Router ทำหน้าที่เป็นตัวค้นหาเส้นทาง และทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการส่งรับข้อมูลกับ End Device, Coordinator หรือเครือข่ายอื่นๆ

4.3) End Device เป็นอุปกรณ์ปลายทางที่ได้ทำการติดตั้งเซ็นเซอร์ไว้ หากไม่มีการติดตั้งเซ็นเซอร์ก็จะทำหน้าที่เหมือนกับ Router

5) รูปแบบการเชื่อมต่อของโมดูลไร้สาย XBee สามารถแบ่งรูปแบบการเชื่อมต่อออกเป็น 3 แบบ ตามมาตรฐาน ZigBee 802.15.4 คือแบบ Star แบบ Cluster Tree และแบบ Mesh โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1) Star Topology ประกอบด้วย Coordinator เป็นศูนย์กลางของเครือข่าย มี End Device เชื่อมต่อเข้ามา ดังภาพที่ 2.11

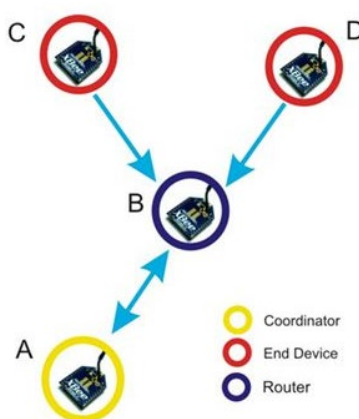


ภาพที่ 2.12 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อแบบ Star

ที่มา: <http://www.thaieasyelec.com/Embedded-Electronics-Application/Xbee-Basic-Configuration-in-Network-Application.html>

<http://thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/xbee-basic-configuration-in-network-application.html>

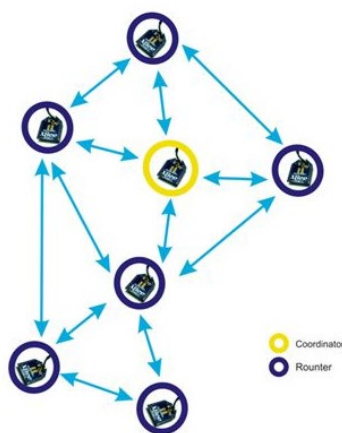
5.2) Cluster Tree Topology มี Coordinator เป็นตัวเชื่อมระหว่างเครือข่ายย่อย โดยในเครือข่ายย่อยจะประกอบไปด้วย Router เป็นศูนย์กลางเพื่อส่งข้อมูลไปยัง Coordinator และมี End Device เชื่อมเข้ากับ Router ดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.13 รูปแบบการเชื่อมต่อแบบ Cluster Tree

ที่มา: <http://www.thaieasyelec.com/Embedded-Electronics-Application/Xbee-Basic-Configuration-in-Network-Application.html>

5.3) MeshTopology อุปกรณ์ในเครือข่ายทั้งหมดสามารถเชื่อมต่อกันได้ในรัศมีที่สัญญาณครอบคลุม โดยจะมีตัว Coordinate เป็นศูนย์กลาง 1 ตัว

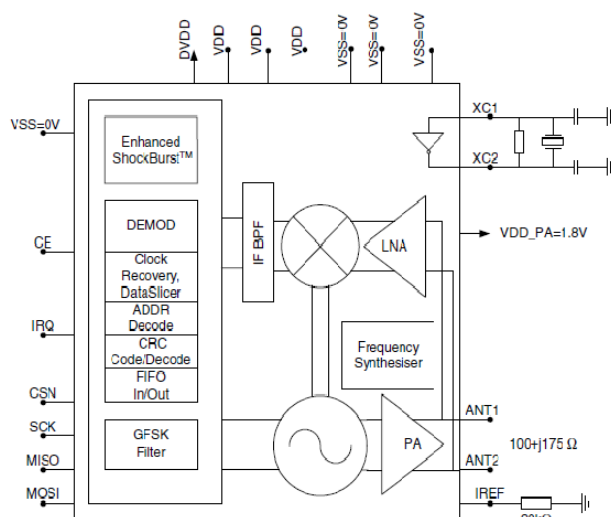


ภาพที่ 2.14 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อแบบ MeshTopology

ที่มา: <http://www.thaieasyelec.com/Embedded-Electronics-Application/Xbee-Basic-Configuration-in-Network-Application.html>

2.5 ตัวรับส่งสัญญาณ Nrf24l01

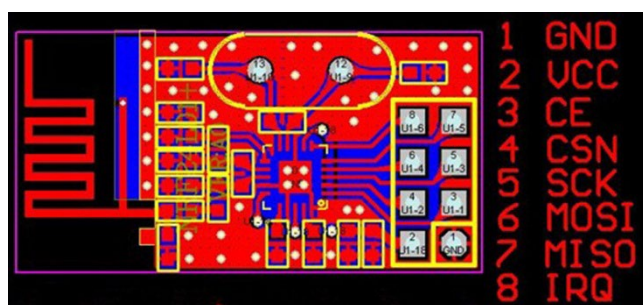
Nrf24l01 เป็นตัวรับส่งสัญญาณอยู่ในย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ การเชื่อมต่อสัญญาณจะใช้การเชื่อมต่อแบบ SPI กินกระแสต่ำ 9 มิลลิแอมป์ที่เอาต์พุต -6 dBm และ 12.3 mA ใน Rx โหมด โครงสร้างภายในแสดงดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 แสดงโครงสร้างภายใน Nrf24l01

การต่อใช้งานกับ Arduino จะทำการต่อสัญญาณในภาพที่ 2.16 แสดงการเชื่อมต่อสัญญาณกับขาสัญญาณ Arduino จากชุดรับส่งสัญญาณวิทยุจำนวน 5 สัญญาณ ได้แก่ MISO MOSI SCK CE และ CSN โดยทำการเชื่อมต่อสัญญาณเข้ากับขาสัญญาณของ Arduino ดังนี้

- 1) สัญญาณ MISO เชื่อมต่อกับสัญญาณ ขา 12
- 2) สัญญาณ MOSI เชื่อมต่อกับสัญญาณ ขา 11
- 3) สัญญาณ SCK เชื่อมต่อกับขา 13
- 4) สัญญาณ CE เชื่อมต่อกับขา 8
- 5) สัญญาณ CSN เชื่อมต่อกับขา 7



ภาพที่ 2.16 ขาสัญญาณ Nrf24L01

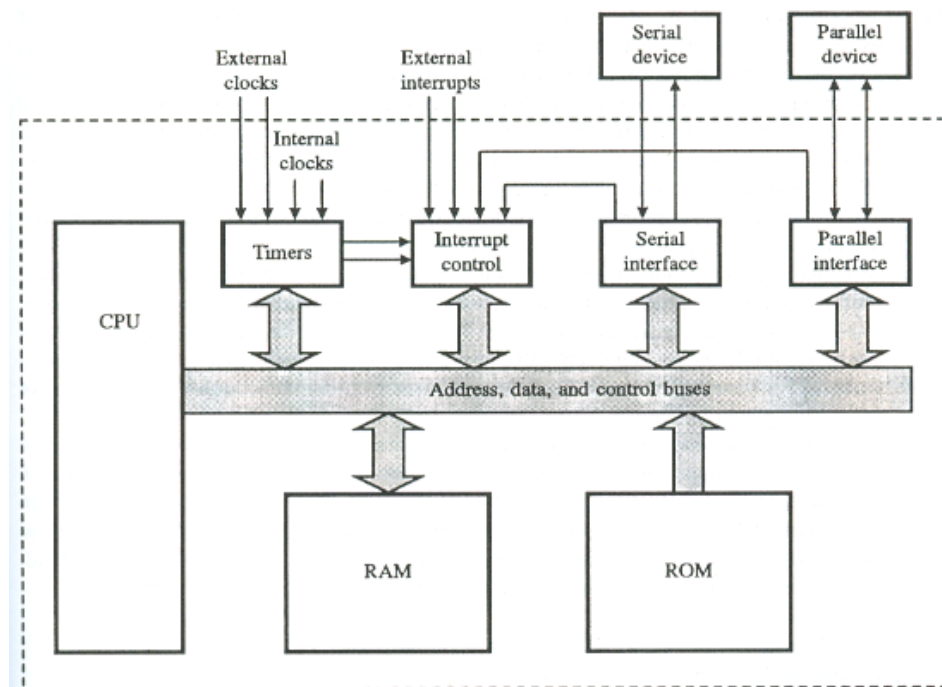
ที่มา: <http://arduino-info.wikispaces.com/Nrf24L01-2.4GHz-HowTo>

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

ไมโครคอนโทรลเลอร์รู้จักกันในนามของคอมพิวเตอร์บนชิป (chip) การออกแบบประกอบด้วยซีพียู ซึ่งประกอบด้วย ALU PC SP และเรจิสเตอร์ต่าง ๆ และยังเพิ่มส่วนต่างๆ เข้าไปในชิปอีกเพื่อให้เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่สมบูรณ์ เช่น รอม แรม อินพุตและเอาต์พุตแบบขนาน อินพุตและเอาต์พุตแบบอนุกรม ตัวจับเวลาและตัวนับวงจรรนาฬิกา เป็นต้น

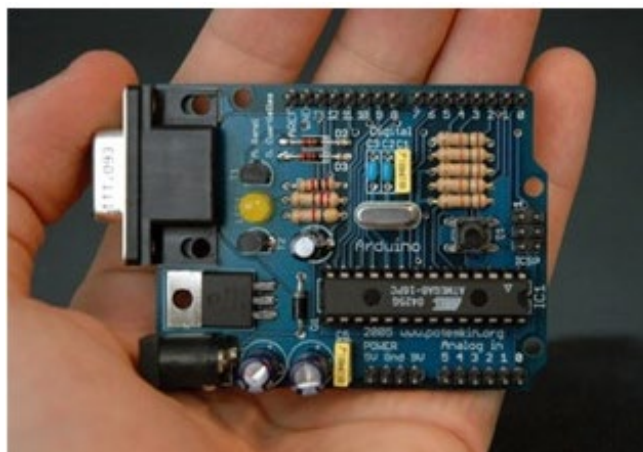
จากภาพที่ 2.17 แสดงให้เห็นภาพภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานควบคุมสำหรับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ โดยจะโปรแกรมการควบคุมของเครื่องจักรไว้ในรอม ในชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ การออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์จะจำกัดในเรื่องของคำสั่งที่เป็นไบต์และการใช้คำสั่งจะเป็นการเคลื่อนย้ายข้อมูลภายในชิป นอกจากนั้นยังมีคำสั่งเกี่ยวกับขา(PIN)ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถโปรแกรมขาสัญญาณได้เพื่อใช้งานซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ใช้งาน

หรือเรียกว่าขาที่สามารถโปรแกรมได้ (the pins are “programmable”) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเกี่ยวข้องกับการรับข้อมูลจากขาของตนเองและส่งข้อมูลไปยังขาของตนเอง



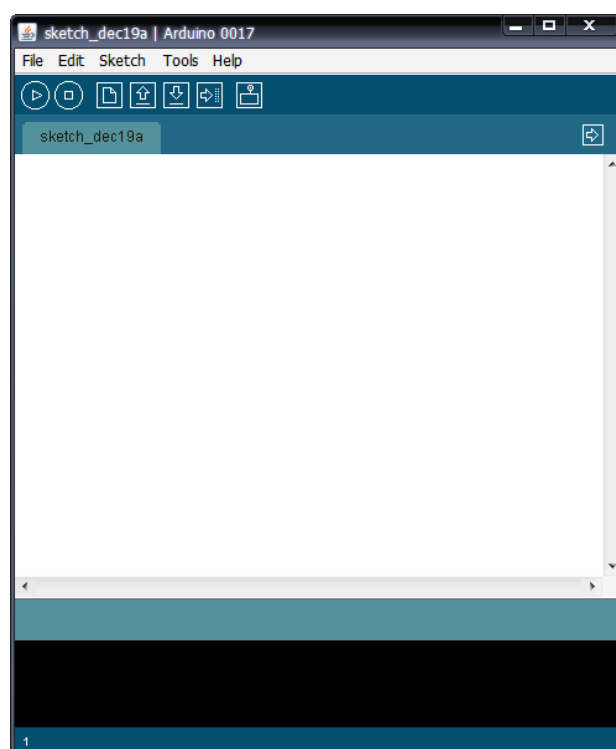
ภาพที่ 2.17 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

ปัจจุบันได้มีการออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ง่ายต่อการใช้งาน โดยผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องรู้จักกับโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สามารถใช้งานได้ ซึ่งเรียกไมโครคอนโทรลเลอร์รูปแบบนี้ว่า Physical computing เป็นการสร้างปฏิสัมพันธ์ของระบบกายภาพที่ใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ในการตอบสนองโลกอนาล็อก (analog world) ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีลักษณะดังกล่าวข้างต้นคือ Arduino เป็นการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งผู้พัฒนาได้เปิดให้ใช้งานในลักษณะ Open Source ซึ่งเป็นการเปิดเผย ทั้งในเรื่องของ ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ บอร์ด Aduino และซอฟต์แวร์ แสดงดังภาพที่ 2.17 และ 2.18



ภาพที่ 2.18 แสดงบอร์ด arduino

ที่มา: <http://www.arduino.cc/>



ภาพที่ 2.19 แสดงโปรแกรม arduino

ที่มา: <http://www.arduino.cc/>

Arduino ถือว่าเป็นเครื่องมือที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าใช้เครื่องพีซีตั้งโต๊ะ

ตัวบอร์ดออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยว และมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้บอร์ดทำงาน Arduino สามารถประยุกต์ทำเครื่องใช้อัจฉริยะ รับสัญญาณจากสวิทช์ หรือ เซนเซอร์ และควบคุม หลอดไฟ มอเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ โครงการงาน Arduino เป็นได้ทั้งแบบทำงานอิสระ หรือทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องพีซี ตัวบอร์ดสามารถประกอบขึ้นใช้เอง หรือจะซื้อสำเร็จที่มีขาย ส่วนโปรแกรมพัฒนา Arduino สามารถดาวน์โหลดได้ฟรี

ในตลาดไมโครคอนโทรลเลอร์มีตัวเลือกมากมาย เช่น Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Pidgets, MIT's Handyboard, และอีกหลายบริษัทที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน คือทำให้ใช้งานง่าย และเน้นการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก Arduino มีข้อแตกต่างจากไมโครอื่น ๆ ที่เห็นได้ชัด คือ

ราคาไม่แพง - ราคา Arduino บอร์ดไม่แพงเมื่อเทียบกับ บอร์ดอื่น บอร์ด Arduino ที่ราคาถูกสุดสามารถทำใช้เองได้หรือซื้อสำเร็จด้วยเงินไม่เกิน 30 \$

ทำงานได้หลายแพลตฟอร์ม โปรแกรมพัฒนา Arduino ทำงานได้ทั้งบนวินโดวส์ Macintosh OSX และ บนลินุกซ์ ในขณะที่บอร์ดอื่นทำงานได้เฉพาะบนวินโดวส์

ใช้งานง่าย มีโปรแกรมพัฒนาที่ไม่ซับซ้อน - โปรแกรมพัฒนา Arduino ใช้งานง่ายสำหรับมือใหม่ และมีความสามารถครอบคลุมความต้องการของนักพัฒนามืออาชีพ

เปิดเผยซอร์สโค้ด และ นำไปพัฒนาต่อยอดได้ โปรแกรม Arduino ดีพิมพ์แบบเปิดเผยซอร์สโค้ด และสามารถเพิ่มเติมความสามารถผ่าน C++ library ถ้าต้องการศึกษาให้ลึกซึ่งสามารถเข้าไปเล่น AVR C ซึ่งเป็นต้นแบบของ Arduino และสามารถเพิ่มเติม AVR - C โค้ดได้โดยตรงถ้าต้องการ

เปิดเผยวงจร และ นำไปพัฒนาขาย hardware ได้ Arduino ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Atmel เบอร์ ATMEGA8 และ ATMEGA168 วงจรของบอร์ดดีพิมพ์แบบเปิดเผยวงจรภายใต้ Creative Commons License ที่สามารถนำไปดัดแปลงต่อขยายและเพิ่มประสิทธิภาพ เพื่อศึกษาการทำงานได้ฟรี

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์เกี่ยวกับการนำเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายไปใช้ประโยชน์มีดังนี้

ศุวิชา โกสมวงศวิวัฒน์ (2549) ได้พัฒนาระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเพื่อแจ้งเตือนไฟฟ้า ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยอาศัยหลักการทำงานของเซนเซอร์ไร้สาย ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ คอยตรวจสอบอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงแล้วส่งข้อมูลเข้ามายังส่วนควบคุม หากมีอุณหภูมิสูงต่ำกว่าที่ตั้งไว้ระบบก็จะมีการแจ้งเตือนให้เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง

กลอยใจ กางกรณ (2551) ได้วิจัยเรื่อง การวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์บนท้องถนนโดยใช้เครือข่ายตรวจวัดแบบไร้สาย โดยใช้ระบบปฏิบัติการ TinyOS เซนเซอร์ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ และอุปกรณ์ไร้สาย Tmote Sky ผลการวิจัยพบว่า วงจรเซนเซอร์ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์สามารถใช้งานได้และผ่านการเปรียบเทียบค่าก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์โดยใช้วิธีขจัดรีแอกเตอร์ด้วยก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่มีความบริสุทธิ์ 99.9999 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดสามารถบันทึกลงฐานข้อมูลและสามารถแสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เป็นกราฟเส้นตามประเภทและช่วงเวลาที่ต้องการได้

เฉลิมพล ศิริอาคเนย์ (2551) ได้นำเสนอระบบควบคุมและตรวจสอบเครือข่ายตรวจรู้ไร้สาย เป็นการพัฒนาระบบการใช้งานไวร์เลสเซนเซอร์สำหรับผู้ดูแลระบบ ให้เครือข่ายมีประสิทธิภาพมากที่สุด สิ่งที่ได้จากงานวิจัยนี้คือ ระบบตรวจสอบเครือข่ายที่สามารถแสดงผลได้อย่างรวดเร็วผ่านทางเว็บอินเทอร์เน็ต สามารถตรวจเช็คอุปกรณ์ในเครือข่ายได้

อนุศักดิ์ ประพัฒน์ (2551) ได้วิจัยเรื่อง ระบบตรวจสอบปริมาณออกซิเจนในน้ำโดยอัตโนมัติ โดยใช้เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย สำหรับฟาร์มกุ้ง โดยใช้อุปกรณ์ไร้สาย Tmote Sky วัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและระบบปฏิบัติการ TinyOS ผลการวิจัยพบว่า ชุดตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสามารถใช้งานได้ผ่านการเปรียบเทียบค่าโดยใช้วิธีวัดค่าออกซิเจนในน้ำจากสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ ที่มีปริมาณออกซิเจนแตกต่างกัน โดยมีค่าสูงที่สุดที่ 20 ppm. ข้อมูลที่ได้จากการวัดสามารถบันทึกค่าลงฐานข้อมูล และสามารถแสดงปริมาณออกซิเจนที่วัดผ่านทางเว็บเพจที่ออกแบบ

และแสดงปริมาณออกซิเจนย้อนหลังจากฐานข้อมูลที่เก็บไว้ในรูปของกราฟเส้นตามช่วงเวลาที่ต้องการได้

โครงการเครือข่ายสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ (Mini Monitoring Station (MMS)) (2005) ของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ประกอบไปด้วยสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ สถานีรับข้อมูล และเครื่องแม่ข่าย โดยในอุปกรณ์ตรวจสภาพอากาศนั้นประกอบไปด้วย เซนเซอร์ตรวจวัดต่าง ๆ เช่น ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ ปริมาณน้ำฝน เสียง เป็นต้น การสื่อสารข้อมูลสามารถทำได้โดยผ่านสายและคลื่นวิทยุ โดยสายหากใช้สายแบบ RS485 จะสามารถสื่อสารได้สูงสุด 1200 เมตร และการสื่อสารทางคลื่นวิทยุที่ทางศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติได้พัฒนาขึ้น สามารถส่งสัญญาณได้ระยะทาง 80 เมตร นอกจากนั้นยังสามารถส่งข้อมูลโดยผ่านทางระบบ GPRS (General Packet Radio Service) โดยจะมีสถานีรับข้อมูลและส่งต่อไปยังเครื่องแม่ข่ายเพื่อบันทึกข้อมูล

สถาปัตย์ กิลาส (2553) ได้นำเสนอระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเพื่อแสดงผลสภาพอากาศ โดยได้นำระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายตามมาตรฐาน IEEE Zigbee 802.15.4 มาประยุกต์ใช้ในการสร้างเครือข่ายสถานีตรวจอากาศไร้สายและแจ้งเตือนภัยพิบัติ โดยได้นำเทคนิคแบบ Decision Tree มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อการแจ้งเตือน โดยในระบบต้นแบบนี้ได้ใช้ข้อดีของระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย ที่สามารถส่งสัญญาณได้ในระยะไกลโดยอาศัยเทคนิคแบบ MESH ในการรับส่งข้อมูลและใช้พลังงานต่ำ ทำให้สามารถนำไปติดตั้งในสถานที่ยากต่อการเดินสายสัญญาณหรือไม่มีกระแสไฟฟ้าเข้าถึง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมและระบบสารสนเทศในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายระดับหมู่บ้านเพื่อลดการใช้สารเคมีและสารพิษตกค้างลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี โดยได้แบ่งการออกแบบเป็น 2 ส่วน คือ 1) สร้างระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย 2) สร้างระบบสารสนเทศในพื้นที่เพาะปลูกมะนาวเพื่อเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม ในการสร้างจะทำการออกแบบและทดสอบในห้องปฏิบัติการก่อนนำไปใช้งานจริงโดยได้สร้างระบบดังนี้

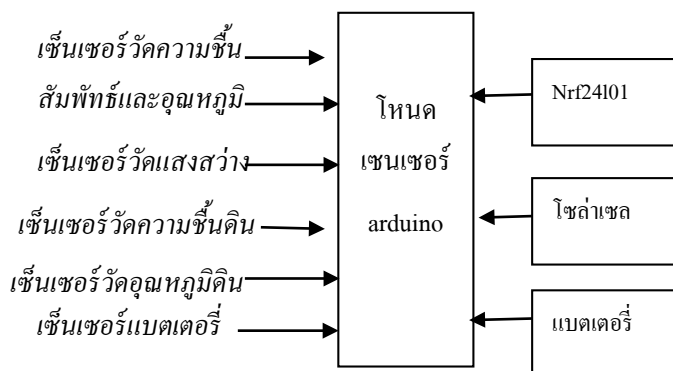
- 1) สร้างระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย
- 2) สร้างระบบสารสนเทศในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว

3.1 สร้างระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

ในการสร้างระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายได้ทำการออกแบบฮาร์ดแวร์ โดยการพิจารณาจากการใช้งานในสภาพแวดล้อมพื้นที่ไร่มะนาวโดยเน้นการเก็บข้อมูลที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน ความเร็วลม ปริมาณน้ำฝน ทิศทางลม จึงทำการออกแบบทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

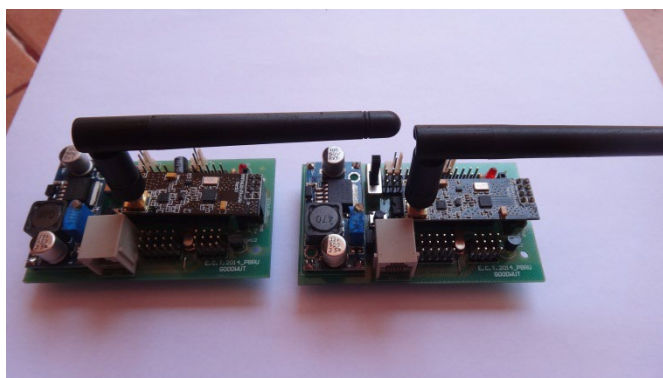
3.1.1 เซ็นเซอร์โหนด

เซ็นเซอร์โหนด เป็น โหนดที่ใช้ในการรับค่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลส่งต่อไปยังโหนดอื่น ๆ โดยโหนดเซ็นเซอร์มีการออกแบบดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 โหนดเซ็นเซอร์

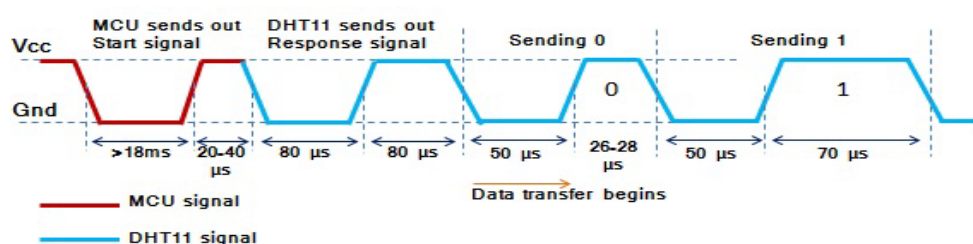
บอร์ดเซนเซอร์โหนดแสดงดังภาพที่ 3.2 จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ในการประมวลผล และใช้ nrf24l01 เป็นตัวรับส่งสัญญาณ โดยตัวรับส่งสัญญาณจะส่งสัญญาณได้ 20-30 เมตร ขึ้นอยู่กับสถานที่ในการติดตั้ง ใน 1 โหนดเซ็นเซอร์จะประกอบด้วยเซ็นเซอร์ดังนี้



ภาพที่ 3.2 บอร์ดโหนดเซ็นเซอร์

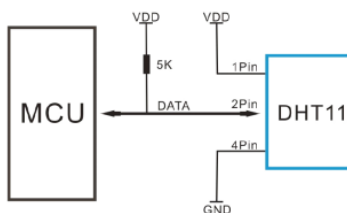
เซ็นเซอร์โหนด วัดความชื้นสัมพัทธ์และวัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์โหนดวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในอากาศจะใช้เซ็นเซอร์ DHT11 เซ็นเซอร์นี้สามารถวัดค่าได้ 2 ค่าคือ วัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิโดยค่าความชื้นที่วัดได้อยู่ในย่าน 20-90 เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด ± 5 เปอร์เซ็นต์ความละเอียดในการวัด 1 เปอร์เซ็นต์ สำหรับ 8 บิต ส่วนค่าอุณหภูมิ 0-50 องศาเซลเซียส ความผิดพลาด ± 2 เปอร์เซ็นต์ ความละเอียดในการวัด 1 องศาเซลเซียส สำหรับการแสดงผลแบบ 8 บิต กินกระแส 0.5-2.5 มิลลิแอมป์ ที่ระดับแรงดัน 3-5.5 Vdc อ่านค่าสัญญาณทุก ๆ 1 วินาที ในการใช้

งานการต่อระหว่างตัวไมโครคอนโทรลเลอร์และ DHT11 จะต้องมียาระยะไม่เกิน 20 เมตร และจะต้องต่อความต้านทานขนาด 5 กิโลโอห์ม ไว้กับแหล่งจ่ายแรงดันและต่อเข้ากับขาข้อมูล (DATA) การต่อใช้งานจะใช้ 3 ขา คือ ขาที่ 1 (Vdd) ต่อกับ แหล่งจ่ายแรงดัน ขาที่ 2 ต่อกับขาข้อมูล (DATA) ดังภาพที่ 3.4 ขาที่ 3 ไม่ได้ใช้งาน ขาที่ 4 ต่อลงกราวด์ การทำงานในการติดต่อกันระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ DHT11 จะเริ่มจากที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณที่เป็นแรงดันไฟฟ้าต่ำอย่างน้อย 80 มิลลิวินาที ไปที่ DHT11 ดังภาพที่ 3.3 แล้วรอ DHT11 ตอบกลับมา 20-40 ไมโครวินาที ทางด้าน DHT11 ก็จะส่งสัญญาณแรงดันระดับต่ำ 80 ไมโครวินาที กลับไป ซึ่งบอกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมที่จะส่งข้อมูล ในการส่งข้อมูลจากภาพที่ 3.2 ในการส่งข้อมูลบิต “0” และ “1” มีความแตกต่างกัน โดยถ้าจะส่งบิต “0” DHT11 จะส่งระดับแรงดันต่ำนาน 50 ไมโครวินาที และปล่อยให้แรงดันระดับสูงนาน 26-28 ไมโครวินาที ส่วนการส่งบิต “1” จะส่งแรงดันระดับต่ำ 50 ไมโครวินาที และปล่อยให้เป็นระดับสูงนาน 70 ไมโครวินาที ในการต่อใช้งานแสดงดังภาพที่ 3.4 และการต่อใช้งานจริงดังภาพที่ 3.5

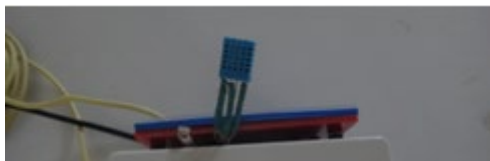


ภาพที่ 3.3 การทำงานระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และDHT11

ที่มา: <http://www.arduitronics.com/article?tskp=4>



ภาพที่ 3.4 แสดงการต่อวงจร DHT11

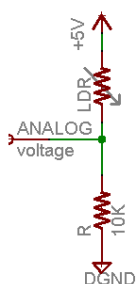


ภาพที่ 3.5 การต่อใช้งานจริง DHT11

เซ็นเซอร์โหนด วัดความเข้มแสง เซ็นเซอร์โหนดวัดความเข้มแสง เซ็นเซอร์นี้จะใช้อุปกรณ์ LDR และความต้านทานขนาด 10 กิโลโอห์ม นำมาต่ออนุกรมกันโดยใช้ความต้านทานต่อพูลดาว (pull down) ดังภาพที่ 3.6 และการต่อใช้งานดังภาพที่ 3.7 โดยค่าแรงดันจะคำนวณได้จากสมการ

$$V_{analog} = 5v \times R/R+RLDR$$

ค่าแรงดันที่ได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบบ LDR จะทำให้เกิดค่าแรงดัน V_{analog} เปลี่ยนแปลง ทำให้ได้ค่าที่จะนำไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อไปควบคุมการทำงานของชุดคำสั่งต่อไป



ภาพที่ 3.6 แสดงวงจรของการรับสัญญาณจาก LDR

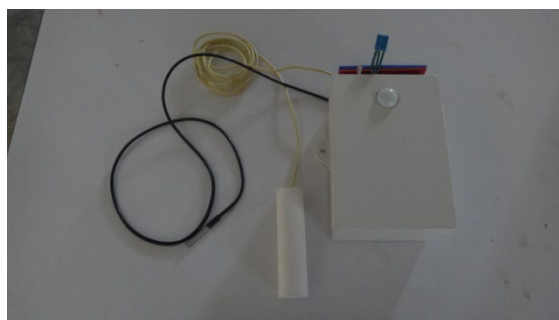
ที่มา: <http://learn.adafruit.com/photocells>

การต่อใช้งานจะวัดแรงดันตกคร่อมที่ความต้านทานโดยอ่านค่าสัญญาณไฟเข้ามาเป็นสัญญาณอนาล็อก เพื่อนำไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino



ภาพที่ 3.7 การต่อใช้งานจริง เซ็นเซอร์วัดความชื้นแสง

เซ็นเซอร์โหนด วัดความชื้นดิน เซ็นเซอร์โหนดวัดความชื้นในดินแสดงดังภาพที่ 3.8 เซ็นเซอร์จะทำจากขั้วโลหะสองชิ้นวางขนานกันระยะห่างระหว่างแท่งโลหะ 1 เซนติเมตร แท่งโลหะยาว 10 เซนติเมตร หุ้มแท่งโลหะด้วยปูนปาสเตอร์ ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร แท่งโลหะยาว 12 เซนติเมตรเมื่อหุ้มด้วยปูนปาสเตอร์แล้ว ขั้วต่อโลหะทั้งสองขั้วจะถูกต่อกับความต้านทาน 100 โอห์มแล้วเชื่อมต่อกับขั้วสัญญาณดิจิทัลของไมโครคอนโทรลเลอร์ และอีกขั้วต่อความต้านทาน 100 กิโลโอห์ม และเชื่อมต่อกับขั้วดิจิทัลของไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้านขั้วต่อกับขั้วโลหะที่ต่อกับความต้านทาน 100 กิโลโอห์ม จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับสัญญาณอนาล็อกของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการวัดความชื้นในดินจะทำการฝังตัววัดความชื้นในดินลึก 30 เซนติเมตร



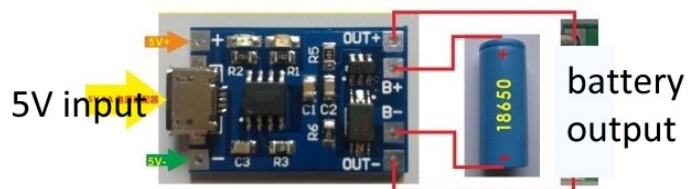
ภาพที่ 3.8 เซ็นเซอร์วัดความชื้นดิน

เซ็นเซอร์โหนดวัดอุณหภูมิดิน เซ็นเซอร์โหนดวัดอุณหภูมิในดินใช้เซ็นเซอร์ DS18B20 เป็นเซ็นเซอร์ที่หัววัด หุ้มด้วยสแตนเลส ขนาด 6 x 30 มิลลิเมตร สายสัญญาณยาว 100 เซนติเมตร ใช้แรงดันแหล่งจ่าย 3 - 5.5 โวลต์ ย่านการวัดอุณหภูมิ -55 - +125 องศาเซลเซียส ในการใช้งานจะทำการฝังลงไปดินลึก 30 เซนติเมตร ลักษณะของเซ็นเซอร์โหนดวัดอุณหภูมิในดินแสดงดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 เซ็นเซอร์โหนดวัดอุณหภูมิในดิน

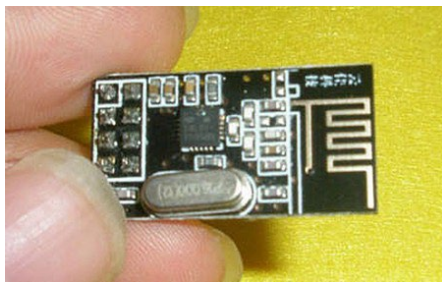
เซนเซอร์แบตเตอรี่และระบบการบรรจุแบตเตอรี่ การวัดพลังงานของแบตเตอรี่จะใช้วงจรแบ่งแรงดันในการเซนเซอร์ระดับแรงดันแบตเตอรี่ ค่าระบบพลังงานแบตเตอรี่จะถูกส่งไปแสดงพร้อมกับค่าสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถทราบค่าพลังงานที่จ่ายให้กับโหนดได้ตลอดเวลา ส่วนระบบการบรรจุแบตเตอรี่จะใช้วงจรการประจุ โมดูลชาร์จแบตเตอรี่ลิเทียม กระแส 1 แอมป์ แสดงดังภาพที่ 3.10 ในส่วนของอินพุตจะใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์ขนาด 5.5 V, 90 mA, 0.5 W ในการประจุพลังงาน



ภาพที่ 3.10 ระบบการประจุแบตเตอรี่

ที่มา: <https://www.arduinoall.com/product/513/1a-lithium-battery-charging-and-protect-one-plate-protection-2-in-1-18650-lithium-battery-charging-b-2>

คลื่นความถี่วิทยุ การออกแบบคลื่นความถี่วิทยุจะใช้ความสามารถของ โมดูล NRF24L01 ซึ่งเป็นโมดูลความถี่วิทยุ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ โดยได้ใช้โมดูลความถี่วิทยุ 2 รูปแบบ คือ โมดูลที่ส่งคลื่นความถี่ได้ในระยะใกล้ แสดงดังภาพที่ 3.11 มีระยะการส่งสัญญาณ 30 เมตร จะใช้กับโหนดเซนเซอร์ และโมดูลส่งสัญญาณระยะ 100 เมตร จะใช้กับโหนดฐาน ดังภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.11 โมดูล NRF24L01 แบบส่งระยะไกล

ที่มา: <http://arduino-info.wikispaces.com/Nrf24L01-2.4GHz-HowTo>



ภาพที่ 3.12 โมดูล NRF24L01 แบบส่งระยะไกล

ที่มา: <http://arduino-info.wikispaces.com/Nrf24L01-2.4GHz-HowTo>

การออกแบบการรับส่งข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ การออกแบบในส่วนนี้จะใช้การออกแบบโดยได้ออกแบบให้ขาของ ชุดคำสั่งสามารถรองรับขาของ อุปกรณ์ส่งสัญญาณวิทยุ nrf24l01 ดังภาพที่ 3.13 และภาพที่ 3.14 ในการต่อใช้งานกับ Arduino จะทำการต่อสัญญาณจากชุดรับส่งสัญญาณวิทยุจำนวน 5 สัญญาณ ได้แก่ MISO MOSI SCK CE และ CSN โดยทำการเชื่อมต่อสัญญาณเข้ากับขาสัญญาณของ Arduino ดังนี้

- 1) สัญญาณ MISO เชื่อมต่อกับสัญญาณ ขา 12
- 2) สัญญาณ MOSI เชื่อมต่อกับสัญญาณ ขา 11
- 3) สัญญาณ SCK เชื่อมต่อกับขา 13
- 4) สัญญาณ CE เชื่อมต่อกับขา 8
- 5) สัญญาณ CSN เชื่อมต่อกับขา 7

แบตเตอรี่ Li-ion 18650 รุ่น LGEBMG11865 ความจุ 2850mah เป็นแบตเตอรี่ลิเทียมที่ใช้ในการจ่ายพลังงานให้กับระบบ โดยแบตเตอรี่รุ่นนี้จะมีค่าแรงดันที่ 3.7 โวลต์

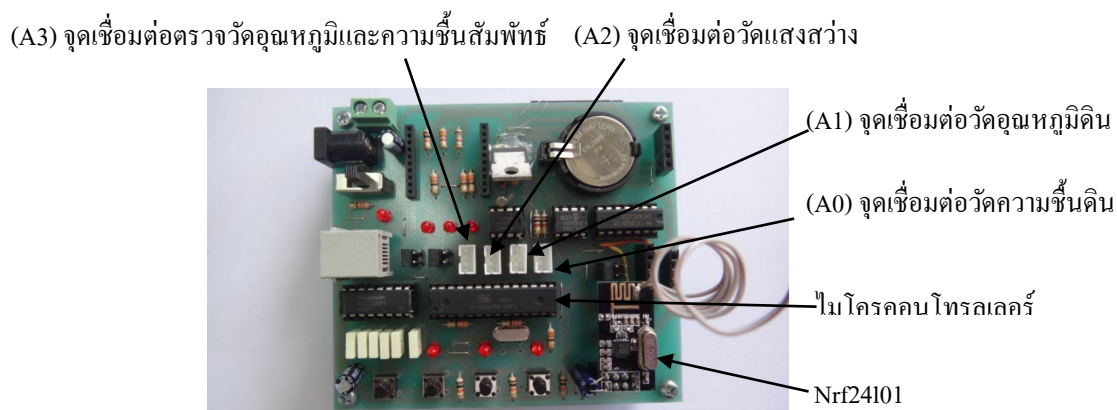


ภาพที่ 3.16 แบตเตอรี่สำหรับจ่ายพลังงาน

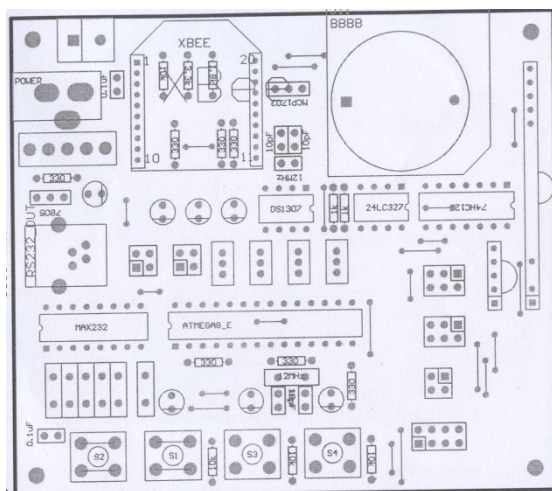
ที่มา: <https://www.arduinoall.com/product/1535/original-genuine-lg-lgebm11865-18650-2850-mah-battery>

ไมโครคอนโทรลเลอร์ การออกแบบบอร์ดในงานวิจัยนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ในการประมวลผล และทำการเขียนโปรแกรมด้วย ภาษา Arduino IDE การออกแบบบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino จะออกแบบดังภาพที่ 3.17 และภาพที่ 3.18 โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับค่าข้อมูลจากพอร์ตต่าง ๆ ในการตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และอุณหภูมิ ทั้งสองค่านี้จะรับค่าจากพอร์ต A3 ของ Arduino ตรวจจับความเข้มแสงจะรับค่าจากพอร์ต A2 ของ Arduino ตรวจจับอุณหภูมิในดินจะรับค่าจากพอร์ต A1 ตรวจจับความชื้นในดินที่พอร์ต A0 ของ Arduino และตรวจจับความเคลื่อนไหวจากพอร์ต ขา 9

ส่วนพอร์ต A4 และ A5 จะรับค่าข้อมูลจากฐานเวลาและหน่วยความจำ EEPROM พอร์ต Tx และ Rx จะรับค่าจาก RS232 ในงานวิจัยนี้จะใช้ไอซี Max232 เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนั้นพอร์ต Rx และ Tx นี้ยังสามารถเลือกจากจัมเปอร์ในการติดต่อกับ Xbee ซึ่งเป็นชุดส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุด้วย



ภาพที่ 3.17 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพที่ 3.18 ลักษณะการวางอุปกรณ์บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ

การติดตั้ง อุปกรณ์เซนเซอร์โซนด การติดตั้งจะทำการติดตั้งโดยให้โซนดเซนเซอร์ แต่ละโซนดมีระยะห่างกัน 12-15 เมตรแสดงดังภาพที่ 3.19 ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมพื้นที่ การติดตั้งจากในภาพพื้นที่ไร่ปลูกมะนาว จะไม่รก แต่บางจุดจะมีความรกมากทำให้ยากต่อการติดตั้งและการส่งข้อมูลไม่ได้ไกล จากภาพที่ 3.19 จะเป็นพื้นที่เพาะปลูกมะนาวซึ่งไม่รก ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ดี โดยสามารถส่งข้อมูลได้ไกลสุด 25 เมตร

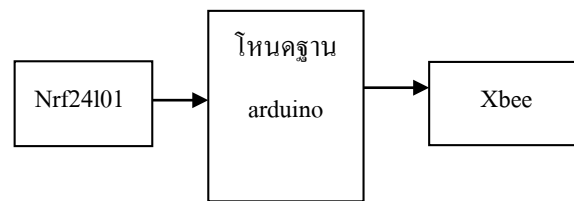


ภาพที่ 3.19 ลักษณะการติดตั้งโหนดเซนเซอร์ในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว

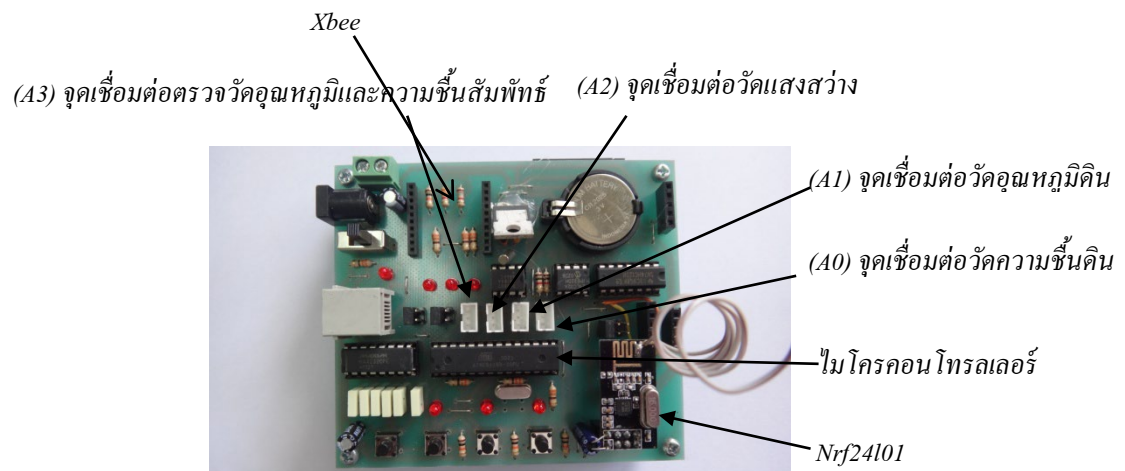
การส่งสัญญาณจะทำการส่งแบบ จุดต่อจุด (point to point) โดยข้อมูลจะถูกส่งมาทั้ง 6 ค่า ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน และพลังงานแบตเตอรี่ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปยังโหนดฐาน

3.1.2 โหนดฐาน

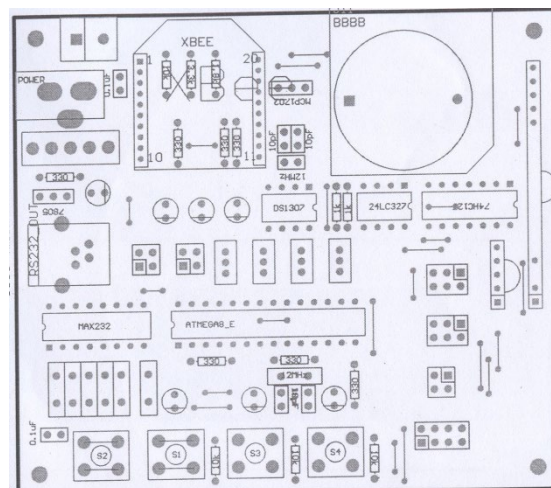
โหนดฐาน ดังภาพที่ 3.20 โหนดฐานจะมีการรับค่าจากเซนเซอร์โหนดแต่ละตัวเพื่อส่งข้อมูลไปยังโหนดสถานี ด้วยตัวส่งสัญญาณระยะใกล้ Nrf24101 โหนดฐานยังมีความสามารถตรวจวัดสภาพแวดล้อมเหมือนกับเซนเซอร์โหนด โหนดฐานจะรับข้อมูลจากโหนดเซนเซอร์ทุกตัวที่ส่งเข้ามาจนครบ 10 โหนดก่อนจะส่งข้อมูลไปยังโหนดสถานีต่อไปพร้อมด้วยค่าของเซนเซอร์โหนดของโหนดฐาน เพื่อการประมวลผลและทำการส่งข้อมูลสู่ Host ต่อไป โหนดฐานประกอบด้วย บล็อกการทำงานดังภาพที่ 3.20 บอร์ดใช้งานจริงดังภาพที่ 3.21 และภาพที่ 3.22



ภาพที่ 3.20 โหนดฐาน



ภาพที่ 3.21 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพที่ 3.22 ลักษณะการวางอุปกรณ์โหนดฐาน

Nrf24101 เป็นอุปกรณ์รับข้อมูลแบบไร้สายจากโหนดแต่ละโหนดที่ส่งมา ก่อนที่จะส่งข้อมูลไปยังโหนดสถานี โดยโหนดฐานนี้จะทำการบันทึกค่าแต่ละโหนดที่ส่งเข้ามาจนครบ 10 โหนด แล้วจึงจะส่งข้อมูลไปยังโหนดสถานี

Arduino จะทำหน้าที่ในการควบคุมการบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล โดยที่จะทำการคอยตรวจสอบเช็คการส่งและรับข้อมูลระหว่างโหนดเซนเซอร์แต่ละโหนดและข้อมูลที่เก็บไว้โดยสมบูรณ์ และจะถูกนำไปยังโหนดสถานี

Xbee เป็นอุปกรณ์ในการรับส่งข้อมูลระหว่างโหนดฐานกับโหนดสถานี โดยจะทำการส่งข้อมูลเมื่อข้อมูลที่ส่งมาครบจำนวน 3 สถานี แล้วจะถูกส่งไปยังโหนดสถานี

การติดตั้งอุปกรณ์โหนดฐาน การติดตั้งโหนดฐานจะติดตั้งคล้ายกับโหนดเซนเซอร์ แต่การทำหน้าที่ของโหนดฐานจะเป็นฐานในการส่งต่อข้อมูลจากโหนดเซนเซอร์ต่างๆ นอกจากนั้นที่โหนดฐานยังตรวจจับค่าอุณหภูมิคล้ายกับโหนดเซนเซอร์ด้วย โหนดฐานจะทำหน้าที่ 2 หน้าที่คือ 1) ส่งข้อมูลต่างๆที่มาจากโหนดเซนเซอร์ต่างๆไปยังโหนดสถานี 2) ตรวจจับข้อมูลคล้ายกับเซนเซอร์โหนด การติดตั้ง แสดงดังภาพที่ 3.23

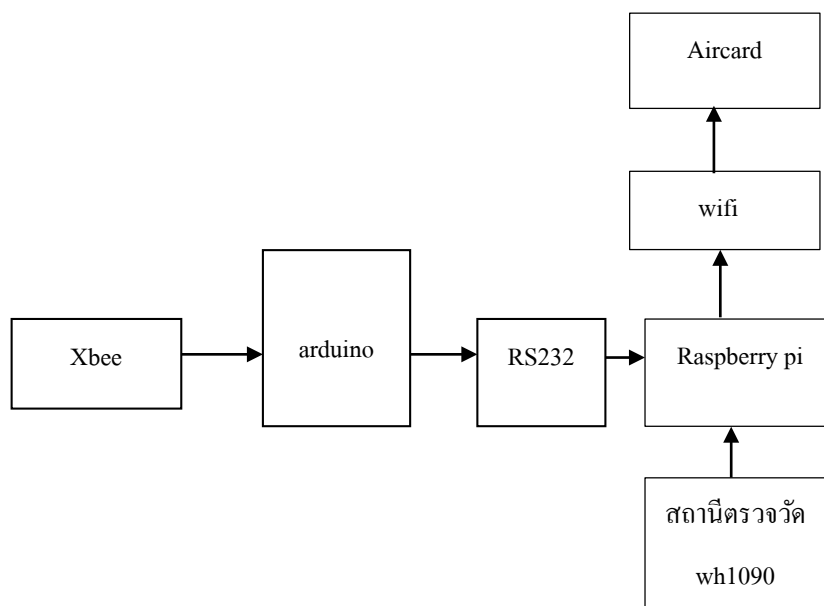


ภาพที่ 3.23 การติดตั้งโหนดฐานในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว

การติดตั้งโหนดฐาน จะทำการติดตั้งโหนดฐาน 1 โหนดต่อโหนดเซนเซอร์ 3 โหนด โดยระยะห่างระหว่างโหนดฐานและโหนดเซนเซอร์มีระยะ 15-20 เมตร

3.1.3 โหนดสถานี

โหนดสถานี การออกแบบโหนดสถานีแสดงดังภาพที่ 3.24 จะทำการออกแบบ ให้สามารถรับข้อมูลแบบสุ่มได้ และสามารถเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูลเพื่อการประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูล การเก็บข้อมูลจะใช้ การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูลกับโหนดสถานีผ่านพอร์ต RS232 ซึ่งเป็นพอร์ตอนุกรม ข้อมูลจากโหนดสถานีจะถูกส่งไปยัง Host เพื่อให้แสดงผลบนเว็บไซต์



ภาพที่ 3.24 บล็อกไดอะแกรมโหนดสถานี

xbee เป็นตัวส่งสัญญาณ อ้างอิงการทำงานอยู่บนมาตรฐาน Zigbee 802.15.4 มีย่านความถี่ 3 ย่านคือ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ 900 เมกะเฮิรตซ์ และ 868 เมกะเฮิรตซ์รูปแบบการเชื่อมต่อของโมดูลไร้สาย XBee สามารถแบ่งรูปแบบการเชื่อมต่อออกได้เป็น 3 แบบ ตามมาตรฐาน ZigBee 802.15.4 คือแบบ Star แบบ Cluster Tree และแบบ Mesh โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) Star Topology ประกอบด้วย Coorodoantor เป็นศูนย์กลางของเครือข่าย มี End Device เชื่อมต่อเข้ามา

- 2) Cluster Tree Topology มี Coordinator เป็นตัวเชื่อมระหว่างเครือข่ายย่อย โดยในเครือข่ายย่อยจะประกอบไปด้วย Router เป็นศูนย์กลางเพื่อส่งข้อมูลไปยัง Coordinator และมี End Device เชื่อมเข้ากับ Router
- 3) MeshTopology อุปกรณ์ในเครือข่ายทั้งหมดสามารถเชื่อมต่อกันได้ในรัศมีที่สัญญาณครอบคลุม โดยจะมีตัว Coordinate เป็นศูนย์กลาง 1 ตัวลักษณะ Xbee แสดงดังภาพที่ 3.25



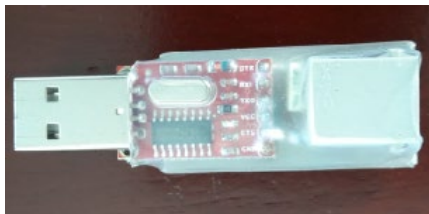
ภาพที่ 3.25 ลักษณะ Xbee

Arduino ถือว่าเป็นเครื่องมือที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าใช้เครื่องพีซีตั้งโต๊ะ ตัวบอร์ดออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์ชิพเดียวและมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้บอร์ดทำงาน Arduino สามารถประยุกต์ทำเครื่องใช้อัจฉริยะ รับสัญญาณจากสวิทช์ หรือ เซนเซอร์ และควบคุม หลอดไฟ มอเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ โครงงาน Arduino เป็นได้ทั้งแบบทำงานอิสระหรือทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องพีซี ตัวบอร์ดสามารถประกอบขึ้นใช้เอง หรือจะซื้อสำเร็จที่มีขาย ส่วนโปรแกรมพัฒนา Arduino สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีบอร์ดใช้งานแสดงดังภาพที่ 3.26



ภาพที่ 3.26 บอร์ดอาดูโน

ยูเอสบี แปลง RS232 ในงานวิจัยนี้ใช้ไอซี CH340G สำหรับแปลงสัญญาณ USB เป็น สัญญาณ TTL Serial/UART/RS232 สำหรับทำวงจร USB to TTL Serial/UART/RS232 ยูเอสบีใช้งานแสดงดังภาพที่ 3.27



ภาพที่ 3.27 ยูเอสบี

Raspberry pi เป็นบอร์ดราสเบอร์รี่พาย 3 มีชิพขนาด 64 บิต ความเร็วของซีพียู 400 Mhz รองรับ Bluetooth 4.0 และ รองรับ HDMI/Composite ผ่านทาง RCA Jack บอร์ดใช้งานแสดงดังภาพที่ 3.28



ภาพที่ 3.28 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย

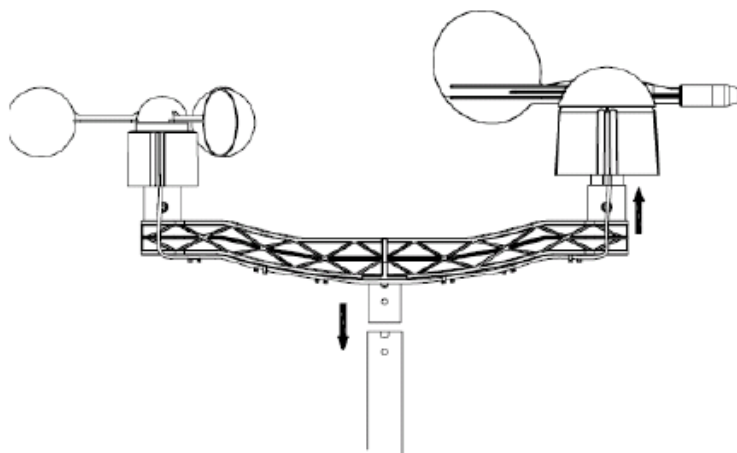
สถานีตรวจวัด **wh1090** เป็นอุปกรณ์ที่สามารถตรวจวัด สภาพอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ทิศทางลม ปริมาณน้ำฝน ลักษณะสถานีแสดงดังภาพที่ 3.29



ภาพที่ 3.29 จอแสดงผลสถานีตรวจวัด wh1090

ที่มา: http://www.foshk.com/weather_professional/wh1091.htm

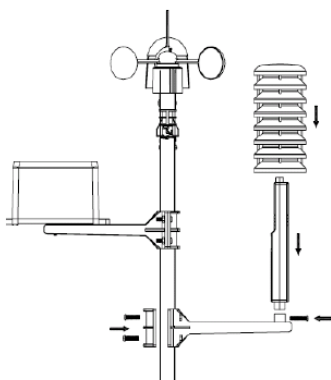
การวัดอัตราความเร็วลม และทิศทางลม จะมีลักษณะดังภาพที่ 3.30 โดยที่เครื่องวัดสามารถวัดอัตราเร็วของลมพร้อมกันกับทิศทางลมได้



ภาพที่ 3.30 ชุดวัดอัตราความเร็วลมและทิศทางลม

ที่มา: <http://foshk.com/upload/manual/WH1090%20user%20manual.pdf>

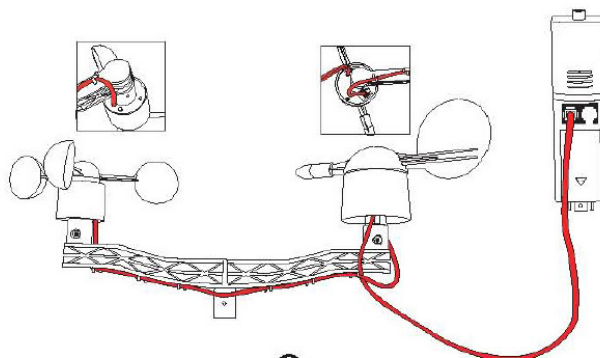
การวัดปริมาณน้ำฝน จะแสดงดังภาพที่ 3.31



ภาพที่ 3.31 ชุดวัดปริมาณน้ำฝน

ที่มา: <http://foshk.com/upload/manual/WH1090%20user%20manual.pdf>

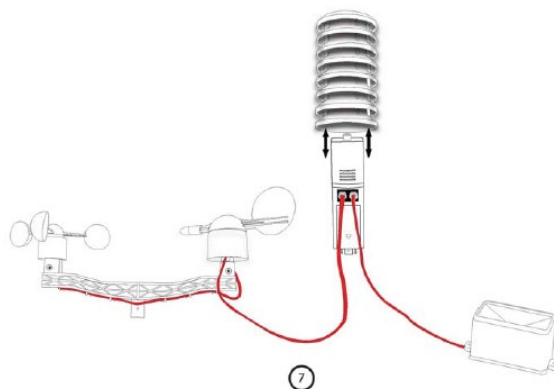
การต่อใช้งาน ชุดวัดอัตราความเร็วลมและทิศทางลม แสดงดังภาพที่ 3.32 โดยจะมีการต่อสายจากชุดวัดอัตราความเร็วลมเข้ากับชุดวัดทิศทางลม แล้วจึงต่อสายสัญญาณจากชุดวัดทิศทางลมไปยังชุดส่งสัญญาณข้อมูลไปยัง สถานี ด้วยระบบสัญญาณวิทยุความถี่ที่ใช้งาน 433 MHz



ภาพที่ 3.32 การต่อสายสัญญาณชุดตรวจวัดความเร็วลม

ที่มา: <http://foshk.com/upload/manual/WH1090%20user%20manual.pdf>

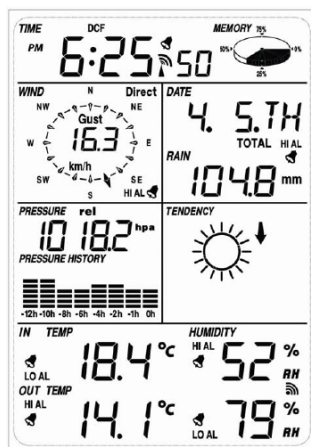
สำหรับการต่อสัญญาณวัดปริมาณน้ำฝนแสดงดังภาพที่ 3.33



ภาพที่ 3.33 การต่อสายสัญญาณสถานีตรวจวัด

ที่มา: <http://foshk.com/upload/manual/WH1090%20user%20manual.pdf>

หน้าจอแสดงผล แสดงดังภาพที่ 3.34 โดยในส่วนบนจะแสดงเวลาของการบันทึกข้อมูล ส่วนด้านล่าง ถัดลงมาจะเป็นส่วนการแสดงผลของ ทิศทางลม และปริมาณน้ำฝน



ภาพที่ 3.34 การออกแบบฮาร์ดแวร์ Weewx

ที่มา: <http://foshk.com/upload/manual/WH1090%20user%20manual.pdf>

Wifi เป็นไวไฟ รุ่น TL-WR710N 150Mbps Wireless N Mini Pocket Router รองรับการ
ทำงานในโหมด Wireless Router, Client, Repeater, Access Point, WISP Client Router ลักษณะแสดง
ดังภาพที่ 3.35



ภาพที่ 3.35 ไวไฟ รุ่น TL-WR710N

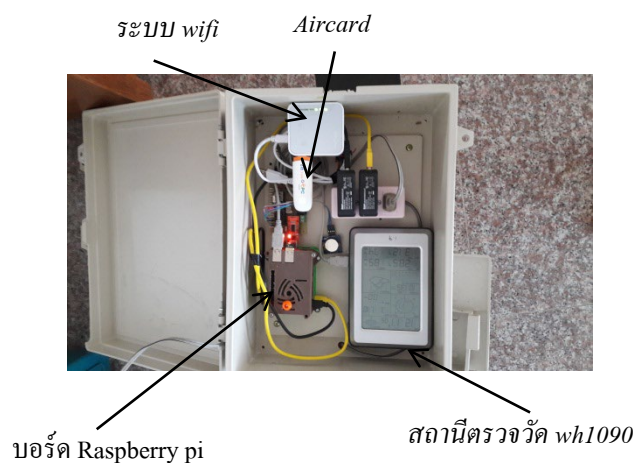
Aircard ZTE แอร์การ์ด WiFi MF70 Aircard Wi-Fi 21.6Mbps 850/2100MHz เป็น แอร์การ์ด
ที่สามารถใช้งาน sim โทรศัพท์ของ mycat ได้รองรับ 3G 850/2100 MHz (AIS, DTAC, TRUE H,
TOT, MY) รองรับ EDGE 850/900/1800/1900 MHz (AIS, DTAC, TRUE) ความเร็วในการ
Download 21.6 Mbps และ Upload 5.76 Mbps แชร์ i-Fi ได้สูงสุด 10 เครื่องพร้อมกัน รองรับ Plug &
Play และระบบ Web UI ไม่ต้องลง Driver มี Network Preset ตั้งค่า APN ใช้งานไว้มากเครื่องขาย
รองรับการรับส่ง SMS และระบบ USSD รองรับ Micro SD Card สูงสุด 32 GB แชร์ไฟล์ข้อมูลใน

Micro SD Card ได้แบบไร้สายผ่าน Wi-Fi มีช่องต่อเสาอากาศภายนอก (External Antenna Interface) รองรับระบบ Window XP / Vista / 7 / 8, Linux และ Mac OS ลักษณะแสดงดังภาพที่ 3.36



ภาพที่ 3.36 แอร์การ์ด ZTE

การทำงานของระบบสถานี ที่โหนดสถานีจะมีชุดรับข้อมูลแบบไร้สาย nrf24l01 ทุกครั้งที่ข้อมูลถูกส่งมาจากโหนดเซนเซอร์ จะถูกรับเข้ามาทาง nrf24l01 และไมโครคอนโทรล Arduino จะส่งข้อมูลผ่าน rs232 ไปยัง Raspberry pi ที่ตัว Raspberry pi จะทำการเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำภายในบอร์ด Raspberry pi ในการเก็บข้อมูลจะทำการเก็บข้อมูลไว้ 100 ชุดข้อมูล เมื่อข้อมูลครบ 100 ชุดข้อมูลแล้ว บอร์ด Raspberry pi จะส่งข้อมูลไปยัง Host ผ่าน ระบบ wifi โดยที่ การส่งข้อมูลจะใช้ระบบอินเทอร์เน็ต ผ่าน aircard ของ การสื่อสารแห่งประเทศไทย(cat) ระบบโทรศัพท์ จะส่งข้อมูลไปยัง Host เพื่อแสดงผลบนเว็บไซต์ต่อไป การติดตั้งอุปกรณ์ลงในตู้ควบคุมแสดงดังภาพที่ 3.37 รายละเอียดของโปรแกรมจะกล่าวในหัวข้อต่อไป



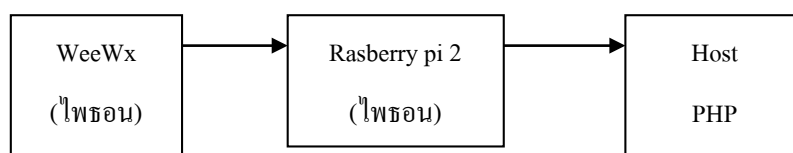
ภาพที่ 3.37 ภายตู้โหนดสถานี

3.2 สร้างระบบสารสนเทศในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว

ในการสร้างระบบสารสนเทศในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ 1) การออกแบบและสร้างด้วยระบบด้วย Weewx 2) การออกแบบและสร้าง ด้วยระบบ weather_PBRU ในการออกแบบผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

3.2.1 การออกแบบและสร้างระบบด้วย Weewx

การออกแบบซอฟต์แวร์จะทำการออกแบบ 3 ส่วนคือ ในส่วนของโปรแกรม weewx บนบอร์ด Raspberry pi และในส่วนของ Host ซึ่งเป็นส่วนของโปรแกรมในการแสดงผลด้วยโปรแกรมภาษาพีเอสพี ดังภาพที่ 3.38



ภาพที่ 3.38 การออกแบบซอฟต์แวร์ Weewx

โปรแกรม Weewx เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับรับค่าข้อมูลจาก สถานีตรวจวัด การใช้งานจะต้องลงโปรแกรมเพื่อให้ระบบทำงาน โดยใช้คำสั่ง ดังภาพที่ 3.39

```
# debian, ubuntu, mint # required packages:
sudo apt-get install python-configobj
sudo apt-get install python-cheetah
sudo apt-get install python-imaging # required if hardware is serial
or USB:
sudo apt-get install python-serial
sudo apt-get install python-usb # required if using MySQL:
sudo apt-get install mysql-client
sudo apt-get install python-mysqldb # required if you are on Raspbian
and planning on using FTP:
sudo apt-get install ftp # optional for extended almanac information:
sudo apt-get install python-dev sudo apt-get install python-pip
sudo pip install pyephem
```

ภาพที่ 3.39 การลงโปรแกรมซอฟต์แวร์ Weewx

ที่มา: <http://www.weewx.com/docs/setup.htm>

เมื่อทำการจัดเตรียมระบบแล้วจะต้องลงโปรแกรมโดยทำการดาวน์โหลด ที่เว็บไซต์ [weewx.com/downloads](http://www.weewx.com/downloads). เมื่อดาวน์โหลดมาแล้วจะทำการลงโปรแกรมโดยใช้คำสั่งดังนี้

```
tar xvfz weewx-X.Y.Z.tar.gz
```

คำสั่งนี้เป็นคำสั่ง ในการแตกไฟล์

```
cd weewx-X.Y.Z
```

คำสั่ง เปลี่ยนไดเรกทอรี

```
./setup.py build sudo ./setup.py install
```

ทำการลงโปรแกรม

```
cd /home/weewx sudo ./bin/weewxd weewx.conf
```

ทำการรันโปรแกรมโดยตรง

```
cd /home/weewx
sudo cp util/init.d/weewx.debian /etc/init.d/weewx
sudo chmod +x /etc/init.d/weewx
sudo update-rc.d weewx defaults 98 sudo /etc/init.d/weewx start
```

ทำการรันโปรแกรมอัตโนมัติ

```
sudo tail -f /var/log/syslog
```

เมื่อทำการรันโปรแกรมรออีกประมาณ 5 นาที ระบบจะสร้าง ไดเรกเตอรีขึ้นมา ซึ่งสามารถใช้คำสั่ง

```
file:///home/weewx/public/html/index.html
```

สำหรับเข้าสู่หน้าเว็บเพจ ถ้าทำถูกต้องจะเห็นหน้าเว็บขึ้นมามีภาพที่ 3.40

สถานีตรวจวัดสภาพอากาศลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี หมู่บ้านท่าแลง ต.ท่าแลง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี
www.phetrivier.com
 Current Weather Conditions
 03/20/16 20:13:45

Current Conditions	
Outside Temperature	29.8°C
Wind Chill	29.8°C
Heat Index	36.3°C
Dewpoint	25.3°C
Humidity	77%
Barometer	1014.9 mbar
Barometer Trend (3 hours)	1.5 mbar
Wind	0.7 m/s from 90° (E)
Rain Rate	0.0 mm/hr

About this weather station:

Location
 Latitude: 12° 54.48' N
 Longitude: 099° 48.54' E
 Altitude: 40 meters

This station uses a WS2080, controlled by 'weewx', an experimental weather software system written in Python. Weewx was designed to be simple, fast, and easy to understand by leveraging modern software concepts.

[RSS feed](#)
[Mobile formatted](#)

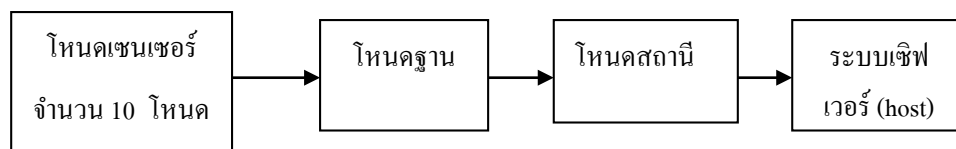
ภาพที่ 3.40 หน้าจอเว็บไซต์ สถานีตรวจวัดสภาพแวดล้อม Weewx

3.2.2 การออกแบบระบบ weather_PBRU

การออกแบบระบบ weather_PBRU จะทำการพัฒนาในส่วนของการรับข้อมูลจากโหนดฐาน เพื่อนำข้อมูลเข้าสู่เซิร์ฟเวอร์ การออกแบบฮาร์ดแวร์แสดงดังภาพที่ 3.41

การออกแบบฮาร์ดแวร์

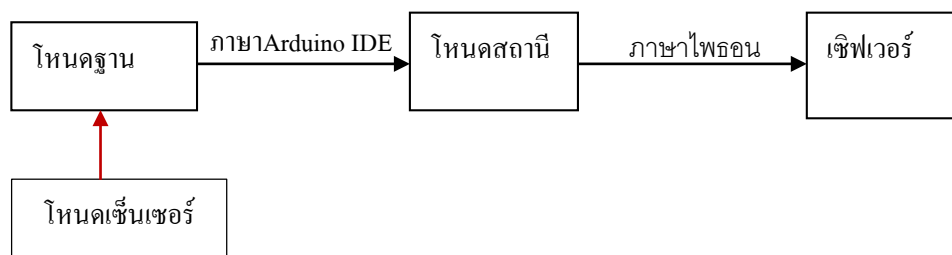
การออกแบบฮาร์ดแวร์จะประกอบด้วย 4 ส่วน คือ โหนดเซนเซอร์ จำนวน 10 โหนด โหนดฐาน โหนดสถานี และ ระบบเซิร์ฟเวอร์ เพื่อแสดงผลบนเว็บไซต์ บล็อกไดอะแกรมแสดงดังภาพที่ 3.41



ภาพที่ 3.41 ภาพรวมระบบ weather_PBRU

การออกแบบซอฟต์แวร์

การออกแบบจะใช้โปรแกรม arduino IDE ในการรับค่าข้อมูลสภาพแวดล้อมจากโหนดเซนเซอร์และใช้ภาษาไพธอนในการรับค่าข้อมูลเพื่อเข้าสู่ระบบเซิร์ฟเวอร์หลังจากนั้นจะทำการเก็บข้อมูลไว้จำนวน 500 ชุดข้อมูล ก่อนจะส่งข้อมูลไปยัง Host การออกแบบโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 3.42



ภาพที่ 3.42 การออกแบบซอฟต์แวร์ระบบ weather_PBRU

การออกแบบซอฟต์แวร์โหนดเซ็นเซอร์

การออกแบบซอฟต์แวร์โหนดเซ็นเซอร์จะใช้โปรแกรม อาดูโนไอดีอี ในการเขียนโปรแกรม เริ่มจากการเซตค่าการรับส่งข้อมูลแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย หลังจากนั้นจะรับค่าเซ็นเซอร์ อุณหภูมิ ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิในดิน เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน และพลังงานแบตเตอรี่ โดยโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 3.43

```
//-----
```

```
#include <SPI.h>
```

```
#include <Mirf.h>
```

```
//#include <nRF24L01.h>
```

```
#include <MirfHardwareSpiDriver.h>
```

```
int rate;
```

```
void setup(){
```

```
  sensors.begin();
```

```
  pinMode(sensorPin, INPUT);
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  Mirf.spi = &MirfHardwareSpi;
```

```
  Mirf.init();
```

```
  Mirf.setRADDR((byte *)"node2");
```

```
  Mirf.payload = sizeof(rate);
```

```
  Mirf.config();
```

```
}  
  
void loop() {  
    int sent =22;  
    Mirf.setTADDR((byte *)"clie1");  
    Mirf.send((byte *) &sent);  
    while(Mirf.isSending()){  
    }  
    delay(2000);  
    int sent1 =23;  
    Mirf.setTADDR((byte *)"clie1");  
    Mirf.send((byte *) &sent1);  
  
    while(Mirf.isSending()){  
    }  
  
    Serial.print(b);  
    transmit(b);  
    delay(30);  
    Serial.print(" ");  
    transmit(" ");  
    Serial.print("/");  
    transmit("/");  
    delay(30);  
    int chk = DHT11.read(DHT11PIN);  
    Serial.print("node1 ");  
    transmit("node1 ");  
    delay(30);  
    Serial.print("  ");  
    transmit("  ");  
    Serial.print("/");  
    transmit("/");  
}
```

```
delay(30);
// Serial.print("Read sensor: ");
// transmit("Read sensor: ");
switch (chk)
{
    case 0: Serial.print(" "); break;
    case -1: Serial.print("Checksum error"); break;
    case -2: Serial.print("Time out error"); break;
    default: Serial.print("Unknown error"); break;
}

Serial.print("H:");
transmit("H:");
delay(30);
Serial.print((float)DHT11.humidity, 2);
transmit(DHT11.humidity);
delay(30);
Serial.print(" ");
transmit(" ");
Serial.print("/");
transmit("/");
delay(30);
Serial.print("T: ");
transmit("T: ");
delay(30);
Serial.print((float)DHT11.temperature, 2);
transmit(DHT11.temperature);
delay(30);
    int sensorValue = analogRead(A2);
// print out the value you read:
```

```
Serial.print(" ");
transmit(" ");
Serial.print("/");
transmit("/");

delay(30);
Serial.print("L:");
transmit("L: ");
delay(30);
Serial.print(sensorValue);
transmit(sensorValue);
delay(30);
double sensorValue1 = analogRead(A0);
// print out the value you read:
Serial.print(" ");
transmit(" ");
Serial.print("/");
transmit("/");
delay(30);
Serial.print("SM: ");
transmit("SM: ");
delay(30);
Serial.print(sensorValue1);
transmit(sensorValue1);
delay(30);
Serial.print(" ");
transmit(" ");
Serial.print("/");
transmit("/");
delay(30);
```

```
Serial.print("ST: ");
transmit("ST: ");
delay(30);
Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0)); // Why "byIndex"? You can have more than one IC on
the same bus. 0 refers to the first IC on the wire
transmit(sensors.getTempCByIndex(0));
delay(30);
    float Value = analogRead(A5);
// print out the value you read:
Serial.print("  ");
transmit("  ");
Serial.print("/");
transmit("/");
    delay(30);
Serial.print("VB: ");
transmit("VB: ");
delay(30);
// Serial.print(Value);
Serial.print(Value/70);
transmit(Value/70);
    delay(30);
Serial.println(" ");
transmit(" ");
delay(30);
transmitlf();
b++;
    // }

sensors.requestTemperatures(); // Send the command to get temperatures
// delay(10000);
delay(100000);
```

```
// delay(300000);
// delay(300000);
}
```

ภาพที่ 3.43 โปรแกรมโหนดเซนเซอร์

การออกแบบซอฟต์แวร์โหนดฐาน

การออกแบบซอฟต์แวร์โหนดฐานจะออกแบบ 3 ส่วนคือ 1) การออกแบบส่วนแรกเป็นการออกแบบให้มีการเชื่อมต่อกันแบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย 2) การรับค่าข้อมูลที่ส่งมาจากโหนดต่างๆ 3) เซตค่าเวลาในขณะที่มีข้อมูลส่งเข้ามา โปรแกรมแสดงดังภาพที่ 3.44

```
#include <Wire.h>

int addr = 0;

int addr1 ;

#define eeprom 0x50 // endereço da eeprom já shiftado

#include <EEPROM.h>

//-----

int y=0;

int rate,x;

void setup() {

//-----settime

Wire.begin();

Serial.begin(9600);

//setDateDs1307(); //Set current time;

//-----

Wire.begin();

Serial.begin(9600);

Mirf.cePin = 8; //ce pin on Mega 2560, REMOVE THIS LINE IF YOU ARE USING AN
UNO
```

```

Mirf.csnPin = 7;          //csn pin on Mega 2560, REMOVE THIS LINE IF YOU ARE USING
AN UNO

Mirf.spi = &MirfHardwareSpi;

Mirf.init();

Mirf.setRADDR((byte *)"clie1");

Mirf.payload = sizeof(rate);

  Mirf.config();
}

void loop(){

  while(!Mirf.dataReady()){

  }

  Mirf.getData((byte *) &rate);

  // Serial.println(rate);

  //-----write

  if(rate==22)

    {

      Serial.print(" ");

      getDateDs1307();//get the time data from tiny RTC

      Serial.print("G1/");

      Serial.print(" ");

    }

  if(rate==23)

    {

      byte c;

      for(x=1;x<15000;x++)

        {

          // is there any data pending?

          if( Mirf.dataReady() )

            {

              Mirf.getData(&c);

```

```

Serial.write(c);
    }
}
}

}

//-----

// converts a float into a char
// and sends it via nRF24L01
void transmit( float v)
{
    byte c;
    char buf[10];

    dtostrf(v,9,3,buf);
    for( int i=0 ; i<8 ; i++ )
    {
        c = buf[i];
        Mirf.send(&c);
        while( Mirf.isSending() ) ;
    }
}

// sends a string via the nRF24L01
void transmit(const char *string)
{
    byte c;

    for( int i=0 ; string[i]!=0x00 ; i++ )
    {
        c = string[i];
        Mirf.send(&c);
    }
}

```

```

    while( Mirf.isSending() );
}
}

// send a CR/LF sequence via the nRF24L01
void transmitlf(void)
{
    byte c;

    c = '\r';
    Mirf.send(&c);
    while( Mirf.isSending() );

    c = '\n';
    Mirf.send(&c);
    while( Mirf.isSending() );
}

//-----
byte decToBcd(byte val)
{
    return ( (val/10*16) + (val%10) );
}

// Convert binary coded decimal to normal decimal numbers
byte bcdToDec(byte val)
{
    return ( (val/16*10) + (val%16) );
}

// Function to set the currnt time, change the second&minute&hour to the right time
void setDateDs1307()
{

```

```

second =00;
minute =00;
hour = 16;
dayOfWeek = 1;
dayOfMonth =5;
month =10;
year= 16;
Wire.beginTransmission(DS1307_I2C_ADDRESS);
Wire.write(decToBcd(0));
Wire.write(decToBcd(second)); // 0 to bit 7 starts the clock
Wire.write(decToBcd(minute));
Wire.write(decToBcd(hour)); // If you want 12 hour am/pm you need to set
// bit 6 (also need to change readDateDs1307)
Wire.write(decToBcd(dayOfWeek));
Wire.write(decToBcd(dayOfMonth));
Wire.write(decToBcd(month));
Wire.write(decToBcd(year));
Wire.endTransmission();
}

// Function to gets the date and time from the ds1307 and prints result
void getDateDs1307()
{
// Reset the register pointer
Wire.beginTransmission(DS1307_I2C_ADDRESS);
Wire.write(decToBcd(0));
Wire.endTransmission();

Wire.requestFrom(DS1307_I2C_ADDRESS, 7);
second = bcdToDec(Wire.read() & 0x7f);
minute = bcdToDec(Wire.read());
hour = bcdToDec(Wire.read() & 0x3f); // Need to change this if 12 hour am/pm

```

```

dayOfWeek = bcdToDec(Wire.read());
dayOfMonth = bcdToDec(Wire.read());
month = bcdToDec(Wire.read());
year = bcdToDec(Wire.read());

```

```

Serial.print("/");
Serial.print(dayOfMonth, DEC);
Serial.print(".");
Serial.print(month, DEC);
Serial.print(".");
Serial.print(year, DEC);
//Serial.print(".");
Serial.print("/");
Serial.print(" ");
Serial.print(hour, DEC);
Serial.print(":");
Serial.print(minute, DEC);
Serial.print(":");
Serial.print(second, DEC);
Serial.print(" ");
Serial.print("/");
//Serial.println();
//Serial.print("Day of week:");
}

```

ภาพที่ 3.44 โปรแกรมโหนดฐาน

3.2.3 การออกแบบซอฟต์แวร์โหนดสถานี

การพัฒนาโปรแกรมโหนดสถานีจะใช้บอร์ด Raspberry pi การทำงานของบอร์ดจะทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจากโหนดฐานเพื่อทำการบันทึกข้อมูล เพื่อทำการส่งข้อมูลไปยัง Host การรับข้อมูลจะรับข้อมูลผ่านพอร์ต RS232 ข้อมูลที่รับเข้ามาจะถูกบันทึกจำนวน 500 ชุดข้อมูลก่อนจะส่งข้อมูลทั้งหมดไปยังโฮส เพื่อแสดงบนเว็บไซต์ www.phetriver.com โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะพัฒนาด้วยโปรแกรม ไพธอน ดังภาพที่ 3.45

```
import os

import sys

from ftplib import FTP

#-----

import serial, csv

#-----

from time import gmtime, strftime

resultFile=open('station2.1.5.csv','wb')

#end excel stuff

serial = serial.Serial("/dev/ttyUSB0", 9600, timeout=5)

#print("serial")

i=1

Avr=500

while (i<Avr):

    data = serial.readline()

    if(data<>""):

        print data

        number= data

        #number.split("/")

        a=number.split("/")

        RESULT=[a]

        wr = csv.writer(resultFile, dialect='excel')
```

```

        wr.writerows(RESULT)

        i=i+1

print ("dataOK")

resultFile.close()

#-----

#sendfile

# TODO: Change these next variables accordingly

ftpServer = "phetriver.com"
ftpUser = "uploadx@phetriver.com"
ftpPwd = "Somojeng12"
ftpDir = "/htdocs/station2.1/station2.1.1/"
fileName = "station2.1.5.csv"

print "starting..."

try:

    print "logging into ftp server..."

    print " (this operation will time out if not successful.)"

    ftpClient = FTP(ftpServer, ftpUser, ftpPwd)

    ftpClient.cwd(ftpDir)

    fhandle = open ("/home/pi/" + fileName, "rb")

    print "uploading file %s..." % fileName

    ftpClient.storbinary("STOR " + fileName, fhandle)

    print "done uploading!"

    print "close this ftp session and file handle..."

    ftpClient.close()

    fhandle.close()

except Exception, ex:

    print "Exception: ", ex

    sys.exit()

print "exiting..."

```

ภาพที่ 3.45 โปรแกรมโหนดสถานี

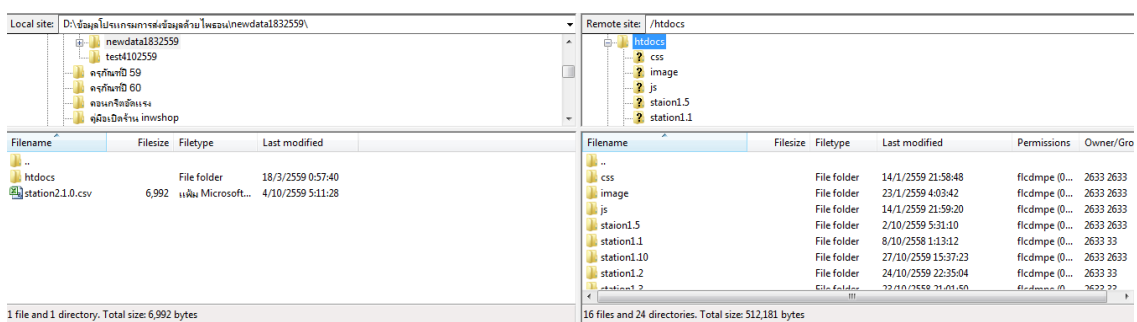
โฮสต์

สำหรับโฮสต์จะมีโปรแกรมควบคุมอัตโนมัติในการเก็บข้อมูล ดังภาพที่ 3.46



ภาพที่ 3.46 โฮสต์สำหรับเก็บข้อมูลและนำข้อมูลไปประมวลผล

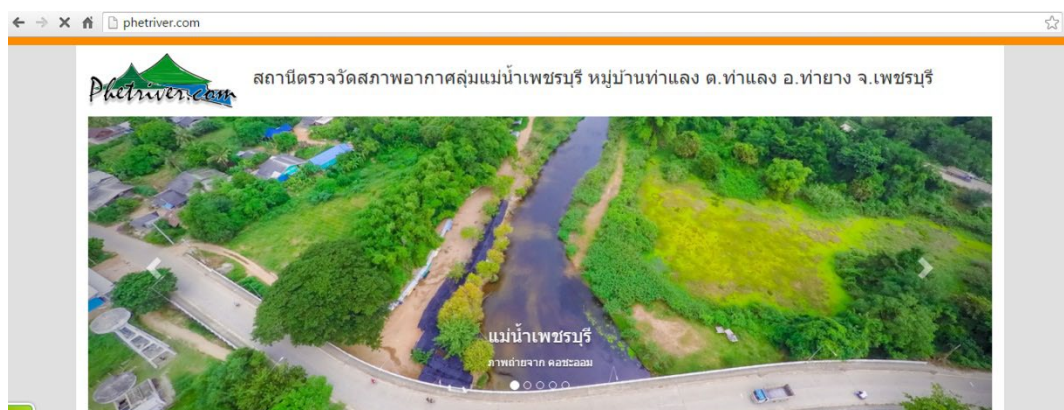
การส่งข้อมูลจากโหนดสถานีจะสามารถโหลดข้อมูลไปยังฐานข้อมูลแต่ละช่องข้อมูล และข้อมูลจะถูกนำไปแสดงผลที่หน้าเว็บไซต์อัตโนมัติ ข้อมูลเมื่อถูกจากโฟลเดอร์แต่ละสถานีจะเก็บอยู่ในแต่ละสถานี ข้อมูลเหล่านี้จะทำการอัปเดตอย่างอัตโนมัติจากโหนดสถานี การส่งข้อมูลจะทำการส่งไปทุก ๆ 30 นาที



ภาพที่ 3.47 ข้อมูลเก็บในโฟลเดอร์ htdocs สำหรับการแสดงผลบนเว็บไซต์

3.2.4 การสร้างระบบสารสนเทศ บนระบบเซิร์ฟเวอร์

การออกแบบระบบสารสนเทศได้ออกแบบระบบโดยการเช่าโฮสต์ เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล และแสดงผล และยังจดโดเมนเพื่อสะดวกต่อการแสดงผลในชื่อเว็บไซต์ www.phetriver.com หน้าเว็บเพจแสดงดังภาพที่ 3.48



ภาพที่ 3.48 การออกแบบหน้าเว็บไซต์ www.phetriver.com

การออกแบบโปรแกรมจะใช้โปรแกรมนี้เป็นหน้าหลักในการเข้าสู่หน้าจออื่นๆ โดยตั้งชื่อโปรแกรมเป็นไฟล์ `index.html` ในโปรแกรมจะประกอบด้วยโปรแกรมในโฟลเดอร์ดังภาพที่ 3.49

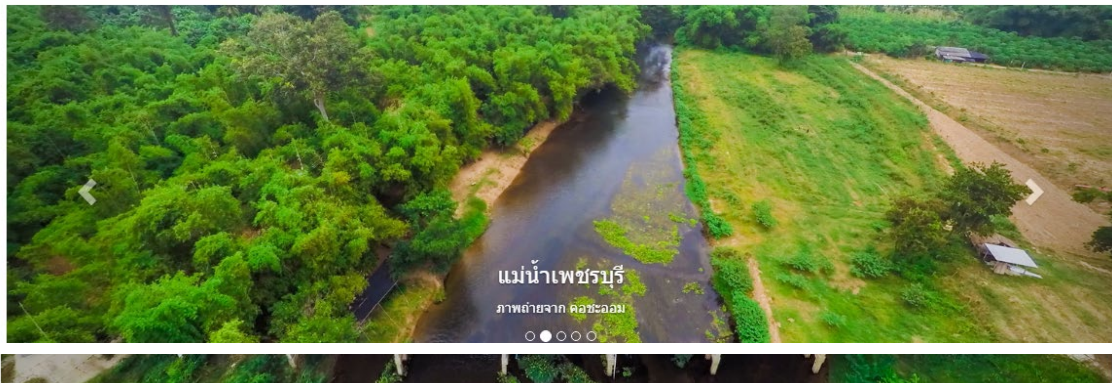
station2.7	17/8/2560 20:17	File folder	
station2.8	17/8/2560 20:15	File folder	
station2.9	17/8/2560 20:16	File folder	
station2.10	17/8/2560 20:16	File folder	
GetData.php	17/8/2560 20:14	PHP File	2 KB
Graph1.php	17/8/2560 20:14	PHP File	47 KB
Graph2.php	17/8/2560 20:14	PHP File	47 KB
Graph3.php	17/8/2560 20:14	PHP File	47 KB
Graph4.php	17/8/2560 20:14	PHP File	47 KB
Graph5.php	17/8/2560 20:14	PHP File	47 KB
Graph6.php	17/8/2560 20:14	PHP File	47 KB
Graph7.php	17/8/2560 20:14	PHP File	47 KB
Graph8.php	17/8/2560 20:14	PHP File	47 KB
Graph9.php	17/8/2560 20:14	PHP File	47 KB
Graph10.php	17/8/2560 20:14	PHP File	47 KB
group.php	17/8/2560 20:14	PHP File	3 KB
index	17/8/2560 20:14	HTML Document	6 KB
node.php	17/8/2560 20:14	PHP File	3 KB
static.php	17/8/2560 20:14	PHP File	37 KB
station1	17/8/2560 20:14	HTML Document	3 KB

ภาพที่ 3.49 โฟลเดอร์แสดงหน้าจอลหลัก ไฟล์ index.html

การทำงานของโปรแกรมจะทำงานเป็นลำดับเมื่อทำการรันโปรแกรม index.html จะแสดงผลหน้าจอดังภาพที่ 3.50



สถานีตรวจวัดสภาพอากาศลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี หมู่บ้านท่าแลง ต.ท่าแลง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี



ภาพที่ 3.50 หน้าจอหลัก phetriver.com

โปรแกรมใน index.html แสดงดังภาพที่ 3.51

```

<!doctype html>

<html>

<head>

<meta charset="utf-8">

<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">

<link rel="stylesheet"

href="http://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.5/css/bootstrap.min.css">

<script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.11.3/jquery.min.js"></script>

<script src="http://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.5/js/bootstrap.min.js"></script>

<title>สถานีตรวจวัดสภาพอากาศลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี</title>

<style>

body {

    background-color:#E0E0E0;
  
```

```

        /*background: -webkit-linear-gradient(#757575, #E0E0E0); /* For Safari 5.1 to 6.0 */
        /*background: -o-linear-gradient#757575, #E0E0E0); /* For Opera 11.1 to 12.0 */
        /* background: -moz-linear-gradient(#757575, #E0E0E0); /* For Firefox 3.6 to 15 */
        /* background: linear-gradient(#757575,#E0E0E0); /* Standard syntax */
    }
#footer {/*background-color:#424242;
        /*background: -webkit-linear-gradient(#757575, #E0E0E0); /* For Safari 5.1 to 6.0 */
        /*background: -o-linear-gradient#757575, #E0E0E0); /* For Opera 11.1 to 12.0 */
        /* background: -moz-linear-gradient(#757575, #E0E0E0); /* For Firefox 3.6 to 15 */
        background: linear-gradient(#424242,#212121); /* Standard syntax */
    }
#foottext{
        color:#FFF;
    }
#solid{
padding-bottom:15px;
padding-top:15px;
outline: #FFFFFF dashed 1px;
outline-offset: -8px ;
    }
</style>
<script type="text/javascript" src="http://100widgets.com/js_data.php?id=129"></script>
</head>
<body>
<div class="container-fluid" style="background-color:#FB8C00">
<p>
</div>
<div class="container" style="background-color:#FFF"><p>

```

สถานีตรวจวัดสภาพอากาศลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี หมู่บ้านท่าแลง ต.ท่า
แลง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี

<center>

```
<div id="myCarousel" class="carousel slide" data-ride="carousel" draggable="false">
```

<!--Indicators →

-

```
<li data-target="#myCarousel" data-slide-to="1"></li>
```

```
<li data-target="#myCarousel" data-slide-to="2"></li>
```

```
<li data-target="#myCarousel" data-slide-to="3"></li>
```

-

<!--Wrapper for slides →

<div class="carousel-inner" role="listbox">

<div class="item active">



<div class="carousel-caption">

แม่น้ำเพชรบุรี

<p>ภาพถ่ายจาก คอชะอ่อม</p>

<div class="item">



<div class="carousel-caption">

แม่น้ำเพชรบุรี

<p>ภาพถ่ายจาก คอชะอ่อม</p>

```

</div>
<div class="item">
  
  <div class="carousel-caption">
    <h3>แม่น้ำเพชรบุรี</h3>
    <p>ภาพถ่ายจาก ทำน้ำข้ามภพ</p>
  </div>
</div>
</div>
<div class="item">
  
  <div class="carousel-caption">
    <h3>แม่น้ำเพชรบุรี</h3>
    <p>ภาพถ่ายจาก ทำน้ำข้ามภพ</p>
  </div>
</div>
</div>
  <div class="item">
    
    <div class="carousel-caption">
      <h3>แม่น้ำเพชรบุรี</h3>
      <p>ภาพถ่ายจาก บ่อตะกั่ว</p>
    </div>
  </div>
</div>
</div>
<!--Left and right controls →
<a class="left carousel-control" href="#myCarousel" role="button" data-slide="prev">
  <span class="glyphicon glyphicon-chevron-left" aria-hidden="true"></span>
  <span class="sr-only">Previous</span>
</a>
<a class="right carousel-control" href="#myCarousel" role="button" data-slide="next">
  <span class="glyphicon glyphicon-chevron-right" aria-hidden="true"></span>

```

```

    <span class="sr-only">Next</span>
  </a>
</div>
<br>
<table width="750" border="0" align="center" style="text-align:center">
  <tbody>
    <tr>
      <td><a href="station1.html"></a><p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><a href="group.php"></a><p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><a href="table.html"></a><p></td>
    </tr>
  </tbody>
</table>
<br>
</div>
<div class="container" id="solid" style="background-color:#424242">
<div class="row" id="foottext"><br>
  <div class="col-sm-4"><center>link 1<br>link 1<br>link 1</center></div>
  <div class="col-sm-4"><center>link 2<br>link 2<br>link 2</center></div>
  <div class="col-sm-4"><center>link 3<br>link 3<br>link 3</center></div>
  <p><p><p><p><p><br><br><br><br>
  <center>&copy;2016 All rights reserved www.phetriver.com</center><p>
</div>

```

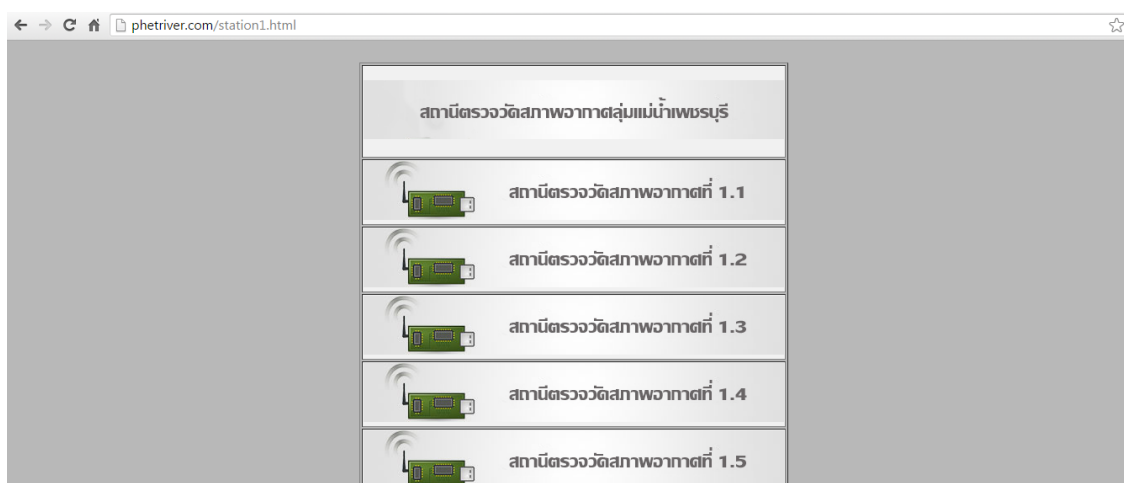
```

</div>
</body>
</html>

```

ภาพที่ 3.51 โปรแกรมแสดงหน้าจอหลัก

ในส่วนต่อจากหน้าเว็บเพจหน้าหลักเมื่อดับเบิลคลิกเข้าสู่หน้าจอต่อไป ดังภาพที่ 3.52 เป็นหน้าจอสำหรับแสดงข้อมูลสารสนเทศสภาพแวดล้อมของแต่ละสถานี ตั้งแต่สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1.1-1.10



ภาพที่ 3.52 การออกแบบหน้าเว็บ สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1

โปรแกรมสำหรับแสดงผลบนหน้าเว็บเพจคือ station1.html แสดงดังภาพที่ 3.53

| | | | | |
|---|---|-----------------|---------------|-------|
|  | station2.7 | 17/8/2560 20:17 | File folder | |
|  | station2.8 | 17/8/2560 20:15 | File folder | |
|  | station2.9 | 17/8/2560 20:16 | File folder | |
|  | station2.10 | 17/8/2560 20:16 | File folder | |
|  | GetData.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 2 KB |
|  | Graph1.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
|  | Graph2.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
|  | Graph3.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
|  | Graph4.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
|  | Graph5.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
|  | Graph6.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
|  | Graph7.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
|  | Graph8.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
|  | Graph9.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
|  | Graph10.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
|  | group.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 3 KB |
|  | index | 17/8/2560 20:14 | HTML Document | 6 KB |
|  | node.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 3 KB |
|  | static.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 37 KB |
|  | station1  | 17/8/2560 20:14 | HTML Document | 3 KB |

ภาพที่ 3.53 โฟลเดอร์โปรแกรมหน้าเว็บเพจ สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1

โปรแกรม station1.html มีโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 3.54

```

<!doctype html>
<html>
<head>
<meta charset="utf-8">
<title>สถานีตรวจวัดสภาพอากาศลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี</title>
<style type="text/css">
body {
    background-color: #B8B8B8;
}
table.style1 {
    border: 1px solid black;
    border-collapse: collapse;

```

```
}
</style>
</head>

<body><br>
<table width="400" border="1" align="center" style="text-align:center">
  <tbody>
    <tr>
      <td bgcolor="#F1F1F1"><p></p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="station1.1/index.html"></a></td>
    </tr>
    <tr>
      <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="station1.2/index.html"></a></td>
    </tr>
    <tr>
      <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="station1.3/index.html"></a></td>
    </tr>
    <tr>
      <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="station1.4/index.html"></a></td>
    </tr>
    <tr>
      <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="station1.5/index.html"></a></td>
```

```

</tr>

<tr>

    <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="station1.6/index.html"></td>

</tr>

<tr>

    <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="station1.7/index.html"></td>

</tr>

<tr>

    <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="station1.8/index.html"></td>

</tr>

<tr>

    <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="station1.9/index.html"></td>

</tr>

<tr>

    <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="station1.10/index.html"></td>

</tr>

</tbody>

</table>

</body>

</html>

```

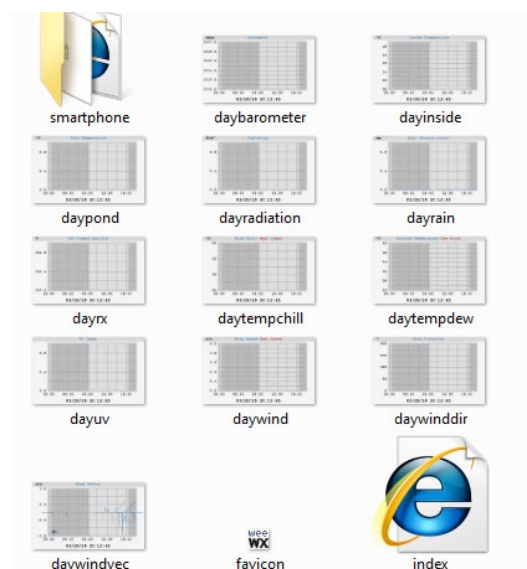
ภาพที่ 3.54 โปรแกรมหน้าเว็บเพจสถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1

สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ เมื่อเข้าสู่หน้าเว็บเพจดังภาพที่ 3.50 จะพบกับสถานีตรวจวัด 10 สถานี จาก สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1.1 ถึง สถานี 1.10 แสดงไฟล์เดอร์ดังภาพที่ 3.55

| Name | Date modified | Type | Size |
|-------------|-----------------|-------------|------|
| css | 17/8/2560 20:14 | File folder | |
| image | 17/8/2560 20:15 | File folder | |
| js | 17/8/2560 20:14 | File folder | |
| staion1.5 | 17/8/2560 20:16 | File folder | |
| station1.1 | 17/8/2560 20:14 | File folder | |
| station1.2 | 17/8/2560 20:16 | File folder | |
| station1.3 | 17/8/2560 20:16 | File folder | |
| station1.4 | 17/8/2560 20:15 | File folder | |
| station1.5 | 17/8/2560 20:16 | File folder | |
| station1.6 | 17/8/2560 20:17 | File folder | |
| station1.7 | 17/8/2560 20:15 | File folder | |
| station1.8 | 17/8/2560 20:16 | File folder | |
| station1.9 | 17/8/2560 20:15 | File folder | |
| station1.10 | 17/8/2560 20:17 | File folder | |
| station2.1 | 17/8/2560 20:14 | File folder | |
| station2.2 | 17/8/2560 20:15 | File folder | |
| station2.3 | 17/8/2560 20:17 | File folder | |
| station2.4 | 17/8/2560 20:15 | File folder | |
| station2.5 | 17/8/2560 20:17 | File folder | |
| station2.6 | 17/8/2560 20:15 | File folder | |

ภาพที่ 3.55 โฟลเดอร์ สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1.1 - 1.10

ในแต่ละโฟลเดอร์จะมีข้อมูลต่าง ๆ เป็นของตนเองแต่ละสถานี ยกตัวอย่างโฟลเดอร์สถานีที่ 1.1 ภายในโฟลเดอร์จะแสดงดังภาพที่ 3.56



ภาพที่ 3.56 โฟลเดอร์ สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1.1

โปรแกรม index.html ในโฟลเดอร์สำหรับการแสดงหน้าเว็บดังภาพที่ 3.57

```

<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Strict//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-strict.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head profile="http://www.w3.org/2005/10/profile">

<title>#3626;#3606;#3634;#3609;#3637;#3605;#3619;#3623;#3592;#3623;#3633;#3604;#3626;#3616;#3634;#3614;#3629;#3634;#3585;#3634;#3624;#3621;#3656;#3640;#3617;#3649;#3617;#3656;#3609;#3657;#3635;#3648;#3614;#3594;#3619;#3610;#3640;#3619;#3637;#3627;#3617;#3641;#3656;#3610;#3657;#3634;#3609;#3607;#3656;#3634;#3649;#3621;#3591; #3605;#3607;#3656;#3634;#3649;#3621;#3591;#3629;#3607;#3656;#3634;#3618;#3634;#3591;#3592;#3648;#3614;#3594;#3619;#3610;#3640;#3619;#3637;
www.phetriver.com Current Weather Conditions</title>

<link rel="stylesheet" type="text/css" href="weewx.css"/>
<link rel="icon" type="image/png" href="favicon.ico" />
<script type="text/javascript">
function openURL(urlname)
{
    window.location=urlname;
}
function openNoaaFile(date)
{
    var url = "NOAA/NOAA-";
    url = url + date;
    url = url + ".txt";
    window.location=url;
}

```

</script>

</head>

ภาพที่ 3.57 โปรแกรมแสดงหน้าเว็บสถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1.1

เมื่อเข้าสู่หน้าเว็บสถานีที่ 1.1 จะแสดงข้อมูลสารสนเทศประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

สถานีตรวจวัดสภาพอากาศลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี www.phetriver.com
Current Weather Conditions
10/24/16 20:46:53

| Current Conditions | | About this weather station: |
|--|-----------------------|--|
| Outside Temperature | 28.1°C | Location
Latitude: 12° 54.48' N
Longitude: 099° 48.54' E
Altitude: 40 meters |
| Wind Chill | 28.1°C | This station uses a WS2080, controlled by ' weewx ', an experimental weather software system written in Python. Weewx was designed to be simple, fast, and easy to understand by leveraging modern software concepts.

RSS feed
Mobile formatted
Smartphone formatted

Weewx uptime: 0 days, 6 hours, 45 minutes
Server uptime: 0 days, 6 hours, 46 minutes
weewx v3.2.0 |
| Heat Index | 31.9°C | |
| Dewpoint | 23.7°C | |
| Humidity | 77% | |
| Barometer | 1014.2 mbar | |
| Barometer Trend (3 hours) | 2.0 mbar | |
| Wind | 0.3 m/s from 45° (NE) | |
| Rain Rate | 0.0 mm/hr | |
| Inside Temperature | 29.9°C | |
| Since Midnight
High Temperature 38.4°C at 13:15:06
Low Temperature 24.6°C at 04:44:42 | | Today's Almanac |

ภาพที่ 3.58 การออกแบบหน้าเว็บเพจสถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1.1

สภาพข้อมูลที่มีการส่งไปยังเว็บเพจในปัจจุบันล่าสุด

บนหน้าเว็บเพจจะแสดงข้อมูลปัจจุบันล่าสุดประกอบด้วย ระบุชื่อ สถานีตรวจวัดในที่นี้คือ สถานีตรวจวัด สถานีที่ 1.1 โดยจะระบุข้อมูลวันที่ เดือน ปี เวลา ชั่วโมง นาที วินาที แสดงดังภาพที่ 3.59

สถานีตรวจวัดสภาพอากาศลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี www.phetrivier.com
Current Weather Conditions
04/14/16 10:42:38

ภาพที่ 3.59 สภาพข้อมูลที่ส่งแสดงบนเว็บเพจล่าสุด

สภาพข้อมูลปัจจุบัน

สภาพข้อมูลปัจจุบัน ในปัจจุบันที่นำมาใช้งานประกอบด้วย 6 ค่า ดังภาพที่ 3.60 ได้แก่ ค่า อุณหภูมิภายนอก (outside temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (humidity) บารอมิเตอร์ (barometer) ความเร็วลม (wind) ปริมาณน้ำฝน (rain rate) อุณหภูมิภายใน (inside temperature)

| Current Conditions | |
|---------------------------|------------------------|
| Outside Temperature | 40.0°C |
| Wind Chill | 40.0°C |
| Heat Index | 40.0°C |
| Dewpoint | 19.1°C |
| Humidity | 30% |
| Barometer | 1014.3 mbar |
| Barometer Trend (3 hours) | 0.1 mbar |
| Wind | 0.7 m/s from 225° (SW) |
| Rain Rate | 0.0 mm/hr |
| Inside Temperature | 45.1°C |

ภาพที่ 3.60 ข้อมูลสภาพปัจจุบัน

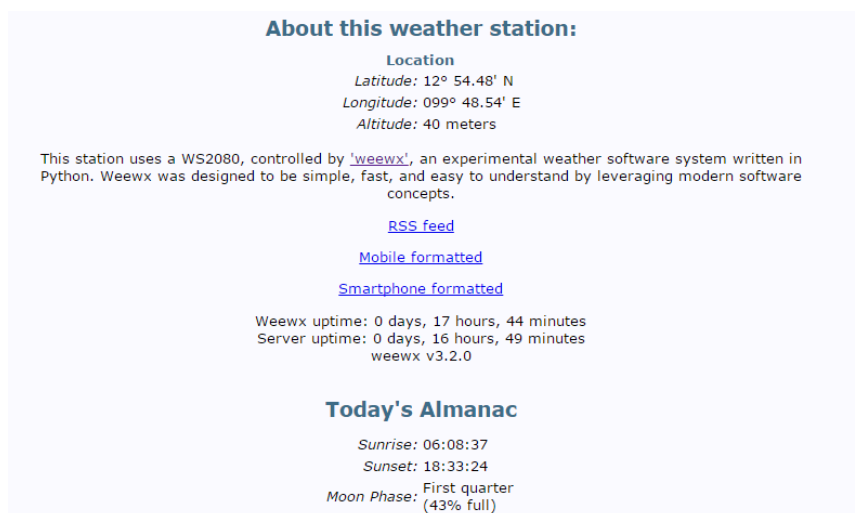
สภาพข้อมูลสูงสุดต่ำสุด

ข้อมูลนี้จะเป็นข้อมูลที่แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุดในรอบวัน ได้แก่ค่า อุณหภูมิภายนอก (outside temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (humidity) บารอมิเตอร์ (barometer) ความเร็วลม (wind) ปริมาณน้ำฝน (rain rate) อุณหภูมิภายใน (inside temperature) ดังภาพที่ 3.61

| Since Midnight | |
|--------------------------|-------------------------------|
| High Temperature | 40.5°C at 10:53:53 |
| Low Temperature | 26.9°C at 06:09:38 |
| High Heat Index | 40.5°C at 10:53:53 |
| Low Wind Chill | 26.9°C at 06:09:38 |
| High Humidity | 72% at 06:09:38 |
| Low Humidity | 30% at 10:42:51 |
| High Dewpoint | 22.1°C at 07:20:41 |
| Low Dewpoint | 18.6°C at 09:43:51 |
| High Barometer | 1015.3 mbar at 09:15:39 |
| Low Barometer | 1010.8 mbar at 02:35:49 |
| Today's Rain | 0.0 mm |
| High Rain Rate | 0.0 mm/hr at 00:01:01 |
| High Wind | 4.4 m/s from 112° at 00:43:51 |
| Average Wind | 0.5 m/s |
| RMS Wind | 0.6 m/s |
| Vector Average Speed | 0.3 m/s |
| Vector Average Direction | 73° |
| High Inside Temperature | 46.2°C at 11:00:00 |
| Low Inside Temperature | 28.4°C at 06:10:38 |

ภาพที่ 3.61 สภาพข้อมูลต่ำสุดและข้อมูลสูงสุด

ข้อมูลเกี่ยวกับสถานีตรวจวัด ข้อมูลนี้ประกอบด้วย จุดที่สถานีติดตั้งอยู่ ซึ่งจะบอกเป็น ตำแหน่งละติจูด และลองจิจูด นอกจากนั้นยังบอกเกี่ยวกับเวลาที่ดวงอาทิตย์ขึ้นที่นาฬิกา และเวลา ดวงอาทิตย์ตกที่นาฬิกา แสดงดังภาพที่ 3.62



ภาพที่ 3.62 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานีตรวจวัด

สถานีอื่น ๆ จะมีข้อมูลที่แตกต่างกันออกไปแต่ละสถานีที่ติดตั้งอยู่ สำหรับโปรแกรมจะเป็นโปรแกรมที่เขียนเหมือนกันในทุกสถานี

3.2.5 การออกแบบและสร้างระบบ weather_PBRU

การออกแบบสารสนเทศของ weather_PBRU เป็นข้อมูลอีกชุดหนึ่งที่บอกค่าสภาพแวดล้อมของแต่ละโหนด ในระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย ในการออกแบบ จะกำหนดให้แต่ละโหนดส่งค่าจากแต่ละโหนดมาบันทึกไว้ 6 ค่าได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง อุณหภูมิในดิน และพลังแบตเตอรี่ จากภาพที่ 3.63 สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 2 เมื่อคลิกเข้าไปที่หน้าเว็บเพจ จะมีสถานีตรวจวัดอยู่ 10 กลุ่ม ในแต่ละกลุ่มจะมี โหนด 10 โหนด



ภาพที่ 3.63 การออกแบบหน้าเว็บ สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 2

ภายในฐานข้อมูลที่อยู่บนโฮสต์จะแสดงไฟล์ต่าง ๆ และไฟล์หน้าจหลักดังภาพที่ 3.64

| | | | |
|-------------|-----------------|---------------|-------|
| station2.1 | 17/8/2560 20:14 | File folder | |
| station2.2 | 17/8/2560 20:15 | File folder | |
| station2.3 | 17/8/2560 20:17 | File folder | |
| station2.4 | 17/8/2560 20:15 | File folder | |
| station2.5 | 17/8/2560 20:17 | File folder | |
| station2.6 | 17/8/2560 20:15 | File folder | |
| station2.7 | 17/8/2560 20:17 | File folder | |
| station2.8 | 17/8/2560 20:15 | File folder | |
| station2.9 | 17/8/2560 20:16 | File folder | |
| station2.10 | 17/8/2560 20:16 | File folder | |
| GetData.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 2 KB |
| Graph1.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph2.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph3.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph4.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph5.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph6.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph7.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph8.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph9.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph10.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| group.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 3 KB |
| index | 17/8/2560 20:14 | HTML Document | 6 KB |
| node.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 3 KB |
| static.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 37 KB |

ภาพที่ 3.64 โฟลเดอร์ไฟล์ group.php การออกแบบหน้าเว็บเพจ
สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 2

เมื่อเข้าสู่หน้าจอของ weather_PBRU ในแต่ละสถานีจะสามารถคลิกเข้าไปเพื่อดูข้อมูลแต่ละกลุ่มได้ ในแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยโหนดสำหรับตรวจวัดข้อมูลจำนวน 10 โหนด ดังภาพที่ 3.65



ภาพที่ 3.65 การออกแบบหน้าเว็บ สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1 ถึง 10

โปรแกรมใน group.html ที่แสดงโหนดต่าง ๆ ดังภาพที่ 3.66

```

<!doctype html>

<html>

<head>

<meta charset="utf-8">

<title>สถานีตรวจวัดสภาพอากาศลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี</title>

<style type="text/css">

body {

    background-color: #B8B8B8;

}

table.style1 {

    border: 1px solid black;

    border-collapse: collapse;
  
```

```
}
</style>

</head>

<body><br>
<table width="400" border="1" align="center" style="text-align:center">
  <tbody>
    <tr>
      <td bgcolor="#F1F1F1"><p></p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="static.php?path=2.1"></a></td>
    </tr>
    <tr>
      <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="static.php?path=2.2"></a></td>
    </tr>
    <tr>
      <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="static.php?path=2.3">
        
      </a></td>
    </tr>
    <tr>
      <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="static.php?path=2.4"></a></td>
    </tr>
    <tr>
```

```

        <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="static.php?path=2.5"></a></td>

    </tr>

    <tr>

        <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="static.php?path=2.6"></a></td>

    </tr>

    <tr>

        <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="static.php?path=2.7"></a></td>

    </tr>

    <tr>

        <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="static.php?path=2.8"></a></td>

    </tr>

    <tr>

        <td bgcolor="#F1F1F1"><a href="static.php?path=2.9"></a></td>

    </tr>

```

ภาพที่ 3.66 โปรแกรมแสดงหน้าจอกลุ่มของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ

ในส่วนของการประมวลผลข้อมูลที่ส่งมาจากสถานีตรวจวัดแต่ละสถานีจะมีไฟล์โปรแกรม 3 ไฟล์ทำงานร่วมกันดังลูกศรชี้ ในการรับค่าและประมวลผลเพื่อแสดงข้อมูลบนหน้าเว็บเพจดังภาพที่ 3.67

| | | | |
|-------------|-----------------|---------------|-------|
| station2.3 | 17/8/2560 20:17 | File folder | |
| station2.4 | 17/8/2560 20:15 | File folder | |
| station2.5 | 17/8/2560 20:17 | File folder | |
| station2.6 | 17/8/2560 20:15 | File folder | |
| station2.7 | 17/8/2560 20:17 | File folder | |
| station2.8 | 17/8/2560 20:15 | File folder | |
| station2.9 | 17/8/2560 20:16 | File folder | |
| station2.10 | 17/8/2560 20:16 | File folder | |
| GetData.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 2 KB |
| Graph1.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph2.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph3.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph4.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph5.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph6.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph7.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph8.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph9.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| Graph10.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 47 KB |
| group.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 3 KB |
| index | 17/8/2560 20:14 | HTML Document | 6 KB |
| node.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 3 KB |
| static.php | 17/8/2560 20:14 | PHP File | 37 KB |
| station1 | 17/8/2560 20:14 | HTML Document | 3 KB |

ภาพที่ 3.67 โฟลเดอร์แสดงโปรแกรมการทำงานของเว็บเพจแสดงหน้าจอ

ในการทำงานเพื่อแสดงข้อมูลสารสนเทศจะทำงานร่วมกันทั้งหมด 3 ไฟล์คือ static.php > GetData.php > Graph1-10.php โดยไฟล์แต่ละไฟล์มีรายละเอียดดังนี้

โปรแกรม static.php แสดงดังภาพที่ 3.68

```
<?php
session_start();
if(isset($_GET['path']))
{
```

```

$_SESSION['path']=$_GET['path'];
}
include 'GetData.php';
?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
<title>
<?php echo $_GET["path"]; ?></title>
<meta charset="utf-8">
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
<link rel="stylesheet"
href="http://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.5/css/bootstrap.min.css">
<script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.11.3/jquery.min.js"></script>
<script src="http://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.5/js/bootstrap.min.js"></script>
<style>
body {
    background-color:#E0E0E0;
}
</style>
</head>
<body>
<p></p>
<div class="container" style="background-color:#FFF">
<h3>
<center> สถานีตรวจวัดสภาพอากาศลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี หมู่บ้านท่าแลง ต.ท่าแลง อ.ท่ายาง จ.
เพชรบุรี www.phetriver.com <p>_____
<p><?php echo "วันที่เราเขียน—เว็บนี้: ".date("d/m/Y")." นี้นะเราเขียนเว็บ: ".date("h:i:sa");?>
<p></p>
</h3>

```

```

</center>

<p> 

</div>

<div class="container" style="background-color:#FFF">

<h3>

<center>

```

ภาพที่ 3.68 โปรแกรม static.php

โปรแกรม GetData.php

ในโปรแกรมนี้จะนำข้อมูลในไฟล์เตอร์ต่าง ๆ ไปประมวลผลก่อนแสดงบนเว็บเพจ
โปรแกรม GetData.php แสดงดังภาพที่ 3.69

```

<?php

//session_start();

$directory = "station".$_SESSION['path']."/";

$var = 3;

//$directory = "../htdocs/".$station.substr($_GET["path"],0,3)."/station".$_GET["path"]."/";

if (glob($directory . "*.csv") == TRUE)

{

    $filecount = count(glob($directory . "*.csv"));

    //echo $filecount;

}

else

{

    $filecount = 0;

    //echo $filecount;

```

```

}

for($i=0;$i<$filecount;$i++){
//if (($handle =
fopen("station".substr($_GET["path"],0,3)."/station".$_GET["path"]."/station2.1"."$i".csv", "r"))
!= FALSE) {
if (($handle = fopen("station".$_SESSION['path']."/station".$_SESSION['path'].".$i.csv", "r"))
== TRUE) {
    while(($row = fgetcsv($handle, 1000, ",")) == TRUE) {
        $data[] = $row;
    }
}
}

foreach ($data as $result)
{
    if(!empty($result[1])&&!empty($result[2])&&!empty($result[3])&&!empty($result[4])&
&!empty($result[5])&&!empty($result[6])
    &&!empty($result[7])&&!empty($result[8])&&!empty($result[9])&&!empty($result[10])
&&!empty($result[11]))
    {

        for($i=5;$i<=11;$i++)
        {
            $result[$i] = preg_replace("/^[0-9,.]/", "", $result[$i]);
        }

        $result[4] = str_replace('.00', "", $result[4]);
        $data2[] = $result;
    }
}
}

```

```

foreach ($data2 as $result)
{
    $len6=strlen($result[6]);
    $len7=strlen($result[7]);
    $len8=strlen($result[8]);
    $len9=strlen($result[9]);
    $len10=strlen($result[10]);
    $len11=strlen($result[11]);

    if($len6<=6&&$len7<=6&&$len8<=6&&$len9<=6&&$len10<=6&&$len11<=6)
    {
        $data3[] = $result;
    }
}
?>

```

ภาพที่ 3.69 โปรแกรม GetData.php

โปรแกรม Graph1-10.php แสดงดังภาพที่ 3.70

Graph1-10.php

```
<?php
```

```
session_start();
```

```
@ini_set('display_errors', '0');
```

```
include 'GetData.php';
```

```
$page = 1;
```

```
$cnt= 0;
```

```
date_default_timezone_set('Asia/Bangkok');
```

```

$day = intval(date('d'));
$month = intval(date('m'));
$years = date('Y');
$year = substr($years,2);
$date;$time;
$node;$temp;$AM;
$cnt;$sub;
$post = 'year';
$title = "กราฟสถิติของวันนี้";
foreach($data3 as $result){
    if($result[5]==$page){
        $node[] = $result;
        $date[] = explode(".", $result[1]);
        $time[] = explode(":", $result[2]);
        $cnt++;
    }
}

```

ภาพที่ 3.70 โปรแกรม Graph1-10.php

การแสดงผลที่หน้าจอทั้ง 3 โปรแกรมจะทำงานร่วมกันเป็นสถานีตรวจวัดสภาพแวดล้อมที่ 2.1 เมื่อคลิกเข้าไปในหน้าเพจ จะแสดงค่าของแต่ละโหนด โดยสามารถแสดงข้อมูลเป็นตารางและกราฟ ในสถานีตรวจวัดตั้งแต่ สถานีตรวจวัดที่ 2.2-2.10 จะใช้โปรแกรมเช่นเดียวกันในการทำงานร่วมกันเหมือนสถานีตรวจวัดสภาพแวดล้อม 2.1 ดังภาพที่ 3.71

สถานีตรวจวัดสภาพอากาศลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี หมู่บ้านท่าแลง ต.ท่าแลง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี www.phetriver.com

วันที่: 30/10/2017 เวลา: 10:03:18am



[สถานีตรวจวัดที่ 2.1]



ภาพที่ 3.71 การออกแบบหน้าเว็บเพจสถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 2.1

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างบอร์ดเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ได้มีการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานในห้องปฏิบัติการและทำการทดสอบการทำงานจริงในไร่มะนาว ผลการทดสอบประสิทธิภาพเป็นดังนี้

- 1) ผลการทดสอบระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในห้องปฏิบัติการ
- 2) ผลการทดสอบโหนดที่ใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการ
- 3) ผลการทดสอบระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในสถานที่จริง
- 4) ผลการทดสอบระบบสารสนเทศ ระบบ weewx ในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว
- 5) ผลการทดสอบระบบสารสนเทศ weather_PBRU ในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว
- 6) ผลการถ่ายทอดระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมและระบบสารสนเทศ

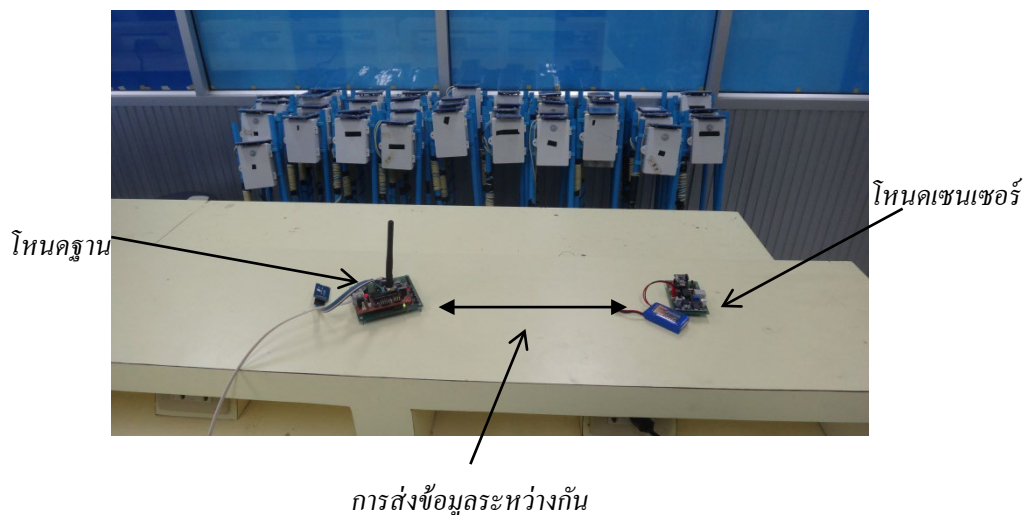
4.1 ผลการทดสอบระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบในห้องปฏิบัติการจะทำการทดสอบ ใน 2 รูปแบบคือ 1) Unit test เป็นการทดสอบในระดับ function call เพื่อเป็นการยืนยันการทำงานระดับย่อยที่สุดว่าทำงานได้ถูกต้อง 2) System test - เป็นการทดสอบการเชื่อมต่อหรือติดต่อสื่อสารกันระหว่างซอฟต์แวร์หรือระบบอื่นๆ

4.1.1 การทดสอบระหว่างโหนดฐานกับเซ็นเซอร์โหนด (point –to point)

การทดสอบระหว่างโหนดฐานกับเซ็นเซอร์โหนด (point –to point) เป็นการทดสอบ Unit test การทดสอบนี้จะทำการทดสอบโหนดฐานกับโหนดเซ็นเซอร์ โดยให้โหนดเซ็นเซอร์ส่งข้อมูลไปยังโหนดฐาน ในการทดสอบ แสดงดังภาพที่ 4.1 การทดสอบจะทำการทดสอบใน 3 เงื่อนไข คือ 1) ให้โหนดเซ็นเซอร์ส่งข้อมูลเป็นข้อความจำนวน 4 คำ ได้แก่ thank you1 sorry2 forget me3 และ love you4 ไปยังโหนดฐานเป็นจำนวน 10 ครั้งและให้โหนดฐานแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์ 2) การทดสอบจะให้โหนดฐานส่งข้อมูลไปยังโหนดเซ็นเซอร์จำนวน 4 คำ ได้แก่ thank you1 sorry2 for

give me3 และ love you4 ไปยังโหนดเซนเซอร์เป็นจำนวน 10 ครั้งและให้โหนดฐานแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์ 3) ให้โหนดทั้งสองสลับการรับ และส่งข้อมูลกัน



ภาพที่ 4.1 การทดสอบการส่ง-รับข้อมูล

การทดสอบโหนดเซนเซอร์ส่งข้อมูล การทดสอบจะทำการส่งข้อมูลจากโหนดเซนเซอร์ไปยังโหนดฐานทุกๆ 5 วินาที ผลการทดสอบพบว่า โหนดเซนเซอร์สามารถส่งข้อมูลไปแสดงผลที่โหนดฐานได้ถูกต้องในการส่งจำนวน 10 ครั้งสามารถส่งข้อมูลได้ถูกต้องทั้ง 10 ครั้ง แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงการส่งข้อมูลจากโหนดเซนเซอร์ไปยังโหนดฐาน

| ครั้งการส่ง | Thank you1 | Sorry2 | Please Forgive me3 | I Love you4 |
|-------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|
| 1 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 2 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 3 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 4 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 5 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 6 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 7 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 8 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 9 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 10 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |

การทดสอบโหนดฐานส่งข้อมูลไปยังโหนดเซนเซอร์ การทดสอบจะเป็นการสลับการส่งข้อมูลการทดสอบโหนดฐานส่งข้อมูล การทดสอบจะทำการส่งข้อมูลจากโหนดเซนเซอร์ไปยังโหนดฐานทุกๆ 5 วินาที ผลการทดสอบพบว่า โหนดฐานสามารถส่งข้อมูลไปแสดงผลที่โหนดเซนเซอร์ได้ถูกต้องในการส่งจำนวน 10 ครั้งสามารถส่งข้อมูลได้ถูกต้องทั้ง 10 ครั้ง แสดงการทดสอบดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงการส่งข้อมูลจากโหนดฐานไปยังโหนดเซนเซอร์

| ครั้งการส่ง | Thank you1 | Sorry2 | Please Forgive me3 | I Love you4 |
|-------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|
| 1 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 2 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 3 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 4 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 5 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 6 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 7 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 8 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 9 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 10 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |

การทดสอบโหนดฐานส่งข้อมูลไปยังโหนดเซนเซอร์ เป็นการส่งข้อมูลสลับกันทุก ๆ 5 วินาทีระหว่างโหนดฐานกับโหนดเซนเซอร์ การทดสอบจะทำการส่งข้อมูลระหว่างโหนดเซนเซอร์ไปยังโหนดฐานทุกๆ 5 วินาที ผลการทดสอบพบว่า โหนดเซนเซอร์สามารถส่งข้อมูลไปแสดงผลที่โหนดฐานสลับกันได้ถูกต้องในการส่งจำนวน 10 ครั้งสามารถส่งข้อมูลได้ถูกต้องทั้ง 10 ครั้ง แสดงการทดสอบดังตารางที่ 4.3

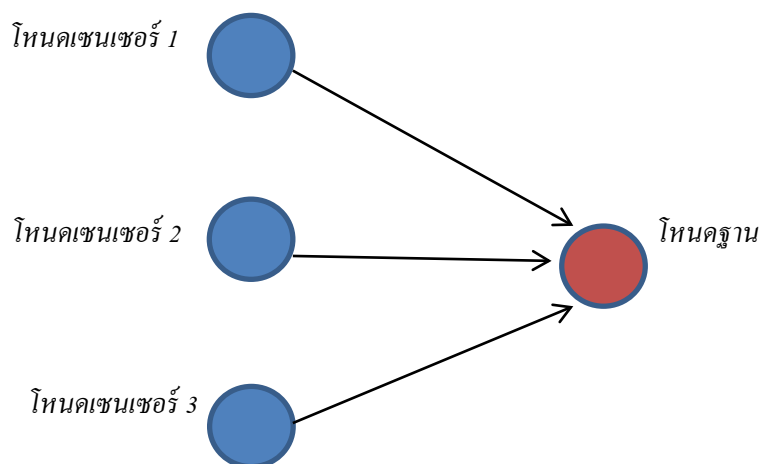
ตารางที่ 4.3 แสดงการส่งข้อมูลจากโหนดเซนเซอร์ไปยังโหนดฐานสลับการส่ง

| ครั้งการส่ง | Thank you1 | Sorry2 | Please Forgive me3 | I Love you4 |
|-------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|
| 1 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 2 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 3 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 4 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 5 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 6 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 7 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 8 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 9 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 10 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |

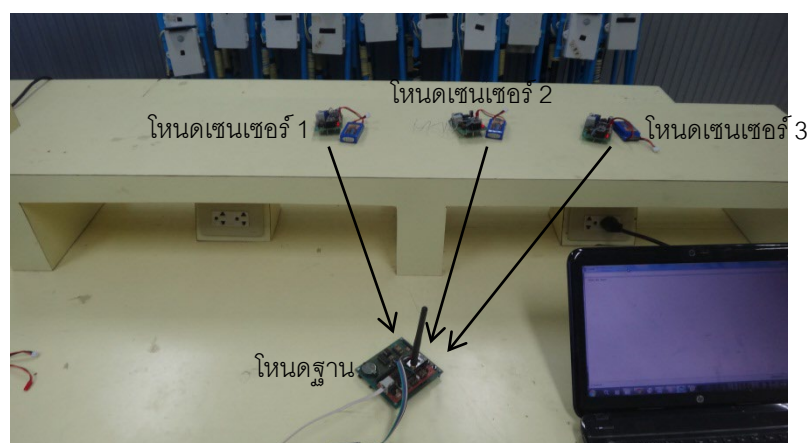
จากผลการทดสอบทั้ง 3 กรณีพบว่า สามารถรับส่งข้อมูลระหว่างโหนดฐานกับโหนดเซนเซอร์ได้สมบูรณ์ทุกครั้ง แสดงว่าระบบย่อยซึ่ง ทดสอบแบบ Unit test คือ โหนดฐานและโหนดเซนเซอร์สามารถทำงานได้ 100 เปอร์เซ็นต์

4.1.2 การทดสอบ ระหว่างโหนดฐานกับเซนเซอร์โหนด (point –to point) แบบ 3 จุด

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบ Unit test เป็นการทดสอบที่เพิ่มจำนวนเซนเซอร์โหนดจาก 1 จุดเป็น 3 จุด โหนดเซนเซอร์แสดงดังภาพที่ 4.2 และ 4.3 การทดสอบจะส่งข้อมูลเป็นข้อความจำนวน 4 คำได้แก่ thank you1 sorry2 please for give me3 และ i love you4 ไปยังโหนดฐานเป็นจำนวน 5 ครั้งและให้โหนดฐานแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์ ในการส่งโหนดเซนเซอร์จะวนส่งข้อมูลจากโหนดที่ 1 ไปยังโหนดฐาน โหนดที่ 2 ส่งข้อมูลไปยังโหนดฐาน และโหนดที่ 3 ส่งข้อมูลไปยังโหนดฐาน และวนกลับไปส่งข้อมูลจากโหนดที่ 1 วนไปเรื่อยๆ การส่งแต่ละโหนดจะส่งข้อมูลห่างกัน 5 วินาที



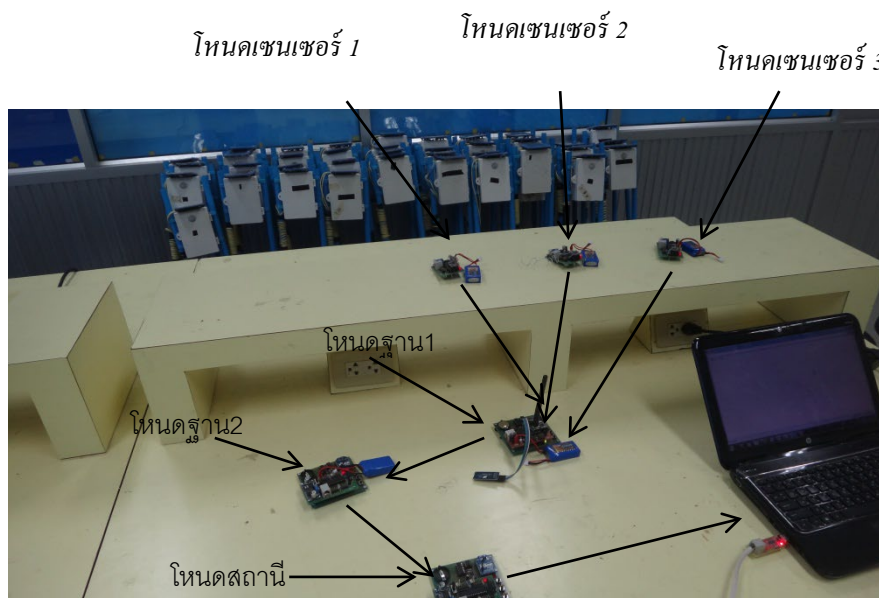
ภาพที่ 4.2 ลักษณะการทดสอบการส่ง-รับข้อมูลโหนดเซนเซอร์กับโหนดฐาน



ภาพที่ 4.3 ลักษณะการทดสอบการส่ง-รับข้อมูลในห้องปฏิบัติการ

ผลการทดสอบพบว่า โหนดเซนเซอร์แต่ละโหนดสามารถส่งข้อมูลได้ถูกต้องทั้ง 5 ครั้งไม่มีข้อผิดพลาด ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.4

4.1.3 การทดสอบ ระหว่างโหนดฐานกับเซนเซอร์โหนด แบบต้นไม้(tree) แบบ 6 จุดเป็นการทดสอบแบบ system test



ภาพที่ 4.4 ลักษณะการทดสอบการส่ง-รับข้อมูล 6 จุด ในห้องปฏิบัติการ

| | | | | |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| โหนดฐาน1 | รับได้สมบูรณ์ | รับได้สมบูรณ์ | รับได้สมบูรณ์ | รับได้สมบูรณ์ |
| โหนดฐาน2 | รับได้สมบูรณ์ | รับได้สมบูรณ์ | รับได้สมบูรณ์ | รับได้สมบูรณ์ |
| โหนดสถานี | รับได้สมบูรณ์ | รับได้สมบูรณ์ | รับได้สมบูรณ์ | รับได้สมบูรณ์ |

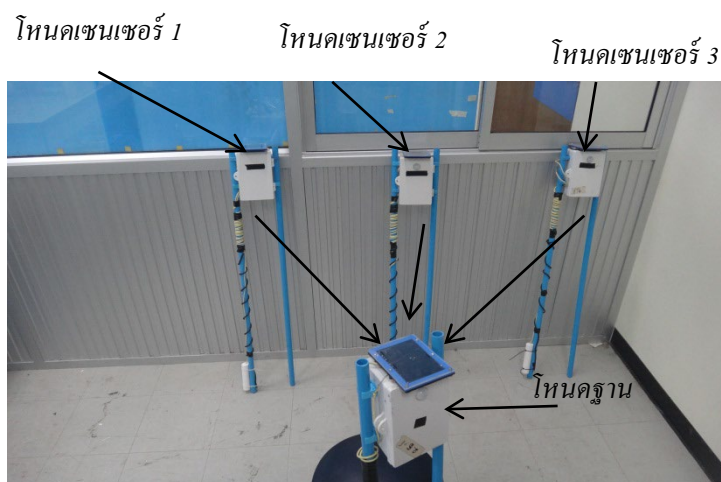
ผลการทดสอบพบว่า การทดสอบแบบ 6 จุดทดสอบแบบ system test สามารถทำงานได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในห้องปฏิบัติการ

4.2 การทดสอบโหนดที่ใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบจะทดสอบจากโหนดเซนเซอร์และโหนดฐานที่ใช้งานจริง โดยจะให้ระบบมีการส่งข้อมูลในโหนดเซนเซอร์ จำนวน 6 ค่า ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง อุณหภูมิดิน ความชื้นดิน แบตเตอรี่ การทดสอบจะทำการทดสอบส่งข้อมูล

4.2.1 การทดสอบ ระหว่างโหนดฐานกับเซนเซอร์โหนด (point –to point) แบบ 3 จุด

เป็นการทดสอบแบบ Unit test ซึ่งการทดสอบจะใช้โหนดที่สร้างขึ้นเสร็จแล้วเป็นโหนดฐาน และโหนดเซนเซอร์ที่ใช้งานจริง โดยข้อมูลที่ได้อาจเป็นข้อมูลจากเซนเซอร์ที่ใช้งานจริงการทดสอบแสดงดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ลักษณะการทดสอบการส่ง-รับข้อมูล 3 จุด ในห้องปฏิบัติการ

| | | | | | | | |
|---|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 5 | โหนด
เซนเซอร์ 1 | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ |
| | โหนด
เซนเซอร์ 2 | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ |
| | โหนด
เซนเซอร์ 3 | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ |
| | โหนดฐาน | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ |

ผลการทดสอบพบว่า การรับและส่งข้อมูลระหว่างโหนดฐานและโหนดเซนเซอร์ โดยส่งข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง อุณหภูมิดิน ความชื้นดิน แบตเตอรี่ สามารถส่งข้อมูลได้ 100 เปอร์เซ็นต์

4.2.2 การทดสอบระหว่างโหนดฐานกับเซนเซอร์โหนดแบบต้นไม้ (tree) แบบ 6 จุดเป็น การทดสอบแบบ system test



ภาพที่ 4.6 ลักษณะการทดสอบการส่ง-รับข้อมูล 6 จุด ในห้องปฏิบัติการ

| ครั้งการ
ส่ง | โหนด | อุณหภูมิ | ความชื้น
สัมพัทธ์ | ความเข้ม
แสง | อุณหภูมิ
ดิน | ความชื้น
ดิน | แบตเตอรี่ |
|-----------------|--------------------|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 5 | โหนด
เซนเซอร์ 1 | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ |
| | โหนด
เซนเซอร์ 2 | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ |
| | โหนด
เซนเซอร์ 3 | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ |
| | โหนดฐาน
1 | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ |
| | โหนดฐาน
2 | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ |
| | โหนด
สถานี | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ |

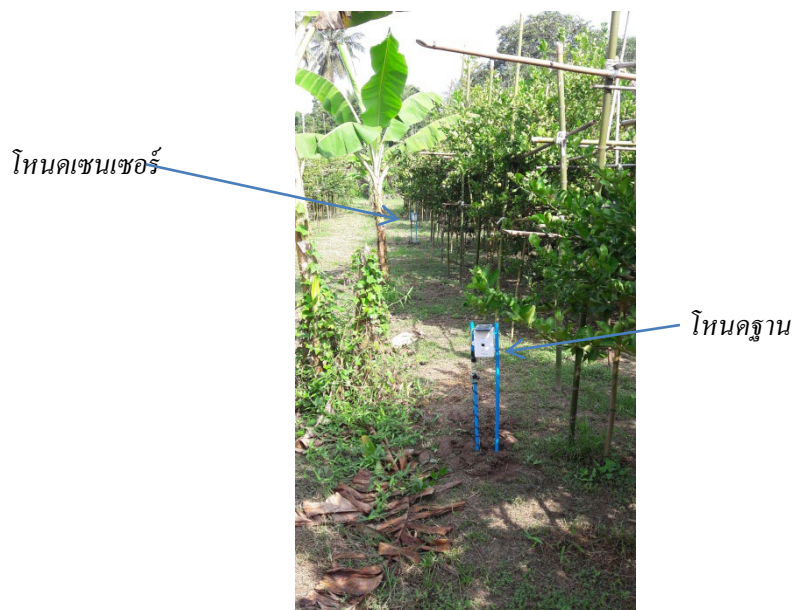
ผลการทดสอบพบว่า การรับและส่งข้อมูลระหว่างโหนดฐานโหนดเซนเซอร์และโหนดสถานี โดยส่งข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง อุณหภูมิดิน ความชื้นดิน แบตเตอรี่ สามารถส่งข้อมูลได้ 100 เปอร์เซ็นต์

4.3 การทดสอบระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายในสถานที่จริง

การทดสอบในสถานที่จริงจะทำการติดตั้งอุปกรณ์ในไร่มะนาวดังภาพที่ การติดตั้งจะทำการติดตั้งโหนดเซนเซอร์แต่ละตัวห่างกัน 15 เมตร ซึ่งจากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าระยะการส่งข้อมูล 15 เมตรจะมีการรับส่งข้อมูลได้เสถียรที่สุด และถูกต้องที่สุด การติดตั้งอุปกรณ์ในสถานที่จริงพบว่า พื้นที่บริเวณลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี จะมีพื้นที่การปลูกมะนาวอย่างเดียวกับการปลูกผสมผสาน และพื้นที่การปลูกมะนาวที่มีเถาวัลย์รก ดังนั้นในการติดตั้งจะมีการทดสอบใน 3 กรณีคือ

4.3.1 การทดสอบในพื้นที่ปลูกมะนาวอย่างเดียว

การทดสอบ จะติดตั้งโหนดฐานและโหนดเซนเซอร์ไว้ในไร่มะนาวโดยระยะของการห่างกันระหว่าง โหนดฐานกับโหนดเซนเซอร์ 15 เมตรแสดงดังภาพที่ 4.7 และภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.7 การติดตั้งโหนดฐานในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว



ภาพที่ 4.8 การติดตั้งโหนดฐานในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว

ทำการทดสอบโดยส่งข้อมูลรับและส่งเหมือนในห้องปฏิบัติการ แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงการส่งข้อมูลจากโหนดเซนเซอร์ไปยังโหนดฐาน

| ครั้งที่
ส่ง | Thank you1 | Sorry2 | Please Forgive me3 | I Love you4 |
|-----------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|
| 1 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 2 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 3 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 4 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 5 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 6 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 7 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 8 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 9 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 10 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |

ผลการทดสอบพบว่า การรับและส่งข้อมูลระหว่างโหนดฐานและโหนดเซนเซอร์ โดยส่งข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง อุณหภูมิดิน ความชื้นดิน แบตเตอรี่ สามารถส่งข้อมูลได้ 100 เปอร์เซ็นต์

4.3.2 การทดสอบในพื้นที่ปลูกมะนาวและกล้วยไข่

การทดสอบ จะติดตั้งโหนดฐานและโหนดเซนเซอร์ไว้ในไร่มะนาวโดยระยะของการห่างกันระหว่าง โหนดฐานกับโหนดเซนเซอร์ 12 เมตรเนื่องจากมีต้นกล้วยสูง แสดงดังภาพที่ 4.9 และแสดงข้อมูลดังตารางที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 การติดตั้งโหนดฐานในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว

ตารางที่ 4.9 แสดงการส่งข้อมูลจากโหนดเซนเซอร์ไปยังโหนดฐาน

| ครั้งที่
ส่ง | Thank you1 | Sorry2 | Please Forgive me3 | I Love you4 |
|-----------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|
| 1 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 2 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 3 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 4 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 5 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 6 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 7 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 8 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 9 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 10 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |

ผลการทดสอบพบว่า การรับและส่งข้อมูลระหว่างโหนดฐานและโหนดเซนเซอร์ โดยส่งข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง อุณหภูมิดิน ความชื้นดิน แบตเตอรี่ สามารถส่งข้อมูลได้ 100 เปอร์เซ็นต์

4.3.3 การทดสอบในพื้นที่ปลูกมะนาวและกล้วยที่รดด้วยเถาวัลย์และวัชพืช

การทดสอบ จะติดตั้งโหนดฐานและโหนดเซนเซอร์ไว้ในไร่มะนาวโดยระยะของการห่างกันระหว่าง โหนดฐานกับโหนดเซนเซอร์ 10 เมตรเนื่องจากเป็นป่ารก แสดงดังภาพที่ 4.10 และแสดงข้อมูลดังตารางที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 การติดตั้งโหนดฐานในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว

ตารางที่ 4.10 แสดงการส่งข้อมูลจากโหนดเซนเซอร์ไปยังโหนดฐาน

| ครั้งการ
ส่ง | Thank you1 | Sorry2 | Please Forgive me3 | I Love you4 |
|-----------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|
| 1 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 2 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 3 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 4 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 5 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 6 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 7 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 8 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 9 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |
| 10 | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ | ส่งได้สมบูรณ์ |

[illegible]

| | | | | | | | |
|---|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 5 | โหนด
เซนเซอร์ 1 | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ |
| | โหนด
เซนเซอร์ 2 | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ |
| | โหนด
เซนเซอร์ 3 | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ |
| | โหนดฐาน
1 | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ |
| | โหนดฐาน
2 | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ |
| | โหนด
สถานี | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ | ส่งได้
สมบูรณ์ |

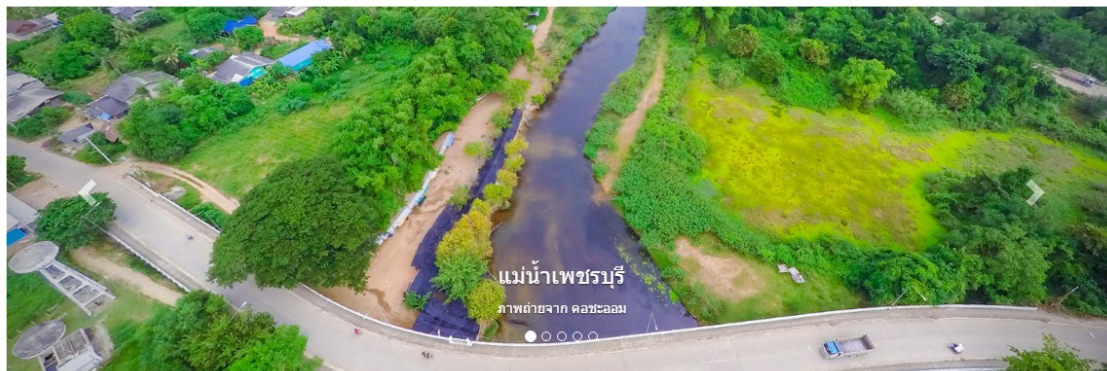
ผลการทดสอบพบว่า การรับและส่งข้อมูลระหว่างโหนดฐานและโหนดเซนเซอร์ โดยส่งข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง อุณหภูมิดิน ความชื้นดิน แบตเตอรี่ สามารถส่งข้อมูลได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลในพื้นที่ทั้งหมดจะถูกส่งไปยังโฮสต์เว็บไซต์phetriver.com จะแสดงค่าสภาพแวดล้อมให้เกษตรกรได้เห็นค่าสภาพแวดล้อมในการปลูกพืชเพื่อจะสามารถเตรียมการในการให้น้ำให้พืช

4.4 การทดสอบระบบสารสนเทศระบบ weewx ในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว

การพัฒนาสารสนเทศจะทำการนำข้อมูลแต่ละโหนดแต่ละสถานีนำข้อมูลไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลในงานวิจัยนี้ จะเข้าโฮสต์ในการเก็บข้อมูลและแสดงข้อมูลบนเว็บไซต์ www.phetriver.com หน้าเว็บไซต์แสดงดังภาพที่ 4.11



สถานีตรวจวัดสภาพอากาศลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี หมู่บ้านท่าแลง ต.ท่าแลง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี



ภาพที่ 4.11 การติดตั้งโหนดฐานในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว

การติดตั้งสถานีตรวจวัดจะติดตั้งบริเวณลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี ในสองอำเภอคือ อำเภอท่ายาง และอำเภอบ้านลาดจังหวัดเพชรบุรี ตามพื้นที่การเพาะปลูกมะนาว ซึ่งมีทั้งสวนมะนาวที่ปลูกใหม่ และสวนมะนาวที่ปลูกนานแล้ว ทำให้การติดตั้งในสวนมะนาว มีลักษณะพื้นที่ที่แตกต่างกัน โดยแต่ละสถานีจะส่งข้อมูลผ่านระบบโทรศัพท์ แบบ 3G ของ myCAT เพื่อนำข้อมูลส่งขึ้นเว็บไซต์โดยข้อมูลจะถูกส่งไปยัง Host ที่ Host จะมีโปรแกรมสำหรับตรวจจับข้อมูลประมวลผลและส่งค่าขึ้น เว็บไซต์เป็นสารสนเทศในการตรวจวัดสภาพแวดล้อม สถานีตรวจวัดทั้ง 10 สถานีจะมีลักษณะเหมือนกันแต่ติดตั้งอยู่แต่ละจุดทั้งหมด 10 จุดสถานีตรวจวัดสภาพแวดล้อมทั้งหมดมี 10 สถานี ดังภาพที่ 4.12 การออกแบบ หน้าเว็บจะออกแบบดังภาพที่ 4.13

| สถานีตรวจวัดสภาพอากาศลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี | |
|---|-------------------------------|
|  | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1.1 |
|  | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1.2 |
|  | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1.3 |
|  | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1.4 |
|  | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1.5 |
|  | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1.6 |
|  | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1.7 |
|  | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1.8 |
|  | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1.9 |
|  | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ 1.10 |

ภาพที่ 4.12 การติดตั้งโหนดฐานในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว

สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ

สถานีตรวจวัดสภาพอากาศทั้ง 10 สถานีจะแสดงสภาพข้อมูลเหมือนกัน ได้แก่ สภาพปัจจุบัน เป็นสภาพที่ระบบสารสนเทศจะแจ้งข้อมูลบนเว็บไซต์โดยจะมีค่าที่แสดงได้แก่ อุณหภูมิภายนอก (outside Temperature) ดัชนีการวัดค่าความหนาว (Wind Chill) ดัชนีค่าความร้อน (Heat Index) จุดไอน้ำกลั่นตัว (Dewpoint) ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity) ค่า ความกดดันอากาศ (Barometer) ค่าความเร็วลม(Wind) ค่าปริมาณน้ำฝน (Rain Rate) และค่าอุณหภูมิภายใน (Inside Temperture) แสดงดังภาพที่ 4.13

สถานีตรวจวัดสภาพอากาศลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี หมู่บ้านท่าแลง ต.ท่าแลง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี
www.phetrivier.com
Current Weather Conditions
03/20/16 20:13:45

| Current Conditions | |
|---------------------------|----------------------|
| Outside Temperature | 29.8°C |
| Wind Chill | 29.8°C |
| Heat Index | 36.3°C |
| Dewpoint | 25.3°C |
| Humidity | 77% |
| Barometer | 1014.9 mbar |
| Barometer Trend (3 hours) | 1.5 mbar |
| Wind | 0.7 m/s from 90° (E) |
| Rain Rate | 0.0 mm/hr |
| Inside Temperature | 30.9°C |

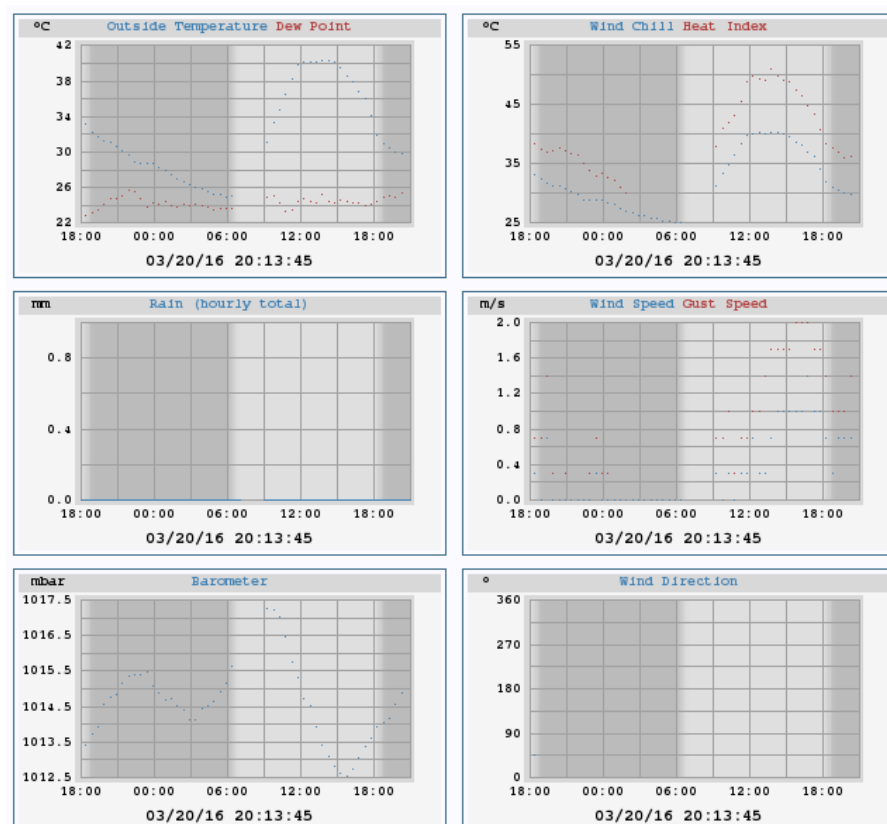
About this weather station:

Location
Latitude: 12° 54.48' N
Longitude: 099° 48.54' E
Altitude: 40 meters

This station uses a WS2080, controlled by 'weewx', an experimental weather software system written in Python. Weewx was designed to be simple, fast, and easy to understand by leveraging modern software concepts.

[RSS feed](#)
[Mobile formatted](#)
[Smartphone formatted](#)

Weewx uptime: 16880 days, 13 hours, 32 minutes
Server uptime: 0 days, 11 hours, 49 minutes

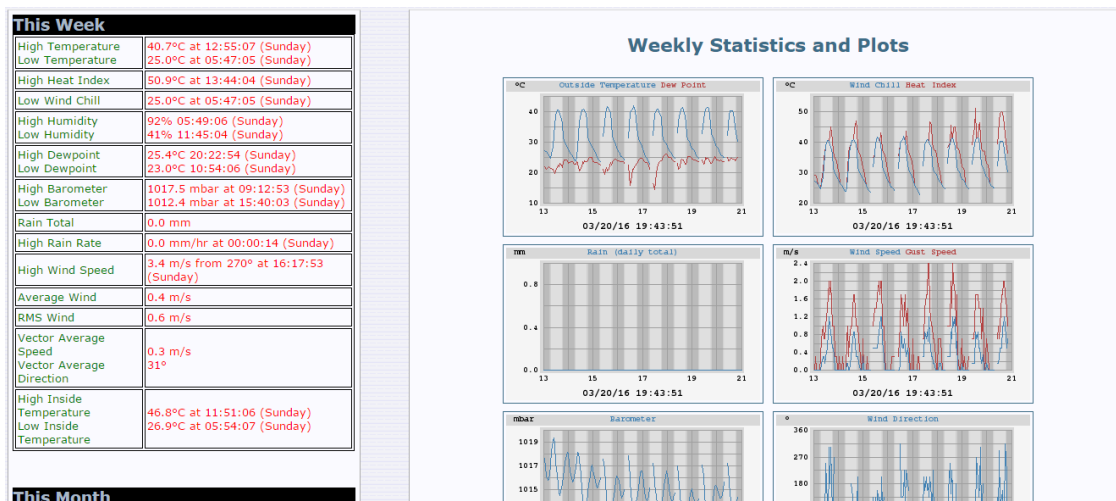


Monthly summary:

Yearly summary:

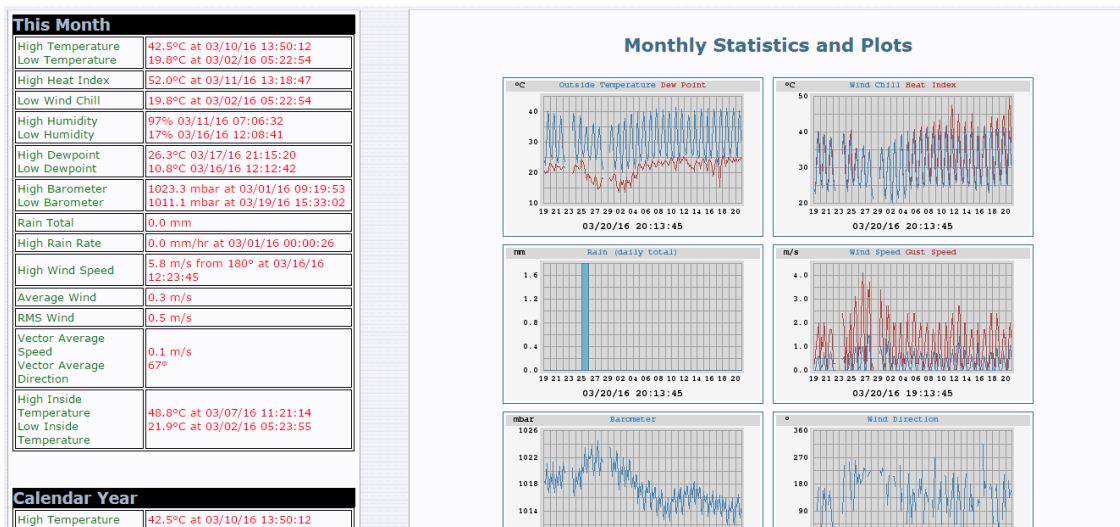
ภาพที่ 4.13 แสดงสถานะปัจจุบันของระบบสารสนเทศ weewx

สภาพในรอบ 1 สัปดาห์ การแสดงผลในรอบสัปดาห์ จะแสดงค่าข้อมูลในรอบสัปดาห์ได้แก่ ค่า อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดในรอบสัปดาห์ ดัชนีความร้อนสูงสุด ดัชนีการวัดค่าความหนาวต่ำสุด ค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดและต่ำสุดในรอบสัปดาห์ จุดไอน้ำกลั่นตัวสูงสุดและต่ำสุดในรอบสัปดาห์ ค่าความกดดันอากาศ สูงสุดและต่ำสุดในรอบสัปดาห์ ปริมาณน้ำฝนทั้งหมด อัตราความเร็วลมสูงสุด ค่าเฉลี่ยความเร็วลม ค่าเฉลี่ยทิศทางลม อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดในแสดงดังภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 แสดงสถานะรอบสัปดาห์ของระบบสารสนเทศ weewx

สภาพในรอบ 1 เดือน การแสดงผลในรอบ 1 เดือน จะแสดงค่าข้อมูลในรอบสัปดาห์ได้แก่ค่า อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดในรอบ 1 เดือน ดัชนีความร้อนสูงสุด ดัชนีการวัดค่าความหนาวต่ำสุด ค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดและต่ำสุดในรอบ 1 เดือน จุดไอน้ำกลั่นตัวสูงสุดและต่ำสุดในรอบ 1 เดือน ค่าความกดดันอากาศ สูงสุดและต่ำสุดในรอบ 1 เดือน ปริมาณน้ำฝนทั้งหมด อัตราความเร็วลมสูงสุด ค่าเฉลี่ยความเร็วลม ค่าเฉลี่ยทิศทางลม อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดในแสดงดังภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 แสดงสถานะรอบสัปดาห์ของระบบสารสนเทศ weewx

สภาพในรอบ 1 ปี การแสดงผลในรอบ 1 ปี จะแสดงค่าข้อมูลในรอบสัปดาห์ได้แก่ค่า อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดในรอบ 1 ปี ดัชนีความร้อนสูงสุด ดัชนีการวัดค่าความหนาวต่ำสุด ค่า ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดและต่ำสุดในรอบ 1 เดือน จุดไอน้ำกลั่นตัวสูงสุดและต่ำสุดในรอบ 1 ปี ค่า ความกดดันอากาศ สูงสุดและต่ำสุดในรอบ 1 ปี ปริมาณน้ำฝนทั้งหมด อัตราความเร็วลมสูงสุด ค่าเฉลี่ยความเร็วลม ค่าเฉลี่ยทิศทางลม อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดในแสดงดังภาพที่ 4.16

| Calendar Year | |
|--------------------------|--|
| High Temperature | 42.5°C at 03/10/16 13:50:12 |
| Low Temperature | 13.4°C at 02/09/16 04:52:47 |
| High Heat Index | 52.0°C at 03/11/16 13:18:47 |
| Low Wind Chill | 13.4°C at 02/09/16 04:52:47 |
| High Humidity | 97% 03/11/16 07:06:32 |
| Low Humidity | 17% 03/16/16 12:08:41 |
| High Dewpoint | 26.6°C 01/19/16 14:10:38 |
| Low Dewpoint | 5.0°C 02/09/16 10:00:06 |
| High Barometer | 1028.3 mbar at 01/25/16 10:24:55 |
| Low Barometer | 1011.1 mbar at 03/19/16 15:33:02 |
| Rain Total | 7.8 mm |
| High Rain Rate | 7.2 mm/hr at 02/25/16 05:09:20 |
| High Wind Speed | 7.5 m/s from 180° at 01/25/16 11:38:57 |
| Average Wind | 0.3 m/s |
| RMS Wind | 0.6 m/s |
| Vector Average Speed | 0.2 m/s |
| Vector Average Direction | 197° |
| High Inside Temperature | 48.8°C at 01/02/16 14:24:58 |
| Low Inside Temperature | 16.0°C at 02/09/16 04:55:54 |

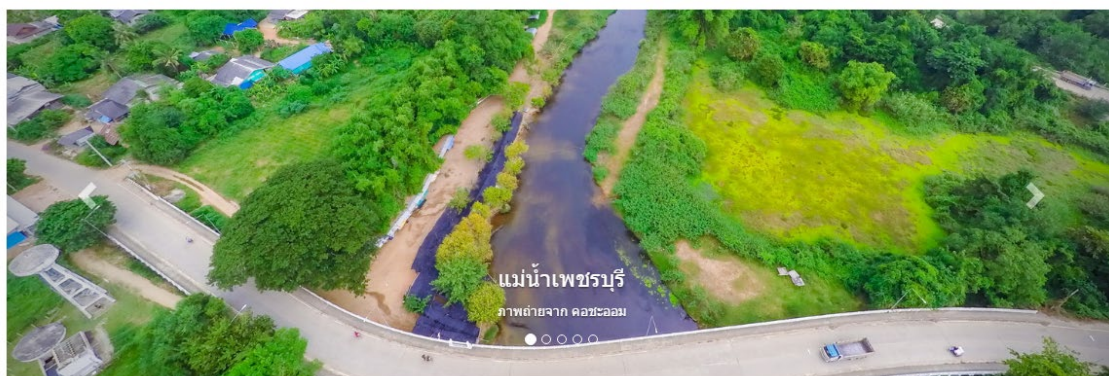
ภาพที่ 4.16 แสดงสถานะรอบสัปดาห์ของระบบสารสนเทศ weewx

4.5 การทดสอบระบบสารสนเทศระบบ weather_PBRU ในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว

การทดสอบระบบสารสนเทศ weather_PBRU ในพื้นที่เพาะปลูกมะนาวได้เก็บข้อมูลเป็นเวลา 1 ปี แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยทั้งปี ในแต่ละสถานี โดยหน้าจอสถานีตรวจวัดแสดงดังภาพที่ 4.17



สถานีตรวจวัดสภาพอากาศลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี หมู่บ้านท่าแลง ต.ท่าแลง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี



ภาพที่ 4.17 แสดงหน้าเว็บไซต์สารสนเทศระบบสารสนเทศ weewx

สถานีตรวจวัดสภาพแวดล้อม weather_PBRU ประกอบด้วยสถานีตรวจวัดสภาพอากาศจำนวน 10 สถานี ในแต่ละสถานีจะเก็บข้อมูลเมื่อครึกเข้าสู่หน้าจอของแต่ละสถานีโดยสถานีแสดงดังภาพที่ 4.18

| สถานีตรวจวัดสภาพอากาศลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี | |
|---|----------------------------------|
| | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศกลุ่มที่ 1 |
| | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศกลุ่มที่ 2 |
| | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศกลุ่มที่ 3 |
| | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศกลุ่มที่ 4 |
| | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศกลุ่มที่ 5 |
| | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศกลุ่มที่ 6 |
| | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศกลุ่มที่ 7 |
| | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศกลุ่มที่ 8 |
| | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศกลุ่มที่ 9 |
| | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศกลุ่มที่ 10 |

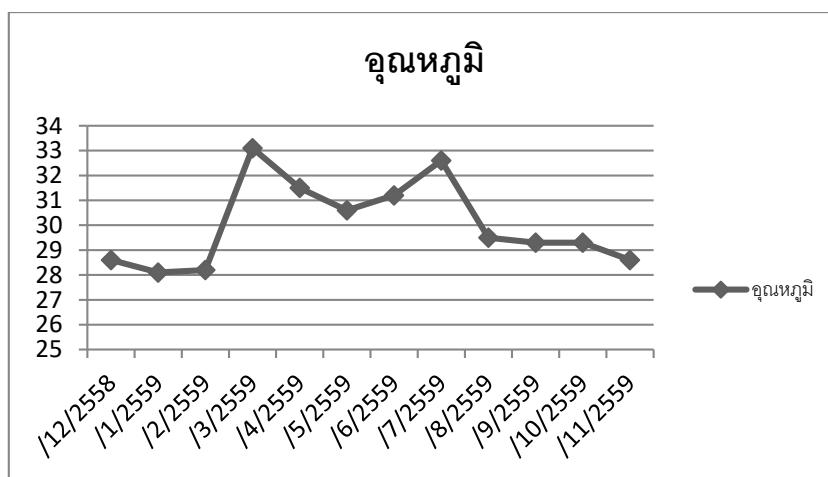
ภาพที่ 4.18 แสดงสถานีแต่ละสถานีของระบบสารสนเทศ weewx

สถานีตรวจวัดสภาพแวดล้อม

ข้อมูลจากการเก็บสภาพแวดล้อมในสถานที่จริง ค่าเฉลี่ย 10 สถานีตรวจวัดมี มีการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับสภาพแวดล้อมใน ไร่ ไร่ละนาว่าค่าต่างๆจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์สภาพตามที่ เป็นจริงเพื่อให้ น้ำ ปุ๋ยและสารเคมีกำจัดศัตรูสำหรับมะนาวเพื่อควบคุมโรคและแมลง ในงานวิจัยนี้ได้ ทดสอบโดยเก็บข้อมูลเป็นเวลา 1 ปี แล้วนำข้อมูลมาแสดงผลด้วยกราฟดังนี้

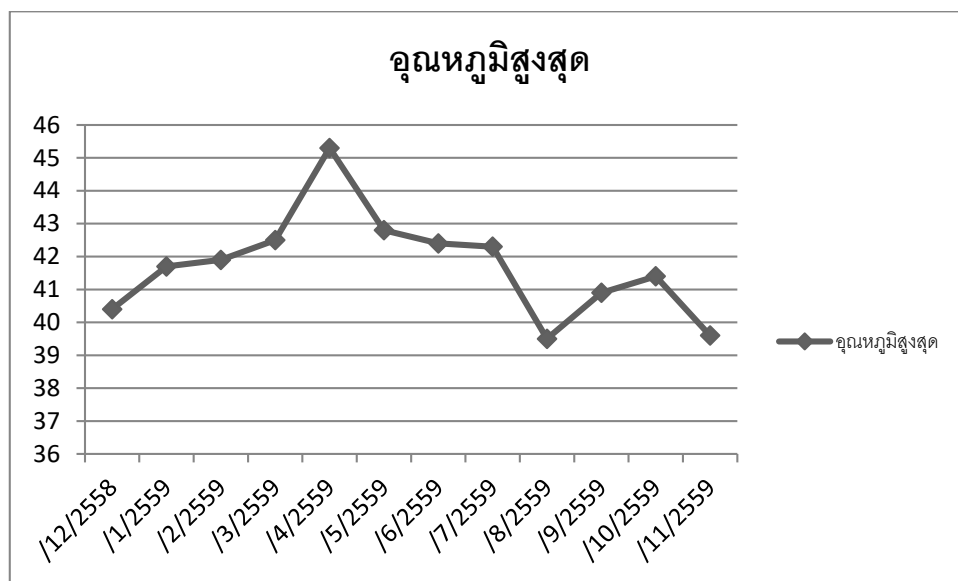
อุณหภูมิ

ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยพบว่าค่าของอุณหภูมิดังภาพที่ 4.19 ในเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม มี อากาศร้อนสูงถึง 34 องศาเซลเซียส เดือนมิถุนายน เดือนกันยายนอากาศจะเปลี่ยนแปลงไม่คงที่โดย ในเดือนกรกฎาคมจะมีอากาศร้อนสูงถึง 32.5 องศาเซลเซียส เดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคมจะมี อากาศคงที่ และเข้าสู่อาเริ่มเย็นเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์



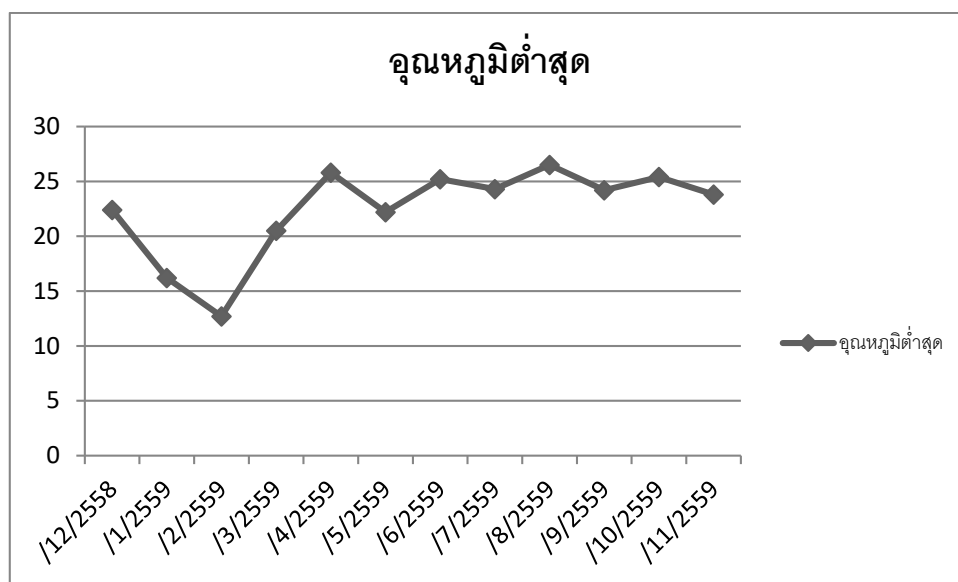
ภาพที่ 4.19 กราฟแสดงอุณหภูมิ

ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด เมื่อพิจารณาจากค่าของอุณหภูมิที่สูงที่สุดในรอบปี พบว่าค่าของ อุณหภูมิดังภาพที่ 4.20 อุณหภูมิเดือนเมษายน มีค่าอุณหภูมิสูงถึง 45.5 องศา



ภาพที่ 4.20 กราฟแสดงอุณหภูมิสูงสุด

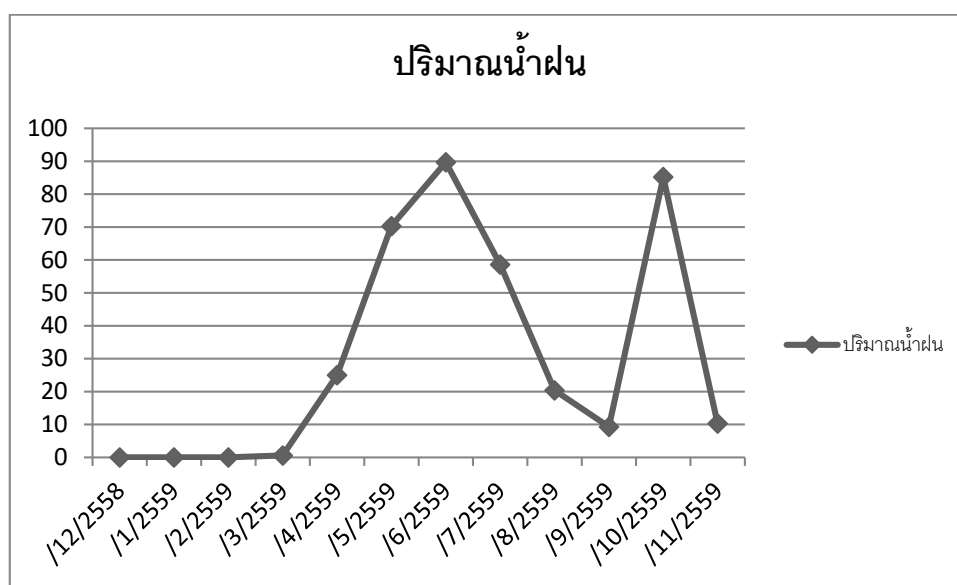
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดพบว่าค่าของอุณหภูมิดังภาพที่ 4.21 ในเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์จะมีค่าอุณหภูมิต่ำสุด



ภาพที่ 4.21 กราฟแสดงอุณหภูมิต่ำสุด

ปริมาณน้ำฝน

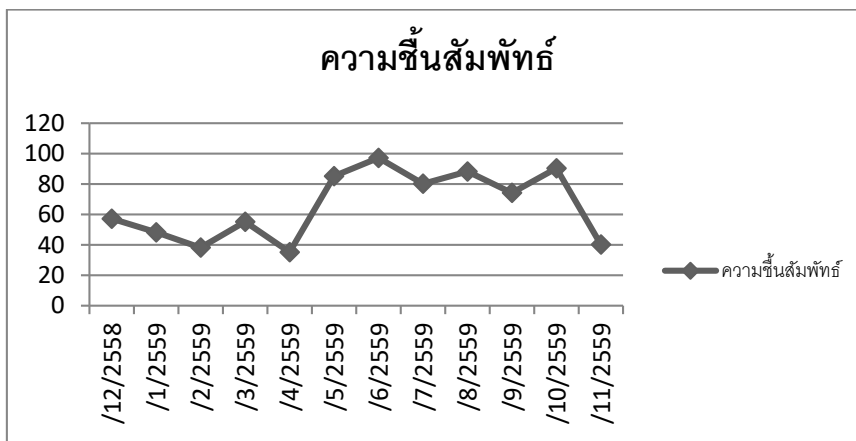
ค่าปริมาณน้ำฝน เฉลี่ยพบว่าค่าของอุณหภูมิดังภาพที่ 4.22 ในเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม ฝนไม่มีปริมาณน้ำฝน ฝนไม่ตกเป็นเวลา 4 เดือน ดังนั้นเกษตรกรจะต้องให้น้ำและปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ ตลอด 4 เดือน และปริมาณฝนที่ตกมากที่สุดในเดือน มิถุนายนและตกมากอีกครั้งในเดือนตุลาคมทั้งสองเดือนนี้จะต้องลดการให้น้ำมะนาว



ภาพที่ 4.22 กราฟแสดงปริมาณน้ำฝน

ความชื้นสัมพัทธ์

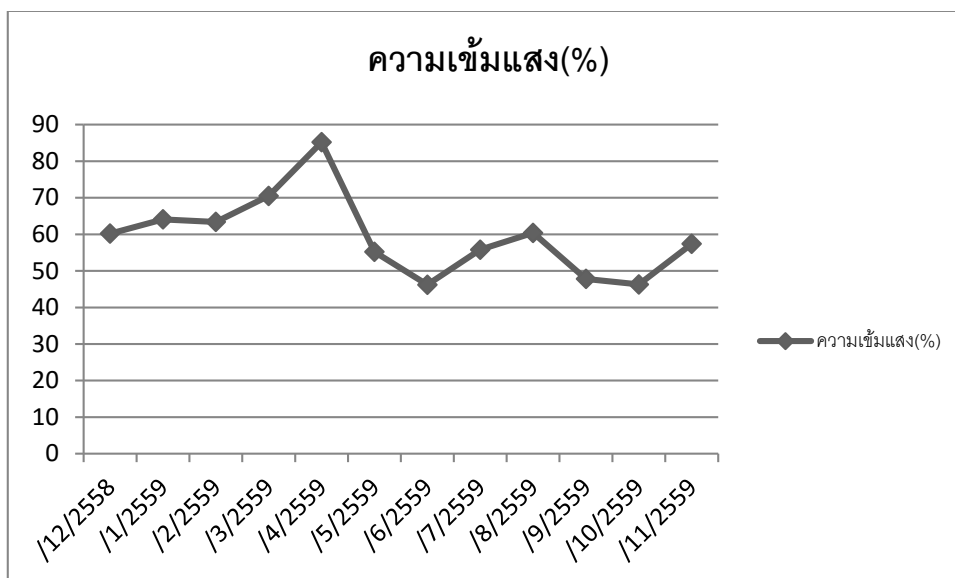
ค่าความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ยพบว่าค่าของความชื้นสัมพัทธ์ดังภาพที่ 4.23 ในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายนจะมีความชื้นสูง ถึง 6 เดือน ซึ่งช่วงนี้จะเกิดเชื้อราและโรคราคนำเนื่องจากความชื้นสูงในช่วงเวลาดังกล่าวเกษตรกรจะต้องลดการให้น้ำมะนาว



ภาพที่ 4.23 กราฟความชื้นสัมพัทธ์

ความเข้มแสง

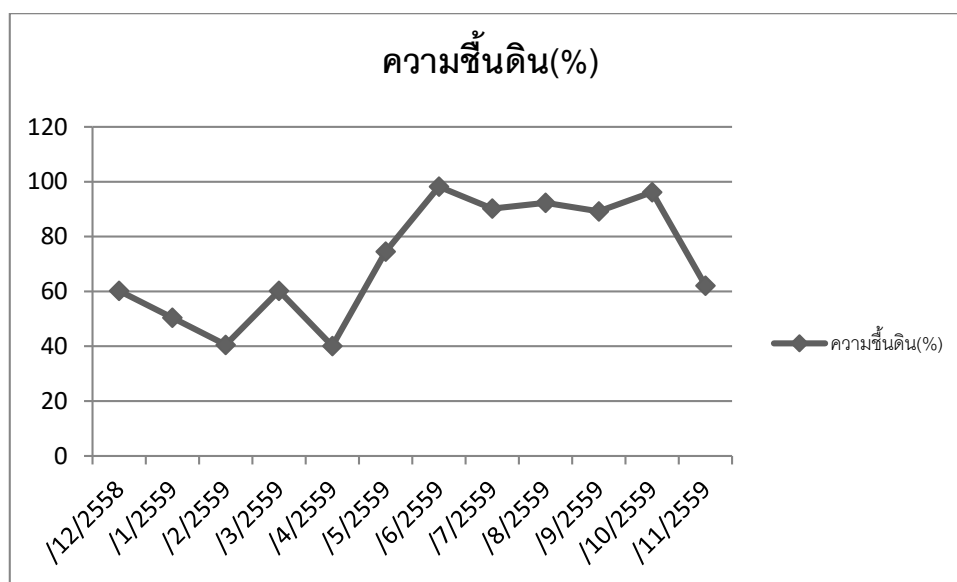
ค่าความเข้มแสง เฉลี่ยพบว่าค่าของความเข้มแสงดังภาพที่ 4.24 มีค่าความเข้มแสงสูงสุดในเดือนเมษายน มีความเข้มแสงถึง 85 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในเดือนดังกล่าวเกษตรกรควรระมัดระวังในเรื่องของการให้น้ำและปุ๋ย การให้น้ำจำเป็นต้องใช้สปริงเกอร์เพื่อลดอุณหภูมิ ของอากาศ



ภาพที่ 4.24 กราฟความเข้มของแสง

ความชื้นในดิน

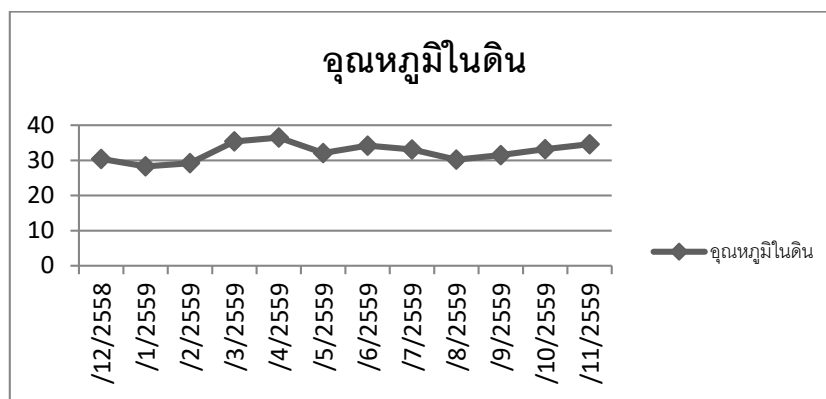
ค่าความชื้นในดิน เฉลี่ยพบค่าของความชื้นในดินดังภาพที่ 4.25 ในเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคมจะมีค่าความชื้นดินคงที่ เกษตรกรควรลดการให้น้ำในช่วงระยะเวลาดังกล่าว



ภาพที่ 4.25 กราฟความชื้นในดิน

อุณหภูมิในดิน

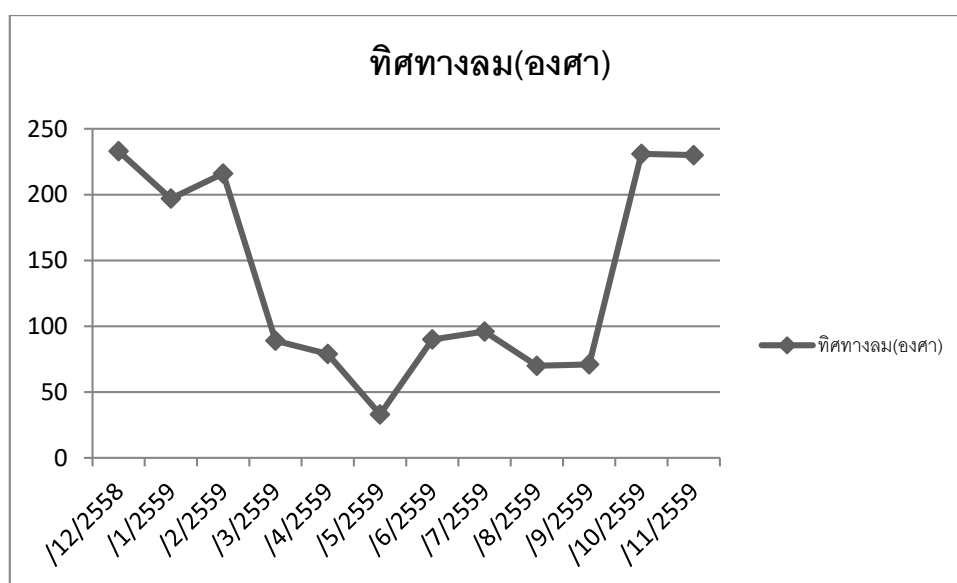
ค่าความอุณหภูมิในดิน เฉลี่ยพบค่าของอุณหภูมิในดินดังภาพที่ 4.26 ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคมในช่วงเวลาดังกล่าวจะมีอุณหภูมิในดินสูง เกษตรกรควรให้น้ำสม่ำเสมอเพื่อลดอุณหภูมิในดิน



ภาพที่ 4.26 กราฟแสดงอุณหภูมิในดิน

ทิศทางลม

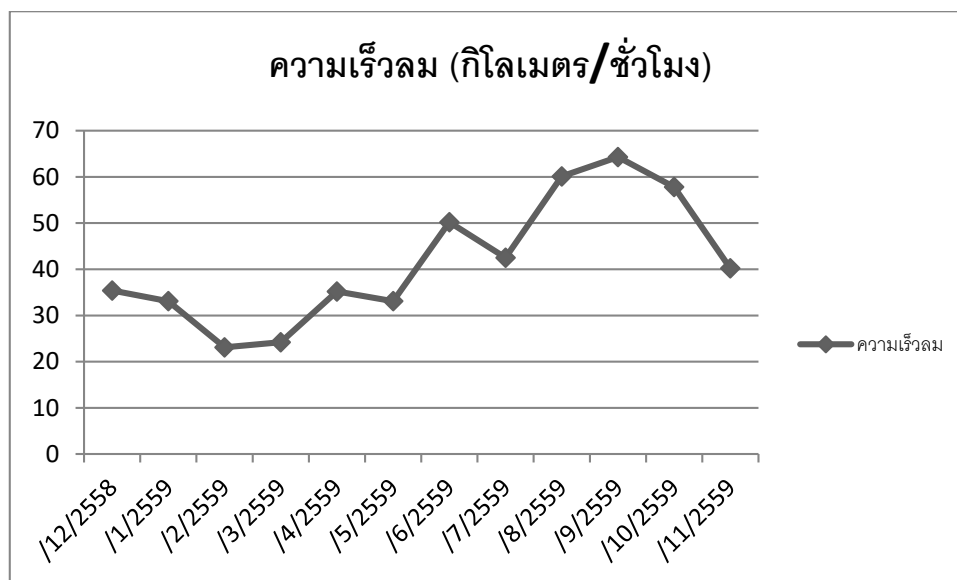
ค่าทิศทางลม เฉลี่ยพบค่าทิศทางลมดังภาพที่ 4.27



ภาพที่ 4.27 กราฟแสดงอุณหภูมิในดิน

ความเร็วลม

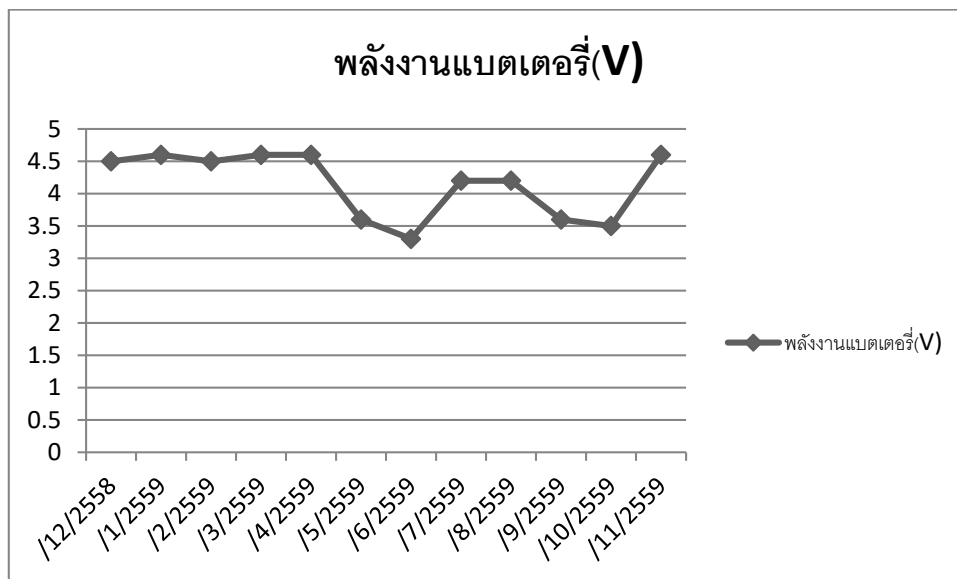
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยพบว่าค่าความเร็วลมดังภาพที่ 4.27



ภาพที่ 4.28 กราฟแสดงอุณหภูมิในดิน

แหล่งพลังงาน

ค่าพลังงานแบตเตอรี่เฉลี่ยพบว่าค่าพลังงานแบตเตอรี่เฉลี่ยดังภาพที่ 4.27 ค่าพลังงานแบตเตอรี่จะมีค่าลดลงในช่วงเดือน พฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม

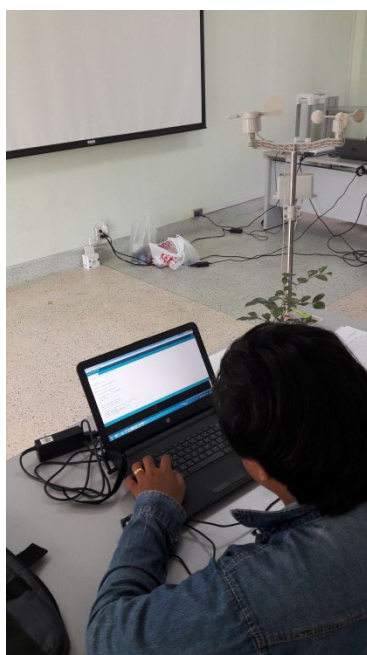


ภาพที่ 4.29 กราฟการลดลงของพลังงาน

4. 6 ผลการถ่ายทอดระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมและระบบสารสนเทศ

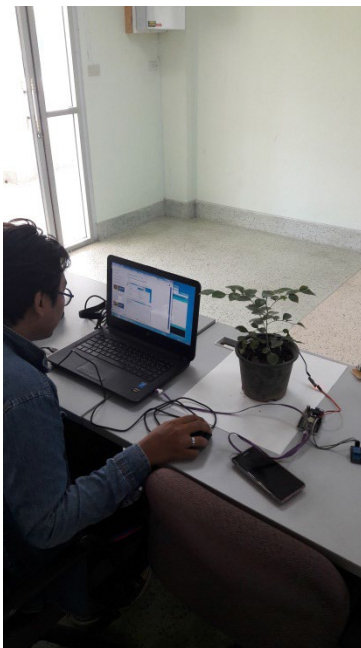
งานวิจัยได้ทำการถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับผู้สนใจดังนี้

- 1) อบรมระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายให้กับผู้สนใจ ภาพที่ 4.30 ผู้สนใจกำลังเรียนรู้การใช้ระบบวัดปริมาณน้ำฝน ทิศทางลมและความเร็วลม ในการนำองค์ความรู้ไปใช้งาน



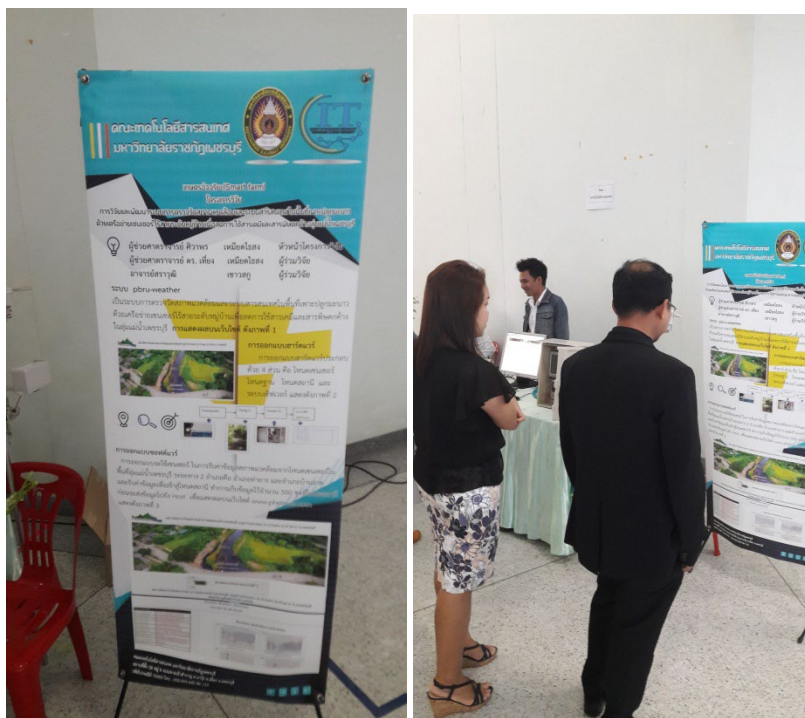
ภาพที่ 4.30 ผู้สนใจกำลังเรียนรู้การใช้ระบบวัดปริมาณน้ำฝน ทิศทางลมและความเร็วลม

เกษตรกรกำลัง เรียนรู้การใช้เซนเซอร์ในการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นดิน แสดงดังภาพที่ 4.31



ภาพที่ 4.31 ผู้สนใจกำลังเรียนรู้การใช้ระบบเซนเซอร์ในการตรวจวัดสภาพแวดล้อม

2) นำเสนองานวิจัยในงานวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ดังภาพที่ 4.32 และภาพที่ 4.33



ภาพที่ 4.32 ผู้สนใจกำลังทำความเข้าใจระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย



ภาพที่ 4.33 การจัดแสดงระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายและระบบสารสนเทศ

- 3) นำเสนอผลงานวิจัยในเวทีระดับชาติ “การวิจัยและพัฒนาระบบการตรวจวัดสภาพแวดล้อมในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายระดับหมู่บ้านเพื่อลดการใช้สารเคมีและสารพิษตกค้างกลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี”, การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7 (ECTI-CARD 2015)มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง จังหวัดตรัง, ระหว่างวันที่ 8-10 กรกฎาคม 2558 ณ โรงแรมธรรมรินทร์ธนา อำเภอเมือง จังหวัดตรัง



ภาพที่ 4.33 ใบประกาศนียบัตรงานวิจัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนาาระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมและระบบสารสนเทศในการปลูกมะนาวระดับหมู่บ้านเพื่อลดการใช้สารเคมีและสารพิษตกค้าง ได้สร้างระบบที่สามารถตรวจวัดสภาพแวดล้อมและสารสนเทศ คือ

- 1) ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย
- 2) การทดสอบระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายในห้องปฏิบัติการ
- 3) การทดสอบระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายในสถานที่จริง
- 4) การสร้างระบบสารสนเทศ ระบบ weewx ในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว
- 5) การทดสอบระบบสารสนเทศ ระบบ weewx ในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว
- 6) การทดสอบระบบสารสนเทศ weather raja

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

ในการสร้างระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายได้ทำการออกแบบฮาร์ดแวร์ โดยการพิจารณาจากการใช้งานในสภาพแวดล้อมพื้นที่ไร่มะนาวโดยเน้นการเก็บข้อมูลที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน ความเร็วลม ปริมาณน้ำฝน ทิศทางลม จึงทำการออกแบบทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ 1) เซนเซอร์โหนด เป็นโหนดที่ใช้ในการรับค่าข้อมูลจากเซนเซอร์ต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลส่งต่อไปยังโหนดอื่น ๆ ในตัวเซนเซอร์โหนดจะมีเซนเซอร์เพื่อรับค่าสภาพแวดล้อมจำนวน 6 เซนเซอร์ ได้แก่ วัดความชื้นสัมพัทธ์และวัดอุณหภูมิ เป็น เซนเซอร์โหนดวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในอากาศจะใช้เซนเซอร์ DHT11 เซนเซอร์นี้สามารถวัดค่าได้ 2 ค่าคือ วัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิโดยค่าความชื้นที่วัดได้อยู่ในย่าน 20-90 เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด + - 5 เปอร์เซ็นต์ความละเอียดในการวัด 1 เปอร์เซ็นต์ สำหรับ 8 บิต ส่วนค่าอุณหภูมิ 0-50 องศาเซลเซียส ความผิดพลาด + - 2 เปอร์เซ็นต์ เซนเซอร์โหนด วัดความเข้มแสง เซนเซอร์โหนดวัดความเข้มแสง เซนเซอร์นี้จะใช้อุปกรณ์ LDR

และความต้านทานขนาด 10 กิโลโอห์ม นำมาต่ออนุกรมกัน โดยใช้ความต้านทานต่อพูลดาว (pull down)

5.1.2 การทดสอบระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบระหว่างโหนดฐานกับเซนเซอร์โหนด (point –to point) เป็นการทดสอบ Unit test การทดสอบนี้จะทำการทดสอบโหนดฐานกับโหนดเซนเซอร์ โดยให้โหนดเซนเซอร์ส่งข้อมูลไปยังโหนดฐาน ในการทดสอบ แสดงดังภาพที่ 4.1 การทดสอบจะทำการทดสอบใน 3 เงื่อนไขคือ 1) ให้โหนดเซนเซอร์ส่งข้อมูลเป็นข้อความจำนวน 4 คำ ได้แก่ thank you1 sorry2 forget me3 และ love you4 ไปยังโหนดฐานเป็นจำนวน 10 ครั้งและให้โหนดฐานแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์ 2) การทดสอบจะให้โหนดฐานส่งข้อมูลไปยังโหนดเซนเซอร์จำนวน 4 คำ ได้แก่ thank you1 sorry2 for give me3 และ love you4 ไปยังโหนดเซนเซอร์เป็นจำนวน 10 ครั้งและให้โหนดฐานแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์ 3) ให้โหนดทั้งสองสลับการ รับ และส่งข้อมูลกัน

การทดสอบระหว่างโหนดฐานกับเซนเซอร์โหนด (point –to point) แบบ 3 จุด การทดสอบนี้เป็นการทดสอบ Unit test เป็นการทดสอบที่เพิ่มจำนวนเซนเซอร์โหนดจาก 1 จุดเป็น 3 จุด โหนดเซนเซอร์แสดงดังภาพที่ 4.2 และ 4.3 การทดสอบจะส่งข้อมูลเป็นข้อความจำนวน 4 คำ ได้แก่ thank you1 sorry2 please for give me3 และ i love you4 ไปยังโหนดฐานเป็นจำนวน 5 ครั้งและให้โหนดฐานแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์ ในการส่งโหนดเซนเซอร์จะวนส่งข้อมูลจากโหนดที่ 1 ไปยังโหนดฐาน โหนดที่ 2 ส่งข้อมูลไปยังโหนดฐาน และโหนดที่ 3 ส่งข้อมูลไปยังโหนดฐาน และวนกลับไปส่งข้อมูลจากโหนดที่ 1 วนไปเรื่อยๆ การส่งแต่ละโหนดจะส่งข้อมูลห่างกัน 5 วินาที

การทดสอบ ระหว่างโหนดฐานกับเซนเซอร์โหนด แบบต้นไม้(tree)แบบ 6 จุดเป็นการทดสอบแบบ system test

ผลการทดสอบพบว่า การทดสอบระบบ แบบ Unit test และ ทดสอบแบบ system test สามารถทำงานได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในห้องปฏิบัติการ

5.1.3 การทดสอบระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้ใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบ ระหว่างโหนดฐานกับเซนเซอร์โหนด (point –to point) แบบ 3 จุด เป็นการทดสอบแบบ Unit test ซึ่งการทดสอบจะใช้โหนดที่สร้างขึ้นเสร็จแล้วเป็นโหนดฐานและโหนดเซนเซอร์ที่ใช้งานจริง โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลจากเซนเซอร์ที่ใช้งานจริง

การทดสอบ ระหว่างโหนดฐานกับเซนเซอร์โหนด แบบต้นไม้ (tree) แบบ 6 จุดเป็นการทดสอบแบบ system test

การทดสอบพบว่า การทดสอบแบบ Unit test และการทดสอบแบบ system test ซึ่งเป็นการการรับและส่งข้อมูลระหว่างโหนดฐานโหนดเซนเซอร์และโหนดสถานี โดยส่งข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง อุณหภูมิดิน ความชื้นดิน แบตเตอรี่ สามารถส่งข้อมูลได้ 100 เปอร์เซ็นต์

5.1.4 การทดสอบระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายในสถานที่จริง

การทดสอบในพื้นที่ปลูกมะนาวอย่างเดียว การทดสอบ จะติดตั้งโหนดฐานและโหนดเซนเซอร์ไว้ในไร่มะนาวโดยระยะของการห่างกันระหว่าง โหนดฐานกับโหนดเซนเซอร์ 15 เมตร

การทดสอบในพื้นที่ปลูกมะนาวและกล้วยไข่ การทดสอบ จะติดตั้งโหนดฐานและโหนดเซนเซอร์ไว้ในไร่มะนาวโดยระยะของการห่างกันระหว่าง โหนดฐานกับโหนดเซนเซอร์ 12 เมตร เนื่องจากมีต้นกล้วยสูง

การทดสอบในพื้นที่ปลูกมะนาวและกล้วยที่รดด้วยถาวรลิ้งค์และวัชพืช การทดสอบ จะติดตั้งโหนดฐานและโหนดเซนเซอร์ไว้ในไร่มะนาวโดยระยะของการห่างกันระหว่างโหนดฐานกับโหนดเซนเซอร์ 10 เมตรเนื่องจากเป็นป่ารก

การทดสอบในพื้นที่ปลูกมะนาวและกล้วยสถานที่จริงแบบ 3 จุด การทดสอบ จะติดตั้ง โหนดฐานและโหนดเซนเซอร์ไว้ในไร่มะนาวโดยระยะของการห่างกันระหว่าง โหนดฐานกับโหนดเซนเซอร์ 15 เมตร

การทดสอบในพื้นที่ปลูกมะนาวและกล้วยสถานที่จริงแบบ 6 จุด การทดสอบ จะติดตั้ง โหนดฐานและโหนดเซนเซอร์ไว้ในไร่มะนาวโดยระยะของการห่างกันระหว่าง โหนดฐานกับโหนดเซนเซอร์ 15 เมตร

ผลการทดสอบพบว่า การรับและส่งข้อมูลระหว่างโหนดฐานและโหนดเซนเซอร์ โดยส่งข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง อุณหภูมิดิน ความชื้นดิน แบตเตอรี่ สามารถส่งข้อมูลได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลในพื้นที่ทั้งหมดจะถูกส่งไปยังโฮสต์เว็บไซต์ phetriver.com จะแสดงค่าสภาพแวดล้อมให้เกษตรกรได้เห็นค่าสภาพแวดล้อมในการปลูกพืชเพื่อจะสามารถเตรียมการในการให้น้ำให้ปุ๋ย

5.1.5 การสร้างระบบสารสนเทศ ระบบ weewx ในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว

การพัฒนาสารสนเทศจะทำการนำข้อมูลแต่ละ โหนดแต่ละสถานีนำข้อมูลไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลในงานวิจัยนี้ จะเข้าโฮสต์ในการเก็บข้อมูลและแสดงข้อมูลบนเว็บไซต์ www.phetriver.com การติดตั้งสถานีตรวจวัดจะติดตั้งบริเวณลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี ในสองอำเภอคือ อำเภอบำรุง และอำเภอบ้านลาดจังหวัดเพชรบุรี ตามพื้นที่การเพาะปลูกมะนาว ซึ่งมีทั้งสวนมะนาวที่ปลูกใหม่ และสวนมะนาวที่ปลูกนานแล้ว ทำให้การติดตั้งในสวนมะนาว มีลักษณะพื้นที่ที่แตกต่างกัน โดยแต่ละสถานีจะส่งข้อมูลผ่านระบบโทรศัพท์ แบบ 3G ของ myCAT เพื่อนำข้อมูลส่งขึ้นเว็บไซต์ โดยข้อมูลจะถูกส่งไปยัง Host ที่ Host จะมีโปรแกรมสำหรับตรวจจับข้อมูลประมวลผลและส่งค่าขึ้น เว็บเป็นสารสนเทศในการตรวจวัดสภาพแวดล้อม สถานีตรวจวัดทั้ง 10 สถานีจะมีลักษณะเหมือนกันแต่ติดตั้งอยู่แต่ละจุดทั้งหมด 10 จุดสถานีตรวจวัดสภาพแวดล้อมทั้งหมดมี 10 สถานีสถานีตรวจวัดสภาพอากาศทั้ง 10 สถานีจะแสดงสภาพข้อมูลเหมือนกัน ได้แก่ สภาพปัจจุบัน เป็นสภาพที่ระบบสารสนเทศจะแจ้งข้อมูลบนเว็บไซต์โดยจะมีค่าที่แสดง ได้แก่ อุณหภูมิภายนอก (outside Temperature) ดัชนีการวัดค่าความหนาว (Wind Chill) ดัชนีค่าความร้อน (Heat Index) จุดไอน้ำกลั่นตัว (Dewpoint) ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity) ค่าความกดดันอากาศ (Barometer) ค่าความเร็วลม (Wind) ค่าปริมาณน้ำฝน (Rain Rate) และค่าอุณหภูมิภายใน (Inside Temperature)

5.1.6 การทดสอบระบบสารสนเทศ weather raja

การทดสอบระบบสารสนเทศ weather_PBRU ในพื้นที่เพาะปลูกมะนาวได้เก็บข้อมูลเป็นเวลา 1 ปี แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยทั้งปี ในแต่ละสถานี ข้อมูลจากการเก็บสภาพแวดล้อมในสถานที่จริง ค่าเฉลี่ย 10 สถานีตรวจวัดมี มีการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับสภาพแวดล้อมในไร่มะนาวค่าต่างๆจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์สภาพตามที่เป็นจริงเพื่อให้ น้ำ ปุ๋ยและสารเคมีกำจัดศัตรูสำหรับมะนาวเพื่อควบคุมโรคและแมลง ข้อมูลได้แก่ ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝน เฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ความเข้มแสงเฉลี่ย ความชื้นในดินเฉลี่ย อุณหภูมิในดินเฉลี่ย ค่าทิศทางลมเฉลี่ย ค่าความเร็วลมเฉลี่ย ค่าพลังงานแบตเตอรี่เฉลี่ย

5.2 ข้อเสนอแนะการนำงานวิจัยไปใช้

การนำงานวิจัยนี้ไปใช้จะต้องคำนึงถึงข้อจำกัดของผลการวิจัยดังนี้

- 1) ระยะการรับส่งข้อมูลไม่ควรเกิน 20 เมตร
- 2) การติดตั้งโหนดฐานควรติดตั้งให้อยู่ภายนอกต้นไม้จะทำให้ระบบสามารถส่งข้อมูลได้ในระยะไกล
- 3) ข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์เป็นข้อมูลที่มีจำนวนมาก จำเป็นที่จะต้องมีส่วนในการเก็บข้อมูลให้มากเพียงพอ

5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากผลการดำเนินการวิจัยที่ผ่านมาผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการทำการวิจัยเพื่อเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยดังนี้

- 1) งานวิจัยนี้เป็นงานที่ออกแบบระบบโดยใช้ระบบฮาร์ดแวร์ซึ่งมีราคาสูงจึงทำให้การส่งสัญญาณของเซ็นเซอร์โหนดส่งในระยะไกลได้ไม่เกิน 20 เมตร ซึ่งควรทำการวิจัยโดยทำการขยายสัญญาณการรับส่งให้มีระยะที่ไกลขึ้น
- 2) งานวิจัยนี้ยังขาดการนำเสนอข้อมูลในระดับภาพใหญ่เช่นข้อมูลสารสนเทศสภาพอากาศที่แสดงด้วยดาวเทียมที่เป็นภาพระดับแมโคร

บรรณานุกรม

- กลอยใจ กางกรณ์. (2551). การวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์บนท้องถนนโดยใช้เครือข่ายตรวจวัดแบบไร้สาย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- เฉลิมพล ศิริอาคเนย์. (2551). ระบบควบคุมและตรวจสอบเครือข่ายตรวจรู้ไร้สาย. โครงการวิศวกรรมภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บริษัทวินัสซัพพลาย จำกัด. (2556). **Xbee Basic Configuration in Network Application**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้: <http://thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/xbee-basic-configuration-in-network-application.html> [2556, สิงหาคม 1]
- _____. (2556). **Zigbee And Xbee BASIC ตอน Xbee คืออะไร**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้: <http://thaieasyelec.com/Review-Product-Article/what-is-xbee.html> [2556, สิงหาคม 1]
- ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. (2556). **Microcontroller**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้: <http://www.nectec.or.th/schoolnet/library/webcontest2003/100team/dlnes137/am/Microcontroller.html> [2556, กันยายน 25]
- สถาปัตย์ กิลลาโส. (2553). ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเพื่อแสดงผลสภาพอากาศ. ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สุชา สุพิทยภรณ์พงศ์. (2556). **เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้: http://www.thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Wireless_Sensor_Network/index.php [2556, สิงหาคม 1]

สุวิชา โกสมวงศ์วิวัฒน์. (2549). การพัฒนาระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเพื่อแจ้งเตือนไฟฟ้า. สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

อนุศักดิ์ ประพัฒน์. (2551). ระบบตรวจสอบปริมาณออกซิเจนในน้ำโดยอัตโนมัติโดยใช้เครือข่ายเซ็นต์เซอร์ไร้สาย สำหรับฟาร์มกุ้ง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

Adafruit. (2013). **Using a Photocell Analog Voltage Reading Method.** [online] Available: <http://learn.adafruit.com/photocells> [2013, March 1]

Arduino. (2013). **Arduino Uno.** [online] Available: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno> [2013, December 1]

Arduitrronics. (2013). **DHT11 Humidity and Temperature Sensor with Arduino.** [online] Available: <http://www.arduitronics.com/article?tskp=4> [2013, December 1]

Koanantakool, T., Kingrunped, B., Krootkaew, C., and Vannarat, S. (2013). **Mini Monitoring Station (MMS). National Electronics and Computer Technology Center.** [online] Available: www.apan.net/meetings/bangkok2005/presentation/MMS-APAN2005.pdf [2013, August 1]

Moteiv Corporation. (2013). **Ultra low power IEEE 802.15.4 compliant wireless sensor module.** [online] Available: <http://www.eecs.harvard.edu/~konrad/.../tmote-sky-datasheet.pdf> [2013, August 29]

Terry. (2013). **nRF24L01 2.4GHz Radio/Wireless Transceivers How-To.** [online] Available: <http://arduino-info.wikispaces.com/Nrf24L01-2.4GHz-HowTo> [2013, January 20]

Valada. A., Kohanbash. D., and Kantor. G. (2010). **Design and Development of a Wireless Sensor Network System for Precision Agriculture.** Pittsburgh. Pennsylvania.

ประวัติผู้วิจัย

- ชื่อ** ศิวาพร เหมียดไธสง ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัตยชาติ ไทย

ที่อยู่ปัจจุบัน 211 หมู่ 6 ตำบลท่าแลง อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี

สังกัด คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

สถานที่ติดต่อ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
ถนน หาดเจ้าสำราญ ตำบลนาวิ่ง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี
- ตำแหน่ง**

(พ.ศ. 2552-2556) รองคณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

(พ.ศ. 2547-2559) ประธานสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ประยุกต์

(พ.ศ. 2560-ปัจจุบัน) รองคณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
- ประวัติการศึกษา**

ปริญญาตรี -วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, ปี พ.ศ. 2535

ปริญญาโท - ศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
(คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ปี พ.ศ. 2545
- ผลงานวิชาการ**

ศิวาพร เหมียดไธสง.(2545) การประยุกต์ใช้แผนตารางทำการ, สถาบันราชภัฏเพชรบุรี,
270 หน้า

ศิวาพร เหมียดไธสง.(2546) การวิเคราะห์และออกแบบระบบ,สถาบันราชภัฏเพชรบุรี,
260 หน้า

ศิวาพร เหมียดไธสง.(2547) การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์(โคบอล), สถาบันราชภัฏ
เพชรบุรี, 281 หน้า

ศิวาพร เหมียดไธสง.(2548) การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานธุรกิจ, สถาบันราชภัฏ
เพชรบุรี, 290 หน้า

ศิวาพร เหมียดไธสง.(2549) การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุ, มหาวิทยาลัยราช
ภัฏเพชรบุรี, 360 หน้า

ศิวาพร เหมียดไธสง.(2551) การเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี,
381 หน้า

ศิวาพร เหมียดไธสง.(2553) ตรรกะการเขียนโปรแกรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี,
281 หน้า

5. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

ศิวาพร เหมียดไธสง.(2542). การเปรียบเทียบความคาดหวังและสภาพการปฏิบัติงานจริงเกี่ยวกับ
การเรียนวิชาคอมพิวเตอร์ของนักศึกษาเอกคอมพิวเตอร์กลุ่มสถาบันราชภัฏภาค
ตะวันตก.กรุงเทพมหานคร : วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี.

ศิวาพร เหมียดไธสง. (2552). การพัฒนาระบบสารสนเทศรายรับรายจ่ายครัวเรือน :
กรณีศึกษาชาวบ้านตำบลท่าแลง อำเภอยาง่าง จังหวัดเพชรบุรี, ทุน
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

ศิวาพร เหมียดไธสง. (2554). สถิติบล็อก: ตรรกะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เริ่มต้น.
ทุนคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

ศิวาพร เหมียดไธสง. (2555). การพัฒนาโปรแกรมภาษาซี. ทุนคณะเทคโนโลยี
สารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

ศิวาพร เหมียดไธสง. (2555). การพัฒนาและออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเด็ก.
ทุนคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

เที่ยง เหมียดไธสง, ศิวาพร เหมียดไธสง, สราวุฒิ เชาวสุก. (2556). การสร้างความรู้ด้วย
ตนเองเกี่ยวกับระบบควบคุมพื้นฐานโดยใช้โปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้,
ทุนสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ศิวาพร เหมียดไธสง, เที่ยง เหมียดไธสง, สราวุฒิ เชาวสุก. (2556). ระบบตรวจวัด
สภาพแวดล้อมและตรวจจับขโมยด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับพื้นที่
เพาะปลูกมะนาว, ทุนสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

เทียง เหมียคไธสง, ศิวาพร เหมียคไธสง, สราวุฒิ เชาวสุก. (2557). การวิจัยและพัฒนาของ
เล่นพื้นบ้านไทยเป็นของเล่นเทคโนโลยีระดับสูง, ทุนสนับสนุนโดย สำนัก
บริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

ได้รับรางวัลนักวิจัยดีเด่น เนื่องในงานสัปดาห์วันวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ
เพชรบุรีประจำปี พ.ศ. 2554

ได้รับรางวัลนักวิจัยระดับดี เนื่องในงานราชภัฏเพชรบุรีวิจัยเพื่อแผ่นดินไทยที่ยั่งยืน ครั้งที่
3 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีวันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2556

ได้รับรางวัลนักวิจัยดีเด่นทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องในงานสัปดาห์วัน
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีประจำปี พ.ศ. 2557

ได้รับรางวัลนักวิจัยระดับดี เนื่องในงานนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ราชภัฏเพชรบุรี
วิจัยเพื่อแผ่นดินไทยที่ยั่งยืน ครั้งที่ 4 “พลังงานทดแทนเพื่อการพัฒนาคุณภาพ
ชีวิตก้าวไกลสู่อาเซียน” มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี วันที่ 23 สิงหาคม พ.ศ.
2557

6. บทความวิจัยและการนำเสนอผลงานวิจัย

บทความวิจัยที่เผยแพร่ในวารสาร

ศิวาพร เหมียคไธสง. (2552). การพัฒนาระบบสารสนเทศรายรับรายจ่ายครัวเรือน
:กรณีศึกษาตำบลท่าแลง อำเภอท่ายาง จังหวัด
เพชรบุรี(Development of revenue and expense information
systems for families in Taleang townTayang district
Phetchaburi province Case study), วารสารวิชาการ มนุษย์สังคม
ปริทัศน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 มกราคม-
มิถุนายน 2553.

ศิวาพร เหมียคไธสง. (2554). ลอจิกบล็อก: ตรรกะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้
เริ่มต้น (Logic Block: Logic programming for Novices),
วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. ปีที่ 1 ฉบับที่ 1
มกราคม-มิถุนายน 2554.

ศิวาพร เหมียดไธสง. (2556). การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเด็ก,
วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. ปีที่ 2 ฉบับที่ 1
มกราคม-มิถุนายน 2556.

เผยแพร่ในงานสัมมนา/ประชุมวิชาการ

ศิวาพร เหมียดไธสง. (2553). **ลอจิกบล็อก: การเรียนรู้ตรรกะการเขียนโปรแกรมสู่การเขียนโปรแกรมจริง**,แสดงผลงานวิจัยในงาน “การนำเสนอผลงานวิจัยแห่งชาติ 2553” (Thailand Research Expo2010), สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.), วันที่ 26-30 สิงหาคม 2553.

เที่ยง เหมียดไธสง, ศิวาพร เหมียดไธสง, สราวุธ เชาวสกุล. (2556). **การสร้างความรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับระบบควบคุมพื้นฐานโดยใช้โปรแกรมภาษาที่สัมผัสและรู้สึกได้**, การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 5, ECTI-CARD 2013, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา, วันที่ 8-10 พฤษภาคม 2556.

ศิวาพร เหมียดไธสง, เที่ยง เหมียดไธสง, สราวุธ เชาวสกุล. (2556). **ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมและตรวจจับขโมยด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับพื้นที่เพาะปลูกมะนาว**, การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 5, ECTI-CARD 2013, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา, วันที่ 8-10 พฤษภาคม 2556.

ศิวาพร เหมียดไธสง, เที่ยง เหมียดไธสง, สราวุธ เชาวสกุล. (2556). **ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่เหมาะสมกับพื้นที่เพาะปลูกมะนาว**, แสดงผลงานวิจัยในงาน “การนำเสนอผลงานวิจัยแห่งชาติ 2556” (Thailand Research Expo2013), สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.), วันที่ 23-28 สิงหาคม 2556.

Siwaporn Meadthaisong and Thiang Meadthaisong(2013). **Wireless Sensor NetWorks for Lemon Orchards.**, การประชุมวิชาการนานาชาติ ม.อ.ภูเก็ตวิจัยครั้งที่ 2. “The 2nd Annual PSU Phuket International Conference 2013”, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต, วันที่ 14-15 พฤศจิกายน 2556.

ศิวาพร เหมียดไธสง, เที่ยง เหมียดไธสง(2556). **ระบบบันทึกและการใช้ข้อมูลตรวจวัดสภาพแวดล้อมด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับพื้นที่เพาะปลูกมะนาว**, การ

ประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 36 The 36th Electrical Engineering Conference (EECON-36), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นเจ้าภาพ ณ โรงแรมเฟลิซรีเวอร์แคว รีสอร์ท จังหวัดกาญจนบุรี, วันที่ 11-13 ธันวาคม 2556.

Thiang Meadthaisong and Siwaporn Meadthaisong (2014). **Tangible Programming for Controlling Robots.**, การประชุมวิชาการนานาชาติ “ICLIST 2014 : International Conference on Learning Innovation in Science and Technology 2014 “Learning and Innovation in Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) education.”, จังหวัดเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, วันที่ 22-24 มกราคม 2557.

Thiang Meadthaisong and Siwaporn Meadthaisong (2014). **Tangible Programming for Basic Control System New Frameworks in Engineering Education for Children.**The 5th KKU International Engineering Conference 2014 (KKU-IENC 2014) มหาวิทยาลัยขอนแก่น, จังหวัดขอนแก่น วันที่ 27 - 29 มีนาคม 2557

เที่ยง เหมียดไธสง, ศิวพร เหมียดไธสง (2557). **การพัฒนาของเล่นพื้นบ้านเป็นของเล่นอัจฉริยะ.** การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลครั้งที่ 6 (6th RMUTNC)“เทคโนโลยีและนวัตกรรมสู่อาเซียน” จังหวัดพระนครศรีอยุธยา, วันที่ 23-25 กรกฎาคม 2557

เขตต์ทินทัศน์ พรหมทา, ศิวพร เหมียดไธสง และ เที่ยง เหมียดไธสง (2557). **ระบบตรวจวัดกระแสไฟฟ้าและอุณหภูมิด้วยระบบเครือข่ายเซ็นต์เซอร์ไร้สาย.** การประชุมวิชาการระดับชาติ ราชภัฏเพชรบุรีวิจัยเพื่อแผ่นดินไทยที่ยั่งยืนครั้งที่ 4 “พลังงานทดแทนเพื่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตไทย ก้าวไกลสู่อาเซียน” มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี, 23 สิงหาคม 2557

ศิวพร เหมียดไธสง (2558). **การพัฒนาโปรแกรมภาษาซี.** การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ราชภัฏเพชรบุรีวิจัยเพื่อแผ่นดินไทยที่ยั่งยืนครั้งที่ 5 “สหวิทยาการและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนสู่เอเชียแปซิฟิก” มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี, 24-25 กรกฎาคม 2558

ศิวาพร เหมียดไธสง, เทียง เหมียดไธสง (2558). การวิจัยและพัฒนาระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมในพื้นที่เพาะปลูกมะนาวด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายระดับหมู่บ้านเพื่อลดการใช้สารเคมีและสารพิษตกค้างลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี. การประชุมวิชาการการวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 7 ECTI-CARD 2015. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง, วันที่ 8 – 10 กรกฎาคม 2558

สรารุณี เชาวสุก, เทียง เหมียดไธสง, ศิวาพร เหมียดไธสง (2558). การพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยของเล่นพื้นบ้านอัจฉริยะ ตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็ม ศึกษา. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 12, วันที่ 8 - 9 ธันวาคม 2558

เทียง เหมียดไธสง, ศิวาพร เหมียดไธสง, สรารุณี เชาวสุก. (2559). การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมของเล่นพื้นบ้านอัจฉริยะ เพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับพลวัตของระบบ. การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8 ECTI-CARD 2016, การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาดเพื่อตอบสนองภาคอุตสาหกรรมสมัยใหม่อย่างยั่งยืน, ณ โรงแรมหัวหินแกรนด์ โฮเทล แอนด์ รีสอร์ท, อำเภหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์, วันที่ 27-29 กรกฎาคม พ.ศ.2559

ศิวาพร เหมียดไธสง, เทียง เหมียดไธสง, สรารุณี เชาวสุก. (2559). นวัตกรรมอัจฉริยะเพื่อการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน. การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8 ECTI-CARD 2016, การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาดเพื่อตอบสนองภาคอุตสาหกรรมสมัยใหม่อย่างยั่งยืน, ณ โรงแรมหัวหินแกรนด์ โฮเทล แอนด์ รีสอร์ท, อำเภหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์, วันที่ 27-29 กรกฎาคม พ.ศ.2559

ภาคผนวก

การเผยแพร่งานวิจัย

นำเสนอผลงานวิจัย “การวิจัยและพัฒนาระบบการตรวจวัดสภาพแวดล้อมในพื้นที่เพาะปลูกมะนาวด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายระดับหมู่บ้านเพื่อลดการใช้สารเคมีและสารพิษตกค้างลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี”,การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7 (ECTI-CARD 2015) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง จังหวัดตรัง, ระหว่างวันที่ 8-10 กรกฎาคม 2558 ณ โรงแรมธรรมรินทร์ ธนา อำเภอเมือง จังหวัดตรัง

ECTI-CARD 2015

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7
รู้ค่าพลังงานและสิ่งแวดล้อมเพื่อเข้าสู่ศตวรรษที่ 21

วันที่ 8-10 กรกฎาคม พ.ศ. 2558

ณ โรงแรมธรรมรินทร์ ธนา ตรัง



ECTI
Association

จัดโดย

โครงการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

ร่วมจัดประชุมโดย

สมาคมวิชาการ ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์
โทรคมนาคม และสารสนเทศ



สมาคมวิชาการ ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ
รู้ค่าพลังงานและสิ่งแวดล้อม เพื่อก้าวสู่ศตวรรษที่ ๒๑ "ECTI-CARD 2015"

ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้เพื่อแสดงว่า

ศิวพร เหมยโตไธสง

ได้นำเสนอผลงานเรื่อง "การวิจัยและพัฒนาระบบการตรวจวัดสภาพแวดล้อมในพื้นที่เพาะปลูกมะนาว
ด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายระดับหมู่บ้านเพื่อลดการใช้สารเคมีและสารพิษตกค้างลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี"

ในการประชุมทางวิชาการ "งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๗"

วันที่ ๘ - ๑๐ กรกฎาคม ๒๕๕๘ ณ โรงแรมธรรมรินทร์ ธนา จังหวัดตรัง

ให้ไว้ ณ วันที่ ๑๐ กรกฎาคม ๒๕๕๘

(ศาสตราจารย์ ดร.ประยุทธ์ อัครเอกผาลิน)
นายกสมาคม ECTI

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รุจา ทิพย์วารี)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7 รู้ค่าพลังงานและสิ่งแวดล้อมเพื่อเข้าสู่ศตวรรษที่ 21
ECTI-CARD Proceeding 2015, Trang, Thailand

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

| | | | |
|----|-----------------|------------------|--|
| 1 | ศ.ดร.ประภาส | จงสถิตวัฒนา | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2 | ศ.ดร.ประยุทธ์ | อัครเอกพาลิน | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 3 | ศ.ดร.โกสินทร์ | จำนงไทย | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 4 | รศ.ดร.สมศักดิ์ | ชุมช่วย | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 5 | รศ.ดร.กอบชัย | เดชหาญ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 6 | รศ.ดร.พิพัฒน์ | พรหมมี | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 7 | รศ.ดร.ชูวงศ์ | พงศ์เจริญพานิชย์ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 8 | รศ.ดร.ฟูศักดิ์ | ชีวิสุวิทย์ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 9 | รศ.ดร.อภิรักษ์ | ธนชยานนท์ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 10 | รศ.ดร.พรชัย | ทรัพย์นิธิ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 11 | รศ.ดร.สมผล | โกศลวิตร | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 12 | รศ.ดร.มนตรี | กาญจนะเดชะ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 13 | รศ.ดร.สินชัย | กมลวิวงศ์ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 14 | รศ.ดร.ทวีศักดิ์ | เรืองพิระกุล | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 16 | รศ.ดร.วัฒนพงศ์ | เกิดทองมี | มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ |
| 17 | รศ.ดร.พูลพงษ์ | บุญพราหมณ์ | มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ |
| 18 | รศ.ดร.ดนัย | ต.รุ่งเรือง | มหาวิทยาลัยเอเซีย |
| 19 | รศ.ดร.ฐิติพงษ์ | เลิศวิริยะประภา | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 20 | รศ.ดร.มนตรี | ศิริปรัชญานันท์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 21 | รศ.ดร.สุรพันธ์ | ยิ้มมัน | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 22 | รศ.ดร.บัลลังก์ | เนียมมณี | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 23 | รศ.ดร.อิทธิพงศ์ | ชัยสายัณห์ | มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ |
| 24 | รศ.ดร.อิทธิคม | ฤกษ์บุตร | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| 25 | รศ.ดร.ลัญฉกร | วุฒิสถิตกุลกิจ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 26 | รศ.ดร.เดวิด | บรรเจิดพงศ์ชัย | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 27 | รศ.ดร.รังสรรค์ | วงศ์สรรค์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 28 | รศ.ดร.พีระพงษ์ | อุทราสกุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 29 | รศ.ดร.นฤมล | วัฒนพงศ์กร | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 30 | รศ.ดร.พีรพล | ศิริพงศ์วุฒิก | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 31 | รศ.ดร.เชวศักดิ์ | รักเป็นไทย | มหาวิทยาลัยพะเยา |
| 32 | รศ.ดร.อนันต์ | ผลเพิ่ม | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7 รู้ค่าผลงานและสิ่งแวดลอมเพื่อเข้าสู่ศตวรรษที่ 21
ECTI-CARD Proceeding 2015, Trang, Thailand

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (ต่อ)

| | | | |
|----|-------------------|------------------|--|
| 32 | รศ.ดร.สมหญิง | ไทยนิมิต | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 33 | รศ.ดร.เอกชัย | ไพศาลกิตติสกุล | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 34 | รศ.ดร.สุรนนท์ | น้อยมณี | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 35 | รศ.ดร.สมเกียรติ | อุดมทรรษากุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ |
| 36 | รศ.ดร.โกศล | โอฬารไพโรจน์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา |
| 37 | รศ.ชัยณรงค์ | วิเศษศักดิ์วิชัย | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ |
| 38 | รศ.นภัทร | วันเทพินทร์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ |
| 39 | ผศ.ดร.ดร.ประโยชน์ | คาสวัสดิ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 40 | ผศ.ดร.รังสรรค์ | ทองทา | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 41 | ผศ.ดร.สมศักดิ์ | วณิxonันต์ชัย | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 42 | ผศ.ดร.มนต์ทิพย์ภา | อุซารสกุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 43 | ผศ.ดร.ปิยาภรณ์ | กระฉอดนอก | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 44 | ผศ.ดร.วิภาวี | หัตถกรรม | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 45 | ผศ.ดร.พงษ์ชัย | จิตตะมัย | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 46 | ผศ.ดร.ชุติมา | พรหมมาก | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 47 | ผศ.ดร.ชาญชัย | ทองโสภา | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 48 | ผศ.ดร.อานภาพ | มีสมบุรณ์ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 49 | ผศ.ดร.จิรนุช | เสงี่ยมศักดิ์ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 50 | ผศ.ดร.ดวงอาทิตย์ | ศรีมูล | มหาวิทยาลัยรังสิต |
| 51 | ผศ.ดร.ยุทธนา | ชาสุวรรณ | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 52 | ผศ.ดร.กรกฎ | ไยบัวเทศทิพวงค์ | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 53 | ผศ.ดร.มานะ | แช่ด่าน | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 54 | ผศ.ดร.ประมุข | อุณหเลขกะ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ |
| 55 | ผศ.ดร.ยุทธนา | กันทะพะเยา | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ |
| 56 | ผศ.ดร.คมกฤตย์ | ชมสุวรรณ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 57 | ผศ.ดร.กฤดาภัทร | สีหารี | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 58 | ผศ.ดร.ณัฐภาพ | นิมิตวิน | มหาวิทยาลัยกรุงเทพ |
| 59 | ผศ.ดร.ดลฤดี | ใจสุทธิ์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 60 | ผศ.ดร.พงษ์ศักดิ์ | กิริติวินทร | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 61 | ผศ.ดร.พิสิษฐ์ | ลิ่วธนกุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 62 | ผศ.ดร.กฤษณ์ | อ่างแก้ว | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7 รู้ค่าพลังงานและสิ่งแวดล้อมเพื่อเข้าสู่ศตวรรษที่ 21
ECTI-CARD Proceeding 2015, Trang, Thailand

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (ต่อ)

| | | | |
|----|------------------|------------------|--|
| 63 | ผศ.ดร.เบญจพร | ลัมธรรมาภรณ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 64 | ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ | พันธุระ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 65 | ผศ.ดร.ชาญชัย | ไทยเจียม | มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 66 | ผศ.ดร.วราภรณ์ | พัฒนวิจิตร | มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ |
| 67 | ผศ.ดร.กฤษณะ | ชินสาร | มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 68 | ผศ.ดร.ศราวุธ | ชัยมูล | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี |
| 69 | ผศ.ดร.ศิริรัตน์ | วนิชโยบล | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 70 | ผศ.ดร.ธเนศ | เคารพาทพงศ์ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 71 | ผศ.ดร.นิคม | สุวรรณวร | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 72 | ผศ.ดร.สุนทร | วิหุสพจน์ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 73 | ผศ.ดร.วรรณรัช | สันติอมรทัต | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 74 | ผศ.ดร.สุกญา | เจริญปัญญาศักดิ์ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 75 | ผศ.ดร.พรชัย | พฤกษ์ภัทรานนท์ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 76 | ผศ.ดร.วัชรลี | ตั้งคุปตานนท์ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 77 | ผศ.ดร.สมภารถ | ข้าเกลี้ยง | มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา |
| 78 | ผศ.ดร.พิทักษ์ | ธรรมวาริน | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 79 | ผศ.ดร.พิษณุ | ม่วงนวล | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 80 | ผศ.ดร.มนตรี | คำเงิน | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 81 | ผศ.ดร.วินัย | ใจกล้า | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 82 | ผศ.ดร.จักรี | ศรีนันทฉัตร | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 83 | ผศ.ดร.อานวย | เรืองวารี | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 84 | ผศ.ดร.สมชัย | หิรัญโรตม | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 85 | ผศ.ดร.บุญยัง | ปลั่งกลาง | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 86 | ผศ.ดร.บุญยัง | นบมอบ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 87 | ผศ.ดร.กันต์พงษ์ | ศรีสถิต | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ |
| 88 | ผศ.ดร.มนตรี | สมตุลยกนก | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ |
| 89 | ผศ.ดร.อุเทน | คำน่าน | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา |
| 90 | ผศ.ดร.กฤษดา | ยิ่งขยัน | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา |
| 91 | ผศ.ดร.พานิช | อินตะ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา |
| 92 | ผศ.ดร.พิทักษ์ | บุญนุ่น | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย |
| 93 | ผศ.ดร.ปภัศรีชกรณ | อารียกุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย |

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7 รู้ค่าพลังงานและสิ่งแวดล้อมเพื่อเข้าสู่ศตวรรษที่ 21
ECTI-CARD Proceeding 2015, Trang, Thailand

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (ต่อ)

| | | | |
|-----|-----------------|----------------------|---------------------------------------|
| 94 | ผศ.ดร.ชัยวัฒน์ | สากุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย |
| 95 | ผศ.ดร.สมเกียรติ | เพ็ญพรานทอง | มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ |
| 96 | ผศ.ดร.อรรถจัน | อิงคนินันท์ บัณฑิตย์ | มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ |
| 97 | ผศ.ดร.สุรัสวดี | กุลบุญ ก่อแก้ว | มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ |
| 98 | ผศ.ดิชิตชัย | เมตตาริกานนท์ | มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ |
| 99 | ผศ.อุหมาด | หมัดอาด้า | มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ |
| 100 | ผศ.ดำรงค์ | เคล้าดี | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 101 | ผศ.สมคิด | ลีลาชนะชัยพงษ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย |
| 102 | ผศ.กิตติกร | ชั้นแก้ว | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย |
| 103 | ผศ.สันติพงศ์ | ตั้งธรรมกุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย |
| 104 | ผศ.สัญญา | ผาสุข | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย |
| 105 | ผศ.วิโรจน์ | เพชรพันธุ์ศรี | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ |
| 106 | ผศ.ปราโมทย์ | อนันตวรพงษ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ |
| 107 | ผศ.นิพนธ์ | ทางทอง | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ |
| 108 | ผศ.วิโรจน์ | พิราญเนนชัย | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 109 | ผศ.กฤษณ์ชนม์ | ภูมิภิตติพิชญ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 110 | ผศ.ศิริชัย | แดงเอม | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 111 | ผศ.ธนพงษ์ | นพวงศ์ ณ อยุธยา | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 112 | ผศ.ชาญชัย | เดชธรรมรงค์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา |
| 113 | ผศ.วิเชษฐ | ทิพย์ประเสริฐ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา |
| 114 | ผศ.วิชิต | มาลาเวช | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช |
| 115 | ดร.สมพร | ศรีวัฒนผล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ |
| 116 | ดร.อนุรักษ์ | อุงทอง | มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ |
| 117 | ดร.ธัญวัฒน์ | ลิ้มปิติ | มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ |
| 118 | ดร.อจลวิชญ์ | ฉันทวิโรจน์ | มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ |
| 119 | ดร.สลิล | บุญพรหมณ์ | มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ |
| 120 | ดร.จิรารัตน์ | สิทธิวรชาติ | มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ |
| 121 | ดร.สังจรรย์ | ศิริชัย | มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ |
| 122 | ดร.จิตติมา | คังขมณี | มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ |
| 123 | ดร.ฐิมาพร | เพชรแก้ว | มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ |
| 124 | ดร.พุทธิพร | ธนธรรมเมธี | มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ |

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7 รู้ค่าพลังงานและสิ่งแวดล้อมเพื่อเข้าสู่ศตวรรษที่ 21
ECTI-CARD Proceeding 2015, Trang, Thailand

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (ต่อ)

| | | | |
|-----|------------------|----------------|--|
| 125 | ดร.สุรินทร์ | แห่งมงาม | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 126 | ดร.วุฒิวัฒน์ | คงรัตนประเสริฐ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ |
| 127 | ดร.วรรณรีย์ | วงศ์ไตรรัตน์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน |
| 128 | ดร. จักรกฤษ | ดรกรพณชัย | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| 129 | Dr.Karel | Sterckx | มหาวิทยาลัยกรุงเทพ |
| 130 | ดร.สุรัชย์ | ชัยทัศน์ย์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 131 | ดร.เกียรติศักดิ์ | ศรีพิมานวัฒน์ | ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ |
| 132 | ดร.กมล | เขมะรังษี | ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ |
| 133 | ดร.วันชัย | ทรัพย์สิงห์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา |
| 134 | ดร.รุ่งโรจน์ | สงค์ประกอบ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 135 | ดร.แสนศักดิ์ | ดีอ่อน | สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน |
| 136 | ดร.ประจวบ | อินระวงศ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน |