



รายงานการวิจัย

เรื่อง

นวัตกรรมอัจฉริยะเพื่อการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์
ดู่มน้ำเพชรบุรีตอนบน

โดย

ศิวาพร เหมียดไธสง

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ปี พ.ศ. 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(2)
กิตติกรรมประกาศ.....	(3)
สารบัญ	(4)
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	5
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.5 คำนิยามศัพท์	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายระยะใกล้	7
2.2 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	12
2.1.1 กลุ่มส่วนประกอบหลัก	14
2.1.2 กลุ่มส่วนประกอบเพิ่มเติม	14
2.3 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย Tmote sky	15
2.4 ตัวส่งสัญญาณ Xbee	17
2.4.1 การใช้งานโมดูลไร้สาย XBee	18
2.5 ตัวส่งสัญญาณ Nrf24101	22
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino	23

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.7	เกษตรอัจฉริยะ	27
2.8	การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์	29
2.9	แม่น้ำเพชรบุรี	32
2.10	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	34
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	37
3.1	สร้างระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	37
3.1.1	การออกแบบบอร์ดระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายระยะที่ 1	37
3.1.2	การออกแบบบอร์ด ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ระยะที่ 2	46
3.2	สร้างรูปแบบเส้นทางและระบบนำทางอัจฉริยะการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ กลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบน	50
3.2.1	การใช้บอร์ด arduino ในการสร้างระบบนำทางด้วยดาวเทียม	50
3.2.2	การใช้บอร์ด Raspberry pi ในการสร้างระบบนำทางด้วยดาวเทียม	53
บทที่ 4	ผลการวิจัย	57
4.1	ผลการใช้งานระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย.....	57
4.1.1	ระบบเครือข่ายใช้บอร์ด Arduino	57
4.1.2	ผลข้อมูลจากการเก็บสภาพแวดล้อมในสถานที่จริงในสวนมะนาว.....	58
4.1.3	ข้อมูลจากการเก็บสภาพแวดล้อมในสถานที่จริงในสวนกล้วย.....	64
4.1.4	ระบบเครือข่ายใช้บอร์ด ESP8266.....	64
4.2	ผลการใช้งานรูปแบบเส้นทางท่องเที่ยว	75
4.2.1	การสร้างเส้นทางท่องเที่ยว.....	75
4.2.2	การใช้งานบอร์ดบอร์ด arduino และ Adafruit Uitimate GPS+Logging shield ในการเก็บข้อมูล	77

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	82
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	82
5.1.1	การออกแบบฮาร์ดแวร์ สร้างระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย	82
5.1.2	สร้างรูปแบบเส้นทางและระบบนำทางอัจฉริยะการท่องเที่ยว เชิงสร้างสรรค์กลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบน.....	84
5.2	ข้อเสนอแนะการนำงานวิจัยไปใช้	87
5.3	ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป	87
บรรณานุกรม		88
ภาคผนวก		91
ประวัติผู้วิจัย		97

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง นวัตกรรมอัจฉริยะเพื่อการท่องเที่ยวเชิงโครงสร้างสรค์ลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนบนสำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่เอื้อเฟื้อห้องวิจัยและห้องปฏิบัติการ

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับนวัตกรรมอัจฉริยะเพื่อการท่องเที่ยวเชิงโครงสร้างสรค์ลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน และขอขอบคุณท่านผู้แต่งตำราทุกท่านที่ได้นำความรู้มาใช้ในงานวิจัยตลอดจนผู้ร่วมงานทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

แม่น้ำเพชรบุรีต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาสูงชันทางด้านตะวันตกของจังหวัดเพชรบุรี ไหลผ่านอำเภอแก่งกระจาน อำเภอท่ายาง อำเภอบ้านลาด อำเภอเมือง และลงสู่อ่าวไทยที่อำเภอบ้านแหลม มีความยาว 210 กิโลเมตร แม่น้ำเพชรบุรีตอนบน เริ่มตั้งแต่เขื่อนแก่งกระจานบริเวณ บ้านแก่งกระจาน ตำบลแก่งกระจาน อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี จนถึง เขื่อนเพชรบุรี บริเวณบ้านคอละออม ตำบลท่าแลง อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี ระยะทาง 57 กิโลเมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2552) แม่น้ำเพชรบุรีเป็นแม่น้ำที่มีความสำคัญ และศักดิ์สิทธิ์ในประวัติศาสตร์ เป็นที่ภาคภูมิใจของคนเมืองเพชร เป็นแม่น้ำที่ใช้เสวยสำหรับเครื่องต้น 3 รัชการ คือ พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว (รัชการที่ 4) พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว (รัชการที่ 5) และพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว (รัชการที่ 6) นอกจากนั้นแม่น้ำเพชรบุรียังเป็นน้ำสำหรับพระราชพิธีตามโบราณราชประเพณีได้แก่ พิธีการถือน้ำพิพัฒน์สัตยา รัชการที่ 5 เสด็จขึ้นครองราชย์ พ.ศ. 2411 ได้ใช้น้ำจากแม่น้ำเพชรบุรีในพระราชพิธีบรมราชาภิเษก สำหรับสมัยรัชการที่ 6 พระราชพิธีราชาภิเษกสมโภช พระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว ในรัชการปัจจุบัน รัชการที่ 9 พระราชพิธีราชาภิเษกสมรสก็ได้ใช้น้ำจากแม่น้ำเพชรบุรี ซึ่งนี่คือทุนทางวัฒนธรรมประเพณีและความศักดิ์สิทธิ์ของแม่น้ำเพชรบุรี

แต่ปัจจุบันแม่น้ำเพชรบุรีได้ถูกทำลายจากการเกษตรแผนใหม่หรือเกษตรเคมี ทำให้ มีปัญหาเกิดขึ้นซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจาก การปฏิวัติเขียว โดยการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร โดยใช้เครื่องจักรกลแทนแรงงานสัตว์ มีการใช้ปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืช สารเคมีกำจัดวัชพืช การใช้สิ่งเหล่านี้เพื่อต้องการให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นให้ทันกับความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นของมนุษย์ แต่การใช้ปุ๋ยและสารเคมีในปริมาณที่สูง ทำให้ดินเสื่อมโทรมและขาดความอุดมสมบูรณ์ การใช้สารเคมีในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชในอัตราที่สูงเกินความจำเป็นทำให้เกิดปัญหาสารพิษตกค้างในพืชผลการเกษตรและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะกลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนและสิ่งแวดล้อม ปัญหายังจะทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ จากรายงานการนำเข้าสารเคมีในระยะ 4 ปีที่ผ่านมา โดยในปี พ.ศ. 2548 มี

การนำเข้าสารกำจัดแมลงจำนวน 18,529 ตัน มูลค่า 3,322 ล้านบาท สารป้องกันและกำจัดโรคพืช จำนวน 9,052 ตัน มูลค่า 1,716 ล้านบาท ปี พ.ศ.2549 มีการนำเข้าสารกำจัดแมลงจำนวน 20,487 ตัน มูลค่า 3,856 ล้านบาท สารป้องกันและกำจัดโรคพืชจำนวน 9,383 ตัน มูลค่า 1,722 ล้านบาท ปี พ.ศ.2550 มีการนำเข้าสารกำจัดแมลงจำนวน 21,590 ตัน มูลค่า 3,746 ล้านบาท สารป้องกันและกำจัดโรคพืชจำนวน 10,626 ตัน มูลค่า 1,833 ล้านบาท ปี พ.ศ. 2551 มีการนำเข้าสารกำจัดแมลงจำนวน 25,332 ตัน มูลค่า 4,577 ล้านบาท สารป้องกันและกำจัดโรคพืชจำนวน 11,255 ตัน มูลค่า 2,537 ล้านบาท (http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=146)

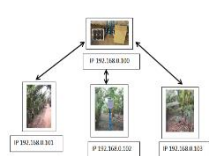
ความพยายามในการอนุรักษ์และแก้ปัญหาลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีได้มีการจัดตั้งกลุ่มอนุรักษ์แม่น้ำเพชรบุรี การจัดแข่งขันการแข่งเรือเพื่อการอนุรักษ์แม่น้ำเพชรบุรี กิจกรรมเหล่านี้ไม่อาจก่อให้เกิดรายได้และเชิญชวนให้เกษตรกรลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบนลดการใช้สารเคมีและสารพิษในการปลูกพืชเศรษฐกิจในลุ่มน้ำ เกษตรกรยังคงใช้สารเคมีจำนวนมากเพื่อผลิตพืชผลให้ได้มากที่สุด เพื่อให้เกิดรายได้มากที่สุดโดยไม่สนใจสภาพแวดล้อมที่เสื่อมโทรมไป จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นเกษตรกรลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนบนจะต้องเปิดสวนให้นักท่องเที่ยวเข้ามาเที่ยวชม เพื่อช่วยในการเพิ่มรายได้และลดการใช้สารเคมีกับพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีโดยเปิดการท่องเที่ยวให้นักท่องเที่ยวได้เข้ามาเที่ยวชมสวน และร่วมทำกิจกรรมในการปลูกพืชโดยไม่ใช้สารเคมี ซึ่งจะเห็นว่าธุรกิจการท่องเที่ยวทำเงินให้กับประเทศไทยไม่แพ้ธุรกิจอื่น ๆ ในปี พ.ศ 2555 นักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ มีจำนวน 22.35 ล้านคน และ ปี พ.ศ. 2556 จำนวน 26.73 ล้านคน (กรมการท่องเที่ยว กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา) นักท่องเที่ยวชาวจีน 68.83 % นักท่องเที่ยวชาวรัสเซีย 31.93 % และ นักท่องเที่ยวมาเลเซีย 17 % สำหรับนักท่องเที่ยวชาวไทย และเที่ยวในประเทศไทยปี พ.ศ. 2555 จำนวน 117 ล้านคน-ครั้ง รายได้จาก การท่องเที่ยว 590,000 ล้านบาท จังหวัดเพชรบุรีได้รับการคัดเลือกจากกรมทรัพยากรพิทักษ์สิ่งแวดล้อม เป็น 1 ใน 10 จังหวัดเมืองต้นแบบเศรษฐกิจสร้างสรรค์ ในด้าน “เมืองเพชร เมืองตาลโตนด” ลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนบนเป็นแหล่งท่องเที่ยว ที่มีความหลากหลายสูง การเพาะปลูกในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและมีชื่อเสียงคือ มะนาว กล้วยหอมทอง ชมพู่เพชร มะม่วง เป็นต้น โดยเฉพาะมะนาวเป็นมะนาวที่ดีและมีคุณภาพของประเทศ อีกทั้งการปลูกกล้วยหอมทองที่มีรสชาติที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว นอกจากนั้นยังมี ทุเรียน เงาะ และลองกอง ที่มีรสชาติเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวเช่นเดียวกัน แต่ปัจจุบันสถานการณ์ เกษตรแผนใหม่หรือเกษตรกรเคมีในปัจจุบันกำลังทำลายสภาพแวดล้อมลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีอย่างรุนแรง เกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืช สอร์โมนพืชสังเคราะห์เพิ่มขึ้นทุกวัน

ศิวาพร เหมียศโรสงและคณะ(2556) ได้ทำการวิจัย ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมและตรวจจับขโมยด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับพื้นที่เพาะปลูกมะนาว พบว่า การที่ชาวบ้านที่ปลูกมะนาวใช้สารเคมีจำนวนมากเนื่องจากการขาดความเข้าใจ สภาพแวดล้อมในการปลูกมะนาว โดยตัวแปรที่ทำให้เกิดโรคและแมลงระบาดจะเกิดจากสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่ทำให้โรคและแมลงระบาดอย่างหนัก ซึ่งชาวบ้านไม่เข้าใจเงื่อนไขการระบาดของโรคและแมลง เพราะชาวบ้านไม่มีเครื่องมือตรวจจับสภาพแวดล้อมเงื่อนไขเหล่านั้น เมื่อนำระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเข้าไปใช้ ทำให้ชาวบ้านมีข้อมูลในการดูแลและตัดสินใจในการให้ปุ๋ยและสารเคมีควบคุมโรคและแมลง โดยพบว่าข้อมูลสภาพแวดล้อมจากระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายทำให้ชาวบ้านควบคุมโรคและแมลงได้ ยกตัวอย่างเช่นการควบคุมโรคและแมลงจากงานวิจัย การระบาดของเพลี้ยไฟจำนวนมาก พบว่า ชาวสวนจะใช้ยากำจัดเพลี้ยจำนวนมากทำให้ค่าใช้จ่ายสูงและมีสารพิษตกค้าง จากข้อมูลระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในการวัดความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นในดินพบว่ามีค่าความชื้นต่ำมาก การให้น้ำหรือรดให้น้ำในระยะเวลาที่เหมาะสมจะช่วยแก้ปัญหาแมลงบางชนิดได้ วิธีการที่แนะนำชาวบ้าน คือ จะต้องให้น้ำกับมะนาวให้มีความชื้นสูงซึ่งโดยธรรมชาติแล้วเพลี้ยต่าง ๆ จะไม่ชอบความชื้นสูง ส่วนอีกประเด็นหนึ่ง คือ การให้ปุ๋ยซึ่งชาวบ้านจะให้ปุ๋ยโดยไม่ทราบว่ามีผลดีหรือไม่ ได้ดีที่สุด คือ ความชื้นสูงเช่นหลังฝนตกใหม่ ๆ ดังนั้นการให้น้ำเพื่อให้ความชื้นสูงมีส่วนสำคัญในการให้ปุ๋ยกับต้นมะนาว น้ำและปุ๋ยจะต้องมีสัดส่วนที่เหมาะสม ซึ่งข้อมูลระบบเครือข่ายสามารถจะช่วยเกษตรกรในการให้ปุ๋ยในช่วงเวลาที่เหมาะสม ทำให้ลดการใช้ปุ๋ยเกินความจำเป็น ซึ่งความสำเร็จเป็นความสำเร็จในวงจำกัด เพราะเกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงใช้ปุ๋ยเคมีและสารกำจัดโรคและแมลงจำนวนมากเพื่อเพิ่มผลผลิตให้เกิดรายได้มากที่สุดโดยไม่คำนึงถึงความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น การที่จะให้ชาวบ้านเปลี่ยนวิธีคิดและการปลูก หันมาลดการใช้สารเคมีและสารกำจัดโรคและแมลงจำเป็นต้องนำการท่องเที่ยวซึ่งเป็น การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์แบบเกษตรอัจฉริยะเข้ามาใช้เพื่อทำให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้น แทนที่จะขายเพียง ผลผลิตจากสวนให้กับพ่อค้าแม่ค้า ซึ่งมักจะถูกเอารัดเอาเปรียบ ก็เปลี่ยนมาเป็นการขายการท่องเที่ยวและขายพืชผลให้กับนักท่องเที่ยวโดยตรง และการท่องเที่ยวที่สร้างขึ้นไม่เป็นการท่องเที่ยวแบบผิวเผินแต่เป็นการท่องเที่ยวแบบจริงจัง (active tourism)

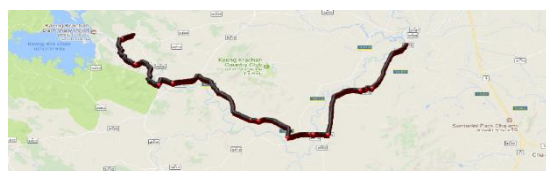
งานวิจัยนี้ได้ นำเสนอรูปแบบการท่องเที่ยวที่ทันสมัย เกษตรอัจฉริยะ(smart farm) แบบครบวงจรด้วยนวัตกรรมอัจฉริยะเพื่อการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งนักท่องเที่ยวสามารถเรียนรู้การปลูกพืชเศรษฐกิจปลอดสารพิษด้วยตนเอง ยกตัวอย่างเช่น การปลูกมะนาวและกล้วย

หอมทองด้วยระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อควบคุมการปลูกและดูแลรักษา .ต้นแบบสำหรับการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ นวัตกรรมอัจฉริยะในพืชชนิดอื่นๆ ภูมิภาคอื่นๆ เช่น ภาคตะวันออกปลูกเงาะและทุเรียน ภาคเหนือปลูก ลำไย เป็นต้น เป็นการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ด้วย นวัตกรรมอัจฉริยะแบบปลอดสารพิษทั่วประเทศ โดยจะเป็นประโยชน์ในหลายมิติ ได้แก่ มิติด้านการท่องเที่ยว มิติชาวบ้าน (เกษตรกร)เจ้าของสวน และมิติสภาพแวดล้อมที่ยังคงบริสุทธิ์และสมบูรณ์ โดยที่ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายจะทำการแสดงผล(monitor) สภาพแวดล้อมในพื้นที่เกษตรกลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน เพื่อให้นักท่องเที่ยวได้เรียนรู้และเข้าใจสภาพแวดล้อมผ่านระบบเครือข่ายสวนและนักท่องเที่ยวได้มีโอกาสเรียนรู้ร่วมกันเพื่อลดการใช้สารเคมีในการปลูกพืชและควบคุมโรคแมลงด้วยการปรับเปลี่ยนวิถีดูแลและมีกิจกรรมร่วมกัน

“กว่าจะมาเป็นมะนาว และกว่าจะมาเป็นกล้วยหอมทอง” ด้วยนวัตกรรมอัจฉริยะ เป็นงานวิจัยที่น่าสนใจ การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์แบบเกษตรอัจฉริยะ ซึ่งเป็นการบูรณาการการท่องเที่ยวรูปแบบใหม่แบบครบวงจรในการปลูกพืชเศรษฐกิจ โดยใช้ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในการตรวจวัดสภาพแวดล้อมเพื่อการปลูกพืชปลอดสารพิษนำข้อมูลจากระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย มาใช้ในการวิเคราะห์และดูแลการปลูกพืช จัดทำรูปแบบเส้นทางและระบบนำทางอัจฉริยะเป็นการจัดทำรูปแบบเส้นทางและระบบนำทางอัจฉริยะเพื่อความสะดวกกับนักท่องเที่ยว ซึ่งแนวความคิดของการวิจัยนี้แสดงดังภาพที่ 1.1



เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้
สายเพื่อการท่องเที่ยว



รูปแบบเส้นทางและระบบนำทาง
อัจฉริยะการท่องเที่ยวเชิง
สร้างสรรค์

ภาพที่ 1.1 แนวคิดของการวิจัยนวัตกรรมอัจฉริยะเพื่อการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์
กลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1) เพื่อสร้างระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายตรวจวัดสภาพแวดล้อมเพื่อการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบน
- 2) เพื่อสร้างรูปแบบเส้นทางและระบบนำทางอัจฉริยะการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบน

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1) นวัตกรรมอัจฉริยะประกอบด้วยระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจจำนวน 50 จุด และระบบนำทางอัจฉริยะ บริเวณลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน
- 2) พื้นที่การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ในพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจเฉพาะลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน โดยมีชุมชนและชาวบ้าน
- 3) เส้นทางท่องเที่ยวจะใช้เส้นทางบริเวณเลียบบแม่น้ำเพชรบุรี
- 4) 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 การตรวจวัดข้อมูลประกอบไปด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มของแสง อุณหภูมิในดิน ความชื้นในดิน พลังงานจากแบตเตอรี่

ระบบสารสนเทศ (information systems) หมายถึง ระบบข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในพื้นที่เพาะปลูกมะนาวลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน

พื้นที่เพาะปลูก (grow area) หมายถึง พื้นที่ปลูกมะนาว ลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน จังหวัดเพชรบุรี

บทที่ 2

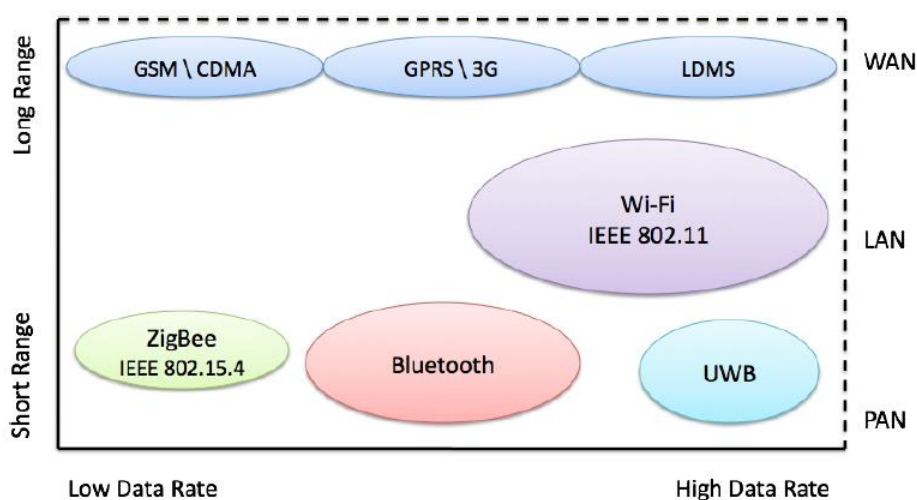
ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

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 เกษตรอัจฉริยะ
- 2.8 การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์
- 2.9 แม่น้ำเพชรบุรี
- 2.10 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 Star และ แบบ Peer-to-Peer โดยที่ระยะในการส่งข้อมูลประมาณ 10 -75 เมตร ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและพลังงานในการรับส่งข้อมูล โดยสามารถเลือกความถี่ที่ใช้งานได้ 3 ช่วงความถี่ คือ ย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ มีช่องสัญญาณ 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 ดังนั้นการใช้งานจึงขึ้นอยู่กับทางเลือกย่าน

ความถี่และความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม สำหรับรูปแบบของกลุ่มข้อมูลของชั้นกายภาพ จะประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ คือ

- 1) Synchronize Header (SHR) เป็นข้อมูลที่ใช้ ซิงค์ไครนัส 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 ยังกำหนดให้มี

ทางเลือกที่สร้างความปลอดภัยให้กับเครือข่าย ด้วยกลไกการเข้ารหัสข้อมูลและตรวจสอบผู้ใช้ที่เรียกว่า WEP (Wired Equivalent Privacy) เครือข่ายไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11 ถูกกำหนดขึ้นครั้งแรกในปี 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

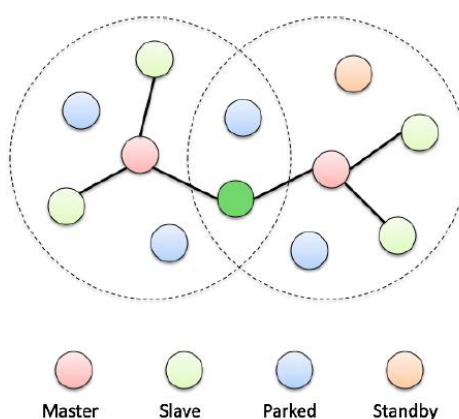
	IEEE 802.11	IEEE 802.11b	IEEE 802.11a	IEEE 802.11g
Ratification	June 1997	Sept. 1999	Sept. 1999	June 2003
RF Band	2.4 GHz	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz
Max. Data Rate	2 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps
Physical Layer	FHSS, DSSS, IR	DSSS / CCK	OFDM	OFDM
Typical Range	50 - 100m	50 - 100m	50 - 100m	50 - 100m

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 หรือการส่งข้อมูลทั่วๆ 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 เป็นเทคโนโลยีที่ทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆติดต่อสื่อสารกันในระยะห่างสั้นๆ 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

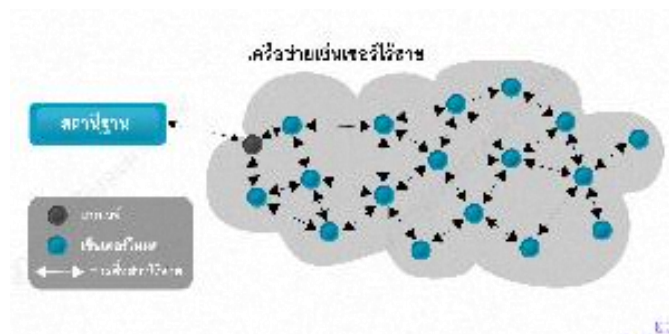
(Valada, Kohanbash and Kantor, 2010)

มาตรฐาน Infrared มาตรฐานเกิดจากการพัฒนาร่วมกันของกลุ่มบริษัทมากกว่า 40 บริษัท ในการพัฒนามาตรฐานที่จะใช้ในการส่งข้อมูลระยะสั้นโดยใช้คลื่น Infrared ซึ่งเรียกว่า Infrared Data Association (IrDA) อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ IrDA แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ Primary Device เป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเลือกที่จะส่งสัญญาณทำการติดต่อให้กับอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งในขอบเขต นั้น ๆ และ Secondary device คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่คอยฟังสัญญาณที่จะติดต่อเข้ามาและตอบรับการ ติดต่อ

2.2 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

เทคโนโลยีการผลิตไมโครอิเล็กทรอนิกส์ได้รับการพัฒนาถึงระดับที่สามารถผลิตอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็ก ราคาถูก และประหยัดพลังงาน ซึ่งเหมาะสำหรับสร้างหน่วยประมวลผล และหน่วยส่งข้อมูลของเซ็นเซอร์ไร้สาย และด้วยเทคโนโลยีระบบเครื่องกลจุลภาค การสร้าง เซ็นเซอร์ขนาดเล็กและวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ขนาดเล็กเกิดขึ้นได้จริง ทำให้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายยุค นี้เข้าใกล้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ในจินตนาการของนักวิจัยยุคก่อน ๆ อย่างไรก็ตามเครือข่าย เซ็นเซอร์ไร้สายนี้ยังมีการวิจัยอย่างต่อเนื่อง

สถาปัตยกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายประกอบด้วยสามส่วน (สุชา สุพิทยภรณ์พงศ์, 2013) ได้แก่ หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ เกตเวย์ และสถานีฐาน (base station) ดังภาพที่ 2.4 หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ จำนวนมากฝังตัวในสภาพแวดล้อมเพื่อเก็บข้อมูล โดยแต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ติดต่อสื่อสารแบบไร้ สายกับหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ข้างเคียง ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับส่งแบบไร้สาย แต่ละหน่วย ร่วมเซ็นเซอร์ควบคุมและจัดการงานของตัวเอง (self-organize) ทุก ๆ หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ที่ติดต่อถึง กันทำงานร่วมกัน (collaboration) เป็นเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายทำให้แต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ สามารถส่งข้อมูลไปหากันได้แม้ว่าหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ปลายทางไม่สามารถติดต่อ กับหน่วยร่วม เซ็นเซอร์ต้นทางได้โดยตรง โดยให้หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ระหว่างทางช่วยส่งข้อมูลต่อๆ กันตั้งแต่ต้น ทางถึงปลายทาง วิธีการส่งแบบนี้เรียกว่าการส่งแบบมัลติฮอป (multi-hop) เกตเวย์ทำหน้าที่รับส่ง ข้อมูล ระหว่างสถานีฐานและเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายโดยเกตเวย์อาจเป็นหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ ธรรมดาหรือเป็นหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ ที่มีความสามารถพิเศษในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย สถานีฐาน ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่วัดได้จากหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย 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 ความเร็ว ความเร่ง แรงสั่นสะเทือน ความเคลื่อนไหว ความลึก ความเป็นกรดหรือด่าง เป็นต้น

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

ค) หน่วยประมวลผล (processing unit) ติดต่อกับเซ็นเซอร์เพื่อสั่งงานหรือรับข้อมูลที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ เพื่อนำไปประมวลผลเป็นข้อมูล จัดเก็บลงในหน่วยความจำ รวบรวมหรือส่งข้อมูลหรืออาจส่งข้อมูลทันทีผ่านทางหน่วยรับ-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 หาตำแหน่งสำหรับการเคลื่อนที่ของหน่วยรวมเซ็นเซอร์ 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

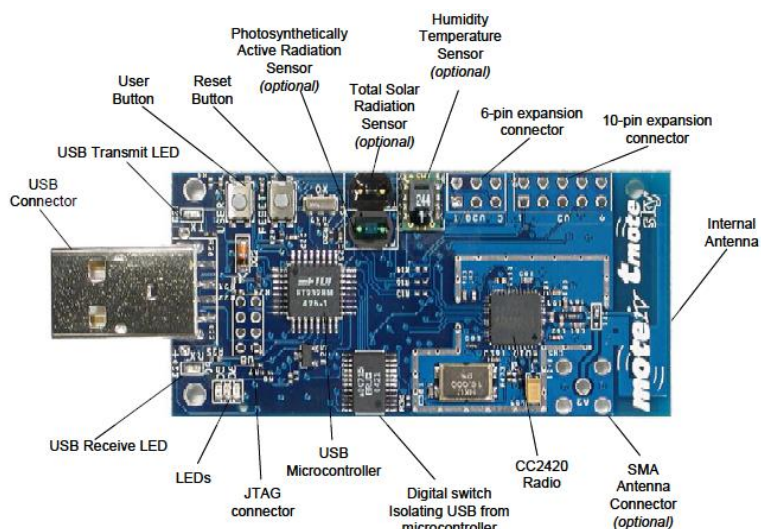
อุปกรณ์ไร้สาย Tmote sky เป็นอุปกรณ์ไร้สายที่ประหยัดพลังงาน และเป็นอุปกรณ์ไร้สายต้นแบบในการนำไปใช้สังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและกะทันหัน ผลิตโดย บริษัทไมทีฟคอร์โอเปอร์เรชั่น ประกอบด้วย เซ็นเซอร์ความชื้น เซ็นเซอร์อุณหภูมิ และเซ็นเซอร์แสง ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด AA จำนวน 2 ก้อน ขณะมีการทำงานจะสิ้นเปลืองพลังงาน 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 กิกะเฮิรตซ์ เป็นไปตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4
- 2) สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ได้
- 3) ไมโครคอนโทรลเลอร์ MSP430 ของบริษัทเท็กซัส อินสตรูमेंต์จำกัด
- 4) มีเซ็นเซอร์ความชื้น อุณหภูมิ และแสง
- 5) การสิ้นเปลืองพลังงานน้อย
- 6) สายอากาศแบบไมโครสตริปอยู่บนบอร์ด สามารถส่งสัญญาณภายในอาคารได้ไกล 50 เมตร และภายนอกอาคารได้ไกล 125 เมตร



ภาพที่ 2.7 อุปกรณ์ไร้สายทีโมทสกาย



ภาพที่ 2.8 แผนภาพของอุปกรณ์ไร้สายทีโมทสกาย

ที่มา: <http://rssi-dist.blogspot.com/2007/08/tmote-sky.html>

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

การอ่านค่าเซ็นเซอร์ความชื้นและอุณหภูมิที่แสดงผลด้วยแอสกีบน Oscilloscope เป็นข้อมูลขนาด 14 บิต สามารถแปลงเป็นหน่วยองศาเซลเซียสได้ด้วยสมการที่ (1) ดังนี้

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

เมื่อ Sot คือ ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์

การอ่านค่าเซ็นเซอร์ความชื้นเป็นข้อมูลขนาด 12 บิตไม่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ คำนวณได้จากสมการที่ (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 Tc 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 พร้อมเชื่อมต่อสัญญาณการสื่อสาร Tx, Rx ของอุปกรณ์โมดูลไร้สาย XBee เข้ากับ Tx, Rx ของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยสามารถแบ่งรูปแบบการทำงานของอุปกรณ์โมดูลไร้สาย XBee ได้ดังนี้

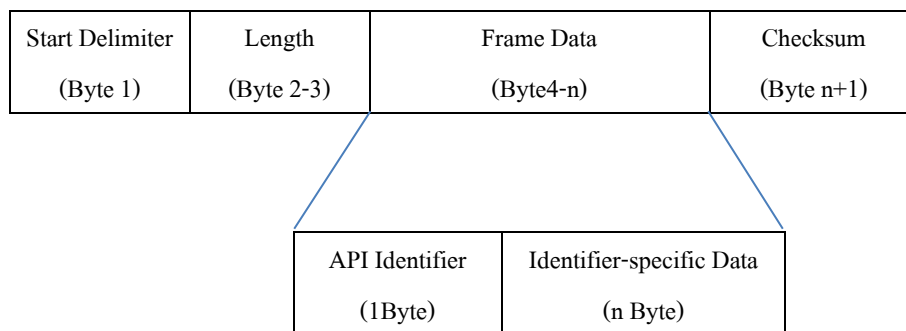
1) Transparent Mode เป็นการควบคุมการทำงานโดยใช้รูปแบบคำสั่ง AT Command (คำสั่งที่ใช้ในการติดต่อกับโมเด็ม AT ย่อมาจาก Attention) เช่น ATND (node discovery) เมื่ออุปกรณ์ได้รับคำสั่งแล้วจะทำการค้นหาโหนดในระบบแล้วแสดงผลออกมา ดังภาพที่ 2.9 เหมาะกับการใช้ควบคุมอุปกรณ์จำนวนไม่มาก มีความซับซ้อนน้อย และใช้งานง่าย

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 ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่ายติดต่อบริการรับส่งข้อมูลเป็นศูนย์กลางในการเชื่อมโยงระหว่างสองเครือข่าย 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

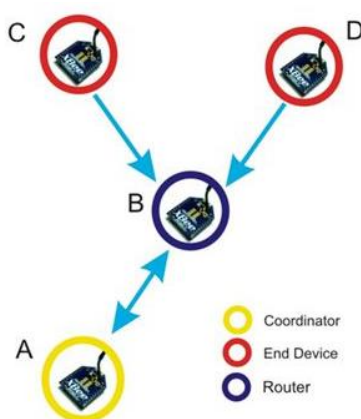


ภาพที่ 2.12 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อแบบ Star

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>

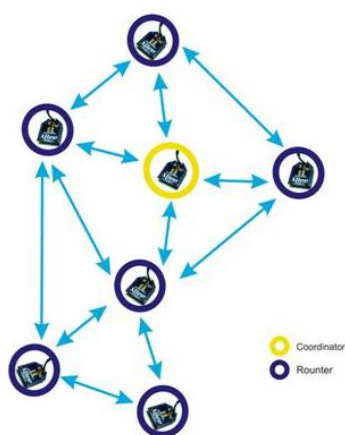
5.2) Cluster Tree Topology มี Coordinator เป็นตัวเชื่อมระหว่างเครือข่ายย่อย โดยในเครือข่ายย่อยจะประกอบไปด้วย Router เป็นศูนย์กลางเพื่อส่งข้อมูลไปยัง Coordinator และมี End Device เชื่อมเข้ากับ Router ดังภาพที่ 2.12



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

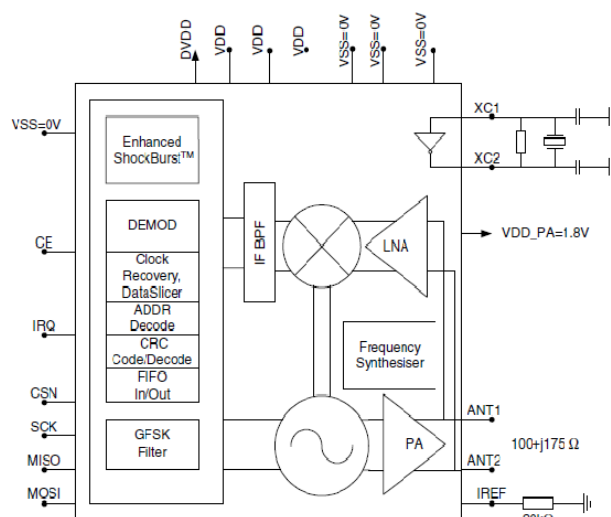


ภาพที่ 2.14 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อแบบ MeshTopology

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

2.5 ตัวรับส่งสัญญาณ Nrf24l01

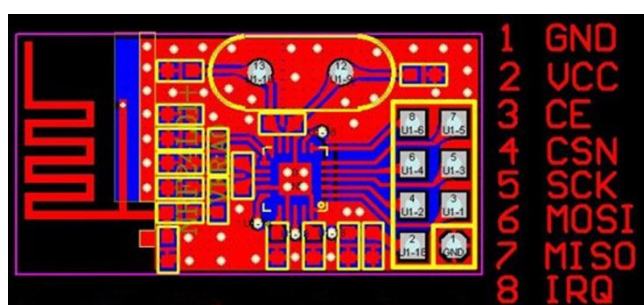
Nrf24l01 เป็นตัวรับส่งสัญญาณอยู่ในย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ การเชื่อมต่อสัญญาณจะใช้การเชื่อมต่อแบบ SPI กินกระแสต่ำ 9 มิลลิแอมป์ที่เอาต์พุต -6 dBm และ 12.3 mA ใน Rx โหมด โครงสร้างภายในแสดงดังภาพที่ 2.15



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

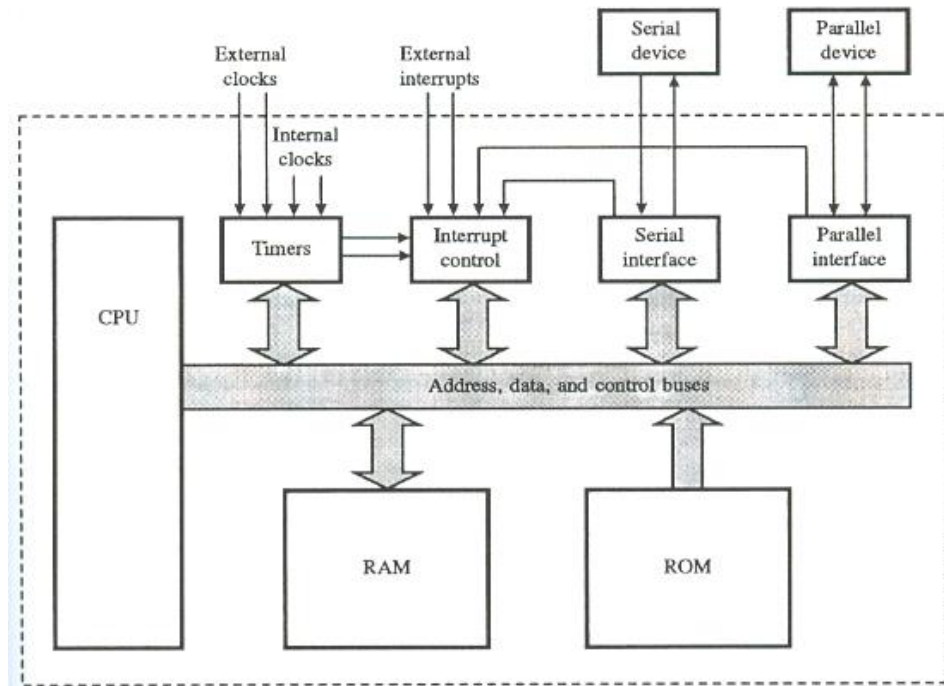
ที่มา: <http://arduino-info.wikispaces.com/Nrf24L01-2.4GHz-HowTo>

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

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

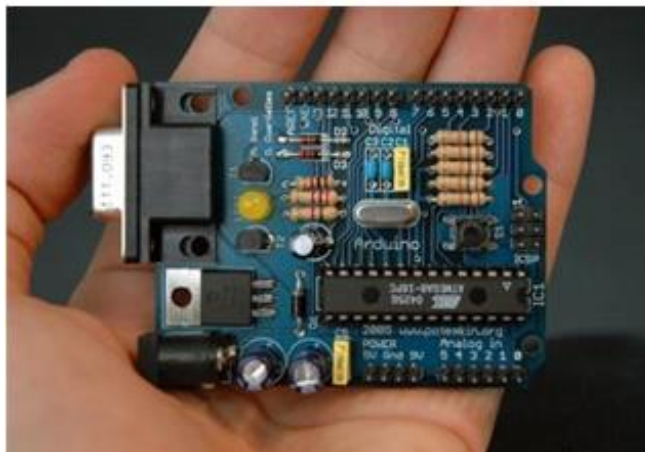
จากภาพที่ 2.17 แสดงให้เห็นภาพภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานควบคุมสำหรับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ โดยจะโปรแกรมการควบคุมของเครื่องจักรไว้ในรอม ในชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ การออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์จะจำกัดในเรื่องของคำสั่งที่เป็นไบต์และการใช้คำสั่งจะเป็นการเคลื่อนย้ายข้อมูลภายในชิป นอกจากนั้นยังมีคำสั่งเกี่ยวกับขา(PIN)ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถ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

หรือเรียกว่าขาที่สามารถโปรแกรมได้ (the pins are “programmable”) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเกี่ยวข้องกับการรับข้อมูลจากขาของตนเองและส่งข้อมูลไปยังขาของตนเอง



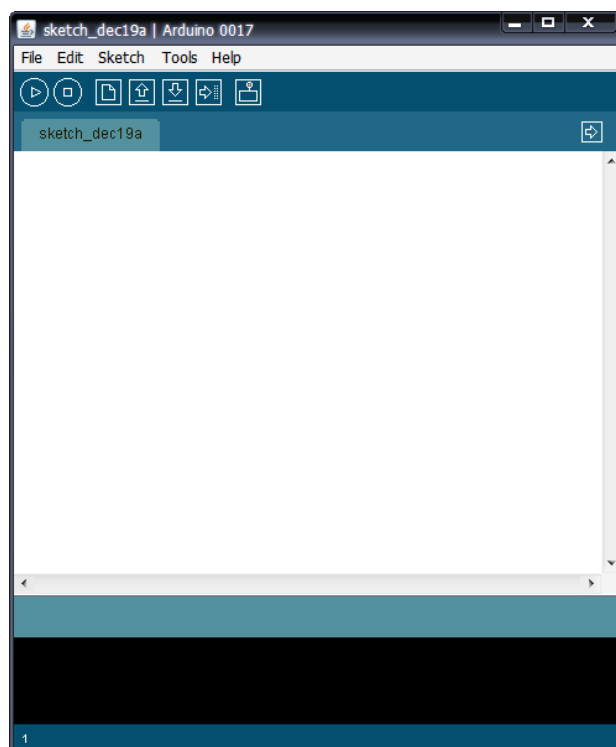
ภาพที่ 2.17 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

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 เซ็นเซอร์ และควบคุม หลอดไฟ มอเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ โครงงาน 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 นำไปพัฒนาขยาย hardware ได้ Arduino ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Atmel เบอร์ ATMEGA8 และ ATMEGA168 วงจรของบอร์ดดีพิมพ์แบบเปิดเผยวงจรภายใต้ Creative Commons License ที่สามารถนำไปดัดแปลงต่อขยายและเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อศึกษาการทำงานได้ฟรี

2.7 เกษตรอัจฉริยะ

งานวิจัยทางการเกษตรของไทยในปัจจุบันไม่ได้ก้าวตามโลกที่ได้ข้ามไปสู่ยุคไอที – จีโนม – นาโน ไปหลายปีแล้ว ทั้งนี้เพราะประเทศพัฒนาแล้วทั้งหลายต่างก็กำลังจะมกเข้มข้นกันทำวิจัยในศาสตร์ที่จะทำให้เกษตรกรรมของศตวรรษที่ 21 เป็นอาชีพสุดแสนจะไฮเทค ด้วยการนำเทคโนโลยีผสมผสานต่างๆ ทั้ง คอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ไอที สื่อสาร เช่น เซอร์เทคโนโลยีชีวภาพ รวมทั้งนาโนเทคโนโลยี เข้ามาช่วยในการทำให้ ไร่นา ฟาร์มเกษตรทั้งหลาย กลายมาเป็นออฟฟิศไฮเทค ศาสตร์ดังกล่าวซึ่งจะช่วยทำให้ฟาร์มธรรมดาๆ กลายมาเป็น ฟาร์มอัจฉริยะ (SmartFarm หรือ Intelligent Farm) ได้รับการขนานนามว่า Precision Agriculture Precision Agriculture หรือ Precision Farming ภาษาไทยยังไม่มีคำบัญญัติศัพท์ เพราะยังไม่มีการทำวิจัย หรือ นำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง ผู้เขียนขอเรียกมันว่า เกษตรกรรมความแม่นยำสูง หรือเกษตรแม่นยำสูง ซึ่งเป็นที่นิยมกันมากในประเทศสหรัฐอเมริกา และ ออสเตรเลีย และเริ่มแพร่หลายเข้าไปในหลายประเทศ ทั้งยุโรป ญี่ปุ่น แม้กระทั่งประเทศเพื่อนบ้าน ของเราอย่าง มาเลเซีย ก็มีการทำวิจัยทางด้านนี้ หรือ ไกลออกไปอีกนิด อย่างอินเดียก็ทดลองใช้เทคโนโลยีนี้กันอย่างกว้างขวาง จึงมีความจำเป็นที่ประเทศไทย จะต้องเริ่มให้ความสนใจในเรื่องนี้ให้มากขึ้น เพราะยานี่เป็นยานของเกษตรกรรม ไม่ว่าจะเป็นพม่า ไทย ลาว กัมพูชา และเวียดนาม มิฉะนั้นในอนาคตอันใกล้เมื่อเทคโนโลยีเกษตรความแม่นยำสูง ถูกนำไปใช้เชิงพาณิชย์เมื่อไหร่ ประเทศไทยจะสูญเสียโอกาสในการส่งออกเทคโนโลยีเหล่านี้ไปยังประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งกำลังมีความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก ในประเทศมาเลเซียเอง มีการนำ Precision Farming มาใช้ดูแลสวนปาล์มขนาดใหญ่ ทำให้มีผลผลิตสูง จริงๆ ประเทศไทยเองมีพื้นที่เกษตรกรรมขนาดใหญ่กว่าเสียอีก ทั้งยังมีความหลากหลายทางพืชพันธุ์เหลือคณา ได้เปรียบเขาหลายๆ อย่าง จึงน่าจะมีการวิจัยและพัฒนา เทคโนโลยีนี้ให้มีความก้าวหน้ากว่าเขาให้ได้ Precision Farming ได้รับการนิยาม และตีความหมายต่าง ๆ กันไป แม้แต่ชื่อก็ยังถูกเรียกได้หลายชื่อ ตามแต่จะเน้น เทคโนโลยีหลักตัวไหน เช่น Precision Farming (การทำฟาร์มด้วยความแม่นยำสูง) Information-Intensive Agriculture (เกษตรที่เน้นการใช้สารสนเทศ) Prescription Farming (การทำฟาร์มแบบมีสูตร) Target Farming (การทำฟาร์มแบบมุ่งเป้า) เกษตรกรรมความแม่นยำสูง เป็นกลยุทธ์ในการทำการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเกษตรกรสามารถจะปรับการใช้ทรัพยากรให้สอดคล้องกับสภาพของพื้นที่ย่อยๆ รวมไปถึงการดูแลอย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ ไม่ว่าจะเป็นการหว่านเมล็ดพืช การให้ปุ๋ย การใส่ยาปราบศัตรูพืช การไถพรวนดินการรดน้ำ การคัดเลือกผลผลิต การเก็บเกี่ยวผลผลิต เช่น การให้ปุ๋ยในฟาร์มอัจฉริยะจะทำได้ด้วยความแม่นยำกว่าโดยอาจจะใช้เครื่องสแกนสภาพดินในไร่ (Soil Mapping) เพื่อเก็บข้อมูลว่าบริเวณต่าง ๆ มีความอุดมสมบูรณ์แตกต่างกัน

อย่างไร ตรงไหนขาดแร่ธาตุชนิดใด ลักษณะดินร่วนซุยต่างกันแค่ไหน ข้อมูลเหล่านั้นจะถูกเก็บเข้าไปในฐานข้อมูลที่เชื่อมโยงกับแผนที่ของฟาร์ม แล้วสามารถดาวน์โหลดไปยังเครื่องหยอดปุ๋ยบนรถไถที่ติดGPS (Global Positioning System) ทำให้การหยอดปุ๋ยสามารถกำหนดได้ว่าจะหยอดปุ๋ยชนิดใด ลงตำแหน่งใดในฟาร์มมากหรือน้อย จะเห็นได้ว่าฟาร์มอัจฉริยะมีความแตกต่างกับฟาร์มธรรมดาตรงที่การใช้ทรัพยากรเป็นไปอย่างแม่นยำและตรงต่อความต้องการของพืช ช่วยลดการสูญเสียทรัพยากร การให้ปุ๋ยที่ไม่มากเกินไปช่วยทำให้ดินไม่เสีย ไม่เกิดการสิ้นของแร่ธาตุที่อาจทำให้สภาพแวดล้อมเสื่อมลงได้ ซึ่งเป็นไปไม่ได้เลยสำหรับเกษตรกรรมแบบดั้งเดิมไม่ว่าจะเป็นเกษตรเคมีหรือ เกษตรอินทรีย์ ที่การให้ปุ๋ยก็จะให้เท่าๆกันทั่วทั้งไร่เกษตรกรรมความแม่นยำสูงต้องประกอบด้วยเรื่องสำคัญ 3 เรื่องคือ (1) สารสนเทศ (2) เทคโนโลยี (3) การบริหารจัดการ โดยตั้งอยู่บนแนวคิดที่ว่า พืชพันธุ์ที่ปลูก และ สภาพล้อมรอบ (ดิน น้ำ แสง อากาศ) ในไร่นามีความแตกต่างกันในแต่ละบริเวณหรือพื้นที่ย่อยๆ ถึงแม้จะอยู่ในไร่เดียวกันก็ตาม สภาพล้อมรอบที่ต่างกันนี้ มีผลให้เกิดผลผลิตแตกต่างกันได้ ดังนั้นจึงต้องดูแลพื้นที่เหล่านั้นแตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลให้สร้างผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด ปัญหาก็คือ เราจะรู้ได้อย่างไรว่าความแตกต่างนั้นมีจริง แล้วจะวัดอย่างไร (ปัจจุบันมีเทคโนโลยีในการเก็บเกี่ยวอัตโนมัติที่จะคำนวณปริมาณผลผลิตที่เก็บขึ้นมาได้ โดยบันทึกพร้อมกับตำแหน่งGPS ทำให้ทราบว่าตำแหน่งใดในไร่นามีผลผลิตแตกต่างกันอย่างไร) หรือเมื่อรู้แล้ว เราจะนำเทคโนโลยีมาใช้อย่างไร รวมไปถึงจะบริหารจัดการอย่างไร นี่คือโจทย์ของเกษตรกรรมความแม่นยำสูง ซึ่งจะนำประโยชน์มาสู่เกษตรกร เจ้าของฟาร์ม ดังนี้ เกิดการลดต้นทุน เกิดผลผลิตสูงสุด ทั้งในแง่ปริมาณและคุณภาพที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่แต่ละส่วนในฟาร์ม เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า รักษาสภาพแวดล้อม ซึ่งสามารถนำไปสู่กระบวนการผลิตอาหารที่มีคุณภาพ และ ปลอดภัยเกษตรกรรมความแม่นยำสูง มีลักษณะเป็นวงจรที่ประกอบด้วยขั้นตอน ทั้งหมด 5 ขั้นตอนด้วยกันได้แก่

1. Data Collection เป็นขั้นตอนการเก็บข้อมูลของดิน น้ำ แสง ภูมิอากาศ (ซึ่งมักจะหมายถึงภูมิอากาศในพื้นที่เล็กๆ ที่เรียกว่า micro-climate) ผลผลิต เป็นต้น ด้วยวิธีการและเทคโนโลยีต่างๆ เช่น เครื่องข่ายเซ็นเซอร์ สถานีตรวจวัดอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม เครื่องสแกนสภาพดิน เป็นต้น

2. Diagnostics เป็นขั้นตอนในการวินิจฉัยข้อมูล สร้าง กรองและเก็บข้อมูลที่เป็นประโยชน์เข้าสู่ฐานข้อมูลซึ่งมักจะใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (GIS) ส่วนไวน์ใน Napa Valley ซึ่งมีการนำเทคโนโลยี Smart Farm มาใช้กันแพร่หลาย

3. Analysis เป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล การทำนายผลผลิตเชิงพื้นที่ รวมไปถึงการวางแผนจัดการเช่น เทคโนโลยี Crop Modeling ซึ่งจะนำข้อมูลต่างๆ มาทำการโมเดลหาความสัมพันธ์กับผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้

4. Precision Field Operations เป็นขั้นตอนในการปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ เช่น การหยอดปุ๋ยด้วยรถขับเคลื่อนด้วย GPS การให้น้ำแบบโปรแกรม การนำส่งปุ๋ยหรือยาฆ่าแมลงด้วยแคปซูลนาโน ซึ่งสามารถควบคุมการปลดปล่อยตามเงื่อนไขที่กำหนด เป็นต้น

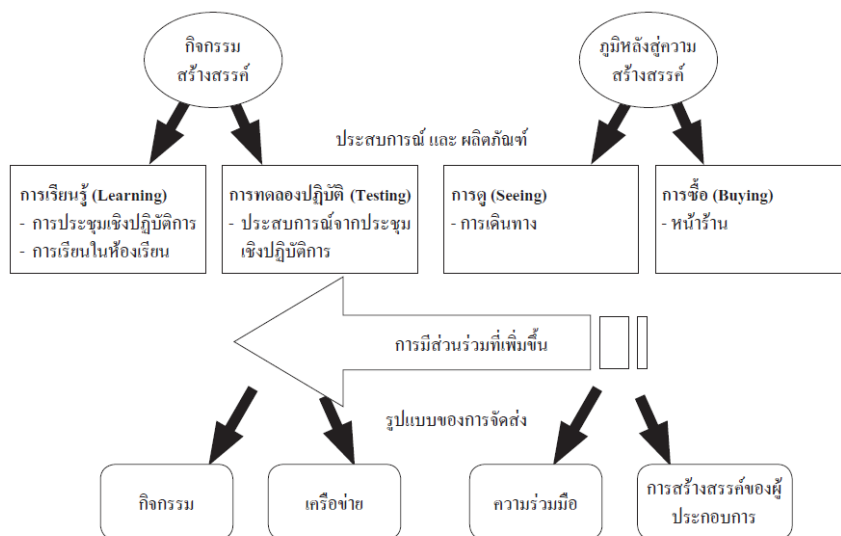
5. Evaluation เป็นขั้นตอนในการประเมินผลการปฏิบัติการว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด กลุ่มค่าแก่การลงทุนหรือไม่ โดยใช้เทคโนโลยีด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์อุตสาหกรรม (ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ, 2551)

2.8 การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์

แนวคิดการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ได้เริ่มมีการตีพิมพ์เผยแพร่ในวงวิชาการในช่วงปี ค.ศ. 2000 โดย เกร็ก ริชาร์ด (Greg Richards) นักวิจัยและผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ และ คริสติน เรย์มอนด์ (Crispin Raymond) ที่ปรึกษาด้านการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ ประเทศนิวซีแลนด์ ที่ทำการศึกษาวิจัยด้านการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์อย่างต่อเนื่อง โดยได้ตีพิมพ์ใน Atlas Newsletter of November 2000 (Wurzburger, 2010) ริชาร์ด และ เรย์มอนด์ (Richards and Raymond) ได้นิยามว่าการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์เป็นการท่องเที่ยวที่เปิดโอกาสให้นักท่องเที่ยวพัฒนาศักยภาพเชิงสร้างสรรค์ โดยการทำกิจกรรมแบบมีส่วนร่วมและเรียนรู้จากประสบการณ์ ซึ่งจะจัดขึ้นในช่วงวันหยุด (Wurzburger, 2010 อ้างถึงใน Richards and Raymond, 2000) บิงค์ฮอร์สต์ (Binkhorst, 2006) กล่าวว่า ในการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์นั้น นักท่องเที่ยวจะเป็นผู้สร้างคุณค่าให้กับประสบการณ์การท่องเที่ยวของตนเอง จากการเลือกซื้อสินค้าและบริการ ซึ่งการสร้างคุณค่าให้ทรัพยากรด้านวัฒนธรรม เช่น วิถีชีวิตและความเป็นอยู่ จะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของนักท่องเที่ยวแต่ละคน ดังนั้น ในกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ นักท่องเที่ยวแต่ละคนจะได้รับความรู้และประสบการณ์ที่แตกต่างกันไปตามภูมิหลังของแต่ละคนองค์การศึกษา วิทยาศาสตร์ และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) หรือ ยูเนสโก (UNESCO) ได้ให้ความหมาย การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์อย่างเป็นทางการในการประชุมนานาชาติ เรื่องการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ ค.ศ. 2008 ณ เมืองซานตาเฟ (Santa Fe) มลรัฐนิวเม็กซิโก ประเทศสหรัฐอเมริกา ว่า การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์คือ การท่องเที่ยวที่เน้นการเรียนรู้ในเรื่องศิลปวัฒนธรรม และเอกลักษณ์ของสถานที่ ผ่านประสบการณ์ตรง และการมีส่วนร่วมกับท้องถิ่น (Wurzburger, 2010) ค.ศ. 2010 ริชาร์ด (Richards, 2010a) ได้สรุปนิยามของการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์อีกครั้งว่าเป็นรูปแบบการท่องเที่ยวที่มุ่งเน้นการอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมท้องถิ่น เปิดโอกาสให้นักท่องเที่ยวมีส่วนร่วมกับกิจกรรมการท่องเที่ยวของชุมชน และส่งเสริมการผลิตสินค้า

ท้องถิ่นป้อนสู่ตลาด เพื่อตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยวจะเห็นได้ว่า ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 การให้คำจำกัดความของการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์มีวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่อง เริ่มจากริชาร์ด และเรย์มอนด์ ได้ให้แนวคิดหลักว่า การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ จะมุ่งเน้นการเปิดโอกาสให้นักท่องเที่ยวมีส่วนร่วมทำกิจกรรมและเรียนรู้จากประสบการณ์ บิงค์ฮอร์สต์ (Binkhorst, 2006) ได้เพิ่มเติมประเด็นเกี่ยวกับนักท่องเที่ยวโดยกล่าวว่า นักท่องเที่ยวจะเป็นผู้สร้างคุณค่าให้กับประสบการณ์การท่องเที่ยวของตนเอง ต่อมา ริชาร์ด (Richards, 2010a) ได้ให้ความหมายเพิ่มเติมจากการให้ความหมายครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 2000 ว่า การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์จะมุ่งเน้นในการอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมท้องถิ่น และส่งเสริมการผลิตสินค้าท้องถิ่นป้อนสู่ตลาด ทั้งนี้ เพื่อตอบสนองความต้องการที่เปลี่ยนไปของนักท่องเที่ยว และแก้ปัญหาด้านการจัดการทรัพยากรการท่องเที่ยว ดังนั้น จึงอาจสรุปนิยามของการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ได้ว่า การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์เป็นการท่องเที่ยวที่มุ่งเน้นการอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมท้องถิ่น โดยเปิดโอกาสให้นักท่องเที่ยวมีส่วนร่วมในกิจกรรมการท่องเที่ยวของชุมชน เป็นการสร้างคุณค่าด้านประสบการณ์การท่องเที่ยวให้กับนักท่องเที่ยวโดยเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง และเป็นรูปแบบการท่องเที่ยวที่เน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่นในการบริหารจัดการทรัพยากรการท่องเที่ยว และการออกแบบรูปแบบการท่องเที่ยว (ภัณณิ แก้วสง่า และนิสาชล จำนงศรี, 2555)

แบบจำลองการจัดการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์แบบจำลองการจัดการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ของริชาร์ด (Richards, 2010b) พัฒนาขึ้นมาเพื่ออธิบายกรอบแนวคิดของการจัดการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ แสดงองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบดังแผนภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 แบบจำลองการจัดการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ของริชาร์ด (Richards, 2010b)

ที่มา: (ภัษมณี แก้วสง่า และนิสาชล จานงศรี, 2555)

การสร้างประสบการณ์และผลลัพธ์ และระดับของการจัดส่งสินค้าและบริการระดับของการสร้างประสบการณ์และผลลัพธ์ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลัก คือ ภูมิหลังสู่ความสร้างสรรค์และกิจกรรมสร้างสรรค์ อธิบายได้ดังนี้

1. ภูมิหลังสู่ความสร้างสรรค์ ได้แก่ ทรัพยากรการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมที่มีอยู่ในแหล่งท่องเที่ยวที่มีศักยภาพจะนำมาพัฒนาเป็นการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างประสบการณ์และผลลัพธ์ใน 2 ลักษณะ คือ การดู (Seeing) และการซื้อ (Buying) เช่น การเดินทางมาเยี่ยมชมแหล่งท่องเที่ยว และซื้อของที่ระลึกจากหน้าร้านของสถานที่ท่องเที่ยว ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ในการท่องเที่ยวทั่วไป

2. กิจกรรมสร้างสรรค์ เป็นกิจกรรมที่กำหนดขึ้นเพื่อให้นักท่องเที่ยวได้รับความรู้ ทักษะและประสบการณ์จากการท่องเที่ยว โดยกิจกรรมสร้างสรรค์ประกอบด้วย กิจกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ (Learning) และกิจกรรมที่เกิดจากการทดสอบหรือทดลองปฏิบัติ (Testing) เช่น การเรียนในห้องเรียน การอบรมในห้องประชุมเชิงปฏิบัติการ หรือการลงมือทำในสถานที่จริง เป็นต้นระดับของการจัดส่งสินค้าและบริการ ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 4 องค์ประกอบ คือ

1. การสร้างสรรค์ของผู้ประกอบการในการกำหนดรูปแบบการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ตามลักษณะทรัพยากรที่ปรากฏในท้องถิ่น

2. ความร่วมมือจากชุมชนในท้องถิ่น ทั้งภาครัฐและเอกชน และผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียต่าง ๆ ในการนำเสนอสินค้าและบริการสู่นักท่องเที่ยว

3. เครือข่ายหรือพันธมิตรเพื่อเพิ่มศักยภาพในการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์

4. กิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์รูปแบบต่าง ๆ ที่จะนำเสนอแก่นักท่องเที่ยว

จะเห็นว่า การเติบโตอย่างยั่งยืนของการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์จะต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ที่สำคัญคือ การเข้ามามีส่วนร่วมในการบริหารจัดการท่องเที่ยวและทรัพยากรการท่องเที่ยวของ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการจัดการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ขึ้นในท้องถิ่น(ถัยมณี แก้วสง่า และนิสาชล จานงศรี, 2555)

2.9 แม่น้ำเพชรบุรี

แม่น้ำเพชรบุรี ต้นน้ำจากเทือกเขาสูงชันทางด้านตะวันตกของจังหวัดเพชรบุรี ไหลผ่านอำเภอแก่งกระจาน อำเภอยาง อำเภอบ้านลาด อำเภอเมือง ลงสู่อ่าวไทย ที่อำเภอบ้านแหลม มีความยาว 210 กิโลเมตร เป็นแม่น้ำที่มีความสำคัญของจังหวัด ซึ่งเมื่อมาถึงอำเภอบ้านแหลม แม่น้ำจะแยกออกเป็นสองสาย สายหนึ่งออกสู่อ่าวไทยที่ตำบลบ้านแหลม อีกสายไหลไปทางทิศเหนือออกสู่อ่าวไทยที่ตำบลบางตะบูน เรียกว่า แม่น้ำบางตะบูน เพชรบุรีตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน พื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่ของจังหวัดเพชรบุรีจะอยู่ตามบริเวณสองฟากฝั่งของแม่น้ำนี้แม่น้ำเพชรบุรีส่งตะกอนมาตกสะสมเกิดเป็นท้องอกและดินดอนชายฝั่ง มีปริมาณตะกอน 46 ตัน/ตารางกิโลเมตร กลุ่มน้ำเพชรบุรีมีพื้นที่ลุ่มน้ำ 5,603 ตร.กม. หรือ 3.9 ล้านไร่ ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของ จ.เพชรบุรี มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี 1,329ล้าน ลบ.ม กลุ่มน้ำเพชรบุรีมีแม่น้ำเพชรบุรีเป็นแม่น้ำสายหลักและมีแม่น้ำสาขาที่สำคัญ 4 สาขา คือ ห้วยแม่ประจันต์ ห้วยผาก ห้วยแม่ประโคน แม่น้ำบางกลอย และแม่น้ำบางตะบูน แม่น้ำเพชรบุรีมีต้นกำเนิดจากเทือกเขาสูงชัน ตะวันออกอันเป็นเขตแดนระหว่างไทยกับพม่าไหลผ่าน แนวแกนกลางของกลุ่มน้ำในแนวตะวันตก-ออก และ ไหลลงสู่อ่าวไทย กลุ่มน้ำเพชรบุรีแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มน้ำย่อยประกอบด้วย กลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบน (2,210 ตร.กม.) กลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนกลาง (1,325 ตร.กม.) กลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนล่าง (1,325 ตร.กม.) กลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลเพชรบุรี (1,040 ตร.กม.) ปัจจุบันมีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่และกลาง 17 โครงการ โครงการขนาดเล็ก 51 โครงการ มีพื้นที่ชลประทาน 562,688ไร่ มีความจุเก็บกักน้ำ 710 ล้าน ลบ.ม.

แม่น้ำเพชรบุรีช่วงใจกลางเมืองเพชร แม่น้ำบางกลอย ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาในเขตอำเภอนองหญ้าปล้องไหลมาบรรจบ แม่น้ำเพชรบุรี บริเวณอำเภอยาง มีความยาว 45 กิโลเมตรห้วยแม่

ประโคน ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาบริเวณเขตติดต่อระหว่างอำเภอหนองหญ้าปล้อง กับอำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี และมีสาขาสำคัญ ได้แก่ ห้วยมะเร็ว ห้วยเสือกุดช้าง ห้วยสมูลแว้ง และไหลมาบรรจบแม่น้ำเพชรบุรีในบริเวณเขตอำเภอท่ายาง มีความยาว 56 กิโลเมตรห้วยผาก ต้นน้ำจากภูเขาอ่างแก้ว และภูเขาน้ำหยดในบริเวณเขตอำเภอแก่งกระจาน ไหลมารวมกับแม่น้ำเพชรบุรี ที่บริเวณได้เขื่อนแก่งกระจานในเขตอำเภอแก่งกระจาน มีความยาว 30 กิโลเมตรห้วยแม่ประจันต์ ต้นน้ำจากเทือกเขาในเขตจังหวัดราชบุรี ไหลผ่านอำเภอหนองหญ้าปล้อง และไหลมาบรรจบแม่น้ำเพชรบุรีบริเวณเหนือเขื่อนเพชรบุรีในเขตอำเภอท่ายางแม่น้ำบางตะนูน เป็นสาขาของแม่น้ำเพชรบุรี ซึ่งไหลย้อนขึ้นไปทางเหนือผ่านอำเภอเขาชัย อำเภอบ้านแหลม ออกสู่อ่าวไทยที่ปากอ่าวบางตะนูน อำเภอบ้านแหลม มีความยาวประมาณ 13 กิโลเมตร

น้ำสำหรับพระราชพิธีตามโบราณราชประเพณีจะใช้จากแม่น้ำทั้ง 5 ในประเทศสยามคือ แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำป่าสัก แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง และแม่น้ำเพชรบุรี ในการพระราชพิธีต่างๆ เป็นต้นว่าพิธีการถือน้ำพิพัฒน์สัตยา ถือน้ำจากที่นี่เช่นกันเมื่อรัชกาลที่ 5 เสด็จขึ้นครองราชย์ พ.ศ. 2411 ในการพระราชพิธีบรมราชาภิเษกตามที่ปรากฏในตราสารว่า “ ด้วยกำหนดพระฤกษ์การพระราชพิธีราชาภิเษกในวันพุธ เดือน 12 ขึ้น 6 ค่ำ ปีมะโรงสัมฤทธิศก” ต้องการน้ำเข้าพระราชพิธี จึงให้พระยาเพชรบุรีตักน้ำจากบริเวณท่าไชยจำนวนหนึ่งหม้อโดยเอาใบบอนปิดปากหม้อแล้วเอาผ้าขาวหุ้มปากหม้อ ค้ายศูกติดมันตราประจำครั้งแต่งให้กรมการผู้ใหญ่คุมลงไปส่งยังพระนคร (กรุงเทพมหานคร) สำหรับสมัญชการที่ 6 พระราชพิธีราชาภิเษกสมโภชพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชการที่ 6 ได้จัดพระราชพิธีตามมณฑลต่างๆ สำหรับมณฑลราชบุรี ได้จัดที่วัดมหาธาตุ จังหวัดเพชรบุรี โดยได้ใช้น้ำเพชรบุรี ในการพระราชพิธีนี้ในรัชการปัจจุบัน พระราชพิธีราชาภิเษก พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดชมหาราชและพระราชพิธีราชาภิเษกสมรสก็ได้ใช้น้ำจากแม่น้ำเพชรบุรี โดยประกอบพิธีน้ำอภิเษก ณ วัดมหาธาตุวรวิหาร ทำพิธีปลีกรรมตักน้ำที่เป็นสิริมงคล ณ สถานที่ศักดิ์สิทธิ์วัดท่าไชย ตำบลสมอพลอ อำเภอบ้านลาด

น้ำเสวยสำหรับเครื่องต้น เรื่องน้ำเพชรเป็น น้ำเสวยนั้น พระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาล 6 ได้ทรงกล่าวไว้ในพระราชหัตถเลขาที่มีถึงเสนาบดีกระทรวงมหาดไทย เมื่อวันที่ 26 มกราคม พ.ศ. 2465 ความตอนหนึ่งว่า...”เรื่องแม่น้ำเพชรบุรีนี้ เคยทราบมาแต่ว่าถือกันว่าเป็นน้ำดี เคยได้ยินพระบาทสมเด็จพระรามาธิบดีที่ 5 รับสั่งว่านิยมน้ำมันมีรสแปลกกว่าลำน้ำเจ้าพระยา และท่านรับสั่งพระองค์เองเคยเสวยน้ำเพชรบุรีเสียจนเคยแล้วเสวยน้ำอื่นๆ ไม่ อร่อยเลยต้องส่งน้ำเสวยจากเมืองเพชรบุรีและน้ำนั้นเป็นน้ำเสวยจริง ๆ ตลอดมา กาลปัจจุบัน” ซึ่งน่าจะเป็นความภาคภูมิใจ

ของชาวเมืองเพชรที่เล่าขานเสมอมาว่าน้ำเพชรฯ นั้นดีจืดอร่อย แม้แต่พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว และพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวก็ยังทรงโปรดเสวยน้ำเพชรที่ท่าไชยนับเป็นเกียรติคุณที่ชาวเพชรภาคภูมิใจความสำคัญของน้ำเพชรสิ้นสุดลงใน พ.ศ. 2465 โดยได้เปลี่ยนเป็นน้ำประปาแทน ทั้งนี้เพราะทางราชการได้พิจารณาเห็นว่า แม่น้ำเพชรบุรีตลอดสองฝั่งมีบ้านเรือนของราษฎรตั้งอยู่อย่างหนาแน่น น้ำในลำน้ำมีสิ่งปฏิกูลสกปรกไม่เหมาะสมที่จะเป็นน้ำเสวยอีกต่อไป จึงได้กราบบังคมทูลในรายงานของพระยายมราชเสนาบดีกระทรวงมหาดไทย ลงเมื่อวันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2465 พระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้ทรงมีพระราชกระแสให้งดการตักน้ำจากแม่น้ำเพชร (http://research.pbru.ac.th/pbri/?page_id=12)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์เกี่ยวกับการนำเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายไปใช้ประโยชน์มีดังนี้

สุวิชา โกศลวงศวิวัฒน์ (2549) ได้พัฒนาระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเพื่อแจ้งเตือนไฟฟ้า ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยอาศัยหลักการทำงานของเซนเซอร์ไร้สาย ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ คอยตรวจสอบอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงแล้วส่งข้อมูลเข้ามายังส่วนควบคุม หากมีอุณหภูมิสูงต่ำกว่าที่ตั้งไว้ระบบก็จะมีการแจ้งเตือนให้เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง

กลอยใจ กางกรณ (2551) ได้วิจัยเรื่อง การวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์บนท้องถนนโดยใช้เครือข่ายตรวจวัดแบบไร้สาย โดยใช้ระบบปฏิบัติการ TinyOS เซนเซอร์ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์และอุปกรณ์ไร้สาย Tmote Sky ผลการวิจัยพบว่า วงจรเซนเซอร์ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์สามารถใช้งานได้และผ่านการเปรียบเทียบค่าก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์โดยใช้วิธีหาค่าเฉลี่ยด้วยก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่มีความบริสุทธิ์ 99.9999 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดสามารถบันทึกลงฐานข้อมูลและสามารถแสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เป็นกราฟเส้นตามประเภทและช่วงเวลาที่ต้องการได้

เฉลิมพล ศิริอาคเนย์ (2551) ได้นำเสนอระบบควบคุมและตรวจสอบเครือข่ายตรวจไร้สาย เป็นการพัฒนาระบบการใช้งานไวร์เลสเซนเซอร์สำหรับผู้ดูแลระบบ ให้เครือข่ายมีประสิทธิภาพมาก

ที่สุด สิ่งที่ได้จากงานวิจัยนี้คือ ระบบตรวจสอบเครือข่ายที่สามารถแสดงผลได้อย่างรวดเร็วผ่านทางเว็บอินเทอร์เน็ต สามารถตรวจเช็คอุปกรณ์ในเครือข่ายได้

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

โครงการเครือข่ายสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ (Mini Monitoring Station (MMS)) (2005) ของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ประกอบไปด้วยสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ สถานีรับข้อมูล และเครื่องแม่ข่าย โดยในอุปกรณ์ตรวจสภาพอากาศนั้นประกอบไปด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดต่าง ๆ เช่น ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ ปริมาณน้ำฝน เสียง เป็นต้น การสื่อสารข้อมูลสามารถทำได้โดยผ่านสายและคลื่นวิทยุ โดยสายหากใช้สายแบบ RS485 จะสามารถสื่อสารได้สูงสุด 1200 เมตร และการสื่อสารทางเคลื่อนที่ทางศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติได้พัฒนาขึ้น 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 ทำให้สามารถนำไปติดตั้งในสถานที่ยากต่อการเดินสายสัญญาณหรือไม่มีการเสไฟฟ้าเข้าถึง

วิษณุ (2547) ได้ออกแบบระบบการควบคุมการวัดระดับน้ำและการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำในคลองชลประทาน โดยการประยุกต์ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระบบคอมพิวเตอร์ การเชื่อมต่อระบบด้วยคลื่นวิทยุ และระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ พบว่าสามารถทำการควบคุมได้ตามวัตถุประสงค์การวัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์สามารถทำได้ โดยผ่านระบบเครือข่าย และการเชื่อมต่อกับระบบประมวลผลขนาดเล็กหลายๆ ระบบเข้าด้วยกัน (ชาตรี และอาทิตย์, 2545) และยังสามารถใช้ระบบการควบคุมไร้สาย ที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมอุปกรณ์เกษตรได้ (อมรรัตน์ และบรรจบ, 2547) นอกจากนี้ยังสามารถนำเทคโนโลยีเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เว็บเทคโนโลยี เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้ในการรวบรวมข้อมูลและควบคุมระยะไกลแบบไร้สายในงานเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ (บุญธงและสมยศ, 2551; บุญธงและสมยศ, 2552)

ศิวาพร เหมียคไธสง และคณะ (2556) ได้ออกแบบ ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมและตรวจจับขโมยด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับพื้นที่เพาะปลูกมะนาว พบว่า การที่ชาวบ้านที่ปลูกมะนาวใช้สารเคมีจำนวนมากเนื่องจากการขาดความเข้าใจ สภาพแวดล้อมในการปลูกมะนาว โดยตัวแปรที่ทำให้เกิดโรคและแมลงระบาดจะเกิดจากสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่ทำให้โรคและแมลงระบาดอย่างหนัก ซึ่งชาวบ้านชาวบ้านไม่เข้าใจเงื่อนไขการระบาดของโรคและแมลง เพราะชาวบ้านไม่มีตัวตรวจจับสภาพเงื่อนไขเหล่านั้น เมื่อนำระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมเข้าไปใช้ ทำให้ชาวบ้านมีข้อมูลในการดูแลและตัดสินใจในการให้ปุ๋ยและควบคุมโรคและแมลง โดยพบว่าข้อมูลสภาพแวดล้อมทำให้ชาวบ้านควบคุมโรคและแมลงได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมและรูปแบบเส้นทาง ระบบนำทางอัจฉริยะการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์กลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบน โดยได้แบ่งการออกแบบเป็น 2 ส่วน คือ 1) สร้างระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย 2) สร้างรูปแบบเส้นทางท่องเที่ยว ในการออกแบบจะทำการออกแบบและทดสอบในห้องปฏิบัติการก่อนนำไปใช้งานจริงโดยได้ออกแบบระบบดังนี้

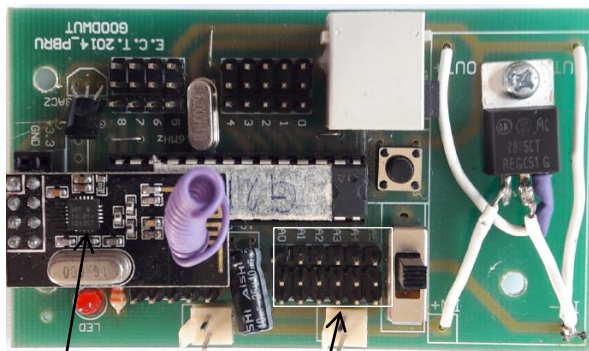
- 1) สร้างระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย
- 2) สร้างรูปแบบเส้นทางท่องเที่ยว

3.1 สร้างระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

การออกแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายได้ทำเป็น 2 ระยะเพื่อหาความเหมาะสมในการเป็นระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่เหมาะสม เพื่อให้ นักท่องเที่ยวสะดวกในการใช้งานและเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว โดยได้ออกแบบเป็น 2 รูปแบบดังนี้

3.1.1 การออกแบบบอร์ดระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายระยะที่ 1

การออกแบบบอร์ดระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายระยะที่ 1 จะออกแบบบนฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ อาร์ดูโน โดยได้พัฒนาบอร์ดขึ้นมา ดังภาพที่ 3.1



ตัวส่งสัญญาณ nrf24101 เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์

ภาพที่ 3.1 บอร์ดเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่พัฒนาขึ้น

ในบอร์ดนี้จะประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ atmega328 บูลโหลดด้วยอาดูโน ทำให้บอร์ดนี้มีคุณสมบัติเป็นบอร์ดอาดูโนทุกประการ ในการใช้งานจะใช้พอร์ต A5 สำหรับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ A4 เซ็นเซอร์ตรวจจับแสง A3 เซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิในดิน A2 เซ็นเซอร์ตรวจจับความชื้นในดิน การส่งสัญญาณจะส่งสัญญาณแบบไร้สายด้วย nrf24101 เป็นตัวส่งรับข้อมูลขนาดเล็กและมีราคาถูก การสร้างโหนดเซ็นเซอร์และโหนดฐาน ได้ออกแบบใช้บล็อกเดียวกัน ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 การสร้างโหนดเซ็นเซอร์และโหนดฐาน

เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดสภาพแวดล้อม

สำหรับเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมจะมีเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดสภาพแวดล้อมทั้งหมด 5 เซ็นเซอร์ ดังนี้

เซ็นเซอร์โหนด วัดความชื้นสัมพัทธ์และวัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์โหนดวัดความชื้นและอุณหภูมิ ในอากาศ เซ็นเซอร์นี้สามารถวัดค่าได้ 2 ค่า คือ วัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ โดยค่าความชื้นที่วัดได้อยู่ในย่าน 20-90 % ความผิดพลาด 5 % ส่วนอุณหภูมิ 0-50 C ความผิดพลาด 2 %

เซ็นเซอร์โหนดวัดอุณหภูมิ การทดสอบจะสร้างแบบจำลองขึ้นโดยแบบจำลองประกอบด้วย เครื่องเป่าลมร้อนที่กำหนดความร้อนที่ปรับค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 100-400 องศาเซลเซียส การทดลอง จะทำการปรับเครื่องเป่าลมร้อนไว้ที่ 284 องศาเซลเซียสแล้วเก็บค่าข้อมูลครั้งละ 1 นาทีโดยเริ่มเก็บค่าข้อมูลจากเครื่องวัดค่าอุณหภูมิมาตรฐานและอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์อุณหภูมิที่จะนำไปใช้งานจริง ทั้งสองค่าจะเริ่มเก็บค่าจากอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการคือ 23 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้ค่าอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าเก็บได้ จำนวน 12 ครั้ง ผลการทดสอบพบว่าค่าอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์ที่สร้างขึ้น มีค่าใกล้เคียงกับเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐาน

เซ็นเซอร์โหนดวัดความชื้นสัมพัทธ์ การทดสอบเซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์จะใช้แบบจำลองเดียวกับการทดสอบค่าอุณหภูมิ แต่เปลี่ยนแปลงการสร้างเงื่อนไขจากตัวเป่าลมร้อนเป็นการใช้สเปรย์ฉีดน้ำเป็นฝอยเข้าไปในแบบจำลอง โดยกำหนดเงื่อนไขการทดสอบเริ่มต้นจะให้ความชื้นในแบบจำลองทดสอบให้ความชื้นสัมพัทธ์เหลือ 15 เปอร์เซ็นต์ก่อนทำการทดสอบหลังจากนั้นจะฉีดสเปรย์ให้ให้ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 25 เปอร์เซ็นต์ แล้วเพิ่มค่าความชื้นสัมพัทธ์โดยสเปรย์ฉีดน้ำให้ความชื้นเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ พบว่าความชื้นสูงสุด 90 เปอร์เซ็นต์จะฉีดสเปรย์จำนวน 11 ครั้งห่างกันทุก ๆ 1 นาที เซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์มีค่าใกล้เคียงกับชุดวัดมาตรฐานเปรียบเทียบ

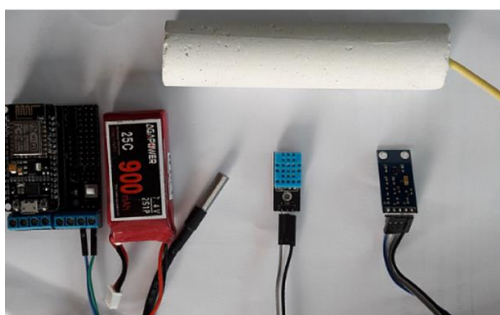
เซ็นเซอร์โหนด วัดความเข้มแสง เซ็นเซอร์โหนดวัดความสว่าง เซ็นเซอร์จะใช้อุปกรณ์ LDR และความต้านทานขนาด 10 กิโลโอห์ม นำมาต่ออนุกรมกันโดยใช้ความต้านทานต่อหลอด (pull down) โดยค่าแรงดันจะคำนวณได้จากสมการ

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

ค่าแรงดันที่ได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบบ LDR จะทำให้เกิดค่าแรงดัน Vanallog เปลี่ยนแปลง ทำให้ได้ค่าที่จะนำไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อไปควบคุมการทำงานของ ชุดคำสั่งต่อไป การต่อใช้งานจะวัดแรงดันตกคร่อมที่ความต้านทานโดยอ่านค่าสัญญาณไฟเข้ามาเป็น สัญญาณอนาลอก เพื่อนำไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

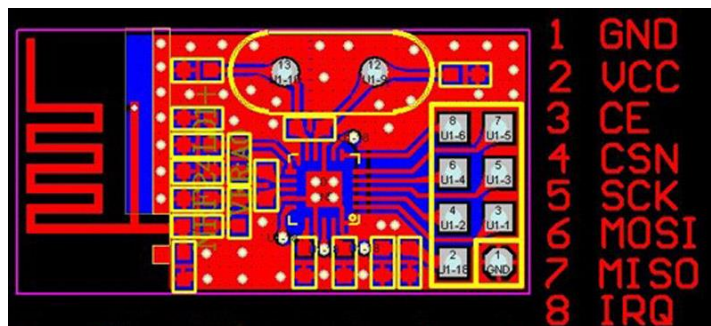
เซ็นเซอร์โหนด วัดความชื้นดิน เซ็นเซอร์โหนดวัดความชื้นในดินแสดงดังภาพที่ 3.3 เซ็นเซอร์จะทำจากขั้วโลหะสองชิ้นวางขนานกันระยะห่างระหว่างแท่งโลหะ 1 เซนติเมตร แท่งโลหะยาว 10 เซนติเมตร หุ้มแท่งโลหะด้วยปูนปาสเตอร์ ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร แท่งยาว 12 เซนติเมตรเมื่อหุ้มด้วยปูนปาสเตอร์แล้ว ขั้วต่อโลหะทั้งสองขั้วจะถูกต่อกับความต้านทาน 100 โอห์มแล้วเชื่อมต่อกับขั้วสัญญาณดิจิทัลของไมโครคอนโทรลเลอร์ และอีกขั้วต่อความต้านทาน 100 กิโลโอห์ม และเชื่อมต่อกับขั้วดิจิทัลของไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้านขั้วต่อกับขั้วโลหะที่ต่อกับความต้านทาน 100 กิโลโอห์ม จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับสัญญาณ อนาลอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการวัดความชื้นในดินจะทำการฝังตัววัดความชื้นในดินลึก 30 เซนติเมตร

เซ็นเซอร์โหนดวัดอุณหภูมิดิน เซ็นเซอร์โหนดวัดอุณหภูมิในดินเซ็นเซอร์ใช้ DS18B20 เป็นเซ็นเซอร์ที่หัววัดหุ้มด้วย สแตนเลส ขนาด 6 x 30 มิลลิเมตร สายสัญญาณยาว 100 เซนติเมตร ใช้แรงดันแหล่งจ่าย 3-5.5 โวลต์ ย่านการวัดอุณหภูมิ -55 - +125 C ในการใช้งานจะทำการฝังลงไป ในดินลึก 20 เซนติเมตร เซ็นเซอร์ทั้งหมดแสดงดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 เซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อม

ตัวรับส่งสัญญาณไร้สาย การออกแบบการรับส่งข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุ 2.4 กิกะเฮิรต์ การออกแบบในส่วนนี้ จะใช้การออกแบบโดยได้ออกแบบให้ขาของ ชุดคำสั่งสามารถรองรับขาของ อุปกรณ์ส่งสัญญาณวิทยุ nrf24l01 ดังภาพที่ 3.4



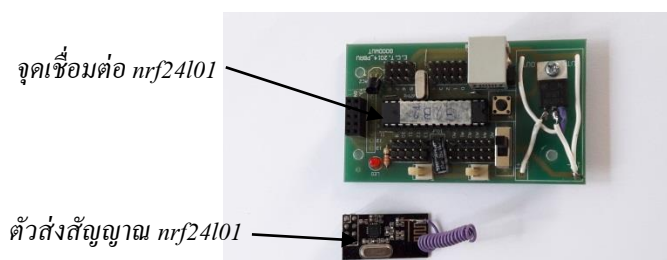
ภาพที่ 3.4 ลักษณะบอร์ด nrf24l04

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

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

การต่อใช้งาน ตัวส่งสัญญาณ nrf24l01 บนบอร์ดที่ออกแบบขึ้นแสดงดังภาพที่ 3.5

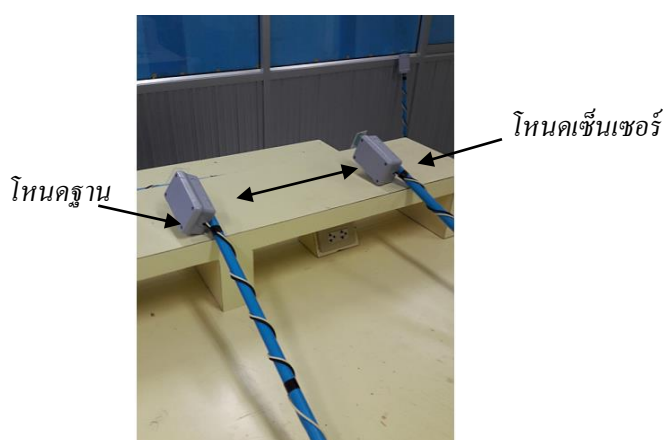


ภาพที่ 3.5 บอร์ดเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อม

การทดสอบประสิทธิภาพ จะทดสอบแต่ละรูปแบบ รูปแบบการส่งข้อมูลของการตรวจวัดสภาพแวดล้อมและการทดสอบเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ดังนี้

การทดสอบ การรับส่งข้อมูล แบบ จุดต่อจุด (point-to-point)

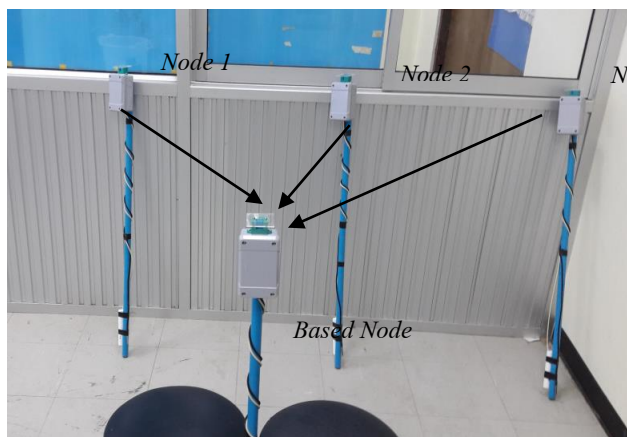
การทดสอบ การรับส่งข้อมูล แบบ จุดต่อจุด (point-to-point) แสดงดังภาพที่ 3.6 การทดสอบจะทำการทดสอบการส่งข้อมูลจากโหนดเซ็นเซอร์ ไปยังโหนดฐาน จำนวน 10 ครั้ง พบว่าสามารถส่งข้อมูลได้ทั้ง 10 ครั้ง และหลังจากนั้น ทำการทดสอบ การส่งข้อมูลระยะห่างต่าง ๆ พบว่าการส่งข้อมูลที่ดีที่สุดคือ 15-20 เมตร



ภาพที่ 3.6 การทดสอบการส่งข้อมูลแบบ จุดต่อจุด

การทดสอบเครือข่ายแบบ 3 จุด

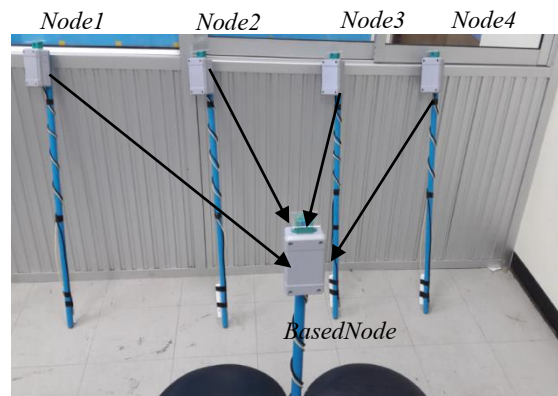
การทดสอบเครือข่ายแบบ 3 จุด แสดงดังภาพที่ 3.7 การทดสอบแบบสามจุดจะทดสอบโดยการเขียนโปรแกรมให้โหนดเซ็นเซอร์ทั้ง 3 โหนดส่งข้อมูลไปที่โหนดฐาน โดยโหนดฐานจะทำการเก็บข้อมูลให้เรียงลำดับข้อมูลเริ่มจากโหนดเซ็นเซอร์ 1 ตามด้วยโหนดเซ็นเซอร์ 2 และโหนดเซ็นเซอร์ 3 ข้อมูลทั้ง 3 โหนดจะถูกเก็บไว้ที่หน่วยความจำโหนดฐาน ก่อนจะส่งข้อมูลไปยังส่วนต่อไป เมื่อมีการเก็บข้อมูลครบทั้ง 3 ชุดข้อมูลจะส่งข้อมูลไปยังส่วนต่อไป การทดสอบจะทำการทดสอบการส่งข้อมูลจำนวน 10 ครั้ง พบว่า สามารถส่งข้อมูลและบันทึกค่าข้อมูลได้ถูกต้องทั้ง 10 ครั้ง ไม่ผิดพลาด



ภาพที่ 3.7 การทดสอบการส่งข้อมูลแบบ 3 จุด

การทดสอบเครือข่ายแบบ 4 จุด

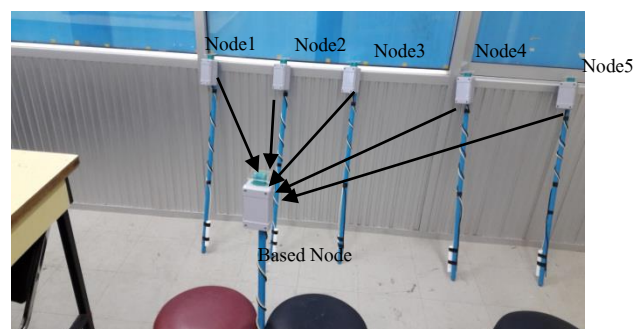
การทดสอบโหนดเซ็นเซอร์แบบ 4 จุด แสดงดังภาพที่ 3.8 การทดสอบแบบสี่จุดเป็นการทดสอบการส่งสัญญาณเป็นคู่ โดยในลำดับแรกให้โหนด 1 และโหนด 2 ส่งข้อมูลไปยัง เบสโหนด โดยทำการเก็บข้อมูลไว้ที่ เบสโหนดเมื่อครบทั้ง 2 โหนดแล้วจึงส่งไปโหนดสถานี อีก 30 วินาทีต่อมา ให้โหนด 3 และโหนด 4 ส่งข้อมูลไปบันทึกที่โหนดเบส เมื่อครบทั้ง 2 โหนดแล้วจึงส่งไปยังสถานี ทำการทดสอบข้อมูลโดยการส่งข้อมูลเป็นเวลา 30 นาที พบว่า การทดสอบแบบ 4 จุด สามารถส่งข้อมูลได้ 90 เปอร์เซนต์



ภาพที่ 3.8 การทดสอบการส่งข้อมูลแบบ 4 จุด

การทดสอบเครือข่ายแบบ 5 จุด

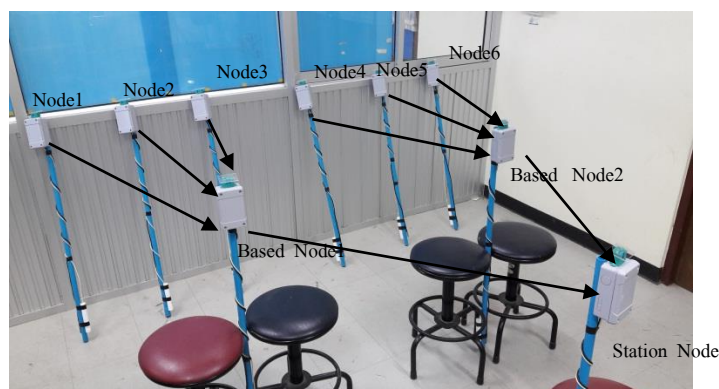
การทดสอบโหนดเซ็นเซอร์แบบ 5 จุด แสดงดังภาพที่ 3.9 การทดสอบแบบ 5 จุดเป็นการทดสอบการส่งสัญญาณเป็น โดยในลำดับแรกให้โหนด 1 และโหนด 2 และโหนด 3 ส่งข้อมูลไปยังเบสโหนด โดยทำการเก็บข้อมูลไว้ที่ เบสโหนดเมื่อครบทั้ง 3 โหนดแล้วจึงส่งไปโหนดสถานี อีก 30 วินาทีต่อมาให้โหนด 4 และโหนด 5 ส่งข้อมูลไปบันทึกที่โหนดเบส เมื่อครบทั้ง 2 โหนดแล้วจึงส่งไปยังสถานี ทำการทดสอบข้อมูลโดยการส่งข้อมูลเป็นเวลา 30 นาที พบว่า การทดสอบแบบ 5 จุด สามารถส่งข้อมูลได้ 80 เปอร์เซนต์มีความผิดพลาด เกิดขึ้น



ภาพที่ 3.9 การทดสอบการส่งข้อมูลแบบ 5 จุด

การทดสอบเครือข่ายแบบ 9 จุด

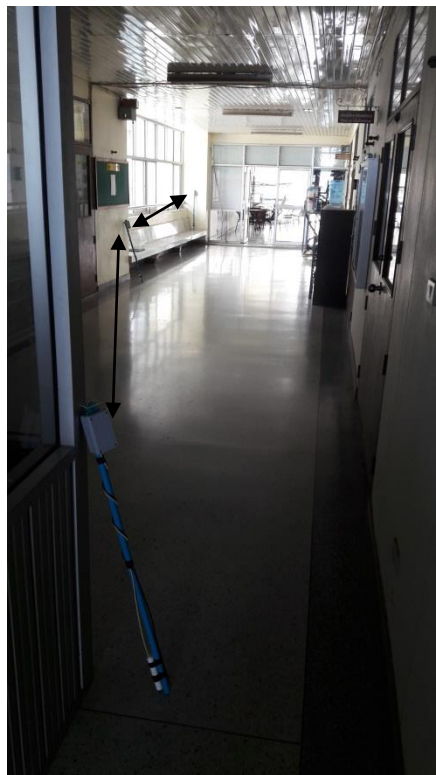
การทดสอบโหนดเซ็นเซอร์แบบ 9 จุด แสดงดังภาพที่ 3.10 การทดสอบแบบ 9 จุดเป็นการทดสอบการส่งสัญญาณเป็น โดยในลำดับแรกให้โหนด 1 โหนด 2 และโหนด 3 ส่งข้อมูลไปยัง เบสโหนด 1 ทำการบันทึกข้อมูลทั้ง 3 โหนดไว้ที่ เบสโหนด 1 เมื่อข้อมูลถูกส่งมาครบทั้ง 3 โหนด ที่เบสโหนด 1 จะส่งข้อมูลทั้ง 3 โหนด และข้อมูลของเบสโหนดเองไปยังโหนดสถานี ต่อมาอีก 30 วินาที โหนด 4 โหนด 5 และโหนด 6 จะส่งข้อมูลไปยังเบสโหนด 2 เมื่อข้อมูลส่งมาครบทั้ง 3 โหนด เบสโหนด 2 จะส่งข้อมูลทั้ง 3 โหนดและข้อมูลของโหนด 3 ไปยังโหนดสถานี ที่โหนดสถานีจะมีข้อมูลสภาพแวดล้อมทั้ง 8 โหนดและข้อมูลของโหนดสถานีรวมเป็น 9 ชุดข้อมูล ผลการทดสอบพบว่า ข้อมูลทั้ง 9 โหนด มีความสมบูรณ์ 100 เปอร์เซ็นต์ การส่งรูปแบบนี้ดีที่สุด



ภาพที่ 3.10 การทดสอบการส่งข้อมูลแบบ 9 จุด

การทดสอบระยะการส่งสัญญาณ

การทดสอบการส่งนอกจากการทดสอบภายในห้องที่ระยะใกล้แล้วยังทำการทดสอบให้มีระยะห่างขึ้นทดสอบนอกห้องปฏิบัติการดังภาพที่ 3.11 ผลการทดสอบพบว่า สามารถส่งข้อมูลได้ที่ระยะเหมาะสมที่สุด 15-20 เมตร



ภาพที่ 3.11 การทดสอบการส่งข้อมูลแบบ 3 จุดนอกห้องปฏิบัติการ

3.1.2 การออกแบบบอร์ด ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ระยะที่ 2

การออกแบบในระยะที่ 2 จะใช้บอร์ด nodeMCU8266 ในการออกแบบดังภาพที่ 3.12 โดยได้นำคุณสมบัติของ nodeMCU8266 มาใช้งาน ให้ทำงานร่วมกับ ระบบ ไร้ไฟ เพื่อให้ได้ โหนดที่ทำงานเป็นอิสระ แต่ละโหนดจะถูกจัดสรรไอพีแอดเดรส จากไฟไร้ ทำให้สามารถเขียนเว็บไซต์เพื่อเข้าถึงข้อมูลแต่ละโหนดได้



ภาพที่ 3.12 การทดสอบการส่งข้อมูลแบบ 3 จุด

สำหรับไวไฟในการกระจายตำแหน่งไอพีแสดงดังภาพที่ 3.13 โดยที่ไวไฟนี้สามารถเชื่อมต่อ กับ aircard เชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตได้



ภาพที่ 3.13 ชุดกระจายตำแหน่งไอพีแอดเดรส

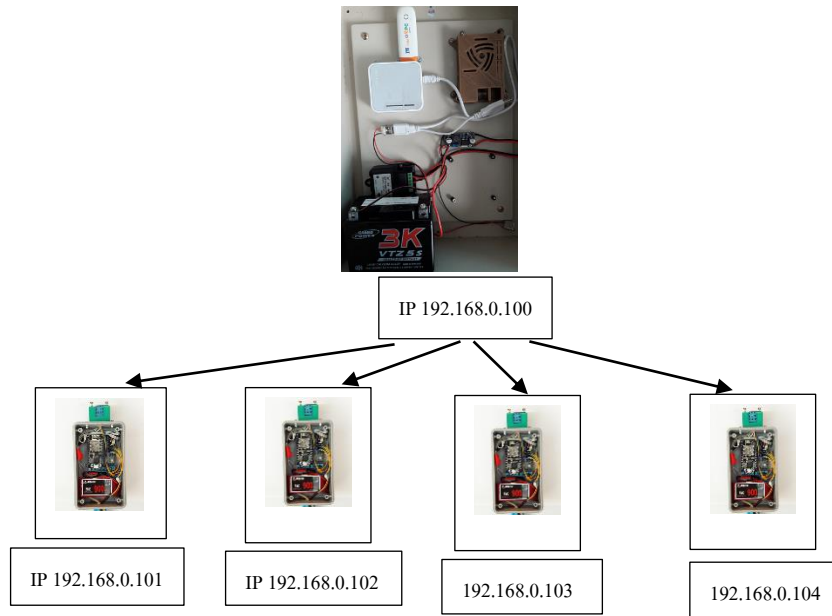
โหนดเซ็นเซอร์ในระยะที่ 2 แสดงดังภาพที่ 3.14 ประกอบด้วย บอร์ด nodeMCU8266 เซ็นเซอร์ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เซ็นเซอร์วัดความสว่าง เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน อุณหภูมิในดิน เซ็นเซอร์วัดพลังงานแบตเตอรี่



ภาพที่ 3.14 ภายในโหนดเซ็นเซอร์

การทดสอบ จะทำการทดสอบการรับและส่งข้อมูลผ่านระบบ WIFI ดังภาพที่ 3.15 โดยจะ ส่งข้อมูล จำนวน 10 ครั้ง และเวลาในการรับส่งข้อมูลห่างกัน 30 วินาที พบว่าสามารถส่งข้อมูลได้

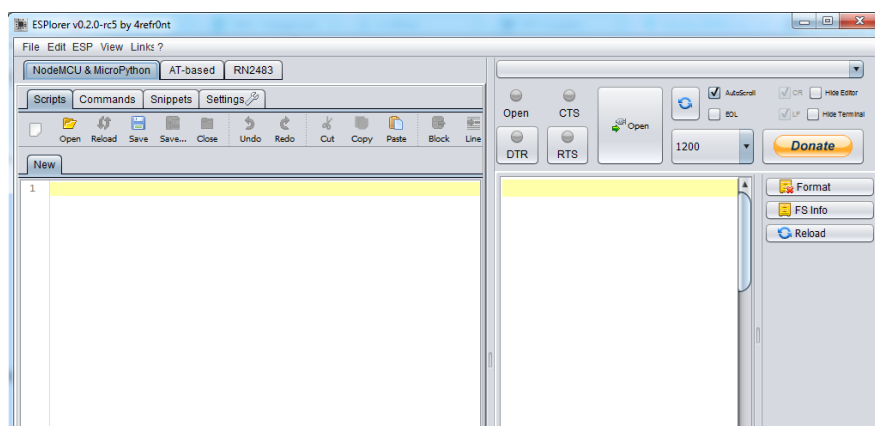
10 ครั้งโดยไม่ผิดพลาด ผลการทดสอบพบว่าการติดต่อโหนดเซ็นเซอร์สามารถส่งข้อมูลได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 3.15 การทดสอบโหนดเซ็นเซอร์

การออกแบบซอฟต์แวร์

การออกแบบซอฟต์แวร์จะใช้ซอฟต์แวร์ Lua และโปรแกรม arduino ในการออกแบบ โดยใช้ดีเตอร์ โปรแกรม ESPlorer ในการเขียนโปรแกรมดังภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 โปรแกรม ESPlorer

ตัวอย่างโปรแกรมในการใช้งาน ดังภาพที่ 3.17 โดยเป็นส่วนติดตั้งไวไฟ ไอพี

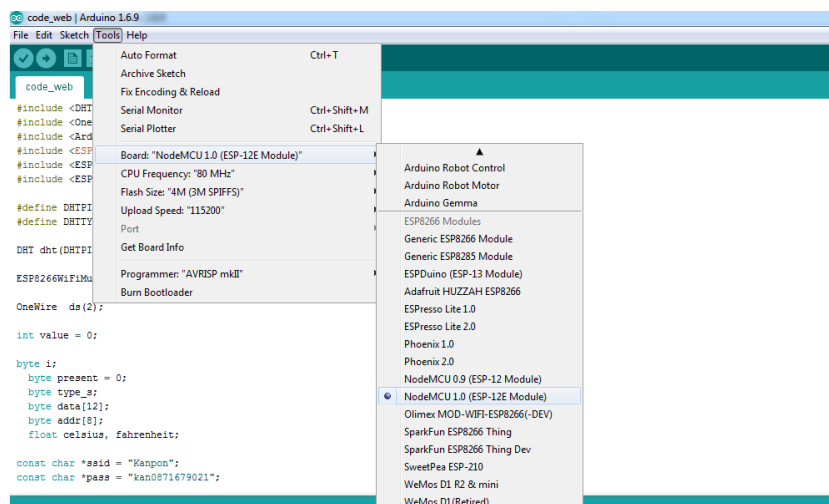
```

-- init.lua --
-- Network Variables
ssid = "TP-LINK_POCKET_3020_E23790"
pass = ""
-- Byline
print("\nAllAboutCircuits.com NodeMCU Example\n")
-- Configure Wireless Internet
wifi.setmode(wifi.STATION)
print('set mode=STATION (mode='..wifi.getmode()..')\n')
print('MAC Address: ',wifi.sta.getmac())
print('Chip ID: ',node.chipid())
print('Heap Size: ',node.heap(),'\n')
-- Configure WiFi
wifi.sta.config(ssid,pass)
dofile("main.lua")

```

ภาพที่ 3.17 โปรแกรม Lua ส่วนติดตั้ง ไอพี

โปรแกรม arduino เป็นโปรแกรมในการเขียนควบคุมบอร์ด nodeMCUesp8266 เช่นเดียวกัน โปรแกรมดังภาพที่ 3.18

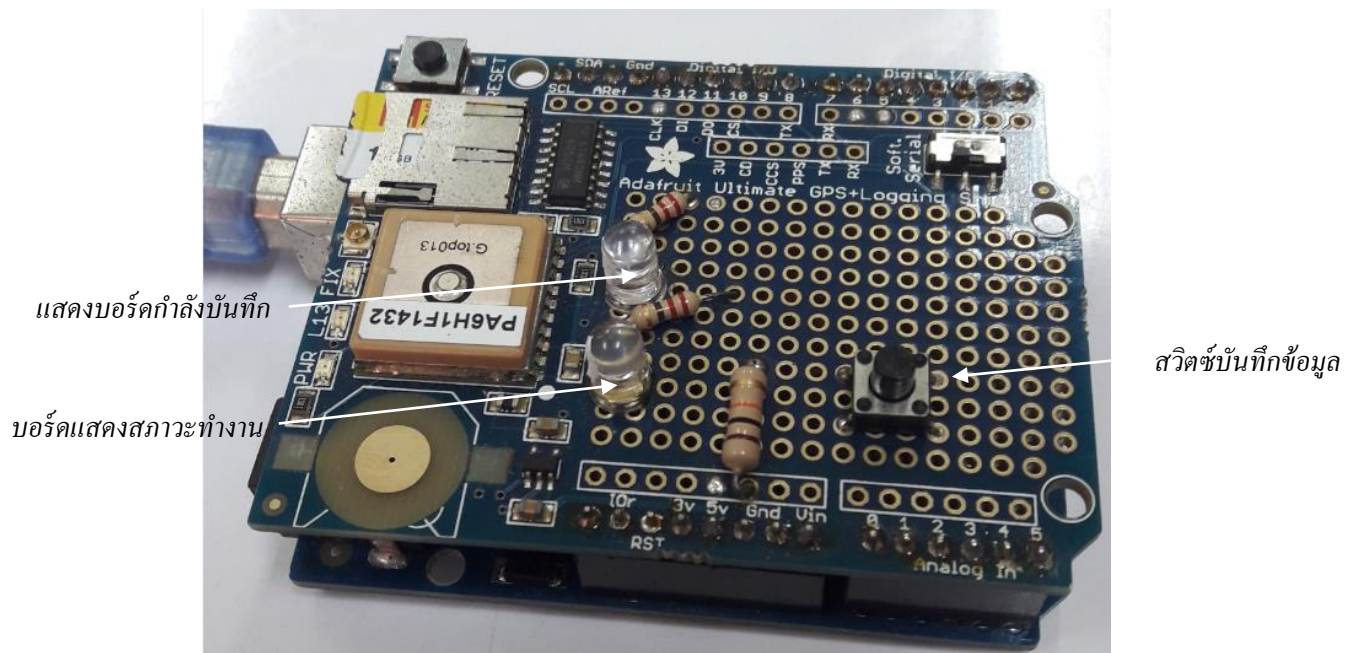


ภาพที่ 3.18 โปรแกรม arduino ควบคุมบอร์ด nodeMCU8266

3.2 สร้างรูปแบบเส้นทางและระบบนำทางอัจฉริยะการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน

3.2.1 การใช้บอร์ด arduino ในการสร้างระบบนำทางด้วยดาวเทียม

การออกแบบจะใช้บอร์ดของ Adafruit Ultimate GPS+Logging shield เป็นบอร์ดในการจับเส้นทาง การท่องเที่ยว ได้ออกแบบ ปุ่มการทำงานเพิ่มเติมดังภาพที่ 3.19 เพื่อให้่ายในการจับเส้นทาง



ภาพที่ 3.19 การทดสอบการส่งข้อมูลแบบ 3 จุด

การทดสอบนำร่องจากพระนครศรีบุรี ถึง บ้านท่าแลง หมู่ 6 อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี เพื่อทดสอบการนำเส้นทาง โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นไฟล์นามสกุล .txt แสดงดังภาพที่ 3.20

```
File Edit Format View Help
$GPRMC,083227.000,A,1259.0154,N,09952.1496,E,14.11,122.60,251217,,,A*50
$GPRMC,083229.000,A,1259.0108,N,09952.1557,E,13.85,124.22,251217,,,A*51
$GPRMC,083230.213,A,1259.0077,N,09952.1589,E,13.88,127.86,251217,,,A*53
$GPRMC,083233.000,A,1258.9987,N,09952.1661,E,14.91,136.68,251217,,,A*54
$GPRMC,083234.000,A,1258.9953,N,09952.1684,E,15.20,137.90,251217,,,A*5C
$GPRMC,083236.213,A,1258.9877,N,09952.1759,E,16.97,136.32,251217,,,A*5E
$GPGGA,083238.000,1258.9815,N,09952.1829,E,1.03,2.33,167.9,M,-26.6,M,,*47
$GPRMC,083239.000,A,1258.9783,N,09952.1875,E,18.03,133.64,251217,,,A*51
$GPRMC,083242.213,A,1258.9698,N,09952.2033,E,18.16,127.03,251217,,,A*5F
$GPRMC,083245.000,A,1258.9630,N,09952.2178,E,19.11,119.17,251217,,,A*5A
$GPRMC,083246.000,A,1258.9610,N,09952.2224,E,18.93,116.45,251217,,,A*52
$GPRMC,083247.000,A,1258.9593,N,09952.2275,E,19.01,113.74,251217,,,A*52
$GPGGA,083259.000,1258.9517,N,09952.3033,E,1.03,2.33,164.6,M,-26.6,M,,*42
$GPRMC,083259.000,A,1258.9517,N,09952.3033,E,23.20,96.49,251217,,,A*5D
$GPRMC,083300.213,A,1258.9517,N,09952.3133,E,23.51,97.60,251217,,,A*68
$GPGGA,083302.000,1258.9501,N,09952.3262,E,1.03,2.33,164.1,M,-26.6,M,,*4B
$GPRMC,083302.000,A,1258.9501,N,09952.3262,E,24.15,99.07,251217,,,A*62
$GPGGA,083303.000,1258.9488,N,09952.3341,E,1.03,2.33,164.0,M,-26.6,M,,*4B
$GPRMC,083303.000,A,1258.9488,N,09952.3341,E,24.72,100.46,251217,,,A*56
$GPGGA,083304.000,1258.9463,N,09952.3384,E,1.03,2.33,163.8,M,-26.6,M,,*4F
$GPRMC,083304.000,A,1258.9463,N,09952.3384,E,23.30,103.81,251217,,,A*54
$GPGGA,083305.000,1258.9443,N,09952.3442,E,1.03,2.33,163.7,M,-26.6,M,,*4E
$GPRMC,083305.000,A,1258.9443,N,09952.3442,E,23.00,104.89,251217,,,A*56
$GPGGA,083306.000,1258.9420,N,09952.3516,E,1.03,2.33,163.5,M,-26.6,M,,*4A
$GPRMC,083306.213,A,1258.9412,N,09952.3533,E,1.03,2.33,163.5,M,-26.6,M,,*4C
$GPRMC,083306.213,A,1258.9412,N,09952.3533,E,22.59,106.57,251217,,,A*5A
$GPGGA,083308.000,1258.9375,N,09952.3642,E,1.03,2.33,163.2,M,-26.6,M,,*46
$GPRMC,083308.000,A,1258.9375,N,09952.3642,E,22.28,107.93,251217,,,A*58
$GPGGA,083309.000,1258.9356,N,09952.3707,E,1.03,2.33,163.1,M,-26.6,M,,*45
$GPRMC,083309.000,A,1258.9356,N,09952.3707,E,22.42,108.25,251217,,,A*56
$GPGGA,083310.000,1258.9336,N,09952.3771,E,1.03,2.33,162.9,M,-26.6,M,,*43
$GPRMC,083310.000,A,1258.9336,N,09952.3771,E,22.22,108.35,251217,,,A*5E
$GPGGA,083311.000,1258.9315,N,09952.3831,E,1.03,2.33,162.8,M,-26.6,M,,*49
$GPRMC,083311.000,A,1258.9315,N,09952.3831,E,21.95,108.55,251217,,,A*5C
```

ภาพที่ 3.20 ข้อมูลแสดงพิกัดตำแหน่งของแผนที่

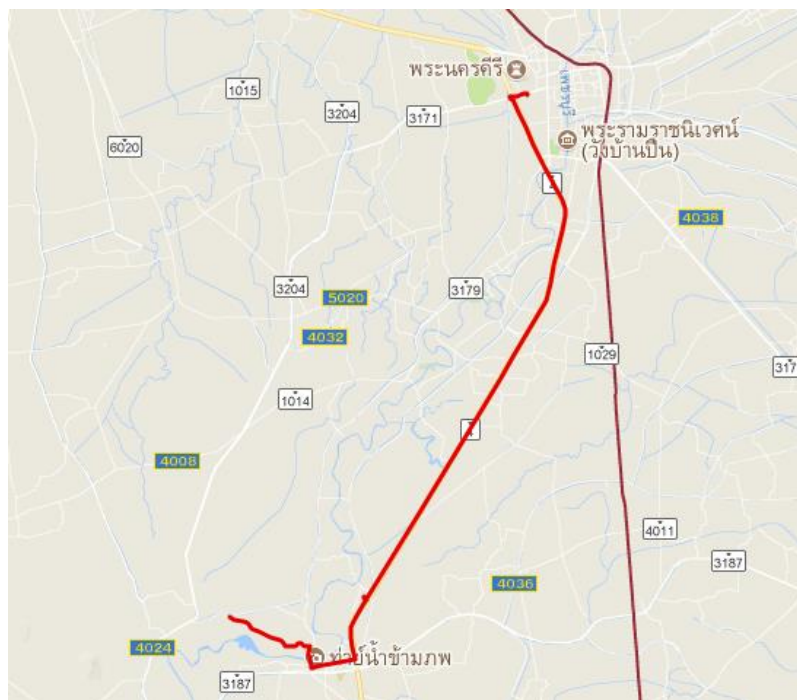
ผลการจับเส้นจะนำข้อมูลนามสกุล .txt ไปสร้างเส้นทางในโปรแกรม gpsVisualizer แสดง ดังภาพที่ 3.21



ภาพที่ 3.21 โปรแกรม gpsVisualizer

ที่มา: <http://www.gpsvisualizer.com/>

เมื่อนำข้อมูลไปสร้างแผนที่ในโปรแกรม gpsVisualizer จะได้แผนที่ระหว่างพระนครคีรีกับหมู่บ้านท่าแลง ดังภาพที่ 3.23



ภาพที่ 3.23 เส้นทางระหว่างพระนครคีรีกับหมู่บ้านท่าแลง

3.2.2 การใช้บอร์ด Raspberry pi ในการสร้างระบบนำทางด้วยดาวเทียม

การออกแบบจะใช้บอร์ด Raspberry pi3 เป็นบอร์ดราสเบอร์รี่พาย3 มีชิพสัญญาณ 64 บิต ความเร็วของชิพ 400 Mhz รองรับ Bluetooth 4.0 และ รองรับ HDMI/Composite ผ่านทาง RCA Jack ดังภาพที่ 3.24



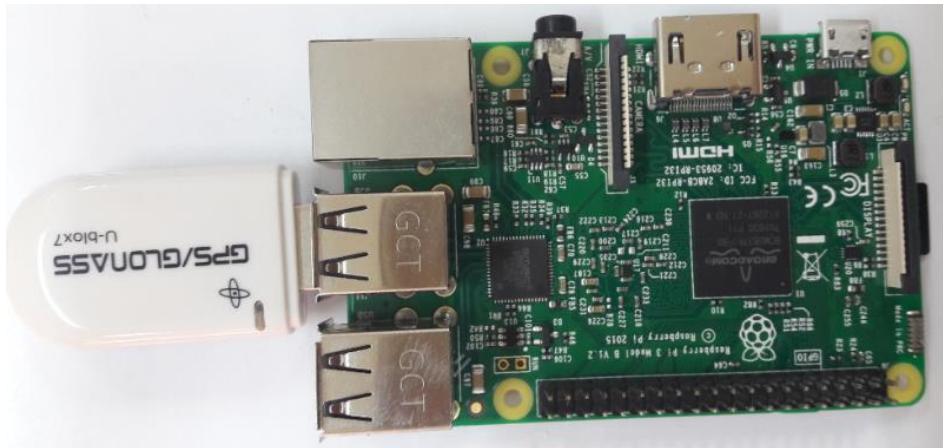
ภาพที่ 3.24 บอร์ด Raspberry pi

ส่วนดาวเทียม GPS ใช้ GPS U-blox7 ในรูปแบบ USBGPS ดังภาพที่ 3.25



ภาพที่ 3.25 โมดูล gpsUSB

การใช้งานเพียงติดตั้ง GPS ที่พอร์ต USB ที่บอร์ด Raspberry pi3 ดังภาพที่ 3.26



ภาพที่ 3.26 การเชื่อมต่อ gpsUSB เข้ากับบอร์ด Raspberry pi

การออกแบบโปรแกรม อ่านค่าตำแหน่ง ในการออกแบบโปรแกรมจะใช้โปรแกรมภาษาไพทอน เป็นโปรแกรมในการประมวลผลรับค่าข้อมูลจาก โมดูล GPS เพื่อนำมาสร้างเป็นไฟล์ข้อมูล โปรแกรมที่ใช้งานแสดงดังภาพที่ 3.27

```
import gps
session = gps.gps("localhost", "2947")
session.stream(gps.WATCH_ENABLE | gps.WATCH_NEWSTYLE)

while True:
    try:
        report = session.next()
        if report['class'] == 'TPV':
            if hasattr(report, 'lat'):
                print report.lat
            if hasattr(report, 'lon'):
                print report.lon
            file = open('gps_data1.csv','a')
            file.write(str(report.lat)+'-'+str(report.lon)+"\n")
            file.close()
```

```
except KeyError:
```

```
    pass
```

```
except KeyboardInterrupt:
```

```
    quit()
```

```
except StopIteration:
```

```
    session = None
```

```
    print "GPSD has terminated"
```

ภาพที่ 3.27 โปรแกรมบันทึกข้อมูลค่าพิกัดตำแหน่ง

การทดสอบนำร่องจากบ้านท่าเลง หมู่ 6 อำเภอท่ายางถึงพระนครศรี ข้อมูลที่ได้ จะอยู่ในรูปข้อมูล นามสกุล .csv สามารถนำมาแสดงผลดังภาพที่ 3.28

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	12.900525833	99.858315333											
2	12.900525833	99.858315333											
3	12.900525833	99.858315333											
4	12.900525833	99.858315333											
5	12.900413171	99.858234862											
6	12.900413167	99.858234833											
7	12.900304298	99.858160862											
8	12.900304323	99.858160833											
9	12.900152349	99.858063226											
10	12.900152333	99.858063167											
11	12.900079959	99.858005013											
12	12.90008	99.8580005											
13	12.899965199	99.857822932											
14	12.899965167	99.857822833											
15	12.899848363	99.857852849											
16	12.899848333	99.857852833											
17	12.899725961	99.857772961											
18	12.899725833	99.8577774											
19	12.899621432	99.857694319											
20	12.899621333	99.857694333											
21	12.899606629	99.857612621											
22	12.899596687	99.8576125											
23	12.899596311	99.857531054											
24	12.899593667	99.857531											
25	12.899272641	99.857454744											
26	12.89927267	99.857454833											
27	12.89915044	99.857374617											
28	12.89915005	99.8573745											
29	12.899029182	99.857293346											
30	12.899029167	99.857293333											

ภาพที่ 3.28 ข้อมูลแสดงด้วยโปรแกรม excel

หลังจากได้ไฟล์ข้อมูลที่เป็นพิกัดแผนที่แล้วสามารถนำไปสร้างเส้นทางโดยสามารถเขียนโปรแกรมด้วยโปรแกรมภาษาไพทอน ดังภาพที่ 3.29

```
import pygmaps
```

```
mymap = pygmaps.maps(12.982054596,99.859754417, 14)
```

```
infile = open('gps_data1.csv')
```

```
lines = infile.read().split('\n')
```

for coord in lines:

```
loc = coord.split(',')

```

```
mymap.addpoint(float(loc[0]), float(loc[1]))

```

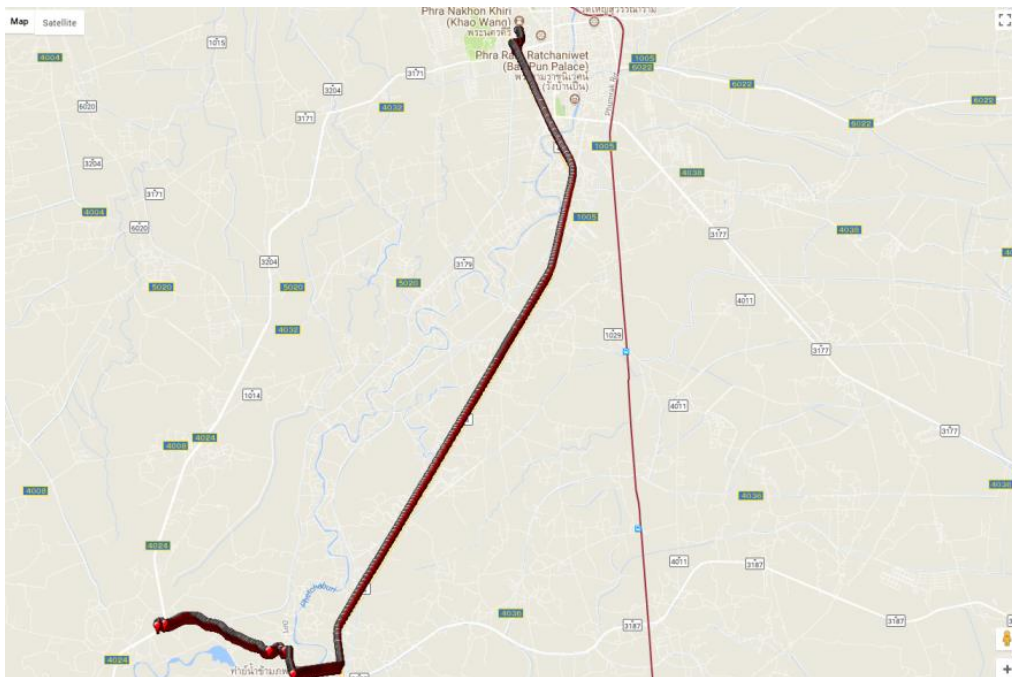
```
mymap.draw('./mymap2.html')

```

```
print "OK"
```

ภาพที่ 3.29 โปรแกรมสร้างเส้นทางแผนที่

เมื่อรันโปรแกรม ดังภาพที่ 3.29 โปรแกรมนี้จะสร้างไฟล์ mymap2.html เมื่อนำไฟล์ mymap2.html ไปรันบน เบรเซอร์ จะแสดงแผนที่ดังภาพที่ 3.30



ภาพที่ 3.30 เส้นทางที่โปรแกรมสร้างขึ้น

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างบอร์ดเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ได้มีการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานในห้องปฏิบัติการและทำการทดสอบการทำงานจริงในไร่มะนาวและกล้วย ผลการทดสอบประสิทธิภาพเป็นดังนี้

- 1) ผลการใช้งานระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย
- 2) ผลการใช้งานรูปแบบเส้นทางการท่องเที่ยว

4.1 ผลการใช้งานระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

4.1.1 ระบบเครือข่ายใช้บอร์ด Arduino

การติดตั้งและทดสอบเบื้องต้นในสถานที่จริงในส่วนมะนาว แสดงดังภาพที่ 4.1 และในส่วนกล้วยแสดงดังภาพที่ 4.2 การทดสอบเบื้องต้นจะนำระบบไปติดตั้งในสถานที่จริง จำนวน 20 โหนดเพื่อทดสอบกับสภาพแวดล้อมจริง ผลการทดสอบพบว่า ระบบสามารถทำงานได้ แต่มีการส่งข้อมูลที่ขาดหายในบางช่วงเวลา แต่ในภาพรวมสามารถเก็บข้อมูลได้ บันทึกข้อมูลลงในการ์ดหน่วยความจำและหน่วยความจำที่โหนดฐานได้ นอกจากนั้นสามารถส่งข้อมูลขึ้นเว็บไซต์ได้

การทดสอบประสิทธิภาพในพื้นที่จริง พื้นที่ปลูกมะนาว การติดตั้งในส่วนมะนาวจะติดตั้งโหนดให้ห่างกันเป็นระยะ 15 เมตร ซึ่งจากการทดสอบสามารถส่งข้อมูลได้ดี แสดงดังภาพที่ 4.1



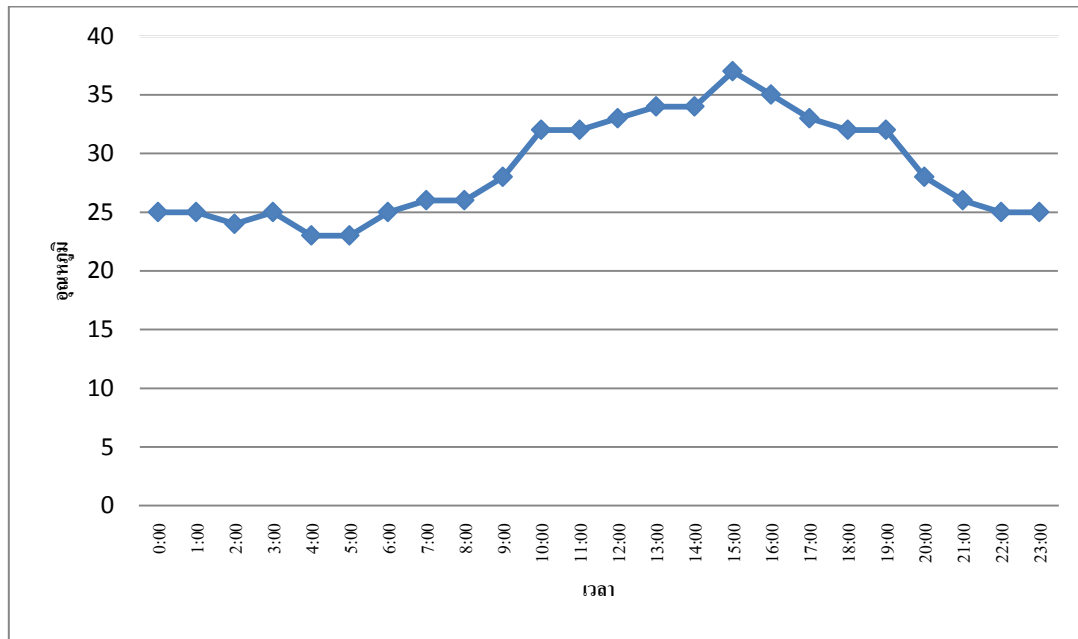
ภาพที่ 4.1 การติดตั้งโหนดเซ็นเซอร์ในสวนมะนาว

4.1.2 ผลข้อมูลจากการเก็บสภาพแวดล้อมในสถานที่จริงในสวนมะนาว

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับสภาพแวดล้อมในไร่มะนาวมีความสำคัญจากการติดตั้งในระบบจริงผลของค่าต่างๆจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์สภาพตามที่เป็นจริงเพื่อให้คำแนะนำและป้อนสำหรับมะนาว ในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบโดยเก็บข้อมูลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เป็นข้อมูลให้นักท่องเที่ยวได้เรียนรู้การให้น้ำและปุ๋ยกับมะนาว การเก็บข้อมูลประกอบด้วย ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ความชื้นในดิน อุณหภูมิในดิน แหล่งพลังงาน แล้วนำข้อมูลมาแสดงผลด้วยกราฟดังนี้

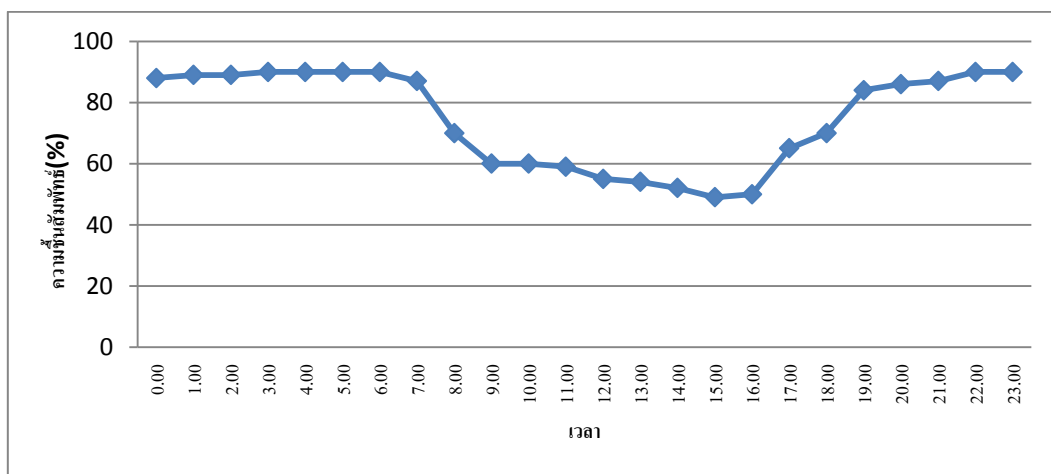
อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์พบว่าค่าของอุณหภูมิดังภาพที่ 4.2 มีค่าสม่ำเสมอในตอนกลางคืนตั้งแต่เวลา 22:00 นาฬิกา ถึงเวลา 6:00 นาฬิกา โดยค่าของอุณหภูมิที่เก็บได้จะมีค่าระหว่าง 24-28 องศาเซลเซียส ตั้งแต่เวลา 7:00 นาฬิกาถึงเวลา 21:00 นาฬิกาอุณหภูมิจะมีค่าสูงถึง 35 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงอุณหภูมิ

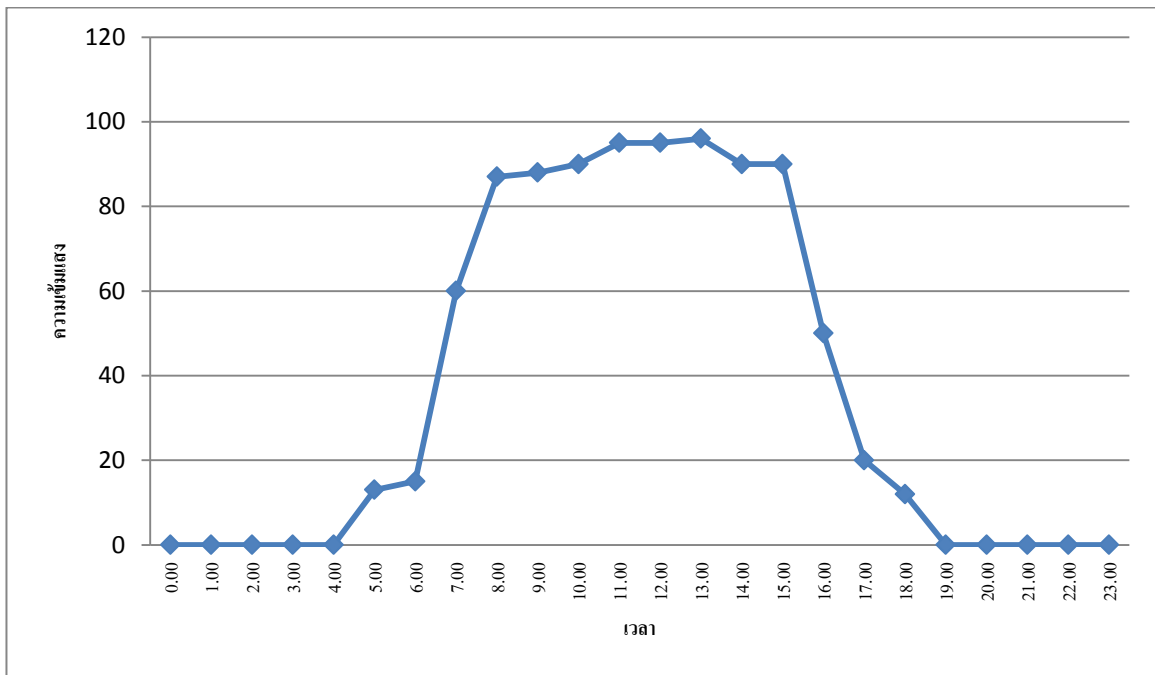
สำหรับค่าความชื้นสัมพัทธ์ภาพที่ 4.3 พบว่า ช่วงเวลาตั้งแต่ 19:00 นาฬิกาถึง 7:00 นาฬิกา ค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 80-90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเวลาตั้งแต่ 9:00 นาฬิกา ถึงเวลา 16:00 นาฬิกา พบว่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าต่ำสุด 49 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4.3 กราฟความชื้นสัมพัทธ์

ความเข้มแสง

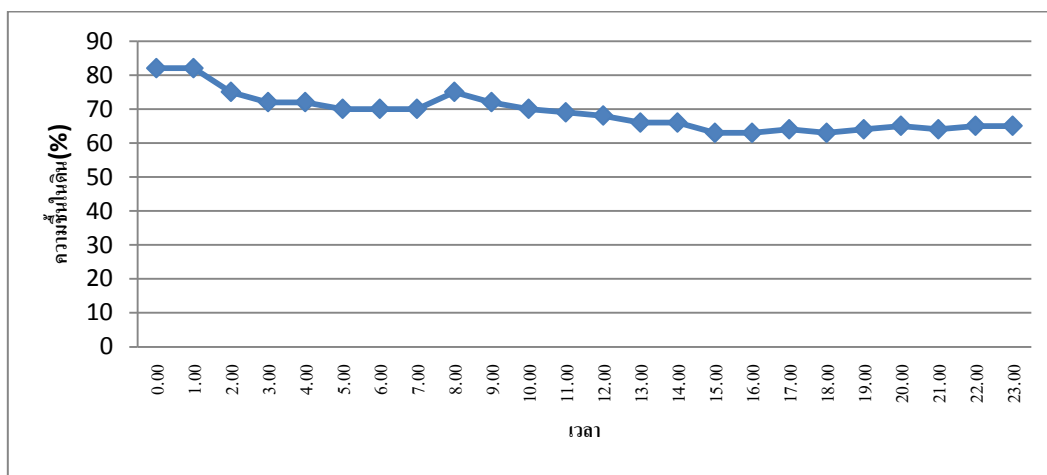
ความเข้มแสง พบว่าในช่วงเวลากลางวันความเข้มแสงมีค่าอยู่ระหว่าง 80-95 เปอรเซ็นต์ ซึ่งแสงสว่างจะมีสูงในช่วงเวลา 8:00 นาฬิกา ถึง เวลา 15:00 นาฬิกา ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 กราฟความเข้มของแสง

ความชื้นในดิน

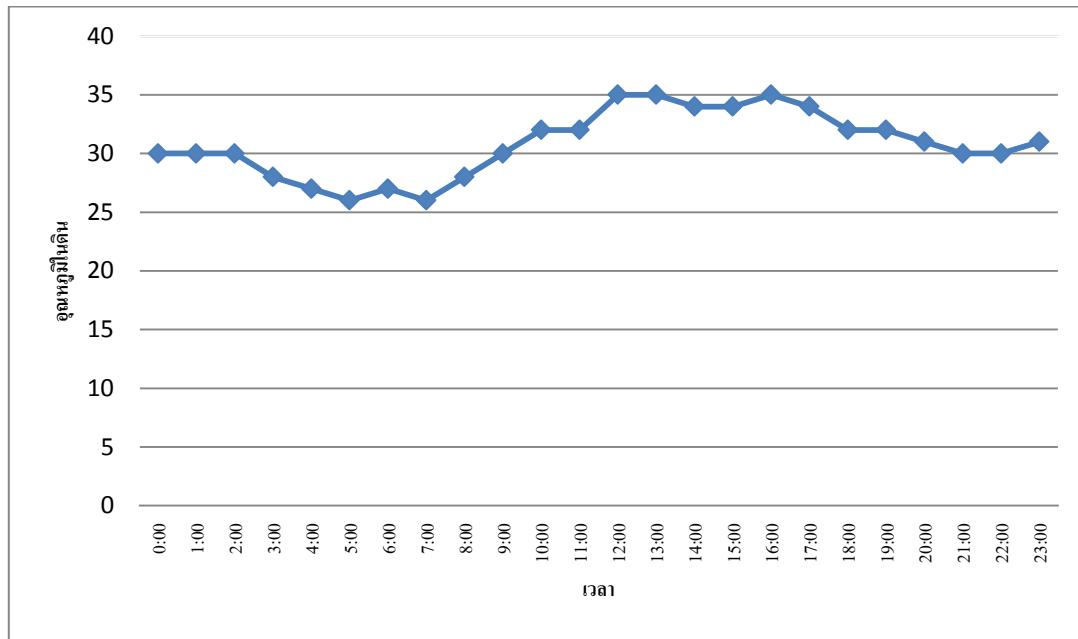
ความชื้นในดินพบว่า ในช่วงเวลา 8:00 นาฬิกาถึง 18:00 นาฬิกาโดยความชื้นลดลง เหลือ 75 เปอรเซ็นต์และจะลดลงไปเรื่อย ๆ ดังกราฟแสดงดังภาพที่ 4.5 โดยความชื้นในดินจะลดลงน้อยกว่า 30 เปอรเซ็นต์ ชาวสวนมะนาวจะให้น้ำมะนาว ปกติเมื่อให้น้ำมะนาวความชื้นในดินจะมีประมาณ 90-100 เปอรเซ็นต์ และจะหายไปในระยะเวลา 2-3 อาทิตย์ขึ้นอยู่กับความเข้มแสงและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ จากการทดสอบพบว่า ในงานวิจัยนี้ดินลดความชื้นลงจาก 100 เปอรเซ็นต์ เหลือ 30 เปอรเซ็นต์ ใช้เวลา 15 วัน



ภาพที่ 4.5 กราฟความชื้นในดิน

อุณหภูมิในดิน

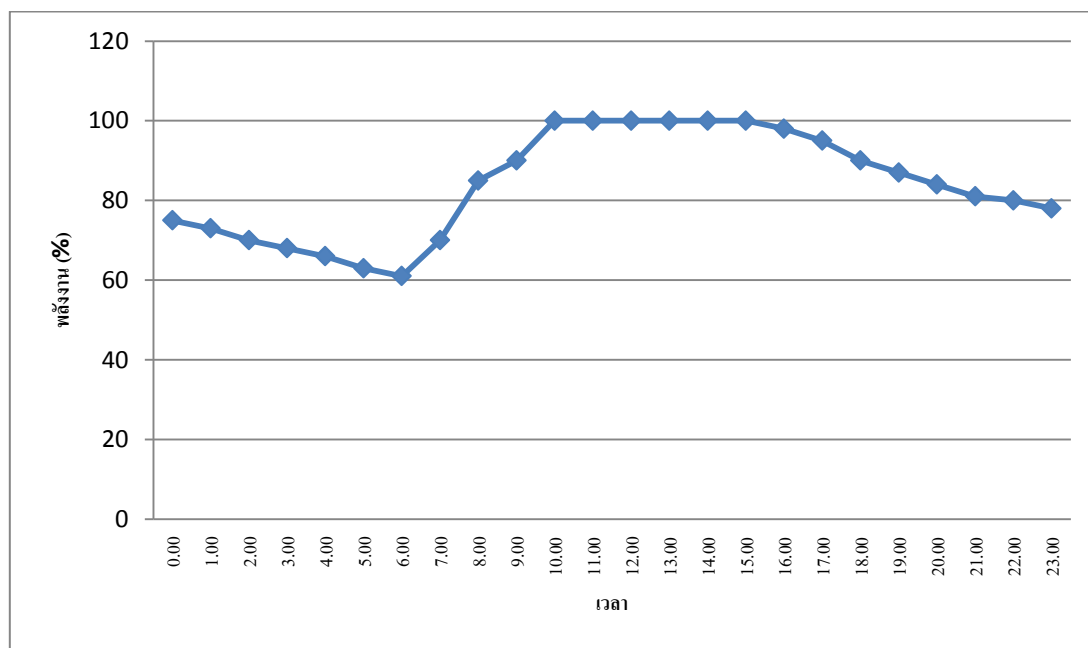
อุณหภูมิในดินพบว่าการเปลี่ยนแปลงไม่มากในตอนกลางคืนแต่จะเปลี่ยนแปลงมากในตอนกลางวัน แสดงดังภาพที่ 4.6 โดยพบว่าในตอนกลางคืนตั้งแต่เวลา 2:00 นาฬิกา ถึงเวลา 9:00 นาฬิกามีค่าอุณหภูมิตดลง โดยค่าของอุณหภูมิที่เก็บได้จะมีค่าระหว่าง 25-27 องศาเซลเซียส ตั้งแต่เวลา 12:00 นาฬิกาถึงเวลา 16:00 นาฬิกาอุณหภูมิจะมีค่าสูงถึง 35 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงอุณหภูมิในดิน

แหล่งพลังงาน

แหล่งพลังงานพบว่าแบตเตอรี่สามารถทำงานได้ปกติโดยในระยะเวลาของการทดสอบ 24 ชั่วโมงพบว่า โซลาร์เซลล์สามารถประจุแบตเตอรี่ได้ตลอดเวลาในช่วงเวลาที่มีแสงสว่าง ส่วนในเวลากลางคืนพลังงานจะลดลง เหลือ 60 เปอร์เซ็นต์และจะเริ่มประจุแบตเตอรี่ใหม่ในช่วงเวลาที่มีแสงสว่าง การทดสอบพบว่า ระบบจะไม่สามารถทำงานได้ถ้าเหลือพลังงานเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ อัตราการลดลงของพลังงานแสดงดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 กราฟการลดลงของพลังงาน

สำหรับพื้นที่กล้วยหอมมีการติดตั้งในสวนกล้วยหอมดังภาพที่ 4.8 ได้มีการติดตั้งคล้ายกับติดตั้งในสวนมะนาว โดยให้ระยะโหนดมีระยะห่างกัน 10 เมตร เหตุที่ติดตั้งระยะเพียง 10 เมตร เนื่องจากสวนกล้วย มีใบเยอะทำให้การส่งข้อมูลผิดพลาดในระยะ 15 เมตร ระยะที่ทดลองที่ดีที่สุดคือ ระยะ 10 เมตรในสวนกล้วย



ภาพที่ 4.8 การติดตั้งโหนดเซ็นเซอร์ในสวนกล้วย

4.1.3 ข้อมูลจากการเก็บสภาพแวดล้อมในสถานที่จริงในสวนกล้วย

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับสภาพแวดล้อมในสวนกล้วย มีความสำคัญจากการติดตั้งในระบบจริงผลของค่าต่างๆจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์สภาพตามที่เป็นจริงเพื่อให้คำแนะนำและป้อนสำหรับสวนกล้วย ในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบโดยเก็บข้อมูลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลการทดสอบ พบว่า ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ความชื้นในดิน อุณหภูมิในดิน แหล่งพลังงาน มีค่าใกล้เคียงกับสวนมะนาว

4.1.4 ระบบเครือข่ายใช้บอร์ด ESP8266

ในการทดสอบระยะที่ 2 จะใช้ บอร์ด nodeMCUesp8266 ในการรับค่าสภาพแวดล้อมและทำการประมวลผลเพื่อแสดงบนเว็บไซต์ ในงานวิจัยนี้ทำการทดสอบ ในสองเว็บไซต์ คือ เว็บไซต์ thingspeak.com เป็นเว็บไซต์ที่ให้บริการฟรีไม่มีค่าใช้จ่าย สำหรับผู้ที่ต้องการสร้างและเก็บข้อมูลไม่มาก ส่วน เว็บไซต์ itoysmart.com เป็นเว็บไซต์เฉพาะที่มีค่าใช้จ่ายในการให้บริการ ได้แก่ ค่าเช่าโฮสต์ และค่าจดทะเบียนเว็บไซต์ ในการทดลองได้ติดตั้งโหนดเซนเซอร์และโหนดฐาน ดังภาพที่ 4.9 และภาพที่ 4.10

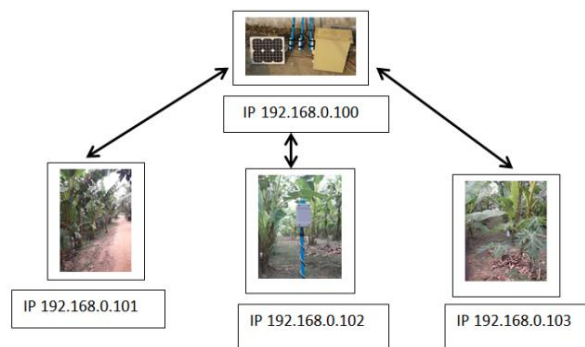


ภาพที่ 4.9 การติดตั้งในสวนมะนาว



ภาพที่ 4.10 การติดตั้งในสวนกล้วย

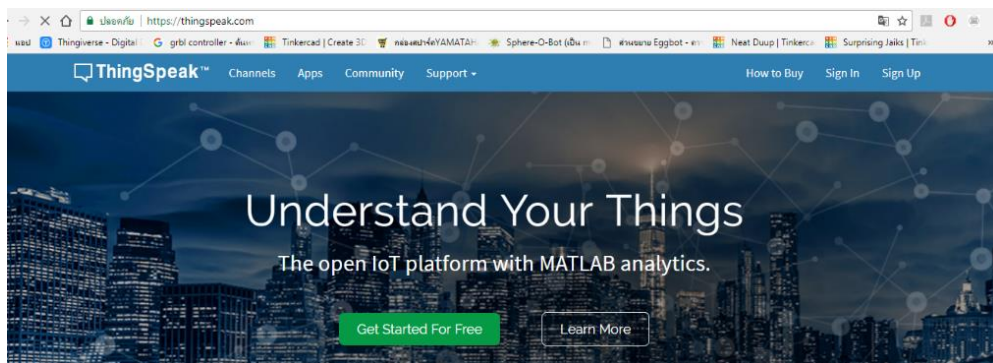
การติดตั้งจะใช้การสื่อสารกันด้วยระบบ WIFI โดยทำการติดตั้งดังภาพที่ 4.11 จะทำการติดตั้งให้โน้ตบุ๊กเซิร์ฟเวอร์แต่ละโหนดมี ไอพี ตำแหน่งของตนเอง โดยตำแหน่งที่ได้จะ รับค่าตำแหน่งจาก โหนดฐาน ในภาพที่ 4.11 โหนดฐานจะมีไอพี คือ 192.168.0.100 ส่วนโน้ตบุ๊กเซิร์ฟเวอร์ จะมีไอพี เรียงลำดับ ดังนี้ 192.168.0.101, 192.168.0.102, 192.168.0.103, 192.168.0.120



ภาพที่ 4.11 การติดตั้งระบบ

ในการใช้งาน ค่าตำแหน่งไอพีแต่ละโหนดจะมีความอิสระจากกัน ในการเข้าดูข้อมูลสามารถเข้าไปที่ตำแหน่งไอพีและสามารถดูข้อมูลของโหนดนั้น ๆ ได้ โดยตัวอย่างแสดงผลดังนี้

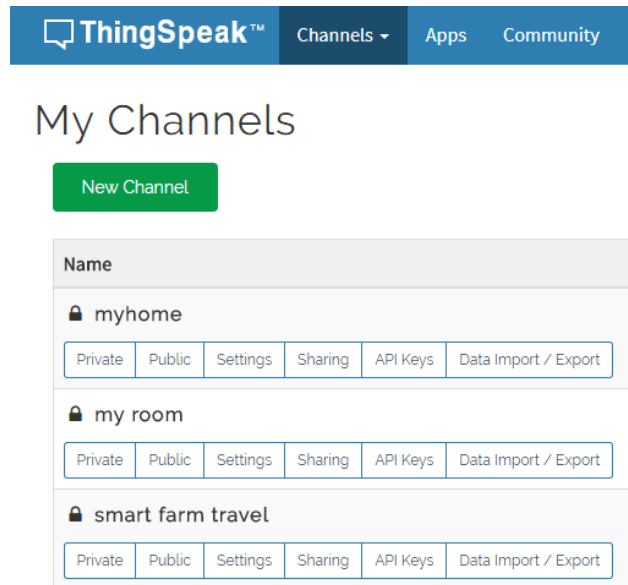
การแสดงผลบนเว็บไซต์โดยใช้ **thingspeak** ในการแสดงผลบนเว็บไซต์ **thingspeak.com** จะต้องมีการลงทะเบียนเพื่อเข้าใช้งาน โดยเข้าไปที่เว็บไซต์ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 หน้าจอ เว็บไซต์ thingspeak.com

ที่มา: <https://thingspeak.com/>

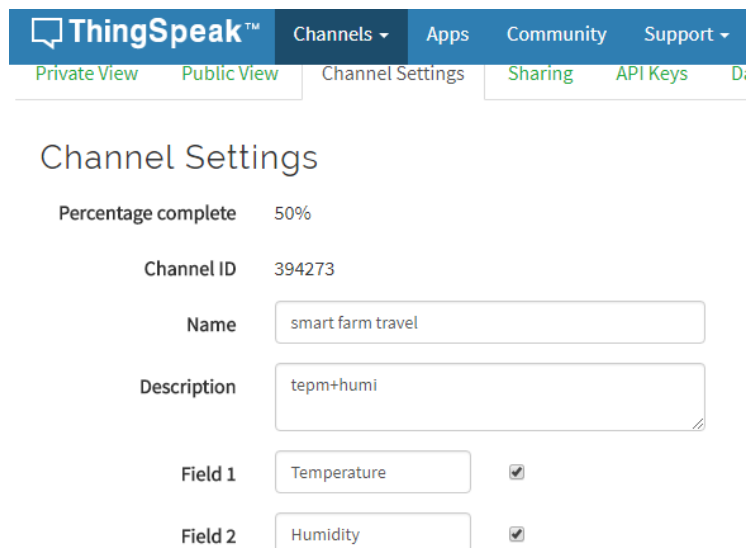
เมื่อทำการลงทะเบียนแล้ว จะต้องสร้าง Channels ดังภาพที่ 4.13 เพื่อนำข้อมูลแสดงผล



ภาพที่ 4.13 หน้าจอ การสร้าง channels

ที่มา: <https://thingspeak.com/>

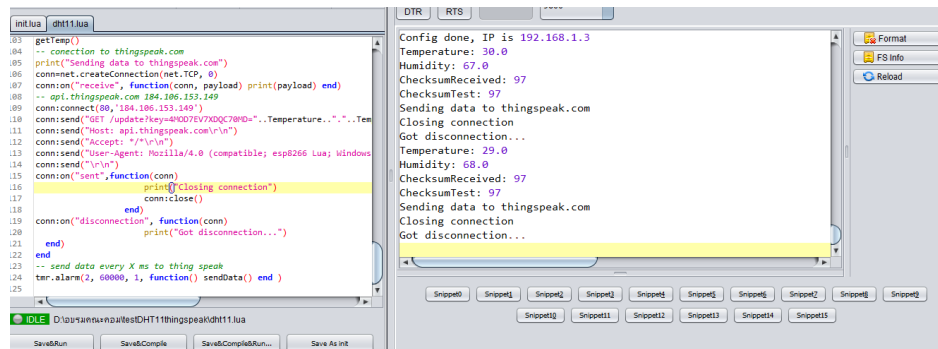
เมื่อสร้าง channels แล้วทำการกำหนด เงื่อนไขการรับข้อมูล ดังภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 หน้าจอ กำหนดเงื่อนไขการรับค่าสภาพแวดล้อม

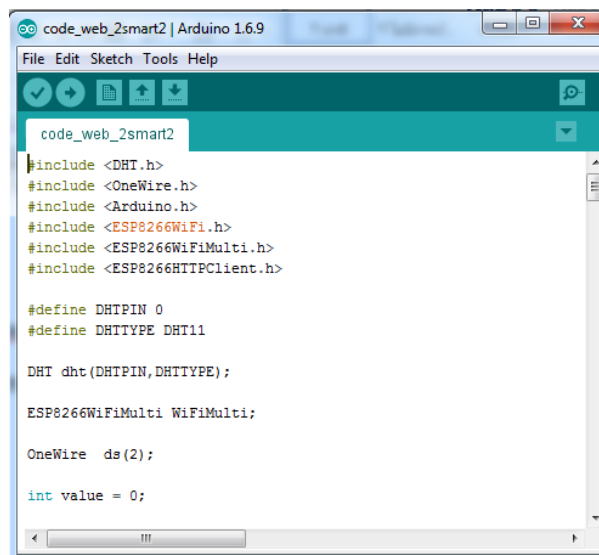
ที่มา: <https://thingspeak.com/>

ทำการอัปโหลดโปรแกรม ด้วยโปรแกรม Lua เพื่อให้ บอร์ด esp8266 ส่งข้อมูลไปยัง thingspeak ข้อมูลก่อนแสดงผล โปรแกรมดังภาพที่ 4.15



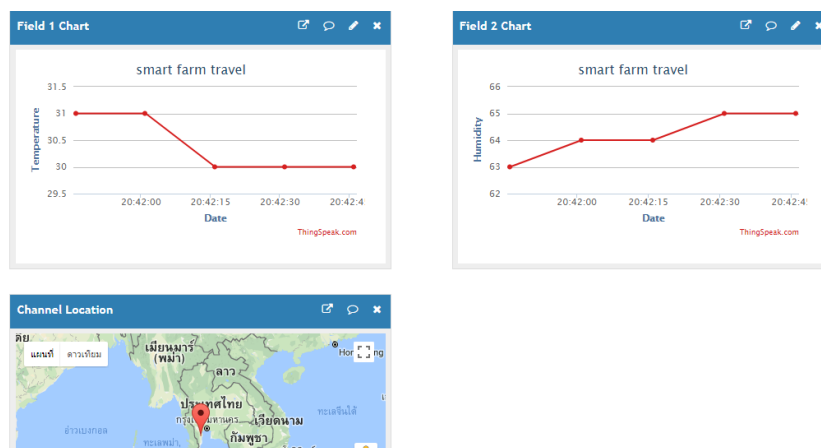
ภาพที่ 4.15 หน้าจอ โปรแกรม Lua

และ โปรแกรม arduino เป็นอีกโปรแกรมหนึ่งที่ใช้ในการรับค่าสภาพแวดล้อมและส่งข้อมูลไปยัง thingspeak เช่นกันแสดงดังภาพที่ 4.16



ภาพที่ 4.16 หน้าจอ โปรแกรม Arduino IDE

เมื่อข้อมูลถูกส่งไปยัง thingspeak แล้ว จะแสดงผลบนเว็บไซต์ ดังภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 หน้าจอ โปรแกรม Arduino IDE

ที่มา: <https://thingspeak.com/>

การแสดงผลบนเว็บไซต์ itoysmart.com การแสดงผลบนเว็บ นี้ จะต้องส่งข้อมูลขึ้นไปยังโฮสต์ที่แสดงผลบนเว็บไซต์ โดยหน้าจอของเว็บไซต์ itoysmart.com/smart/index.php แสดงดังภาพที่ 4.18

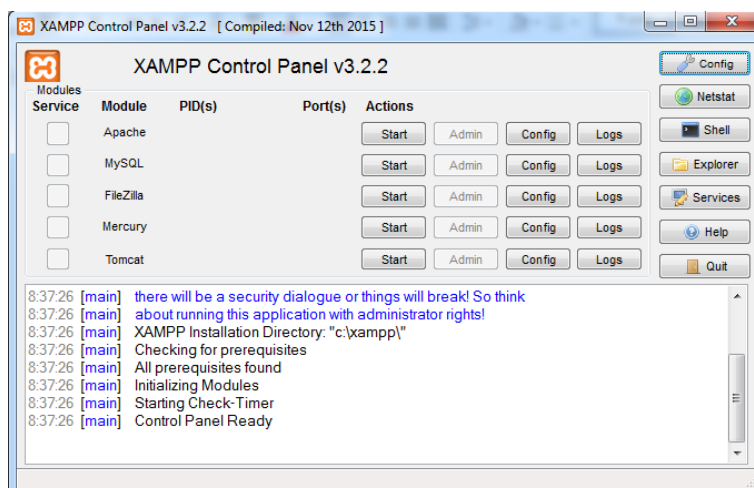


ภาพที่ 4.18 หน้าจอเว็บไซต์ itoysmart.com

การรับค่าข้อมูลและส่งข้อมูลไปยังเว็บไซต์ localhost และ itoysmart.com มีวิธีการในการจัดการดังนี้

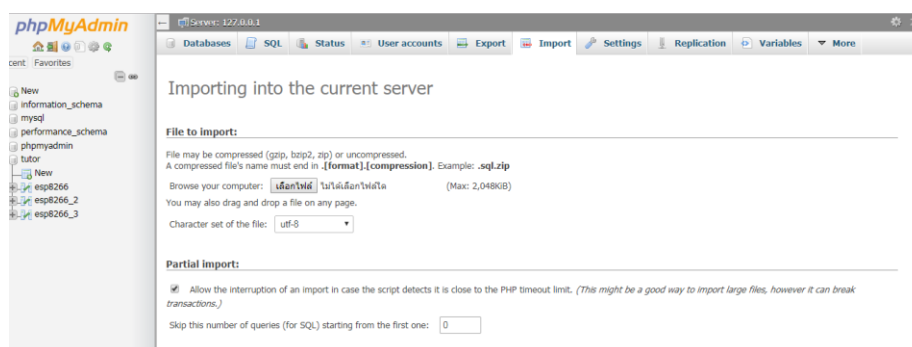
ติดตั้ง Xampp หลังจากติดตั้งสำเร็จแล้วให้รันโปรแกรม Xampp โดยรัน Start 2 ตัว คือ

1. Apache และ
2. MySQL ดังภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 โปรแกรม Xampp

เมื่อรันโปรแกรม Xampp แล้ว ให้คัดลอกไฟล์โฟลเดอร์ smartfarm ไปเก็บไว้ที่ไดรว์ C:\xampp\htdocs\smartfarm เข้าใช้งาน Localhost โดย พิมพ์ ที่บราวเซอร์ ด้วยข้อความ localhost/phpmyadmin แล้วกด Enter เพื่อรันโปรแกรม ทำการสร้าง Database โดยตั้งชื่อ tutor จากนั้น ให้ Import ไฟล์ ของ MySQL ที่ชื่อ tutor ในโฟลเดอร์ smartfarm เข้ามาใช้งาน จากนั้นกดไปที่ปุ่ม Go จะได้ ข้อมูล Database ตามภาพที่ 4.20



ภาพที่ 4.20 สร้างฐานข้อมูล

หลังจากสร้างฐานข้อมูลและ import ไฟล์ tutor แล้ว ทดลอง ใช้คำสั่ง localhost/smartfarm บน บราวเซอร์ จะเข้าสู่หน้าจอดังภาพที่ 4.21

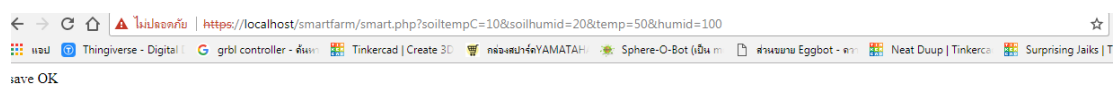


ภาพที่ 4.21 หน้าจอเว็บไซต์ smart farm travel

ทดสอบใส่ค่าโดยพิมพ์บนบราวเซอร์ด้วยข้อความ

`https://localhost/smartfarm/smart.php?soiltempC=10&soilhumid=20&temp=50&humid=100`

จากนั้นรันโปรแกรม เมื่อแสดงผลดังภาพที่ 4.22 แสดงว่าข้อมูลได้ถูกบันทึกในฐานข้อมูลและแสดงผลบนเว็บไซต์แล้ว



ภาพที่ 4.22 บันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล

เมื่อทำการบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลแล้ว ทดลองเข้าสู่ station1 ทดสอบดูว่ามีข้อมูลปรากฏหรือไม่ พบว่า ข้อมูลที่ส่งไปสามารถปรากฏบนเว็บได้ดังภาพที่ 4.23



The screenshot shows a web interface titled "Smart Farm Travel". Below the title are four navigation buttons: "หน้าแรก" (Home), "Station 1", "Station 2", and "Station 3". The "Station 1" button is currently selected. Below the navigation bar is a table displaying sensor data for Station 1. The table has six columns: ID, SOILTEMP, SOILHUMID, TEMP, HUMID, and DATETIME. The data is as follows:

ID	SOILTEMP	SOILHUMID	TEMP	HUMID	DATETIME
1141	27	5	28	71	2018-01-03 19:13:47
1140	27	1	28	71	2018-01-03 19:13:31
1139	27	3	28	71	2018-01-03 19:13:15
1138	27	0	28	71	2018-01-03 19:12:59
1137	27	0	28	71	2018-01-03 19:12:43
1136	27	1	28	71	2018-01-03 19:12:27

ภาพที่ 4.23 ข้อมูลปรากฏบนเว็บสถานีที่ 1

เมื่อเว็บไซต์บน localhost แสดงผลแล้ว จะต้องโปรแกรม บอร์ด esp8266 เพื่อรับและส่งข้อมูลพื้นฐานข้อมูลแบบอัตโนมัติ ทุก ๆ 5 วินาที โดยทำการการติดตั้ง Arduino และลงไดรเวอร์ให้เรียบร้อย ดังนี้

#include <DHT.h> คือ โหลดคำว่า DHT.h

#include <OneWire.h> คือ โหลดคำว่า OneWire.h

#include <ESP8266WiFi.h> คือ โหลดคำว่า ESP8266WiFi.h

#include <ESP8266WiFiMulti.h> คือ โหลดคำว่า ESP8266WiFiMulti.h

ในโปรแกรม arduino ให้เปลี่ยนแปลง ssid และ pass เป็น wifi ที่ใช้งานจริง ในการทดลอง ssid = "MyFiwi" ส่วน pass = "smartfarm" เปลี่ยนแปลงดังภาพที่ 4.24

```

byte i;
byte present = 0;
byte type_s;
byte data[12];
byte addr[8];
float celsius, fahrenheit;

const char *ssid = "MyFiwi";
const char *pass = "smartfarm";

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(10);
}

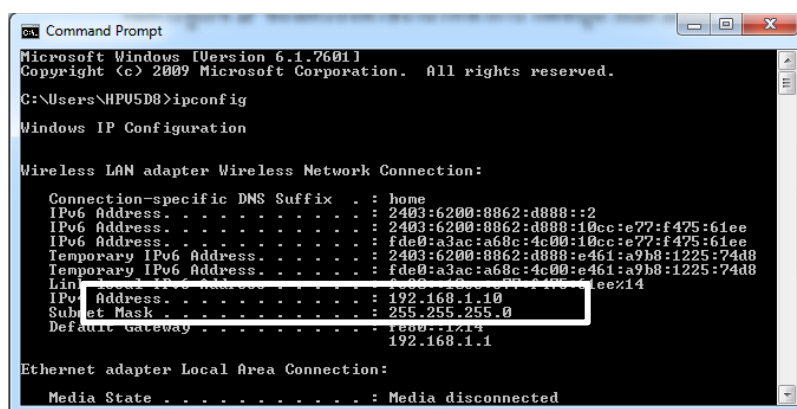
```

ภาพที่ 4.24 ข้อมูล wifi

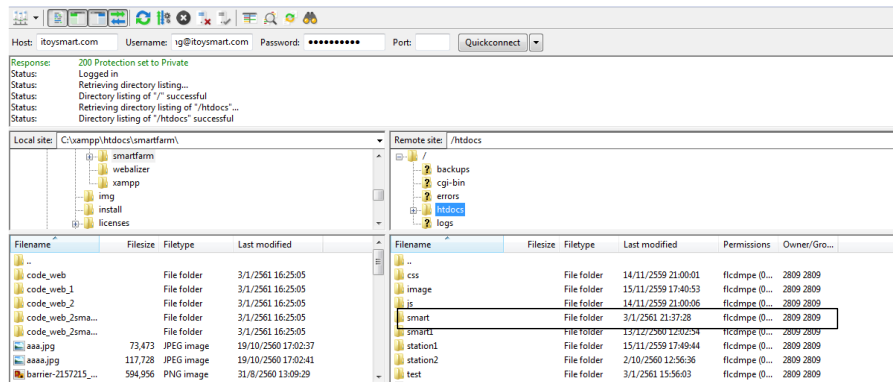
ในการดูเลข IP ของเครื่องที่ใช้งานให้ทำการ กดที่ปุ่ม Start menu พิมพ์คำว่า Command Prompt กด Enter พิมพ์คำว่า ipconfig จะแสดงผลดังภาพที่ 4.25 และภาพที่ 4.26



ภาพที่ 4.25 ใช้คำสั่ง ipconfig



ภาพที่ 4.26 ใช้คำสั่ง ipconfig



ภาพที่ 4.28 โปรแกรม FileZilla

หลังจากนั้นเข้าไปที่ บราวเซอร์ พิมพ์ www.itoysmart.com/smart/show.php ก็จะแสดงหน้าจอบริษัทที่มีค่าอัพเดท ทุก ๆ 5 วินาที ดังภาพที่ 4.29

ID	SOILTEMP	SOILHUMID	TEMP	HUMID	DATETIME
872	24	0	25	79	2018-01-04 06:40:44
871	24	0	25	78	2018-01-04 06:40:28
870	24	0	25	78	2018-01-04 06:40:12
869	24	0	24	79	2018-01-04 06:39:56
868	24	0	24	80	2018-01-04 06:39:39
867	24	1	24	80	2018-01-04 06:39:23
866	24	4	24	80	2018-01-04 06:39:07

ภาพที่ 4.29 หน้าจอสถานี 3 ส่งข้อมูลทุก ๆ 5 วินาที

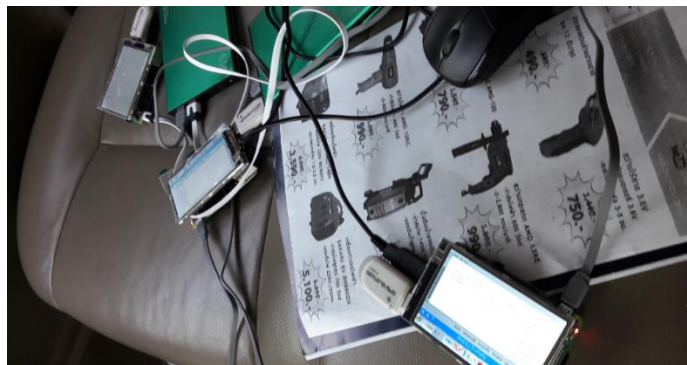
4.2 ผลการใช้งานรูปแบบเส้นทางการท่องเที่ยว

4.2.1 การสร้างเส้นทางท่องเที่ยว

การสร้างเส้นทางท่องเที่ยวได้ใช้บอร์ด arduino และ Adafruit Ultimate GPS+Logging shield ในการเก็บข้อมูล และนำข้อมูลมาสร้างเส้นทาง ในการเก็บข้อมูลจะใช้เส้นทางเลียบแม่น้ำ

4.2.2 การใช้งานบอร์ดบอร์ด arduino และ Adafruit Ultimate GPS+Logging shield ในการเก็บข้อมูล

การใช้งานบอร์ดบอร์ด arduino และ Adafruit Ultimate GPS+Logging shield ในการเก็บข้อมูล ให้รายละเอียดไม่มากจึงพัฒนา ใช้บอร์ด Raspberry pi และดาวเทียม GPS ใช้ GPS U-blok7 ในการเก็บข้อมูลและสร้างเส้นทาง ในการใช้งานจริงในขณะที่เก็บข้อมูลขณะขับรถสร้างเส้นทางทางท้องเที่ยว บอร์ดแสดงดังภาพที่ 4.32



ภาพที่ 4.32 บอร์ด Raspberry pi และดาวเทียม GPS ใช้ GPS U-blok7

หลังจากเก็บข้อมูลแล้วนำข้อมูลไปสร้างเส้นทางด้วยโปรแกรม ดังภาพที่ 4.33

```
import pygmaps
mymap = pygmaps.maps(12.982054596,99.859754417, 14)
infile = open('gps_data1.csv')
lines = infile.read().split('\n')

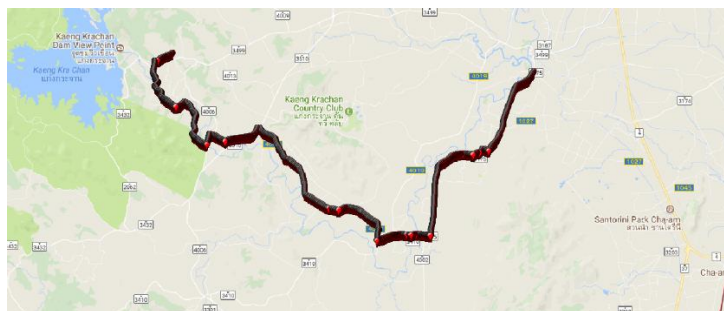
for coord in lines:
    loc = coord.split(',')
    mymap.addpoint(float(loc[0]), float(loc[1]))
```

```
mymap.draw('./mymap2.html')
```

```
print "OK"
```

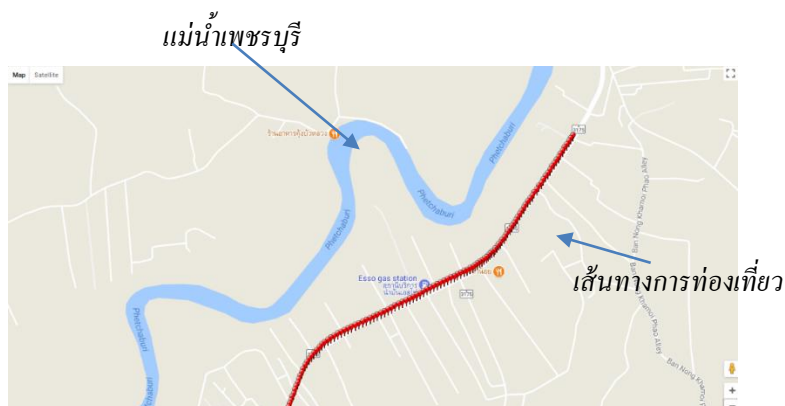
ภาพที่ 4.33 โปรแกรมสร้างแผนที่

โปรแกรมจะสร้างไฟล์ขึ้นมา 1 ไฟล์ชื่อ mymap2.html' นำไฟล์ไปแสดงผล จะสามารถสร้างแผนที่ออกมาดังภาพที่ 4.34



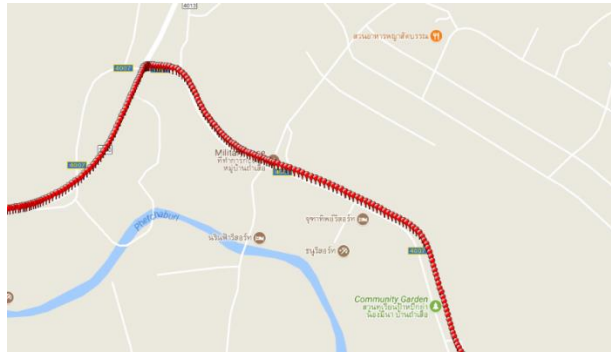
ภาพที่ 4.34 เส้นทางการท่องเที่ยวที่สร้างขึ้น

จากภาพที่ 4.35 จะเห็นว่า เครื่องมือสร้างแผนที่สามารถทำงานได้สมบูรณ์สร้างแผนที่ โดยส่งข้อมูลมาแต่ละครั้ง เมื่อนำมารวมกันจะได้เส้นทาง ที่ได้เดินทางท่องเที่ยว และสามารถนำไปใช้ในการสร้างเส้นทางและให้คนอื่นๆสามารถเดินทางตามที่สร้างเส้นทางได้



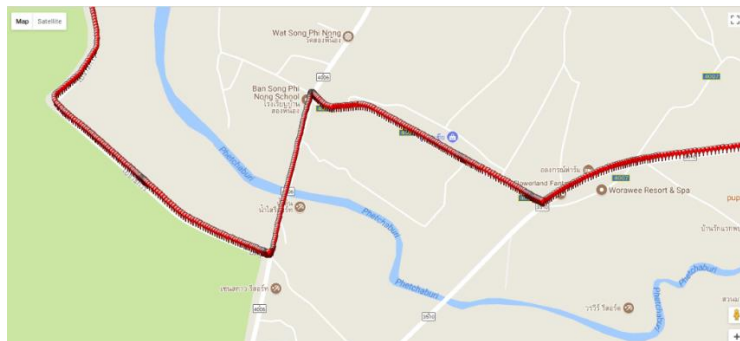
ภาพที่ 4.35 เส้นทางท่องเที่ยวจุดเริ่มต้น

เส้นทางดังภาพที่ 4.36 ที่จุดนี้มีสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญคือ หมู่บ้านถ้ำเสือซึ่งเป็นหมู่บ้าน
ชนาการต้นไม้ และยังมีสวนทุเรียนที่มีรสหวานอร่อย



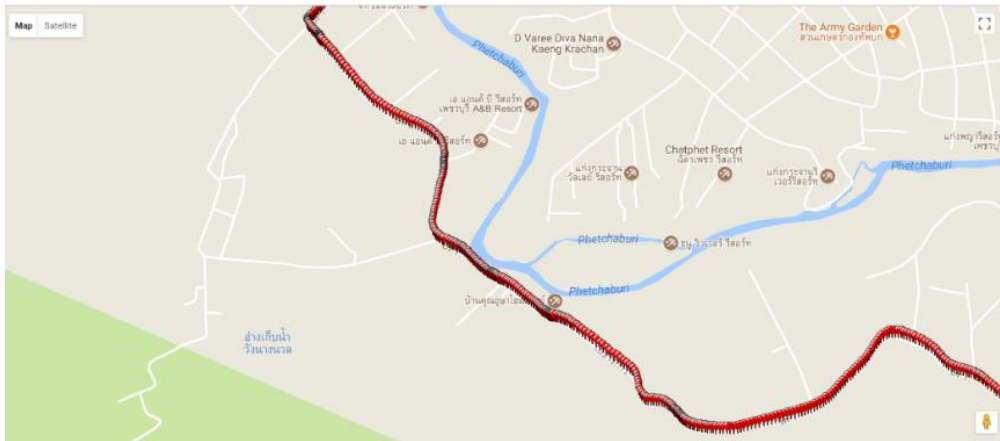
ภาพที่ 4.36 เส้นทางท่องเที่ยวหมู่บ้านถ้ำเสือ

เส้นทางตามภาพที่ 4.37 เส้นทางในภาพนี้จะเห็นว่าได้ผ่าน โรงเรียนสองพี่น้อง และรีสอร์ท
ต่าง ๆ



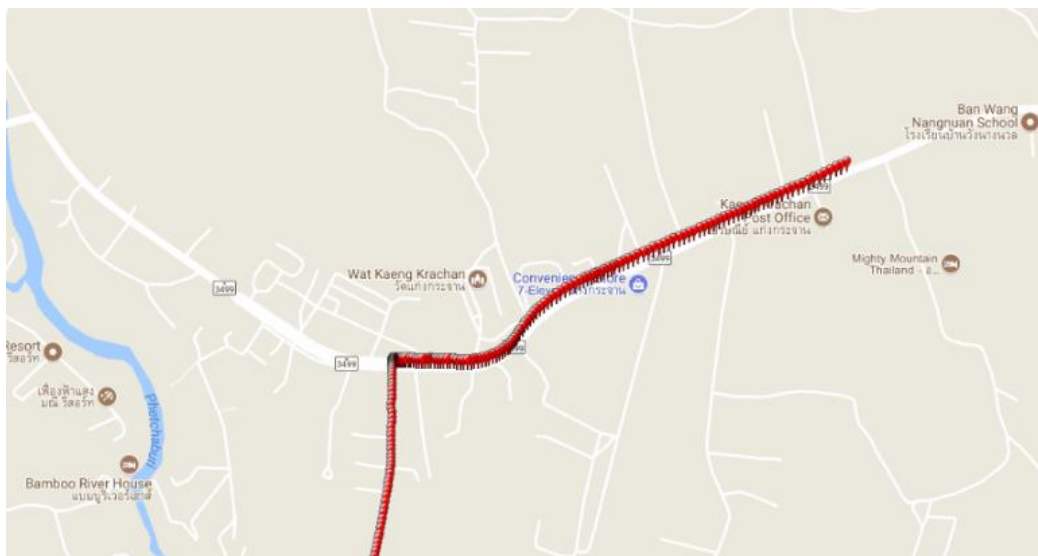
ภาพที่ 4.37 เส้นทางท่องเที่ยวผ่านวัด โรงเรียน

เส้นทางภาพที่ 4.38 เส้นทางในภาพนี้จะเห็นว่าได้ผ่านรีสอร์ทจำนวนมาก ซึ่งที่จุดนี้จะเป็น
จุดที่นักท่องเที่ยวสามารถพักแบบโฮมสตัเตได้ สามารถใช้ชีวิตในเชิงเกษตรท่องเที่ยวได้



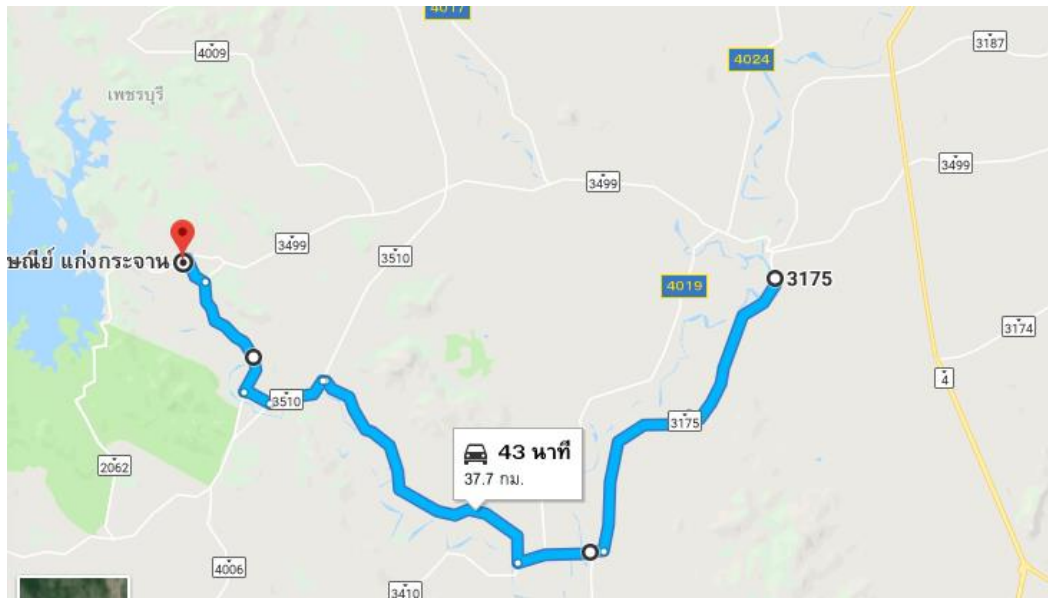
ภาพที่ 4.38 เส้นทางท่องเที่ยวรีสอร์ทต่าง ๆ

จุดสุดท้ายของการสร้างเส้นทางดังภาพที่ 4.39 ที่จุดนี้จะเป็นจุดสุดท้ายในการสร้างเส้นทาง



ภาพที่ 4.39 เส้นทางท่องเที่ยวจุดสุดท้าย

การสร้างเส้นทางทั้งหมดเป็นระยะทางประมาณ 37 กิโลเมตร ดังภาพที่ 4.40



ภาพที่ 4.40 เส้นทางท่องเที่ยวทั้งหมด

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ เป็นการสร้างระบบการออกแบบระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมและรูปแบบเส้นทาง ระบบนำทางอัจฉริยะการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์กลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบนเพชรบุรี ในการออกแบบจะทำการออกแบบและทดสอบในห้องปฏิบัติการก่อนนำไปใช้งานจริงโดยได้ออกแบบระบบดังนี้ คือ

- 1) สร้างระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย
- 2) สร้างรูปแบบเส้นทางท่องเที่ยว

5.1 สรุปผลการวิจัย

ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมและรูปแบบเส้นทาง ระบบนำทางอัจฉริยะการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์กลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบนเพชรบุรี โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพในห้องปฏิบัติการและทดสอบการใช้งานจริงในไร่มะนาว และไร่กล้วยบริเวณกลุ่มน้ำเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1. เพื่อสร้างระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายตรวจวัดสภาพแวดล้อมเพื่อการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์กลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบน
2. เพื่อสร้างรูปแบบเส้นทางและระบบนำทางอัจฉริยะการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์กลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบน

ในการวิจัยได้มีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

5.1.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์ สร้างระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

การออกแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายได้ทำเป็น 2 ระยะเพื่อหาความเหมาะสมในการเป็นระบบเครือข่ายที่ใช้ในการให้นักท่องเที่ยวสะดวกในการใช้งานและเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว โดยได้ออกแบบเป็น 2 รูปแบบดังนี้

การออกแบบบอร์ด ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ระยะที่ 1

การออกแบบบอร์ดระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายระยะที่ 1 จะออกแบบบนฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ อาร์ดูโน

เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดสภาพแวดล้อม

สำหรับเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมจะมีเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดสภาพแวดล้อมทั้งหมด 5 เซ็นเซอร์ ดังนี้ เซ็นเซอร์อุณหภูมิ วัดความชื้นสัมพัทธ์และวัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์อุณหภูมิ วัดความชื้นสัมพัทธ์ เซ็นเซอร์อุณหภูมิ วัดความเข้มแสง เซ็นเซอร์อุณหภูมิ วัดความชื้นดิน เซ็นเซอร์อุณหภูมิวัดอุณหภูมิดิน

การทดสอบประสิทธิภาพ จะทดสอบแต่ละรูปแบบ รูปแบบการส่งข้อมูลของการตรวจวัดสภาพแวดล้อมและการทดสอบเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ดังนี้

1) การทดสอบการรับส่งข้อมูลแบบจุดต่อจุด พบว่า สามารถส่งข้อมูลได้ทั้ง 10 ครั้ง และหลังจากนั้น ทำการทดสอบ การส่งข้อมูลระยะห่างต่าง ๆ พบว่า การส่งข้อมูลที่ดียิ่งที่สุดคือ 15-20 เมตร

2) การทดสอบเครือข่ายแบบ 3 จุด พบว่า สามารถส่งข้อมูลและบันทึกค่าข้อมูลได้ถูกต้องทั้ง 10 ครั้งไม่ผิดพลาด

3) การทดสอบเครือข่ายแบบ 4 จุด พบว่า การทดสอบแบบ 4 จุด สามารถส่งข้อมูลได้ 90 เปอร์เซ็นต์

4) การทดสอบเครือข่ายแบบ 5 จุด พบว่า การทดสอบแบบ 5 จุด สามารถส่งข้อมูลได้ 80 เปอร์เซ็นต์มีความผิดพลาด เกิดขึ้น

5) การทดสอบเครือข่ายแบบ 9 จุด ผลการทดสอบพบว่า ข้อมูลทั้ง 9 โหนด มีความสมบูรณ์ 100 เปอร์เซ็นต์ การส่งรูปแบบนี้ดีที่สุด

การออกแบบบอร์ด ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ระยะที่ 2

การออกแบบในระยะที่ 2 จะใช้บอร์ด nodeMCU8266 ในการออกแบบ โดยได้นำคุณสมบัติของ nodeMCU8266 มาใช้งาน ให้ทำงานร่วมกับ ระบบ ไร้ไฟ เพื่อให้ได้ โหนดที่ทำงานเป็นอิสระ แต่ละโหนดจะถูกจัดสรรไอพีแอดเดรส จากไฟไว ทำให้สามารถเขียนเว็บไซต์เพื่อเข้าถึงข้อมูลแต่ละโหนดได้

โหนดเซ็นเซอร์ในระยะที่ 2 ประกอบด้วย บอร์ด nodeMCU8266 เซ็นเซอร์ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เซ็นเซอร์วัดความสว่าง เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน อุณหภูมิในดิน เซ็นเซอร์วัดพลังงานแบตเตอรี่ ผลการทดสอบพบว่า การติดต่อโหนดเซ็นเซอร์สามารถส่งข้อมูลได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบซอฟต์แวร์ การออกแบบซอฟต์แวร์ของระบบจะใช้ซอฟต์แวร์ Lua และ โปรแกรม arduino ในการออกแบบ โดยใช้ อีดีเอเตอร์ โปรแกรม ESPlorer

5.1.2 สร้างรูปแบบเส้นทางและระบบนำทางอัจฉริยะการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์กลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน

การใช้บอร์ด arduino ในการสร้างระบบนำทางด้วยดาวเทียม

การออกแบบจะใช้บอร์ดของ Adafruit Ultimate GPS+Logging shield เป็นบอร์ดในการจับเส้นทาง การท่องเที่ยว ได้ออกแบบ ปุ่มการทำงานเพิ่มเติม เพื่อให้ง่ายในการจับเส้นทาง

การใช้บอร์ด Raspberry pi ในการสร้างระบบนำทางด้วยดาวเทียม

การออกแบบจะใช้บอร์ด Raspberry pi3 เป็นบอร์ดราสเบอร์รี่พาย3 มีซีพียูขนาด 64 บิต ความเร็วของซีพียู 400 Mhz รองรับ Bluetooth 4.0 และ รองรับ HDMI/Composite ผ่านทาง RCA Jack

การออกแบบโปรแกรม อ่านค่าตำแหน่ง ในการออกแบบโปรแกรมจะใช้โปรแกรมภาษาไพทอน เป็นโปรแกรมในการประมวลผลรับค่าข้อมูลจาก โมดูล GPS เพื่อนำมาสร้างเป็นไฟล์ข้อมูล

ผลการวิจัยการใช้งานระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

ระบบเครือข่ายใช้บอร์ด Arduino

การติดตั้งและทดสอบเบื้องต้นในสถานที่จริงในสวนมะนาว และในสวนกล้วยแสดง การทดสอบเบื้องต้นจะนำระบบไปติดตั้งในสถานที่จริง จำนวน 10 โหนดเพื่อทดสอบกับสภาพแวดล้อมจริง ผลการทดสอบพบว่า ระบบสามารถทำงานได้ แต่มีการส่งข้อมูลที่ขาดหายในบางช่วงเวลา แต่ในภาพรวมสามารถเก็บข้อมูลได้ บันทึกข้อมูลลงในการ์ดหน่วยความจำและหน่วยความจำที่โหนดฐานได้ นอกจากนั้นสามารถส่งข้อมูลขึ้นเว็บไซต์ได้

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับสภาพแวดล้อมในไร่มะนาวมีความสำคัญจากการติดตั้งในระบบจริงผลของค่าต่าง ๆ จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์สภาพตามที่เป็นจริงเพื่อให้คำแนะนำสำหรับมะนาว ในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบโดยเก็บข้อมูลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เป็นข้อมูลให้นักท่องเที่ยวได้เรียนรู้การให้น้ำและปุ๋ยกับมะนาว การเก็บข้อมูลประกอบด้วย ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ความชื้นในดิน อุณหภูมิในดิน แหล่งพลังงาน แล้วนำข้อมูลมาแสดงผลด้วยกราฟ ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์พบว่าค่าของอุณหภูมิ มีค่าสม่ำเสมอในตอนกลางคืนตั้งแต่เวลา 22:00 นาฬิกา ถึงเวลา 6:00 นาฬิกา โดยค่าของอุณหภูมิที่เก็บได้จะมีค่าระหว่าง 24-28 องศาเซลเซียส ตั้งแต่เวลา 7:00 นาฬิกาถึงเวลา 21:00 นาฬิกาอุณหภูมิจะมีค่าสูงถึง 35 องศาเซลเซียส สำหรับค่าความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า ช่วงเวลาตั้งแต่ 19:00 นาฬิกาถึง 7:00 นาฬิกา ค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 80-90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเวลาตั้งแต่ 9:00 นาฬิกา ถึงเวลา 16:00 นาฬิกา พบว่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าต่ำสุด 49 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มแสง พบว่าในช่วงเวลากลางวันความเข้มแสงมีค่าอยู่ระหว่าง 80-95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสงสว่างจะมีสูงในช่วงเวลา 8:00 นาฬิกา ถึง เวลา 15:00 นาฬิกา ความชื้นในดินพบว่า ในช่วงเวลา 8:00 นาฬิกาถึง 18:00 นาฬิกาโดยความชื้นลดลง เหลือ 75 เปอร์เซ็นต์และจะลดลงไปเรื่อย ๆ โดยความชื้นในดินจะลดลงน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ชาวสวนมะนาวจะให้น้ำมะนาว ปกติเมื่อให้น้ำมะนาวความชื้นในดินจะมีประมาณ 90 -100 เปอร์เซ็นต์ และจะหายไปในระยะเวลา 2-3 อาทิตย์ขึ้นอยู่กับความเข้มแสงและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ จากการทดสอบพบว่า ในงานวิจัยนี้ดินลดความชื้นลงจาก 100 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลา 15 วัน อุณหภูมิในดินพบว่าการ

เปลี่ยนแปลงไม่มากในตอนกลางคืนแต่จะเปลี่ยนแปลงมากในตอนกลางวัน โดยพบว่าในตอนกลางคืนตั้งแต่เวลา 2:00 นาฬิกา ถึงเวลา 9:00 นาฬิกามีค่าอุณหภูมิลดลง โดยค่าของอุณหภูมิที่เก็บได้จะมีค่าระหว่าง 25-27 องศาเซลเซียส ตั้งแต่เวลา 12:00 นาฬิกาถึงเวลา 16:00 นาฬิกาอุณหภูมิจะมีค่าสูงถึง 35 องศาเซลเซียส แหล่งพลังงานพบว่าแบตเตอรี่สามารถทำงานได้ปกติโดยในระยะเวลาของการทดสอบ 24 ชั่วโมงพบว่า โซลาร์เซลล์สามารถประจุแบตเตอรี่ได้ตลอดเวลาในช่วงเวลาที่มีแสงสว่าง ส่วนในเวลากลางคืนพลังงานจะลดลงเหลือ 60 เปอร์เซ็นต์และจะเริ่มประจุแบตเตอรี่ใหม่ในช่วงเวลาที่มีแสงสว่าง การทดสอบพบว่า ระบบจะไม่สามารถทำงานได้ถ้าเหลือพลังงานเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ อัตราการลดลงของพลังงาน สำหรับพื้นที่กล้วยหอนมีการติดตั้งในสวนกล้วยหอนดังภาพที่ 4.8 ได้มีการติดตั้งคล้ายกับติดตั้งในสวนมะนาว โดยให้ระยะโหนดมีระยะห่างกัน 10 เมตร เหตุที่ติดตั้งระยะเพียง 10 เมตรเนื่องจากสวนกล้วย มีใบเยอะทำให้การส่งข้อมูลผิดพลาดในระยะ 15 เมตร ระยะที่ทดลองที่ดีที่สุดคือระยะ 10 เมตรในสวนมะนาว

ระบบเครือข่ายใช้บอร์ด ESP8266

ในการทดสอบระยะที่ 2 จะใช้ บอร์ด nodeMCUesp8266 ในการรับค่าสภาพแวดล้อมและทำการประมวลผลเพื่อแสดงบนเว็บไซต์ ในงานวิจัยนี้ทำการทดสอบ ในสองเว็บไซต์ คือ เว็บไซต์ thingspeak.com เป็นเว็บไซต์ที่ให้บริการฟรีไม่มีค่าใช้จ่าย สำหรับผู้ที่ต้องการสร้างและเก็บข้อมูลไม่มาก ส่วนเว็บไซต์ itoysmart.com เป็นเว็บไซต์เฉพาะที่มีค่าใช้จ่ายในการให้บริการ ได้แก่ ค่าเช่าโฮสต์ และค่าจดทะเบียนเว็บไซต์ ในการทดลองได้ติดตั้งโหนดเซนเซอร์และโหนดฐานในการใช้งาน ค่าตำแหน่งไอพีแต่ละโหนดจะมีความอิสระจากกัน ในการเข้าดูข้อมูลสามารถเข้าไปที่ตำแหน่งไอพีและสามารถดูข้อมูลของโหนดนั้น ๆ ได้ โดยตัวอย่างแสดงผลดังนี้

การแสดงผลบนเว็บไซต์โดยใช้ thingspeak ในการแสดงผลบนเว็บไซต์ thingspeak.com จะต้องมีการลงทะเบียนใช้บริการ

การแสดงผลบนเว็บไซต์ itoysmart.com การแสดงผลบนเว็บ นี้ จะต้องส่งข้อมูลขึ้นไปยังโฮสต์ที่แสดงผลบนเว็บไซต์ โดยหน้าจอของเว็บไซต์ itoysmart.com/smart/index.php การใช้งานจะต้องเข้าโฮสต์และจดทะเบียนโดเมนเนม จึงจะสามารถใช้งานได้

ผลการใช้งานรูปแบบเส้นทางาทองเทียว

การสร้างเส้นทางาทองเทียวได้ใช้บอร์ด arduino และ Adafruit Ultimate GPS+Logging shield ในการเก็บข้อมูล และนำข้อมูลมาสร้างเส้นทาง ในการเก็บข้อมูลจะใช้เส้นทางเลียบแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน โดยผู้วิจัยได้ใช้ บอร์ด arduino และ Adafruit Ultimate GPS+Logging shield ในการเก็บข้อมูล โดยขั้วรดเก็บข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาสร้างเส้นทาง

บอร์ด Raspberry pi และดาวเทียม GPS ใช้ GPS U-blok7 ในการเก็บข้อมูลและสร้างเส้นทาง ในการใช้งานจริงในขณะเก็บข้อมูลขณะขั้วรดสร้างเส้นทางาทองเทียว

5.2 ข้อเสนอแนะการนำงานวิจัยไปใช้

การนำงานวิจัยนี้ไปใช้จะต้องคำนึงถึงข้อจำกัดของผลการวิจัยดังนี้

- 1) ระยะการรับส่งข้อมูลของโหนดต่าง ๆ ไม่ควรเกิน 20 เมตร
- 2) การใช้งาน เว็บไซต์ thingspeak.com และ itoysmart.com ผู้ใช้งานจริงควรศึกษาเพิ่มเติมจากผู้ให้บริการในการใช้งานจริง
- 3) ข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์เป็นข้อมูลที่มีจำนวนมาก จำเป็นที่จะต้องมึพื้นที่ในการเก็บข้อมูลให้มากเพียงพอ

5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากผลการดำเนินการวิจัยที่ผ่านมาผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการทำวิจัยเพื่อเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยดังนี้

- 1) งานวิจัยนี้เป็นงานที่ออกแบบระบบโดยใช้ระบบฮาร์ดแวร์ซึ่งมีราคาสูงจึงทำให้การส่งสัญญาณของเซ็นเซอร์โหนดส่งในระยะไกลได้ไม่เกิน 20 เมตร ซึ่งควรทำการวิจัยโดยทำการขยายสัญญาณการรับส่งให้มีระยะที่ไกลขึ้น
- 2) งานวิจัยนี้ยังขาดการนำเสนอข้อมูลบนเว็บไซต์ในการสร้างแผนที่การท่องเทียวแบบเวลาจริง (real time) ในขณะที่นักท่องเทียวเดินทางในการสร้างแผนที่ ควรเพิ่มเติมการสร้างแผนที่อัตโนมัติแบบเวลาจริง

บรรณานุกรม

กลอยใจ กางกรณ. (2551). การวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์บนท้องถนนโดยใช้เครือข่ายตรวจวัดแบบไร้สาย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เฉลิมพล ศิริอาคเนย์. (2551). ระบบควบคุมและตรวจสอบเครือข่ายตรวจรู้ไร้สาย. โครงการวิศวกรรมภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บริษัทวันสัฟฟพลายจำกัด. (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]

บริษัทวันสัฟฟพลายจำกัด. (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. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุชา สุพิทยภรณ์พงศ์. (2556). **เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้ :

http://www.thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Wireless_Sensor_Network/index.php [2556, สิงหาคม 1]

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

ศิวพร เหมียดโชสง และคณะ. (2556). รายงานวิจัยเรื่อง ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมและตรวจจับขโมยด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับพื้นที่เพาะปลูกมะนาว. เพชรบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

กัญมณี แก้วสง่า และนิสาชล จันทศิริ. (2555). การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ : ทางเลือกใหม่ของการท่องเที่ยวไทย. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. (2551). **ฟาร์มอัจฉริยะ**. ภาควิชาฟิสิกส์ และ ศูนย์นาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci. (2002). **A Survey on Sensor Networks**. IEEE Communication Magazine : vol. 40, no. 8, Aug 2002.

Mackenzie, I. S., and Phan, R. C. (2007). The 8051 Microcontroller (4th ed.). New Jersey: Pearson Education International.

สุชา สุพิทยภรณ์พงศ์. **เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย**, [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 1 สิงหาคม 2557.
http://thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Wireless_Sensor_Network/index.php

อนุศักดิ์ ประพัฒน์. (2551). ระบบตรวจสอบปริมาณออกซิเจนในน้ำโดยอัตโนมัติโดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย 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 Humitdity 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
[20013, 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 เหมียดโชสง ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัญชาติ 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) รองคณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
- ประวัติการศึกษา**

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

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

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

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

ศิวาพร เหมียดโชสง.(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). ลอจิกบล็อก: ตรรกะการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เริ่มต้น.
ทุนคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

ศิวาพร เหมียดไธสง. (2555). การพัฒนาโปรแกรมภาษาข้าง. 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, สรวุฒิ เซาวสุญ. (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 จังหวัดเพชรบุรี

(Development of revenue and expense information systems for
families in Taleang townTayang district Phetchaburi province
Case study), วารสารวิชาการ มนุษย์สังคมปริทัศน์ มหาวิทยาลัยราช
ภัฏเพชรบุรี. 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 โรงแรมเฟลิกซ์ ริเวอร์แคว 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 KGU International Engineering Conference 2014 (KGU-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). **ระบบตรวจวัดกระแสไฟฟ้าและอุณหภูมิด้วยระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย.** 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). การพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยของเล่นพื้นบ้านอจรรย์ยะ ตามแนวทางการเรียนรู้สู่เต็ม ศึกษา. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 12, วันที่ 8 - 9 ธันวาคม 2558

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

ศิวาพร เหมียดไธสง, เทียง เหมียดไธสง, สรารุณี เชาวสุก. (2559). นวัตกรรมอจรรย์ยะเพื่อการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน. การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8 ECTI-CARD 2016, การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาดเพื่อตอบสนองภาคอุตสาหกรรมสมัยใหม่อย่างยั่งยืน, ณ โรงแรมหัวหินแกรนด์โฮเทลแอนด์รีสอร์ท, อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์, วันที่ 27-29 กรกฎาคม พ.ศ.2559