



ชุดต้นแบบเครื่องถ่ายตรวจวัดความเร็วลมแบบไร้สาย

อนุรักษ์ เชยชุ่ม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2554

Wind Speed Wireless Sensing Network Prototype

Anurak Choeichum

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Computer and Telecommunication Engineering

Graduate School, Dhurakij Pundit University

2011

เลขที่เขียน.....	0218240.....
วันลงทะเบียน.....	- 9 ก.ย. 2554.....
เลขวิทยานิพนธ์.....	๖๘1.2.....
	๒199๙.....
	[2554].....
	๒๒.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมารดาและบิดาผู้ให้กำเนิดข้าพเจ้ามาทำงานวิจัยชิ้นนี้และมอบกำลังใจที่ดีเสมอมา งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยความกรุณาจากท่านอาจารย์ ดร.ชัยพร เขมะภาคะพันธ์ ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ที่อำนวยความสะดวกด้านสถานที่ในการวิจัย และชมรมหุ่นยนต์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์การวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณอาจารย์คารณิ จิรประเสริฐวงศ์ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาด้านอักษรศาสตร์ ขอขอบคุณมนุษย์ทุกท่านที่เอาแรงและเอาใจช่วยข้าพเจ้า มันทำให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจมากขึ้น ขอขอบคุณมนุษย์ทุกท่านที่คอยกดดันและถากถางข้าพเจ้า มันทำให้ข้าพเจ้ามีอารมณ์ในการทำมากขึ้น ขอขอบคุณสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตทั้งในโลกและนอกโลกที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จได้ ท้ายสุดขอขอบคุณการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 2 ภาคกลาง จังหวัดชลบุรี และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่อำนวยความสะดวกในการทดสอบงานวิจัยนี้

อนรรักษ์ เชยห่ม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ฅ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฌ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	4
1.3 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	5
1.4 แผนการดำเนินการ.....	6
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	7
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 ทฤษฎีเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย.....	11
2.2 องค์ประกอบของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย.....	16
3. การสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลมไร้สาย.....	20
3.1 ระเบียบวิธีวิจัย.....	21
3.2 แนวทางการวิจัยและพัฒนาระบบ.....	24
3.3 อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย.....	24
3.4 หลักการทำงานของอุปกรณ์บนเครือข่ายไร้สาย.....	26
3.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครโปรเซสเซอร์.....	28
3.6 ส่วนบันทึกข้อมูล.....	34
3.7 เซ็นเซอร์หรือตัวตรวจวัดข้อมูล.....	35
3.8 การสื่อสารข้อมูล.....	37
3.9 วงจรปรับเปลี่ยนแรงดัน.....	40
3.10 การเชื่อมต่ออุปกรณ์.....	42

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
3. การสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลมไร้สาย(ต่อ).....	
3.11 ชุดคำสั่งในการควบคุมระบบ.....	45
3.12 การจัดการด้านพลังงาน.....	46
3.13 ลักษณะของข้อมูล.....	47
4. ผลการศึกษา.....	53
4.1 การวิจัย.....	53
4.2 ผลการวิจัย.....	61
4.3 ปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการทำงานของระบบ.....	67
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	78
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	78
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ.....	78
บรรณานุกรม.....	80
ภาคผนวก.....	84
ประวัติผู้เขียน.....	117

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ตัวอย่างกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า.....	3
2.1 ลักษณะโครงสร้างของ Wireless Sensor Network.....	8
2.2 อุปกรณ์ตรวจสอบการใช้พลังงานแสง.....	9
2.3 Baby Glove Swaddle คอยตรวจจับลักษณะของเด็กอ่อน.....	10
2.4 ภาพตัวอย่างใบพัดเสียหายเนื่องจากกระแสลมแรง.....	10
2.5 ภาพตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยที่กล่าวถึง.....	11
2.6 โครงสร้างของ Wireless Sensor Network.....	12
2.7 เครือข่ายแบบ Cluster Tree.....	13
2.8 ยานความถี่ที่สามารถใช้งานได้.....	18
3.1 แผนภาพโครงสร้างของระบบ.....	23
3.2 อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย ตระกูลXbee.....	25
3.3 วงจรบอร์ดตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย.....	25
3.4 องค์ประกอบส่วน Gateway.....	27
3.5 องค์ประกอบส่วน End Node.....	27
3.6 โมดูลบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51AC3.....	28
3.7 ตัวอย่างโมดูลบอร์ดบันทึกหน่วยความจำแบบ.....	29
3.8 วงจรคมนาฬิกาบันทึกหน่วยความจำแบบ SD Card (ET-MINI SD/MMC).....	29
3.9 โครงสร้างวงจรการเชื่อมต่อของอุปกรณ์บันทึกข้อมูล ET-MINI SD/MMC.....	30
3.10 โมดูลบอร์ดจัดการเวลาจริง (ET-MINI DS1307).....	30
3.11 โครงสร้างการเชื่อมต่อวงจรของโมดูลบอร์ด ET-MINI DS1307.....	31
3.12 โมดูลเชื่อมต่อแรงดันลอจิกระหว่าง 3 โวลต์ กับ 5 โวลต์ (ET MINI LOGIC LEVEL).....	32
3.13 โครงสร้างโมดูลวงจรอุปกรณ์เชื่อมต่อแรงดัน ET MINI LOGIC LEVEL.....	32
3.14 ตัวอย่างการเชื่อมต่ออุปกรณ์ 5 โวลต์กับอุปกรณ์ 3 โวลต์.....	33

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.15 การเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ (อุปกรณ์ 5V)กับ SD/MMC CARD (อุปกรณ์ 3V) โดยใช้ชุด ET-MINI SD/MMC ในโหมด SPI.....	34
3.16 โมดูลสำเร็จรูปสำหรับบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ.....	35
3.17 อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer).....	36
3.18 ลักษณะสัญญาณพัลส์ที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูล.....	36
3.19 ลักษณะการเชื่อมต่อระหว่าง End Node กับ Gateway.....	40
3.20 ขนาดของสัญญาณจากอุปกรณ์มีค่าต่ำมาก.....	41
3.21 สัญญาณอินพุตเปรียบเทียบกับสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรขมิทธิเกอร์.....	41
3.22 การเชื่อมต่อสื่อสารของระบบ.....	42
3.23 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของสถานีย่อย.....	43
3.24 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของสถานีฐาน.....	43
3.25 การวางตำแหน่งของอุปกรณ์จริงบนสถานีฐาน.....	44
3.26 การวางตำแหน่งของอุปกรณ์จริงบนสถานีย่อย.....	45
3.27 แผนผังลำดับงานของโปรแกรมที่พัฒนาเพื่อทดสอบการทำงานของระบบ.....	50
3.28 ตัวอย่างอัลกอริทึมของโปรแกรมที่พัฒนาเพื่อทดสอบการทำงานของระบบ.....	51
3.29 หน้าจอโปรแกรมที่พัฒนาเพื่อทดสอบการทำงานของระบบ.....	52
4.1 ลักษณะของข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากตัวตรวจวัดความเร็วลม(Anemometer).....	54
4.2 ลักษณะของข้อมูลที่ผ่านการแปลงจากวงจรปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน(Schmitt trigger)	54
4.3 ลักษณะของข้อมูลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งไปยังอุปกรณ์เครือข่ายตรวจวัดความเร็วลมไร้สาย.....	55
4.4 ลักษณะของข้อมูลที่สถานีฐานเตรียมบันทึกลงหน่วยความจำ.....	56
4.5 การใช้งานหน่วยความจำบนเครื่องคอมพิวเตอร์.....	57
4.6 ไฟล์ข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นในหน่วยความจำ.....	57
4.7 ลักษณะของข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำของระบบ.....	58
4.8 ข้อมูลในหน่วยความจำแสดงผลในรูปแบบกราฟด้วยตัวโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น.....	59
4.9 การเปิดไฟล์ข้อมูลเพื่อนำมาแสดงผล.....	60

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 การบันทึกข้อมูลกราฟ.....	60
4.11 ตัวอย่างข้อมูลภาพที่บันทึกจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น.....	61
4.12 กราฟข้อมูลความเร็วลมที่ตรวจวัดได้จากงานวิจัยนี้.....	62
4.13 กราฟการขยายข้อมูลของเดือนมกราคม ตามกรอบสี่เหลี่ยมรูปที่ 4.12.....	63
4.14 กราฟข้อมูลความเร็วลมจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน.....	65
4.15 กราฟข้อมูลความเร็วลมที่วัดได้เปรียบเทียบกับข้อมูลของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน.....	65
4.16 การเชื่อมต่อแบตเตอรี่เข้ากับเครื่องทดสอบประสิทธิภาพ (Battery Test Set).....	67
4.17 อุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่.....	68
4.18 ลักษณะการลดลงของแรงดันเมื่อใช้เครื่องทดสอบทำการป้อน โหลดให้กับแบตเตอรี่.....	75

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ชุดต้นแบบเครือข่ายตรวจวัดความเร็วลมแบบไร้สาย
ชื่อผู้เขียน	อนุรักษ์ เชนชุ่ม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ชัยพร เขมะภาคะพันธ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอวิธีการตรวจวัดและรวบรวมข้อมูลความเร็วลมในพื้นที่เฉพาะ โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายตรวจจับไร้สาย ข้อมูลความเร็วลมจะถูกนำมาประมวลผลและใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจสำหรับการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งไม่เพียงเป็นการช่วยป้องกันปัญหากังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากติดตั้งกังหันลมในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม และความเร็วลมไม่เพียงพอแต่ยังช่วยในการเลือกประเภทของกังหันลมให้เหมาะสมกับพื้นที่อีกด้วย

โดยงานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์แอนิเมเตอร์ที่ติดตั้งไว้ที่โหนดวัด เพื่อวัดความเร็วลมที่บริเวณพื้นที่ต่างๆ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาประมวลผลและเฉลี่ยค่าเป็นระยะแล้วนำข้อมูลส่งไปยังสถานีฐาน โดยสถานีฐานจะทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลความเร็วลมจากสถานีวัดต่างๆ ผ่านการเชื่อมต่อแบบไร้สายด้วยเครือข่ายตรวจจับไร้สายเพื่อทำการบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ โดยสถานีฐานถูกออกแบบให้สามารถจัดเก็บข้อมูลได้นานหลายเดือน ซึ่งทำให้ข้อมูลความเร็วลมที่ได้จากงานวิจัยนี้มีความน่าเชื่อถือในการวิเคราะห์เพิ่มมากขึ้น ผลจากการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดชลบุรีพบว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องมากกว่า 6 เดือนและสามารถนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์ได้อย่างดี

Thesis Title Wind Speed Wireless Sensing Network Prototype
Author Anurak Choeichum
Thesis Advisor Chaiyapon Khemapatapan, Ph.D
Department Computer and Telecommunication Engineering
Academic Year 2010

ABSTRACT

This research proposes the method to measure and collect wind speed data at the selected areas by applying wireless sensor network. The wind speed data will be processed and useful for decision making of installation wind turbines at those areas which are used to generate electricity. This is not only helpful by protecting the missing installation of wind turbines in the appropriate areas having not sufficient wind speed, but also helpful by selecting the appropriate wind turbines for those areas.

This research uses an anemometer equipped in a measure node in order to measure wind speed from the selected areas. The data will be processed, periodical averaged, and transmitted to the gateway node by using wireless sensor network. The gateway node is functioned to collect data from the measure nodes via wireless connection. The collecting data will be stored in a memory. The gateway node is designed to store data for many months. Consequently, the longer data period, the integrity of analysis is obtained. The results of the prototype from testing areas: Pranakorn Sri Ayutthaya and Chonburi provinces, found that the prototype can work continuously more than 6 months and the measured data can be useful.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมีการใช้พลังงานลมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเป็นพลังงานทางเลือกที่ช่วยลดต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการพึ่งพาพลังงานลมจึงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว พลังงานลมสามารถนำมาเปลี่ยนเป็นพลังงานกล และทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้โดยใช้กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า

ความสำคัญของแหล่งพลังงานลมซึ่งเป็นพลังงานทดแทนที่เพิ่มขึ้น การตรวจสอบและการออกแบบแหล่งกำเนิดพลังงานทางเลือกกำลังเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง พลังงานลมมีศักยภาพที่ดีที่จะให้พลังงานหมุนเวียนได้โดยไม่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีเชื้อเพลิงจากฟอสซิล หรือจากวัตถุดิบอื่นๆ

ประเทศไทยอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร เป็นบริเวณที่มีกระแสลมระดับปานกลางถึงอ่อน ซึ่งยากที่จะนำพลังงานลมมาช่วยในการผลิตกระแสไฟฟ้า แต่ในบางพื้นที่จะมีความเร็วลมสูงคือบริเวณชายฝั่งตามเกาะต่างๆ แถบอ่าวไทยและทางภาคใต้ของประเทศ เนื่องมาจากปัจจัยเกื้อหนุนที่สำคัญทางภูมิประเทศในหลายพื้นที่ อาทิพื้นที่แถบที่ราบสูง พื้นที่แถบเชิงเขา และพื้นที่ติดชายฝั่งทะเล ส่งผลให้มีการทดลองและพัฒนาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันลมอย่างต่อเนื่อง (กองพัฒนาพลังงานทดแทน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2553: 1-15)

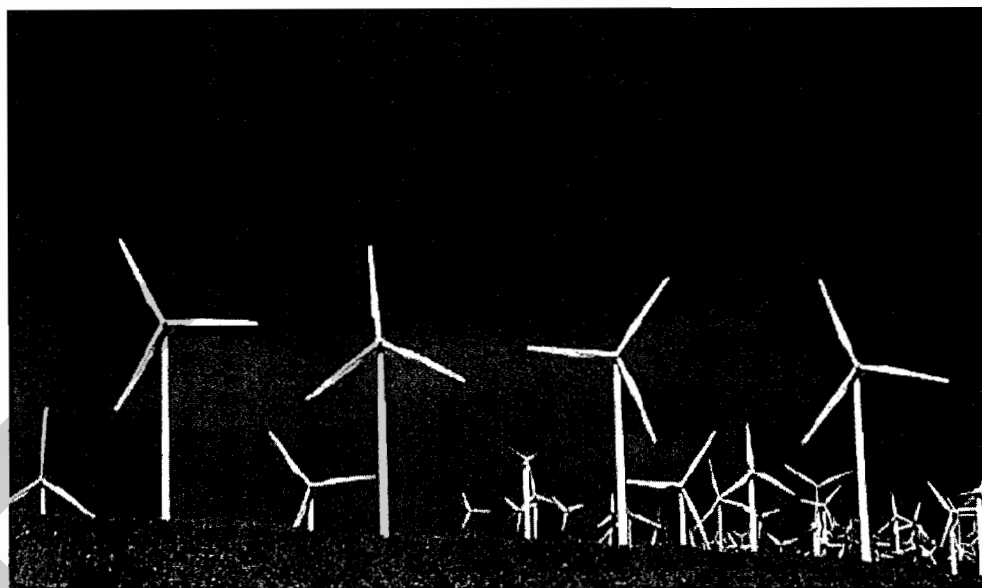
จากการศึกษาและวิเคราะห์การพัฒนากังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทยนั้นพบว่านักพัฒนาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะมุ่งเน้นการพัฒนาส่วนสำคัญอยู่สองส่วนด้วยกัน ส่วนที่หนึ่งคือ การปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ในกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า โดยมีการสร้างใบพัดและวัสดุอื่นๆ เพื่อลดปริมาณการนำเข้าวัสดุจากต่างประเทศและลดต้นทุนในการผลิต มีการเพิ่มความแข็งแรงให้กับตัวใบพัด มีการลดน้ำหนักและขนาดของอุปกรณ์ลง เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ และส่วนที่สองคือ การจัดการพลังงานที่ได้จากกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า โดยนำพลังงานที่ได้ไปผลิตกระแสไฟฟ้า ทั้งนี้กระบวนการก่อนการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้านั้นจะมีการนำข้อมูลเกี่ยวกับความเร็วลมทั่วประเทศจากกรมอุตุนิยมวิทยา มาวิเคราะห์ในการเลือกพื้นที่ที่จะติดตั้ง แต่ข้อมูลที่ได้นั้นเป็นข้อมูลโดยรวมของแต่ละพื้นที่ ซึ่งเป็นข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยในระดับจังหวัด กอปรกับในหลายพื้นที่ไม่สามารถตรวจวัดข้อมูลความเร็วลมได้ ทำให้การติดตั้ง

กักันลมผลิตกระแสไฟฟ้า ยังมีข้อมูลที่ไม่มีความถูกต้องเที่ยงตรงเพียงพอ และยังคงมีความเสี่ยงในระดับหนึ่ง (DOE, 2006: 15-111), (American Wind Energy Association, 2003: 3-13)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการสำรวจข้อมูลลม โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย เพื่อสำรวจข้อมูลความเร็วลมในพื้นที่ที่ต้องการติดตั้งกักันลมผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งจากผลการตรวจวัดค่าข้อมูลความเร็วลมจากงานวิจัยนี้ ทำให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องเพิ่มขึ้น และสามารถลดความเสี่ยงต่อการติดตั้งกักันลมผลิตกระแสไฟฟ้าในพื้นที่ที่มีกระแสลมไม่เพียงพอหรือเลือกใช้ประเภทของกักันไม่เหมาะสมกับพื้นที่ที่ทำการติดตั้ง

การออกแบบและการพัฒนาระบบโครงข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายประมวลผลแผนที่ลมเพื่อช่วยตัดสินใจในการติดตั้งกักันลมผลิตกระแสไฟฟ้า ได้คำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่สำคัญคือ มีความยืดหยุ่นสูง มีการใช้พลังงานต่ำ ราคาถูก มีการจัดการง่าย และการทำงานที่มีประสิทธิภาพ จึงได้นำโครงข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย (Wireless Sensor Network) มาใช้ในระบบนี้ โดยทำการจัดวางตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายให้อยู่ในพื้นที่ที่เราจะทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปประมวลผลเป็นแผนที่ลม (Chris Townsend, Steven Arms, 2004:439-448)

ตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายทำงานโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ และสื่อสารกันระหว่างตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย ตัวอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียงในเครือข่ายแบบไร้สายเดียวกัน เพื่อตรวจวัดข้อมูลความเร็วลมที่ได้นั้น ไปยังเครื่องแม่ข่าย ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้จะถูกส่งผ่านระหว่างตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายด้วยกันเองจนกระทั่งถึงจุดหมายที่เรากำหนดซึ่งอาจเป็นได้หลายจุดหมายเช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ หน่วยความจำแบบต่างๆ หรืออุปกรณ์อื่นๆ สำหรับรวบรวมข้อมูลที่วัดได้ ซึ่งรูปแบบและวิธีการทำงานนั้นจะต้องมีการคำนึงถึงการประหยัดพลังงานเป็นหลัก เพราะอุปกรณ์จะต้องทำงานอย่างต่อเนื่องและมีแหล่งพลังงานที่จำกัด จึงต้องมีวิธีการจัดการการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในด้านการติดต่อสื่อสารข้อมูล จะต้องออกแบบการติดต่อสื่อสารข้อมูลให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ปฏิบัติด้วย โดยมีรูปแบบการติดต่อสื่อสารหลายวิธีโดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการเชื่อมต่อแบบ Cluster Tree



รูปที่ 1.1 ตัวอย่างกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า

จากรูปที่ 1.1 การใช้ประโยชน์พลังงานลมโดยทั่วไปเพื่อวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ กล่าวคือการสูบน้ำ และการผลิตไฟฟ้า การที่จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จะต้องมีอุปกรณ์ที่เปลี่ยนรูปพลังงานจลน์ของกระแสลมให้อยู่ในรูปของพลังงานกล อุปกรณ์ดังกล่าวนี้เรียกว่ากังหันลม โดยกังหันลมจะสกัดพลังงานมาใช้ประโยชน์ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น

กังหันลมอาจแบ่งประเภทของการจำแนกชนิดออกเป็น 2 วิธี กล่าวคือ

(1) จำแนกตามลักษณะการวางตัวของแกนหมุน แบบแกนนอน หรือแกนตั้ง

(1.1) กังหันลมแบบแกนนอน หมายถึงกังหันลมที่มีแกนหมุน ขนานกับทิศทางของกระแสลม อาทิเช่น กังหันลมพรอพเพลเลอร์ หรือกังหันลมใบเสื่อลำแพน เป็นต้น

(1.2) กังหันลมแบบแกนตั้ง หมายถึงกังหันลมที่มีแกนหมุนตั้งฉากกับทิศทางของกระแสลมและตั้งฉากกับพื้นผิวโลก อาทิเช่น กังหันลมแดร์เรียส (Darrius) หรือกังหันลมซาโวเนียส (Savonius) เป็นต้น

(2) จำแนกตามลักษณะของแรงขับที่กระแสลมกระทำต่อกังหัน กล่าวคือ การขับด้วยแรงยก (Lift Force) และการขับด้วยแรงกดหรือแรงหน่วง (Drage Force) การจำแนกในข้อที่ 1 เป็นวิธีที่เด่นชัด สามารถเข้าใจได้ง่าย จึงนิยมมากกว่าแบบข้อ 2 ซึ่งต้องพิจารณาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับ Aerodynamics ประกอบด้วย นอกจากนี้ก็ยังมีกังหันลมที่ไม่เข้าประเภททั้ง 2 ชนิดดังกล่าว อาทิเช่น กังหันลมเทอร์นาโด หรือกังหันลมที่เพิ่มคิฟิวเซอร์ หรือคอนเซนเตรเตอร์ (Diffuser or

Concentrator) กังหันลมแบบแกนนอนเป็นแบบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ส่วนมากออกแบบให้เป็นชนิดที่ขับใบกังหันด้วยแรงยก เช่น กังหันลมพรอเพลเลอร์ (Propeller) กังหันลมหลายใบ (Multi-bladed) กังหันลมวงล้อจักรยาน (Bicycle wheel) และกังหันลมที่ใช้ตามนาเกลือในประเทศไทยคือ แบบใบพัดเป็นรูปใบลำแพน (Sail rotor) กังหันลมแบบใบกังหันไม้ที่ใช้กันมากในจังหวัดฉะเชิงเทรา จัดอยู่ในชนิดพรอเพลเลอร์อย่างไรก็ตามกังหันลมแบบแกนตั้งซึ่งได้รับการพัฒนามาในระยะหลังนี้ได้รับความสนใจมากขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้เพราะกังหันลมลักษณะนี้มีข้อดีอยู่อย่างน้อย 2 ข้อเมื่อเทียบกับแบบแกนนอนกล่าวคือ

(2.1) ปกติแล้วกังหันลมแบบแกนนอน ต้องมีอุปกรณ์ควบคุมให้กังหันหันหน้าเข้าหาลมเพื่อจะได้รับพลังงานมากที่สุด แต่กังหันลมแบบแกนตั้ง ไม่ต้องมีอุปกรณ์ชนิดนี้

(2.2) ระบบการส่งกำลังและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถติดตั้งอยู่บนระดับพื้นดินได้ ซึ่งปกติแล้วกังหันลมแบบแกนนอนจะติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และระบบการส่งกำลังติดกับกังหันซึ่งอยู่บนหอคอยสูง (กองพัฒนาพลังงานทดแทน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2553: 1-15)

งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นศึกษาการใช้เทคโนโลยีตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายเข้ามาช่วยเก็บข้อมูลอัตราความเร็วของลมเฉลี่ยในบริเวณพื้นที่เฉพาะ โดยมีระยะเวลาในการสำรวจข้อมูลนานเป็นเวลา 6 เดือน เพื่อช่วยตัดสินใจการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่ โดยมีการตรวจวัดจากอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer) เมื่อรับค่าข้อมูลจากตัวตรวจวัดแล้วจึงนำข้อมูลนี้มาแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องการบันทึก โดยการบันทึกข้อมูลอัตราความเร็วลมจะบันทึกลงหน่วยความจำสำรองชนิด Secure Digital Card (SD Card) เมื่อบันทึกข้อมูลความเร็วลมในระยะเวลาที่ต้องการ ก็สามารถนำหน่วยความจำมาเปิดใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับตรวจสอบค่าข้อมูลความเร็วลมเปรียบเทียบกับช่วงเวลาที่บ้านพัก และวาดกราฟแสดงความเร็วและเวลาในการตรวจจับข้อมูล

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำเทคโนโลยีเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายมาประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดข้อมูลพลังงานลม โดยมีระยะเวลา 6 เดือน
2. เพื่อนำค่าข้อมูลอัตราความเร็วลมที่ตรวจวัดได้มาช่วยในการตัดสินใจในการสร้างกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าในพื้นที่นั้นๆ
3. เพื่อนำวงจรพื้นฐานมาประยุกต์ในการจัดการข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ซึ่งจะทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ หรือใช้อุปกรณ์จำพวกไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีราคาถูก

4. เพื่อความสะดวกในการจัดเก็บหรือบันทึกข้อมูลซึ่งมีปริมาณมาก โดยไม่ต้องเฝ้าระวัง อุปกรณ์ตลอดเวลา หรือไม่ต้องใช้มนุษย์ในการจัดการข้อมูล

1.3 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. ไมโครคอมพิวเตอร์
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (AT89C51AC3, PIC18F4550)
3. ET-MINI DS1307 (RTC board)
4. ET-MINI SD/MMC (Module Memory)
5. ET-MINI LOGIC LEVEL
6. CP-PIC USB/4550 (PIC18F4550)
7. อุปกรณ์สื่อสารไร้สาย (Zigbee : Xbee XBP24-DMWIT-250-revA)
8. อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer Sensor)
9. วงจรยกระดับแรงดันและวงจรเปลี่ยนรูปแรงดัน
10. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ
11. หน่วยความจำสำรอง (SD Card Memory)
12. แบตเตอรี่ (SLA Battery 6V)
13. Oscilloscope
14. DC Power Supply
15. Multimeter
16. Software : Keil V2, X-CTU, MS Visual Studio, MS Visio, eclipse

1.4 แผนการดำเนินการ

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินการ

ID	Task Name	Start	Finish	Duration
1	ศึกษาการทำงานของWSN	7/5/2010	23/7/2010	10 week
2	ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์และอัลกอริทึมที่จะใช้	6/7/2010	30/7/2010	6 week
3	ทดสอบวงจร อุปกรณ์และอัลกอริทึม	2/8/2010	20/8/2010	3 week
4	พัฒนาโปรแกรมรับส่งข้อมูล	16/8/2010	27/8/2010	2 week
5	พัฒนาโปรแกรมการเชื่อมต่อและควบคุมอุปกรณ์	16/8/2010	27/8/2010	2 week
6	ทดสอบและปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบและเก็บรวบรวมข้อมูลอัตราความเร็วลม	30/8/2010	30/3/2011	28 week
7	วิเคราะห์และสรุปผลงาน	1/3/2011	30/3/2011	4 week
8	รวบรวมข้อมูลที่ได้จัดทำวิทยานิพนธ์	30/3/2011	29/4/2011	4 week

จากตารางที่ 1.1 จะเห็นได้ว่า งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูล ทดสอบอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในระบบ พัฒนาซอฟต์แวร์ ทำการทดสอบการทำงานจริง และวิเคราะห์ผล ในระยะเวลา ยาวนาน โดยการทดสอบการทำงานของระบบนั้น ใช้เวลานานกว่า 28 สัปดาห์ เพื่อความถูกต้อง แม่นยำ และความมีประสิทธิภาพของระบบนั่นเอง

โดยแผนการดำเนินการนั้น เริ่มจากการศึกษาการทำงานของอุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย (Wireless Sensor Network) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในระบบนี้ หลังจากนั้น ดำเนินการศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในระบบ เช่น อุปกรณ์บันทึกข้อมูลลง หน่วยความจำ อุปกรณ์จัดการด้านเวลาจริง เป็นต้น เมื่อศึกษาการทำงานของอุปกรณ์แล้ว ในขั้นต่อไปได้ทำการศึกษาวิธีการพัฒนาด้านซอฟต์แวร์ โดยศึกษาด้านอัลกอริทึมและการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้กับอุปกรณ์ต่างๆ และเมื่อศึกษาข้อมูลครบถ้วนแล้ว จึงทำการทดสอบอุปกรณ์ และอัลกอริทึม เพื่อเตรียมพร้อมก่อนการทำงานจริง

เมื่อทำการทดสอบการทำงานของระบบ โดยการเริ่มตรวจวัดข้อมูลลมจริงในพื้นที่ที่ทำการสำรวจ และทำการบันทึกข้อมูลที่ตรวจวัดได้ลงหน่วยความจำ ในส่วนนี้จะปล่อยให้ระบบทำงานอย่างต่อเนื่องในระยะหนึ่งโดยไม่มีการเฝ้าระวัง ในระยะเวลาประมาณ 30 วัน แล้วจึงกลับมาตรวจสอบข้อมูลที่ได้ รวมทั้งตรวจสอบอุปกรณ์ของระบบว่าอยู่ในสภาพอย่างไร เมื่อได้ข้อมูลที่ตรวจวัดได้ ก็จะนำข้อมูลส่วนนี้มาวิเคราะห์ผลต่อไป

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

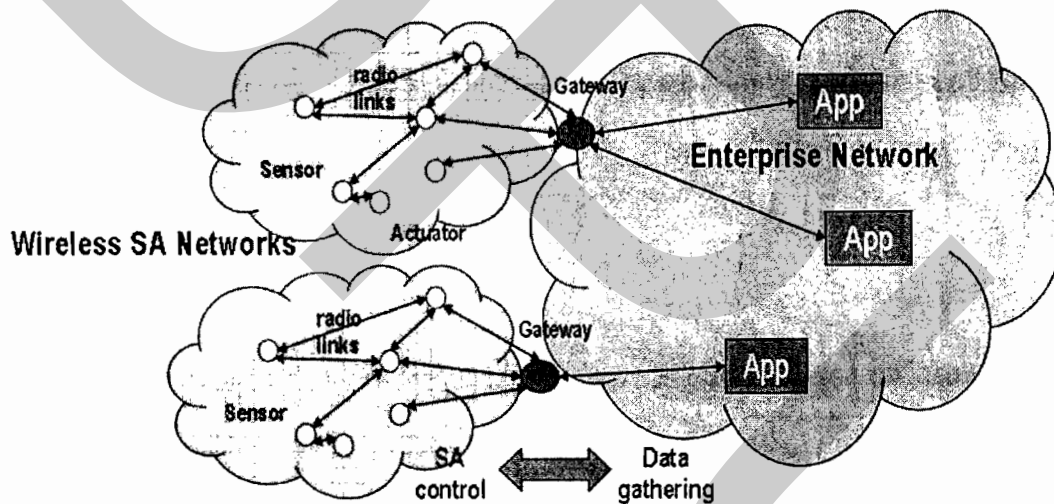
1. ศึกษาวิจัยและพัฒนาการเก็บข้อมูลความเร็วลม เพื่อช่วยในการตัดสินใจก่อนที่จะสร้างกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า ที่นำหลักการทำงานเครือข่ายการตรวจจับแบบไร้สายมาใช้ เพื่อลดความเสี่ยงในการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ตามที่ต้องการเนื่องจากปริมาณลมในพื้นที่มีไม่เพียงพอ
2. สร้างระบบโครงข่ายตรวจจับไร้สาย เพื่อจัดเก็บข้อมูลได้เป็นระยะเวลาานาน ซึ่งจะได้นำข้อมูลที่ได้ไปจัดสร้างแผนที่ลม

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถประยุกต์ใช้ระบบโครงข่ายตรวจจับไร้สายมาช่วยในการเก็บข้อมูลลมได้
2. สามารถนำเทคโนโลยีโครงข่ายตรวจจับไร้สายมาลดความผิดพลาดในการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า อันเนื่องมาจาก ปริมาณลมในพื้นที่ที่จะติดตั้งมีปริมาณไม่เพียงพอ
3. สามารถประยุกต์ใช้วงจรพื้นฐานทางไฟฟ้ามาช่วยจัดการสัญญาณต่างๆ ที่ได้จากการวัดข้อมูลความเร็วลม เพื่อนำข้อมูลลมนำไปประมวลผลต่อได้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย และ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบภาคต่างๆ คือ ส่วนประมวลผลที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์, ส่วนรับส่งสัญญาณความถี่ 2.4 GHz. ส่วนเซ็นเซอร์, ส่วนการสื่อสาร, ส่วนการแปลงสัญญาณไฟฟ้า, และภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรมซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ภาษาซี ซึ่งมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.1 (F.L. Lewis, 2004: 1-3)



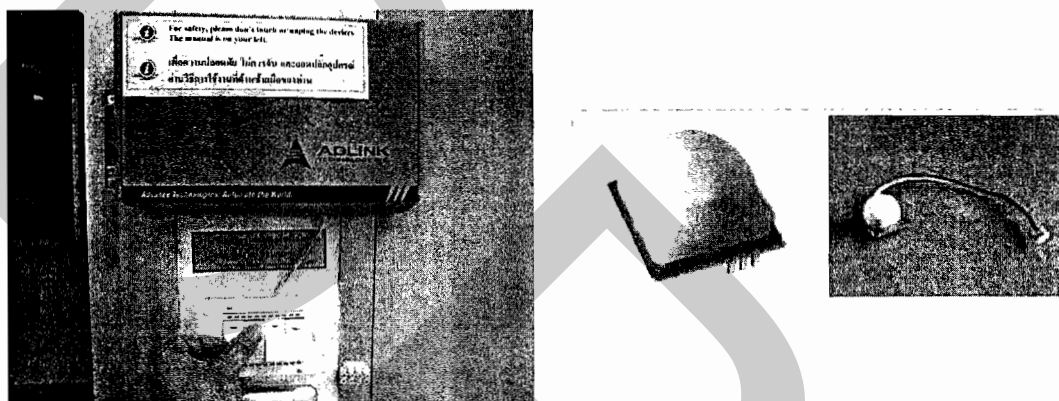
รูปที่ 2.1 ลักษณะ โครงสร้างของ Wireless Sensor Network

งานวิจัยที่ใช้ระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายหรือแอปพลิเคชันต่างๆ ที่นำเทคโนโลยีเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายมาประยุกต์และพัฒนานั้น ได้รับความนิยมน้อยแต่แพร่หลาย โดยมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันออกไป ตัวอย่างเช่น

งานวิจัยเรื่อง Wireless Sensor Network for Observing the Energy Usage Behavior of Lighting System (เฉลิมพล ธรรมพาลีศ และศุภชัย วรพจน์พิศุทธิ์, 2549: 1-3) เป็นการนำเอาเทคโนโลยีเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายเป็นเครื่องมือการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง โดยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่พัฒนานั้นมี

ความสามารถในการตรวจสอบการมีบุคคลอยู่ในพื้นที่ ค่าความสว่าง และสถานการณ์เปิดปิดดวงโคม ซึ่งงานวิจัยนี้จะทำให้ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ดี

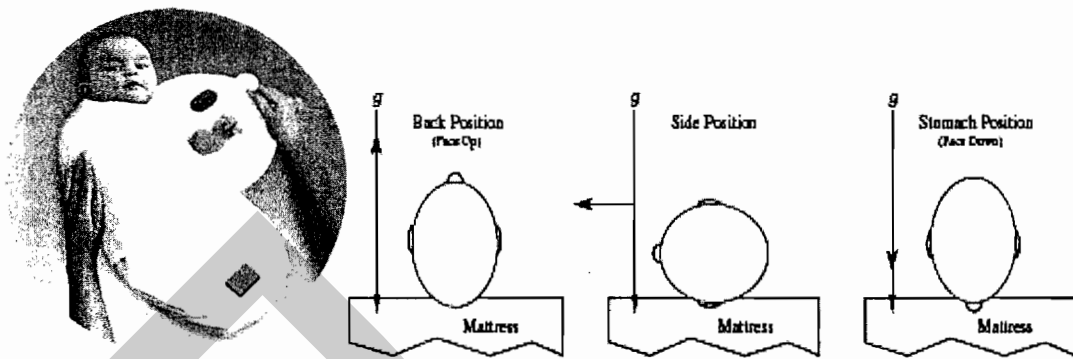
จากการวิเคราะห์งานวิจัยนี้ ทำให้มองเห็นถึงวิธีการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีราคาถูก สามารถนำความรู้และเทคนิคต่างๆ มาประยุกต์ใช้งานได้เป็นอย่างดี งานวิจัยนี้มีวิธีการติดตั้งอุปกรณ์ที่ไม่ซับซ้อน แต่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีลักษณะอุปกรณ์และการติดตั้งการใช้งานดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 อุปกรณ์ตรวจสอบการใช้พลังงานแสง

งานวิจัยเรื่อง Wireless Sensor Networks for Home Health Care (Chris R. Baker et al., 2007: 1-6) เป็นการนำเอาเทคโนโลยีเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายเป็นเครื่องมือในการสังเกตหรือตรวจสอบพฤติกรรมของเด็กอ่อน ว่ามีลักษณะหรือข้อมูลเป็นอย่างไรบ้าง โดยมีการรับค่าข้อมูลหลากหลายรูปแบบ เช่น ลักษณะการนอน ค่าอุณหภูมิในร่างกาย ค่าตำแหน่ง และข้อมูลเสียง ซึ่งงานวิจัยนี้จะทำให้ผู้ดูแลระบบสามารถรับรู้พฤติกรรมต่างๆ ของเด็กอ่อนได้เป็นอย่างดี และช่วยให้แพทย์สามารถนำข้อมูลต่างๆ ที่รับได้นี้ ไปวิเคราะห์เพื่อทำประโยชน์ต่างๆ ได้ง่าย

จากการวิเคราะห์งานวิจัยนี้ ทำให้เห็นการใช้งานของอุปกรณ์หรือเทคโนโลยี ในพื้นที่ที่เหมาะสมเป็นอย่างยิ่ง โดยอุปกรณ์ที่ใช้ และส่วนการติดต่อสื่อสารในงานวิจัยนี้นั้น ทำงานอยู่ในพื้นที่ที่สามารถควบคุมได้ง่าย ทั้งในด้านความสว่าง เสียง อุณหภูมิ และระยะทาง ซึ่งจะทำให้ผลการทำงานมีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูงมาก จึงทำให้งานวิจัยนี้เป็นต้นแบบการใช้เทคโนโลยีเครือข่ายตรวจจับสัญญาณไร้สายในโรงพยาบาลหลายแห่ง

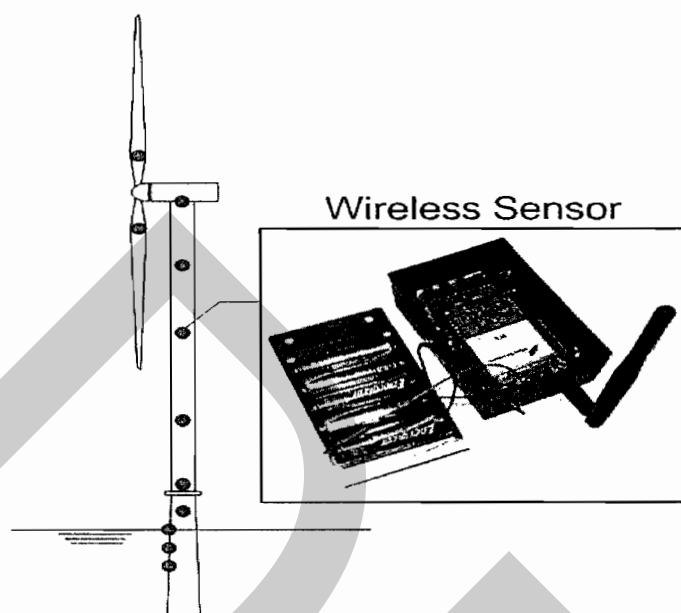


รูปที่ 2.3 Baby Glove Swaddle คอยตรวจจับลักษณะของเด็กก่อน

งานวิจัยเรื่อง Structural Monitoring of Wind Turbines using Wireless Sensor Networks (R. Andrew Swartz, Jerome P. Lynch et al, 2008: 1-7) เป็นการนำเอาเทคโนโลยีเครื่องตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายมาตรวจสอบสภาพของกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.5 เพื่อตรวจสอบ เฝ้าระวัง พฤติกรรมต่างๆ ของกังหันลม เช่น แรงสั่นสะเทือนของตัวกังหันลม ความร้อนของอุปกรณ์ และความเร็วที่พัดผ่านตัวกังหัน ซึ่งการตรวจสอบข้อมูลนี้กระทำเพื่อรักษาความปลอดภัยของตัวกังหันลมเมื่อต้องประสบกับสภาพแวดล้อมที่เลวร้าย เช่น ความเร็วลมมีสูงเกินไป ความร้อนของอุปกรณ์ แรงสั่นสะเทือนมากเกินไป อุปกรณ์จะสามารถรองรับได้ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ภาพตัวอย่างใบพัดเสียหายเนื่องจากกระแสลมแรง

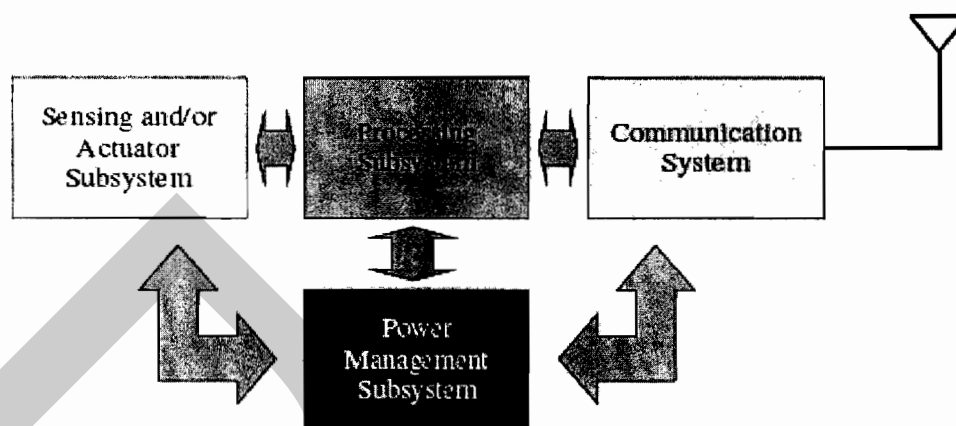


รูปที่ 2.5 ภาพตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยที่กล่าวถึง

จากการวิเคราะห์งานวิจัยนี้ ทำให้ทราบถึงลักษณะการทำงานต่างๆ วิธีการจัดการข้อมูล และรูปแบบของข้อมูลที่ได้จากการบันทึกผล ทำให้สามารถนำงานวิจัยนี้ไปปรับปรุงและประยุกต์ใช้งานประเภทอื่นได้เป็นอย่างดี จากงานวิจัยนี้ทำให้เกิดงานวิจัย การประยุกต์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณไร้สายเพื่อประมวลผลข้อมูลความเร็วลมสำหรับช่วยตัดสินใจในการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า โดยเป็นการประยุกต์จากการนำเทคโนโลยีเครือข่ายตรวจจับสัญญาณไร้สายมาตรวจสอบหลังการติดตั้ง เปลี่ยนมาเป็นนำเทคโนโลยีเครือข่ายตรวจจับสัญญาณไร้สายมาประมวลผลข้อมูลก่อนการติดตั้งเพื่อลดความเสียหาย ทำให้การติดตั้งในแต่ละพื้นที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าที่สุด

2.1 ทฤษฎีเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย

เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย(Wireless Sensor Network) คือ กลุ่มของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย (Wireless Sensor) ที่มีลักษณะการจัดวางให้กระจายตัวไปทั่วบริเวณที่ต้องการตรวจวัดปรากฏการณ์ คุณสมบัติ หรือสถานะต่างๆ ของสิ่งแวดล้อมที่เราสสนใจ (R Rolfes, J P Lynch, et al, 2003:1-5), (ยุทธพงษ์ พันธไชย, 2550: 4-8)



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของ Wireless Sensor Network

จากรูปที่ 2.6 อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายประกอบไปด้วยหน่วยประมวลผลส่วนเซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูล และส่วนติดต่อสื่อสารแบบไร้สายที่สามารถสร้างเครือข่ายแบบไร้สายในการตรวจวัดคุณสมบัติของสิ่งแวดล้อมที่เราสนใจ ส่งค่าข้อมูลการวัดภายในเครือข่าย และทำการประมวลผลข้อมูลเหล่านั้นเพื่อทำการวิเคราะห์ หรือควบคุมการทำงาน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณไร้สายมีดังต่อไปนี้ (Jason Lester Hill, 2003: 18-52)

2.1.1 ความทนทานต่อความผิดพลาดในขณะทำงาน

อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายอาจมีข้อผิดพลาดขึ้นได้ในขณะทำงานเนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น แหล่งพลังงานไม่เพียงพอ, อุปกรณ์เกิดความเสียหายหรือเกิดการรบกวนจากสภาพแวดล้อม และเกิดจากความร้อนในขณะทำงานสูงเกินอุปกรณ์จะรับได้ ดังนั้นในการออกแบบเครือข่ายจะต้องไม่ให้เกิดความผิดพลาดของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายบางตัวมีผลต่อระบบเครือข่ายทั้งระบบไม่สามารถทำงานตามเป้าหมายได้ ดังนั้นเราจึงต้องสร้างและออกแบบให้เครือข่ายมีความทนทานต่อความผิดพลาด คือสามารถทำงานต่อไปได้แม้มีอุปกรณ์บางส่วนเกิดการผิดพลาดหรือเกิดความเสียหาย

2.1.2 ความยืดหยุ่นในการทำงาน

จำนวนอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนั้น ในการติดตั้งหรือใช้งานจริงจะไม่คำนึงถึงจำนวนมากหรือน้อยของตัวอุปกรณ์ แต่จะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน เช่น การติดตั้งใช้งานในตัวบุคคล ไม่ว่าจะเป็นมนุษย์หรือสัตว์ หรือติดตั้งในพื้นที่ที่จำกัดขนาดเล็กๆ ก็ไม่จำเป็นต้องใช้จำนวนตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายจำนวนมาก แต่ถ้าหากต้องการติดตั้งใช้งานในทางโรงงาน อุตสาหกรรม หรือในทางการทหาร อาจต้องใช้ตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายจำนวนมากๆ

ดังนั้น การใช้งานอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายต้องมีความยืดหยุ่น โดยสามารถทำงานได้ทั้งเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่หรือเครือข่ายที่มีขนาดเล็ก

2.1.3 ราคาของอุปกรณ์

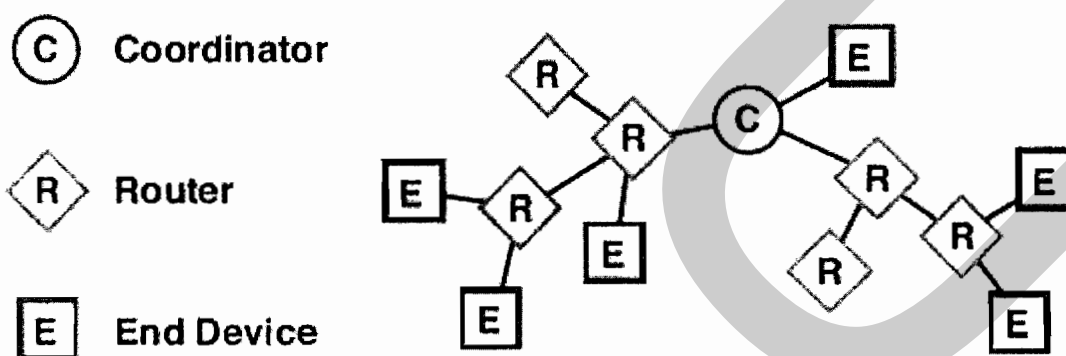
ต้องเลือกอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายที่มีราคาถูก เพราะอาจจะต้องใช้กับระบบที่ต้องการจำนวนตรวจจับแบบไร้สายเป็นจำนวนมาก ซึ่งถ้าหากอุปกรณ์ตรวจจับแบบไร้สายมีราคาต่อตัวสูง ก็จะทำให้ระบบมีค่าใช้จ่ายที่สูงเป็นทวีคูณ

2.1.4 พลังงาน

อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทหนึ่งที่ต้องการพลังงานจากแหล่งจ่าย ซึ่งถ้าระบบสามารถประหยัดพลังงานได้ ก็จะทำให้ระบบทำงานได้ในระยะเวลาที่นานขึ้น และที่สำคัญคือจะทำให้ระบบสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายไปได้มาก โดยไม่ต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่หรือแหล่งพลังงานที่ใช้บ่อย

2.1.5 ลักษณะของเครือข่าย

ลักษณะของเครือข่ายที่ใช้ในระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้ ได้ออกแบบให้เป็นเครือข่ายแบบ Cluster Tree ดังรูปที่ 2.7 ข้อดีคือมีการจัดการที่ง่ายไม่ซับซ้อน แต่ข้อเสียคือระยะทางการทำงานไม่ไกลนัก โดยระยะทำการอยู่ที่ประมาณ 50-150 เมตร ซึ่งเหมาะสมต่อวิจัยนี้



รูปที่ 2.7 เครือข่ายแบบ Cluster Tree

เครือข่ายแบบนี้ในหนึ่งเครือข่ายจะต้องมี 1 Coordinator เท่านั้น โดย Coordinator นั้นเปรียบเสมือนหัวใจหลักของเครือข่าย (เป็นเครื่องแม่หรือสถานีฐาน) ซึ่งหาก Coordinator เกิด

ผิดปกติหรือไม่ทำงาน เครือข่ายทั้งหมดจะไม่สามารถพูดคุยหรือส่งข้อมูลหากันได้ ข้อดีของเครือข่ายลักษณะนี้คือ เราสามารถที่จะขยายสัญญาณให้ส่งไปได้ไกลๆ โดยใช้ตัว Router รับสัญญาณจาก Coordinator แล้วกระจายสัญญาณส่งให้กับตัวอื่นๆ ต่อไปได้ ทำให้สามารถรับส่งข้อมูลครอบคลุมพื้นที่ที่กว้างและไกลมากขึ้นกว่าปกติ

ในทางกลับกันหาก Router ตัวใดตัวหนึ่งเกิดข้อผิดพลาดหรือไม่ทำงาน อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งสัญญาณที่เชื่อมต่อกับ Router ตัวนั้น จะไม่สามารถทำงานต่อได้ ซึ่งแตกต่างจาก Coordinator คือ ถ้า Coordinator ไม่ทำงาน เครือข่ายทั้งเครือข่ายนั้นจะไม่สามารถพูดคุยติดต่อสื่อสารกันได้อีกเลย

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ Cluster Tree เนื่องจากมีความยืดหยุ่นในการพัฒนาระบบมากที่สุด และสามารถเพิ่มระยะทางและพื้นที่ในการตรวจจับข้อมูลได้เป็นอย่างดี แต่มีข้อเสียคือมีความซับซ้อนในการกำหนดค่าเริ่มต้นของแต่ละอุปกรณ์ และอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นสถานีฐานหรือ Coordinator จะห้ามทำงานผิดพลาดโดยเด็ดขาด เพื่อที่จะทำให้ระบบสามารถทำงานต่อไปได้

ข้อจำกัดของอุปกรณ์แต่ละชนิด

Coordinator ทำหน้าที่

- (1) เลือกช่องทางและ PAN ID (both 64-bit and 16-bit) เพื่อเริ่มเครือข่าย
- (2) อนุญาตให้ Router และ End Node เข้าร่วมเครือข่าย
- (3) ไม่สามารถ Sleep และควรจะเป็น Main Power

End Node ทำหน้าที่

- (1) ต้องเข้าร่วมเครือข่ายก่อน จึงจะสามารถรับและส่งข้อมูลได้
- (2) ไม่สามารถให้อุปกรณ์อื่นๆ เข้าร่วมเครือข่ายของมันได้
- (3) สามารถส่งและรับข้อมูล แต่ไม่สามารถที่จะกระจายสัญญาณไปให้ตัวอื่นๆ ได้อีก
- (4) สามารถเข้าสู่ Low power mode เพื่อประหยัดพลังงาน

Router ทำหน้าที่

- (1) ต้องเข้าร่วมเครือข่ายก่อน ทำหน้าที่ ส่งข้อมูล รับข้อมูล และกำหนดเส้นทางข้อมูล
- (2) หลังจากที่เข้าร่วมเครือข่ายแล้ว จะอนุญาตให้ Router และ End Device ตัวอื่นๆ เข้าร่วมเครือข่ายได้
- (3) หลังจากที่เข้าร่วมเครือข่ายแล้ว สามารถที่จะกำหนดเส้นทางข้อมูลเพื่อกระจายสัญญาณต่อไปได้

2.1.6 ลักษณะของข้อมูล

ลักษณะของข้อมูลในระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้ จะมีข้อมูลอยู่หลายลักษณะขึ้นอยู่กับว่าข้อมูลนั้นอยู่ในขั้นตอนการประมวลผลส่วนไหนในระบบ โดยลักษณะข้อมูลเริ่มแรกของงานวิจัยนี้นั้น จะเกิดจากตัวตรวจจับสัญญาณหรือเซ็นเซอร์จากตัวตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer) ซึ่งลักษณะของข้อมูลในส่วนนี้นั้นจะได้ค่าข้อมูลเป็นคลื่นสัญญาณแบบพัลส์ โดยข้อมูลสัญญาณในส่วนนี้จะมีความถี่ต่ำมากๆ เราจึงให้ระบบทำการปรับขนาดของสัญญาณนี้ขึ้นเพื่อนำไปใช้หรือจัดการต่อไปได้สะดวก โดยใช้วงจรยกระดับแรงดัน (Pull Up) จากนั้นเมื่อได้ค่าข้อมูลที่มีความเหมาะสมที่จะนำไปคำนวณหรือประมวลผลต่อแล้ว ระบบจะทำการส่งสัญญาณข้อมูลชนิดนี้ไปยังวงจรปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน หรือวงจร Schmitt trigger เพื่อทำการกรองสัญญาณข้อมูลให้ราบเรียบ (Filter) เพื่อให้ได้ลักษณะของข้อมูลที่สามารถนำไปประมวลผลได้สะดวกและแยกแยะความแตกต่างได้ง่ายขึ้น เพราะในระบบนี้ต้องใช้จำนวนรอบการหมุนของตัวตรวจจับสัญญาณ (Anemometer) เพื่อทำการประมวลผลและส่งข้อมูลไปประมวลผลในส่วนถัดไปได้ง่ายขึ้น เราจึงต้องการขนาดของสัญญาณที่สูงพอ ความนิ่งของสัญญาณและความแตกต่างของสัญญาณที่ชัดเจน เพื่อที่จะจัดการกับสัญญาณที่ตรวจวัดได้รวดเร็ว สะดวก และถูกต้อง โดยลักษณะของสัญญาณข้อมูลในขั้นตอนดังกล่าวนี้จะเป็นสัญญาณแบบอนาล็อกซึ่งจะทำการแปลงให้เป็นสัญญาณแบบดิจิทัลแล้วส่งต่อไปยังหน่วยประมวลผลเพื่อประมวลผลในขั้นตอนถัดไป

เมื่อได้ลักษณะข้อมูลเป็นแบบดิจิทัลแล้วระบบจะส่งค่าข้อมูลแบบดิจิทัลนี้ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์หรือหน่วยประมวลผล เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผล โดยเป็นการประมวลผลจากการนับรอบการหมุนของตัวตรวจจับสัญญาณ Anemometer แล้วนำจำนวนรอบการหมุนนี้มาคำนวณกับสูตรการคำนวณความเร็วลมของอุปกรณ์ตรวจวัดแต่ละตัว ซึ่งอุปกรณ์ตรวจวัดแต่ละตัวนี้ จะมีสูตรในการคำนวณความเร็วลมที่แตกต่างกันออกไป เมื่อได้ข้อมูลความเร็วลมจากการคำนวณแล้ว จะทำการประมวลผลเวลาที่ตรวจวัดได้ ซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นค่าข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ย ในงานวิจัยนี้จะทำการประมวลผลข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 60 นาที จึงทำให้ข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบของ อัตราความเร็วลมเฉลี่ยต่อหนึ่งชั่วโมง เมื่อได้ค่าข้อมูลเป็นอัตราความเร็วลมเฉลี่ยต่อชั่วโมงแล้ว จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งค่าข้อมูลอัตราความเร็วลมเฉลี่ยต่อชั่วโมงนี้ไปยังอุปกรณ์ส่งสัญญาณแบบไร้สาย (Wireless Sensor Network) เพื่อนำข้อมูลอัตราความเร็วลมเฉลี่ยต่อชั่วโมงนี้ส่งไปยังสถานีฐานเพื่อให้สถานีฐานทำการประมวลผลข้อมูล ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล บันทึกเวลาจริง และทำการบันทึกลงหน่วยความจำ

โดยวิธีการจัดเก็บข้อมูลหรือสำรองข้อมูลที่ตรวจจับได้ในระบบนี้ จะมีการเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำแบบ SD Card โดยมีการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เหตุผลที่ใช้การบันทึก

ข้อมูลในลักษณะนี้ เนื่องจากในงานวิจัยนี้จำเป็นต้องเก็บข้อมูลในระยะยาว และไม่มี ความจำเป็นต้องรับรู้ถึงข้อมูลตลอดเวลาหรือทันทีทันใด จึงเลือกใช้การบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ เมื่อต้องการตรวจสอบข้อมูลที่บันทึกได้หรือทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากระบบนี้ จะสามารถทำได้โดยถอดอุปกรณ์หน่วยความจำแบบ SD Card ที่ต่ออยู่กับอุปกรณ์ในสถานีฐาน นำไปเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยรูปแบบของข้อมูลที่ทำกรบันทึกลงหน่วยความจำนั้นจะบันทึกข้อมูลในลักษณะข้อความหรือลักษณะ text โดยจะบันทึกเป็นไฟล์ข้อมูลที่มีนามสกุลไฟล์เป็น .txt ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมสำหรับตรวจสอบข้อมูลและสามารถวาดกราฟความเร็วลม เปรียบเทียบกับเวลาจริงที่อุปกรณ์ตรวจวัดรับข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาได้

2.2 องค์ประกอบของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย

ในอดีตจนถึงปัจจุบันอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายมีหลากหลายรูปแบบ หลายชนิด การใช้งานต้องเลือกลักษณะหรือความสามารถของอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับงาน แต่อุปกรณ์ยังคงประกอบขึ้นจากองค์ประกอบหลัก 5 ส่วน คือ (ยุทธพงษ์ พันธไชย, 2550: 4-8)

2.2.1 ส่วนประมวลผลหลัก (Processor)

ส่วนประมวลผลของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายต้องมีความสามารถในการคำนวณประมวลผล มีหน่วยความจำมากพอต่อการทำงานหรือการประมวลผลข้อมูล สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หรือวงจรถอดรหัสได้หลากหลายรูปแบบ มีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะในสภาพอากาศที่ร้อนจัดซึ่งตรงกับสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ที่เราใช้งาน เมื่อสภาพอากาศร้อนจัดมีโอกาทำให้หน่วยประมวลผลเกิดความผิดพลาดหรือหยุดการทำงานได้ จะส่งผลเสียต่อระบบเป็นอย่างมากเราจึงต้องคำนึงถึงจุดนี้เป็นสำคัญ มีราคาไม่สูงมากนักเพราะในระบบหนึ่งอาจจะต้องใช้หน่วยประมวลผลจำนวนมาก ซึ่งถ้าหากหน่วยประมวลผลหลักมีราคาสูงก็ จะทำให้มีการลงทุนของระบบสูงตามไปด้วย มีขนาดไม่ใหญ่จนเกินไป และมีความเร็วในการคำนวณหรือประมวลผลสูงเพื่อรองรับการทำงานที่ต้องการประสิทธิภาพ

2.2.2 ส่วนหน่วยความจำ (Memory)

อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย จะต้องสามารถสำรองข้อมูลภายในตัวมันเองได้ ในปริมาณที่มากพอ หรือส่งผ่านข้อมูลนั้นไปยังอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายอื่นๆ แล้วแต่การใช้งานตามที่เราจะกำหนด ถ้าเรากำหนดหรือออกแบบระบบให้ส่วนตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายย่อยส่งผ่านข้อมูลไปยังสถานีฐาน โดยไม่จำเป็นต้องสำรองข้อมูล ในส่วนนี้เราก็ไม่จำเป็นต้องมีหน่วยความจำมากนัก แต่ถ้าเรากำหนดหรือออกแบบระบบให้ส่วนตรวจจับสัญญาณไร้สายย่อยมีการบันทึกหรือประมวลผลข้อมูลก่อนส่งผ่านข้อมูลไปยังสถานีฐาน เราก็ควรจะต้องใช้

หน่วยความจำเข้ามาเก็บหรือสำรองข้อมูลด้วย โดยในระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณไร้สายนี้ได้มีการประมวลผลจากส่วนตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายย่อย แล้วค่อยส่งข้อมูลมาบันทึกที่สถานีฐานอีกครั้ง จึงทำให้การออกแบบของระบบนี้จะต้องมีหน่วยความจำทั้งที่สถานีย่อยและสถานีฐาน

2.2.3 ส่วนแหล่งจ่ายไฟ (Power unit)

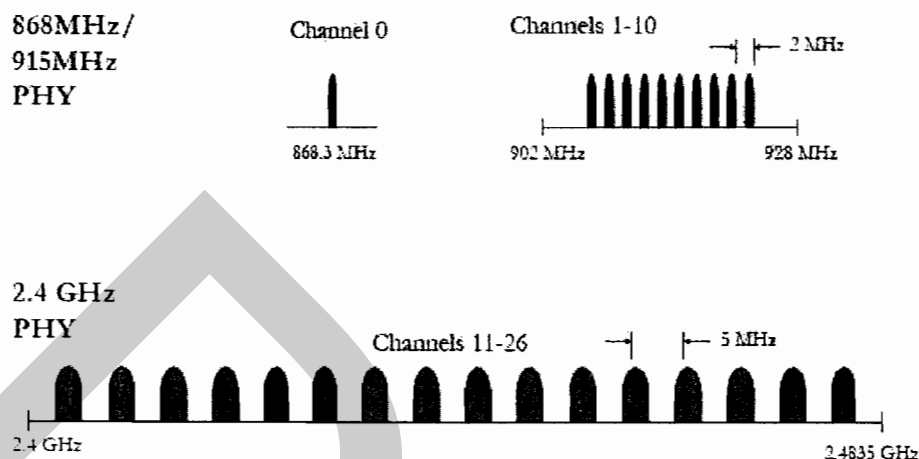
อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย จะต้องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง การบำรุงรักษาหรือหยุดการทำงานอันเนื่องมาจากเหตุผลใดก็ตาม จะต้องมียุทธศาสตร์ระยะเวลาไม่มากจนเกินไป ส่วนของแหล่งพลังงานหรือแหล่งจ่ายไฟจึงเป็นส่วนที่สำคัญมากๆ สำหรับระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย โดยแหล่งพลังงานอาจมีได้หลายชนิดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับการใช้งาน เช่น แหล่งพลังงานจากถ่านหรือแบตเตอรี่ แหล่งพลังงานจากแหล่งจ่าย แหล่งพลังงานจากสภาพแวดล้อมเช่นพลังงานแสงอาทิตย์ หรือพลังงานลม โดยแหล่งพลังงานในระบบนี้ได้มีการออกแบบให้ใช้แหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ แต่ระบบจะใช้พลังงานจริงแค่ 6 โวลต์เท่านั้น โดยระบบมีการตรวจวัดปริมาณพลังงานที่คงเหลือจากแบตเตอรี่ เพื่อให้ทราบถึงระยะเวลาการทำงานในอนาคตและสามารถจัดการบำรุงรักษาระบบได้ง่าย

2.2.4 ส่วนตรวจจับสัญญาณ (Sensing Unit)

ส่วนตรวจจับสัญญาณ เป็นส่วนที่สำคัญมากในระบบ เป็นส่วนที่จะต้องตรวจจับค่าหรือวัดค่าสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่เราต้องการวัด เช่น ตำแหน่ง อุณหภูมิ ความสว่าง ความเร็ว ความเครียด เป็นต้น โดยข้อมูลที่ตรวจวัดได้ต้องมีความเร็วและแม่นยำมากถึงจะทำให้ระบบมีค่าข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ โดยในระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้ได้ใช้ตัวตรวจจับสัญญาณแบบตรวจจับความเร็วลม โดยนำค่าข้อมูลที่ได้ซึ่งเป็นสัญญาณพัลส์ มาปรับแต่งขนาดของสัญญาณ แล้วนำไปแปลงเป็นสัญญาณอนาล็อก แล้วก็นำสัญญาณแบบอนาล็อกส่งผ่านข้อมูลไปเปลี่ยนรูปสัญญาณเพื่อนำข้อมูลที่ได้ออกไปคำนวณที่ฝั่งประมวลผล (Randy Frank, 2000: 7-9)

2.2.5 ส่วนส่งคลื่นความถี่วิทยุ (Communication Unit)

ย่านความถี่ที่เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย (Wireless Sensor Networks) นำมาใช้งานนั้น จะอยู่ในย่านความถี่ที่ไม่ต้องขออนุญาตจากผู้ดูแลกิจการวิทยุกระจายเสียงแห่งชาติ ในระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้จะใช้มาตรฐานของการสื่อสารไร้สาย IEEE 802.15.4 โดยย่านความถี่ที่ 896 MHz และย่านความถี่ 915 MHz จะใช้ในโซนทวีปยุโรปและอเมริกา ส่วนย่านความถี่ 2.4 GHz สามารถใช้งานได้ทั่วโลก ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้

2.2.5.1 Physical Layer

เป็นส่วนของการจัดการทางกายภาพ เป็นการจัดการการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หรือโหนดอื่นๆ หน้าที่การทำงานของ Physical Layer คือ การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ การเข้ารหัสของข้อมูลสัญญาณ โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการเข้ารหัสสัญญาณของข้อมูลในขณะที่รับส่งข้อมูลกันระหว่างสถานีย่อย (End Node) กับสถานีฐาน (Gateway) ซึ่งจะทำให้ข้อมูลมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น และสามารถส่งข้อมูลไปยังตัวรับได้ถูกต้อง

2.2.5.2 Network Layer

เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของระบบสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย โดยเป็นส่วนที่จัดการเส้นทางการเคลื่อนที่ของข้อมูล ให้เดินทางไปยังแนวทางหรือเป้าหมายที่เราออกแบบหรือกำหนดไว้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณลักษณะของแต่ละเทคโนโลยี

2.4 GHz Technology Comparison				
	Data Rate	Number of Channel	Interference Avoidance Method	Minimum Quiet Bandwidth Require
Wi-Fi	11 Mbps	13	Fixed Channel Avoidance	22MHz (Static)
Bluetooth	723 Kbps	79	Adaptive Frequency Hopping	15MHz (Dynamic)
Wireless USB	62.5 Kbps	79	Frequency Agility	1MHz (Dynamic)
Zigbee	128 Kbps	16	Fixed Channel Avoidance	3MHz (Static)

บทที่ 3

การสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลมไร้สาย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลมไร้สายขึ้นมาจำนวน 2 ชุด โดยในแต่ละชุด จะเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ชนิดวัดความเร็วลม โดยเซ็นเซอร์ตัวนี้จะให้ค่าสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นพัลส์แต่เนื่องจากสัญญาณข้อมูลที่ได้จากส่วนนี้มีขนาดค่ามากๆ ในระดับมิลลิโวลต์ ระบบจึงนำสัญญาณข้อมูลส่วนนี้ไปปรับสภาพสัญญาณก่อน โดยต่อกับวงจรยกระดับแรงดันเพื่อให้ข้อมูลสัญญาณชุดนี้มีขนาดสูงขึ้น หลังจากนั้น ระบบจะนำข้อมูลส่วนนี้ไปเข้าวงจรเปลี่ยนรูปแรงดันเพื่อให้ได้ค่าข้อมูลสัญญาณที่มีความนิ่งเรียบและมีความแตกต่างของข้อมูลที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และมีการแปลงสัญญาณข้อมูลจากอนาล็อกให้เป็นสัญญาณข้อมูลแบบดิจิทัล เพื่อนำข้อมูลสัญญาณดิจิทัลส่วนนี้ส่งไปยังหน่วยประมวลผลหรือไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้หน่วยประมวลผลหรือไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ ประมวลผลข้อมูลจากแรงดันที่อุปกรณ์ตรวจวัดรับค่าได้ ซึ่งจะประมวลผลค่าข้อมูลให้กลายเป็นอัตราความเร็วลมต่อชั่วโมง พร้อมทั้งเก็บข้อมูลในระยะเวลา 60 นาทีแล้วนำค่าข้อมูลทั้งหมดนำมาเฉลี่ยให้เป็นอัตราความเร็วลมเฉลี่ยต่อ 60 นาที จึงทำให้ข้อมูลอัตราความเร็วลมในแต่ละวันจะมีการแบ่งเวลาเป็นช่วงๆ จำนวน 24 ค่าต่อวัน การทำงานในส่วนนี้ยังเป็นการแปลงสัญญาณข้อมูลจากดิจิทัลให้เป็นสัญญาณข้อมูลแบบข้อความ และนำชนิดข้อมูลอัตราความเร็วลมแบบข้อความนี้ส่งไปยังตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย เมื่อตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายรับค่าข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายย่อมนำค่าข้อมูลไปส่งตัวตรวจจับสัญญาณสถานีฐาน โดยสถานีฐานเมื่อได้รับค่าข้อมูลที่ตรงตามทีออกแบบไว้ ก็จะทำการส่งข้อมูลอัตราความเร็วลมเฉลี่ยต่อชั่วโมงในระยเวลานั้นๆ ไปยังหน่วยประมวลผลหรือไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ MCS-51 เมื่อหน่วยประมวลผลของสถานีฐานได้รับข้อมูลจากตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายแล้ว ก็จะทำการส่งผ่านข้อมูลอัตราความเร็วลมเฉลี่ยที่ได้ไปเก็บหรือบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ โดยจะส่งข้อมูลผ่านทางเชื่อมต่อแบบอนุกรม ในส่วนของหน่วยความจำที่ใช้ในระบบนี้จะเป็นหน่วยความจำชนิด SD Card

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย

3.1.1 ศึกษาหลักการการทำงานของระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย

ทำการศึกษาทฤษฎีต่างๆ ของระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย แล้วนำเอาทฤษฎีที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยที่นำเสนอ

3.1.2 ศึกษาหลักการการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

ทำการศึกษาทฤษฎีต่างๆ ของตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ เช่น ตัวเซ็นเซอร์รับค่าข้อมูล วงจรระดับสัญญาณ วงจรแปลงระดับแรงดัน วงจรเปลี่ยนรูปสัญญาณ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย อุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ และวงจรบันทึกข้อมูล เพื่อให้ทราบถึงวิธีการใช้งานหรือการนำไปใช้ที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

3.1.3 ศึกษาหลักการการทำงานของอัลกอริทึมที่ใช้ในระบบ

ทำการศึกษาทฤษฎีต่างๆ เพื่อใช้จัดการส่วนต่างๆ ของระบบ เช่น เพื่อจัดการค่าข้อมูลในระบบ จัดการการสื่อสารในระบบ และการควบคุมระบบ เพื่อให้ระบบมีความฉลาด มีการติดต่อสื่อสารที่รวดเร็วและแม่นยำ มีการจัดการข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ

3.1.4 ทดสอบอุปกรณ์และอัลกอริทึมที่ใช้ในระบบ

ทำการทดสอบอุปกรณ์และอัลกอริทึมที่ได้จัดเตรียมและศึกษาข้อมูล เพื่อยืนยันในผลลัพธ์และวิธีการทำงานที่สามารถใช้ได้จริง

3.1.5 ออกแบบระบบที่ทำการวิจัย

ทำการออกแบบระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณไร้สาย โดยในส่วนนี้ได้้นำเอาซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการออกแบบระบบมาช่วยจัดการ ซึ่งซอฟต์แวร์เหล่านี้จะทำให้มีการจัดระเบียบและเป็นข้อมูลอ้างอิงในการออกแบบได้ดี ในการออกแบบงานวิจัย จะทำการออกแบบทั้งส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่มีอยู่ในระบบทั้งหมดพร้อมกัน ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงภาพรวมของโครงสร้างงานวิจัยทั้งหมด

3.1.6 พัฒนาโปรแกรมรับส่งข้อมูล

หลังจากออกแบบระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณไร้สายเสร็จทั้งหมดแล้ว จะทำการพัฒนาโปรแกรมในภาคติดต่อสื่อสารก่อนเป็นลำดับแรก ซึ่งก็คือการรับส่งข้อมูลของตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย และการรับส่งข้อมูลระหว่างวงจรต่างๆ กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพราะส่วนการรับส่งข้อมูลเป็นส่วนสำคัญและใช้งานบ่อยที่สุดในระบบนี้

3.1.7 พัฒนาโปรแกรมการควบคุมและเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ

หลังจากพัฒนาโปรแกรมรับส่งข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะทำการพัฒนาโปรแกรมการควบคุมและการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ โดยในส่วนนี้จะเป็นการจัดการด้านการประมวลผลข้อมูล

ของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก และการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ในที่นี้คือ การรับค่าข้อมูล จากวงจรเปลี่ยนรูปสัญญาณ การรับค่าข้อมูลจากตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย การส่งค่าข้อมูล ไปยังตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย และการส่งค่าข้อมูลไปยังวงจรบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ

3.1.8 นำงานวิจัยไปทดสอบและใช้งาน

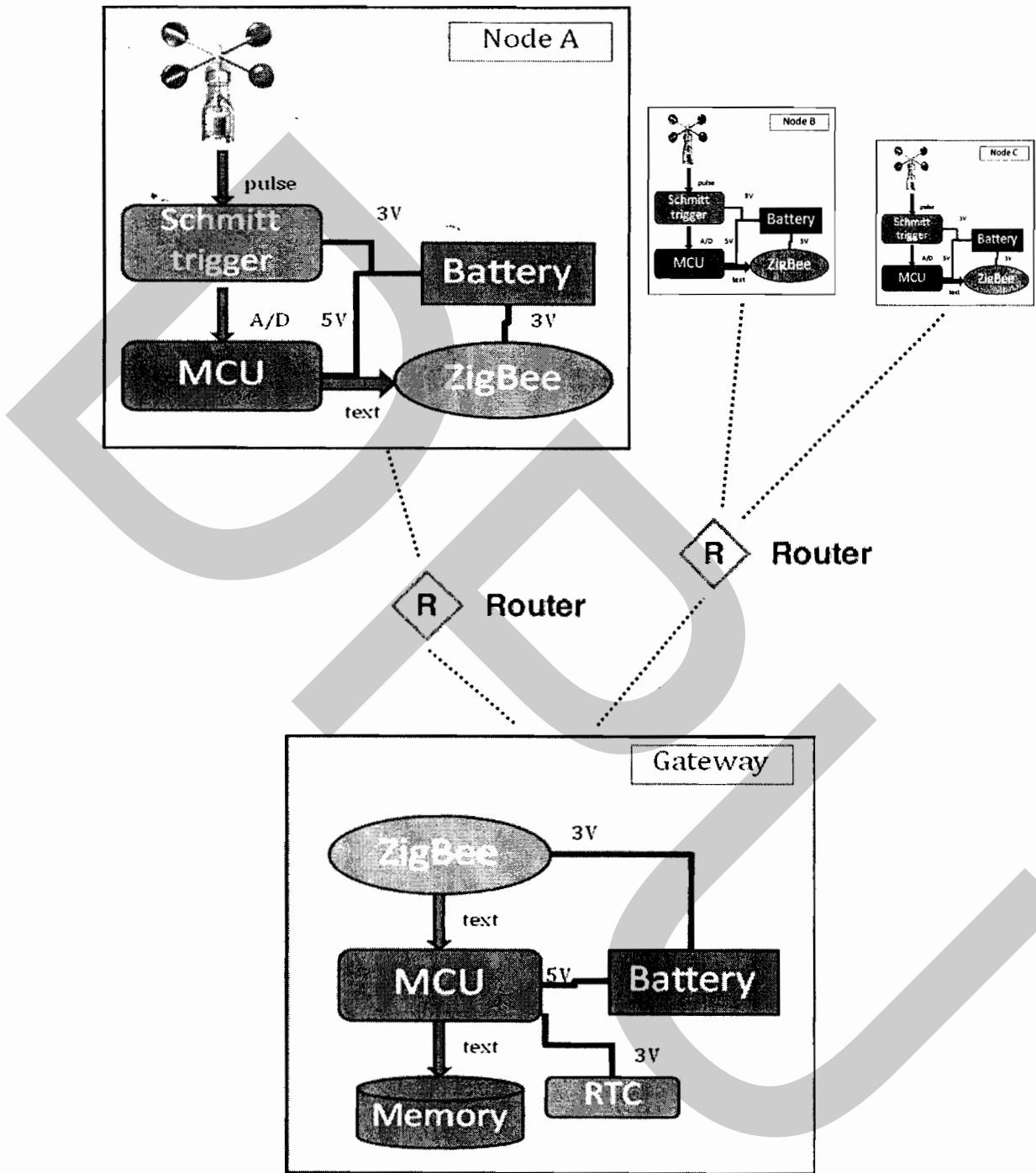
นำระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายที่พัฒนาเสร็จเรียบร้อยแล้วไปทดสอบ การทำงานจริงเพื่อให้ทราบว่าการทำงานจริงเป็นอย่างไร ข้อมูลที่ได้เป็นอย่างไรบ้าง

3.1.9 วิเคราะห์และสรุปผล

หลังจากใช้งานระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายจริงแล้วนำข้อมูลที่ได้จาก การทำงานของระบบมารวบรวมและวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุต่างๆ ที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นปัญหาใน ด้านต่างๆ ผลลัพธ์ที่ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงหรือไม่ เมื่อวิเคราะห์เสร็จแล้วก็ทำการสรุปผลงาน ที่ทำการวิจัย โดยใช้ข้อมูลจากการนำระบบไปทดสอบเพื่อให้ทราบว่าประสิทธิภาพของระบบนั้น เป็นอย่างไร

3.1.10 รวบรวมข้อมูลที่ได้จัดทำวิทยานิพนธ์

ทำการรวบรวมข้อมูลของระบบทั้งหมด เพื่อจัดทำเป็นวิทยานิพนธ์



รูปที่ 3.1 แผนภาพโครงสร้างของระบบ

3.2 แนวทางการวิจัยและพัฒนาระบบ

ระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนั้นมีการนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดหรือนำไปใช้ในระบบอื่นๆ มากมาย ซึ่งเทคโนโลยีนี้ได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและมีการนำไปประยุกต์ใช้มากมายในปัจจุบันรวมถึงอนาคต แต่วิธีการที่นำเทคโนโลยีเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนั้น จะเป็นการพัฒนาหรือการนำไปใช้แบบบำรุงรักษา ฝ้าระวัง หรือตรวจสอบสภาพแวดล้อมหรือลักษณะของข้อมูลบางอย่างเกือบทั้งหมด มีน้อยมากที่จะใช้เทคโนโลยีเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้ในเชิงสร้างผลงาน หรือนำเอาข้อมูลที่ได้ นำไปวิเคราะห์เพื่อไปใช้งานต่างๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคโนโลยีในเชิงเก็บผลของข้อมูล เพื่อนำเอาข้อมูลนี้ไปวิเคราะห์และช่วยในการตัดสินใจในการสร้างอุปกรณ์กักกันลมผลิตกระแสไฟฟ้า โดยเหตุผลสำคัญของการจัดทำงานวิจัยนี้คือ ในปัจจุบันประเทศไทยมีการติดตั้งกักกันลมผลิตไฟฟ้าอยู่จำนวนหนึ่ง แต่ส่วนใหญ่ไม่สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ อันเนื่องมาจากสาเหตุมีพลังงานลมเฉลี่ยไม่มากเพียงพอจึงทำให้มีผลเสียกับระบบและโครงการการติดตั้ง

โดยแนวทางการวิจัยนี้ได้มีแนวคิดริเริ่มมาจากการเห็นกักกันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่ติดตั้งแล้วไม่ค่อยหมุนนักหรือทำงานได้ไม่เต็มที่นั่นเอง อันเนื่องมาจากความเร็วลมหรือปริมาณลมไม่เพียงพอ และในต่างประเทศได้มีการนำเอาเทคโนโลยีการตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายมาช่วยบำรุงรักษา กักกันลมผลิตกระแสไฟฟ้าไม่ให้เกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากความเร็วลมที่แรงจนเกินไป หรือเกิดการสั่นสะเทือนของตัวกักกันมากเกินไป งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะจัดการในขั้นตอนก่อนสร้างกักกันลมผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อที่จะลดการสูญเสียในด้านค่าใช้จ่าย ในด้านระยะเวลาการทำงาน และในด้านการได้มาของพลังงานไม่เพียงพอ ลดการติดตั้งกักกันลมในพื้นที่ที่มีอัตราความเร็วลมไม่เพียงพอ ลดอันตรายที่จะเกิดจากการทำงานผิดพลาดของกักกันลม งานวิจัยชิ้นนี้จึงได้นำเอาเทคโนโลยีการตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย นำมาใช้ตรวจจับอัตราความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ที่จะทำการติดตั้งหรือทำการเก็บข้อมูล เพื่อสามารถนำข้อมูลอัตราความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่นั้นมาวิเคราะห์และช่วยตัดสินใจในการจะเริ่มติดตั้งกักกันลมผลิตกระแสไฟฟ้า

3.3 อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย

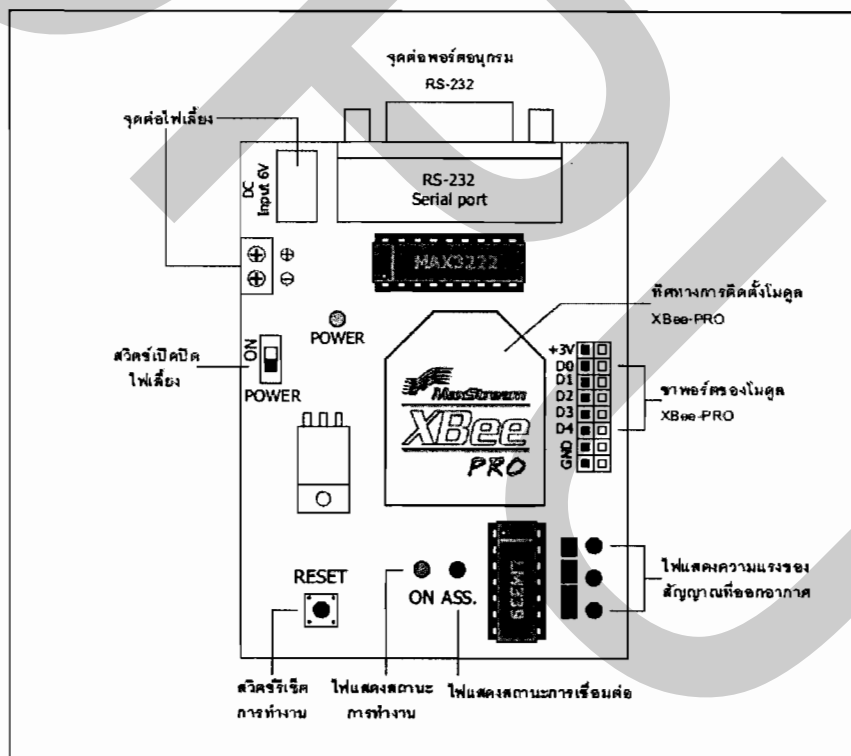
ในระบบนี้ใช้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายตระกูล Zigbee โดยเป็นอุปกรณ์ที่มี Microcontroller และ RF IC อยู่ภายใน ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ Transceiver (อุปกรณ์ที่สามารถรับ-ส่งสัญญาณ) แบบ Half Duplex ทำงานในย่านความถี่ 2.4GHz มีการจัดการการทำงานโดยใช้พลังงานต่ำ ใช้งานง่าย มีช่องทางการเชื่อมต่อที่ใช้รับและส่งข้อมูลกับ Xbee เป็น UART (TTL) ซึ่งสำหรับ

ทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถนำขาที่ใช้ติดต่อสื่อสาร UART ของ Xbee เชื่อมต่อเข้ากับ UART ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง

อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายที่ใช้คือโมดูล Xbee นี้สามารถใช้งานตามมาตรฐานของ Zigbee ได้



รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย ตระกูล Xbee



รูปที่ 3.3 วงจรบอร์ดตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย

3.3.1 คุณสมบัติทั่วไปของตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย

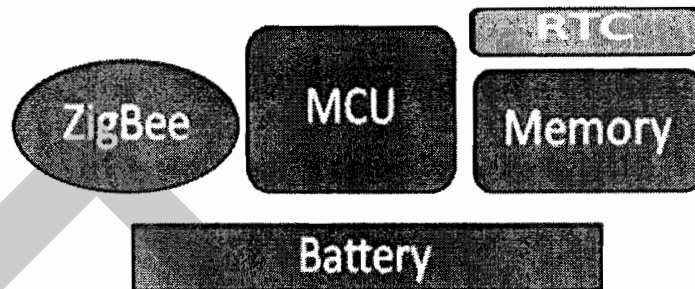
- 1) ความถี่ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร 2.4 GHz
- 2) ใช้สายสัญญาณแบบ SMA
- 3) ระยะทำการในพื้นที่ร่ม สูงสุดประมาณ 100 เมตร
- 4) ระยะทำการในพื้นที่กลางแจ้ง (LOS) สูงสุดประมาณ 1,500 เมตร
- 5) กำลังในการส่ง 60 mW (18 dBm)
- 6) ความเร็วในการรับสัญญาณ -100dBm (1% packet error rate)
- 7) ขนาด 0.96*1.297 นิ้ว หรือ 2.438 * 3.294 เซนติเมตร
- 8) ใช้ไฟฟ้าขนาด 2.8V-3.4V
- 9) อุณหภูมิในการใช้งาน -40 ถึง 85 องศาเซลเซียส

3.3.2 คุณสมบัติด้านการสื่อสารข้อมูลของตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย

- 1) สามารถทำงานเป็นตัวอุปกรณ์ทั้งตัวหลักหรือตัวรองได้
- 2) อัตราการถ่ายทอดข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ 250,000 บิตต่อวินาที
- 3) อัตราการถ่ายทอดข้อมูลแบบอนุกรม (บอดเรท) 1,200 ถึง 115,200
- 4) รูปแบบโครงข่ายข้อมูลที่รองรับการทำงาน จุดต่อจุด (Point to Point), จุดต่อหลายจุด (Point to Multipoint) และสามารถทำงานเข้ากับอุปกรณ์ในมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ได้
- 5) ทางเลือกแอดเดรส สามารถเลือกได้ทั้ง กลุ่มของเครือข่าย (PAN ID), ช่องสัญญาณ (Channel), แอดเดรส (Address) สำหรับแอดเดรสสามารถกำหนดแอดเดรสได้มากถึง 65,000 รหัส
- 6) เทคโนโลยีในการกระจายคลื่นสัญญาณ DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
- 7) รองรับการทำงานแบบ API และ AT Command
- 8) รองรับมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา แคนาดา ยุโรป และญี่ปุ่น

3.4 หลักการทำงานของอุปกรณ์บนเครือข่ายไร้สาย

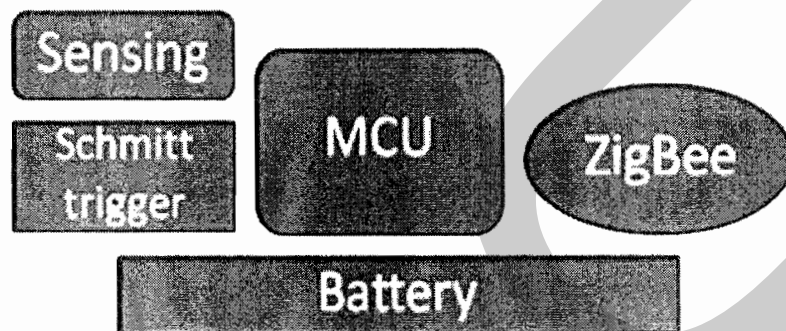
สถานีฐาน (Gateway) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวตรวจจับสัญญาณหรือจากสถานีย่อย (End Node) เพื่อทำการประมวลผลข้อมูล แล้วนำข้อมูลที่รับได้ไปบันทึกลงหน่วยความจำ การออกแบบสถานีฐานนี้จะออกแบบให้มีการบันทึกข้อมูลความเร็วลมในแต่ละชั่วโมง จากสถานีย่อย (End Node) เป็นหลัก โดยบันทึกข้อมูลแบบข้อความลงหน่วยความจำ



รูปที่ 3.4 องค์ประกอบส่วน Gateway

ส่วนประกอบของสถานีฐานหรือ Gateway ประกอบด้วย ตัวรับส่งสัญญาณแบบไร้สาย คือ ZigBee รุ่น Xbee XBP24-DMWIT-250-revA, ไมโครบอร์ด CP-PIC USB/4550 ของบริษัท ETT โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC18F4550 สำหรับประมวลผล, โมดูลสำหรับบันทึกหน่วยความจำแบบ SD Card สำหรับบันทึกข้อมูล โมดูลจัดการด้านเวลาจริง (Real Time Clock) ในส่วนของการใช้พลังงาน จะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ชนิด SLA ขนาด 12 โวลต์ ดังรูปที่ 3.4

End Node ทำหน้าที่รับค่าข้อมูลจากตัวตรวจวัดข้อมูลความเร็วลม นำมาประมวลผลแล้วส่งข้อมูลไปยัง Gateway ผ่านทางการสื่อสารแบบไร้สาย



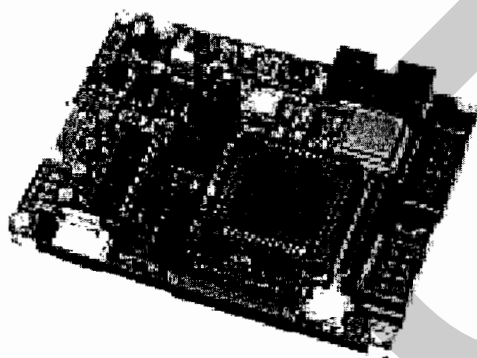
รูปที่ 3.5 องค์ประกอบส่วน End Node

ส่วนประกอบของสถานีย่อยหรือ End Node ประกอบด้วย ตัวรับส่งสัญญาณแบบไร้สายหรือ Wireless Sensor Network (ZigBee), ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51AC3, ตัวตรวจจับสัญญาณความเร็วลมแอนิเมมิเตอร์, วงจรปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน Schmitt trigger และแบตเตอรี่ ชนิด SLA ขนาด 12 โวลต์ ดังรูปที่ 3.5

3.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครโปรเซสเซอร์

ส่วนการประมวลผลข้อมูล ปัญหาในส่วนนี้คือความถูกต้องแม่นยำจากการคำนวณ ความเร็วลมจากอุปกรณ์ที่ตรวจจับสัญญาณ ในส่วนนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องประมวลผลข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ทำให้ในงานวิจัยนี้ต้องใช้อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพสูงในการประมวลผล และมีการรับค่าข้อมูลที่รวดเร็ว ซึ่งก็คือการใช้งานฟังก์ชันอินเตอร์รัพท์ ฟังก์ชันไทมเมอร์ และการรับส่งข้อมูลผ่านการเชื่อมต่อแบบอนุกรม

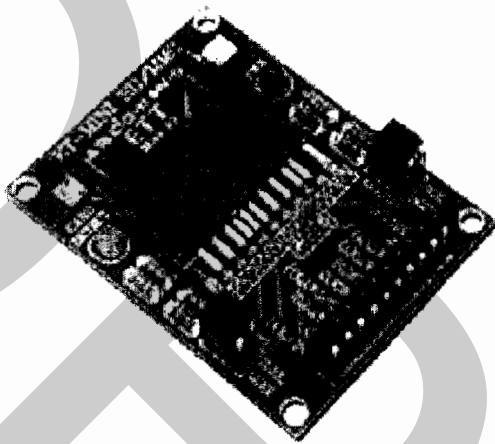
โดยในการประมวลผลความเร็วลม มีการรับค่าข้อมูลมายังหน่วยประมวลผลผ่านช่องสัญญาณอินเตอร์รัพท์ภายนอก ซึ่งวิธีการนี้ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้หลายอย่างพร้อมกัน หรือทำงานคู่ขนานกับงานอื่นได้ ทำให้การรับค่าข้อมูลของระบบมีความรวดเร็ว และเป็นอิสระต่อการทำงานในส่วนอื่น โดยระบบสามารถทำงานคู่ขนานกันระหว่างการรับข้อมูลสัญญาณภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์กับการประมวลผลชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งต้องประมวลผลความเร็วลมอยู่ตลอดเวลา ทำให้ระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่อง รวดเร็ว และมีความคลาดเคลื่อนน้อยมาก เนื่องจากการทำงานในแต่ละส่วนเป็นอิสระต่อกัน วิธีการนี้จึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แตกต่างจากวิธีประมวลผลแบบอื่นๆ ที่มีหลักการทำงาน ในส่วนของการรับข้อมูลสัญญาณ กับการประมวลผลคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการประมวลผลได้



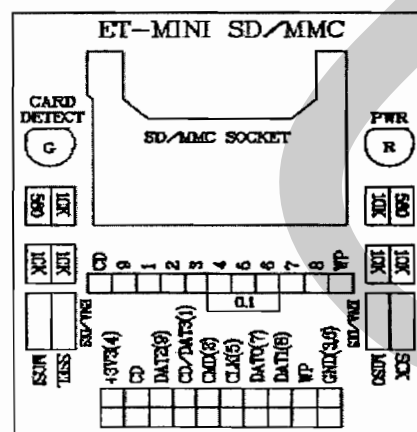
รูปที่ 3.6 โมดูลบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ AT90C51AC3

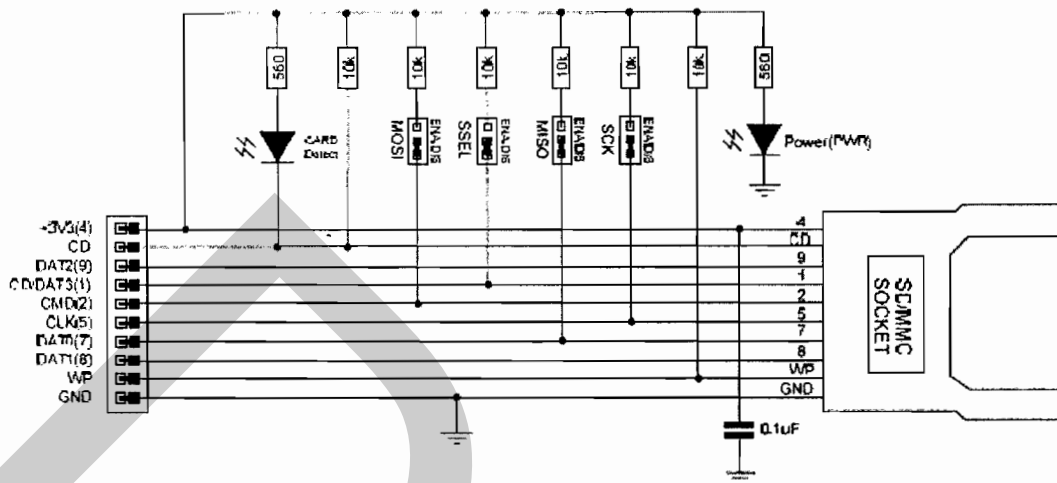
ในระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้ใช้หน่วยประมวลผล 2 แบบคือ MCS-51 กับ PIC โดยในส่วนหน่วยประมวลผลแบบ PIC นั้นจะใช้รุ่น PIC18F4550 โดยใช้โมดูลบอร์ดวงจรรุ่น CP-PIC USB/4550 ของบริษัท ETT ซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้ที่สถานีฐาน มีหน้าที่รับค่าข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยจากฝั่ง End Node โดยรับค่าข้อมูลจากอุปกรณ์รับส่งสัญญาณไร้

สาย ผ่านทางการเชื่อมต่อ UART เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับค่าข้อมูลจากตัวส่งสัญญาณไร้สายแล้ว ก็จะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้ โดยบันทึกข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยลงไปยังหน่วยความจำ ซึ่งในส่วนนี้มีการเชื่อมต่อโมดูลบันทึกหน่วยความจำแบบ SD Card (ET-MINI SD/MMC)เข้ากับพอร์ตเชื่อมต่อ UART ของไมโครคอนโทรลเลอร์อีกทางหนึ่งด้วย โดยการบันทึกข้อมูลและการรับค่าข้อมูลจาก End Node นั้น สถานีฐานจะทำการบันทึกเวลาจริง (RTC) ในการรับค่าข้อมูลลงไปด้วย โดยมีโมดูลจัดการเวลาจริงเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (ET-MINI DS1307)



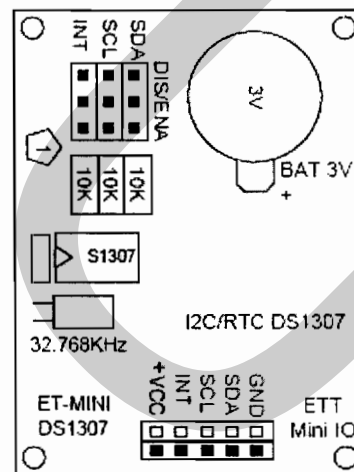
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างโมดูลบอร์ดบันทึกหน่วยความจำแบบ





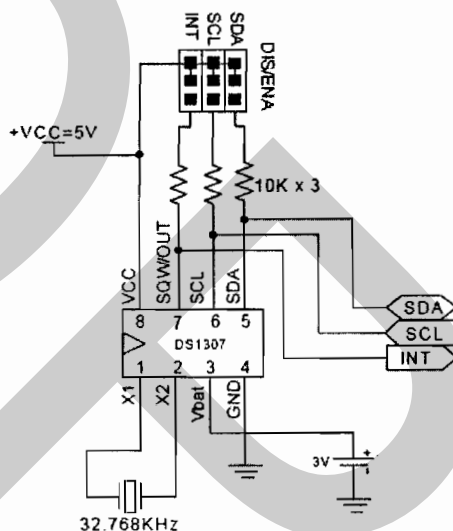
รูปที่ 3.9 โครงสร้างวงจรการเชื่อมต่อของอุปกรณ์บันทึกข้อมูล ET-MINI SD/MMC

จากรูปที่ 3.7 และ 3.8 เป็น โมดูลบอร์ด ET-MINI SD/MMC เป็นชุดอุปกรณ์สำหรับใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หน่วยความจำแบบ SD Card และ MMC Card ภายในประกอบด้วย ช่อง (Socket) สำหรับใส่ CARD ประเภท SD และ MMC โดยจะมีการจัดขาสัญญาณออกมาที่ Connector Pin เพื่อให้สามารถนำไปต่อใช้งานได้สะดวก นอกจากนั้นยังมีวงจรต่างๆ เช่น วงจรตรวจสอบสถานะการเสียบการ์ด (CARD DETECT) และวงจรพูลอัพ (Pull-Up) สัญญาณต่างๆ ด้วย



รูปที่ 3.10 โมดูลบอร์ดจัดการเวลาจริง (ET-MINI DS1307)

จากรูปที่ 3.10 เป็น โมดูลจัดการเวลาจริง ET-MINI DS1307 เป็นชุด IC ประเภท Real Time Clock (RTC) ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับฐานเวลาในลักษณะของ นาฬิกา เวลา และปฏิทิน ในโมดูลนี้ จะมีขั้วต่อ SDA และ SCL สำหรับต่อเข้ากับขา SDA และ SCL ของ MCU ส่วนขั้วต่อ INT จะต่อเข้ากับ MCU ก็ต่อเมื่อต้องการใช้งาน ส่วนไฟเลี้ยงโมดูลจะอยู่ที่ VDC 3V-5V นอกจากนี้จะมีส่วนที่สำหรับใส่แบตเตอรี่เพื่อใช้ในการ Back Up ฐานเวลา ให้นาฬิกายังคงเดินได้อย่างถูกต้อง เมื่อไม่มีการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ Module

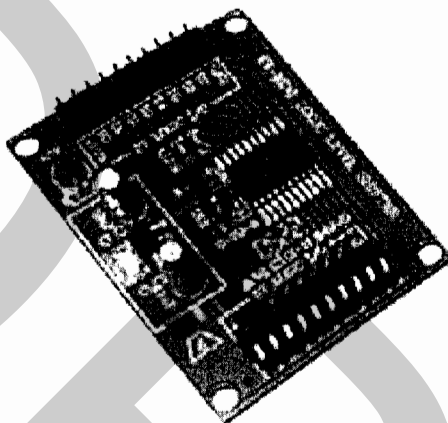


รูปที่ 3.11 โครงสร้างการเชื่อมต่อวงจรของ โมดูลบอร์ด ET-MINI DS1307

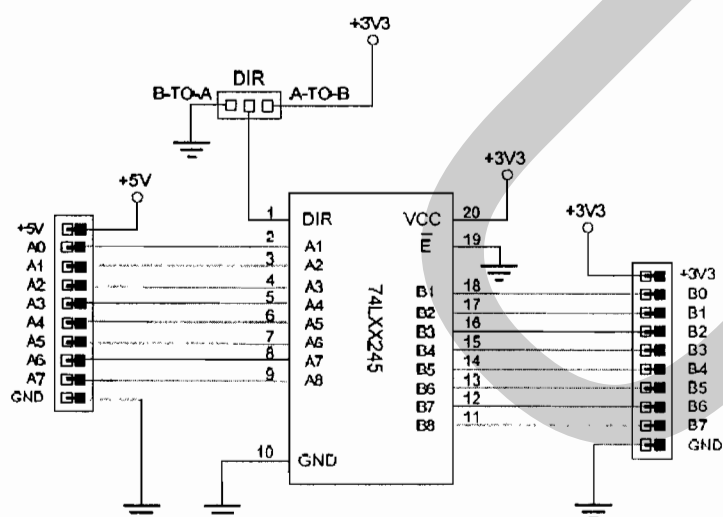
ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550 ที่ใช้ในสถานีฐานนั้น จะใช้สำหรับประมวลผลในส่วนของการแยกแยะข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณไร้สายย่อยหรือ End Node ว่าข้อมูลที่ได้รับนั้นถูกต้องหรือไม่ ข้อมูลที่ได้รับนั้นมาจากอุปกรณ์ตัวใด และข้อมูลที่ได้รับนั้นมีระยะเวลาถูกต้องตามที่กำหนดไว้หรือไม่ เมื่อข้อมูลดังกล่าวถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่ได้ซึ่งอยู่ในรูปแบบข้อความ (text) มาบันทึกเข้ากับเวลาที่รับข้อมูลได้จริง แล้วทำการบันทึกข้อมูลทั้งหมดนี้ลงหน่วยความจำ

ในส่วนของการเชื่อมต่ออุปกรณ์หรือโมดูลแต่ละตัวเข้าด้วยกันนั้น ถ้าอุปกรณ์ที่นำมาเชื่อมต่อกัน มีแหล่งจ่ายพลังที่ขนาดไม่เท่ากัน หรือทำงานที่ขนาดของสัญญาณไม่เท่ากัน เช่น อุปกรณ์บางตัวจะทำงานที่สัญญาณไฟฟ้าขนาด 3 โวลต์ แต่อุปกรณ์บางตัวจะทำงานที่สัญญาณไฟฟ้าขนาด 5 โวลต์ และอุปกรณ์ทั้งสองตัวนี้จะต้องนำมาเชื่อมต่อกัน จึงต้องมีการแปลงขนาดของสัญญาณไฟฟ้าให้สามารถเชื่อมต่อและทำงานร่วมกันได้ โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้โมดูล

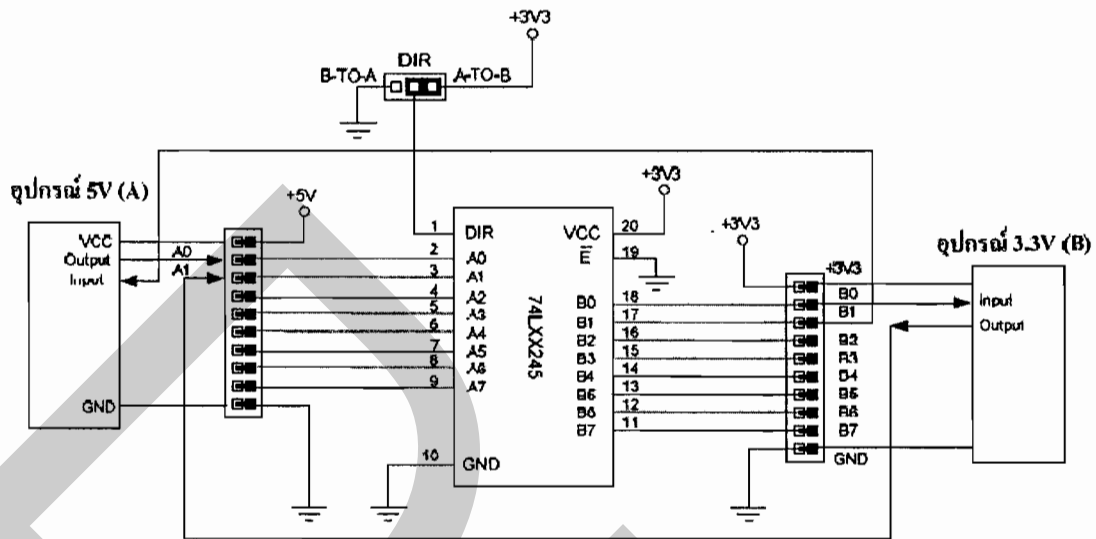
อุปกรณ์สำหรับปรับเปลี่ยนแรงดัน คือ ET MINI LOGIC LEVEL เป็นวงจรที่ใช้ในการเชื่อมต่อสัญญาณลอจิกระหว่างอุปกรณ์ประเภท 5V กับอุปกรณ์ประเภท 3.3V (หรือ 3V) โดยจะใช้ไอซีบัฟเฟอร์ 74LXX245 เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อ ซึ่งจากคุณสมบัติของ ไอซีดังกล่าวที่ทำงานที่ระดับแรงดัน 3.3V แต่สามารถรองรับแรงดันอินพุตได้ถึง 5 V จึงสามารถใช้เป็นบัฟเฟอร์ระหว่างแรงดัน 3.3 V กับ 5V ได้



รูปที่ 3.12 โมดูลเชื่อมต่อแรงดันลอจิกระหว่าง 3 โวลต์ กับ 5 โวลต์ (ET MINI LOGIC LEVEL)

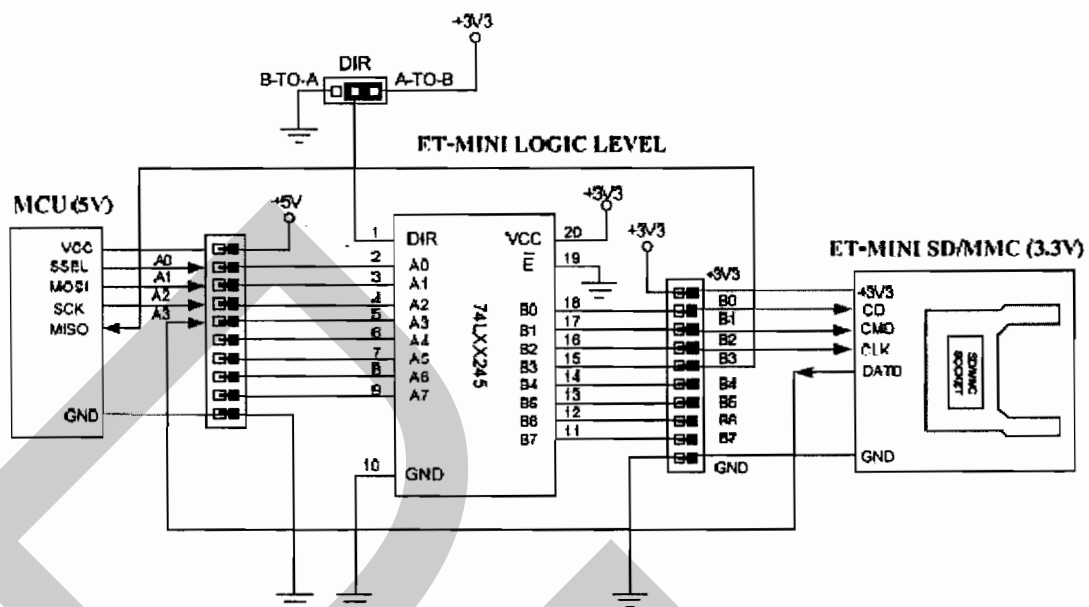


รูปที่ 3.13 โครงสร้างโมดูลวงจรอุปกรณ์เชื่อมต่อแรงดัน ET MINI LOGIC LEVEL



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างการเชื่อมต่ออุปกรณ์ 5 โวลต์กับอุปกรณ์ 3 โวลต์

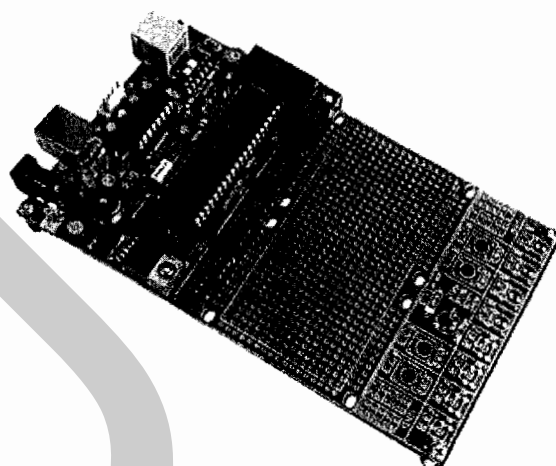
จากวงจรเป็นการเชื่อมต่อสัญญาณลอจิกระหว่างอุปกรณ์ 5V กับอุปกรณ์ 3V โดยการต่อขาสัญญาณ Output ของอุปกรณ์ A ไปเข้ากับขาสัญญาณ Input ของอุปกรณ์ B และ ขาสัญญาณ Output ของอุปกรณ์ B ไปเข้าที่ขาสัญญาณ Input ของอุปกรณ์ A ซึ่งเนื่องจากการกำหนดทิศทางของสัญญาณ (Direction) ของไอซี 74LXX245 จะกำหนดทั้งหมด 8 บิต ไม่สามารถกำหนดในแต่ละบิตได้ ดังนั้นในกรณีที่มีการเชื่อมต่อสัญญาณทั้งรับ และ ส่งของอุปกรณ์ทั้งสองประเภท (อุปกรณ์ 3.3V และ อุปกรณ์ 5V) จะต้องกำหนด DIR เป็นแบบ A-TO-B ดังตัวอย่างการต่อตามวงจรข้างต้น



รูปที่ 3.15 การเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ (อุปกรณ์ 5V) กับ SD/MMC CARD (อุปกรณ์ 3V) โดยใช้ชุด ET-MINI SD/MMC ในโหมด SPI

3.6 ส่วนบันทึกข้อมูล

ส่วนการบันทึกข้อมูล ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้มีการบันทึกข้อมูลเป็นลักษณะข้อความหรือแบบ text โดยจะบันทึกอยู่ในลักษณะของไฟล์ข้อมูล มีนามสกุลไฟล์เป็นแบบ .txt มีอุปกรณ์ควบคุมการเขียนข้อมูลด้วยโมดูลบอร์ด CP-PIC USB/4550 เป็นโมดูลสำหรับประมวลผลข้อมูลที่ได้จากฝั่งสถานีย่อยผ่านทางอุปกรณ์เครือข่ายสัญญาณแบบไร้สาย (Wireless Sensor Network) ซึ่งโมดูลนี้ได้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อประมวลผลงานในด้านต่างๆ คือ เชื่อมต่อกับโมดูลจัดการด้านเวลาจริง (ET-MINI DS1307) เชื่อมต่อกับโมดูลบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำแบบ SD Card (ET-MINI SD/MMC) โดยการเชื่อมต่อทั้งสองโมดูลนี้จะใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณลอจิกช่วยในการเชื่อมต่อด้วย (ET MINI LOGIC LEVEL) ดังรูปที่ 3.13 และ 3.14 สาเหตุที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และหน่วยความจำดังกล่าวมาข้างต้นนี้เนื่องจากมีราคาถูก พัฒนาได้ง่าย และสามารถนำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นได้สะดวก โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 เป็นตัวประมวลผล



รูปที่ 3.16 โมดูลสำเร็จรูปสำหรับบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ

3.7 เซ็นเซอร์หรือตัวตรวจวัดข้อมูล

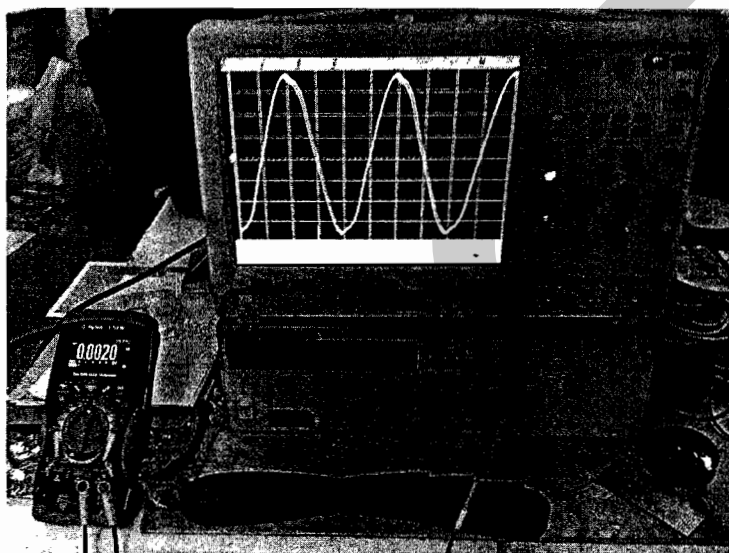
ในระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้ เป็นระบบที่ต้องทำการตรวจวัดค่าความเร็วลม เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการสร้างกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งค่าข้อมูลที่สำคัญของระบบนี้ก็คือความเร็วลม ทำให้ต้องใช้อุปกรณ์ตรวจวัดค่าข้อมูลหรือเซ็นเซอร์ ที่สามารถตรวจวัดอัตราความเร็วลมได้อย่างต่อเนื่องและแม่นยำ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer Sensor) โดยมีลักษณะและส่วนประกอบดังต่อไปนี้

- 1) มีลูกถ้วยจำนวน 3 ลูกเพื่อใช้ในการรับค่ากระแสลมที่พัดผ่านตัวอุปกรณ์ โดยการหมุนของอุปกรณ์ตรวจวัดตามแกนแนวนอนนี้ จะทำให้เกิดสัญญาณพัลส์ 1 พัลส์ ต่อการหมุน 1 รอบ
- 2) ลูกถ้วยทั้ง 3 ลูกทำจากวัสดุพลาสติกคุณภาพสูง
- 3) สายส่งสัญญาณขนาดความยาว 50 ฟุต
- 4) แกนกังหันทำด้วยอลูมิเนียมคุณภาพสูง
- 5) แกนหมุนมีขดลวดไว้ใช้เหนี่ยวนำกระแส
- 6) สูตรการคำนวณความเร็วลมของอุปกรณ์ คือ 2.5 mps per Hz (1 Hz = 1 pulse/second)



รูปที่ 3.17 อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer)

การทำงานของแอนิเมมิเตอร์นี้สามารถทำงานได้โดยไม่ใช้พลังงานหล่อเลี้ยง สามารถตรวจจับสัญญาณได้เมื่อมีกระแสลมพัดผ่านอุปกรณ์ กระแสลมจะพัดผ่านจนทำให้แกนขดลวดมีการหมุนตัว เมื่อแกนขดลวดภายในตัวแอนิเมมิเตอร์นี้หมุนตัวครบ 1 รอบ จะทำให้เกิดสัญญาณไฟฟ้าลักษณะเป็นพัลส์ ที่มีขนาดเล็กเกิดขึ้น ดังรูปที่ 3.18 สัญญาณข้อมูลนี้จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์หรือวงจรรับค่าข้อมูลผ่านทางสายสัญญาณทองแดง เพื่อนำข้อมูลไปประมวลผลต่อไป



รูปที่ 3.18 ลักษณะสัญญาณพัลส์ที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูล

ในการคำนวณความเร็วลมจากอุปกรณ์ที่ตรวจจับได้นั้น อุปกรณ์แต่ละตัวจะมีสูตรในการคำนวณความเร็วลมเฉพาะตัว โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ แอนีโมมิเตอร์รุ่น Vortex Wind Sensor ของบริษัท INSPEED มีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$2.5 \text{ mps per Hz (1 Hz = 1 pulse/second)} \quad (1)$$

จากสูตร ทำให้การประมวลผลความเร็วลมจากอุปกรณ์ตรวจจับ ต้องมีการจับเวลา และมีการตรวจจับจำนวนรอบที่หมุนของอุปกรณ์ ซึ่งการจับเวลาการทำงาน และตรวจจับจำนวนรอบนั้น เป็นส่วนสำคัญของชุดคำสั่งในอัลกอริทึมที่ใช้ โดยการจับเวลาจะใช้ฟังก์ชันไทมเมอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการตรวจจับเวลาการทำงาน และส่วนของการตรวจจับจำนวนรอบความเร็ว จะใช้วิธีการตรวจวัดค่าจากฟังก์ชันอินเตอร์รัพท์ภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการประมวลผลทางฝั่งตัวตรวจจับสัญญาณความเร็วลมหรือ End Node นั้น ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น AT89C51AC3 โดยใช้โมดูลบอร์ดวงจรของบริษัท ETT ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ออกแบบการประมวลผลความเร็วลมในทุกๆ หนึ่งชั่วโมง ทำให้มีการคำนวณจำนวนรอบการหมุนของอุปกรณ์ (Anemometer) ในแต่ละชั่วโมง เพื่อหาความเร็วลมเฉลี่ยในหนึ่งชั่วโมงนั้น แล้วทำการส่งข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยนี้ ส่งไปยังอุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณไร้สาย ผ่านช่องสัญญาณ UART เพื่อทำการส่งข้อมูลที่ประมวลผลได้ไปยังสถานีฐานหรือ Gateway ต่อไป ซึ่งข้อมูลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งออกไปนั้นจะเป็นข้อมูลแบบข้อความหรือแบบ text

3.8 การสื่อสารข้อมูล

ในระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้ มีวิธีการเชื่อมต่อในหลายภาคส่วน และในแต่ละส่วนมีวิธีการติดต่อสื่อสารข้อมูลที่แตกต่างกันออกไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.8.1 ติดต่อสื่อสารผ่านสื่อกลางด้วยสายทองแดง

ในส่วนนี้จะเกิดขึ้นแทบทุกส่วนที่มีการส่งผ่านข้อมูลจากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งที่ไม่ใช่การส่งผ่านข้อมูลแบบไร้สาย โดยการทำงานในส่วนนี้นั้นจะเกิดขึ้นหลายส่วนคือ

3.8.1.1 ส่วนของสถานีย่อยที่ทำการรับสัญญาณ พัลส์จากตัวตรวจจับสัญญาณความเร็วลม จะนำสัญญาณข้อมูลพัลส์ที่รับได้ส่งผ่านไปยังส่วนยกระดับแรงดัน

3.8.1.2 ส่วนของสถานีย่อยที่ทำการเปลี่ยนรูปแรงดัน โดยสัญญาณส่วนนี้จะได้รับการยกระดับแรงดัน มาซึ่งวงจรปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน (Schmitt trigger)

3.8.1.3 ส่วนของสถานีย่อยที่ทำการรับค่าข้อมูลจากวงจรปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน เพื่อนำไปประมวลผลความเร็วลมที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

3.8.1.4 ส่วนของสถานีฐานที่ทำการบันทึกเวลาจริงลงในระบบ โดยจะเป็นการเชื่อมต่อกันระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูลจัดการด้านเวลาจริง ET-MINI DS1307

3.8.2 ติดต่อสื่อสารผ่านสัญญาณไร้สาย

ส่วนนี้จะเป็นการติดต่อสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์เครือข่ายสัญญาณแบบไร้สายกับอุปกรณ์เครือข่ายสัญญาณแบบไร้สายด้วยกัน (Wireless Sensor Network) โดยข้อมูลที่ส่งผ่านในส่วนนี้จะเป็นข้อมูลแบบดิจิทัล ข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบข้อความหรือแบบ text ประกอบไปด้วยค่าข้อมูลของอัตราความเร็วลมเฉลี่ยในระยะเวลาที่ประมวลผล และข้อมูลรหัสอุปกรณ์เครือข่ายสัญญาณไร้สายของตัวที่ส่งข้อมูล โดยข้อมูลที่ติดต่อสื่อสารกันในส่วนนี้นั้นจะทำการเข้ารหัสสัญญาณไว้เพื่อความปลอดภัยของข้อมูลในระดับหนึ่ง และในเครือข่ายนี้จะทำการกำหนด ID ของเครือข่ายเพื่อป้องกันการรบกวนจากเครือข่ายอื่น

3.8.3 ติดต่อสื่อสารผ่านการเชื่อมต่อแบบอนุกรม

ส่วน ของ สถานี ย่อย ที่ ทำ การ ส่ง ข้อมูล ความ เร็ว ลม ที่ ประมวลผล ได้ จาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งอยู่ในรูปแบบข้อความ (text) ส่งไปยังอุปกรณ์เครือข่ายสัญญาณแบบไร้สาย (Wireless Sensor Network) โดยส่งค่าข้อมูลจากขาเอาต์พุตของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังขาอินพุตของตัวส่งสัญญาณแบบไร้สาย ซึ่งในส่วนนี้จะติดต่อสื่อสารกันในรูปแบบอนุกรม (RS232)

ส่วนของสถานีฐานที่ทำการรับข้อมูลความเร็วลมที่ประมวลผลได้จากฝั่งสถานีย่อยหรือ End Node โดยจะรับข้อมูลในรูปแบบข้อความ (text) จากตัวรับสัญญาณแบบไร้สายผ่านการเชื่อมต่อสื่อสารแบบอนุกรม (RS232) เข้ามายังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลข้อมูลต่อไป

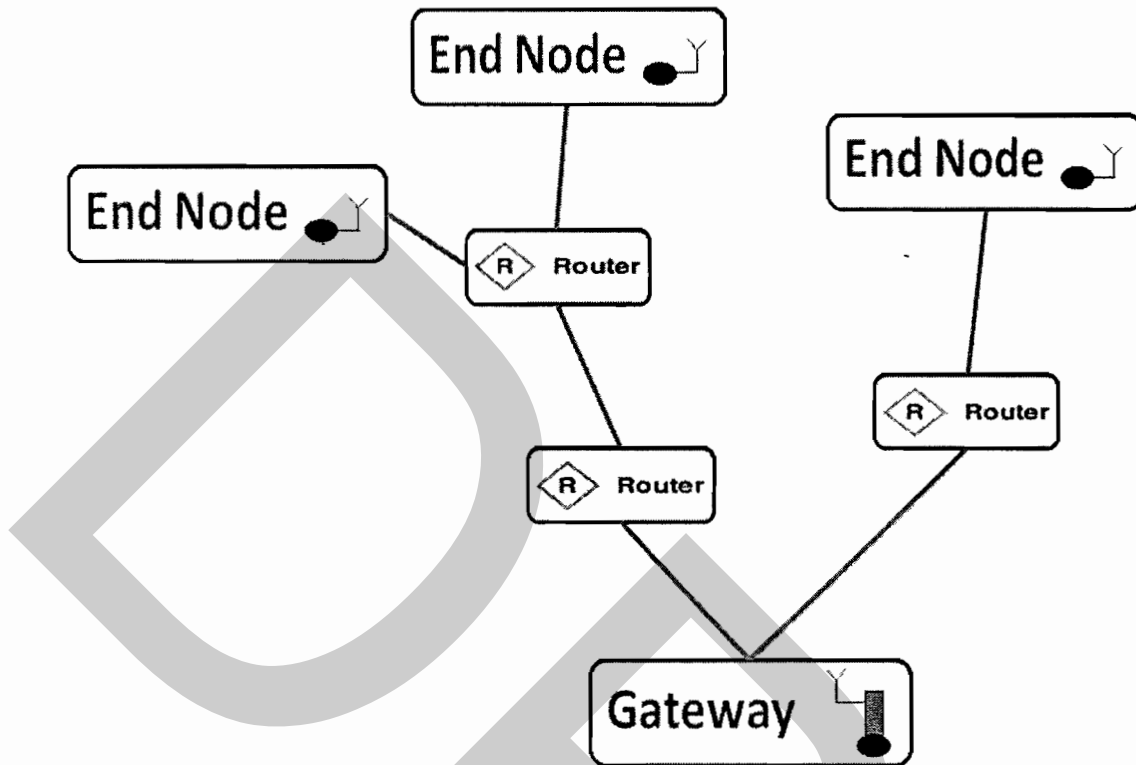
3.8.4 ติดต่อสื่อสารผ่านการเชื่อมต่อแบบ SPI (Serial Peripheral Interface)

เป็นการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมอย่างหนึ่ง ทำงานในรูปแบบที่ให้อุปกรณ์ตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็น MASTER ในขณะที่อีกตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็น SLAVE และส่งข้อมูลในโหมด Full-duplex นั้นหมายความว่า สัญญาณสามารถส่งหากันได้ระหว่าง MASTER และ SLAVE ได้อย่างต่อเนื่อง ในการสื่อสารแบบ SPI นี้ ไม่ได้มาตรฐานกำหนดตายตัวว่าข้อมูลที่ส่งหากันจะอยู่ในรูปแบบใด เป็นการกำหนด protocol ในการสื่อสารกันเอง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการเชื่อมต่อแบบ SPI ในส่วนของการบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำสำรองแบบ SD Card โดยเป็นการเชื่อมต่อกันระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC18F4550) กับโมดูลบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ (ET MINI SD/MMC)

3.8.5 การรับส่งข้อมูลระหว่างสถานีย่อยกับสถานีฐาน

ในงานวิจัยนี้มีการใช้อุปกรณ์ในการติดต่อสื่อสารรับส่งข้อมูลแบบเครือข่ายสัญญาณแบบไร้สาย(Wireless Sensor Network) ชนิด ZigBee รุ่น Xbee XBP24-DMWIT-250-revA ของผลิตภัณฑ์ Digi โดยอยู่ในมาตรฐาน IEEE802.15.4 ซึ่งวิธีการติดต่อสื่อสารรับส่งข้อมูลจากสถานีย่อย End Node ไปยังสถานีฐาน Gateway จะใช้ฟังก์ชันหรือวิธีการทำงานหลักเป็นแบบ ส่งข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเท่านั้น (IO Digital Change Detection) สาเหตุที่ใช้โหมดการทำงานนี้ เนื่องจากอุปกรณ์สื่อสารจะทำการรับค่าข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพียง 1 ค่าในช่วงระยะเวลา 1 ชั่วโมงเท่านั้น ดังที่ได้ออกแบบไว้ จึงเลือกใช้โหมดทำงานดังกล่าวเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานในการรอรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่งข้อมูลไปยังสถานีฐาน ซึ่งในกระบวนการสื่อสารข้อมูลกันระหว่างสถานีย่อยกับสถานีฐานนั้นจะมีการตรวจสอบการรับและส่งข้อมูลว่าข้อมูลที่ทำการส่งจากสถานีย่อยนั้น (ACK, RACK) ส่งไปยังตัวรับข้อมูลหรือสถานีฐานถูกต้องหรือไม่ และเมื่อสถานีฐานได้รับข้อมูลจากสถานีย่อยแล้ว จะมีการตอบกลับไปยังสถานีย่อยว่าได้รับข้อมูลถูกต้องเรียบร้อยแล้ว พร้อมทำงานต่อไป

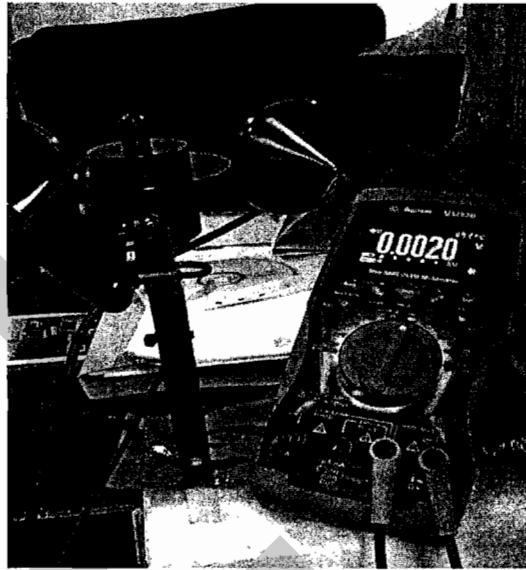
การติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างสถานีย่อยกับสถานีฐานในงานวิจัยนี้ จะเป็นการติดต่อสื่อสารกันในลักษณะเครือข่ายไร้สาย ซึ่งมีโอกาสในการถูกรบกวนจากสัญญาณภายนอกหรือการตรวจจับสัญญาณข้อมูลทางอากาศ จึงทำให้ระบบนี้มีการป้องกันการรบกวนจากสัญญาณภายนอกหรือเครือข่ายอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องไม่ให้รบกวนระบบได้ โดยได้ทำการกำหนดรหัสของกลุ่มเครือข่ายของงานวิจัยนี้โดยเฉพาะ(PAN ID) และในส่วนของข้อมูล ซึ่งจะต้องส่งข้อมูลแบบไร้สาย ทำให้มีโอกาสถูกดักจับข้อมูลทางอากาศได้ งานวิจัยนี้จึงมีการเข้ารหัสของสัญญาณข้อมูลที่รับส่งระหว่างอุปกรณ์สื่อสารไร้สายในสถานีย่อยกับสถานีฐาน จึงทำให้บุคคลภายนอกไม่สามารถนำข้อมูลที่ลักลอบดักจับนำไปใช้งานได้ โดยระยะห่างระหว่างสถานีย่อย End Node กับสถานีฐาน Gateway มีระยะห่างประมาณ 100 เมตร ในที่โล่ง ไม่มีสิ่งกีดขวาง ซึ่งเป็นระยะทางที่อุปกรณ์สื่อสารสามารถทำงานได้ โดยระหว่างสถานีฐานกับสถานีย่อยนั้นจะมีอุปกรณ์ Router เชื่อมต่ออยู่ตรงกลาง ซึ่ง Router นี้จะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์คอยทวนสัญญาณ รับส่งข้อมูล กำหนดเส้นทางของข้อมูล หรือเพื่อเป็นตัวกลางรับส่งข้อมูลระหว่างกัน การใช้วิธีการติดต่อสื่อสารด้วยวิธี Cluster Tree นี้จะทำให้ระบบสามารถทำงานในพื้นที่กว้างขึ้นและมีระยะทำการไกลขึ้นด้วย โดยมีการรับส่งข้อมูลแบบไร้สายในย่านความถี่ 2.4 GHz ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 ลักษณะการเชื่อมต่อระหว่าง End Node กับ Gateway

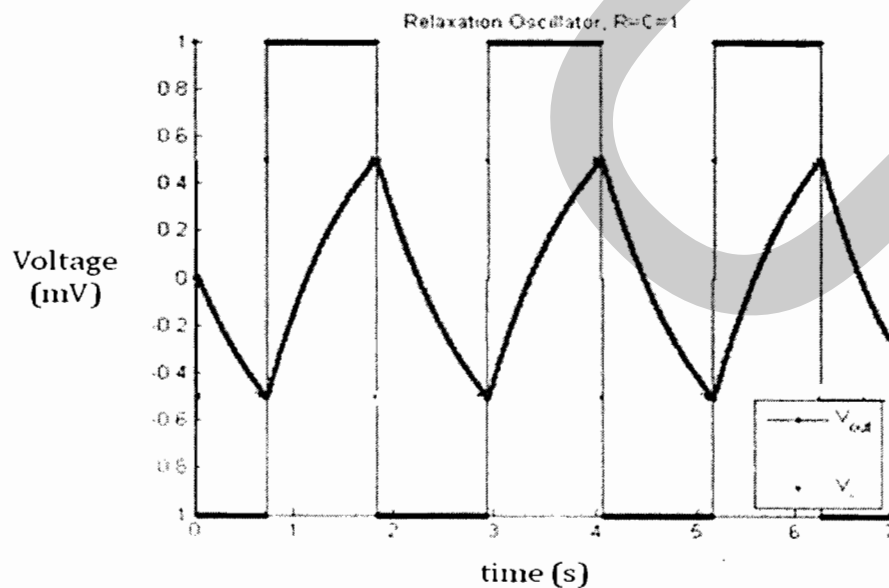
3.9 วงจรปรับเปลี่ยนแรงดัน

การจัดการค่าข้อมูลที่ได้จากตัวตรวจจับความเร็วลม ปัญหาในส่วนนี้คือ รูปแบบและขนาดของค่าข้อมูลที่ได้ นั้น มีรูปแบบที่จัดการได้ยาก เนื่องจากมีความแตกต่างของสัญญาณน้อย ทำให้แยกแยะข้อมูลยาก และขนาดของค่าข้อมูลก็มีขนาดต่ำมาก จึงนำไปจัดการได้ยากตามไปด้วย ในส่วนนี้มีการแก้ปัญหาโดยการนำวงจรปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน (Schmitt trigger) มาจัดการค่าข้อมูล เพื่อให้ลักษณะของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน และข้อมูลมีขนาดสูงพอที่จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลได้ เมื่อได้ค่าข้อมูลตามที่ต้องการแล้ว สามารถนำข้อมูลส่วนนี้ไปประมวลผลต่อได้สะดวก และทำให้ข้อมูลมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยสาเหตุที่ใช้วงจร Schmitt trigger คือ มีต้นทุนต่ำ พัฒนาง่าย และเป็นวงจรที่มีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.20 ขนาดของสัญญาณจากอุปกรณ์มีค่าต่ำมาก

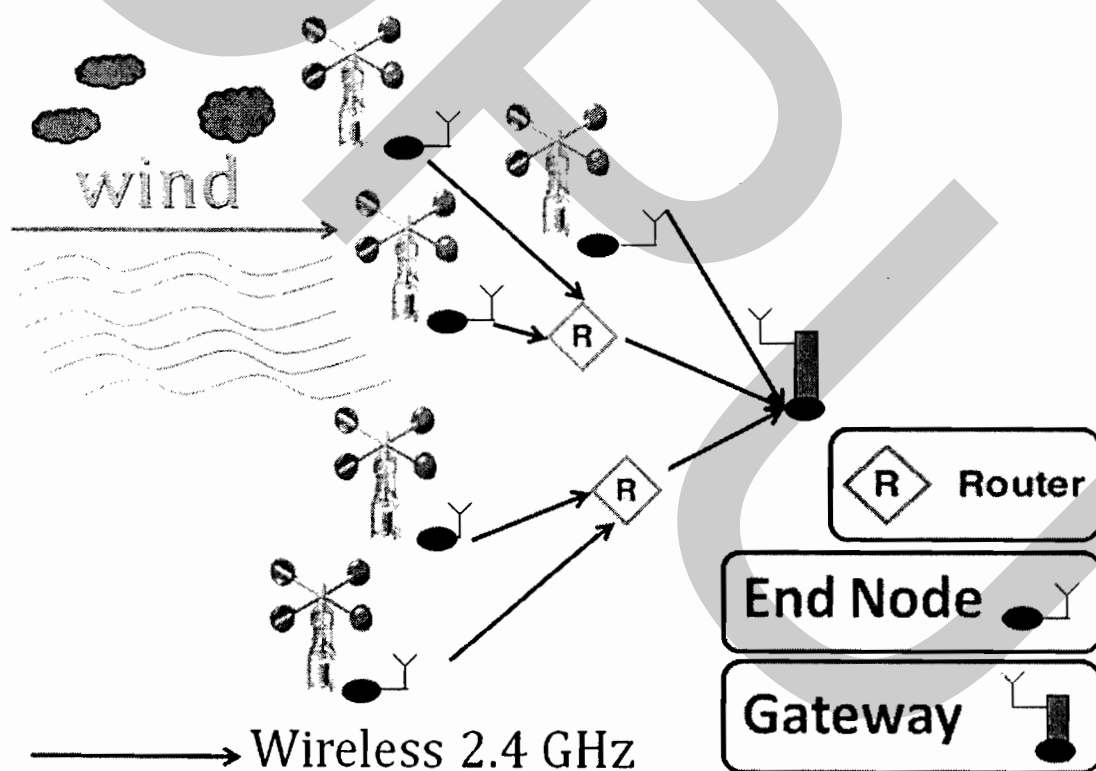
จากรูปที่ 3.20 จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ (Anemometer) นั้นจะมีค่าต่ำมาก โดยมีค่าข้อมูลเพียง 0.0020 โวลต์ หรือ 2 มิลลิโวลต์ ซึ่งจากขนาดข้อมูลในระดับนี้นั้น จะสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้งานหรือจัดการต่อได้ยาก เพราะมีขนาดที่ต่ำมาก เราจึงต้องทำการปรับยกระดับแรงดันให้สูงขึ้นเพื่อสามารถจัดการกับข้อมูลได้สะดวกยิ่งขึ้น โดยใช้วงจรปรับยกแรงดันและปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน (Schmitt trigger)



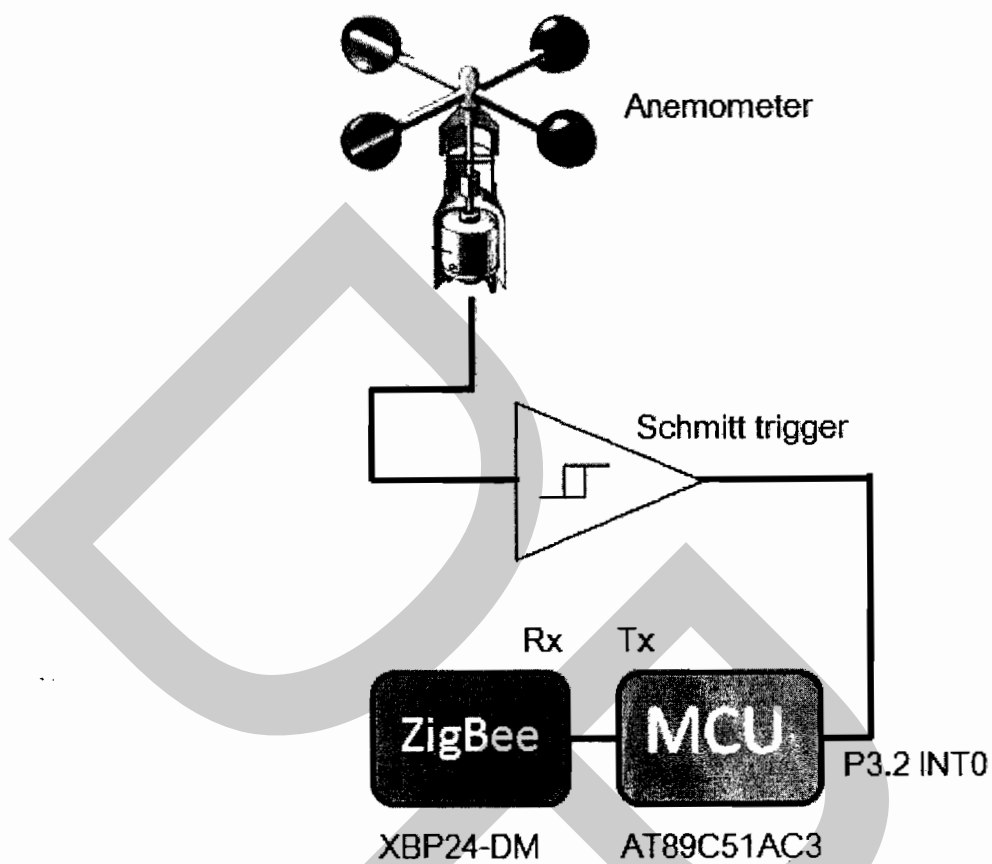
รูปที่ 3.21 สัญญาณอินพุตเปรียบเทียบกับสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรสมิททริกเกอร์

3.10 การเชื่อมต่ออุปกรณ์

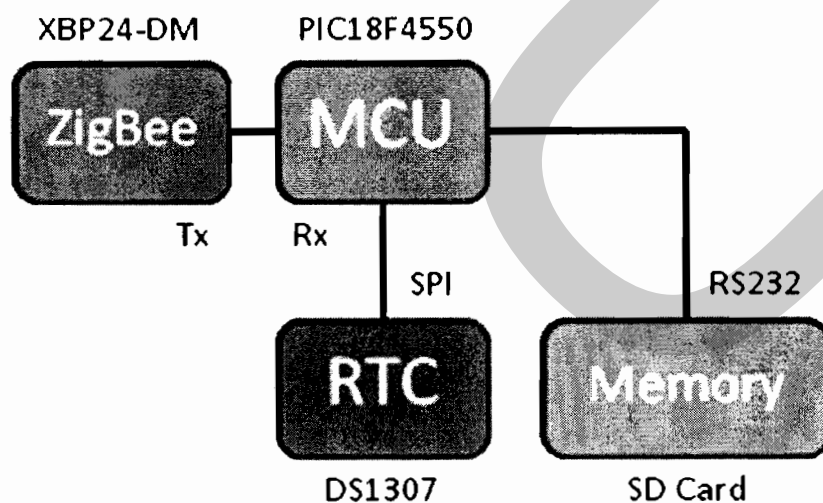
เนื่องจากสัญญาณข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer) นั้นจะมีขนาดของข้อมูลต่ำมาก จึงทำให้การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ในส่วนตรวจวัดข้อมูลความเร็วลม มีการเชื่อมต่อกับวงจรปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน เพื่อปรับปรุงสัญญาณข้อมูลที่ได้ให้สูงขึ้น สามารถแยกแยะความแตกต่างของข้อมูลสัญญาณข้อมูลได้ง่าย และสามารถส่งข้อมูลไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลได้สะดวก โดยการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างสถานีย่อย กับสถานีฐานนั้นจะมีการติดต่อกันทางระบบไร้สาย (ความถี่ 2.4 GHz) โดยมีตัวกลางในการส่งผ่านข้อมูล (Router) คอยทำหน้าที่ค้นหาเส้นทางการรับส่งข้อมูล การเชื่อมต่ออุปกรณ์บนสถานีฐาน ระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์บันทึกข้อมูลนั้นจะทำการเชื่อมต่อแบบอนุกรม และ ไมโครคอนโทรลเลอร์ทางฝั่งสถานีย่อยและสถานีฐานจะทำการติดต่อกับอุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับ สัญญาณไร้สายแบบอนุกรมเช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 3.23 และ 3.24



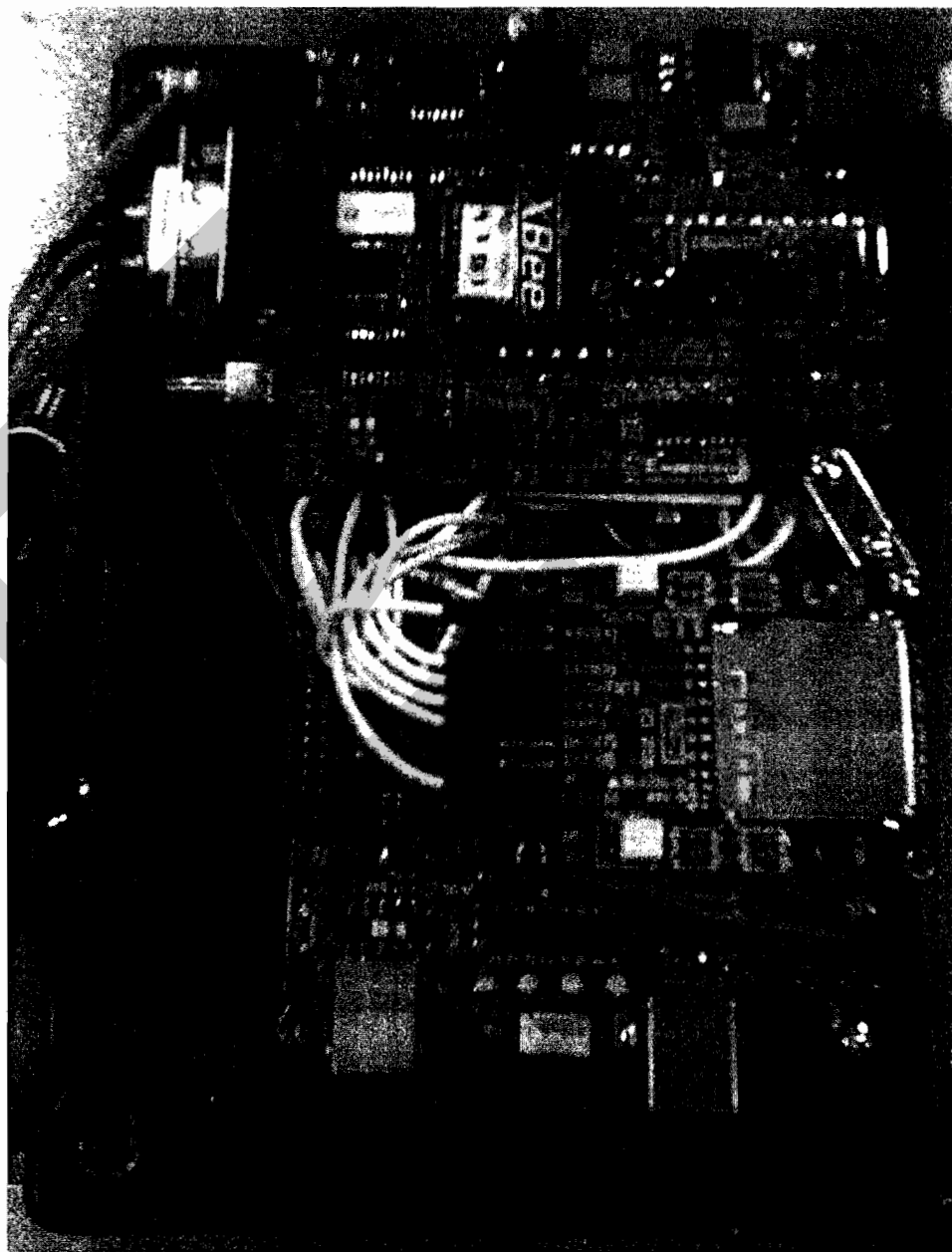
รูปที่ 3.22 การเชื่อมต่อสื่อสารของระบบ



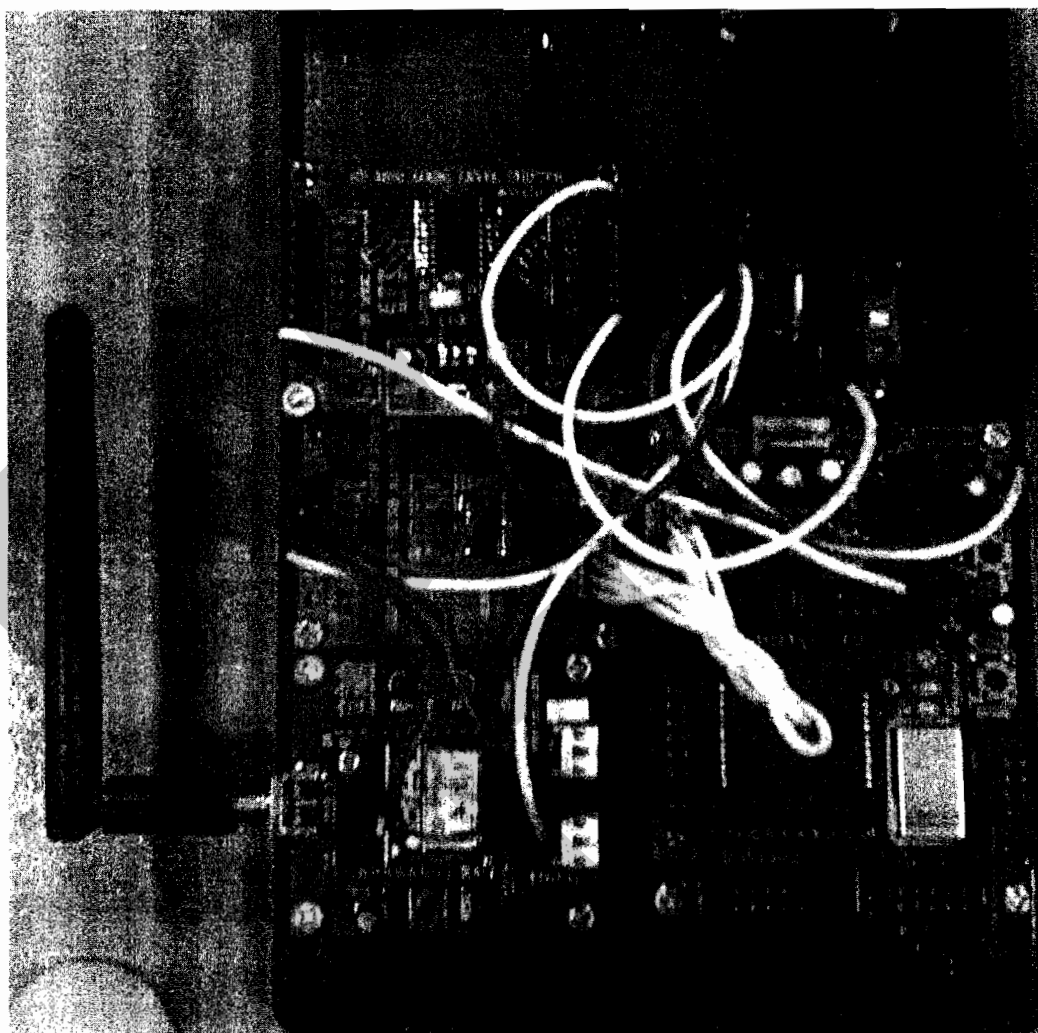
รูปที่ 3.23 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของสถานีย่อย



รูปที่ 3.24 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของสถานีฐาน



รูปที่ 3.25 การวางตำแหน่งของอุปกรณ์จริงบนสถานีฐาน



รูปที่ 3.26 การวางตำแหน่งของอุปกรณ์จริงบนสถานีย่อย

3.11 ชุดคำสั่งในการควบคุมระบบ

ในการออกแบบชุดคำสั่งในการควบคุมหรือสั่งการการทำงานของระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้ ได้เลือกใช้โปรแกรมภาษาซี เนื่องจากในระบบมีการติดต่อสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์ประเภทฮาร์ดแวร์กับฮาร์ดแวร์ค่อนข้างมาก อุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้จึงเหมาะที่จะมีการควบคุมหรือจัดการจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งประเภท PIC และ MCS-51 ซึ่งตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เหล่านี้รองรับชุดคำสั่งที่พัฒนาโดยใช้ภาษาซี จึงทำให้ง่ายต่อการจัดการระบบ และยังมีความสะดวกในการนำไปใช้งาน

ส่วนชุดคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการสื่อสารหรือส่งผ่านข้อมูลแบบไร้สายจากตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายย่อยไปยังตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายที่สถานีฐานนั้น จะใช้ชุดคำสั่งในการจัดการการสื่อสารแบบไร้สายของตัว Zigbee ซึ่งเป็นชุดคำสั่งแบบ AT Command และ API Command

```
ATND // scan node in network
ATVR // view version
ATIS // config sample time
ATDH // config destination high
ATDL // config destination low
```

ตัวอย่างชุดคำสั่งบนตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย

จะเห็นได้ว่าระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้ มีลำดับขั้นตอนของการทำงานค่อนข้างชัดเจน และไม่ซับซ้อนมากนัก อันเนื่องมาจากสาเหตุหลัก 2 สาเหตุคือ

- 1) การทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัวจะมีการทำงานที่แบ่งแยกกันอย่างชัดเจน ทำให้โอกาสที่จะมีการทำงานข้ามขั้นตอนหรือทำงานผิดพลาดมีน้อย หรือถ้ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นในระบบไม่ว่าส่วนใด ผู้ดูแลระบบจะสามารถตรวจสอบหาที่มาหรือสาเหตุได้ง่าย
- 2) มีการจัดการข้อมูลหรือการทำงานแบบทิศทางเดียว ทำให้โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดหรือการชนกันของข้อมูลมีน้อย

แต่โอกาสที่จะเกิดปัญหาขึ้นในระบบก็ยังมีอยู่ เนื่องจากการทำงานของระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้ มีการส่งผ่านข้อมูลกันในหลายๆ ส่วน จึงทำให้ ถ้ามีส่วนใดส่วนหนึ่ง หรืออุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งเกิดความผิดพลาด ก็จะทำให้ระบบเกิดความผิดพลาดและเสียหายตามไปด้วย

3.12 การจัดการด้านพลังงาน

อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทหนึ่ง ที่ต้องการพลังงานจากแหล่งจ่าย ซึ่งถ้าระบบไม่ได้ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากภายนอก แต่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ถ้าระบบสามารถประหยัดพลังงานได้ จะทำให้ระบบทำงานได้ในระยะเวลาที่นานขึ้น มีประสิทธิภาพมากขึ้นจากการทำงานอย่างต่อเนื่อง และที่สำคัญคือ จะทำให้ระบบสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก โดยไม่ต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่หรือแหล่งพลังงานบ่อยครั้ง

ในระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย จะต้องคำนึงถึงการประหยัดพลังงานในระบบ โดยงานวิจัยนี้ได้มีการจัดการด้านพลังงาน ซึ่งมีการตั้งค่าเวลาในการส่งข้อมูลของอุปกรณ์ส่งสัญญาณแบบไร้สาย ทำให้ระบบมีสถานะการทำงานแบบหลับ (Sleep) และสถานะการทำงานแบบตื่น (Wake) ซึ่งสถานะส่วนใหญ่จะอยู่ในแบบหลับ โดยเมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนดถึงจะปรับเปลี่ยนสถานะเป็นแบบตื่น

อัลกอริทึมในการประมวลผลและการจัดการข้อมูล มีผลต่อการใช้พลังงานมาก งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้อัลกอริทึมที่มีการใช้พลังงานที่น้อยที่สุดเพื่อประหยัดพลังงาน โดยอัลกอริทึมที่ใช้จัดการในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น มีการใช้ชุดคำสั่งให้น้อยที่สุด และมีหลักการทำงานที่ซับซ้อนให้น้อยที่สุด เพื่อลดระยะเวลาในการประมวลผล หรือติดต่อกับอุปกรณ์ให้น้อยที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้ลดการใช้พลังงานตามไปด้วย และในส่วนของ การรับส่งข้อมูลบนเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนั้น ได้เลือกใช้อัลกอริทึมที่ประหยัดพลังงานและทำงานให้คุ้มค่าที่สุดที่สุด โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้การส่งค่าข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเท่านั้น อุปกรณ์รับส่งสัญญาณแบบไร้สายจึงอยู่ในสถานะการทำงานแบบหลับอยู่ตลอดเวลา จนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล อุปกรณ์จึงจะเปลี่ยนสถานะการทำงานเป็นแบบตื่น เพื่อทำการรับส่งข้อมูล เมื่อรับส่งข้อมูลเสร็จสมบูรณ์ ระบบจะวนกลับมาอยู่ในสถานะการทำงานแบบหลับอีกครั้ง ทำวนซ้ำแบบนี้ไปตลอดระยะเวลาการทำงาน ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ได้เป็นอย่างมาก โดยมีการทดสอบและคำนวณในส่วนการวิเคราะห์ผลวิจัยของ บทที่ 4

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบการใช้พลังงานของระบบ เพื่อต้องการทราบถึงระยะเวลาการทำงาน โดยอาศัยแหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่ ทั้งระบบ คือ ทั้งส่วนของสถานีย่อย (End Node) และสถานีฐาน (Gateway) ทั้ง 2 ส่วนนี้อาศัยพลังงานจากแบตเตอรี่ที่เป็นอิสระต่อกัน ในแต่ละส่วนจะอาศัยพลังงานจากแบตเตอรี่ SLA ขนาด 12 โวลต์เหมือนกัน ซึ่งระยะเวลาการสำรวจข้อมูลจริงนั้น ใช้ระยะเวลาการทำงานทั้งหมดมากกว่า 6 เดือน ระบบยังสามารถทำงานต่อเนื่องได้โดยไม่มีปัญหาเรื่องแหล่งพลังงาน ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวไม่รวมถึงขั้นตอนการทดสอบอุปกรณ์ หรือขั้นตอนการทดสอบอัลกอริทึมต่างๆ ซึ่งหากรวมขั้นตอนดังกล่าว จะมีระยะเวลาการใช้งานทั้งหมดมากกว่า 1 ปี

3.13 ลักษณะของข้อมูล

ลักษณะของข้อมูลในระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้ จะมีข้อมูลอยู่หลายลักษณะขึ้นอยู่กับว่าข้อมูลนั้นอยู่ในขั้นตอนใดของระบบ โดยลักษณะข้อมูลเริ่มแรกที่เกิดจากตัวตรวจจับสัญญาณจะวัดค่าข้อมูลลมซึ่งมีลักษณะสัญญาณแบบพัลส์ ข้อมูลในลักษณะนี้จะมีขนาด

ของสัญญาณต่ำมาก จึงต้องทำการปรับขนาดของสัญญาณขึ้น เพื่อสามารถนำข้อมูลไปจัดการได้สะดวกยิ่งขึ้น โดยใช้วงจรปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน คือวงจร Schmitt trigger เพื่อให้ได้ลักษณะของข้อมูลที่เหมาะสม ราบเรียบ แยกแยะได้ง่าย

เมื่อได้ค่าข้อมูลที่มีลักษณะและขนาดที่เหมาะสมตามที่ได้ออกแบบไว้ข้างต้นแล้ว ระบบทำการเปลี่ยนลักษณะของข้อมูลจากอนาล็อกเปลี่ยนไปเป็นแบบดิจิทัล เพื่อทำการประมวลผลความเร็วลมในแต่ละช่วงเวลา โดยจะส่งค่าข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประมวลผลความเร็วลม ให้อยู่ในรูปแบบข้อความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลานั้นๆ (เฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง) เมื่อได้ข้อมูลในส่วนนี้แล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งข้อมูลไปยังสถานีฐานหรือ Gateway ซึ่งข้อมูลที่ส่งนี้จะส่งในรูปแบบข้อความหรือแบบ text โดยมีตัวอย่างของข้อมูลที่ทำการส่งไปยังสถานีฐานดังนี้

13A200#403B6C7E#13.5 mps

13A200#403B6C81#13.0 mps

(ตัวอย่างข้อมูลจากสถานีย่อยส่งไปยังสถานีฐาน)

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของหมายเลขรหัสอุปกรณ์ที่ส่งข้อมูลแต่ละตัว และส่วนค่าข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยที่วัดได้ของอุปกรณ์นั้นๆ

เมื่อสถานีย่อยส่งข้อมูลมายังสถานีฐานแล้ว ข้อมูลในส่วนนี้ที่อยู่บนสถานีฐาน จะนำไปประมวลผลและเปรียบเทียบเวลากับโมดูลจัดการเวลาจริง จึงทำให้รูปแบบของข้อมูลในส่วนนี้จะเพิ่มส่วนของเวลารับข้อมูลจริงเข้ามาด้วย ดังนี้

[13/4/2011-16:30:00] 13A200#403B6C7E#13.5 mps

[13/4/2011-16:30:00] 13A200#403B6C81#13.0 mps

(ตัวอย่างข้อมูลจากสถานีฐานที่ทำการบันทึกลงหน่วยความจำ)

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนของเวลาจริงในการรับข้อมูล ส่วนของหมายเลขรหัสอุปกรณ์ที่ส่งข้อมูลแต่ละตัว และส่วนค่าข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยที่วัดได้ของอุปกรณ์นั้นๆ ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะเป็นข้อมูลส่วนสุดท้ายที่จะทำการเขียนหรือบันทึกลงหน่วยความจำ จึงทำให้ข้อมูลในหน่วยความจำจะมีลักษณะดังข้อมูลตัวอย่างข้างต้น

โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการนับจำนวนรอบการหมุนของตัวตรวจวัดสัญญาณ (Anemometer) เพื่อส่งข้อมูลรอบการหมุนไปประมวลผลเป็นความเร็วลมที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป จึงต้องการความเสถียรของสัญญาณ และความแตกต่างของสัญญาณที่ชัดเจน ตัวอย่างการคำนวณ จากสมการที่ (1)

$$2.5 \text{ mps per Hz (1 Hz = 1 pulse/second)}$$

จากสูตร 1Hz หรือ 1 พัลส์ (pulse) นั้น จะมีค่าเท่ากับการหมุนของตัวตรวจจับ 1 รอบ โดยสมการนี้จะเป็นการคำนวณความเร็วลมที่ตรวจวัดได้จากตัวตรวจจับ โดยมีการจับเวลาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และรับค่าข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับ เมื่อได้ข้อมูลทั้ง 2 ส่วนข้างต้นสามารถคำนวณหาความเร็วลม ในช่วงเวลานั้นๆ ได้ เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถตรวจจับสัญญาณจากอินเตอร์รัพท์ภายนอก 300 ครั้ง ในระยะเวลา 60 วินาที ค่าความเร็วลมในช่วงระยะเวลาดังกล่าว จะคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความเร็วลม} = 2.5 * (300 / 60)$$

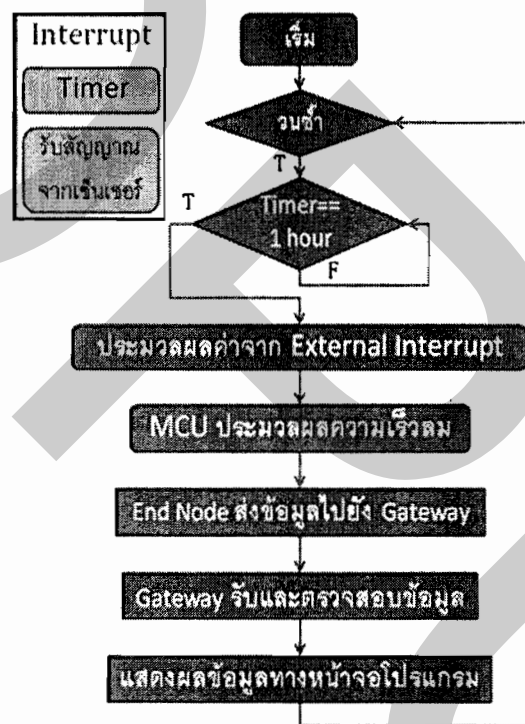
ดังนั้น ค่าความเร็วลมในระยะเวลา 60 วินาที ที่ทำการตรวจวัดจะเท่ากับ 12.5 เมตรต่อวินาที (m/s)

ผลลัพธ์ที่ได้เป็นอัตราความเร็วลมเฉลี่ยต่อชั่วโมง จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งค่าข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยนี้ ไปยังอุปกรณ์เครือข่ายสัญญาณแบบไร้สาย (Wireless Sensor Network) เพื่อนำข้อมูลความเร็วลมส่งไปยังสถานีฐาน (Gateway) ทำการประมวลผลรวบรวมข้อมูลและบันทึกลงหน่วยความจำ

โดยวิธีการบันทึกข้อมูล หรือสำรองข้อมูลที่ตรวจวัดได้ในงานวิจัยนี้ จะมีการบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำแบบ SD Card โดยมีการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากในงานวิจัยนี้เป็นการสำรวจข้อมูลในระยะยาว เพื่อนำข้อมูลที่ไปวิเคราะห์ และไม่มีคามจำเป็นต้องรับรู้ถึงข้อมูลแบบทันทีทันใด จึงเลือกใช้การบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ เมื่อเวลาทำการอ่านข้อมูล หรือทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้ จะสามารถทำได้โดยนำข้อมูลที่บันทึกลงหน่วยความจำแบบ SD Card ไปแสดงผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนา

โปรแกรมสำหรับอ่านค่าข้อมูลที่บันทึกได้จากระบบ มาแสดงผลในรูปแบบของกราฟความเร็วลม เปรียบเทียบกับเวลาที่ตรวจวัดค่าได้

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาโปรแกรม ดังรูปที่ 3.27 เพื่อทดสอบค่าข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดความเร็วลม โปรแกรมนี้ทำหน้าที่เสมือนเป็นสถานีฐาน รับค่าข้อมูลความเร็วลมจากสถานีย่อย ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์คำนวณได้ในแต่ละชั่วโมง นำมาแสดงผลบนหน้าจอโปรแกรม โดยหน้าจอของโปรแกรมนี้จะมีข้อมูลที่แสดงอยู่ 2 ส่วนคือ รหัสของอุปกรณ์สถานีย่อย ที่ส่งข้อมูลมายังสถานีฐาน และค่าความเร็วลมที่คำนวณได้ในขณะนั้น ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.27 แผนผังลำดับงานของโปรแกรมที่พัฒนาเพื่อทดสอบการทำงานของระบบ

```

void service_count(void) interrupt 0
{
    count++;
}
void service_timer0(void) interrupt 1 using 2
{
    round++;
    TH0 = 0xB7;
    TL0 = 0xA9;
    if(round>=360000)
    {
        round = 0;
        temp = count/3600;
        count = 0;
        test=1;
    }
}

```

รูปที่ 3.28 ตัวอย่างอัลกอริทึมของ โปรแกรมที่พัฒนาเพื่อทดสอบการทำงานของระบบ

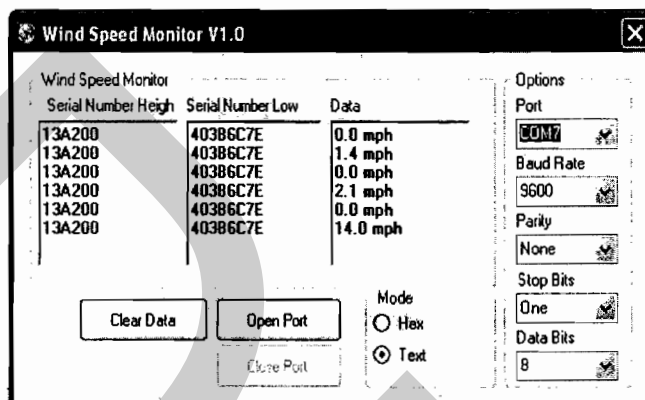
จากรูปที่ 3.28 เป็นตัวอย่างอัลกอริทึมของ โปรแกรมทดสอบการทำงานของระบบ มี ส่วนของฟังก์ชันอินเตอร์รัพท์ภายนอก และฟังก์ชันไทมเมอร์ โดยการทำงานของฟังก์ชัน อินเตอร์รัพท์ภายนอกนั้น จะเป็นการรับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับความเร็วลม ผ่านทาง ช่องสัญญาณอินเตอร์รัพท์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งข้อมูลนี้ก็คือจำนวนรอบการหมุนของ อุปกรณ์ตรวจจับความเร็วลมนั่นเอง

ในส่วนการทำงานของฟังก์ชันไทมเมอร์ เป็นการจัดการด้านเวลาของระบบ โดยในทุก 1 ชั่วโมง ฟังก์ชันไทมเมอร์ จะทำการประมวลผลหาจำนวนรอบต่อวินาทีภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อส่งข้อมูลจำนวนรอบต่อวินาทีนี้ไปประมวลผลหาความเร็วลมตามสมการ

ในระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้ได้มีการนับเวลาการทำงาน โดยใช้ วงจร Timer ของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการจัดการด้านเวลา โดยมีโหมดให้เลือกใช้ตามความ เหมาะสมของระบบ

ในระบบนี้มีการนำค่าข้อมูลสัญญาณจากตัวตรวจจับ นำเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อ นำมาประมวลผล โดยนำเข้าผ่านทางพอร์ต P3.2 ซึ่งเป็นการนำข้อมูลเข้าขาอินเตอร์รัพท์ภายนอก ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อความรวดเร็วในการรับค่าข้อมูล และการเป็นอิสระต่อกันกับการ ประมวลผลของหน่วยประมวลผล

จากโปรแกรมนี้ ทำให้ระบบสามารถปรับปรุงแก้ไขวิธีการทำงาน หรือสามารถตรวจสอบความผิดพลาดของระบบก่อนใช้งานจริงได้ง่าย



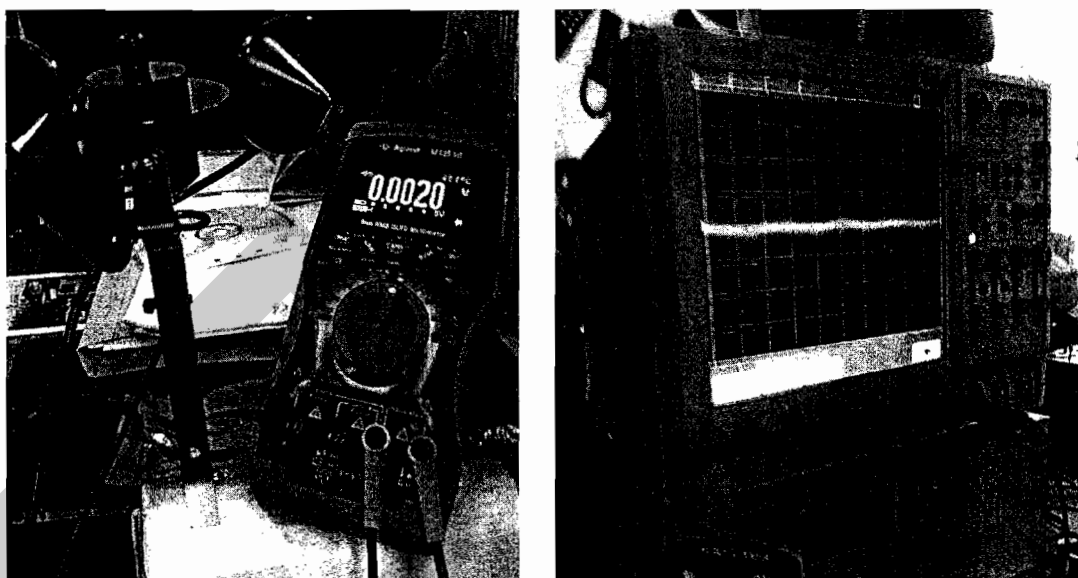
รูปที่ 3.29 หน้าจอโปรแกรมที่พัฒนาเพื่อทดสอบการทำงานของระบบ

บทที่ 4

ผลการศึกษา

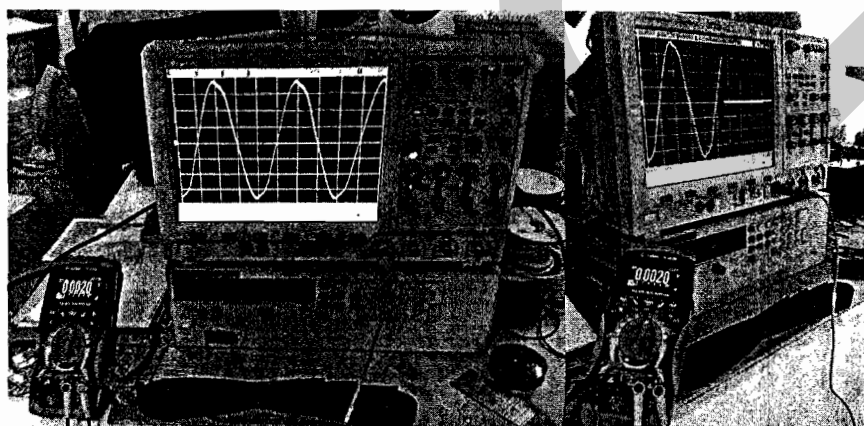
4.1 การวิจัย

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการวิจัยและผลการวิจัยของอุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายในการประมวลผลความเร็วลมที่ตรวจวัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัด (Anemometer) โดยจะแสดงวิธีการทำงานของอุปกรณ์ในแต่ละส่วน แสดงวิธีการใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลมในแต่ละพื้นที่ที่ทำการทดสอบ และแสดงผลจากข้อมูลของอุปกรณ์ที่สามารถตรวจวัดค่าข้อมูลได้ ซึ่งจะแสดงลักษณะของข้อมูลที่ได้รับได้ในแต่ละส่วนของระบบ ทั้งในส่วนของคุณลักษณะที่ตรวจวัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer) ส่วนของข้อมูลทำการปรับเปลี่ยนรูปแบบของสัญญาณก่อนส่งไปยังหน่วยประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนของข้อมูลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับได้แล้วนำไปประมวลผลพร้อมส่งไปยังอุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย (Wireless Sensor Network) ส่วนของข้อมูลจากอุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายส่งไปยังอุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณไร้สายอีกตัวหนึ่ง (สถานีย่อยส่งข้อมูลไปยังสถานีฐาน หรือสถานีย่อยส่งข้อมูลไปยัง Router แล้ว Router ส่งข้อมูลที่ไปยังสถานีฐาน) ส่วนของข้อมูลที่สถานีฐานประมวลผลเสร็จแล้วจะทำการบันทึกลงหน่วยความจำ ส่วนของข้อมูลที่ถูกบันทึกลงในหน่วยความจำ SD Card ซึ่งอยู่ในรูปแบบไฟล์นามสกุล txt และส่วนของข้อมูลทำการแปลงให้อยู่ในรูปของกราฟและบันทึกเป็นข้อมูลภาพด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้โดยเฉพาะ



รูปที่ 4.1 ลักษณะของข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากตัวตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer)

จากรูปที่ 4.1 ได้ใช้อุปกรณ์ Oscilloscope และ Multimeter ทำการวัดค่าข้อมูลและตรวจสอบลักษณะของสัญญาณข้อมูลจากตัวตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer) จะเห็นได้ว่าสัญญาณข้อมูลที่วัดค่าได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณมีค่าต่ำมาก ซึ่งจะทำให้นำข้อมูลในส่วนนี้ไปทำการประมวลผลได้ยาก เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถทำงานกับข้อมูลที่มีขนาดต่ำขนาดนี้ได้ จึงทำให้ต้องใช้วงจรปรับยกระดับแรงดันและเปลี่ยนรูปแรงดันมาทำให้ระดับแรงดันในส่วนนี้สูงขึ้นและราบเรียบขึ้น เพื่อสามารถแยกแยะข้อมูลและนำข้อมูลไปประมวลผลบนไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่ายขึ้น



รูปที่ 4.2 ลักษณะของข้อมูลที่ผ่านการแปลงจากวงจรปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน (Schmitt trigger)

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าสัญญาณข้อมูลในส่วนนี้ ซึ่งผ่านกระบวนการยกระดับแรงดัน และปรับเปลี่ยนรูปแรงดันด้วยวงจรเปลี่ยนรูปแรงดัน Schmitt trigger แล้วนั้น จะเห็นความแตกต่าง ได้ชัดเจนของข้อมูลสัญญาณในส่วนนี้ ทั้งขนาดของระดับแรงดันของสัญญาณข้อมูล และรูปร่าง ของสัญญาณมูล ซึ่งจะทำให้ข้อมูลในส่วนนี้จะนำไปประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ สะดวก และมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.3 ลักษณะของข้อมูลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งไปยังอุปกรณ์เครือข่ายตรวจวัดความเร็วลมไร้สาย

จากรูปที่ 4.3 ลักษณะของข้อมูลในส่วนนี้จะอยู่ในรูปแบบของข้อความ (text) ซึ่งมีขนาด 24 ตัวอักษรต่อการส่งข้อมูลหนึ่งครั้ง โดยข้อมูลในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย หมายเลขรหัสของอุปกรณ์เครือข่ายสัญญาณไร้สายตัวที่ส่งข้อมูลนั้นออกมา และค่าข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ย

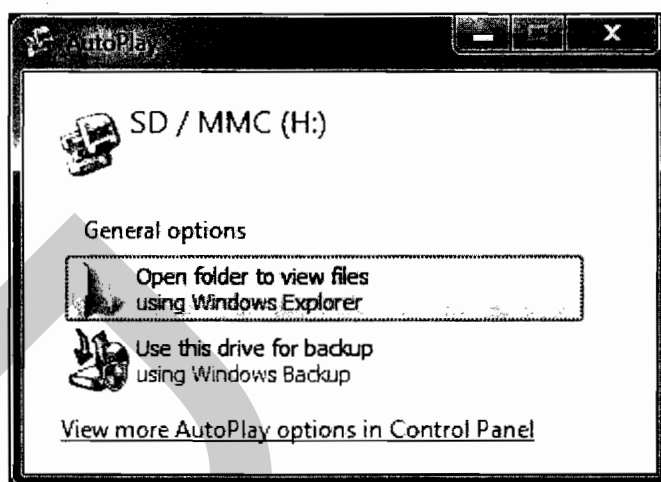
[12/4/2011-00:30:00] 13A200#403B6C7E#4.5 mps

[12/4/2011-00:30:00] 13A200#403B6C81#4.0 mps

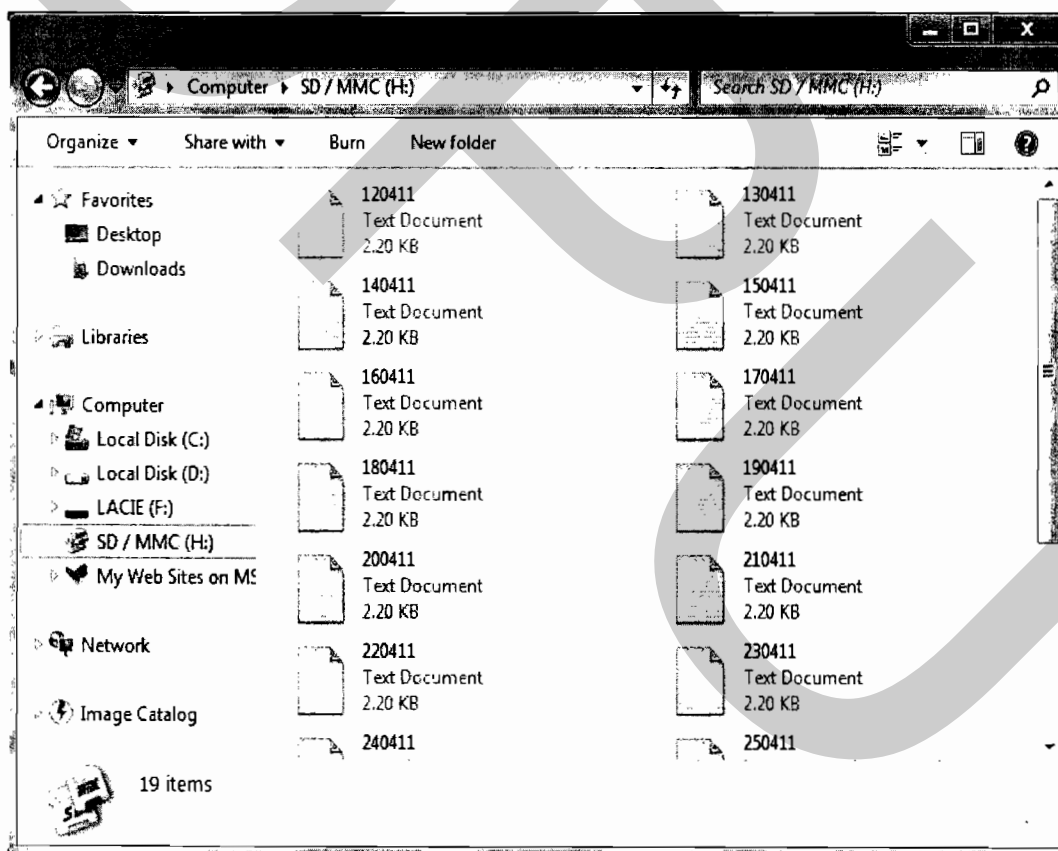
วันที่ และเวลาจริง

รูปที่ 4.4 ลักษณะของข้อมูลที่สถานีฐานเตรียมบันทึกลงหน่วยความจำ

จากรูปที่ 4.4 ลักษณะของข้อมูลในส่วนนี้จะคล้ายกับส่วนที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์จากสถานีย่อยส่งมายังสถานีฐาน แต่จะแตกต่างกันตรงที่ ในส่วนนี้จะมีการเพิ่มข้อมูลวันที่และเวลาจริงเข้ามาในข้อความด้วย ซึ่งจะแทรกอยู่หน้าข้อความเดิมที่ได้รับจากสถานีย่อย โดยกระบวนการจัดการข้อมูลในส่วนนี้นั้น จะเริ่มจากอุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย(Wireless Sensor Network) ของฝั่งสถานีฐาน(Gateway) รับค่าข้อมูลจากสถานีย่อยด้วยรูปแบบข้อมูลดังรูปที่ 4.3 เมื่อสถานีฐานรับข้อมูลดังกล่าวเรียบร้อยแล้ว อุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายจะส่งข้อมูลนี้ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลข้อมูลและทำการบันทึกวันและเวลาจริง แทรกลงไปด้านหน้าของข้อความที่ได้รับ โดยดึงข้อมูลวันและเวลาจากอุปกรณ์จัดการด้านเวลาจริง ET-MINI DS1307 (Real Time Clock) เมื่อจัดการด้านเวลาเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายจะทำการบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ ซึ่งระบบจะทำการบันทึกข้อมูลทุกครั้งที่มีการรับค่าข้อมูลจากสถานีย่อยได้ หรือบันทึกข้อมูลทุก 60 นาทีนั่นเอง โดยหลักการบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำนั้น ระบบจะทำการบันทึกข้อมูลในรูปแบบข้อความ โดยจะทำการสร้างไฟล์งานนามสกุล .txt ลงหน่วยความจำ ซึ่งมีการกำหนดชื่อไฟล์เป็นชื่อวันที่ ณ วันที่ทำการบันทึกข้อมูลจริง และเมื่อวันที่เปลี่ยน ระบบจะทำการสร้างไฟล์ใหม่ โดยชื่อไฟล์จะกำหนดเป็นชื่อวันที่จริงที่ทำการบันทึกข้อมูล ซึ่งจะทำการสร้างไฟล์ข้อมูลนามสกุล .txt ใหม่ทุกครั้งเมื่อผ่านเวลา 00:00:00 (เที่ยงคืน) ดังแสดงในรูปที่ 4.6 และการนำข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำนั้นสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว ด้วยการนำอุปกรณ์หน่วยความจำนี้ (SD Card) ไปต่อพ่วงกับเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วทำการเปิดไฟล์ข้อมูลภายในหน่วยความจำ ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การใช้งานหน่วยความจำบนเครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.6 ไฟล์ข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นในหน่วยความจำ

```

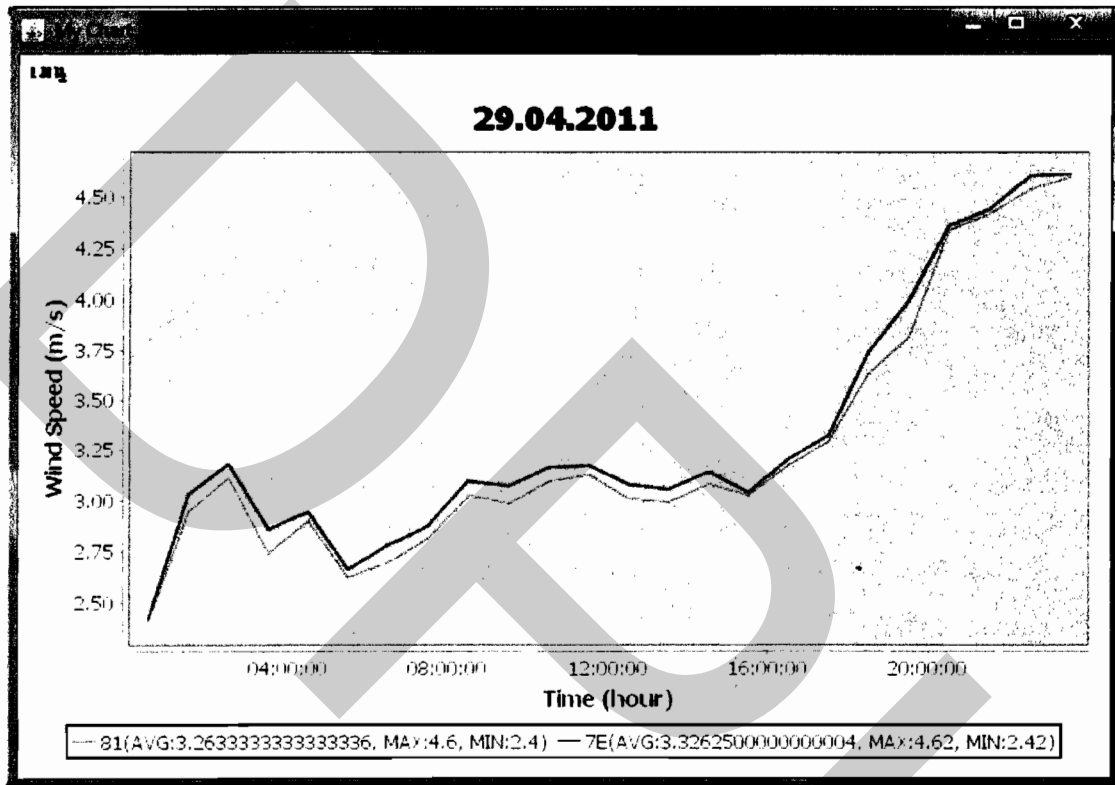
File Edit Format View Help
[29/4/2011-00:30:15] 13A200#403B6C7E#2.42 mps
[29/4/2011-00:30:17] 13A200#403B6C81#2.40 mps
[29/4/2011-01:30:15] 13A200#403B6C7E#3.03 mps
[29/4/2011-01:30:17] 13A200#403B6C81#2.94 mps
[29/4/2011-02:30:15] 13A200#403B6C7E#3.18 mps
[29/4/2011-02:30:17] 13A200#403B6C81#3.11 mps
[29/4/2011-03:30:15] 13A200#403B6C7E#2.86 mps
[29/4/2011-03:30:17] 13A200#403B6C81#2.74 mps
[29/4/2011-04:30:15] 13A200#403B6C7E#2.94 mps
[29/4/2011-04:30:17] 13A200#403B6C81#2.90 mps
[29/4/2011-05:30:15] 13A200#403B6C7E#2.66 mps
[29/4/2011-05:30:17] 13A200#403B6C81#2.62 mps
[29/4/2011-06:30:15] 13A200#403B6C7E#2.78 mps
[29/4/2011-06:30:17] 13A200#403B6C81#2.69 mps
[29/4/2011-07:30:15] 13A200#403B6C7E#2.87 mps
[29/4/2011-07:30:17] 13A200#403B6C81#2.81 mps
[29/4/2011-08:30:15] 13A200#403B6C7E#3.09 mps
[29/4/2011-08:30:17] 13A200#403B6C81#3.02 mps
[29/4/2011-09:30:15] 13A200#403B6C7E#3.07 mps
[29/4/2011-09:30:17] 13A200#403B6C81#2.98 mps
[29/4/2011-10:30:15] 13A200#403B6C7E#3.16 mps
[29/4/2011-10:30:17] 13A200#403B6C81#3.09 mps
[29/4/2011-11:30:15] 13A200#403B6C7E#3.17 mps
[29/4/2011-11:30:17] 13A200#403B6C81#3.12 mps
[29/4/2011-12:30:15] 13A200#403B6C7E#3.08 mps
[29/4/2011-12:30:17] 13A200#403B6C81#3.01 mps
[29/4/2011-13:30:15] 13A200#403B6C7E#3.05 mps
[29/4/2011-13:30:17] 13A200#403B6C81#2.99 mps
[29/4/2011-14:30:15] 13A200#403B6C7E#3.14 mps
[29/4/2011-14:30:17] 13A200#403B6C81#3.08 mps
[29/4/2011-15:30:15] 13A200#403B6C7E#3.04 mps
[29/4/2011-15:30:17] 13A200#403B6C81#3.02 mps
[29/4/2011-16:30:15] 13A200#403B6C7E#3.20 mps
[29/4/2011-16:30:17] 13A200#403B6C81#3.17 mps
[29/4/2011-17:30:15] 13A200#403B6C7E#3.32 mps

```

รูปที่ 4.7 ลักษณะของข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำของระบบ

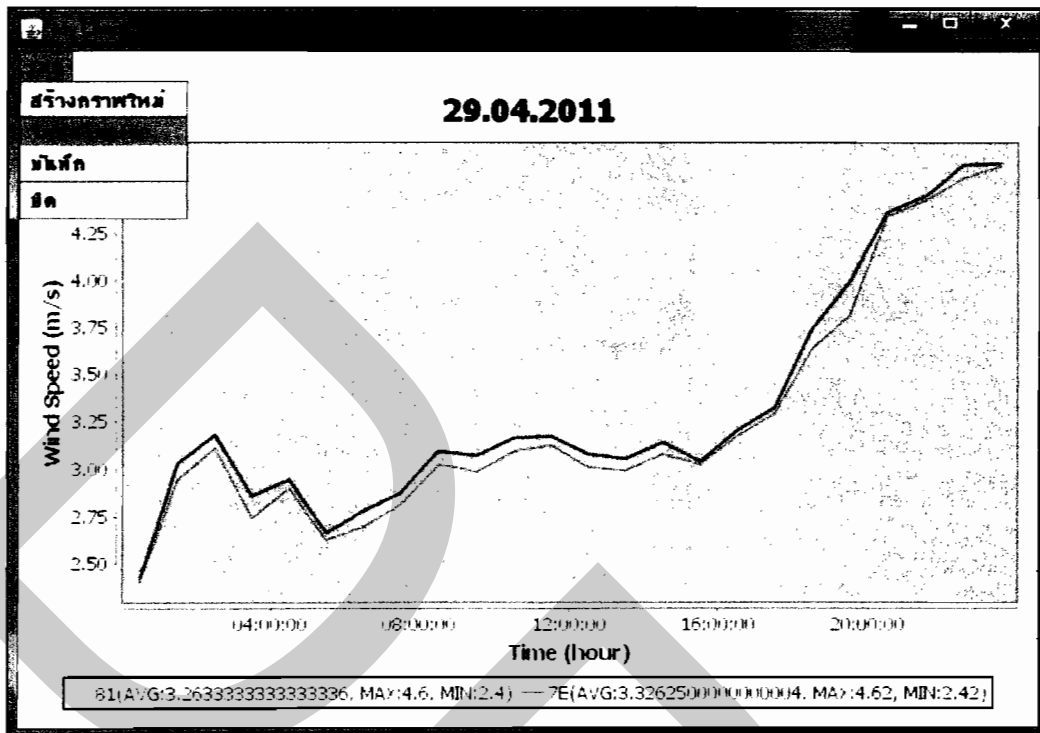
จากรูปที่ 4.7 เป็นการแสดงข้อมูลในรูปแบบข้อความ ซึ่งบันทึกข้อมูลในลักษณะไฟล์นามสกุล txt โดยบันทึกข้อมูลเพิ่มครั้งละบรรทัด ในทุกๆ ครั้งที่มีการสั่งให้บันทึกข้อมูลจาก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในงานวิจัยนี้ได้มีการกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำทุก 60 นาที โดยข้อมูลเป็นข้อมูลใหม่ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าได้จากสถานีย่อย และทำการบันทึกเวลาจริงลงหน่วยความจำ

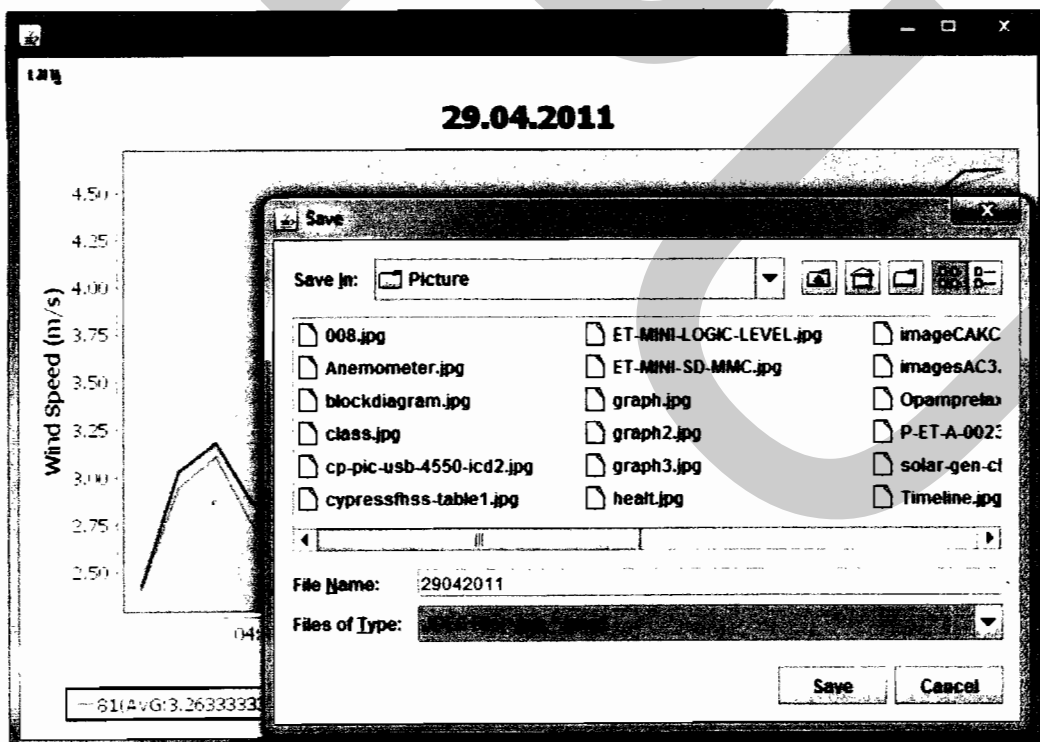


รูปที่ 4.8 ข้อมูลในหน่วยความจำแสดงผลในรูปแบบกราฟด้วย โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

จากรูปที่ 4.8 เป็นหน้าจอ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่องานวิจัยนี้โดยเฉพาะ (พัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา JAVA) โดยโปรแกรมนี้อาจทำการแปลงข้อมูลแบบข้อความหรือแบบ text ที่อยู่ในรูปแบบไฟล์ txt ที่ระบบบันทึกลงบนหน่วยความจำ (SD Card) นำมาแสดงผลให้อยู่ในรูปแบบของกราฟ โดยแกน X จะเป็นเวลาของข้อมูลที่ตรวจวัดได้ และแกน Y จะเป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ระบบประมวลผลได้ในแต่ละชั่วโมง ในโปรแกรมนี้อาจแสดงค่าเฉลี่ยของความเร็วลมที่ทำการบันทึกลงในไฟล์ข้อมูลทั้งหมดของแต่ละอุปกรณ์ โดยจะมีกราฟเส้น 2 เส้น แต่ละเส้นคือค่าข้อมูลความเร็วลมของอุปกรณ์แต่ละตัวที่ทำการตรวจวัดได้ ซึ่งข้อมูลกราฟนี้เป็นข้อมูลความเร็วลมของวันที่ 29 เมษายน 2554 ที่ระบบทำการตรวจวัดได้ โดยข้อมูลส่วนนี้เป็นข้อมูลเดียวกันกับข้อมูลไฟล์นามสกุล txt ในรูปที่ 4.7 ส่วนการใช้งานโปรแกรมนี้สามารถเปิดโปรแกรมแล้วเลือกไฟล์ข้อมูลที่ทำการบันทึกเอาไว้ นำมาเปิดใช้งานได้ทันที ดังรูปที่ 4.8

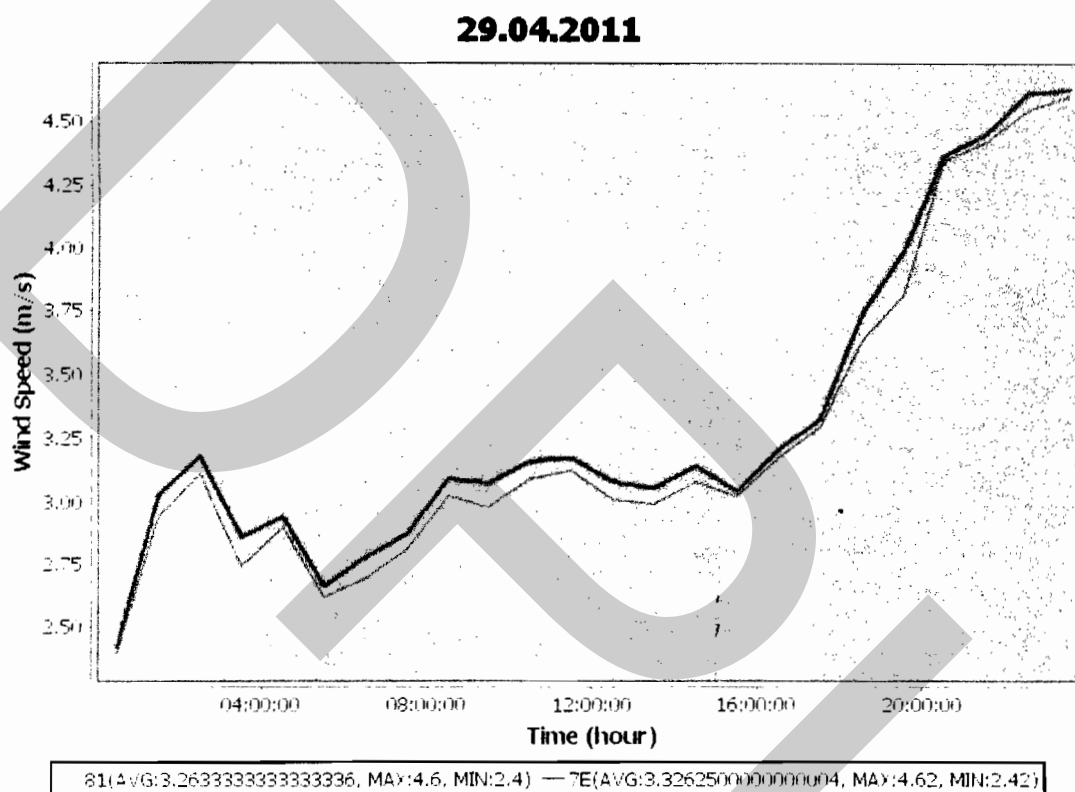


รูปที่ 4.9 การเปิดไฟล์ข้อมูลเพื่อนำมาแสดงผล



รูปที่ 4.10 การบันทึกข้อมูลกราฟ

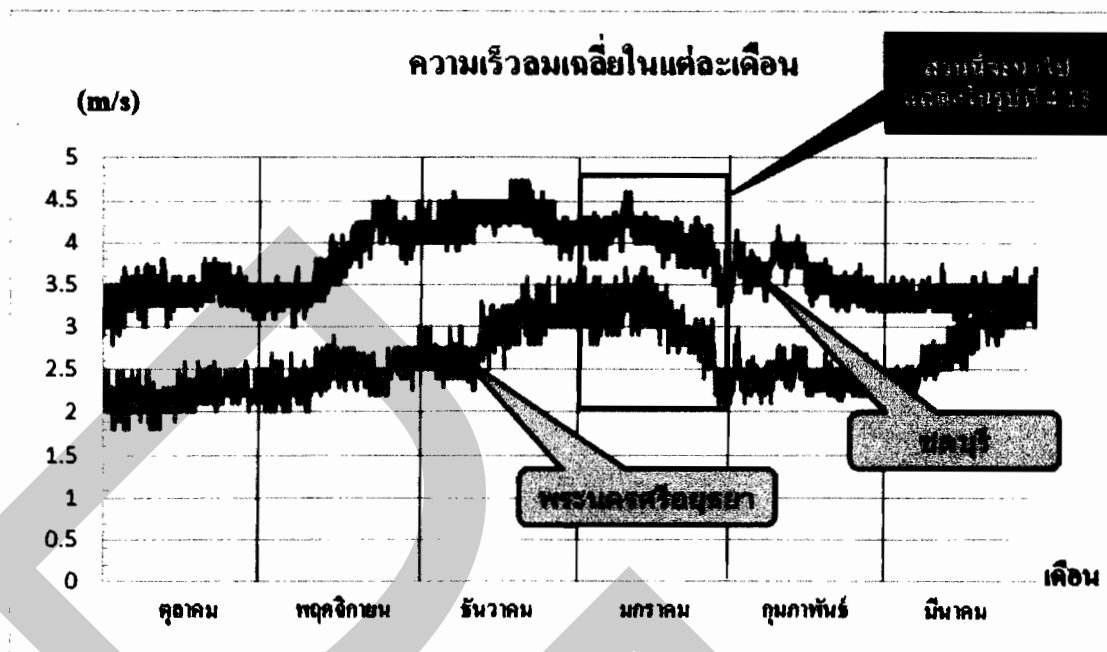
จากรูปที่ 4.10 เป็นวิธีการบันทึกข้อมูลกราฟให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลภาพจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ซึ่งสามารถเลือกที่อยู่ในการบันทึกข้อมูลภาพ และตั้งชื่อภาพได้ตามต้องการ โดยข้อมูลภาพนี้จะถูกบันทึกข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ JPEG File (.jpg, .jpeg)



รูปที่ 4.11 ตัวอย่างข้อมูลภาพที่บันทึกจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

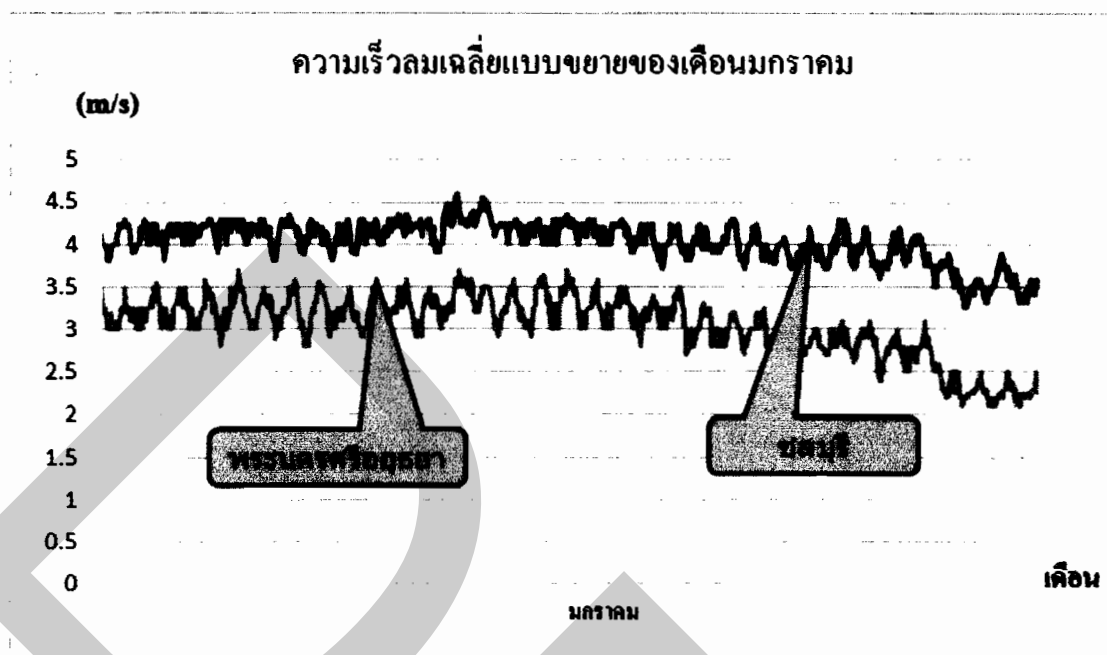
4.2 ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็นการตรวจวัดความเร็วลม โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายมาตรวจวัดข้อมูล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสำรวจข้อมูลความเร็วลม โดยทำการตรวจวัดในพื้นที่ที่จะติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งงานวิจัยนี้มีระยะเวลาการสำรวจข้อมูลประมาณ 6 เดือน โดยได้ทำการทดสอบใน 2 พื้นที่ของประเทศไทย คือ บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี และบริเวณพื้นที่โล่ง อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา



รูปที่ 4.12 กราฟข้อมูลความเร็วลมที่ตรวจวัดได้จากงานวิจัยนี้

จากรูปที่ 4.10 แสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยจากผลการวิจัยในแต่ละสัปดาห์ ตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 ของพื้นที่อำเภอเมืองชลบุรีและอำเภอพระนครศรีอยุธยา โดยค่าความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่อำเภอเมืองชลบุรี จะอยู่ที่ 3.745 เมตรต่อวินาที (m/s) และค่าความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่อำเภอพระนครศรีอยุธยาจะอยู่ที่ 2.630 เมตรต่อวินาที (m/s) จะเห็นได้ว่าในพื้นที่อำเภอเมืองชลบุรี มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยมากกว่าพื้นที่อำเภอพระนครศรีอยุธยา เนื่องจากการตรวจวัดในพื้นที่อำเภอเมืองชลบุรี เป็นการตรวจวัดบริเวณพื้นที่ใกล้ชายฝั่งทะเล ทำให้มีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่อำเภอพระนครศรีอยุธยาซึ่งเป็นพื้นที่โล่งปกติ



รูปที่ 4.13 กราฟการขยายข้อมูลของเดือนมกราคม ตามกรอบสี่เหลี่ยมรูปที่ 4.12

จากรูปที่ 4.13 กราฟมีลักษณะการแสดงผลข้อมูลที่ขยายขึ้น โดยข้อมูลของกราฟนี้จะ เป็นข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยของเดือนมกราคมโดยเฉพาะ ซึ่งในส่วนที่วาดกรอบสี่เหลี่ยมไว้ในภาพ ที่ 4.12 นั้น กราฟข้อมูลในรูปที่ 4.12 มีข้อมูลจำนวนมาก โดยมีจำนวนข้อมูลอัตราความเร็วลมเฉลี่ย ต่อชั่วโมงเป็นเวลาทั้งหมดถึง 6 เดือน หรือมีจำนวนของข้อมูลทั้งหมด 4,368 ค่า จึงทำให้เส้นกราฟ ที่หมายถึงอัตราเร็วลมนั้น แสดงออกมาได้ไม่ละเอียดเท่าใด และดูค่าข้อมูลได้ยาก ในภาพนี้จึง มีการขยายข้อมูลของเส้นกราฟให้มีขนาดกว้างขึ้น โดยเลือกแสดงเฉพาะเดือน มกราคมเพียงเดือน เดียว ซึ่งจะทำให้เห็นลักษณะของข้อมูลที่ชัดเจนและละเอียดมากขึ้น

โดยความเร็วลมของอำเภอเมืองชลบุรีที่สูงกว่า อำเภอพระนครศรีอยุธยา นั้น จะอยู่ ในช่วงเดือนตุลาคม จนถึงเดือนมีนาคม เนื่องจากในช่วงนี้มีลมมรสุมพัดผ่านแถบภาคตะวันออก ของประเทศไทย ส่งผลให้อำเภอเมืองชลบุรีที่ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งภาคตะวันออก มีค่าความเร็วลมสูง ในช่วงเวลาดังกล่าว

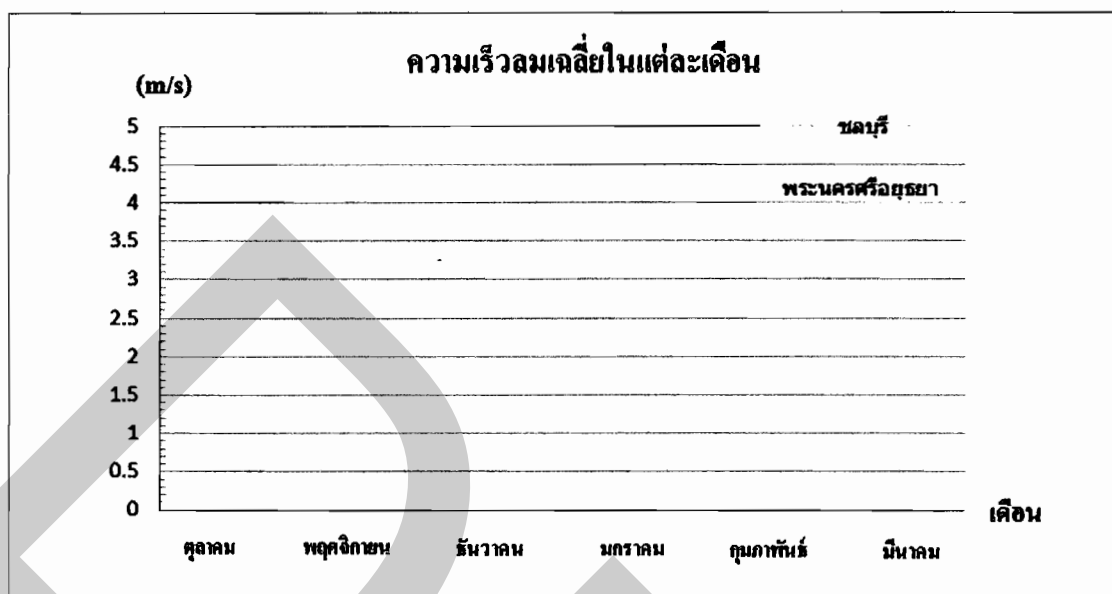
ค่าข้อมูลในงานวิจัยที่สามารถสำรวจค่าความเร็วลมได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม ผ่านอุปกรณ์เครื่องข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้ ที่จังหวัดชลบุรีมีลักษณะเด่นในช่วงเดือน พฤศจิกายน ธันวาคม และมกราคม ซึ่งมีค่าความเร็วลมสูงมาก จากการศึกษาข้อมูลพบว่า สาเหตุที่ ช่วงเวลาดังกล่าวมีค่าความเร็วลมสูงกว่าช่วงอื่นนั้น เนื่องจากอำเภอเมืองชลบุรีได้รับผลกระทบจาก ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเดือน พฤศจิกายน ถึง เดือน เมษายน ในแถบภาคตะวันออก

และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งจังหวัดชลบุรี ได้ตั้งอยู่ที่เขตพื้นที่แนวชายฝั่งทะเล และอยู่ในเขตพื้นที่ปะทะแรงลม จึงทำให้ค่าข้อมูลความเร็วลมของอำเภอเมืองชลบุรีในช่วงเวลานี้ มีค่าความเร็วลมสูงกว่าค่าความเร็วลมของอำเภอพระนครศรีอยุธยา

ส่วนค่าข้อมูลความเร็วลมที่สามารถสำรวจค่าได้ของจังหวัดพระนครศรีอยุธยานั้น จะมีค่าความเร็วลมสูงที่สุดอยู่ในช่วงเดือน พฤศจิกายน ถึง เดือน ธันวาคม แต่ค่าความเร็วลมที่สูงที่สุดของจังหวัดพระนครศรีอยุธยานี้ ยังต่ำกว่าค่าความเร็วลมที่สูงที่สุดของจังหวัดชลบุรีอยู่มากพอสมควร ส่วนค่าข้อมูลความเร็วลมในช่วงเวลาอื่นๆ ของอำเภอพระนครศรีอยุธยา อยู่ในเกณฑ์ต่ำ

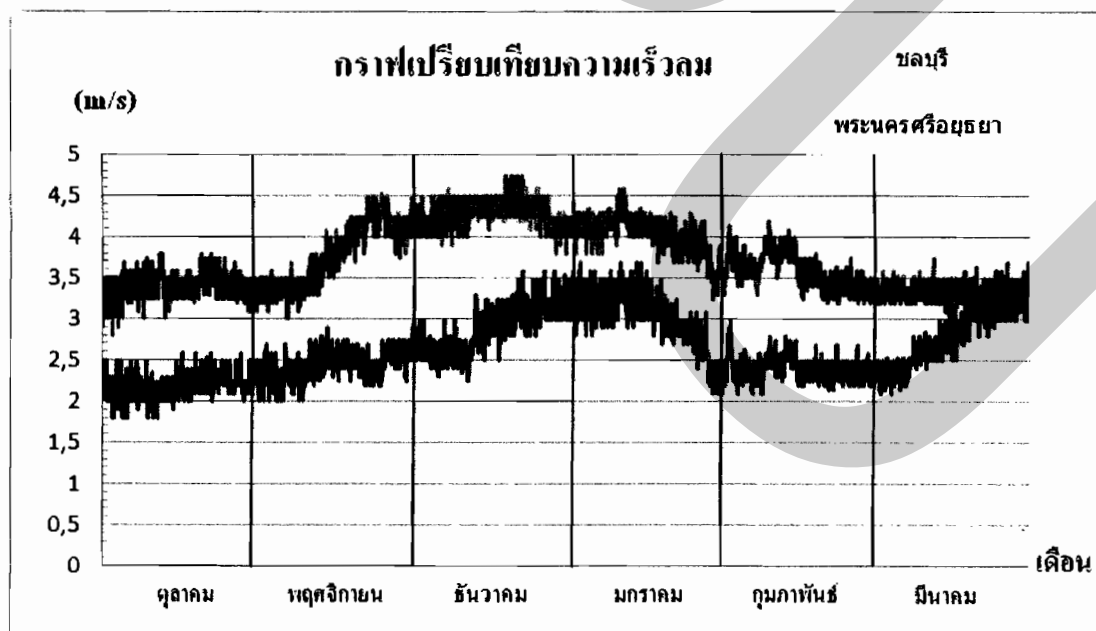
สาเหตุที่ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าว อำเภอพระนครศรีอยุธยามีค่าความเร็วลมที่สูงกว่าช่วงอื่นนั้น เนื่องจากอำเภอพระนครศรีอยุธยาน่าจะได้รับผลกระทบจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเช่นกัน แต่ด้วยระยะห่างและพื้นที่ที่ตั้งของอำเภอพระนครศรีอยุธยานั้น ได้รับแรงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือน้อยกว่าอำเภอเมืองชลบุรี เพราะอำเภอเมืองชลบุรีมีที่ตั้งใกล้กับแนวชายฝั่งทะเล และอยู่ในพื้นที่ที่ได้รับแรงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือใกล้กว่า จึงทำให้อำเภอพระนครศรีอยุธยามีค่าความเร็วลมลดต่ำลงตามมา

จากข้อมูลความเร็วลมที่ทำการสำรวจได้จากงานวิจัยนี้ สามารถนำมาคำนวณความแตกต่างของค่าข้อมูลความเร็วลมระหว่างอำเภอเมืองชลบุรีกับอำเภอพระนครศรีอยุธยาได้ โดยค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอเมืองชลบุรีที่สำรวจได้สูงกว่าค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอพระนครศรีอยุธยาที่สำรวจได้ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลที่มีความแตกต่างกันอย่างมาก จากข้อมูลนี้เราสามารถวิเคราะห์ได้เลยว่า ในช่วงเดือน ตุลาคม ถึง เดือน มีนาคม อำเภอเมืองชลบุรีมีความเหมาะสมในการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้ามากกว่าอำเภอพระนครศรีอยุธยา ซึ่งอำเภอเมืองพระนครศรีอยุธยานั้น ไม่เหมาะสมอย่างยิ่งในการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากกระแสลมไม่เอื้ออำนวยเป็นอย่างมาก โดยการจะติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่อำเภอเมืองชลบุรีนั้น จะต้องมีการสำรวจข้อมูลความเร็วลมให้มากกว่านี้ (อย่างน้อย 1 ปี) จะต้องคำนวณค่าความเร็วลมที่สำรวจได้เปรียบเทียบกับกระแสไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้เมื่อจะทำการติดตั้งกังหันลม ต้องคำนวณลักษณะของกระแสลมจากข้อมูลที่สำรวจได้เพื่อทำการเลือกใช้ลักษณะของกังหันลม ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการคำนวณทางด้านพลังงาน และการวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงในด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งต้องนำข้อมูลความเร็วลมที่สำรวจได้จากงานวิจัยนี้ไปประมวลผลเพื่อช่วยในการตัดสินใจก่อนการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 4.14 กราฟข้อมูลความเร็วลมจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

จากรูปที่ 4.12 แสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงพลังงาน ในช่วงระยะเวลาการทำวิจัย จะเห็นได้ว่าลักษณะของข้อมูลจะมีลักษณะเป็นช่วงของความเร็วจลี่ย



รูปที่ 4.15 กราฟข้อมูลความเร็วลมที่วัดได้เปรียบเทียบกับข้อมูลของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

จากรูปที่ 4.15 เป็นกราฟข้อมูลความเร็วลมที่งานวิจัยนี้สำรวจได้ นำมาเปรียบเทียบกับค่าข้อมูลของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงพลังงาน ซึ่งข้อมูลของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานในส่วนนี้ สามารถตรวจสอบได้จากเว็บไซต์ของกระทรวงพลังงาน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและทำการตรวจสอบข้อมูลจากแหล่งข้อมูลดังกล่าว เพื่ออ้างอิงถึงความถูกต้องและสามารถเปรียบเทียบข้อมูลในระดับหนึ่งได้

ผลการทดสอบการสำรวจข้อมูลความเร็วลมในงานวิจัยนี้ นำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับข้อมูลความเร็วลมจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ข้อมูลจากทั้งสองส่วนมีความใกล้เคียงกันมาก โดยค่าข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยที่สำรวจได้จากงานวิจัยนี้ จะมีค่าข้อมูลอยู่ในระดับค่าความเร็วลมสูงสุดของข้อมูลจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน และค่าข้อมูลอัตราความเร็วลมเฉลี่ยที่สำรวจได้จากงานวิจัย จะมีค่าสูงกว่าค่าความเร็วลมเฉลี่ยของข้อมูลจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานด้วย

จากข้อมูลที่กล่าวมานี้ทำให้สามารถวิเคราะห์ความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำกรตรวจวัดได้ แต่ข้อมูลจากการวิเคราะห์นี้มีความละเอียดไม่มากนัก เนื่องจากข้อมูลจากแหล่งอ้างอิง ของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน มีการจัดเก็บค่าข้อมูลความเร็วลมในลักษณะเป็นช่วงของความเร็วจึงไม่มีการจัดเก็บค่าข้อมูลที่เป็นข้อมูลแบบตายตัวหรือเห็นค่าชัดเจน จึงทำให้การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยที่สำรวจได้จากงานวิจัยนี้กับค่าข้อมูลความเร็วลมของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานได้ไม่ชัดเจนเท่าใดนัก โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากทั้งสองส่วนนี้ มีความถูกต้องของข้อมูลมากพอสมควร เมื่อวิเคราะห์จากรูปที่ 4.15

การสำรวจข้อมูลความเร็วลม ทำให้ทราบถึงความแตกต่างของข้อมูลในบริเวณที่ทำกรสำรวจ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่แตกต่างกันทั้งสองพื้นที่อย่างชัดเจน จึงวิเคราะห์ได้ว่าการตรวจวัดข้อมูลความเร็วลมในแต่ละพื้นที่ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย (Wireless Sensor Network) สามารถนำข้อมูลมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผล เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้รูปแบบของกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า และช่วยการตัดสินใจในการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การสำรวจหรือบันทึกผลเพื่อนำเอาข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไปใช้งานจริงนั้น จำเป็นต้องมีการจัดทำกรสำรวจข้อมูลและบันทึกผลข้อมูลในระยะยาว (อย่างน้อย 2 ปี) และจะต้องมีข้อมูลจากแหล่งอ้างอิงหลายแห่ง เพื่อสามารถนำข้อมูลจากแหล่งอ้างอิงอื่นๆ เหล่านี้มาเปรียบเทียบ วิเคราะห์ผล และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ทำกรสำรวจได้ จึงจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

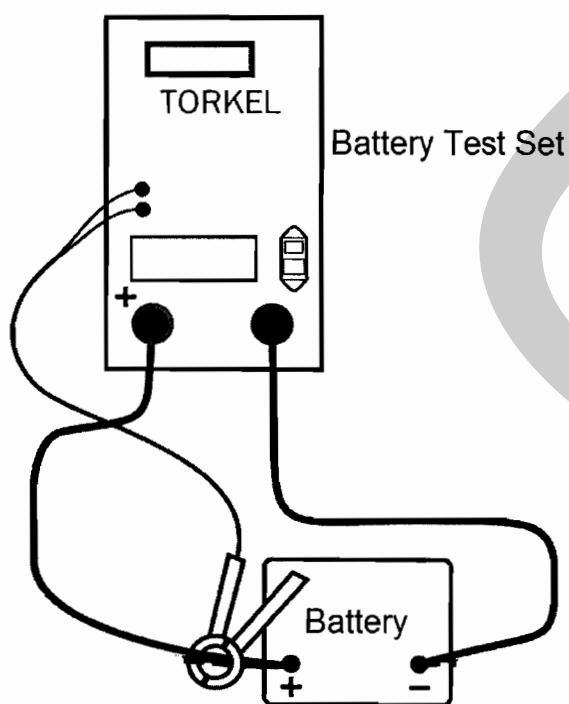
4.3 ปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการทำงานของระบบ

จากผลการวิจัยที่ได้จากการสำรวจนี้ สามารถวิเคราะห์ผลและพยากรณ์การทำงานของอุปกรณ์ในระบบได้ โดยปัจจัยสำคัญที่ควรวิเคราะห์ผลและพยากรณ์การทำงานมีอยู่ด้วยกัน 2 ส่วน ดังนี้

4.3.1 ระยะเวลาการทำงานของแหล่งพลังงาน

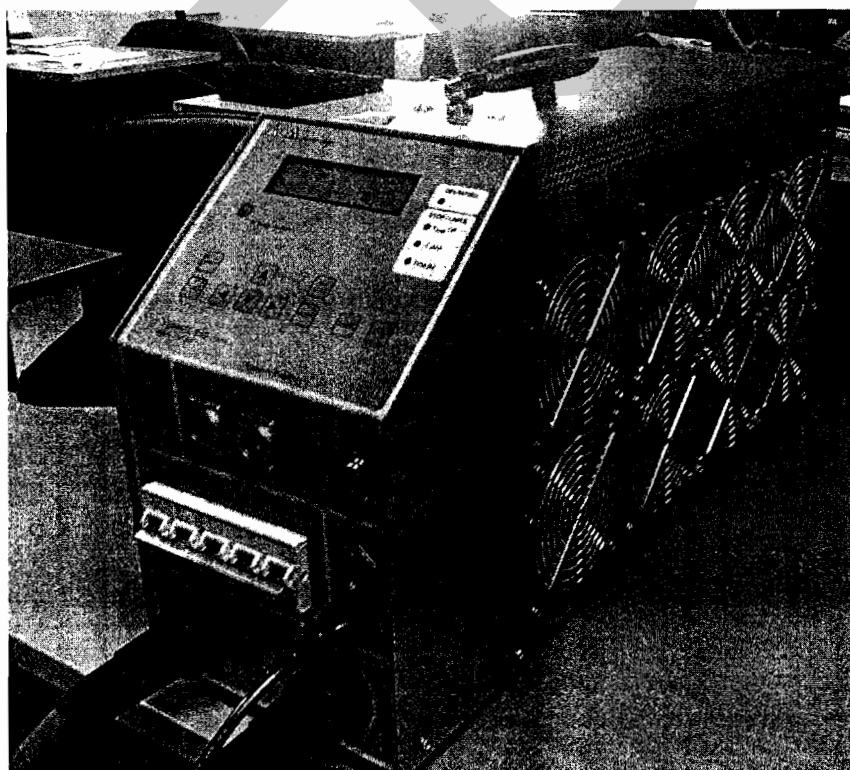
การทดสอบแบตเตอรี่ในงานวิจัยนี้ ได้ใช้มาตรฐาน IEEE 1188 ซึ่งเป็นวิธีการในการทดสอบแบตเตอรี่แบบ sealed lead-acid (SLA) ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ชนิดเดียวกันกับที่ใช้ในระบบนี้ โดยเลือกใช้หัวข้อ IEEE 1188 – 2005 – Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Valve-Regulated Lead – Acid (VRLA) Batteries for Stationary Applications และมาตรฐาน IEEE 1189 – 1996 – Guide for Selection of Valve-Regulated Lead-Acid (VRLA) Batteries for Stationary Applications ซึ่งเป็นมาตรฐานของการทดสอบแบตเตอรี่ที่บังคับใช้กันทั่วโลกจนถึงปัจจุบันเป็นการอ้างอิงการทดสอบ

แหล่งพลังงานที่ใช้ในระบบนี้ คือแบตเตอรี่ขนาดแรงดันที่ 12.6 โวลต์ 2.8 แอมแปร์ ซึ่งใช้งานทั้งที่สถานีย่อย และสถานีฐาน การวิเคราะห์ระยะเวลาการทำงานของแบตเตอรี่ในระบบนี้ จะใช้เครื่องทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่ (Battery Test Set) รุ่น TORKEL 840 UTILITY Battery Load Unit โดยการทดสอบและการคำนวณมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 4.16 การเชื่อมต่อแบตเตอรี่เข้ากับเครื่องทดสอบประสิทธิภาพ (Battery Test Set)

จากรูปที่ 4.16 เป็นการเชื่อมต่อแบตเตอรี่ที่จะนำมาทดสอบประสิทธิภาพกับเครื่องทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่ (TORQUEL 840 UTILITY) โดยทำการเชื่อมต่อกันด้วยสายไฟสองเส้น ซึ่งจะมีทั้งขั้วบวก และขั้วลบ ในจุดนี้ต้องทำการเชื่อมต่อขั้วระหว่างอุปกรณ์ให้ถูกต้อง โดยขั้วบวกของเครื่องทดสอบจะต้องต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ ส่วนขั้วลบของเครื่องทดสอบก็ต้องต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่เช่นเดียวกัน และก่อนการเริ่มทดสอบ จะต้องมีการกำหนดค่าต่างๆ ในการทดสอบ ซึ่งการกำหนดค่าต่างๆ นี้จะต้องกำหนดให้ถูกต้อง และอยู่ในขอบเขตการทำงานของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดสอบด้วย เพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดจากการป้อนโหลดให้กับแบตเตอรี่มากเกินไป ตัวอย่างการกำหนดค่าก่อนเริ่มการทำงานของเครื่อง เช่น การกำหนดขนาดของโหลดจำลองสำหรับป้อนให้กับตัวแบตเตอรี่ว่าจะมีขนาดเท่าใด ส่วนนี้จะต้องมีขนาดของโหลดไม่เกินขนาดที่แบตเตอรี่รับได้ หรือไม่มากกว่าขนาดโหลดสูงสุดของแบตเตอรี่เป็นอย่างน้อย การกำหนดค่าในการแฉ่งเดือน เครื่องทดสอบจะทำการแฉ่งเดือนด้วยเสียง และข้อความทางหน้าจอ เมื่อเข้าเงื่อนไขในการแฉ่งเดือน โดยทั่วไปแล้วการกำหนดค่าให้เครื่องแฉ่งเดือนนั้น มักจะกำหนดค่าในกรณีมีเหตุการณ์เกินขีดความสามารถของแบตเตอรี่ เช่น ขนาดของโหลดที่จำลองมีค่ามากเกินไป ขนาดของแรงดันมีค่าไม่ตรงกับความเป็นจริง และทำการตั้งเวลาในการแฉ่งเดือน เป็นต้น



รูปที่ 4.17 อุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่

จากรูปที่ 4.17 อุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ (Battery Test Set) รุ่น TORKEL 840 UTILITY Battery Load Unit นี้ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เป็นมาตรฐานในการตรวจสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยเครื่องทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่นี้ได้ออกความร่วมมือจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา)

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของอุปกรณ์แต่ละตัวที่ใช้ในส่วนของสถานีย่อย (End Node)

อุปกรณ์	สถานะ	ขนาดกระแสไฟ
หน่วยประมวลผล (MCS-51)	Active Mode	25 mA
	Idle Mode	6.5 mA
เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย	Transmit Mode	45 mA
	Idle Mode	50 mA
วงจรปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน	Active Mode	2 mA

จากตารางที่ 4.1 เป็นการแสดงรายละเอียดการใช้พลังงานของอุปกรณ์แต่ละตัวในส่วนของสถานีย่อย ซึ่งจำแนกได้ 2 สถานะคือ สถานะทำงาน และสถานะไม่ทำงาน โดยแสดงผลขนาดของกระแสที่อุปกรณ์แต่ละตัวใช้ ซึ่งอ้างอิงจากข้อมูลคุณสมบัติของผู้ผลิต

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการวัดค่าอุปกรณ์ในสถานีย่อยขณะทำงานจริง

อุปกรณ์	ขนาดกระแสไฟ
หน่วยประมวลผล	6.72 mA
เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย	8.95 mA
วงจรปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน	1.73 mA

จากตารางที่ 4.2 เป็นการแสดงรายละเอียดการใช้พลังงานจริงของอุปกรณ์แต่ละตัวในส่วนของสถานีย่อย โดยวัดค่ากระแสของอุปกรณ์ในขณะที่ทำงานจริง โดยค่ากระแสในตารางนี้จะแตกต่างจากค่ากระแสของตารางที่ 4.1 เพราะเมื่อระบบมีการทำงานจริงนั้น จะอยู่ทั้งในสถานะทำงานและสถานะไม่ทำงานสลับกันไป โดยจะอยู่ในสถานะไม่ทำงาน (Sleep หรือ Idle) เป็นหลัก จึงทำให้ อุปกรณ์แต่ละตัวใช้ขนาดกระแสน้อยกว่าคุณสมบัติโดยทั่วไป

จากข้อมูลข้างต้น สามารถคำนวณการใช้พลังงานของระบบได้ดังนี้

$$6.72 \text{ mA} + 8.95 \text{ mA} + 1.73 \text{ mA} = 17.4 \text{ mA}$$

จากการวัดค่าการใช้พลังงานของอุปกรณ์ในระบบส่วนของสถานีย่อย ทำให้ทราบถึงค่าพลังงานที่จะนำไปทดสอบกับเครื่องทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่ โดยทำการจ่ายค่าโหลดจำลองให้กับตัวแบตเตอรี่ ซึ่งการทดสอบนี้ใช้ขนาดของโหลด เท่ากับ 2500 mA ด้วยเครื่อง Battery Test Set เพื่อทดสอบว่าแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ในระบบนี้ ยังคงรักษาสภาพแรงดันของตัวเองไว้ได้ในระยะเวลาเท่าใด เมื่อคำนวณจากค่าแรงดันที่ลดลง 80% ของตัวแบตเตอรี่ เพื่อนำระยะเวลานี้มาคำนวณประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ต่อไป

ผลการทดสอบคือ แบตเตอรี่สามารถรักษาสภาพแรงดันของตัวเองไม่ให้ลดลงเกิน 80% หรือ 9.6 โวลต์ เมื่อเทียบกับแรงดันเต็มของตัวแบตเตอรี่เองคือ 12 โวลต์ ได้ในระยะเวลา 4 ชั่วโมง 26 นาที ซึ่งจากการทดสอบนี้สามารถนำระยะเวลาที่ทดสอบได้ นำไปคำนวณหาระยะเวลาการทำงานของแบตเตอรี่ทั้งหมด โดยทำการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ข้อมูลแรงดัน ไปจนถึงค่าแรงดันไฟฟ้าระดับต่ำสุดที่อุปกรณ์สามารถทำงานได้

จากผลการทดสอบ 2500 mA ใช้เวลา 266 นาที

ดังนั้น เมื่อใช้ 17.4 mA จะใช้เวลา $[(2500/17.4)*266] / 60$

$$= 637 \text{ ชั่วโมง หรือประมาณ 27 วัน}$$

จากการคำนวณดังกล่าวทำให้สามารถวิเคราะห์ระยะเวลาของแบตเตอรี่ที่สามารถทำงานได้ โดยคำนวณได้ดังนี้

แบตเตอรี่สามารถรักษาแรงดันไว้ที่ 9.6 โวลต์ในระยะเวลา 637 ชั่วโมง

ประมาณค่าการลดลงของแรงดันหลังจากผ่านระยะเวลา 637 ชั่วโมง ดังนี้

ประสิทธิภาพการรักษาแรงดันลดลง 10% และคำนวณค่าแรงดันที่รักษาไว้เท่ากับ 80% ของแรงดันเดิมได้ดังนี้

รักษาแรงดันไว้ที่ 7.68 โวลต์ ในระยะเวลา 574 ชั่วโมง

รักษาแรงดันไว้ที่ 6.14 โวลต์ ในระยะเวลา 517 ชั่วโมง

รักษาแรงดันไว้ที่ 4.91 โวลต์ ในระยะเวลา 466 ชั่วโมง

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาการทำงานของแหล่งพลังงาน (แบตเตอรี่) ของระบบนี้ จะทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าระดับต่ำสุดที่อุปกรณ์แต่ละส่วนสามารถทำงานได้ตามปกติ การคำนวณนี้จะใช้ค่าแรงดันสุดท้ายที่ระบบสามารถทำงานได้ที่ 4.91 โวลต์ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วนั้น ค่าแรงดันต่ำสุดที่สถานีย่อย (End Node) สามารถทำงานได้นั้นอยู่ที่ประมาณ 4.8 โวลต์ แต่ในกรณีนี้จะใช้เป็น 4.91 โวลต์แทน เพื่อความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพต่อการคำนวณ

รวมระยะเวลาทั้งหมดจะได้ 2194 ชั่วโมง หรือประมาณ 91 วัน

จากการประมาณค่าการใช้พลังงานของระบบ จะได้ว่าระบบนี้สามารถทำงานต่อเนื่องในระยะเวลาทั้งหมดเท่ากับ 2194 ชั่วโมง หรือ 91 วัน

ตารางที่ 4.3 สรุปการทำงานของอุปกรณ์ในสถานีย่อย

รายละเอียด	ผลที่ได้
แบตเตอรี่รักษาแรงดันไม่ให้ต่ำกว่า 80%	ใช้เวลา 27 วัน
เมื่อแรงดันแบตเตอรี่ลดลงเหลือ 80%	ใช้งานได้อีก 65 วัน
เมื่อแรงดันแบตเตอรี่ลดลงเหลือ 50%	ใช้งานได้อีก 11 วัน
แรงดันต่ำสุดที่ระบบสามารถทำงานได้	4.80 โวลต์
แรงดันต่ำสุดที่ใช้ในการคำนวณ	4.91 โวลต์
ระยะเวลาทำงานสูงสุด	91 วัน

จากการประมาณระยะเวลาการทำงานของแบตเตอรี่ในส่วนของสถานีย่อย (End Node) นั้น จะเห็นได้ว่า ระยะเวลาในการทำงานทั้งหมดอยู่ที่ประมาณ 91 วันหรือประมาณ 3 เดือน ซึ่งถือว่า มีระยะเวลาการทำงานที่ต่อเนื่องไม่มากนัก ซึ่งระยะเวลาที่สามารถทำงานต่อเนื่องในส่วนนี้นั้น ควรจะอยู่ที่มากกว่า 12 เดือน หรือ 1 ปี ขึ้นไป ส่วนสาเหตุหลักที่ทำให้การทำงานในส่วนนี้มีระยะเวลาการทำงานไม่ยาวนานนั้น มีปัจจัยสำคัญอยู่ที่ อุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย (Wireless Sensor Network) ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้พลังงานในการทำงานของระบบมากที่สุด และอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานสูง รองลงมาคือหน่วยประมวลผลหรือไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งถ้าสามารถจัดการการใช้พลังงานในสองส่วนนี้ให้น้อยลงได้ จะสามารถทำให้ระบบมีระยะเวลาการทำงานที่นานขึ้นและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามการคำนวณนี้นั้นเป็นเพียงการประมาณการเท่านั้น ความถูกต้องของข้อมูล อาจยังไม่ถูกต้องหรือชัดเจนมากนัก และงานวิจัยนี้ยังเป็นอุปกรณ์ต้นแบบในการสำรวจข้อมูล ซึ่งยังไม่ได้มีการจัดการด้านพลังงานอย่างเต็มประสิทธิภาพเท่าที่ควร

ตารางที่ 4.4 คุณสมบัติของอุปกรณ์แต่ละตัวที่ใช้ในส่วนของสถานีฐาน (Gateway)

ชื่ออุปกรณ์	โหมดการทำงาน	ค่ากระแสไฟฟ้า (mA)
หน่วยประมวลผลกลาง (MCU)	Active Mode	25 mA
	Idle Mode	6.5 mA
เครื่องส่งสัญญาณวิทยุ (RF Transceiver)	Transmit Mode	45 mA
	Idle Mode	50 mA
อุปกรณ์รับแรงดัน	Active Mode	2 mA
อุปกรณ์จัดการเวลาจริง (RTC)	Active Mode	2 mA
อุปกรณ์บันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ	Active Mode	2 mA

จากตารางที่ 4.4 เป็นการแสดงรายละเอียดการใช้พลังงานของอุปกรณ์แต่ละตัวในส่วน
ของสถานีฐาน ซึ่งคล้ายกับส่วนของสถานีย่อย แต่จะมีส่วนที่แตกต่างกันคือ อุปกรณ์ในสถานีฐานนี้
จะมีจำนวนมากกว่าสถานีย่อย โดยส่วนที่เพิ่มมาคือ อุปกรณ์จัดการด้านเวลาจริง (RTC) และ
อุปกรณ์บันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลการวัดค่าอุปกรณ์ในสถานีฐานขณะทำงานจริง

ชื่ออุปกรณ์	ค่ากระแสไฟฟ้า (mA)
หน่วยประมวลผล	6.22 mA
เครื่องส่งสัญญาณวิทยุ (RF Transceiver)	4.48 mA
อุปกรณ์รับแรงดัน	1.73 mA
อุปกรณ์จัดการเวลาจริง	1.12 mA
อุปกรณ์บันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ	1.85 mA

จากตารางที่ 4.5 เป็นการแสดงรายละเอียดการใช้พลังงานจริงของอุปกรณ์แต่ละตัวใน
ส่วนของสถานีฐาน โดยวัดค่ากระแสของอุปกรณ์ในขณะที่ทำงานจริง โดยค่ากระแสในตารางนี้จะ
แตกต่างจากค่ากระแสของตารางที่ 4.4 เพราะเมื่อระบบมีการทำงานจริงนั้น จะอยู่ทั้งในสถานะ
ทำงานและสถานะไม่ทำงานสลับกันไป โดยจะอยู่ในสถานะไม่ทำงาน (Sleep หรือ Idle) เป็นหลัก

จึงทำให้ อุปกรณ์แต่ละตัวใช้ขนาดกระแสต่ำกว่าคุณสมบัติโดยทั่วไป ซึ่งจากตารางที่ 4.5 นี้จะเห็นได้ว่าข้อมูลในตารางต่างจากข้อมูลใน ตารางที่ 4.2 โดยมีขนาดของกระแสโดยรวมในตารางนี้ น้อยกว่าตารางที่ 4.2 ทั้งๆ ในสถานีฐานมีอุปกรณ์มากกว่า แต่กลับใช้พลังงานน้อยกว่าสถานีย่อย สาเหตุเนื่องมาจากสถานีฐานไม่มีการใช้พลังงานในระดับสูง ในการส่งข้อมูลแบบไร้สายเหมือน สถานีย่อย จึงทำให้สถานีฐานใช้กระแสน้อยกว่าสถานีย่อยมาก และการคำนวณของหน่วยประมวลผลในส่วนนี้ จะมีการคำนวณน้อยกว่าในสถานีย่อย ซึ่งส่งผลให้ภาพรวมของสถานีฐานใช้ พลังงานน้อยกว่าสถานีย่อย

จากข้อมูลข้างต้น สามารถคำนวณการใช้พลังงานของระบบได้ดังนี้

$$6.22 \text{ mA} + 4.48 \text{ mA} + 1.12 \text{ mA} + 1.85 \text{ mA} + 1.73 \text{ mA} = 15.4 \text{ mA}$$

จากการวัดค่าการใช้พลังงานของอุปกรณ์ในระบบส่วนของสถานีฐาน ทำให้ทราบถึงค่า พลังงานที่จะนำไปทดสอบกับเครื่องทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่ โดยทำการจ่ายค่าโหลดจำลอง ให้กับตัวแบตเตอรี่ ซึ่งการทดสอบนี้ใช้ขนาดของ โหลด เท่ากับ 2500 mA ด้วยเครื่อง Battery Test Set เพื่อทดสอบว่าแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ในระบบนี้ ยังคงรักษาสภาพแรงดันของตัวเองไว้ได้ใน ระยะเวลาเท่าใด เมื่อคำนวณจากค่าแรงดันที่ลดลง 80% ของตัวแบตเตอรี่ เพื่อนำระยะเวลานี้มา คำนวณประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ต่อไป

ผลการทดสอบคือ แบตเตอรี่สามารถรักษาสภาพแรงดันของตัวเองไม่ให้ลดลงเกิน 80% หรือ 9.6 โวลต์ เมื่อเทียบกับแรงดันเต็มของตัวแบตเตอรี่เองคือ 12 โวลต์ ได้ในระยะเวลา 4 ชั่วโมง 26 นาที ซึ่งจากการทดสอบนี้สามารถนำระยะเวลาที่ทดสอบได้ไปใช้คำนวณหาระยะเวลาการทำงานของ แบตเตอรี่ทั้งหมดเช่นเดียวกับสถานีย่อย

จากผลการทดสอบ 2500 mA ใช้เวลา 266 นาที

ดังนั้น เมื่อใช้ 17.4 mA จะใช้เวลา $[(2500/15.4)*266] / 60$

$$= 720 \text{ ชั่วโมง หรือประมาณ 30 วัน}$$

จากการคำนวณดังกล่าวทำให้สามารถวิเคราะห์ระยะเวลาเมื่อแบตเตอรี่ไม่สามารถ ทำงานได้ โดยคำนวณได้ดังนี้

แบตเตอรี่สามารถรักษาแรงดันไว้ที่ 9.6 โวลต์ในระยะเวลา 720 ชั่วโมง

ประมาณค่าการลดลงของแรงดันหลังจากผ่านระยะเวลา 720 ชั่วโมง ดังนี้
ประสิทธิภาพการรักษาแรงดันลดลง 10% และคำนวณค่าแรงดันที่รักษาไว้เท่ากับ 80%
ของแรงดันเดิม ได้ดังนี้

รักษาแรงดันไว้ที่ 7.68 โวลต์ ในระยะเวลา 648 ชั่วโมง

รักษาแรงดันไว้ที่ 6.14 โวลต์ ในระยะเวลา 584 ชั่วโมง

รักษาแรงดันไว้ที่ 4.91 โวลต์ ในระยะเวลา 526 ชั่วโมง

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาการทำงานของแหล่งพลังงาน(แบตเตอรี่)ของระบบนี้ จะทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าระดับต่ำสุดที่อุปกรณ์แต่ละส่วนสามารถทำงานได้ตามปกติ การคำนวณนี้จะใช้ค่าแรงดันสุดท้ายที่ระบบสามารถทำงานได้ที่ 4.91 โวลต์ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วนั้น ค่าแรงดันต่ำสุดที่สถานีฐาน (Gateway) สามารถทำงานได้นั้นคือ 4.8 โวลต์ แต่ในกรณีนี้จะใช้เป็น 4.91 โวลต์แทน เพื่อความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพต่อการคำนวณ

รวมระยะเวลาทั้งหมดจะได้ 2478 ชั่วโมง หรือประมาณ 103 วัน

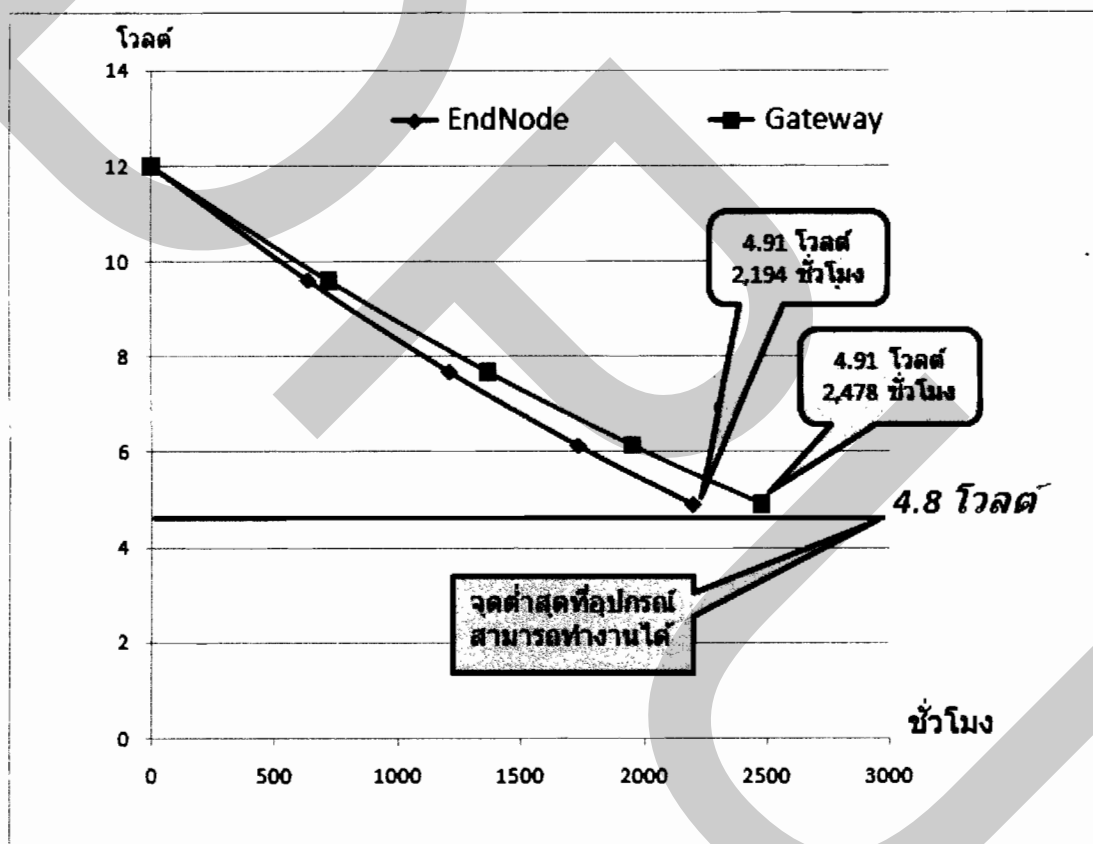
จากการประมาณค่าการใช้พลังงานของระบบ จะได้ว่าระบบนี้สามารถทำงานต่อเนื่องในระยะเวลาทั้งหมดเท่ากับ 2478 ชั่วโมง หรือ 103 วัน

ตารางที่ 4.6 สรุปการทำงานของอุปกรณ์ในสถานีฐาน

รายละเอียด	สรุป
แบตเตอรี่รักษาแรงดันไม่ต่ำกว่า 80%	ใช้เวลา 30 วัน
เมื่อแรงดันแบตเตอรี่ลดลงเหลือ 80%	ใช้งานได้อีก 73 วัน
เมื่อแรงดันแบตเตอรี่ลดลงเหลือ 50%	ใช้งานได้อีก 22 วัน
แรงดันต่ำสุดที่ระบบสามารถทำงานได้	4.80 โวลต์
แรงดันต่ำสุดที่ใช้ในการคำนวณ	4.91 โวลต์
ระยะเวลาทำงานสูงสุด	103 วัน

จากการประมาณระยะเวลาการทำงานของแบตเตอรี่ในส่วนของสถานีฐาน (Gateway) นั้น จะเห็นได้ว่า ระยะเวลาในการทำงานทั้งหมดอยู่ที่ประมาณ 103 วันหรือประมาณ 3 เดือน ครึ่ง ซึ่งถือว่ามึระยะเวลาการทำงานที่ต่อเนื่อง ไม่มากนัก ซึ่งระยะเวลาที่สามารถทำงานต่อเนื่องในส่วนนี้นั้น ควรจะอยู่ที่มากกว่า 12 เดือน หรือ 1 ปี ขึ้นไป ส่วนสาเหตุหลักที่ทำให้การทำงานในส่วนนี้มีระยะเวลาการทำงานไม่มากนักนั้น มีปัจจัยสำคัญอยู่ที่หน่วยประมวลผลหรือไมโครคอนโทรลเลอร์

โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ในส่วนสถานีฐานนี้นั้น จะทำการติดต่อกับอุปกรณ์การจัดการด้านเวลาจริง และส่งคำสั่งไปจัดการอุปกรณ์บันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ จึงทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีการใช้พลังงานสูง กอปรกับมีการติดต่อกับอุปกรณ์หลายชิ้น กระแสไฟฟ้าในส่วนสถานีฐานนี้จึงถูกใช้เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งถ้าสามารถจัดการการใช้พลังงานในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก จะสามารถทำให้ระบบมีระยะเวลาการทำงานที่นานขึ้นและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามการคำนวณนี้ยังเป็นเพียงการประมาณการเท่านั้น ความถูกต้องของข้อมูลอาจยังไม่ถูกต้องหรือชัดเจนมากนัก และงานวิจัยนี้ยังเป็นอุปกรณ์ต้นแบบในการสำรวจข้อมูล ซึ่งยังไม่ได้มีการจัดการด้านพลังงานอย่างเต็มประสิทธิภาพ



รูปที่ 4.18 ลักษณะการลดลงของแรงดันเมื่อใช้เครื่องทดสอบทำการป้อนโพลดให้กับแบตเตอรี่

จากรูปที่ 4.18 เป็นการแสดงลักษณะการลดลงของแรงดันในแบตเตอรี่ เมื่อทดสอบการป้อนโพลดกับเครื่องทดสอบประสิทธิภาพ โดยข้อมูลกราฟนี้เป็นการคำนวณการประมาณค่าการลดลงของแรงดันเมื่อทำการป้อน โพลดให้กับแบตเตอรี่

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาการทำงานของแหล่งพลังงานในงานวิจัยนี้ โดยใช้การคำนวณแบบประมาณการ ใช้ข้อมูลจากสถิติของการทดลองใช้งานนั้น และใช้อุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่ (Battery Test Set) จะได้ผลลัพธ์ที่ยังไม่ละเอียดและแม่นยำมากนัก เนื่องจากการวิเคราะห์อัตราการใช้พลังงานของแบตเตอรี่นั้น จะต้องมีข้อมูลเชิงลึกของอุปกรณ์แต่ละตัว ต้องทราบถึงลักษณะการทำงานและการใช้พลังงานที่ละเอียดของอุปกรณ์ ลักษณะการลดลงของแรงดันในแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบของแต่ละส่วน การรักษาแรงดันในช่วงแรกของแบตเตอรี่ และจะต้องมีวิธีการทดสอบและเก็บข้อมูลในระยะเวลาอันยาวนานและละเอียด จึงจะทำให้สามารถวิเคราะห์และพยากรณ์การทำงานของแหล่งพลังงานได้อย่างแม่นยำ ซึ่งเมื่อสามารถทราบถึงข้อมูลต่างๆ ของอุปกรณ์แต่ละตัวอย่างละเอียด และมีวิธีการทดสอบเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพแล้ว นอกจากจะทำให้วิเคราะห์และพยากรณ์ระยะเวลาการทำงานของแหล่งพลังงานในระบบนี้ได้ถูกต้องมากขึ้นแล้ว ยังสามารถทำการวิเคราะห์สถานการณ์เมื่อมีสถานีย่อย (End Node) เพิ่มเข้ามาในระบบได้ โดยสามารถวิเคราะห์และคำนวณระยะเวลาการทำงานของแหล่งพลังงานที่สถานีฐาน (Gateway) ใหม่ได้ ซึ่งเมื่อมีสถานีย่อยเพิ่มเข้ามาในระบบ สถานีฐานจะมามีการทำงานเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากต้องทำการประมวลผลและบันทึกข้อมูลจากสถานีย่อยที่ส่งข้อมูลเพิ่มเข้ามา จึงทำให้สถานีฐานต้องใช้พลังงานมากขึ้น การวิเคราะห์และคำนวณระยะเวลาการทำงานของแหล่งพลังงานบนสถานีฐาน จะสามารถวิเคราะห์ได้ทุกสถานการณ์ทั้งการเพิ่มหรือลดจำนวนของสถานีย่อย

4.3.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาการทำงานของหน่วยความจำ

หน่วยความจำที่ใช้ในระบบนี้จะเป็นหน่วยความจำแบบ Secure Digital Card หรือที่นิยมเรียกว่า SD Card โดยหน่วยความจำที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีขนาดความจุทั้งหมด 256 MB ซึ่งถือว่าเป็นหน่วยความจำที่มีขนาดความจุข้อมูลมากเพียงพอสำหรับการใช้บันทึกข้อมูลลักษณะข้อความ (text) ในรูปแบบไฟล์นามสกุล .txt ในระบบนี้

จากการทดสอบการบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ โดยได้ทำการบันทึกข้อมูลในระยะเวลา 30 วันลงหน่วยความจำแบบ SD Card ที่มีอยู่ในระบบ ซึ่งสถานีฐาน (Gateway) จะได้รับค่าข้อมูลจากสถานีย่อย (End Node) จำนวน 2 ตัว เพื่อทำการประมวลผลและบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ โดยสถานีย่อยจะส่งข้อมูลความเร็วลมมาทุก 60 นาทีมายังสถานีฐาน จึงทำให้ในหนึ่งวันสถานีฐานจะได้รับค่าข้อมูลจำนวน 48 ค่า จากสถานีย่อยทั้งสองตัว และเมื่อระบบทำการบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำในระยะเวลาต่อเนื่อง 30 วัน จะทำให้มีจำนวนของข้อมูลที่รับได้ทั้งหมดเท่ากับ 1440 ค่า

จากการทดสอบวิเคราะห์ระยะเวลาการทำงานของหน่วยความจำ การทำงานของระบบในระยะเวลา 30 วัน พบว่าขนาดของข้อมูลที่มีอยู่ในหน่วยความจำแบบ SD Card ซึ่งอยู่ในรูปแบบ

ไฟล์นามสกุล txt นั้น หน่วยความจำจะมีขนาดของข้อมูลอยู่ที่ 66 KB โดยขนาดของข้อมูลในแต่ละวันนั้นจะมีขนาดอยู่ที่ 2.20 KB จึงทำให้เมื่อมีการบันทึกข้อมูลในระยะเวลา 30 วัน จะทำให้มีไฟล์ข้อมูลขนาด 2.20 KB จำนวน 30 ไฟล์ ตามการกำหนดการสร้างไฟล์ใหม่ในหน่วยความจำเมื่อเริ่มบันทึกข้อมูลในวันใหม่

เมื่อนำข้อมูลจากการทดสอบนี้ มาวิเคราะห์ระยะเวลาการทำงานของหน่วยความจำ จะสามารถคำนวณได้จากสูตรนี้

$$\begin{aligned} & \text{(ขนาดความจุทั้งหมดของหน่วยความจำ / ขนาดของข้อมูลที่บันทึกในระยะเวลา 30 วัน)} \\ & \text{(256 MB / 66 KB) * 30} \end{aligned}$$

จากสูตรข้างต้น จะได้ระยะเวลาการทำงานที่สามารถบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำทั้งหมดได้ ซึ่งจากคำนวณที่ได้โดยประมาณ คือ 116,363 วัน หรือ 318 ปี

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาการทำงานของหน่วยความจำที่มีอยู่ในระบบ ทำให้ทราบถึงขนาดของข้อมูลที่ถูกบันทึกลงหน่วยความจำ และระยะเวลาการทำงานจนความจุของหน่วยความจำเต็ม ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่า ขนาดของข้อมูลและหน่วยความจำที่ใช้ในงานวิจัยนี้นั้นเหมาะสมแลเพียงพอต่อการใช้งาน โดยยังสามารถเพิ่มข้อมูลอื่นๆ ลงไปในการบันทึกได้ด้วย เมื่อต้องการคำนวณหรือแสดงผลข้อมูลในส่วนอื่น

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดค่าข้อมูลความเร็วลมได้เป็นอย่างดี ผลการทดลองสามารถยืนยันได้ว่า ในการหาความเร็วลมในแต่ละพื้นที่ สามารถทำงานได้จริง และได้ค่าความเร็วลมที่สามารถนำมาวิเคราะห์ สำหรับช่วยตัดสินใจในการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าได้

ส่วนที่ต้องพัฒนาปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมคือ ส่วนของการใช้พลังงาน เนื่องจากงานวิจัยนี้ ยังไม่สามารถบ่งบอกถึงวิธีการประหยัดพลังงานได้อย่างชัดเจน โดยมีการทดสอบและสำรวจผลงานในระยะเวลาสั้นเท่านั้น ซึ่งหากจะทดสอบการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพ จะต้องทำการทดสอบหรือสำรวจข้อมูลในระยะยาว และต่อเนื่องในระยะเวลาไม่ต่ำกว่า 5 ปี

สำหรับงานวิจัยต่อไปในอนาคต มีความเป็นไปได้ที่จะใช้วิธีการบันทึกข้อมูลลงพื้นที่ที่จัดเก็บข้อมูลชนิดอื่น หรือสามารถตรวจสอบผลของข้อมูลจากวิธีการอื่นได้ หรือสำรวจข้อมูลทิศทางของลมได้ และทำการสำรวจข้อมูลความเร็วลมในพื้นที่ใกล้เคียงกัน เพื่อยืนยันความถูกต้องของข้อมูล หรือทำให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าจะต้องนำข้อมูล ณ จุดติดตั้งจริงมาวิเคราะห์ผล

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.2.1 ปัญหาที่พบในงานวิจัย

การสร้างอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายในงานวิจัยนี้พบปัญหาหลายอย่าง เช่น ค่าของสัญญาณข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer) มีค่าต่ำมากเกินไป จึงต้องแก้ปัญหาด้วยการใช้วงจรระดับแรงดันและปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน (Schmitt trigger) เข้ามาช่วยจัดการสัญญาณข้อมูลในส่วนนี้ ซึ่งทำให้ข้อมูลในส่วนนี้มีขนาดและลักษณะพร้อมใช้งาน และประมวลผลต่อไปได้

ระยะทางในการติดต่อสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์เครือข่ายสัญญาณแบบไร้สายด้วยกันเองนั้น สามารถติดต่อกันได้ในระยะใกล้ๆ เท่านั้น เนื่องจากมีเสารับส่งสัญญาณที่มีขนาดเล็ก และมีแหล่งพลังงานค่อนข้างจำกัด

ปัญหาด้านการจัดการพลังงาน โดยแหล่งพลังงานในระบบนี้มีค่อนข้างจำกัดมาก จึงต้องมีการจัดสรรพลังงานให้ดี ระบบถึงจะทำงานได้อย่างต่อเนื่องและยาวนาน

5.2.2 ข้อเสนอแนะ

ในส่วนของการสื่อสารข้อมูลสัญญาณแบบไร้สาย ควรมีอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายและตัวตรวจวัดความเร็วลมให้มากกว่านี้เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่มีปริมาณมากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้มีข้อมูลในการเปรียบเทียบ และประมวลผลหาความถูกต้องของข้อมูลที่ทำกรตรวจวัดได้มากยิ่งขึ้น

ควรพัฒนาเสาอากาศที่ใช้สำหรับสื่อสารข้อมูลในระบบนี้ เนื่องจากเสาอากาศมีขนาดเล็ก ทำให้รับส่งข้อมูลได้ในระยะทางไม่ไกลมากนัก หรือมีสิ่งกีดขวางไม่ได้ เนื่องจากกำลังส่งสัญญาณไม่มากพอ

ในส่วนของการจัดการด้านพลังงานควรมีกระบวนการประหยัดพลังงานที่มากกว่านี้ เนื่องจากงานวิจัยนี้ยังมีได้มุ่งเน้นการประหยัดพลังงานมากนัก จึงไม่ได้ใช้วิธีการประหยัดพลังงานที่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร หากจะต้องทำการทดลองหรือเก็บข้อมูลในระยะยาว จะต้องจัดการด้านพลังงานให้มากกว่านี้

ในส่วนของการบันทึกข้อมูล สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการบันทึกข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบอื่น หรือสามารถแสดงผลข้อมูลที่ทำกรตรวจวัดอยู่ได้โดยส่งข้อมูลผ่านทางสื่ออื่นๆ เช่น ส่งข้อความผ่านระบบโทรศัพท์ ส่งข้อมูลผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต เป็นต้น

ในส่วนของการสำรวจข้อมูล จะต้องมีการสำรวจข้อมูลหรือทำการวิจัยในระยะยาว เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความละเอียดและถูกต้องมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้สามารถเพิ่มระบบการแจ้งเตือน โดยสามารถนำข้อมูลบางส่วนนำไปแจ้งเตือนบนหน่วยความจำ หรือแจ้งเตือนผ่านสื่อต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลที่จำเป็นต้องรับทราบ เช่น แจ้งเตือนระยะเวลาที่แหล่งพลังงานสามารถทำงานได้ แจ้งเตือนเมื่อแหล่งพลังงานใกล้หมด แจ้งเตือนเมื่อมีเหตุขัดข้องจากอุปกรณ์ต่างๆ เช่น อุปกรณ์บางตัวในระบบจํารุด ข้อมูลที่ได้รับผิดปกติ ระบบถูกสัญญาณภายนอกรบกวน เป็นต้น



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

ภาษาไทย

บทความ

เฉลิมพล ธรรมพาลีศ และ สุภชัย วรพจน์พิศุทธิ์. (2549, 27-29 กรกฎาคม). **เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อตรวจสอบพฤติกรรมการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง**. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. หน้า 1-4.

วิทยานิพนธ์

ยุทธพงษ์ พันธไชย. (2550). **แบบจำลองการใช้พลังงานสำหรับการรับส่งในเครือข่ายตรวจจับสัญญาณไร้สาย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สารสนเทศจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์

กองพัฒนาพลังงานทดแทน ฝ่ายพัฒนาและแผนงานโรงไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.
พลังงานลม. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2553 จาก
http://www2.egat.co.th/re/egat_wind/pdf_wind/wind_energy.pdf

ภาษาต่างประเทศ

ELECTRONIC SOURCES

- American Wind Energy Association. (2003). **Wind Energy Teacher's Guide**. Retrieved November 2010, From <http://www.seic.okstate.edu/owpi/EducOutreach/Documents/AWEATeachersGuide.pdf>
- Chris R. Baker et al. (2007). **Wireless Sensor Networks for Home Health Care**. Retrieved May 2010, from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.94.4610>
- Chris Townsend, Steven Arms. (2004). **Wireless Sensor Networks: Principles and Applications**. Retrieved May 2010, From <http://microstrain.com/white/Wilson-chapter-22.pdf>
- DOE. (2006). **Wind Energy Multiyear Program Plan for 2007-2012**. Retrieved March 2010, From <http://www1.eere.energy.gov/windandhydro/pdfs/40593.pdf>
- F.L. Lewis. (2004). **Wireless Sensor Networks**. Retrieved December 2009, From <http://arri.uta.edu/acs/networks/WirelessSensorNetChap04.pdf>
- IEEE. (2011). **IEEE 1188-2005 - Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Valve-Regulated Lead-Acid (VRLA) Batteries for Stationary Applications**. Retrieved May 2011, From <http://www.ieeexplore.ieee.org>.
- IEEE. (2011). **IEEE 1189-1996 - Guide for Selection of Valve-Regulated Lead-Acid (VRLA) Batteries for Stationary Applications**. Retrieved May 2011, From <http://www.ieeexplore.ieee.org>.
- Inspeed. **Inspeed Vortex Wind Sensor**. Retrieved July 2009, From http://www.inspeed.com/anemometers/Vortex_Wind_Sensor.asp
- Jason Lester Hill. (2003). **System Architecture for Wireless Sensor Networks**. Retrieved June 2010, From http://www.jhllabs.com/jhill_cs/jhill_thesis.pdf
- R. Andrew Swartz, Jerome P. Lynch et al. (2008). **Structural Monitoring of Wind Turbines using Wireless Sensor Networks**. Retrieved December 2009, From http://rms-group.org/RMS_Papers/TAMUG_Papers/Other/SmartStructures_10.pdf

Randy Frank. (2000). **Understanding Smart Sensors**. Retrieved February 2010,

From <http://www.nomads.usp.br/pesquisas/design/dos/Capacidade/arquivos/Understanding%20Smart%20Sensors,%202nd%20Ed.pdf>

R Rolfes, J P Lynch, et al. (2007). **Integral SHM-System for Offshore Wind Turbines**

Using Smart Wireless Sensors. Retrieved December 2009,

From <http://www-personal.umich.edu/~jerlynch/papers/WirelessWind6IWSHM.pdf>

ด

พ

ภาคผนวก

ช

ET-PIC USB/4550

ET-PIC USB/4550 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC ของบริษัท Microchip โดยได้นำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC18F4550 มาพัฒนาเป็นบอร์ดใช้งาน ซึ่งคุณสมบัติเด่นของ PIC18F4550 ก็คือ โมดูลการสื่อสารแบบ USB (Universal Serial Bus) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีของการสื่อสารที่แพร่หลายในปัจจุบัน ทั้งในเรื่องของความเร็วในการสื่อสารข้อมูล และความสะดวกในการเชื่อมต่อใช้งาน ซึ่งปฏิเสธไม่ได้เลยว่า เครื่องคอมพิวเตอร์ ณ ปัจจุบัน แทบจะไม่มีพอร์ตสื่อสารแบบ RS-232 หรือ LPT Port ให้ใช้กันแล้ว อุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ ส่วนใหญ่ก็ถูกออกแบบให้มีการเชื่อมต่อแบบ USB ดังนั้น ET-PIC USB/4550 จึงเหมาะอย่างยิ่ง ที่จะให้นักพัฒนาในวงการไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้นำไปใช้งาน หรือเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการเชื่อมต่อสื่อสารแบบ USB

คุณสมบัติ PIC18F4550

Operating Frequency DC – 48 MHz

Program Memory (Bytes) 32768

Data Memory (Bytes) 2048

Data EEPROM Memory (Bytes) 256

Interrupt Sources 20

I/O Ports Ports A, B, C, D, E

Timers 4

Capture/Compare/PWM Modules 1

Enhanced Capture/Compare/PWM Modules 1

Universal Serial Bus (USB) Module 1

Serial Communications MSSP, Enhanced USART

Streaming Parallel Port (SPP) Yes

10-bit Analog-to-Digital Module 13 Input Channels

Resets (and Delays) POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow

(PWRT, OST), MCLR (optional), WDT

Programmable High/Low-Voltage Detect Yes

Programmable Brown-out Reset Yes

Instruction Set 75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled

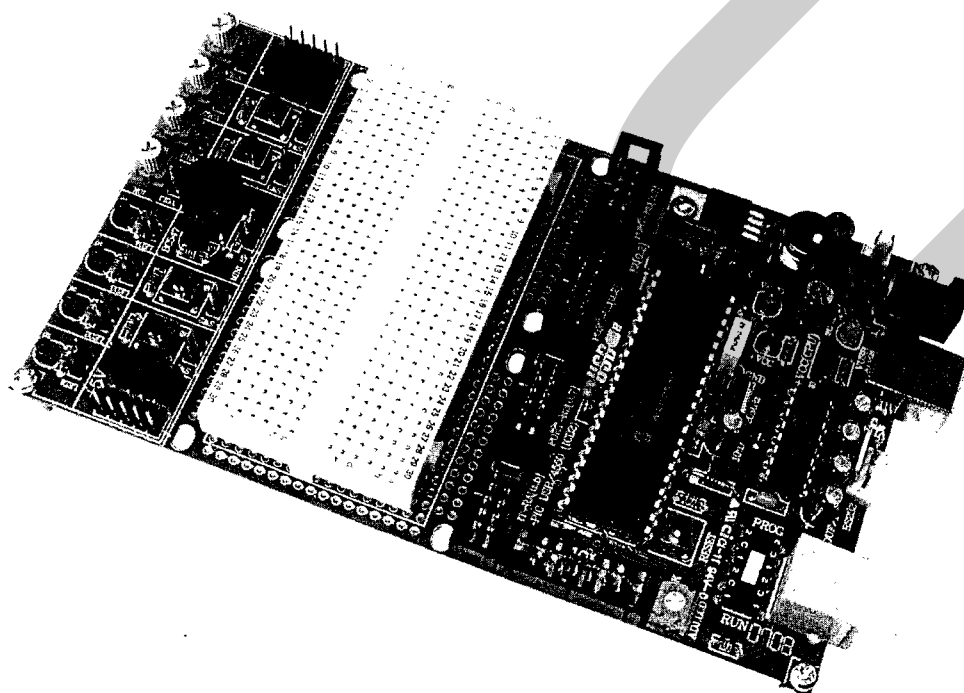
Packages 40-pin PDIP

44-pin QFN

44-pin TQFP

คุณสมบัติโดยทั่วไปของบอร์ด

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550 ขนาด 40 PIN
- สัญญาณนาฬิกาคริสตอลอสซิลเลเตอร์ขนาด 20 MHz (สามารถใช้ PLL รันได้ถึง 48 MHz)
- I/O Port ขนาด 10 PIN (จัดเรียงตามมาตรฐานของ อีทีที) จำนวน 5 พอร์ต
- ชุดวงจรไคร์เวอร์ RS232 จำนวน 1 พอร์ต
- พอร์ตสำหรับต่อ LCD เรียงตามมาตรฐานของ อีทีที (ET-CLCD) จำนวน 1 พอร์ต
- ขั้วต่อสัญญาณดาวน์โหลดโปรแกรมแบบ ICD2 และ สวิตช์ตัดต่อสัญญาณ Run / Program
- วงจร LED สำหรับใช้ทดลองเอาต์พุตจำนวน 4 ช่อง
- วงจรสวิตช์ BUTTON สำหรับใช้ทดลองอินพุตจำนวน 4 ช่อง
- วงจรสร้างแรงดัน 0-5V จากตัวต้านทานปรับค่าได้ สำหรับทดลองโมดูล A/D จำนวน 4 ช่อง
- วงจรลำโพงขนาดเล็ก (Mini Speaker)
- ชุดเรกูเรเตอร์แบบสวิตซ์ซิ่ง สำหรับแปลงสัญญาณไฟ DC Input ให้เป็น 5 V
- ขั้วต่อแรงดันไฟ VCC และ GND



ชุดเชื่อมต่อหน่วยความจำ SD/MMC CARD (ET-MINI SD/MMC)

ET-MINI SD/MMC คือ ชุดอุปกรณ์สำหรับใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หน่วยความจำ SD และ MMC CARD เช่น การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับหน่วยความจำ Memory Card(SD/MMC) เป็นต้น ภายในชุดประกอบด้วย ช่อง (Socket) สำหรับใส่ CARD ประเภท SD และ MMC โดยจะมีการจัดขาสัญญาณออกมาที่ Connector Pin เพื่อให้สามารถนำไปต่อใช้งานได้สะดวก นอกจากนี้ยังมีวงจรต่างๆ เช่น วงจรตรวจสอบ สถานะการเสียบการ์ด (CARD DETECT) และวงจรพูลอัพ (Pull-Up) สัญญาณต่างๆ อีกด้วย

คุณสมบัติบอร์ด ET-MINI SD/MMC

- รองรับการ์ดประเภท SD และ MMC
- สามารถเลือก ใช้ (Enable) หรือ ไม่ใช้ (Disable) วงจรพูลอัพ (Pull-Up) สัญญาณต่างๆ ได้
- สามารถแสดงสถานะการเสียบการ์ด (CARD DETECT) แสดงผลโดย LED และ ให้สัญญาณเอาต์พุตออกที่

ขาสัญญาณ CD โดยมีคุณสมบัติดังนี้

CD = 1 คือ ไม่มี Card

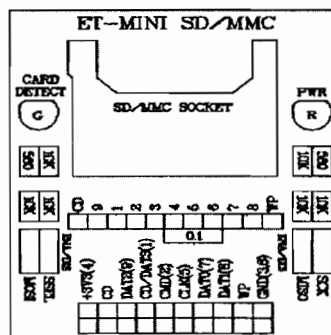
CD = 0 คือ มีการ์ด

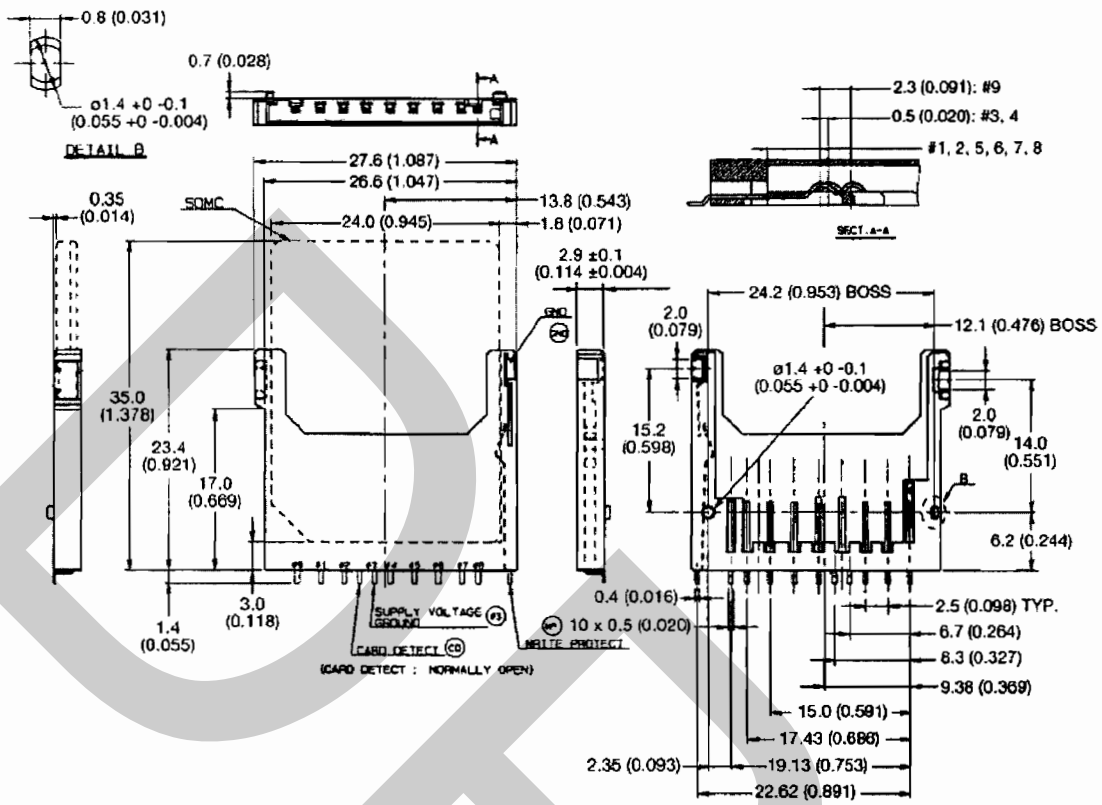
- สามารถแสดงสถานะของสวิตช์ Write Protection บน SD/MMC CARD ได้ โดยจะมีสัญญาณเอาต์พุตออกที่

ขาสัญญาณ WP ดังนี้

WP = 1 คือ ตำแหน่งของสวิตช์ Write Protection อยู่ที่ตำแหน่ง OFF

WR = 0 คือ ตำแหน่งของสวิตช์ Write Protection อยู่ที่ตำแหน่ง ON





กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน โครงการจัดทำ แผนที่ศักยภาพพลังงานลมขอ ประเทศไทย

ลมเป็นทรัพยากรธรรมชาติชนิดหนึ่งที่สามารถแปรรูปเป็นพลังงานที่ใช้ทดแทนพลังงานอื่นได้สำหรับประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตลมมรสุมที่มีลมตะวันออกเฉียงเหนือ และ ลมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านในเดือน พฤศจิกายน – กุมภาพันธ์ และ เดือน พฤษภาคม – สิงหาคม จึงถือว่ามีลมแรงเกือบทั้งปี เมื่อปี พ.ศ. 2524 ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานลมในประเทศไทยได้ประเมินการใช้งานกังหันลมแบบใบพัดที่ทำด้วยไม้ที่ใช้ในนาข้าวมีจำนวนประมาณ 2,000 ชุด และ กังหันลมแบบเสือล่าแพนหรือแบบผ้าใบซึ่งใช้ในนาเกลือหรือนาุ้งมี จำนวนประมาณ 3,000 ชุด ต่อมาได้พบว่าจำนวนกังหันลมดังกล่าวลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงจากการพัฒนาพื้นที่เกษตรกรรมเป็นอุตสาหกรรม ในปี พ.ศ. 2531มีการสำรวจจำนวนกังหันลมเฉพาะในบริเวณ 20 ตารางกิโลเมตรของจังหวัดสมุทรสาครและสมุทรสงครามพบว่ามีกังหันลมเหลืออยู่จำนวน 667 ชุด กังหันลมดังกล่าวถือได้ว่าเป็นชนิดดั้งเดิมจากภูมิปัญญาชาวบ้าน แต่สามารถใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้าเพื่อการสูบน้ำได้เป็นอย่างดี ดังนั้น แผนที่ศักยภาพพลังงานลมจึงมีประโยชน์สำหรับหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องหรือ ประชาชนทั่วไปเพื่อใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐานในการประเมินศักยภาพพลังงานลมเพื่อการติดตั้งกังหันลมเพื่อสูบน้ำหรือเพื่อผลิตไฟฟ้าจ่ายเข้าสู่ระบบ โดยเฉพาะการติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันพบว่าในนานาประเทศมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างมากการจัดทำ แผนที่แหล่งศักยภาพพลังงานลมสำหรับประเทศไทยได้เคยทำ การศึกษาและจัดทำอย่างเป็นทางการมาแล้วจำนวน 3 ครั้งดังนี้

- (1) ปี พ.ศ. 2518 จัดทำ โดย กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (สำนักงานพลังงานแห่งชาติ) ในการจัดทำ ใช้ความเร็วลมเฉลี่ยจากกรมอุตุนิยมวิทยาเพื่อแสดงศักยภาพพลังงานลมที่มีกำลังสูงและกำลังปานกลางทั่วประเทศไทย
- (2) ปี พ.ศ. 2524 จัดทำ โดยความร่วมมือจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี) โดยใช้ข้อมูลลมจากกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 53 สถานี ที่มีช่วงเวลาเก็บข้อมูล 13 ปี (ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2509 – 2521) ในการจัดทำ ใช้ข้อมูลความเร็วเฉลี่ยและปรับระดับความสูงให้เป็นความสูงมาตรฐานที่ 10 เมตรโดยใช้กฎของกำลัง (Power Law)
- (3) ปี พ.ศ. 2527 จัดทำ โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี) โดยได้รับทุนสนับสนุนจาก USAID ตรวจสอบและกำกับโดยกรมอุตุนิยมวิทยา

ในการจัดทำ ใช้ข้อมูลความเร็วลมจากกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 62 สถานี ที่มีระยะเวลาเก็บข้อมูล 17 ปี (พ.ศ. 2509 – 2525) แผนที่ศักยภาพพลังงานลมแสดงความเร็วและกำลังลมซึ่งปรับระดับโดยใช้ Logarithmic Law ที่ความสูง 10 เมตร รวมทั้งลมสงบ กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน โครงการจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย และไม่รวมช่วงลมสงบ และ ตารางแสดง K-Shape และ C- Scale Weibull Parameter ของสถานีตรวจวัดต่างๆในการจัดทำ แผนที่ศักยภาพพลังงานลมในอดีตมีข้อจำกัดด้านปริมาณข้อมูลโดยเฉพาะข้อมูลในทะเล จึงทำให้ได้แผนที่ศักยภาพพลังงานลมที่ไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ที่ไม่มีข้อมูล โดยเฉพาะพื้นที่ตามชายฝั่ง และในทะเล รวมทั้งแต่เดิมใช้เฉพาะข้อมูลลมผิวพื้นเท่านั้นแต่ในปัจจุบันมีเทคนิคที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ข้อมูลลมชั้นบน ร่วมในการวิเคราะห์ด้วย

ในการจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมครั้งนี้มีขอบเขตของงานโดยสังเขปดังต่อไปนี้ การดำเนินการจัดหาข้อมูลลมจากสถานีตรวจอากาศผิวพื้นบนบก ได้แก่ข้อมูล ของกรมอุตุนิยมวิทยา กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กองทัพอากาศ และ ข้อมูลลมจากสถานีตรวจวัดในทะเลและชายฝั่ง ได้แก่ หุ่นลอย และ ความเทียม สถานีประกาศเรือเดินทะเลและข้อมูลลมจากสถานีตรวจอากาศชั้นบน ที่ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศทั้งบนบกและทะเลที่อยู่ในราชอาณาจักร โดยมีขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกเป็นการเตรียมข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการจัดทำ แผนที่ศักยภาพพลังงานลมโดยวิเคราะห์ ข้อมูลลมผิวพื้น ข้อมูลลมในทะเล และข้อมูลลมชั้นบนในรูปข้อมูลความถี่ทิศทางและความเร็วลม (Wind Rose) และในรูปของกราฟและสถิติเพื่อนำ ไปใช้ในส่วนที่สอง ซึ่งได้แก่การวิเคราะห์และจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลม โดยใช้โปรแกรมWindMapTM ซึ่งอ้างอิงแบบจำลองคณิตศาสตร์ Numerical Objective Analysis of Boundary Layer(NOABL) ในการวิเคราะห์จะใช้ข้อมูลความถี่ทิศทางและความเร็วลม (Wind Rose) ข้อมูลแบบจำลองดิจิทัลของความสูงของภูมิประเทศ (Digital Elevation Model Data - DEM) ความขรุขระของผิวพื้น ที่ความละเอียด 1 x 1 กิโลเมตร ตัวแปรความทรงตัวของสภาพอากาศรวมทั้งข้อมูลลมชั้นบนร่วมในการวิเคราะห์ด้วย ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ คือความเร็วและกำลังลมที่ความสูงระดับ 10 30 และ 50 เมตร ตามลำดับ ผลที่ได้จากโปรแกรม WindMapTM จะถูกปรับแต่ง (Reclass) โดยโปรแกรม IDRISITM ให้สามารถแสดงแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้างนี้คือ

(1) เพื่อประเมินแหล่งพลังงานลมของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลลมจากสถานีตรวจอากาศผิวพื้น สถานีตรวจอากาศชั้นบน เรือเดินทะเล ทู่นลอย สถานีประกาศ และข้อมูลดาวเทียม มาใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่

(2) เพื่อจัดทำ แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยที่มีรายละเอียดเกี่ยวกับการกระจายตัวของแหล่งพลังงานลม ความเร็วลมและกำลังลม ที่เกี่ยวข้องกัศักยภาพพลังงานลมในบริเวณพื้นที่ต่าง ๆ กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน โครงการจัดทำ แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย ติดต่อประสานงานกับหน่วยงานทั้งภาครัฐ และเอกชนที่มีการสำรวจสถิติข้อมูลลม การรวบรวมข้อมูล

(1) ข้อมูลลมผิวพื้น จำนวน 134 สถานี

(2) ข้อมูลลมชั้นบน จำนวน 11 สถานี

(3) ข้อมูลลมในทะเลและชายฝั่ง :

- ทู่นลอย ประกาศ และ UNOCAL จำนวน 21 สถานี
- เรือเดินทะเล ดาวเทียม จำนวน 46 ตำแหน่ง

(1) แนวทางของ WMO

(2) การไปสำรวจภาคสนาม

(3) การปรับเส้น TREND LINE

(1) ข้อมูลลมผิวพื้น จำนวน 82 สถานี

(2) ข้อมูลลมชั้นบน จำนวน 11 สถานี

(3) ข้อมูลลมในทะเลและชายฝั่ง :

- ทู่นลอย ประกาศ และ UNOCAL จำนวน 21 สถานี
- เรือเดินทะเล และ ดาวเทียม จำนวน 46 ตำแหน่ง

(1) โปรแกรม MS Excel™

(2) โปรแกรม WindMap™

(1) ผลวิเคราะห์ลมผิวพื้น :

- ความเร็วลมและกำลังลมรายเดือน และรายปี
- การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมแต่ละปี

- การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมรายชั่วโมง
- ความถี่และความยาวนานของลมสงบ
- ข้อมูลความถี่ทิศทางและความเร็วลม
- ค่า K Shape และ C -Scale

(2) ผลวิเคราะห์ลมในทะเล และชายฝั่ง :

- ความเร็วลมและกำลังลมรายเดือน และรายปี
- ข้อมูลความถี่ทิศทางและความเร็วลม
- ค่า K Shape และ C -Scale

(3) ผลวิเคราะห์ลมชั้นบน :

- ความเร็วลมที่ระดับความสูงต่างๆ
- การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมแต่ละปี
- ข้อมูลความถี่ทิศทางและความเร็วลม

(1) โปรแกรม WindMAPTM

(2) โปรแกรม IDRISITM

(3) ข้อมูลความถี่ทิศทางและความเร็วลม (Wind Rose) ของลมผิวพื้นลมในทะเลชายฝั่ง และลมชั้นบน

(4) DEM & Surface Roughness Map

(5) Stability Ratio

(1) แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ และไม่รวมช่วงลมสงบรายเดือนและรายปี

(2) ฐานข้อมูลศักยภาพพลังงานลมระบบสารสนเทศ (IDRISITM) และระบบ HTML

(3) การคัดเลือกแหล่งศักยภาพพลังงานลม และ แนวทางการศึกษาความเหมาะสม กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน โครงการจัดทำ แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย

(3) เพื่อเสนอแนะจัดทำ แนวทางในการพิจารณาคัดเลือกบริเวณแหล่งพลังงานลมที่มีศักยภาพ ที่สามารถพัฒนาจัดทำ เป็น โครงการใช้ประโยชน์จากพลังงานลม เช่น เพื่อผลิตไฟฟ้า และ/หรือ เพื่อการสูบน้ำ

แผนที่ศักยภาพพลังงานลมที่จัดทำ ขึ้นประกอบด้วย

- แผนที่กำลังลมและความเร็วลม รวมช่วงลมสงบและไม่รวมช่วงลมสงบทุก
- เดือนและเฉลี่ยรายปี ที่ความสูง 10 30 และ 50 เมตร ตามลำดับ
- ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์กำลังลม
- ฐานข้อมูลภาษา HTML ที่บรรจุในซีดีรอม สำหรับเผยแพร่

แผนที่ศักยภาพพลังงานลมที่ปรากฏในรายงานนี้เป็นผลจากการวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโปรแกรม WindMapTM โปรแกรมดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้วิเคราะห์และจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศต่างๆ มาแล้ว อย่างไรก็ตามแผนที่ศักยภาพพลังงานลมในรายงานนี้สามารถใช้เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินศักยภาพพลังงานลมเบื้องต้นเท่านั้น หากผู้สนใจจะนำไปใช้ในการวางแผนเพื่อการก่อสร้าง ติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า จำเป็นต้องศึกษาความเหมาะสมโดยการตรวจวัดความเร็วลมในพื้นที่จริง ที่ระดับความสูงใช้งานจริงต่อไป

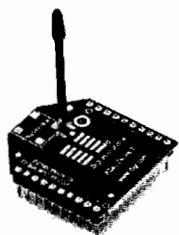
Xbee

Xbee เป็นอุปกรณ์ที่มี Microcontroller และ RF IC อยู่ภายใน ทำหน้าที่เป็น อุปกรณ์ tranceiver (อุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณ) แบบ Half Duplex ย่านความถี่ 2.4Ghz มีการจัดการโดยใช้พลังงานต่ำ ใช้งานง่าย มี interface ที่ใช้รับและส่งข้อมูลกับ Xbee เป็น UART (TTL) ซึ่งสำหรับทางด้าน ไมโครคอนโทรลเลอร์ เรานำมาใช้ติดต่อสื่อสาร UART ของ Xbee ต่อเข้ากับ UART ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เลยครับ

Xbee สามารถใช้งานตามมาตรฐานของ Zigbee ได้ โดยที่เราไม่ต้องเขียนโปรแกรมสร้างเครือข่าย Zigbee เลย เพราะวางทางผู้ผลิตได้จัดทำ firmware โหลดเข้าไปในตัว Xbee ทำให้เราสามารถ set parameter ผ่าน software interface (X-CTU หรือโปรแกรมที่เขียนขึ้นเอง) , ผ่านทาง At command (เหมือนกับการควบคุม GSM Module) โดยใช้ Hyper terminal หรือผ่านทาง การรับส่งข้อมูลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างง่ายดาย โดยเมื่อ set Xbee ให้ทำงานเป็นอุปกรณ์ในเครือข่าย Zigbee แล้วเราจะเรียก Xbee แต่ละตัวว่าเป็น Node (parameter ของ Xbee นั้นมีหลายตัว ซึ่งเราจะทยอยๆ กล่าวถึง แต่ไม่ได้อธิบายทุก parameter แต่จะเอาเฉพาะที่เป็นพื้นฐานเท่านั้นครับ ซึ่งหากต้องการข้อมูลเพิ่มเติมให้ศึกษาได้ตามคาคำชี้ของ Xbee)

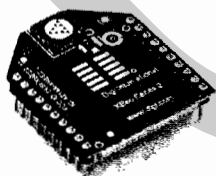
Xbee ชนิดต่าง

- แบบ Wire Antenna



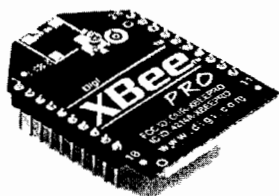
แบบ wire antenna นั้น จะสามารถส่งได้ไกลกว่าแบบ Chip แต่
ถ้านำไปใส่ประกอบแบบกล่อง จะมีข้อเสียคือจะไม่สามารถใส่กล่องเล็กๆ ได้
จะต้องมีพื้นที่เหลือให้สายอากาศ

- แบบ Chip Antenna



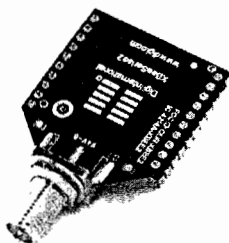
แบบ chip antenna นั้นจะส่งได้สั้นกว่าแบบอื่น แต่มัน
สามารถที่จะซ่อนไว้ในกล่องขนาดเล็กได้อย่างสวยงาม

- แบบ UFL Connector



แบบ UFL Connector นั้นสามารถที่จะซ่อนตัว Xbee ไว้ในกล่อง
ได้ แล้วใช้สายอากาศตัวแปลง UFL to SMA ต่อกออกมาแล้วต่อกับ
สายอากาศ 2.4GHz ก็จะสามารถใช้งานได้ ข้อดีคือเราสามารถเก็บตัว
Xbee ให้ปลอดภัยจากฝน ฝุ่น น้ำต่างๆ ได้ และยังสามารถติดตั้งสายอากาศ
ขยายสัญญาณให้ส่งได้ไกลขึ้นอีกด้วย

- แบบ SMA Connector



แบบ SMA Connector นี้จะคล้ายๆ กับแบบ UFL แต่ว่าเราไม่
ต้องซื้อสายแปลง เวลาทำกล่องต้องให้ Xbee อยู่ริมกล่อง แต่ถ้า
Connect SMA เสียหรือขึ้นสนิม เราจะต้องทำการบัดกรีออกเปลี่ยนใหม่
เท่านั้น

Specifications

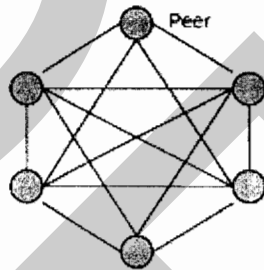
ในส่วนของ Specification นี้เราได้แนบไฟล์ในแผ่น CD เอาไว้แล้ว ซึ่งจำแนกออกเป็น 3 รุ่นดังต่อไปนี้

- รุ่น XBP24-AUI-001-revB ให้ดูข้อมูลได้ที่ แผ่นCD\คู่มือ XBee\Data Sheet Xbee\802_15_4.pdf
- รุ่น XBP24-Z7WIT-004-revD ให้ดูข้อมูลได้ที่ แผ่นCD\คู่มือ XBee\Data Sheet Xbee\Zb.pdf
- รุ่น XBP24-DMWIT-250-revA ให้ดูข้อมูลได้ที่ แผ่นCD\คู่มือ XBee\Data Sheet Xbee\DigiMesh.pdf

เครือข่าย (Network)

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงเครือข่าย Peer-to-Peer ,ZigBee และ Digi Mesh ที่เราใช้กันบ่อย และนิยมใช้กันมากใน Xbee ซึ่งอุปกรณ์ Xbee ที่ทางบริษัทเราจัดจำหน่ายอยู่คือ รุ่น XBP24-AUI-001-revB นั้นจะเป็นการพูดคุยติดต่อสื่อสารแบบ Peer-to-Peer รุ่น XBP24-Z7WIT-004-revD นั้นจะเป็นการติดต่อสื่อสารแบบ ZigBee รุ่น XBP24-DMWIT-250-revA จะเป็นการติดต่อสื่อสารแบบ Digi Mesh

เครือข่ายแบบ Peer-to-Peer (Peer-to-Peer Network)



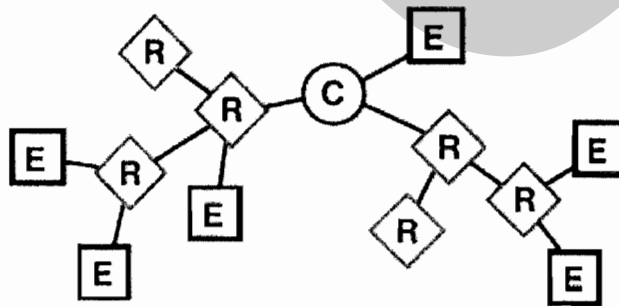
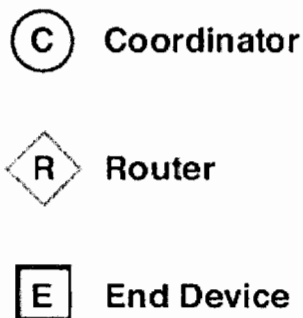
รูปเครือข่ายแบบ Peer-to-Peer

Peer-to-Peer คือ รูปแบบการเชื่อมต่อระหว่างโหนดหนึ่งต่อกับอีกโหนดหนึ่ง โดยที่แต่ละโหนดมีความเท่าเทียมกัน ไม่มีเครื่องใดเป็นเครื่องแม่ ซึ่งหากถอดโหนดใดโหนดหนึ่งออก ก็ยังจะไม่ส่งผลกระทบต่อระบบมากนัก ซึ่งเครือข่ายนี้เราจะใช้กับ Xbee รุ่น XBP24-AUI-001-revB

เครือข่าย ZigBee (ZigBee Network)

ในที่นี้เราจะขอยกตัวอย่างเพียง 2 ชนิดคือแบบ Cluster Tree และแบบ Star

แบบ Cluster Tree

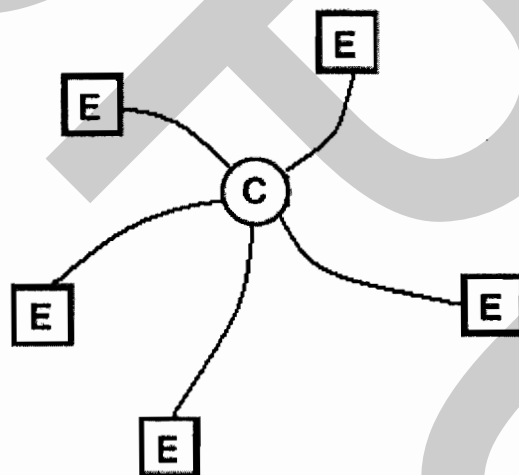


รูปเครือข่ายแบบ Cluster Tree

เครือข่ายแบบนี้เราจะนิยมใช้กับ Xbee รุ่น Zb (หรือ Xbee Pro Series2 ที่ทางบริษัทของเราจัดจำหน่าย XBP24-Z7WIT-004-revD) ซึ่งใน 1 เครือข่ายจะต้องมี 1 Coordinator เท่านั้น โดย Coordinator นั้นเปรียบเสมือนหัวใจหลักของเครือข่าย (เป็นเครื่องแม่) ซึ่งหาก Coordinator ไม่ทำงาน เครือข่ายทั้งหมดจะไม่สามารถพูดคุยหรือส่งข้อมูลหากันได้ ข้อดีของเครือข่ายแบบนี้คือ เราสามารถที่จะขยายสัญญาณให้ส่งไปได้ไกลๆ โดยใช้ตัว Router รับสัญญาณจาก Coordinator แล้วกระจายสัญญาณส่งให้กับตัวอื่นๆ ต่อไปได้เรื่อยๆ ทำให้สามารถส่งได้ไกลมากขึ้นกว่าปกติ

ในทางกลับกันหาก Router ตัวใดตัวหนึ่งไม่ทำงาน อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งสัญญาณที่เชื่อมต่อกับ Router ตัวนั้น จะไม่สามารถทำงานต่อได้ ยกตัวอย่างเช่น Router ตัวซ้ายมือ ไม่ทำงาน จะทำให้ End Device อีก 2 ตัวที่ต่ออยู่กับ Router ไม่สามารถทำงานได้ แต่อุปกรณ์อื่นๆ ก็ยังทำงานได้ตามปกติ เป็นต้น ซึ่งแตกต่างจาก Coordinator คือ ถ้า Coordinator ไม่ทำงาน เครือข่ายทั้งเครือข่ายนั้นจะไม่สามารถพูดคุยติดต่อสื่อสารกันได้อีกเลย

แบบ Star



รูปเครือข่ายแบบ Star

เครือข่ายแบบนี้ จะให้อุปกรณ์ทุกตัวที่เข้าร่วมเน็ตเวิร์กแล้วสื่อสารกันผ่าน Coordinator ข้อดีคือมีความเร็วสูง แต่หากมีการต่อใช้งานกันหลายๆ ตัว จะทำให้ตัว Coordinator ทำงานหนักและทำงานได้ช้า เหมาะกับการใช้งานในเครือข่ายเล็กๆ ที่มีอุปกรณ์ต่อเชื่อมกันไม่เกิน 10 ตัว

เครือข่ายนี้เราสามารถใช้กับ Xbee รุ่น XBP24-Z7WIT-004-revD ได้

ข้อกำหนดของอุปกรณ์แต่ละชนิด

Ⓒ Coordinator ทำหน้าที่

- เลือกแชนเนลและ PAN ID (both 64-bit and 16-bit) เพื่อเริ่มเครือข่าย
- อนุญาตให้ Router และ End Device เข้าร่วมเครือข่าย
- ไม่สามารถ Sleep และควรจะเป็น Main Power

Ⓓ Router ทำหน้าที่

- ต้องเข้าร่วมเครือข่ายก่อน ที่จะทำหน้าที่ ส่งข้อมูล รับข้อมูล และกำหนดเส้นทางข้อมูล
- หลังจากที่เข้าร่วมเครือข่ายแล้ว จะอนุญาตให้ Router และ End Device ตัวอื่นๆ เข้าร่วมเครือข่าย

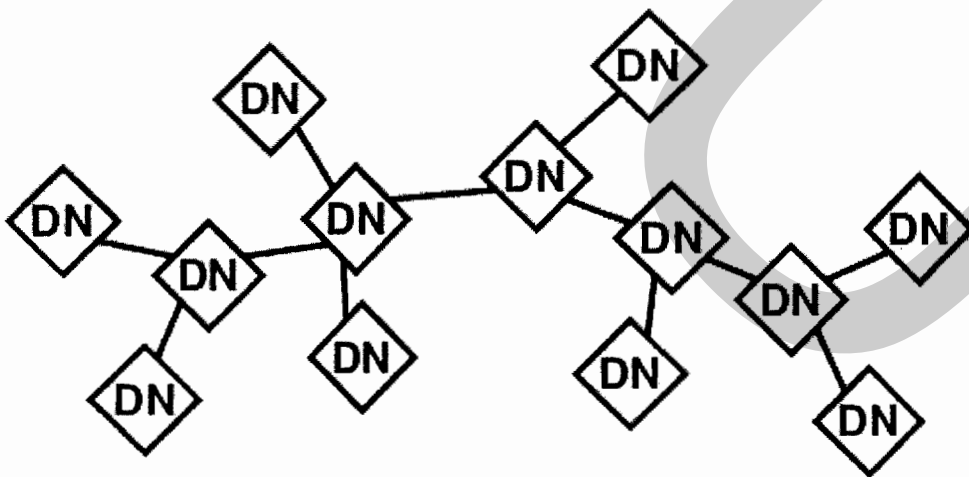
ได้

- หลังจากที่เข้าร่วมเครือข่ายแล้ว สามารถที่จะกำหนดเส้นทางข้อมูลเพื่อกระจายสัญญาณต่อไปได้
- ไม่สามารถ Sleep และควรจะเป็น Main Power

Ⓔ End Device ทำหน้าที่

- ต้องเข้าร่วมเครือข่ายก่อน จึงจะสามารถรับและส่งข้อมูล ได้
- ไม่สามารถให้อุปกรณ์อื่นๆ เข้าร่วมเครือข่ายของมันได้
- สามารถส่งและรับข้อมูล แต่ไม่สามารถที่จะกระจายสัญญาณ ไปให้ตัวอื่นๆ ได้อีก
- สามารถเข้าสู่ low power modes เพื่อประหยัดพลังงาน

เครือข่ายแบบ Digi Mesh (Digi Mesh Network)



รูปเครือข่ายแบบ Digi Mesh3

เครือข่ายแบบ Digimesh นี้ node ทุกตัวในเครือข่ายจะมีลักษณะเหมือนกันหมด (Homogeneous Network) ทุกๆ โหนดสามารถที่จะกำหนดเส้นทางการส่งและรับข้อมูล และสามารถทำงานใน sleep mode ได้ทั้งหมด ทำให้ประหยัดพลังงานมากกว่ารุ่นอื่นๆ

สรุปข้อดีข้อเสียของแต่ละรุ่น

2XBP24-AUI-00-revB ใช้ระบบการสื่อสารแบบ Pear-to-Pear ,Point-toPoint หรือ Point-to-multi Point

ข้อดี

- ใช้งานง่าย ไม่ต้องมีการเซ็ตที่ยุ่งยาก
- หากตัวใดตัวหนึ่งหยุดทำงาน ก็จะไม่ส่งผลกระทบต่อระบบมากเท่าใดนัก

ข้อเสีย

- เมื่อต้องการขยายสัญญาณให้ส่งได้ไกลขึ้น มีการเซ็ตค่อนข้างยุ่งยากกว่ารุ่นอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น ต้องการให้ A B และ C คุยกันได้อิสระ แต่ระยะทางการส่งของ A ไม่สามารถที่จะส่งไปหา C ได้ จึงต้องเซ็ตให้ A คุยกับ B ก่อน แล้วจึงต้องเซ็ต ให้ B รับข้อมูลจาก A แล้วให้ B ส่งข้อมูลไปหา C อีกที ซึ่งทำให้เสียเวลาในการรับส่งข้อมูล
- ระยะทางการส่งจะต่ำกว่ารุ่นอื่นๆ

XBP24-Z7WIT-004-revD ใช้ระบบการสื่อสารแบบ ZigBee

ข้อดี

- End Device สามารถทำงานใน โหมด Sleep ได้ทำให้ประหยัดพลังงาน ซึ่งถ้าดูข้อมูลจากคาค่าซีส จะพบว่ารุ่น Zb นี้เมื่อเข้าสู่โหมด Sleep แล้ว จะกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่ารุ่น Digimesh ที่ทำงานในโหมด Sleep ด้วยกัน

- เมื่อต้องการขยายสัญญาณเช่น ให้ A B C คุยกัน แต่ระยะทางการส่งของ A ไม่สามารถที่จะส่งไปถึง C ได้ เราสามารถที่จะเซ็ตให้ A เป็น Coordinator แล้ว B เป็น rounter ส่วน C เป็น enddevice ด้วยการเซ็ตเพียงครั้งเดียว ก็สามารถรับส่งข้อมูลกันได้เลย โดยไม่ต้องรอให้ B ถามแล้วส่งข้อมูลต่อไปหา A และ C

ข้อเสีย

- มีการเชื่อมต่อที่ยุ่งยากกว่ารุ่นอื่นๆ ซึ่งต้องมีการศึกษาระบบเครือข่ายนี้ให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ก่อน จึงจะสามารถใช้งานได้
- หาก Coordinator เสียหรือไม่ทำงาน จะทำให้ทั้งระบบไม่สามารถส่งข้อมูลหากันได้อีก

XBP24-DMWIT-250-revA ใช้ระบบการสื่อสารแบบ Digimesh Node**ข้อดี**

- มีการเชื่อมต่อที่ง่ายเพียงแค่กำหนดทิศทางการรับส่งก็สามารถคุยกันได้เลย
- ทุกๆ โหนดสามารถที่จะเข้าสู่ sleep mode ได้
- ระยะทางการส่งสูงกว่ารุ่นอื่นๆ

ข้อเสีย

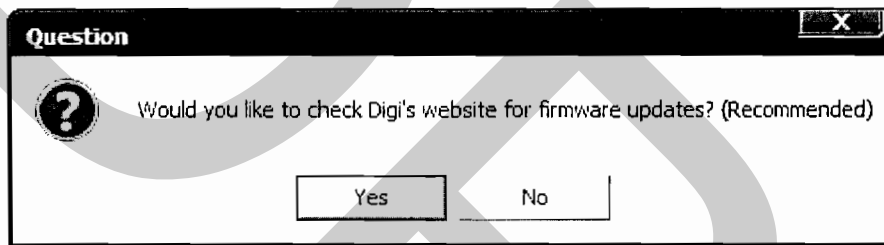
- การทำงานใน sleep mode ยังใช้กระแสไฟฟ้าเยอะกว่ารุ่น Zb

การใช้งาน Xbee เบื้องต้น

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการใช้งาน Xbee เบื้องต้นกันนะครับ เริ่มต้นด้วยการติดตั้งโปรแกรม ซึ่งการใช้งานตัว Xbee นั้นเราต้องมีโปรแกรมที่ใช้ในการติดต่อกับตัว Xbee เพื่อให้ Xbee ทั้ง 2 ตัวนั้นสามารถพูดคุยสื่อสารกันได้ ซึ่งโปรแกรมนั้นคือโปรแกรม X-CTU

วิธีติดตั้งโปรแกรม X-CTU

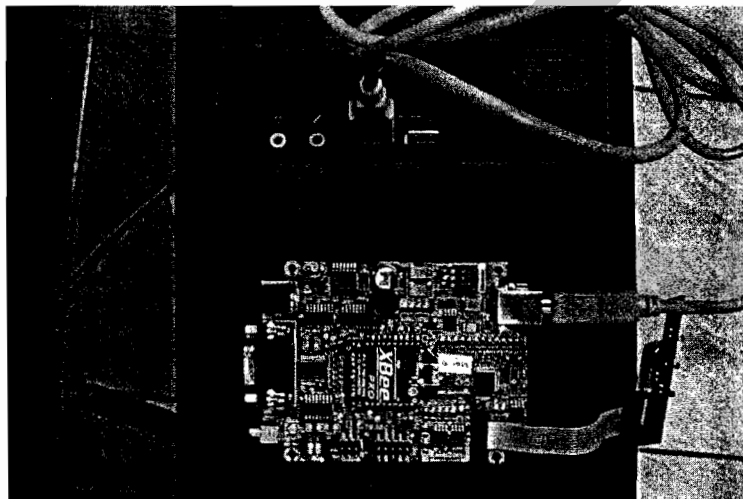
โปรแกรม X-CTU X-CTU.rar แล้วทำการแตกไฟล์ แล้วดับเบิลคลิกไฟล์เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม X-CTU ให้คลิก Next เลือก I agree แล้วคลิก Next ไปเรื่อยๆ แล้วจะพบกับหน้าต่างขึ้นมาดังรูปให้เราคลิก Yes เพื่อทำการอัปเดต firmware ให้กับตัวโปรแกรม X-CTU



แล้วรอกันกว่าจะโหลดเสร็จ ก็คลิก OK เป็นการติดตั้งเสร็จสมบูรณ์

Hardware Connection

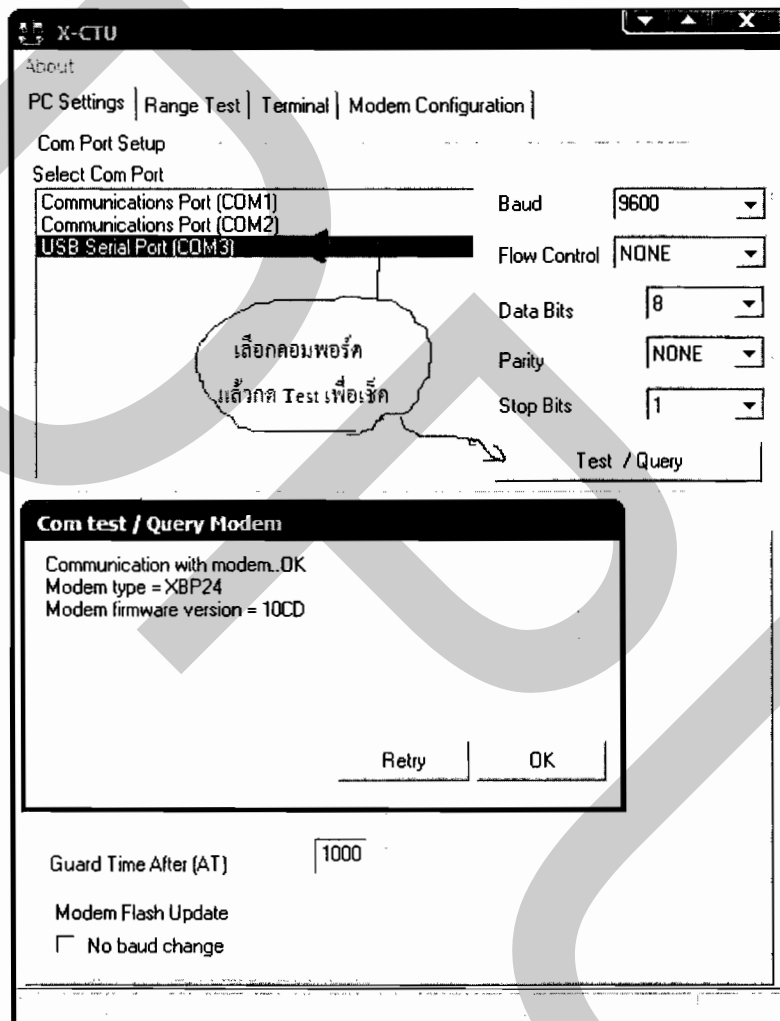
ให้ทำการต่อ Xbee เข้ากับบอร์ด แล้วนำสาย Serial Port ต่อเข้ากับพอร์ต USB ของคอมพิวเตอร์



รูปแสดงการเชื่อมต่อ Xbee เข้ากับคอมพิวเตอร์ PC

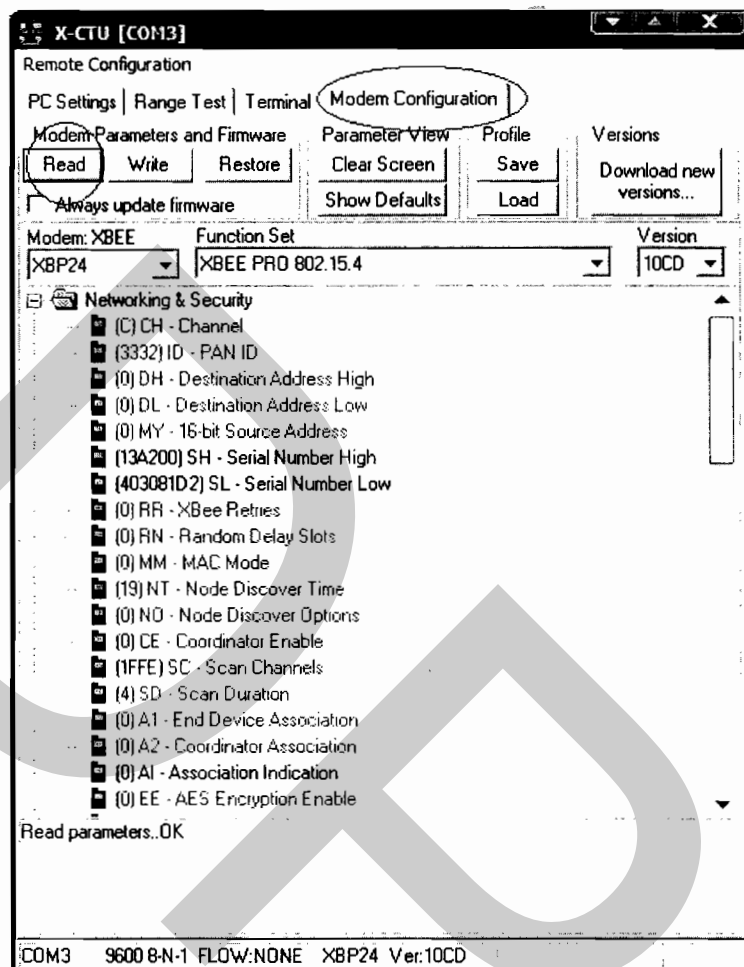
วิธีเชื่อมต่อ Xbee

เมื่อทำการติดตั้งโปรแกรม X-CTU และ Driver เสร็จเรียบร้อยแล้ว ต่อไปเราจะมาทำการทดสอบ Xbee โดยให้เราทำการเปิดโปรแกรม X-CTU แล้วเลือก Com Port กดคลิก Test/Query จะเป็นการทดสอบว่าโปรแกรมของเราพบตัวโมเด็ม Xbee ไร้สาย ซึ่งจากในรูปจะแสดงว่า การเชื่อมต่อ Ok ชนิดโมเด็มเป็น XBP24 Modem firmware version =10CD



รูปแสดงวิธีการทดสอบเชื่อมต่อ Xbee

เมื่อทดสอบ Xbee เสร็จแล้ว จากนั้นให้เราไปที่แท็บ Modem Configuration แล้วกด Read จะเป็นการสั่งให้ X-CTU อ่านค่าตัว Xbee ขึ้นมา ซึ่งค่าต่างๆ ในตัว Xbee นี้ได้มีการเซตค่า firmware ไว้แล้วในโรงงาน หาก Xbee ที่เราใช้อยู่ได้มีการใช้ firmware ในเวอร์ชันใหม่ล่าสุดที่ตัว X-CTU ยังไม่มี จะไม่สามารถ read ขึ้นมาได้ ต้องทำการโหลด firmware เวอร์ชันใหม่ให้ตัวโปรแกรม X-CTU ก่อน โดยคลิกที่ Download new version...



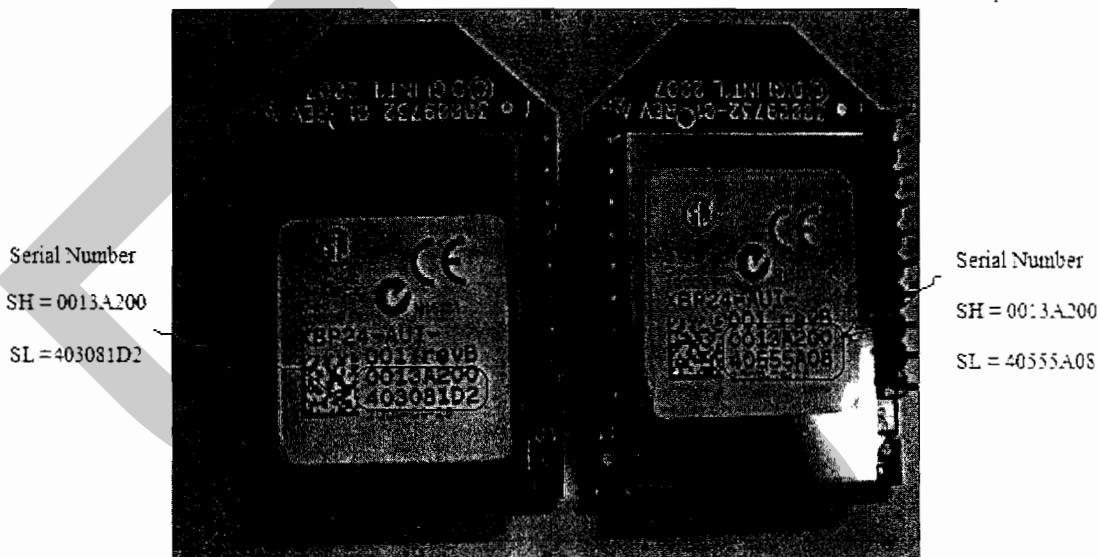
รูปแสดงการ read ค่าจาก Xbee

จากนั้นให้เราทำการต่อ Xbee อีก 1 ตัวเข้ากับคอมพิวเตอร์ PC แล้วทำการทดสอบ และ Read ค่าเหมือน Xbee ตัวแรก

หมายเหตุ*** วิธีการเลือกค่าในช่อง *Function Set*

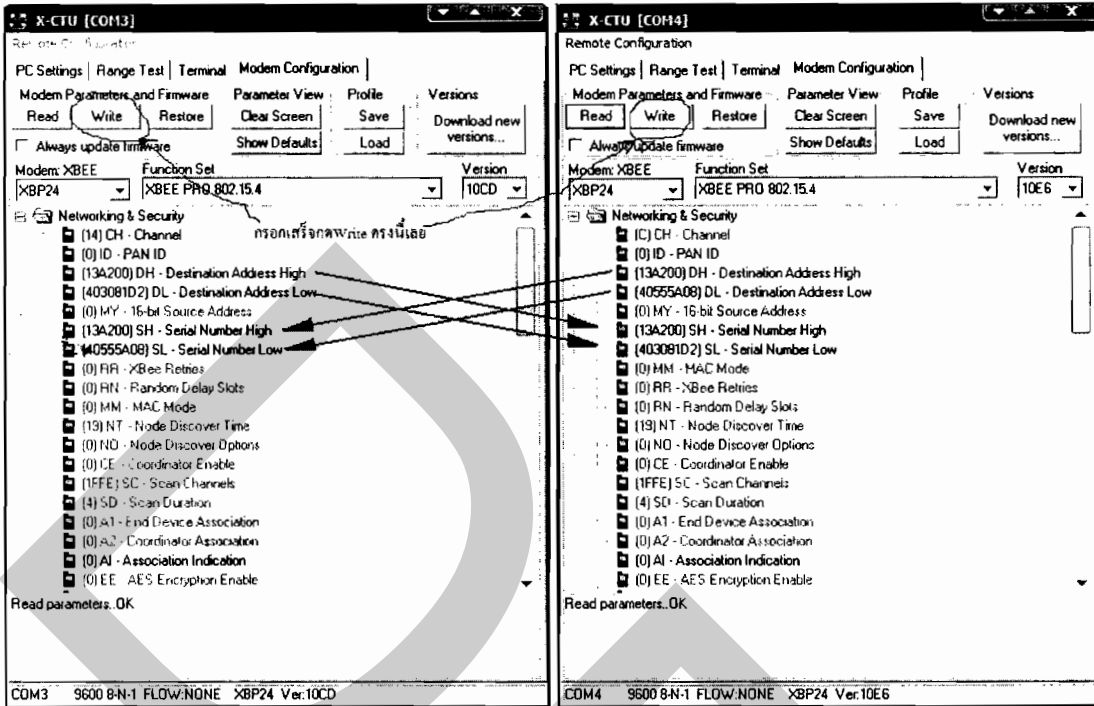
- สำหรับรุ่น *XBP24-AUI-001-revB* ให้เลือกเป็น *XBEE PRO 802.15.4* ทั้ง 2 ตัว
- สำหรับรุ่น *XBP24-Z7WIT-004-revD* ให้เลือกเป็น *Coordinator* 1ตัว อีกหนึ่งตัวจะเลือกเป็น *Router* หรือ *End Device* ก็ได้
- สำหรับรุ่น *XBP24-DMWIT-250-revA* ให้เลือกเป็น *XBEE PRO DIGIMESH 2.4* ทั้ง 2 ตัว

เมื่อทำการ Read ค่าเสร็จต่อไปเราจะทำการเซ็ทเป้าหมายปลายทางที่เราจะทำการติดต่อด้วย ซึ่งการที่ Xbee ตัวที่ 1 จะสามารถคุยกับ Xbee ตัวที่ 2 นั้นจะต้องทราบค่า Address ของแต่ละตัว ซึ่งค่า Address ของแต่ละตัวนั้นเราสามารถดูได้จาก Serial Number ของ Xbee แต่ละตัวโดยดูได้จากค่า SH SL ในโปรแกรม X-CTU ที่เรา Read ขึ้นมาจาก Xbee



รูปแสดงค่า Serial Number ของ Address แต่ละตัว

ให้เรานำค่า SH และ SL ของ Xbee ตัวที่ 2 มากรอกลงในช่อง DH และ DL ของ Xbee ตัวที่ 1 ส่วนค่า DH และ DL ของ Xbee ตัวที่ 2 ให้นำค่า SH และ SL ของ Xbee ตัวที่ 1 ลงมากรอก แล้วกด Write

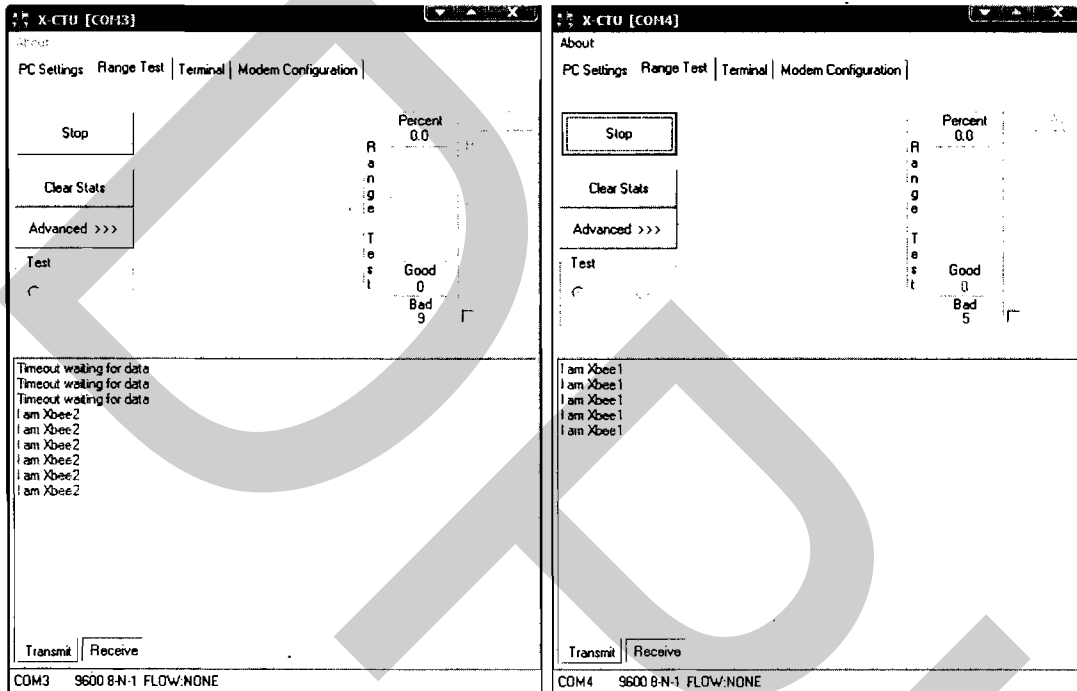


รูปแสดงการเชื่อมต่อค่า Destination Address

เมื่อเราทำการ Write ข้อมูลเสร็จแล้ว Xbee ทั้ง 2 ตัวก็สามารถรับส่งข้อมูลกันแบบ Serial ได้

ทดสอบ Rang Test

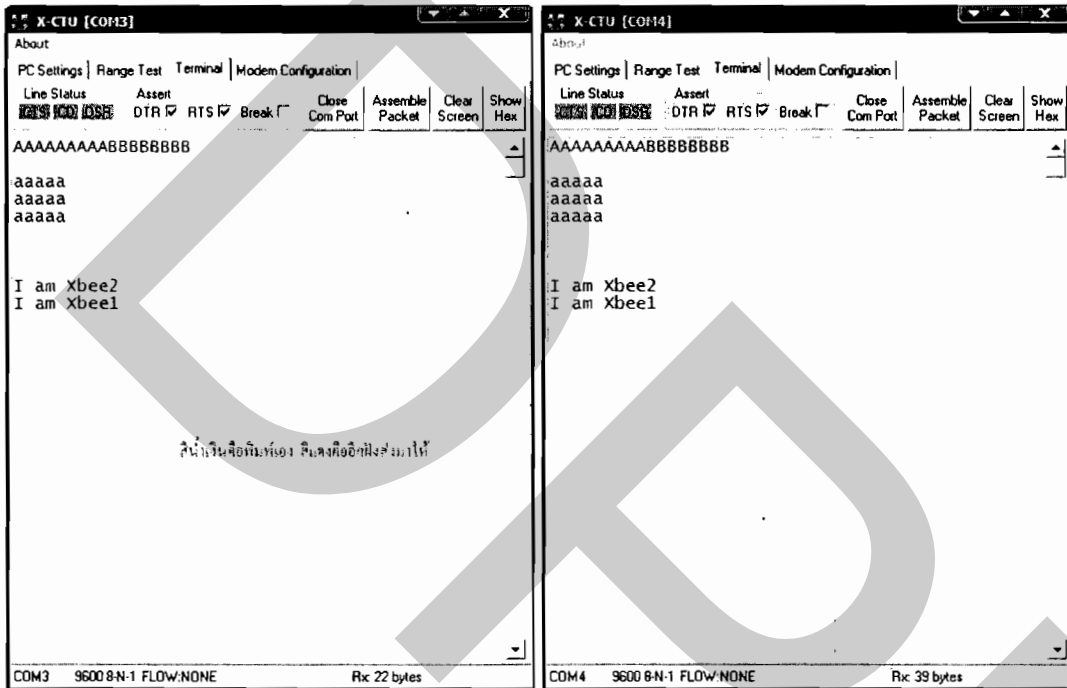
ทดลองด้วย Range Test ให้เข้าที่ Tap Range test แล้วกด Start จะเห็นว่า Xbee ทั้ง 2 ตัวรับส่งให้กันได้แล้ว



รูปการทดสอบด้วย Rang Test

ทดสอบพิมพ์ตอบได้กัน

เข้าไปที่แท็บ Terminal แล้วทดลองพิมพ์ตัวหนังสือเข้าไปทั้ง 2 ฟังก์ของโปรแกรม X-CTU



รูปแสดงการพิมพ์โต้ตอบกัน

AT Command สั่งการ Xbee

การที่เราจะส่งข้อมูลโดยใช้ Xbee ไปที่โมดูลตัวอื่นซึ่งเป็นปลายทางนั้น เรารู้แล้วว่าเราจะต้องเซ็ท โมดูล Xbee ให้รู้จัก Destination Address หรือ DH,DL ก่อน ซึ่งเราสามารถทำการสั่งการได้อีกวิธีโดยใช้ AT-Command

จากส่วนที่แล้วเราใช้ X-CTU ในการอัป Firmware และเซ็ทค่าต่างๆ ซึ่งโมดูลนั้นจะถูกต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์จึงจะกำหนดค่าได้ แต่เมื่อเราใช้ AT Command จะทำให้เราสามารถเปลี่ยนค่า Xbee ได้ในขณะนั้นโดยไม่ต้องใช้เวลา Write เข้าไปเช่น การเปลี่ยนแปลงค่า DH DL เมื่อเปลี่ยนเสร็จ Xbee ก็จะคุยกับโมดูลอีกตัวได้เลย โดยไม่ต้องใช้เวลา Write ทับข้อมูลเดิม การใช้ AT Command นี้สามารถสั่งงาน Xbee ของเราได้ง่ายโดยมีข้อกำหนดการใช้ข้อมูลไม่มากซึ่งสามารถดูได้จากคาค่าซีส

วิธีการสั่ง AT Command ทำได้ดังนี้

Sample Configuration: Modify RF Module Destination Address

Example: Utilize the X-CTU "Terminal" tab to change the RF module's DL (Destination Address Low) parameter and save the new address to non-volatile memory.

After establishing a serial connection between the RF module and a PC [refer to the 'Setup' section above], select the "Terminal" tab of the X-CTU Software and enter the following command lines ('CR' stands for carriage return):

Method 1 (One line per command)

Send AT Command	System Response
+++	OK <CR> (Enter into Command Mode)
ATDL <Enter>	{current value} <CR> (Read Destination Address Low)
ATDL1A0D <Enter>	OK <CR> (Modify Destination Address Low)
ATWR <Enter>	OK <CR> (Write to non-volatile memory)
ATCN <Enter>	OK <CR> (Exit Command Mode)

Method 2 (Multiple commands on one line)

Send AT Command	System Response
+++	OK <CR> (Enter into Command Mode)
ATDL <Enter>	{current value} <CR> (Read Destination Address Low)
ATDL1A0D,WR,CN <Enter>	OK<CR> OK<CR> OK<CR>

รูปตัวอย่างการการใช้ AT Command ติดต่อกับ Xbee

1. ส่ง +++ เข้าไปแล้วรอ Xbee ตอบกลับ OK
2. จากนั้นให้ส่ง AT Command เข้าไปได้เลย มีกฎเกณฑ์อีกข้อคือต้องส่ง AT Command เข้าไปในเวลาที่กำหนดซึ่งสามารถตั้งค่าได้ที่ AT Command Mode Timeout

โค้ด AT Command

อธิบายคำสั่ง AT Command ของ Xbee

อย่าลืมนำหน้าด้วย AT.....

1. BD คือ Set Baudrate ใส่ได้ 0-7 ค่าต่างๆ ได้จาก Datasheet ว่าหมายถึงอะไร 3 คือ 9600 bps
2. CH คือ Channel
3. CN คือ ออกโหมด Command ทันที ไม่ต้องรอ Command Mode Timeout แต่ถ้าจะเข้าใหม่ต้อง +++ อีกครั้ง
4. CT คือ Command Mode Time Out ซึ่งค่าที่ใส่เข้าไปนี้จะถูกคูณด้วย 100 ms
5. DH คือ Serial Address ตัวปลายทาง บิตสูง
6. DL คือ Serial Address ตัวปลายทาง บิตต่ำ สองอันนี้สอนอยู่ในบทความที่แล้ว
7. ID คือ เปรียบเหมือนวง LAN ถ้า ID เดียวกันก็จะส่ง-รับ ข้อมูลกันได้
8. SH คือ Serial Number บิตสูง ซึ่ง Set ค่ามาจากโรงงาน
9. SL คือ Serial Number บิตต่ำ ซึ่ง Set ค่ามาจากโรงงาน
10. WR คือ Write ข้อมูลที่ Set ลง Xbee ถ้าไม่ใช้คำสั่งนี้ พอดับไฟ Xbee จะกลับไปใช้ค่าเดิม

คำสั่ง AT Command ที่ใช้กับ Xbee นี้ถ้าพิมพ์ อย่างเดียว ยกตัวอย่างเช่น

ATCH ก็จะหมายถึงจะอ่านค่า CH ขณะนี้ออกมา

แต่ถ้า ATCH14 จะหมายความว่า ตั้งค่า CH เท่ากับ 14

เวลาใช้ อย่าลืม Enter หรือส่ง รหัส Enter เข้าไปด้วย

3.1.2. Command Reference Tables

Table 3-01. XBee/XBee-PRO Commands (RF modules expect numerical values in hexadecimal. Hexadecimal values are designated by the "0x" prefix. Decimal equivalents are designated by the "d" suffix.)

AT Command	Command Category	Name and Description	Parameter Range	Default
BD	Serial Interfacing	Interface Data Rate. Set/Read the serial interface data rate for communications between the RF module serial port and host.	0 - 7 (custom rates also supported)	3
CC	AT Command Mode Options	Command Sequence Character. Set/Read the ASCII character value to be used between Guard Times of the AT Command Mode Sequence (GT+CC+GT). The AT Command Mode Sequence enters the RF module to AT Command Mode.	0 - 0xFF	0x2B (* ASCII)
CH	Networking & Security	Channel. Set/Read the channel number used for transmitting and receiving between RF modules. Uses 802.15.4 protocol channel numbers.	0x0B - 0x1A (XBee) 0x0C - 0x18 (XBee-PRO)	0x0C (12d)
CN	AT Command Mode Options	Exit Command Mode. Explicitly exit AT Command Mode.	-	-
CT	AT Command Mode Options	Command Mode Timeout. Set/Read the period of inactivity (no valid commands received) after which the RF module automatically exits AT Command Mode and returns to Idle Mode.	2 - 0xFFFF [x 100 ms]	0x64 (100d)
DB	Diagnostics	Received Signal Strength. Read signal level [in dB] of last good packet received (RSSI). Absolute value is reported. (For example: 0x58 = -88 dBm) Reported value is accurate between -40 dBm and RX sensitivity.	0 - 0x64 [read-only]	-
DH	Networking & Security	Destination Address High. Set/Read the upper 32 bits of the 64-bit destination address. When combined with DL, it defines the destination address used for transmission. To transmit using a 16-bit address, set DH parameter to zero and DL less than 0xFFFF. 0x000000000000FFFF is the broadcast address for the PAN.	0 - 0xFFFFFFFF	0
DL	Networking & Security	Destination Address Low. Set/Read the lower 32 bits of the 64-bit destination address. When combined with DH, DL defines the destination address used for transmission. To transmit using a 16-bit address, set DL parameter to zero and DH less than 0xFFFF. 0x000000000000FFFF is the broadcast address for the PAN.	0 - 0xFFFFFFFF	0
GT	AT Command Mode Options	Guard Times. Set required period of silence before and after the Command Sequence Characters of the AT Command Mode Sequence (GT+CC+GT). The period of silence is used to prevent inadvertent entrance into AT Command Mode.	0x02 - 0xFFFF [x 1 ms]	0x3E8 (1000d)
ID	Networking & Security	PAN ID. Set/Read the PAN (Personal Area Network) ID. 0xFFFF indicates a message for all PANs.	0xFFFF	0x3332 (13106d)
MY	Networking & Security	16-bit Source Address. Set/Read the RF module 16-bit source address. Set MY = 0xFFFF to disable reception of packets with 16-bit addresses. 64-bit source address (serial number) and broadcast address (0x000000000000FFFF) is always enabled.	0 - 0xFFFF	0
PJ	Diagnostics	PWM0 Configurations. Select/Read function for PWM0.	0 - 1	1
PL	RF Interfacing	Power Level. Select/Read power level at which the RF module transmits.	0 - 4	4
RE	(Special)	Restore Defaults. Restore RF module parameters to factory defaults. Follow with WR command to save values to non-volatile memory.	-	-
RN	Networking & Security	Random Delay Slots. Set/Read the minimum value of the back-off exponent in the CSMA-CA algorithm that is used for collision avoidance. If RN = 0, collision avoidance is disabled during the first iteration of the algorithm (802.15.4 - macMinBE).	0 - 3	0
RO	Serial Interfacing	Packetization Timeout. Set/Read number of character times of inter-character delay required before transmission. Set to zero to transmit characters as they arrive instead of buffering them into one RF packet.	0 - 0xFF [x character times]	3
RP	Diagnostics	RSSI PWM Timer. Enable a PWM (pulse width modulation) output (on pin 3 of the RF modules) which shows RX signal strength.	0 - 0xFF [x 100 ms]	0x28 (40d)
SH	Diagnostics	Serial Number High. Read high 32 bits of the RF module's unique IEEE 64-bit address. 64-bit source address is always enabled.	0 - 0xFFFFFFFF [read-only]	Factory-set
SL	Diagnostics	Serial Number Low. Read low 32 bits of the RF module's unique IEEE 64-bit address. 64-bit source address is always enabled.	0 - 0xFFFFFFFF [read-only]	Factory-set
SM	Sleep (Low Power)	Sleep Mode. Set/Read Sleep Mode configurations.	0 - 5	0
SP	Sleep (Low Power)	Cyclic Sleep Period. Set/Read sleep period for cyclic sleeping remotes. Maximum sleep period is 268 seconds (0x6880).	0x01 - 0x6880 [x 10 ms]	0x64 (100d)
ST	Sleep (Low Power)	Time before Sleep. Set/Read time period of inactivity (no serial or RF data is sent or received) before activating Sleep Mode. The ST parameter is only valid with Cyclic Sleep settings (SM = 4 - 6). Set ST on Cyclic Sleep Coordinator to match Cyclic Sleep Remotes.	0x01 - 0xFFFF [x 1 ms]	0x1388 (5000d)
VR	Diagnostics	Firmware Version. Read firmware version of the RF module.	0 - 0xFFFF [read-only]	Factory-set
WR	(Special)	Write. Write parameter values to RF module's non-volatile memory so that modifications persist through subsequent power-up or reset.	-	-

รูปตัวอย่างโค้ด AT-Command ที่ใช้บ่อย

ตัวอย่างขั้นตอนการสั่งการด้วย AT Command

ขั้นแรกให้ทำการต่อ Xbee เข้ากับ USB ของคอมพิวเตอร์ PC แล้วทดสอบ Xbee แล้วจากนั้นก็ทำการเซ็ทค่าต่างๆ จนเสร็จ แล้วคลิกที่แท็บ Terminal ส่ง +++ เข้าไป แล้ว Xbee จะตอบกลับมาว่า OK แสดงว่า Command Mode พร้อมแล้ว ต่อมาเราส่ง ATVR เข้าไปเพื่อถามว่า Version อะไร Xbee ตอบกลับมาว่า 1220 จากนั้นผมก็ส่ง ATDL เพื่ออยากทราบว่า DL ตอนนี้คืออะไร Xbee ก็ตอบกลับมาว่า 0 แล้ว ATDH ละ Xbee ตอบกลับมาว่า 0 เช่นกัน

```

::X-CTU [COM4]
PCSettings | Range Test | Terminal | Modem Configuration
Line Status: [CD] [DSR] [RTS] [Break] [Close Com Port] [Assemble Packet] [Clear Screen] [Hide Hex]
+++OK      2B 2B 2B 4F 4B 0D
atvr      61 74 76 72 0D
1220     31 32 32 30 0D
atdl      61 74 64 6C 0D
0         30 0D
atdh      61 74 64 68 0D
0         30 0D

COM4 9600 8-N-1 FLOW: NONE Rx: 12 bytes
  
```

รูปแสดงการใช้ AT Command

หลังจากนั้นเราจะ Set ค่า DL และ DH ให้ Xbee

ATDL1234 เราใส่ค่า DL = 1234 พอใส่เรียบร้อย Xbee จะตอบว่า OK

แล้วเราก็ใส่ DH โดยส่ง ATDH5678 เข้าไป

แล้วเราก็ลองถาม Xbee อีกครั้งว่า DH กับ DL เป็นอะไรอยู่ก็จะเห็นว่ามันตรงกับค่าที่เรา Set ไว้ในตอนแรก

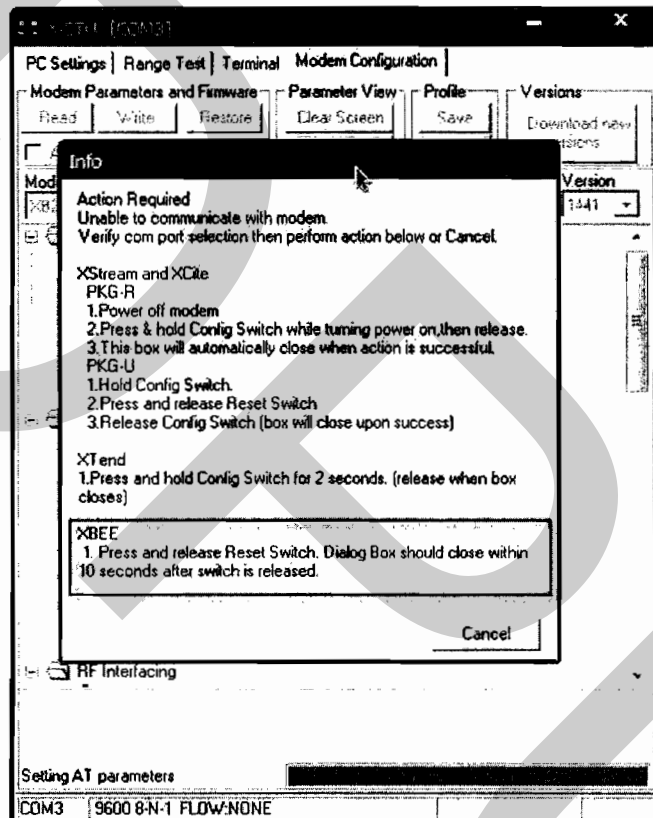
```

X-CTU [COM4]
PC Settings | Range Test | Terminal | Modem Configuration
Line Status | ASCII | DTR | RTS | Break |
  [OK] [DTR] [RTS] [Break] |
  [Data] [Packet] [Screen] [New] |
+++OK      2B 2B 2B 4F 4B 0D
atvr      61 74 76 72 0D
1220
atdl      31 32 32 30 0D
0         61 74 64 6C 0D
atdh      30 0D
0         61 74 64 68 0D
+++OK      30 0D
atdl1234  ← Set ค่า DL
OK        2B 2B 2B 4F 4B 0D
atdh5678 ← Set ค่า DH เป็น 5678
OK        4F 4B 0D
atvr      61 74 64 68 35 36 37 38 0D
1220
atdl      4F 4B 0D
1234     61 74 76 72 0D
atdh      31 32 32 30 0D
5678     61 74 64 6C 0D
         31 32 33 34 0D
         61 74 64 68 0D
         35 36 37 38 0D
COM4 | 9600 8N1 FLOW: NONE | Rec: 36 bytes
  
```

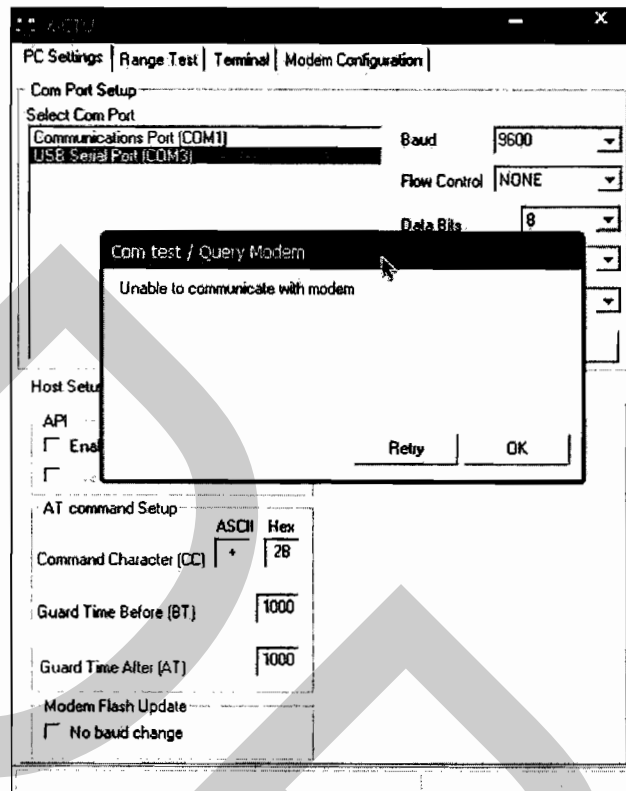
รูปแสดงการใช้ AT Command

ปัญหาที่พบบ่อยใน Xbee

ที่ผ่านมาเราได้พูดถึงการ Set ค่า Config ต่างๆ ของพารามิเตอร์ Xbee กันแล้ว ซึ่งการเซ็ตก็เพียงเลือกโหมด แล้วทำการ Write ลงไปโดยผ่านพอร์ต USB แต่ปัญหามันมักจะเกิดขึ้นในขณะที่กำลัง Write Xbee ในบางฟังก์ชัน ซึ่งขณะที่ Write จะมีหน้าต่างดังรูป ขึ้นมาแล้วบอกให้เราทำการ Reset



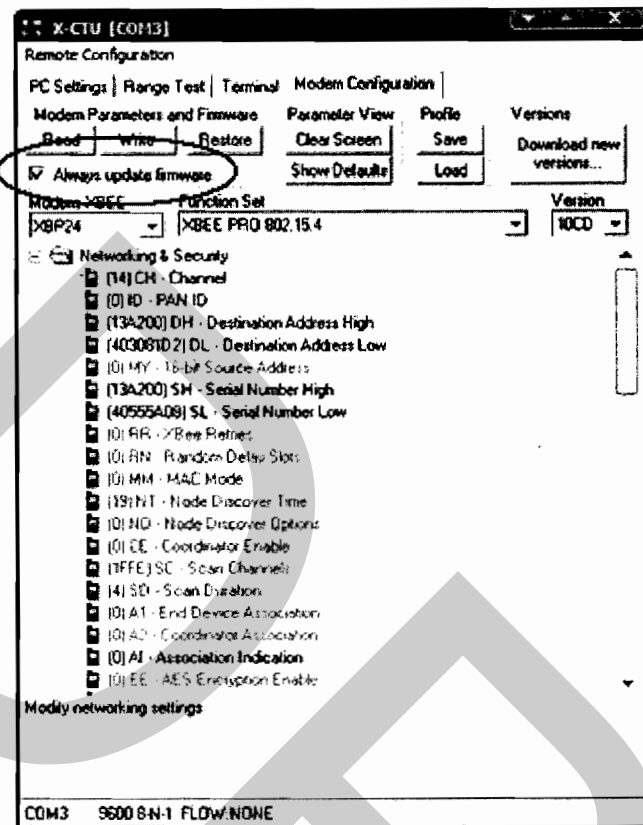
รูปการ Write Xbee ไม่สำเร็จ



รูปทดสอบ Xbee ไม่พบ

ลองคลิกเลือกค่า Config ใหม่แล้วกด Write เข้าไปใหม่ดู

1. เลือกค่า Config ต่างๆ ให้เหมือนเดิม เช่น Ver. 10CD หรือ XBP24 XBEE PRO 802.15.4
2. เลือกที่ Always update firmware แล้วกด Write

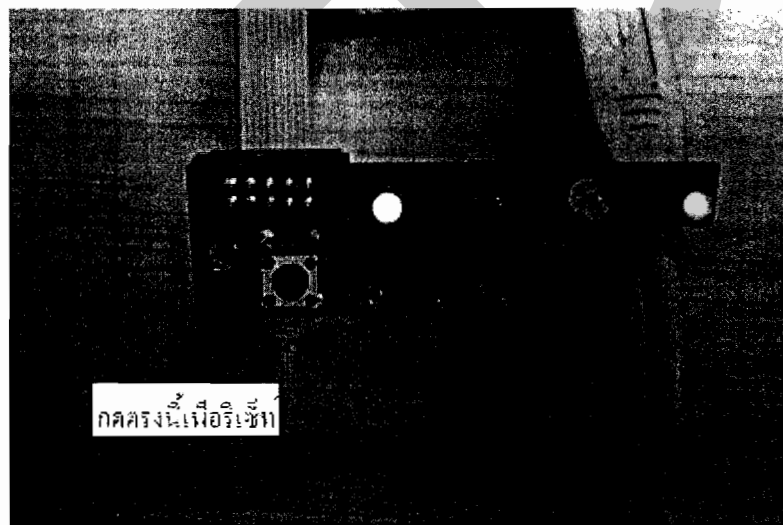


รูปแสดงการเซ็ท Xbee

พอกด Write แล้ว มันจะขึ้นบอกให้ Reset เมื่อเราดูค่าซีส 4 ฆ่า Reset จะอยู่ที่ค่า 5 ซึ่งทางบริษัทของเราได้ทำการออกแบบบอร์ดรองรับเอาไว้แล้วสำหรับ Reset โดยเฉพาะ โดยการกดสวิตช์บนตัวบอร์ด แค่นี้ตัว Xbee ของเราก็จะสามารถกลับมาใช้งานได้ตามปกติแล้วครับ

1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / CONFIG	Input	UART Data In
4	DXO12	Ether	Digital I/O 12
5	RESET	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI / DIO10	Ether	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator / Digital I/O
7	PWM / DIO11	Ether	Digital I/O 11
8	[reserved]	-	Do not connect
9	DTR / SLEEP_RQ / DIO8	Ether	Pin Sleep Control Line or Digital I/O 8
10	GND	-	Ground
11	DIO4	Ether	Digital I/O 4
12	CTS / DIO7	Ether	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / SLEEP / DIO9	Output	Module Status Indicator or Digital I/O 9
14	[reserved]	-	Do not connect
15	Associate / DIO5	Ether	Associated Indicator, Digital I/O 5
16	RTS / DIO6	Ether	Request-to-Send Flow Control, Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Ether	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Ether	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Ether	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0 / Commissioning Button	Ether	Analog Input 0, Digital I/O 0, or Commissioning Button

รูปค้ำขี้สแสดงขา Xbee



รูปแสดงวิธีการรีเซท

ประวัติผู้เขียน

ชื่อสกุล

นายอนุรักษ์ เชษฐ่ม

ประวัติการศึกษา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม
คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ปีที่สำเร็จการศึกษา 2549

1. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (เขต 1 ภาคกลาง)
46 หมู่ 6 ถนนสายเอเชีย ต.หันตรา อ.พระนครศรีอยุธยา
จ.พระนครศรีอยุธยา 13000

ตำแหน่ง : วิศวกร ระดับ 4

2. บริษัท มายด์คอมพิวเตอร์ โซลูชั่น จำกัด
54/64 อาคารบ้านช่างเผือก ชั้น 1 ถนนงามวงศ์วาน แขวง
วังทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ

ตำแหน่ง : ที่ปรึกษารายบริษัท

ประสบการณ์ ผลงานทางวิชาการ รางวัลหรือทุนการศึกษา

1. รางวัลรองชนะเลิศประเทศไทย จากการแข่งขัน
หุ่นยนต์ TPA ในระดับอุดมศึกษา ปี 2548
ที่ เดอะมอลล์ บางกะปิ
จัดโดย (สสท.) สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-
ญี่ปุ่น)
2. รางวัลรองชนะเลิศประเทศไทย จากการแข่งขัน
ABU Robot Contest 2005 ที่ เมืองทองธานี
จัดโดย บริษัท อสมท. จำกัด(มหาชน)
3. รางวัลนวัตกรรมยอดเยี่ยม ประเภทซอฟต์แวร์
จากงาน นวัตกรรมประจำปี ปี 2552 และ 2553
จัดโดย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (เขต 1 ภาคกลาง)
4. รางวัล Young Brand Smart Employee ปี 2553
จัดโดย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (สำนักงานใหญ่)