

บทที่ 3

การสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลมไร้สาย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลมไร้สายขึ้นมาจำนวน 2 ชุด โดยในแต่ละชุด จะเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ชนิดวัดความเร็วลม โดยเซ็นเซอร์ตัวนี้จะให้ค่าสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นพัลส์แต่เนื่องจากสัญญาณข้อมูลที่ได้จากส่วนนี้มีขนาดค่านานาๆ ในระดับมิลลิโวลต์ ระบบจึงนำสัญญาณข้อมูลส่วนนี้ไปปรับสภาพสัญญาณก่อน โดยต่อกับวงจรยกระดับแรงดันเพื่อให้ข้อมูลสัญญาณชุดนี้มีขนาดสูงขึ้น หลังจากนั้น ระบบจะนำข้อมูลส่วนนี้ไปเข้าวงจรเปลี่ยนรูปแรงดันเพื่อให้ได้ค่าข้อมูลสัญญาณที่มีความนิ่งเรียบและมีความแตกต่างของข้อมูลที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และมีการแปลงสัญญาณข้อมูลจากอนาล็อกให้เป็นสัญญาณข้อมูลแบบดิจิทัล เพื่อนำข้อมูลสัญญาณดิจิทัลส่วนนี้ส่งไปยังหน่วยประมวลผลหรือไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้หน่วยประมวลผลหรือไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ ประมวลผลข้อมูลจากแรงดันที่อุปกรณ์ตรวจวัดรับค่าได้ ซึ่งจะประมวลผลค่าข้อมูลให้กลายมาเป็นอัตราความเร็วลมต่อชั่วโมง พร้อมทั้งเก็บข้อมูลในระยะเวลา 60 นาทีแล้วนำค่าข้อมูลทั้งหมดนำมาเฉลี่ยให้เป็นอัตราความเร็วลมเฉลี่ยต่อ 60 นาที จึงทำให้ข้อมูลอัตราความเร็วลมในแต่ละวันจะมีการแบ่งเวลาเป็นช่วงๆ จำนวน 24 ค่าต่อวัน การทำงานในส่วนนี้ยังเป็นการแปลงสัญญาณข้อมูลจากดิจิทัลให้เป็นสัญญาณข้อมูลแบบข้อความ และนำชนิดข้อมูลอัตราความเร็วลมแบบข้อความนี้ส่งไปยังตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย เมื่อตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายรับค่าข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายย่อยนี้จะทำการส่งข้อมูลไปยังตัวตรวจจับสัญญาณสถานีฐาน โดยสถานีฐานเมื่อได้รับค่าข้อมูลที่ตรงตามที่ออกแบบไว้ ก็จะทำการส่งข้อมูลอัตราความเร็วลมเฉลี่ยต่อชั่วโมงในระยเวลานั้นๆ ไปยังหน่วยประมวลผลหรือไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ MCS-51 เมื่อหน่วยประมวลผลของสถานีฐานได้รับข้อมูลจากตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายแล้ว ก็จะทำการส่งผ่านข้อมูลอัตราความเร็วลมเฉลี่ยที่ได้ไปเก็บหรือบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ โดยจะส่งข้อมูลผ่านทาง การเชื่อมต่อแบบอนุกรม ในส่วนของหน่วยความจำที่ใช้ในระบบนี้จะเป็นหน่วยความจำชนิด SD Card

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย

3.1.1 ศึกษาหลักการทำงานของระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย

ทำการศึกษาทฤษฎีต่างๆ ของระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย แล้วนำเอาทฤษฎีที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยที่นำเสนอ

3.1.2 ศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

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

3.1.3 ศึกษาหลักการทำงานของอัลกอริทึมที่ใช้ในระบบ

ทำการศึกษาทฤษฎีต่างๆ เพื่อใช้จัดการส่วนต่างๆ ของระบบ เช่น เพื่อจัดการค่าข้อมูลในระบบ จัดการการสื่อสารในระบบ และการควบคุมระบบ เพื่อให้ระบบมีความฉลาด มีการติดต่อสื่อสารที่รวดเร็วและแม่นยำ มีการจัดการข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ

3.1.4 ทดสอบอุปกรณ์และอัลกอริทึมที่ใช้ในระบบ

ทำการทดสอบอุปกรณ์และอัลกอริทึมที่ได้จัดเตรียมและศึกษาข้อมูล เพื่อยืนยันในผลลัพธ์และวิธีการทำงานที่สามารถใช้ได้จริง

3.1.5 ออกแบบระบบที่ทำกรวิจัย

ทำการออกแบบระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณไร้สาย โดยในส่วนนี้ได้้นำเอาซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการออกแบบระบบมาช่วยจัดการ ซึ่งซอฟต์แวร์เหล่านี้จะทำให้มีการจัดระเบียบและเป็นข้อมูลอ้างอิงในการออกแบบได้ดี ในการออกแบบงานวิจัย จะทำการออกแบบทั้งส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่มีอยู่ในระบบทั้งหมดพร้อมกัน ซึ่งจะทำให้ทราบถึงภาพรวมของโครงสร้างงานวิจัยทั้งหมด

3.1.6 พัฒนาโปรแกรมรับส่งข้อมูล

หลังจากออกแบบระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณไร้สายเสร็จทั้งหมดแล้ว จะทำการพัฒนาโปรแกรมในภาคติดต่อสื่อสารก่อนเป็นลำดับแรก ซึ่งก็คือการรับส่งข้อมูลของตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย และการรับส่งข้อมูลระหว่างวงจรต่างๆ กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพราะส่วนการรับส่งข้อมูลเป็นส่วนสำคัญและใช้งานบ่อยที่สุดในระบบนี้

3.1.7 พัฒนาโปรแกรมการควบคุมและเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ

หลังจากพัฒนาโปรแกรมรับส่งข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะทำการพัฒนาโปรแกรมการควบคุมและการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ โดยในส่วนนี้จะเป็นการจัดการด้านการประมวลผลข้อมูล

ของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก และการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ในที่นี้คือ การรับค่าข้อมูลจากวงจรเปลี่ยนรูปสัญญาณ การรับค่าข้อมูลจากตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย การส่งค่าข้อมูลไปยังตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย และการส่งค่าข้อมูลไปยังวงจรบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ

3.1.8 นำงานวิจัยไปทดสอบและใช้งาน

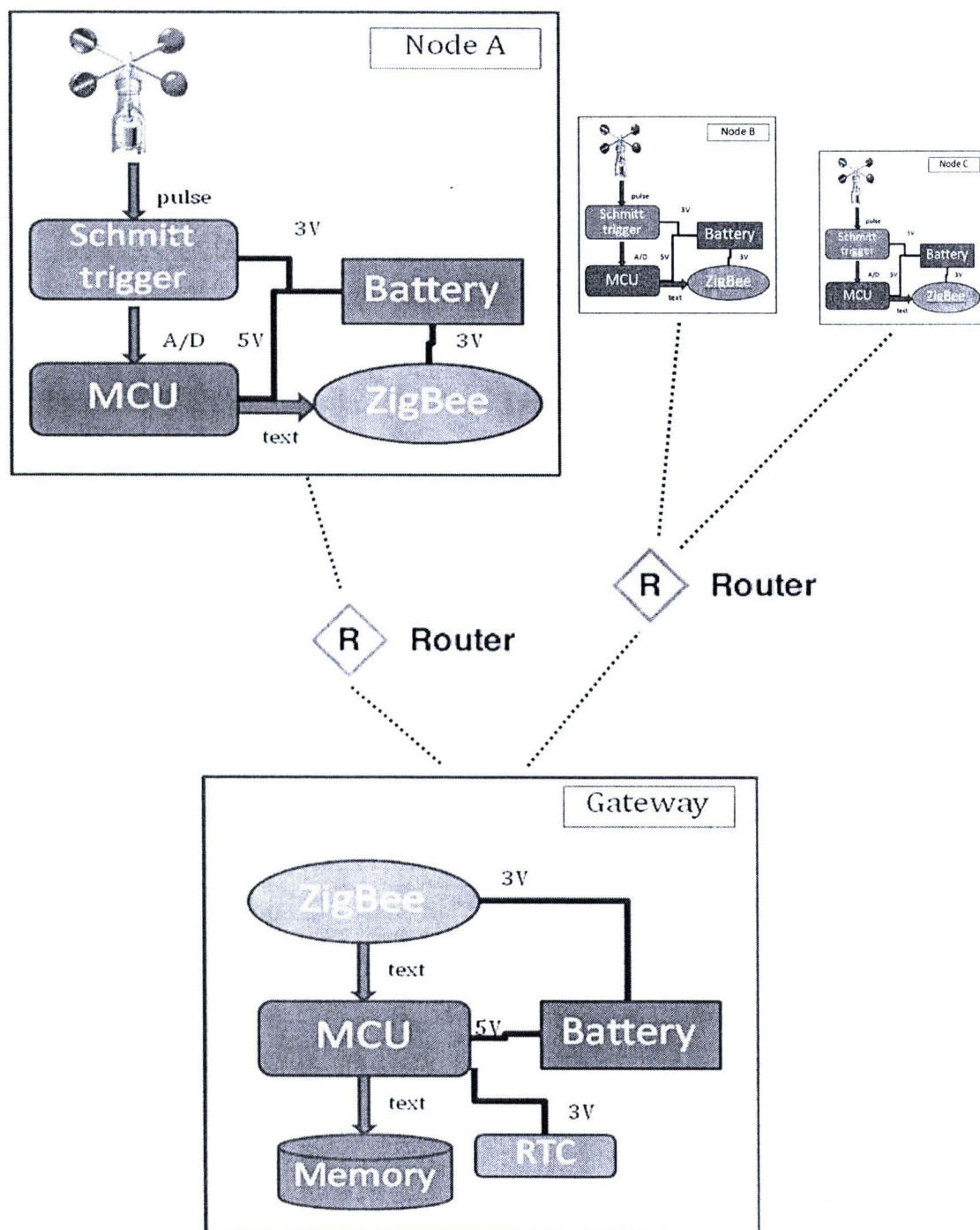
นำระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายที่พัฒนาเสร็จเรียบร้อยแล้วไปทดสอบการทำงานจริงเพื่อให้ทราบว่าการทำงานจริงเป็นอย่างไร ข้อมูลที่ได้เป็นอย่างไรบ้าง

3.1.9 วิเคราะห์และสรุปผล

หลังจากใช้งานระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายจริงแล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทำงานของระบบมารวบรวมและวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุต่างๆ ที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นปัญหาในด้านต่างๆ ผลลัพธ์ที่ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงหรือไม่ เมื่อวิเคราะห์เสร็จแล้วก็ทำการสรุปผลงานที่ทำการวิจัย โดยใช้ข้อมูลจากการนำระบบไปทดสอบเพื่อให้ทราบว่าประสิทธิภาพของระบบนั้นเป็นอย่างไร

3.1.10 รวบรวมข้อมูลที่ได้จัดทำวิทยานิพนธ์

ทำการรวบรวมข้อมูลของระบบทั้งหมด เพื่อจัดทำเป็นวิทยานิพนธ์



รูปที่ 3.1 แผนภาพโครงสร้างของระบบ

3.2 แนวทางการวิจัยและพัฒนาระบบ

ระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนั้นมีการนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดหรือนำไปใช้ในระบบอื่นๆ มากมาย ซึ่งเทคโนโลยีนี้ได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและมีการนำไปประยุกต์ใช้มากมายในปัจจุบันรวมถึงอนาคต แต่วิธีการที่นำเทคโนโลยีเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนั้น จะเป็นการพัฒนาหรือการนำไปใช้แบบบำรุงรักษา ใฝ่ระวัง หรือตรวจสอบสภาพแวดล้อมหรือลักษณะของข้อมูลบางอย่างเกือบทั้งหมด มีน้อยมากที่จะใช้เทคโนโลยีเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้ในเชิงสร้างผลงาน หรือนำเอาข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์เพื่อไปใช้งานต่างๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคโนโลยีในเชิงเก็บผลของข้อมูล เพื่อนำเอาข้อมูลนี้ไปวิเคราะห์และช่วยในการตัดสินใจในการสร้างอุปกรณ์กักหนัลดผลกระทบไฟฟ้า โดยเหตุผลสำคัญของการจัดทำงานวิจัยนี้คือ ในปัจจุบันประเทศไทยมีการติดตั้งกักหนัลดผลผลิตไฟฟ้าอยู่จำนวนหนึ่ง แต่ส่วนใหญ่ไม่สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ อันเนื่องมาจากสาเหตุมีพลังงานลมเฉลี่ยไม่มากเพียงพอจึงทำให้มีผลเสียกับระบบและโครงการการติดตั้ง

โดยแนวทางการวิจัยนี้ได้มีแนวคิดริเริ่มมาจากการเห็นกักหนัลดผลผลิตกระแสไฟฟ้าที่ติดตั้งแล้วไม่ค่อยหมุนนักหรือทำงานได้ไม่เต็มที่นั่นเอง อันเนื่องมาจากความเร็วลมหรือปริมาณลมไม่เพียงพอ และในต่างประเทศได้มีการนำเอาเทคโนโลยีการตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายมาช่วยบำรุงรักษากักหนัลดผลผลิตกระแสไฟฟ้าไม่ให้เกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากความเร็วลมที่แรงจนเกินไป หรือเกิดการสั่นสะเทือนของตัวกักหนัมากเกินไป งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะจัดการในขั้นตอนก่อนสร้างกักหนัลดผลผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อที่จะลดการสูญเสียในด้านค่าใช้จ่าย ในด้านระยะเวลาการทำงาน และในด้านการได้มาของพลังงานไม่เพียงพอ ลดการติดตั้งกักหนัลดในพื้นที่ที่มีอัตราความเร็วลมไม่เพียงพอ ลดอันตรายที่จะเกิดจากการทำงานผิดพลาดของกักหนัลด งานวิจัยชิ้นนี้จึงได้นำเอาเทคโนโลยีตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย นำมาใช้ตรวจจับอัตราความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ที่จะทำการติดตั้งหรือทำการเก็บข้อมูล เพื่อสามารถนำข้อมูลอัตราความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่นั้นมาวิเคราะห์และช่วยตัดสินใจในการจะเริ่มติดตั้งกักหนัลดผลผลิตกระแสไฟฟ้า

3.3 อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย

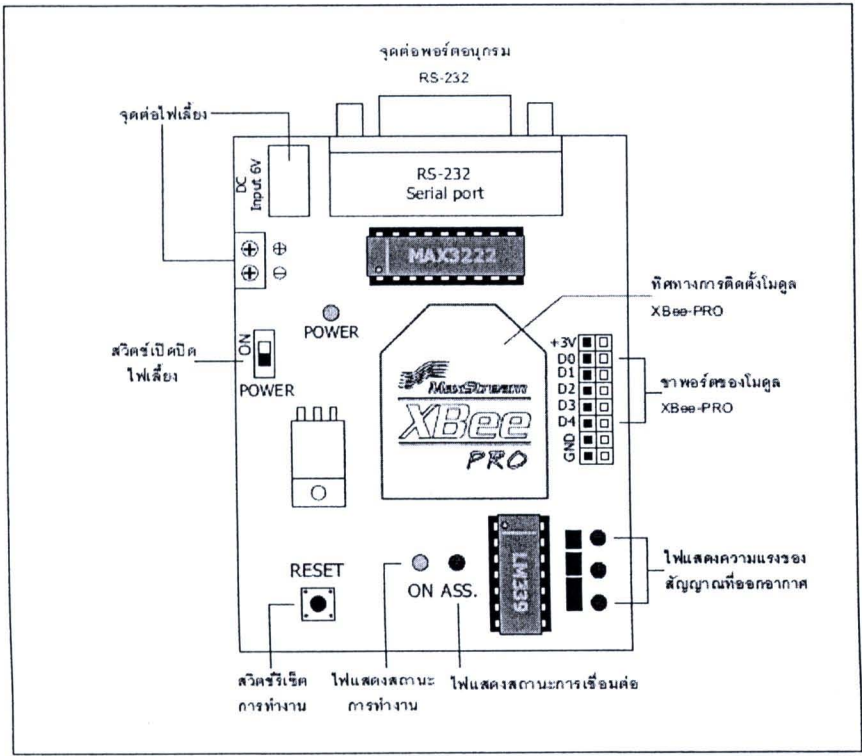
ในระบบนี้ใช้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายตระกูล Zigbee โดยเป็นอุปกรณ์ที่มี Microcontroller และ RF IC อยู่ภายใน ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ Transceiver (อุปกรณ์ที่สามารถรับ-ส่งสัญญาณ) แบบ Half Duplex ทำงานในย่านความถี่ 2.4GHz มีการจัดการการทำงานโดยใช้พลังงานต่ำ ใช้งานง่าย มีช่องทางการเชื่อมต่อที่ใช้รับและส่งข้อมูลกับ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

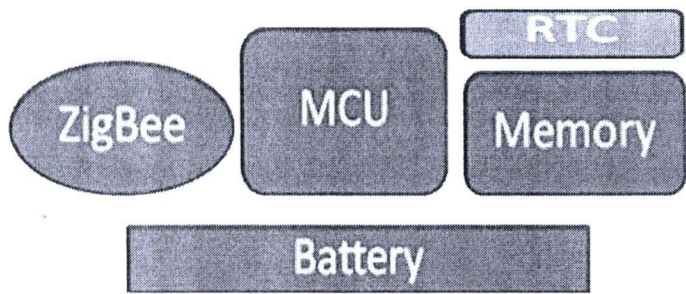
- 1) ความถี่ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร 2.4 GHz
- 2) ใช้สายสัญญาณแบบ SMA
- 3) ระยะทำการในพื้นที่ร่ม สูงสุดประมาณ 100 เมตร
- 4) ระยะทำการในพื้นที่กลางแจ้ง (LOS) สูงสุดประมาณ 1,500 เมตร
- 5) กำลังในการส่ง 60 mW (18 dBm)
- 6) ความเร็วในการรับสัญญาณ -100dBm (1% packet error rate)
- 7) ขนาด 0.96×1.297 นิ้ว หรือ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

3.3.2 คุณสมบัติด้านการสื่อสารข้อมูลของตัวตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย

- 1) สามารถทำงานเป็นตัวยูปรณ์ทั้งตัวหลักหรือตัวรองได้
- 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) ทางเลือกแอคเครส สามารถเลือกได้ทั้ง กลุ่มของเครือข่าย (PAN ID), ช่องสัญญาณ (Channel), แอคเครส (Address) สำหรับแอคเครสสามารถกำหนดแอคเครสได้มากถึง 65,000 รหัส
- 6) เทคโนโลยีในการกระจายคลื่นสัญญาณ DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
- 7) รองรับการทำงานแบบ API และ AT Command
- 8) รองรับมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา แคนาดา ยุโรป และญี่ปุ่น

3.4 หลักการทำงานของอุปกรณ์บนเครือข่ายไร้สาย

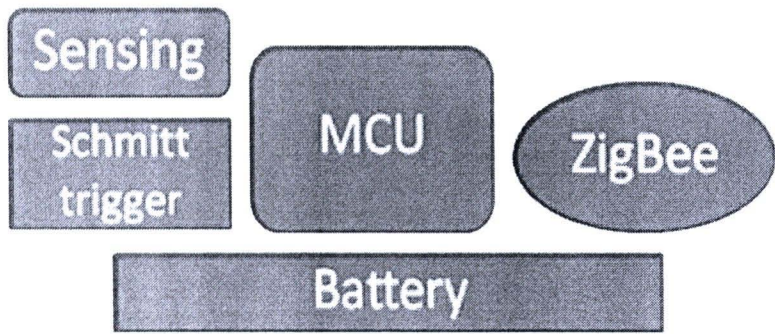
สถานีฐาน (Gateway) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวตรวจจับสัญญาณหรือจากสถานีย่อย (End Node) เพื่อทำการประมวลผลข้อมูล แล้วนำข้อมูลที่รับได้ไปบันทึกลงหน่วยความจำ การออกแบบสถานีฐานนี้จะออกแบบให้มีการบันทึกข้อมูลความเร็วลมในแต่ละชั่วโมง จากสถานีย่อย (End Node) เป็นหลัก โดยบันทึกข้อมูลแบบข้อความลงหน่วยความจำ



รูปที่ 3.4 องค์ประกอบส่วน Gateway

ส่วนประกอบของสถานีฐานหรือ Gateway ประกอบด้วย ตัวรับส่งสัญญาณแบบไร้สาย คือ ZigBee รุ่น Xbee XBP24-DMWIT-250-revA, ไมโครบอร์ดCP-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 นำมาประมวลผล แล้วส่งข้อมูลไปยัง Gateway ผ่านทางการสื่อสารแบบไร้สาย



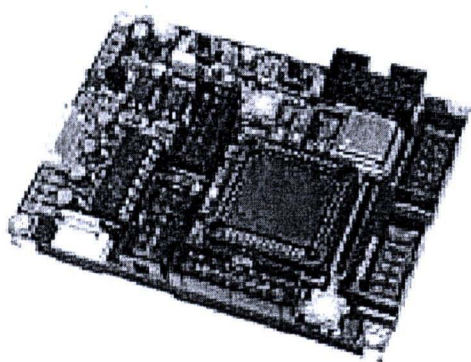
รูปที่ 3.5 องค์ประกอบส่วน End Node

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

3.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครโปรเซสเซอร์

ส่วนการประมวลผลข้อมูล ปัญหาในส่วนนี้คือความถูกต้องแม่นยำจากการคำนวณ ความเร็วรวมจากอุปกรณ์ที่ตรวจจับสัญญาณ ในส่วนนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องประมวลผลข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ทำให้ในงานวิจัยนี้ต้องใช้ฮาร์ดคอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการประมวลผล และมีการรับค่าข้อมูลที่รวดเร็ว ซึ่งก็คือการใช้งานฟังก์ชันอินเตอร์รัพท์ ฟังก์ชันไทมเมอร์ และการรับส่งข้อมูลผ่านการเชื่อมต่อแบบอนุกรม

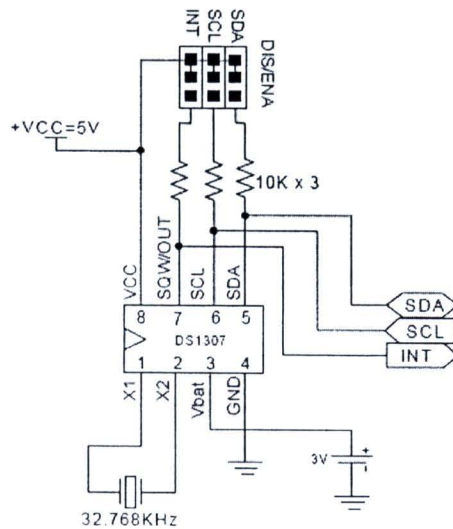
โดยในการประมวลผลความเร็วรวม มีการรับค่าข้อมูลมายังหน่วยประมวลผลผ่านช่องสัญญาณอินเตอร์รัพท์ภายนอก ซึ่งวิธีการนี้ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้หลายอย่างพร้อมกัน หรือทำงานคู่ขนานกับงานอื่นได้ ทำให้การรับค่าข้อมูลของระบบมีความรวดเร็ว และเป็นอิสระต่อการทำงานในส่วนอื่น โดยระบบสามารถทำงานคู่ขนานกันระหว่างการรับข้อมูลสัญญาณภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์กับการประมวลผลชุ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



รูปที่ 3.6 โมดูลบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51AC3

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

จากรูปที่ 3.10 เป็นโมดูลจัดการเวลาจริง ET-MINI DS1307 เป็นชุด I²C 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

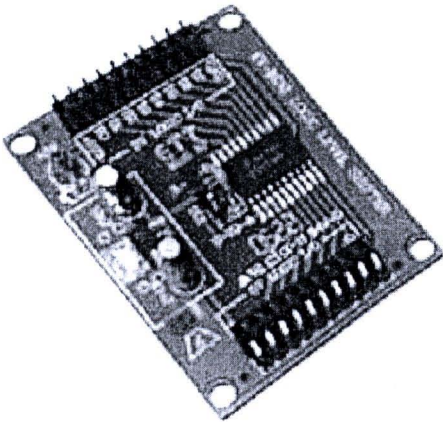


รูปที่ 3.11 โครงสร้างการเชื่อมต่อวงจรของโมดูลบอร์ด ET-MINI DS1307

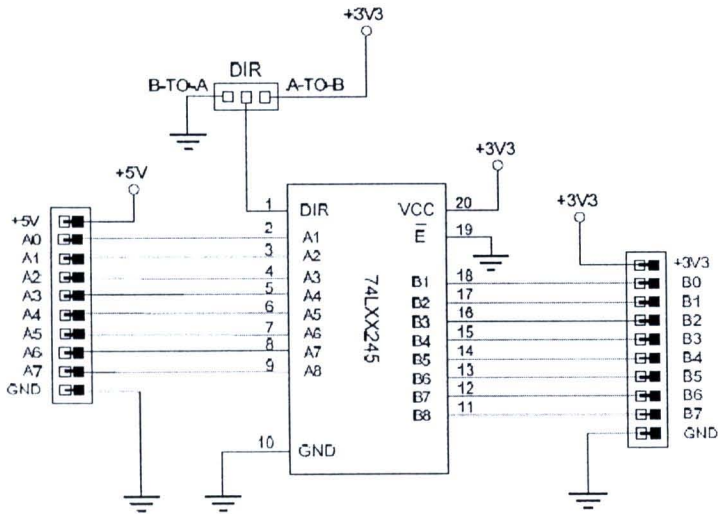
ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550 ที่ใช้ในสถานียานนั้น จะใช้สำหรับประมวลผลในส่วนของการแยกแยะข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณไร้สายย่อยหรือ End Node ว่าข้อมูลที่ได้รับนั้นถูกต้องหรือไม่ ข้อมูลที่ได้รับนั้นมาจากอุปกรณ์ตัวใด และข้อมูลที่ได้รับนั้นมีระยะเวลาถูกต้องตามที่กำหนดไว้หรือไม่ เมื่อข้อมูลดังกล่าวถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้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

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

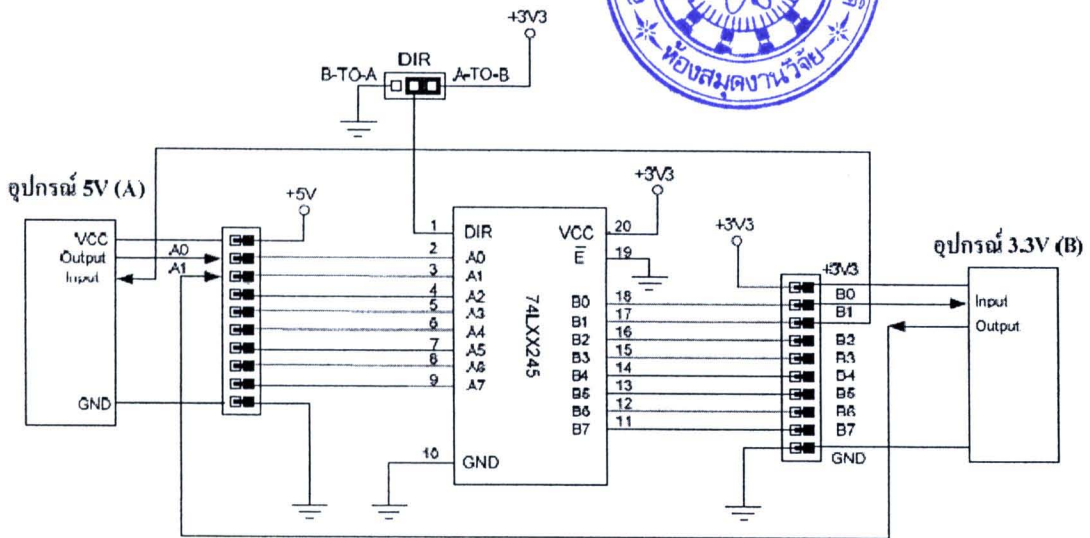
อุปกรณ์สำหรับปรับเปลี่ยนแรงดัน คือ ET MINI LOGIC LEVEL เป็นวงจรที่ใช้ในการเชื่อมต่อสัญญาณลอจิกระหว่างอุปกรณ์ประเภท 5V กับอุปกรณ์ประเภท 3.3V (หรือ 3V) โดยจะใช้ไอซีบัฟเฟอร์ 74LXX245 เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อ ซึ่งจากคุณสมบัติของ ไอซีดังกล่าวที่ทำงานที่ระดับแรงดัน 3.3V แต่สามารถรองรับแรงดันอินพุตได้ถึง 5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



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

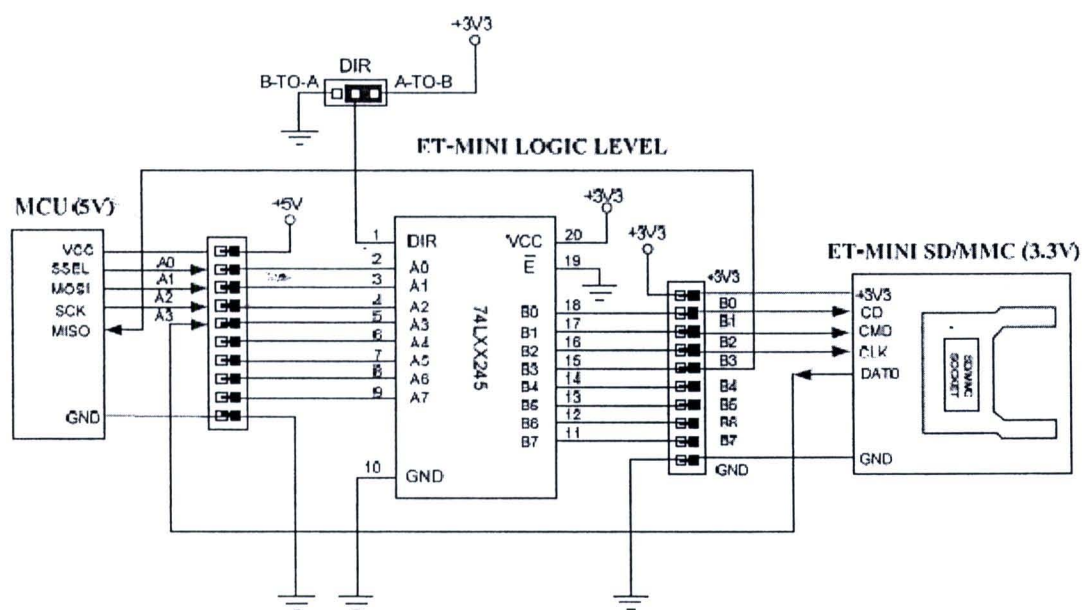


รูปที่ 3.13 โครงสร้างโมดูลวงจรอุปกรณ์เชื่อมต่อแรงดัน ET MINI LOGIC LEVEL



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างการเชื่อมต่ออุปกรณ์ 5 โวลต์กับอุปกรณ์ 3 โวลต์

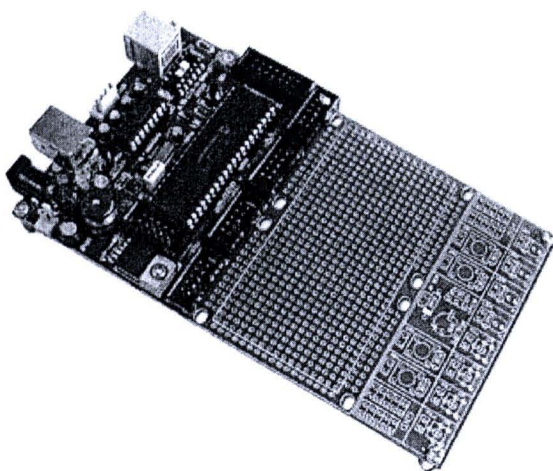
จากวงจรเป็นการเชื่อมต่อสัญญาณลอจิกระหว่างอุปกรณ์ 5V กับอุปกรณ์ 3V โดยการต่อขาสัญญาณ Output ของอุปกรณ์ A ไปเข้ากับขาสัญญาณ Input ของอุปกรณ์ B และ ขาสัญญาณ Output ของอุปกรณ์ B ไปเข้าที่ขาสัญญาณ Input ของอุปกรณ์ A ซึ่งเนื่องจากการกำหนดทิศทางของสัญญาณ (Direction) ของไอซี 74LXX245 จะกำหนดทั้งหมด 8 บิต ไม่สามารถกำหนดในแต่ละบิตได้ 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 มีอุปกรณ์ควบคุมการเขียนข้อมูลด้วยไมโครบอร์ด CP-PIC USB/4550 เป็นโมดูลสำหรับประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากฝั่งสถานีย่อยผ่านทางอุปกรณ์เครือข่ายสัญญาณแบบไร้สาย (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 สาเหตุที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และหน่วยความจำที่กล่าวมาข้างต้นนี้เนื่องจากมีราคาถูก พัฒนาได้ง่าย และสามารถนำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นได้สะดวก โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 เป็นตัวประมวลผล



รูปที่ 3.16 โมดูลสำเร็จรูปสำหรับบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ

3.7 เซ็นเซอร์หรือตัวตรวจวัดข้อมูล

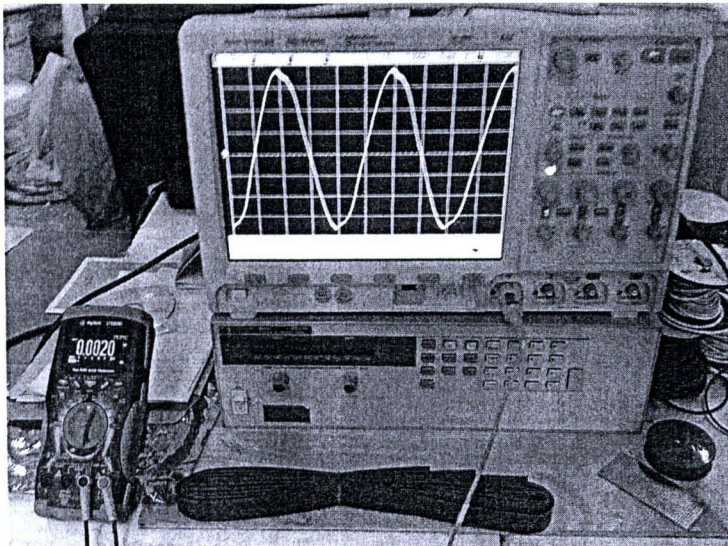
ในระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้ เป็นระบบที่ต้องทำการตรวจวัดค่าความเร็วลม เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการสร้างกั้นกันลมผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งค่าข้อมูลที่สำคัญของระบบนี้ก็คือความเร็วลม ทำให้ต้องใช้อุปกรณ์ตรวจวัดค่าข้อมูลหรือเซ็นเซอร์ ที่สามารถตรวจวัดอัตราความเร็วลมได้อย่างต่อเนื่องและแม่นยำ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม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

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



รูปที่ 3.17 อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer)

การทำงานของแอนนิโมมิเตอร์นี้สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องใช้พลังงานหล่อเลี้ยง สามารถตรวจจับสัญญาณได้เมื่อมีกระแสลมพัดผ่านอุปกรณ์ กระแสลมจะพัดผ่านจนทำให้แกนขดลวดมีการหมุนตัว เมื่อแกนขดลวดภายในตัวแอนนิโมมิเตอร์นี้หมุนตัวครบ 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 โดยการจับเวลาจะใช้ฟังก์ชันไทเมอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 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

ในส่วนนี้จะเกิดขึ้นแทบทุกส่วนที่มีการส่งผ่านข้อมูลจากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่ง ที่ไม่ใช่การส่งผ่านข้อมูลแบบไร้สาย โดยการทำงานในส่วนนี้นั้นจะเกิดขึ้นหลายส่วนคือ

3.8.1.1 ส่วนของสถานีย่อยที่ทำการรับสัญญาณ พัลส์จากตัวตรวจจับสัญญาณความเร็วลม จะนำสัญญาณข้อมูลพัลส์ที่รับได้ส่งผ่านไปยังส่วนยกระดับแรงดัน

3.8.1.2 ส่วนของสถานีย่อยที่ทำการเปลี่ยนรูปแรงดัน โดยสัญญาณส่วนนี้จะได้รับจากการยกระดับแรงดัน มายังวงจรปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน (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) โดยข้อมูลที่ส่งผ่านในส่วนนี้จะข้อมูลแบบดิจิทัล ข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบข้อความหรือแบบ text ประกอบไปด้วยค่าข้อมูลของอัตราความเร็วลมเฉลี่ยในระยะเวลาที่ประมวลผล และข้อมูลรหัสอุปกรณ์เครือข่ายสัญญาณไร้สายของตัวที่ส่งข้อมูล โดยข้อมูลที่ติดต่อสื่อสารกันในส่วนนี้นั้นจะทำการเข้ารหัสสัญญาณไว้เพื่อความปลอดภัยของข้อมูลในระดับหนึ่ง และในเครือข่ายนี้จะทำการกำหนด ID ของเครือข่ายเพื่อป้องกันการรบกวนจากเครือข่ายอื่น

3.8.3 ติดต่อสื่อสารผ่านการเชื่อมต่อแบบอนุกรม

ส่วนของสถานีย่อยที่ทำการส่งข้อมูลความเร็วลมที่ประมวลผลได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งอยู่ในรูปแบบข้อความ (text) ส่งไปยังอุปกรณ์เครือข่ายสัญญาณแบบไร้สาย (Wireless Sensor Network) โดยส่งค่าข้อมูลจากขาเอาต์พุตของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังขาอินพุตของตัวส่งสัญญาณแบบไร้สาย ซึ่งในส่วนนี้จะติดต่อสื่อสารกันในรูปแบบอนุกรม (RS232)

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

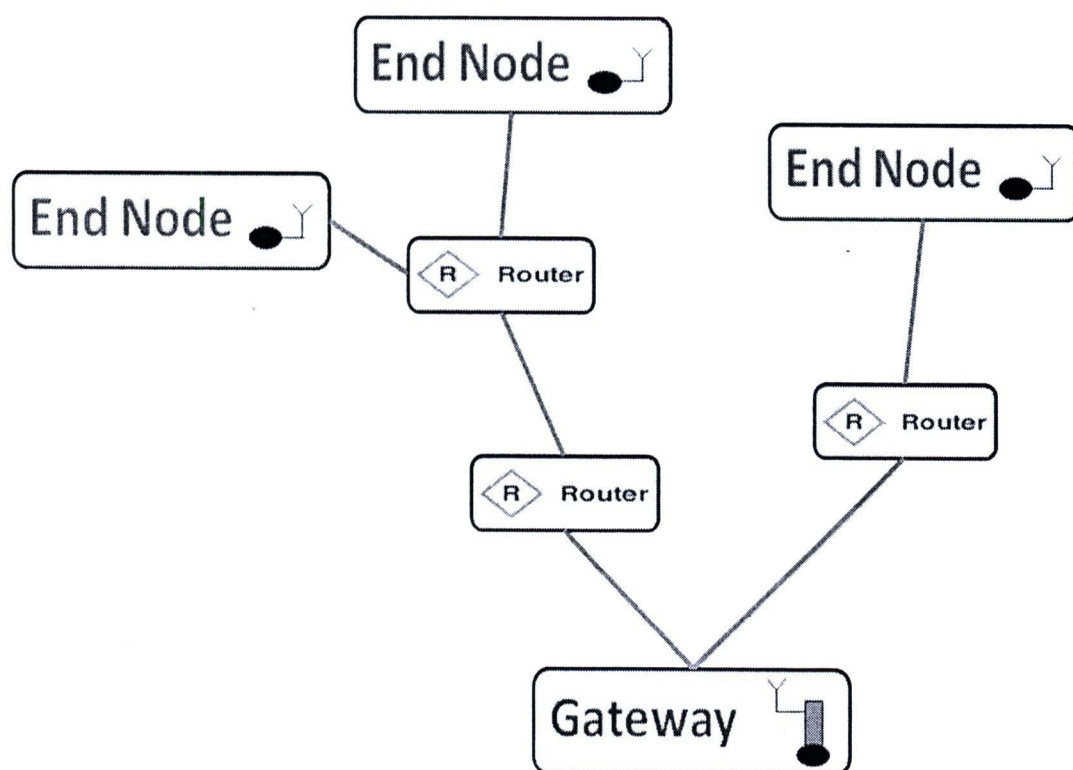
3.8.4 ติดต่อสื่อสารผ่านการเชื่อมต่อแบบ SPI (Serial Peripheral Interface)

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 พร้อมทำงานต่อไปได้

การติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างสถานีย่อยกับสถานีฐานในงานวิจัยนี้นั้น 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

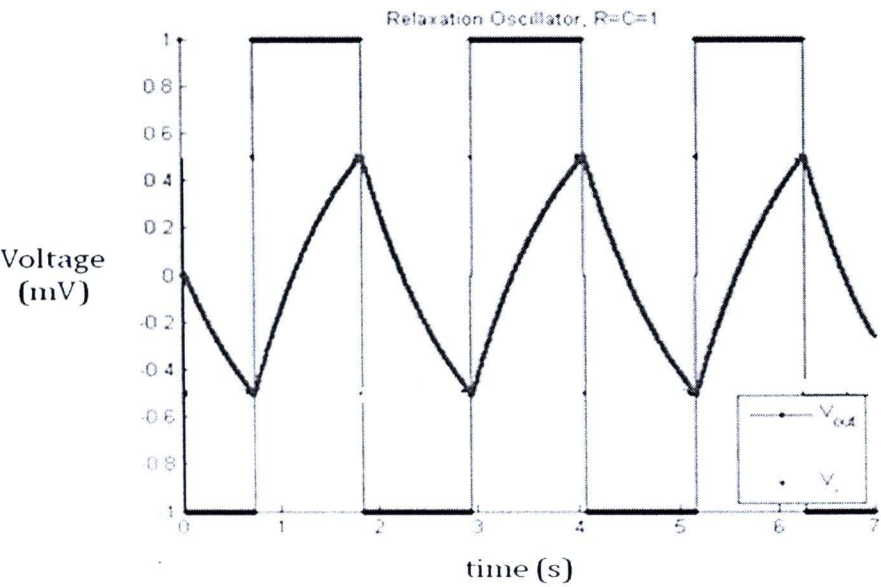
3.9 วงจรปรับเปลี่ยนแรงดัน

การจัดการค่าข้อมูลที่ได้จากตัวตรวจจับค่าความเร็วลม ปัญหาในส่วนนี้คือ รูปแบบและขนาดของค่าข้อมูลที่ได้นั้น 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

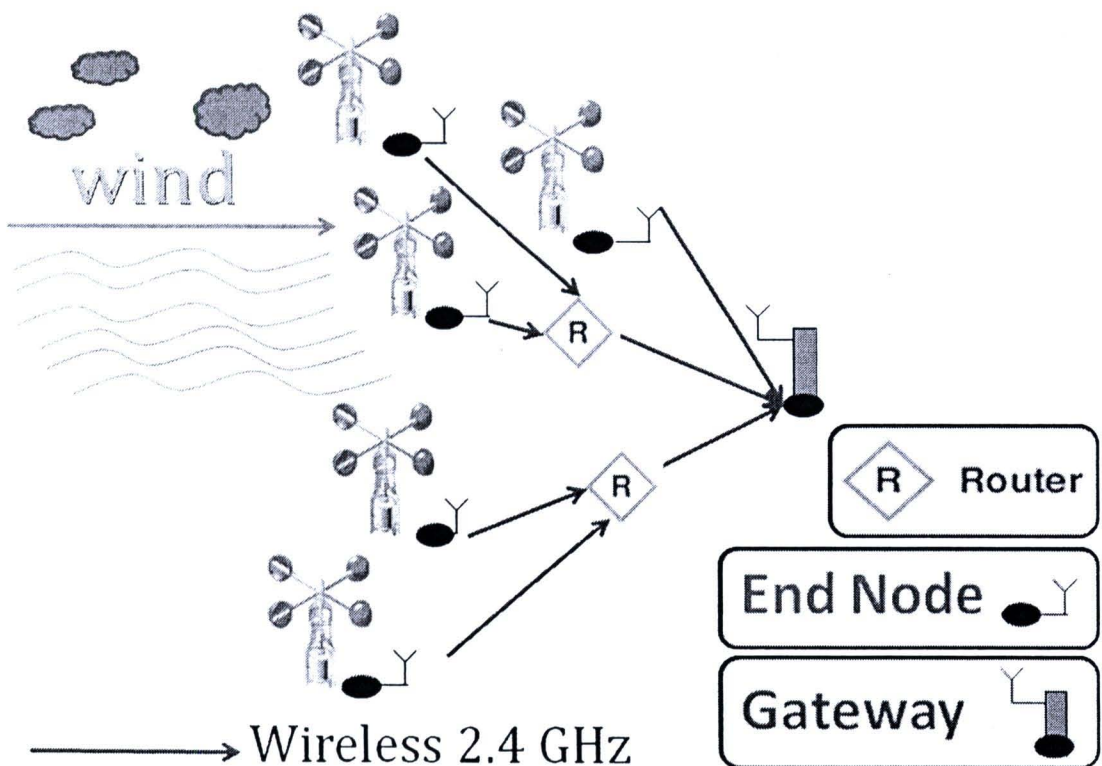
จากรูปที่ 3.20 จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ (Anemometer) นั้นจะมีค่าต่ำมาก โดยมีค่าข้อมูลเพียง 0.0020 โวลต์ หรือ 2 มิลลิโวลต์ ซึ่งจากขนาดข้อมูลในระดับนี้นั้น จะสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้งานหรือจัดการต่อได้ยาก เพราะมีขนาดที่ต่ำมาก เราจึงต้องทำการปรับขั้วระดับแรงดันให้สูงขึ้นเพื่อสามารถจัดการกับข้อมูลได้สะดวกยิ่งขึ้นโดยใช้วงจรปรับขั้วแรงดันและป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



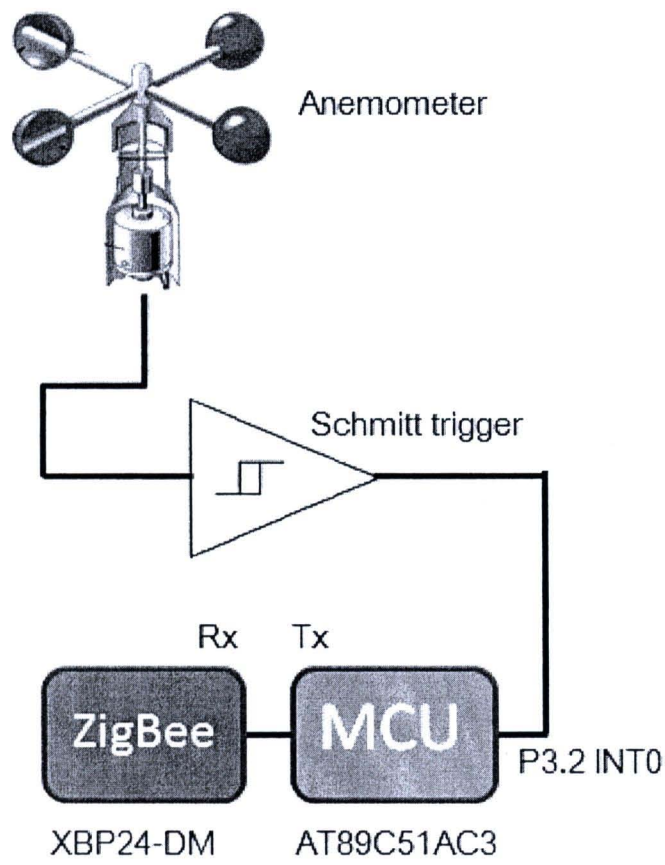
รูปที่ 3.21 สัญญาณอินพุตเปรียบเทียบกับสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรหมิททริกเกอร์

3.10 การเชื่อมต่ออุปกรณ์

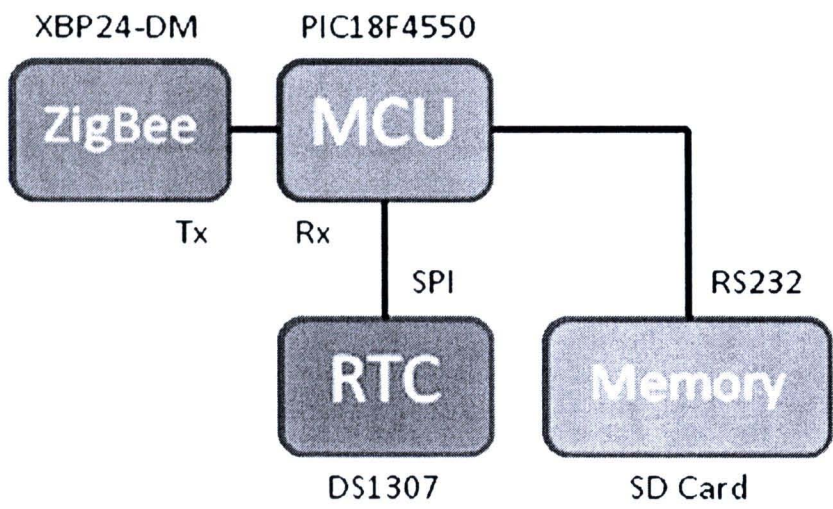
เนื่องจากสัญญาณข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer) นั้นจะมีขนาดของข้อมูลต่ำมาก จึงทำให้การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ในส่วนตรวจวัดข้อมูลความเร็วลม มีการเชื่อมต่อกับวงจรปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน เพื่อปรับปรุงสัญญาณข้อมูลที่ได้อาจให้สูงขึ้น สามารถแยกแยะความแตกต่างของข้อมูลสัญญาณข้อมูลได้ง่าย และสามารถส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลได้สะดวก โดยการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างสถานีย่อยกับสถานีฐานนั้นจะมีการติดต่อกันทางระบบไร้สาย (ความถี่ 2.4 GHz) โดยมีตัวกลางในการส่งผ่านข้อมูล (Router) คอยทำหน้าที่ค้นหาเส้นทางในการรับส่งข้อมูล การเชื่อมต่ออุปกรณ์บนสถานีฐานระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์บันทึกข้อมูลนั้นจะทำการเชื่อมต่อแบบอนุกรม และไมโครคอนโทรลเลอร์ทางฝั่งสถานีย่อยและสถานีฐานจะทำการติดต่อกับอุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณไร้สายแบบอนุกรมเช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 3.23 และ 3.24



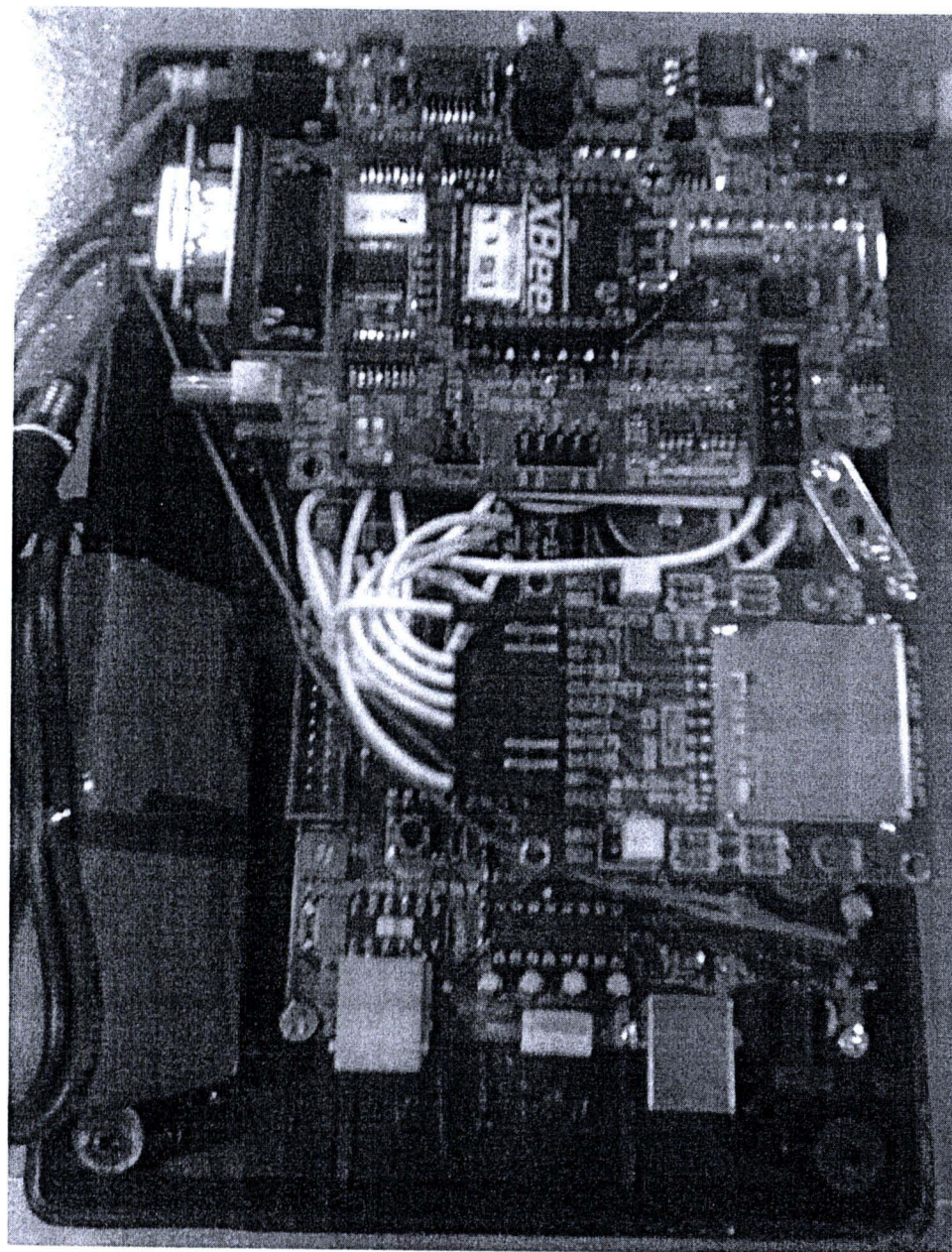
รูปที่ 3.22 การเชื่อมต่อสื่อสารของระบบ



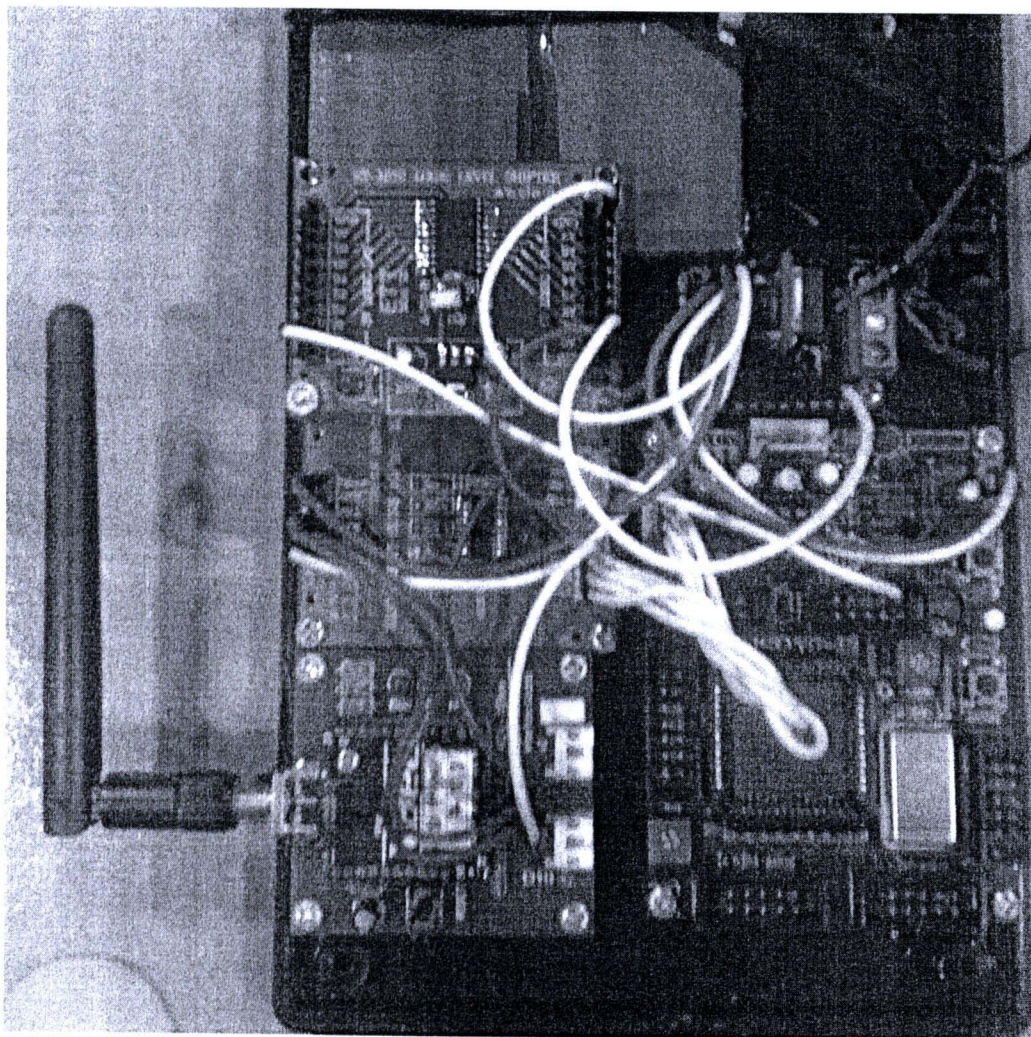
รูปที่ 3.23 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของสถานีย่อย



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 ทำให้โอกาสที่จะมีการทำงานซ้ำซ้อนหรือทำงานผิดพลาดมีน้อย หรือถ้ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นในระบบไม่ว่าส่วนใด ผู้ดูแลระบบจะสามารถตรวจสอบหาที่มาหรือสาเหตุได้ง่าย

2) มีการจัดการข้อมูลหรือการทำงานแบบทิศทางเดียว ทำให้โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดหรือการชนกันของข้อมูลมีน้อย

แต่โอกาสที่จะเกิดปัญหาขึ้นในระบบก็ยังมีอยู่ เนื่องจากการทำงานของระบบเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้ มีการส่งผ่านข้อมูลกันในหลายๆ ส่วน จึงทำให้ ถ้ามีส่วนใดส่วนหนึ่ง หรืออุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งเกิดความผิดพลาด ก็จะทำให้ระบบเกิดความผิดพลาดและเสียหายตามไปด้วย

3.12 การจัดการด้านพลังงาน

อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทหนึ่ง ที่ต้องการพลังงานจากแหล่งจ่าย ซึ่งถ้าระบบไม่ได้ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากภายนอก แต่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ถ้าระบบสามารถประหยัดพลังงานได้ จะทำให้ระบบทำงานได้ในระยะเวลานานขึ้น มีประสิทธิภาพมากขึ้นจากการทำงานอย่างต่อเนื่อง และที่สำคัญคือ จะทำให้ระบบสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก โดยไม่ต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่หรือแหล่งพลังงานบ่อยครั้ง

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

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

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบการใช้พลังงานของระบบ เพื่อต้องการทราบถึงระยะเวลาการทำงาน โดยอาศัยแหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่ทั้งระบบ 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 โดยมีตัวอย่างของข้อมูล que ทำการส่งไปยังสถานีฐานดังนี้

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 ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะเป็ข้อมูลส่วนสุดท้ายที่จะทำการเขียนหรือบันทึกลงหน่วยความจำ 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 โดยมีการจับเวลาจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ และรับค่าข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับ เมื่อได้ข้อมูลทั้ง 2 ส่วนข้างต้นสามารถคำนวณหาความเร็วลม ในช่วงเวลานั้นๆ ได้ เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถตรวจจับสัญญาณจากอินเตอร์รัพท์ภายนอก 300 ครั้ง ในระยะเวลา 60 วินาที ค่าความเร็วลมในช่วงระยะเวลาดังกล่าว จะคำนวณได้ดังนี้

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

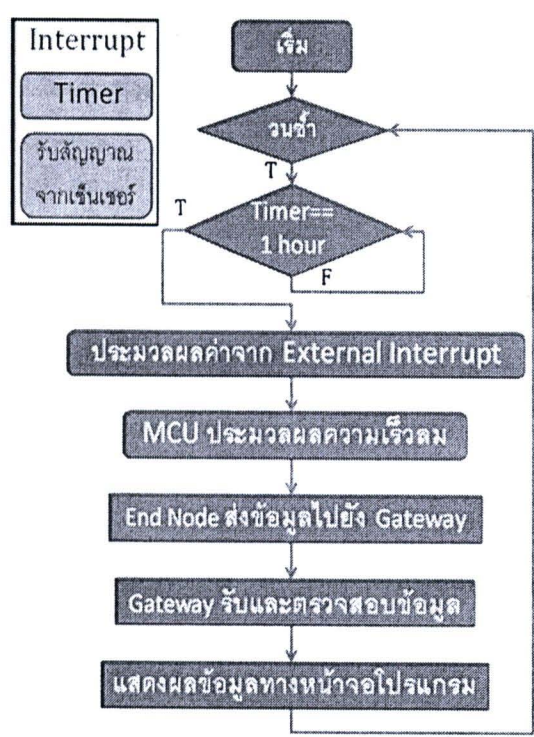
ดังนั้น ค่าความเร็วลมในระยะเวลา 60 วินาที ที่ทำการตรวจวัดจะเท่ากับ 12.5 เมตรต่อวินาที (m/s)

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

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

โปรแกรมสำหรับอ่านค่าข้อมูลที่บันทึกได้จากระบบ มาแสดงผลในรูปแบบของกราฟความเร็วลมเปรียบเทียบกับเวลาที่ตรวจวัดค่าได้

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 ตัวอย่างอัลกอริทึมของโปรแกรมที่พัฒนาเพื่อทดสอบการทำงานของระบบ

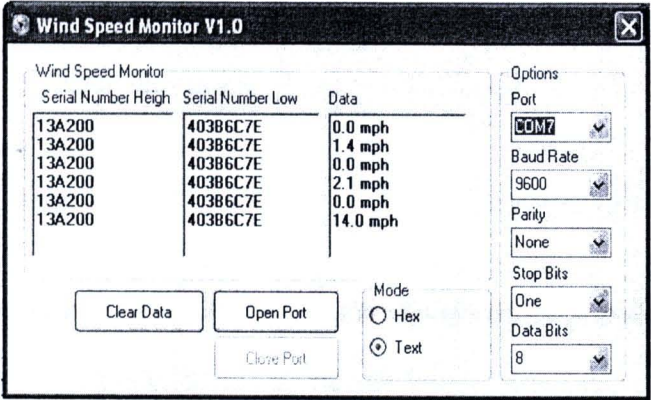
จากรูปที่ 3.28 เป็นตัวอย่างอัลกอริทึมของโปรแกรมทดสอบการทำงานของระบบ มี ส่วนของฟังก์ชันอินเตอร์รัพท์ภายนอก และฟังก์ชันไทมเมอร์ โดยการทำงานของฟังก์ชัน อินเตอร์รัพท์ภายนอกนั้น จะเป็นการรับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับความเร็วลม ผ่านทาง ช่องสัญญาณอินเตอร์รัพท์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งข้อมูลนี้ก็คือจำนวนรอบการหมุนของ 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