

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน
A Wireless Sensor Network Prototype for Environmental
Monitoring in Greenhouses



ทุนอุดหนุนการวิจัยจากรายได้มหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2553

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

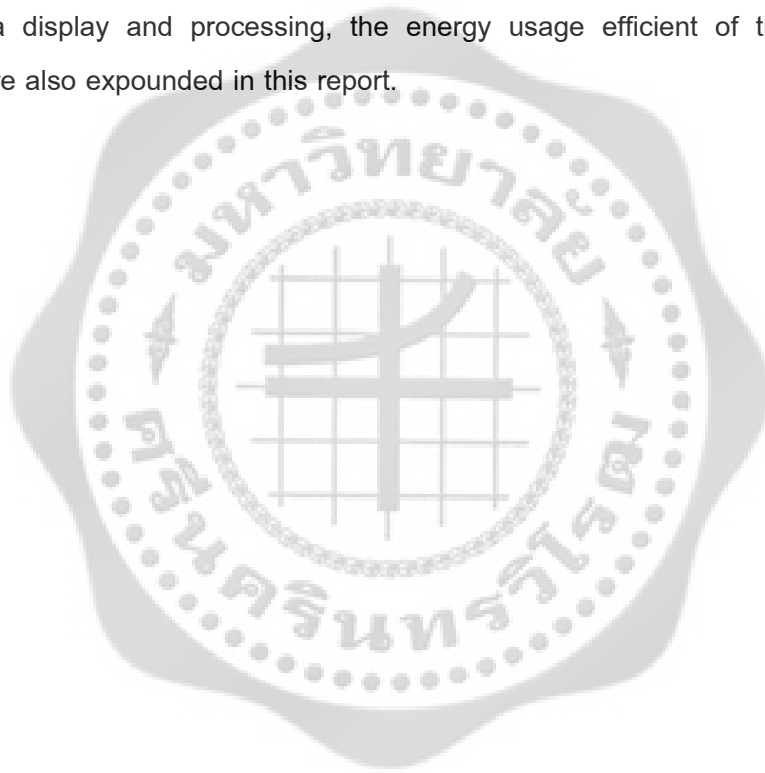
บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน ซึ่งประกอบไปด้วยสองส่วนหลักคือ Sensor Node ที่ภายในมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน และ Sink Node ที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต RS232 ทำหน้าที่แสดงผลและเก็บข้อมูลที่รับมาจาก Sensor Node ในแบบไร้สาย จากผลการทดลองพบว่าระบบทั้งหมดสามารถแสดงผลและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนในแบบไร้สายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ของ Sensor Node ก็จะมีกล่าวถึงในงานวิจัยนี้ด้วยเช่นกัน



Abstract

This report presents a wireless sensor network prototype for environmental monitoring in greenhouses with two-part framework for greenhouses. In the first part, the sensor nodes with embedded terminal based on microcontroller were used to measure temperature and relative humidity. A sink node was installed indoor together with PC via RS232 port for display and collecting the data from sensor nodes wirelessly. From experimental results show that the system can also realize remote real-time data display and processing, the energy usage efficient of the sensor nodes battery are also expounded in this report.



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีส่วนหนึ่งก็ด้วยความร่วมมือจากนิสิตของ
ห้องปฏิบัติการควบคุมอัตโนมัติ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่มีส่วนช่วยเหลือในด้านการทดลอง

อีกทั้งการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย จากเงินรายได้มหาวิทยาลัย ประจำปี
งบประมาณ 2553 จึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยและการจัดการความรู้ทางพฤกษศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้
ด้วยดี



สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 กรอบแนวคิดของการวิจัย	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย	
3.1 บทนำ	6
3.2 ความรู้เกี่ยวกับความชื้นเบื้องต้น	6
3.3 ทฤษฎีทางด้านฮาร์ดแวร์	8
3.3 ทฤษฎีทางด้านซอฟต์แวร์	22
บทที่ 4 คำนวนและออกแบบ	
4.1 องค์ประกอบของต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน	26
4.2 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์	27
4.3 การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์	32

บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	
5.1 อุปกรณ์การทดลอง	46
5.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง	48
5.3 ขั้นตอนการทดลอง	48
5.4 ผลการทดลอง	53
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	
6.1 สรุปผลการทดลอง	56
6.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง	56
6.3 แนวทางสำหรับการพัฒนางานวิจัยต่อ	57
บรรณานุกรม	58
ประวัติผู้วิจัย	59



สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 3.1 สถิติความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%) ของประเทศไทยในช่วงฤดูกาลต่างๆ	8
ตารางที่ 3.2 ค่าเวลาที่โมดูลเซ็นเซอร์ SHT15 ใช้ในการประมวลผลข้อมูล	12
ตารางที่ 4.1 การตั้งค่าการสื่อสารของ Sink Node และ Sensor Node	31



สารบัญรูป

	หน้าที่
รูปที่ 1.1 โรงเรือนสำหรับการปลูกไม้ดอกและไม้ประดับ	1
รูปที่ 1.2 องค์ประกอบของต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน	3
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของ SHT15	8
รูปที่ 3.2 รูปร่างและการจัดตำแหน่งขาของ SHT15	9
รูปที่ 3.3 ความหมายของตำแหน่งขาต่างๆของ SHT15	9
รูปที่ 3.4 การต่อวงจรเพื่อใช้งาน SHT15	10
รูปที่ 3.5 การสร้างภาวะเริ่มส่งสัญญาณของ SHT15	10
รูปที่ 3.6 คำสั่งในการทำงานของ SHT15	11
รูปที่ 3.7 การรีเซตการเชื่อมต่อกับ SHT15	11
รูปที่ 3.8 ไดอะแกรมเวลาของการอ่านข้อมูลจาก SHT15	12
รูปที่ 3.9 รูปแบบการเขียนข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ STATUS ของ SHT15	12
รูปที่ 3.10 รูปแบบการอ่านข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ STATUS ของ SHT15	13
รูปที่ 3.11 รายละเอียดบิตต่างๆของรีจิสเตอร์ STATUS	13
รูปที่ 3.12 ค่าคงที่ d_1 และ d_2 สำหรับการหาค่าอุณหภูมิจริงจาก SHT15	14
รูปที่ 3.13 ค่าคงที่ c_1 , c_2 และ c_3 สำหรับการหาค่าความชื้นสัมพัทธ์จาก SHT15	15
รูปที่ 3.14 ค่าคงที่ t_1 และ t_2 สำหรับการหาค่าความชื้นสัมพัทธ์จาก SHT15	15
รูปที่ 3.15 บอร์ดควบคุมภายใน Sensor Node	16
รูปที่ 3.16 โครงสร้างของบอร์ดควบคุม	16
รูปที่ 3.17 การจัดเรียงขั้วต่อของบอร์ดควบคุม	17
รูปที่ 3.18 การจัดเรียงขั้วต่อพอร์ต RS232 ของบอร์ดควบคุม	18
รูปที่ 3.19 การจัดเรียงขั้วต่อ PORT-RE ของบอร์ดควบคุม	18
รูปที่ 3.20 บอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย	19
รูปที่ 3.21 บอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายที่บรรจุลงกล่องพลาสติกเรียบร้อยแล้ว	19
รูปที่ 3.22 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายกับบอร์ดควบคุม	19
รูปที่ 3.23 โมดูลเร็กกูเลเตอร์	21
รูปที่ 3.24 หน้าต่าง Font Panel	23
รูปที่ 3.25 หน้าต่าง Block Diagram	24

รูปที่ 3.26 ส่วนประกอบของโปรแกรม mikroC for PIC	25
รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบและการทำงานของต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการ การตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียน	26
รูปที่ 4.2 ส่วนประกอบและการทำงานของอุปกรณ์ Sensor Node	27
รูปที่ 4.3 บอร์ดเซ็นเซอร์	28
รูปที่ 4.4 ขาสัญญาณต่างๆของบอร์ดเซ็นเซอร์	28
รูปที่ 4.5 วงจรไฟฟ้าของ Sensor Node	29
รูปที่ 4.6 ส่วนประกอบภายในของ Sensor Node	29
รูปที่ 4.7 Sensor Node ที่ประกอบลงกล่องพลาสติกเรียบร้อยแล้ว	30
รูปที่ 4.8 การนำ Sensor Node ไปต่อร่วมกับแบตเตอรี่เพื่อใช้งาน	30
รูปที่ 4.9 การรับส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยัง Sink Node	31
รูปที่ 4.10 Sink Node	31
รูปที่ 4.11 การเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง Sink Node กับ คอมพิวเตอร์	31
รูปที่ 4.12 รูปแบบการสื่อสารทางด้าน Sink Node	33
รูปที่ 4.13 รูปแบบการสื่อสารทางด้าน Sensor Node กรณีได้รับคำสั่งตรวจสอบการสื่อสาร	33
รูปที่ 4.14 รูปแบบการสื่อสารทางด้าน Sensor Node กรณีได้รับคำสั่งอ่านค่าอุณหภูมิและ ความชื้น	34
รูปที่ 4.15 รูปแบบการสื่อสารทางด้าน Sensor Node กรณีได้รับคำสั่งที่ไม่รู้จัก	34
รูปที่ 4.16 โพล์ซาร์ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้นบอร์ดควบคุม	35
รูปที่ 4.17 โพล์ซาร์ตการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ติดต่อกับ Sink Node	42
รูปที่ 4.18 ลักษณะและส่วนประกอบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ติดต่อกับ Sink Node	43
รูปที่ 5.1 อุปกรณ์ป้องกันน้ำสำหรับ Sensor Node	46
รูปที่ 5.2 การติดตั้งอุปกรณ์ Sensor Node และแบตเตอรี่เข้าไปในอุปกรณ์ป้องกันน้ำ	47
รูปที่ 5.3 การติดตั้งขอกเกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกันน้ำเพื่อ	47
รูปที่ 5.4 โรงเรือนทดสอบและตำแหน่งติดตั้ง Sensor Node	48
รูปที่ 5.5 การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันน้ำที่ใส่ Sensor Node พร้อมแบตเตอรี่ภายในโรงเรือน	49
รูปที่ 5.6 การติดตั้งSink Node ไว้ที่เครื่องคอมพิวเตอร์	50
รูปที่ 5.7 หน้าจอของโปรแกรมที่ตั้งค่าเรียบร้อยแล้ว	51
รูปที่ 5.8 หน้าจอของโปรแกรมในส่วนกราฟหลังจากคลิกปุ่ม START	51
รูปที่ 5.9 หน้าจอของโปรแกรมในส่วนตารางหลังจากคลิกปุ่ม START	52
รูปที่ 5.10 ตัวอย่างหน้าจอของโปรแกรมในส่วนของกราฟจากผลการทดลอง	53
รูปที่ 5.11 ตัวอย่างหน้าจอของโปรแกรมในส่วนของตารางจากผลการทดลอง	54
รูปที่ 5.12 ตัวอย่างของข้อมูลภายในไฟล์ที่โปรแกรมได้บันทึกไว้	54

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะได้กล่าวถึง ความสำคัญและที่มาของปัญหา กรอบแนวคิดของการวิจัย วัตถุประสงค์ ขอบเขตของการวิจัย วิธีการดำเนินการวิจัย และ ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัย

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในอดีตผลิตผลทางการเกษตรไม่ว่าจะเป็น ไม้ดอก ไม้ประดับ พืช หรือ ผัก ต่างๆ มักจะทำการปลูกในที่โล่งตามสภาพแวดล้อมของแต่ละท้องถิ่น ปริมาณและคุณภาพผลผลิตที่ได้จึงไม่แน่นอน เนื่องจากไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ อีกทั้งเมื่อเกิดโรคระบาดหรือศัตรูพืชก็จะสร้างความเสียหายเป็นวงกว้างเพราะโรคระบาดหรือศัตรูพืชสามารถกระจายไปได้ตามอากาศ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงมีการพัฒนาการปลูกพืชในระบบโรงเรือนขึ้น เพื่อเป็นการป้องกันโรคระบาดหรือศัตรูพืชและยังสามารถปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชชนิดนั้นๆได้ ตัวอย่างของโรงเรือนสำหรับการปลูกไม้ดอกและไม้ประดับสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.1



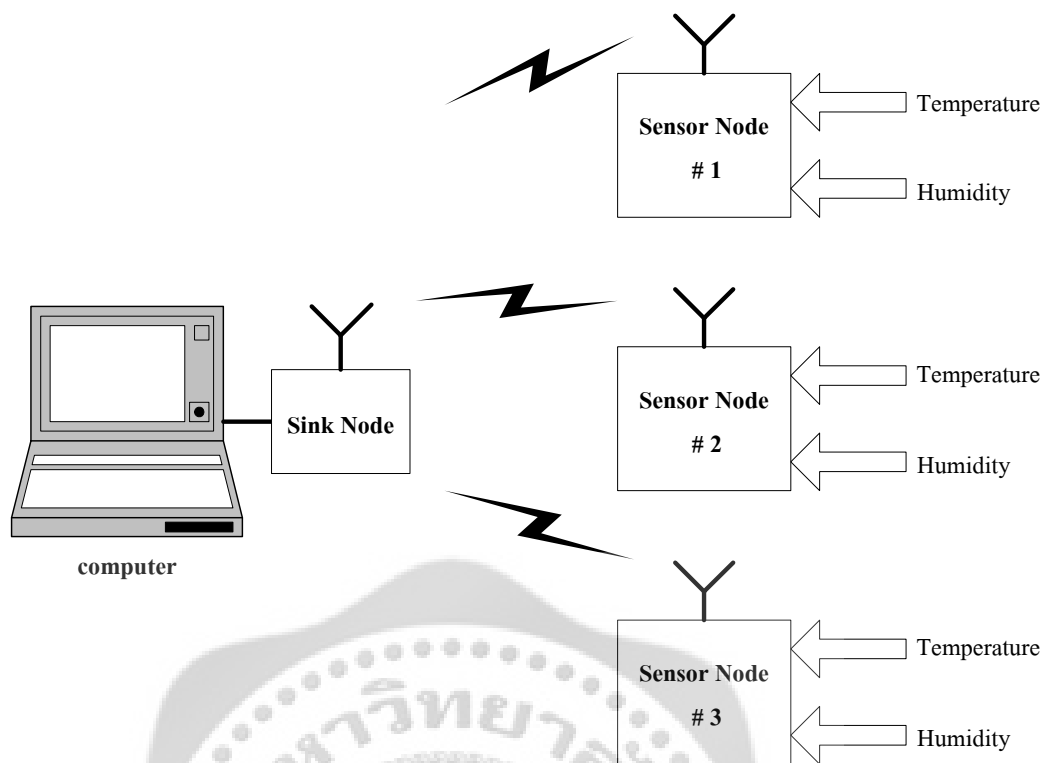
รูปที่ 1.1 โรงเรือนสำหรับการปลูกไม้ดอกและไม้ประดับ

ศูนย์วิจัยและการจัดการความรู้ทางพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ก็ได้มีการนำระบบการปลูกพืชในโรงเรือนมาใช้สำหรับเป็นแหล่งรวบรวมและอนุรักษ์พันธุ์พืชทั้งในประเทศและต่างประเทศ อีกทั้งเป็นศูนย์การเรียนรู้สำหรับเกษตรกรและประชาชนทั่วไปเกี่ยวกับ

การปลูกพีชในโรงเรือน แต่สิ่งสำคัญสำหรับการปลูกพีชในระบบโรงเรือนคือ การที่จะต้องทราบสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนว่ามีอุณหภูมิและความชื้นเป็นอย่างไร เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับใช้ในการปรับสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนให้เหมาะสม ในปัจจุบันการวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนของศูนย์วิจัยและการจัดการความรู้ทางพฤกษศาสตร์นั้น จะใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นที่เป็นแบบ Standalone คือจะต้องตั้งเครื่องไว้แล้วมาจดบันทึกภายหลัง และไม่สามารถเก็บข้อมูลไว้ในตัวได้จะต้องอาศัยการจดบันทึกจากเจ้าหน้าที่ตามช่วงเวลาที่กำหนด ทำให้ข้อมูลที่ได้อาจจะไม่ละเอียดและไม่เป็นแบบเวลาจริง (Real Time) เพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องการเก็บข้อมูลของสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนดังที่ได้กล่าวมาแล้ว งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน โดยจะได้พัฒนาต้นแบบของอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารแบบเครือข่ายไร้สาย เพื่อที่จะได้ตัดปัญหาเรื่องการเดินสายไฟและสายสัญญาณ ทำให้สามารถเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ไปยังสถานที่ต่างๆภายในโรงเรือนได้อย่างสะดวก สามารถเก็บข้อมูลได้แบบเวลาจริง เจ้าหน้าที่ไม่ต้องไปจดบันทึกเหมือนเดิมเพียงแต่ใช้คอมพิวเตอร์เข้าไปดูข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมแต่ละตัวได้ทันที และยังใช้เป็นต้นแบบสำหรับให้เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจนำไปประยุกต์ใช้กับระบบโรงเรือนของตนเองได้ ทำให้เป็นการลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างชาติได้เป็นอย่างมาก

1.2 กรอบแนวคิดของการวิจัย

เพื่อให้การเก็บข้อมูลของสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนของศูนย์วิจัยและการจัดการความรู้ทางพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเป็นต้นแบบสำหรับให้เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจนำไปประยุกต์ใช้กับระบบโรงเรือนของตนเองและเป็นการลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างชาติ ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนขึ้น โดยต้นแบบที่จะพัฒนาขึ้นนี้จะมียังมีองค์ประกอบและการทำงานดังรูปที่ 1.2 โดยที่ส่วนประกอบหลักจะมีสองส่วนคือ Sensor Node และ Sink Node โดยที่ Sensor Node จะทำหน้าที่อ่านค่าของอุณหภูมิและความชื้นของจุดที่ติดตั้งแล้วทำการส่งค่าที่อ่านได้ไปยัง Sink Node ในแบบไร้สาย ซึ่ง Sink Node นี้จะส่งข้อมูลที่รับจาก Sensor Node ไปยังคอมพิวเตอร์และภายในคอมพิวเตอร์จะมีโปรแกรมสำหรับแสดงผลและบันทึกค่าของอุณหภูมิและความชื้นที่อ่านได้จาก Sensor Node ทั้งสามจุด เพื่อใช้สำหรับเป็นข้อมูลในการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนหรือสำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิจัยต่อไป



รูปที่ 1.2 องค์ประกอบของต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียน

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียน
2. เพื่อใช้เป็นเครื่องมือเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียนของศูนย์วิจัยและการจัดการความรู้ทางพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์กรักษ์
3. เพื่อเป็นต้นแบบสำหรับให้เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจนำไปประยุกต์ใช้กับระบบโรงเรียนของตนเองทำให้เป็นการลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างชาติ

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียนสามารถวัดอุณหภูมิครอบคลุมช่วง 0-60 องศาเซลเซียส และ ความชื้นครอบคลุมช่วง 10% - 90% RH
2. ต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียนสามารถส่งข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้นมาแสดงผลแบบไร้สายได้
3. ต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียนจะสามารถวัดอุณหภูมิและความชื้นได้ 3 จุด

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

ดำเนินการวิจัยที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ โดยมีขั้นตอนการทำวิจัยดังนี้

1. พัฒนาบอร์ดเซ็นเซอร์เพื่อวัดอุณหภูมิและความชื้น
2. พัฒนาบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นจากบอร์ดเซ็นเซอร์
3. พัฒนาชุดสื่อสารสัญญาณแบบไร้สายสำหรับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อส่งข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้นไปยังชุดรับสัญญาณที่คอมพิวเตอร์
4. พัฒนาชุดสื่อสารสัญญาณแบบไร้สายสำหรับคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะรับข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้นที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์
5. พัฒนาโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้สามารถอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นจากบอร์ดเซ็นเซอร์ได้อย่างถูกต้อง
6. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้สามารถนำค่าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งมาประมวลผล และ แสดงผลได้อย่างถูกต้อง
7. ทำการทดลองเก็บผลอุณหภูมิและความชื้น
8. สรุปผลการทดลอง

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

ได้ต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนของศูนย์วิจัยและการจัดการความรู้ทางพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ เพื่อใช้สำหรับเป็นข้อมูลในการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนหรือสำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิจัยต่อไป ลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างชาติ และสามารถเผยแพร่ในรูปแบบของบทความวิจัย หรือ บทความวิชาการได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะได้กล่าวถึง งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียน

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเพาะปลูกโดยอาศัยพื้นที่โล่งตามธรรมชาตินั้นจะพบว่าผลผลิตที่ได้จะมีความไม่แน่นอนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศของโลก ดังนั้นการเพาะปลูกภายในโรงเรียนจึงมีความเหมาะสมมากกว่าในสภาวะปัจจุบัน [1] และพบว่าฟาร์มสมัยใหม่ที่ต้องการผลผลิตที่สูงนั้นได้มีการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านอุปกรณ์การวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียนเข้ามาใช้มากขึ้น [2][3] แต่จะพบว่าเครื่องมือที่นำมาใช้ในการวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียนนั้นจะเป็นแบบอ่านค่าได้อย่างเดียว ไม่สามารถบันทึกผลหรือเก็บข้อมูลในตัวอุปกรณ์ได้ ทำให้การวัดไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เทคโนโลยีทางด้านเครือข่ายแบบไร้สายได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางทางด้าน การสื่อสาร และ พบว่าเสถียรภาพในการทำงานเป็นที่น่าพอใจ [4][5] ต่อมาได้มีการนำเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายมาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมมากขึ้นโดยเฉพาะใช้สำหรับการส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่างๆภายในกระบวนการมายังห้องควบคุมที่อยู่ห่างไกล [6][7] ในส่วนของภาคเกษตรกรรมก็เริ่มมีการนำเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายมาประยุกต์ใช้กันโดยในเบื้องต้นจะใช้สำหรับงานที่มีลักษณะง่ายๆเช่นการสั่งเปิดปิดน้ำจากระยะไกล [8] หรือการเก็บค่าพารามิเตอร์จากแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในการเกษตร [9] และได้มีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้เทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายมาประยุกต์ใช้กับงานด้านการเกษตร [10] จากงานวิจัยข้างต้นจะพบว่าเทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสามารถประยุกต์ใช้กับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

ในบทนี้จะได้กล่าวถึง ทฤษฎีและหลักการทั้งในส่วนของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และส่วนของซอฟต์แวร์ที่นำมาใช้ในการวิจัย

3.1 บทนำ

องค์ประกอบของงานวิจัยนี้จะมีด้วยกัน 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ และ ส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์ โดยส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย Sensor Node จะทำหน้าที่ในการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนแล้วส่งค่าดังกล่าวมาให้ Sink Node ซึ่งก็คือคอมพิวเตอร์ในแบบไร้สายเพื่อแสดงผลและเก็บข้อมูล ส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์จะทำหน้าที่ในการสั่งงานให้บอร์ดควบคุมทำการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นจากเซ็นเซอร์แล้วส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ โดยที่คอมพิวเตอร์ก็จะมีซอฟต์แวร์เพื่อทำการแสดงผลและบันทึกค่าที่ได้รับมาจากบอร์ดควบคุมอีกครั้งหนึ่ง

3.2 ความรู้เกี่ยวกับความชื้นเบื้องต้น

ความชื้น (Humidity) หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ เมื่อน้ำได้รับความร้อนน้ำจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ เรียกว่า การระเหย ซึ่งความร้อนที่ใช้ในการทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำ เรียกว่า ความร้อนแฝง (Latent Heat) เมื่ออากาศเย็นลงไอน้ำจะเริ่มกลั่นตัวเป็นละอองและคายความร้อนแฝงออกมาด้วย อากาศจะได้รับไอน้ำมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ดังนั้นอุณหภูมิจึงเป็นตัวกำหนดปริมาณไอน้ำในอากาศ อากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะรับไอน้ำได้มากกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ ถ้าอากาศไม่สามารถรับไอน้ำได้เรียกว่า ไอน้ำอิ่มตัว (Saturate)

3.2.1 ความชื้นในอากาศ

ความชื้นในอากาศสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

3.2.1.1 ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity)

เป็นน้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่จริงในปริมาตรของอากาศจำนวนหนึ่ง คำนวณได้จากน้ำหนักของไอน้ำต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของอากาศ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ความชื้นสัมบูรณ์คือความหนาแน่นของไอน้ำในอากาศหน่วยที่ใช้มักเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความชื้นสัมบูรณ์ไม่นิยมใช้ในทางอุตุนิยมวิทยาเพราะเมื่ออากาศลอยตัวขึ้นหรือจมตัวลงจะทำให้

ให้ปริมาตรของอากาศเปลี่ยนแปลงเนื่องจากบริเวณรอบๆ ความกดอากาศจะเปลี่ยนแปลง แม้ว่าไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศจะคงที่

3.2.1.2 ความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity)

หมายถึง น้ำหนักหรือความชื้นที่มีอยู่ในอากาศ (Q) เป็นอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักไอน้ำ (Mv) ต่อน้ำหนักของอากาศชื้น น้ำหนักของไอน้ำ (Mv) รวมกับน้ำหนักของอากาศ (Ma) มักใช้เป็นกรัมของน้ำต่อ 1 กิโลกรัมของอากาศชื้น ดังสมการ $Q = Mv/(Mv+Ma)$ ความชื้นจำเพาะของอากาศจะมีค่าคงที่ เมื่ออากาศขยายหรือหดตัว โดยที่ความชื้นจะไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่าปริมาตรของอากาศจะขยายตัวหรือหดตัวก็ตาม

3.2.1.3 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

หมายถึง อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่จริงที่อุณหภูมิและความกดตันหนึ่งต่อน้ำหนักของไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิและความกดตันนั้น คิดเป็นค่าร้อยละ ตัวอย่างเช่น อากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร เมื่ออุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีไอน้ำอยู่ 9 กรัม และในอุณหภูมินั้นอากาศอิ่มตัวมีไอน้ำอยู่ 30 กรัม ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ $(100 \times 9)/30$ เท่ากับ 30% ความชื้นสัมพัทธ์เป็นวิธีวัดความชื้นในอากาศที่ใช้มากที่สุด การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์จะไม่ทำให้ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศเปลี่ยนแปลง แต่อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลง และถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์จะเปลี่ยนแปลงด้วย

3.2.1.4 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature)

คืออุณหภูมิซึ่งอากาศถูกทำให้เย็นลง (ความกดอากาศคงที่) ถึงอุณหภูมิต่ำที่ไอน้ำจุดอิ่มตัวพอดี อุณหภูมิของจุดน้ำค้างจะเป็นเท่าใดก็ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ ถ้าอากาศมีไอน้ำมากอุณหภูมิของจุดน้ำค้างจะสูง แต่ถ้าไอน้ำมีน้อย อุณหภูมิของจุดน้ำค้างจะต่ำ ถ้าอุณหภูมิของอากาศลดต่ำกว่าจุดน้ำค้างจะมีการกลั่นตัวในรูปของหยดน้ำ เช่น ในฤดูร้อนแก้วน้ำที่ใส่น้ำแข็งตั้งทิ้งไว้ความชื้นของอากาศจะรวมกันเป็นหยดน้ำ เกาะอยู่รอบนอกแก้วน้ำ เนื่องจากอุณหภูมิของแก้วน้ำที่ใส่น้ำแข็งจะต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างที่อยู่โดยรอบ อุณหภูมิของจุดน้ำค้างจะบอกถึงความไม่สะดวกสบายของมนุษย์ในช่วงที่มีอากาศอุ่นและชื้นได้ดีกว่าความชื้นสัมพัทธ์ ยกเว้นผู้ที่เคยชินกับอากาศร้อนชื้น คนส่วนใหญ่รู้สึกว่าการอากาศชื้นไม่สะดวกสบายเมื่ออุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส ในบางขณะที่บางคนอาจไม่รู้สึกสบายตัว เมื่ออุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงกว่า 17 องศาเซลเซียส

3.2.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของประเทศไทยในแต่ละฤดูกาล

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร จึงมีอากาศร้อนชื้นปกคลุมเกือบตลอดปี เว้นแต่บริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดิน ตั้งแต่ภาคกลางขึ้นไปความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงชัดเจน ในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยเฉพาะฤดูร้อนจะเป็นช่วงที่ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงต่ำที่สุดในรอบปี ในบริเวณดังกล่าวมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีที่ 72 – 74 เปอร์เซ็นต์และจะลดลงเหลือ 62 – 69 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงฤดูร้อน ดังแสดงข้อมูลตามตารางที่ 3.1

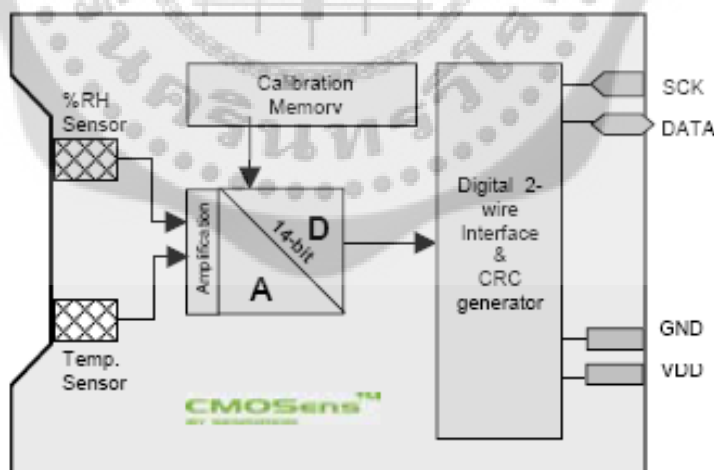
ตารางที่ 3.1 สถิติความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%) ของประเทศไทยในช่วงฤดูกาลต่างๆ

ภาค	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ตลอดปี
เหนือ	73	62	81	74
ตะวันออกเฉียงเหนือ	69	65	80	72
กลาง	71	69	79	73
ตะวันออก	71	74	81	76
ใต้ฝั่งตะวันออก	81	77	78	79
ใต้ฝั่งตะวันตก	77	76	84	80

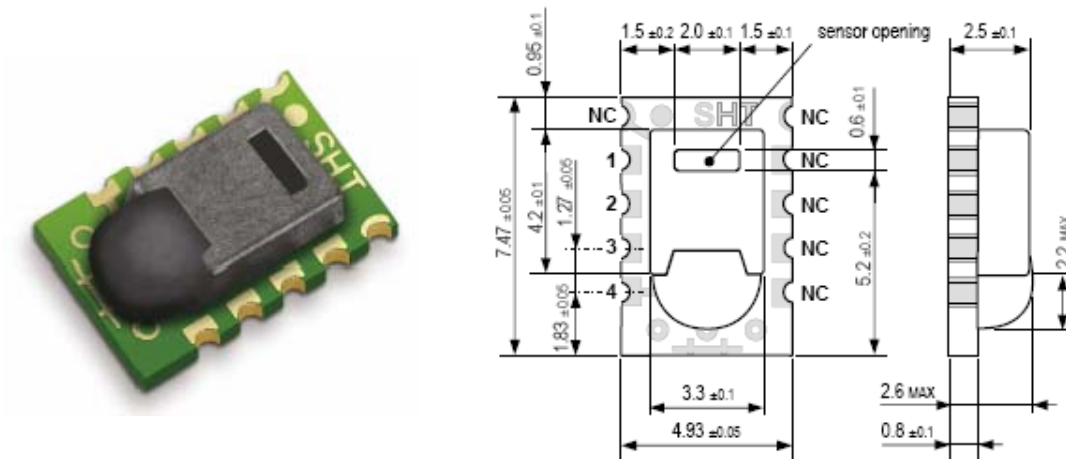
3.3 ทฤษฎีทางด้านฮาร์ดแวร์

3.3.1 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น

ในการวัดอุณหภูมิและความชื้นในงานวิจัยนี้เลือกใช้เซ็นเซอร์โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากบริษัท SENSIRION รุ่น SHT15 เนื่องจากมีขนาดเล็ก สะดวกในการใช้งานและสามารถติดตั้งลงบนแผงวงจรพิมพ์ได้ ให้เอาต์พุตออกมาเป็นสัญญาณดิจิทัลทำให้ลดปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนและสามารถต่อเข้ากับบอร์ดควบคุมได้ทันที บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของ SHT15 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.1 ส่วนรูปร่างและการจัดตำแหน่งขาของ SHT15 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2 ความหมายของตำแหน่งขาต่างๆของ SHT15 แสดงได้ดังรูปที่ 3.3

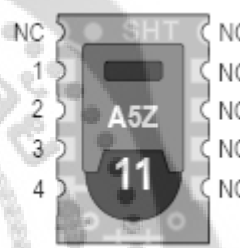


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของ SHT15



รูปที่ 3.2 รูปร่างและการจัดตำแหน่งขาของ SHT15

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial Data, bidirectional
3	SCK	Serial Clock, input only
4	VDD	Source Voltage
NC	NC	Must be left unconnected

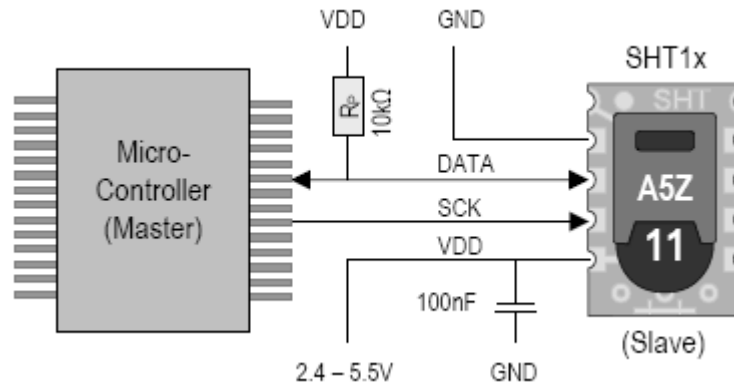


รูปที่ 3.3 ความหมายของตำแหน่งขาต่างๆของ SHT15

คุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญของโมดูลเซนเซอร์ SHT15 มีดังนี้

- ทำหน้าที่เป็นทั้งตัววัดอุณหภูมิและความชื้นภายในตัวถึงเดียว
- สามารถกำหนดความละเอียดของย่านการวัดได้
- มีขนาดเล็ก กินพลังงานต่ำ และ ทำงานในย่านแรงดันไฟเลี้ยง 2.4 – 5.5 VDC
- เสถียรภาพในการทำงานสูง
- ย่านการวัดความชื้นอยู่ในช่วง 0 – 100 %RH
- ย่านการวัดอุณหภูมิอยู่ในช่วง -40 – 123.8 °C
- ความละเอียดในการวัดความชื้นสูงสุดอยู่ที่ 0.05 %RH ส่วนอุณหภูมิอยู่ที่ 0.01 °C

ในการใช้งานโมดูลเซนเซอร์ SHT15 สามารถต่อวงจรได้ดังรูปที่ 3.4

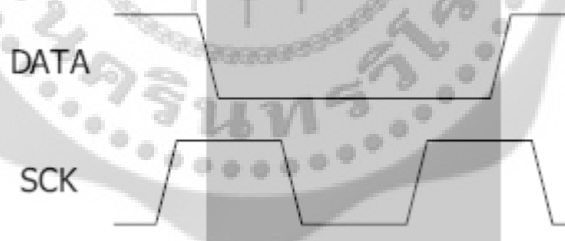


รูปที่ 3.4 การต่อวงจรเพื่อใช้งาน SHT15

3.3.1.1 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของโมดูลเซ็นเซอร์ SHT15

3.3.1.1.1 การส่งคำสั่ง (Sending a command)

ในสภาวะเริ่มต้นก่อนการส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยัง SHT15 จำเป็นจะต้องสร้างรูปแบบสัญญาณกระตุ้นผ่านขาสัญญาณ SCK และ DATA เพื่อให้ตรงกับเงื่อนไขที่เรียกว่า Transmission Start (ภาวะเริ่มส่งสัญญาณ) นั่นคือขา DATA จะต้องถูกทำให้เป็นลอจิก "0" นานอย่างน้อยหนึ่งไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา SCK หลังจากนั้น SHT15 จะทราบทันทีว่าข้อมูลต่อจากนี้คือคำสั่ง ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การสร้างภาวะเริ่มส่งสัญญาณของ SHT15

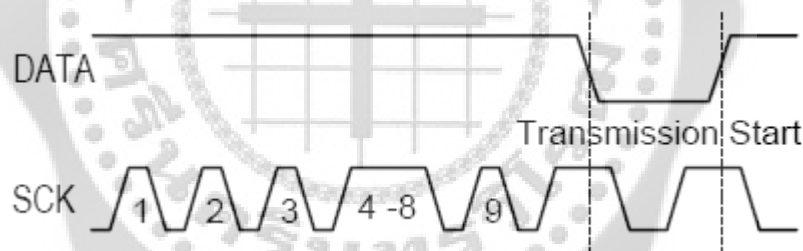
หลังจากสร้างเงื่อนไข Transmission Start แล้ว สามารถส่งคำสั่งไปยัง SHT15 เพื่อกำหนดการทำงานได้ทันที โดยข้อมูลคำสั่งต่างๆ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.6

Command	Code
Reserved	0000x
Measure Temperature	00011
Measure Humidity	00101
Read Status Register	00111
Write Status Register	00110
Reserved	0101x-1110x
Soft reset , resets the interface, clears the status register to default values wait minimum 11 ms before next command	11110

รูปที่ 3.6 คำสั่งในการทำงานของ SHT15

3.3.1.1.2 รีเซตการเชื่อมต่อ (Connection reset sequence)

เมื่อต้องการเริ่มต้นการเชื่อมต่อกับโมดูลเซ็นเซอร์ SHT15 ต้องสร้างสัญญาณรีเซตขึ้นก่อน โดยทำให้ขา DATA มีสถานะลอจิก “1” นานเท่ากับช่วงเวลาที่ย้อนสัญญาณนาฬิกาที่ขา SCK อย่างน้อย 9 ลูกติดต่อกัน แล้วตามด้วยการสร้างภาวะเริ่มต้นการส่งสัญญาณ (Transmission Start) ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การรีเซตการเชื่อมต่อกับ SHT15

3.3.1.1.3 ขั้นตอนการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

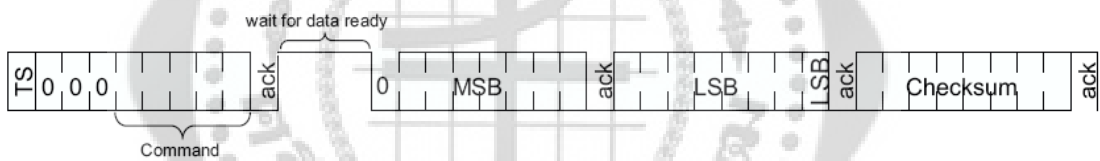
การอ่านข้อมูลดิบของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์นั้น ทำได้หลังจากสร้างสภาวะเริ่มต้นที่เรียกว่า Transmission Start แล้ว ตามด้วยการส่งข้อมูลคำสั่งอ่านอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์อย่างใดอย่างหนึ่งไปยัง SHT15 โดยที่ SHT15 จะต้องใช้เวลาในการประมวลผลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการซึ่งจะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูลที่ต้องการดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าเวลาที่โมดูลเซ็นเซอร์ SHT15 ใช้ในการประมวลผลข้อมูล

ความละเอียดของข้อมูล (บิต)	เวลาที่ใช้ประมวลผล (±15%)
14	210 ms
12	55 ms
8	11 ms

ในรูปที่ 3.8 แสดงไทม์ไลน์ของการอ่านข้อมูลจากโมดูลเซ็นเซอร์ SHT15 โดยข้อมูลที่ส่งออกมาจะประกอบไปด้วยข้อมูลจำนวน 2 ไบต์และไบต์สำหรับตรวจสอบข้อผิดพลาดอีก 1 ไบต์ (CRC Check) โดยเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับข้อมูล 1 ไบต์จะต้องส่งสัญญาณรับรู้ (Acknowledge) ออกมา 1 ลูก (กำหนดให้ขา DATA มีลอจิก "0") บิตนัยสำคัญสูงสุดของข้อมูล (MSB) จะถูกส่งออกมาก่อน แต่ในกรณีอ่านค่าแบบ 8 บิต ไบต์แรกจะไม่ถูกใช้งาน

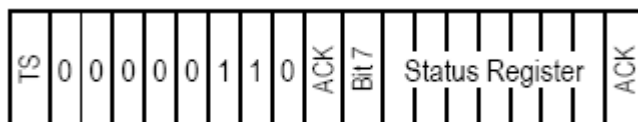
การยกเลิกการสื่อสารข้อมูลจะเกิดขึ้นเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณรับรู้หลังจากได้รับบิตสุดท้ายของ CRC แล้ว สำหรับกรณีที่ไม่ต้องตรวจสอบ CRC การยกเลิกการเชื่อมต่อทำได้โดยการไม่ส่ง Acknowledge หลังจากรับข้อมูลในไบต์ที่ 2 แล้ว หลังจากนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน SHT15 จะเข้าสู่โหมดสลีปโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 3.8 ไทม์ไลน์ของการอ่านข้อมูลจาก SHT15

3.3.1.2 รีจิสเตอร์แสดงสถานะ (STATUS REGISTER)

ในกรณีที่ต้องการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆภายใน SHT15 นั้น จะต้องกระทำผ่านรีจิสเตอร์แสดงสถานะ หรือเรียกว่ารีจิสเตอร์ STATUS โดยรูปแบบการเขียนข้อมูลและอ่านข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ STATUS สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.9 และ 3.10 ตามลำดับ ส่วนรายละเอียดบิตต่างๆของรีจิสเตอร์ STATUS สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.9 รูปแบบการเขียนข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ STATUS ของ SHT15



รูปที่ 3.10 รูปแบบการอ่านข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ STATUS ของ SHT15

Bit	Type	Description	Default
7		reserved	0
6	R	End of Battery (low voltage detection) '0' for VDD > 2.47 '1' for VDD < 2.47	X No default value, bit is only updated after a measurement
5		reserved	0
4		reserved	0
3		For Testing only, do not use	0
2	R/W	Heater	0 off
1	R/W	no reload from OTP	0 reload
0	R/W	'1' = 8bit RH / 12bit Temp. resolution '0' = 12bit RH / 14bit Temp. resolution	0 12bit RH 14bit Temp.

รูปที่ 3.11 รายละเอียดบิตต่างๆของรีจิสเตอร์ STATUS

ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของรีจิสเตอร์ STATUS ที่ปรับเปลี่ยนได้ประกอบด้วย

3.3.1.2.1 ความละเอียดในการวัดค่าความชื้นและอุณหภูมิ

ค่าตั้งต้นจากโรงงานจะมีการกำหนดความละเอียดในการวัดความชื้นไว้ที่ 12 บิต ส่วนของอุณหภูมิไว้ที่ 14 บิต ถ้ามีการกำหนดบิต 0 ของรีจิสเตอร์ STATUS เป็น "1" ค่าความละเอียดในการวัดความชื้นและอุณหภูมิจะเป็น 8 บิต ซึ่งทำให้ความเร็วในการประมวลผลของ SHT15 สูงขึ้น กินพลังงานต่ำลง แต่ความละเอียดก็ลดลงด้วย

3.3.1.2.2 การตรวจสอบระดับไฟเลี้ยง

เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบแรงดันไฟเลี้ยงว่าต่ำกว่า 2.47 V หรือไม่ โดยมีความแม่นยำ ± 0.05 V

3.3.1.2.3 ตัวทำความร้อน

ตัวทำความร้อนภายในโมดูล SHT15 จะทำให้อุณหภูมิของตัวตรวจจับสูงขึ้นประมาณ 5°C เพื่อขจัดไอน้ำที่ติดอยู่กับตัวตรวจจับ เมื่อค่าความชื้นสูงกว่า 95%

ซึ่งทำให้ความแม่นยำในการอ่านค่ามีสูงขึ้น ระหว่างการเปิดใช้ตัวทำความร้อนจะทำให้การอ่านค่าอุณหภูมิที่ได้สูงกว่าความเป็นจริงส่วนค่าความชื้นที่อ่านได้ก็จะน้อยกว่าความเป็นจริง

3.3.1.3 การคำนวณค่าอุณหภูมิ

ในการอ่านค่าอุณหภูมิจากโมดูล SHT15 จะต้องเลือกความละเอียดในการอ่านค่าว่าจะใช้แบบ 14 บิต หรือ 12 บิต โดยเริ่มต้นค่าความละเอียดในการอ่านนี้จะถูกกำหนดเป็นแบบ 14 บิต ส่วนการคำนวณหาค่าอุณหภูมิได้จากสมการที่ 3.1

$$T = d_1 + d_2 \times SO_T \quad (3.1)$$

โดยที่

T คือ ค่าอุณหภูมิจริง

d_1 คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของไฟเลี้ยงที่ป้อนให้ขา V_{DD} ของ SHT15

d_2 คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับความละเอียดในการอ่านค่าอุณหภูมิจาก SHT15

SO_T คือ ค่าอุณหภูมิดิบที่อ่านได้จาก SHT15

ค่าคงที่ d_1 และ d_2 สามารถหาได้จากรูปที่ 3.12

VDD	d_1 (°C)	d_1 (°F)	SO_T	d_2 (°C)	d_2 (°F)
5V	-40.1	-40.2	14bit	0.01	0.018
4V	-39.8	-39.6	12bit	0.04	0.072
3.5V	-39.7	-39.5			
3V	-39.6	-39.3			
2.5V	-39.4	-38.9			

รูปที่ 3.12 ค่าคงที่ d_1 และ d_2 สำหรับการหาค่าอุณหภูมิจริงจาก SHT15

3.3.1.4 การคำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์

สำหรับการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์จากโมดูล SHT15 จะสามารถเลือกความละเอียดในการอ่านได้แบบ 12 บิต และ 8 บิต โดยเริ่มต้นค่าความละเอียดในการอ่านนี้จะถูกกำหนดเป็นแบบ 12 บิต ส่วนการคำนวณหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้จากสมการที่ 3.2 และ 3.3

$$RH_{Linear} = c_1 + c_2 \times SO_{RH} + c_3 \times SO_{RH}^2 \quad (\%RH) \quad (3.2)$$

$$RH_{true} = (T_{oC} - 25) \times (t_1 + t_2 \times SO_{RH}) + RH_{Linear} \quad (3.3)$$

โดยที่

RH_{true} คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์จริง

RH_{Linear} คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์เชิงเส้น

T_{oC} คือ ค่าอุณหภูมิจริงที่คำนวณได้จากสมการที่ 3.1

t_1 และ t_2 คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับความละเอียดในการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์จาก

โมดูล SHT15

c_1 , c_2 และ c_3 คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับความละเอียดในการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์จากโมดูล SHT15

SO_{RH} คือ ค่าข้อมูลดิบของความชื้นสัมพัทธ์ที่อ่านได้จากโมดูล SHT15

ค่าคงที่ต่าง ๆ จากสมการที่ 3.2 และ 3.3 สามารถหาได้รูปที่ 3.13 และ 3.14

SO_{RH}	c_1	c_2	c_3
12 bit	-4	0.0405	-2.8×10^{-6}
8 bit	-4	0.648	-7.2×10^{-4}

รูปที่ 3.13 ค่าคงที่ c_1 , c_2 และ c_3 สำหรับการหาค่าความชื้นสัมพัทธ์จาก SHT15

SO_{RH}	t_1	t_2
12 bit	0.01	0.00008
8 bit	0.01	0.00128

รูปที่ 3.14 ค่าคงที่ t_1 และ t_2 สำหรับการหาค่าความชื้นสัมพัทธ์จาก SHT15

3.3.2 บอร์ดควบคุม

ในการอ่านค่าของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ Sensor Node จากโมดูลเซ็นเซอร์ SHT15 และส่งข้อมูลดังกล่าวไปยังคอมพิวเตอร์ (Sink Node) เพื่อแสดงผลและเก็บข้อมูล จะกระทำผ่านบอร์ดควบคุมซึ่งมีไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมด โดยในที่นี้ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F877-20 ของบริษัท MICROCHIP เนื่องจากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ราคาไม่สูง หาได้ง่ายในท้องตลาด อีกทั้งยังมีฟังก์ชันการใช้งานและหน่วยความจำที่เหมาะสมกับงานวิจัยนี้ โดยบอร์ดควบคุมที่เลือกมาใช้มีคุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญดังนี้

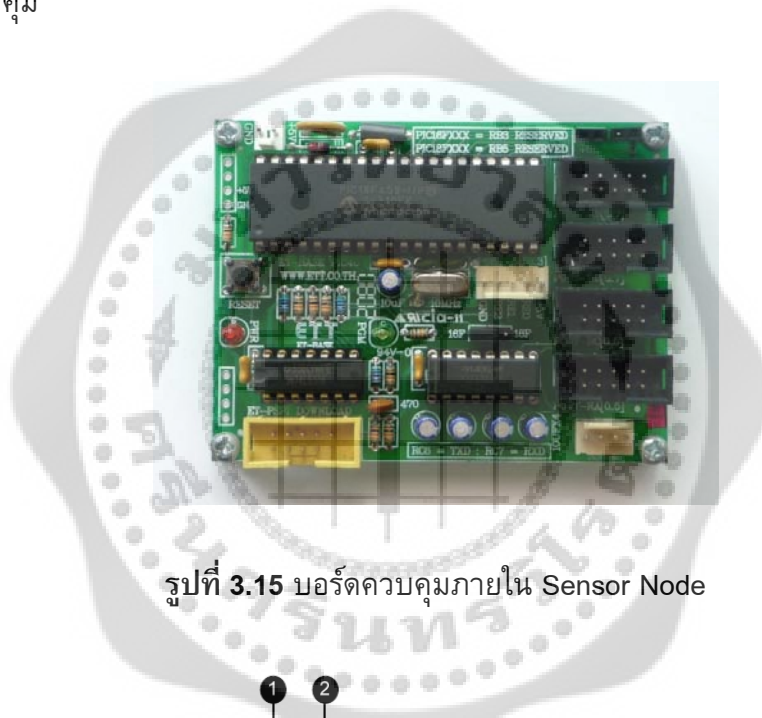
- ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F877-20 แบบตัวถัง DIP 40 PIN หน่วยความจำ FLASH 8K WORDS, RAM 368 Byte, EEPROM 256 Byte, A/D 10 BIT 8 CH

- RUN X'TAL 10 MHZ

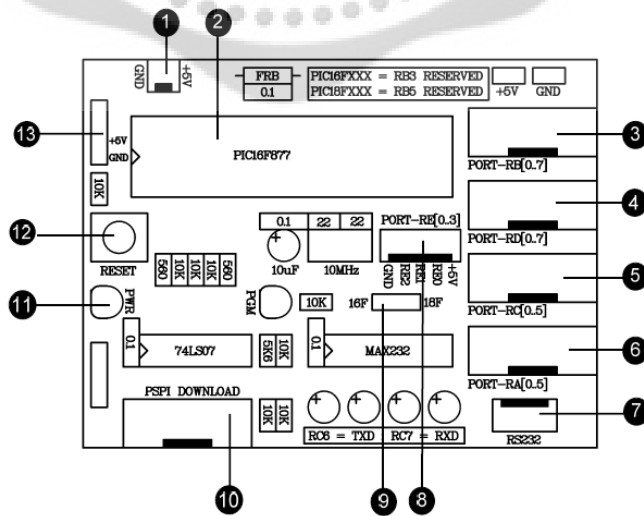
- 4 PORT I/O แบบ 10 PIN
- RS232 PORT จำนวน 1 ช่อง แบบ 4 PIN
- I/O HIGH-CURRENT SINK/SOURCE 25mA/25mA
- POWER SUPPLY 5 VDC
- ขนาดแผ่น PCB 6.2 X 8.1 cm.
- สามารถ DOWNLOAD โปรแกรมเข้าหน่วยความจำภายในแบบ FLASH

ได้โดยตรงแบบ LOW VOLTAGE

โดยรูปที่ 3.15 แสดงถึงรูปร่างของบอร์ดควบคุม ส่วนรูปที่ 3.16 แสดงถึงโครงสร้างต่างๆของบอร์ดควบคุม



รูปที่ 3.15 บอร์ดควบคุมภายใน Sensor Node

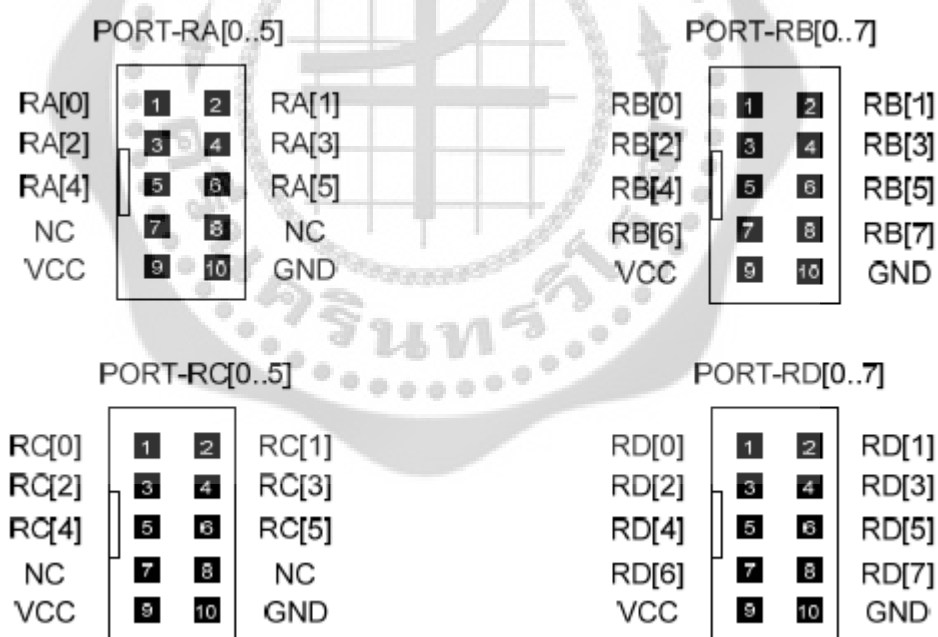


รูปที่ 3.16 โครงสร้างของบอร์ดควบคุม

จากรูปที่ 3.16 หมายเลขต่างๆมีรายละเอียดดังนี้

- หมายเลข 1 ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟ
- หมายเลข 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877
- หมายเลข 3, 4, 5, 6 เป็นพอร์ตของขาสัญญาณ I/O ของ PIC16F877 คือ PORT-RA, PORT-RB, PORT-RC และ PORT-RD ตามลำดับ โดยมีการจัดเรียงขาสัญญาณดังรูปที่ 3.17

- หมายเลข 7 พอร์ต RS232 จัดเรียงสัญญาณตามรูปที่ 3.18
- หมายเลข 8 ขาสัญญาณ PORT-RE จัดเรียงสัญญาณตามรูปที่ 3.19
- หมายเลข 9 จัมเปอร์เลือกการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์
- หมายเลข 10 พอร์ตสัญญาณสำหรับการดาวน์โหลดโปรแกรม
- หมายเลข 11 LED แสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟภายในบอร์ดควบคุม
- หมายเลข 12 สวิตช์รีเซ็ตโปรแกรม
- หมายเลข 13 ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟสำหรับใช้ร่วมกับบอร์ดอื่นๆ



รูปที่ 3.17 การจัดเรียงขั้วต่อของบอร์ดควบคุม

RS-232 Port



รูปที่ 3.18 การจัดเรียงขั้วต่อพอร์ต RS232 ของบอร์ดควบคุม



รูปที่ 3.19 การจัดเรียงขั้วต่อ PORT-RE ของบอร์ดควบคุม

3.3.3 บอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย

ในการรับส่งข้อมูลแบบไร้สายระหว่าง Sensor Node กับ Sink Node เพื่อนำค่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มาแสดงผลและเก็บข้อมูลที่คอมพิวเตอร์จะกระทำผ่านบอร์ดรับส่ง ข้อมูล RS232 แบบไร้สาย โดยที่บอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายจะทำหน้าที่เป็นตัวแปลง สัญญาณที่เปลี่ยนแปลงสัญญาณในระบบ RS232 ที่เป็นสาย ให้เป็นแบบการส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย โดยในโหมดการทำงานของการส่งข้อมูล (Transmitter) จะทำหน้าที่รอรับข้อมูลจาก พอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 จากขา RX แล้วแปลงเป็นสัญญาณความถี่ (GFSK) ส่งออกไปใน อากาศ และในทางกลับกันในโหมดการทำงานแบบรับ (Receiver) บอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายก็จะทำหน้าที่คอยตรวจจับข้อมูลที่อยู่ในรูปของสัญญาณความถี่ (GFSK) จากด้าน RF เพื่อแปลงกลับเป็นข้อมูลแบบ RS232 ส่งออกไปทางขา TX ได้ด้วย คุณสมบัติทางเทคนิคที่ สำคัญของบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายมีดังต่อไปนี้

- รูปแบบการรับส่งแบบ GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)
- ความถี่ใช้งาน 2.4GHz-2.52 GHz
- กำลังส่ง Output Power +20dBm, พร้อมเสาอากาศภายนอก 2.4GHz 50 Ohm
- รูปแบบการสื่อสารกำหนดเป็น 9600,8,N,1
- ระยะทางในการใช้งานได้ไกลถึง 100 เมตร หรือไกลกว่านี้ได้ในพื้นที่กลางแจ้ง
- 4 PIN RS232 Port สามารถต่อเข้ากับบอร์ดควบคุมได้ทันที

- Power Supply 5VDC-9VDC กระแสใช้งาน Recieve Mode 40mA, Transmit Mode Max 450mA

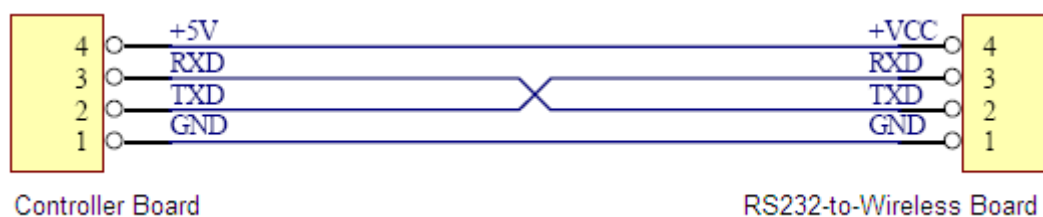
โดยในรูปที่ 3.20 แสดงรูปร่างของบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย รูปที่ 3.21 แสดงรูปร่างของบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายที่บรรจุลงกล่องพลาสติกเรียบร้อยแล้ว และรูปที่ 3.22 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายกับบอร์ดควบคุม



รูปที่ 3.20 บอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย



รูปที่ 3.21 บอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายที่บรรจุลงกล่องพลาสติกเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 3.22 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายกับบอร์ดควบคุม

3.3.3.1 การใช้งานบอร์ตรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย

การสื่อสารที่ใช้สำหรับบอร์ตรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายเป็นการทำงานชนิด 2 ทิศทาง แบบ Half Duplex หรือ ผลัดกันรับผลัดกันส่ง ซึ่งสามารถใช้รับส่งข้อมูลระหว่างต้นทางและปลายทางได้ โดยใช้บอร์ตรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายด้านละ 1 ชุดเท่านั้น เพียงแต่การรับส่งข้อมูลแบบนี้จะไม่สามารถส่งข้อมูลสวนทางกันได้เหมือนกับแบบ Full Duplex แต่จะต้องใช้วิธีการผลัดกันรับข้อมูลและส่งข้อมูลแทน โดยเมื่อฝ่ายรับทำการรับข้อมูลได้จนครบแล้วจึงจะสลับหน้าที่เป็นฝ่ายส่งเพื่อส่งข้อมูลย้อนกลับไป โดยบอร์ตรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายจะทำหน้าที่เป็นทั้งฝ่ายรับและฝ่ายส่งข้อมูลแบบอัตโนมัติ โดยในสภาวะปกติจะอยู่ในสภาวะของการรอรับข้อมูล ทั้งด้าน RF และ RS232 ซึ่งถ้าพบว่าไม่มีข้อมูลส่งเข้ามาทางด้านของ RF ก็จะนำข้อมูลนั้นส่งออกไปทางด้านขา TX ของ RS232 ทันที และในทำนองเดียวกัน ถ้าพบว่าไม่มีข้อมูลส่งเข้ามาทางด้าน RX ของ RS232 มันก็จะทำการรับข้อมูลนั้นจาก RS232 พร้อมกับเปลี่ยนทิศทางของอุปกรณ์ RF จากการรอรับข้อมูลให้ทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูลแทน เพื่อทำการส่งข้อมูลที่รับได้จาก RS232 ออกไปทาง RF ในทันที ซึ่งหลังจากที่บอร์ตรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายทำการสลับโหมดการทำงานของอุปกรณ์ด้าน RF จากการรอรับเป็นการส่งและทำการเริ่มต้นส่งข้อมูลออกไปทางด้าน RF เรียบร้อยแล้ว มันจะวนกลับไปตรวจสอบการรับข้อมูลจากด้าน RS232 อีกว่ายังมีข้อมูลส่งเข้ามาอีกหรือไม่ ถ้าพบว่ามีข้อมูลส่งเข้ามามีอีกก็จะทำการแปลงข้อมูลนั้นเพื่อส่งออกไปยังด้าน RF ต่อไปอีกจนกว่าการส่งข้อมูลด้าน RS232 จะสิ้นสุดลง ซึ่งข้อมูลด้าน RS232 ที่ส่งเข้ามานั้นควรส่งอย่างต่อเนื่องโดยเมื่อบอร์ตรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย ทำการส่งข้อมูลแต่ละ Byte ออกไปทางด้าน RF เรียบร้อยแล้วมันจะวนรอรับข้อมูล Byte ถัดไปจาก RS232 ภายในเวลา 2.5 ms ถ้าไม่พบข้อมูลส่งเข้ามาอีกภายในระยะเวลาดังกล่าวมันจึงจะทำการเปลี่ยนหน้าที่ของอุปกรณ์ด้าน RF ให้กลับมากำหนดหน้าที่เป็นการรอรับข้อมูลตามเดิม โดยในขณะที่อุปกรณ์ด้าน RF ถูกกำหนดให้เป็นฝ่ายส่งข้อมูลอยู่นั้น จะไม่สามารถทำการรับข้อมูลจาก RF ได้ ซึ่งถ้ามีการส่งข้อมูลเข้ามาในขณะนั้นก็จะไม่สามารถรับได้ โดยค่าเวลาที่ใช้ในการสลับโหมดการทำงานของ RF จากฝ่ายส่งข้อมูลให้ไปเป็นฝ่ายรับข้อมูลนั้น จะมีค่าเป็น 2.5 ms ดังนั้นเมื่อฝ่ายรับสามารถรับข้อมูลได้ครบหมดแล้วก่อนที่จะทำการส่งข้อมูลเพื่อตอบกลับไปยังฝ่ายตรงข้ามนั้น ควรทำการหน่วงเวลาไว้ไม่น้อยกว่า 3 ms นับจากรับข้อมูล Byte สุดท้ายได้เรียบร้อยแล้วจึงเริ่มต้นส่งข้อมูล Byte แรกย้อนกลับไป ซึ่งถ้าฝ่ายรับทำการส่งข้อมูลตอบกลับไปยังฝ่ายตรงข้ามเร็วกว่านี้อาจทำให้ฝ่ายตรงข้ามไม่สามารถรับข้อมูล Byte แรกได้ทันสำหรับการใช้งานบอร์ตรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายนี้ การรับและส่งข้อมูลด้าน RS232 จะไม่มีการตรวจสอบความพร้อมของฝ่ายรับและส่ง ด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า (CTS/RTS) โดยเมื่อมันสามารถรับข้อมูลจาก RF ได้ ก็จะทำการส่งข้อมูลนั้นออกไปทางขา TX (Transmit) ของ RS232 ในทันที โดยไม่สนใจว่า อุปกรณ์ที่ต่อไว้ด้าน RS232 จะพร้อมรับข้อมูลหรือไม่ ซึ่งถ้าด้าน RS232 ไม่พร้อมรับข้อมูลก็จะทำให้ข้อมูล Byte นั้นสูญหายไปทันที ซึ่งในการใช้งานนั้น ผู้ใช้ควรกำหนดค่าความเร็วในการรับส่งข้อมูลด้าน RS232

ที่จะใช้บอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายทุก ๆ ตัวด้วยค่าความเร็วที่เท่ากันด้วยเพื่อให้การรับและส่งข้อมูลเกิดความสัมพันธ์กันอย่างเหมาะสม สำหรับความสามารถในการรองรับข้อมูลจาก RS232 ของบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายนี้จะสามารถรับข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องสูงสุดไม่เกิน 64 Byte ดังนั้นในกรณีที่มีการส่งข้อมูลจากด้าน RS232 ด้วยข้อมูลจำนวนมากกว่า 64 Byte ต่อเนื่องกันนั้น ควรทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดๆ โดยให้มีขนาดชุดละไม่เกิน 64 Byte ซึ่งหลังจากทำการส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องไปได้ 1 ชุด (64 Byte) แล้วควรทำการหน่วงเวลาไว้ชั่วขณะหนึ่งอย่างน้อย 1 ms แล้วจึงเริ่มส่งข้อมูลชุดถัดไป สลับกับการหน่วงเวลา อย่างนี้เรื่อยๆ เพื่อให้บอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย สามารถนำข้อมูลที่รับได้จากด้าน RS232 ส่งออกไปทางด้าน RF ได้ทัน ซึ่งถ้าทำการส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการหน่วงเวลาเลยอาจทำให้ข้อมูลบาง Byte เกิดการสูญหายไปได้

3.3.4 โมดูลเร็กกูเลเตอร์

เพื่อให้ Sensor Node สามารถใช้ไฟเลี้ยงภายนอกจากแบตเตอรี่หรือแหล่งจ่ายไฟภายนอกที่มีโวลต์สูงๆ ได้ จึงมีการติดตั้งโมดูลเร็กกูเลเตอร์เพิ่มเติมเข้าไปเพื่อทำหน้าที่ลดระดับแรงดันไฟฟ้าลงให้เหลือ 5 VDC เพื่อนำไปเลี้ยงบอร์ดควบคุมและบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย คุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญของโมดูลเร็กกูเลเตอร์ดังต่อไปนี้

- โมดูลเร็กกูเลเตอร์แบบ DC-DC Converter เบอร์ LM2576 ให้ประสิทธิภาพการทำงานที่สูงกว่าแบบลิเนียร์เร็กกูเลเตอร์และลดกำลังงานสูญเสียในรูปของความร้อนได้มาก
- แรงดันอินพุตใช้งานได้สูงถึง 40 VDC
- สามารถจ่ายกระแสเอาต์พุตได้ 1 A
- จัดตำแหน่งขาเช่นเดียวกับไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 78xx (In/Gnd/Out) จึงสามารถใช้แทนได้ทันที

รูปที่ 3.23 แสดงลักษณะของโมดูลเร็กกูเลเตอร์



รูปที่ 3.23 โมดูลเร็กกูเลเตอร์

3.4 ทฤษฎีทางด้านซอฟต์แวร์

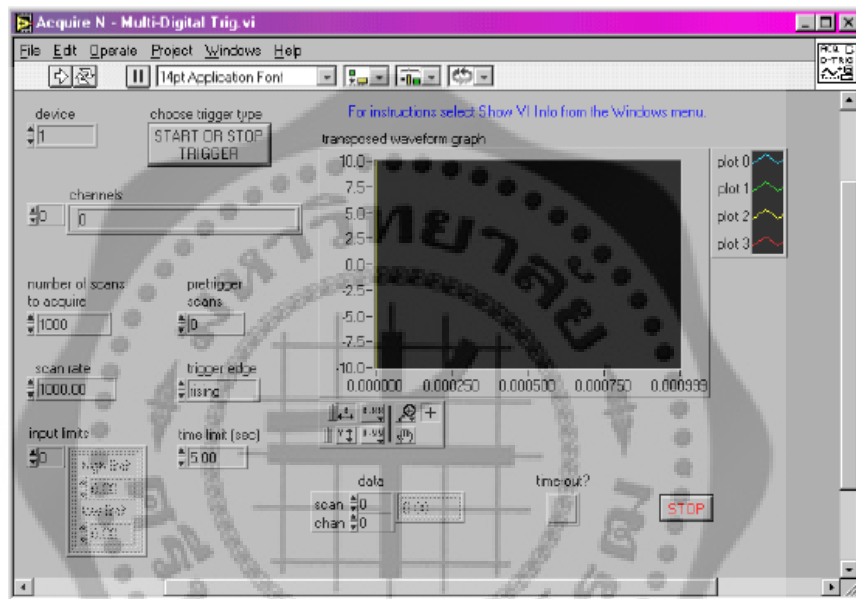
ในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับงานวิจัยนี้จะมีสองส่วนคือ โปรแกรมในส่วนของคอมพิวเตอร์ที่ Sink Node และ โปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ Sensor Node

3.4.1 การพัฒนาโปรแกรมในส่วน Sink Node

โปรแกรมในส่วนนี้จะถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้คอมพิวเตอร์ที่ Sink Node สามารถแสดงค่าและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้รับมาจาก Sensor Node โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ซอฟต์แวร์ LabVIEW ในการพัฒนาโปรแกรมในส่วน Sink Node เนื่องจากซอฟต์แวร์ LabVIEW เป็นการเขียนโปรแกรมเชิงกราฟิกทำให้การพัฒนาโปรแกรมเป็นไปได้สะดวกและรวดเร็วกว่าการเขียนโปรแกรมแบบดั้งเดิมที่เป็นการเขียนโปรแกรมแบบเชิงตัวหนังสือ โดย LabVIEW เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นมานำมาใช้ในงานด้านการวัดและควบคุม LabVIEW ย่อมาจาก **Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench** ซึ่งหมายถึงเป็นโปรแกรมที่สร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม ดังนั้นจุดประสงค์หลักของการทำงานของโปรแกรมนี้คือการจัดการในด้านการวัดและการควบคุม ในตัวของโปรแกรมจะประกอบไปด้วยฟังก์ชันที่ใช้ช่วยในการวัดคุมมากมายและโปรแกรมนี้จะมีประโยชน์สูงสุดเมื่อนำมาใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดทางวิศวกรรมต่างๆ สิ่งที่ทำให้ LabVIEW แตกต่างจากโปรแกรมอื่นอย่างเห็นได้ชัดที่สุดก็คือ LabVIEW เป็นโปรแกรมประเภท Graphical Programming โดยสมบูรณ์ นั่นคือเราไม่จำเป็นต้องเขียนโค้ดหรือคำสั่งเป็นลักษณะตัวอักษร แต่จะทำการเขียนโปรแกรมในลักษณะ ภาษารูปภาพ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ภาษา G (Graphical Language) ซึ่งแทนที่จะเขียนโปรแกรมเป็นบรรทัดอย่างที่เราคุ่นเคยกลับใช้รูปภาพหรือสัญลักษณ์แทน ถึงแม้ว่าในตอนแรกเราอาจจะสับสนกับการจัดเรียงหรือเขียนโปรแกรมบ้าง แต่เมื่อเราคุ่นเคยกับการใช้โปรแกรมนี้แล้วจะพบว่า LabVIEW มีความสะดวกและสามารถลดเวลาในการเขียนโปรแกรมลงไปได้มาก โดยเฉพาะในงานที่ต้องเขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆในการวัดและควบคุม สำหรับผู้ที่เคยใช้โปรแกรมประเภทตัวอักษร หรือ เรียกว่า Text Base ทั้งหลายคงจะทราบถึงความยุ่งยากในการจัดการกับขั้นตอนการส่งผ่านข้อมูลไปยังอุปกรณ์เชื่อมต่อ เช่น Port หรือ Card ต่างๆ รวมถึงการจัดการด้านหน่วยความจำเพื่อที่จะสามารถรวบรวมข้อมูลมาใช้ในการคำนวณและเก็บข้อมูลให้ได้ประโยชน์สูงสุด ปัญหาเหล่านี้ได้รับการแก้ไขใน LabVIEW โดยได้มีการบรรจุ Libraries ไว้สำหรับจัดการปัญหาเหล่านั้นไว้ให้แล้ว ไม่ว่าจะอุปกรณ์เชื่อมต่อจะเป็นอะไรขอให้เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมก็เป็นอันใช้ได้ รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูล LabVIEW ก็ได้สร้าง Libraries เกี่ยวกับฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ สถิติ พีชคณิต และ ฟังก์ชันอื่นๆ ไว้ให้เรียบร้อยแล้ว จึงทำให้การวัดและควบคุมเป็นเรื่องง่ายลงไปมาก อีกทั้งมีราคาถูกลงเนื่องจากสามารถใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในการสร้างโปรแกรมเกี่ยวกับการวัดคุมด้วยโปรแกรม LabVIEW ทำให้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกลายเป็นเครื่องมือวัดได้หลายชนิดในเครื่องเดียว

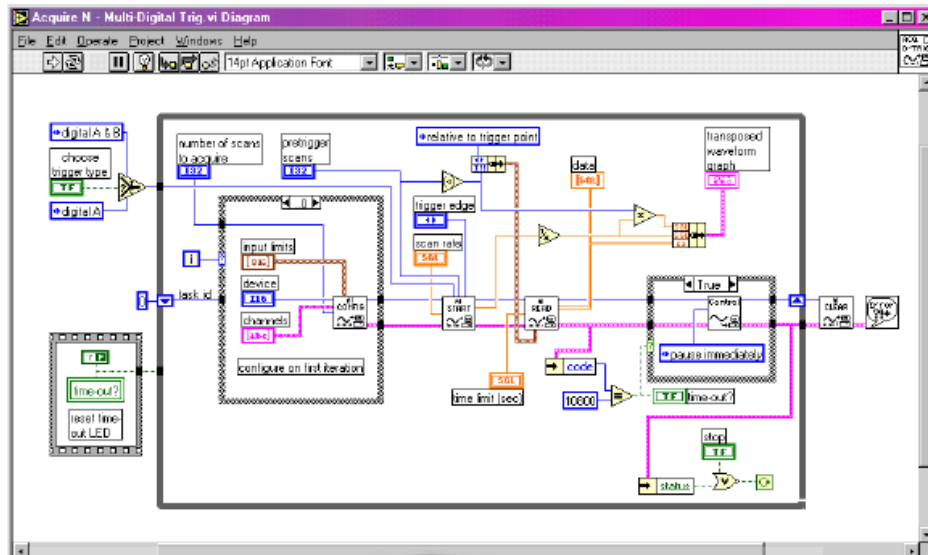
3.4.1.1 องค์ประกอบของโปรแกรม LabVIEW

ส่วนประกอบของโปรแกรม LabVIEW จะมีอยู่ด้วยกันสองหน้าต่าง คือ หน้าต่าง Font Panel และ หน้าต่าง Block Diagram ซึ่งในส่วนของหน้าต่าง Font Panel เปรียบเสมือนส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน หรือที่นิยมเรียกว่า GUI (Graphic User Interface) โดยทั่วไปจะมีลักษณะเหมือนกับหน้าปัดของเครื่องมีวัดทั่วไป ซึ่งจะประกอบไปด้วย สวิตช์ ปุ่ม กราฟ เป็นต้น ซึ่งผู้เขียนโปรแกรมสามารถสร้างรูปแบบขึ้นเองได้เพราะ LabVIEW มีส่วนประกอบต่างๆที่ใช้สำหรับออกแบบหน้าจอไว้ให้ใช้อย่างมากมาย ลักษณะของ หน้าต่าง Font Panel แสดงได้ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 หน้าต่าง Font Panel

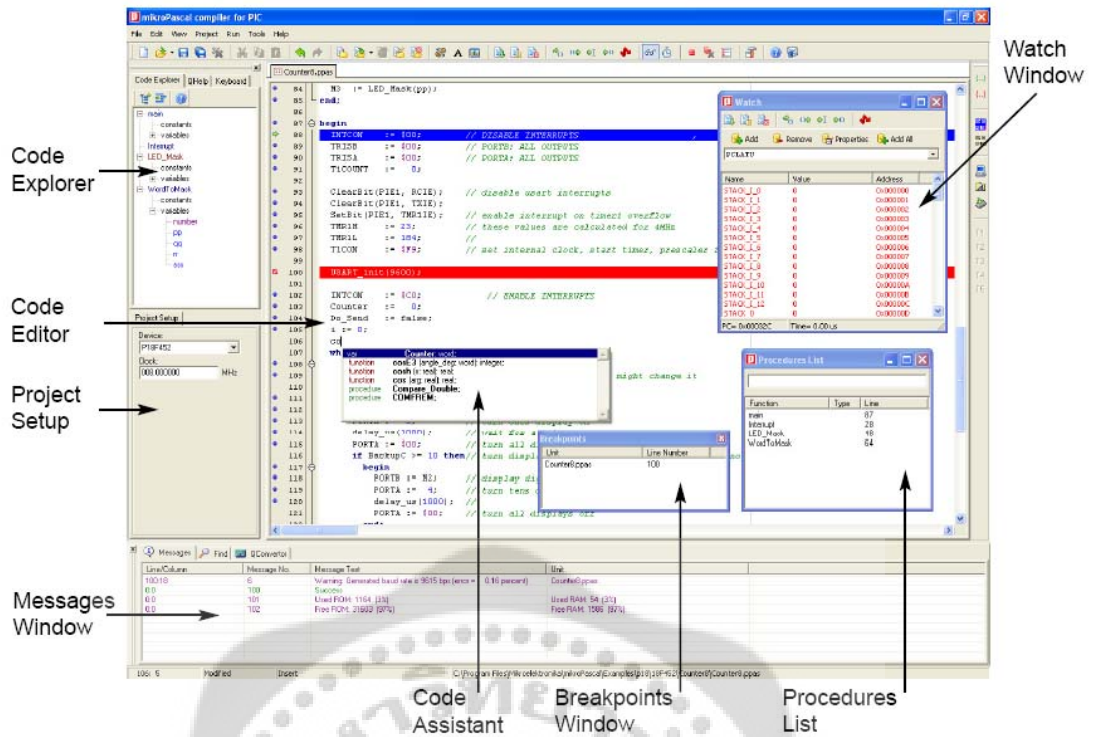
ส่วนหน้าต่าง Block Diagram เป็นหน้าต่างสำหรับการเขียนโค้ดหรือการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ต่างๆที่ได้ออกแบบไว้ในหน้าต่าง Font Panel โดยมีการเขียนโปรแกรมเป็นแบบ Graphical Programming ภายในหน้าต่าง Block Diagram จะประกอบไปด้วย ฟังก์ชัน ค่าคงที่ ลูป หรือ โครงสร้าง เป็นต้น จากนั้นในแต่ละส่วนจะปรากฏในรูปของบล็อก การรับส่งข้อมูลระหว่างบล็อกจะใช้การลากสายเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน เพื่อกำหนดทิศทางการไหลของข้อมูล ลักษณะของ หน้าต่าง Block Diagram แสดงได้ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 หน้าต่าง Block Diagram

3.4.2 การพัฒนาโปรแกรมในส่วน Sensor Node

เป็นการพัฒนาโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์บนบอร์ดควบคุม เพื่ออ่านค่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากโมดูลเซ็นเซอร์ SHT15 แล้วส่งข้อมูลดังกล่าวไปให้ คอมพิวเตอร์ที่ Sink Node ในแบบไร้สาย โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้คอมพิวเตอร์ภาษาซีชื่อ mikroC PRO for PIC ของบริษัท mikroElektronika ซึ่งใช้มาตรฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซี แบบ ANSI C และ สภาพแวดล้อมในการพัฒนาโปรแกรมเป็นแบบ Integrated Development Environment (IDE) ซึ่งรวมเอาส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน คอมไพเลอร์ ดีบักเกอร์ และ ไลบรารีต่างๆ ไว้ในสภาพแวดล้อมเดียวกันทำให้การพัฒนาโปรแกรมเป็นไปได้อย่างสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น หน้าตาและส่วนประกอบของโปรแกรมสามารถดูได้จากรูปที่ 3.26 ส่วนรายละเอียดเพิ่มเติม สามารถดูได้จากเว็บไซต์ <http://www.mikroe.com>



รูปที่ 3.26 ส่วนประกอบของโปรแกรม mikroC for PIC

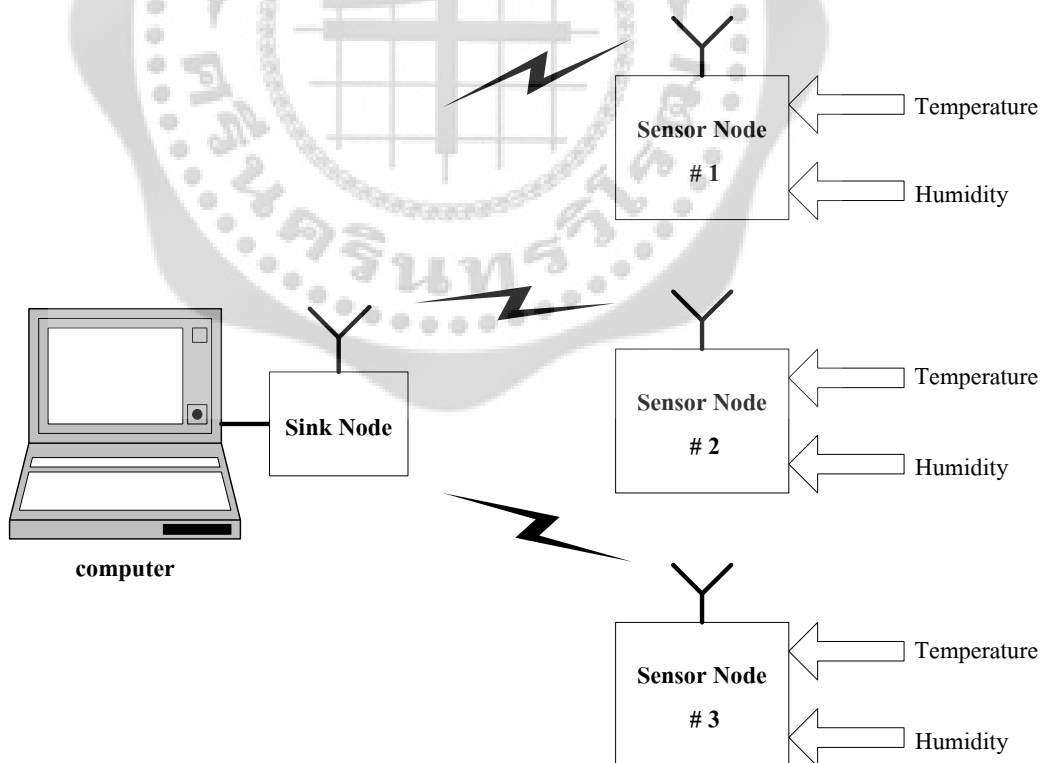
บทที่ 4

การคำนวณและออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการคำนวณและออกแบบ ต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียน โดยจะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ และการออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์

4.1 องค์ประกอบของต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียน

เพื่อให้เข้าใจถึงการคำนวณและออกแบบต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียนได้ดียิ่งขึ้น จึงจำเป็นต้องทราบถึงส่วนประกอบและการทำงานของระบบทั้งหมดเสียก่อน ซึ่งส่วนประกอบและการทำงานของระบบทั้งหมดสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบและการทำงานของต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียน

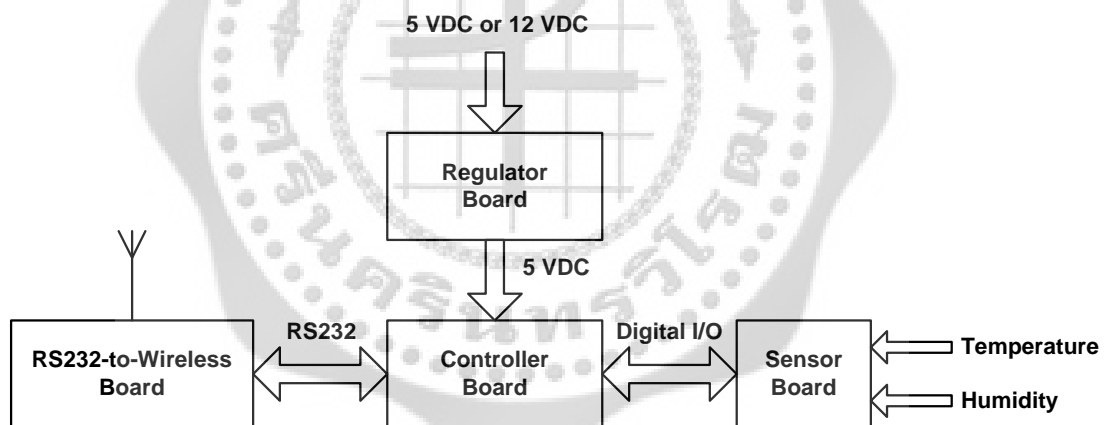
จากรูปที่ 4.1 ส่วนประกอบหลักของต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนจะมีสองส่วนคือ Sensor Node และ Sink Node โดยที่ Sensor Node จะทำหน้าที่อ่านค่าของอุณหภูมิและความชื้นของจุดที่ติดตั้งแล้วทำการส่งค่าที่อ่านได้ไปยัง Sink Node ในแบบไร้สาย ซึ่ง Sink Node นี้จะส่งข้อมูลที่รับจาก Sensor Node ไปยังคอมพิวเตอร์และภายในคอมพิวเตอร์จะมีโปรแกรมสำหรับแสดงผลและบันทึกค่าของอุณหภูมิและความชื้นที่อ่านได้จาก Sensor Node ทั้งสามจุด

4.2 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์

จากรูปที่ 4.1 จะพบว่าส่วนประกอบของระบบที่เป็นฮาร์ดแวร์จะมีสองส่วนคือ Sensor Node และ Sink Node ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงได้แบ่งการออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ออกเป็นสองหัวข้อย่อยคือ การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ของ Sensor Node และ การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ของ Sink Node ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ของ Sensor Node

ส่วนประกอบและการทำงานของอุปกรณ์ Sensor Node สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ส่วนประกอบและการทำงานของอุปกรณ์ Sensor Node

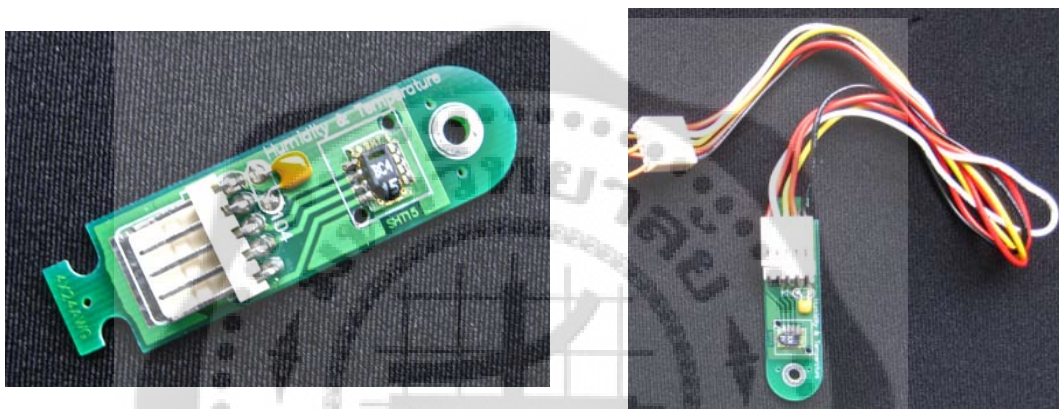
จากรูปที่ 4.2 อุปกรณ์ Sensor Node จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

1. บอร์ดเซ็นเซอร์ (Sensor Board) เป็นบอร์ดที่ติดตั้งโมดูลเซ็นเซอร์ SHT15 ไว้สำหรับอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ลักษณะของบอร์ดเซ็นเซอร์และการเชื่อมต่อสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ
2. บอร์ดควบคุม (Controller Board) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของอุปกรณ์ Sensor Node เริ่มตั้งแต่รับคำสั่งจาก Sink Node ผ่านทางบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย (RS232-to-Wireless Board) อ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากบอร์ดเซ็นเซอร์ ส่ง

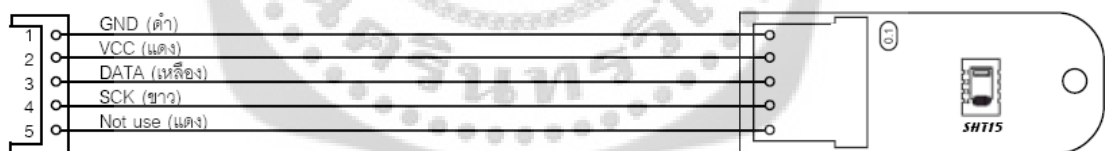
ค่าที่อ่านได้ผ่านทางพอร์ต RS232 ไปยังบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย (RS232-to-Wireless Board) กลับไปยัง Sink Node ลักษณะของบอร์ดควบคุมและการเชื่อมต่อต่างๆ สามารถดูได้จากรูปที่ 3.15 – 3.19 ในบทที่ 3

3. บอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย (RS232-to-Wireless Board) ทำหน้าที่แปลงข้อมูลจากพอร์ต RS232 ไปเป็นสัญญาณแบบไร้สายในคลื่นความถี่วิทยุ ลักษณะของบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายสามารถดูได้จากรูปที่ 3.20 – 3.21 ในบทที่ 3

4. บอร์ดเร็กกูเลเตอร์ (Regulator Board) เป็นบอร์ดที่ติดตั้งโมดูลเร็กกูเลเตอร์เพื่อทำหน้าที่ลดระดับแรงดันไฟฟ้าจากภายนอกลงให้เหลือ 5 VDC เพื่อนำไปเลี้ยงบอร์ดต่างๆ ภายในอุปกรณ์ Sensor Node ลักษณะของโมดูลเร็กกูเลเตอร์สามารถดูได้จากรูปที่ 3.22 ในบทที่ 3



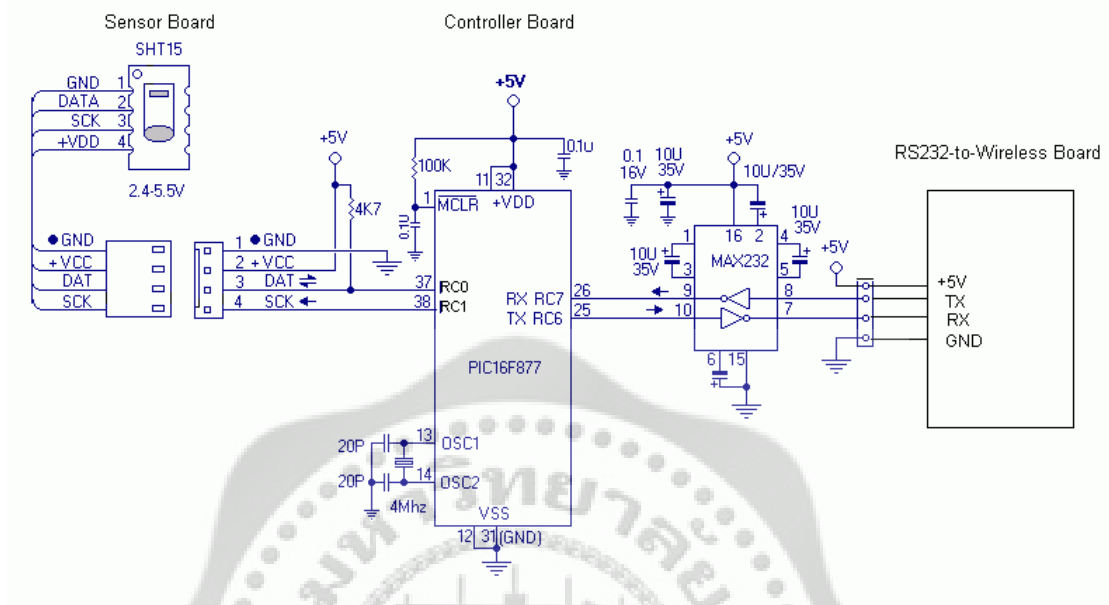
รูปที่ 4.3 บอร์ดเซ็นเซอร์



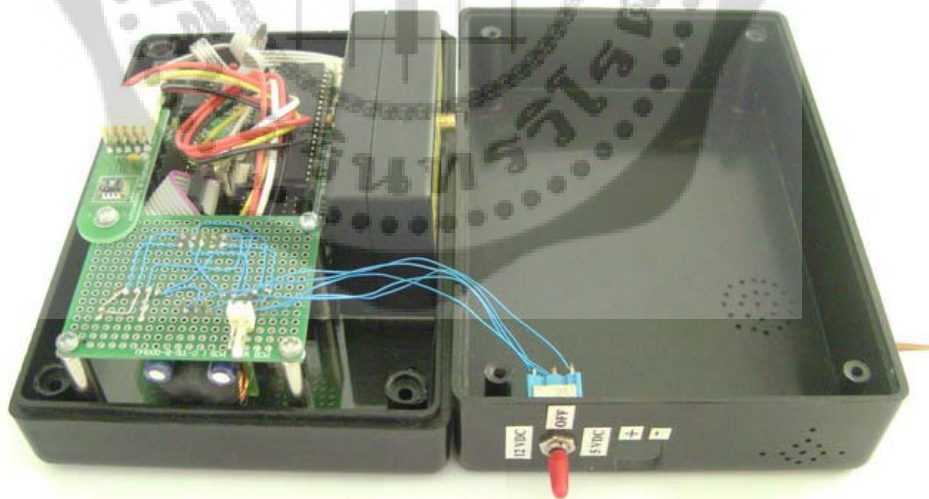
รูปที่ 4.4 ขาสัญญาณต่างๆของบอร์ดเซ็นเซอร์

เมื่อนำส่วนประกอบของบอร์ดต่างๆภายใน Sensor Node ทั้งหมดที่ได้กล่าวมาข้างต้น มาต่อรวมกันจะสามารถเขียนเป็นวงจรไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 4.5 จากรูปที่ 4.5 จะพบว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 บนบอร์ดควบคุมจะต่อกับโมดูลเซ็นเซอร์ SHT15 บนบอร์ดเซ็นเซอร์ทางขา RC0 และ RC1 โดยขา RC0 ต่อกับขา DAT ของโมดูลเซ็นเซอร์ SHT15 และขา RC1 ต่อกับขา SCK ของโมดูลเซ็นเซอร์ SHT15 จากนั้นขา RC6 ซึ่งทำหน้าที่เป็นสัญญาณ TX และ RC7 ซึ่งทำหน้าที่เป็นสัญญาณ RX ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 จะต่อผ่านไอซี MAX232 เพื่อแปลงระดับสัญญาณให้เป็นไปตามมาตรฐาน RS232 และจะไปต่อกับขา RX และ TX ของบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย (RS232-to-Wireless Board) ตามลำดับ

ส่วนรูปที่ 4.6 แสดงถึงส่วนประกอบภายในของ Sensor Node รูปที่ 4.7 แสดงถึง Sensor Node ที่ประกอบลงกล่องพลาสติกเรียบร้อยแล้ว และ รูปที่ 4.8 แสดงถึงการนำ Sensor Node ไปต่อร่วมกับแบตเตอรี่เพื่อใช้งาน



รูปที่ 4.5 วงจรไฟฟ้าของ Sensor Node



รูปที่ 4.6 ส่วนประกอบภายในของ Sensor Node



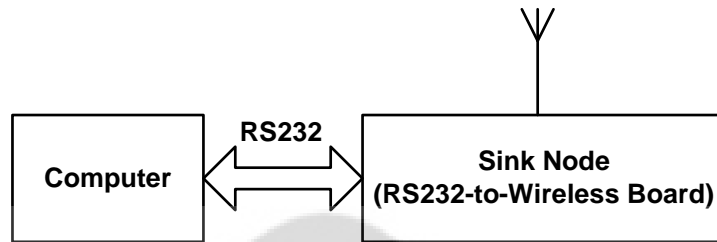
รูปที่ 4.7 Sensor Node ที่ประกอบลงกล่องพลาสติกเรียบร้อยแล้ว



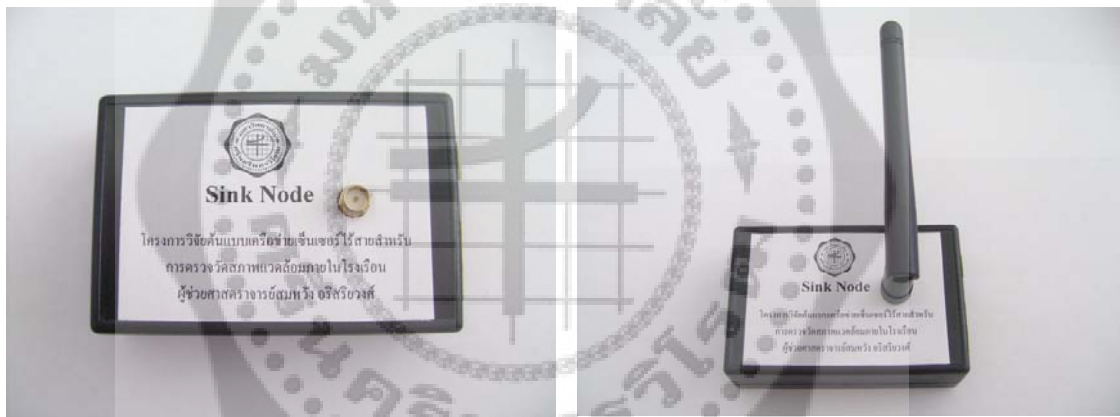
รูปที่ 4.8 การนำ Sensor Node ไปต่อร่วมกับแบตเตอรี่เพื่อใช้งาน

4.2.2 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ของ Sink Node

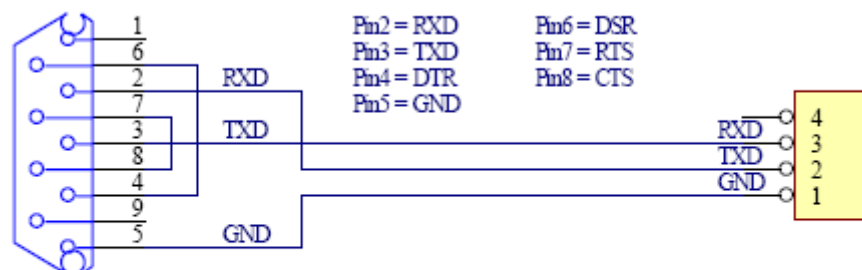
Sink Node จะทำหน้าที่เป็นเป็นตัวกลางรับส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยัง Sensor Node ในแบบไร้สาย โดยที่ Sink Node จะติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย (RS232-to-Wireless Board) ดังรูปที่ 4.9 ส่วนลักษณะของอุปกรณ์ Sink Node สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.10 และ การเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง Sink Node กับคอมพิวเตอร์แสดงได้ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.9 การรับส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยัง Sink Node



รูปที่ 4.10 Sink Node



RS232-DB9

Com. Port of Computer

RS232 Port of Sink Node

รูปที่ 4.11 การเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง Sink Node กับ คอมพิวเตอร์

4.3 การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์

ในการออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์จะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ การออกแบบโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้นับพอร์ตควบคุมในส่วนของ Sensor Node และการออกแบบโปรแกรมสำหรับคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ติดต่อกับ Sink Node เพื่อสั่งให้ Sensor Node ทำการส่งค่าของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้กลับมาให้ โดยก่อนที่จะกล่าวถึงการออกแบบโปรแกรมทั้งหมดดังกล่าวข้างต้นจะขอกล่าวถึงการกำหนดรูปแบบการสื่อสาร (Protocol) ระหว่าง Sink Node กับ Sensor Node เสียก่อน

4.3.1 รูปแบบการสื่อสาร (Protocol) ระหว่าง Sink Node กับ Sensor Node

เพื่อให้อุปกรณ์ทั้งทางฝั่ง Sink Node และ Sensor Node สามารถรับส่งข้อมูลกันได้อย่างถูกต้องจำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดรูปแบบการสื่อสาร (Protocol) ที่จะใช้ขึ้นมาเสียก่อน โดยในที่นี้จะใช้การสื่อสารแบบ Half Duplex หรือ ผลัดกันรับข้อมูลผลัดกันส่งข้อมูล ซึ่งเมื่อฝ่ายรับทำการรับข้อมูลได้จนครบแล้วจึงจะสามารถสลับหน้าที่เป็นฝ่ายส่งข้อมูลย้อนกลับไปได้ หลักการสื่อสารแบบนี้จะให้ Sink Node เป็นตัวควบคุมการสื่อสารกับ Sensor Node แต่ละตัวในระบบ โดยเมื่อ Sink Node จะทำการส่งข้อมูลออกไปจะมีการใส่รหัส ID Code ของ Sensor Node ที่ต้องการสื่อสารด้วยรวมไปในชุดข้อมูลนั้นๆด้วย ซึ่ง Sensor Node ทุกตัวจะรับข้อมูลจาก Sink Node ได้เหมือนกัน แต่จะมี Sensor Node เพียงตัวเดียวที่ตอบสนองต่อข้อมูลนั้นๆ โดยได้กำหนดการตั้งค่าการสื่อสารของ Sink Node และ Sensor Node ไว้ตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การตั้งค่าการสื่อสารของ Sink Node และ Sensor Node

การตั้งค่าการสื่อสาร	Sink Node	Sensor Node (ตัวที่ 1)	Sensor Node (ตัวที่ 2)	Sensor Node (ตัวที่ 3)
RS232 Baudrate (Bits Per Second)	9600	9600	9600	9600
ID Code	-	01	02	03

หลังจากได้ตั้งค่าการสื่อสารของอุปกรณ์ต่างๆตามตารางที่ 4.1 แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการกำหนดรูปแบบการสื่อสาร (Protocol) ที่จะใช้ขึ้นมาซึ่งจะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือรูปแบบการสื่อสารทางด้าน Sink Node และ รูปแบบการสื่อสารทางด้าน Sensor Node ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1.1 รูปแบบการสื่อสาร (Protocol) ทางด้าน Sink Node

รูปแบบการสื่อสาร (Protocol) ทางด้าน Sink Node จะสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 4.12 ซึ่งโค้ดที่ใช้ทั้งหมดเป็นแบบ ASCII Code และ 1 บล็อกในรูปจะมีค่าเท่ากับ 1 ไบต์

*	A0	A1	C	CR
(0x2A)	(1 st Address)	(2 nd Address)	(Command)	(0x0D)

รูปที่ 4.12 รูปแบบการสื่อสารทางด้าน Sink Node

จากรูปที่ 4.12 สามารถอธิบายความหมายแต่ละบิตได้ดังนี้

- * หมายถึง รหัสหน้าของชุดคำสั่ง ซึ่งตรงกับรหัส ASCII คือ 0x2A
- A0, A1 หมายถึง ID Code ของ Sensor Node ในหลักที่หนึ่งและหลักที่สองตามลำดับ
 - การอ้างอิงหมายเลข ID Code ของ Sensor Node ที่จะติดต่อจะใช้ตัวเลขสองหลัก เช่น ถ้าต้องการติดต่อกับ Sensor Node ที่ ID Code เป็น 01 จะต้องกำหนดให้ A0 = '0' และ A1 = '1' หรือ ถ้าเป็นรหัส ASCII จะได้เป็น A0 = 0x30 และ A1 = 0x31 เป็นต้น
- C หมายถึง รหัสคำสั่ง มีค่าเป็น '0' หรือ '1' กรณีรหัส ASCII จะเป็น 0x30 หรือ 0x31
 - C = '0' หรือ 0x30 หมายถึง คำสั่งตรวจสอบการสื่อสาร
 - C = '1' หรือ 0x31 หมายถึง คำสั่งอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้น
- CR หมายถึง รหัสปิดท้าย ซึ่งตรงกับรหัส ASCII คือ 0x0D

4.3.1.2 รูปแบบการสื่อสาร (Protocol) ทางด้าน Sensor Node

เมื่อ Sensor Node ได้รับความสั่งจาก Sink Node ตามรูปแบบการสื่อสารดังรูปที่ 4.12 แล้ว Sensor Node จะมีการตอบสนองโดยใช้รูปแบบการสื่อสาร (Protocol) ดังรูปที่ 4.13 – 4.15 ซึ่งโค้ดที่ใช้ทั้งหมดเป็นแบบ ASCII Code และ 1 บิตในรูปจะมีค่าเท่ากับ 1 ไบต์

*	A0	A1	'O'	'K'	CR
(0x2A)	(1 st Address)	(2 nd Address)	(0x4F)	(0x4B)	(0x0D)

รูปที่ 4.13 รูปแบบการสื่อสารทางด้าน Sensor Node กรณีได้รับความสั่งตรวจสอบการสื่อสาร

T (0x54)	X	X	.	X	H	X	X	.	X	CR (0x0D)
			(0x2E)		(0x48)			(0x2E)		

รูปที่ 4.14 รูปแบบการสื่อสารทางด้าน Sensor Node กรณีได้รับคำสั่งอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้น

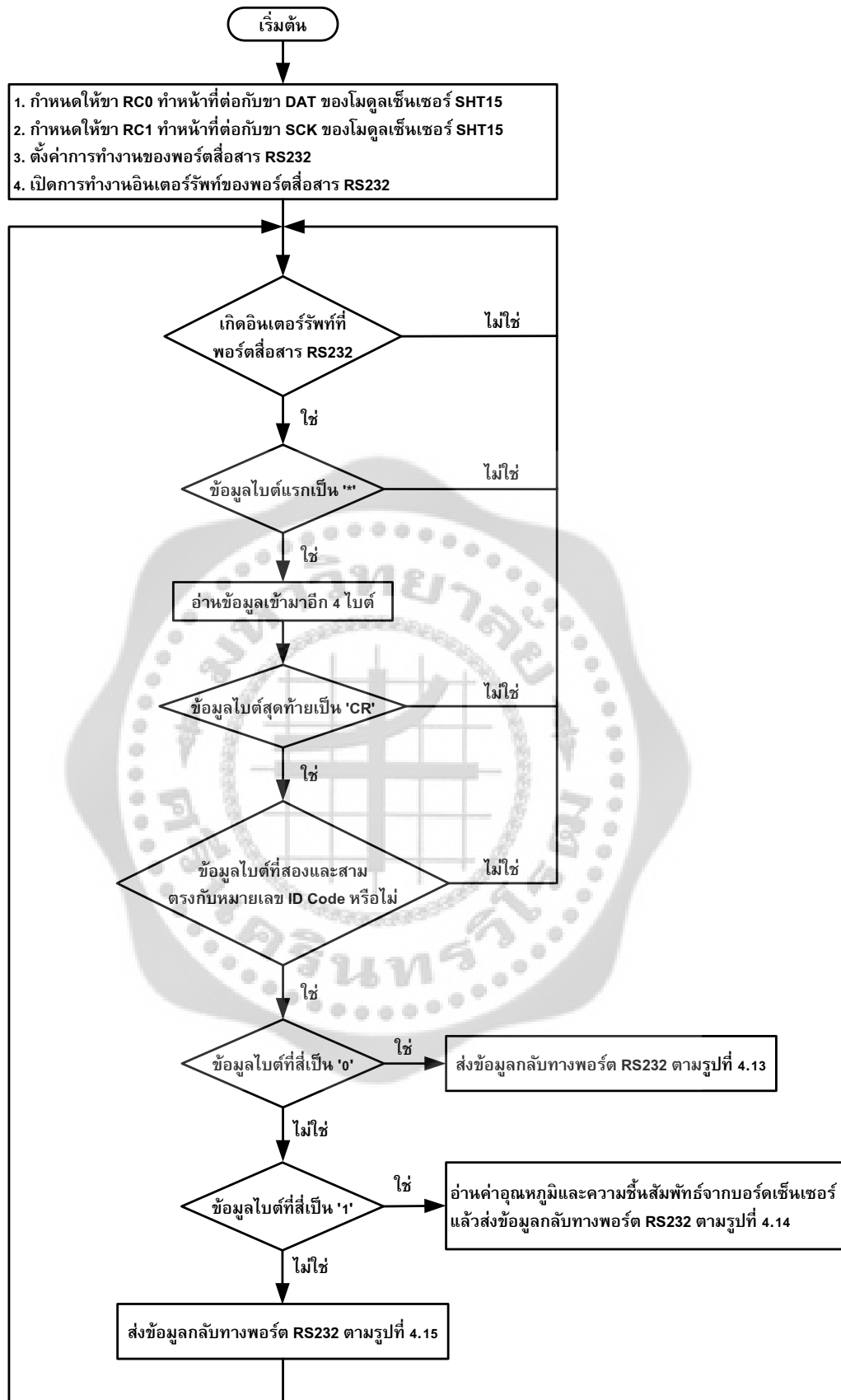
?	A0	A1	CR
(0x3F)	(1 st Address)	(2 nd Address)	(0x0D)

รูปที่ 4.15 รูปแบบการสื่อสารทางด้าน Sensor Node กรณีได้รับคำสั่งที่ไม่รู้จัก

จากรูปที่ 4.13 สามารถยกตัวอย่างได้ดังนี้ เช่น เมื่อ Sink Node ส่งคำสั่งมาเป็น '* '0' '1' '0' 'CR' Sensor Node หมายเลข ID Code เป็น 01 จะตอบสนองเป็น '* '0' '1' '0' 'K' 'CR' เป็นต้น ส่วนจากรูปที่ 4.14 สามารถยกตัวอย่างได้ดังนี้ เช่น เมื่อ Sink Node ส่งคำสั่งมาเป็น '* '0' '1' '1' 'CR' ถ้าในขณะนั้น Sensor Node หมายเลข ID Code เป็น 01 อ่านค่าอุณหภูมิได้เท่ากับ 35.2 °C และ ความชื้นได้เท่ากับ 68.5 %RH Sensor Node จะตอบสนองเป็น 'T' '3' '5' '.' '2' 'H' '6' '8' '.' '5' 'CR' เป็นต้น และ จากรูปที่ 4.15 สามารถยกตัวอย่างได้ดังนี้ เช่น กรณีที่ Sensor Node หมายเลข ID Code เป็น 01 ได้รับคำสั่งที่ไม่รู้จักจะตอบสนองเป็น '?' '0' '1' 'CR'

4.3.2 การออกแบบโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรเลอร์ที่ใช้บอร์ดควบคุมสำหรับ Sensor Node

โปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรเลอร์ที่ใช้บอร์ดควบคุมสำหรับ Sensor Node สามารถนำมาเขียนเป็นไฟล์ซอร์สโค้ดการทำงานได้ดังรูปที่ 4.16 โดยเริ่มจากการกำหนดให้ขา RC0 และ RC1 ของไมโครคอนโทรเลอร์ต่อกับขา DAT และ SCK ของเซ็นเซอร์บอร์ดตามลำดับ และ ตั้งค่าการทำงานของพอร์ตสื่อสาร RS232 จากนั้นเปิดการทำงานอินเตอร์รัพท์ของพอร์ตสื่อสาร RS232 เมื่อเกิดอินเตอร์รัพท์ให้อ่านข้อมูลไบต์แรกเข้ามาแล้วตรวจสอบว่าเป็น "*" หรือไม่ ถ้าใช่จะอ่านข้อมูลเข้ามาอีก 4 ไบต์ แล้วตรวจสอบว่าไบต์สุดท้ายเป็น "CR" ใช่หรือไม่ ถ้าใช่จะตรวจสอบต่อว่าเป็นคำสั่งสำหรับ ID Code ของบอร์ดตนหรือไม่ ถ้าใช่ก็จะมีการตอบสนองต่อคำสั่งตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.3.1.2 ต่อไป ส่วนซอร์สโค้ดโปรแกรมสามารถแสดงได้ในหัวข้อถัดไป



รูปที่ 4.16 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้บนบอร์ดควบคุม

4.3.2.1 ซอร์สโค้ดโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้บนบอร์ดควบคุม
จากรูปที่ 4.16 สามารถนำมาเขียนเป็นซอร์สโค้ดภาษาซีได้ดังนี้

/* Project name:

Reading Temperature and Humidity from SHT15 and Interrupt Serial
Communication

* Copyright:

(c) Somwang Arisariyawong (somwang@swu.ac.th), 2010.

* Revision History:

20100508:

- initial release;

* Description:

This code demonstrates two-wire communication with temperature and humidity sensor SHT15 connected to PORTC. Resolution for temperature is 14bit while for humidity is 12bit.

After reset, PIC obtains temperature and humidity from sensor and send them to serial port.

* Test configuration:

MCU: PIC16F877A

Oscillator: HS, 10.0000 MHz

Ext. Modules: SHT15 sensor board PORTC

SW: mikroC PRO for PIC

*/

//SHT15 connections

sbit SDA at RC0_bit; // Serial data pin

sbit SCL at RC1_bit; // Serial clock pin

sbit SDA_Direction at TRISC0_bit; // Serial data direction pin

sbit SCL_Direction at TRISC1_bit; // Serial clock direction pin

// Constants for calculating temperature and humidity

const float c1 = -4.0; // Parameters for humidity conversion

const float c2 = 0.0405;

const float c3 = -0.0000028;

const float t1 = 0.01;

const float t2 = 0.00008;

const float d1 = -40.1; // Parameters for temperature conversion

```

const float d2 = 0.01;
float Ta_res, Rh_res_linear, Rh_res_true;
unsigned short i, j, l = 0;
long int k, S0t, S0rh;
char rxchar, rxarray[5], Ta_FloatToStr[8], Rh_FloatToStr[8], SlaveResponse1[12];
#define CHIP_SELECT F2
void enable_int() {
    PIE1.RCIE = 1;           // Enable receive interrupt
    INTCON.PEIE = 1;        // Enable peripheral interrupt
    INTCON.GIE = 1;        // Enable Global interrupt
}
void SHT_Reset() {
    SCL = 0;                // SCL low
    SDA_Direction = 1;     // define SDA as input
    for(i = 1; i <= 18; i++) // repeat 18 times
        SCL = ~SCL;       // invert SCL
}
void Transmission_Start() {
    SDA_Direction = 1;     // define SDA as input
    SCL = 1;              // SCL high
    Delay_1us();          // 1us delay
    SDA_Direction = 0;    // define SDA as output
    SDA = 0;              // SDA low
    Delay_1us();          // 1us delay
    SCL = 0;              // SCL low
    Delay_1us();          // 1us delay
    SCL = 1;              // SCL high
    Delay_1us();          // 1us delay
    SDA_Direction = 1;    // define SDA as input
    Delay_1us();          // 1us delay
    SCL = 0;              // SCL low
}

```

```

// MCU ACK
void MCU_ACK() {
    SDA_Direction = 0;           // define SDA as output
    SDA = 0;                     // SDA low
    SCL = 1;                     // SCL high
    Delay_1us();                 // 1us delay
    SCL = 0;                     // SCL low
    Delay_1us();                 // 1us delay
    SDA_Direction = 1;          // define SDA as input
}

// This function returns temperature or humidity, depends on command
long int Measure(short num) {
    j = num;                      // j = command (0x03 or 0x05)
    SHT_Reset();                  // procedure for resetting SHT15
    Transmission_Start();         // procedure for starting transmission
    k = 0;                        // k = 0
    SDA_Direction = 0;           // define SDA as output
    SCL = 0;                      // SCL low
    for(i=1; i<=8; i++) {        // repeat 8 times
        if(j.F7 == 1)            // if bit 7 = 1
            SDA_Direction = 1;   // define SDA as input
        else {                   // else (if bit 7 = 0)
            SDA_Direction = 0;   // define SDA as output
            SDA = 0;             // SDA low
        }
        Delay_1us();             // 1us delay
        SCL = 1;                 // SCL high
        Delay_1us();             // 1us delay
        SCL = 0;                 // SCL low
        j <<= 1;                 // move contents of j one place left
    }
    SDA_Direction = 1;           // define SDA as input
    SCL = 1;                     // SCL high
    Delay_1us();                 // 1us delay
}

```

```

SCL = 0;           // SCL low
Delay_1us();      // 1us delay
while(SDA == 1)   // while SDA is high, do nothing
    Delay_1us();  // 1us delay
for(i=1; i<=16; i++) { // repeat 16 times
    k <<= 1;      // move contents of k one place left
    SCL = 1;     // SCL high
    if(SDA == 1) // if SDA is high
        k = k | 0x0001;
    SCL = 0;
    if(i == 8) // if counter i = 8 then
        MCU_ACK(); // MCU acknowledge
}
return k;      // returns contents of k
}

void interrupt() {
    if(UART1_Data_Ready()) {
        rxchar = UART1_Read(); // Read first byte
        if(rxchar == '*') { // Is first byte equal '*'
            rxarray[0] = rxchar; // Record first byte
            for(l=1; l<5; l++) {
                while (!UART1_Data_Ready()); // Wait for next byte
                rxarray[l] = UART1_Read();
            }
            if(rxarray[4] == 0x0D) { // Is last byte equal 'CR'
                if(rxarray[1] == '0' && rxarray[2] == '1') { // Is BoardID equal '01'
                    switch(rxarray[3]) { // Select master command
                        case '0': { // Master Command equal '0'
                            UART1_Write_Text("*01OK"); // Send Data Out
                            UART1_Write(0x0D); // Add CR
                            UART1_Write(0x00); // Add Null
                        } break;
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```



```
case '1': { // Master Command equal '1'
    // Measuring temperature
    SOT = Measure(0x03); // function for measuring (
command 0x03 is for temperature)
    // Measuring humidity
    SORh = Measure(0x05); // function for measuring (
command 0x05 is for humidity)
    // Calculating temperature
    Ta_res = d1 + (d2 * SOT);
    // Calculating humidity
    Rh_res_linear = c1 + (c2 * SORh) + (c3 * SORh * SORh);
    Rh_res_true = (Ta_res - 25) * (t1 + (t2 * SORh)) + Rh_res_linear;
    // Preparing temperature and humidity for send out
    FloatToStr(Ta_res, Ta_FloatToStr);
    FloatToStr(Rh_res_true, Rh_FloatToStr);
    SlaveResponse1[1] = Ta_FloatToStr[0];
    SlaveResponse1[2] = Ta_FloatToStr[1];
    SlaveResponse1[4] = Ta_FloatToStr[3];
    SlaveResponse1[6] = Rh_FloatToStr[0];
    SlaveResponse1[7] = Rh_FloatToStr[1];
    SlaveResponse1[9] = Rh_FloatToStr[3];
    UART1_Write_Text(SlaveResponse1);
} break;
default: {
    UART1_Write_Text("?01"); // Send Data Out
    UART1_Write(0x0D); // Add CR
    UART1_Write(0x00); // Add Null
}
}
}
}
}
}
```

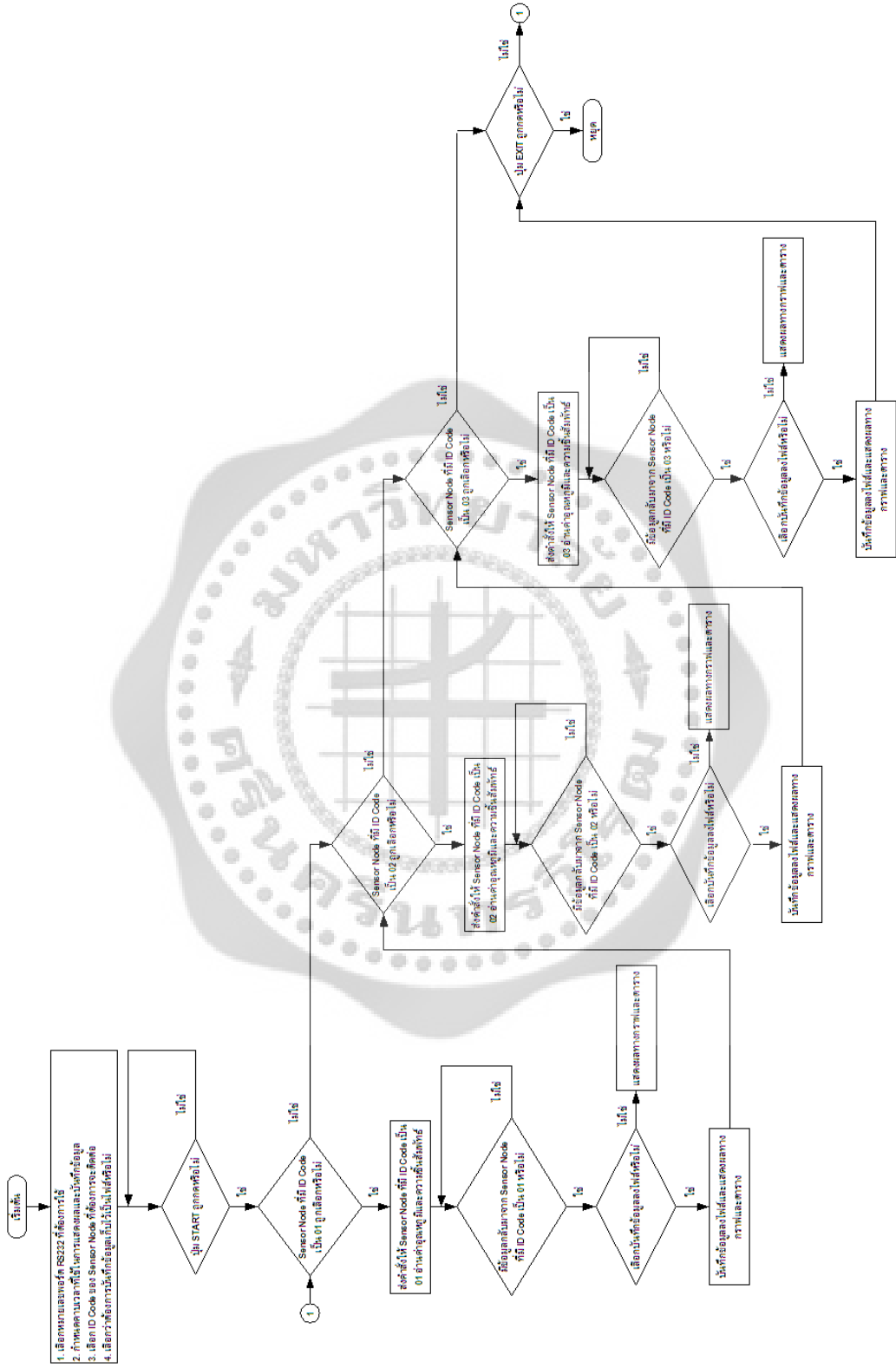
```

void main() {
    PORTC = 0x00;           // Clear PortC
    TRISC.CHIP_SELECT = 0; // Set RC2 pin as output
    SCL_Direction = 0;     // SCL is output
    UART1_Init(9600);      // Initialize UART module at 9600 bps
    Delay_ms(100);        // Wait for UART module to stabilize
    enable_int();          // Enable Interrupt
    SlaveResponse1[0] = 'T';
    SlaveResponse1[3] = '.';
    SlaveResponse1[5] = 'H';
    SlaveResponse1[8] = '.';
    SlaveResponse1[10] = 0x0D; // CR
    SlaveResponse1[11] = 0x00; // zero terminated
    while (1) {
        Delay_ms(1000); // delay 1000ms
    }
}

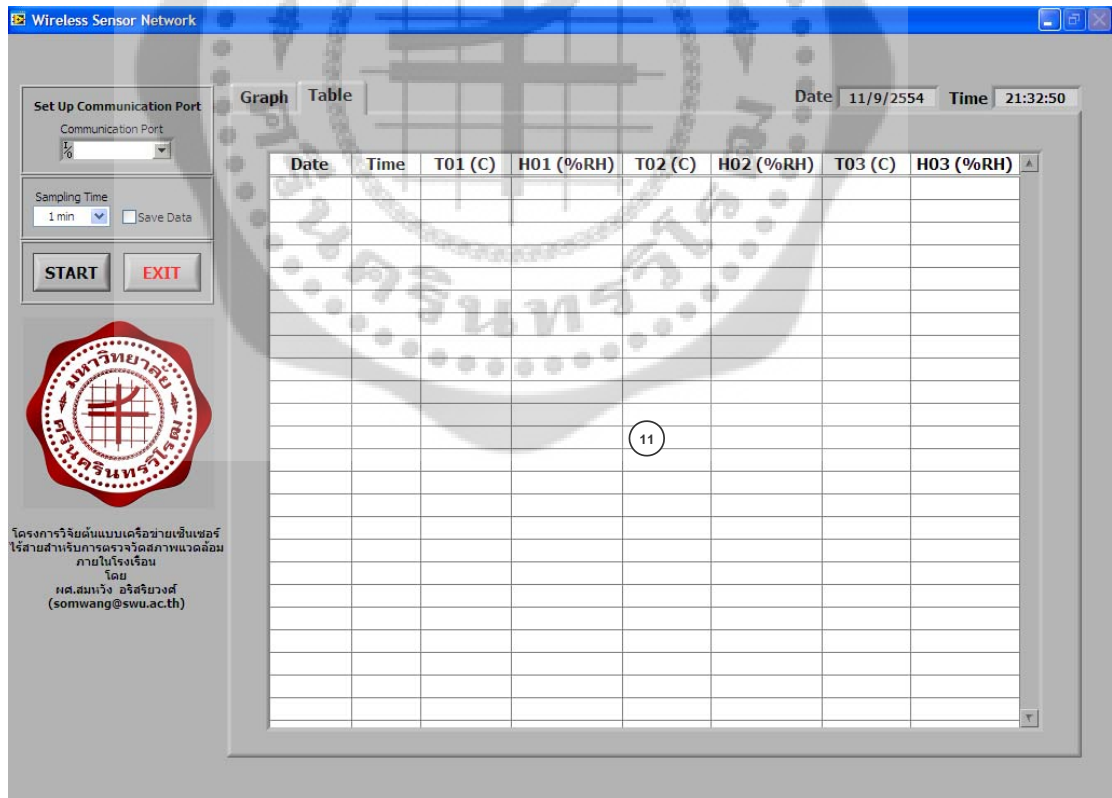
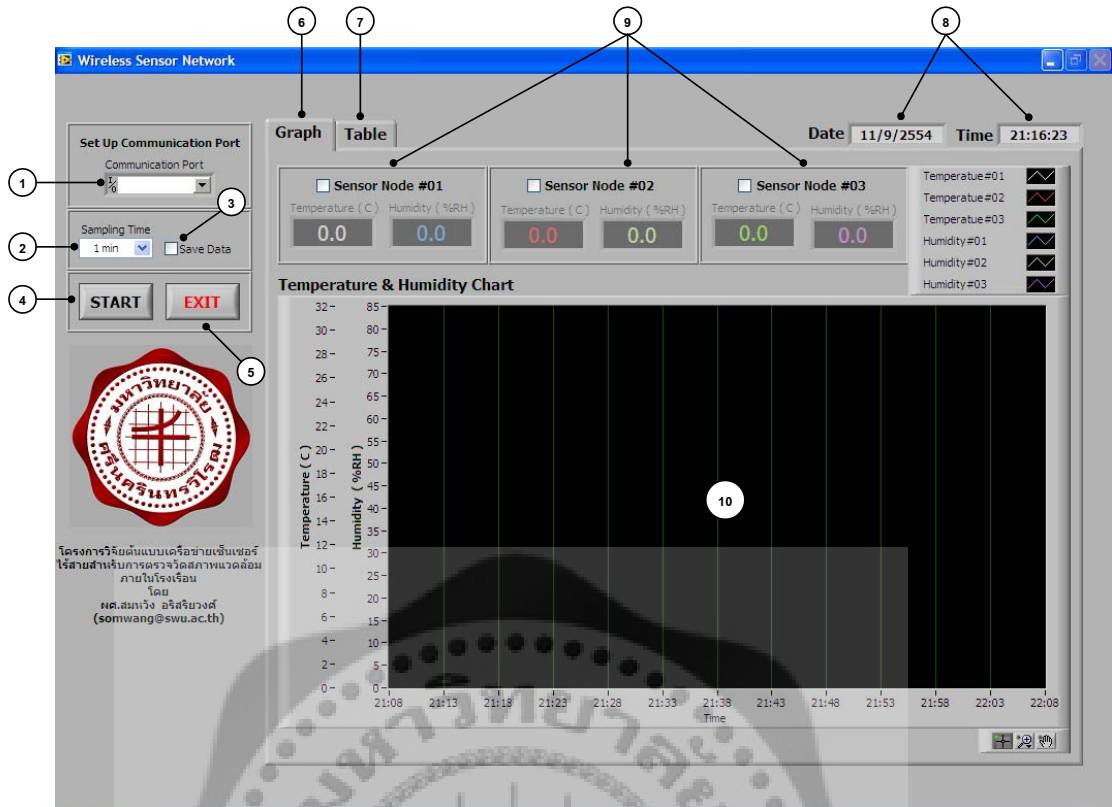
```

4.3.3 การออกแบบโปรแกรมสำหรับคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ติดต่อกับ Sink Node

โปรแกรมที่ทำงานอยู่บนคอมพิวเตอร์ซึ่งต่ออยู่กับ Sink Node จะทำหน้าที่สร้างชุดคำสั่งตามรูปแบบการสื่อสาร (Protocol) ที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 4.3.1.1 จากนั้นส่งข้อมูลของคำสั่งไปให้ Sink Node ซึ่งภายในประกอบด้วยบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย (RS232-to-Wireless Board) ตามรูปที่ 4.9 เพื่อส่งข้อมูลของคำสั่งต่อไปยัง Sensor Node จากนั้นโปรแกรมจะรอรับข้อมูลที่ส่งกลับมาจาก Sensor Node เพื่อนำมาแสดงผลและบันทึกข้อมูล โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.17 โดยเริ่มจากการเลือกหมายเลขพอร์ต RS232 ที่จะใช้งาน เลือกคาบเวลาในการแสดงผลและบันทึกข้อมูล เลือก ID Code ของ Sensor Node ที่ต้องการติดต่อ และ เลือกว่าต้องการเก็บข้อมูลเป็นไฟล์หรือไม่ จากนั้นเมื่อกดปุ่ม START ที่โปรแกรมจะทำให้โปรแกรมเริ่มส่งข้อมูลชุดคำสั่งในการสั่งให้ Sensor Node ส่งข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้กลับมาให้ โดยจะเรียงลำดับจาก Sensor Node ที่มี ID Code เป็น 01 จนถึง 03 ตามลำดับแล้ววนกลับมาที่ Sensor Node ที่มี ID Code เป็น 01 อีกครั้งจนกว่าจะกดปุ่ม EXIT ที่โปรแกรมซึ่งจะทำให้โปรแกรมหยุดทำงาน ลักษณะและส่วนประกอบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.17 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ติดต่อกับ Sink Node



รูปที่ 4.18 ลักษณะและส่วนประกอบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ติดต่อกับ Sink Node

เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ติดต่อกับ Sink Node ถูกพัฒนามาจากซอฟต์แวร์ LabVIEW ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมเชิงกราฟิกโดยประกอบไปด้วยรูปภาพมากมายจึงไม่สะดวกที่จะนำซอร์สโค้ดของโปรแกรมมาแสดงในที่นี้ ดังนั้นจึงจะขอกล่าวถึงเฉพาะในส่วนของการใช้งานโปรแกรมหลังจากผ่านการคอมไพล์แล้วเท่านั้น

4.3.3.1 ส่วนประกอบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ติดต่อกับ Sink Node

จากรูปที่ 4.18 ส่วนประกอบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ติดต่อกับ Sink Node มีดังต่อไปนี้

หมายเลข 1 คือ เมนูสำหรับเลือกหมายเลขพอร์ต RS232 ที่ต้องการใช้

หมายเลข 2 คือ เมนูสำหรับเลือกคาบเวลาในการแสดงผลและบันทึกข้อมูล ซึ่งสามารถเลือกได้ 5 แบบ คือ 1 นาที, 5 นาที, 10 นาที, 30 นาที และ 60 นาที

หมายเลข 3 คือ ช่องสำหรับเลือกว่าต้องการให้เก็บข้อมูลเป็นไฟล์ไว้ในฮาร์ดดิสก์หรือไม่ ถ้าต้องการเลือกให้เก็บเป็นไฟล์ข้อมูลจะต้องคลิกที่ช่องสี่เหลี่ยมให้ปรากฏเครื่องหมายถูก ซึ่งไฟล์ข้อมูลจะถูกเก็บไว้ที่โฟลเดอร์ C:\WSNDATA\ โดยที่ชื่อไฟล์จะถูกตั้งตามวันเดือนปีที่บันทึก เช่น 110911.txt หมายถึงไฟล์นี้ถูกสร้างเมื่อวันที่ 11 เดือนที่ 09 ปี 2011 เป็นต้น ข้อมูลภายในไฟล์จะเป็นเช่นเดียวกับข้อมูลที่ปรากฏในแท็บเมนู Table

หมายเลข 4 คือ ปุ่ม START ไว้สำหรับคลิกเพื่อให้โปรแกรมเริ่มทำงาน

หมายเลข 5 คือ ปุ่ม EXIT ไว้สำหรับคลิกเพื่อออกจากโปรแกรม

หมายเลข 6 คือ แท็บเมนู Graph ไว้สำหรับแสดงข้อมูลให้เป็นกราฟ

หมายเลข 7 คือ แท็บเมนู Table ไว้สำหรับแสดงข้อมูลให้เป็นตาราง

หมายเลข 8 คือ ช่องสำหรับแสดงวันและเวลาที่โปรแกรมกำลังทำงาน

หมายเลข 9 คือ กรอบเมนูสำหรับเลือกว่าต้องการสื่อสารกับ Sensor Node หมายเลข ID Code ใดๆ ซึ่งสามารถเลือกได้มากกว่าหนึ่ง โดยถ้าจะเลือกสื่อสารกับ Sensor Node หมายเลข ID Code ใดก็ให้คลิกที่ช่องสี่เหลี่ยมของ Sensor Node หมายเลข ID Code นั้นให้ปรากฏเครื่องหมายถูก

หมายเลข 10 คือ กราฟแสดงข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้รับมาจาก Sensor Node

หมายเลข 11 คือ ตารางข้อมูลหลังจากคลิกเลือกที่แท็บเมนู Table

4.3.3.2 การใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ติดต่อกับ Sink Node

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ติดต่อกับ Sink Node มีดังต่อไปนี้

1. ทำการเลือกหมายเลขพอร์ต RS232 ที่ต้องการใช้ ซึ่งสามารถเลือกได้จากเมนูหมายเลข 1 ในรูปที่ 4.18

2. กำหนดคาบเวลาในการแสดงผลและบันทึกข้อมูลซึ่งสามารถเลือกได้จากเมนูหมายเลข 2 ในรูปที่ 4.18
3. เลือกว่าต้องการให้เก็บข้อมูลเป็นไฟล์ไว้ในฮาร์ดดิสก์หรือไม่ ถ้าต้องการเลือกให้เก็บเป็นไฟล์จะต้องคลิกที่ช่องสี่เหลี่ยมที่ช่องหมายเลข 3 ในรูปที่ 4.18 ให้ปรากฏเครื่องหมายถูก
4. เลือกว่าต้องการสื่อสารกับ Sensor Node หมายเลข ID Code อะไร ซึ่งสามารถเลือกได้มากกว่าหนึ่ง โดยถ้าจะเลือกสื่อสารกับ Sensor Node หมายเลข ID Code ใดก็ให้คลิกที่ช่องสี่เหลี่ยมของกรอบเมนูหมายเลข 9 ในรูปที่ 4.18 ให้ปรากฏเครื่องหมายถูก
5. คลิกที่ปุ่ม START เพื่อสั่งให้โปรแกรมเริ่มทำงาน โดยระหว่างที่โปรแกรมทำงานสามารถสลับไปมาระหว่างแท็บเมนู Graph และ แท็บเมนู Table ได้
6. ถ้าต้องการออกจากโปรแกรมให้คลิกที่ปุ่ม EXIT



บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะได้กล่าวถึง การทดลองและผลการทดลองของการใช้งานต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนว่าจะสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์และขอบเขตหรือไม่อย่างไร โดยใช้สถานที่ในการทดลองคือโรงเรือนของศูนย์วิจัยและการจัดการความรู้ทางพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

5.1 อุปกรณ์การทดลอง

เนื่องจากสถานที่ในการทดลองเป็นโรงเรือนของศูนย์วิจัยและการจัดการความรู้ทางพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ซึ่งมีลักษณะเป็นโครงสร้างเหล็กคลุมด้วยตาข่ายโปร่งแสง ทำให้เมื่อมีฝนตกน้ำฝนสามารถผ่านเข้ามาในโรงเรือนได้ รวมทั้งด้านบนของโรงเรือนยังได้มีการติดตั้งหัวพ่นน้ำสำหรับให้น้ำพืชตามช่วงเวลาที่กำหนด ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันอุปกรณ์ Sensor Node ไม่ให้โดนน้ำโดยตรงจึงได้มีการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันน้ำสำหรับ Sensor Node ขึ้นมาดังรูปที่ 5.1 ซึ่งทำจากแผ่นพลาสติกใสมีหลังคายื่นออกมาป้องกันน้ำจากด้านบนส่วนด้านข้างจะเปิดโล่งเพื่อให้อากาศสามารถผ่านได้ ในการใช้งานจะนำอุปกรณ์ Sensor Node พร้อมแบตเตอรี่ ใส่เข้าไปในอุปกรณ์ป้องกันน้ำแล้วแขวนไว้บริเวณที่ต้องการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ส่วนรูปที่ 5.2 เป็นการติดตั้งอุปกรณ์ Sensor Node และแบตเตอรี่เข้าไปในอุปกรณ์ป้องกันน้ำ และ รูปที่ 5.3 เป็นการติดตั้งขอเกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกันน้ำเพื่อใช้สำหรับแขวนไว้ยังตำแหน่งที่ต้องการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์



รูปที่ 5.1 อุปกรณ์ป้องกันน้ำสำหรับ Sensor Node



รูปที่ 5.2 การติดตั้งอุปกรณ์ Sensor Node และแบตเตอรี่เข้าไปในอุปกรณ์ป้องกันน้ำ



รูปที่ 5.3 การติดตั้งขอกเกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกันน้ำเพื่อ

รายการอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองมีดังต่อไปนี้

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลพร้อมติดตั้งโปรแกรมสำหรับติดต่อกับ Sink Node
2. อุปกรณ์ Sink Node พร้อมสายต่อพ่วง จำนวน 1 ชุด
3. อุปกรณ์ Sensor Node จำนวน 3 ชุด
4. แบตเตอรี่ขนาด 12 VDC และ 9 VDC จำนวนอย่างละ 3 ชุด
5. อุปกรณ์ป้องกันน้ำสำหรับ Sensor Node จำนวน 3 ชุด

5.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

ในการทดลองการใช้งานต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อทดสอบระยะทางการรับส่งข้อมูลระหว่าง Sensor Node กับ Sink Node ว่าครอบคลุมบริเวณโรงเรือนของศูนย์วิจัยและการจัดการความรู้ทางพฤกษศาสตร์หรือไม่
2. เพื่อทดสอบคุณภาพของสัญญาณไร้สายว่าสามารถส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้องตามเวลาที่กำหนดหรือไม่
3. เพื่อทดสอบการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ของ Sensor Node ว่าเป็นอย่างไร

5.3 ขั้นตอนการทดลอง

สถานที่ในการทดลองจะใช้โรงเรือนของศูนย์วิจัยและการจัดการความรู้ทางพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ซึ่งมีขนาด กว้าง X ยาว X สูง เท่ากับ 10m X 24m X 8m โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. นำ Sensor Node พร้อมแบตเตอรี่ขนาด 12 VDC ใส่ในอุปกรณ์ป้องกันน้ำจำนวน 3 ชุด ไปติดตั้งที่โรงเรือนทดสอบ 3 จุด โดยให้ Sensor Node #01 ติดตั้งไว้บริเวณด้านหน้า ส่วน Sensor Node #02 ติดตั้งไว้บริเวณตรงกลาง และ Sensor Node #03 ติดตั้งไว้บริเวณด้านหลัง ดังรูปที่ 5.4 และ รูปที่ 5.5



รูปที่ 5.4 โรงเรือนทดสอบและตำแหน่งติดตั้ง Sensor Node



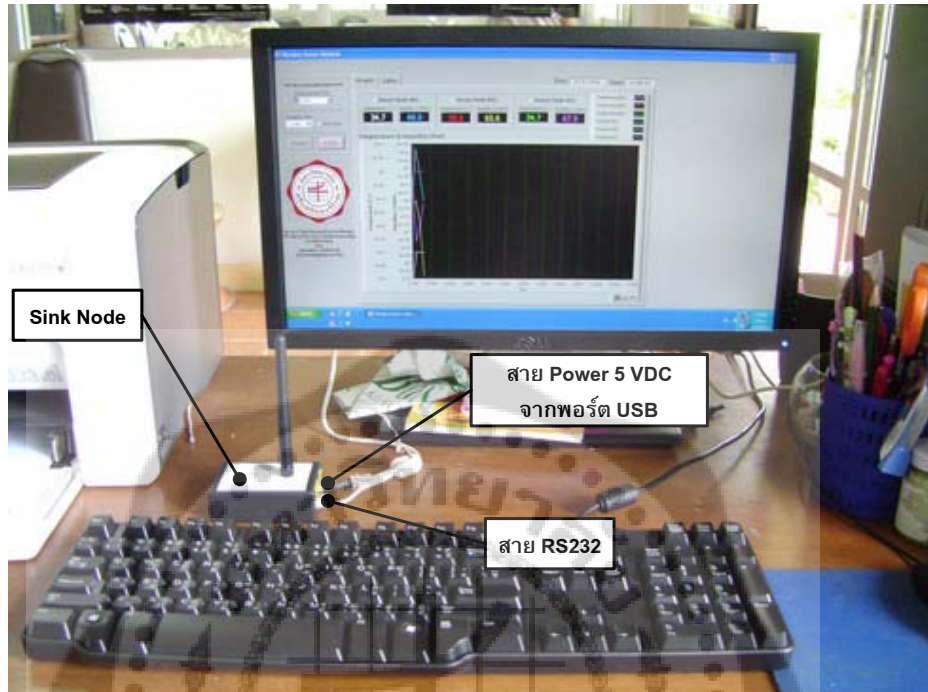
รูปที่ 5.5 การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันน้ำที่ใส่ Sensor Node พร้อมแบตเตอรี่ภายในโรงเรือน

2. ติดตั้ง Sink Node ไว้ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ติดตั้งโปรแกรมสำหรับติดต่อกับ Sink Node ไว้เรียบร้อยแล้ว โดยตำแหน่งของคอมพิวเตอร์จะห่างจาก Sensor Node #01 ในโรงเรือนเป็นระยะทางประมาณ 20 เมตร จากนั้นทำการเปิดโปรแกรมที่ติดตั้งให้ทำงานดังรูปที่ 5.6 โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

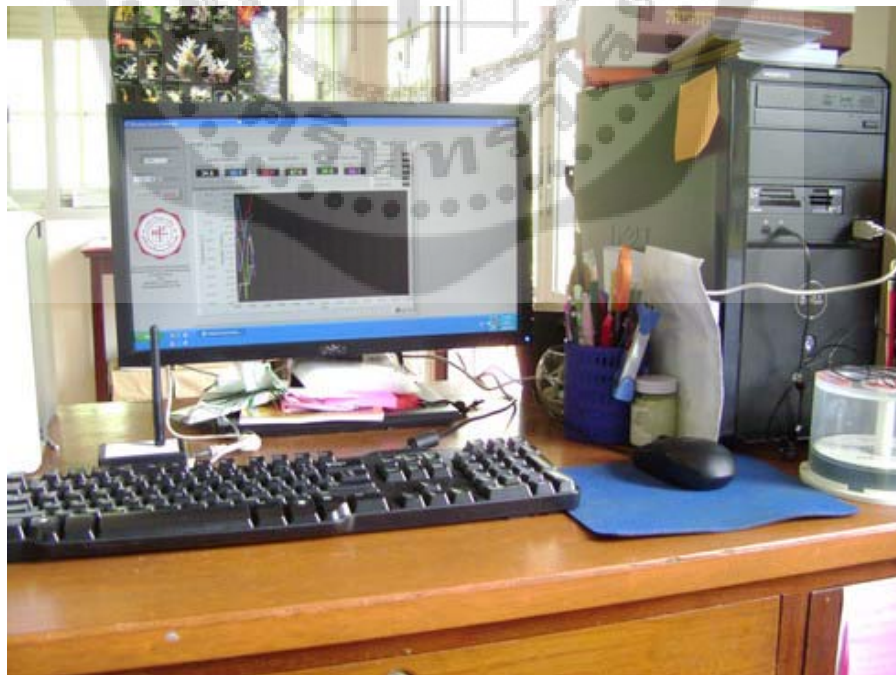
- 2.1 กำหนดหมายเลขพอร์ต RS232 ที่จะใช้งานซึ่งขึ้นอยู่กับคอมพิวเตอร์ที่ใช้
- 2.2 กำหนดคาบเวลาในการอ่านและบันทึกข้อมูลเป็น 1 นาที ซึ่งเป็นคาบเวลาที่น้อยที่สุด
- 2.3 ทำเครื่องหมายถูกหน้าช่อง Save Data เพื่อเป็นการบอกให้โปรแกรมทำการบันทึกข้อมูลเป็นไฟล์ไว้ด้วย
- 2.4 ทำเครื่องหมายถูกหน้าช่อง Sensor Node #01, Sensor Node #02 และ Sensor Node #03 เพื่อให้โปรแกรมทำการแสดงผลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของ Sensor Node ทุกตัว ซึ่งหน้าจอของโปรแกรมที่ตั้งค่าเรียบร้อยแล้วสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.7
- 2.5 คลิกที่ปุ่ม START เพื่อให้โปรแกรมเริ่มทำงาน
- 2.6 สังเกตค่าที่อ่านได้และคาบเวลาที่บันทึกในตารางจากโปรแกรมว่าถูกต้องหรือไม่

ถ้าทุกอย่างถูกต้องจะพบว่าเมื่อคลิกที่ปุ่ม START โปรแกรมจะเริ่มแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของ Sensor Node ทุกตัวที่หน้าจอดังรูปที่ 5.8 และ รูปที่ 5.9 ทุกๆ 1 นาที ซึ่งขั้นตอนนี้จะเป็นการทดสอบระยะทางการรับส่งข้อมูลว่าครอบคลุมบริเวณโรงเรือนที่ทดสอบหรือไม่ และ ทดสอบคุณภาพของสัญญาณไร้สายว่าสามารถส่งข้อมูลได้อย่าง

ถูกต้องตามเวลาที่กำหนดหรือไม่ ซึ่งการที่กำหนดคาบเวลาในการอ่านและบันทึกข้อมูลในการทดลองเป็น 1 นาที ก็เพราะว่าเป็นคาบเวลาที่น้อยที่สุด ถ้าระบบทั้งหมดสามารถรับส่งข้อมูลได้ถูกต้องแสดงว่า ณ คาบเวลาอื่นที่มีค่ามากกว่านี้ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ถูกต้องเช่นเดียวกัน

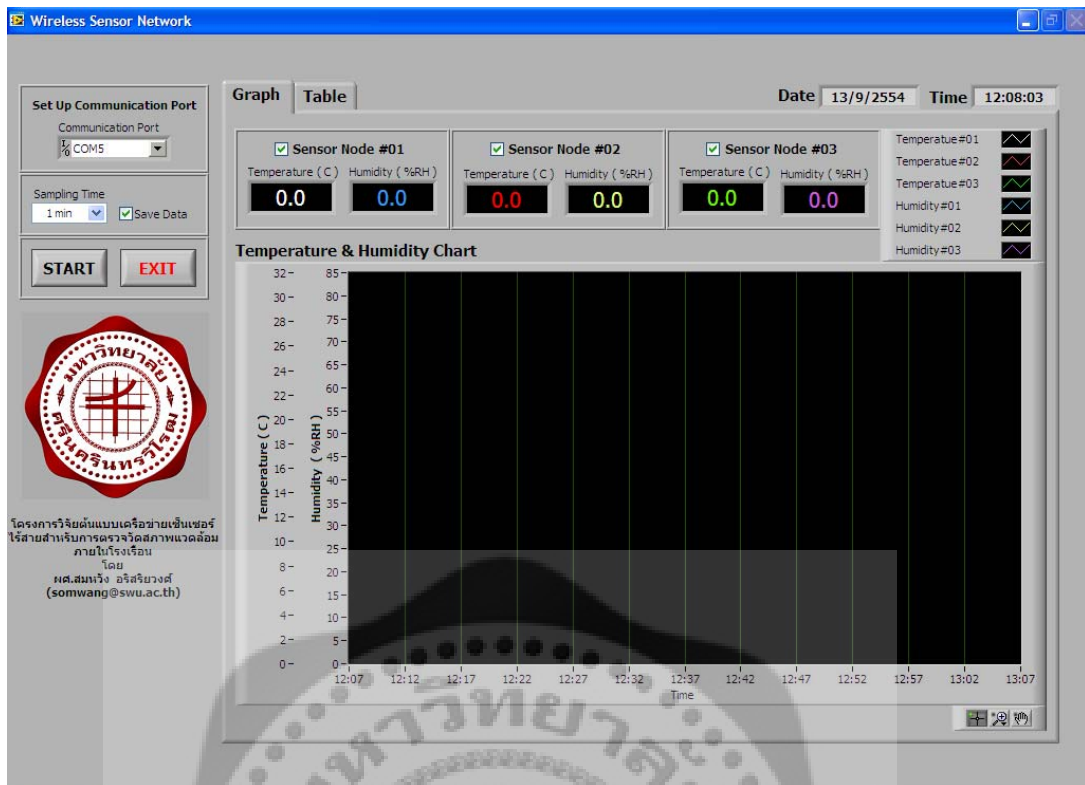


(ก)



(ข)

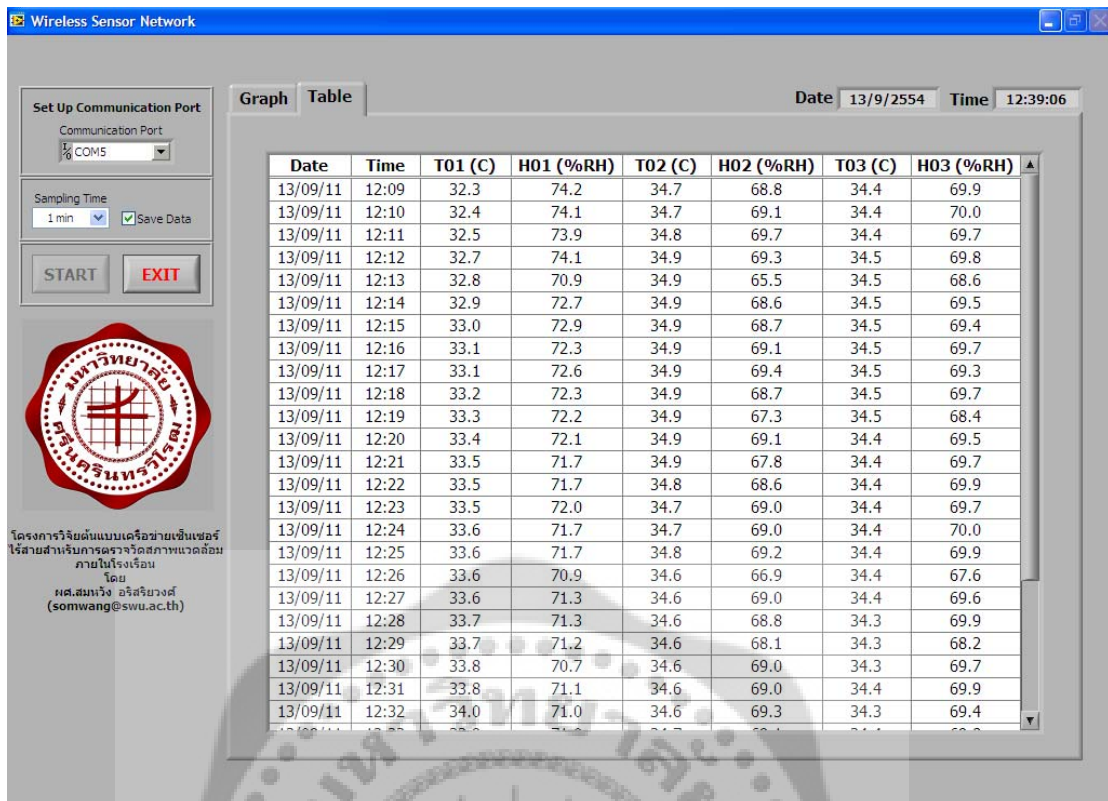
รูปที่ 5.6 การติดตั้ง Sink Node ไว้ที่เครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ 5.7 หน้าจอของโปรแกรมที่ตั้งค่าเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 5.8 หน้าจอของโปรแกรมในส่วนกราฟหลังจากคลิกปุ่ม START



รูปที่ 5.9 หน้าจอของโปรแกรมในส่วนตารางหลังจากคลิกปุ่ม START

3. หลังจากทดลองตามข้อ 2 ข้างต้นเสร็จแล้ว ต่อไปจะเป็นการทดสอบการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ของ Sensor Node ว่าเป็นอย่างไรเพื่อจะได้ทราบว่าถ้าใช้งาน Sensor Node ต่อเนื่องจะสามารถใช้งานได้ยาวนานเพียงใด โดยในที่นี้จะมีขั้นตอนการตั้งค่าระบบและโปรแกรมเช่นเดียวกับขั้นตอนในข้อ 1 และ 2 ข้างต้น เพียงแต่ในขั้นตอนนี้จะมีการทดลองใช้งานแบตเตอรี่ 2 ขนาด คือ 12 VDC 5AH และ 9 VDC แบบอัลคาไลน์ โดยแบตเตอรี่ขนาด 12 VDC จะเป็นแบตเตอรี่ที่ใช้งานตามขั้นตอนที่ 1 และ 2 ก่อนหน้านี้ ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ขนาดใหญ่มีน้ำหนักมากแต่ให้พลังงานไฟฟ้าได้ยาวนาน ส่วนแบตเตอรี่ขนาด 9 VDC แบบอัลคาไลน์ ที่นำมาใช้ทดลองจะเป็นแบตเตอรี่ที่นิยมใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพาซึ่งมีขนาดเล็กน้ำหนักเบา โดยการทดลองจะแบ่งออกไปตามชนิดของแบตเตอรี่ดังนี้

3.1 การทดลองการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 12 VDC 5AH

เริ่มจากก่อนการใช้แบตเตอรี่จะทำการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ว่าเป็นกี่โวลต์ หลังจากนั้นเริ่มการทดลองไปตามข้อ 1 และ 2 ข้างต้นตามปกติไปเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้วทำการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่แบตเตอรี่อีกครั้งหนึ่งว่าลดลงไปเหลือเท่าใด จากนั้นทำการคำนวณย้อนกลับว่าแบตเตอรี่จะใช้งานได้ยาวนานแค่ไหน

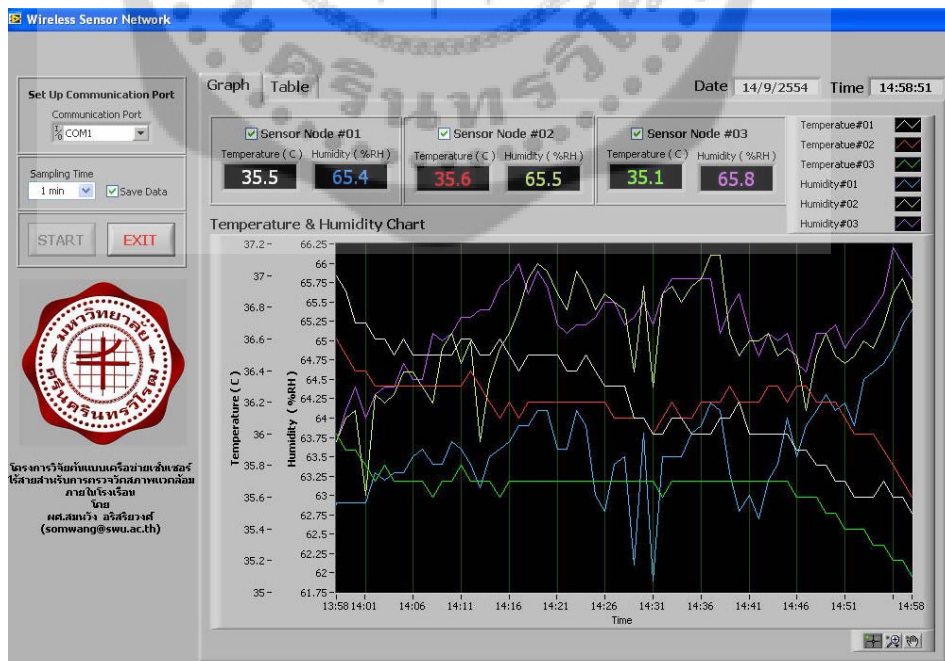
3.2 การทดลองการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 9 VDC แบบอัลคาไลน์

เนื่องจากแบตเตอรี่ขนาด 9 VDC แบบอัลคาไลน์มีความจุไม่มากดังนั้นในการทดสอบจะทำการตั้งค่าระบบและโปรแกรมเช่นเดียวกับขั้นตอนในข้อ 1 และ 2 ข้างต้นแล้วปล่อยให้ระบบทั้งหมดทำงานจนกระทั่งแบตเตอรี่หมดประจุซึ่งจะพบว่า Sensor Node จะไม่สามารถส่งค่าได้อีกต่อไป แล้วทำการบันทึกจำนวนชั่วโมงการใช้งานว่าเป็นเท่าใด

5.4 ผลการทดลอง

5.4.1 ผลการทดลองการทดสอบระยะทางการรับส่งข้อมูล และ คุณภาพของสัญญาณไร้สาย

จากการทดลองตามหัวข้อ 5.3 วิธีการทดลอง ในขั้นตอนข้อ 1 และ 2 พบว่าหลังจากรันโปรแกรมที่คอมพิวเตอร์ไปเป็นระยะเวลาครั้งละประมาณ 5 ชั่วโมง 30 นาที จำนวนหลายวัน หลังจากครบระยะเวลาในการทดลองแต่ละครั้งแล้วกลับมาดูค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของทุก Sensor Node ทั้งในส่วนที่เป็นกราฟและเป็นตาราง พบว่าโปรแกรมสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้องตามเวลาที่กำหนดไว้ ไม่เกิดกรณีข้อมูลสูญหายแต่อย่างใด แสดงว่าการรับส่งข้อมูลระหว่าง Sink Node และ Sensor Node ครอบคลุมพื้นที่ของโรงเรือนทดสอบได้ทั้งหมด รวมถึงคุณภาพของสัญญาณไร้สายก็ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี จากนั้นทดลองเปิดไฟล์ที่โปรแกรมได้บันทึกไว้ก็พบว่าให้ค่าตรงกับที่แสดงไว้ในตารางของโปรแกรม ตัวอย่างหน้าจอของโปรแกรมจากผลการทดลองในหัวข้อนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.10 และ รูปที่ 5.11 ส่วนรูปที่ 5.12 แสดงตัวอย่างของข้อมูลที่อยู่ภายในไฟล์ที่โปรแกรมได้บันทึกไว้



รูปที่ 5.10 ตัวอย่างหน้าจอของโปรแกรมในส่วนของกราฟจากผลการทดลอง

Wireless Sensor Network

Set Up Communication Port
Communication Port: COM1

Sampling Time: 1 min Save Data

START EXIT

โครงการวิจัยกับแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์
ใช้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อม
ภายในห้องเรียน
โดย
ผศ.สมทรง อธิศรีวงษ์
(sonwang@swu.ac.th)

Graph Table Date 14/9/2554 Time 14:59:35

Date	Time	T01 (C)	H01 (%RH)	T02 (C)	H02 (%RH)	T03 (C)	H03 (%RH)
14/09/11	14:33	36.1	63.5	36.2	65.7	35.7	65.8
14/09/11	14:34	36.1	63.5	36.1	65.5	35.7	65.8
14/09/11	14:35	36.0	63.8	36.1	65.7	35.7	65.8
14/09/11	14:36	36.0	63.9	36.2	65.8	35.7	65.8
14/09/11	14:37	36.0	64.2	36.2	66.1	35.7	65.8
14/09/11	14:38	36.1	64.1	36.2	66.1	35.7	65.1
14/09/11	14:39	36.1	63.3	36.3	65.1	35.7	65.4
14/09/11	14:40	36.2	62.8	36.2	64.8	35.7	65.6
14/09/11	14:41	36.0	63.0	36.2	65.0	35.7	65.1
14/09/11	14:42	36.0	62.7	36.2	65.0	35.7	64.8
14/09/11	14:43	36.0	63.2	36.3	65.1	35.7	65.1
14/09/11	14:44	36.0	63.4	36.3	64.8	35.7	65.0
14/09/11	14:45	36.0	64.0	36.2	64.9	35.7	65.1
14/09/11	14:46	35.9	63.5	36.3	64.8	35.6	64.7
14/09/11	14:47	35.9	63.9	36.3	64.1	35.6	64.6
14/09/11	14:48	35.8	64.1	36.2	64.8	35.6	65.1
14/09/11	14:49	35.8	64.3	36.2	65.1	35.5	65.1
14/09/11	14:50	35.7	64.1	36.2	64.8	35.5	65.2
14/09/11	14:51	35.7	64.2	36.1	64.7	35.4	64.9
14/09/11	14:52	35.6	63.9	36.0	64.8	35.4	65.1
14/09/11	14:53	35.6	64.5	36.0	65.0	35.4	65.2
14/09/11	14:54	35.6	64.6	36.0	64.9	35.3	65.4
14/09/11	14:55	35.7	64.7	35.9	65.2	35.3	65.6
14/09/11	14:56	35.6	64.9	35.8	65.6	35.2	66.2

รูปที่ 5.11 ตัวอย่างหน้าจอของโปรแกรมในส่วนของตารางจากผลการทดลอง

14_09_11 - Notepad

File Edit Format View Help

```

14/09/11,14:33,36.1,63.5,36.2,65.7,35.7,65.8
14/09/11,14:34,36.1,63.5,36.1,65.5,35.7,65.8
14/09/11,14:35,36.0,63.8,36.1,65.7,35.7,65.8
14/09/11,14:36,36.0,63.9,36.2,65.8,35.7,65.8
14/09/11,14:37,36.0,64.2,36.2,66.1,35.7,65.8
14/09/11,14:38,36.1,64.1,36.2,66.1,35.7,65.1
14/09/11,14:39,36.1,63.3,36.3,65.1,35.7,65.4
14/09/11,14:40,36.2,62.8,36.2,64.8,35.7,65.6
14/09/11,14:41,36.0,63.0,36.2,65.0,35.7,65.1
14/09/11,14:42,36.0,62.7,36.2,65.0,35.7,64.8
14/09/11,14:43,36.0,63.2,36.3,65.1,35.7,65.1
14/09/11,14:44,36.0,63.4,36.3,64.8,35.7,65.0
14/09/11,14:45,36.0,64.0,36.2,64.9,35.7,65.1

```

รูปที่ 5.12 ตัวอย่างของข้อมูลภายในไฟล์ที่โปรแกรมได้บันทึกไว้

5.4.2 ผลการทดลองการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่

5.4.2.1 ผลการทดลองการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 12 VDC 5AH

หลังจากการทดลองแต่ละครั้งสิ้นสุดลงได้ทำการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ว่าลดลงไปกี่โวลต์ พบว่าหลังจากใช้งานไปเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง 30 นาที ความต่างศักย์ไฟฟ้าจะลดลงไปเฉลี่ย 0.13 โวลต์ ในกรณีที่แบตเตอรี่ถูกชาร์จเต็มจะพบว่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเริ่มต้นจะอยู่ที่ประมาณ 13 โวลต์ ที่ Sensor Node แบตเตอรี่จะต้องมีความต่างศักย์ไฟฟ้าอย่างน้อยอยู่ที่ 7 โวลต์ จึงจะสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นผลต่างของความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่าง 13 โวลต์ และ 7 โวลต์ คือ 6 โวลต์ เมื่อเทียบกับความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ลดลงไปเฉลี่ย 0.13 โวลต์ ในเวลา 5 ชั่วโมง 30 นาที จะได้ว่าถ้ากำหนดคาบเวลาในการอ่านและบันทึกข้อมูลของ Sensor Node เป็นทุกๆ 1 นาที Sensor Node จะสามารถใช้งานต่อเนื่องได้เป็นระยะเวลาประมาณ 253 ชั่วโมง หรือ ประมาณ 10 วัน แต่ถ้ามีการกำหนดคาบเวลาในการอ่านและบันทึกข้อมูลของ Sensor Node ให้มากขึ้นก็จะสามารถใช้งาน Sensor Node ได้ยาวนานขึ้นตามลำดับ

5.4.2.2 ผลการทดลองการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 9 VDC แบบอัลคาไลน์

หลังจากปล่อยให้ระบบทำงานด้วยคาบเวลาในการอ่านและบันทึกข้อมูลของ Sensor Node เป็นทุกๆ 1 นาที ไปจนกระทั่ง Sensor Node ไม่สามารถส่งข้อมูลได้อีกต่อไปพบว่า Sensor Node สามารถใช้งานได้นาน 5 ชั่วโมงต่อเนื่อง แต่ถ้ามีการกำหนดคาบเวลาในการอ่านและบันทึกข้อมูลของ Sensor Node ให้มากขึ้นก็จะสามารถใช้งาน Sensor Node ได้ยาวนานขึ้นตามลำดับ

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

ในบทนี้จะได้กล่าวถึง การสรุปผลการทดลอง การวิจารณ์ผลการทดลอง และ แนวทาง สำหรับการพัฒนางานวิจัยต่อไป

6.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในบทที่ 5 ในส่วนของการทดสอบระยะทางการรับส่งข้อมูล และ คุณภาพของสัญญาณไร้สาย จะพบว่าการรับส่งข้อมูลระหว่าง Sink Node และ Sensor Node ครอบคลุมพื้นที่ของโรงเรือนทดสอบได้ทั้งหมด รวมถึงคุณภาพของสัญญาณไร้สายก็ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนผลการทดลองเรื่องการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ของ Sensor Node พบว่าถ้าใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 12 VDC 5AH โดยใช้คาบเวลาในการอ่านและบันทึกข้อมูลของ Sensor Node เป็นทุกๆ 1 นาที Sensor Node จะสามารถใช้งานต่อเนื่องได้เป็นระยะเวลา ประมาณ 253 ชั่วโมง หรือ ประมาณ 10 วัน แต่ถ้าใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 9 VDC แบบอัลคาไลน์ โดยใช้คาบเวลาในการอ่านและบันทึกข้อมูลของ Sensor Node เป็นทุกๆ 1 นาที Sensor Node จะสามารถใช้งานต่อเนื่องได้เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง แต่ถ้ามีการกำหนดคาบเวลาในการอ่านและบันทึกข้อมูลของ Sensor Node ให้มากขึ้นก็จะสามารถใช้งาน Sensor Node ได้ยาวนานขึ้นตามลำดับ

6.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

ถ้ามีการนำต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนไปใช้กับโรงเรือนที่มีลักษณะแตกต่างไปจากโรงเรือนที่ทดสอบ หรือ นำไปใช้ในสภาพแวดล้อมอื่นๆ อาจจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานที่ได้ต่างไปจากผลการทดลอง เช่น ระยะทางในการรับส่งข้อมูลอาจได้ไม่เท่ากัน ถ้าในบริเวณที่ใช้งานมีผนังบังหรือมีต้นไม้ขนาดใหญ่กั้นระหว่าง Sink Node กับ Sensor Node เป็นต้น ทางที่ดีพื้นที่ใช้งานควรเป็นที่โล่งจะดีที่สุด แต่ถ้าทำไม่ได้ก็อาจจะต้องเปลี่ยนเสาอากาศของ Sink Node และ Sensor Node ให้สูงกว่าเดิม ส่วนเรื่องของการใช้งานแบตเตอรี่ก็ควรเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานว่าต้องการระยะเวลาในการใช้งานต่อเนื่องเป็นหลัก หรือ ความกะทัดรัด น้ำหนักเบา เป็นหลัก ส่วนจำนวนชั่วโมงการใช้งานแบตเตอรี่แบบต่างๆ อาจให้ผลไม่เหมือนกับผลการทดลองเนื่องจากจำนวนชั่วโมงการใช้งานของแบตเตอรี่จะขึ้นอยู่กับสภาพของแบตเตอรี่ รวมถึงอุณหภูมิและความชื้นของอากาศรอบๆ ด้วย

6.3 แนวทางการพัฒนางานวิจัยต่อ

1. ควรพัฒนาให้ Sensor Node มีขนาดเล็กลงและประหยัดพลังงานมากขึ้น
2. ควรเพิ่มวงจรตรวจจับระดับความต่างศักย์ไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่ว่าเพียงพอต่อการใช้งานหรือไม่แล้วแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบ
3. ควรออกแบบ Sensor Node ให้สามารถป้องกันน้ำและฝุ่นได้ดียิ่งขึ้น
4. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น หรือ สามารถใช้งานได้หลายๆระบบปฏิบัติการ



บรรณานุกรม

- [1] H.C. Park, Y.K. Eo, S.B. Ko, W.S. Chang, D.M. Jeong, "A Study on a H/W Simulation for Development of Complex Environmental Control System for Greenhouse", The Institute of Electronics Engineers of Korea, Conference papers No. 19-2, Nov, 1996, pp.1099-1102.
- [2] Seung-Woo Kim, "Implementation of an Automation System Using Fuzzy Expertized Control Algorithm for the Cultivation in a Greenhouse", Korea Association of Computer Education, Conference papers No. 7-1, 2004, pp.67-77.
- [3] Zheng Kefeng, Zhu Lili, Hu Weiqun et al., "Introduction on technology for digital agriculture", Acta Agriculture Zhejiang Gensis, 2005, (3): pp.170-176.
- [4] "21 ideas for the 21st century", American: Business Week, August 1999, pp.78-167.
- [5] Jia Guoqing, "Concise Analysis on technology of Wireless Network", Journal of Gabsu Lianhe University (Natural Sciences), 2005, (1): pp.20-22.
- [6] C. Jin Y.S. Qi, Z.Q. Luo, "The application of ZigBee on mine safety", Safety in Coal Mines, Vol.9, No.2, Feb, 2006, pp.39-41.
- [7] Z. Cao, C.X. Cao, X.J. Tang, "Design and Application of Wireless Meter Reading System Based on ZigBee", Automation Panarama, Vol.23, No.1, Feb, 2006, pp.45-48.
- [8] C.Y. Yu., "Application of ZigBee to Family's Long-Distance Remote Control Managing System", Journal of Dalian Nationalities University, Vol.8, No.3, May, 2006, pp.60-61.
- [9] R. Morais, C.J. Boaventura, M. Cordeiro, C. Serodio, P. Salgado, C. Couto, "Solar data acquisition wireless network for aricultural applications", Proc. Of 19th Convention on Electrical and Electronics Engineers, Israel, 1996, pp.527-530.
- [10] N. Wang, N.Q. Zhang, M.H. Wang, "Wireless sensors in agriculture and food industry-Recent development and future perspective", Computers and Electronics in Agriculture, Vol.50, No.1, Jan, 2006, pp.1-14.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นายสมหวัง อริสริยวงศ์
ที่ทำงานปัจจุบัน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 63 ม.7 ถ.รังสิต-นครนายก อ.องครักษ์
จ.นครนายก 26120
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์
Email somwang@swu.ac.th

การศึกษา

- วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ทุนการศึกษาที่ได้รับ

- พ.ศ. 2537 ทุนอุดหนุนการศึกษาระดับปริญญาตรี บริษัทเบอร์ลี่เยอเกอร์
- พ.ศ. 2537 ทุนการศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- พ.ศ. 2538 ทุนอุดหนุนการศึกษาระดับปริญญาตรี บริษัทเบอร์ลี่เยอเกอร์

ประสบการณ์ทำงาน

- พ.ศ. 2539 วิศวกรฝ่ายผลิต บริษัท Nikon (Thailand) Co. Ltd.
- พ.ศ. 2540 – ปัจจุบัน อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- พ.ศ. 2548 - พ.ศ. 2549 คณะกรรมการดำเนินงานประกันคุณภาพการศึกษาภายใน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- พ.ศ. 2548 คณะอนุกรรมการส่งเสริมการวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- พ.ศ. 2548 คณะอนุกรรมการพัฒนางานวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

- พ.ศ. 2548 กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิในการร่างหลักสูตรเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
- พ.ศ. 2548 - พ.ศ. 2549 อาจารย์พิเศษ สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
- พ.ศ. 2548 – ปัจจุบัน นักเขียนบทความ วารสาร Mechanical Technology Magazine บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
- พ.ศ. 2548 – ปัจจุบัน นักเขียนบทความ วารสาร Industrial Technology Review Magazine บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

ผลงานตีพิมพ์

- บทความวิจัย

1. สมหวัง อริสริยวงศ์ และ สยาม เจริญเสียง, “การปรับปรุงตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกสำหรับการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์”, วารสารสมาคมวิชาการหุ่นยนต์ไทย, Vol. 1, No. 1, หน้า 35-46, มีนาคม พ.ศ. 2544
2. Somwang Arisariyawong and Siam Charoenseang, “Reducing Steady-State Errors of a Direct Drive Robot Using Neurofuzzy Control”, The Second Asian Symposium on Industrial Automation and Robotics, Bangkok, Thailand, pp.286-289, May 17-18 2001.
3. Somwang Arisariyawong and Siam Charoenseang, “Self-organized Learning in Complexity Growing of Radial Basis Function Networks”, The Third RGJ-Ph.D. Congress, Chonburi, Thailand, May 25-27 2002.
4. Somwang Arisariyawong and Siam Charoenseang, “Self-organized Learning in Complexity Growing of Radial Basis Function Networks”, The 2002 International Technical Conference On Circuit/Systems, Computers and Communications, Phuket, Thailand, Vol. 1, pp.30-31, July 16-19 2002.
5. Somwang Arisariyawong and Siam Charoenseang, “Dynamic Self-organized Learning for Optimizing the Complexity Growth of Radial Basis Function Neural Networks”, The 2002 IEEE International Conference on Industrial Technology, Dec 11-14 2002.
6. สมหวัง อริสริยวงศ์, “การนำทางแบบใช้ทักษะของมนุษย์สำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่เพื่อการเกษตรโดยใช้เรเดียลเบสิกฟังก์ชันเน็ตเวิร์ค”, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6, กรุงเทพฯ, หน้า 157-164, 30-31 มีนาคม 2548

7. สมหวัง อริสริยวงศ์, “การประยุกต์ใช้ MATLAB/SIMULINK ในการควบคุมแบบเวลาจริง”, การประชุมวิชาการทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและหุ่นยนต์, นนทบุรี, หน้า 74-78, 16-17 มิถุนายน 2548

8. สมหวัง อริสริยวงศ์, “การประยุกต์ใช้คั่นโยกแบบมีแรงป้อนกลับเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ทางด้านพลศาสตร์”, การสัมมนาทางวิชาการ “วิศวกรรมศาสตร์” ครั้งที่ 4, นครราชสีมา, หน้า 85-90, 5 พฤษภาคม 2549

9. สมหวัง อริสริยวงศ์, “การใช้ระบบจำลองฮาร์ดแวร์ภายในรูปเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้การสอนวิศวกรรมการควบคุม”, การสัมมนาทางวิชาการ “วิศวกรรมศาสตร์” ครั้งที่ 4, นครราชสีมา, หน้า 91-97, 5 พฤษภาคม 2549

10. สมหวัง อริสริยวงศ์ และ สราวุฒิ สิริเกษมสุข, “การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมในการจำลองระบบการสั่นสะเทือนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้การสอนทางวิศวกรรมเครื่องกล”, การสัมมนาทางวิชาการ “วิศวกรรมศาสตร์” ครั้งที่ 4, นครราชสีมา, หน้า 279-288, 5 พฤษภาคม 2549

• บทความวิชาการ

1. สมหวัง อริสริยวงศ์, “การจำลองและวิเคราะห์ระบบด้วย Simulink (1)”, Mechanical Technology Magazine, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.4, no.41, มกราคม 2548

2. สมหวัง อริสริยวงศ์, “การจำลองและวิเคราะห์ระบบด้วย Simulink (2)”, Mechanical Technology Magazine, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.4, no.42, กุมภาพันธ์ 2548

3. สมหวัง อริสริยวงศ์, “การจำลองและวิเคราะห์ระบบด้วย Simulink (จบ)”, Mechanical Technology Magazine, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.4, no.43, มีนาคม 2548

4. สมหวัง อริสริยวงศ์, “เทคนิคการปรับแต่งรูปแบบการแสดงผลของบล็อก Scope ใน Simulink”, Industrial Technology Review Magazine, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.10, no.137, พฤษภาคม 2548

5. สมหวัง อริสริยวงศ์, “เรียนรู้และเข้าใจตัวควบคุมแบบ พี ไอ ดี (1)”, Mechanical Technology Magazine, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.4, no.46, มิถุนายน 2548

6. สมหวัง อริสริยวงศ์, “เรียนรู้และเข้าใจตัวควบคุมแบบ พี ไอ ดี (จบ)”, Mechanical Technology Magazine, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.4, no.46, กรกฎาคม 2548

7. สมหวัง อริสริยวงศ์, “การควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์แบบเวลาจริง โดยใช้ MATLAB/SIMULINK ร่วมกับโปรแกรมอื่น ๆ”, Mechanical Technology Magazine, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.5, no.48, สิงหาคม 2548

8. สมหวัง อริสริยวงศ์, “วิธีการปรับค่าเกณฑ์ตัวควบคุมแบบ PID กรณีไม่ทราบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (ตอนที่ 1)”, Industrial Technology Review Magazine, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.11, no.142, กันยายน 2548

9. สมหวัง อริสริยวงศ์, “วิธีการปรับค่าเกณฑ์ควบคุมแบบ PID กรณีไม่ทราบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (ตอนที่ 2)”, *Industrial Technology Review Magazine*, บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.11, no.143, ตุลาคม 2548
10. สมหวัง อริสริยวงศ์, “ความแตกต่างระหว่างความแม่นยำและความเที่ยงตรงในระบบการวัด”, *Industrial Technology Review Magazine*, บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.11, no.144, พฤศจิกายน 2548
11. สมหวัง อริสริยวงศ์, “การหาค่าคงตัวเวลาในระบบการวัดโดยใช้เทคนิคกราฟลอกลิทึม”, *Mechanical Technology Magazine*, บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.5, no.52, ธันวาคม 2548
12. สมหวัง อริสริยวงศ์, สรวุฒิ สิริเกษมสุข และ อนุวัฒน์ บำรุงกิจ, “LabVIEW กับการวัด และการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ (ตอนที่ 1)”, *Mechanical Technology Magazine*, บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.5, no.53, มกราคม 2549
13. สมหวัง อริสริยวงศ์, สรวุฒิ สิริเกษมสุข และ อนุวัฒน์ บำรุงกิจ, “LabVIEW กับการวัด และการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ (ตอนที่ 2)”, *Mechanical Technology Magazine*, บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.5, no.54, กุมภาพันธ์ 2549
14. สมหวัง อริสริยวงศ์, สรวุฒิ สิริเกษมสุข และ อนุวัฒน์ บำรุงกิจ, “การประยุกต์ใช้โปรแกรม MATLAB ร่วมกับ LabVIEW ในการคำนวณหาระยะทาง(ตอนที่ 1)”, *Industrial Technology Review Magazine*, บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.11, no.147, กุมภาพันธ์ 2549
15. สมหวัง อริสริยวงศ์, สรวุฒิ สิริเกษมสุข และ อนุวัฒน์ บำรุงกิจ, “LabVIEW กับการวัด และการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ (ตอนที่ 3)”, *Mechanical Technology Magazine*, บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.5, no.55, มีนาคม 2549
16. สมหวัง อริสริยวงศ์, สรวุฒิ สิริเกษมสุข และ อนุวัฒน์ บำรุงกิจ, “การประยุกต์ใช้โปรแกรม MATLAB ร่วมกับ LabVIEW ในการคำนวณหาระยะทาง(ตอนที่ 2)”, *Industrial Technology Review Magazine*, บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.11, no.148, มีนาคม 2549
17. สมหวัง อริสริยวงศ์ และ สรวุฒิ สิริเกษมสุข, “การคัดแยกข้อมูลจากคอนโทรลเลอร์โดยใช้ LabVIEW”, *Mechanical Technology Magazine*, บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.5, no.57, พฤษภาคม 2549
18. สมหวัง อริสริยวงศ์, สรวุฒิ สิริเกษมสุข และ อนุวัฒน์ บำรุงกิจ, “การจำลองการควบคุมหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรม COSIMIR”, *Industrial Technology Review Magazine*, บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.11, no.151, มิถุนายน 2549
19. สมหวัง อริสริยวงศ์, “เทคโนโลยีของอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้ายวัตถุ”, *Mechanical Technology Magazine*, บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.6, no.58, มิถุนายน 2549

20. สมหวัง อริสริยวงศ์ และ สรวุฒิ สิริเกษมสุข, “การประยุกต์ใช้ LabVIEW กับ อุปกรณ์วัดแรงกด (ตอนที่ 1)”, Mechanical Technology Magazine, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.6, no.60, สิงหาคม 2549

21. สมหวัง อริสริยวงศ์ และ สรวุฒิ สิริเกษมสุข, “การประยุกต์ใช้ LabVIEW กับ อุปกรณ์วัดแรงกด (ตอนจบ)”, Mechanical Technology Magazine, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.6, no.61, กันยายน 2549

22. สมหวัง อริสริยวงศ์, สรวุฒิ สิริเกษมสุข และ อนุวัฒน์ บำรุงกิจ, “การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมด้วยโปรแกรม COSIMIR Industrial”, Mechanical Technology Magazine, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), vol.6, no.62, ตุลาคม 2549

