TETA-11

ต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน

ธนยศ อริสริยวงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ถนนรังสิต-นครนายก อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120

ผู้เขียนติดต่อ: ธนยศ อริสริยวงศ์ E-mail: Tanayos.Swu@gmail.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการปลูกพืชในระบบโรงเรือนเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถป้องกันโรคระบาดหรือศัตรูพืช และ ยังสามารถปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชชนิดนั้นๆได้เป็นอย่างดี ทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณรูปที่ดีและมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น สิ่งสำคัญสำหรับการปลูกพืชในระบบโรงเรือนคือการที่จะต้องทราบสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนว่ามีอุณหภูมิและความชื้นเป็นอย่างไร เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับใช้ในการปรับสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนให้เหมาะสม งานวิจัยนี้นำเสนอต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน โดยระบบนี้จะสามารถวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนแบบไร้สาย เพื่อตัดปัญหาเรื่องการเดินสายไฟและสายสัญญาณ ทำให้สามารถเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ไปยังสถานที่ต่างๆภายในโรงเรือนได้อย่างสะดวก สามารถเก็บข้อมูลได้แบบเวลาจริง และ แสดงผลค่าอุณหภูมิและความชื้นแต่ละจุดผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น จากผลการทดลองในส่วนของการทดสอบระยะทางการรับส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์ และ คุณภาพของสัญญาณไร้สาย พบว่าครอบคลุมพื้นที่ของโรงเรือนทดสอบได้ทั้งหมด รวมถึงคุณภาพของสัญญาณไร้สายก็ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนผลการทดลองเรื่องการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ของชุดเซ็นเซอร์ พบว่าถ้าใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 12 VDC 5AH โดยใช้คาบเวลาในการรับส่งข้อมูลเท่ากับ 1 นาที จะสามารถใช้งานต่อเนื่องได้เป็นระยะเวลาประมาณ 253 ชั่วโมง ผลจากงานวิจัยนี้พบว่าระบบนี้อำนวยความสะดวกในตรวจวัดและบันทึกสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้เป็นอย่างมาก และ ยังใช้เป็นต้นแบบสำหรับให้เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจนำไปประยุกต์ใช้กับระบบโรงเรือนของตนเองได้ และ เป็นการลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ

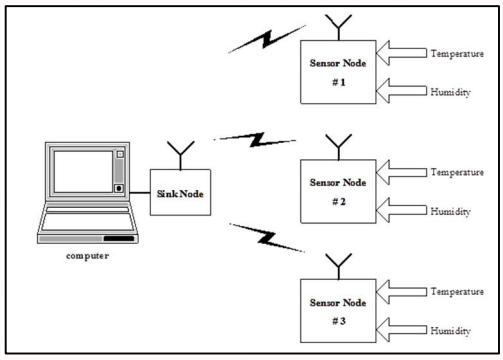
คำสำคัญ: เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย โรงเรือน เซ็นเซอร์ อุณหภูมิ ความชื้น

1. บทนำ

การเพาะปลูกโดยอาศัยพื้นที่โล่งตามธรรมชาตินั้นจะพบว่าผลผลิตที่ได้จะมีความไม่แน่นอนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศของโลก ดังนั้นการเพาะปลูกภายในโรงเรือนจึงมีความเหมาะสมมากกว่าในสภาวะปัจจุบัน [1] และพบว่าฟาร์มสมัยใหม่ที่ต้องการผลผลิตที่สูงนั้นได้มีการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านอุปกรณ์การวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเข้ามาใช้มากขึ้น [2][3] แต่จะพบว่าเครื่องมือที่นำมาใช้ในการวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนนั้นจะเป็นแบบอ่านค่าได้อย่างเดียว ไม่สามารถบันทึกผลหรือเก็บข้อมูลในตัวอุปกรณ์ได้ ทำให้การวัดไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เทคโนโลยีทางด้านเครือข่ายแบบไร้สายได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางทางด้านการสื่อสาร และ พบว่าเสถียรภาพในการทำงานเป็นที่น่าพอใจ [4][5] ต่อมาได้มีการนำเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายมาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมมากขึ้น โดยเฉพาะใช้สำหรับการส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่างๆภายในกระบวนการมายังห้องควบคุมที่อยู่ห่างไกล [6][7] ในส่วนของภาคเกษตรกรรมก็เริ่มมีการนำเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายมาประยุกต์ใช้กันโดยในเบื้องต้นจะใช้สำหรับงานที่มีลักษณะง่ายๆเช่นการสั่งเปิดปิดน้ำจากระยะไกล [8] หรือการเก็บค่าพารามิเตอร์จากแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในการเกษตร [9] และได้มีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้เทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายมาประยุกต์ใช้กับงานด้านการเกษตร [10] จากงานวิจัยข้างต้นจะพบว่าเทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสามารถประยุกต์ใช้กับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพื่อเป็นต้นแบบสำหรับให้เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจนำไปประยุกต์ใช้กับระบบโรงเรือนของตนเองและเป็นการลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ

TSAE

งานวิจัยนี้จะมีด้วยกันสองส่วนหลักดังรูปที่ 1 คือ Sensor Node และ Sink Node โดย Sensor Node จะทำหน้าที่ในการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนแล้วส่งค่าดังกล่าวมาให้ Sink Node ซึ่งเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ในแบบไร้สายเพื่อแสดงผลและเก็บข้อมูล

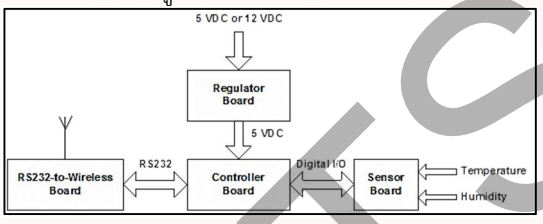


รูปที่ 1 ส่วนประกอบของต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน

2. การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์

2.1 Sensor Node

ส่วนประกอบและการทำงานของอุปกรณ์ Sensor Node สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ส่วนประกอบและการทำงานของอุปกรณ์ Sensor Node

จากรูปที่ 2 อุปกรณ์ Sensor Node จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

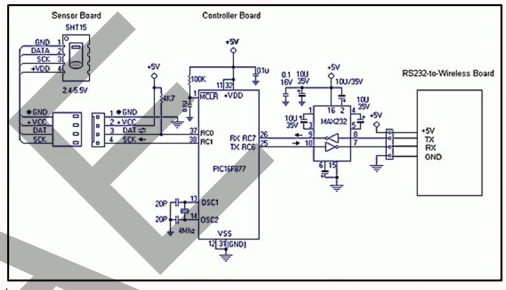
1. บอร์ดเซ็นเซอร์ (Sensor Board) เป็นบอร์ดที่ติดตั้งโมดูลเซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากบริษัท SENSIRION รุ่น SHT15 ซึ่งเป็นโมดูลเซ็นเซอร์ที่มีขนาดเล็กประหยัดพลังงานและให้สัญญาณออกมาเป็นดิจิตอล โดยย่านการวัดความชื้นอยู่ในช่วง 0–100%RH ย่านการวัดอุณหภูมิอยู่ในช่วง 40–123.8^{0}C และความละเอียดในการวัดความชื้นสูงสุดอยู่ที่ 0.05%RH ส่วนอุณหภูมิอยู่ที่ 0.01^{0}C

2. บอร์ดควบคุม (Controller Board) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของอุปกรณ์ Sensor Node เริ่มตั้งแต่รับคำสั่งจาก Sink Node ผ่านทางบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย (RS232-to-Wireless Board) อ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากบอร์ดเซ็นเซอร์ ส่งค่าที่อ่านได้ผ่านทางพอร์ต RS232 ไปยังบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย (RS232-to-Wireless Board) กลับไปยัง Sink Node โดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ เบอร์ PIC16F877 ของบริษัท Microchip เป็นตัวควบคุมหลัก

3. บอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย (RS232-to-Wireless Board) ทำหน้าที่แปลงข้อมูลจากพอร์ต RS232 ไปเป็นสัญญาณแบบไร้สายในคลื่นความถี่วิทยุ ลักษณะของบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย

4. บอร์ดเร็กกูเลเตอร์ (Regulator Board) เป็นบอร์ดที่ติดตั้งโมดูลเร็กกูเลเตอร์เพื่อทำหน้าที่ลดระดับแรงดันไฟฟ้าจากภายนอกลงให้เหลือ 5 VDC เพื่อนำไปเลี้ยงบอร์ดต่างๆ ภายในอุปกรณ์ Sensor Node

วงจรไฟฟ้าของ Sensor Node แสดงได้ดังรูปที่ 3 ส่วนรูปที่ 4 แสดงลักษณะของ Sensor Node ที่ประกอบแล้ว



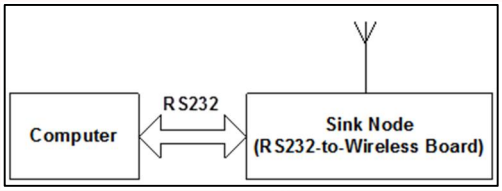
รูปที่ 3 วงจรไฟฟ้าของ Sensor Node

รูปที่ 4 Sensor Node

2.2 Sink Node

Sink Node จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางรับส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยัง Sensor Node ในแบบไร้สาย โดยที่ Sink Node จะติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางบอร์ดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย (RS232-to-Wireless Board) ดังรูปที่ 5 ส่วนลักษณะของอุปกรณ์ Sink Node สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6

TSAE



รูปที่ 5 ส่วนลักษณะของอุปกรณ์ Sink Node

รูปที่ 6 Sink Node

3. การออกแบบทางด้านซอฟแวร์

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 ได้เหมือนๆกัน แต่จะมี Sensor Node เพียงตัวเดียวที่ตอบสนองต่อข้อมูลนั้นๆ โดยได้กำหนดการตั้งค่าการสื่อสารของ Sink Node และ Sensor Node

3.2 รูปแบบการสื่อสาร (Protocol) ทางด้าน Sink Node

รูปแบบการสื่อสาร (Protocol) ทางด้าน Sink Node จะสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 7 ซึ่งโค้ดที่ใช้ทั้งหมดเป็นแบบ ASCII Code และ 1 บล็อกในรูปจะมีค่าเท่ากับ 1 ไบต์

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

รูปที่ 7 รูปแบบการสื่อสารทางด้าน Sink Node

จากรูปที่ 7 สามารถอธิบายความหมายแต่ละบล็อกได้ดังนี้ * หมายถึง รหัสนำหน้าของชุดคำสั่ง ซึ่งตรงกับรหัส ASCII คือ 0x2A

A0, A1 หมายถึง ID Code ของ Sensor Node ในหลักที่หนึ่งและหลักที่สองตามลำดับ

C หมายถึง รหัสคำสั่ง มีค่าเป็น ‘0’ หรือ ‘1’

C =‘0’ หมายถึง คำสั่งตรวจสอบการสื่อสาร

C =‘1’ หมายถึง คำสั่งอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้น

CR หมายถึง รหัสปิดท้าย

3.3 รูปแบบการสื่อสาร (Protocol) ทางด้าน Sensor Node

เมื่อ Sensor Node ได้รับคำสั่งจาก Sink Node ตามรูปแบบการสื่อสารดังรูปที่ 7 แล้ว Sensor Node จะมีการตอบสนองโดยใช้รูปแบบการสื่อสาร (Protocol) ดังรูปที่ 8 – 10 ซึ่งโค้ดที่ใช้ทั้งหมดเป็นแบบ ASCII Code และ 1 บล็อกในรูปจะมีค่าเท่ากับ 1 ไบต์

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

รูปที่ 8 รูปแบบการสื่อสารทางด้าน Sensor Node กรณีได้รับคำสั่งตรวจสอบการสื่อสาร

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

รูปที่ 9 รูปแบบการสื่อสารทางด้าน Sensor Node กรณีได้รับคำสั่งอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้น

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

รูปที่ 10 รูปแบบการสื่อสารทางด้าน Sensor Node กรณีได้รับคำสั่งที่ไม่รู้จัก

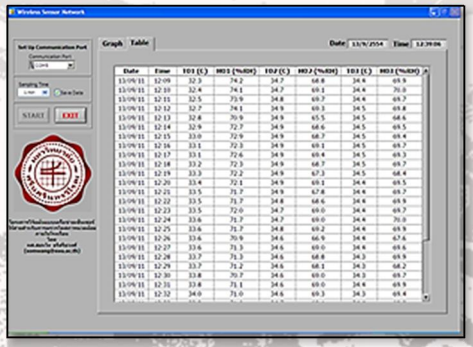
จากรูปที่ 8 สามารถยกตัวอย่างได้ดังนี้ เช่น เมื่อ Sink Node ส่งคำสั่งมาเป็น ‘*’ ‘0’ ‘1’ ‘0’ ‘CR’ Sensor Node หมายเลข ID Code เป็น 01 จะตอบสนองเป็น ‘*’ ‘0’ ‘1’ ‘O’ ‘K’ ‘CR’ เป็นต้น ส่วนจากรูปที่ 9 สามารถยกตัวอย่างได้ดังนี้ เช่น เมื่อ Sink Node ส่งคำสั่งมาเป็น เป็น ‘*’ ‘0’ ‘1’ ‘1’ ‘CR’ ถ้าในขณะนั้น Sensor Node หมายเลข ID Code เป็น 01 อ่านค่าอุณหภูมิได้เท่ากับ 35.2 oC และ ความชื้นได้เท่ากับ 68.5 %RH Sensor Node จะตอบสนองเป็น ‘T’ ‘3’ ‘5’ ‘.’ ‘2’ ‘H’ ‘6’ ‘8’ ‘.’ ‘5’ ‘CR’ เป็นต้น และ จากรูปที่ 10 สามารถยกตัวอย่างได้ดังนี้ เช่น กรณีที่ Sensor Node หมายเลข ID Code เป็น 01 ได้รับคำสั่งที่ไม่รู้จักจะตอบสนองเป็น ‘?’ ‘0’ ‘1’ ‘CR’

TSAE

3.4 การออกแบบโปรแกรมสำหรับคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ติดต่อกับ Sink Node

โปรแกรมที่ทำงานอยู่บนคอมพิวเตอร์ซึ่งต่ออยู่กับ Sink Node ถูกพัฒนาด้วยซอฟแวร์ LabVIEW จากบริษัท National Instruments ซึ่งเป็นการพัฒนาโปรแกรมเชิงกราฟิก โดยทำหน้าที่สร้างชุดคำสั่งตามรูปแบบการสื่อสาร (Protocol) ที่กำหนดไว้ในหัวข้อก่อนหน้านี้ จากนั้นส่งข้อมูลของคำสั่งไปให้ Sink Node เพื่อส่งข้อมูลของคำสั่งต่อไปยัง Sensor Node จากนั้นโปรแกรมจะรอรับข้อมูลที่ส่งกลับมาจาก Sensor Node เพื่อนำมาแสดงผลและบันทึกข้อมูลการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เริ่มจากการเลือกหมายเลขพอร์ต 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 11

(ก)



(ข)

รูปที่ 11 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ติดต่อกับ Sink Node

4. ผลการทดลอง

สถานที่ในการทดลองคือโรงเรือนของศูนย์วิจัยและการจัดการความรู้ทางพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ซึ่งมีขนาด กว้าง X ยาว X สูง เท่ากับ 10m X 24m X 8m และติดตั้ง Sensor Node ไว้สามจุด ดังรูปที่ 12

รูปที่ 12 สถานที่ทดลอง

4.1 ผลการทดลองการทดสอบระยะทางการรับส่งข้อมูล และ คุณภาพของสัญญาณไร้สาย

หลังจากรันโปรแกรมที่คอมพิวเตอร์ไปเป็นระยะเวลาครั้งละประมาณ 5 ชั่วโมง 30 นาที จำนวนหลายๆวัน หลังจากครบระยะเวลาในการทดลองแต่ละครั้งแล้วกลับมาดูค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของทุก Sensor Node ทั้งในส่วนที่เป็นกราฟและเป็นตาราง พบว่าโปรแกรมสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้องตามคาบเวลาที่กำหนดไว้ ไม่เกิดกรณีข้อมูลสูญหายแต่อย่างไร แสดงว่าการรับส่งข้อมูลระหว่าง Sink Node และ Sensor Node ครอบคลุมพื้นที่ของโรงเรือนทดสอบได้ทั้งหมด รวมถึงคุณภาพของสัญญาณไร้สายก็ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี จากนั้นทดลองเปิดไฟล์ที่โปรแกรมได้บันทึกไว้ก็พบว่าให้ค่าตรงกับที่แสดงไว้ในตารางของโปรแกรม

4.2 ผลการทดลองการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 12 VDC 5AH

หลังจากใช้งานไปเป็นระยะเวลา 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

TSAE

253 ชั่วโมง หรือ ประมาณ 10 วัน แต่ถ้ามีการกำหนดคาบเวลาในการอ่านและบันทึกข้อมูลของ Sensor Node ให้มากขึ้นก็จะสามารถใช้งาน Sensor Node ได้ยาวนานขึ้นตามลำดับ

5. สรุป

จากผลการทดลองในส่วนของการทดสอบระยะทางการรับส่งข้อมูล 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 จะสามารถใช้งานต่อเนื่องได้เป็นระยะเวลาประมาณ 253 ชั่วโมง หรือ ประมาณ 10 วัน แต่ถ้ามีการกำหนดคาบเวลาในการอ่านและบันทึกข้อมูลของ Sensor Node ให้มากขึ้นก็จะสามารถใช้งาน Sensor Node ได้ยาวนานขึ้นตามลำดับ ถ้ามีการนำต้นแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนไปใช้กับโรงเรือนที่มีลักษณะแตกต่างไปจากโรงเรือนที่ทดสอบ หรือ นำไปใช้ในสภาพแวดล้อมอื่นๆ อาจจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานที่ได้ต่างไปจากผลการทดลอง เช่น ระยะทางในการรับส่งข้อมูลอาจได้ไม่เท่ากัน ถ้าในบริเวณที่ใช้งานมีผนังบังหรือมีต้นไม้ขนาดใหญ่กั้นระหว่าง Sink Node กับ Sensor Node เป็นต้น ทางที่ดีพื้นที่ใช้งานควรเป็นที่โล่งจะดีที่สุดแต่ถ้าทำไม่ได้ก็อาจจะต้องเปลี่ยนเสาอากาศของ Sink Node และ Sensor Node ให้สูงกว่าเดิม ส่วนเรื่องของการใช้งานแบตเตอรี่ก็ควรเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานว่าต้องการระยะเวลาในการใช้งานต่อเนื่องเป็นหลัก หรือ ความกะทัดรัด น้ำหนักเบา เป็นหลัก ส่วนจำนวนชั่วโมงการใช้งานแบตเตอรี่แบบต่างๆ อาจให้ผลไม่เหมือนกับผลการทดลอง เนื่องจากจำนวนชั่วโมงการใช้งานของแบตเตอรี่จะขึ้นอยู่กับสภาพของแบตเตอรี่ รวมถึงอุณหภูมิและความชื้นของอากาศรอบๆด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีงบประมาณ 2553

7. เอกสารอ้างอิง

[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 Zig-Bee”, 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.

TSAE