รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เครือข่ายไร้สายสำหรับตรวจวัด แสดงผล และบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อม ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

WSN-based environmental monitoring system via internet

นาย วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เครือข่ายไร้สายสำหรับตรวจวัด แสดงผล และบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อม ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

WSN-based environmental monitoring system via internet

นาย วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) เครือข่ายไร้สายสำหรับตรวจวัด แสดงผล และบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมผ่านระบบอินเทอร์เน็ต
แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้
ประจำปีงบประมาณ 2556 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 80,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม พ.ศ. 2555 ถึง กันยายน พ.ศ. 2556
ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ นาย วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โทร. 02-326-4205 E-mail : ktworapo@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยฉบับนี้นำเสนอการออกแบบระบบ WSN (Wireless Sensor Network) บนมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ผ่านโพรโตคอลซิกบีเพื่อใช้ในการตรวจวัดสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น ทางด้านการเกษตร ทางด้านการจัดการพลังงาน เพื่อนำผลที่ได้จากการวัดมาทำการจัดเก็บในระบบฐานข้อมูล เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลที่จัดเก็บมาวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวของกับลักษณะงานได้ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจ อีกทั้งยังสามารถแสดงผลผ่านระบบอินเตอร์เน็ตโดยมี WebServer เป็นผู้ให้บริการเพื่อไปแสดงยังคอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊ค โทรศัพท์มือถือ PDA หรืออุปกรณ์อื่นๆ ที่สามารถใช้เว็บเบราว์เซอร์ได้ อีกทั้งยังมีไฟร์วอลล์ทำหน้าที่เป็นระบบรักษาความปลอดภัยให้กับข้อมูลจากผู้ไม่ประสงค์ดี หรือไวรัสที่จะเข้ามาทำลายข้อมูลหรือระบบให้เกิดความเสียหาย ระบบ WSN ที่นำเสนอพัฒนาขึ้นจากการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผลร่วมกับโมดูลซิกบีเป็นตัวรับส่งข้อมูลไร้สาย ในส่วนของเซ็นเซอร์ตรวจวัดได้เลือกใช้เซ็นเซอร์ SHT11 สำหรับการตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ โดยระบบที่สร้างขึ้นนี้ สามารถใช้รูปแบบการเชื่อมต่อสื่อสารได้ทั้งแบบ Star และแบบ Tree ที่มีคุณสมบัติขนาดเล็ก ราคาถูก และใช้พลังงานต่ำ ใช้งานง่าย อีกทั้งสามารถเพิ่มระยะในการติดต่อสื่อสารได้ไกลถึง 2 Km

คำสำคัญ : การสื่อสารไร้สาย IEEE 802.15.4 โมดูลซิกบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: WSN-based environmental monitoring system via internet
Researcher: Assoc. Prof. Dr. Worapong Tanasrirat
Faculty: Engineering **Department:** Instrumentation and Control Engineering

ABSTRACT

This research describes the development of the wireless sensor network (WSN) using IEEE 802.15.4 communication standard for monitoring and recording environment signal, e.g., temperature, humidity. The developed WSN network is mainly composed of two important parts. The first part, consisting of PIC microcontroller and Xbee module, is performed as a central monitor for displaying and recording the measured environment signals for diagnosis by the experts later. The second part, which is composed of SHT11 sensor, is used to measure the environment signals and send the measured signals via 2.4 GHz Zigbee module with 100 meters range. Owing to the wireless nature, the proposed system is compact and also provides the simplicity of installation and movement. Experimental results show that the developed system can work correctly as expected.

Keywords : Wireless communication IEEE 802.15.4 Xbee module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 แผนการดำเนินงานโครงการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของโครงการวิจัย	4
1.6 เอกสารอ้างอิงบทที่ 1	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 กล่าวนำ	5
2.2 เซนเซอร์ตรวจวัด	5
2.2.1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์	5
2.2.2 เซนเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสง	6
2.3 การออกแบบแฟ้มข้อมูลและฐานข้อมูล	8
2.3.1 ประเภทของแฟ้มข้อมูล	9
2.3.2 การจัดแฟ้มข้อมูล	9
2.3.3 การออกแบบฐานข้อมูล	10
2.3.4 แบบจำลองข้อมูลอีอาร์ดี	10
2.4 สรุป	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3	**การติดต่อสื่อสารไร้สายและมาตรฐาน IEEE 802.15.4**	**11**
	3.1 กล่าวนำ	11
	3.1.1 เครือข่ายไร้สายส่วนบุคคลขนาดเล็ก	11
	3.1.2 เครือข่ายไร้สายระยะใกล้เฉพาะที่	11
	3.1.3 เครือข่ายไร้สายระหว่างเมือง	12
	3.1.4 เครือข่ายไร้สายระหว่างประเทศ	12
	3.2 มาตรฐาน IEEE 802.15.4	14
	3.2.1 ประเภทของการใช้งานช่องสัญญาณตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4	14
	3.2.2 อุปกรณ์ในระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายตามมาตรฐานซิกบี	15
	3.2.3 รูปแบบการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายตามมาตรฐานซิกบี	15
	3.1.4 เครือข่ายไร้สายระหว่างประเทศ	12
	3.3 เอกสารอ้างอิงบทที่ 3	18
บทที่ 4	**ระบบเครือข่ายไร้สายสำหรับตรวจวัดแสดงผลและบันทึกค่าสภาพแวดล้อมแบบหลายโหนดผ่านระบบอินเตอร์เน็ต**	**19**
	4.1 โครงสร้างของระบบ WSN ที่พัฒนาขึ้น	19
	4.2 ส่วนแสดงผลผ่านเวปและเก็บข้อมูล	20
	4.3 ส่วนตรวจวัด	21
	4.3.1 ส่วนแสดงผลที่ห้องแสดงผลส่วนกลาง	22
	4.3.2 ส่วนการติดต่อสื่อสารไร้สาย	23
	4.4 เอกสารอ้างอิงบทที่ 4	24
บทที่ 5	**ผลการทดลองและบทสรุป**	**25**
	5.1 ผลการทดลอง	25
	5.2 สรุปผลการทดลอง	26
	5.3 บทสรุป	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติการทำงานของเซนเซอร์เบอร์ SHT11	7
2.2	ตารางเปรียบเทียบขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูลกับสถาปัตยกรรมฐานข้อมูล	8
3.1	การเปรียบเทียบการติดต่อสื่อสารไร้สายรูปแบบต่างๆ	18
5.1	ตารางบันทึกผลการทดลองที่ได้จากการวัดและค่าที่แสดงผ่านโปรแกรมแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เบอร์ SHT11	6
2.2	รูปแบบการเชื่อมต่อกับเซนเซอร์	6
2.3	เซนเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสงเบอร์ SEN11302P	7
2.4	คุณสมบัติการแปลงความเข้มแสงของเซนเซอร์เบอร์ SEN11302P	8
3.1	รูปแบบเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคลขนาดเล็ก	12
3.2	รูปแบบเครือข่ายไร้สายระยะใกล้เฉพาะที่	12
3.3	รูปแบบเครือข่ายไร้สายระหว่างเมือง	13
3.4	รูปแบบเครือข่ายไร้สายระหว่างประเทศ	13
3.5	ย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4	15
3.6	ระบบเครือข่ายแบบต่างๆ (ก) ระบบเครือข่ายแบบดาว (ข) ระบบเครือข่ายแบบลำดับชั้น (ค) ระบบเครือข่ายแบบเมช	17
4.1	โครงสร้างและหลักการทำงานของระบบ WSN ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น	20
4.2	โครงสร้างวงจรในส่วนตรวจวัดสภาพแวดล้อม	21
4.3	โครงสร้างวงจรในส่วนของตัวเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อม และการสื่อสารไร้สาย	22
4.4	โครงสร้างวงจรในส่วนการแสดงผลที่ห้องแสดงผลส่วนกลาง	22
4.5	ขั้นตอนการทำงานในส่วนการติดต่อสื่อสารไร้สาย	23
5.1	ภาพถ่ายวงจรต้นแบบ	25
5.2	โปรแกรมแสดงผลการวัดผ่าน Web Server 1	26
5.3	โปรแกรมแสดงผลการวัดผ่าน Web Server 2	26
5.4	สัญญาณค่าอุณหภูมิและ ความชื้นที่จุดเอาต์พุตของเซนเซอร์	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Networks) หรือ WSN คือ การใช้เซนเซอร์จำนวนมาก เพื่อตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆของสิ่งแวดล้อมที่เราสนใจ และทำการประมวลผลข้อมูลเหล่านั้น เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรา หรือ เพื่อตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้โดยอัตโนมัติ [1]-[2] ดังนั้นในปัจจุบันจึงพบว่าได้มีนำระบบ WSN ไปประยุกต์ใช้งานมากมาย อาทิเช่น การติดตั้งเซนเซอร์ไว้ในรังนกหายากบางชนิด เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่มีผลต่อการย้ายถิ่นฐานของนกเหล่านั้น ซึ่งเป็นข้อมูลให้กับนักชีววิทยาศึกษาพฤติกรรมของนกชนิดนั้น เพื่อทำการรักษาอนุรักษ์พันธ์ไว้ไม่ให้สูญพันธ์ การใช้ระบบ WSN สำหรับตรวจวัดความชื้นและสภาวะอื่นๆ ทางการเกษตรสำหรับสวนผลไม้ขนาดใหญ่ เพื่อนำไปพัฒนาระบบชลประทานและการให้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลิตผลทางการเกษตร การติดตั้งเซนเซอร์บนต้นไม้เพื่อช่วยนักชีววิทยาศึกษาการดำรงชีวิตและเจริญเติบโตของพืช การติดตั้งเซนเซอร์ไว้รอบๆ สนามบินเพื่อตรวจจับการบุกรุกในบริเวณเขตหวงห้าม หรือแม้กระทั่งการใช้ระบบ WSN เพื่อศึกษาผลกระทบของแผ่นดินไหวต่อโครงสร้างอาคารโดยฝังเซนเซอร์ไว้ภายใต้กำแพงทดลองที่สร้างขึ้นเพื่อวัดข้อมูลที่ได้จากจำลองแผ่นดินไหวในลักษณะต่างๆ เป็นต้น [3]-[4] จากตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานข้างต้นเห็นได้ว่านักวิทยาศาสตร์และวิศวกรสามารถใช้ประโยชน์จากระบบ WSN ได้อย่างมากมาย ทำให้เราสามารถตรวจวัดสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัวเราได้อย่างทั่วถึงและมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลให้เราสามารถปรับตัวและดำรงชีวิตอยู่อย่างปลอดภัยและสะดวกสบายมากขึ้น

ในปัจจุบันด้วยความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ประกอบกับการแข่งขันและความต้องการทางด้านอุตสาหกรรม จึงทำให้เกิดการพัฒนาการสื่อสารแบบไร้สายมาตรฐานสากลที่ชื่อว่า Xbee ขึ้นโดยอ้างอิงมาตรฐานตาม IEEE 802.15.4 [5]-[6] โดยมีจุดประสงค์หลักก็เพื่อให้สามารถสร้างระบบ WSN ได้ Xbee เป็นการสื่อสารแบบไร้สายที่ใช้พลังงานต่ำ มีราคาถูก ตัวอุปกรณ์มีขนาดเล็ก ใช้งานง่าย และสามารถทำงานได้ทั้งในที่ร่ม กลางแจ้ง ทนแดด ทนฝน ทำให้เหมาะสมกับรูปแบบการใช้งานประเภทตรวจวัด แสดงผลข้อมูลต่าง ๆ (monitoring)

ดังนั้นจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น โครงการวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาระบบเครือข่ายไร้สายสำหรับตรวจวัด แสดงผล และบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญทางด้านการเกษตร และทางด้านการบริหารจัดการพลังงาน โดยจะทำการสร้างขึ้นเป็นระบบ WSN ที่มีเซนเซอร์หลายโหนดทำการตรวจวัดสภาพแวดล้อมต่างๆ พร้อมทั้งทำการเก็บข้อมูลต่างๆที่วัดได้ไว้ในระบบฐานข้อมูล (Data Base) อีกทั้งยังสามารถที่จะทำการแสดงผลการวัดนี้ผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งเป็นระบบเครือข่ายแบบเปิดที่ได้รับความนิยมสูงสุด เพื่อไปแสดงผลผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ของอุปกรณ์พกพาชนิดต่างๆ ได้ เช่น คอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊ค smart phone PDA หรือโดยที่ระบบ WSN ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมานี้จะมีขนาดที่เล็ก ใช้พลังงานต่ำ โดยที่ยังคงมีเสถียรภาพที่ดีในการทำงาน และยังสามารถเพิ่มระยะในการรับ-ส่งข้อมูลได้อย่างสะดวกอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นแนวคิดในการออกแบบและสร้างระบบเครือข่ายไร้สายสำหรับตรวจวัด แสดงผล และบันทึกค่าสภาพแวดล้อม แบบหลายโหนด ผ่านระบบอินเตอร์เน็ต ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักดังต่อไปนี้

1) ออกแบบสร้างระบบเครือข่ายไร้สายสำหรับตรวจวัด แสดงผล และบันทึกข้อมูลสภาพสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง มีขนาดเล็กและสะดวกในการติดตั้ง มีความถูกต้องแม่นยำในการวัด และมีราคาถูกเมื่อเทียบกับเครื่องที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

2) ออกแบบและประยุกต์ใช้ระบบการสื่อสารไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 เพื่อรับส่งข้อมูลและแสดงผลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ โดยผู้วิจัยหรือผู้สังเกตการณ์สามารถเข้าถึงข้อมูลการวัดได้โดยใช้อุปกรณ์พกพาชนิดต่างๆ ได้

3) ระบบ WSN ตรวจวัดสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่ออกแบบสร้างขึ้นโดยใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่จัดหาได้ในประเทศไทย ไม่จำเป็นต้องพึ่งพิงจากต่างประเทศ แต่มีคุณภาพสูงกว่าหรือทัดเทียมกับระบบที่ต้องซื้อมาจากต่างประเทศ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

จากการตรวจสอบโครงการวิจัยเกี่ยวกับระบบ WSN ที่มีการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการวัดและแสดงผลรูปแบบต่างๆ จากอดีตจนถึงปัจจุบันพบว่า ยังคงเป็นระบบเครือข่ายไร้สายที่ติดต่อสื่อสารระยะสั้น ซึ่งมีระยะทำงานประมาณ 10-100 เมตร ตามข้อจำกัดของโมดูล XBee ถึงแม้ว่าจะมีการปรับปรุงประสิทธิภาพการติดต่อสื่อสารข้อมูลโดยการเปลี่ยนเสาอากาศเพื่อเพิ่มกำลังส่ง หรือ เพิ่มโหนดทวนสัญญาณเพื่อให้ระยะการทำงานเพิ่มขึ้นก็ตาม แต่ก็สามารถเพิ่มระยะการทำงานในการติดต่อสื่อสารข้อมูลได้สูงสุดไม่เกิน 2 km ดังนั้นระบบ WSN ที่นำเสนอในโครงการวิจัยชิ้นนี้ จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาคุณสมบัติการทำงานของระบบเครือข่ายให้สามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ ทำให้ผู้วิจัยหรือผู้สังเกตการณ์สามารถตรวจสอบ อ่านค่าการวัด บันทึกข้อมูล หรือประเมินสถานการณ์ ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ของอุปกรณ์พกพาชนิดต่างๆ ที่ตนเองใช้อยู่ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว นับเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการทำงานของระบบการวัดให้ไร้ข้อจำกัดมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของระบบให้มีค่าสูงขึ้นกรณีนำไปต่อยอดออกแบบในเชิงพาณิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 แผนการดำเนินงานโครงการวิจัย

การดำเนินงาน	ระยะเวลา											
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. พัฒนาและทดสอบการติดต่อสื่อสารไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 โดยใช้โมดูล Xbee	↔	↔										
2. ออกแบบและพัฒนาโครงสร้างของระบบเครือข่ายที่ได้พัฒนาขึ้น			↔	↔								
3. จัดหาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องมือทางซอฟท์แวร์ที่จะนำมาใช้					↔	↔						
4. ออกแบบและสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการประมวลผลสัญญาณที่วัดได้						↔	↔	↔				
5. ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้							↔	↔	↔			
6. ทดสอบการทำงานโดยต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกัน แล้วบันทึกผล เก็บข้อมูลทุกขั้นตอน เพื่อนำผลลัพธ์มาปรับปรุงข้อผิดพลาดของงานวิจัย									↔	↔		
7. สรุปผลและจัดทำรายงานการวิจัย											↔	↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของโครงการวิจัย

1) ระบบเครือข่ายไร้สายสำหรับตรวจวัด แสดงผล และจัดเก็บข้อมูลสภาพสิ่งแวดล้อมต่างๆ โดยเฉพาะทางด้านการเกษตร การอนุรักษ์ธรรมชาติ และการบริหารจัดการพลังงาน

2) ระบบ WSN ที่มีประสิทธิภาพสูงไม่แพ้ระบบที่นำเข้าจากต่างประเทศ แต่มีราคาถูกกว่า ติดตั้งง่ายและใช้งานง่าย อีกทั้งไม่มีข้อจำกัดในเรื่องระยะการทำงาน เนื่องจากได้มีการพัฒนาให้สามารถเชื่อมต่อข้อมูลโดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

3) โอกาสทางการตลาดที่สามารถนำระบบเครือข่ายต้นแบบนำไปพัฒนาออกแบบสร้างในเชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรม ซึ่งมีความต้องการสูง

1.6 เอกสารอ้างอิงบทที่ 1

[1] C. Y. Chong and S. P.Kumar, "Sensor Networks: Evolution, Opportunities, and Challenges", **Proceedings of the IEEE**, vol.91, no.8, 2003.

[2] D. Culler, D. Estrin, and M. Srivastava, "Overview of Sensor Networks", **IEEE Computer**, August 2004.

[3] L. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," **IEEE Communications Magazine**, vol.40, no. 8, August 2002.

[4] J. Yick, B. Mukherjee, and D. Ghosal , "Wireless sensor network survey", **Computer Networks**, vol. 52, pp.2292-2330, 2008. .

[5] XBee ZNet 2.5/XBee PRO ZNet OEM RF Modules, [online]. Available from: http://www.digi.com, [2/11/2008].

[6] IEEE Std 802.15.4-2007, "**Wireless medium Access Control and Physical Layer Specifications for Low-rate Wireless personal Area Networks**", August, 2007.

[7] XBee Basic Configuration in Network Application, [online]. Available from: http://www.thaieasyelec.com, [20/5/2010].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและ หลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย หรือ ระบบ WSN (Wireless Sensor Network) คือ การใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมี sensor เป็นส่วนประกอบ และมีขนาดเล็กหลายๆตัวมาเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่าย เพื่อตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆ ของสิ่งแวดล้อมที่เราสนใจ และส่งข้อมูลดังกล่าวผ่านเครือข่ายไร้สาย แล้วนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลเพื่อสร้างองค์ ความรู้ใหม่ ๆเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรา หรือตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้โดยอัตโนมัติ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งานข้อสำคัญของ WSN คือ สามารถออกแบบให้มีขนาดเล็กและใช้พลังงานน้อย จึงทำให้สามารถติดตั้งได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายง่ายต่อการเคลื่อนย้าย เทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์จึงได้ถูกคาดการณ์ว่าจะเป็นเทคโนโลยีหลักในการก้าวสู่ยุคของคอมพิวเตอร์ทุกแห่งหน (Ubiquitous Computing) เสมือนคอมพิวเตอร์ที่แฝงอยู่รอบๆตัวของมนุษย์ ตัวอย่าง WSN ที่นำไปประยุกต์ ใช้งานนั้น เช่น ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อม ระบบตรวจวัดการทำงานของร่างกายมนุษย์ การวัดชีพจรการเต้นของหัวใจ และระบบบ้านอัจฉริยะ เป็นต้น ข้อดีของ WSN คือสามารถเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายไร้สาย ได้เป็นจำนวนมาก

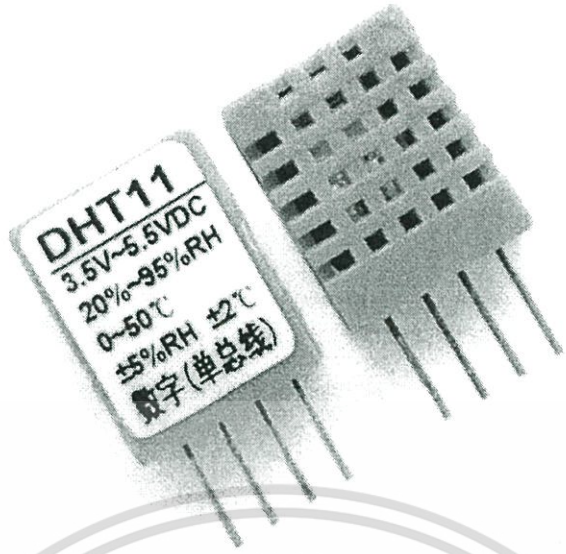
2.2 เซนเซอร์ตรวจวัด

เซนเซอร์ (sensor) คือ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณหรือปริมาณทางฟิสิกส์ต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสง ความดันบรรยากาศ ระยะขจัด ความเร็ว และอัตราเร่ง จากนั้นจะทำหน้าที่เปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า หรือปริมาณเอาต์พุตที่ได้ จากการวัดในอีกรูปแบบหนึ่ง ที่สามารถนำไปประมวลผลต่อได้ปัจจัยในการเลือกเซนเซอร์ ใช้งานขึ้นอยู่กับปริมาณธรรมชาติ ของปริมาณ ทางฟิสิกส์ ที่จะทำการวัดและควบคุมค่า รวมไปถึง ความน่าเชื่อถือ ตลอดจนคุณภาพของข้อมูลที่ทำการวัด นอกจากนี้ยังมีปัจจัยสำคัญอื่นที่ควรพิจารณาอีก เช่น ความเหมาะสมของเซ็นเซอร์ ที่จะนำไปใช้ในสภาพแวดล้อมนั้นๆ และในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยเซนเซอร์ดังต่อไปนี้

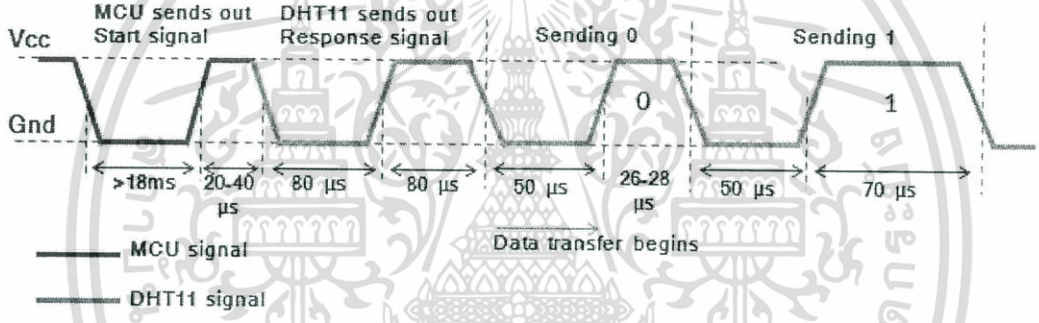
2.2.1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ (temperature & humidity sensor) ที่เลือกใช้เบอร์ SHT11 ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นเซนเซอร์ที่สามารถตรวจวัดอุณหภูมิและตรวจวัดความชื้นได้ในตัวเดียวกัน จึงทำให้ระบบมีขนาดเล็ก และเกิดความสะดวกในการใช้ โดยวงจรภายในประกอบด้วยวงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตัล (analog to digital converter circuit, ADC) ขนาด 14 bit สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิ และขนาด 12 bit สำหรับวัดความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งมีรูปแบบการเชื่อมต่อแบบบัสข้อมูล I2C ซึ่งมีข้อดี คือ สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่มีระบบเชื่อต่อแบบ I2C ได้หลายตัวพร้อมกันและง่ายต่อการเชื่อมต่อโดยมีสัญญาณเวลาในการใช้งานดังรูปที่ 2.2 และคุณสมบัติการทำงานของเซนเซอร์ดังตารางที่ 2.1 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เบอร์ SHT11



รูปที่ 2.2 รูปแบบการเชื่อมต่อกับเซนเซอร์

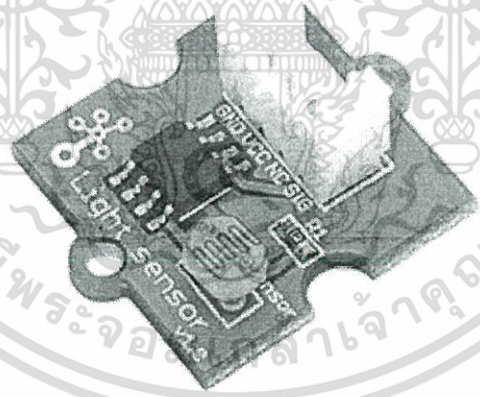
2.2.2 เซนเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสง

เซนเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสง (light sensor) ในที่นี้เลือกใช้เบอร์ SEN11302P ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งให้ค่าการวัดออกมาเป็นแรงดัน 0-5 V โดยภายในตัวเซนเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสงเบอร์ SEN11302P นี้มีวงจรเปรียบเทียบแรงดัน และวงจรบัฟเฟอร์ (buffer) ภายในตัว จึงทำให้เกิดความสะดวกในการใช้งาน เพราะไม่ต้องต่อวงจรภายนอกอื่นๆ เพิ่มเติม เซนเซอร์เบอร์ SEN11302P นี้มีคุณสมบัติการแปลงค่าความเข้มแสงเป็นค่าความต้านทานที่เปลี่ยนไปดังกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

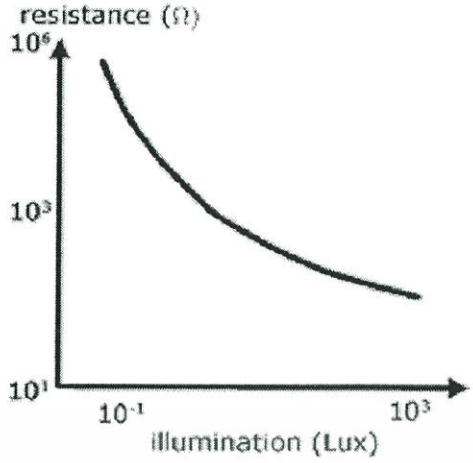
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติการทำงานของเซนเซอร์เบอร์ SHT11

Parameters	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
Humidity				
Resolution		1%RH	1%RH	1%RH
			8 Bit	
Repeatability			±1%RH	
Accuracy	25℃		±4%RH	
	0-50℃			±5%RH
Interchangeability	Fully Interchangeable			
Measurement Range	0℃	30%RH		90%RH
	25℃	20%RH		90%RH
	50℃	20%RH		80%RH
Response Time (Seconds)	1/e(63%)25℃, 1m/s Air	6 S	10 S	15 S
Hysteresis			±1%RH	
Long-Term Stability	Typical		±1%RH/year	
Temperature				
Resolution		1℃	1℃	1℃
		8 Bit	8 Bit	8 Bit
Repeatability			±1℃	
Accuracy		±1℃		±2℃
Measurement Range		0℃		50℃
Response Time (Seconds)	1/e(63%)	6 S		30 S



รูปที่ 2.3 เซนเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสงเบอร์ SEN11302P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 คุณสมบัติการแปลงความเข้มแสงของเซนเซอร์เบอร์ SEN11302P

2.3 การออกแบบแฟ้มข้อมูลและฐานข้อมูล

แฟ้มข้อมูล (file) คือกลุ่มของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกันและเป็นประเภทเดียวกัน ในฐานข้อมูลจะประกอบด้วยแฟ้มข้อมูลที่เกี่ยวข้องกัน การออกแบบแฟ้มข้อมูลและฐานข้อมูลหมายถึงการกำหนดโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูล เช่น เขตข้อมูลที่ประกอบกันขึ้นเป็นระเบียนข้อมูล ประเภทของข้อมูล ขนาดของข้อมูล จำนวนพื้นที่สำหรับจัดเก็บ วิธีการจัดเก็บ (storage) และการเข้าถึงข้อมูล (access method) ในแฟ้มข้อมูลและฐานข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ฐานข้อมูลเป็นส่วนที่สำคัญสำหรับระบบงานสารสนเทศ เนื่องจากใช้เก็บข้อมูลนำเข้าต่างๆ ขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูลเปรียบเทียบกับสถาปัตยกรรมฐานข้อมูล สรุปได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตารางเปรียบเทียบขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูลกับสถาปัตยกรรมฐานข้อมูล

สถาปัตยกรรมฐานข้อมูล	การออกแบบฐานข้อมูล
1. ระดับภายนอก (external level)	1. ระดับแนวคิด (conceptual design)
2. ระดับแนวคิด (conceptual level)	2. ระดับตรรกะ (logical design)
3. ระดับใน (internal level)	3. ระดับกายภาพ (physical design)

การออกแบบฐานข้อมูลในระดับแนวคิดจะดำเนินในขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบ โดยการใช้เครื่องมือดีเอฟดี (DFD) แสดงแบบจำลองกระบวนการ และอีอาร์ดี (ERD) แสดงแบบจำลองข้อมูล ซึ่งแสดงให้เห็นเพียงเอนทิตี (entity) และแอททริบิวท์ (attributes) และข้อมูลเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร โดยในขั้นวิเคราะห์ยังไม่ได้คำนึงถึงความซ้ำซ้อนของข้อมูล

การออกแบบฐานข้อมูลในระดับตรรกะ เป็นการกำหนดโครงสร้างไฟล์และฐานข้อมูล โดยการนำอีอาร์ดีมาปรับปรุงด้วยการทำให้เป็นบรรทัดฐานที่เรียกว่านอร์มัลไลเซชัน (normalization) ซึ่งในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์คือสร้างรีเลชันเพื่อนำไปเป็นฐานข้อมูลต่อไป

การออกแบบฐานข้อมูลในระดับกายภาพ เป็นการนำรีเลชัน (relation) ที่ได้จากระดับตรรกะมาแปลงให้อยู่ในรูปของตาราง (table) ประเภทของคีย์ (key) รวมถึงการกำหนดวิธีการรักษาความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ประเภทของแฟ้มข้อมูล

ประเภทของแฟ้มข้อมูล (types of file) จำแนกได้เป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

1) แฟ้มข้อมูลหลัก (master file-MF) จะเก็บข้อมูลทั้งหมดหรือข้อมูลหลักของระบบงาน ในระบบหนึ่ง ๆ อาจมีได้หลายแฟ้มข้อมูลหลัก ตัวอย่างของแฟ้มข้อมูลหลัก เช่น ระบบการค้นคืนเกี่ยวกับบรรณานุกรมหนังสือจะมีแฟ้มข้อมูลหลักที่เก็บข้อมูลทั้งหมดของหนังสือ
2) แฟ้มประมวลผลรายการ (transaction file-T/F) จะเก็บข้อมูลของงานอย่างหนึ่งอย่างใด หรือสำหรับปรับปรุงข้อมูลบางอย่างในแฟ้มข้อมูลหลัก และจะเป็นแฟ้มข้อมูลชั่วคราว เช่น แฟ้มรายการค้นคืนหนังสือ ซึ่งเมื่อเลิกค้นคืนแล้วแฟ้มข้อมูลนี้จะถูกลบไป
3) แฟ้มข้อมูลตาราง (table file) เป็นแฟ้มข้อมูลหลักแบบหนึ่งใช้สำหรับเก็บข้อมูลที่ถูกเรียกใช้เพื่ออ้างอิงอยู่เสมอ
4) แฟ้มข้อมูลแบบรายงาน (report file) จะเก็บผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่ยังไม่ได้พิมพ์ เนื่องจากเครื่องพิมพ์ยังไม่ว่างหรือมีผู้ใช้อยู่ในขณะนั้นจึงทำการรวมผลลัพธ์ต่าง ๆ ไว้ในแฟ้มเดียวกันเพื่อรอพิมพ์ตามลำดับ
5) แฟ้มข้อมูลแบบรายงาน (report file) จะเก็บผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่ยังไม่ได้พิมพ์ เนื่องจากเครื่องพิมพ์ยังไม่ว่างหรือมีผู้ใช้อยู่ในขณะนั้นจึงทำการรวมผลลัพธ์ต่าง ๆ ไว้ในแฟ้มเดียวกันเพื่อรอพิมพ์ตามลำดับ

2.3.2 การจัดแฟ้มข้อมูล

รูปแบบการจัดแฟ้มข้อมูล แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือแบบเรียงลำดับ (sequential file organization) แบบสุ่มหรือโดยตรง (random/direct file organization) แบบดรรชนี (indexed file organization) ข้อควรพิจารณาในการจัดแฟ้มข้อมูล การเลือกใช้แฟ้มข้อมูลแบบใดสามารถพิจารณาจากลักษณะของข้อมูล ลักษณะการประมวลผลสื่อที่ใช้จัดเก็บ เช่น

1) ความสามารถในการเข้าถึงแฟ้มข้อมูล (file accessibility) ต้องการใช้เป็นการประมวลผลแบบออนไลน์ (online) หรือประมวลผลแบบกลุ่ม/ชุด (batch)
2) ปริมาณระเบียนรายการเปลี่ยนแปลง (transaction record) ถ้ามีข้อมูลที่ต้องเปลี่ยนแปลงมากและใช้การประมวลผลแบบกลุ่ม ควรใช้การจัดแฟ้มข้อมูลแบบเรียงลำดับ ถ้าการประมวลผลเป็นแบบออนไลน์ควรใช้การจัดแฟ้มข้อมูลแบบสุ่มหรือโดยตรง
3) ปริมาณหรือขนาดของแฟ้มข้อมูล (file capacity) ควรใช้สื่อแบบใดจัดเก็บข้อมูลจึงจะเหมาะสม เช่น เทปแม่เหล็ก จานแม่เหล็ก หรือจานซีดี-รอม
4) ความเร็วที่ต้องการในการประมวลผลหรือถ่ายเทข้อมูลต้องพิจารณาถึงรูปการจัดแฟ้มข้อมูลและสื่อจัดเก็บ
5) ค่าใช้จ่าย เช่น ฮาร์ดแวร์ และสื่อจัดเก็บ

2.3.3 การออกแบบฐานข้อมูล

การออกแบบฐานข้อมูล (database design) เครื่องมือสำหรับออกแบบฐานข้อมูล คือ อีอาร์ดี (entity relationships diagram-ERD) เป็นแบบจำลองข้อมูล (data model) ซึ่งเป็นแผนภาพแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี และแอททริบิวท์ และต้องนำมาทำนอร์มัลไลเซชันปรับปรุงให้เป็นบรรทัดฐาน เพื่อความถูกต้องของข้อมูล เมื่อมีการปรับข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน

2.3.4 แบบจำลองข้อมูลอีอาร์ดี (Entity-Relationship Diagram –ERD)

ระบบฐานข้อมูลที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันคือ ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (relational database) และฐานข้อมูลเชิงวัตถุ (object- oriented database) และแบบผสมของฐานข้อมูลเชิงวัตถุ - สัมพันธ์ (hybrid object-relational DBMS) การออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ จะเกี่ยวข้องกับเอนทิตี (entity) แอททริบิวท์ (attribute) และความสัมพันธ์ของเอนทิตี (entity relationships) ตัวแบบจำลองข้อมูล (data model) ที่ใช้ คือ อีอาร์ดี การออกแบบฐานข้อมูลโดยอีอาร์ดีจะแสดงแบบจำลองข้อมูลซึ่งแสดงให้เห็นในระดับแนวคิด (conceptual design) คือเอนทิตีและแอททริบิวท์ และข้อมูลเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร โดยในขั้นวิเคราะห์ยังไม่ได้คำนึงถึงความซ้ำซ้อนของข้อมูล

2.4 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงรายละเอียดและหลักการทำงานพื้นฐานของเซนเซอร์ที่เลือกใช้ในระบบ WSN ที่ได้พัฒนาและนำเสนอขึ้น ตลอดจนขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูลกับสถาปัตยกรรมฐานข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสร้างระบบ WSN ที่จะได้กล่าวอธิบายถึงในบทถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การติดต่อสื่อสารไร้สายและมาตรฐาน IEEE 802.15.4

3.1 กล่าวนำ

การสื่อสารมาตรฐาน IEEE 802.15.4 เป็นมาตรฐานสำหรับการติดต่อสื่อสารไร้สายระยะสั้นเน้นเรื่องการใช้พลังงานต่ำ ราคาถูก ใช้งานง่าย ทนต่อสัญญาณรบกวน และสามารถต่อเป็นระบบเครือข่ายได้โดยใช้โพรโทคอล ZigBee [1]-[2] ซึ่งเป็นโพรโทคอลที่ทำงานอยู่บนมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ที่ถูกออกแบบมาให้ใช้สำหรับอุปกรณ์ทางการแพทย์ Home Automation รวมไปถึง คอมพิวเตอร์ พีดีเอ(PDA) เป็นต้น เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารไรสายระยะสั้นและใช้ติดต่อกับเซนเซอร์ชนิดต่างๆ ZigBee มีระยะการทำงานประมาณ 10-100 เมตร โดยมีย่านความถี่ใช้งานอยู่สามย่าน ได้แก่ ย่านความถี่ 868 MHz (20Kbps) CH 0 ย่านความถี่ 915 MHz (40Kbps) CH 1-10 และย่านความถี่ 2.4GHz (250Kbps) CH 11-26 ตามลำดับ โดยที่มาตรฐานโพรโทคอล ZigBee สามารถนำมาต่อเป็นเครือข่ายการติดต่อสื่อสารไร้สายได้ 4 รูปแบบ คือ

1. เครือข่ายไร้สายส่วนบุคคลขนาดเล็ก (Wireless Personal Area Network, WPAN)
2. เครือข่ายไร้สายระยะใกล้เฉพาะที่ (Wireless Local Area Network, WLAN)
3. เครือข่ายไร้สายระหว่างเมือง (Wireless Metropolitan Area Network, WMAN)
4. เครือข่ายไร้สายระหว่างประเทศ (Wireless Wide Area Network, WWAN)

โครงสร้างของเครือข่ายการติดต่อสื่อสารไร้สายทั้งสี่รูปแบบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

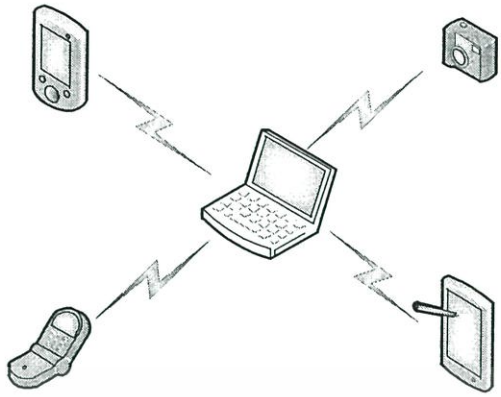
3.1.1 เครือข่ายไร้สายส่วนบุคคลขนาดเล็ก

เครือข่ายไร้สายส่วนบุคคลขนาดเล็ก เป็นระบบเครือข่ายไร้สายขนาดเล็ก ระยะสั้น ปัจจุบันมีระบบที่รองรับการทำงานของเครือ ข่ายไร้สายประเภทนี้คือ อินฟาเรด (Infra-Red, IR) และ บลูทูธ ซึ่งทั้งสองระบบนี้นิยมใช้ในโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์พกพาแบบต่างๆ ดังรูปที่ 3.1 แต่ก็มีข้อจำกัดในการทำงานที่ครอบคลุมบริเวณที่ต้องการสื่อสารค่อนข้างจำกัด เช่น อินฟาเรดมีระยะการใช้งานประมาณไม่เกิน 3 เมตร และบลูทูธมีระยะการใช้งานไม่เกิน 10 เมตร

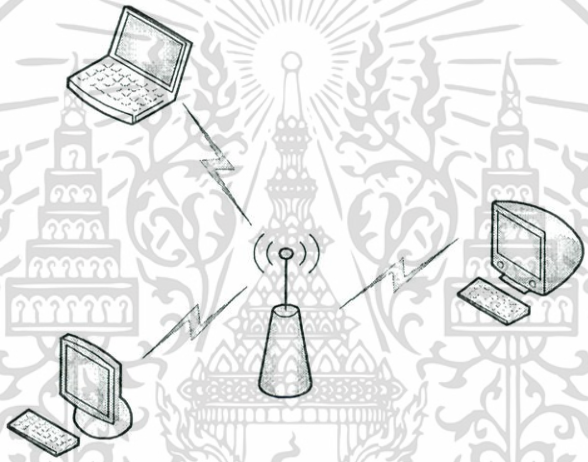
3.1.2 เครือข่ายไร้สายระยะใกล้เฉพาะที่

รูปที่ 3.2 แสดงเครือข่ายไร้สายเฉพาะที่ระยะใกล้ ซึ่งเป็นระบบเครือข่ายท้องถิ่นที่ใช้งานในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งในระยะใกล้ ภายในหน่วยงานหรืออาคารเดียวกัน เช่น ภายในสำนักงาน บริษัท หรือ ภายในที่อยู่อาศัยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 รูปแบบเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคลขนาดเล็ก



รูปที่ 3.2 รูปแบบเครือข่ายไร้สายระยะใกล้เฉพาะที่

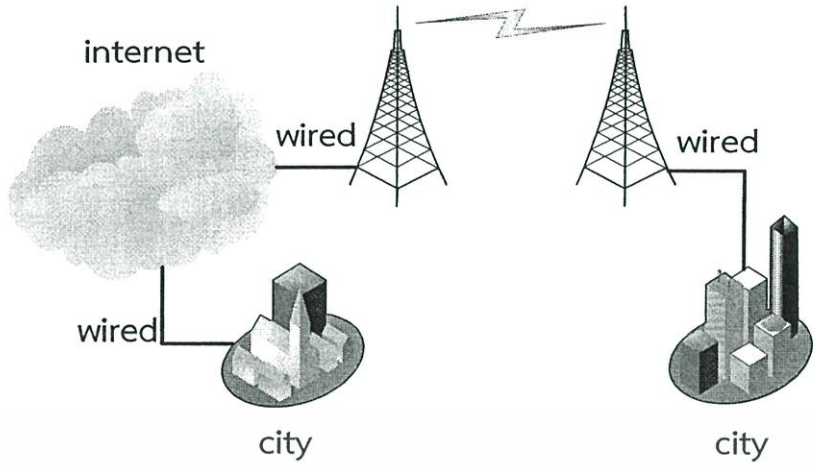
3.1.3 เครือข่ายไร้สายระหว่างเมือง

เครือข่ายไร้สายระหว่างเมืองดังแสดงในรูปที่ 3.3 เป็นระบบเครือข่ายไร้สายขนาดใหญ่ใช้สำหรับทำการเชื่อมต่อระหว่างเมือง หรือ ใช้เชื่อมต่อสื่อสารกันระหว่างอาคารต่างๆ ภายในเมือง

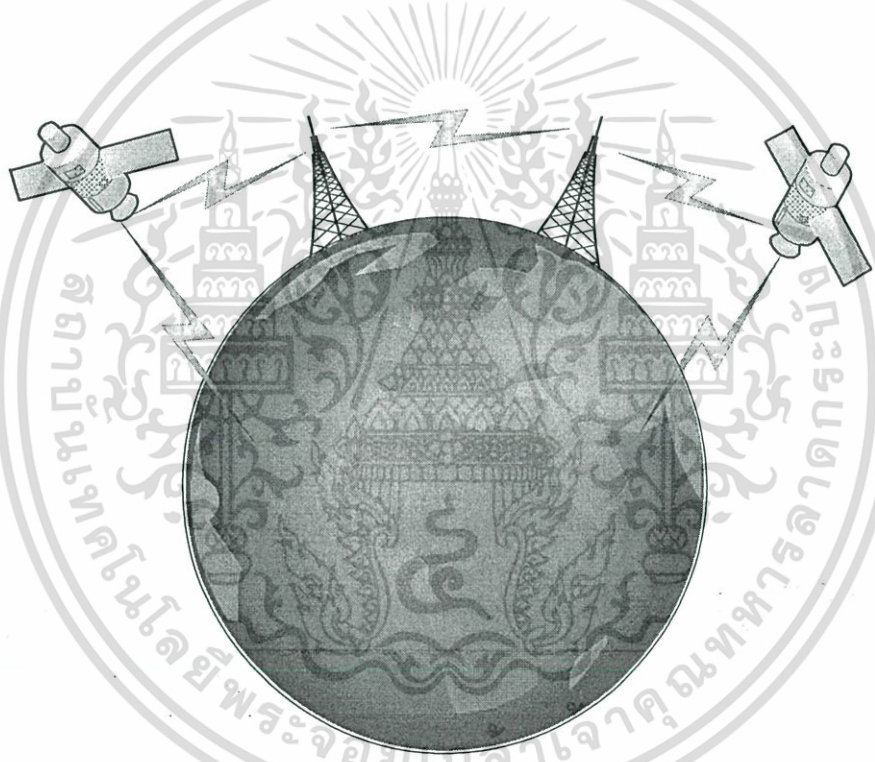
3.1.4 เครือข่ายไร้สายระหว่างประเทศ

เครือข่ายไร้สายระหว่างประเทศดังรูปที่ 3.4 เป็นระบบเครือข่ายไร้สายขนาดใหญ่มากใช้สำหรับติดต่อสื่อสารกันระหว่างประเทศ หรือ ระหว่างทวีป เช่น การสื่อสารทางไกลผ่านดาวเทียม หรือ คลื่นไมโครเวฟ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 รูปแบบเครือข่ายไร้สายระหว่างเมือง



รูปที่ 3.4 รูปแบบเครือข่ายไร้สายระหว่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 มาตรฐาน IEEE 802.15.4

กลุ่มเทคโนโลยีเครือข่ายเฉพาะที่ระยะใกล้แบบไร้สายได้มีการกำหนดมาตรฐานในการติดต่อ สื่อสารขึ้นมาหลากหลาย หนึ่งในนั้น ก็คือ เทคโนโลยีซิกบี (ZigBee) ซึ่งเป็นการติดต่อสื่อสารที่ถูกออกแบบขึ้นมาสำหรับการสื่อสารในเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย โดยเริ่มจากการกำหนดมาตรฐานในการรับส่งข้อมูลแบบ IEEE 802.15.4 ที่เน้นการสื่อสารแบบประหยัดพลังงาน โดยมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลต่ำ มีขนาดที่เล็ก ใช้งานได้ง่าย และมีราคาที่ถูก การติดต่อสื่อสารในลักษณะนี้ได้ถูกนำมาใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องตรวจวัดหรือเซนเซอร์ที่ต้องการสื่อสารแบบไร้สาย เพื่อลดความยุ่งยากซับซ้อนสำหรับการติดตั้ง เพราะไม่ต้องลากสายนำสัญญาณจำนวนมากไปยังห้องแสดงผล จึงทำให้ลดค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในการติดตั้ง

มาตรฐาน IEEE 802.15.4 นี้ได้กำหนดขึ้นสำหรับการรับส่งข้อมูลเบื้องต้นให้กับวงจรของเครื่องรับส่งวิทยุในชั้นกายภาพ (physical layer) ตามโมเดลมาตรฐานของ โอเอสไอ โมเดล (OSI model, OSI 7 layer) และควบคุมการรับส่งข้อมูลในชั้นเชื่อมต่อข้อมูล (data link layer) ใช้การผสมสัญญาณ (modulation) แบบ Offset Quadrature Phase Shift Keying (Offset-QPSK) และใช้การแก้ปัญหาสัญญาณรบกวนแบบ Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) ควบคุมการรับส่งข้อมูลโดยใช้โปรโตคอลแบบ Carrier Sense Multiple Access/ Collision Avoidance (CSMA/CA)

การเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายกำหนดโดยมาตรฐานซิกบีที่มีส่วนสำคัญสำหรับเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย คือ กลไกการประหยัดพลังงานซึ่งตัวอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออยู่กับเซนเซอร์สามารถกำหนดระยะเวลาในการเข้าสู่การหลับ หรือพักการทำงาน (sleep mode) โดยตัวอุปกรณ์จะทำหน้าที่ลดการใช้พลังงานให้เหลือน้อยที่สุดเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน การกำหนดการหลับนี้ทำได้โดยการร้องขอไปที่อุปกรณ์ในระบบของซิกบี เพื่อบอกระยะเวลาที่จะทำการหลับและเมื่อมีการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ตัวอื่นมายังอุปกรณ์ที่หลับอยู่ อุปกรณ์ในระบบของซิกบีก็จะทำการออกจากสถานะพักการทำงาน และจะทำการเก็บข้อมูลไว้ให้ชั่วคราว และถามหาอุปกรณ์ตัวนั้นเป็นระยะเมื่ออุปกรณ์ตัวนั้นตื่นหรือพร้อมทำงานต่อ จะได้รับการถามหาอุปกรณ์ตัวนั้นจึงส่งการร้องขอข้อมูลที่ได้เก็บไว้ให้ และจึงทำการรับส่งข้อมูลต่อไปจนได้รับข้อมูลที่ครบสมบูรณ์ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้เป็นระบบเครือข่ายที่มีความยืดหยุ่น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์พื้นฐานอื่นๆ ได้อย่างหลากหลาย

3.2.1 ประเภทของการใช้งานช่องสัญญาณตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4

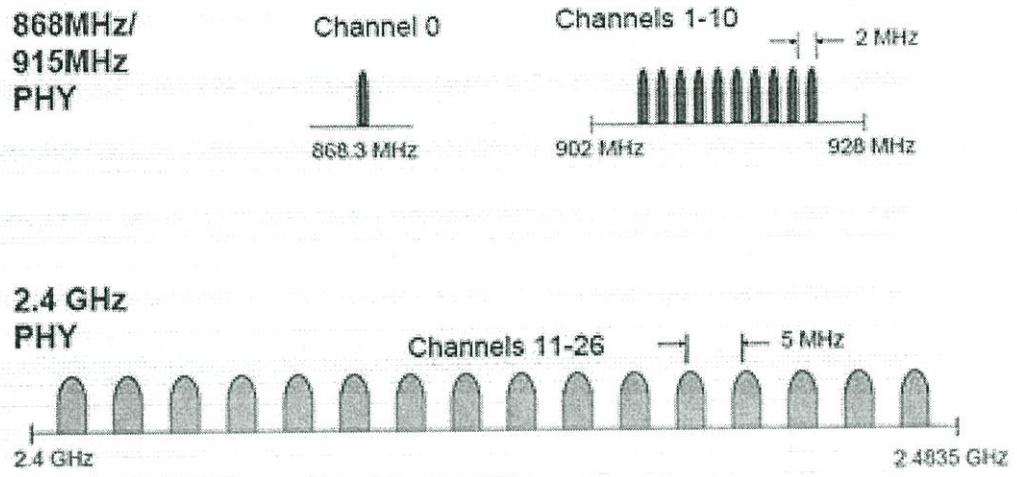
ชั้นกายภาพตามมาตรฐานของ IEEE 802.15.4 จะมีย่านความถี่ที่ใช้งานอยู่ 3 ย่านความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 3.5 โดยย่านความถี่ทั้งสามมีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

1. ย่านความถี่ 868 MHz โดยมีอัตราการรับส่งข้อมูลอยู่ที่ 20 kbps มีช่องสัญญาณสื่อสาร 1 ช่องสัญญาณ

2. ย่านความถี่ 915 MHz โดยมีอัตราการรับส่งข้อมูลอยู่ที่ 40 kbps มีช่องสัญญาณสื่อสาร 10 ช่องสัญญาณ โดยแต่ละช่องมีย่านความถี่ต่างกัน 2 MHz

3. ย่านความถี่ 2.4 GHz โดยมีอัตราการรับส่งข้อมูลอยู่ที่ 250 kbps มีช่องสัญญาณสื่อสาร 16 ช่องสัญญาณ โดยแต่ละช่องมีย่านความถี่ต่างกัน 5 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4

3.2.2 อุปกรณ์ในระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายตามมาตรฐานซิกบี

อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายตามมาตรฐานของซิกบี จะมีอยู่สามแบบซึ่งมีหน้าที่และกลไกลในการทำงานที่แตกต่างกับไปตามชนิด หรือรูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย โดยสามารถทำการกำหนดรูปแบบของตัวอุปกรณ์ที่จะใช้ได้ด้วยการโปรแกรมให้กับตัวอุปกรณ์

1. อุปกรณ์แม่ข่าย (coordinator) เป็นเหมือนกับแกนหลักของระบบเครือข่าย ทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับการสร้างการเชื่อมต่อให้กับระบบเครือข่าย

2. อุปกรณ์ค้นหาเส้นทาง (router) ทำหน้าที่เป็นตัวที่คอยถ่ายโอน หรือส่งต่อข้อมูล และทำการค้นหาเส้นทางที่จะใช้เชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายไปยังโหนดอื่นๆ

3. อุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อเซนเซอร์ (end device) ทำหน้าที่เป็นโหนดสุดท้ายของเครือข่าย มักจะเอาไว้สำหรับใช้เชื่อมต่อเซนเซอร์ต่างๆ และสามารถเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานได้

3.2.3 รูปแบบการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายตามมาตรฐานซิกบี

มาตรฐานซิกบีได้ถูกกำหนดให้สามารถเชื่อมต่อเป็นระบบเครือข่ายได้โดยสามารถเชื่อมต่อได้สูงสุด 65,535 โหนด และยังสามารถนำมาเชื่อมต่อเป็นระบบเครือข่ายแบบต่างๆได้ตามความเหมาะ สมของการนำไปใช้งานได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ระบบเครือข่ายแบบจุดต่อจุด (peer-to-peer) เป็นการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายแบบจุดต่อจุดสองโหนด ลักษณะการเชื่อมต่อของโครงสร้างแบบนี้เหมาะสำหรับการเชื่อต่อไรสายระหว่างสองจุด

2. ระบบเครือข่ายแบบดาว (star) จะมีลักษณะการเชื่อมต่อของโครงสร้างคล้าย กับดาว กระจายดังแสดงในรูปที่ 3.6(ก) กล่าวคือมีอุปกรณ์แม่ข่าย เป็นศูนย์กลางการเชื่อมต่อแบบโดยมีอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อเซนเซอร์ หรืออุปกรณ์ค้นหาเส้นทาง เป็นอุปกรณ์ลูกข่าย ระบบเครือข่ายแบบนี้มีประโยชน์คือ เวลาที่เครื่องแม่ข่าย ขาดการติดต่อจากโหนดใดโหนดหนึ่งในระบบหรือเสีย ก็จะไม่มีผลต่อการทำงานของระบบโดยรวมแต่อย่างใด และการต่อแบบสตาร์นี้เป็นแบบที่นิยมมากในปัจจุบัน

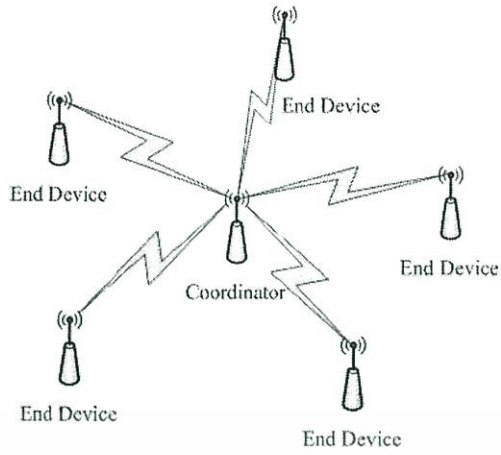
3. ระบบเครือข่ายแบบลำดับชั้น (cluster tree) ดังรูปที่ 3.6(ข) ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับต้นไม้ กล่าวคือจะประกอบไปด้วยระบบเครือข่ายแบบดาวหลายๆกลุ่มรวมกัน หรือต้องการเพิ่มระยะทางในการติดต่อสื่อสารให้ไกลขึ้นเพื่อคลอบคลุมพื้นที่ใช้งาน หรือขยายขนาดของระบบเครือข่าย

4. ระบบเครือข่ายแบบเมช (mesh) ดังรูปที่ 3.6(ค) ถือเป็นเครือข่ายที่จัดได้ว่ามีความน่าเชื่อถือที่สุดเครือข่ายหนึ่ง โดยที่แต่ละโหนดจะเป็นทั้งอุปกรณ์ค้นหาเส้นทาง และอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อเซนเซอร์ กล่าวคือถ้าโหนดใดโหนดหนึ่งไม่ทำงาน โหนดที่เหลือก็ยังคงสามารถสื่อสารกับ โหนดอื่นได้โดยตรงหรือผ่านทางโหนดตัวกลางอื่นๆ หนึ่งตัวหรือมากกว่า เพื่อส่งข้อมูลไปหาโหนดปลายทางที่ต้องการเชื่อมต่อ

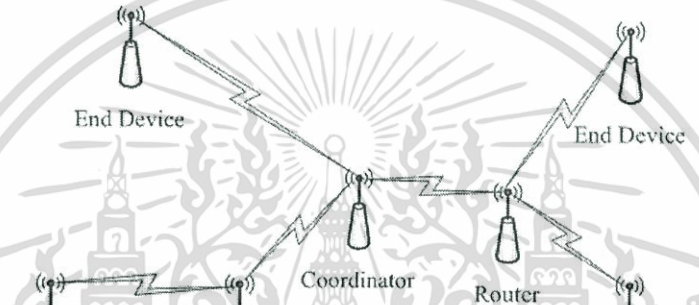
ตารางที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบการติดต่อสื่อสารไร้สายแบบต่างๆ เช่น ซิกบี ไวไฟ บลูทูธและ อินฟาเรด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการติดต่อสื่อสารไร้สายตามมาตรฐานซิกบี มีคุณสมบัติเด่นที่เหมาะกับการนำไปใช้เป็นเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย เพราะมีอายุการใช้งานแบตเตอรี่ที่ยาวนานกว่าการติดต่อสื่อสารไร้สายแบบอื่นๆ ที่อัตราการรับส่งข้อมูลสูงสุดอยู่ที่ 250 Kbps/s สามารถเพิ่มระยะทางในการติดต่อสื่อสารได้ มีย่านความถี่ให้เลือกใช้งานหลากหลายย่านความถี่ อีกทั้งยังสามารถนำมาเชื่อมต่อเป็นระบบเครือข่ายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

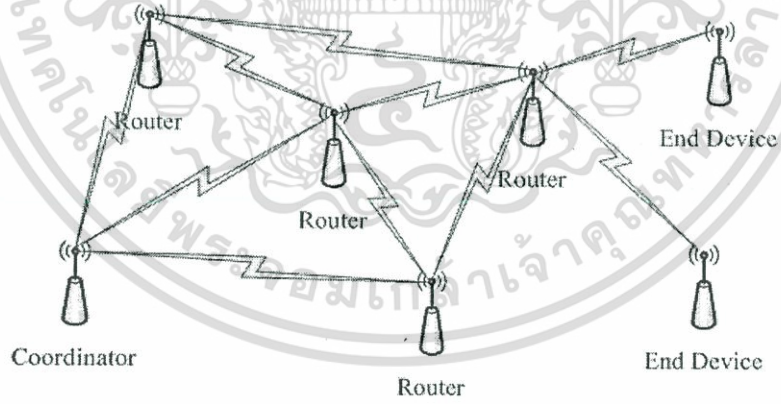
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3.6 ระบบเครือข่ายแบบต่างๆ
(ก) ระบบเครือข่ายแบบดาว (ข) ระบบเครือข่ายแบบลำดับชั้น (ค) ระบบเครือข่ายแบบเมช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

138151

ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบการติดต่อสื่อสารไร้สายรูปแบบต่างๆ

คุณสมบัติ	รูปแบบการติดต่อสื่อสารไร้สาย			
	ZigBee	Wi-Fi	bluetooth	IR wireless
data rate	20,40,250 Kbps/s	11 & 54 Mbits/sec	1 Mbits/s	20-40 Kbits/s
range	10-100 meters	50-100 meters	10 meters	< 10 meters (line of sight)
networking topology	Ad-hoc, peer to peer, star, mesh	ad-hoc, peer to peer , star	very small network, ad-hoc	peer to peer
operating frequency	868 MHz , 915MHz, 2.4 GHZ	2.4 and 5 GHz	2.4 GHz	800-900 nm
battery life	2-3 year	1-3 hour	4-8 hour	1 year
typical applications	sensor network, home automation, industrial control	wireless LAN, broadband internet access	phone, PDA, laptop, handsets	remote control, PDA, phone, laptop links, PC

3.3 เอกสารอ้างอิงบทที่ 3

[1] XBee ZNet 2.5/XBee PRO ZNet OEM RF Modules, [online]. Available from: http://www.digi.com, [2/11/2008].

[2] XBee Basic Configuration in Network Application, [online]. Available from: http://www.thaieasyelec.com, [20/5/2010].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

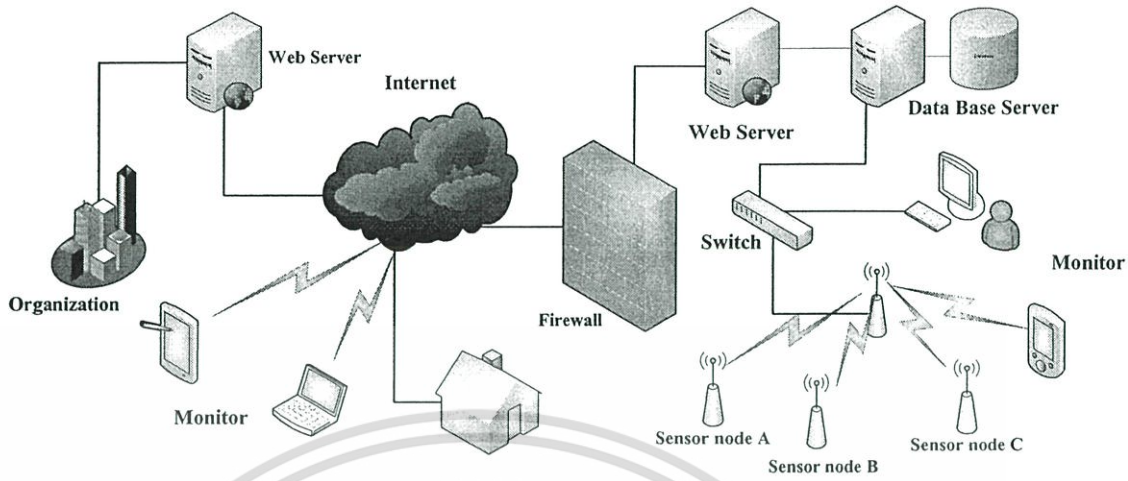
บทที่ 4
ระบบเครือข่ายไร้สายสำหรับตรวจวัดแสดงผลและบันทึกค่าสภาพแวดล้อม แบบหลายโหนดผ่านระบบอินเตอร์เน็ต

4.1 โครงสร้างของระบบ WSN ที่พัฒนาขึ้น

โครงสร้างแสดงหลักการทำงานโดยรวมของระบบ WSN ตรวจวัดและแสดงผลสภาพสิ่งแวดล้อมผ่านระบบอินเทอร์เน็ตแสดงได้ดังรูปที่ 4.1 โดยระบบ WSN ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เป็นหน่วยประมวลผล (processing unit) ทำหน้าที่ติดต่อกับเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมต่างๆ เพื่อสั่งงานหรือรับข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากเซนเซอร์ เพื่อนำไปประมวลผลเป็นข้อมูล จัดเก็บลงในหน่วยความจำ รอการร้องขอข้อมูลหรืออาจส่งข้อมูลทันทีผ่านทางหน่วยรับ-ส่งข้อมูลไร้สาย (transceiver unit) ในที่นี้เลือกใช้โมดูล XBee ทำหน้าที่เป็นโพรโตคอลรับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สายในย่านความถี่สาธารณะ (ISM band) โดยสามารถใช้รูปแบบการเชื่อมต่อสื่อสารได้ทั้งแบบ star และแบบ tree เพื่อรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเซนเซอร์โหนดข้างเคียง (sensor node A, B, C, ...) ซึ่งทำหน้าที่วัดค่าต่างๆ จากสภาพแวดล้อมตามแต่ชนิดของเซนเซอร์ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ความเข้มแสง ควัน ความเร่ง แรงสั่นสะเทือน ความเคลื่อนไหว ความลึก ตลอดจนสภาพความเป็นกรดหรือด่าง เป็นต้น ระบบ WSN ที่ได้พัฒนาขึ้นมุ่งเน้นเป้าหมายหลักในการประยุกต์ใช้สำหรับตรวจวัดสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น ทางด้านการเกษตร ทางด้านการจัดการพลังงาน เพื่อนำผลที่ได้จากการวัดมาทำการจัดเก็บในระบบแม่ข่ายฐานข้อมูล (Data Base Server) เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลที่บันทึกไว้มาวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะงานได้ และเป็นแนวทางในการนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจ

นอกจากนี้โครงการวิจัยชิ้นนี้ยังมีการพัฒนาเพิ่มเติมให้ระบบเครือข่ายไร้สายที่สามารถแสดงผลผ่านระบบอินเตอร์เน็ตได้อีกด้วย โดยมีเว็บเซิฟเวอร์ (WebServer) เป็นผู้ให้บริการเพื่อไปแสดงยัง Smart Phone, PDA, Computer หรืออุปกรณ์อื่นๆที่สามารถใช้เว็บเบราว์เซอร์ได้ อีกทั้งยังมีไฟร์วอลล์ (Firewall) ทำหน้าที่เป็นระบบรักษาความปลอดภัยให้กับข้อมูลจากผู้ไม่ประสงค์ดี หรือไวรัสที่จะเข้ามาทำลายข้อมูลหรือระบบให้เกิดความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 โครงสร้างและหลักการทำงานของระบบ WSN ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น

4.2 ส่วนแสดงผลผ่านเวปและเก็บข้อมูล

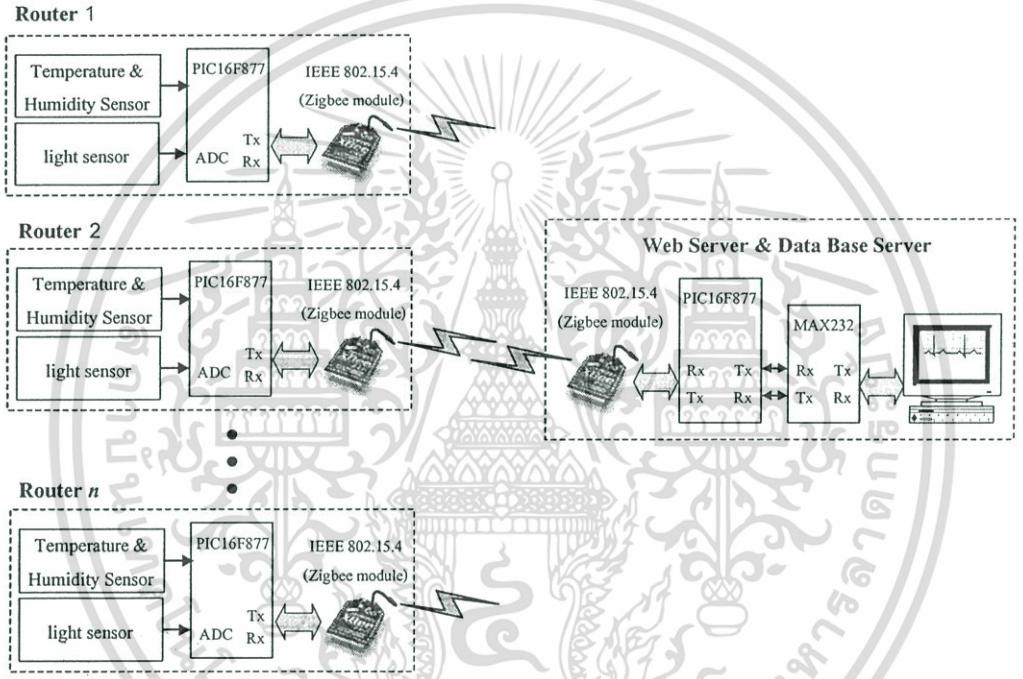
ส่วนแสดงผลผ่านเวปและเก็บข้อมูลในระบบ WSN ที่พัฒนาขึ้นในโครงการวิจัยนี้ มีองค์ประกอบสำคัญแต่ละส่วน ดังต่อไปนี้

1) ระบบแม่ข่ายฐานข้อมูล (Data Base Server) คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่เก็บรวบรวมข้อมูลและ ผลการวัดต่างๆ จากส่วนตรวจวัดแล้วเก็บไว้เป็นระบบฐานข้อมูล
2) เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งให้บริการที่เก็บเว็บไซต์ แล้วให้ผู้ใช้ เรียกชมหน้าเว็บไซต์ได้โดยใช้งานผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์
3) มอนิเตอร์ (Monitor) คือ ส่วนแสดงผลข้อมูลที่ได้เก็บไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งสามารถแสดงผลได้ทั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์, Smart phone, PDA หรือแสดงผลผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์
4) ไฟร์วอลล์ (Firewall) คือ ซอฟท์แวร์ หรือฮาดร์แวร์ ที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อควบคุมการเข้าออกของ โปรแกรมต่างๆ เพื่อใช้ปกป้องระบบเครือข่ายหรือเครื่องคอมพิวเตอร์ จากการสื่อสารที่ไม่ได้รับอนุญาตหรือผู้บุกรุก โดยใช้การกำหนดกฎเกณฑ์ควบคุมการเข้า-ออกของข้อมูล เช่น กำหนดว่าผู้ใช้งานคนไหนมีสิทธิ์เข้ามาใช้งานได้บ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

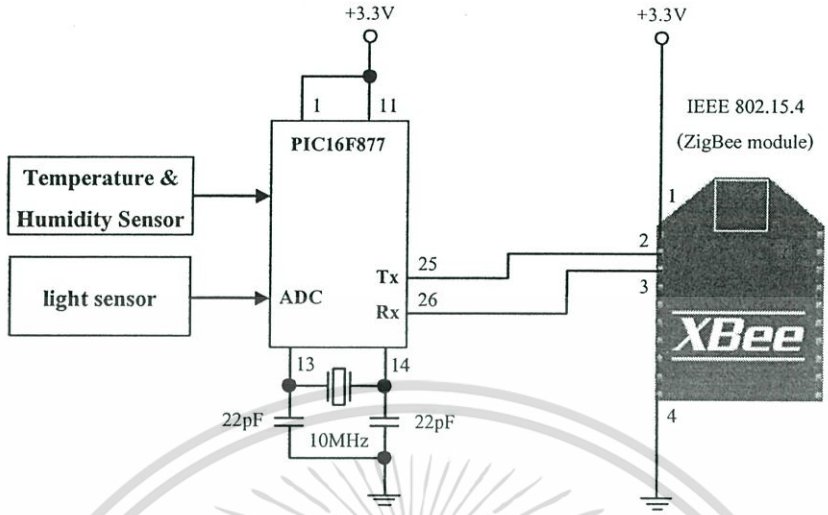
4.3 ส่วนตรวจวัด

รูปที่ 4.2 แสดงส่วนตรวจวัดสภาพแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์สำคัญ คือ เซนเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อม เช่นอุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง โดยรายละเอียดวงจรในส่วนของตัวเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมนั้นแสดงได้ดังรูปที่ 4.3 [1] โดยสัญญาณที่วัดได้จะถูกส่งไปวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 10 บิท ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่ได้กำหนดไว้ก่อนส่งข้อมูลเพื่อเข้าสู่กระบวนการสื่อสารไร้สายต่อไป ซึ่งในที่นี้ได้เลือกใช้การติดต่อสื่อสารไร้สายผ่านโมดูลซิกบีที่ทำงานอยู่บนมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ย่านความถี่ 2.4 GHz (250Kbps) [2]



รูปที่ 4.2 โครงสร้างวงจรในส่วนตรวจวัดสภาพแวดล้อม

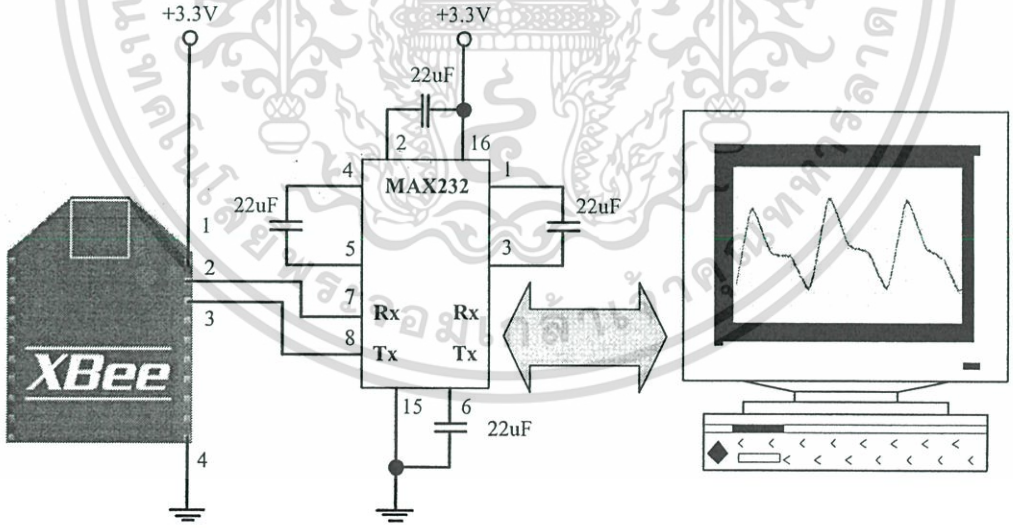
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 โครงสร้างวงจรในส่วนของตัวเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อม และการสื่อสารไร้สาย

4.3.1 ส่วนแสดงผลที่ห้องแสดงผลส่วนกลาง

สำหรับห้องแสดงผลส่วนกลางนั้นจะมีคอมพิวเตอร์คอยเชื่อมต่อกับโมดูลซิกบีของบริษัท Digi International Inc. [3]-[4] ดังรูปที่ 4.4 เพื่อทำหน้าที่คอยรับข้อมูลจากเซนเซอร์แต่ละโหนดมาแสดงผล และจัดเก็บข้อมูล เพื่อนำข้อมูลที่ทำการตรวจวัดได้กลับมาวิเคราะห์ต่อได้ในภายหลัง



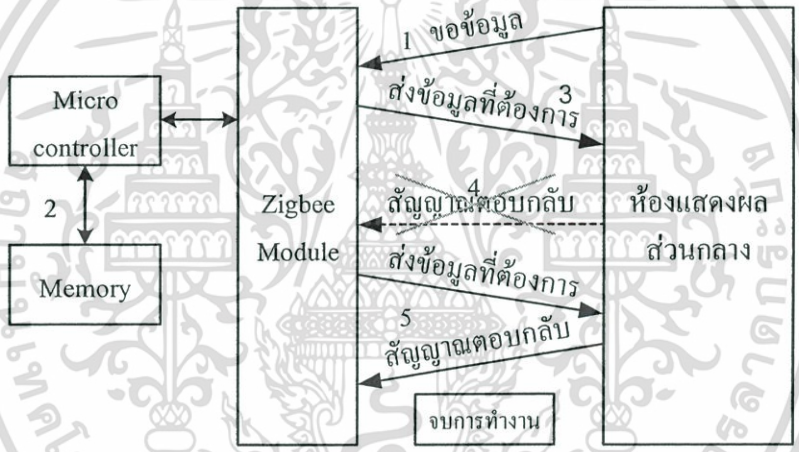
รูปที่ 4.4 โครงสร้างวงจรในส่วนการแสดงผลที่ห้องแสดงผลส่วนกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ส่วนการติดต่อสื่อสารไร้สาย

ในส่วนนี้จะเป็นการส่งข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่วัดได้ไปยังห้องแสดงผลส่วนกลางผ่านโพรโตคอลซิกบี โดยมีขั้นตอนการส่งข้อมูลดังรูปที่ 4.5 ซึ่งมีรายละเอียดต่อไปนี้

1) ไมโครคอนโทรลเลอร์ รอรับการร้องขอข้อมูลจากห้องแสดงผลส่วนกลางผ่านทางโมดูลซิกบี
2) เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้รับการร้องขอข้อมูลก็จะทำการอ่านข้อมูลที่เก็บได้ในหน่วยความจำ
3) จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการส่งข้อมูลที่อ่านได้ในหน่วยความจำกลับไปที่ห้องแสดงผลส่วนกลางผ่านโมดูลซิกบี
4) ไมโครคอนโทรลเลอร์ รอรับสัญญาณตอบกลับจากห้องแสดงผลส่วนกลางเพื่อเป็นการยืนยันว่าที่ห้องแสดงผลส่วนกลางได้รับข้อมูลครบถ้วนแล้ว
5) หากไมโครคอนโทรลเลอร์ ไม่ได้รับสัญญาณตอบกลับจากห้องแสดงผลส่วนกลางภายในเวลาที่กำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลเดิมออกไปอีกครั้งจนกว่าจะได้รับสัญญาณตอบกลับจากห้องแสดงผลส่วนกลาง



รูปที่ 4.5 ขั้นตอนการทำงานในส่วนการติดต่อสื่อสารไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 เอกสารอ้างอิงบทที่ 4

[1] วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์, เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ : ทฤษฎีและ: ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ในระบบการวัดและระบบควบคุม, พิมพ์ครั้งที่ 6, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) : ISBN 974-44-3103-2, กรุงเทพ, 2552.

[2] IEEE Std 802.15.4-2007, **"Wireless medium Access Control and Physical Layer Specifications for Low-rate Wireless personal Area Networks"**, August, 2007.

[3] XBee ZNet 2.5/XBee PRO ZNet OEM RF Modules, [online]. Available from: http://www.digi.com, [2/11/2008].

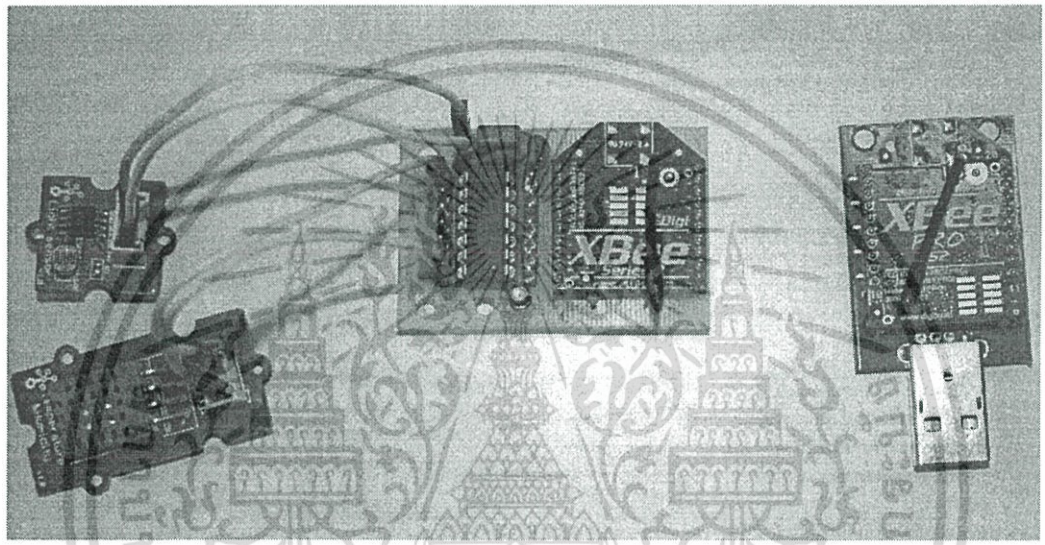
[4] XBee Basic Configuration in Network Application, [online]. Available from: http://www.thaieasyelec.com, [20/5/2010].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลองและบทสรุป

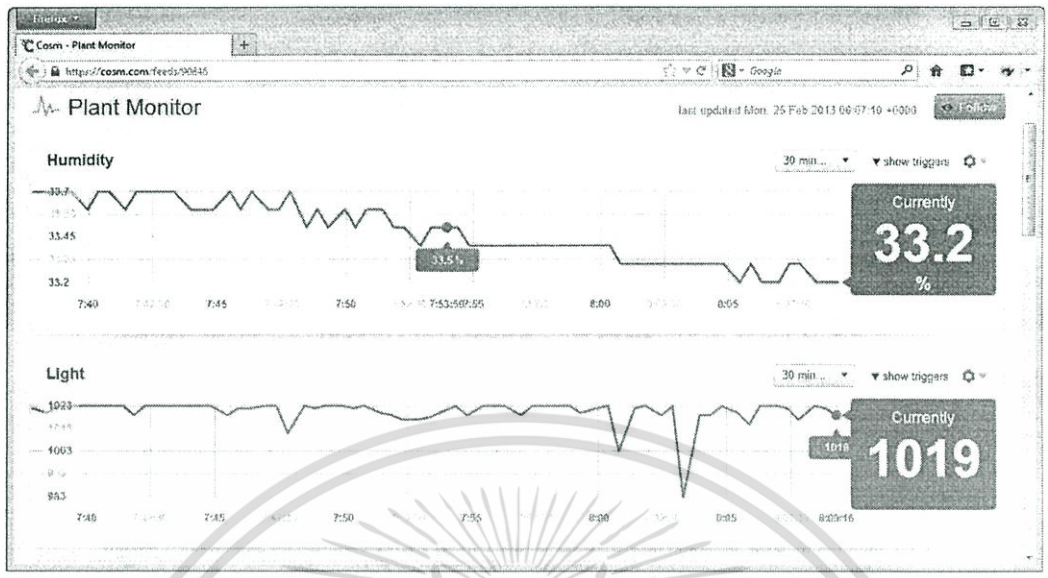
5.1 ผลการทดลอง

การทดสอบสมรรถนะการทำงานของระบบที่ได้พัฒนาขึ้น ได้ทำการต่อส่วนประกอบต่างๆ ดังวงจรต้นแบบในรูปที่ 5.1 สำหรับโปรแกรมแสดงผลการวัดและบันทึกค่า บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ในห้องแสดงผลส่วนกลาง ในที่นี้ได้ใช้โปรแกรม PHP และ My SQL ทำการพัฒนาขึ้นดังรูปที่ 5.2 และรูปที่ 5.3 ทดสอบการทำงานของระบบโดยใช้ออสซิลโลสโคปทำการวัดสัญญาณค่าอุณหภูมิและ ความชื้น ที่จุดเอาต์พุตของวงจร ซึ่งผลการวัดแสดงได้ดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.1 ภาพถ่ายวงจรต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 โปรแกรมแสดงผลการวัดผ่าน Web Server 1

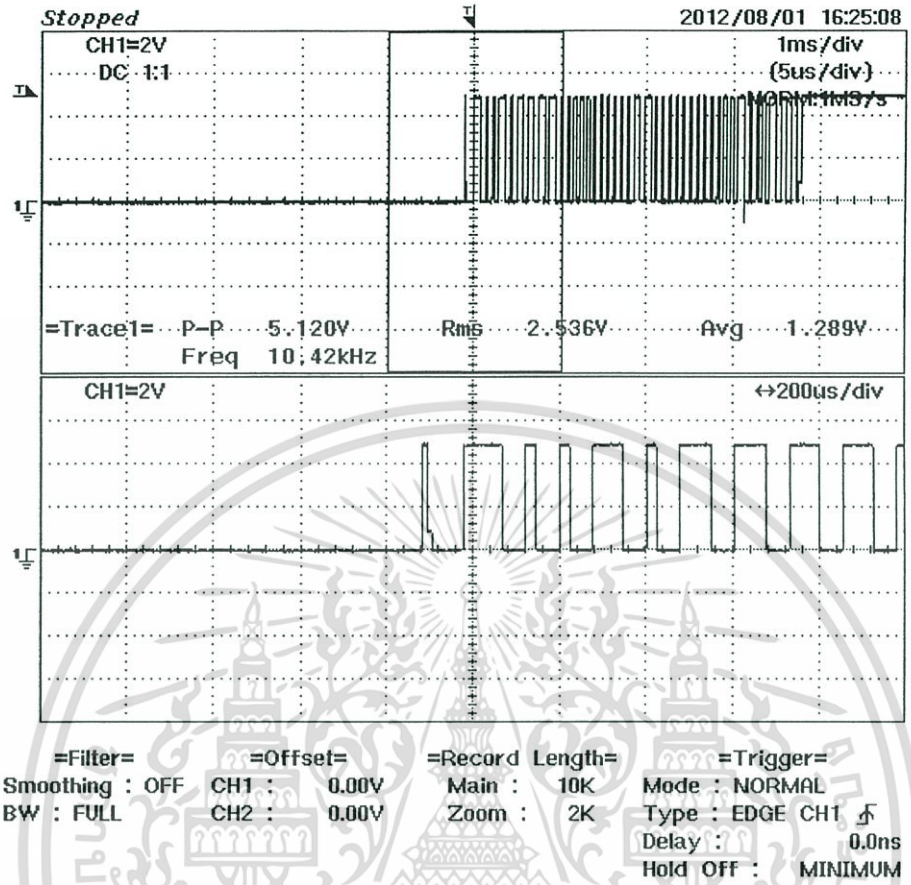
รูปที่ 5.3 โปรแกรมแสดงผลการวัดผ่าน Web Server 2

5.2 สรุปผลการทดลอง

ระบบ WSN สำหรับตรวจวัดสภาพแวดล้อมที่ได้พัฒนาและนำเสนอขึ้นในโครงการวิจัยนี้ เป็นผลงานที่นำเทคโนโลยีเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยได้มีการทดสอบการทำงานของระบบกับสภาพแวดล้อมจริงภายในอาคาร เพื่อตรวจวัดสภาพแวดล้อมต่างๆ ของอาคาร เช่น ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น และค่าความเข้มแสง ค่าต่างๆ เหล่านี้ จะถูกประมวลผลบนซอฟท์แวร์ และบันทึกจัดเก็บค่าลงในระบบฐานข้อมูลเพื่อใช้ในวิเคราะห์ และปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ผลจากการทดลองเก็บข้อมูลที่วัดได้และเสดงผลทาง Web Server โดนนำข้อมูลที่วัดได้กับข้อมูลที่แสดงผลมาเปรียบเทียบกันดังแสดงในตารางที่ 5.1 ซึ่งพบว่ามีค่าความผิดพลาดในการวัดสูงสุดประมาณ 2%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 สัญญาณค่าอุณหภูมิและ ความชื้นที่จุดเอาต์พุตของเซนเซอร์

ตารางที่ 5.1 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ได้จากการวัดและค่าที่แสดงผ่านโปรแกรมแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

	ค่าที่วัดได้	ค่าที่วัดจากโปรแกรมแสดงผล	ค่าความผิดพลาด
อุณหภูมิ	33.1	33.0	2 %
ความชื้น	56.4	56.4	0 %
ความเข้มแสง	700	700	0 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 บทสรุป

โครงการวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบเครือข่ายไร้สายที่สามารถตรวจวัด แสดงผล และบันทึกค่าสภาพแวดล้อม ตามมาตรฐานการสื่อสาร IEEE IEEE 802.15.4 โดยใช้โพรโตคอลซิกบีต่อเป็นเครือข่ายแบบ star ผลการทดสอบการทำงานแสดงให้เห็นว่าระบบที่ได้พัฒนาขึ้นมีการทำงานอย่างถูกต้องเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยมีค่าความผิดพลาดในการวัดสูงสุดประมาณ 2% และครอบคลุมระยะทางสูงสุดในการรับส่งข้อมูลประมาณ 60 เมตร ซึ่งเพียงพอต่อการนำไปใช้เป็นระบบเครือข่ายภายในอาคาร และรอบคลุมระยะทางสูงสุดในการรับส่งข้อมูลประมาณ 100 เมตร สำหรับการติดต่อสื่อสารภายนอกอาคาร นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการติดต่อสื่อสารข้อมูลให้มีระยะทางในการติดต่อสื่อสารข้อมูล เพิ่มขึ้นได้สูงสุดประมาณ 2 km โดยการเปลี่ยนเสาอากาศเพื่อเพิ่มกำลังส่งสัญญาณ หรือเพิ่มโหนดทวนสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้