



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

ปริญญา

วิศวกรรมไฟฟ้า

วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ระบบดูแลเด็กเล็กออนไลน์ด้วยเทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย

Baby Care Online System with Wireless Communication Technology

นามผู้วิจัย นายพงศ์พันธ์ อารยแสง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์คุณิต ธนเพทาย, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูเกียรติ การะเกตุ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์มงคล รักษาพัชรวงศ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ระบบดูแลเด็กเล็กออนไลน์ด้วยเทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย

Baby Care Online System with Wireless Communication Technology

โดย

นายพงศ์พันธ์ อารยแสง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พงศ์พันธ์ อารยแสง 2553: ระบบดูแลเด็กเล็กออนไลน์ด้วยเทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชา
วิศวกรรมไฟฟ้า อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์คุณิศิต ธนเพทพาย,
Ph.D. 79 หน้า

“ระบบดูแลเด็กเล็กออนไลน์” เป็นระบบที่ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิเด็กและตรวจวัด
ความชื้นในผ้าอ้อม อีกทั้งถ่ายภาพเคลื่อนไหวของเด็ก และส่งข้อมูลเหล่านี้ขึ้นบนเว็บไซต์ ทำให้
ผู้ดูแลเด็กสามารถรับรู้การเปลี่ยนแปลงของเด็กได้ตลอดเวลาโดยไม่จำเป็นต้องอยู่ที่เดียวกัน
กับเด็ก องค์ประกอบของระบบดูแลเด็กเล็กออนไลน์ ประกอบไปด้วย เซนเซอร์ขนาดเล็ก
สำหรับสวมที่ข้อมือของเด็ก ซึ่งมีหน้าที่ตรวจวัดและส่งข้อมูลอุณหภูมิของเด็กมายังคอมพิวเตอร์
ของผู้ดูแล ดังนั้นผู้ดูแลจึงสามารถรู้ได้ทันทีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของตัวเด็กในกรณี
ที่เด็กเป็นไข้ตัวร้อน นอกจากนี้ ระบบมีเซนเซอร์ติดตั้งในผ้าอ้อมเด็ก เพื่อตรวจวัดความชื้นของ
ผ้าอ้อมเมื่อเด็กปัสสาวะ โดยที่ผ่านมาผู้ดูแลไม่สามารถทราบได้ว่าเด็กปัสสาวะจนกว่าเด็กมี
อาการระคายเคืองแล้วร้องบอก หรือ ปัสสาวะซึมออกมาภายนอก ซึ่งอาจเป็นเวลานานและ
ส่งผลเสียต่อสุขภาพเด็ก สำหรับการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ของระบบมายังคอมพิวเตอร์ของ
ผู้ดูแล จะใช้การส่งข้อมูลแบบไร้สายด้วยสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ ซึ่งในระบบได้มีการ
ออกแบบให้ภาคส่งสัญญาณประหยัดพลังงานโดยใช้แบตเตอรี่เพียง 3 โวลต์และมีอายุการใช้
งานนานมากกว่า 1 เดือน ภาคส่งสัญญาณสามารถส่งสัญญาณได้ไกลจากภาครับมากกว่า 80
เมตร โดยระบบจะสามารถวัดอุณหภูมิ และ ความชื้น ของเด็กในเวลาเดียวกันได้ 50-150 คน
โดยผู้ดูแลระบบสามารถดูผลการตรวจวัดผ่าน โทรศัพท์เคลื่อนที่หรือคอมพิวเตอร์

ลายมือชื่อนิติศิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Phongpan Arayasang 2010: Baby Care Online System with Wireless Communication Technology. Master of Engineering (Electrical Engineering), Major Field: Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Dusit Thanapatay, Ph.D. 79 pages.

“Baby Care Online System” is a monitoring system on babies’ temperature, moisture of damp diapers and captures the babies’ movements and sends information to website that even if baby-sitter haven’t been with babies, always know when babies have been unusual. The components of this system consist of the small sensor for wearing on the baby’s wrist which detects temperature and send the data to the baby-sitter’s computer. Therefore, baby-sitter immediately knows when baby has fever. Additionally, this system has sensor install to diaper for detecting moisture when baby urinated that baby-sitter can’t know as long as baby has been uncomfortable and cried out or urine have seeped away. For sending information from sensors to the baby-sitters’ computers, this system uses the wireless communication with radio frequency. Signal transmitter was designed to save energy with using 3-volts power supply, therefore the device has more than 1 month life-time. Moreover, the signal transmitter can send signal further than 50 meter away from the receiver. And this system can monitor the temperature and moisture of diapers about 50-150 babies at the same time also the baby-sitters can check the babies’ information through the website using computer or mobile phone.

Student’s signature

Thesis Advisor’s signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ ผศ.ดร.คูสิต ชนเพทาย ประธานกรรมการที่ปรึกษาที่ได้จัดเตรียมสถานที่ในการทดลอง รวมไปถึงอุปกรณ์ในการทดลอง พร้อมทั้งให้คำแนะนำและคำปรึกษาตลอดจนการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณบริษัทอิตีแอล จำกัดที่ช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงเครื่องมือวัด และ ช่วยผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ ขอขอบคุณบริษัทวิทซ์ ดีไซน์ซ์ แอนด์ อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด ที่ช่วยทดลองและให้คำปรึกษา

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ ตลอดจนเพื่อนๆทุกคน ที่ให้การสนับสนุน และให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อบกพร่องประการใด ข้าพเจ้ายินดีรับข้อเสนอแนะ และขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

พงศ์พันธ์ อารยแสง

เมษายน 2553

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	12
อุปกรณ์	12
วิธีการ	12
ผลและวิจารณ์	39
ผล	39
วิจารณ์	43
สรุปและข้อเสนอแนะ	44
สรุป	44
ข้อเสนอแนะ	44
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	46
ภาคผนวก	49
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	79

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงการเปรียบเทียบการสื่อสารไร้สายมาตรฐาน	5
2	แสดงย่านความถี่ที่ใช้ในแต่ละประเทศ	6
3	แสดงประสิทธิภาพของเซนเซอร์แต่ละแบบ	7
4	แสดงคุณสมบัติของ โมโครคอนโทรลเลอร์ nRF24LE1	24
5	เปรียบเทียบคุณสมบัติเซนเซอร์ SHT11 และ SHT15	27
6	ผลการวัดสัญญาณเมื่อปรับค่าตัวเหนี่ยวนำ L2 และ ตัวเก็บประจุ C8	40
7	ผลการวัดสัญญาณเมื่อปรับค่าตัวเหนี่ยวนำ L1	40
8	ตารางแสดงการเปรียบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิ	41
9	ตารางแสดงความชื้นเมื่อเทน้ำลงบนผ้าอ้อมเด็ก	41
10	ตารางแสดงผลการทดสอบวัดอุณหภูมิที่ระยะต่าง ๆ ของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	42

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
1	พลังงานของแบตเตอรี่ที่ใช้ขณะที่เก็บข้อมูลบนเกาะ	6
2	โครงสร้างการออกแบบวงจรภาคการตรวจสอบคุณภาพของน้ำในทะเลสาบ	7
3	เซนเซอร์ตรวจวัดจุดต่าง ๆ บนร่างกาย	8
4	โครงสร้างการออกแบบวงจรภาคการตรวจวัดสุขภาพของคนไข้	9
5	โครงสร้างการทำงานวิจัยสำหรับเครือข่ายการตรวจวัดสภาพอากาศ	11
6	แสดงการทำงานรวมของระบบ	13
7	แสดงการเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่บอร์ดภาคส่ง	13
8	แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ที่บอร์ดภาครับ	15
9	การออกแบบวงจรบอร์ดเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	16
10	การออกแบบวงจรบอร์ดเซนเซอร์วัดความชื้น	17
11	บอร์ดภาคส่งสัญญาณ	
	(ก) บอร์ดภาคส่งสัญญาณด้านบน	
	(ข) บอร์ดภาคส่งสัญญาณด้านล่าง	18
12	บอร์ดภาคส่งสัญญาณ	
	(ก) บอร์ดภาคส่งสัญญาณที่ใช้วัดอุณหภูมิด้านบนพร้อมใช้งาน	
	(ข) บอร์ดภาคส่งสัญญาณที่ใช้วัดอุณหภูมิด้านล่างพร้อมใช้งาน	18
13	ส่วนของการปรับสัญญาณวงจรไฟฟ้า	19
14	การออกแบบวงจรบอร์ดตัวรับสัญญาณ	20
15	บอร์ดภาครับสัญญาณ	21
16	บอร์ดภาครับสัญญาณพร้อมใช้งาน	21
17	โครงสร้างภายในไอซีของ nRF24LE1E	23
18	บอร์ดโปรแกรม nRF6700	23
19	แสดงโครงสร้างภายนอกของไอซี nRF24LE1E ขนาด 5 x 5 มิลลิเมตร	25
20	แสดงช่วงแรงดันไฟฟ้าที่ไอซี nRF24LE1E ทำงานและ	
	ช่วงแรงดันไฟฟ้าที่ไอซี nRF24LE1E รีเซต	25
21	แสดงขนาด และ โครงสร้างภายนอก ของเซนเซอร์ IR9902	26
22	ลักษณะของไอซี SHT15	28

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23	แสดงการใช้มีดกรีดที่ด้านหลังของผ้าอ้อมเด็ก	28
24	แสดงการใส่เซนเซอร์เข้าไปที่รอยกรีดบนผ้าอ้อม	29
25	แสดงการใส่ตัวเซนเซอร์ที่เสร็จสมบูรณ์	29
26	แสดงสายรัดที่ติดเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	30
27	แสดงสายรัดสายไฟที่ใช้ทำสายของเซนเซอร์	30
28	ก) แสดงโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินัลขณะต่อกับตัวรับสัญญาณเมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที ข) แสดงโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินัลขณะต่อกับตัวรับสัญญาณเมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที	33
29	แสดงผังงานการเขียนโปรแกรมควบคุมฮาร์ดแวร์ภาคส่ง และ ภาครับ	33
30	(ก) คอมโพเนนต์ MSComm รูปโทรศัพท์ (ข) ภาพการเลือก Microsoft Comm Control 6.0	35
31	หน้าจอโปรแกรมเมื่อวางคอมโพเนนต์ต่าง ๆ ลงบนฟอร์มโปรเจกต์	36
32	ข้อมูลภายใน Package ของโปรเจกต์ชนิด ActiveX Document	37
33	การสร้าง Package	37
34	แสดงผังงานของการทำงานของโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์	38
35	แสดงโปรแกรมบนเว็บไซต์ และ ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์	38
36	แสดงตำแหน่งในการปรับขนาดเสาอากาศ	39

ระบบดูแลเด็กเล็กออนไลน์ด้วยเทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย

Baby Care Online System with Wireless Communication Technology

คำนำ

การตรวจวัดสิ่งต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเด็กเล็กยังคงทำได้ยากลำบากอยู่มากเพราะเด็กมักจะเคลื่อนไหวไม่อยู่นิ่งอีกทั้งเด็กยังไม่สามารถสื่อสารได้เข้าใจ ซึ่งทำให้การตรวจวัด ค่าช้ำและคลาดเคลื่อน ในกรณีที่ต้องดูแลเด็กหลายคนจะทำให้การตรวจวัดไม่ทั่วถึง อาจเป็นผลเสียต่อเด็กเล็กได้ การใช้เครื่องมือวัดในปัจจุบันจะใช้เซนเซอร์ติดที่ตัวคนไข้แล้วส่งข้อมูลมาตามสายไฟซึ่งติดอยู่ที่ตัวคนไข้ จึงไม่ค่อยสะดวกเพราะเมื่อมีการตรวจวัดโดยใช้เซนเซอร์หลายตัว เพื่อวัดหลายอาการ ทำให้สายไฟจะเยอะเกินไป จะทำให้ไม่สะดวกต่อการใช้ชีวิตประจำวันของคนไข้ อีกทั้งถ้าคนไข้เป็นเด็กเล็กด้วยแล้วเด็กอาจเคลื่อนไหวตลอดเวลาจนทำให้สายวัดสัญญาณหลุดออกจากตัวเด็กได้

ในปัจจุบันเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารไร้สายได้เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันมากขึ้น โดยการสื่อสารแบบไร้สายมีหลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่น รีโมทคอนโทรลต่าง ๆ ที่มีทั้งแบบที่ใช้การสื่อสารแบบ อินฟราเรด (Infrared) หรือ แบบการส่งสัญญาณด้วยคลื่นวิทยุ (Radio Frequency) ที่สำคัญคือเทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย ได้มีการนำเอาเทคโนโลยีนี้มาเพิ่มความสามารถ, ความสะดวกสบาย, ความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือ ดังจะเห็นได้จากการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายนี้ร่วมกับเทคโนโลยีภาครับรู้ในการใช้งานต่างๆ เช่น วิทยุสื่อสาร(walky talky) (ใช้ในการสื่อสารระยะไกล การส่งสัญญาณเมื่อมีอุบัติเหตุ หรือภาวะฉุกเฉิน เป็นต้น โดยส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ) เครือข่ายคอมพิวเตอร์ไร้สาย (Wireless LAN) (ใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลในระบบผ่านคลื่นวิทยุ โดยจะลดค่าใช้จ่ายเรื่องสายไฟได้มาก) ดังนั้นหากเรานำเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายมาพัฒนาร่วมกับเทคโนโลยีในปัจจุบันแล้วประยุกต์ใช้กับงานด้านการดูแลสุขภาพเด็กเล็ก จะทำให้มีความสะดวกรวดเร็ว ในการดูแล และสามารถเชื่อถือได้ จะถือเป็นการเพิ่มศักยภาพของการวิจัยพัฒนาและส่งเสริมการใช้งานได้

ทั้งนี้หากพิจารณาปัจจัยที่จะช่วยพัฒนาและส่งเสริมการขายการใช้งานของเทคโนโลยีนี้ จะพบว่าการออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์บนบอร์ดภาคส่งสัญญาณที่จะติดอยู่กับตัวเด็กเล็กถือเป็น ส่วนสำคัญเพราะเป็นสิ่งที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนและประสิทธิภาพ เนื่องจากไอซีในปัจจุบันมีราคาถูกลง ใช้พลังงานต่ำ และมีขนาดเล็กลง พร้อมกับประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ดังนั้นเราจึงสามารถเลือกใช้ อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดได้



วัตถุประสงค์

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค้นคว้า และวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และ ถ่ายภาพเคลื่อนไหวเด็กเล็ก ประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ โดยสามารถแจกแจงวัตถุประสงค์หลักได้ดังนี้

1. เพื่อวัดอุณหภูมิของเด็กโดยใช้เทคโนโลยีสื่อสารไร้สายและแสดงผลบนเว็บ
บราวเซอร์
2. เพื่อวัดความชื้นในผ้าอ้อมเด็กโดยใช้เทคโนโลยีสื่อสารไร้สายและแสดงผลบนเว็บ
บราวเซอร์
3. จับภาพเด็กโดยใช้กล้องเว็บแคม และ แสดงภาพบนเว็บบราวเซอร์
4. เพื่อศึกษาดำเนินการติดตามเซนเซอร์วัดความชื้นที่ผ้าอ้อมเด็กเล็ก โดยที่เด็กเล็กยังคง
ใช้ชีวิตประจำวันได้ตามปกติ
5. เพื่อศึกษาดำเนินการติดตามเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่ตัวเด็กเล็ก โดยที่เด็กเล็กยังคงใช้
ชีวิตประจำวันได้ตามปกติ
6. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายด้วยการใช้ไอซีที่มีคุณภาพสูงและการ
ออกแบบวงจรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งสัญญาณและประหยัดพลังงานสูงสุด

การตรวจเอกสาร

ทฤษฎีและแนวความคิด

1. เทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย

ทำระบบเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย (Wireless Sensor Network) เป็นงานวิจัยที่น่าสนใจและเป็นที่ยอมรับหลายมานาน โดยช่วงเวลาที่ผ่านมามีการใช้งานเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายหลากหลายรูปแบบ เช่น Wi-Fi, Bluetooth และ ZigBee เป็นต้น (Lita and Oprea, 2008) โดยแต่ละรูปแบบจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไปตามตารางที่ 1 จึงสามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ โดยความถี่ที่เลือกใช้งานนั้นต้องเหมาะสมกับงานและขึ้นอยู่กับกฎเกณฑ์ของแต่ละประเทศนั้นด้วย เช่น คลื่นความถี่วิทยุในประเทศอเมริกาและออสเตรเลียใช้คลื่นความถี่ 915 MHz ในประเทศทางยุโรปใช้ 868 MHz และ ประเทศอื่นๆใช้ความถี่ 2.4 GHz (Lita and Oprea, 2008) ตามตารางที่ 2

จุดประสงค์ของงานวิจัยส่วนใหญ่นั้นมุ่งเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพ และการประยุกต์ใช้งาน มีงานวิจัยจำนวนมากที่มุ่งเน้นในการเพิ่มประสิทธิภาพ เช่น งานวิจัยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม หรือ งานวิจัยที่เกี่ยวกับสุขภาพ โดยใช้วิธีการต่างๆ

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบการสื่อสารไร้สายมาตรฐาน

Standard	802.11b/g	802.15.1	802.15.4
Frequency	2.4GHz	2.4GHz	2.4 GHz
Band			868/915 MHz
Transmission			1-100m
Range (inter-node)	1-100m	1-10m	(over 1 km with antenna)
Stack Size	~ 1Mb	~ 1Mb	4-32 kb
Raw data rate	11/54 Mbps	1 to 2 Mbps	250kbps 40kbps 20kbps
Number of nodes	32	8	255/65,535
Architecture	star	star	star,tree, cluster,mesh
Power requirements	Medium-hour on one battery	Medium- hour/days on one battery	Low-years on one battery
Applications	Internet Network Email Video	Cable Replacement Computer and phone peripherals	Low cost Monitoring

ที่มา: Lita (2008)

ตารางที่ 2 แสดงย่านความถี่ที่ใช้ในแต่ละประเทศ

Frequency Band	License Required?	Geographic Region	Data Rate	Channel Number(s)
868.3 MHz	No	Europe	20kbps	1
902-928 MHz	No	Americas	40kbps	1-10
2405-2480 MHz	No	Worldwide	250kbps	11-26

ที่มา: Lita (2008)

2. เทคโนโลยีสื่อสารไร้สายเพื่อสิ่งแวดล้อม

ปี ค.ศ. 2002 มีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำเซนเซอร์มาช่วยในการศึกษาสภาพความเป็นอยู่ของพืช และ สัตว์ บนเกาะเล็ก ๆ แห่งหนึ่ง (Polastre, 2003) ซึ่งงานวิจัยนี้จะทำการเก็บข้อมูลต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน หรือ ความชื้น โดยในการวิจัยนี้ภาคส่งสัญญาณจะติดไว้กับสิ่งที่ต้องการจะตรวจวัด 32 จุด และส่งข้อมูลเก็บไว้ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ แบตเตอรี่ที่ภาคส่งสัญญาณจะมีอายุการใช้งานได้มากกว่า 4 เดือน ประสิทธิภาพการทำงานของเซนเซอร์ต่าง ๆ นั้นดูได้จากตารางที่ 3 งานวิจัยนี้ใช้ทุนในการวิจัยมากกว่า 1.2 ล้านดอลลาร์สหรัฐ และ ยังคงจะมีการพัฒนาต่อเนื่องไปในอนาคต



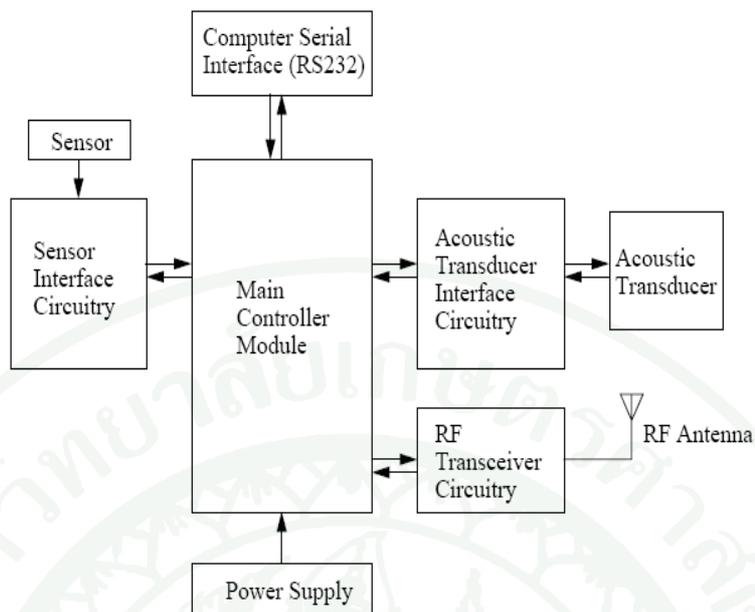
ภาพที่ 1 พลังงานของแบตเตอรี่ที่ใช้ขณะที่เก็บข้อมูลบนเกาะ

ในการเลือกใช้เซนเซอร์นั้นต้องคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ หลายอย่างซึ่งจะเป็นเงื่อนไขในการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ค่าความคลาดเคลื่อน, ค่าความไวในการเปลี่ยนแปลง, การใช้พลังงานไฟฟ้า, ความถี่ที่ใช้ในการอ่านค่า และ เวลาในการเริ่มต้นทำงานของเซนเซอร์ โดยเซนเซอร์แต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ดังตารางที่ 3 โดยในงานวิจัยนี้จำเป็นต้องเน้นการประหยัดพลังงานเนื่องจากการติดตั้งอยู่ในพื้นที่ห่างไกล ยากที่จะเปลี่ยนแบตเตอรี่ แสดงการใช้พลังงานในแต่ละเดือนในภาพที่ 1

ตารางที่ 3 แสดงประสิทธิภาพของเซนเซอร์แต่ละแบบ

Sensor	Accuracy	Change-Ability	Max Rate(Hz)	Startup Time(ms)	Current (mA)
Photoresistor [10]	N/A	10%	2000	10	1.235
I square C Temperature [12]	1K	0.20 K	2	500	0.150
Barometric Pressure [25]	1.5 mbar	0.50%	28	35	0.010
Barometric Pressure Temp [25]	0.8 K	0.24 K	28	35	0.010
Humidity [18]	2%	3%	500	500-30000	0.775
Themopile [35]	3 K	5%	2000	200	0.170
Thermistor [35]	5 K	10%	2000	10	0.126

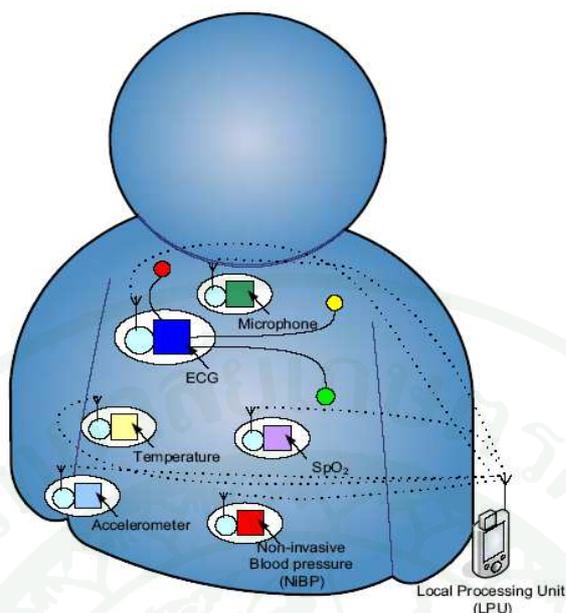
ปี ค.ศ. 2002 มีงานวิจัยเพื่อสิ่งแวดล้อม (Yang, 2002) โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้เซนเซอร์ตรวจสอบคุณภาพของน้ำในทะเลสาบ หรือ ในน้ำดื่ม โดยเซนเซอร์จะทำการวัดค่า PH, ค่าทางเคมี และ ชีววิทยา เพื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพต่อไป หลักการที่ใช้คือการใช้เซนเซอร์เป็นตัววัดค่าต่าง ๆ แล้วใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลแล้วส่งสัญญาณผ่านคลื่นวิทยุไปยังภาครับ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างการออกแบบวงจรภาคการตรวจสอบคุณภาพของน้ำในทะเลสาบ

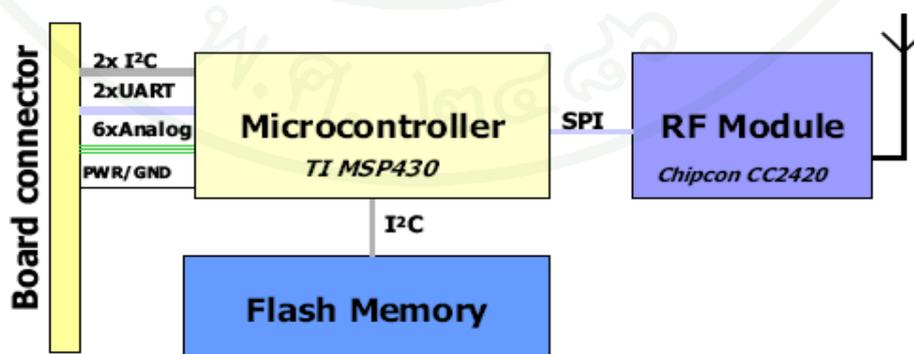
3. เทคโนโลยีสื่อสารไร้สายเพื่อตรวจสอบสุขภาพ

ปี ค.ศ. 2004 ในประเทศอังกฤษนั้น อัตราการเสียชีวิตของประชากรมากกว่า 39 % สาเหตุเกิดจากการเป็นโรคหัวใจและมากกว่า 30 % ของคนไข้ที่เสียชีวิตก่อนที่จะถึงโรงพยาบาล จึงมีงานวิจัยที่ใช้เซ็นเซอร์แบบไร้สายในการตรวจสอบสุขภาพของคนไข้ (Lamont, 2004) โดยเซ็นเซอร์จะตรวจวัดสัญญาณ ECG (Electrocardiogram) และส่งสัญญาณไปยัง PDA(Personal Digital Assistance) ซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนาเพิ่ม เซ็นเซอร์ที่ใช้ในการวัดทำให้มีการตรวจร่างกายได้หลากหลายขึ้นดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 เซนเซอร์ตรวจวัดจุดต่างๆ บนร่างกาย

ในงานวิจัยของ Guang-Zhong นั้นตัวเซนเซอร์ถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ 16 บิต ตระกูล เทคซัส เบร์ MSP430 สถาปัตยกรรมภายในไอซี ใช้พลังงานต่ำ, 60 กิโลไบต์ แฟลชเมมโมรี่, 2 กิโลไบต์แรม, 12 บิต แอนะล็อก และ 6 ช่องสัญญาณแอนะล็อก ซึ่งวงจรจะถูกออกแบบให้เล็กที่สุด โครงสร้างของการออกแบบแสดงในภาพที่ 4 โดยความกว้างและยาวของบอร์ดมีขนาดเล็กเพียงด้านละ 26 mm



ภาพที่ 4 โครงสร้างการออกแบบวงจรภาคการตรวจวัดสุขภาพของคนไข้

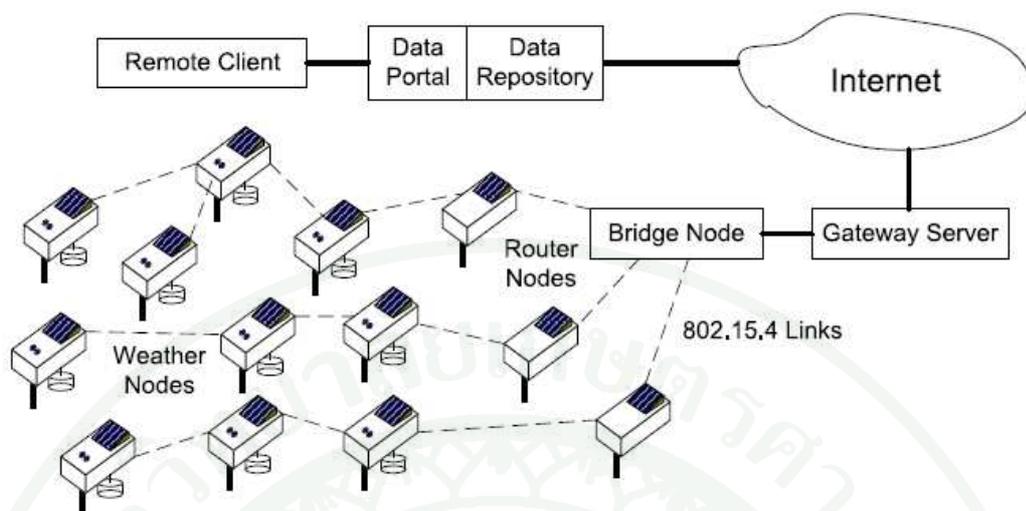
4. เทคโนโลยีการวัดความชื้นด้วยเทคโนโลยีไร้สาย

ในปี 2006 มีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้เซนเซอร์ไร้สายเพื่อตรวจเช็คสภาพภูมิอากาศ โดยใช้พื้นที่ว่างเปล่าเป็นจุดทดลอง (Buchanan, 2006) โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ออกแบบเซนเซอร์ไร้สายแสดงดังต่อไปนี้

- 1) Processor ATmega128L (7.37 MHz, 8 bit)
 - a. Program Memory 128 kB
 - b. SRAM 4 kB
 - c. External Connector 51 pin
 - d. ADC 7 10 bit lines running 0-3V
 - e. Other interfaces DIO, I2C, and 2 UART
- 2) RF Transceiver A CC2420 chip running at 2.4 GHz with a max throughput of 250 kbits/sec
- 3) Flash Memory 512 kB
- 4) Power 2 AA
- 5) Humidity Sensor SHT15

จากการวิจัยพบว่าปัญหาความร้อนที่สูงขึ้นจะมีผลกับตัวเซนเซอร์วัดความชื้น SHT15 ดังนั้นจึงต้องหุ้มฉนวนกันความร้อนเพื่อป้องกันความร้อนที่เกิดขึ้น

ในปี 2007 ได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการวัดอุณหภูมิและความชื้นในสิ่งแวดล้อมในเขตที่เป็นพื้นที่ป่าไม้ (Taneja, 2007) โดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก 3.3 โวลต์ และใช้ไอซี SHT15 ในการวัดความชื้นโดยระบบทำงานเป็นเครือข่ายโดยใช้เซนเซอร์กระจายการตรวจวัดความชื้นและอุณหภูมิ ส่งข้อมูลมารวมกันที่ศูนย์กลางจากนั้นส่งข้อมูลไปแสดงผลบนเว็บไซต์ ตามภาพที่ 5



ภาพที่ 5 โครงสร้างการทำงานวิจัยสำหรับเครือข่ายการตรวจวัดสภาพอากาศ

ที่มา: Taneja (2007)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

- 1.1 กิ่งอวบน้ำ
- 1.2 เครื่องโปรแกรม (nrf 6700)
- 1.3 Computer Notebook (Core2Duo CPU T8100 @ 2.10 GHz, 1GB of RAM)
- 1.4 ฝ้ายอ้อมเด็ก (Mamypoko Size L)
- 1.5 ฉนวน PE Foam
- 1.6 สายรัดสายไฟ

2. อุปกรณ์ในการตรวจวัดคุณสมบัติและประสิทธิภาพของชิ้นงาน

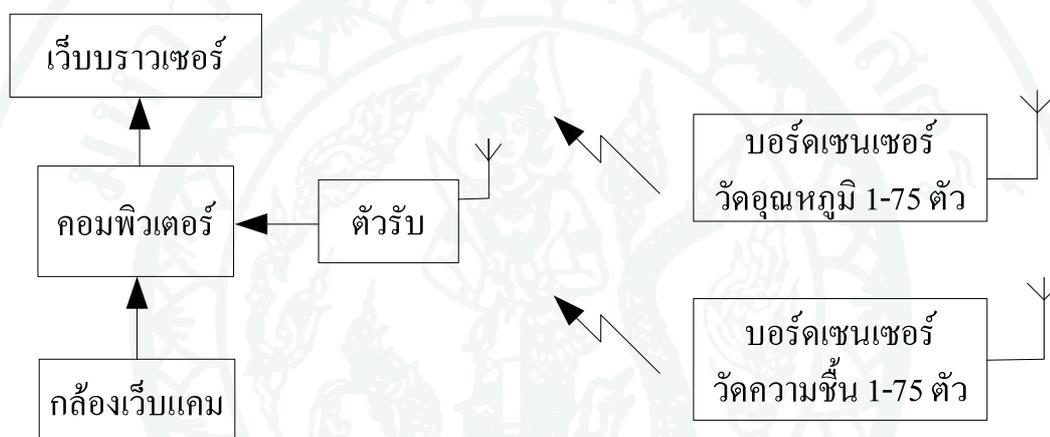
- 2.1 เครื่องวัดอุณหภูมิ (Boots)
- 2.2 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า (Tektronix รุ่น TM502A)
- 2.3 เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า (Fluke รุ่น 87V)
- 2.4 สเปคตรัมอานาไลเซอร์ (Hewlett-Packard 8563E 30-26.5 GHz)
- 2.5 ออสซิลโลสโคป (Tektronix TDS1002)
- 2.6 ถ้วยวัดระดับน้ำ (Beaker 1000 ml)

วิธีการ

ในการดำเนินงานโครงการวิจัยจำเป็นต้องออกแบบบอร์ดภาคส่งสัญญาณและภาครับสัญญาณ ซึ่งมีวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ ไอซีต่างๆ แผ่นปริ้น และกิ่งอวบน้ำ ซึ่งรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์และการออกแบบ มีดังนี้

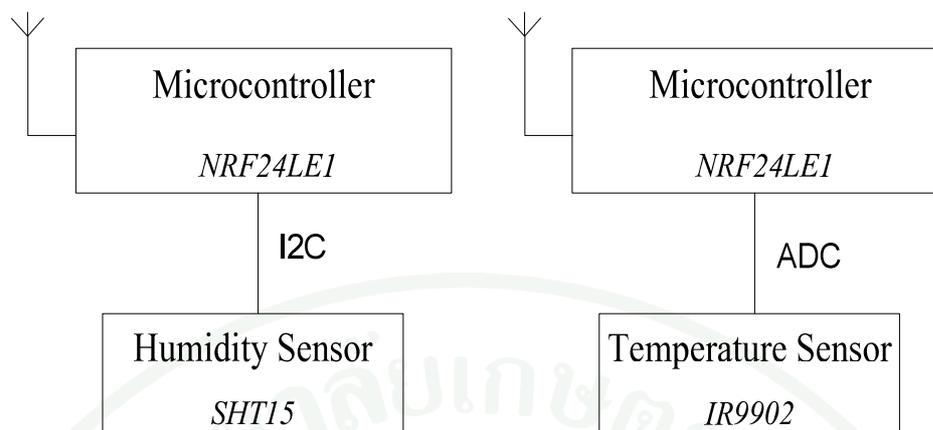
1) การออกแบบระบบรวมด้านฮาร์ดแวร์

ระบบรวมในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยภาคส่งสัญญาณที่ถูกติดตั้งที่ตัวเด็ก และ ภาครับสัญญาณเชื่อมต่ออยู่ที่คอมพิวเตอร์เมื่อภาคส่งสัญญาณส่งข้อมูลให้กับภาครับสัญญาณภาครับสัญญาณจะส่งข้อมูลที่รับไปยังคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นอุณหภูมิ และความชื้น จากนั้นจะทำการถ่ายภาพเคลื่อนไหว และ คอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลทั้งหมดขึ้นเว็บไซต์โดยภาครับ 1 ตัวจะสามารถรองรับการส่งข้อมูลจากภาคส่งได้ 75 ตัวโดยใช้เวลา 5 วินาทีในการรับข้อมูลครบทั้ง 75 ตัวตามภาพที่ 6



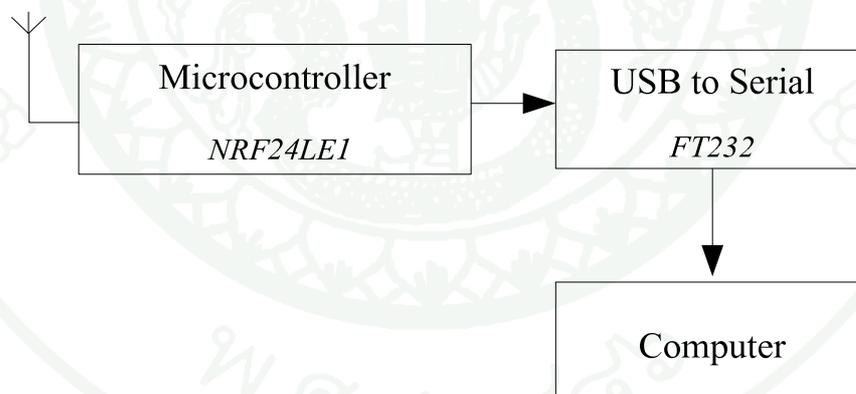
ภาพที่ 6 แสดงการทำงานรวมของระบบ

บอร์ดภาคส่งที่ใช้วัดอุณหภูมิ บนบอร์ดจะใช้ไอซี NRF24LE1 ต่อกับเซนเซอร์อินฟราเรด รุ่น IR 9902 ตามภาพที่ 7 โดยเซนเซอร์ ทำงานโดยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานภายในตามอุณหภูมิ บอร์ดภาคส่งที่ใช้วัดความชื้นนั้นบนบอร์ดจะใช้ไอซี NRF24LE1 ต่อกับไอซีวัดความชื้นรุ่น SHT15 ตามภาพที่ 7 โดยเซนเซอร์ ทำงานแบบดิจิทัล ส่ง และ รับ ข้อมูลโดยใช้การสื่อสารแบบ I2C



ภาพที่ 7 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่บอร์ดภาคส่งสัญญาณ

จากรูปภาพที่ 8 แสดงการออกแบบบอร์ดภาครับให้บอร์ดใช้ไอซี NRF24LE1 ต่อกับไอซีแปลงสัญญาณ ทีทีแอลเพื่อส่งข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตยูเอสบีโดยใช้ไอซีเบอร์ FT232BM เพื่อแปลงสัญญาณ และ สื่อสารกันระหว่าง คอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ อัตราเร็ว 250,000 บิตต่อวินาที



ภาพที่ 8 แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ที่บอร์ดภาครับ

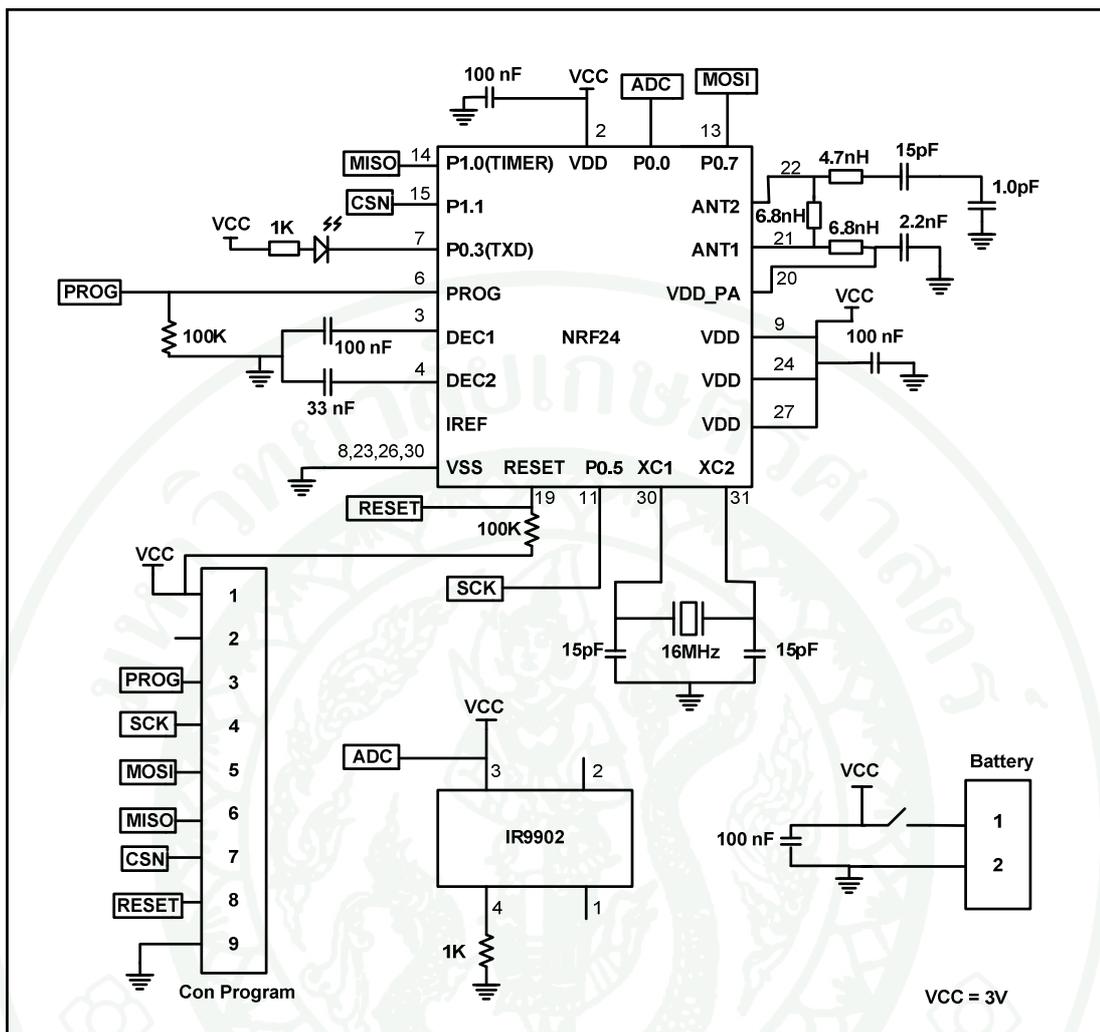
2) การออกแบบลายวงจรบนบอร์ดภาคส่งและภาครับ

การออกแบบลายวงจรจะใช้โปรแกรม Prote199 ในการออกแบบ(สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2543, บัญญัติ จามรภูติ, 2544) เนื่องจากโปรแกรม Prote199 เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ออกแบบวงจรอะนาล็อก และ ดิจิทัล สามารถจำลอง(Simulation)การทำงานของวงจรได้, การจำลองสัญญาณทาง

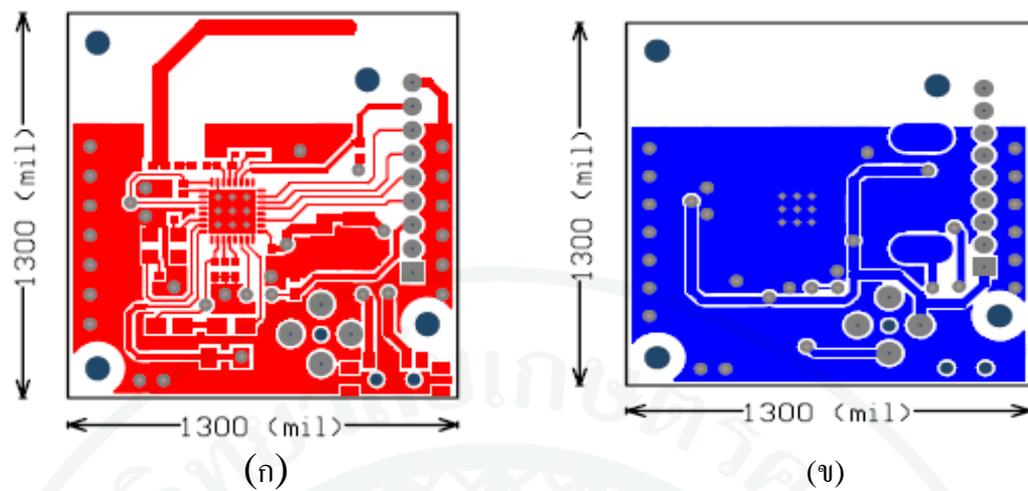
ไฟฟ้า, การออกแบบแผ่นปริ้น(PCB), การสร้างอุปกรณ์, การจัดเก็บไฟล์ที่เป็นระเบียบ, การมีคู่มือใช้งานอย่างครบครัน เป็นต้น PCB Layout มีความสามารถในการทำงานสูงโดยเฉพาะคุณสมบัติการทำ Auto Routing ซึ่งมีความฉลาดในการสร้างลายวงจร สามารถเดินลายวงจรบนแผ่นปริ้นที่มีอุปกรณ์อยู่จำนวนมากได้ดี และซอฟต์แวร์ของ Protel99 นั้นสามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไป และไม่ใช้พื้นที่ในการติดตั้งมากนัก โดยการออกแบบวงจรมันผู้วิจัยได้เลือกถึงคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- a. คุณสมบัติด้านขนาดที่ต้องการให้เล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่สุดเช่น การเลือกใช้ ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุตัวถึง 0402 ที่ต้องสั่งมาจากต่างประเทศและสวิตซ์ขนาดเล็ก จากการเลือกใช้วัสดุดังกล่าว จึงทำให้บอร์ดมีขนาดเล็ก
- b. คุณสมบัติด้านการประหยัดพลังงาน ผู้วิจัยเลือกใช้ไอซีที่ใช้พลังงานต่ำและมีโหมดการประหยัดพลังงานที่ทำให้บอร์ดภาคส่งสัญญาณมีอายุการใช้งานยาวนาน
- c. คุณสมบัติด้านความถี่ของสัญญาณซึ่งผู้วิจัยต้องออกแบบตัวเสาอากาศและทำการทดลองเพื่อให้ความถี่ที่ได้ตรงกับความถี่ที่ต้องการและมีประสิทธิภาพสูงสุด ส่วนที่เป็นเสาอากาศถูกออกแบบให้ไม่มีลายทองแดงอยู่บริเวณ โดยรอบเสาอากาศเนื่องจาก ทองแดงจะรบกวนสัญญาณทำให้ระยะในการรับส่งสัญญาณลดลง

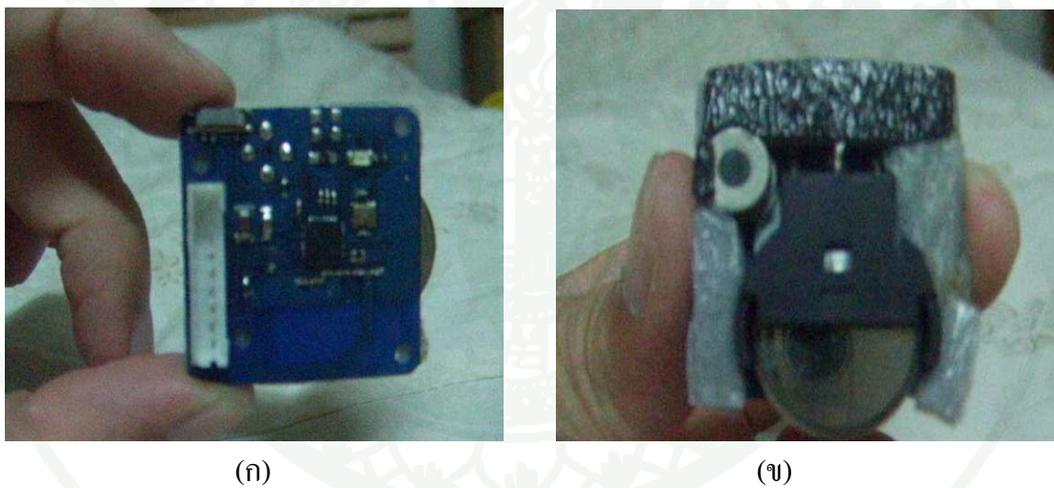
เริ่มต้นด้วยการออกแบบ Schematic ตามรูปที่ 9 และ รูปที่ 10 จากนั้นทำการออกแบบลายเส้นตามวงจรที่ออกแบบไว้ จะได้แผ่นวงจรสำเร็จตามภาพที่ 11(ก) และ 11(ข) โดยบอร์ดที่ถูกออกแบบมีขนาด 1.3 ตารางนิ้วการสั่งทำแผ่นวงจรพิมพ์ นั้นทางผู้ผลิตแผ่นวงจรพิมพ์(บริษัทอีดี้แอล จำกัด) ได้ผลิตแผ่นที่มีความหนา 0.8 มิลลิเมตร เป็นงานเดินลายเส้นสองหน้าสกรีนสีน้ำเงินทั้งสองด้าน ส่วนบอร์ดวัดความชื้น นั้น จะนำบอร์ดวัดอุณหภูมิมาปรับแต่งลายเส้นตามภาพที่ 10 โดยเปลี่ยนจากการใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ IR9902 มาเป็นไอซี SHT15 แทน เมื่อกัลดลายทองแดงเสร็จแล้วเราจะทำการประกอบอุปกรณ์ลงบนแผ่นปริ้น แต่เนื่องจากขาของไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ด้านใต้ตัวถังทำให้การประกอบจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการประกอบจึงให้บริษัทอีดี้แอล จำกัดเป็นผู้ประกอบ



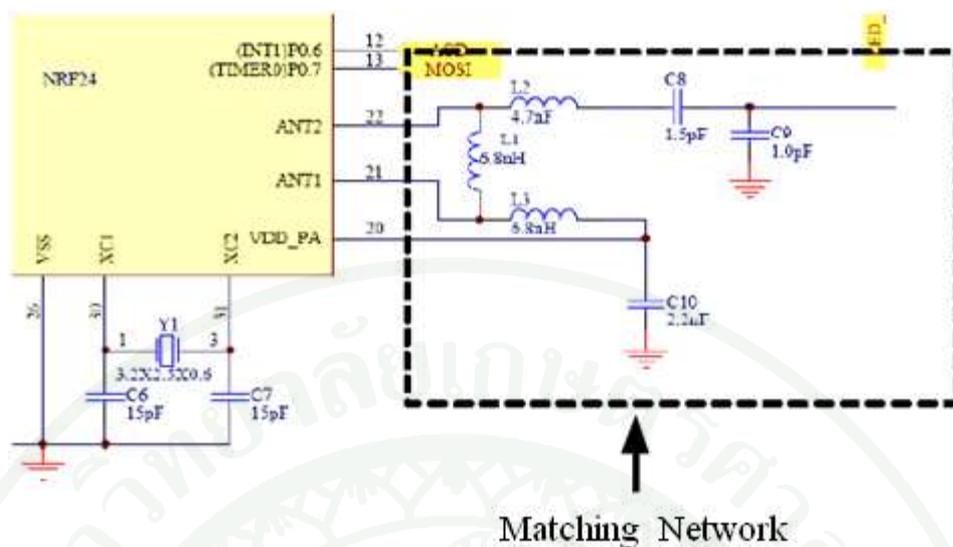
ภาพที่ 9 การออกแบบวงจรบอร์ดเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 11 (ก)บอร์ดภาคส่งสัญญาณที่ใช้วัสดุฉนวนมีด้านบน และ (ข)บอร์ดภาคส่งสัญญาณที่ใช้วัสดุฉนวนมีด้านล่าง

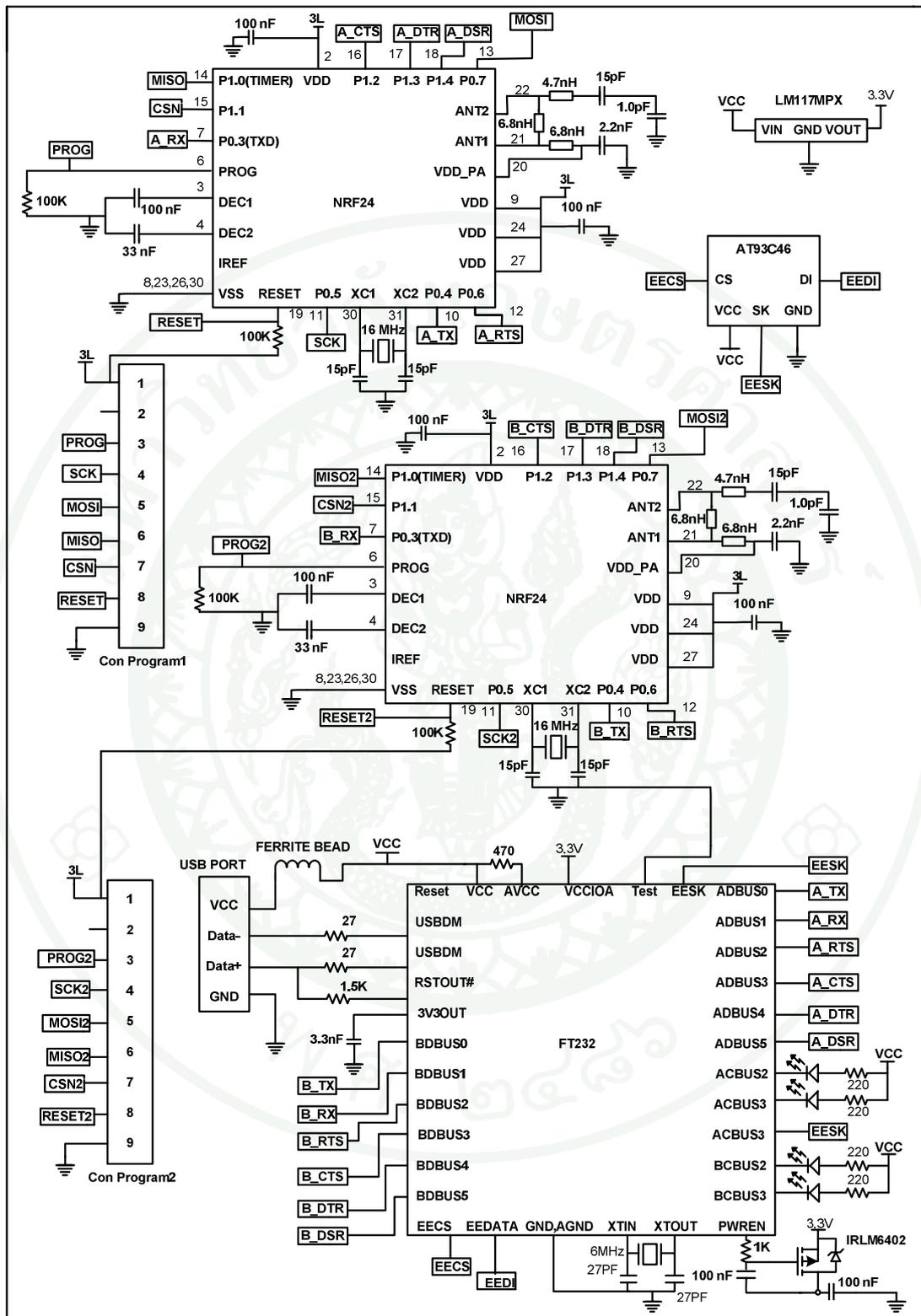


ภาพที่ 12 (ก) บอร์ดภาคส่งสัญญาณที่ใช้วัสดุฉนวนมีด้านบนพร้อมใช้งาน และ (ข) บอร์ดภาคส่งสัญญาณที่ใช้วัสดุฉนวนมีด้านล่างพร้อมใช้งาน

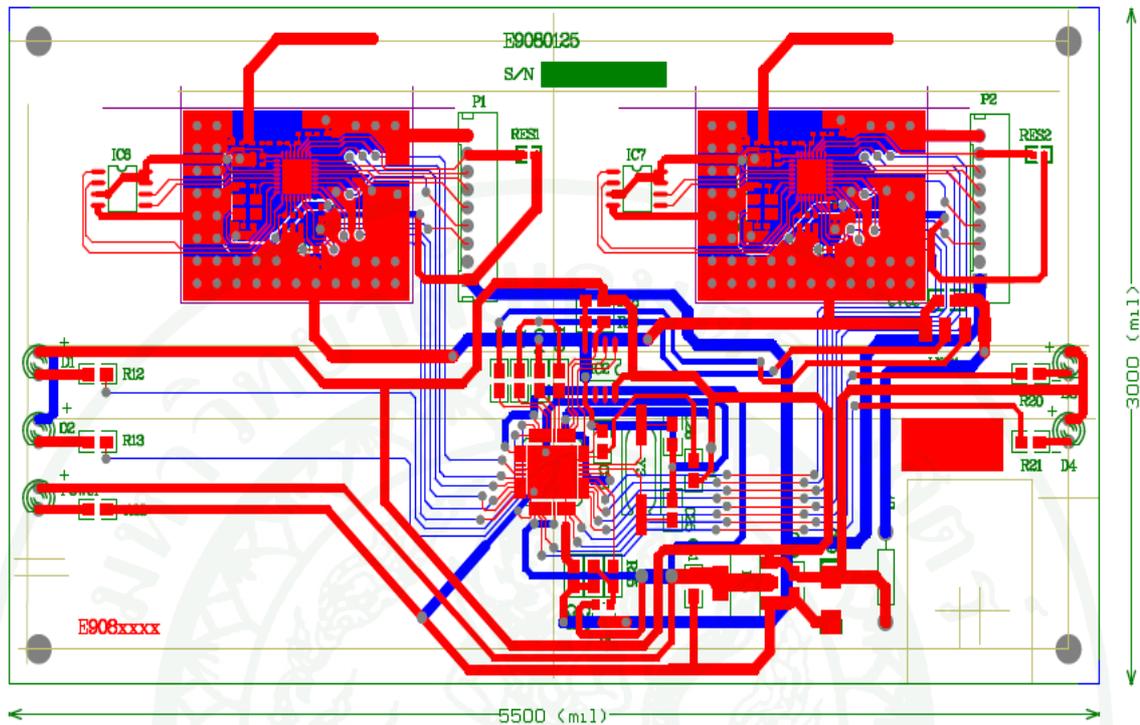


ภาพที่ 13 แสดงส่วนของการปรับสัญญาณวงจรไฟฟ้า

จากนั้นออกแบบวงจรบอร์ดตามที่แสดงในภาพที่ 14 บนบอร์ดประกอบด้วย วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ชุด และ วงจรแปลงสัญญาณ 232 เป็น USB เพื่อส่งข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์ บนบอร์ดใช้ไฟเลี้ยง 5 โวลต์จาก USB พอร์ต มีไฟ LED แสดงสถานะรับส่งข้อมูล เมื่อออกแบบเสร็จจะได้บอร์ดดังภาพที่ 15 และ 16 มีขนาด 16.5 ตารางนิ้วหนา 0.8 มิลลิเมตร เป็นงานกัดลายเส้นสองหน้าสกรีนสีเขียวทั้งสองด้าน ส่วนที่เป็นเสาอากาศถูกออกแบบให้ไม่มีลายทองแดงเข้าใกล้ เนื่องจาก ทองแดงจะรบกวนสัญญาณทำให้ระยะในการส่งลดลง การกัดลายวงจรทำที่บริษัทอีดี้แอล จำกัด โดยบนบอร์ดมีไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัวเพื่อช่วยกันรับข้อมูลจะทำให้การรับข้อมูลรวดเร็วขึ้น โดยอัตราการส่งข้อมูลระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์คือ 250,000 บิตต่อวินาที



ภาพที่ 14 การออกแบบวงจรบอร์ดตัวรับสัญญาณ



ภาพที่ 15 บอร์ดภาครับสัญญาณ



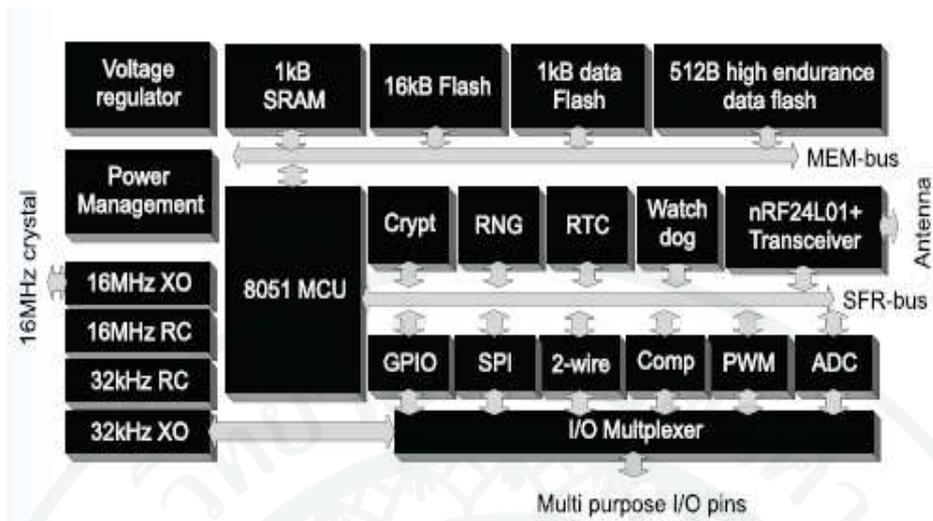
ภาพที่ 16 บอร์ดภาครับสัญญาณพร้อมใช้งาน

3) โมโครคอนโทรลเลอร์ nRF24LE1

ภาคส่งสัญญาณในระบบคูล์ดเค็กล็กออนไลน์นั้นจะต้องมีขนาดเล็กเพื่อติดที่ตัวเด็กทำให้มีความสะดวกในการติดตั้ง เด็กไม่เกิดความรำคาญ และ ต้องประหยัดพลังงานโดยคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยคือ

- a. มีคุณสมบัติการรับส่งสัญญาณความถี่วิทยุภายในไอซี
- b. ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำและมีโหมดประหยัดพลังงาน
- c. มีขนาดเล็ก
- d. มีราคาไม่แพง
- e. มี I/O อย่างน้อย 5 I/O
- f. มี ADC อย่างน้อย 10 บิต 2 ช่อง

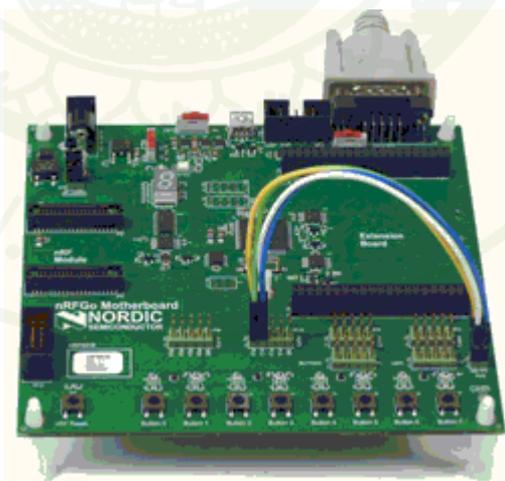
ทั้งนี้ส่วนประกอบหลักของไอซี nRF24LE1 ดังแสดงในภาพที่ 17 ประกอบไปด้วย ส่วนควบคุมการทำงานของภาครับ-ส่งสัญญาณวิทยุ (RF Transceiver) ซึ่งเป็นส่วนรับและส่งสัญญาณคลื่นวิทยุความถี่ 2.4 GHz ส่วนที่เป็น อินพุต เอาท์พุต ของไอซี (I/O pins) ส่วนการรับค่าแอนะล็อก (ADC) เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล และ มีส่วนการเปรียบเทียบสัญญาณ (Comparator) ทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดัน ที่อยู่ในส่วนถัดมา นั่นคือ ส่วนควบคุมพลังงานไฟฟ้า (Power Management) ถ้าพลังงานไฟฟ้าของแหล่งจ่ายมีค่าน้อยกว่าค่าพลังงานทำงานต่ำสุด (Minimum Operating Power) ของไอซี คือ 1.9 โวลต์ดังแสดงในภาพที่ 20 ระบบจะหยุดการทำงาน และส่วนสุดท้ายของไอซีคือ ส่วนหน่วยความจำ (Memory) ซึ่งอาจเป็นแบบ ROM หรือ EEPROM ที่มีหน้าที่เก็บข้อมูลต่าง ๆ หรือเก็บข้อมูลการสื่อสารระหว่างการทำงานทั้งนี้ คุณสมบัติต่างๆของ ไอซีและแผ่นวงจร จะเป็นตัวแปรที่ต้องใช้ในการออกแบบสายอากาศเพื่อให้ได้ค่าสัญญาณที่ความถี่ 2.4 GHz และไม่มีควมถี่ฮาร์โมนิกที่ 2 (7.2 GHz)และ ฮาร์โมนิกที่ 3 (12 GHz) เกิดขึ้น



ภาพที่ 17 โครงสร้างภายในไอซีของ nRF24LE1E

ที่มา: Nordic (2008)

สำหรับข้อมูลของไอซี nRF24LE1E ที่ใช้กับบอร์ดภาคส่งสัญญาณและภาครับสัญญาณ ซึ่งมีคุณสมบัติตามตารางที่ 4 โดยการโปรแกรมลงในไอซีนั้นผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี ด้วยโปรแกรม keil V. 3.0 และโปรแกรมผ่านบอร์ด nRFGoStarterKit (nRF6700)



ภาพที่ 18 บอร์ดโปรแกรม nRF6700

ที่มา: Nordic (2008)

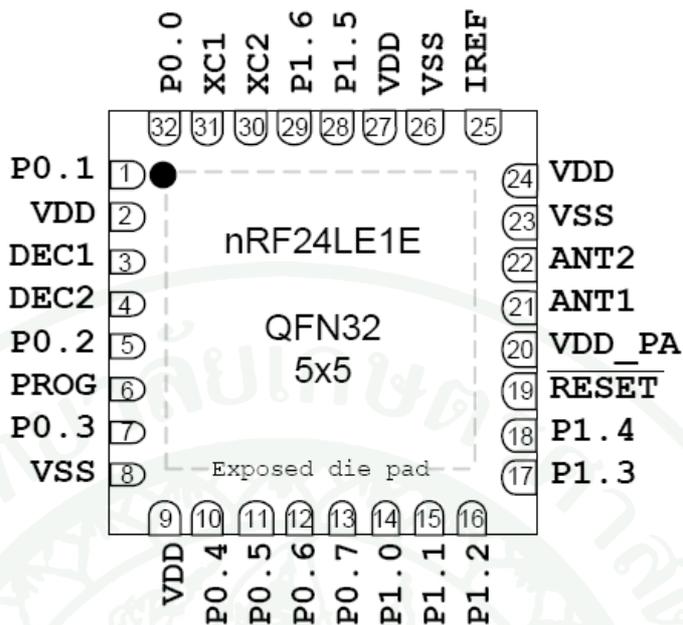
โดยบอร์ดโปรแกรมใช้พลังงานไฟฟ้าจากคอมพิวเตอร์ผ่าน ยูเอสบีพอร์ตรูปร่างของ
บอร์ดโปรแกรมแสดงตามภาพที่ 18

ตารางที่ 4 แสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ nRF24LE1

nRF24LE1	
Standards	Intel MCS 51 compliant instruction set
Frequency Band	2.4GHz
Temperature Range	-40 – 85 °C
Power Supply	1.9 - 3.3 V
program memory (flash)	16kB
ADC	6,8,10 or 12 bit

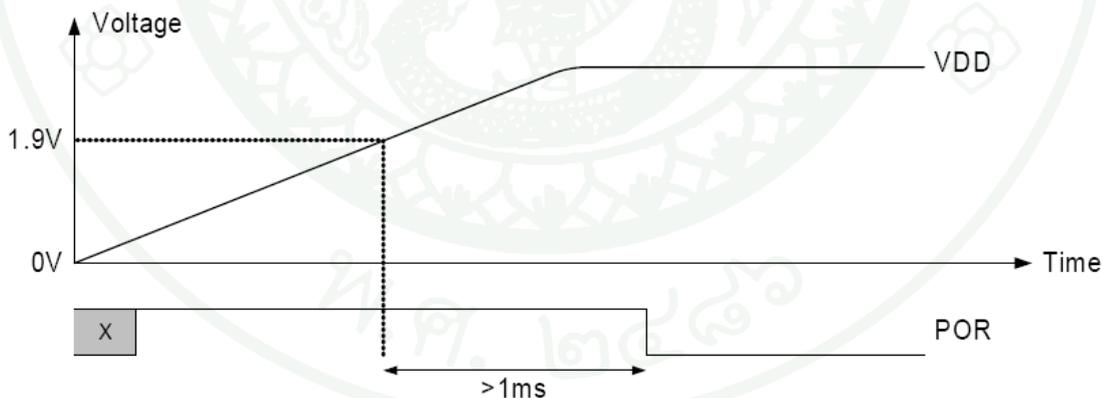
ที่มา: Nordic (2008)

จากการพิจารณาคูณสมบัติดังที่ได้แสดงในตารางที่ 4 สำหรับไอซี nRF24LE1 ได้มีการ
ระบุค่าต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการงานวิจัยนี้อย่างครบถ้วน อีกทั้งรูปลักษณะภายนอกของ nRF24LE1
(แสดงในภาพที่ 19) มีความเหมาะสมกับการออกแบบวงจรบอร์ดภาคส่งสัญญาณในโครงการวิจัยนี้
เพราะมีขนาดเพียง 25 ตารางมิลลิเมตร ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าไอซี nRF24LE1 มีความ
เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทำงานวิจัยนี้



ภาพที่ 19 แสดงโครงสร้างภายนอกของไอซี nRF24LE1E ขนาด 5 x 5 มิลลิเมตร

ที่มา: Nordic (2008)



ภาพที่ 20 แสดงช่วงแรงดันไฟฟ้าที่ไอซี nRF24LE1E ทำงานและช่วงแรงดันไฟฟ้าที่ไอซี nRF24LE1E รีเซ็ต

ที่มา: Nordic (2008)

4) ไอซีวัดอุณหภูมิ IR9902

SMTIR9902 เป็นอินฟราเรดเซนเซอร์วัดอุณหภูมิของบริษัทสมาทเท็ค โดยเซนเซอร์สามารถวัดอุณหภูมิโดยที่ไม่ต้องสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการวัด เซนเซอร์จะเปลี่ยนค่าความต้านทานภายในตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ โดยสมการที่ใช้คือ

$$R(T) = R_0 \times (1 + aT + bT^2 + cT^4 + dT^6) \quad (1)$$

โดย R_0 = ความต้านทานที่อุณหภูมิ $0^\circ\text{C} = 876.20 \ \Omega$

T = อุณหภูมิ ($^\circ\text{C}$)

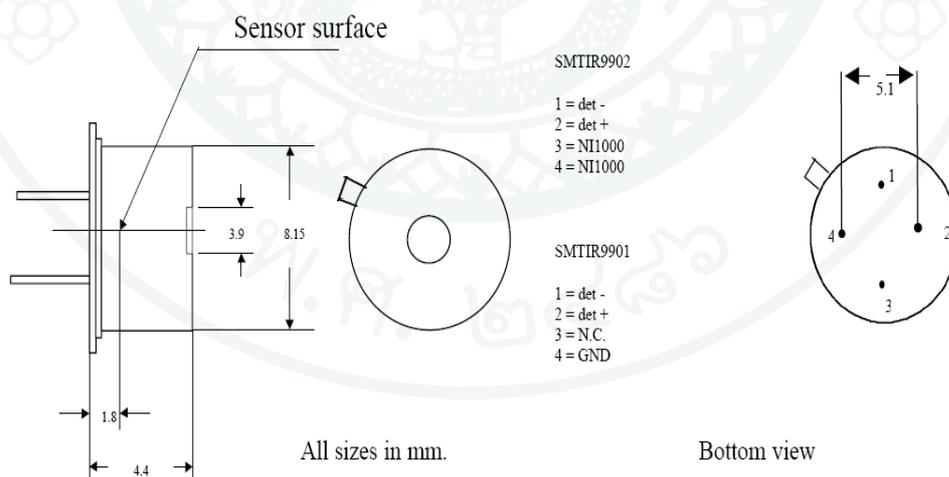
$$a = 5.485 \times 10^{-3}$$

$$b = 6.650 \times 10^{-6}$$

$$c = 2.805 \times 10^{-11}$$

$$d = 2.000 \times 10^{-17}$$

ช่วงของการวัดอุณหภูมิของเซนเซอร์อยู่ที่ -40 – 100°C เซนเซอร์มีโครงสร้างดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 แสดงขนาด และ โครงสร้างภายนอกของเซนเซอร์ IR9902

ที่มา: Sensirion (2004)

5) ไอซีวัดความชื้น SHT15

จากคุณสมบัติตามตารางที่ 5 (E. Payne, 2004) ผู้วิจัยได้เลือกใช้ไอซี SHT15 เป็นเซนเซอร์วัดความชื้น SHT15 เป็นไอซีที่สามารถวัดความชื้นและวัดอุณหภูมิด้วยความละเอียดสูง (Han, 2007) การสื่อสารข้อมูลของไอซีใช้การสื่อสารแบบ I²C ใช้สายสัญญาณ 2 เส้น โดยทั้งการอ่านอุณหภูมิ และความชื้นนั้นมีความละเอียดในการอ่านค่า 14 บิต ตัวถังไอซีเป็นแบบ Surface-mountable ตามรูปที่ 22 ช่วงไฟเลี้ยงไอซี 2.4 – 5.5 โวลต์ ช่วงอุณหภูมิที่วัดได้คือ -40 – 123.8 °C ช่วงความชื้นที่วัดได้คือ 0-100 %RH ไอซีมีลักษณะภายนอกดังภาพที่ 22 ไอซีใช้แรงดัน 3 - 5 โวลต์ในการทำงาน โดยสมการที่ใช้ในการหาความชื้นที่ความละเอียด 12 บิต คือ

$$RH_{linear} = (C_1 + C_2 \times 12 + C_3 \times 144) \quad (2)$$

โดย $C_1 = -4$

$$C_2 = 0.0405$$

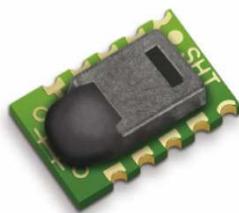
$$C_3 = -2.8 \times 10^{-6}$$

$$RH_{true} = (T_c - 25) \times (t_1 + t_2 \times 12) + RH_{linear} \quad (3)$$

โดย $T_c = -39.6 - 12 \times 0.04, t_1 = 0.01, t_2 = 0.00008$

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบคุณสมบัติเซนเซอร์ SHT11 และ SHT15

Model	RH Range	T Range	RH accuracy	T accuracy
SHT11	0-100%RH	40 to 120°C	±3.5%RH ±0.5°C	25°C
SHT15	0-100%RH	40 to 120°C	±2 %RH ±0.4°C	5-40°C



ภาพที่ 22 ลักษณะของไอซี SHT15

ที่มา: Sensiron (2008)

6) การติดตั้งเซนเซอร์วัดความชื้นที่ผ้าอ้อม

การติดตั้งเซนเซอร์วัดความชื้นที่ผ้าอ้อมเด็กจำเป็นต้องใช้ความระมัดระวังในการติดตั้ง เนื่องจากตำแหน่งในการติดตั้งจะต้องเหมาะสม ไม่ขึ้นเกินไปเพราะจะทำให้บอร์ดเซนเซอร์เสียหาย และไม่แห้งเกินไป จนเมื่อเด็กถ่ายปัสสาวะแล้วเซนเซอร์ไม่สามารถตรวจจับได้จึงต้องหาตำแหน่งที่เหมาะสม ในที่นี้เลือกใช้ผ้าอ้อมเด็ก ยี่ห้อมามีโป๊ะ โกะขนาดแอล เริ่มต้นใช้มีดกรีดบาง ๆ ที่ด้านหลังของผ้าอ้อมเด็กให้ได้ความยาวประมาณ 1.5 นิ้ว ตามภาพที่ 23 จากนั้นเปิดสวิทช์ที่ตัวบอร์ดเซนเซอร์วัดความชื้นแล้วทำการเช็คที่หน้าจอกอมพิวเตอร์ว่าข้อมูลความชื้นถูกส่งมายังคอมพิวเตอร์หรือไม่ ถ้าข้อมูลความชื้นถูกส่งมายังคอมพิวเตอร์แล้วให้ทำการใส่เซนเซอร์เข้าไปที่รอยกรีดตามรูปที่ 24 แล้วทำการปิดเทปกาวเพื่อไม่ให้เซนเซอร์หลุดออกมาภายนอก เป็นอันเสร็จสมบูรณ์ตามรูปที่ 25



ภาพที่ 23 แสดงการใช้มีดกรีดที่ด้านหลังของผ้าอ้อมเด็ก



ภาพที่ 24 แสดงการใส่เซนเซอร์เข้าไปที่รอยกรีด



ภาพที่ 25 แสดงการใส่ตัวเซนเซอร์ที่เสร็จสมบูรณ์

7) แสดงการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่ข้อมือเด็ก

การติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่ข้อมือเด็กนั้นผู้วิจัยได้ออกแบบให้เซนเซอร์ติดกับสายรัดสายไฟตามภาพที่ 27 ซึ่งด้านหนึ่งจะเป็น ฟองน้ำนิ่ม อีกด้านจะเป็นสายธรรมดา เราจะติดด้านที่เป็นฟองน้ำติดเข้ากับข้อมือเด็ก เพราะเด็กจะไม่ระคายเคือง สายสามารถผ่อนให้หลวม หรือ ดึงให้แน่นขึ้นได้ตามภาพที่ 26



ภาพที่ 26 แสดงสายรัดที่ติดเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 27 แสดงสายรัดสายไฟที่ใช้ทำสายของเซนเซอร์

8) การออกแบบระบบรวมด้านซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ที่ใช้จะแบ่งเป็นซอฟต์แวร์บนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์

1) ซอฟต์แวร์บนฮาร์ดแวร์

ซอฟต์แวร์บนฮาร์ดแวร์นั้นใช้โปรแกรม keil เวอร์ชัน 3.0 เขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี (ซีรวิชั่น ประกอบด้วย, 2546)สามารถโปรแกรมลงบนไอซี nRF24LE1 ได้โดยผ่านคอนเน็คเตอร์ที่อยู่บนบอร์ด อัลกอริทึมที่ใช้ในบอร์ดภาคส่งและภาครับ ดูได้จากภาพที่ 29 โดยซอฟต์แวร์

บนฮาร์ดแวร์แบ่งได้เป็น 3 ส่วนคือส่วนวัดอุณหภูมิ ส่วนที่ใช้วัดความชื้น และ ส่วนที่เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวบอร์ดเซนเซอร์แล้วส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์

a. ซอฟต์แวร์บนฮาร์ดแวร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิ

โปรแกรมจะทำการอ่านค่าแอนะล็อกเป็นดิจิตอลจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิโดยค่าที่ได้อยู่ในช่วง 0-4095 จากนั้นทำการแปลงค่าดิจิตอลเป็น 4 ไบต์ และทำการส่งค่าที่ได้ไปยังตัวรับสัญญาณ เมื่อส่งสัญญาณไปยังตัวรับแล้ว ไอซีจะเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานจากนั้นเมื่อเวลาครบ 60 วินาที ไอซีจะทำการเริ่มต้นอ่านค่าแอนะล็อกเป็นดิจิตอลจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิใหม่อีกครั้งหนึ่งวนแบบนี้ไปเรื่อย ๆ โพรโตคอลที่ใช้ในการส่งข้อมูลระหว่างบอร์ดตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณคือ

'a' → Byte1 → Byte2 → Byte3 → Byte4

'a' = ไบต์ที่ใช้สำหรับการเริ่มการส่งข้อมูลอุณหภูมิ

Byte1-4 = ค่ารหัสแอสกีของตัวเลข 0 - 9

ตัวอย่างที่ 1 ค่าดิจิตอลที่วัดได้คือ 850 โพรโตคอลที่ใช้ในการส่งคือ

'a' → '0' → '8' → '5' → '0'

ตัวอย่างที่ 2 ค่าดิจิตอลที่วัดได้คือ 1200 โพรโตคอลที่ใช้ในการส่งคือ

'a' → '1' → '2' → '0' → '0'

b. ซอฟต์แวร์บนฮาร์ดแวร์ที่ใช้วัดความชื้น

โปรแกรมจะทำการอ่านค่าดิจิตอลจากเซนเซอร์วัดความชื้นโดยสื่อสารด้วยการส่งข้อมูลแบบ I²C โดยค่าที่ได้จะเป็นค่าดิจิตอล 0 – 99 เราจะทำการแปลงเลขดิจิตอล แยกออกเป็น 2 ไบต์ และทำการส่งค่าที่ได้ไปยังตัวรับสัญญาณ ใช้สมการที่ 2 และ 3 ในการคำนวณหาความชื้นเมื่อ

ส่งสัญญาณไปยังตัวรับแล้วไอซีจะเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานจากนั้นเมื่อเวลาครบ 60 วินาทีไอซี จะทำการเริ่มต้นอ่านค่าจากเซนเซอร์วัดความชื้นใหม่อีกครั้งหนึ่ง วนแบบนี้ไปเรื่อย ๆ โดย โปรโตคอลที่ใช้ในการส่งข้อมูลระหว่างบอร์ดตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณคือ

‘b’ → Byte1 → Byte2

‘b’ = ไบต์ที่ใช้สำหรับเริ่มการส่งข้อมูลความชื้น

Byte1-2 = ค่ารหัสแอสกีของตัวเลข 0 - 9

ตัวอย่างที่ 1 ค่าความชื้น 56%RH โปรโตคอลที่ใช้ในการส่งคือ

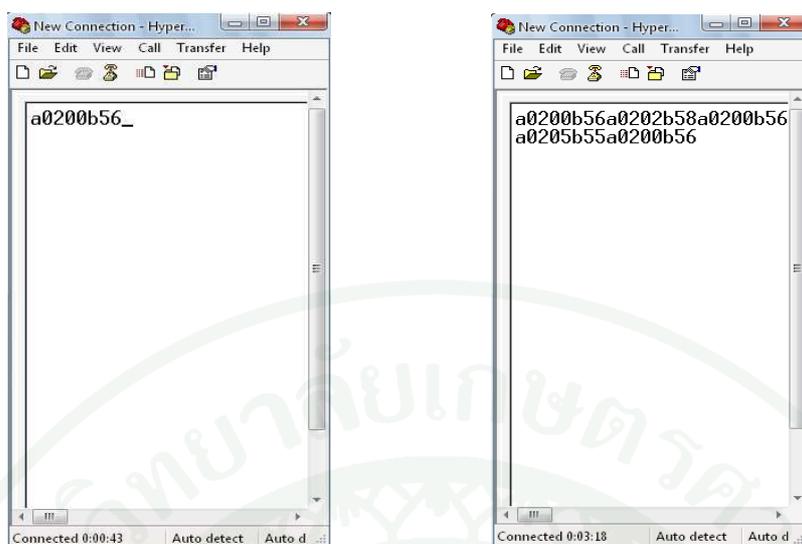
‘b’ → ‘5’ → ‘6’

ตัวอย่างที่ 2 ค่าความชื้น 85%RH โปรโตคอลที่ใช้ในการส่งคือ

‘b’ → ‘8’ → ‘5’

c. ซอฟต์แวร์บนฮาร์ดแวร์ที่ใช้เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวส่งสัญญาณแล้วส่ง ข้อมูลต่อไปยังคอมพิวเตอร์

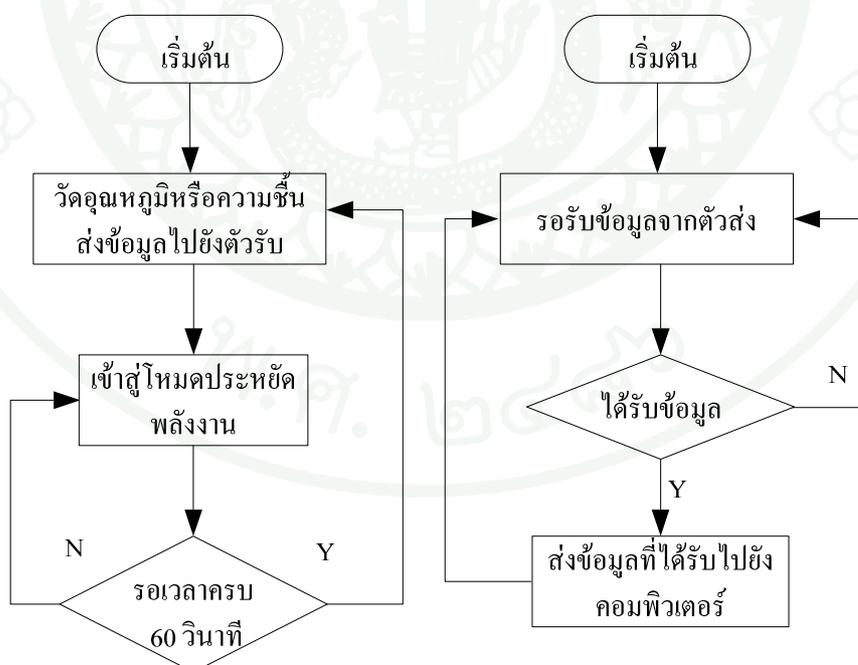
โปรแกรมจะทำการรับค่าอุณหภูมิและความชื้นจากตัวส่งสัญญาณและตัว ส่งสัญญาณจะทำการส่งข้อมูลที่ได้รับต่อไปยังคอมพิวเตอร์ทันทีจากนั้นจะกลับมารับค่าจากตัว ส่งสัญญาณอีกครั้งวนแบบนี้ไปเรื่อย ๆ โดยขั้นแรกเราจะทำการโปรแกรมที่เราสร้างขึ้นโปรแกรม ลงบนบอร์ดตัวรับสัญญาณซึ่งในการทดลองจะใช้อัตราความเร็วในการส่งให้คอมพิวเตอร์ 9600 บิต ต่อวินาที จากนั้นเปิดโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินัลตั้งค่า(Start Menu → All Program → Accessories → communications → HyperTerminal) อัตราเร็ว 9600 บิตต่อวินาที ต่อสายยูเอสบีตัวรับเข้ากับ คอมพิวเตอร์จากนั้นเปิดตัวส่งสัญญาณที่เป็นตัววัดอุณหภูมิและตัววัดความชื้นจะได้ภาพดังรูปที่ 28



(ก)

(ข)

ภาพที่ 28 ก) แสดงโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินัลขณะต่อกับตัวรับสัญญาณ เมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที
 ข) แสดงโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินัลขณะต่อกับตัวรับสัญญาณ เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที



ภาพที่ 29 แสดงผังงานการเขียนโปรแกรมควบคุมฮาร์ดแวร์ภาคส่ง และ ภาครับ

2) ซอฟต์แวร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์

การเขียนซอฟต์แวร์แอปพลิเคชันบนเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 เขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิก (ชัยวัฒน์ ทวีจันทร์, 2537) เขียนโปรแกรมให้รับข้อมูลจากภาครับ แล้วทำการแสดงผลข้อมูลทั้งหมด รวมทั้งภาพที่ได้จากกล้องเว็บแคม แสดงบนเว็บเบราว์เซอร์ตามผังงานภาพที่ 34 และแสดงภาพของหน้าจอคอมพิวเตอร์ในภาพที่ 35 โดยโปรแกรมประกอบด้วยส่วนของการแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น และ ภาพเด็ก การเขียนโปรแกรมนี้ผู้เขียนได้เขียนโปรแกรมแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของการจับภาพจากกล้องเว็บแคม ส่วนของการเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรม และ ส่วนที่ใช้ในการแสดงค่าบนเว็บเบราว์เซอร์ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้เข้าเว็บจะต้องลงโปรแกรม Visual Basic 6.0 เพื่อจะได้สามารถเปิดไฟล์ของระบบได้

a. ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมจับภาพเว็บแคม

ในการเขียนโปรแกรมจับภาพแบบเบื้องต้น ผู้วิจัยจะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

- I. สร้าง Capture window ด้วยการใส่ฟังก์ชัน capCreateCaptureWindow
- II. ส่งเมสเสจจาก windows ให้กับ Capture window เพื่อติดต่อกับไดรฟ์เวอร์(เว็บแคม)และก๊อปปี้ภาพไปเก็บในคลิปบอร์ด
- III. นำภาพจากคลิปบอร์ดไปแสดงใน Picture Box

b. ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรม

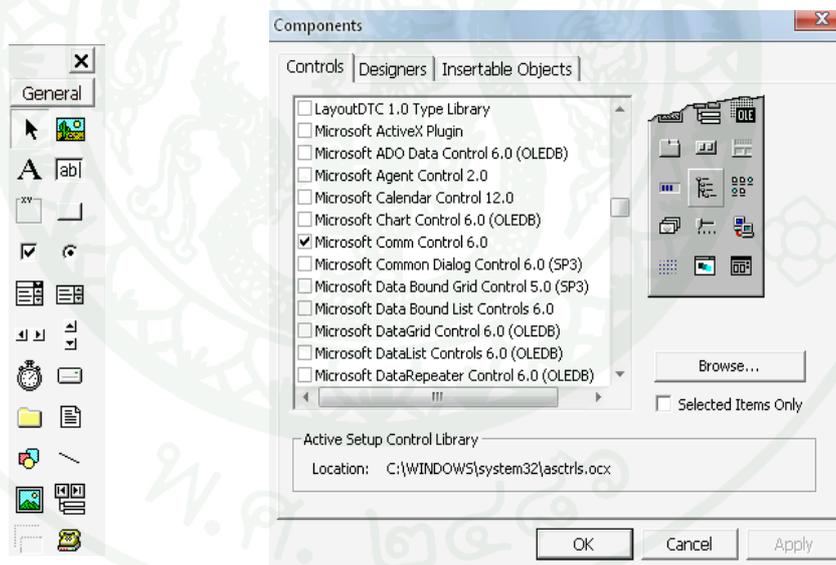
ในการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมโปรแกรมจะต้องใช้คอมโพเนนต์ Microsoft Comm Control 6.0 ซึ่งมีวิธีการเพิ่มคอนโทรล Microsoft Comm Control คือ

- I. คลิกขวาที่ทูลบ็อกซ์ของ Visual Basic เลือก Components
- II. เลือกที่คอมโพเนนต์ Microsoft Comm Control 6.0 ดังแสดงในภาพที่ 30 (ข)
- III. จะได้คอมโพเนนต์ MSComm รูปโทรศัพท์บนทูลบ็อกซ์ ดังแสดงในภาพที่ 30 (ก) คอนโทรล MSComm จะมีหน้าที่มาตรฐานหลัก ๆ สำหรับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม คือ ตรวจสอบการเข้ามาของข้อมูลยังพอร์ตอนุกรมโดยอัตโนมัติ และ ส่งและรับข้อมูลตามที่กำหนดจากโปรแกรมไปยังพอร์ตอนุกรม

c. ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเพื่อแสดงค่าบนเว็บเบราว์เซอร์

เราจะสร้างโปรเจกต์ชนิด ActiveX Document Exe สำหรับการรันโปรแกรมแสดงเว็บแคมบนเว็บเบราว์เซอร์ Internet Explorer มีขั้นตอนดังนี้

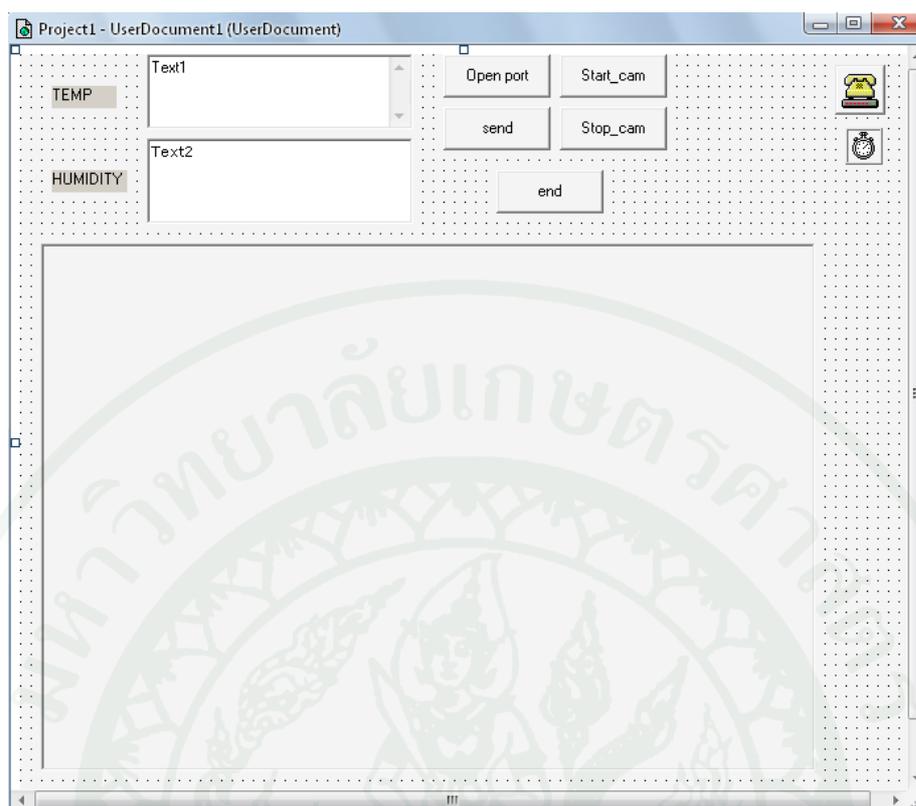
- I. เปิดโปรแกรม Visual basic 6.0 และเลือกโปรเจกต์ชนิด ActiveX Document Exe
- II. จะได้รายการของโปรเจกต์ชนิด ActiveX Document ดังแสดงในภาพที่
- III. เพิ่ม Command button, Picture, Timer, Text box, Label, MSComm
- IV. กำหนดขนาดของฟอร์มให้มีความกว้าง = 4800 และความสูง = 4200 ออกแบบหน้าตาโปรแกรมดังแสดงในภาพที่ 31
- V. เขียนโปรแกรมตามที่อยู่ในภาคผนวกหัวข้อโปรแกรม Visual Basic 6 สร้างแอปพลิเคชัน



(ก)

(ข)

ภาพที่ 30 (ก) คอมโพเนนต์ MSComm รูปโทรศัพท์ (ข) ภาพการเลือก Microsoft Comm Control 6.0



ภาพที่ 31 หน้าจอโปรแกรมเมื่อวางคอมพิวเตอร์เน้นที่ต่าง ๆ ลงบนฟอร์ม โปรเจค

d. การนำโปรเจกต์นี้ไปทดสอบในคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นหรือผ่านทางอินเทอร์เน็ต

I. สร้าง Package ให้เลือกคลิกที่ Package & Deployment Wizard จากเมนู Start ดังแสดงในภาพที่ 33

II. เลือกโปรเจกต์ที่ต้องการทำ Package จากนั้นให้กดปุ่ม “Package”

III. จากนั้นให้เลือก Package Type เป็น internet Package

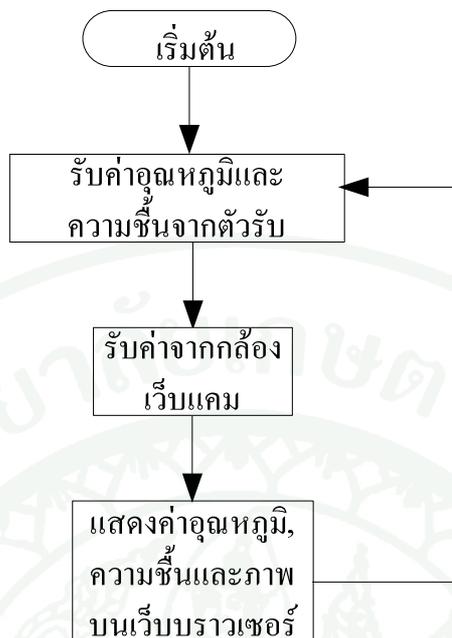
IV. ทำตามขั้นตอนของ Wizard ให้เสร็จจะได้ Package ที่มีไฟล์ HTML ถูกสร้างมาด้วย ดังแสดงในภาพที่ 32 ซึ่งเราสามารถรันโปรเจกต์โดยตรงจากไฟล์ *.HTML หรือสามารถรันบนเครื่องอื่นโดยการติดตั้งไฟล์ Project1.cab ก่อนการรัน โปรเจกต์ทั้งนี้เครื่องของผู้เปิดโปรแกรมต้องลงโปรแกรม Visual basic ด้วย (<http://support.microsoft.com/kb/168428>)



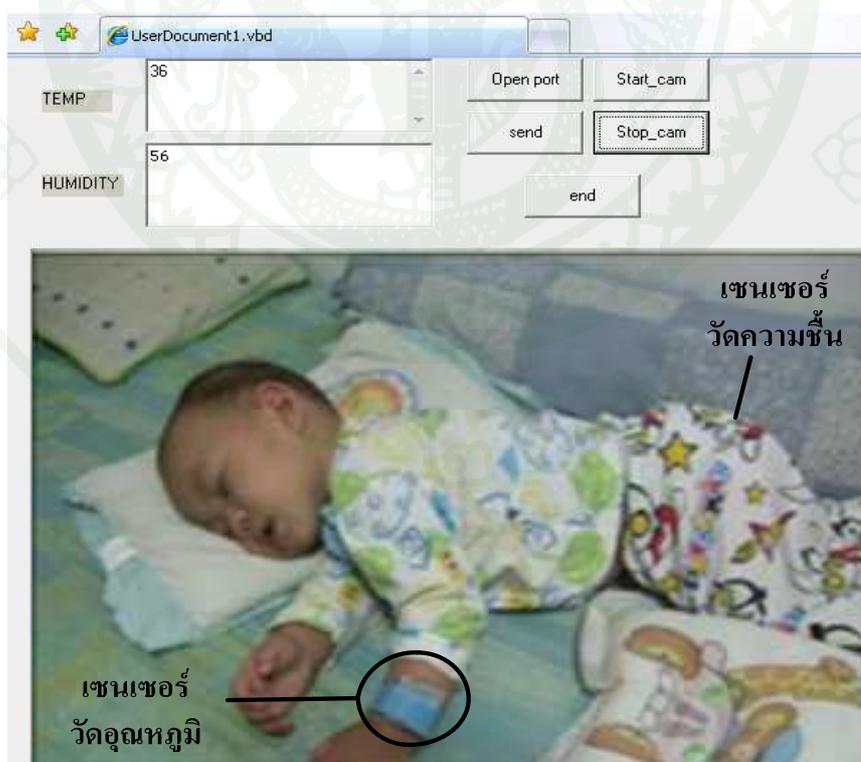
ภาพที่ 32 ข้อมูลภายใน Package ของโปรเจกต์ชนิด ActiveX Document



ภาพที่ 33 การสร้าง Package



ภาพที่ 34 แสดงผังงานของการทำงานของโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์



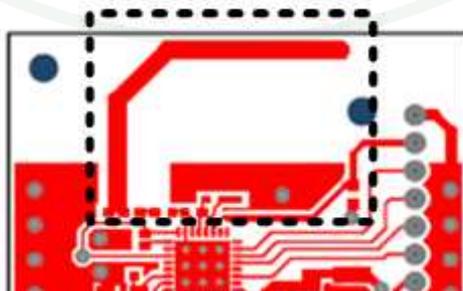
ภาพที่ 35 แสดงโปรแกรมบนเว็บไซต์ และ ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์

ผลและวิจารณ์

ผล

การทดสอบการปรับค่าความถี่ของสัญญาณให้มีคุณภาพดีที่สุด โดย เริ่มต้นผู้วิจัยได้ออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์โดยให้ส่วนที่เป็นเสาอากาศทั้งภาครับและภาคส่งมีความหนา 4 mm จากนั้นทำการประกอบและปรับค่าตัวเหนี่ยวนำ และ ค่าความจุไฟฟ้าของวงจรบนบอร์ดเซนเซอร์ตามรูปภาพที่ 13 เพื่อให้ได้ความแรงของสัญญาณสูงสุด และให้ได้ฮาร์โมนิกที่ 2 และ 3 ต่ำที่สุดโดยใช้ สเปคตรัมอนาลิเซอร์ในการวัดสัญญาณ ค่าที่เหมาะสมคือ $L1 = 3.3 \text{ nH}$, $L2 = 2.7 \text{ nH}$, $L3 = 5.8 \text{ nH}$, $C8 = 1.2 \text{ pF}$, $C9 = 1 \text{ pF}$, $C10 = 2.2 \text{ pF}$ โดยความแรงในการส่งสัญญาณเท่ากับ -8 dbm และฮาร์โมนิกที่ 2 เท่ากับ -48 dbm และฮาร์โมนิกที่ 3 เท่ากับ -30.3 dbm พบว่า ฮาร์โมนิกที่ 2 และ ฮาร์โมนิกที่ 3 มีมากเกินไปคลื่นสัญญาณจากเซนเซอร์อาจไปรบกวนอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ได้ จากนั้นผู้วิจัยจึงเปลี่ยนความหนาของเสาอากาศในตำแหน่งที่แสดงในภาพที่ 36 ให้ได้ความกว้าง 3 mm จากนั้นทำการประกอบและปรับค่าตัวเหนี่ยวนำ และ ค่าความจุไฟฟ้าของวงจรบนบอร์ดเซนเซอร์ตามรูปภาพที่ 13 เพื่อให้ได้ความแรงของสัญญาณสูงสุด และให้ได้ฮาร์โมนิกที่ 2 และ 3 ต่ำที่สุดโดยใช้ สเปคตรัมอนาลิเซอร์ในการวัดสัญญาณ ค่าที่เหมาะสมคือ $L1 = 4.3 \text{ nH}$, $L2 = 4.7 \text{ nH}$, $L3 = 6.8 \text{ nH}$, $C8 = 1.5 \text{ pF}$, $C9 = 1 \text{ pF}$, $C10 = 2.2 \text{ pF}$ โดยความแรงในการส่งสัญญาณเท่ากับ -8 dbm และฮาร์โมนิกที่ 2 เท่ากับ -58 dbm และฮาร์โมนิกที่ 3 เท่ากับ -60.3 dbm ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ จากนั้นผู้วิจัยได้ทดสอบระยะห่างของการส่งสัญญาณระหว่างภาคส่งและภาครับโดยทำการทดลองในที่โล่งวัดระยะทางได้ 80 เมตร จากการทดลองพบว่าโลหะจะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้มีการรบกวนสัญญาณ เช่น การใส่ภาครับหรือภาคส่งในวัสดุที่เป็นโลหะหรือการวางภาคส่งหรือภาครับไว้บนวัสดุที่เป็นโลหะ จะทำให้ระยะในการรับส่งข้อมูลลดลงมาก

ปรับขนาดความหนาของเสาอากาศ



ภาพที่ 36 แสดงตำแหน่งในการปรับขนาดเสาอากาศ

ตารางที่ 6 ผลการวัดสัญญาณเมื่อปรับค่าตัวเหนี่ยวนำ L2 และ ตัวเก็บประจุ C8

เสาอากาศ	ค่าของอุปกรณ์		ผลการวัดสัญญาณ [dBm]		
	(Ghz)	L2	C8	1.hram	2.hram
2.4	4.7nH	1.5pF	-9	-58	-60.33
5	4.7nH	1.5pF	-13.1	-52	-58
2.4	3.9nH	1.5pF	-7.8	-57	-62
5	3.9nH	1.5pF	-11.67	-59.6	-57
2.4	3.9nH	1pF	-8.33	-57.17	-62.67
5	3.9nH	1pF	-11.83	-59.83	-62.83
2.4	3.9nH	1.8pF	-8.33	-59	-62.3
5	3.9nH	1.8pF	-12.33	-62.5	-54.67
2.4	3.9nH	2.2pF	-8.33	-59.5	-62.33
5	3.9nH	2.2pF	-12.67	-62.67	-52.33

ตารางที่ 7 ผลการวัดสัญญาณเมื่อปรับค่าตัวเหนี่ยวนำ L1

L1(nH)	6.2	5.6	5.1	4.7	4.3	3.9
dBm	-10.5	-9.6	-9.1	-8.3	-8	-9.1

ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ โดยการติดเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่ส่วนต่าง ๆ ของเด็ก(Scanlon, 2004) แล้วเทียบค่าที่ได้กับเครื่องวัดอุณหภูมิของBoots ซึ่งใช้เป็นเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐานสำหรับงานวิจัยนี้ โดยผลการทดลองที่ได้เป็นไปตามตารางที่ 8 จากผลการทดลองพบว่าได้ค่าใกล้เคียงกันกับอุปกรณ์ไร้สายที่สร้างขึ้น เครื่องวัดอุณหภูมิไร้สายที่สร้างขึ้นใช้เวลาในการวัดเพื่อให้ได้ค่าคงที่ประมาณ 10-30 วินาที

ตารางที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

ตำแหน่ง การตรวจวัด	เครื่องวัดอุณหภูมิ ไร้สายที่ทำขึ้น(°C)	เครื่องวัดอุณหภูมิ มาตรฐาน(°C)
หน้าผาก	37.0	36.6
ข้อมือ	36.0	36.4
ต้นแขน	36.0	36.1
ที่คอ	37.0	36.8

ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้น โดยการติดเซนเซอร์วัดความชื้น ที่ผ้าอ้อมของเด็กได้ผลการทดลองตามตารางที่ 9 จากผลการทดลองพบว่าเมื่อมีความชื้นเกิดขึ้นที่ผ้าอ้อมเด็ก ระบบจะสามารถตรวจวัดและแสดงค่าความชื้นที่เกิดขึ้นได้

ตารางที่ 9 แสดงความชื้นเมื่อเทน้ำลงบนผ้าอ้อมเด็ก

ปริมาณน้ำ (ml)	ระยะเวลา (นาที)	ความชื้น (% RH)
0	15	56
100	15	77
100	30	83
100	45	87
100	60	89
100	75	92

ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิโดยใช้เซนเซอร์ไร้สายที่ทำขึ้นวัดค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ กันคือ หน้าผาก ข้อมือ แขน และคอ โดยแต่ละตำแหน่งทำการวัดระยะห่างระหว่างตัวเซนเซอร์กับผิวหนังที่ระยะต่างๆ แล้วทำการบันทึกได้ผลตามตารางที่ 10 จากผลการทดลองสรุปได้ว่าระยะที่ดีที่สุดในการติดตั้ง คือระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับผิวหนังไม่ควรเกิน 3 มิลลิเมตร ค่าที่ได้จะใกล้เคียงเครื่องมือวัดมาตรฐานตามตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงผลการทดสอบวัดอุณหภูมิที่ระยะต่าง ๆ ของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm	6mm	7mm
หน้าผาก	37.0 °C	37.0 °C	37.0 °C	36.0 °C	34.0 °C	33.0 °C	33.0 °C
ข้อมือ	36.0 °C	36.0 °C	36.0 °C	34.0 °C	34.0 °C	33.0 °C	33.0 °C
แขน	36.0 °C	36.0 °C	36.0 °C	34.0 °C	34.0 °C	33.0 °C	33.0 °C
คอ	37.0 °C	37.0 °C	37.0 °C	34.0 °C	34.0 °C	33.0 °C	33.0 °C

ผลการวัดแรงดันไฟฟ้าขณะแบตเตอรี่เต็มวัดได้ 3.2 โวลต์ ผลการวัดกระแสไฟฟ้าของบอร์ดเซนเซอร์ขณะทำงานวัดได้ 4 มิลลิแอมป์ ขณะอยู่ในโหมดประหยัดพลังงานวัดได้ 1 ไมโครแอมป์ และ ขณะส่งสัญญาณวัดได้ 7 มิลลิแอมป์ จากการทดลองให้บอร์ดเซนเซอร์ส่งสัญญาณทุก ๆ 1 นาที แต่ไม่มีการเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานพบว่าแบตเตอรี่จะหมดใน 2 วัน ถ้าส่งสัญญาณแล้วเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานทันทีพบว่าอายุการใช้งานมากกว่า 1 เดือน โดยแบตเตอรี่ที่ใช้เป็นรุ่น CR2032 lithium 3v 220 mah

ทดสอบการใช้เวลาในการรับส่งข้อมูลระหว่างภาคส่งสัญญาณและภาครับสัญญาณเริ่มแรก ผู้วิจัยออกแบบบอร์ดภาครับสัญญาณให้มีตัวไอซี nRF24LE1 เพียง 1 ตัวจากนั้นทำการจับเวลาในการส่งข้อมูลโดยให้การส่งสัญญาณส่งสัญญาณพร้อมกัน 150 เครื่อง โดยดูผลการทดลองจากคอมพิวเตอร์พบว่าใช้เวลาในการรับข้อมูลทั้งหมด 5 วินาที จากนั้นออกแบบบอร์ดภาครับสัญญาณใหม่โดยให้มีไอซี nRF24LE1 2 ตัว จึงทำให้การรับส่งข้อมูลเร็วขึ้นเป็น 2 เท่าโดยภาคส่งสัญญาณ 150 ภาค ส่งสัญญาณเข้าภาครับโดยทำการส่งสัญญาณพร้อมกัน ภาครับสัญญาณจะรับข้อมูลได้ครบทั้งหมดในเวลา 2.5 วินาที

วิจารณ์

จากการศึกษาทดลองการออกแบบวงจรบนบอร์ดเซนเซอร์ไร้สายเพื่อทำการอ่านค่าเซนเซอร์และส่งสัญญาณระยะไกลเพื่อตรวจวัดสุขภาพเด็กเล็กก่อนไถ่นั้น ขนาดของบอร์ดมีขนาด 10.24 ตารางเซนติเมตร โดยแบตเตอรี่ที่ตัวบอร์ดเซนเซอร์สามารถใช้งานได้นานกว่า 30 วัน เนื่องจากวงจรได้ถูกออกแบบให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า การทดลองได้ทำการปรับค่าเสาอากาศ โดยการปรับขนาดความหนาของสายทองแดงที่ใช้ทำเสาอากาศ ปรับค่าตัวเหนี่ยวนำ และ ตัวเก็บประจุตัวเซนเซอร์เพื่อให้ได้กำลังส่งสูงสุดโดยค่ากำลังส่งที่ได้คือ -8.33 dBm ที่ความถี่ 2.4 GHz ได้กำลังส่ง -59 dBm ที่ความถี่ 7.2 GHz และได้กำลังส่ง -62.3 dBm ที่ความถี่ 12GHz โดยระยะทางระหว่างตัวส่งและตัวรับที่ทดสอบได้นั้นคือ 80 เมตรและสามารถส่งข้อมูลระหว่างตัวส่งและตัวรับผ่านกำแพงปูนได้ จากผลการทดลองพบว่า ความคลาดเคลื่อนของการรับส่งสัญญาณนั้น สิ่งที่มีผลต่อการส่งสัญญาณคือความจุของแบตเตอรี่ยังมีความจุมาก ระยะในการรับส่งข้อมูลจะมากขึ้น และ ต้องระมัดระวังสิ่งกีดขวางสัญญาณ โดยเฉพาะสิ่งกีดขวางที่เป็น โลหะจะทำให้สัญญาณถูกลดทอนระยะทางลงไปมาก

โดยค่าอุณหภูมิที่อ่านค่าได้จากอุปกรณ์ไร้สายที่ทำขึ้นนั้นมีค่าใกล้เคียงกับอุปกรณ์เครื่องมือวัดมาตรฐานและค่าความชื้นที่อ่านได้มีค่าเป็นที่น่าพอใจเนื่องจากการตอบสนองต่อความชื้นของเซนเซอร์ทำได้ดีเมื่อเทียบกับเวลา

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การทดลองประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสื่อสารไร้สายและเว็บมาทำการตรวจวัดอุณหภูมิเด็กเล็ก และ วัดความชื้นผ้าอ้อมเด็กเล็กนั้น เด็กสามารถใส่ตัววัดอุณหภูมิที่ข้อมือและใส่ตัววัดความชื้นที่ผ้าอ้อมแล้วทำกิจกรรมได้ตามปกติโดยไม่มีการระคายเคืองซึ่งสังเกตได้จากการที่เด็กไม่พยายามที่จะแกะเซนเซอร์ออก ค่าอุณหภูมิที่ได้จาก เซนเซอร์มีความใกล้เคียงกับเครื่องมือวัดมาตรฐานและค่าความชื้นที่ได้สามารถใช้วัดความชื้นกับผ้าอ้อมเด็กได้จริง ผู้ดูแลเด็กสามารถดูอุณหภูมิ ความชื้น และ ภาพของเด็ก ผ่านทางเว็บไซต์ เซนเซอร์ภาคส่งถูกออกแบบให้ประหยัดพลังงานทำให้สามารถใช้งานได้นาน โดยใช้แบตเตอรี่เพียง 3 โวลต์ และมีอายุการใช้งานมากกว่า 1 เดือนถ้าเปิดไว้ตลอด 24 ชั่วโมง การส่งสัญญาณของเซนเซอร์สามารถส่งได้ไกลกว่า 50 เมตรและใช้งานได้พร้อมกัน 1 – 150 เครื่องต่อตัวรับ 1 ตัว ทำให้การตรวจวัดเด็กเล็กมีความสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลที่ได้ศึกษาระหว่างการดำเนิน โครงการวิจัย และจากผลของการดำเนิน โครงการทางคณะผู้วิจัยขอเสนอแนะแนวทางอันคาดว่าจะประโยชน์ในการพัฒนาโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. แนวทางของการวิจัยโครงการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีการตรวจวัดรูปแบบอื่นๆได้ เช่น การวัดแรงดันในเลือด การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ฯลฯ และสามารถนำไปปรับใช้กับเทคโนโลยีด้านอื่นๆ ได้
2. ราคาต้นทุนของบอร์ดภาครับส่งสัญญาณ ขึ้นอยู่ที่อุปกรณ์บนบอร์ด โดยอุปกรณ์บางตัวอาจต้องสั่งจากต่างประเทศเช่น ไอซี nRF24LE1 ตัวหนี้ยาวน้ำหนักเล็ก และ ตัวเก็บประจุขนาดเล็ก อีกแนวทางหนึ่งซึ่งอาจเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตต่อชิ้นงานคือการลดขนาดของบอร์ด และ เลือกรุ่นอุปกรณ์ที่หาได้ในประเทศ

3. จากการศึกษาผลของความคลาดเคลื่อนของการรับส่งสัญญาณเกิดจากสิ่งกีดขวางสัญญาณ โดยเฉพาะสิ่งกีดขวางที่เป็นโลหะดังนั้นในการออกแบบวงจร การออกแบบบล็อกรวม และการติดตั้งภาครับภาคส่งจึงต้องระมัดระวัง พยายามหลีกเลี่ยงการใช้โลหะซึ่งจะเป็นตัวลดทอนสัญญาณ

4. แนวทางของการวิจัยโครงการนี้สามารถพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อให้การใช้งานสะดวกยิ่งขึ้น โดยพัฒนาให้ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าต่าง ๆ ได้ เช่น ตั้งค่าอุณหภูมิให้ระบบร้องเตือนเมื่อเด็กเป็นไข้ตัวร้อน หรือ ตั้งค่าความชื้นผ้าอ้อมให้ระบบร้องเตือนเมื่อความชื้นเกินกว่าที่ตั้งไว้ เป็นต้น หรือ พัฒนาให้ซอฟต์แวร์แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นเด็กได้พร้อมกันหลาย ๆ คนผ่านเว็บไซต์

5. ขนาดของบอร์ดสามารถทำให้มีขนาดเล็กลงกว่านี้ได้อีกถ้าหาอุปกรณ์ไฟฟ้าบนบอร์ดให้มีขนาดเล็กลงหรือมีการพัฒนาให้แบตเตอรี่มีขนาดเล็กและมีความจุไฟฟ้าได้มาก

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ชัยวัฒน์ ทวีจันทร์. 2537. **Advanced Visual Basic** ควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์. ชัคเชสมิเดียจำกัด., กรุงเทพฯ.
- ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2546. **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์**. สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)., กรุงเทพฯ
- Buchanan, M., Jay M, M. Conbere. 2006. “LizardNet - Summer06”. **Harvey Mudd College**.
Available Source: <http://www.cs.hmc.edu/~mike/research/lizardnet/our>
- Chevrolier, N. and N. Golmie, “On the Use of Wireless Network Technologies in Healthcare Environments,” **Proceedings of Fifth IEEE Workshop on Applications and Services in Wireless Networks (ASWN 2005)**, June, 2005.
- Ghovanloo, M. and K. Najafi. 2002. A BiCMOS Wireless Stimulator Chip for Micromachined Stimulating Microprobes. **Proceedings of the Second Joint EMBS/BMES Conference 2002**, 2113-2114.
- Han, J., A. Shah, M. Luk and A. Perrig. 2007. **Don’t Sweat Your Privacy Using Humidity to Detect Human Presence**. Available Source: <http://www.ece.cmu.edu/~mluk/privacy.pdf>, 13December 2009.
- Ioan, L. and S. Oprea, 2008. Wireless technologies for distributed sensor networks used in measurement and automation systems. **Electronics Technology, 2008. ISSE '08. 31st International Spring Seminar on**, 303 – 307.

- Istepanian, R. S. H., E. Jovanov, Y. Zhang. 2004. Guest Editorial Introduction to the Special Section on M-Health: Beyond Seamless Mobility and Global Wireless Health-Care Connectivity. **IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine** 2004, 8(4):405-414. PubMed Abstract.
- Martin, T., E. Jovano and D. Raskovic, 2000. Issues in Wearable Computing for Medical Monitoring Applications: A Case Study of a Wearable ECG Monitoring Device. Proc of The International Symposium on Wearable Computers ISWC Atlanta, **Georgia 2000**, 43-50.
- Pappas, IPI., T. Keller, S. Mangold, MR. Popovic, V. Dietz and M. Morari. A Reliable Gyroscope-Based Gait-Phase Detection Sensor Embedded in a Shoe Insole. **IEEE Sensors Journal** 2004, 4(2) :268-274.
- Park, S. and S. Jayaraman. 2003. Enhancing the Quality of Life Through Wearable Technology. **IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine** 2003, 22(3):41-48. PubMed Abstract.
- Richard, E. 2004, Trials of a New Relative Humidity Sensor. **Upper Ocean Processes Group Woods Hole Oceanographic Institution Woods Hole, MA 02543 UOP Technical Report 2004-03**
- Steele, BG., B. Belza, K. Cain, C. Warms, J. Coppersmith and J. Howard: 2003. Bodies in motion: Monitoring daily activity and exercise with motion sensors in people with chronic pulmonary disease. **Journal of Rehabilitation Research & Development** 2003, 40(5 Supplement 2): 45-58.
- Taneja, J., J. Jeong and D. Culler. 2007. **Design, Modeling, and Capacity Planning for Micro-Solar Power Sensor Networks**. Available Source: http://www.cs.berkeley.edu/~jaein/papers/spots08_paper.pdf, 13December 2009.

Timmons, N.F. and W.G. Scanlon, "Analysis of the Performance of IEEE 802.15.4 for Medical Sensor Body Area Networking," **In Proceeding First Annual IEEE Communications Society Conference on Sensor and Ad Hoc Communications and Networks, 2004.**

Winters, JM., Y. Wang and JM. Winters. 2003. Wearable Sensors and Telerehabilitation: Integrating Intelligent Telerehabilitation Assistants With a Model for Optimizing Home Therapy. **IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine 22(3):56-65.**

Zhang, L., L. Lao, K. Wu, Q. Liu and X. Wu. 2008. Research in Development on Wireless Health Care of Infants. **IFMBE Springer Berlin Heidelberg, 580-583**



โปรแกรมภาษาซีบนแผงวงจรตรวจวัดอุณหภูมิ

```

#include <reg24le1.h>

#define RF_LED_R    P02
#define RF_LED_G    P03
#define nGo_LED_R   P10
#define nGo_LED_G   P11
#define My_LED_G    P15
#define My_LED_R    P16

#define A            0.005485
#define B            0.00000665
#define C            0.00000000002805
#define D            0.00000000000000002
#define R0           715 // Adjust R0

unsigned char KeyIn;
void Delay_ms(unsigned int DataIn) // Delay Time (MilliSec)
{
    unsigned int i;
    while(DataIn)
    {
        i = 115;
        while(i>0)
        {
            i--;
        }
        DataIn--;
    }
}

void Delay_us(unsigned int DataIn) // Delay Time (MicroSec)
{

```

```

    int i;
    for (i=0; i<DataIn; i++);
}
void nRFwr(unsigned char DataIn)
{
    SPIRDAT = DataIn;
    while((SPIRSTAT & 0x02) == 0x00);
    DataIn = SPIRDAT;
}
void nRFwr2(unsigned char DataIn1,DataIn2)
{
    RFCSN = 0;
    nRFwr(DataIn1);
    nRFwr(DataIn2);
    RFCSN = 1;
}
unsigned char nRFrd(void)
{
    SPIRDAT = 0x00;
    while((SPIRSTAT & 0x02) == 0x00);
    return SPIRDAT;
}
unsigned char nRFrd2(unsigned char DataIn)
{
    unsigned char temp;
    RFCSN = 0;
    nRFwr(DataIn);
    temp = nRFrd();
    RFCSN = 1;
    return temp;
}

```

```

}
void nRF_FlushTx(void)
{
    RFCSN = 0;
    nRFwr(0xE1);
    RFCSN = 1;
}
void nRF_FlushRx(void)
{
    RFCSN = 0;
    nRFwr(0xE2);
    RFCSN = 1;
}
void nRF_Clear(void)
{
    nRFwr2(0x27,0x7F);
}
void nRF_Init(void)
{
    RFCKEN = 1;
    RFCE = 0;
    nRFwr2(0x20,0x7C); //Shutdown
    Delay_us(150);
    nRFwr2(0x50,0x73); //Activate
    Delay_ms(15);
    nRFwr2(0x20,0x7E); //Tx Mode, CRC 2 byte, Power Up
    nRFwr2(0x21,0x01); //Enable Auto Ack Pipe 0
    nRFwr2(0x22,0x01); //Enable Pipe 0
    nRFwr2(0x23,0x03); //Address 5 byte
    nRFwr2(0x24,0xFF); //4ms,15 Re-Send
}

```

```

nRFwr2(0x25,0x0F); //Channel 15
nRFwr2(0x25,0x02); //Channel 2
nRFwr2(0x26,0x26); //250Kbps,0dBm
RFCSN = 0; //Address pipe 0 => 6F3C7E7673
nRFwr(0x2A);
nRFwr(0x73);
nRFwr(0x76);
nRFwr(0x7E);
nRFwr(0x3C);
nRFwr(0x6F);
RFCSN = 1
RFCSN = 0; //Address Tx => 6F3C7E7673
nRFwr(0x30);
nRFwr(0x73);
nRFwr(0x76);
nRFwr(0x7E);
nRFwr(0x3C);
nRFwr(0x6F);
RFCSN = 1;
nRFwr2(0x3C,0x01); // Enable Dynamic Payload Length
nRFwr2(0x3D,0x06); // Feature Register
}
int read_adc() // Function ADC
{
    unsigned int num,vcc;
    unsigned char i;
    unsigned int buf[6],VDD[6];
    float x,Rt,T,v;
    for(i=0;i<=5;i++)
    {

```

```

        ADCCON3=0xEF;           // 12bit AIN 0 11110111
        ADCCON1=0xC0;           // ref 1.22 11000000

        Delay_ms(5);
        buf[i]=ADCDATH;
        buf[i] = buf[i] << 8;
        buf[i] = buf[i]|ADCDATL;
        Delay_ms(5);
    }
    num=0;
    for(i=0;i<=5;i++)
    {
        num=buf[i]+num;
    }
    num=num/6;
    for(i=0;i<=5;i++)
    {
        ADCCON3=0x5F;           // 11110101
        ADCCON1=0xF8;           // 11111000
        Delay_ms(5);
        VDD[i]=ADCDATH;
        Delay_ms(5);
    }
    vcc=0;
    for(i=0;i<=5;i++)
    {
        vcc=VDD[i]+vcc;
    }
    vcc=vcc/6;
    x=(float)vcc;

```

```

x=(x/255.00)*1.22*3.00;
v=x;
x=(float)num;
x=(x*1.22)/4095.000;
2700)/(v_ecu_digital - digit_num) ; 2700 = R divider
Rt = (x*2000.000)/(v-x);
T=(((Rt/R0)-1.000)/(A+B+C+D));
num=(int)T;
return num;
}
void nRF_Send5(void) // Function Send Data RF
{
    unsigned char a,b,c,d;
    unsigned int value_adc;
    float x;
    RFCSN = 0; // Address pipe 0 => 6F3C7E7673
    nRFwr(0x2A);
    nRFwr(0x73);
    nRFwr(0x76);
    nRFwr(0x7E);
    nRFwr(0x3C);
    nRFwr(0x6F);
    RFCSN = 1;
    RFCSN = 0; // Address Tx => 6F3C7E7673
    nRFwr(0x30);
    nRFwr(0x73);
    nRFwr(0x76);
        nRFwr(0x7E);
        nRFwr(0x3C);
        nRFwr(0x6F);

```

```

RFCSN = 1;
Delay_ms(100);
P1 = 0xE0;
RFCSN = 0;
nRFwr(0xA0);
value_adc=read_adc();
x=value_adc;
a=x/1000;
b=(value_adc%1000)/100;
c=((value_adc%1000)%100)/10;
d=value_adc%10;
nRFwr('a');
nRFwr(a+48);
nRFwr(b+48);
nRFwr(c+48);
nRFwr(d+48);
nRFwr(13);
nRFwr(10);
RFCSN = 1;
RFCE = 1;
Delay_us(100);
RFCE = 0;
}
void nRF_Chk(void)
{
    unsigned char Exit,temp;
    Exit = 0x00;
    while(Exit == 0x00)
    {
        temp = nRFrd2(0x07);

```

```

        if((temp & 0x20) == 0x20)                                //Pass
        {
            RF_LED_G = 0;
            Delay_ms(100);
            RF_LED_G = 1;
            Exit = 0x01;
            Delay_ms(2500);
        }
        if((temp & 0x10) == 0x10)                                //Fail
        {
            RF_LED_R = 0;
            Delay_ms(1500);
            RF_LED_R = 1;
            Exit = 0x01;
            Delay_ms(2500);
        }
        else
        {
            Delay_ms(4000);
        }
    }
    nRF_FlushTx();
    nRF_Clear();
}

void main(void)                                               // Function Main
{
    P0DIR = 0x01;
    P1DIR = 0x00;

```

```

P1 = 0x00;
nRF_Init();
Delay_ms(500);
RF_LED_G=1;
Delay_ms(500);
RF_LED_G=0;
Delay_ms(1000);
RF_LED_G=1;
while(1)
{
    nRF_Send5();
    nRF_Chk();
    Delay_ms(500);
}
}

```

โปรแกรมภาษาซีบนแผงวงจรตรวจวัดความชื้น

```

#include <reg24le1.h>
#define RF_LED_R    P02
#define RF_LED_G    P03
#define nGo_LED_R   P10
#define nGo_LED_G   P11
#define My_LED_G    P15
#define My_LED_R    P16
#define A            0.005485
#define B            0.00000665
#define C            0.00000000002805
#define D            0.0000000000000002
#define R0           715//1070.000

```

```

unsigned char KeyIn;

void Delay_ms(unsigned int DataIn)                // Delay Time (MilliSec)
{
    unsigned int i;
    while(DataIn)
    {
        i = 115;
        while(i>0)
        {
            i--;
        }
        DataIn--;
    }
}

void Delay_us(unsigned int DataIn)                // Delay Time (MicroSec)
{
    int i;
    for (i=0; i<DataIn; i++);
}

void nRFwr(unsigned char DataIn)
{
    SPIRDAT = DataIn;
    while((SPIRSTAT & 0x02) == 0x00);
    DataIn = SPIRDAT;
}

void nRFwr2(unsigned char DataIn1,DataIn2)
{
    RFCSN = 0;
    nRFwr(DataIn1);
    nRFwr(DataIn2);
}

```

```

        RFCSN = 1;
    }

    unsigned char nRFrd(void)
    {
        SPIRDAT = 0x00;
        while((SPIRSTAT & 0x02) == 0x00);
        return SPIRDAT;
    }

    unsigned char nRFrd2(unsigned char DataIn)
    {
        unsigned char temp;
        RFCSN = 0;
        nRFwr(DataIn);
        temp = nRFrd();
        RFCSN = 1;
        return temp;
    }

    void nRF_FlushTx(void)
    {
        RFCSN = 0;
        nRFwr(0xE1);
        RFCSN = 1;
    }

    void nRF_FlushRx(void)
    {
        RFCSN = 0;
        nRFwr(0xE2);
        RFCSN = 1;
    }

    void nRF_Clear(void)

```

```

{
    nRFwr2(0x27,0x7F);
}

void nRF_Init(void) // Function Initial RF
{
    RFCKEN = 1;
    RFCE = 0;
    nRFwr2(0x20,0x7C); //Shutdown
    Delay_us(150);
    nRFwr2(0x50,0x73); //Activate
    Delay_ms(15);
    nRFwr2(0x20,0x7E); //Tx Mode, CRC 2 byte, Power Up
    nRFwr2(0x21,0x01); //Enable Auto Ack Pipe 0
    nRFwr2(0x22,0x01); //Enable Pipe 0
    nRFwr2(0x23,0x03); //Address 5 byte
    nRFwr2(0x24,0xFF); //4ms,15 Re-Send
    nRFwr2(0x25,0x0F); //Channel 15
    nRFwr2(0x25,0x02); //Channel 2
    nRFwr2(0x26,0x26); //250Kbps,0dBm
    RFCSN = 0; //Address pipe 0 => 6F3C7E7673
    nRFwr(0x2A);
    nRFwr(0x73);
    nRFwr(0x76);
    nRFwr(0x7E);
    nRFwr(0x3C);
    nRFwr(0x6F);
    RFCSN = 1
    RFCSN = 0; //Address Tx => 6F3C7E7673
    nRFwr(0x30);
    nRFwr(0x73);

```

```

nRFwr(0x76);
nRFwr(0x7E);
nRFwr(0x3C);
nRFwr(0x6F);
RFCSN = 1;
nRFwr2(0x3C,0x01);           // Enable Dynamic Payload Length
nRFwr2(0x3D,0x06);           // Feature Register
}
int read_adc()                // Function ADC
{
    unsigned int num,vcc;
    unsigned char i;
    unsigned int buf[6],VDD[6];
    float x,Rt,T,v;
    for(i=0;i<=5;i++)
    {
        ADCCON3=0xEF;           // 12bit AIN 0 11110111
        ADCCON1=0xC0;           // ref 1.22 11000000
        Delay_ms(5);
        buf[i]=ADCDATA;
        buf[i] = buf[i] << 8;
        buf[i] = buf[i]|ADCDATL;
        Delay_ms(5);
    }
    num=0;
    for(i=0;i<=5;i++)
    {
        num=buf[i]+num;
    }
    num=num/6;

```

```

for(i=0;i<=5;i++)
{
    ADCCON3=0x5F;           // 11110101
    ADCCON1=0xF8;           // 11111000
    Delay_ms(5);
    VDD[i]=ADCDATH;
    Delay_ms(5);
}
vcc=0;
for(i=0;i<=5;i++)
{
    vcc=VDD[i]+vcc;
}
vcc=vcc/6;
x=(float)vcc;
x=(x/255.00)*1.22*3.00;
v=x;
x=(float)num;
x=(x*1.22)/4095.000;
2700)/(v_ecu_digital - digit_num) ; 2700 = R divider
Rt = (x*2000.000)/(v-x);
T=(((Rt/R0)-1.000)/(A+B+C+D));
num=(int)T;
return num;
}

void nRF_Send5(void)           // Function Send Data RF
{
    unsigned char a,b,c,d;
    unsigned int value_adc;

```

```

float x;
RFCSN = 0; // Address pipe 0 => 6F3C7E7673
nRFwr(0x2A);
nRFwr(0x73);
nRFwr(0x76);
nRFwr(0x7E);
nRFwr(0x3C);
nRFwr(0x6F);
RFCSN = 1;
RFCSN = 0; // Address Tx => 6F3C7E7673
nRFwr(0x30);
nRFwr(0x73);
nRFwr(0x76);
nRFwr(0x7E);
nRFwr(0x3C);
nRFwr(0x6F);
RFCSN = 1;
Delay_ms(100);
P1 = 0xE0;
RFCSN = 0;
nRFwr(0xA0);
value_adc=read_adc();
x=value_adc;
a=x/1000;
b=(value_adc%1000)/100;
c=((value_adc%1000)%100)/10;
d=value_adc%10;

nRFwr('a');
nRFwr(a+48);
nRFwr(b+48);

```

```

nRFwr(c+48);
nRFwr(d+48);
nRFwr(13);
nRFwr(10);
RFCSN = 1;
RFCE = 1;
Delay_us(100);
RFCE = 0;
}
void nRF_Chk(void)
{
    unsigned char Exit,temp;
    Exit = 0x00;
    while(Exit == 0x00)
    {
        temp = nRFrd2(0x07);
        if((temp & 0x20) == 0x20) // Pass
        {
            RF_LED_G = 0;
            Delay_ms(100);
            RF_LED_G = 1;
            Exit = 0x01;
            Delay_ms(2500);
        }
        if((temp & 0x10) == 0x10) // Fail
        {
            //nGo_LED_R = 1;
            RF_LED_R = 0;
            //My_LED_R = 0;

```

```

        Delay_ms(1500);
        //nGo_LED_R = 0;
        RF_LED_R = 1;
        //My_LED_R = 1;
        Exit = 0x01;

        Delay_ms(2500);
    }
    else
    {
        Delay_ms(4000);
    }
}
nRF_FlushTx();
nRF_Clear();
}
/***** writes a byte on the I2C-bus and checks the acknowledge *****/
char s_write_byte(unsigned char value)
{
    unsigned char i,error=0;
    for (i=0x80;i>0;i/=2) //shift bit for masking
    {
        if (i & value) DATA=1; //masking value with i, write to I2C-BUS
        else DATA=0;
        SCK=1; //clk for I2C-BUS
        _nop_(); //pulswidth approx. 5 us
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
    }
}

```

```

        _nop_();
        SCK=0;
    }
    DATA=1;                //release DATA-line
    SCK=1;                  //clk #9 for ack
    error=DATA;            //check ack (DATA will be pulled down by SHT11)
    SCK=0;
    return error;          //error=1 in case of no acknowledge
}
/**** reads a byte form the I2C-bus and gives an acknowledge in case of "ack=1" *****/
char s_read_byte(unsigned char ack)
{
    unsigned char i,val=0;
    DATA=1;                //release DATA-line
    for (i=0x80;i>0;i/=2)    //shift bit for masking
    {
        SCK=1;              //clk for I2C-BUS
        if (DATA) val=(val | i); //read bit
        SCK=0;
    }
    DATA=!ack;             //in case of "ack==1" pull down DATA-Line
    SCK=1;                  //clk #9 for ack
    _nop_();                //pulswidth approx. 5 us
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    SCK=0;
    DATA=1;                //release DATA-line

```

```

    return val;
}

    /**** generates a transmission start ***/
void s_transstart(void)
{
    DATA=1; SCK=0;           //Initial state
    _nop_();
    SCK=1;
    _nop_();
    DATA=0;
    _nop_();
    SCK=0;
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    SCK=1;
    _nop_();
    DATA=1;
    _nop_();
    SCK=0;
}

/** communication reset: DATA-line=1 and at least 9 SCK cycles followed by transstart **/
void s_connectionreset(void)
{
    unsigned char i;
    DATA=1; SCK=0;           //Initial state
    for(i=0;i<9;i++)          //9 SCK cycles

```

```

    {
        SCK=1;
        SCK=0;
    }

    s_transstart(); //transmission start
}

**** makes a measurement (humidity/temperature) with checksum ****/
char s_measure(unsigned char *p_value, unsigned char *p_checksum, unsigned char mode)
{
    unsigned error=0;
    unsigned int i;
    s_transstart(); //transmission start
    switch(mode){ //send command to sensor
    case TEMP : error+=s_write_byte(MEASURE_TEMP); break;
    case HUMI : error+=s_write_byte(MEASURE_HUMI); break;
    default : break;
    }

    for (i=0;i<65535;i++) if(DATA==0) break; //wait until sensor has finished the
measurement
    if(DATA) error+=1; // or timeout (~2 sec.) is reached
    *(p_value) =s_read_byte(ACK); //read the first byte (MSB)
    *(p_value+1)=s_read_byte(ACK); //read the second byte (LSB)
    *p_checksum =s_read_byte(noACK); //read checksum
    return error;
}

void calc_sht11(float *p_humidity, float *p_temperature)
{
    const float C1=-4.0; // for 12 Bit
    const float C2= 0.0405; // for 12 Bit
    const float C3=-0.0000028; // for 12 Bit

```

```

const float T1=-0.01;           // for 14 Bit
const float T2=0.00008;        // for 14 Bit
float rh=*p_humidity;          // rh: Humidity [Ticks] 12 Bit
float t=*p_temperature;        // t: Temperature [Ticks] 14 Bit
float rh_lin;                   // rh_lin: Humidity linear
float rh_true;                  // rh_true: Temperature compensated humidity
float t_C;                      // t_C : Temperature [C]
t_C=t*0.01 - 40;               //calc. temperature from ticks to [C]
rh_lin=C3*rh*rh + C2*rh + C1;   //calc. humidity from ticks to [%RH]
rh_true=(t_C-25)*(T1+T2*rh)+rh_lin; //calc. temperature compensated humidity
humi_sht15=(int)rh_true;
*p_temperature=t_C;            //return temperature [C]
*p_humidity=rh_true;          //return humidity[%RH]
}

void main(void)                // Main Function
{
    P0DIR = 0x01;
    P1DIR = 0x00;
    P1 = 0x00;
    nRF_Init();
    Delay_ms(500);
    RF_LED_G=1;
    Delay_ms(500);
    RF_LED_G=0;
    Delay_ms(500);
    RF_LED_G=1;
    while(1)
    {
        s_connectionreset();
        s_measure(&humi_val.i,&checksum,HUMI); //measure humidity
    }
}

```

```

s_measure(&temp_val.i,&checksum,TEMP); //measure temperature
humi_val.f=(float)humi_val.i;           //converts integer to float
temp_val.f=(float)temp_val.i;           //converts integer to float
calc_sht11(&humi_val.f,&temp_val.f);//calculate humidity, temperature
point:%5.1fC\n",temp_val.f,humi_val.f,dew_point);
nRF_Send5();                             // Send Data RF
nRF_Chk();
Delay_ms(500);
    }
}

```

โปรแกรมภาษาซีบนแผงวงจรบอร์ดสำเร็จรูป

```

#include <reg24le1.h>
#include <math.h>
#define RF_LED          P03
#define nGo_LED        P10
#define My_LED         P15
#define A              0.005485
#define B              0.00000665
#define C              0.00000000002805
#define D              0.0000000000000002
#define R0             1070.000
unsigned char n_Data[20];
void Delay_ms(unsigned int DataIn)          // Function Delay ( Millisec )
{
    unsigned int i;
    while(DataIn)
    {
        i = 115;
        while(i>0)

```

```

        {
            i--;
        }
        DataIn--;
    }
}

void Delay_us(unsigned int DataIn) // Function Delay ( Microsec )
{
    int i;
    for (i=0; i<DataIn; i++);
}

void UART_Init(void) // Function Initial UART
{
    S0CON = 0x50; //Round(1024 - (2*16e6)/(64*500000)) rate = 250000
    output pin 0.3
    S0RELH = 0x03;
    S0RELL = 0xCC; //03CCH => 9600 bps(Max)
    WDCON |= 0x80;
}

void UART_Send(unsigned char DataIn)
{
    S0BUF = DataIn;
    while(!(TI0));
    TI0 = 0;
}

void nRFwr(unsigned char DataIn)
{
    SPIRDAT = DataIn;
    while((SPIRSTAT & 0x02) == 0x00);
    DataIn = SPIRDAT;
}

```

```

}
void nRFwr2(unsigned char DataIn1,DataIn2)
{
    RFCSN = 0;
    nRFwr(DataIn1);
    nRFwr(DataIn2);
    RFCSN = 1;
}
unsigned char nRFrd(void)
{
    SPIRDAT = 0x00;
    while((SPIRSTAT & 0x02) == 0x00);
    return SPIRDAT;
}
unsigned char nRFrd2(unsigned char DataIn)
{
    unsigned char temp;
    RFCSN = 0;
    nRFwr(DataIn);
    temp = nRFrd();
    RFCSN = 1;
    return temp;
}
void nRF_Init(void) // Function Initial RF
{
    RFCKEN = 1;
    RFCE = 0;
    nRFwr2(0x20,0x7C); // Shutdown
    Delay_us(150);
    nRFwr2(0x50,0x73); //Activate
}

```

```

Delay_ms(15);
nRFwr2(0x20,0x7F);           //Rx Mode, CRC 2 byte, Power Up
nRFwr2(0x21,0x02);           //Enable Auto Ack Pipe 1
nRFwr2(0x22,0x02);           //Enable Pipe 1
nRFwr2(0x23,0x03);           //Address 5 byte
nRFwr2(0x24,0xFF);           //4ms,15 Re-Send
nRFwr2(0x25,0x0F);           //Channel 15
nRFwr2(0x25,0x02);           //Channel 2
nRFwr2(0x26,0x26);           //250Kbps,0dBm
RFCSN = 0;                    //Address pipe 1 => 6F3C7E7673
nRFwr(0x2B);
nRFwr(0x73);
nRFwr(0x76);
nRFwr(0x7E);
nRFwr(0x3C);
nRFwr(0x6F);
RFCSN = 1;
nRFwr2(0x3C,0x02);           //Enable Dynamic Payload Length
nRFwr2(0x3D,0x06);           //Feature Register
RFCE = 1;
}
void nRF_Read(void)           // Function Read
{
    unsigned char i,temp1,temp2;
    while(1)
    {
        while((nRFrd2(0x07) & 0x0E) == 0x0E);
        temp1 = nRFrd2(0x60);
        temp2 = temp1;
        RFCSN = 0;
    }
}

```

```

nRFwr(0x61);
for(i=0; i<temp1; i++)
{
    n_Data[i] = nRFrd();
    UART_Send(n_Data[i]);
}
RFCASN = 1;
}
}

void main(void) // Main Function
{
    unsigned int value_adc;
    char a,b,c,d;
    float x;

    P0DIR = 0x11;
    P1DIR = 0x00;
    P1 = 0xFF; // Set Port 1 = Logic High
    P0 = 0xFF; // Set Port 1 = Logic High
    UART_Init();
    while(1)
    {
        nRF_Init(); // Initial RF
        nRF_Read(); // Read Valu RF
        a=x/1000;
        b=(value_adc%1000)/100;
        c=((value_adc%1000)%100)/10;
        d=value_adc%10;
        UART_Send(a);
        UART_Send(b);
        UART_Send(c);
    }
}

```

```

        UART_Send(d);
        UART_Send(10);
        Delay_ms(20000);
    }
}

```

โปรแกรม Visual Basic 6 สร้างแอปพลิเคชัน

Option Explicit

Dim data(0 To 4) As String

Dim i As Byte

Private Sub cmdOpenPort_Click()

MSCom.PortOpen = True

End Sub

Private Sub cmdStart_Click()

mCapHwnd = capCreateCaptureWindow("WebcamCapture", 0, 0, 0, 640, 480, _
PicDisplay.hwnd, 0)

DoEvents

SendMessage mCapHwnd, CONNECT, 0, 0

Timer1.Enabled = True

End Sub

Private Sub cmdStop_Click()

DoEvents: SendMessage mCapHwnd, DISCONNECT, 0, 0

Timer1.Enabled = False

End Sub

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
End
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
MSCom.Settings = "4800,N,8,1"
```

```
MSCom.CommPort = 15
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MSComm1_OnComm()
```

```
Dim buffer As Variant
```

```
If MSCom.CommEvent = comEvReceive Then
```

```
buffer = MSCom.Input
```

```
txtReceive.Text = buffer
```

```
txtReceive.Refresh
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Text1_Change()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MSCom_OnComm()
```

```
Dim buffer As Variant
```

```
Dim sum As Integer
```

```
On Error Resume Next
```

```
i = i + 1
```

```
If MSCom.CommEvent = comEvReceive Then
```

```
data(i) = MSCom.Input
```

```
End If
```

```
If data(i) = -9999 Then
```

```
i = 0
```

```
End If
    If data(1) = "a" Then
        txtReceive.Text = data(2) + data(3)
    End If
    If data(1) = "b" Then
        txtSend.Text = data(2) + data(3)
    End If
    txtReceive.Refresh
    txtSend.Refresh
End Sub
Private Sub Timer1_Timer()
    SendMessage mCapHwnd, GET_FRAME, 0, 0
    SendMessage mCapHwnd, COPY, 0, 0
    PicDisplay.Picture = Clipboard.GetData
    SavePicture PicDisplay.Image, "images\test.bmp"
    Clipboard.Clear
End Sub
Private Sub UserDocument_Initialize()
End Sub
```

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ -นามสกุล	นายพงศ์พันธ์ อารยแสง
วัน เดือน ปี ที่เกิด	13 ธันวาคม 2525
สถานที่เกิด	เขตห้วยขวาง จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (ไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-