ระบบบันทึกข้อมูลผ่านเครือข่ายตรวจจับไร้สายแบบอัตราต่ำใช้ตัวประมวลผลหลายแกน

Low Rate Wireless Sensor Network Data Logger with Multi-core Microcontroller

วณพันธ์ วัยวุฒิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร yunghub@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบ ระบบบันทึกข้อมูล (Data Logger) ที่รวบรวมข้อมูลที่ต้องการตรวจจับ ผ่านเครือข่ายตรวจจับไร้สาย (Wireless Sensor Network) แบบอัตราต่ำ ทำให้ระบบมีราคาถูก ประหยัดพลังงานในส่วนของโหนด ระบบเป็นแบบไร้สายทำให้มีความยืดหยุ่น สามารถขยายระบบเพื่อเพิ่มจุดตรวจจับ หรือทดแทนโหนดได้ง่าย ๆ โดยการเพิ่ม โหนดตัวตรวจจับไร้สาย (Wireless Sensor Node) ที่ถูกกำหนดค่า (Configuration) ให้สอดคล้องกับระบบเดิม ตัวควบคุมเป็นระบบสมองกลฝังตัว (Embedded Microcontroller System) แบบหลายแกน (Multi-core Parallel Microcontroller) Propeller Chip ของ Parrallax ที่มีตัวประมวลผลอยู่ภายใน 8 ตัว (Cogs) ที่สามารถทำงานร่วมกันหรือทำงานพร้อมๆ กันได้ โดยนำตัวควบคุมนี้มาทำงานร่วมกับ Xbee ที่ใช้ โปรโตคอล 802.15.4 ต่อร่วมกันเป็นเครือข่ายตรวจจับไร้สาย การเก็บข้อมูลของตัวตรวจจับจะใช้ หน่วยความจำแบบไมโครเอสดี (Micro SD Memory) ที่มีขนาดเล็กและราคาไม่แพง การส่งถ่ายข้อมูลระหว่างตัวบันทึกข้อมูล และคอมพิวเตอร์ตัวหลัก (Master Computer System) ผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย ผลการทดลองพบว่าระบบโดยรวมมีขนาดเล็กมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน ตัวควบคุม Propeller Controller Chip สามารถขยายการทำงาน เพื่อเฝ้าดู (Monitor) ข้อมูลได้ โดยสร้างสัญญาณเพื่อต่อกับจอภาพ (Screen Monitor) ของคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง

คำสำคัญ: ตัวตรวจจับไร้สาย, Zigbee, Propeller Chip, Data logger

Abstract

This paper presents the development of a data logger which collects interesting data via low rate wireless sensor network, not expensive, low power consumed sensor node. The system is wireless and more flexible to expand and substitute sensor nodes by add proper configuration wireless sensor node. System controller uses embedded small multi-code microcontroller, Propeller Chip by Parrallax Inc. This chip contains eight processors (Cogs) inside. All eight processors can perform tasks simultaneously or with coordination from other processors. It comprised of Xbee chip to perform wireless sensor network that work with 802.15.4 protocol. Data is collected and stored in Micro SD memory, small size and not expensive. It transfer data from data logger to master computer system via wireless network. The experimental results show that we can use single microcontroller based on data logger system, small size and flexible. To expand this system with Propeller chip, it can monitor data collected by system directly from this chip by generating computer screen monitor signal.

Keywords: Wireless sensor network, Xbee, Propeller chip.

1. บทนำ

เครือข่ายตรวจจับไร้สาย (Wireless Sensor Networks: WSN) จะประกอบด้วยจุดตรวจจับ (Sensor Node: SN) ที่มีการกระจายตัวเป็นจำนวนมากในพื้นที่ตรวจจับแต่ละจุดตรวจจับประกอบไปด้วย ส่วนประมวลผลและส่วนสื่อสาร มีหน้าที่หลักคือเฝ้าดูหรือรอเหตุการณ์ที่สนใจจะตรวจจับ ภายในบริเวณนั้น เพื่อรวบรวมข้อมูลที่สนใจและส่งกลับไปที่สถานีหลัก (Base Station) เพื่อประมวลผล ปัจจุบันมีการพัฒนา WSN มาประยุกต์มาใช้กับงานหลายๆอย่าง เช่นการควบคุมการใช้พลังงานภายในอาคาร การตรวจจับการเกิดไฟป่า [1] ระบบรักษาความปลอดภัยในบ้านหรืออาคาร การตรวจจับศัตรูในทางทหาร และอื่นๆ ที่ต้องการตรวจจับเหตุการณ์ ที่มีโอกาสเกิดหลายๆจุด โดยที่มีจุดตรวจจับ, SN แบบไร้สาย โดยที่แต่ละจุดตรวจจับจะมีขนาดเล็ก ราคาไม่สูง ติดตั้งได้ง่าย ไม่ต้องมีระบบรองรับพื้นฐาน (Network Infrastructure) ทำให้ในบางพื้นที่ที่ต้องการเฝ้าดู ไม่จำเป็นต้องเข้าไปในพื้นที่นั้น หรือต้องกำหนดตำแหน่งของ WSN โดยโปรยหรือทิ้งตัวตรวจจับอย่างสุ่มในพื้นที่นั้น

ในบทความนี้ เสนอวิธีการ สร้างตัวควบคุมเครือข่ายที่ทำหน้าที่ติดต่อกับตัวประสานงานเครือข่าย (Network Coordinator) ที่ติดต่อกับเครือข่ายได้หลายเครือข่าย (Multi-Network) แทนที่จะใช้วิธีการเพิ่ม อุปกรณ์ตรวจจับแบบพลวัตตามวิธีการของ [3] เมื่อมีการเพิ่มเครือข่ายหลายเครือข่าย ทำให้ระบบสามารถทำงานทดแทนเครือข่ายเดิม เพื่อเพิ่มพื้นที่ตรวจจับ เพิ่มรูปแบบของตัวตรวจจับ หรือเป็นระบบสำรอง ในกรณีที่ระบบเดิมมีปัญหา โนดที่ใช้ตามมาตรฐานของ IEEE 802.15.4 [4] มีการกำหนดชนิดของอุปกรณ์เป็น 2 ชนิด คือ Full Function Device (FFD) และ Reduced Function Device (RFD)

ตามมาตรฐานของ IEEE 802.15.4 ได้กำหนดคุณสมบัติ ของเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคลแบบอัตราการรับส่งต่ำ (Low Rate Wireless Personal Area Network, LRWPAN) ไว้ 2 ชั้น (2 Layers) คือชั้นกายภาพ (Physical Layer) และชั้นรองของแมค (Medium Access Control Sub Layer) มีการกำหนดส่วนสนับสนุน ของอุปกรณ์แบบง่าย 2 ชนิดคือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ได้เต็มที่ (Full Function Device, FFD) และอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ได้บางส่วน (Reduced Function Device, RFD) ตามมาตรฐาน อุปกรณ์แบบ FFD จะสนับสนุนการทำงานพื้นฐานทางกายภาพ และแมค รวม 49 อย่าง แต่อุปกรณ์แบบ RFD จะสนับสนุนแค่ 38 อย่าง การติดต่อสื่อสารของอุปกรณ์ FFD จะติดต่อกับอุปกรณ์ FFD ตัวอื่นๆ และอุปกรณ์ RFD ได้ โดยอุปกรณ์ FFD จะทำงานได้ 3 ลักษณะคือ

1.ตัวประสานงานเครือข่ายส่วนบุคคล (PAN Coordinator)

2.ตัวประสานงาน (Coordinator)

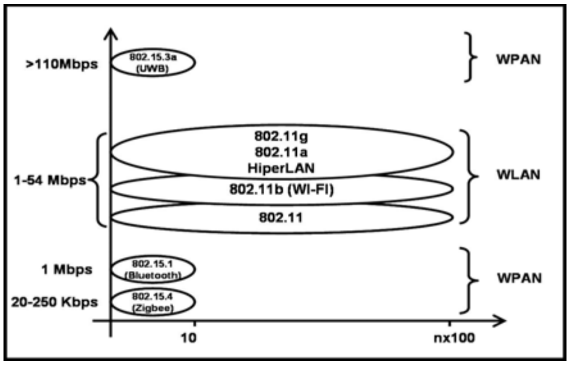
3.อุปกรณ์ (Device)

อุปกรณ์แบบ RFD จะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ อย่างเดียว การเคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่างโนดมี 3 ลักษณะคือ

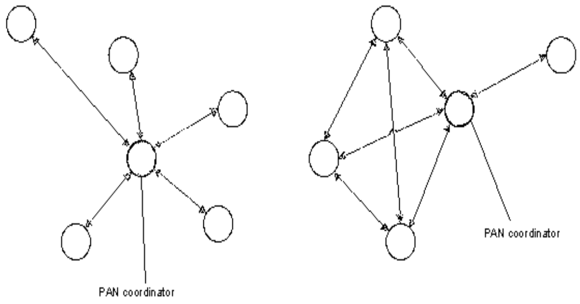
1.จากอุปกรณ์ไปตัวประสานงาน (Device to a coordinator)

2.จากตัวประสานงานไปอุปกรณ์ (Coordinator to device)

3.ระหว่างอุปกรณ์ที่อยู่ในระดับเดียวกัน (Peer to peer)



ภาพที่ 1 แสดงเทคโนโลยีของเครือข่ายไร้สาย [4]



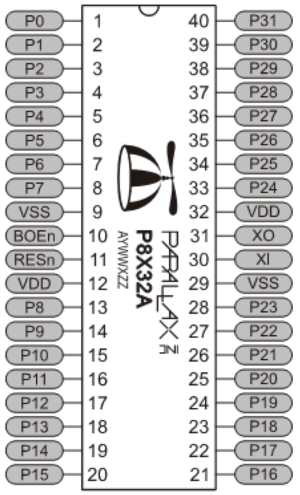
ภาพที่ 2 แสดงโทโปโลยีของเครือข่าย LRWPAN [6],[7]

โทโปโลยีของเครือข่าย LRWPAN จะมี 2 ลักษณะคือ

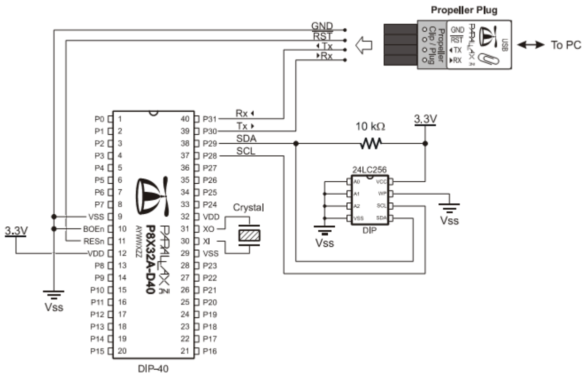
1.แบบ ดาว (Star Topology) และแบบระดับเดียวกัน (Peer to Peer Topology) ในรูปแบบดาวจะมีการติดต่อสื่อสารระหว่าง PAN Coordinator กับอุปกรณ์ ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดในเครือข่าย จะมีตำแหน่งแบบขยาย (Extended Address) และสามารถเปลี่ยนตำแหน่งเป็นแบบสั้น (Short Address) โดย PAN Coordinator ในขณะที่ทำการเชื่อมโยงความสัมพันธ์กันระหว่างอุปกรณ์ (Device Associate)

2.โทโปโลยี แบบที่ 2 (Peer to peer) มี PAN Coordinator เหมือนแบบที่ 1 แต่อุปกรณ์แต่ละตัวสามารถติดต่อระหว่างกันได้ ในระยะการติดต่อของแต่ละอุปกรณ์ โทโปโลยีนี้ สามารถนำมาสร้างเป็นเครือข่าย ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นได้

ตัวควบคุม Propeller ลักษณะโดยทั่วไปเหมือนกับตัวควบคุมแบบฝังตัว (Embedded System) อื่น ๆ แต่ที่เป็นจุดที่น่าสนใจคือ มีตัวประมวลผลย่อยภายใน 8 ตัว (ถูกเรียกว่าค็อก, Cog) ทีแต่ละตัวสามารถทำงานอย่างอิสระ หรือทำงานร่วมกันได้ ลักษณะอย่างอื่น ๆ อีกเช่น หน่วยความจำเป็นแบบแบน (Flat) ทำให้ประหยัดเวลา ในการเข้าถึงส่วนของโปรแกรมและข้อมูล ไม่ได้แยกเป็น 2 ส่วน การจัดการเหตุการณ์ เป็นแบบไม่สอดคล้องกัน (Asynchronous) ทำให้ง่ายต่อการจัดการมากกว่าการใช้การขัดจังหวะ (Interrupt) เพียงแค่การกำหนด cog ทำงานที่ต้องการ ภาษาแอสเซมบลีที่ใช้ง่ายต่อการใช้งาน

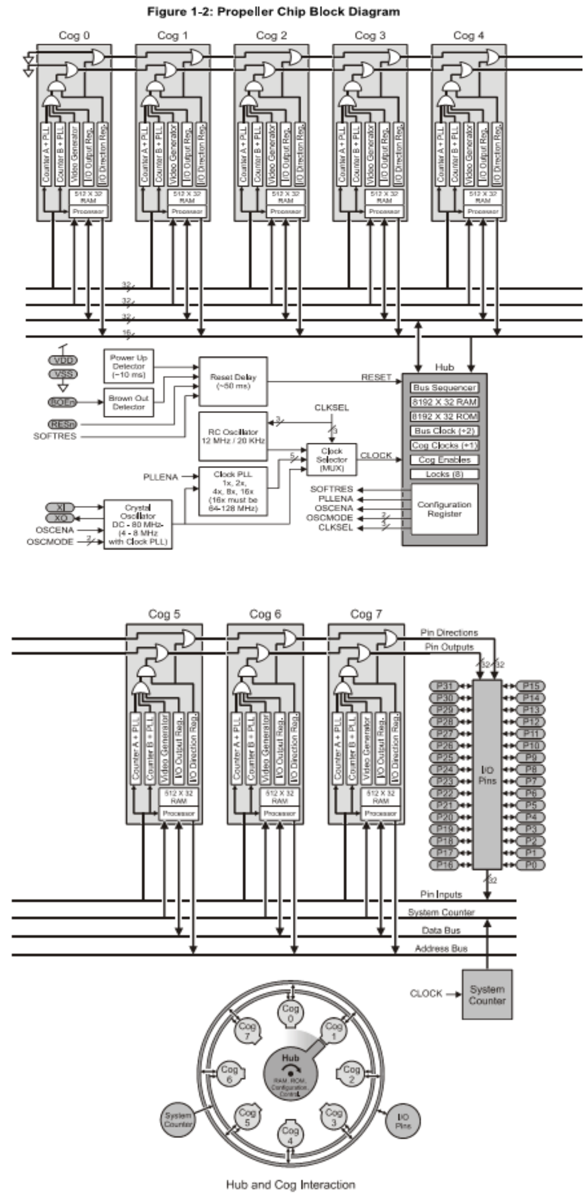


ภาพที่ 3 แสดงรูปร่างและขาของ Propeller chip [10]



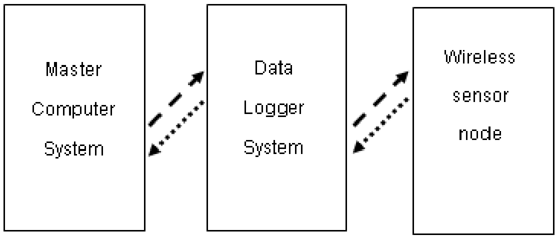
ภาพที่ 4 แสดงการวงจรที่ต่อกับ EEPROM และ คอมพิวเตอร์เพื่อการโปรแกรม [10]

ในการทำงานตอนเริ่มต้นระบบ จะมีการตรวจสอบว่ามีการติดต่อมาจากคอมพิวเตอร์หรือไม่ ถ้ามีการติดต่อมาก็จะทำงานร่วมกันโดยใช้ตัวโปรแกรม บูทโลดเดอร์ (Boot Loader) ทำให้ถ่ายโอนโปรแกรมไปไว้ที่ หน่วยความจำหลัก (Main Ram) หรือหน่วยความจำ EEPROM ภายนอก และเริ่มทำงานด้วย Cog 0 ถ้าไม่มีการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ Boot Loader จะตรวจสอบว่ามีหน่วยความจำ EEPROM ภายนอกต่ออยู่ที่ขา P28 และ P29 หรือไม่ ถ้ามี Propeller chip จะคัดลอกข้อมูล (data image) ไปไว้ในหน่วยความจำหลัก และเริ่มทำงานด้วย Cog 0 และถ้าไม่พบ EEPROM Propeller chip จะเข้าสู่สภาวะปิด (Shutdown mode)

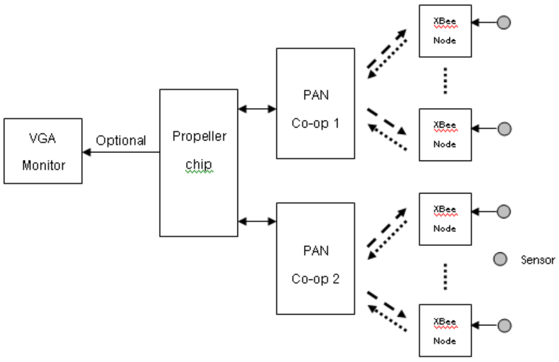


ภาพที่ 5 แสดงลักษณะภายในของ Propeller chip [10]

2.วิธีการดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 6 แผนภาพบล็อกของระบบ (Block Diagram)



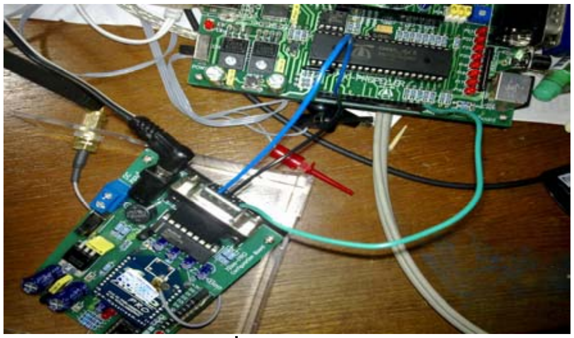
ภาพที่ 7 แสดงแผนภาพบล็อก (Block Diagram) ส่วนของ Data logger

จากภาพที่ 6 เป็นแผนภาพบล็อก ที่ใช้ในการทดลอง โดยต่อกับ XBee 2 ตัว ทั้ง 2 ทำหน้าที่เป็น PAN Coordinator เพื่อรับข้อมูลจากโนดย่อย โดยที่โนดย่อยจะรับข้อมูลจากตัวตรวจจับ แต่ละ Coordinator จะถูกกำหนดให้มีเน็ตเวิร์คแอดเดรสที่แตกต่างกัน

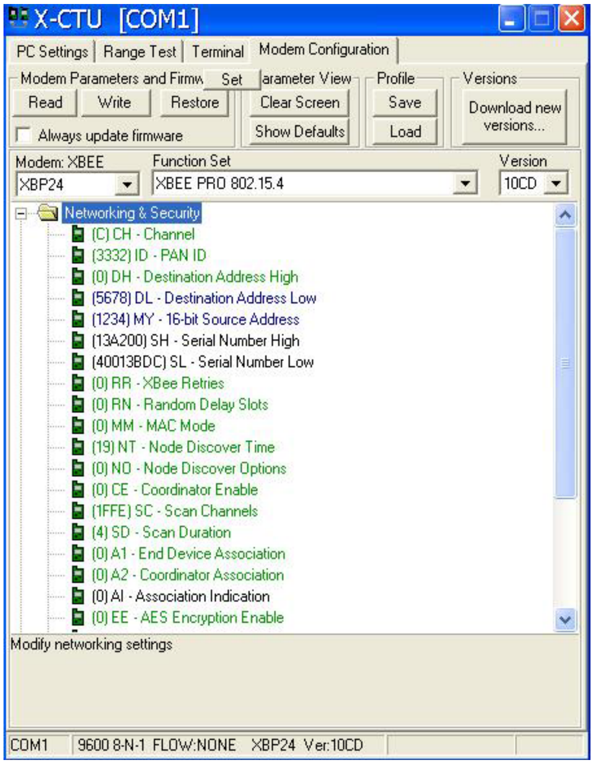
การเชื่อมต่อระหว่าง PAN Co-op1 และ 2 จะใช้การรับส่งแบบอนุกรม มีสัญญาณที่ใช้คือ Di (Data in), Do (Data out), CTS และ RTS ขา CTS และ RTS จะใช้ควบคุมการรับส่งข้อมูลแบบฮาร์ดแวร์ (Hardware Flow Control) ถ้าต่อแบบนี้จะใช้ขาสัญญาณของ Propeller chip มากถึง 4 ขาต่อ XBee 1 ตัว การลดทำได้โดยเปลี่ยนการควบคุมการรับส่งข้อมูลใหม่ โดยที่ CTS จะส่งสัญญาณเมื่อ DI (Data in) Buffer ใกล้เต็ม และเมื่อข้อมูล ใน Buffer เกือบหมด ถ้าไม่ต้องการใช้ขา CTS เพื่อประหยัดสัญญาณของ Propeller ทำได้โดยการส่งข้อมูลที่มีขนาดเล็กกว่า Buffer อีกวิธีหนึ่งคือการใช้อัตราบอด (Baud rate) ที่มีค่าต่ำ ในทำนองเดียวกันกับสัญญาณ RTS ที่ใช้กับ DO (Data out) Buffer ข้อมูลจะหายเมื่อ อัตราการส่งข้อมูลของ RF สูงมากกว่า อัตราการส่งข้อมูลจาก XBee มาที่ตัวควบคุม กรณีที่สอง ตัวควบคุมไม่ยอมรับข้อมูลจาก XBee เนื่องจากถูกควบคุมด้วย ฮาร์ดแวร์ หรือ ซอฟท์แวร์

การที่ตัวควบคุม (Propeller chip) มีขนาดเล็กและทำงานแบบขนานได้ ทำให้สามารถนำ cogs มาใช้ในการแสดงผลข้อมูลที่ได้จากโนดของ XBee โดยสร้างสัญญาณ วีจีเอ (VGA) จากขาสัญญาณของ propeller 8 เส้น ทำให้ระบบมีขนาดเล็ก

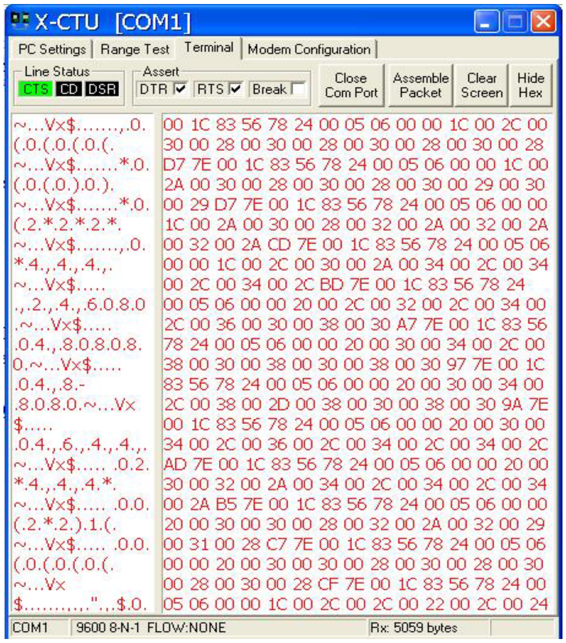
รูปโหนดหลักที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสานงาน



รูปโหนดหลักเชื่อมต่อกับบอร์ด Propeller



รูปตัวอย่างที่ใช้กำหนดค่าให้กับ Xbee



รูปตัวอย่างข้อมูลที่ sensor node Xbee ส่งกลับมาที่ coordinator

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลอง propeller chip สามารถติดต่อกับ Xbee module และนำข้อมูลจาก sensor จากการทดลองจะอ่านข้อมูลจาก port a/d โดยเริ่มต้นส่งข้อมูลจากตัว propeller ไปที่ XBee Coordinator ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยัง XBee ที่ทำหน้าที่ sensor node (รับข้อมูลจาก sensor) ผลที่ได้จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำแบบ ไมโคร เอสดี ที่ระยะทางน้อยกว่า 20 เมตร สามารถรับส่งข้อมูลได้ 100 %

4. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองทำให้สามารถสร้างระบบการเฝ้าดู (Monitoring) ตรวจจับ (Sensing) ขนาดเล็ก ราคาถูก ไม่ต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ และมีราคาสูง ไม่ต้องใช้สายสัญญาณในการเชื่อมต่อ มีการใช้พลังงานของ sensor node ที่ต่ำ และจัดเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำ แบบ non-volatile ขนาดเล็ก ติดต่อกับระบบหลัก ผ่านเครือข่ายไร้สาย (การทดลองใช้ Xbee chip) นอกจากนี้ถ้าต้องการขยายการติดต่อกับระบบ ก็อาจทำได้โดยเพิ่มส่วนเชื่อมต่อกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ Chip TCP/IP ซึ่งจะทำให้การควบคุม เฝ้าดู ถ่ายเทข้อมูล และตรวจจับทำได้สะดวกมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ใช้สถานที่ในการทดลองและวิจัย และอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

เอกสารการประชุมวิชาการ

[1] Supada Laosooksathit, Vara Varavithya, and Nachol Chaiyaratana, "Ant Colony with Event Flooding in Sensor Networks: Forest Fire Detection," in the proceeding of the National Electrical Engineering Conference (EECON 28), 2005.

[2] Itziar Marin, Eduardo Arceredillo, Aitzol Zuloaga and Jagoba Arias,"Wireless Sensor Networks: A Survey on Ultra-Low Power-Aware Design", TRANSACTIONS ON ENGINEERING, COMPUTING AND TECHNOLOGY V1 DECEMBER 2004 ISSN 1305-5313.

[3] Ioannis Chatzigiannakisyz, Athanassios Kinalis and Sotiris Nikoletseas, "Adaptive Energy Management for Incremental Deployment of Heterogeneous Wireless Sensor.", Research Academic Computer Technology Institute, P.O. Box 1122, 26110 Patras, Greece,Dept of Computer Engineering and Informatics, University of Patras, 26500, Patras, Greece.

[4] J. Zheng and Myung J. Lee, "Will IEEE 802.15.4 make ubiquitous networking a reality?-- a discussion on a potential low power, low bit rate standard," IEEE Communications Magazine, Vol. 42, No. 6, pp. 140-146, June 2004.

[5] J. Zheng and Myung J. Lee, "A comprehensive performance study of IEEE 802.15.4," Sensor Network Operations, IEEE Press, Wiley Interscience, Chapter 4, pp. 218-237, 2006.

[6] "ZigBee Tutorial", http://www.ifn.et.tu-dresden.de/~marandin/ZigBee/ZigBeeTutorial.html

[7] William C. Craig "Zigbee: Wireless Control That Simply Works"; Program Manager Wireless Communications ZMD America, Inc.; www.zigbee.org/imwp/idms/popups/ pop_download.asp?contentID=5438

[8] MaxStream, Inc.,"Quick Start Guide XBee™/XBee-PRO™ OEM Development Kits",355 South, 520 West, ste. 180 Lindon, UT 84042, 2006.

[9] MaxStream, Inc.,"Product Manual XBee™/XBee-PRO™ OEM Development Kits",355 South, 520 West, ste. 180 Lindon, UT 84042, 2006.

[10] Parallax Inc., "Propeller Manual Version 1.01", 2006.