

การออกแบบระบบเฝ้าสังเกตน้ำท่วมโดยใช้ตัวควบคุมเครือข่ายตรวจจับไร้สายอัตราต่ำ
แบบหลายเครือข่ายใช้ตัวประมวลผลตัวเดียว

A Design of Flood Monitoring System with Low Rate Wireless Sensor Network Coordinator
with Multi-Network Using Single Processor

วนพันธ์ วิทยุติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ถนนพหลุองสงคราม บางซ้อ กรุงเทพมหานคร 10800 โทรศัพท์: 02-9132424 E-mail: wanapun@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบสร้างตัวควบคุมเครือข่าย (Network Coordinator Controller) ตรวจจับไร้สาย (Wireless sensor) แบบอัตราต่ำ (Low rate) ประกอบด้วยส่วนประมวลผล ส่วนติดต่อสื่อสารและส่วนตรวจจับ (Sensing Device) เพื่อใช้ในระบบการเฝ้าสังเกต และตรวจจับการเกิดน้ำท่วม โดยใช้ตัวควบคุมสมองกลฝังตัวขนาดเล็ก (Small Embedded Micro Controller) เมื่อเชื่อมต่อกันแบบหลายเครือข่าย ทำให้ระบบมีขนาดที่ใหญ่มากขึ้น การออกแบบใช้ตัวควบคุมเพียงตัวเดียว ทำให้ลดการใช้อุปกรณ์ประกอบ และลดการใช้พลังงานลง จากการวิจัยใช้ ตัวควบคุม Propeller Chip ของ Parrallax ที่มีตัวประมวลผลอยู่ภายใน 8 ตัว ที่สามารถทำงานร่วมกันหรือทำงานพร้อม ๆ กันได้ โดยนำตัวควบคุมนี้มาทำงานร่วมกับเครือข่ายตรวจจับไร้สาย ในขั้นตอนของการทดลองจะสร้างโหนด และหาเปอร์เซ็นต์ของการรับส่งระหว่างโหนดหลัก และโหนดย่อย ผลการทดลองทำให้ตัวควบคุมหนึ่งตัว สามารถใช้งานร่วมกับเครือข่ายได้มากกว่าหนึ่งเครือข่าย และสามารถเฝ้าดู (Monitor) ผลการทำงานของตัวตรวจจับได้โดยตรงจาก ตัวควบคุม Propeller ที่สร้างสัญญาณเพื่อต่อกับจอภาพ (Screen Monitor) ของคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง

คำสำคัญ: ตัวตรวจจับไร้สาย, Zigbee, Propeller Chip ระบบเฝ้าสังเกตน้ำท่วม

Abstract

This article presents a design and development of a low rate wireless sensor network coordinator controller. Wireless sensor networks are cheap and comprised of a small fully autonomous processing, communication and sensing devices. In this study develops the system for monitoring and flood warning. This research used small embedded micro controller. The system can expand into multi network and work with single processor. This design will reduce components and power assumption. The research

use Propeller Chip by Parrallax Inc. This chip contains eight processors inside. All eight processors can perform tasks simultaneously or with coordination from other processors. A designed of system works together with wireless sensor networks. The first step of the experiment is creating main node and sub node in flooding area and finds transmission of data between them. Experimental results show that we can use single microcontroller work with multi-network. It can monitor result of network directly from Propeller chip by generating computer monitor signal.

Keywords: sensor network, Zigbee, Propeller chip, monitoring and flood warning system.

1. คำนำ

เครือข่ายตรวจจับไร้สาย (Wireless Sensor Networks: WSN) จะประกอบด้วยจุดตรวจจับ (Sensor Node: SN) ที่มีการกระจายตัวเป็นจำนวนมากในพื้นที่ตรวจจับแต่ละจุดตรวจจับประกอบไปด้วย ส่วนประมวลผลและส่วนสื่อสาร มีหน้าที่หลักคือเฝ้าดูหรือเหตุการณ์ที่สนใจจะตรวจจับภายในบริเวณนั้น เพื่อรวบรวมข้อมูลที่สนใจและส่งกลับไปให้สถานีหลัก (Base Station) เพื่อประมวลผล ปัจจุบันมีการพัฒนา WSN มาประยุกต์มาใช้กับงานหลายๆอย่าง เช่นการควบคุมการใช้พลังงานภายในอาคาร การตรวจจับการเกิดไฟฟ้า [1] ระบบรักษาความปลอดภัยในบ้านหรืออาคาร การตรวจจับศัตรูในทางทหาร และอื่นๆ ที่ต้องการตรวจจับเหตุการณ์ ที่มีโอกาสเกิดหลายๆจุด โดยที่มีจุดตรวจจับ, SN แบบไร้สาย โดยที่แต่ละจุดตรวจจับจะมีขนาดเล็ก ราคาไม่สูงติดตั้งได้ง่าย ใช้พลังงานต่ำ [2] ไม่ต้องมีระบบรองรับพื้นฐาน (Network Infrastructure) ทำให้ในบางพื้นที่ที่ต้องการเฝ้าดู ไม่จำเป็นต้องเข้าไปในพื้นที่นั้น หรือต้องกำหนดตำแหน่งของ WSN โดยไปรษณีย์หรือทิ้งตัวตรวจจับอย่างสุ่มในพื้นที่นั้น

ในบทความนี้ เสนอวิธีการ สร้างตัวควบคุมเครือข่าย ที่ทำหน้าที่ติดต่อกับตัวประสานงานเครือข่าย (Network Coordinator) ที่

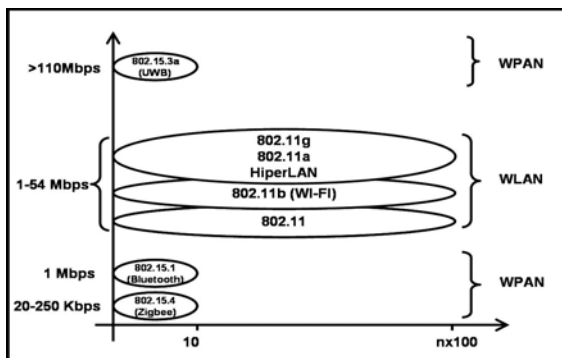
ติดต่อกับเครือข่ายได้หลายเครือข่าย (Multi-Network) แทนที่จะใช้วิธีการเพิ่ม อุปกรณ์ตรวจจับแบบ พลวัตตามวิธีการของ [3] เมื่อมีการเพิ่มเครือข่ายหลายเครือข่าย ทำให้ระบบสามารถทำงานทดแทนเครือข่ายเดิม เพื่อเพิ่มพื้นที่ตรวจจับ เพิ่มรูปแบบของตัวตรวจจับ หรือเป็นระบบสำรอง ในกรณีที่ระบบเดิมมีปัญหา โหนดที่ใช้ใช้ตามมาตรฐานของ IEEE 802.15.4 [4], [5] มีการกำหนดชนิดของอุปกรณ์เป็น 2 ชนิด คือ Full Function Device (FFD) และ Reduced Function Device (RFD)

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

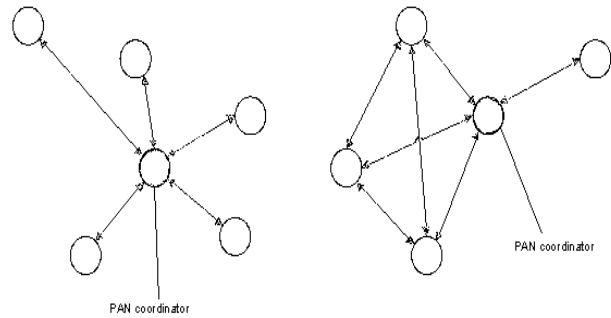
- 1.ตัวประสานงานเครือข่ายส่วนบุคคล (PAN Coordinator)
- 2.ตัวประสานงาน (Coordinator)
- 3.อุปกรณ์ (Device)

อุปกรณ์แบบ RFD จะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ อย่างเดียว การเคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่างโหนดมี 3 ลักษณะคือ

- 1.จากอุปกรณ์ไปตัวประสานงาน (Device to a coordinator)
2. จากตัวประสานงานไปอุปกรณ์ (Coordinator to device)
3. ระหว่างอุปกรณ์ที่อยู่ในระดับเดียวกัน (Peer to peer)



ภาพที่ 1 แสดงเทคโนโลยีของเครือข่ายไร้สาย [4]



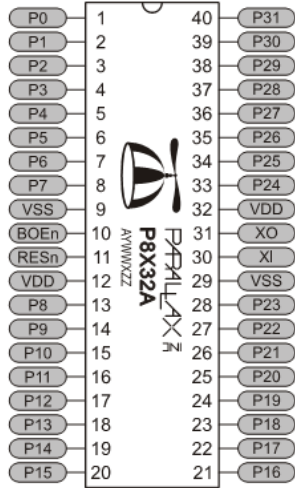
ภาพที่ 2 แสดงโทโปโลยีของเครือข่าย LRWPAN [6],[7]

โทโปโลยีของเครือข่าย LRWPAN จะมี 2 ลักษณะคือ

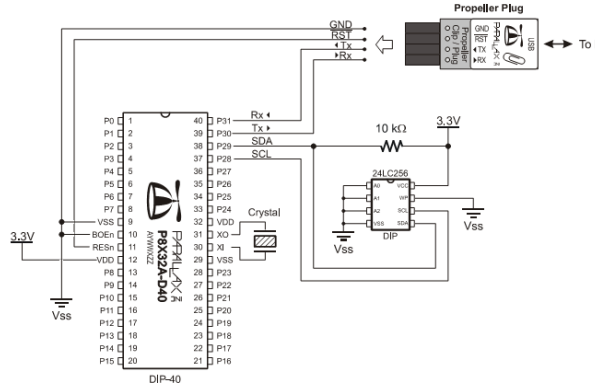
1.แบบ ดาว (Star Topology) และแบบระดับเดียวกัน (Peer to Peer Topology) ในรูปแบบดาวจะมีการติดต่อสื่อสาร ระหว่าง PAN Coordinator กับอุปกรณ์ ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดในเครือข่าย จะมีตำแหน่งแบบขยาย (Extended Address) และสามารถเปลี่ยนตำแหน่งเป็นแบบสั้น (Short Address) โดย PAN Coordinator ในขณะที่ทำการเชื่อมโยงความสัมพันธ์กัน ระหว่างอุปกรณ์ (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 (ถูกเรียกว่า ค็อก, Cog) ที่แต่ละตัวสามารถทำงานอย่างอิสระ หรือทำงานร่วมกันได้ ลักษณะอย่างอื่น ๆ อีกเช่น หน่วยความจำเป็นแบบแบน (Flat) ทำให้ประหยัดเวลา ในการเข้าถึงส่วนของโปรแกรมและข้อมูล ไม่ได้แยกเป็น 2 ส่วน การจัดการเหตุการณ์ เป็นแบบไม่สอดคล้องกัน (Asynchronous) ทำให้ง่ายต่อการจัดการมากกว่าการใช้การขัดจังหวะ (Interrupt) เพียงแค่การกำหนด cog ทำงานที่ต้องการ ภาษาแอสเซมบลีที่ใช้งานต่อการใช้งาน

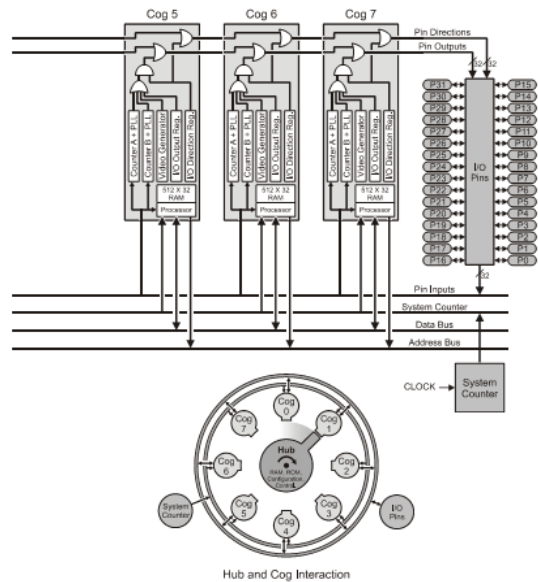
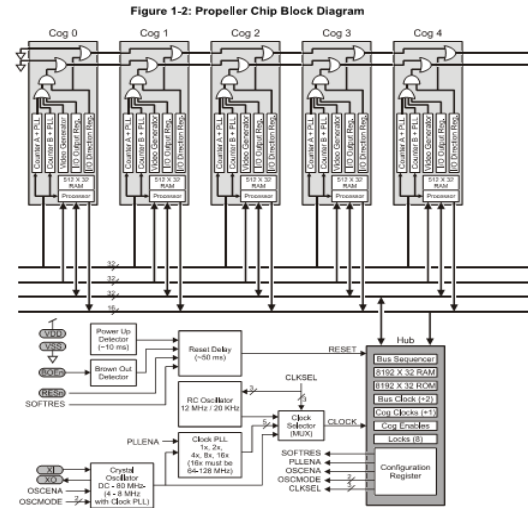


ภาพที่ 3 แสดงรูปร่างและขาของ Propeller chip [10]



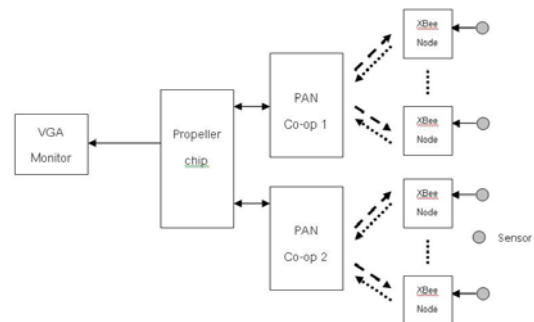
ภาพที่ 4 แสดงการวงจรที่ต่อกับ EEPROM และ คอมพิวเตอร์เพื่อการโปรแกรม [10]

ในการทำงานตอนเริ่มต้นระบบ จะมีการตรวจสอบว่ามี การติดต่อจากคอมพิวเตอร์หรือไม่ ถ้ามีการติดต่อก็จะทำงาน ร่วมกันโดยใช้ตัวโปรแกรม บูทโหลดเดอร์ (Boot Loader) ทำให้ถ่าย โอนโปรแกรมไปไว้ที่ หน่วยความจำหลัก (Main Ram) หรือ หน่วยความจำ EEPROM ภายนอก และเริ่มทำงานด้วย Cog 0 ถ้าไม่มี การติดต่อกับคอมพิวเตอร์ Boot Loader จะตรวจสอบว่ามี หน่วยความจำ EEPROM ภายนอกต่ออยู่ที่ขา P28 และ P29 หรือไม่ ถ้ามี Propeller chip จะคัดลอกข้อมูล (data image) ไปไว้ใน หน่วยความจำหลัก และเริ่มทำงานด้วย Cog 0 และถ้าไม่พบ EEPROM Propeller chip จะเข้าสู่สภาวะปิด (Shutdown mode)

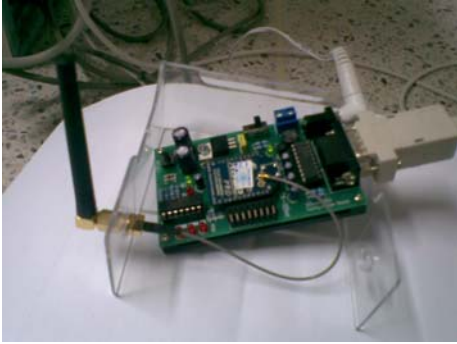


ภาพที่ 5 แสดงลักษณะภายในของ Propeller chip [10]

2. วิธีการดำเนินการวิจัย



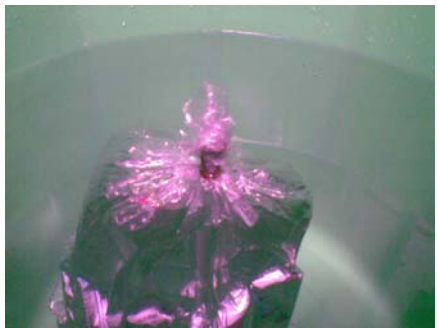
ภาพที่ 6 แสดงแผนภาพบล็อก (Block Diagram) ของการทดลอง



ภาพที่ 7 โหนดหลัก



ภาพที่ 8 โหนดย่อยที่ใช้ต่อกับตัวตรวจจับ



ภาพที่ 7 โหนดย่อยถูกจำลองว่าโค่น้ำท่วมที่ใช้ต่อกับตัวตรวจจับ

อุปกรณ์ที่ใช้ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Propeller เป็นตัวประมวลผลหลัก ใช้โปรแกรมภาษาสปิน (Spin Language) และ Assembly Language เขียนผ่านไมโครคอมพิวเตอร์ ส่วนที่ติดต่อกับตัวตรวจจับใช้ Zigbee chips ของ XBee ที่ถูกโปรแกรม ให้ทำงานบนละเครือข่าย

จากภาพที่ 6 เป็นแผนภาพบล็อก ที่ใช้ในการทดลองโดยต่อกับ XBee 2 ตัว ทั้ง 2 ทำหน้าที่เป็น PAN Coordinator เพื่อรับข้อมูลจากโหนดย่อย โดยที่โหนดย่อยจะรับข้อมูลจากตัวตรวจจับ แต่ละ Coordinator จะถูกกำหนดให้มีเน็ตเวิร์กแอดเดรสที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 7 เป็นโมดูลที่ใช้ทดลอง XBee pro. [8] นำมาใช้ในโหนดหลักตามรูปที่ 7 และโหนดย่อยในรูปที่ 8 ซึ่งเป็นส่วนที่จะใช้ต่อกับตัวตรวจจับ (ในการทดลองนี้ยังไม่ได้ต่อกับตัวตรวจจับ) ในรูปที่ 9 จะมีการหุ้มด้วยพลาสติก เพื่อกันน้ำและมีเพื่อไม่ให้ลอยน้ำ

การทดลองตอนที่แรก จะทดลองรับส่งข้อมูลจากโหนดหลักไปโหนดย่อย ในพื้นที่จำลองที่ไม่มีน้ำท่วมและเปลี่ยนระยะทางบันทึกผลของการรับส่งข้อมูลจำนวน 10,000 ไบท์ (ระยะทางตรง ไม่มีสิ่งกีดขวาง)

ขั้นตอนต่อมาจะทดลองรับส่งข้อมูลแบบเดียวกับตอนแรกแต่ทำในพื้นที่จำลองที่มีน้ำท่วม

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) ถ้าต่อแบบนี้จะใช้สัญญาณของ Propeller chip มากถึง 4 ขาคือ XBee 1 ตัว [9] การลดทำได้โดยเปลี่ยนการควบคุมการรับส่งข้อมูลใหม่ โดยที่ CTS จะส่งสัญญาณเมื่อ DI (Data in) Buffer ใกล้เต็ม และเมื่อข้อมูลใน Buffer เกือบหมดถ้าไม่ต้องการใช้ ขา CTS เพื่อประหยัดสัญญาณของ Propeller ทำได้โดยการส่งข้อมูลที่มีขนาดเล็กกว่า Buffer อีกวิธีหนึ่งคือการใช้อัตราบอด (Baud rate) ที่มีค่าต่ำ ในทำนองเดียวกันกับสัญญาณ RTS ที่ใช้กับ DO (Data out) Buffer ข้อมูลจะหายเมื่อ อัตราการส่งข้อมูลของ RF สูงมากกว่า อัตราการส่งข้อมูลจาก XBee มาที่ ตัวควบคุม กรณีที่สอง ตัวควบคุมไม่ยอมรับข้อมูลจาก XBee เนื่องจากถูกควบคุมด้วยฮาร์ดแวร์ หรือ ซอฟต์แวร์

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

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลการทดลอง propeller chip สามารถติดต่อกับ Xbee module และแสดงผลข้อมูลที่ตัว coordinator ได้รับมาจาก sensor node โดยเริ่มต้นส่งข้อมูลจากตัว propeller ไปที่ XBee Coordinator ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยัง XBee ที่ทำหน้าที่ sensor node (รับข้อมูลจาก sensor) โดยจำลองข้อมูลเป็นข้อมูลตัวอักษรขนาด 8 bits ถูกส่งไปและย้อนส่งกลับ (Loopback) มาที่ตัว coordinator อีกครั้งหนึ่ง ผลที่ได้จะแสดงผลบนมอนิเตอร์แบบวีจีเอ เป็นข้อมูลที่ได้จาก coordinator 2 ตัว ที่ทำงานได้พร้อมๆ กัน ที่ระยะทางน้อยกว่า 20 เมตรสามารถรับส่งข้อมูลได้ 100 %

3.2 พื้นที่ไม่มีน้ำท่วม ที่ระยะทางน้อยกว่า 20 เมตร การรับส่งข้อมูลทำได้ 100 % เมื่อเพิ่มระยะทาง การรับส่งข้อมูลจะทำได้ น้อยลง ที่ระยะ 25 เมตร ทำได้ 90.7% และที่ระยะ 30 เมตร ทำได้ 86.5.7% ตามลำดับ

พื้นที่จำลองว่ามีน้ำท่วม ที่ระยะ 2 เมตร ทำได้ 33.6% ที่ระยะ 1.5 เมตร ทำได้ 61.2% และที่ระยะ 1 เมตร ทำได้ 100% ตามลำดับ

ประโยชน์จากงานวิจัยนำไปใช้ เป็นเครือข่ายตรวจจับไร้สาข เพื่อเฝ้าดูการเกิดน้ำท่วมและส่งสัญญาณมาที่ตัวรวบรวมข้อมูล ซึ่งเปรียบเสมือนกับประตู (Gateway) เพื่อนำผลของข้อมูลไปใช้ประโยชน์ ในการเตือนภัย หรือศึกษาแนวโน้มการเกิดน้ำท่วม

4. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองทำให้สามารถสร้างระบบการเฝ้าดู (Monitoring) ตรวจจับ (Sensing) ขนาดเล็ก ราคาถูก ไม่ต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ และมีราคาสูง ไม่ต้องใช้สายสัญญาณในการเชื่อมต่อ มีการใช้พลังงานของ sensor node ที่ต่ำ ถ้าต้องการประหยัดพลังงานทั้งระบบ ทำได้โดยเปลี่ยนรูปแบบในการแสดงผลให้เป็นแบบผลึกเหลว (LCD) และอาจจะเพิ่มระบบการเชื่อมต่อเพื่อติดต่อกับผู้ใช้โดยผ่าน ทีวีบอร์ดได้ นอกจากนี้ถ้าต้องการขยายการติดต่อกับระบบ ก็อาจทำได้โดยเพิ่มส่วนเชื่อมต่อกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งจะทำการควบคุม เฝ้าดู และตรวจจับทำได้สะดวกมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ให้ใช้สถานที่ในการทดลองและวิจัย และอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

6. เอกสารอ้างอิง

[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.

[3] Ioannis Chatzigiannakis, Athanasios Kinalis and Sotiris Nikolettseas, "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, 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.