โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง

ระบบจัดการและรายงานสถานะโหนดตรวจวัดไร้สาย แบบเรียลไทม์ในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย

Wireless Sensor Network Manager With Real-time and Historical Visualization

โดย

นางสาว สุนิศา พลายพันธุ์

รหัสประจำตัว 5210502678

พ.ศ.2555

ระบบจัดการและรายงานสถานะโหนดตรวจวัดไร้สายแบบเรียลไทม์ในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย

Wireless Sensor Network Manager with Real-time and Historical Visualization

โดย

นางสาว สุนิศา พลายพันธุ์

โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

(ผศ.ดร.ชัยพร ใจแก้ว)

.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

(รศ.ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม)

.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

(ดร.อภิรักษ์ จันทร์สร้าง)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

(ผศ.ดร.ภุชงค์ อุทโยภาศ)

นางสาวสุนิศา พลายพันธุ์ ปีการศึกษา 2555
ระบบจัดการและรายงานสถานะโหนดตรวจวัดไร้สายแบบเรียลไทม์ในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์) ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมผ่านเครือข่ายไร้สายมีบทบาทในการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในบริเวณที่ผู้ใช้ต้องการได้หลากหลายพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยาก และรายงานสภาพแวดล้อมของพื้นที่เหล่านั้นให้กับผู้ใช้งานทราบ โครงงานนี้นำเสนอระบบจัดการและรายงานสถานะโหนดตรวจวัดไร้สายแบบเวลาจริงและย้อนหลังในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย เพื่อตรวจสอบการทำงานของโหนดตรวจวัดไร้สายและเครือข่ายตรวจวัดไร้สายผ่านทางเว็บอินเตอร์เฟซ รวมทั้งสามารถตรวจสอบสภาพแวดล้อมบริเวณเหล่านั้นแบบเวลาจริง และดูข้อมูลสภาพแวดล้อมเหล่านั้นย้อนหลังได้เช่นกัน โดยข้อมูลที่ได้รับมาจากเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย จะถูกนำมาแสดงผลบนเว็นอินเตอร์เฟซในรูปแบบของแผนภาพเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจได้ง่าย โดยในโครงงานนี้ได้ทำการทดลองในสถานการณ์เสมือนจริง โดยการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนและแสงเพื่อเฝ้าระวังความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ดินโคลนถล่ม เพื่อตรวจสอบการทำงานของเว็บอินเตอร์เฟซในการแสดงข้อมูลต่างๆตามที่ได้กำหนดไว้

คำสำคัญ เครือข่ายตรววัดไร้สาย ระบบตรวรวัดสภาพแวดล้อม ระบบจัดการ

Sunisa Plyphan. Academic Year 2012
Wireless Sensor Network Manager With Real-time and Historical Visualization
Bachelor Degree in Computer Engineering,
Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering, Kasetsart University

Abstract

Wireless sensor networks allow measurement of environment data from various areas, especially difficult-to-access places, and report those data to users. This article presents Wireless Sensor Network Manager with Real-time and Historical Visualization. It monitors real-time status of sensor nodes and network connectivity, as well as environment data, via web interface. Historical data can also be retrieved and visualized. Data and status are displayed on web interface in form of graphs and diagrams in order to make them easy to understand by both technical and non-technical users. Hypothetical scenarios based on measuring rainfall and light intensity for monitoring landslide situation presented to demonstrate core features of the system.

Keywords : Wireless Sensor Network , Measuring environment ystem , Management System

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาโครงงานระบบจัดการและรายงานสถานะโหนดตรวจวัดไร้สายแบบเรียลไทม์ในเครือข่ายตรวจวัดไร้สายนี้ จะไม่สามารถสำเร็จโดยลุล่วงได้หากไม่มีบุคคลเหล่านี้ ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ชัยพร ใจแก้ว รศ.ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม ดร.อภิรักษ์ จันทร์สร้าง แห่งห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สาย(IWING) ที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และแก้ไขข้อบกพร่องระหว่างการพัฒนาโครงงานตลอดมา ขอบคุณเพื่อนๆในรุ่น และเพื่อนๆในห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สาย (IWING) ที่คอยเพิ่มเติมสีสันและสร้างความสนุกสนานในการทำโครงงาน

และที่ขาดไม่ได้ ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกๆคนในครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจ และเป็นแรงผลักดันที่ที่สำคัญที่สุด ตลอดการทำโครงงานนี้

สุนิศา พลายพันธุ์

ผู้จัดทำ

สารบัญ

1.บทนำ 1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.2 ขอบเขตการดำเนินงาน 2
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 เครือข่ายตรวจวัดไร้สาย 3
2.2 เทคโนโลยีด้านการทำเว็บแอพพลิเคชั่น 4
2.3 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 7
3. เครื่องมือที่ใช้การทำโครงงาน 8
3.1 โหนดตรวจวัดไร้สายและเกตเวย์ 8
3.2 USB-UART Converter 10
3.2 เซิร์ฟเวอร์ 10
4. วิธีการดำเนินโครงงาน 11
4.1 ภาพรวมของระบบ 11
4.2 รายละเอียดโครงงานที่พัฒนา 12
4.3 โครงสร้างซอฟต์แวร์ 13
5. ผลการดำเนินโครงงานและวิจารณ์ 15
5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ 22
5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล 23
6.สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 26
6.1 สรุปผลการดำเนินงาน 26
6.2 ปัญหาและอุปสรรค 26
6.3 ข้อเสนอแนะ 26
7. บรรณานุกรม 27
8.ภาคผนวก 29
8.1 คู่มือการติดตั้ง 29
8.1.1 การติดตั้งรหัสต้นฉบับ 29
8.1.2 การติดตั้งเว็บเซิร์ฟเวอร์ 29
8.2 คู่มือการใช้งาน 30
ประวัตินิสิต 34

สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1 สถาปัตยกรรมการส่งข้อมูลแบบมัลติฮ็อปของเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย 3
รูปที่ 2.2 สถาปัตยกรรมของโหนดตรวจวัดไร้สาย 3
รูปที่ 2.3 การแสดงผลของ SVG บนเว็บอินเตอร์เฟซ 6
รูปที่ 3.1 โหนดตรวจวัดไร้สายที่ได้รับการพัฒนาโดย ห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สาย (IWING) 8
รูปที่ 3.2 โมดูลสื่อสารไร้สาย MRF24J40MA 9
รูปที่ 3.3 Serial UART to USB mini B Converter V4 10
รูปที่ 4.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ 11
รูปที่ 4.2 โครงสร้างซอฟต์แวร์ของ Server และ Client 13
รูปที่ 4.3 แผนภาพการเชื่อมต่อแบบ Asymmetric 14
รูปที่ 4.4 แผนภาพการเชื่อมต่อแบบ Symmetric 15
รูปที่ 4.5 เว็บอินเตอร์เฟซแสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมแบบเวลาจริง 15
รูปที่ 4.6 เว็บอินเตอร์เฟซแสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมย้อนหลังตามชนิดของข้อมูลและตามวันเวลาที่ต้องการ 15
รูปที่ 4.7 โครงสร้างฐานข้อมูล wsn 16
รูปที่ 5.1 โหนดตรวจวัดไร้สาย ที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำฝน 21
รูปที่ 5.2 โหนดตรวจวัดไร้สาย ที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำฝน 21
รูปที่ 5.3 สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบระบบ 22
รูปที่ 5.4 การเชื่อมต่อโหนดเกตเวย์ 22
รูปที่ 5.5 การจ่ายไฟให้โหนดเกตเวย์ 23
รูปที่ 5.6 ผลการทำงานของเว็บอินเตอร์เฟซ 23
รูปที่ 5.7 ผลการทำงานของเว็บอินเตอร์เฟซ 23
รูปที่ 5.8 การดูข้อมูลย้อนหลังผ่านเว็บอินเตอร์เฟซ 24
รูปที่ 5.9 การเลือกช่วงเวลาในรูปแบบ 24
รูปที่ 5.10 เว็บอินเตอร์เฟซสถานะการเชื่อมต่อแบบ Symmetric Link 25
รูปที่ 5.11 เว็บอินเตอร์เฟซสถานะการเชื่อมต่อแบบ Asymmetric Link 25
รูปที่ 8.1 การติดตั้งและจ่ายไฟให้กับโหนดตรวจวัดไร้สาย 30
รูปที่ 8.2 เกตเวย์ที่ติดตั้งที่เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย 31
รูปที่ 8.3 เว็บอินเตอร์เฟซแสดงสถานการณ์เชื่อมต่อของโหนดตรวจวัดไร้สายแบบ Asymmetric 32

รูปที่ 8.4 เว็บอินเตอร์เฟซแสดงสถานการณ์เชื่อมต่อของโหนดตรวจวัดไร้สายแบบ Symmetric 32
รูปที่ 8.5 เว็บอินเตอร์เฟซแสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์ 33
รูปที่ 8.6 เว็บอินเตอร์เฟซแสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมย้อนหลังตามชนิดของข้อมูลและตามวันเวลาที่ต้องการ..... 33

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของหน่วยประมวลผล ATmega328P 8
ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของโมดูลสื่อสารไร้สาย MRF24J40MA 9

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้เกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบและทำให้เกิดความเสียหายเป็นอย่างมาก ซึ่งภัยพิบัติบางประเภทก็สามารถป้องกันได้โดยการรวบรวมข้อมูลของสภาพแวดล้อมต่างๆเพื่อนำข้อมูลของสภาพแวดล้อมเหล่านั้น ไปวิเคราะห์และคำนวณ เพื่อหาหนทางป้องกันความเสียหายจากภัยธรรมชาติเหล่านั้น เครือข่ายตรวจวัดไร้สาย จึงเข้ามามีบทบาทในการเป็นเครือข่ายที่ติดตั้งอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ผู้คนไม่อาจเข้าไปถึงได้ หรือไม่สามารถอยู่ได้เป็นเวลานาน เช่น ในป่า หรือบนภูเขา โดยโหนดตรวจวัดไร้สายจะทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูลของสภาพแวดล้อมในบริเวณที่ได้นำโหนดตรวจวัดไร้สายไปติดตั้ง และส่งข้อมูลเหล่านั้นมายังเกต์เวย์ และเกต์เวย์ก็จะส่งข้อมูลผ่านเว็บเซอร์วิสเพื่อให้เว็บเซิร์ฟเวอร์ประมวลผลและแสดงออกทางเว็บอินเตอร์เฟซต่อไป

โครงการนี้ได้พัฒนาต่อยอดจากระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมผ่านเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย และระบบการจัดการโหนดตรวจวัดและอุปกรณ์เกตเวย์ในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย ของห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สาย (IWING) [1] [2] [3] เนื่องจากการนำไปใช้ในสถานที่จริงนั้น ยังคงพบหลายปัญหาที่ทำให้ระบบไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ปัญหาหลักหนึ่งคือการขาดแคลนบุคลากรที่มีความรู้เกี่ยวกับเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย เนื่องจากบริเวณที่จำเป็นต้องใช้เครือข่ายตรวจวัดไร้สายนั้น มีความเป็นไปได้สูงที่จะเป็นบริเวณที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ง่าย และหากติดตั้งแล้วต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวอยู่ประจำตลอดเวลา ทำให้เกิดความยุ่งยากในการนำไปใช้งานจริง นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากโหนดตรวจวัดไร้สาย ยังไม่ได้นำออกมาแสดงผลเท่าที่ควรได้แต่เก็บไว้ในฐานข้อมูล ทำให้ผู้ใช้งานหรือนักวิชาการยังไม่สามารถนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลไปใช้ได้โดยตรง ผู้สังเกตการณ์ก็อาจจะไม่สังเกตเห็นถึงสิ่งผิดปกติที่กำลังเกิดขึ้น โครงงานนี้จึงปรับปรุงให้การแสดงผลของเว็บอินเตอร์เฟซดียิ่งขึ้น นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ออกมาแสดงผลให้มากยิ่งขึ้น และออกแบบให้สามารถเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น เพื่อให้บุคคลทั่วไปที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับเครือข่ายตรวจวัดไร้สายที่ทำหน้าที่เป็นผู้สังเกตการณ์ สามารถเข้าใจถึงข้อมูลของสภาพแวดล้อมที่ส่งมาจากโหนดตรวจวัดตามเวลาจริง รวมถึงเพิ่มเครื่องมือที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพแวดล้อมทั้งในอดีตและปัจจุบัน คือการแสดงข้อมูลที่ส่งมาจากโหนดตรวจวัดไร้สายตามเวลาจริง เพื่อที่จะสามารถรับมือกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที และการแสดงผลข้อมูลย้อนหลังได้ เพื่อนำข้อมูลย้อนหลังมาวิเคราะห์ถึงความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์หรือวิเคราะห์หาปัจจัยอื่นๆต่อไป

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

- เพื่อให้ผู้ที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย สามารถใช้งานระบบจัดการนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- เพื่อให้ผู้ใช้งานเว็บอินเตอร์เฟซ สามารถแปลผลข้อมูลที่แสดงผลอยู่บนเว็บอินเตอร์เฟซได้ดีขึ้น
- เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลที่ได้จากโหนดตรวจวัดไร้สายไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการติดตั้งในสภาพแวดล้อมอื่นๆได้

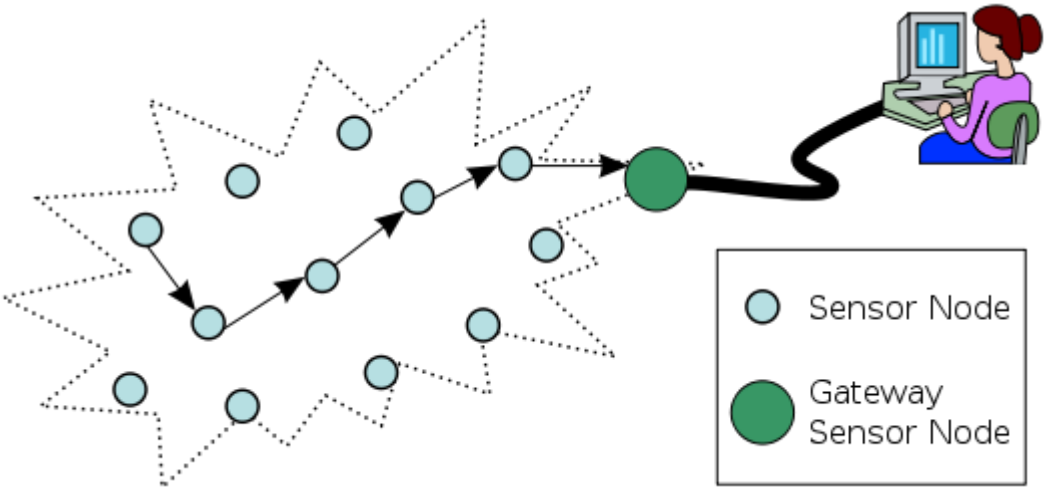
1.2 ขอบเขตการดำเนินงาน

- เว็บอินเตอร์เฟซสามารถแสดงสถานะของเครือข่ายตรวจวัดไร้สายแบบเวลาจริงได้
- เว็บอินเตอร์เฟซสามารถแสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมที่เครือข่ายตรวจวัดไร้สายติดตั้งอยู่แบบเวลาจริงได้
- ผู้ใช้สามารถเลือกดูข้อมูลสถานะของเครือข่ายตรวจวัดไร้สายย้อนหลังได้ตามเวลาที่ต้องการ ในหน่วยของวัน เดือน ปี ชั่วโมง นาที และวินาที
- ผู้ใช้สามารถเลือกดูข้อมูลสภาพแวดล้อมที่เครือข่ายตรวจวัดไร้สายติดตั้งอยู่ย้อนหลังได้ตามเวลาที่ต้องการ
- เว็บอินเตอร์เฟซสามารถนำข้อมูลจากโหนดตรวจวัดไร้สาย ที่พัฒนาจากห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สาย (IWING) มาแสดงผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครือข่ายตรวจวัดไร้สาย

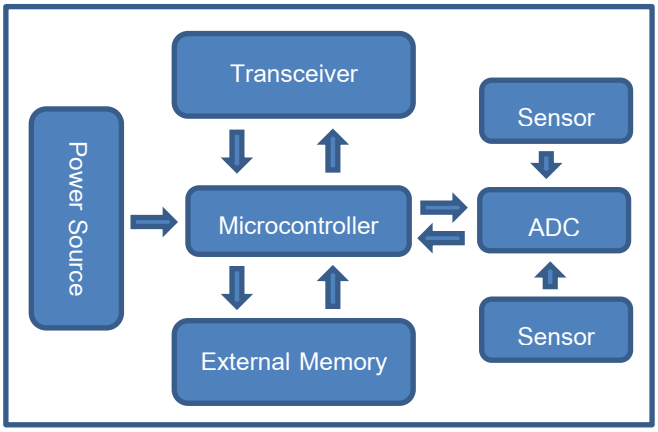
เครือข่ายตรวจวัดไร้สาย ประกอบด้วยโหนดตรวจวัดไร้สายที่เป็นอิสระต่อกัน ใช้เพื่อตรวจสอบสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความสว่าง โดยส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไปยังส่วนกลาง ซึ่งเทคโนโลยีในการส่งข้อมูลของเครือข่ายตรวจวัดไร้สายนั้นแตกต่างจากเครือข่ายอื่นๆตรงที่เครือข่ายตรวจวัดไร้สายจะใช้การส่งข้อมูลแบบหลายฮ็อป และสามารถกำหนดเส้นทางการส่งข้อมูลได้ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สถาปัตยกรรมการส่งข้อมูลแบบมัลติฮ็อปของเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย
ที่มา http://en.wikipedia.org/wiki/File:WSN.svg

2.1.1 โหนดตรวจวัดไร้สาย

โหนดตรวจวัดไร้สายเป็นโหนดในเครือข่ายตรวจวัดไร้สายที่มีความสามารถในการวัดข้อมูลของสภาพแวดล้อม ประมวลผล รวบรวมข้อมูล และสื่อสารกับโหนดต่างๆที่เชื่อมต่อกันภายในเครือข่าย ซึ่งโหนดตรวจวัดไร้สายโดยทั่วไปจะมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 สถาปัตยกรรมของโหนดตรวจวัดไร้สาย

โดยโหนดตรวจวัดไร้สายประกอบด้วย

1. ไมโครคอนโทรเลอร์ที่มีหน้าที่ควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูล
2. ทรานซีฟเวอร์ มีไว้สำหรับการติดต่อสื่อสาร ส่งสัญญาณและรับสัญญาณจากโหนดตรวจวัดตัวอื่น
3. หน่วยความจำภายนอก มีไว้เพื่อเก็บข้อมูลแอพพลิเคชั่น หรือเก็บโปรแกรมที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมอุปกรณ์
4. แหล่งพลังงาน เป็นแหล่งจ่ายไฟของโหนดตรวจจวัดไร้สาย
5. อุปกรณ์ตรวจวัดความเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม

2.1.2 มาตรฐาน IEEE 802.15.4

มาตรฐาน IEEE802.15.4 [7] เป็นมาตรฐานการส่งสื่อสารระยะใกล้ชนิดหนึ่ง อยู่ในระดับฟิสิคัลเลเยอร์และดาต้าลิงค์เลเยอร์ ซึ่งใช้พลังงานต่ำทำให้สามารถใช้งานได้นาน ราคาถูก อีกทั้งยังทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวนสูง ทำให้เหมาะสมกับการนำมาใช้ในระบบเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย ซึ่งโดยพื้นฐานจะใช้พื้นที่สำหรับการสื่อสาร 75 เมตร และมีความเร็วการส่งข้อมูล 250 กิโลบิตต่อวินาทีที่เพียงพอสำหรับการสื่อสารในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติสำคัญคือการหลีกเลี่ยงการชนกันของข้อมูลด้วย CSMA/CA [9] และรวมไปถึงความปลอดภัยในการสื่อสารทำให้เป็นมาตรฐานที่สำคัญและนิยมนำมาใช้ในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย

2.2 เทคโนโลยีด้านการทำเว็บแอพพลิเคชั่น

2.2.1 AJAX

Asynchronous Javascript and XML หรือ AJAX [10] เป็นเทคนิคที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเว็บเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งเป็นการรับส่งข้อมูลกันในฉากหลัง ทำให้ไม่รบกวนการแสดงผลของเว็บเพจทั้งหน้า และทำให้การแสดงผลรวดเร็วขึ้น โดยเว็บแอพพลิเคชั่นที่ใช้เทคนิคนี้จะทำงานแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) โดยคอมพิวเตอร์แม่ข่ายจะทำการส่งผลลัพธ์ให้ผู้ใช้ทันทีโดยไม่รอให้ประมวลผลเสร็จทั้งหมด ส่วนทางฝั่งของผู้รับก็จะดึงข้อมูลแต่ละส่วนที่หลังตามที่ตนเองต้องการ

2.2.2 JSON

Javascript Object Notation หรือ JSON [8] เป็นฟอร์แมตในการส่งข้อมูล โดยการนำข้อความมาทำให้อยู่ในรูปแบบของอะเรย์ (Array) ทำให้สามารถส่งข้อความได้ทีละมากๆ และด้วยความที่ใช้งานง่าย กระชับ ทำให้ JSON ได้รับความนิยมในการนำมาใช้ในการส่งข้อมูลในการเขียนเว็บแอพพลิเคชั่นด้วยเทคนิค AJAX

โดย JSON จะมีรูปแบบที่สามารถยืดหยุ่นได้ค่อนข้างมาก ทำให้ผู้ใช้สามารถส่งข้อมูลได้หลายรูปแบบและหลายค่าในเวลาเดียวกัน ดังตัวอย่างด้านล่าง

```
{
     "Firstname": "Sunisa",
     "Lastname": "Plyphan",
     "Nickname": "Noinah",
     "Address": {
         "Addressnum": "46/2",
         "City": "Chonburi",
         "Country": "Thailand",
     },
     "Phone": [
         "081-2345678",
         "089-5555555"
     ]
 }
```

โดยเมื่อผู้ใช้ส่งข้อมูลในรูปแบบ JSON แล้ว ฝั่งรับข้อมูลก็จะต้องสามารถรับข้อมูลแบบ JSON ได้เช่นเดียวกัน ดังตัวอย่าง หากฝั่งผู้ส่ง ส่งข้อมูลในรูปแบบของ JSON ดังข้างต้นไปในตัวแปรที่มีชื่อว่า JSON1 ทางฝั่งผู้รับเมื่อรับข้อมูลก็จะสามารถอ้างถึงข้อมูลได้ เช่น เมื่อผู้ใช้เรียก JSON1.Firstname ก็จะได้ค่า Sunisa ออกมา เมื่อผู้ใช้เรียก JSON1.Address.City ก็จะได้ค่า Chonburi ออกมา หรือเมื่อผู้ใช้เรียก JSON1.Phone[0] ก็จะได้ค่า 081-2345678 ออกมา เป็นต้น ซึ่งสัญลักษณ์ { } จะหมายถึง hash คือสามารถใช้ index เป็นอะไรก็ได้ ส่วนสัญลักษณ์ [ ] จะหมายถึง array ซึ่งจะมี index เป็นตัวเลขเรียงกันไปตั้งแต่ 0 ถึง n

2.2.3 SVG

Scalable Vector Graphics หรือ SVG [6] เป็นภาษาบนมาตรฐาน XML สำหรับอธิบายกราฟิกแบบเวกเตอร์ 2 มิติ ทั้งที่เป็นภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว

ในมาตรฐานของ SVG ประกอบด้วยวัตถุ 3 ชนิดดังนี้

1. รูปร่างชนิดเวคเตอร์ (Vector Graphic Shape) เช่น รูปทรงเรขาคณิตต่างๆ เส้นตรง เส้นโค้ง
2. รูปภาพ (Image)
3. ข้อความ (Text)

ซึ่ง SVG จะเป็นส่วนหนึ่งของการเขียนเว็บอินเตอร์เฟซโดยมีโครงสร้างเป็นส่วนหนึ่งของ HTML TAG ดังนี้

```
<html>
<body>
<h1>TEST SVG</h1>
<svg>
  <circle cx="150" cy="100" r="50" stroke="red"
  stroke-width="5" fill="black" />
</svg>
</body>
</html>
```

โดยจากข้างต้น จะทำให้เว็บอินเตอร์เฟซแสดงผลดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 การแสดงผลของ **SVG** บนเว็บอินเตอร์เฟซ

2.2.4 D3.js

D3.js [5] เป็นไลบรารี่ของ Javascript ที่มีไว้สำหรับการจัดการข้อมูล ซึ่ง D3.js โดยการนำข้อมูลมาผูกกับ Document Object Model (DOM) [11] และแสดงผลข้อมูลเหล่านั้นโดยใช้เทคโนโลยี HTML5 (Hypertext Markup Language) , SVG และ CSS3 (Cascading style sheet) ออกมาเป็นแผนภาพแบบต่างๆ ด้วยความรวดเร็ว สามารถแสดงแอนิเมชั่นที่ตอบโต้กับผู้ใช้ได้แบบไดนามิคและราบรื่น ทั้งยังรองรับการรับข้อมูลในหลายรูปแบบรวมทั้ง JSON ของ AJAX อีกด้วย

2.2.5 Jquery.js

Jquery.js [12] เป็นไลบราลี่ของ JavaScript ที่บรรจุด้วยฟังก์ชั่นต่างๆเพื่อให้เราสามารถเรียกใช้ได้ง่ายขึ้น แทนที่การเรียกแบบเต็มรูปแบบด้วย AJAX และ Event ของเหตุการณ์ต่างๆ นอกจากนี้ยังรองรับการทำแอนิเมชั่นอย่างง่าย และสามารถนำฟังก์ชั่นหนึ่งไปผูกกับอีกฟังก์ชั่นหนึ่งได้โดยง่ายเพื่อให้สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพได้มากขึ้น

2.2.6 Bootstrap

Bootstrap [13] เป็น CSS Framework ตัวหนึ่งที่บรรจุ CSS3 และ HTML5 ไว้หลากหลายรูปแบบ เพื่อเป็นตัวช่วยในการจัดหน้าเว็บเพจ ซึ่งสามารถเรียกมาใช้กับหน้าเว็บเพจได้โดยสะดวก รวมถึงยังมีส่วนของ JQuery และ JavaScript เพื่อใช้จับ Event ที่จะเกิดขึ้นกับ Object ที่สร้างขึ้นจาก Bootstrap บนหน้าเว็บเพจอีกด้วย

2.2.7 Codeignitor

Codeignitor [4] เป็น PHP Framework ซึ่งทำงานบนหลักการ Model View Controller (MVC) [14] ทำให้สามารถบริหารจัดการเว็บไซต์ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว ทั้งยังมีไลบราลี่ต่างๆที่จัดเตรียมไว้ให้และออกแบบเพื่อให้สามารถเรียกใช้งานได้ง่าย ด้วยการแยกส่วน Business Logic ออกจากส่วนนำเสนอ ทำให้ผู้ใช้ลดความสับสนใน Sourcecode จึงสามารถจัดการกับเว็บไซต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

(ภรภัทรา ชัยโรจน์,2553) ศึกษาและพัฒนาระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมผ่านเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย โดยการนำโหนดขนาดเล็กไปติดตั้งตามสถานที่ต่างๆ และโหนดตรวจวัดไร้สายจะส่งข้อมูลไปยังเกตเวย์ผ่านโหนดใกล้เคียงด้วยการส่งแบบมัลติฮอป จากนั้นเกตเวย์ก็จะอัพโหลดข้อมูลไปสู่เซิร์ฟเวอร์

(อรุณี ไชยชาญ ,2554) พัฒนาระบบจัดการการตรวจวัดสภาพแวดล้อมผ่านเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย เพื่อให้การจัดการระบบเป็นไปได้อย่างสะดวกรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ และสามารถควบคุมได้จากส่วนกลาง โดยสามารถตรวจสอบการทำงานของระบบผ่านทางเว็บบราวเซอร์ได้

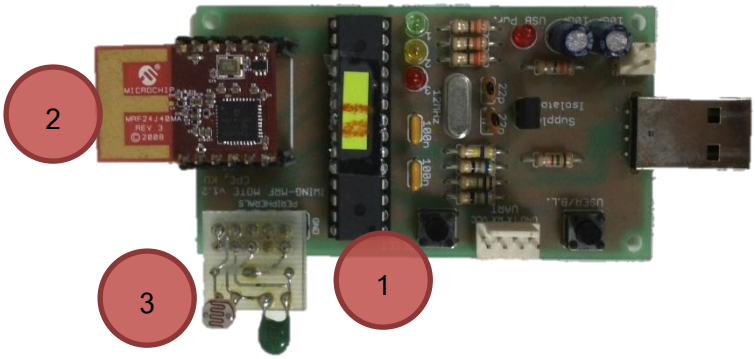
3. เครื่องมือที่ใช้การทำโครงงาน

3.1 โหนดตรวจวัดไร้สายและเกตเวย์

3.1.1 ด้านฮาร์ดแวร์

โหนดตรวจวัดไร้สายพัฒนาโดยนางสาวมรกต ศรวณีย์ จากห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สาย (IWING) ดังรูปที่ 3.1 มีส่วนประกอบดังนี้

1. หน่วยประมวลผล ATmega328P
2. โมดูลสื่อสารไร้สาย MRF24J40MA
3. อุปกรณ์ตรวจวัด ประกอบด้วยตัวตรวจวัดแสงและอุณหภูมิ



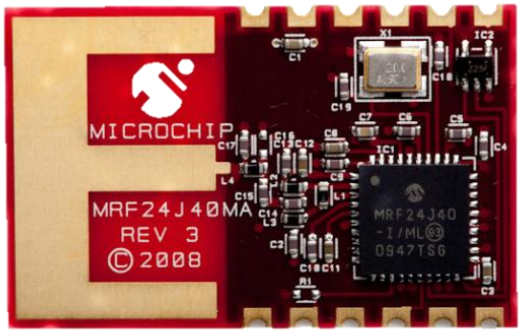
รูปที่ 3.1 โหนดตรวจวัดไร้สายที่ได้รับการพัฒนาโดย ห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สาย (IWING)

โหนดตรวจวัดไร้สายประกอบด้วยหน่วยประมวลผล ATmega328P , โมดูลสื่อสารไร้สาย MRF24J40MA ซึ่งมีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของหน่วยประมวลผล ATmega328P

คุณสมบัติ	
หน่วยความจำของโปรแกรม	32KB (32K x 8)
ขนาดแรม (RAM Size)	2K x 8
จำนวน I/O	23
แพ็กเก็ต / เคส	28-DIP (300 mil)
ความเร็ว	20MHz
ขนาด EEPROM	1K x 8

A/D	6 x 10b
อุณหภูมิขณะปฏิบัติการ	-40°C ~ 85°C
อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อได้	I2C, SPI, UART/USART
เพอร์ริเฟอรอล	Brown-out Detect/Reset, POR, PWM, WDT
แรงดันไฟฟ้า (Vcc/Vdd)	1.8 V ~ 5.5 V



รูปที่ 3.2 โมดูลสื่อสารไร้สาย MRF24J40MA

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของโมดูลสื่อสารไร้สาย MRF24J40MA

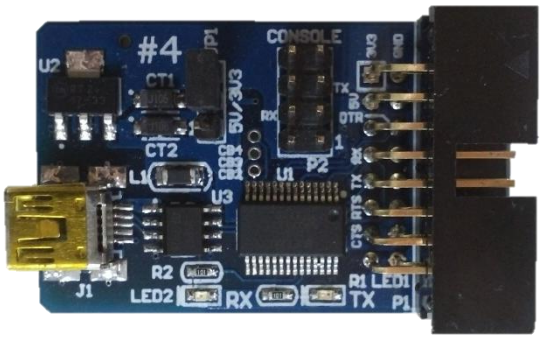
คุณสมบัติ	
ระยะทางที่สามารถส่งได้	Up to 400 ft. Range
แรงดันไฟฟ้า	2.4-3.6V (3.3V typical)
อุณหภูมิ	-40°C to +85°C Industrial
กระแสไฟฟ้า (RX Mode)	19 mA (typical)
กระแสไฟฟ้า (TX Mode)	23 mA (typical)
กระแสไฟฟ้า (Sleep Mode)	2 µA (typical)
คลื่นความถี่ที่ใช้	ISM Band 2.405-2.48 GHz
อัตราการส่งข้อมูล	250 kbps

3.1.2 ด้านซอฟต์แวร์

โปรแกรมบนโหนดตรวจวัดที่พัฒนาโดยนางสาวภรภัทรา ชัยโรจน์ และนางสาวอรุณี ไชยชาญ ห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สาย (IWING)

3.2 USB-UART Converter

USB-UART Converter ดังรูปที่ 3.3 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อโหนดตรวจวัดไร้สาย (ผ่านอินเตอร์เฟซ UART) เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนา เพื่อให้โหนดตรวจวัดไร้สายสามารถส่งข้อมูลให้เครื่องคอมพิวเตอร์นำมาแสดงผลได้



รูปที่ 3.3 Serial UART to USB mini B Converter V4

3.2 เซิร์ฟเวอร์

เซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ในการทำโครงงานนี้ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Ubuntu 11.04

3.2.1 ด้านซอฟต์แวร์

ได้ติดตั้งเครื่องมือต่างๆดังนี้

- Apache Webserver เพื่อใช้เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์
- MySQL เพื่อใช้เป็นระบบฐานข้อมูล
- phpMyadmin เพื่อใช้ในการจัดการฐานข้อมูล
- Codeignitor Framework [4] เพื่อใช้ในการจัดการเว็บอินเตอร์เฟซ
- D3.js [5] เพื่อใช้ในการแสดงผลกราฟ และแผนภาพต่างๆ
- JQuery.js [12] เพื่อใช้ในการแสดงผลในส่วนของการจับ Event
- Bootstrap [13] เพื่อใช้ในการแสดงผลในส่วนของ CSS

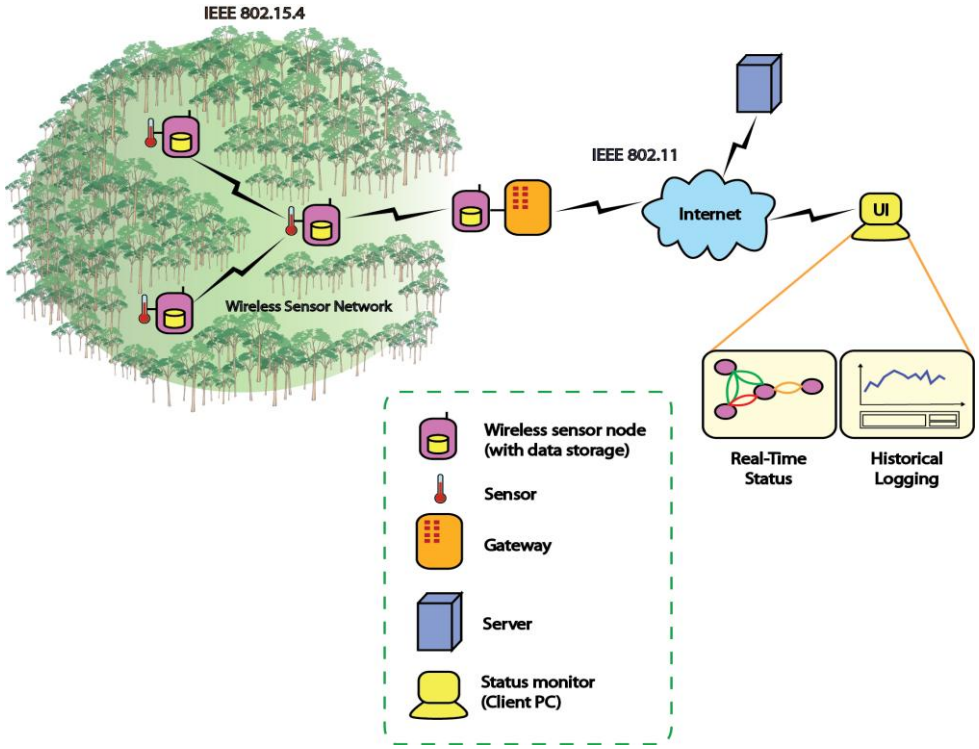
3.2.2 ภาษาที่ใช้

- PHP ใช้ในการจัดการเนื้อหา และเรียกข้อมูลจากฐานข้อมูล มาแสดงบนเว็บอินเตอร์เฟซ
- SQL ใช้ในการเรียกค้นฐานข้อมูล
- JavaScript ใช้ในการสร้างแอนิเมชั่นบนเว็บอินเตอร์เฟซ

4. วิธีการดำเนินโครงงาน

4.1 ภาพรวมของระบบ

จากรูปที่ 4.1 โหนดตรวจวัดไร้สายซึ่งติดตั้งอยู่ในบริเวณที่ผู้ใช้ต้องการตรวจสอบสภาพแวดล้อม โดยที่โหนดตรวจวัดไร้สายจะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) ทำหน้าที่ตรวจวัดข้อมูลสภาพแวดล้อมโดยรอบ และส่งข้อมูลไปยังโหนดตรวจวัดไร้สาย ดังนั้นโหนดตรวจวัดไร้สายจึงทำหน้าที่ รับข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดและส่งผ่านโหนดตรวจวัดตัวใกล้เคียงต่อกันเป็นทอดๆโดยใช้มาตรฐาน IEEE 802.15.4 [7] มาจนถึงโหนดตรวจวัดที่ติดกับเกตเวย์ และโหนดตรวจวัดตัวดังกล่าวก็จะทำการส่งข้อมูลให้กับเกตเวย์ต่อไป จากนั้นเกตเวย์ซึ่งได้รับข้อมูลทั้งหมดจากโหนดตรวจวัดไร้สาย จะประมวลผลและส่งต่อไปให้เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ผ่านเครือข่ายไร้สาย ซึ่งส่วนนี้จะเป็นส่วนของโครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์เรื่องระบบบันทึกข้อมูลแบบกระจายในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย ซึ่งพัฒนาโดย นางสาวธรรมรักษ์ คัมภีร์ภัทร จากนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายซึ่งรับข้อมูลจากเกตเวย์จะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้เพื่อเก็บลงในฐานข้อมูล และเมื่อผู้ใช้ต้องการทราบสถานะของเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย เว็บบราวเซอร์ (Web Browser) ก็จะดึงข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูลออกมาแสดงผลบนเว็นอินเตอร์เฟซในรูปแบบของ SVG (Scalable Vector Graphic) ตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งเป็นส่วนของโครงงานนี้ต่อไป



รูปที่ 4.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ

4.2 ขอบเขตของโครงงานที่พัฒนา

4.2.1 Input/Output Specification

- Input คือ สภาพแวดล้อมในสถานที่ต่างๆที่ต้องการจะตรวจสอบ เช่น ปริมาณแสง ปริมาณน้ำฝน ปริมาณเสียง อุณหภูมิ ระดับพลังงานของอุปกรณ์

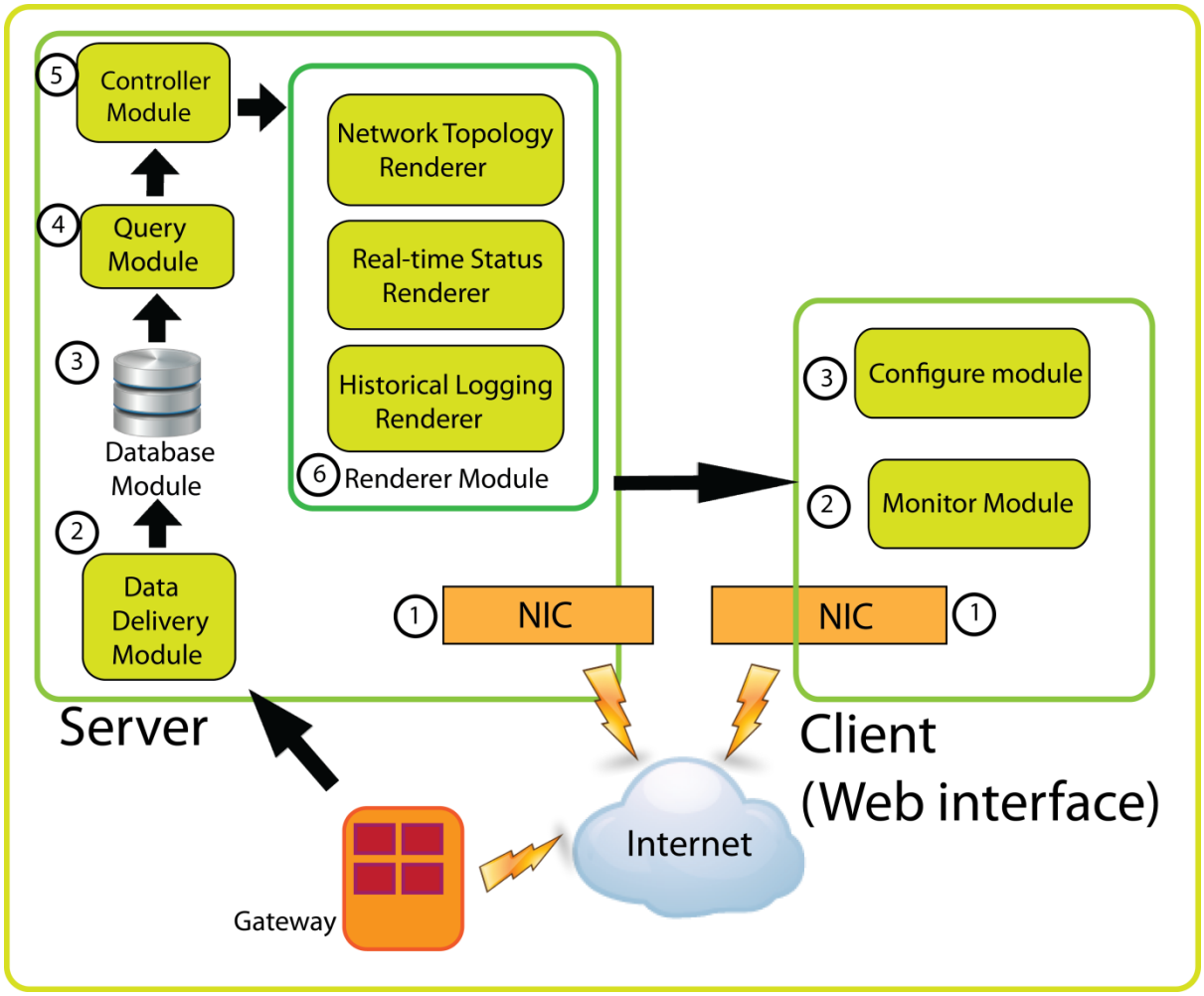
- Output คือ เว็บอินเตอร์เฟซที่ใช้ในการแสดงข้อมูลของสภาพแวดล้อมและสถานะของโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละโหนด ในรูปแบบของกราฟตามเวลาจริง

4.2.2 Functional Specification

- เว็บอินเตอร์เฟซสามารถแสดงสถานะของโหนดตรวจวัดทุกโหนดได้ตามเวลาจริง
- เว็บอินเตอร์เฟซสามารถแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติได้
- เว็บอินเตอร์เฟซสามารถแสดงสถานะย้อนหลังของโหนดตรวจวัดไร้สายตามเวลาที่ผู้ใช้ต้องการได้

4.3 โครงสร้างซอฟต์แวร์

โครงสร้างซอฟต์แวร์แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆได้แก่ ส่วนของเซิร์ฟเวอร์ และส่วนของ Web interface บนเครื่อง Client ดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 4.2โครงสร้างซอฟต์แวร์ของ Server และ Client

4.3.1 ส่วนของเซิร์ฟเวอร์

1.) NIC (Network Interface Card) ทำหน้าที่ติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์

2.) Data delivery module ทำหน้าที่ควบคุมการรับข้อมูลรูปแบบ CSV ที่รับมาจากเกตเวย์ เพื่อบรรจุลงในฐานข้อมูล

3.) Database module ทำหน้าที่เก็บข้อมูลทั้งหมดของเครือข่ายตรวจวัดไร้สายไว้ เพื่อรอให้ส่วนอื่นนำไปประมวลผล

4.) Query module ทำหน้าที่ดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อส่งต่อไปประมวลผลเพื่อการแสดงผลบนเว็บอินเตอร์เฟซบนเครื่องไคล์เอนท์

5.) Controller module ทำหน้าที่รับข้อมูลจาก Query module และนำมาประมวลผลสถานะของเครือข่ายและสถานะของโหนดตรวจวัดทั้งแบบ Realtime และแบบ historical logging

6.) Renderer module ทำหน้าที่นำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลแล้ว มาสร้างการแสดงผลสำหรับเว็บอินเตอร์เฟซโดยส่งข้อมูลทั้งหมดไปให้เว็บอินเตอร์เฟซในรูปแบบของ JSON

4.3.2 ส่วนของเว็บอินเตอร์เฟซ

1.) NIC (Network Interface Card) ทำหน้าที่ติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์

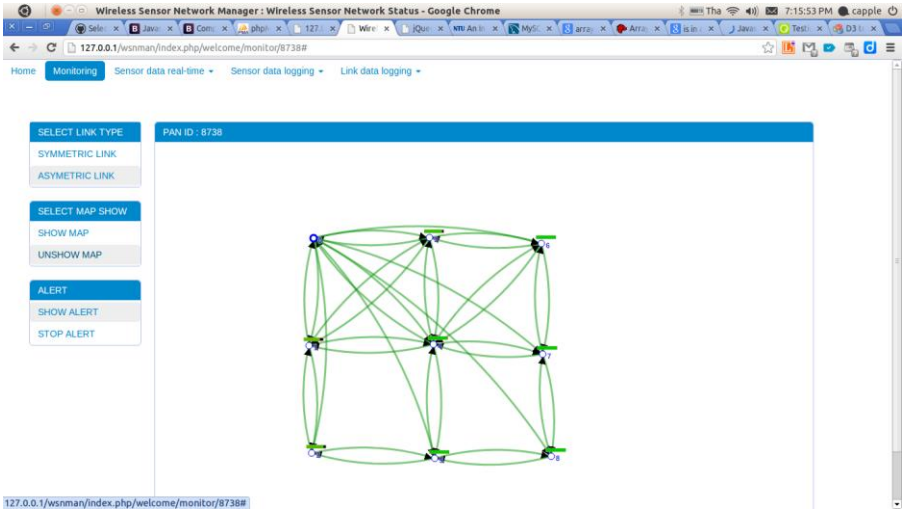
2.) Configure module ทำหน้าที่รับข้อมูลจากผู้ใช้ เช่นข้อมูลแผนที่ และตำแหน่งของโหนดตรวจวัด จากนั้นอัพโหลดข้อมูลเข้าสู่เซิร์ฟเวอร์ เพื่อนำไปประมวลผลและแสดงผลสถานะของเครือข่ายตรวจวัดไร้สายต่อไป

3.) Monitor module รับข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์ในรูปแบบของ JSON และใช้ D3.js Library แสดงผลข้อมูลในรูปแบบของ SVG โดยจะแบ่งการแสดงผลเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆได้แก่

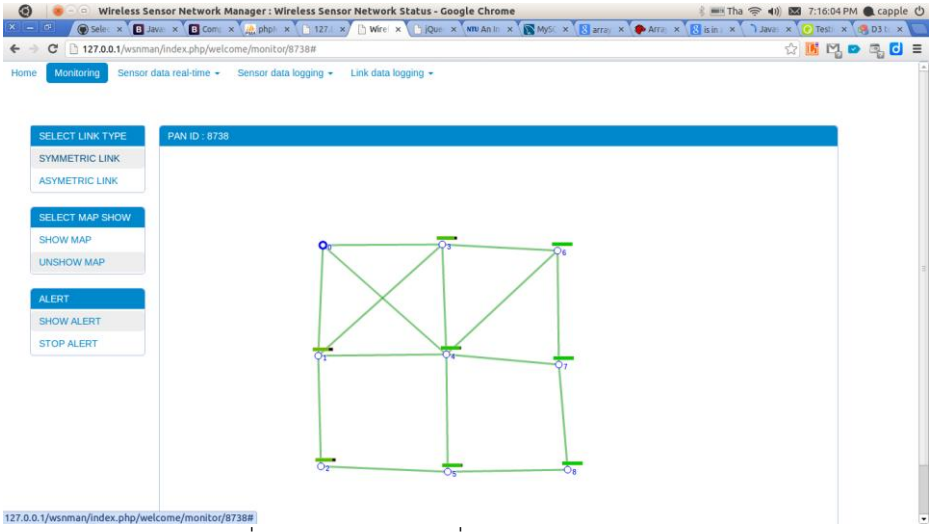
3.1) แผนภาพการเชื่อมต่อของโหนดตรวจวัดไร้สาย โดยแบ่งออกเป็นอีก 2 ประเภท คือแบบ Symmetric link ดังรูปที่ 4.3 และแบบ Asymmetric link ดังรูปที่ 4.4

3.2) กราฟแสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมแบบเวลาจริง โดยสามารถเลือกชนิดของข้อมูล และระบุโหนดตรวจวัดไร้สายได้ ดังรูปที่ 4.5

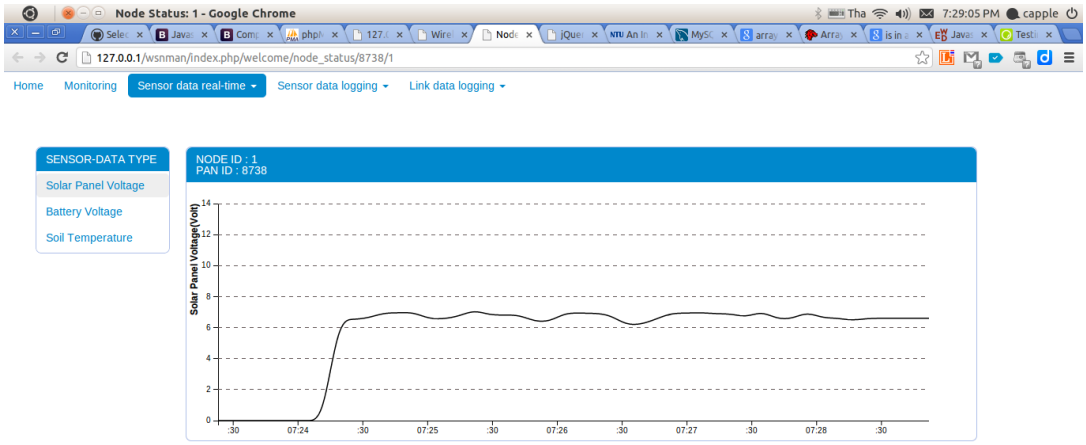
3.3) กราฟแสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมแบบเวลาจริง โดยสามารถเลือกชนิดของข้อมูล ระบุโหนดตรวจวัดไร้สายได้ และเลือกวันเวลาที่ต้องการได้ ดังรูปที่ 4.6



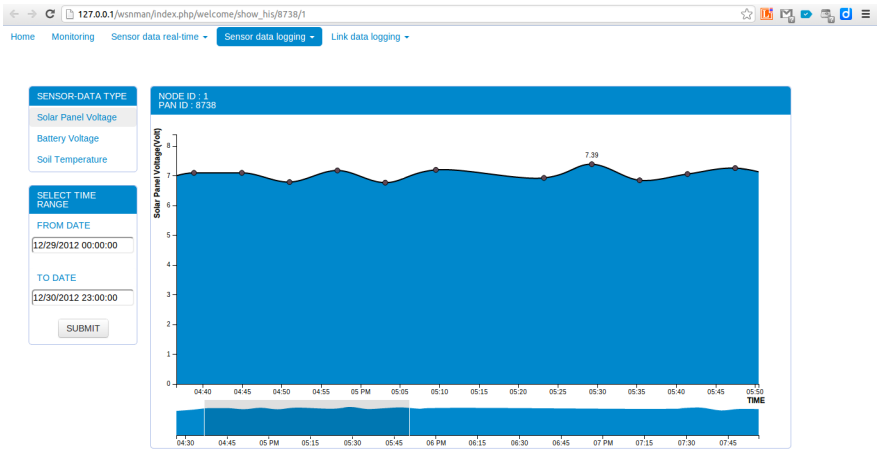
รูปที่ 4.3 แผนภาพการเชื่อมต่อแบบ Symmetric



รูปที่ 4.4 แผนภาพการเชื่อมต่อแบบ Asymmetric



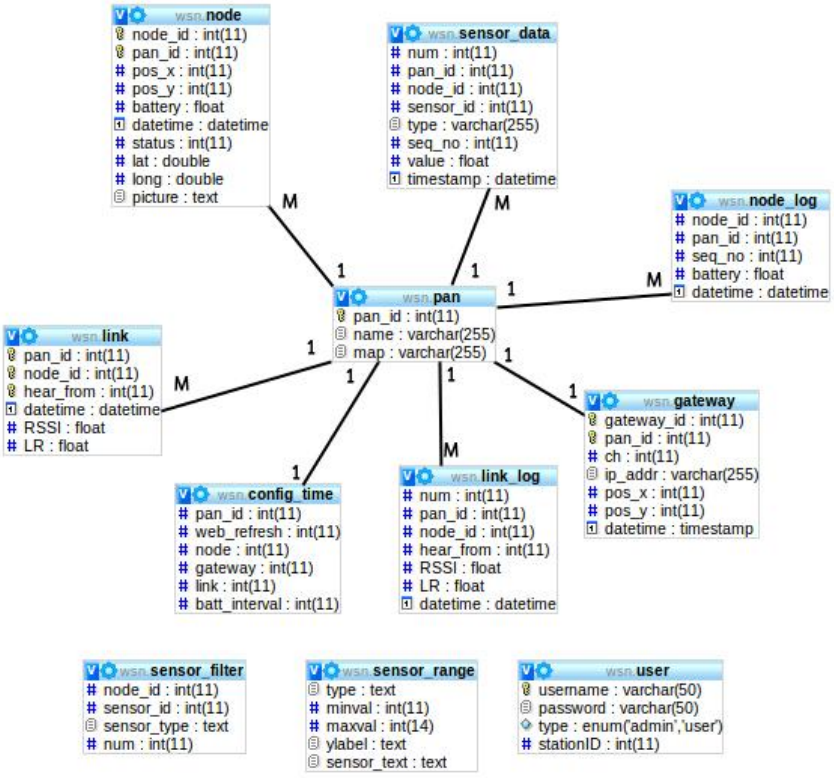
รูปที่ 4.5 เว็บอินเตอร์เฟซแสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมแบบเวลาจริง



รูปที่ 4.6 เว็บอินเตอร์เฟซแสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมย้อนหลังตามชนิดของข้อมูลและตามวันเวลาที่ต้องการ

4.4 โครงสร้างฐานข้อมูล

โครงสร้างฐานข้อมูล wsn ดังรูปที่ 4.4 มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 4.7 โครงสร้างฐานข้อมูล wsn

4.4.1 ตาราง wsn.node

เก็บข้อมูลรายละเอียดของโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละโหนดที่ปรากฏในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย มีรายละเอียดดังนี้

- node_id ใช้เก็บหมายเลขประจำตัวของโหนดตรวจวัดไร้สาย
- pan_id ใช้เก็บหมายเลข PAN (Personal Area Network) [15] ของโหนดตรวจวัดไร้สาย ว่าโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละตัวทำงานอยู่บน PAN หมายเลขอะไร
- pos_x เก็บตำแหน่งในแกน x ของโหนดตรวจวัดไร้สายบนแผนที่ซึ่งแสดงอยู่บนเว็บอินเตอร์เฟซ
- pos_y เก็บตำแหน่งในแกน y ของโหนดตรวจวัดไร้สายบนแผนที่ซึ่งแสดงอยู่บนเว็บอินเตอร์เฟซ

- battery เก็บค่าพลังงานของแบตเตอรี่ของโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละตัว
- datetime เก็บวันที่และเวลาที่ได้รับข้อมูลของโหนดตรวจวัดไร้สาย
- status เก็บสถานะของโหนดตรวจวัดไร้สาย โดยเก็บเป็นค่า 0 และ 1 เพื่อระบุว่าโหนดตรวจวัดไร้สายยังทำงานปกติอยู่หรือไม่

4.4.2 ตาราง wsn.node_log

เก็บข้อมูลรายละเอียดย้อนหลังทั้งหมดของโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละโหนดที่ปรากฏในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย มีรายละเอียดดังนี้

- node_id ใช้เก็บหมายเลขประจำตัวของโหนดตรวจวัดไร้สาย
- pan_id ใช้เก็บหมายเลข PAN (Personal Area Network) ของโหนดตรวจวัดไร้สาย ว่าโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละตัวทำงานอยู่บน PAN หมายเลขอะไร
- seq_no เก็บหมายเลขลำดับ (Sequence Number) การส่งข้อมูลของโหนดตรวจวัดไร้สาย
- battery เก็บค่าพลังงานของแบตเตอรี่ของโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละตัว
- datetime เก็บวันที่และเวลาที่ได้รับข้อมูลของโหนดตรวจวัดไร้สาย

4.4.3 ตาราง wsn.pan

เก็บข้อมูลรายละเอียดของแต่ละ PAN มีรายละเอียดดังนี้

- pan_id เก็บหมายเลข PAN ทั้งหมดที่เคยปรากฏบนเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย
- name เก็บชื่อเรียกของแต่ละ PAN นั้นๆ
- map เก็บ PATH ซึ่งเป็นที่อยู่ของแผนที่ของแต่ละ PAN บนเครื่องเซิร์ฟเวอร์

4.4.4 ตาราง wsn.user

เก็บข้อมูลผู้ใช้ ที่อนุญาตให้เข้ามาใช้งานเว็บอินเตอร์เฟซ มีรายละเอียดดังนี้

- username เก็บชื่อผู้ใช้
- password เก็บรหัสผ่านของผู้ใช้แต่ละคน
- type เก็บประเภทของผู้ใช้ ซึ่งจะมีอยู่ 2 ประเภทได้แก่ ผู้ดูแลระบบ (Admin) และผู้ใช้ทั่วไป (User)

4.4.5 ตาราง wsn.sensor_data

เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมที่ได้รับมาจากโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละตัว มีรายละเอียดดังนี้

- node_id ใช้เก็บหมายเลขประจำตัวของโหนดตรวจวัดไร้สาย
- pan_id ใช้เก็บหมายเลข PAN ของโหนดตรวจวัดไร้สาย ว่าโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละตัวทำงานอยู่บน PAN หมายเลขอะไร
- sensor_id เก็บหมายเลขประจำอุปกรณ์ตรวจวัด เพื่อระบุว่าเป็นข้อมูลสภาพแวดล้อมใด เช่น อุณหภูมิ แสง เป็นต้น
- type เก็บชื่อเรียกอย่างย่อของอุปกรณ์ตรวจวัด
- seq_no เก็บหมายเลขลำดับ (Sequence Number) การส่งข้อมูลของโหนดตรวจวัดไร้สาย
- value เก็บค่าที่อุปกรณ์ตรวจวัดไร้สายวัดได้ของสภาพแวดล้อมในขณะนั้น
- timestamp เก็บเวลาที่อุปกรณ์ตรวจวัดไร้สายทำการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อม

4.4.6 ตาราง wsn.sensor_range

เก็บค่าสูงสุดและต่ำสุดของค่าสภาพแวดล้อมแต่ละชนิด เพื่อนำไปแสดงผลในรูปบบกราฟบนเว็บอินเตอร์เฟซ มีรายละเอียดดังนี้

- sensor_type เก็บชนิดของอุปกรณ์ตรวจวัด
- minval เก็บค่าต่ำสุดของข้อมูลสภาพแวดล้อมจากอุปกรณ์ตรวจวัดนั้นๆ
- maxval เก็บค่าสูงสุดของข้อมูลสภาพแวดล้อมจากอุปกรณ์ตรวจวัดนั้นๆ

4.4.7 ตาราง wsn.link

เก็บข้อมูลสถานะการเชื่อมต่อปัจจุบันระหว่างโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละตัวภายในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย เพื่อแสดงในหน้าแผนภาพสถานการณ์เชื่อมต่อของเครือข่ายตรวจวัดไร้สายบนเว็บอินเตอร์เฟซ มีรายละเอียดดังนี้

- node_id ใช้เก็บหมายเลขประจำตัวของโหนดตรวจวัดไร้สาย
- pan_id ใช้เก็บหมายเลข PAN ของโหนดตรวจวัดไร้สาย ว่าโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละตัวทำงานอยู่บน PAN หมายเลขอะไร
- hear_from เก็บหมายเลขโหนดตรวจวัดไร้สายที่เป็นผู้ส่งข้อมูลให้กับโหนดตรวจวัดไร้สายนั้นๆ
- datetime เก็บวันที่และเวลาที่ได้รับข้อมูลของโหนดตรวจวัดไร้สาย
- RSSI เก็บค่า RSSI (Received Signal Strength Indication) [16] ซึ่งก็คือค่าความแรงหรือความเข้มของสัญญาณระหว่างโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละคู่
- LR เก็บค่า Link Reliability หรือความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อ

4.4.8 ตาราง wsn.link_log

เก็บข้อมูลสถานะการเชื่อมต่อทั้งหมดตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันระหว่างโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละตัวภายในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย เพื่อแสดงในหน้าแผนภาพสถานการณ์เชื่อมต่อย้อนหลังของเครือข่ายตรวจวัดไร้สายบนเว็บอินเตอร์เฟซ มีรายละเอียดดังนี้

- node_id ใช้เก็บหมายเลขประจำตัวของโหนดตรวจวัดไร้สาย
- pan_id ใช้เก็บหมายเลข PAN ของโหนดตรวจวัดไร้สาย ว่าโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละตัวทำงานอยู่บน PAN หมายเลขอะไร
- hear_from เก็บหมายเลขโหนดตรวจวัดไร้สายที่เป็นผู้ส่งข้อมูลให้กับโหนดตรวจวัดไร้สายนั้นๆ
- datetime เก็บวันที่และเวลาที่ได้รับข้อมูลของโหนดตรวจวัดไร้สาย
- RSSI เก็บค่า RSSI (Received Signal Strength Indication) ซึ่งก็คือค่าความแรงหรือความเข้มของสัญญาณระหว่างโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละคู่
- LR เก็บค่า Link Reliability หรือความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อ

4.4.9 ตาราง wsn.gateway

เก็บข้อมูลรายละเอียดของโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละโหนดที่ปรากฏในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย มีรายละเอียดดังนี้

- gateway_id ใช้เก็บหมายเลขประจำตัวของโหนดตรวจวัดไร้สายที่ทำหน้าที่เป็น gateway
- pan_id ใช้เก็บหมายเลข PAN (Personal Area Network) ของเกตเวย์ว่าเป็นเกตเวย์ประจำ PAN ใด
- pos_x เก็บตำแหน่งในแกน x ของเกตเวย์บนแผนที่ซึ่งแสดงอยู่บนเว็บอินเตอร์เฟซ
- pos_y เก็บตำแหน่งในแกน y ของเกตเวย์บนแผนที่ซึ่งแสดงอยู่บนเว็บอินเตอร์เฟซ
- ch เก็บช่องสัญญาณ (Channel) ที่เครือข่ายตรวจวัดไร้สายทำงานอยู่
- ip_addr เก็บหมายเลขไอพีของเกตเวย์
- datetime เก็บวันที่และเวลาที่ได้รับข้อมูลของโหนดตรวจวัดไร้สาย

4.4.10 ตาราง wsn.sensor_filter

เก็บข้อมูลชนิดของอุปกรณ์ตรวจวัดบนโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละโหนด เพื่อใช้ในการอ้างอิงบนเว็บอินเตอร์เฟซ มีรายละเอียดดังนี้

- node_id ใช้เก็บหมายเลขประจำตัวของโหนดตรวจวัดไร้สาย

- sensor_id เก็บหมายเลขประจำตัวของอุปกรณ์ตรวจวัด
- sensor_type เก็บชนิดของอุปกรณ์ตรวจวัด
- num เก็บหมายเลขอ้างอิงของอุปกรณ์ตรวจวัด

5. ผลการดำเนินโครงงานและวิจารณ์

การทดสอบการใช้งาน ทดสอบโดยการติดตั้งโหนดตรวจวัดไร้สายและเกตเวย์พร้อมทั้งจำลองสถาณการณ์ที่สามารถนำเครือข่ายตรวจวัดไร้สายไปใช้ได้ ซึ่งในการทดลองนี้เป็นการจำลองการนำเครือข่ายตรวจวัดไร้สายไปใช้เตือนภัยพิบัติดินถล่ม ที่ได้นำระบบไปติดตั้งและใช้งานจริงที่จังหวัดกระบี่ ด้วยการนำโหนดตรวจวัดไร้สายจำนวน 4 ตัวที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดแสง อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความเร่งในระนาบแกน 3 มิติ ให้โหนดตรวจวัดไร้สาย 1 ตัวทำหน้าที่เป็นเกตเวย์ โดยเชื่อมต่อโหนดเกตเวย์เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทาง USB to Serial ส่วนโหนดตรวจวัดไร้สายใช้แหล่งจ่ายไฟผ่านทาง USB ดังรูปที่ 5.1 และ 5.2

รูปที่ 5.1 โหนดตรวจวัดไร้สาย ที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำฝน

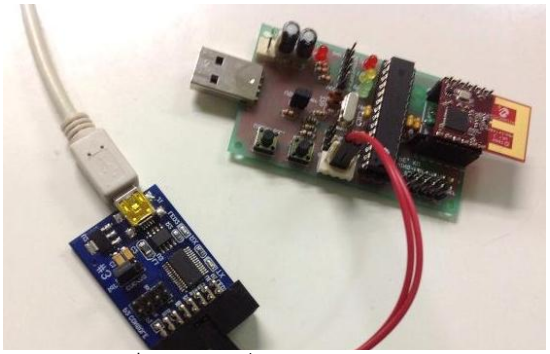
รูปที่ 5.2 โหนดตรวจวัดไร้สาย ที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำฝน

เมื่อติดตั้งโหนดตรวจวัดทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว จึงเปิดเว็บอินเตอร์เฟซสำหรับแสดงผลสภาพแวดล้อมขึ้นมาและทดสอบการทำงาน โดยจำลองเหตุการณ์ที่ฝนกำลังจะตกและมีโอกาสเกิดดินถล่มจากบนภูเขา โดยเริ่มที่ใช้อุปกรณ์ทำให้อุปกรณ์วัดแสงอ่านค่าได้น้อยลง เปรียบกับการที่ท้องฟ้าเริ่มมืดครึ้ม และเริ่มให้ฝนตก ด้วยการเทน้ำเพื่อให้เครื่องวัดน้ำฝนทำงาน

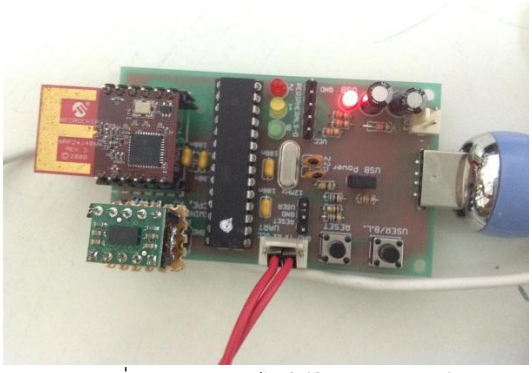
5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

ทำการทดสอบโดยนำโหนดตรวจวัดไร้สายจำนวน 4 โหนดมาติดตั้งไว้รอบๆบริเวณห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สาย (IWING) ดังรูปที่ 5.3 และนำโหนดเกตเวย์มาเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านสาย USB-to-Serial ดังรูปที่ 5.4 และจ่ายไฟให้กับโหนดเกตเวย์ผ่านทาง USB ของเกตเวย์เอง ดังรูปที่ 5.5 โดยให้โหนดตรวจวัดไร้สายและโหนดเกตเวย์ ส่งข้อมูลมาทุกๆ 1 วินาที โดยจะส่งค่าปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น 20 หน่วย ใน 10 วินาที และปรับลดความเข้มแสงลงทุกๆ 10 วินาที และให้คงค่าที่ลดลงนั้นไว้ 5 วินาที และให้เว็บอินเตอร์เฟซค้นข้อมูลขึ้นมาแสดงผลทุกๆ 1 วินาทีเช่นกัน จากนั้นให้ระบบซึ่งทำงานระบบปฏิบัติการ Ubuntu 11.04 ทำงานเพื่อตรวจสอบสถานะและรายงานข้อมูลที่ถูกส่งมาจากโหนดตรวจวัดไร้สาย

รูปที่ 5.3 สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบระบบ
และตำแหน่งการวางโหนดตรวจวัดไร้สาย



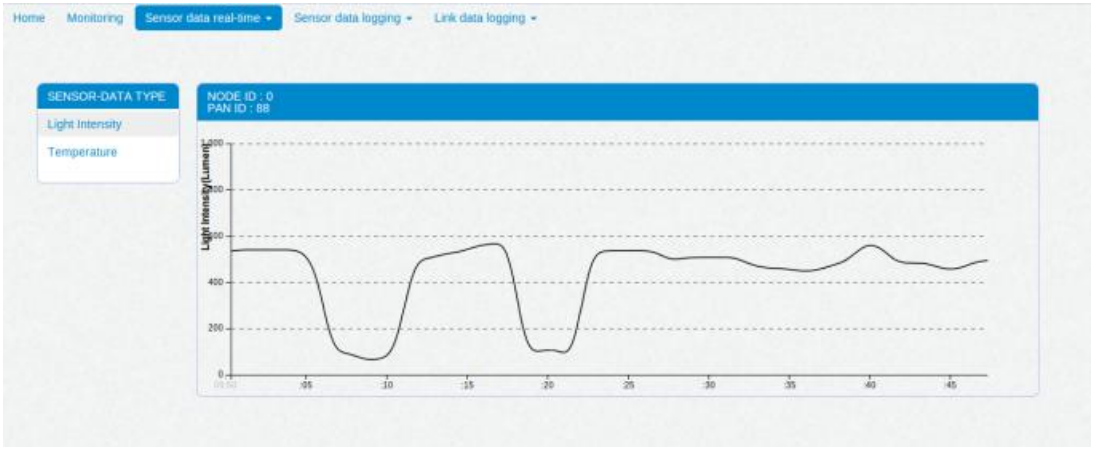
รูปที่ 5.4 การเชื่อมต่อโหนดเกตเวย์
เข้ากับ USB to Serial



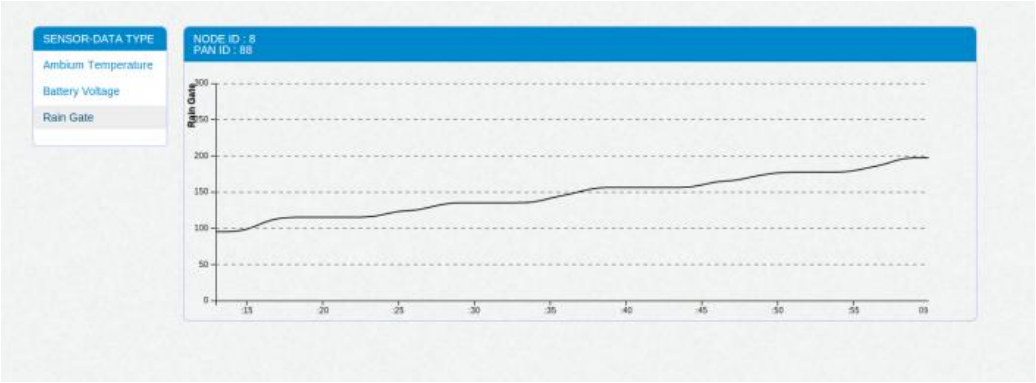
รูปที่ 5.5 การจ่ายไฟให้โหนดเกตเวย์

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

ในการทดสอบจะเปิดเว็บอินเตอร์เฟซแสดงสถานะไปพร้อมกันได้ผลออกมาดังรูปที่ 5.6 และ 5.7



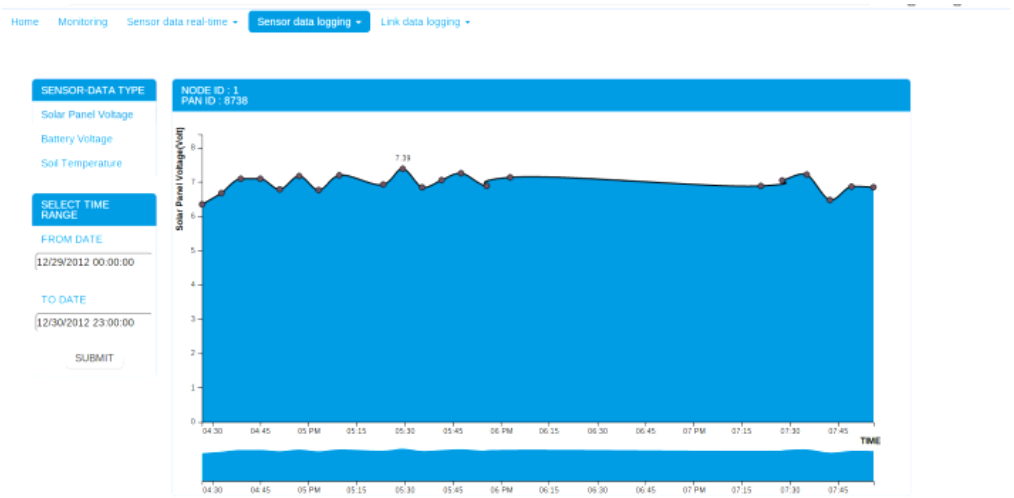
รูปที่ 5.6 ผลการทำงานของเว็บอินเตอร์เฟซ
แสดงข้อมูลความเข้มแสงแบบเวลาจริง



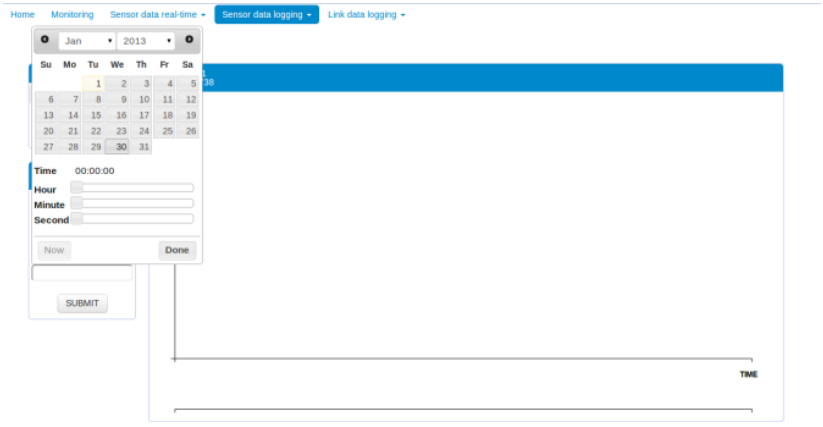
รูปที่ 5.7 ผลการทำงานของเว็บอินเตอร์เฟซ
แสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนแบบเวลาจริง

จะเห็นได้ว่ากราฟแสดงสถานะการทำงานตามเวลาจริงทำงานได้อย่างถูกต้องตามเหตุการณ์จำลองที่สร้างขึ้น โดยกราฟแสดงความเข้มของแสงจะลดลงจนถึงค่าหนึ่งเป็นเวลา 5 วินาที และกลับมาสู่ค่าเดิมเป็นเวลา 10 วินาที ในส่วนของกราฟแสดงปริมาณน้ำฝน จะมีการเพิ่มขึ้น 20 หน่วยทุกๆ 10 วินาที ตามที่ได้ตั้งการทดลองไว้

ผู้ใช้ยังสามารถดูข้อมูลเกี่ยวกับเครือข่ายตรวจวัดไร้สายย้อนหลังในรูปแบบของกราฟดังรูปที่ 5.8 โดยสามารถเลือกดูตามวันและเวลาที่ต้องการ ผ่านทางเว็บอินเตอร์เฟซด้วยเช่นกัน ดังรูปที่ 5.9 ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการดูแนวโน้มหรือการนำข้อมูลมาศึกษาหาความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ดินถล่มในภายหลังได้

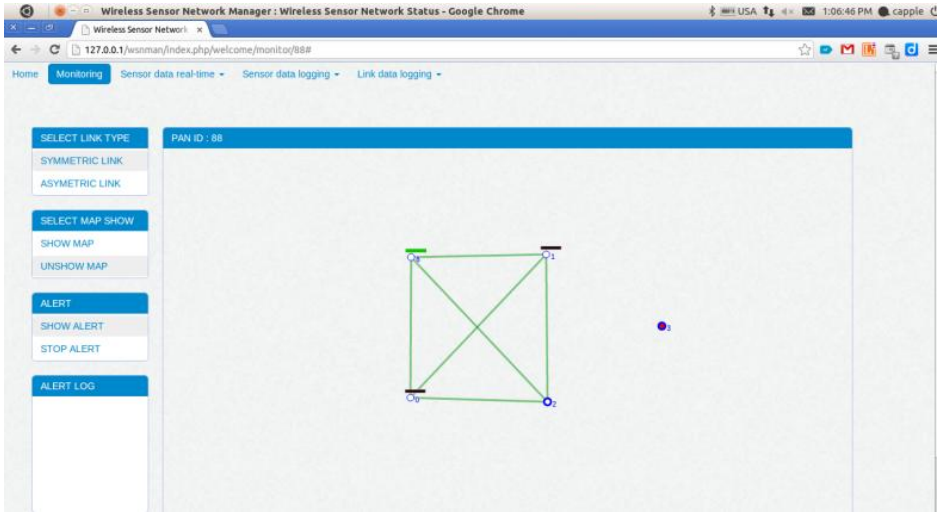


รูปที่ 5.8 การดูข้อมูลย้อนหลังผ่านเว็บอินเตอร์เฟซ
ตามวันและเวลาที่ต้องการ

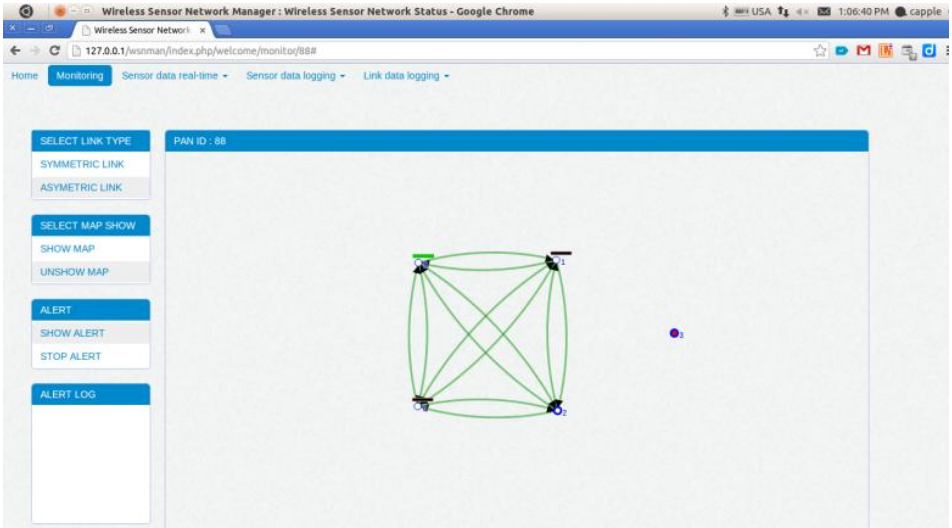


รูปที่ 5.9 การเลือกช่วงเวลาในรูปแบบ
(วัน/เดือน/ปี ชั่วโมง:นาที:วินาที)

นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถดูแผนภาพการเชื่อมต่อซึ่งจะแสดงสถานะการเชื่อมต่อของโหนดตรวจวัดไร้สายภายในเครือข่ายตรวจวัดไร้สายผ่านทางเว็บอินเตอร์เฟซได้ โดยการแสดงสถานะการเชื่อมต่อของโหนดตรวจวัดไร้สายจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ Asymmetric Link ดังรูปที่ 5.10 และ Symmetric Link ดังรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.10 เว็บอินเตอร์เฟซสถานะการเชื่อมต่อแบบ Asymmetric Link



รูปที่ 5.11 เว็บอินเตอร์เฟซสถานะการเชื่อมต่อแบบ Symmetric Link

6. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานนี้ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ดูแลระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมในการตรวจสอบการทำงานของเครือข่ายตรวจวัดไร้สายและเฝ้าระวังเหตุการณ์ผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นกับสภาพแวดล้อมบริเวณนั้น ผลสรุปที่ได้จากโครงงานนี้คือ

- สามารถตรวจสอบสถานะของเครือข่ายตรวจวัดไร้สายได้ในเวลาจริง
- สามารถตรวจดูคุณภาพการเชื่อมต่อของโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละตัวได้
- สามารถดูข้อมูลสภาพแวดล้อมผ่านทางเว็บบราวเซอร์ได้ตามเวลาจริง
- สามารถดูข้อมูลสภาพแวดล้อมผ่านทางเว็บบราวเซอร์ย้อนหลังได้ตามวันเวลาที่ต้องการ
- สามารถนำข้อมูลที่รวบรวมจากเครือข่ายตรวจวัดไร้สายไปวิเคราะห์ต่อไปได้

6.2 ปัญหาและอุปสรรค

- ไลบรารี่ ที่นำมาใช้ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก ทำให้หาคำตอบได้ยากเมื่อเกิดปัญหา
- เนื่องจากระบบทั้งหมดเป็นระบบขนาดใหญ่และซับซ้อน จึงทำให้ต้องใช้เวลามากในการทำความเข้าใจในช่วงเริ่มต้น

6.3 ข้อเสนอแนะ

- ควรทำความเข้าใจขอบเขตของโครงงานก่อนจะเริ่มพัฒนา เพื่อให้สามารถพัฒนาได้ถูกต้องตามขอบเขตที่ต้องการ
- ควรเขียนแผนภาพการทำงานของโปรแกรมให้ชัดเจน เพื่อความถูกต้องและความเข้าใจตรงกันกับอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อให้การพัฒนาโครงงานเป็นไปอย่างรวดเร็วและถูกต้อง

6.4 แนวทางการพัฒนาต่อ

- พัฒนาให้สามารถรองรับการวางตำแหน่งโหนดตรวจวัดไร้สายบนแผนที่บนเว็บอินเตอร์เฟซซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งจริงๆที่โหนดตรวจวัดไร้สายติดตั้งอยู่
- รองรับการอัพโหลดรูปภาพของสถานที่ที่โหนดติดตั้งอยู่ เพื่อความสะดวกในการค้นหาโหนดตรวจวัดไร้สาย
- พัฒนาให้รองรับการปรับเปลี่ยนโครงสร้างหรือการตั้งค่าของโหนดตรวจวัดไร้สาย โดยไม่ต้องแก้ทุกจุดบนเว็บอินเตอร์เฟซ

7 บรรณานุกรม

[1] ภรภัทรา ชัยโรจน์ อภิรักษ์ จันทร์สร้าง อนันต์ ผลเพิ่ม และ ชัยพร ใจแก้ว. ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมผ่านเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย. In 3rd ECTI Conference on Application Research and Development (ECTI-CARD 2011) , Bangkok, Thailand, May 5-6 2011.

[2] อรุณี ไชยชาญ อนันต์ ผลเพิ่ม อภิรักษ์ จันทร์สร้าง และ ชัยพร ใจแก้ว. ระบบการจัดการสถานีตรวจวัดและอุปกรณ์เกตเวย์ในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย. In 4th ECTI Conference on Application Research and Development (ECTI-CARD 2012) , Prathumthani, Thailand, June 21-22 2012.

[3] มรกต ศรวณีย์ (2552) . "แพลตฟอร์มเครือข่ายตรวจวัดไร้สายต้นทุนต่ำแบบขยายเพิ่มได้". โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[4] “Codeignitor” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 26 สิงหาคม 2555:
http://codeigniter.com/

[5] “D3.js” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 26 สิงหาคม 2555:
http://d3js.org

[6] “SVG” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 27 สิงหาคม 2555:
http://th.wikipedia.org/wiki/SVG

[7] “802.15.4” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 27 สิงหาคม 2555:
http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4

[8] “JSON” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 26 สิงหาคม 2555:
http://en.wikipedia.org/wiki/JSON

[9] “Carrier Sense multiple access with collision avoidance” [ออนไลน์]
เข้าถึงได้ ณ วันที่ 15 ธันวาคม 2555
http://en.wikipedia.org/wiki/Carrier_sense_multiple_access_with_collision_avoidance

[10] “AJAX” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 26 สิงหาคม 2555:
http://en.wikipedia.org/wiki/AJAX

[11] “Document Object Module” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 15 ธันวาคม 2555
http://th.wikipedia.org/wiki/Document_Object_Model

[12] “JQuery” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 14 ธันวาคม 2555
http://www.jquery.com

[13] “Bootstrap” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 14 ธันวาคม 2555
http://twitter.github.com/bootstrap/

[14] “Model-View-Controller” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 15 ธันวาคม 2555
http://en.wikipedia.org/wiki/Model-view-controller

[15] “Personal Area Network” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 15 มีนาคม 2556
http://en.wikipedia.org/wiki/Personal_area_network

[16] “Received signal strength indication” เข้าถึงได้ ณ วันที่ 15 มีนาคม 2556
http://en.wikipedia.org/wiki/Received_signal_strength_indication

8 ภาคผนวก

8.1 คู่มือการติดตั้ง

เนื่องจากระบบจัดการและรายงานสถานะโหนดตรวจวัดไร้สายแบบเรียลไทม์ในเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย ทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการ Ubuntu 11.04 (Natty Narwhal) ดังนั้นจำเป็นต้องลงระบบปฏิบัติการ Ubuntu ดังกล่าวก่อน แล้วจึงค่อยติดตั้งในส่วนอื่นๆ อันได้แก่

1. รหัสต้นฉบับ (Source code)
2. เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web server)

โดยสามารถดาวน์โหลดไฟล์สำหรับการติดตั้งได้จาก http://www.ubuntu.com/download/desktop

8.1.1 การติดตั้งรหัสต้นฉบับ

รหัสต้นฉบับที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมแบบไร้สายพร้อมแสดงสถานะการทำงานตามเวลาจริงนั้น มีอยู่ 3 ส่วนได้แก่

- wsn-manager เป็นรหัสต้นฉบับที่เกี่ยวข้องกับการแสดงผลบนเว็บอินเตอร์เฟซ
- Landslides เป็นรหัสต้นฉบับที่เกี่ยวข้องกับการโปรแกรมลงบนโหนดตรวจวัดไร้สายและเกตเวย์
- Motelib เป็นไลบรารี (Library) ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโหนดตรวจวัดไร้สายซึ่งพัฒนาโดยห้องปฏิบัติการวิจัยเครือข่ายไร้สาย ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.1.2 การติดตั้งเว็บเซิร์ฟเวอร์

สิ่งที่จำเป็นต้องติดตั้งสำหรับเว็บเซิร์ฟเวอร์ได้แก่

- Apache2 ทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ของระบบ
- MySQLServer5.5 สำหรับสร้างระบบฐานข้อมูล
- PHPMyadmin สำหรับจัดการฐานข้อมูลผ่านเว็บบราวเซอร์

โดยสามารถติดตั้งได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ติดตั้ง Apache2 และ MySqlServer 5.5 ด้วยคำสั่ง

```
$sudo apt-get install apache2 mysql-server-5.5
$sudo apt-get install php5 libapache2-mod-php5
$sudo apt-get install libapache2-mod-auth-mysql php5-mysql
```

จากขั้นตอนข้างต้น จะทำให้ได้ apache webserver ซึ่งติดตั้งอยู่ในเครื่องเรียบร้อยแล้ว สามารถทดสอบได้โดยการเข้าไปที่ http://localhost จะปรากฏข้อความว่า "It works!"

2.ติดตั้ง phpmyadmin

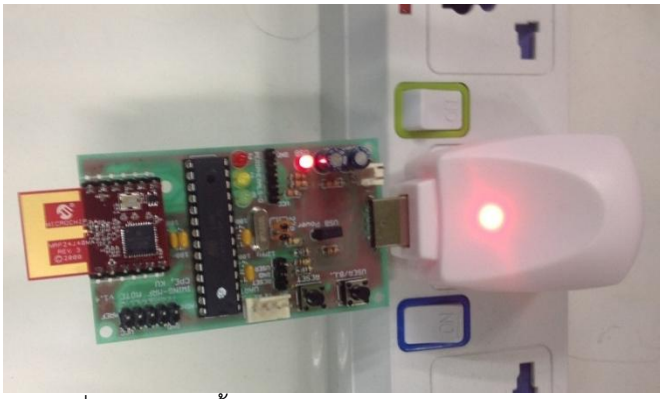
```
$sudo apt-get install phpmyadmin apache2
```

ขณะทำการติดตั้งจะมีหน้าจอขึ้นมาให้เลือกว่าจะใช้กับ webserver ตัวไหน ให้เลือกที่ apache2 หลังจากนี้เพื่อทดสอบว่า phpmyadmin สามารถใช้งานได้ ให้เข้าไปที่ http://localhost/phpmyadmin โดยใช้ username และ password ที่กำหนดไว้ขณะติดตั้ง phpmyadmin

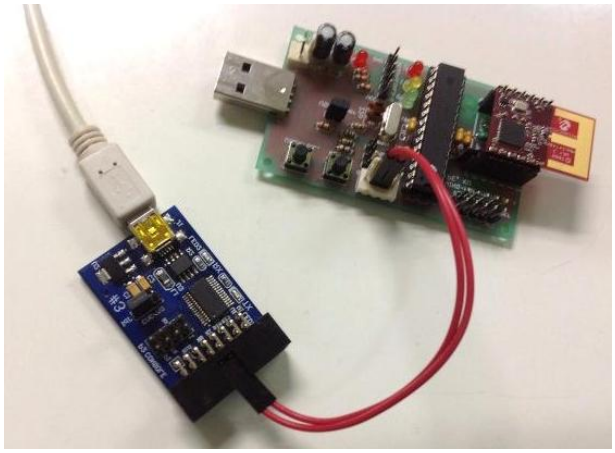
8.2 คู่มือการใช้งาน

ระบบรวมรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมแบบไร้สายพร้อมแสดงสถานการณ์ทำงานตามเวลาจริง แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนของเครือข่ายตรวจวัดไร้สาย(โหนดตรวจวัดไร้สายและเกตเวย์) และส่วนของการแสดงผลบนเว็บอินเตอร์เฟซ ซึ่งจำเป็นต้องติดตั้งติดตั้งรหัสต้นฉบับสำหรับระบบรวมรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมแบบไร้สายพร้อมแสดงสถานการณ์ทำงานตามเวลาจริง ให้เรียบร้อยก่อน

โดยในการใช้งานส่วนของเครือข่ายตรวจวัดไร้สายนั้น ให้ติดตั้งโหนดตรวจวัดไร้สายไว้ในแต่ละจุด โดยนำโหนดตรวจวัดไร้สายมาต่อเข้ากับตัวจ่ายไฟกระแสตรง(AC Adapter) เพื่อจ่ายไฟให้โหนดตรวจวัดไร้สายทำงานได้ และนำเกตเวย์ต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย(Server) โดยในกรณีของคู่มือการใช้งานนี้ จะใช้การเชื่อมต่อโดยตรงกับเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ดังรูปที่ 8.1



รูปที่ 8.1 การติดตั้งและจ่ายไฟให้กับโหนดตรวจวัดไร้สาย



รูปที่ 8.2 เกตเวย์ที่ติดตั้งที่เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

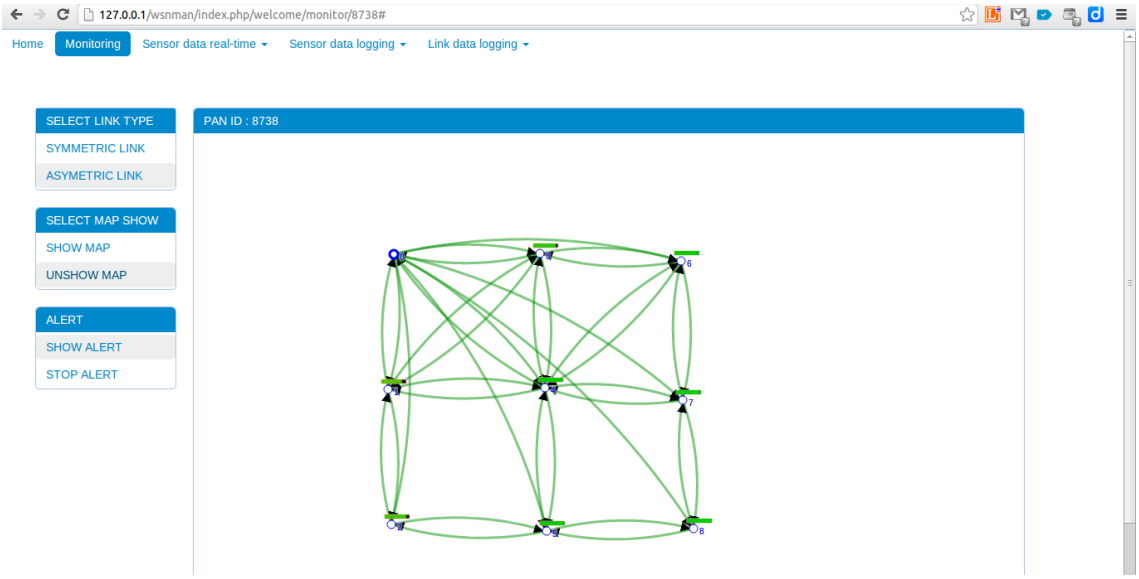
เมื่อติดตั้งโหนดตรวจวัดไร้สายและเกตเวย์ตามตำแหน่งที่ต้องการแล้ว และติดตั้งเว็บเซิร์ฟเวอร์สำหรับระบบรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมไร้สายพร้อมแสดงสถานะการทำงานตามเวลาจริงลงบนเครื่องแม่ข่ายเรียบร้อยแล้ว ก็สามารถเริ่มการทำงานของระบบได้โดยเปิด Command Line ของระบบปฏิบัติการ Ubuntu และพิมพ์คำสั่งเพื่อเริ่มการทำงานของเกตเวย์ ดังนี้

```
$cd landslides
$python gateway.py <gateway device> <server-path>
```

โดยในส่วนของ gateway device โดยปกติจะมีค่าเป็น /dev/ttyUSB0 ซึ่งเป็น Path ที่เชื่อมต่อกับ USB ของ เกตเวย์ และส่วนของ server-path ก็จะมีค่าเป็น IP Address ของเซิร์ฟเวอร์ โดยในกรณีนี้จะใส่เป็น 127.0.0.1 เพราะเกตเวย์ได้เชื่อมต่อโดยตรงกับเครื่องที่ทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์

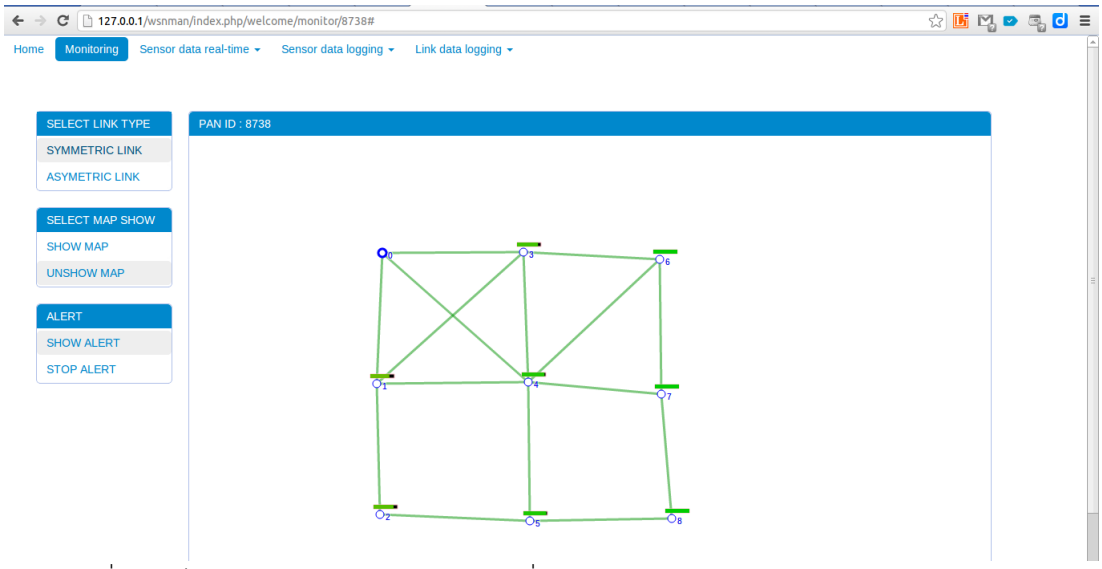
จากนั้นจะสามารถเปิดใช้เว็บอินเตอร์เฟซของระบบได้ด้วยการเข้าไปที่ http://127.0.0.1/wsnman/index.php/welcome/monitor/<pan-id> ผ่าน Google Chrome Web Browser โดย pan-id คือค่าประจำของเครือข่ายตรวจวัดไร้สายแต่ละเครือข่าย ซึ่งในที่นี้ข้อยกตัวอย่างเป็น pan-id = 8738

บนเว็บไซต์ http://127.0.0.1/wsnman/index.php/welcome/monitor/8738 จะปรากฏแผนภาพแสดงสถานะการเชื่อมต่อของโหนดตรวจวัดไร้สายในเครือข่ายตรวจวัดไร้สายซึ่งมีหมายเลข pan-id คือ 8738 ดังรูปที่ 8.3



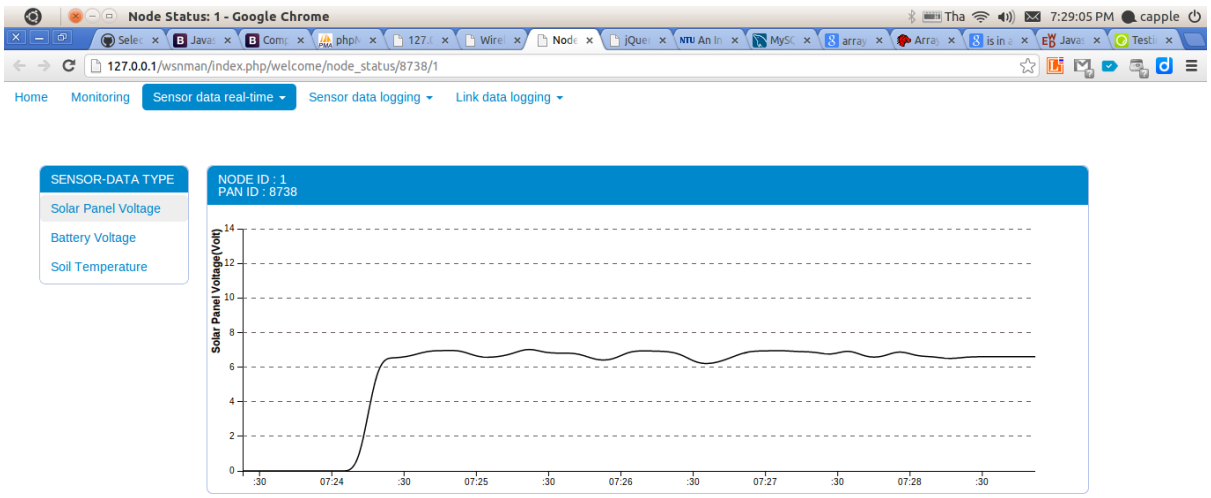
รูปที่ 8.3 เว็บอินเตอร์เฟซแสดงสถานการณ์เชื่อมต่อของโหนดตรวจวัดไร้สายแบบ Asymmetric

ซึ่งสามารถเลือกการแสดงผลกราฟเป็น Symmetric หรือ Asymmetric graph ได้ ดังรูปที่ 8.4 สามารถเลือกซ่อนหรือแสดงแผนที่ได้ และสามารถเลือกเปิดหรือปิดสัญญาณแจ้งเตือนโดยการเลือกแถบด้านข้างได้ ส่วนด้านบนของสัญลักษณ์ของโหนดตรวจวัดไร้สายที่มีหมายเลขกำกับแต่ละตัวนั้น จะเป็น Battery Bar ของโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละตัว เว็บอินเตอร์เฟซหน้านี้จึงเป็นส่วนสำหรับแสดงสถานะของเครือข่ายตรวจวัดไร้สายโดยรวมว่ายังมีการติดต่อกันอยู่ตามปกติหรือไม่



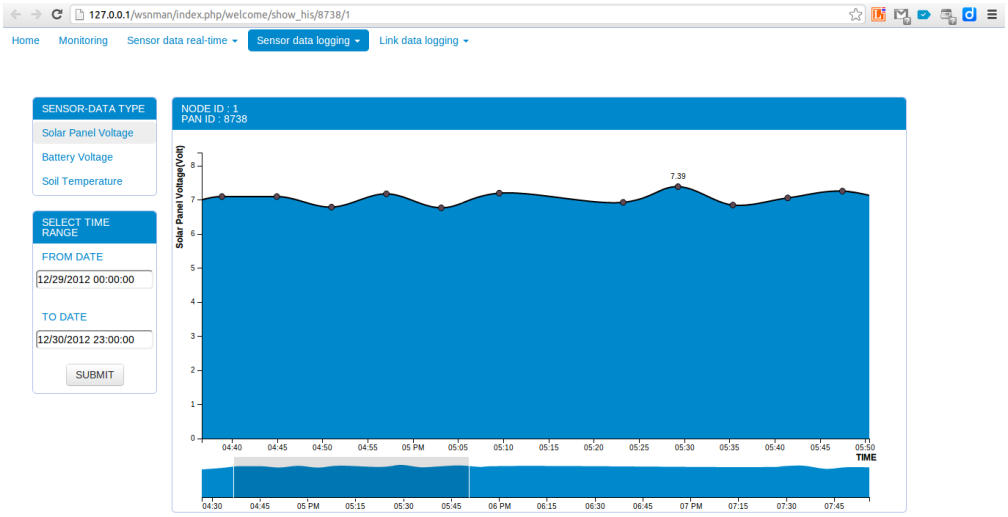
รูปที่ 8.4 เว็บอินเตอร์เฟซแสดงสถานการณ์เชื่อมต่อของโหนดตรวจวัดไร้สายแบบ Symmetric

เลือกที่แถบ Sensor Data Real-time จะสามารถเห็นข้อมูลของสภาพแวดล้อมที่ถูกส่งมาจากโหนดตรวจวัดไร้สายแต่ละตัวได้ โดยสามารถเลือกชนิดของข้อมูลที่แสดงได้จากแถบด้านข้าง ดังรูปที่ 8.5



รูปที่ 8.5 เว็บอินเตอร์เฟซแสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์

เลือกที่แถบ Sensor Data Logging จะสามารถเห็นข้อมูลของสภาพแวดล้อมย้อนหลังได้ตามวันและเวลาที่ต้องการ โดยสามารถเลือกชนิดของข้อมูลและวันเวลาที่ต้องการได้จากแถบด้านข้าง นอกจากนี้กราฟยังมีความสามารถในการ Zoom/Pan เพื่อดูค่า ณ ตำแหน่งของกราฟที่ต้องการได้ละเอียดยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 8.6



รูปที่ 8.6 เว็บอินเตอร์เฟซแสดงข้อมูลสภาพแวดล้อมย้อนหลังตามชนิดของข้อมูลและตามวันเวลาที่ต้องการ

ประวัตินิสิต

ชื่อ-นามสกุล สุนิศา พลายพันธุ์ เลขประจำตัวนิสิต 5210502678
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน 46/2 ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110
E-mail capple1311@gmail.com
โทรศัพท์เคลื่อนที 089-5104538
ระดับการศึกษา ปริญญาตรี

คุณวุฒิการศึกษา	จากโรงเรียน/สถาบัน	ปีการศึกษาที่จบ
มัธยมศึกษาตอนปลาย	สาธิต"พิบูลบำเพ็ญ"มหาวิทยาลัยบูรพา	2551
มัธยมศึกษาตอนต้น	สาธิต"พิบูลบำเพ็ญ"มหาวิทยาลัยบูรพา	2548