รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมาย สำหรับข้อมูลบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

Development of a Prototype Semantic Sensor Web System for Songkhla Lake Basin Resource Management

โดย

เกริกชัย ทองหนู
พนาลี ชีวกิดาการ
ธิรดา ยงสถิตศักดิ์
สุพัตรา พุฒิเนาวรัตน์

สถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณอุดหนุนการวิจัย
งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2555
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

30 กันยายน 2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคนิคและมาตรฐานในการสร้างระบบรวบรวมข้อมูลเชิงความหมาย และพัฒนาต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายสำหรับข้อมูลบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาซึ่งแบ่งการวิจัยออกเป็น 3 ระยะ รายงานนี้เป็นการศึกษาวิจัยในระยะแรก โดยได้ศึกษาและเลือกเครื่องมือในการพัฒนาต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมาย พบว่า ระบบ SOS ของ 52°North มีความเหมาะสมที่จะเป็นเครื่องมือในการพัฒนาต้นแบบ ในการออกแบบต้นแบบสามารถทำได้ 4 รูปแบบขึ้นอยู่กับความพร้อมของระบบจ่ายไฟและการเชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ตที่จุดติดตั้งเซนเซอร์ หนึ่งในรูปแบบดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้สร้างต้นแบบระบบวัดระดับน้ำในคลองอู่ตะเภา อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา เพื่อเก็บข้อมูลระดับน้ำสำหรับพัฒนาระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายต่อไป

คำสำคัญ ทะเลสาบสงขลา, เซนเซอร์เว็บเชิงความหมาย, ต้นแบบระบบรวบรวมข้อมูล

ABSTRACT

The objectives of this research were to study techniques and standards in the development of a semantic data acquisition system and to develop a prototype semantic sensor web system for environmental data management in Songkhla Lake Basin. This research was divided into 3 phases. This report presents the first phase of the research. In this first phase, the design tools for the prototype development were studied, the tools were then selected. It is found that the SOS from 52ºNorth is suitable for the prototype development. Depending on the availability of power sources and the Internet connection at the sensor installation sites, the prototype designs can be categorized into four types. One type of the design was used to implement the water level monitoring system for Klong U-Tapao, Hat Yai, Songkhla province. The system collects water levels data for further development of a semantic sensor web.

Key Words: Songkhla Lake Basin, semantic sensor web, data acquisition system

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย และเจ้าหน้าที่ของสำนักวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ทุกท่านที่ดำเนินการประสานงานเป็นอย่างดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณ คุณสัตยา บุญรัตน์ชู และวิศวกรของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ทุก ๆ ท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ มาโดยตลอด จนกระทั่งงานสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาในคณะวิศวกรรมศาสตร์และคณะการจัดการสิ่งแวดล้อมทุก ๆ ท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ มาโดยตลอด จนกระทั่งงานสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณ บริษัท ไทรเนอร์ยีอินสทรูเมนต์ จำกัด ที่อนุเคราะห์การใช้โปรแกรมต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของบิดามารดาและครอบครัว ที่ส่งเสริมสนับสนุนให้กำลังใจ แก่ผู้วิจัยตลอดมา

เกริกชัย ทองหนู
พนาลี ชีวกิดาการ
สุพัตรา พุฒิเนาวรัตน์
ธิรดา ยงสถิตศักดิ์

สารบัญ

หน้า
บทคัดย่อ (1)
ABSTRACT (2)
กิตติกรรมประกาศ (3)
สารบัญ (4)
สารบัญตาราง (7)
สารบัญภาพประกอบ (8)
คำอธิบายคำย่อ (12)

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย 1
1.2 การตรวจสอบเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
1.3 วัตถุประสงค์ 4
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 4

บทที่ 2 เทคนิคและมาตรฐานในการสร้างระบบรวบรวมข้อมูลเชิงความหมาย 5
2.1 เซนเซอร์ 5
2.1.1 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ 5
2.1.2 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง 6
2.1.3 เซนเซอร์วัดระดับน้ำ 7
2.1.4 อุปกรณ์วัดปริมาณน้ำฝน 8
2.1.5 เซนเซอร์วัด pH 8
2.1.6 เซนเซอร์วัดความนำไฟฟ้า 8
2.2 ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ 8
2.3 เซิร์ฟเวอร์ 9
2.3.1 Windows 2003 Server 9
2.3.2 Linux Server 10
2.3.3 Embedded Server 11
2.4 ระบบเครือข่าย 12
2.4.1 ระบบ ADSL 12
2.4.2 ระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 12
2.5 ตัวอย่างระบบเก็บรวบรวมข้อมูล 13
2.5.1 ระบบ AIRS 13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.2 ระบบ Mango 14
2.5.3 ระบบ SensorMap 15
2.5.4 ระบบ SOS 15

บทที่ 3 การออกแบบระบบเก็บรวบรวมข้อมูล 17
3.1 การเลือกใช้เครื่องมือในการพัฒนาระบบ 17
3.1.1 ข้อพิจารณาในการเลือกใช้เครื่องมือในการพัฒนาระบบ 17
3.1.2 ผลการเลือกเครื่องมือในการพัฒนาระบบ 18
3.2 การออกแบบระบบ 19
3.2.1 การเพิ่ม/ลบเซนเซอร์ 19
3.2.2 การส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ 20
3.2.3 การอ่านและคัดเลือกข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์ 20
3.3 การนำระบบไปใช้งาน 21

บทที่ 4 การพัฒนาต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมาย 24
4.1 รูปแบบของระบบ 24
4.1.1 รูปแบบที่ 1 24
4.1.2 รูปแบบที่ 2 25
4.1.3 รูปแบบที่ 3 25
4.1.4 รูปแบบที่ 4 26
4.2 องค์ประกอบของระบบ 27
4.2.1 เซนเซอร์ 27
4.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 27
4.2.3 โมบายเร้าเตอร์ 27
4.2.4 ระบบเซิร์ฟเวอร์ 28
4.3 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากระบบเก็บข้อมูล 28
4.3.1 ระบบแสดงผลคุณภาพน้ำในคลองอู่ตะเภา 28
4.3.2 ระบบวัดระดับน้ำแบบออนไลน์ในคลองอู่ตะเภา 29
4.3.3 ระบบทำนายปริมาณน้ำฝนโดยใช้ฐานกฎ 30

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 31
5.1 ผลการวิจัย 31
5.2 ปัญหาที่พบ 32
5.3 ข้อเสนอแนะ 32

บรรณานุกรม 34

ภาคผนวก 37
ภาคผนวก ก: การเก็บบันทึกข้อมูลและตัวอย่างการใช้งาน AIRS 38
ภาคผนวก ข: ขั้นตอนการติดตั้ง Sensor Web Enablement 45
ภาคผนวก ค: การใช้งานระบบ Sensor Web Enablement 58
ภาคผนวก ง: คำสั่ง SQL สำหรับแสดงรายละเอียดของ Sensor 63

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

3-1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเครื่องมือพัฒนาระบบระหว่าง Sensor Map กับ 52°North..... 19

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1-1 ภาพรวมของเว็บเชิงความหมาย 2

1-2 กรอบเวลาการศึกษาวิจัย 2

2-1 การดาวน์โหลดแอพพลิเคชั่น AIRS จาก Google Play Store 13

2-2 การติดตั้งโปรแกรม AIRS ใน Google Play Store 14

2-3 งานวิจัย Sensor Map ของ Microsoft 15

3-1 การนำเข้าข้อมูลจากเว็บเซอร์วิส 20

3-2 การเลือกอ่านข้อมูลจากตาราง observation 21

3-3 การจำลองระบบโทรมาตรด้วยโปรแกรม LabVIEW 22

3-4 การจำลองค่าปริมาณน้ำฝนและการส่งข้อมูลด้วยระบบโทรมาตรจำลอง 23

3-5 การอ่านค่าปริมาณน้ำฝนไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลด้วยการใช้ภาษ XML 23

4-1 ภาพรวมของระบบรูปแบบที่ 1 25

4-2 ภาพรวมของระบบรูปแบบที่ 2 25

4-3 ภาพรวมของระบบรูปแบบที่ 3 26

4-4 ภาพรวมของระบบรูปแบบที่ 4 26

4-5 (ก) ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ 28

4-5 (ข) ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ 29

4-6 ระบบวัดระดับน้ำแบบออนไลน์ในคลองอู่ตะเภา 29

4-7 ระบบทำนายปริมาณน้ำฝนโดยใช้ฐานกฎ 30

ก-1 การบันทึกข้อมูลในรูปแบบ Local 38

ก-2 การบันทึกข้อมูลในรูปแบบ Remote 39
ก-3 การตั้งค่าทั่วไปสำหรับการบันทึกแบบ Remote และแบบ Local 39
ก-4 แอพพลิเคชั่น AIRS จาก Smartphone 40
ก-5 หน้าแสดงผลแรกจากการเปิดแอพพลิเคชั่น AIRS 40
ก-6 การเลือกเซนเซอร์ที่ต้องการตรวจวัด 41
ก-7 การกดปุ่ม Start เพื่อเริ่มการบันทึกข้อมูล 41
ก-8 การบันทึกข้อมูลของแอพพลิเคชั่น 42
ก-9 สถานะการทำงานของ AIRS 42
ก-10 รายละเอียดข้อมูลจากการตรวจวัด 43
ก-11 การออกจากแอพพลิเคชั่นโดยเลือกปุ่ม Exit 43
ก-12 การออกจากแอพพลิเคชั่นโดยเลือกปุ่ม Yes 44
ข-1 การเริ่มติดตั้งโปรแกรมโดยการคลิกปุ่ม Next 45
ข-2 การคลิกปุ่ม I Agree เพื่อยอมรับเงื่อนไขในการติดตั้งโปรแกรม 46
ข-3 การคลิกปุ่ม Next เพื่อติดตั้งโปรแกรม 46
ข-4 การกำหนดค่า Configuration 47
ข-5 การเลือกพื้นที่ในการเก็บโปรแกรม 47
ข-6 การแสดงการดำเนินการติดตั้งโปรแกรม 48
ข-7 เสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม 48
ข-8 โปรแกรมเริ่ม Start Service 49
ข-9 การเริ่มติดตั้งโปรแกรมโดยการคลิกปุ่ม Next 49
ข-10 เลือกพื้นที่ในการเก็บโปรแกรม 50

ข-11 การกำหนด Password ในการเข้าใช้งาน Database PostgreSQL 50
ข-12 การกำหนด Port ให้กับ Server 51
ข-13 เลือกสถานที่ในการติดตั้ง Database 51
ข-14 การคลิกปุ่ม Next เพื่อติดตั้งโปรแกรม 52
ข-15 การดำเนินการติดตั้งโปรแกรม 52
ข-16 เสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม 53
ข-17 การเริ่มติดตั้งโปรแกรมโดยคลิกปุ่ม Next 53
ข-18 การคลิกปุ่ม I Agree เพื่อยอมรับเงื่อนไขในการติดตั้งโปรแกรม 54
ข-19 การเลือก Components ของโปรแกรม PostGIS 54
ข-20 เลือกพื้นที่ในการเก็บโปรแกรม 55
ข-21 กำหนด User Name Password และ Port 55
ข-22 การกำหนด Database Name 56
ข-23 การดำเนินการติดตั้งโปรแกรม 56
ข-24 การคลิกปุ่ม Yes เพื่อให้โปรแกรม PostGIS และ PostgreSQL สามารถทำงานร่วมกันได้ 57
ข-25 เสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม 57
ค-1 กรอก Password เพื่อเข้าสู่ฐานข้อมูล 58
ค-2 การสร้างฐานข้อมูลใหม่ 58
ค-3 การกำหนดรายละเอียดข้อมูลให้กับฐานข้อมูล 59
ค-4 การนำเข้าข้อมูลโดยใช้คำสั่ง SQL 59
ค-5 หน้าต่าง Query tool 60
ค-6 การเลือกฐานข้อมูลตัวอย่าง 60

ค-7 คลิก Execute หรือ Icon ในวงกลม 61

ค-8 รายการตารางภายในฐานข้อมูลตัวอย่าง..... 61

ค-9 เลือกฐานข้อมูลตัวอย่าง..... 62

ค-10 ข้อมูลในฐานข้อมูลตัวอย่าง 62

คำอธิบายคำย่อ

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
CDMA	Code Division Multiple Access
GPRS	General Packet Radio Service
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IC	Integrated Circuit
LDR	Light Dependent Resistor
OGC	Open Geospatial Consortium
RDF	Resource Description Framework
RTD	Resistance Temperature Detector
RTU	Remote Terminal Unit
SML	Sensor Model Language
SOS	Sensor Observation Service
SQL	Structured Query Language
SWE	Sensor Web Enablement
TDMA	Time Division Multiple Access
XML	Extensible Markup Language
URI	Uniform Resource Identifier

บทที่ 1

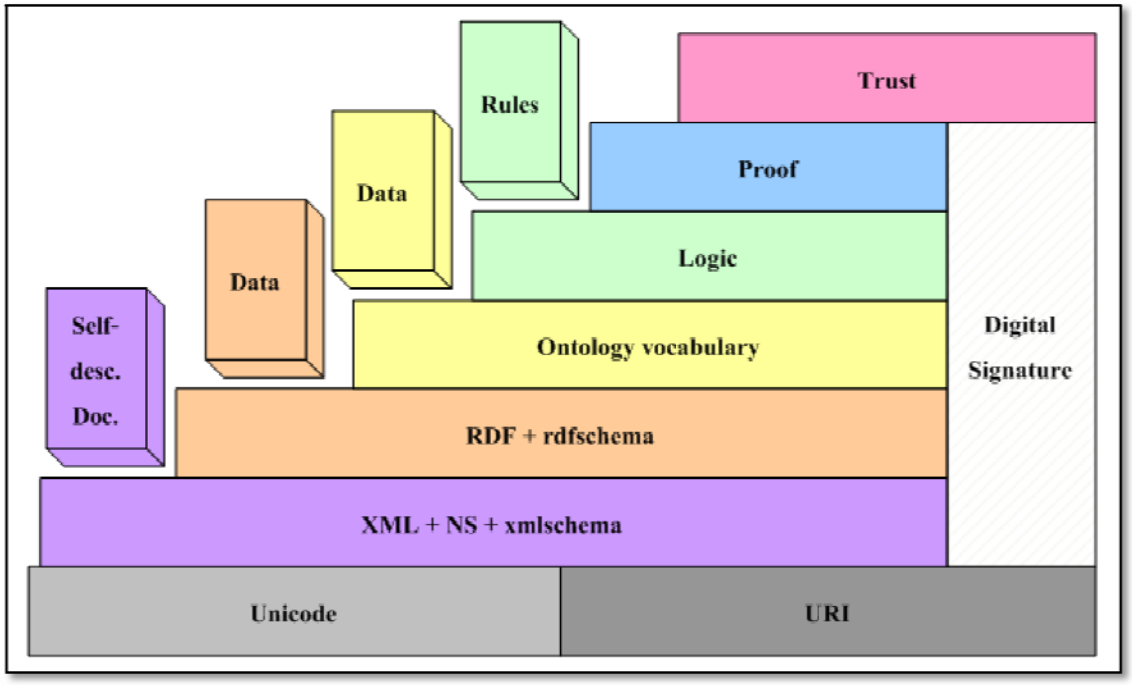
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ตั้งอยู่ในพื้นที่ 3 จังหวัด ได้แก่ สงขลา พัทลุง และนครศรีธรรมราช เป็นทะเลสาบที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว คือมี น้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม เป็นบริเวณที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยทรัพยากรสัตว์น้ำและมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง อีกทั้งยังมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของประชาชนที่อาศัยในบริเวณแถบลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาและบริเวณใกล้เคียง ปัจจุบันได้มีแผนแม่บทการพัฒนาลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา [1] เพื่อใช้เป็นกรอบในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาให้คืนสภาพความอุดมสมบูรณ์มากที่สุด เกิดความสมดุลระหว่างการพัฒนาและการอนุรักษ์ทรัพยากรในพื้นที่และใช้เป็นฐานในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนได้อย่างยั่งยืน

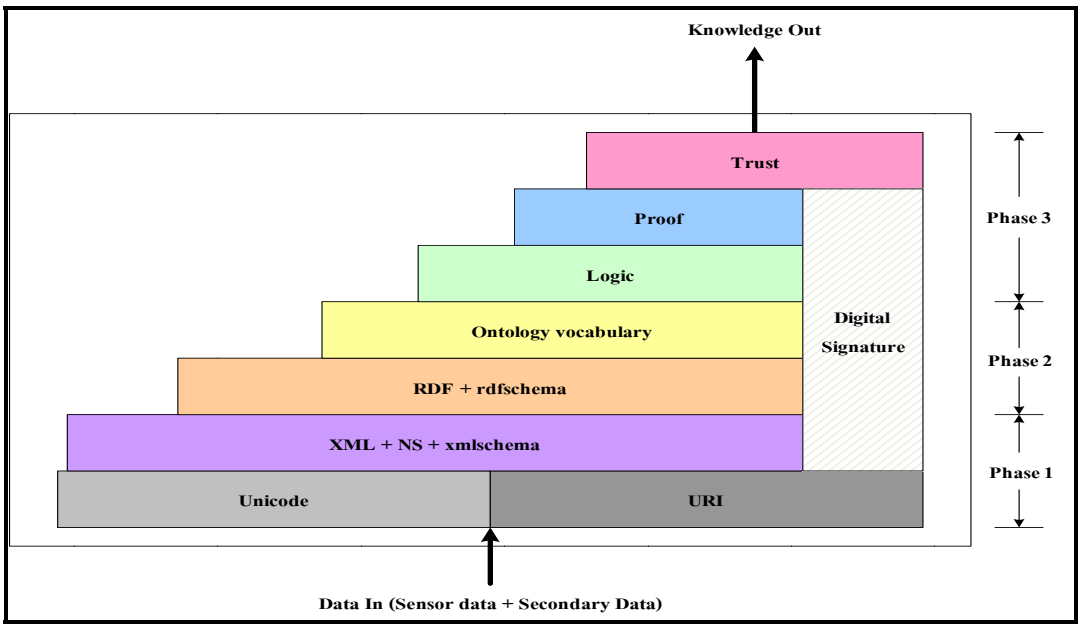
จากแผนแม่บทการพัฒนาลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ในยุทธศาสตร์ที่ 5 เรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา [2] เพื่อให้การบริหารจัดการลุ่มน้ำเกิดประสิทธิภาพ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลทั้งอดีตและปัจจุบัน เพื่อประกอบการตัดสินใจในการขับเคลื่อนนโยบาย ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมาจาก 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ ข้อมูลจากสถานีวัดที่ติดตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา และข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล นอกจากแหล่งข้อมูลดังกล่าวแล้ว ได้มีการติดตั้งเซนเซอร์เพื่อเก็บข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ซึ่งปัจจุบันพบว่า การติดตั้งเซนเซอร์วัดข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดข้อมูลปริมาณมหาศาลจากเซนเซอร์ต่าง ๆ แต่การนำข้อมูลไปใช้ให้เกิดประโยชน์จริงอยู่ในระดับที่ไม่น่าพอใจ สาเหตุหลักประเด็นหนึ่ง คือ การขาดแคลนซึ่งความหมายที่พึงมีของข้อมูลดิบเหล่านั้น เช่น ตำแหน่งที่วัด ช่วงเวลาที่วัด หน่วยวัดที่ใช้ คุณภาพของข้อมูล เป็นต้น สาเหตุนี้ ทำให้การรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เป็นไปด้วยความยากลำบาก ซึ่งแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา คือ การกำหนดมาตรฐานข้อมูลที่วัดให้สื่อความหมายเข้าใจได้ทั้งมนุษย์และเครื่องคอมพิวเตอร์

ดังนั้น ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายสำหรับข้อมูลบริหารการจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยใช้เทคโนโลยีเซนเซอร์เว็บเชิงความหมาย (Semantic Sensor Web) เพื่อการจัดทำต้นแบบระบบรวบรวมและติดตามข้อมูลสภาวะแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบ เนื่องจากเว็บเชิงความหมายใช้รูปแบบเชิงโครงสร้างในการเก็บข้อมูลที่ทั้งมนุษย์และเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้ ภาพรวมของเว็บเชิงความหมายประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ ซ้อนกัน (ภาพประกอบ 1-1) เมื่อนำเข้าข้อมูลสู่ระบบ โดยเริ่มที่ชั้น Unicode และ URI จากนั้นข้อมูลจะผ่านกระบวนการต่าง ๆ ของแต่ละชั้นข้อมูล สุดท้ายองค์ความรู้ที่ต้องการจะถูกนำออกจากชั้นของความเชื่อมั่น (Trust) เพื่อใช้ในการตัดสินใจต่อไป



ภาพประกอบ 1-1 ภาพรวมของเว็บเชิงความหมาย [3]

งานวิจัยนี้ได้แบ่งกรอบเวลาออกเป็น 3 เฟส (ภาพประกอบ 1-2) ได้แก่ เฟสที่ 1 มุ่งเน้นการศึกษาในส่วนของการนำเข้าข้อมูล ชั้นของ Unicode และ URI เฟสที่ 2 มุ่งเน้นที่ชั้นของ RDF และ Ontology ส่วนเฟสที่ 3 มุ่งเน้นที่ชั้นของ Logic, Proof และ Trust เมื่อสิ้นสุดเฟสที่ 3 ระบบเก็บรวบรวมข้อมูลมีความพร้อมสำหรับการเก็บและสืบค้นข้อมูลเพื่อการบริหารจัดการทะเลสาบสงขลาซึ่งหน่วยงานทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์เพื่อการศึกษาวิจัยและการบริหารจัดการลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาต่อไป



ภาพประกอบ 1-2 กรอบเวลาการศึกษาวิจัย

1.2 การตรวจเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชัยภัทร เนื่องคำมา และไพศาล สันติธรรมนนท์ [4] ได้นำเสนอการพัฒนาระบบที่สามารถตรวจวัดตลอดจนเพิ่มความสามารถในการเชื่อมโยงระบบตรวจวัดต่าง ๆ ด้วยระบบเว็บท่า (Web Portal) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และความยืดหยุ่นในการเข้าถึงข้อมูลจากระบบตรวจวัดหลายกลุ่ม โดยเว็บท่าจะรองรับการทำงานและการเชื่อมโยงระบบเครือข่ายตรวจวัดทุกชนิดบนโปรโตคอลมาตรฐาน Sensor Web Enable ผ่าน Sensor-agent adaptor และได้นำเสนอเกี่ยวกับการสาธิตระบบบริการข้อมูลภูมิสารสนเทศ (Geospatial Web Service) มาประยุกต์ใช้กับระบบแผนที่ภาษี [5] โดยเน้นไปที่การแลกเปลี่ยนข้อมูลภูมิสารสนเทศระหว่างระบบผ่านโปรโตคอลมาตรฐานของ Open Geospatial Consortium (OGC) เพื่อแสดงให้เห็นถึงกลไกการทำงานร่วมกันระหว่างระบบ

พินิจ เขื่อนสุวงศ์ และคณะ [6] ได้นำเสนอระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อม เพื่อเสริมศักยภาพด้านการผลิตทางการเกษตรโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSP430 เป็นตัวประมวลผลร่วมกับไอซี CC2520 ที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับส่งข้อมูลไร้สาย ได้ทดลองใช้ระบบในการผลิตกาแฟ ณ โครงการพัฒนาดอยตุง (พื้นที่ทรงงาน) ระบบสามารถวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสงได้ มีการเชื่อมต่อโครงข่ายอุปกรณ์ตรวจวัดผ่านเครือข่ายไร้สาย ผู้ใช้งานสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดไปใช้ประโยชน์ได้ โดยเลือกรูปแบบการบันทึกค่าที่วัดได้จากฐานข้อมูล 3 รูปแบบ ได้แก่ Text, PDF และ Excel

Michael Lehning และคณะ [7] แสดงให้เห็นถึงความท้าทายหลายเรื่องในศาสตร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างของงานที่ได้ดำเนินการไปแล้วเช่นโครงการ Swiss Experiment and SenseWeb ซึ่งเป็นการบูรณาการโครงสร้างข้อมูลของสภาวะแวดล้อมที่ทันสมัยสำหรับการศึกษาวิจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการของเทคโนโลยีที่เข้ามาเสริม เช่น เทคโนโลยีของเซนเซอร์เป็นต้น ความก้าวหน้าต่าง ๆ ทางด้านการตรวจวัดเหล่านี้ทำให้เชื่อมั่นได้ว่าความฝันที่นักวิทยาศาสตร์ ภาครัฐ และภาคประชาชนจะมีความรู้ความเข้าใจสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นและนำไปสู่การมีชีวิตที่ดีขึ้นและมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

Sebastian Michel และคณะ [8] นำเสนอระบบเครือข่ายเซนเซอร์ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและนำเสนอข้อมูลแก่ผู้ใช้งาน ระบบหลักประกอบด้วย เครือข่ายเซนเซอร์ที่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดที่ต้องการศึกษา โปรแกรม SensorMap ของบริษัทไมโครซอฟท์ และโปรแกรมเชื่อมต่อโปรแกรม SensorMap เข้ากับเครือข่ายเซนเซอร์ที่ต้องการศึกษา ระบบดังกล่าวจะเชิญชวนผู้ใช้งานให้เข้ามามีส่วนร่วมในการเฝ้าระวังและตรวจสอบข้อมูลสิ่งแวดล้อมที่เก็บไว้ในระบบซึ่งถูกนำเสนอในรูปแบบของ contour plots บนแผนที่ดิจิตอลความละเอียดสูง นอกจากนี้ผู้ใช้งานยังสามารถเรียกดูข้อมูลในอดีตเพื่อหาความเกี่ยวข้องของข้อมูลได้อีกด้วย

Siddeswara Mayura Gur และคณะ [9] นำเสนอระบบเฝ้าระวังและพยากรณ์ระบบน้ำโดยจัดทำเป็นโครงการนำร่อง ระบบนี้ได้นำเทคโนโลยี Sensor Web มาใช้ที่ลุ่มน้ำ Esk River ทางตะวันออกเฉียงเหนือของรัฐ Tasmania ในประเทศออสเตรเลีย โครงการนำร่องดังกล่าวทำให้คณะผู้ดำเนินโครงการสามารถประเมินความเหมาะสมในการนำเอามาตรฐาน Sensor Web Enablement (SWE) ที่กำหนดโดย Open Geospatial Consortium มาใช้งานในการบริหารจัดการน้ำ ระบบต้นแบบที่จัดทำขึ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์การไหลของน้ำในแม่น้ำในช่วงเวลาสั้น ๆ

Schade Sven และคณะ [10] เสนอแนวคิดในการที่จะใช้ประชาชนเป็นเซนเซอร์สำหรับการรวบรวมสารสนเทศโดยอาศัยความก้าวหน้าของเว็บ 2.0 และ Sensor Web Enablement คณะผู้วิจัยมุ่งเน้นที่จะให้ประชาชนเฝ้าระวังสภาวะแวดล้อมในภาพรวมและประมวลผลเบื้องต้นเฉพาะบริเวณที่เฝ้าระวัง สารสนเทศดังกล่าวโดยทั่วไปไม่สามารถที่จะรวบรวมได้โดยเซนเซอร์ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าวิธีการดังกล่าวสามารถนำมาใช้ร่วมกับวิธีการทางด้าน remote sensing ที่มีอยู่แล้วได้เป็นอย่างดีและสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้อมูลเดิมที่มีอยู่แล้วได้ด้วย

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเทคนิคและมาตรฐานในการสร้างระบบรวบรวมข้อมูลเชิงความหมายจากกลุ่มวิจัยและองค์กรต่าง ๆ

2. เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายสำหรับข้อมูลบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาเทคนิคและมาตรฐานในการสร้างระบบรวบรวมข้อมูลเชิงความหมายจากกลุ่มวิจัยและองค์กรต่าง ๆ

2. พัฒนาต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายสำหรับข้อมูลบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยใช้ฐานข้อมูลลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาที่จัดเก็บไว้แล้ว ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลเชิงพื้นที่จากภาพถ่ายดาวเทียม

3. แสดงผลการสืบค้นข้อมูลจากระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายใน 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบเชิงพื้นที่ รูปแบบเชิงเวลา และรูปแบบเฉพาะเรื่องที่สนใจ

บทที่ 2

เทคนิคและมาตรฐานในการสร้างระบบรวบรวมข้อมูลเชิงความหมาย

ก่อนที่จะทำการพัฒนาต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายสำหรับข้อมูลบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ผู้วิจัยจำเป็นต้องศึกษาเทคนิคและมาตรฐานในการสร้างระบบรวบรวมข้อมูลเชิงความหมายจากกลุ่มวิจัยและองค์กรต่าง ๆ ที่มีอยู่รวมถึงเซนเซอร์ที่เกี่ยวข้องด้วย ข้อมูลสภาวะแวดล้อมจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยเซนเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่อ่านสัญญาณไฟฟ้าจากเซนเซอร์แล้วแปลงเป็นข้อมูล ข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งต่อไปยังเซิร์ฟเวอร์ผ่านทางระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ข้อมูลที่เก็บรวบรวมไว้จะถูกนำไปประมวลผลเพื่อการวิเคราะห์และการบริหารจัดการต่อไป ในบทนี้จะเน้นเรื่องการศึกษาเซนเซอร์ที่เกี่ยวข้อง ไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เซิร์ฟเวอร์ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาตัวอย่างระบบรวบรวมข้อมูลที่ใช้งานจริงด้วย

2.1 เซนเซอร์

เซนเซอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนสิ่งที่ต้องการตรวจวัดทางกายภาพให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า สำหรับการจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลานั้น สิ่งที่ต้องการตรวจวัดขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์หลักของการจัดการ สำหรับงานวิจัยนี้กำหนดสิ่งที่ต้องการตรวจวัดเป็น อุณหภูมิ ความเข้มแสง ระดับน้ำ ปริมาณน้ำฝน pH และความนำไฟฟ้า ดังนั้นเซนเซอร์ที่ทำการศึกษาจะมุ่งเน้นเพื่อวัดสิ่งที่ต้องการวัดดังกล่าวมาแล้วข้างต้น

2.1.1 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

เซนเซอร์ที่เหมาะสำหรับวัดอุณหภูมิของสภาวะแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งานและราคาเป็นหลัก เซนเซอร์ที่เหมาะสมมีหลายประเภทดังนี้

- อาร์ทีดี (Resistance Temperature Detectors: RTD) เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของวัสดุที่ใช้ทำเซนเซอร์ [11] ค่าความต้านทานของเซนเซอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น [12] เซนเซอร์แบบอาร์ทีดีมีความเป็นเชิงเส้นในช่วงอุณหภูมิแคบ ๆ เหมาะที่จะเป็นตัวเลือกในการวัดอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาที่ต้องการความแม่นยำปานกลาง การติดตั้งทำได้ง่ายโดยสามารถเลือกใช้เซนเซอร์และอุปกรณ์ประกอบพร้อมใช้ที่ผลิตมาเพื่องานอุตสาหกรรมได้

- เทอร์มิสเตอร์ (Thermister) เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้า เช่นเดียวกับอาร์ทีดี [12] การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีค่าสูงกว่าการเปลี่ยนแปลงค่าของอาร์ทีดี ความเป็นเชิงเส้นของความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์มีค่าด้อย

กว่าของอาร์ทีดี ข้อเด่นของเซนเซอร์แบบเทอร์มิสเตอร์คือมีขนาดเล็ก ราคาถูก ติดตั้งได้ง่าย และต้องการวงจรประกอบในการวัดที่ไม่ซับซ้อน

- เซนเซอร์สารกึ่งตัวนำ เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่ให้แรงดันไฟฟ้าแปรตามอุณหภูมิ ตัวเซนเซอร์ทำจากสารกึ่งตัวนำส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปวงจรรวม (Integrated Circuit: IC) แรงดันที่ขา output ของเซนเซอร์มีค่าแปรตามอุณหภูมิและมีความเป็นเชิงเส้นสูง [12] เซนเซอร์ประเภทนี้โดยทั่วไปต้องการวงจรขยายสัญญาณก่อนที่จะสามารถอ่านค่าได้โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ยกเว้นมีเซนเซอร์บางตระกูลที่มีวงจรแปลงอุณหภูมิเป็นค่าดิจิตอลภายในตัวและสามารถรับส่งข้อมูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง โดยทั่วไปเซนเซอร์สารกึ่งตัวนำจะมีราคาปานกลางและผู้ใช้ต้องดัดแปลงหัววัดเองให้เข้ากันได้สภาพแวดล้อมจริง

2.1.2 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง

เซนเซอร์ที่เหมาะสำหรับวัดความเข้มแสงของสภาวะแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ช่วงความเข้มของแสง และราคาเป็นหลัก เซนเซอร์ที่เหมาะสมมีหลายประเภทดังนี้

- แอลดีอาร์ (Light Dependent Resistor: LDR) เป็นเซนเซอร์วัดความเข้มแสงในรูปแบบของค่าความต้านทาน ตัวเซนเซอร์ทำจากสารกึ่งตัวนำฉาบบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรอง ค่าความต้านทานของเซนเซอร์มีค่าแปรผกผันกับความเข้มแสง ช่วงความยาวคลื่นของแสงครอบคลุมช่วงที่ตามองเห็นแต่ตอบสนองได้ดีเฉพาะช่วงความยาวคลื่นที่ค่อนข้างแคบ การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของแอลดีอาร์ต่อการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงมีค่าสูง [13] ความเป็นเชิงเส้นของความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและความเข้มแสงมีค่าต่ำ ข้อเด่นของเซนเซอร์แบบแอลดีอาร์คือมีขนาดเล็ก ราคาถูก และต้องการวงจรประกอบในการวัดที่ไม่ซับซ้อน

- โฟโต้ไดโอด (Photo Diode) เป็นเซนเซอร์วัดความเข้มแสงในรูปแบบกระแสไฟฟ้า ตัวเซนเซอร์ทำจากสารกึ่งตัวนำประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N รอยต่อถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุที่แสงผ่านได้ ค่ากระแสไฟฟ้าของเซนเซอร์มีค่าแปรผกผันกับความเข้มแสงที่มาตกกระทบที่รอยต่อ ช่วงความยาวคลื่นของแสงที่วัดค่อนข้างกว้างกว่า LDR [13] ข้อเด่นของเซนเซอร์แบบโฟโต้ไดโอดคือ มีขนาดเล็ก ราคาถูก ส่วนข้อด้อยคือต้องการวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับขยายสัญญาณก่อนที่จะส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

- โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) เป็นเซนเซอร์วัดความเข้มแสงในรูปแบบกระแสไฟฟ้า ตัวเซนเซอร์ทำจากสารกึ่งตัวนำโครงสร้างลักษณะเดียวกับทรานซิสเตอร์ที่

รอยต่อถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุที่แสงผ่านได้ ค่ากระแสไฟฟ้าของเซนเซอร์มีค่าแปรตามความเข้มแสงที่มาตกกระทบที่รอยต่อ ช่วงความยาวคลื่นของแสงที่วัดค่อนข้างกว้างกว่า LDR เช่นเดียวกับโฟโต้ไดโอด การเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงมีค่าสูงกว่าโฟโต้ไดโอด [14] ดังนั้นวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับขยายสัญญาณก่อนที่จะส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำได้ง่ายกว่าโฟโต้ไดโอดซึ่งเป็นข้อเด่นของเซนเซอร์แบบนี้

2.1.3 เซนเซอร์วัดระดับน้ำ

เซนเซอร์ที่เหมาะสำหรับวัดระดับน้ำในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ช่วงระดับน้ำที่ต้องการวัด และราคาเป็นหลัก เซนเซอร์ที่เหมาะสมมีหลายประเภทดังนี้

- อุปกรณ์วัดระดับน้ำชนิดแปลงค่าด้วยความดัน (Pressure Transducer) เป็นเซนเซอร์วัดระดับน้ำในรูปแบบแรงดันไฟฟ้า ตัวเซนเซอร์ทำจากอุปกรณ์วัดความดันติดตั้งในตำแหน่งส่วนล่างสุดของระดับน้ำที่ต้องการวัด เมื่อระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้น ความดันจะเพิ่มขึ้นตามระดับความสูงของน้ำ ส่งผลให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่อุปกรณ์วัดความดันแปรตามความสูงของระดับน้ำ [15] การวัดระดับน้ำโดยการวัดความดันของน้ำแล้วแปลงค่าให้เป็นระดับน้ำมีจุดอ่อนที่พึงระวังคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับระดับน้ำแปรตามอุณหภูมิของอากาศ ถ้าต้องการความแม่นยำต้องทำการชดเชยอุณหภูมิ เซนเซอร์ประเภทนี้จะมีความยุ่งยากในการติดตั้งเพราะตัวเซนเซอร์ต้องจุ่มอยู่ในน้ำตลอดเวลาทำให้ต้นทุนในการบำรุงรักษาค่อนข้างสูง ทางเลือกในการแก้ปัญหาคือการติดตั้งเซนเซอร์ให้อยู่เหนือน้ำแล้วต่อท่อจุ่มน้ำในจุดที่ต้องการวัด ความดันที่เกิดขึ้นเนื่องจากความสูงของระดับน้ำจะส่งผ่านอากาศในท่อมายังอุปกรณ์วัดความดัน อย่างไรก็ตามค่าที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนไปบ้างเนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ ความดันของอากาศในท่อจะลดลงเนื่องจากไนโตรเจนบางส่วนละลายในน้ำ ทางเลือกนี้เหมาะกับการวัดระดับน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับค่อนข้างเร็วเช่นการวัดระดับน้ำท่วม เป็นต้น

- อุปกรณ์วัดระดับน้ำชนิดแปลงค่าความจุเป็นเซนเซอร์วัดระดับน้ำในรูปแบบของการวัดค่าความจุไฟฟ้า ตัวเซนเซอร์ทำจากขั้วไฟฟ้าสองอันจุ่มลงในน้ำและวัดค่าความจุระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง โดยค่าความจุจะแปรผันตรงกับระดับของน้ำ [16] ส่งผลให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่ output ของวงจรอิเล็คทรอนิกส์ แปรตามความสูงของระดับน้ำ อุปกรณ์วัดระดับน้ำชนิดแปลงค่าความจุต้องการวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ค่อนข้างซับซ้อน

- อุปกรณ์วัดระดับน้ำด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เป็นเซนเซอร์วัดระดับน้ำในรูปแบบของการวัดค่าเวลาการสะท้อนกลับของคลื่นความถี่สูงที่ส่งออกไปยังผิวน้ำ โดยค่าเวลาการสะท้อนจะแปรผันตรงกับระดับของน้ำ ส่งผลให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่ output ของวงจรอิเล็คทรอนิกส์ แปรตาม

ความสูงของระดับน้ำ ข้อดีของอุปกรณ์วัดระดับน้ำด้วยคลื่นอัลตราโซนิกคือติดตั้งได้ง่ายและมีช่วงการวัดค่อนข้างกว้าง ข้อด้อยคือต้องการวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่ซับซ้อน

2.1.4 อุปกรณ์วัดปริมาณน้ำฝน

เป็นเซนเซอร์วัดปริมาณน้ำฝนในรูปแบบแบบถาดกระดกซึ่งอาศัยหลักการของแกนกระเดื่องโดยมีถ้วยสำหรับรองรับน้ำฝน 2 อัน ที่สามารถรองรับน้ำฝน กระดกสลับไปมา ทำให้เกิดสัญญาณทางไฟฟ้าโดยลักษณะสัญญาณ Pulse ที่ออกมาจากอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำฝน สัญญาณ Pulse ดังกล่าวสามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง [17]

2.1.5 เซนเซอร์วัด pH

เป็นเซนเซอร์วัด pH เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าเคมีที่สร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าซึ่งเป็นสัดส่วนกับค่า pH ของสารละลายที่นำไปวัด [18] แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้ต้องการวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ค่อนข้างซับซ้อนสำหรับการขยายสัญญาณให้เหมาะสมที่จะส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์วัด pH มีราคาแพงและมีต้นทุนในการบำรุงรักษาค่อนข้างสูง

2.1.6 เซนเซอร์วัดความนำไฟฟ้า

เป็นเซนเซอร์วัดความนำไฟฟ้าในรูปแบบอิเล็กโทรดจุ่มในของเหลว วงจรอิเล็กทรอนิคส์ที่ค่อนข้างซับซ้อนจะอ่านค่าความนำไฟฟ้าและให้สัญญาณขาออกเป็นแรงดันที่เทียบเท่ากับค่าความนำไฟฟ้า [19]

2.2 ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นวงจรรวม (Integrated Circuit) ที่รวบรวมเอาฟังก์ชั่นการทำงานของคอมพิวเตอร์ไว้ภายในอุปกรณ์เพียงชิ้นเดียว โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วย หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ และหน่วยรับส่งข้อมูล [20] เมื่อเทียบกับคอมพิวเตอร์ทั่วไปจะพบว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีความสามารถต่ำกว่า ขนาดเล็กกว่า ราคาถูกกว่าและใช้พลังงานต่ำกว่า

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลากชนิดจากหลายผู้ผลิต การพัฒนาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้งานจึงต้องเลือกคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เหมาะกับงานที่ใช้ ข้อพิจารณาในการเลือกมีดังนี้

- ความสามารถในการประมวลผล
- ราคา
- จำนวนช่องสัญญาณอินพุตและเอาท์พุต

- การใช้พลังงานไฟฟ้า
- ขนาดของหน่วยความจำ
- เครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรม

2.3 เซิร์ฟเวอร์

เซิร์ฟเวอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่ส่งมาจากจุดตรวจวัดมีความสำคัญต่อต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายสำหรับข้อมูลบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เซิร์ฟเวอร์ต้องมีความเสถียรและสามารถรองรับภาระงานได้เป็นอย่างดี การเลือกใช้เซิร์ฟเวอร์ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ทำและสภาพแวดล้อมตลอดจนทรัพยากรบุคคลที่รองรับ ในการวิจัยจะเน้นเพียง 3 รูปแบบหลักคือ Windows Server 2003, Linux Server และ Embedded Server

2.3.1 Windows Server 2003

Windows Server 2003 เป็นระบบปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Microsoft ซึ่งมีจุดแข็งทางด้านความเสถียรของระบบ เนื่องจากพัฒนาขึ้นมาเพื่อเป็นแพลตฟอร์มให้แก่ระบบแม่ข่ายขององค์กร โดยมีลักษณะเฉพาะของระบบ ดังต่อไปนี้ [21]

1. การบริหารข้อมูลที่ซับซ้อนบนเครือข่ายได้ดี (Active Directory) ผู้ใช้งานสามารถค้นหาส่วนประกอบหรือข้อมูลอื่น ๆ ได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น

2. การรวมศูนย์เพื่อบริหารการใช้ซอฟต์แวร์ของทั้งเครือข่าย (Group Policy Management Console) ผู้จัดการระบบสามารถกำหนดนโยบายที่ใช้ร่วมกันระหว่าง site domain หรือหน่วยที่รวบรวมขึ้นใน active directory ซึ่งจะช่วยให้การปรับปรุงระบบ การติดตั้งโปรแกรม ข้อมูลของผู้ใช้งาน สามารถทำได้ง่ายขึ้น

3. มีประสิทธิภาพการทำงาน (Server Performance) สูง

4. การกู้ข้อมูลคืน โดยเครื่องมือ Volume Shadow Copy ช่วยให้ผู้จัดการระบบสามารถสำเนาข้อมูลที่มีความสำคัญต่อองค์กรได้ในทันที โดยไม่ต้องหยุดการทำงานของระบบ

5. เพิ่มความเร็วของ Web Application และมีความหลากหลายในการพัฒนา Application โดยการใช้ Internet Information Service 6.0 และ Microsoft .NET Framework

ระบบปฏิบัติการ Windows Server 2003 มีหลายเวอร์ชั่น เพื่อรองรับการใช้งานของกลุ่มธุรกิจ และองค์กรแต่ละประเภท [22] ได้แก่

1. Windows Server 2003, Standard Edition เหมาะสำหรับใช้งานในธุรกิจขนาดเล็ก หรือแผนกในองค์กรที่รองรับการให้บริการเครื่องพิมพ์ และไฟล์ข้อมูลผ่านเครือข่าย ที่มีศูนย์รวมในการจัดการแอพพลิเคชั่น

2. Windows Server 2003, Enterprise Edition เหมาะสำหรับใช้งานในองค์กรขนาดต่าง ๆ ที่ให้บริการทางด้าน Web Services เนื่องจากมีประสิทธิภาพทางด้านความปลอดภัยของระบบ

3. Windows Server 2003, Datacenter Edition เหมาะสำหรับใช้งานในองค์กรขนาดใหญ่ ซึ่งมีแอพพลิเคชั่นทำงานอย่างต่อเนื่อง และรองรับการขยายขนาดของระบบ ต้องการฮาร์ดแวร์ที่มีศักยภาพสูงในการรองรับการทำงานของระบบ

4. Windows Server 2003, Web Edition เหมาะสำหรับใช้งานกับเครื่องแม่ข่ายเว็บแอพพลิเคชั่น เช่น Web pages, XML Web Services เนื่องจากเป็นระบบที่ออกแบบบน Internet Information Server 6.0 Web Server ซึ่งสามารถให้บริการ XML Web Server และเทคโนโลยี ASP.NET ได้อย่างรวดเร็ว

2.3.2 Linux Server

Linux เป็นระบบปฏิบัติการอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งได้รับการพัฒนามาจากระบบปฏิบัติการ UNIX โดยความร่วมมือของนักพัฒนาผ่านทางระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ทั้งยังแจกจ่าย Linux ที่พัฒนาขึ้นให้ผู้ที่สนใจสามารถใช้งานได้ฟรี และรวมถึงยอมรับฟังความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อผิดพลาด แนวทางการพัฒนา และความร่วมมือในการพัฒนาให้เกิด Linux เวอร์ชั่นใหม่ ๆ อีกด้วย Linux สามารถทำงานได้แบบหลายงาน (Multi-tasking) หลายผู้ใช้ (Multi-user) มี X-Window เป็นส่วนติดต่อผู้ใช้แบบกราฟิก ทั้งยังสนับสนุนระบบเครือข่ายได้หลากหลายรูปแบบ [23]

จุดเด่นของ Linux มีรายละเอียดดังนี้ [24]

1. สามารถดาวน์โหลดระบบปฏิบัติการ Linux มาใช้ได้ฟรี

2. สามารถทำงานได้บนเครื่อง PC ที่มีหน่วยประมวลผลกลางตั้งแต่ 80386 ขึ้นไป ซึ่งเป็นเครื่องที่มีราคาถูก และสนับสนุนอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆ เช่น ซีดีรอม ฮาร์ดดิสก์ เครื่องพิมพ์

3. สามารถใช้งานอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์บนเครื่องได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถทำงานพร้อมกันหลาย ๆ งานได้อย่างรวดเร็ว

4. เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากข้อบกพร่องจะถูกแก้ไขอย่างรวดเร็วจากผู้ใช้งานและนักพัฒนาที่มีอยู่มาก

5. รองรับการทำงานแบบ Multi-user Multi-tasking

6. สามารถใช้งานร่วมกับ DOS และ Microsoft Windows ได้

7. สนับสนุนระบบไฟล์ของระบบปฏิบัติการอื่น ๆ เช่น DOS (FAT), Windows 98 (FAT 32), NetWare (NCP), MINIX, NTFS เป็นต้น สามารถโอนถ่ายข้อมูลระหว่างกันได้ง่าย

8. เป็นระบบปฏิบัติการแบบเปิด โปรแกรมต่าง ๆ บน Linux ถูกแจกจ่ายไปพร้อมกับ Source Code ผู้ใช้งานสามารถปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมต่าง ๆ ตามความต้องการได้

2.3.3 Embedded Server

Embedded Server หรือ เรียกว่า Embedded Web Server (EWS) เป็นระบบที่ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก รูปร่างทางกายภาพโดยทั่วไปจะประกอบด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ขนาดเล็กที่ใช้แหล่งจ่ายไฟตรงจากภายนอกและเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายผ่านทางพอร์ต RJ-45 นอกจากนี้ บางระบบอาจจะมีสื่อบันทึกข้อมูลในรูปแบบของ SD card [25]

ประสิทธิภาพ Embedded Server มีหน่วยประมวลผลที่เพียงพอสำหรับการให้บริการเก็บข้อมูล สืบค้นข้อมูล และเน้นการทำงานที่เป็นงานเดี่ยว (single thread) หน่วยความจำที่ใช้ทั้ง ROM และ RAM โดยทั่วไปมีขนาดจำกัด โปรโตคอลหลักที่ใช้ คือ HTTP ทำให้ผู้ใช้สามารถเรียกใช้บริการด้วยเว็บบราวเซอร์ทั่วไปได้ ระบบปฏิบัติการที่ใช้จะมีขนาดเล็ก หรือบางระบบอาจจะไม่ใช้ระบบปฏิบัติการ ตัวอย่างของ Embedded Server เช่น OMEGA iServer EIS-PCB [26]

Embedded Server มีลักษณะเด่นหลายประการ ดังนี้ [27]

1. ใช้ HTTP เป็นโปรโตคอลหลัก ทำให้สามารถใช้งานในระบบที่ต่างกันได้ ไม่ถูกปิดกั้นโดยอุปกรณ์เครือข่าย รองรับการใช้งานผ่านเว็บบราวเซอร์ทั่วไปได้

2. ในการประมวลผล ไม่จำเป็นต้องใช้ความเร็วของหน่วยประมวลผลสูงก็สามารถประมวลผลได้

3. ในการเก็บบันทึกข้อมูล ไม่จำเป็นต้องใช้หน่วยความจำที่มีขนาดใหญ่

4. ไม่มีระบบจัดการไฟล์ข้อมูล ใช้หน่วยความจำภายในเพื่อเก็บข้อมูลที่จะส่งไปให้เมื่อถูกร้องขอจากผู้ใช้

5. เน้นการทำงานที่มีลักษณะเป็นงานเดี่ยว

6. มีลักษณะทางกายภาพขนาดเล็ก พกพาง่าย ติดตั้งเพื่อใช้งานได้สะดวก

2.4 ระบบเครือข่าย

เนื่องจากจุดตรวจวัดและเซิร์ฟเวอร์ติดตั้งในตำแหน่งที่ต่างกันและมีความจำเป็นต้องส่งข้อมูลจากจุดตรวจวัดมายังเซิร์ฟเวอร์ เครือข่ายคอมพิวเตอร์จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายสำหรับข้อมูลบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เครือข่ายที่เกี่ยวข้องคือ เครือข่ายอินเตอร์เน็ต ระบบ ADSL และระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ การเลือกใช้เครือข่ายขึ้นอยู่กับเครือข่ายสื่อสารที่มีอยู่ในจุดที่ทำการตรวจวัดเป็นหลัก

2.4.1 ระบบ ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

ADSL เป็นหนึ่งในเทคโนโลยี DSL ที่ใช้สายโทรศัพท์ในการรับส่งข้อมูลดิจิตอลด้วยความเร็วสูง รองรับการรับส่งข้อมูลและการใช้โทรศัพท์บนสายโทรศัพท์เส้นเดียวกันในเวลาพร้อมกัน โดยความเร็วในการส่งข้อมูลจากผู้ใช้บริการไปยังผู้ให้บริการ จะน้อยกว่าความเร็วในการรับข้อมูลจากผู้ให้บริการมายังผู้ใช้บริการ [28]

2.4.2 ระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

ระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นการติดต่อกันทางโทรศัพท์ไร้สายโดยใช้คลื่นความถี่เป็นพาหะ [29] โดยยุคของเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ไร้สายปัจจุบันถูกแบ่งเป็น 4 ยุคดังนี้ [30]

ยุคที่ 1 เป็นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ไร้สายระบบแรก และส่งสัญญาณแบบอนาล็อก ยุคนี้สามารถส่งข้อมูลได้เฉพาะเสียง

ยุคที่ 2 เป็นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ไร้สายที่ส่งสัญญาณแบบดิจิตอล ยุคนี้สามารถใช้งานได้ทั้งระบบเสียงและข้อมูล มีการพัฒนาระบบโทรศัพท์ออกเป็น 2 ระบบ คือ TDMA และ CDMA มีการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับการสื่อสารข้อมูล ได้แก่ GPRS, EDGE และ CDMA2000 1x

ยุคที่ 3 เป็นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ไร้สายที่ส่งสัญญาณแบบระบบดิจิตอล ยุคนี้สามารถใช้งานได้ทั้งระบบเสียงและข้อมูล แต่มีการเพิ่มประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลให้รวดเร็วขึ้นกว่าในยุคที่ 2 มีการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับการสื่อสาร ได้แก่ WCDMA, HSDPA, HSUPA, CMA2000 1x (EV-DO), CDMA2000 1x (EV-DO Rev.A), CDMA2000 1x (EV-DO Rev.B)

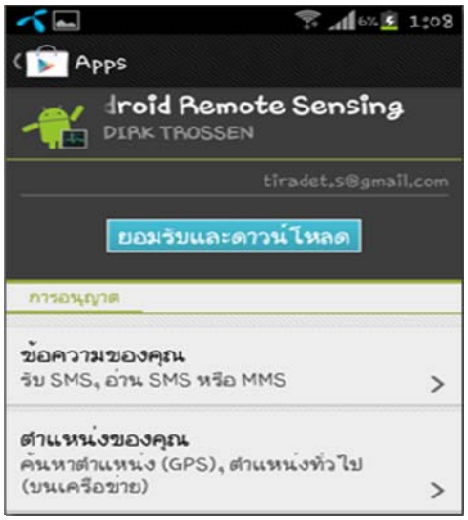
ยุคที่ 4 เป็นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ไร้สายที่ได้พัฒนาต่อจากยุคที่ 3 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลให้รวดเร็วขึ้นกว่าในยุคที่ 3 มีการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับการสื่อสารข้อมูล ได้แก่ เทคโนโลยี LTE, HSPA+, UMB (เดิมเรียกว่า EV-DO Rev. C)

2.5 ตัวอย่างระบบเก็บรวบรวมข้อมูล

2.5.1 ระบบ AIRS

AIRS เป็นซอฟแวร์ที่มีความสามารถในการตรวจวัด และเก็บบันทึกค่าของข้อมูลจาก Smartphone ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Android ตั้งแต่เวอร์ชั่น 2.2 เป็นต้นไป โดยบันทึกค่าของข้อมูลผ่านอุปกรณ์เซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในตัว Smartphone ผู้ใช้งานสามารถเก็บบันทึกค่าของข้อมูลในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ ได้แก่ พิกัดที่ตั้ง สภาพอากาศ (อุณหภูมิ, ความชื้น) สภาพเสียง (ระดับความดัง, ความถี่, เสียงรบกวน) สภาพลม (ความแรงของลม) เป็นต้น นอกจากนี้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก โดยผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สาย ได้แก่ การวัดคลื่นหัวใจ การวัดความดันของร่างกาย การวัดจังหวะการเต้นของชีพจร เป็นต้น ข้อมูลที่บันทึกไว้นี้สามารถนำวิเคราะห์และใช้ประโยชน์ในการต่อไปได้ สำหรับการเก็บข้อมูลนั้น ผู้ใช้งานสามารถเลือกการเก็บบันทึกข้อมูลได้ 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบ Local และแบบ Remote [31] (ภาคผนวก ก)

ผู้ใช้งานสามารถดาวน์โหลด (ภาพประกอบ 2-1) และติดตั้ง AIRS บน Android Smart Phone (ภาพประกอบ 2-2) ได้จาก Google Play Store โดยไม่มีค่าใช้จ่ายใด ๆ



ภาพประกอบ 2-1 การดาวน์โหลดแอพพลิเคชั่น AIRS จาก Google Play Store

ภาพประกอบ 2-2 การติดตั้งโปรแกรม AIRS ใน Google Play Store

2.5.2 ระบบ Mango

โปรแกรม Mango เป็นซอฟแวร์โอเพนซอร์ส แบบ Machine-to-Machine (M2M) เป็นโปรแกรมที่สามารถติดต่อ สื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่อง หรืออุปกรณ์ เช่น จากเซ็นเซอร์ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือซอฟแวร์ที่ทำงานอยู่บนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ โดยหลักการทำงานของระบบ M2M คือ จะมีอุปกรณ์ที่เป็นตัววัด เช่น เซ็นเซอร์ จะวัดค่าต่าง ๆ เช่น ระดับน้ำ และส่งข้อมูลค่าที่วัดได้ผ่านเครือข่ายไปยังแอพพลิเคชั่นที่ทำหน้าที่ตีความหมายข้อมูลดิบให้สามารถนำไปใช้ตัดสินใจได้ ทำให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วและตอบสนองเหตุการณ์ได้อย่างทันเวลา [32]

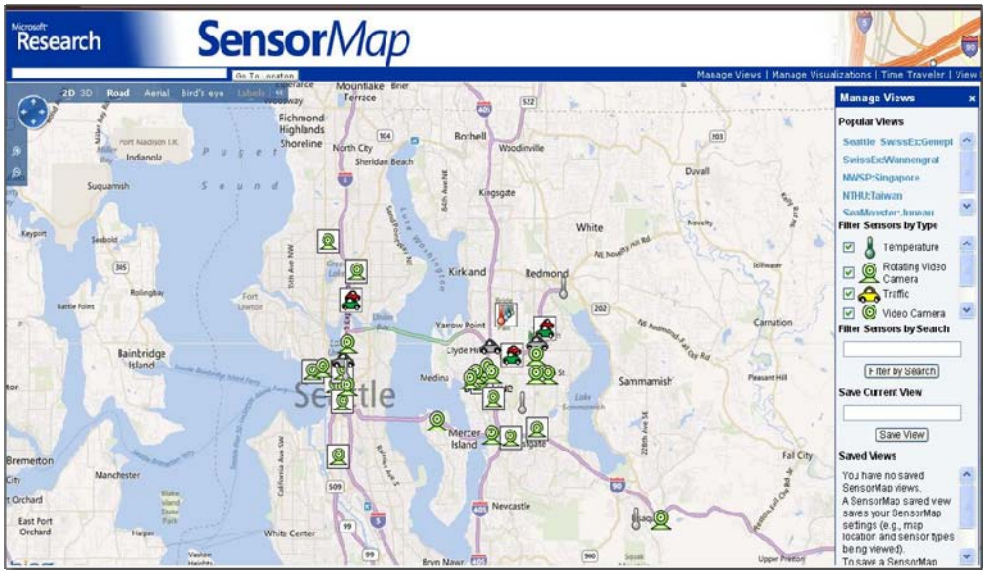
โปรแกรม Mango จะทำงานบนเซิร์ฟเวอร์เป็นหลัก โปรแกรมเขียนขึ้นด้วย Ajax เพื่อให้ผู้ใช้สามารถควบคุมเซ็นเซอร์ หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลาย ๆ คนพร้อมกันได้ การดาวน์โหลดและติดตั้งสามารถทำได้ง่าย เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่เผยแพร่ให้ใช้ฟรี และสามารถติดตั้งบนแพลตฟอร์มที่หลากหลาย สามารถจัดการการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้ มีระบบ Login และระบบแจ้งเตือน สามารถรับข้อมูลจากอุปกรณ์อื่น ๆ ผ่านโปรโตคอลที่สนับสนุน ได้แก่ BACnet I/P, Modbus (ASCII, RTU, TCP, and UDP), 1-wire, SNMP, SQL, HTTP, POP3, NMEA 0183 และ โปรโตคอลอื่น ๆ ที่พัฒนาโดยผู้ผลิตฮาร์ดแวร์เพื่อเชื่อมต่อกับ Mango [32]

นอกจากนี้โปรแกรม Mango ยังสนับสนุนแหล่งข้อมูลที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ทดสอบหรือเปรียบเทียบระบบอื่น ๆ อีกด้วย ซึ่งสามารถดาวน์โหลด โปรแกรม Mango ได้ที่ URLของ เว็บไซต์ Mango (http://mango.serotoninsoftware.com/home.jsp)

2.5.3 ระบบ SensorMap

SensorMap เป็น Application หนึ่ง ที่แสดงผลข้อมูลเซนเซอร์บนแผนที่ และมีเครื่องมือที่ใช้ในการเลือกประมวลผลข้อมูลเซนเซอร์เพื่อแสดงค่าข้อมูลเซนเซอร์ในรูปแบบที่ผู้ใช้ต้องการ ซึ่ง SensorMap สามารถพัฒนาได้จากหลายภาษาแต่ยังไม่มีมาตรฐานที่แน่นอนในการพัฒนา

ในปี พ.ศ. 2553 – 2555 บริษัท Microsoft มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ SensorMap ได้รวบรวมข้อมูลเซนเซอร์ในหลายพื้นที่แล้วนำข้อมูลมาแสดงผลโดยจำแนกตามประเภทของเซนเซอร์ (ภาพประกอบ 2-3) งานวิจัยชิ้นนี้ สามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาให้แก่ผู้ที่สนใจได้ [33]



ภาพประกอบ 2-3 งานวิจัย Sensor Map ของ Microsoft [34]

2.5.4 ระบบ SOS (Sensor Observation Service)

SOS เป็นโปรโตคอลที่ทำงานอยู่ในกระบวนการ Service ของ Sensor Web ประกอบด้วยกระบวนการในการทำงานของระบบ ดังต่อไปนี้ [34]

1. SWE (Sensor Web Enablement) เป็นกรอบความคิดที่พัฒนาขึ้นเพื่อเชื่อมโยงโครงข่ายของอุปกรณ์ตรวจวัด ให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูล และทำงานร่วมกันได้ผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตด้วย Web

Service Technology โดยกรอบความคิดนี้ ครอบคลุมมาตรฐานการทำงานร่วมกันของ OGC, OASIS, IEEE และ ISO

2. OGC (Open Geospatial Consortium) ได้นำกรอบความคิดของ SWE มาพัฒนาเป็นชุดโปรโตคอลที่แบ่งการทำงานออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ Services Protocol และ Data Encoding Protocol

3. โปรโตคอล Sensor Model Language (SML) เป็นมาตรฐานที่กำหนดแนวคิดโครงสร้างและการเข้ารหัสข้อมูลที่เป็นมาตรฐานสำหรับข้อมูลรายละเอียดและคุณสมบัติของเครื่องตรวจวัดเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เป็นหนึ่งในมาตรฐาน OGC ในหมวด Sensor Web Enablement โดย SML สนับสนุนการค้นหาเครื่องตรวจวัด โดยการระบุตัวตนของเครื่องตรวจวัดให้เป็นที่รู้จักและสามารถสืบค้นได้ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยถูกออกแบบมาเพื่ออธิบายข้อมูลของเครื่องตรวจวัดและระบบเครื่องตรวจวัด และสามารถจัดกลุ่ม และคัดกรองโดยใช้กฎเกณฑ์เฉพาะ เช่น เวลา ตำแหน่ง เป็นต้น

4. โปรโตคอล Sensor Observation Service (SOS) เป็นมาตรฐานที่ให้บริการการเชื่อมต่อ เพื่อจัดการข้อมูลเครื่องตรวจวัดและการร้องขอข้อมูลที่ได้จากเครื่องตรวจวัด โดยเฉพาะข้อมูลการสังเกตการณ์ปรากฏการณ์ต่างๆ จากเครื่องตรวจวัดหลากหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นเครื่องตรวจวัดที่ตั้งอยู่ในสถานที่ที่ต้องการตรวจวัด เช่น เครื่องตรวจวัดปริมาณน้ำฝน เครื่องตรวจวัดระยะไกล (ดาวเทียมด้านอุตุนิยมวิทยา) เครื่องตรวจวัดประเภทเคลื่อนที่ (รถตรวจมลพิษเคลื่อนที่) หรือ เครื่องตรวจวัดที่ตั้งอยู่กับที่ (สถานีตรวจวัดอากาศภาคพื้นดิน)

5. การทำงานร่วมกันระหว่าง SML และ SOS เนื่องจาก SOS และ SML ต่างเป็นโปรโตคอลหนึ่งในมาตรฐาน OGC ในหมวด Sensor Web Enablement ซึ่งทำงานร่วมกันในรูปแบบต้นทางและปลายทาง โดย SOS เปรียบเสมือนเป็นโปรโตคอลปลายทางที่เป็นตัวเชื่อมโยงข้อมูลจากเครื่องตรวจวัดต่างๆ เพื่อสามารถจัดการและร้องขอข้อมูลจากเครื่องตรวจวัด ที่สามารถระบุลักษณะเฉพาะของเครื่องตรวจวัดแต่ละตัวได้ โดยผ่านโปรโตคอล SML ที่ทำหน้าที่ระบุข้อมูลรายละเอียดและคุณสมบัติของเครื่องตรวจวัด และจัดกลุ่มของลักษณะเครื่องตรวจวัดโดยใช้กฎเกณฑ์เฉพาะ เพื่อสามารถสืบค้นได้ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

บทที่ 3

การออกแบบระบบเก็บรวบรวมข้อมูล

จากการศึกษาเทคโนโลยีของเว็บเชิงความหมาย มาตรฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับการใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมและสาขาที่เกี่ยวข้อง รวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา ทำให้ได้เรียนรู้และเห็นแนวทางในการพัฒนาต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายสำหรับการบริหารจัดการลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ระบบมีความยั่งยืนและสามารถดูแลได้โดยต้นทุนในการบำรุงรักษาไม่สูงจนเกินไป ในการออกแบบระบบจำเป็นต้องพิจารณาให้รอบคอบ ทั้งในเรื่องของเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา ขอบเขตของการพัฒนาให้สอดคล้องกับมาตรฐาน รวมถึงความสอดคล้องกับความต้องการในการบริหารจัดการลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ปัจจัยในการพิจารณาดังกล่าวจะมีผลอย่างมากต่อความสำเร็จในภาพรวมของระบบเก็บรวบรวมข้อมูลต้นแบบ

3.1 การเลือกใช้เครื่องมือในการพัฒนาระบบ

3.1.1 ข้อพิจารณาในการเลือกใช้เครื่องมือในการพัฒนาระบบ

การเลือกใช้เครื่องมือในการพัฒนาระบบเก็บข้อมูลเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อความยั่งยืนของระบบ เกณฑ์ทั่วไปในการเลือกใช้เครื่องมือจะใกล้เคียงกับเกณฑ์ในการเลือกใช้ซอฟต์แวร์ โดยเกณฑ์หลัก ๆ ในการเลือกใช้เครื่องมือมีดังนี้

1. ความทันสมัยของเครื่องมือ เป็นเกณฑ์สำคัญที่บ่งบอกถึงความพร้อมของระบบที่สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ความทันสมัยของเครื่องมือในการพัฒนาระบบสามารถตรวจสอบได้จากวันที่เปิดตัวเครื่องมือนั้น ๆ อย่างไรก็ตาม มีสิ่งที่พึงระวัง คือ ต้องตรวจสอบว่า การเปิดตัวเครื่องมือดังกล่าวนั้น เป็นการเพิ่มคุณลักษณะพึงประสงค์หรือเป็นเพียงการแก้ปัญหาของซอฟต์แวร์ ถ้าเป็นกรณีหลังก็จะไม่ได้รับการพิจารณาถึงความทันสมัย

2. จำนวนของนักพัฒนา เนื่องจากมีเครื่องมือในการพัฒนาระบบที่ดีเป็นจำนวนมากที่มีจำนวนนักพัฒนาไม่เพียงพอต่อการพัฒนา ทำให้เครื่องมือดังกล่าวต้องหยุดการพัฒนา แนวทางที่ถือได้ว่า เป็นแนวปฏิบัติที่เป็นเลิศสำหรับการพัฒนาเครื่องมือ คือ การใช้ชุมชนในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตร่วมมือกันพัฒนา ดูแล และประยุกต์ เครื่องมือที่พัฒนาในเชิงธุรกิจมีทั้งข้อเด่นและข้อด้อยที่พึงระวัง ข้อเด่น คือ ความเข้ากันได้ของเครื่องมือย่อย ๆ เนื่องจากการพัฒนาส่วนใหญ่พัฒนาขึ้นภายใต้การควบคุมของหน่วยงานเดียว ทำให้การบริหารจัดการสามารถทำได้ง่ายกว่า ข้อด้อย คือ ความเสี่ยงที่เครื่องมือจะไม่ได้รับการดูแล เมื่อเครื่องมือดังกล่าวให้ผลไม่คุ้มค่าทางธุรกิจต่อบริษัทผู้พัฒนา นำมาซึ่งการหยุดพัฒนาหรือขายต่อให้กับบริษัทอื่น บ่อยครั้งที่ผู้เข้ามาซื้อเป็นบริษัทคู่แข่งและเป็นการซื้อเพื่อกำจัดผลิตภัณฑ์คู่แข่งนั้น

3. จำนวนของผู้ใช้ ระบบที่มีกลุ่มผู้ใช้งานมากมีแนวโน้มที่ระบบจะได้รับการดูแลและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จำนวนของผู้ใช้จึงสามารถบ่งบอกได้ถึงความยั่งยืนของระบบนั้น ๆ จำนวนผู้ใช้ระบบที่แท้จริงของระบบที่ไม่ใช่ระบบเชิงการค้า อาจจะหาตัวเลขที่ถูกต้องแน่นอนค่อนข้างยาก วิธีการซึ่งสามารถใช้บ่งชี้จำนวนผู้ใช้ในระบบอาจจะหาได้ในรูปแบบของ การประชุมสัมมนาประจำปีของกลุ่มผู้ใช้งาน รายชื่อของผู้ใช้งานที่

ลงทะเบียน เว็บไซต์ของการนำไปใช้งาน ผลงานการเผยแพร่ในรูปแบบของการตีพิมพ์และในกระดานสนทนา เป็นต้น

4. โปรแกรมฐานข้อมูลที่รองรับ เนื่องจากระบบเก็บรวบรวมข้อมูลต้องอาศัยโปรแกรมฐานข้อมูลในการเก็บข้อมูล โปรแกรมฐานข้อมูลที่ใช้ควบคู่กับระบบเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นปัจจัยสำคัญข้อหนึ่งในการพิจารณา นอกเหนือจากข้อพิจารณาพื้นฐาน เช่น ประสิทธิภาพ ความปลอดภัยของข้อมูล ราคา และต้องคำนึงถึงความยากง่ายของการนำเอาข้อมูลที่เก็บรวบรวมไว้ในฐานข้อมูลไปใช้งานด้วย โปรแกรมฐานข้อมูลส่วนใหญ่จะอนุญาตให้ผู้ใช้นำเข้าและส่งออกตัวข้อมูลในระบบ การอนุญาตให้ผู้ใช้งานสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อเข้าถึงข้อมูลได้โดยตรงนับได้ว่าเป็นสิ่งพึงประสงค์สำหรับการใช้งานข้อมูลที่เก็บสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ในเชิงลึก

5. มาตรฐานที่รองรับ เนื่องจากระบบเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยโปรแกรมหลาย ๆ ส่วนทำงานร่วมกัน ความสามารถในการทำงานร่วมกันได้เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณา รูปแบบของการเชื่อมต่อเพื่อทำงานร่วมกัน อาจจะใช้รูปแบบเฉพาะหรืออาจจะใช้รูปแบบที่กำหนดขึ้นเป็นมาตรฐานโดยมีหน่วยงานรองรับ การเชื่อมต่อเพื่อทำงานร่วมกันแบบเฉพาะมีข้อได้เปรียบในเรื่องของความเร็วในการทำงานและความเป็นอิสระในการปรับเปลี่ยนรูปแบบ ข้อดีของระบบการเชื่อมต่อเพื่อทำงานร่วมกันแบบมาตรฐาน คือ การให้ความมั่นใจในเรื่องความเข้ากันได้ของข้อมูลจากหลาย ๆ ส่วนในระบบ และจากภายนอกระบบ

6. รูปแบบของใบอนุญาต รูปแบบใบอนุญาตการใช้ซอฟต์แวร์เป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายของระบบในระยะยาว รูปแบบใบอนุญาตอาจจะเป็นแบบใบอนุญาตตลอดอายุของผลิตภัณฑ์ ใบอนุญาตรายปี ใบอนุญาตแบบไม่มีค่าใช้จ่าย เป็นต้น

7. เครื่องมือในการพัฒนา เครื่องมือในการพัฒนาเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการสนองตอบความต้องการของผู้ใช้ระบบโดยตรง เนื่องจากซอฟต์แวร์ที่มีอยู่อาจถูกปรับแต่งเพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ให้มากที่สุด การปรับแต่งอาจจะอยู่ในรูปแบบของการเพิ่มชิ้นส่วนซอฟต์แวร์ การลดชิ้นส่วนซอฟต์แวร์ หรือการเขียนโปรแกรมเพิ่มเติม ในกรณีที่มีการเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมจำเป็นต้องพิจารณาถึงเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเพิ่มเติมรวมถึงภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ด้วย

3.1.2 ผลการเลือกเครื่องมือในการพัฒนาระบบ

ในการเลือกเครื่องมือในการพัฒนาระบบทำได้โดยการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเครื่องมือโดยอาศัยเกณฑ์การพิจารณาในหัวข้อ 3.1.1 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบซอฟต์แวร์ 2 ซอฟต์แวร์ได้แก่ SensorMap [33] และ 52°North [35] (ตารางที่ 3-1) จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติตามเกณฑ์พิจารณาข้างต้น นำไปสู่การเลือกใช้ซอฟต์แวร์จาก 52°North โดยมีเหตุผลหลัก ๆ ดังนี้

1. รูปแบบของใบอนุญาต ซอฟต์แวร์จาก 52°North เป็นระบบเปิดเผยโปรแกรมต้นฉบับ ผู้ใช้งานสามารถปรับปรุงให้ตรงกับความต้องการได้หากมีทีมพัฒนาที่มีความสามารถเขียนโปรแกรมภาษา JAVA ได้

2. ความเร็วของระบบ จากการทดลองใช้งานระบบของ 52°North ผู้ใช้สามารถปรับแต่งทั้งระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ได้ตามความต้องการเนื่องจากการบริหารจัดการระบบอยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของผู้ใช้งาน สำหรับระบบของ SensorMap พบว่าความเร็วของระบบที่เรียกใช้งานผ่านเว็บค่อนข้างต่ำและผู้ใช้งานไม่สามารถปรับปรุงความเร็วได้เนื่องจากเครื่องเซิร์ฟเวอร์อยู่ภายใต้การดูแลของทีมพัฒนา SensorMap

ตารางที่ 3-1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเครื่องมือพัฒนาระบบระหว่าง SensorMap กับ 52°North

คุณสมบัติในการเปรียบเทียบ	**SensorMap**	**52°North**
ความทันสมัยของเครื่องมือ	11 กรกฎาคม 2551	5 พฤษภาคม 2554
จำนวนของนักพัฒนา	3	9
จำนวนของผู้ใช้	5	16
โปรแกรมฐานข้อมูลที่รองรับ	NA	PostgreSQL, PostGIS
มาตรฐานที่รองรับ	NA	OGC
รูปแบบของใบอนุญาต	สมัครใช้งานโดยไม่มีค่าใช้จ่าย	Open Source
เครื่องมือในการพัฒนา	Visual Studio, C++	Maven, JAVA

3.2 การออกแบบระบบ

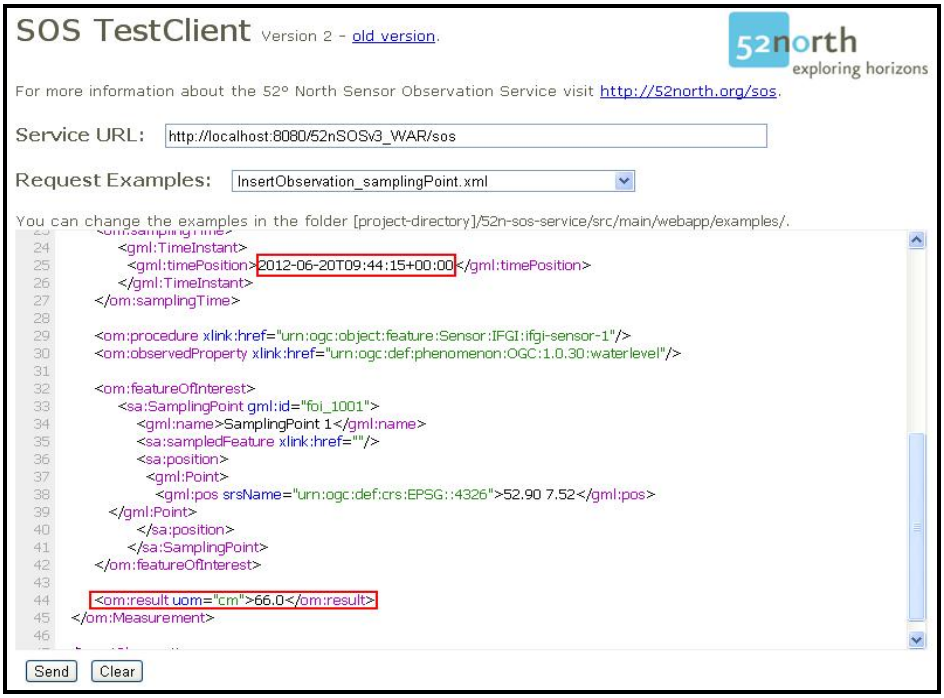
ระบบอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์จะใช้ภาษา XML ในการกำหนดการทำงานของการติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์ ในการออกแบบระบบอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์จะเน้นเฉพาะการใช้งานเท่าที่จำเป็นเท่านั้น การใช้งานดังกล่าวประกอบด้วย การเพิ่ม/ลบเซนเซอร์ในระบบ การส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ไปยังเซอร์ฟเวอร์ และการเรียกใช้ข้อมูลที่เก็บไว้ในเซิร์ฟเวอร์ (รายละเอียดการติดตั้งและการใช้งานแสดงในภาคผนวก ข และ ภาคผนวก ค)

3.2.1 การเพิ่ม/ลบเซนเซอร์

การเพิ่ม หรือการลบเซนเซอร์ เป็นการเพิ่มหรือลบเซนเซอร์ ในระบบ SOS ซึ่งสามารถกำหนดรายละเอียดของเซนเซอร์ แต่ละตัวได้ เช่น ชื่อ ตำแหน่งพิกัดที่ตั้ง คำอธิบาย ประเภท เป็นต้น โดยการแก้ไขข้อมูลภายในตารางชื่อ feature_of_interest ในไฟล์ฐานข้อมูลที่มีชื่อ test.sql (ภาคผนวก ง)

3.2.2 การส่งข้อมูลจากเซนเซอร์

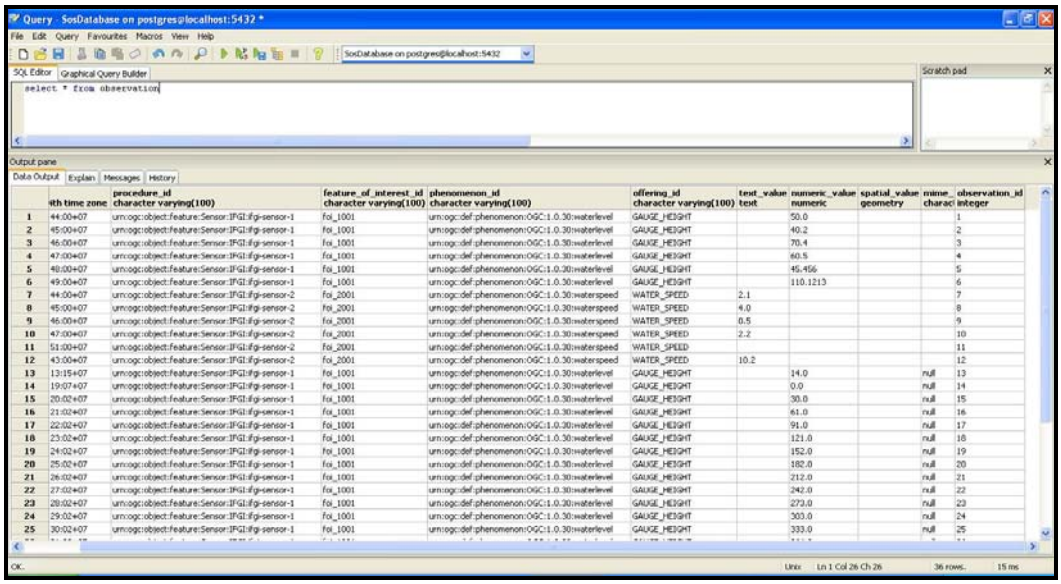
การเพิ่มข้อมูลจากเซนเซอร์เข้าสู่เซิร์ฟเวอร์ เป็นการนำเข้าข้อมูลจาก Web service ด้วยระบบ SOS โดยส่งผ่านข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูลด้วยภาษา XML (ภาพประกอบ 3-1) ผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลของวันและเวลาในการส่งข้อมูลเข้าฐานข้อมูลได้



ภาพประกอบ 3-1 การนำเข้าข้อมูลจากเว็บเซอร์วิส

3.2.3 การอ่านและคัดเลือกข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์

การอ่านและคัดเลือกข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์สามารถทำได้โดยการใช้ภาษา XML เพื่อเลือกอ่านข้อมูลในฐานข้อมูล เช่นเดียวกันกับการเพิ่มข้อมูลเข้าสู่เซิร์ฟเวอร์ ในการคัดเลือกข้อมูลในฐานข้อมูลทำได้โดยการใช้คำสั่งการสอบถามข้อมูล (Query) ด้วย SQL command โดยการใช้คำสั่ง select เช่น select * from observation หมายถึงการเลือกอ่านข้อมูลจากตารางชื่อ observation ซึ่งสามารถพิมพ์คำสั่งในการอ่านข้อมูลผ่าน Query tool ใน pgAdmin ของโปรแกรม PostgreSQL เมื่อพิมพ์คำสั่งแล้ว ระบบจะแสดงผลข้อมูลทุกอย่างที่อยู่ภายในตาราง observation (ภาพประกอบ 3-2)

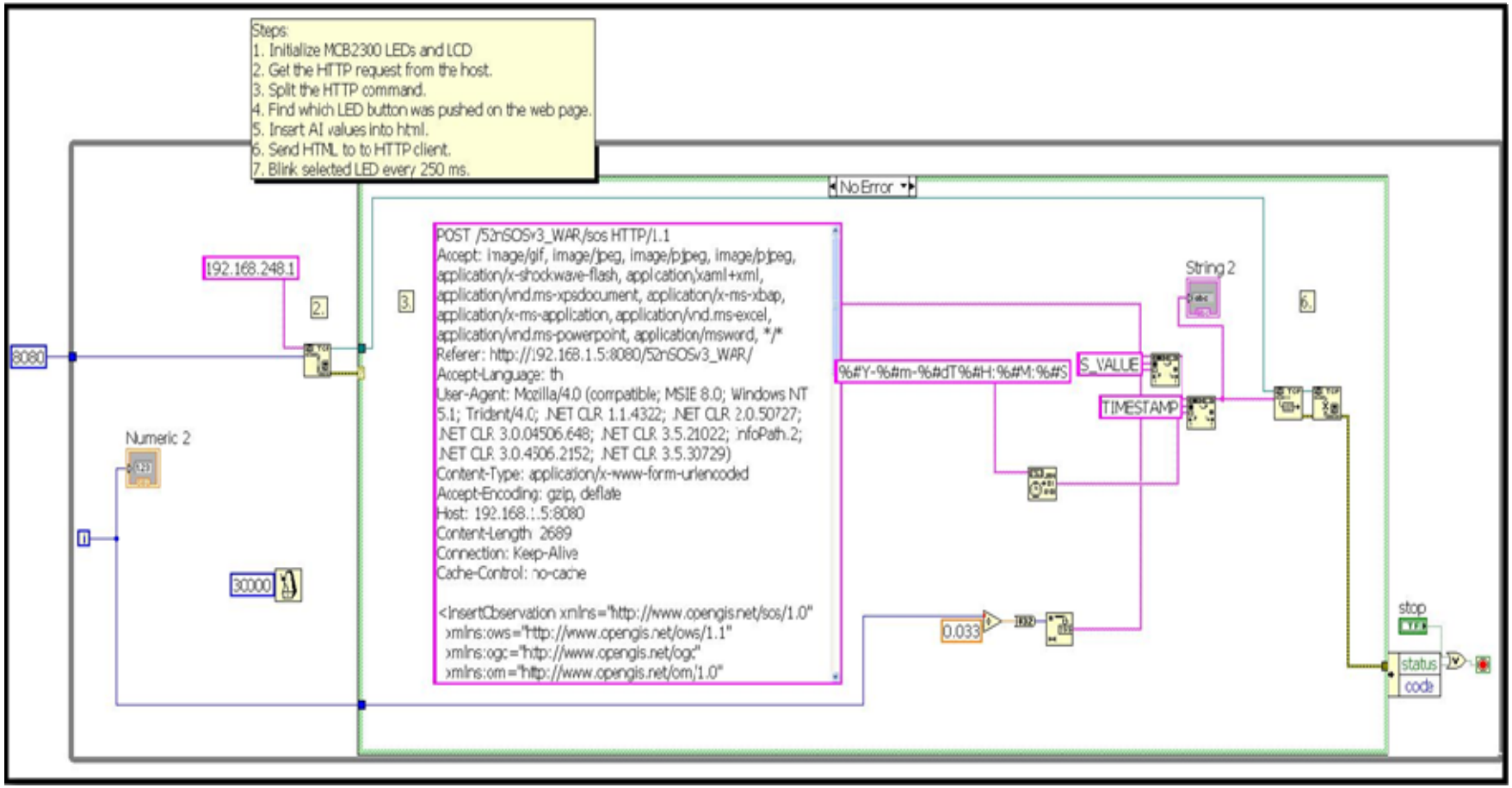


ภาพประกอบ 3-2 การเลือกอ่านข้อมูลจากตาราง observation

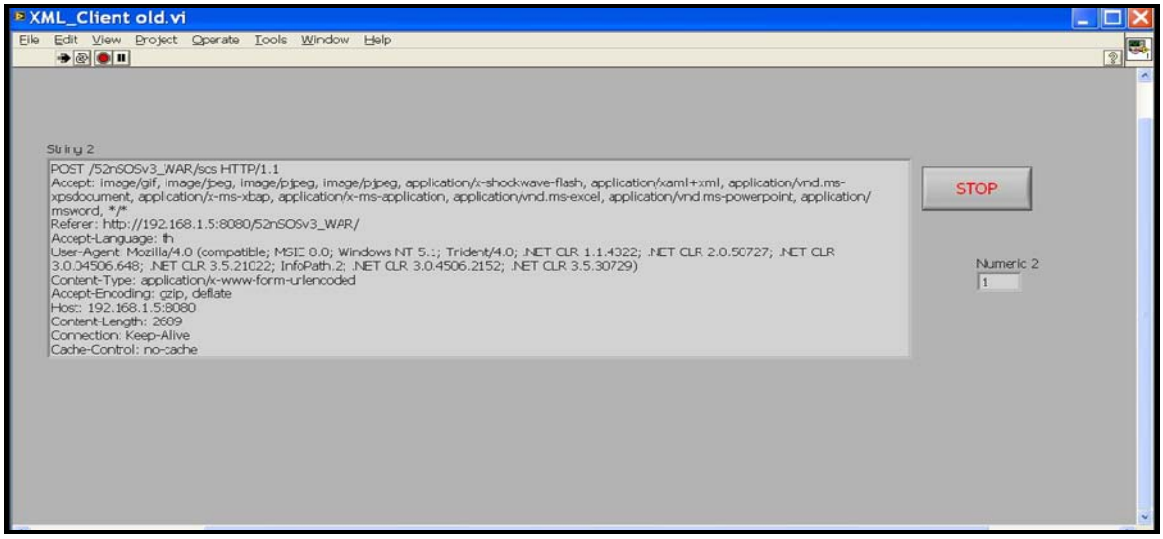
3.3 การนำระบบไปใช้งาน

เพื่อให้มั่นใจว่าระบบที่ออกแบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงจึงได้นำต้นแบบที่ได้ออกแบบไปทดลองใช้ในงานวิจัยเกี่ยวกับระบบแจ้งเตือนสถานการณ์น้ำท่วมโดยระเบียบวิธีการแก้ปัญหาแบบศึกษาสำนึก (heuristic algorithm) พื้นที่ศึกษาอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยระบบดังกล่าวได้ช่วยแก้ปัญหาการเรียกใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากเว็บไซต์ของกรมชลประทาน เนื่องจากการเก็บบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากระบบโทรมาตรของกรมชลประทานแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บไซต์ทำให้การเรียกใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ไม่เอื้อต่อการอ่านค่าเพื่อนำมาใช้งานโดยตรง และระบบโทรมาตรเองไม่อนุญาตให้บุคคลภายนอกเรียกใช้ข้อมูลต่างๆ ได้โดยตรง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเปลี่ยนแนวทางการเรียกใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์มาเป็นการอ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์ที่เก็บไว้ในเซิร์ฟเวอร์โดยตรง ด้วยการจำลองระบบภายใต้พื้นฐานกรอบความคิด Sensor Web Enablement โดยซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่จำลองระบบนี้พัฒนาขึ้นโดยองค์กร 52°north โดยใช้โปรโตคอล Sensor Observation Service (SOS) และ Sensor Model Language (SensorML) ในการรับส่งข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์กับฐานข้อมูล

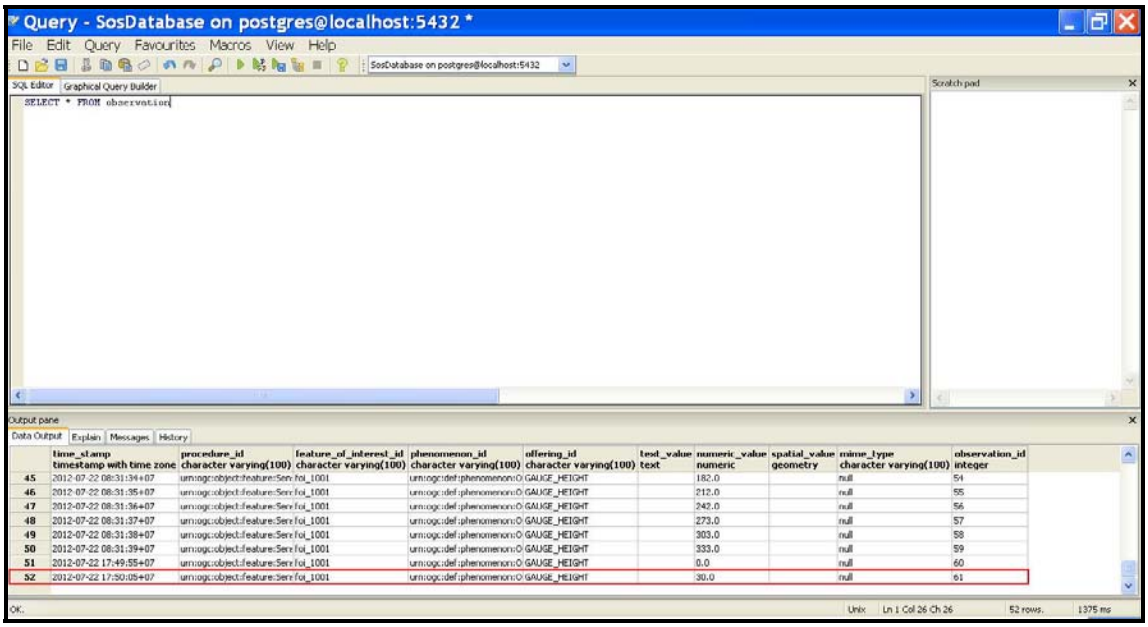
ขั้นตอนการดำเนินงาน ผู้วิจัยได้จำลองระบบโทรมาตรด้วยโปรแกรม LabView (ภาพประกอบ 3-3) ซึ่งโปรแกรมจะจำลองค่าปริมาณน้ำฝน และส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบ (ภาพประกอบ 3-4) จากนั้นระบบ Sensor Web Enablement จะอ่านค่าปริมาณน้ำฝนไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลด้วยการใช้ภาษา XML เพื่อเรียกใช้ข้อมูลผ่านโปรโตคอล SOS (ภาพประกอบ 3-5)



ภาพประกอบ 3-3 การจำลองระบบโทรมาตรด้วยโปรแกรม LabVIEW



ภาพประกอบ 3-4 การจำลองค่าปริมาณน้ำฝนและการส่งข้อมูลด้วยระบบโทรมาตรจำลอง



ภาพประกอบ 3-5 การอ่านค่าปริมาณน้ำฝนไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลด้วยการใช้ภาษา XML

บทที่ 4

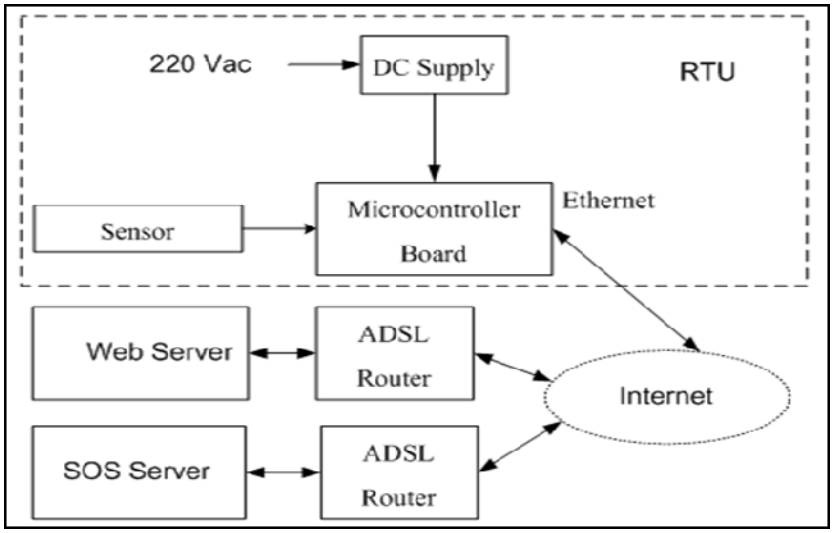
การพัฒนาต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมาย

จากการศึกษาเทคโนโลยีของเว็บเชิงความหมายอย่างละเอียดทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจถึงกระบวนการและขั้นตอนในการทำงานร่วมกันของแต่ละชิ้นส่วนของระบบ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการออกแบบและพัฒนาต้นแบบระบบรวบรวมข้อมูลที่รองรับการให้บริการข้อมูลเชิงความหมายสำหรับการนำข้อมูลไปใช้ในการบริหารจัดการลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาได้ ในการพัฒนาได้ยึดแนวทางที่เน้นเรื่องความยืดหยุ่นและการมีความยั่งยืนของระบบเป็นหลักโดยต้นแบบที่พัฒนาขึ้นต้องสามารถใช้งานได้ครอบคลุมในหลาย ๆ สถานการณ์และต้องมีต้นทุนต่ำทั้งต้นทุนเริ่มต้นและต้นทุนในการบำรุงรักษา ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบต้นแบบให้มีลักษณะเป็นโมดูล ผู้ใช้สามารถปรับแต่งต้นแบบให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ในจุดติดตั้งเซนเซอร์ อย่างไรก็ตาม สืบเนื่องจากระบบที่ได้ออกแบบขึ้นเน้นเรื่องความยืดหยุ่นและมีลักษณะเป็นโมดูลอาจจะทำให้การนำระบบไปใช้งานจริงเป็นอุปสรรคถ้าหากผู้ใช้งานขาดความเข้าใจในตัวระบบอย่างถ่องแท้ ดังนั้น การมีตัวอย่างการนำไปใช้งานให้ผู้ใช้ได้ศึกษาจึงเป็นสิ่งจำเป็น ตัวอย่างการประยุกต์สำหรับงานบริหารจัดการลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาที่ปรากฏในส่วนท้ายบทจะทำให้เห็นภาพการประยุกต์ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

4.1 รูปแบบของระบบ

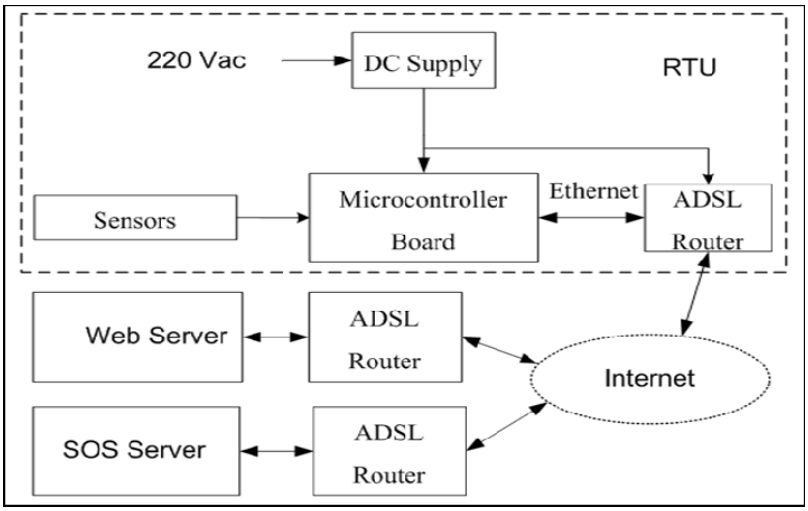
ระบบต้นแบบประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ส่วนแรกเป็นส่วนของหน่วยวัดข้อมูลจากระยะไกล (Remote Terminal Unit, RTU) ซึ่งประกอบด้วยระบบจ่ายพลังงาน เซนเซอร์ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล ส่วนที่สองเป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับและบันทึกข้อมูลจากส่วนแรก ข้อมูลที่เก็บไว้ในส่วนที่สองสามารถเรียกใช้ได้ผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต การเรียกใช้ข้อมูลอาจจะอยู่ในรูปแบบของการแสดงผลผ่านเว็บเซิร์ฟเวอร์หรืออาจจะเป็นการเรียกใช้ข้อมูลเพื่อนำไปประมวลผลต่อไปก็ได้ ในส่วนที่สองเป็นส่วนที่ทำงานอยู่บนเซิร์ฟเวอร์ซึ่งอาจจะใช้เซิร์ฟเวอร์เครื่องเดียวหรือหลายเครื่องร่วมกันทำงานแล้วแต่ความเหมาะสมของภาระงานที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและการให้บริการผู้ใช้ทั่วไป เนื่องจากในการพัฒนาได้ยึดแนวทางที่เน้นเรื่องความยืดหยุ่นและการมีความยั่งยืนของระบบเป็นหลัก ดังนั้น องค์ประกอบของระบบโดยเฉพาะ RTU ต้องสามารถรองรับการปรับเปลี่ยนให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของที่ตั้งจุดตรวจวัดได้เป็นอย่างดี ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการออกแบบระบบประกอบด้วย แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าและความสามารถในการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต รูปแบบหลัก ๆ ของระบบมี 4 รูปแบบดังนี้

4.1.1 รูปแบบที่ 1 ใช้ในกรณีที่จุดตรวจวัดมีแหล่งจ่ายไฟฟ้า 220 Vac และสามารถเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ ระบบสำหรับรูปแบบที่ 1 ประกอบด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์ ซึ่งแสดงได้ดังภาพรวมของระบบ (ภาพประกอบ 4-1)



ภาพประกอบ 4-1 ภาพรวมของระบบรูปแบบที่ 1

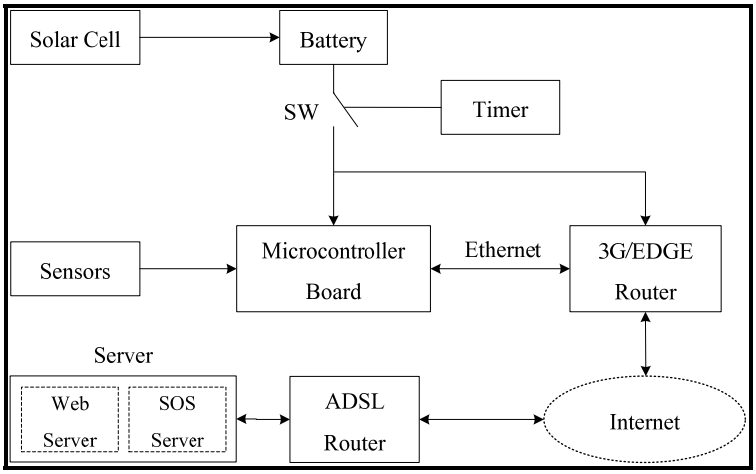
4.1.2 รูปแบบที่ 2 ใช้ในกรณีที่ตั้งจุดตรวจวัดมีแหล่งจ่ายไฟฟ้า 220 Vac การเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตไม่สามารถเชื่อมต่อได้โดยตรงแต่สามารถเชื่อมต่อกับระบบ ADSL ได้ ระบบสำหรับรูปแบบที่ 2 ประกอบด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์ และ ADSL Router สำหรับเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบอินเตอร์เน็ต ซึ่งแสดงได้ดังภาพรวมของระบบ (ภาพประกอบ 4-2)



ภาพประกอบ 4-2 ภาพรวมของระบบรูปแบบที่ 2

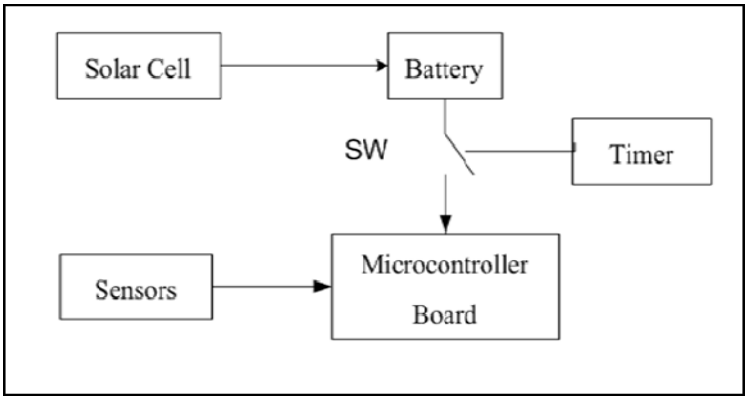
4.1.3 รูปแบบที่ 3 ใช้ในกรณีที่ตั้งจุดตรวจวัดไม่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้า 220 Vac และไม่สามารถเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตแต่สามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือได้ ระบบสำหรับรูปแบบที่ 3 ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ แผงโซลาร์เซลล์พร้อมระบบควบคุมการประจุ แบตเตอรี่

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์ 3G/EDGE Router และวงจรตั้งเวลาควบคุมการจ่ายพลังงานให้กับระบบเฉพาะช่วงการวัดเท่านั้นเพื่อประหยัดพลังงาน ซึ่งแสดงได้ดังภาพรวมของระบบ (ภาพประกอบ 4-3)



ภาพประกอบ 4-3 ภาพรวมของระบบรูปแบบที่ 3

4.1.4 รูปแบบที่ 4 ใช้ในกรณีที่ตั้งจุดตรวจวัดไม่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้า 220 Vac และไม่สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตและระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือได้ โดยบริเวณจุดวัดค่าคุณภาพน้ำประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ แผงโซลาร์เซลล์พร้อมระบบควบคุมการประจุแบตเตอรี่ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์ และวงจรตั้งเวลาควบคุมการจ่ายพลังงานให้กับระบบเฉพาะช่วงการวัดเท่านั้นเพื่อประหยัดพลังงาน ในกรณีนี้ข้อมูลที่ได้จากการวัดจะถูกเก็บไว้ใน SD card ที่อยู่บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ข้อมูลที่เก็บไว้ใน SD card จะถูกโอนเข้าสู่ระบบโดยผู้ใช้งาน ซึ่งแสดงได้ดังภาพรวมของระบบ (ภาพประกอบ 4-4)



ภาพประกอบ 4-4 ภาพรวมของระบบรูปแบบที่ 4

4.2 ส่วนประกอบของระบบ

จากรูปแบบของระบบทั้ง 4 รูปแบบ ที่นำเสนอในหัวข้อ 4.1 ผู้วิจัยได้เลือกใช้ส่วนประกอบย่อยของระบบในการพัฒนาต้นแบบโดยคำนึงถึงความยืดหยุ่นของระบบ ราคา และความสะดวกในการจัดหาอุปกรณ์เป็นหลัก

4.2.1 เซนเซอร์

เนื่องจากเซนเซอร์ที่ใช้งานในการวัดข้อมูลมีหลายชนิด ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบของการเชื่อมต่อไว้เพียง 2 วิธี คือ การเชื่อมต่อสัญญาณแอนาลอก 0-3 Vdc และการเชื่อมต่อแบบดิจิตอลผ่านช่องทางการสื่อสารมาตรฐาน RS-232 สัญญาณจากเซนเซอร์ในรูปแบบอื่นจะต้องถูกปรับเปลี่ยนให้อยู่ใน 2 รูปแบบนี้เท่านั้น สาเหตุที่เลือกใช้ 2 รูปแบบนี้ เนื่องจากสัญญาณทั้งสองรูปแบบสามารถเชื่อมต่อเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้ได้โดยตรงโดยไม่ต้องมีส่วนฮาร์ดแวร์เชื่อมต่อเพิ่มเติมและการเขียนโปรแกรมเพื่ออ่านค่าจากเซนเซอร์สามารถทำได้ง่ายเนื่องจากมีไลบรารีรองรับอยู่แล้ว เซนเซอร์ที่สามารถนำมาเชื่อมต่อกับระบบประกอบด้วย เซนเซอร์วัดปริมาณน้ำฝน เซนเซอร์วัดระดับน้ำ เซนเซอร์วัดความนำไฟฟ้า เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดความชื้น และเซนเซอร์วัดความเข้มแสง

4.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

แม้จะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เลือกมากมาย แต่เนื่องด้วยระบบต้องสามารถอ่านสัญญาณจากเซนเซอร์ทั้งในรูปแบบของสัญญาณแอนาลอก 0-3 Vdc และรูปแบบสัญญาณดิจิตอลตามมาตรฐาน RS-232 และระบบต้องสามารถเชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ตได้ด้วย ทำให้ตัวเลือกในการเลือกใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละแบบเหลือน้อยลง ในส่วนของการพัฒนาโปรแกรมผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม LabVIEW for ARM สำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เนื่องจากสามารถพัฒนาและแก้ไขโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเทียบกับการพัฒนาโดยใช้ C Compiler ทั่วไป ซึ่งบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีคุณลักษณะเบื้องต้นดังกล่าว ที่หาซื้อได้ง่ายในประเทศมีอยู่ 2 ตระกูล คือ ARM LPC2368 และ ARM Cortex-M3 ผู้วิจัยได้เลือกใช้ตระกูล ARM Cortex-M3 เนื่องจากบอร์ดมีขนาดเล็กและสามารถรับสัญญาณแอนาลอกได้ถึง 4 สัญญาณในขณะที่บอร์ด ARM LPC2368 นั้นรับสัญญาณแอนาลอกได้เพียง 3 สัญญาณเท่านั้น

4.2.3 โมบายเร้าเตอร์

ในกรณีที่บริเวณตั้งจุดตรวจวัดข้อมูลไม่สามารถเชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ตผ่านทาง ADSL ได้จำเป็นต้องเชื่อมต่อบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับโมบายเร้าเตอร์เพื่อเชื่อมต่อบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับระบบอินเตอร์เน็ตผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ ในการเลือกโมบายเร้าเตอร์จะเน้นที่การใช้พลังงานและราคาเป็นหลัก ส่วนความทนทานเป็นประเด็นรอง เนื่องจากโดยทั่วไปโมบายเร้าเตอร์จะถูกเปิดใช้งานในช่วงเวลาสั้น ๆ และใน 1 วัน จำนวนครั้งของการเปิดใช้งานไม่สูง สำหรับความเร็วของการเชื่อมต่อไม่ใช่ปัจจัยในการเลือกใช้ เนื่องจากในการรับส่งข้อมูลไม่ต้องการความเร็วสูง ถึงแม้ว่าโมบายเร้าเตอร์จะรองรับระบบ 3G แต่ในการใช้งานจริง ใช้งานเฉพาะ EDGE เท่านั้น เพราะช่วยให้การใช้พลังงานในการรับส่งข้อมูลต่ำกว่าการรับส่งโดยผ่านระบบ 3G ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ Huawei B200 3G Wireless Router

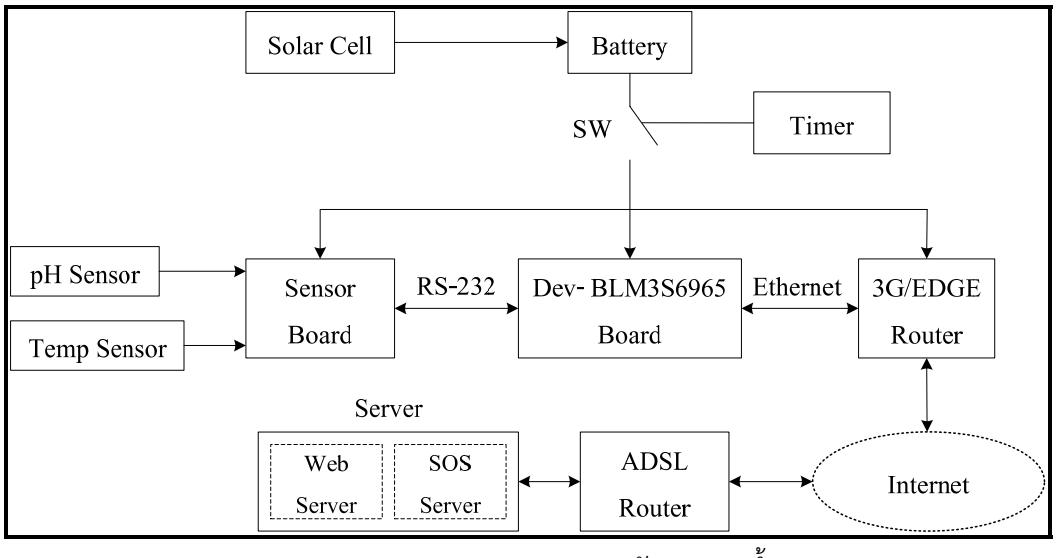
4.2.4 ระบบเซิร์ฟเวอร์

ในการเลือกใช้เซิร์ฟเวอร์ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ระบบปฏิบัติการ Linux หรือระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows ก็ได้ สำหรับผู้วิจัยได้เลือกใช้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows เนื่องจากซอฟท์แวร์สำหรับการพัฒนาต่อยอดข้อมูลที่เก็บไว้ใน SOS Server ส่วนใหญ่จะมีพร้อมใช้ภายใต้สภาพแวดล้อมการทำงานของระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows

4.3 ตัวอย่างการประยุกต์ข้อมูลจากระบบเก็บข้อมูล

4.3.1 ระบบแสดงผลคุณภาพน้ำในคลองอู่ตะเภา

ระบบแสดงผลคุณภาพน้ำในคลองอู่ตะเภาเป็นระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยอัตโนมัติ ซึ่งสามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ 2 พารามิเตอร์ คือ อุณหภูมิน้ำ และพีเอช (pH) สร้างขึ้นเพื่อเป็นต้นแบบในการตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบออนไลน์ โดยอุปกรณ์ควบคุมจะรับข้อมูลค่าพีเอชและค่าอุณหภูมิน้ำจากเซนเซอร์และทำการอ่านข้อมูลที่ส่งมาจากเซนเซอร์วันละ 1 ครั้ง ในเวลา 11.00 น. และส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ ระบบใช้พลังงานจากแผงโซลาเซลล์ในรูปแบบพลังงานแสงอาทิตย์ มีการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์โดยการติดวงจรตั้งเวลา (Timer) เพื่อใช้ในการควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ อุปกรณ์ที่ติดตั้งในภาคสนามทั้งหมดทำงานในช่วงเวลา 11.00-11.03 น. เพื่ออ่านข้อมูลที่ส่งมาจากเซนเซอร์วัดค่าพีเอชและค่าอุณหภูมิน้ำและส่งข้อมูลไปแสดงผลบนเว็บไซต์วันละ 1 ครั้งเท่านั้น (ภาพประกอบ 4-5 (ก) และ ภาพประกอบ 4-5 (ข)) ต้นทุนสำหรับต้นแบบในภาพประกอบ 4-5 (ข) มีราคาประมาณ 15,000 บาท ซึ่งเป็นราคาที่รวมเซนเซอร์ แผงโซลาร์เซลล์ และแบตเตอรีแล้ว

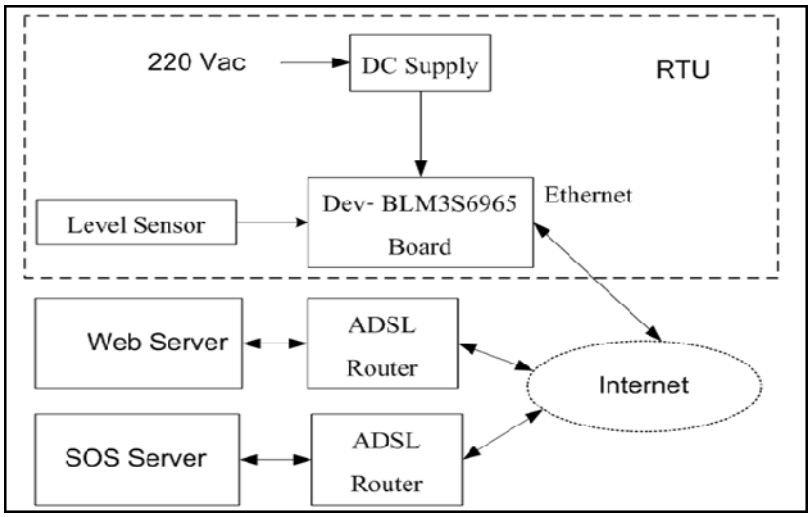


ภาพประกอบ 4-5 (ก) ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ภาพประกอบ 4-5 (ข) ต้นแบบระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ

4.3.2 ระบบวัดระดับน้ำแบบออนไลน์ในคลองอู่ตะเภา

ระบบวัดระดับน้ำแบบออนไลน์ในคลองอู่ตะเภาเป็นระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อวัดระดับน้ำโดยอัตโนมัติ ซึ่งอ่านค่าระดับน้ำในคลองจากเซนเซอร์วัดระดับน้ำที่ติดตั้งไว้ แล้วส่งข้อมูลไปเก็บที่เซิร์ฟเวอร์และให้ผู้ใช้สามารถเข้ามาดูข้อมูลแบบออนไลน์ได้ (ภาพประกอบ 4-6)

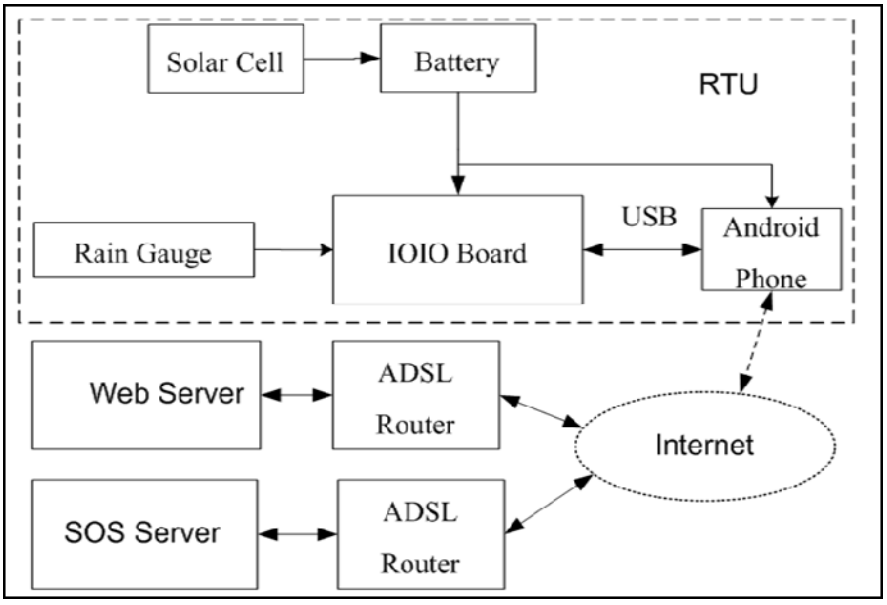


ภาพประกอบ 4-6 ระบบวัดระดับน้ำแบบออนไลน์ในคลองอู่ตะเภา

จากภาพประกอบ 4-6 ระบบที่ติดตั้งมีลักษณะเดียวกันกับระบบรูปแบบที่ 1 ในหัวข้อ 4.1 ระบบสามารถรองรับจุดวัดจากระยะไกลได้หลายจุดขึ้น ข้อมูลจากจุดวัดระยะไกล (RTU) ทุกตัวถูกส่งไปเก็บที่ SOS Server ทุก 15 นาที ส่วนโปรแกรมแสดงผลสำหรับผู้ใช้งานผ่านเว็บบราวเซอร์ทำงานอยู่บน Web Server ซึ่งแยกออกไปจากเครื่อง SOS Server โดยออกแบบให้รองรับการใช้งานจากผู้ใช้จำนวนมากที่เข้ามาเรียกดูข้อมูลในช่วงที่เกิดอุทกภัย บ่อยครั้งที่เครื่องไม่สามารถตอบสนองผู้ใช้จำนวนมากและจำเป็นต้องเริ่มต้นเปิดเครื่องให้ทำงานใหม่ ดังนั้น การใช้ SOS Server แยกออกไปจาก Web Server จึงเป็นทางออกที่สามารถแก้ปัญหาความต่อเนื่องของการเก็บข้อมูลในกรณีที่ Web Server มีปัญหาได้

4.3.3 ระบบทำนายปริมาณน้ำฝนโดยใช้ฐานกฎ

ระบบทำนายปริมาณน้ำฝนโดยใช้ฐานกฎเป็นระบบที่พัฒนาขึ้น เพื่อวัดปริมาณน้ำฝนโดยอัตโนมัติซึ่งอ่านค่าปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ติดตั้งเซนเซอร์วัดปริมาณน้ำฝน แล้วส่งข้อมูลไปเก็บที่เซิร์ฟเวอร์ ผู้ใช้สามารถอ่านข้อมูลจาก SOS Server แบบออนไลน์ได้ (ภาพประกอบ 4-7)



ภาพประกอบ 4-7 ระบบทำนายปริมาณน้ำฝนโดยใช้ฐานกฎ

จากภาพประกอบ 4-7 ระบบที่ติดตั้งมีลักษณะเดียวกันกับระบบรูปแบบที่ 3 ในหัวข้อ 4.1 ระบบรองรับจุดวัดจากระยะไกลได้หลายจุดขึ้น ข้อมูลจากจุดวัดระยะไกล (RTU) ทุกตัวถูกส่งไปเก็บที่ SOS Server ทุก 15 นาที ส่วนโปรแกรมทำนายปริมาณน้ำฝนทำงานบน Web Server โดยการรับข้อมูลอุตุนิยมในรูปแบบของภาพถ่ายเรดาร์ แล้วประมาณค่าจากฐานกฎที่เก็บไว้ในระบบ ผลการทำนายจะเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงที่ได้มาจาก SOS Server ผลการเปรียบเทียบใช้ในการปรับแต่งฐานกฎต่อไป และผลการทำนายจะแสดงผลผ่าน Web Server ต่อไป

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการพัฒนาต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายสำหรับข้อมูลบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนเอกสารและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งจากเอกสารงานวิจัยและโครงการต่าง ๆ ที่มีการดำเนินการมาแล้ว รวมถึงการพัฒนาเซนเซอร์วัดระดับน้ำซึ่งนำเสนอข้อมูลผ่านเว็บไซต์เพื่อเป็นตัวอย่างและแนวทางในการใช้ข้อมูลเพื่อพัฒนาระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายต่อไป โดยสามารถสรุปงานที่ได้ดำเนินการมาแล้วในระยะที่ 1 และข้อเสนอแนะสำหรับการดำเนินการขั้นต่อไปเพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามแผนของการดำเนินงานของโครงการทั้งหมดได้ดังนี้

5.1 ผลการวิจัย

การดำเนินการเพื่อพัฒนาต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายสำหรับข้อมูลบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา สรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 การศึกษามาตรฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครือข่ายเซนเซอร์และเว็บเชิงความหมาย และได้เลือกใช้แนวทางของ Sensor Web Enablement (SWE) ของ Open Geospatial Consortium (OGC) โดยระบบซอฟท์แวร์ที่เลือกใช้ในการพัฒนาระบบคือระบบซอฟท์แวร์ของ 52°North เนื่องจากเป็นซอฟท์แวร์แบบ open source และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย

5.1.2 การศึกษาองค์ประกอบและรูปแบบของระบบรวบรวมข้อมูลในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาที่รองรับการให้บริการระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมาย พบว่า องค์ประกอบของระบบสามารถปรับเปลี่ยนได้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของจุดที่ตรวจวัด ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อรูปแบบของระบบประกอบด้วย แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าและความสามารถในการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

5.1.3 การพัฒนาต้นแบบเซนเซอร์วัดระดับน้ำได้ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ARM Cortex M-3 โดยสัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์วัดระดับน้ำถูกอ่านและส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตในรูปแบบเอกสาร XML ไปยังเซิร์ฟเวอร์ ข้อมูลดังกล่าวสามารถรองรับการให้บริการระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายต่อไปได้

สำหรับการพัฒนาต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายสำหรับข้อมูลบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาในขั้นต่อไป คือ การออกแบบ พัฒนาและทดสอบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายก่อนนำไปใช้งานจริง

5.2 ปัญหาที่พบ

5.2.1 ปัญหาการกำหนดที่ตั้งจุดตรวจวัดที่เหมาะสมในการติดตั้งเซนเซอร์ เนื่องจากที่ตั้งจุดตรวจวัดจำเป็นต้องมีความเหมาะสมทั้งในเชิงวิชาการและเชิงการจัดการ แต่ที่ตั้งจุดตรวจวัดที่มีความเหมาะสมในทางวิชาการหลายจุดไม่สามารติดตั้งได้ เนื่องจากเป็นสถานที่ที่ไม่มีความปลอดภัยหรือไม่เหมาะสม อาจจะก่อให้เกิดผลกระทบในเชิงสังคมและชุมชน

5.2.2 ปัญหาเรื่องการสื่อสารข้อมูล เนื่องจากความสำเร็จของระบบส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับความน่าเชื่อถือของระบบสื่อสารที่ใช้ ในโครงการนี้ใช้งานทั้งโครงข่ายโทรศัพท์มือถือและระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตผ่านระบบ ADSL บางครั้งพบว่า ข้อมูลสูญหายไป เนื่องจากปัญหาเครือข่ายระบบสื่อสารไร้สายและปัญหาจากระบบ ADSL

5.2.3 ปัญหาเรื่องการดูแลระบบ การจัดทำระบบตรวจวัดจากระยะไกลจำเป็นต้องมีการดูแลเพื่อให้เชื่อมั่นได้ว่า ทั้งเครื่องเซิร์ฟเวอร์และเครื่องตรวจวัดพร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา ถ้าขาดการดูแลระบบที่เหมาะสมจะทำให้ระบบใช้งานได้ไม่สมบูรณ์และทำให้ระบบขาดความน่าเชื่อถือ หรือมีความน่าเชื่อถือน้อยลง

5.2.4 ปัญหาเรื่องการพัฒนาต่อยอด เนื่องจากข้อมูลสภาพแวดล้อมที่เก็บไว้ในระบบต้องอาศัยโปรโตคอลที่เป็นมาตรฐานในการเพิ่มเซนเซอร์ให้กับระบบและในการเรียกใช้ข้อมูลที่เก็บไว้ในระบบ ผู้ใช้จำเป็นต้องเรียนรู้โปรโตคอลดังกล่าว พบว่า บ่อยครั้งที่ผู้ใช้งานไม่ต้องการเรียนรู้และต้องการทางลัดหรือเทคนิคที่ง่ายในการใช้งานระบบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะในเชิงเทคนิค

1. การพัฒนาระบบตรวจวัดจากระยะไกลที่ใช้พลังงานต่ำ จากข้อจำกัดของต้นแบบระบบตรวจวัดจากระยะไกลในเรื่องของการใช้พลังงานที่สูง ทำให้ไม่สามารถอ่านและส่งข้อมูลสภาวะแวดล้อมได้บ่อยครั้ง ดังนั้น จึงควรมีการพัฒนาระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้พลังงานต่ำสำหรับระบบตรวจวัดจากระยะไกล

2. การเก็บเกี่ยวพลังงานจากสภาวะแวดล้อม ในกรณีที่ไม่สามารถใช้ไฟฟ้าจากสถานที่ที่ติดตั้งได้ ระบบจำเป็นต้องใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ แต่การประจุแบตเตอรี่จากแผงโซลาร์เซลล์อาจจะทำไม่ได้ในกรณีที่ฝนตกหนักติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ดังนั้น ควรพิจารณาพลังงานจากแหล่งธรรมชาติอื่นมาช่วยในการประจุแบตเตอรี่ เช่น การใช้พลังงานลมหรือพลังงานจากน้ำ

3. การพัฒนาระบบที่ทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่รุนแรง เนื่องจากในบางสถานการณ์สภาพแวดล้อมที่ติดตั้งเครื่องมือวัดเป็นอุปสรรคที่สำคัญต่อการได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกต้อง น่าเชื่อถือ และมีความต่อเนื่อง เครื่องมือตรวจวัดจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้ ทนแดด ทนฝน และสามารถที่จะคืนสภาพได้เมื่อระบบล้มเหลว ในบางสถานการณ์ผู้ใช้ไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่ติดตั้งได้ เช่น กรณีฝนตกหนักหรือน้ำท่วม สิ่งแรกที่ต้องพิจารณา คือ การมีพลังงานไฟฟ้าให้พร้อมที่จะกู้คืนระบบจากระยะไกลได้ นอกจากนี้ต้องพิจารณาการเตรียมเครือข่ายการสื่อสารสำรองด้วย

5.3.2 ข้อเสนอแนะในเชิงการจัดการ

1. การมีส่วนร่วมจากหน่วยงานในชุมชนในการกำหนดจุดตรวจวัดและการดูแลเครื่องมือตรวจวัด อุปสรรคสำคัญในการติดตั้งเครื่องมือวัดคือการได้มาซึ่งจุดติดตั้งที่เหมาะสม ถ้าขาดความร่วมมือจากชุมชนจะทำให้ต้นทุนการติดตั้งสูงมากเนื่องจากต้องจัดทำสถานีวัดที่แข็งแรงและปลอดภัยเป็นพิเศษ

2. การได้รับการสนับสนุนจากผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์ไร้สาย ในการดำเนินกิจกรรมเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมให้สัมฤทธิ์ผลจำเป็นต้องทำอย่างต่อเนื่อง ในอดีตมีหลายโครงการที่มีการตรวจวัดข้อมูลสภาพแวดล้อมจากระยะไกลไม่สามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่องเนื่องจากขาดงบประมาณสนับสนุนในระยะยาวโดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าใช้จ่ายสำหรับการส่งข้อมูลออนไลน์จากระยะทางไกล ๆ ซึ่งไม่อยู่ในพื้นที่ให้บริการของระบบ ADSL ซึ่งจำเป็นต้องใช้ช่องทางการสื่อสารผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ไร้สาย ดังนั้น ความร่วมมือจากผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์ไร้สายถือว่ามีความจำเป็นเพราะจะทำให้โครงการประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและสามารถเลือกใช้รูปแบบของการสื่อสายไร้สายที่เหมาะสมได้

บรรณานุกรม

[1] ลุ่มน้ำของเรา.http://www.songkhlalake.com/index.php. [Available online July, 2012]

[2] แผนแม่บทการพัฒนาลุ่มน้ำทะเลสาบ. http://www2.onep.go.th/NREM/work2/work2data-01.asp. [Available online July, 2012]

[3] Semantic Web Layers. http://www.w3.org/2001/12/semweb-fin/w3csw. [Available online Semtember, 2012]

[4] ชัยภัทร เนื่องคำมา และไพศาล สันติธรรมนนท์ 2551. การพัฒนาภูมิสารสนเทศชนิดเว็บเซอร์วิสสำหรับตัวตรวจวัดข้อมูลบนเว็บและเครือข่าย.

[5] ชัยภัทร เนื่องคำมา และไพศาล สันติธรรมนนท์ 2551. การประยุกต์ใช้มาตรฐานภูมิสารสนเทศกับระบบสารสนเทศจัดเก็บภาษี.

[6] พินิจ เขื่อนสุวงศ์, จักรกฤษ วรางกูร, ชัชวาล ไชยเจริญ, ชลกานต์ ต.วิเชียร และ ดนุชา ประเสริฐสม. 2555. “ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อม เพื่อเสริมศักยภาพด้านการผลิตทางการเกษตร”. ใน การประชุมทางวิชาการของสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13. สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. เชียงใหม่.

[7] Michael Lehning, Nicholas Dawes, Mathias Bavay, Marc Parlange, Suman Nath, and Feng Zhao, Instrumenting the earth: next-generation sensor networks and environmental science, in The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery, Microsoft Research, October 2009

[8] Sebastian Michel, Ali Salehi, Liqian Luo, Nicholas Dawes, Karl Aberer, Guillermo Barrenetxea, Mathias Bavay, Aman Kansal, K. Ashwin Kumar, Suman Nath, Marc Parlange, Stewart Tansley, Catharine van Ingen, Feng Zhao, and Yongluan Zhou, Environmental Monitoring 2.0 (Demonstration), in 25th International Conference on Data Engineering (ICDE), Association for Computing Machinery, Inc., 2009

[9] Siddeswara Mayura Guru, Peter Taylor, Holger Neuhaus, Yanfeng Shu, Daniel Smith and Andrew Terhorst. 2008. Hydrological Sensor Web for the South Esk Catchment in the Tasmanian state of Australia. ESCIENCE '08 Proceedings of the 2008 Fourth IEEE International Conference on eScience, Pages 432-433.

[10] D. Trossen, D. Pavel,Â. Building a Ubiquitous Platform for Remote Sensing Using Smartphones, Proceedings of The Second Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, July 2005, San Diego, CA, USA.

[11] พรชัย ประทุมสุวรรณ. 2542. “เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม”. กรุงเทพฯ. เรือนแก้วการพิมพ์.

[12] วิศรุต ศรีรัตนะ. 2554. “เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม”. กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[13] ไดโอด. http://www.oknation.net/blog/print.php?id=174757[Available online August, 2012]

[14] อุปกรณ์โฟโต้. http://www.sptc.ac.th/prapruet/devicesweb/books/book_15.htm [Available online August, 2012]

[15] การตรวจวัดระดับ. http://voravich1.exteen.com/20090816/level-sensor-1. [Available online August, 2012]

[16] ศุภกร กตาธิการกุล และคณดิถ เจษฎ์พัฒนานนท์. 2554. “การวัดระดับน้ำโดยใช้เทคนิคการวัดความจุไฟฟ้าแบบกึ่งทรงกระบอก”.วิศวกรรมสาร มข, 38(2), 179 -186.

[17] Tipping Bucket Rain Gauge. http://www.novalynx.com [Available online August, 2012]

[18] หัววัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Sensor). http://www.nstda.or.th/nstda-knowledge/3844-ph-sensor. [Available online August, 2012]

[19] เครื่องวัดความนำไฟฟ้า. http://www.scilution.com [Available online August, 2012]

[20] ไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโคโพรเซสเซอร์. http://www.kknic.ac.th/~kkvisart_poon/Webpage/wachira/htdoc/less_1/Micro%20and%20prosess.pdf [Available online August, 2012]

[21] 10 อันดับสุดยอดคุณลักษณะเด่นของ Windows Server 2003. http://www.microsoft.com/thailand/windowsserver2003/prodinfo/Top10features.aspx. [Available online August, 2012]

[22] Windows Server 2003. http://210.246.188.54/mhk2/.../2011-08-01_170550_W2003-Basic.doc. [Available online August, 2012]

[23] บัณฑิต จามรภูติ. 2553. คำภีร์ Ubuntu Linux Server เล่ม 2. กรุงเทพฯ. Bandhit Press.

[24] ภัทระ เกียรติเสรี. 2542. สร้างอินเทอร์เน็ตเซิร์ฟเวอร์ด้วย Linux. กรุงเทพฯ. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

[25] Embedded Server. http://www.omega.com/pptst/EIT-W.html. [Available online August, 2012]

[26] OMEGA iServer EIS-PCB. http://www.omegaeng.cz/ppt/pptsc_eng.asp?ref=EISPCB&Nav=temp. [Available online August, 2012]

[27] WindowsEmbedded.http://www.microsoft.com/windowsembedded/enus/evaluate/windows-embedded-server.aspx. [Available online August, 2012

[28] จตุชัย แพงจันทร์. 2546. เจาะระบบ Network สมบูรณ์. นนทบุรี. ไอดีซี.

[29] ระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่. http://www.lib.kmutt.ac.th/st4kid/nonFlash/index.jsp?id=53. [Available online August, 2012]

[30] ธีรวัฒน์ หังสพฤกษ์. 2548. การสื่อสารข้อมูล.สงขลา.คณะวิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[31] AIRS-Android Remote Sensing. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.airs. [Available online August, 2012]

[32] Mango. http://mango.serotoninsoftware.com/home.jsp. [Available online August, 2012]

[33] Microsoft research Sensor Map. Microsofthttp://atom.research.microsoft.com/

Sensewebv3/sensormap/[Available online August, 2012]

[34] การัณย์ อินทะกูล และพงษ์อินทร์ รักอริยะธรรม. 2554. “การพัฒนาข้อมูลภูมิสารสนเทศของข้อมูลเครื่องตรวจวัดปริมาณน้ำฝนสำหรับการให้บริการผ่านเว็บเซอร์วิส” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[35] 52north. http://52north.org/. [Available online August, 2012]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การเก็บบันทึกข้อมูลและตัวอย่างการใช้งาน AIRS

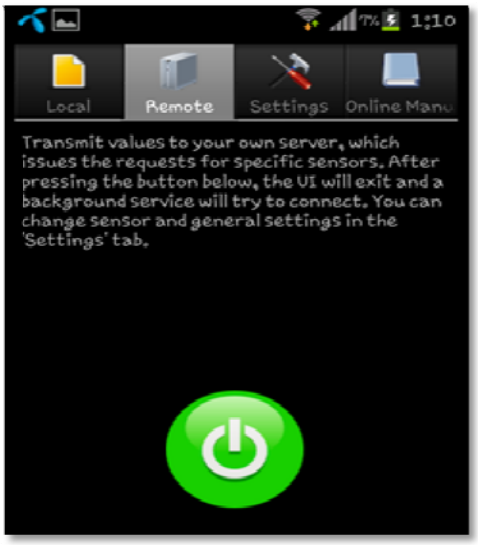
1. การเก็บข้อมูลด้วย AIRS

ผู้ใช้งานสามารถเลือกการเก็บบันทึกข้อมูลได้ 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบ Local และแบบ Remote ดังนี้

1. แบบ Local เป็นการบันทึกข้อมูลในรูปแบบ Text File บนหน่วยความจำภายในสมาร์ทโฟน โดยการเริ่มใช้งานให้เลือกการบันทึกแบบ Local (ภาพประกอบ ก-1)

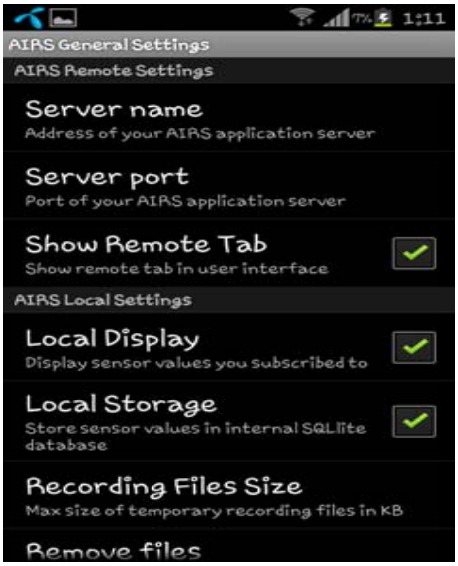
ภาพประกอบ ก-1 การบันทึกข้อมูลในรูปแบบ Local

2. แบบ Remote เป็นการบันทึกข้อมูลโดยการส่งค่าไปยังเซิร์ฟเวอร์ เพื่อบันทึกผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยการเริ่มใช้งานให้เลือกการบันทึกแบบ Remote (ภาพประกอบ ก-2)



ภาพประกอบ ก-2 การบันทึกข้อมูลในรูปแบบ Remote

เมื่อเลือกรูปแบบการบันทึกแล้ว สามารถตั้งค่าการใช้งานทั่วไปได้ เช่น Show Remote Tab, Local Display และ Local Storage เป็นต้น (ภาพประกอบ ก-3)

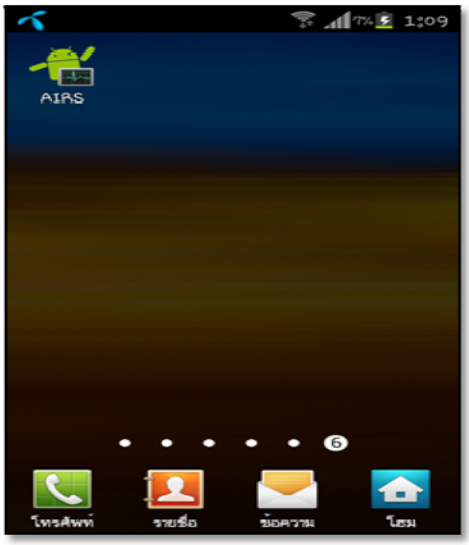


ภาพประกอบ ก-3 การตั้งค่าทั่วไปสำหรับการบันทึกแบบ Remote และแบบ Local

3. **ตัวอย่างการใช้งาน AIRS**

ในการใช้งาน AIRS มีขั้นตอน ดังนี้

1. เปิดแอพพลิเคชั่น AIRS จาก Smartphone เพื่อเริ่มการใช้งานบันทึกข้อมูลในรูปแบบ Local (ภาพประกอบ ก-4)

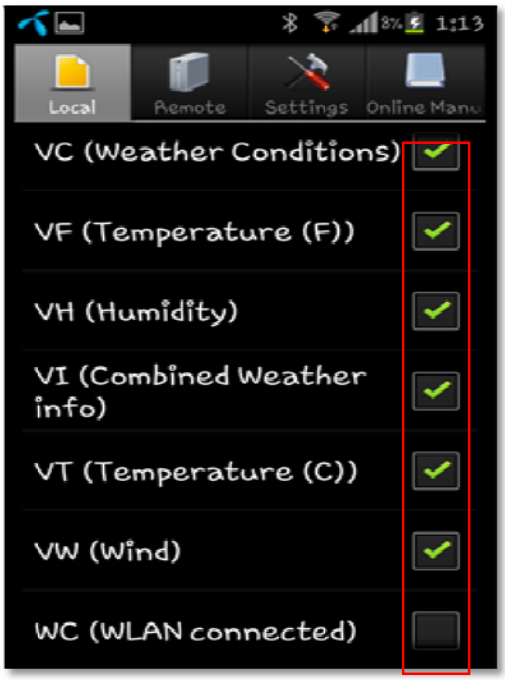


ภาพประกอบ ก-4 แอพพลิเคชั่น AIRS จาก Smartphone

2. เมื่อปรากฏหน้าแสดงผลหน้าแรกของแอพพลิเคชั่น AIRS ให้เลือก Select Sensors First โดยกดปุ่ม Select Sensors First (ภาพประกอบ ก-5)

ภาพประกอบ ก-5 หน้าแสดงผลแรกจากการเปิดแอพพลิเคชั่น AIRS

3. เมื่อกดปุ่มเลือก Select Sensors First แล้ว จากนั้นเลือกเซนเซอร์ที่ต้องการใช้ตรวจวัด เช่น อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ สภาพลม เป็นต้น (ภาพประกอบ ก-6)

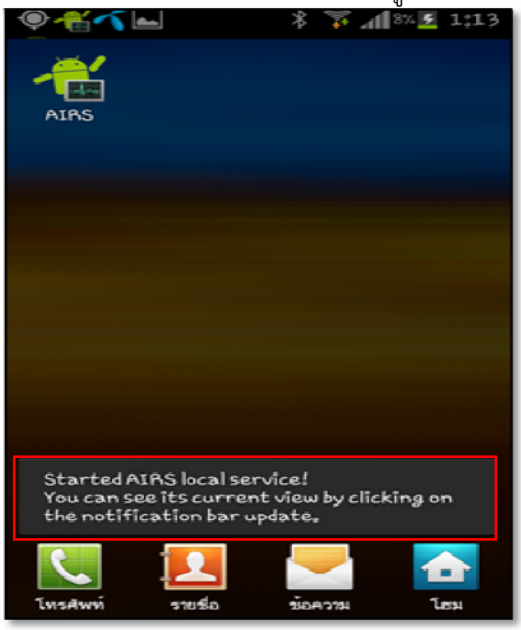


ภาพประกอบ ก-6 การเลือกเซนเซอร์ที่ต้องการตรวจวัด

4. เมื่อเลือกเซนเซอร์ที่ต้องการตรวจวัดได้แล้ว ให้กด Start เพื่อเริ่มการบันทึกข้อมูล (ภาพประกอบ ก-7)

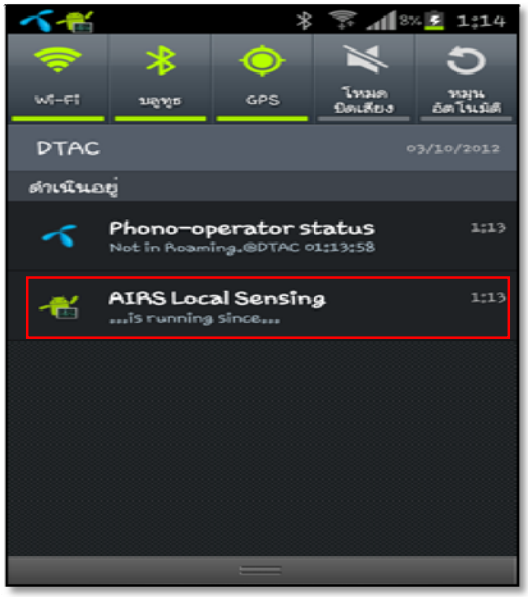
ภาพประกอบ ก-7 การกดปุ่ม Start เพื่อเริ่มการบันทึกข้อมูล

5. เมื่อกดปุ่ม Start แล้ว แอพพลิเคชั่น AIRS จะเริ่มบันทึกข้อมูล (ภาพประกอบ ก-8)



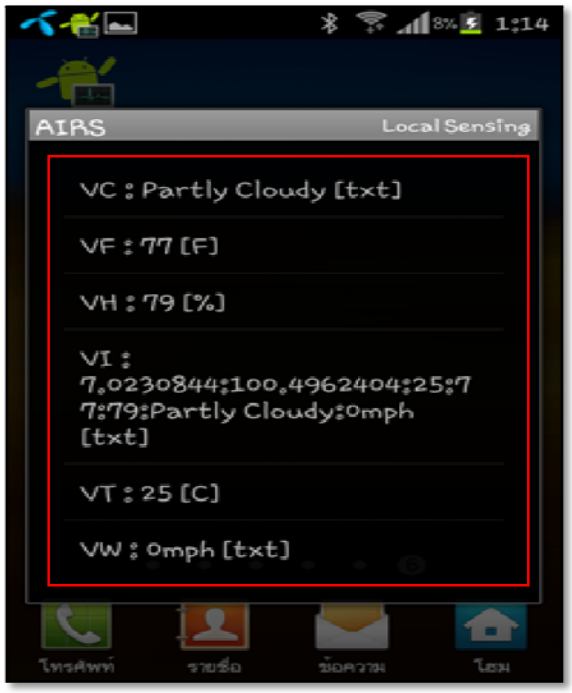
ภาพประกอบ ก-8 การบันทึกข้อมูลของแอพพลิเคชั่น

6. ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบสถานะการทำงาน โดยการเลื่อนหน้าจอของ Smartphone จากบนลงล่าง ซึ่งจะแสดงแอพพลิเคชั่นที่กำลังทำงานอยู่ และได้แสดงข้อความว่า AIRS Local Sensing is running since (ภาพประกอบ ก-9)



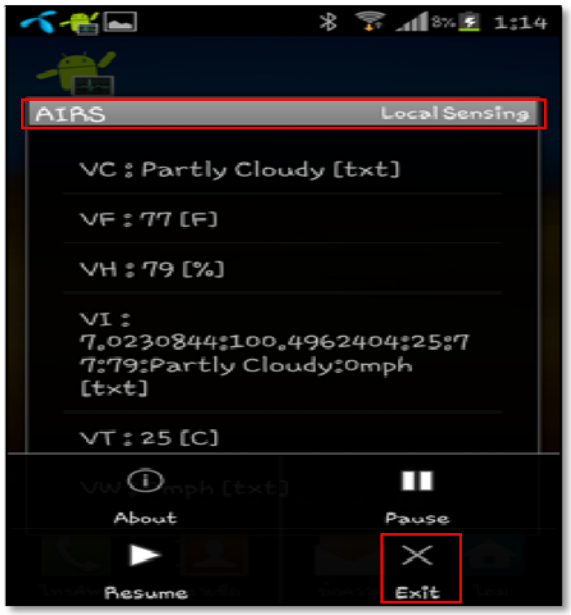
ภาพประกอบ ก-9 สถานะการทำงานของ AIRS

7. หากต้องการดูรายการสิ่งที่ตรวจวัดให้กดเลือก AIRS Local Sensing เพื่อดูรายละเอียดของข้อมูลที่ทำการบันทึกไว้ (ภาพประกอบ ก-10)



ภาพประกอบ ก-10 รายละเอียดข้อมูลจากการตรวจวัด

8. หากต้องการออกจากแอพพลิเคชั่น AIRS กดปุ่มเลือกแอพพลิเคชั่น AIRS จากนั้นกด Exit และเลือก Yes (ภาพประกอบ ก-11, ก-12)



ภาพประกอบ ก-11 การออกจากแอพพลิชั่นโดยเลือกปุ่ม Exit

ภาพประกอบ ก-12 การออกจากแอพพลิชั่นโดยเลือกปุ่ม Yes

ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการติดตั้ง Sensor Web Enablement

ในการติดตั้ง Sensor Web Enablement มีรายละเอียดและขั้นตอนในการติดตั้ง ดังนี้

1. ความต้องการของระบบ

ความต้องการของระบบในการติดตั้ง Sensor Web Enablement มีความต้องการ ดังนี้

1.1 Windows 2000 หรือ Version ที่สูงกว่า [tested with Windows XP SP3]

1.2 JRE/JDK 1.5 [1.6.0]

1.3 Apache Jakarta Tomcat 5.5 หรือ Version ที่สูงกว่า [6.0.x, 7.0.x]

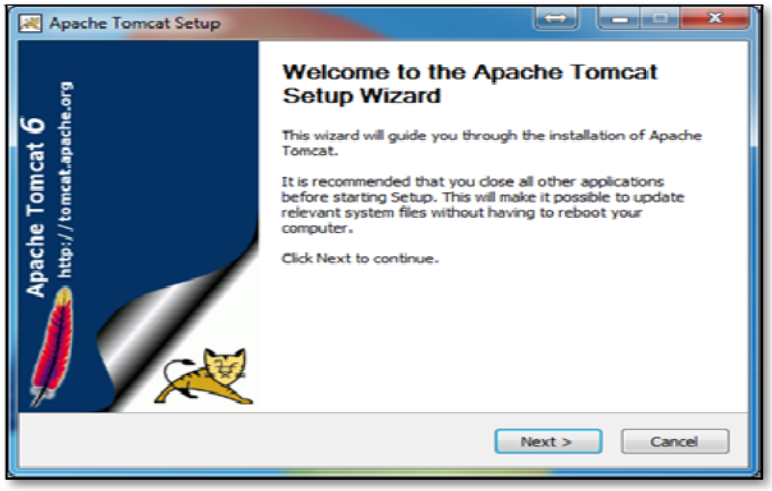
1.4 PostreSQL Version [8.4.x, 9.0]

1.5 PostGIS Version [1.4.x or 1.5]

2. ขั้นตอนการติดตั้ง Apache Tomcat

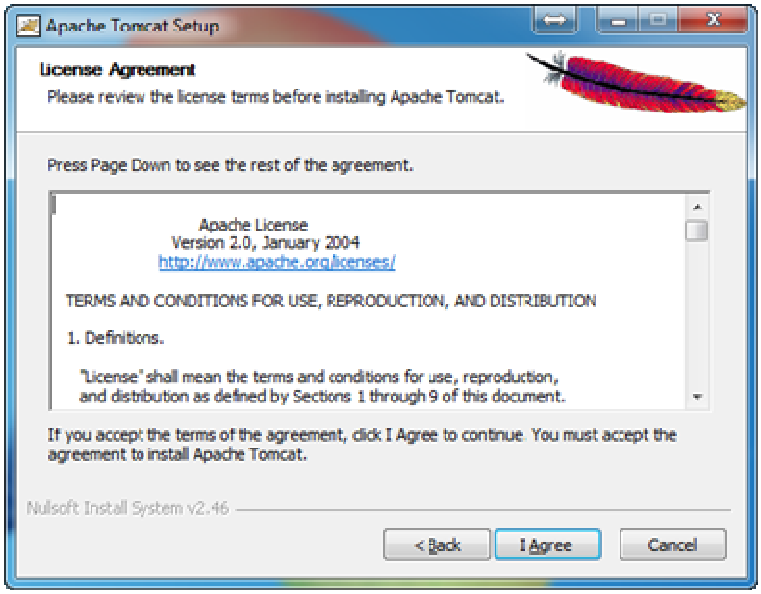
การติดตั้ง Apache Tomcat มีขั้นตอนในการติดตั้ง ดังนี้

1. ดาวน์โหลด Apache Jakarta Tomcat จากเว็บไซต์ http://jakarta.apache.org/tomcat จากนั้นเริ่มติดตั้งโปรแกรมโดยการคลิกปุ่ม Next (ภาพประกอบ ข-1)



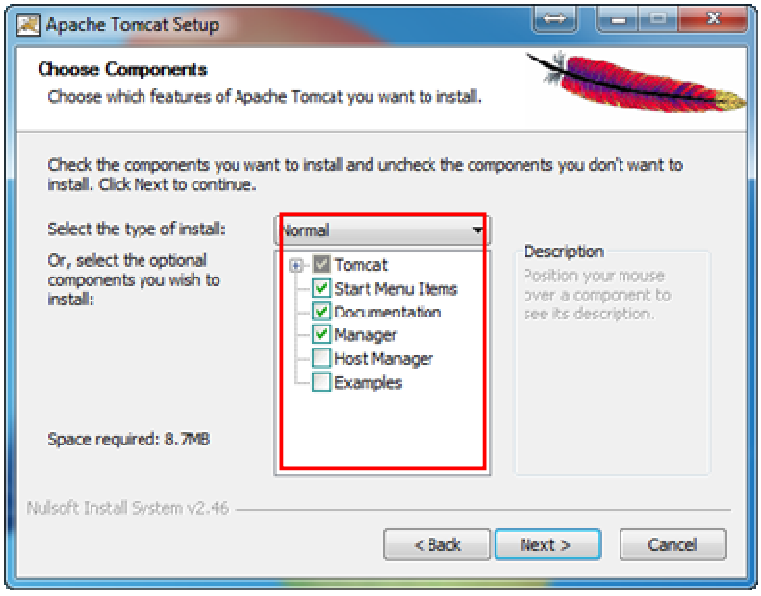
ภาพประกอบ ข-1 การเริ่มติดตั้งโปรแกรมโดยการคลิกปุ่ม Next

2. คลิกปุ่ม I Agree เพื่อยอมรับเงื่อนไขในการติดตั้งโปรแกรม (ภาพประกอบ ข-2)



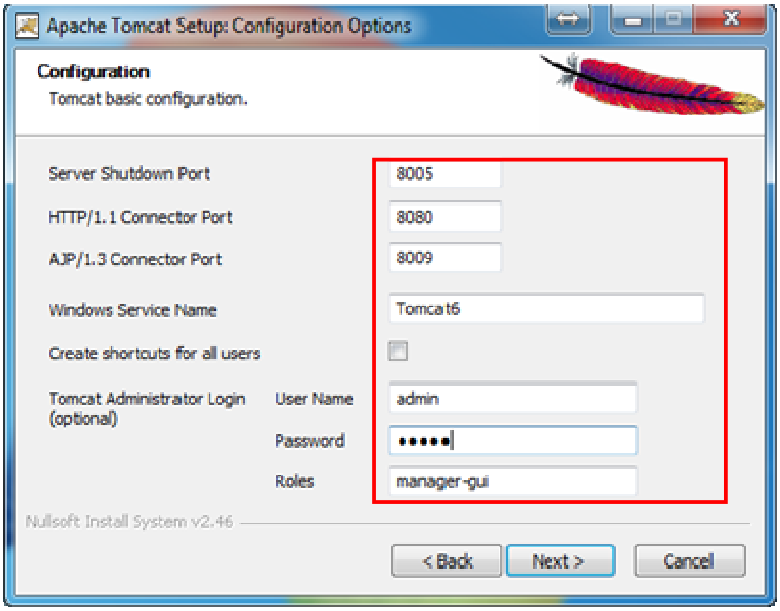
ภาพประกอบ ข-2 การคลิกปุ่ม I Agree เพื่อยอมรับเงื่อนไขในการติดตั้งโปรแกรม

3. เลือกส่วนประกอบของโปแกรม (Components) ที่ต้องการติดตั้งในโปรแกรม จากนั้นคลิกปุ่ม Next เพื่อติดตั้งโปรแกรม (ภาพประกอบ ข- 3)



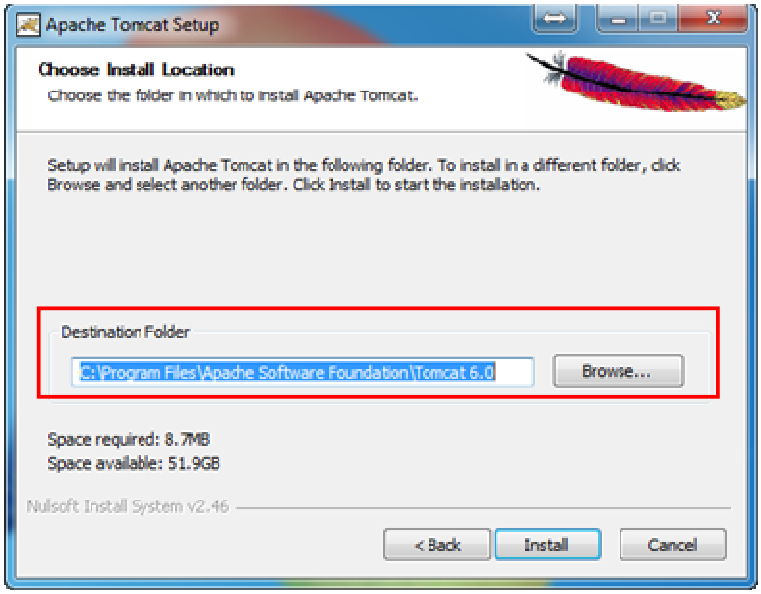
ภาพประกอบ ข-3 การคลิกปุ่ม Next เพื่อติดตั้งโปรแกรม

4. การกำหนดค่า Configuration ได้แก่ Server Shutdown Port, Windows Service Name, User Name, และ Password เป็นต้น จากนั้นจึงคลิกปุ่ม Next (ภาพประกอบ ข-4)



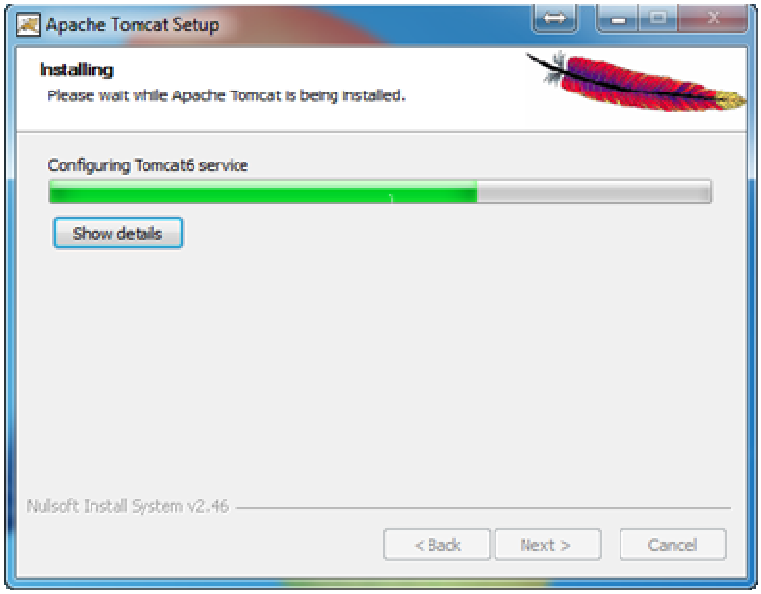
ภาพประกอบ ข-4 การกำหนดค่า Configuration

5. เลือกพื้นที่ในการเก็บข้อมูลของโปรแกรม จากนั้นจึงคลิกปุ่ม Install (ภาพประกอบ ข-5)



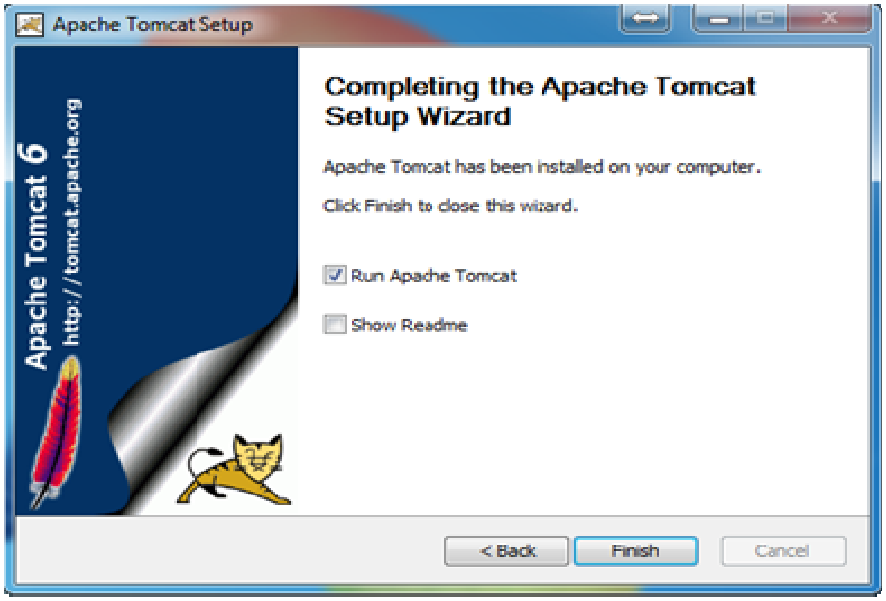
ภาพประกอบ ข-5 การเลือกพื้นที่ในการเก็บโปรแกรม

6. เมื่อเลือกพื้นที่ในการจัดเก็บ และเลือกปุ่ม Install แล้ว โปรแกรมจะแสดงการดำเนินการติดตั้งโปรแกรม (ภาพประกอบ ข-6)



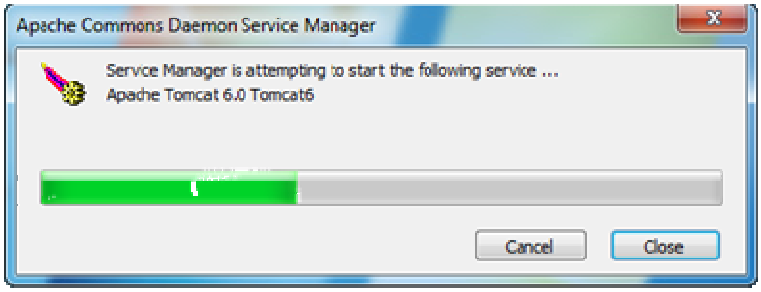
ภาพประกอบ ข-6 การแสดงการดำเนินการติดตั้งโปรแกรม

7. เมื่อเสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม ให้คลิกเลือกเฉพาะ Run Apache Tomcat และ คลิกปุ่ม Finish (ภาพประกอบ ข-7)



ภาพประกอบ ข-7 เสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม

8. เมื่อเสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรมแล้ว โปรแกรมจะเริ่ม Start Service ให้อัตโนมัติ (ภาพประกอบ ข-8)



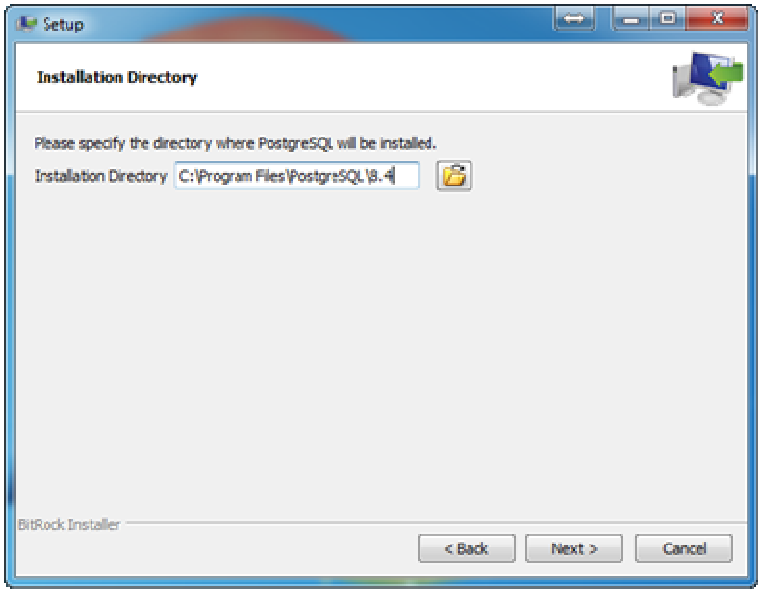
ภาพประกอบ ข-8 โปรแกรมเริ่ม Start Service

3. ขั้นตอนการติดตั้ง PostgreSQL

1. ดาวน์โหลด PostgreSQL จากเว็บไซต์ : http://www.postgresql.org/download/
2. ติดตั้ง PostgreSQL ตามคู่มือในการติดตั้งโปรแกรมซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ : http://www.postgresql.org/docs/manuals/
3. เริ่มติดตั้งโปรแกรมโดยการคลิกปุ่ม Next (ภาพประกอบ ข-9)

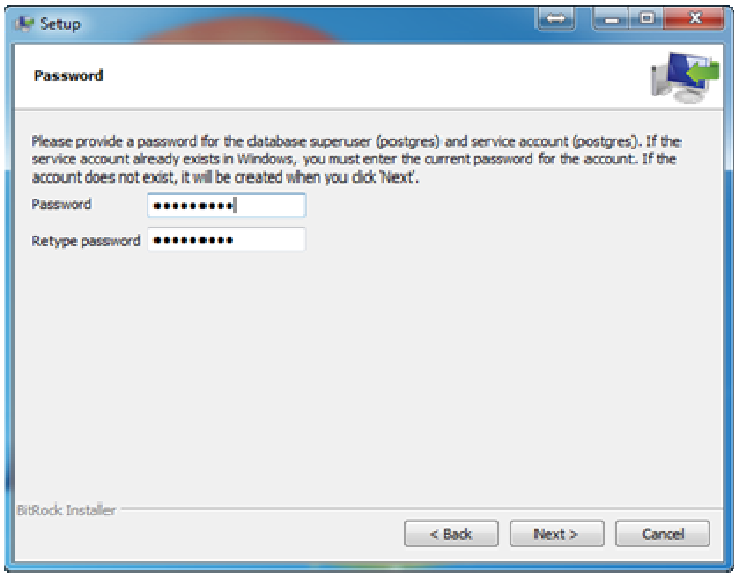
ภาพประกอบ ข-9 การเริ่มติดตั้งโปรแกรมโดยการคลิกปุ่ม Next

4. เลือกพื้นที่ในการเก็บข้อมูลของโปรแกรม จากนั้นจึงคลิกปุ่ม Install (ภาพประกอบ ข-10)



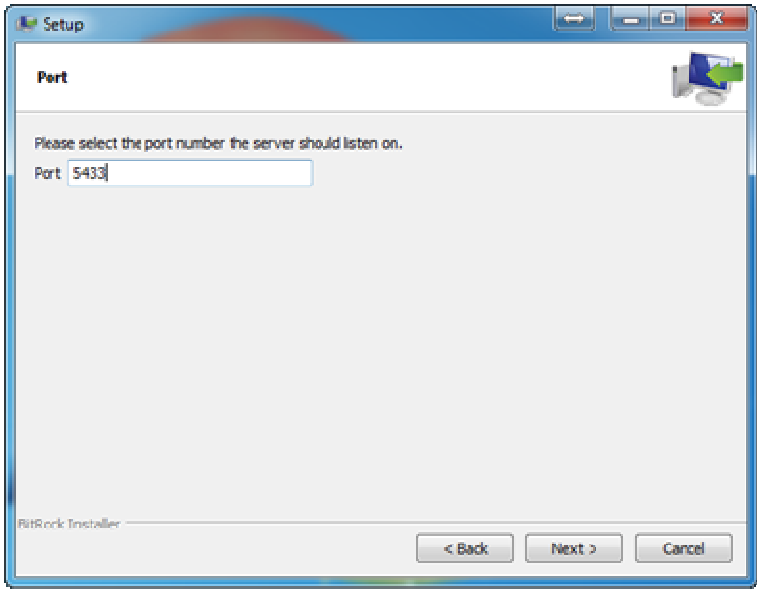
ภาพประกอบ ข-10 เลือกพื้นที่ในการเก็บโปรแกรม

5. กำหนด Password ในการเข้าใช้งาน Database PostersSQL (ภาพประกอบ ข-11)



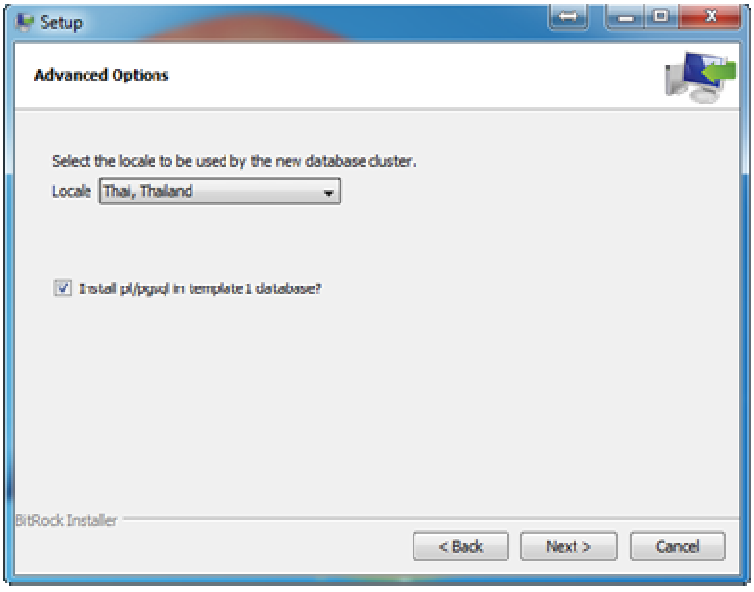
ภาพประกอบ ข-11 การกำหนด Password ในการเข้าใช้งาน Database PostgreSQL

6. การกำหนด Port ให้กับ Server (ภาพประกอบ ข-12)



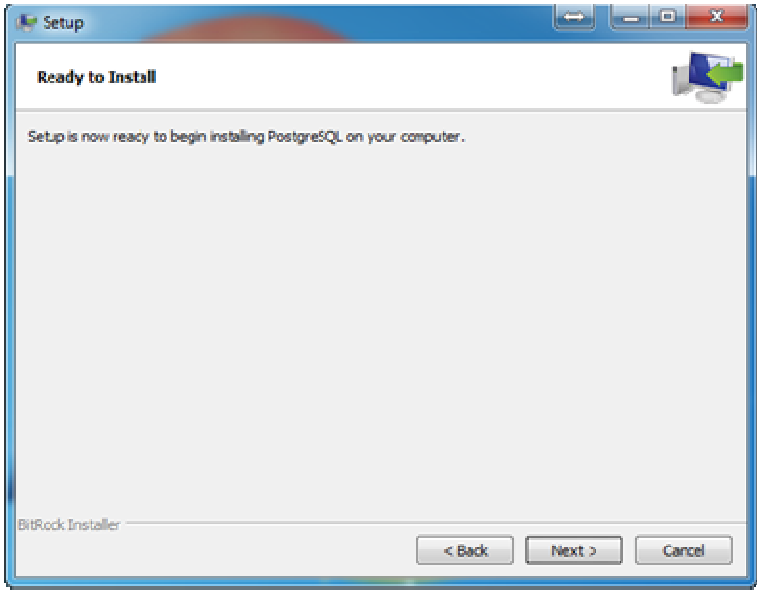
ภาพประกอบ ข-12 การกำหนด Port ให้กับ Server

7. การเลือกสถานที่ (Location) ในการติดตั้ง Database (ภาพประกอบ ข-13)

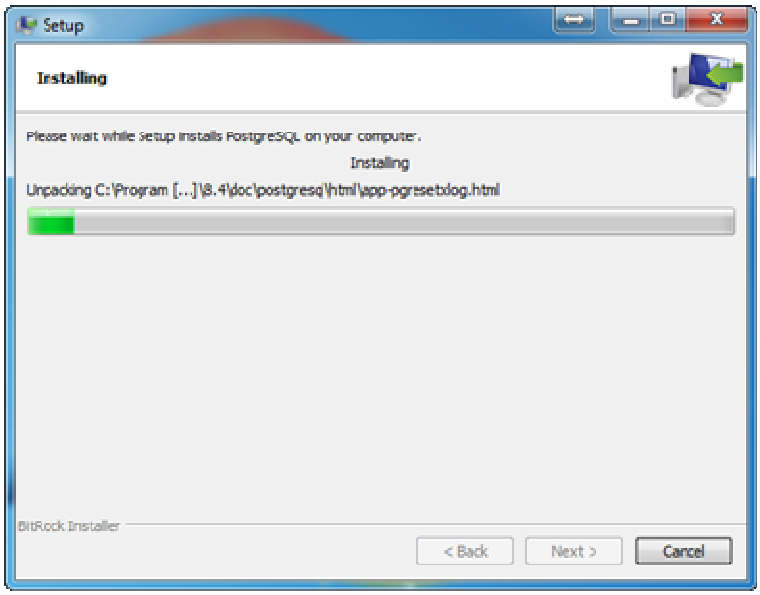


ภาพประกอบ ข-13 เลือกสถานที่ในการติดตั้ง Database

8. คลิกปุ่ม Next เพื่อติดตั้งโปรแกรม (ภาพประกอบ ข-14) จากนั้นโปรแกรมจะแสดงการดำเนินการติดตั้งโปรแกรม (ภาพประกอบ ข-15)



ภาพประกอบ ข-14 การคลิกปุ่ม Next เพื่อติดตั้งโปรแกรม



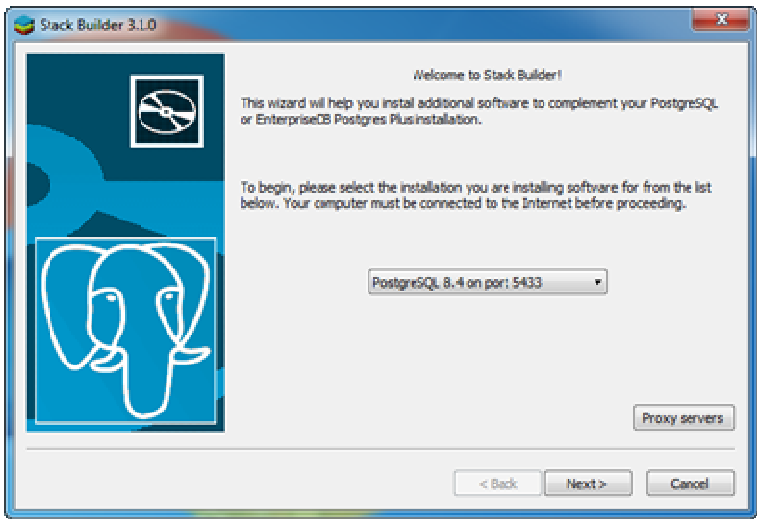
ภาพประกอบ ข-15 การดำเนินการติดตั้งโปรแกรม

9. เมื่อเสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม (ภาพประกอบ ข-16)

ภาพประกอบ ข-16 เสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม

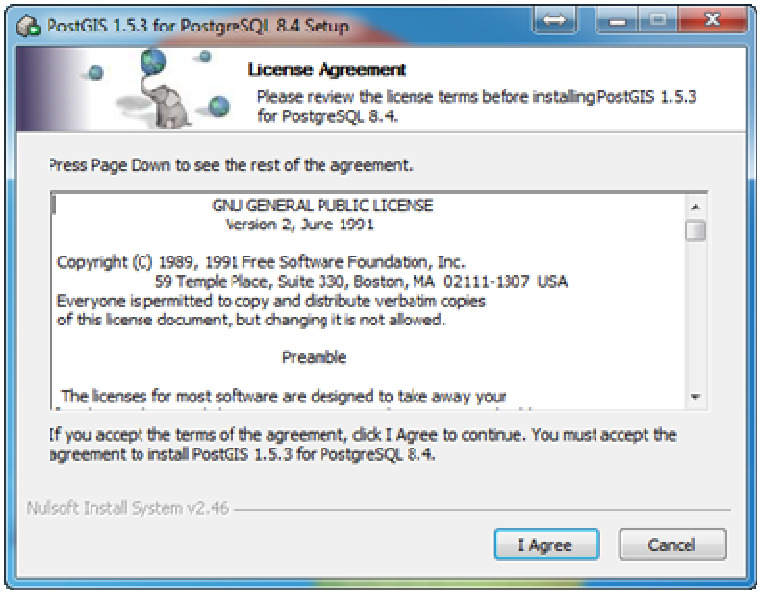
4. ขั้นตอนการติดตั้ง PostGIS

1. ดาวน์โหลด PostGIS จาก : http://www.postgis.org/download/windows/ หรือใช้โปรแกรม PostgreSQL Application → Stack Builder
2. ติดตั้ง PostGIS ตามคำอธิบายใน PostGIS manual ดาวน์โหลดจาก : http://postgis.org/documentation/
3. เริ่มติดตั้งโปรแกรมโดยคลิกปุ่ม Next (ภาพประกอบ ข-17)



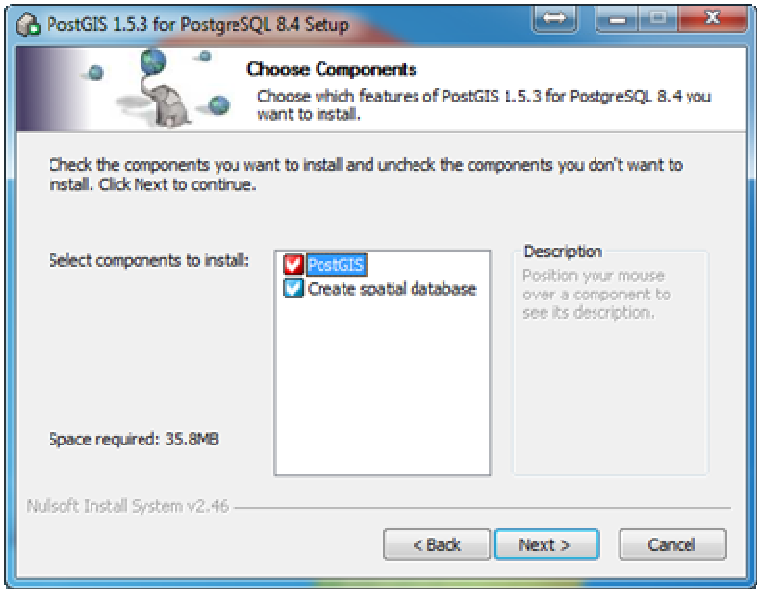
ภาพประกอบ ข-17 การเริ่มติดตั้งโปรแกรมโดยคลิกปุ่ม Next

2. คลิกปุ่ม I Agree เพื่อยอมรับเงื่อนไขในการติดตั้งโปรแกรม (ภาพประกอบ ข-18)



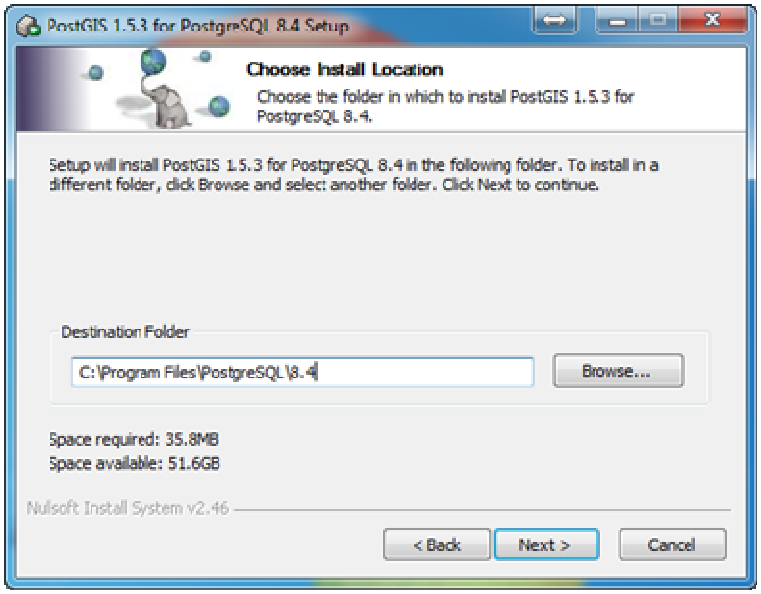
ภาพประกอบ ข-18 การคลิกปุ่ม I Agree เพื่อยอมรับเงื่อนไขในการติดตั้งโปรแกรม

3. เลือกส่วนประกอบของโปแกรม (Components) ที่ต้องการติดตั้งในโปรแกรม จากนั้นคลิกปุ่ม Next เพื่อติดตั้งโปรแกรม (ภาพประกอบ ข- 19)



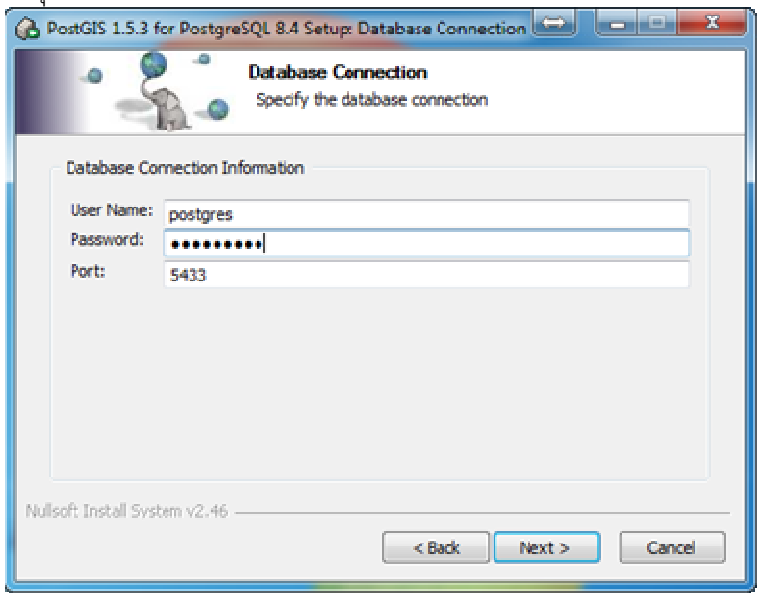
ภาพประกอบ ข-19 การเลือก Components ของโปรแกรม PostGIS

4. เลือกพื้นที่ในการเก็บข้อมูลของโปรแกรม จากนั้นจึงคลิกปุ่ม Install (ภาพประกอบ ข-20)



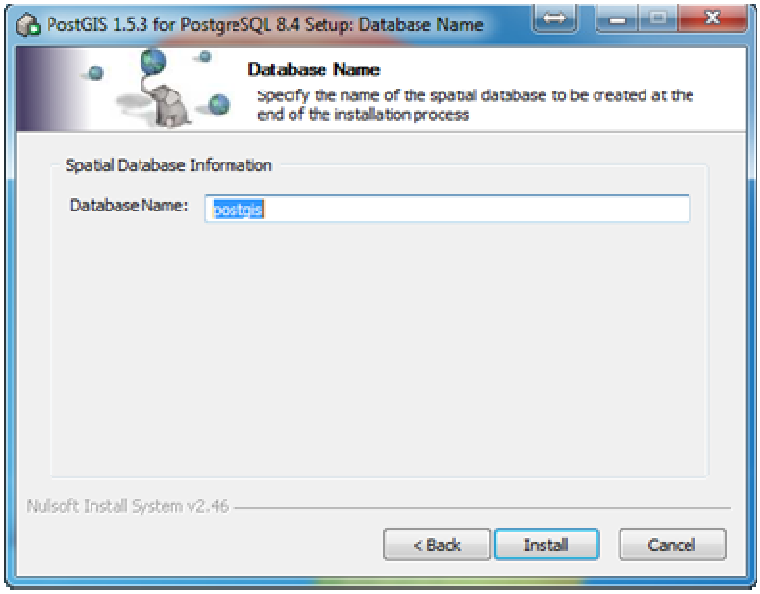
ภาพประกอบ ข-20 เลือกพื้นที่ในการเก็บโปรแกรม

5. การกำหนดข้อมูลในการติดต่อฐานข้อมูล ได้แก่ User Name, Password และ Port เป็นต้น จากนั้นจึงคลิกปุ่ม Next (ภาพประกอบ ข-21)

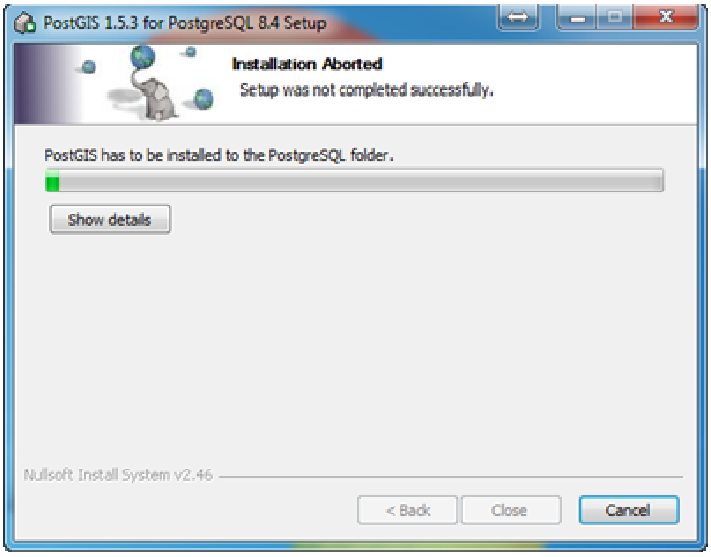


ภาพประกอบ ข-21 กำหนด User Name, Password และ Port

6. กำหนด Database Name (ภาพประกอบ ข-22) จากนั้นคลิกปุ่ม Install โปรแกรมจะแสดงการดำเนินการติดตั้งโปรแกรม (ภาพประกอบ ข-23)

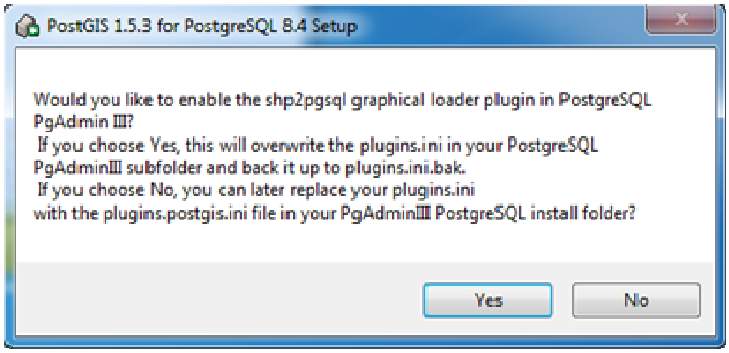


ภาพประกอบ ข-22 การกำหนด Database Name



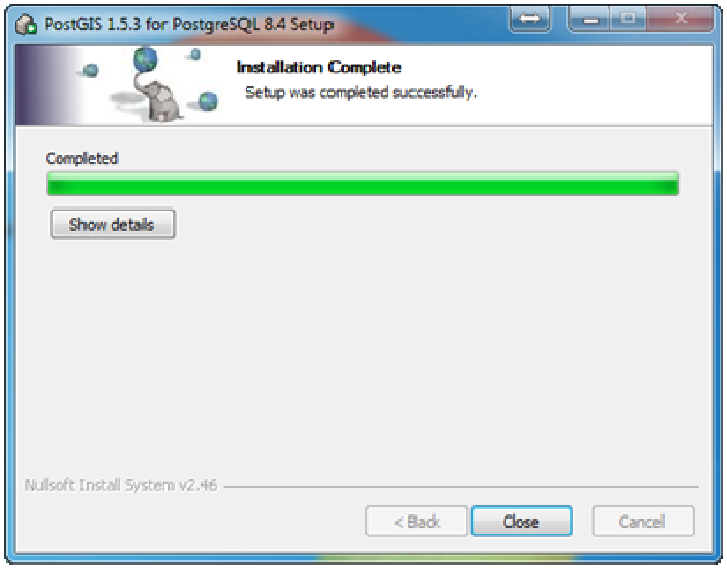
ภาพประกอบ ข-23 การดำเนินการติดตั้งโปรแกรม

7. คลิกปุ่ม Yes เพื่อให้โปรแกรม PostGIS และ PostgreSQL สามารถทำงานร่วมกันได้ (ภาพประกอบ ข-24)



ภาพประกอบ ข-24 การคลิกปุ่ม Yes เพื่อให้โปรแกรม PostGIS และ PostgreSQL สามารถทำงานร่วมกันได้

8. เมื่อเสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม (ภาพประกอบ ข-25)



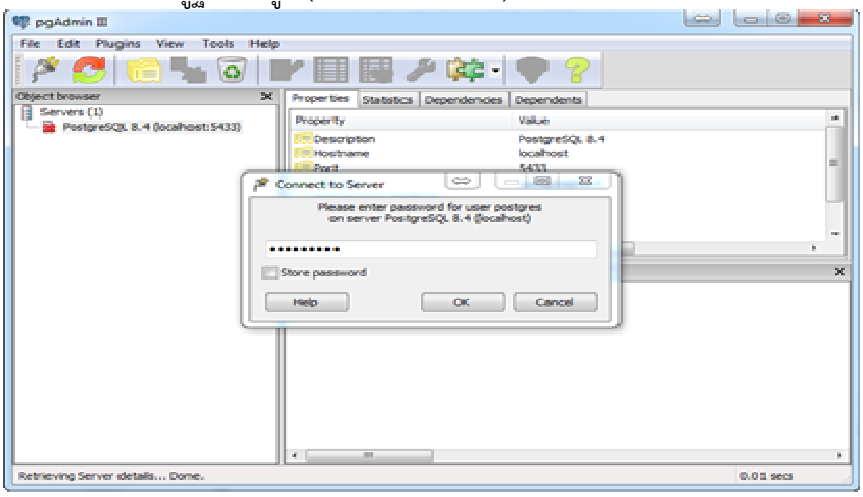
ภาพประกอบ ข-25 เสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม

ภาคผนวก ค

การใช้งานระบบ Sensor Web Enablement

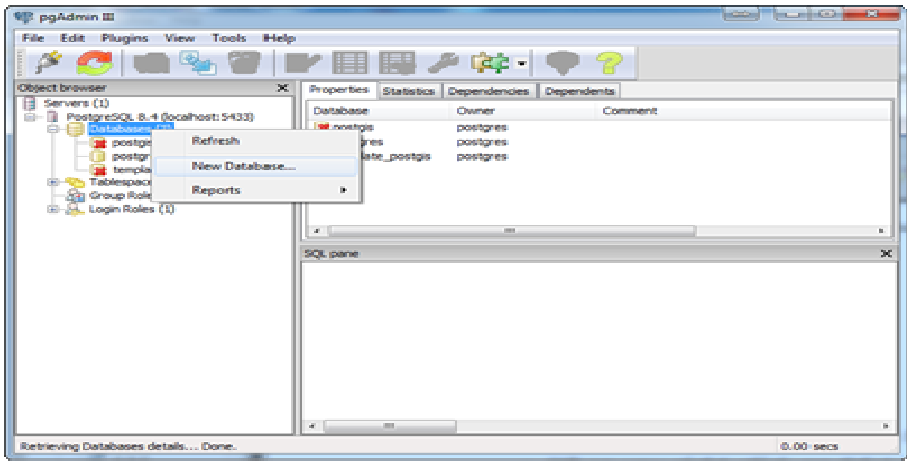
1. การสร้าง Database

1. สร้าง Database โดยใช้ pgAdmin III -Tool ในการเข้าถึงฐานข้อมูล pgAdmin เลือก Windows XP: Start > Programs>PostgreSQL 8.x > pgAdmin III จากนั้นกรอก Password ในการเข้าสู่ฐานข้อมูล (ภาพประกอบ ค-1)



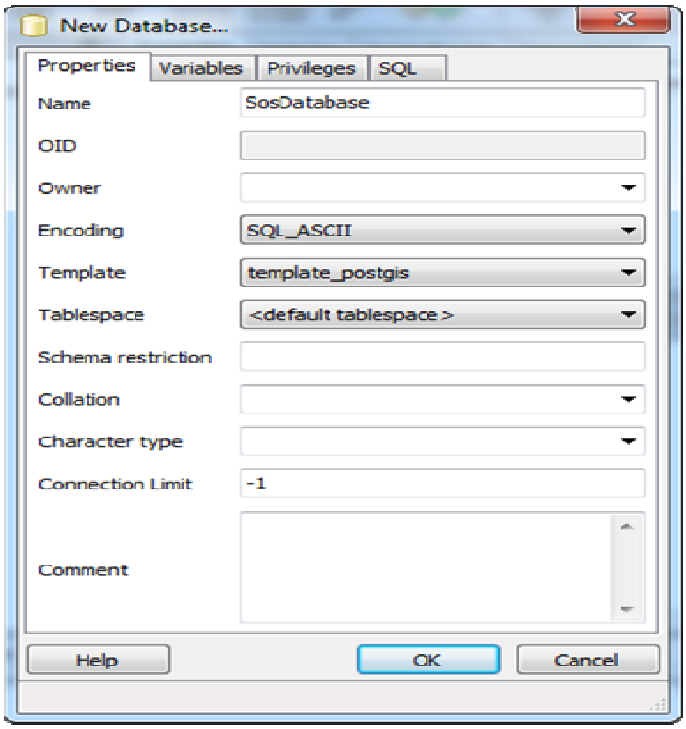
ภาพประกอบ ค-1 กรอก Password เพื่อเข้าสู่ฐานข้อมูล

2. สร้าง Database โดยคลิกขวาที่ Database จากนั้นเลือก New Database เพื่อสร้างฐานข้อมูลใหม่ (ภาพประกอบ ค-2)



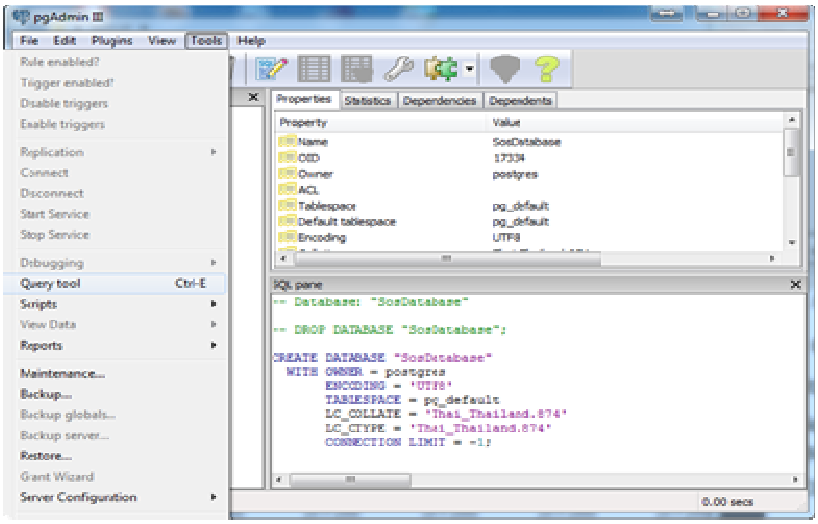
ภาพประกอบ ค-2 การสร้างฐานข้อมูลใหม่

3. กำหนดข้อมูลรายละเอียดของฐานข้อมูลใหม่ที่สร้างขึ้น ได้แก่ Name, Encoding, Template, Tablespace เป็นต้น (ภาพประกอบ ค-3)



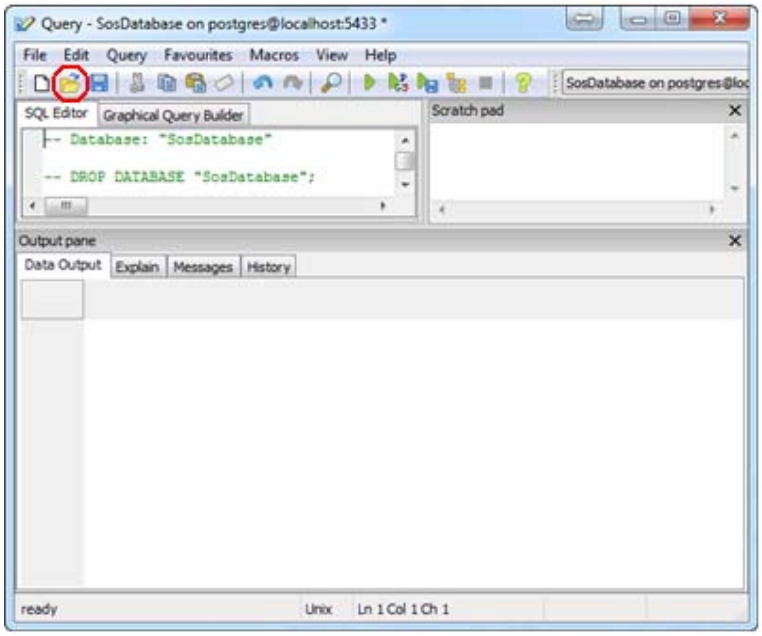
ภาพประกอบ ค-3 การกำหนดรายละเอียดข้อมูลให้กับฐานข้อมูล

4. นำฐานข้อมูลเข้าสู่ระบบ โดยการใช้คำสั่ง SQL (ภาพประกอบ ค-4)

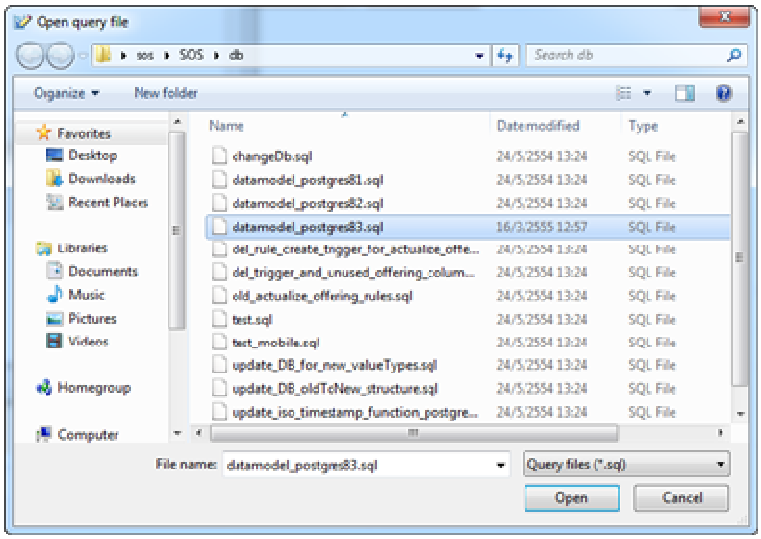


ภาพประกอบ ค-4 การนำเข้าข้อมูลโดยใช้คำสั่ง SQL

5. เลือก Tool > Query tool (ภาพประกอบ ค-5) คลิก Open เพื่อเลือกฐานข้อมูลตัวอย่างที่ดาวน์โหลดมาจาก 52ºNorth exploring horizons (ภาพประกอบ ค-6)

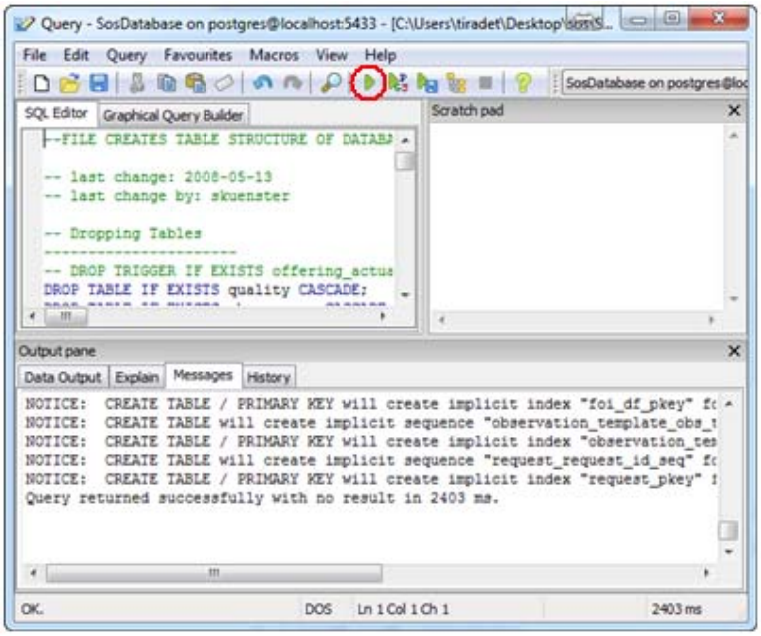


ภาพประกอบ ค-5 หน้าต่าง Query tool

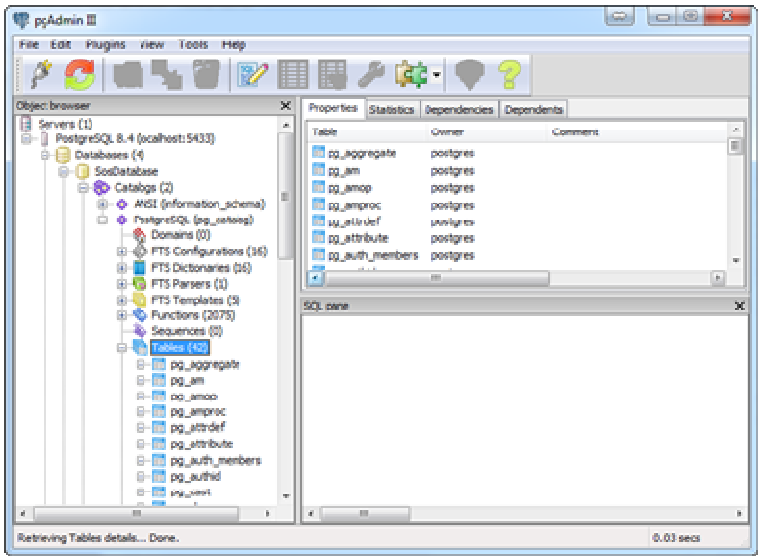


ภาพประกอบ ค-6 การเลือกฐานข้อมูลตัวอย่าง

6. คลิก Execute หรือ Icon ในวงกลม (ภาพประกอบ ค-7) เพื่อแสดงตารางภายในฐานข้อมูลตัวอย่างที่ดาวน์โหลดมาจาก 52°North exploring horizons (ภาพประกอบ ค-8)

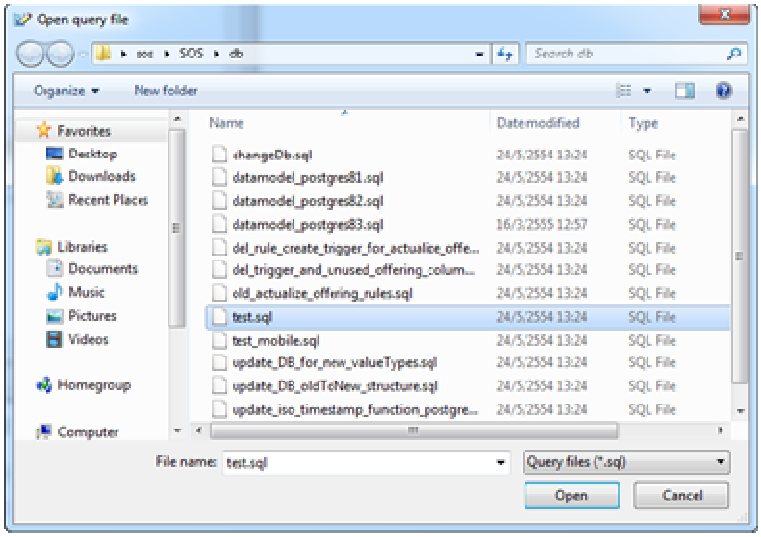


ภาพประกอบ ค-7 คลิก Execute หรือ Icon ในวงกลม

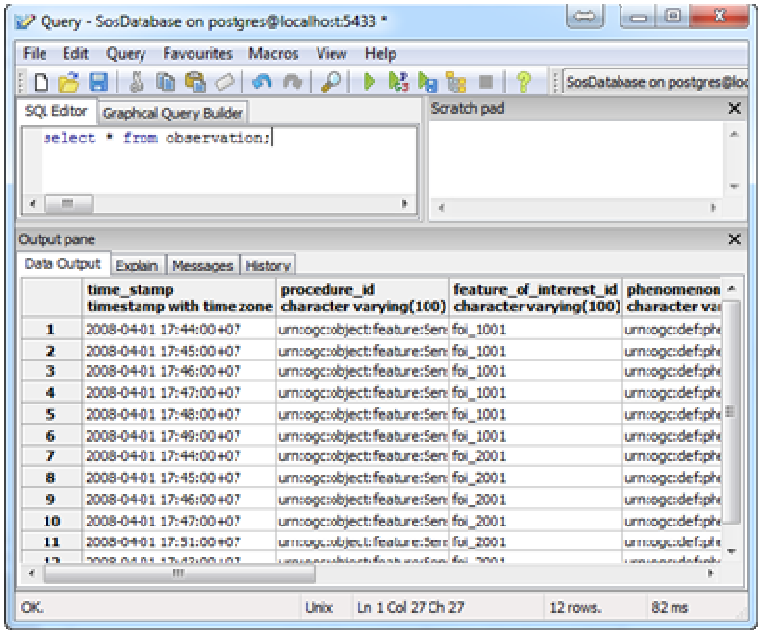


ภาพประกอบ ค-8 รายการตารางภายในฐานข้อมูลตัวอย่าง

7. เลือกฐานข้อมูลตัวอย่าง (ภาพประกอบ ค-9) เพื่อทดลอง Execute คำสั่ง SQL เพื่อดูข้อมูลในฐานข้อมูลตัวอย่าง (ภาพประกอบ ค-10)



ภาพประกอบ ค-9 เลือกฐานข้อมูลตัวอย่าง



ภาพประกอบ ค-10 ข้อมูลในฐานข้อมูลตัวอย่าง

ภาคผนวก ง

คำสั่ง SQL สำหรับแสดงรายละเอียดของ Sensor

การเพิ่ม/ลบ sensor ในระบบ SOS ที่พัฒนาโดย 52ºNorth สามารถเพิ่ม/ลบรายละเอียดข้อมูล sensor ลงในตารางชื่อ feature_of_interest โดยการเพิ่ม/ลบ ข้อมูลในไฟล์ฐานข้อมูลตัวอย่างชื่อ test.sql ที่แสดงไว้ในคำสั่ง SQL ด้านล่างนี้

INSERT INTO feature_of_interest (feature_of_interest_id, feature_of_interest_name, feature_of_interest_description, geom, feature_type, schema_link) VALUES (**'foi_1001', 'ALBER', 'Albersloh', GeometryFromText('POINT(7.52 52.90)', 4326**),'sa:SamplingPoint', 'http://xyz.org/reference-url2.html');

ในส่วนของคำสั่ง SQL ที่แสดงเป็นตัวหนานั้น คือ ส่วนของรายละเอียด Sensor ที่เราต้องการเพิ่มเข้าไปในระบบ เพื่ออ้างอิง Sensor เมื่อเราทำการเพิ่มข้อมูลของ Sensor ลงในฐานข้อมูล