ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ

WATER QUALITY MONITORING SYSTEM

H006327

โดย

เฉลิมพงศ์ สิมลา

CHALERMPONG SIMALA

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.โอพาร วงศ์วิรัตน์

เลขหมู่ 06327
เลขทะเบียน
วัน,เดือน,ปี 8 มิ.ย. 2554

b
i

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาการศึกษาอิสระ
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WATER QUALITY MONITORING SYSTEM

CHALERMPONG SIMALA

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE

REQUIREMENTS OF THE COURSE

INDEPENDENT STUDY

MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2/ 2009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2010

FACULTY OF THE INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองการศึกษาอิสระ (Independent Study)

เรื่อง

ระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ

WATER QUALITY MONITORING SYSTEM

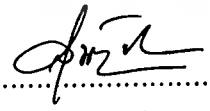
นายเฉลิมพงศ์ สิมลา

รหัสประจำตัว 51066544

ขอรับรองว่ารายงานฉบับนี้ ข้าพเจ้าไม่ได้คัดลอกมาจากที่ใด
รายงานฉบับนี้ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาวิชาการศึกษาอิสระ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ)
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.โอพาร วงศ์วิรัตน์)

.....กรรมการสอบ
(รศ.ดร.นพพร โชติกกำธร)



.....กรรมการสอบ
(ดร.สุขสันต์ พาณิชพาพิบูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	ระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ
นักศึกษา	นายเฉลิมพงศ์ สิมลา
รหัสนักศึกษา	51066544
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	วิทยาการสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2552
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.โอพาร วงศ์วิรัตน์

บทคัดย่อ

ปัญหาคุณภาพของแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่มีความเสื่อมโทรมลงอย่างต่อเนื่อง อันเหตุเกิดจากการระบายของเสียจากแหล่งกำเนิดต่างๆลงสู่แหล่งน้ำ ดังที่เกิดเหตุการณ์ปัญหาคุณภาพน้ำขึ้นหลายๆครั้งในแหล่งน้ำสายหลักและส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ สุขภาพอนามัยของประชาชน รวมไปถึงกระบวนการผลิตน้ำประปา การติดตามและเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตลอดเวลาจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อลดระดับความรุนแรงของผลกระทบ อีกทั้งสามารถเตรียมการแก้ไขปัญหาได้อย่างทันถ่วงที

ระบบเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ เป็นการพัฒนาระบบเพื่อการติดตามเฝ้าระวังคุณภาพน้ำที่สามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง สามารถแบ่งองค์ประกอบของระบบออกเป็นสองส่วนหลัก คือ ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ เป็นการพัฒนาระบบฝังตัวทำหน้าที่ควบคุมการอ่านและส่งข้อมูลจากเครื่องวัดค่าดัชนีคุณภาพน้ำผ่านระบบสื่อสารไร้สาย และส่วนระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง เป็นการพัฒนาโปรแกรมทำหน้าที่รับและบันทึกข้อมูลคุณภาพน้ำสู่ระบบฐานข้อมูล พร้อมทั้งพัฒนาระบบแสดงผลข้อมูลคุณภาพน้ำผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อนำเสนอแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องหรือประชาชนทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Water Quality Monitoring System
Student	Mr. Chalermpong Simala
Student ID.	51066544
Degree	Master of Science
Program	Information Technology
Major	Information Science
Academic Year	2009
Advisor	Asst. Prof. Dr. Olarn Wongwirat

ABSTRACT

Water quality problems of natural resource become degrading continuously. It is a result from waste draining of the source into the water resource. This can be seen in many water quality problems in the main water sources that affects living things in water, health of people, including the production process of water supply. Tracking and monitoring of water quality over time is essential to reduce the serious of impact, and to prepare for immediate response to the problem.

Water quality monitoring system is developed to monitor the water quality for 24 hours. The system can be divided into two subsystems, i.e., the water quality measuring subsystem at the stations and the water quality monitoring subsystem at the center. The measuring subsystem is the application of embedded system to control reading and transmitting the water quality data through a wireless network. The monitoring system is a central server service that is responsible for the program to record water quality data into database. It includes the water quality display that can be observed over the internet or supporting the users and public.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานในวิชาการศึกษาอิสระฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจาก ผศ.ดร.โอพาร วงศ์วิรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมโครงงาน และคณาจารย์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้าเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาระบบฝังตัว คณะเทคโนโลยีสารสนเทศสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ได้สนับสนุนเครื่องมือ ตลอดจนข้อมูล และหนังสือต่างๆ ที่ใช้ในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำโครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากโครงงานฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เฉลิมพงศ์ สิมลา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.4 ขั้นตอนของการศึกษา 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 เทคโนโลยีและเครื่องมือที่ใช้

2.1 แหล่งก่อให้เกิดน้ำเสีย 4

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ 4

2.3 มาตรฐานการตรวจวัดคุณภาพน้ำ 5

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR STAMP ATMEGA 128 7

2.5 อุปกรณ์แปลงสัญญาณระหว่าง RF 2.4 GHz และ RS232 11

2.6 การใช้เครื่องมือวัดปริมาณออกซิเจน (DO meter) 18

2.7 การพัฒนาโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ 20

บทที่ 3 การศึกษาและวิเคราะห์ระบบงานปัจจุบัน .....

3.1 การเฝ้าระวังโดยใช้เจ้าหน้าในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ 27

3.2 การเฝ้าระวังโดยใช้สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ กรณีศึกษาที่ 1
ระบบงานต้นแบบตรวจสอบสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำ กระทรวงอุตสาหกรรม 29

3.3 การเฝ้าระวังโดยใช้สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ กรณีศึกษาที่ 2
ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 ปัญหาและข้อจำกัดของระบบงานปัจจุบัน....38

บทที่ 4 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ....

4.1 การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้....39

4.2 แผนภาพกิจกรรม (Activity diagram)....59

4.3 คลาสไดอะแกรม....69

4.4 ซีเควนซ์ไดอะแกรม (Sequence diagram)....70

4.5 สถาปัตยกรรมระบบ....86

บทที่ 5 การออกแบบฐานข้อมูล....90

5.1 แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี....90

บทที่ 6 การพัฒนาระบบ....

6.1 สภาพแวดล้อมของระบบ....97

6.2 รายละเอียดการทำงานของระบบ....98

บทที่ 7 บทสรุป....108

บรรณานุกรม....110

ประวัติผู้เขียน....111

ภาคผนวก ก ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega128A

ภาคผนวก ข HACH SC100 Controller

ภาคผนวก ค HACH LDO Dissolved Oxygen Probe

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 มาตรฐานประเภทแหล่งน้ำผิวดิน 6
2.2 ค่ามาตรฐานสำหรับประเภทแหล่งน้ำผิวดิน 6
4.1 ตารางเหตุการณ์ระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ 40
4.2 คำอธิบายยูสเคส ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ 44
4.3 คำอธิบายยูสเคส ระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง 45
4.4 คำอธิบายยูสเคส Get current water quality 47
4.5 คำอธิบายยูสเคส Get retrospective water quality 48
4.6 คำอธิบายยูสเคส Request station parameter 49
4.7 คำอธิบายยูสเคส Edit station parameter 50
4.8 คำอธิบายยูสเคส Server send data 51
4.9 คำอธิบายยูสเคส Server receive data 52
4.10 คำอธิบายยูสเคส Login 53
4.11 คำอธิบายยูสเคส Station receive data 54
4.12 คำอธิบายยูสเคส Station send data 55
4.13 คำอธิบายยูสเคส Get station parameter 56
4.14 คำอธิบายยูสเคส Save data to buffer 57
4.15 คำอธิบายยูสเคส Read water quality 58
4.16 คำอธิบายโปรโตคอลของระบบ 88
4.17 คำอธิบายรายการข้อมูลภายในเมสเซส 89
5.1 LOG_DATA เก็บข้อมูลบันทึกข้อมูล LOG 92
5.2 LOG_TYPE เก็บข้อมูลประเภทการบันทึก LOG 92
5.3 MEASURE_DATA เก็บข้อมูลค่าคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดได้ 93
5.4 PROVINCE เก็บข้อมูลจังหวัด 93
5.5 WATER_SOURCE เก็บข้อมูลแหล่งน้ำ 93
5.6 SENSOR_STATION เก็บข้อมูลหัววัดค่าดัชนีที่ถูกติดตั้งในสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ 94
5.7 SENSOR_TYPE เก็บข้อมูลประเภทของเซ็นเซอร์ 94
5.8 STATION เก็บข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ 95
5.9 UMS_USER เก็บข้อมูลผู้ใช้งานระบบ 96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ขาสัญญาณของ AVR A Tmega128 9
2.2 สถาปัตยกรรมของ AVR A Tmaega128 11
2.3 การต่อสายสัญญาณ RS232 มาตรฐานเข้าสู่อุปกรณ์แปลงสัญญาณ 12
2.4 การต่อสายสัญญาณ RS232 เพื่อใช้ในการทำงานแบบรับหรือส่งข้อมูลสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ เท่านั้น 13
2.5 โปรแกรมกำหนดค่า Configuration ของอุปกรณ์แปลงสัญญาณ 15
2.6 การต่อสายสัญญาณ RS232 ของอุปกรณ์ในการทำงานแบบตรวจสอบสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ อัตโนมัติ 17
2.7 หัววัดแบบ Galvanic 20
2.8 กระบวนการในการพัฒนาโปรแกรม 21
2.9 การเรียกใช้คำสั่ง Project Wizard 22
2.10 การเรียกใช้คำสั่ง Project Wizard (ต่อ) 22
2.11 การเลือก Debug Platform และ Device 23
2.12 หน้าจอสำหรับการเขียนโปรแกรม 24
3.1 ชุดเครื่องมือทดสอบภาคสนามออกซิเจนละลายในน้ำ (คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล) 28
3.2 เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบพกพา 29
3.3 หน้าจอแสดงจุดที่ตั้งของสถานีตรวจวัดจุดต่าง ๆ ของแม่น้ำท่าจีน 30
3.4 หน้าจอแสดงรายละเอียดข้อมูลคุณภาพน้ำเป็นรายสถานี 31
3.5 หน้าจอแสดงข้อมูลล่าสุดของทุกสถานี 31
3.6 หน้าจอการค้นหาข้อมูลคุณภาพน้ำตามช่วงเวลาในแต่ละสถานี 32
3.7 หน้าจอแสดงผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในรูปแบบตารางข้อมูล 33
3.8 หน้าจอการค้นหาข้อมูลคุณภาพน้ำตามช่วงเวลาในแต่ละสถานี 34
3.9 หน้าจอแสดงผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในรูปแบบกราฟ 34
3.10 หน้าจอระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ 35
3.11 หน้าจอแสดงผลข้อมูลดัชนีคุณภาพน้ำล่าสุด 36
3.12 หน้าจอระบุเงื่อนไขในการสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.13 หน้าจอผลการสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำในรูปแบบตารางข้อมูล 37
4.1 ยูสเคสของระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในระดับมุมมองของผู้ใช้ 43
4.2 ยูสเคสของระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในระดับมุมมองของผู้พัฒนาระบบ 45
4.3 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Get Current water quality 60
4.4 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Get Retrospective water quality 60
4.5 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Request station parameter 61
4.6 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Edit station parameter 62
4.7 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Server send data 63
4.8 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Server receive data 64
4.9 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Login 65
4.10 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Station receive data 65
4.11แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Station send data 67
4.12 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Get station parameter 67
4.13 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Save data to buffer 68
4.14 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Read water quality 68
4.15 คลาสไดอะแกรมของระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ 69
4.16 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Get current water quality 71
4.17 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Get Retrospective water quality 72
4.18 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Request station parameter 73
4.19 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Edit station parameter 74
4.20 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Send update station parameter 75
4.21 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Send request station parameter 76
4.22 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Send request current water quality 77
4.23 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Receive water quality 78
4.24 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Receive station parameter 79
4.25 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Login 80
4.26 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Receive request station parameter 81
4.27 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Receive request current water quality 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.28 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Send water quality....83
4.29 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Send station parameter....84
4.30 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Get station parameter....84
4.31 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Save Data to Buffer....85
4.32 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Read water quality....85
4.33 ภาพรวมสถาปัตยกรรมระบบ....87
4.34 สถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ระบบ ในรูปแบบ MVC....87
5.1 อีอาร์ไดอะแกรมของระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ....91
6.1 สถาปัตยกรรมระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ....98
6.2 หน้าจอหลักสำหรับผู้ใช้งาน....99
6.3 หน้าจอหลักสำหรับสมัครสมาชิก....99
6.4 หน้าจอหลักสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลัง....100
6.5 หน้าจอแสดงกราฟคุณภาพน้ำ....101
6.6 หน้าจอมาตรฐานคุณภาพน้ำ....102
6.7 หน้าหลักสำหรับผู้ดูแลระบบ....103
6.8 หน้าจอเรียกดูข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ....104
6.9 หน้าจอแก้ไขข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ....105
6.10 หน้าจอบำรุงรักษาข้อมูลประเภทเซ็นเซอร์....105
6.11 หน้าจอบำรุงรักษาประเภทข้อมูล LOG....106
6.12 หน้าจอบำรุงรักษาข้อมูลแหล่งน้ำ....106
6.13 หน้าจอบำรุงรักษาข้อมูลจังหวัด....107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากเหตุการณ์ปัญหามลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นหลายๆครั้งในแม่น้ำสายหลักและแหล่งน้ำต่างๆ ส่งผลกระทบต่อนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้แก่ การผลิตน้ำประปา การปลูกพืช การทำประมง สุขภาพอนามัยของประชาชน รวมไปถึงเร่งให้เกิดปัญหาวิกฤตขาดแคลนน้ำสะอาด เป็นต้น เพื่อเป็นการปกป้องรักษาแหล่งน้ำคุณภาพน้ำ ลดความรุนแรงของผลกระทบและสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างทันถ่วงที ดังนั้น การติดตามและเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

ระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ เป็นการพัฒนาระบบต้นแบบโดยการประยุกต์ใช้ระบบฝังตัวร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อการติดตามเฝ้าระวังคุณภาพน้ำที่สามารถทำงานได้ตลอด 7 วัน 24 ชั่วโมง และสามารถส่งข้อมูลผลการตรวจวัดจากภาคสนามมายังส่วนกลางเพื่อนำเสนอให้ผู้ที่เกี่ยวข้องหรือประชาชนทั่วไปผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตต่อไป ส่งผลให้ทุกภาคส่วนสามารถติดตามเฝ้าระวังคุณภาพน้ำได้ มีความตระหนักถึงสถานการณ์คุณภาพน้ำ และร่วมกันฟื้นฟูรักษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเพื่อสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืนต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

โครงการศึกษาและพัฒนาระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ มีความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการพัฒนาระบบดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงานภายใต้ระบบปัจจุบัน และสรุปความต้องการที่มีต่อระบบใหม่
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำระบบฝังตัว และเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้แก้ไขปัญหาในการทำงานภายใต้ระบบปัจจุบัน และรูปแบบของการประยุกต์ใช้ที่เหมาะสม
3. เพื่อทำการวิเคราะห์ และออกแบบระบบ พร้อมทั้งทำการพัฒนาต้นแบบ รวมทั้งส่วนแสดงผลที่สำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การพัฒนาระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ มีเทคโนโลยีและเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง คือ การประยุกต์ใช้ระบบฝังตัว การสื่อสารไร้สาย และการพัฒนาระบบสารสนเทศในลักษณะเว็บแอบพลิเคชั่น โดยมีขอบเขตการพัฒนาระบบ ดังต่อไปนี้

1. พัฒนาระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ โดยเป็นระบบควบคุมการทำงานและเชื่อมต่อกับเครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO Meter) เพื่ออ่านค่าดัชนีคุณภาพน้ำ และส่งข้อมูลจากภาคสนามไปยังระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลางผ่านเครือข่ายไร้สาย
2. พัฒนาระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง เพื่อรับและจัดเก็บข้อมูลคุณภาพจากระบบสถานีตรวจสอบคุณภาพน้ำ พร้อมทั้งสามารถแสดงผลการตรวจวัดผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
3. สามารถตรวจสอบสถานะการทำงานและบริหารจัดการข้อมูลของระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้จากระยะไกล

1.4 ขั้นตอนของการศึกษา

การวิเคราะห์และออกแบบระบบเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ มีขั้นตอนการศึกษา ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาและวิเคราะห์การดำเนินงานของระบบงานปัจจุบันโดยศึกษาจากวิธีการปฏิบัติงาน การสังเกตการณ์ การสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง และเอกสารรายงานต่างๆ
2. ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหา รวมถึงข้อจำกัดของระบบงานที่มีอยู่ในปัจจุบัน
3. ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบ และวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งาน
4. วิเคราะห์และออกแบบระบบงานใหม่ ใช้แนวคิดเชิงวัตถุ และนำเสนอแผนภาพหรือการทำงานของระบบด้วยยูเอ็มแอล (UML :Unified Modeling Language) มาเป็นเครื่องมือในการสื่อสารและอธิบายแนวคิดในการออกแบบระบบ
5. ออกแบบระบบฐานข้อมูลโดยใช้แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี และจัดทำพจนานุกรมข้อมูล
6. ออกแบบส่วนหน้าจอติดต่อผู้ใช้งาน และรายงานต่างๆ
7. พัฒนาระบบตามที่ได้วิเคราะห์และออกแบบไว้ข้างต้น
8. ทดสอบการทำงานของระบบ และแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น
9. สรุปผลการวิเคราะห์และออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถติดตามและเฝ้าระวังคุณภาพน้ำได้อย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งสามารถสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลังผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
2. สามารถลดผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจและสังคม อันมีเหตุมาจากปัญหาคุณภาพน้ำได้
3. ต้นแบบระบบเฝ้าระวังคุณภาพน้ำจะเป็นแนวทางในการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในลุ่มแม่น้ำสายต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. สามารถลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการดำเนินงานของเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง
5. สามารถเผยแพร่ข้อมูลคุณภาพน้ำให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง นักวิชาการ นักศึกษา ประชาชนทั่วไปได้อย่างครอบคลุมและรวดเร็ว
6. เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เพื่อเฝ้าระวังในด้านอื่นๆ ได้อย่างกว้างขวางต่อไป

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เทคโนโลยีและเครื่องมือที่ใช้

2.1 แหล่งก่อให้เกิดน้ำเสีย

น้ำเสียที่มาจากแหล่งต่าง ๆ สามารถแบ่งประเภทตามแหล่งกำเนิดได้ 3 ประเภท ได้แก่ แหล่งกำเนิดที่ 1 คือ แหล่งกำเนิดที่มีจุดแน่นอน (Point source) เช่น ฟาร์มหมู การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ชุมชนเมือง โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น แหล่งกำเนิดที่ 2 คือ แหล่งกำเนิดที่ไม่มีจุดแน่นอน (Non-Point source) เช่น นาข้าว ชุมชนชนบท พืชผัก ผลไม้ เป็นต้น แหล่งกำเนิดที่ 3 คือ แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ (Natural source) เช่น ป่าชายเลน ป่าไม้ ทุ่งหญ้า เป็นต้น แหล่งกำเนิดต่างๆ จะมีชนิดของสารที่ปนเปื้อนเหมือนกัน คือ พวกสารอินทรีย์จากซากพืช ซากสัตว์ ส่วนสารปนเปื้อนที่แตกต่างกัน คือ สารโลหะต่าง ๆ ที่ใช้ในกิจกรรมที่ต่างกัน เช่น จากโรงงานอุตสาหกรรมและเหมืองแร่จะมีสารปรอท ตะกั่ว แคดเมียม ฯลฯ เจือปน ส่วนจากการเกษตรจะมีสารเคมีจากปุ๋ย และยาปราบศัตรูพืช เป็นต้น

น้ำเสียที่มาจากทุกแหล่งก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เพราะมีสิ่งที่เป็นมลสารปนเปื้อนในน้ำทั้งสิ้น แต่น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะก่อให้เกิดอันตรายมากที่สุด เนื่องจากมีสารเคมีประเภทต่างๆ ที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น โรงงานผลิตแบตเตอรี่ สีทาบ้าน ยาฆ่าแมลง ฟอกย้อม เป็นต้น จะมีการปนเปื้อนของสารเคมีประเภทโลหะหนัก เช่น ปรอท ตะกั่ว และแคดเมียม เป็นต้น ซึ่งถ้าหากได้รับสารเหล่านี้เข้าไปทั้งทางตรงและทางอ้อมและมีการสะสมสารพิษในร่างกายอาจทำให้เกิดอันตรายถึงแก่ชีวิตได้

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญสามารถบ่งชี้ถึงระดับคุณภาพของน้ำที่จะนำไปใช้ประโยชน์ เพราะออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ และจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ อีกทั้งทำให้ทราบถึงคุณภาพของน้ำ ว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ หรือต้องทำการบำบัดน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำเพื่อไม่ให้เกิดเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม [6]

2.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของออกซิเจน

1. ความดันอากาศ ถ้าความดันอากาศสูง ออกซิเจนจะละลายน้ำได้มากขึ้น
2. อุณหภูมิของน้ำ ถ้าอุณหภูมิของน้ำสูง ออกซิเจนจะละลายได้น้อยลง
3. ความเข้มข้นของเกลือในน้ำ ถ้าความเข้มข้นของเกลือสูง ออกซิเจนจะละลายได้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นอิ่มตัวของออกซิเจนในน้ำ อาจประมาณได้จากสูตรที่ (2.1)

$$Cs = \frac{472 - 2.65 * S}{(33.5+T)} \quad (2.1)$$

เมื่อ Cs = ความเข้มข้นอิ่มตัว (มิลลิกรัม/ลิตร)

S = ความเข้มข้นของเกลือ (salinity) (กรัม/ลิตร)

T = อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)

2.2.2 การวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

เนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำสามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่าย การวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนจึงต้องทำโดยทันทีที่เก็บตัวอย่าง การหาปริมาณออกซิเจนในน้ำสามารถทำได้ 2 วิธี คือ วิธีทางเคมี และการใช้เครื่องมือวัด (DO meter)

1. วิธีทางเคมี

การวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนด้วยวิธีทางเคมี ต้องใช้ขวดเก็บตัวอย่างชนิดพิเศษ มีลักษณะเป็นขวดแก้วความจุประมาณ 300 มิลลิลิตร และมีจุกปิดสนิทกันการเข้าออกของอากาศ ส่วนวิธีวิเคราะห์ที่ใช้กันโดยทั่วไปคือ Winkler method

2. การใช้เครื่องมือวัดโดยตรง (DO meter)

การวัดปริมาณออกซิเจนด้วยเครื่องมือวัดนั้น เป็นวิธีที่สะดวกที่สุดในการปฏิบัติงานภาคสนาม เช่น การวัดออกซิเจนในแหล่งน้ำธรรมชาติ คุณสมบัติที่สำคัญของ DO meter คือ มีช่วงการวัดกว้าง และมีความแม่นยำสูง นอกจากนี้ยังมีการออกแบบเครื่องมาให้สามารถพกพาได้ ทำให้ง่ายต่อการใช้งานมากขึ้น

2.3 มาตรฐานการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

การตรวจวัดคุณภาพน้ำมีดัชนีชี้วัดที่สำคัญทั้งสิ้น 8 ตัวชี้วัด ได้แก่ ความเป็นกรดและด่าง (pH) ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen : DO) ความสกปรกในรูปบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (fecal coliform bacteria) ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO3-N) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ความขุ่น (turbidity) และของแข็งทั้งหมด (total solids) [1]

การตรวจวัดคุณภาพน้ำตามค่าการประเมินคุณภาพน้ำที่สำคัญๆ ได้แก่ ค่า BOD ค่า DO และค่าแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำเป็นมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินจำแนกประเภท [1] ดังตารางที่ 2.1 มีวัตถุประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เพื่อควบคุมและรักษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์และมีความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน
2. เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากร และสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทแหล่งน้ำ	การใช้ประโยชน์
1	● เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน ● เพื่อการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน ● เพื่อการอนุรักษ์ระบบนิเวศของแหล่งน้ำ
2	● เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน ● เพื่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำ และกีฬาทางน้ำ
3	● เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน ● เพื่อการเกษตร
4	● เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน ● เพื่อการอุตสาหกรรม
5	● เพื่อการคมนาคม

ตารางที่ 2.2 ค่ามาตรฐานสำหรับประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทแหล่งน้ำ	ค่ามาตรฐาน			
	DO	BOD	TCB	FCB
	(mg/l)	(mg/l)	(M.P.N./ 100 ml)	(M.P.N./ 100 ml)
1	-	-	-	-
2	<6.0	<1.5	<5,000	<1,000
3	<4.0	<2.0	<20,000	<4,000
4	<2.0	<4.0	-	-
5	-	-	-	-

หมายเหตุ :

กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า [1]

ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำค่าดัชนีชี้วัดที่สำคัญตามรายละเอียดดังตารางที่ 2.2 สามารถทำการตรวจวัดได้สองวิธี คือ วิธีการทางเคมี และการใช้เครื่องมือวัด ในการใช้เครื่องมือวัดนั้นเป็นวิธีที่มีความสะดวกที่สุดในการปฏิบัติงานในภาคสนาม เช่น การวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำภายในแหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นต้น โดยเครื่องมือวัดในปัจจุบันสามารถทำการวัดค่าดัชนีชี้วัด

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แก่ ค่า pH ค่า DO ค่า BOD ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ค่าความเค็ม (Salinity) ทำให้สามารถประมวลค่าดัชนีคุณภาพน้ำอย่างง่าย (Water Quality Index: WQI) ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATMEGA128

ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เป็นไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัท Atmel มีสถาปัตยกรรมภายในเป็นแบบ RISC (reduced instruction set computer) โดยใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ลูกในการปฏิบัติงานใน 1 คำสั่ง โดยจะประกอบด้วยหน่วยความจำโปรแกรมภายในที่เป็นแบบแฟลช (Flash) โปรแกรมข้อมูลได้แบบในระบบหรือภายในตัว (In-System programmable) และในบางรุ่นยังสามารถกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำที่สร้างเป็นบูตโหลดเดอร์ (Boot loader) เขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับ PC หรือ IC ตัวอื่นๆ และยังสามารถโปรแกรมให้กับตัวเองได้ มีขนาดของหน่วยความจำตามเบอร์ของ IC แต่ละตัว ตัวอย่างคุณสมบัติเบื้องต้นของไอซี Atmega128A มีดังนี้ [4]

2.4.1 คุณสมบัติ

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ประสทธิภาพสูงแต่ใช้พลังงานต่ำ ในตระกูล AVR
- สถาปัตยกรรมแบบ RISC

มีชุดคำสั่ง 135 คำสั่ง และส่วนใหญ่คำสั่งเหล่านี้จะใช้เพียง 1 สัญญาณนาฬิกาในการประมวลผลคำสั่ง

มีเรจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไปขนาด 8 บิต จำนวน 32 ตัว

ทำงานได้สูงสุดที่ 16 ล้านคำสั่งต่อวินาที (MIPS) เมื่อใช้สัญญาณนาฬิกา 16 เมกะเฮรซ (MHz)

- หน่วยความจำ

หน่วยความจำแฟลชสำหรับโปรแกรมขนาด 128 กิโลไบต์ เขียน/ลบได้ 10,000 ครั้ง

หน่วยความจำแบบ EEPROM ขนาด 4 กิโลไบต์ เขียน/ลบได้ 100,000 ครั้ง

หน่วยความจำแรมชนิดเอสแรม (SRAM) ขนาด 8 กิโลไบต์

เก็บข้อมูลได้กว่า 20 ปีที่อุณหภูมิ 85°C และกว่า 100 ปีที่อุณหภูมิ 25°C

- มีระบบโปรแกรมตัวเองอยู่ในตัวชิพ (Chip)
- สามารถทำการอ่านขณะเขียนได้จริง โดยสามารถล็อกการทำงานได้เพื่อความปลอดภัยของซอฟตแวร์
- มีส่วนการเชื่อมประสานกับ JTAG (IEEE std. 1149.1 compliant)
- คุณสมบัติการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีตัวตั้งเวลาและตัวนับขนาด 8 บิต จำนวน 2 ตัว ที่สามารถแยกโหมดการทำงานจากกันได้ 2 โหมด คือ Prescalar และ Compare

มีตัวตั้งเวลาและตัวนบขนาด 16 บิต จานวน 4 ตัว ที่แยกโหมดการทำงานได้ 3 โหมด คือ Prescaler Compare และ Capture

มีตัวนับแบบเวลาจริง (Real Time Counter) ที่แยกวงจรกำหนดความถี่ได้

มี PWM จำนวน 12 ช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดความละเอียดได้ 16 บิต

มีตัวปรับผลการเปรียบเทียบของเอาต์พุต

มีตัวแปลงสัญญาณแอนาลอกให้เป็นดิจิทัลขนาด 10 บิต จำนวน 16 ช่องสัญญาณ

มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมที่สามารถกำหนดอัตราการรับ/ส่งได้จำนวน 4 พอร์ต

เชื่อมประสานอนุกรมแบบ SPI (Serial Parallel Interface) ได้ ทั้งการเป็นมาสเตอรและสเลฟ (Master/Slave)

มีการเชื่อมประสานแบบอนุกรมด้วยสายสัญญาณ 2 เส้นแบบ ส่งข้อมูลแบบเรียงไบต์ (Byte Oriented)

มีตัวตั้งเวลาแบบวอตช์ด็อก (Watch dog) ที่สามารถกำหนดการทำงานได้โดยสามารถแยกสัญญาณนาฬิกาได้จากตัวชิพ

มีตัวเปรียบเทียบสัญญาณแบบแอนาล็อก (Analog) อยู่ในตัว

มีการรองรับการขัดจังหวะ (Interrupt) และการเวก-อพ (Wake-up) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับขาของชิพ

- คุณสมบัติพิเศษ

มีระบบเริ่มระบบเมื่อมีการรีเซ็ต (Reset) และมีระบบตรวจจับการเกิดบราวน์เอาท์ (Brown-out) ที่สามารถกำหนดการทำงานได้

มีตัวตรวจหาความเที่ยงตรงของออสซิเลเตอร์อยู่ในตัว (Internal Calibrated Oscillator)

มีแหล่งการขัดจังหวะทั้งภายในและภายนอก (External and Internal Interrupt Sources)

มีโหมดการทำงานสลีป (Sleep) 6 แบบ คือ : Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby และ Extended Standby

- อินพุท/เอ๊าพุท (I/O) และตัวถัง

มีขาของ I/O ที่สามารถกำหนดการทำงานได้ 86 ขา

ตัวถังแบบ TQFP (Thin Quad Flat Pack) ชนิด 100 ขา

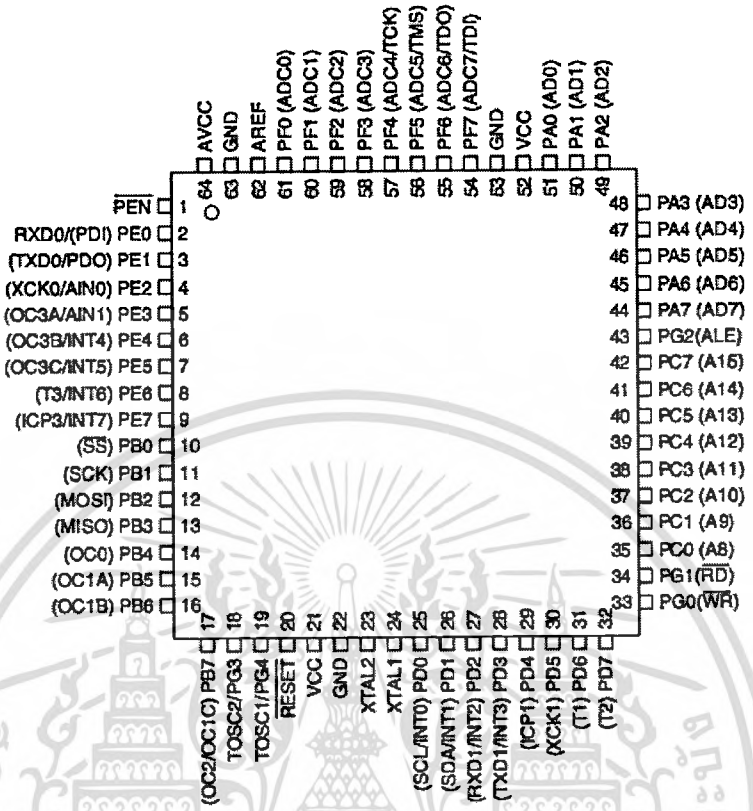
- ช่วงอุณหภูมิที่ทำงานได้ -40°C ถึง 85°C
- การใช้พลังงาน

โหมดการทำงาน: ที่ 1 MHz ต้องการแรงดัน 1.8V กระแส 500 mA

โหมดเพาเวอร์ดาวน์ (Power-down) ต้องการกระแสเพียง 0.1 mA ที่แรงดัน 1.8V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 สถาปัตยกรรม



รูปที่ 2.1 ขาสัญญาณของ AVR ATmega128

1. VCC

แหล่งจ่ายไฟฟิดิจิทัล (Digital)

2. GND

กราวด์

3. Port A (PA7..PA0)

พอรต์ A เป็น I/O พอร์ตแบบทำงาน 2 ทิศทาง (bi-directional I/O port) ขนาด 8 บิต ที่มีวงจรพลูอัพ (pull-up) อยู่ภายใน (เลือกได้เป็นรายบิต) จึงสามารถทำงานเป็นเอาต์พุตได้ ทั้งแบบซิงค์และซอร์ส (Sink and Source)

4. Port B (PB7..PB0)

พอร์ต B เป็น I/O พอร์ตแบบทำงาน 2 ทิศทาง ขนาด 8 บิต ที่มีวงจรพลูอัพอยู่ภายใน (เลือกได้ เป็นรายบิต) สามารถทำงานเป็นเอาต์พุตได้ทั้งแบบซิงคและซอร์ส จุดเด่นของพอร์ตนี้ก็คือ เป็นพอร์ตที่มีความสามารถในการขับกระแสได้ดีกว่าพอร์ตอื่นๆ

5. Port C (PC7..PC0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต C เป็น I/O พอร์ตแบบทำงาน 2 ทิศทาง ขนาด 8 บิต ที่มีวงจรพลูอัพอยู่ภายใน (เลือกได้ เป็นรายบิต) สามารถทำงานเป็นเอาต์พุตได้ทั้งแบบซิงคและซอร์ส

6. Port D (PD7..PD0)

พอร์ต D เป็น I/O พอร์ตแบบทำงาน 2 ทิศทาง ขนาด 8 บิต ที่มีวงจรพลูอัพอยู่ภายใน (เลือกได้ เป็นรายบิต) สามารถทำงานเป็นเอาต์พุตได้ทั้งแบบซิงคและซอร์ส

7. Port E (PE7..PE0)

พอร์ต E เป็น I/O พอร์ตแบบทำงาน 2 ทิศทาง ขนาด 8 บิต ที่มีวงจรพลูอัพอยู่ภายใน (เลือกได้ เป็นรายบิต) สามารถทำงานเป็นเอาต์พุตได้ทั้งแบบซิงคและซอร์ส

8. Port F (PF7..PF0)

พอร์ต F รองรับการนำเข้าเพื่อทำการแปลงสัญญาณแอนาล็อกมาเป็นดิจิทัล

พอร์ต F เป็น I/O พอร์ตแบบทำงาน 2 ทิศทาง ขนาด 8 บิต ที่มีวงจรพลูอัพอยู่ภายใน (เลือกได้ เป็นรายบิต) สามารถทำงานเป็นเอาต์พุตได้ทั้งแบบซิงคและซอร์ส

9. Port G (PG7..PG0)

พอร์ต G เป็น I/O พอร์ตแบบทำงาน 2 ทิศทาง ขนาด 8 บิต ที่มีวงจรพลูอัพอยู่ภายใน (เลือกได้ เป็นรายบิต) สามารถทำงานเป็นเอาต์พุตได้ทั้งแบบซิงคและซอร์ส

10. RESET

ขารับสัญญาณอินพุตรีเซตด้วยพัลซ์ลอจิก LOW ชิพจะทำการรีเซต

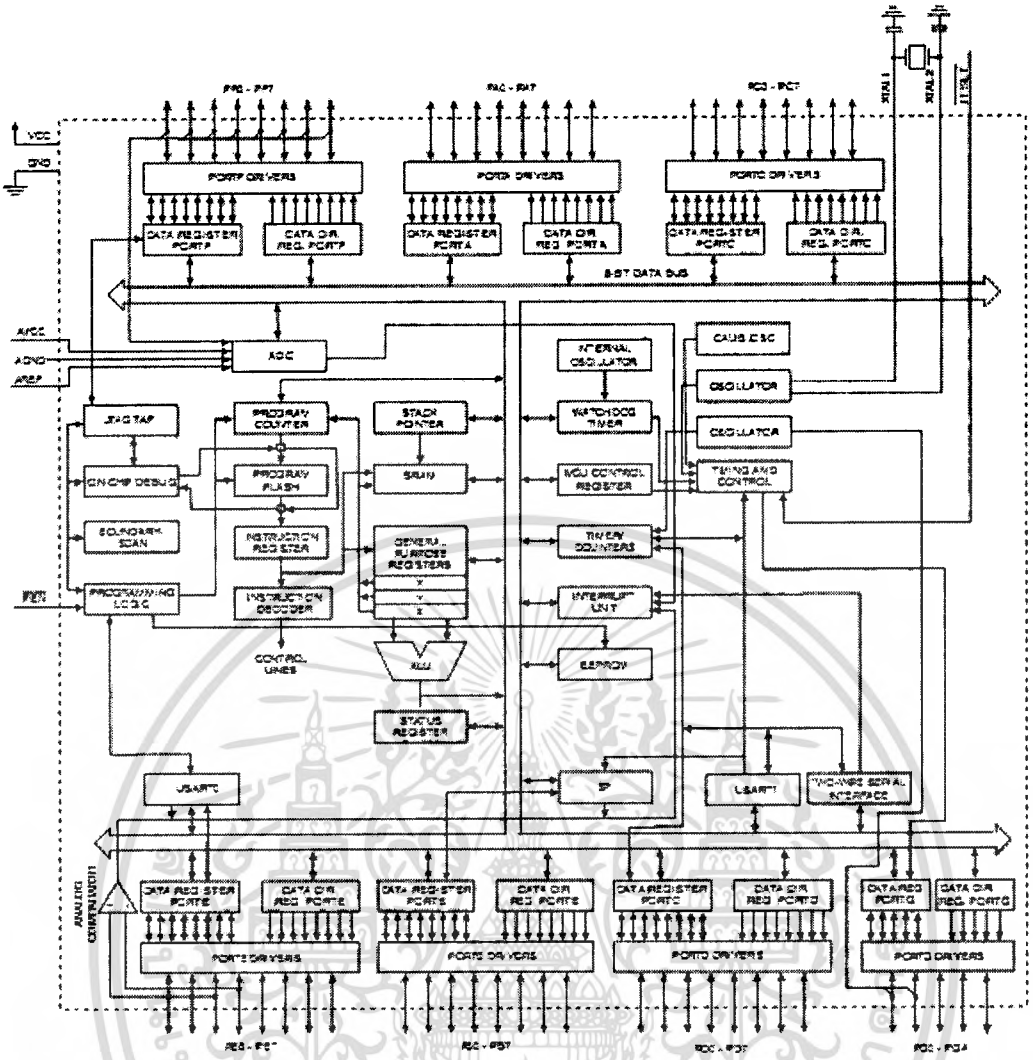
11. XTAL1

ขาอินพุตสำหรับขยายสัญญาณออสซิเลเตอร์แบบกลับทิศ (Inverting Oscillator amplifier) และวงจรสัญญาณนาฬิกาภายใน

12. XTAL2

ขาเอาต์พุตสำหรับขยายสัญญาณออสซิเลเตอร์แบบกลับทิศ (Inverting Oscillator amplifier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 สถาปัตยกรรมของ AVR ATmega128

2.5 อุปกรณ์แปลงสัญญาณระหว่าง RF 2.4 GHz และ RS232

2.5.1 การทำงานของอุปกรณ์แปลงสัญญาณ

อุปกรณ์แปลงสัญญาณระหว่างสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ (RF 2.4 GHz) และ RS232 เป็นชุดอุปกรณ์ สำหรับใช้แปลงสัญญาณระหว่างสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุไร้สาย (RF-Wireless) และ RS232 โดยมีกระบวนการทำงานหลักใน 2 โหมด คือ การส่งข้อมูล (Transmitter) และการรับข้อมูล (Receiver) [8]

กระบวนการส่งข้อมูล เป็นการทำงานรอรับข้อมูลจากพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 จากขาสัญญาณ RX และทำการแปลงเป็นสัญญาณความถี่ GFSK (Guassian Frequency Shift Keying) และส่งออกไปในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการรับข้อมูล เป็นการคอยตรวจจับข้อมูลที่อยู่ในรูปของสัญญาณความถี่ GFSK จากด้าน RF เพื่อแปลงกลับเป็นข้อมูลแบบ RS232 และส่งข้อมูลออกไปทางขาสัญญาณ TX

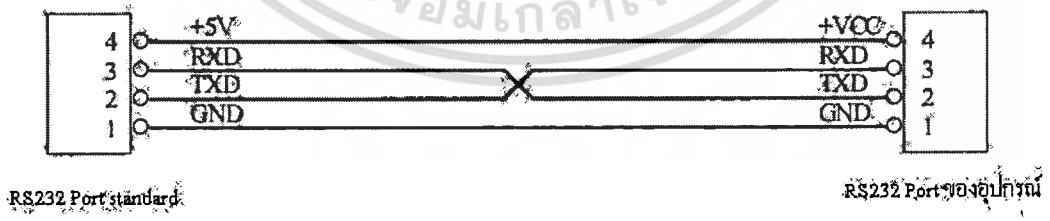
อุปกรณ์แปลงสัญญาณสามารถนำไปต่อใช้งานร่วมกับพอร์ตสื่อสารอนุกรม แบบ RS232 เพื่อใช้งานในลักษณะของการสื่อสารอนุกรมแบบไร้สาย (Wireless Transceiver) ได้โดยตรง ทำให้สามารถเพิ่มความสามารถในการรับส่งข้อมูลได้ในระยะที่ไกลกว่า RS232 อีกทั้งไม่จำเป็นต้องใช้สายสัญญาณที่เป็นตัวนำสัญญาณทางไฟฟ้าในการสื่อสารข้อมูล ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลง หรือเคลื่อนย้ายจุดรับส่งข้อมูลได้ตลอดเวลา

ข้อจำกัดบางประการของการรับส่งข้อมูลโดยใช้อากาศเป็นตัวกลางในการสื่อสารนั้น คือ เรื่องความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่รับส่งกันมีโอกาสผิดพลาดหรือสูญหายได้ เนื่องจากในการส่งข้อมูลใช้อากาศเป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลมีโอกาสที่ข้อมูลจะถูกรบกวนจากสัญญาณอื่นๆ ในย่านคลื่นความถี่ที่ใกล้เคียงกัน อุปกรณ์แปลงสัญญาณจึงนำเทคนิคการข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในการรับส่งข้อมูล

ในการแก้ไขปัญหาข้อมูลสูญหาย ผู้ใช้งานอุปกรณ์แปลงสัญญาณควรมีกลไกในการตรวจสอบข้อมูลที่รับส่ง หากพบข้อผิดพลาดมีการสูญหายของข้อมูลควรมีการร้องขอให้มีส่งส่งข้อมูลซ้ำ

การเชื่อมต่อสายสัญญาณ RS232 มาตรฐานเข้าสู่อุปกรณ์แปลงสัญญาณ สามารถเชื่อมต่อได้ดังรูปที่ 2.1 จากอุปกรณ์ปลายไปยังอุปกรณ์แปลงสัญญาณ ดังนี้

1) เชื่อมแหล่งจ่ายไฟ +5V เข้ากับ +VCC
2) เชื่อมขาสัญญาณ RX เข้ากับขาสัญญาณ TX
3) เชื่อมขาสัญญาณ TX เข้ากับขาสัญญาณ RX
4) เชื่อมกราวด์ (GND) เข้ากับกราวด์ (GND)



รูปที่ 2.3 การต่อสายสัญญาณ RS232 มาตรฐานเข้าสู่อุปกรณ์แปลงสัญญาณ

2.5.2 โหมดการทำงานของอุปกรณ์แปลงสัญญาณ

อุปกรณ์แปลงสัญญาณระหว่าง RF 2.4 GHz และ RS232 สามารถกำหนดโหมดการทำงานได้โดยการเลื่อนสวิทซ์เลือกโหมดก่อนทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์แปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ เนื่องจากอุปกรณ์จะทำการตรวจสอบโหมดการทำงานในขณะที่ได้รับการจ่ายไฟฟ้าเพื่อเปิดเครื่องเริ่มทำงานเท่านั้น ดังนั้นการเปลี่ยนโหมดทำงานหลังจากนี้จึงไม่มีผลต่ออุปกรณ์

อุปกรณ์แปลงสัญญาณมีโหมดการทำงานหลักใน 2 โหมด คือ โหมดการทำงานปกติ (Run mode) และโหมดการตั้งค่า (Setup mode) มีรายละเอียดดังนี้

2.5.2.1 โหมดการทำงานปกติ (Run mode)

เป็นโหมดการทำงานปกติของอุปกรณ์แปลงสัญญาณ โดยหลอดไฟแสดงสถานะการทำงานจะดับอยู่ตลอดเวลาขณะที่ยังไม่มีการรับส่งข้อมูล เมื่อมีการรับส่งข้อมูลเกิดขึ้นหลอดไฟแสดงสถานะจะกระพริบตามจังหวะการรับส่งข้อมูล

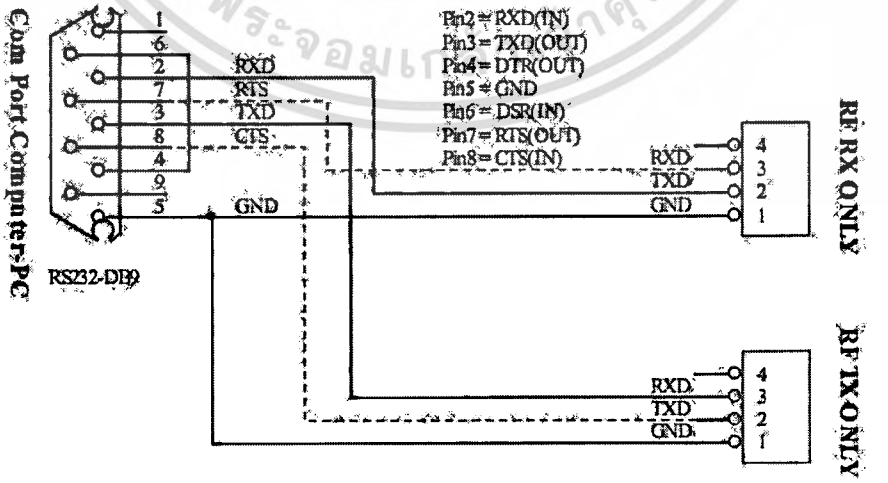
สำหรับการทำงานในโหมดการทำงานปกตินั้นสามารถแยกย่อยของเป็น 3 ลักษณะการทำงานตามที่ได้กำหนดไว้ในการตั้งค่าของอุปกรณ์ในโหมดการตั้งค่า โดยมีลักษณะการทำงานย่อย ดังนี้

1) การทำงานแบบรับสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุเท่านั้น (RF Receive only)

เป็นการสื่อสารทางเดียว (Simplex) โดยจะทำงานวนรอบรอรับข้อมูลความถี่แบบ GFSK จากด้าน RF แล้วเปลี่ยนเป็นข้อมูลอนุกรมและทำการส่งออกไปทางขาสัญญาณ TX (Transmit) ของพอร์ต RS232 โดยอุปกรณ์แปลงสัญญาณจะสามารถจัดเก็บข้อมูลไว้ในบัฟเฟอร์เพื่อรอการส่งได้สูงสุด 64 ไบต์เท่านั้น ซึ่งถ้าในระหว่างที่รอความพร้อมอยู่นั้นมีข้อมูลด้าน RF ส่งเขามาเกินกว่า 64 ไบต์จะทำให้ข้อมูลที่เกินมานั้นสูญหายไป

2) การทำงานแบบส่งข้อมูลสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุเท่านั้น (RF Transmit only)

เป็นการสื่อสารทางเดียว (Simplex) โดยการทำงานรอรับข้อมูลจากขา RX (Receive) ด้าน RS232 และทำการเปลี่ยนเป็นข้อมูลแบบ GFSK ส่งออกไปทางด้าน RF



รูปที่ 2.4 การต่อสายสัญญาณ RS232 เพื่อใช้ในการทำงานแบบรับหรือส่งข้อมูลสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทำงานแบบตรวจสอบสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุอัตโนมัติ (RF Auto Direction)

เป็นการสื่อสารสองทางครึ่งอัตรา (Half Duplex) หรือผลัดกันรับผลัดกันส่ง ซึ่งสามารถใช้รับส่งข้อมูลระหว่างต้นทางและปลายทางได้โดยใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณด้านละ 1 ชุด เท่านั้น เพียงแต่การรับส่งข้อมูลแบบนี้ไม่สามารถส่งข้อมูลสวนทางกันได้เหมือนกับแบบสื่อสารสองทางเต็มอัตรา (Full Duplex) แต่ต้องใช้วิธีการผลัดกันรับข้อมูลและส่งข้อมูลแทน โดยเมื่อฝ่ายรับทำการรับข้อมูลได้จนครบแล้วจึงสลับหน้าที่เป็นฝ่ายส่งเพื่อส่งข้อมูลตอบกลับไป ในโหมดนี้อุปกรณ์แปลงสัญญาณจะทำหน้าที่เป็นทั้งฝ่ายรับและฝ่ายส่งข้อมูลแบบอัตโนมัติ โดยในสภาวะปกติอุปกรณ์จะอยู่ในสภาวะของการรอรับข้อมูลทั้งด้าน RF และ RS232 หากพบว่ามีข้อมูลส่งเข้ามาทางด้านของ RF ก็จะนำข้อมูลนั้นส่งออกไปทางด้านขา TX ของ RS232 ทันที โดยค่าเวลาที่ใช้ในการสลับโหมดการทำงานของ RF จากฝ่ายส่งข้อมูลให้เป็นฝ่ายรับข้อมูลนั้นมีค่าเป็น 2.5 มิลลิวินาที ดังนั้นเมื่อฝ่ายรับสามารถรับข้อมูลได้ครบหมดแล้วก่อนที่จะทำการส่งข้อมูลเพื่อตอบกลับไปยังฝ่ายตรงข้ามนั้น ควรทำการหน่วงเวลาไว้ไม่น้อยกว่า 3 มิลลิวินาที นับจากรับข้อมูลไบต์สุดท้ายได้เรียบร้อยแล้วจึงเริ่มต้นส่งข้อมูลไบต์แรกย้อนกลับไป ซึ่งถ้าฝ่ายรับทำการส่งข้อมูลตอบกลับไปยังฝ่ายตรงข้ามเร็วกว่านี้อาจทำให้ฝ่ายตรงข้ามไม่สามารถรับข้อมูลไบต์แรกได้ทัน ในโหมดนี้จะสามารถรับข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องสูงสุดไม่เกิน 64 ไบต์ ดังนั้นในกรณีที่มีการส่งข้อมูลจำนวนมากกว่า 64 ไบต์ต่อเนื่องกันนั้น ควรทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดๆ โดยให้มีขนาดชุดละไม่เกิน 64 ไบต์ ซึ่งหลังจากทำการส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องไปได้ 1 ชุด (64 ไบต์) แล้วควรทำการหน่วงเวลาไว้ชั่วขณะหนึ่งอย่างน้อย 1mS แล้วจึงเริ่มส่งข้อมูลชุดถัดไป สลับกับการหน่วงเวลาเช่นนี้เรื่อยๆ เพื่อให้อุปกรณ์แปลงสัญญาณสามารถนำข้อมูลที่รับได้จากด้าน RS232 ส่งออกไปทางด้าน RF ได้ทัน ซึ่งถ้าทำการส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการหน่วงเวลาเลยอาจทำให้ข้อมูลบางไบต์เกิดการสูญหายไปได้

2.5.2.2 โหมดการตั้งค่า (Setup mode)

เป็นการทำงานในโหมดสำหรับใช้กำหนดค่า Configuration ต่างๆ สำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์แปลงสัญญาณที่จะใช้ในขณะที่อุปกรณ์ทำงานอยู่ในโหมดการทำงานปกติ โดยค่าตัวเลือกต่างๆของ Configuration ที่ได้กำหนดไว้แล้วจะถูกเก็บไว้ภายในอุปกรณ์อย่างถาวร ถึงแม้ว่าจะไม่ได้ทำการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์แล้วก็ตาม ดังนั้นค่า Configuration ต่างๆจะถูกจัดเก็บไว้อย่างถาวร โดยคุณสมบัติต่างๆของ Configuration มีดังนี้

User RS232 Baudrate ใช้สำหรับกำหนดค่าความเร็วในการรับส่งข้อมูลทางด้าน RS232 ของอุปกรณ์ ในขณะที่ทำงานอยู่ในโหมดการทำงานปกติ สามารถกำหนดได้ 5 ค่าคือ

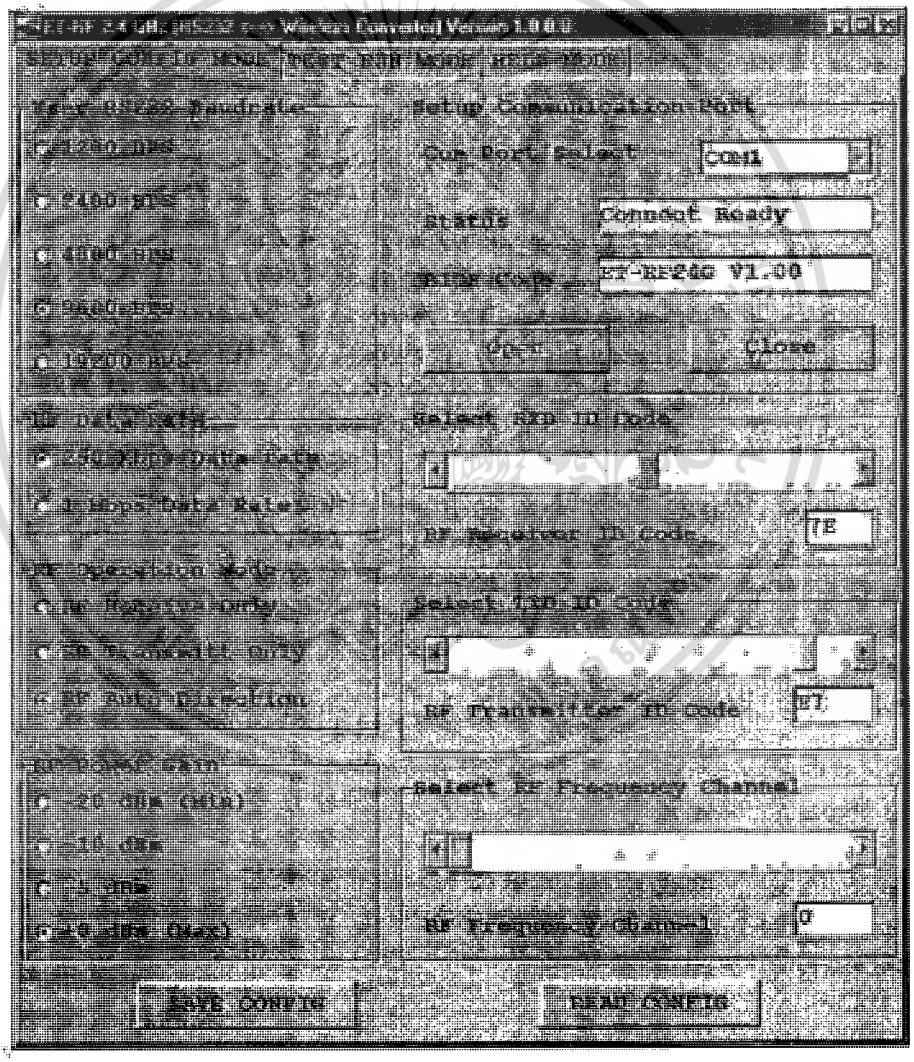
- 1200 bps
- 2400 bps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4800 bps
- 9600 bps
- 19200 bps

RF Data Rate ใช้สำหรับกำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูลทางด้าน RF ซึ่งต้องกำหนดให้อุปกรณ์ทุกๆตัวที่จะนำมาใช้ติดต่อสื่อสารกันมีค่าอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลด้าน RF หรือ RF Data Rate นี้มีค่าเท่ากันทั้งหมด โดยค่า RF Data Rate สามารถกำหนดได้ 2 ค่า คือ

- 250 Kbps
- 1 Mbps



รูปที่ 2.5 โปรแกรมกำหนดค่า Configuration ของอุปกรณ์แปลงสัญญาณ

RF Operation Mode ใช้สำหรับกำหนดโหมดการทำงานของอุปกรณ์ สามารถกำหนดหน้าที่การทำงานได้ 3 แบบ ด้วยกันคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- RF Receive Only เป็นการกำหนดการทำงานแบบรับสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุเท่านั้นให้แก่อุปกรณ์
- RF Transmit Only เป็นการกำหนดการทำงานแบบส่งข้อมูลสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุเท่านั้นให้แก่อุปกรณ์
- RF Auto Direction เป็นการกำหนดการทำงานแบบตรวจสอบสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุอัตโนมัติให้แก่อุปกรณ์

RF Power Gain เป็นการกำหนดกำลังส่งของวงจร RF Power ที่ใช้ในการส่งข้อมูล โดยค่า +0dBm เป็นค่ากำลังส่งสูงสุด ส่วน –20dBm เป็นค่ากำลังส่งต่ำสุด โดยสามารถกำหนดได้ 4 ระดับ คือ

- -20dBm (กำลังส่งต่ำสุด)
- -10dBm
- -5dBm
- +0dBm (กำลังส่งสูงสุด)

TXD ID Code เป็นรหัส ID Code ปลายทางที่จะส่งข้อมูลไปหา โดยที่อุปกรณ์ที่ถูกกำหนดให้ทำหน้าที่เป็นฝ่ายส่งข้อมูลนั้น เมื่อมันสามารถรับข้อมูลจาก RS232 ได้แล้ว มันจะทำการนำเอาข้อมูลนั้นไปเข้ารหัสรวมกับ TXD ID Code ที่กำหนดไว้ แล้วส่งออกไปทางด้าน RF โดยรหัสของ TXD ID Code นี้หมายถึง รหัส RXD ID Code ของฝ่ายรับที่ต้องการส่งข้อมูลไปหานั่นเอง โดยค่า TXD ID Code นั้นสามารถกำหนดได้ 256 ค่าในรปแบบของเลขฐานสิบหก (00H-FFH)

RF Frequency Channel เป็นการกำหนดค่าของช่องความถี่ที่จะใช้ในการรับส่งข้อมูลกัน โดยสามารถเลือกกำหนดช่องความถี่ได้สูงสุดมากถึง 125 ช่อง (0-124) โดยการที่อุปกรณ์จะทำการรับส่งข้อมูลกันได้นั้นจะต้องกำหนดช่องความถี่ที่ตรงกัน และใช้อัตราความเร็ว RF Data Rate ที่เท่ากันด้วย

2.5.3 ข้อแนะนำการกำหนดค่า Configuration ของอุปกรณ์แปลงสัญญาณ

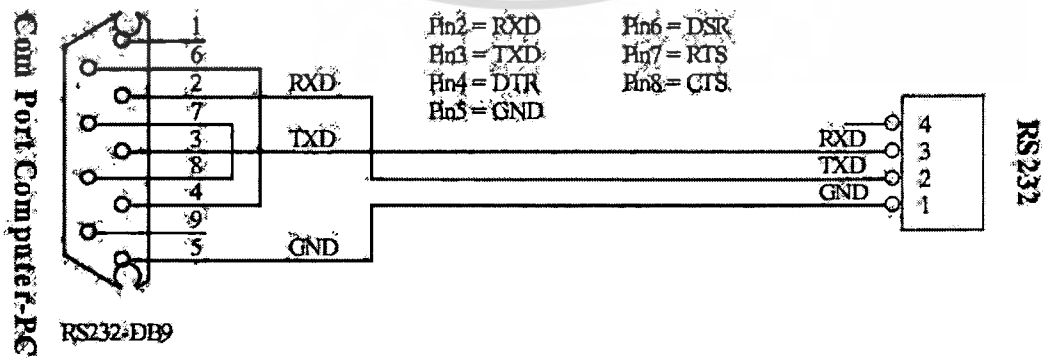
- การกำหนดค่าความเร็วในการรับส่งข้อมูลของอุปกรณ์ทุกๆตัวควรกำหนดให้มีค่าเท่ากัน
- การใช้งานอุปกรณ์ในการทำงานแบบรับหรือส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุเท่านั้น ควรกำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูลด้าน RS232 หรือ User RS232 Baud rate ที่ความเร็ว 19200 bps
- การทำงานแบบตรวจสอบสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุอัตโนมัติ ควรกำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูลด้าน RS232 หรือ User RS232 Baud rate ที่ความเร็ว 9600 bps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าความเร็วของการรับส่งข้อมูลด้าน RF หรือ RF Data Rate ที่สามารถรับส่งข้อมูลกันได้ระยะทางไกลมากที่สุด และมีโอกาสผิดพลาดน้อยที่สุด คือ 250Kbps
- ค่า RF Power Gain ที่ดีที่สุดคือ 0dBm ซึ่งเป็นค่ากำลังส่งสูงสุดที่จะทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ระยะทางไกลที่สุด แต่ถ้าระยะการรับส่งข้อมูลไม่ไกลกันมากและมีการใช้งานอุปกรณ์จำนวนหลายๆกลุ่มในพื้นที่ใกล้เคียงกัน อาจทำการลดกำลังส่งให้ต่ำลงเพื่อลดปัญหาการรบกวนกัน หรือกำหนดช่องความถี่ RF Frequency Channel ให้ห่างกันมากๆ
- การใช้งานอุปกรณ์ในการทำงานแบบตรวจสอบสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุอัตโนมัตินั้น หากมีการส่งข้อมูลขนาดใหญ่กว่า 64 ไบต์ ควรทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดๆ ละไม่เกิน 64 ไบต์ การส่งข้อมูลแต่ละชุดต่อเนื่องกันนั้นควรให้มีการหน่วงเวลาชั่วขณะหนึ่งประมาณ 1-2 มิลลิวินาทีแล้วจึงส่งข้อมูลชุดถัดไป เพื่อทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการจัดส่งข้อมูลอันเนื่องมาจากการสลับโหมดการทำงานของวงจรด้าน RF อัตโนมัติ
- การใช้งานอุปกรณ์ในการทำงานแบบตรวจสอบสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุอัตโนมัตินั้น ควรหน่วงเวลาในการสลับโหมดจากฝ่ายของการรอรับข้อมูลเป็นฝ่ายส่งข้อมูลอย่างน้อยที่สุด 3–5 มิลลิวินาที ซึ่งถ้าส่งข้อมูลตอบกลับด้วยเวลาที่เร็วกว่านี้อาจทำให้ฝ่ายตรงข้ามไม่สามารถรับข้อมูลไบต์แรกได้ทัน

2.5.4 ข้อแนะนำการการเชื่อมต่อสายสัญญาณ RS232

ลักษณะการเชื่อมต่อสายสัญญาณ RS232 ระหว่างพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์แปลงสัญญาณ สามารถแสดงการเชื่อมต่อในสองลักษณะจำแนกตามมาตรฐานของหัวตัวเชื่อมต่อ (Connector) คือ DB9 และ DB25 รายละเอียดดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การต่อสายสัญญาณ RS232 ของอุปกรณ์ในการทำงานแบบตรวจสอบสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
06327

2.6 การใช้เครื่องมือวัดปริมาณออกซิเจน (DO meter)

การวัดปริมาณออกซิเจนด้วยเครื่องมือวัดนั้น เป็นวิธีที่สะดวกที่สุดในการปฏิบัติงานภาคสนาม เช่น การวัดออกซิเจนในแหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นต้น คุณสมบัติที่สำคัญของ DO meter คือ มีช่วงการวัดกว้าง และมีความแม่นยำสูง นอกจากนี้ยังมีการออกแบบเครื่องมาให้สามารถพกพาได้ ทำให้ง่ายต่อการใช้งานมากขึ้น เครื่อง DO meter มีหัววัด 2 แบบ คือ แบบโพลาร์โอกราฟิก (polarographic probe) และ แบบกัลวานิกส์ (galvanic probe) โดย polarographic probe เป็นหัววัดที่ต้องใช้แรงดันไฟฟ้าจากภายนอก (external voltage) มีความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วแคโทด (Cathod) และแอโนด (Anode) น้อยกว่า 0.5 โวลต์ อาจเรียกหัววัดชนิดนี้ได้อีกอย่างว่า คลากซ์เซล (clake cell) ส่วน galvanic probe นั้น ไม่จำเป็นต้องใช้แรงดันไฟฟ้าจากภายนอก ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแคโทดและแอโนดมีมากกว่า 0.5 โวลต์ galvanic probe จะมีความเสถียรและแม่นยำมากกว่า polarographic probe ในตัวอย่างที่มีระดับการละลายของออกซิเจนต่ำ นอกจากนี้ galvanic probe ยังสามารถใช้งานได้หลายครั้งโดยที่ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนอิ เล็กโทรไลต์ (Electrolytes) หรือเยื่อหุ้มหัววัด (Oxygen permeable membrane) จึงทำให้มีค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาต่ำกว่า [6]

2.6.1 หลักการพื้นฐานในการวัดค่า DO ของหัววัด

วิธีการวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำของหัววัดของเครื่อง DO meter นั้น ใช้หลักการของไฟฟ้าเคมี (electrochemical) ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ (เป็นองค์ประกอบที่อยู่ภายในหัววัด) คือ ขั้วแคโทด ขั้วแอโนด สารละลาย อิ เล็กโทร ไลต์ และเยื่อหุ้มหัววัด (เป็นวัสดุที่มีความสามารถในการเลือกให้เฉพาะออกซิเจนผ่านได้)

2.6.2 Polarographic Cell หรือ Clark Cell

Clark Cell ถูกคิดค้นโดยดอกเตอร์ Clark ในปี 1956 โดยเซลล์ชนิดนี้จะเกิดการแยก (polarize) ได้ที่แรงดันไฟฟ้าประมาณ 800 มิลลิโวลต์ Clark Cell ใช้ครึ่งเซลล์ของ Ag/ AgCl โดยมีโลหะชั้นสูง เช่น ทอง ทองคำขาว (platinum) หรือ พัลลาเดียม เป็นต้น เป็นขั้วแคโทด การรีดักชั่น (Reduction) ของออกซิเจนจะเกิดขึ้นในช่วงระหว่าง 400 ถึง 1200 มิลลิโวลต์ แต่เซลล์ชนิดนี้จะเกิดการ polarize ได้ ต้องมีแรงดันไฟฟ้าถึง 800 มิลลิโวลต์ก่อน ดังนั้นจึงต้องการแรงดันไฟฟ้าจากภายนอกเพื่อช่วยเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้กับเซลล์ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้แบตเตอรี่ (เช่น ถ่านไฟฉาย เป็นต้น) เป็นแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าจากภายนอกส่วนอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้กับเซลล์ชนิดนี้คือ KCl หรือ KBr

จากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเห็นได้ว่า ทุกครั้งที่ออกซิเจนถูกรีดิวซ์ที่ขั้วแคโทดอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับออกซิเจนที่ใช้ไปที่ขั้วแคโทด การวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วยหัววัดชนิดนี้มีปัญหาที่อาจเกิดขึ้นหลายอย่าง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การแยกตัวของขั้วแอโนด (Isolation of Anode) – เพราะว่าผลของปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในหัววัดจะทำให้เกิด AgCl ขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปนานๆ AgCl อาจจะเข้าไปเคลือบขั้วแอโนดไว้ ทำให้ปฏิกิริยาต่อไปเกิดขึ้นได้ช้าลง และหาก AgCl เคลือบจนคลุมขั้วแอโนดไว้ทั้งหมดก็จะทำให้ปฏิกิริยาไม่สามารถเกิดขึ้นต่อไปได้ จึงควรทำความสะอาดขั้วแอโนดโดยการกำจัด AgCl ออก เพื่อให้หัววัดสามารถใช้งานได้อีกครั้ง

2) การเกิดซีโรชิฟท์ (Zero shift) – หลังจากการวัดแล้ว ผลของปฏิกิริยาจะทำให้เกิด OH^- จำนวนมาก ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของอิเล็กโทรไลต์ และเป็นเหตุที่จะทำให้เกิด zero shift (zero shift คือการเกิดการเปลี่ยนค่าเริ่มต้นของหัววัดหรือการเปลี่ยนตำแหน่ง 0 ของหัววัด ซึ่งจะทำให้การวัดคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง) วิธีแก้ปัญหา คือ ทำการเปลี่ยน อิเล็กโทรไลต์ ของหัววัดใหม่

3) การลดลงของคลอ ไรด์ (Depletion of Chloride) – จากผลรวมของปฏิกิริยา แสดงให้เห็นถึงการใช้คลอไรด์ ทำให้ปริมาณคลอไรด์ลดลง จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนอิเล็กโทรไลต์ ใหม่เพื่อเพิ่มปริมาณคลอไรด์ที่ใช้ไป

4) การใช้เวลาในการอุ่นเครื่อง (Warm-up Time) – เนื่องจากหัววัด ชนิด นี้จำเป็นต้องใช้แหล่งพลังงานจากภายนอก หากหัววัดไม่ได้ใช้งานพลังงานที่ส่งเข้าสู่หัววัดก็จะถูกตัดออก เมื่อนำมาใช้งานอีกครั้ง จึงจำเป็นต้องทำการอุ่นเครื่องให้หัววัดเกิดการ polarize ก่อน โดยใช้เวลาในการอุ่นเครื่องประมาณ 10 นาที เพื่อให้การทำงานมีความเสถียร หากนำหัววัดไปใช้งานโดยไม่ได้อุ่นเครื่องอาจจะทำให้การอ่านค่าของผลที่ได้มีค่าสูงกว่าปกติซึ่งจะทำให้การอ่านผลผิดพลาดได้ จึงควรอุ่นเครื่องหัววัดก่อนการใช้งานทุกครั้ง

2.6.3 Galvanic Cell

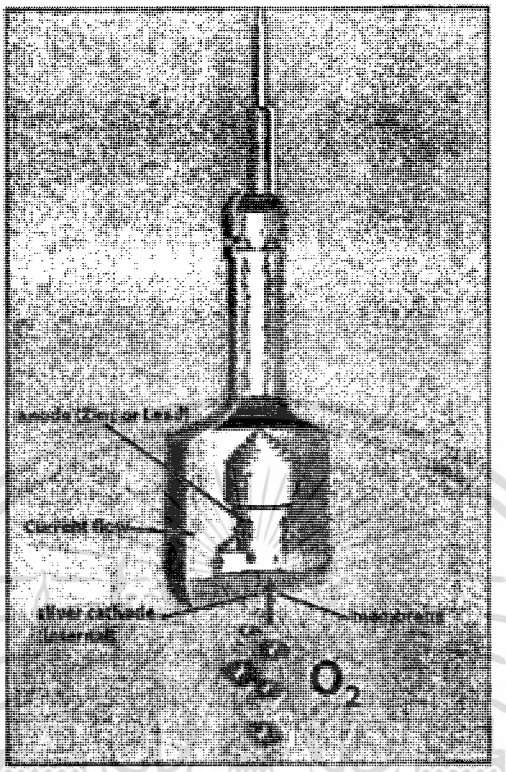
หลักการของหัววัดแบบ galvanic ถูกคิดค้นขึ้นโดย Mecreth ในปี 1964 (ปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลง ไป จากเดิมเล็กน้อย) จุดเด่นของหัววัดชนิดนี้คือไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานจากภายนอกเหมือน Clack cell หัววัดชนิดนี้ใช้โลหะที่ต่างกัน 2 ชนิด ร่วมกับอิ เล็กโทร ไลต์ ในการเกิดปฏิกิริยา แรงดันไฟฟ้าจะถูกผลิตขึ้นระหว่างขั้วโลหะ 2 ชนิด ที่ประมาณ 800 มิลลิ โวลต์ ซึ่งมากพอที่จะ รีดิวซ์ ออกซิเจนที่ขั้วแคโทดได้ (โดยทั่วไปจะใช้ตะกั่วกับทอง หรือตะกั่วกับเงิน) ดังนั้น หัววัดชนิดนี้จึงเป็นหัววัดที่ก่อให้เกิดการ polarize และสร้างกระแสไฟฟ้าได้ด้วยตัวเอง (self- polizing amperometric cell) จึงทำให้สามารถใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้องเสียเวลาอุ่นเครื่อง ส่วนอิ เล็กโทร ไลต์ ที่ใช้คือ KCl หรือ KBr

จากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจะเห็นได้ว่า ออกซิเจนสามารถให้กำเนิดได้อิเล็กตรอน 4 ตัว และมีความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างออกซิเจนที่ใช้ที่ขั้วแคโทดและที่เกิดขึ้นโดยหัววัด

ผลรวมของปฏิกิริยาทำให้เกิด ZnO ซึ่งมีความเสถียรจึงไม่ไปเกาะเคลือบที่ขั้วแอโนด ส่วนน้ำจะถูกสร้างขึ้นทาใหม่โดยที่อิเล็กโทรไลต์ไม่ถูกใช้ไป ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วอิเล็กโทรไลต์จะสามารถใช้ไปตลอดได้โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยจุดเด่นต่างๆเหล่านี้ทำให้ผู้ผลิตเครื่อง DO meter ส่วนใหญ่นิยมผลิตหัววัดชนิดที่เป็นหัววัดแบบ galvanic ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 หัววัดแบบ Galvanic

2.7 การพัฒนาโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

2.7.1 หลักการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นการพัฒนาโปรแกรมที่ต้องคำนึงถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้และฮาร์ดแวร์รอบข้างที่ต้องการควบคุมเป็นหลัก สามารถพัฒนาได้โดยใช้ภาษาแอสเซมบลีและภาษาซี โดยมีหลักการดังนี้ [4]

1. ศึกษารายละเอียดโมดูลภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้ เช่น โมดูลพอร์ตอินพุต-เอาต์พุต โมดูลไทเมอร์ เป็นต้น

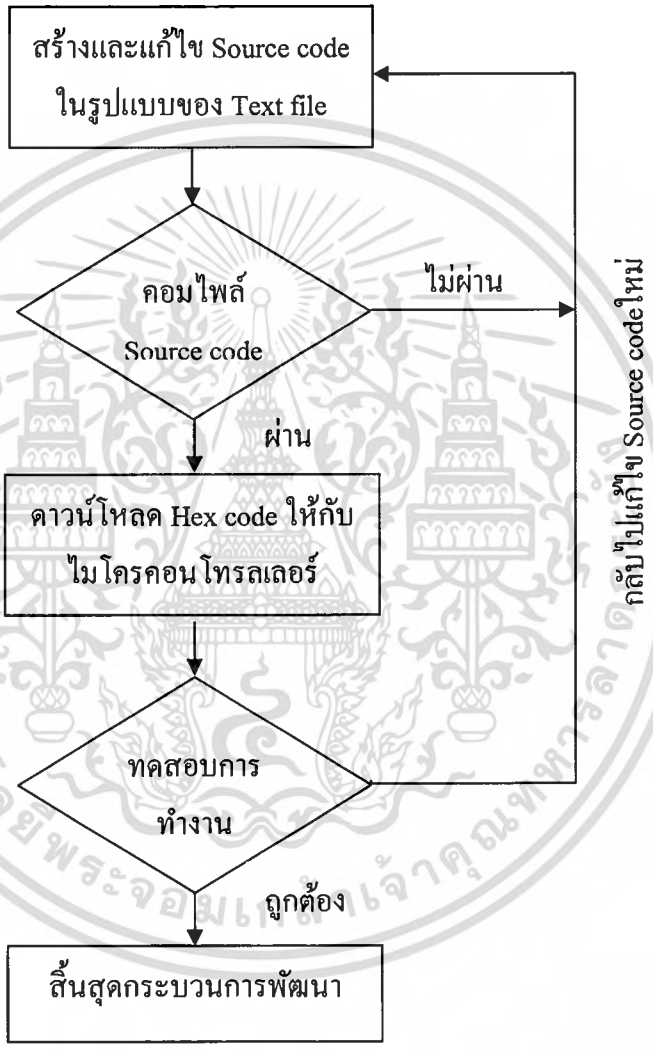
2. ศึกษารายละเอียดของรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับโมดูลที่ต้องการใช้งาน เนื่องจากรีจีสเตอร์เปรียบเสมือนสวิตซ์เปิด/ปิดการใช้งานโมดูล

3. ในบางโมดูลอาจต้องมีการพัฒนาโปรแกรมส่วนการทำงานรองรับงาน เช่น โมดูลที่เกี่ยวกับงานอินเตอร์รัปต์ เป็นต้น

4. ศึกษาพื้นฐานด้านอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้สามารถต่อวงจรรอบข้างได้อย่างถูกต้องและทำให้การเขียนโปรแกรมและการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไปตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางในการพัฒนาโปรแกรมเริ่มต้นด้วยการเขียน Source code ด้วยภาษาแอสเซมบลี หรือภาษาซีโดยใช้ Text editer ต่างๆ เพื่อความสะดวกแนะนำให้ใช้ Text editer ที่มี Assembler หรือ Compiler อยู่ในตัว ทำการคอมไพล์เพื่อตรวจสอบและแปลง Source code ให้อยู่ในรูปของ Hex code เพื่อนำไปดาวน์โหลดลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นทำการทดสอบการทำงานว่าถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่ หากไม่ถูกต้องให้ทำการปรับปรุงแก้ไขใหม่ แต่หากถูกต้องเป็นอันสิ้นสุดกระบวนการพัฒนาโปรแกรม ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 กระบวนการในการพัฒนาโปรแกรม

2.7.2 การเขียนโปรแกรมโดยใช้ AVR Studio

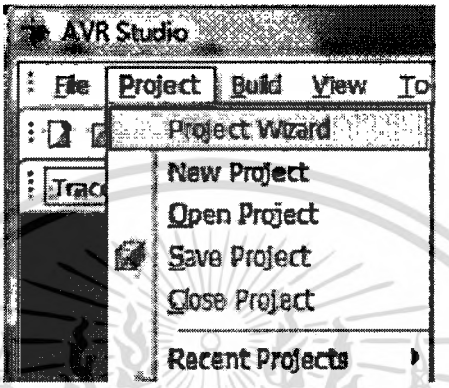
AVR Studio เป็นเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR โดยใช้ภาษาแอสแซมบลีในรูปแบบ IDE และเมื่อผนวกการทำงานร่วมกับร่วมกับ WinAVR C Compiler ที่เป็นคอมไพล์เลอร์ภาษาซี ทำให้สามารถพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาซีได้นอกจากนี้ยังสามารถผนวกเครื่องมือจากภายนอก (Plug-in) เพื่อเพิ่มตัวคอมไพเลอร์ภาษาอื่นๆ เข้าไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร่วมกับ AVR Studio ได้อีกด้วย เช่นเดียวกับคอมไพล์เลอร์ภาษาซีสำหรับ AVR ที่มีจำหน่าย เช่น CodeVersion AVR, ImageCraft AVR เป็นต้น

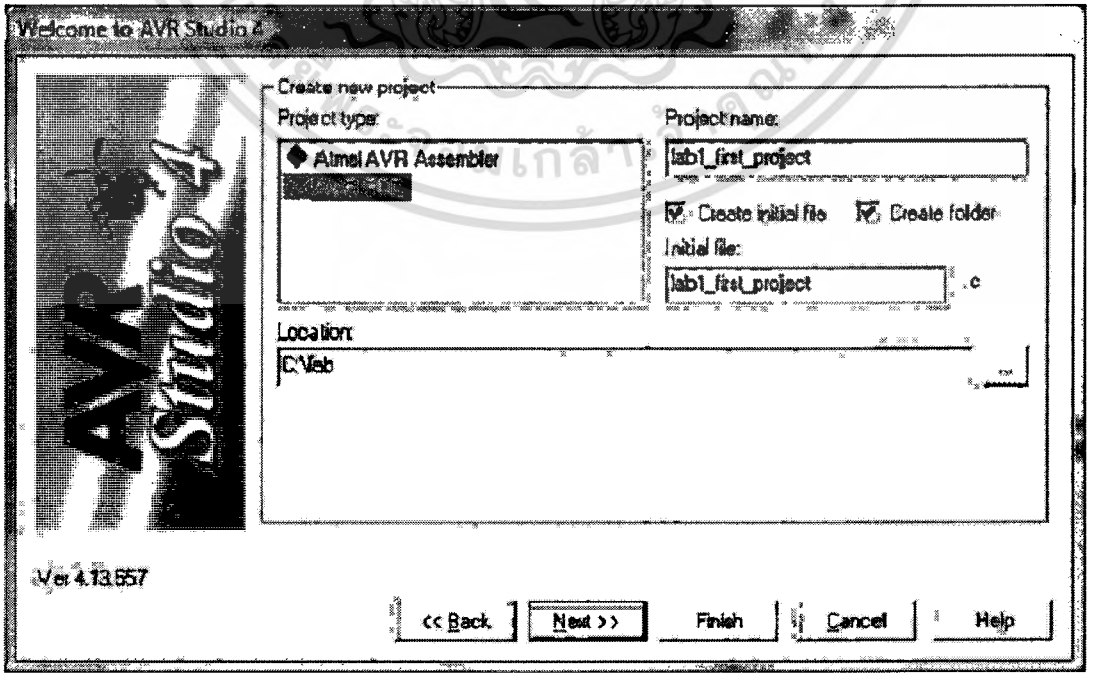
2.7.2.1 การสร้างโปรเจ็กต์ใหม่โดยใช้ AVR Studio

เรียกใช้งานโปรแกรม AVR Studio จากเมนู Atmel AVR Tools->AVR Studio 4 จากนั้นสร้างโปรเจ็กต์ใหม่โดยใช้คำสั่งจากเมนู Project->Project Wizard ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การเรียกใช้คำสั่ง Project Wizard

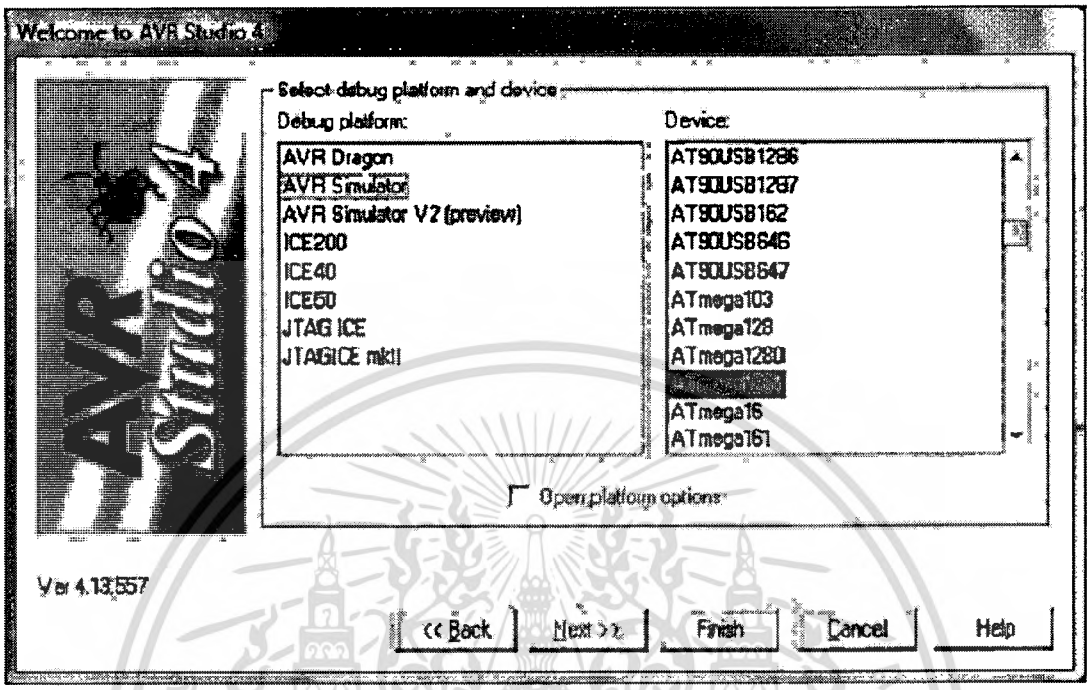
ทำการคลิกปุ่ม New Project เพื่อสร้างโปรเจ็กต์ใหม่ในช่อง Project type ให้เลือก AVR GCC เพื่อที่จะเขียนโปรแกรมเป็นภาษาซี จากนั้นป้อนชื่อโปรเจคลงในช่อง Project name จากนั้นทำการสร้างและกำหนดโฟลเดอร์ที่ต้องการจัดเก็บไฟล์โปรเจ็กต์ในช่อง Location ดังรูปที่ 2.10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.10 การเรียกใช้คำสั่ง Project Wizard (ต่อ)

เมื่อตั้งค่าโปรเจ็กต์ใหม่เรียบร้อยแล้วให้คลิกปุ่ม Next เพื่อไปยังขั้นตอนถัดไป ซึ่งจะเป็นขั้นตอนการเลือก Debug Platform และ Device ที่ต้องการ ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การเลือก Debug Platform และ Device

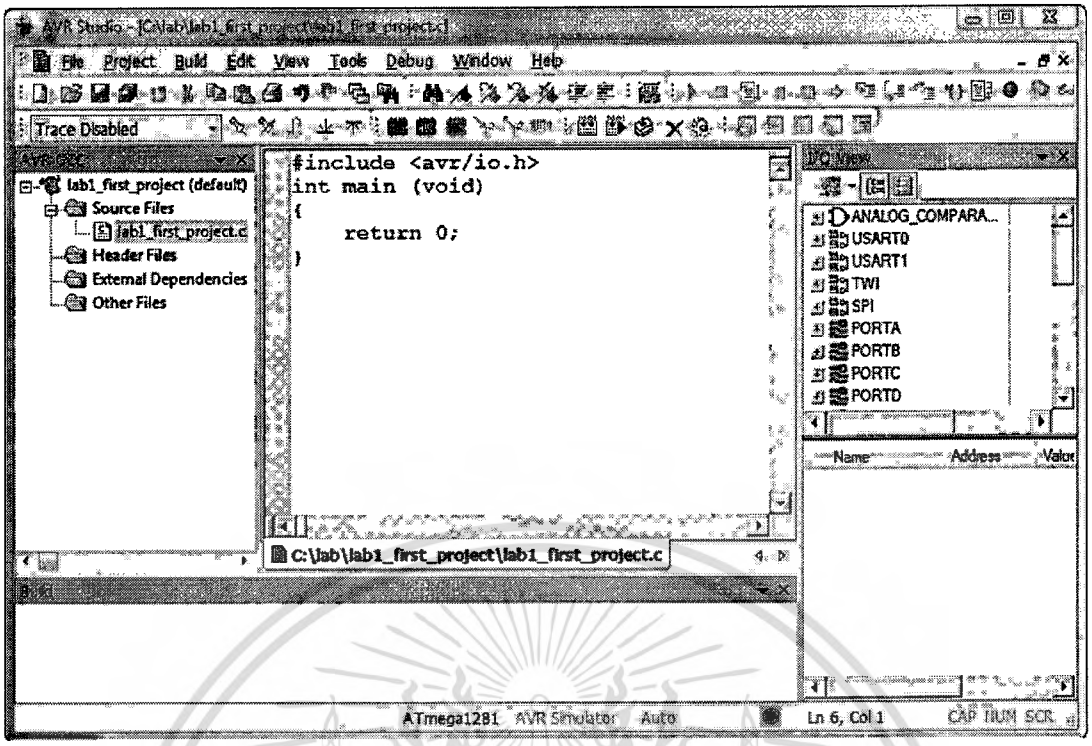
เมื่อตั้งค่าทุกอย่างเรียบร้อยคลิกปุ่ม Finish เพื่อเสร็จสิ้นการสร้างโปรเจค และเข้าสู่ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมต่อไป

2.7.2.2 การเขียนโปรแกรม

หลังจากสร้างโปรเจ็กต์เสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงทำการเขียนโปรแกรมตามที่ได้ออกแบบไว้ ทั้งนี้หากการเลือก Debug Platform เป็น AVR Simulator โปรแกรมที่เขียนจะทดสอบการทำงานผ่าน Simulator ของ AVR Studio แทนการโปรแกรมลงบนชิปจริง

เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จ คลิกที่ปุ่ม Save หรือไปที่เมนู File เลือกรายการ Save เพื่อทำการบันทึกไฟล์โปรเจ็กต์ดังกล่าว ดังรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 หน้าจอสำหรับการเขียนโปรแกรม

2.7.2.3 การคอมไพล์โปรแกรม

การคอมไพล์โปรแกรมให้เลือกไปที่เมนู Build หรือที่ไอคอนบาร์ ทั้งนี้การคอมไพล์โปรแกรมใน AVR Studio สามารเลือกได้ 3 รูปแบบ คือ

- **การคอมไพล์โปรเจคไฟล์ (Build Active Configuration)**

การคอมไพล์ลักษณะนี้จะคอมไพล์ไฟล์ที่มีอยู่ในโปรเจ็กต์ทั้งหมดพร้อมกับสร้างไฟล์ทำงานหรือไฟล์นามสกุล HEX

- **การคอมไพล์โปรเจคไฟล์พร้อมกับทำงาน (Build and Run)**

การคอมไพล์ลักษณะนี้จะคอมไพล์ไฟล์ที่มีอยู่ในโปรเจ็กต์ทั้งหมดพร้อมกับสร้างไฟล์ทำงานและเข้าสู่โหมดการดีบักโปรแกรม

- **การคอมไพล์โปรเจคไฟล์ที่เปิดอยู่ (Compile Active file)**

การคอมไพล์ลักษณะนี้จะคอมไพล์ไฟล์ที่เปิดทำงานอยู่ในหน้าต่างปัจจุบันเท่านั้น

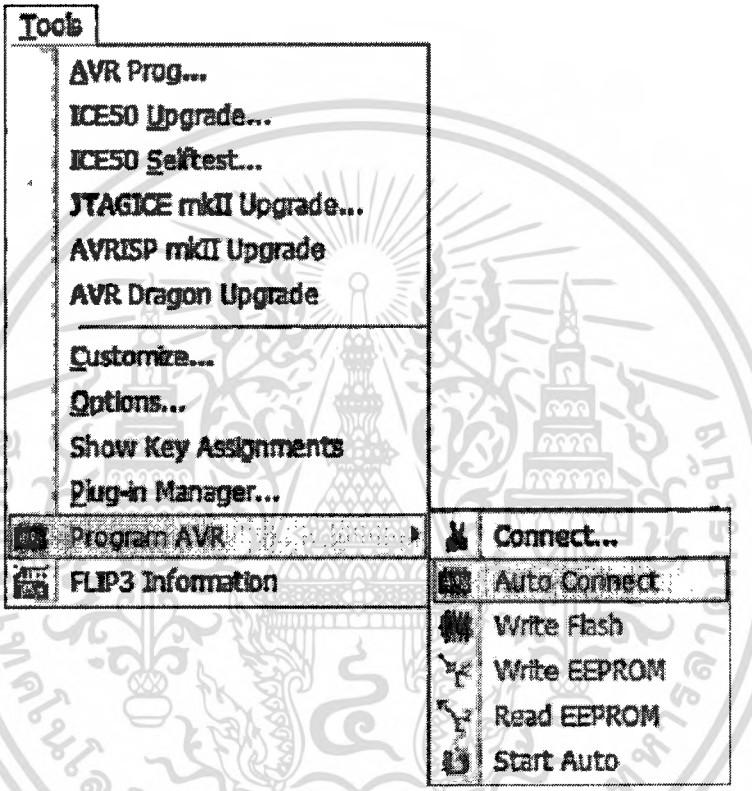
2.7.2.4 การโหลดโปรแกรมลงหน่วยความจำของชิป

เมื่อได้ไฟล์ทำงานหรือไฟล์นามสกุล HEX จากการ Build เรียบร้อยแล้ว สามารถนำไฟล์ดังกล่าวโหลดลงในหน่วยความจำของชิป โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- เชื่อมต่อบอร์ดทดลองเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านสายเชื่อมต่ออนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

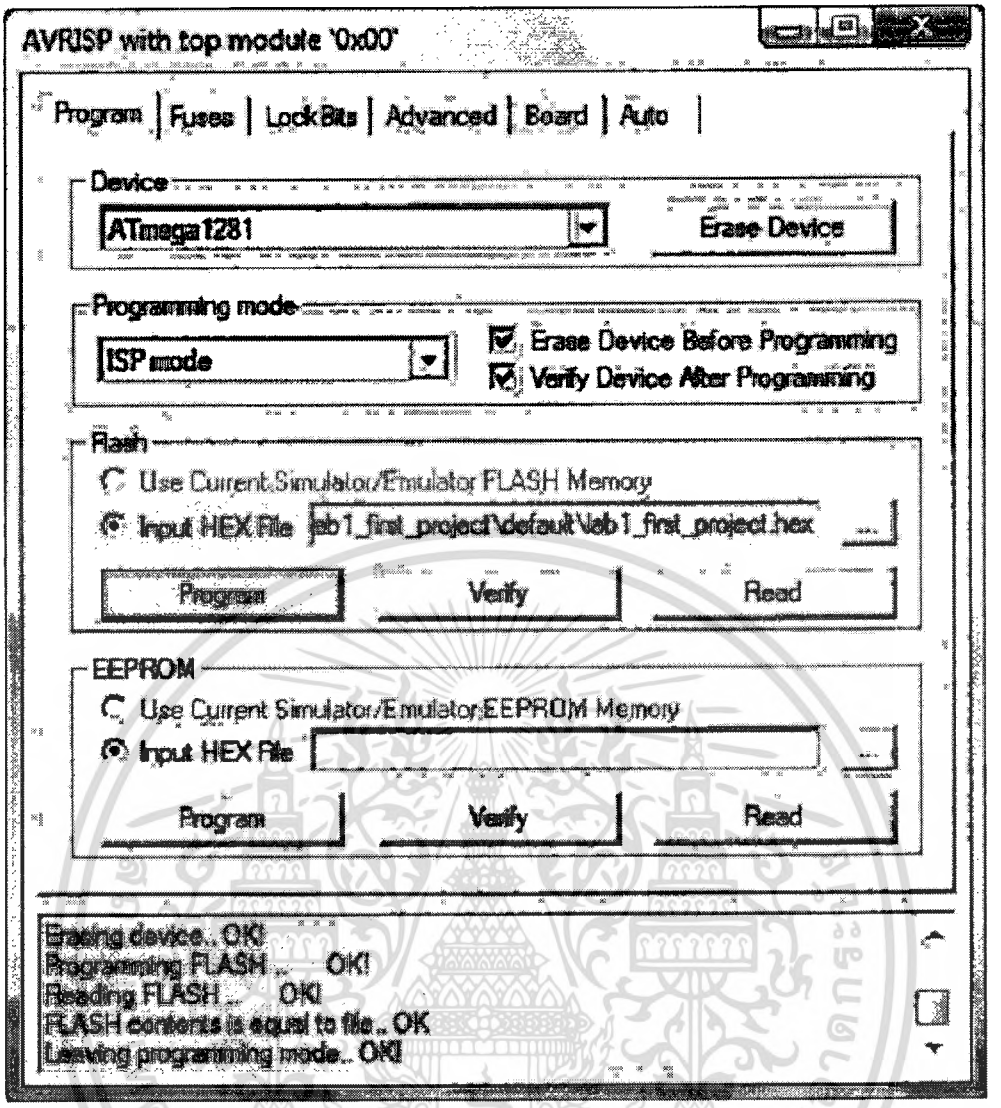
- กดปุ่ม PROG (SW1) บนบอร์ดทดลองค้างไว้ และกดปุ่ม RESET (SW2) หรือถอดแหล่งจ่ายไฟออก เมื่อปล่อยปุ่มRESET (SW2) หรือเสียบแหล่งจ่ายไฟ รอจนกว่าไฟ LED (D2) สีเขียวจะติด 1 ดวง จึงค่อยปล่อยปุ่ม PROG (SW1) เมื่อทำถึงขั้นตอนนี้บอร์ดทดลองจะอยู่ในสภาวะโปรแกรมโหมด สามารถที่จะโปรแกรมข้อมูลใหม่ได้
- กลับมาที่โปรแกรม AVR Studio เรียกใช้คำสั่ง Tool -> Program AVR -> Auto Connect ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 หน้าจอเรียกใช้คำสั่ง Auto Connect

- เลือก Input HEX file ที่ได้จากการ Build จากนั้นกดปุ่ม Program รอจนกระทั่งโปรแกรมเสร็จสิ้น หลังจากนั้นกดปุ่ม RESET (SW2) บนบอร์ดทดลองเพื่อให้โปรแกรมเริ่มทำงาน ดังรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 หน้าจอ AVR ISP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การศึกษาและวิเคราะห์ระบบงานปัจจุบัน

การวิเคราะห์ระบบปัจจุบันจะเป็นการศึกษาการทำงานและขั้นตอนการทำงานของระบบที่มีอยู่เดิมและวิเคราะห์ปัญหา ข้อจำกัดของระบบงานเดิมที่มีอยู่ในแต่ละแบบ เพื่อประเมินกับความต้องการของผู้ใช้ระบบ ซึ่งนำมาประกอบการวิเคราะห์และออกแบบระบบงานใหม่ให้บรรลุวัตถุประสงค์ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุด

โดยได้ทำการศึกษาเครื่องมือและระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำที่มีอยู่ในปัจจุบัน 2 ลักษณะ ได้แก่ การเฝ้าระวังโดยใช้เจ้าหน้าที่ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ และการเฝ้าระวังโดยใช้สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ

3.1 การเฝ้าระวังโดยใช้เจ้าหน้าในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

3.1.1 ลักษณะการทำงาน

การเฝ้าระวังโดยใช้เจ้าหน้าที่ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในระยะเริ่มต้นของการตรวจสอบคุณภาพน้ำ โดยต้องใช้บุคลากร เครื่องมือ ความเชี่ยวชาญในการตรวจวัด รวมถึงต้องกำหนดความถี่ในการตรวจวัด มีลำดับขั้นตอนการทำงาน โดยเริ่มจากการล่องเรือหรือเดินทางไปยังจุดที่ต้องการเก็บตัวอย่างหรือตรวจวัดคุณภาพน้ำ จากนั้นเริ่มทำการตรวจวัดโดยใช้วิธีทางเคมีหรือใช้เครื่องมือตรวจวัดเฉพาะค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ต้องการ และบันทึกผลการตรวจวัด [3]

3.1.2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ สามารถแบ่งประเภทของการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

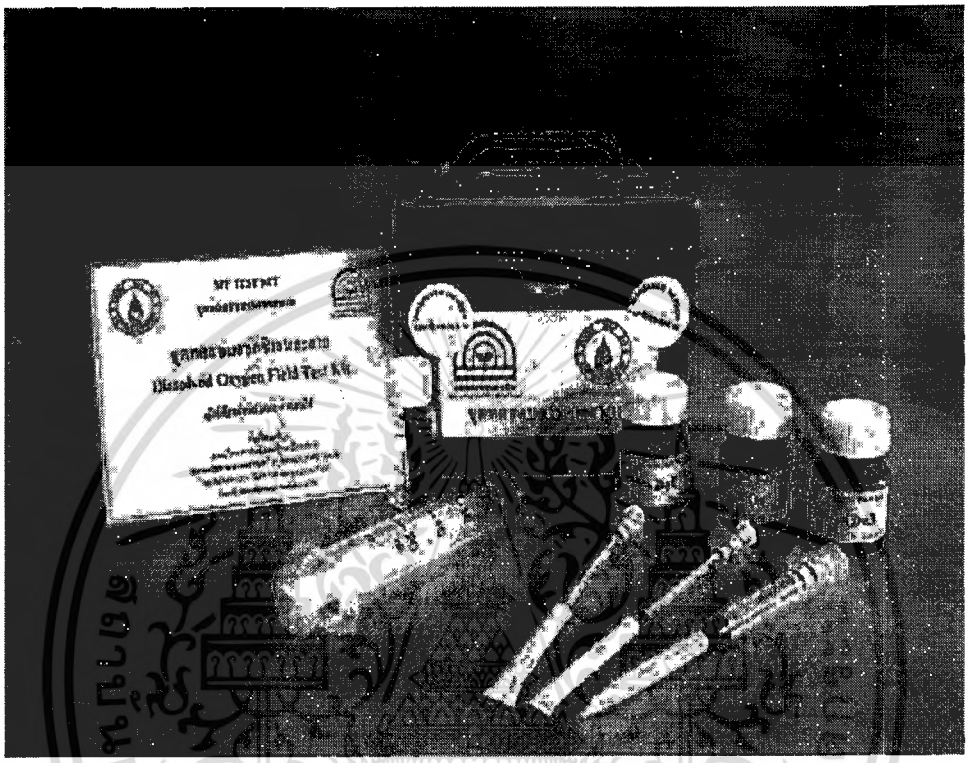
3.1.2.1 การวิเคราะห์ในเชิงคุณภาพ (Qualitative analysis) เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงชนิดของสารประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำ การวิเคราะห์ประเภทนี้ไม่คำนึงถึงปริมาณของสารประกอบต่าง ๆ ในน้ำ

3.1.2.2 การวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ (Quantitative analysis) เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงปริมาณของสารประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำ สามารถแบ่งวิธีการวิเคราะห์ตามหลักการที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้ ดังนี้

1) การวิเคราะห์ด้วยวิธีการไตเตรท (Titration method) โดยนำน้ำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์มาตรวจหาค่าปริมาณของตัวแปรคุณภาพน้ำที่สนใจ โดยการทำปฏิกริยาทางเคมี เพื่อให้ทราบปริมาตรของสารละลายมาตรฐานที่ใช้ วิธีการนี้จะทำการไตเตรทน้ำตัวอย่างไปจนกระทั่งถึงจุดยุติ (end point) โดยสังเกตุได้จากการเปลี่ยนสีของสารอินดิเคเตอร์ (indicator) ที่ใส่ลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยตั้งแต่เริ่มการไตเตรท ทำให้สามารถคำนวณปริมาณของตัวแปรคุณภาพน้ำได้ โดยการนำปริมาตรของสารละลายมาตรฐานที่ได้เมื่อการไตเตรทถึงจุดยุติมาคำนวณตามสูตรของตัวแปรหรือดัชนีคุณภาพน้ำแต่ละชนิด ตัวอย่างการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ใช้วิธีการไตเตรท เช่น ออกซิเจนละลายน้ำ ความกระด้าง เป็นต้น



รูปที่ 3.1 ชุดเครื่องมือทดสอบภาคสนามออกซิเจนละลายในน้ำ (คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล) [3]

2) การวิเคราะห์ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method) โดยนำน้ำตัวอย่างที่ต้องการทราบปริมาณไปผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง ตัวอยางที่ผ่านการกรองหรือตัวอย่างที่ไม่ต้องกรอง นำไปอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิตามที่กำหนด ผลจากการอบทำให้น้ำที่ปนอยู่ในสิ่งที่ต้องการทราบน้ำหนักก็จะระเหยออกไปจนหมด นำตัวอย่างที่นำเข้าไปอบให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น โดยเปรียบเทียบกับน้ำหนักที่ชั่งไว้ก่อน ตัวอย่างการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ใช้วิธีการนี้ เช่น ปริมาณสารแขวนลอย ปริมาณสารที่ตกตะกอนได้ เป็นต้น

3. การวิเคราะห์ด้วยวิธีการเทียบความเข้มของสี (Colormetric method) โดยนำน้ำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์มาตรวจหาค่าปริมาณของตัวแปรคุณภาพน้ำ โดยการทำให้เกิดสีในน้ำตัวอย่างด้วยการเติมสารเคมีที่จำเพาะลงไปตามวิธีการ ปฏิกริยาทางเคมี ที่เกิดขึ้นจะทำให้สารประกอบที่เป็นตัวแปรหรือดัชนีคุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงมีสีเกิดขึ้น โดยความเข้มของสีจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณสารที่มีในน้ำตัวอย่าง และนำไปตรวจวัดการดูดกลืนแสง เปรียบเทียบกับค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน ตัวอย่างการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ใช้วิธีการนี้ เช่น ไนเตรท ออร์โธฟอสเฟส เป็นต้น

4. การวิเคราะห์ด้วยวิธีการใช้เครื่องมือวัดที่จำเพาะเจาะจง ตัวแปรหรือดัชนีคุณภาพน้ำบางตัว สามารถรายงานค่าปริมาณเป็นตัวเลขได้โดยการตรวจวัดด้วยเครื่องมือตรวจวัดที่มีหัวตรวจวัด (probe) และมีมาตรวัด (scale) หรืออุปกรณ์ตรวจวัด (detector) ที่จำเพาะต่อคุณสมบัติทางเคมีหรือทางกายภาพบางอย่างของตัวแปรหรือดัชนีคุณภาพ ตัวอย่างการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ใช้วิธีการนี้ เช่น การวัดค่า pH ด้วยเครื่องวัด pH meter ออกซิเจนละลายน้ำด้วยเครื่องวัดออกซจน (DO meter) เป็นต้น ตัวอย่างเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำแบบพกพาแสดงดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบพกพา

3.2 การเฝ้าระวังโดยใช้สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ กรณีศึกษาที่ 1 ระบบงานต้นแบบตรวจสอบสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำ กระทรวงอุตสาหกรรม

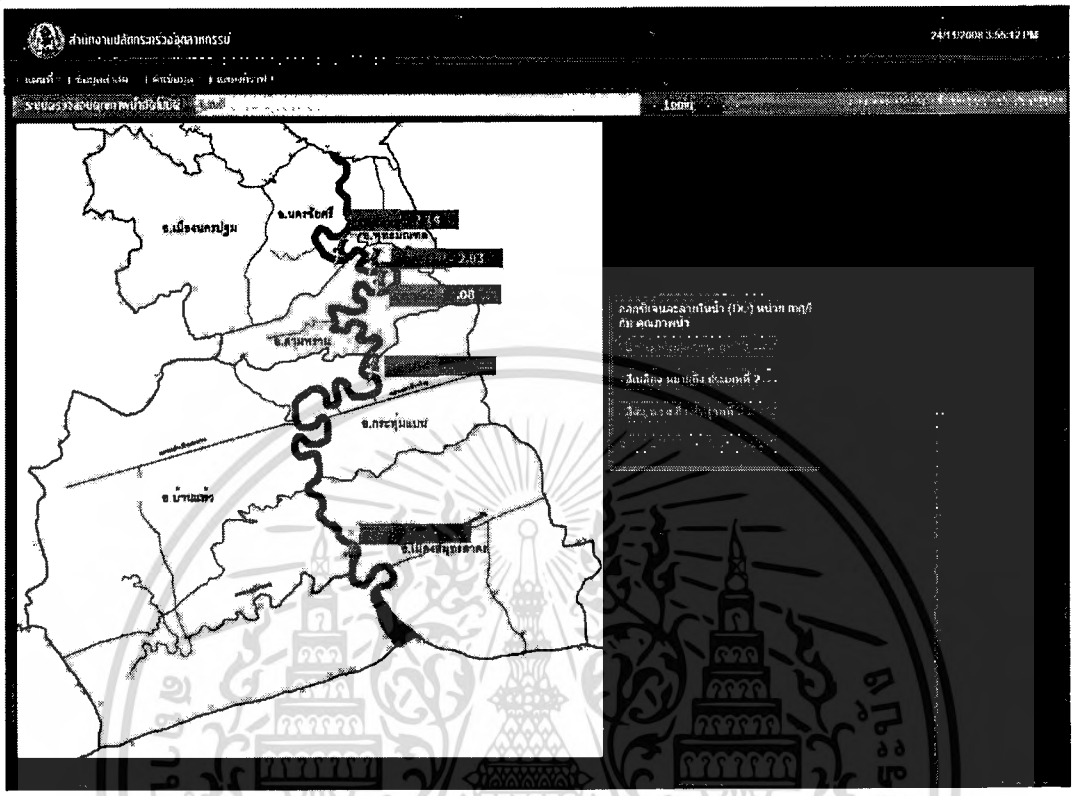
ระบบงานต้นแบบตรวจสอบสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำ ได้รับการออกแบบให้สามารถรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน ตามเวลาจริงผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยในการเข้าใช้งานระบบฯ ผู้ใช้จะต้องเข้าไปที่เว็บท่ากระทรวงอุตสาหกรรม (Web Portal) แล้วเลือกที่ระบบงานต้นแบบตรวจสอบสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำ ซึ่งภายในระบบงานนี้ ผู้ใช้จะสามารถเรียกดูข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ต้องการในแต่ละสถานี พร้อมทั้งสามารถเลือกรูปแบบการรายงานผลข้อมูลได้ทั้งแบบตาราง และแบบกราฟ ตามช่วงวัน เวลาที่ต้องการ โดยมีรายละเอียดดังนี้ [5]

3.2.1 การเข้าสู่ระบบ

ผู้เข้าใช้สามารถเข้าสู่ระบบได้โดยการเข้าไปที่เว็บท่าอุตสาหกรรม www.industry.go.th จากนั้นให้เลือกที่เมนู "โครงการสำคัญ" แล้วเลือก "โครงการสำรวจลุ่มน้ำ" ระบบจะแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าจอแผนที่รวมของแม่น้ำท่าจีน โดยในหน้าจอดังกล่าวจะแสดงจุดที่ตั้งของสถานีตรวจวัดจุดต่างๆ พร้อมทั้งแสดงปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ที่เป็นข้อมูลล่าสุดของแต่ละสถานี ดังรูปที่ 3.3

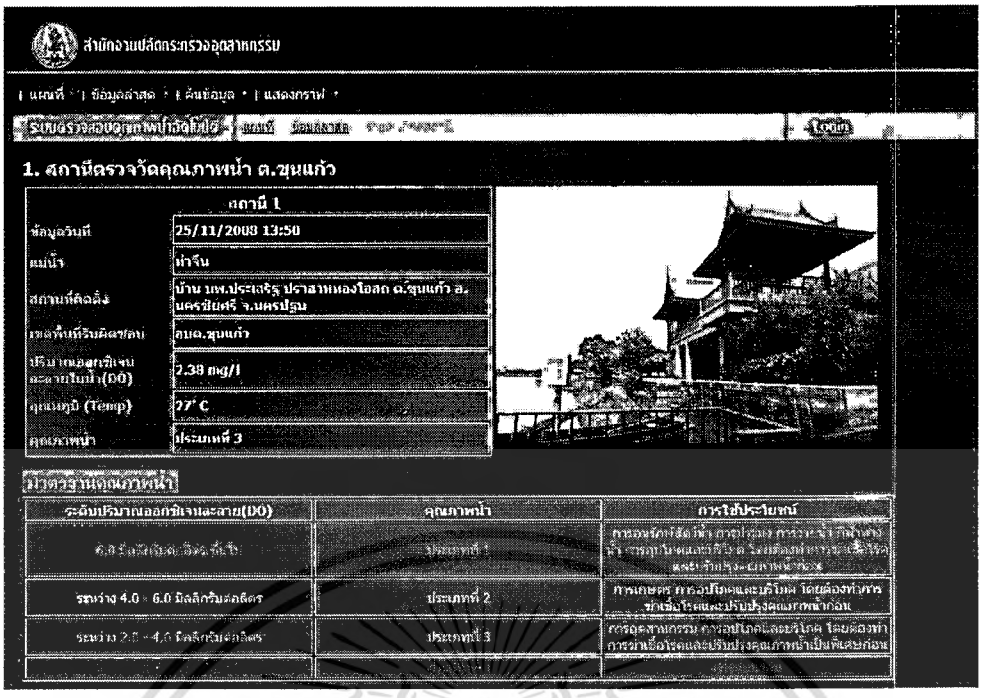


รูปที่ 3.3 หน้าจอแสดงจุดที่ตั้งของสถานีตรวจวัดจุดต่างๆ ของแม่น้ำท่าจีน

3.2.2 การดูข้อมูลล่าสุดของค่า DO และ Temp เป็นรายสถานี

การเรียกดูข้อมูลล่าสุดของค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) และอุณหภูมิ (Temp) เป็นรายสถานี สามารถทำได้โดยการคลิกที่สถานีที่ต้องการในหน้าแผนที่แสดงจุดที่ตั้งของสถานีตรวจวัด จากนั้นระบบจะแสดงหน้าจอสถานีตรวจวัดที่เลือก ดังรูปที่ 3.4 โดยภายในหน้าจอนี้จะมีรายละเอียดข้อมูลสถานที่ตั้งของสถานี ข้อมูลล่าสุดของค่า DO และ Temp พร้อมทั้งระบุค่าคุณภาพน้ำที่อิงตามเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อให้ทราบถึงสถานภาพของการนำน้ำไปใช้ประโยชน์

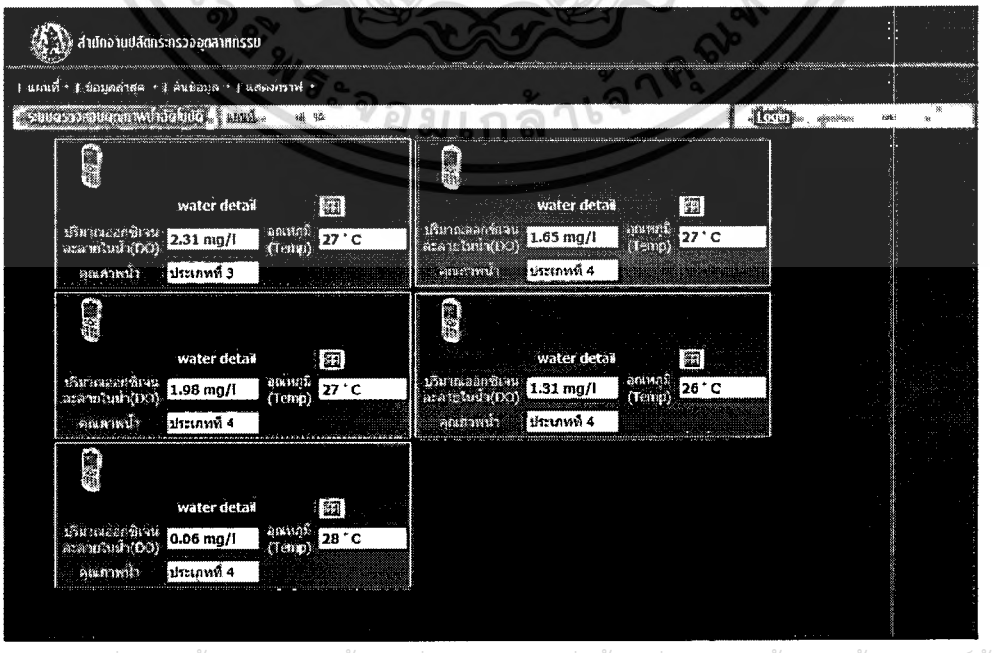
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 หน้าจอแสดงรายละเอียดข้อมูลคุณภาพน้ำเป็นรายสถานี

3.2.3 การดูข้อมูลล่าสุดของค่า DO และ Temp ในทุกสถานีพร้อมกัน

การเรียกดูข้อมูลล่าสุดของค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) และอุณหภูมิ (Temp) ในทุกสถานีพร้อมกัน สามารถทำได้โดยการคลิกที่เมนู “ข้อมูลล่าสุด” จากนั้นระบบจะแสดงหน้าจอข้อมูลล่าสุดของทุกสถานี ดังรูปที่ 3.5 และหากต้องการดูรายละเอียดในแต่ละสถานีอีกครั้งก็สามารถทำได้โดยการคลิกที่ปุ่ม ระบบจะแสดงหน้าจอแสดงรายละเอียดของสถานีที่เลือกอีกครั้ง ดังรูปที่ 3.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

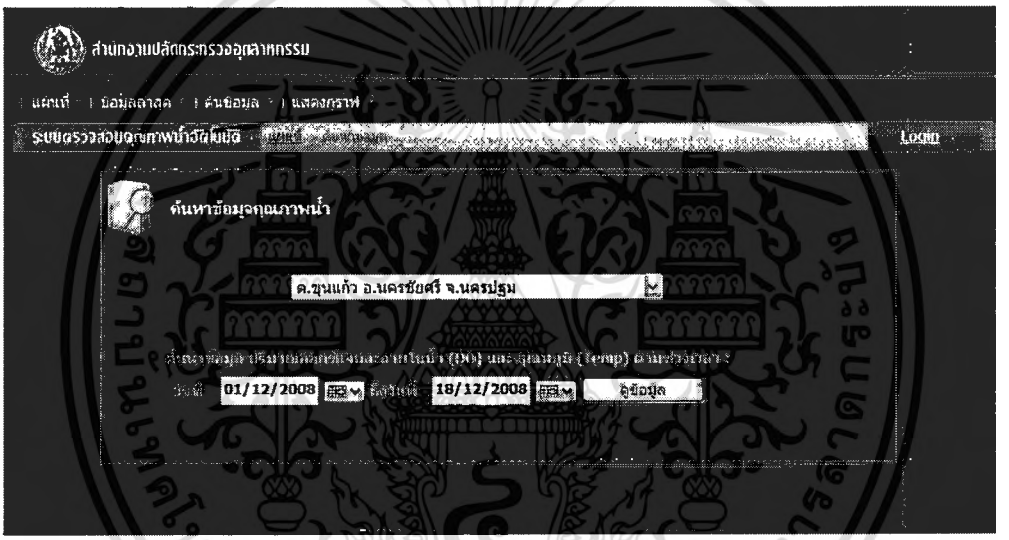
รูปที่ 3.5 หน้าจอแสดงข้อมูลล่าสุดของทุกสถานี

3.2.4 รายงานค่า DO และ Temp ตามช่วงเวลา ในแต่ละสถานีตรวจวัด (ในรูปแบบตาราง)

หากต้องการเรียกดูข้อมูลค่า DO และ Temp ตามช่วงเวลา ในแต่ละสถานีตรวจวัด สามารถทำได้โดยคลิกที่ปุ่ม "ค้นข้อมูล" จากนั้น ระบบจะเปิดหน้าจอค้นหาข้อมูลคุณภาพน้ำ เพื่อให้เลือกสถานี และช่วงเวลาที่ต้องการดูข้อมูล

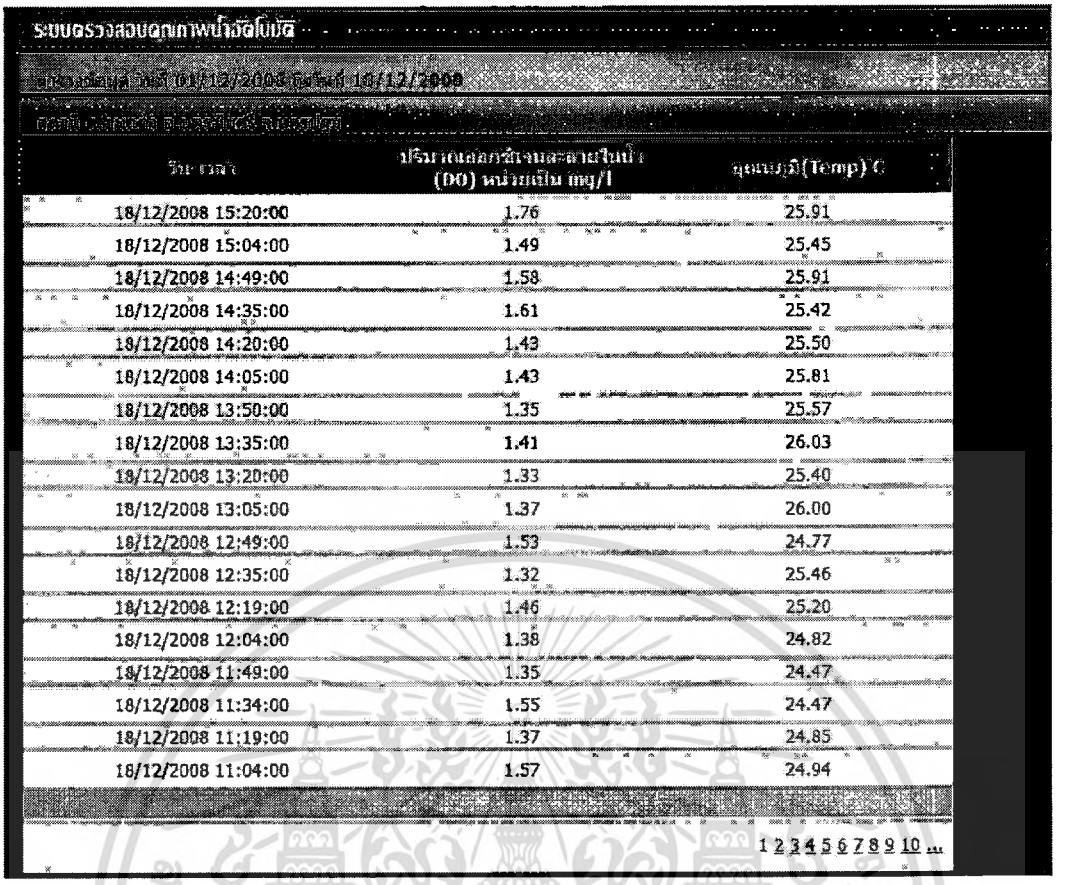
ตัวอย่างเช่น

ต้องการดูข้อมูลคุณภาพน้ำของสถานีตรวจวัด ต.ขุนแก้ว อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม ในช่วงเดือนธันวาคม 2551 สามารถทำได้โดยการเลือกสถานี และช่วงวันที่ที่ต้องการในหน้าจอค้นหาข้อมูล (รูปที่ 3.6) จากนั้นคลิกที่ปุ่ม ดูข้อมูล ระบบจะแสดงหน้าจอตารางข้อมูลคุณภาพน้ำในช่วงวันที่เลือก โดยการแสดงผลจะเรียงลำดับข้อมูลจากวัน เวลาล่าสุด ไปยังวัน เวลาก่อนหน้า ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.6 หน้าจอการค้นหาข้อมูลคุณภาพน้ำตามช่วงเวลา ในแต่ละสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ระบบตรวจสอบคุณภาพน้ำอัตโนมัติ

วัน-เวลา	ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) หน่วยเป็น mg/l	อุณหภูมิ(Temp) C
18/12/2008 15:20:00	1.76	25.91
18/12/2008 15:04:00	1.49	25.45
18/12/2008 14:49:00	1.58	25.91
18/12/2008 14:35:00	1.61	25.42
18/12/2008 14:20:00	1.48	25.50
18/12/2008 14:05:00	1.43	25.81
18/12/2008 13:50:00	1.35	25.57
18/12/2008 13:35:00	1.41	26.03
18/12/2008 13:20:00	1.33	25.40
18/12/2008 13:05:00	1.37	26.00
18/12/2008 12:49:00	1.53	24.77
18/12/2008 12:35:00	1.32	25.46
18/12/2008 12:19:00	1.46	25.20
18/12/2008 12:04:00	1.38	24.82
18/12/2008 11:49:00	1.35	24.47
18/12/2008 11:34:00	1.55	24.47
18/12/2008 11:19:00	1.37	24.85
18/12/2008 11:04:00	1.57	24.94

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...

รูปที่ 3.7 หน้าจอแสดงผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในรูปแบบตารางข้อมูล

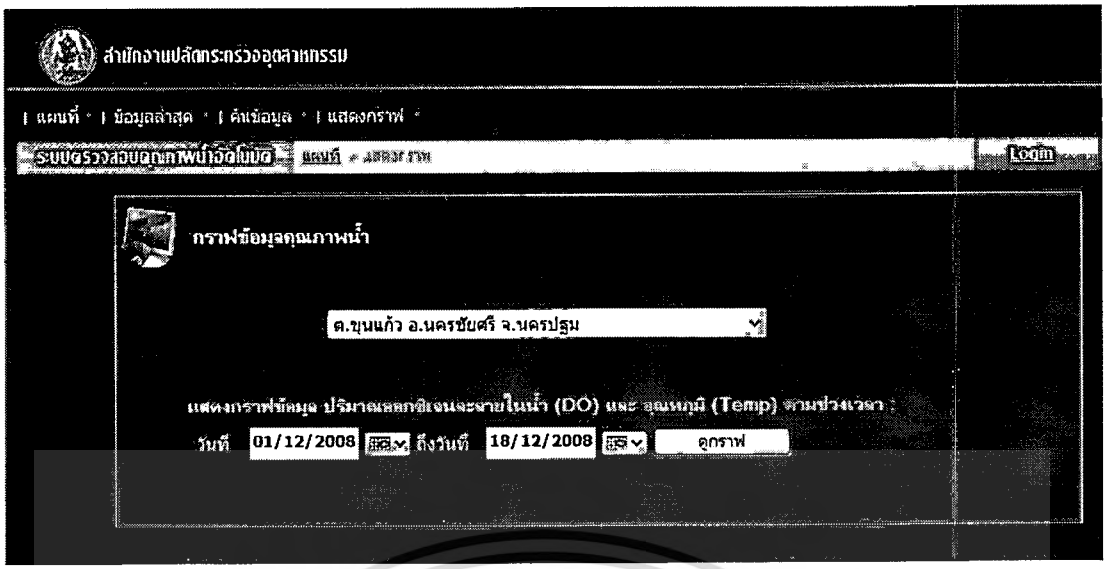
3.2.5 รายงานค่า DO และ Temp ตามช่วงเวลา ในแต่ละสถานีตรวจวัด (ในรูปแบบกราฟ)

หากต้องการให้ระบบนำเสนอรายงานผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในรูปแบบกราฟ ตามช่วงเวลา ในแต่ละสถานีตรวจวัด สามารถทำได้โดยคลิกที่ปุ่ม "แสดงกราฟ" ระบบจะเปิดหน้าจอค้นหากราฟข้อมูลคุณภาพน้ำ เพื่อให้เลือกสถานี และช่วงเวลาที่ต้องการดูข้อมูล

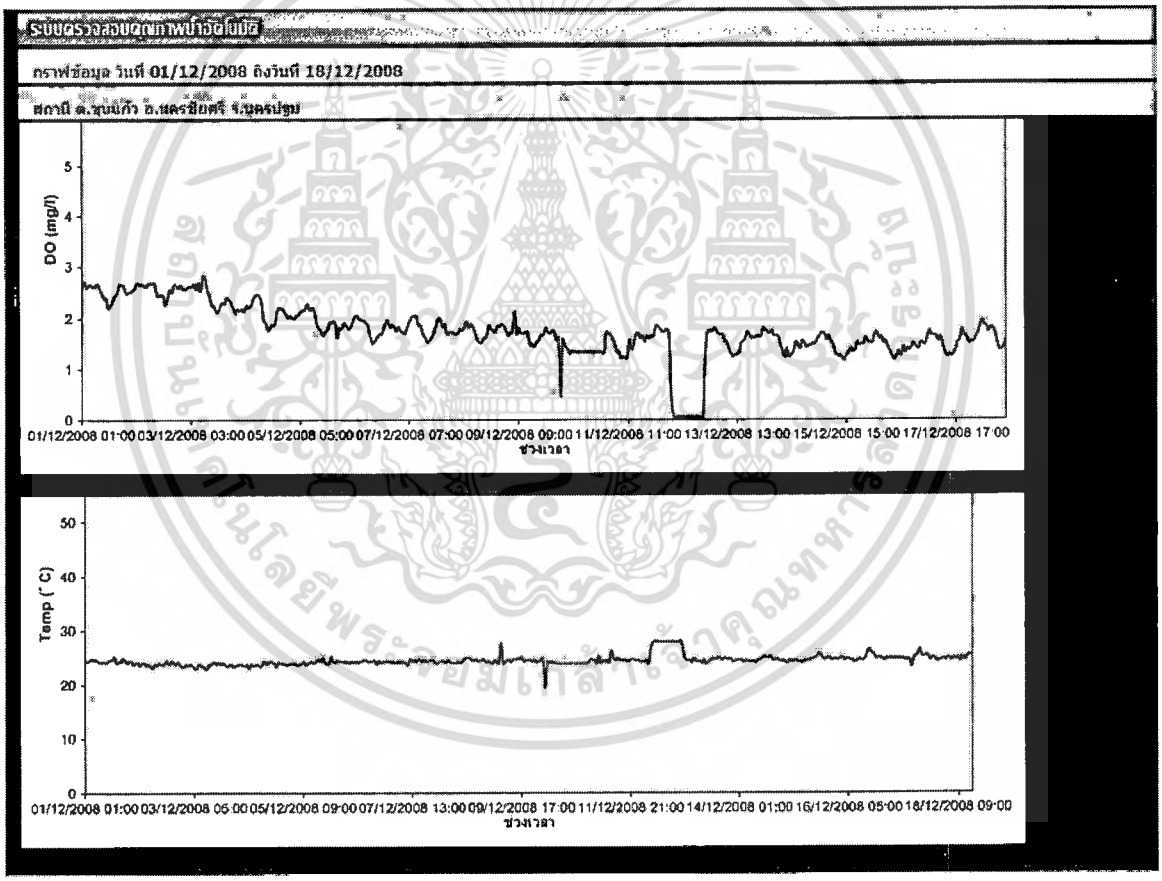
ตัวอย่างเช่น

ต้องการดูข้อมูลคุณภาพน้ำของสถานีตรวจวัด ต.ขุนแก้ว อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม ในช่วงเดือนธันวาคม 2551 ในรูปแบบกราฟ สามารถทำได้โดยการเลือกสถานี และช่วงวันที่ที่ต้องการในหน้าจอค้นหากราฟข้อมูล (รูปที่ 3.8) จากนั้นคลิกที่ปุ่ม ดูข้อมูล ระบบจะแสดงหน้าจอกราฟข้อมูลคุณภาพน้ำในช่วงวันที่เลือก โดยการแสดงผลจะแยกการนำเสนอออกเป็น 2 รูปแบบ โดยแบบแรกจะเป็นกราฟแสดงข้อมูลค่า DO ส่วนแบบที่สองจะเป็นกราฟแสดงข้อมูลค่า Temp ดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 หน้าจอการค้นหาข้อมูลคุณภาพน้ำตามช่วงเวลา ในแต่ละสถานี



รูปที่ 3.9 หน้าจอแสดงผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในรูปแบบกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

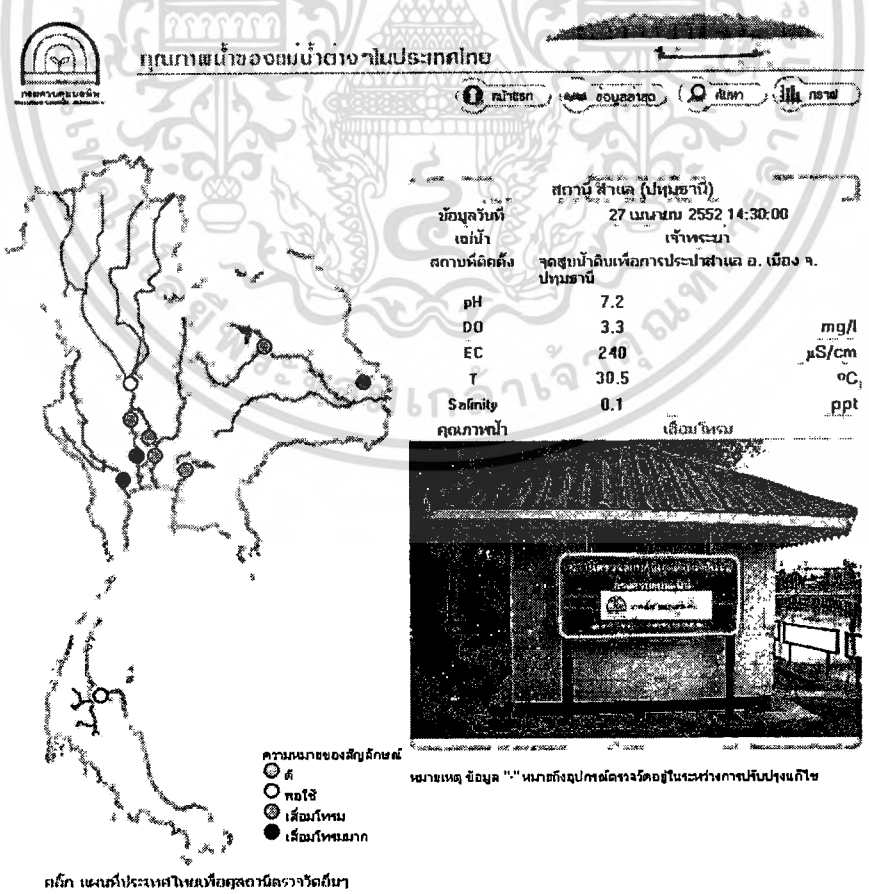
3.3 การเฝ้าระวังโดยใช้สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ กรณีศึกษาที่ 2

ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ดำเนินโครงการระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำตั้งแต่ปี พ.ศ.2548 โดยติดตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำพอง แม่น้ำมูล แม่น้ำตาปี-พุมดวง แม่น้ำชี และแม่น้ำป่าสัก รวมจำนวน 14 สถานี ภายในระบบงานนี้ ผู้ใช้จะสามารถเรียกดูข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ต้องการในแต่ละสถานี พร้อมทั้งสามารถเลือกรูปแบบการรายงานผลข้อมูลได้ทั้งแบบตาราง และแบบกราฟ ตามช่วงวัน เวลาที่ต้องการ โดยมีรายละเอียดดังนี้ [2]

3.3.1 การเข้าสู่ระบบ

ผู้เข้าใช้สามารถเข้าสู่ระบบได้โดยการเข้าไปที่เว็บโครงการระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ http://wqm.thaigov.net/ ระบบจะแสดงหน้าจอแผนที่รวมของแม่น้ำสายหลักและแสดงข้อมูลคุณภาพน้ำล่าสุดของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ พร้อมทั้งแสดงค่าดัชนีคุณภาพน้ำ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ความเป็นกรดด่าง (pH) ความนำไฟฟ้า (EC) อุณหภูมิ (^{o}C) และความเค็ม รายละเอียดดังรูปที่ 3.10

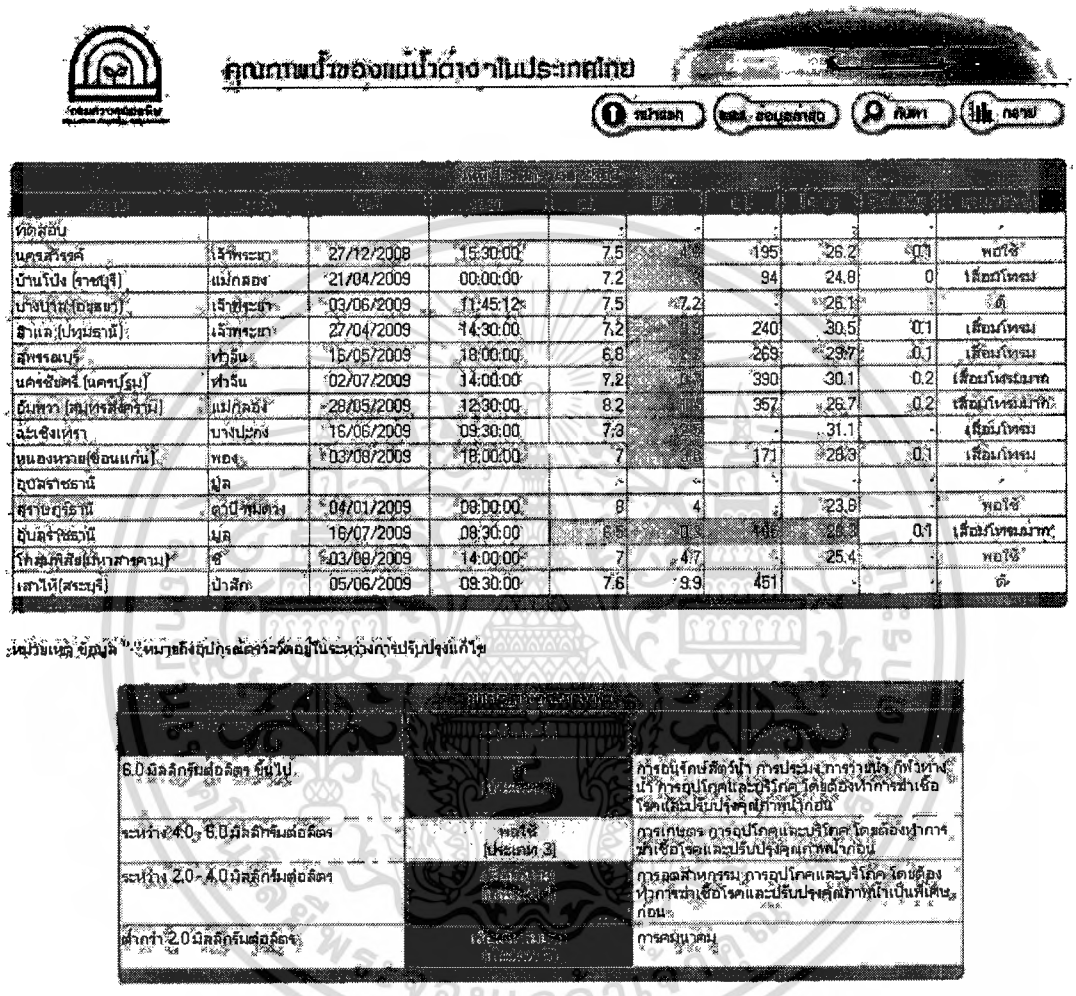


รูปที่ 3.10 หน้าจอหลักระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การข้อมูลดัชนีคุณภาพน้ำล่าสุด

การเรียกดูข้อมูลดัชนีคุณภาพน้ำล่าสุดของทุกสถานี สามารถทำได้โดยการคลิกที่เมนู "ข้อมูลล่าสุด" ระบบจะแสดงข้อมูลดัชนีคุณภาพน้ำล่าสุดของทุกสถานี โดยมีรายละเอียดชื่อสถานี แม่น้ำ วันที่เวลา ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ และระดับมาตรฐานคุณภาพน้ำ รายละเอียดดังรูปที่ 3.11



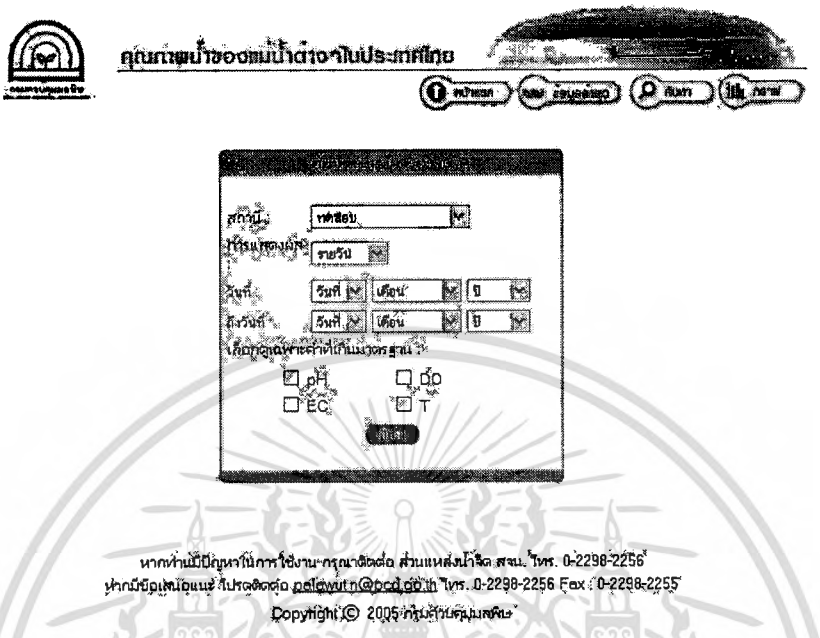
รูปที่ 3.11 หน้าจอแสดงผลข้อมูลดัชนีคุณภาพน้ำล่าสุด

3.3.3 ค้นหาข้อมูลการตรวจวัดในรูปแบบตาราง

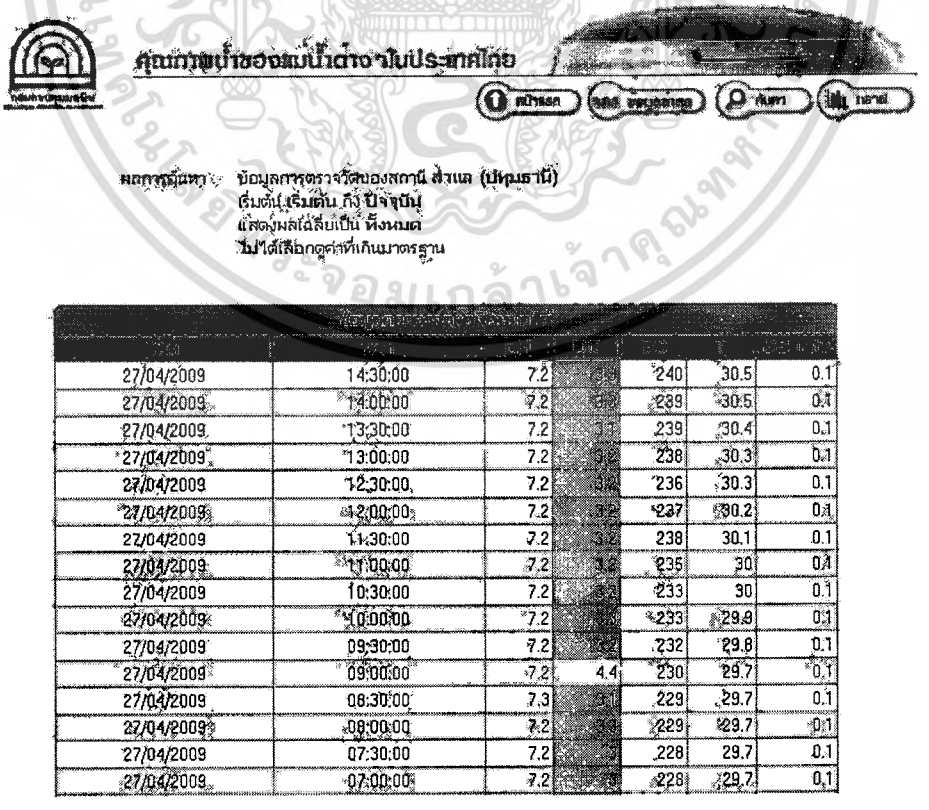
การสืบค้นข้อมูลดัชนีคุณภาพน้ำเพื่อทำการสืบค้นข้อมูลดัชนีคุณภาพน้ำของสถานีในช่วงเวลาที่กำหนด อีกทั้งยังสามารถระบุการพิจารณาค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่เกินมาตรฐาน ในการสืบค้นข้อมูลทำได้โดยการคลิกที่เมนู "ค้นหา" ระบบจะแสดงหน้าจอระบุเงื่อนไขในการสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยมีรายละเอียดชื่อสถานี การแสดงผล ช่วงวันที่ และดัชนีคุณภาพน้ำ รายละเอียดดังรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการระบุเงื่อนไขในการสืบค้นเรียบร้อยแล้ว จากนั้นคลิกที่ปุ่ม “ค้นหา” ค้นหา ระบบจะแสดงหน้าจอตารางข้อมูลคุณภาพน้ำในช่วงวันที่เลือก โดยการแสดงผลจะเรียงลำดับข้อมูลจากวัน เวลาล่าสุด ไปยังวันที่และเวลาก่อนหน้า ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 หน้าจอระบุเงื่อนไขในการสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำ



27/04/2009	14:30:00	7.2	3.9	240	30.5	0.1
27/04/2009	14:00:00	7.2	3.9	239	30.5	0.1
27/04/2009	13:30:00	7.2	3.9	239	30.4	0.1
27/04/2009	13:00:00	7.2	3.9	238	30.3	0.1
27/04/2009	12:30:00	7.2	3.9	236	30.3	0.1
27/04/2009	12:00:00	7.2	3.9	237	30.2	0.1
27/04/2009	11:30:00	7.2	3.9	238	30.1	0.1
27/04/2009	11:00:00	7.2	3.9	235	30	0.1
27/04/2009	10:30:00	7.2	3.9	233	30	0.1
27/04/2009	10:00:00	7.2	3.9	233	29.9	0.1
27/04/2009	09:30:00	7.2	3.9	232	29.8	0.1
27/04/2009	09:00:00	7.2	4.4	230	29.7	0.1
27/04/2009	08:30:00	7.3	3.9	229	29.7	0.1
27/04/2009	08:00:00	7.2	3.9	229	29.7	0.1
27/04/2009	07:30:00	7.2	3.9	228	29.7	0.1
27/04/2009	07:00:00	7.2	3.9	228	29.7	0.1

รูปที่ 3.13 หน้าจอผลการสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำในรูปแบบตารางข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ค้นหาข้อมูลการตรวจวัดในรูปแบบกราฟ

การสืบค้นข้อมูลดัชนีคุณภาพน้ำเพื่อทำการสืบค้นข้อมูลดัชนีคุณภาพน้ำของสถานีในช่วงเวลาที่กำหนด อีกทั้งยังสามารถระบุการพิจารณาค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ต้องการได้ ในการสืบค้นข้อมูลทำได้โดยการคลิกที่เมนู "กราฟ" ระบบจะแสดงหน้าจอระบุเงื่อนไขในการสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยมีรายละเอียดชื่อสถานี การแสดงผล ช่วงวันที่ และดัชนีคุณภาพน้ำ รายละเอียดดังรูปที่ 3.12 เช่นเดียวกับการค้นหาข้อมูลการตรวจวัดในรูปแบบตาราง

เมื่อทำการระบุเงื่อนไขในการสืบค้นเรียบร้อยแล้ว จากนั้นคลิกที่ปุ่ม "ค้นหา" ระบบจะแสดงหน้าจอกราฟข้อมูลคุณภาพน้ำในช่วงวันที่เลือก โดยการแสดงผลจะเรียงลำดับข้อมูลจากวัน เวลาล่าสุด ไปยังวันที่และเวลาก่อนหน้า

3.4 ปัญหาและข้อจำกัดของระบบงานปัจจุบัน

จากการศึกษาระบบงานที่มีอยู่ของการติดตามเฝ้าระวังคุณภาพน้ำทั้ง 2 ลักษณะ คือ การเฝ้าระวังโดยใช้เจ้าหน้าที่ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ และการเฝ้าระวังโดยใช้สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ พบปัญหาซึ่งสรุปได้ดังนี้

3.4.1 การเฝ้าระวังโดยใช้เจ้าหน้าที่ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

1. หากใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมี เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานต้องเตรียมเครื่องมือสารเคมี รวมทั้งต้องมีความเชี่ยวชาญในการวิเคราะห์เฉพาะทาง
2. หากใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมี ดัชนีคุณภาพน้ำหลายดัชนีจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ความสกปรกในรูปบีโอดี (BOD) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (fecal coliform bacteria) เป็นต้น
3. จำนวนบุคลากรไม่เพียงพอต่อการเฝ้าระวังคุณภาพหลายๆ จุดตลอดแม่น้ำ หรือในหลายๆ แม่น้ำในช่วงเวลาเดียวกันได้
4. มีข้อจำกัดในเรื่องความถี่ในการตรวจวัด และมีค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานสูง
5. มีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดในขั้นตอนการปฏิบัติงาน ได้แก่ เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติงานหรือบันทึกผลผิดพลาด เอกสารบันทึกข้อมูลชำรุดหรือสูญหาย

3.4.2 การเฝ้าระวังโดยใช้สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

1. ไม่สามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้จากเครือข่ายระยะไกลได้
2. ไม่สามารถปรับแต่งค่าตัวแปรต่างๆ ของสถานีได้จากเครือข่ายระยะไกลได้
3. ระบบปัจจุบันมีค่าใช้จ่ายสูงในการจัดหาและบำรุงรักษา ทำให้ต้องใช้งบประมาณสูงในหากต้องการวางสถานีตรวจวัดให้ครอบคลุมทุกจุด (ความละเอียดของข้อมูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การวิเคราะห์และออกแบบระบบใหม่

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบระบบใหม่ โดยมุ่งเน้นเพื่อแก้ปัญหาและข้อจำกัดของระบบปัจจุบันให้ระบบมีความสามารถตอบสนองความต้องการ เช่น สามารถตรวจสอบสถานะการทำงาน และการปรับแต่งค่าตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้จากเครือข่ายระยะไกล เป็นต้น อีกทั้งสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจัดหาและบำรุงรักษาระบบ ในการศึกษาประกอบไปด้วย การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ การออกแบบระบบใหม่โดยใช้ยูเอ็มแอล (UML) สถาปัตยกรรมระบบและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ เพื่อนำมาสร้างระบบใหม่ซึ่งจะช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากระบบงานเดิม และเพิ่มประสิทธิภาพในติดตามเฝ้าระวังคุณภาพน้ำให้ดียิ่งขึ้น

4.1 การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้

การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ เป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญในการออกแบบระบบงานใหม่ โดยใช้ภาษา UML (Unified Modeling Language) ในการอธิบายและแสดงรายละเอียดในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ เป็นระบบต้นแบบในการตรวจวัดดัชนีคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ โดยมีความถี่ในการตรวจวัดและส่งข้อมูลตามค่าที่กำหนดไว้ ข้อมูลคุณภาพน้ำจะถูกส่งข้อมูลจากระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำผ่านระบบการติดต่อสื่อสารไร้สายไปยังเครื่องแม่ข่าย เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลลงในระบบฐานข้อมูล และสามารถนำเสนอผลการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำผ่านอินเทอร์เน็ต

เป็นระบบที่สามารถตรวจสอบสถานะการทำงาน และปรับแต่งตัวแปรต่างๆ เช่น ค่าความถี่ในการอ่านและส่งข้อมูล ชื่อและหมายเลขสถานี และตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้จากเครือข่ายระยะไกลได้ เป็นต้น

ทั้งนี้ จากภาพรวมของระบบสามารถแบ่งส่วนของระบบออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

1. ส่วนระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ มีหน้าที่เฝ้าระวังและตรวจสอบคุณภาพน้ำตามหัววัดที่ได้ติดตั้ง พร้อมทั้งส่งข้อมูลมายังแม่ข่ายส่วนกลาง
2. ส่วนระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง มีหน้าที่รับและแสดงผลข้อมูลคุณภาพน้ำผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 แบบจำลองความต้องการระบบ

การวิเคราะห์ยูสเคสไดอะแกรมของระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ โดยใช้ตารางเหตุการณ์ (Event table) เพื่อแสดงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับระบบ ผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบ และการตอบสนองของระบบ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางเหตุการณ์ระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ

No.	Event	Event type	Source	Use Case	Response	Destination
1.	ผู้ใช้งานเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน	External event	User, Admin	เรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน	แสดงข้อมูลคุณภาพน้ำล่าสุดที่ถูกจัดเก็บในฐานข้อมูล	User, Admin
2.	ผู้ใช้งานเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลัง	External event	User, Admin	เรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลัง	แสดงข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลังตามช่วงเวลาที่กำหนด	User, Admin
3.	เมื่อถึงช่วงเวลาที่กำหนดในการอ่านค่าดัชนีคุณภาพน้ำ	Temporal event		ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำอ่านค่าดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ ตามหัวเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งไว้	ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
4.	ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำตรวจสอบเริ่มต้นการเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่าย	State event	ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำเปิดการเชื่อมต่อ	สถานะการเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่าย	ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
5.	ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำทำการส่งข้อมูล	State event	ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	ส่งข้อมูลจากภาคสนาม	ส่งค่าดัชนีคุณภาพน้ำและ Error log	ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

No.	Event	Event type	Source	Use Case	Response	Destination
6.	เมื่อระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำไม่สามารถเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่ายได้	State event	ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	บันทึกข้อผิดพลาด	- บันทึกค่าดัชนีคุณภาพน้ำลงในบัฟเฟอร์ - บันทึกข้อผิดพลาดจากการเชื่อมต่อ	ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
7.	เมื่อระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำต้องการบันทึกค่าดัชนีคุณภาพน้ำลงในบัฟเฟอร์	State event	ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	บันทึกค่าดัชนีคุณภาพน้ำลงในบัฟเฟอร์	- จัดรูปแบบข้อมูล - บันทึกข้อมูลลงในบัฟเฟอร์	ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
8.	เมื่อระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำต้องการบันทึกข้อผิดพลาด	State event	ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	บันทึกข้อผิดพลาด	- จัดรูปแบบข้อผิดพลาด - บันทึกข้อผิดพลาดลงในบัฟเฟอร์	ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
9.	ผู้ดูแลระบบร้องขอเชื่อมต่อกับระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	External event	Admin	ร้องขอเชื่อมต่อกับระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	สถานการณ์เชื่อมต่อ	ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
10.	เมื่อผู้ดูแลระบบตรวจสอบสิทธิเพื่อเข้าสู่ระบบ (Login)	External event	Admin	ตรวจสอบสิทธิเพื่อเข้าสู่ระบบ(Login)	ผลการตรวจสอบสิทธิการเข้าสู่ระบบ	Admin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

No.	Event	Event type	Source	Use Case	Response	Destination
11.	ผู้ดูแลระบบเรียกดูสถานะของระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	External event	Admin	เรียกดูสถานะของระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	สถานะการทำงานของระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	Admin
12.	ผู้ดูแลระบบเรียกดูค่า Config ของระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	External event	Admin	เรียกดูค่า Config ของระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	ค่า Config ของระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	Admin
13.	เมื่อระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้รับการร้องขอข้อมูลค่า Config	Internal event		ส่งค่า Config ของระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	ค่า Config ของระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	Admin
14.	ผู้ดูแลระบบแก้ไขค่า Config ของระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	External event	Admin	แก้ไขค่า Config ของระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	ผลการแก้ไขค่า Config ของระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
15.	เมื่อระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้รับการร้องขอแก้ไขข้อมูลค่า Config	Internal event		บันทึกค่า Config ของระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	ผลการแก้ไขค่า Config ของระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	Admin

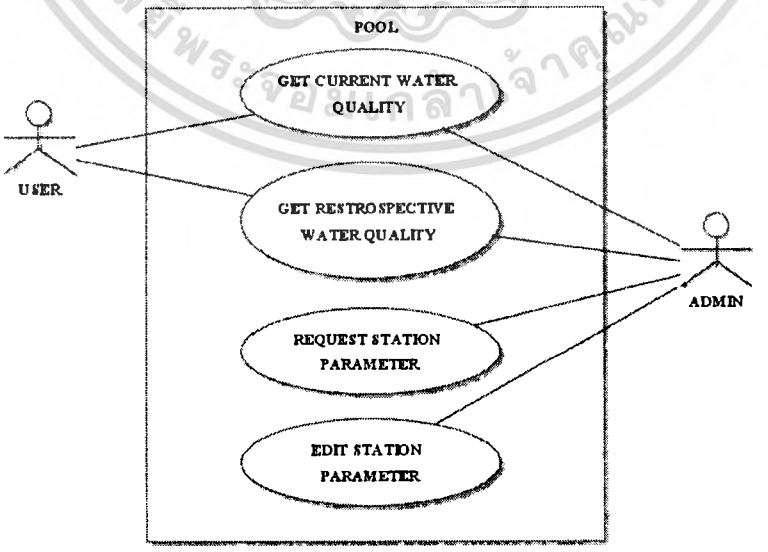
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

No.	Event	Event type	Source	Use Case	Response	Destination
16.	ระบบรับข้อมูลคุณภาพน้ำจากระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	Internal event	ระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	รับข้อมูลคุณภาพน้ำ	สถานะการรับข้อมูล	
17.	ระบบตรวจสอบรูปแบบข้อมูลคุณภาพน้ำ	Internal event		ตรวจสอบรูปแบบข้อมูล	ผลการตรวจสอบรูปแบบข้อมูล	
18.	ระบบนำเข้าข้อมูลคุณภาพน้ำสู่ฐานข้อมูล	Internal event		นำเข้าข้อมูลคุณภาพน้ำสู่ฐานข้อมูล	ผลการนำเข้าข้อมูล	

4.1.2 ยูสเคสไดอะแกรม

ผลการวิเคราะห์ยูสเคสของระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในระดับมุมมองของผู้ใช้ประกอบด้วย แอคเตอร์ จำนวน 2 แอคเตอร์ คือ USER และ ADMIN และประกอบด้วย ยูสเคสหลักจำนวน 4 ยูสเคส โดยสามารถแบ่งยูสเคสออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มการใช้งานระบบและกลุ่มบริหารจัดการระบบ รายละเอียดดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ยูสเคสของระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในระดับมุมมองของผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 เป็นยูสเคสไดอะแกรมในระดับผู้พัฒนาระบบสามารถอธิบายรายละเอียดบทบาทของแอคเตอร์ทั้ง 4 ได้ดังนี้

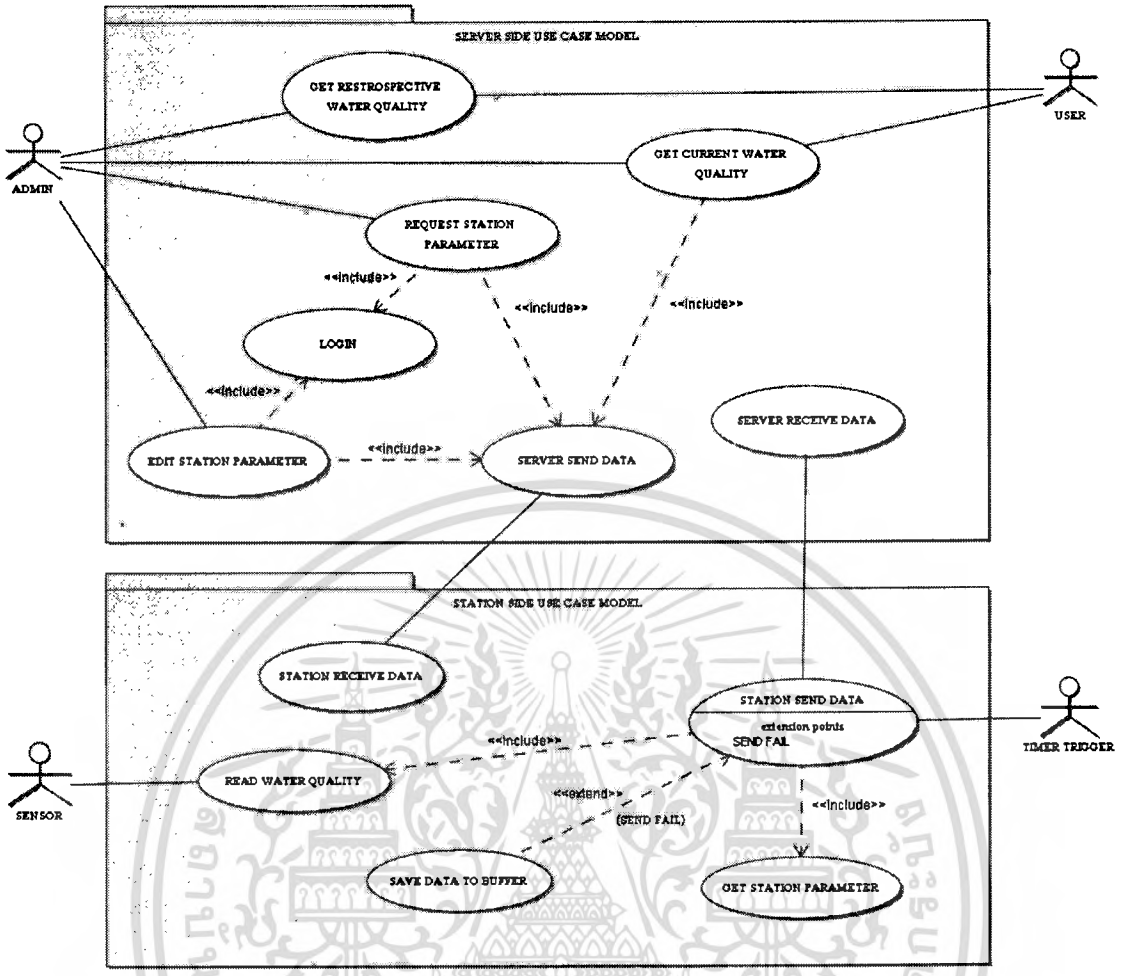
1. USER มีบทบาทเป็นผู้ใช้งานระบบที่เรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำ ได้แก่ หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง นักวิชาการ นักศึกษา ประชาชนทั่วไป
2. ADMIN มีบทบาทเป็นผู้ดูแลระบบ มีหน้าที่ตั้งค่าตัวแปรต่างๆของระบบ รวมทั้งตรวจสอบและติดตามสถานะการทำงานของระบบ
3. TIMER TRIGER มีบทบาทเป็นตัวกระตุ้นการทำงานในการอ่านค่าดัชนีคุณภาพน้ำตามช่วงเวลาที่กำหนด
4. SENSOR มีบทบาทเป็นระบบภายนอกที่ทำหน้าที่ส่งค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดได้เข้าสู่ระบบ

ยูสเคสไดอะแกรมในระดับผู้พัฒนาระบบดังรูปที่ 4.2 สามารถแบ่งส่วนการทำงานออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 กลุ่มยูสเคสระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ เป็นการทำงานของระบบฝังตัวที่ควบคุมการอ่านข้อมูลคุณภาพน้ำจากหัวอ่านและส่งข้อมูลผ่านระบบการสื่อสารไร้สายมายังระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง และส่วนที่ 2 กลุ่มยูสเคสระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง เป็นการทำงานรับและแสดงผลข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยรองรับการใช้งานของผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบ สรุปยูสเคสไดอะแกรมในระดับผู้พัฒนาระบบมีจำนวนยูสเคส 7 และ 5 ยูสเคสตามลำดับ รวมทั้งสิ้น 12 ยูสเคส ทั้งนี้สามารถแสดงคำอธิบายยูสเคสของแต่ละกลุ่มได้ดังตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 คำอธิบายยูสเคสระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ลำดับ	ชื่อยูสเคส	คำอธิบาย
1	Station receive data	เป็นกระบวนการรับข้อมูลจากระบบ และทำการประมวลผล
2	Station send data	เป็นกระบวนการส่งข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำไปยังระบบ
3	Get station parameter	เป็นกระบวนการเรียกดูค่าตัวแปรต่างๆ ภายในของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
4	Save data to buffer	เป็นกระบวนการบันทึกข้อมูลค่าดัชนีคุณภาพน้ำลงในบัฟเฟอร์ของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
5	Read water quality	เป็นกระบวนการอ่านค่าดัชนีคุณภาพน้ำจากหัววัด (Sensor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ยูสเคสของระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในระดับมุมมองผู้พัฒนาระบบ

ตารางที่ 4.3 คำอธิบายยูสเคสระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง

ลำดับ	ชื่อยูสเคส	คำอธิบาย
1	Get current water quality	เป็นกิจกรรมในการที่ผู้ใช้งานเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบันจากระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ โดยระบบจะทำการสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูลและแสดงข้อมูลคุณภาพน้ำผ่านเว็บเพจ
2	Get retrospective water quality	เป็นกิจกรรมในการที่ผู้ใช้งานเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลัง โดยระบบจะทำการสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูลตามเงื่อนไขช่วงวันที่ในการสืบค้นข้อมูลและแสดงข้อมูลคุณภาพน้ำผ่านเว็บเพจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อยูสเคส	คำอธิบาย
3	Request station parameter	เป็นกิจกรรมในการที่ผู้ดูแลระบบใช้เรียกดูค่าตัวแปรต่างๆ จากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ต้องการและระบบแสดงค่าตัวแปรต่างๆ ของสถานี
4	Edit station parameter	เป็นกิจกรรมในการที่ผู้ดูแลระบบแก้ไขค่าตัวแปรต่างๆ ของระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ และระบบบันทึกค่าตัวแปรดังกล่าว
5	Server send data	เป็นกระบวนการส่งข้อมูลจากระบบไปยังสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ต้องการ
6	Server receive data	เป็นกระบวนการรับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำเข้าสู่ระบบ
7	Login	เป็นกระบวนการตรวจสอบตัวตนและสิทธิการเข้าใช้งานของผู้ใช้งานระบบ

ภายหลังจากแสดงส่วนประกอบของยูสเคสไดอะแกรม คือ แอกเตอร์และยูสเคสแล้ว ในส่วนของรายละเอียดของขั้นตอนการทำงานแต่ละยูสเคส อธิบายในตารางที่ 4.4 - 4.7 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 คำอธิบายยูสเคส Get current water quality

Water Quality Monitoring System			
Author(s) :	Chalermpong	Date :	July 1, 2009
		Version :	1.0
Use Case Name :	Get current water quality	Use Case Type	
Use Case ID :	01	Business	☑
Priority :	High	Requirement :	☑
Source	USER , ADMIN	System Analysis :	
Primary Business Actor :	USER		
Primary System Actor :	ADMIN		
Other Participating Actors :			
Other Interested Stakeholders :			
Description :	ยูสเคสนี้แสดงถึงกิจกรรมในการที่ผู้ใช้งานเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบันจากระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ โดยระบบจะทำการร้องขอข้อมูลไปยังสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ต้องการและแสดงข้อมูลคุณภาพน้ำผ่านเว็บเพจ		
Precondition :	กำหนดสถานีตรวจตรวจวัดคุณภาพน้ำ		
Trigger :	ผู้ใช้งานใช้คำสั่งเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน		
Relationships :	Association : - Include : Station send data Extend : - Generalization : -		
Typical Course of Events :	Actor Action	System Response	
	ขั้นตอนที่ 1 : ผู้ใช้งานใช้คำสั่งเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน	ขั้นตอนที่ 2 : ระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลางเรียกค้นข้อมูลคุณภาพน้ำจากฐานข้อมูล ขั้นตอนที่ 3 : ระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลางแสดงผลข้อมูลคุณภาพน้ำผ่านเว็บเพจ	
Alternate Course :	- ถ้าไม่สามารถทำการเชื่อมต่อฐานข้อมูลได้ หรือไม่พบข้อมูลคุณภาพน้ำ ให้แสดงข้อผิดพลาดแจ้งแก่ผู้ใช้		
Conclusion :	ยูสเคสนี้แสดงถึงกิจกรรมในการที่ผู้ใช้งานเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน ครอบคลุมขั้นตอนการใช้คำสั่งจนกระทั่งแสดงข้อมูลคุณภาพน้ำผ่านเว็บเพจ		
Post condition :	ข้อมูลคุณภาพน้ำถูกแสดงผ่านเว็บเพจ		
Business Rules :	-		
Implementation Constraints and Specification :			
Assumptions :			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 คำอธิบายยูสเคส Get retrospective water quality

Water Quality Monitoring System			
Author(s) :	Chalermpong	Date :	July 1, 2009
		Version :	1.0
Use Case Name :	Get retrospective water quality	Use Case Type	
Use Case ID :	02	Business	☑
Priority :	High	Requirement :	☑
Source	USER , ADMIN	System Analysis :	
Primary Business Actor :	USER		
Primary System Actor :	ADMIN		
Other Participating Actors :			
Other Interested Stakeholders :			
Description :	ยูสเคสนี้แสดงถึงกิจกรรมในการที่ผู้ใช้งานเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลัง โดยระบบจะทำการสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูลตามเงื่อนไขช่วงวันที่ในการสืบค้นข้อมูลและแสดงข้อมูลคุณภาพน้ำผ่านเว็บเพจ		
Precondition :	เงื่อนไขช่วงวันที่ในการสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำ และกำหนดสถานีตรวจตรวจวัดคุณภาพน้ำ		
Trigger :			
Relationships :	Association : - Include : - Extend : - Generalization : -		
Typical Course of Events :	Actor Action	System Response	
	ขั้นตอนที่ 1 : ผู้ใช้งานใช้คำสั่งเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลัง	ขั้นตอนที่ 2 : ระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลางเรียกค้นข้อมูลคุณภาพน้ำจากฐานข้อมูลตามเงื่อนไขช่วงวันที่ในการสืบค้นข้อมูล ขั้นตอนที่ 3 : ระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลางแสดงผลข้อมูลคุณภาพน้ำผ่านเว็บเพจ	
Alternate Course :	- ถ้าไม่สามารถทำการเชื่อมต่อฐานข้อมูลได้ หรือไม่พบข้อมูลคุณภาพน้ำ ให้แสดงข้อผิดพลาดแจ้งแก่ผู้ใช้ทราบ		
Conclusion :	ยูสเคสนี้แสดงถึงกิจกรรมในการที่ผู้ใช้งานเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลัง ครอบคลุมขั้นตอนการใช้คำสั่งจนกระทั่งแสดงข้อมูลคุณภาพน้ำผ่านเว็บเพจ		
Post condition :	ข้อมูลคุณภาพน้ำถูกแสดงผ่านเว็บเพจ		
Business Rules :			
Implementation Constraints and Specification :			
Assumptions :			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 คำอธิบายยูสเคส Request station parameter

Water Quality Monitoring System			
Author(s) :	Chalermpong	Date :	July 1, 2009
		Version :	1.0
Use Case Name :	Request station parameter	Use Case Type	
Use Case ID :	03	Business ☑	
Priority :	High	Requirement : ☑	
Source	ADMIN	System Analysis :	
Primary Business Actor :	ADMIN		
Primary System Actor :			
Other Participating Actors :			
Other Interested Stakeholders :			
Description :	ยูสเคสนี้แสดงถึงกิจกรรมในการที่ผู้ดูแลระบบใช้เรียกดูค่าตัวแปรต่างๆ จากระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ต้องการ และระบบแสดงค่าตัวแปรต่างๆ ของสถานี		
Precondition :	ผู้ดูแลระบบต้องกำหนดสถานีตรวจตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ต้องการเรียกดูค่าตัวแปรต่างๆ		
Trigger :			
Relationships :	Association : - Include : Station send data Extend : - Generalization : -		
Typical Course of Events :	Actor Action	System Response	
	ขั้นตอนที่ 1 : ผู้ดูแลใช้คำสั่งเรียกดูค่าตัวแปรต่างๆ จากระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ต้องการ	**ขั้นตอนที่ 2 :** ระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลางทำการเชื่อมต่อการสื่อสารและร้องขอข้อมูลตัวแปร ของระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ **ขั้นตอนที่ 3 :** สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำส่งข้อมูลตัวแปรมายังระบบบริการแม่ข่าย **ขั้นตอนที่ 4 :** ระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลางแสดงผลข้อมูลตัวแปรของระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	
Alternate Course :	- ถ้าระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง ไม่สามารถติดต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ต้องการได้ ให้แสดงข้อผิดพลาดแจ้งแก่ผู้ดูแลทราบ		
Conclusion :	ยูสเคสนี้แสดงถึงกิจกรรมในการที่ผู้ใช้งานเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลัง ครอบคลุมขั้นตอนการใช้คำสั่งจนกระทั่งแสดงข้อมูลคุณภาพน้ำผ่านเว็บเพจ		
Post condition :	ระบบแสดงค่าตัวแปรต่างๆ ของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ		
Business Rules :			
Implementation Constraints and Specification :			
Assumptions :			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 คำอธิบายยูสเคส Edit station parameter

Water Quality Monitoring System			
Author(s) :	Chalermpong	Date :	July 1, 2009
		Version :	1.0
Use Case Name :	Edit station parameter	Use Case Type	
Use Case ID :	04	Business	☑
Priority :	High	Requirement :	☑
Source	ADMIN	System Analysis :	
Primary Business Actor :	ADMIN		
Primary System Actor :			
Other Participating Actors :			
Other Interested Stakeholders :			
Description :	ยูสเคสนี้แสดงถึงกิจกรรมในการที่ผู้ดูแลระบบแก้ไขค่าตัวแปรต่างๆ ของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ และระบบบันทึกค่าตัวแปรดังกล่าว		
Precondition :	ผู้ดูแลระบบต้องกำหนดสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ต้องการแก้ค่าตัวแปรต่างๆ		
Trigger :			
Relationships :	Association : - Include : Station send data Extend : - Generalization : -		
Typical Course of Events :	Actor Action	System Response	
	ขั้นตอนที่ 1 : ผู้ดูแลแก้ไขค่าตัวแปรต่างๆ และบันทึกการเปลี่ยนแปลงลงในระบบ	ขั้นตอนที่ 2 : ระบบตรวจสอบความถูกต้องของตัวแปรต่าง ขั้นตอนที่ 3 : ระบบบันทึกการเปลี่ยนแปลง ขั้นตอนที่ 4 : ระบบแสดงผลลัพธ์การบันทึก	
Alternate Course :	- ในกระบวนการตรวจสอบ ถ้าระบบพบความผิดพลาดในการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ให้ระบบแสดงข้อผิดพลาดแจ้งแก่ผู้ดูแลทราบ - ถ้าระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง ไม่สามารถติดต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ต้องการได้ ให้ระบบแสดงข้อผิดพลาดแจ้งแก่ผู้ดูแลทราบ - ถ้าสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำไม่สามารถบันทำการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต่างๆ ได้ ให้ระบบแสดงข้อผิดพลาดแจ้งแก่ผู้ดูแลทราบ		
Conclusion :	ยูสเคสนี้แสดงถึงกิจกรรมในการที่ผู้ดูแลระบบแก้ไขค่าตัวแปรต่างๆ ของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำครอบคลุมขั้นตอนการบันทึกการแก้ไขจนกระทั่งแสดงผลลัพธ์การบันทึกการเปลี่ยนแปลง		
Post condition :	สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำบันทึกค่าตัวแปรต่างๆ ตามที่ได้รับการร้องขอแก้ไขข้อมูล		
Business Rules :			
Implementation Constraints and Specification :			
Assumptions :			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 คำอธิบายยูสเคส Server send data

Water Quality Monitoring System			
Author(s) :	Chalermpong	Date :	July 1, 2009
		Version :	1.0
Use Case Name :	Server send data	Use Case Type	
Use Case ID :	05	Business	☑
Priority :	High	Requirement :	☑
Source	ยูสเคสที่เรียกใช้งาน	System Analysis :	
Primary Business Actor :			
Primary System Actor :	ยูสเคสที่เรียกใช้งาน		
Other Participating Actors :			
Other Interested Stakeholders :			
Description :	ยูสเคสนี้แสดงถึงกิจกรรมในการส่งข้อมูลจากระบบไปยังสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ ข้อมูลที่จัดส่งได้แก่ คำสั่งเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน คำสั่งเรียกดู หรือแก้ไขค่าตัวแปรต่างๆ ของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ		
Precondition :	กำหนดสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำปลายทางที่ต้องการส่งข้อมูลไปถึง		
Trigger :			
Relationships :	Association : - Include : - Extend : - Generalization : -		
Typical Course of Events :	Actor Action	System Response	
	ขั้นตอนที่ 1 : กำหนดค่าสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำปลายทาง และข้อมูลคำสั่ง	ขั้นตอนที่ 2 : ระบบตรวจสอบความถูกต้องของตัวแปรต่าง ขั้นตอนที่ 3 : ระบบทำการส่งข้อมูล ขั้นตอนที่ 4 : คืนค่าผลลัพธ์การส่งข้อมูล	
Alternate Course :	- ในกระบวนการตรวจสอบ ถ้าระบบพบความผิดพลาดในการกำหนดค่าสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำปลายทางที่ต้องการส่งข้อมูล ให้ระบบแสดงข้อผิดพลาด - ถ้าระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง ไม่สามารถติดต่อกับระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ต้องการได้ ให้ระบบแสดงข้อผิดพลาด - ถ้าระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำไม่สามารถบันทำการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต่างๆ ได้ ให้ระบบแสดงข้อผิดพลาด		
Conclusion :	ระบบสามารถส่งข้อมูลให้กับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้เสร็จสมบูรณ์		
Post condition :	การส่งข้อมูลจากระบบไปยังสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำเสร็จสมบูรณ์		
Business Rules :			
Implementation Constraints and Specification :			
Assumptions :			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 คำอธิบายยูสเคส Server receive data

Water Quality Monitoring System			
Author(s) :	Chalermpong	Date :	July 1, 2009
		Version :	1.0
Use Case Name :	Server receive data	Use Case Type	
Use Case ID :	06	Business	☑
Priority :	High	Requirement :	☑
Source	สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	System Analysis :	
Primary Business Actor :			
Primary System Actor :	สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ		
Other Participating Actors :			
Other Interested Stakeholders :			
Description :	ยูสเคสนี้แสดงถึงกิจกรรมในการรับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำเข้าสู่ระบบ ได้แก่ ข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน ข้อมูลค่าตัวแปรต่างๆ ของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ		
Precondition :			
Trigger :			
Relationships :	Association : - Include : - Extend : - Generalization : -		
Typical Course of Events :	Actor Action	System Response	
	ขั้นตอนที่ 1 : ส่งข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำปลายทาง	ขั้นตอนที่ 2 : ระบบตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ขั้นตอนที่ 3 : ประมวลผลข้อมูล ขั้นตอนที่ 4 : ระบบแสดงผลลัพธ์ข้อมูล	
Alternate Course :	- ในกระบวนการตรวจสอบรูปแบบข้อมูล ถ้าระบบพบความผิดพลาด ให้ระบบแสดงข้อผิดพลาด - ถ้าข้อมูลที่ได้รับเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน ระบบแสดงผลข้อมูลคุณภาพน้ำ - ถ้าข้อมูลที่ได้รับเป็นข้อมูลค่าตัวแปรต่างของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ ระบบแสดงผลค่าตัวแปร		
Conclusion :	ระบบสามารถรับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้เสร็จสมบูรณ์		
Post condition :			
Business Rules :			
Implementation Constraints and Specification :			
Assumptions :			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 คำอธิบายยูสเคส Login

Water Quality Monitoring System			
Author(s) :	Chalermpong	Date :	July 1, 2009
		Version :	1.0
Use Case Name :	Login	Use Case Type	
Use Case ID :	07	Business ☑	
Priority :	Normal	Requirement : ☑	
Source	ยูสเคสที่เรียกใช้งาน	System Analysis :	
Primary Business Actor :			
Primary System Actor :	ยูสเคสที่เรียกใช้งาน		
Other Participating Actors :			
Other Interested Stakeholders :			
Description :	ยูสเคสนี้แสดงถึงกิจกรรมในการตรวจสอบสิทธิ์การเข้าใช้ระบบในส่วนของผู้ดูแลระบบ		
Precondition :			
Trigger :			
Relationships :	Association : - Include : - Extend : - Generalization : -		
Typical Course of Events :	Actor Action	System Response	
	ขั้นตอนที่ 1 : รับข้อมูลชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่าน	ขั้นตอนที่ 2 : ระบบตรวจสอบสิทธิ์ของผู้ใช้งานระบบ ขั้นตอนที่ 3 : หากมีสิทธิ์ใช้งานระบบ เข้าสู่หน้าจอเมนูของผู้ดูแลระบบ	
Alternate Course :	- ตรวจสอบความครบถ้วนของชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่าน ถ้าระบบพบความผิดพลาด ให้ระบบแสดงข้อผิดพลาด - ถ้าไม่ผ่านตรวจสอบสิทธิ์ ระบบแสดงผลการตรวจสอบสิทธิ์		
Conclusion :	ยูสเคสนี้แสดงถึงกิจกรรมในการตรวจสอบสิทธิ์การเข้าใช้ระบบในส่วนของผู้ดูแลระบบ		
Post condition :	ระบบแสดงผลการตรวจสอบสิทธิ์ที่หน้าเว็บเพจ		
Business Rules :			
Implementation Constraints and Specification :			
Assumptions :			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 คำอธิบายยูสเคส Station receive data

Water Quality Monitoring System			
Author(s) :	Chalermpong	Date :	July 1, 2009
		Version :	1.0
Use Case Name :	Station receive data	Use Case Type	
Use Case ID :	08	Business	☑
Priority :	High	Requirement :	☑
Source	ระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง	System Analysis :	
Primary Business Actor :			
Primary System Actor :	ระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง		
Other Participating Actors :			
Other Interested Stakeholders :			
Description :	ยูสเคสนี้แสดงถึงกิจกรรมในการรับข้อมูลจากระบบ ได้แก่ คำร้องขอข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน คำร้องขอข้อมูลค่าตัวแปรต่างๆ ของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ เป็นต้น		
Precondition :			
Trigger :			
Relationships :	Association : Server send data Include : - Extend : - Generalization : -		
Typical Course of Events :	Actor Action	System Response	
	ขั้นตอนที่ 1 : รับข้อมูลจากระบบ	**ขั้นตอนที่ 2 :** ตรวจสอบรูปแบบข้อมูลที่ได้รับ **ขั้นตอนที่ 3 :** ประมวลผลและส่งผลลัพธ์	
Alternate Course :	- ในกระบวนการตรวจสอบรูปแบบข้อมูลที่ได้รับ ถ้าพบความผิดพลาด จัดส่งข้อผิดพลาด		
Conclusion :	สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้รับข้อมูลจากระบบ ได้แก่ คำร้องขอข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน คำร้องขอข้อมูลค่าตัวแปรต่างๆ ของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ เป็นต้น		
Post condition :	สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้รับข้อมูลตามรูปแบบข้อมูลที่ถูกต้อง		
Business Rules :			
Implementation Constraints and Specification :			
Assumptions :			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 คำอธิบายยูสเคส Station send data

Water Quality Monitoring System			
Author(s) :	Chalermpong	Date :	July 1, 2009
		Version :	1.0
Use Case Name :	Station send data	Use Case Type	
Use Case ID :	09	Business ☑	
Priority :	High	Requirement : ☑	
Source		System Analysis :	
Primary Business Actor :	Timer trigger		
Primary System Actor :			
Other Participating Actors :			
Other Interested Stakeholders :			
Description :	ยูสเคสนี้แสดงถึงกิจกรรมในการส่งข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำไปยังระบบ ได้แก่ ขอข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน ขอข้อมูลค่าตัวแปรต่างๆ ของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ เป็นต้น		
Precondition :			
Trigger :			
Relationships :	Association : Server receive data Include : Get station parameter Extend : Save data to buffer Generalization : -		
Typical Course of Events :	Actor Action	System Response	
	ขั้นตอนที่ 1 : เมื่อถึงช่วงเวลาในการส่งข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	ขั้นตอนที่ 2 : จัดรูปแบบข้อมูลที่ต้องการส่ง ขั้นตอนที่ 3 : ประมวลผลและส่งข้อมูล	
Alternate Course :	- หากกระบวนส่งข้อมูลไม่สำเร็จ จะทำการบันทึกข้อมูลหรือข้อผิดพลาดลงในบัฟเฟอร์		
Conclusion :	สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำส่งข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำไปยังระบบ ได้แก่ ขอข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน ขอข้อมูลค่าตัวแปรต่างๆ ของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ เป็นต้น		
Post condition :	สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำส่งข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำไปยังระบบเสร็จสมบูรณ์		
Business Rules :			
Implementation Constraints and Specification :			
Assumptions :			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 คำอธิบายยูสเคส Get station parameter

Water Quality Monitoring System			
Author(s) :	Chalermpong	Date :	July 1, 2009
		Version :	1.0
Use Case Name :	Get station parameter	Use Case Type	
Use Case ID :	10	Business	☑
Priority :	Normal	Requirement :	☑
Source	ยูสเคสที่เรียกใช้งาน	System Analysis :	
Primary Business Actor :			
Primary System Actor :	ยูสเคสที่เรียกใช้งาน		
Other Participating Actors :			
Other Interested Stakeholders :			
Description :	ยูสเคสนี้แสดงถึงกิจกรรมในการร้องขอรายละเอียดข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ		
Precondition :			
Trigger :			
Relationships :	Association : Station send data Include : - Extend : - Generalization : -		
Typical Course of Events :	Actor Action	System Response	
	ขั้นตอนที่ 1 : ร้องขอข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	ขั้นตอนที่ 2 : เข้าถึงข้อมูลตัวแปร ขั้นตอนที่ 3 : คืนค่าข้อมูลแก่ยูสเคสที่เรียกใช้	
Alternate Course :	- หากกระบวนส่งข้อมูลไม่สำเร็จ จะทำการคืนค่าตัวแปรเป็นค่าว่าง		
Conclusion :	สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำสามารถเข้าถึงข้อมูลตัวแปรและคืนค่าแก่ยูสเคสที่เรียกใช้		
Post condition :	สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำสามารถคืนค่าข้อมูลตัวแปรเสร็จสมบูรณ์		
Business Rules :			
Implementation Constraints and Specification :			
Assumptions :			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 คำอธิบายยูสเคส Save data to buffer

Water Quality Monitoring System			
Author(s) :	Chalermpong	Date :	July 1, 2009
		Version :	1.0
Use Case Name :	Save data to buffer	Use Case Type	
Use Case ID :	11	Business	☑
Priority :	Normal	Requirement :	☑
Source	ยูสเคสที่เรียกใช้งาน	System Analysis :	
Primary Business Actor :			
Primary System Actor :	ยูสเคสที่เรียกใช้งาน		
Other Participating Actors :			
Other Interested Stakeholders :			
Description :	ยูสเคสนี้แสดงถึงกิจกรรมในการบันทึกข้อมูลหรือข้อผิดพลาดลงในบัฟเฟอร์ของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ		
Precondition :			
Trigger :			
Relationships :	Association : Station send data Include : - Extend : - Generalization : -		
Typical Course of Events :	Actor Action	System Response	
	ขั้นตอนที่ 1 : ร้องขอการบันทึกข้อมูลหรือข้อผิดพลาดลงในบัฟเฟอร์	ขั้นตอนที่ 2 : จัดเตรียมรูปแบบข้อมูล ขั้นตอนที่ 3 : บันทึกข้อมูลลงในบัฟเฟอร์	
Alternate Course :	- หากกระบวนส่งข้อมูลไม่สำเร็จ จะทำการยกเลิกการบันทึกข้อมูล		
Conclusion :	สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำบันทึกข้อมูลหรือข้อผิดพลาดลงในบัฟเฟอร์		
Post condition :	ข้อมูลหรือข้อผิดพลาดถูกบันทึกลงในบัฟเฟอร์ได้อย่างสมบูรณ์		
Business Rules :			
Implementation Constraints and Specification :			
Assumptions :			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 คำอธิบายยูสเคส Read water quality

Water Quality Monitoring System			
Author(s) :	Chalermpong	Date :	July 1, 2009
		Version :	1.0
Use Case Name :	Read water quality	Use Case Type Business ☑ Requirement : ☑ System Analysis :	
Use Case ID :	12		
Priority :	Normal		
Source	ยูสเคส Station send data		
Primary Business Actor :			
Primary System Actor :	ยูสเคส Station send data		
Other Participating Actors :			
Other Interested Stakeholders :			
Description :	ยูสเคสนี้แสดงถึงกิจกรรมในการอ่านข้อมูลดัชนีคุณภาพน้ำจากหัววัด (Sensor)		
Precondition :			
Trigger :			
Relationships :	Association : Station send data Include : - Extend : - Generalization : -		
Typical Course of Events :	Actor Action	System Response	
	ขั้นตอนที่ 1 : ร้องขอการอ่านข้อมูลดัชนีคุณภาพน้ำจากหัววัด	**ขั้นตอนที่ 2 :** อ่านค่าจากหัววัดดัชนีคุณภาพน้ำ **ขั้นตอนที่ 3 :** ส่งคืนค่าดัชนีคุณภาพน้ำ	
Alternate Course :	- หากกระบวนส่งข้อมูลไม่สำเร็จ จะทำการคืนค่าว่าง		
Conclusion :	สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำอ่านข้อมูลดัชนีคุณภาพน้ำจากหัววัด (Sensor)		
Post condition :	ส่งคืนค่าดัชนีคุณภาพน้ำให้กับยูสเคส Station send data		
Business Rules :			
Implementation Constraints and Specification :			
Assumptions :			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 แผนภาพกิจกรรม (Activity diagram)

แผนภาพกิจกรรมเป็นแผนแสดงลำดับ กิจกรรมของการทำงาน(Work Flow) สามารถแสดงทางเลือกที่เกิดขึ้นได้ โดยแสดงขั้นตอนการทำงานในการปฏิบัติการ ประกอบไปด้วยสถานะต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน และผลจากการทำงานในขั้นตอนต่างๆ

4.2.1 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Get current water quality

รายละเอียดขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.3

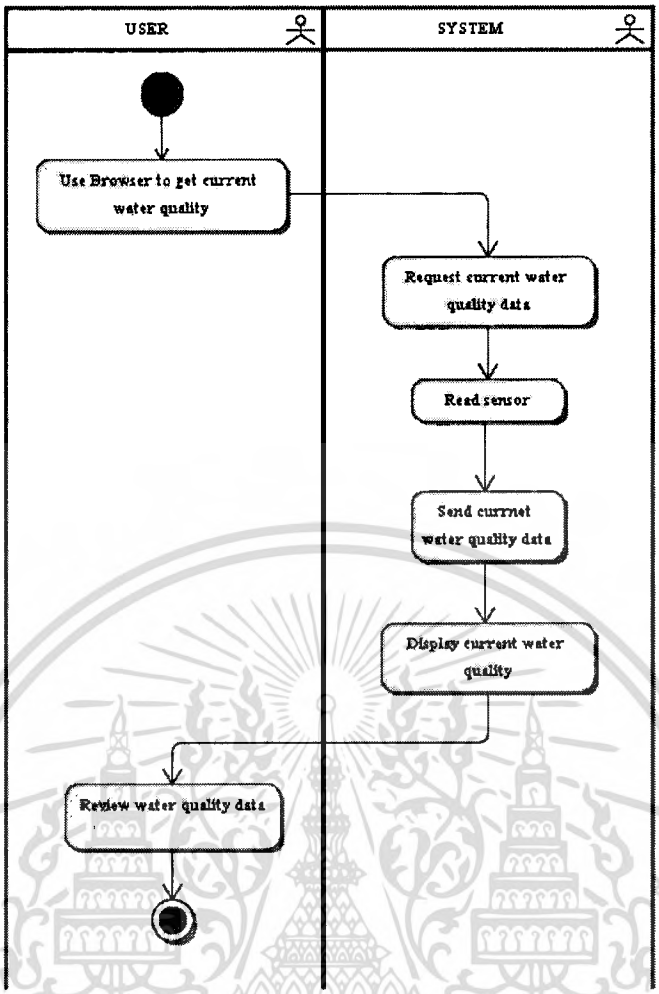
1) ผู้ใช้เริ่มทำการเรียกใช้คำสั่งสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน ผ่านหน้าโปรแกรมเว็บบราวเซอร์
2) เมื่อผู้ใช้กดปุ่มสืบค้น ระบบทำการส่งคำสั่งเพื่อดำเนินการร้องขอข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบันจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
3) สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำทำการอ่านค่าคุณภาพน้ำจากหัวอ่าน
4) สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำทำการส่งผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำกลับมาให้ระบบ
5) ระบบทำการจัดรูปแบบและแสดงผล เพื่อให้ผู้ใช้ตรวจสอบต่อไป

4.2.2 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Get Retrospective water quality

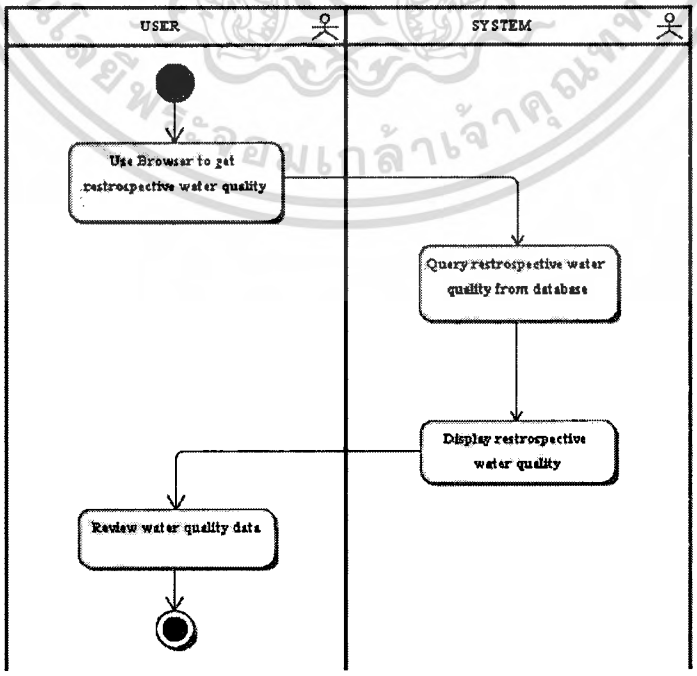
รายละเอียดขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.4

1) ผู้ใช้เริ่มทำการเรียกใช้คำสั่งสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลัง ผ่านหน้าโปรแกรมเว็บบราวเซอร์
2) เมื่อผู้ใช้กดปุ่มสืบค้น ระบบทำการส่งคำสั่งเพื่อดำเนินการสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำจากฐานข้อมูลภายในระบบ
3) ระบบทำการจัดรูปแบบและแสดงผล เพื่อให้ผู้ใช้ตรวจสอบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Get Current water quality



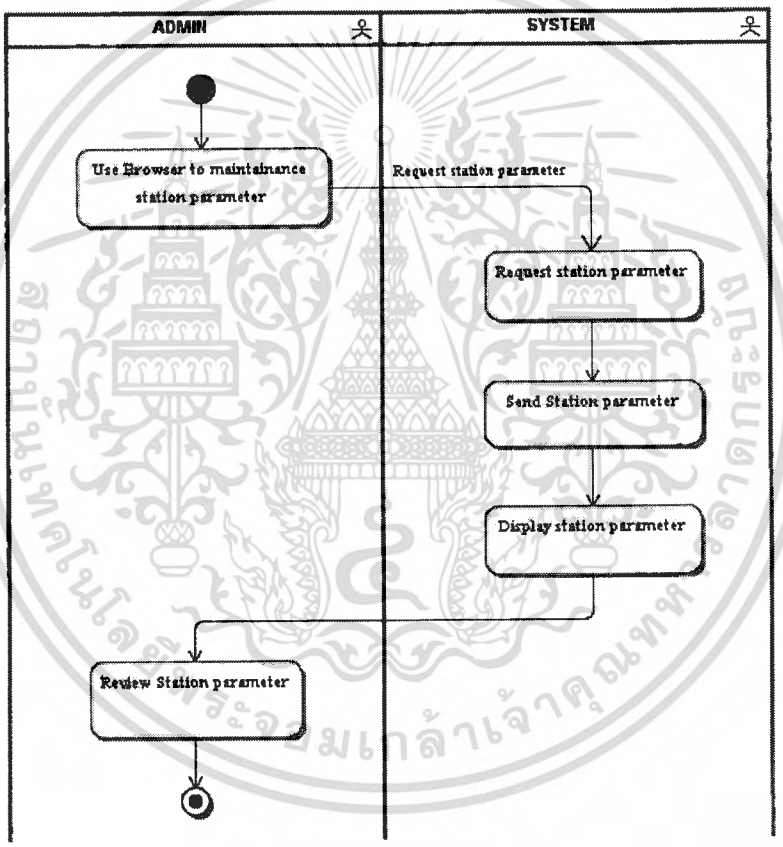
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Get Restrospective water quality

4.2.3 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Request station parameter

รายละเอียดขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.5

1) ผู้ดูแลระบบเริ่มทำการเรียกใช้คำสั่งเรียกดูข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพผ่านหน้าโปรแกรมเว็บบราวเซอร์
2) เมื่อผู้ใช้กดปุ่มสืบค้น ระบบทำการส่งคำสั่งเพื่อดำเนินการร้องขอข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
3) สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำทำการส่งข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำกลับมายังระบบ
4) ระบบจัดรูปแบบและแสดงผล เพื่อให้ผู้ใช้ตรวจสอบต่อไป



รูปที่ 4.5 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Request station parameter

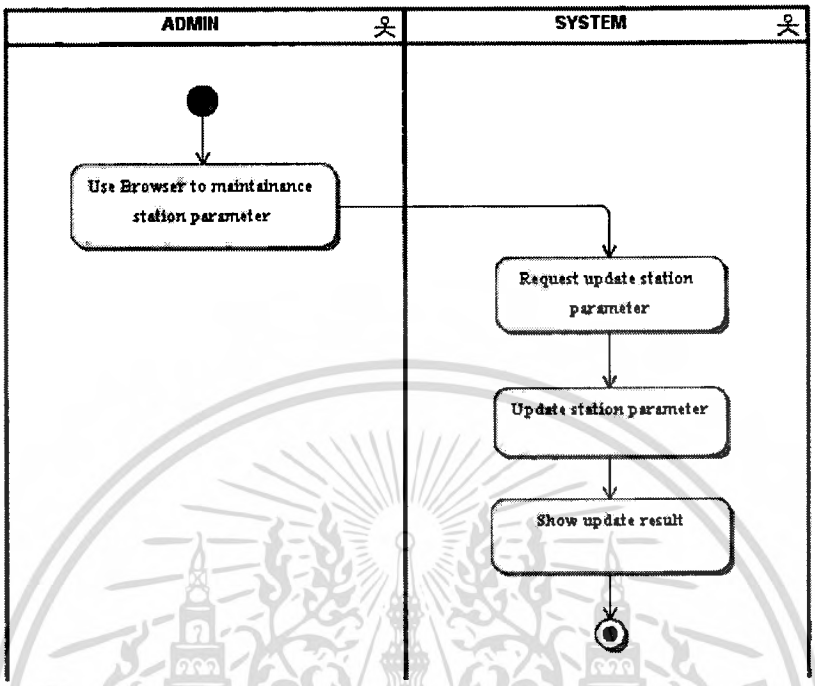
4.2.4 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Edit station parameter

รายละเอียดขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.6

1) ผู้ดูแลระบบเริ่มทำการแก้ไขข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำผ่านหน้าโปรแกรมเว็บบราวเซอร์
2) เมื่อผู้ใช้กดปุ่มแก้ไข ระบบทำการส่งคำสั่งเพื่อดำเนินการปรับปรุงข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำทำการแก้ไขข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ พร้อมทั้งส่งสถานะการแก้ไขตอบกลับมายังระบบ



รูปที่ 4.6 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Edit station parameter

4.2.5 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Server send data

รายละเอียดขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.7

1) รับค่าสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำปลายทาง และข้อมูลคำสั่งจากยูสเคสที่เรียกใช้งาน ได้แก่ ยูสเคส Get current water quality ยูสเคส Request station parameter และยูสเคส Edit station parameter
2) ระบบตรวจสอบความถูกต้องของตัวแปรต่าง
3) ระบบทำการส่งข้อมูล
4) คืนค่าผลลัพธ์การส่งข้อมูล

4.2.6 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Server receive data

รายละเอียดขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.8

1) เมื่อได้รับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำปลายทาง
2) ระบบตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล
3) ประมวลผลข้อมูล
   3.1) กรณีได้รับข้อมูลคุณภาพน้ำ
      3.1.1) บันทึกข้อมูลคุณภาพน้ำลงในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2) กรณีได้รับข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน

3.2.1) บันทึกข้อมูลคุณภาพน้ำลงในฐานข้อมูล

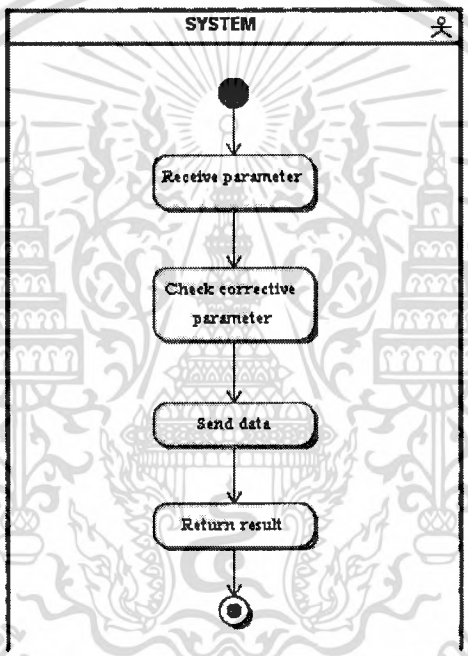
3.2.2) แสดงผลข้อมูลคุณภาพน้ำในยูสเคส Get current water quality

3.3) กรณีได้รับข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

3.3.1) แสดงผลข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพในยูสเคส Request station parameter

3.4) กรณีได้รับผลการแก้ไขข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

3.4.1) แสดงผลลัพธ์การแก้ไขข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำในยูสเคส Edit station parameter



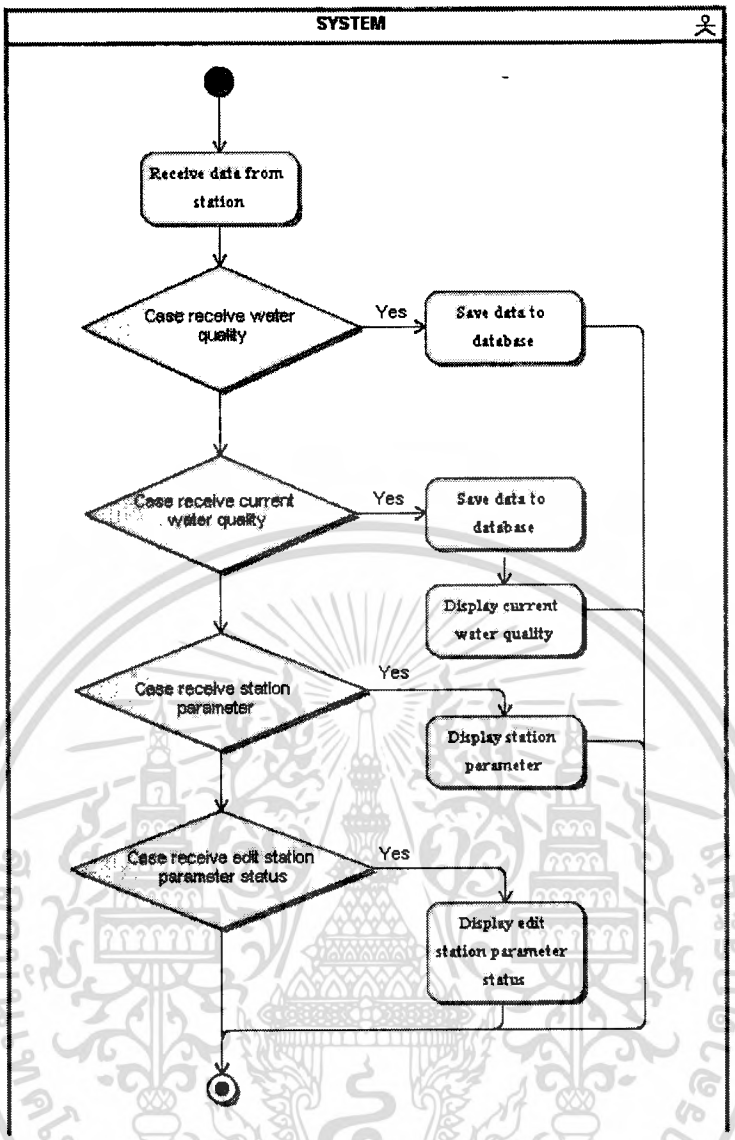
รูปที่ 4.7 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Server send data

4.2.7 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Login

รายละเอียดขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.9

1) เมื่อระบบรับข้อมูลชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านที่บันทึกจากหน้าโปรแกรมเว็บบราวเซอร์
2) ระบบทำการตรวจสอบสิทธิ์ของผู้ใช้งานระบบ
3) หากมีสิทธิ์ใช้งานระบบ ระบบแสดงหน้าจอเมนูของผู้ดูแลระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



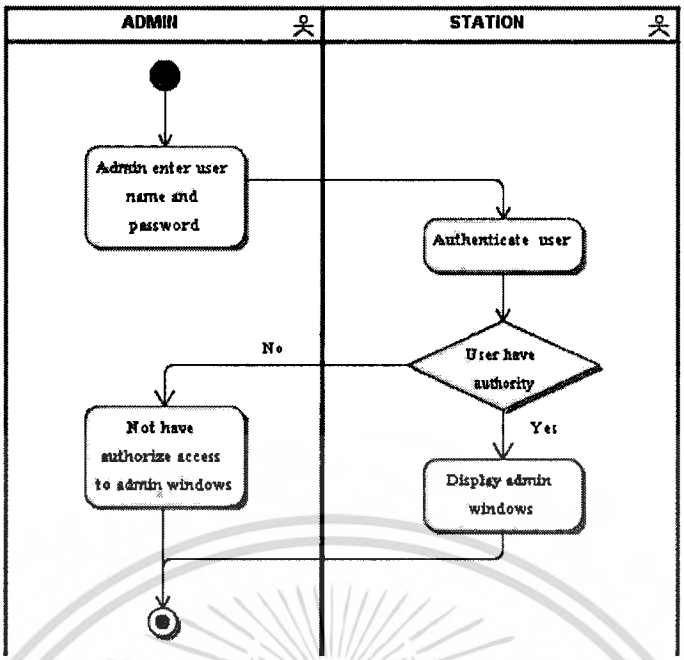
รูปที่ 4.8 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Server receive data

4.2.8 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Station receive data

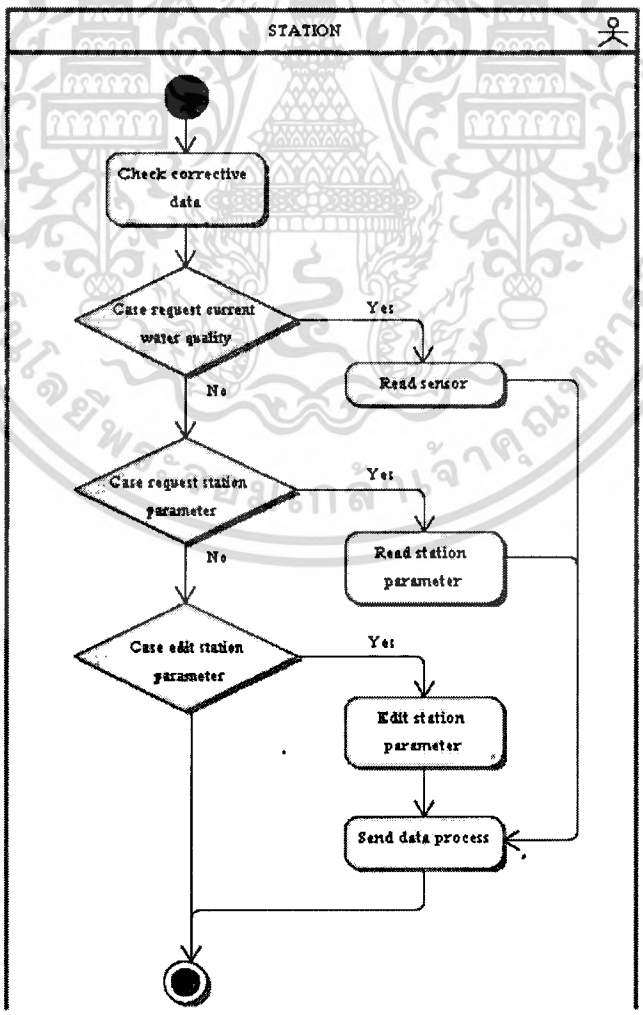
รายละเอียดขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.10

1) เมื่อสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้รับข้อมูลจากระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง
2) ทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับ
3) ประมวลผลข้อมูล
   - 3.1) กรณีร้องขอข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน
     - 3.1.1) ทำการอ่านข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน
   - 3.2) กรณีร้องขอข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
     - 3.2.1) ทำการอ่านข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
   - 3.3) กรณีร้องขอแก้ไขข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
     - 3.3.1) ทำการแก้ไขข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Login



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Station receive data

4.2.9 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Station send data

รายละเอียดขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.11

1) กรณีการส่งข้อมูล
   1.1) กรณีเมื่อ Timer trigger กระตุ้นให้อ่านข้อมูลคุณภาพน้ำ
      1.1.1) เรียกใช้ยูสเคส Read water quality
      1.1.2) ส่งข้อมูลคุณภาพน้ำให้กับระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง
   1.2) กรณีเมื่อได้รับการร้องขอข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
      1.2.1) เรียกใช้ยูสเคส Get station parameter
      1.2.2) ส่งข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำให้กับระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง
   1.3) กรณีเมื่อทำการแก้ไขข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำเรียบร้อยแล้ว
      1.3.1) ส่งข้อมูลตอบกลับผลการแก้ไขข้อมูลเรียบร้อยแล้ว
2) ทำการจัดรูปแบบข้อมูลที่ต้องการส่งข้อมูล
3) ส่งข้อมูลไปยังระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง

4.2.10 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Get station parameter

รายละเอียดขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.12

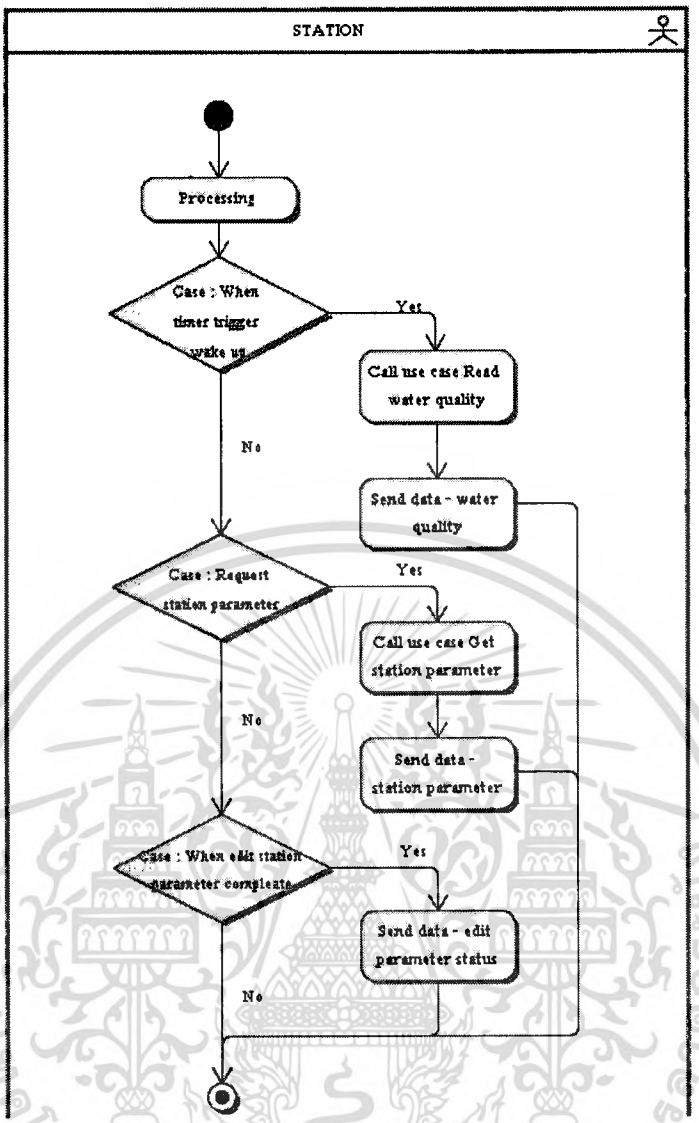
1) รับการร้องขอข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
2) เข้าถึงข้อมูลตัวแปร
3) คืนค่าข้อมูลแก่ยูสเคสที่เรียกใช้

4.2.11 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Save data to buffer

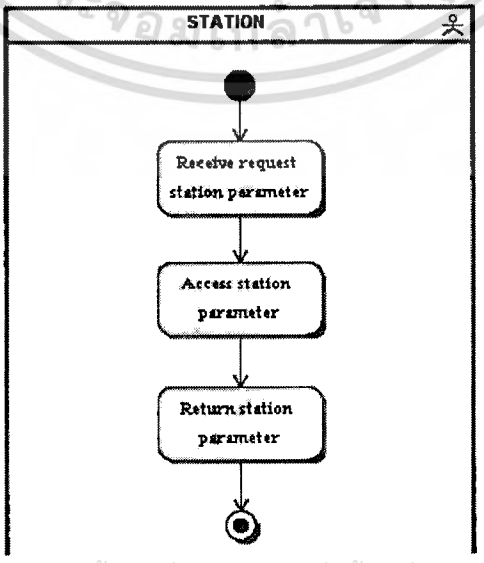
รายละเอียดขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.13

1) ร้องขอการบันทึกข้อมูลหรือข้อผิดพลาดลงในบัฟเฟอร์
2) จัดเตรียมรูปแบบข้อมูล
3) บันทึกข้อมูลลงในบัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

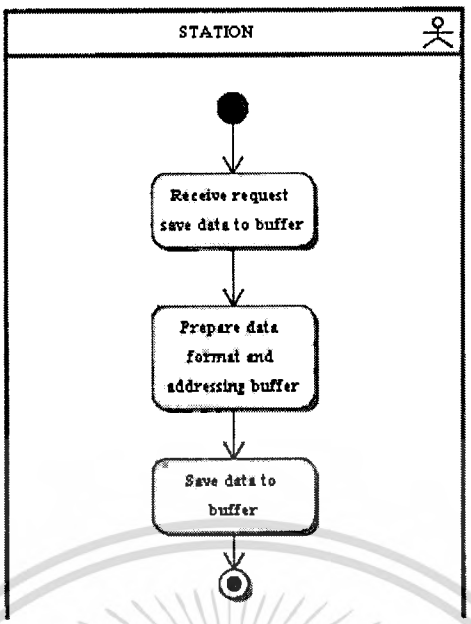


รูปที่ 4.11 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Station send data



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.12 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส **Get station parameter**

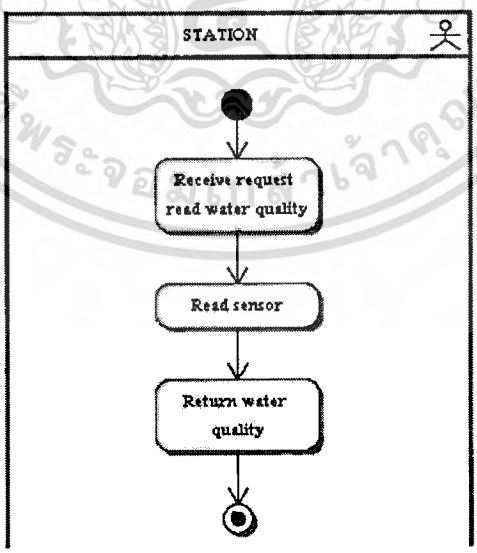


รูปที่ 4.13 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Save data to buffer

4.2.12 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Read water quality

รายละเอียดขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.14

1) ร้องขอการอ่านข้อมูลดัชนีคุณภาพน้ำจากหัววัด
2) อ่านค่าจากหัววัดดัชนีคุณภาพน้ำ
3) ส่งคืนค่าดัชนีคุณภาพน้ำ



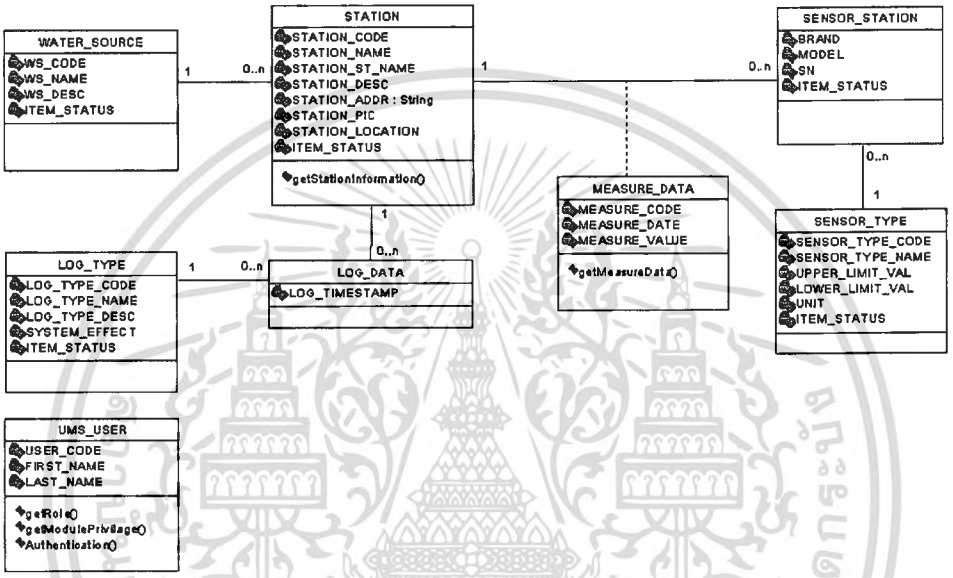
รูปที่ 4.14 แผนภาพกิจกรรมของยูสเคส Read water quality

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 คลาสไดอะแกรม

คลาสไดอะแกรม เป็นแผนภาพที่ประกอบด้วยคลาสและความสัมพันธ์ระหว่างคลาส เช่น Dependency, Generalization, Association เป็นต้น โดยภายในคลาสไดอะแกรมสามารถแสดงรายละเอียดของคลาสต่างๆ ว่ามีโอเปอร์เรชั่น และแอตทริบิวต์

ในการออกแบบคลาสไดอะแกรมของระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประกอบด้วยคลาสจำนวน 8 คลาส รายละเอียดดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 คลาสไดอะแกรมของระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ

เอนทิตีคลาส

1. LOG_DATA เป็นคลาสบันทึกข้อมูล LOG
2. LOG_TYPE เป็นคลาสประเภทการบันทึก LOG
3. MEASURE_DATA เป็นคลาสข้อมูลคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดได้
4. PROVINCE เป็นคลาสจังหวัด
5. WATER_SOURCE เป็นคลาสแหล่งน้ำ
6. SENSOR_STATION เป็นคลาสหัววัดที่ถูกติดตั้งในสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
7. SENSOR_TYPE เป็นคลาสประเภทของหัววัด
8. STATION เป็นคลาสสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
9. UMS_USER เป็นคลาสผู้ใช้งานระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

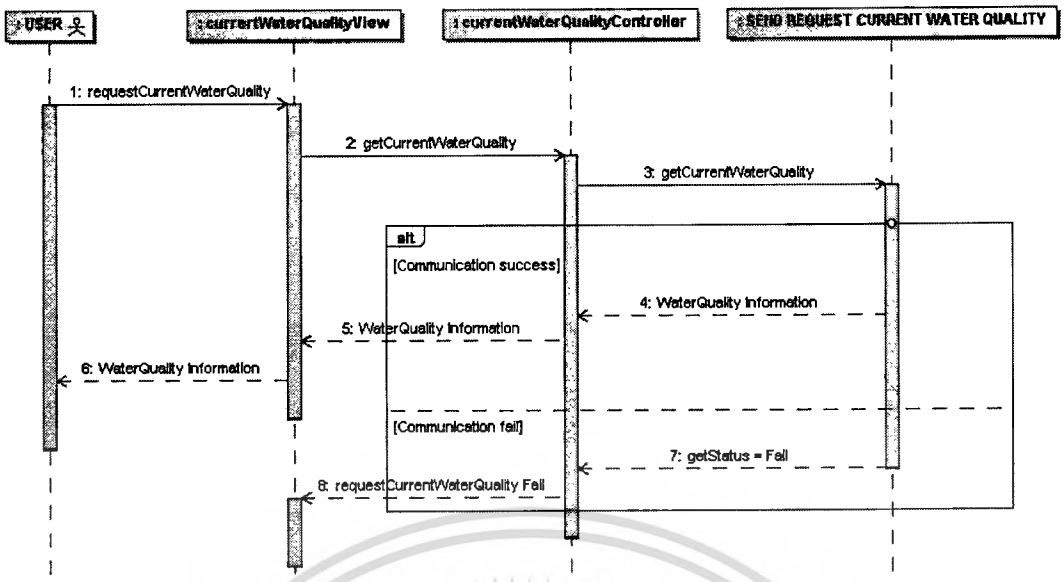
4.3 ซีเควนซ์ไดอะแกรม (Sequence diagram)

ซีเควนซ์ไดอะแกรมเป็นแผนภาพที่แสดงปฏิสัมพันธ์(Interaction) ระหว่างอ๊อบเจ็ค ตามลำดับของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ณ เวลาที่กำหนดแมสเซสที่เกิดขึ้นระหว่างอ๊อบเจ็ค สามารถแสดงรายละเอียดซีเควนซ์ไดอะแกรมของระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำได้ ดังนี้

4.3.1 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Get current water quality

1) ผู้ใช้ เริ่มทำการเรียกใช้คำสั่งสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน โดยเรียกใช้เมธอด requestCurrentWaterQuality() ของคลาส currentWaterQualityView ซึ่งเป็น Boundary Class ที่รวบรวม User Interface เพื่อแสดงฟอร์มการสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน
2) เมื่อผู้ใช้กดปุ่มสืบค้น คลาส currentWaterQualityView จะเรียกใช้คลาส RestrospectiveController ด้วยเมธอด RequestRestrospective() เพื่อจัดการและควบคุมการเชื่อมต่อข้อมูลต่อกับคลาสอื่นๆ ที่ใช้ในการสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำ
3) คลาส currentWaterQualityController จะดำเนินการร้องขอข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน โดยเรียกใช้งานจากยูสเคส SEND REQUEST CURRENT WATER QUALITY ด้วยเมธอด getCurrentWaterQuality () เพื่อขอผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
4) กรณีที่สามารถเชื่อมต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้สำเร็จ
   4.1) ยูสเคส SEND REQUEST CURRENT WATER QUALITY จะส่งผลข้อมูลคุณภาพน้ำกลับมายังคลาส currentWaterQualityController
   4.2) ในลำดับสุดท้าย คลาส currentWaterQualityController จะแสดงผลการสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำไปยัง currentWaterQualityView เพื่อรายงานผลลัพธ์ต่อผู้ใช้งาน
5) กรณีที่สามารถเชื่อมต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำล้มเหลว
   5.1) ยูสเคส SEND REQUEST CURRENT WATER QUALITY จะแจ้งผลสถานะการเชื่อมต่อล้มเหลวกลับมายังคลาส currentWaterQualityController
   5.2) ในลำดับสุดท้าย คลาส currentWaterQualityController จะแจ้งผลสถานะการเชื่อมต่อล้มเหลวไปยัง currentWaterQualityView เพื่อรายงานผลลัพธ์ต่อผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

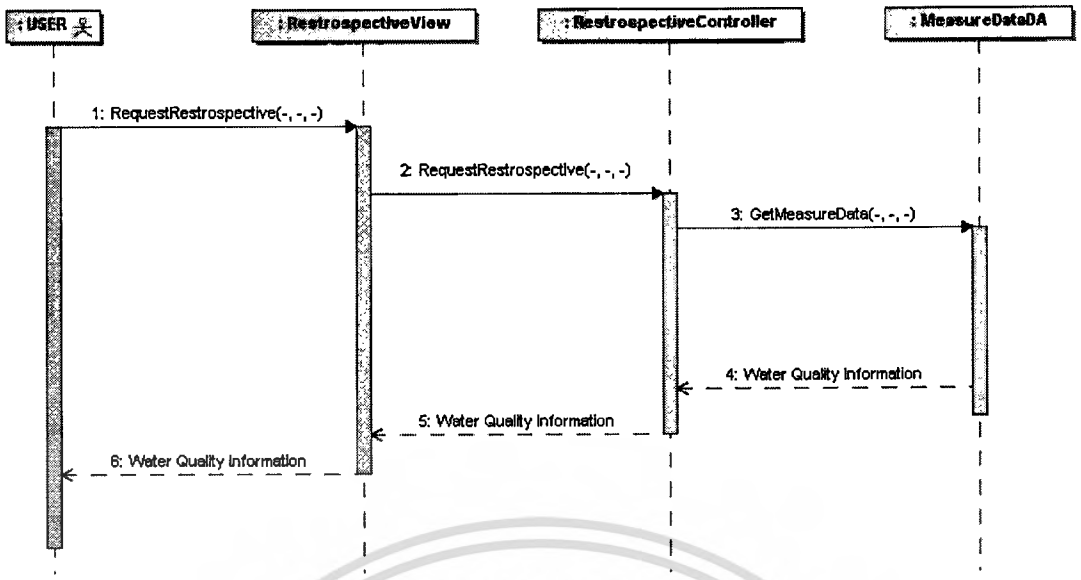


รูปที่ 4.16 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Get current water quality

4.3.2 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Get Retrospective water quality

1) ผู้ใช้ เริ่มทำการสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลังโดย เรียกใช้เมธอด RequestRestrospective() ของคลาส RestrospectiveView ซึ่งเป็น Boundary Class ที่รวบรวม User Interface เพื่อแสดงฟอร์มการสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลัง
2) เมื่อผู้ใช้กดปุ่มสืบค้น คลาส RestrospectiveView จะเรียกใช้คลาส RestrospectiveController ด้วยเมธอด RequestRestrospective() เพื่อจัดการและควบคุมการเชื่อมต่อข้อมูลต่อกับคลาสอื่นๆ ที่ใช้ในการสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำ
3) คลาส RestrospectiveController จะดำเนินการสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลังโดยเรียกใช้คลาส MeasureDataDA ด้วยเมธอด GetMeasureData() เพื่อค้นหาผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ
4) คลาส MeasureDataDA จะส่งผลการสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำกลับมายังคลาส RestrospectiveController
5) ในลำดับสุดท้าย คลาส RestrospectiveController จะแสดงผลการสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำไปยัง RestrospectiveView เพื่อรายงานผลลัพธ์ต่อผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

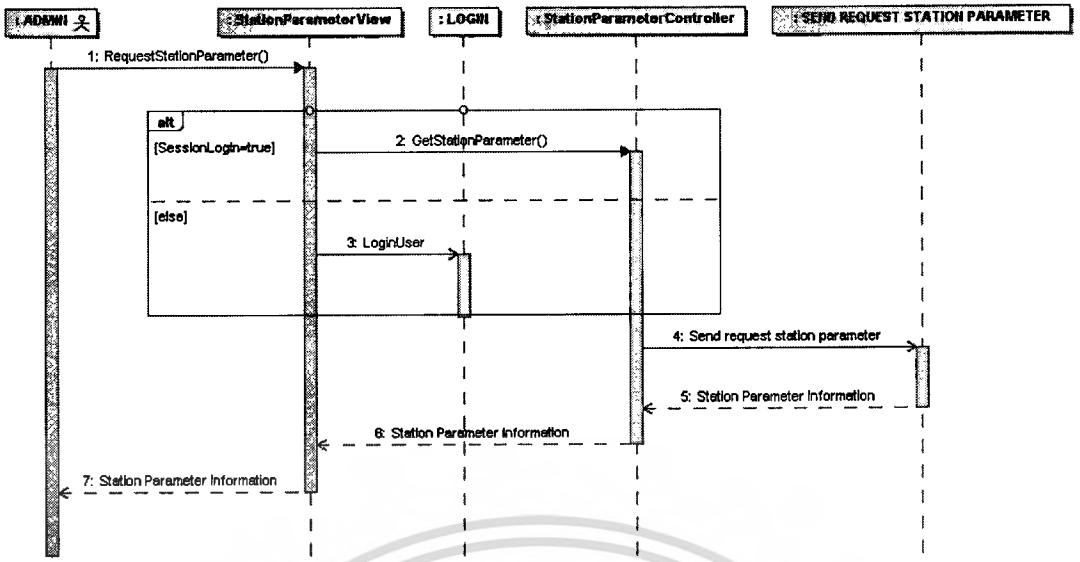


รูปที่ 4.17 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Get Retrospective water quality

4.3.3 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Request station parameter

1) ผู้ดูแลระบบ เริ่มทำการเรียกดูข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพ โดยเรียกใช้เมธอด requestStationParameter() ของคลาส StationParameterView ซึ่งเป็น Boundary Class ที่รวบรวม User Interface เพื่อแสดงข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพ
2) กรณีที่ผู้ใช้งานระบบได้ลงชื่อเข้าใช้งาน (Login) เรียบร้อยแล้ว
   2.1) เมื่อผู้ใช้กดปุ่มเรียกดูข้อมูล คลาส StationParameterView จะเรียกใช้คลาส StationParameterController ด้วยเมธอด getStationParameter()
3) กรณีที่ผู้ใช้งานระบบไม่ได้ลงชื่อเข้าใช้งาน (Login)
   3.1) คลาส StationParameterView จะเรียกใช้คลาส LOGIN เพื่อให้ผู้ดูแลระบบลงชื่อเข้าใช้งาน
4) คลาส StationParameterController ทำการร้องขอเรียกดูรายละเอียดตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพ โดยเรียกใช้งานจากยูสเคส SEND REQUEST STATION PARAMETER ด้วยเมธอด sendUpdateStationParam()
5) ยูสเคส SEND REQUEST STATION PARAMETER ตอบกลับผลร้องขอเรียกดูข้อมูลตัวแปรให้กับคลาส StationParameterController
6) คลาส StationParameterController จะส่งข้อมูลรายละเอียดตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพกลับมายังคลาส StationParameterView เพื่อแสดงต่อผู้ดูแลระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Request station parameter

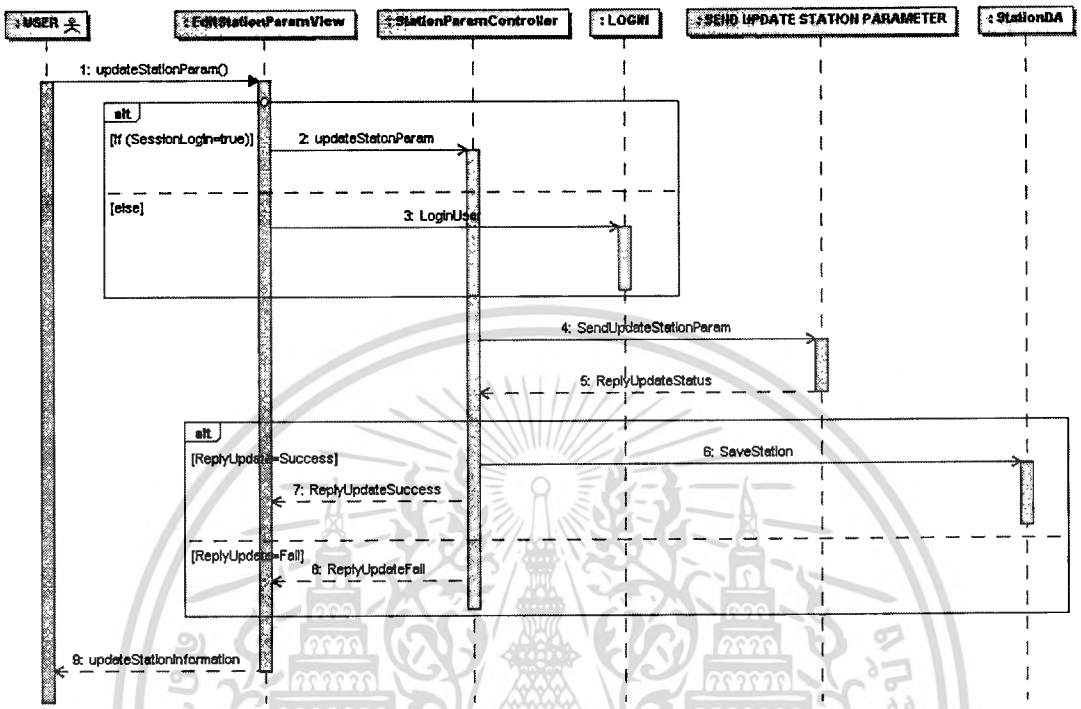
4.3.4 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Edit station parameter

1) ผู้ใช้ เริ่มทำการแก้ไขข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพ โดยเรียกใช้เมธอด updateStationParam() ของคลาส EditStationParamView ซึ่งเป็น Boundary Class ที่รวบรวม User Interface เพื่อปรับปรุงข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพ
2) กรณีที่ผู้ใช้งานระบบได้ลงชื่อเข้าใช้งาน (Login) เรียบร้อยแล้ว
   2.1) เมื่อผู้ใช้กดปุ่มแก้ไข คลาส EditStationParamView จะเรียกใช้คลาส StationParamController ด้วยเมธอด updateStationParam() เพื่อส่งรายละเอียดตัวแปรที่ต้องการแก้ไข
3) กรณีที่ผู้ใช้งานระบบไม่ได้ลงชื่อเข้าใช้งาน (Login)
   3.1) คลาส EditStationParamView จะเรียกใช้คลาส LOGIN เพื่อให้ผู้ใช้งานระบบลงชื่อเข้าใช้งาน
4) คลาส StationParamController ทำการส่งรายละเอียดตัวแปรที่ต้องการแก้ไข โดยเรียกใช้งานจากยูสเคส SEND UPDATE STATION PARAMETER ด้วยเมธอด sendUpdateStationParam()
5) ยูสเคส SEND UPDATE STATION PARAMETER ตอบกลับผลการแก้ไขข้อมูลตัวแปรให้กับคลาส StationParamController
6) กรณีที่ปรับปรุงข้อมูลเสร็จสมบูรณ์
   6.1) คลาส StationParamController บันทึกรายละเอียดตัวแปรที่ทำการแก้ไขลงในฐานข้อมูล โดยเรียกใช้คลาส StationDA ด้วยเมธอด SaveStation()
   6.2) คลาส StationParamController จะส่งผลการปรับปรุงข้อมูลเสร็จสมบูรณ์กลับมายังคลาส EditStationParamView เพื่อยืนยันการปรับปรุงข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) กรณีที่ปรับปรุงข้อมูลล้มเหลว

7.1) คลาส StationParamController จะส่งผลการปรับปรุงข้อมูลล้มเหลวกลับมายังคลาส EditStationParamView เพื่อแจ้งผู้ใช้งาน



รูปที่ 4.19 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Edit station parameter

4.3.5 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Server send data

ยูสเคส Server send data สามารถอธิบายกรณีการทำงานด้วยซีเควนซ์ไดอะแกรมดังนี้

4.3.5.1 กรณีแก้ไขตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

4.3.5.2 กรณีเรียกดูรายละเอียดตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

4.3.5.3 กรณีเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน

4.3.5.1 ซีเควนซ์ไดอะแกรมกรณีแก้ไขตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ (Send update station parameter)

1) ยูสเคส EDIT STATION PARAMETER ส่งรายละเอียดตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพที่ต้องการแก้ไข โดยเรียกใช้งานจากยูสเคส SEND UPDATE STATION PARAMETER ด้วยเมธอด sendUpdateStationParam()
2) ยูสเคส SEND UPDATE STATION PARAMETER ทำการจัดเตรียมการติดต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยเมธอด PrepareCommunication
3) กรณีที่สามารถเชื่อมต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้สำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

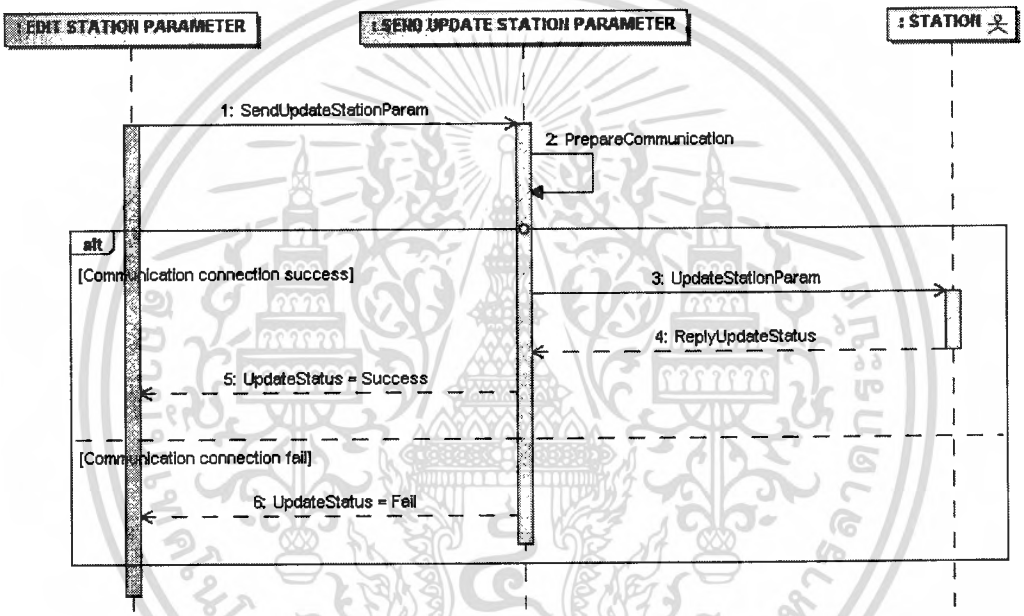
3.1) ยูสเคส SEND UPDATE STATION PARAMETER จะส่งผลข้อมูลตัวแปรที่ต้องการปรับปรุงไปยังสถานีตรวจวัดคุณภาพที่กำหนด

3.2) เมื่อสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำทำการปรับปรุงข้อมูลตัวแปรเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะทำการตอบกลับสถานะการปรับปรุงข้อมูลสำเร็จ

3.3) ยูสเคส SEND UPDATE STATION PARAMETER ส่งต่อสถานะการปรับปรุงข้อมูลสำเร็จให้กับยูสเคส EDIT STATION PARAMETER

4) กรณีที่สามารถเชื่อมต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำล้มเหลว

4.1) ยูสเคส SEND UPDATE STATION PARAMETER ส่งต่อสถานะการปรับปรุงข้อมูลล้มเหลวให้กับยูสเคส EDIT STATION PARAMETER



รูปที่ 4.20 ซีเควนซ์ไดอะแกรมกรณี Send update station parameter

4.3.5.2 ซีเควนซ์ไดอะแกรมกรณีเรียกดูรายละเอียดตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ (Send request station parameter)

1) ยูสเคส REQUEST STATION PARAMETER ขอเรียกดูรายละเอียดตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพ โดยเรียกใช้งานจากยูสเคส SEND REQUEST STATION PARAMETER ด้วยเมธอด sendRequestStationParameter()

2) ยูสเคส SEND REQUEST STATION PARAMETER ทำการจัดเตรียมการติดต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยเมธอด PrepareCommunication

2.1) กรณีที่สามารถเชื่อมต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้สำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

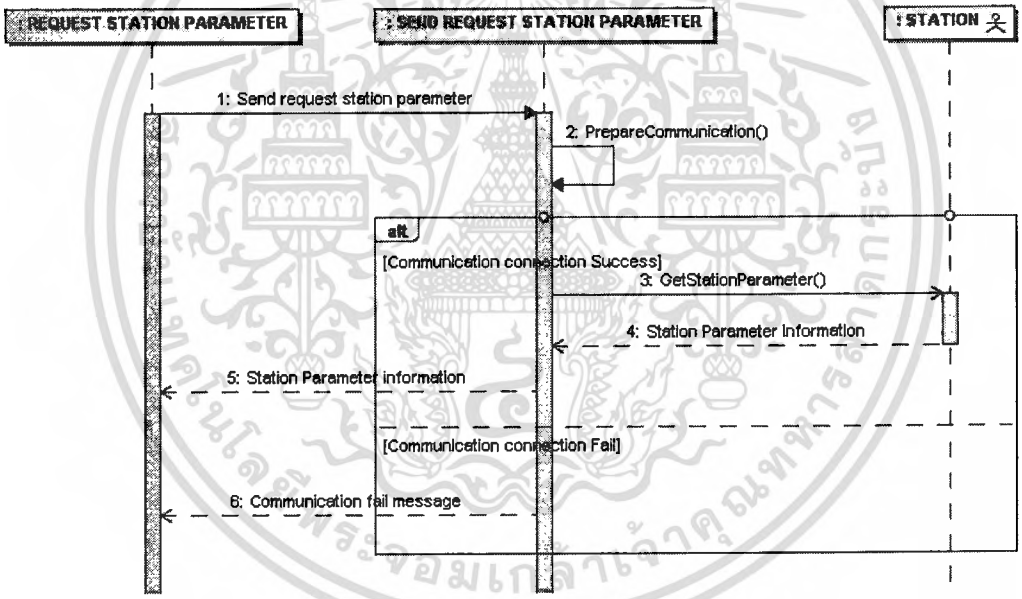
2.1.1) ยูสเคส SEND REQUEST STATION PARAMETER จะติดต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยเมธอด เพื่อร้องขอรายละเอียดตัวแปร โดยใช้เมธอด GetStationParameter

2.1.2) สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำทำการส่งข้อมูลตัวแปรตอบกลับไปยังยูสเคส SEND REQUEST STATION PARAMETER

2.1.3) ยูสเคส SEND REQUEST STATION PARAMETER ส่งต่อรายละเอียดตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพให้กับยูสเคส REQUEST STATION PARAMETER

2.2) กรณีที่สามารถเชื่อมต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำล้มเหลว

2.2.1) ยูสเคส SEND REQUEST STATION PARAMETER ส่งต่อสถานะการปรับปรุงข้อมูลล้มเหลวให้กับยูสเคส REQUEST STATION PARAMETER



รูปที่ 4.21 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Send request station parameter

4.3.5.3 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของกรณีเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน (Send Request current water quality)

1) ยูสเคส GET CURRENT WATER QUALITY ขอเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำของสถานีตรวจวัดคุณภาพในช่วงเวลาปัจจุบัน โดยเรียกใช้งานจากยูสเคส SEND REQUEST CURRENT WATER QUALITY ด้วยเมธอด getCurrentWaterQuality()

2) ยูสเคส SEND REQUEST CURRENT WATER QUALITY ทำการจัดเตรียมการติดต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยเมธอด PrepareCommunication

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1) กรณีที่สามารถเชื่อมต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้สำเร็จ

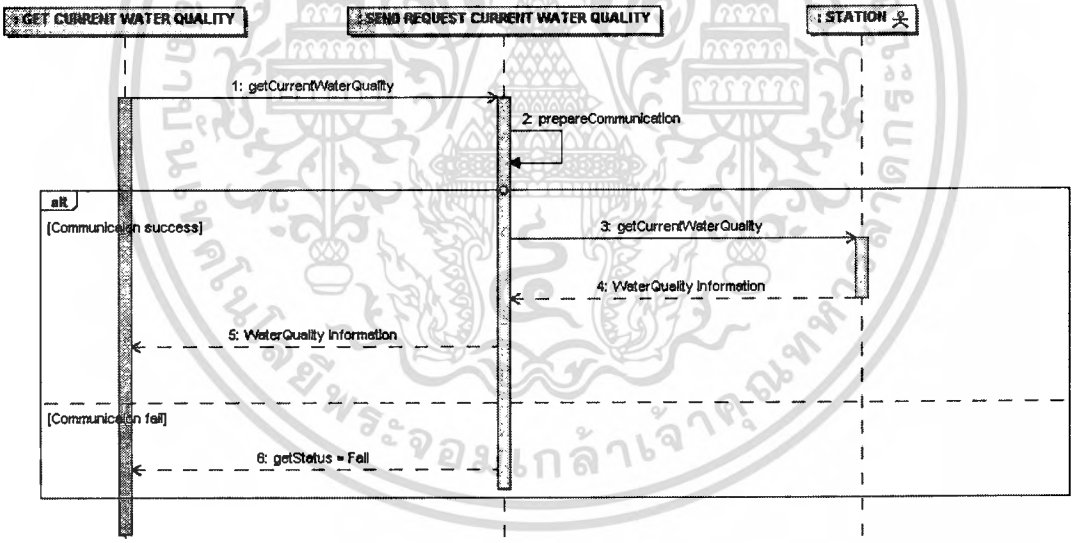
2.1.1) ยูสเคส SEND REQUEST CURRENT WATER QUALITY จะติดต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยเมธอด เพื่อร้องขอข้อมูลคุณภาพน้ำของสถานีตรวจวัดคุณภาพในช่วงเวลาปัจจุบัน โดยใช้เมธอด getCurrentWaterQuality

2.1.2) สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำทำการส่งข้อมูลตัวแปรตอบกลับไปยังยูสเคส SEND REQUEST CURRENT WATER QUALITY

2.1.3) ยูสเคส SEND REQUEST CURRENT WATER QUALITY ส่งต่อข้อมูลคุณภาพน้ำของสถานีตรวจวัดคุณภาพในช่วงเวลาปัจจุบันให้กับยูสเคส GET CURRENT WATER QUALITY

2.2) กรณีที่สามารถเชื่อมต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำล้มเหลว

2.2.1) ยูสเคส SEND REQUEST CURRENT WATER QUALITY ส่งต่อสถานะการเรียกดูข้อมูลล้มเหลวให้กับยูสเคส GET CURRENT WATER QUALITY



รูปที่ 4.22 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Send Request current water quality

4.3.6 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Server receive data

ยูสเคส Server receive data สามารถอธิบายกรณีการทำงานด้วยซีเควนซ์ไดอะแกรม

4.3.6.1 กรณีรับข้อมูลคุณภาพน้ำของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

4.3.6.2 กรณีรับข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

4.3.6.1 ซีเควนซ์ไดอะแกรมกรณีรับข้อมูลคุณภาพน้ำ Receive water quality

1) เมื่อสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำทำการส่งข้อมูลคุณภาพน้ำให้กับระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) คลาส receiveController ทำการรับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ และทำการตรวจสอบพร้อมทั้งจัดเตรียมรูปแบบข้อมูลด้วยเมธอด Check and Prepare Data format

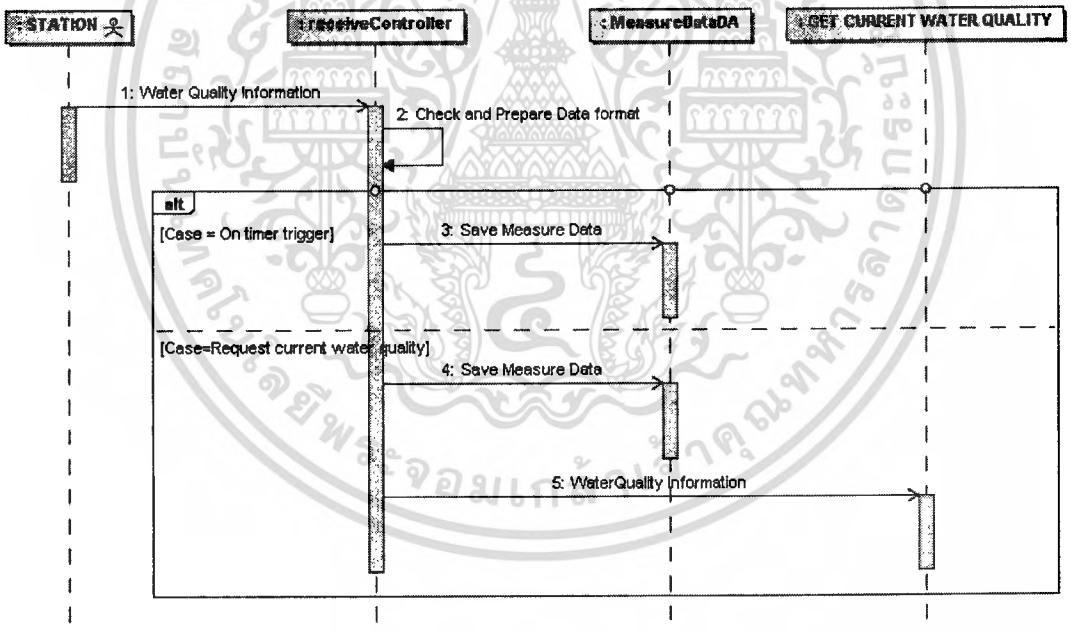
3) ในกรณีการรับข้อมูลที่เกิดจากการส่งข้อมูลตามช่วงเวลาที่กำหนด

3.1) คลาส receiveController ทำการบันทึกข้อมูลคุณภาพน้ำลงในฐานข้อมูล โดยใช้เมธอด Save Measure Data

4) ในกรณีการรับข้อมูลที่เกิดจากการเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำของสถานีตรวจวัดคุณภาพในช่วงเวลาปัจจุบัน

4.1) คลาส receiveController ทำการบันทึกข้อมูลคุณภาพน้ำลงในฐานข้อมูล โดยใช้เมธอด Save Measure Data

4.2) คลาส receiveController ทำการส่งข้อมูลคุณภาพน้ำให้กับยูสเคส GET CURRENT WATER QUALITY เพื่อแสดงข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบันให้กับผู้ใช้งานทราบ



รูปที่ 4.23 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Receive water quality

4.3.6.2 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของกรณีรับข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ (Receive station parameter)

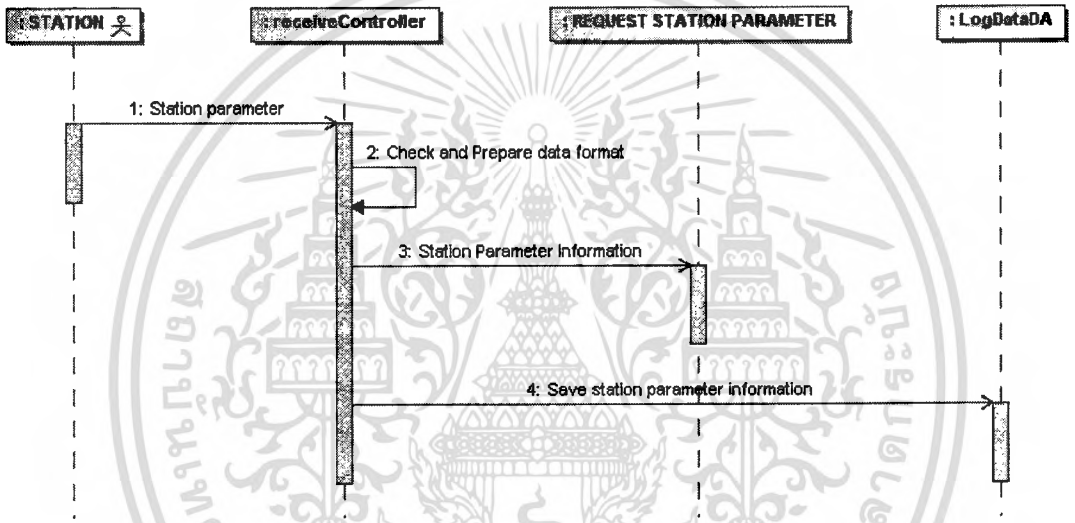
1) เมื่อสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำทำการส่งรายละเอียดตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพให้กับระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) คลาส receiveController ทำการรับรายละเอียดตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพและทำการตรวจสอบพร้อมทั้งจัดเตรียมรูปแบบข้อมูลด้วยเมธอด Check and Prepare Data format

3) คลาส receiveController ทำการส่งข้อมูลคุณภาพน้ำให้กับยูสเคส REQUEST STATION PARAMETER เพื่อแสดงรายละเอียดตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพให้กับผู้ใช้งานทราบต่อไป

4) คลาส receiveController ทำการบันทึกข้อมูลสถานะของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำลงในฐานข้อมูลผ่านคลาส LogDataDA โดยใช้เมธอด Save Station Parameter Information



รูปที่ 4.24 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Receive station parameter

4.7 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Login

1) ผู้ดูแลระบบเรียกใช้เมธอด Submit() ของคลาส LoginDialogView ซึ่งเป็น Boundary Class ที่รวบรวม User Interface เพื่อแสดงฟอร์มการเข้าสู่ระบบ

2) เมื่อผู้ดูแลป้อนชื่อและรหัสผ่านเพื่อเข้าสู่ระบบ และทำการกดปุ่ม Submit คลาส LoginDialogView จะเรียกใช้คลาส SystemAccessControl ด้วยเมธอด Login() เพื่อจัดการและควบคุมการเชื่อมต่อข้อมูลต่อกับคลาสอื่นๆ ที่ใช้ในการตรวจสอบสิทธิเพื่อเข้าสู่ระบบในบทบาทของผู้ดูแลระบบ

3) คลาส SystemAccessControl จะดำเนินการการตรวจสอบสิทธิเพื่อเข้าสู่ระบบในบทบาทของผู้ดูแลระบบ ด้วยเมธอด FindUser() โดยเรียกใช้คลาส UMS_USER ด้วยเมธอด CheckUser() เพื่อค้นหาชื่อและรหัสผ่านของผู้ดูแลระบบ

4) คลาส UMS_USER จะส่งผลการตรวจสอบสิทธิกลับมายังคลาส SystemAccessControl

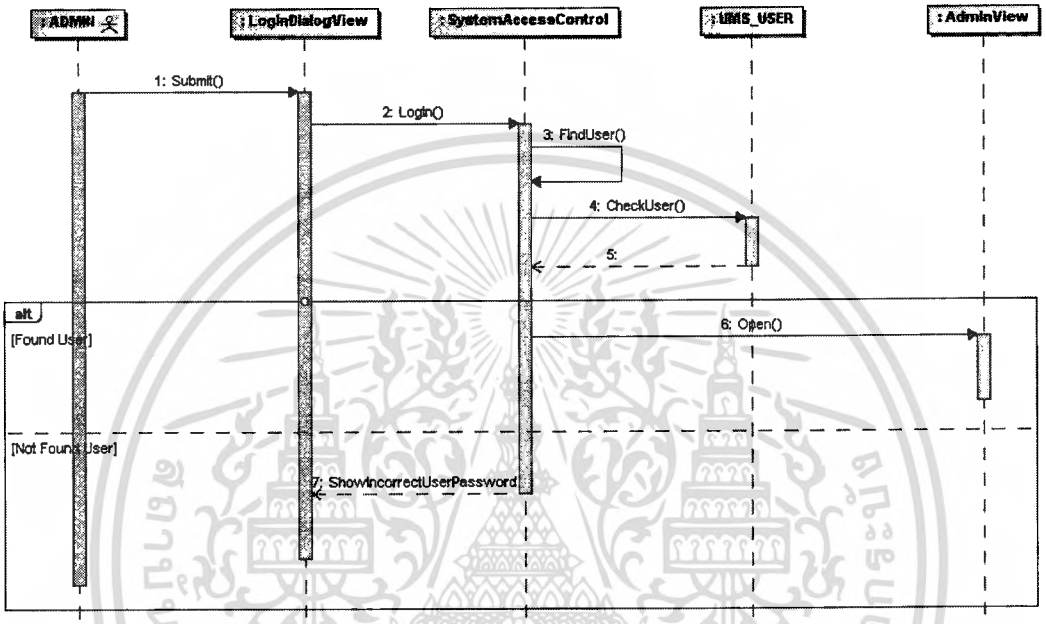
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ถ้าผลการตรวจสอบสิทธิปรากฏว่า พบผู้ใช้งาน

5.1) คลาส SystemAccessControl เรียกใช้เมธอด Open() ของคลาส AdminView เพื่อทำการเปิดหน้าจอการทำงานของผู้ดูแลระบบ

6) ถ้าผลการตรวจสอบสิทธิปรากฏว่า ไม่พบผู้ใช้งาน

6.1) คลาส SystemAccessControl ส่งข้อความแสดงผลข้อผิดพลาดในการเข้าใช้ระบบกลับไปยังคลาส LoginDialogView เพื่อรายงานผลลัพธ์ต่อผู้ใช้งาน



รูปที่ 4.25 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Login

4.3.8 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Station receive data

ยูสเคส Station receive data สามารถอธิบายกรณีการทำงานด้วยซีเควนซ์ไดอะแกรม

4.3.8.1 กรณีได้รับการเรียกดูรายละเอียดตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

4.3.8.2 กรณีได้รับการเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน

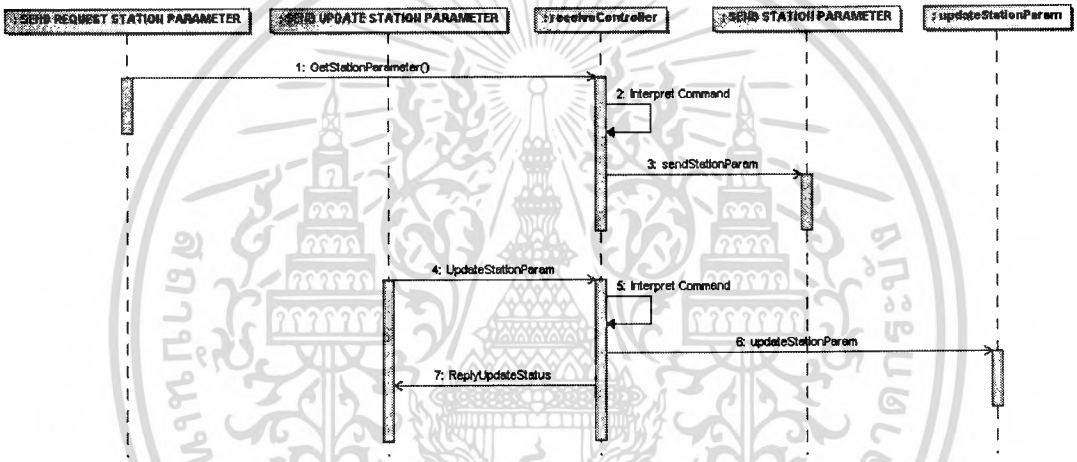
4.3.8.1 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของกรณีได้รับการเรียกดูรายละเอียดตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ (Receive request station parameter)

1) เมื่อสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้รับเมสเซส getStationParameter จากยูสเคส SEND REQUEST STATION PARAMETER โดยคลาส receiveController เป็นคลาสจัดการการติดต่อสื่อสาร

2) คลาส receiveController ทำการรับเมสเซสผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม จากนั้นทำการตรวจสอบและแปรความหมายของเมสเซสด้วยเมธอด Interpret command

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) คลาส receiveController จะดำเนินการร้องขอข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดโดยเรียกใช้ยูสเคส SEND STATION PARAMETER เพื่อดำเนินการส่งข้อมูลตามที่ร้องขอต่อไป
4) เมื่อสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้รับเมสเซส updateStationParam จากยูสเคส SEND UPDATE STATION PARAMETER โดยคลาส receiveController เป็นคลาสจัดการการติดต่อสื่อสาร
5) คลาส receiveController ทำการรับเมสเซสผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม จากนั้นทำการตรวจสอบและแปรความหมายของเมสเซสด้วยเมธอด Interpret command
6) คลาส receiveController จะดำเนินการปรับปรุงข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดโดยเรียกใช้เมธอด updateStationParam ของคลาส updateStationParam

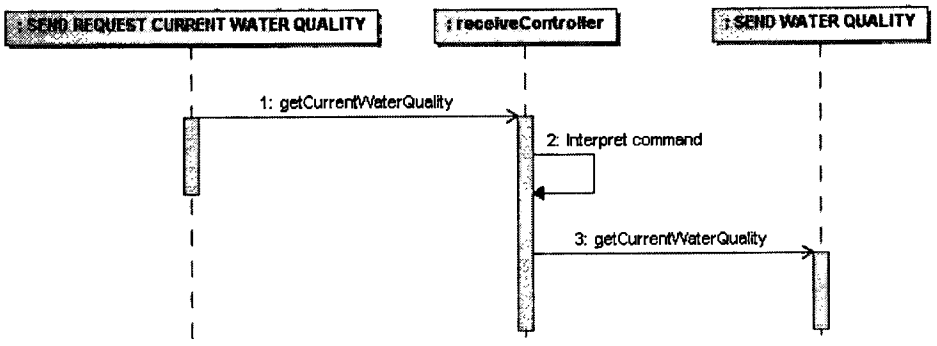


รูปที่ 4.26 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Receive request station parameter

4.3.8.2 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของกรณีได้รับการเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน (Receive request current water quality)

1) เมื่อสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้รับเมสเซส getCurrentWaterQuality จากยูสเคส SEND REQUEST CURRENT WATER QUALITY โดยคลาส receiveController เป็นคลาสจัดการการติดต่อสื่อสาร
2) คลาส receiveController ทำการรับเมสเซสผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม จากนั้นทำการตรวจสอบและแปรความหมายของเมสเซสด้วยเมธอด Interpret command
3) คลาส receiveController จะดำเนินการร้องขอให้ส่งข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน โดยเรียกใช้เมธอด getCurrentWaterQuality ของยูสเคส SEND WATER QUALITY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Receive request current water quality

4.3.9 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Station send data

ยูสเคส Station send data สามารถอธิบายกรณีการทำงานด้วยซีเควนซ์ไดอะแกรม

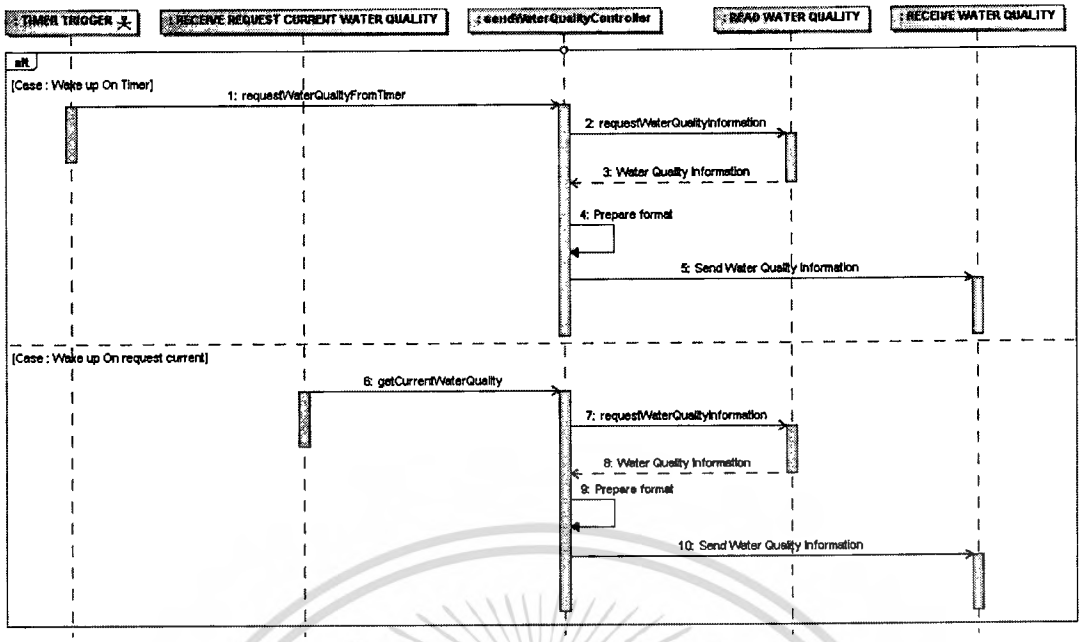
4.3.9.1 กรณีสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำส่งข้อมูลคุณภาพน้ำ

4.3.9.2 กรณีสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำส่งข้อมูลตัวแปรสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

4.3.9.1 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของกรณีส่งข้อมูลคุณภาพน้ำ (Send water quality)

1) ในกรณีการส่งข้อมูลคุณภาพน้ำถูกกระตุ้นด้วยช่วงเวลาตามที่ได้กำหนดไว้
   1.1) Timer Trigger ทำการส่งเมสเซสเพื่อร้องขอข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยใช้เมธอด requestWaterQualityFromTimer ให้กับยูสเคส Send water quality
   1.2) คลาส sendWaterQualityController ทำการรับการร้องขอและส่งคำร้องขอให้กับยูสเคส READ WATER QUALITY โดยเรียกเมธอด requestWaterQualityInformation
   1.3) ยูสเคส READ WATER QUALITY ตอบกลับข้อมูลคุณภาพน้ำให้กับคลาส sendWaterQualityController
   1.4) คลาส sendWaterQualityController ทำการเตรียมรูปแบบและการเชื่อมต่อเพื่อทำการส่งข้อมูลคุณภาพน้ำ
   1.5) คลาส sendWaterQualityController ทำการส่งข้อมูลโดยใช้เมธอด Send Water Quality Information ให้กับยูสเคส RECEIVE WATER QUALITY
2) ในกรณีการส่งข้อมูลคุณภาพน้ำถูกกระตุ้นด้วยยูสเคส RECIVE REQUEST CURRENT WATER QUALITY
   2.1) ยูสเคส RECIVE REQUEST CURRENT WATER QUALITY ทำการส่งเมสเซสเพื่อร้องขอข้อมูลคุณภาพน้ำ โดยใช้เมธอด getCurrentWaterQuality ให้กับยูสเคส Send water quality
   2.2) ทำตามกระบวนการเดิมดังข้อ 1.2 – 1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

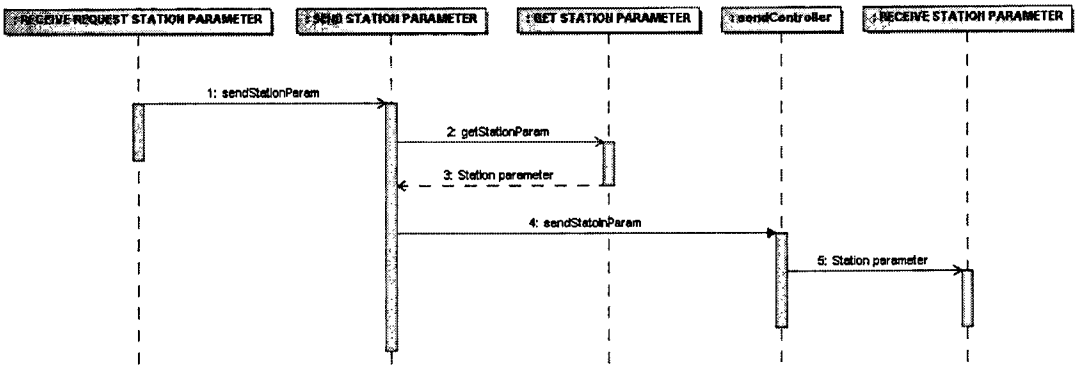


รูปที่ 4.28 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส Send water quality

4.3.9.2 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของกรณีส่งข้อมูลตัวแปรสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ (SEND STATION PARAMETER)

1) เมื่อยูสเคส RECEIVE REQUEST STATION PARAMETER ภายในสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำส่งเมสเซส sendStationParam ให้แก่ยูสเคส SEND STATION PARAMTER
2) ยูสเคส SEND STATION PARAMTER ร้องขอรายละเอียดข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยเมธอด getStationParam จากคลาส GET STATION PARAMETER
3) คลาส GET STATION PARAMETER ตอบกลับรายละเอียดข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำให้กับยูสเคส SEND STATION PARAMTER
4) ยูสเคส SEND STATION PARAMTER ทำการส่งข้อมูลด้วยเมธอด sendStationParam จากคลาส sendController
5) คลาส sendController จัดการเรื่องการติดต่อสื่อสารและส่งข้อมูลข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำให้กับยูสเคส RECEIVE STATION PARAMETER

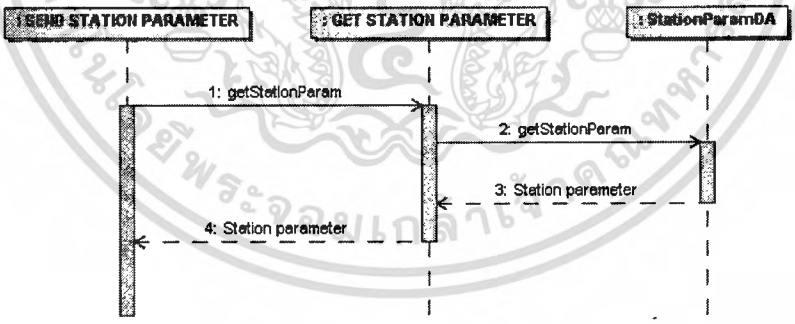
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส SEND STATION PARAMETER

4.3.10 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส GET STATION PARAMETER

1) เมื่อยูสเคส SEND STATION PARAMETER ภายในสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำส่งเมสเซส getStationParam ให้แก่ยูสเคส GET STATION PARAMTER
2) ยูสเคส GET STATION PARAMTER ร้องขอรายละเอียดข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยเมธอด getStationParam จากคลาส stationParamDA
3) คลาส stationParamDA ตอบกลับข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำให้กับยูสเคส GET STATION PARAMTER
4) ยูสเคส GET STATION PARAMTER ตอบกลับข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำให้กับยูสเคส SEND STATION PARAMETER



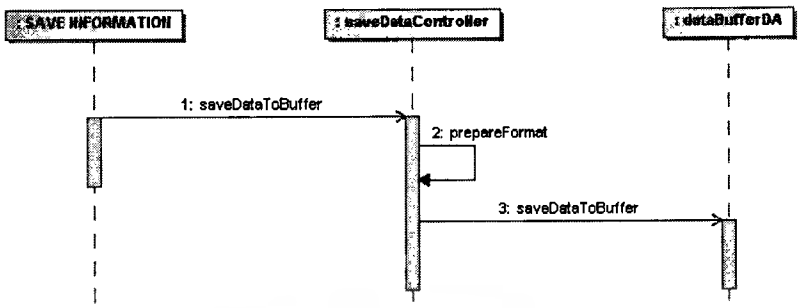
รูปที่ 4.30 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส GET STATION PARAMETER

4.3.11 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส SAVE DATA TO BUFFER

1) เมื่อยูสเคส SAVE INFORMATION ภายในสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำส่งเมสเซส saveDataToBuffer ให้แก่ยูสเคส SAVE DATA TO BUFFER
2) คลาส saveDataController ทำการจัดเตรียมรูปแบบข้อมูลคุณภาพน้ำด้วยเมธอด prepareFormat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

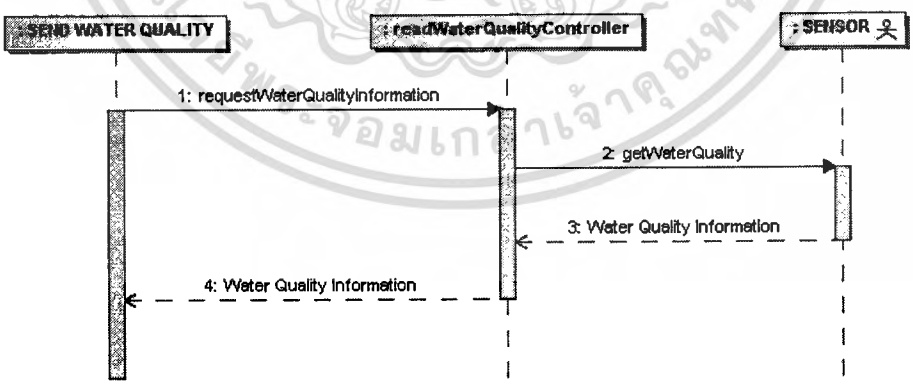
3) คลาส saveDataController ทำการบันทึกข้อมูลคุณภาพน้ำด้วยเมธอด saveDataToBuffer จากคลาส dataBufferDA



รูปที่ 4.31 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส SAVE DATA TO BUFFER

4.3.12 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส READ WATER QUALITY

1) เมื่อยูสเคส READ WATER QUALITY ภายในสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำส่งเมสเซส requestWaterQualityInformation ให้แก่ยูสเคส READ WATER QUALITY เพื่อร้องขอข้อมูลคุณภาพน้ำ
2) คลาส readWaterQualityController ทำการติดต่อกับเซ็นเซอร์เพื่ออ่านข้อมูลคุณภาพน้ำด้วยเมธอด getWaterQuality
3) เซ็นเซอร์ทำการตอบกลับข้อมูลคุณภาพน้ำให้กับคลาส readWaterQualityController
4) คลาส readWaterQualityController ทำการตอบกลับข้อมูลคุณภาพน้ำให้กับ ยูสเคส READ WATER QUALITY



รูปที่ 4.32 ซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส READ WATER QUALITY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 สถาปัตยกรรมระบบ

ในส่วนของสถาปัตยกรรมระบบเป็นส่วนที่อธิบายถึงเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ และภาพรวมของสถาปัตยกรรมระบบ ทั้งในมุมมองขององค์ประกอบ สถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ และโปรโตคอลในการสื่อสาร

4.4.1 เครื่องมือในการพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ มีเทคโนโลยีและเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง คือ การประยุกต์ใช้ระบบฝังตัว การสื่อสารไร้สาย และการพัฒนาระบบสารสนเทศในลักษณะเว็บแอบพลิเคชั่น โดยสามารถอธิบายส่วนของระบบออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

4.1.1.1 ส่วนระบบสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

1. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น ET-BASE AVR STAMP ATMEGA 128 ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์หลักในการควบคุมการทำงานของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
2. เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO Meter) ทำหน้าที่อ่านค่าดัชนีคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ
3. อุปกรณ์แปลงสัญญาณ RF 2.4 GHz และ RS232 ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สื่อสารไร้สายระหว่างสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำและเครื่องแม่ข่าย
4. โมดูลฐานเวลา โดยใช้โมดูล ET-MINI DS1307 ทำหน้าที่ฐานเวลาในลักษณะนาฬิกา เวลา และปฏิทิน

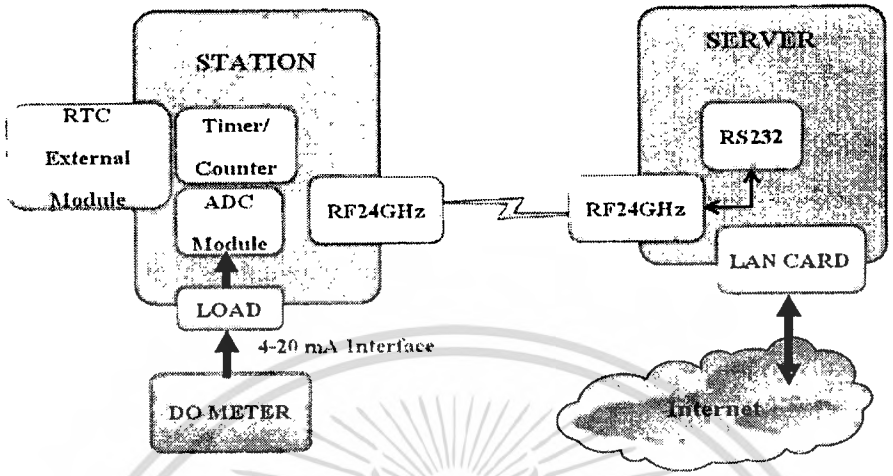
4.1.1.2 ส่วนระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง

1. ระบบบันทึกข้อมูลดัชนีคุณภาพน้ำลงในระบบฐานข้อมูลคุณภาพน้ำ
2. ระบบนำเสนอข้อมูลดัชนีคุณภาพน้ำ และเชื่อมต่อการทำงานของผู้ใช้งาน พัฒนาในลักษณะเว็บแอบพลิเคชั่น

ในการเชื่อมต่อการทำงานของระบบทั้งหมดสามารถแสดงดังรูปที่ 4.33 โดยที่สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำเชื่อมต่อบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับโมดูลฐานเวลาที่ขา PD0 (SCL) และ PD1 (SDA) ของบอร์ด และต่อสัญญาณ 4-20mA เข้ากับ LOAD คือ รีซิสเตอร์ (Resister) 330 โอมห์ (Ohm) ซึ่งคู่มือการใช้งาน HACH แนะนำให้ใช้ไม่เกิน 500 โอมห์ [10] และใช้สูตรในการคำนวณจากสัญญาณ 4-20mA เป็นค่าที่วัดจริง [11] จากนั้นนำแรงดันตกคร่อม LOAD ต่อเข้ากับโมดูลแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอล (ADC Module) ที่ขา PF0 (ADC0) ของบอร์ด และสุดท้ายเชื่อมต่อพอร์ต UART0 เข้ากับอุปกรณ์แปลงสัญญาณ RF 2.4 GHz ฝั่งสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อการทำงานของส่วนระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง ทำได้โดยต่อสายจากพอร์ต COM เข้ากับอุปกรณ์แปลงสัญญาณ RF 2.4 GHz ฝั่งแม่ข่าย และทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านเครือข่าย LAN

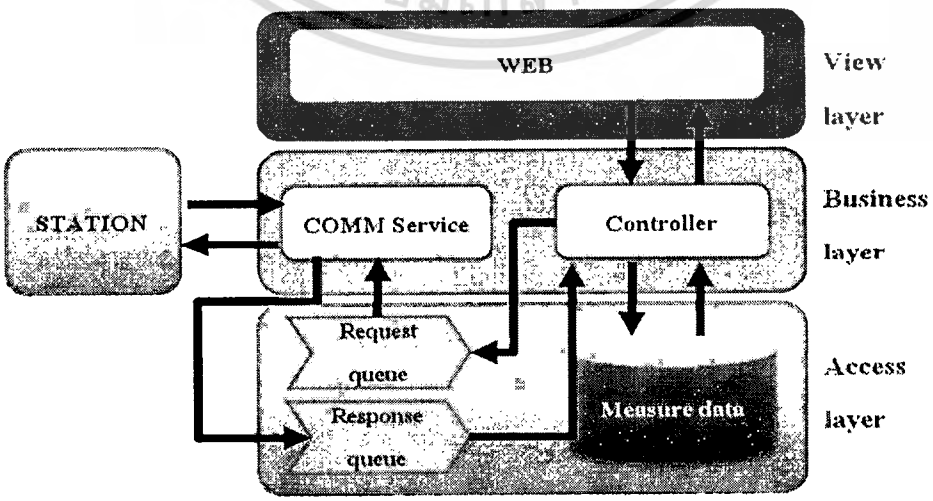


รูปที่ 4.33 การเชื่อมต่อระบบ

4.4.2 ภาพรวมสถาปัตยกรรมระบบ

ทั้งนี้สามารถแสดงรายละเอียดสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ของระบบในรูปแบบ MVC (Model-View-Controller) ที่ถือว่าเป็นแบบแผนสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ ดังรูปที่ 4.34 โดยประกอบด้วย

1. ส่วนของโมเดล ที่เก็บข้อมูล ได้แก่ ฐานข้อมูลคุณภาพน้ำ ข้อมูลการร้องขอและตอบกลับ
2. ส่วนของวิว เป็นส่วนของหน้าจอการใช้งานของผู้ใช้และผู้ดูแลระบบ
3. ส่วนของคอนโทรลเลอร์ เป็นส่วนควบคุม ประมวลผล และตอบสนองการทำงาน



รูปที่ 4.34 สถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ระบบ ในรูปแบบ MVC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 โปรโตคอลในการติดต่อสื่อสาร

โปรโตคอลในการติดต่อสื่อสาร เป็นข้อตกลงในการติดต่อสื่อสารระหว่างระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลางและสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ โดยแบ่งกลุ่มของเมสเซสออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มข้อมูลที่ถูกส่งออกจากระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง และกลุ่มที่ระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลางได้รับ

ภายในเมสเซสประกอบด้วย ชุดคำสั่ง และฟิลด์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยรายการตัวแปรแต่ละตัวจะถูกขั้นด้วยเครื่องหมาย "|" และปิดท้ายเมสเซสด้วยเครื่องหมาย ";" ทั้งนี้สามารถอธิบายความหมายและรายละเอียดรูปแบบข้อมูลของกลุ่มข้อมูลที่ถูกส่งออกจากระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลาง และกลุ่มที่ระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลางได้รับ ได้ดังตารางที่ 4.16 และ 4.17 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.16 คำอธิบายโปรโตคอลของระบบ

รหัสโปโตคอล	คำอธิบาย	รูปแบบเมสเซส
S1	เมสเซสร้องขอข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบันของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	REQCWQ|<RequestSEQ>|<StationID>;
S2	เมสเซสร้องขอแก้ไขข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	EDPARAM|<RequestSEQ>|<StationID>|<StationNumber>|<StationName>|<StationClock>|<FrequencyCheck>;
S3	เมสเซสร้องขอข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	REQPARAM|<RequestSEQ>|<StationID>;
R1	เมสเซสตอบกลับข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน	RESCWQ|<RequestSEQ>|<StationID>|<DO>|<TEMP>;
R2	เมสเซสข้อมูลคุณภาพน้ำที่อ่านอัตโนมัติตามช่วงเวลาที่กำหนด	RESTWQ|<StationID>|<TWQ_TIMESTAMP>|<DO>|<TEMP>;
R3	เมสเซสตอบกลับการแก้ไขข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	RESEDPARAM|<RequestSEQ>|<StationID>;
R4	เมสเซสตอบกลับข้อมูลตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	RESPARAM|<RequestSEQ>|<StationNumber>|<StationNumber>|<StationName>|<StationClock>|<FrequencyCheck>;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 คำอธิบายรายการข้อมูลภายในเมสเซส

ลำดับ	รายการข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิด	ความกว้าง	รูปแบบ
1	<Request SEQ>	หมายเลขลำดับการร้องขอ	ตัวเลข	9	999999999
2	<StationID>	หมายเลขสถานี	ตัวเลข	2	99
3	<StationNumber>	หมายเลขสถานี	ตัวเลข	2	99
4	<StationName>	ชื่อย่อสถานี	ตัวอักษร	8	CCCCCCCCC
5	<SystemClock>	ข้อมูลเวลาของสถานี	วันที่		Y-M-D H:I:S
6	<FrequencyCheck>	ความถี่ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ (นาที)	ตัวเลข	2	99
7	<TWQ_TIMESTAMP>	วันที่และเวลาที่ทำการอ่านค่าคุณภาพน้ำ	วันที่		Y-M-D H:I:S
8	<DO>	ค่าออกซิเจนละลายน้ำ	ตัวเลข	1.2	9.99
9	<TEMP>	ค่าอุณหภูมิน้ำ	ตัวเลข	2.2	99.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การออกแบบฐานข้อมูล

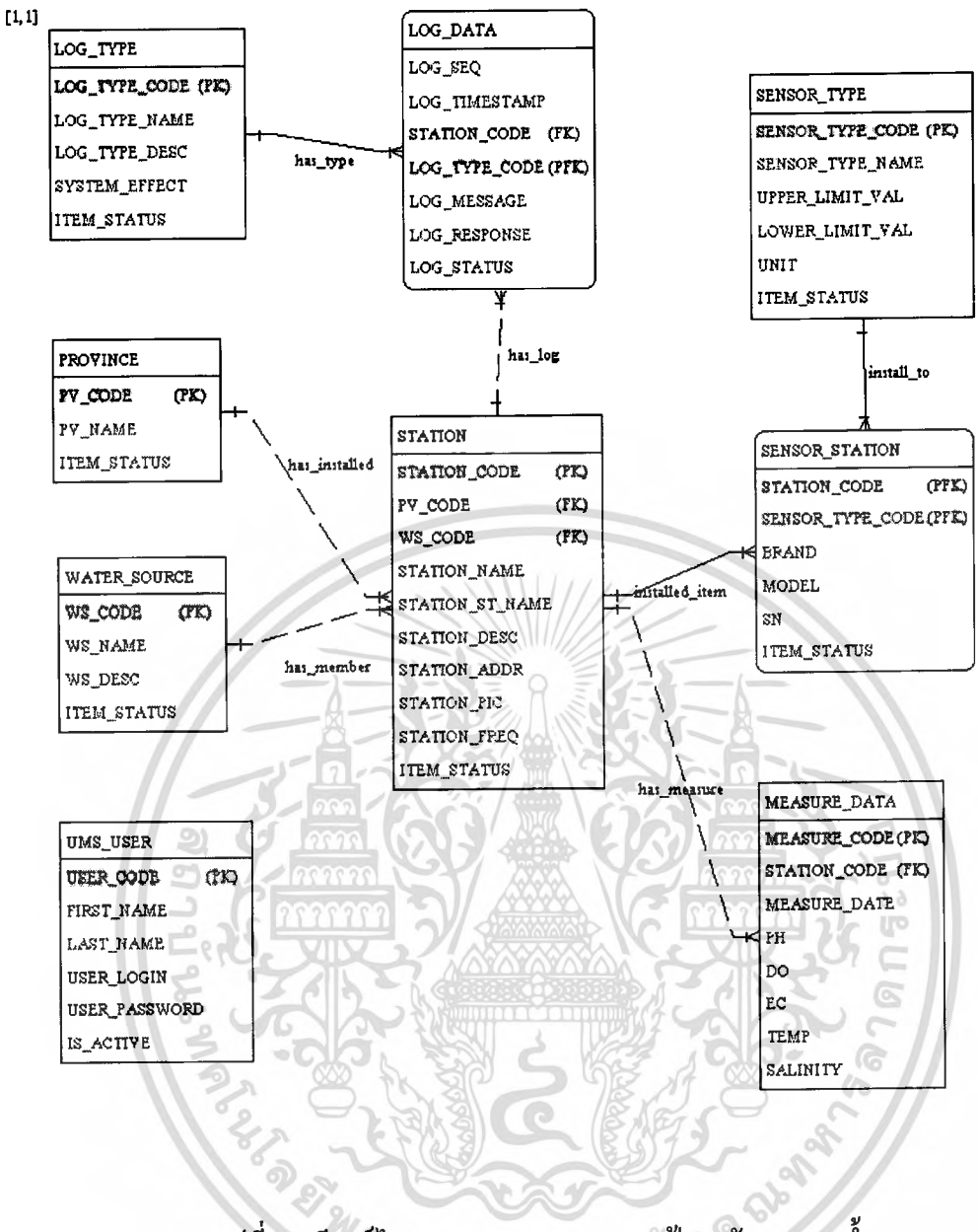
การออกแบบฐานข้อมูลของระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ มีการออกแบบฐานข้อมูลโดยนำเสนอผ่านแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี (อีอาร์ไดอะแกรม) เพื่อนำเสนอรายละเอียดทางด้านโครงสร้างของฐานข้อมูล และแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล นอกจากนี้ยังได้แสดงรายละเอียดต่างๆ ของข้อมูลไว้ในพจนานุกรมข้อมูล ซึ่งแสดงรายละเอียดต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

5.1 แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี

ข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับระบบสามารถออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์โดยแสดงความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 5.1 และสามารถอธิบายเอนทิตีในรูปได้ดังนี้

1. LOG_DATA หมายถึง บันทึกข้อมูล LOG
2. LOG_TYPE หมายถึง ประเภทการบันทึก LOG
3. MEASURE_DATA หมายถึง ข้อมูลคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดได้
4. PROVINCE หมายถึง จังหวัด
5. WATER_SOURCE หมายถึง แหล่งน้ำ
6. SENSOR_STATION หมายถึง หัววัดที่ถูกติดตั้งในสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
7. SENSOR_TYPE หมายถึง ประเภทของหัววัด
8. STATION หมายถึง สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
9. UMS_USER หมายถึง ผู้ใช้งานระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 อีอาร์ไดอะแกรมของระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 พจนานุกรมข้อมูล

จากอีอาร์ไดอะแกรมของระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ สามารถแสดงรายละเอียดของแต่ละเอนทิตี โดยแสดงผ่านพจนานุกรมข้อมูล ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 LOG_DATA เก็บข้อมูลบันทึกข้อมูล LOG

ชื่อข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	ค่าว่าง	PK	FK	ตารางอ้างอิง
LOG_SEQ	ลำดับการร้องขอ			PK		
LOG_TIMESTAMP	วันที่ - เวลา ของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น	Date time	NO			
STATION_CODE	รหัสสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	Integer	NO		FK	STATION
LOG_TYPE_CODE	รหัสประเภท LOG	Integer	NO		FK	LOG_TYPE
LOG_MESSAGE	เมสเซสร้องขอ	Varchar (100)				
LOG_RESPONSE	เมสเซสตอบรับ	Varchar (100)				
LOG_STATUS	สถานะการร้องขอ	Interger				

ตารางที่ 5.2 LOG_TYPE เก็บข้อมูลประเภทการบันทึก LOG

ชื่อข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	ค่าว่าง	PK	FK	ตารางอ้างอิง
LOG_TYPE_CODE	รหัสประเภท LOG	Integer	NO	PK		
LOG_TYPE_NAME	ชื่อประเภท LOG	Varchar (100)	YES			
LOG_TYPE_DESC	คำอธิบาย LOG	Varchar (100)	YES			
SYSTEM_EFFECT	ส่งผลกระทบต่อระบบ	Varchar (100)	YES			
ITEM_STATUS	สถานะการใช้งาน	Char (1)	YES			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 MEASURE_DATA เก็บข้อมูลค่าคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดได้

ชื่อข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	ค่าว่าง	PK	FK	ตารางอ้างอิง
MEASURE_CODE	รหัสผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ	Decimal (10,0)	NO	PK		
STATION_CODE	รหัสสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	Integer	NO		FK	SENSOR_STATION
SENSOR_TYPE_CODE	รหัสประเภทหัววัด	Integer	NO			
MEASURE_DATE	วันที่และเวลาการตรวจวัด	Datetime	NO			
MEASURE_VALUE	ค่าคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดได้	Float	NO			

ตารางที่ 5.4 PROVINCE เก็บข้อมูลจังหวัด

ชื่อข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	ค่าว่าง	PK	FK	ตารางอ้างอิง
PV_CODE	รหัสจังหวัด	Integer	NO	PK		
PV_NAME	ชื่อจังหวัด	Varchar (100)	YES			
ITEM_STATUS	สถานะใช้งาน	Char (1)	YES			

ตารางที่ 5.5 WATER_SOURCE เก็บข้อมูลแหล่งน้ำ

ชื่อข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	ค่าว่าง	PK	FK	ตารางอ้างอิง
WS_CODE	รหัสแหล่งน้ำ	Integer	NO	PK		
WS_NAME	ชื่อแหล่งน้ำ	Varchar (100)	YES			
WS_DESC	คำอธิบาย	Varchar (200)	YES			
ITEM_STATUS	สถานะการใช้งาน	Char(1)	YES			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 SENSOR_STATION เก็บข้อมูลหัววัดค่าดัชนีที่ถูกติดตั้งในสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ชื่อข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	ค่าว่าง	PK	FK	ตารางอ้างอิง
STATION_CODE	รหัสสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	Integer	NO	PK	FK	STATION
SENSOR_TYPE_CODE	รหัสหัววัดดัชนีคุณภาพน้ำ	Integer	NO		FK	SENSOR_TYPE
BRAND	ยี่ห้อ	Varchar (100)	YES			
MODEL	รุ่น	Varchar (20)	YES			
SN	หมายเลขเครื่อง	Varchar (50)	YES			
ITEM_STATUS	สถานะใช้งาน	Char (1)	YES			

ตารางที่ 5.7 SENSOR_TYPE เก็บข้อมูลประเภทของเซ็นเซอร์

ชื่อข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	ค่าว่าง	PK	FK	ตารางอ้างอิง
SENSOR_TYPE_CODE	รหัสหัววัดดัชนีคุณภาพน้ำ	Integer	NO	PK		
SENSOR_TYPE_NAME	ชื่อหัววัดดัชนีคุณภาพน้ำ	Varchar (100)	YES			
UPPER_LIMIT_VAL	ค่าสูงสุดที่เป็นไปได้	Float	YES			
LOWER_LIMIT_VAL	ค่าต่ำสุดที่เป็นไปได้	Float	YES			
UNIT	หน่วยวัด	Varchar (50)	YES			
ITEM_STATUS	สถานะการใช้งาน	Char (1)	YES			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.8 STATION เก็บข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ชื่อข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	ค่าว่าง	PK	FK	ตารางอ้างอิง
STATION_CODE	รหัสสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	Integer	NO	PK		
PV_CODE		Integer	NO		FK	PROVINCE
WS_CODE		Integer	NO		FK	WATER_SOURCE
STATION_NAME	ชื่อสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ	Varchar (100)	YES			
STATION_ST_NAME	ชื่อย่อสถานี	Varchar (50)	YES			
STATION_DESC	คำอธิบายสถานี	Varchar (200)	YES			
STATION_ADDR	ที่อยู่จุดติดตั้ง	Varchar (100)	YES			
STATION_PIC	ไฟล์รูปภาพสถานี	Varchar (200)	YES			
STATION_FREQ	ความถี่ในการอ่านข้อมูลคุณภาพน้ำ (นาที)	Integer	YES			
ITEM_STATUS	สถานะการใช้งาน	Char (1)	YES			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.9 UMS_USER เก็บข้อมูลผู้ใช้งานระบบ

ชื่อข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	ค่าว่าง	PK	FK	ตารางอ้างอิง
USER_CODE	รหัสผู้ใช้	Decimal (10,0)	NO	PK		
FIRST_NAME	ชื่อ	Varchar (50)	YES			
LAST_NAME	นามสกุล	Varchar (50)	YES			
USER_LOGIN	ชื่อผู้ใช้	Varchar (20)	NO			
USER_PASSWORD	รหัสผ่าน	Varchar (20)	NO			
IS_ACTIVE	ความสามารถใช้งาน	Char (1)	YES			
ROLE_CODE	รหัสบทบาท	Integer	YES		FK	UMS_ROLE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การทำงานระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ

การพัฒนาระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ จะแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับการพัฒนาระบบตามที่ได้ออกแบบในหัวข้อที่ผ่านมา โดยจะครอบคลุมสภาพแวดล้อมของระบบ ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

6.1 สภาพแวดล้อมของระบบ

การพัฒนาระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในโครงงานนี้ ได้จำลองการทำงานขึ้นบนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องเดียวที่ทำหน้าที่เป็นทั้งไคลแอนต์ และเซิร์ฟเวอร์ ดังนั้นประสิทธิภาพในการทำงานอาจมีความแตกต่างไปจากสภาพแวดล้อมที่ใช้งานจริง โดยมีรายละเอียดของสภาพแวดล้อมในการพัฒนาระบบ ดังนี้

6.1.1 ฮาร์ดแวร์

ในการพัฒนาระบบงานใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะ ดังนี้

- CPU Intel Core2 Duo 2.5 GHz
- Hard Disk 250 GB
- RAM 1 GB
- Graphic Card Memory 512 MB

6.1.2 ซอฟท์แวร์

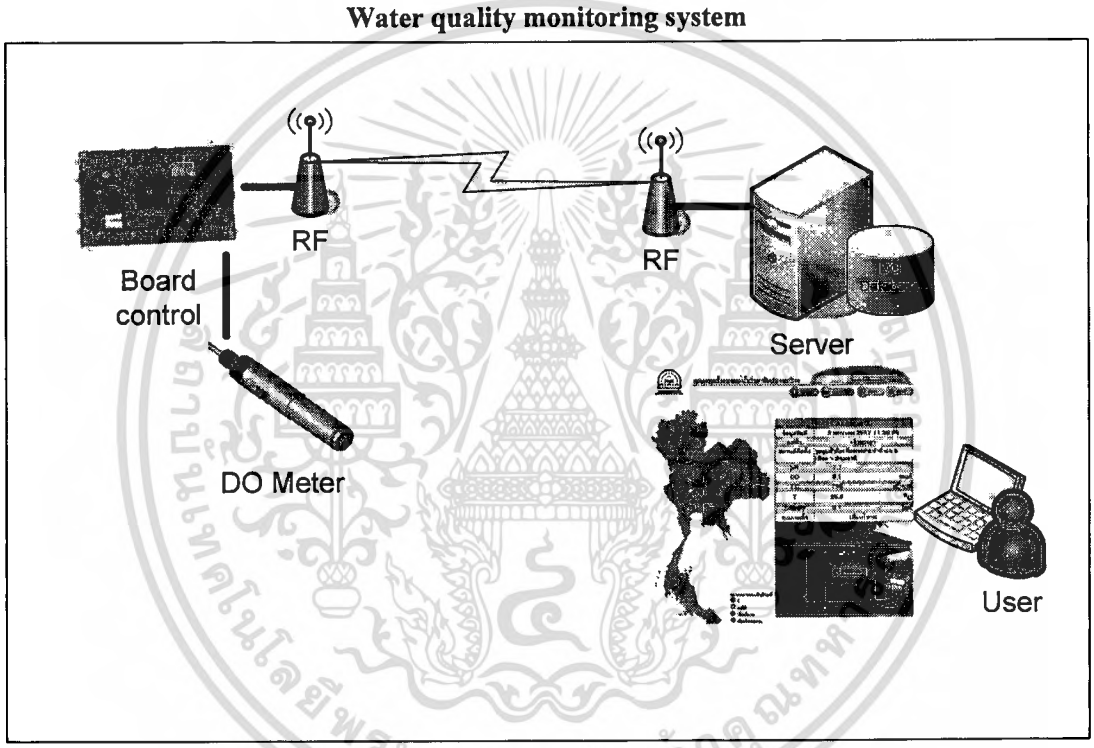
ในการพัฒนาระบบงานใช้ซอฟท์แวร์ที่มีคุณสมบัติ ดังนี้

- Microsoft Windows XP
- MySQL เวอร์ชัน 5.0.5b
- Mozilla Fixfox เวอร์ชัน 3.5
- Apache เวอร์ชัน 2.2.8
- PHP เวอร์ชัน 5.2.6
- Adobe Dreamweaver CS4
- phpMyAdmin เวอร์ชัน 2.10.3
- Netbeans IDE เวอร์ชัน 6.7.1
- AVR Studio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.3 สถาปัตยกรรมระบบ

ระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ ออกแบบสถาปัตยกรรมระบบเป็นแบบเว็บแอพลิเคชัน โดยเชื่อมต่อผ่านระบบอินเทอร์เน็ต โดยมีเครื่องแม่ข่ายให้บริการเว็บและฐานข้อมูลคุณภาพน้ำ มีเชื่อมต่อเครื่องแม่ข่ายกับอุปกรณ์แปลงสัญญาณระหว่างสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ (RF 2.4 GHz) และ RS232 เป็นชุดอุปกรณ์ สำหรับใช้แปลงสัญญาณระหว่างสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุไร้สาย ถูกติดตั้งอยู่ทั้งสองฝั่ง คือ ฝั่งเครื่องแม่ข่าย และฝั่งสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ การเชื่อมต่อที่สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำมีการเชื่อมต่อบอร์ดควบคุมและเครื่องมือวัดปริมาณออกซิเจน ดังรูป 6.1



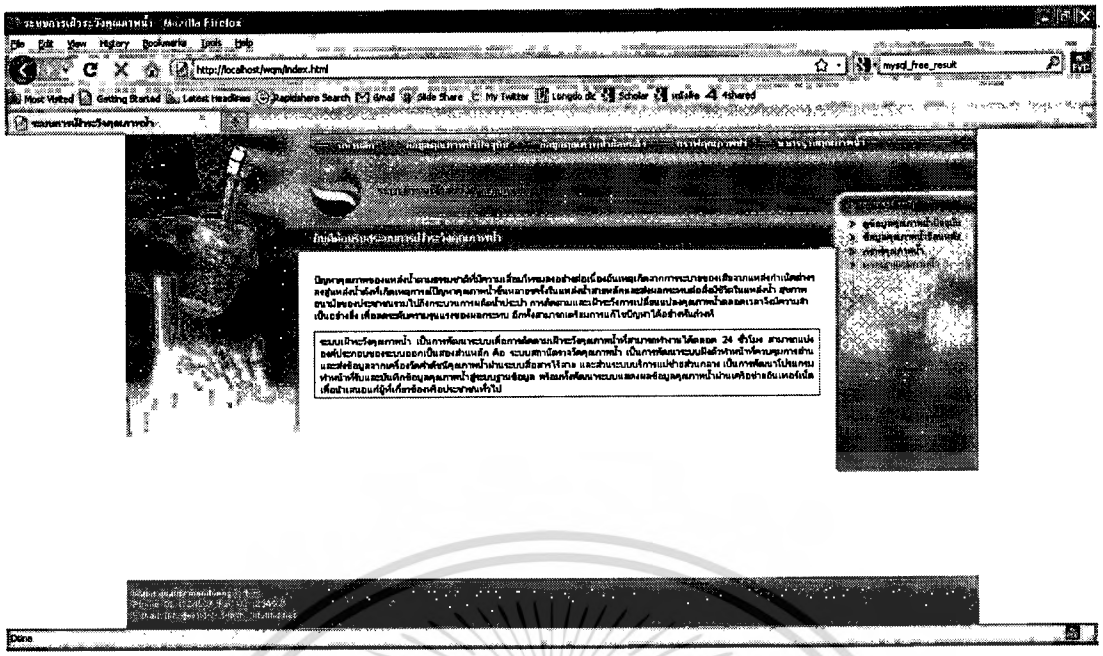
รูปที่ 6.1 สถาปัตยกรรมของระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ

6.2 รายละเอียดการทำงานของระบบ

6.2.1 หน้าจอหลักสำหรับผู้ใช้งาน

เป็นหน้าจอที่แสดงหน้าแรกของของระบบ สามารถใช้งานได้โดยผู้ใช้ทั่วไป ประกอบด้วยเมนู ข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน ข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลัง กราฟคุณภาพน้ำ มาตรฐานคุณภาพน้ำ รายละเอียดดังรูปที่ 6.2

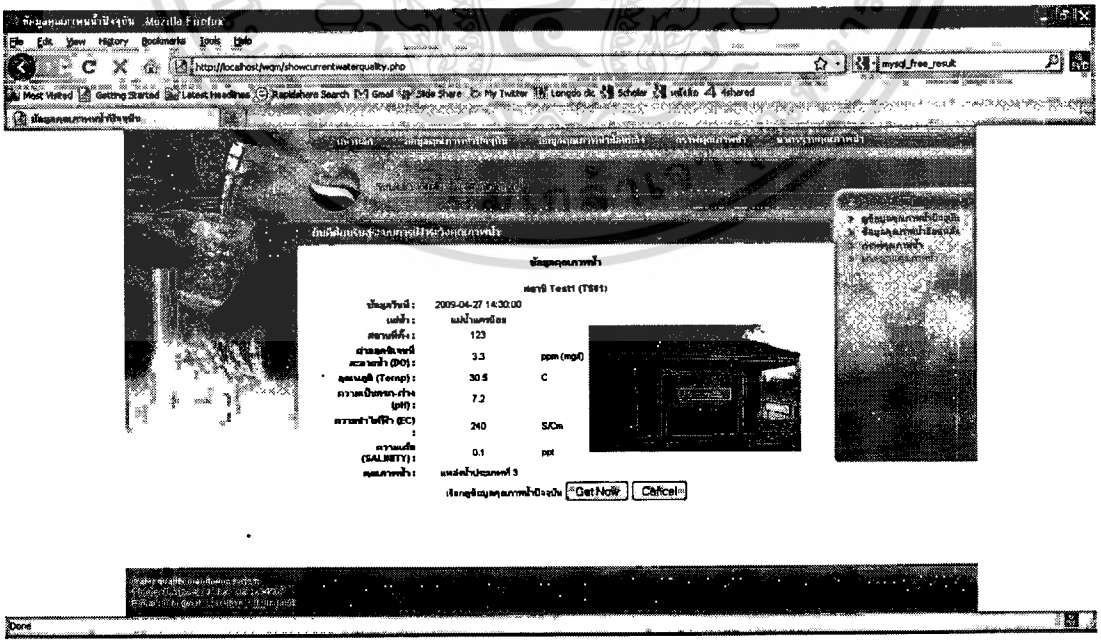
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 หน้าจอหลักสำหรับผู้ใช้งาน

6.2.2 หน้าจอข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน

เป็นหน้าจอที่ใช้สำหรับเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบันจากสถานีตรวจวัด โดยเมื่อเรียกเมนูดังกล่าวระบบจะแสดงข้อมูลคุณภาพน้ำล่าสุดที่ถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล และเมื่อผู้ใช้งานต้องการเรียกดูคุณภาพน้ำปัจจุบันให้คลิกที่ปุ่ม “Get Now” หากต้องการยกเลิกการเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบันให้คลิกที่ปุ่ม “Cancel” รายละเอียดดังรูปที่ 6.3



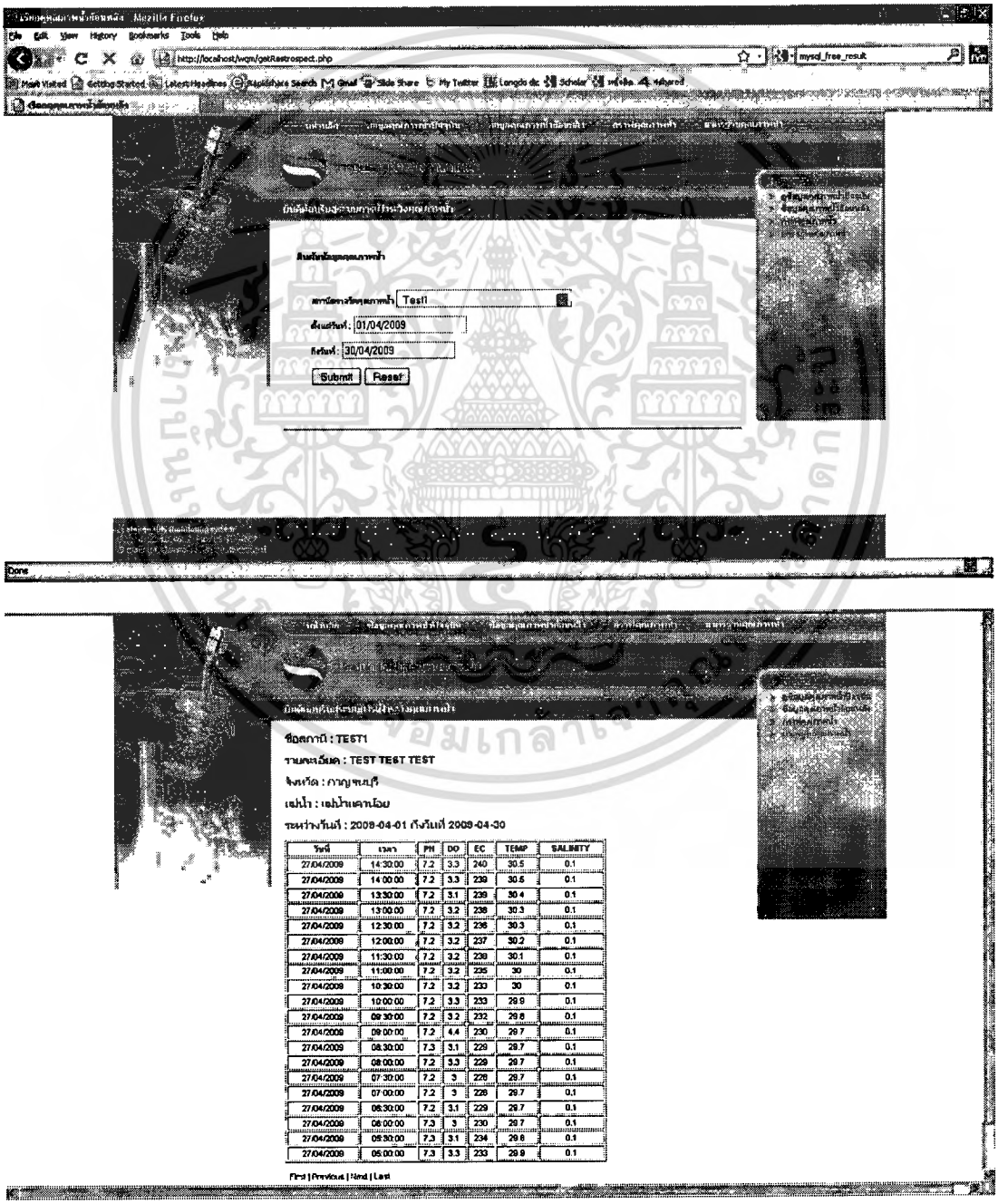
รูปที่ 6.3 หน้าจอเรียกดูข้อมูลคุณภาพน้ำปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.3 หน้าจอข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลัง

เป็นหน้าจอที่ใช้สืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลัง โดยประกอบด้วย หน้าจอในการป้อนพารามิเตอร์ในการสืบค้น และหน้าจอแสดงผลลัพธ์การสืบค้นในรูปแบบตาราง รายละเอียดดังรูปที่ 6.4 การใช้งานผู้ใช้ต้องทำการเลือกพารามิเตอร์ 3 ค่าดังนี้ คือ

1. *สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ* เป็นการระบุสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ต้องการสืบค้นข้อมูล
2. *วันที่เริ่มต้น* เป็นการระบุวันที่เริ่มต้นของการสืบค้นข้อมูล
3. วันที่สิ้นสุด เป็นการระบุวันที่สิ้นสุดของการสืบค้นข้อมูล



วันที่	เวลา	PH	DO	EC	TEMP	SALINITY
27/04/2009	14:30:00	7.2	3.3	240	30.5	0.1
27/04/2009	14:00:00	7.2	3.3	239	30.5	0.1
27/04/2009	13:30:00	7.2	3.1	239	30.4	0.1
27/04/2009	13:00:00	7.2	3.2	238	30.3	0.1
27/04/2009	12:30:00	7.2	3.2	236	30.3	0.1
27/04/2009	12:00:00	7.2	3.2	237	30.2	0.1
27/04/2009	11:30:00	7.2	3.2	236	30.1	0.1
27/04/2009	11:00:00	7.2	3.2	235	30	0.1
27/04/2009	10:30:00	7.2	3.2	233	30	0.1
27/04/2009	10:00:00	7.2	3.3	233	29.9	0.1
27/04/2009	09:30:00	7.2	3.2	232	29.8	0.1
27/04/2009	09:00:00	7.2	4.4	230	29.7	0.1
27/04/2009	08:30:00	7.3	3.1	229	29.7	0.1
27/04/2009	08:00:00	7.2	3.3	229	29.7	0.1
27/04/2009	07:30:00	7.2	3	228	29.7	0.1
27/04/2009	07:00:00	7.2	3	228	29.7	0.1
27/04/2009	06:30:00	7.2	3.1	229	29.7	0.1
27/04/2009	06:00:00	7.3	3	230	29.7	0.1
27/04/2009	05:30:00	7.3	3.1	234	29.8	0.1
27/04/2009	05:00:00	7.3	3.3	233	29.9	0.1

First | Previous | Next | Last

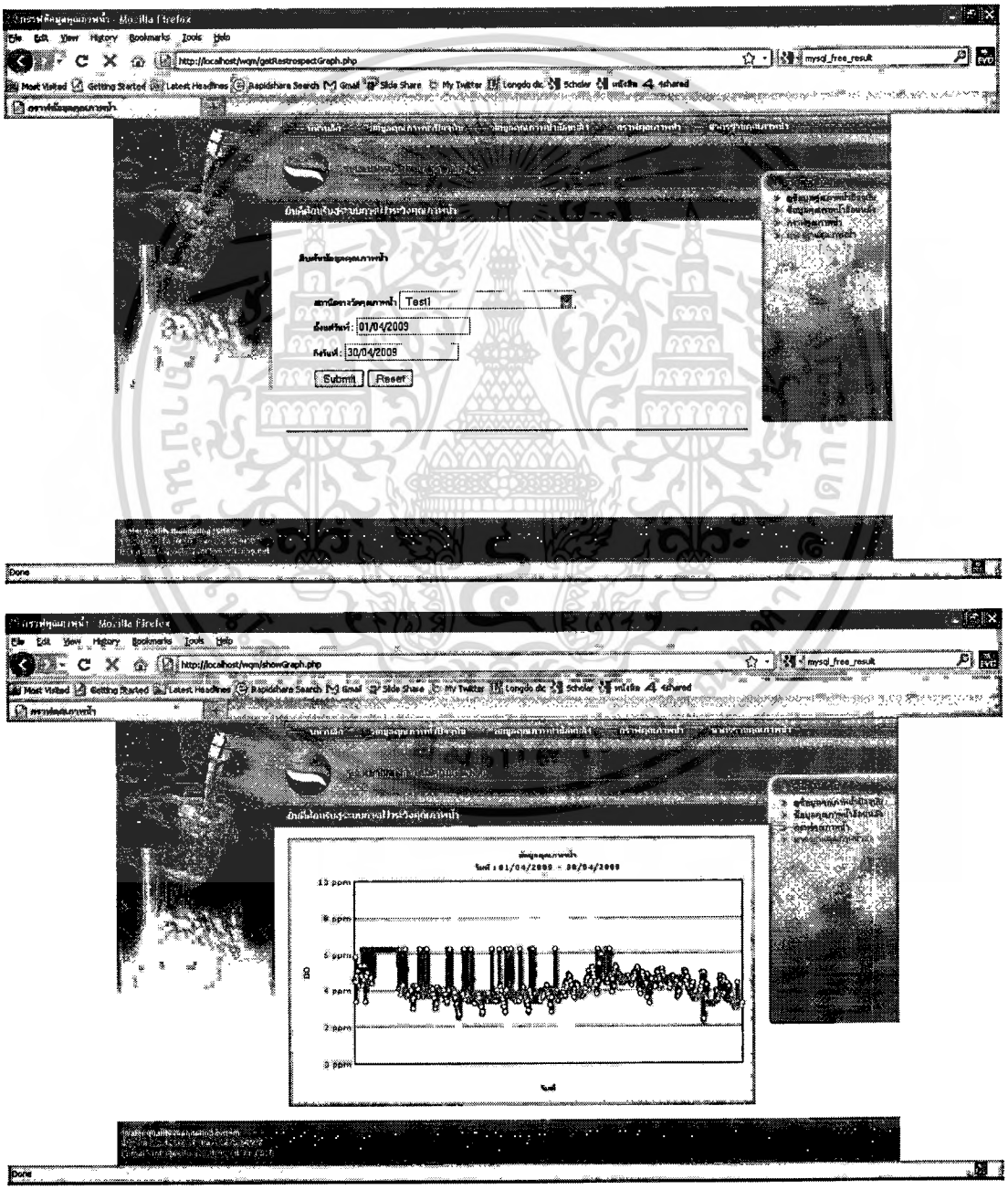
รูปที่ 6.4 หน้าจอสืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.4 หน้าจอกราฟคุณภาพน้ำ

เป็นหน้าจอที่ใช้สืบค้นข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลัง โดยประกอบด้วย หน้าจอในการป้อนพารามิเตอร์ในการสืบค้น และหน้าจอแสดงผลลัพธ์การสืบค้นในรูปแบบกราฟ รายละเอียดดังรูปที่ 6.5 การใช้งานผู้ใช้ต้องทำการเลือกพารามิเตอร์ 3 ค่าดังนี้ คือ

1. *สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ* เป็นการระบุสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ต้องการสืบค้นข้อมูล
2. *วันที่เริ่มต้น* เป็นการระบุวันที่เริ่มต้นของการสืบค้นข้อมูล
3. *วันที่สิ้นสุด* เป็นการระบุวันที่สิ้นสุดของการสืบค้นข้อมูล

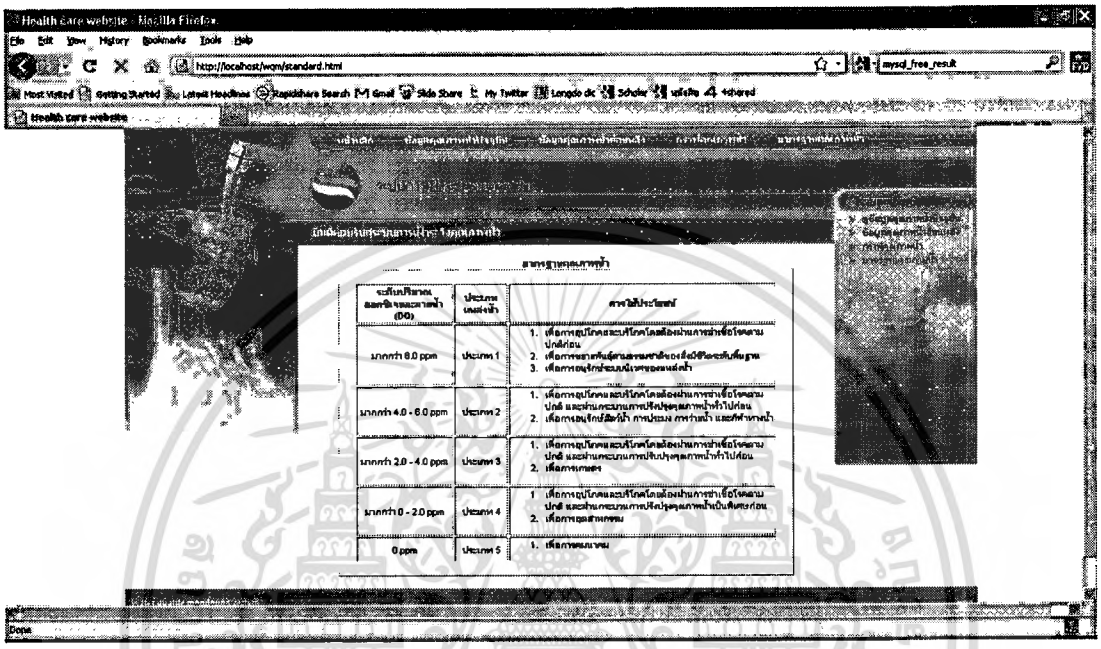


รูปที่ 6.5 หน้าจอแสดงกราฟคุณภาพน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.5 หน้าจอมาตรฐานคุณภาพน้ำ

เป็นหน้าจอแสดงเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ ประกาศโดยคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ที่ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำเป็นมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินจำแนกประเภท รายละเอียดดังรูปที่ 6.6



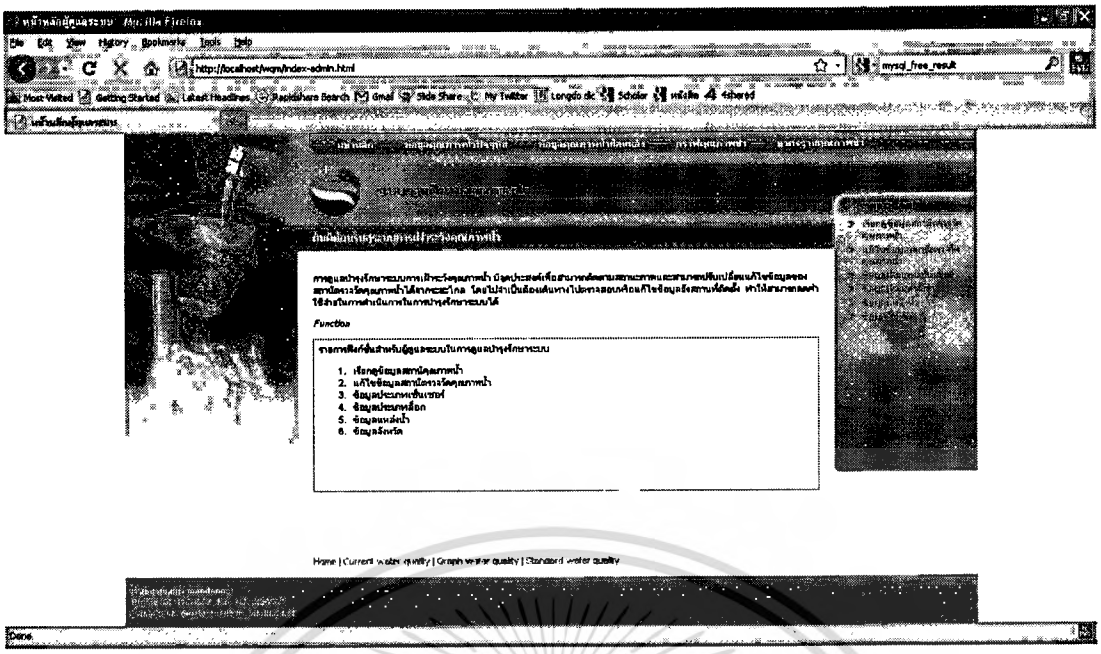
รูปที่ 6.6 หน้าจอมาตรฐานคุณภาพน้ำ

6.2.6 หน้าจอหลักสำหรับผู้ดูแลระบบ

เป็นหน้าจอหลักสำหรับการดูแลบำรุงรักษาระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ มีจุดประสงค์เพื่อสามารถติดตามสถานะภาพและสามารถปรับเปลี่ยนแก้ไขข้อมูลของ สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้จากระยะไกล โดยไม่จำเป็นต้องเดินทางไปตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลยังสถานที่ติดตั้ง ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการในการบำรุงรักษาระบบได้ รายละเอียดดังรูปที่ 6.7 มีเมนูการทำงานดังนี้

1. เรียกดูข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ เป็นการเรียกตัวข้อมูลของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
2. แก้ไขข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ เป็นการแก้ไขข้อมูลของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ
3. ข้อมูลประเภทเซ็นเซอร์ เป็นการบำรุงรักษาข้อมูลประเภทเซ็นเซอร์
4. ข้อมูลประเภทล็อก เป็นการบำรุงรักษาข้อมูล
5. ข้อมูลแหล่งน้ำ เป็นการบำรุงรักษาข้อมูลแหล่งน้ำ
6. ข้อมูลจังหวัด เป็นการบำรุงรักษาข้อมูลจังหวัด

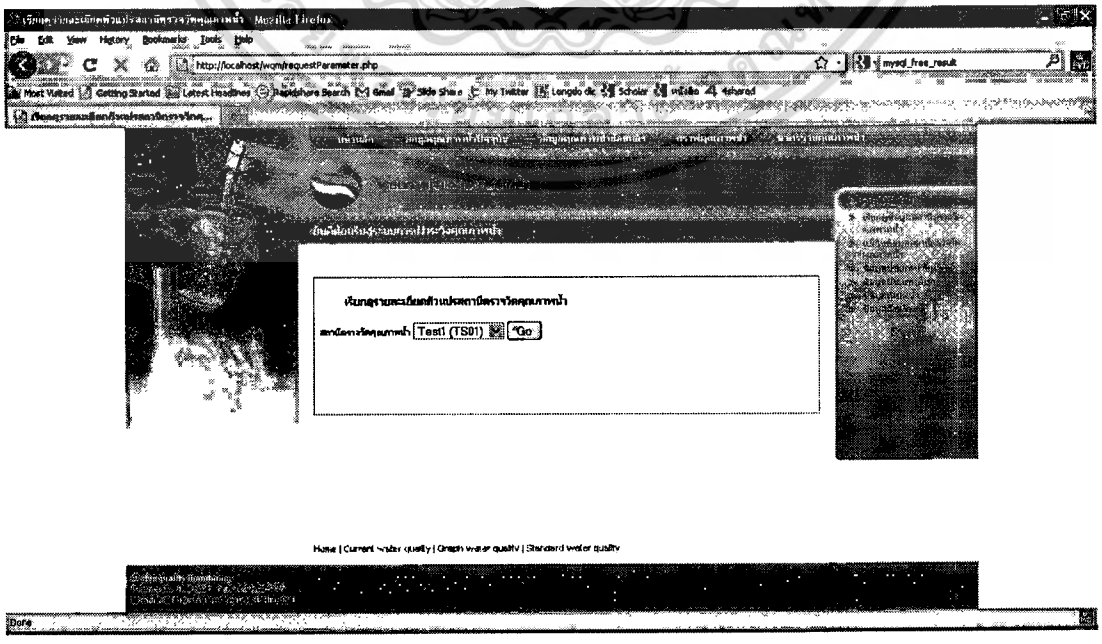
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.7 หน้าจอหลักสำหรับผู้ดูแลระบบ

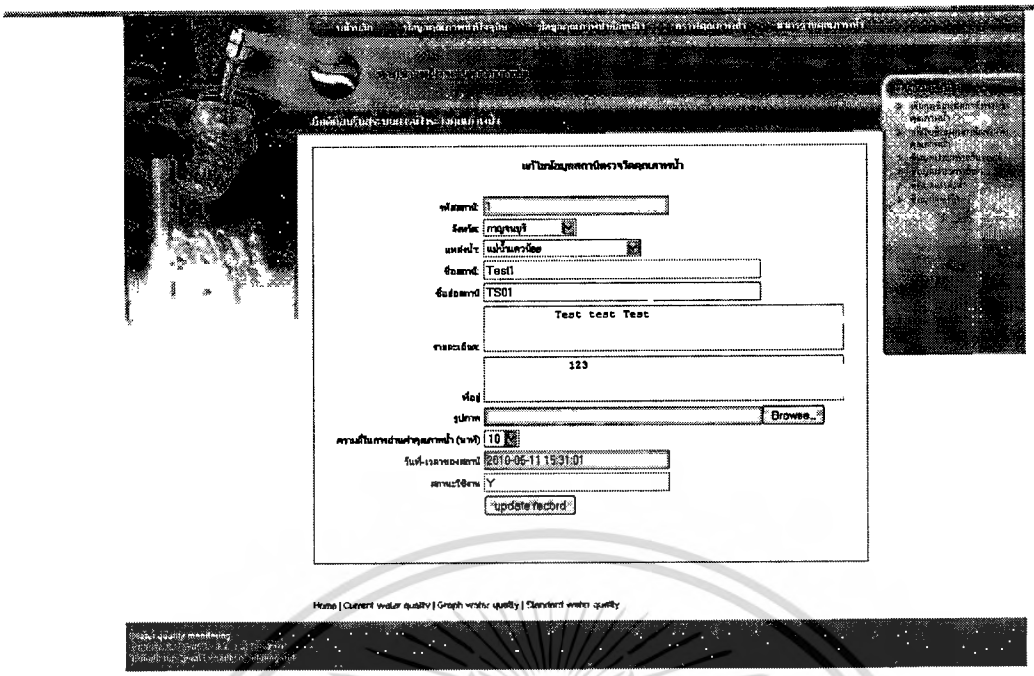
6.2.7 หน้าจอเรียกดูข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

เป็นเครื่องมือสำหรับผู้ดูและระบบในการตรวจสอบสถานะภาพและข้อมูลพื้นฐานของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำจากระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยในการใช้งานผู้ดูและระบบต้องการการเลือกสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ต้องการตรวจสอบและคลิกปุ่น “Go” เพื่อเรียกดูข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ จากนั้นระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลางจะทำการติดต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำเพื่อร้องขอข้อมูลดังกล่าว และนำมาแสดงผลที่หน้าจอ รายละเอียดดังรูปที่ 6.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

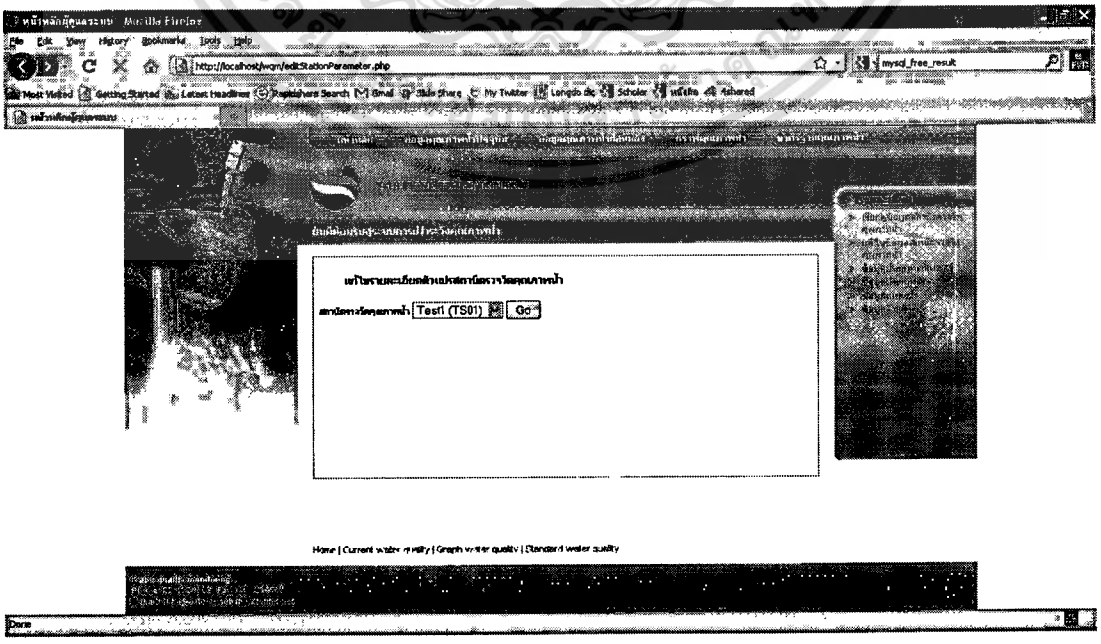
รูปที่ 6.8 หน้าจอเรียกดูข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ



รูปที่ 6.8 (ต่อ)

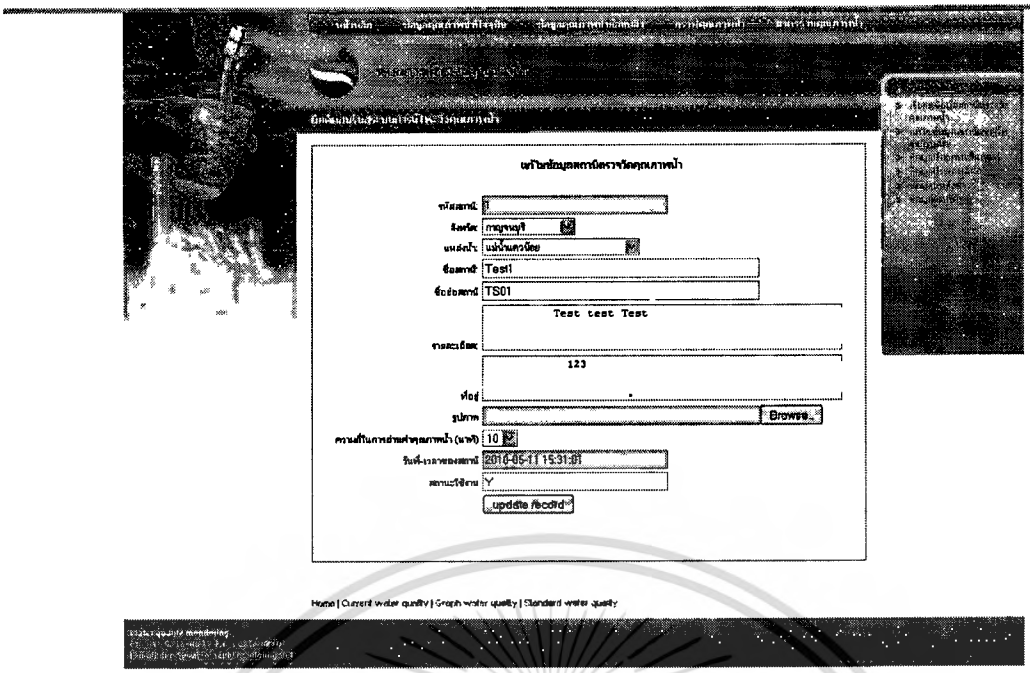
6.2.8 หน้าจอแก้ไขข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

เป็นเครื่องมือสำหรับผู้ดูและระบบในการแก้ไขข้อมูลพื้นฐานของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำจากระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยในการใช้งานผู้ดูและระบบต้องการการเลือกสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ต้องการตรวจสอบและคลิกปุ่น “Go” เพื่อบันทึกข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ จากนั้นระบบบริการแม่ข่ายส่วนกลางจะทำการติดต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำเพื่อแก้ไขข้อมูลดังกล่าว และบันทึกการเปลี่ยนแปลงลงในฐานข้อมูล รายละเอียดดังรูปที่ 6.9



รูปที่ 6.9 หน้าจอแก้ไขข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

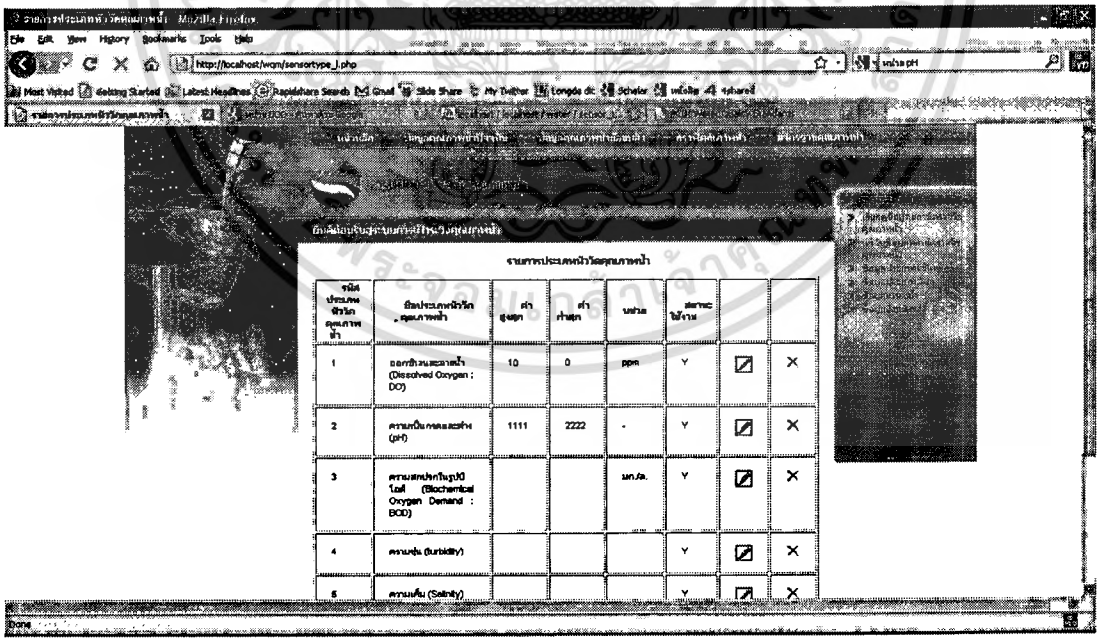
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.9 (ต่อ)

6.2.9 หน้าจอบำรุงรักษาข้อมูลประเภทเซ็นเซอร์

หน้าจอแสดงรายการประเภทเซ็นเซอร์ โดยประกอบด้วย ชื่อเซ็นเซอร์ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และหน่วยวัด รายละเอียดดังรูปที่ 6.10

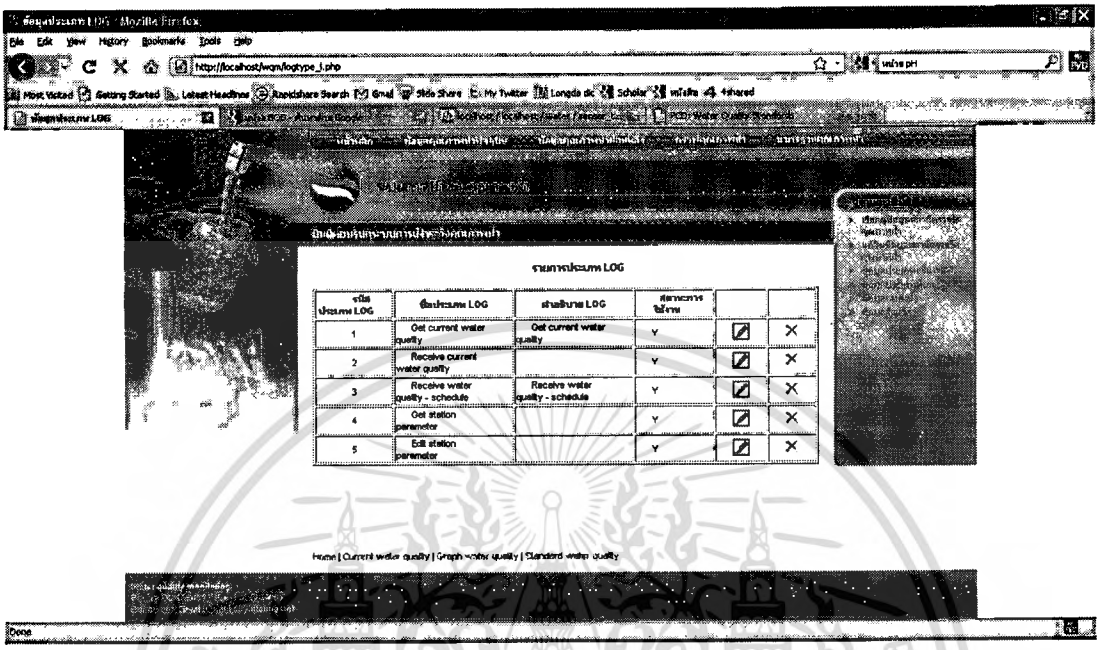


รูปที่ 6.10 หน้าจอบำรุงรักษาข้อมูลประเภทเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.10 หน้าจอบำรุงรักษาข้อมูลประเภท LOG

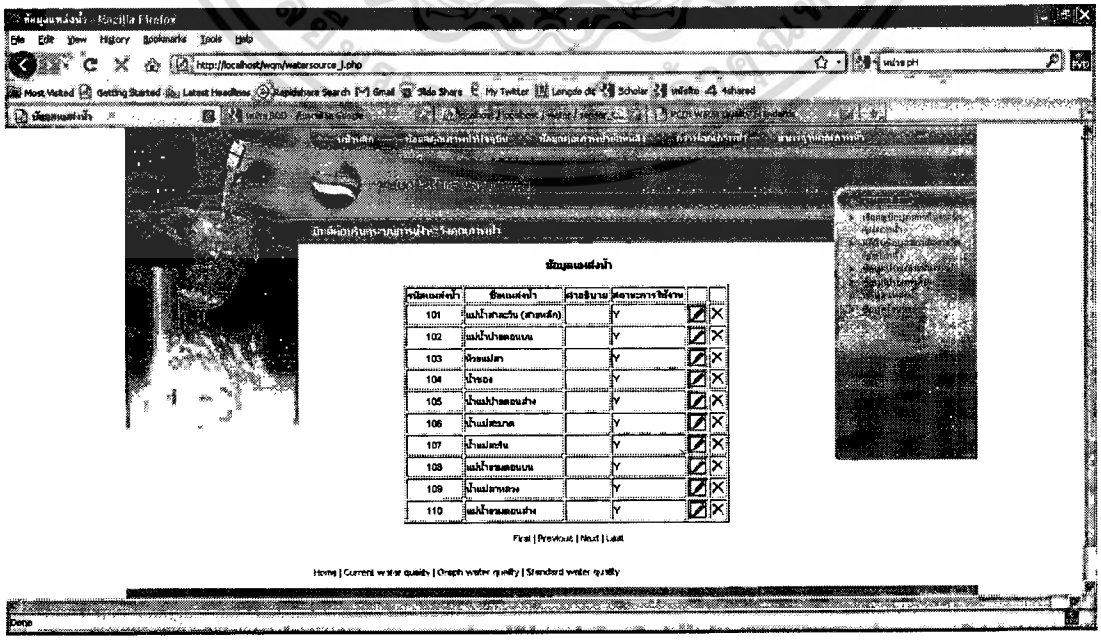
หน้าจอแสดงรายการประเภท LOG โดยประกอบด้วย ชื่อประเภท และคำอธิบาย รายละเอียดดังรูปที่ 6.11



รูปที่ 6.11 หน้าจอบำรุงรักษาประเภทข้อมูล LOG

6.2.11 หน้าจอบำรุงรักษาข้อมูลแหล่งน้ำ

หน้าจอแสดงรายการแหล่งน้ำ โดยประกอบด้วย ชื่อแหล่งน้ำ และคำอธิบาย รายละเอียดดังรูปที่ 6.12

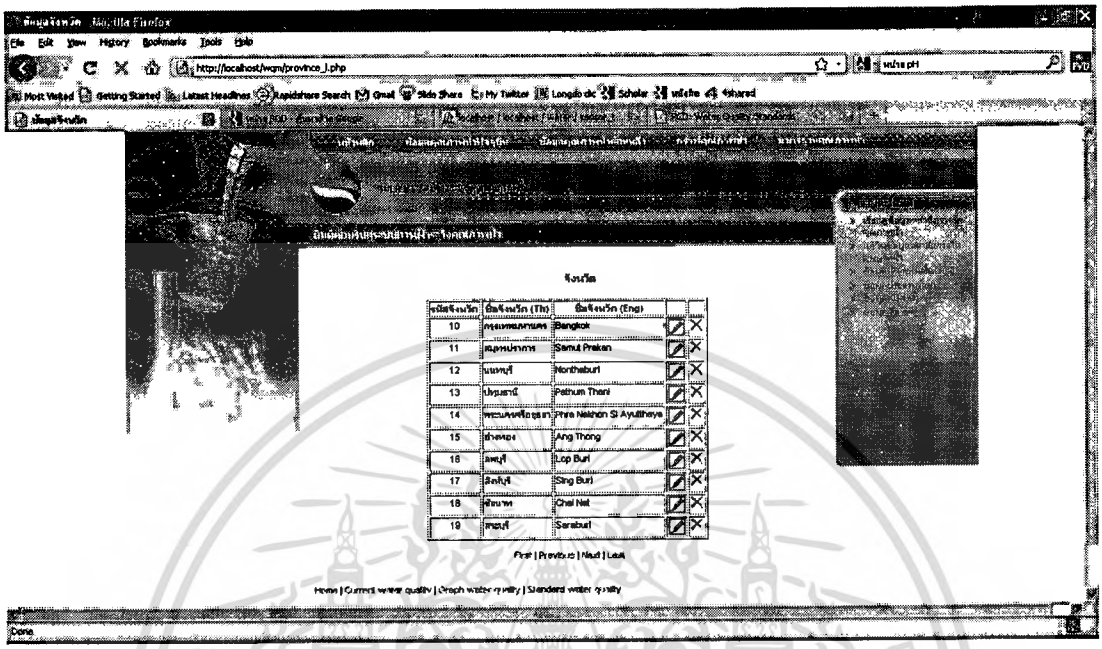


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.12 หน้าจอบำรุงรักษาข้อมูลแหล่งน้ำ

6.2.12 หน้าจอบำรุงรักษาข้อมูลจังหวัด

หน้าจอแสดงรายการจังหวัด โดยประกอบด้วย รหัสจังหวัด ชื่อจังหวัด (ภาษไทย) และชื่อจังหวัด (ภาษอังกฤษ) รายละเอียดดังรูปที่ 6.13



รูปที่ 6.13 หน้าจอบำรุงรักษาข้อมูลจังหวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการพัฒนาระบบงาน

ระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ เป็นการพัฒนาระบบต้นแบบโดยการประยุกต์ใช้ระบบฝังตัวร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อการติดตามเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำและนำเสนอผลดัชนีคุณภาพน้ำให้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องหรือประชาชนทั่วไปผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ส่งผลให้ทุกภาคส่วนสามารถติดตามเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ และตระหนักถึงสถานการณ์คุณภาพน้ำ อีกทั้งยังสามารถร่วมกันฟื้นฟูรักษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเพื่อสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืนต่อไป

ระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ ทำการแก้ปัญหาและข้อจำกัดของระบบปัจจุบันให้ระบบมีความสามารถตอบสนองความต้องการ เช่น สามารถตรวจสอบสถานะการทำงาน และการปรับแต่งค่าตัวแปรของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำได้จากเครือข่ายระยะไกล เป็นต้น อีกทั้งสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจัดหาและบำรุงรักษาระบบ โดยใช้เทคโนโลยีระบบฝังตัวที่สามารถจัดหาได้ภายในประเทศและมีราคาถูก อีกทั้งพัฒนาโดยใช้ซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส์ ได้แก่ ภาษาจาวา คอมโพเนนท์ RxTx [12] ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL

การพัฒนาระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ ช่วยทำให้เฝ้าระวังคุณภาพน้ำและการบริหารจัดการสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตามในโครงงานนี้ ได้ทำการวิเคราะห์ออกแบบเพียงบางส่วนของระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ ซึ่งอาจยังไม่ครอบคลุมทุกด้าน เมื่อนำไปใช้งานจริงจึงต้องมีการพัฒนาปรับปรุงต่อไปในอนาคต

7.2 ปัญหาและข้อจำกัด

จากการทดสอบระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ พบว่ามีปัญหาและข้อจำกัดในการใช้งานดังนี้

1. ปัญหาการขยายการเชื่อมต่อกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำมากกว่าหนึ่งสถานี เนื่องจากปัจจุบันใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณระหว่างสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ (RF 2.4 GHz) และ RS232 ในการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย ซึ่งอุปกรณ์ใช้พอร์ตอนุกรมในการเชื่อมต่อ ดังนั้นหากต้องการขยายการเชื่อมต่อมากกว่าหนึ่งสถานีเครื่องแม่ข่ายจำเป็นต้องมีพอร์ตอนุกรมมากกว่าหนึ่งพอร์ต หรืออาจเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ดังกล่าวโดยใช้เทคโนโลยีอื่นที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 แนวทางในการพัฒนาในอนาคต

การพัฒนาระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำเพิ่มเติมในอนาคต ควรมีการเพิ่มเติมในส่วนต่างๆต่อไปนี้

1. ควรเชื่อมโยงข้อมูลกับระบบเฝ้าระวังคุณภาพน้ำของหน่วยงานอื่นๆ โดยใช้เว็บเซอร์วิส
2. การเผยแพร่ข้อมูลคุณภาพน้ำผ่านเว็บไซต์โดยใช้ RSS (***Really Simple Syndication***)
3. แบบจำลองนำเสนอการประเมินการแพร่กระจายน้ำเสียในรูปแบบภาพเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. 2553. **มาตรฐานคุณภาพน้ำ.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html

กรมควบคุมมลพิษ. 2553. **ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://wqm.thaigov.net/index.php

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม และมหาวิทยาลัยมหิดล. 2549. **คุณภาพน้ำ.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://tsunami.deqp.go.th/WaterQ.asp

ประจิน พลังสันติกุล. 2549. **การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ด้วยภาษา C กับ WinAVR (C Compiler).** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แอพซอฟต์เทค.

สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม. 2553. **ระบบงานต้นแบบตรวจสอบสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำ (แม่น้ำท่าจีน).** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://monitoring.industry.go.th/tuscada/

สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม และมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2552. **ระบบงานต้นแบบตรวจสอบสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำ (แม่น้ำท่าจีน).** กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อีทีที. 2550. **คู่มือการใช้งานบอร์ด ET-AVR START KIT V 1.0 / EXP.** [Online] เข้าถึงได้จาก: http://www.ett.co.th/product/03A12.html.

อีทีที. 2547. **คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V1.0.** [CDROM] กรุงเทพฯ: อีทีที.

ATMEL. 2009. **Datasheet AVR ATMega128.** [Online] Available: http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?part_id=2018.

HACH. 2005. **Hach sc100 Controller USER MANUAL.** 5nd. China: HACH.

Hyperandy's Blog. 2010. **Calculating 4-20ma output for a Scale.** [Online] Available: http://blog.hyperandy.com/2010/03/01/4-20output/.

Keane Jarvi. 2010. **RXTX Project (Serial programming/Serial Java).** [Online] Available: http://rxtx.qbang.org/wiki/index.php/Main_Page.

Maxim Integrated Products. 2010. **Datasheet DS1307 serial real-time clock (RTC).** [Online] Available: http://www.maxim-ic.com/quick_view2.cfm/qv_pk/2688.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายเฉลิมพงศ์ สิมลา
วัน เดือน ปีเกิด	4 ธันวาคม 2519 กรุงเทพฯ
ที่อยู่	69/58 หมู่ 4 ต.ลาดสวาย อ.ลำลูกกา
	ปทุมธานี 12150
ประวัติการศึกษา	
ระดับปวส.	เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี
ระดับปริญญาตรี	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
	ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
	ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
ประสบการทำงาน	
พ.ศ. 2549-ปัจจุบัน	สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega128A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 133 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers + Peripheral Control Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
  - 128K Bytes of In-System Self-programmable Flash program memory
  - 4K Bytes EEPROM
  - 4K Bytes Internal SRAM
  - Write/Erase cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C(1)
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - Up to 64K Bytes Optional External Memory Space
  - Programming Lock for Software Security
  - SPI Interface for In-System Programming
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - Two Expanded 16-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, Compare Mode and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Two 8-bit PWM Channels
  - 6 PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits
  - Output Compare Modulator
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - 8 Single-ended Channels
    - 7 Differential Channels
    - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Dual Programmable Serial USARTs
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
  - Software Selectable Clock Frequency
  - ATmega103 Compatibility Mode Selected by a Fuse
  - Global Pull-up Disable
- I/O and Packages
  - 53 Programmable I/O Lines
  - 64-lead TQFP and 64-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
  - 2.7 - 5.5V for ATmega128A
- Speed Grades
  - 0 - 16 MHz for ATmega128A

8-bit AVR® Microcontroller with 128K Bytes In-System Programmable Flash

ATmega128A

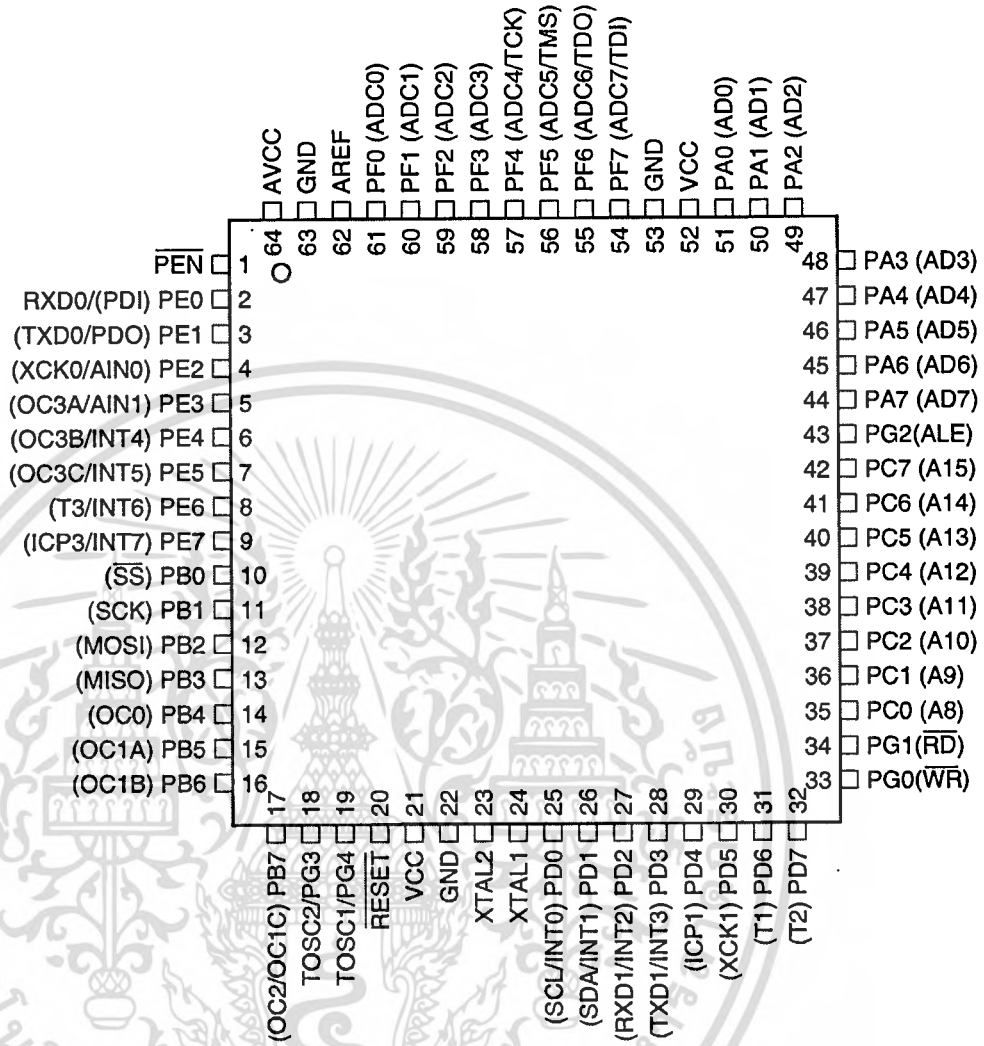
Summary

Rev. 8151DS–AVR–07/09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega128A



Note: The Pinout figure applies to both TQFP and MLF packages. The bottom pad under the QFN/MLF package should be soldered to ground.

2. Overview

The ATmega128A is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega128A achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega128A provides the following features: 128K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 4K bytes EEPROM, 4K bytes SRAM, 53 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, Real Time Counter (RTC), four flexible Timer/Counters with compare modes and PWM, 2 USARTs, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain, programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, IEEE std. 1149.1 compliant JTAG test interface, also used for accessing the On-chip Debug system and programming and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the Crystal/Resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega128A is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega128A AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

2.2 ATmega103 and ATmega128A Compatibility

The ATmega128A is a highly complex microcontroller where the number of I/O locations supersedes the 64 I/O locations reserved in the AVR instruction set. To ensure backward compatibility with the ATmega103, all I/O locations present in ATmega103 have the same location in ATmega128A. Most additional I/O locations are added in an Extended I/O space starting from $60 to $FF, (i.e., in the ATmega103 internal RAM space). These locations can be reached by using LD/LDS/LDD and ST/STS/STD instructions only, not by using IN and OUT instructions. The relocation of the internal RAM space may still be a problem for ATmega103 users. Also, the increased number of interrupt vectors might be a problem if the code uses absolute addresses. To solve these problems, an ATmega103 compatibility mode can be selected by programming the fuse M103C. In this mode, none of the functions in the Extended I/O space are in use, so the internal RAM is located as in ATmega103. Also, the Extended Interrupt vectors are removed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The ATmega128A is 100% pin compatible with ATmega103, and can replace the ATmega103 on current Printed Circuit Boards. The application note "Replacing ATmega103 by ATmega128A" describes what the user should be aware of replacing the ATmega103 by an ATmega128A.

2.2.1 ATmega103 Compatibility Mode

By programming the M103C fuse, the ATmega128 will be compatible with the ATmega103 regards to RAM, I/O pins and interrupt vectors as described above. However, some new features in ATmega128 are not available in this compatibility mode, these features are listed below:

- One USART instead of two, Asynchronous mode only. Only the eight least significant bits of the Baud Rate Register is available.
- One 16 bits Timer/Counter with two compare registers instead of two 16-bit Timer/Counters with three compare registers.
- Two-wire serial interface is not supported.
- Port C is output only.
- Port G serves alternate functions only (not a general I/O port).
- Port F serves as digital input only in addition to analog input to the ADC.
- Boot Loader capabilities is not supported.
- It is not possible to adjust the frequency of the internal calibrated RC Oscillator.
- The External Memory Interface can not release any Address pins for general I/O, neither configure different wait-states to different External Memory Address sections.
- In addition, there are some other minor differences to make it more compatible to ATmega103:
- Only EXTRF and PORF exists in MCUCSR.
- Timed sequence not required for Watchdog Time-out change.
- External Interrupt pins 3 - 0 serve as level interrupt only.
- USART has no FIFO buffer, so data overrun comes earlier.

Unused I/O bits in ATmega103 should be written to 0 to ensure same operation in ATmega128.

2.3 Pin Descriptions

2.3.1 VCC

Digital supply voltage.

2.3.2 GND

Ground.

2.3.3 Port A (PA7:PA0)

Port A is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port A pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port A also serves the functions of various special features of the ATmega128A as listed on page 73.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 Port B (PB7:PB0)

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B also serves the functions of various special features of the ATmega128A as listed on page 74.

2.3.5 Port C (PC7:PC0)

Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port C also serves the functions of special features of the ATmega128A as listed on page 76. In ATmega103 compatibility mode, Port C is output only, and the port C pins are **not** tri-stated when a reset condition becomes active.

Note: The ATmega128A is by default shipped in ATmega103 compatibility mode. Thus, if the parts are not programmed before they are put on the PCB, PORTC will be output during first power up, and until the ATmega103 compatibility mode is disabled.

2.3.6 Port D (PD7:PD0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port D also serves the functions of various special features of the ATmega128A as listed on page 78.

2.3.7 Port E (PE7:PE0)

Port E is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port E output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port E pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port E pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port E also serves the functions of various special features of the ATmega128A as listed on page 81.

2.3.8 Port F (PF7:PF0)

Port F serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port F also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port F output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port F pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port F pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PF7(TDI), PF5(TMS), and PF4(TCK) will be activated even if a Reset occurs.

The TDO pin is tri-stated unless TAP states that shift out data are entered.

Port F also serves the functions of the JTAG interface.

In ATmega103 compatibility mode, Port F is an input Port only.

2.3.9 Port G (PG4:PG0)

Port G is a 5-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port G output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port G pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port G pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port G also serves the functions of various special features.

The port G pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

In ATmega103 compatibility mode, these pins only serves as strobes signals to the external memory as well as input to the 32 kHz Oscillator, and the pins are initialized to PG0 = 1, PG1 = 1, and PG2 = 0 asynchronously when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. PG3 and PG4 are oscillator pins.

2.3.10 $\overline{\text{RESET}}$

Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in "System and Reset Characteristics" on page 324. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

2.3.11 XTAL1

Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

2.3.12 XTAL2

Output from the inverting Oscillator amplifier.

2.3.13 AVCC

AVCC is the supply voltage pin for Port F and the A/D Converter. It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.

2.3.14 AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

2.3.15 PEN

PEN is a programming enable pin for the SPI Serial Programming mode, and is internally pulled high . By holding this pin low during a Power-on Reset, the device will enter the SPI Serial Programming mode. $\overline{\text{PEN}}$ has no function during normal operation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Resources

A comprehensive set of development tools, application notes, and datasheets are available for download on http://www.atmel.com/avr.

ATmega128A/L rev. A - M characterization is found in the ATmega128A Appendix B.

4. Data Retention

Reliability Qualification results show that the projected data retention failure rate is much less than 1 PPM over 20 years at 85°C or 100 years at 25°C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
($FF)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
:	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($9E)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($9D)	UCSR1C	–	UMSEL1	UPM11	UPM10	USBS1	UCSZ11	UCSZ10	UCPOL1	195
($9C)	UDR1	USART1 I/O Data Register								192
($9B)	UCSR1A	RXC1	TXC1	UDRE1	FE1	DOR1	UPE1	U2X1	MPCM1	193
($9A)	UCSR1B	RXCIE1	TXCIE1	UDRIE1	RXEN1	TXEN1	UCSZ12	RXB81	TXB81	194
($99)	UBRR1L	USART1 Baud Rate Register Low								197
($98)	UBRR1H	–	–	–	–	USART1 Baud Rate Register High				197
($97)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($96)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($95)	UCSR0C	–	UMSEL0	UPM01	UPM00	USBS0	UCSZ01	UCSZ00	UCPOL0	195
($94)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($93)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($92)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($91)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($90)	UBRR0H	–	–	–	–	USART0 Baud Rate Register High				197
($8F)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($8E)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($8D)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($8C)	TCCR3C	FOC3A	FOC3B	FOC3C	–	–	–	–	–	138
($8B)	TCCR3A	COM3A1	COM3A0	COM3B1	COM3B0	COM3C1	COM3C0	WGM31	WGM30	134
($8A)	TCCR3B	ICNC3	ICES3	–	WGM33	WGM32	CS32	CS31	CS30	137
($89)	TCNT3H	Timer/Counter3 – Counter Register High Byte								139
($88)	TCNT3L	Timer/Counter3 – Counter Register Low Byte								139
($87)	OCR3AH	Timer/Counter3 – Output Compare Register A High Byte								140
($86)	OCR3AL	Timer/Counter3 – Output Compare Register A Low Byte								140
($85)	OCR3BH	Timer/Counter3 – Output Compare Register B High Byte								140
($84)	OCR3BL	Timer/Counter3 – Output Compare Register B Low Byte								140
($83)	OCR3CH	Timer/Counter3 – Output Compare Register C High Byte								140
($82)	OCR3CL	Timer/Counter3 – Output Compare Register C Low Byte								140
($81)	ICR3H	Timer/Counter3 – Input Capture Register High Byte								141
($80)	ICR3L	Timer/Counter3 – Input Capture Register Low Byte								141
($7F)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($7E)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($7D)	ETIMSK	–	–	TICIE3	OCIE3A	OCIE3B	TOIE3	OCIE3C	OCIE1C	142
($7C)	ETIFR	–	–	ICF3	OCF3A	OCF3B	TOV3	OCF3C	OCF1C	143
($7B)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($7A)	TCCR1C	FOC1A	FOC1B	FOC1C	–	–	–	–	–	138
($79)	OCR1CH	Timer/Counter1 – Output Compare Register C High Byte								140
($78)	OCR1CL	Timer/Counter1 – Output Compare Register C Low Byte								140
($77)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($76)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($75)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($74)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	–	TWIE	226
($73)	TWDR	Two-wire Serial Interface Data Register								228
($72)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	229
($71)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	–	TWPS1	TWPS0	228
($70)	TWBR	Two-wire Serial Interface Bit Rate Register								226
($6F)	OSCCAL	Oscillator Calibration Register								44
($6E)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($6D)	XMCRA	–	SRL2	SRL1	SRL0	SRW01	SRW00	SRW11		34
($6C)	XMCRB	XMBK	–	–	–	–	XMM2	XMM1	XMM0	35
($6B)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($6A)	EICRA	ISC31	ISC30	ISC21	ISC20	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	90
($69)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($68)	SPMCSR	SPMIE	RWWSB	–	RWWSRE	BLBSET	PGWRT	PGERS	SPMEN	289
($67)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($66)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
($65)	PORTG	–	–	–	PORTG4	PORTG3	PORTG2	PORTG1	PORTG0	89
($64)	DDRG	–	–	–	DDG4	DDG3	DDG2	DDG1	DDG0	89
($63)	PING	–	–	–	PING4	PING3	PING2	PING1	PING0	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Register Summary (Continued)

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
($62)	PORTF	PORTF7	PORTF6	PORTF5	PORTF4	PORTF3	PORTF2	PORTF1	PORTF0	89
($61)	DDRF	DDF7	DDF6	DDF5	DDF4	DDF3	DDF2	DDF1	DDF0	89
($60)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
$3F ($5F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	10
$3E ($5E)	SPH	SP15	SP14	SP13	SP12	SP11	SP10	SP9	SP8	13
$3D ($5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	13
$3C ($5C)	XDIV	XDIVEN	XDIV6	XDIV5	XDIV4	XDIV3	XDIV2	XDIV1	XDIV0	38
$3B ($5B)	RAMPZ	–	–	–	–	–	–	–	RAMPZ0	14
$3A ($5A)	EICRB	ISC71	ISC70	ISC61	ISC60	ISC51	ISC50	ISC41	ISC40	91
$39 ($59)	EIMSK	INT7	INT6	INT5	INT4	INT3	INT2	INT1	INT0	92
$38 ($58)	EIFR	INTF7	INTF6	INTF5	INTF4	INTF3	INTF	INTF1	INTF0	92
$37 ($57)	TIMSK	OCIE2	TOIE2	TICIE1	OCIE1A	OCIE1B	TOIE1	OCIE0	TOIE0	110, 141, 162
$36 ($56)	TIFR	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0	110, 143, 162
$35 ($55)	MCUCR	SRE	SRW10	SE	SM1	SM0	SM2	IVSEL	IVCE	33, 50, 63
$34 ($54)	MCUCSR	JTD	–	–	JTRF	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	56, 257
$33 ($53)	TCCR0	FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00	106
$32 ($52)	TCNT0	Timer/Counter0 (8 Bit)								109
$31 ($51)	OCR0	Timer/Counter0 Output Compare Register								109
$30 ($50)	ASSR	–	–	–	–	AS0	TCN0UB	OCR0UB	TCR0UB	109
$2F ($4F)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	COM1C1	COM1C0	WGM11	WGM10	134
$2E ($4E)	TCCR1B	ICNC1	ICES1	–	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	137
$2D ($4D)	TCNT1H	Timer/Counter1 – Counter Register High Byte								139
$2C ($4C)	TCNT1L	Timer/Counter1 – Counter Register Low Byte								139
$2B ($4B)	OCR1AH	Timer/Counter1 – Output Compare Register A High Byte								139
$2A ($4A)	OCR1AL	Timer/Counter1 – Output Compare Register A Low Byte								139
$29 ($49)	OCR1BH	Timer/Counter1 – Output Compare Register B High Byte								139
$28 ($48)	OCR1BL	Timer/Counter1 – Output Compare Register B Low Byte								139
$27 ($47)	ICR1H	Timer/Counter1 – Input Capture Register High Byte								140
$26 ($46)	ICR1L	Timer/Counter1 – Input Capture Register Low Byte								140
$25 ($45)	TCCR2	FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20	159
$24 ($44)	TCNT2	Timer/Counter2 (8 Bit)								161
$23 ($43)	OCR2	Timer/Counter2 Output Compare Register								162
$22 ($42)	OCDR	IDRD/OCDR7	OCDR6	OCDR5	OCDR4	OCDR3	OCDR2	OCDR1	OCDR0	276
$21 ($41)	WDTCR	–	–	–	WDCE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	57
$20 ($40)	SFIOR	TSM	–	–	–	ACME	PUD	PSR0	PSR321	86, 111, 146, 231
$1F ($3F)	EEARH	–	–	–	–	EEPROM Address Register High				30
$1E ($3E)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte								30
$1D ($3D)	EEDR	EEPROM Data Register								30
$1C ($3C)	EECR	–	–	–	–	EERIE	EEMWE	EEWE	EERE	30
$1B ($3B)	PORTA	PORTA7	PORTA6	PORTA5	PORTA4	PORTA3	PORTA2	PORTA1	PORTA0	87
$1A ($3A)	DDRA	DDA7	DDA6	DDA5	DDA4	DDA3	DDA2	DDA1	DDA0	87
$19 ($39)	PINA	PINA7	PINA6	PINA5	PINA4	PINA3	PINA2	PINA1	PINA0	87
$18 ($38)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	87
$17 ($37)	DDRB	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0	87
$16 ($36)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	87
$15 ($35)	PORTC	PORTC7	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	87
$14 ($34)	DDRC	DDC7	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	87
$13 ($33)	PINC	PINC7	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	88
$12 ($32)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	88
$11 ($31)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	88
$10 ($30)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	88
$0F ($2F)	SPDR	SPI Data Register								173
$0E ($2E)	SPSR	SPIF	WCOL	–	–	–	–	–	SPI2X	173
$0D ($2D)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	171
$0C ($2C)	UDR0	USART0 I/O Data Register								192
$0B ($2B)	UCSR0A	RXC0	TXC0	UDRE0	FE0	DOR0	UPE0	U2X0	MPCM0	193
$0A ($2A)	UCSR0B	RXCIE0	TXCIE0	UDRIE0	RXEN0	TXEN0	UCSZ02	RXB80	TXB80	194
$09 ($29)	UBRR0L	USART0 Baud Rate Register Low								197
$08 ($28)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	231
$07 ($27)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	245
$06 ($26)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADFR	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	247
$05 ($25)	ADCH	ADC Data Register High Byte								248
$04 ($24)	ADCL	ADC Data Register Low byte								248
$03 ($23)	PORTE	PORTE7	PORTE6	PORTE5	PORTE4	PORTE3	PORTE2	PORTE1	PORTE0	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Register Summary (Continued)

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
$02 ($22)	DDRE	DDE7	DDE6	DDE5	DDE4	DDE3	DDE2	DDE1	DDE0	88
$01 ($21)	PINE	PINE7	PINE6	PINE5	PINE4	PINE3	PINE2	PINE1	PINE0	88
$00 ($20)	PINF	PINF7	PINF6	PINF5	PINF4	PINF3	PINF2	PINF1	PINF0	89

Notes:
1. For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.
2. Some of the status flags are cleared by writing a logical one to them. Note that the CBI and SBI instructions will operate on all bits in the I/O register, writing a one back into any flag read as set, thus clearing the flag. The CBI and SBI instructions work with registers $00 to $1F only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Instruction Set Summary

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	Rd ← Rd + Rr	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	Rd ← Rd + Rr + C	Z,C,N,V,H	1
ADIW	Rdl,K	Add Immediate to Word	Rdh:Rdl ← Rdh:Rdl + K	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	Rd ← Rd - Rr	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	Rd ← Rd - K	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	Rd ← Rd - Rr - C	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	Rd ← Rd - K - C	Z,C,N,V,H	1
SBIW	Rdl,K	Subtract Immediate from Word	Rdh:Rdl ← Rdh:Rdl - K	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	Rd ← Rd • Rr	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	Rd ← Rd • K	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	Rd ← Rd v Rr	Z,N,V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	Rd ← Rd v K	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	Rd ← Rd ⊕ Rr	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	Rd ← $FF – Rd	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	Rd ← $00 – Rd	Z,C,N,V,H	1
SBR	Rd,K	Set Bit(s) in Register	Rd ← Rd v K	Z,N,V	1
CBR	Rd,K	Clear Bit(s) in Register	Rd ← Rd • ($FF - K)	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	Rd ← Rd + 1	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	Rd ← Rd – 1	Z,N,V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	Rd ← Rd • Rd	Z,N,V	1
CLR	Rd	Clear Register	Rd ← Rd ⊕ Rd	Z,N,V	1
SER	Rd	Set Register	Rd ← $FF	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	R1:R0 ← Rd x Rr	Z,C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	R1:R0 ← Rd x Rr	Z,C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	R1:R0 ← Rd x Rr	Z,C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	R1:R0 ← (Rd x Rr) << 1	Z,C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	R1:R0 ← (Rd x Rr) << 1	Z,C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	R1:R0 ← (Rd x Rr) << 1	Z,C	2
BRANCH INSTRUCTIONS					
RJMP	k	Relative Jump	PC ← PC + k + 1	None	2
IJMP		Indirect Jump to (Z)	PC ← Z	None	2
JMP	k	Direct Jump	PC ← k	None	3
RCALL	k	Relative Subroutine Call	PC ← PC + k + 1	None	3
ICALL		Indirect Call to (Z)	PC ← Z	None	3
CALL	k	Direct Subroutine Call	PC ← k	None	4
RET		Subroutine Return	PC ← STACK	None	4
RETI		Interrupt Return	PC ← STACK	I	4
CPSE	Rd,Rr	Compare, Skip if Equal	if (Rd = Rr) PC ← PC + 2 or 3	None	1 / 2 / 3
CP	Rd,Rr	Compare	Rd – Rr	Z, N,V,C,H	1
CPC	Rd,Rr	Compare with Carry	Rd – Rr – C	Z, N,V,C,H	1
CPI	Rd,K	Compare Register with Immediate	Rd – K	Z, N,V,C,H	1
SBRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	if (Rr(b)=0) PC ← PC + 2 or 3	None	1 / 2 / 3
SBRS	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	if (Rr(b)=1) PC ← PC + 2 or 3	None	1 / 2 / 3
SBIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	if (P(b)=0) PC ← PC + 2 or 3	None	1 / 2 / 3
SBIS	P, b	Skip if Bit in I/O Register Is Set	if (P(b)=1) PC ← PC + 2 or 3	None	1 / 2 / 3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	if (SREG(s) = 1) then PC←PC+k + 1	None	1 / 2
BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	if (SREG(s) = 0) then PC←PC+k + 1	None	1 / 2
BREQ	k	Branch if Equal	if (Z = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRNE	k	Branch if Not Equal	if (Z = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRCS	k	Branch if Carry Set	if (C = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRCC	k	Branch if Carry Cleared	if (C = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRSH	k	Branch if Same or Higher	if (C = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRLO	k	Branch if Lower	if (C = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRMI	k	Branch if Minus	if (N = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRPL	k	Branch if Plus	if (N = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	if (N ⊕ V= 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	if (N ⊕ V= 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	if (H = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	if (H = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRTS	k	Branch if T Flag Set	if (T = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRTC	k	Branch if T Flag Cleared	if (T = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Instruction Set Summary (Continued)

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
BRVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	if (V = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	if (V = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRIE	k	Branch if Interrupt Enabled	if (I = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRID	k	Branch if Interrupt Disabled	if (I = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
DATA TRANSFER INSTRUCTIONS					
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	Rd ← Rr	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	Rd+1:Rd ← Rr+1:Rr	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	Rd ← K	None	1
LD	Rd, X	Load Indirect	Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (X), X ← X + 1	None	2
LD	Rd, - X	Load Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, Y	Load Indirect	Rd ← (Y)	None	2
LD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Y), Y ← Y + 1	None	2
LD	Rd, - Y	Load Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, Rd ← (Y)	None	2
LDD	Rd,Y+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Y + q)	None	2
LD	Rd, Z	Load Indirect	Rd ← (Z)	None	2
LD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Z), Z ← Z+1	None	2
LD	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, Rd ← (Z)	None	2
LDD	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Z + q)	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	Rd ← (k)	None	2
ST	X, Rr	Store Indirect	(X) ← Rr	None	2
ST	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(X) ← Rr, X ← X + 1	None	2
ST	- X, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, (X) ← Rr	None	2
ST	Y, Rr	Store Indirect	(Y) ← Rr	None	2
ST	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Y) ← Rr, Y ← Y + 1	None	2
ST	- Y, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, (Y) ← Rr	None	2
STD	Y+q,Rr	Store Indirect with Displacement	(Y + q) ← Rr	None	2
ST	Z, Rr	Store Indirect	(Z) ← Rr	None	2
ST	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Z) ← Rr, Z ← Z + 1	None	2
ST	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, (Z) ← Rr	None	2
STD	Z+q,Rr	Store Indirect with Displacement	(Z + q) ← Rr	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	(k) ← Rr	None	2
LPM		Load Program Memory	R0 ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	Rd ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc	Rd ← (Z), Z ← Z+1	None	3
ELPM		Extended Load Program Memory	R0 ← (RAMPZ:Z)	None	3
ELPM	Rd, Z	Extended Load Program Memory	Rd ← (RAMPZ:Z)	None	3
ELPM	Rd, Z+	Extended Load Program Memory and Post-Inc	Rd ← (RAMPZ:Z), RAMPZ:Z ← RAMPZ:Z+1	None	3
SPM		Store Program Memory	(Z) ← R1:R0	None	-
IN	Rd, P	In Port	Rd ← P	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	P ← Rr	None	1
PUSH	Rr	Push Register on Stack	STACK ← Rr	None	2
POP	Rd	Pop Register from Stack	Rd ← STACK	None	2
BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS					
SBI	P,b	Set Bit in I/O Register	I/O(P,b) ← 1	None	2
CBI	P,b	Clear Bit in I/O Register	I/O(P,b) ← 0	None	2
LSL	Rd	Logical Shift Left	Rd(n+1) ← Rd(n), Rd(0) ← 0	Z,C,N,V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), Rd(7) ← 0	Z,C,N,V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	Rd(0)←C,Rd(n+1)← Rd(n),C←Rd(7)	Z,C,N,V	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	Rd(7)←C,Rd(n)← Rd(n+1),C←Rd(0)	Z,C,N,V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), n=0:6	Z,C,N,V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	Rd(3:0)←Rd(7:4),Rd(7:4)←Rd(3:0)	None	1
BSET	s	Flag Set	SREG(s) ← 1	SREG(s)	1
BCLR	s	Flag Clear	SREG(s) ← 0	SREG(s)	1
BST	Rr, b	Bit Store from Register to T	T ← Rr(b)	T	1
BLD	Rd, b	Bit load from T to Register	Rd(b) ← T	None	1
SEC		Set Carry	C ← 1	C	1
CLC		Clear Carry	C ← 0	C	1
SEN		Set Negative Flag	N ← 1	N	1
CLN		Clear Negative Flag	N ← 0	N	1
SEZ		Set Zero Flag	Z ← 1	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	Z ← 0	Z	1
SEI		Global Interrupt Enable	I ← 1	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	I ← 0	I	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Instruction Set Summary (Continued)

SES		Set Signed Test Flag	S ← 1	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	S ← 0	S	1
Mnemonics	**Operands**	**Description**	**Operation**	**Flags**	**#Clocks**
SEV		Set Twos Complement Overflow.	V ← 1	V	1
CLV		Clear Twos Complement Overflow	V ← 0	V	1
SET		Set T in SREG	T ← 1	T	1
CLT		Clear T in SREG	T ← 0	T	1
SEH		Set Half Carry Flag in SREG	H ← 1	H	1
CLH		Clear Half Carry Flag in SREG	H ← 0	H	1
MCU CONTROL INSTRUCTIONS					
NOP		No Operation		None	1
SLEEP		Sleep	(see specific descr. for Sleep function)	None	1
WDR		Watchdog Reset	(see specific descr. for WDR/timer)	None	1
BREAK		Break	For On-chip Debug Only	None	N/A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Ordering Information

7.1 ATmega128A

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code[2]	Package[1]	Operation Range
16	2.7 - 5.5V	ATmega128A-16AU ATmega128A-16MU	64A 64M1	Industrial (-40°C to 85°C)

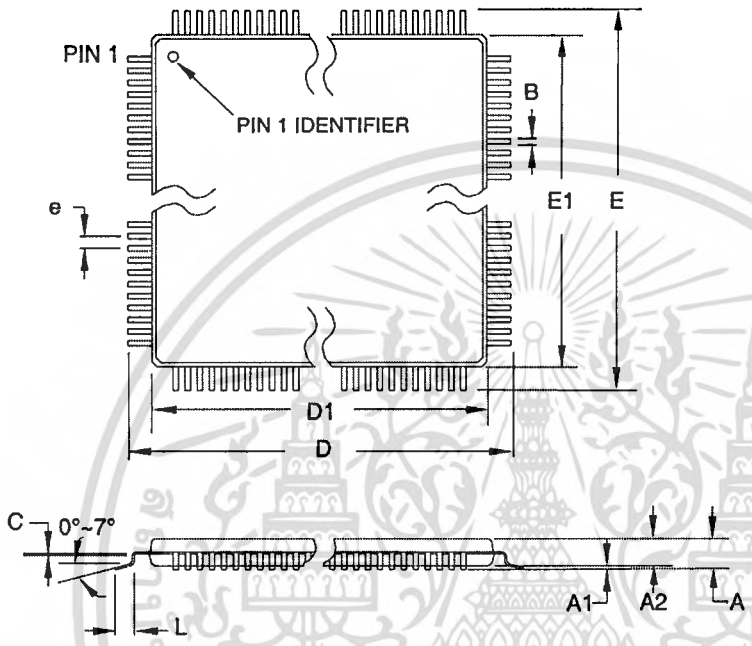
Notes:
1. The device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.

Package Type	
64A	64-lead, 14 x 14 x 1.0 mm, Thin Profile Plastic Quad Flat Package (TQFP)
64M1	64-pad, 9 x 9 x 1.0 mm, Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Packaging Information

8.1 64A



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	–	–	1.20	
A1	0.05	–	0.15	
A2	0.95	1.00	1.05	
D	15.75	16.00	16.25	
D1	13.90	14.00	14.10	Note 2
E	15.75	16.00	16.25	
E1	13.90	14.00	14.10	Note 2
B	0.30	–	0.45	
C	0.09	–	0.20	
L	0.45	–	0.75	
e	0.80 TYP			

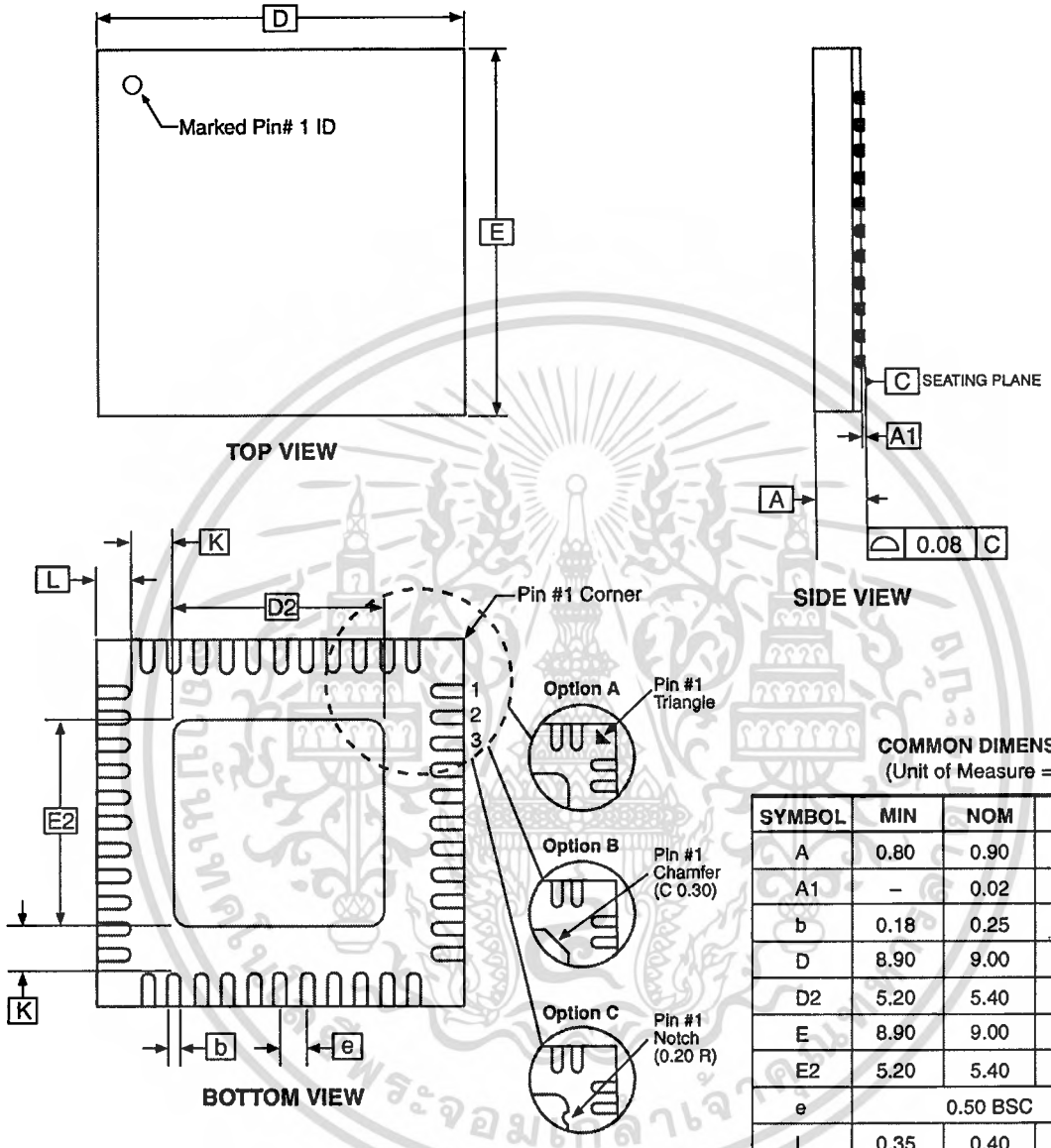
Notes:
1. This package conforms to JEDEC reference MS-026, Variation AEB.
2. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is 0.25 mm per side. Dimensions D1 and E1 are maximum plastic body size dimensions including mold mismatch.
3. Lead coplanarity is 0.10 mm maximum.

10/5/2001

	TITLE	DRAWING NO.	REV.
2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	**64A,** 64-lead, 14 x 14 mm Body Size, 1.0 mm Body Thickness, 0.8 mm Lead Pitch, Thin Profile Plastic Quad Flat Package (TQFP)	64A	B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2 64M1



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	0.80	0.90	1.00	
A1	–	0.02	0.05	
b	0.18	0.25	0.30	
D	8.90	9.00	9.10	
D2	5.20	5.40	5.60	
E	8.90	9.00	9.10	
E2	5.20	5.40	5.60	
e		0.50 BSC		
L	0.35	0.40	0.45	
K	1.25	1.40	1.55	

Note: 1. JEDEC Standard MO-220, (SAW Singulation) Fig. 1, VMMD.
2. Dimension and tolerance conform to ASMEY14.5M-1994.

5/25/06

	TITLE	DRAWING NO.	REV.
2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	**64M1**, 64-pad, 9 x 9 x 1.0 mm Body, Lead Pitch 0.50 mm, 5.40 mm Exposed Pad, Micro Lead Frame Package (MLF)	64M1	G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Errata

The revision letter in this section refers to the revision of the ATmega128A device.

9.1 ATmega128A Rev. U

- **Wrong value for Version in the JTAG Device Identification Register**
- **First Analog Comparator conversion may be delayed**
- **Interrupts may be lost when writing the timer registers in the asynchronous timer**
- **Stabilizing time needed when changing XDIV Register**
- **Stabilizing time needed when changing OSCCAL Register**
- **IDCODE masks data from TDI input**
- **Reading EEPROM by using ST or STS to set EERE bit triggers unexpected interrupt request**

1. **First Analog Comparator conversion may be delayed**

   If the device is powered by a slow rising V_{CC}, the first Analog Comparator conversion will take longer than expected on some devices.

   Problem Fix/Workaround

   When the device has been powered or reset, disable then enable the Analog Comparator before the first conversion.

2. **Interrupts may be lost when writing the timer registers in the asynchronous timer**

   The interrupt will be lost if a timer register that is synchronous timer clock is written when the asynchronous Timer/Counter register (TCNTx) is 0x00.

   Problem Fix/Workaround

   Always check that the asynchronous Timer/Counter register neither have the value 0xFF nor 0x00 before writing to the asynchronous Timer Control Register (TCCRx), asynchronous Timer Counter Register (TCNTx), or asynchronous Output Compare Register (OCRx).

3. **Stabilizing time needed when changing XDIV Register**

   After increasing the source clock frequency more than 2% with settings in the XDIV register, the device may execute some of the subsequent instructions incorrectly.

   Problem Fix / Workaround

   The NOP instruction will always be executed correctly also right after a frequency change. Thus, the next 8 instructions after the change should be NOP instructions. To ensure this, follow this procedure:

   1. Clear the I bit in the SREG Register.
   2. Set the new pre-scaling factor in XDIV register.
   3. Execute 8 NOP instructions
   4. Set the I bit in SREG

   This will ensure that all subsequent instructions will execute correctly.

   Assembly Code Example:

```
CLI                 ; clear global interrupt enable
OUT  XDIV, temp     ; set new prescale value
NOP                 ; no operation
NOP                 ; no operation
NOP                 ; no operation
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
NOP                 ; no operation
NOP                 ; no operation
NOP                 ; no operation
NOP                 ; no operation
NOP                 ; no operation
SEI                 ; set global interrupt enable
```

4. **Stabilizing time needed when changing OSCCAL Register**

   After increasing the source clock frequency more than 2% with settings in the OSCCAL register, the device may execute some of the subsequent instructions incorrectly.

   Problem Fix / Workaround

   The behavior follows errata number 3., and the same Fix / Workaround is applicable on this errata.

5. **IDCODE masks data from TDI input**

   The JTAG instruction IDCODE is not working correctly. Data to succeeding devices are replaced by all-ones during Update-DR.

   Problem Fix / Workaround

   – If ATmega128A is the only device in the scan chain, the problem is not visible.

   – Select the Device ID Register of the ATmega128A by issuing the IDCODE instruction or by entering the Test-Logic-Reset state of the TAP controller to read out the contents of its Device ID Register and possibly data from succeeding devices of the scan chain. Issue the BYPASS instruction to the ATmega128A while reading the Device ID Registers of preceding devices of the boundary scan chain.

   – If the Device IDs of all devices in the boundary scan chain must be captured simultaneously, the ATmega128A must be the fist device in the chain.

6. **Reading EEPROM by using ST or STS to set EERE bit triggers unexpected interrupt request.**

   Reading EEPROM by using the ST or STS command to set the EERE bit in the EECR register triggers an unexpected EEPROM interrupt request.

   Problem Fix / Workaround

   Always use OUT or SBI to set EERE in EECR.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. Datasheet Revision History

Please note that the referring page numbers in this section are referred to this document. The referring revision in this section are referring to the document revision.

10.1 Rev. 8151D – 07/09

1. Updated "Errata" on page 376.
2. Updated the last page with Atmel's new addresses.

10.2 Rev. 8151C – 05/09

1. Updated "Errata" on page 375. ATmega128A Rev. U.

10.3 Rev. 8151B – 03/09

1. Updated view of "Typical Characteristics" on page 337 view.
2. Editorial updates.

10.4 Rev. 8151A– 08/08

1. Initial revision. (Based on the ATmega128/L datasheet 2467R-AVR-06/08)

Changes done compared to the ATmega128/L datasheet 2467R-AVR-06/08:
- Updated "Stack Pointer" on page 13 description.
- "Power Management and Sleep Modes" on page 46 is reorganized.
- All Electrical characteristics is moved to "Electrical Characteristics" on page 321.
- Output Low Voltage (V_{OL}) and Reset Pull-up Resistor (R_{RST}) limits updated in "DC Characteristics" on page 321.
- Register descriptions are moved to sub sections at the end of each chapter.
- New graphs in "Typical Characteristics" on page 338.
- New "Ordering Information" on page 373.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Headquarters

Atmel Corporation
2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
USA
Tel: 1(408) 441-0311
Fax: 1(408) 487-2600

International

Atmel Asia
Unit 1-5 & 16, 19/F
BEA Tower, Millennium City 5
418 Kwun Tong Road
Kwun Tong, Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2245-6100
Fax: (852) 2722-1369

Atmel Europe
Le Krebs
8, Rue Jean-Pierre Timbaud
BP 309
78054 Saint-Quentin-en-
Yvelines Cedex
France
Tel: (33) 1-30-60-70-00
Fax: (33) 1-30-60-71-11

Atmel Japan
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
Japan
Tel: (81) 3-3523-3551
Fax: (81) 3-3523-7581

Product Contact

Web Site
www.atmel.com

Technical Support
avr@atmel.com

Sales Contact
www.atmel.com/contacts

Literature Requests
www.atmel.com/literature

Disclaimer: The information in this document is provided in connection with Atmel products. No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property right is granted by this document or in connection with the sale of Atmel products. **EXCEPT AS SET FORTH IN ATMEL'S TERMS AND CONDITIONS OF SALE LOCATED ON ATMEL'S WEB SITE, ATMEL ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER AND DISCLAIMS ANY EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY WARRANTY RELATING TO ITS PRODUCTS INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, OR NON-INFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL ATMEL BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, CONSEQUENTIAL, PUNITIVE, SPECIAL OR INCIDENTAL DAMAGES (INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, DAMAGES FOR LOSS OF PROFITS, BUSINESS INTERRUPTION, OR LOSS OF INFORMATION) ARISING OUT OF THE USE OR INABILITY TO USE THIS DOCUMENT, EVEN IF ATMEL HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES.** Atmel makes no representations or warranties with respect to the accuracy or completeness of the contents of this document and reserves the right to make changes to specifications and product descriptions at any time without notice. Atmel does not make any commitment to update the information contained herein. Unless specifically provided otherwise, Atmel products are not suitable for, and shall not be used in, automotive applications. Atmel's products are not intended, authorized, or warranted for use as components in applications intended to support or sustain life.

© 2009 Atmel Corporation. All rights reserved. Atmel®, Atmel logo and combinations thereof, AVR® and others are registered trademarks or trademarks of Atmel Corporation or its subsidiaries. Other terms and product names may be trademarks of others.

8151DS–AVR–07/09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

HACH SC100 Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

sc100 Controller

The Model sc100 Controller receives data from one or two sensors. Its plug-and-play, mix-and-match operation lets it fit into any facility or workflow. Digital communication with any Hach digital sensor or probe is simple and reliable.

Features and Benefits

One Controller for One or Two Sensors

The Hach sc100 Controller receives data from up to two sensors. Use any of Hach's line of digital sensors for pH/ORP, conductivity, dissolved oxygen, or turbidity.

One Controller for One or Two Parameters

Not only can the sc100 controller be used for up to two sensors, but the sensors need not be the same. Mix and match any combination of parameters.

One Controller for Many Options

Communications using RS485/MODBUS® or Profibus DPV1® protocols are available. (Contact your Hach representative for other communication protocols.) Multiple control functions include built-in PID, control contacts, and alarm functions.

"Plug and Play" Operation

There's no complicated wiring or set up procedures with the sc100 controller. Just plug the sensor in and it's ready for use without special ordering or software configuration.

Simple, Reliable Data Collection

A built-in data logger collects measurement at user selectable intervals (1 to 15 minutes), together with calibration and verification points, alarm history, and instrument setup changes for up to 6 months. With a two-year warranty, the Hach sc100 Controller is built to last.

DW = drinking water WW = wastewater municipal PW = pure water / power
IW = industrial water E = environmental C = collections FB = food and beverage

HACH®

Be Right™

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

LXV401.52.00002	sc100 Controller Standard
LXV401.52.01002	sc100 Controller with RS-232 (MODBUS)
LXV401.52.02002	sc100 Controller with RS-485 (MODBUS)

Note: Power cords must be ordered separately.

Note: Other communication options are available. Please contact Hach Technical Support or your Hach representative.

Power Cords

5448800	Power Cord with strain relief, 125 Vac
5448900	Power Cord with strain relief, 230 Vac, European-style plug

Accessories

LZX961.5	Weather Protection Shield, for controller

To complete your digital measurement system, choose from Hach's family of digital products...

At Hach, it's about learning from our customers and providing the right answers. It's more than ensuring the quality of water—it's about ensuring the quality of life. When it comes to the things that touch our lives...

Keep it pure.

Make it simple.

Be right.

For current price information, technical support, and ordering assistance, contact the Hach office or distributor serving your area.

In the United States, contact:

HACH COMPANY World Headquarters
P.O. Box 389
Loveland, Colorado 80539-0389
U.S.A.
Telephone: 800-227-4224
Fax: 970-669-2932
E-mail: orders@hach.com
www.hach.com

U.S. exporters and customers in Canada, Latin America, sub-Saharan Africa, Asia, and Australia/New Zealand, contact:

HACH COMPANY World Headquarters
P.O. Box 389
Loveland, Colorado 80539-0389
U.S.A.
Telephone: 970-669-3050
Fax: 970-461-3939
E-mail: intl@hach.com
www.hach.com
www.hach-latinoamerica.com

In Europe, the Middle East, and Mediterranean Africa, contact:

HACH LANGE GmbH
Willstätterstraße 11
D-40549 Düsseldorf
GERMANY
Tel: +49 (0) 211 5288-0
Fax: +49 (0) 211 5288-143
E-mail: info@hach-lange.de
www.hach-lange.com

Lit. No. 2463 Rev 1
E9 Printed in U.S.A.

©Hach Company, 2009. All rights reserved.
In the interest of improving and updating its equipment, Hach Company reserves the right to alter specifications to equipment at any time.

HACH®

Be Right™

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

ภาคผนวก ค

HACH LDO Dissolved Oxygen Probe

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specifications*

Measuring Range
0 to 20.0 ppm,

0 to 20.0 mg/L,

0 to 200% saturation

Sensitivity
±0.5% of span

Accuracy
Measurement:
Below 1 ppm: ±0.1 ppm
Above 1 ppm: ±0.2 ppm

Temperature: ±0.2°C

Repeatability
±0.5% of span

Response Time at 20°C
To 90% in less than 40 seconds

To 95% in less than 60 seconds

Resolution
Below 10 ppm:
±0.01 ppm or mg/L, ±0.1% saturation

Above 10 ppm:
±0.1 ppm or mg/L, ±0.1% saturation

Operating Temperature
0 to 50°C (32 to 122°F)

Flow Rate
None required

Probe Immersion Depth and Pressure Limits
107 m (350 ft.), 1050 kPa (150 psi), maximum

Transmission Distance
100 m (328 ft.) maximum

1000 m (3280 ft.) maximum when used with a termination box

Sensor Cable (integral)
10 m (33 ft.) terminated with quick-disconnect plug

Wetted Materials
Probe: Foamed Noryl® and 316 stainless steel

Sensor: Polybutyl methacrolate

Dimensions
60 x 292 mm (2.4 x 11.5 in.)

Weight
1.4 kg (3 lb., 2 oz.)

Warranties
Probe: 3 Years

Sensor Cap: 1 Year

Noryl® is a registered trademark of General Electric Co.

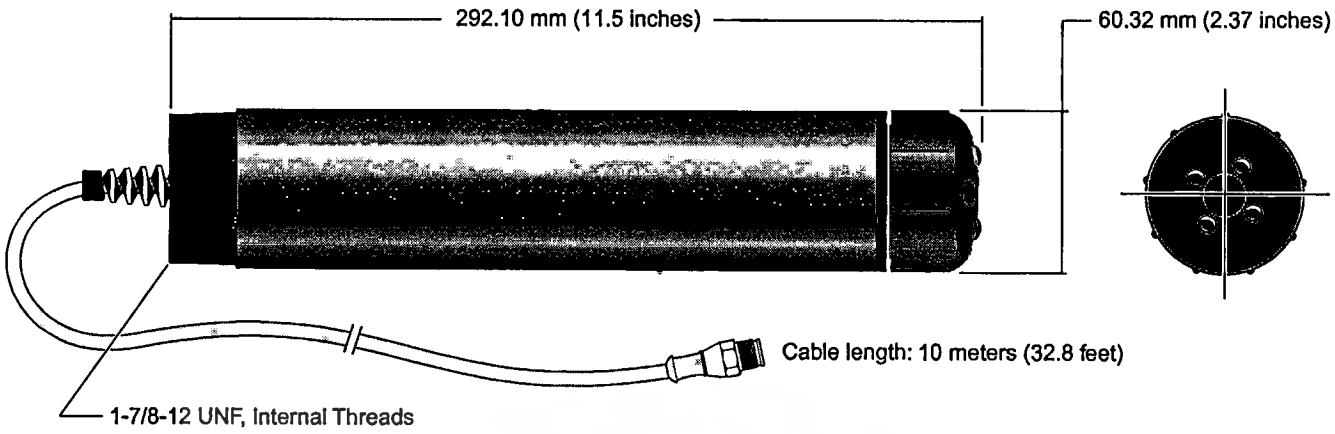
*Specifications subject to change without notice.

Engineering Specifications

1. The dissolved oxygen probe shall be a continuous-reading probe that utilizes luminescent sensor technology.
2. The probe material shall be foamed Noryl® and 316 stainless steel. All parts of the probe shall be corrosion-resistant and fully-immersible.
3. The sensor material shall be polybutyl methoacrolate.
4. The measurement range shall be 0.00 to 20.00 mg/L dissolved oxygen.
5. The operation of the analyzer shall not be affected by H_2S, pH, K^{+1}, Na^{+1}, Mg^{+2}, Ca^{+2}, NH_4^{+1}, Al^{+3}, Pb^{+2}, Cd^{+2}, Zn^{+2}, Cr (total), Fe^{+2}, Fe^{+3}, Mn^{+2}, Cu^{+2}, Ni^{+2}, Co^{+2}, CN^{-1}, NO_3^{-1}, SO_4^{-2}, S^{-2}, PO_4^{+3}, Cl^{-1}, anion active tensides, crude oils, or Cl_2^{-1}.
6. The probe shall provide electrolyte-free operation without the requirements of sample conditioning.
7. The probe shall be furnished with choice of pole or ball-float mount kit.
8. The sensor cap shall be warranted for one full year against defects in material and workmanship.
9. The probe shall be warranted for three full years against defects in material and workmanship.
10. The analyzer shall be HACH LDO® Probe for dissolved oxygen measurement, manufactured by Hach Company.

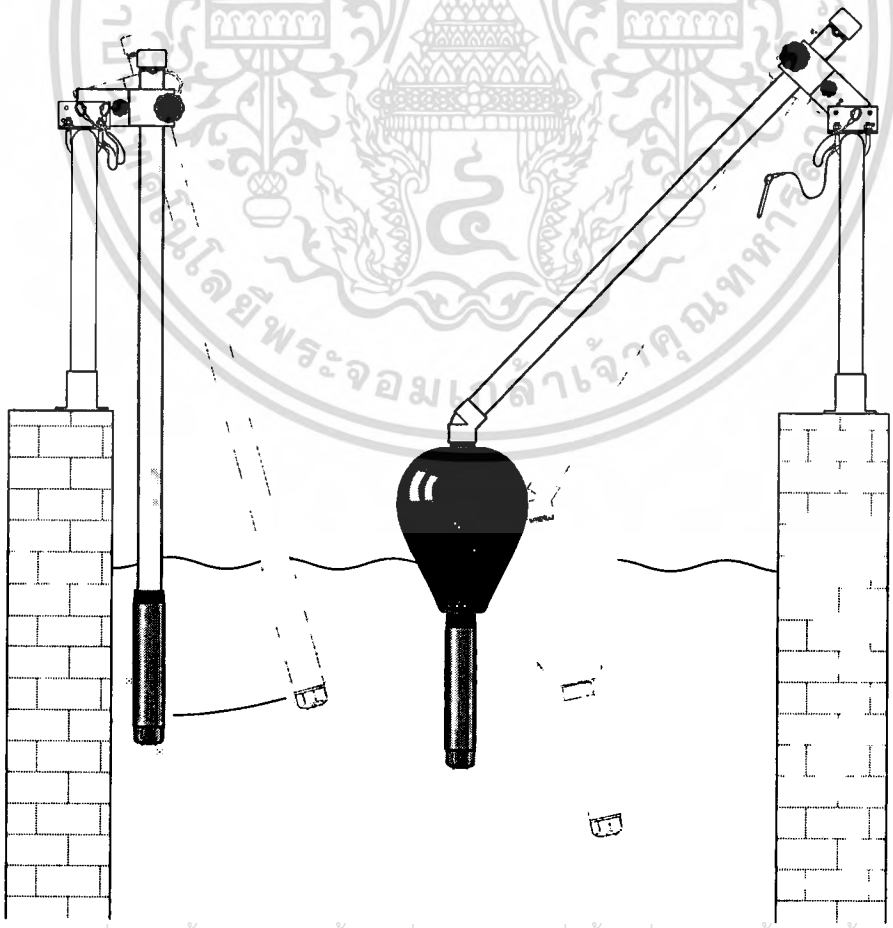
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dimensions



Installation Examples

The HACH LDO® Probe can be mounted using the optional Pole Mount Kit (P/N 57944-00) or Ball Float Mount Kit (P/N 57943-00).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

57900-00	HACH LDO® Dissolved Oxygen Probe with 10 m (32.8 ft.) integral cable

Accessories

58670-00	Termination Box, required for total cable lengths greater than 100 m (328 ft.)
61224-00	Extension Cable, 1 m (3.3 ft.)
57960-00	Extension Cable, 7.7 m (25 ft.)
57961-00	Extension Cable, 15 m (50 ft.)
57962-00	Extension Cable, 31 m (100 ft.)
57951-00	Air Blast Cleaning System, 115 V
57952-00	Air Blast Cleaning System, 230 V

Replacement Parts

57911-00	Replacement Sensor Cap

Mounting Kits

57944-00	Pole Mount Kit
57943-00	Ball Float Mount Kit

To complete your dissolved oxygen measurement system, choose the sc100 or the sc1000 controller...

Model sc100 Controller

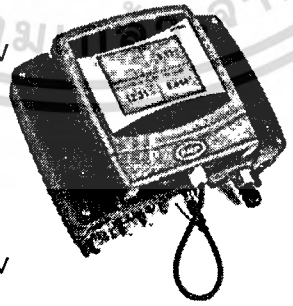
(see Lit. #2463)

LXV401.52.00002	sc100 Controller Standard
LXV401.52.01002	sc100 Controller with RS-232 MODBUS®
LXV401.52.02002	sc100 Controller with RS-485 MODBUS®

Model sc1000 Controller

(see Lit. #2403)

LXV402.99.00002	sc1000 Display Module
LXV400.99.1R572	sc1000 Probe Module, 4 sensors, 4 mA Out, 4 mA In, 4 Relays, 110-230V
LXV400.99.1B572	sc1000 Probe Module, 4 sensors, 4 mA Out, 4 mA In, 4 Relays, RS-485 (MODBUS), 110-230V
LXV400.99.1F572	sc1000 Probe Module, 4 sensors, 4 mA Out, 4 mA In, 4 Relays, PROFIBUS DP, 110-230V
LXV400.99.1R582	sc1000 Probe Module, 6 sensors, 4 mA Out, 4 mA In, 4 Relays, 110-230V



At Hach, it's about learning from our customers and providing the right answers. It's more than ensuring the quality of water—it's about ensuring the quality of life. When it comes to the things that touch our lives...

Keep it pure.

Make it simple.

Be right.

For current price information, technical support, and ordering assistance, contact the Hach office or distributor serving your area.

In the United States, contact:

HACH COMPANY World Headquarters
P.O. Box 389
Loveland, Colorado 80539-0389
U.S.A.
Telephone: 800-227-4224
Fax: 970-669-2932
E-mail: orders@hach.com
www.hach.com

U.S. exporters and customers In Canada, Latin America, sub-Saharan Africa, Asia, and Australia/New Zealand, contact:

HACH COMPANY World Headquarters
P.O. Box 389
Loveland, Colorado 80539-0389
U.S.A.
Telephone: 970-669-3050
Fax: 970-461-3939
E-mail: intl@hach.com
www.hach.com

In Europe, the Middle East, and Mediterranean Africa, contact:

HACH LANGE GmbH
Willstätterstraße 11
D-40549 Düsseldorf
GERMANY
Tel: +49 (0) 211 5288-0
Fax: +49 (0) 211 5288-143
E-mail: info@hach-lange.de
www.hach-lange.com

Lit. No. 2455
D7X Printed in U.S.A.
©Hach Company, 2007. All rights reserved.
In the interest of improving and updating its equipment, Hach Company reserves the right to alter specifications to equipment at any time.

HACH®
Be Right™

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้