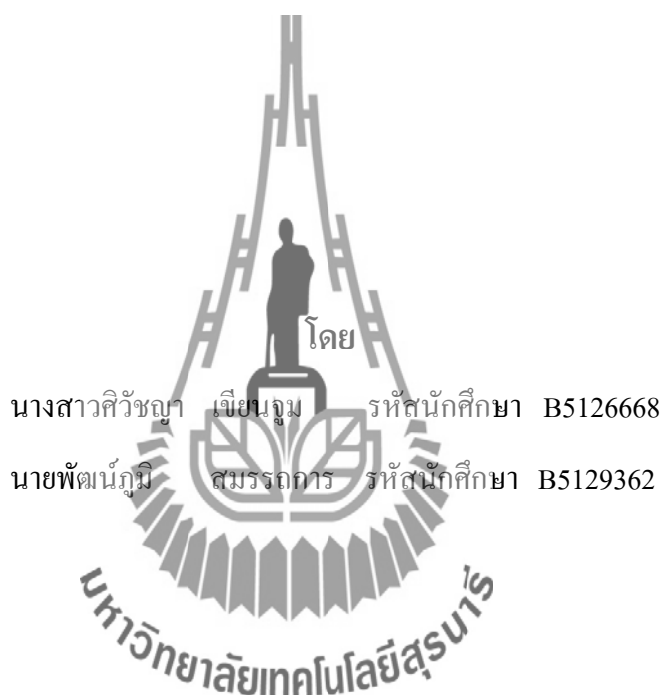




**โครงการระบบแสดงข้อมูล การเฝ้าระวังบ่อเลี้ยงปลา และโครงการระบบแสดงข้อมูล
การเฝ้าระวังโรงปุ๋ยชีวภาพ ด้วยเครือข่ายตรวจสอบรู้ไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ต**



รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 427499 โครงการวิศวกรรมโทรคมนาคม

และวิชา 427494 โครงการศึกษาวิศวกรรมโทรคมนาคม

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2545

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

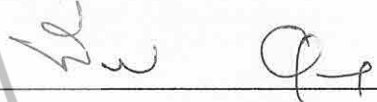
ประจำปีการศึกษาที่ 1 และ 2 ปีการศึกษา 2554

ระบบแสดงข้อมูลการเฝ้าระวังบ่อเลี้ยงปลาด้วยเครือข่ายตรวจรู้ไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ต,
ระบบแสดงข้อมูลการเฝ้าระวังโรงป้อนชีวภาพด้วยเครือข่ายตรวจรู้ไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ต

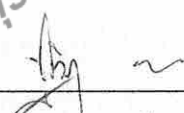
คณะกรรมการสอบโครงการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวี หัตถกรรม)
กรรมการ/อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีระพงษ์ อุฑารสกุล)
กรรมการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชุตินา พรหมมาก)
กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับรายงานโครงการฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม รายวิชา 427499 โครงการวิศวกรรม
โทรคมนาคม และรายวิชา 427494 โครงการศึกษาวิศวกรรมโทรคมนาคม ประจำปีการศึกษา 2554

โครงการ โครงการระบบแสดงข้อมูล การเฝ้าระวัง บ่อเลี้ยงปลา และโครงการระบบ
แสดงข้อมูล การเฝ้าระวัง โรงปฏีชีวภาพ ด้วยเครือข่ายตรวจรู้ไร้สายผ่าน
อินเทอร์เน็ต

จัดทำโดย นางสาวศิวัญญา เขียนจุม
นางสาวพัฒนัญญิ สมรรถการ

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี หัตถกรรม

สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาคการศึกษาที่ 1/ 2554, 2/2554

บทคัดย่อ

(Abstract)

ปัจจุบันเทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมอย่างมาก ได้เข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิต และมีแนวโน้มว่าเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ทางด้านเกษตรกรรม ไม่ว่าจะเป็นการทำไร่ ทำสวนหรือเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตให้มีคุณภาพมากขึ้น ดังนั้นจึงได้นำเสนอโครงการ ระบบเซ็นเซอร์ตรวจวัดคุณภาพของบ่อน้ำและโรงปฏีชีวภาพ เพื่อไม่ให้เป็นอันตรายแก่สิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งระบบเซ็นเซอร์ทำการวัดค่า อุณหภูมิ(Temperature) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และ ค่าความชื้นในดิน (Soil Moisture) ซึ่งข้อมูลทั้งหมดถูกส่งผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายมายังเครื่องรับปลายทางที่เชื่อมต่อกับสถานีฐานและแสดงผลผ่านทาง Web Browser ที่ทำหน้าที่แสดงผลออกมาในรูปของกราฟ ผ่านช่องทาง <http://www.telecomproject.ispace.in.th>

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

จากการจัดทำโครงการเรื่องระบบแสดงข้อมูล การเฝ้าระวังป้องกันปลา และโครงการระบบแสดงข้อมูลการเฝ้าระวังโรงปัฐชีวภาพด้วยเครือข่ายตรวจรู้ไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ต ส่งผลให้คณะผู้จัดทำรายงานได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆเพิ่มขึ้น โครงการฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวี หัตถกรรม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาแนะนำในทุกๆ ด้านตลอดจนชี้แนะข้อบกพร่องต่างๆ รวมถึงการให้แนวคิด การดูแลเอาใจใส่ติดตามงาน ให้แก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด และขอขอบคุณ นาย อรรถชัย ภูพานิล นางสาวศศิ สิงห์สง่า และนายอำนาจ จงมอปกกลาง ที่บัณฑิตศึกษาศาขาววิศวกรรมโทรคมนาคม นาย ชีรชัย สองสี ที่บัณฑิตศึกษาศาขาววิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่คอยแนะนำและให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณทุกๆ ท่านที่ได้กล่าวไปแล้วไว้ ณ ที่นี้ ซึ่งเป็นผู้ให้โอกาสทางการศึกษาและคอยสนับสนุน สำหรับส่วนดีของโครงการชิ้นนี้ ขออุทิศให้แก่อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำ

นางสาวศิริขวัญ เกษมงาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นายพัฒนภูมิ สมรรถการ

สารบัญ

เรื่อง หน้า

บทคัดย่อ ก

กิตติกรรมประกาศ ข

สารบัญ ค

สารบัญรูป จ

สารบัญตาราง ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ 2

1.3 ขอบเขตการทำงาน 2

1.4 ขั้นตอนการทำงาน 2

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ 3

2.2 เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย 3

2.3 Web Server 4

2.3.1 PHP 5

2.3.2 Database System 5

2.3.3 FTP 6

2.4 Sensor 7

2.4.1 Temperature sensor 7

2.4.2 pH sensor 12

2.4.3 Do Sensor (Dissolved Oxygen sensor) 15

2.4.4 Soil Moisture Sensor 20

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 ระบบแสดงข้อมูลเฝ้าระวังบ่อเลี้ยงปลาและการเฝ้าระวังโรงปฏีชีวิภาพ ด้วยเครือข่ายตรวจรู้ไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ต	
3.1 บทนำ	22
3.2 รูปแบบของระบบ	22
3.2.1 โครงสร้างระบบ	22
3.2.2 หลักการทำงานในแต่ละส่วนของระบบ	23
3.2.3 หน้าที่ของอุปกรณ์ในแต่ละส่วนของระบบ	23
3.3 การติดตั้งโปรแกรม Appserv	28
3.4 การติดตั้งโปรแกรม Joomla	34
3.5 การติดตั้งเซ็นเซอร์ที่บ่อเลี้ยงปลา	38
3.6 การติดตั้งเซ็นเซอร์ที่โรงปฏีชีวิภาพ	40
บทที่ 4 ผลการทดสอบระบบ	
4.1 ผลการทดสอบระบบของบ่อเลี้ยงปลาและ โรงปฏีชีวิภาพ	76
บทที่ 5 บทสรุปของโครงการ	
5.1 บทนำ	91
5.2 สรุปโครงการ	91
5.3 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	91
5.4 ข้อเสนอแนะ	93
5.5 แนวทางในการพัฒนาต่อไป	93
5.6 กล่าวสรุป	94
ประวัติผู้เขียน	95
บรรณานุกรม	96
ภาคผนวก	97

สารบัญรูป

รายการ หน้า

รูปที่ 2.1 กระบวนการทำงาน FTP	6
รูปที่ 2.2 แสดงชนิดต่างๆ ของ Thermocouple	8
รูปที่ 2.3 Thermocouple probe	8
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างค่า pH ของสารต่างๆ	15
รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของ Dissolved Oxygen probe	16
รูปที่ 2.6 แสดงปริมาณออกซิเจนที่มีผลต่อปลา	19
รูปที่ 3.1 โครงสร้างระบบ	22
รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สถานีฐาน	25
รูปที่ 3.3 เซ็นเซอร์โหมด(Sensor mote) ที่โรงปู้ยชีวภาพ (ก) เซ็นเซอร์โหมด(Sensor mote) ที่บ่อเลี้ยงปลา(ข)	25
รูปที่ 3.4 เซ็นเซอร์ที่สถานีฐาน (Base Station)	26
รูปที่ 3.5 เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดสารละลายกรด-ด่าง (pH Sensor)	26
รูปที่ 3.6 เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดค่าอุณหภูมิ (Temperature Probes)	27
รูปที่ 3.7 เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen Probe)	27
รูปที่ 3.8 เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดค่าความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor)	28
รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Appserver	29
รูปที่ 3.10 แสดงรายละเอียดเงื่อนไขการ GNU License	29
รูปที่ 3.11 เลือกปลายทางการติดตั้งโปรแกรม Appserve	30
รูปที่ 3.12 เลือก Package Component ที่ต้องการติดตั้ง	31
รูปที่ 3.13 แสดงการกำหนดค่าคอนฟิก Apache Web Server	32
รูปที่ 3.14 แสดงการกำหนดค่าคอนฟิกของ MySQL Database	33
รูปที่ 3.15 แสดงหน้าจอขั้นตอนสิ้นสุดการติดตั้งโปรแกรม Appserve	33
รูปที่ 3.16 เลือกภาษาในการติดตั้ง joomla	34
รูปที่ 3.17 ตรวจสอบการติดตั้ง	35
รูปที่ 3.18 ลิขสิทธิ์ของโปรแกรม joomla	35
รูปที่ 3.19 กรอกลายละเอียดฐานข้อมูลของผู้ใช้	36
รูปที่ 3.20 กำหนดรายละเอียด FTP	36

สารบัญรูป(ต่อ)

รายการ หน้า

รูปที่ 3.21 กรอก e-mail รหัสผ่านของ administrator	37
รูปที่ 3.22 เสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม	37
รูปที่ 3.23 ทำการปรับสถานที่	38
รูปที่ 3.24 สร้างหุ่นกันเซ็นเซอร์	38
รูปที่ 3.25 นำหุ่นกันไปยังตำแหน่งที่ต้องการจะวางเซ็นเซอร์	39
รูปที่ 3.26 ตัวเซ็นเซอร์ที่วางในบ่อเลี้ยงปลา	39
รูปที่ 3.27 สายอากาศภาครับบ่อเลี้ยงปลา	39
รูปที่ 3.28 ทำการปรับสถานที่ก่อนติดตั้งเซ็นเซอร์	40
รูปที่ 3.29 เซ็นเซอร์	40
รูปที่ 3.30 ทำการติดตั้งเซ็นเซอร์	41
รูปที่ 3.31 เมื่อทำการติดตั้งเซ็นเซอร์เรียบร้อยแล้ว	41
รูปที่ 3.25 สายอากาศภาคส่งจากโรงปัฐชีวภาพ	42
รูปที่ 4.1 แสดงไฟล์ Database_Bio_Pond.txt ที่ได้จากการอ่านข้อมูล sensor	76
รูปที่ 4.2 แสดงข้อมูลหลังจากที่ทำการนำเข้าข้อมูลไปที่ phpMyAdmin	77
รูปที่ 4.3 แสดงข้อมูลหลังจากที่นำเข้าข้อมูลบรรทัดล่าสุด	77
รูปที่ 4.4 แสดง batch files ที่ใช้สั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้	78
รูปที่ 4.5 แสดงการใช้โปรแกรม Schedule Task ตั้งเวลาให้คอมพิวเตอร์รันไฟล์ line.bat	79
รูปที่ 4.6 แสดงการใช้โปรแกรม Schedule Task ตั้งเวลาให้คอมพิวเตอร์รันไฟล์ Graph.bat	80
รูปที่ 4.7 แสดงการทำงานในขณะที่คอมพิวเตอร์กำลังรันไฟล์ Graph.bat	80
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงข้อมูล Temperature fishpond Today โครงการบ่อเลี้ยงปลา	81
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงข้อมูล PH Today โครงการบ่อเลี้ยงปลา	81
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงข้อมูล DO Today โครงการบ่อเลี้ยงปลา	81
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงข้อมูล Temperature Fertilizer Today โครงการโรงปัฐชีวภาพ	82
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงข้อมูล Soil Moisture โครงการโรงปัฐชีวภาพ	82
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงข้อมูล Temperature 7 day โครงการบ่อน้ำ	82
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงข้อมูล PH 7 Day โครงการบ่อน้ำ	83
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงข้อมูล DO 7 days โครงการบ่อน้ำ	83
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงข้อมูล Temperature Fertilizer 7 Day โครงการโรงปัฐชีวภาพ	83

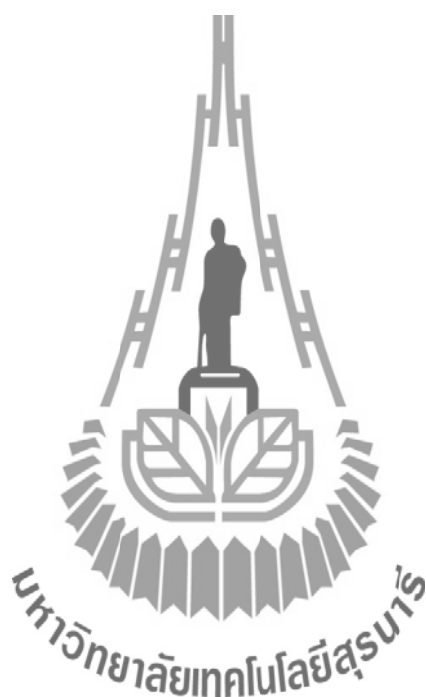
สารบัญรูป(ต่อ)

รายการ	หน้า
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงข้อมูล Soil Moisture 7 Days โครงการโรงป้อนชีวภาพ	84
รูปที่ 4.18 แสดงการใช้งานโปรแกรม Able FTP เพื่อการติดต่อฐานข้อมูลบน FTP ที่เราใช้งาน	84
รูปที่ 4.19 แสดงการตั้งค่าโปรแกรม Able FTP เพื่อการติดต่อ ฐานข้อมูลบน FTP	85
รูปที่ 4.20 แสดงการกำหนดไคลเอนต์ของไฟล์ที่นำเข้าสู่ FTP โดยการใช้โปรแกรม Able FTP	85
รูปที่ 4.21 แสดงการตั้งค่าให้โปรแกรม Able FTP ทำการนำไฟล์ที่กำหนดไว้ขึ้นสู่ FTP	86
รูปที่ 4.22 แสดงกราฟค่า Temperature ที่ได้แสดงไว้บนหน้าเว็บเพจ	87
รูปที่ 4.23 แสดงกราฟค่า PH ที่ได้แสดงไว้บนหน้าเว็บเพจ	87
รูปที่ 4.24 แสดงกราฟค่า DO ที่ได้แสดงไว้บนหน้าเว็บเพจ	88
รูปที่ 4.25 แสดงกราฟค่า Soil Moisture ที่ได้แสดงไว้บนหน้าเว็บเพจ	88
รูปที่ 4.26 แสดงกราฟค่า Temperature Fertilizer ที่ได้แสดงไว้บนหน้าเว็บเพจ	89
รูปที่ 4.27 แสดงหน้าเว็บเพจข้อมูลเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	89
รูปที่ 4.28 แสดงหน้าเว็บเพจข้อมูล Web Server	90
รูปที่ 4.29 แสดงหน้าเว็บเพจข้อมูล Sensor	90



สารบัญตาราง

รายการ	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของเซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ	9
ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของเซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง	12
ตารางที่ 2.3 แสดงการเกิดปฏิกิริยา	16
ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของ Dissolved Oxygen probe	16
ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน	20
ตารางที่ 5.1 ปัญหาและสาเหตุที่พบในขณะดำเนินงานและวิธีการแก้ไข	92



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

เทคโนโลยีทางการเกษตรในยุคปัจจุบันนี้ ได้มีการพัฒนาทั้งในด้านเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ หรือแม้แต่การพัฒนาเทคโนโลยีทางการสื่อสารขึ้นมาเพื่อใช้ในการอำนวยความสะดวกให้แก่เกษตรกรผู้ทำการเกษตร ซึ่งหนึ่งประโยชน์ที่ได้จากการพัฒนาของเทคโนโลยีทางการสื่อสารก็คือ การที่สามารถนำเทคโนโลยีทางการสื่อสารนั้นมาปรับใช้กับการเกษตรได้อย่างเหมาะสม ก่อให้เกิดประโยชน์และความสะดวกสบาย ซึ่งในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาไปได้อย่างกว้างขวาง สามารถใช้ได้ ในหลายๆพื้นที่ จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการเก็บข้อมูลทางการเกษตรที่ต้องการความแม่นยำ ถูกต้อง อย่างเช่น การเลี้ยงปลาที่ต้องทราบการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล เช่น ค่าความเป็นกรด ด่าง หรือการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำ ที่อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาและโรงปศุสัตว์ที่จำเป็นต้องทราบการเปลี่ยนแปลง ของข้อมูลอุณหภูมิ หรือความชื้นของปุ๋ย ที่จะมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา จึงต้องมีการติดตามข้อมูลตลอดเวลา ต้องมีการตรวจวัดค่าต่างๆอยู่เสมอ จึงก่อให้เกิดความยากลำบากในการควบคุมดูแลปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อการเลี้ยงหรือแม้กระทั่งการตรวจวัดผลที่อาจจะกระทำไม่ได้สะดวกนัก ทั้งในด้านของเวลาในการตรวจวัดและจำนวนการวัดในแต่ละวัน ซึ่งอาจถูกจำกัดด้วยความสะดวกของผู้เลี้ยงหรือค่าใช้จ่ายในการวัดแต่ละครั้ง ดังนั้น ผู้พัฒนาจึงได้เกิดแนวคิดที่จะนำเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายมาปรับใช้กับการตรวจสอบค่าต่างๆในบ่อเลี้ยงปลาและโรงปศุสัตว์ ซึ่งผู้พัฒนาได้เพิ่มความสะดวกสบายในการตรวจสอบค่าต่างๆให้แก่ผู้ใช้ โดยได้มีการเชื่อมต่อระบบตรวจรู้ข้อมูลของบ่อเลี้ยงปลาและโรงปศุสัตว์เข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบข้อมูลผ่านทางเว็บไซต์ได้อย่างง่าย ผู้ใช้จึงสามารถตรวจสอบบ่อเลี้ยงปลาและโรงปศุสัตว์ได้ไม่ว่าจะอยู่ที่ใดก็ตามและหากเกิดปัญหาขึ้นก็ยังสามารถจัดการแก้ปัญหาได้อย่างทันทั่วทั้งที่อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.เพื่อศึกษาการใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดข้อมูลทางการเกษตร
- 2.เพื่อศึกษาการใช้ฐานข้อมูลออนไลน์เพื่อเก็บคำสั่งและข้อมูลจากเซ็นเซอร์
- 3.เพื่อศึกษาการเขียนคำสั่งในการนำข้อมูลจากฐานข้อมูลมาแสดงบนหน้าเว็บ

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

- 1.ศึกษาการใช้โปรแกรมประยุกต์ PHP, Mysql, Dreamwaver
- 2.ศึกษาวิธีการใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดข้อมูลทางการเกษตร
- 3.ศึกษาการนำ Database ขึ้นฐานข้อมูลออนไลน์
- 4.ทำการแสดงข้อมูลทางการเกษตรที่ได้ไปยังหน้าเว็บเพจ
- 5.พัฒนาเว็บเพจให้ง่ายต่อการใช้ข้อมูลทางการเกษตร

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.ศึกษาการใช้โปรแกรมประยุกต์ PHP, MySQL, Dreamwaver
- 2.ศึกษาวิธีการใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดข้อมูลทางการเกษตร
- 3.ศึกษาการนำ Database ขึ้นฐานข้อมูลออนไลน์
- 4.ทำการแสดงข้อมูลทางการเกษตรที่ได้ไปยังหน้าเว็บเพจ
- 6.พัฒนาเว็บเพจให้ง่ายต่อการใช้ข้อมูลทางการเกษตร
- 7.นำอุปกรณ์ทั้งหมดไปติดตั้งและทดสอบเพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์
- 8.สรุปผลการทดลอง เขียนรายงาน และนำเสนอผลงาน

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการเฝ้าระวัง บ่อเลี้ยงปลา และ การเฝ้าระวัง โรงปฏิชีภาพ ด้วยเครือข่ายตรวจรู้ไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งเนื้อหาจะเกี่ยวกับระบบ อินเทอร์เน็ต รวมถึงเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและพื้นฐานการใช้งานเซ็นเซอร์ PH, DO, Temperature และ Soil Moisture

2.2 เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์แบบไร้สาย (Wireless Sensor Networks หรือ WSNs) คือการใช้ อุปกรณ์เซ็นเซอร์เล็กๆจำนวนมากเพื่อตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆของสิ่งแวดล้อม ที่เราสนใจและ ประมวลผลข้อมูลเหล่านั้น เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรา หรือตอบสนอง กับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งอุปกรณ์พื้นฐานของ WSN คือ Mote เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กสำหรับวัดอุณหภูมิความชื้นหรือสถานะแวดล้อมอื่นๆ ทำงานได้โดยใช้ แบตเตอรี่ธรรมดาและสื่อสารกับ Mote ที่อยู่ใกล้เคียงโดยใช้ลักษณะการส่งข้อมูลระบบในเครือข่าย ไร้สาย ซึ่งข้อมูลจะถูกส่งผ่านระหว่าง Mote จนกระทั่งถึงจุดหมายปลายทางซึ่งอาจจะเป็น คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆสำหรับรวบรวมข้อมูลเพื่อวัดได้

ตัวอย่างการใช้งานของเครือข่ายตรวจรู้ไร้สายนี้ ได้แก่ การฝังอุปกรณ์เซ็นเซอร์ไว้ในรังนก หายากบางชนิดเพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อการย้ายถิ่นฐานของนกเหล่านั้น การ ติดตั้งเซ็นเซอร์ไว้ในอุปกรณ์ผสมสารเคมีขนาดใหญ่หรือท่อส่งเคมีในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อ ตรวจจับการรั่วซึมของสารเคมี การใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดการสั่นไหวของอุปกรณ์หลายๆอย่างที่ใช้ สำหรับการสร้างคอมพิวเตอร์ชิพ เพื่อตรวจจับความผิดปกติของเครื่องมือเหล่านั้น เพื่อให้สามารถ เข้าไปดูแลได้ก่อนที่จะเกิดความเสียหาย การติดตั้งเซ็นเซอร์ไว้รอบๆสนามบินเพื่อตรวจจับการบุกรุก ในบริเวณที่ห้ามคนเข้า เป็นต้น จากตัวอย่างเหล่านี้จะเห็นได้ว่านักวิทยาศาสตร์และวิศวกร สามารถใช้ประโยชน์จากเครือข่ายตรวจรู้ไร้สายได้มากมายหลายรูปแบบ นอกจากนี้ การออกแบบ เซ็นเซอร์ไหนคี่ให้มีขนาดเล็กและใช้พลังงานน้อย ทำให้สามารถติดตั้งได้ในสภาพแวดล้อมที่ หลากหลาย เทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์จึงได้ถูกคาดการณ์ว่าจะเป็นเทคโนโลยีหลักในการขับเคลื่อน ผู้ยุคของคอมพิวเตอร์ทุกแห่งหน (Ubiquitous computing, pervasive computing) ด้วยการสร้าง สภาพแวดล้อมประดิษฐ์ในรอบๆตัวของเราทุกคน

อย่างไรก็ตามการทำให้ WSN ทำงานได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพนั้น มีอุปสรรคหลายอย่างเนื่องจาก Mote มีขีดจำกัดในความเร็วของ Processor ความจุของ Data Storage และ Bandwidth ในการสื่อสาร ดังนั้น อายุการใช้งานของมันจึงขึ้นอยู่กับการบริหารการใช้พลังงานของมันเอง ซึ่งมีอยู่จำกัดด้วยเหตุนี้ผู้พัฒนา Mote จึงต้องออกแบบระบบ Hardware และ Software รวมถึง ระบบการสื่อสารของ Mote ให้ทำงานโดยใช้พลังงานน้อยที่สุด นอกจากนี้ ในแง่ของการใช้งานผู้พัฒนา WSN ต้องสร้างเครื่องมือที่สำหรับผู้ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องมีความรู้ขั้นสูงทางด้าน Computer engineering สามารถใช้งานและสร้าง WSN applications โดยง่ายด้วย

2.3 Web Server

Web Server คือโปรแกรมที่อยู่และทำงานบนเครื่องฝั่ง Server (Host) ทำหน้าที่ในการรับคำสั่งจากการร้องขอของฝั่ง Client (โดยผ่านทาง Browser) และประมวลผลการทำงานจากการร้องขอดังกล่าวแล้วส่งข้อมูลกลับยังเครื่องของ Client ที่ร้องขอ สรุปง่ายๆ ก็คือ Web server คือโปรแกรมที่คอยให้บริการแก่ Client ที่ร้องขอข้อมูลผ่าน Web Browser เว็บไซต์ที่เขียนด้วยเซิร์ฟเวอร์ไชตสคริปต์ (Server Side Script) ทั้งหมดนั้นจะทำงานได้ก็ต้องมี Web server เป็นตัว Run และจะต้องมีตัวแปลภาษานั้นๆอีกทีหนึ่ง ดังนั้น ถ้าเราต้องการให้เครื่องเราสามารถ Run CGI Script ต่างๆ เช่น ASP, PHP, Perl เป็นต้น ได้เราจะต้องจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์ของเราให้เป็น Web Server และลงตัวแปลภาษาที่เราต้องการเขียนนั้นเสียก่อน

ไคลเอนต์ (Client) เป็นโปรแกรมที่ถูกเรียกอยู่บนเครื่องของผู้ใช้เพื่อเรียกใช้บริการจากเซิร์ฟเวอร์ไคลเอนต์จะเปิดช่องทางสื่อสารกับเซิร์ฟเวอร์ โดยใช้ IP address และ Port number ของเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งเรียกวิธีแบบนี้ว่า Active open เมื่อช่องทางสื่อสารเปิดออกแล้ว ไคลเอนต์สามารถส่งคำร้องและรับบริการจากเซิร์ฟเวอร์ได้

เซิร์ฟเวอร์ (Server) เป็นโปรแกรมที่ถูกรันอยู่บนเครื่องที่จะคอยให้บริการกับเครื่องอื่นๆ เมื่อมีการรันโปรแกรมและการเปิดช่องทางสื่อสารเอาไว้เพื่อให้ไคลเอนต์สามารถติดต่อเข้ามาได้ แต่จะยังไม่ให้บริการใดๆจนกระทั่งมีคำร้องขอมาจากไคลเอนต์ เราเรียกวิธีการแบบนี้ว่า

Passive open

เครือข่ายแบบ Client/Server เหมาะกับระบบเครือข่ายที่ต้องการเชื่อมต่อกับเครื่องลูกข่ายจำนวนมากโดยการรองรับจำนวนเครื่องลูกข่าย (Client) อาจเป็นหลักสิบ หลักร้อย หรือหลักพัน เพราะฉะนั้น เครื่องที่จะนำมาทำหน้าที่ให้บริการจะต้องเป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจาก

ต้องออกแบบมาเพื่อทนทานต่อความผิดพลาด (Fault Tolerance) และต้องคอยให้บริการทรัพยากรให้กับเครื่องลูกข่ายตลอดเวลา โดยเครื่องที่นำมาทำเป็นเซิร์ฟเวอร์อาจเป็นคอมพิวเตอร์แบบเมนเฟรม มินิคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ก็ได้ สำหรับองค์กรขนาดใหญ่อาจมีการติดตั้งเครื่องเซิร์ฟเวอร์หลายๆเครื่องเพื่อแบ่งการทำงานก็ได้

2.3.1 PHP

ภาษาพีเอชพี (PHP Language) คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ประเภทโอเพนซอร์ส (OpenSource Computer Language) สำหรับพัฒนาเว็บเพจแบบไดนามิก เมื่อเครื่องบริการได้รับคำร้องจากผู้ใช้ก็จะส่งให้กับตัวแปลภาษาทำหน้าที่ประมวลผลและส่งข้อมูลกลับไปยังเครื่องของผู้ใช้ที่ร้องขอในรูปแบบ HTML ภาพหรือแฟ้มดิจิทัลใด ลักษณะของภาษามีรากฐานคำสั่งมาจากภาษาซีเป็นภาษาที่สามารถพัฒนาให้งานแบบโต้ตอบกับผู้ใช้ได้

ภาษาพีเอชพีมีการทำงานแบบเซิร์ฟเวอร์! สคริปต์ จึงต้องมีเครื่องบริการ (Server) ที่ทำหน้าที่บริการการแปลภาษาและส่งผลให้กับเครื่องผู้ใช้ (Client) ที่ร้องขอด้วยการส่งคำร้องเข้ามายังเครื่องบริการ คำว่า PHP ย่อมาจาก Personal Home Page แต่พัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นจึงเปลี่ยนเป็น Professional Home Page

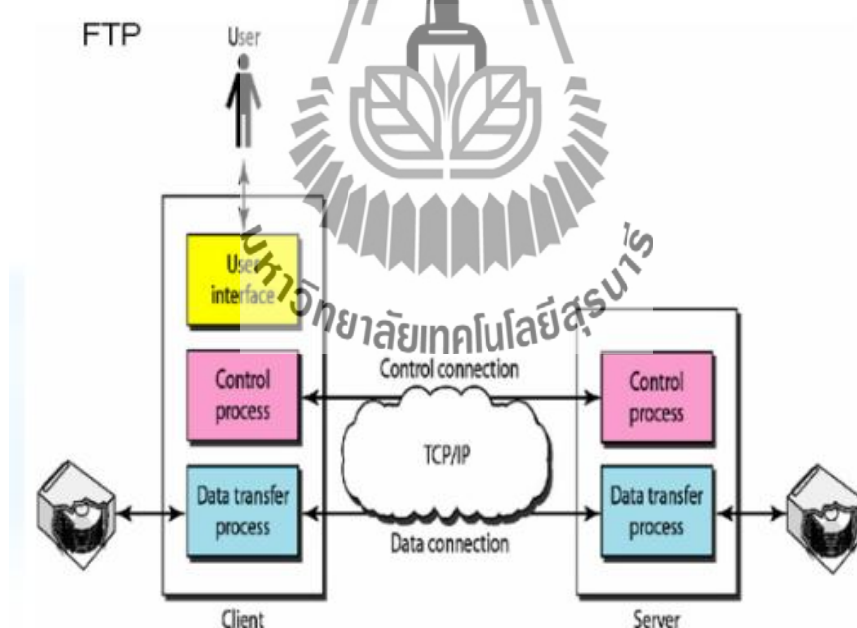
2.3.2 Database System

ระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System : DBMS) ประกอบด้วยซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการจัดการฐานข้อมูลจัดเตรียมพื้นที่ในการเก็บ การเข้าถึง ระบบรักษาความปลอดภัย สำรองข้อมูล และสิ่งอำนวยความสะดวกอื่นๆ ระบบจัดการฐานข้อมูลสามารถแบ่งหมวดหมู่ได้ตามแบบจำลองฐานข้อมูลที่สนับสนุน อาทิเช่น เชิงสัมพันธ์ หรือ XML เป็นต้น แบ่งตามประเภทของคอมพิวเตอร์ที่สนับสนุน อาทิเช่น Server cluster โทรศัพท์พกพา เป็นต้น แบ่งตามประเภทของภาษาสอบถามที่ใช้ในการเข้าถึงฐานข้อมูล อาทิเช่น ภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง หรือ XQuery แบ่งตามประสิทธิภาพในการ trade-offs อาทิเช่น ขนาดที่ใหญ่ที่สุด ความเร็วสูงสุดหรืออื่นๆ เป็นต้น ในบาง DBMS จะครอบคลุมมากกว่าหนึ่งหมวดหมู่ เช่น สนับสนุนภาษาสอบถามได้หลายๆภาษา ยกตัวอย่างเช่น ใน DBMS ที่นิยมใช้การอย่างแพร่หลาย My SQL, Postgre SQL, Microsoft Access, SQL Server, FileMaker, Oracle, Sybase, dBASE, Clipper,

FoxPro และอื่นๆ ในทุกๆซอฟต์แวร์ฐานข้อมูลจะมี (Open Database Connectivity : ODBC) driver มาให้ด้วย เพื่ออนุญาตให้ฐานข้อมูลสามารถทำงานร่วมกับฐานข้อมูลแบบอื่นๆได้

2.3.3 FTP

FTP (File Transfer Protocol) เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับ upload/download หรือดูโครงสร้างของไฟล์และ directory ใน Server FTP เป็นมาตรฐานในการถ่ายโอนไฟล์ และเป็นส่วนหนึ่งของชุดโปรโตคอล TCP/IP มีประโยชน์มากสำหรับการรับส่งไฟล์ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นเครื่องลูก (FTP Client) กับเครื่องที่เป็นเครื่องให้บริการ (FTP Server) โดยเครื่อง FTP Client อาจจะเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เราใช้งานกันทั่วไป ส่วนเครื่อง FTP Server ก็อาจจะเป็นเครื่อง PC ธรรมดาจนถึงเครื่องที่มีสมรรถภาพสูงและ FTP ยังเป็นระบบโอนย้ายไฟล์ข้ามระบบเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความปลอดภัยพอสมควร โดยใช้โปรโตคอล TCP เป็นกลไกขนส่งข้อมูล การใช้งานผู้ใช้จะต้องแนะนำตนเองต่อเซิร์ฟเวอร์ด้วยชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน จากนั้นจะแสดงชื่อไฟล์เดอร์และชื่อไฟล์ที่มีอยู่ออกมา ความสามารถของ FTP ทำให้ไคลเอนต์โอนย้ายไฟล์ ระหว่างไคลเอนต์และ FTP Server ได้รวมทั้งระหว่างเครื่องสองเครื่องที่อยู่ห่างไกลกัน



รูปที่ 2.1 กระบวนการทำงานของ FTP

2.4 Sensor

เซ็นเซอร์เป็นตัวที่ใช้ตรวจจับสภาวะใดๆ เช่น อุณหภูมิ แสง เสียง หรือวัตถุต่างๆ โดยอาศัยหลักการที่แตกต่างกันไป เพื่อเปลี่ยนจากคุณสมบัติทางฟิสิกส์มาเป็นคุณสมบัติทางไฟฟ้า โดยทั่วไปเทคโนโลยีของเซ็นเซอร์ได้ถูกนำไปใช้เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญในลักษณะงานสองประเภท ประเภทแรกคือ ใช้ตรวจวัดปริมาณทางฟิสิกส์ เพื่อนำไปแสดงผลการตรวจวัดหรือจัดเก็บบันทึกข้อมูลในระบบการวัด เช่น การวัดอุณหภูมิ ความชื้น แสง เป็นต้น และ ประเภทที่สองคือใช้ตรวจสอบสภาพกระบวนการในระบบการควบคุมเซ็นเซอร์สำหรับการตรวจวัดข้อมูลที่เป็นตัวแปรทางฟิสิกส์ โดยมากจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อแสดงสถานะของระบบในขณะนั้น

2.4.1 Temperature sensor

การตรวจวัดอุณหภูมิใช้รูปแบบการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจากสัญญาณอนาล็อกไปสู่สัญญาณดิจิทัล โดยสัมพันธ์กับอุณหภูมิ

เทอร์โมคัปเปิล คืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Electromotive Force หรือ emf) เทอร์โมคัปเปิลทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัวซึ่งมีความแตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม นำมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่า จุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยเปิดไว้ เรียกว่า จุดอ้างอิง หากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกันก็จะทำให้มีการนำกระแสในวงจรเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองข้าง

American Limits of Error ASTM E230-ANSI MC 96.1

ANSI Code		Standard Limits ¹	Special Limits ¹
J	Temp Range Tolerance Value	>0 to 750°C 2.2°C or 0.75%	>32 to 1382°F 4.0°F or 0.75%
K	Temp Range Tolerance Value	>0 to 1250°C 2.2°C or 0.75%	>32 to 2282°F 4.0°F or 0.75%
T	Temp Range Tolerance Value	>0 to 350°C 1.0°C or 0.75%	>32 to 662°F 1.8°F or 0.75%
E	Temp Range Tolerance Value	>0 to 900°C 1.7°C or 0.5%	>32 to 1652°F 3°F or 0.5%
N	Temp Range Tolerance Value	>0 to 1300°C 2.2°C or 0.75%	>32 to 2372°F 4.0°F or 0.75%
R S	Temp Range Tolerance Value	0 to 1450°C 1.5°C or 0.25%	0 to 2642°F 2.7°F or 0.25%
B	Temp Range Tolerance Value	800 to 1700°C 0.5%	1472 to 3092°F 0.9°F
G* C* D*	Temp Range Tolerance Value	0 to 2320°C 4.5°C or 1.0%	32 to 4208°F 0.9°F

¹ Not official symbol or standard designation. † Whichever value is greater.
 Note: Material is normally selected to meet tolerances above 0°C. If thermocouples are needed to meet tolerances below 0°C, the purchaser shall state this as selection of material is usually required.

IEC Tolerance Class EN 60584-2; JIS C 1602

IEC Code		Class 1	Class 2	Class 3 [†]
J	Temp Range Tolerance Value	-40 to 375°C ±1.5°C	-40 to 333°C ±2.5°C	Not Established
K N	Temp Range Tolerance Value	-40 to 375°C ±1.5°C	-40 to 333°C ±2.5°C	-167 to 40°C ±2.5°C
T	Temp Range Tolerance Value	-40 to 125°C ±0.4°C	-40 to 133°C ±0.75°C	-67 to 40°C ±1°C
E	Temp Range Tolerance Value	-40 to 375°C ±1.5°C	-40 to 333°C ±2.5°C	-167 to 40°C ±2.5°C
R S	Temp Range Tolerance Value	0 to 1100°C ±1°C	0 to 600°C ±1.5°C	Not Established
B	Temp Range Tolerance Value	Not Established	600 to 1700°C ±0.25% Reading	600 to 800°C ±4°C

[†] Material is normally selected to meet tolerances above 40°C. If thermocouples are needed to meet limits of Class 3, as well as those of Class 1 or 2, the purchaser shall state this, as selection of material is usually required.

รูปที่ 2.2 แสดงชนิดต่างๆ ของ Thermocouple

ชนิดของเซ็นเซอร์ที่ใช้ในโรงงาน คือ ชนิด T (Copper - Constantan) เหมาะกับการวัดอุณหภูมิในช่วง -270 ถึง 400 องศาเซลเซียส มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า -6.258 ถึง 20.865 มิลลิโวลต์



รูป 2.3 Thermocouple probe

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของเซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ

ช่วงการวัด	-40 ถึง 135 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิสูงสุดที่เซ็นเซอร์สามารถต้านทานได้	150 องศาเซลเซียส
ความละเอียดของข้อมูลทางการวัด 13 บิต (ใช้งานกับเซ็นเซอร์DAQ)	0.09 องศาเซลเซียส (-40 – 0 องศาเซลเซียส) 0.02 องศาเซลเซียส (0 – 40 องศาเซลเซียส) 0.05 องศาเซลเซียส (40 – 100 องศาเซลเซียส) 0.13 องศาเซลเซียส (100 – 135 องศาเซลเซียส)
ความละเอียดของข้อมูลทางการวัด 12 บิต (ใช้งานกับ LabPro, LabQuest, LabQuest Mini, Go!Link, หรือ EasyLink)	0.17 องศาเซลเซียส (-40 – 0 องศาเซลเซียส) 0.03 องศาเซลเซียส (0 – 40 องศาเซลเซียส) 0.1 องศาเซลเซียส (40 – 100 องศาเซลเซียส) 0.25 องศาเซลเซียส (100 – 135 องศาเซลเซียส)
ความละเอียดของข้อมูลทางการวัด 10 บิต (ใช้งานกับ CBL 2)	0.68 องศาเซลเซียส (-40 – 0 องศาเซลเซียส) 0.12 องศาเซลเซียส (0 – 40 องศาเซลเซียส) 0.4 องศาเซลเซียส (40 – 100 องศาเซลเซียส) 1.0 องศาเซลเซียส (100 – 135 องศาเซลเซียส)
เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ	20 กิโลโอมห์ NTC Thermistor (ความต้านทานจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น)
ความแม่นยำ	± 0.2 องศาเซลเซียส ที่ 0 องศาเซลเซียส ± 0.5 องศาเซลเซียส ที่ 100 องศาเซลเซียส
เวลาตอบสนอง (เวลาสำหรับการเปลี่ยนแปลง 90% ในการอ่าน)	10 วินาที ในน้ำ 400 วินาที ในอากาศ

ปัจจัยสำคัญของอุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลโดยตรงและทางอ้อมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ จึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบเพื่อหาความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นระยะทั้งในแหล่งน้ำธรรมชาติและบ่อเลี้ยง ปลา โดยปกติอุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติจะผันแปรตามภูมิอากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับฤดูกาล ระดับความสูงและสภาพภูมิประเทศ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ กระแสลม, ความลึก, ปริมาณสารแขวนลอยหรือความขุ่น และสภาพแวดล้อมทั่วไปของแหล่งน้ำ

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำตามธรรมชาติจะค่อย ๆ เป็นไปอย่างช้า ๆ และไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อการดำรงชีวิตสัตว์น้ำ อุณหภูมิของร่างกายสัตว์น้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของน้ำและสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ แต่ต้องอยู่ในขอบเขตที่เหมาะสม ปลาจะสามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำในช่วงจำกัด เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นกิจกรรมต่างๆ ในการดำรงชีวิตก็จะสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิลดลงกิจกรรมเหล่านั้นก็จะลดลงไปด้วยตามกฎของ (Van Hoff's Law) ซึ่งกล่าวว่าขบวนการเมตาโบลิซึม (Metabolic rate) ของสิ่งมีชีวิตจะเพิ่มขึ้น 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส เช่น การหายใจ, การว่ายน้ำ, การกิน, การย่อยของอาหาร, การขับถ่ายและการเต้นของหัวใจ เป็นต้น อัตรากิจกรรมเหล่านี้จะแตกต่างกันไปในปลาแต่ละชนิด ซึ่งขึ้นอยู่กับขบวนการทางชีวเคมีภายในร่างกายและสภาพแวดล้อม เช่น ปลาน้ำเย็นจะมีอัตราเมตาโบลิซมน้อยกว่าปลาที่มีขนาดเล็ก โดยปกติอุณหภูมิภายในตัวปลาจะแตกต่างไปจากอุณหภูมิของน้ำเพียง 0.5-1 องศาเซลเซียส เหลือปลาจะเป็นอวัยวะที่สำคัญช่วยในการถ่ายเทและรักษาระดับอุณหภูมิของร่างกาย ปลาน้ำเย็นจะมีอัตราส่วนระหว่างเหงือกต่อน้ำหนักตัวมากกว่าปลาน้ำร้อน ทำให้ปลาน้ำเย็นสามารถทนทานและปรับตัวได้ดีกว่าปลาน้ำร้อน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำอย่างรวดเร็ว (Temperature shock) สามารถทำให้เกิดอันตรายโดยตรงต่อสัตว์น้ำได้ เช่น ทำให้ระบบการควบคุมขับถ่ายน้ำและแร่ธาตุภายในร่างกาย (Osmoregulatory system) ผิดปกติไปทำให้ร่างกายอ่อนแอและตายได้ การปล่อยน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีอุณหภูมิสูงหรือระบบหล่อเย็น (Cooling system) จะมีผลกระทบต่อสัตว์น้ำบริเวณดังกล่าวหากอุณหภูมิสูงกว่า 2-3 องศาเซลเซียส อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารในระดับสูงขึ้นไปชนิดปริมาณและสัดส่วนของประชากรจะถูกควบคุมโดยอุณหภูมิ นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลต่อสภาพแวดล้อมทางกายภาพของแหล่งน้ำหลายประการ เช่น ความหนาแน่น, ความหนืด, ความสามารถในการละลายก๊าซออกซิเจน, การแบ่งชั้นของน้ำ, การหมุนเวียนของแร่ธาตุต่างๆ และกระแสน้ำ เป็นต้น ผลกระทบที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงคือ ปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำจะลดลง ขณะเดียวกันสัตว์น้ำต้องการออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นจึงเกิดปัญหาขาดแคลนออกซิเจนขึ้นได้และการทำงานของ

แบคทีเรียและจุลินทรีย์ชนิดต่างๆในการย่อยสลายสิ่งปฏิกูลต่างๆในน้ำก็จะเพิ่มขึ้นและต้องการใช้ออกซิเจนมากขึ้นก็จะทำให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจนเร็วขึ้นเป็นเหตุให้เกิดการเน่าเสีย , การอพยพย้ายถิ่น, การวางไข่, การฟักไข่เป็นตัวของสัตว์น้ำล้วนแต่ถูกควบคุมโดยอุณหภูมิทั้งสิ้น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำทำให้พืชน้ำโดยเฉพาะแพลงก์ตอนมีการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณของสาหร่ายหลายชนิด เช่น อุณหภูมิสูงจะมีพืชน้ำสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวมาก จะไม่ก่อประโยชน์ต่อสัตว์น้ำบางชนิดอาจทำให้เป็นพิษแก่สัตว์น้ำได้ นอกจากนี้หากมีปริมาณมากก็จะทำให้เกิดการเน่าเสียและมีกลิ่นเหม็นย่อมมีผลกระทบต่อสัตว์น้ำได้เช่นเดียวกัน

ปลาไม่สามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกะทันหัน ดังนั้นในการเคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งต้องระวังเป็นพิเศษ โดยต้องให้ปลาปรับตัวให้เข้ากับอุณหภูมิอย่างช้าๆ โดยเฉพาะถ้านำปลาที่มีอุณหภูมิต่ำไปที่มีอุณหภูมิสูงจะมีผลรุนแรงมากกว่า อุณหภูมิ สูงไปที่มีอุณหภูมิต่ำ นอกจากมีผลต่อสัตว์น้ำโดยตรงอาจมีผลทางอ้อมเช่น อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้สารพิษประเภทต่างๆ เช่น ยาปราบศัตรูพืชและ โลหะหนักมีความรุนแรงมากขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะช่วงเร่งให้มีการดูดซึมการแพร่กระจายของสารพิษเหล่านั้นให้เข้าสู่ร่างกายเร็วขึ้น อย่างไรก็ตามสารพิษบางชนิดมีพิษลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิไปทำให้ปฏิกิริยาย่อยสลายและการกำจัดสารพิษออกนอกร่างกายได้เร็วขึ้นกว่าปกติ นอกจากนี้อุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้ความต้านทานต่อโรคของสัตว์น้ำเปลี่ยนแปลงไปและเชื้อโรคบางชนิด สามารถแพร่กระจายได้ดีในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

ปลาในเขตร้อนเช่น ประเทศไทยชอบอาศัยอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 25-32 องศาเซลเซียส บ่อเลี้ยงปลาสวยงามโดยทั่วไปเนื่องจากมีปริมาณไรธาตุสารแขวนลอย แพลงก์ตอน และความขุ่นค่อนข้างสูง ดังนั้นตอนกลางวันที่มีแดดจัด น้ำชั้นบนจะดูดซับความร้อนไว้ได้มาก อาจมีอุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ส่วนน้ำชั้นล่างที่มีอุณหภูมิต่ำอาจเกิดการแบ่งชั้นของอุณหภูมิความลึก (Thermal stratification) แต่มักปรากฏในแหล่งน้ำที่มีขนาดใหญ่ ส่วนในบ่อเลี้ยงปลาที่มีพื้นที่น้อย ความลึกไม่เกิน 2 เมตร จะไม่ค่อยเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าว อย่างไรก็ตามในบ่อที่มีความขุ่นสูงกระแสน้ำไม่พัดผ่าน อาจเกิดการแบ่งชั้นอุณหภูมิขึ้นได้โดยเฉพาะวันที่มีท้องฟ้าใสลมสงบ แดดจัด การรวมตัวของน้ำชั้นบนและชั้นล่างจะเกิดขึ้นตอนกลางคืนหรือรุ่งเช้าเนื่องจากอุณหภูมิของน้ำจะค่อยๆลดทำให้เกิดการรวมตัวหรือหากในบ่อมีความขุ่นลดลง ปริมาณแพลงก์ตอนลดน้อยลงทำให้แสงสว่างส่องลงไปลึกมากขึ้น การแพร่กระจายของอุณหภูมิจะสม่ำเสมอในทุกๆความลึก เกิดการรวมตัวภายหลังเกิดการแบ่งชั้นของอุณหภูมิส่งผลกระทบท่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทำให้เกิดการขาดแคลนออกซิเจนในแหล่งน้ำได้

◆ อุณหภูมิที่ผิดปกติอาจทำให้เกิดโรค

หากอุณหภูมิของน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันอาจทำให้ปลาตายได้เช่น เปลี่ยนแปลงช่วง +12 องศาเซลเซียส ปลาส่วนใหญ่จะปรับตัวทันแต่มีปลาหลายชนิดไม่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงได้ ตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเกิดขึ้นเสมอ คือ การขนส่งปลาจากบ่อหนึ่งไปอีกบ่อหนึ่ง ดังนั้นควรระวังในการขนถ่ายหากปลาเกิดช็อคเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกะทันหันทำให้ปลาอ่อนแอและติดเชื้อได้ง่าย และปลาที่อยู่ในน้ำที่เย็นหรืออุณหภูมิต่ำจะมีลักษณะผิวหนังซีดและเกิดการติดเชื้อราได้ง่าย

โดยสรุป การป้องกันผลกระทบอุณหภูมิที่มีต่อสัตว์น้ำควรป้องกันไม่ให้อุณหภูมิของแหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วหรือผิดปกติไปจากสภาพที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ หรือฤดูกาลและไม่ควรเกินในช่วงอุณหภูมิปกติในการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

2.4.2 pH sensor

pH sensor คืออุปกรณ์สำหรับวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เพื่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อม ใช้เพื่อตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของแหล่งน้ำในการเกษตร แหล่งน้ำธรรมชาติ มีคุณสมบัติทนทานต่อการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 14

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของเซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

เวลาการตอบสนอง	90% ของการอ่านในขั้นตอนสุดท้าย 1 วินาที
ช่วงการวัด	5 – 80 องศาเซลเซียส
พิสัยค่าความเป็นกรด – ด่าง	pH 0 - 14
ความละเอียดของข้อมูลทางกรวัด 13 บิต (ใช้งานกับเซ็นเซอร์DAQ)	0.0025 pH units
ความละเอียดของข้อมูลทางการวัด 12 บิต (ใช้งานกับ LabPro, LabQuest, LabQuest Mini, Go!Link, หรือ EasyLink)	0.005 pH units
ความละเอียดของข้อมูลทางการวัด 10 บิต (ใช้งานกับ CBL 2)	0.02 pH units
เอาต์พุต	59.2 มิลลิโวลต์ / pH 25 องศาเซลเซียส

ปัจจัยสำคัญของค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH)

ความเป็นกรดเป็นด่าง เป็นการวัดปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนที่มีอยู่ในน้ำเพื่อเป็นเครื่องแสดงให้เราทราบว่า น้ำหรือสารละลายมีคุณสมบัติเป็นกรดหรือเป็นด่าง ในการทำปฏิกิริยาต่างๆ ระดับความเป็นกรดด่างมีค่าอยู่ระหว่าง 0-14 โดย 7 เป็นจุดกึ่งกลางหากต่ำกว่า 7 มีค่าเป็นกรด หากสูงกว่า 7 จะมีค่าเป็นด่าง ค่า pH ในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับภูมิประเทศ สิ่งแวดล้อมหลายประการ เช่น ลักษณะพื้นดินและหิน ตลอดจนการใช้ที่ดินบริเวณแหล่งนั้น และอิทธิพลของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น จุลินทรีย์และแพลงก์ตอนพืช pH ของน้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ในแหล่งน้ำ พืชน้ำสามารถใช้ธาตุอาหารได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับค่า pH ของน้ำ หากระดับ pH ต่ำกว่า 4.5 พืชน้ำเจริญเติบโตได้ไม่ดีขมเคี้ยวเดียวกันหากค่า pH ต่ำหรือสูงเกินไปก็ไม่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงมีผู้แนะนำช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำดังนี้

- pH 4.0 หรือต่ำกว่าจะเป็นจุดอันตรายทำให้ปลาตายได้
- pH 4.0-6.0 ปลาบางชนิดอาจไม่ตาย แต่ผลผลิตจะต่ำคือ การเจริญเติบโตช้า การสืบพันธุ์ หดชะงัก
- pH 6.5-9.0 ระดับที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
- pH 9.0-11.0 ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำหากต้องอาศัยอยู่เป็นเวลานาน
- pH 11 หรือมากกว่าจะเป็นพิษต่อปลา

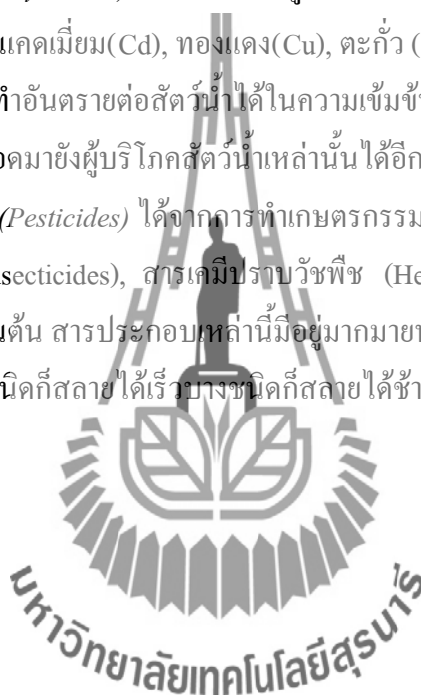
ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะมีค่า pH เปลี่ยนแปลงในช่วงตอนกลางวันและกลางคืน สืบเนื่องจากแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำใช้การบอนด์ไดออกไซด์ เพื่อทำการสังเคราะห์แสงในตอนกลางวัน ทำให้ค่า pH สูง และจะค่อยๆ ลดตอนกลางคืนเนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปล่อยคืนกลับจากการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ น้ำที่มีค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ต่ำจะมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชมาก pH จะสูง 9-10 ในช่วงบ่าย ดังนั้นการ ตรวจสอบค่า pH ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ควรตรวจสอบในเวลาเช้ามืดและช่วงบ่าย เพื่อได้ทราบค่า pH ต่ำสุดและสูงสุดในรอบวันเพื่อที่จะป้องกันแก้ไขได้ทัน กรณีค่า pH สูง 9-10 หากเกิดขึ้นช่วงระยะเวลาสั้นๆ จะไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ และแหล่งน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงไม่ควรมีค่า pH เปลี่ยนแปลงเกิน 2 หน่วยในรอบวัน ค่า pH นอกจากมีผลต่อสัตว์น้ำโดยตรงแล้วยังมีผลทางอ้อมเช่น ทำให้สารพิษชนิดอื่นๆ แตกตัวเพิ่มขึ้นหรือลดลง เช่น pH ระดับสูงขึ้นทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น การแทรกซึมของสารพิษบางชนิดเข้าสู่ร่างกายสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับค่า pH ของสารละลายนั้นๆ นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยในบ่อปลาหากปรากฏว่าน้ำหรือดินในบ่อที่มีสภาพเป็นกรดมากเกินไป จะต้องปรับปรุงค่า pH สูงขึ้น

จนอยู่ในระดับที่เหมาะสมเสียก่อนจึงใส่ปุ๋ย เพื่อให้ปุ๋ยสามารถละลายและถูกนำไปใช้โดยสิ่งมีชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

◆ สารพิษ (Toxicants)

ปัจจุบันแหล่งน้ำธรรมชาติจะปนเปื้อนด้วยสารเคมีชนิดต่างๆซึ่งจะมีอันตรายต่อสัตว์น้ำโดยเกิดจากการปล่อยน้ำทิ้งของอุตสาหกรรม เกษตรกรรมและที่อยู่อาศัย เนื่องจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้องอาศัยแหล่งน้ำในธรรมชาติ จึงมีความจำเป็นในบางครั้งต้องทำการตรวจสอบปริมาณสารพิษตกค้างที่มีอยู่ในน้ำ เพื่อป้องกันมิให้สัตว์น้ำเกิดเป็นอันตรายและถ้าได้กล่าวถึงสารพิษมี 2 ประเภทคือ

1. โลหะหนัก (Heavy metals) เป็นสารพิษที่ถูกปล่อยมาจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ เช่น ปรอท(Hg) , แคดเมียม(Cd), ทองแดง(Cu), ตะกั่ว (Pb), สังกะสี Zn และโครเมียม (Cr) สารพิษเหล่านี้จะทำอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ในความเข้มข้นต่ำ และสามารถอยู่ในร่างกายของสัตว์น้ำอาจถ่ายทอดมายังผู้บริโภคสัตว์น้ำเหล่านั้นได้อีกด้วย
2. สารเคมีเกษตร (Pesticides) ได้จากการทำเกษตรกรรมต่างๆเช่น สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดแมลง ศัตรูพืช (Insecticides), สารเคมีปราบวัชพืช (Herbicides), และสารเคมีกำจัดเชื้อรา (Fungicides) เป็นต้น สารประกอบเหล่านี้มีอยู่มากมายหลายร้อยชนิด ซึ่งมีพิษต่อสัตว์น้ำแตกต่างกัน บางชนิดก็สลายได้เร็วบางชนิดก็สลายได้ช้าและสะสมได้ในสิ่งแวดล้อม

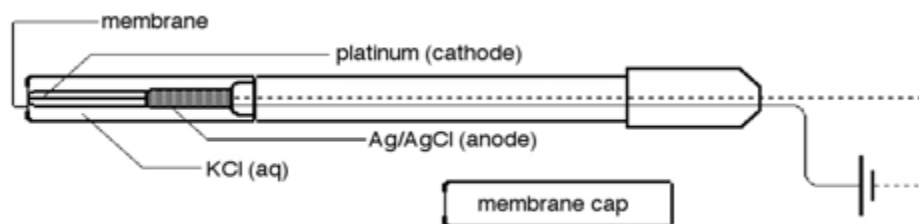


สาร	pH
กรดสารพิษจากเหมืองร้าง	-3.6 - 1.0
กรดจากแบตเตอรี่	-0.5
กรดในกระเพาะอาหาร	1.5 - 2.0
เลมอน	2.4
Coke	2.5
น้ำส้มสายชู	2.9
ส้ม หรือ แอปเปิล	3.5
เบียร์	4.5
ฝนกรด	< 5.0
กาแฟ	5.0
ชา	5.5
นม	6.5
น้ำบริสุทธิ์	7.0
น้ำลายมนุษย์	6.5 - 7.4
เลือด	7.34 - 7.45
น้ำทะเล	8.0
สบู่ล้างมือ	9.0 - 10.0
แอมโมเนีย (ยาสามัญประจำบ้าน)	11.5
น้ำยาปรับผ้านุ่ม	12.5
โซดาไฟ	13.5

รูป 2.4 ตัวอย่างค่า pH ของสารต่าง ๆ

2.4.3 DO Sensor (Dissolved Oxygen sensor)

การทำงานของ Dissolved Oxygen Probe Vernier เป็น Probe ชนิด Clark - cell มีหัววัดแบบ Polarographic Electrode ที่ใช้ในการวัดผลกับความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยมีทองคำขาวเป็น Cathode และมี Silver/Silver Chloride เป็นขั้วอ้างอิง (Anode เป็นขั้วอ้างอิง) ส่วนอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) ที่ใช้คือ KCL เป็นตัวคัดเลือกเอาเฉพาะสารละลายออกซิเจนที่ละลายในน้ำเท่านั้นที่สามารถซึมผ่าน Membrane เข้ามาได้เพื่อทำปฏิกิริยากับขั้วไฟฟ้าหัววัดชนิด Polarographic นั้น เป็นหัววัดที่ต้องได้รับแรงดันไฟฟ้าจากภายนอกก่อน ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าจากภายนอก จึงจะสามารถนำไปใช้วัดได้ ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการ Polarize ก็จะส่งผ่านมาเข้าสู่ขั้ว Cathode และ Anode เมื่อนำไปใช้งาน ออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะเข้าสู่กระบวนการผ่านทางช่องของ Membrane เข้าสู่สารละลายอิเล็กโทรไลต์และจะถูก Reduce ที่ขั้ว Cathode แล้วจึงวัดผลที่ได้ออกมา



รูป 2.5 ส่วนประกอบของ Dissolved Oxygen probe

การเกิดปฏิกิริยา

ขั้วไฟฟ้า	ทำปฏิกิริยา	ผลตอบสนอง
cathode	reduced	$\frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow 2 \text{OH}^-$
reference electrode (anode)	oxidation	$\text{Ag} + \text{Cl}^- \longrightarrow \text{AgCl} + \text{e}^-$

ตารางที่ 2.3 แสดงการเกิดปฏิกิริยา

จากตาราง จะเห็นได้ว่ากระแสจะทำสัดส่วนกับการกระจายของออกซิเจนในทางกลับกัน
จะได้ค่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ซึ่งกระแสนี้จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ
แรงดันไฟฟ้า

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของ Dissolved Oxygen probe

ช่วงการวัด	0 – 15 mg/L (or ppm)
ความถูกต้องในการวัด	± 0.2 mg/L
ความละเอียดของข้อมูลทางการวัด 13 บิต (ใช้งานกับเซ็นเซอร์DAQ)	0.007 mg/L
ความละเอียดของข้อมูลทางการวัด 12 บิต (ใช้งานกับ LabPro, LabQuest, LabQuest Mini, Go!Link, หรือ EasyLink)	0.014 mg/L
ความละเอียดของข้อมูลทางการวัด 10 บิต (ใช้งานกับ CBL 2)	0.056 mg/L
ผลตอบสนองทางเวลา	95 % ภายใน 30 วินาที, 98 % ภายใน 45 วินาที
ตัวอย่างการไหลขั้นต่ำ	20 cm/second

อุณหภูมิขดเซช	อัตโนมัติ 5-35 องศาเซลเซียส
ความกดอากาศขดเซช	ทำการปรับเทียบมาตรฐานจากคู่มือ
ความเข้มข้นของเกลือในน้ำ	ทำการปรับเทียบมาตรฐานจากคู่มือ
การเก็บค่าข้อมูลปรับเทียบมาตรฐาน	Slope = 3.27 Intercept = - 0.327

ปัจจัยสำคัญของค่าของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen)

ออกซิเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการดำรงชีวิตเนื่องจากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ย่อมต้องการออกซิเจนเพื่อการหายใจและเจริญเติบโต ออกซิเจนในน้ำขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยเช่น อุณหภูมิระดับความสูงและความเค็ม ออกซิเจนละลายในน้ำได้น้อยเมื่ออุณหภูมิสูง และน้ำที่มีความเค็มสูงจะมีออกซิเจนละลายอัตราความเข้มข้นเท่ากับออกซิเจนในบรรยากาศเรียกว่า จุดอิ่มตัว (Saturation Level) ดังนั้นสัตว์น้ำจะเสี่ยงต่อการขาดแคลนออกซิเจนมากกว่าสัตว์บก ในช่วงฤดูร้อนอัตราการย่อยสลายและปฏิกิริยาต่างๆ จะเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณความต้องการออกซิเจนสูงไปด้วย บางครั้งในแหล่งน้ำจะมี ปรากฏการณ์ เกินจุดอิ่มตัว (Supersaturation) เนื่องจากการผลิตออกซิเจนออกมามาก เช่น พืชสีเขียวทำการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ตอนกลางวัน สภาพดังกล่าวหากเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้เช่นกัน ดังนั้นการควบคุมและ ป้องกันไม่ให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลงอยู่ในระดับต่ำจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อคุ้มครองให้สัตว์น้ำอาศัยอยู่ได้ปกติ

แหล่งที่มาของออกซิเจนในน้ำ

1. จากบรรยากาศโดยตรง เช่น กระแสลมพัดผ่านผิวน้ำ แต่มีปริมาณไม่มาก
2. จากขบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ของพืชน้ำ เช่น แพลงก์ตอนพืชเป็นแหล่งให้ออกซิเจนในน้ำมากที่สุด ซึ่งตอนกลางวันพืชน้ำจะสังเคราะห์แสงผลิตออกซิเจนออกมาละลายในน้ำ
3. จากขบวนการเคมีอื่นๆ ในน้ำโดยแหล่งน้ำบางแหล่งมีแร่ธาตุทำ ปฏิกิริยากันทำให้เกิดออกซิเจนละลายในน้ำได้

สาเหตุทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลง

1. จากการหายใจของสัตว์น้ำและพืชน้ำ
2. จากการเน่าสลายของอินทรีย์วัตถุ เช่น แบคทีเรีย
3. จากขบวนการทางเคมีหรือสารประกอบแร่ธาตุต่างๆ
4. จากการหมุนเวียนของน้ำผสมกับน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำน้อยกว่า

สัตว์น้ำและพืชน้ำใช้ออกซิเจนละลายน้ำเพื่อการหายใจ การควบคุมปริมาณพืชน้ำและแพลงก์ตอนจึงมีความจำเป็นเพื่อให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเพียงพอตลอดวัน การเน่าสลายของอินทรีย์วัตถุต่างๆ โดยแบคทีเรียที่ต้องการใช้ออกซิเจนอย่างเดียวเรียกว่า Biochemical oxygen demand (BOD) จะเป็นกรณีนี้ในการแสดงว่าน้ำมีความเน่าเสียมากน้อยเพียงใด ถ้าปริมาณความต้องการออกซิเจนสูงมาก แสดงว่า ในน้ำมีอินทรีย์วัตถุเน่าสลายอยู่มาก โดยมีแบคทีเรียทำการย่อยสลายโดยทั่วไปปลาไม่สามารถทนอยู่ในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 0.3 mg/L หรือต่ำกว่า 1.0 mg/L เป็นเวลานานแต่ปลาบางชนิดมีความต้องการออกซิเจนต่ำและมีอวัยวะพิเศษช่วยในการหายใจ สามารถที่จะอยู่ได้ ดังนั้น ในการควบคุมป้องกันไม่ให้สัตว์น้ำได้รับอันตรายไม่ควรให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำกว่า 3 mg/l หรือหากต่ำกว่านี้ควรเป็นระยะเวลาสั้นเพียง 2-3 ชั่วโมง

การขาดแคลนออกซิเจนในน้ำถึงแม้ไม่ต่ำถึงระดับทำให้ปลาตาย แต่อาจมีผลต่อการดำรงชีวิตสัตว์น้ำได้หลายประการ เช่น ปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 3 mg/l ทำให้ระยะฟักไข่ของปลาช้ากว่าปกติ นอกจากนี้สัตว์น้ำในบ่อที่ออกซิเจนต่ำจะแข็งแรงน้อยลง การเจริญเติบโตและต้านทานสารพิษน้อยลงไปด้วย แนวทางแก้ไขภาวะขาดแคลนออกซิเจนระยะสั้น ควรใช้เครื่องมือพ่นน้ำเป็นฟอยกระจายเพื่อดึงเอาออกซิเจนในบรรยากาศลงมา การป้องกันระยะยาวควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนไม่ให้มีมากเกินไป โดยใช้วิธีวัดความโปร่งใส (Transparency) เป็นแผ่นไม้ทาสีขาวสลับดำหย่อนลงไปใต้น้ำ หากต่ำกว่า 30 ซม. แสดงว่ามีแพลงก์ตอนมากเกินไประยะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตช่วง 30-60 ซม. การลดปริมาณแพลงก์ตอนโดยการระบายน้ำออกจากบ่อประมาณหนึ่งในสามของปริมาณเดิม เอน้ำใหม่เข้าจากนั้นคอยควบคุมลดปริมาณอาหารและปุ๋ยที่ใส่ในบ่อ นอกจากนี้แพลงก์ตอนพืชชนิดสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue green algae) จะเกิดขึ้นในน้ำมีอุณหภูมิสูงช่วงฤดูร้อน แพลงก์ตอนชนิดนี้อาจตายพร้อมกันในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสลมสงบ

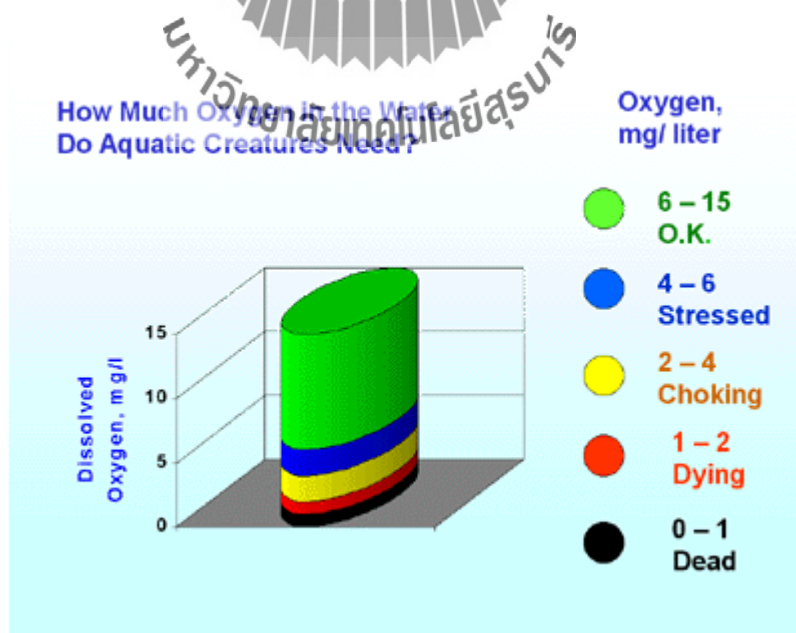
ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลงหรือสังเกตจากสีเขียวเป็นสีเทาหรือน้ำตาล แสดงว่าเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงชนิดแพลงก์ตอน ซึ่งต้องเฝ้าดูและตรวจสอบออกซิเจนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำตลอด

การขาดออกซิเจนในบ่อเลี้ยงปลา

ปลาที่อาศัยอยู่ในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอมักจะว่ายน้ำเร็วกว่าปกติ กระวนกระวาย กระโดดออกมาจากบ่อหรืออาจจะว่ายน้ำอยู่บริเวณผิวน้ำและโผล่ปากขึ้นมาเหนือ น้ำ เพื่อสูดอากาศ การขาดออกซิเจนในน้ำในบ่อเลี้ยง มักเกิดจากการเปลี่ยนน้ำไม่ดีพอหรือให้อาหารมากเกินไป อาหารที่เหลือจะเกิดการเน่าเปื่อยและใช้ออกซิเจนมากทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลง นอกจากนี้ การที่น้ำมีอุณหภูมิสูงจะมีผลช่วงเร่ง ปฏิกิริยาการเน่าเปื่อยของอาหารทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงอีก ด้วยการใช้สารเคมีบางชนิดเพื่อรักษาโรค ทำให้เกิดภาวะการขาดออกซิเจน เช่น ฟอर्मาลินและด่างทับทิม เป็นต้น

การป้องกันการขาดออกซิเจนในบ่อเลี้ยงทำได้โดยการดูแลความสะอาดของบ่อ มีระบบการให้อากาศที่ดีและมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำอยู่เสมอ โดยดูดน้ำจากก้นบ่อออกให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ นอกจากนี้ไม่ควรปล่อยปลาเลี้ยงหนาแน่นเกินไป

การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ เช่น ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเป็นด่าง ความกระด้าง และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ฯลฯ พารามิเตอร์เหล่านี้เป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ดังนั้น การควบคุมและป้องกันคุณสมบัติของน้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต ของสัตว์น้ำจึงต้องสังเกตสัตว์น้ำและตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำอย่างสม่ำเสมอ



รูป 2.6 แสดงปริมาณออกซิเจนที่มีผลต่อปลา

2.4.4 Soil Moisture Sensor

ความชื้นของดินประกอบด้วย 2 สถานะ คือ สถานะที่เป็นของเหลว เราเรียกว่า น้ำในดิน และสถานะที่เป็นก๊าซ เราเรียกว่า ไอน้ำในดิน ในประเทศที่มีอากาศหนาวจัด ความชื้นของดินอาจจะอยู่ในรูปของน้ำแข็ง ส่วนประเทศในเขตร้อน ส่วนใหญ่น้ำในดินจะอยู่ในรูปของของเหลว ดังนั้นความชื้นของดิน กับน้ำในดิน จึงมีความหมายเดียวกัน คือ ส่วนที่อยู่ในสถานะที่เป็นของเหลว ถ้าในส่วนของช่องว่างในดินมีน้ำอยู่เต็ม ไม่มีก๊าซอยู่เลย เรียกว่า ดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated Soil) แต่ถ้าในช่องว่างของดินมีทั้งน้ำและก๊าซอยู่ด้วย เรียกว่า ดินที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated Soil) ดังนั้น ดินที่ใช้ในการทำการเกษตรส่วนใหญ่ คือ ดินที่ไม่อิ่มตัว ความชื้นในดินมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับสิ่งมีชีวิตในดิน ได้แก่ สัตว์พืช หรือจุลินทรีย์ เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพืชและสัตว์ เพื่อใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ต่าง ๆ เช่น ขบวนการสังเคราะห์แสงของพืชและจุลินทรีย์ในดินบางชนิด พืชสามารถที่จะนำเอาธาตุอาหารไปใช้ได้ ธาตุอาหารเหล่านั้นจะต้องอยู่ในรูปของสารละลาย น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีและมีปริมาณมาก หาได้ง่ายและสะดวก น้ำเป็นตัวกลางที่ดีในการเคลื่อนย้ายไอออนจากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่ง อีกทั้งยังลำเลียงธาตุอาหารที่อยู่ในรูปของไอออนจากดินเข้าสู่ภายในลำต้นของพืช และเข้าไปในจุลินทรีย์ นอกจากนี้น้ำยังมีความร้อนจำเพาะ และความร้อนแฝงที่สูง ทำให้เปลี่ยนอุณหภูมิได้ยาก ทำให้น้ำในดินมีอุณหภูมิไม่สูงหรือต่ำเกินไป ทำให้ดินมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติของเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน

ช่วงการวัด	0 ถึง 45% ของปริมาณน้ำที่มีความจุอยู่ในดิน (ความสามารถในการ VWC 0 ถึง 100% กับการ ปรับเทียบอื่นๆ)
ความแม่นยำ	±4% โดยปกติ
ความละเอียดของข้อมูล 13 บิต (ใช้งานกับเซ็นเซอร์ DAQ)	0.05%
ความละเอียดของข้อมูล 12 บิต	0.01%

(ใช้งานกับ LabPro, LabQuest, LabQuest Mini, Go!Link, หรือ EasyLink)	
ความละเอียดของข้อมูล 10 บิต (ใช้งานกับ CBL 2)	0.4%
กำลังงาน	3 mA ที่ 5VDC
อุณหภูมิในการทำงาน	-40 องศาเซลเซียสถึง +60 องศาเซลเซียส
ขนาด (ใช้งานเซ็นเซอร์ที่ระยะ 5 ซม.)	8.9 ซม. x 1.8 ซม. x 0.7 ซม.
ข้อมูลการเปรียบเทียบที่เก็บไว้	ที่ความชัน 108%/โวลต์ การยับยั้ง -42%

เซ็นเซอร์นี้มีวงจรที่สนับสนุนกับ Auto-ID เมื่อใช้กับ LabQuest, LabQuest Mini, LabPro, Go! Link, SensorDAQ, EasyLink, หรือ CBL 2 ซอฟต์แวร์ที่ใช้เก็บข้อมูลจะทำการระบุเซ็นเซอร์ และจะใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้กำหนดไว้ เพื่อทำการกำหนดค่าในการทดสอบที่เหมาะสมกับเซ็นเซอร์



บทที่ 3

ระบบแสดงข้อมูล การเฝ้าระวังบ่อเลี้ยงปลาและการเฝ้าระวังโรงปฏีชีวนภาพด้วยเครือข่าย

ตรวจสอบรู้ไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ต

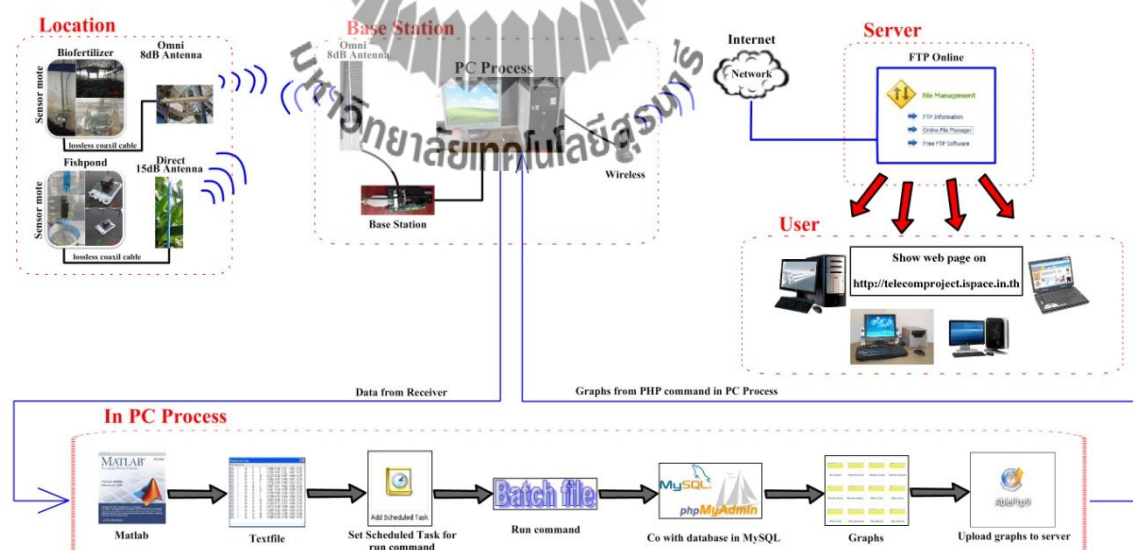
3.1 บทนำ

โครงการเรื่อง ระบบแสดงข้อมูล การเฝ้าระวังโรงปฏีชีวนภาพและการเฝ้าระวังบ่อเลี้ยงปลา ด้วยเครือข่ายตรวจสอบรู้ไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ต นี้จัดทำขึ้นเพื่อทดสอบการตรวจวัดคุณภาพของน้ำใน บ่อเลี้ยงปลา และคุณภาพของดินในโรงปฏีชีวนภาพด้วยเซ็นเซอร์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นการนำ เทคโนโลยีไร้สายมาใช้ในการด้านการเกษตร เพื่อให้เกิดการลดต้นทุนแต่เพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ให้กับเกษตรกร และพัฒนาโปรแกรมสำหรับผู้จัดทำด้วย

3.2 รูปแบบของระบบ

3.2.1 โครงสร้างระบบ

การทำงานของระบบจะแบ่งออกเป็นสามส่วนหลัก ได้แก่ ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ ไร้สาย ฐานข้อมูล และการติดต่อกับผู้ใช้งาน



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบ

3.2.2 หลักการทำงานในแต่ละส่วนของระบบ

ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นโหนดเซ็นเซอร์ (Sensor node) และโหนดสถานีฐาน (Base station node) โหนดเซ็นเซอร์ทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลที่วัดจากเซ็นเซอร์ ไปยังโหนดสถานีฐานผ่านทางคลื่นความถี่วิทยุ ส่วนโหนดสถานีฐานจะทำหน้าที่ในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย กับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม (Serial port)

ฐานข้อมูล

การเก็บข้อมูลจะทำผ่านโปรแกรม MATLAB R2009a โดยการรัน code โปรแกรม อ่านค่าจาก serial port ที่ต่อกับโหนดสถานีฐาน ซึ่งเป็นค่าของแรงดันไฟฟ้า (ADC) จึงต้องทำการแปลงค่าจากแรงดันไฟฟ้า (ADC) ไปเป็นค่าของ อุณหภูมิ (Temperature), กรด-ด่าง (pH), ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และ ความชื้นในดิน (Soil Moisture) ที่แท้จริง โดย calibrate ด้วยสมการเฉพาะของข้อมูลแต่ละชนิด เมื่อได้ค่าที่แท้จริงแล้ว โปรแกรมจะทำการบันทึกค่าไว้ในไฟล์ "Database_Bio_Pond.txt"

การแสดงผล

ในส่วนของการแสดงผล จะทำการแสดงผลผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ www.telecomproject.space.in.th/ ซึ่งข้อมูลที่แสดงจะประกอบไปด้วย ค่า pH, DO, Temperature, Soil Moisture ซึ่งได้แสดงผลในรูปแบบของกราฟ

3.2.3 หน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละส่วนของระบบ

ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

- pH sensor ทำหน้าที่ตรวจวัดสารละลายกรด-ด่าง
- Temperature Probes ทำหน้าที่ตรวจวัดค่าอุณหภูมิ
- Dissolved Oxygen Probe ทำหน้าที่ตรวจวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ
- Soil Moisture Sensor ทำหน้าที่ตรวจวัดค่าความชื้นในดิน และค่าที่ตรวจวัดได้จะอยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้า
- เซ็นเซอร์โหมครุ่น MPR2400 หรือ MicaZ ทำหน้าที่ส่งค่าที่วัดได้จาก เซ็นเซอร์ที่บ่อเลี้ยงปลาและเซ็นเซอร์ที่โรงปุยชีวภาพไปยังโหนดสถานีฐาน

- Lossless Coaxial Cable ทำหน้าที่ในการนำส่งสัญญาณไฟฟ้าระหว่าง MicaZ กับสายอากาศ
- 8dB omni Antenna คือ สายอากาศทางด้านส่ง ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณไฟฟ้าไปเป็นสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ
- 15dB omni Antenna คือ สายอากาศทางด้านรับ ทำหน้าที่แปลงสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า
- MicaZ (ตัวรับ) คือ โหมดเซ็นเซอร์ ทำหน้าที่ในการรับค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์จากโหมดเซ็นเซอร์

ฐานข้อมูล

ด้านซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ที่สถานีฐาน

- โปรแกรม MATLAB R2009a ทำหน้าที่ในการแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์แต่ละชนิด เป็นค่าจริงของข้อมูลชนิดนั้นๆ แล้วเก็บไว้ในไฟล์ “Database_Bio_Pond.txt”
- ชุดเครื่องมือ Appserv ซึ่งรายละเอียดมีดังต่อไปนี้
 - โปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ เป็นตัวที่จะควบคุมและจัดการทรัพยากรทั้งหมดในการทำงานของระบบเว็บ ดังนั้นเว็บเซิร์ฟเวอร์จึงถือได้ว่าเป็นสิ่งจำเป็นอันดับแรกที่จะต้องมี สำหรับในที่นี้จะเลือกใช้ Apache เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์
 - โปรแกรมภาษาสำหรับประมวลผล เป็นตัวประมวลผลคำสั่งหรือโปรแกรมที่เขียนเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมาตามที่ต้องการ สำหรับในที่นี้เลือกใช้ PHP เป็นตัวประมวลผล
 - โปรแกรมฐานข้อมูล เป็นตัวเสริมการทำงานเพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูลของระบบเว็บ สำหรับในที่นี้เลือกใช้ MySQL เป็นฐานข้อมูล และยังมีเครื่องมือที่ช่วยในการจัดการฐานข้อมูลคือ phpmyadmin
 - โปรแกรมสำหรับสร้างเว็บหรือเขียนโค้ด ได้เลือกใช้โปรแกรม Dreamweaver เพราะมีเครื่องมือมาช่วยด้วย
- โปรแกรม AbleFtp9 ทำหน้าที่ในการส่งไฟล์รูปภาพขึ้นไปพื้นฐานข้อมูลออนไลน์ที่ ispace.in.th

ซอฟต์แวร์ที่เครื่องของผู้ใช้

- โปรแกรม FileZilla Client ทำหน้าที่ในการโอนไฟล์ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สถานีฐาน กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นแม่ข่ายที่เรียกว่า โฮสติ้ง (hosting) หรือ เซิร์ฟเวอร์ ซึ่งทำให้การถ่ายโอนไฟล์ง่ายและปลอดภัยในการแลกเปลี่ยนไฟล์ผ่านอินเทอร์เน็ต

◆ ด้านฮาร์ดแวร์



รูปที่3.2 แสดงเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สถานีฐาน

คอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่เป็นสถานีฐาน(Server) ใช้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP Professional Version 2002 Service Pack 3



(ก)

(ข)

รูปที่3.3 เซ็นเซอร์โมด(Sensor mote) ที่โรงป้อนชีวภาพ (ก) เซ็นเซอร์โมด(Sensor mote) ที่บ่อเลี้ยงปลา(ข)

เซ็นเซอร์โมดรุ่น MPR2400 หรือ MicaZ ผลิตจากบริษัท Crossbow ซึ่งสามารถส่งสัญญาณไร้สายด้วยคลื่นความถี่ 2.4 GHz ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 มีอัตราการส่งข้อมูล (data rate) 250 kbps สามารถรับส่งสัญญาณภายนอกอาคารในช่วง 75-100 เมตร และ 20-30 เมตรสำหรับภายในอาคาร เซ็นเซอร์โมดทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ TinyOS ซึ่งใช้ภาษาเนสซี (NesC) ในการโปรแกรมคำสั่งต่างๆ



รูปที่3.4 เซ็นเซอร์ที่สถานีฐาน (Base Station)

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น MIB 520CB เป็นผลิตภัณฑ์จากบริษัท Crossbow ประกอบด้วยUSB สำหรับการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ MIB 520CB แบ่งออกเป็น 2 พอร์ต ทำหน้าที่แตกต่างกันโดยพอร์ตแรกทำหน้าที่เป็นช่องทางสำหรับการโปรแกรมข้อมูลให้แก่ เซ็นเซอร์โหนด พอร์ตที่สองทำหน้าที่ในการรับข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย โดยปกติแล้วอุปกรณ์ MIB 520CB จะทำหน้าที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ทางพอร์ต USB และทำหน้าที่เป็นสถานีฐานด้วยการใช้เซ็นเซอร์โหนดชนิด IRIS/MICAz/Mica2 มาต่อเข้ากับบอร์ดอินเตอร์เฟส (interface board) ของ MIB 520CB และถูกโปรแกรมให้ทำหน้าที่เป็นสถานีฐานเรียบร้อยแล้ว



รูปที่3.5 เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดสารละลายกรด-ด่าง (pH Sensor)

เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดสารละลายกรด-ด่าง (pH sensor) สามารถวัดค่าความเป็นกรด-ด่างได้ในช่วง 0-14 โดยเซ็นเซอร์pH นี้จะให้ค่าแรงดัน 1.75 โวลต์ ที่ค่า pH 7 และแรงดันจะเพิ่มขึ้นทุกๆ 0.25 โวลต์ เมื่อค่า pH 1 ลดลงค่า ในทางตรงข้าม แรงดันจะลดลง 0.25 โวลต์ เมื่อค่า pH เพิ่มขึ้น



รูปที่3.6 เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดค่าอุณหภูมิ (Temperature Probes)

เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดค่าอุณหภูมิ (Temperature Probes) สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ในช่วง $-40 - 135$ องศาเซลเซียส โดยเซ็นเซอร์ Temperature นี้จะมีเทอร์มิสเตอร์ซึ่งเป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ ที่มีความต้านทานลดลงแบบไม่เป็นเชิงเส้นและมีอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ค่าประมาณที่ดีที่สุดมีลักษณะเชิงเส้นเป็นสมการ Steinhart-Hart และที่ 25 องศาเซลเซียส ความต้านทานจะอยู่ประมาณ 4.3% ต่อหนึ่งองศาเซลเซียส



รูปที่3.7 เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen Probe)

เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen Probe) สามารถวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้ในช่วง $0-15$ mg/L โดยเซ็นเซอร์ DO นี้จะมีความแม่นยำในการวัด ± 0.2 mg/L ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าจากภายนอก



รูปที่3.8 เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดค่าความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor)

เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดค่าความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor) สามารถวัดค่าความชื้นในดินได้ในช่วง 0 ถึง 45% ของปริมาณน้ำที่มีความจุอยู่ในดิน(ความสามารถในการ VWC 0 ถึง 100% กับการเปรียบเทียบอื่นๆ) มีความแม่นยำในการวัด $\pm 4\%$ โดยปกติ เซ็นเซอร์วัดค่าความชื้นในดินนี้จะใช้ปริมาณการแพร่กระจายของไดอิเล็กตริกออกจากกรอบๆตัวกลางเป็นตัววัด การแพร่กระจายของไดอิเล็กตริกมีความสัมพันธ์กับความชื้นในดิน เซ็นเซอร์จะสร้างแรงดันให้ได้สัดส่วนกับการแพร่กระจายของไดอิเล็กตริก

3.3 การติดตั้งโปรแกรม AppServ

ทางกลุ่มผู้ทำโครงการมีความจำเป็นที่จะต้องทำการสร้าง Web server ดังนั้น กลุ่มผู้ทำโครงการจึงเลือกใช้โปรแกรม AppServ เนื่องจากโปรแกรมดังกล่าว เป็นโปรแกรมที่รวบรวม Open Source Software ต่างๆ มารวมกัน และยังสามารถติดตั้งได้ทั้งใน ระบบปฏิบัติการ Windows และ ระบบปฏิบัติการ Linux/Unix OS ซึ่งโปรแกรมที่เป็น Package ติดมากับโปรแกรม AppServ มีดังนี้

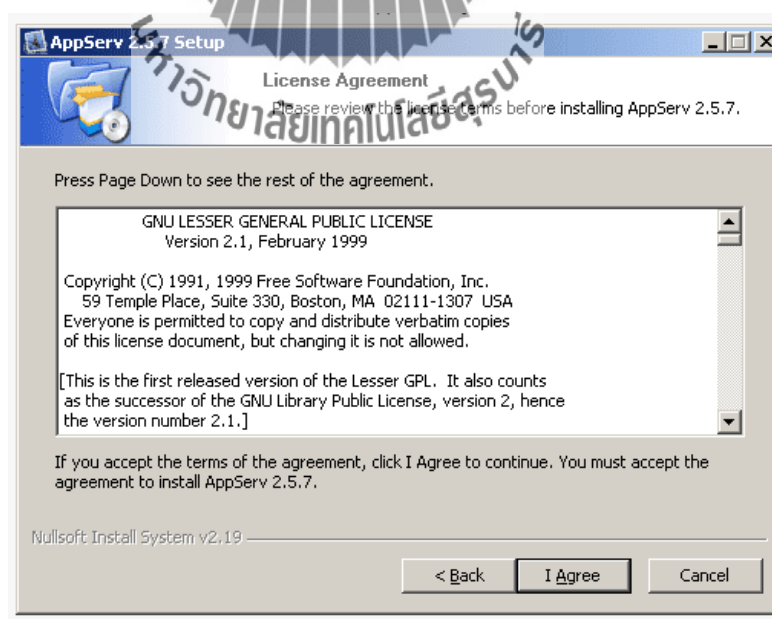
- Apache
- PHP
- MySQL
- phpMyAdmin

จุดประสงค์หลักของการรวบรวม Open Source Software เหล่านี้เพื่อให้การติดตั้งโปรแกรมต่างๆ ที่ได้นำมาให้ง่ายขึ้น เพื่อลดขั้นตอนการติดตั้งที่แสนจะยุ่งยากและใช้เวลานาน โดยผู้ใช้งานเพียงดับเบิลคลิก ตั้งค่าภายในเวลา 1 นาที ทุกอย่างก็ติดตั้งเสร็จสมบูรณ์ ระบบต่างๆ ก็พร้อมที่จะทำงานได้ทันทีทั้ง Web Server, Database Server เหตุผลนี้จึงเป็นเหตุผลหลักที่ได้เลือกใช้โปรแกรม AppServ แทนการที่จะต้องมาติดตั้งโปรแกรมต่างๆ ที่ละส่วน และ โปรแกรม AppServ สามารถนำไปเป็น Web Server หรือ Database Server ได้ทันที

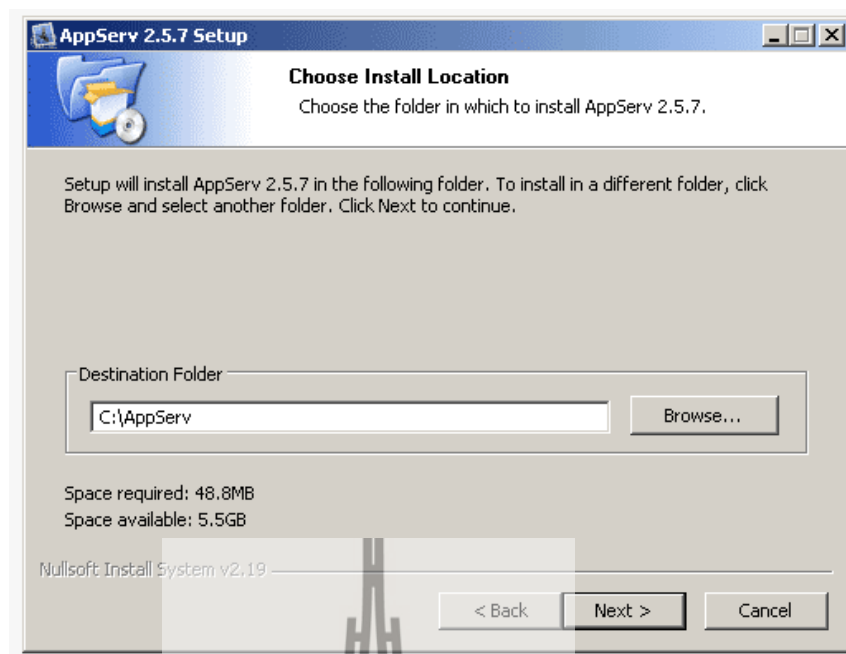
ประโยชน์ของ Appserv คือ เพื่อลดขั้นตอนการติดตั้งที่แสนจะยุ่งยากและใช้เวลานานและโปรแกรม Appserv สามารถทำควบคู่ไปกับการทำเว็บด้วย Joomla เพราะ โปรแกรมของ Appserv เป็นโปรแกรมที่จะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นเว็บ เซิร์ฟเวอร์ได้อย่างง่ายซึ่ง เหมาะสำหรับการฝึกฝน ทดลองทำเว็บก่อนจะนำเข้าสู่โฮสติ้ง



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม AppServ



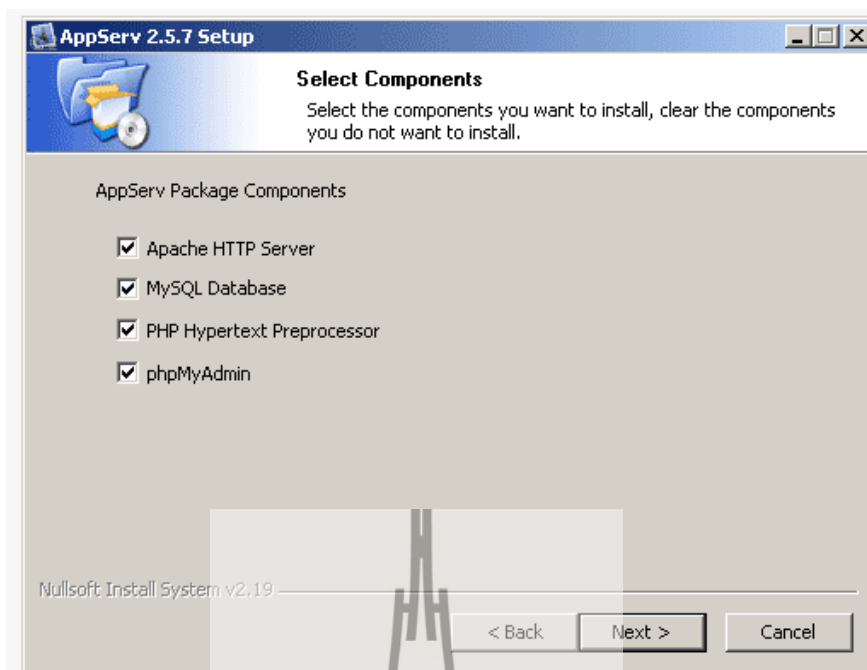
รูปที่ 3.10 แสดงรายละเอียดเงื่อนไขการ GNU License



รูปที่3.11 เลือกปลายทางการติดตั้งโปรแกรม AppServ

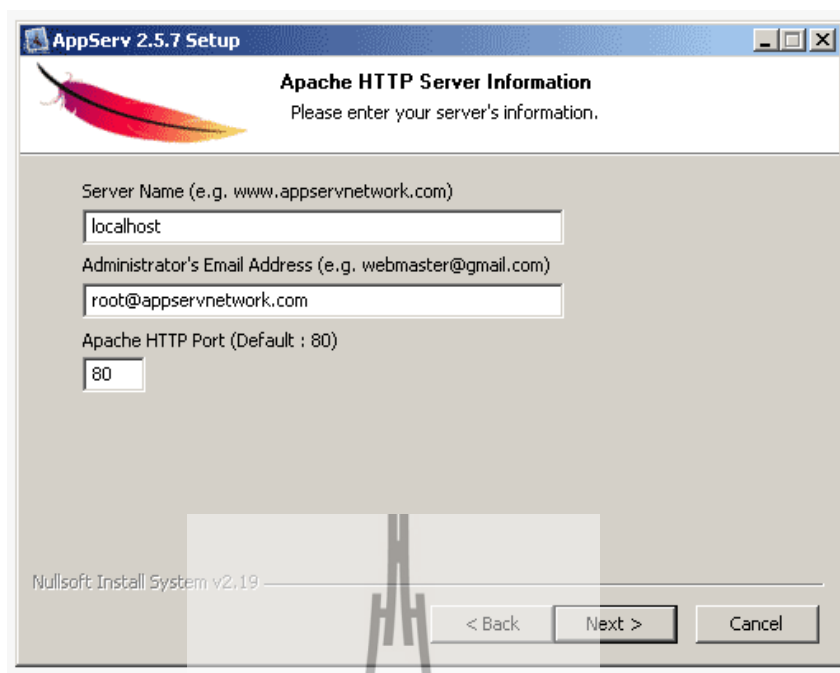
เลือก Package Components ที่ต้องการติดตั้ง โดยค่าเริ่มต้นนั้นจะให้เลือกลงทุก Package แต่หากว่าผู้ใช้งานต้องการเลือกเฉพาะบาง Package ก็จะสามารถเลือกตามข้อที่ต้องการออก โดยรายละเอียดแต่ละ Package มีดังนี้

- Apache HTTP Server คือ โปรแกรมที่ทำหน้าเป็น Web Server
- MySQL Database คือ โปรแกรมที่ทำหน้าเป็น Database Server
- PHP Hypertext Preprocessor คือ โปรแกรมที่ทำหน้าประมวลผลการทำงานของภาษา PHP
- phpMyAdmin คือ โปรแกรมที่ใช้ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล MySQL ผ่านเว็บไซต์เมื่อทำการเลือก Package ตามรูปที่ 3.4 เรียบร้อยแล้ว ให้กด Next เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการติดตั้งต่อไป



รูปที่3.12 เลือก Package Components ที่ต้องการติดตั้ง

กำหนดค่าคอนฟิกของ Apache Web Server มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 3 ส่วน ตามรูปที่ 3.5 คือ Server Name คือช่องสำหรับป้อนชื่อ Web Server ของท่านเช่น www.appservnetwork.com Admin Email คือช่องสำหรับป้อนข้อมูล อีเมลผู้ดูแลระบบ เช่น root@appservnetwork.com HTTP Port คือช่องสำหรับระบุ Port ที่จะเรียกใช้งาน Apache Web Server โดยทั่วไปแล้ว Protocol HTTP นั้นจะมีค่าหลักคือ 80 หกกว่าท่านต้องการหลีกเลี่ยงการใช้ Port 80 ก็สามารแก้ไขได้ หากมีการเปลี่ยนแปลง Port การเข้าใช้งาน Web Server แล้ว ทุกครั้งที่เรียกใช้งานเว็บไซต์ จำเป็นที่ต้องระบุหมายเลข Port ด้วยเช่น หากเลือกใช้ Port 99 ในการเข้าเว็บไซต์ทุกครั้งต้องใช้ <http://www.appservnetwork.com:99> จึงจะสามารถเข้าใช้งานได้

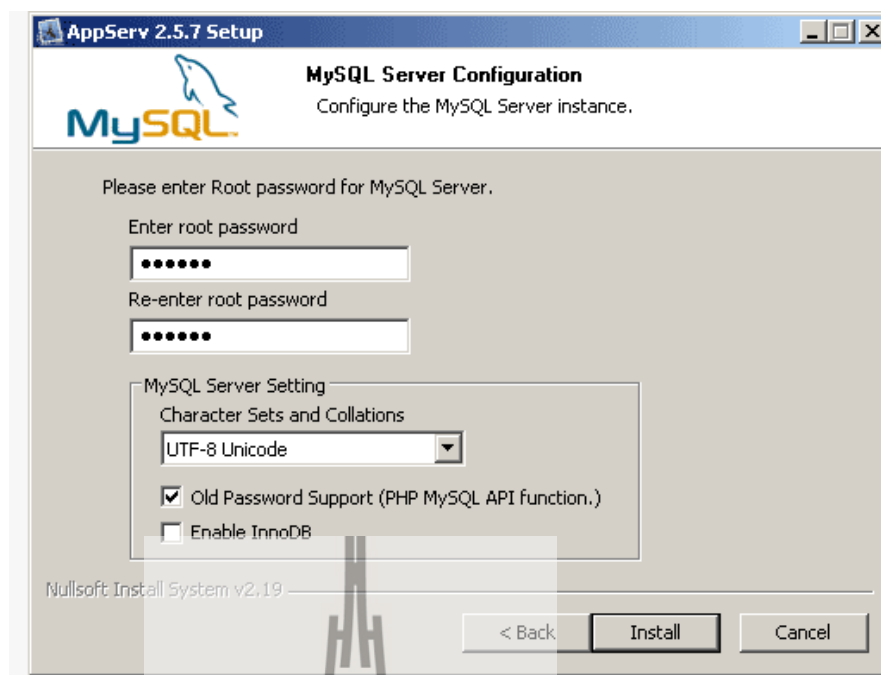


รูปที่3.13 แสดงการกำหนดค่าคอนฟิกค่า Apache Web Server

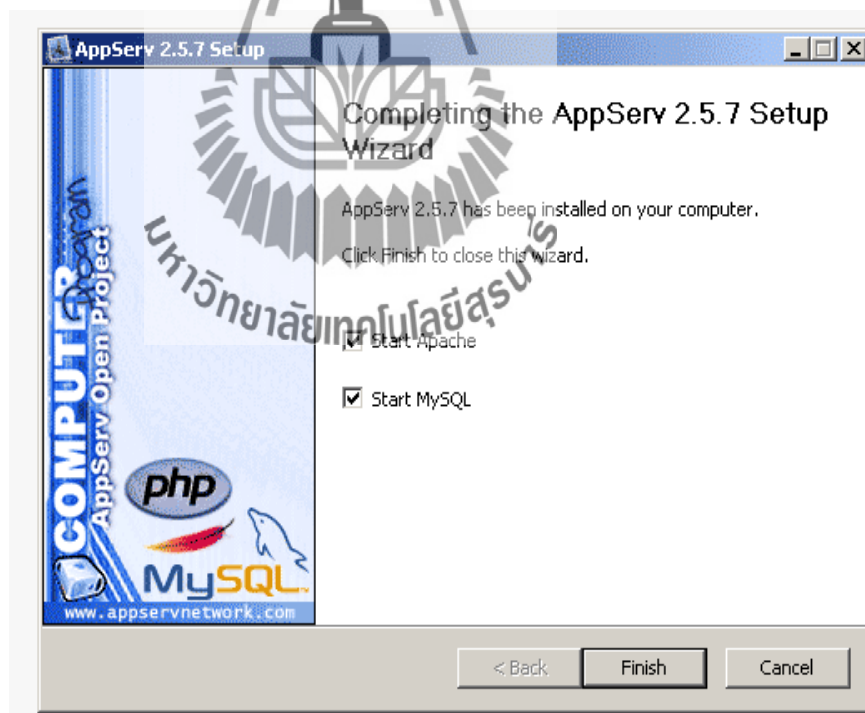
กำหนดค่าคอนฟิกของ MySQL Database มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 3 ส่วน ตามรูปที่ 3.6 คือ

Root Password คือช่องสำหรับป้อนรหัสผ่านการใช้งานฐานข้อมูลของ Root หรือผู้ดูแลระบบทุกครั้งที่ใช้ฐานข้อมูลในลักษณะที่เป็นผู้ดูแลระบบให้ระบบ user คือ root

Character Set ใช้ในการกำหนดค่าระบบภาษาที่ใช้ในการจัดเก็บฐานข้อมูลเรียงลำดับฐานข้อมูล Import ฐานข้อมูล Export ฐานข้อมูล ติดต่อฐานข้อมูล Old Password หากมีปัญหาเกี่ยวกับการใช้งาน PHP กับ MySQL API เวอร์ชันเก่า โดยเจอ Error Client does not support authentication protocol requested by server; consider upgrading MySQL client ให้เลือกในส่วนของ Old Password เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้ Enable InnoDB หากต้องการใช้งานฐานข้อมูลในรูปแบบ InnoDB ให้เลือกในส่วนนี้ด้วย



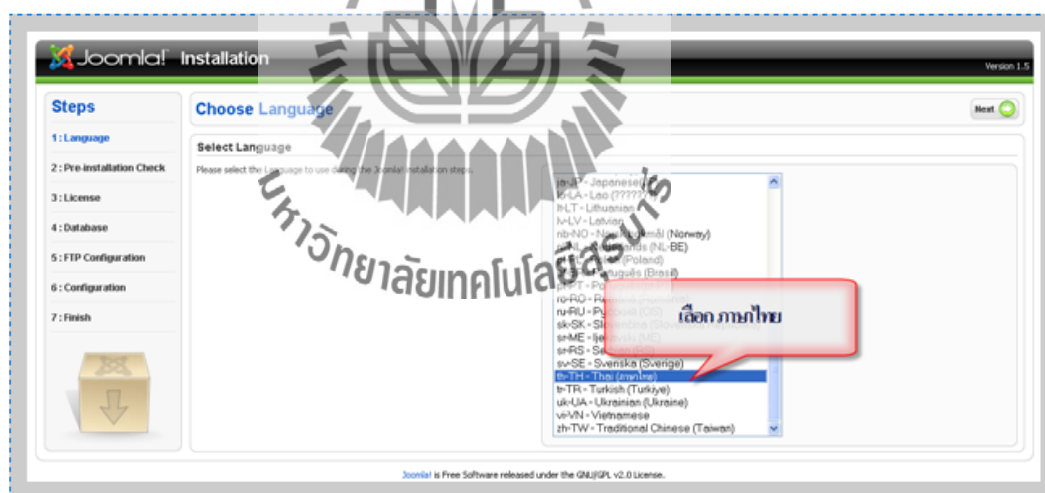
รูปที่ 3.14 แสดงการกำหนดค่าคอนฟิกของ MySQL Database



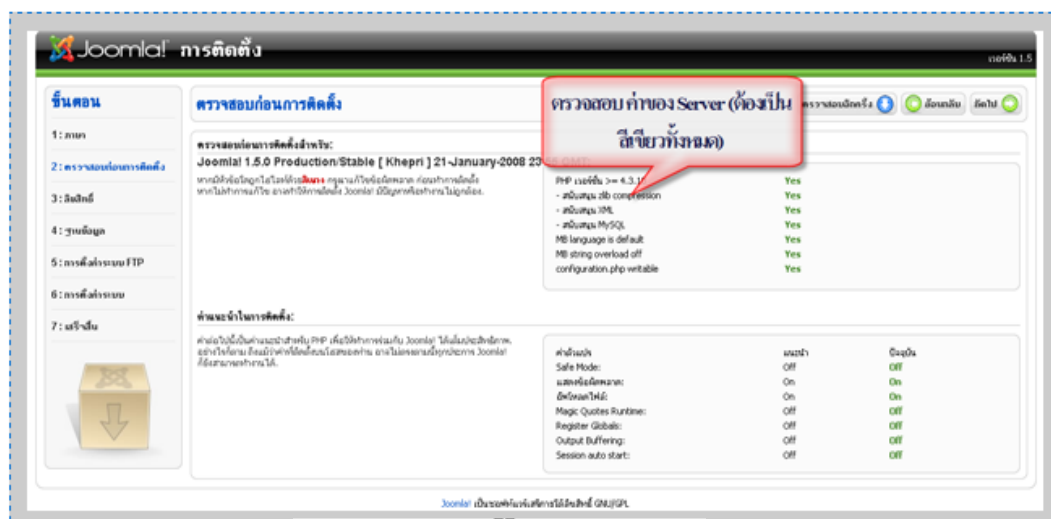
รูปที่ 3.15 แสดงหน้าจอขั้นตอนสิ้นสุดการติดตั้งโปรแกรม AppServ

3.4 การติดตั้งโปรแกรม Joomla

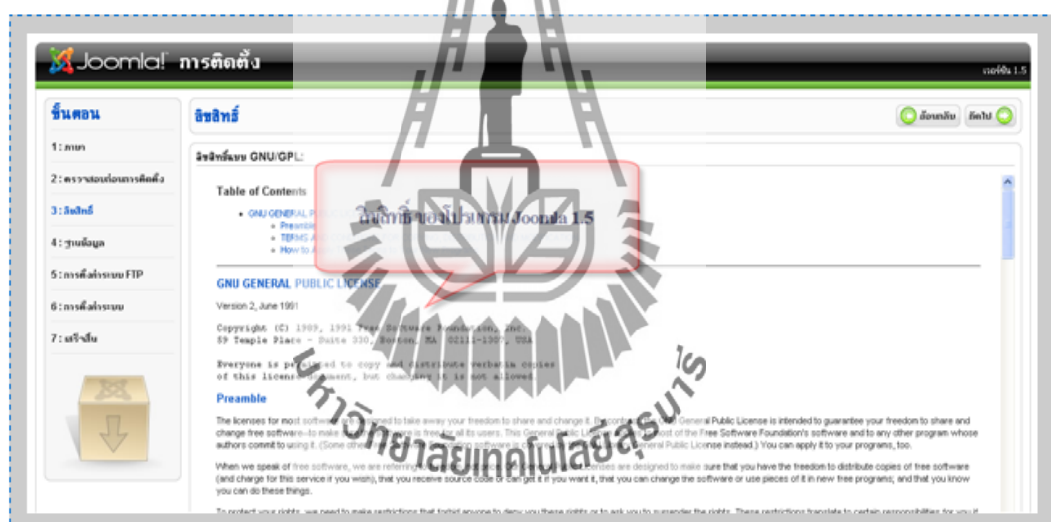
จากเดิมในการสร้างเว็บขึ้นมา ผู้พัฒนาจะต้องศึกษาภาษา HTML, Java scrip, Css และ Ajax เพื่อใช้ในการออกแบบหน้าเว็บสำหรับข้อมูลเข้าและแสดงผล และต้องศึกษาภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างส่วนประมวลผล เช่น PHP, C# และ Java ซึ่งจะเป็นเรื่องที่ยากสำหรับผู้ที่ไม่ชอบการเขียนโปรแกรม แต่ด้วยการพัฒนาของเทคโนโลยีในปัจจุบัน การออกแบบและพัฒนาเว็บในปัจจุบันได้มีการพัฒนาจนก้าวหน้า โดยเฉพาะในด้านของเครื่องมือที่ใช้ช่วยในการออกแบบเว็บไซต์สำเร็จรูปแบบ Open source ที่เรียกว่า Joomla ทำให้การออกแบบพัฒนาเว็บไซต์เป็นเรื่องง่าย สะดวก รวดเร็ว ดังนั้น Joomla จึงเป็นซอฟต์แวร์ที่ออกแบบมาเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการสร้างเว็บ โดยที่ผู้ใช้ Joomla จะสามารถสร้างเว็บ ได้โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมเพียงแค่ว่าติดตั้ง Joomla มีส่วนที่ใช้ในการจัดการสร้างเว็บทั้งหมด โดยจะเรียกในส่วนนี้ว่า เมนูควบคุมระบบ (Administration panel) ผู้ใช้สามารถสร้าง แก้ไขและปรับแต่งเว็บได้ด้วยตนเอง และยังมี Component ที่สามารถติดตั้งเพิ่มเติมได้ เช่น การนำเสนอบทความ (Articles) เว็บไดเรกทอรี(Web dierctory) ข่าวสาร(News) หัวข้อข่าว(Headline) กระดานข่าว(Forums)



รูปที่ 3.16 เลือกภาษาในการติดตั้ง



รูปที่ 3.17 ตรวจสอบการติดตั้ง



รูปที่ 3.18 ลิขสิทธิ์ของโปรแกรม joomla

Joomla! การติดตั้ง เวอร์ชัน 1.5

ขั้นตอน

- 1: ภาษา
- 2: ตรวจสอบเงื่อนไขการติดตั้ง
- 3: สิทธิ์
- 4: ฐานข้อมูล
- 5: การตั้งค่าระบบ FTP
- 6: การตั้งค่าระบบ
- 7: เสร็จสิ้น

รายละเอียดเกี่ยวกับ ฐานข้อมูล

ขั้นตอนที่ 4: กรุณากรอกข้อมูลเกี่ยวกับฐานข้อมูล Joomla! จะใช้ข้อมูลนี้เพื่อสร้างฐานข้อมูลและตารางสำหรับ Joomla! หากฐานข้อมูลไม่มีอยู่ Joomla! จะสร้างฐานข้อมูลและตารางใหม่

การตั้งค่าฐานข้อมูล

ชื่อฐานข้อมูล: mysql

ชื่อโฮสต์: localhost

ชื่อผู้ใช้ฐานข้อมูล: root

รหัสผ่าน:

ชื่อฐานข้อมูล: joomla15

กรอกรายละเอียดของฐานข้อมูล

ค่าเริ่มต้นคือ localhost

ชื่อผู้ใช้ฐานข้อมูลสามารถเป็น 'root' หรือชื่อผู้ใช้ที่มีสิทธิ์เพียงพอในการสร้างฐานข้อมูล

รหัสผ่านสามารถเป็นค่าว่างได้หากฐานข้อมูลไม่มีรหัสผ่าน หรือสามารถใส่ชื่อฐานข้อมูล (root) หากฐานข้อมูลมีรหัสผ่านที่กำหนดไว้

การตั้งค่าขั้นสูง

รูปที่ 3.19 กรอกรายละเอียดฐานข้อมูลของผู้ใช้

Joomla! การติดตั้ง เวอร์ชัน 1.5

ขั้นตอน

- 1: ภาษา
- 2: ตรวจสอบเงื่อนไขการติดตั้ง
- 3: สิทธิ์
- 4: ฐานข้อมูล
- 5: การตั้งค่าระบบ FTP
- 6: การตั้งค่าระบบ
- 7: เสร็จสิ้น

การตั้งค่าระบบ FTP

การตั้งค่าระบบ FTP: Joomla! จะใช้ FTP เพื่ออัปเดตไฟล์และสร้างฐานข้อมูล Joomla! หากฐานข้อมูลไม่มีอยู่ Joomla! จะสร้างฐานข้อมูลและตารางใหม่

ใช้ FTP หรือ SFTP หรือ FTPS? ☐ FTP ☐ SFTP ☐ FTPS

ชื่อโฮสต์ FTP:

ชื่อผู้ใช้ FTP:

รหัสผ่าน FTP:

ชื่อ FTP พอร์ต:

กำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับ FTP

(ค่าเริ่มต้นคือชื่อเครื่องแม่ข่ายของ Joomla!)

ชื่อโฮสต์ FTP:

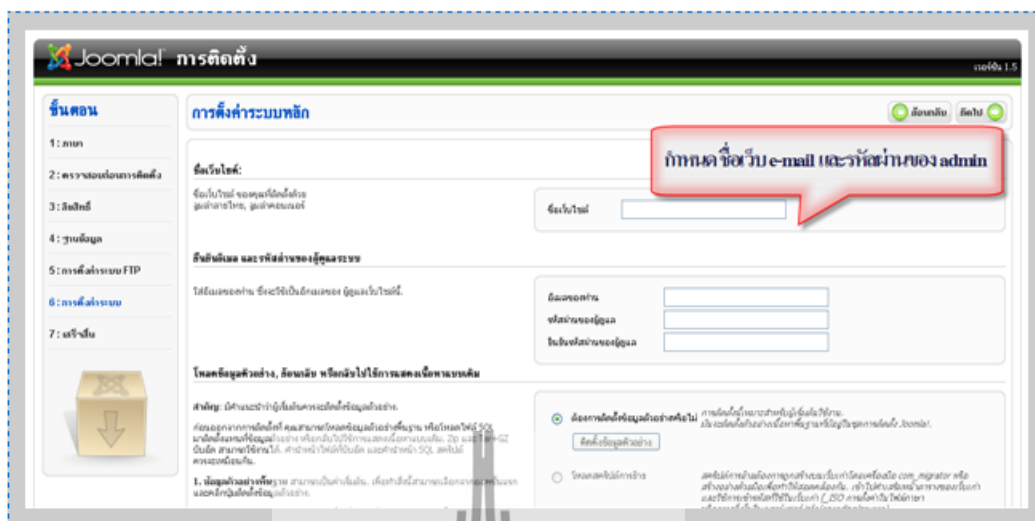
ชื่อผู้ใช้ FTP:

รหัสผ่าน FTP:

ชื่อ FTP พอร์ต:

การตั้งค่าขั้นสูง

รูปที่ 3.20 กำหนดรายละเอียด FTP



รูปที่3.21 กรอก e-mail รหัสผ่าน ของ administrator



รูปที่3.22 เสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม

3.5 การติดตั้งเซ็นเซอร์ที่ปอเลียงปลา



รูปที่ 3.23 ทำการปรับสถานที่



รูปที่ 3.24 สร้างท่อน้ำเซ็นเซอร์



รูปที่ 3.25 นำทุ่นกันไปยังตำแหน่งที่ต้องการจะวางเซ็นเซอร์



รูปที่ 3.26 ตัวเซ็นเซอร์ที่วางในบ่อเลี้ยงปลา



รูปที่ 3.27 สายอากาศภาครับบ่อเลี้ยงปลา

3.6 การติดตั้งเซ็นเซอร์ที่โรงปุ๋ยชีวภาพ



รูปที่ 3.28 ทำการปรับสถานที่ก่อนติดตั้งเซ็นเซอร์



รูปที่ 3.29 เซ็นเซอร์



รูปที่ 3.30 ทำการติดตั้งเซนเซอร์



รูปที่ 3.31 เมื่อทำการติดตั้งเซนเซอร์เรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 3.32 สายอากาศภาคส่งจากโรงป้อนชีวภาพ



โค้ดนำข้อมูลเข้าครั้งแรกเข้าสู่ฐานข้อมูล Mysql โดยใช้เครื่องมือที่ช่วยจัดการ
ฐานข้อมูล คือ phpmyadmin

```
<?php
$host = 'localhost';
$user = 'root';
$pass = '123456';
$db = 'test';
$dir= "C:\Documents and Settings\Administrator\My
Documents\MATLAB\ Database_Bio_Pond.txt" ;
$line = file($dir);
$conn = mysql_connect($host, $user, $pass) or die('Error : '.mysql_error());
mysql_select_db($db) or die('Error : '.mysql_error());
foreach($line as $line_num => $line){
echo "Line #<b>{$line_num}</b> : " .htmlspecialchars($line). "<br/>\n";
$temp = explode("\t", $line);
if(strlen($temp[0])>=4){
$sql = "insert into fishpond(Year,Month,Date,Hour,min,Temp,PH,DO)
values('$temp[0]','$temp[1]','$temp[2]','$temp[3]','$temp[4]','$temp[5]','$temp[6]','$temp[7]','
$temp[8]','$temp[9]')";
echo $sql."<br/>\n";
$result = mysql_query($sql);
echo "|| result >> " . $result;
}
}
?>
```

โค้ดนำข้อมูลเข้าครั้งล่าสุดเข้าสู่ฐานข้อมูล Mysql โดยใช้เครื่องมือที่ช่วยจัดการ
ฐานข้อมูล คือ phpmyadmin

```
<?php
$host = 'localhost';
$user = 'root';
$pass = '123456';
$db = 'test';
$dir = "C:\Documents and Settings\Administrator\My Documents\MATLAB\
Database_Bio_Pond.txt" ;
$line = file($dir);
$conn = mysql_connect($host, $user, $pass) or die('Error :
'.mysql_error());mysql_select_db($db) or die('Error : '.mysql_error());
foreach($line as $line_num => $line){
    $temp = explode("\t", $line);
    $a[$line_num]=$temp;
}
global $line, $a;
global $line_num;
$b=$line_num;
    echo $a[$b][0]."\t";
    echo $a[$b][1]."\t";
    echo $a[$b][3]."\t";
    echo $a[$b][4]."\t";
    echo $a[$b][6]."\t";
    echo $a[$b][7]."\t";
    echo $a[$b][9]."\t";
    echo $a[$b][10]."<br/>\n";
    $d=$a[$b];
    $sql = "insert into fishpond(Year,Month,Date,Hour,min,Temp,PH,DO)
values('$temp[0]','$temp[1]','$temp[2]','$temp[3]','$temp[4]','$temp[5]','$temp[6]','$temp[7]','
$temp[8]','$temp[9]')";
```

```

echo $sql."<br/>\n";
$result = mysql_query($sql);
echo "|| result >> ".$result."<br/>\n";
?>

```

ตัวอย่างข้อมูล

2012 3 22 00 01 -37.789 37.527 10.928 5.1436 28.556

2012 3 22 12 01 -37.803 37.686 11.217 5.19 28.636

2012 3 23 00 01 -37.796 37.703 11.007 5.196 28.688

2012 3 23 12 01 -37.763 37.808 10.825 5.2045 28.772

2012 3 24 00 01 -37.724 38.102 10.961 5.2225 28.736

2012 3 24 12 01 -37.808 38.255 11.042 5.3089 28.577

2012 3 25 00 01 -37.747 38.358 11.272 5.3384 28.576

2012 3 25 12 01 -37.783 38.469 11.272 5.3384 28.576

2012 3 26 00 01 -37.772 38.522 11.272 5.3384 28.576

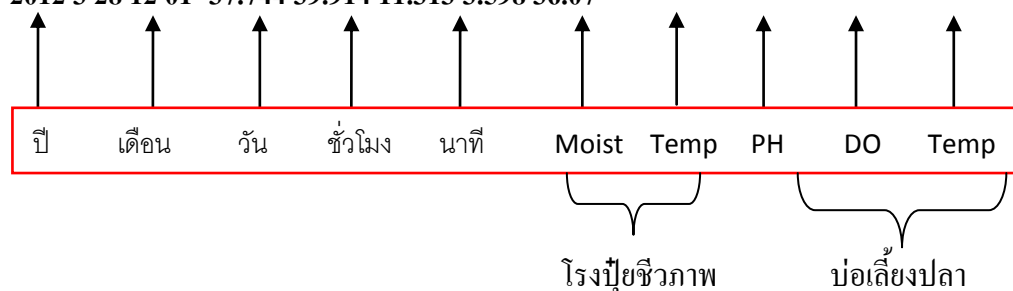
2012 3 26 12 01 -37.787 38.512 11.553 5.4265 28.487

2012 3 27 00 01 -37.794 38.498 11.578 5.4208 28.48

2012 3 27 12 01 -37.678 39.849 12.552 3.6127 49.38

2012 3 28 00 01 -37.687 39.903 12.552 3.6127 49.38

2012 3 28 12 01 -37.744 39.914 11.313 3.598 36.07



โค้ดแสดงกราฟ Today temperature fishpond

```
<?
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pData.class.p
hp");
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pDraw.class.
php");
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pImage.class.
php");
$myData = new pData();
$db = mysql_connect("localhost", "root", "123456") or die ("Error :".
mysql_error());
mysql_select_db("test",$db);
$Requete = "SELECT * FROM `fishpond`";
$Result = mysql_query($Requete,$db);
$Temp = "";
$Year = "";
$n=0;
$a=0;
while($row = mysql_fetch_array($Result)) {
$Temp[] = $row["Temppond"];
$Year[] = $row["Year"];
$Month[] = $row["Month"];
$Date[] = $row["Date"];
$Hour[] = $row["Hour"];
$Min[] = $row["min"];
$n=$n+1;
$a=$n-1;
}
$b=$a-1;
$date_time = getdate();
$day = $date_time["Weekday"];
```



```

$date = $date_time["mday"];
$month = $date_time["month"];
$year = $date_time["year"];
$hour = $date_time["hours"];
$minute = $date_time["minutes"];
$second = $date_time["seconds"];
if($hour<12)
{
    $c=array($Temp[$a],$Temp[$a]);
}
else
{
    $c=array($Temp[$b],$Temp[$a]);
}
$myData->addPoints($c,"Temp");
$myData->setAxisName(0,"Temperature");
$myData->setAxisDisplay(0,AXIS_FORMAT_CURRENCY);
$myData->addPoints(array("$Hour[$b]:$Min[$b] $Date[$b]/ $Month[$b]/
$Year[$b]","$Hour[$a]:$Min[$a] $Date[$a]/ $Month[$a]/ $Year[$a]"),"Labels");
$myData->setSeriesDescription("Labels","Times");
$myData->setAbscissa("Labels");
$myData->setPalette("$ c",array("R"=>55,"G"=>91,"B"=>127));
$myPicture = new pImage(700,230,$myData);
$myPicture-
>drawGradientArea(0,0,700,230,DIRECTION_VERTICAL,array("StartR"=>220,"S
tartG"=>220,"StartB"=>220,"EndR"=>255,"EndG"=>255,"EndB"=>255,"Alpha"=>
100));
$myPicture->drawRectangle(0,0,699,229,array("R"=>200,"G"=>200,"B"=>200));
$myPicture-
>setFontProperties(array("FontName"=>"C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.
3/pChart2.1.3/fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>11));
$myPicture->drawText(60,35,"Temperature

```

```

Today",array("FontSize"=>20,"Align"=>TEXT_ALIGN_BOTTOMLEFT));
$myPicture->setGraphArea(60,40,670,190);
$myPicture-
>drawFilledRectangle(60,40,670,190,array("R"=>255,"G"=>255,"B"=>255,"Surrou
nding"=>-200,"Alpha"=>10));
$myPicture->drawScale(array("GridR"=>180,"GridG"=>180,"GridB"=>180));
$myPicture-
>setShadow(FALSE,array("X"=>2,"Y"=>2,"R"=>0,"G"=>0,"B"=>0,"Alpha"=>10))
;
$myPicture-
>setFontProperties(array("FC:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/
fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>6));
$myPicture->drawSplineChart();
$myPicture-
>drawLegend(643,210,array("Style"=>LEGEND_NOBORDER,"Mode"=>LEGEN
D_HORIZONTAL));
myPicture-
>autoOutput("C:/AppServ/www/project/files/pchart1/example.drawSimple.png");
$myPicture->Render("Today_Temp.png");
$myPicture->autoOutput("pictures/example.drawSimple.png");
?>

```

โค้ดแสดงกราฟ Today PH

<?

```
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pData.class.php");

include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pDraw.class.php");

include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pImage.class.php");

$myData = new pData();

$db = mysql_connect("localhost", "root", "123456") or die ("Error :".mysql_error());

mysql_select_db("test",$db);

$Requete = "SELECT * FROM `fishpond`";

$Result = mysql_query($Requete,$db);

$Temp = "";

$Year = "";

$n=0;

$a=0;

while($row = mysql_fetch_array($Result)) {

    $Temp[] = $row["PH"];

    $Year[] = $row["Year"];

    $Month[] = $row["Month"];

    $Date[] = $row["Date"];

    $Hour[] = $row["Hour"];

    $Min[] = $row["min"];

    $n=$n+1;

    $a=$n-1;

}

$b=$a-1;

$date_time = getdate();

$day = $date_time["Weekday"];
```

```

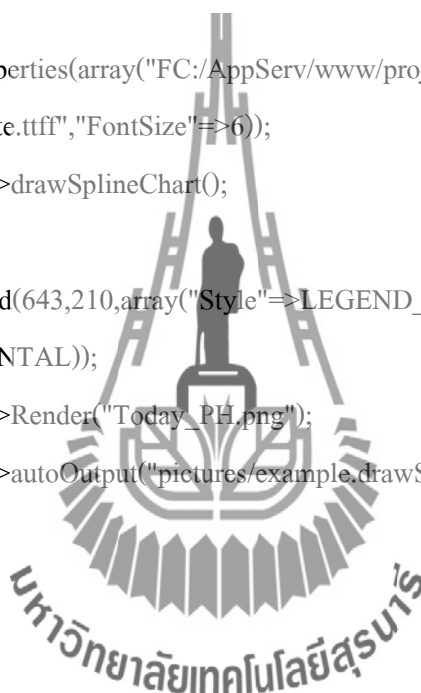
$date = $date_time["mday"];
$month = $date_time["month"];
$year = $date_time["year"];
$hour = $date_time["hours"];
$minute = $date_time["minutes"];
$second = $date_time["seconds"];
if($hour<12)
{
    $c=array($Temp[$a],$Temp[$a]);
}
else
{
    $c=array($Temp[$b],$Temp[$a]);
}
$myData->addPoints($c,"PH");
$myData->setAxisName(0,"PH");
$myData->setAxisDisplay(0,AXIS_FORMAT_CURRENCY);
$myData->addPoints(array("$Hour[$b]:$Min[$b] $Date[$b]/ $Month[$b]/
$Year[$b]","$Hour[$a]:$Min[$a] $Date[$a]/ $Month[$a]/ $Year[$a]"),"Labels");
$myData->setSeriesDescription("Labels","Times");
$myData->setAbscissa("Labels");
$myData->setPalette("$ c",array("R"=>55,"G"=>91,"B"=>127));
$myPicture = new pImage(700,230,$myData);
$myPicture-
>drawGradientArea(0,0,700,230,DIRECTION_VERTICAL,array("StartR"=>220,"S
tartG"=>220,"StartB"=>220,"EndR"=>255,"EndG"=>255,"EndB"=>255,"Alpha"=>
100));
$myPicture->drawRectangle(0,0,699,229,array("R"=>200,"G"=>200,"B"=>200));
$myPicture-
>setFontProperties(array("FontName"=>"C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.
3/pChart2.1.3/fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>11));
$myPicture->drawText(60,35,"PH

```

```

Today",array("FontSize"=>20,"Align"=>TEXT_ALIGN_BOTTOMLEFT));
$myPicture->setGraphArea(60,40,670,190);
$myPicture-
>drawFilledRectangle(60,40,670,190,array("R"=>255,"G"=>255,"B"=>255,"Surrou
nding"=>-200,"Alpha"=>10));
$myPicture->drawScale(array("GridR"=>180,"GridG"=>180,"GridB"=>180));
$myPicture-
>setShadow(FALSE,array("X"=>2,"Y"=>2,"R"=>0,"G"=>0,"B"=>0,"Alpha"=>10))
;
$myPicture-
>setFontProperties(array("FC:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/
fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>6));
$myPicture->drawSplineChart();
$myPicture-
>drawLegend(643,210,array("Style"=>LEGEND_NOBORDER,"Mode"=>LEGEN
D_HORIZONTAL));
$myPicture->Render("Today_PH.png");
$myPicture->autoOutput("pictures/example.drawSimple.png");
?>

```



โค้ดแสดงกราฟ Today DO

```
<?
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pData.class.p
hp");
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pDraw.class.
php");
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pImage.class.
php");
$myData = new pData();
$db = mysql_connect("localhost", "root", "123456") or die ("Error :".
mysql_error());
mysql_select_db("test",$db);
$Requete = "SELECT * FROM `fishpond`";
$Result = mysql_query($Requete,$db);
$Temp = "";
$Year = "";
$n=0;
$a=0;
while($row = mysql_fetch_array($Result)) {
$Temp[] = $row["DO"];
$Year[] = $row["Year"];
$Month[] = $row["Month"];
$Date[] = $row["Date"];
$Hour[] = $row["Hour"];
$Min[] = $row["min"];
$n=$n+1;
$a=$n-1;
}
$b=$a-1;

$date_time = getdate();
$day = $date_time["Weekday"];
```

```

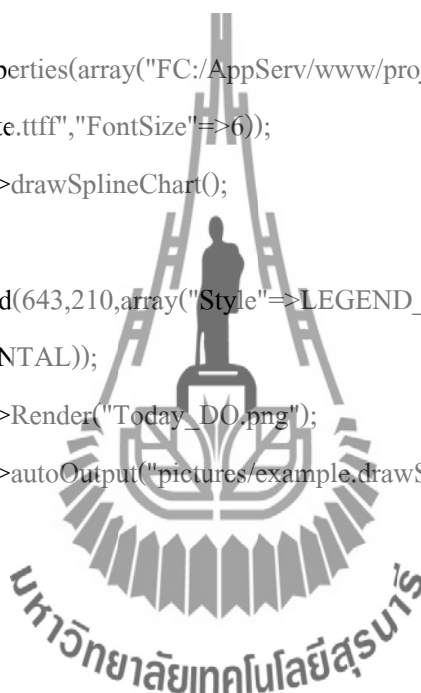
$date = $date_time["mday"];
$month = $date_time["month"];
$year = $date_time["year"];
$hour = $date_time["hours"];
$minute = $date_time["minutes"];
$second = $date_time["seconds"];
if($hour<12)
{
    $c=array($Temp[$a],$Temp[$a]);
}
else
{
    $c=array($Temp[$b],$Temp[$a]);
}
$myData->addPoints($c,"DO");
$myData->setAxisName(0,"DO");
$myData->setAxisDisplay(0,AXIS_FORMAT_CURRENCY);
$myData->addPoints(array("$Hour[$b]:$Min[$b] $Date[$b]/ $Month[$b]/
$Year[$b]","$Hour[$a]:$Min[$a] $Date[$a]/ $Month[$a]/ $Year[$a]"),"Labels");
$myData->setSeriesDescription("Labels","Times");
$myData->setAbscissa("Labels");
$myData->setPalette("$ c",array("R"=>55,"G"=>91,"B"=>127));
$myPicture = new pImage(700,230,$myData);
$myPicture-
>drawGradientArea(0,0,700,230,DIRECTION_VERTICAL,array("StartR"=>220,"S
tartG"=>220,"StartB"=>220,"EndR"=>255,"EndG"=>255,"EndB"=>255,"Alpha"=>
100));
$myPicture->drawRectangle(0,0,699,229,array("R"=>200,"G"=>200,"B"=>200));
$myPicture-
>setFontProperties(array("FontName"=>"C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.
3/pChart2.1.3/fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>11));
$myPicture->drawText(60,35,"DO

```

```

Today",array("FontSize"=>20,"Align"=>TEXT_ALIGN_BOTTOMLEFT));
$myPicture->setGraphArea(60,40,670,190);
$myPicture-
>drawFilledRectangle(60,40,670,190,array("R"=>255,"G"=>255,"B"=>255,"Surrou
nding"=>-200,"Alpha"=>10));
$myPicture->drawScale(array("GridR"=>180,"GridG"=>180,"GridB"=>180));
$myPicture-
>setShadow(FALSE,array("X"=>2,"Y"=>2,"R"=>0,"G"=>0,"B"=>0,"Alpha"=>10))
;
$myPicture-
>setFontProperties(array("FC:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/
fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>6));
$myPicture->drawSplineChart();
$myPicture-
>drawLegend(643,210,array("Style"=>LEGEND_NOBORDER,"Mode"=>LEGEN
D_HORIZONTAL));
$myPicture->Render("Today_DO.png");
$myPicture->autoOutput("pictures/example.drawSimple.png");
?>

```



โค้ดแสดงกราฟ Today Soil Moisture

<?

```
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pData.class.php");
```

```
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pDraw.class.php");
```

```
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pImage.class.php");
```

```
$myData = new pData();
```

```
$db = mysql_connect("localhost", "root", "123456") or die ("Error :".mysql_error());
```

```
mysql_select_db("test",$db);
```

```
$Requete = "SELECT * FROM `fishpond_bio`";
```

```
$Result = mysql_query($Requete,$db);
```

```
$Temp = "";
```

```
$Year = "";
```

```
$n=0;
```

```
$a=0;
```

```
while($row = mysql_fetch_array($Result))
```

```
{
```

```
$Temp[] = $row["Moisture"];
```

```
$Year[] = $row["Year"];
```

```
$Month[] = $row["Month"];
```

```
$Date[] = $row["Date"];
```

```
$Hour[] = $row["Hour"];
```

```
$Min[] = $row["min"];
```

```
$n=$n+1;
```

```
$a=$n-1;
```

```
}
```

```
$b=$a-1;
```

```
$date_time = getdate();
```

```

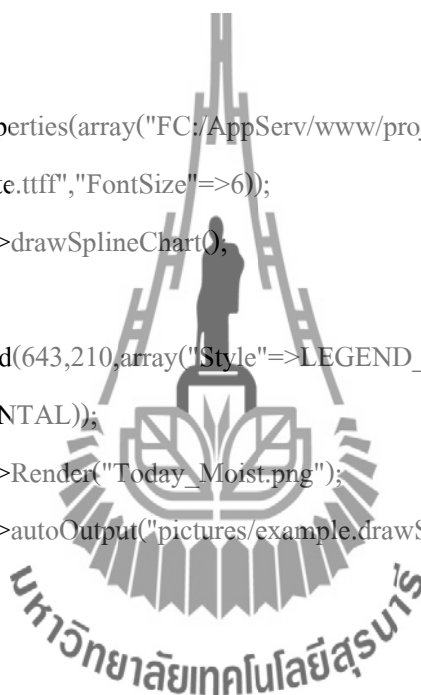
$day = $date_time["Weekday"];
$date = $date_time["mday"];
$month = $date_time["month"];
$year = $date_time["year"];
$hour = $date_time["hours"];
$minute = $date_time["minutes"];
$second = $date_time["seconds"];
if($hour<12)
{
    $c=array($Temp[$a],$Temp[$a]);
}
else
{
    $c=array($Temp[$b],$Temp[$a]);
}
$myData->addPoints($c,"Soil Moisture");
$myData->setAxisName(0,"Soil Moisture");
$myData->setAxisDisplay(0,AXIS_FORMAT_CURRENCY);
$myData->addPoints(array("$Hour[$b]:$Min[$b] $Date[$b]/ $Month[$b]/
$Year[$b]","$Hour[$a]:$Min[$a] $Date[$a]/ $Month[$a]/ $Year[$a]"),"Labels");
$myData->setSeriesDescription("Labels","Times");
$myData->setAbscissa("Labels");
$myData->setPalette("$ c",array("R"=>55,"G"=>91,"B"=>127));
$myPicture = new pImage(700,230,$myData);
$myPicture-
>drawGradientArea(0,0,700,230,DIRECTION_VERTICAL,array("StartR"=>220,"S
tartG"=>220,"StartB"=>220,"EndR"=>255,"EndG"=>255,"EndB"=>255,"Alpha"=>
100));
$myPicture->drawRectangle(0,0,699,229,array("R"=>200,"G"=>200,"B"=>200));
$myPicture-
>setFontProperties(array("FontName"=>"C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.
3/pChart2.1.3/fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>11));

```

```

$myPicture->drawText(60,35,"Soil Moisture
Today",array("FontSize"=>20,"Align"=>TEXT_ALIGN_BOTTOMLEFT));
$myPicture->setGraphArea(60,40,670,190);
$myPicture-
>drawFilledRectangle(60,40,670,190,array("R"=>255,"G"=>255,"B"=>255,"Surrou
nding"=>-200,"Alpha"=>10));
$myPicture->drawScale(array("GridR"=>180,"GridG"=>180,"GridB"=>180));
$myPicture-
>setShadow(FALSE,array("X"=>2,"Y"=>2,"R"=>0,"G"=>0,"B"=>0,"Alpha"=>10))
;
$myPicture-
>setFontProperties(array("FC:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/
fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>6));
$myPicture->drawSplineChart();
$myPicture-
>drawLegend(643,210,array("Style"=>LEGEND_NOBORDER,"Mode"=>LEGEN
D_HORIZONTAL));
$myPicture->Render("Today_Moist.png");
$myPicture->autoOutput("pictures/example.drawSimple.png");
?>

```



โค้ดแสดงกราฟ Today Temperature Fertilizer

```
<?
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pData.class.php");
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pDraw.class.php");
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pImage.class.php");
$myData = new pData();
$db = mysql_connect("localhost", "root", "123456") or die ("Error :".mysql_error());
mysql_select_db("test",$db);
$Requete = "SELECT * FROM `fishpond_bio`";
$result = mysql_query($Requete,$db);
$Temp = "";
$Year = "";
$n=0;
$a=0;
while($row = mysql_fetch_array($result))
{
$Temp[] = $row["Temp"];
$Year[] = $row["Year"];
$Month[] = $row["Month"];
$date[] = $row["Date"];
$Hour[] = $row["Hour"];
$Min[] = $row["min"];
$n=$n+1;
$a=$n-1;
}
$b=$a-1;
$date_time = getdate();
```

```

$day = $date_time["Weekday"];
$date = $date_time["mday"];
$month = $date_time["month"];
$year = $date_time["year"];
$hour = $date_time["hours"];
$minute = $date_time["minutes"];
$second = $date_time["seconds"];
if($hour<12)
{
    $c=array($Temp[$a],$Temp[$a]);
}
else
{
    $c=array($Temp[$b],$Temp[$a]);
}
$myData->addPoints($c,"Temp");
$myData->setAxisName(0,"Temperature");
$myData->setAxisDisplay(0,AXIS_FORMAT_CURRENCY);
$myData->addPoints(array("$Hour[$b]:$Min[$b] $Date[$b]/ $Month[$b]/
$Year[$b]","$Hour[$a]:$Min[$a] $Date[$a]/ $Month[$a]/ $Year[$a]"),"Labels");
$myData->setSeriesDescription("Labels","Times");
$myData->setAbscissa("Labels");
$myData->setPalette("$ c",array("R"=>55,"G"=>91,"B"=>127)); //modified

/* Create the pChart object */

$myPicture = new pImage(700,230,$myData);

$myPicture->
>drawGradientArea(0,0,700,230,DIRECTION_VERTICAL,array("StartR"=>220,"S
tartG"=>220,"StartB"=>220,"EndR"=>255,"EndG"=>255,"EndB"=>255,"Alpha"=>
100));
$myPicture->drawRectangle(0,0,699,229,array("R"=>200,"G"=>200,"B"=>200));

```

```

$myPicture-
>setFontProperties(array("FontName"=>"C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.
3/pChart2.1.3/fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>11));

$myPicture->drawText(60,35,"Temperature Fertilizer
Today",array("FontSize"=>20,"Align"=>TEXT_ALIGN_BOTTOMLEFT));

$myPicture->setGraphArea(60,40,670,190);

$myPicture-
>drawFilledRectangle(60,40,670,190,array("R"=>255,"G"=>255,"B"=>255,"Surrou
nding"=>-200,"Alpha"=>10));

$myPicture->drawScale(array("GridR"=>180,"GridG"=>180,"GridB"=>180));

$myPicture-
>setShadow(FALSE,array("X"=>2,"Y"=>2,"R"=>0,"G"=>0,"B"=>0,"Alpha"=>10))
;

$myPicture-
>setFontProperties(array("FC:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/
fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>6));

$myPicture->drawSplineChart();

$myPicture-
>drawLegend(643,210,array("Style"=>LEGEND_NOBORDER,"Mode"=>LEGEN
D_HORIZONTAL));

$myPicture->Render("Today_tempbio.png");

$myPicture->autoOutput("pictures/example.drawSimple.png");

?>

```

โค้ดแสดงกราฟ 7days temperature fishpond

```
<?
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pData.class.php");
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pDraw.class.php");
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pImage.class.php");
$myData = new pData();
$db = mysql_connect("localhost", "root", "123456") or die ("Error :".mysql_error());
mysql_select_db("test",$db);
$Requete = "SELECT * FROM `fishpond`";
$result = mysql_query($Requete,$db);
$Temp = "";
$Year = "";
$Month = "";
$Date = "";
$Hour = "";
$Min = "";
$n=0;
$a=0;
while($row = mysql_fetch_array($result)) {
$Temp[] = $row["Temppond"];
$Year[] = $row["Year"];
$Month[] = $row["Month"];
$Date[] = $row["Date"];
$Hour[] = $row["Hour"];
$Min[] = $row["min"];
$n=$n+1;
$a=$n-1; }
```

```

$b=$a-1;
$c=$b-1;
$d=$c-1;
$e=$d-1;
$f=$e-1;
$g=$f-1;
$h=$g-1;
$i=$h-1;
$j=$i-1;
$k=$j-1;
$l=$k-1;
$m=$l-1;
$n=$m-1;

$z=array($Temp[$a],$Temp[$b],$Temp[$c],$Temp[$d],$Temp[$e],$Temp[$f],$Temp[$g],$Temp[$h],$Temp[$i],$Temp[$j],$Temp[$k],$Temp[$l],$Temp[$m],$Temp[$n]);

$myData->addPoints($z,"Temperature");
$myData->setAxisName(0,"Temperature");

$myData->addPoints(array("$Hour[$n]:$Min[$n] $Date[$n]/ $Month[$n]/ $Year[$n]","$Hour[$m]:$Min[$m] $Date[$m]/ $Month[$m]/ $Year[$m]","$Hour[$l]:$Min[$l] $Date[$l]/ $Month[$l]/ $Year[$l]","$Hour[$k]:$Min[$k] $Date[$k]/ $Month[$k]/ $Year[$k]","$Hour[$j]:$Min[$j] $Date[$j]/ $Month[$j]/ $Year[$j]","$Hour[$i]:$Min[$i] $Date[$i]/ $Month[$i]/ $Year[$i]","$Hour[$h]:$Min[$h] $Date[$h]/ $Month[$h]/ $Year[$h]","$Hour[$g]:$Min[$g] $Date[$g]/ $Month[$g]/ $Year[$g]","$Hour[$f]:$Min[$f] $Date[$f]/ $Month[$f]/ $Year[$f]","$Hour[$e]:$Min[$e] $Date[$e]/ $Month[$e]/ $Year[$e]","$Hour[$d]:$Min[$d] $Date[$d]/ $Month[$d]/ $Year[$d]","$Hour[$c]:$Min[$c] $Date[$c]/ $Month[$c]/ $Year[$c]","$Hour[$b]:$Min[$b] $Date[$b]/ $Month[$b]/ $Year[$b]","$Hour[$a]:$Min[$a] $Date[$a]/ $Month[$a]/

```



```

$Year[$a]), "Labels"); $myData->setSerieDescription("Labels", "Times");

$myData->setAbscissa("Labels");

$myData->setPalette("$ c", array("R"=>55, "G"=>91, "B"=>127));

$myPicture = new pImage(1200, 230, $myData);

$myPicture-
>drawGradientArea(0, 0, 1200, 230, DIRECTION_VERTICAL, array("StartR"=>220, "
StartG"=>22
0, "StartB"=>220, "EndR"=>255, "EndG"=>255, "EndB"=>255, "Alpha"=>100));

$myPicture->drawRectangle(0, 0, 1199, 229, array("R"=>200, "G"=>200, "B"=>200));

$myPicture-
>setFontProperties(array("FontName"=>"C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.
3/pChart2.1.3/fonts/Forgotte.ttf", "FontSize"=>11));

$myPicture->drawText(60, 35, "Temperature
7days", array("FontSize"=>20, "Align"=>TEXT_ALIGN_BOTTOMLEFT));

$myPicture->setGraphArea(60, 40, 1170, 190);

$myPicture-
>drawFilledRectangle(60, 40, 1170, 190, array("R"=>255, "G"=>255, "B"=>255, "Surro
unding"=>-200, "Alpha"=>10));

$myPicture->drawScale(array("GridR"=>180, "GridG"=>180, "GridB"=>180));

$myPicture-
>setShadow(FALSE, array("X"=>2, "Y"=>2, "R"=>0, "G"=>0, "B"=>0, "Alpha"=>10))
;

$myPicture-
>setFontProperties(array("FC:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/
fonts/Forgotte.ttf", "FontSize"=>6));

$myPicture->drawSplineChart();

$myPicture-
>drawLegend(643, 210, array("Style"=>LEGEND_NOBORDER, "Mode"=>LEGEN
D_HORIZONTAL));

$myPicture->Render("7days_Temp.png");

?>

```

โค้ดแสดงกราฟ 7days PH

<?

```
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pData.class.php");

include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pDraw.class.php");

include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pImage.class.php");

$myData = new pData();

$db = mysql_connect("localhost", "root", "123456") or die ("Error :".mysql_error());

mysql_select_db("test",$db);

$Requete = "SELECT * FROM `fishpond`";

$Result = mysql_query($Requete,$db);

$Temp = "";

$Year = "";

$Month = "";

$Date = "";

$Hour = "";

$Min = "";

$n=0;

$a=0;

while($row = mysql_fetch_array($Result)) {

$Temp[] = $row["PH"];

$Year[] = $row["Year"];

$Month[] = $row["Month"];

$Date[] = $row["Date"];

$Hour[] = $row["Hour"];

$Min[] = $row["min"];

$n=$n+1;

$a=$n-1; }
```

```

$b=$a-1;
$c=$b-1;
$d=$c-1;
$e=$d-1;
$f=$e-1;
$g=$f-1;
$h=$g-1;
$i=$h-1;
$j=$i-1;
$k=$j-1;
$l=$k-1;
$m=$l-1;
$n=$m-1;

$z=array($Temp[$a],$Temp[$b],$Temp[$c],$Temp[$d],$Temp[$e],$Temp[$f],$Temp[$g],$Temp[$h],$Temp[$i],$Temp[$j],$Temp[$k],$Temp[$l],$Temp[$m],$Temp[$n]);

$myData->addPoints($z,"PH");
$myData->setAxisName(0,"PH");

$myData->addPoints(array("$Hour[$n]:$Min[$n] $Date[$n]/ $Month[$n]/ $Year[$n]","$Hour[$m]:$Min[$m] $Date[$m]/ $Month[$m]/ $Year[$m]","$Hour[$l]:$Min[$l] $Date[$l]/ $Month[$l]/ $Year[$l]","$Hour[$k]:$Min[$k] $Date[$k]/ $Month[$k]/ $Year[$k]","$Hour[$j]:$Min[$j] $Date[$j]/ $Month[$j]/ $Year[$j]","$Hour[$i]:$Min[$i] $Date[$i]/ $Month[$i]/ $Year[$i]","$Hour[$h]:$Min[$h] $Date[$h]/ $Month[$h]/ $Year[$h]","$Hour[$g]:$Min[$g] $Date[$g]/ $Month[$g]/ $Year[$g]","$Hour[$f]:$Min[$f] $Date[$f]/ $Month[$f]/ $Year[$f]","$Hour[$e]:$Min[$e] $Date[$e]/ $Month[$e]/ $Year[$e]","$Hour[$d]:$Min[$d] $Date[$d]/ $Month[$d]/ $Year[$d]","$Hour[$c]:$Min[$c] $Date[$c]/ $Month[$c]/ $Year[$c]","$Hour[$b]:$Min[$b] $Date[$b]/ $Month[$b]/ $Year[$b]","$Hour[$a]:$Min[$a] $Date[$a]/ $Month[$a]/

```

```

$Year[$a]), "Labels"); $myData->setSerieDescription("Labels", "Times");

$myData->setAbscissa("Labels");

$myData->setPalette("$ c", array("R"=>55, "G"=>91, "B"=>127));

$myPicture = new pImage(1200, 230, $myData);

$myPicture-
>drawGradientArea(0, 0, 1200, 230, DIRECTION_VERTICAL, array("StartR"=>220, "
StartG"=>22
0, "StartB"=>220, "EndR"=>255, "EndG"=>255, "EndB"=>255, "Alpha"=>100));

$myPicture->drawRectangle(0, 0, 1199, 229, array("R"=>200, "G"=>200, "B"=>200));

$myPicture-
>setFontProperties(array("FontName"=>"C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.
3/pChart2.1.3/fonts/Forgotte.ttf", "FontSize"=>11));

$myPicture->drawText(60, 35, "PH
7days", array("FontSize"=>20, "Align"=>TEXT_ALIGN_BOTTOMLEFT));

$myPicture->setGraphArea(60, 40, 1170, 190);

$myPicture-
>drawFilledRectangle(60, 40, 1170, 190, array("R"=>255, "G"=>255, "B"=>255, "Surro
unding"=>-200, "Alpha"=>10));

$myPicture->drawScale(array("GridR"=>180, "GridG"=>180, "GridB"=>180));

$myPicture-
>setShadow(FALSE, array("X"=>2, "Y"=>2, "R"=>0, "G"=>0, "B"=>0, "Alpha"=>10))
;

$myPicture-
>setFontProperties(array("FC:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/
fonts/Forgotte.ttf", "FontSize"=>6));

$myPicture->drawSplineChart();

$myPicture-
>drawLegend(643, 210, array("Style"=>LEGEND_NOBORDER, "Mode"=>LEGEN
D_HORIZONTAL));

$myPicture->Render("7days_PH.png");

?>

```

โค้ดแสดงกราฟ 7days DO

<?

```
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pData.class.php");

include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pDraw.class.php");

include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pImage.class.php");

$myData = new pData();

$db = mysql_connect("localhost", "root", "123456") or die ("Error :".mysql_error());

mysql_select_db("test",$db);

$Requete = "SELECT * FROM `fishpond`";

$Result = mysql_query($Requete,$db);

$Temp = "";

$Year = "";

$Month = "";

$Date = "";

$Hour = "";

$Min = "";

$n=0;

$a=0;

while($row = mysql_fetch_array($Result)) {

$Temp[] = $row["DO"];

$Year[] = $row["Year"];

$Month[] = $row["Month"];

$Date[] = $row["Date"];

$Hour[] = $row["Hour"];

$Min[] = $row["min"];

$n=$n+1;

$a=$n-1; }
```

```

$b=$a-1;
$c=$b-1;
$d=$c-1;
$e=$d-1;
$f=$e-1;
$g=$f-1;
$h=$g-1;
$i=$h-1;
$j=$i-1;
$k=$j-1;
$l=$k-1;
$m=$l-1;
$n=$m-1;

$z=array($Temp[$a],$Temp[$b],$Temp[$c],$Temp[$d],$Temp[$e],$Temp[$f],$Temp[$g],$Temp[$h],$Temp[$i],$Temp[$j],$Temp[$k],$Temp[$l],$Temp[$m],$Temp[$n]);

$myData->addPoints($z,"DO");
$myData->setAxisName(0,"DO");
$myData->addPoints(array("$Hour[$n]:$Min[$n] $Date[$n]/ $Month[$n]/ $Year[$n]","$Hour[$m]:$Min[$m] $Date[$m]/ $Month[$m]/ $Year[$m]","$Hour[$l]:$Min[$l] $Date[$l]/ $Month[$l]/ $Year[$l]","$Hour[$k]:$Min[$k] $Date[$k]/ $Month[$k]/ $Year[$k]","$Hour[$j]:$Min[$j] $Date[$j]/ $Month[$j]/ $Year[$j]","$Hour[$i]:$Min[$i] $Date[$i]/ $Month[$i]/ $Year[$i]","$Hour[$h]:$Min[$h] $Date[$h]/ $Month[$h]/ $Year[$h]","$Hour[$g]:$Min[$g] $Date[$g]/ $Month[$g]/ $Year[$g]","$Hour[$f]:$Min[$f] $Date[$f]/ $Month[$f]/ $Year[$f]","$Hour[$e]:$Min[$e] $Date[$e]/ $Month[$e]/ $Year[$e]","$Hour[$d]:$Min[$d] $Date[$d]/ $Month[$d]/ $Year[$d]","$Hour[$c]:$Min[$c] $Date[$c]/ $Month[$c]/ $Year[$c]","$Hour[$b]:$Min[$b] $Date[$b]/ $Month[$b]/ $Year[$b]","$Hour[$a]:$Min[$a] $Date[$a]/ $Month[$a]/

```

```

$Year[$a]), "Labels"); $myData->setSerieDescription("Labels", "Times");

$myData->setAbscissa("Labels");

$myData->setPalette("$ c", array("R"=>55, "G"=>91, "B"=>127));

$myPicture = new pImage(1200, 230, $myData);

$myPicture-
>drawGradientArea(0, 0, 1200, 230, DIRECTION_VERTICAL, array("StartR"=>220, "
StartG"=>22
0, "StartB"=>220, "EndR"=>255, "EndG"=>255, "EndB"=>255, "Alpha"=>100));

$myPicture->drawRectangle(0, 0, 1199, 229, array("R"=>200, "G"=>200, "B"=>200));

$myPicture-
>setFontProperties(array("FontName"=>"C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.
3/pChart2.1.3/fonts/Forgotte.ttf", "FontSize"=>11));

$myPicture->drawText(60, 35, "DO
7days", array("FontSize"=>20, "Align"=>TEXT_ALIGN_BOTTOMLEFT));

$myPicture->setGraphArea(60, 40, 1170, 190);

$myPicture-
>drawFilledRectangle(60, 40, 1170, 190, array("R"=>255, "G"=>255, "B"=>255, "Surro
unding"=>-200, "Alpha"=>10));

$myPicture->drawScale(array("GridR"=>180, "GridG"=>180, "GridB"=>180));

$myPicture-
>setShadow(FALSE, array("X"=>2, "Y"=>2, "R"=>0, "G"=>0, "B"=>0, "Alpha"=>10))
;

$myPicture-
>setFontProperties(array("FC:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/
fonts/Forgotte.ttf", "FontSize"=>6));

$myPicture->drawSplineChart();

$myPicture-
>drawLegend(643, 210, array("Style"=>LEGEND_NOBORDER, "Mode"=>LEGEN
D_HORIZONTAL));

$myPicture->Render("7days_DO.png");

?>

```

โค้ดแสดงกราฟ 7Today Soil Moisture

<?

```
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pData.class.php");
```

```
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pDraw.class.php");
```

```
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pImage.class.php");
```

```
$myData = new pData();
```

```
$db = mysql_connect("localhost", "root", "123456") or die ("Error :".mysql_error());
```

```
mysql_select_db("test",$db);
```

```
$Requete = "SELECT * FROM `fishpond`";
```

```
$Result = mysql_query($Requete,$db);
```

```
$Temp = "";
```

```
$Year = "";
```

```
$Month = "";
```

```
$Date = "";
```

```
$Hour = "";
```

```
$Min = "";
```

```
$n=0;
```

```
$a=0;
```

```
while($row = mysql_fetch_array($Result)) {
```

```
$Temp[] = $row["Moist"];
```

```
$Year[] = $row["Year"];
```

```
$Month[] = $row["Month"];
```

```
$Date[] = $row["Date"];
```

```
$Hour[] = $row["Hour"];
```

```
$Min[] = $row["min"];
```

```
$n=$n+1;
```

```
$a=$n-1; }
```

```
$b=$a-1;
```




```

$c=$b-1;
$d=$c-1;
$e=$d-1;
$f=$e-1;
$g=$f-1;
$h=$g-1;
$i=$h-1;
$j=$i-1;
$k=$j-1;
$l=$k-1;
$m=$l-1;
$n=$m-1;
$z=array($Temp[$a],$Temp[$b],$Temp[$c],$Temp[$d],$Temp[$e],$Temp[$f],$Temp[$g],$Temp[$h],$Temp[$i],$Temp[$j],$Temp[$k],$Temp[$l],$Temp[$m],$Temp[$n]);
$myData->addPoints($z,"Soil Moist");
$myData->setAxisName(0," Soil Moist ");
$myData->addPoints(array("$Hour[$n]:$Min[$n] $Date[$n]/ $Month[$n]/ $Year[$n]","$Hour[$m]:$Min[$m] $Date[$m]/ $Month[$m]/ $Year[$m]","$Hour[$l]:$Min[$l] $Date[$l]/ $Month[$l]/ $Year[$l]","$Hour[$k]:$Min[$k] $Date[$k]/ $Month[$k]/ $Year[$k]","$Hour[$j]:$Min[$j] $Date[$j]/ $Month[$j]/ $Year[$j]","$Hour[$i]:$Min[$i] $Date[$i]/ $Month[$i]/ $Year[$i]","$Hour[$h]:$Min[$h] $Date[$h]/ $Month[$h]/ $Year[$h]","$Hour[$g]:$Min[$g] $Date[$g]/ $Month[$g]/ $Year[$g]","$Hour[$f]:$Min[$f] $Date[$f]/ $Month[$f]/ $Year[$f]","$Hour[$e]:$Min[$e] $Date[$e]/ $Month[$e]/ $Year[$e]","$Hour[$d]:$Min[$d] $Date[$d]/ $Month[$d]/ $Year[$d]","$Hour[$c]:$Min[$c] $Date[$c]/ $Month[$c]/ $Year[$c]","$Hour[$b]:$Min[$b] $Date[$b]/ $Month[$b]/ $Year[$b]","$Hour[$a]:$Min[$a] $Date[$a]/ $Month[$a]/ $Year[$a]"),"Labels");$myData->setSerieDescription("Labels","Times");

```

```

$myData->setAbscissa("Labels");
$myData->setPalette("$ c",array("R"=>55,"G"=>91,"B"=>127));
$myPicture = new pImage(1200,230,$myData);
$myPicture-
>drawGradientArea(0,0,1200,230,DIRECTION_VERTICAL,array("StartR"=>220,"
StartG"=>22
0,"StartB"=>220,"EndR"=>255,"EndG"=>255,"EndB"=>255,"Alpha"=>100));
$myPicture->drawRectangle(0,0,1199,229,array("R"=>200,"G"=>200,"B"=>200));
$myPicture-
>setFontProperties(array("FontName"=>"C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.
3/pChart2.1.3/fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>11));
$myPicture->drawText(60,35," Soil Moist
7days",array("FontSize"=>20,"Align"=>TEXT_ALIGN_BOTTOMLEFT));
$myPicture->setGraphArea(60,40,1170,190);
$myPicture-
>drawFilledRectangle(60,40,1170,190,array("R"=>255,"G"=>255,"B"=>255,"Surro
unding"=>-200,"Alpha"=>10));
$myPicture->drawScale(array("GridR"=>180,"GridG"=>180,"GridB"=>180));
$myPicture-
>setShadow(FALSE,array("X"=>2,"Y"=>2,"R"=>0,"G"=>0,"B"=>0,"Alpha"=>10))
;
$myPicture-
>setFontProperties(array("FC:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/
fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>6));
$myPicture->drawSplineChart();
$myPicture-
>drawLegend(643,210,array("Style"=>LEGEND_NOBORDER,"Mode"=>LEGEN
D_HORIZONTAL));
$myPicture->Render("7days_Moist.png");
?>

```

โค้ดแสดงกราฟ 7Today Temperature Fertilizer

```
<?
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pData.class.php");
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pDraw.class.php");
include("C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/class/pImage.class.php");
$myData = new pData();
$db = mysql_connect("localhost", "root", "123456") or die ("Error :".mysql_error());
mysql_select_db("test",$db);
$Requete = "SELECT * FROM `fishpond`";
$Result = mysql_query($Requete,$db);
$Temp = "";
$Year = "";
$Month = "";
$Date = "";
$Hour = "";
$Min = "";
$n=0;
$a=0;
while($row = mysql_fetch_array($Result)) {
$Temp[] = $row["Temp"];
$Year[] = $row["Year"];
$Month[] = $row["Month"];
$Date[] = $row["Date"];
$Hour[] = $row["Hour"];
$Min[] = $row["min"];
$n=$n+1;
$a=$n-1;  }
$b=$a-1;
```

```

$c=$b-1;
$d=$c-1;
$e=$d-1;
$f=$e-1;
$g=$f-1;
$h=$g-1;
$i=$h-1;
$j=$i-1;
$k=$j-1;
$l=$k-1;
$m=$l-1;
$n=$m-1;
$z=array($Temp[$a],$Temp[$b],$Temp[$c],$Temp[$d],$Temp[$e],$Temp[$f],$Temp[$g],$Temp[$h],$Temp[$i],$Temp[$j],$Temp[$k],$Temp[$l],$Temp[$m],$Temp[$n]);
$myData->addPoints($z,"Temperature");
$myData->setAxisName(0,"Temperature");
$myData->addPoints(array("$Hour[$n]:$Min[$n] $Date[$n]/ $Month[$n]/ $Year[$n]","$Hour[$m]:$Min[$m] $Date[$m]/ $Month[$m]/ $Year[$m]","$Hour[$l]:$Min[$l] $Date[$l]/ $Month[$l]/ $Year[$l]","$Hour[$k]:$Min[$k] $Date[$k]/ $Month[$k]/ $Year[$k]","$Hour[$j]:$Min[$j] $Date[$j]/ $Month[$j]/ $Year[$j]","$Hour[$i]:$Min[$i] $Date[$i]/ $Month[$i]/ $Year[$i]","$Hour[$h]:$Min[$h] $Date[$h]/ $Month[$h]/ $Year[$h]","$Hour[$g]:$Min[$g] $Date[$g]/ $Month[$g]/ $Year[$g]","$Hour[$f]:$Min[$f] $Date[$f]/ $Month[$f]/ $Year[$f]","$Hour[$e]:$Min[$e] $Date[$e]/ $Month[$e]/ $Year[$e]","$Hour[$d]:$Min[$d] $Date[$d]/ $Month[$d]/ $Year[$d]","$Hour[$c]:$Min[$c] $Date[$c]/ $Month[$c]/ $Year[$c]","$Hour[$b]:$Min[$b] $Date[$b]/ $Month[$b]/ $Year[$b]","$Hour[$a]:$Min[$a] $Date[$a]/ $Month[$a]/ $Year[$a]"),"Labels");$myData->setSerieDescription("Labels","Times");

```

```

$myData->setAbscissa("Labels");
$myData->setPalette("$ c",array("R"=>55,"G"=>91,"B"=>127));
$myPicture = new pImage(1200,230,$myData);
$myPicture-
>drawGradientArea(0,0,1200,230,DIRECTION_VERTICAL,array("StartR"=>220,"
StartG"=>22
0,"StartB"=>220,"EndR"=>255,"EndG"=>255,"EndB"=>255,"Alpha"=>100));
$myPicture->drawRectangle(0,0,1199,229,array("R"=>200,"G"=>200,"B"=>200));
$myPicture-
>setFontProperties(array("FontName"=>"C:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.
3/pChart2.1.3/fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>11));
$myPicture->drawText(60,35,"Temperature Fertilizer
7days",array("FontSize"=>20,"Align"=>TEXT_ALIGN_BOTTOMLEFT));
$myPicture->setGraphArea(60,40,1170,190);
$myPicture-
>drawFilledRectangle(60,40,1170,190,array("R"=>255,"G"=>255,"B"=>255,"Surro
unding"=>-200,"Alpha"=>10));
$myPicture->drawScale(array("GridR"=>180,"GridG"=>180,"GridB"=>180));
$myPicture-
>setShadow(FALSE,array("X"=>2,"Y"=>2,"R"=>0,"G"=>0,"B"=>0,"Alpha"=>10))
;
$myPicture-
>setFontProperties(array("FC:/AppServ/www/project/files/pChart2.1.3/pChart2.1.3/
fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>6));
$myPicture->drawSplineChart();
$myPicture-
>drawLegend(643,210,array("Style"=>LEGEND_NOBORDER,"Mode"=>LEGEN
D_HORIZONTAL));
$myPicture->Render("7days_Tempbio.png");
?>

```

บทที่ 4

ผลการทดสอบระบบ

4.1 ผลการทดสอบระบบของบ่อเลี้ยงปลาและโรงป้อนชีวภาพ

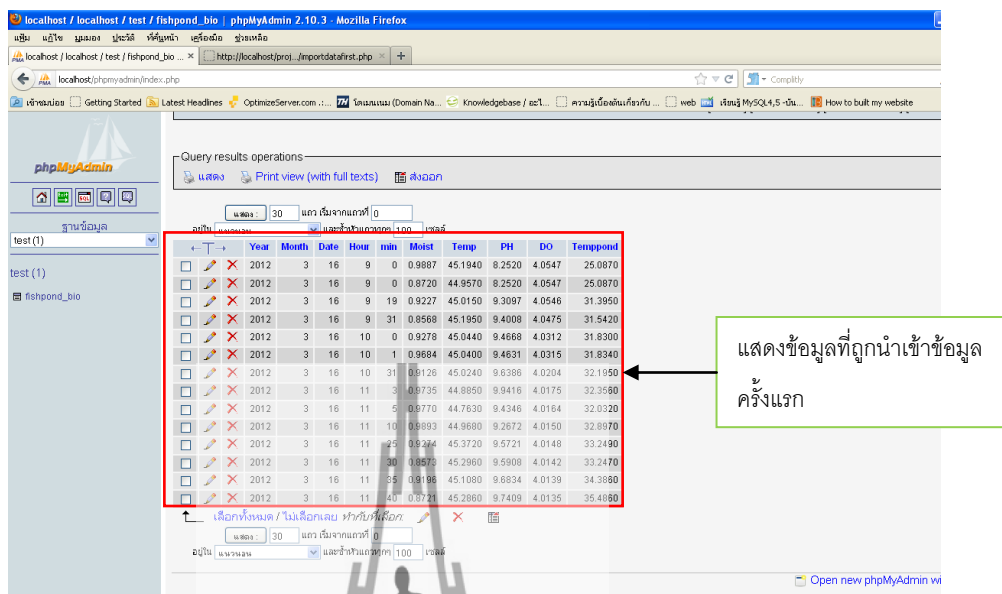
1. จากรูปที่ 4.1 แสดงข้อมูล วัน เดือน ปี ชั่วโมง นาที แสดง ค่า PH, DO และ Temperature ของบ่อเลี้ยงปลา แสดงค่า Soil Moisture, Temperature ของโรงป้อนชีวภาพ

| ปี | เดือน | วัน | ชั่วโมง | นาที | Moist | Temp | PH | DO | Temp |
|------|-------|-----|---------|------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 2012 | 3 | 19 | 12 | 01 | -37.725 | 37.732 | 11.629 | 4.6539 | 27.631 |
| 2012 | 3 | 20 | 00 | 01 | -37.842 | 37.742 | 10.338 | 2.7774 | 36.448 |
| 2012 | 3 | 20 | 12 | 01 | -37.814 | 37.711 | 11.741 | 2.7742 | 48.708 |
| 2012 | 3 | 21 | 00 | 01 | -37.805 | 37.718 | 11.663 | 3.7092 | 34.909 |
| 2012 | 3 | 21 | 12 | 01 | -37.758 | 37.771 | 11.667 | 3.7093 | 34.901 |
| 2012 | 3 | 22 | 00 | 01 | -37.789 | 37.527 | 10.928 | 5.1436 | 28.556 |
| 2012 | 3 | 22 | 12 | 01 | -37.803 | 37.686 | 11.217 | 5.19 | 28.636 |
| 2012 | 3 | 23 | 00 | 01 | -37.796 | 37.703 | 11.007 | 5.196 | 28.688 |
| 2012 | 3 | 23 | 12 | 01 | -37.763 | 37.808 | 10.825 | 5.2045 | 28.772 |
| 2012 | 3 | 24 | 00 | 01 | -37.724 | 38.102 | 10.961 | 5.2225 | 28.736 |
| 2012 | 3 | 24 | 12 | 01 | -37.808 | 38.255 | 11.042 | 5.3089 | 28.577 |
| 2012 | 3 | 25 | 00 | 01 | -37.747 | 38.358 | 11.272 | 5.3384 | 28.576 |
| 2012 | 3 | 25 | 12 | 01 | -37.783 | 38.469 | 11.272 | 5.3384 | 28.576 |
| 2012 | 3 | 26 | 00 | 01 | -37.772 | 38.522 | 11.272 | 5.3384 | 28.576 |
| 2012 | 3 | 26 | 12 | 01 | -37.787 | 38.512 | 11.553 | 5.4265 | 28.487 |
| 2012 | 3 | 27 | 00 | 01 | -37.794 | 38.498 | 11.578 | 5.4208 | 28.48 |
| 2012 | 3 | 27 | 12 | 01 | -37.678 | 39.849 | 12.552 | 3.6127 | 49.38 |
| 2012 | 3 | 28 | 00 | 01 | -37.687 | 39.903 | 12.552 | 3.6127 | 49.38 |
| 2012 | 3 | 28 | 12 | 01 | -37.744 | 39.914 | 11.313 | 3.598 | 36.07 |

โรงป้อนชีวภาพ: Moist, Temp
บ่อเลี้ยงปลา: PH, DO, Temp

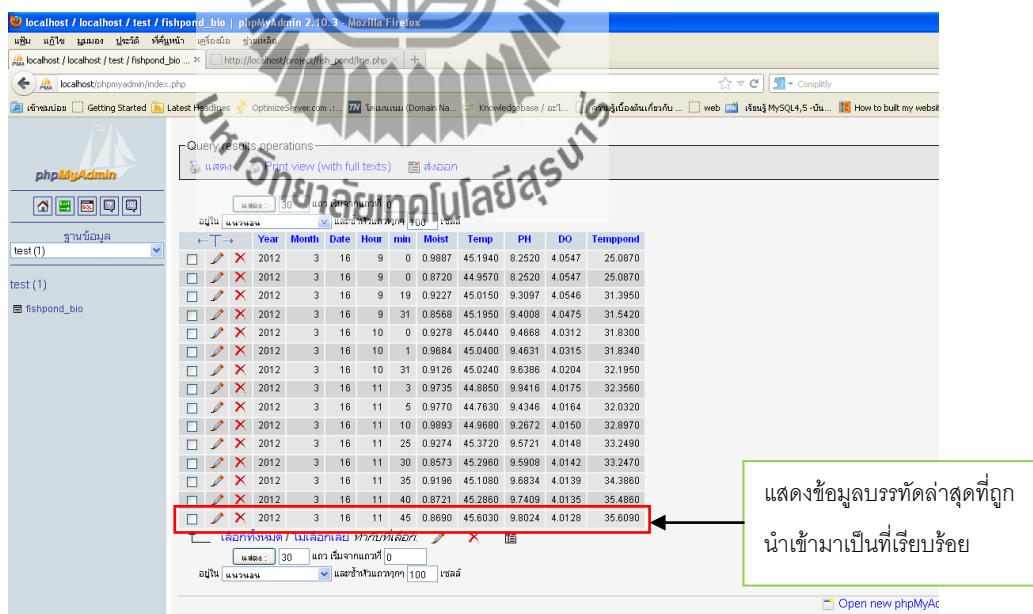
รูปที่ 4.1 แสดงไฟล์ Database_Bio_Pond.txt

2.เมื่อได้ไฟล์ “Database_Bio_Pond.txt”มาแล้ว ก็เปิดไฟล์ Importdatafirst.php แล้วทำการรันโปรแกรมเพื่อนำข้อมูลครั้งแรกเข้าสู่ฐานข้อมูล Mysql โดยใช้เครื่องมือที่ช่วยจัดการฐานข้อมูล คือ phpmyadmin



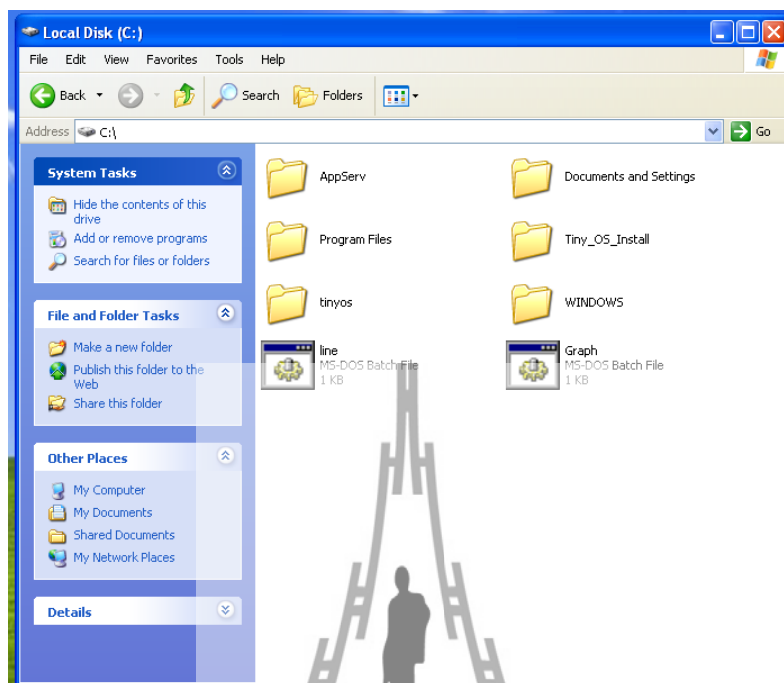
รูปที่4.2 แสดงข้อมูลหลังจากที่ทำการนำเข้าข้อมูลไปที่ phpmyadmin

3.เปิดไฟล์ line.php แล้วทำการรันเพื่อนำเข้าข้อมูลครั้งล่าสุดเข้าสู่ฐานข้อมูล Mysql โดยใช้เครื่องมือที่ช่วยจัดการฐานข้อมูล คือ phpmyadmin



รูปที่4.3 แสดงข้อมูลหลังจากที่นำเข้าข้อมูลบรรทัดล่าสุด

4.กำหนดเวลาโดยใช้ โปรแกรม Schedule Task ตั้งเวลาให้คอมพิวเตอร์รันไฟล์
line.bat Graph.bat โดยอัตโนมัติ



รูปที่4.4 แสดง batch files ที่ใช้สั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้

คำสั่งที่สั่งให้ทำงานโดย batch files แบ่งเป็น ไฟล์ line.bat ทำหน้าที่รันไฟล์ต่อไปนี้
php C:\AppServ\www\project\fish_pond\line.php => ทำหน้าที่อ่านข้อมูลบรรทัดล่าสุด
และนำข้อมูลล่าสุดที่อ่านได้ นำเข้าฐานข้อมูล mysql

php C:\AppServ\www\project\fish_pond\Today_Temppond.php => ทำหน้าที่สร้าง
กราฟเพื่อนำไปแสดงหน้า web page

php C:\AppServ\www\project\fish_pond\7days_Temppond.php => ทำหน้าที่สร้างกราฟ
เพื่อนำไปแสดงหน้า web page

php C:\AppServ\www\project\fish_pond\Today_PH.php => ทำหน้าที่สร้างกราฟเพื่อ
นำไปแสดงหน้า web page

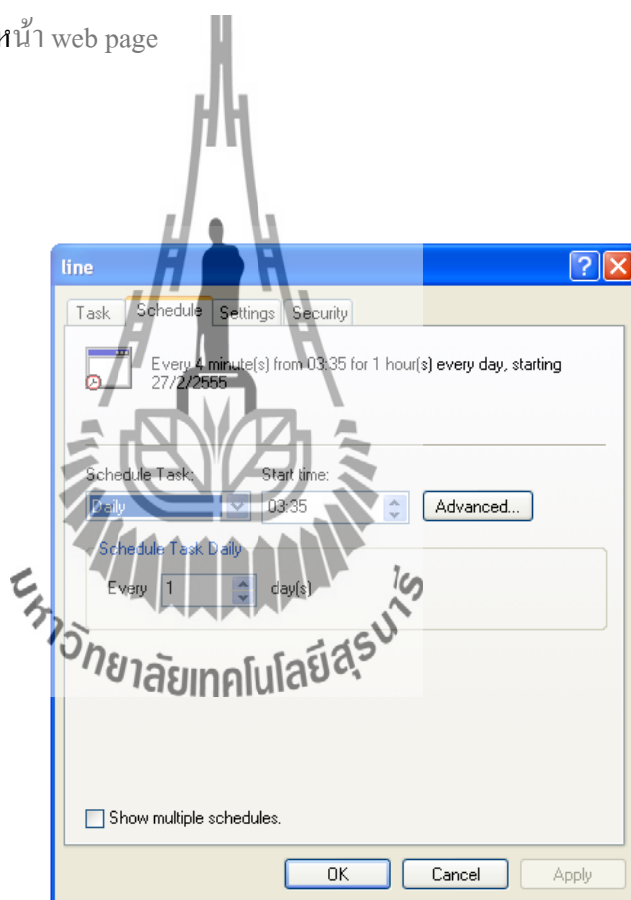
php C:\AppServ\www\project\fish_pond\7days_PH.php => ทำหน้าที่สร้างกราฟเพื่อ
นำไปแสดงหน้า web page

php C:\AppServ\www\project\fish_pond\Today_DO.php => ทำหน้าที่สร้างกราฟเพื่อนำไปแสดงหน้า web page

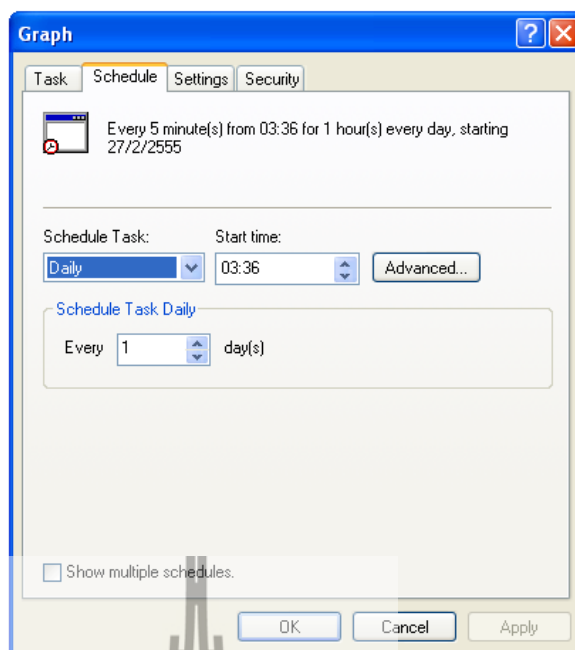
php C:\AppServ\www\project\fish_pond\7days_DO.php => ทำหน้าที่สร้างกราฟเพื่อนำไปแสดงหน้า web page

php C:\AppServ\www\project\fish_pond\Today_Moist.php => ทำหน้าที่สร้างกราฟเพื่อนำไปแสดงหน้า web page

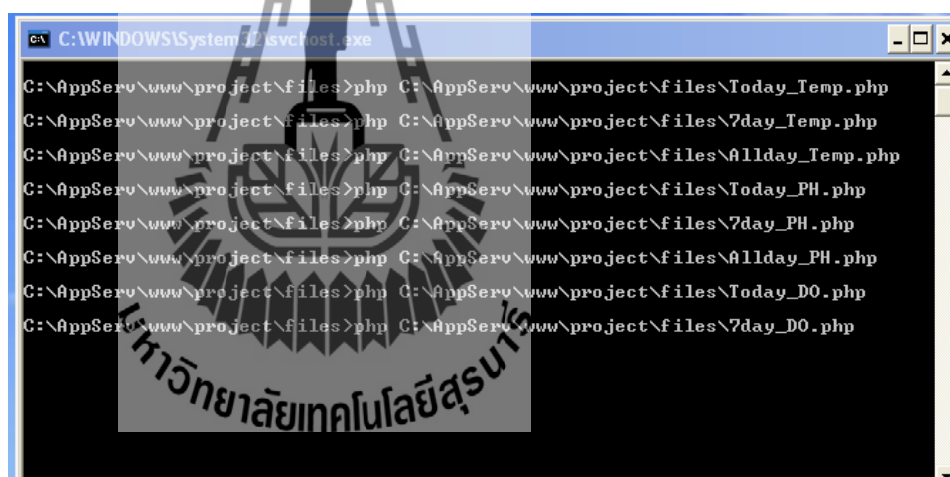
php C:\AppServ\www\project\fish_pond\7days_Tempbio.php => ทำหน้าที่สร้างกราฟเพื่อนำไปแสดงหน้า web page



รูปที่ 4.5 แสดงการใช้โปรแกรม Schedule Task ตั้งเวลาให้คอมพิวเตอร์รันไฟล์ line.bat

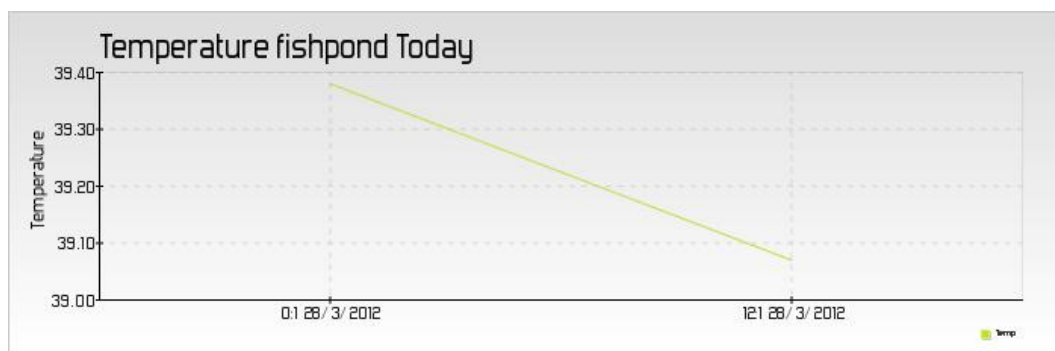


รูปที่ 4.6 แสดงการใช้โปรแกรม Schedule Task ตั้งเวลาให้คอมพิวเตอร์รันไฟล์ Graph.bat

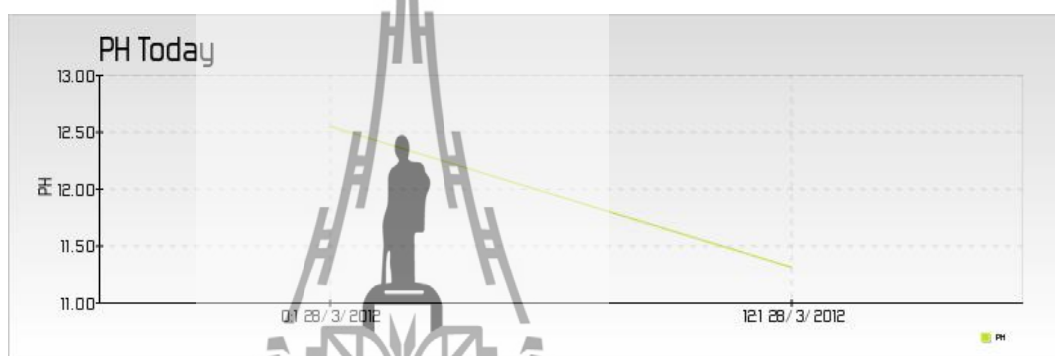


รูปที่ 4.7 แสดงการทำงานในขณะที่คอมพิวเตอร์กำลังรันไฟล์ Graph.bat

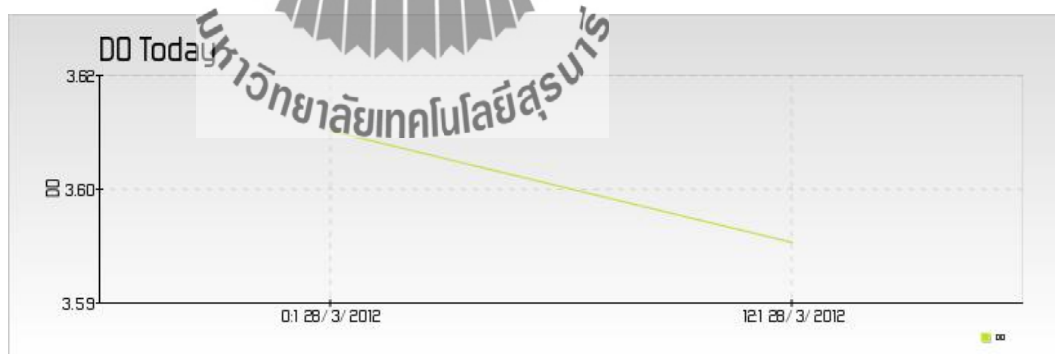
5. หลังจากโปรแกรม Schedule Task ทำงานตามที่ได้กำหนดเวลาไว้แล้วจะได้กราฟดังต่อไปนี้



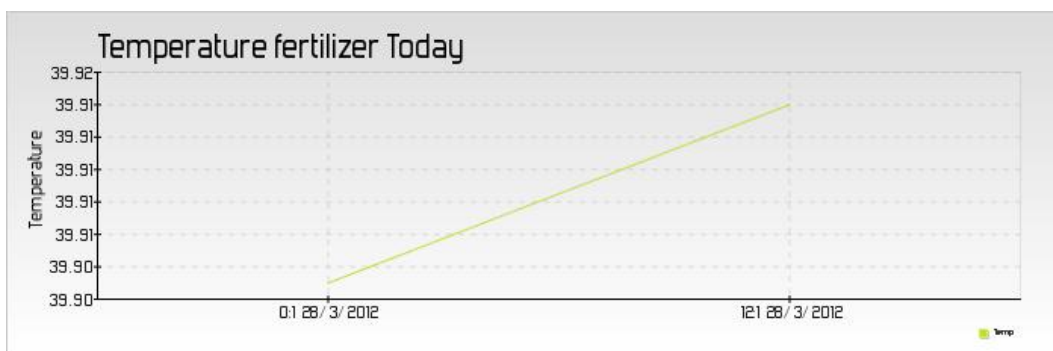
รูปที่4.8 กราฟแสดงข้อมูล Temperature fishpond Today โครงการบ่อเลี้ยงปลา



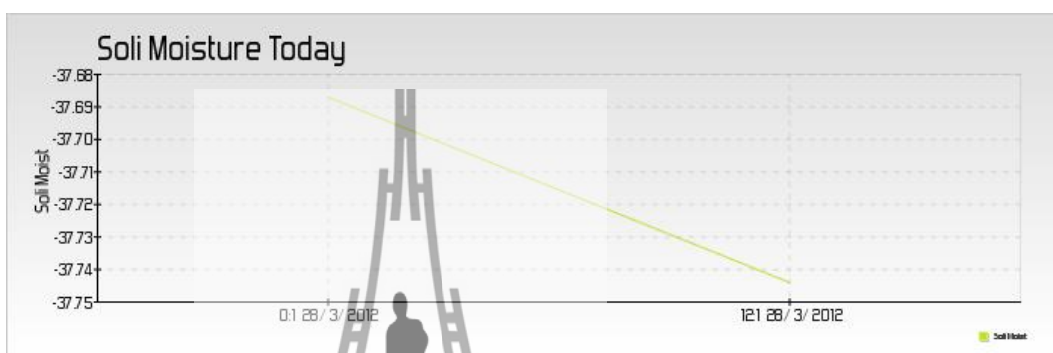
รูปที่4.9 กราฟแสดงข้อมูล PH Today โครงการบ่อเลี้ยงปลา



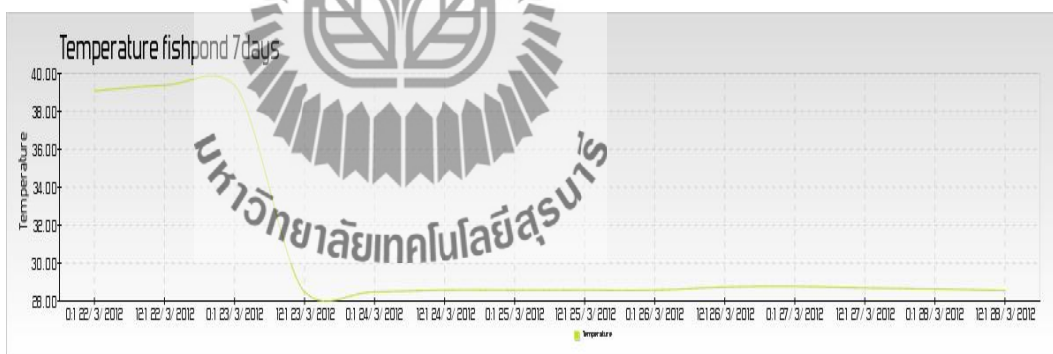
รูปที่4.10 กราฟแสดงข้อมูล DO Today โครงการบ่อเลี้ยงปลา



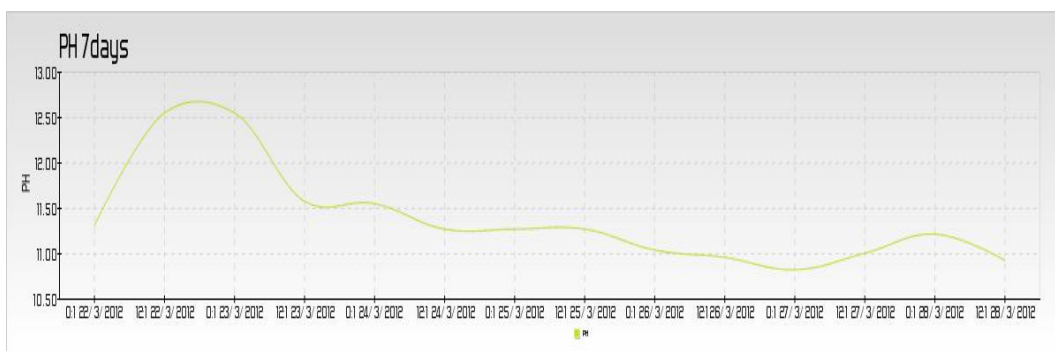
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงข้อมูล Temperature Fertilizer Today โครงการโรงปุ๋ยชีวภาพ



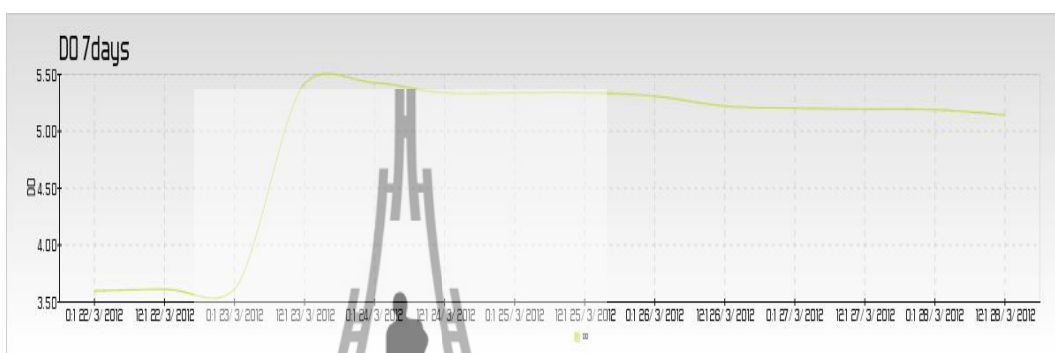
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงข้อมูล Soil Moisture โครงการโรงปุ๋ยชีวภาพ



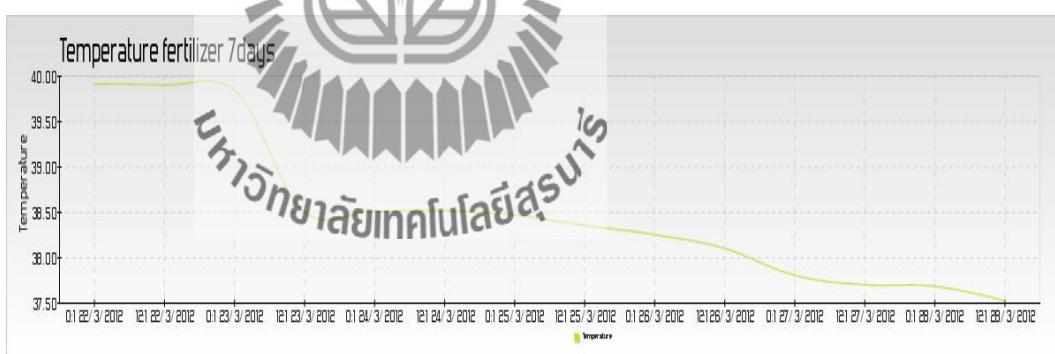
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงข้อมูล Temperature 7days โครงการบ่อน้ำ



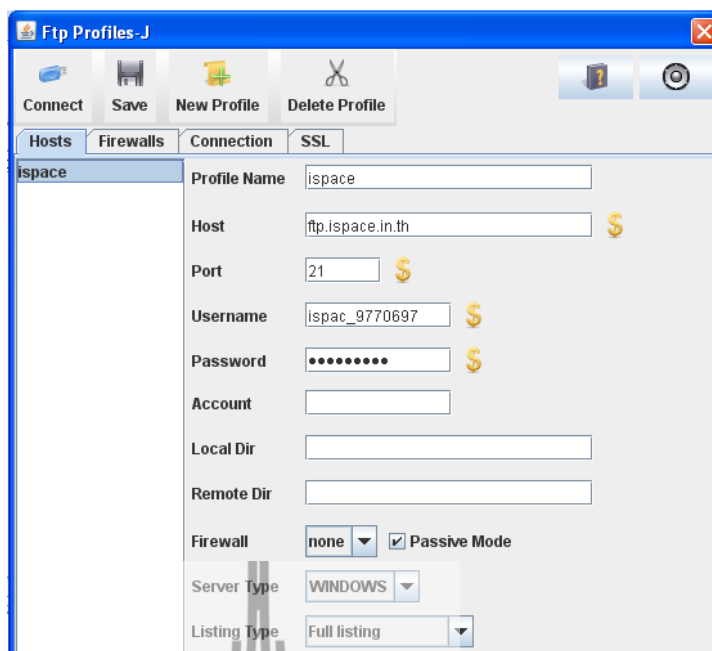
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงข้อมูล PH 7days โครงการบ่อน้ำ



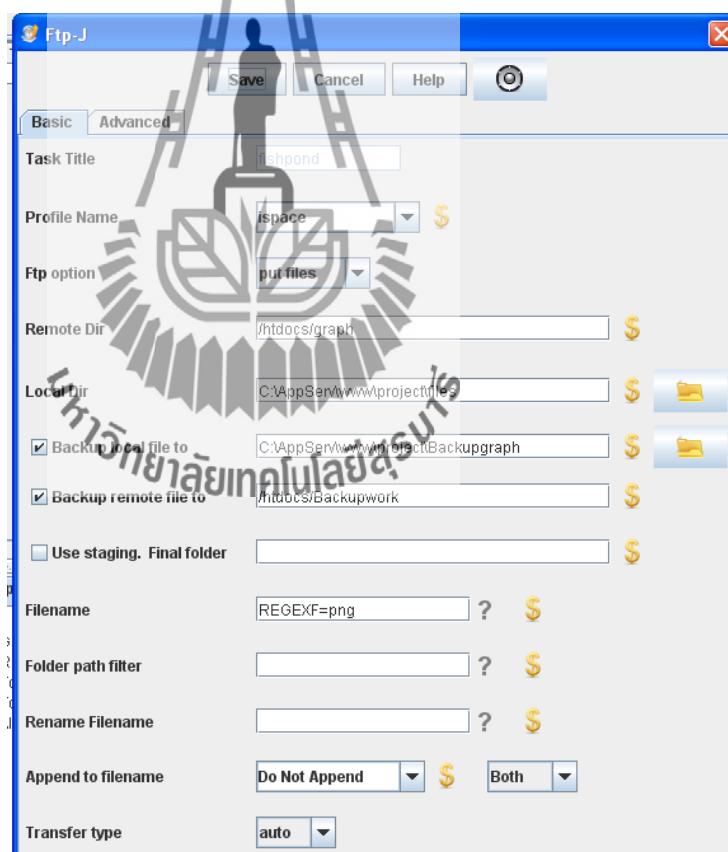
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงข้อมูล DO 7days โครงการบ่อน้ำ



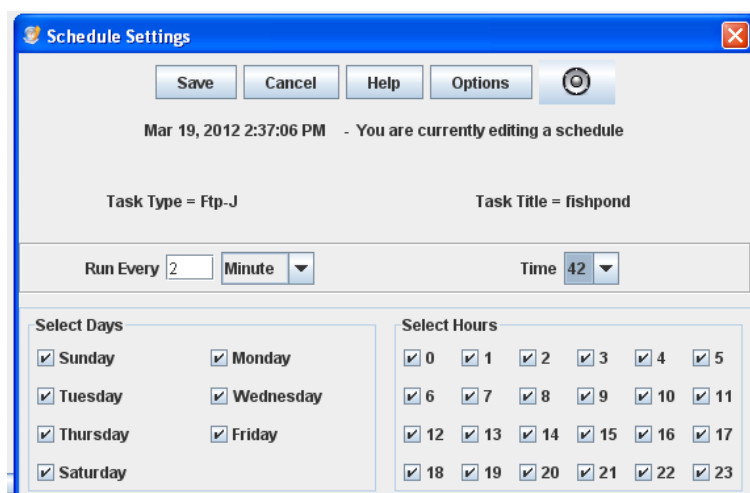
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงข้อมูล Temperature Fertilizer 7days โครงการโรงปุ๋ยชีวภาพ



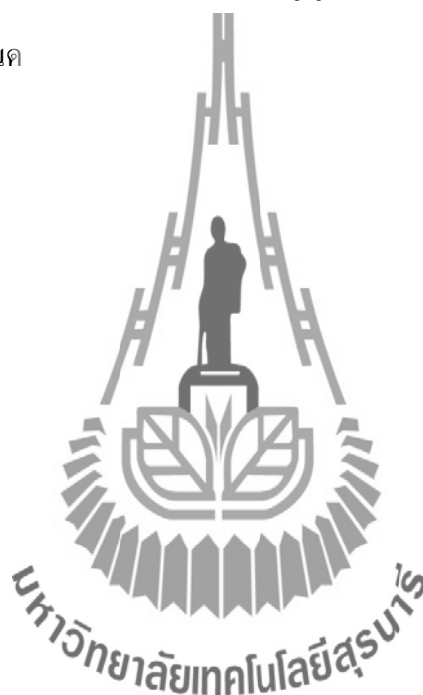
รูปที่ 4.19 แสดงการตั้งค่าโปรแกรม Able FTP เพื่อการติดต่อฐานข้อมูลบน FTP



รูปที่ 4.20 แสดงการกำหนดไคลเรกทอรีของไฟล์ที่จะนำเข้าสู่ FTP โดยการใช้โปรแกรม Able FTP

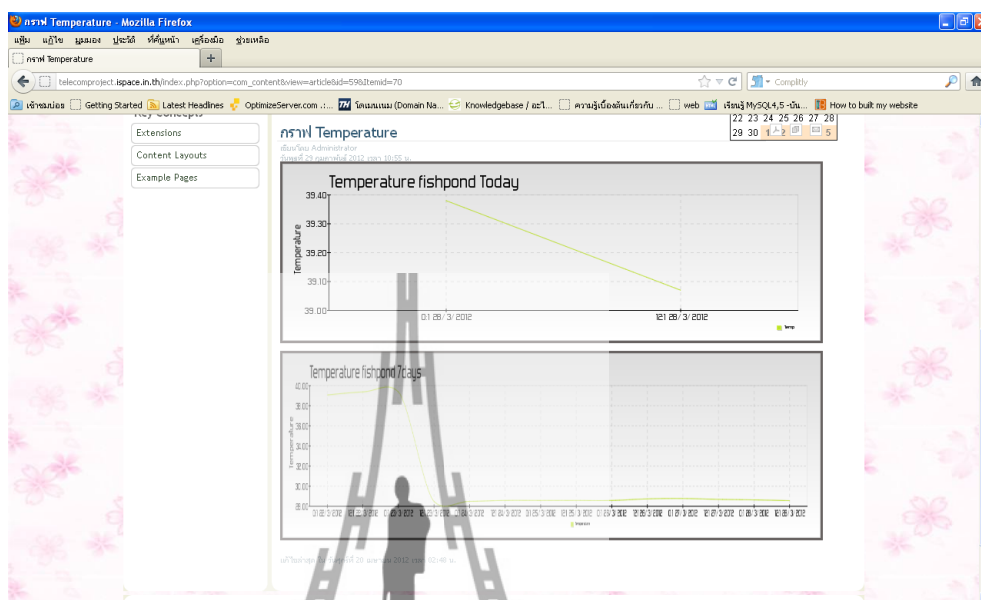


รูปที่ 4.21 แสดงการตั้งค่าให้โปรแกรม Able FTP ทำการนำไฟล์ที่กำหนดไว้เข้าสู่ FTP ตามเวลาที่กำหนด

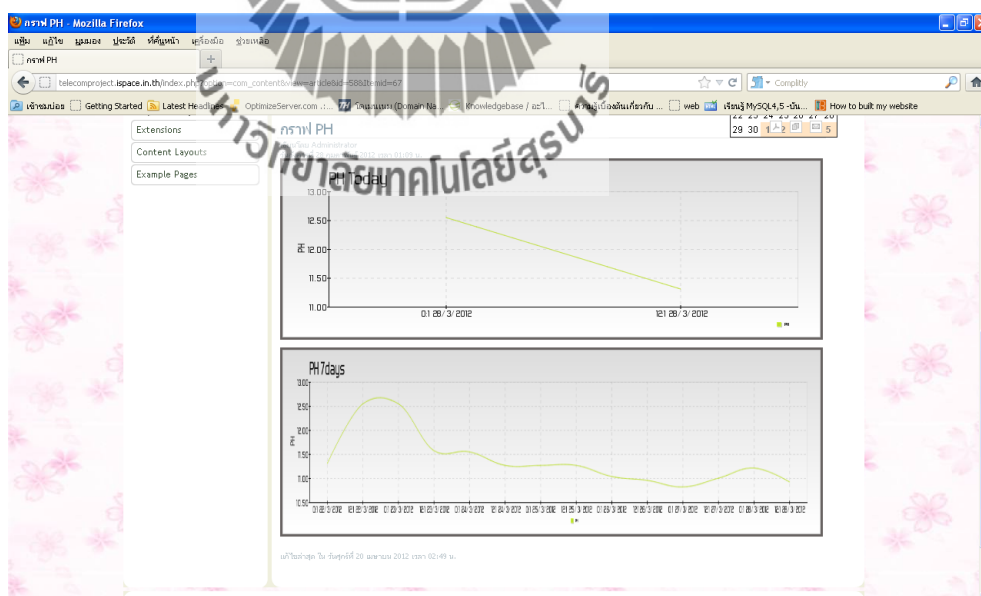


7. เมื่อมีไฟล์รูปภาพในฐานข้อมูลออนไลน์แล้ว ก็จะสามารถแสดงผลผ่าน

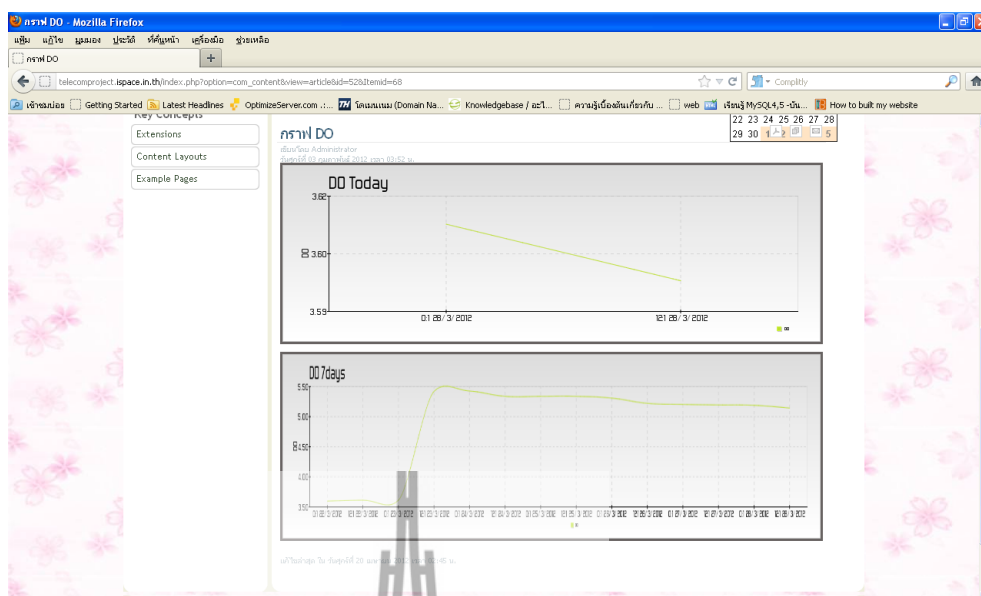
<http://www.telecomproject.ispace.in.th> ทางหน้า web page ได้โดยการจัดการไฟล์รูปภาพ
เนื้อหา ด้วย Joomla



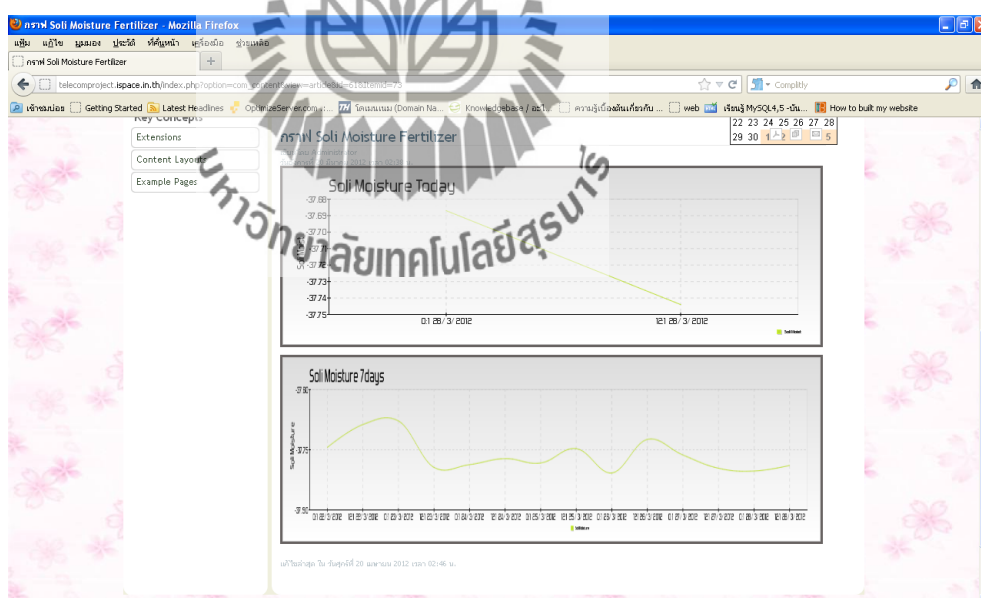
รูปที่4.22 แสดงกราฟค่า Temperature ที่ได้แสดงไว้บนหน้าเว็บเพจ โดยใช้คำสั่งที่ได้
กล่าวมา ข้างต้นในการสร้าง



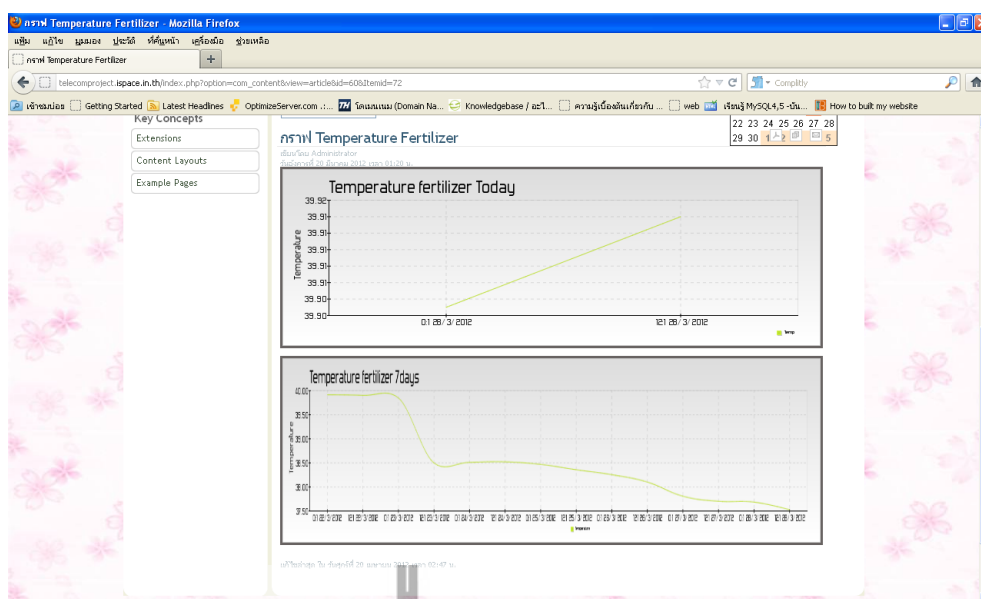
รูปที่4.23 แสดงกราฟค่า PH ที่ได้แสดงไว้บนหน้าเว็บเพจ โดยใช้คำสั่งที่ได้กล่าวมา
ข้างต้นในการสร้าง



รูปที่4.24 แสดงกราฟค่า DO ที่ได้แสดงไว้บนหน้าเว็บเพจ โดยใช้คำสั่งที่ได้กล่าวมาข้างต้นใน การสร้าง



รูปที่4.25 แสดงกราฟค่า Soil Moisture ที่ได้แสดงไว้บนหน้าเว็บเพจ โดยใช้คำสั่งที่ได้กล่าวมา ข้างต้นในการสร้าง



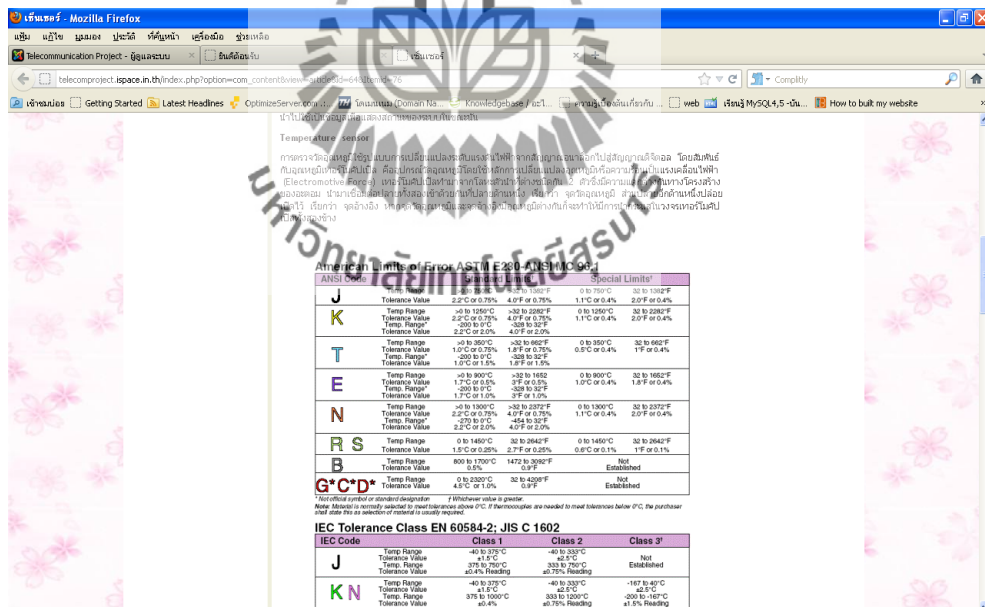
รูปที่4.26 แสดงกราฟค่า Temperature Fertilizer ที่ได้แสดงไว้บนหน้าเว็บเพจ โดยใช้คำสั่งที่ได้กล่าวมา ข้างต้นในการสร้าง

8. แสดงหน้าเว็บเพจข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงการระบบแสดงข้อมูลการเฝ้าระวังบ่อเลี้ยงปลาและโครงการระบบแสดงข้อมูลการเฝ้าระวังโรงปฏิกิริยาภาพด้วยเครือข่ายตรวจสอบไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ต

รูปที่4.27 แสดงหน้าเว็บเพจข้อมูลเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย



รูปที่4.28 แสดงหน้าเว็บเพจข้อมูล Web Server



รูปที่4.29 แสดงหน้าเว็บเพจข้อมูล Sensor

บทที่ 5

บทสรุปของโครงการ

5.1 บทนำ

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปของโครงการระบบแสดงข้อมูล การเฝ้าระวังโรงปฏีชีวภาพ และโครงการ ระบบแสดงข้อมูล การเฝ้าระวังบ่อเลี้ยงปลา ด้วยเครือข่ายตรวจรู้ไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งประกอบไปด้วยข้อสรุปของโครงการ ปัญหาที่พบขณะดำเนินงาน วิธีแก้ปัญหา ข้อเสนอแนะและวิธีการพัฒนาโครงการต่อไป

5.2 สรุปโครงการ

โครงการระบบแสดงข้อมูล การเฝ้าระวังโรงปฏีชีวภาพ และโครงการ ระบบแสดงข้อมูล การเฝ้าระวังบ่อเลี้ยงปลา ด้วยเครือข่ายตรวจรู้ไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ต ได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ คือ ระบบเซ็นเซอร์ไร้สายสามารถรับ-ส่งข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้มีข้อมูลมาเก็บไว้ที่สถานีฐาน และระบบการแสดงผลผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ก็สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปแสดงผลออกมาในรูปแบบของกราฟได้อย่างสมบูรณ์

5.3 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไข

ในการทำโครงการระบบแสดงข้อมูล การเฝ้าระวังโรงปฏีชีวภาพ และโครงการ ระบบแสดงข้อมูล การเฝ้าระวังบ่อเลี้ยงปลา ด้วยเครือข่ายตรวจรู้ไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ต ปัญหาที่พบบ่อยๆ แสดงดังตารางที่ 5.1 ซึ่งประกอบด้วยตัวปัญหาที่พบ สาเหตุของปัญหา และรวมถึงวิธีการแก้ไข ปัญหา

ตารางที่ 5.1 ปัญหาและสาเหตุที่พบในขณะดำเนินงานและวิธีการแก้ไข

| ปัญหาที่พบขณะดำเนินงาน | สาเหตุและวิธีการแก้ไข |
|---|---|
| 1. การเลือกใช้ภาษาในการเขียนโปรแกรมให้เหมาะสมกับโครงงาน | <p>สาเหตุ : เนื่องจากผู้จัดทำมีความรู้ในการเขียนโปรแกรมไม่มากนัก</p> <p>วิธีการแก้ไข : ทดลองศึกษาเขียนโปรแกรมด้วยภาษาต่างๆ โดยค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือและ Internet จน พบ ภาษาของโปรแกรมที่เหมาะสมกับโครงงาน คือ PHP</p> |
| 2. เกิดข้อผิดพลาดในการเขียนภาษา PHP | <p>สาเหตุ : เนื่องจากทางผู้จัดทำยังไม่มี ความชำนาญในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา PHP</p> <p>วิธีการแก้ไข : ได้ทำการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมของการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา PHP จากหนังสือและ Internet</p> |
| 3. ปัญหาเกิดเมื่อนำไปติดตั้ง ณ สถานที่จริง | <p>สาเหตุ : การหาสัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์กับสถานีฐาน เนื่องจากการส่งข้อมูลเป็นแบบ line-of-sight</p> <p>วิธีแก้ไข : หาสัญญาณ ณ บริเวณใกล้เคียงไปเรื่อยๆ จนพบตำแหน่งที่เหมาะสมและเป็นบริเวณที่มีสัญญาณดีที่สุดในระดับที่สามารถส่งข้อมูลสื่อสารกันระหว่างเซ็นเซอร์กับสถานีฐานได้</p> |

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรศึกษาวิธีการใช้โปรแกรมอย่างละเอียด ก่อนใช้งานเนื่องจากอาจเกิดข้อผิดพลาดระหว่างใช้งานได้

5.3.2 การใช้โปรแกรมควรตรวจสอบการตั้งค่าระบบของโปรแกรมให้เหมาะสม เช่น การตั้งค่าของ port

5.3.3 การทดสอบการส่งสัญญาณระหว่างเซ็นเซอร์กับสถานีฐานควรหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวาง เช่น อาคาร ต้นไม้ เป็นต้น ดังนั้นถ้าต้องการหลีกเลี่ยงปัจจัยนี้ควรจะเป็นสถานที่โล่ง ซึ่งจะทำงานได้ดีในลักษณะ line-of-sight

5.3.4 การดูแลรักษาเซ็นเซอร์ต้องเป็นไปตามข้อแนะนำที่มากับเซ็นเซอร์เนื่องจากเซ็นเซอร์มีความเปราะบาง ถ้าใช้ไม่ถูกวิธี อาจทำให้เกิดความเสียหายได้ ซึ่งจะทำให้ค่าที่วัดได้เกิดความผิดพลาด

5.5 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

เนื่องจากโครงงานระบบแสดงข้อมูล การเฝ้าระวังโรงปศุสัตว์ และโครงงานระบบแสดงข้อมูล การเฝ้าระวังบ่อเลี้ยงปลาด้วยเครื่องตรวจจับไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งสามารถนำโครงงานนี้ไปพัฒนาต่อไปได้ โดยจากที่ ในโครงงานนี้ ได้มีการ นำเข้าข้อมูลจากเซ็นเซอร์ที่ได้จากการใช้ระบบตรวจจับไร้สาย แล้วนำขึ้นมาแสดงเป็นกราฟ บนหน้าเว็บเพจ ซึ่งในตอนนี้อยู่แค่เพียงดูความเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ ต่างๆ ของอุปกรณ์ หรือการเฝ้าระวังนั่นเอง เมื่อมีเหตุการณ์ผิดพลาดใดๆเกิดขึ้น ก็จะต้องทำการเข้าไปที่ตัวอุปกรณ์เพื่อทำการ ปิด หรือแก้ไขข้อผิดพลาดเหล่านั้น ซึ่งอาจจะลำบากแก่การเข้าถึง หรือ เมื่อผู้ดูแลอยู่ไกลจากพื้นที่ค่อนข้างมาก ซึ่ง สามารถ นำข้อดีของโครงงานนี้ มาพัฒนาโครงงานต่อไปได้ เช่น จากที่แนะนำให้เสนอข้อมูลบนหน้าเว็บเพจ ในแนวทางแก่การเฝ้าระวัง ก็เพิ่มความสามารถของระบบตรวจจับไร้สายได้โดยเพิ่มการตรวจจับความผิดพลาดและเพิ่มการควบคุมผ่านทางหน้าเว็บเพจได้เลย หรือ การที่นำการแสดงผล การตรวจจับ และการควบคุมระบบ ที่จากเดิมแสดงอยู่บนเว็บเพจ ก็นำมาสร้างเป็น แอปพลิเคชัน บน

โทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งสามารถดูข้อมูลของพารามิเตอร์ ทำการตรวจจับ และควบคุม ถ้าเกิดการผิดพลาด โดยผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ในทันที

5.6 กล่าวสรุป

โครงการระบบแสดงข้อมูล การเฝ้าระวังโรงปฏีชีวภาพ และโครงการระบบแสดงข้อมูล การเฝ้าระวังบ่อเลี้ยงปลา ด้วยเครือข่ายตรวจรู้ไร้สายผ่านอินเทอร์เน็ตมีส่วนประกอบหลักดังนี้

1. ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาเขียนโปรแกรม

- PHP

2. Hardware ที่นำมาใช้

- Computer PC
- สายอากาศ

3. เซ็นเซอร์

- เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดสารละลายกรด-ด่าง (pH Sensor)
- เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen Probe:DO)
- เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดค่าอุณหภูมิ (Temperature Probes)
- เซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดค่าความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor)
- เซ็นเซอร์โมดูล MPR2400 หรือ MicaZ (Sensor mote)
- เซ็นเซอร์โมดูล MPR2400 หรือ MicaZ (Base Station)

4. Software ที่นำมาใช้

- Appserve
- Joomla
- Micromedia Dreamwaver

ประวัติผู้เขียน



นางสาวศิวัญญา เขียนจุม เกิดเมื่อวันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ.2532 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลโนเมือง อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียน นารีนุกูล อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี เมื่อปี พ.ศ. 2551 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



นายพัฒนภูมิ สมรรถการ เกิดเมื่อวันที่ 16 มิถุนายน พ.ศ. 2532 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลวังกระแจะ อำเภอเมือง จังหวัดตราด สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนตรายตระการคุณ อำเภอเมือง จังหวัดตราด เมื่อปี พ.ศ. 2551 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



บรรณานุกรม

- [1] บัญชา ปะสีละเตสัง. พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วย PHP ร่วมกับ MySQL และ Dreamweaver. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2553.
- [2] กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล, จันทราจร แซ่ฮุ้น. PHP. กรุงเทพฯ : เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์, 2552
- [3] พงศ์ศักดิ์ อภิลักขิตพงศ์. สร้างเว็บไซต์ในพริบตาด้วย Joomla!. ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2552
- [4] จีระสิทธิ์ อึ้งรัตนวงศ์. Q&A 108 สูตรสำเร็จ PHP. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น, 2553
- [5] www.thaicreate.com/php.html
- [6] <http://pchart.sourceforge.net>
- [7] <http://www.joomla.org>
- [8] <http://www.ispace.in.th>
- [9] <http://www.appservnetwork.com/index.php?newlang=thai>
- [10] <http://www.thaiall.com/php/indexo.html>





ภาคผนวก ก

Code โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

1. โปรแกรมบันทึกข้อมูลไว้ในไฟล์ Database_Bio_Pond.txt

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%           Biofertilizer & Fish pond Monitoring
%
% Data sensing : pH (pH5.6 - 6.5)
%               : EC (1.8 - 2.2 mS/cm)
%               : Light (LUX)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

clear all;
clc;

%=====

%           Part 2 :: Reading Data from Sensor
%=====

pck = 12;
round = 1; % Reading counter
Fl = 1; % Fail reading counter
Cp = 0; % Completed reading counter
c = clock;
disp(['Program is start running '])
%-----
% Choose the channel %
%-----
CH_Pond = 7;
CH_Bio = 1;

while 1 %Cp <= 5 % Continuous running

    c = clock;
    while c(1,5) == 0 || c(1,5) == 30

        min_time = c(1,5);
        sec_time = c(1,6);
        failed = 0;

        while failed ~= 1
            disp ('Reading Now...')

            s = serial('COM4','BaudRate',57600); % Set port@COM4 and
BaudRate
            set(s,'TimeOut',120); % Determine Timeout
            fopen(s) % Open port
            save1 = fread(s,37*pck); % Read and Save
            fclose(s) % Close port
            delete(s)
            clear s

```

```

disp(['End of Reading # ',num2str(round)])
round = round+1;

Pos_1 = find(save1 == 126);    PD1 = Pos_1(1,1);
Pos_2 = find(save1 == 66);    PD2 = Pos_2(1,1);
Pos_3 = find(save1 == 255);    PD3 = Pos_3(1,1);

    if (PD2-PD1 == 1) && (PD3-PD2 == 1)%&&(save1(pck*37,1) ==
126)
        disp(['Now saving'])
        Data_Base(:,1) = save1;
        dlmwrite('Data_Bio_Pond.txt', Data_Base, '-
append','delimiter','\t','newline','pc');
        Cp = Cp+1;
        failed = 1;

    else disp(['Failed reading # ',num2str(F1)])
        disp(['[ERROR_Header] Try reading packet again!'])
        F1 = F1+1;
        failed = 0;

    end

    %-----
    % Check pck %
    %-----
    num_Pond =0;
    num_Bio =0;
    for i= 1:pck-1
        if Data_Base(i*37,1) ~= 126
            failed = 0;
            disp(['[ERROR_Position] Try reading packet again!
',num2str(i)])
        end

        if Data_Base(i*13,1) == CH_Pond
            num_Pond =1 ;
        elseif Data_Base(i*13,1) == CH_Bio
            num_Bio =1 ;
        end
    end

    if(num_Pond ==0) || (num_Bio == 0)
        failed = 0;
        disp(['[ERROR_Channal] Try reading packet again!'])
    end

    %-----

end

%=====
=====

%                               Part 3 :: Extract Data

%=====
=====

DTB = Data_Base;
clear Data_Base;

```

```

pck = pck-1;
PP3 = 1;      % Used in line 20
PP1 = 1;      % Used in line 31

Pos_1 = find(DTB(:, :) == 126);
Pos_2 = find(DTB(:, :) == 66);

[rw_p1 cl_p1] = size(Pos_1);

%-----
% Extract only header-126
%-----
for P1 = 1:2:rw_p1
    Pos_H1(PP1, :) = Pos_1(P1, 1);
    PP1 = PP1+1;
end
%=====

[rw_pH1 cl_pH1] = size(Pos_H1);
[rw_p2 cl_p2] = size(Pos_2);
[rw_tm cl_tm] = size(DTB);

%-----
% Packet classification
%-----
pt2 = 1;

pt_Pond = 1;
pt_Bio = 1;

Ex_Data_Pond = [];
Ex_Data_Bio = [];

for tm = 1:cl_tm
    % tm = 3;
    for pt = 1:pck
        Ex_pData(:, pt) =
DTB((Pos_H1(pt, 1):Pos_H1(pt, 1)+36), tm);

        if (Ex_pData(13, pt) == CH_Pond)
            Ex_Data_Pond(:, pt_Pond) = Ex_pData(:, pt);
            pt_Pond = pt_Pond + 1;
        elseif (Ex_pData(13, pt) == CH_Bio)
            Ex_Data_Bio(:, pt_Bio) = Ex_pData(:, pt);
            pt_Bio = pt_Bio + 1;
        end
    end

    [dta1 pck_Pond] = size(Ex_Data_Pond);
    [dta2 pck_Bio] = size(Ex_Data_Bio);

%-----
% Extract EC_pH packet
%-----
a=1;

```

```

        for b = 1:pck_Pond;
            for c = 15:1:34; % Data zone @ #15 - #34
                data_Pond(a) = Ex_Data_Pond(c,b); %Data
            end
        end
        a = a+1;
    end
end
%-----
% Extract Light packet
%-----
d=1;
for e = 1:pck_Bio;
    for f = 15:1:34; % Data zone @ #15 - #34
        data_Bio(d) = Ex_Data_Bio(f,e); %Data set
    end
    d = d+1;
end
end

%=====
%
% Part 4 :: Generate ADC Data
%=====

[b a] = size(data_Pond);
[c d] = size(data_Bio);

Gen_Pond = repmat(256,1,a);
Gen_Bio = repmat(256,1,d);

MostBit_Pond = data_Pond.*Gen_Pond ; %256x3
MostBit_Bio = data_Bio.*Gen_Bio ;

[o1 Mbit_Pond] = size(MostBit_Pond);
[o2 Mbit_Bio] = size(MostBit_Bio);

%-----
% Extract even row from 256-matrix
%-----
x = 1;
for q = 2:2:Mbit_Pond;
    RdataH_Pond(x) = MostBit_Pond(q);
    x = x+1;
end

y = 1;
for r = 2:2:Mbit_Bio;
    RdataH_Bio(y) = MostBit_Bio(r);
    y = y+1;
end

%-----
% Extract odd row from data-matrix
%-----
xx = 1;
for qq = 1:2:Mbit_Pond;

```

```

        RdataL_Pond(xx) = data_Pond(qq);
        xx = xx + 1;
    end

    yy = 1;
    for rr = 1:2:Mbit_Bio;
        RdataL_Bio(yy) = data_Bio(rr);
        yy = yy + 1;
    end

    Finaldata_Pond = RdataH_Pond + RdataL_Pond;
    Finaldata_Bio = RdataH_Bio + RdataL_Bio;

% dlmwrite('ADCdata_Pond.txt', Finaldata_Pond, '-
append','delimiter','\t','precision', '%.4f','newline','pc');
% dlmwrite('ADCdata_Bio.txt', Finaldata_Bio, '-
append','delimiter','\t','precision', '%.4f','newline','pc');

%=====
=====

%                               Part 5 :: Sensor calibration
%=====
=====

% For Ch A0-A6
v_Moist = 2.5 * Finaldata_Bio/4096; %
For Ch A5
v_Temp_Bio = 2.5 * Finaldata_Bio/4096; %
For Ch A2

v_DO = 2.5 * Finaldata_Pond/4096;
v_pH = 2.5 * Finaldata_Pond/4096;
v_Temp_Pond = 2.5 * Finaldata_Pond/4096;

%-----
%      Moist
%-----
Moist = (108*(v_Moist))-42;

%-----
%      Temp_Bio (mS/cm)
%-----
x = [0.095 0.118 0.148 0.184 0.23 0.287 0.355 0.417
0.514 0.604 0.717 0.849 0.987 1.142 1.309 1.496 1.68 1.87 2.08 2.29
2.45 2.58];
y = [1.2 5.6 10.0 15.1 20.2 25.4 30.8 34.9 40.4 45 50
55.2 60.1 65 69.9 75 79.9 84.8 89.6 94.7 98.5 101];
Temp_Bio = interp1(x,y,[v_Temp_Bio],'spline');

%-----
%      DO
%-----
DO = (3.27*(v_DO))- 0.327;

%-----
%      pH
%-----

```



```

pH = (-3.838*(v_pH))+ 13.72;

%-----
%   Temp_Pond (mS/cm)
%-----

x = [0.095 0.118 0.148 0.184 0.23 0.287 0.355 0.417
0.514 0.604 0.717 0.849 0.987 1.142 1.309 1.496 1.68 1.87 2.08 2.29
2.45 2.58];
y = [1.2 5.6 10.0 15.1 20.2 25.4 30.8 34.9 40.4 45 50
55.2 60.1 65 69.9 75 79.9 84.8 89.6 94.7 98.5 101];
Temp_Pond = interp1(x,y,[v_Temp_Pond], 'spline');

%=====
=====

%                               Part 6 :: Choose Data & Save

%=====
=====

%////////////////////////
%//      BIOFERTILIZER
%////////////////////////
%-----
%   Data Recognition (Moist/Temp)
%-----
[r_Pond c_Pond] = size(Finaldata_Pond);
[r_Bio c_Bio] = size(Finaldata_Bio);

MT = 1;
TP = 1;

for i=1:c_Bio
    if mod(i,2) == 0
        Moist_real(tm,MT) = Moist(:,i);
        MT = MT+1;
    elseif mod(i,2) == 1
        Temp_Bio_real(tm,TP) = Temp_Bio(i);
        TP = TP+1;
    end
end

%-----
%   Error Filter
%-----
[r_Temp_real c_Temp_real] = size(Temp_Bio_real);
[r_Temp_Moist c_Moist_real] = size(Moist_real);

MT = 1;
for i=1:c_Temp_real
    if Temp_Bio_real(i)>0 && Temp_Bio_real(i)< 100
        Temp_correct(MT) = Temp_Bio_real(:,i);
        MT = MT+1;
    end
end
MT = 1;
for i=1:c_Moist_real
    if Moist_real(i)>0 && Moist_real(i)< 100
        Moist_correct(MT) = Moist_real(:,i);
    end
end

```

```

        MT = MT+1;
    end
end

int_Temp_correct = double(int8(Temp_correct));
int_Moist_correct = double(int8(Moist_correct));

Temp_Mode = mode(int_Temp_correct);
Moist_Mode = mode(int_Moist_correct);

[r_Temp_correct c_Temp_correct] = size(Temp_correct);
[r_Moist_correct c_Moist_correct] = size(Moist_correct);

MT = 1;
Temp_ans = 0;
for i=1:c_Temp_correct
    Temp_ans = abs(Temp_Mode - Temp_correct(i));
    if Temp_ans < 3
        Temp_correct_real(MT) = Temp_correct(:,i);
        MT = MT+1;
    end
end
MT = 1;
Moist_ans = 0;
for i=1:c_Moist_correct
    Moist_ans = abs(Moist_Mode - Moist_correct(i));
    if Moist_ans < 0.5
        Moist_correct_real(MT) = Moist_correct(:,i);
        MT = MT+1;
    end
end

%-----
% Find mean(Moist/Temp) for saving data
%-----

mean_Moist = mean(Moist_correct_real)
mean_Temp_Bio = mean(Temp_correct_real)

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//      FISH POND
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%-----
% Find first Temp Position
%-----
X_Temp_Pond = Temp_Pond(1:3);
minX_Temp_Pond = min(X_Temp_Pond);
Posi_Temp_Pond = find(Temp_Pond == minX_Temp_Pond);

mod_Temp_Pond = mod(Posi_Temp_Pond,3);
mod_DO = mod(Posi_Temp_Pond+1,3);
mod_pH = mod(Posi_Temp_Pond+2,3);

%-----
% Data Recognition (pH/DO/Temp)

```


ภาคผนวก ข

คู่มือเซ็นเซอร์

Soil Moisture Sensor

(Order Code SMS-BTA)



The Soil Moisture Sensor is used to measure the volumetric water content of soil. This makes it ideal for performing experiments in courses such as soil science, agricultural science, environmental science, horticulture, botany, and biology. Use the Soil Moisture Sensor to:

- Measure the loss of moisture over time due to evaporation and plant uptake.
- Evaluate optimum soil moisture contents for various species of plants.
- Monitor soil moisture content to control irrigation in greenhouses.
- Enhance your Bottle Biology experiments.

How to use the Soil Moisture Sensor

Positioning the sensor

Figure 1 shows the proper placement of the Soil Moisture Sensor. The prongs should be oriented horizontally, but rotated onto their side – like a knife poised to cut food – so that water does not pool on the flat surface of the prongs.

The horizontal orientation of the sensor ensures the measurement is made at a particular soil depth. The entire sensor can be placed vertically, but because soil moisture often varies by depth, this is not usually the desired orientation. To position the sensor, use a thin implement such as a trenching shovel to make a pilot hole in the soil. Place the sensor into the hole, making sure the entire length of the sensor is covered. Press down on the soil along either side of the sensor with your fingers. Continue to compact the soil around the sensor by pressing down on the soil with your fingers until you have made at least five passes along the sensor. This step is important, as the soil adjacent to the sensor surface has the strongest influence on the sensor reading.

Removing the sensor

When removing the sensor from the soil, do not pull it out of the soil by the cable. Doing so may break internal connections and make the sensor unusable.

What is Volumetric Water Content?

In very simplified terms, dry soil is made up of solid material and air pockets, called *pore spaces*. A typical volumetric ratio would be 55% solid material and 45% pore space. As water is added to the soil, the pore spaces begin to fill with water. Soil that seems damp to the touch might now have 55% minerals, 35% pore space and 10% water. This would be an example of 10% volumetric water content. The maximum

water content in this scenario is 45% because at that value, all the available pore space has been filled with water. This soil is referred to as being saturated, because at 45% volumetric water content, the soil can hold no more water.

Collecting Data with the Soil Moisture Sensor

This sensor can be used with the following interfaces to collect data:

- Vernier LabQuest[®] as a standalone device or with a computer
- Vernier LabQuest[®] Mini with a computer
- Vernier LabPro[®] with a computer, TI graphing calculator, or Palm[®] handheld
- Vernier Go!Link[®]
- Vernier EasyLink[®]
- Vernier SensorDAQ[®]
- CBL 2[™]

Here is the general procedure to follow when using the Soil Moisture Sensor:

1. Connect the Soil Moisture Sensor to the interface.
2. Start the data-collection software.
3. The software will identify the Soil Moisture Sensor and load a default data-collection setup. You are now ready to collect data.

Data-Collection Software

This sensor can be used with an interface and the following data-collection software.

- **Logger Pro** This computer program is used with LabQuest, LabQuest Mini, LabPro, or Go!Link.
- **Logger Lite** This computer program is used with LabQuest, LabQuest Mini, LabPro, or Go!Link.
- **LabQuest App** This program is used when LabQuest is used as a standalone device.
- **EasyData App** This calculator application for the TI-83 Plus and TI-84 Plus can be used with CBL 2, LabPro, and Vernier EasyLink. We recommend version 2.0 or newer, which can be downloaded from the Vernier web site, www.vernier.com/easy/easydata.html, and then transferred to the calculator. See the Vernier web site, www.vernier.com/calc/software/index.html for more information on the App and Program Transfer Guidebook.
- **DataMate program** Use DataMate with LabPro or CBL 2 and TI-73, TI-83, TI-84, TI-86, TI-89, and Voyage 200 calculators. See the LabPro and CBL 2 Guidebooks for instructions on transferring DataMate to the calculator.
- **Data Pro** This program is used with LabPro and a Palm handheld.
- **LabVIEW** National Instruments LabVIEW[™] software is a graphical programming language sold by National Instruments. It is used with SensorDAQ and can be used with a number of other Vernier interfaces. See www.vernier.com/labview for more information.

NOTE: This product is to be used for educational purposes only. It is not appropriate for industrial, medical, research, or commercial applications.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Soil Moisture Sensor Specifications

| | |
|--|---|
| Range | 0 to 45% volumetric water content in soil (capable of 0 to 100% VWC with alternate calibration) |
| Accuracy | ±4% typical |
| 13-bit resolution (using SensorDAQ) | 0.05% |
| 12-bit resolution (using LabPro, LabQuest, LabQuest Mini, Go! Link, or EasyLink) | 0.1% |
| 10-bit resolution (using CBL 2) | 0.4% |
| Power | 3 mA @ 5VDC |
| Operating temperature | -40°C to +60°C |
| Dimensions | 8.9 cm × 1.8 cm × 0.7 cm (active sensor length 5 cm) |
| Stored calibration: | slope 108%/volt
intercept -42% |

This sensor is equipped with circuitry that supports auto-ID. When used with LabQuest, LabQuest Mini, LabPro, Go! Link, SensorDAQ, EasyLink, or CBL 2, the data-collection software identifies the sensor and uses pre-defined parameters to configure an experiment appropriate to the recognized sensor.

Do I Need to Calibrate the Soil Moisture Sensor?

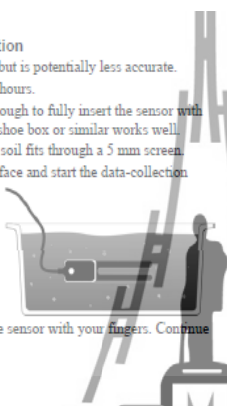
It is not usually necessary to perform a new calibration when using the Soil Moisture Sensor. The Soil Moisture Sensor has a stored calibration that will give good results. If, however, very accurate readings are needed, a calibration using the sample soil type to be measured is recommended. Two methods are described below. Method 1 is faster and easier, but potentially less accurate than Method 2.

Soil Moisture Sensor Calibration

Calibration Method 1: Two-Point Calibration

This is the faster and easier of the two methods, but is potentially less accurate.

1. Dry the soil in a drying oven at 105°C for 24 hours.
2. Obtain a water-tight container that is large enough to fully insert the sensor with room for at least 2 cm on all sides. A plastic shoe box or similar works well.
3. When cool, break up any large clods until all soil fits through a 5 mm screen.
4. Connect the Soil Moisture Sensor to the interface and start the data-collection program.
5. Pour the soil into the container and position the sensor as shown. The prongs should be oriented horizontally, but rotated onto their side – like a knife poised to cut food – so that water does not pool on the flat surface of the prongs.
6. Press down on the soil along either side of the sensor with your fingers. Continue

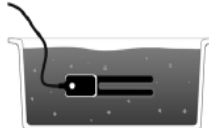


7. to compact the soil around the sensor by pressing down on the soil with your fingers until you have made five passes along the sensor.
8. Add more soil on top of the compacted soil so that the sensor is buried at least 3 cm below the soil surface.
9. Compact the soil again using a clenched fist.
10. Enter the calibration routine of your program. Keep this first calibration point and assign a value of 0. This represents 0% volumetric water content.
11. Remove the sensor from the soil.
12. Determine the approximate volume of soil used. This can be done by packing it into a large, graduated beaker.
13. Return the soil to the calibration container.
14. Obtain a volume of distilled water that equals 45% of the volume of the soil. If, for example, you used 3500 mL of soil, you would obtain 1575 mL of distilled water.
15. Add the distilled water to the soil and mix well.
16. Position the sensor in the wet soil, again making sure the sensor is completely covered and that there are no gaps between the soil and the sensor.
17. Keep this second calibration point, assigning it a value of 45. This represents 45% volumetric water content.
18. Your sensor is now calibrated for this soil type. If you are using Logger Pro 3, you can save the calibration directly on the sensor. If not, you may want to record the calibration values for future use.

Calibration Method 2: Multiple-Point Calibration

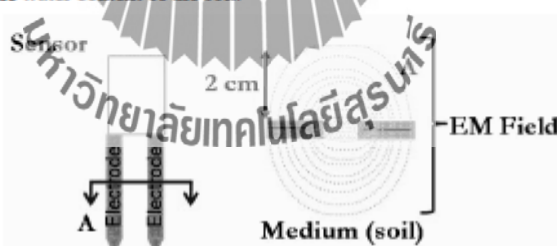
This method is more accurate, but requires more time and effort than Method 1.

1. Obtain and number 12 drying jars. The jars must be able to withstand the 105°C temperature of the drying oven.
2. Weigh and record the mass of each jar.
3. Prepare the dry soil by breaking up large clods until all soil fits through a 5 mm screen. Note: The soil should be fairly dry, but does not need to be oven-dry for this method.
4. Obtain a water-tight container that is large enough to fully insert the sensor with room for at least 2 cm on all sides. A plastic shoe box or similar works well.
5. Connect the Soil Moisture Sensor to the interface and start the data-collection program.
6. Pour the soil into the container position the sensor as shown. The prongs should be oriented horizontally, but rotated onto their side – like a knife poised to cut food – so that water does not pool on the flat surface of the prongs.
7. Press down on the soil along either side of the sensor with your fingers. Continue to compact the soil around the sensor by pressing down on the soil with your fingers until you have made five passes along the sensor.



How the Soil Moisture Sensor Works

The Soil Moisture Sensor uses capacitance to measure dielectric permittivity of the surrounding medium. In soil, dielectric permittivity is a function of the water content. The sensor creates a voltage proportional to the dielectric permittivity, and therefore the water content of the soil.



The sensor averages the water content over the entire length of the sensor. There is a 2 cm zone of influence with respect to the flat surface of the sensor, but it has little or no sensitivity at the extreme edges. The figure above shows the electromagnetic field lines along a cross-section of the sensor, illustrating the 2 cm zone of influence.

Warranty

Vernier warrants this product to be free from defects in materials and workmanship for a period of five years from the date of shipment to the customer. This warranty does not cover damage to the product caused by abuse or improper use.

Stainless Steel Temperature Probe

(Order Code TMP-BTA)



The Stainless Steel Temperature Probe is a rugged, general-purpose laboratory temperature sensor. It is designed to be used as you would use a thermometer for experiments in chemistry, physics, biology, Earth science, and environmental science.

Note: Do not completely submerge the sensor. The handle is not waterproof. This probe is the same as the probe shipped with CBL 2. Typical uses include the following:

- heat of fusion experiments
- monitoring endothermic and exothermic reactions
- weather studies
- specific heat experiments
- insulation studies

Collecting Data with the Stainless Steel Temperature Probe

This sensor can be used with the following interfaces to collect data:

- Vernier LabQuest[®] as a standalone device or with a computer
- Vernier LabQuest[®] Mini with a computer
- Vernier LabPro[®] with a computer, TI graphing calculator, or Palm[®] handheld
- Vernier Go!Link[®]
- Vernier EasyLink[®]
- Vernier SensorDAQ[®]
- CBL 2[™]

Here is the general procedure to follow when using the Stainless Steel Temperature Probe:

1. Connect the Stainless Steel Temperature Probe to the interface.
2. Start the data-collection software.
3. The software will identify the Stainless Steel Temperature Probe and load a default data-collection setup. You are now ready to collect data.

Data-Collection Software

This sensor can be used with an interface and the following data-collection software.

- **Logger Pro** This computer program is used with LabQuest, LabQuest Mini, LabPro, or GoLink.
- **Logger Lite** This computer program is used with LabQuest, LabQuest Mini, LabPro, or GoLink.
- **LabQuest App** This program is used when LabQuest is used as a standalone device.
- **EasyData App** This calculator application for the TI-83 Plus and TI-84 Plus can be used with CBL 2, LabPro, and Vernier EasyLink. We recommend version 2.0 or newer, which can be downloaded from the Vernier web site.

www.vernier.com/easy/easydata.html, and then transferred to the calculator. See the Vernier web site, www.vernier.com/calc/software/index.html for more information on the App and Program Transfer Guidebook.

- **DataMate program** Use DataMate with LabPro or CBL 2 and TI-73, TI-83, TI-84, TI-86, TI-89, and Voyage 200 calculators. See the LabPro and CBL 2 Guidebooks for instructions on transferring DataMate to the calculator.
- **Data Pro** This program is used with LabPro and a Palm handheld.
- **LabVIEW** National Instruments LabVIEW[™] software is a graphical programming language sold by National Instruments. It is used with SensorDAQ and can be used with a number of other Vernier interfaces. See www.vernier.com/labview for more information.

NOTE: This product is to be used for educational purposes only. It is not appropriate for industrial, medical, research, or commercial applications.

Specifications

- Temperature range: -40 to 135°C (-40 to 275°F)
- Maximum temperature that the sensor can tolerate without damage: 150°C
- 13-bit resolution (SensorDAQ):
 - 0.09°C (-40 to 0°C)
 - 0.02°C (0 to 40°C)
 - 0.05°C (40 to 100°C)
 - 0.13°C (100 to 135°C)
- 12-bit resolution (LabPro, LabQuest, LabQuest Mini.):
 - 0.17°C (-40 to 0°C)
 - 0.03°C (0 to 40°C)
 - 0.1°C (40 to 100°C)
 - 0.25°C (100 to 135°C)
- 10-bit resolution (CBL 2):
 - 0.68°C (-40 to 0°C)
 - 0.12°C (0 to 40°C)
 - 0.4°C (40 to 100°C)
 - 1.0°C (100 to 135°C)
- Temperature sensor: 20 k Ω NTC Thermistor
- Accuracy: $\pm 0.2^\circ\text{C}$ at 0°C , $\pm 0.5^\circ\text{C}$ at 100°C
- Response time (time for 90% change in reading):
 - 10 seconds (in water, with stirring)
 - 400 seconds (in still air)
 - 90 seconds (in moving air)
- Probe dimensions:
 - Probe length (handle plus body): 15.5 cm
 - Stainless steel body: length 10.5 cm, diameter 4.0 mm
 - Probe handle: length 5.0 cm, diameter 1.25 cm

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

This sensor is equipped with circuitry that supports auto-ID. When used with LabQuest, LabQuest Mini, LabPro, Go! Link, SensorDAQ, EasyLink, or CBL 2, the data-collection software identifies the sensor and uses pre-defined parameters to configure an experiment appropriate to the recognized sensor.

How the Stainless Steel Temperature Probe Works

This probe uses the 20 k Ω NTC Thermistor. The thermistor is a variable resistor whose resistance decreases nonlinearly with increasing temperature. The best-fit approximation to this nonlinear characteristic is the Steinhart-Hart equation. At 25°C, the resistance is approximately 4.3% per °C. The LabPro or CBL 2 interface measures the resistance value, R , at a particular temperature, and converts the resistance using the Steinhart-Hart equation:

$$T = [K_0 + K_1(\ln 1000R) + K_2(\ln 1000R)^3]^{-1} - 273.15$$

where T is temperature (°C), R is the measured resistance in k Ω , $K_0 = 1.02119 \times 10^{-3}$, $K_1 = 2.22468 \times 10^{-4}$, and $K_2 = 1.33342 \times 10^{-7}$. Our programs take care of this conversion for you, and provide readings in °C (or other units, if you load a different calibration).

Probe Chemical Tolerance

The Stainless Steel Temperature Probe body is constructed from grade 316 stainless steel.¹ This high-grade stainless steel provides a high level of corrosion resistance for use in the science classroom. Here are some general guidelines for usage:

1. The probe handle is constructed of molded plasticized Santoprene®. While this material is very chemical resistant, we recommend that you avoid submerging the probe beyond the stainless steel portion.
2. Always wash the probe thoroughly after use.
3. The probe can be left continuously in water at temperatures within the range of -40° to 150°C. Continuous usage in saltwater will cause only minor discoloration of the probe, with no negative effect on performance.
4. You can leave the probe continuously in most organic compounds, such as methanol, ethanol, 1-propanol, 2-propanol, 1-butanol, n-hexane, lauric acid, paradichlorobenzene, phenyl salicylate, and benzoic acid. The probe should not be left in n-pentane for more than 1 hour.
5. The probe can be left in strong basic solutions, such as NaOH, for up to 48 hours, with only minor discoloration. We do not recommend usage in basic solutions that are greater than 3 M in concentration.
6. The chart provides the maximum length of time we recommend for probe

| Maximum acid exposure time | |
|------------------------------------|----------|
| 1 M HCl | 20 min |
| 2 M HCl | 10 min |
| 3 M HCl | 5 min |
| 1 M H ₂ SO ₄ | 48 hours |
| 2 M H ₂ SO ₄ | 20 min |
| 3 M H ₂ SO ₄ | 10 min |
| 1 M HNO ₃ | 48 hours |
| 2 M HNO ₃ | 48 hours |
| 3 M HNO ₃ | 48 hours |
| 1 M CH ₃ COOH | 48 hours |
| 2 M CH ₃ COOH | 48 hours |
| 3 M CH ₃ COOH | 48 hours |
| 1 M H ₃ PO ₄ | 48 hours |
| 2 M H ₃ PO ₄ | 48 hours |
| 3 M H ₃ PO ₄ | 48 hours |

¹ Grade 316 stainless steel has a composition of 0.08% carbon, 2.0% manganese, 0.75% silicon, 0.04% phosphorus, 0.03% sulfur, 16-18% chromium, 10-14% nickel, 2-3% molybdenum, and 0.1% nitrogen.

exposure to some common acids. Probes left in an acid longer than these times may bubble and/or discolor, but will still be functional. We do not recommend probes be left to soak in any acid longer than 48 hours.

Do I Need to Calibrate This Probe? Probably Not

In most cases, the Stainless Steel Temperature Probe will never need to be calibrated. It is calibrated extremely well before it ships. However, if the need arises to calibrate the sensor, and you are using *Logger Pro* 3.3 or newer, the sensor can be custom-calibrated. Note this can only be done on computers, and can not be done from DataMate or EasyData (calculators) or DataPro (Palm OS).

The process of calibrating a Stainless Steel Temperature probe connected to LabPro, LabQuest, or LabQuest Mini and *Logger Pro* is different than the process for most other sensors. One reason is that this probe uses a thermistor, which has a non-linear response, and you need to calibrate it at three different temperatures.

Obtain a thermometer and three containers of water at three different temperatures.

Choose Experiment/Calibrate and then choose the Stainless Steel Temperature Probe. Choose Calibrate Now. For each of the three water baths, place the temperature probe in the bath with the thermometer. Allow both readings to stabilize, click [Keep] and enter the temperature reading measured by the thermometer. Click [Done] after the third water bath reading.

If you want the calibration to be saved with the file for later use after you calibrate, you need to do two things:

- Go to the calibration dialog box and choose Calibration Storage from the pull down menu. Then set the Calibration Retrieval Preference to Experiment file.
- Save the Experiment file.

After this, when you open that experiment file, the calibration stored with the experiment file will be used, instead of the normal calibration stored on the computer for this probe.

Warranty

Vernier warrants this product to be free from defects in materials and workmanship for a period of five years from the date of shipment to the customer. This warranty does not cover damage to the product caused by abuse or improper use.



Vernier Software & Technology

13979 S.W. Millikan Way • Beaverton, OR 97005-2888
Toll Free (888) 837-6437 • (503) 277-2299 • FAX (503) 277-2440
info@vernier.com • www.vernier.com

Rev 8/2/11

Logger Pro, *Logger Lite*, *Vernier LabQuest*, *Vernier LabQuest Mini*, *Vernier LabPro*, *Go! Link*, *Vernier EasyLink* and other marks shown are our trademarks or registered trademarks in the United States.

CBL 2 and CBL, TI-GRAPIH LINK, and TI Connect are trademarks of Texas Instruments.

All other marks not owned by us that appear herein are the property of their respective owners, who may or may not be affiliated with, connected to, or sponsored by us.



Printed on recycled paper.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Dissolved Oxygen Probe

(Order Code DO-BTA)

The Dissolved Oxygen Probe can be used to measure the concentration of dissolved oxygen in water samples tested in the field or in the laboratory. You can use this sensor to perform a wide variety of tests or experiments to determine changes in dissolved oxygen levels, one of the primary indicators of the quality of an aquatic environment:

- Monitor dissolved oxygen in an aquarium containing different combinations of plant and animal species.
- Measure changes in dissolved oxygen concentration resulting from photosynthesis and respiration in aquatic plants.
- Use this sensor for an accurate on-site test of dissolved oxygen concentration in a stream or lake survey, in order to evaluate the capability of the water to support different types of plant and animal life.
- Measure Biological Oxygen Demand (B.O.D.) in water samples containing organic matter that consumes oxygen as it decays.
- Determine the relationship between dissolved oxygen concentration and temperature of a water sample.

Inventory of Items Included with the Dissolved Oxygen Probe

Check to be sure that each of these items is included in your Dissolved Oxygen Probe box:

- Dissolved Oxygen Probe (dissolved oxygen electrode with membrane cap)
- One replacement membrane cap
- Sodium Sulfite Calibration Standard (2.0 M Na_2SO_3) and MSDS sheet
- D.O. Electrode Filling Solution, MSDS sheet, and filling pipet
- Calibration bottle (empty, lid with hole)
- D.O. Polishing Strips (1 pkg)
- Dissolved Oxygen Probe booklet

Collecting Data with the Conductivity Probe

This sensor can be used with the following interfaces to collect data:

- Vernier LabQuest® as a standalone device or with a computer
- Vernier LabQuest® Mini with a computer
- Vernier LabPro® with a computer, TI graphing calculator, or Palm® handheld
- Vernier Go!Link
- Vernier EasyLink®
- Vernier SensorDAQ®
- CBL 2™

Do I Need to Calibrate the Dissolved Oxygen Probe?

It is not always necessary to perform a new calibration when using the Dissolved Oxygen Probe in the classroom. If your experiment or application is looking only at a change in dissolved oxygen, then the software's stored calibration is all you need. If you are making discrete measurements, such as taking readings in a stream or lake, and you want to improve the accuracy of your measurements, then it is best to perform a new calibration.

Preparing the Dissolved Oxygen Probe for Use

Part A: Probe Preparation

1. Prepare the Dissolved Oxygen Probe for use.

- Remove the blue protective cap from the tip of the probe. This protective cap can be discarded once the probe is unpacked.
- Unscrew the membrane cap from the tip of the probe.



- Using a pipet, fill the membrane cap with 1 mL of DO Electrode Filling Solution.
- Carefully thread the membrane cap back onto the electrode.
- Place the probe into a beaker filled with about 100 mL of distilled water.

Part B: Probe Warm-up

- Connect the Dissolved Oxygen Probe to the interface.¹
- It is necessary to warm up the Dissolved Oxygen Probe for 10 minutes before taking readings. To warm up the probe, leave it in the water and connected to the interface with the data collection program running for 10 minutes. The probe must stay connected at all times to keep it warmed up. If disconnected for a few minutes, it will be necessary to warm up the probe again.²

¹If your system does not support auto-ID, open an experiment file in *Logger Pro* or set up the sensor manually.

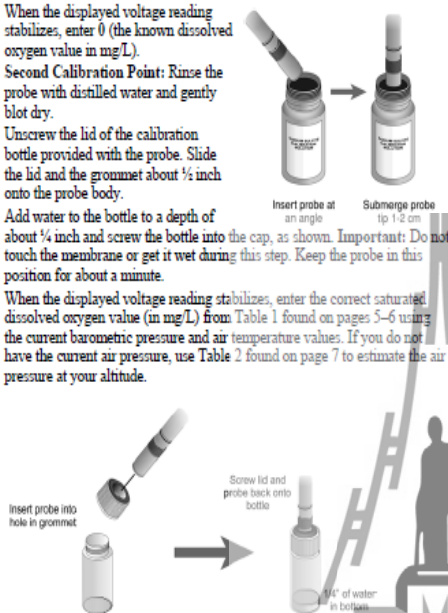
²The polarization process is slightly different for EasyLink because the Dissolved Oxygen Probe receives power only when the calculator is on and EasyData is running. If the calculator goes to sleep, the Dissolved Oxygen Probe does not receive power. To work around this, navigate to the Live Calibration screen, where the sensor will receive constant power, and leave it there for the duration of the warm-up period.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Part C: Probe Calibration

4. You are now ready to choose the calibration method for the Dissolved Oxygen Probe.

- If you wish to use the stored calibration, proceed to Part D.
- If you wish to perform a new calibration for the Dissolved Oxygen Probe, follow this procedure:
 - a. Enter the calibration routine for your data collection program.³
 - b. **First Calibration Point:** Remove the probe from the water and place the tip of the probe into the Sodium Sulfite Calibration Solution.
 - c. When the displayed voltage reading stabilizes, enter 0 (the known dissolved oxygen value in mg/L).
 - d. **Second Calibration Point:** Rinse the probe with distilled water and gently blot dry.
 - e. Unscrew the lid of the calibration bottle provided with the probe. Slide the lid and the grommet about 1/4 inch onto the probe body.
 - f. Add water to the bottle to a depth of about 1/4 inch and screw the bottle into the cap, as shown. Important: Do not touch the membrane or get it wet during this step. Keep the probe in this position for about a minute.
 - g. When the displayed voltage reading stabilizes, enter the correct saturated dissolved oxygen value (in mg/L) from Table 1 found on pages 5–6 using the current barometric pressure and air temperature values. If you do not have the current air pressure, use Table 2 found on page 7 to estimate the air pressure at your altitude.



³If using an EasyLink and EasyData, you will need to press a button on the calculator every few minutes in order to keep the calculator and EasyData active and providing power to the sensor.

Part D: Collecting Data

5. You are now ready to collect dissolved oxygen concentration data.

- a. Place the tip of the probe into the water being tested (submerge 4–6 cm). Do not completely submerge. The handle is not waterproof.
- b. Gently stir the probe in the water sample. Monitor the dissolved oxygen concentration in the live readouts. Note: It is important to keep stirring the probe in the water sample. There must always be water flowing past the probe tip when you are taking measurements. As the probe measures the concentration of dissolved oxygen, it removes oxygen from the water at the junction of the probe membrane. If the probe is left still in calm water, reported DO readings will appear to be dropping.

Specifications

| | |
|--|--|
| Range: | 0 to 15 mg/L (or ppm) |
| Accuracy: | ±0.2 mg/L |
| Resolution | |
| 13-bit resolution (SensorDAQ): | 0.007 mg/L |
| 12-bit resolution (LabPro, LabQuest, LabQuest Mini, Go!Link, ULI II, SBI): | 0.014 mg/L |
| 10-bit resolution (CBL 2): | 0.056 mg/L |
| Response Time: | 95% of final reading in 30 seconds,
98% in 45 seconds |
| Temperature Compensation: | automatic from 5–35°C |
| Pressure Compensation: | manual, accounted for during calibration |
| Salinity Compensation: | manual, accounted for during calibration |
| Minimum sample flow: | 20 cm/second |
| Stored Calibration Values | |
| Slope = | 3.27 |
| Intercept = | -0.327 |

This sensor is equipped with circuitry that supports auto-ID. When used with LabPro, LabQuest, LabQuest Mini, Go! Link, SensorDAQ, EasyLink, or CBL 2, the data-collection software identifies the sensor and uses pre-defined parameters to configure an experiment appropriate to the recognized sensor.

Table 1: Dissolved oxygen (mg/L) in air-saturated distilled water
(at various temperature and pressure values)

| | 750 mm | 760 mm | 770 mm | 780 mm | 790 mm | 800 mm | 810 mm | 820 mm |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0°C | 14.76 | 14.57 | 14.38 | 14.19 | 13.99 | 13.80 | 13.61 | 13.42 |
| 1°C | 14.38 | 14.19 | 14.00 | 13.82 | 13.63 | 13.44 | 13.26 | 13.07 |
| 2°C | 14.01 | 13.82 | 13.64 | 13.46 | 13.28 | 13.10 | 12.92 | 12.73 |
| 3°C | 13.65 | 13.47 | 13.29 | 13.12 | 12.94 | 12.76 | 12.59 | 12.41 |
| 4°C | 13.31 | 13.13 | 12.96 | 12.79 | 12.61 | 12.44 | 12.27 | 12.10 |
| 5°C | 12.97 | 12.81 | 12.64 | 12.47 | 12.30 | 12.13 | 11.96 | 11.80 |
| 6°C | 12.66 | 12.49 | 12.33 | 12.16 | 12.00 | 11.83 | 11.67 | 11.51 |
| 7°C | 12.35 | 12.19 | 12.03 | 11.87 | 11.71 | 11.55 | 11.39 | 11.23 |
| 8°C | 12.05 | 11.90 | 11.74 | 11.58 | 11.43 | 11.27 | 11.11 | 10.96 |
| 9°C | 11.77 | 11.62 | 11.46 | 11.31 | 11.16 | 11.01 | 10.85 | 10.70 |
| 10°C | 11.50 | 11.35 | 11.20 | 11.05 | 10.90 | 10.75 | 10.60 | 10.45 |
| 11°C | 11.24 | 11.09 | 10.94 | 10.80 | 10.65 | 10.51 | 10.36 | 10.21 |
| 12°C | 10.98 | 10.84 | 10.70 | 10.56 | 10.41 | 10.27 | 10.13 | 9.99 |
| 13°C | 10.74 | 10.60 | 10.46 | 10.32 | 10.18 | 10.04 | 9.90 | 9.77 |
| 14°C | 10.51 | 10.37 | 10.24 | 10.10 | 9.96 | 9.83 | 9.69 | 9.55 |
| 15°C | 10.29 | 10.15 | 10.02 | 9.88 | 9.75 | 9.62 | 9.48 | 9.35 |
| 16°C | 10.07 | 9.94 | 9.81 | 9.68 | 9.55 | 9.42 | 9.29 | 9.15 |
| 17°C | 9.86 | 9.74 | 9.61 | 9.48 | 9.35 | 9.22 | 9.10 | 8.97 |
| 18°C | 9.67 | 9.54 | 9.41 | 9.29 | 9.16 | 9.04 | 8.91 | 8.79 |
| 19°C | 9.47 | 9.35 | 9.23 | 9.11 | 8.98 | 8.86 | 8.74 | 8.61 |
| 20°C | 9.29 | 9.17 | 9.05 | 8.93 | 8.81 | 8.69 | 8.57 | 8.45 |
| 21°C | 9.11 | 9.00 | 8.88 | 8.76 | 8.64 | 8.52 | 8.40 | 8.28 |
| 22°C | 8.94 | 8.83 | 8.71 | 8.59 | 8.48 | 8.36 | 8.25 | 8.13 |
| 23°C | 8.78 | 8.66 | 8.55 | 8.44 | 8.32 | 8.21 | 8.09 | 7.98 |
| 24°C | 8.62 | 8.51 | 8.40 | 8.28 | 8.17 | 8.06 | 7.95 | 7.84 |
| 25°C | 8.47 | 8.36 | 8.25 | 8.14 | 8.03 | 7.92 | 7.81 | 7.70 |
| 26°C | 8.32 | 8.21 | 8.10 | 7.99 | 7.89 | 7.78 | 7.67 | 7.56 |
| 27°C | 8.17 | 8.07 | 7.96 | 7.86 | 7.75 | 7.64 | 7.54 | 7.43 |
| 28°C | 8.04 | 7.93 | 7.83 | 7.72 | 7.62 | 7.51 | 7.41 | 7.30 |
| 29°C | 7.90 | 7.80 | 7.69 | 7.59 | 7.49 | 7.39 | 7.28 | 7.18 |
| 30°C | 7.77 | 7.67 | 7.57 | 7.47 | 7.36 | 7.26 | 7.16 | 7.06 |
| 31°C | 7.64 | 7.54 | 7.44 | 7.34 | 7.24 | 7.14 | 7.04 | 6.94 |
| 32°C | 7.51 | 7.42 | 7.32 | 7.22 | 7.12 | 7.03 | 6.93 | 6.83 |
| 33°C | 7.39 | 7.29 | 7.20 | 7.10 | 7.01 | 6.91 | 6.81 | 6.72 |
| 34°C | 7.27 | 7.17 | 7.08 | 6.98 | 6.89 | 6.80 | 6.71 | 6.61 |
| 35°C | 7.15 | 7.05 | 6.96 | 6.87 | 6.78 | 6.68 | 6.59 | 6.50 |

Table 1 (cont.): Dissolved oxygen (mg/L) in air-saturated distilled water
(at various temperature and pressure values)

| | 690 mm | 680 mm | 670 mm | 660 mm | 650 mm |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0°C | 13.23 | 13.04 | 12.84 | 12.65 | 12.46 |
| 1°C | 12.84 | 12.70 | 12.51 | 12.32 | 12.14 |
| 2°C | 12.55 | 12.37 | 12.19 | 12.01 | 11.82 |
| 3°C | 12.23 | 12.05 | 11.88 | 11.70 | 11.52 |
| 4°C | 11.92 | 11.75 | 11.58 | 11.40 | 11.23 |
| 5°C | 11.63 | 11.46 | 11.29 | 11.12 | 10.95 |
| 6°C | 11.34 | 11.18 | 11.01 | 10.85 | 10.68 |
| 7°C | 11.07 | 10.91 | 10.75 | 10.59 | 10.42 |
| 8°C | 10.80 | 10.65 | 10.49 | 10.33 | 10.18 |
| 9°C | 10.55 | 10.39 | 10.24 | 10.09 | 9.94 |
| 10°C | 10.30 | 10.15 | 10.00 | 9.86 | 9.71 |
| 11°C | 10.07 | 9.92 | 9.78 | 9.63 | 9.48 |
| 12°C | 9.84 | 9.70 | 9.56 | 9.41 | 9.27 |
| 13°C | 9.63 | 9.49 | 9.35 | 9.21 | 9.07 |
| 14°C | 9.42 | 9.28 | 9.14 | 9.01 | 8.87 |
| 15°C | 9.22 | 9.08 | 8.95 | 8.82 | 8.68 |
| 16°C | 9.02 | 8.89 | 8.76 | 8.63 | 8.50 |
| 17°C | 8.84 | 8.71 | 8.58 | 8.45 | 8.33 |
| 18°C | 8.66 | 8.54 | 8.41 | 8.28 | 8.16 |
| 19°C | 8.49 | 8.37 | 8.24 | 8.12 | 8.00 |
| 20°C | 8.33 | 8.20 | 8.08 | 7.96 | 7.84 |
| 21°C | 8.17 | 8.05 | 7.93 | 7.81 | 7.69 |
| 22°C | 8.01 | 7.90 | 7.78 | 7.67 | 7.55 |
| 23°C | 7.87 | 7.75 | 7.64 | 7.52 | 7.41 |
| 24°C | 7.72 | 7.61 | 7.50 | 7.39 | 7.28 |
| 25°C | 7.59 | 7.48 | 7.37 | 7.26 | 7.15 |
| 26°C | 7.45 | 7.35 | 7.24 | 7.13 | 7.02 |
| 27°C | 7.33 | 7.22 | 7.11 | 7.01 | 6.90 |
| 28°C | 7.20 | 7.10 | 6.99 | 6.89 | 6.78 |
| 29°C | 7.08 | 6.98 | 6.87 | 6.77 | 6.67 |
| 30°C | 6.96 | 6.86 | 6.76 | 6.66 | 6.56 |
| 31°C | 6.85 | 6.75 | 6.65 | 6.55 | 6.45 |
| 32°C | 6.73 | 6.63 | 6.54 | 6.44 | 6.34 |
| 33°C | 6.62 | 6.53 | 6.43 | 6.33 | 6.24 |
| 34°C | 6.51 | 6.42 | 6.32 | 6.23 | 6.13 |
| 35°C | 6.40 | 6.31 | 6.22 | 6.13 | 6.03 |

Elevation Barometric Pressure Table

If you do not have a barometer available to read barometric pressure, you can estimate the barometric pressure reading at your elevation (in feet) from Table 2. The values are calculated based on a barometric air pressure reading of 760 mm Hg at sea level.

Table 2: Approximate Barometric Pressure at Different Elevations

| Elevation
(feet) | Pressure
(mm Hg) | Elevation
(feet) | Pressure
(mm Hg) | Elevation
(feet) | Pressure
(mm Hg) |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 0 | 760 | 2000 | 701 | 4000 | 659 |
| 250 | 753 | 2250 | 702 | 4250 | 655 |
| 500 | 746 | 2500 | 695 | 4500 | 647 |
| 750 | 739 | 2750 | 689 | 4750 | 641 |
| 1000 | 733 | 3000 | 683 | 5000 | 635 |
| 1250 | 727 | 3250 | 677 | 5250 | 629 |
| 1500 | 720 | 3500 | 671 | 5500 | 624 |
| 1750 | 714 | 3750 | 665 | 5750 | 618 |

How the Dissolved Oxygen Probe Works

The Vernier Dissolved Oxygen Probe is a Clark-type polarographic electrode that senses the oxygen concentration in water and aqueous solutions. A platinum cathode and a silver/silver chloride reference anode in KCl electrolyte are separated from the sample by a gas-permeable plastic membrane.

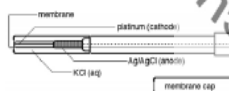
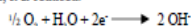


Figure 1

A fixed voltage is applied to the platinum electrode. As oxygen diffuses through the membrane to the cathode, it is reduced:



The oxidation taking place at the reference electrode (anode) is:



Accordingly, a current will flow that is proportional to the rate of diffusion of oxygen, and in turn to the concentration of dissolved oxygen in the sample. This current is converted to a proportional voltage, which is amplified and read by any of the Vernier lab interfaces.

Storage and Maintenance of the Dissolved Oxygen Probe

Following the procedure outlined in this section will enhance the lifetime of your Dissolved Oxygen Probe and its membrane cap. Follow these steps when storing the electrode:

- Long-term storage (more than 24 hours): Remove the membrane cap and rinse the inside and outside of the cap with distilled water. Shake the membrane cap dry. Also rinse and dry the exposed anode and cathode inner elements (blot dry with a lab wipe). Reinstall the membrane cap loosely onto the electrode body for storage. Do not screw it on tightly.
- Short-term storage (less than 24 hours): Store the Dissolved Oxygen Probe with the membrane end submerged in about 1 inch of distilled water.
- Polishing the metal electrodes: If the cathode (the small, shiny, metal contact in the center of the glass stem shown in Figure 1) and anode (the silver, metal foil surrounding the lower portion of the inner body) become discolored or appear corroded, polish them with the polishing strip that is provided with the probe. Perform this operation only as needed to restore electrode performance—it should be necessary only once every year or so. Remove the membrane cap from your Vernier Dissolved Oxygen Probe. Thoroughly rinse the inner elements of the probe with distilled water to remove all filling solution. Cut a one-inch piece from the D.O. Electrode Polishing Strip provided. Use the dull (abrasive) side of the polishing strip with distilled water. Using a circular motion, polish the center glass element of the cathode (on the very end of the electrode). Use gentle finger pressure during this polishing operation. Polish only enough to restore a bright, clean surface to the center glass. Next, polish the silver anode located around the base of the electrode inner element. Polish only enough to restore a silver appearance. Note: Aggressive polishing will damage the probe inner elements. Be sure to use only gentle pressure when performing the polishing of the anode and cathode. When you have completed the polishing, rinse the cathode and anode elements thoroughly and dry with a lab wipe.

With normal use, the Vernier Dissolved Oxygen Probe will last for years. The membrane cap will, however, require replacement after about 6 months of continuous use. Replacement of the membrane is recommended when your Dissolved Oxygen Probe will no longer respond rapidly during calibration or when taking D.O. readings. Use of your Dissolved Oxygen Probe in samples that are non-aqueous or in those that contain oil, grease, or other coating agents will result in shortened membrane life. Replacement membranes can be obtained from Vernier (order code MEM).

Automatic Temperature Compensation

Your Vernier Dissolved Oxygen Probe is automatically temperature compensated, using a thermistor built into the probe. The temperature output of this probe is used to automatically compensate for changes in permeability of the membrane with changing temperature. If the probe was not temperature compensated, you would notice a change in the dissolved oxygen reading as temperature changed, even if the actual concentration of dissolved oxygen in the solution did not change. Here are two examples of how automatic temperature compensation works:

- If you calibrate the Dissolved Oxygen Probe in the lab at 25°C and 760 mm Hg barometric pressure (assume salinity is negligible), the value you enter for the saturated oxygen calibration point would be 8.36 mg/L (see Table 1). If you were to take a reading in distilled water that is saturated with oxygen by rapid stirring, you would get a reading of 8.36 mg/L. If the water sample were then cooled to 10°C with no additional stirring, the water would no longer be saturated (cold water can hold more dissolved oxygen than warm water). So, the reading of the temperature-compensated Dissolved Oxygen Probe would still be 8.36 mg/L.
- If, however, the solution was cooled to 10°C and continually stirred so it remained saturated by dissolving additional oxygen, the temperature-compensated probe would give a reading of 11.35 mg/L—the value shown in Figure 2. Note: Temperature compensation does not mean that the reading for a saturated solution will be the same at two different temperatures—the two solutions have different concentrations of dissolved oxygen, and the probe reading should reflect this difference.

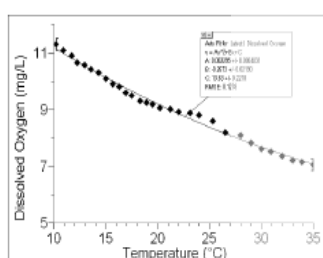


Figure 2: Saturated Dissolved Oxygen vs. Temperature Data

Sampling in Ocean Salt Water or Tidal Estuaries (at salinity levels greater than 1000 mg/L)

Dissolved Oxygen concentration for air saturated water at various salinity values, $DO_{(salt)}$ can be calculated using the formula:

$$DO_{(salt)} = DO - (k \cdot S)$$

- $DO_{(salt)}$ is the concentration of dissolved oxygen (in mg/L) in salt-water solutions.
- DO is the dissolved oxygen concentration for air-saturated distilled water as determined from Table 1.
- S is the salinity value (in ppt). Salinity values can be determined using the Vernier Chloride Ion-Selective Electrode or Conductivity Probe as described in the *Water Quality with Vernier* lab manual.
- k is a constant. The value of k varies according to the sample temperature, and can be determined from Table 3.

Table 3: Salinity Correction Constant Values

| Temp. (°C) | Constant, k | Temp. (°C) | Constant, k | Temp. (°C) | Constant, k | Temp. (°C) | Constant, k |
|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| 1 | 0.08796 | 8 | 0.06916 | 15 | 0.05602 | 22 | 0.04754 |
| 2 | 0.08485 | 9 | 0.06697 | 16 | 0.05456 | 23 | 0.04662 |
| 3 | 0.08184 | 10 | 0.06478 | 17 | 0.05328 | 24 | 0.04580 |
| 4 | 0.07911 | 11 | 0.06286 | 18 | 0.05201 | 25 | 0.04498 |
| 5 | 0.07646 | 12 | 0.06104 | 19 | 0.05073 | 26 | 0.04425 |
| 6 | 0.07391 | 13 | 0.05931 | 20 | 0.04964 | 27 | 0.04361 |
| 7 | 0.07135 | 14 | 0.05757 | 21 | 0.04854 | 28 | 0.04296 |

Example: Determine the saturated DO calibration value at a temperature of 23°C and a pressure of 750 mm Hg, when the Dissolved Oxygen Probe is used in seawater with a salinity value of 35.0 ppt.

First, find the dissolved oxygen value in Table 1 ($DO = 8.55$ mg/L). Then find k in Table 3 at 23°C ($k = 0.04662$). Substitute these values, as well as the salinity value, into the previous equation:

$$DO_{(salt)} = DO - (k \cdot S) = 8.55 - (0.04662 \times 35.0) = 8.55 - 1.63 = 6.92 \text{ mg/L}$$

Use the value 6.92 mg/L when performing the saturated DO calibration point (water-saturated air), as described in Step 6. The Dissolved Oxygen Probe will now be calibrated to give correct DO readings in salt-water samples with a salinity of 35.0 ppt.

Important: For most dissolved oxygen testing, it is not necessary to compensate for salinity; for example, if the salinity value is 0.5 ppt, using 25°C and 760 mm Hg, the calculation for $DO(s)$ would be:

$$DO_{(s)} = DO - (k \cdot S) = 8.36 - (0.04498 \times 0.5) = 8.36 - 0.023 = 8.34 \text{ mg/L}$$

At salinity levels less than 1.0 ppt, neglecting this correction results in an error of less than 0.2%.

Maintaining and Replenishing the Sodium Sulfite Calibration Solution

Having an oxygen-free solution to perform a zero-oxygen calibration point is essential for accurate readings with your Dissolved Oxygen Probe. The Sodium Sulfite Calibration Solution that was included with your probe will last a long time, but not indefinitely. Here are some suggestions for maintaining and replacing this solution:

- After your first use of the solution for calibration, the solution will no longer be brim full (some overflow results when the probe is inserted into the solution). If you cap the solution with an air space above the probe, oxygen from the space will dissolve in the sodium sulfite solution—as a result, the solution may not be oxygen free. To prevent this from occurring, before putting on the lid, gently squeeze the bottle so the level of the solution is at the very top of the bottle neck; with the solution at this level, screw on the lid. The bottle will remain in this “collapsed” position. Using this procedure, the 2.0 M Na_2SO_3 should remain oxygen free for a long period of time. If the calibration voltage reading displayed during the first calibration point is higher than in previous calibrations, it may be time to replace the solution, as described below.
- The 2.0 M sodium sulfite (Na_2SO_3) solution can be prepared from solid sodium sulfite crystals: Add 25.0 g of solid anhydrous sodium sulfite crystals (Na_2SO_3) to enough distilled water to yield a final volume of 100 mL of solution. The sodium sulfite crystals do not need to be reagent grade; laboratory grade will work fine. Many high school chemistry teachers will have this compound in stock. Prepare the solution 24 hours in advance of doing the calibration to ensure that all oxygen has been depleted. If solid sodium sulfite is not available, you may substitute either 2.0 M sodium hydrogen sulfite solution, (sodium bisulfite, 20.8 g of NaHSO_3 per 100 mL of solution) or 2.0 M potassium nitrite (17.0 g of KNO_2 per 100 mL of solution).

Using the Dissolved Oxygen Probe with Other Vernier Sensors

It is very important for you to know that the Dissolved Oxygen Probe will interact with some other Vernier sensors and probes, if they are placed in the same solution (in the same aquarium or beaker, for example), and they are connected to the same interface (e.g., the same LabPro interface). This situation arises because the Dissolved Oxygen Probe outputs a signal in the solution, and this signal can affect the reading of another probe.

The following probes *cannot* be connected to the same interface as a Dissolved Oxygen Probe and placed in the same solution:

- Conductivity Probe
- pH Sensor
- Direct-Connect Temperature Probe
- Ion Selective Electrodes

If you wish to take simultaneous readings using any of the probe combinations listed above, here are some alternative methods:

- To take simultaneous dissolved oxygen and conductivity or dissolved oxygen and pH readings, you can connect the probes to two different interfaces. If the two probes in question are connected to separate interfaces, the two probes will read correctly in the same solution.
- The Vernier Stainless Steel Temperature Probe (also shipped with CBL 2) can be used in the same container with the Dissolved Oxygen Probe.
- If you are sampling a lake or stream and want to use two of the probes with a single interface, you can connect the two probes in question to the same interface and load their respective calibrations. Place one probe in the water first and take its reading. Then remove it and place the second probe in the solution to take its reading.

Replacement Parts

Vernier Software & Technology

| | |
|---------------------------------|--------|
| Replacement Membrane Caps | MEM |
| Polishing Ships (pkg of 2) | PS |
| D.O. Probe Filling Solution | FS |
| D.O. Probe Calibration Solution | DO-CAL |

Flinn Scientific (P.O. Box 219, Batavia, IL 60510, Tel: 800-452-1261)

sodium sulfite standard solution, 2.0 M, 65 mL bottle Order Number: SO426

sodium sulfite, anhydrous solid, 500 g bottle Order Number: SO111

Background Information about Dissolved Oxygen

Dissolved oxygen is a vital substance in a healthy body of water. Various aquatic organisms require different levels of dissolved oxygen to survive. Whereas trout require higher levels of dissolved oxygen, fish species like carp and catfish survive in streams with low oxygen concentrations. Water with a high level of dissolved oxygen is generally considered to be a healthy environment that can support many different types of aquatic life.

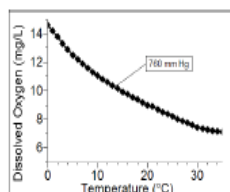


Figure 3: Saturated Dissolved Oxygen vs. Temperature at 760 mm Hg

There are many factors that can affect the level of dissolved oxygen in a body of water. Turbulence from waves on a lake or from a fast-moving stream can greatly increase the amount of water exposed to the atmosphere, resulting in higher levels of dissolved oxygen. Water temperature is another factor that can affect dissolved-oxygen levels; like other gases, the saturated level of dissolved oxygen is less in warm water than in cold water, shown in Figure 3.

Photosynthesis cycles also have a large effect on dissolved oxygen levels of an aquatic environment. Aquatic plants and photosynthetic microorganisms will cause oxygen gas to be produced during daylight hours from photosynthesis:



As the afternoon progresses, dissolved-oxygen levels increase as photosynthesis occurs. After sundown, photosynthesis decreases—however, plant and animal organisms continue to respire. Throughout the night and early morning, respiration results in a decrease in dissolved-oxygen levels:



The amount and variety of plant and animal life in a stream affects the degree to which the photosynthesis-respiration cycle occurs.

Levels of organic wastes from manmade sources such as pulp mills, food-processing plants, and wastewater treatment plants can also result in lower levels of dissolved oxygen in streams and lakes. Oxidation of these wastes depletes the oxygen, sometimes at a faster rate than turbulence or photosynthesis can replace it. Thus, use of a Dissolved Oxygen Probe to determine dissolved oxygen concentration and biological oxygen demand of a stream can be important tests in determining the health and stability of an aquatic ecosystem.

Calibrating and Monitoring Using Units of Percent Saturation

Instead of calibrating using units of mg/L (equal to parts per million or ppm), you may also choose to calibrate dissolved oxygen using units of % saturation. When doing a calibration for units of % saturation, the calibration point done in the sodium sulfite solution (zero oxygen) is assigned a value of 0%, and that for water-saturated air (or air-saturated water) is given a value of 100%. It must be noted, however, that 100% represents an oxygen-saturated solution only at that particular temperature, pressure, and salinity level. If you intend to compare your measured dissolved oxygen values with data collected under a different set of conditions, a preferable method would be to use units of mg/L (described earlier in this booklet).

If you have calibrated your Dissolved Oxygen Probe in units of mg/L, you can easily calculate percent saturation using the formula:

$$\% \text{ saturation} = (\text{actual DO reading} / \text{Saturated DO reading from Table 1}) \times 100$$

For example, if your Dissolved Oxygen Probe gives a D.O. reading of 6.1 mg/L at a temperature of 20°C and a pressure of 740 mm Hg, look up the saturated dissolved oxygen reading in Table 1 (8.93 mg/L). The value for % saturation is:

$$\% \text{ saturation} = (6.1 / 8.93) \times 100 = 68\%$$

Warranty

All Vernier Dissolved Oxygen Probes are warranted to be free from defects in material and workmanship for a period of five years from purchase of the probe, provided the electrode has been used in accordance with this instruction manual and used under normal laboratory conditions. The warranty does not apply when the electrode has been subjected to accident, alternate use, misuse, or abuse in any manner. Consumables, including the membrane, associated with Vernier products are excluded from this warranty.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

pH Sensor

(Order Code PH-BTA)



Our pH Sensor can be used for any lab or demonstration that can be done with a traditional pH meter. This sensor offers the additional advantages of automated data collection, graphing, and data analysis. Typical activities using our pH sensor include studies of household acids and bases, acid-base titrations, monitoring pH change during chemical reactions or in an aquarium as a result of photosynthesis, investigations of acid rain and buffering, and investigations of water quality in streams and lakes.

Collecting Data with the pH Sensor

This sensor can be used with the following interfaces to collect data:

- Vernier LabQuest® as a standalone device or with a computer
- Vernier LabQuest® Mini with a computer
- Vernier LabPro® with a computer, TI graphing calculator, or Palm® handheld
- Vernier Go!Link®
- Vernier EasyLink®
- Vernier SensorDAQ®
- CBL 2™

Here is the general procedure to follow when using the pH Sensor:

1. Connect the pH Sensor to the interface.
2. Start the data-collection software¹.
3. The software will identify the pH Sensor and load a default data-collection setup. You are now ready to collect data.

Important: Do not fully submerge the sensor. The handle is not waterproof.

Data-Collection Software

This sensor can be used with an interface and the following data-collection software.

- **Logger Pro 3** This computer program is used with LabQuest, LabQuest Mini, LabPro, or Go!Link.
- **Logger Pro 2** This computer program is used with ULI or Serial Box Interface.
- **Logger Lite** This computer program is used with LabQuest, LabQuest Mini, LabPro, or Go!Link.
- **LabQuest App** This program is used when LabQuest is used as a standalone device.
- **EasyData App** This calculator application for the TI-83 Plus and TI-84 Plus can be used with CBL 2, LabPro, and Vernier EasyLink. We recommend version 2.0 or newer, which can be downloaded from the Vernier web site, www.vernier.com/easydata.html, and then transferred to the calculator.

¹ If you are using Logger Pro 2 with either a ULI or SBI, the sensor will not auto-ID. Open an experiment file for the pH Sensor in the Probes & Sensors folder.

See the Vernier web site, www.vernier.com/calc/software/index.html for more information on the App and Program Transfer Guidebook.

- **DataMate program** Use DataMate with LabPro or CBL 2 and TI-73, TI-83, TI-84, TI-86, TI-89, and Voyage 200 calculators. See the LabPro and CBL 2 Guidebooks for instructions on transferring DataMate to the calculator.
- **Data Pro** This program is used with LabPro and a Palm handheld.
- **LabVIEW** National Instruments LabVIEW™ software is a graphical programming language sold by National Instruments. It is used with SensorDAQ and can be used with a number of other Vernier interfaces. See www.vernier.com/labview for more information.

pH Electrode Specifications

| | |
|---|---|
| Type: | Sealed, gel-filled, epoxy body, Ag/AgCl |
| Response time: | 90% of final reading in 1 second |
| Temperature range: | 5 to 80°C |
| 12 mm OD | |
| Range: | pH 0–14 |
| 13-bit Resolution (SensorDAQ): | 0.0025 pH units |
| 12-bit Resolution (LabQuest, LabQuest Mini, Go!Link, LabPro, ULI, SBI): | 0.005 pH units |
| 10-bit Resolution (CBL 2): | 0.02 pH units |
| Isopotential pH: | pH 7 (point at which temperature has no effect) |
| Output: | 59.2 mV/pH at 25°C |
| Stored Calibration Values ² : | |
| Intercept (k_0): | 13.720 |
| Slope (k_1): | –3.838 |

NOTE: This product is to be used for educational purposes only. It is not appropriate for industrial, medical, research, or commercial applications.

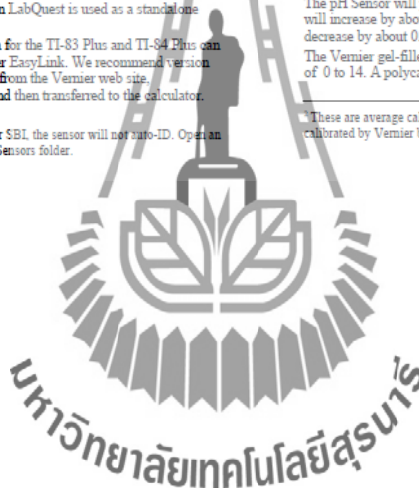
How the pH Sensor Works

The pH Amplifier inside the handle is a circuit which allows a standard combination pH electrode (such as the Vernier 7120B) to be monitored by a lab interface. The cable from the pH Amplifier ends in a BTA plug.

The pH Sensor will produce a voltage of 1.75 volts in a pH 7 buffer. The voltage will increase by about 0.25 volts for every pH number decrease. The voltage will decrease by about 0.25 volts/pH number as the pH increases.

The Vernier gel-filled pH Sensor is designed to make measurements in the pH range of 0 to 14. A polycarbonate body that extends below the glass sensing bulb of the

² These are average calibration values. Actual values may vary because sensors are individually calibrated by Vernier before shipping.



electrode makes this probe ideal for the demands of a middle school, high school, or university level science class or for making measurements in the environment. The gel-filled reference half cell is sealed—it never needs to be refilled.

This sensor is equipped with circuitry that supports auto-ID. When used with LabQuest, LabQuest Mini, LabPro, Go! Link, SensorDAQ, EasyLink, or CBL 2, the data-collection software identifies the sensor and uses pre-defined parameters to configure an experiment appropriate to the recognized sensor.

Preparing for Use

To prepare the electrode to make pH measurements, follow this procedure:

- Remove the storage bottle from the electrode by first unscrewing the lid, then removing the bottle and lid. Thoroughly rinse the lower section of the probe, especially the region of the bulb, using distilled or deionized water.
- When the probe is not being stored in the storage bottle, it can be stored for short periods of time (up to 24 hours) in pH-4 or pH-7 buffer solution. It should never be stored in distilled water.
- Connect the pH Sensor to your lab interface, load or perform a calibration (as described in the next section), and you are ready to make pH measurements.

Note: Do not completely submerge the sensor. The handle is not waterproof.

When you are finished making measurements, rinse the tip of the electrode with distilled water. Slide the cap onto the electrode body, then screw the cap onto the storage bottle. Note: When the level of storage solution left in the bottle gets low, you can replenish it with small amounts of tap water the first few times you use the probe (but not indefinitely!). A better solution is to prepare a quantity of pH-4 buffer/KCl storage solution (see the section on Maintenance and Storage) and use it to replace lost solution.

Do I Need to Calibrate the pH Sensor?

We feel that you should not have to perform a new calibration when using the pH Sensor for most experiments in the classroom. We have set the sensor to match our stored calibration before shipping it. You can simply use the appropriate calibration file that is stored in your data-collection program from Vernier in any of these ways:

- If you ordered the PH-BTA version of the sensor, and you are using it with a LabQuest, LabQuest Mini, LabPro or CBL 2 interface, then a calibration (in pH) is automatically loaded when the pH Sensor is connected. Note: Each pH Sensor (PH-BTA version) is calibrated at Vernier. This custom calibration is then stored on the sensor. This means that when you first use it, you will see pH readings that are accurate to ± 0.10 pH units, without calibration! With time, you may see some minor loss of the initial custom calibration accuracy, but for most purposes (see below), it should not be necessary to calibrate the pH Sensor.
- If you are using Logger Pro software (version 2.0 or newer) on a Macintosh or Windows computer, open an experiment file for the pH Sensor, and its stored calibration will be loaded at the same time. Note: If you have an earlier version of Logger Pro, a free upgrade is available from our web site.

- Any version of the DataMate or EasyData program (with LabPro or CBL 2) has stored calibrations for this sensor.

- Any version of Data Pro has stored calibrations for this sensor.

If you are performing a chemistry experiment, or doing water quality testing that requires a very accurate calibration, you can calibrate the Vernier pH Electrode following this procedure:

- Use the 2-point calibration option of the Vernier data-collection program. Rinse the tip of the electrode in distilled water. Place the electrode into one of the buffer solutions (e.g., pH 4). When the voltage reading displayed on the computer or calculator screen stabilizes, enter a pH value, "4".
- For the next calibration point, rinse the electrode and place it into a second buffer solution (e.g., pH 7). When the displayed voltage stabilizes, enter a pH value, "7".
- Rinse the electrode with distilled water and place it in the sample.

pH Buffer Solutions

In order to do a calibration of the pH Sensor, or to confirm that a saved pH calibration is accurate, you need to have a supply of pH buffer solutions that cover the range of pH values you will be measuring. We recommend buffer solutions of pH 4, 7, and 10.

- Vernier sells a pH buffer kit (order code PHB). The kit has 12 tablets: four tablets each of buffer pH 4, 7, and 10. Each tablet is added to 100 mL of distilled or deionized water to prepare respective pH buffer solutions.
- Finn Scientific (www.finnsci.com, Tel: 800-452-1261) sells a wide variety of buffer tablets and prepared buffer solutions.
- You can prepare your own buffer solutions using the following recipes:

| | |
|----------|--|
| pH 4.00 | Add 2.0 mL of 0.1 M HCl to 1000 mL of 0.1 M potassium hydrogen phthalate. |
| pH 7.00 | Add 582 mL of 0.1 M NaOH to 1000 mL of 0.1 M potassium dihydrogen phosphate. |
| pH 10.00 | Add 214 mL of 0.1 M NaOH to 1000 mL of 0.05 M sodium bicarbonate. |

Maintenance and Storage

Short-term storage (up to 24 hours): Place the electrode in pH-4 or pH-7 buffer solution.

Long-term storage (more than 24 hours): Store the electrode in a buffer pH-4/KCl storage solution in the storage bottle. The pH Electrode is shipped in this solution. Vernier sells 500 mL bottles of replacement pH Storage Solution (order code PH-S), or you can prepare additional storage solution by adding 10 g of solid potassium chloride (KCl) to 100 mL of buffer pH-4 solution. Finn Scientific (800-452-1261) sells a Buffer Solution Preservative (order code B0175) that can be added to this storage solution. By storing the electrode in this solution, the reference portion of the electrode is kept moist. Keeping the reference junction moist adds to electrode longevity and retains electrode response time when the unit is placed back into



service. If the electrode is inadvertently stored dry (we don't recommend this!), immerse the unit in soaking solution for a minimum of eight hours prior to service.

When testing a pH Sensor, it is best to place it into a known buffer solution. This allows you to see if the sensor is reading correctly (e.g., in a buffer pH 7, is the sensor reading close to pH 7). Do not place your sensor into distilled water to check for readings—distilled water can have a pH reading anywhere between 5.5 and 7.0, due to variable amounts of carbon dioxide dissolved from the atmosphere. Furthermore, due to a lack of ions, the pH values reported with the sensor in distilled water will be erratic.

If your pH Sensor is reading slightly off of the known buffer pH (e.g., reads 6.7 in a buffer 7), you may simply need to calibrate the sensor. You can calibrate the sensor in two buffer solutions for two calibration points. If you do not remember or know how to perform a calibration, refer to the booklet that came with the pH sensor.

If your readings are off by several pH values, the pH readings do not change when moved from one buffer solution to another different buffer, or the sensor's response seems slow, the problem may be more serious. Sometimes a method called "shocking" is used to revive pH electrodes. To shock your pH Sensor, perform the following:

1. Let the pH Electrode soak for 4-8 hours in an HCl solution between 0.1 and 1.0 M.
2. Rinse off the electrode and let it sit in some buffer pH 7 for an hour or so.
3. Rinse the electrode and give it another try.

Mold growth in the buffer/KCl storage solution can be prevented by adding a commercial growth inhibitor. This mold will not harm the electrode and can easily be removed using a light detergent solution.

This sensor is designed to be used in aqueous solutions. The polycarbonate body of the sensor can be damaged by many organic solvents. In addition, do not use the sensor in solutions containing perchlorates, silver ions, sulfide ions, biological samples with high concentrations of proteins, or Tris buffered solutions.³ Do not use it in hydrofluoric acid or in acid or base solutions with a concentration greater than 1.0 molar. The electrode may be used to measure the pH of sodium hydroxide solutions with a concentration near 1.0 molar, but should not be left in this concentration of sodium hydroxide for periods longer than 5 minutes. Using or storing the electrode at very high temperatures or very low temperatures (near 0°C) can damage it beyond repair.

Warranty

Vernier warrants this product to be free from defects in materials and workmanship for a period of five years from the date of shipment to the customer. This warranty does not cover damage to the product caused by abuse or improper use. Additionally, the warranty does not cover accidental breakage of the glass bulb of the pH Sensor.