

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับระบบประปาหมู่บ้าน แบบผิวดิน

Wireless Sensor Networks for a Village Surface Water Supply System

เกียรติสิน กาญจนานิชกุล,¹ นพชัย คงเจริญ,² พิชิต เคนาพิมพ์,² ศิวณัทร ศรีโลหอ³

Kiattisin Kanjanawanishkul,¹ Noppachai Khongcarern,² Phichit Khenaphim,² Siwanut Sreelohor³

บทคัดย่อ

ปัญหาที่สำคัญของระบบประปาหมู่บ้าน คือ คุณภาพของน้ำไม่ได้ถูกประเมินทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เนื่องจากขาดแคลนอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัด และอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบประปาหมู่บ้านชำรุดเสียหาย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้คือการตรวจวัดค่าความขุ่นและค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยเซ็นเซอร์วัดค่าความขุ่นและเซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และการควบคุมการเปิด-ปิด การทำงานของเครื่องสูบน้ำอย่างอัตโนมัติ ตามที่ตั้งเวลาไว้ล่วงหน้า เพื่อที่จะลดการรั่วไหลของน้ำ กรณีศึกษาสำหรับโครงการวิจัยนี้ คือ ระบบประปาหมู่บ้านบ้านดอนนา ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม เครือข่ายไร้สายถูกใช้เพื่อส่งค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ต่างๆ ไปยังบอร์ด Raspberry Pi ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมหลัก สำหรับการควบคุมเครื่องสูบน้ำ ระดับน้ำสูง/ต่ำ ถูวัดด้วยสวิทช์ลากลอย และ ถูกส่งค่าไปยังตัวควบคุมหลักผ่านทางเครือข่ายไร้สาย ระดับสูง/ต่ำนี้ ถูกใช้เพื่อแจ้งให้ตัวควบคุมทำการเปิดหรือปิดการทำงานของเครื่องสูบน้ำเมื่อระบบจ่ายน้ำกำลังทำงานตามเวลาที่กำหนด จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า ผู้ใช้สามารถตรวจสอบคุณภาพของน้ำที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ต่างๆ ผ่านทางหน้าจอได้ นอกจากนี้ ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องสูบน้ำตามเวลาที่ผู้ใช้กำหนดไว้ล่วงหน้าได้อย่างถูกต้อง

คำสำคัญ: เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน ตัวตรวจวัดความขุ่น ตัวตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

Abstract

The main problems of a village water supply system are that water quality has not been assessed before and after water treatment due to unavailable measurement devices and damaged equipment used in the village water supply system. Thus, the aims of this research project are to implement measurement of turbidity and pH of water before and after treatment via turbidity sensors and pH sensors and to control water pumps automatically according to given schedule in order to reduce water leak. The case study is the village water supply system of Ban Donna, Kham Rieng Sub-district, Kantharawichai District, Mahasarakham. A wireless network has been employed to transfer measured values of sensors to the Raspberry Pi board which is used as a main controller. For water pump control, the high/low water level has been measured by float switch sensors and sent to the main controller via the wireless network. This high/low level is used to inform the controller to start or stop the water pump when the water supply system is on operation according to the schedule. The experimental results showed that the user can evaluate the quality of water shown on screen. Besides, the developed system can start and stop the water pumps according to the given schedule correctly.

Keywords: Wireless Sensor Networks, Village Surface Water Supply System, Turbidity sensors, pH sensors

¹ อาจารย์, ²นิสิตปริญญาตรี, สาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์, ²นิสิตปริญญาโท, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Lecturer, ²Undergraduate student, Mechatronics Engineering, ³Graduate student, Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand

* Corresponding author: Kiattisin Kanjanawanishkul, Mechatronics Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand



บทนำ

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตและความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นมนุษย์ พืช หรือสัตว์ ต่างก็มีน้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญ น้ำสะอาดจึงมีความจำเป็นในการดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบัน น้ำสะอาด คือ น้ำที่ปราศจากเชื้อโรคต่างๆ เหมาะสมสำหรับมนุษย์ในการใช้อุปโภค บริโภค ดังนั้นการผลิตน้ำสะอาดจึงมีหลักการสำคัญ คือ ต้องให้มีความสะอาด ปลอดภัย ในแง่ของสุขภาพอนามัย, ต้องให้น้ำมีลักษณะน่าดื่ม น้ำใช้และการแบบระบบผลิตต้องให้ได้กรรมวิธีที่ประหยัดที่สุด ทั้งในด้านการก่อสร้าง และค่าใช้จ่ายในการดำเนิน ซึ่งน้ำสะอาดที่ใช้ในการอุปโภค บริโภคก็คือ น้ำประปานั้นเอง¹

ระบบประปาหมู่บ้านเป็นระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานที่มีความจำเป็นอย่างหนึ่งในชุมชนหรือองค์กรส่วนท้องถิ่น น้ำประปาที่ได้ต้องมีคุณภาพและมีปริมาณที่เพียงพอสำหรับการอุปโภคและบริโภคให้กับท้องถิ่น โดยทั่วไปการตรวจวัดคุณภาพน้ำประปาจะมี 4 ด้าน คือ ลักษณะทางกายภาพ, ลักษณะทางเคมี, ลักษณะทางสารเป็นพิษ (โลหะหนัก) และลักษณะทางจุลชีววิทยา ซึ่งด้านที่สำคัญเป็นพิเศษ คือ ลักษณะทางกายภาพ ประกอบด้วย สี, รส, กลิ่น, ความขุ่น และความเป็นกรด-ด่าง² อย่างไรก็ตาม ปัญหาจากการดำเนินงานส่วนใหญ่ของระบบประปาหมู่บ้านในปัจจุบัน คือ น้ำที่ผลิตได้จากระบบประปาไม่ได้มาตรฐานตามเกณฑ์ดัชนีที่บ่งชี้คุณภาพน้ำประปาเนื่องจากผู้ดูแลระบบไม่ได้รับการอบรมในการใช้งานเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ อีกทั้งผู้ดูแลไม่มีเวลาในการตรวจสอบระบบประปาอย่างสม่ำเสมอ

จากปัญหาดังกล่าว ทางผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะนำเซ็นเซอร์ (Sensor) เข้ามาเพื่อที่จะใช้ตรวจสอบดูแลระบบแทนมนุษย์เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกมากยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไป การส่งค่าที่ตรวจวัดได้จากเซ็นเซอร์นั้นจำเป็นต้องใช้สายไฟเพื่อเชื่อมต่อกันระหว่างเซ็นเซอร์กับตัวควบคุมหรือตัวแสดงผล ซึ่งบางครั้งอาจเกิดปัญหาต่างๆ เช่น ถ้าตัวส่งและตัวรับข้อมูลอยู่ไกลกันมาก การส่งข้อมูลโดยใช้แรงดันต่ำอาจทำให้ข้อมูลเกิดการสูญหายหรือสัญญาณรบกวนแทรก หากแก้ไขโดยการเพิ่มแรงดันให้สูงขึ้นก็อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตถ้าเกิดสายไฟชำรุด ถ้ามีจำนวนเซ็นเซอร์จำนวนมากก็จะทำให้การต่อสายไฟและการวางสายทำได้ยากซึ่งเราสามารถแก้ปัญหาข้อจำกัดของสายไฟได้โดยการเปลี่ยนการส่งข้อมูลโดยใช้คลื่นสัญญาณวิทยุส่งข้อมูลผ่านอากาศไปยังตัวรับข้อมูล โดยในที่นี้จะใช้การรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Networks, WSN) แบบ Zigbee

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย คือ การใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์เล็กๆ จำนวนมากเพื่อตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆ ของสิ่งแวดล้อมที่สนใจพร้อมทั้งประมวลผลข้อมูลเหล่านั้นและติดต่อสื่อสารกันแบบไร้สายเพื่อเก็บข้อมูล ปัจจุบันได้นำเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายมาใช้ในระบบประปา ได้แก่ Zabasta และคณะศึกษาเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ได้แก่ เซ็นเซอร์วัดแรงดันและเซ็นเซอร์การไหลของน้ำ สำหรับใช้ระบบเฝ้าระวังการตรวจจับการรั่วไหลของท่อประปาและการป้องกันการโจรกรรมน้ำที่ไปใช้ในเชิงเศรษฐกิจ³ Nasirudin และคณะ ทำการเก็บข้อมูลไปยังฐานข้อมูลผ่านระบบ GSM สำหรับแหล่งน้ำจืดแบบเรียลไทม์ เช่น แม่น้ำ ทะเลสาบ หรือพื้นที่ชุ่มน้ำ เพื่อวัดคุณภาพของน้ำจืด ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรดต่าง ความขุ่น และปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลาย⁴ Gouthaman และคณะ พัฒนาระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบเรียลไทม์เพื่อใช้ในการตรวจสอบ วิเคราะห์ และจำลองของระบบกระจายน้ำชุมชน⁵ Yue และ Ying ศึกษากระบวนการเฝ้าระวังในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำ ประกอบด้วยโหนดที่ติดตั้งกับระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย และสถานีฐาน ซึ่งโหนดได้รับพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ ภายในประกอบด้วยเซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรดต่าง ความขุ่น และปริมาณออกซิเจนที่ละลาย⁶ จะเห็นได้ว่าข้อดีที่ WSN เหมาะกับงานที่ต้องการตรวจวัดข้อมูลที่อยู่ค่อนข้างไกลระหว่างตัวเซ็นเซอร์กับตัวจัดเก็บข้อมูล และมีความยืดหยุ่น หากต้องการเปลี่ยนสถานที่ในการจัดเก็บข้อมูลก็ไม่จำเป็นต้องติดตั้งและเดินสายไฟใหม่ แต่ปัญหาของการใช้งาน WSN คือผู้ใช้จะต้องมีความรู้ด้านทฤษฎีของเซ็นเซอร์ ทฤษฎีของ WSN การรับส่งข้อมูล และการตั้งค่าต่างๆ ของอุปกรณ์ สำหรับโครงการวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการวัดคุณภาพน้ำประปาโดยจะวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าความขุ่นของน้ำทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพของน้ำดิบแล้ว ซึ่งจะมีประโยชน์ คือ ได้ทราบค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำดิบ และสามารถนำค่าความขุ่นที่ได้ไปกำหนดปริมาณสารละลายที่เติมเพื่อให้ใสได้ นอกจากนี้ ระบบควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องสูบน้ำอย่างอัตโนมัติแบบที่สามารถตั้งช่วงเวลาการทำงานได้สามารถนำมาใช้แทนคนในการเปิด-ปิดการทำงานได้

ระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน

เนื่องจากน้ำเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ดังนั้น น้ำที่นำมาใช้ในการอุปโภคและบริโภคของประชาชน ต้องผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำ เพื่อให้ผู้น้ำมีความปลอดภัย โดยทั่วไป กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนที่จะนำมาใช้ในการอุปโภคและบริโภคสำหรับประชาชนได้อย่างทั่วถึงและเพียงพอ นั้น จะอาศัยระบบผลิตน้ำประปา

ปัจจุบันระบบประปาหมู่บ้านมีการควบคุมดูแลโดยกรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีหน้าที่ในการลงพื้นที่สำรวจหมู่บ้านที่ยังไม่มีระบบประปาและดำเนินการจัดสร้าง พร้อมทั้งอบรมคณะกรรมการบริหารกิจการระบบประปาหมู่บ้านและผู้ดูแลระบบประปาหมู่บ้านเพื่อถ่ายทอดให้มีความรู้ ความเข้าใจ ในการควบคุมการผลิตและบำรุงรักษาระบบการผลิตประปา ตลอดจนการบริหารจัดการระบบประปาหมู่บ้าน เพื่อเตรียมถ่ายโอนให้หน่วยงานท้องถิ่นดำเนินการต่อไป

กระบวนการผลิตน้ำประปาผิวดิน มีขั้นตอนดังแสดงใน Figure 1

- การเติมสารเคมี: ก่อนที่น้ำดิบจากแหล่งน้ำจะไหลเข้าถังตกตะกอนจะมีการใส่สารเคมีลงไป ได้แก่ สารส้มหรือปูนขาว ในอัตราส่วนที่พอเหมาะกับความขุ่นของน้ำดิบในแต่ละฤดูกาล เพื่อช่วยในการตกตะกอน และปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง

- การตกตะกอน: เมื่อเติมสารเคมีแล้ว น้ำดิบจะไหลไปยังถังตกตะกอนโดยผ่านระบบการกวน เพื่อให้สารเคมีได้สัมผัสทำปฏิกิริยากับตะกอนความขุ่นที่อยู่ในน้ำจับเป็นก้อนแล้วค่อยๆ มีขนาดโตขึ้นตกลงสู่ก้นถัง เหลือแต่น้ำใสไหลไปยังถังกรองน้ำ ความขุ่นของน้ำที่ออกจากถังตกตะกอนไม่เกิน 7 NTU (Nephlo-metric Turbidity Units)

- การกรองน้ำ: เมื่อน้ำผ่านการตกตะกอนมาแล้ว จะไหลเข้ามายังถังกรองน้ำ โดยจะใช้ทรายกรองและกรวดกรองเพื่อกรองเอาตะกอนที่ละเอียดออกอีกครั้งหนึ่ง น้ำที่ผ่านการกรองแล้วจะใสมาก มีความขุ่นไม่เกิน 3 NTU (Nephlo-metric Turbidity Units) ถังกรองจะต้องมีการล้างหน้าทรายกรองอยู่เสมอ

- การฆ่าเชื้อโรค: น้ำที่กรองแล้ว เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีเชื้อโรคหลงเหลืออยู่จึงต้องมีการใส่สารคลอรีนฆ่าเชื้อโรค สารคลอรีนควบคุมง่ายสามารถฆ่าเชื้อโรคได้เกือบทุกชนิด และช่วยกำจัดกลิ่นสี โดยการใส่คลอรีนในน้ำให้ไหลไปตามเส้นทางเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจปะปนมาภายหลัง

- การสูบจากถังน้ำใสขึ้นหอถังสูง: น้ำสะอาดที่ผ่านการกรองแล้วเรียกว่า น้ำประปา จะถูกเก็บในถังน้ำใส และจะถูกสูบขึ้นหอถังสูงด้วยเครื่องสูบน้ำ เพื่อทำให้เกิดแรงดันน้ำในการจ่ายให้บริการไปตามท่อถึงบ้านประชาชนผ่านมาตรวัดน้ำ

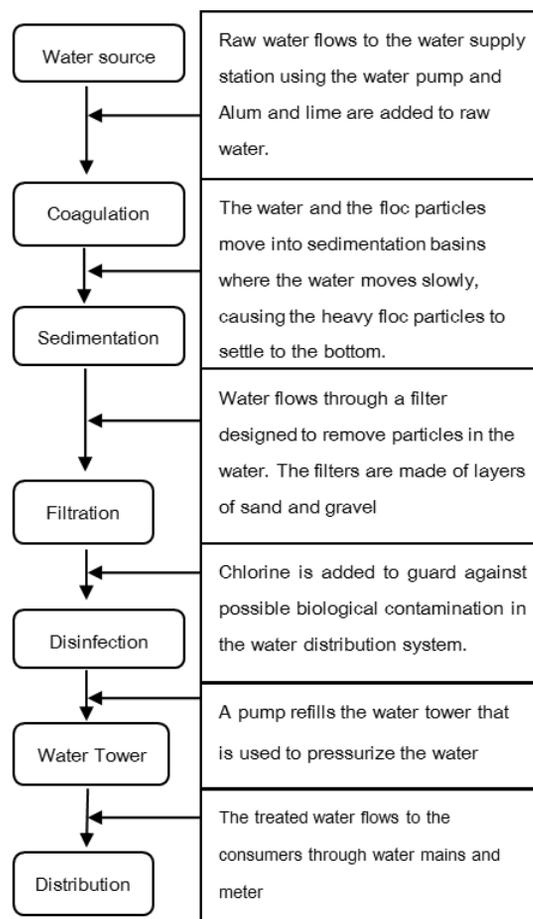


Figure 1 The water treatment process of the village surface water supply system

กรณีศึกษาในโครงการวิจัยนี้ คือ ระบบประปาหมู่บ้านบ้านดอนนา ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม ซึ่งจะใช้น้ำจากแหล่งน้ำกุดคำอิ่ง ดัง Figure 2 มาทำจัดสิ่งเจือปนต่างๆ โดยการเติมสารส้ม ดัง Figure 3 ซึ่งจะทำให้สารที่แขวนลอยอยู่ในน้ำตกตะกอนโดยผ่านระบบน้ำวน ดัง Figure 4 จากนั้น น้ำน้ำผ่านเข้าสู่ระบบทรายกรองและส่งไปยังถังน้ำใส ดัง Figure 5 แล้วสูบน้ำขึ้นถึงสูง ดัง Figure 6 ก่อนที่จะแจกจ่ายตามท่อให้กับบ้านเรือนในพื้นที่ต่อไป ส่วนตู้ควบคุมจะเป็น ดัง Figure 7



Figure 2 The water source used as a reservoir



Figure 5 The reservoir of treated water



Figure 3 Liquid aluminium sulfate (alum) is added to untreated water



Figure 6 The water tower



Figure 4 The water and the floc particles move into sedimentation basins where the water moves slowly, causing the heavy floc particles to settle to the bottom.

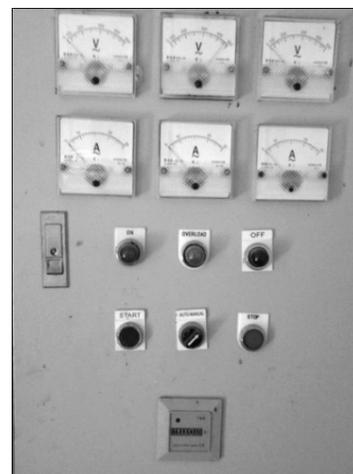


Figure 7 The water-pump control panel

วิธีการดำเนินงานวิจัย

เพื่อให้ได้ตัววัดประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ ระบบที่ถูกออกแบบนี้ จะประกอบด้วย 4 ส่วนหลักๆ ได้แก่ เซ็นเซอร์ โหนด (sensor node), เกตเวย์ (gateway), สถานีฐาน (base station) และ ตัวกระตุ้น (actuator) ดัง Figure 8 โดย เซ็นเซอร์ โหนดจะเป็นตัวที่ต่อเซ็นเซอร์เข้ากับเครือข่ายไร้สาย Zigbee ผ่านทางอุปกรณ์รับส่งข้อมูล Zigbee เพื่อที่จะส่งค่าแบบไร้สายไปยังเกตเวย์แล้วตัวเกตเวย์จะรับค่าแล้วส่งข้อมูลแบบอนุกรมไปยังสถานีฐาน โดยที่สถานีฐานจะมีตัวประมวลผลอยู่เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำ และแสดงผลจากค่าที่ได้จากตัวรับ โดยใช้ Zigbee module ในการรับส่งข้อมูล รายละเอียดของแต่ละส่วน เป็นดังนี้

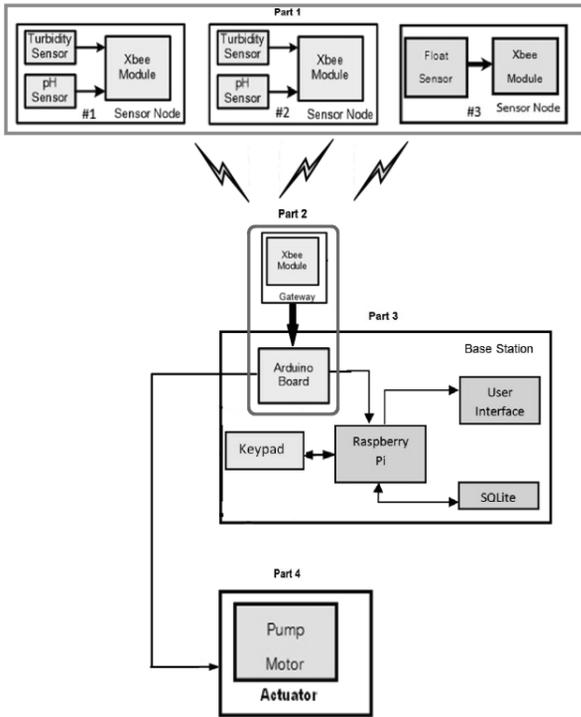


Figure 8 Block diagram of the wireless sensor networks for a village surface water supply system

- ส่วนที่ 1 เป็นชุดเซ็นเซอร์โหนด ซึ่งทำหน้าที่รับค่าจากเซ็นเซอร์ทั้งสามชนิด ที่ประกอบไปด้วย เซ็นเซอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) เซ็นเซอร์วัดความขุ่น (Turbidity) และ เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ (Float Switch Sensor) แต่เนื่องจาก เซ็นเซอร์วัดความขุ่นส่วนใหญ่ เป็นแบบที่ต้องใช้ในห้องปฏิบัติการหรือในสภาพแวดล้อมที่ถูควบคุมไม่สามารถนำไปติดตั้งไว้ในสถานที่ที่ต้องการตรวจวัดได้ ส่วนเครื่องมือวัดที่สามารถนำไปวัดที่สถานที่ได้นั้นจะมีราคาที่สูง ดังนั้น เซ็นเซอร์วัดความขุ่นจึงได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้น ดังวงจรใน Figure 9 ซึ่งประกอบด้วยตัวให้กำเนิดแสงแบบอินฟราเรด และตัวรับแสง

แบบอินฟราเรด โดยมีการวางตัวให้กำเนิดแสงและตัวรับแสงในตำแหน่งเดียวกันภายในกล่องเซ็นเซอร์ ถ้าหากความเข้มของแสงที่กระเจิงออกมาของน้ำกระทบตัวรับแสงแบบอินฟราเรด มีค่าสูง ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากตัวรับแสงแบบอินฟราเรด ก็จะมีค่าสูงตามด้วยเช่นกัน นั่นคือ น้ำนั้นจะมีความขุ่นมาก

เซ็นเซอร์ทั้งสามชนิดนี้ จะถูกเชื่อมต่อกับ Zigbee ซึ่ง จะทำการอ่านค่าระดับแรงดันไฟฟ้าเข้ามาแล้วแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นสัญญาณดิจิทัล (Analog to Digital Converter) เมื่อได้ค่าแล้วก็จะนำค่าที่ได้ส่งไปยังเกตเวย์ต่อไป ดัง Figure 10

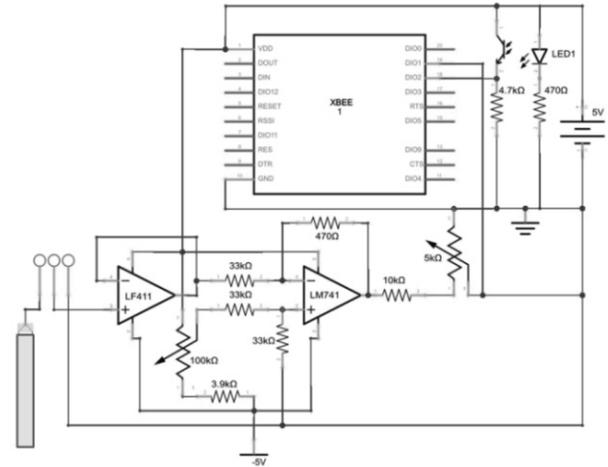


Figure 9 Circuit diagram of the turbidity sensor

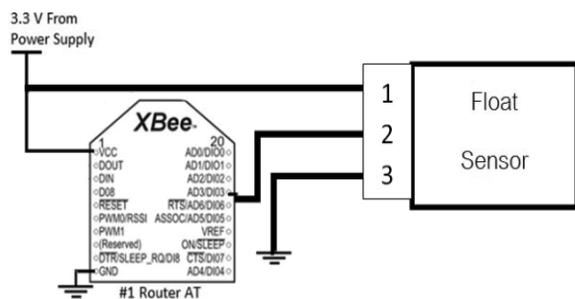
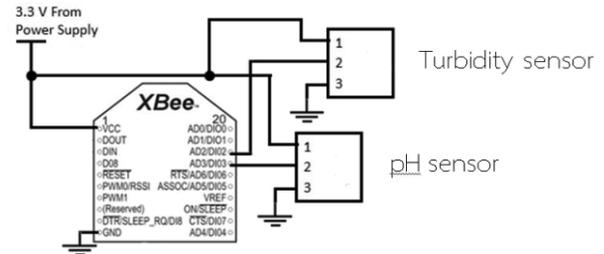


Figure 10 Circuit diagram of the sensor nodes

- ส่วนที่ 2 คือ เกตเวย์ ประกอบด้วย บอร์ด Arduino และ Zigbee ดัง Figure 11 โดยเกตเวย์ ทำหน้าที่รับข้อมูลจากชุดเซ็นเซอร์โหนด ผ่านทาง Zigbee มาแปลความหมายว่าเป็นค่าของเซ็นเซอร์จากโหนดใด และมีค่าเท่าใด หลังจากนั้น



ทำการส่งผลที่แปลความหมายแล้วไปยังบอร์ด Raspberry Pi ผ่านทางการสื่อสารแบบอนุกรม เพื่อประมวลผลต่อไป

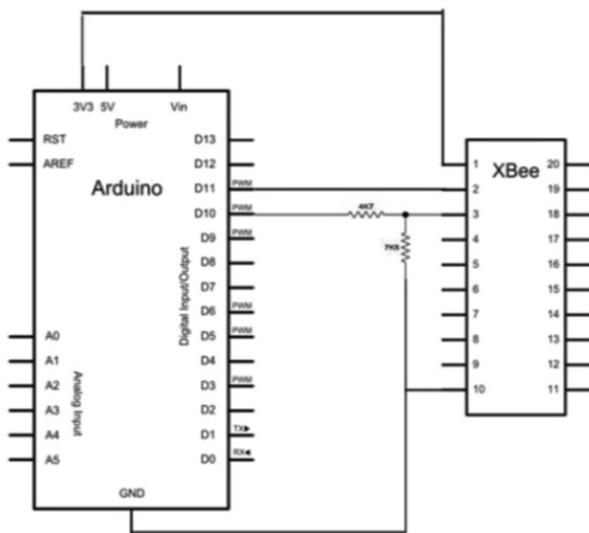


Figure 11 Circuit diagram of the gateway module

- ส่วนที่ 3 คือ สถานีฐาน ประกอบด้วยบอร์ด Raspberry Pi ซึ่งทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผล โดยรับข้อมูลจากเกตเวย์ แล้วนำข้อมูลที่ได้อมาแสดงผลในส่วนของ User interface module พร้อมทั้งทำการเก็บข้อมูลค่าเซ็นเซอร์ลงฐานข้อมูล SQLite นอกจากนี้ Raspberry Pi ยังเป็นส่วนที่รับค่าจากผู้ใช้ผ่านทาง Keypad เพื่อกำหนดเวลาเปิด-ปิดเครื่องสูบน้ำ โดยจะส่งสัญญาณควบคุมไปยังบอร์ด Arduino เพื่อเปิด-ปิดเครื่องสูบน้ำ ดังแสดง Figure 12

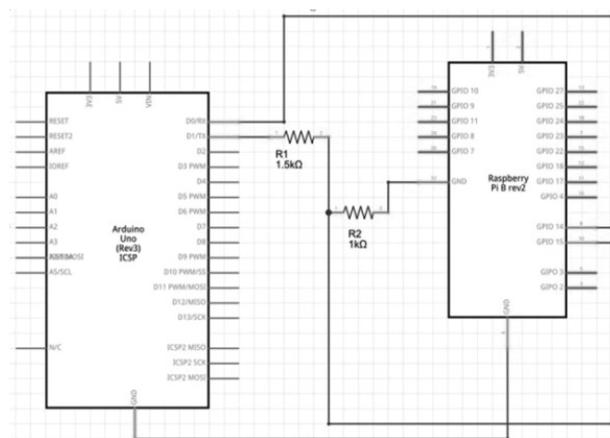


Figure 12 Circuit diagram of interface between the gateway and the base station

- ส่วนที่ 4 ตัวกระตุ้น ทำหน้าที่ควบคุมเครื่องสูบน้ำ ซึ่งเครื่องสูบน้ำนี้ ทำหน้าที่สูบน้ำจากถังน้ำไปยังห้องสูง การควบคุมการเปิด-ปิด นั้น จะใช้รีเลย์เป็นตัวเชื่อมต่อกับระบบควบคุมเดิม ดัง Figure 13 และ Figure 14

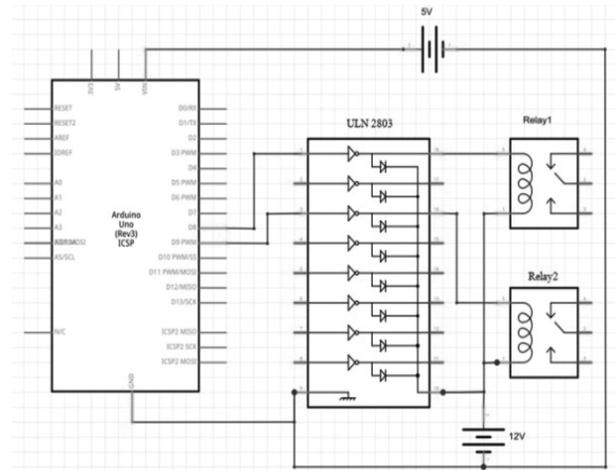


Figure 13 Control Circuit diagram of motor-pump control

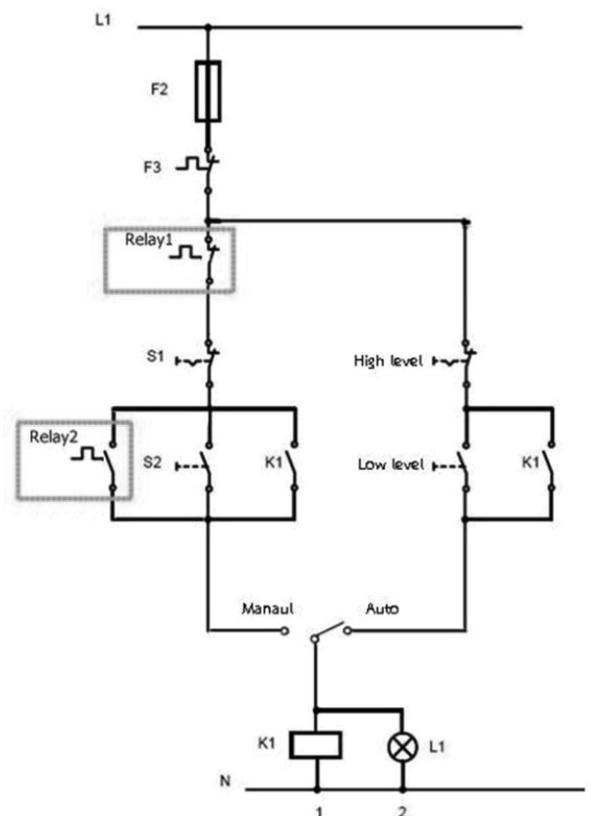


Figure 14 Power circuit diagram of motor-pump control

ผลการทดลอง

เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ได้พัฒนาขึ้นในโครงการวิจัยนี้ การทดลองสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนได้แก่

- การทดลองที่ 1 : การทดสอบความถูกต้องของเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้นและเซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยนำค่าของเซ็นเซอร์วัดความชื้นที่ได้จากการออกแบบมาทำการสอบเทียบ (Calibration) กับเครื่องวัด



มาตรฐาน ผลการทดสอบของเซ็นเซอร์ตรวจวัดความขุ่น จะได้ค่าดังแสดงใน Table 1 และ Table 2 แล้วนำผลที่ได้มาคำนวณหาความสัมพันธ์จะได้ตามสมการ (1) และ (2) สำหรับเซ็นเซอร์ตรวจวัดความขุ่นชุดก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพน้ำตามลำดับ

$$y = 0.0476x + 43.669 \quad (1)$$

โดยที่ x = ค่าความขุ่น (NTU)
 y = ค่า ADC ที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์

$$y = 0.057x + 43.20 \quad (2)$$

โดยที่ x = ค่าความขุ่น (NTU)
 y = ค่า ADC ที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์

Table 1 Turbidity value of water samples measured by the turbidity standard meter and the turbidity sensor #1

| Water Sample | Turbidity Standard Meter (NTU) | ADC value of Turbidity Sensor #1 |
|--------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 1.444 | 44.432 |
| 2 | 47.84 | 45.3 |
| 3 | 56.56 | 45.568 |
| 4 | 134.8 | 51.056 |
| 5 | 239 | 55.172 |
| 6 | 247 | 55.088 |

Table 2 Turbidity value of water samples measured by the turbidity standard meter and the turbidity sensor #2

| Water Sample | Turbidity Standard Meter (NTU) | ADC value of Turbidity Sensor #2 |
|--------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 1.444 | 26.236 |
| 2 | 47.84 | 28.936 |
| 3 | 56.56 | 30.7 |
| 4 | 134.8 | 35.792 |
| 5 | 239 | 40.144 |
| 6 | 247 | 40.268 |

จากความสัมพันธ์ที่ได้ข้างต้น เมื่อนำเซ็นเซอร์ตรวจวัดความขุ่นมาทำการทดสอบความถูกต้อง พบว่าได้ผลดัง Table 3 และ Table 4 สำหรับเซ็นเซอร์ตรวจวัดความขุ่นชุดก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ตามลำดับ

การทดสอบความถูกต้องของเซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่างชุดก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยนำค่าที่วัดเทียบกับเครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่างมาตรฐาน ผลการทดสอบแสดงใน Table 5 และ Table 6 ตามลำดับ

Table 3 Water samples tested on the turbidity sensor #1 compared to the turbidity standard meter

| Water Sample | Turbidity Meter (NTU) | Turbidity Value of our sensor (NTU) | %Error |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|--------|
| 1 | 22.6 | 27.05 | 19.69 |
| 2 | 89.3 | 72.5 | 18.81 |
| 3 | 229 | 208.86 | 8.79 |

Table 4 Water samples tested on the turbidity sensor #2 compared to the turbidity standard meter

| Water Sample | Turbidity Meter (NTU) | Turbidity Value of our sensor (NTU) | %Error |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|--------|
| 1 | 41.8 | 38.7 | 7.22 |
| 2 | 130 | 118.12 | 9.14 |
| 3 | 236 | 228 | 3.39 |

Table 5 Water samples tested on our pH Sensor #1 compared to the pH standard meter

| Water Sample | pH standard meter | pH Value of our sensor | %Error |
|--------------|-------------------|------------------------|--------|
| 1 | 4.78 | 4.99 | 4.32 |
| 2 | 6.06 | 6.31 | 4.12 |
| 3 | 7.74 | 7.57 | 2.28 |
| 4 | 8.45 | 8.44 | 0.08 |

Table 6 Water samples tested on our pH Sensor #2 compared to the pH standard meter

| Water Sample | pH standard meter | pH Value of our sensor | %Error |
|--------------|-------------------|------------------------|--------|
| 1 | 4.78 | 5.01 | 4.81 |
| 2 | 6.06 | 6.44 | 6.27 |
| 3 | 7.74 | 7.87 | 1.68 |
| 4 | 8.45 | 8.42 | 0.36 |

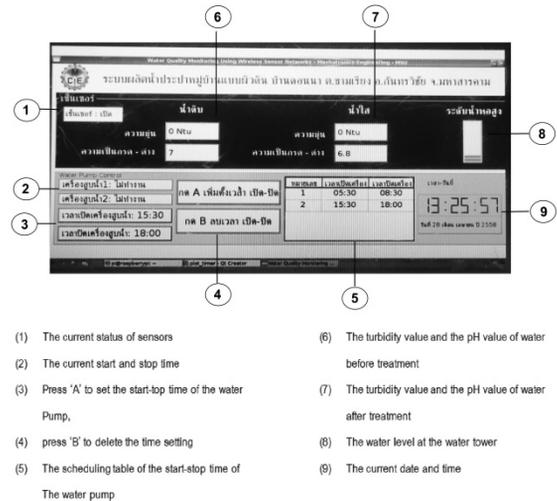
- การทดลองที่ 2: การทดสอบระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย โดยนำเซ็นเซอร์ทั้งสามไปติดตั้งยังระบบประปาหมู่บ้านบ้านดอนนา ดัง Figure 15 และ Figure 16 จากการทดสอบพบว่า ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ทั้งสามสามารถส่งมายังตัวควบคุมได้อย่างถูกต้องและถูกแสดงผลบนหน้าจอ ดัง Figure 17 ข้อมูลที่ได้นี้ ยังถูกจัดเก็บลงในฐานข้อมูลเพื่อสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำได้ในอนาคตอีกด้วย



Figure 15 The base station (main controller) installed in the water supply control room



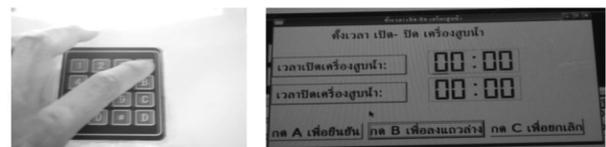
Figure 16 The sensor nodes installed at the Ban Donna water supply station



- (1) The current status of sensors
- (2) The current start and stop time
- (3) Press 'A' to set the start-stop time of the water Pump,
- (4) press 'B' to delete the time setting
- (5) The scheduling table of the start-stop time of The water pump
- (6) The turbidity value and the pH value of water before treatment
- (7) The turbidity value and the pH value of water after treatment
- (8) The water level at the water tower
- (9) The current date and time

Figure 17 The graphical user interface

- การทดลองที่ 3: การเปิด-ปิดการทำงานของเครื่องสูบน้ำอัตโนมัติตามเวลาที่กำหนดไว้ ผู้ใช้สามารถตั้งเวลาในการทำงานของเครื่องสูบน้ำได้ดัง Figure 18 เครื่องสูบน้ำจะเริ่มทำงาน เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้ และ จะหยุดทำงาน เมื่อระดับน้ำบนหอถังสูงเต็ม หรือ ถึงเวลาที่กำหนดในการหยุดการทำงานของเครื่องสูบน้ำ วงจรในการทำงานแสดงใน Figure 19



ภาพประกอบ 4.4 กด A (รูปซ้าย) เพื่อเรียกหน้าตั้งเวลาเพิ่ม (รูปขวา) ขึ้นมา

Figure 18 The sensor nodes installed at the Ban Donna water supply station



Figure 19 The control devices of the motor-pump control



สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ระบบประปาหมู่บ้าน เป็นสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานที่สำคัญอย่างยิ่ง ต่อการดำเนินชีวิตสำหรับชุมชนในระดับท้องถิ่น เพื่อสุขภาพการดำรงชีวิตที่ดี น้ำที่ใช้จึงจำเป็นต้องมีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด

ในโครงการวิจัยนี้ ได้ทำการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความชื้นและเซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ผลการทดลองพบว่า ค่าที่ได้วัดสามารถนำมาแสดงผลบนหน้าจอผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย Zigbee ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะทำให้ผู้ดูแลสามารถประเมินคุณภาพของน้ำก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพได้ แต่ในส่วนของค่าความชื้นของน้ำที่วัดได้นั้น ยังมีความคลาดเคลื่อน(error) อยู่พอสมควร อาจเนื่องมาจากคุณภาพของวัสดุและอุปกรณ์ที่นำมาสร้างเป็นเซ็นเซอร์ ประกอบกับในส่วนของสัญญาณ output ที่ได้จากเซ็นเซอร์ยังไม่ได้ผ่านวงจรปรับสภาพสัญญาณ

ในส่วนของการควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องสูบน้ำ ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำได้ตามที่ผู้ใช้ตั้งเวลาไว้ได้ ทำให้สามารถลดภาระงานของผู้ดูแลได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ คุณศาสตราจารย์สมบัติ ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน และ คุณนิคม วรณภักดิ์ ผู้ดูแลระบบประปาหมู่บ้าน บ้านดอนนา ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดสอบและให้คำปรึกษาทางด้านระบบประปาหมู่บ้าน และ โครงการวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนการวิจัยวิศวกรรมศาสตรบริการงบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2558 คณะวิศวกรรมศาสตรมหาวิทาลัยมหาสารคาม ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

1. เนตรชนก จันทร์สว่าง และคณะ. "การศึกษาคุณภาพน้ำประปาและน้ำกรองสถาบันราชภัฏมหาสารคาม" วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาระดับบัณฑิต. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม; 2540.
2. การประปาส่วนภูมิภาค. "มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค". สืบค้นเมื่อ 9 มิถุนายน 2558; ได้จาก: <http://www.pwa.co.th/download/pwa-standard50-1.pdf>.
3. Zabasta A, Kondratjevs K, Kunicina N, Ribickis L. Wireless Sensor Networks Based Control System

Development for Water Supply Infrastructure. IEEE Int. Symposium on Wireless Systems within the Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems 2014;2:42-47.

4. Nasirudin MA, Za'bah UN, Sidek O. Fresh water real-time monitoring system based on Wireless Sensor Network and GSM. IEEE Conf. on Open Systems (ICOS) 2011;2:354-357.
5. Gouthaman J, Bharathwajanprabhu R, Srikanth A. Automated urban drinking water supply control and water theft identification system. Proceeding of IEEE Students' Technology Symposium 2011;2:1-5.
6. Ruan Y, Ting Y. A water quality monitoring system based on wireless sensor network & solar power supply. Proceedings of the Int. Conf. on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems 2011;1:126-129.