

การวัดและควบคุมค่า pH ของน้ำด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Measuring and Controlling the pH of Water by the Internet of Things

สิริวิช ทัดสวน และ ประสิทธิ์ สุขเสริม*

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

ถนนเพชรเกษม เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

E-mail: siriwicht@sau.ac.th; prasits@sau.ac.th

Siriwich Tadsuan and Prasit Sukserm*

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Southeast Asia University,

Phetkasem Rd., Nong Khaem, Bangkok 10160, Thailand

E-mail: siriwicht@sau.ac.th; prasits@sau.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบควบคุมค่า pH ของน้ำด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อช่วยลดความยุ่งยาก และเพิ่มความสะดวกในการควบคุมค่า pH ของน้ำที่จะใช้งานด้านการเกษตร โดยมีขั้นตอนการทำงานคือใช้ตัวรับรู้ค่า pH ส่งสัญญาณให้กับ Node MCU ESP8266 ที่มีโมดูลไร้สายขนาดคลื่นความถี่ 2.4 GHz เป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงานรวมถึงติดต่อกับคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ของเน็ตพาย การควบคุมค่า pH ของน้ำสามารถควบคุมได้ทั้งผ่านงานสนามหรือรีโมททางไกลโดยใช้สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต หรือคอมพิวเตอร์ ในกรณีที่ค่า pH มีค่าต่ำกว่าหรือสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ ตัวประมวลผลจะทำการสั่งให้มอเตอร์ปล่อยสารที่เป็นกรดหรือสารที่เป็นด่างเพื่อปรับให้ค่า pH ให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ จากนั้นน้ำที่มีการปรับค่า pH แล้วจะถูกปล่อยไปใช้งาน ผลการทดสอบเครื่องดังกล่าว สามารถทำงานได้ทั้งสองโหมดคือ โหมดเลือกปลาใช้เวลา 16.38 นาที ในการปรับค่าสภาพน้ำที่เป็นกรด ($pH = 5.39$) ให้ pH มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 6.58 และใช้เวลา 14.29 นาที ในการปรับค่าสภาพน้ำที่เป็นด่าง ($pH = 9.80$) ให้ pH มีค่าลดลงเป็น 8.46 ส่วนโหมดเลือกผักใช้เวลา 18.02 นาที ในการปรับค่าสภาพน้ำที่เป็นกรด ($pH = 4.78$) ให้ pH มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 5.63 และใช้เวลา 18.33 นาที ในการปรับค่าสภาพน้ำที่เป็นด่าง ($pH = 8.32$) ให้ pH มีค่าลดลงเป็น 6.85

คำสำคัญ: ตัวรับรู้ พีเอช; อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง; โหนด เอ็มซียู อีเอสพี 8266; เน็ตพาย

Abstract

This paper presents the development of the system for pH control by the Internet of Things (IoT) to reduce difficulties in and enhance the convenience of the control of the pH of water used in agriculture. The system is operated by using a pH sensor that transmits signals to Node MCU ESP8266 with a 2.4 GHz Wi-Fi module, which is used as a processor and a controller, as well as connecting with the cloud server of the NETPIE platform. pH control can be performed on site or by remote control using a smartphone, a tablet, or a computer. In the case that the pH value of water is higher or lower than a predetermined value, the processor activates the motor to release acid or alkaline substances in order to adjust the pH value of water to fall within a preferred range, and then such adjusted water is released for use. The test results of the above-mentioned system revealed that it was effective in two modes, namely the fish selection mode in which it took 16.38 minutes to increase the pH of acidic water (pH = 5.39) up to 6.58 and it took 14.29 minutes to decrease the pH of alkaline water (pH = 9.80) down to 8.46, and the vegetable selection mode in which it took 18.02 minutes to increase the pH of acidic water (pH = 4.78) up to 5.63 and it took 18.33 minutes to decrease the pH of alkaline water (pH = 8.32) down to 6.85.

Keywords: pH sensor; Internet of Things; Node MCU ESP8266; NETPIE

1. บทนำ

น้ำเป็นปัจจัยหลักในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลก น้ำที่มีคุณภาพจะส่งผลดีในการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต แต่ถ้าน้ำที่มีคุณภาพต่ำไปใช้อาจส่งผลถึงชีวิตได้ ค่า pH ของน้ำก็เป็นตัวแปรหนึ่งที่สำคัญกับการเจริญเติบโตของทั้งพืชและสัตว์ Li and Wei [1] ได้นำเสนอตัวรับรู้ pH อัจฉริยะที่ใช้กับการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ได้พิจารณาถึงความสัมพันธ์ของค่า pH กับอุณหภูมิ โดยการนำตัวรับรู้ pH (HG990pH) และตัวรับรู้อุณหภูมิ (DS18B20) ต่อร่วมกับวงจรสร้างสัญญาณ โดยใช้ไอซีขยายสัญญาณเบอร์ TLC27L4 มีแรงดันขาออกเป็นสัญญาณแอนะล็อก จากนั้นนำสัญญาณดังกล่าวเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยวงจรแปลงผันสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล เพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ประสิทธิภาพสูง เบอร์ MSP430F149 และใช้ IC เบอร์ SN75LBC184 ในการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับโครงข่ายด้วยการสื่อสารแบบอาร์เอส 232/อาร์เอส 485 ผลการทดสอบกับค่า pH ต่าง ๆ เห็นได้ว่าเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ จาก 0-40°C ส่งผลทำให้ค่า pH ลดลง Manjarrés et al. [2] นำเสนอการเฝ้าระวังแหล่งน้ำ โดยมีการแสดงผลลัพธ์ของการตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง ได้มีการกำหนดโหนด 3 ตำแหน่ง เพื่อติดตั้งตัวรับรู้ pH โดยที่แต่ละโหนดจะส่งข้อมูลค่า pH ที่วัดได้ไปยังโหนดมาสเตอร์ ซึ่งมีการสื่อสารแบบไร้สายที่ระยะ 300 เมตร โดยไม่มีสิ่งกีดขวาง ผลที่ได้ของการวัดค่า pH ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 1% ค่าการทำซ้ำมีค่าสูง และเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดค่า pH เชิงพาณิชย์ ความแตกต่างใน

การวัดต่ำกว่า 5% เป็นผลให้ความแม่นยำเพียงพอสำหรับการใช้งาน และการวัดยังให้ค่าความเสถียรสูงในช่วง 3 ชั่วโมงของการวัดต่อเนื่อง Soc [3] ศึกษาการตรวจสอบคุณภาพน้ำในลำธารและทะเลสาบ โดยวัดค่า pH ต่าง ๆ ของของเหลวและวัดค่าความขุ่นของของเหลว โดยการใช้ตัวรับรู้ค่า pH และค่าความขุ่นของน้ำต่อรวมกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 16F887 ใช้จอ LCD 16 x 2 ในการแสดงผล ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าในน้ำบริสุทธิ์มีค่า pH 5.5-6.9 ส่วนน้ำเค็มมีค่า pH 9-10 Vinodha et al. [4] สร้างแบบจำลองเพื่อเลียนแบบสภาพท้องทะเลลึกในห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้สำหรับการศึกษาจุลินทรีย์ในทะเลลึกและการควบคุมกระบวนการปรับค่า pH ของน้ำทะเล การออกแบบติดตั้งตัวรับรู้ pH น้ำ เพื่อวัดความเป็นกรด-ด่างของน้ำทะเล ใช้ตัวรับรู้แบบ PT100 เพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำทะเล ติดตั้งตัวรับรู้ความดันของน้ำทะเล ออกแบบถังเติมสารกรดและสารเติมสารด่างแบบระบบปิดที่มีปั๊ม น้ำ ทำหน้าที่ดูดและอัดน้ำทะเลที่ความดันสูงให้มีการหมุนเวียนภายในระบบ การเติมสารกรด-ด่างปริมาณมากหรือน้อยจะถูกควบคุมด้วยปั๊มเติมสารขนาดเล็กที่ใช้เทคนิคการควบคุมต่าง ๆ ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการควบคุมแบบจินตคณิตออลกอริทึม-พีไอ (GA-PI) และฟัซซีลอจิก (FLC) ให้ผลการติดตามเข้าหาค่าจุดที่กำหนดอย่างรวดเร็วและมีค่าความผิดพลาดขั้นต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุมพีไอ ที่ปรับค่าต่าง ๆ Preetham et al. [5] ศึกษากระบวนการติดตามและควบคุมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยใช้วิธีการ IoT โดยมีจุดประสงค์เพื่อติดตามคุณภาพน้ำ ซึ่งได้ออกแบบใช้ตัวรับรู้ต่าง ๆ เช่น ตัวรับรู้ pH ตัวรับรู้ความขุ่นน้ำ ตัวรับรู้ระดับน้ำ ตัวรับรู้อุณหภูมิ ข้อมูลที่ตรวจวัดได้จะส่งผ่านคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ไปยังสมาร์ตโฟนของเกษตรกร ส่วนตัวควบคุมและประมวลผลใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) การทำงานของมอเตอร์ปั๊มน้ำจะใช้ปุ่ม Widget แบบสวิทช์ที่ออกแบบอยู่บนสมาร์ตโฟนเป็นตัวเปิด/ปิด Lumchanao [6] นำเสนอระบบการวัดค่า pH เพื่อสร้างระบบป้องกันการเน่าเสียของน้ำสำหรับการเลี้ยงปลาในบ่อซีเมนต์ การออกแบบได้ใช้ตัวรับรู้ pH น้ำ ต่อรวมกับ Node MCU ESP8266 ที่มีการสื่อสารไร้สายความถี่ 2.4 GHz ค่า pH ที่วัดได้จะถูกบันทึกไว้ในคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ของ NETPIE ผลการวิจัยช่วงวันที่ 1-15 ค่า pH อยู่ในช่วง 6.002-8.489 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตของปลาน้ำจืด และในวันที่ 16 -19 ค่ากรดเพิ่มขึ้นมีค่า pH อยู่ในช่วง 5.381-5.964 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปกติทำให้ส่งผลเสียกับการดำรงชีวิตกับปลาน้ำจืดได้

จากงานวิจัยที่สืบค้นมาเห็นได้ว่าเป็นการแสดงผลค่า pH ได้เฉพาะที่เครื่องควบคุมที่อยู่หน้างาน มีเฉพาะงานวิจัยที่มีการสื่อสารแบบไร้สายที่ระยะไม่เกิน 300 เมตร เท่านั้น [2] และงานวิจัยที่แสดงค่า pH ด้วยการใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งโดยใช้คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ของ NETPIE แต่ไม่สามารถทำการปรับค่า pH ของน้ำได้ [6] และยังมีการเลือกใช้คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ของ NETPIE ในการทำดันแบบฟาร์มเห็ดหลินจือที่ชาญฉลาดในประเทศไทยอีกด้วย [7] ด้วยเหตุดังกล่าวจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ โดยมีการพัฒนาเครื่องปรับค่า pH ของน้ำด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่ใช้คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ของ NETPIE ช่วยปรับสภาพค่า pH ของน้ำอย่างอัตโนมัติ สามารถควบคุมและแสดงสถานะการทำงานแบบเวลาจริงที่หน้างานสนามและยังสามารถリモートทางไกลได้

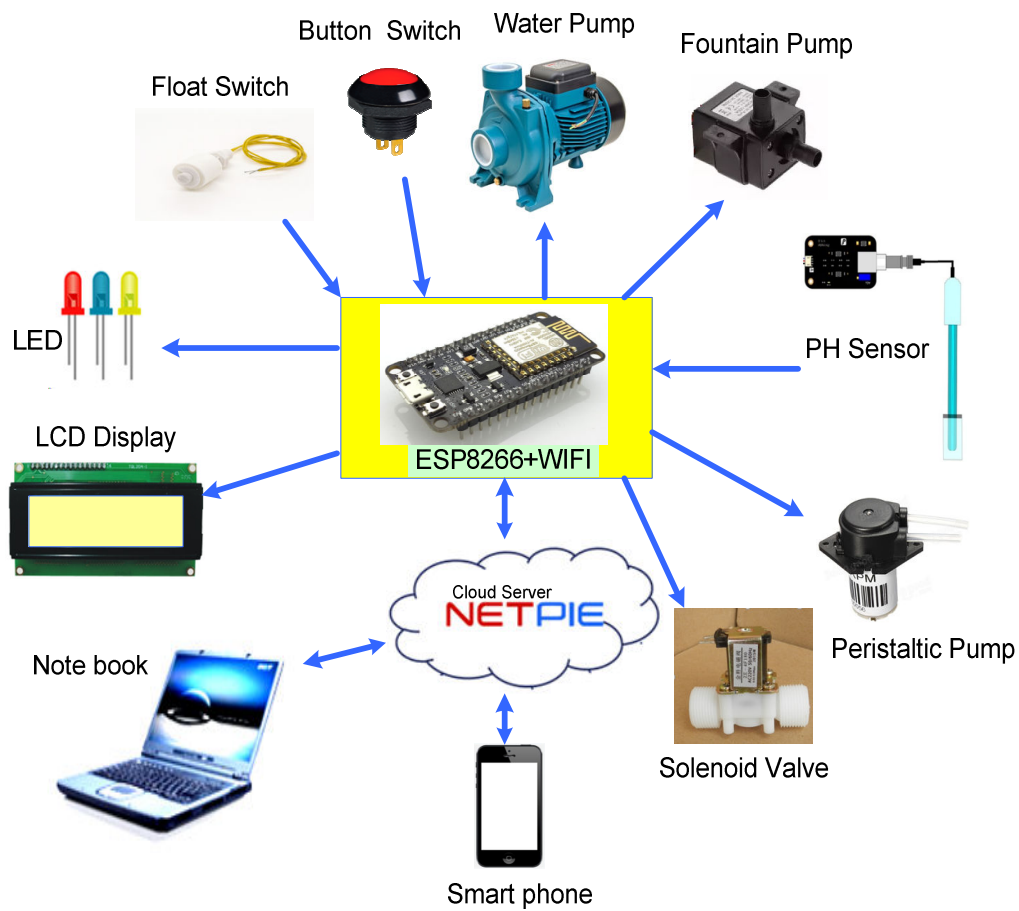
2. การดำเนินงานวิจัย

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับค่า pH

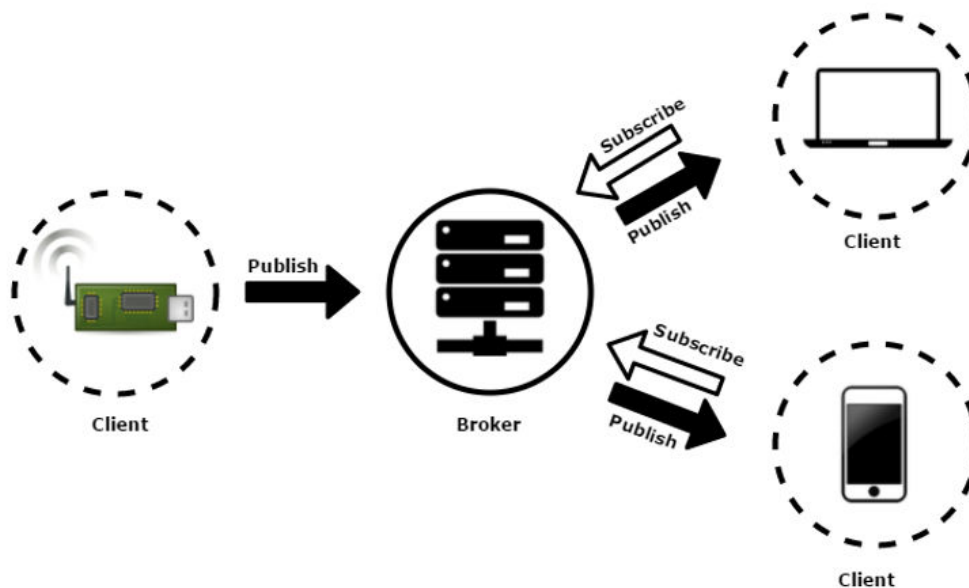
การศึกษาผลกระทบกับพืชและสัตว์เมื่อค่า pH เปลี่ยนแปลง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ค่า pH สำหรับการปลูกพืช [8] ค่า pH ในความหมายของการปลูกพืชไร่ดิน จะมีช่วงการวัดอยู่ที่ 1-14 โดยจะนับค่าที่ 7 เป็นกลาง กล่าวคือ หากวัดค่าได้ต่ำกว่า 7 แสดงว่าของเหลวนั้นเป็นกรด หากวัดได้สูงกว่า 7 ขึ้นไปแสดงว่าเป็นเบส โดยปกติค่า pH ที่ใช้ในการปลูกพืชจะมีค่าอยู่ในช่วง 5.5-6.5 แต่ค่าที่ดีที่สุดต่อการละลายตัวของธาตุอาหารพืชจะอยู่ที่ 5.8-6.3 การลดค่า pH นิยมใช้กรดไนตริก (Nitric Acid) มีสูตรทางเคมี คือ HNO_3 ซึ่งกรดชนิดนี้เมื่อผสมกับน้ำจะแตกตัวเป็นอนุมูลย่อย เป็นไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืช และกรดที่นิยมใช้อีกชนิดหนึ่งคือ กรดฟอสฟอริก (Phosphoric Acid) มีสูตรทางเคมี คือ H_3PO_4 ซึ่งกรดชนิดนี้เมื่อผสมกับน้ำจะแตกตัวเป็นอนุมูลย่อย เป็นฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืชเช่นกัน การใช้กรดทั้งสองชนิดนี้จึงมีผลพลอยได้จากการปรับลดค่า pH แล้วยังได้ธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้นมาในระบบอีกด้วย การเพิ่มค่า pH นิยมใช้โพแทสเซียมคาร์บอเนต (Potassium Carbonate) หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide) ซึ่งสารเคมีทั้ง 2 ชนิดนี้เมื่อผสมกับน้ำจะแตกตัวเป็นอนุมูลย่อยได้โพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืชเช่นกัน ค่า pH ช่วงต่างๆ มีผลต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ [9] ดังนี้ 1) pH 4.0 ปลาตายได้หรือปลาไม่สืบพันธุ์, 2) pH 5.0 - 6.5 ปลาไม่สืบพันธุ์, 3) pH 6.0 ปลาโตช้า, 4) pH 6.5 - 9.0 เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, 5) pH 9.0 - 11.0 ปลาโตช้า ปลาไม่สืบพันธุ์ และ 6) pH 11 ปลาตายได้

2.2 การออกแบบ

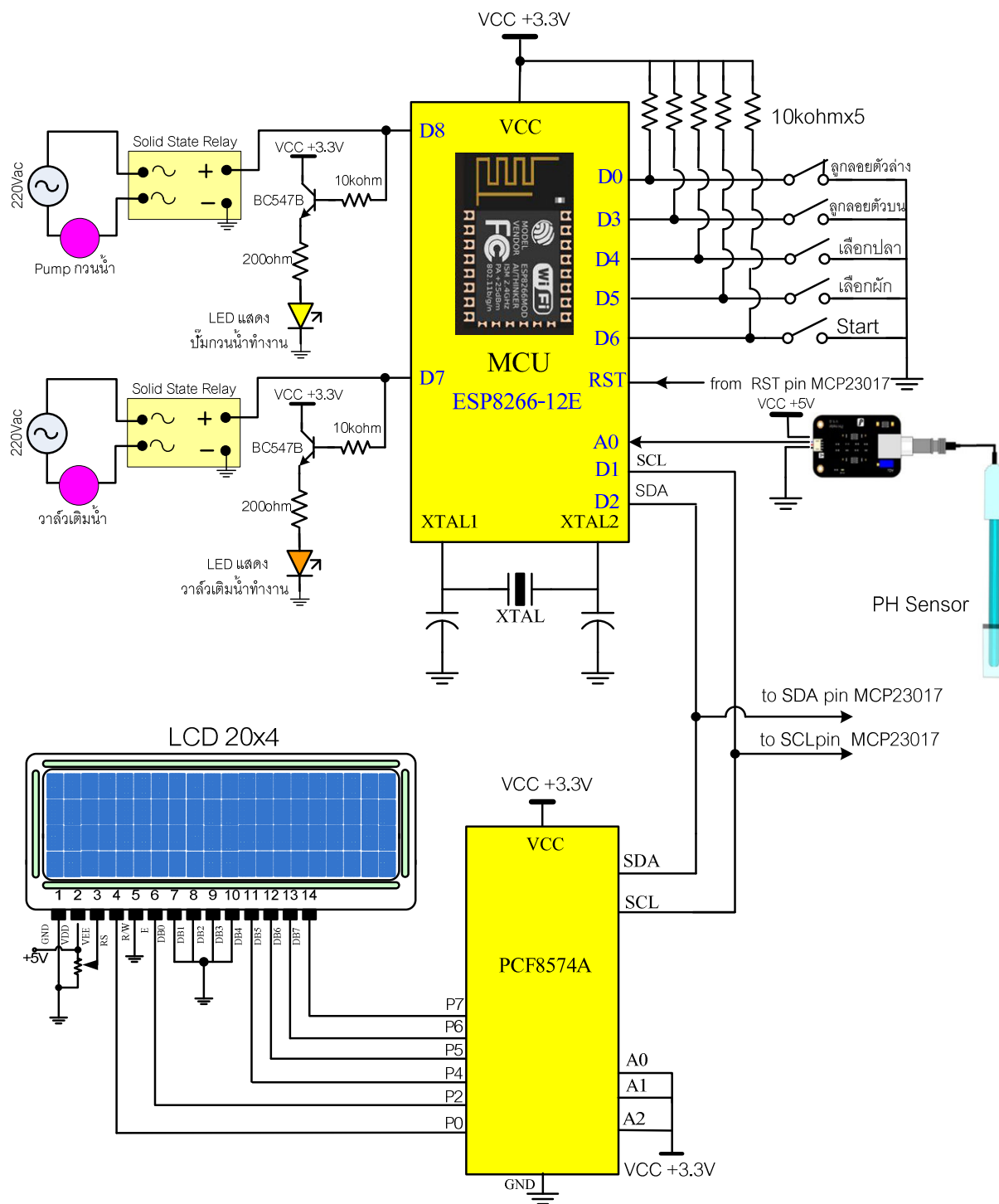
รูปที่ 1 เป็นโครงสร้างการทำงานของเครื่องปรับค่า pH ของน้ำด้วยอินเทอร์เนตของสรรพสิ่งใช้ตัวรับรู้ pH น้ำ [10-12] และใช้สวิทช์แบบลูกลอยเป็นตัวรับรู้ระดับน้ำ โดยได้ติดตั้งลูกลอยบริเวณด้านบนและด้านล่างของถังน้ำที่มีขนาดความจุ 50 ลิตร ใช้ Node MCU ESP8266 V2 [13] ที่มีโมดูลไร้สายขนาดคลื่นความถี่ 2.4 GHz เป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงานรวมถึงติดต่อกับคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ของเน็ตพาย [14] โดยที่ NETPIE จะมี MQ TELEMETRY TRANSPORT (MQTT) เป็นโพรโทคอลสื่อสารชั้นแอปพลิเคชันที่ถูกนำมาใช้แพร่หลายในการสื่อสารแบบ M2M หรือ IoT เพราะเหมาะสมกับอุปกรณ์ปลายทางที่มีขนาดเล็ก/พลังงานจำกัด หรือในการสื่อสารระยะไกลที่ต้องการใช้งานแบนด์วิดธ์อย่างมีประสิทธิภาพ โมเดลการสื่อสารของโพรโทคอลแสดงดังรูปที่ 2 ประกอบด้วย 2 ส่วน คือไคลเอนต์และโพรเซสเซอร์เป็นจุดศูนย์กลางในการรับส่งข้อความระหว่างไคลเอนต์ ส่วนรูปที่ 3 เป็นวงจร Node MCU ESP8266 และรูปที่ 4 เป็นวงจรขยายพอร์ท IC เบอร์ MCP23017 สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องดังกล่าว จากรูปที่ 5 เป็นแผนผังการทำงานของเครื่อง ซึ่งนำไปสู่การออกแบบโค้ดโปรแกรมด้วยซอฟต์แวร์โปรแกรม Arduino IDE [14-15] และการใช้งาน Widget ต่างๆ บน Dash board ของแพลตฟอร์ม NETPIE [16-17]



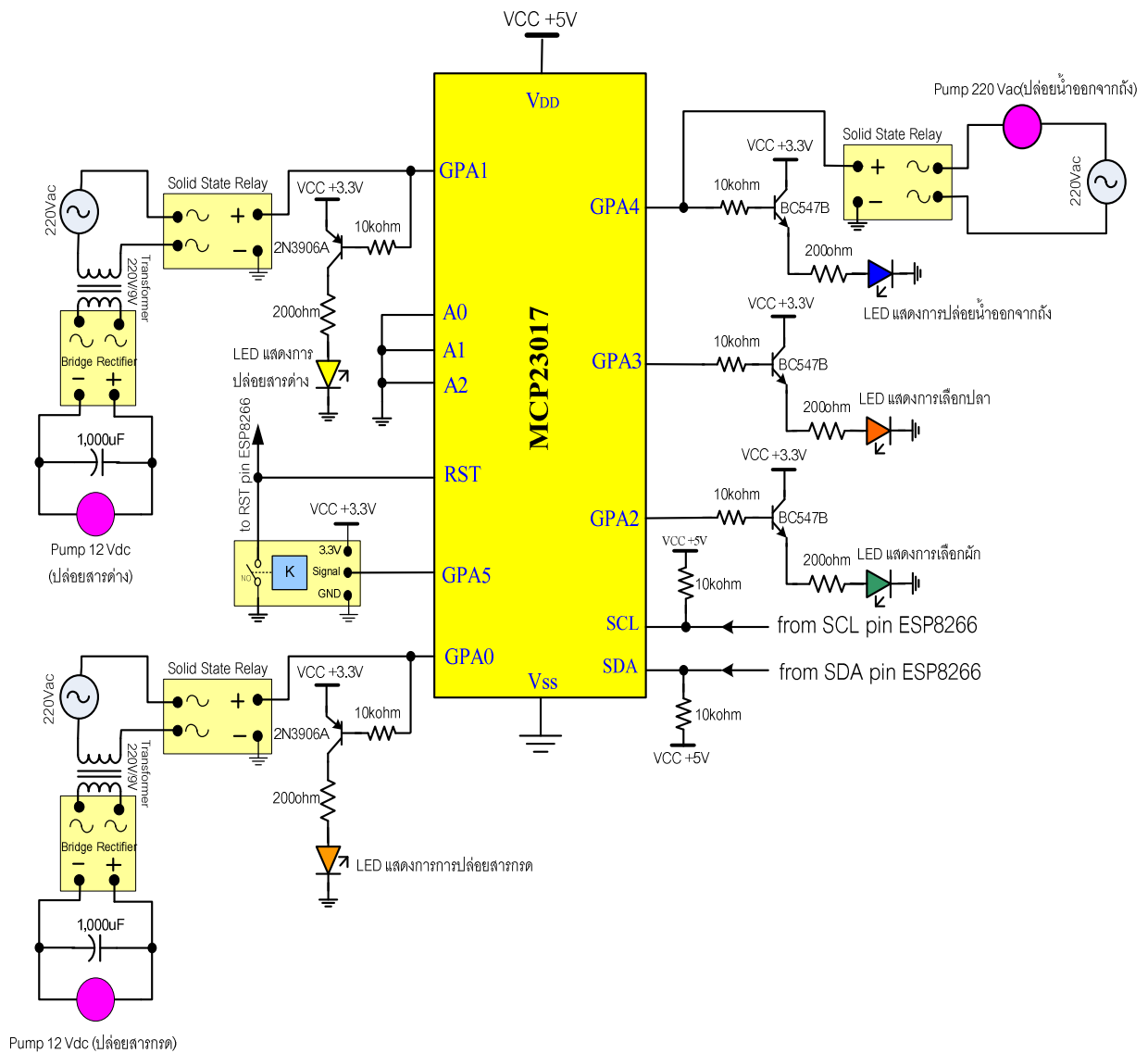
รูปที่ 1 โครงสร้างการทำงานของเครื่องปรับค่า pH ของน้ำด้วยอินเทอร์เนตของสรรพสิ่ง



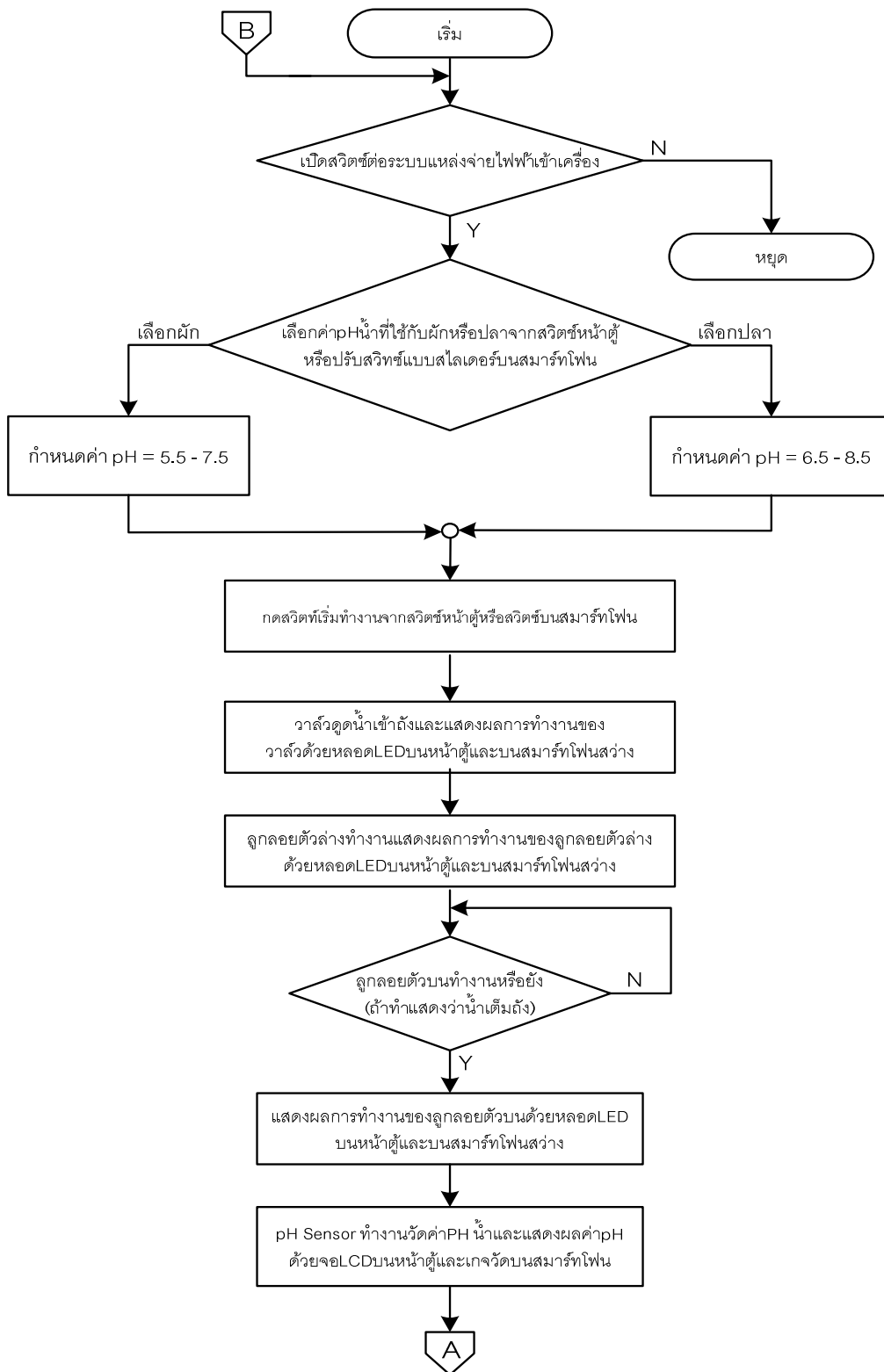
รูปที่ 2 โมเดลการสื่อสารของโปรโตคอล MQTT ของ NETPIE [14]



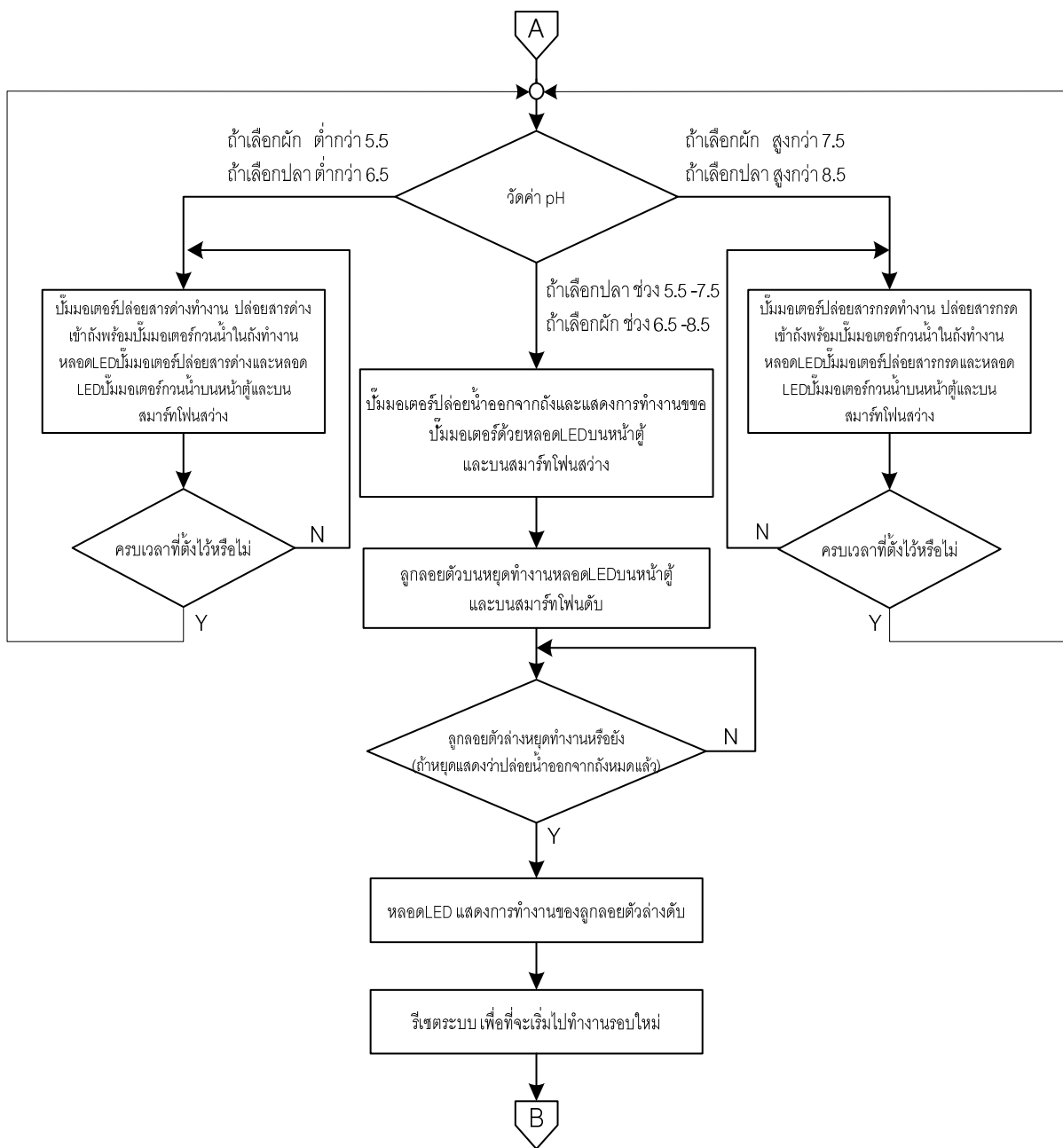
รูปที่ 3 วงจร Node MCU ESP8266 ของเครื่องปรับค่า pH ของน้ำด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง



รูปที่ 4 วงจรขยายพอร์ท IC เบอร์ MCP23017 ของเครื่องปรับค่า pH ของน้ำด้วยอินเทอร์เนตของสรรพสิ่ง

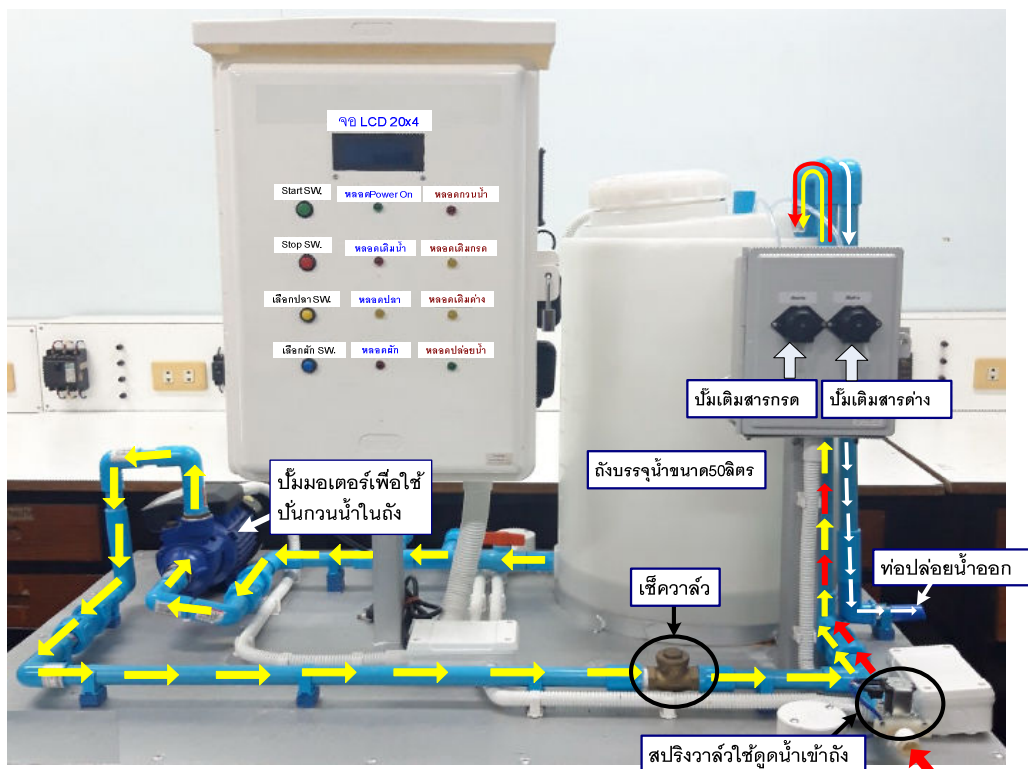


รูปที่ 5 ผังงานการทำงานของซอฟต์แวร์ที่ออกแบบ

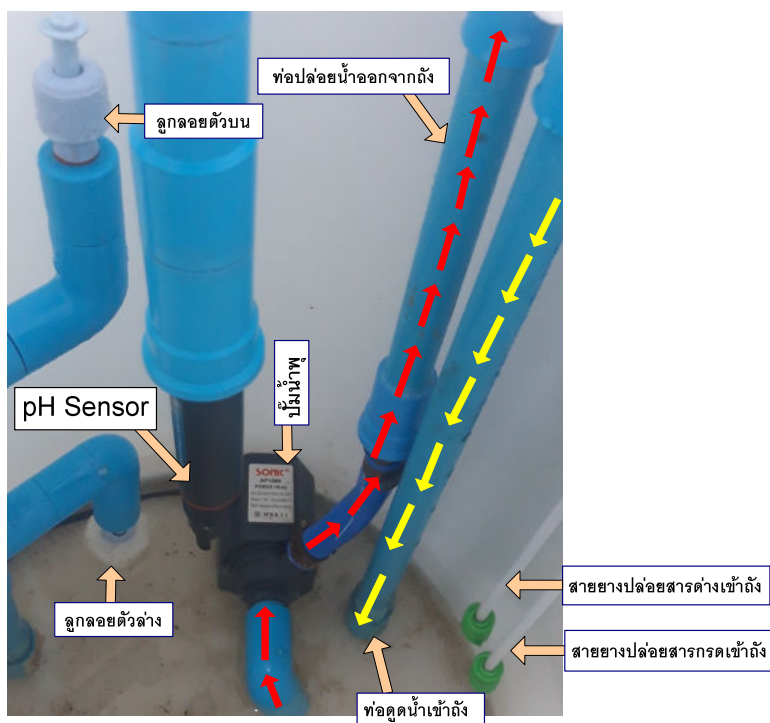


รูปที่ 5 ฟังก์ชันการทำงานของซอฟต์แวร์ที่ออกแบบ (ต่อ)

จากรูปที่ 6 และรูปที่ 7 เป็นโครงสร้างเครื่องปรับค่า pH ดังกล่าว สามารถควบคุมการทำงานได้ที่ผู้ควบคุม
ที่ติดตั้งบริเวณหน้างานสนามหรือสามารถรีโมททางไกลโดยใช้สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต หรือคอมพิวเตอร์



รูปที่ 6 โครงสร้างเครื่องปรับค่า pH ของน้ำด้วยอินเทอร์เนตของสรรพสิ่ง

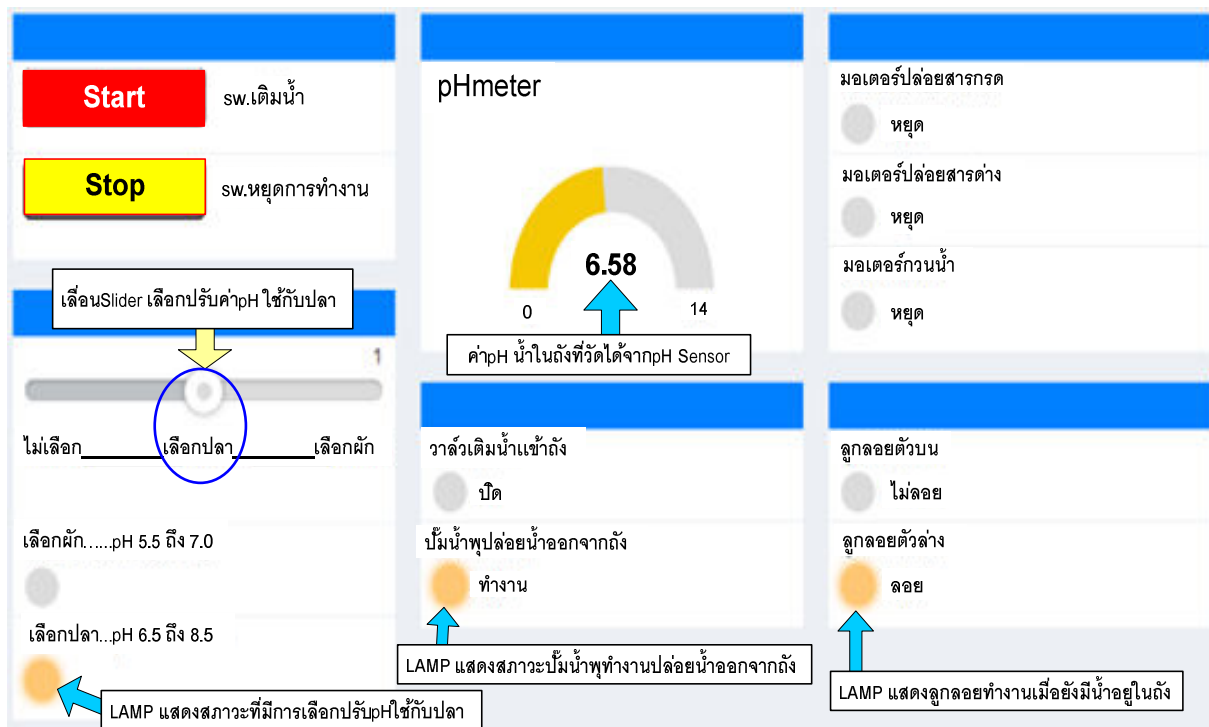


รูปที่ 7 โครงสร้างภายในถังบรรจุน้ำขนาด 50 ลิตรของเครื่องปรับค่า pH ของน้ำด้วยอินเทอร์เนตของสรรพสิ่ง

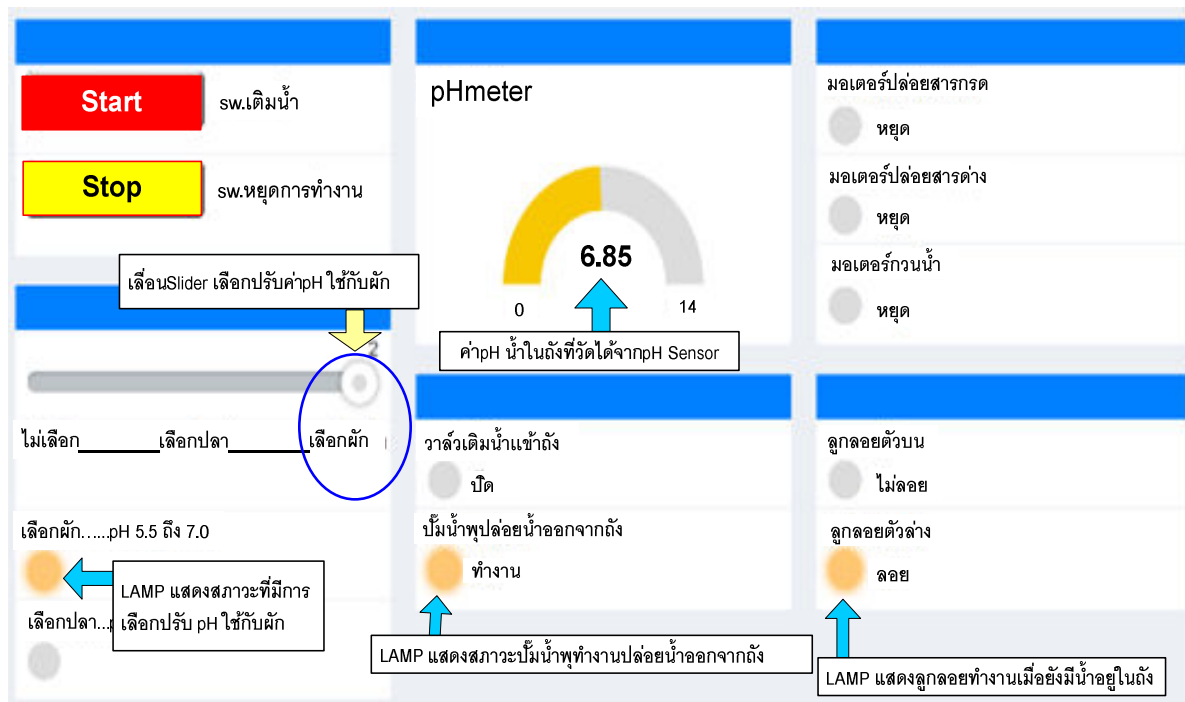
3. ขั้นตอนและผลการทดสอบ

3.1 ขั้นตอนการทดสอบ

การทำงานของเครื่องเริ่มต้นจากการเลือกค่าที่จะปรับปรุค่า pH ของน้ำที่ใช้กับสัตว์น้ำหรือใช้กับพืช โดยการกดปุ่มสวิทช์ที่หน้าตู้ควบคุมดังรูปที่ 6 หรือใช้ Widget ที่เป็น Slider ของ NETPIE เลือกแทน จากนั้นกดปุ่มสวิทช์ที่หน้าตู้หรือ Widget ที่เป็น Button ของ NETPIE ดังรูปที่ 8 หรือรูปที่ 9 สำหรับใช้กับปลาหรือผักตามลำดับ เพื่อให้มอเตอร์ปั้มน้ำเริ่มทำงานและโซลินอยล์ทำงานดูดน้ำที่ต้องการปรับสภาพ pH เข้าถึงจนเต็ม จากนั้นตัวรับรู้ pH น้ำที่ได้ติดตั้งที่ระดับกึ่งกลางภายในถังทำงานวัดค่า pH น้ำ ในกรณีที่น้ำมีค่า pH ตามที่ตั้งอยู่แล้วก็จะปล่อยน้ำไปใช้ประโยชน์ทันที แต่ถ้าในกรณีที่ค่า pH มีค่าต่ำกว่าหรือสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ ตัวประมวลผลจะทำการสั่งให้ปั้มนอเตอร์ขนาดเล็ก (Peristaltic pump) ปล่อยสารที่เป็นกรด (น้ำส้มสายชู) หรือสารที่เป็นด่าง (น้ำปูนใส) ปรับให้ค่า pH น้ำให้อยู่ในช่วงที่ต้องการพร้อมกับสั่งให้ปั้มนอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ 1 เฟส แรงดันไฟฟ้า 220VAC ทำงาน เพื่อกวนน้ำให้หมุนเวียนทั่ว ๆ ภายในถัง ถ้าน้ำมีการปรับค่า pH ได้ค่าตามที่ต้องการแล้ว ก็จะถูกปล่อยไปใช้ประโยชน์และจะกลับเข้าสู่สภาวะเริ่มต้นเพื่อรอรับคำสั่งอีกครั้งอย่างอัตโนมัติ



รูปที่ 8 การใช้งานที่ Dash board ของเครื่องปรับค่า pH ของน้ำ โดยใช้แอปพลิเคชันของ NETPIE เมื่อเลือกปรับค่า pH เมื่อใช้กับปลา



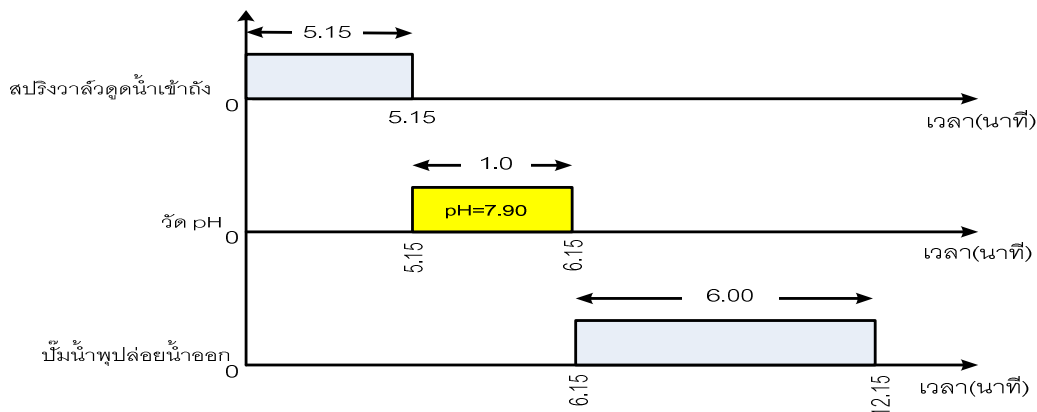
รูปที่ 9 การใช้งานที่ Dash board ของเครื่องปรับค่า pH ของน้ำ โดยใช้แอปพลิเคชันของ NETPIE เมื่อเลือกปรับค่า pH เมื่อใช้น้ำกับผัก

3.2 ผลการทดสอบ

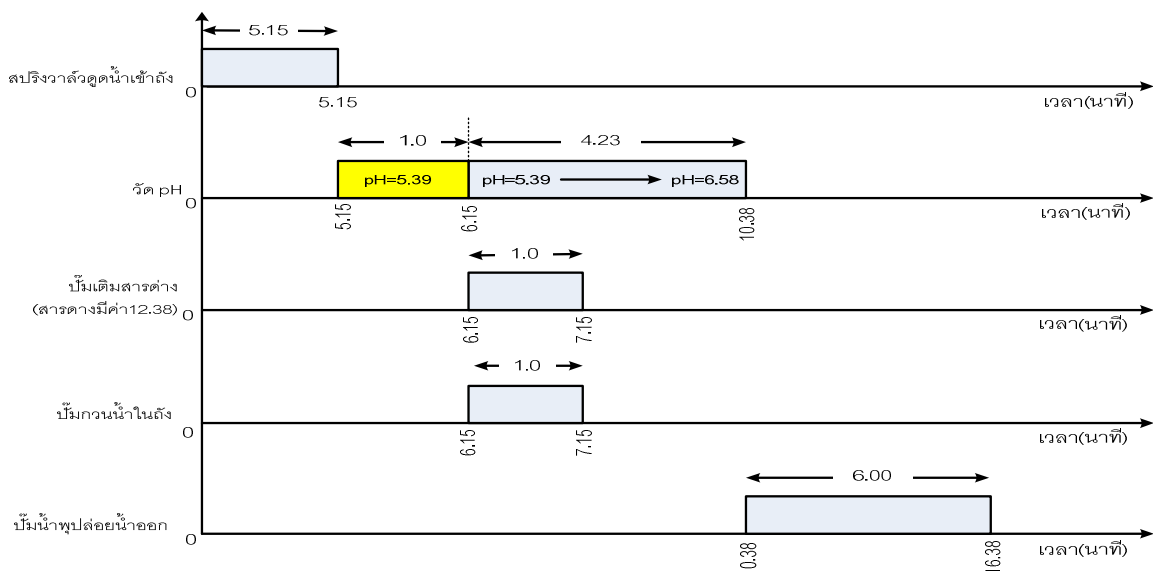
3.2.1 ผลการทดสอบระบบการทำงานของเครื่อง

รูปที่ 10 เป็นไดอะแกรมเวลาของเครื่องปรับค่า pH ของน้ำที่สร้างขึ้น กรณีที่มีการเลือกปรับค่า pH ของน้ำที่ใช้น้ำกับปลา เมื่อน้ำที่ไหลเข้ามีสภาพเป็นกลาง เริ่มจากสปริงวาล์วดูน้ำเข้าถังใช้เวลา 5.15 นาที จากนั้นมีการวัดค่า pH ได้ค่า pH ที่มีสภาพเป็นกลาง 7.9 นานต่อเนื่อง 1 นาที จากนั้นปั้มน้ำปล่อยน้ำออกจากถังจนหมดใช้เวลาประมาณ 6 นาที กรณีนี้ น้ำที่ไหลเข้าเป็นกลางอยู่แล้วก็จะถูกนำไปใช้งานได้ทันที โดยไม่ต้องมีการปรับสภาพน้ำ เสร็จสิ้นใช้เวลา 12.15 นาที

รูปที่ 11 เป็นไดอะแกรมเวลาของเครื่องปรับค่า pH ของน้ำที่สร้างขึ้น กรณีที่มีการเลือกปรับค่า pH ของน้ำที่ใช้น้ำกับปลา เมื่อน้ำที่ไหลเข้ามีสภาพเป็นกรด เริ่มจากสปริงวาล์วดูน้ำเข้าถังใช้เวลา 5.15 นาที จากนั้นมีการวัดค่า pH ได้ค่า pH ที่มีสภาพเป็นกรดที่ pH เท่ากับ 5.39 นานต่อเนื่อง 1 นาที จากนั้นปั้มน้ำปล่อยน้ำออกจากถังจนหมดใช้เวลาประมาณ 6 นาที เสร็จสิ้นใช้เวลา 16.38 นาที

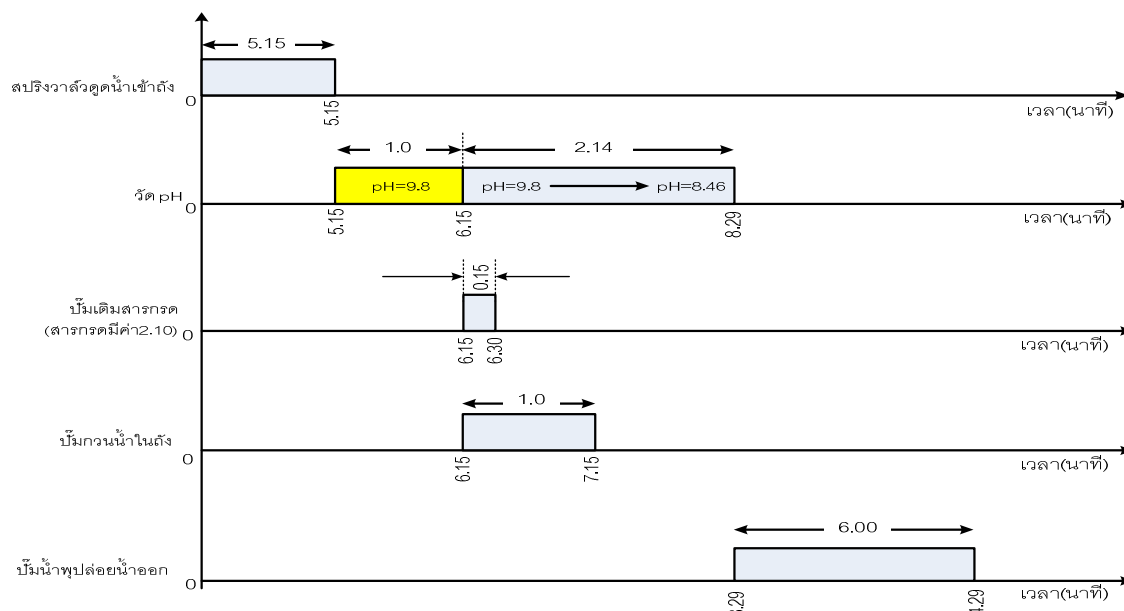


รูปที่ 10 ไคอะแกรมเวลา กรณีที่มีการเลือกการปรับค่า pH ของน้ำที่ใช้กับปลา เมื่อน้ำที่ไหลเข้ามีสภาพเป็นกลาง



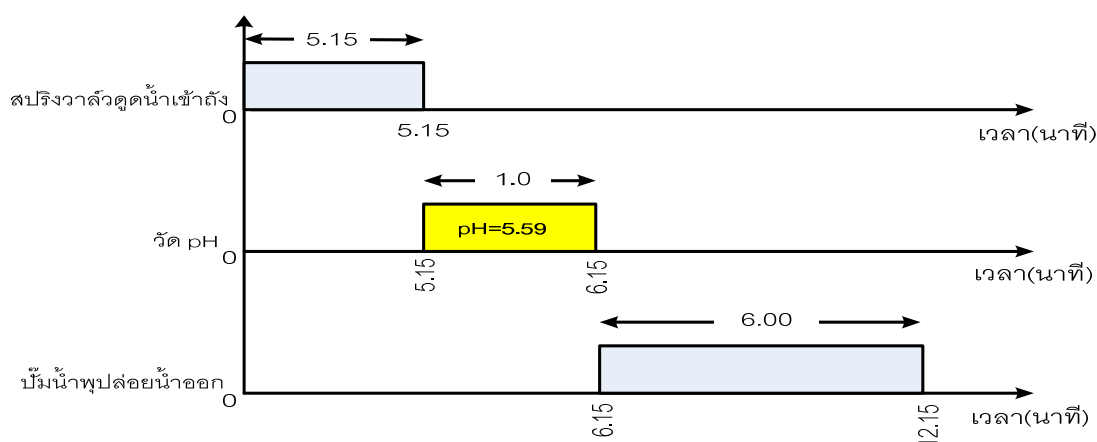
รูปที่ 11 ไคอะแกรมเวลา กรณีที่มีการเลือกการปรับค่า pH ของน้ำที่ใช้กับปลา เมื่อน้ำที่ไหลเข้ามีสภาพเป็นกรด

รูปที่ 12 เป็นไคอะแกรมเวลาของเครื่องปรับค่า pH ของน้ำที่สร้างขึ้น กรณีที่มีการเลือกปรับค่า pH ของน้ำที่ใช้กับปลา เมื่อน้ำที่ไหลเข้ามีสภาพเป็นด่าง เริ่มจากสปริงวาล์วดูดนํ้าเข้าถังใช้เวลา 5.15 นาที จากนั้นมีการวัดค่า pH ได้ค่า pH ที่มีสภาพเป็นด่างที่ pH เท่ากับ 9.8 นานต่อเนื่อง 1 นาที จากนั้นปั้มเติมสารกรดเริ่มทำงาน(อัตราการไหลของน้ำส้มสายชูที่ทดสอบ 0.00117 ลิตร/วินาที) ปล่อยน้ำส้มสายชูที่เตรียมไว้ลงในถังจำนวน 0.01755 ลิตร ด้วยระยะเวลา 15 วินาที พร้อมกับปั้มกวนนํ้าทำงานเพื่อทำให้นํ้าส้มสายชูกระจายทั่ว ๆ บริเวณภายในถังที่ระยะเวลา 1 นาที ณ เวลาเดียวกันนี้จะมีการวัดค่า pH ไปพร้อม ๆ กันด้วย ค่า pH ที่วัดได้จะค่อย ๆ ลดลงจนเข้าสู่ช่วงที่เป็นกลาง 6.5 ถึง 8.5 ในที่นี้วัดได้ 8.46 สุดท้ายปั้มนํ้าฟูลอยนํ้าออกจากถังจนหมดใช้เวลาประมาณ 6 นาที เสร็จสิ้นใช้เวลา 14.29 นาที



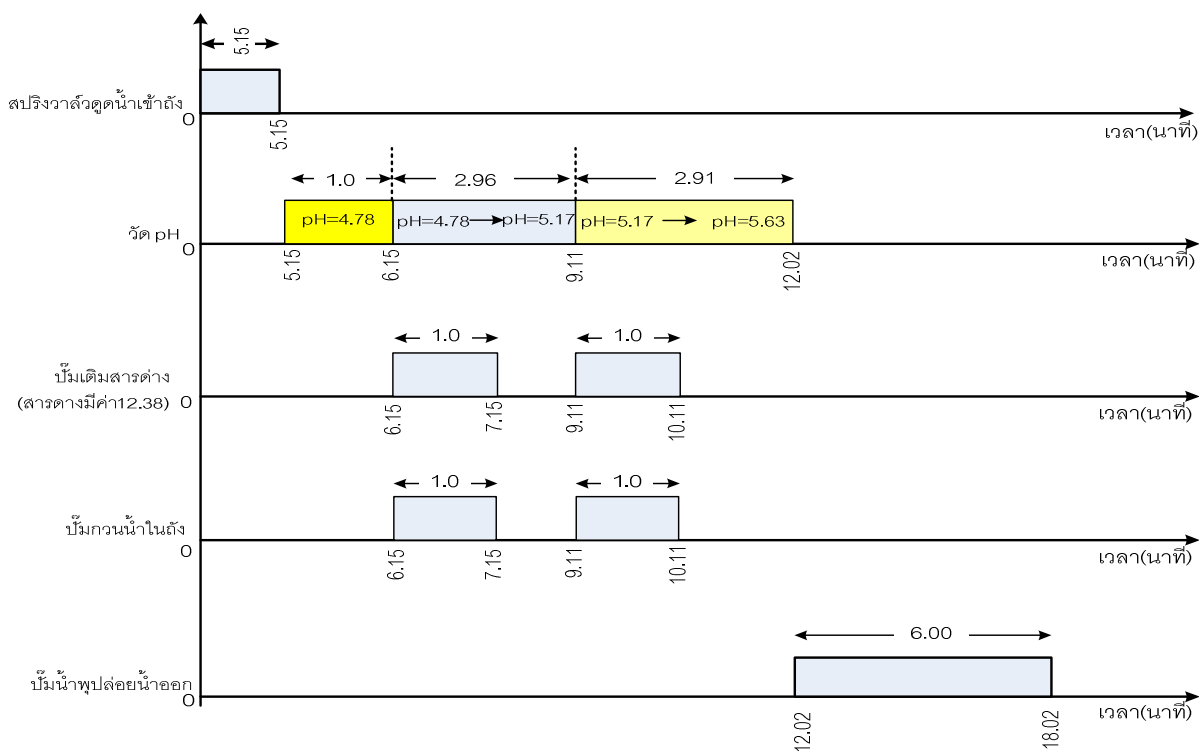
รูปที่ 12 ไคอะแกรมเวลา กรณีที่มีการเลือกการปรับค่า pH ของน้ำที่ใช้กับปลา เมื่อน้ำที่ไหลเข้ามีสภาพเป็นด่าง

รูปที่ 13 เป็นไคอะแกรมเวลาของเครื่องปรับค่า pH ของน้ำที่สร้างขึ้น กรณีที่มีการเลือกปรับค่า pH ของน้ำที่ใช้กับผัก เมื่อน้ำที่ไหลเข้ามีสภาพเป็นกลาง เริ่มจากสปริงวาล์วดูน้ำเข้าถังใช้เวลา 5.15 นาที จากนั้นมีการวัดค่า pH ได้ค่า pH ที่มีสภาพเป็นกลาง 5.59 นานต่อเนื่อง 1 นาที จากนั้นบ่มน้ำฟูลอยน้ำออกจากถังจนหมดใช้เวลาประมาณ 6 นาที กรณีนี้ น้ำที่ไหลเข้าเป็นกลางอยู่แล้วก็จะถูกนำไปใช้งานได้ทันที โดยไม่ต้องมีการปรับสภาพน้ำ เสร็จสิ้นใช้เวลา 12.15 นาที



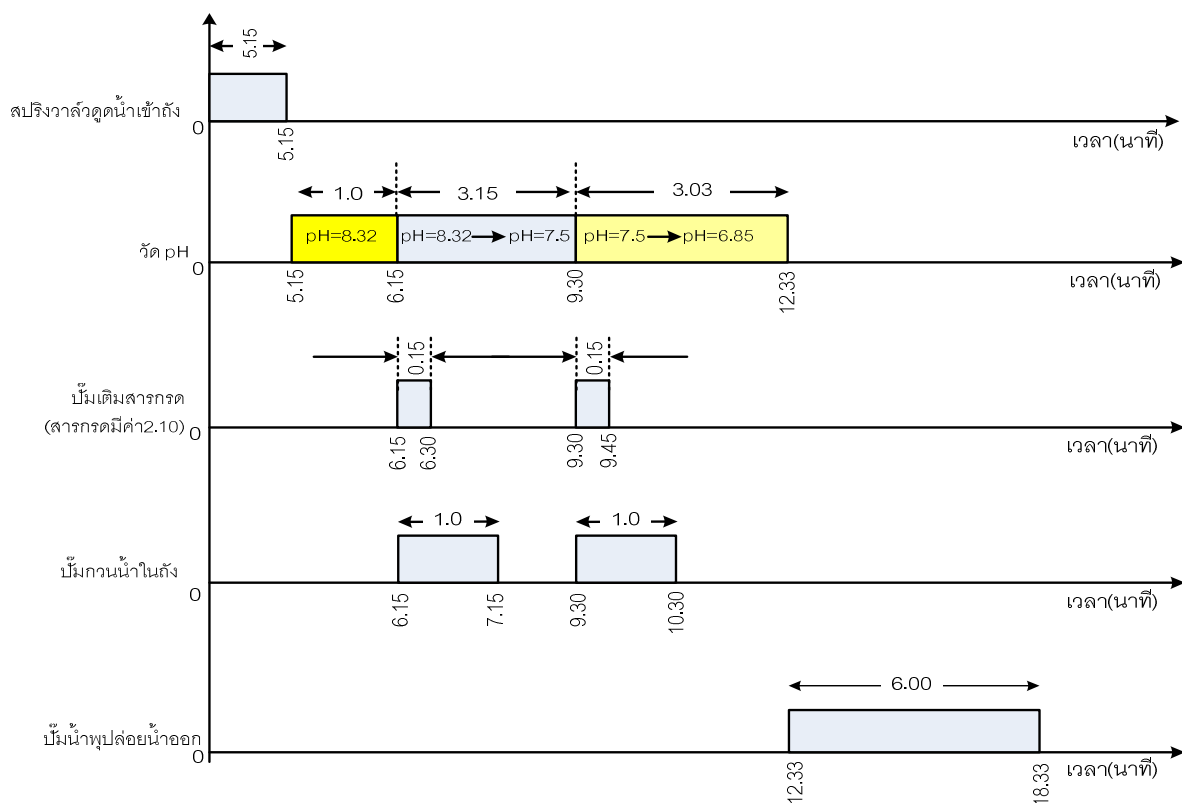
รูปที่ 13 ไคอะแกรมเวลา กรณีที่มีการเลือกการปรับค่า pH ของน้ำที่ใช้กับผัก เมื่อน้ำที่ไหลเข้ามีสภาพเป็นกลาง

รูปที่ 14 เป็นไดอะแกรมเวลาของเครื่องปรับค่า pH ของน้ำที่สร้างขึ้น กรณีที่มีการเลือกปรับค่า pH ของน้ำที่ใช้กับผัก เมื่อน้ำที่ไหลเข้ามีสภาพเป็นกรด เริ่มจากสปริงวาล์วคูดน้ำเข้าถึงใช้เวลา 5.15 นาที จากนั้นมีการวัดค่า pH ได้ค่า pH ที่มีสภาพเป็นกรดที่ pH 4.78 นานต่อเนื่อง 1 นาที จากนั้นปั๊มเติมสารต่างเริ่มทำงาน(อัตราการไหลของน้ำปูนใสที่ทดสอบ 0.00117 ลิตร/วินาที) ปล่อยน้ำปูนใสที่เตรียมไว้ลงในถังจำนวน 0.0702 ลิตร ด้วยระยะเวลา 1 นาที พร้อมกับปั๊มกวนน้ำทำงานเพื่อให้น้ำปูนใสกระจายทั่ว ๆ บริเวณภายในถังที่ระยะเวลา 1 นาที ณ เวลาเดียวกันนี้จะมีการวัดค่า pH ไปพร้อม ๆ กันด้วย ค่า pH ที่วัดได้จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากค่า pH 4.78 เพิ่มขึ้นเป็น 5.17 ซึ่งใช้เวลา 2.96 นาที เห็นได้ว่าค่า pH ที่ไต่ยังเพิ่มขึ้นไม่ถึงช่วงที่เป็นกลาง(5.5-7.0) สาเหตุเนื่องมาจากการเติมน้ำปูนใสมีปริมาณไม่มากพอ ดังนั้นตัวประมวลผลจะสั่งให้มีการเติมน้ำปูนใสรอบที่สองที่เวลา 9.11 นาที อีกจำนวน 0.0702 ลิตร ด้วยระยะเวลา 1 นาที จนถึงนาฬิกาที่ 12.02 ค่า pH ที่ได้คือ 5.63 ซึ่งเป็นค่าที่มีสภาพเป็นกลางสุดท้ายปั๊มน้ำปล่อยน้ำออกจากถังจนหมด เสร็จสิ้นขบวนการใช้เวลา 18.02 นาที



รูปที่ 14 ไดอะแกรมเวลา กรณีที่มีการเลือกการปรับค่า pH ของน้ำที่ใช้กับผัก เมื่อน้ำที่ไหลเข้ามีสภาพเป็นกรด

รูปที่ 15 เป็นไคอะแกรมเวลาของเครื่องปรับค่า pH ของน้ำที่สร้างขึ้น กรณีที่มีการเลือกปรับค่า pH ของน้ำที่ใช้กับผัก เมื่อน้ำที่ไหลเข้ามีสภาพเป็นด่าง เริ่มจากสปริงวาล์วคูดน้ำเข้าถึงใช้เวลา 5.15 นาที จากนั้นมีการวัดค่า pH ได้ค่า pH ที่มีสภาพเป็นด่างที่ pH 8.32 นานต่อเนื่อง 1 นาที จากนั้นปั๊มเติมสารกรดเริ่มทำงาน(อัตราการไหลของน้ำส้มสายชูที่ทดสอบ 0.00117 ลิตร/วินาที) ปล่อน้ำส้มสายชูที่เตรียมไว้ลงในถังจำนวน 0.01755 ลิตร ด้วยระยะเวลา 15 วินาที พร้อมกับปั๊มกวนน้ำทำงานเพื่อทำให้น้ำส้มสายชูกระจายทั่ว ๆ บริเวณภายในถังที่ระยะเวลา 1 นาที ณ เวลาเดียวกันนี้จะมีการวัดค่า pH ไปพร้อม ๆ กันด้วย ค่า pH ที่วัดได้จะค่อย ๆ ลดลงจากค่า pH 8.32 ลดลงเหลือ 7.5 ซึ่งใช้เวลา 3.15 นาที เห็นได้ว่าค่า pH ที่ได้ยังลดลงไม่ถึงช่วงที่เป็นกลาง (5.5-7.0) สาเหตุเนื่องมาจากการเติมน้ำส้มสายชูมีปริมาณไม่มากพอ ดังนั้นตัวประมวลผลจะสั่งให้มีการเติมน้ำส้มสายชูรอบที่สองที่เวลา 9.30 นาที จำนวน 0.01755 ลิตร ด้วยระยะเวลา 15 วินาที จนถึงนาฬิกาที่ 12.33 ค่า pH ที่ได้คือ 6.85 ซึ่งเป็นค่าที่มีสภาพเป็นกลาง สุดท้ายปั๊มน้ำพูล่อนน้ำออกจากถังจนหมด เสร็จสิ้นขบวนการใช้เวลา 18.33 นาที



รูปที่ 15 ไคอะแกรมเวลา กรณีที่มีการเลือกการปรับค่า pH ของน้ำที่ใช้กับผัก เมื่อน้ำที่ไหลเข้ามีสภาพเป็นด่าง

3.2.2 ผลการทดสอบการนำไปใช้งานจริง

ในการทดสอบได้นำเครื่องดังกล่าวไปทดสอบกับการเพาะถั่วงอก โดยมีกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 50 เม็ด ใช้น้ำที่มีการปรับสภาพจากเครื่องดังกล่าวให้เป็นกลาง (pH=6.80) น้ำเป็นกรด (pH=2.8) และน้ำเป็นด่าง (pH=12.38) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 เห็นได้ว่าวันที่ 1 ถั่วงอกทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่าง เริ่มงอกแต่ยังไม่สามารถวัดความยาวได้ วันที่ 2 ถั่วงอกที่น้ำที่เป็นกลางมีความยาวเฉลี่ยมากที่สุดที่ 3.118 cm ซึ่งยาวกว่าน้ำที่เป็นด่าง และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.562 ใกล้เคียงกับน้ำที่เป็นด่าง นั้นหมายความว่าความยาวของถั่วงอกจำนวน 50 ต้น นั้นมีความยาวใกล้เคียงกัน ส่วนวันที่ 3 ถั่วงอกที่ pH = 6.80 มีความยาวเฉลี่ยมากที่สุดที่ 8.492 cm และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 7.32 นั้นหมายความว่าความยาวของถั่วงอกจำนวน 50 ต้นนั้น มีความยาวใกล้เคียงกันดีกว่าที่เป็นด่าง ส่วนสารที่เป็นกรดถั่วงอกไม่เจริญเติบโตเลย ผลการทดสอบนี้สอดคล้องกับงานวิจัย [18] ซึ่งได้วิเคราะห์ผลว่าค่า pH ที่เหมาะสมที่ทำให้ถั่วงอกเจริญเติบโตดีค่าจะอยู่ในช่วง 5-7

ตารางที่ 1 ผลการทดลองค่าเฉลี่ยความยาวและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของถั่วงอกในแต่ละวัน

ค่า pH ของน้ำ	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3	
	ความยาวเฉลี่ย (ซม.)	ค่าเบี่ยงเบน-มาตรฐาน	ความยาวเฉลี่ย (ซม.)	ค่าเบี่ยงเบน-มาตรฐาน	ความยาวเฉลี่ย (ซม.)	ค่าเบี่ยงเบน-มาตรฐาน
2.8	0	0	0	0	0	0
6.80 (ผ่านการปรับค่า pH แล้ว)	0	0	3.118	0.562	8.492	7.32
12.38	0	0	2.398	0.556	6.298	9.630

4. สรุปผล

จากการออกแบบและสร้างเครื่องวัดและควบคุมค่า pH ของน้ำ ด้วยอินเทอร์เนตของสรรพสิ่ง สามารถลดความยุ่งยาก เพิ่มความสะดวกและรวดเร็วในด้านการควบคุมค่า pH ของน้ำที่จะใช้งานด้านการเกษตร เช่น ในการทำงานแบบดั้งเดิมที่ต้องใช้นักวิชาการคอยปฏิบัติหน้างานสนาม จากที่ต้องใช้คนวัดค่า pH เดิมสารกรด/ด่างเข้าถังเปิด/ปิดน้ำเข้าถังและออกจากถัง ก็เปลี่ยนมาใช้ระบบอัตโนมัติทั้งหมดที่สามารถควบคุมผ่านระบบทางไกลโดยใช้สมาร์ตโฟน แทปเลต คอมพิวเตอร์ได้ ไม่ต้องใช้นักวิชาการในการปฏิบัติงาน ไม่ต้องเสียเวลาและเสียค่าเดินทางไปหน้างาน ทำให้ลดต้นทุนได้เป็นอย่างมาก การออกแบบให้ใช้งานง่าย เพียงแค่เลื่อน Widget slider บนหน้าจอสมาร์ตโฟน เพื่อเลือกที่จะนำไปใช้กับสัตว์น้ำที่เป็นปลาที่ค่า pH อยู่ในช่วงกลาง 6.5 ถึง 8.5 หรือเลือกใช้กับผักที่ค่า pH อยู่ในช่วงกลาง 5.5 ถึง 7.0 จากนั้นกดปุ่ม Widget Start เพื่อเริ่มทำงาน ระบบจะทำงานโดยอัตโนมัติจนเสร็จสิ้นเองและระบบควบคุมจะกลับไปรอการทำงานใหม่อีกครั้ง แต่ถ้าต้องการหยุดระบบควบคุมอย่างกะทันหัน

สามารถกระทำได้โดยการกดปุ่ม Widget Stop ส่วนผลการทดลองทั้งกรณีที่ใช้กับปลาและใช้กับผัก กรณีที่ค่า pH มีค่าเป็นกรดสูงหรือด่างสูงมาก ๆ นั้น การปรับสภาพค่า pH ให้เป็นกลางจะใช้เวลาค่อนข้างนาน สาเหตุคือต้องมีการเติมสารที่ใช้ปรับสภาพหลายรอบ จากที่กล่าวมาทั้งหมดทำให้มีความมั่นใจเป็นอย่างมากว่าการนำเทคโนโลยีด้าน IoT มาใช้งานในด้านการเกษตรจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] D. Li and Y. Wei, "Design of an Intelligent PH Sensor for Aquaculture Industry," International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture CCTA 2010, China, 2010, pp. 642-649.
- [2] C. Manjarrés et al., "Chemical sensor network for pH monitoring," Journal of Applied Research and Technology, Vol. 14, 2016, pp.1-8.
- [3] M.M. Soe, "Microcontroller-Based pH and Turbidity Measuring System," International Journal of Science and Technology, Vol. 4, No.2, 2018, pp. 266-274.
- [4] S. Vinodha, K. Thirupathi and P. Lakshmi, "Design and Implementation of Controller for pH Process at Elevated Pressure," International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), Vol. 8, No. 2S5, 2019, pp. 109-113.
- [5] K. Preetham et al., "Aquaculture monitoring and control system: An IoT based approach," International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology (IJARIIT), Vol. 5, No. 2, 2019, pp. 1167-1170.
- [6] W. Lumchanao, "Development of embedded system for pH measurement in fish ponds and monitoring data via internet of things," Kasem Bundit Engineering Journal, Vol. 8, Special Issue, 2018, pp. 247-259.
- [7] B. Ekkarat, C. Oran and S. Anukit, "Smart Farm: Applying the Use of Node MCU, IOT, NETPIE and LINE API for a Lingzhi Mushroom Farm in Thailand," IEICE TRANS. COMMUN., Vol. E101-B, No.1, 2018, pp. 284-288.
- [8] ค่า pH สำหรับการปลูกพืช [Online], Available: <https://www.servicelink.doae.go.th/Hydroponic.pdf> [15 พฤษภาคม 2562].
- [9] คุณภาพน้ำเลี้ยงปลา [Online], Available: <https://www.agriculture.in.th> [29 มีนาคม 2563].
- [10] PH Meter, pH analog meter circuits [Online], Available: <https://image.dfrobot.com/image/data/SEN0161/pH%20meter%20V1.0%20SCH.pdf> [20 มีนาคม 2563].

- [11] Analog Devices, Isolated Low Power pH Monitor with Temperature Compensation PMOD [Online], Available: <https://wiki.analog.com/resources/eval/user-guides/eval-adicup360/hardware/cn0326>. [1 เมษายน 2563].
- [12] Texas Instruments. AN-1852 Designing With pH Electrodes [Online], Available: <http://www.ti.com/lit/an/snoa529a/snoa529a.pdf>. [18 มีนาคม 2562].
- [13] Datasheet ESP8266 V2 [Online], Available: https://www.handsontec.com/pdf_learn/esp8266-V10.pdf [17 ธันวาคม 2562].
- [14] ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ [Online], Available: <https://NETPIE.io/tutorials> [17 ธันวาคม 2562].
- [15] Arduino [Online], Available: <https://www.arduino.cc/en/main/software>. [4 เมษายน 2563].
- [16] วโรดม ตู้จินดา, ระบบควบคุมและอินเทอร์เน็ตเชื่อมต่อสรรพสิ่ง, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2561.
- [17] กอบเกียรติ สระอุบล, พัฒนา IOT บนแพลตฟอร์ม Arduino และ Raspbery Pi, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพมหานคร, 2561.
- [18] อารีรัตน์ พระเพชร และคณะ, การทดสอบเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวผิวดำในเขตภาคเหนือตอนล่าง [Online], Available: <http://www.doa.go.th/research/attachment.pHp?aid=2349> [29 กรกฎาคม 2563].