



การพัฒนาระบบโถปัสสาวะอัจฉริยะออนไลน์ สำหรับการใช้งานภายในองค์กรขนาดเล็ก*

Development of Online Smart Urinal Flusher System for Small Organizations

กิตติศักดิ์ ไอสถานันต์กุล^{1**} , ภัทรমন วุฒิพิทยามงคล²
Kitisak Osathanunkul^{1**} , Pattaramon Vuttipittayamongkol²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
เลขที่ 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

¹Digital Technology Innovation (DTI), Faculty of Science, Maejo University
63 M.4, Nonghar Subdistrict, Sansai District, Chiang Mai 50290

²สำนักวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
เลขที่ 333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุต อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100

²School of Information Technology, Mae Fah Luang University
333 M.1, Thasud Subdistrict, Muang District, Chiang Rai, 57100

บทคัดย่อ

ระบบโถปัสสาวะอัตโนมัติในปัจจุบันเริ่มเป็นที่นิยมแพร่หลายในห้องน้ำสาธารณะอาจจะด้วยเหตุผลของความสะอาดที่ต้องการชำระล้างโถปัสสาวะทุกครั้งหลังการใช้งานหรือการประหยัดทรัพยากรน้ำเพื่อไม่ให้เปิดน้ำทิ้งโดยไม่จำเป็น แต่โถปัสสาวะอัตโนมัติที่มีขายในท้องตลาดในปัจจุบันนั้นไม่มีการเก็บข้อมูลการใช้งานไว้ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถบอกกับผู้จัดการสถานที่ได้ว่าในแต่ละวันมีผู้ใช้งานโถปัสสาวะมากน้อยเพียงใด ซึ่งนั่นก็หมายถึงความสะอาดโดยรวมของห้องน้ำเช่นกัน ซึ่งบทความนี้ได้นำเสนอระบบโถปัสสาวะอัจฉริยะที่ถูกพัฒนาโดยการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมและสั่งการทำงานโดยมีการเก็บข้อมูลการใช้งานและแสดงผลผ่านทางอินเทอร์เน็ตเพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นไปวิเคราะห์การใช้งานได้ต่อไป ผลการทดลองของระบบโถปัสสาวะอัจฉริยะนั้นแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำงานแทนระบบโถปัสสาวะอัตโนมัติทั่วไปได้และยังสามารถแสดงข้อมูลการใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

*ปรับปรุงเพิ่มเติมเนื้อหาจากบทความเรื่อง Configurable automatic smart urinal flusher based on MQTT protocol ที่นำเสนอในการประชุมวิชาการ 2016 International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC 2016) ณ โรงแรมเชียงใหม่ออริคิด จ.เชียงใหม่ วันที่ 13-17 ธันวาคม 2559

** ผู้เขียนหลัก

อีเมล: kit_o@mju.ac.th

คำสำคัญ

อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ห้องน้ำอัจฉริยะ เมืองอัจฉริยะ โดปัสสวาระอัจฉริยะ IoT, MQTT

Abstract

An automatic urinal flusher is one of the most common automatic devices in a public toilet. This might be because of the hygienic reason or to save clean water. However, automatic urinal flusher which is known to the market does not provide us any usage information. In this paper, an automatic smart urinal flusher is introduced. It is built from a microcontroller to control all operations from detecting a user to flushing a solenoid valve. Usage information here can be used to see how often a urinal flusher has been used and even estimate how dirty of the toilet form the number of usage. The usage data can also be predicted in the future in order to prepare toilets for a new customer. The results show that the proposed system is working as good as an automatic urinal flusher but it can even further provide the usage information as well.

Keywords

Internet of Things, IoT, Smart City, Smart Toilet, Infrared Sensor, Automatic Urinal Flush, MQTT

บทนำ

อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (IoT) นั้น เป็นเครือข่ายของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ติดเซนเซอร์เพื่อวัดค่าต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม ยกตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ที่ติดเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดแสง เซนเซอร์ วัดระยะทาง ฯลฯ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ จะมีการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่างอุปกรณ์เอง หรือสามารถส่งข้อมูลต่างๆ ผ่านไปยังอินเทอร์เน็ตได้ การใช้งานอุปกรณ์เหล่านี้เป็นจุดเริ่มต้นของการขับเคลื่อนเพื่อนำไปสู่การพัฒนาเมืองอัจฉริยะหรือที่เรียกกันว่าสมาร์ทซิตี้ เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้ถูกออกแบบมาเพื่ออำนวยความสะดวกต่อการดำรงชีวิตประจำวันของผู้คนหรือช่วยสอดส่องดูแลความปลอดภัยในเมืองให้ดียิ่งขึ้น

วิธีที่จะช่วยพัฒนาเมืองให้เป็นเมืองอัจฉริยะนั้นก็สมารถทำได้ด้วยการบริหารจัดการน้ำ ไฟ อากาศ หรือพลังงานให้มีการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด เราอาจจะทำการตรวจสอบปริมาณการใช้งานทรัพยากรเหล่านี้ พร้อมทั้งศึกษาพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเหล่านั้น มาปรับให้มีการใช้งานทรัพยากรเหล่านั้นอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การบริหารจัดการน้ำก็เป็นหนึ่งในสิ่งที่สำคัญของการพัฒนาเมืองให้มุ่งไปสู่เมืองอัจฉริยะ เนื่องจากว่า การผลิตน้ำสะอาดเพื่อใช้งานนั้นเราจำเป็นต้องเสียพลังงานในการผลิตน้ำไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง ซึ่งหากมีการใช้น้ำมากเกินความจำเป็น นั่นก็หมายความว่าเราจะต้องสูญเสียพลังงานโดยไม่จำเป็นเช่นกัน



โดยเฉพาะพื้นที่ที่เป็นสาธารณชนนั้น ผู้คนอาจจะไม่คำนึงถึงปริมาณน้ำและพลังงานที่ต้องสูญเสียไปจากการใช้น้ำ เนื่องจากทรัพยากรเหล่านี้ไม่ใช่ทรัพย์สินส่วนบุคคล ด้วยเหตุผลเหล่านี้ก็อาจทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยใช่เหตุ ซึ่งสิ่งหนึ่งที่เป็นที่นิยมในการบริหารและจัดการทรัพยากรน้ำในท้องถิ่นสาธารณะนั้นก็คือ โถบัสสวาระอัตโนมัติ

ในปัจจุบันโถบัสสวาระอัตโนมัติถูกใช้งานอย่างแพร่หลายในท้องถิ่นสาธารณะ เหตุผลที่ทำให้โถบัสสวาระอัตโนมัติเป็นที่นิยม นอกจากเหตุผลของการบริหารจัดการน้ำแล้ว ส่วนหนึ่งก็เป็นเพราะเรื่องของการรักษาความสะอาด เนื่องจากการใช้โถบัสสวาระแบบธรรมดานั้น เราไม่สามารถบังคับผู้ใช้งานให้กดน้ำหลังจากที่ใช้งานแล้วได้เลย อาจเป็นเพียงแค่ผู้ใช้งานลืมกดน้ำหรืออาจเกิดจากความงุนงงที่จะไม่กดเนื่องจากกลัวว่าปุ่มกดน้ำจะสกปรก มีผลทำให้เชื้อโรคที่ติดตามโถบัสสวาระไม่ถูกชำระล้างและค้างอยู่ในโถบัสสวาระ นอกจากเชื้อโรคแล้ว ยังส่งผลทำให้เกิดกลิ่นเหม็นได้อีกด้วย ด้วยเหตุผลเหล่านี้จึงทำให้โถบัสสวาระแบบอัตโนมัติเป็นที่นิยมในท้องถิ่นสาธารณะทั่วไป

การปล่อยน้ำเพื่อชำระล้างโถบัสสวาระในแต่ละครั้งนั้นจะมีการสูญเสียน้ำสะอาดในการชำระล้างนั้นหมายความว่าต้องสูญเสียพลังงานในการผลิตน้ำสะอาด ซึ่งหากปล่อยน้ำนานๆ ก็จะทำให้เปลืองพลังงานที่ต้องมาผลิตน้ำสะอาดโดยไม่จำเป็น ในทางกลับกันหากปล่อยน้ำน้อยเกินไปอาจทำให้โถบัสสวาระไม่สะอาดได้ทำให้การบริหารจัดการน้ำที่ใช้นั้นมีความสำคัญในการพัฒนาเมืองให้เป็นเมืองอัจฉริยะ

ในวารสารฉบับนี้เป็นการนำเสนอระบบโถบัสสวาระอัจฉริยะ โดยที่ระบบได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการตรวจสอบว่ามีผู้ใช้งานโถบัสสวาระหรือไม่จากการใช้งานอินฟราเรดเซนเซอร์ หากตรวจพบได้แล้ว จะทำการสั่งให้โซลินอยด์วาล์ว ปล่อยน้ำเพื่อชำระล้างโถบัสสวาระ หลังจากนั้นจะทำการส่งข้อมูลการใช้งานนี้ไปยังระบบที่ใช้ในการเก็บข้อมูล หลังจากนั้นผู้ดูแลสถานที่ก็ยังสามารถควบคุมและปรับแต่งค่าต่างๆ ได้ผ่านทางอินเทอร์เน็ต

บททวนวรรณกรรม

1. IoT Environment Monitoring System

ผลงานวิจัยของ Shah & Mishra (2016) เป็นการทำระบบเฝ้าระวังอุณหภูมิ ความชื้นและค่า CO₂ โดยที่ตัวระบบนั้นพัฒนาโดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ชื่อว่า PIK24F16KA102 เป็น อุปกรณ์เก็บข้อมูล ซึ่งจะนำไมโครคอนโทรลเลอร์ที่วางนี้มาเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ต่างๆ เพื่อใช้เก็บข้อมูลใน สถานที่ต่างๆ ไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตัวจะทำการเก็บค่าแล้วส่งมายังหน่วยประมวลผลส่วนกลางด้วยการสื่อสารไร้สาย โดยมีการใช้งานชิปสื่อสารที่เรียกว่า nRF24L01 ของบริษัท Nordic Semiconductor (2016) ซึ่งจะให้ความถี่ย่าน 2.4GHz ในการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ซึ่งผลงานวิจัยนี้พิสูจน์ให้เห็นว่ามีประสิทธิภาพมากกว่างานที่ใกล้เคียงกัน Zanella et al. (2014), Floea & Mois (2015), Brunelli, Minakov, Passerone, & Rossi (2014) ในด้านประหยัดพลังงานของแต่ละอุปกรณ์

2. Water Consumption Monitoring System

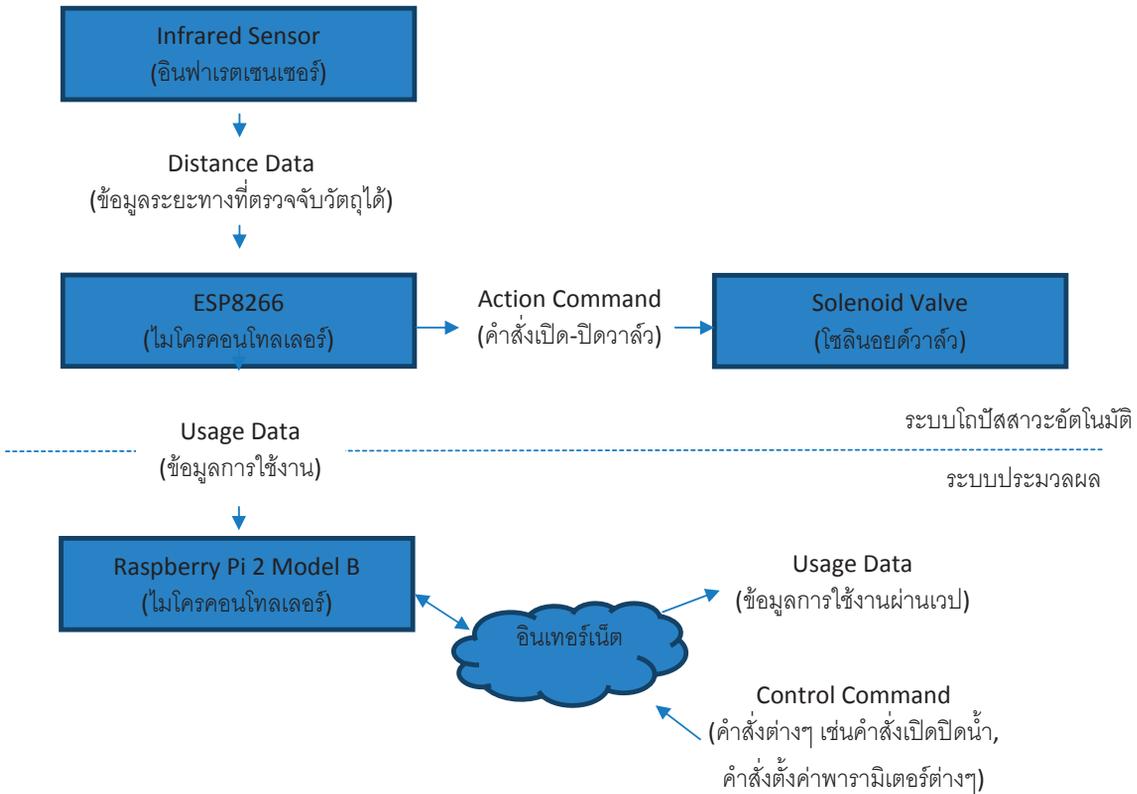
ผลงานวิจัยของ Yang et al. (2015) นั้น ได้พัฒนาระบบตรวจสอบปริมาณการใช้งานทรัพยากรน้ำ โดยที่ระบบนี้แบ่งการทำงานออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกคือระบบส่วนกลาง และระบบเก็บข้อมูล โดยที่ระบบเก็บข้อมูลจะมีอุปกรณ์อยู่ 2 ชนิดด้วยกัน นั่นคือ อุปกรณ์วัดปริมาณน้ำที่ใช้และอุปกรณ์ทวนสัญญาณ ซึ่งอุปกรณ์ทั้งสองชนิดนี้จะสื่อสารกันโดยผ่านทางวิธีการสื่อสารไร้สายแบบ IEEE 802.11 หรือที่เรียกกันว่า WiFi อุปกรณ์ทวนสัญญาณนั้น จะทำหน้าที่ทวนค่าที่รับมาจากอุปกรณ์วัด ไปยังระบบส่วนกลางโดยผ่านการสื่อสารไร้สายในช่วงคลื่นความถี่ 433 MHz ซึ่งความถี่ในช่วงนี้จะมีจุดเด่นที่สามารถส่งข้อมูลได้ในระยะไกล แต่ด้วยความถี่ต่ำจะทำให้ความเร็วในการส่งข้อมูลนั้นโดยปกติแล้วจะช้ากว่าการสื่อสารที่ใช้ช่วงคลื่นความถี่ที่ 2.4 GHz ของ WIFI งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่อ่านมาได้จากอุปกรณ์เก็บข้อมูลนั้นมีจำนวนไม่มาก ซึ่งการใช้ช่องสัญญาณที่มีความเร็วไม่สูงมากนักก็เพียงพอต่อการสื่อสารในระยะไกล

3. การออกแบบของระบบ

ระบบของโถปัสสาวะอัจฉริยะนั้นได้ถูกพัฒนาโดยการใช้งานอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนซึ่งก็คือ ส่วนของระบบโถปัสสาวะ และระบบประมวลผลในส่วนหนึ่งของระบบโถปัสสาวะ จะทำการรับค่าระยะทางที่ได้มาจากการอ่านเซนเซอร์ หากมีตรวจพบว่า มีผู้ใช้งานโถปัสสาวะแล้วจึงจะไปสั่งงานให้ปล่อยน้ำเพื่อชำระล้างโถปัสสาวะแล้วจึงส่งข้อมูลต่างๆ เช่นระยะเวลาที่ใช้งาน ระยะเวลาที่ปล่อยน้ำมายังระบบประมวลผล ผ่านโปรโตคอลที่เรียกว่า MQTT หลังจากนั้นส่วนระบบประมวลผลก็จะนำข้อมูลที่ได้รับมาจากระบบโถปัสสาวะมาทำการบันทึกลงไปในฐานข้อมูล เพื่อจะนำไปใช้ในการประมวลผลเพื่อใช้ในการแสดงผลให้ผู้ดูแลระบบต่อไป

4. ส่วนของระบบโถปัสสาวะอัตโนมัติ

การทำงานของส่วนนี้ (ภาพที่ 1 ส่วนบน) จะประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (ESP8266) อินฟราเรดเซนเซอร์ (Sharp GP2Y0A21YK) และโซลินอยด์วาล์ว เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีส่วนที่ใช้ในการสื่อสารไร้สายอยู่ในตัวซึ่งทำให้ง่ายต่อการพัฒนาระบบโดยที่อินฟราเรดเซนเซอร์นั้นจะทำการวัดค่าที่ได้มาเป็นระยะทางระหว่างตัวเซนเซอร์และผู้ใช้ทุกๆ 0.2 วินาที ซึ่งหากระยะทางที่วัดมาได้นั้นมีค่าน้อยกว่า 30 เซนติเมตร จะถือว่ามิใช่ผู้ใช้งานมายืนอยู่หน้าโถปัสสาวะโดยที่มีเงื่อนไขว่า ค่าระยะห่างที่อ่านมาได้นั้นจะต้องต่ำกว่า 30 เซนติเมตรต่อเนื่องกันอย่างน้อย 3 วินาทีจึงจะถือว่ามิใช่ผู้กำลังใช้งานโถปัสสาวะอยู่ ทั้งนี้ก็เพื่อแก้ปัญหา หากมีผู้คนเดินผ่านโถปัสสาวะไปโดยที่ไม่ได้ใช้งานอยู่ซึ่งหลังจากที่ระบบโถปัสสาวะอัตโนมัติ ตัดสินใจแล้วว่า มีผู้ใช้งานกำลังใช้งานโถปัสสาวะอยู่ก็จะสั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วทำการปล่อยน้ำเพื่อชำระล้างโถปัสสาวะต่อไป แล้วจึงส่งข้อมูลการใช้งานไปยังระบบประมวลผลต่อไป



ภาพที่ 1: ภาพรวมการทำงานของระบบโอบีเสกสภาวะอัจฉริยะ

5. ส่วนของระบบประมวลผล

ในส่วนของระบบประมวลผล (ภาพที่ 2 ส่วนล่าง) Raspberry Pi 2 Model B ถูกใช้งานเป็นอุปกรณ์หลักในการประมวลผลและทำหน้าที่เป็นส่วนรับส่งข้อมูล การใช้งานจากส่วนของระบบโอบีเสกสภาวะอัตโนมัติ โดยที่ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นข้อมูลที่บอกว่ามีผู้ใช้งานโอบีเสกสภาวะเมื่อไหร่บ้าง และเป็นระยะเวลาานานเท่าไร ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะทำการบันทึกลงไปในฐานะข้อมูล

ตัว Raspberry Pi นั้นจะมีการติดตั้ง Apache Web Server, MySQL Server, MQTT Broker ซึ่ง Apache Web Server นั้นจะถูกใช้งานเมื่อผู้ใช้งานต้องการดึงข้อมูลสถิติการใช้งานออกมาจากฐานข้อมูลเพื่อแสดงผลให้ผู้ใช้งาน ส่วน MySQL Server ถูกใช้ในฐานะข้อมูลที่จัดเก็บข้อมูลการใช้งานของโอบีเสกสภาวะอัตโนมัติ และ MQTT Broker นั้นถูกใช้งานเพื่อใช้ในการสื่อสารกันระหว่างระบบโอบีเสกสภาวะอัตโนมัติและระบบประมวลผล

ทั้งนี้การสั่งงานหรือตั้งค่าใด ๆ ก็ยังสามารถสั่งงานหรือตั้งค่าได้ผ่านทางอินเทอร์เน็ตซึ่งการสั่งงานผ่านอินเทอร์เน็ตนั้นจะถูกส่งมาไว้ที่ส่วนนี้ก่อน แล้วระบบจะทำการส่งคำสั่งหรือการตั้งค่าต่างๆ ไปยังระบบโอบีเสกสภาวะอัตโนมัติต่อไป

6. ส่วนของการสื่อสาร

ในการสื่อสารระหว่างระบบโอบีสสภาวะอัตโนมัติและระบบประมวลผลนั้น มีการส่งข้อมูลผ่านการสื่อสารแบบไร้สาย WIFI ซึ่งในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ที่ใช้งานในระบบโอบีสสภาวะอัตโนมัตินั้น จะมีโมดูลของการสื่อสาร WIFI อยู่ในตัวอยู่แล้ว ส่วนตัว Raspberry ที่ใช้ในระบบประมวลผลนั้นจะใช้งาน WIFI Dongle โดยที่ทั้งสองส่วนทำการเชื่อมต่อกันผ่าน Access Point นั้นเอง

ส่วนโปรโตคอลที่ใช้ในการส่งข้อมูลนั้นจะใช้งานโปรโตคอล MQTT ซึ่งหลังจากที่ ESP8266 ได้ทำการสั่งเปิดปิดน้ำแล้วก็จะทำการรวบรวมข้อมูลการใช้น้ำให้อยู่ในรูปแบบของ MQTT แล้วจึง publish ข้อมูลนี้ไปยัง MQTT broker ที่อยู่ในตัว Raspberry นั้นเอง

7. พารามิเตอร์ที่ใช้ในระบบ

การออกแบบระบบนั้นจะต้องคำนึงถึงพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จะใช้งานในการควบคุมโอบีสสภาวะอัตโนมัติ ซึ่งค่าที่ใช้ในระบบนั้นจะมีดังต่อไปนี้

7.1 ระยะที่จะถือว่าผู้ใช้ใช้งานโอบีสสภาวะ (Threshold Distance) 30 เซนติเมตร เนื่องจากเป็นระยะที่ไกลที่สุดที่ผู้ใช้งานจะสามารถใช้งานโอบีสสภาวะได้

7.2 ระยะเวลาอย่างน้อยที่ถือว่าผู้ใช้ใช้งานกำลังใช้งานโอบีสสภาวะ (Detection Delay) 3 วินาที เพื่อให้มั่นใจว่ามีผู้ใช้งานมาใช้งานอยู่หน้าโอบีสสภาวะจริงๆ ซึ่งจะได้ลดการปล่อยน้ำผิดพลาดจากการที่มีผู้คนเดินผ่านโอบีส สภาวะระยะเวลาที่ปล่อยน้ำเพื่อชำระล้างโอบีสสภาวะ (Flushing Duration) 3 วินาที เนื่องจากเป็นเวลาที่เหมาะสมสำหรับการปล่อยน้ำในสภาวะแวดล้อมที่พัฒนาระบบนี้ขึ้นมา ซึ่งค่านี้ได้มาจากผลการทดลองใน Osathanukul, Hantrakul, Pramokchon, Khoenkaw & Tantitharanukul (2017)

ผลการพัฒนาระบบและการทดลอง

ในส่วนของระบบโอบีสสภาวะอัตโนมัตินั้นได้มีการติดตั้งกับโอบีสสภาวะในห้องน้ำสาธารณะที่อยู่ในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งจะถูกใช้งานโดยนักศึกษาและบุคคลทั่วไป ภาพที่ 2 ด้านซ้ายนั้นแสดงภาพโอบีสสภาวะที่ได้ทำการติดตั้งระบบโอบีสสภาวะอัจฉริยะเข้าไปแล้ว ส่วนด้านขวามือเป็นภาพไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้พัฒนาขึ้นมาแล้วทำการติดตั้งลงไปในระบบโอบีสสภาวะอัจฉริยะเรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ 2: ภาพโถส้วมอัจฉริยะ (ซ้าย) และภาพไมโครคอนโทรลเลอร์ (ขวา)

การทดสอบการทำงานของระบบ

ในการทดสอบการทำงานของระบบนั้น ได้ถูกทำถูกต้องจากการทดลองใช้งานจริงของผู้ใช้ทั่วไป ซึ่งการทดสอบนี้เป็นการทดสอบการทำงานว่าเซนเซอร์วัดระยะ และการทดสอบการปล่อยน้ำของโซลินอยด์วาล์วนั้นได้ทำงานถูกต้องตามที่ได้ตั้งค่าไว้หรือไม่

การทดสอบนั้นจะถูกออกแบบเป็น 4 กรณีการทดสอบแบบต่างๆ โดยที่มีการทดสอบโดยผู้ใช้งาน 30 ครั้งโดยที่เป็นการใช้งานสุ่มจากผู้ใช้งานจริงสำหรับทุกๆ กรณี ยกเว้นกรณีที่ 5 ที่ได้ทำการทดสอบเพียง 3 ครั้ง รายละเอียดของการทดสอบในแต่ละกรณีนั้นอยู่ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ตารางการทดสอบการทำงานของระบบ

ลำดับ	กรณี	ระยะห่าง	ผลลัพธ์การทำงาน
1	การใช้งานโถปัสสาวะแบบปกติ	น้อยกว่า 30 ซม.	น้ำถูกปล่อย
2	เดินผ่านโถปัสสาวะระยะใกล้	น้อยกว่า 30 ซม.	ไม่มีการปล่อยน้ำ
3	คน 5 คนเดินผ่านโถปัสสาวะระยะใกล้	น้อยกว่า 30 ซม.	ไม่มีการปล่อยน้ำ
4	ยืนอยู่หน้าโถปัสสาวะประมาณ 1 ก้าว	ระหว่าง 30 ถึง 100 ซม.	ไม่มีการปล่อยน้ำ
5	แม่บ้านทำความสะอาดโถปัสสาวะ	น้อยกว่า 30 ซม.	ปล่อยน้ำแบบสุ่ม

การทดสอบในกรณีที่ 1 เป็นการทดสอบระบบในกรณีที่ผู้ใช้งานโถปัสสาวะอัจฉริยะตามปกติ ซึ่งผลลัพธ์นั้นได้แสดงให้เห็นว่าทุกครั้งที่ผู้ใช้งานโถปัสสาวะจะมีการปล่อยน้ำตามที่ได้ตั้งการทำงานไว้แล้ว เป็นปกติทุกครั้ง

การทดสอบในกรณีที่ 2 เป็นการทดสอบเมื่อมีคนเดินผ่านโถปัสสาวะอัจฉริยะในระยะที่ประชิดกับตัวโถปัสสาวะอัจฉริยะ ซึ่งจะเป็นการเดินผ่านด้วยความเร็วของนักศึกษาทั่วไปสุ่มมาจำนวน 30 ครั้ง ผลลัพธ์ที่ได้คือ ระบบไม่มีการปล่อยน้ำ ทั้งนี้ถึงแม้ว่าเซนเซอร์สามารถตรวจสอบได้ว่ามีวัตถุอยู่ด้านหน้า แต่เนื่องจากการปรากฏอยู่ของวัตถุอยู่ในช่วงเวลาสั้นๆ ไม่เกินระยะเวลาที่กำหนด (3 วินาที) จึงมีผลทำให้ระบบไม่มีการปล่อยน้ำออก

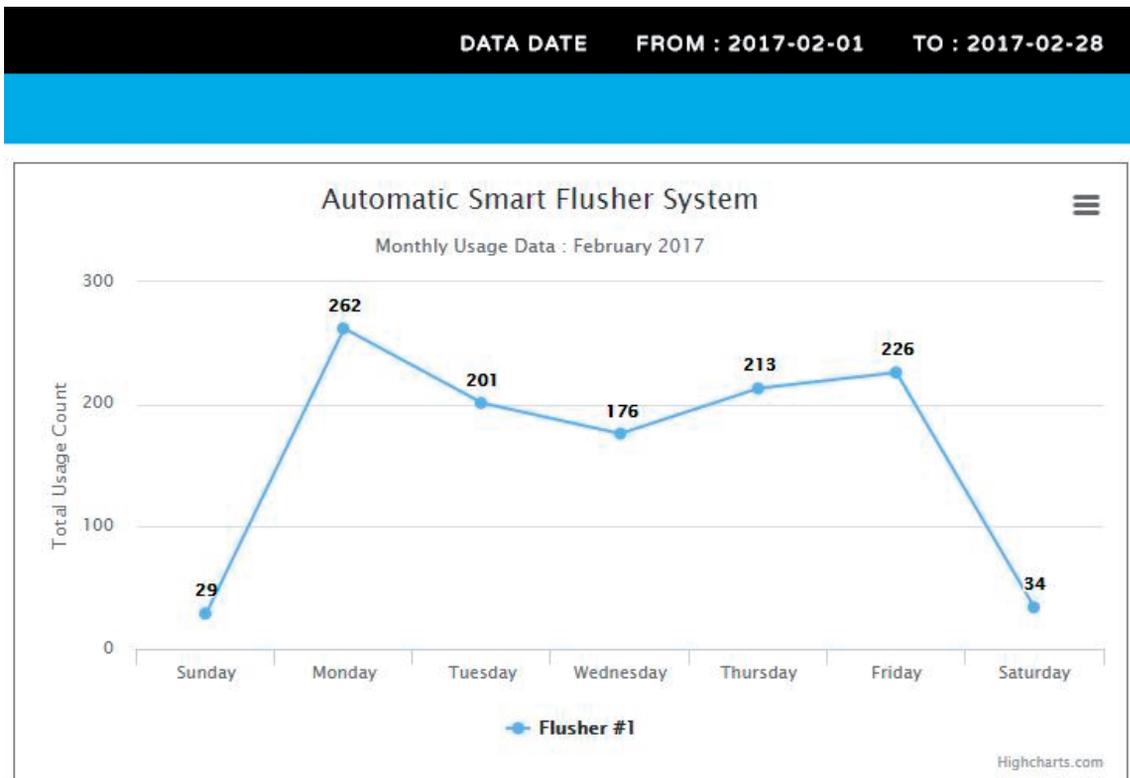
การทดสอบในกรณีที่ 3 เป็นการทดลองเหมือนกับการทดลองที่ 2 เพียงแต่ปล่อยให้มีคนเดินผ่านโถปัสสาวะอัจฉริยะจำนวน 5 คนต่อเนื่องกัน ผลการทดลองพบว่า ไม่มีการปล่อยน้ำ เมื่อทำการตรวจสอบข้อมูลพบว่า เซนเซอร์สามารถตรวจจับได้ว่ามีวัตถุอยู่ด้านหน้าแต่เมื่อทำการตรวจสอบระยะทางแล้วปรากฏว่าระยะห่างที่ได้มีความไม่แน่นอน นั่นคือ มีระยะที่เกินกว่า 30 เซนติเมตร นั่นเป็นเพราะธรรมชาติของคนเดินที่อาจจะจัดกระจายกันไปไม่เป็นระบบ จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ระบบตัดสินใจได้ว่าไม่มีคนใช้งาน

การทดสอบในกรณีที่ 4 เป็นการทดสอบหากมีคนยืนอยู่หน้าโถปัสสาวะ ซึ่งในกรณีนี้ระยะที่ยืนจะไกลกว่า ระยะ Threshold Distance ที่ 30 เซนติเมตร ซึ่งตัวเซนเซอร์เองนั้นสามารถตรวจสอบได้ว่ามีคนหรือสิ่งของอยู่ด้านหน้า แต่ว่าเนื่องจากระยะที่วัดได้นั้นห่างเกินไป จึงทำให้ไม่นับเป็นการใช้งานโถปัสสาวะ และไม่มีการปล่อยน้ำให้ชำระล้างเลย

การทดสอบในกรณีที่ 5 เป็นการทำความสะอาดของแม่บ้าน เนื่องจากว่าการทำความสะอาดโถปัสสาวะของแม่บ้านนั้นจะมีการเข้าใกล้โถปัสสาวะมากจึงทำให้ระบบมองเห็นเป็นการใช้งานโถปัสสาวะได้เช่นกัน ซึ่งจะทำให้โถปัสสาวะอัจฉริยะนั้นปล่อยน้ำออกมาแบบสุ่มขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ยืนของแม่บ้าน เนื่องจากกรณีนี้เป็นกรณีพิเศษจึงสามารถแก้ไขปัญหาได้โดยการให้ผู้ดูแลระบบสั่งหยุดการทำงานชั่วคราว จนกว่าแม่บ้านจะทำความสะอาดเสร็จ

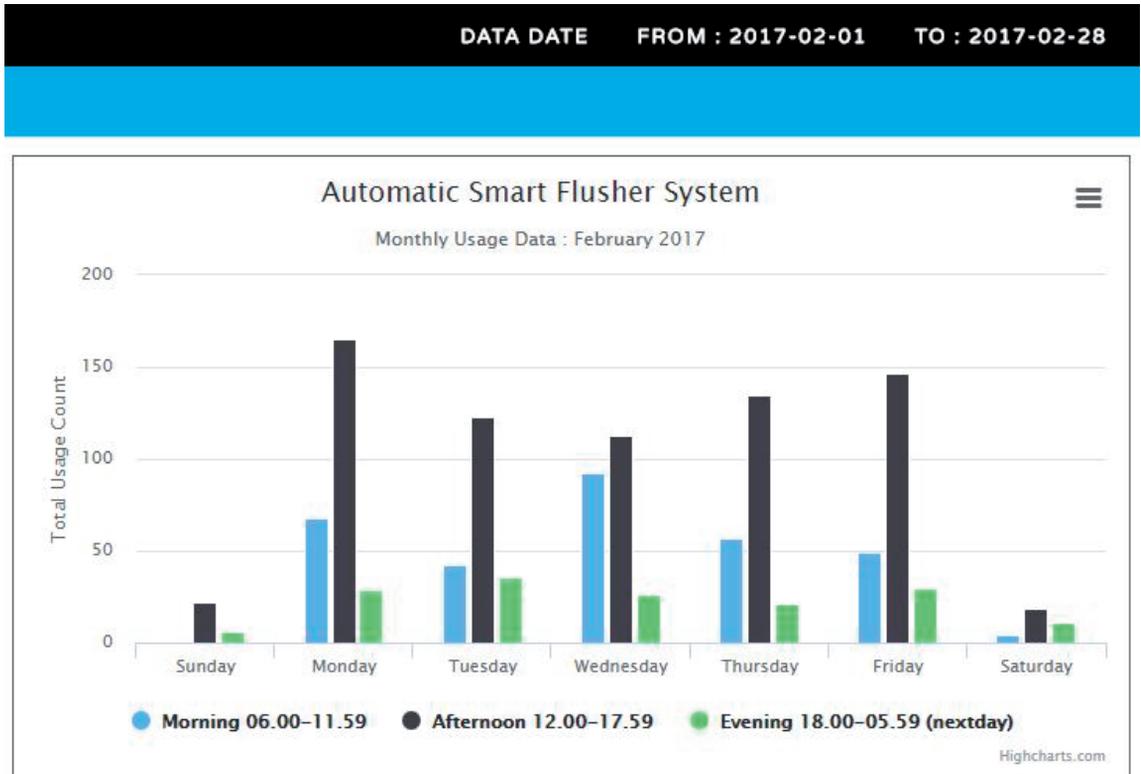
อภิปรายผลการทดลอง

หลังจากที่การทดลองได้เสร็จสิ้นไปแล้วนั้น ระบบโถปัสสาวะอัจฉริยะได้มีการเปิดให้ผู้ใช้ทั่วไปได้ใช้งานได้จริง ซึ่งหลังจากนั้น ได้มีการเก็บข้อมูลการใช้งานของโถปัสสาวะเป็นเวลา 1 เดือน ตรงนี้ทำให้เราสามารถเห็นปริมาณการใช้งานโถปัสสาวะได้ ซึ่งหากเปรียบเทียบกับโถปัสสาวะแบบธรรมดาแล้วนั้น การใช้โถปัสสาวะอัตโนมัติทำให้จะสามารถวิเคราะห์ หรือคาดคะเนปริมาณการใช้งานได้ ซึ่งหากเรามีข้อมูลการใช้งานมากพอ เราก็จะสามารถคาดคะเนปริมาณการใช้งานในอนาคตได้เช่นกัน



ภาพที่ 2: ปริมาณการใช้งานโถปัสสาวะในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560
โดยแสดงข้อมูลตามแต่ละวันในสัปดาห์

ข้อมูลตามภาพที่ 2 เป็นข้อมูลที่เก็บมาได้จากการใช้งานโถปัสสาวะ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้ถูกเก็บลงไปในฐานข้อมูลที่อยู่ใน Raspberry Pi และเนื่องจากว่าเรามีการใช้งาน Web Server แล้ว นั่นก็หมายความว่า ผู้ใช้ระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลเหล่านี้ได้จากอุปกรณ์ทุกชนิดที่มีการใช้งาน Web Browser ตัวอย่างข้อมูลจากในภาพที่ 2 และภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่าวันจันทร์มีปริมาณการใช้งานห้องน้ำโดยเฉพาะช่วงบ่ายมากกว่าวันอื่นๆ ในที่นี้ผู้ดูแลสถานที่อาจจะนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการจัดเวรทำความสะอาดห้องน้ำให้ทำความสะอาดวันจันทร์เป็นพิเศษได้เนื่องจากเราไม่อยากจะทราบสภากันนั้นติดห้องน้ำนานๆ มันอาจจะขัดออกได้ยาก หรืออาจจะเห็นว่าวันพุธนั้นคนใช้งานน้อยอาจจะมีการลดเวรทำความสะอาดลงตามความเหมาะสมเป็นต้น



ภาพที่ 3: ปริมาณการใช้งานโถปัสสาวะในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560
โดยแบ่งตามช่วงเวลาและแต่ละวันในสัปดาห์

สรุป

ในบทความนี้ได้นำเสนอระบบโถปัสสาวะอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้น มีความสามารถในการเก็บข้อมูลและการตั้งค่าต่างๆ ได้ตามตั้งใจมากกว่าระบบโถปัสสาวะอัตโนมัติที่มีขายทั่วไปที่ไม่มีการเก็บบันทึกข้อมูลได้ ซึ่งเราสามารถนำข้อมูลที่ได้มานั้นมาวิเคราะห์และปรับระบบการจัดตารางการทำงานให้เหมาะสมกับปริมาณการใช้งานห้องน้ำได้ อย่างไรก็ตามบทความนี้ยังไม่ได้กล่าวถึงการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เหมาะสมกับการใช้งานทั่วไปได้ ยกตัวอย่างเช่นระยะ Threshold distance ที่อาจจะไม่เหมาะกับโถปัสสาวะประเภทอื่นหรือว่าพื้นที่ว่างของทางเดินด้านหน้าโถปัสสาวะ



เอกสารอ้างอิง

- Floea, S. C. & Mois, G. (2015). A low-power wireless sensor for online ambient monitoring. **IEEE Sensors Journal**. 15(2),742-749, 2015
- Brunelli, D. ; Minakov, I.; Passerone, R. & Rossi, M. (2014). POVOMON: An Ad-hoc Wireless Sensor Network for indoor environmental monitoring. **IEEE Workshop on Environmental, Energy, and Structural Monitoring System Proceedings**. (pp. 1-6).
- Nordic Semiconductor. (2016). **Single chip 2.4GHz Transceiver nRF24L01**. Retrieved September 1, 2016, from <http://www.nordic.com>.
- Shah, J. & Mishra, B. (2016). IoT enabled environmental monitoring system for smart cities. **International Conference on Internet of Things and Applications (IOTA)**. (pp. 383-388). Maharashtra Institute of Technology, Pune, India, 22-24 Jan, 2016.
- Yang, Shuang-Hua ; Chen, Xi ; Chen, X. ; Yang, L. ; Chao, B. ; Cao, J. (2015). A case study of internet of things: A wireless household water consumption monitoring system. **IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)**. Milan, 2015. (pp. 681-686).
- Osathanunkul, K. ; Hantrakul, K ; Pramokchon, P. ; Khoenkaw P. & Tantitharanukul, N., (2017) Configurable automatic smart urinal flusher based on MQTT protocol, **International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT)**. (pp.58-61) Zanella, A. ; Member, S. ; Bui, N. ; Castellani, A. ; Vangelista, L. & Zorzi, M. (2014). Internet of Things for Smart Cities. **IEEE Internet of Things**. 1(1), 22-32, 2014.