

ถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที AUTOMATIC WASTE BIN WITH IoT SYSTEM

พิพัฒน์ ดุรงค์ดำรงชัย^{1*}
Pipat Durongdumrongchai^{1*}

^{*}สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่น 40000

¹Electrical Engineering , Faculty of Engineering, North Eastern University, Khonkhean 40000

Received : 2022-01-21 Revised : 2022-03-16 Accepted : 2022-03-17

บทคัดย่อ

บทความวิจัยฉบับนี้ นำเสนอการออกแบบและสร้างถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที เพื่อสร้างถังขยะให้มีความทันสมัย สามารถนำไปใช้งานได้จริงตามสถานที่ต่างๆ โดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก โหมดเอ็มซียู ESP8266และไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 เป็นตัวประมวลผล มีการแจ้งเตือนไปยังสมาร์ทโฟนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ (Line Notify) ได้ ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดนี้จะทำงานร่วมกันเป็นระบบไอโอที มีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีเริ่มทำงาน ถ้ามีความเคลื่อนไหวใกล้ถังขยะในระยะที่กำหนดไว้ ตัวอุปกรณ์ตรวจวัดระยะทางจะรับรู้ แล้วส่งสัญญาณไปประมวลผลที่โหมด เอ็มซียู ESP8266 เพื่อสั่งการให้เซอร์โวมอเตอร์ทำงาน ส่งผลให้ฝาถังขยะเปิด จึงทำให้สามารถทิ้งขยะได้ ส่วนภายในถังขยะก็จะมีอุปกรณ์ตรวจวัดระยะทางอีกหนึ่งตัว ทำหน้าที่คอยตรวจสอบปริมาณขยะในถังขยะ ที่มีการแสดงปริมาณขยะในถังขยะด้วยหลอด LED และสามารถส่งการแจ้งเตือนปริมาณขยะในถังขยะไปยังสมาร์ทโฟนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ได้ จากการส่งการด้วยโหมด เอ็มซียู ESP8266 ผลการทดสอบปรากฏว่าถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีนี้จะสามารถเปิดฝาถังขยะได้อัตโนมัติในระยะทางที่กำหนดไว้ สามารถแสดงปริมาณขยะในถังขยะด้วยหลอด LED และสามารถแจ้งเตือนปริมาณขยะในถังขยะไปยังสมาร์ทโฟนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ได้ จึงสามารถสรุปได้ว่า ถังขยะ

อัตโนมัติระบบไอโอทีมีความแตกต่างจากถังขยะตามท้องตลาดที่ต้องใช้มือหรือเท้าเพื่อเปิดฝาถังขยะ เพราะว่าถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีมีระบบตรวจจับอัตโนมัติ จึงทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องสัมผัสกับถังขยะ และยังสามารถแจ้งเตือนปริมาณขยะในถังขยะไปยังสมาร์ทโฟนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ได้อีกด้วย โดยการแจ้งเตือนนี้จะมีผลดีต่อผู้ควบคุมเป็นอย่างมาก ในกรณีที่ถังขยะหลายใบและอยู่ต่างพื้นที่กัน การใช้งานจึงเหมาะสำหรับการใช้ในโรงพยาบาล สถานที่ทำงาน และสถานที่อื่นๆ เพื่อป้องกันเชื้อโรคที่อาจติดอยู่ตามถังขยะ หรือเพื่อความสะอาดสบาย

คำสำคัญ: ถังขยะอัตโนมัติ, ระบบไอโอที, ไมโครคอนโทรลเลอร์, อัลตราโซนิก

Abstract

This research paper presents the design and construction of automatic waste bin with IoT system to create a modern waste bin that can be used in various places. It contains the following components: An ultrasonic distance sensing device, the processor system which consist of ESP8266 NodeMCU and the Arduino UNO R3 microcontroller. Notifications are sent to smartphones through the LINE application (Line Notify). All these devices work together as an IoT system. The working principle is as follows. When the automatic waste bin with IoT system starts an operation and there is

*พิพัฒน์ ดุรงค์ดำรงชัย

E-mail : pipat.dur@neu.ac.th

movement near the waste bin within a predetermined distance. The distance sensing device will detect the movement, and then send the signal to the processor ESP8266 NodeMCU. This signal will trigger the servo motor to start its operation causing the lid of the waste bin to open so that users will be able to dispose of waste. Inside the waste bin, there is another distance measuring device that monitors the amount of waste in the bin. The amount of waste is displayed with LED lamps and a notification of the amount of waste in the bin can be sent to a smartphone via the LINE application, which is operated by the ESP8266 NodeMCU. The test results show that this automatic waste bin with IoT system can open the lid of the bin automatically at a predetermined distance and can display the amount of waste in the bin with LED lamps as well as can notify the amount of waste in the bin to the smartphone via the LINE application. It can be concluded that automatic waste bin with IoT system is different from general commercial waste bins, the bin with the lid opened by hands or feet, because the automatic waste bin with IoT system has an automatic detection system that eliminates the need for users to touch the waste bin as well as it can also notify the amount of waste in the bin to the smartphone via the LINE application. This notification is quite very useful for the waste collector in cases where there are multiple bins in different areas. This waste bin is suitable for use in hospitals, workplaces and other places that need to prevent contact with germs on the bin and help provide convenience to users.

Keywords : Automatic Trash Can, IoT System, Microcontroller, Ultrasonic.

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาการทิ้งขยะเป็นปัญหาใหญ่อย่างหนึ่งที่ผู้คนจะต้องเผชิญในยุคปัจจุบัน เพราะในแต่ละวันมีของเหลือทิ้งที่เกิดจากการอุปโภคและบริโภคเป็นจำนวนมาก การจัดการกับขยะในแต่ละประเทศก็จะมีขั้นตอนในการกำจัดขยะที่แตกต่างกัน เช่นการฝังกลบ การเผาทำลาย ซึ่งแต่ละวิธีก็ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันไป ในบางพื้นที่อาจจะต้องเข้าพื้นที่ต่าง ๆ เพื่อฝังกลบขยะ โดยขยะบางประเภทก็สร้างปัญหาให้มวลมนุษย และโลกในระยะยาว เพราะไม่สามารถย่อยสลายลงได้ในระยะเวลานั้น แต่ต้องใช้เวลาอันนับร้อยปีเพื่อการย่อยสลายเช่น ขยะจำพวกพลาสติกชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

ในปัจจุบันได้มีการนำอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) หรืออุปกรณ์ไอโอทีมาประยุกต์ใช้งานหลากหลายด้าน [1] ทั้งการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า การตรวจวัดค่าต่างๆ จากสิ่งแวดล้อมและอื่นๆอีกมากมาย อุปกรณ์ไอโอทีนี้มีอยู่มากมายหลายประเภท เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ที่ให้ความสะดวก มีความทันสมัย เพื่อเป็นแรงจูงใจให้ผู้คนหันมาดูแลสิ่งแวดล้อมและรักษาความสะอาดมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการสร้างถังขยะเปิด-ปิดอัตโนมัติ [2,3] โดยให้มีความแตกต่างจากถังขยะตามท้องตลาดทั่วไปที่จะต้องใช้มือหรือเท้ากดเพื่อเปิดหรือปิดฝาถังขยะ แต่ด้วยถังขยะอัตโนมัติมีระบบเซ็นเซอร์ทำให้ไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับถังขยะอีกต่อไป จึงเหมาะสำหรับใช้ในโรงพยาบาล สถานที่ทำงาน บ้านพักอาศัย ผู้พิการ ห้องเด็ก และผู้สูงอายุเพื่อป้องกันเชื้อโรคที่อาจติดอยู่ตามถังขยะ และยังสามารถตรวจสอบปริมาณขยะในถังผ่านสมาร์ทโฟนได้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อสร้างและพัฒนาถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีให้เป็นถังขยะที่มี

ความทันสมัย และสามารถนำไปใช้งานได้จริงตามสถานที่ต่าง ๆ มีวัตถุประสงค์ดังนี้

2.1 เพื่อประยุกต์ใช้โมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เป็นอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้เป็นตัววัดปริมาณขยะในถังขยะ

2.2 เพื่อประยุกต์ใช้โหนด เอ็มซียู ให้สามารถทำงานร่วมกับโมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก และสามารถทำงานร่วมกับแอปพลิเคชัน Blynk ได้ ทำให้ได้ระบบไอโอทีที่ใช้งานได้จริง และประยุกต์ใช้แอปพลิเคชัน Blynk ให้สามารถทำงานร่วมกับระบบไอโอทีได้ ส่งผลให้สามารถส่งข้อมูลที่ต้องการทราบค่าจากถังขยะไปยังสมาร์ตโฟนของผู้ใช้งานได้

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 ออกแบบและสร้างถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที

3.2 สร้างวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 230 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 6 โวลต์ 1 แอมแปร์ เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

3.3 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 และใช้โหนดเอ็มซียู ESP8266 เป็นตัวประมวลผล

3.4 ใช้โมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกตัวที่ 1 เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดระยะทาง เพื่อการเปิดฝาถังขยะแบบอัตโนมัติ

3.5 ใช้โมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกตัวที่ 2 เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดระยะทาง เพื่อการตรวจวัดปริมาณขยะในถังขยะ

3.6 ใช้หลอด LED ขนาด 5 โวลต์ เพื่อแสดงสถานะของปริมาณขยะในถังขยะ โดยติดตั้งบริเวณด้านหน้าของตัวถังขยะ

3.7 ใช้เซอร์โวมอเตอร์จำนวน 2 ตัว รุ่น MG945 สำหรับการเปิด-ปิด ฝาถังขยะ

3.8 ใช้ถังขยะแสดนเลส ขนาด กว้าง 36 เซนติเมตร ยาว 32 เซนติเมตร สูง 62 เซนติเมตร มาประยุกต์ใช้

3.9 สามารถแสดงผลปริมาณของขยะไปยังสมาร์ตโฟนโดยผ่านแอปพลิเคชันไลน์ (Line Notify) ได้

4. ทฤษฎี

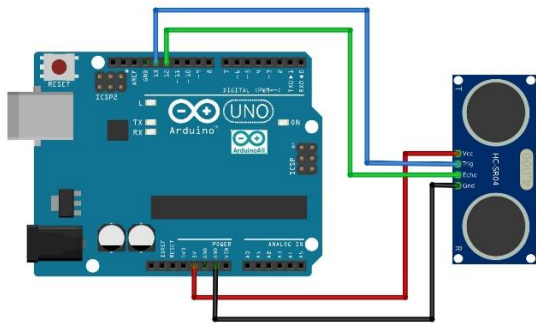
4.1 โมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic Distance Measuring Module)

สำหรับโมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก [4] จะถูกออกแบบให้เป็นโมดูลที่ใช้ในลักษณะงานที่ต้องการตรวจวัดระยะทางแบบต่างๆ งานทางด้านการตรวจค้นหาวัตถุแบบต่างๆ หรืองานที่ต้องการจะควบคุมการเคลื่อนที่เพื่อหลบสิ่งกีดขวาง ฯลฯ มีหลักการทำงานเบื้องต้น คือ ส่วนประกอบหลักจะมีภาคส่งและภาครับคลื่นอัลตราโซนิก แล้วใช้การจับเวลาในการเดินทางของคลื่นจากภาคส่งที่ไปตกกระทบยังวัตถุ แล้วสะท้อนคลื่นกลับมายังภาครับ ก็จะนำเวลาที่ได้ออกมาคำนวณ เพื่อเปลี่ยนเวลาเป็นระยะทาง โดยที่โมดูลอัลตราโซนิกนี้ มีความสามารถวัดระยะทางได้อย่างแม่นยำ และมีการใช้งานที่ไม่ยุ่งยาก เพียงแค่ทำการส่งสัญญาณลอจิก High เข้าไปที่ขา Trig Input เป็นเวลาอย่างน้อย 10 ไมโครวินาทีสักครู่หนึ่ง ขา Output ก็จะตอบสนองเอาต์พุตลอจิก High ออกมา โดยมีช่วงเวลาที่สัมพันธ์กับระยะทางที่คลื่นสะท้อนวัตถุกลับมา

โมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งจะมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ ต้องการแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ มีค่ากระแสไฟฟ้าขณะทำงานประมาณ 15 มิลลิแอมป์ สามารถวัดระยะทางได้ในช่วง 2-400 เซนติเมตร +/- 0.3 เซนติเมตร มีองศาในการตอบสนองที่ 15 องศา และใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่มีความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ เพื่อการทำงาน

โดยที่สายไฟฟ้าเส้นสีแดงเชื่อมต่อที่ขา Vcc คือ แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า สายไฟฟ้าเส้นสีฟ้าเชื่อมต่อที่ขา Trig เป็นขาอินพุตรับสัญญาณพัลส์ความกว้าง 10 ไมโครวินาที เพื่อกระตุ้นการสร้างคลื่นอัลตราโซนิกความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ ออกสู่อากาศจากตัวส่ง สายไฟฟ้าเส้นสีเขียวเชื่อมต่อที่ขา Echo เป็นขาเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณพัลส์ออกจากโมดูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อตรวจวัดความกว้างของสัญญาณพัลส์ และคำนวณเป็นระยะทาง และ

สายไฟฟ้าเส้นสีดำเชื่อมต่อที่ขา Gnd สำหรับต่อจุดกราวด์ร่วมแรงดัน และสัญญาณ



รูปที่ 1 วิธีต่อใช้งานโมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

4.2 โหนด เอ็มชียู (NodeMCU)

โหนด เอ็มชียู [5] คือ บอร์ดคอนโทรลเลอร์ชนิดหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งจะมีการทำงานตามคำสั่งด้วยภาษา C คล้ายกันกับ Arduino แต่จะมีความสามารถในการทำงานที่เหนือกว่า ตรงที่ โหนด เอ็มชียูนั้น สามารถเชื่อมต่อกับ WiFi ได้ ส่วนการควบคุมการทำงานสามารถใช้โปรแกรม Arduino IDE ได้เช่นเดียวกับบอร์ด Arduino นั้นเอง หรืออาจจะกล่าวได้ว่า โหนด เอ็มชียู ก็คือ แพลตฟอร์มหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานเพื่อช่วยในการสร้าง Internet of Things (IoT) โดยจะมีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (โปรแกรมบนบอร์ด) ที่เป็น Open Source สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lua ได้ ทำให้สามารถใช้งานได้ง่ายยิ่งขึ้น ที่สำคัญคือ มาพร้อมกับโมดูล Wi-Fi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับสัญญาณอินเทอร์เน็ตนั่นเอง ตัวโมดูล ESP8266 นั้น มีอยู่ด้วยกันหลายรุ่น แต่การใช้งานโดยรวมก็จะมีลักษณะใกล้เคียงกันทั้งหมด และโหนด เอ็มชียูจะมีลักษณะคล้ายกับ Arduino ตรงที่มีพอร์ต Input Output ที่ได้ทำการติดตั้งมาในตัว ส่งผลให้ผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมคอนโทรลอุปกรณ์ I/O ได้โดยตรง โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์ตัวอื่น ๆ และเมื่อนานมานี้ ก็มีนักพัฒนาที่สามารถพัฒนาให้ Arduino

IDE ใช้งานร่วมกับโหนด เอ็มชียู ได้ จึงทำให้ใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรมได้ จึงเป็นผลดีต่อผู้ใช้งานที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น โหนด เอ็มชียูตัวนี้ สามารถทำอะไรได้อีกหลายอย่างมาก โดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ IoT ไม่ว่าจะเป็นการทำ Web Server ขนาดเล็ก หรือการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ผ่านสัญญาณ WiFi และอื่น ๆ อีกมากมาย



รูปที่ 2 โหนด เอ็มชียู ESP8266

4.3 แอปพลิเคชัน Blynk (Application Blynk)

แอปพลิเคชัน Blynk [6] คือ แอปพลิเคชันที่ถูกสร้างขึ้นสำหรับงานทางด้าน IoT โดยเฉพาะ ซึ่งจะมีคุณลักษณะที่ดีคือการเขียนโปรแกรมที่ไม่ยุ่งยาก ผู้ใช้งานสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้เลย โดยที่ไม่ต้องเขียนแอปพลิเคชันเอง สามารถใช้งานแบบดูข้อมูลตามเวลาจริง (Real time) ได้ สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับระบบอินเทอร์เน็ตได้อย่างง่ายดาย ไม่ว่าจะเป็น Arduino, ESP8266, ESP32, Node MCU หรือ Raspberry Pi ก็สามารถนำมาแสดงบนแอปพลิเคชันได้อย่างง่ายดาย และที่สำคัญแอปพลิเคชัน Blynk นี้สามารถดาวน์โหลดใช้งานได้ฟรี โดยสามารถรองรับการทำงานทั้งในระบบ iOS และ Android



รูปที่ 3 ตัวอย่าง แอปพลิเคชัน Blynk

หลักการทำงานของแอปพลิเคชัน Blynk เริ่มจากอุปกรณ์ เช่น Arduino, ESP8266, Esp32 หรือ Raspberry Pi เชื่อมต่อไปยัง Server ของแอปพลิเคชัน Blynk โดยตรง สามารถรับส่งข้อมูลหากันได้ด้วยสมาร์ทโฟน (Smartphone) ที่จะเชื่อมต่อกับ Server ของแอปพลิเคชัน Blynk โดยตรง ซึ่งจะส่งผลดีเพราะจะได้มี Server เป็นสะพานให้เชื่อมต่อหากันระหว่างสมาร์ทโฟนกับอุปกรณ์ที่ต้องการจะควบคุม จึงทำให้หมดปัญหาและลดข้อจำกัดในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆผ่านสมาร์ทโฟน ส่งผลทำให้อุปกรณ์ของเรามีความฉลาดมากขึ้น ตัวอย่างการใช้งานของแอปพลิเคชัน Blynk ได้แสดงดังรูปที่ 3 โดยในปัจจุบันนี้ ถือว่าเป็นที่นิยมอย่างมาก เพราะผู้ใช้นั้นไม่จำเป็นต้อง Set อุปกรณ์ Network ต่าง ๆ ให้ง่ายอีกต่อไป



รูปที่ 4 ข้อมูลที่แอปพลิเคชัน Blynk สามารถแสดงผ่านหน้าจอสมาร์ทโฟน

ตัวอย่างของข้อมูลที่แอปพลิเคชัน Blynk สามารถแสดงผ่านหน้าจอสมาร์ทโฟน ได้แสดงดังรูปที่ 4 โดยที่ผู้ใช้งานจะสามารถเลือกลักษณะหน้าจอของภาพ คำอธิบาย หรือ เเกจวัดต่าง ๆ ได้เองอย่างอิสระ ต้องการลักษณะการทำงานในรูปแบบไหน ผู้ใช้งานก็สามารถเลือกใช้เองได้ตามความเหมาะสม ดังตัวอย่างที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5



รูปที่ 5 หน้าจอของ แอปพลิเคชัน Blynk ที่ผู้ใช้งานสามารถสร้างได้เอง

4.4 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT)

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง [7,8] คือ การที่อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ได้ถูกเชื่อมโยงเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อที่จะอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งาน โดยที่ผู้ใช้งานจะสามารถสั่งการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยแอปพลิเคชันที่ติดตั้งไว้กับสมาร์ทโฟน ส่งผลให้การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ไม่จำเป็นการสั่งเปิด-สั่งปิด อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ก็สามารถสั่งการได้อย่างง่ายดายผ่านสมาร์ทโฟน และยังสามารสั่งการผ่านยานพาหนะหรือเครื่องมือสื่อสารที่สามารถทำการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ดังนั้น ในปัจจุบันอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งจึงเข้าไปมีบทบาทกับการพัฒนาในหลายลักษณะการใช้งาน อาทิเช่น Smart Home ที่ได้นำเทคโนโลยีการเชื่อมต่อทางอินเทอร์เน็ตมาใช้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในบ้าน เพื่อต้องการควบคุม

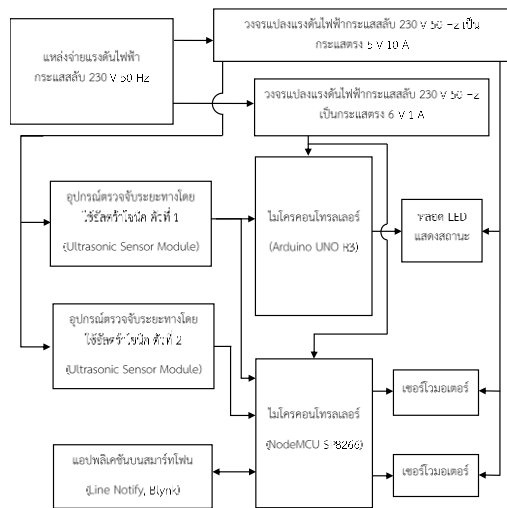
อุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านั้น Smart Grids เป็นการส่งจำหน่ายกำลังไฟฟ้าอัจฉริยะแบบครบวงจร ระบบนี้จะพัฒนาระบบส่งจำหน่ายกำลังไฟฟ้าในปัจจุบัน ทั้งในด้านการส่ง การรับ และการตรวจสอบซ่อมแซมเมื่อสายไฟผิดปกติ

Smart City คือ การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการควบคุมหรือการรักษาความปลอดภัยต่าง ๆ ที่สามารถแสดงผลแบบ Real Time ได้

Connected car คือ การแชร์ข้อมูลระหว่างรถและสัญญาณไฟจราจรหรือตำรวจจราจรผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุได้ ทั้งยังสามารถลดปัญหาการจราจรได้อีกด้วย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์การแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อความสะดวกและช่วงให้ประหยัดมากขึ้น

5. วิธีการดำเนินการวิจัย

5.1 การออกแบบ



รูปที่ 6 แผนภาพการทำงานของถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที

การออกแบบถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีดำเนินการวิจัยโดยนำหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4 มาออกแบบและสร้างให้เหมาะสมที่สุด มีแผนภาพการทำงานดังรูปที่ 6 ถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีประกอบไปด้วย วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 230 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ เป็น

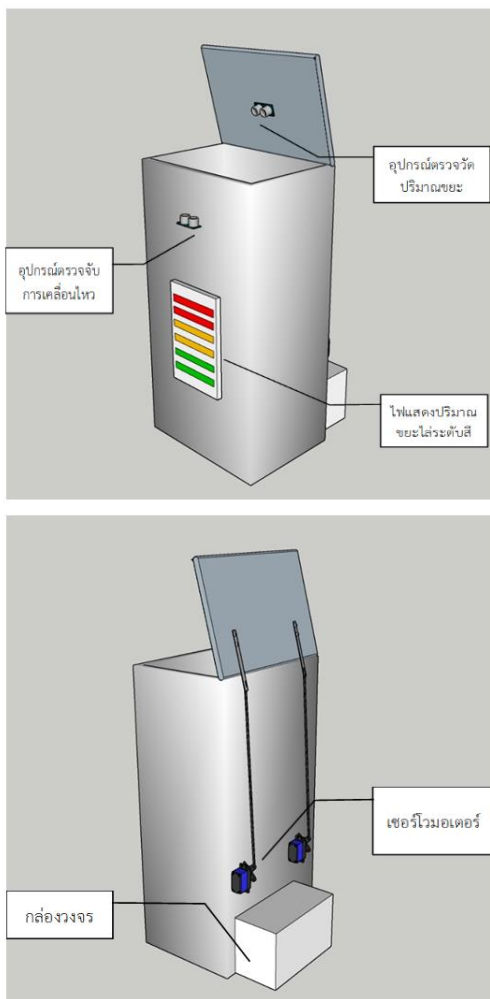
แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 6 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ ใช้สำหรับเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 230 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 10 แอมแปร์ ใช้สำหรับเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับเซอร์โวมอเตอร์ ใช้โมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ตัวที่ 1 เป็นอุปกรณ์ตรวจจับระยะทาง เพื่อการเปิดฝากลังขยะแบบอัตโนมัติ ติดตั้งไว้บริเวณด้านหน้าของถังขยะ ใช้โมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกตัวที่ 2 เป็นอุปกรณ์ตรวจจับระยะทาง สำหรับการตรวจวัดปริมาณขยะในถังขยะ ติดตั้งไว้บริเวณด้านในถังขยะ ใช้โหนด เอ็มชียู ESP8266 สำหรับการเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชัน Blynk ที่ติดตั้งบนสมาร์ตโฟนได้ โดยผ่านแอปพลิเคชันไลน์ (Line Notify) เพื่อแจ้งเตือนปริมาณขยะในถังขยะ ใช้โหนด เอ็มชียู ESP8266 เป็นตัวประมวลผล เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดฝากลังขยะ ใช้เซอร์โวมอเตอร์จำนวน 2 ตัว รุ่น MG945 สำหรับการเปิด-ปิดฝากลังขยะ ใช้หลอด LED ขนาด 5 โวลต์ เพื่อแสดงสถานะของปริมาณขยะในถังขยะ โดยติดตั้งบริเวณด้านหน้าของตัวถังขยะ

หลักการการทำงานของถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีมีดังนี้ อุปกรณ์ตรวจจับระยะทางที่ใช้คือ โมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ตัวที่ 1 จะคอยตรวจสอบว่าการเคลื่อนไหวในระยะทางที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้ามีการเคลื่อนไหวในระยะทางที่กำหนด โมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ตัวที่ 1 ก็จะส่งสัญญาณไปยังโหนด เอ็มชียู ESP8266 เพื่อสั่งการให้เซอร์โวมอเตอร์ทำงาน คือ การเปิดฝากลังขยะ และปิดฝากลังขยะตามช่วงเวลาที่ได้กำหนดไว้ ส่วนภายในถังขยะโมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ตัวที่ 2 ก็จะคอยตรวจสอบปริมาณขยะในถังขยะว่ามีปริมาณขยะมากน้อยเพียงใด ถ้ามีปริมาณขยะถึงจุดที่กำหนดว่าเต็มแล้ว ด้วยการกำหนดระยะทางระหว่างฝากลังขยะกับขยะในถัง ก็จะส่งสัญญาณไปที่โหนด เอ็มชียู ESP8266 และไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO

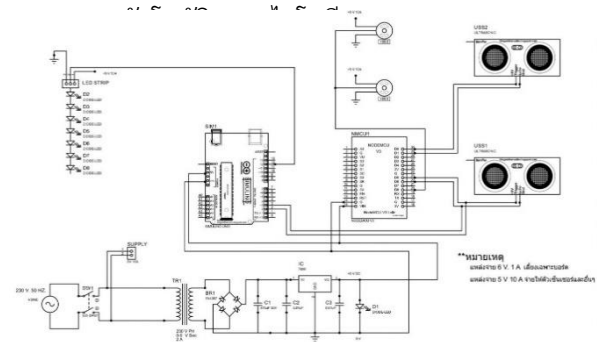
R3 ในส่วนของโหนด เอ็มชียู ESP8266 จะประมวลผลเพื่อส่งสัญญาณไปแจ้งเตือนว่ามีปริมาณขยะเต็มถึงขยะแล้ว ผ่านทางแอปพลิเคชัน Blynk ที่ติดตั้งบนสมาร์ทโฟน ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 จะประมวลผลเพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมการแสดงผลสถานะของปริมาณขยะในถังขยะด้วยหลอด LED แบบแถบ

5.2 โครงสร้าง

โครงสร้างหลักของถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที ได้แสดงดังรูปที่ 7 โดยในส่วนของถังขยะจะประกอบไปด้วยตัวถังขยะและฝาถังขยะ ส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีการติดตั้งเพิ่มเติม จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวอุปกรณ์ตรวจจับปริมาณขยะในถังขยะ เซอร์โวมอเตอร์ และกล่องวงจร



รูปที่ 7 โครงสร้างและการติดตั้งอุปกรณ์ของถังขยะ



รูปที่ 8 วงจรรวมของถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที

5.3 วงจร

วงจรรวมที่ใช้ในการทำงานและการควบคุมถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 8 โดยเริ่มจากส่วนแรกคือ การแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier) เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 6 โวลต์ ใช้เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 และ โหนด เอ็มชียู ESP8266 ผ่านช่องทาง Power Jack ส่วนตัวแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ ใช้กับโมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

ส่วนที่เป็นสัญญาณอินพุตประกอบด้วย โมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ตัวที่ 1 ติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งด้านหน้าของตัวถังขยะ สำหรับใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหว เพื่อควบคุมการเปิด-ปิด ของฝาทรงขยะ โดยการส่งสัญญาณไปที่โหนด เอ็มชียู ESP8266 ที่เป็นตัวประมวลผล เมื่อมีการเคลื่อนไหว โหนด เอ็มชียู ESP8266 นี้ ก็จะส่งการให้เซอร์โวมอเตอร์ทำงาน โดยหมุนไปให้ได้ออกศาตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้ สัญญาณอินพุตที่จะได้อีกค่าหนึ่งคือ ได้จากโมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ตัวที่ 2 ติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งใต้ฝาทรงขยะด้านใน สำหรับใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดระยะทาง เพื่อตรวจสอบปริมาณขยะในถังขยะ โดยโมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ตัวที่ 2 นี้ จะส่งสัญญาณไปที่ โหนด เอ็มชียู ESP8266 ทำการประมวลผล แล้วส่งสัญญาณ

ต่อไปยังสมาร์ทโฟน เพื่อแจ้งเตือนเมื่อมีปริมาณขยะถึงจุดที่ตั้งค่าไว้

ส่วนที่เป็นเอาต์พุตประกอบไปด้วย เซอร์โวมอเตอร์จำนวน 2 ตัว เพื่อช่วยในการเปิด-ปิด ฝาถังขยะ และมีหลอด LED เพื่อใช้แสดงสถานะปริมาณของขยะในถังขยะ โดยทั้งหมดนี้ จะสามารถควบคุมได้โดยการเขียนโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 และ โหนด เอ็มชียู ESP 8266

5.4 การแจ้งเตือนผ่านสมาร์ทโฟน

โหนด เอ็มชียู ESP8266 คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถเชื่อมต่อ WiFi ได้ ดังนั้น ผู้ดำเนินงานวิจัยจึงนำมาใช้สำหรับการเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชัน Blynk ที่ติดตั้งบนสมาร์ทโฟน ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ (Line Notify) เพื่อแจ้งเตือนสถานภาพการทำงานของถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที โดยการแจ้งเตือนตามที่ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ออกแบบไว้มี 2 กรณี คือ จะแจ้งเตือนเมื่อถังขยะพร้อมใช้งาน และจะแจ้งเตือนเมื่อปริมาณขยะในถังขยะเต็ม

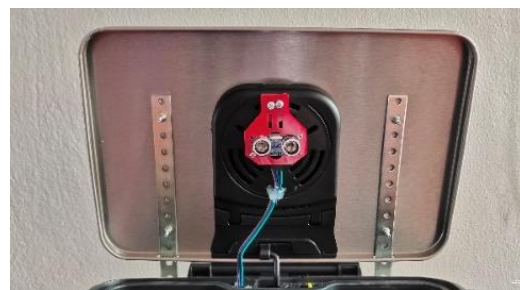
5.5 โครงสร้าง



รูปที่ 9 ด้านหน้าของถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที

โครงสร้างของถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ประยุกต์ใช้ถังขยะสแตนเลสที่มีขนาด กว้าง 36 เซนติเมตร ยาว 32 เซนติเมตร และสูง 62 เซนติเมตร มาออกแบบและได้ติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ได้ออกแบบไว้ ดังนี้ มีการติดตั้งโมดูลวัด

ระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกจำนวน 2 ตัว ตัวที่ 1 ติดตั้งไว้ที่ด้านหน้าของตัวถังขยะ แสดงดังรูปที่ 9 สำหรับใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหว เพื่อควบคุมการเปิด-ปิด ของฝาถังขยะ และตัวที่ 2 ติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งใต้ฝาถังขยะด้านใน แสดงดังรูปที่ 10 สำหรับใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดระยะทาง เพื่อตรวจสอบปริมาณขยะในถังขยะ มีการติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ จำนวน 2 ตัว ไว้ที่ด้านหลังของถังขยะ แสดงดังรูปที่ 11 เพื่อเป็นตัวช่วยขับเคลื่อนในการเปิด-ปิด ฝาถังขยะ มีการติดตั้งหลอด LED ด้านหน้าของถังขยะ เพื่อแสดงสถานะปริมาณของขยะในถังขยะ และติดตั้งกล่องควบคุมวงจรทั้งหมดไว้ด้านหลังของถังขยะ โดยการออกแบบทั้งหมดนี้ ก็เพื่อต้องการให้ถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีที่มีการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพและได้วัตถุประสงค์ตรงตามการดำเนินการวิจัย ถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีมีน้ำหนักที่เบา จึงสามารถเคลื่อนย้ายเพื่อเปลี่ยนสถานที่ใช้งานได้อย่างสะดวก



รูปที่ 10 ด้านล่างของฝาถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที



รูปที่ 11 ด้านหลังของถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที

6. ผลการดำเนินการวิจัย

6.1 ผลการทดสอบการทำงานของโมดูลวัดระยะทาง ตัวที่ 1

วัตถุประสงค์ของการทดสอบการทำงานของโมดูลวัดระยะทาง ตัวที่ 1 ก็เพื่อ ต้องการวัดระยะทางระหว่างขยะที่จะทิ้งกับโมดูลวัดระยะทาง ว่าสามารถทำงานตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้หรือไม่ โดยผู้ออกแบบต้องการให้โมดูลวัดระยะทางตรวจจับขยะได้ที่ระยะทาง 0-40 เซนติเมตร มีวิธีการทดสอบ คือ ยื่นมือที่จับขยะให้อยู่เหนือโมดูลวัดระยะทาง เพื่อทดสอบการเปิด-ปิด ฝาถังขยะในระยะทางต่างๆ แสดงการทดสอบดังรูปที่ 12 และได้ผลลัพธ์การทดสอบดัง ตารางที่ 1 โดยผลการทดสอบก็เป็นไปตามวัตถุประสงค์ตามที่ผู้วิจัยต้องการ



รูปที่ 12 การทดสอบการทำงานของโมดูลวัดระยะทางตัวที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานของโมดูลวัดระยะทาง ตัวที่ 1

ครั้งที่	ระยะทาง (เซนติเมตร)	การทำงานของฝาถังขยะ
1	5	เปิด
2	10	เปิด
3	15	เปิด
4	20	เปิด
5	30	เปิด
6	35	เปิด
7	40	เปิด
8	45	ไม่เปิด
9	50	ไม่เปิด
10	55	ไม่เปิด

6.2 ผลการทดสอบการทำงานของโมดูลวัดระยะทาง ตัวที่ 2



รูปที่ 13 การทดสอบการทำงานของโมดูลวัดระยะทางตัวที่ 2

วัตถุประสงค์ของการทดสอบการทำงานของโมดูลวัดระยะทาง ตัวที่ 2 ก็เพื่อต้องการวัดระยะทางระหว่างขยะที่อยู่ในถังกับโมดูลวัดระยะทางที่ติดตั้งอยู่บริเวณใต้ฝาถังขยะด้านใน โดยปริมาณขยะในถังจะแสดงค่าผ่านหลอดแอลอีดี 3 สี ดังนี้ สีเขียวแสดงถึงปริมาณขยะที่ระดับต่ำ ที่ระยะทาง 33-48 เซนติเมตร สีเหลืองแสดงถึงปริมาณขยะที่ระดับกลาง ที่ระยะทาง 17-32 เซนติเมตร และสีแดงแสดงถึงปริมาณขยะที่ระดับสูง ที่ระยะทาง 0-16 เซนติเมตร จากระยะทางมากที่สุด คือ 48 เซนติเมตร โดยวัดระยะทางจากพื้นถึงขยะถึงโมดูลวัดระยะทาง แสดงการทดสอบดังรูปที่ 13 และได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 2 โดยผลการทดสอบก็เป็นไปตามวัตถุประสงค์ตามที่ผู้วิจัยต้องการ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการทำงานของโมดูลวัดระยะทาง ตัวที่ 2

ครั้งที่	ระยะที่วัดได้ (เซนติเมตร)	หลอดแอลอีดีแสดงสถานะ
1	3	สีแดง
2	5	สีแดง
3	8	สีแดง
4	12	สีแดง
5	15	สีแดง
6	17	สีเหลือง

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการทำงานของโมดูลวัด
ระยะทาง ตัวที่ 2 (ต่อ)

ครั้งที่	ระยะที่วัดได้ (เซนติเมตร)	หลอดแอลอีดีแสดง สถานะ
7	20	สีเหลือง
8	25	สีเหลือง
9	28	สีเหลือง
10	31	สีเหลือง
11	35	สีเขียว
12	38	สีเขียว
13	42	สีเขียว
14	45	สีเขียว
15	47	สีเขียว

6.3 ผลการทดสอบการหน่วงเวลาในการปิดฝาถังขยะ

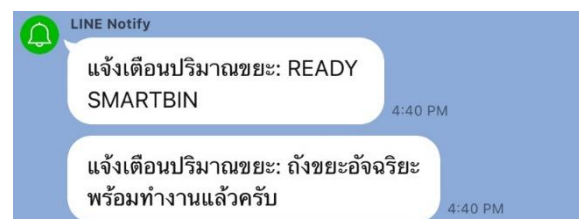
วัตถุประสงค์ของการทดสอบการหน่วงเวลาในการปิดฝาถังขยะ ก็เพื่อต้องการจับเวลาในการปิดฝาถังขยะหลังจากที่ฝาถังขยะได้เปิดให้ถังขยะเป็นที่เรียบร้อยแล้วว่าสามารถทำงานได้ตามที่เขียนโปรแกรมไว้หรือไม่ โดยผู้ออกแบบต้องการให้มีการหน่วงเวลาในการปิดฝาถังขยะเป็นเวลา 5 วินาที ได้ผลลัพธ์การทดสอบดังตารางที่ 3 โดยผลการทดสอบที่ได้ก็เป็นไปตามวัตถุประสงค์ตามที่ผู้วิจัยต้องการ

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการหน่วงเวลาในการปิด
ฝาถังขยะ

ครั้งที่	เวลา (วินาที)
1	5
2	5
3	5
4	5
5	5
6	5
7	5
8	5
9	5
10	5

6.4 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนผ่านสมาร์ทโฟน

ผลการทดสอบการแจ้งเตือนผ่านสมาร์ทโฟนให้ผู้ใช้งาน ด้วยแอปพลิเคชัน Blynk ที่ติดตั้งบนสมาร์ทโฟน จะแจ้งเตือนเมื่อถังขยะพร้อมใช้งาน ได้แสดงดังรูปที่ 14 และแจ้งเตือนเมื่อขยะในถังขยะเต็มได้แสดงดังรูปที่ 15 โดยผลการทดสอบก็เป็นไปตามวัตถุประสงค์ตามที่ผู้วิจัยต้องการ



รูปที่ 14 การแจ้งเตือนเมื่อถังขยะพร้อมใช้งาน



รูปที่ 15 การแจ้งเตือนเมื่อขยะในถังขยะเต็ม

7. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยที่ได้ สามารถสรุปผลวิจัยตามวัตถุประสงค์หลักได้ ดังนี้ ถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีที่ได้นำเสนอนี้ เป็นถังขยะที่มีความทันสมัย และสามารถนำไปใช้งานได้จริงตามสถานที่ต่าง ๆ การดำเนินงานตามวัตถุประสงค์รอง สามารถดำเนินการได้ ดังนี้ สามารถประยุกต์ใช้งานโมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เพื่อนำมาใช้เป็นตัววัดปริมาณขยะในถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีนั้นก็สามารถดำเนินการได้ และสามารถประยุกต์ใช้ โหนดเอ็มซียู ให้ทำงานร่วมกับโมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก พร้อมกับการทำงานร่วมกันกับแอปพลิเคชัน Blynk ได้ ทำให้ได้ถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีที่ใช้งานได้จริง และสามารถประยุกต์ใช้แอปพลิเคชัน Blynk ให้สามารถทำงานร่วมกับระบบไอโอทีได้

เพื่อเป็นการส่งข้อมูลที่ต้องการทราบค่าจากถังขยะไปยังสมาร์ตโฟน ของผู้ใช้งานได้

8. อภิปรายผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากสรุปผลการวิจัย สามารถอภิปรายผลวิจัยได้ดังนี้ ในส่วนของผลวิจัยที่ผู้วิจัยทดสอบออกมาได้นั้น เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ทั้งวัตถุประสงค์หลัก และวัตถุประสงค์รอง โดยที่วัตถุประสงค์หลัก คือ ต้องการสร้างและพัฒนาถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีที่สามารถทำงานได้ ถังขยะที่ได้มีความทันสมัย และสามารถนำไปใช้งานได้จริงตามสถานที่ต่าง ๆ โดยการทดสอบการใช้งานผู้วิจัยได้เลือกใช้ห้องเรียน ซึ่งมีนักศึกษาเรียนอยู่จำนวน 30 คน ปรากฏว่าถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีนี้สามารถทำงานได้ดีตามที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ ส่วนจากสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์รองนั้นก็สามารถดำเนินการได้ ดังนี้

จากผลการทดสอบการทำงานของโมดูลวัดระยะทาง ตัวที่ 2 ดังหัวข้อที่ 6.2 ที่เป็นผลมาจากการประยุกต์ใช้โมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เพื่อที่จะนำมาใช้เป็นตัววัดปริมาณขยะในถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที โดยได้ผลการทดสอบการทำงานของโมดูลวัดระยะทาง ตัวที่ 2 ดังตารางที่ 2 นั้น ปรากฏว่าโมดูลวัดระยะทางนี้สามารถทำงานได้ดีตามที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงในการทิ้งขยะ

จากผลการทดสอบการแจ้งเตือนผ่านสมาร์ตโฟน ดังหัวข้อที่ 6.4 ซึ่งเป็นผลมาจากการประยุกต์ใช้โหนดเอ็มซียู เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกับโมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก สามารถทำงานร่วมกับแอปพลิเคชัน Blynk ได้ ทำให้ได้ถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีที่สามารถใช้งานได้จริง และสามารถประยุกต์ใช้แอปพลิเคชัน Blynk ให้ทำงานร่วมกับระบบไอโอทีได้ เพื่อเป็นการส่งข้อมูลที่ต้องการทราบค่าจากถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีไปยังสมาร์ตโฟนของผู้ใช้งาน ได้ผลดังรูปที่ 14 และ 15 ปรากฏว่าการส่งข้อมูลนั้นก็สามารถทำงานดีตามที่ผู้วิจัยได้ออกแบบการแจ้งเตือนไว้ 2 กรณี คือ การแจ้ง

เตือนเมื่อถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีพร้อมใช้งาน และการแจ้งเตือนเมื่อขยะในถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีนั้นเต็ม

สำหรับแนวทางในการพัฒนาต่อ นั้น ถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีที่สามารถต่อยอดเพื่อทำให้เป็นระบบเครือข่ายได้ในกรณีที่มีถังขยะอยู่หลายใบ และอยู่ต่างพื้นที่กัน การใช้งานจึงเหมาะสำหรับการใช้งานในสถานที่กว้างๆ หรือสถานที่ที่มีหลายชั้น อาทิเช่น โรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม ห้างสรรพสินค้า สำนักงานขนาดใหญ่ และสถานที่อื่น ๆ เพื่อความสะดวกต่อการใช้งาน โดยการมีผู้ควบคุมเพียงแค่มองเดียวก็สามารถรับรู้ข้อมูลจากถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีได้ครั้งละจำนวนหลาย ๆ ถัง จึงส่งผลสามารถลดการใช้แรงงานคนได้เป็นอย่างมาก

เอกสารอ้างอิง

- [1] นิตติคม อริยพิมพ์ และ อนุชา ดีผาง, “อุปกรณ์ควบคุมการทำงานมิเตอร์ไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชัน” *วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา* , ฉบับที่ 1, พ.ศ. 2564. หน้า 128-137.
- [2] นายอานนท์ เนตรยง และ นางสาวจิตติมา นริศเนตร, “ถังขยะอัจฉริยะ” *The Second FIT SSRU Conference 2019*, พ.ศ. 2562, หน้า 128-133.
- [3] ณิชนิษฐ์ ธัญพรหิรัญ และ ชุตติธารัฐ อุตมะสิริเสนี, “การพัฒนาต้นแบบระบบถังขยะไอโอทีและระบบจัดเก็บข้อมูลการทิ้งขยะแบบออนไลน์ของนักเรียนในโรงเรียนระดับประถมศึกษา” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*, ฉบับที่ 1, พ.ศ. 2564, หน้า 54-62.
- [4] อัมภานุช น้อยผล และ นพดล มณีรัตน์, “เครื่องคัดแยกโลหะโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก” *วิศวกรรมลาดกระบัง*, ปีที่ 34 ฉบับที่ 2, พ.ศ.2560, หน้า 16-22.

- [5] เจตน์ งามประพฤติ, พุทธชาติ ยมกิจ และ
สัญญา พันธุ์แพง, “กล่องจดหมายอัจฉริยะ
เพื่อบริษัทแอดไวซ์เชียงใหม่” การประชุม
วิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี
และนวัตกรรม (มหาวิทยาลัยแม่โจ้) ครั้งที่
1, พ.ศ. 2563, หน้า 748-755.
- [6] J. Thaenthong, S. Takaew and K.
Sornphrakhanchai, “Mobile Application
Development for Pet Feeder with
using Microcontroller and Internet of
things” Journal of Information
Science and Technology (JIST), 9, 1,
2019, pp.28-40.
- [7] จามจุรี กุลยอด, และ ศิลป์ณรงค์ ฉวีพัฒน์
“ต้นแบบระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟ ผ่าน
แอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอน
ดรอยด์” รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชา
การระดับชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 4,
พ.ศ. 2560, หน้า 1388-13936.
- [8] ธนิต เรืองรุ่งชัยกุล, กัญญารักษ์ มงคลพรสุข
และ อารยา เลิศสกุลภัทร, “อุปกรณ์ตรวจวัด
มุมของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์
แบบติดตามดวงอาทิตย์โดยใช้ IoT”
วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน,
ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, พ.ศ. 2564, หน้า 25-32.