

กล่องจดหมายแบบไร้กุญแจบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่ง

Keyless Mailbox Based on Internet of Things

พุดพิงศ์ เกิดพิพัฒน์¹ อติสร ศิริคำ^{1*} เจษฎา ก้อนแพง¹ ณัฐพงษ์ อินทวิเศษ² และ ขอบคุณ ไชยวงศ์³

¹สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

²สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

³สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

วิทยาเขตสกลนคร

E-mail: ¹putthiphong.k@mail.rmuk.ac.th, ^{1*}adisorn.s@mail.rmuk.ac.th,

¹jessada.k@mail.rmuk.ac.th, ²nattapong.i@rmutl.ac.th, ³Kobkhun.ch@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอกล่องจดหมายแบบไร้กุญแจบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่ง โดยมีการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify และ Blynk Application โดยการออกแบบได้ประยุกต์ใช้ Infrared Sensor ในการตรวจจับของจดหมายขณะที่มีผู้มาส่งจดหมายโดยทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 และแจ้งเตือนไปยังผู้รับโดยผ่าน Line Notify และ Blynk Application สำหรับขั้นตอนการเปิดกล่องจดหมาย ผู้ใช้งานจะต้องสแกนลายนิ้วมือผ่านเครื่องอ่านลายนิ้วมือเพื่อยืนยันตัวตนก่อนเปิดกล่องจดหมาย นอกจากนี้ยังออกแบบให้มีการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ให้เป็นแหล่งจ่ายแรงดันและประจุแบตเตอรี่ระหว่างการใช้งาน ในเวลากลางวัน จากผลการทดลองตรวจจับของจดหมายจำนวน 25 ครั้ง โดยแจ้งเตือนผ่าน Line Notify และ Blynk Application พบว่ามีค่าเฉลี่ยของเวลาล่าช้าในการแจ้งเตือนประมาณ 2.8 วินาที และ 2.9 วินาที ตามลำดับ การทดลองสแกนลายนิ้วมือเพื่อเปิดกล่องจดหมายจำนวน 25 ครั้ง โดยแจ้งเตือนผ่าน Line Notify และ Blynk Application พบว่ามีค่าเฉลี่ยของเวลาล่าช้าในการแจ้งเตือนประมาณ 2.7 วินาที และ 2.8 วินาที ตามลำดับ การทดลองใช้พลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ที่ต่อร่วมกับแบตเตอรี่ระหว่างเวลา 6.00-6.00 น. ของวัน ต่อไปพบว่า สามารถทำการประจุแรงดันให้กับแบตเตอรี่ได้ประมาณ 10 ชั่วโมง มีแรงดันสูงสุด 11.82 โวลต์ แต่แบตเตอรี่รองรับการใช้งานหลังจากปราศจากแสงแดดได้เพียง 2 ชั่วโมงเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากกล่องจดหมาย

* Corresponding author, e-mail: adisorn.s@mail.rmuk.ac.th

แบบไร้กุญแจได้ใช้ไฟเลี้ยงวงจรอยู่ตลอดเวลาโดยยังไม่มีมีการพิจารณาโหมดประหยัดพลังงาน ดังนั้นอายุการใช้งานของแบตเตอรี่จึงมีค่าต่ำ

คำสำคัญ: กล่องจดหมายแบบไร้กุญแจ อีเอสพี32 ไมโครคอนโทรลเลอร์ แอปพลิเคชันบลิงค์

Abstract

This paper proposed a keyless mailbox based on the Internet of Things by notifying via the Line and Blynk applications when someone sends a letter to a mailbox. We applied an infrared sensor with the microcontroller ESP32 to detect envelopes and notify recipients via Line and Blynk Applications. To open the mailbox, the users must scan their fingerprints via a fingerprint scanner to verify the permissions before opening the mailbox. In addition, the solar panel is installed for voltage source and charging a battery during usage in the daytime. As a result, twenty-five envelope detections were tested by notifying via Line and Blynk applications, respectively. It was found that the average delay time of reporting was 2.8 seconds and 2.9 seconds, respectively. Then, twenty-five fingerprint scanning was tested for opening the mailbox by notifying via Line and Blynk applications. The average delay time for reporting was 2.7 seconds and 2.8 seconds, respectively. In the experimental test, we used a solar panel to connect with a battery between 6:00 a.m. and 6:00 a.m. the next day. It can also work by charging the voltage into a battery for approximately 10 hours, the maximum voltage is 11.82 V, but the battery is supported the usage time of 2 hours after the solar panel has no sunlight. This voltage drop was because the keyless mailbox always used the circuit's voltage supply, which wasn't considered an energy-saving mode. The life of the battery is low.

Keywords: Keyless Mailbox, ESP32, Line Notify, Blynk Application

1. ที่มาและความสำคัญ

การรับส่งจดหมายในปัจจุบันได้ถูกพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) ในขณะที่การไปรษณีย์ไทยยังคงมีการรับส่งจดหมายโดยผ่านตู้ไปรษณีย์และกล่องจดหมายที่ตั้งอยู่หน้าบ้าน การรับส่งจดหมายทั้ง 2 รูปแบบมีความสำคัญต่างกัน โดยพบว่าคนวัยทำงานจะใช้จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีความสะดวกและรวดเร็วต่อการบริหารงานภายในองค์กรหรือหน่วยงานต่างๆ สำหรับบุคคลทั่วไปที่ไม่มีความเร่งรีบต่อการรับส่งข่าวสารหรือบุคคลที่เกษียณจากงานแล้วหรือผู้สูงอายุ วิธีการรับส่งจดหมายโดยผ่านตู้ไปรษณีย์ซึ่งเป็นระบบบริการแบบพื้นฐานจึงมีความจำเป็นที่ไม่สามารถละทิ้งได้ ในการรับส่งจดหมายรูปแบบนี้ บุรุษไปรษณีย์จะนำซองจดหมายหย่อนใส่ลงกล่องจดหมายที่ตั้งอยู่หน้าบ้านของผู้รับซึ่งพบว่าในบางครั้ง

ที่ผู้รับจดหมายไม่อยู่บ้านหรือไม่ได้เปิดกล่องจดหมายออกมาดู จึงทำให้มีจดหมายตกค้างเป็นเวลานาน และในบางกรณีอาจเป็นจดหมายที่มีความสำคัญต่อการทำธุรกรรมของธนาคารหรือจดหมายทางราชการต่าง ๆ ที่อาจมีความเสี่ยงต่อการถูกโจรกรรมข้อมูลได้ง่ายหรืออาจจะหมดเวลาในการยืนยันสิทธิ์เพื่อรับผลประโยชน์ต่าง ๆ ที่มาจากการทำธุรกรรมทางการเงินได้ ปัจจุบันเทคโนโลยีของอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่งได้เข้ามา มีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินชีวิตประจำวันซึ่งพบเห็นได้จากงานวิจัยต่างๆ เช่น สมาร์ทโฮม (Smart Home) [1-4] สมาร์ทฟาร์ม (Smart Farm) [5-6] และระบบการแจ้งเตือนภัยทางด้านสิ่งแวดล้อม (Environment Monitoring System) [7-9] เป็นต้น ระบบอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่งเป็นการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานร่วมกับ Sensor ในการตรวจจับสิ่งต่างๆ เพื่อการเฝ้าระวังและการแจ้งเตือนหรือควบคุมการทำงานโดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ตที่แสดงผลผ่านเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่อยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์หรือบนโทรศัพท์มือถือเป็นหลักซึ่งแนวทางนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานกับกล่องจดหมายได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันที่มีความสำคัญในชีวิตประจำวันของทุกคนในยุคปัจจุบัน

จากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกล่องจดหมายอัจฉริยะพบว่างานวิจัย [10] ได้มีการพัฒนากล่องจดหมายอัจฉริยะเพื่อบริษัทแอดไวซ์เชียงรายโดยมีการใช้งาน Infrared Sensor ในการตรวจจับซองจดหมายโดยทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ซึ่งเมื่อมีผู้มาส่งจดหมายจะทำให้เกิดการแจ้งเตือนเข้าสู่ระบบ Line Notify ทันที แต่งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการกล่าวคือ มีความเสี่ยงต่อการถูกโจรกรรมเอกสารสำคัญทางธุรกรรมการเงินได้ง่าย เพราะไม่มีระบบป้องกันหรือการแจ้งเตือนเมื่อถูกโจรกรรมข่าวสารที่อยู่ภายในกล่องจดหมายและยังไม่มีแอปพลิเคชันสำรองการทำงานเมื่อระบบ Line Notify เกิดความล้มเหลว งานวิจัยต่อมา [11] ได้พัฒนากล่องจดหมายอัจฉริยะที่มีการประจุพลังงานผ่านโซล่าเซลล์ซึ่งทำงานร่วมกับแบตเตอรี่โดยใช้ Infrared Sensor ทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ nRF52840 สำหรับการประมวลผลและประยุกต์ใช้ Google Home Application ทำงานร่วมกับระบบอินเทอร์เน็ตที่มีเว็บเซิร์ฟเวอร์ โดยผู้ใช้งานสามารถสอบถามไปยัง Google Home Application ว่ามีจดหมายเข้ามายังกล่องจดหมายหรือไม่ ถ้ามีจดหมายเข้ามาในกล่องจดหมายจะได้ยินเสียงตอบโดยผ่านเว็บเซิร์ฟเวอร์ งานวิจัยนี้มีข้อดีที่ใช้งานโซล่าเซลล์ร่วมกับแบตเตอรี่ซึ่งช่วยประหยัดพลังงานแต่ยังไม่มีการพิสูจน์ตัวตนของผู้เปิดกล่องจดหมายซึ่งอาจจะเสี่ยงต่อการถูกโจรกรรมข่าวสารที่สำคัญได้ง่ายและยังไม่มีการประยุกต์ใช้งานระบบ Line Notify ซึ่งมีความสะดวกมากในสังคมปัจจุบัน ในงานวิจัยต่อมาได้พัฒนา Smart Postal Mailbox [12] โดยงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้งาน PIR Sensor ในการตรวจจับซองจดหมายและพัสดุขนาดเล็กที่อยู่ภายในกล่อง นอกจากนี้ยังวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในกล่องจดหมายโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ทำการประมวลผลและจะส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล (MySQL) โดยมีการแสดงผลผ่าน Graphic User Interface (GUI) บนระบบเว็บแอปพลิเคชัน ในงานวิจัยนี้มีข้อดีในเรื่องของการตรวจสอบความชื้นเพื่อช่วยป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับซองจดหมายต่างๆ แต่การที่จะรับรู้ว่ามีจดหมายมาส่งจึงต้องอาศัยการเปิดดูข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลโดยผ่านเว็บเซิร์ฟเวอร์ซึ่งยังไม่เป็นระบบเรียลไทม์ที่แท้จริงและยังไม่มีการยืนยันตัวตนของ

ผู้เปิดกล่องจดหมายซึ่งอาจจะมีความเสี่ยงต่อการถูกโจรกรรมข่าวสารได้ง่าย งานวิจัยต่อมาได้ประยุกต์ RFID และ GSM Module [13] ในการพัฒนากล่องจดหมายให้ทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 16F877A โดยผู้ส่งจดหมายจะสแกน RFID Tag กับเครื่องอ่านที่ติดอยู่กับกล่องจดหมายและเมื่อรหัสของ RFID ของผู้ส่งตรงกับรหัสที่มีอยู่ในระบบแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ 16F877A จะควบคุมให้ DC Motor เปิดกล่องออกมาเพื่อให้ผู้ส่งนำจดหมายใส่ลงกล่อง จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ 16F877A จะส่งข้อมูลแจ้งเตือนไปยังผู้รับโดยผ่าน GSM Module งานวิจัยนี้มีข้อดีที่ส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ แต่การส่งข้อมูลผ่านโมดูล GSM/GPRS จะมีการเรียกเก็บค่าบริการรายเดือนที่ต้องจ่ายให้กับเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ

จากงานวิจัยที่กล่าวถึงข้างต้นสามารถสรุปข้อจำกัดจากการใช้งานได้ว่า กล่องจดหมายอัจฉริยะที่มีการแจ้งเตือนผ่านทาง Line Notify [10] มีข้อจำกัดหลายด้าน เช่น 1) มีความเสี่ยงต่อการถูกโจรกรรมได้ง่าย 2) ไม่มีแอปพลิเคชันสำรองเมื่อแอปพลิเคชันหลักเกิดความล้มเหลว 3) ไม่มีระบบโซลาร์เซลล์เพื่อช่วยประหยัดพลังงานของแบตเตอรี่ เป็นต้น นอกจากนี้งานวิจัยที่นำเสนอหาคำแนะนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ ที่กล่าวมา [11-13] พบว่าไม่มีระบบสำรองการใช้งานระบบแจ้งเตือนและการยืนยันตัวตนหรือยืนยันสิทธิ์ของผู้เปิดกล่องจดหมายโดยสแกนลายนิ้วมือเพื่อความปลอดภัยจากการถูกโจรกรรมและมีการเก็บค่าบริการรายเดือนในการใช้งานผ่าน Line Notify เนื่องจากใช้โมดูล GSM/GPRS ในการรับส่งข้อมูลเพื่อเข้าสู่ระบบการแจ้งเตือน ดังนั้นจากข้อจำกัดต่างๆ ข้างต้นที่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดนำเสนอการพัฒนากล่องจดหมายแบบไร้กฎหมายที่อยู่บนพื้นฐานของการนำระบบอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่งโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ที่ได้ประยุกต์ใช้งาน Infrared Sensor ในการตรวจจับจดหมายที่ทำงานร่วมกับเครื่องอ่านลายนิ้วมือสำหรับใช้ในการยืนยันตัวตน โดยจะทำการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify และ Blynk Application ซึ่งสามารถสำรองระบบการทำงานซึ่งกันและกันได้ เมื่อระบบหนึ่งเกิดความล้มเหลวแต่อีกระบบหนึ่งยังสามารถทำงานทดแทนกันให้สามารถใช้งานได้ตามปกติ โดยระบบที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นได้มีการนำระบบโซลาร์เซลล์มาใช้งานร่วมกับแบตเตอรี่เพื่อช่วยเรื่องการประหยัดพลังงานในการทำงานของระบบ

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและสร้างกล่องจดหมายไร้กฎหมายซึ่งอยู่บนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่งโดยประยุกต์การทำงานร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพโดยพิจารณาหาค่าเฉลี่ยของเวลาล่าช้าในการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify
3. เพื่อหาประสิทธิภาพเบื้องต้นของการประจุแรงดันจากแผงโซลาร์เซลล์ให้กับแบตเตอรี่เพื่อนำมาใช้งาน

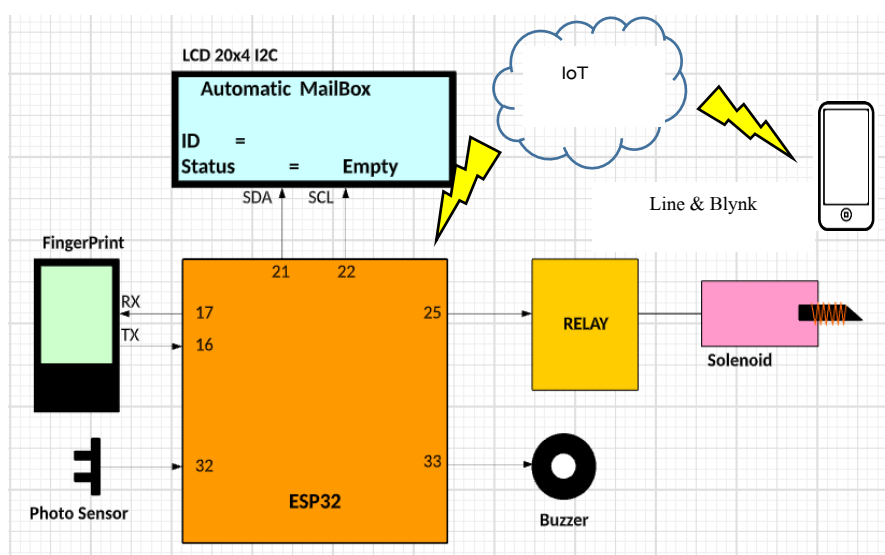
3. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินงานวิจัย

อินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoTs) เป็นเทคโนโลยีที่ถูกกล่าวถึงในยุคปัจจุบันโดยมีการนำ Sensor ชนิดต่างๆ มาเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีระบบ Wi-Fi อยู่ในตัวเอง เช่น NodeMCU และ ESP32 เป็นต้น จึงทำให้เชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตได้สะดวกยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีการพัฒนา

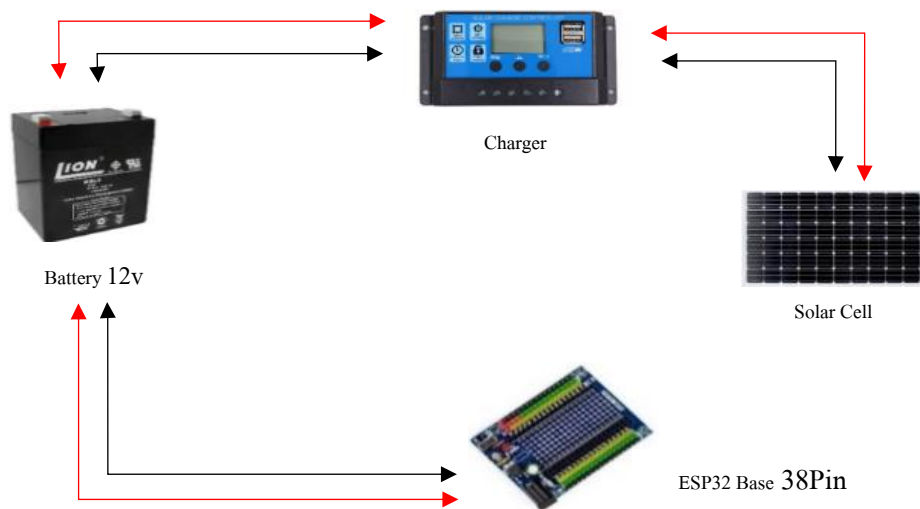
แพลตฟอร์มที่ใช้งานกับแอปพลิเคชันของอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่งบนระบบ Cloud Server เช่น Blynk Application, Line Notify และ ThingSpeak เป็นต้น ผู้ใช้งานจะต้องลงทะเบียนกับแอปพลิเคชันที่ต้องการเพื่อนำ Token Code ที่ได้รับมายืนยันสิทธิ์ของตนเอง โดยโปรแกรมที่ออกแบบและพัฒนาจะมีส่วนที่สำคัญคือ การสื่อสารผ่านระบบ Wi-Fi ซึ่งต้องใช้ Wi-Fi Name & Password และการยืนยันตัวตนกับแอปพลิเคชันที่ลงทะเบียนไว้โดยนำ Token Code มาใส่ไว้ในโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งจะทำให้ Sensor ต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถส่งข้อมูลผ่านระบบ Wi-Fi ไปยังแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือได้

3.1 การออกแบบวงจรฮาร์ดแวร์

การออกแบบวงจรฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย Infrared Sensor ซึ่งเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ซึ่งมีโมดูล Wi-Fi อยู่ในตัวเองทำให้สามารถเชื่อมต่อและส่งข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ Infrared Sensor ทำหน้าที่ตรวจจับของจดหมายที่ใส่เข้ามาในกล่องโดยมีการแสดงผลบนจอ LCD พร้อมส่งสัญญาณผ่านระบบ Wi-Fi เข้าระบบสู่อินเทอร์เน็ตซึ่งจะมีแพลตฟอร์มของ Line & Blynk Applications ที่ผู้ใช้งานได้ลงทะเบียนและดาวน์โหลดโปรแกรมติดตั้งไว้บนโทรศัพท์มือถือทำให้สามารถแจ้งเตือนเมื่อมีผู้ส่งจดหมายเข้ามาในกล่องจดหมายได้ ส่วนการเปิดกล่องจดหมายนั้นผู้รับจดหมายจะต้องสแกนลายนิ้วมือผ่านเครื่องอ่าน Fingerprint ที่ติดตั้งอยู่กับตัวกล่องจดหมายเพื่อยืนยันว่าผู้เปิดกล่องจดหมายเป็นเจ้าของจดหมายหรือผู้ที่ได้รับอนุญาตจริงๆ เมื่อลายมือถูกต้องโมดูล ESP32 จะประมวลผลและสั่งให้ Relay ทำงานเพื่อเปิดกลอนไฟฟ้าที่ควบคุมการเปิดและปิดกล่องจดหมายพร้อมแจ้งเตือนไปยัง Line & Blynk Applications ของผู้รับจดหมายในการเพิ่มจำนวนผู้ใช้งานสามารถทำได้โดยง่ายโดยสแกนลายนิ้วมือที่หน้ากล่องจดหมายซึ่งรองรับผู้ใช้งานได้สูงสุดจำนวน 5 คน รายละเอียดฮาร์ดแวร์ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรฮาร์ดแวร์กล่องจดหมายแบบไร้กุญแจ

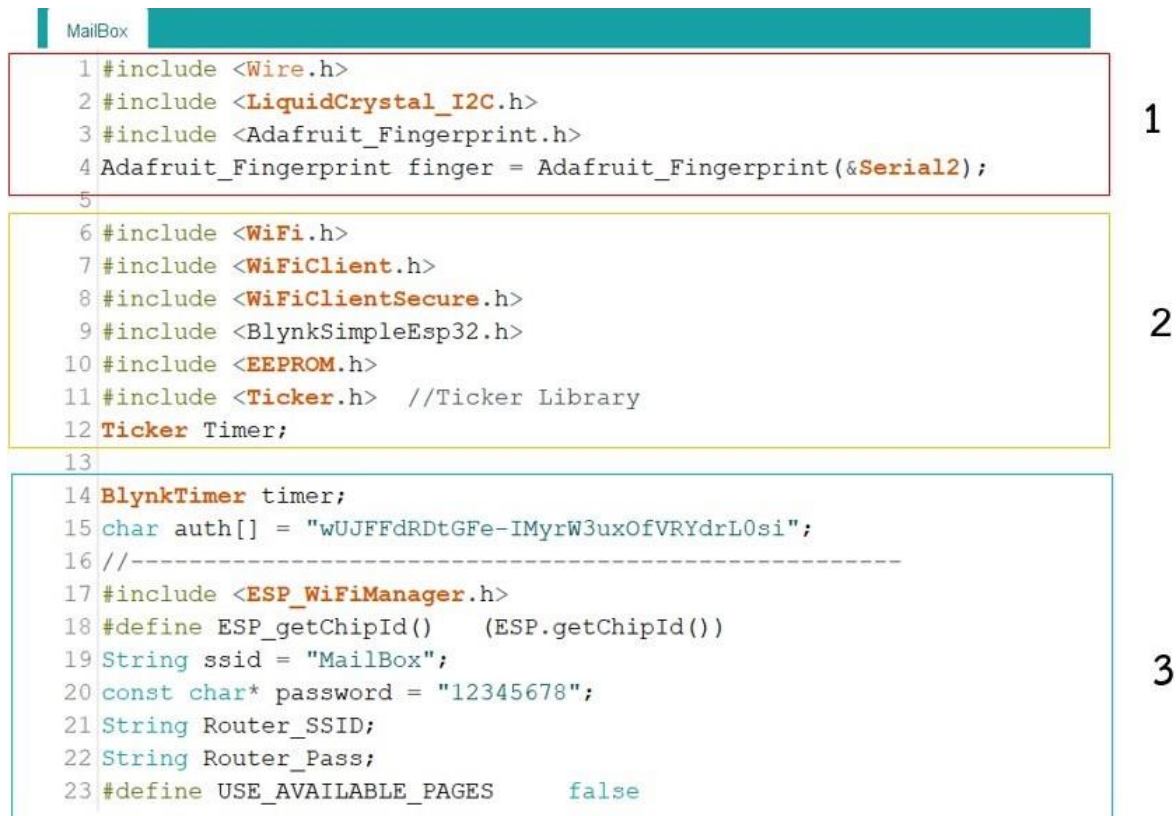


รูปที่ 2 การเชื่อมต่อแผงโซลาร์เซลล์กับเครื่องชาร์จแบตเตอรี่และโมดูล ESP32

จากรูปที่ 2 แสดงการเชื่อมต่อแบตเตอรี่ 12 V เข้ากับโมดูล ESP32 โดยที่แบตเตอรี่จะประจุแรงดันจากแผงโซลาร์เซลล์ในช่วงกลางวันและนำแรงดันไปใช้งานในเวลากลางคืน ระบบที่ออกแบบมีแหล่งจ่ายแรงดันที่มาจากแผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่เท่านั้น โดยไม่มีแหล่งจ่ายแรงดันอื่นๆ การติดตั้งใช้งานควรติดตั้งในสถานที่โล่งแจ้งเพื่อให้แผงโซลาร์เซลล์ได้รับแสงแดดตลอดเวลาซึ่งจะประจุแรงดันแบตเตอรี่ได้เต็มที่ แต่กล่องจดหมายนี้ยังไม่มีกั้นกันน้ำฝน ดังนั้นเมื่อมีการแจ้งเตือนจดหมายเกิดขึ้นจึงควรหยิบจดหมายออกจากกล่องทันทีซึ่งจะช่วยป้องกันจดหมายชำรุดจากสาเหตุของน้ำฝนได้ นอกจากนี้การใช้งานแผงโซลาร์เซลล์ควรดูแลและทำความสะอาดอยู่เสมอ เพราะฝุ่นละอองเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ลดลง

3.2 การพัฒนาโปรแกรม

การพัฒนาโปรแกรมของ ESP32 โดยกำหนดค่าเริ่มต้นของ Fingerprint และ EPROM กำหนดค่าเริ่มต้นของ Serial Buffer และการเชื่อมต่อกับ Wi-Fi เพื่อใช้สื่อสารกับ Line Notify และ Blynk Application ตามลำดับ โปรแกรมส่วนตั้งค่าเริ่มต้นจะกำหนดให้บันทึกค่าลายนิ้วมือก่อนโดยตรวจสอบค่าใน Serial Buffer ถ้ามีเลข 1 เข้ามาจากการป้อนค่าผ่านแป้นคีย์บอร์ดจะเป็นการบันทึกค่าลายนิ้วมือเข้าไปเก็บใน EPROM แต่ถ้าเป็นเลข 2 จะทดสอบการตรวจสอบลายนิ้วมือที่มีอยู่ในระบบ แต่ถ้าเป็นเลข 3 จะเป็นการลบลายนิ้วมือออกจากระบบ จากนั้นเข้าสู่โปรแกรมหลักโดยจะมีการวนรอบตรวจเช็คของจดหมายโดยถ้า Infrared Sensor พบของจดหมายในกล่อง โปรแกรมของ ESP32 จะส่งข้อมูลไปแสดงผลที่จอ LCD และส่งข้อมูลแจ้งเตือนผ่านระบบ Wi-Fi ไปยังผู้รับโดยผ่าน Line Notify และ Blynk Application และจะวนรอบไปตรวจสอบว่ามีกรสแกนลายนิ้วมือเข้ามาด้วยหรือไม่ หากพบว่ามีกรกตลายนิ้วมือที่เครื่องอ่านและเป็นลายนิ้วมือที่ถูกต้องจะทำการเปิดกล่องจดหมาย และแจ้งเตือนผ่าน Line Notify และ Blynk Application แต่ถ้าไม่พบกรสแกนลายนิ้วมือโปรแกรมจะวนรอบตรวจสอบของจดหมาย และตรวจสอบการสแกนลายมือในรอบต่อไปจนกระทั่งพบว่า มีของจดหมายเข้ามาหรือมีการสแกนลายนิ้วมือเพื่อเปิดกล่องจดหมาย



รูปที่ 3 การประกาศไลบรารีของ ESP32

ในรูปที่ 3 แสดงการประกาศใช้งานไลบรารีที่สำคัญภายในตัวโปรแกรมของ ESP32 โดยส่วนที่ 1) จะเป็นไลบรารีที่ทำงานเกี่ยวกับการสแกนหรือตรวจสอบลายนิ้วมือและการแสดงผลบนจอ LCD แบบ I2C ในส่วนที่ 2) จะเป็นไลบรารีที่เชื่อมต่อกับ Wi-Fi ของระบบอินเทอร์เน็ตซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อ Line Notify และ Blynk Application และในส่วนที่ 3) จะต้องมีการใส่ Wi-Fi Name & Password & Token Code เพื่อขอเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตและยืนยันตัวตนของผู้ลงทะเบียนกับ Line Notify และ Blynk Application ที่อยู่บนระบบ Cloud Server จึงทำให้โปรแกรมการส่งข้อมูลสามารถติดต่อสื่อสารไปยัง Line Notify & Blynk Application ที่อยู่บนโทรศัพท์มือถือของผู้รับได้

4. ผลการวิจัยและอภิปราย

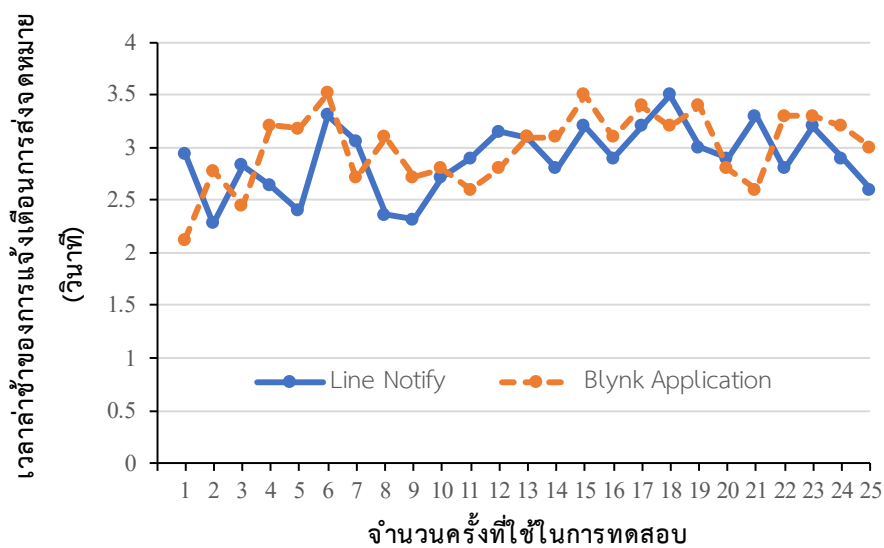
ในการทดลองแรกของกล่องจดหมายแบบไร้กุญแจเป็นการทดลองเพื่อทดสอบการทำงานของ Infrared Sensor ในการตรวจจับของจดหมายโดยการนำของจดหมายใส่ลงในช่องของกล่องจดหมายแบบไร้กุญแจจำนวน 50 ครั้ง โดยตัวเลขจำนวน 50 ครั้งอ้างอิงมาจากการสุ่มตัวอย่างของงานวิจัยด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม ค่าการสุ่มตัวอย่างที่ยอมรับโดยทั่วไปอย่างน้อยควรจะมีค่าประมาณ 30 ครั้ง [14] ซึ่งเพียงพอต่อความน่าเชื่อถือ (Reliability) แต่ผู้วิจัยได้พิจารณาจำนวนการทดลองที่ 50 ครั้ง เพื่อให้มีความแม่นยำที่มากขึ้น โดยการทดลอง 25 ครั้งแรกจะพิจารณาเวลาล่าช้าที่เกิดขึ้นระหว่างการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify ที่อยู่บนโทรศัพท์มือถือของผู้รับจดหมาย และใน 25 ครั้งต่อมาจะพิจารณาเวลาล่าช้าที่เกิดขึ้นระหว่างการแจ้งเตือนผ่าน

Blynk Application การใส่จดหมายลงกล่องในแต่ละครั้งมีระยะเวลาห่างกันทุก 2 นาที เนื่องจากการส่งจดหมายแต่ละครั้งไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องใช้เวลาประมวลผลการส่งในแต่ละครั้งด้วยและหากเป็นช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานอื่นๆ อยู่ในระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตอย่างหนาแน่น (Traffic Congestion) ย่อมมีผลกระทบต่อความผิดพลาดของการแจ้งเตือนเข้าสู่ Line Notify และ Blynk Application ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวที่มีผลกระทบต่อการแจ้งเตือนให้น้อยลง ผู้วิจัยจึงได้พิจารณาระยะเวลาของการส่งจดหมายแต่ละครั้งให้ห่างกันทุก 2 นาที จากนั้นจะนำผลของเวลาล่าช้าที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งมาบันทึกผลการทดลองในรูปแบบของกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 4 และรูปที่ 5 ตามลำดับ โดยจะพิจารณาหาค่าเฉลี่ยของเวลาล่าช้าที่เกิดขึ้นจากการแจ้งเตือนทั้ง 2 กรณี โดยการใช้สมการที่ (1)

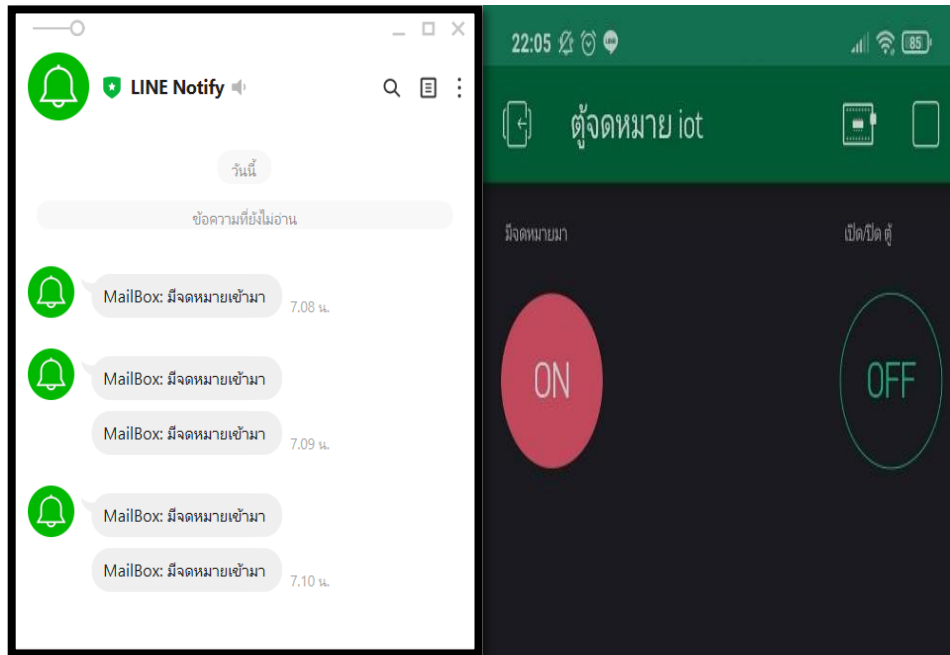
$$Avg. Delay = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \quad (1)$$

เมื่อ T_i คือเวลาล่าช้าของการแจ้งเตือนครั้งที่ i

n คือจำนวนครั้งที่ทดลอง

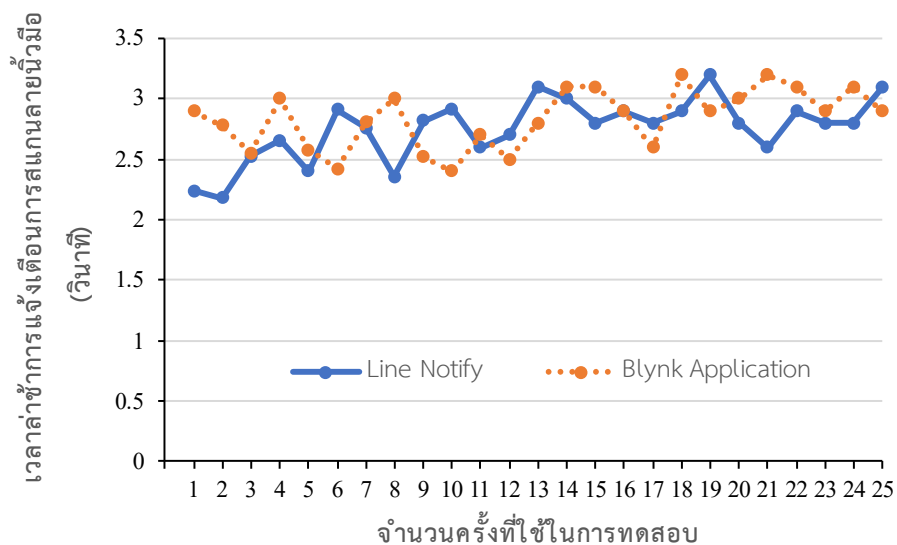


รูปที่ 4 เวลาล่าช้าของการแจ้งเตือน (ซองจดหมาย)

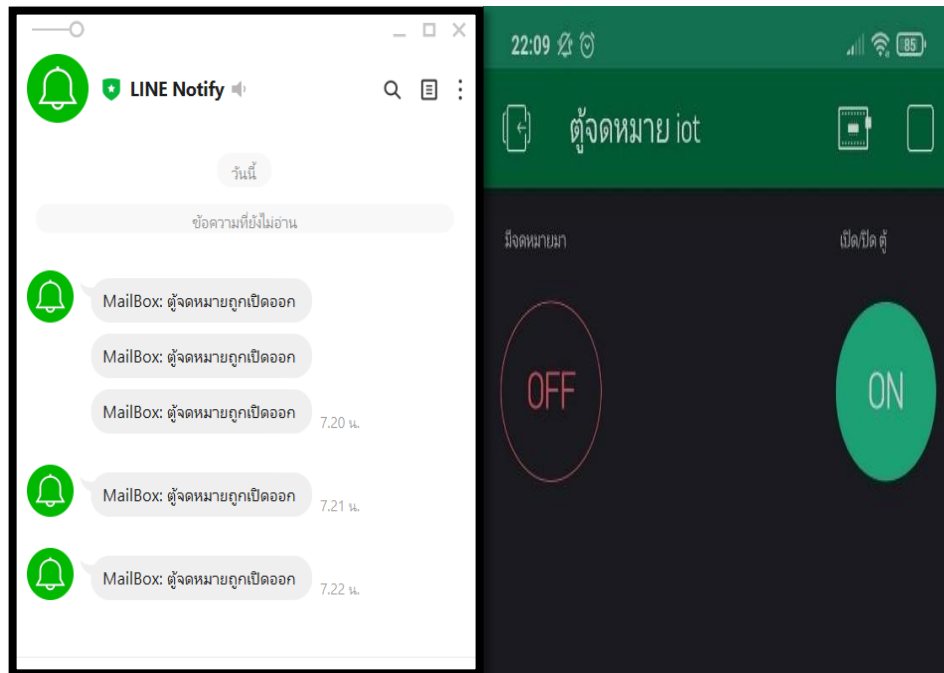


รูปที่ 5 การแจ้งเตือนผ่านทางแอปพลิเคชัน Line Notify และ Blynk Application

จากผลการทดลองในรูปที่ 4 และรูปที่ 5 การส่งจดหมายสามารถแจ้งเตือนโดยผ่าน Line Notify และ Blynk Application ได้ การรับส่งและแจ้งเตือนแต่ละครั้งจะมีค่าเวลาล่าช้าในการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify และ Blynk Application ที่แตกต่างกันไป เมื่อนำค่าเวลาล่าช้าของการส่งจดหมายแต่ละครั้งมาพิจารณาค่าเวลาล่าช้าโดยเฉลี่ยดังในสมการที่ (1) จะมีค่าเวลาล่าช้าโดยเฉลี่ยที่แจ้งเตือนผ่าน Line Notify และ Blynk Application ประมาณ 2.8 วินาที และ 2.9 วินาที ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น



รูปที่ 6 เวลาล่าช้าของการแจ้งเตือน (สแกนลายนิ้วมือ)



รูปที่ 7 การยืนยันตัวตนผ่านทาง Line Notify และ Blynk Application

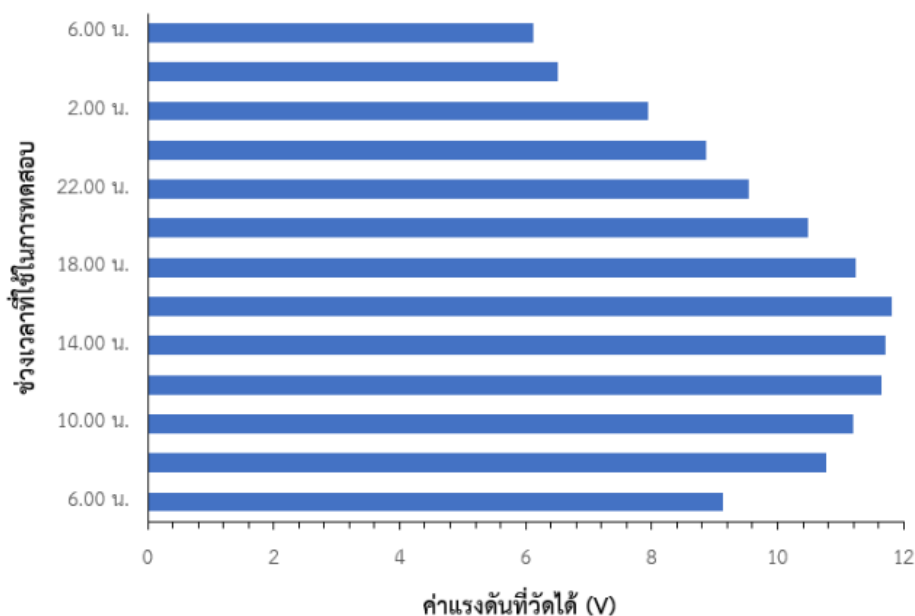
การทดลองต่อไปจะเป็นการทดลองเพื่อทดสอบการเปิดกล่องจดหมายโดยการสแกนลายนิ้วมืองดแสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7 ตามลำดับ การสแกนลายนิ้วมืองดมีจำนวน 50 ครั้ง โดยที่ 25 ครั้งแรกจะพิจารณาหาเวลาล่าช้าในการแจ้งเตือนโดยผ่าน Line Notify และใน 25 ครั้งต่อมาจะพิจารณาหาเวลาล่าช้าของการแจ้งเตือนผ่าน Blynk Application ระยะเวลาของการสแกนลายนิ้วมืองดแต่ละครั้งจะมีระยะห่างกันทุก 2 นาที โดยมีผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7 โดยจะพิจารณาค่าเฉลี่ยของเวลาล่าช้าทั้ง 2 กรณีที่มีการแจ้งเตือนโดยใช้สมการที่ (1) ส่วนรูปที่ 8 เป็นกล่องจดหมายแบบไร้กุญแจที่ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อการทดลอง



รูปที่ 8 กล่องจดหมายแบบไร้กุญแจ

จากผลการทดลองในรูปที่ 6 และรูปที่ 7 การสแกนลายนิ้วมือสามารถเปิดกล่องจดหมายและแจ้งเตือนผ่าน Line Notify และ Blynk Application ได้ และเมื่อนำค่าเวลาลำซ้ำของการสแกนลายนิ้วมือมาหาเวลาลำซ้ำโดยเฉลี่ยดังในสมการที่ (1) จะมีค่าเวลาลำซ้ำโดยเฉลี่ยที่แจ้งเตือนผ่าน Line Notify และ Blynk Application ประมาณ 2.7 วินาที และ 2.8 วินาที ตามลำดับ ซึ่งจะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยโดยจะขึ้นอยู่กับปริมาณของผู้ใช้งานเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในแต่ละวันหรือแต่ละเวลา

การทดลองสุดท้ายเป็นการทดลองประจุแรงดันแบตเตอรี่ด้วยแรงดันจากแผงโซลาร์เซลล์เพื่อพิจารณาค่าแรงดันสะสมที่เกิดขึ้นในแบตเตอรี่ระหว่างการใช้งานภายในเวลากลางวันเพื่อนำแบตเตอรี่มาใช้งานกับกล่องจดหมายในระหว่างที่ไม่มีแสงแดดเหลืออยู่ (กลางคืน) แผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้มีขนาด 5W ติดตั้งโดยการวางในแนวระนาบเหนือกล่องจดหมาย (180 องศา) โดยการทดลองจะใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 V (1.3 AH/20HR) ซึ่งมีแรงดันเหลืออยู่ 9.12 V ในการทดลองจะมีการวัดแรงดันที่สะสมในแบตเตอรี่ทุกๆ 2 ชั่วโมง และบันทึกค่าแรงดันที่ได้ระหว่างเวลา 6.00-6.00 น. ของวันถัดไป โดยมีผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 แบตเตอรี่ที่ประจุแรงดันจากแผงโซลาร์เซลล์

จากผลการทดลองในรูปที่ 9 เมื่อประจุแรงดันจากแผงโซลาร์เซลล์พบว่าที่เวลา 8.00 น. มีแรงดันเพิ่มขึ้นมาที่ 10.87 V ที่จุดนี้กล่องจดหมายเริ่มทำงานได้เพราะมีแรงดันเพียงพอ และในระหว่างเวลา 7.00-17.00 น. จะมีแรงดันของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นตามลำดับเพราะเป็นช่วงเวลาที่แผงโซลาร์เซลล์มีแสงแดดตกกระทบแบตเตอรี่จึงประจุแรงดันสูงสุดได้ 11.82 V ที่เวลา 16.00 น. แต่หลังจากเวลา 17.00-19.00 น. เป็นช่วงเวลาที่ขาดแสงแดด จึงต้องอาศัยแรงดันที่สะสมในแบตเตอรี่มาใช้งานซึ่งพบว่ารองรับการใช้งานได้เพียง 2 ชั่วโมง เท่านั้น ดังนั้นแบตเตอรี่ขนาด 12 V ที่ประจุพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ใช้เวลาประจุแรงดันแบตเตอรี่ประมาณ 10 ชั่วโมง ในระหว่างเวลา 7.00-17.00 น. ซึ่งมีแสงแดดขณะใช้งานเท่านั้น

ผลการทดลองทั้ง 3 พบว่ากล่องจดหมายแบบไร้กุญแจสามารถใช้ Infrared Sensor ทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 โดยแจ้งเตือนผ่าน Line Notify และ Blynk Application สามารถแจ้งข่าวสารไปยังผู้รับได้รวดเร็ว แต่ในส่วนของการประจุแรงดันแบตเตอรี่ผ่านแผงโซลาร์เซลล์ระหว่างเวลากลางวันจะส่งผลให้แบตเตอรี่มีแรงดันและกระแสที่ใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง แต่ในช่วงเวลากลางคืนแรงดันของแบตเตอรี่จะไม่เพียงพอต่อการใช้งาน เพราะขาดแสงแดดที่ส่องกระทบไปยังแผงโซลาร์เซลล์จึงเป็นข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ แต่หากจะพิจารณาตามความจริงแล้วการรับส่งจดหมายไม่ได้เกิดขึ้นตลอดเวลา (ทั้งกลางวันและกลางคืน) ดังนั้นหากพัฒนาต่อยอดให้ประหยัดพลังงาน (Deep Sleep Mode) ในขณะที่ยังไม่มีผู้ส่งจดหมายจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ได้ยาวนานยิ่งขึ้น โดยให้กล่องจดหมายทำงานเฉพาะเวลาที่มีผู้มาส่งจดหมายเท่านั้น จากนั้นจึงกลับเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานตามเดิม โดยโมดูล ESP32 ที่ใช้งานอยู่นี้มีโหมดประหยัดพลังงานแบบ Deep Sleep Mode ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดพลังงานได้

5. บทสรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอกล่องจดหมายแบบไร้กุญแจบนพื้นฐานของอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่ง โดยมีการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify และ Blynk Application ขณะที่ผู้มาส่งจดหมายลงในกล่อง ในการออกแบบได้ประยุกต์ใช้ Infrared Sensor ทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เพื่อประมวลผลและแจ้งเตือนไปยังผู้รับโดยผ่าน Line Notify และ Blynk Application ที่อยู่บนโทรศัพท์มือถือซึ่งผู้รับสามารถเปิดกล่องจดหมายโดยการสแกนลายนิ้วมือผ่านเครื่องอ่านลายนิ้วมือเพื่อยืนยันตัวตนและป้องกันการถูกโจรกรรมข่าวสาร ระบบที่ออกแบบมีแผงโซลาร์เซลล์เพื่อประจุแรงดันให้แบตเตอรี่ไว้ใช้งานในเวลาที่ไม่มีแสงแดด จากผลการทดลองสามารถแจ้งเตือนการส่งจดหมายผ่าน Line Notify และ Blynk Application โดยมีเวลาล่าช้าของการแจ้งเตือนโดยเฉลี่ยประมาณ 2.8 วินาที และ 2.9 วินาที ตามลำดับ ผลการทดลองสแกนลายนิ้วมือสามารถยืนยันตัวตนและเปิดกล่องจดหมายมีเวลาล่าช้าในการแจ้งเตือนผ่าน Notify และ Blynk Application โดยเฉลี่ยประมาณ 2.7 วินาที และ 2.8 วินาที ตามลำดับ การประยุกต์ใช้งาน Line Notify และ Blynk Application ให้ทำงานร่วมกันมีข้อดีที่สามารถรองรับการใช้งานได้ตลอดเวลาโดยเมื่อระบบหนึ่งเกิดความล้มเหลว แต่อีกระบบหนึ่งยังสามารถรองรับการใช้งานต่อไปได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำงานวิจัยขอขอบพระคุณนายศักดิ์สิทธิ์ แก้วมณี นายอัมพ พงทอง และนายปริญญ์ ทรัพย์ทรัพย์ ศึกษาศาสาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่คอยช่วยเหลือและสนับสนุนให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Sisavath, C., & Yu, L. (2020). Design and Implementation of Security System for Smart Home based on IoT Technology. 10th International Conference of Information and Communication Technology. Procedia Computer Science 183.
- [2] Thaenthong, J., Takaew, S., & Sornphrakhanchai, K. (2019, June). Mobile Application Development for Pet Feeder with using Microcontroller and Internet of Things. JIST, vol. 9, no. 1, pp. 28–40.
- [3] Addoddorn, C., & Ariyapim, N. (2022, April). The Design and Construction of Smart the IoT System for Modeling House Controlled by Microcontroller. vol. 17, no. 1, pp. 29–39.
- [4] Vishwakarma, S. K., Upadhyaya, P., Kumari B., & Mishra, A. K. (2019). Smart Energy Efficient Home Automation System Using IoT. 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU). pp. 1-4, doi: 10.1109/IoT-SIU.2019.8777607.
- [5] ABBASSI, Y., & BENLAHMER, H. (2021). The Internet of Things at the Service of Tomorrow's Agriculture. International Workshop on Edge IA-IoT for Smart Agriculture (SA2IOT). Procedia Computer Science 191, pp. 475-480.
- [6] Narayana, L., & Deepthi, B. (2022). Real Time Automatization of Agriculture Environment for Social Modernization Using ESP32 and Cloud Computing. International Research Journal of Education and Technology. vol.4, pp.60-66.
- [7] Liberata, Ullo, S., & Sinha, G, R. (2020). Advance in Smart Environment Monitoring Systems using IoT and Sensors. Sensor, pp. 2-18.
- [8] Divyapriya, S., Vijayakumar, R., Ramkumar, Siva., Amudha, A., Nagaveni, P., Emayavaramban, G., & Mansoor. V. (2020). IoT Enabled Drip Irrigation System with Weather Forecasting. 4th International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud).
- [9] Sadhukhan, M., Dasgupta, S., & Bhattacharya, I. (2021). An Intelligent Weather Prediction System Based on IOT. Devices for Integrated Circuit (DevIC), pp. 528-532, doi:10.1109/DevIC50843.2021.9455883.
- [10] Ngamprapruet, J., Yommakit, P., & Panpaeng, S. (2021, February 28). Smart Mailbox for Advice Chiang Rai Company. ChiangMai Rajabhat University Intellectual Repository, Thailand.
- [11] Khan, T. (2020). A Solar-Powered IoT Connected Physical Mailbox Interfaced with Smart Devices. IoT, pp.128-144.

- [12] Turska, S., & Madlenakova, L. (2019, May 29-31). Concept of Smart Postal Mailbox. 13th International Scientific Conference on Sustainable, Modern and Safe Transport (TRANSCOM). Transportation Research Procedia, pp.1199–1207.
- [13] Saini, H., & Sharma, A. (2019, June). RFID and GSM based Intelligent Courier Mailbox System. International Journal of Research in Engineering Science and Management (IJERSM), vol.2, pp.63-66.
- [14] Bujang, MA., Omar, ED., & Baharu, NA. (2018, November-December). A Review on Sample Size Determination for Cronbach's Alpha Test: A Sample Guide for Researcher. Malays J Med Sci. 25(6): pp.85–9.