



การพัฒนาระบบตู้ส่งงานอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
Develop an intelligent delivery cabinet system with Internet of Things

Technology

ลัดดาวัลย์ จำปา*

Laddawan Champa

จรายุทธ ประทีปวราญจน์*

Jarayut Prateepvorakan

Received : January 1, 2023

Revised : March 8, 2023

Accepted : May 30, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบและสร้างตู้ส่งงานอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง การพัฒนาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งโครงสร้างของตู้ส่งงาน มีขนาดความกว้าง 35 เซนติเมตร ความยาว 31.2 เซนติเมตร และความสูง 42 เซนติเมตร ช่องส่งงาน ความกว้าง 22 เซนติเมตร ความยาว 2 เซนติเมตร มีจอแสดงผลแสดงสถานะพร้อมใช้งาน เลือกใช้วัสดุไม้เนื้อแข็ง หนา 10 มิลลิเมตร รับเอกสารได้มากกว่า 1,000 แผ่น ส่วนที่สอง คือการเขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อระหว่าง Wi-Fi กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Node MCU ESP8266) ร่วมกับการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ และส่วนที่สาม คือเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับวัตถุที่ส่งผ่านช่องส่งงาน ทำหน้าที่ตรวจจับเพื่อแจ้งเตือนไปที่แอปพลิเคชันไลน์ เซนเซอร์วัดระยะทางจะถูกติดตั้งภายในตู้ส่งงาน วัดระยะทางระหว่างชั้นงานและฝาตู้ด้านบน ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน เมื่อการส่งงานเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุจะส่งข้อความไปยังแอปพลิเคชันไลน์เพื่อแจ้งเตือนการส่งงานว่า “มีการบ้านมาส่ง” สำหรับระยะในการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุคือภายในตู้ส่งงานด้านบนประสิทธิภาพตรวจจับที่ระยะ 8.78 เซนติเมตร ประสิทธิภาพการแจ้งเตือนการส่งงานไปยังแอปพลิเคชันไลน์ ความถูกต้องในการทำงานคิดเป็นร้อยละ 100 และจากการพัฒนาระบบตู้ส่งงานอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งนั้น เมื่อครบกำหนดส่งงานจะนำงานออกจากตู้ส่งงานทั้งหมด หากพบว่ามีงานส่งหลังจากนี้คืองานที่ส่งล่าช้า กรณีที่ไม่ได้นำงานออกจากตู้ส่งงานหากครบกำหนดส่งงานจะมีระบบการตรวจสอบแบบย้อนกลับโดยดูจากเวลา ที่แจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบตู้ส่งงานอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี

*อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี

Lecturer in Industrial Technology Program, Faculty of Industrial Technology, Kanchanaburi

Rajabhat University e-mail: laddawan.ch@kru.ac.th

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.23$, S.D. = 0.20) มีข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบตู้ส่งงานอัจฉริยะในครั้งนี้อาจควรมีระบบยืนยันตัวตนของผู้ส่งงานจะเป็นการเพิ่มความเชื่อมั่นให้กับเจ้าของงาน

คำสำคัญ : ตู้ส่งงาน / ใบงาน / แจ้งเตือน / แอปพลิเคชันไลน์ / อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง

ABSTRACT

The purpose of this research was to develop a system and build an intelligence delivery cabinet with Internet of Things technology. The development was divided into 3 parts: 1) the structure of the delivery cabinet, width of 35 centimeters length of 31.2 centimeters and height of 42 centimeters, receive cabinet a wide of 22 centimeters length of 2 centimeters, display shows ready-to-use status, choose to use solid wood material thickness of 10 millimeters, can receive more than 1,000 sheets of documents; 2) writing a program to connect Wi-Fi with Node MCU ESP8266 microcontroller together with notifications via LINE application; and 3) IR sensor used to sent through the receive cabinet to counting function via notify the LINE application, ultrasonic sensors were installed inside the delivery cabinet the distance between work piece and the top cabinet. In this performance result when the object detection sensor will send to message the LINE application with notify the job “homework delivered”. IR sensor distance of inside on top delivery cabinet, detecting performance a distance of 8.78 centimeters. Notification performance for sending jobs to LINE applications an accuracy of work 100 percent and develop of intelligent work delivery cabinets with Internet of Things technology. The deadline for delivery of work will be removed from all delivery cabinets, it found that the work submitted after this the work that has been submitted late. In the event that the work is not taken out of the delivery cabinet if the delivery deadline was due, there will be a traceability system based on the time of notification through the LINE application. The enquired satisfaction result of intelligence delivery cabinet with Internet of Things technology in overall was a high level ($\bar{X} = 4.23$, S.D. = 0.20) and suggestions for development of the intelligent work delivery system at this time should have a system to verify the identity of the sender, which will increase the confidence of the work owner.

Keywords : Delivery Cabinet / Worksheets / Notifications / LINE Application / Internet of Thing

บทนำ

จากวิวัฒนาการเทคโนโลยีเครือข่ายที่เข้ามามีบทบาทกับชีวิตประจำวันของคนเรามากขึ้น โดยเฉพาะเครือข่ายไร้สายทั้ง WiFi 4G และ 5G ที่ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับการเชื่อมต่อจำนวนมาก หรือที่เรียกกันว่า Internet of Thing โดยจะมีการเชื่อมต่อแบบครบวงจรสำหรับทุกๆ สิ่งที่อยู่รอบๆ ตัวคนอย่างสมบูรณ์แบบไปสู่สิ่งที่เรียกว่า Massive IoT เป็นการเชื่อมต่อแบบไร้สายที่มีความรวดเร็ว มีความเสถียรสูง (วารสาร, 2563) และรองรับอุปกรณ์สำหรับสื่อสาร ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ที่เพิ่มความอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันให้มีความทันสมัย ลดความยุ่งยาก และทำให้เกิดความรวดเร็วมากขึ้น สำหรับเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการรับข้อมูลข่าวสาร การแจ้งเตือนมากที่สุด คือแอปพลิเคชันไลน์ เป็นการลดขั้นตอนไม่ให้เกิดความยุ่งยาก ลำช้า และยังเป็นการสร้างความสะดวก รวดเร็ว ตลอดจนเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน (ขวัญฤดี, 2560) ซึ่งเป็นช่องทางของกิจกรรมการติดต่อสื่อสารที่มีการเข้าถึงการใช้งานมากที่สุด

การแจ้งเตือนผ่านไลน์ (Line Notify) เป็นบริการที่ทางไลน์ได้เตรียมไว้ในรูปแบบของ API ให้กับนักพัฒนาสามารถนำไปต่อยอดพัฒนาโปรเจกต์ที่มีความต้องการส่งข้อความในการแจ้งเตือนเข้าไปยังกลุ่ม หรือบัญชีส่วนตัว จากการสำรวจในเดือนกุมภาพันธ์ 2563 มีจำนวนผู้ใช้งานโมบายอินเทอร์เน็ตทั้งหมดในไทย 69 ล้านคน มีผู้ใช้งานไลน์ จำนวน 45 ล้านบัญชี และไลน์เป็นแอปพลิเคชันที่คนไทยใช้เวลาด้วยเยอะที่สุดต่อวัน โดยเฉลี่ยประมาณ 63 นาที เทียบกับเวลาที่คนไทยใช้เวลาบนสมาร์ตโฟน ทั้งหมดที่ 216 นาทีต่อวัน ในปัจจุบันมีผู้ใช้งานไลน์ในประเทศไทยกว่า 45 ล้านบัญชี (อิมรอน, อิสมาแอล, อัฟฟาน และพรรณี, 2563) ทุกองค์กรใช้ไลน์เป็นหนึ่งในช่องทางของการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน และมีการเปิดรับข้อมูลผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์อยู่ตลอดเวลา

การจัดการเรียนการสอนคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเน้นรายวิชาการฝึกปฏิบัติ ซึ่งรายวิชาเหล่านี้การฝึกฝนจากการทำใบงาน หรือใบกิจกรรมควบคู่ไปกับการฝึกปฏิบัติจะช่วยให้ นักศึกษามีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น และสามารถทบทวนด้วยตนเอง หากฝึกฝนจากการทำใบงานควบคู่ไปกับการเรียนทั้งภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ จะทำให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหานั้นๆ อย่างถ่องแท้ และจดจำได้มากขึ้น การส่งงานส่วนใหญ่จะเน้นการส่งงานที่เป็นเอกสารเนื่องจากต้องมีการออกแบบและเขียนแบบร่างด้วยมือโดยมีรายละเอียดของการกำหนดขนาดและมาตราส่วน หากใช้วิธีสแกนหรือถ่ายภาพแล้วส่งในรูปแบบไฟล์ดิจิทัล ผ่านช่องทางอีเมล หรือสื่อโซเชียลมีเดีย นั้น นักศึกษาส่วนใหญ่ไม่มีเครื่องสแกน สำหรับการถ่ายภาพส่งนั้นภาพไม่ชัด ความละเอียดของภาพไม่เพียงพอในการตรวจผลงานการเขียนแบบไอโซเมตริกที่มีการกำหนดมาตราส่วนที่วาดด้วยมือ การมอบหมายในลักษณะนี้นักศึกษาจะต้องร่างแบบลงในกระดาษ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับงานเขียนแบบ จากการส่งงานดังกล่าวพบว่าปัญหาส่วนใหญ่คือเอกสารเกิดการสูญหาย ส่งผลต่อระดับคะแนนของนักศึกษาไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้

จากประเด็นดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาตู้ส่งงานอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งไปที่มีการแจ้งเตือนการส่งงานไปยังผู้สอน เพื่อช่วยป้องกันเอกสารสูญหาย ฝึกความตรงต่อเวลา และมีความรับผิดชอบในการส่งงานที่ได้รับมอบหมาย อีกทั้งยังเป็นการลดการแพร่กระจายของโรคระบาดไวรัส

โคโรนา 2019 ที่ต้องมีการเว้นระยะห่างตามมาตรการ DMHTT จากการค้นคว้าผลงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาในรูปแบบของกล่องรับจดหมาย/ตู้จดหมายที่มีการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ซึ่งจิรวรรณ และคนอื่นๆ (2564) ได้สร้างกล่องจดหมายโดยใช้พลังงานจากโซล่าเซลล์และสำรองพลังงานในรูปของแบตเตอรี่ ปัญหาที่พบคือหากไม่มีแสงแดด หรือแสงแดดน้อยจะไม่มีไฟเพียงพอสำหรับเลี้ยงวงจรไฟฟ้า นอกจากนี้กล่องจดหมายไม่กันฝน ไม่กันแสงแดดได้ ส่วนเตือนใจ และภาคภูมิ (2563) สร้างตู้รับพัสดุอัจฉริยะที่สามารถดูพัสดุผ่านกล้องในแอปพลิเคชัน Blynk โดยพบปัญหาว่าควมมีการติดตั้งตู้รับพัสดุอัจฉริยะให้อยู่บริเวณรัศมีของ Router, WiFi เพื่อการเชื่อมต่อที่เสถียร โดยที่จักรพงษ์ มณีศรี (2560) ได้นำเอาโมดูลเซนเซอร์แสงสำหรับตรวจจับเมื่อมีจดหมายส่งเข้ามาแล้วแจ้งเตือนผ่านไลน์ และเลือกใช้เซนเซอร์แสงสำหรับตรวจจับสิ่งกีดขวางที่อยู่ตรงหน้าได้ แต่ปัญหาที่พบคือยังไม่สามารถตรวจจับในระยะไกลได้ จากปัญหาของผลงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ากล่องมีขนาดเล็ก การติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุมีการติดตั้งวงจรค่อนข้างจำกัด ไม่พบสถานะการแสดงผลหรือการแจ้งเตือนบริเวณหน้ากล่องที่ติดตั้ง หากพบว่าในกล่องมีจดหมายจำนวนมากจะไม่มีแจ้งเตือน จากปัญหาต่างๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาตู้ส่งงานที่รองรับเอกสารมากกว่า 1,000 แผ่น มีจอแสดงสถานะพร้อมใช้งานติดตั้งบริเวณหน้าตู้ส่งงาน พร้อมติดตั้งเซนเซอร์วัดระยะทางภายในตู้ด้านบน มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ใช้งานได้ประมาณ 10 วัน และมีการตั้งค่าการนับจำนวนเอกสาร หากพบว่ามีปริมาณเอกสารครบตามจำนวนที่ตั้งค่าไว้ระบบจะแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ไปยังผู้สอน

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบตู้ส่งงานอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ดำเนินการวิจัยตามหลักทฤษฎีวงจรการพัฒนาแบบ (โอภาส, 2560) โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดปัญหา

คณะผู้วิจัยได้สอบถามข้อมูลนักศึกษาเกี่ยวกับวิธีการส่งงานที่ได้รับมอบหมายโดยส่งในล็อกเกอร์ส่งงานสามารถสรุปปัญหาที่เกิดขึ้น คือ เอกสารเกิดการสูญหาย ไม่มีการยืนยันการส่งเอกสารจากอาจารย์ผู้สอน ไม่สามารถระบุเวลาการส่งเอกสารก่อน-หลัง เกิดการสลับลำดับการส่งงานระหว่างคนที่ส่งงานตรงเวลาและส่งงานล่าช้า ดังนั้นการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้จะเป็นการช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ คณะผู้วิจัยจึงได้สอบถามความต้องการของผู้ใช้งานเพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์

เป็นการรวบรวมข้อมูลจากผลงานวิจัยที่ผ่านมา แล้วนำมาทำการวิเคราะห์ในการเลือกใช้เซนเซอร์ให้มีความเหมาะสมกับงานวิจัยนี้ จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจะนำหลักการของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุที่นิยมใช้ตรวจจับวัตถุระยะใกล้ เมื่อหลอดแอลอีดีอินฟราเรดส่งสัญญาณจะตกกระทบกับวัตถุที่ตรวจพบในระยะ และทำการสะท้อนกลับมายังหลอดโฟโตไดโอดที่ทำหน้าที่รับแสงอินฟราเรด (นพ, 2561) จึงเหมาะที่จะนำมาใช้สำหรับตรวจจับชิ้นงานที่ตู้ส่งงาน และเซนเซอร์วัดระยะทางทำหน้าที่เป็นตัววัดระยะทางระหว่างเซนเซอร์และวัตถุที่มากีดขวาง หากวัตถุเข้ามาใกล้เกินกว่าระยะที่กำหนด (จิรวรรณ, 2561) ส่วนขั้นตอนดำเนินการทำการออกแบบเพื่อนำไปพัฒนาระบบเป็น 2 ด้านคือ ด้านซอฟต์แวร์ และด้านฮาร์ดแวร์ ดังนี้

1. ด้านซอฟต์แวร์

ในการพัฒนาระบบด้านซอฟต์แวร์ มีอยู่ 2 คือ ส่วนของซอฟต์แวร์ในการเขียนโปรแกรมควบคุมบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ คณะผู้วิจัยเลือกใช้ซอฟต์แวร์ Arduino IDE เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับเขียนคำสั่งตรวจสอบ/ประมวลผลคำสั่ง และอัปโหลดคำสั่งไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Node MCU ESP8266) ร่วมกับการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ และส่วนของซอฟต์แวร์สำหรับการแจ้งเตือนการส่งงานผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยประยุกต์จากการทำงานจาก API ของ LINE notify ในการส่งข้อความจากระบบไปยังแอปพลิเคชันไลน์ โดยผู้ให้บริการต้องทำการลงทะเบียนเพื่อขอรับโทเค็น (token) ก่อนใช้งาน (ภาสกร, 2562)

2. ด้านฮาร์ดแวร์

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ให้สามารถใช้งานร่วมกันได้ ส่งสัญญาณเข้า LINE ทุก 30 นาที สถานะบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานอยู่จะขึ้นสถานะ “ออนไลน์” ถ้าไม่มีสัญญาณส่งไปที่ LINE จะขึ้นสถานะ “ออฟไลน์”

เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ (IR sensor) ใช้หลักการสะท้อนของแสงเมื่อไปชนวัตถุ (reflective) โดยมีหลอดแอลอีดีอินฟราเรดส่งแสงไฟได้ทราบซีสเตอร์ในการรับแสง ระยะในการตรวจจับวัตถุอยู่ที่ 2-30 เซนติเมตร สำหรับงานวิจัยนี้ทำหน้าที่ตรวจจับชิ้นงานที่ส่งผ่านช่องส่งงานเข้ามาภายในตู้ส่งงาน และส่งสัญญาณให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์

เซนเซอร์วัดระยะ (Ultrasonic sensor) เป็นเซนเซอร์ที่ทำงานโดยอาศัยคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิร์ต อาศัยการกระจาย หรือการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงไปกระทบพื้นผิวของตัวกลางแล้วสะท้อนกลับของคลื่นเสียงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะระหว่างวัตถุกับเซนเซอร์ ดังนั้นการนำเซนเซอร์วัดระยะมาประยุกต์ใช้ร่วมกับตู้ส่งงานนี้จะมีการกำหนดระยะห่างระหว่างวัตถุกับชิ้นงานที่ 10 เซนติเมตร หากชิ้นงานเข้าใกล้ระยะที่กำหนดหน้าจอแสดงผลจะดับ แต่หากวัตถุอยู่ห่างจากระยะที่กำหนดสามารถส่งงานได้

สายไฟจัมเปอร์ ทำหน้าที่ส่งสัญญาณให้เซนเซอร์ และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

แบตเตอรี่ recharge 18650 Li-ion ทำหน้าที่เป็นไฟเลี้ยงวงจรให้สามารถทำงานและสั่งการได้

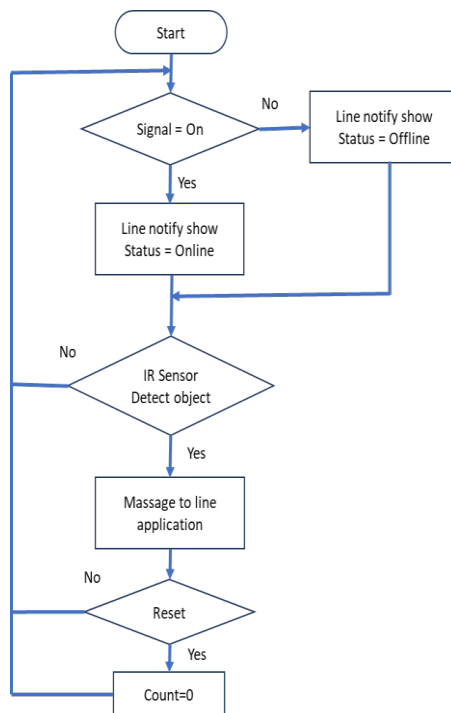
หลอด LED (Light Emitting Diode) เป็นหลอดแอลอีดีขนาดเล็ก จัดอยู่ในประเภทไดโอดเปล่งแสง เป็นเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านแล้วทำการเปล่งแสงสว่างออกมา ในที่นี้ทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงานความพร้อมใช้งานของระบบ

จอแสดงผล LCD (Liquid Crystal Display) ทำมาจากผลึกคริสตัลเหลว ด้านหลังจอมีไฟส่องสว่างเรียกว่า backlight เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นที่ผลึกทำให้แสงที่มาจากไฟ backlight แสดงขึ้นมาบนหน้าจอ ส่วนอื่นที่โดนผลึกปิดกั้นไว้จะมีสีที่แตกต่างกันตามสีของผลึกคริสตัล เช่น สีเขียว หรือสีฟ้า เมื่อมองไปที่จอแสดงผลจะพบกับตัวหนังสือสีขาว ในที่นี้ทำหน้าที่แสดงสถานะเพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่าสามารถส่งงานได้

สวิตช์ ทำหน้าที่ควบคุมการเปิด ปิดการทำงานของระบบตู้ส่งงาน

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบ

เป็นการออกแบบผังงานของระบบโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของการรับค่าข้อมูล ส่วนการประมวลผล และส่วนแสดงผล ดังผังการทำงานของระบบ ภาพที่ 1



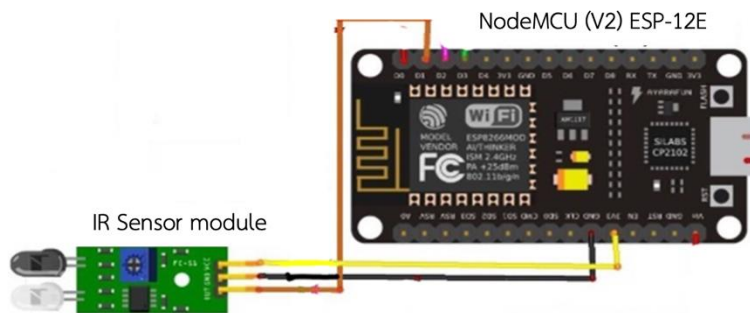
ภาพที่ 1 ผังการทำงานของระบบ

จากภาพที่ 1 เป็นการออกแบบการทำงานของระบบโดยแสดงให้เห็นถึงการนำเอกสารออกจากตู้ส่งงาน เมื่อเปิดใช้งานตู้ส่งงานอัจฉริยะระบบจะตรวจสอบว่ามีสัญญาณอินเทอร์เนตหรือไม่ หากตรวจพบว่าไม่มีสัญญาณอินเทอร์เนตในแอปพลิเคชันไลน์จะแสดงสถานะ “ออฟไลน์” แต่ถ้าพบว่ามีสัญญาณอินเทอร์เนต แอปพลิเคชันไลน์จะแสดงสถานะ “ออนไลน์” ในการนำเอกสารออกจากตู้ส่งงานสามารถทำได้ทั้งเจ้าหน้าที่และผู้สอน โดยจะมีเซ็นเซอร์สำหรับตรวจจับการส่งงาน ถ้ามีการส่งงานจะมีข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้สอน และนับจำนวนชิ้นงานในระบบ เมื่อเปิดตู้ส่งงานและดำเนินการนำเอกสารออกจากตู้ส่งงาน ระบบจะยังไม่ทำการ Reset ค่ายังคงนับจำนวนต่อไป หากต้องการ Reset ค่า สามารถทำได้ผ่านระบบ Line ด้วยคำสั่ง Reset ค่า จะกลับไปเริ่มต้นนับ 1 ใหม่

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนาระบบ

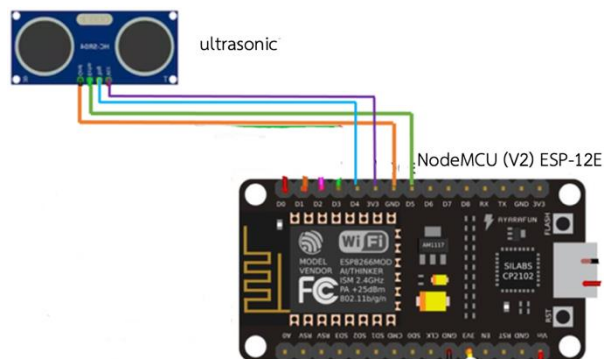
เป็นการออกแบบวงจรโดยเลือกใช้โปรแกรม Fritzing ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้จำลองการต่อบอร์ด Arduino เข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ภาพกราฟิกแทนของจริง (ทศพล, 2565) เช่น ภาพกราฟิกของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่เสมือนจริง สามารถออกแบบหรือแก้ไขชิ้นส่วนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้เอง

หรือเป็น IDE ขนาดย่อม สามารถเขียนคำสั่งและอัปโหลดลงบนบอร์ด Arduino ได้เหมือนกับโปรแกรม Arduino IDE และด้วยฟีเจอร์ที่ง่ายต่อการใช้งาน ทำให้โปรแกรม Fritzling เหมาะกับการเริ่มต้นการต่อวงจรไฟฟ้าควบคู่ไปกับการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 วงจรเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ ดังภาพที่ 2 ส่วนที่ 2 วงจรเซนเซอร์วัดระยะ ดังภาพที่ 3 ทำหน้าที่ตรวจจับชิ้นงาน และส่วนที่ 3 วงจรควบคุมการทำงานของตู้ส่งงานในภาพรวม ดังภาพที่ 4 จากกระบวนการออกแบบวงจรต่างๆ ที่กล่าวไปข้างต้น เป็นการจำลองการต่อบอร์ดเพื่อทดสอบการทำงานก่อนนำไปพัฒนาต่อกับชิ้นงานจริงเพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์



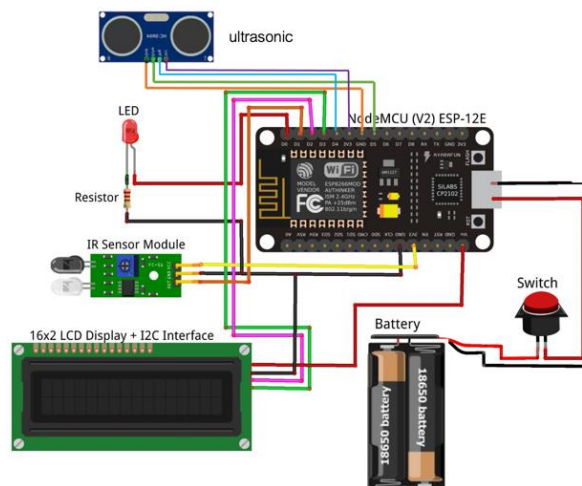
ภาพที่ 2 วงจรเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ

จากภาพที่ 2 เป็นการต่อวงจรตามรูปขา OUT ของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุจะต่อเข้ากับขา D1 ซึ่ง D1 เป็นขา GPIO ที่เอาไว้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตต่างๆ สามารถเขียนคำสั่งเพื่อกำหนดให้ขาที่ต้องการมีสถานะการทำงานเป็นอินพุต หรือเอาต์พุตก็ได้ ทำให้เมื่อทำการต่อเซนเซอร์เข้ากับขา D1 เขียนคำสั่งให้ขา D1 มีสถานะเป็นเอาต์พุตเพื่อรับค่าจากเซนเซอร์เข้ามา ส่วนขา VCC ต่อเข้ากับขา 3.3 โวลต์ และขา GND ต่อเข้ากับขา GND ด้วยกัน



ภาพที่ 3 วงจรเซนเซอร์วัดระยะ

จากภาพที่ 3 นำวงจรที่ต่อเสร็จสมบูรณ์ไปติดตั้งกับตู้ส่งงาน โดยนำบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ติดไว้ด้านในของตู้ส่งงานและเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุไว้บริเวณช่องสำหรับส่งงาน ส่วนเซนเซอร์วัดระยะติดตั้งด้านบนภายในตู้ส่งงาน และทำการต่อขา ECHO เข้ากับขา D4 เขียนคำสั่งให้ขา D4 มีสถานะเป็นเอาต์พุตเพื่อรับค่าจากเซนเซอร์เข้ามา ขา TRIG ต่อเข้ากับ D5 ส่วนขา VCC ต่อเข้ากับขา 3.3 โวลต์ และขา GND ต่อเข้ากับขา GND ด้วยกัน

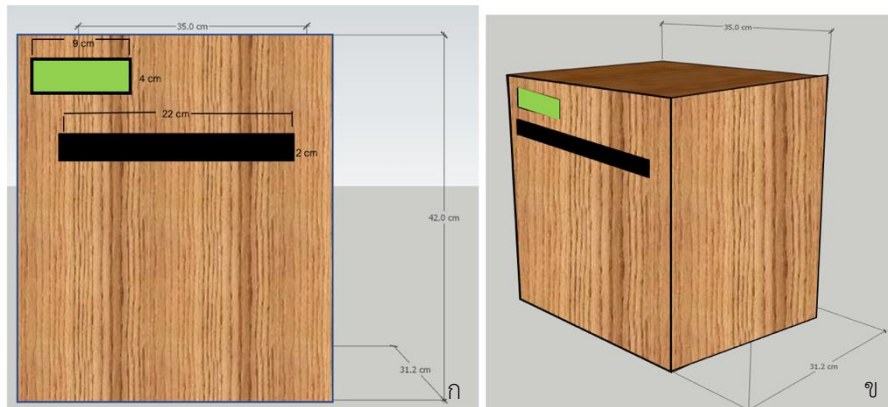


ภาพที่ 4 วงจรควบคุมการทำงานของตู้ส่งงาน

จากภาพที่ 4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบการแจ้งเตือนการส่งงานใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันไลน์ มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตกับเครือข่ายมือถือในการส่งข้อมูลจากตัวเซนเซอร์ตรวจนับจำนวนใบงาน/สมุดงาน หากเมื่อมีการกดปุ่มสวิตช์แหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่จะเริ่มทำงาน โดยจะมีการแสดงสถานะพร้อมใช้งานบนจอแสดงผล แสดงดังภาพที่ 5 และเมื่อมีการส่งใบงาน/สมุดงานผ่านช่องส่งงานเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุจะส่งข้อความไปยังแอปพลิเคชันไลน์เพื่อแจ้งเตือนการส่งงาน ทั้งนี้ในการชาร์จในแต่ละครั้งสามารถใช้งานได้ประมาณ 10 วัน แต่ควรเปลี่ยนแบตเตอรี่ทุก 7 วัน เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้เป็นปกติเสมอ



ภาพที่ 5 ต้นแบบตู้ส่งงานอัจฉริยะแจ้งเตือนผ่านระบบไลน์



ภาพที่ 6 การออกแบบตู้ส่งงานด้วยโปรแกรมออกแบบ ด้านหน้า (ก) และ ด้านข้าง (ข)

จากภาพที่ 6 ตู้ส่งงานที่สร้างขึ้นทำจากไม้เนื้อแข็ง มีขนาดความกว้าง 35 เซนติเมตร ความยาว 31.2 เซนติเมตร และความสูง 42 เซนติเมตร หน้าจอแสดงสถานะ ความกว้าง 9 เซนติเมตร ความยาว 4 เซนติเมตร ช่องส่งงาน ความกว้าง 22 เซนติเมตร ความยาว 2 เซนติเมตร ซึ่งรองรับใบงานที่ให้นักศึกษาทำจะมีขนาด A4 (21.0 x 29.7 ซม.) โดยปริมาณงานที่นักศึกษาส่งต่อสัปดาห์ไม่เกิน 500 แผ่น ตู้ส่งงานสามารถรองรับการส่งงานมากกว่า 1,000 แผ่น ฉะนั้นถ้าผู้สอนนำงานออกจากตู้ส่งงานทุกสัปดาห์ระบบจะสามารถทำงานได้เป็นปกติ

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ

เป็นขั้นตอนการทดสอบการทำงานของระบบ หลังจากเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ เซนเซอร์วัดระยะ และดำเนินการแสดงผลบนจอภาพ แล้วส่งการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ไปยังผู้สอนให้ทราบว่ามีการส่งงานมาส่ง

ขั้นตอนที่ 6 การนำระบบไปใช้งาน

เป็นขั้นตอนการนำตู้ส่งงานอัจฉริยะแจ้งเตือนผ่านระบบไลน์ไปทดลองให้นักศึกษาทดลองใช้งาน พร้อมแนะนำวิธีการใช้งานระบบ

ขั้นตอนที่ 7 การบำรุงรักษา

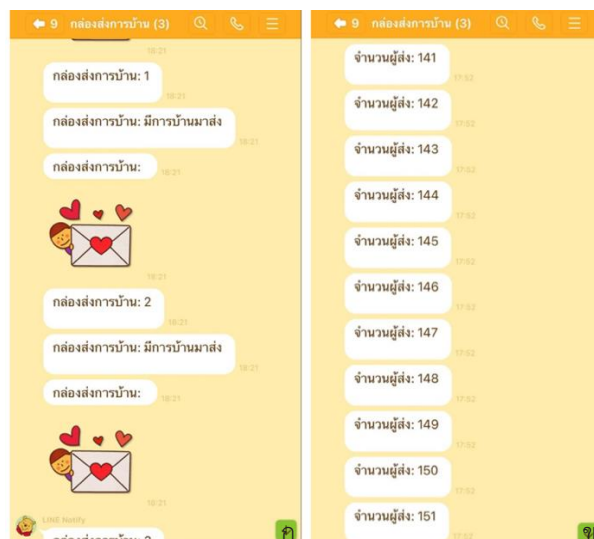
เป็นขั้นตอนที่ทำให้ตู้ส่งงานและระบบการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์สามารถใช้งานได้ หลังจากที่ผ่านมาทดสอบแล้วนำไปใช้จริง หากผู้ใช้งานพบข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบ ผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง

หลังจากนักศึกษาได้ใช้งานของตู้รับส่งงานไประยะหนึ่ง ผู้วิจัยได้ทำการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของระบบด้วยแบบประเมินประสิทธิภาพการใช้งานระบบแบบมาตราส่วน 5 ระดับ โดยประเมินประสิทธิภาพ 5 ด้าน ได้แก่ ด้านตรงกับความต้องการ ด้านความสะดวกในการส่งงาน โครงสร้างตู้ส่งงานอัจฉริยะ มีความแข็งแรง การออกแบบช่องส่งงาน และด้านการนำไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัย

1. ผลการออกแบบระบบการแจ้งเตือนการส่งงานผ่านแอปพลิเคชันไลน์

เมื่อทำการกดสวิตช์ หน้าจอแสดงผลจะขึ้นสถานะพร้อมใช้งาน หากมีสมุดงาน/ใบงานส่งเข้าไปในช่องส่งงาน บอร์ดจะแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ว่า “มีการบ้านมาส่ง” พร้อมแสดงสติ๊กเกอร์ ภาพที่ 7 (ก) ทั้งนี้จะมีการแสดงจำนวนสมุดงาน/ใบงานที่อยู่ภายในตู้ส่งงานว่ามีจำนวนคนที่ส่งเท่าไร ภาพที่ 7 (ข) ทั้งนี้หากตู้ส่งงานเต็ม จะมีการแจ้งเตือนไปยังไลน์ของผู้สอนเมื่อเอกสารใกล้เต็ม สำหรับการยืนยันตัวตนในการส่งงานของนักศึกษาเพื่อป้องกันปัญหานักศึกษายืนยันว่าส่งงานแล้วในระยะเวลาที่กำหนด แต่ไม่ปรากฏเอกสารภายในตู้ส่งงานนั้น ใช้วิธีการสร้างกล่องปิดล้อมธรรมดาที่มีขนาดใหญ่เพียงพอในการส่งงานจำนวนมาก อย่างไรก็ตามถ้าภายในตู้ไม่ปรากฏงานของนักศึกษาจำเป็นที่จะต้องทำส่งใหม่แต่อาจจะพิจารณาไม่ตัดคะแนนในการส่งล่าช้า เพราะเกณฑ์การให้คะแนนยังต้องดูผลงานของนักศึกษาที่ทำส่งประกอบเรื่องระยะเวลาในการส่งงานเป็นเพียงส่วนหนึ่งเพื่อให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบต่อการส่งงานเท่านั้น



ภาพที่ 7 แจ้งเตือนการส่งงาน (ก) และ จำนวนผู้ส่งงาน (ข)

2. ผลการหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบแจ้งเตือนการส่งงานผ่านแอปพลิเคชัน

ในการหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบการแจ้งเตือน ได้ทำการทดสอบระยะของการติดตั้ง เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุที่เหมาะสมในการตรวจจับชิ้นงาน โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 8.78 เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบระยะการตรวจจับการส่งงานของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ

จำนวนครั้งการทดสอบ	ระยะตรวจจับชิ้นงานของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ (เซนติเมตร)
1	10.15 ±0.07
2	10.10±0.04
3	9.75±0.11
4	9.43±0.13
5	9.13±0.08
6	8.80±0.16
7	8.43±0.12
8	8.14±0.08
9	7.30±0.17
10	6.66±0.21
เฉลี่ย	8.78±1.13

จากตารางที่ 1 พบว่าเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุสามารถตรวจจับชิ้นงาน ระยะทางเฉลี่ยในการติดตั้ง เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุและได้ประสิทธิภาพตรวจจับที่ระยะ 8.78 เซนติเมตร

ตารางที่ 2 การทดสอบการแจ้งเตือนการส่งงานไปยังแอปพลิเคชัน

ครั้งที่	1	2	3	4	5
สถานะ	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ : ✓ คือ มีการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชัน

จากตารางที่ 2 พบว่าในการทดสอบการแจ้งเตือนจำนวน 5 ครั้ง ระบบมีการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชัน ความถูกต้องในการทำงานคิดเป็นร้อยละ 100

ตารางที่ 3 การทดลองระยะเวลาของแหล่งจ่ายไฟ (แบตเตอรี่ recharge 18650 Li-ion จำนวน 2 ก้อน)

จ่ายไฟฟ้าจำนวน (วัน)	7	8	9	10
กำลังไฟเฉลี่ย 2 ก้อน (4.20 โวลต์)	3.22	3.18	2.90	2.65

สักทอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.)

ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2566

จากตารางที่ 3 พบว่าในการวัดค่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้าระยะเวลา 7 ถึง 10 วัน กำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟจะลดลงตามลำดับ ฉะนั้นเพื่อให้ระบบทำงานได้เป็นปกติควรเปลี่ยนแบตเตอรี่ทุก 7 วัน (แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ 18650 เมื่อชาร์จเต็มจะอยู่ที่ 4.20 โวลต์ และกำลังไฟฟ้าไม่ควรต่ำกว่า 2.90 โวลต์ หากกำลังไฟฟ้าต่ำกว่า 2.90 โวลต์อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อแบตเตอรี่ได้)

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบผลการการใช้งานก่อนและหลังการใช้ตู้ส่งงานอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

วิธีการ	ก่อนการใช้ตู้ส่งงานอัจฉริยะ	หลังใช้งานตู้ส่งงานอัจฉริยะ
การส่งงาน	ล็อกเกอร์ส่งงาน ไม่มีระบบปิด	ตู้ส่งงานมีระบบปิด
ลำดับการส่งงาน	ไม่มีการเรียงลำดับก่อน - หลัง สามารถสลับตำแหน่งการส่งงานได้	เรียงลำดับตามการส่งงานก่อน - หลัง
การแจ้งเตือนการส่งงานไปยังผู้สอน	ไม่มี	แจ้งเตือนระบบไลน์ผู้สอน
แสดงเวลาในการส่งงาน	ไม่มี	แสดงเวลาการส่งงานไปยังผู้สอน
การสูญหายเอกสาร	มี	ไม่มี

จากตารางที่ 4 พบว่าก่อนการนำตู้ส่งงานอัจฉริยะมาใช้งานนั้นในภาพรวมการส่งงานจะมีเอกสารสูญหายอยู่บ่อยครั้ง ส่งผลให้นักศึกษาที่ส่งงานก่อนถูกหักคะแนน เนื่องจากการนำเอกสาร/ใบงานของเพื่อนไปคัดลอกทำให้ส่งงานล่าช้าตามเพื่อนที่นำเอกสารไปคัดลอกเป็นต้นฉบับ รวมไปถึงการส่งงานแต่ละครั้งจะไม่มีกรทราบได้ว่าใครส่งก่อนหรือส่งหลัง ซึ่งจะเป็นปัญหาอย่างมากสำหรับการส่งงานในแต่ละครั้ง จากการนำตู้ส่งงานอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาทดลองใช้กับนักศึกษาในระยะเวลา 1 เดือน พบว่าปัญหาดังกล่าวได้หมดไป ส่งผลให้นักศึกษามีความเชื่อมั่นในกระบวนการส่งงาน เมื่อนักศึกษาได้ส่งงานจะมีการแจ้งเตือนการส่งงานไปยังผู้สอนแบบเรียลไทม์

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบตู้ส่งงานอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ตารางที่ 5 ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบตู้ส่งงานอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต

ของสรรพสิ่ง

รายการ	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ด้านตรงกับความต้องการ	4.25	0.64	มาก
2. ด้านความสะดวกในการส่งงาน	4.45	0.69	มาก
3. ด้านโครงสร้างตู้ส่งงานอัจฉริยะมีความแข็งแรง	4.10	0.64	มาก
4. ด้านการออกแบบช่องส่งงาน	4.15	0.49	มาก
5. ด้านการนำไปใช้ประโยชน์	4.20	0.41	มาก
โดยรวม	4.23	0.20	มาก

จากตารางที่ 5 ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบตู้ส่งงานอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง จำนวน 20 คน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.23$, S.D. = 0.20) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านความสะดวกในการส่งงาน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 4.45$, S.D. = 0.69) อยู่ในระดับมาก รองลงมา คือ ด้านตรงกับความต้องการ ($\bar{X} = 4.25$, S.D. = 0.64) อยู่ในระดับมาก

อภิปรายผล

การพัฒนากระบวนการแจ้งเตือนการส่งงานผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ช่วยลดปัญหาการส่งงานแล้วสูญหาย ลดการสัมผัสการส่งงานโดยตรงอันเนื่องมาจากการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 และมีการแจ้งเตือนไปยังอาจารย์ผู้สอนได้อย่างรวดเร็ว ในการแจ้งเตือนการส่งงานเลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุเพื่อทำการเชื่อมต่อไปยังแอปพลิเคชันไลน์ สอดคล้องกับงานวิจัยของเจตน์, พุทธชาติ และสัญญา (2563) ได้นำบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุมาประยุกต์ใช้ในการสร้างกล่องจดหมายอัจฉริยะเพื่อช่วยในการพัฒนาพื้นที่ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของจักรพงษ์ (2560) ที่ได้นำโมดูลเซนเซอร์แสงสำหรับตรวจจับเมื่อมีจดหมายส่งเข้ามาแล้วแจ้งเตือนผ่านไลน์ ในการทดสอบประสิทธิภาพของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุกับระยะที่เหมาะสมในการตรวจจับชิ้นงานอยู่ที่ 8.78 เซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจิรวุฒิ และคนอื่นๆ (2564) ที่ทำการตรวจจับระยะทางตรวจจับจดหมาย IR sensor เฉลี่ย 9.6 เซนติเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าระยะที่อยู่ในช่วง 8-9 เซนติเมตรที่จะเหมาะสมสำหรับการตรวจจับวัตถุ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ขนาดความสูงของกล่อง การตั้งค่าของการเขียนโปรแกรม และแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับเซนเซอร์สามารถให้พลังงานและระบบยังสามารถทำงานได้เป็นปกติประมาณ 7 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับการพัฒนาในรูปแบบของกล่องรับจดหมาย/ตู้จดหมายที่มีการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ซึ่งจิรวุฒิ และคนอื่นๆ (2564) ได้สร้างกล่องจดหมายโดยใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์และสำรองพลังงานในรูปของแบตเตอรี่ ปัญหาที่พบคือหากไม่มีแสงแดด หรือแสงแดดน้อยจะไม่มีไฟเพียงพอสำหรับเลี้ยงวงจรไฟฟ้า งานวิจัยในครั้งนี้สามารถแก้ไขข้อบกพร่องในกรณีใช้โซลาร์เซลล์ ซึ่งเกิดความไม่แน่นอนในส่วนของกำลังไฟฟ้าที่จะจ่ายเข้ากับระบบ และจากการสร้างตู้รับ

พัสดุอัจฉริยะที่สามารถดูพัสดุน่ากล้องในแอปพลิเคชัน Blynk โดยพบปัญหาว่าควรมีการติดตั้งตัวรับพัสดุอัจฉริยะให้อยู่บริเวณรัศมีของ Router, WiFi เพื่อการเชื่อมต่อที่เสถียร จากปัญหาของผลงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการติดตั้งอุปกรณ์ขนาดเล็ก การติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ การติดตั้งวงจรค่อนข้างจำกัด ผู้วิจัยจึงออกแบบตัวส่งงานให้มีขนาดที่สามารถใส่อุปกรณ์ได้อย่างเหมาะสมติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ ในระยะที่สามารถตรวจจับวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นที่ยอมรับได้จากผลการทดลองข้างต้น รวมไปถึงรองรับเอกสารมากกว่า 1,000 แผ่น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี งบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2565

เอกสารอ้างอิง

- ขวัญฤดี ฮวดหุ่น. (2560). อิทธิพลของแอปพลิเคชันไลน์ในการสื่อสารยุคปัจจุบัน. วารสารศิลปการจัดการ, 1(2), 75-88.
- จักรพงษ์ มณีศรี. (2560). ผู้รับจดหมายแจ้งเตือนผ่าน Line Notify. เซนติคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์, 9(443), 48-53.
- จิรวัดณ์ ตั้งวันเจริญ, อภินันท์ มัณยานนท์, ศรีณยา วรินทร์เวช, วรรัชชฐา อัครธนยวัฒน์ และพิศิษฐ์ กันธทิพย์. (2564). กล้องรับจดหมายแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์โดยใช้พลังงานโซลาเซลล์. ใน การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 8. วันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2564 (หน้า 933-942). ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.
- จิราวุธ วารินทร์. (2561). Arduino UNO พื้นฐานสำหรับงาน IoT. กรุงเทพฯ : รีไควว่า.
- เจตน์ งามประพฤติ, พุทธชาติ ยมกิจ และสัญญา พันธุ์แพง. (2563). กล้องจดหมายอัจฉริยะเพื่อบริษัทแอดไวซ์ เชียงราย. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 1. วันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563(หน้า 748-755). เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- เตือนใจ อาชีวะพนิช และภาคภูมิ คันทวีวรรณ. (2563). ผู้รับพัสดุอัจฉริยะ. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5. วันที่ 29-30 เมษายน พ.ศ. 2563(หน้า 245-252). พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- ทศพล บ้านคลองสี. (2565). Practical Microcontroller & Programming with ARDUINO เรียนง่าย เป็นเร็ว. กรุงเทพฯ : โอดีซีพรีเมียร์.
- นพ มหิษานนท์. (2561). Arduino Strup สนุกสุดเหวี่ยงกับเซนเซอร์. กรุงเทพฯ : คอร์ฟังก์ชัน.
- ภาสกร พาเจริญ. (2562). พัฒนา IoT บนแพลตฟอร์ม Arduino ด้วย NodeMCU. กรุงเทพฯ : โปรวิชั่น.
- วรารณ ไทยมา และวรพล อิทธิคุณศร. (2563). การเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจสู่เทคโนโลยีการสื่อสารในระบบ 5G. วารสารการอาชีวศึกษาภาคกลาง, 4(1), 11-16.
- อิมรอน แวมง, อิสมาแอล พิทักษ์ลาวัลย์,อัฟฟาน มิมอ และพรรณี แพงทิพย์. (2563). การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันขอใช้บริการถ่ายสำเนาเอกสารทางวิชาการร่วมกับการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์: กรณีศึกษา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, 6(2), 61-71.
- โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2560). การวิเคราะห์และออกแบบระบบ. (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.