

การพัฒนาต้นแบบตู้ยืมอุปกรณ์ยืนยันตัวตนด้วยการสแกนลายนิ้วมือ

อภิสิทธิ์ โพนรัมย์, ธีรวิทย์ อัสวศิลป์กุล*, ณัฐดนัย สิงห์ศลีวรรณ

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author email: teerawit.as@bsru.ac.th

ได้รับบทความ: 4 กรกฎาคม 2564

ได้รับบทความแก้ไข: 5 เมษายน 2565

ยอมรับตีพิมพ์: 6 เมษายน 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบตู้ยืมอุปกรณ์ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้การยืนยันตัวตนของผู้ใช้งานด้วยการสแกนลายนิ้วมือ และแสดงข้อมูลผู้ใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ การทำงานของต้นแบบตู้ยืมอุปกรณ์ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ จะใช้โมดูลเซนเซอร์สแกนลายนิ้วมือเพื่อทำการเก็บบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลลายนิ้วมือ เมื่อมีข้อมูลลายนิ้วมือตรงกับที่มีข้อมูลตรงกับในบัญชีผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานจะสามารถกดปุ่มเลือกช่องเพื่อยืมอุปกรณ์ได้ โดยข้อมูลผู้ใช้งาน และเวลาการใช้งานจะถูกบันทึกลงในฐานข้อมูล ซึ่งสามารถตรวจสอบข้อมูลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ได้ จากผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบต้นแบบพบว่า ตู้ยืมอุปกรณ์สามารถเก็บบันทึกลายนิ้วมือผู้ใช้งานได้สูงสุด 100 ลายนิ้วมือ สามารถตรวจจับและวิเคราะห์ลายนิ้วมือผู้ใช้งาน รวมไปถึงสามารถกดปุ่มเลือกใช้งานตู้ได้อย่างถูกต้องและสามารถตรวจสอบหมายเลขประจำตัวผู้ใช้งาน หมายเลขช่อง วันที่ และเวลาผ่านเว็บเบราว์เซอร์ได้

คำสำคัญ: ระบบสแกนลายนิ้วมือ / ตู้เก็บอุปกรณ์อัจฉริยะ / ไมโครคอนโทรลเลอร์ / เครื่องแม่ข่าย

Development of Appliance Borrowing Cabinet Prototype Authentication by Fingerprint Scanning

Apisit Phonrum, Teerawit Assawasillapakul*, Nutdanai Singkhleewon

Computer Electronic Program, Faculty of Science and Technology,
Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok

*Corresponding author email: teerawit.as@bsru.ac.th

Received: 4 July 2021

Revised: 5 April 2022

Accepted: 6 April 2022

Abstract

This research aims to develop a prototype cabinet for appliance borrowing which controlled by microcontrollers and authentication by fingerprints scanning. The system could display the information of user through web browser, system operation began from using the fingerprint scanning sensor module for user's fingerprint detect and record, when data matched with user account then user could choose the slot for lend an appliance by press the button. The data of user and date time would be recorded in database and could be display through web browser. The proficiency evaluation test of system prototype showed that system could keep the fingerprint of user up to 100 fingerprints. The cabinet had accuracy of user detection and slot selecting by button pressed. The information data such as user's ID, slot number, date, and time could be accuracy display through the web browser with the specified IP address.

Keywords: Fingerprint sensor system / Smart cabinet / Microcontroller / Server

บทนำ

ไบโอเมทริกซ์ (Biometrics) คือลักษณะของมนุษย์ที่สร้างเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคล เช่น ลักษณะบนใบหน้า ดวงตา ลายนิ้วมือ ซึ่งลักษณะเหล่านี้ สามารถนำไปใช้ในการจำแนกตัวบุคคลได้ การผสมผสานเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับการใช้หลักการสำหรับการยืนยันตัวบุคคลนี้ สามารถก่อให้เกิดเทคโนโลยีในการระบุตัวบุคคลได้อย่างถูกต้องแม่นยำ จึงทำให้มีความปลอดภัยและมีความน่าเชื่อถือสูง ยากต่อการปลอมแปลงและยากต่อการลักลอบนำไปใช้ เป็นเหตุให้การใช้นิ้วมือของบุคคลมาเป็นเครื่องมือที่ใช้ชี้ชัดถึงตัวบุคคลหรือเป็นการระบุตัวตนของบุคคลนั้น ๆ ได้กลายเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปแล้วว่า มีความถูกต้องแม่นยำสูง ลายนิ้วมือจึงถูกนำมาเป็นตัวชี้ชัดแต่ละบุคคลได้อย่างแท้จริง [1]

Abhishek and Yogi พัฒนาวิธีการตรวจจับลายนิ้วมือปลอม โดยใช้แม่พิมพ์เจลาติน Play-Doh และซิลิโคน ซึ่งได้รับการทดสอบมาตรฐาน FVC (Fingerprint verification competition) ให้ความแม่นยำมากกว่า 85% มีประสิทธิภาพในการคำนวณและเร็วมาก [2]

Cortez et al. พัฒนาระบบล็อกเกอร์ไบโอเมทริกซ์ ด้วยวิธีการสแกนลายนิ้วมือเพื่อปลดล็อกล็อกเกอร์และส่งข้อความสั้นไปยังผู้ดูแลระบบเมื่อพบลายนิ้วมือที่ไม่รู้จัก และพัฒนาฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ระบบ การลงทะเบียนที่เหมาะสม การบันทึก และการสแกนนิ้วหัวแม่มือและดัชนีลายนิ้วมือของผู้ใช้ การตรวจจับเพื่อเปิดล็อกโซลินอยด์ของตู้เก็บของ [3]

Basheer and Raghu พัฒนาระบบการระบุตัวบุคคลและการจัดเก็บข้อมูลที่สามารถระบุผู้ที่ต้องการใช้บริการได้อย่างรวดเร็ว มีความง่ายและปลอดภัยโดยใช้เทคโนโลยีราคาถูกลง สามารถทำได้โดยการสแกนลายนิ้วมือ การจัดเก็บ การเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลแบบรวมศูนย์ [4]

เนื่องจากผู้วิจัยได้เห็นปัญหาของการยืมวัสดุอุปกรณ์หรือชุดเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาจากบุคลากรในหน่วยงาน อาทิ การสูญหาย เกิดการชำรุดและสูญหาย โดยทั้งหมดมักจะไร้ซึ่งผู้รับผิดชอบ อันเกิดจากการที่ไม่ได้มีการจดบันทึกการยืมวัสดุอุปกรณ์ไว้เป็นหลักฐานใด ๆ อีกทั้งถ้าใช้วิธีการเพิ่มหน้าที่จดบันทึกจะเป็นการเพิ่มภาระงานให้บุคลากร และอาจสิ้นเปลืองงบประมาณในการจ้างงาน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบการยืมอุปกรณ์โดยใช้การตรวจสอบลายนิ้วมือของผู้ยืมที่มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือสูง เพื่อสร้างระบบต้นแบบของตู้ยืมอุปกรณ์ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ขึ้น โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อช่วยลดปัญหาวัสดุอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาสูญหายหรือชำรุดลดน้อยลง เนื่องจากเครื่องต้นแบบนี้มีการเก็บบันทึกข้อมูลผู้ใช้งานที่แม่นยำ และสามารถเก็บบันทึกข้อมูลลายนิ้วมือของผู้ที่มาทำการใช้งานล่าสุดไว้เป็นหลักฐานได้โดยอัตโนมัติ ซึ่ง

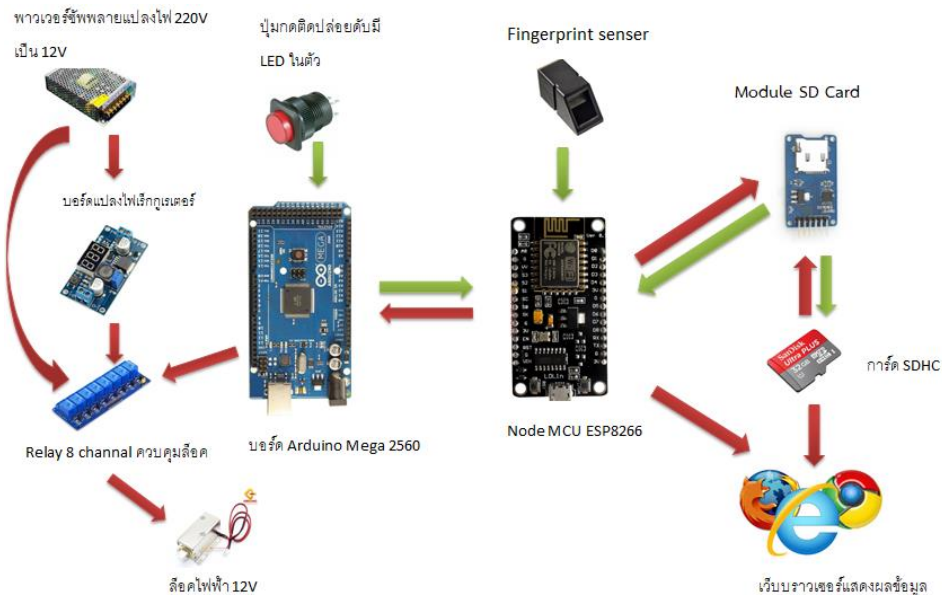
ถ้าผู้ใช้งานต้องการที่จะใช้งานตู้ได้นั้น จะต้องมีการทำการเก็บบันทึกข้อมูลลายนิ้วมือก่อน จึงจะสามารถทำการใช้งานตู้ยืมอุปกรณ์นี้ได้ และเครื่องต้นแบบตู้ยืมอุปกรณ์นี้ใช้หน่วยความจำแบบ SD การ์ด เพื่อบันทึกฐานข้อมูลสำหรับการเก็บบันทึกข้อมูลการใช้งานระบบ โดยจะบันทึกตามวันที่ และเวลา ที่ผู้ใช้งานมาทำการสแกนลายนิ้วมือเพื่อเปิดใช้งานตู้ และมีเว็บเบราว์เซอร์เพื่อใช้ในการแสดงผลข้อมูลที่บันทึกไว้

วัสดุและวิธีการ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและจัดทำตู้ยืมอุปกรณ์ที่แบ่งระบบการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ

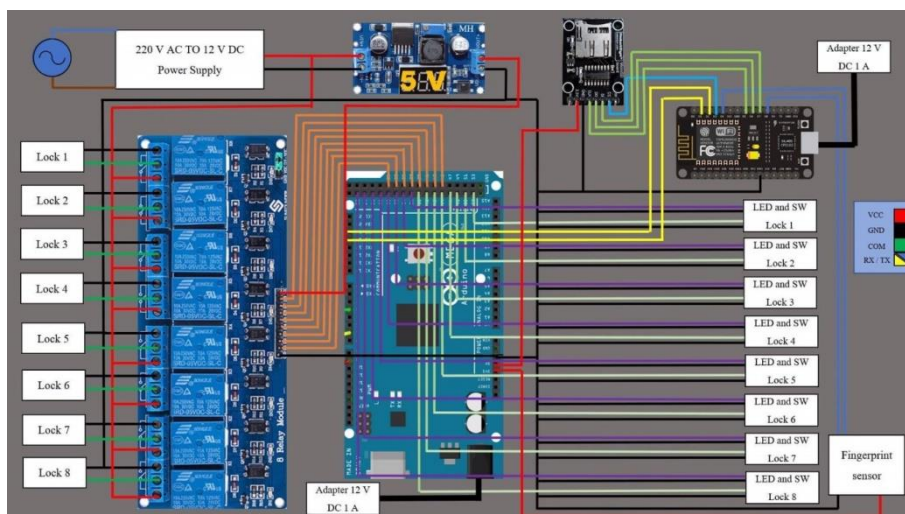
1. การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ของระบบตู้ยืมอุปกรณ์ จะใช้บอร์ด Arduino MEGA 2560 เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ บนตู้ [5] ซึ่งมีจำนวนช่องให้เปิดใช้งานได้จำนวน 8 ช่อง โดยมีอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนตู้ได้แก่ ตัวล๊อคไฟฟ้า 12V ที่มีหน้าที่คอยล๊อค/ปลดล๊อคช่องแต่ละช่องของตู้ [6] โดยใช้การส่งงานผ่าน Relay 8 channel ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเสมือนสวิตช์ที่คอยสั่งการทำงานของล๊อคไฟฟ้า ผ่านการกดปุ่มที่เป็นปุ่มกดติดปล่อยดับที่มี LED แสดงสถานะการทำงานของปุ่ม [7] โดยจำเป็นต้องได้รับค่าสัญญาณจากโมดูลเซนเซอร์สแกนลายนิ้วมือก่อน จึงจะสามารถกดปุ่มเปิดช่องแต่ละช่องนั้นได้ ซึ่ง LED แสดงสถานะการทำงานของปุ่มกดนี้จะเป็นเหมือนสัญญาณแจ้งเตือนเพื่อบ่งบอกให้ผู้ใช้งานทราบว่าสามารถกดปุ่มเพื่อเปิดช่องบนตู้หมายเลขใดได้

การทำงานของตู้ยืมอุปกรณ์นี้ผู้วิจัยได้ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับประยุกต์ใช้งานเป็นเครื่องแม่ข่ายสำหรับแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยได้เลือกใช้บอร์ด NodeMCU [8] ซึ่งจะต้องติดต่อสื่อสารและส่งข้อมูลตัวแปรที่เป็นค่าของปุ่มกดเพื่อให้ทำการบันทึกข้อมูลลงในโมดูล SD card โดยการส่งข้อมูล [9] ระหว่างกันนั้น ได้เลือกใช้การส่งข้อมูลแบบอนุกรมของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านช่องทางที่กำหนดจากคุณสมบัติของบอร์ดและจากส่วนโปรแกรมที่เขียนเสริมเข้าไป ในส่วนของการให้พลังงานกับระบบนั้น ผู้วิจัยได้เลือกใช้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้า 220V ให้เป็น 12V และจ่ายพลังงานให้กับบอร์ดคงค่าแรงดันอีกต่อหนึ่งเพื่อทำการแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 12V ให้กลายเป็น 5V เพื่อเป็นแหล่งพลังงานอ้างอิงให้กับอุปกรณ์ เช่น Relay 8 channel ที่ใช้ควบคุมการทำงานของตัวล๊อคไฟฟ้า 12V เป็นต้น โดยภาพรวมของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ [10] สามารถแสดงได้ในภาพที่ 1 และการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าและสัญญาณเป็นไปดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 บล็อกไดอะแกรมและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

จากภาพที่ 1 ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยการใช้บอร์ด Arduino MEGA และบอร์ด NodeMCU ESP8266 เป็นตัวควบคุมการทำงานหลักของระบบ โดย Arduino MEGA จะใช้ในการควบคุมส่วนการเปิด-ปิดตู้ และเก็บค่าการเลือกกดปุ่มของผู้ใช้งานที่ช่องต่าง ๆ บนตู้ ในส่วนของ NodeMCU นั้นจะควบคุมการทำงานของเซนเซอร์สแกนลายนิ้วมือ และโมดูลหน่วยความจำภายนอกแบบ SD card ซึ่งระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งสองนี้ได้ใช้การติดต่อสื่อสารการส่งข้อมูลกันแบบอนุกรม ในบอร์ด Arduino MEGA นั้นจะใช้เป็นขา Tx กับ Rx ส่วนของ NodeMCU นั้นจะใช้ขาดีจิทัลคือ D2 และ D3 ในส่วนของเว็บเบราว์เซอร์ ผู้วิจัยได้ทำการเชื่อมต่อกับเว็บเบราว์เซอร์ทั้ง 3 เว็บไซต์แล้ว สามารถใช้งานได้ทั้ง 3 เว็บไซต์ โดยการนำ IP address ที่ได้จากตู้ไปค้นหาค้นหาหน้าเว็บเบราว์เซอร์ทั้ง 3 เว็บไซต์ จะได้หน้าเว็บเบราว์เซอร์ที่ผู้วิจัยได้ทำการสร้างขึ้น ดังภาพที่ 6



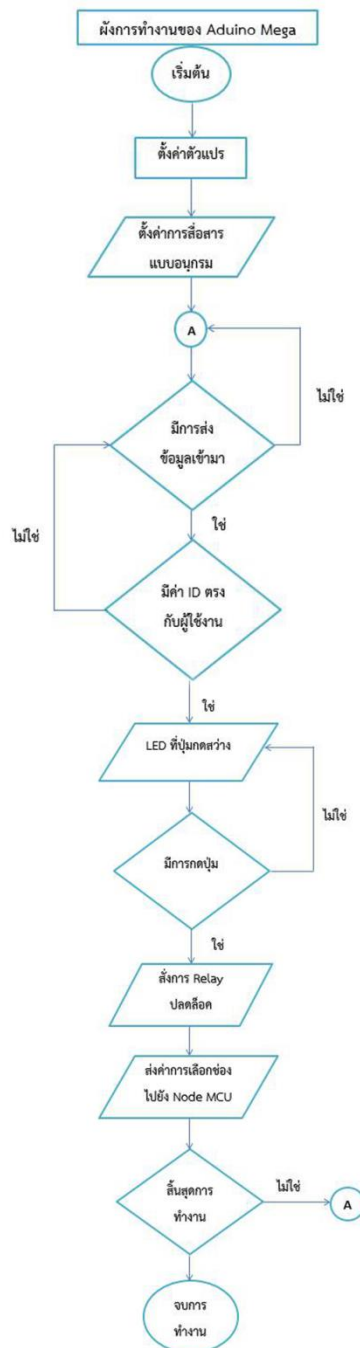
ภาพที่ 2 ภาพการต่อวงจรไฟฟ้าและสัญญาณ

จากภาพที่ 2 Arduino MEGA มีหน้าที่ให้พลังงานแรงดันไฟฟ้า 3.3V แก่โมดูล เซนเซอร์สแกนลายนิ้วมือและโมดูล SD card ด้วย โดยทั้งบอร์ด Arduino MEGA และบอร์ด NodeMCU ใช้อุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 220V ไปเป็น 12V อีกตัวหนึ่ง นอกเหนือจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสำหรับตัวล็อกไฟฟ้าและรีเลย์

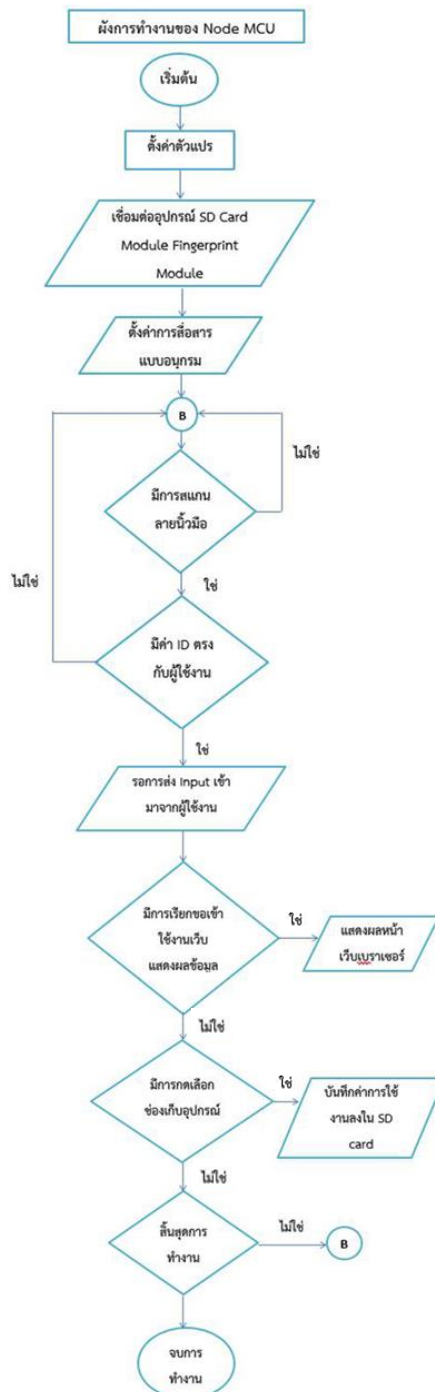
2. การออกแบบด้านซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบจะแบ่งออกเป็นการออกแบบการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA และการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU โดยการทำงานของ Arduino MEGA เริ่มต้นจากการตั้งค่าตัวแปรสำหรับส่งงานรีเลย์และรับค่าการกดปุ่มเลือกช่องเพื่อเปิดตู้ รวมไปถึงการตั้งค่าการทำงานการสื่อสารผ่านทางช่องทางแบบอนุกรมเพื่อเชื่อมต่อกับบอร์ด NodeMCU จากนั้นเมื่อมีการส่งข้อมูลเข้ามาจาก NodeMCU ระบบจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลว่าเป็นค่ายืนยันตัวตนบุคคลผู้ใช้งานที่มีในบัญชีผู้ใช้งาน เมื่อค่าถูกต้องระบบจะสั่งงานให้ LED ที่ปุ่มกดติดสว่างเพื่อเป็นการแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบถึงการพร้อมใช้งานเลือกช่องเปิดตู้อุปกรณ์ ถ้าผู้ใช้งานกดเลือกที่ปุ่มใด ๆ ค่าปุ่มที่กดจะถูกส่งไปยังบอร์ด NodeMCU ผ่านทางช่องสัญญาณแบบอนุกรมอีกครั้งหนึ่ง

ในส่วนของบอร์ด NodeMCU เมื่อตั้งค่าตัวแปรของโมดูลสแกนลายนิ้วมือและโมดูล SD card แล้วจะทำการรอรับการสแกนลายนิ้วมือจากผู้ใช้งาน เมื่อค่าการสแกนถูกต้องตามบัญชีผู้ใช้งานระบบจะส่งข้อมูลดังกล่าวไปยังบอร์ด Arduino MEGA จากนั้นจะรอข้อมูลเข้าจากการกดปุ่มในหน้าเว็บเบราว์เซอร์ของผู้ใช้งานหรือการกดปุ่มเลือกเปิดตู้ โดยถ้าเป็นการร้องขอเรียกใช้หน้าเว็บเบราว์เซอร์จะเรียกข้อมูลจากฐานข้อมูลใน SD card

มาแสดงผลบนหน้าเว็บเบราว์เซอร์ แต่ถ้าเป็นการกดปุ่มที่ดูจะเป็นการรับค่าปุ่มจาก Arduino MEGA มาบันทึกไว้ในฐานข้อมูลลงใน SD card ดังแสดงได้ในภาพที่ 3 และภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ผังโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบในส่วนของ Arduino MEGA



ภาพที่ 4 ผังโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบในส่วนของ NodeMCU

ในการสำรวจความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบตู้ยืมอุปกรณ์ ผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาภายในสาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา จำนวน 12 คน โดยได้ให้นักศึกษาทั้ง 12 คน ทำการใช้งานเครื่องต้นแบบตู้ยืมอุปกรณ์โดยการสแกนลายนิ้วมือจำนวนคนละ 10 ครั้ง เพื่อทดสอบระบบการทำงานของเครื่องต้นแบบตู้ยืมอุปกรณ์ และทำแบบประเมินความพึงพอใจต่อเครื่องต้นแบบตู้ยืมอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยได้จัดทำไว้ โดยแบ่งหัวข้อเป็น 3 ด้าน ได้แก่ การทดสอบความถูกต้องของการระบุตัวตนผู้ใช้งาน การทดสอบความถูกต้องของการปลดล็อกตู้ยืมอุปกรณ์ การเข้าเว็บไซต์เบราว์เซอร์แสดงผลข้อมูล พบว่านักศึกษาทั้ง 12 คนมีความพึงพอใจในทุกด้าน

ผลการศึกษา

การสร้างต้นแบบตู้ยืมอุปกรณ์ตามการออกแบบทำให้มีช่องสำหรับเก็บอุปกรณ์ทั้งหมดจำนวน 8 ช่อง โดยมีอุปกรณ์ทั้งหมดติดตั้งไว้ภายในตู้ตั้งแต่แสดงได้ในภาพที่ 5 การทำงานโดยรวมของระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ เริ่มจากการที่ผู้ใช้งานทำการสแกนลายนิ้วมือเพื่อยืนยันตัวตน เมื่อยืนยันตัวตนสำเร็จแล้วไฟ LED แสดงสถานะของโมดูลสแกนลายนิ้วมือจะดับ ส่วนไฟ LED ของปุ่มกดจะติดเพื่อบ่งบอกว่าพร้อมให้ยืมอุปกรณ์ที่ช่องใดบ้าง เมื่อทำการกดปุ่มใด ๆ ไฟ LED ของปุ่มจะดับแล้วตัวล็อกไฟฟ้าจะปลดล็อกเป็นเวลา 5 วินาที ซึ่งตลอดการทำงานของระบบข้อมูลจะถูกเก็บบันทึกไว้ในไฟล์นามสกุล .txt ที่สร้างไว้ใน SD card หลังจากครบการหน่วงเวลาตัวล็อกไฟฟ้าจะกลับมาทำงานอีกครั้ง ทั้งนี้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบข้อมูลการใช้งานระบบผ่านการนำค่า IP ที่ได้กำหนดไว้ไประบุลงในหน้าเว็บไซต์เบราว์เซอร์เพื่อทำการแสดงผลข้อมูลจากฐานข้อมูลใน SD Card

จากภาพรวมดังที่กล่าวมาผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานของระบบตู้ยืมอุปกรณ์ ทั้งหมด 3 ด้าน คือ การทดสอบความถูกต้องของการระบุตัวตนผู้ใช้งาน การทดสอบความถูกต้องของการปลดล็อกตู้ยืมอุปกรณ์ และทดลองการเข้าเว็บไซต์เบราว์เซอร์แสดงผลข้อมูล เพื่อให้ตอบรับกับจุดประสงค์ของงานวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 5 ต้นแบบระบบตู้เก็บอุปกรณ์ในงานวิจัย

จากการทดสอบความถูกต้องของการระบุตัวตนผู้ใช้นั้น จะต้องระบุตัวตนตามฐานข้อมูลที่ได้เก็บลายนิ้วมือของผู้ใช้งานไว้ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งผู้ใช้งานจำนวนทั้งหมด 12 คน ได้ทำการทดลองดังนี้ ผู้ทดลองที่มีการบันทึกลายนิ้วมือไว้จำนวน 10 คน และผู้ทดลองที่ไม่ได้ทำการบันทึกลายนิ้วมือไว้จำนวน 2 คน ได้ทำการทดลองโดยการสแกนลายนิ้วมือคนละ 10 ครั้ง ผลจากการทดลองที่ได้คือ ผู้ใช้งานที่มีลายนิ้วมือบันทึกไว้จำนวน 10 คน สามารถสแกนลายนิ้วมือได้ทั้งหมด 10 คน ซึ่งผลการสแกนลายนิ้วมือจะแสดงค่าเป็น ID ของลายนิ้วมือผู้ใช้งาน โดยมีอัตราความสำเร็จ 100%

ในส่วนของผู้ใช้งานที่ไม่ได้มีการบันทึกลายนิ้วมือไว้ในตารางที่ 1 ลำดับที่ 11 และ 12 จะไม่สามารถสแกนลายนิ้วมือได้เพราะไม่ได้มีการบันทึกค่า ID ไว้ และมีอัตราความสำเร็จที่ 0% แสดงได้ดังตารางที่ 1

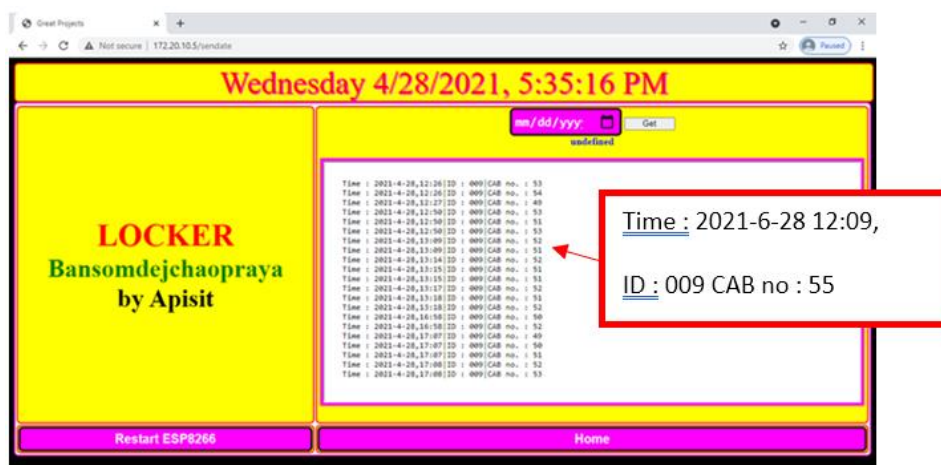
ตารางที่ 1 การทดสอบความถูกต้องของการระบุตัวตนผู้ใช้งาน

ลำดับ ผู้ทดลอง	มีลายนิ้วมือ บันทึกไว้	ไม่มีลายนิ้วมือ บันทึกไว้	ผลการสแกน	อัตราสำเร็จ
1	✓		ID 1	100%
2	✓		ID 2	100%
3	✓		ID 3	100%
4	✓		ID 4	100%
5	✓		ID 5	100%
6	✓		ID 6	100%
7	✓		ID 7	100%
8	✓		ID 8	100%
9	✓		ID 9	100%
10	✓		ID 10	100%
11		✓	ไม่พบ ID	0%
12		✓	ไม่พบ ID	0%

จากการทดสอบความถูกต้องของการปลดล็อกตู้ยืมอุปกรณ์ มีช่องใส่อุปกรณ์ทั้งหมดจำนวน 8 ช่อง ซึ่งได้ทำการทดลองโดยการกดปุ่มเพื่อปลดล็อกช่องของแต่ละช่อง โดยทำการกดปุ่มช่องละจำนวน 10 ครั้ง ผลที่ได้จากการทดลองคือสามารถกดปุ่มเพื่อปลดล็อกช่องใส่อุปกรณ์ได้ทั้งหมด 8 ช่อง แสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การทดสอบความถูกต้องของการปลดล็อกตู้ยืมอุปกรณ์

ช่องที่	1	2	3	4	5	6	7	8
สามารถกดปุ่ม เพื่อปลดล็อกได้	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%



ภาพที่ 6 ทดลองการเข้าเว็บเบราว์เซอร์แสดงผลข้อมูล

จากภาพที่ 6 เป็นการทดลองการเข้าเว็บเบราว์เซอร์เพื่อแสดงผลข้อมูล โดยเริ่มจากการนำค่า IP ที่กำหนดใน NodeMCU ไประบุลงในเว็บเบราว์เซอร์ จะพบการแสดงผลหน้าเว็บไซต์ระบบตู้ยืมอุปกรณ์ดังภาพที่ 6 จากนั้นทำการกดที่ปุ่มที่มีคำว่า Get ในหน้าเว็บเบราว์เซอร์ ระบบจึงจะทำการนำข้อมูลที่เก็บบันทึกไว้ใน SD card มาแสดงผล ซึ่งข้อมูลที่แสดงผลออกมานั้น ได้แก่ ค่า Time คือ วัน/เดือน/ปี เวลา ค่า ID คือหมายเลขประจำตัวของผู้ใช้งาน และค่า CAB no คือหมายเลขช่องใส่อุปกรณ์

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบตู้ยืมอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น พบว่าผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจระบบตู้ยืมอุปกรณ์อยู่ในระดับมากในทุกด้าน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cortez et al. [3] ที่ได้ทำการพัฒนาระบบล็อกเกอร์ด้วยวิธีการสแกนลายนิ้วมือเพื่อปลดล็อกและส่งข้อมูลการสแกนลายนิ้วมือไปยังผู้ดูแลระบบเมื่อพบว่าการเปิดใช้งานตู้ ซึ่งพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบล็อกเกอร์ที่พัฒนาขึ้นมากอยู่ในระดับมาก ทั้งด้านการสแกนลายนิ้วมือ การปลดล็อกตู้ การส่งข้อมูลการเปิดใช้งานตู้ และระบบการรักษาความปลอดภัยที่ดี ทำให้ได้ระบบตู้ยืมอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ สามารถใช้งานตู้ได้ตลอดเวลาและมีข้อมูลที่ถูกต้องตามความเป็นจริง และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Basheer and Raghu [4] ที่ได้ทำการพัฒนาระบบการระบุตัวบุคคลและการจัดเก็บข้อมูลเป็นฐานข้อมูลแบบรวมศูนย์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ผู้ใช้งานระบบตู้ยืมอุปกรณ์มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก เนื่องจากระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้จริงและตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานระบบ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การประเมินความพึงพอใจต่อเครื่องต้นแบบตู้ยืมอุปกรณ์

ประเด็นวัดความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	แปลผล	ระดับความพึงพอใจ
การทดสอบความถูกต้องของการระบุตัวตนผู้ใช้งาน				
1. ความถูกต้องของเซ็นเซอร์ในการตรวจจบบรรยากาศนิ้วมือ	5.0000	100.00	ผ่าน	พึงพอใจมาก
2. ความรวดเร็วต่อการตอบสนองของเซ็นเซอร์	4.8333	96.66	ผ่าน	พึงพอใจมาก
การทดสอบความถูกต้องของการปลดล็อกตู้ยืมอุปกรณ์				
1. ตู้ยืมอุปกรณ์ปลดล็อกตามช่องที่ต้องการใช้งาน	5.0000	100.00	ผ่าน	พึงพอใจมาก
การเข้าเว็บเบราว์เซอร์แสดงผลข้อมูล				
1. ความถูกต้องของการแสดงข้อมูลผู้ใช้งาน	4.0000	80.00	ผ่าน	พึงพอใจ
2. ความสะดวกต่อการตรวจสอบการใช้งานตู้ยืมอุปกรณ์	4.1666	83.33	ผ่าน	พึงพอใจมาก
เฉลี่ย	4.5999	92.00	ผ่าน	พึงพอใจมาก

วิจารณ์

การพัฒนาตู้ยืมอุปกรณ์ด้วยการสแกนลายนิ้วมือสามารถใช้วิธีการสแกนลายนิ้วมือในการระบุตัวตนของผู้ใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cortez et al. [3] Abhishek and Yogi [2] และ Basheer and Raghu [4] ที่ใช้วิธีการสแกนลายนิ้วมือในการระบุตัวตนและปลดล็อกล็อกเกอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมีความถูกต้อง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Abhishek and Yogi ที่ใช้การจัดเก็บการเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลแบบรวมศูนย์ซึ่งมีความง่ายและปลอดภัย แต่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาให้ระบบสามารถเก็บบันทึกข้อมูลไว้ใน SD card ในรูปแบบที่ออกแบบไว้อย่างอัตโนมัติเพื่อสำรองข้อมูลไว้อีกชั้นหนึ่ง

การพัฒนาระบบตู้ยืมอุปกรณ์ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ สามารถเพิ่มความสะดวกในการยืมวัสดุอุปกรณ์ของนักศึกษาได้ อีกทั้งยังมีการเก็บบันทึกข้อมูลไว้เป็นหลักฐานลงใน SD card ในรูปแบบที่ออกแบบไว้อย่างอัตโนมัติ และสามารถจัดการข้อมูลได้มีประสิทธิภาพกว่าการจดบันทึกด้วยมือ อีกทั้งลดความเสี่ยงในการนำบัตรนักศึกษาหรือบัตรประจำตัวประชาชนไปแลกไว้เป็นหลักฐานเพื่อที่จะทำการยืมวัสดุอุปกรณ์ ซึ่งอาจเกิดเหตุการณ์ที่เอกสารทางราชการเหล่านี้สูญหายเพิ่มเติม แต่ข้อจำกัดของระบบคือต้องมีการเก็บบันทึกลายนิ้วมือของผู้ใช้งานในบัญชีไว้ก่อน อีกทั้งถ้าต้องการดูข้อมูลจากฐานข้อมูลผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์จำเป็นต้องให้ระบบตู้ยืมอุปกรณ์เชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเสมอ

สรุป

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบระบบตู้ยืมอุปกรณ์ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ พบว่าการทำงานเพื่อยืมวัสดุอุปกรณ์และการแสดงผลข้อมูลผ่านหน้า

เว็บเบราว์เซอร์ จำเป็นต้องมีการสแกนลายนิ้วมือตลอดทุกครั้ง ทำให้เกิดข้อสังเกตในการที่ไม่สามารถเปิดตู้เพื่อยืมวัสดุอุปกรณ์พร้อมกันได้หลาย ๆ ช่องจากการสแกนลายนิ้วมือเพียงครั้งเดียว เพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกในการตรวจสอบผู้ยืมวัสดุอุปกรณ์ในแต่ละช่อง และถ้าหากมีการสแกนลายนิ้วมือเกิดขึ้นแต่ผู้ใช้งานไม่ต้องการยืมวัสดุอุปกรณ์หรือใช้งานระบบกลางคัน ระบบจะอยู่ในสถานะรอค่าอินพุต 5 วินาที จากนั้นจะเริ่มการทำงานรอบใหม่ต่อไป โดยระบบเครื่องต้นแบบนี้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถบันทึกค่าต่าง ๆ ลงในฐานข้อมูลได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งการใช้งานตู้ยืมวัสดุอุปกรณ์นี้ต้องทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตทุกครั้ง เพื่อที่จะสามารถทำการดูข้อมูลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ได้ทันที แต่ถ้ามีข้อจำกัดในการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตสามารถนำเอา SD card ออกมาดูข้อมูลจากฐานข้อมูลได้โดยสะดวกเช่นกัน

จากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบตู้ยืมอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นนั้น พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบตู้ยืมอุปกรณ์อยู่ในระดับมาก ทั้งด้านการสแกนลายนิ้วมือ การปลดล็อกตู้ การส่งข้อมูลการเปิดใช้งานตู้ที่มีประสิทธิภาพและสามารถใช้งานได้ตลอดเวลา ซึ่งผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่าได้คะแนนโดยรวม ร้อยละ 92

จากการวิจัยการพัฒนาระบบการยืมอุปกรณ์โดยใช้การตรวจสอบลายนิ้วมือ พบว่ามีความแม่นยำและน่าเชื่อถือสูง ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้จริง เพื่อช่วยลดปัญหาวัสดุอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาสูญหายหรือชำรุดลงน้อยลง เนื่องจากเครื่องต้นแบบนี้มีการเก็บบันทึกข้อมูลผู้ใช้งานได้อย่างแม่นยำ

ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะของเครื่องต้นแบบคือ สภาพแวดล้อมที่มีความร้อนเกินไป หรือมีความชื้น อาจทำให้แผงวงจรของเครื่องต้นแบบเสียหายได้ ความเสถียรภาพของสัญญาณอินเทอร์เน็ต เพราะต้องเชื่อมต่อกับเครื่องต้นแบบตลอดเวลา และปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงหากต้องการขยายขนาดของตู้ให้มากกว่า 8 ช่อง คือ ประเภทของอุปกรณ์ หรือชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการนำมาเก็บไว้ในตู้ ส่วนข้อจำกัดของเครื่องต้นแบบคือเรื่องของการเก็บบันทึกข้อมูลจำนวนผู้ใช้งานได้สูงสุด 200 คน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบตู้ยืมอุปกรณ์ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และมีเว็บเบราว์เซอร์แสดงผลข้อมูล ขอขอบพระคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการดำเนินการโครงการวิจัย รวมถึงคำแนะนำในการจัดเตรียม

อุปกรณ์และให้การอำนวยความสะดวกในการให้ข้อมูลที่สำคัญเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย
และให้คำปรึกษาที่ดีเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

1. Abhilash K, Ashish R, Vijay K. Biometric system-a review [Internet]. 2015. Available from: https://www.researchgate.net/publication/298463938_Biometric_System-_A_Review
2. Abhishek K, Yogi A. A minutiae count based method for fake fingerprint detection [Internet]. 2015 [cited 2021 April 30]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915021729>
3. Cortez C, Badwal J, Hipolito J, Astillero DJ, Dela Cruz M, Inalao J. Development of microcontroller-based biometric locker system with short message service [Internet]. 2016 [cited 2021 May 5]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/282481702_Development_of_Microcontroller-Based_Biometric_Locker_System_with_Short_Message_Service
4. Basheer M, Raghu CV. Fingerprint attendance system for classroom needs [Internet]. 2012 [cited 2021 May 12]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/261053076_Fingerprint_attendance_system_for_classroom_needs
5. ลุงเมกเกอร์. การใช้บอร์ด Arduino Mega 2560 [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 10 พฤษภาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.lungmaker.com/arduino-mega-2560>
6. Project ELEC shop. กลอนไฟฟ้า โซลีนอยด์ไฟฟ้า [อินเทอร์เน็ต]. 2564 [เข้าถึงเมื่อ 20 พฤษภาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก: http://www.projectelec.com/สินค้า-กลอนไฟฟ้าขนาดเล็ก_12v_เอาไว้อัดประจุ_ตุ้ลั่นซัก.html
7. GitBook. Lab 4 การขับโหลดกระแสไฟฟ้าสูงด้วย Relay [อินเทอร์เน็ต]. 2559 [เข้าถึงเมื่อ 8 พฤษภาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก: https://netpie.gitbooks.io/netpie-lab-4-arduino-on-netpie/content/lab_4.html
8. เจนศักดิ์ ดวงมณี. เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยระบบ Wi-Fi [วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต]. สุรินทร์: มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์; 2558.

9. ไพทรีอ์ อีเล็กทรอนิกส์. การใช้งาน SD card module [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 2 มิถุนายน 2564]. เข้าถึงได้จาก: <http://fitrox.lnwshop.com/article/60/tutorial-การใช้งาน-sd-card-module>
10. I Get Solar Cell. วงจรแปลงแรงดันไฟ Step-up step-down [อินเทอร์เน็ต]. 2564 [เข้าถึงเมื่อ 22 พฤษภาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.igetsolarcell.com/category/26/วงจรแปลงแรงดันไฟ-Step-up-Step-down>