

การพัฒนาระบบและอุปกรณ์ควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ด้วยรหัสคิวอาร์โดยใช้บัตรเสมือนบนแอปพลิเคชัน NIDA UApp

สุรพงษ์ เนาวเศรษฐ์ และ ยศพนธ์ ธรรมรงค์รักษ์*

สำนักเทคโนโลยีดิจิทัลและสารสนเทศ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240

*อีเมลของผู้ประพันธ์บรรณกิจ: yosapon.tha@nida.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบ อุปกรณ์ และเพิ่มประสิทธิภาพของระบบควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ด้วยรหัสคิวอาร์ โดยใช้บัตรเสมือนบนแอปพลิเคชัน NIDA UApp เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของระบบเดิมที่ใช้บัตรนักศึกษาซึ่งมีความล่าช้าในการตรวจสอบสิทธิ์และการออกบัตร ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถทำงานแบบทันทีทันใด รองรับจำนวนผู้ใช้งานที่เพิ่มขึ้น และเพิ่มความปลอดภัยในการเข้าถึงพื้นที่ของสถาบัน การวิจัยและพัฒนาครั้งนี้อาศัยหลักการวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) โดยใช้ Django Framework, Celery และ PostgreSQL ในการพัฒนา Web Application ส่วนอุปกรณ์ใช้ Raspberry Pi และ MQTT Protocol พร้อมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพของระบบควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ เกี่ยวกับระยะเวลาในการอัปเดตข้อมูล ขั้นตอนการใช้งาน จำนวนผู้ใช้งานที่รองรับ และค่าใช้จ่าย ผลการวิจัยพบว่า ระบบควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ในรูปแบบ Web Application และกล่องควบคุมประตู มีประสิทธิภาพ 3 ด้าน คือ ลดระยะเวลาในการอัปเดตข้อมูลจาก 24 ชั่วโมงเหลือเพียง 3 นาที ลดขั้นตอนการใช้งานจากเดิม 5 กระบวนการ เหลือ 3 กระบวนการ ผู้ใช้งานจากเดิมรองรับได้ 30,000 คน เพิ่มขึ้นเป็น 100,000 คน พร้อมทั้งลดค่าใช้จ่ายจากเดิมเป็นเงินจำนวน 5,290 บาท เหลือค่าใช้จ่ายเป็นเงินจำนวน 3,830 บาท คิดเป็นร้อยละ 27.6 หากต้องการควบคุมต้นทุนให้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 12-E NodeMCU kit แทน โดยจะลดลงเหลือ 140 บาท

คำสำคัญ: ระบบควบคุมการเข้าถึงพื้นที่, บัตรเสมือน, คิวอาร์โค้ด, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, การทำงานแบบไม่ต้องรอตตามลำดับ

The Development of an Access Control System and Device Using QR Codes with Virtual Cards on the NIDA UApp

Surapong Naowasate and Yosapon Thammamongrak*

*Information and Digital Technology Center, National Institute of Development Administration,
Klong-Chan, Bangkok, Bangkok 10240, Thailand*

*Corresponding author's e-mail: yosapon.tha@nida.ac.th

Abstract

This research aims to develop a system, devices, and increase the performance of an Access Control System and Devices Using QR Codes with Virtual Cards on the NIDA Uapp. The goal is to address the limitations of the previous system that used student ID physical cards, which experienced delays in authentication and card issuance. The newly developed system operates in real-time, provides support for a larger number of users, and enhances security for accessing the institution's facilities. The development follows the System Development Life Cycle (SDLC) principles, utilizing Django Framework, Celery, and PostgreSQL for the web application, as well as Raspberry Pi and MQTT Protocol for device control. The system's performance was increased in terms of data syncing time, process reduction, and cost. The research results revealed that the QR Code Access Control system, in the form of a web application and a door control box (IoT), demonstrated efficiency in three areas: reducing data syncing time from 24 hours to 3 minutes, decreasing the operational processes from 5 steps to 3 steps, increasing user capacity from 30,000 to 100,000, and lowering costs from 5,290 Baht to 3,830 Baht, representing a 27.6% reduction. To further reduce costs, the ESP8266 12-E NodeMCU kit can be selected instead, which will lower the cost to 140 Baht.

Keywords: Access control system, Virtual card, QR code, Internet of things (IoT), Asynchronous task (Celery)

บทนำ

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีสารสนเทศมีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินชีวิต การสื่อสาร ธุรกิจ และการบริหารจัดการองค์กรอย่างมีประสิทธิภาพ องค์กรต่าง ๆ จำเป็นต้องมีความเข้าใจและเลือกใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสมกับบริบท เพื่อให้สามารถปรับตัวได้อย่างทันสมัยในทุกระดับ ตั้งแต่ผู้บริหารถึงระดับปฏิบัติการ การนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความคล่องตัวในการดำเนินงานภายในองค์กร ทั้งในด้านการบริการ การจัดการทรัพยากร และการพัฒนาบุคลากร (ธัญวลัย พิตรพิบูลโกสิน, 2560)

จากความสำคัญของเทคโนโลยีดังกล่าว สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์จึงเล็งเห็นถึงความจำเป็นในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาปรับใช้เพื่อบริหารจัดการทรัพยากรภายใน โดยเฉพาะในด้านการควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ เช่น ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ห้องสมุด สนามกีฬา ฯลฯ ซึ่งเป็นทรัพยากรสำคัญที่ต้องมีการควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้สามารถให้บริการได้อย่างเหมาะสม ปลอดภัย และทั่วถึง ปัจจุบันระบบที่ใช้บัตรนักศึกษาหรือบุคลากรเป็นเครื่องมือในการเข้าใช้งานนั้นประสบปัญหาหลายประการ เช่น ความล่าช้าในการตรวจสอบสิทธิ์ ความไม่สะดวกในการออกบัตร และข้อจำกัดของอุปกรณ์อ่านบัตร

หนึ่งในเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมและมีศักยภาพในการพัฒนาระบบบริหารจัดการในองค์กร คือ ระบบควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ด้วยรหัสคิวอาร์ (QR Code Access Control) สามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เพื่อเพิ่มความสะดวก ความปลอดภัย และลดต้นทุนในการดำเนินงาน โดยงานวิจัยของ (Satanasaowapak et al., 2021) ได้พัฒนาระบบควบคุมการเข้าถึงด้วยรหัสคิวอาร์ และ ESP8266CAM เพื่อควบคุมการเข้าออก พบว่าระบบสามารถทำงานแบบเรียลไทม์และยืดหยุ่นต่อการปรับขยายในอนาคต ขณะที่ (Nuhi et al., 2020) เสนอแนวทางการใช้รหัสคิวอาร์ ในระบบลงทะเบียน ช่วยลดภาระงานเอกสารและความล่าช้าในการตรวจสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ โดยใช้ Virtual Card ผ่านแอปพลิเคชัน NIDA UApp สามารถทำงานได้แบบเรียลไทม์ ลดขั้นตอนและระยะเวลาในการอนุมัติสิทธิ์การเข้าใช้งาน อีกทั้งยังสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้งานที่เพิ่มขึ้น ลดภาระค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อบัตรและอุปกรณ์อ่านบัตร และสามารถควบคุมการเข้าถึงได้จากระยะไกลด้วยเทคโนโลยี MQTT แนวทางนี้มีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ (Upadhyay et al., 2016) ได้พัฒนาโซลูชันระบบควบคุมอัตโนมัติภายในบ้านที่ใช้ MQTT เป็นโพรโทคอลหลักในการส่งคำสั่งควบคุมอุปกรณ์ผ่านเครือข่ายอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบที่พัฒนาขึ้นจึงมีความเหมาะสมกับบริบทของสถาบันในยุคดิจิทัล ตอบโจทย์ทั้งในด้านการบริหารจัดการ ความปลอดภัย ความสะดวก และความสามารถในการปรับขยายต่อยอดในอนาคตอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ด้วยรหัสคิวอาร์ โดยใช้บัตรเสมือนบนแอปพลิเคชัน NIDA UApp
2. เพื่อพัฒนากล่องควบคุมประตูเพื่อควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ด้วยรหัสคิวอาร์ โดยใช้บัตรเสมือนบนแอปพลิเคชัน NIDA UApp
3. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ด้วยรหัสคิวอาร์ โดยใช้บัตรเสมือนบนแอปพลิเคชัน NIDA UApp

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิดในการพัฒนาระบบตามหลักวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC: System Development Life Cycle) (วศิน เพิ่มทรัพย์ และ วิโรจน์ ชัยมูล, 2563) โดยใช้พัฒนาทั้งส่วนระบบและอุปกรณ์ โดยประกอบด้วย 7 ข้อดังนี้

1. การกำหนดปัญหา (Problem Definition) ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้รวบรวม Feedback ประเด็นปัญหา ข้อเสนอแนะจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ของการใช้งานระบบและอุปกรณ์เดิม แล้วสรุปประเด็นปัญหาทั้งหมด จากนั้นกำหนดขอบเขตของการพัฒนา ระยะเวลา และเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบและอุปกรณ์

2. การวิเคราะห์ (Analysis) ผู้วิจัยวิเคราะห์ระบบและอุปกรณ์เดิม แล้วรวบรวมปัญหาจากผู้ใช้งานว่าอะไรบ้างที่ต้องดำเนินการแก้ปัญหาในระบบและอุปกรณ์เดิม จากนั้นกำหนดแนวทางการพัฒนาระบบและอุปกรณ์

3. การออกแบบ (Design) ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยออกแบบระบบและอุปกรณ์ตามแนวคิดที่ได้วิเคราะห์ โดยมีการระบุลักษณะการทำงานของระบบเชิงเทคนิค รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ เทคโนโลยีที่ใช้ ชนิดฐานข้อมูล เครือข่ายที่เหมาะสม และลักษณะของการนำข้อมูลเข้า โดยในการออกแบบฐานข้อมูล จะมีการนำฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) มาใช้งานการออกแบบ เนื่องจากมีคุณสมบัติ Atomicity, Consistency, Isolation, Durability (ACID) เป็นตัวเลือกอันดับต้น ๆ สำหรับแอปพลิเคชันที่ต้องการการจัดการข้อมูลที่มีโครงสร้างใช้ภาษา SQL สำหรับการสืบค้นและรองรับการสืบค้นที่ซับซ้อนในสถานการณ์ที่ต้องการความสอดคล้อง ทำให้เป็นตัวเลือกที่แพร่หลายในอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ (นรุตม์ บุตรพลอย และ พรหมเมศ วีระพันธ์, 2567)

4. การพัฒนาระบบงาน (Development) ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบขึ้นเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นรูปแบบของ Web Application โดยใช้ภาษา Python (Django Framework) และ Asynchronous Task (Celery) ในการพัฒนา และใช้ PostgreSQL เป็นฐานข้อมูล โดยมีการเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลบุคลากรและนักศึกษาของสถาบัน และส่วนที่ 2 เป็นการเขียนโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Microcontroller) โดยใช้มาตรฐานการส่งข้อมูล Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

5. การทดสอบระบบ (Testing) หลังจากการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้กำหนดการทดสอบระบบเป็นส่วนย่อยเมื่อแต่ละส่วนผ่านการทดสอบแล้ว จึงทดสอบทั้งระบบอีกครั้ง โดยทดสอบจากการใช้งานของนักศึกษาและบุคลากร เพื่อตรวจสอบขั้นตอนและข้อผิดพลาดของระบบการทำงานของระบบและอุปกรณ์ ซึ่งทดสอบการทำงาน ดังนี้

5.1 การทดสอบระบบย่อย

5.1.1 API ในการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลนักศึกษาและบุคลากรเพื่อดึงข้อมูล และอัปเดตข้อมูลในฐานข้อมูลของระบบบริหารจัดการสิทธิ์

5.1.2 Celery ในการอัปเดตข้อมูลแบบ Asynchronous ระหว่างฐานข้อมูลนักศึกษาและบุคลากรกับฐานข้อมูลระบบบริหารจัดการสิทธิ์

5.1.3 Web Application ระบบบริหารจัดการสิทธิ์ ส่วนของการตรวจสอบสิทธิ์

5.1.4 API ในการรับข้อมูลจาก NIDA UApp

5.1.5 Relay ส่งการในการตัดวงจรไฟฟ้าของแม่เหล็กประตู

5.1.6 MQTT บน Raspberry Pi รับคำสั่งจาก Broker เพื่อสั่งการ Relay

5.2 การทดสอบแบบเชื่อมต่อทั้งระบบ (System Integration test)

5.2.1 การลงทะเบียนและยืนยันตัวตน

5.2.2 ทดสอบการรับข้อมูลจาก NIDA UApp และตรวจสอบสิทธิ์ในระบบ ตรวจสอบการอัปเดตสถานะของผู้ใช้ในฐานข้อมูลหลักและระบบบริหารจัดการสิทธิ์

5.2.3 การอัปเดตข้อมูลระหว่างระบบ

5.2.4 ตรวจสอบการทำงานของ Celery ในการอัปเดตข้อมูลข้ามระบบ ทดสอบการรับส่งข้อมูลระหว่างฐานข้อมูลหลักและระบบย่อย

5.2.5 การใช้งานระบบผ่าน Web Application

5.2.6 ทดสอบกระบวนการตรวจสอบสิทธิ์ผ่านหน้าผู้ดูแล และรายงานผลการเข้าถึงระบบ

5.2.7 การควบคุมระบบประตูผ่าน MQTT

5.2.8 ทดสอบการสั่งการเปิด-ปิดประตูโดยคำสั่งจากระบบผ่าน MQTT ตรวจสอบการทำงานของ Relay และ Raspberry Pi ในการรับคำสั่ง

5.2.9 การตรวจสอบและบันทึกประวัติการทำงานของระบบ

ทดสอบความสมบูรณ์ของการบันทึกข้อมูลการเข้าถึงระบบและคำสั่งที่ถูกส่ง วิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบในการจัดการข้อมูลขนาดใหญ่

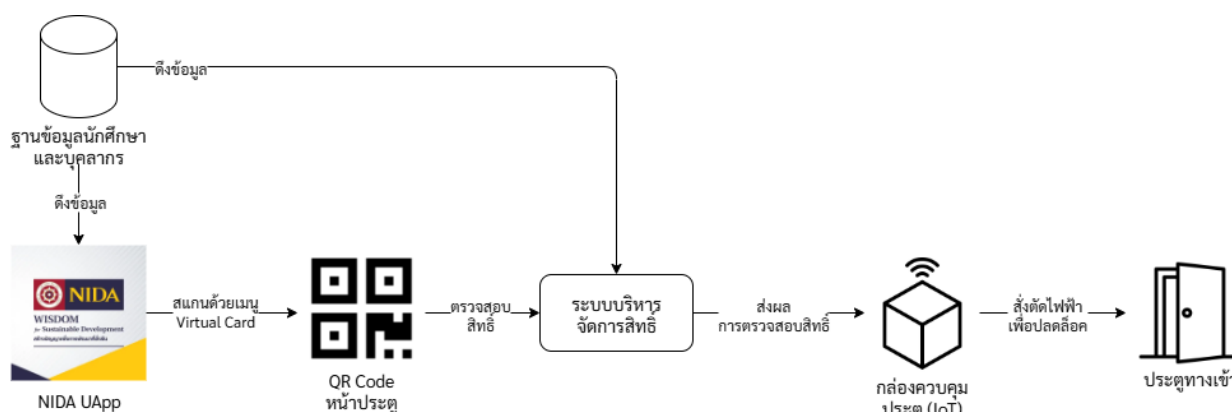
6. การติดตั้งระบบ (Deployment) เมื่อทดสอบระบบจนสมบูรณ์สามารถทำงานได้จริง ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการติดตั้งระบบบนเซิร์ฟเวอร์

7. การบำรุงรักษาระบบ (Maintenance) หลังจากเปิดใช้งานระบบ ผู้วิจัยจะดำเนินการเฝ้าสังเกตการณ์เพื่อติดตามการใช้งานระบบ และหากมีปัญหาเกิดขึ้นผู้วิจัยจะนำไปปรับปรุงแก้ไขระบบและอุปกรณ์

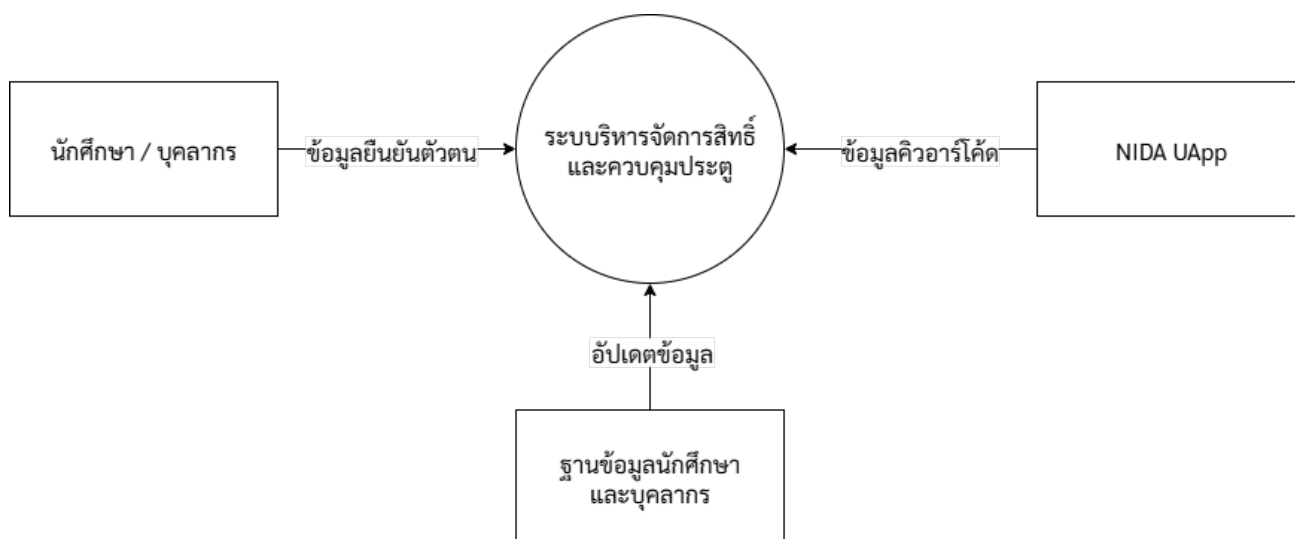
ผลการวิจัย

จากการพัฒนาระบบและกล่องควบคุมประตู เพื่อควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ด้วยรหัสคิวอาร์ โดยใช้บัตรเสมือนบนแอปพลิเคชัน NIDA UApp ผู้วิจัยนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งเป็น 1) ผลการออกแบบและพัฒนาระบบ 2) ผลการพัฒนากล่องควบคุมประตู และ 3) ผลการเพิ่มประสิทธิภาพด้านระยะเวลาในการอัปเดตข้อมูล ขั้นตอนการใช้งาน จำนวนผู้ใช้งานที่รองรับ และค่าใช้จ่าย

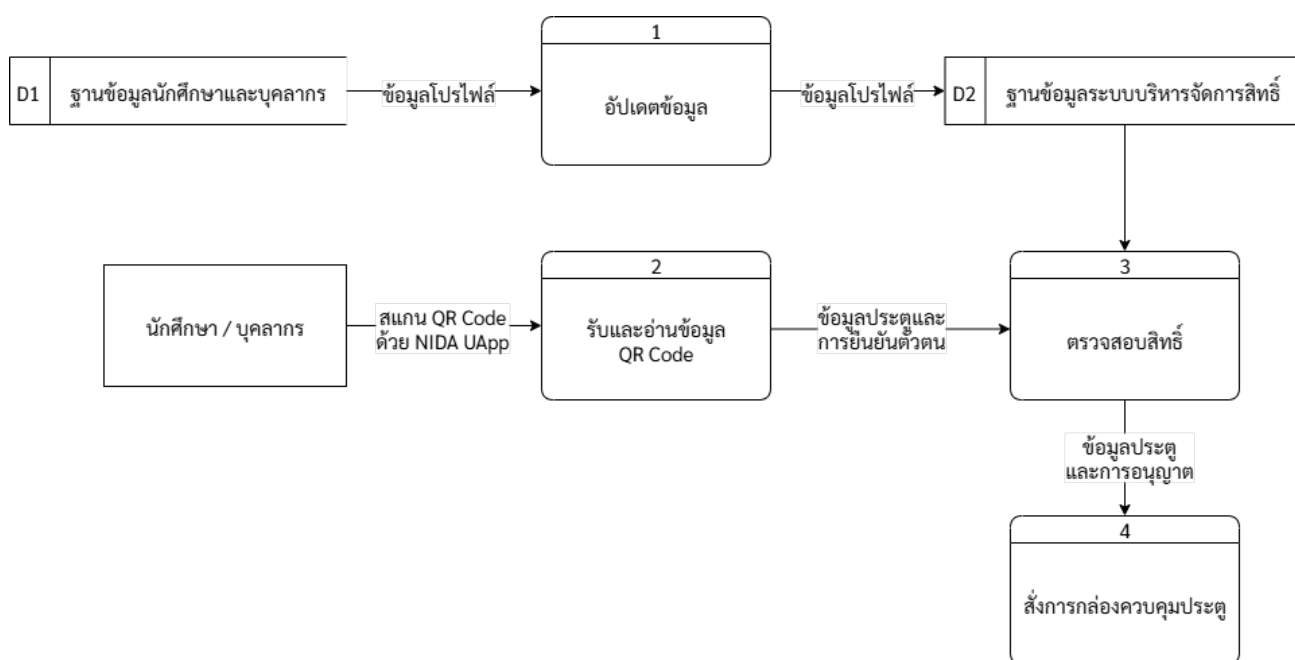
1. ผลการออกแบบและพัฒนาระบบ



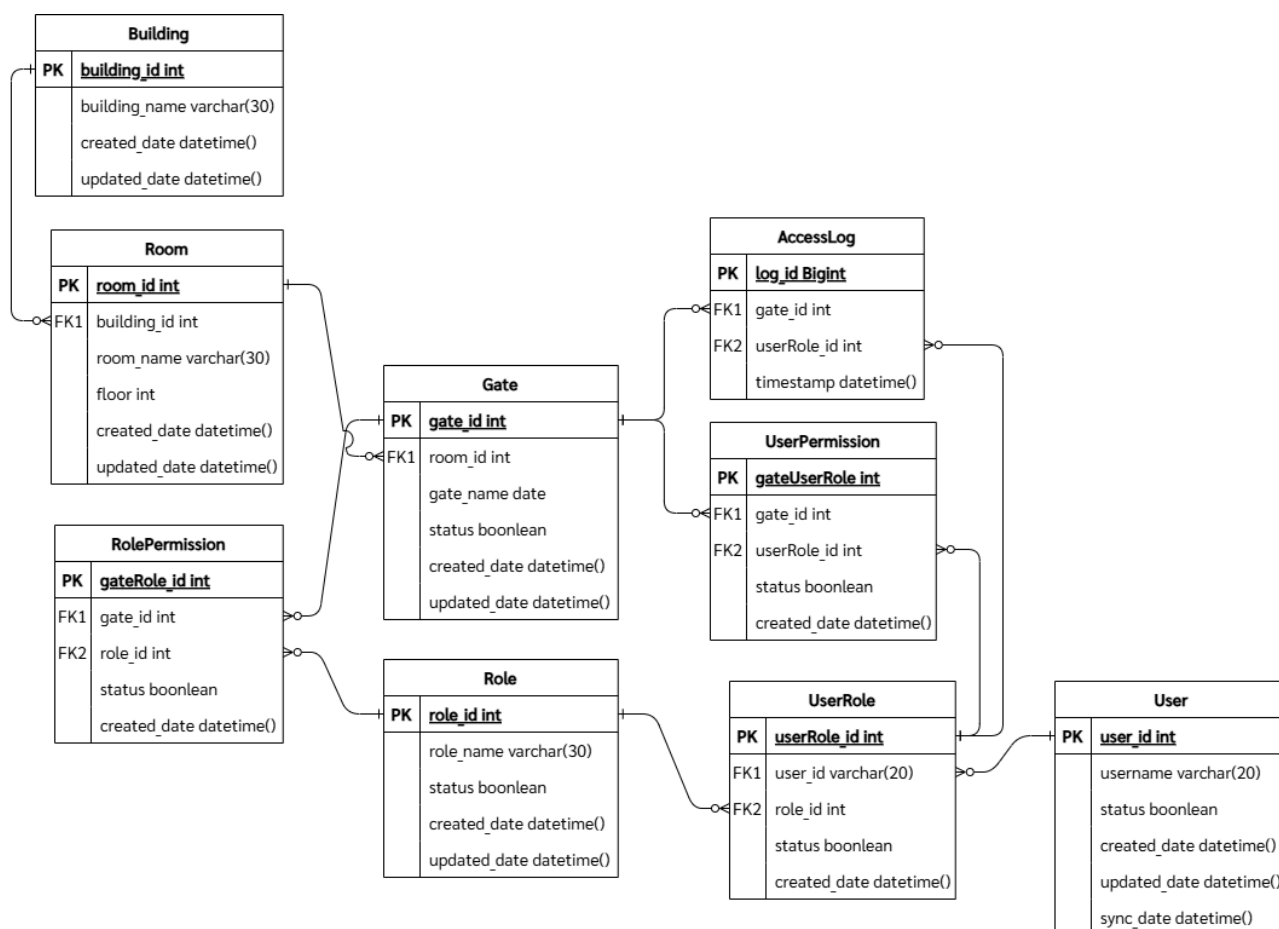
ภาพที่ 1 ภาพรวมของระบบ



ภาพที่ 2 Context Diagram



ภาพที่ 3 Data Flow Diagram



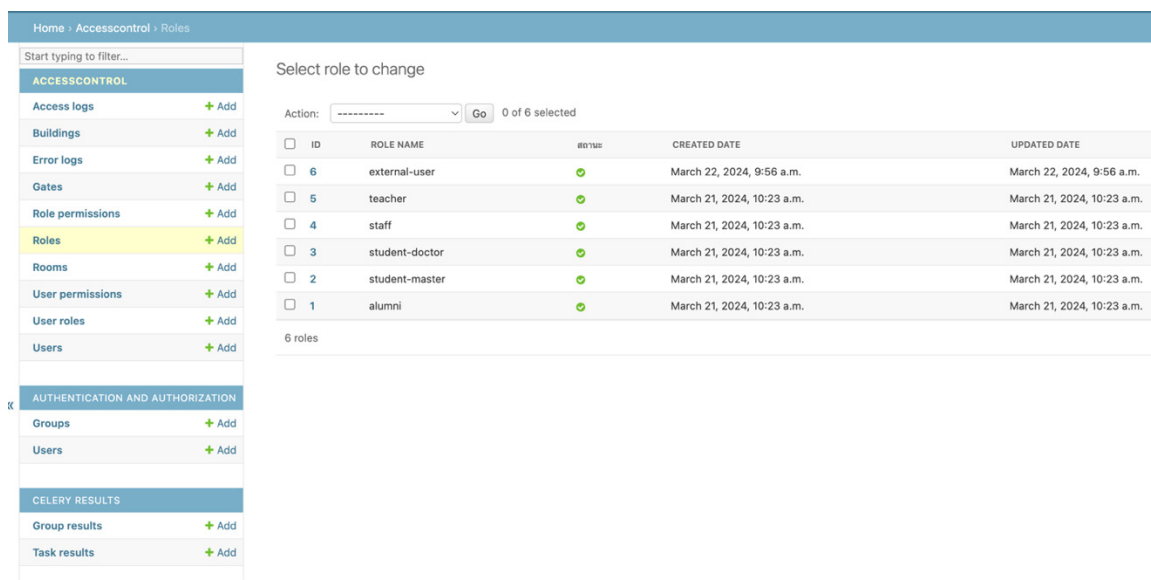
ภาพที่ 4 ER Diagram ของระบบ

ตารางที่ 1 อธิบายตารางและการใช้งานจาก ER Diagram

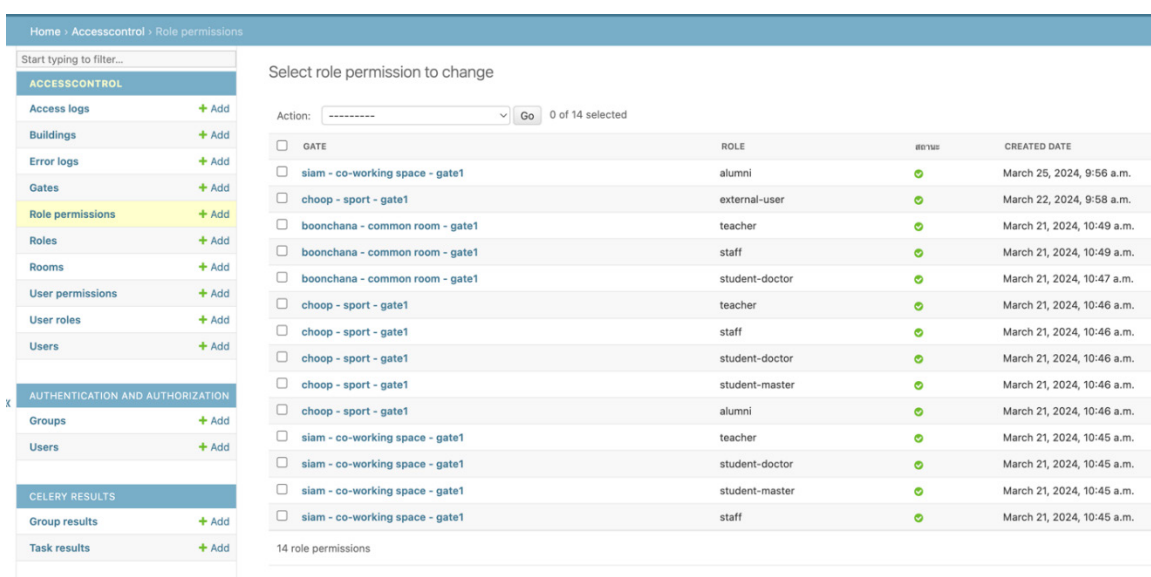
ตาราง	การใช้งาน
Building	เก็บข้อมูลอาคาร
Room	เก็บข้อมูลห้อง
Gate	เก็บข้อมูลประตู
User	เก็บข้อมูลผู้ใช้งาน
Role	เก็บข้อมูลบทบาท
RolePermission	เก็บข้อมูลสิทธิ์แยกตามบทบาท
UserPermission	เก็บข้อมูลสิทธิ์แยกตามผู้ใช้งาน
UserRole	เก็บข้อมูลบทบาทของผู้ใช้งาน
AccessLog	เก็บข้อมูลการผ่านประตู

ระบบควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ประกอบด้วย

1.1 Web Application ระบบบริหารจัดการสิทธิ์ สำหรับอัปเดตข้อมูลผู้ใช้งานและกำหนดสิทธิ์การใช้งาน พัฒนาด้วย Django Framework และใช้ Celery ในการ sync ข้อมูลระหว่างฐานข้อมูลนักศึกษาและบุคลากรกับฐานข้อมูลระบบบริหารจัดการสิทธิ์



ภาพที่ 5 ตัวอย่างหน้าแสดงผลสำหรับกำหนดกลุ่มสิทธิ์ของผู้ใช้งาน



ภาพที่ 6 ตัวอย่างหน้าแสดงผลสำหรับกำหนดกลุ่มสิทธิ์ในการเข้าใช้อาคาร/ ห้องต่าง ๆ

1.2 Web Application สำหรับการระบุตัวตน (Authentication) บุคคลภายนอก

Code Access*

Enter your access code

[Access with username/password](#)

ภาพที่ 7 ตัวอย่างหน้าแสดงผลสำหรับระบุตัวตนเพื่อใช้งานอาคาร/ ห้อง

1.3 API ในการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลนักศึกษาและบุคลากรเพื่อดึงข้อมูล และอัปเดตข้อมูลในฐานข้อมูลของระบบบริหารจัดการสิทธิ์

1.4 API สำหรับการรับข้อมูลจาก NIDA UApp

2. ผลการพัฒนากล่องควบคุมประตู

กล่องควบคุมประตูทำหน้าที่รับคำสั่งและตัดวงจรไฟฟ้าของแม่เหล็กประตูจากคำสั่งที่รับมาจาก Web Application และ NIDA UApp โดยมีส่วนประกอบ ดังนี้

2.1 Raspberry Pi 4 Model B (Microcontroller) ทำหน้าที่รับคำสั่ง และมี Relay สำหรับสั่งการในการตัดวงจรไฟฟ้าของแม่เหล็กประตู

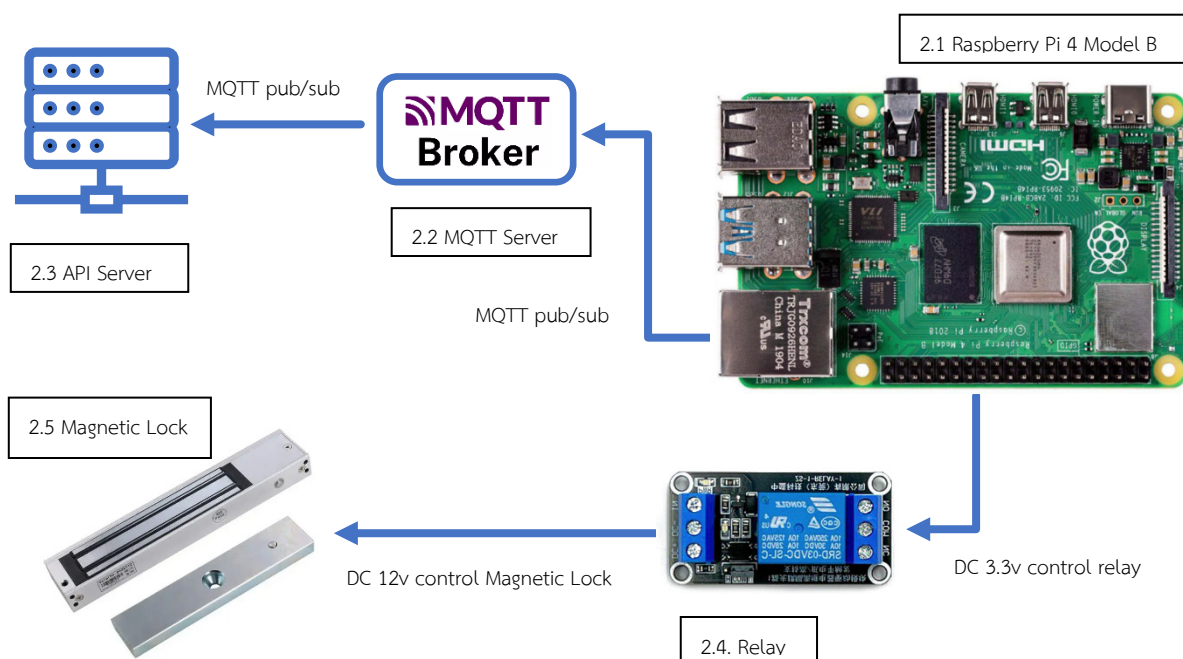
2.2 MQTT Server สำหรับเชื่อมต่อ Raspberry Pi กับ API server เพื่อควบคุม Magnetic Lock

2.3 API Server สำหรับรับคำสั่งจาก Web Application และ NIDA UApp เพื่อตรวจสอบสิทธิผู้ใช้งานแล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาสั่งการ Magnetic Lock

2.4 Relay Module สำหรับรับคำสั่งจาก Raspberry Pi เพื่อไปควบคุม Magnetic Lock

2.5 Magnetic Lock สำหรับควบคุมการเปิดปิดประตู

โดยเขียนคำสั่งโดยใช้มาตรฐานการส่งข้อมูล IoT (MQTT) บน Raspberry Pi ให้ Microcontroller ไป subscribe MQTT Broker เพื่อรอรับคำสั่งในการสั่งตัดวงจรไฟฟ้าของแม่เหล็กประตู ผ่านการสั่งการจาก Relay



ภาพที่ 8 การเชื่อมต่อ Raspberry Pi กับอุปกรณ์ควบคุมประตู

3. ผลการเพิ่มประสิทธิภาพด้านระยะเวลาในการอัปเดตข้อมูล ขั้นตอนการใช้งาน จำนวนผู้ใช้งานที่รองรับ และค่าใช้จ่าย

3.1 ด้านระยะเวลาในการอัปเดตข้อมูล

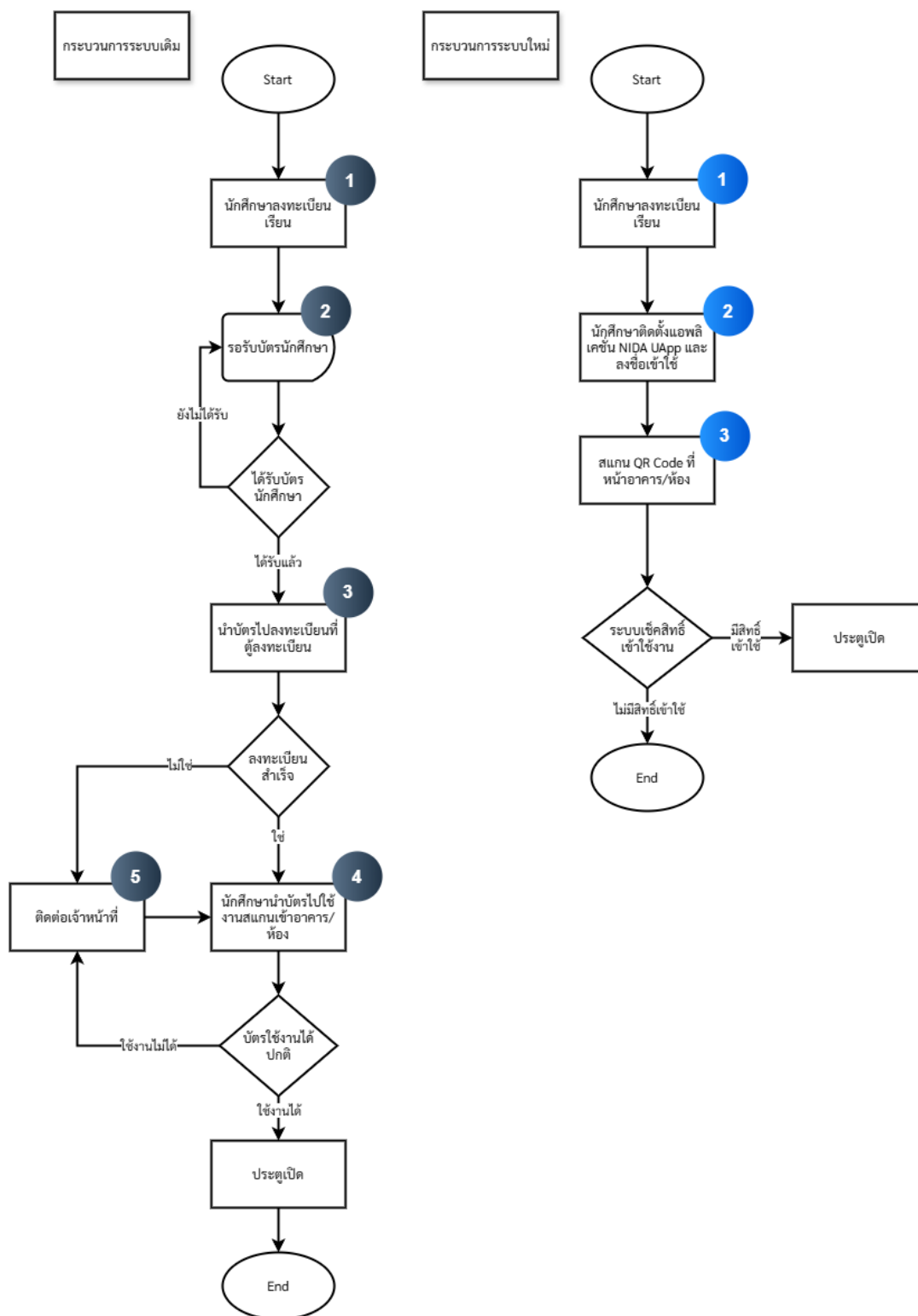
ข้อมูลนักศึกษาที่ต้องอัปเดตโดยประมาณ 100,000 เรคคอร์ด เมื่อใช้ Celery ในการจัดการการอัปเดตข้อมูลแล้วนั้น พบว่าใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 3 นาทีในการอัปเดตข้อมูลนักศึกษาทั้งหมด

☐	453841ce-fddd-4088-b97c-a646c0a03bc7	-	-	Feb. 2, 2025, 1 p.m.	SUCCESS	-
☐	cf7c5271-d966-4c89-bbd4-4fc65a21187b	-	-	Feb. 2, 2025, 1:03 p.m.	SUCCESS	-
☐	57b3631a-07e9-4a51-a8e5-3ec680befc84	-	-	Feb. 2, 2025, 1:03 p.m.	SUCCESS	-
☐	f8fb3e1b-05fc-4542-91af-4cca981d111e	-	-	Feb. 2, 2025, 1:03 p.m.	SUCCESS	-
☐	690c00ac-12f3-4ff0-a3c2-3a2ea9a0b9e0	-	-	Feb. 2, 2025, 1:03 p.m.	SUCCESS	-
☐	456014b6-9b60-48c8-a324-82760005f38f	-	-	Feb. 2, 2025, 1:03 p.m.	SUCCESS	-

ภาพที่ 9 ตัวอย่างการอัปเดตข้อมูลนักศึกษาจำนวนมาก โดยใช้ Celery เป็นเครื่องมือในการอัปเดตข้อมูล

3.2 ด้านขั้นตอนการใช้งาน

ขั้นตอนระบบเดิมมี 5 ขั้นตอน ในการรอรับบัตรนักศึกษาที่ต้องใช้ระยะเวลาประมาณ 1 ภาคการศึกษา และจะต้องลงทะเบียนที่จุดลงทะเบียนก่อน แต่ในระบบใหม่นั้นนักศึกษาเพียงแค่ติดตั้ง NIDA UApp ก็สามารถใช้งานได้ทันที ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบระหว่างกระบวนกรเดิมและกระบวนกรใหม่

3.3 ด้านจำนวนผู้ใช้งานที่รองรับ

3.3.1 อุปกรณ์เดิมที่ใช้ เครื่องอ่านบัตร ยี่ห้อ ZKTECO รุ่น C200-C (Black) จะรองรับผู้ใช้งานได้ 30,000 คน (J.I.B. Computer Group Co. Ltd., 2025)

3.3.2 อุปกรณ์ใหม่ที่ใช้ในระบบใหม่ สามารถรองรับได้มากกว่า 100,000 คน เนื่องจากระบบไม่ได้มีการเก็บข้อมูลไว้ในตัวเครื่อง

3.4 ด้านค่าใช้จ่าย

3.4.1 ต้นทุนอุปกรณ์ในระบบเดิม

อุปกรณ์เดิมใช้เครื่องอ่านบัตร ยี่ห้อ ZKTECO รุ่น C200-C (Black) ราคา 5,290 บาท (J.I.B. Computer Group Co. Ltd., 2025)

3.4.2 ต้นทุนอุปกรณ์ในระบบใหม่

ในระบบใหม่ใช้เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก Raspberry Pi 4 Model B 8 GB ราคาประมาณ 3,830 บาท (ไซตรอน เทคโนโลยีส์, 2567)

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยในเรื่องนี้ ผู้วิจัยได้นำมาอภิปรายผล ดังนี้

1. ระยะเวลาการอัปเดตข้อมูลในระบบเดิมใช้เวลาโดยเฉลี่ยจำนวน 24 ชั่วโมง เนื่องจากปัญหาจำนวนนักศึกษาที่มีจำนวนมาก ส่งผลให้ระยะเวลาในการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย LAN ไปยังเครื่องอ่านบัตรในแต่ละครั้งมีความล่าช้า ทำให้ต้องตั้งตารางเวลาในการอัปเดตข้อมูลเป็นวันละ 1 ครั้ง แต่ในระบบใหม่จะลดลงเหลือเฉลี่ย 3 นาที คิดเป็นร้อยละ 99.97 เนื่องจากระบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นใช้งาน Celery จะใช้งานเฉพาะส่วนของการดึงข้อมูลผู้ใช้งานจากฐานข้อมูลบุคลากรและนักศึกษาของสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ส่วนการกำหนดสิทธิ์ยังคงทำงานแบบเป็นตามลำดับ (Sequential) อยู่ เพื่อกระจายงานให้กับแต่ละ worker ไม่ต้องรอทำทีละงาน จึงส่งผลให้ระยะเวลาในการอัปเดตข้อมูลลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิจัยในประเด็นนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nuhi et al. (2020) ที่ระบุว่า การนำรหัสคิวอาร์มาใช้แทนกระบวนการเดิมช่วยลดความล่าช้าในการตรวจสอบและภาระงานเอกสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Satanasawapak et al. (2021) ที่พบว่าระบบควบคุมการเข้าถึงด้วยรหัสคิวอาร์ร่วมกับเทคโนโลยี IoT สามารถทำงานได้แบบเรียลไทม์ ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้เป็นการต่อยอดแนวคิดดังกล่าวโดยการประยุกต์ใช้ Celery เพื่อกระจายงานการดึงและซิงโครไนซ์ข้อมูลผู้ใช้งานจำนวนมากของสถาบันให้ทำงานแบบไม่ต้องรอตามลำดับ

2. เครื่องอ่านบัตรในระบบเดิมตามข้อมูลคุณลักษณะ (Specification) ของเครื่อง ระบุไว้ว่าสามารถรองรับจำนวนบัตรได้ 30,000 ใบ (J.I.B. Computer Group Co. Ltd., 2025) โดยจะถูกจัดเก็บไว้ในเครื่องอ่านบัตร สำหรับยืนยันตัวตนในการเข้าถึงพื้นที่ และเครื่องอ่านบัตรดังกล่าวไม่สามารถขยายพื้นที่จัดเก็บให้เพียงพอต่อปริมาณผู้ใช้งานตามที่สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์มีนโยบายให้บุคลากร นักศึกษาปัจจุบันและศิษย์เก่าสามารถใช้งานได้ทั้งหมดรวมกันประมาณ 100,000 คน จึงทำให้เครื่องอ่านบัตรไม่สามารถรองรับจำนวนผู้ใช้งานได้ทั้งหมด สำหรับระบบและอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นใหม่ผู้วิจัยได้พัฒนาวิธีการยืนยันตัวตนโดยไม่ใช้เครื่องอ่านบัตร และไม่จัดเก็บข้อมูลผู้ใช้งานไว้ในเครื่องอ่านบัตร แต่ใช้แอปพลิเคชัน NIDA UApp เพื่อตรวจสอบสิทธิ์การเข้าถึงพื้นที่กับฐานข้อมูลบุคลากรและนักศึกษาของสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ทำให้สามารถรองรับจำนวนผู้ใช้งานได้มากกว่า แนวทางการย้ายการจัดเก็บข้อมูลและการตรวจสอบสิทธิ์จากตัวเครื่องอ่านบัตร (Local Storage) ไปไว้ที่ฐานข้อมูลส่วนกลางและตรวจสอบผ่านระบบนี้ มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Satanasawapak et al. (2021) ที่ชี้ว่าสถาปัตยกรรมของระบบควบคุมการเข้าถึงด้วยรหัสคิวอาร์ร่วมกับ IoT มีความยืดหยุ่นและสามารถปรับขยาย (Scalability) เพื่อรองรับผู้ใช้งานในอนาคตได้ดีกว่าระบบที่จำกัดด้วยหน่วยความจำของอุปกรณ์ ผลการวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการต่อยอดแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับนโยบายการเปิดให้บุคลากร นักศึกษาปัจจุบัน และศิษย์เก่ารวมประมาณ 100,000 คนสามารถเข้าใช้งานได้พร้อมกัน

3. ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ Raspberry Pi 4 เพื่อพัฒนากล่องควบคุมประตู มีค่าใช้จ่ายต้นทุนอยู่ที่ 3,830 บาท จากการศึกษางานวิจัยของ เจตน์นันทน์ เจริญจันทร์ (2562) พบว่ามีการพัฒนาในลักษณะเดียวกัน แต่เลือกใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 12-E NodeMCU kit มีค่าใช้จ่ายต้นทุนเพียง 140 บาท (Arduitrronics, 2025) ทำให้สามารถลดต้นทุนของอุปกรณ์ได้มากกว่า อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีต้นทุนที่สูงกว่า แต่ผู้วิจัยเลือกใช้ Raspberry Pi 4 เนื่องจากภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้พัฒนาสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย (Python) และสามารถทำงานได้ใกล้เคียงกับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กมากกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้น จึงมีความยืดหยุ่นต่อการพัฒนาต่อในอนาคต ทั้งนี้การเลือกใช้บอร์ดต้นทุนต่ำเช่น ESP8266 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับงานควบคุมอุปกรณ์ผ่านเครือข่าย สอดคล้องกับงานวิจัยของ เจตน์นัต เจือจันทร์ (2562) ที่ประยุกต์ใช้บอร์ดในตระกูลเดียวกันสำหรับงานตรวจวัดและควบคุมผ่าน IoT ได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยต้นทุนต่ำ และสอดคล้องกับข้อสรุปของ Maier et al. (2017) ที่วิเคราะห์เปรียบเทียบไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ESP สำหรับงาน Internet of Things แล้วพบว่า เป็นทางเลือกที่มีต้นทุนต่ำและใช้พลังงานน้อย เหมาะกับงานควบคุมอุปกรณ์แบบฝังตัว อย่างไรก็ตาม การตัดสินใจเลือกใช้ Raspberry Pi 4 ในงานวิจัยนี้เป็นการแลกเปลี่ยนระหว่างต้นทุนที่สูงกว่ากับความยืดหยุ่นในการพัฒนา เนื่องจากบอร์ดที่มีระบบปฏิบัติการเต็มรูปแบบรองรับการพัฒนาด้วยภาษาระดับสูง (Python) และต่อยอดได้ในอนาคต

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบ

1.1 ระบบควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ด้วยรหัสคิวอาร์ โดยใช้บัตรเสมือนบนแอปพลิเคชัน NIDA UApp ได้รับการพัฒนาและติดตั้งเรียบร้อยแล้ว สามารถลดข้อจำกัดของระบบเดิม คือ ไม่ต้องใช้บัตรนักศึกษาในการใช้งาน แต่ใช้แอปพลิเคชัน NIDA UApp บนสมาร์ตโฟนแทน

1.2 การบริหารจัดการสิทธิ์สามารถทำได้ผ่าน Web Application ที่พัฒนาด้วย Django Framework และใช้ Celery ในการประมวลผลแบบ Asynchronous ทำให้การเชื่อมต่อข้อมูลรวดเร็วขึ้น

1.3 การนำเทคโนโลยี IoT (MQTT Protocol) มาใช้กับอุปกรณ์ควบคุมการเข้าออกที่พัฒนาด้วย Raspberry Pi ทำให้การควบคุมการเข้าออกมีประสิทธิภาพ และสามารถส่งการได้ผ่านระบบจากระยะไกล

1.4 ระบบรองรับการขยายตัวในอนาคต ด้วยโครงสร้างระบบที่ยืดหยุ่น และสามารถอัปเดตหรือปรับเปลี่ยนตามความต้องการของสถาบัน

2. ผลการพัฒนากล่องควบคุม

อุปกรณ์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น คือ ทนทานต่อการใช้งาน เมื่ออุปกรณ์ชำรุดไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนใหม่ทั้งหมด โดยหาอุปกรณ์ทดแทนเฉพาะส่วนที่ชำรุด

3. ผลการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ

3.1 ระบบใหม่สามารถลดระยะเวลาการอัปเดตข้อมูลได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิม จากเดิมใช้เวลาในการอัปเดตข้อมูลโดยเฉลี่ยจำนวน 24 ชั่วโมง เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องอ่านบัตรที่ต้องใช้ระยะเวลาในการอัปเดตข้อมูลที่มีเป็นจำนวนมาก แต่ระบบใหม่ใช้เวลาในการอัปเดตข้อมูลจำนวนโดยเฉลี่ย 3 นาที

3.2 กระบวนการระบบเดิมมีขั้นตอนทั้งสิ้น 5 กระบวนการ แต่กระบวนการของระบบใหม่นั้นลดลงเหลือ 3 กระบวนการ

3.3 ระบบเดิมเครื่องอ่านบัตรรองรับผู้ใช้งานได้ 30,000 ผู้ใช้งาน ระบบใหม่จะรองรับได้มากขึ้นเป็น 100,000 คน ซึ่งเป็นจำนวนผู้ใช้งานจริงในปัจจุบัน

3.4 ลดค่าใช้จ่ายจากเดิมเป็นเงินจำนวน 5,290 บาท เหลือค่าใช้จ่ายเป็นเงินจำนวน 3,830 บาท คิดเป็นร้อยละ 27.6

ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. การลดต้นทุนให้มากขึ้น สามารถนำไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อกับโปรโตคอล MQTT และมีต้นทุนต่ำ มาใช้แทน Raspberry Pi 4 ได้
2. การออกแบบระบบการกำหนดสิทธิ์ให้กับผู้ใช้งานในระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ ยังมีการทำงานบางส่วนเป็นแบบตามลำดับ (Sequential) ดังนั้น จึงควรปรับการทำงานให้อยู่ในรูปแบบ Microservice และทำงานแบบ ไม่ต้องรอตามลำดับ (Asynchronous Task)

เอกสารอ้างอิง

- เจตนันต์ เจือจันทร์. (2562). *โครงการวิจัยเรื่องระบบตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นห้องเซิร์ฟเวอร์ด้วย IoT*. สำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ไซตรอน เทคโนโลยีส์. (2567). *Raspberry Pi 4: Cytron*. <https://th.cytron.io/p-raspberry-pi-4-model-b-8-gb-and-kits>
- ธัญวลัย พิตรพิบูลโกคิน. (2560). *การพัฒนาโปรแกรมขออนุมัติเดินทางไปราชการและการรายงานผลการปฏิบัติงาน*. <https://hpci.anamai.moph.go.th/hl/Km/KmDetail.aspx?ResCode=25600015>
- นรุทธิ์ บุตรพลอย, และ พรหมเมศ วีระพันธ์. (2567). การศึกษาเปรียบเทียบระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ และ NoSQL: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. *วารสารการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล*, 1(1), 1-10.
- วศิน เพิ่มทรัพย์ และ วิโรจน์ ชัยมูล. (2563). *ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ* (พิมพ์ครั้งที่ 9). โปรวิชั่น จำกัด.
- Arduitrionics. (2025). *Arduitrionics:Internet of Things (IoT)*. <https://www.arduitronics.com/p/1418>
- J.I.B. Computer Group Co. Ltd. (2025). *RFID Access Control ZKTECO C200-C (Black)*. <https://www.jib.co.th/web/product/readProduct/37077>
- Maier, A., Sharp, A., & Vagapov, Y. (2017). Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things. *2017 Internet Technologies and Applications (ITA)* (pp. 143-148). Wrexham, UK: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ITECHA.2017.8101926>
- Nuhi, A., Memeti, A., Imeri, F. & Cico, B. (2020). *Smart attendance system using QR code* (pp. 1-4). In Proceedings of the 9th Mediterranean Conference on Embedded Computing. Montenegro, IEEE.
- Satanasaowapak, P., Kawseewai, W., Promlee, S., & Vilamat, A. (2021). Residential access control system using QR code and the IoT. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11(4), 3267.
- Upadhyay, Y., Borole, A. & Dileepan, D. (2016) *MQTT based secured home automation system* (pp. 1-4). In Proceedings of the Symposium on Colossal Data Analysis and Networking. India: IEEE.