

รูปแบบการจัดสรุปผลการพัฒนางาน / แนวปฏิบัติที่ดี

การพัฒนา SmartHomeloT สำหรับควบคุมและติดตามอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการ

ประเภทผลงาน

สายวิชาการ () นวัตกรรมการเรียนรู้การสอน/Technology Enhanced Learning (TEL)

() AI Hackathon เพื่อพัฒนาการเรียนรู้การสอน

สายสนับสนุน () การพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ

() การพัฒนางาน/กระบวนการ/R2R

(X) การพัฒนางานห้องปฏิบัติการ

ประเภทการนำไปใช้ประโยชน์ (X) นวัตกรรม () R2R () การพัฒนางาน/การลดขั้นตอน

ชื่อเจ้าของผลงาน นายณัฐพล มาร์ตะพันธ์ ตำแหน่ง นักวิชาการคอมพิวเตอร์ ชำนาญการ

นายปรีชาพล ภวภูตานนท์ ณ มหาสารคาม ตำแหน่ง นักวิชาการคอมพิวเตอร์ ปฏิบัติการ

หน่วยงาน สำนักเทคโนโลยีดิจิทัลและทรัพยากรการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

1. บทคัดย่อ

SmartHomeloT เป็นเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นเพื่อควบคุมและติดตามอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องเรียนและห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยแบบเรียลไทม์ผ่านเว็บเบราว์เซอร์และอุปกรณ์เคลื่อนที่ ระบบยืนยันตัวตนด้วยบัญชี LDAP ของมหาวิทยาลัยและกำหนดสิทธิ์เข้าถึงเป็นรายห้อง โดยเชื่อมโยงเว็บแอปพลิเคชันกับอุปกรณ์ ESP32 ผ่าน MQTT และใช้ SignalR สำหรับการสื่อสารระหว่างเซิร์ฟเวอร์กับผู้ใช้แบบทันที ความสามารถสำคัญประกอบด้วย การควบคุมไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ โทรทัศน์ โปรเจกเตอร์ ล็อกประตู และเซ็นเซอร์อุณหภูมิ-ความชื้น การแสดงผังห้องสามมิติ การจัดการอาคาร ห้อง และอุปกรณ์ผ่านหน้าเว็บ การทำงานอัตโนมัติตามตารางจองห้อง การแจ้งเตือนผ่าน Web Push การใช้งานในรูปแบบ Progressive Web App และการบันทึกประวัติสถานะ ผลการพัฒนาเชิงระบบแสดงให้เห็นว่าสถาปัตยกรรมสามารถแยกการเข้าถึงตามสิทธิ์ กระจายข้อมูลเฉพาะผู้มีสิทธิ์ และรองรับการบริหารจัดการจากศูนย์กลางได้อย่างไรก็ตาม ยังมีประเด็นที่ควรเร่งพัฒนา ได้แก่ การเปิดใช้ StartTLS สำหรับ LDAP การจัดทำชุดทดสอบอัตโนมัติ การเพิ่มข้อกำหนดความสัมพันธ์ในฐานข้อมูล และการใช้ Redis เมื่อขยายระบบหลายอินสแตนซ์

2. บทนำ

การบริหารจัดการอุปกรณ์ภายในห้องเรียนและห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องเชื่อมโยงข้อมูลสถานที่ อุปกรณ์ ผู้ใช้งาน และสิทธิ์การเข้าถึงอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะเมื่ออุปกรณ์มีหลายประเภทและใช้วิธีควบคุมแตกต่างกัน ระบบ SmartHomeloT จึงได้รับการออกแบบให้เป็นศูนย์กลางการควบคุมผ่านเว็บโดยผู้ใช้เห็นเฉพาะห้องที่ได้รับอนุญาตและสามารถสั่งงานอุปกรณ์ได้จากผังห้องหรือหน้าควบคุม ทั้งนี้ เบรเวอร์เซอร์ไม่เชื่อมต่อกับ MQTT broker โดยตรง แต่ส่งคำสั่งผ่านเซิร์ฟเวอร์ ASP.NET Core ซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบสิทธิ์ จำกัดอัตราการสั่งงาน และกระจายสถานะกลับเฉพาะกลุ่มผู้ใช้ที่เกี่ยวข้อง แนวทางดังกล่าวช่วยให้โครงสร้างการควบคุมอุปกรณ์ การบริหารสิทธิ์ การจัดเก็บประวัติ และมาตรการความปลอดภัยอยู่ภายใต้กลไกส่วนกลางเดียวกัน รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้ดูแลเพิ่มหรือปรับอาคาร ห้อง และอุปกรณ์ผ่านหน้าเว็บได้โดยไม่ต้องนำระบบขึ้นใช้งานใหม่ทุกครั้ง

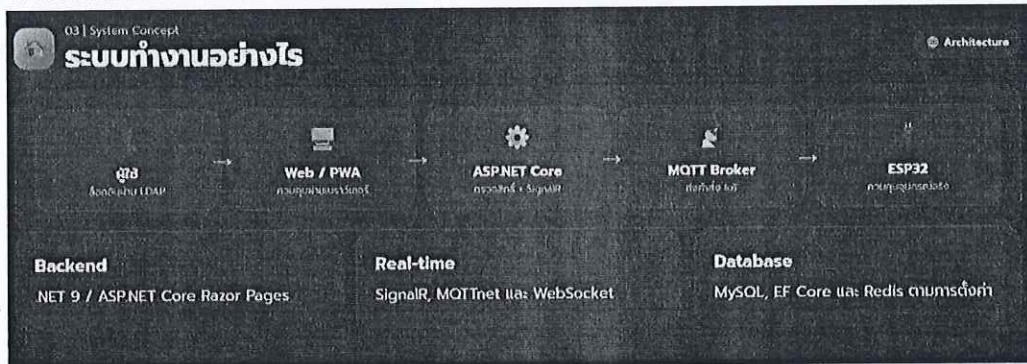
3. วัตถุประสงค์

3.1 เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมและติดตามอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องเรียนและห้องปฏิบัติการแบบเรียลไทม์

- 3.2 เพื่อพัฒนากลไกยืนยันตัวตนและกำหนดสิทธิ์รายห้องที่เชื่อมโยงกับบัญชีผู้ใช้ของมหาวิทยาลัย
- 3.3 เพื่อบูรณาการการควบคุมอุปกรณ์ การทำงานอัตโนมัติ การแจ้งเตือน การจัดเก็บประวัติ และการบริหารจัดการระบบไว้ในแพลตฟอร์มเดียว

4. วิธีการ / เครื่องมือ

4.1 การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมระบบ

ระบบใช้สถาปัตยกรรมแบบเว็บเป็นศูนย์กลาง ประกอบด้วยเบราว์เซอร์หรือ PWA เซิร์ฟเวอร์ ASP.NET Core 9, MQTT broker และบอร์ด ESP32 ในแต่ละห้อง ส่วนติดต่อผู้ใช้พัฒนาด้วย Razor Pages และ three.js ส่วนการสื่อสารแบบเรียลไทม์ใช้ SignalR ผ่าน WebSocket ขณะที่เซิร์ฟเวอร์สื่อสารกับอุปกรณ์ผ่าน MQTTnet และอุปกรณ์ ESP32 ใช้ PubSubClient ฐานข้อมูล MySQL ทำงานผ่าน Entity Framework Core และ Pomelo โดยสามารถใช้ Redis สำหรับแคชและ session เมื่อกำหนดค่า ส่วนการควบคุมเครื่องปรับอากาศ Sensibo เชื่อมต่อผ่าน REST API แยกจากเส้นทาง MQTT

4.2 กลไกการยืนยันตัวตน สิทธิ์ และการสั่งงาน



รูปที่ 2 กลไกการยืนยันตัวตน

ผู้ใช้เข้าสู่ระบบด้วย LDAP โดยระบบไม่จัดเก็บรหัสผ่านและจำกัดผู้มีสิทธิ์เข้าสู่ระบบตาม Organizational Unit ที่กำหนดผู้ใช้ใหม่จะถูกสร้างในฐานข้อมูลเมื่อเข้าสู่ระบบสำเร็จครั้งแรกแต่ยังไม่สามารถเข้าถึงห้องใดจนกว่าผู้ดูแลจะมอบสิทธิ์ เมื่อผู้ใช้ส่งคำสั่ง ระบบจะปรับหน้าจอแบบ optimistic จากนั้นส่งคำสั่งผ่าน SignalR ไปยังเซิร์ฟเวอร์เพื่อตรวจสอบสิทธิ์และจำกัดอัตราการสั่งงาน ก่อนเผยแพร่คำสั่งผ่าน MQTT ไปยัง ESP32 เมื่ออุปกรณ์ดำเนินการแล้วจะรายงานสถานะจริงกลับมายังเซิร์ฟเวอร์เพื่อบันทึกและกระจายเฉพาะผู้ใช้ที่มีสิทธิ์ในห้องนั้น

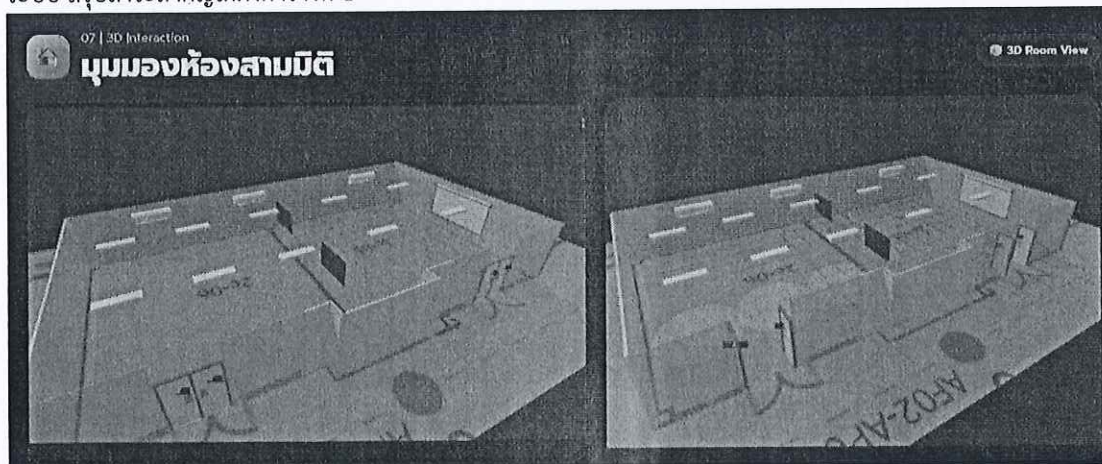
4.3 การจัดเก็บข้อมูล ความปลอดภัย และการติดตั้ง

ข้อมูลถูกจัดเก็บใน MySQL จำนวน 10 ตาราง ครอบคลุมบัญชีและสิทธิ์ โครงสร้างอาคาร-ห้อง-อุปกรณ์ และสถานะพร้อมประวัติการเปลี่ยนแปลง โดยห้องที่เลิกใช้งานจะถูกปิดใช้งานแทนการลบเพื่อรักษาประวัติ

มาตรการความปลอดภัยประกอบด้วย CSRF token การจำกัดอัตราการส่งงานสองชั้น การป้องกัน brute-force การตรวจปลายทางก่อนส่ง Web Push เพื่อลดความเสี่ยง SSRF การกำหนด Cache-Control: no-store และการป้องกันการเดารหัสห้อง ระบบติดตั้งบน IIS แบบ in-process ภายใต้เส้นทาง /smart และดำเนินการ migration ฐานข้อมูลอัตโนมัติเมื่อเริ่มทำงาน โดยค่าลับต้องกำหนดผ่าน user-secrets หรือ environment variables

5. ผลการดำเนินงาน

ผลการพัฒนาระบบสามารถเข้าถึงได้ที่ <https://itservice.ubu.ac.th/smart/Login> โดยความสามารถของระบบ สรุปสาระสำคัญได้ดังตารางที่ 1



ตารางที่ 1 องค์ประกอบและผลการพัฒนาระบบ SmartHomeIoT

ด้านการพัฒนา	ผลการดำเนินงานเชิงระบบ
การควบคุมแบบเรียลไทม์	ควบคุมไฟ สวิตช์ เครื่องปรับอากาศหลายยี่ห้อ โทรทัศน์ โปรเจกเตอร์ ล็อกประตู และอ่านค่าเซ็นเซอร์อุณหภูมิ-ความชื้น
ส่วนติดต่อผู้ใช้	แสดงผังห้องสามมิติ คลิกอุปกรณ์เพื่อสั่งงานได้โดยตรง รองรับโหมดเต็มจอและติดตั้งเป็น PWA สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่
การบริหารจัดการ	ผู้ดูแลเพิ่มหรือแก้ไขอาคาร ห้อง อุปกรณ์ และสิทธิ์รายห้องผ่านหน้าเว็บ โดยการเปลี่ยนแปลงมีผลโดยไม่ต้อง deploy ใหม่
การทำงานอัตโนมัติ	เชื่อมโยงตารางจองห้องเพื่อเปิด-ปิดอุปกรณ์ก่อนหรือหลังคาบเรียนตามเวลาที่กำหนด
การแจ้งเตือน	ส่ง Web Push เมื่อประตูถูกปลดล็อก อุปกรณ์ขาดการเชื่อมต่อ หรือเครื่องปรับอากาศเปิดค้างนอกเวลาทำการ
ข้อมูลและประวัติ	บันทึกสถานะล่าสุดและประวัติการเปลี่ยนแปลง พร้อมลบข้อมูลเก่าตามอายุที่ตั้งไว้ ซึ่งมีค่าเริ่มต้น 90 วัน
สิทธิ์และความปลอดภัย	ตรวจสอบสิทธิ์ทุกคำสั่ง กระจายข้อมูลเฉพาะห้องที่ผู้ใช้ได้รับอนุญาต และตัด WebSocket ทันทีเมื่อบัญชีหรือสิทธิ์ถูกเพิกถอน

ด้านการตอบสนองระบบแสดงผลคำสั่งบนหน้าจอทันทีแล้วปรับสถานะให้ตรงกับข้อมูลจริงเมื่ออุปกรณ์รายงาน กลับกลไกนี้ช่วยให้ส่วนติดต่อผู้ใช้มีความต่อเนื่องขณะที่สถานะสำรองใน localStorage ลดการกลับไปใช้ค่าเริ่มต้นเมื่อต้อง

สลับหน้า ทั้งนี้ การเปลี่ยนสิทธิถูกอ่านซ้ำจากฐานข้อมูลโดยใช้แคช 60 วินาทีและกรณีปิดบัญชีหรือลดยี่ห้อระบบสามารถจัดการเชื่อมต่อ WebSocket ได้ทันที

5.1 ประเด็นที่ควรพัฒนาต่อ

ข้อจำกัดสำคัญลำดับแรกคือการสื่อสารกับ LDAP ที่ยังไม่ได้เปิดใช้ StartTLS เนื่องจากโครงสร้างพื้นฐานยังไม่มี root CA ของ Active Directory จึงควรติดตั้งใบรับรองและเปิดใช้การเข้ารหัสโดยเร่งด่วน นอกจากนี้ ฐานข้อมูล production ยังไม่มี foreign key จริงและต้องควบคุมความถูกต้องผ่านโค้ดภายใต้ transaction ระบบยังไม่มีชุดทดสอบอัตโนมัติ หากขยายเป็นหลายอินสแตนซ์จำเป็นต้องใช้ Redis เพื่อให้แคชและการป้องกัน brute-force ทำงานร่วมกัน และการแก้ไขโพล์มมอสมามีตัวยังต้อง build bundle พร้อมปรับเลขเวอร์ชันแคชด้วยตนเอง

6. สรุป

SmartHomeIoT เป็นระบบควบคุมและติดตามอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับบริบทห้องเรียนและห้องปฏิบัติการที่บูรณาการเว็บแอปพลิเคชัน การสื่อสารแบบเรียลไทม์ เทคโนโลยี IoT ฐานข้อมูล และระบบยืนยันตัวตนของมหาวิทยาลัยไว้ในสถาปัตยกรรมเดียว จุดเด่นคือการกำหนดสิทธิ์รายห้อง การบริหารอาคารและอุปกรณ์ผ่านหน้าเว็บ การควบคุมจากฝั่งสามมิติ การทำงานตามตารางจองห้อง การแจ้งเตือน และการใช้งานบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ อย่างไรก็ตาม การยกระดับความมั่นคงปลอดภัยของ LDAP การสร้างชุดทดสอบอัตโนมัติ และการปรับโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการขยายระบบควรเป็นแผนดำเนินงานลำดับถัดไป

7.ความสามารถในการนำผลงานไปใช้ประโยชน์หรือต่อยอดเพื่อให้บุคคลหรือหน่วยงานอื่นนำไปใช้ได้
 นวงกว้าง (Impact)

ระบบมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้กับอาคาร ห้องเรียน ห้องประชุม และห้องปฏิบัติการที่มีอุปกรณ์หลากหลาย เนื่องจากผู้ดูแลสามารถเพิ่มโครงสร้างสถานที่และอุปกรณ์จากหน้าเว็บได้โดยไม่ต้องปรับใช้ระบบใหม่ทุกครั้ง รูปแบบการกำหนดสิทธิ์รายห้องเพื่อการใช้งานร่วมกันระหว่างหลายหน่วยงาน ขณะที่การเชื่อมต่อผ่าน MQTT และ REST API รองรับการผสานอุปกรณ์ที่ใช้ช่องทางสื่อสารต่างกัน การเชื่อมโยงตารางจองห้องและ Web Push สามารถต่อยอดเป็นระบบบริหารพลังงานและการเฝ้าระวังเหตุผิดปกติได้ อย่างไรก็ตาม การนำไปขยายผลควรดำเนินการควบคู่กับการเปิดใช้การเข้ารหัส LDAP การกำหนดสิทธิ์ฐานข้อมูลให้รองรับข้อบังคับความสัมพันธ์ การใช้ Redis ในสภาพแวดล้อมหลายอินสแตนซ์ และการทดสอบอัตโนมัติเพื่อยืนยันความถูกต้องก่อนใช้งานในวงกว้าง

ความเห็นจากหน่วยงาน

- (✓) เห็นชอบให้ส่งผลงานเข้าร่วมโครงการ
() ไม่เห็นชอบ

ลงนาม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิพงค์ สุริยา)

ผู้อำนวยการสำนักเทคโนโลยีดิจิทัลและทรัพยากรการเรียนรู้

1257.69