

ระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุระดับท้องถิ่น A Smart Emergency Notification System for Elderly People at the Local Level

ธนวัฒน์ ทับทิมทอง¹, ธาราดล โพธิ์ทอง¹ และ วดีนาถ วรรณสวัสดิ์กุล^{1*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการสื่อสารและสารสนเทศ, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

Tanawat Taptimtong¹, Taradon Potong¹ and Wadeenat Wannasawaskul^{1*}

¹Department of Communication and Information Engineering, Faculty of Industrial Technology,

Thepsatri Rajabhat University

Corresponding Author Email : wadeenat.w@lawasri.tru.ac.th

Received 24 December 2025

Revised 25 March 2025

Accepted 31 March 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุในระดับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบต้นแบบที่สามารถตรวจจับเหตุฉุกเฉิน ส่งข้อมูลตำแหน่ง และสนับสนุนการเข้าถึงผู้แจ้งเหตุภายในกรอบเวลามาตรฐาน 8 นาที โดยใช้สถาปัตยกรรมอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์แจ้งเหตุภาคสนามที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 และ ESP8266 เข้ากับเว็บแอปพลิเคชันศูนย์ควบคุมผ่านเครือข่ายไร้สาย วิธีการวิจัยประกอบด้วยการออกแบบระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับรับแจ้งเหตุและจัดการสถานะ การพัฒนาระบบแสดงผลและนับเวลาถอยหลัง ณ บ้านผู้แจ้งเหตุ และการทดสอบระบบในสภาพแวดล้อมจำลองขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องครบถ้วนตามฟังก์ชันที่ออกแบบไว้ และสามารถสนับสนุนการเข้าถึงผู้แจ้งเหตุภายในกรอบเวลามาตรฐาน โดยมีเวลาการตอบสนองเฉลี่ยเร็วที่สุด 3.25 นาที ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับการใช้งานในระดับท้องถิ่น และสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบสนับสนุนการแพทย์ฉุกเฉินเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในชุมชน

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง, การแพทย์ฉุกเฉิน, ผู้สูงอายุ, ระบบแจ้งเหตุอัจฉริยะ, เวลาการตอบสนอง

Abstract

This research presented the design and development of an intelligent emergency alert system for elderly individuals at the local administrative organization level. The objective was to develop a prototype system capable of detecting emergency events, transmitting location information, and supporting emergency response within the standard response time of 8 minutes.

The system was based on an Internet of Things (IoT) architecture, which connected field emergency alert devices using ESP32 and ESP8266 microcontrollers to a centralized web application through a wireless network. The research methodology included hardware and software system design, development of a web application for emergency event reception and status management, implementation of a real-time status display and countdown mechanism at the elderly user's residence, and system evaluation in a simulated local administrative environment. Experimental results demonstrated that the prototype system operated correctly according to all designed functions and supported emergency response within the standard time frame, with the fastest recorded response time of 3.25 minutes. The results indicated that the proposed system provided sufficient performance for local-level emergency support applications and could serve as a practical framework for improving emergency response systems and enhancing the quality of life for elderly individuals in community settings.

Keywords: Internet of Things, Smart Emergency Alert System, Elderly, Smart Notification System, Response Time

1. บทนำ

ปัจจุบันระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (Emergency Medical Services: EMS) มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการเพิ่มอัตราการรอดชีวิตและลดความพิการจากภาวะฉุกเฉินที่คุกคามต่อชีวิต โดยเฉพาะภาวะหัวใจหยุดเต้นนอกโรงพยาบาล (Out-of-Hospital Cardiac Arrest) ซึ่งการกู้ชีพที่มีคุณภาพและการตอบสนองที่รวดเร็วเป็นปัจจัยชี้ขาดตามหลักการห่วงโซ่แห่งการรอดชีวิต [1] การพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อจัดการทรัพยากรการแพทย์ฉุกเฉินในระดับพื้นที่ จึงเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของหน่วยปฏิบัติการ [2] โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการระบุตำแหน่งที่แม่นยำและการวิเคราะห์เส้นทางแบบเรียลไทม์เพื่อลดระยะเวลาในการเข้าถึงผู้ป่วย [3] อย่างไรก็ตาม บริบทของระบบ EMS ในประเทศไทยยังคงเผชิญกับข้อบกพร่องด้านความล่าช้าในการรับแจ้งเหตุและการส่งต่อผู้ป่วย ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อผลลัพธ์ของการรักษา [4]

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินและเฝ้าติดตามสุขภาพอย่างต่อเนื่อง โดยระบบสำหรับผู้สูงอายุที่ใช้แอปพลิเคชันมือถือทำงานร่วมกับอาสาสมัครในพื้นที่ช่วยให้การเข้าถึงที่เกิดเหตุรวดเร็วขึ้น [5] นอกจากนี้ ระบบตรวจจับอุบัติเหตุสำหรับยานพาหนะที่ใช้เซ็นเซอร์ความเร่งและ GPS สามารถแจ้งเหตุและส่งพิกัดตำแหน่งโดยอัตโนมัติ ช่วยลดความล่าช้าในการรับรู้เหตุ [6, 7] ในด้านการดูแลสุขภาพเชิงป้องกัน ระบบที่ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (NodeMCU) ร่วมกับ IoT สามารถตรวจวัดค่าสัญญาณชีพและแจ้งเตือนความผิดปกติผ่านระบบคลาวด์ได้แบบเรียลไทม์ [8, 9] ในระดับสถาปัตยกรรมระบบ การนำแนวคิด Edge Computing มาใช้ช่วยลดความหน่วงของการส่งข้อมูล (Latency) และเพิ่มความปลอดภัยในการประมวลผลข้อมูลฉุกเฉินได้อย่างมีประสิทธิภาพ [10] รวมถึงการประยุกต์ใช้ Geo-IoT และ Web Map Application ในการวิเคราะห์เส้นทางที่เหมาะสมเพื่อให้หน่วยแพทย์เข้าถึงผู้ป่วยได้รวดเร็วยิ่งขึ้น [3, 11] ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินในยุคดิจิทัล

แม้ว่างานวิจัยที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยี IoT และระบบสารสนเทศในการสนับสนุนการแจ้งเหตุฉุกเฉิน แต่ยังพบข้อจำกัดสำคัญด้านการบูรณาการระหว่างอุปกรณ์ภาคสนาม ระบบประมวลผลส่วนกลาง และส่วนแสดงผลสำหรับผู้ใช้งานให้สามารถทำงานร่วมกันอย่างครบวงจร โดยเฉพาะระบบที่สามารถแสดงสถานะการตอบสนองและสนับสนุนการเข้าถึงผู้ป่วยภายในกรอบเวลามาตรฐานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุในระดับท้องถิ่น โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT เพื่อเชื่อมโยงอุปกรณ์แจ้งเหตุภาคสนามเข้ากับเว็บแอปพลิเคชันส่วนกลาง ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งข้อมูลเหตุและตำแหน่งแบบเรียลไทม์ สนับสนุนการตัดสินใจของเจ้าหน้าที่ และแสดงสถานะการตอบสนองต่อผู้แจ้งเหตุ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินในระดับชุมชนได้อย่างเป็นรูปธรรม

2. ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาและประเมินระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุในรูปแบบระบบต้นแบบภายใต้สภาพแวดล้อมจำลอง โดยครอบคลุมการพัฒนาอุปกรณ์แจ้งเหตุ การสื่อสารผ่านเครือข่ายไร้สาย และการจัดการเหตุฉุกเฉินผ่านเว็บแอปพลิเคชัน การประเมินผลจำกัดอยู่ที่การวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านเวลาการตอบสนองของระบบต้นแบบเท่านั้น

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาบบแจ้งเหตุฉุกเฉินอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุจำเป็นต้องอาศัยการบูรณาการองค์ความรู้ด้านการแพทย์ฉุกเฉินร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อให้ระบบสามารถตอบสนองต่อสถานการณ์วิกฤตได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลาและทรัพยากร โดยทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

3.1 แนวคิดการตอบสนองฉุกเฉินและกรอบเวลาการเข้าถึง

แนวคิดด้านการตอบสนองฉุกเฉินให้ความสำคัญกับระยะเวลาในการเข้าถึงผู้ป่วย ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่ออัตราการรอดชีวิตและผลลัพธ์ทางสุขภาพของผู้ป่วย งานวิจัยด้านระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินระบุว่า การเข้าถึงผู้ป่วยล่าช้ามีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ที่แย่ลงอย่างมีนัยสำคัญ [1] ด้วยเหตุนี้ ระบบการแพทย์ฉุกเฉินในหลายประเทศจึงกำหนดกรอบเวลาการตอบสนองเป้าหมายไว้ไม่เกิน 8 นาที เพื่อให้เจ้าหน้าที่สามารถเข้าถึงผู้ป่วยและเริ่มการช่วยเหลือขั้นพื้นฐานได้อย่างทันท่วงที แนวคิดดังกล่าวถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการออกแบบกลไกติดตามเวลาการตอบสนอง โดยระบบจะเริ่มนับถอยหลังเมื่อมีการยืนยันการรับเหตุ และบันทึกเวลาที่เกิดเหตุและเวลาที่เข้าถึงจุดเกิดเหตุ เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบตามมาตรฐานการแพทย์ฉุกเฉิน [4]

3.2 ทฤษฎีและสถาปัตยกรรมอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง

อินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง เป็นสถาปัตยกรรมที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สามารถตรวจจับ ส่งข้อมูล และสื่อสารผ่านเครือข่าย โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นอุปกรณ์ (Device Layer) ชั้นการสื่อสาร (Network Layer) และชั้นแอปพลิเคชัน (Application Layer) ชั้นอุปกรณ์ประกอบด้วย ESP32 และ ESP8266 สำหรับตรวจจับเหตุและแสดงสถานะ ชั้นการสื่อสารใช้เครือข่ายไร้สายในการส่งข้อมูล และชั้นแอปพลิเคชันคือเว็บแอปพลิเคชันสำหรับรับเหตุและจัดการสถานะ โครงสร้างแบบหลายชั้นนี้ช่วยให้ระบบมีความยืดหยุ่น สามารถตรวจสอบสถานะและรองรับการขยายระบบในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.3 แนวคิดการประมวลผลแบบเรียลไทม์และการลดความหน่วงของข้อมูล

ระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินจำเป็นต้องรองรับการประมวลผลข้อมูลแบบเรียลไทม์เพื่อลดความล่าช้าในการตอบสนอง แนวคิด Publish-subscribe และ Edge Computing ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการ

ข้อมูล เว็บแอปพลิเคชันทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการรับและกระจายข้อมูลเหตุฉุกเฉินแบบเรียลไทม์ โดยเมื่ออุปกรณ์ ESP32 ส่งข้อมูลเหตุฉุกเฉิน ระบบจะทำการประมวลผลและแสดงผลทันทีผ่านหน้าจอของผู้ปฏิบัติงาน พร้อมทั้งส่งข้อมูลไปยังระบบแจ้งเตือนผ่าน LINE และระบบแสดงผลที่บ้านผู้สูงอายุ กลไกดังกล่าวช่วยลดความหน่วงของข้อมูล และทำให้การตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินเป็นไปอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง

3.4 ทฤษฎีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการระบุตำแหน่งเชิงพื้นที่

การระบุตำแหน่งเชิงพื้นที่มีบทบาทสำคัญในการลดระยะเวลาในการเข้าถึงผู้แจ้งเหตุ โดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) สามารถแสดงตำแหน่งและสนับสนุนการนำทางได้อย่างแม่นยำ ในระบบที่พัฒนาขึ้นเว็บแอปพลิเคชันจะแสดงตำแหน่งของผู้แจ้งเหตุบนแผนที่ และสร้างลิงก์นำทางเพื่อช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถเดินทางไปยังจุดเกิดเหตุได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการตอบสนอง

3.5 แนวคิดการสื่อสารสถานะและการสร้างความเชื่อมั่นของผู้ใช้งาน

การสื่อสารสถานะกลับไปยังผู้ใช้งานเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบแจ้งเหตุฉุกเฉิน การแสดงสถานะ เช่น ไฟแสดงผลและการนับถอยหลัง สามารถช่วยให้ผู้ใช้งานรับรู้ว่าจะได้รับเหตุและกำลังดำเนินการ ในงานวิจัยนี้ออกแบบให้ระบบใช้ไฟแสดงผลสถานะและจอแสดงผลตัวเลขเพื่อแสดงสถานะและเวลาการตอบสนอง ซึ่งช่วยลดความไม่แน่นอนและเพิ่มความเชื่อมั่นของผู้ใช้งานในระหว่างรอความช่วยเหลือ

4. การดำเนินการวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบต้นแบบที่สามารถตอบสนองวัตถุประสงค์การวิจัยได้อย่างถูกต้อง งานวิจัยนี้ครอบคลุมกระบวนการคัดเลือกเครื่องมือ การออกแบบสถาปัตยกรรมแบบหลายชั้น การกำหนดลำดับการทำงานของระบบ และการออกแบบกลไกการจัดเก็บข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ประสิทธิภาพการตอบสนองในสภาพแวดล้อมจำลอง งานวิจัยนี้จัดอยู่ในประเภทการวิจัยเชิงวิศวกรรมและการพัฒนาระบบ ซึ่งมุ่งเน้นการออกแบบ พัฒนา และทดสอบระบบต้นแบบแจ้งเหตุฉุกเฉิน โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things และเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อประเมินความสามารถของระบบในการสนับสนุนการตอบสนองเหตุฉุกเฉินในบริบทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและพัฒนา

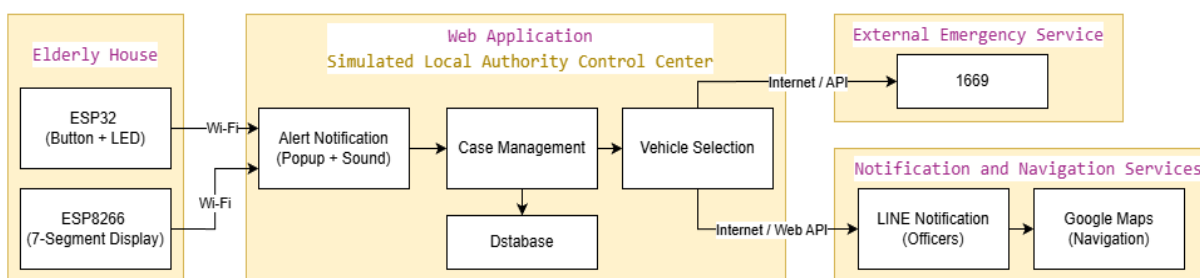
เพื่อให้ระบบต้นแบบมีความเสถียรและรองรับสถาปัตยกรรมที่ออกแบบไว้ ผู้วิจัยได้คัดเลือกเครื่องมือและเทคโนโลยีที่เหมาะสมทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โดยในส่วนของฮาร์ดแวร์ ได้เลือกใช้โมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็นหน่วยประมวลผลหลักในโหมดแจ้งเหตุ เพื่อรับอินพุตจากปุ่มแจ้งเหตุและควบคุมไฟแสดงผลสถานะ และใช้ ESP8266 สำหรับควบคุมโมดูลแสดงผลตัวเลข โดยแยกการทำงานของส่วนประมวลผลและส่วนแสดงผลออกจากกัน เพื่อลดภาระการประมวลผลและเพิ่มความเสถียรของระบบ สำหรับส่วนซอฟต์แวร์ ได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางประมวลผลและส่วนแสดงผลสำหรับผู้ปฏิบัติงาน โดยใช้เครือข่ายไร้สายในการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภาคสนามและศูนย์ควบคุมในสภาพแวดล้อมจำลอง ESP32 ถูกเลือกใช้เนื่องจากรองรับการเชื่อมต่อ Wi-Fi ในตัว มีสมรรถนะเพียงพอสำหรับการประมวลผลแบบเรียลไทม์ และมีจำนวนขาอินพุต/เอาต์พุตเพียงพอสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์แจ้งเหตุและอุปกรณ์แสดงผลสถานะ ขณะที่ ESP8266 ถูกเลือกใช้เพื่อแยกส่วนการควบคุมการแสดงผล ซึ่งช่วยเพิ่มความเสถียรและความยืดหยุ่นของระบบ นอกจากนี้ อุปกรณ์ทั้งสองมีต้นทุนต่ำและเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในระบบ Internet of Things ระดับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

ในการจำลองระบบ ผู้วิจัยกำหนดให้ผู้ใช้งานเป็นผู้สูงอายุในชุมชนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยกำหนดช่วงอายุระหว่าง 60–85 ปี ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินทางสุขภาพ และจำลองทั้งกลุ่มที่มีและไม่มีโรคประจำตัว เพื่อให้สามารถประเมินการทำงานของระบบได้ครอบคลุม อุปกรณ์แจ้งเหตุถูกออกแบบให้มี

ปุ่มกดขนาดใหญ่และไฟแสดงสถานะ เพื่อรองรับข้อจำกัดด้านการมองเห็นและการเคลื่อนไหว และสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องมีทักษะทางเทคนิค

4.2 การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบแบบหลายชั้น

สถาปัตยกรรมของระบบถูกออกแบบภายใต้แนวคิดแบบหลายชั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูล ลดความซับซ้อนของการจัดการระบบ และรองรับการขยายระบบในอนาคต โครงสร้างระบบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์แจ้งเหตุภาคสนามที่ติดตั้ง ณ บ้านผู้สูงอายุ และเว็บแอปพลิเคชันซึ่งทำหน้าที่เป็นศูนย์ควบคุมและจัดการเหตุฉุกเฉิน โดยระบบรองรับการส่งข้อมูลเหตุฉุกเฉินจากอุปกรณ์ภาคสนามไปยังศูนย์ควบคุม และแสดงผลให้ผู้ปฏิบัติงานรับทราบแบบเรียลไทม์ โครงสร้างและองค์ประกอบหลักของระบบแสดงดังรูปที่ 1



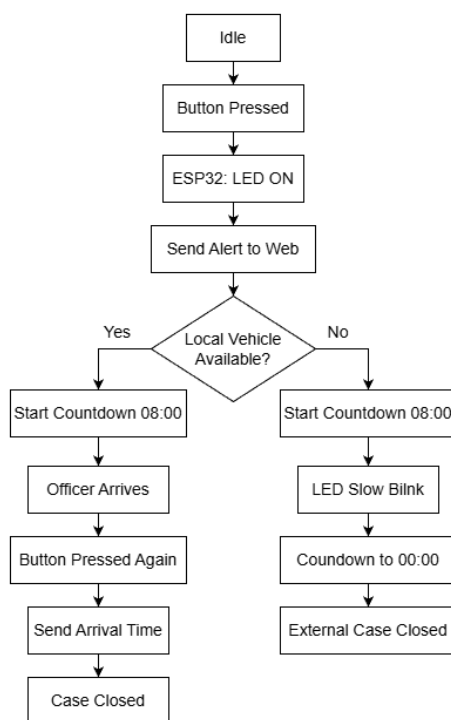
รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมของระบบแจ้งเหตุฉุกเฉิน

จากรูปที่ 1 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนอุปกรณ์ภาคสนาม (Elderly House) ส่วนศูนย์ควบคุม (Simulated Local Authority Control Center) และส่วนบริการภายนอก (External Services) ส่วนอุปกรณ์ภาคสนามประกอบด้วย ESP32 ซึ่งทำหน้าที่รับอินพุตจากปุ่มแจ้งเหตุและควบคุมไฟแสดงสถานะ และ ESP8266 ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมจอแสดงผลแบบ 7-segment โดยอุปกรณ์ทั้งสองเชื่อมต่อกับเว็บแอปพลิเคชันผ่านเครือข่าย Wi-Fi เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน ข้อมูลจะถูกส่งไปยังเว็บแอปพลิเคชันที่ศูนย์ควบคุม ซึ่งทำหน้าที่แจ้งเตือนผู้ปฏิบัติงาน จัดการเหตุการณ์ เลือกยานพาหนะ และจัดเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล จากนั้นระบบจะส่งการแจ้งเตือนไปยังเจ้าหน้าที่ผ่าน LINE และสร้างลิงก์นำทางผ่าน Google Maps รวมถึงสามารถส่งข้อมูลไปยังระบบบริการฉุกเฉินภายนอก เช่น หมายเลข 1669 ผ่าน Internet API สถาปัตยกรรมดังกล่าวช่วยให้ระบบสามารถรับ ส่ง และประมวลผลข้อมูลเหตุฉุกเฉินได้แบบเรียลไทม์ และสนับสนุนการตอบสนองเหตุฉุกเฉินอย่างมีประสิทธิภาพ

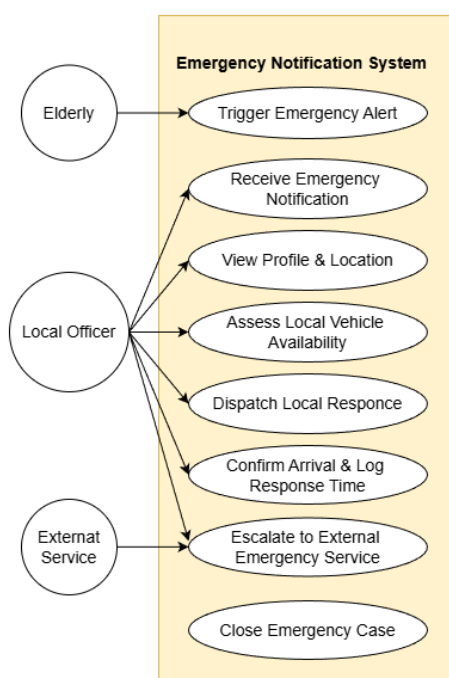
4.3 การวิเคราะห์กรณีการใช้งานและลำดับการทำงาน

เพื่อให้กระบวนการช่วยเหลือมีความชัดเจนและลดความผิดพลาดในการปฏิบัติงาน ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบกระบวนการทำงานผ่านการวิเคราะห์กรณีการใช้งานซึ่งครอบคลุมบทบาทของผู้ที่เกี่ยวข้องทุกภาคส่วน โดยเมื่อเกิดเหตุการณ์แจ้งเหตุ ระบบจะดำเนินการตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้ในผังงานตั้งแต่สถานะว่างไปจนถึงกระบวนการสิ้นสุดเหตุการณ์ดังแสดงในรูปที่ 2 สำหรับบทบาทและขอบเขตหน้าที่ของผู้สูงอายุ เจ้าหน้าที่ท้องถิ่น และหน่วยงานภายนอก จะถูกจำลองผ่านแผนภาพกรณีการใช้งานดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งจะแสดงความสามารถหลักของระบบในการบริหารจัดการเหตุการณ์ภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ

จากรูปที่ 2 แสดงผังลำดับการทำงานของระบบแจ้งเหตุฉุกเฉิน โดยเริ่มจากสถานะ Idle เมื่อผู้สูงอายุ กดปุ่มแจ้งเหตุ อุปกรณ์ ESP32 จะเปิดไฟแสดงสถานะและส่งข้อมูลไปยังเว็บแอปพลิเคชัน จากนั้นระบบจะตรวจสอบความพร้อมของยานพาหนะในพื้นที่ หากมียานพาหนะ เจ้าหน้าที่ที่จะเข้าช่วยเหลือและบันทึกเวลา การเข้าถึงก่อนปิดเหตุการณ์ แต่หากไม่มี ระบบจะเริ่มการนับถอยหลังและส่งต่อเหตุไปยังหน่วยงานภายนอก จนกระทั่งปิดเหตุการณ์ กระบวนการนี้ช่วยให้สามารถติดตามและจัดการเหตุฉุกเฉินได้อย่างเป็นลำดับ



รูปที่ 2 ผังลำดับการทำงานของระบบแจ้งเหตุฉุกเฉิน



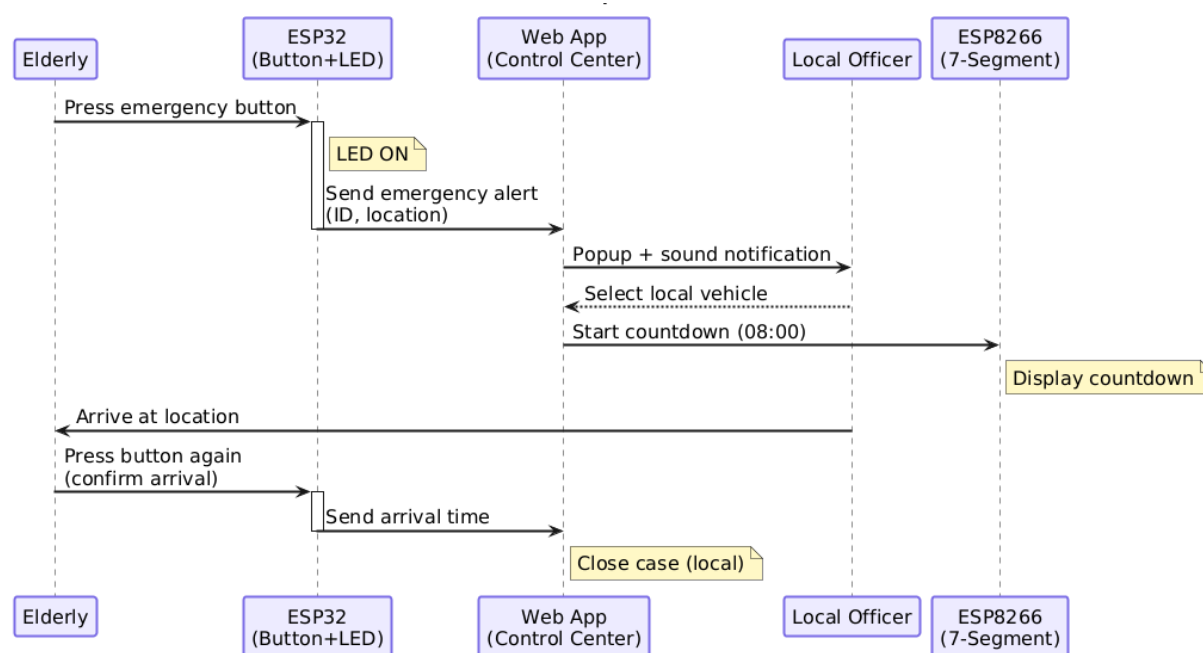
รูปที่ 3 แผนภาพกรณีการใช้งานของระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินในระดับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

จากรูปที่ 3 แสดงแผนภาพกรณีการใช้งานของระบบแจ้งเหตุฉุกเฉิน ซึ่งประกอบด้วย actor หลัก ได้แก่ ผู้สูงอายุ เจ้าหน้าที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานภายนอก ผู้สูงอายุสามารถแจ้งเหตุผ่านอุปกรณ์ภาคสนาม ขณะที่เจ้าหน้าที่สามารถรับแจ้งเหตุ ตรวจสอบข้อมูลตำแหน่ง ประเมินความพร้อมของยานพาหนะ และ

ยืนยันการเข้าถึงจุดเกิดเหตุผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ในกรณีที่ไม่สามารถจัดส่งยานพาหนะได้ ระบบจะส่งต่อเหตุไปยังหน่วยงานภายนอกและดำเนินการปิดเหตุการณ์ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานและฟังก์ชันหลักของระบบอย่างครบถ้วน

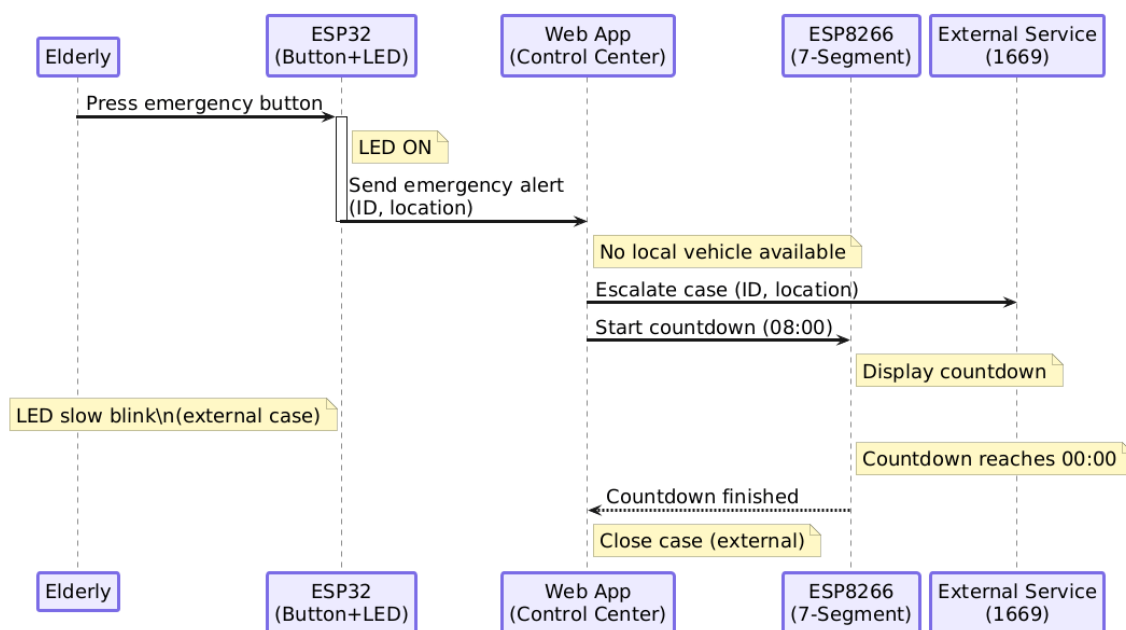
4.4 การออกแบบการตอบสนองและลำดับการปฏิสัมพันธ์

กระบวนการตอบสนองของระบบถูกออกแบบให้รองรับสถานการณ์ในระดับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณีหลัก ได้แก่ กรณีที่สามารถจัดส่งยานพาหนะเข้าช่วยเหลือได้ และกรณีที่ต้องส่งต่อไปยังหน่วยงานภายนอก ระบบจะบันทึกเวลาตั้งแต่เริ่มแจ้งเหตุจนถึงการสิ้นสุดเหตุการณ์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการตอบสนอง ดังแสดงในรูปที่ 4 และรูปที่ 5 ในการจำลองการตอบสนอง ผู้วิจัยกำหนดตำแหน่งของบ้านผู้สูงอายุและศูนย์ควบคุมให้มีระยะทางคงที่ และใช้เงื่อนไขการเดินทางในสภาพแวดล้อมจำลอง โดยไม่ได้รวมตัวแปรด้านสภาพการจราจรจริง เพื่อให้สามารถประเมินประสิทธิภาพของระบบด้านโครงสร้าง การสื่อสาร และกลไกการตอบสนองได้อย่างชัดเจนภายใต้เงื่อนไขที่ควบคุมได้



รูปที่ 4 แผนภาพลำดับการทำงานกรณีใช้ยานพาหนะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

จากรูปที่ 4 แสดงลำดับการทำงานเมื่อองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถจัดส่งยานพาหนะเข้าช่วยเหลือได้ โดยเริ่มจากผู้สูงอายุกดปุ่มแจ้งเหตุ อุปกรณ์ ESP32 จะเปิดไฟแสดงสถานะและส่งข้อมูลเหตุฉุกเฉินพร้อมตำแหน่งไปยังเว็บแอปพลิเคชัน จากนั้นเจ้าหน้าที่จะรับแจ้งเหตุและเลือกยานพาหนะที่พร้อมใช้งาน ระบบจะเริ่มการนับถอยหลังและแสดงผลผ่านอุปกรณ์ ESP8266 เมื่อเจ้าหน้าที่เดินทางถึงจุดเกิดเหตุผู้ใช้งานจะกดปุ่มยืนยันเพื่อบันทึกเวลาเข้าถึง และระบบจะปิดเหตุการณ์พร้อมจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

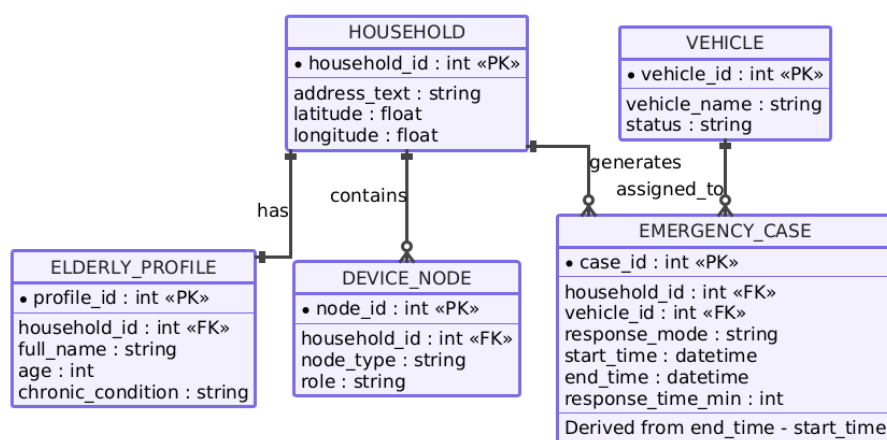


รูปที่ 5 แผนภาพลำดับการทำงานกรณีส่งต่อหน่วยงานภายนอก

จากรูปที่ 5 แสดงลำดับการทำงานในกรณีที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นไม่สามารถจัดส่งยานพาหนะได้ โดยเมื่อผู้สูงอายุกดปุ่มแจ้งเหตุ อุปกรณ์จะส่งข้อมูลไปยังเว็บแอปพลิเคชัน จากนั้นระบบจะส่งต่อข้อมูลเหตุฉุกเฉินไปยังหน่วยงานภายนอก เช่น ศูนย์การแพทย์ฉุกเฉิน (1669) พร้อมทั้งเริ่มการนับถอยหลังและแสดงผลผ่านอุปกรณ์ ESP8266 เมื่อสิ้นสุดกระบวนการ ระบบจะบันทึกสถานะเหตุการณ์เป็นกรณีส่งต่อ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของระบบในสถานการณ์ที่ไม่สามารถให้การช่วยเหลือในระดับท้องถิ่นได้

4.5 การออกแบบโครงสร้างข้อมูลและการจัดเก็บเพื่อการวิเคราะห์เชิงสถิติ

เพื่อรองรับการประเมินประสิทธิภาพการตอบสนองของระบบอย่างเป็นระบบ ผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างข้อมูลในรูปแบบแผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลบ้านผู้สูงอายุ โหนดอุปกรณ์ ยานพาหนะ และเหตุการณ์ฉุกเฉิน ดังแสดงในรูปที่ 6 โครงสร้างข้อมูลนี้รองรับการบันทึกเวลาเริ่มต้นและเวลาสิ้นสุดของเหตุการณ์ เพื่อนำไปคำนวณระยะเวลาการตอบสนองและใช้ในการวิเคราะห์เชิงสถิติ



รูปที่ 6 แผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล

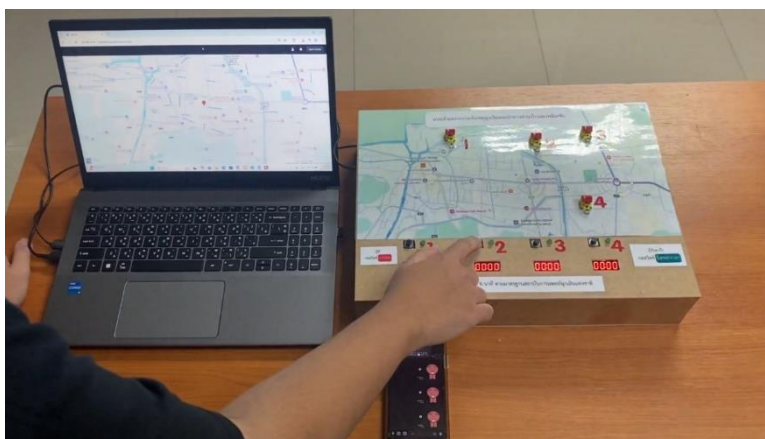
จากรูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีหลัก ได้แก่ บ้านผู้สูงอายุ (HOUSEHOLD) ใช้จัดเก็บข้อมูลตำแหน่งและที่อยู่ ข้อมูลผู้สูงอายุ (ELDERLY_PROFILE) ซึ่งเชื่อมโยงกับบ้านผู้สูงอายุ โหนดอุปกรณ์ (DEVICE_NODE) ซึ่งติดตั้งอยู่ในแต่ละบ้าน ยานพาหนะ (VEHICLE) ที่ใช้ในการตอบสนองเหตุฉุกเฉิน และเหตุการณ์ฉุกเฉิน (EMERGENCY_CASE) ซึ่งเป็นเอนทิตีกลางที่เชื่อมโยงข้อมูลบ้านผู้สูงอายุและยานพาหนะที่ใช้ตอบสนอง โดยเอนทิตี EMERGENCY_CASE ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลสำคัญ ได้แก่ เวลาเริ่มต้นเหตุการณ์ เวลาสิ้นสุดเหตุการณ์ และระยะเวลาการตอบสนอง ซึ่งคำนวณจากผลต่างของเวลาเริ่มต้นและเวลาสิ้นสุด ข้อมูลดังกล่าวถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ และเปรียบเทียบกับกรอบเวลามาตรฐาน 8 นาทีอย่างเป็นระบบ

5. ผลการวิจัย

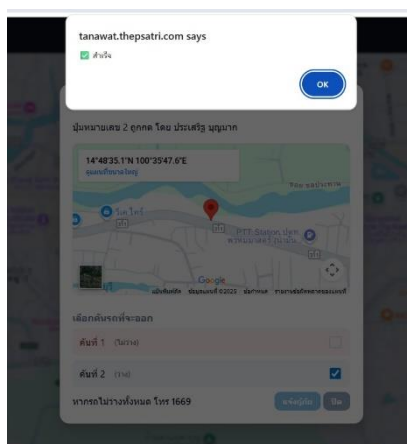
การทดสอบระบบต้นแบบแจ้งเหตุฉุกเฉินอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุในสภาพแวดล้อมจำลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความถูกต้องของฟังก์ชันและการตอบสนองด้านเวลา โดยนำเสนอผ่านการแสดงผลเชิงประจักษ์ (รูปภาพ) และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (ตาราง) เพื่อสะท้อนขีดความสามารถของระบบภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

5.1 ผลการวิจัยเชิงการทำงานของระบบ

ผลการทดสอบพบว่าระบบทำงานได้ครบถ้วนตามขั้นตอนที่ออกแบบ ตั้งแต่การรับสัญญาณแจ้งเหตุจากอุปกรณ์ภาคสนามจนถึงสิ้นสุดกระบวนการ โดยความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์และศูนย์ควบคุมแสดงดังรูปที่ 7



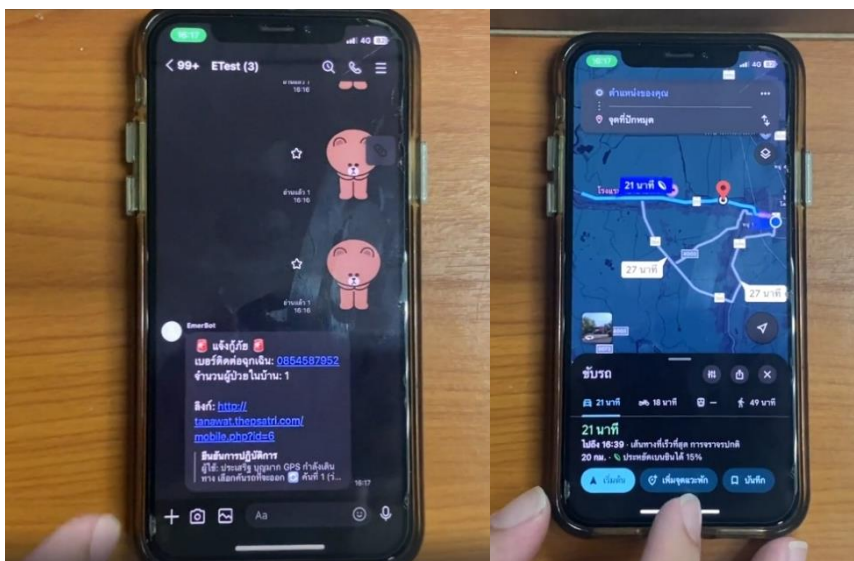
รูปที่ 7 ระบบต้นแบบอุปกรณ์แจ้งเหตุฉุกเฉินที่พัฒนาขึ้นจริง



รูปที่ 8 เว็บแอปพลิเคชันสำหรับรับแจ้งเหตุและจัดการสถานการณ์ช่วยเหลือ

จากรูปที่ 7 แสดงการทำงานร่วมกันของ ESP32 (รับสัญญาณปุ่มกด/ควบคุม LED) และ ESP8266 (ควบคุมจอ 7-segment แสดงเวลานับถอยหลัง) ซึ่งเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สายเพื่อส่งข้อมูลไปยังเว็บแอปพลิเคชัน เมื่อมีการแจ้งเหตุ เว็บแอปพลิเคชันจะแสดงหน้าต่างแจ้งเตือนข้อมูลผู้ป่วยและสถานะยานพาหนะเพื่อให้เจ้าหน้าที่เลือกสั่งการดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งช่วยบริหารจัดการทรัพยากรและลดระยะเวลาตอบสนองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากรูปที่ 8 แสดงส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (UI) ที่แจ้งเตือนเหตุแบบ Real-time พร้อมระบบเลือกยานพาหนะเพื่อเข้าช่วยเหลือ เมื่อเลือกยานพาหนะแล้ว ระบบจะส่งพิกัดตำแหน่งและลิงก์นำทางไปยังเจ้าหน้าที่ผ่านแอปพลิเคชัน Line ดังรูปที่ 9 เพื่อให้เข้าถึงจุดเกิดเหตุได้รวดเร็วและแม่นยำ



รูปที่ 9 การแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินผ่านแอปพลิเคชันไลน์

จากรูปที่ 9 แสดงข้อความแจ้งเตือนที่ระบุเบอร์โทรศัพท์ฉุกเฉิน จำนวนผู้ป่วย และลิงก์พิกัด GPS สำหรับนำทางนอกจากนี้ ระบบจะบันทึกข้อมูลเหตุการณ์ทั้งหมดลงในฐานข้อมูลเพื่อติดตามและวิเคราะห์ประสิทธิภาพย้อนหลังดังแสดงในรูปที่ 10

ประวัติการแจ้งเหตุ		
เวลาแจ้งเหตุ	เวลารับเหตุ	เวลาถึงจุดหมาย (นาที)
2025-10-09 14:07:01	2025-10-09 15:16:00	04:00
2025-10-09 14:06:08	2025-10-09 14:07:01	-
2025-10-06 13:23:11	2025-10-06 13:26:33	03:11
2025-10-06 12:19:43	2025-10-06 12:23:34	03:45
2025-10-06 11:58:08	2025-10-06 12:07:19	ใช้เวลาเกิน 8 นาที
2025-10-06 11:46:32	2025-10-06 11:48:34	01:43
2025-10-06 11:45:03	2025-10-06 11:45:30	00:12
2025-10-06 11:44:35	2025-10-06 11:44:51	-
2025-10-06 11:36:33	2025-10-06 11:39:11	02:09
2025-09-22 14:03:24	2025-09-22 14:04:31	01:12
2025-09-22 14:01:42	2025-09-22 14:03:20	-

รูปที่ 10 ตัวอย่างข้อมูลประวัติการแจ้งเหตุที่ใช้ในการประเมินระบบ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานเชิงหน้าที่ของระบบต้นแบบ

ลำดับ	ขั้นตอนการทำงานของระบบ	ผลการทดสอบ
1	การกดปุ่มแจ้งเหตุจากอุปกรณ์ผู้ใช้งาน	ผ่าน
2	การส่งสัญญาณแจ้งเหตุผ่านเครือข่ายไร้สาย	ผ่าน
3	การแสดงผลข้อมูลผู้แจ้งเหตุบนเว็บแอปพลิเคชัน	ผ่าน
4	การแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินผ่านแอปพลิเคชันสื่อสาร	ผ่าน
5	การแสดงผลสถานะการขอความช่วยเหลือที่อุปกรณ์ผู้ใช้งาน	ผ่าน
6	การสิ้นสุดกระบวนการแจ้งเหตุและบันทึกข้อมูล	ผ่าน

สำหรับการทดสอบเวลาตอบสนอง (Response Time) ได้จำลองบ้าน 4 หลัง (H1–H4) ตามระยะทางจากศูนย์ควบคุม ผลการทดสอบ 20 ครั้งต่อกรณี ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเวลาการตอบสนองของระบบต้นแบบ

บ้านทดสอบ	แนวทางการช่วยเหลือ	เวลาตอบสนองเฉลี่ย (นาท)	SD (นาท)
H1	ยานพาหนะของหน่วยงานท้องถิ่น	10.25	2.48
H2	ยานพาหนะของหน่วยงานท้องถิ่น	7.60	1.41
H3	ยานพาหนะของหน่วยงานท้องถิ่น	4.00	0.82
H4	ยานพาหนะของหน่วยงานท้องถิ่น	3.25	0.44

จากตารางที่ 2 พบว่าเวลาตอบสนองแปรผันตามระยะทางอย่างมีนัยสำคัญ โดยกรณี H3 และ H4 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ต่ำ ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง ผู้วิจัยใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อประเมินความแปรผันของเวลาการตอบสนองในแต่ละกรณีศึกษา โดยค่า SD ที่ต่ำแสดงให้เห็นว่าระบบมีความสม่ำเสมอและเสถียรในการตอบสนอง ขณะที่ค่า SD ที่สูงสะท้อนถึงความแปรผันของเวลาการตอบสนองที่อาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยเชิงบริบท

เพื่อประเมินประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ ผู้วิจัยได้คำนวณอัตราความสำเร็จของการตอบสนองภายในกรอบเวลามาตรฐาน 8 นาที ระบบมีอัตราความสำเร็จในการเข้าถึงผู้ป่วยภายในเกณฑ์มาตรฐาน 8 นาที คิดเป็นร้อยละ 75 โดยมีเวลาตอบสนองเฉลี่ยรวมทุกกรณีเท่ากับ 6.28 นาที ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับใช้งานจริงในระดับท้องถิ่น

5.3 การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบและอภิปรายผล

ระบบสามารถสนับสนุนการปฏิบัติงานเชิงรุกผ่านการแจ้งเตือนพิกัดและลิงก์นำทางแบบ Real-time ช่วยลดข้อผิดพลาดในการระบุตำแหน่ง สอดคล้องกับมาตรฐานการแพทย์ฉุกเฉินที่ให้ความสำคัญกับระยะเวลาวิกฤต จาก การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงบริบท ดังแสดงในตารางที่ 3

เพื่อให้การวิเคราะห์ผลการทดลองมีความชัดเจน ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การประเมินการตอบสนองของระบบโดยอ้างอิงจากกรอบเวลามาตรฐาน 8 นาที ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ โดยแบ่งระดับการตอบสนองออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ผ่าน หมายถึง เวลาการตอบสนองน้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 นาที ใกล้เกณฑ์ หมายถึง เวลาการตอบสนองอยู่ในช่วง 7–8 นาที ซึ่งถือว่าอยู่ใกล้ขีดจำกัดของเกณฑ์มาตรฐาน และไม่ผ่าน หมายถึง เวลาการตอบสนองมากกว่า 8 นาที สำหรับปัจจัยเชิงบริบท ผู้วิจัยใช้เพื่ออธิบายสภาพแวดล้อมของการทดลอง โดยความพร้อมทรัพยากร หมายถึง

สถานะความพร้อมของยานพาหนะและเจ้าหน้าที่ในช่วงเวลาการทดลอง ระยะทางสั้น หมายถึง ตำแหน่งบ้านผู้แจ้งเหตุอยู่ใกล้ศูนย์ควบคุม และสภาพแวดล้อมเอื้อ หมายถึง สภาพพื้นที่ทดลองไม่มีข้อจำกัดด้านการเข้าถึง เช่น ไม่มีสิ่งกีดขวางหรือความล่าช้าจากการเคลื่อนที่ ซึ่งช่วยให้เวลาการตอบสนองมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของระบบ

ตารางที่ 3 ผลการประเมินประสิทธิภาพเวลาในการตอบสนองของระบบภายใต้เงื่อนไขเชิงบริบทที่แตกต่างกัน

บ้านทดสอบ	เวลาเฉลี่ย (นาท)	SD (นาท)	การตอบสนองตามกรอบ 8 นาที	ปัจจัยเชิงบริบทที่มีผล
H1	10.25	2.48	ไม่ผ่าน	ระยะทาง, ช่วงเวลา
H2	7.60	1.41	ใกล้เกณฑ์	ความพร้อมทรัพยากร
H3	4.00	0.82	ผ่าน	ระยะทางสั้น
H4	3.25	0.44	ผ่าน	สภาพแวดล้อมเอื้อ

จากตารางที่ 3 พบว่ากรณี H1 ที่ใช้เวลาเฉลี่ย 10.25 นาที ไม่ผ่านเกณฑ์ มีสาเหตุหลักจากระยะทางที่ไกล และปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม ไม่ใช่ข้อจำกัดทางเทคนิคของระบบ

6. สรุป

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาสถาปัตยกรรมระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุผ่านเทคโนโลยี IoT โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับระเบียบวิธีวิจัยที่กำหนดไว้ในส่วนของการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ การกำหนดขั้นตอนการทำงาน และการออกแบบโครงสร้างข้อมูล โดยระบบสามารถรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภาคสนามและเว็บแอปพลิเคชันได้อย่างถูกต้อง และสามารถบันทึกข้อมูลเวลาเพื่อนำไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพการตอบสนองได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งยืนยันว่ากระบวนการพัฒนาระบบตามระเบียบวิธีวิจัยสามารถนำไปใช้สร้างระบบต้นแบบที่สามารถทำงานได้จริง เมื่อพิจารณาผลการทดลองรายการกรณีศึกษา พบว่า H3 และ H4 มีเวลาการตอบสนองเฉลี่ย 4.00 และ 3.25 นาที ตามลำดับ ซึ่งอยู่ภายในกรอบมาตรฐาน 8 นาที และมีค่า SD ต่ำ สะท้อนถึงประสิทธิภาพและความเสถียรในพื้นที่ที่มีระยะทางเหมาะสม ส่วนกรณี H2 มีเวลาเฉลี่ย 7.60 นาที จัดอยู่ในระดับใกล้เกณฑ์มาตรฐานเนื่องจากข้อจำกัดด้านระยะทางและความพร้อมของทรัพยากร ขณะที่ H1 มีเวลาเฉลี่ย 10.25 นาที ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าปัจจัยเชิงพื้นที่และสภาพแวดล้อมมีผลต่อระยะเวลาการเข้าถึง แม้ระบบจะทำงานได้ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ก็ตาม โดยสรุป ระบบต้นแบบนี้มีขีดความสามารถเพียงพอที่จะต่อยอดใช้งานจริงในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เพื่อเพิ่มโอกาสการรอดชีวิตของผู้สูงอายุผ่านการเข้าถึงบริการทางการแพทย์ที่รวดเร็วและแม่นยำ

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและเชิงปฏิบัติ

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นควรนำข้อมูลเชิงพื้นที่และสถิติเวลาตอบสนองไปใช้ในการวางแผนเชิงกลยุทธ์ เช่น การกำหนดจุดจอดรถกู้ชีพสำรองหรือหน่วยเคลื่อนที่เร็วให้สอดคล้องกับการกระจายตัวของผู้สูงอายุ เพื่อลดอุปสรรคด้านระยะทาง นอกจากนี้ ควรบูรณาการข้อมูลพิกัดดิจิทัลจากระบบเข้ากับศูนย์รับแจ้งเหตุ 1669 ระดับจังหวัด เพื่อเปลี่ยนรูปแบบการรายงานเหตุจากการใช้เสียงเพียงอย่างเดียวไปสู่การส่งพิกัดที่แม่นยำ ซึ่งจะช่วยลดความผิดพลาดในการระบุตำแหน่งและเพิ่มความต่อเนื่องในการช่วยเหลือ

7.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

ควรพัฒนาอุปกรณ์ภาคสนามให้รองรับการตรวจจับอัตโนมัติ (Automatic Detection) เช่น เซนเซอร์ตรวจจับการล้มและอุปกรณ์ติดตามสัญญาณชีพ เพื่อช่วยเหลือในกรณีที่ผู้สูงอายุไม่สามารถกดปุ่มเองได้ ในด้านโครงสร้างพื้นฐานควรประยุกต์ใช้ Edge Computing เพื่อลดความหน่วงข้อมูล และนำ Machine Learning มาวิเคราะห์ประวัติการแจ้งเหตุเพื่อคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงล่วงหน้า

สำหรับการทดสอบระบบ แม้การใช้บ้านทดสอบ 4 จุดจะเพียงพอต่อการประเมินความเป็นไปได้ในสภาพแวดล้อมจำลอง แต่งานวิจัยในอนาคตควรเพิ่มจำนวนและหลากหลายของพื้นที่ทดสอบเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและเวลาอย่างละเอียด รวมถึงควรมีการประเมินความสามารถในการใช้งาน (Usability Evaluation) กับผู้สูงอายุจริงในด้านการรับรู้และข้อจำกัดทางร่างกาย พร้อมเก็บข้อมูลเชิงลึก เช่น อายุและภาวะสุขภาพ เพื่อปรับปรุงการออกแบบให้เหมาะสม ทั้งนี้ เนื่องจากงานวิจัยระยะนี้เป็นการพัฒนาและทดสอบระบบต้นแบบในสภาพแวดล้อมจำลองโดยไม่มีการทดลองกับมนุษย์โดยตรง จึงไม่ได้ขออนุมัติจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์อย่างใดก็ตาม ในการนำไปทดลองใช้งานจริงในอนาคต ผู้วิจัยจะดำเนินการขออนุมัติจริยธรรมการวิจัยให้เป็นไปตามมาตรฐานวิชาการก่อนเริ่มดำเนินการ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Del Rios et al., “Part 1: Executive summary: 2025 American heart association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care,” *Circulation*, vol. 152, suppl. 2, pp. S284–S312, Oct. 21, 2025, doi: 10.1161/CIR.0000000000001372.
- [2] วราภรณ์ ชูคันหอม และ ศักดา อินทะ, “การพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศทรัพยากรการแพทย์ฉุกเฉินของหน่วยปฏิบัติการการแพทย์ฉุกเฉินในจังหวัดขอนแก่น,” *วารสารสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดขอนแก่น*, ปีที่ 5, ฉบับที่ 1, หน้า 91–105, ม.ค.–มิ.ย. 2566. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้: <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jkkpho/article/view/263533>
- [3] R. Hataitara, K. Piyathamrongchai, and S. Choosumrong, “Development of an emergency notification system with GPS sensors to analyze access routes for emergency medical services using IoT and open route service,” *Journal of Applied Informatics and Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 52–64, 2024, doi: 10.14456/jait.2024.4.
- [4] กัญญา วังศรี, “การบริการการแพทย์ฉุกเฉินในประเทศไทย,” *Srinagarind Medical Journal*, ปีที่ 28, ฉบับที่ 4, หน้า 69–73, ต.ค.–ธ.ค. (supplement), 2556. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้: <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/SRIMEDJ/article/view/14763>
- [5] K. Intawong, W. Boonchieng, P. Lertrakarnnon, E. Boonchieng, and K. Puritat, “A-SA SOS: A mobile- and IoT-based pre-hospital emergency service for the elderly and village health volunteers,” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, vol. 12, no. 4, pp. 513–518, 2021. [Online]. Available: https://thesai.org/Downloads/Volume12No4/Paper_65-A_SA_SOS_A_Mobile_and_IoT_based_Pre_Hospital.pdf
- [6] E. B. Sevandal, M. F. T. Menque, L. M. Dagsa, A. D. B. Balamad, and E. R. B. Sajonia Jr., “Real-time IoT-based motorcycle accident detection and alert system,” in *Proc. International*

- Exchange and Innovation Conference on Engineering & Sciences (IEICES)*, 2024, pp. 494–499, doi: 10.5109/7323306.
- [7] J. Tao, R. Ali, S. Ahmad, and F. Ali, “IoT-based smart accident detection and early warning system for emergency response and risk management,” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, vol. 16, no. 3, pp. 660–673, 2025. [Online]. Available: https://thesai.org/Downloads/Volume16No3/Paper_65-IoT_Based_Smart_Accident_Detection.pdf
- [8] R. Augastiny, K. Krishna Priya, R. Nandhidha, and E. Sowmmiya, “IoT based health monitoring system for aged people using node MCU,” *International Journal of Novel Research and Development (IJNRD)*, vol. 8, no. 9, pp. b627–b635, Sep. 2023. [Online]. Available: <https://www.ijnrd.org/papers/IJNRD2309170.pdf>
- [9] ชาลิสา บุญเกิด, ณัฐสียา คงศิริ, สุขภิชาติ เอื้อจิตร, นลินี สุขสุตา, และ สงกรานต์ จรรจกลามิตร, “การสร้างอุปกรณ์แจ้งเตือนเพื่อช่วยเหลือผู้สูงอายุด้วยเทคโนโลยีไอโอที,” ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติเชิงสร้างสรรค์ ครั้งที่ 9 CreTech 2024*, ชลบุรี, ประเทศไทย, 2567, หน้า 395–403.
- [10] O. J. Abiodun et al., “Real-time data processing in edge computing: Opportunities and challenges,” in *Proceedings of African-European Regional Governance & Development Conference*, Abuja, Nigeria, Oct. 12–13, 2023, pp. 1–18. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/377980274_Real-Time_Data_Processing_in_Edge_Computing_Opportunities_and_Challenges
- [11] ฤทัยรัตน์ หะทัยทาระ, “การพัฒนาระบบ Geo-IoT และ Web Map Application สำหรับการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉิน,” วท.ม., สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้: <https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/6168/3/RhutairatHataitara.pdf>