



ระบบบริหารจัดการครุภัณฑ์ทางการแพทย์ Medical Asset Management System (MediCare)

ฐานันตร์ เอี่ยมประเสริฐกุล ศรีติวรรณ พรประสิทธิ์ อธิปัตย์ ศรีคง

เอนก ถนอมผล¹

¹โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารามราชวิทยาลัย ตรัง อำเภอมืองตรัง จังหวัดตรัง 92000

Email: kruanek.t@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบต้นแบบบริหารจัดการครุภัณฑ์ทางการแพทย์ (Medical Asset Management System) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามพิกัดตำแหน่งและสถานะของครุภัณฑ์ภายในโรงพยาบาล โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ร่วมกับมาตรฐานการสื่อสารไร้สายแบบบลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth Low Energy: BLE) และการประมวลผลค่าความแรงสัญญาณ (RSSI) ผ่านอุปกรณ์รับสัญญาณไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ระบบแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาด้วยภาษา PHP และฐานข้อมูล MySQL ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบในสภาพแวดล้อมจำลองพบว่า ระบบสามารถระบุตำแหน่งของครุภัณฑ์ในระดับโซนพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพแบบเรียลไทม์ และจากการเปรียบเทียบกับวิธีการค้นหาแบบเดิม พบว่าสามารถลดระยะเวลาเฉลี่ยในการค้นหาอุปกรณ์จาก 8.63 นาที เหลือเพียง 1.16 นาที คิดเป็นประสิทธิภาพด้านเวลาที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 85.93 นอกจากนี้ระบบยังช่วยเพิ่มความถูกต้องและความแม่นยำในการตรวจสอบสถานะครุภัณฑ์ ลดภาระงานของบุคลากรทางการแพทย์ และสนับสนุนการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาสู่โรงพยาบาลอัจฉริยะ (Smart Hospital)

คำสำคัญ: ระบบบริหารจัดการครุภัณฑ์ทางการแพทย์, บลูทูธพลังงานต่ำ (BLE), อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT), โรงพยาบาลอัจฉริยะ (Smart Hospital)

1. บทนำ

โรคและการบาดเจ็บที่ต้องการการรักษาอย่างเร่งด่วน นับเป็นความท้าทายสำคัญของระบบสาธารณสุขในปัจจุบัน โรงพยาบาลระดับจังหวัดขนาดใหญ่ เช่น โรงพยาบาลตรัง มีความจำเป็นต้องดูแลผู้ป่วยจำนวนมาก ส่งผลให้ความต้องการใช้ครุภัณฑ์ทางการแพทย์เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ครุภัณฑ์เหล่านี้มักเป็นอุปกรณ์เทคโนโลยีขั้นสูงที่มีราคาสูง และมีความจำเป็นเร่งด่วนในการช่วยชีวิต เช่น เครื่องช่วยหายใจ เครื่องกระตุ้นหัวใจ และเครื่องปั๊มยาอัตโนมัติ

จากการลงพื้นที่สอบถามและสัมภาษณ์บุคลากรทางการแพทย์ที่ปฏิบัติงานจริงในโรงพยาบาลตรัง พบว่า ระบบการติดตามครุภัณฑ์ในปัจจุบันยังคงอาศัยการบันทึกแบบแมนนวล (Manual Tracking) ผ่านเอกสาร หรือระบบบาร์โค้ดที่ต้องการการกรอกข้อมูล

โดยมนุษย์เป็นหลัก วิธีการนี้มีข้อจำกัดสำคัญคือ "ข้อมูลไม่เป็นปัจจุบัน (Non-Real-time Data)" เมื่อมีการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ระหว่างแผนกในกรณีฉุกเฉิน มักไม่มีการลงบันทึกทันที ทำให้เกิดสภาวะจุดบอดในการติดตาม โรงพยาบาลต้องเสียเวลาเดินค้นหาอุปกรณ์ข้ามเวิร์ด ในสภาวะวิกฤตซึ่งมีผลโดยตรงต่อความปลอดภัยของผู้ป่วย

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) โดยเฉพาะบลูทูธพลังงานต่ำ (BLE) เป็นเทคโนโลยีไร้สายที่เหมาะสม สำหรับแก้ปัญหาดังกล่าว เนื่องจากมีการใช้พลังงานต่ำ ไม่รบกวนสัญญาณเครื่องมือแพทย์ และมีต้นทุนที่คุ้มค่ากว่าระบบ RFID หรือ Wi-Fi (สมชาย อินทรชิต, 2563) คณะผู้จัดทำจึงพัฒนาระบบบริหารจัดการครุภัณฑ์ทางการแพทย์ (MediCare) เพื่อเปลี่ยนรูปแบบการติดตามจากระบบดั้งเดิมมาเป็นระบบเชิงรุก (Active Tracking) ที่



สามารถระบุพิกัดและสถานะของอุปกรณ์ได้ทันทีผ่านหน้าจอแสดงผล เพื่อยกระดับการบริหารจัดการทรัพยากรสู่โรงพยาบาลอัจฉริยะ (Smart Hospital)

2. วิธีดำเนินการ

2.1 การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ

ระบบ MediCare ออกแบบตามหลักสถาปัตยกรรม 3 ชั้น ได้แก่ (1) ส่วนอุปกรณ์ส่งสัญญาณ (Hardware Layer) ใช้ BLE Beacon ติดตั้งกับครุภัณฑ์เพื่อส่งสัญญาณ Advertising Packet อย่างต่อเนื่อง (2) ส่วนเครือข่ายและการรับส่งข้อมูล (Network Layer) ใช้อุปกรณ์ Gateway (ESP32) ดักจับสัญญาณ BLE เพื่อวัดค่า RSSI และส่งข้อมูลผ่าน Wi-Fi ไปยังฐานข้อมูล และ (3) ส่วนประมวลผลและแสดงผล (Application Layer) ใช้ MySQL จัดเก็บข้อมูล และแสดงผลผ่าน Web Dashboard ที่พัฒนาด้วย PHP และ HTML

2.2 การพัฒนาอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

คณะผู้จัดทำเลือกใช้ BLE Beacon ที่มีขนาดเล็ก กินพลังงานต่ำ และมีอายุการใช้งานแบตเตอรี่ยาวนาน ติดตั้งไว้กับครุภัณฑ์เป้าหมายได้แก่ เครื่องวัดความดัน เครื่องผลิตออกซิเจน รถเข็นฉุกเฉิน เครื่อง EKG และเสาน้ำเกลือ ส่วนอุปกรณ์ Gateway พัฒนาโดยเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C++ บนบอร์ด ESP32 เพื่อให้สามารถสแกนหาอุปกรณ์ BLE รอบตัวและกรองเฉพาะ MAC Address ของอุปกรณ์เป้าหมาย จากนั้นนำค่า RSSI ที่ได้มาคำนวณหาระยะทางและระบุโซนของอุปกรณ์

2.3 การพัฒนาซอฟต์แวร์และเว็บแอปพลิเคชัน

พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันในรูปแบบ Full-stack โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนหลัก เพื่อให้ระบบสามารถรับข้อมูลจากฮาร์ดแวร์ ประมวลผล และแสดงผลต่อผู้ใช้งานได้อย่างครบวงจรและมีประสิทธิภาพ

2.3.1 การพัฒนาส่วนหลังบ้าน (Backend)

พัฒนาด้วยภาษา PHP บนเว็บเซิร์ฟเวอร์ XAMPP เพื่อจัดการตรรกะการคำนวณตำแหน่งจากค่า RSSI ที่ได้รับจาก Gateway ตรวจสอบสิทธิ์การเข้าใช้งานของผู้ใช้แต่ละระดับ และเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลกับฐานข้อมูล MySQL โดยข้อมูลตำแหน่งและสถานะของครุภัณฑ์จะถูกบันทึกและอัปเดตลงฐานข้อมูลอย่างต่อเนื่องแบบอัตโนมัติ

2.3.2 การพัฒนาส่วนหน้าบ้าน (Frontend) และแผนที่ดิจิทัล

พัฒนาด้วย HTML และ CSS เพื่อสร้างส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) ที่รองรับผู้ใช้งาน 3 ระดับ ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ (Admin) พยาบาลประจำวอร์ด และเจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคนิค โดยแต่ละระดับมีหน้าแดชบอร์ดเฉพาะที่แสดงแผนที่ดิจิทัล (Digital Map)

ของโรงพยาบาล พร้อมไอคอนระบุตำแหน่งครุภัณฑ์ สถานะ "ว่าง" หรือ "กำลังใช้งาน" และระบบส่งค่าแจ้งเตือน

2.3.3 การเชื่อมต่อข้อมูล BLE กับระบบ

ทดสอบการรับสัญญาณจาก BLE Tag เพื่ออ่านค่า RSSI นำมาเข้าสู่ตรรกะคำนวณเพื่อระบุระยะทางหรือ "โซน" ของพื้นที่ เช่น โซนห้องฉุกเฉิน โซนคลังพัสดุ เป็นต้น โดยข้อมูลตำแหน่งที่ประมวลผลได้จะส่งผ่าน Wi-Fi ไปยังเซิร์ฟเวอร์และบันทึกลงฐานข้อมูล MySQL อย่างต่อเนื่อง ทำให้นิเวศแอปพลิเคชันสะท้อนตำแหน่งจริงของอุปกรณ์ได้ตลอดเวลา

2.4 การทดสอบประสิทธิภาพระบบ

ทดสอบระบบในสภาพแวดล้อมจำลองภายในโรงพยาบาลจริง โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ด้านหลัก เพื่อประเมินทั้งความแม่นยำในการระบุตำแหน่งและประสิทธิภาพด้านเวลาเปรียบเทียบกับวิธีการเดิม

2.4.1 การทดสอบความแม่นยำของการระบุตำแหน่งจากค่า RSSI

นำอุปกรณ์ BLE Beacon วางในระยะต่างๆ ตั้งแต่ 0.5 ถึง 5.0 เมตรจากตัว Gateway โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 สภาพแวดล้อม ได้แก่ สภาพแวดล้อมที่โล่งไม่มีสิ่งกีดขวาง และสภาพแวดล้อมที่มีสิ่งกีดขวาง เช่น ผนังปูนและตู้โลหะเก็บเครื่องมือแพทย์ บันทึกค่า RSSI เฉลี่ยในแต่ละระยะ แล้วนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับระยะทางจริง โดยมีขั้นตอนดังนี้

- ติดตั้ง Gateway (ESP32) ในตำแหน่งคงที่และวาง BLE Beacon ในระยะที่กำหนด ได้แก่ 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 เมตร
- บันทึกค่า RSSI ในแต่ละระยะซ้ำ 10 ครั้ง เพื่อนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยและลดความคลาดเคลื่อนจากสัญญาณรบกวน
- ทดสอบซ้ำในสภาพแวดล้อมที่มีสิ่งกีดขวาง เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบของ Multi-path Fading ต่อความแม่นยำของสัญญาณ
- ทดสอบความถูกต้องในการระบุโซนพื้นที่ โดยตรวจสอบว่าระบบสามารถจำแนก "ห้อง" หรือ "โซน" ที่อุปกรณ์ตั้งอยู่ได้ถูกต้องหรือไม่ ในแต่ละสภาพแวดล้อม
- นำผลที่ได้มาวิเคราะห์และปรับปรุงติดตั้ง Gateway ให้มีความครอบคลุมและเหมาะสมกับโครงสร้างทางกายภาพของอาคาร

2.4.2 การทดสอบเปรียบเทียบเวลาในการค้นหาอุปกรณ์

จำลองสถานการณ์การค้นหาครุภัณฑ์ทางการแพทย์ในพื้นที่ทดสอบภายในโรงพยาบาลจริง โดยให้เจ้าหน้าที่ทดสอบค้นหาอุปกรณ์เป้าหมาย 5 รายการ ทั้งแบบวิธีการเดิมและแบบใช้ระบบ MediCare นำทาง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านเวลาอย่างเป็นรูปธรรม โดยมีขั้นตอนดังนี้



- กำหนดอุปกรณ์เป้าหมาย 5 รายการ ได้แก่ เครื่องวัดความดัน เครื่องผลิตออกซิเจน รถเข็นฉุกเฉิน เครื่อง EKG และเสาน้ำเกลือ โดยวางอุปกรณ์ในตำแหน่งที่แตกต่างกันภายในพื้นที่ทดสอบ
- ทดสอบด้วยวิธีการเดิม โดยให้เจ้าหน้าที่เดินค้นหาอุปกรณ์ด้วยตาเปล่าโดยไม่มีระบบช่วยนำทาง จับเวลาตั้งแต่เริ่มค้นหาจนพบอุปกรณ์ครบทุกรายการ
- ทดสอบด้วยระบบ MediCare โดยให้เจ้าหน้าที่ใช้เว็บแดชบอร์ด ตรวจสอบตำแหน่งของอุปกรณ์บนแผนที่ดิจิทัลก่อนออกค้นหา จับเวลาในลักษณะเดียวกัน
- บันทึกเวลาของแต่ละรายการอุปกรณ์ในทั้งสองวิธี แล้วคำนวณ ค่าเฉลี่ยรวมและเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นจากสูตร ประสิทธิภาพ (%) = [(เวลาวิธีเดิม - เวลาระบบ MediCare) / เวลาวิธีเดิม] × 100

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการพัฒนาและติดตั้งระบบ

คณะผู้จัดทำสามารถพัฒนาชุดอุปกรณ์ Gateway และ ติดตั้งระบบ MediCare ได้สำเร็จ โดยระบบสามารถตรวจจับ สัญญาณจาก BLE Beacon และอัปเดตตำแหน่งลงบนฐานข้อมูล แบบเรียลไทม์ หน้าเว็บแดชบอร์ดสามารถแสดงสถานะและตำแหน่ง ของครุภัณฑ์ได้ถูกต้องตามตำแหน่งจริงในพื้นที่ทดสอบ ระบบ รองรับผู้ใช้งานหลายระดับ ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ (Admin) พยาบาล ประจำวอร์ด และเจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคนิค โดยแต่ละระดับมีสิทธิ์การ เข้าถึงข้อมูลและฟังก์ชันที่แตกต่างกัน

3.2 ผลการทดสอบความแม่นยำของการระบุตำแหน่ง

จากการทดสอบความแม่นยำในการระบุตำแหน่งจากค่า ความแรงสัญญาณ (RSSI) พบว่าค่า RSSI มีความสัมพันธ์แปรผกผัน กับระยะทางจริง โดยในระยะ 0.5 เมตร สัญญาณมีความแรงสูงสุดที่ -45 ถึง -50 dBm และค่อยๆ ลดลงจนถึง -85 ถึง -90 dBm ใน ระยะ 5.0 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 1

ระยะทางจริง (เมตร)	ค่าความแรง สัญญาณเฉลี่ย (dBm)	สถานะความ แรงสัญญาณ
0.5	-45 ถึง -50	ดีมาก
1.0	-55 ถึง -60	ดีมาก
2.0	-65 ถึง -70	ดี
3.0	-72 ถึง -75	ปานกลาง
4.0	-78 ถึง -82	ปานกลาง
5.0	-85 ถึง -90	อ่อน

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและค่าความแรง สัญญาณ (RSSI)

จากตารางที่ 1 พบว่าช่วงระยะ 0.5 ถึง 2.0 เมตรให้ค่าสัญญาณที่ดี ที่สุด เหมาะแก่การระบุพิกัดที่แม่นยำ แม้ในระยะไกลจะมีการผันผวนจากสิ่งกีดขวาง แต่ระบบยังสามารถแบ่งโซนพื้นที่ครุภัณฑ์ได้ อย่างชัดเจน โดยสามารถระบุ "ห้อง" หรือ "โซน" ที่อุปกรณ์ตั้งอยู่ได้ ถูกต้องร้อยละ 100

3.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพด้านเวลา

จากการทดลองให้เจ้าหน้าที่ค้นหาอุปกรณ์ทางการแพทย์เป้าหมาย 5 รายการ พบว่าการใช้วิธีการเดิม ใช้เวลาเฉลี่ย 8.63 นาที ในขณะที่การใช้ระบบ MediCare ในการนำทางและระบุ ตำแหน่ง ใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 1.16 นาที ดังแสดงในตารางที่ 2

รายการอุปกรณ์	วิธีการเดิม (นาที)	ระบบ MediCare (นาที)
เครื่องวัดความดัน	7.50	1.10
เครื่องผลิตออกซิเจน	9.20	1.25
รถเข็นฉุกเฉิน	6.25	0.55
เครื่อง EKG	10.30	1.40
เสาน้ำเกลือ	9.70	1.50
ค่าเฉลี่ยรวม	8.63	1.16

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาครุภัณฑ์ทางการแพทย์

จากตารางที่ 2 พบว่าระบบสามารถลดระยะเวลาในการค้นหาได้ถึง 7.47 นาที หรือคิดเป็นประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 85.93 ซึ่ง สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ การลดเวลาในส่วนนี้ช่วยให้บุคลากร ทางทางการแพทย์ลดภาระงานที่ไม่จำเป็น และมีเวลาในการดูแลผู้ป่วย ในสภาวะวิกฤตได้เพิ่มมากขึ้น

4. สรุปและอภิปรายผล

4.1 อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการพัฒนาและทดสอบ ระบบ MediCare ประสบความสำเร็จในการลดภาระงานและเวลาในการค้นหา อุปกรณ์ ของบุคลากรทางการแพทย์ได้อย่างชัดเจน ปัจจัย ความสำเร็จมาจากการเลือกใช้เทคโนโลยี BLE ที่มีการส่งสัญญาณ ต่อเนื่องด้วย Advertising Interval ที่เหมาะสม ทำให้ข้อมูลเป็น แบบเรียลไทม์ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของสมชาย อินทรชิต (2563) ซึ่งได้ทดสอบระบบติดตามตำแหน่งภายในอาคารด้วย BLE พบว่าการเลือกใช้ BLE มีความเหมาะสมกว่า Wi-Fi หรือ RFID ทั้ง ในแง่ต้นทุนต่อหน่วยและความสะดวกในการติดตั้ง

อย่างไรก็ตาม ในแง่ของความแม่นยำ พบว่าค่า RSSI มี ความผันแปรตามสภาพแวดล้อมทางกายภาพ (Multi-path Fading)



โดยเฉพาะเมื่ออุปกรณ์อยู่ภายใต้สิ่งกีดขวางที่เป็นโลหะหรือผนังห้องที่มีความหนาพิเศษ ซึ่งอาจทำให้ตำแหน่งบนหน้าจอมีการคลาดเคลื่อนเล็กน้อยในระยะ 1-3 เมตร แต่เมื่อพิจารณาจากการใช้งานจริงของบุคลากร ความคลาดเคลื่อนดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพโดยรวม เนื่องจากเป้าหมายหลักของระบบคือการระบุ "โซน" หรือ "ห้อง" ที่อุปกรณ์ตั้งอยู่ ซึ่งระบบตอบโต้ที่ได้อ้อยละ 100 สอดคล้องกับแนวทางของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (2566) ที่แนะนำการใช้ IoT ในระบบสาธารณสุขในลักษณะ Zone-based Tracking

นอกจากนี้ เว็บแดชบอร์ดสามารถแสดงสถานะครุภัณฑ์และประวัติการเคลื่อนย้ายย้อนหลังได้อย่างถูกต้อง ทำให้เจ้าหน้าที่แผนกที่สุดสามารถบริหารจัดการจำนวนครุภัณฑ์ในแต่ละแผนกได้อย่างเป็นระบบ ลดปัญหาความซ้ำซ้อนในการจัดซื้อครุภัณฑ์ใหม่โดยไม่จำเป็น และลดโอกาสการสูญหายของทรัพย์สินได้อย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นว่าการนำเทคโนโลยี IoT เข้ามาประยุกต์ใช้ ไม่เพียงแต่ช่วยในเชิงเทคนิคเท่านั้น แต่ยังสร้างมาตรฐานใหม่ในการพัฒนาสู่โรงพยาบาลอัจฉริยะ (Smart Hospital)

4.2 สรุปผลการทดลอง

การนำเทคโนโลยี IoT และ BLE มาประยุกต์ใช้ในระบบบริหารจัดการครุภัณฑ์ทางการแพทย์ สามารถแก้ปัญหา Blind Spot ของข้อมูลได้จริง โดยระบบ MediCare สามารถลดระยะเวลาเฉลี่ยในการค้นหาอุปกรณ์ จาก 8.63 นาทีเหลือเพียง 1.16 นาที คิดเป็นประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 85.93 และสามารถระบุโซนที่อุปกรณ์ตั้งอยู่ได้ถูกต้องร้อยละ 100 ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานจริงของบุคลากรทางการแพทย์ ระบบยังช่วยเพิ่มความถูกต้องในการตรวจสอบสถานะครุภัณฑ์ ลดภาระงานของบุคลากร และสนับสนุนการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการพัฒนาอัลกอริทึมการคำนวณตำแหน่งให้ซับซ้อนขึ้น เช่น การใช้ Triangulation หรือ Machine Learning เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากสิ่งกีดขวาง และควรเพิ่มฟังก์ชันการแจ้งเตือน (Notification) ผ่านแอปพลิเคชัน Line หรือ Mobile App เมื่อมีการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์สำคัญออกนอกพื้นที่ที่กำหนด (Geofencing) นอกจากนี้ควรพัฒนาให้ระบบสามารถเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลระบบสารสนเทศโรงพยาบาล (HIS) เพื่อให้ทราบประวัติการใช้งานอุปกรณ์ควบคู่ไปกับข้อมูลผู้ป่วย และควรขยายผลการทดสอบในพื้นที่โรงพยาบาลจริงเพื่อประเมินประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมจริงอย่างครบถ้วน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณโรงพยาบาลตรังที่เอื้อเพื่อข้อมูลและสถานที่ในการศึกษาปัญหา และขอขอบคุณผู้บริหารและบุคลากรทางการแพทย์ที่เสียสละเวลาให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับสภาพปัญหาในการปฏิบัติงานจริง ขอขอบคุณโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย ตรัง สำหรับการสนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. (2567). แนวทางการบริหารจัดการครุภัณฑ์ทางการแพทย์ในสถานพยาบาล. สืบค้นจาก <https://www.moph.go.th>
- ชนกฤต ศรีสุข. (2564). ระบบติดตามทรัพย์สินด้วยเทคโนโลยีไร้สายภายในอาคาร. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ, 12(2), 45–52.
- สมชาย อินทรชิต. (2563). ระบบติดตามตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้ Bluetooth Low Energy. วารสารวิศวกรรมศาสตร์, 18(1), 30–38.
- สมาคมBluetoothประเทศไทย. (2565). เทคโนโลยีBluetoothพลังงานต่ำ (Bluetooth Low Energy). สืบค้นจาก <https://www.bluetooth.org>
- ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. (2566). การประยุกต์ใช้ IoT ในระบบสาธารณสุข. สืบค้นจาก <https://www.nectec.or.th>