

Narrow band internet of things prototype development of emergency medical services using narrow band internet of things

Suchanuch Koonpak¹, Wiraphon Manatarenart², Panjai Tantatsanawong¹

¹Department of Computing, Faculty of Science, Silpakorn University

²Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University

Abstract

This project is the development of the emergency medical service system using Narrow band Internet of Things (NB-IoT). The system has 2 parts, the first is a hardware device that receives the location coordinates and heart rate of the patient while press button when ask for help and to deliver information. The information send to the registered hospital, send notifications to relatives via the Line application and forward the information to the database of the hospital. The hardware equipment consists of an Arduino board connected to the NB-IoT with a GPS module, a heart pulse sensor and a push button module. The developed Web applications extracted the coordinates of the patient from

the database to display to the relevant users and accessed to the patient information. The users can be divided into 5 types: hospitals, ambulances drivers, patients, patient's relatives and administrator. The NB-IoT used as data transmission technology due to low energy consumption and can send-receive signals efficiently even indoors.

Keywords: NB-IoT; Medical Services; Tracking equipment component

Received 10 August 2021, Revise: 25 October 2021, Accepted: 1 December 2021

Correspondence: Panjai Tantatsanawong, Department of Computing, Faculty of Science, Silpakorn University, Sanam Chandra Palace Campus, Rajamunka-nai Rd., Muang District, Nakhon Pathom

การพัฒนาต้นแบบระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินโดยใช้ Narrow Band Internet of Things

สุชนา ชุณภากร¹, วิสพล มนัสสารีนาก², ปานใจ ธารทัศน์วงศ์¹

¹ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ ม.ศิลปากร

²คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ม.มหิดล

บทคัดย่อ

โรงงานนี้เป็นการพัฒนาระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินโดยใช้ Narrow band Internet of Things (NB-IoT) การทำงานของระบบมี 2 ส่วน ส่วนแรกคืออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์รับค่าพิกัดตำแหน่งและสถานะอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ป่วยขณะกดปุ่มเพื่อขอความช่วยเหลือและส่งข้อมูลไปยังโรงพยาบาลที่ได้ลงทะเบียนไว้ และสามารถส่งการแจ้งเตือนไปให้ญาติผ่านแอปพลิเคชัน Line และส่งต่อข้อมูลไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลของทางโรงพยาบาล อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ประกอบไปด้วย บอร์ด Arduino ที่เชื่อมต่อกับ NB-IoT โมดูล GPS เซ็นเซอร์วัดชีพจรหัวใจ และโมดูลปุ่มกด ส่วนที่สองในการทำงานคือ การทำงานผ่านเว็บแอปพลิเคชัน จะทำการส่งค่าพิกัดจากฐานข้อมูลมาแสดงให้ผู้ที่เกี่ยวข้องและเข้าถึงข้อมูลผู้ป่วย การทำงานส่วนนี้จะแบ่งผู้ใช้ 5 ส่วน ได้แก่ โรงพยาบาล พนักงานขับรถฉุกเฉิน ผู้ป่วย ญาติ และผู้ดูแลระบบ โดยใช้ NB-IoT เป็นเทคโนโลยีในการรับส่งข้อมูลเนื่องจากใช้พลังงานต่ำและสามารถรับ-ส่งสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้แต่อยู่ในอาคาร

คำสำคัญ : เอ็นบีไอโอ, ระบบบริการการแพทย์, อุปกรณ์ติดตามตำแหน่ง

วันที่รับต้นฉบับ 10 สิงหาคม 2564, วันที่แก้ไข: 25 ตุลาคม 2564, วันที่ตอบรับ: 1 ธันวาคม 2564

บทนำ

ปัจจุบันการสื่อสารโทรคมนาคมมีการใช้เทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย 3G และ 4G อย่างแพร่หลายเพื่อติดต่อสื่อสาร ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวถูกออกแบบมาสำหรับการใช้งานอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงทำให้ใช้ทรัพยากรในเครือข่ายสูงและใช้พลังงานมาก ซึ่งอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตประสาทรพวง (Internet of Thing, IoT) ส่วนมากไม่จำเป็นต้องใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงเพราะการทำงานของ IoT ส่วนใหญ่จะรับและส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์เท่านั้น ดังนั้นการติดต่อสื่อสารในรูปแบบ Narrow Band Internet of Thing (NB-IoT) ที่ออกแบบตามแนวคิดเครือข่ายพลังงานบริเวณกว้างที่ใช้พลังงานต่ำ (Low-power wide-area networking, LPWAN) รองรับการทำงานเชื่อมต่อของอุปกรณ์จำนวนมากพร้อมกันได้ สามารถใช้ได้ทั้งในอาคารและพื้นที่ใหญ่ๆ อุปกรณ์ราคาถูกและใช้งานง่ายโดยสามารถทำงานผ่านเครือข่ายที่มีการติดตั้งอยู่แล้ว

งานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะแก้ไขปัญหาของผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุที่เกิดอุบัติเหตุฉุกเฉินที่บ้านแล้วต้องการความช่วยเหลือ หรือ

เรียกรถพยาบาลอย่างเร่งด่วนโดยจำเป็นต้องติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ป่วยกับผู้ที่เข้ามาช่วยเหลือเพื่อบอกพิกัดของผู้ป่วย ซึ่งในการบอกพิกัดของผู้ป่วยนั้นอาจผิดพลาด หรืออาจมีการหลงลืมในการบอกทางทำให้ผู้ที่เข้ามาช่วยเหลือไม่สามารถช่วยเหลือได้ทันเวลา โดยการพัฒนาการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุกับผู้เข้าไปช่วยเหลือ โดยใช้ บอร์ด NB-IoT เชื่อมต่อกับ บอร์ด Lambda Plus ปุ่มกด เซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ และ Module GPS โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาต้นแบบระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

บททบทวนวรรณกรรม

งานวิจัยเรื่อง e-Health Internet of Things Platform on Low Power Wide Area Network [8] ได้พัฒนาการเก็บข้อมูลของผู้ป่วย การส่งข้อมูลสุขภาพของผู้ป่วยจะส่งสัญญาณจากบ้านของผู้ป่วยโดยใช้อุปกรณ์ทางการแพทย์และเซ็นเซอร์แบบพกพาที่ติดอยู่กับผู้ป่วย ข้อมูลจะถูกส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์เพื่อการรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ ผู้ดูแลสามารถตรวจสอบผู้ป่วยได้จากทุกที่และติดตามตำแหน่งของผู้ป่วยโดยใช้โมดูล GPS ใน LoRa End Node อุปกรณ์ทางการแพทย์ในบ้านของผู้ป่วย เช่น ระเบิด

ผู้ประสานงาน : ปานใจ ธารทัศน์วงศ์, ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขต พระราชวังสนามจันทร์ ถนน ราชมรรคาใน อำเภอ เมือง จังหวัด นครปฐม 73000 E-mail: p.keeratiya@gmail.com

ความดันโลหิตและอุณหภูมิ สามารถเชื่อมต่อกับผู้ให้บริการเครือข่ายโดยใช้โปรโตคอลซึ่งเรียกว่า Long Range WAN (LoRaWAN) โดยใช้พอร์ต USB หรือ บลูทูธ

การประยุกต์ใช้ Global Position System (GPS) มีหลากหลาย เช่น โครงการที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยป้องกันการถูกขโมยรถยนต์และเป็นโครงการสร้างเครื่องบอกพิกัดด้วยระบบ GPS ผ่านระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ [9][10] โดยในส่วนของภาคส่งประกอบด้วยเครื่องรับสัญญาณ GPS เป็นตัวรับสัญญาณจากดาวเทียมเพื่อคำนวณหาตำแหน่งและส่งข้อมูลไปให้กับเครื่องผู้ให้บริการที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน Android ที่จะทำหน้าที่อ่านค่าพิกัดจากข้อความและส่งค่าดังกล่าวไปค้นหาตำแหน่งในแผนที่โดยใช้บอร์ด Arduino ควบคุมการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Network)

วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการศึกษาระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินโดยใช้ NB-IoT เป็นการพัฒนาระบบต้นแบบโดยการส่งตำแหน่ง GPS และสถานะอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ป่วยมีการทำงาน 3 ส่วน ได้แก่

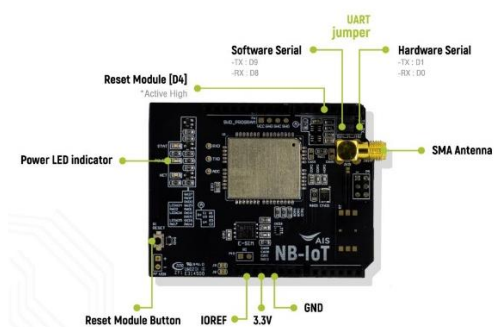
1. การนำเข้าข้อมูล (Input) โดยบอร์ด Arduino จะรับข้อมูลเข้าทั้งหมด 2 ค่า จาก Module และเซ็นเซอร์ ได้แก่

- Module GPS ค่าพิกัดตำแหน่งของผู้ป่วย
- สถานะอัตราการเต้นของหัวใจ (Pulse heart rate status)

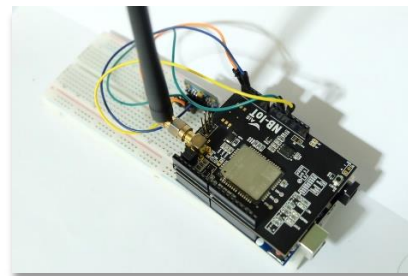
ขณะกดปุ่มเพื่อขอความช่วยเหลือเพื่อเป็นการตรวจสอบว่าเป็นการกดโดยไม่ตั้งใจหรือไม่

2. การกระบวนการทำงาน (Process) มีการนำคำสั่งแต่ละคำสั่งไปประมวลผลโดยใช้เครื่องมือดังต่อไปนี้

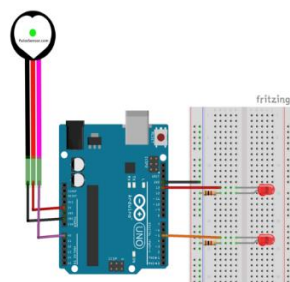
- บอร์ด Arduino
- บอร์ด AIS NB-IoT
- AIS Cloud (aismagellan.io)
- Node.js (Node-red)
- ภาษา PHP และฐานข้อมูล MySQL



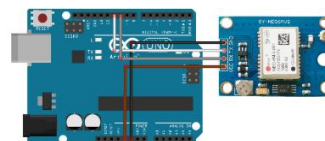
รูปที่ 1 แสดงบอร์ด AIS NB-IoT



รูปที่ 2 บอร์ด Arduino UNO R3 ที่ติดตั้ง AIS NB-IoT

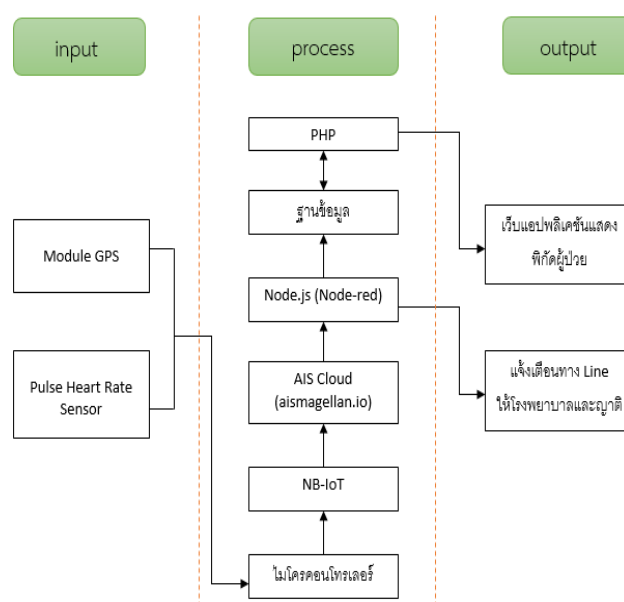


รูปที่ 3 การต่อวงจรเซ็นเซอร์ Pulse heart rate กับบอร์ด Arduino

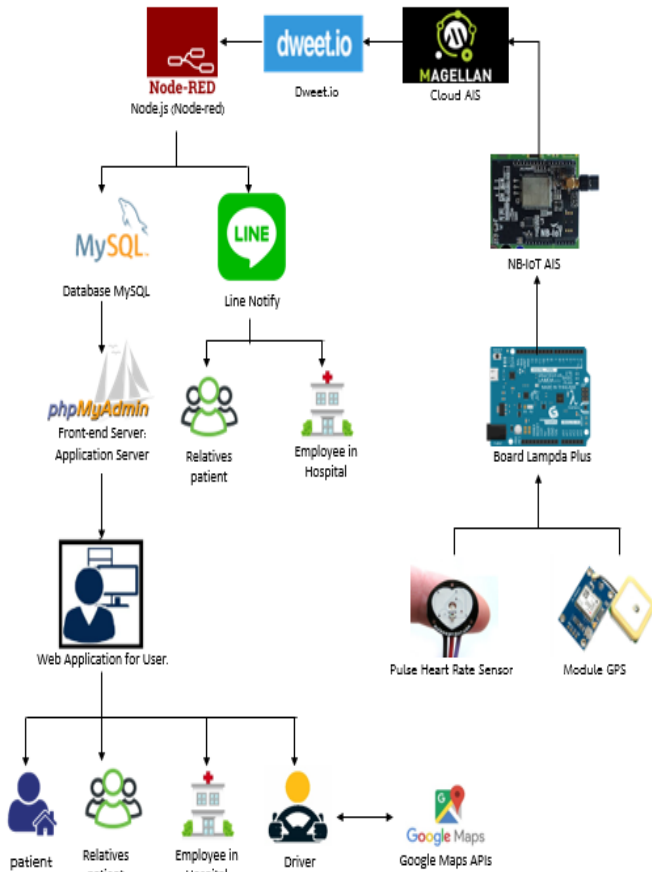


รูปที่ 4 Module GPS NEO-6M Ublox ที่ให้ค่าพิกัดตำแหน่งของผู้ป่วย

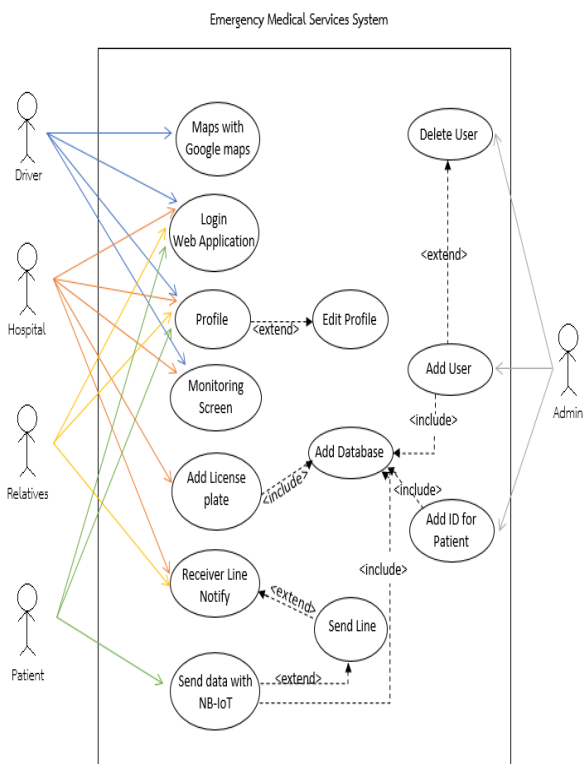
3. การแสดงผล (Output) จะแสดงข้อมูลที่รับมาจากฮาร์ดแวร์ ได้แก่ ค่าพิกัดตำแหน่งของผู้ป่วย สถานะการเต้นของหัวใจขณะส่งพิกัดของผู้ป่วยผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันและส่งการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชัน Line ให้กับโรงพยาบาลและญาติผู้ป่วย โครงสร้างการทำงานทั้งหมดของระบบแสดงในรูปที่ 5-7



รูปที่ 5 โครงสร้างการทำงานทั้งหมดของระบบ



รูปที่ 6 โครงสร้างการทำงานทั้งหมดของระบบ



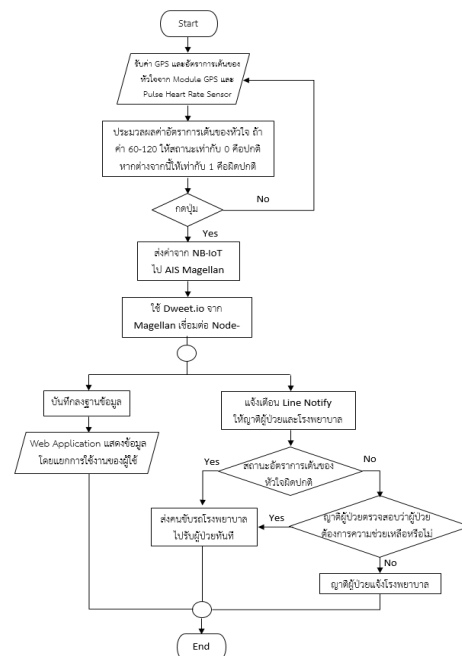
รูปที่ 7 แสดงแผนภาพ Use case ของระบบ

ผลการวิจัย

A. การทำงานของระบบทั้งหมด

การทำงานของระบบทั้งหมดโดยเริ่มต้นจากรับค่าตำแหน่งจาก GPS และอัตราการเต้นของหัวใจจาก และเซ็นเซอร์ Pulse heart rate จากนั้นบอร์ด Arduino จะประมวลผลค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ถ้าค่าอัตราการเต้นอยู่ระหว่าง 60-120 ครั้งต่อนาที ให้สถานะเท่ากับ 0 คือปกติ หากต่างจากนี้ให้เท่ากับ 1 คือผิดปกติหากไม่มีการกดปุ่มจะทำการรับค่าไปเรื่อยๆ หากผู้ป่วยกดปุ่มขอความช่วยเหลือผ่านเครือข่าย NB-IoT จะส่งค่าไป AIS Magellan และ ใช้ Dweet.io จาก Magellan เชื่อมต่อ Node-red โดยการทำงานของ Node-red จะแบ่งออกเป็น 2 ทาง ได้แก่ 1) ส่งการแจ้งเตือนไปที่แอปพลิเคชัน Line และ 2) บันทึกค่าลงฐานข้อมูล การที่ต้องใช้อัตราการเต้นของหัวใจควบคู่กับการกดปุ่มเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการแจ้งเตือนที่ผิดพลาด (Fault Alarm) ในกรณีที่ผู้ใช้อาจจะเผลอไปกดปุ่มโดยไม่ตั้งใจ เมื่อมีการส่งการแจ้งเตือนไปที่แอปพลิเคชัน Line แล้วจะแจ้งเตือนให้โรงพยาบาลและญาติผู้ป่วยรับทราบ เมื่อมีการแจ้งเตือน ญาติและโรงพยาบาลจะดูสถานะอัตราการเต้นของหัวใจ หากผิดปกติโรงพยาบาลจะรถฉุกเฉินไปรับผู้ป่วยทันที แต่หากสถานะอัตราการเต้นของหัวใจปกติ (สถานะ=0) ญาติผู้ป่วยตรวจสอบว่าผู้ป่วยต้องการความช่วยเหลือจริงหรือไม่ ถ้าผู้ป่วยต้องการความช่วยเหลือจริง ญาติจะแจ้งโรงพยาบาลเพื่อให้ส่งพนักงานขับรถรถฉุกเฉินไปรับผู้ป่วยทันที หากผู้ป่วยไม่ต้องการความช่วยเหลือญาติผู้ป่วยจะแจ้งโรงพยาบาลเพื่อยกเลิกภารกิจ

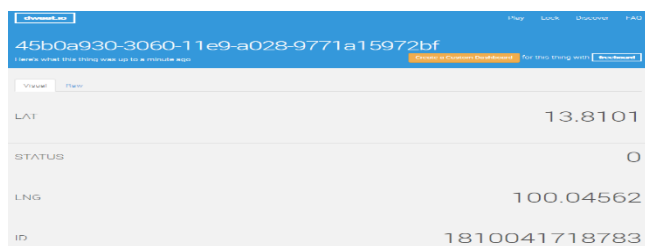
การบันทึกค่าลงฐานข้อมูล โดยค่าที่บันทึกจะมี รหัสเครื่อง ตำแหน่งละติจูด ลองจิจูดและสถานะอัตราการเต้นของหัวใจ เพื่อนำค่าไปแสดงที่เว็บแอปพลิเคชัน ดังรูปที่ 8



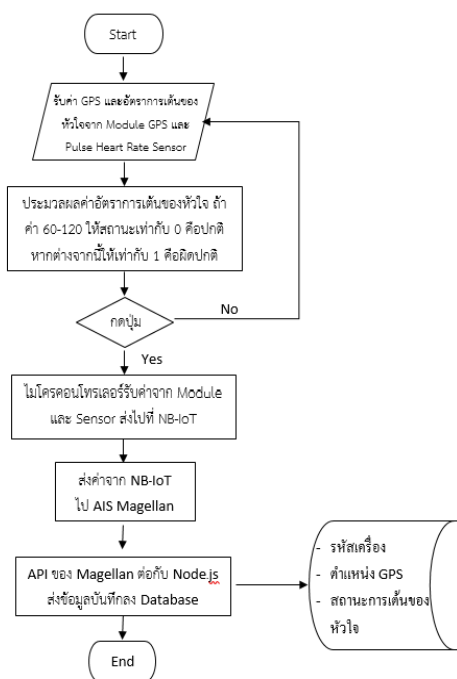
รูปที่ 8 แสดงแผนผังการทำงานทั้งหมดของระบบ

B. การทำงานในส่วนของฮาร์ดแวร์

จากผลการดำเนินงานพบว่า การพัฒนาระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินโดยใช้ NB-IoT โดยการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ สามารถส่งข้อมูลไปที่ Magellan (aismagellan.io) ได้อย่างถูกต้องโดยตรวจสอบจากการรับค่าของโมดูล GPS เปรียบเทียบกับตำแหน่งในแผนที่จริง โดยการติดตั้งโมดูล GPS ต้องอยู่นอกอาคารหรือพื้นที่โล่งแจ้งเพื่อรับสัญญาณดาวเทียม และกำหนดให้บอร์ด Arduino รับค่าตำแหน่งละติจูด ลองจิจูด ทศนิยม 5 จากการรับค่าของเซ็นเซอร์วัดชีพจรหัวใจ แล้วนำค่าที่ได้เปลี่ยนเป็นสถานะ 0 คือ หัวใจเต้นปกติ (60-120 ครั้งต่อนาที) และ 1 คือ หัวใจเต้นผิดปกติ จากการส่งชุดข้อมูลไป Magellan (aismagellan.io) โดยการกดปุ่มของผู้ป่วยซึ่งชุดข้อมูลประกอบไปด้วย รหัสเครื่อง, ละติจูด, ลองจิจูด และสถานะอัตราการเต้นของหัวใจ ความยาวและจำนวนของชุดข้อมูลมีผลต่อระยะเวลาในการประมวลผลเพื่อส่งไปที่ Magellan (aismagellan.io) เมื่อข้อมูลเข้าไปที่ Magellan (aismagellan.io) ดังแสดงในรูปที่ 9 และ 10



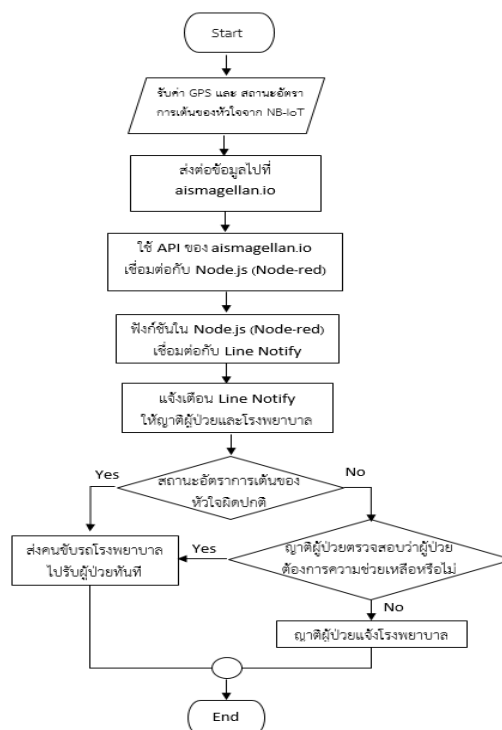
รูปที่ 9 แสดงการส่งข้อมูลตำแหน่งและสถานะการเต้นของหัวใจขณะที่กดปุ่มขอความช่วยเหลือ



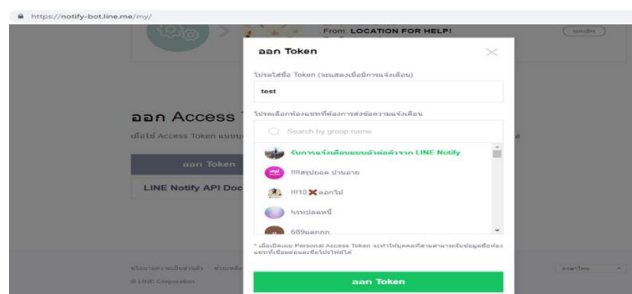
รูปที่ 10 แผนผังการทำงานส่วนฮาร์ดแวร์

C. การทำงานส่วนการแจ้งเตือนผ่าน แอปพลิเคชัน Line

การแจ้งเตือนทางแอปพลิเคชัน Line จะรับค่าพิกัดตำแหน่งผู้ป่วยและสถานะอัตราการเต้นของหัวใจจากอุปกรณ์ส่วนฮาร์ดแวร์ และส่งต่อไปยัง aismagellan.io โดยใช้ API ของ aismagellan.io ดึงข้อมูลที่ส่งมาไปเชื่อมต่อกับ Node.js ในรูปแบบ Node-red ใช้ฟังก์ชันของ Node-red เชื่อมต่อกับแอปพลิเคชัน Line ที่กำหนดผู้รับการแจ้งเตือนไว้แล้ว และส่งพิกัดตำแหน่งของผู้ป่วย สถานะอัตราการเต้นของหัวใจ (0 หรือ 1) ไปที่แอปพลิเคชัน Line ของญาติผู้ป่วยและโรงพยาบาล เมื่อมีการแจ้งเตือนญาติและโรงพยาบาลจะดูสถานะอัตราการเต้นของหัวใจ หากผิดปกติโรงพยาบาลจะส่งพนักงานขับรถฉุกเฉินไปรับผู้ป่วยทันที แต่หากสถานะอัตราการเต้นของหัวใจปกติ ญาติผู้ป่วยตรวจสอบว่าผู้ป่วยต้องการความช่วยเหลือหรือไม่ ถ้าผู้ป่วยต้องการความช่วยเหลือญาติจะแจ้งโรงพยาบาลและส่งพนักงานขับรถฉุกเฉินไปรับผู้ป่วยทันที หากผู้ป่วยไม่ต้องการความช่วยเหลือญาติผู้ป่วยจะแจ้งโรงพยาบาล ดังรูปที่ 11,12



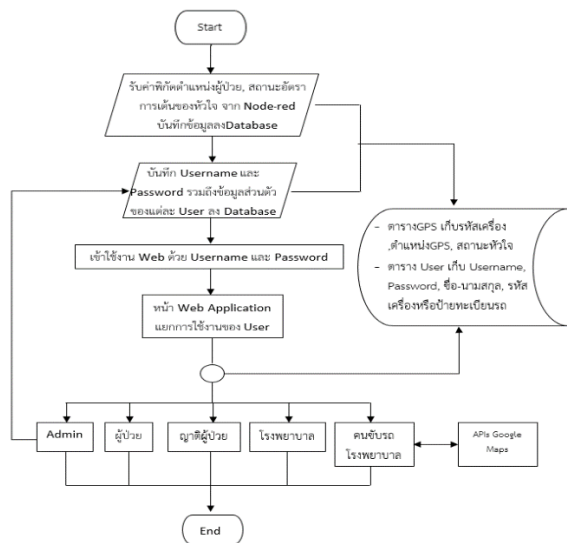
รูปที่ 11 แผนผังการทำงานส่วนการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชัน Line



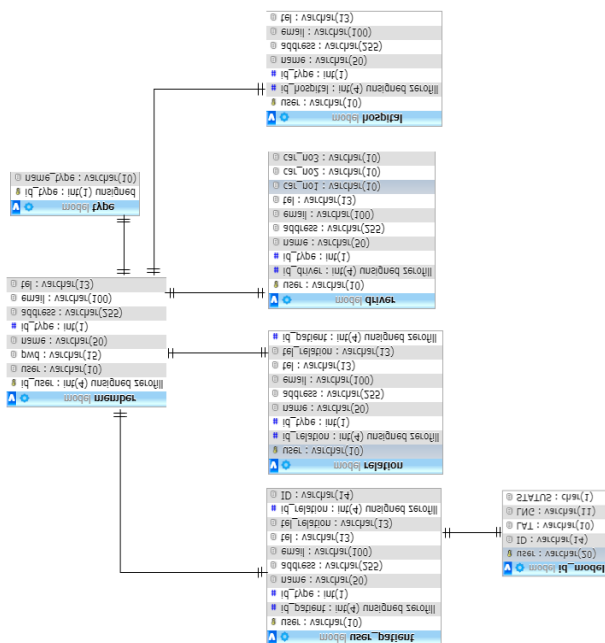
รูปที่ 12. แสดงการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน Line

D. การทำงานส่วนเว็บแอปพลิเคชัน

การทำงานในส่วนเว็บแอปพลิเคชัน จะนำค่าที่ได้จาก Node-red และผู้ดูแลระบบทำการสร้าง Username และ Password รวมถึงประเภทของผู้ใช้บันทึกลงในฐานข้อมูล (รูปที่ 14) ผู้ใช้จะเข้าระบบในส่วนเว็บแอปพลิเคชัน ด้วย Username และ Password ที่ผู้ดูแลระบบกำหนดให้ ระบบจะทำการจำแนกการใช้งานผู้ใช้ไว้ 5 แบบได้แก่ ผู้ป่วย ญาติผู้ป่วย โรงพยาบาล พนักงานขับรถฉุกเฉิน และผู้ดูแลระบบ ดังแสดงในรูปที่ 13,15 ซึ่งในส่วนของการพนักงานขับรถฉุกเฉินจะใช้ APIs Google Maps มาใช้ในการแสดงแผนที่ ดังรูปที่ 16

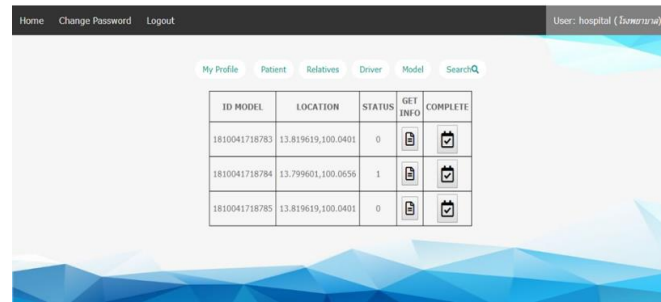


รูปที่ 13. แผนผังการทำงานส่วน เว็บแอปพลิเคชัน



รูปที่ 14 แสดง Entity Relationship Diagram ของระบบนี้

Wellcom To Emergency Medical Services.



รูปที่ 15 แสดงหน้าจอโรงพยาบาลแสดงข้อมูลที่ถูกส่งมาจากอุปกรณ์ของผู้ป่วย



รูปที่ 16. แสดงตำแหน่งของผู้ป่วยที่ปรากฏในส่วนของพนักงานขับรถฉุกเฉิน

จากผลการดำเนินงานพบว่าระบบสามารถให้บริการได้ดังนี้

1. ผู้ป่วยสามารถแก้ไขข้อมูลส่วนตัวได้ รวมถึงแก้ไขหมายเลขอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ได้
2. ญาติผู้ป่วยสามารถแก้ไขข้อมูลส่วนตัวและดูข้อมูลเบื้องต้นของผู้ป่วยได้
3. โรงพยาบาลสามารถแก้ไขข้อมูลรายละเอียดและเข้าถึงข้อมูลพิกัดตำแหน่งของผู้ป่วย ข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ป่วย ข้อมูลญาติผู้ป่วย และกำหนดหมายเลขรถฉุกเฉินให้กับคนขับรถได้
4. พนักงานขับรถฉุกเฉินสามารถดูและแก้ไขข้อมูลส่วนตัวเข้าถึงข้อมูลพิกัดตำแหน่งของผู้ป่วยและแสดงในแผนที่ Google map และค่าสถานะอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ป่วย
5. ผู้ดูแลระบบสามารถกำหนดสิทธิของผู้ใช้และหมายเลขอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ของผู้ป่วย

สรุปผลการวิจัย

จากผลการดำเนินงานพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถค้นหาตำแหน่งผู้ป่วย และการแจ้งเตือนไปที่แอปพลิเคชัน Line สามารถส่งการแจ้งเตือนไปที่ผู้รับตามที่กำหนดได้ เมื่อมีการกดปุ่มของผู้ป่วยข้อมูลจะถูกส่งมาที่ระบบที่พัฒนาขึ้น ก็ทำการแจ้งเตือนไปที่แอปพลิเคชัน Line ทันทีโดยข้อความที่ส่งไป และสามารถส่งข้อมูลเพื่อขอความช่วยเหลือไปที่โรงพยาบาลเพื่อให้ความช่วยเหลือได้ อย่างไรก็ตามที่ระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นเพียงต้นแบบที่จะนำไปพัฒนาต่อไปโดยมีข้อจำกัดดังนี้

1. ผู้ป่วย 1 คน ใช้อุปกรณ์ในการส่งข้อมูลได้แค่ 1 เครื่อง เนื่องจากอุปกรณ์ต้องใช้เซ็นเซอร์คอยรับค่าอัตราการเต้นของหัวใจยังไม่สามารถใช้ได้หลายเครื่อง
2. อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ต้องอยู่นอกอาคารหรือพื้นที่โล่งแจ้ง เพื่อให้ได้พิกัดตำแหน่งที่ถูกต้อง
3. เซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจยังมีผู้ผลิตไม่มากและยังไม่ได้เป็นแบบที่ใช้ทางการแพทย์ ทำให้ค่าที่วัดได้ไม่แม่นยำ รวมทั้งข้อจำกัดในการการติดตั้งเซ็นเซอร์บนตัวผู้ป่วย

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในอนาคต

1. ควรพัฒนาระบบให้สามารถเชื่อมต่อกับนาฬิกาอัจฉริยะ (Smart watch) ที่สามารถจะวัดสัญญาณชีพต่างๆได้
2. ควรพัฒนาอุปกรณ์ให้มีความเล็กกะทัดรัดและสามารถติดตั้งบนตัวผู้ป่วยได้
3. ควรพัฒนาให้ใช้ A-GPS (Assisted GPS) ในกรณีที่ผู้ป่วยอยู่ในอาคารเพื่อแก้ปัญหาสัญญาณ GPS
4. ควรพัฒนาให้สามารถเชื่อมต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] AIS Magellan, 2562, "AIS Magellan", [ออนไลน์], เข้าถึงได้: <https://เว็บ.aismagellan.io/userguide-platform>
- [2] Arduino IDE, 2559, "Arduino IDE", [ออนไลน์], เข้าถึงได้: <http://เว็บ.dekcomcr.com/blog/?p=104> GOOGLE MAP API คืออะไร, 2562, "GOOGLE MAP API คืออะไร", [ออนไลน์], เข้าถึงได้: <https://swiftlet.co.th/google-api-คืออะไร/>
- [3] GPS Module, 2561, "GPS Module", [ออนไลน์], เข้าถึงได้: <https://เว็บ.cartrack.co.th/gps-module>
- [4] Module GPS NEO-6M Ublox, 2560, "Module GPS NEO-6M Ublox", [ออนไลน์], เข้าถึงได้: <https://เว็บ.ioxhop.com/article/54/การใช้งานโมดูล-gps-ublox-neo-6m>
- [5] NB-IoT, 2561, "NB-IoT", [ออนไลน์], เข้าถึงได้: <https://เว็บ.techmoblog.com/nb-iot/>
- [6] Pulse Sensor Amped, 2562, "Pulse Sensor Amped", [ออนไลน์], เข้าถึงได้: <http://เว็บ.arduino.codemobiles.com/product/126/โมดูล-วัดชีพจร-pulse-sensor-amped-สำหรับ-ard>
- [7] Wiraphon Manatarinat, Suvit Poomrittigu, and Panjai Tantatsanawong, "e-Health Internet of Things Platform on Low Power Wide Area Network: A Case Study of Siriraj Hospital, Mahidol University", The International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC-2018) July 4-7, 2018, Bangkok, Thailand.
- [8] ศตวรรษ ศานต์ศิริประภา, 2557, GPS Tracking, ปรินทิพนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หน้า 31-45.
- [9] อานนท์ วิวรรณภิรักษ์, จิระพงศ์ ศรีอาคมยานนท์ และ ประวิทย์พงษ์ อัมประสงค์, 2550, เครื่องมือหาตำแหน่งวัตถุโดยระบบ GPS ผ่านเครือข่าย GSM, ปรินทิพนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, หน้า 34-37.