รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการการสร้างเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย (CMUgency) และเครื่องระบุพิกัด (CM-GPS)

ผู้วิจัย

รศ.ดร.นิพนธ์ ธีรอำพน สถาบันวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย แผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย (Spearhead) ด้านสังคม : แผนงานระบบบริการสุขภาพ โดย สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

ชื่อวิจัย: การสร้างเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย (CMUgency) และเครื่องระบุพิกัด (CM-GPS)

ISBN: 978-616-398-746-4

ผู้วิจัย: รองศาสตราจารย์ ดร. นิพนธ์ ธีรอำพน

บรรณาธิการ: รองศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ บุญเชียง
ดร.เสาวลักษณ์ เศรษฐีกุล
สุรภี ทานเคหาสน์
สุณิสา เสนาหวาน

ออกแบบและพิมพ์: อรุณวดี กรรมสิทธิ์

จัดทำโดย: หน่วยบริหารจัดการและส่งมอบผลลัพธ์ (ODU)
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่
โทรศัพท์ 0 5394 2504

พิมพ์ครั้งแรก: กันยายน 2565

พิมพ์ที่: บริษัทสายามพิมพ์นานา จำกัด
โทรศัพท์ 0 5321 6962

สนับสนุนโดย: สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ใช้ระเบียบการวิจัยและพัฒนา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย (CMUgency) และเครื่องระบุพิกัด (CM-GPS) ที่สามารถส่งข้อมูลเข้าเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านโครงข่ายโทรศัพท์มือถือที่เหมาะสมกับเทคโนโลยีในปัจจุบัน กระบวนการในการพัฒนาแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ 1) ระยะวิเคราะห์สถานการณ์ โดยวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐาน และเครื่องระบุพิกัดที่พัฒนาขึ้นในปีที่ 1 ร่วมกับบุคลากรทางการแพทย์ที่ปฏิบัติงานในแผนกอุบัติเหตุและฉุกเฉิน 2) ระยะดำเนินการ และ 3) ระยะประเมินผลเพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สายและเครื่องระบุพิกัดที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้คือ บุคลากรทางการแพทย์ที่ปฏิบัติงานในแผนกอุบัติเหตุและฉุกเฉิน โรงพยาบาลสันทราย ทำการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 10 คน

ผลจากการศึกษาปัญหาและความต้องการ พบว่า เครื่อง CMUgency และ CM-GPS ที่ได้พัฒนาขึ้นในรุ่นที่ 1 สามารถทำงานได้ดีร่วมกับแอปพลิเคชันและแพลตฟอร์ม CMUgency ที่สร้างไว้ได้อย่างดี แต่ยังพบปัญหาในการผลิต คือ ไม่สามารถหาแหล่งวัตถุดิบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รุ่นเดิมในตลาดได้ ดังนั้น ควรมีการปรับปรุงการส่งสัญญาณเพื่อระบุตำแหน่ง GPS ให้รวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น และผลิตหรือค้นหาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รุ่นใหม่ที่สามารถใช้งานแทนอุปกรณ์เดิม พร้อมปรับการวางแผงวงจร รวมถึงปรับปรุงซอฟต์แวร์ของเครื่องCMUgency ให้สามารถใช้งานร่วมกับแอปพลิเคชัน และแพลตฟอร์ม CMUgency เดิมที่ได้สร้างไว้แล้ว

การศึกษานี้ทำให้ได้เครื่อง CMUgency จำนวน 42 เครื่อง และเครื่อง CM-GPS จำนวน 10 เครื่อง ที่มีฟังก์ชั่นการทำงานเหมือนกับรุ่นที่ 1 และสามารถทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันและแพลตฟอร์ม CMUgency เดิมได้เป็นอย่างดีและได้ส่งมอบให้แก่ทีมการแพทย์ฉุกเฉิน โรงพยาบาลสันทราย อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อนำไปใช้งานในรถพยาบาลและรถฉุกเฉินของเครือข่ายต่อไป

คำสำคัญ: เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐาน, การสื่อสารแบบไร้สาย, เครื่องระบุพิกัด

Abstract

This research and development study aimed to develop a wireless basic vital sign monitoring device (CMUgency) and GPS tracking device (CM-GPS) that could transmit data to the Internet network via a mobile phone network suitable for today's technology. The development process was divided into 3 phases: 1) Situation analysis; analyzing the problems related to the use of the basic vital sign monitoring device and GPS tracking device developed in the first year together with medical personnel working in the Accident and Emergency Department, 2) Implementation, and 3) Evaluation. To test the functionality of the developed wireless basic vital sign monitoring device and GPS tracking device, the sample group in this study consisted of 10 medical personnel working in the Accident and Emergency Department of Sansai Hospital, all of whom were selected using purposive sampling.

The findings of the study showed that the first generation of CMUgency and CM-GPS operated well with CMUgency application and platform. However, there were still problems in the production process as the source for raw materials of the old electronic equipment could not be found on the market. Therefore, the signal transmission should be improved to make GPS tracking faster and more accurate and production or a search for new electronic devices that could replace the old ones should be carried out. Also, the placement of the circuit board should be adjusted and the CMUgency's software should be improved so that it became compatible with the existing CMUgency application and platform.

The study resulted in 42 units of CMUgency and 10 units of CM-GPS which had the same functionality as the first generation and

were highly compatible with the existing CMUgency application and platform. They were handed over to the emergency medical team of Sansai Hospital, San Sai District, Chiang Mai Province, for further use in ambulances and emergency vehicles in the network.

Keywords: Basic vital sign monitoring device, wireless, GPS

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	2
คำถามการวิจัย	2
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	3
กรอบแนวคิดการวิจัย	6
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	7
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	7
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	8
ขั้นตอนและวิธีการรวบรวมข้อมูล	13
บทที่ 4 ผลการวิจัย	15
ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปัญหาและการพัฒนาเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย และเครื่องระบุพิกัด	15
ส่วนที่ 2 เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย และเครื่องระบุพิกัด	16
ส่วนที่ 3 ประสิทธิผลของเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย และเครื่องระบุพิกัด และความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์	17
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	24
ข้อเสนอแนะ	25
เอกสารอ้างอิง	26

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่		หน้า
1	บอร์ดประมวลผล Raspberry Pi 4 4GB	8
2	สายชาร์จแบตเตอรีลิเทียมขนาด 12.6V 5A	8
3	แบตเตอรี Lithium iron phosphate (LiFePO4)	9
4	อุปกรณ์จัดการการชาร์จ BMS 3S 60A	9
5	วัดชีพจรและออกซิเจนในเลือดแบบ USB	10
6	อุปกรณ์ป้องกันแรงดันตกขนาด 12V	10
7	วงจรแปลงแรงดัน 5V เป็น USB port คู่	11
8	เครื่องวัดความดันโลหิต CONTEC 08A	11
9	โมดูล GPS G-Mouse	12
10	อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ต Huawei E8372h-155	12
11	วงจรแปลงแรงดัน 5V 3A เป็น USB Port เดี่ยว	13
12	เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย (CMUgency) รุ่นที่ 2	16
13	เครื่องระบุพิกัด (CM-GPS) รุ่นที่ 2	17

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	แสดงผลสำรวจความคิดเห็นบุคลากรทางการแพทย์ ในเครือข่ายแพทย์ฉุกเฉินของโรงพยาบาลสันทราย จำนวน 20 ท่าน	19

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในทางการแพทย์ สัญญาณชีพ (vital signs) เป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงการมีชีวิตของมนุษย์ การวัดสัญญาณชีพเป็นสิ่งพื้นฐานสำคัญที่ใช้ในการประเมินความปกติหรือความผิดปกติของร่างกายผู้ป่วย ประกอบด้วย อุณหภูมิร่างกาย (body temperature) ความดันโลหิต (blood pressure) อัตราการเต้นของหัวใจหรือชีพจร (heart rate or pulse) และอัตราการหายใจ (respiration rate) เครื่องวัดสัญญาณชีพที่ได้มาตรฐานเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญยิ่งที่จะช่วยให้บุคลากรทางการแพทย์สามารถนำมาใช้ในการประเมินอาการของผู้ป่วยได้อย่างเที่ยงตรงเพื่อนำไปสู่การรักษาที่ถูกต้องและเหมาะสม ในปีที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้ดำเนินโครงการวิจัยนำร่องโดยพัฒนาระบบ CMUgency เพื่อช่วยให้ผู้ปฏิบัติการฉุกเฉินและบุคลากรทางการแพทย์ที่อยู่ในเครือข่ายของโรงพยาบาลสันทรายสามารถรับรู้อาการเปลี่ยนแปลงของผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินได้อย่างทันท่วงทีและวางแนวทางการรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งประกอบด้วย 1) เครื่องวัดสัญญาชีพขั้นพื้นฐาน ได้แก่ การวัดค่าความดันโลหิต ชีพจร คลื่นไฟฟ้าหัวใจ (electrocardiography: EKG) และความอิ่มตัวของออกซิเจนในเส้นเลือด (oxygen saturation) ที่สามารถส่งสัญญาณได้แบบทันที (real-time) ผ่านระบบสื่อสารโทรคมนาคม เช่น โครงข่ายโทรศัพท์มือถือหรือไวไฟ (Wi-Fi) จำนวน 25 เครื่อง และ 2) อุปกรณ์ระบุพิกัด (GPS) ที่สามารถระบุตำแหน่งของรถพยาบาลฉุกเฉินแบบไร้สายผ่านระบบสื่อสาร จำนวน 10 เครื่อง จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่า ระบบ CMUgency ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานตามขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง และแอปพลิเคชันสามารถแสดงค่าที่ได้จากเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานและอุปกรณ์ระบุพิกัด บนรถพยาบาลฉุกเฉินได้อย่างถูกต้องและเป็นปัจจุบัน[1]

อย่างไรก็ตาม เมื่อนำเครื่องมือวัดสัญญาณชีพพื้นฐานและอุปกรณ์ระบุพิกัดไปใช้ในพื้นที่ห่างไกล พบว่าการส่งสัญญาณเข้าระบบคอมพิวเตอร์แม่ข่ายนั้นมีการขาดการติดต่อในบางช่วงของการเคลื่อนย้ายผู้ป่วย เนื่องจากการให้บริการอินเทอร์เน็ตของผู้ให้บริการ (Operator) ไม่ครอบคลุมในบางพื้นที่ อีกทั้งเครื่องวัด

สัญญาณชีพพื้นฐานยังมีการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ผ่านหน่วยประมวลผลสองชุด ซึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดในการทำงาน[1] ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความมุ่งมั่นในการพัฒนาเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย (CMUgency) และเครื่องระบุพิกัด (CM-GPS) ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและเหมาะสมกับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผู้ปฏิบัติการฉุกเฉินและบุคลากรทางการแพทย์ในจังหวัดเชียงใหม่สามารถนำไปใช้ได้อย่างครอบคลุมและเป็นแนวทางให้ผู้พัฒนานำไปใช้ในการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานที่สามารถส่งสัญญาณเข้าเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านโครงข่ายโทรศัพท์มือถือ

2. เพื่อพัฒนาระบบการระบุพิกัด (GPS) ที่สามารถส่งข้อมูลเข้าเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านโครงข่ายโทรศัพท์มือถือ

คำถามการวิจัย

1. เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานที่สามารถส่งสัญญาณเข้าเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านโครงข่ายโทรศัพท์มือถือและเหมาะสมกับเทคโนโลยีในปัจจุบันมีลักษณะเป็นอย่างไร

2. ระบบการระบุพิกัดที่สามารถส่งข้อมูลเข้าเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านโครงข่ายโทรศัพท์มือถือและเหมาะสมกับเทคโนโลยีในปัจจุบัน มีลักษณะเป็นอย่างไร

บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยและการพัฒนา (research and development) เพื่อพัฒนาเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย (CMUgency) และเครื่องระบุพิกัด (CM-GPS) การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ 1) ระยะวิเคราะห์สถานการณ์ 2) ระยะดำเนินการ และ 3) ระยะประเมินผล การทบทวนเอกสารและวรรณกรรมครอบคลุมเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับหลักการการประมวลผลสัญญาณและหลักเกณฑ์ในการพิจารณาค่าสัญญาณชีพ ดังนี้

สัญญาณชีพ (vital signs) เป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงการมีชีวิตของมนุษย์ รวมถึงความปกติหรือความผิดปกติของร่างกายของบุคคลนั้น ประกอบด้วย ความดันโลหิต (blood pressure) อัตราการเต้นของหัวใจหรือชีพจร (heart rate or pulse) อัตราการหายใจ (respiration rate) คลื่นไฟฟ้าหัวใจ(electrocardiography: EKG) และความอิ่มตัวของออกซิเจนในเส้นเลือด (oxygen saturation) ความดันโลหิตเป็นค่าสัญญาณชีพเบื้องต้นที่บ่งบอกถึงการทำงานของระบบไหลเวียนเลือดในร่างกาย โดยปกติการวัดค่าความดันโลหิตจะมี 2 ค่า คือ 1) ค่าความดันของเลือดสูงสุดขณะหัวใจห้องล่างบีบตัว (systolic blood pressure) และ 2) ค่าความดันของเลือดที่ต่ำสุดขณะหัวใจห้องล่างคลายตัว (diastolic blood pressure) ในภาวะที่มีความดันโลหิตปกติ จะมีค่าความดันของเลือดสูงสุดขณะหัวใจห้องล่างบีบตัว ประมาณ 120-130 มิลลิเมตรปรอท และค่าความดันของเลือดที่ต่ำสุดขณะหัวใจห้องล่างคลายตัวประมาณ 80-90 มิลลิเมตรปรอท แต่หากบุคคลนั้นอยู่ในภาวะความดันโลหิตสูง (hypertension) จะมีค่าความดันของเลือดสูงสุดขณะหัวใจห้องล่างบีบตัวและค่าความดันของเลือดที่ต่ำสุดขณะหัวใจห้องล่างคลายตัวมากกว่า 140 และ 90 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งเป็นภาวะที่ผิดปกติที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ[2] และหากบุคคลนั้นมีค่าความดันของเลือดสูงสุดขณะหัวใจห้องล่างบีบตัวและค่าความดันของเลือดที่ต่ำสุดขณะหัวใจห้องล่างคลายตัวน้อยกว่า 90 และ 60 มิลลิเมตรปรอท จะถือได้ว่ามีความโลหิตต่ำ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะช็อค (shock) ตามมา ซึ่งมักพบได้บ่อยในผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินที่มีอาการสาหัส หรือผู้ป่วยที่เสียเลือดมาก[3] ซึ่งหลักเกณฑ์ดังกล่าวควรนำมา

ประยุกต์ใช้ในเครื่องมือวัดสัญญาณชีพพื้นฐานเพื่อให้ส่งสัญญาณเตือนเมื่อค่าความดันโลหิตอยู่ในช่วงผิดปกติ

อัตราการเต้นของหัวใจ เป็นสิ่งที่แสดงถึงความเร็วในการบีบตัวของหัวใจห้องล่างซ้าย ซึ่งผู้ประเมินสามารถประเมินได้โดยการจับชีพจรที่เป็นแรงสะเทือนของกระแสเลือดบริเวณข้อมือหรือข้อพับแขน โดยปกติในผู้ใหญ่หรือผู้สูงอายุจะมีอัตราการเต้นของหัวใจหรือชีพจรประมาณ 60 -100 ครั้งต่อนาที แต่หากบุคคลนั้นมีอัตราการเต้นของหัวใจช้ากว่า 60 ครั้งต่อนาที หรือมากกว่า 100 ครั้งต่อนาที แสดงว่ามีการเต้นหัวใจช้ากว่าปกติ (bradycardia) หรือหัวใจเต้นเร็วผิดปกติ (tachycardia) ซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาทางสุขภาพตามมาเนื่องจากหัวใจไม่สามารถสูบฉีดเลือดและนำออกซิเจนไปเลี่ยงอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้อย่างเพียงพอ ซึ่งหลักเกณฑ์ดังกล่าวควรนำมาประยุกต์ใช้ในเครื่องมือวัดสัญญาณชีพพื้นฐานเพื่อให้ส่งสัญญาณเตือนเมื่อค่าอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วงผิดปกติ

การหายใจ (respiration rate) เป็นการสังเกตจังหวะและจำนวนครั้งในการหายใจเข้า-ออก โดยปกติในผู้ใหญ่หรือผู้สูงอายุจะมีอัตราการหายใจประมาณ 16-24 ครั้งต่อนาที แต่หากบุคคลนั้นมีอัตราการหายใจช้ากว่า 16 ครั้งต่อนาที หรือมากกว่า 24 ครั้งต่อนาที แสดงว่าอาจมีพยาธิสภาพในปอดหรือความผิดปกติต่าง ๆ ในร่างกาย ซึ่งหลักเกณฑ์ดังกล่าวควรนำมาประยุกต์ใช้ในเครื่องมือวัดสัญญาณชีพพื้นฐานเพื่อให้ส่งสัญญาณเตือนเมื่อค่าอัตราการหายใจอยู่ในช่วงผิดปกติ

ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดหรือค่าความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือด (Oxygen saturation) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนของร่างกายและประสิทธิภาพการทำงานของปอด โดยค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดปกติจะมีค่าระหว่างร้อยละ 95 -100 หากค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดต่ำกว่าช่วงที่กำหนดจะแสดงว่าผู้ถูกวัดมีภาวะความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดต่ำ (Hypoxemia)[4] ซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีที่ผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินไม่สามารถหายใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันเกิดขึ้นจากพยาธิสภาพของหัวใจหรือปอดได้รับความเสียหาย ซึ่งหลักเกณฑ์นี้ควรนำมาประยุกต์ใช้ในเครื่องมือวัดสัญญาณชีพพื้นฐาน

คลื่นไฟฟ้าหัวใจ เป็นอีกหนึ่งสัญญาณชีพที่สำคัญในการวิเคราะห์ภาวะของผู้ป่วยที่ประสบอุบัติเหตุ หรือผู้ป่วยที่มีภาวะการหายใจไม่ปกติ คลื่นไฟฟ้าหัวใจสามารถวัดแบบละเอียดได้ด้วยการวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบ 12 Lead มาตรฐาน (standard 12-Lead ECG) ซึ่งสามารถวัดได้ผ่านอิเล็กโทรดจำนวน 10 จุด (4 อิเล็กโทรดที่ตำแหน่ง RA, LL, LA, RL และ 6 อิเล็กโทรดที่ตำแหน่ง V1–V6) และคำนวณคลื่นไฟฟ้าหัวใจได้ 12 Lead ได้แก่ Lead I, II, III, aVF, aVR, aVL, V1, V2, V3, V4, V5 และ V6[5] โดยคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้มาในแต่ละ Lead นั้นสามารถใช้วิเคราะห์ผู้ป่วยในภาวะที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม การวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่นิยมมากที่สุดในการวัดผู้ป่วยในภาวะฉุกเฉิน คือ การวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ Lead II ซึ่งคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้มาจะมีลักษณะของ QRS complex P wave และ S wave ที่ค่อนข้างชัดเจน ในการประมวลผลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจในเบื้องต้นนั้น จะต้องมีการกำจัดสัญญาณรบกวน และสัญญาณแปลกปลอมต่าง ๆ ที่ปนเข้ามากับคลื่นไฟฟ้าหัวใจ เช่น คลื่นไฟฟ้าจากการขยับกล้ามเนื้อ คลื่นไฟฟ้าจากการขยับของอิเล็กโทรด หรือคลื่นสัญญาณรบกวนจากธรรมชาติ จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบวิธีการในการกำจัดสัญญาณแปลกปลอมต่าง ๆ ดังนี้

1. การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากคลื่นไฟฟ้าหัวใจด้วยการใช้ตัวกรองแบบปรับได้ (adaptive filter) ที่มีการอัพเดทสัมประสิทธิ์ในการปรับพจน์ด้วยการใช้ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองที่น้อยที่สุด (least mean square error: LMS) จากการศึกษาของ รามาน และคณะ[6] พบว่า ระเบียบวิธีดังกล่าว มีต้นทุนในการคำนวณน้อย นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มค่าอัตราส่วนกำลังระหว่างสัญญาณและสัญญารบกวน (signal to noise ratio: SNR) ได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยคุณสมบัติดังกล่าวจึงเหมาะแก่การนำไปใช้ในการประมวลผลแบบเวลาจริง

2. การกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการขยับของผู้ป่วยบนรถพยาบาลโดยประยุกต์ระเบียบวิธีดิสครีตเวฟเล็ตทรานสฟอร์ม (discrete wavelet transform: DWT) กับข้อมูลคลื่นไฟฟ้าหัวใจประเภท 3 Lead จากการศึกษาของโบรานิยา และ เครีย[7] พบว่า การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยเวฟเล็ตประเภท Symlet4 และ Bior6.8 สามารถกำจัดส่วนของความถี่ที่เกิดขึ้นจากการขยับตัวของผู้ป่วยได้ดีที่สุด

3. การกำจัดสัญญาณรบกวนจากการขยับและสัญญาณรบกวนเกาส์ จากการศึกษาของ แฮชฮิม และคณะ[8] พบว่า การปรับใช้กระบวนวิธีที่มีพื้นฐานจากการแปลงเวฟเล็ตและตัวกรองความถี่ต่ำและสูง (low pass filter and high pass filter) สามารถตัดสัญญาณรบกวนเกาส์และสัญญาณรบกวนที่เกิดจากความถี่ที่นอกเหนือจากพิสัยที่ต้องการได้

กรอบแนวคิดการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยและพัฒนาเพื่อพัฒนาเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย (CMUgency) และเครื่องระบุพิกัด (CM-GPS) ที่สามารถส่งข้อมูลเข้าเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านโครงข่ายโทรศัพท์มือถือและเหมาะสมกับเทคโนโลยีในปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว กระบวนการพัฒนาแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 ระยะการวิเคราะห์สถานการณ์โดยศึกษาปัญหาและพัฒนาต้นแบบเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานและระบบการระบุพิกัดพิจารณาร่วมกับเครื่องรุ่นแรก ระยะที่ 2 ระยะดำเนินการผลิตและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานและระบบการระบุพิกัด และระยะที่ 3 ระยะประเมินผล โดยประเมินประสิทธิภาพของการใช้เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานและระบบการระบุพิกัดโดยผู้ใช้งาน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยและการพัฒนา (research and development) เพื่อพัฒนาเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย (CMUgency) และเครื่องระบุพิกัด (CM-GPS) ที่สามารถส่งข้อมูลเข้าเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านโครงข่ายโทรศัพท์มือถือ โดยปรับปรุงจากเครื่องที่พัฒนาขึ้นในรุ่นที่ 1 จากนั้นทำการผลิต ทดสอบประสิทธิภาพ และส่งมอบให้โรงพยาบาลสันทราย อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อกระจายให้กับรถพยาบาลหรือรถฉุกเฉินในเครือข่ายต่อไป

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ บุคลากรทางการแพทย์โรงพยาบาลสันทราย

กลุ่มตัวอย่าง คือ บุคลากรทางการแพทย์ที่ปฏิบัติงานในแผนกอุบัติเหตุและฉุกเฉิน โรงพยาบาลสันทราย คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 10 คน โดยมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ คือ

1) ปฏิบัติงานในแผนกอุบัติเหตุและฉุกเฉิน โรงพยาบาลสันทราย
2) มีประสบการณ์ในการใช้เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย และเครื่องระบุพิกัดที่พัฒนาขึ้นในปีที่ 1
3) มีความสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานและระบบการระบุพิกัด ได้แก่

1. บอร์ดประมวลผล Raspberry Pi 4 4GB

ภาพที่ 1 บอร์ดประมวลผล Raspberry Pi 4 4GB

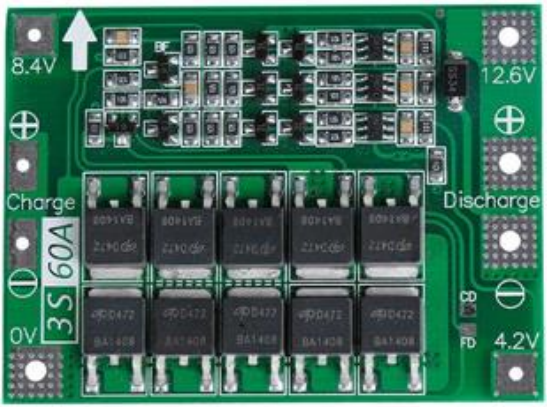
2. บอร์ดประมวลผล Raspberry Pi พร้อมพัดลม
3. สายชาร์จแบตเตอรีลิเทียมขนาด 12.6V 5A

ภาพที่ 2 สายชาร์จแบตเตอรีลิเทียมขนาด 12.6V 5A

4. แบตเตอรี Lithium iron phosphate ($LiFePO_4$)

ภาพที่ 3 แบตเตอรี Lithium iron phosphate (LiFePO4)

5. อุปกรณ์จัดการการชาร์จ BMS 3S 60A



ภาพที่ 4 อุปกรณ์จัดการการชาร์จ BMS 3S 60A

6. อุปกรณ์วัดชีพจรและออกซิเจนในเลือดแบบ USB

ภาพที่ 5 วัดชีพจรและออกซิเจนในเลือดแบบ USB

7. หน่วยประมวลผล Arduino Pro mini
8. อุปกรณ์ป้องกันแรงดันตกขนาด 12V

ภาพที่ 6 อุปกรณ์ป้องกันแรงดันตกขนาด 12V

9. วงจรแปลงแรงดัน 5V เป็น USB port คู่

ภาพที่ 7 วงจรแปลงแรงดัน 5V เป็น USB port คู่

10. เครื่องวัดความดันโลหิต CONTEC 08A

ภาพที่ 8 เครื่องวัดความดันโลหิต CONTEC 08A

11. โมดูล GPS G-Mouse

ภาพที่ 9 โมดูล GPS G-Mouse

12. อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ต Huawei E8372h-155

ภาพที่ 10 อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ต Huawei E8372h-155

13. วงจรแปลงแรงดัน 5V 3A เป็น USB Port เดี่ยว

ภาพที่ 11 วงจรแปลงแรงดัน 5V 3A เป็น USB Port เดี่ยว

ขั้นตอนและวิธีการรวบรวมข้อมูล

ในการรวบรวมข้อมูล ทีมผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นเตรียมการดำเนินการวิจัย

1. ประชุมทีมวิจัยเพื่อวางแผนการปรับปรุงระบบการทำงานของเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐาน รุ่นที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

2. วางแผนจัดหาวัสดุอุปกรณ์และผู้รับจ้างผลิตชิ้นส่วนประกอบสำหรับระบบระบุพิกัดและเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐาน

3. หาผู้รับจ้างผลิตแผงวงจรและจัดวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นวงจร

4. หาผู้รับจ้างออกแบบและผลิตกล่องบรรจุภัณฑ์ สำหรับบรรจุวงจรทั้งหมด รวมทั้งเจาะรูสำหรับพอร์ตสื่อสารต่าง ๆ และระบบ CMUgency

ขั้นดำเนินการวิจัย

1. ประชุมทีมวิจัยและทีมแพทย์ฉุกเฉินโรงพยาบาลสันทราย จำนวน 10 คน เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการในการพัฒนาเครื่องวัดสัญญาณชีพและอุปกรณ์ระบุพิกัดภายในรถพยาบาลฉุกเฉินของปีที่ 1

2. ทีมวิจัยนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาอุปกรณ์ระบุพิกัด (GPS) และเครื่องวัดสัญญาณชีพ CMUgency รุ่นที่ 2 โดยมีการปรับเปลี่ยนชิ้นส่วนบางชิ้นที่ไม่สามารถหาซื้อวัตถุดิบในท้องตลาดได้ เนื่องจากไม่มีการผลิตขาย

3. จัดทำแผงวงจรต้นแบบและจัดวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นวงจรต้นแบบของอุปกรณ์ระบุพิกัด (GPS)

4. จัดทำแผงวงจรต้นแบบและจัดวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นวงจรต้นแบบของเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐาน พร้อมทั้งออกแบบกล่องต้นแบบเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานให้มีความแข็งแรงคงทนมากขึ้น

5. ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ระบุพิกัด (GPS) และเครื่องวัดสัญญาณชีพ CMUgency รุ่นที่ 2 โดยทดสอบระบบการระบุพิกัดและการทำงานในฟังก์ชันต่าง ๆ

6. ประเมินประสิทธิภาพของการใช้เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานและระบบการระบุพิกัดโดยการตรวจสอบให้สามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันที่กำหนดไว้และสามารถใช้ร่วมกับแอปพลิเคชันและแฟลตฟอร์ม CMUgency ที่วางไว้ในปีที่ 1[1]

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย (CMUgency) และเครื่องระบุพิกัด (CM-GPS) รุ่นที่ 2 ซึ่งสามารถส่งข้อมูลเข้าเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านโครงข่ายโทรศัพท์มือถือเหมือนกับรุ่นแรก และมีปรับเปลี่ยนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์บางส่วนเพื่อส่งเสริมให้ระบบการทำงานภายในให้ดียิ่งขึ้น และรองรับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปัญหาและการพัฒนาเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย และเครื่องระบุพิกัด

ส่วนที่ 2 เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย และเครื่องระบุพิกัด รุ่นที่ 2

ส่วนที่ 3 ประสิทธิผลของเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย และเครื่องระบุพิกัด

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปัญหาและการพัฒนาเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สายและเครื่องระบุพิกัด

จากการสนทนากลุ่มระหว่างทีมนักวิจัยโครงการและทีมการแพทย์ฉุกเฉินของโรงพยาบาลสันทราย อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า เครื่อง CMUgency และเครื่อง CM-GPS รุ่นที่ 1 สามารถทำงานได้ดีร่วมกับแอปพลิเคชันและแพลตฟอร์ม CMUgency ที่สร้างไว้ได้อย่างดี แต่ยังพบปัญหาในการผลิตคือไม่สามารถหาแหล่งวัตถุดิบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รุ่นเดิมในตลาดได้ เนื่องจากเทคโนโลยีของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว

ทั้งนี้ ผู้เข้าร่วมประชุมได้เสนอให้

1. ปรับปรุงการส่งสัญญาณเพื่อระบุตำแหน่ง GPS ให้รวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น

2. ผลิตหรือค้นหาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รุ่นใหม่ที่สามารถใช้งานแทนอุปกรณ์เดิม พร้อมปรับการวางแผงวงจร รวมถึงปรับปรุงซอฟต์แวร์ของเครื่อง CMUgency ให้สามารถใช้งานร่วมกับแอปพลิเคชัน และแพลตฟอร์ม CMUgency เดิมที่ได้สร้างไว้แล้ว

ส่วนที่ 2 เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สายและเครื่องระบุพิกัด

เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย (CMUgency) รุ่นที่ 2 ที่พัฒนาขึ้นยังคงมีฟังก์ชันการทำงานเหมือนกับเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานฯ รุ่นที่ 1 ซึ่งสามารถวัดค่าสัญญาณชีพพื้นฐานของผู้ป่วยได้ 5 ค่า คือ ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ ชีพจร ความเข้มของออกซิเจนในเลือด และคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ค่าสัญญาณชีพต่าง ๆ ที่วัดได้จะถูกวัดประสิทธิภาพด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน โดยอุปกรณ์ที่ใช้อ้างอิงในการทดลอง คืออุปกรณ์ที่ได้รับมาตรฐานแล้วในท้องตลาด

ภาพที่ 12 เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย (CMUgency) รุ่นที่ 2

สำหรับเครื่องระบุพิกัด (CM-GPS) รุ่นที่ 2 ก็มีรูปแบบเหมือนกับเครื่องระบุพิกัด รุ่นที่ 1 ซึ่งค่าตำแหน่งที่ได้จากเครื่องระบุพิกัดรุ่นนี้ได้ถูกประเมินประสิทธิภาพในลักษณะเดียวกัน

ภาพที่ 13 เครื่องระบุพิกัด (CM-GPS) รุ่นที่ 2

ส่วนที่ 3 ประสิทธิผลของเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สายและเครื่องระบุพิกัดและความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์

เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย (CMUgency) จำนวน 42 เครื่อง และเครื่องระบุพิกัด (CM-GPS) จำนวน 10 เครื่อง นอกจากจะผ่านการทดสอบการวัดประสิทธิภาพเทียบกับอุปกรณ์ที่ได้รับมาตรฐานในท้องตลาดแล้ว ยังได้นำมาทดสอบว่าสามารถใช้ร่วมกันได้อย่างดีกับแอปพลิเคชันและแพลตฟอร์ม CMUgency ที่ถูกพัฒนาขึ้นในโครงการฯ ปีที่ 1 และถูกใช้งานจนถึงปัจจุบัน โดยเครือข่ายการแพทย์ฉุกเฉินของโรงพยาบาลสันทราย อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

จากการสำรวจความคิดเห็นบุคลากรทางการแพทย์ในเครือข่ายแพทย์ฉุกเฉินของโรงพยาบาลสันทราย จำนวน 20 ท่าน พบว่า ความคิดเห็นในเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานฯ ด้านสมรรถนะมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ร้อยละ

44.38 ด้านการส่งเสริมการทำงานบุคลากรทางการแพทย์ คะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ร้อยละ 55.00 ด้านความพึงพอใจในการใช้งานคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ร้อยละ 50.00 และด้านความเป็นไปได้ในการนำอุปกรณ์ไปใช้ในระดับประเทศ คะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ร้อยละ 55.00 และมีความคิดเห็นในเครื่องระบุพิกัด ด้านสมรรถนะมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ร้อยละ 47.00 ด้านการส่งเสริมการทำงานบุคลากรทางการแพทย์มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 60.00 ด้านความพึงพอใจในการใช้งานคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ร้อยละ 55.00 และด้านความเป็นไปได้ในการนำอุปกรณ์ไปใช้ในระดับประเทศ คะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ร้อยละ 45.00 ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลสำรวจความคิดเห็นบุคลากรทางการแพทย์ในเครือข่ายแพทย์ฉุกเฉินของโรงพยาบาลสันทราย จำนวน 20 ท่าน

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความความคิดเห็น					
		น้อย		ปานกลาง		มาก	
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
<u>เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานฯ</u>							
ด้านสมรรถนะ							
1	เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานฯ สามารถติดตั้ง เชื่อมต่อกับรถฉุกเฉินได้ง่ายและรวดเร็ว	1	5.00	13	65.00	6	30.00
2	เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานฯ สามารถใช้งานได้ง่าย	2	10.00	9	45.00	9	45.00
3	มีความสะดวกในการใช้งานขณะอยู่ในรถฉุกเฉินหน้าจอเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานฯ แสดงผลในรูปแบบเข้าใจง่าย มีความเป็นสากล สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน	2	10.00	9	45.00	9	45.00
4	เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานฯ มีรูปลักษณ์สวยงาม น่าใช้งาน	1	5.00	10	50.00	10	50.00

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความความคิดเห็น					
		น้อย		ปานกลาง		มาก	
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
5	เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานฯ มีขนาดรูปร่างที่เหมาะสม และแข็งแรง	3	15.00	8	40.00	11	55.00
6	เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานฯ สามารถประมวลผลและแสดงผลได้อย่างรวดเร็ว	3	15.00	10	50.00	7	35.00
7	เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานฯ สามารถประมวลผลค่าสัญญาณชีพฯ ได้อย่างถูกต้องตามความเป็นจริง	3	15.00	7	35.00	10	50.00
8	เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานฯ สามารถส่งค่าสัญญาณชีพฯ ไปยังโรงพยาบาลเป้าหมายได้ตามเวลาจริง (Real-Time)	5	25.00	6	30.00	9	45.00
	คะแนนเฉลี่ยด้านสมรรถนะ		10.63		45.00		44.38
ด้านส่งเสริมการทำงานบุคลากรทางการแพทย์							
9	ข้อมูลจากเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานฯ สามารถช่วยบุคลากรทางการแพทย์วินิจฉัยโรคหรือวางแผนการดูแลผู้ป่วยฉุกเฉินได้ดียิ่งขึ้น	0	0.00	10	50.00	10	50.00

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความความคิดเห็น					
		น้อย		ปานกลาง		มาก	
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
10	ข้อมูลจากเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานฯ สามารถช่วยให้การรับ-ส่งผู้ป่วย เมื่อถึงโรงพยาบาลปลายทางเป็นไปได้อย่างรวดเร็วหรือมีประสิทธิภาพมากขึ้น	2	10.00	6	30.00	12	60.00
คะแนนเฉลี่ยด้านส่งเสริมการทำงานบุคลากรทางการแพทย์			5.00		40.00		55.00
ด้านความพึงพอใจในการใช้งาน							
11	ความพึงพอใจของท่านต่อการใช้เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานฯ ในภาพรวมทั้งหมด	3	15.00	7	35.00	10	50.00
ด้านความเป็นไปได้ในการนำอุปกรณ์ไปใช้ในระดับประเทศ							
12	ท่านคิดว่ามีความเป็นไปได้ในการนำเครื่องวัดสัญญาณชีพฯ ไปใช้ในระบบการแพทย์ฉุกเฉินทั่วประเทศ	1	5.00	8	40.00	11	55.00

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความความคิดเห็น					
		น้อย		ปานกลาง		มาก	
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
<u>เครื่องระบุพิกัด</u>							
ด้านสมรรถนะ							
13	เครื่องระบุพิกัด สามารถติดตั้ง เชื่อมต่อกับรถฉุกเฉินได้ง่ายและรวดเร็ว	3	15.00	9	45.00	8	40.00
14	เครื่องระบุพิกัด สามารถใช้งานได้ง่าย มีความสะดวกในการใช้งานขณะอยู่ในรถฉุกเฉิน	2	10.00	9	45.00	9	45.00
15	เครื่องระบุพิกัด มีรูปลักษณ์สวยงามน่าใช้งาน	3	15.00	7	35.00	10	50.00
16	เครื่องระบุพิกัด มีขนาด รูปร่างที่เหมาะสม และแข็งแรง	1	5.00	10	50.00	9	45.00
17	เครื่องระบุพิกัด สามารถส่งตำแหน่ง GPS ได้อย่างถูกต้องตามความเป็นจริง	2	10.00	7	35.00	11	55.00
	คะแนนเฉลี่ยด้านสมรรถนะ		11.00		42.00		47.00

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความความคิดเห็น					
		น้อย		ปานกลาง		มาก	
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ด้านส่งเสริมการทำงานบุคลากรทางการแพทย์							
18	ข้อมูลตำแหน่ง GPS จากเครื่องระบุพิกัดสามารถช่วยให้การรับ-ส่งผู้ป่วย เมื่อถึงโรงพยาบาลปลายทางเป็นไปได้อย่างรวดเร็วหรือมีประสิทธิภาพมากขึ้น	4	20.00	12	60.00	4	20.00
ด้านความพึงพอใจในการใช้งาน							
19	ความพึงพอใจของท่านต่อการใช้เครื่องระบุพิกัดในภาพรวมทั้งหมด	2	10.00	7	35.00	11	55.00
ด้านความเป็นไปได้ในการนำอุปกรณ์ไปใช้ในระดับประเทศ							
20	ท่านคิดว่ามีความเป็นไปได้ในการนำเครื่องระบุพิกัด ไปใช้ในระบบการแพทย์ฉุกเฉินทั่วประเทศ	2	10.00	9	45.00	9	45.00

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and development) มีวัตถุประสงค์พัฒนาเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย (CMUgency) และเครื่องระบุพิกัด (CM-GPS) ที่สามารถส่งข้อมูลเข้าเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านโครงข่ายโทรศัพท์มือถือและเหมาะสมกับเทคโนโลยีในปัจจุบันในการพัฒนาเครื่อง CMUgency และ CM-GPS ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีการจัดประชุมทีมการแพทย์ฉุกเฉินของโรงพยาบาลสันทราย อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 10 คน เพื่อประเมินปัญหาและความต้องการในการพัฒนาเครื่อง CMUgency และ CM-GPS โดยพบว่า เครื่อง CMUgency และ CM-GPS ที่ได้พัฒนาขึ้นในรุ่นที่ 1 สามารถทำงานได้ดีร่วมกับแอปพลิเคชันและแพลตฟอร์ม CMUgency ที่สร้างไว้ได้อย่างดี แต่ยังพบปัญหาในการผลิตคือ ไม่สามารถหาแหล่งวัตถุดิบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รุ่นเดิมในตลาดได้ ดังนั้น ควรมีการปรับปรุงการส่งสัญญาณเพื่อระบุตำแหน่ง GPS ให้รวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น และผลิตหรือค้นหาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รุ่นใหม่ที่สามารถใช้งานแทนอุปกรณ์เดิม พร้อมปรับการวางแผงวงจร รวมถึงปรับปรุงซอฟต์แวร์ของเครื่อง CMUgency ให้สามารถใช้งานร่วมกับแอปพลิเคชันและแพลตฟอร์ม CMUgency เดิมที่ได้สร้างไว้แล้ว

จากข้อมูลที่ได้จากการประชุม ทำให้ผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่อง CMUgency และ CM-GPS รุ่นที่ 2 ที่ยังคงมีฟังก์ชันการทำงานเหมือนกับรุ่นที่ 1 และสามารถทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันและแพลตฟอร์ม CMUgency เดิมได้เป็นอย่างดี แม้จะมีการเปลี่ยนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ภายในเป็นอุปกรณ์รุ่นใหม่ที่สามารถจัดหาได้ในตลาดทดแทนวัตถุดิบรุ่นก่อนที่หยุดผลิตแล้ว โดยได้ผลิตเครื่อง CMUgency จำนวน 42 เครื่อง และเครื่อง CM-GPS จำนวน 10 เครื่อง และได้ส่งมอบให้แก่ทีมการแพทย์ฉุกเฉิน โรงพยาบาลสันทราย อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อให้กระจ่ายไปใช้งานในรถพยาบาลและรถฉุกเฉินของเครือข่ายต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการทดสอบเพื่อศึกษาประสิทธิผลของเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สาย และเครื่องระบุพิกัด เพื่อให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

2. ควรนำเครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานพร้อมการสื่อสารแบบไร้สายและเครื่องระบุพิกัดที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้ในหน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินอื่นเพื่อให้การบริการการแพทย์ฉุกเฉินก่อนถึงโรงพยาบาลมีคุณภาพเพิ่มขึ้นทั้งจังหวัดเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

1. นิพนธ์ ธีรอำพน และ คณะ. (2564). *เครื่องวัดสัญญาณชีพพื้นฐานและระบบการระบุพิกัดพร้อมการสื่อสารแบบไร้สายสำหรับรถพยาบาลฉุกเฉิน.* เชียงใหม่: หน่วยบริหารจัดการและส่งมอบผลลัพธ์ (ODU) คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. Messerli, Franz H., Bryan Williams, and Eberhard Ritz. "Essential hypertension." The Lancet 370.9587 (2007): 591-603.
3. Degoute, Christian-Serge. "Controlled hypotension." Drugs 67.7 (2007): 1053-1076.
4. Sarkar, Malay, N. Niranjan, and P. K. Banyal. "Mechanisms of hypoxemia." Lung India: official organ of Indian Chest Society 34.1 (2017): 47.
5. Society for Cardiological Science & Technology (SCST), Clinical Guidelines by Consensus: Recording a Standard 12-Lead Electrocardiogram, 2017.
6. Rahman, Muhammad Zia Ur, Rafi Ahamed Shaik, and DV Rama Koti Reddy. "Efficient and simplified adaptive noise cancelers for ECG sensor based remote health monitoring." IEEE Sensors Journal 12.3 (2011): 566-573.
7. Bhoraniya, Dixit V., and Rahul K. Kher. "Motion artifacts extraction using DWT from ambulatory ECG (A-ECG)." 2014 International Conference on Communication and Signal Processing. IEEE, 2014.
8. Hashim, Fakroul Ridzuan, et al. "Wavelet based motion artifact removal for ECG signals." 2012 IEEE-EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences. IEEE, 2012.