



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การพัฒนาอุปกรณ์เสริมควบคุมระยะไกลสำหรับเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ

Development of a remote control accessory for an infusion pump

เกียรติสิน กาญจนวนิชกุล^{1*} นพชัย คงเจริญ¹ ศิวณัทร ศรีโลหอ¹ ชวมัย ปินะเก² วไลพร ปักเคราะห์²

¹ หน่วยวิจัยการออกแบบกระบวนการและควบคุมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

² โรงพยาบาลมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

Kiattisin Kanjanawanishkul^{1*} Noppachai Khongcharern¹ Siwanut Sreelohor¹ Chawamai Phinage²
Walaiporn Pukkearaka²

¹ Research Unit of Process Design and Automation, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150

² Mahasarakham Hospital, Mahasarakham 44000

* Corresponding author.

E-mail: kiattisin.k @msu.ac.th; Telephone: 0 4375 4316

วันที่รับบทความ 26 กันยายน 2563; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 16 พฤศจิกายน 2563; ครั้งที่ 2 15 มกราคม 2564 ; วันที่ตอบรับบทความ 1 กุมภาพันธ์ 2564

บทคัดย่อ

ถึงแม้ว่าการกดปุ่มเพื่อตั้งค่าหรือสั่งการทำงานถูกนำมาใช้ในอุปกรณ์หลายชนิด แต่การควบคุมระยะไกล จะทำให้อุปกรณ์ใช้งานสะดวกขึ้น และเพิ่มความปลอดภัย เช่น อุปกรณ์นั้น ตั้งอยู่ในสถานที่ที่อันตรายหรือเข้าถึงไม่ได้ ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ การพัฒนาอุปกรณ์เสริมเมื่อติดตั้งเข้ากับอุปกรณ์หลักแล้วทำให้สามารถควบคุมอุปกรณ์หลักในระยะไกลได้ ในงานวิจัยนี้ อุปกรณ์หลัก คือ เครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับผู้ป่วยที่รักษาในห้องแยกเดี่ยว เช่น วัณโรค หรือ โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 อุปกรณ์เสริมที่พัฒนาขึ้นนี้ ช่วยขยายขอบเขตการใช้งานของอุปกรณ์หลักที่เป็นรุ่นเก่า ซึ่งทำให้ลดการซื้ออุปกรณ์หลักรุ่นใหม่ที่ควบคุมระยะไกลได้ อุปกรณ์เสริมนี้ ประกอบด้วย 5 ส่วน คือ ชุดยึดอุปกรณ์เสริมเข้ากับอุปกรณ์หลัก ตัวควบคุมพร้อมชุดกล้องทำหน้าที่ถ่ายทอดสดหน้าจอ เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ และควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เสริม กลไกการกดปุ่ม ตัวส่งแสงสำหรับตัวบ่งชี้สถานะหลอดไฟแอลอีดีของอุปกรณ์หลัก และ สมาร์ทโฟนสำหรับควบคุมระยะไกล ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นหน้าจอของอุปกรณ์หลักบนสมาร์ทโฟนและสามารถสัมผัสหน้าจอของสมาร์ทโฟนเพื่อควบคุมอุปกรณ์เสริมผ่านเครือข่ายไร้สาย ผลการทดลองพบว่า อุปกรณ์เสริมนี้สามารถติดตั้งร่วมกับเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำที่มีอยู่ในโรงพยาบาลได้เป็นอย่างดี อัตราการไหลสามารถปรับได้ในระยะไกล การแจ้งเตือน อัตราการไหล และ ตัวบ่งชี้สถานะหลอดไฟแอลอีดี ทั้งหมดสามารถมองเห็นได้จากหน้าจอของสมาร์ทโฟน ดังนั้น อุปกรณ์เสริมที่พัฒนาขึ้นนี้ จึงทำให้การทำงานของบุคลากรทางการแพทย์มีความสะดวกและปลอดภัยมากขึ้น

คำสำคัญ

การควบคุมระยะไกล อุปกรณ์เสริม โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ

Abstract

Although push buttons for settings or control are used in several devices, remote control can make them more convenience and improve safety, for example, those devices are located in dangerous areas or are inaccessible. Therefore, the objective of this research work is to develop an accessory that can be attached to a parent device, enabling it to be

controlled remotely. In this research work, the parent device is an infusion pump since it is used for patients who are treated in an isolation room, e.g., tuberculosis or COVID19. The developed accessory extends the capability of the old version, resulting in budget reduction for purchasing a new version with remote control. The accessory consisted of five parts: an attachment kit mounted to the parent device, a controller with a camera module used for live streaming, web server and process control of the accessory, a push-button pressing mechanism, a light transporter for an LED status indicator of the parent-device, and a smartphone for remote control. The user can see the display of the parent device on the smartphone and can touch the screen of the smartphone in order to control the accessory via a wireless network. The experimental results showed that the accessory was able to be attached to the existing infusion pump in the hospital properly. The flow rate was adjusted remotely. All alarms, flow rate and an LED status indicator can be seen via the screen of the smartphone. Thus, the accessory developed in this research work can make medical professionals' work more convenient and more secure.

Keywords

remote control; accessories; COVID19; infusion pumps

1. บทนำ

อุปกรณ์ที่ใช้งานทางด้านต่างๆ จำนวนมาก ใช้การกดปุ่มเพื่อตั้งค่าหรือสั่งการทำงาน ซึ่งปกตินั้น ผู้ใช้งานต้องกดปุ่มด้วยตนเองที่อุปกรณ์โดยตรง แต่ในบางครั้ง การควบคุมระยะไกลก็จะช่วยให้ผู้ใช้งานสะดวกในการควบคุมหรือสั่งงาน เช่น อุปกรณ์นั้น ตั้งอยู่ในสถานที่ที่อันตราย หรือ เข้าถึงค่อนข้างลำบาก ถึงแม้ว่า ในปัจจุบัน ผู้ผลิตได้พัฒนาให้อุปกรณ์ต่างๆ สามารถควบคุมได้ในระยะไกล แต่ก็ยังมีอุปกรณ์หลายประเภทที่ยังไม่มีความสามารถในส่วนนี้หรืออุปกรณ์เดิมที่ใช้อยู่ยังไม่มีความสามารถในส่วนนี้และผู้ใช้งานไม่ต้องการซื้ออุปกรณ์รุ่นใหม่ เนื่องจากมีราคาที่สูง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาอุปกรณ์เสริมที่สามารถติดตั้งเข้ากับอุปกรณ์หลักแล้วทำให้ผู้ใช้งานสามารถสั่งงานในระยะไกลได้ คณะผู้วิจัยได้ใช้กรณีศึกษาเป็นเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ (infusion pump)[1] ซึ่งเป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ใช้สำหรับการให้สารอาหารและยาทางหลอดเลือดดำ เมื่ออุปกรณ์ดังกล่าวติดตั้งกับผู้ป่วยแล้ว ในระหว่างการรักษาอาจจะต้องมีการปรับอัตราการไหลเพื่อให้เหมาะสมกับการรักษาในขณะนั้น แต่ในกรณีที่ผู้ป่วยนั้น อยู่ในห้องแยกเดี่ยว (isolation room) เช่น ผู้ป่วยวัณโรค หรือ โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 บุคลากรทางการแพทย์ต้องมีการป้องกันตัวเองเป็นพิเศษเนื่องจากมีความเสี่ยงในการติดเชื้อจากผู้ป่วยได้ อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายเนื่องจากอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (personal protective equipment) บางอย่างไม่สามารถใช้ซ้ำได้ เช่น ถุงมือยาง หน้ากากอนามัย เป็นต้น จากปัญหา

ดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาอุปกรณ์เสริมร่วมกับสมาร์ทโฟน เพื่อให้บุคลากรทางการแพทย์สามารถควบคุมเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำในระยะไกลได้ ซึ่งทำให้บุคลากรทางการแพทย์สะดวกและปลอดภัยยิ่งขึ้น

อุปกรณ์เสริมเพื่อควบคุมระยะไกลมีทั้งที่ขายเชิงพาณิชย์และงานวิจัย ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนในปัจจุบัน คือ บ้านอัจฉริยะที่ผู้ใช้สามารถสั่งงานอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ผ่านการควบคุมระยะไกล [2] หรือ การควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลเพื่อให้ได้ข้อมูลจากผู้สูงอายุ [3] สำหรับทางการแพทย์ เช่น Keil-Slawik และคณะ [4] ได้ทดสอบระบบ Telepathology โดยที่ภาพจากกล้องจุลทรรศน์ถูกส่งไปยังพยาธิแพทย์ที่อยู่ห่างไกลออกไป และ พยาธิแพทย์สามารถปรับกล้องจุลทรรศน์ผ่านปุ่มกด (keypad) ที่เครื่องของตนเอง เช่น การขยายภาพ การปรับโฟกัส การให้แสง เป็นต้น Ahlrichs และคณะ [5] ได้พัฒนาระบบเฝ้าติดตามสุขภาพของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน โดยติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติ และส่งข้อมูลไปยังผู้เชี่ยวชาญเพื่อที่จะปรับการให้ยาโดยจะส่งคำสั่งไปยังเครื่องให้ยาทางใต้ผิวหนัง (subcutaneous pump) ผ่านเครือข่ายไร้สาย

สำหรับเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ ถึงแม้ว่า ได้มีผู้ผลิตได้ผลิตรุ่นที่มีการควบคุมระยะไกลได้ เช่น บริษัท IRADIMED [6] ได้พัฒนาตัวควบคุมเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ (MRidium™ 3865) ที่สามารถทำให้ผู้ใช้งานสามารถเฝ้าติดตามและควบคุม MRidium MRI Infusion Pump Model 3860 จากระยะไกล

ผ่านการสื่อสารไร้สาย แต่ก็จะมีราคาเพิ่มสูงขึ้น ในส่วนของงานวิจัยที่ต้องการพัฒนาหรือปรับปรุงเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ เช่น Drumea และคณะ [7] ได้ปรับแก้เครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำให้สามารถควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ที่อยู่ระยะไกลได้ แต่เป็นการปรับแก้วงจรโดยตรง ทำให้กระทบกับอุปกรณ์เดิมที่มีอยู่และอาจจะมีผลต่อความปลอดภัยของผู้ป่วยได้

ตัวอย่างกรณีศึกษาถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการควบคุมระยะไกล เช่น Grossmann และคณะ [8] ได้พัฒนาระบบการเฝ้าติดตามระยะไกลและการควบคุมอุปกรณ์ให้ยาด้วยตนเอง (PCA infusion pump) จากระยะไกล โดยเซนเซอร์จะถูกติดตั้งกับตัวของผู้ป่วยเพื่อตรวจวัดสัญญาณชีพ ข้อมูลที่ได้ถูกส่งผ่านอินเทอร์เน็ตไปเก็บยังฐานข้อมูล แพทย์สามารถพิจารณาข้อมูลที่ได้ เพื่อตัดสินใจปรับค่าการให้ยาแก่ผู้ป่วยได้ทันทีจากระยะไกล

จากปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงพยาบาลและจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา คณะผู้วิจัยได้พิจารณาแนวทางในการแก้ปัญหาหลายแนวทาง โดยมีเงื่อนไขที่สำคัญ คือ ต้องใช้เครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำที่โรงพยาบาลมีอยู่แล้ว แนวทางที่พิจารณา เช่น การนำเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำมาไว้ด้านนอกของห้อง แต่ข้อจำกัดของแนวทางนี้ คือ ระยะทางค่อนข้างไกลและต้องมีการเจาะช่องเพื่อให้สายลอดผ่านมาได้ อีกแนวทางคือการแก้ไขวงจรภายในของเครื่อง แต่อาจจะกระทบต่อการประกันตัวเครื่องและความปลอดภัยของผู้ป่วย ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้นำเสนออุปกรณ์เสริมแบบติดตั้งเข้ากับตัวเครื่องเดิมแล้วส่งงานกลไกการกดปุ่มผ่านสมาร์ตโฟน จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ายังไม่มีผู้ใดนำเสนอมาก่อน ข้อดีของแนวทางนี้ คือ ไม่กระทบกับการทำงานของเครื่องและไม่มี การปรับแก้ห้องแยกเดี่ยว อุปกรณ์เสริมที่พัฒนาขึ้นนี้ จึงเป็นการขยายความสามารถของเครื่องรุ่นเก่า ทำให้ลดงบประมาณในการจัดซื้อเครื่องรุ่นใหม่ได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำเป็นเครื่องที่ควบคุมอัตราการไหล (ml/min) ของสารอาหารหรือ

ยาที่ให้ทางหลอดเลือดดำ ซึ่งต้องมีความแม่นยำแน่นอนของอัตราการไหลในระยะเวลาที่แพทย์กำหนด เครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำนี้ถูกใช้ในการดูแลรักษาผู้ป่วยทั้งในห้องดูแลผู้ป่วยหนัก (intensive care unit) และตามหอผู้ป่วยต่างๆ รวมทั้งในกรณีที่ผู้ป่วยสามารถควบคุมการให้ยาแก้ปวดด้วยตนเองเพื่อลดอาการปวด (Patient Controlled Analgesia, PCA) [9]

เครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำมีลักษณะโครงสร้างและขั้นตอนการทำงานแตกต่างไปตามแต่ละผู้ผลิตและรุ่น สำหรับงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้ใช้เครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำของบริษัท Terumo รุ่น TE-112 ดังรูปที่ 1 เนื่องจากถูกใช้อยู่ในโรงพยาบาลมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม



รูปที่ 1 เครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ รุ่น TE-112

ในระหว่างการรักษา บางครั้ง ต้องมีการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสารละลายหรือยาตามอาการของผู้ป่วย ซึ่งโดยปกติแล้ว บุคลากรทางการแพทย์จะเป็นผู้ปรับโดยการกดปุ่มบนตัวเครื่อง โดยมีขั้นตอน คือ

1. กดปุ่ม Start/Stop (หมายเลข 1 ในรูปที่ 1) เพื่อหยุดการทำงานของเครื่องและให้สังเกตตัวบ่งชี้สถานะหลอดไฟแอลอีดี (หมายเลข 2 ในรูปที่ 1) จะเป็นสีส้มกะพริบ
2. กดปุ่มเพิ่มหรือลด (หมายเลข 3 ในรูปที่ 1) เพื่อตั้งค่าอัตราการไหล

- กดปุ่ม Start/Stop อีกครั้ง เพื่อเริ่มการทำงานของเครื่อง สังเกตตัวบ่งชี้สถานะหลอดไฟแอลอีดีจะเป็นสีเขียวกะพริบ

แต่ในกรณีที่ผู้ป่วยติดเชื้อทางเดินหายใจและรักษาตัวอยู่ในห้องแยกเดี่ยว เช่น วัณโรค หรือ โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 นั้น ในการปรับอัตราการไหลของเครื่อง บุคลากรทางแพทย์ต้องมีการป้องกันตนเองเพื่อเข้าไปในห้องแยกเดี่ยว ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อจากผู้ป่วยได้ จึงเป็นที่มาของบทความวิจัยนี้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้สอบถามความต้องการของผู้ใช้งานในโรงพยาบาลมหาสารคาม ซึ่งสรุปได้ดังนี้

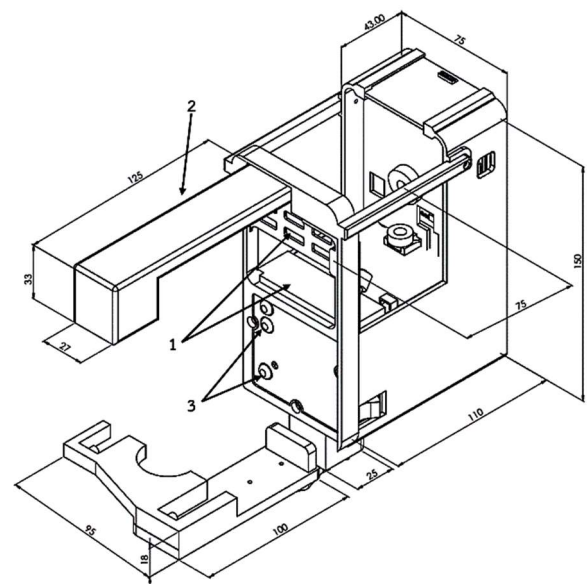
- 1) แหล่งจ่ายไฟสำหรับอุปกรณ์เสริมอาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับหรือจากแบตเตอรี่ก็ได้ แต่ควรจะมีควมยาวสายไฟอย่างน้อย 2 เมตร
- 2) สามารถมองเห็นหน้าจอของเครื่องรวมถึงสัญญาณแจ้งเตือนต่างๆ ได้
- 3) สามารถสั่งงานกดปุ่ม Start/Stop เพื่อหยุดการทำงานและเริ่มต้นการทำงานได้
- 4) สามารถเพิ่มลดอัตราการไหล ครั้งละ 1 หรือ 10 ได้
- 5) สามารถแสดงสถานะของเครื่องว่าทำงานอยู่หรือหยุด
- 6) ระยะห่างในการควบคุมควรมากกว่า 10 เมตร และเข้าถึงห้องแยกเดี่ยว
- 7) ควบคุมผ่านสมาร์ทโฟนได้
- 8) ราคาไม่สูง และ ติดตั้งด้วยตัวเองได้ง่าย
- 9) ขั้นตอนการใช้งาน คือ กดปุ่ม Start/Stop 1 ครั้งเพื่อหยุดการทำงาน แล้วทำการปรับค่าขึ้นหรือลง แล้วกดปุ่ม Start/Stop อีกครั้ง เพื่อเริ่มต้นทำงาน

จากความต้องการข้างต้น อุปกรณ์เสริมถูกพัฒนาขึ้นประกอบด้วย 5 ส่วน คือ ชุดยึดอุปกรณ์เสริมเข้ากับอุปกรณ์หลัก ตัวควบคุมพร้อมชุดกล่อง กลไกการกดปุ่ม ตัวส่งแสงสำหรับตัวบ่งชี้สถานะหลอดไฟแอลอีดีของอุปกรณ์หลัก และสมาร์ทโฟนสำหรับควบคุมระยะไกล โครงสร้างจากการออกแบบเป็นดังรูปที่ 2 ซึ่งจะถูกนำไปประกอบเข้าทางด้านหน้าของเครื่องที่มีอยู่ วงจรไฟฟ้าของทั้งระบบเป็นดังรูปที่ 3 ซึ่ง

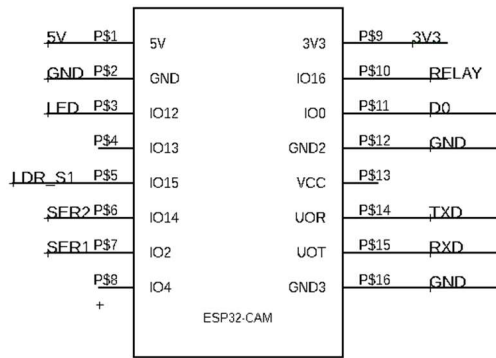
ประกอบด้วยตัวควบคุมหลัก คือ ESP32-CAM (รูปที่ 3(ก)) ใช้แหล่งจ่ายไฟจาก Adaptor แบบ Micro-USB (รูปที่ 3(ข)) พร้อมหลอดไฟแสดงผล มีชุดขับ Relay (รูปที่ 3(ค)) เพื่อควบคุมการจ่ายไฟให้กับมอเตอร์เซอร์โวทั้งสองตัว และหลอดไฟแอลอีดีแสดงสถานะพร้อมทำงาน (รูปที่ 3(ง)) รายละเอียดของแต่ละส่วนเป็นดังต่อไปนี้

3.1 ชุดยึดอุปกรณ์เสริมเข้ากับอุปกรณ์หลัก

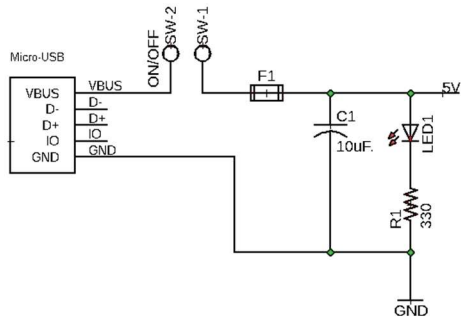
ชุดยึดอุปกรณ์เสริมเข้ากับอุปกรณ์หลัก ประกอบด้วย หน้ากาก (หมายเลข 1 ในรูปที่ 2) ซึ่งเป็นแผ่นที่มีช่องว่างบริเวณหน้าจอและส่วนแจ้งเตือนต่างๆ ของอุปกรณ์หลัก เพื่อให้กล่องในรูปที่ 5 ซึ่งอยู่ด้านหลัง สามารถถ่ายภาพได้ แกนประกอบ (หมายเลข 2 ในรูปที่ 2) ทำหน้าที่ยึดเข้ากับส่วนบนของอุปกรณ์หลัก โดยจะพาดเข้ากับส่วนบนอุปกรณ์หลักและยึดติดกับส่วนหน้ากากด้วยรอสลัก หน้ากากนี้ยังยึดติดกับโครงสร้างของกลไกการกดปุ่มในรูปที่ 6 และมีช่องว่าง (หมายเลข 3 ในรูปที่ 2) เพื่อให้กลไกการกดปุ่มสามารถกดปุ่มบนอุปกรณ์หลักได้ และเพื่อให้หน้ากากยึดติดแนบกับอุปกรณ์หลัก จะมีส่วนฐาน (หมายเลข 1 ในรูปที่ 4) ที่มีโครงสร้างที่สามารถแนบติดกับส่วนล่างของอุปกรณ์หลัก และมีตะขอเกี่ยวเพื่อล็อกเข้ากับส่วนฐานของอุปกรณ์เสริม (หมายเลข 2 ในรูปที่ 4) ตัวล็อกนี้ ทำให้อุปกรณ์เสริมไม่หลุดร่วง และยึดแน่นแข็งแรง ชิ้นส่วนของชุดยึดนี้ ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ



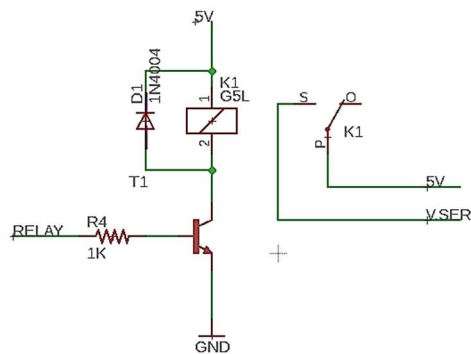
รูปที่ 2 โครงสร้างจากการออกแบบ



(ก)



(ข)

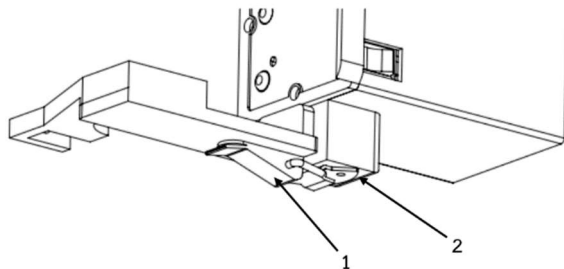


(ค)



(ง)

รูปที่ 3 วงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์เสริม



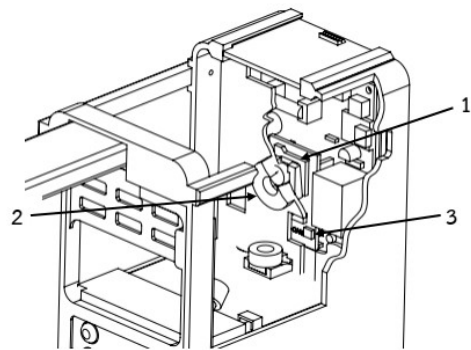
รูปที่ 4 ส่วนฐานของชุดยึดอุปกรณ์เสริมเข้ากับอุปกรณ์หลัก

3.2 ตัวควบคุมพร้อมชุดกล้อง

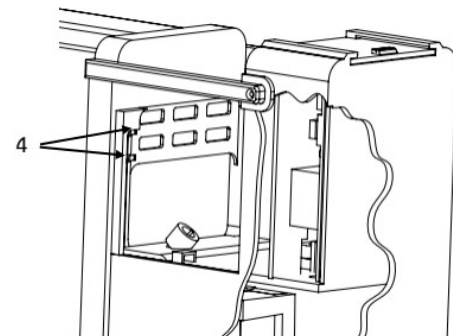
ตัวควบคุมพร้อมชุดกล้อง ทำหน้าที่ถ่ายทอดสดหน้าจอของอุปกรณ์หลักไปยังสมาร์ทโฟนของผู้ใช้งานผ่านเครือข่ายไร้สายแบบ WiFi พร้อมทั้งควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เสริมทั้งหมด ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่นี้คือ ESP32-CAM (หมายเลข 1 ในรูปที่ 5(ข)) ซึ่งใช้ ESP32 ร่วมกับกล้อง OV2640 ตัวควบคุม ESP32 สามารถรับส่งได้ทั้งสัญญาณ WiFi และ Bluetooth ในขณะที่ กล้อง OV2640 ใช้เซนเซอร์แบบ CMOS ความละเอียด 2 ล้านพิกเซล เลนส์มีระยะโฟกัสอยู่ที่ 3.6 มิลลิเมตร ผลิตโดยบริษัท OmniVision Technologies



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 5 ตัวควบคุมพร้อมชุดกล้อง (ก) ESP32-CAM (ข) ชุดกล้อง (ค) หลอดไฟแสดงสถานะ

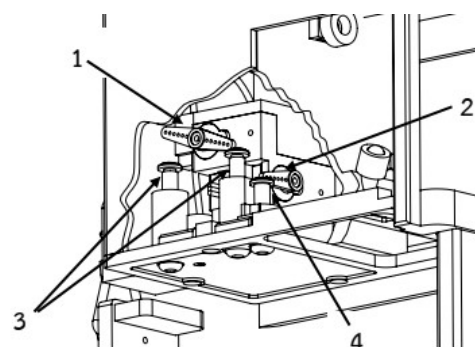
ในการติดตั้ง ระยะห่างระหว่างพื้นที่ในการมองและตำแหน่งกล้อง คือ 75 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระยะที่สามารถมองเห็นหน้าจอได้อย่างครอบคลุม คณะผู้วิจัยยังได้ออกแบบตัวยึดกล้อง (หมายเลข 2 ในรูปที่ 5(ข)) เพื่อให้ตัวกล้องอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและไม่ขยับเขยื้อน และได้มีการปรับระยะโฟกัสของเลนส์เพื่อให้ได้ภาพที่คมชัด ในกรณีที่แสงของสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม คณะผู้วิจัยใช้หลอดไฟแอลอีดี (หมายเลข 3 ในรูปที่ 5(ข)) ของบอร์ด ESP32-CAM ส่งไปยังหน้าจอ ผู้ใช้งานสามารถสั่งเปิดปิดหลอดไฟได้จากสมาร์ตโฟน นอกจากนี้ ยังมีหลอดไฟแสดงสถานะการทำงาน (หมายเลข 4 ในรูปที่ 5(ค)) ซึ่งจะสว่างเมื่อมีการจ่ายไฟและระบบพร้อมทำงาน

ในการติดตั้งเครือข่ายไร้สายแบบ WiFi คณะผู้วิจัยได้ใช้เราเตอร์ (router) ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 b/g/n 2.4 GHz เพื่อตั้งชื่อเครือข่ายไร้สาย (SSID) และได้กำหนด IP Address ให้กับอุปกรณ์เสริมแต่ละชุดเป็นแบบคงที่ (static) พร้อมทั้งยังได้สร้าง QR Code เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสแกนแล้วเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เสริมได้ทันที เครือข่ายนี้สร้างขึ้นเฉพาะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เสริมและสมาร์ตโฟนเท่านั้น

3.3 กลไกการกดปุ่ม

กลไกการกดปุ่มทำหน้าที่กดปุ่มบนตัวอุปกรณ์หลักตามคำสั่งที่ได้จากผู้ใช้งานทางสมาร์ตโฟน จากความต้องการของผู้ใช้ คือ กดปุ่ม Start/Stop 1 ครั้งเพื่อยุติการทำงาน แล้วทำการปรับค่าขึ้นหรือลง แล้วกดปุ่ม Start/Stop อีกครั้ง เพื่อเริ่มต้นทำงาน ดังนั้น ปุ่มที่ต้องถูกกดจะมีด้วยกัน 3 ปุ่ม ลักษณะของปุ่ม Start/Stop เป็นชนิด Press/Release ในขณะที่ปุ่มเพิ่มค่า (Up) และปุ่มลดค่า (Down) เป็นชนิด Repeat Delay คณะผู้วิจัย จึงได้ใช้มอเตอร์เซอร์โวรุ่น MG90S จำนวน 2 ชุด ชุดแรกใช้สำหรับกดปุ่มเพิ่มค่า (Up) ส่วนชุดที่ 2 สำหรับกดปุ่มลดค่า (Down) และ ปุ่ม Start/Stop เนื่องจากทั้ง 2 ปุ่มนี้ อยู่ใกล้กันและไม่ได้ทำงานพร้อมกัน ในการออกแบบดังแสดงในรูปที่ 6 จะมีแขนเซอร์โว (หมายเลข 1 สำหรับปุ่ม Down และ Start/Stop หมายเลข 2 สำหรับปุ่ม Up) ที่ต่อกับเพลาของมอเตอร์ เมื่อหมุนแล้วจะกดลงบนแท่งทรงกระบอก (หมายเลข 3 สำหรับปุ่ม Down และ Start/Stop หมายเลข 4 สำหรับปุ่ม Up) ซึ่งปลายอีกด้านจะเคลื่อนที่กดลงบนปุ่มของ

อุปกรณ์หลักผ่านทางช่องว่างในรูปที่ 2 (หมายเลข 3) ขนาดของมุมหมุนของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของกลไกการกด ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์เสริมและปุ่มของอุปกรณ์หลัก และระยะทางที่ปุ่มกดเคลื่อนที่จากตำแหน่งอิสระ (free position) ไปยังตำแหน่งทำงาน (operating position) จากการทดสอบพบว่ามุมที่เหมาะสม คือ ± 40 องศาเทียบกับตำแหน่งนิวทรัล (neutral position) ส่วนระยะเวลาในการกดมีผลต่อค่าที่เพิ่มหรือลด ซึ่งจะกล่าวต่อไปในผลการทดลอง

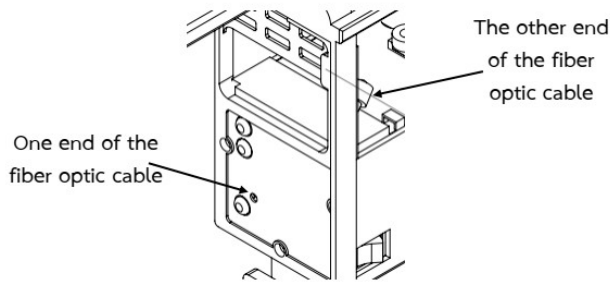


รูปที่ 6 กลไกการกดปุ่ม

3.4 ตัวส่งแสงสำหรับตัวบ่งชี้สถานะหลอดไฟแอลอีดีของอุปกรณ์หลัก

ตัวบ่งชี้สถานะหลอดไฟแอลอีดีของอุปกรณ์หลัก (หมายเลข 2 ในรูปที่ 1) มี 2 สี คือ แสงสีส้มกะพริบหมายถึงอุปกรณ์หยุดทำงาน และ แสงสีเขียวกะพริบหมายถึงอุปกรณ์ทำงานปกติ การกะพริบเกิดขึ้นทุกๆ ประมาณ 0.2 วินาที หรือ 5 Hz ชุดส่งแสงที่พัฒนาขึ้นนี้ ทำหน้าที่ตรวจจับแสงของตัวบ่งชี้สถานะหลอดไฟแอลอีดี ซึ่งอยู่ห่างจากหน้าจอของอุปกรณ์หลัก แล้วนำพาแสงนี้มาแสดงผลบริเวณหน้าจอ เพื่อให้สามารถถ่ายภาพได้ คณะผู้วิจัยได้ใช้ท่อใยแก้วนำแสงชนิดแสงออกปลาย (PMMA plastic end glow fiber optic cable) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร ยาว 20 เซนติเมตร ปลายด้านหนึ่งดังแสดงในรูปที่ 7 ติดตั้งใกล้กับตัวบ่งชี้สถานะหลอดไฟแอลอีดี (หมายเลข 2 ในรูปที่ 1) ปลายอีกด้านของท่อใยแก้วนำแสงถูกสวมเข้ากับท่อทรงกระบอกที่มีลูกแก้วขนาดเล็กดังแสดงในรูปที่ 7 เพื่อขยายขนาดของแสงให้ชัดเจนมากขึ้น มุมของท่อทรงกระบอกถูกปรับให้แสงจากท่อใยแก้วนำแสงตกกระทบบน

ยังกล้องเพื่อให้ได้ภาพของตัวบ่งชี้สถานะหลอดไฟแอลอีดีของอุปกรณ์หลัก ดังรูปที่ 8 ณ บริเวณมุมล่างซ้าย



รูปที่ 7 ท่อใยแก้วนำแสง ปลายด้านหนึ่งติดตั้งใกล้กับตัวบ่งชี้สถานะหลอดไฟแอลอีดี และปลายอีกด้านสวมเข้ากับท่อทรงกระบอก

3.5 สมาร์ทโฟนสำหรับควบคุมระยะไกล

ในการเขียนโปรแกรมสำหรับบอร์ด ESP32-CAM จะใช้โปรแกรม Arduino IDE เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เสริม และ เขียนโปรแกรมเพื่อให้บอร์ด ESP32-CAM ทำหน้าที่เป็น Video Streaming Server และ Web Server ซึ่งพัฒนาด้วย HTML, CSS และ Javascript

ในการควบคุมระยะไกล เมื่อเชื่อมต่อสมาร์ทโฟนเข้ากับเครือข่ายไร้สายที่กำหนดแล้ว ผู้ใช้งานเปิดใช้ Web Browser และพิมพ์หมายเลข IP Address ของอุปกรณ์เสริม ภาพจากบอร์ด ESP32-CAM และปุ่มควบคุม จะถูกแสดงบนหน้าจอของสมาร์ทโฟนดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ลักษณะหน้าจอบนสมาร์ทโฟน

จากหน้าจอดังกล่าว ผู้ใช้งานสามารถกดปุ่มบนหน้าจอตามลำดับการทำงานได้ดังนี้

- 1) กดปุ่ม Start/Stop 1 ครั้ง มอเตอร์เซอร์โวจะหมุนทำให้กลไกกดปุ่ม Start/Stop ของเครื่อง แล้วเคลื่อนที่กลับตำแหน่งเดิม ผู้ใช้งานสังเกตแสงหลอดไฟเป็นสีส้มกะพริบเพื่อบ่งบอกว่าเครื่องหยุดทำงาน
- 2) กดปุ่ม เพิ่มหรือลด ครั้งละ 1 (UP 1 หรือ DOWN 1) หรือ ครั้งละ 10 (UP 10 หรือ DOWN 10) มอเตอร์เซอร์โวจะหมุนทำให้กลไกกดปุ่ม UP หรือ DOWN ของเครื่องหมุนวนเวลาที่กำหนดไว้ แล้วเคลื่อนที่กลับตำแหน่งเดิม ผู้ใช้งานสังเกตค่าอัตราการไหลที่เปลี่ยนแปลงบนหน้าจอ
- 3) กดปุ่ม Start/Stop 1 ครั้ง มอเตอร์เซอร์โวจะหมุนทำให้กลไกกดปุ่ม Start/Stop ของเครื่อง แล้วเคลื่อนที่กลับตำแหน่งเดิม ผู้ใช้งานสังเกตแสงหลอดไฟเป็นสีเขียวกะพริบ เพื่อบ่งบอกว่าเครื่องเริ่มทำงาน

ผู้ใช้งานสามารถสั่งเปิดปิดหลอดไฟให้แสงสว่างได้ (หมายเลข 3 ในรูปที่ 5) ถ้าหากสภาพแวดล้อมมีแสงสว่างน้อยเกินไป นอกจากนี้ ผู้ใช้งานสามารถปรับตั้งค่าของความละเอียด (resolution) และคุณภาพ (quality) ของภาพที่ได้จากกล้องทั้งสองค่านี้ มีผลต่อลักษณะของภาพบนหน้าจอของสมาร์ทโฟนและความเร็วในการส่งภาพมาแสดงผล

4. ผลการทดลอง

จากการออกแบบ อุปกรณ์เสริมที่พัฒนาขึ้นเป็นดังรูปที่ 9 ซึ่งตัวโครงสร้างทำด้วยวัสดุ PLA ลักษณะการติดตั้งเป็นดังรูปที่ 10 คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองทั้งหมด 4 การทดลอง เพื่อใช้เลือกวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สร้างอุปกรณ์เสริมและใช้ในการเขียนโปรแกรม รวมถึงการนำไปใช้งานจริง โดยการติดตั้งเข้ากับเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ ณ โรงพยาบาลมหาสารคาม



รูปที่ 9 อุปกรณ์เสริมควบคุมระยะไกลสำหรับเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ



รูปที่ 10 การติดตั้งอุปกรณ์เสริมควบคุมระยะไกลเข้ากับเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ

4.1 ขนาดแรงกดของปั๊ม

แรงที่ใช้ในการปั๊มกดเพื่อให้ทำงาน (operating force) มีขนาดที่แตกต่างกันตามแต่ละชนิดของปั๊มกด เช่น 160 ± 50 gF หรือ 250 ± 100 gF เป็นต้น รวมถึงลักษณะการติดตั้งใช้งานและสภาพการใช้งานเนื่องจากปั๊มกดมีหน้าสัมผัสทางกลในการทดลองนี้ คณะผู้วิจัยได้ทดสอบปั๊มกดจำนวน 3 ปั๊มของเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำโดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine ดังรูปที่ 11 เครื่องดังกล่าว จะทำการกดลงบนปั๊มจนกระทั่งปั๊มที่ถูกกดทำงาน ทำการทดลองซ้ำจำนวน 10 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยแรงกดและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังตารางที่ 1



รูปที่ 11 การติดตั้งเครื่อง Universal Testing Machine เพื่อทดสอบแรงกด

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบแรงกด

ปั๊ม	แรง (gF)
Up	23.62 $\pm$ 1.69
Down	22.48 $\pm$ 4.20
Start/Stop	20.59 $\pm$ 4.13

จากตารางที่ 1 พบว่าแรงที่ใช้ในการกดทั้ง 3 ปั๊ม มีขนาดใกล้เคียงกัน ดังนั้น คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้มอเตอร์เซอร์โวรุ่น Tower Pro MG90S ซึ่งมีเฟืองทำจากโลหะ และมี Stall Torque 1.8 kgf-cm ที่ 4.8 V และ 2.2 kgf-cm ที่ 6 V ในการใช้งาน คณะผู้วิจัยใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 V จาก Adaptor แบบ Micro USB (รูปที่ 3(ข)) ระยะจากเพลลาของมอเตอร์ไปยังตำแหน่งการกด อยู่ที่ 13 มิลลิเมตร

4.2 การหน่วงเวลาในการกดและค่าการเพิ่มและลด

เนื่องจากระยะเวลาในการกดปั๊มเพิ่มหรือลดค้างไว้ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราการไหล ในการทดลองนี้ ค่าการหน่วงเวลา (delay) ถูกระบุในโปรแกรมของ ESP32-CAM โดยมีลำดับขั้นตอน คือ เมื่อสั่งให้มอเตอร์เริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งนิวทรัลไป 40 องศา เพื่อกดปั๊ม ค่าสั่งหน่วงเวลาเริ่มทำงานตามระยะเวลาในการหน่วง เมื่อครบตามเวลาดังกล่าว มอเตอร์ถูกสั่งให้เคลื่อนที่กลับสู่ตำแหน่งนิวทรัลอีกครั้ง จากขั้นตอนดังกล่าว ความเร็วของมอเตอร์เซอร์โวมีผลต่อระยะเวลาในการกดปั๊มค้าง ซึ่งสำหรับมอเตอร์เซอร์โวที่เลือกใช้นั้น มีความเร็วทำงานแบบไม่มีโหลด คือ 0.1 s/60 degrees ที่แรงดันไฟฟ้า 4.8 V และ 0.08 s/60 degrees ที่แรงดันไฟฟ้า 6.0 V

เนื่องจากการหน่วงเวลาที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปั๊มถูกกดนานขึ้น ค่าอัตราการไหลจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงทีละค่าไปเรื่อยๆ จนกว่าจะปล่อย แต่สำหรับกรณีการเพิ่มหรือลดถึง 10 ค่าแล้ว ถ้าหากยังคงกดค้างต่อเนื่อง ค่าที่เพิ่มหรือลด จะถูกปรับเป็นเพิ่มหรือลดในหลักสิบ ในการทดลองนี้ คณะผู้วิจัยจึงทำการทดสอบเพื่อหาระยะเวลาในการหน่วงที่ทำให้ค่าอัตราการไหลเปลี่ยนแปลงตามค่าที่ต้องการ เช่น ถ้าหากต้องการให้อัตราการไหลเพิ่มขึ้นอีก 5 ml/min ต้องตั้งค่าการหน่วงเวลาไว้เท่าใด ในการทดลองจะปรับค่าการหน่วงเวลาเพิ่มขึ้นครั้งละ 50 ms แล้วบันทึกค่าการหน่วงเวลาที่ทำให้ได้ค่าอัตราการไหลเพิ่มหรือลดตามค่าที่ต้องการ ผลการทดลองเป็นดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่าความสัมพันธ์ไม่ได้เป็นเชิงเส้นเนื่องจากมีเวลาที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของกลไกและการหน่วงเวลาของโปรแกรมในเครื่องหลักเอง

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างการหน่วงเวลาของการกดปุ่มค้างกับค่าอัตราการไหลที่เปลี่ยนแปลง

ค่าการเปลี่ยนแปลงที่ต้องการ	ช่วงการตั้งค่าการหน่วงเวลา (ms)	
	ปั๊มเพิ่มอัตราการไหล	ปั๊มลดอัตราการไหล
1	50 – 350	50 – 350
2	400 – 750	400 – 750
3	800 – 1050	800 – 1050
4	1100 – 1450	1100 – 1450
5	1500 – 1800	1500 – 1800
6	1850 – 2100	1850 – 2100
7	2150 – 2500	2150 – 2500
8	2550 – 2800	2550 – 2800
9	2850 – 3100	2850 – 3100
10	3150 – 4500	3150 – 4500

ในทางปฏิบัติ ค่าที่ผู้ใช้งานต้องการ คือ เพิ่มหรือลดครั้งละ 1 และ ครั้งละ 10 ซึ่งช่วงค่าการหน่วงเวลา คือ 50–350 ms และ 3150–4500 ms ตามลำดับ ถ้าตั้งค่าการหน่วงเวลาด้วยค่าต่ำ จะมีความเสี่ยงที่เกิดจากชุดกลไกทำงานล่าช้าได้ แต่ถ้าตั้งค่าการหน่วงเวลาสูงเกินไป จะทำให้ผู้ใช้งานต้องรอนานขึ้น ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้เลือกค่าการหน่วงเวลาโดยใช้ค่าการหน่วงเวลาค่าต่ำบวกเวลาอีก 150 ms นั่นคือ เพิ่มหรือลดครั้งละ 1 ใช้การหน่วงเวลา 200 ms และ เพิ่มหรือลดครั้งละ 10 ใช้การหน่วงเวลา 3300 ms เมื่อนำค่าทั้งสองกำหนดลงใน

โปรแกรมแล้วทดสอบการกดปุ่มบนหน้าจอสมาร์ทโฟน 10 ครั้ง พบว่าระบบทำงานได้ถูกต้องทุกครั้ง

4.3 ความละเอียดและคุณภาพของภาพ

การตั้งค่าความละเอียดและคุณภาพของภาพที่ได้จากกล้องมีผลต่อความเร็วและความคมชัดของภาพที่แสดงบนหน้าจอของสมาร์ทโฟน ความละเอียดที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย QVGA (320x240), CIF (352x288), VGA (640x480), SVGA (800x600), XGA (1024x768) ขณะที่คุณภาพของภาพ คือ คุณภาพของมาตรฐาน JPEG มีค่าระหว่าง 0 – 63 ค่า ยิ่งน้อยคุณภาพยิ่งดี ในการทดลอง ได้ใช้ 4 ค่า คือ 0, 10, 20, และ 30 คณะผู้วิจัยได้บันทึกข้อมูลจำนวนเฟรมต่อวินาที จำนวน 400 ค่า แล้วหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความละเอียด คุณภาพของภาพและจำนวนเฟรมต่อวินาที

ความละเอียด (pixel x pixel)	คุณภาพ	จำนวนเฟรมต่อวินาที
QVGA (320x240)	0	22.96 +/-4.29
	10	25.32 +/- 1.66
	20	25.36 +/-1.11
	30	25.43 +/-1.68
CIF (352x288)	0	13.69 +/-2.45
	10	25.73 +/-3.63
	20	25.60 +/-2.87
	30	25.44 +/- 1.92
VGA (640x480)	0	6.48 +/-1.10
	10	12.96 +/- 4.46
	20	12.89 +/- 3.44
	30	12.24 +/- 2.53
SVGA (800x600)	0	4.34 +/-0.79
	10	12.83 +/-2.44
	20	13.03 +/-4.34
	30	12.90 +/-3.26
XGA (1024x768)	0	1.72 +/-0.22
	10	6.42 +/-1.93
	20	6.53 +/-2.66
	30	6.52 +/-2.95

ตัวอย่างของภาพที่แสดงบนหน้าจอของสมาร์ทโฟนเป็นดังรูปที่ 12 สำหรับความละเอียด QVGA (320x240), CIF (352x288), VGA (640x480), SVGA (800x600) โดยกำหนดระดับคุณภาพของภาพ คือ 10

จากผลการทดลอง เมื่อความละเอียดเพิ่มขึ้น จำนวนเฟรมต่อวินาทีจะลดลง ในการเลือกจำนวนเฟรมต่อวินาทีที่เหมาะสม ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งานที่จะเห็นภาพที่ต่อเนื่องราบรื่น เมื่อกดปุ่มเพิ่มหรือลดอัตราการไหล และ เห็นการกะพริบของหลอดไฟแอลอีดี เมื่อใช้อัตราการสุ่ม 2 เท่าของความถี่การกะพริบ นั่นคือ 10 Hz แต่เนื่องด้วยมี Latency ของการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์เสริมและสมาร์ทโฟน ค่าที่ได้จากการใช้คำสั่ง ping มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 50-60 ms ค่าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 200 ms เมื่ออุปกรณ์เสริมและสมาร์ทโฟนอยู่ห่างจากเราเตอร์ประมาณ 5 เมตร ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงเลือกจำนวนเฟรมต่อวินาทีที่สูงขึ้น นั่นคือ มากกว่า 24 เฟรมต่อวินาที ซึ่งก็คือ ความละเอียด QVGA หรือ CIF



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 12 ตัวอย่างภาพที่แสดงบนหน้าจอของสมาร์ทโฟนโดยมีความละเอียด (ก) QVGA (320x240), (ข) CIF (352x288), (ค) VGA (640x480), (ง) SVGA (800x600)

ในกรณีที่เลือกความละเอียดเป็น CIF ตัวอย่างภาพที่แสดงบนหน้าจอของสมาร์ทโฟนเป็นดังรูปที่ 13 สำหรับระดับ

คุณภาพเป็น 0, 10, 20, และ 30 จากการสังเกตพบว่าคุณภาพเป็น 0 และ 10 มีความแตกต่างค่อนข้างน้อย แต่ระดับคุณภาพเป็น 20 และ 30 ภาพไม่ชัดจนอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้น ในการใช้งาน จึงได้กำหนดระดับคุณภาพเป็น 10



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 13 ตัวอย่างภาพที่แสดงบนหน้าจอของสมาร์ทโฟนโดยกำหนดระดับคุณภาพเป็น 0, 10, 20, 30 ตามลำดับ

4.4 การติดตั้งใช้งาน ณ โรงพยาบาล

คณะผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์เสริมที่พัฒนาขึ้นนี้ ติดตั้งเข้ากับเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำในห้องแยกเดี่ยว ณ โรงพยาบาลมหาสารคาม ดังรูปที่ 14 เมื่อผู้ใช้งานเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สายที่กำหนดไว้แล้ว ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นหน้าจอของเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำได้จากหน้าจอของสมาร์ทโฟนได้อย่างอัตโนมัติ และสามารถปรับค่าอัตราการไหลเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ โดยไม่ต้องเข้าไปปรับค่าด้วยตนเองในห้องแยกเดี่ยว ระยะห่างในการส่งงานผ่านสมาร์ทโฟนขึ้นอยู่กับเครือข่ายไร้สายและสิ่งกีดขวางระหว่างเราเตอร์ อุปกรณ์เสริม และ สมาร์ทโฟน คณะผู้วิจัยได้สอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ พบว่าได้รับความพึงพอใจที่สูง อย่างไรก็ตามอุปกรณ์เสริมดังกล่าวใช้ได้เฉพาะเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำของบริษัท

Terumo รุ่น TE-112 เท่านั้น ในการออกแบบสำหรับผู้ผลิตรายอื่นหรือรุ่นอื่นนั้น สามารถทำได้ แต่ต้องพิจารณาถึงวิธีการในติดตั้งอุปกรณ์เสริมเข้ากับอุปกรณ์หลัก ขั้นตอนการใช้งานของอุปกรณ์หลักเพื่อนำมาออกแบบและเขียนโปรแกรม



รูปที่ 14 การติดตั้งอุปกรณ์เสริมควบคุมระยะไกลเข้ากับเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ ณ โรงพยาบาลมหาสารคาม

5. สรุปผลการศึกษา

เพื่อให้เกิดความสะดวกและปลอดภัยแก่บุคลากรทางการแพทย์ในการใช้งานเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำที่ถูกติดตั้งในห้องแยกเดี่ยว คณะผู้วิจัยได้พัฒนาอุปกรณ์เสริมที่ทำให้บุคลากรทางการแพทย์สามารถปรับค่าอัตราการไหลของเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำได้ในระยะไกล โดยไม่จำเป็นต้องเข้าไปในห้องแยกเดี่ยว อุปกรณ์เสริมนี้ประกอบด้วย 5 ส่วน คือ ชุดยึดอุปกรณ์เสริมเข้ากับอุปกรณ์หลัก ตัวควบคุมพร้อมชุดกล่องกลไกการกดปุ่ม ตัวส่งแสงสำหรับตัวบ่งชี้สถานะหลอดไฟแอลอีดีของอุปกรณ์หลัก และ สมาร์ทโฟนสำหรับควบคุมระยะไกล ผลการทดสอบพบว่า อุปกรณ์เสริมสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันที่ได้ออกแบบ ความละเอียดของภาพอยู่ที่ CIF (352x288) ระดับคุณภาพของภาพ คือ 10 ซึ่งผู้ใช้งานสามารถมองเห็นหน้าจอของเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำได้อย่างชัดเจนและต่อเนื่อง อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบสถานะแจ้งเตือนและสถานะการทำงานได้ทันที

งานวิจัยในอนาคต คือ การพัฒนาอุปกรณ์เสริมในรูปแบบโมดูลเพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้กับเครื่องรุ่นอื่นๆ ได้สะดวกยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และขอขอบคุณบุคลากรทางการแพทย์ของโรงพยาบาลมหาสารคามที่ให้คำแนะนำและเสียสละเวลาในการทดสอบการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Vitoux R, Schuster C, Glover K. Perceptions of infusion pump alarms. *Journal of Infusion Nursing*. 2018;41(5): 309-318.
- [2] Moon Y, Kim D, Jang W, Lee S. A study of remote control for home appliances based on M2M. In: Kim T, Ma J, Fang W, Zhang Y, Cuzzocrea A. (eds) *Computer Applications for Database, Education, and Ubiquitous Computing*. Heidelberg, Springer; 2012. pp. 198-203.
- [3] Seelye AM, Wild KV, Larimer N, Maxwell S, Kearns P, Kaye JA. Reactions to a remote-controlled video-communication robot in seniors' homes: A pilot study of feasibility and acceptance. *Telemedicine Journal and E Health*. 2012;18(10): 755-759.
- [4] Keil-Slawik R, Plaisant C, Shneiderman B. Remote direct manipulation: A case study of a telemedicine workstation. *Proceedings of the 4th international conference on Human-Computer Interaction (HCI)*, 1-6 September 1991, Stuttgart.
- [5] Ahlrichs C, Samà A, Simon JR, Herrlich S, Rodriguez- Molinero A. Help: optimizing treatment of Parkinson's disease patients. *Proceedings of the 3rd International Conference on the Elderly and New Technologies*, 18- 20 April 2012, Castellón, Spain.
- [6] IRadimed Corporation. Introducing the 3860+ MRI IV infusion pump system. Available from:

<http://www.iradimed.com/en-us/products/mridium3860> [Accessed 26th September 2020].

- [7] Drumea A, Vasile A, Vulpe V, Svasta P. Remote control module for infusion pump medical device. *Proceedings of the 30th International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE)*, 9-13 May 2007, Cluj-Napoca, Romania. IEEE; 2007. p. 517-520.
- [8] Grossmann U, Schiessl C, Jatoba L, Ottenbacher J, Stork W, Mueller-Glaser K. Securely control infusion pumps via Internet for efficient remote therapy of pain. In: Magjarevic R, Nagel JH (eds) *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006*. Berlin Heidelberg, Springer; 2007. p. 421—423.
- [9] สาธิต นฤภัย, กุลยนาท ผ่องแผ้ว, สมศักดิ์ จันทมาศ, ศักดิ์ชาย ท่าทราย, จิรัชย์ สมนึกขวัญดี. การประเมินประสิทธิภาพด้านการใช้งานชุดนำสารละลายที่ใช้กับเครื่องปั๊มของเหลวเข้าสู่ร่างกาย. รายงานการวิจัยกรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข, 2555. เข้าถึงได้จาก: <http://medi.moph.go.th/km/iv/> [เข้าถึงเมื่อ 26 กันยายน 2563].