

ระบบล็อกโซ่ความเย็นแบบไอโอทีพร้อมแอปพลิเคชันสำหรับวัคซีน ยา และเวชภัณฑ์

IoT cold chain system for vaccine medicines and medical supplies with application

พิเชษฐ กันทะวัง^{1*} ชัชวาลย์ แข่งขัน¹ มณฑนา บุคย์เมือง² ปชนน อนุพงศานุกุล² ปกรณ์ เสรีเผ่าวงศ์¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย 063-7188760 pichet_k55@rmutl.ac.th*

² โรงพยาบาลแม่ลาว ตำบลจอมหมอกแก้ว อำเภอมะนัง จังหวัดเชียงราย

บทคัดย่อ

จากวิกฤตการระบาดของโรคโควิด-19 ในช่วงปี พ.ศ.2563 ซึ่งเป็นปัญหาทางด้านสุขภาพในระดับโลก และยังมีผลกระทบต่อประเทศไทยทั้งด้านสังคมและเศรษฐกิจจนถึงปัจจุบัน โดยรัฐบาลได้ดำเนินการจัดหาวัคซีนซึ่งจะต้องมีระบบจัดเก็บวัคซีนและยา ตามมาตรฐานการดำเนินงานด้านคลังและการเก็บรักษาวัคซีน โดยจำเป็นต้องมีระบบล็อกโซ่ความเย็นเพื่อเป็นเครื่องมือที่จะทำให้วัคซีนอยู่ในอุณหภูมิที่ถูกต้องเหมาะสมตลอดเวลาทั้งในขณะจัดเก็บและขนส่ง ซึ่งหากไม่มีระบบที่ดีพอหรือชำรุด อาจส่งผลให้เกิดปัญหาการเสื่อมสภาพของวัคซีน ยา และเวชภัณฑ์ ก่อนการใช้งานซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการป้องกันและรักษาโรคด้วย ตลอดจนเหตุผลด้านการบริหารวัคซีนในคลังเก็บของสถานพยาบาล จึงต้องมีแอปพลิเคชันช่วยคุมบัญชีการเบิก-จ่ายเพื่อทวนสอบการใช้งานวัคซีน จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าวจึงเกิดความร่วมมือทางวิชาการในการใช้งานนวัตกรรมระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย กับสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงราย ที่มีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลในพื้นที่ของโรงพยาบาลชุมชน(อำเภอ) และโรงพยาบาลศูนย์จังหวัดเชียงราย

โดยระบบล็อกโซ่ความเย็นนี้ ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ ESP32 ร่วมกับเซนเซอร์ DS18B20 ตรวจวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส อีกทั้งเซ็นเซอร์ SHT45 ตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ แบบไม่สัมผัส แสดงผลทางจอภาพผลึกเหลวแบบกราฟฟิก LVGL เก็บข้อมูลในฐานข้อมูล Google Sheet ด้วย APP Sheet ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง ที่เป็นกลไกสำคัญ ทำให้สามารถตรวจสอบข้อมูลได้อย่างเป็นปัจจุบัน พร้อมด้วยระบบแจ้งเตือนอย่างทันเวลาทางเครือข่ายสังคมออนไลน์ Telegram ประกอบกับแอปพลิเคชัน การเบิก-จ่าย วัคซีน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ แบ่งเป็นการทดสอบแอปพลิเคชันฯ และฮาร์ดแวร์ โดยการเทียบกับค่าอุณหภูมิของเครื่องมือวัดสอบเทียบเครื่องมือวัดมาตรฐาน ซึ่งการทดสอบค่าอุณหภูมิของฮาร์ดแวร์ มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.48°C ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 1%RH ติดตั้งทดสอบ ที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล โรงพยาบาลแม่ลาว โรงพยาบาลป่าแดด จากการประเมินความพึงพอใจด้วยแบบประเมินความพึงพอใจ พบว่าแอปพลิเคชันมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง (เฉลี่ย 2.8) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.174 และ ฮาร์ดแวร์มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (เฉลี่ย 4.22) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.162 ส่วนคลังเลือด ระดับมาก (เฉลี่ย 4.01) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.70

คำสำคัญ: ล็อกโซ่ความเย็น วัคซีน เวชภัณฑ์ อินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง

Abstract

The COVID-19 pandemic crisis in 2019, which was a global health issue and had a long term impacted Thailand socially and economically, the government has undertaken the procurement of vaccines. There must be a vaccine storage management system and medication handling accordance with the operational standards of warehousing and vaccine preservation. A cold chain system is necessary to ensure that vaccines are kept at the proper temperature at all times, both during storage and transportation. If the system is not sufficiently effective of become damaged it may lead to degradation issues of the vaccines, medicines, and medical supplies before use, which would diminish their effectiveness in preventing and treating diseases. Additionally, in terms of vaccine management in healthcare facilities' warehouses, an application is needed to assist with the accounting for the dispensing of vaccines and tracking their usage. Due to the significance of these issues, an academic collaboration was perform between RMUTL and the Chiang Rai Provincial Public Health Office, which includes all hospital in Chiang Rai province.

The cold chain system is controlled by an ESP32 microcontroller interfaced with a DS18B20. SHT45. LVGL LCD and stored in a Google Sheet database by APP Sheet application through IoT technology, which is a key mechanism that allows for notify via the Telegram and mobile applications.

The performance tests of the system by testing of the application and hardware calibrated with (UT333BT). The temperature error 0.48°C by averaged, with relative humidity error 1% RH by average. The installation was tested in hospitals. With the satisfaction survey, the application has a moderate level of satisfaction 2.8 by average standard deviation of 0.174 and hardware has a high level of satisfaction 4.22 by average standard deviation of 0.162. and Blood Bank has high level of satisfaction 4.01 by average standard deviation of 0.70

Keywords: Cold chain ,vaccines , medical supplies, IoT

1. บทนำ

จากวิกฤตโรคระบาดโคโรนาไวรัส (COVID-19) 19 ที่ทั่วโลกและประเทศไทยได้เผชิญปัญหาการแพร่ระบาดของไวรัสในปี พ.ศ.2563 มาจนถึงปัจจุบัน ดังนั้น องค์การอนามัยโลก WHO ได้มีมาตรการรับมือโรคระบาดด้วยวัคซีน เช่น Sinovac AstraZeneca ,Pfizer ,Johnson and Johnson ,Moderna,Sinopharm ฯลฯ ในการนี้รัฐบาลไทยได้กำหนด มาตรฐานการดำเนินงานด้านคลังและการเก็บรักษาวัคซีน ตลอดจนการขนส่ง วัคซีน ยา และเวชภัณฑ์ ด้วยเครื่องมือที่สำคัญอย่างระบบลูกโซ่ความเย็น ซึ่งต้องทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำเพื่อคงประสิทธิภาพของวัคซีน ยา และเวชภัณฑ์ เพื่อประสิทธิผลในการป้องกันและรักษา ด้วยเหตุผลต่างๆเหล่านี้จึงก่อให้เกิดการบูรณาการองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตประสาทรพสิ่ง เช้ากับงานบริการทางการแพทย์ มีประโยชน์ช่วยให้ลดความสูญเสียอันเกิดจากการเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิที่ถูกควบคุมและดูแลอย่างถูกต้องเหมาะสมแม่นยำตามหลักวิชาการ โดยความร่วมมือของ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงราย กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย ดำเนินงานคิดค้นออกแบบจัดทําระบบลูกโซ่ความเย็น เพื่อเตรียมติดตั้งยังโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล จำนวน 200 แห่ง และโรงพยาบาลชุมชน(อำเภอ) 18 แห่ง และโรงพยาบาลศูนย์เชียงรายประชานุเคราะห์ รวมทั้งสิ้น 800 ชุด โดยแบ่งออกเป็น 4 รุ่นให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในการทำงานของแต่ละจุดติดตั้ง และยังได้วางระบบการซ่อมบำรุง รับรองการสอบเทียบวัด และทวนสอบความถูกต้องแม่นยำของอุปกรณ์การวัดในระบบลูกโซ่ความเย็นดังกล่าวตลอดระยะเวลาการดำเนินงานโครงการ เป็นระยะเวลา 12 ปีโดยการมอบสิทธิ์ในการใช้ผลงานนวัตกรรม เพื่อการบริการทางวิชาการให้เกิดผลสัมฤทธิ์ต่อการให้บริการทางการแพทย์อย่างเป็นรูปธรรมแท้จริง อันเป็นเป้าหมายของงานวิจัยชิ้นนี้

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 มาตรฐานและคู่มือ การให้บริการทางการแพทย์

มาตรฐานการดำเนินงานสร้างภูมิคุ้มกันโรค[11] กำหนดให้มีและใช้เอกสาร คู่มือการบริหารจัดการวัคซีนและระบบลูกโซ่ความเย็น[8] ร่วมกับมาตรฐานการดำเนินงานด้านคลังและการเก็บรักษาวัคซีน[10] กับ ตำราวัคซีนและการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค[9] ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการดำเนินงานระบบลูกโซ่ความเย็นระบุว่า ต้องเก็บรักษาวัคซีนแต่ละประเภทให้อยู่ในอุณหภูมิระดับ 2°C - 8 °C สำหรับวัคซีนเชื้อตาย และถูกเก็บรักษาในระดับ -15°C ถึง -25°C สำหรับวัคซีนเชื้อเป็นอ่อนฤทธิ์ ส่วนยาในคลังยาถูกเก็บในอุณหภูมิห้อง 25°C สำหรับโลหิตนั้นศูนย์บริการโลหิต สภากาชาดไทย มีมาตรฐานธนาคารเลือดและงานบริการโลหิต[12] กำหนดให้ถูกเก็บรักษาในระดับ 2°C - 8°C ดังข้อมูลในรูปที่ 1 สำหรับอวัยวะต้องถูกเก็บรักษาในอุณหภูมิคงที่ระดับ 0°C-4°C โดยไม่สัมผัสความเย็นโดยตรงขณะขนส่งเคลื่อนย้าย และเวชภัณฑ์น้ำยาและสารละลาย ให้เก็บรักษาในอุณหภูมิระดับ 4°C ตามมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงานดังกล่าวเหล่านี้ได้นำมาใช้เป็นข้อควรคำนึงในการออกแบบระบบลูกโซ่ความเย็น

เกณฑ์อุณหภูมิมาตรฐานในการจัดเก็บและขนส่งโลหิตและตัวอย่างโลหิต		
รายการ	ช่วงอุณหภูมิมาตรฐาน (°C)	
	การจัดเก็บ	การขนส่ง
โลหิตรวมสำหรับนำมาผลิตเป็นส่วนประกอบโลหิต	20 - 30	20 - 30 ไม่เกิน 8 ชั่วโมง
ทุกชนิดรวมทั้งเกล็ดเลือด		
โลหิตรวมสำหรับนำมาผลิตเป็นส่วนประกอบโลหิตในวันรุ่งขึ้น (ไม่นำมาผลิตเกล็ดเลือด)	1 - 6	1 - 10
ตัวอย่างโลหิต		
- กรณีไม่บานเกิน 1 ชั่วโมง (หลังเจาะเก็บ)	อุณหภูมิห้อง 20 - 25	อุณหภูมิห้อง 20 - 25
- กรณีบานเกิน 1 ชั่วโมง (หลังเจาะเก็บ)	2 - 8	2 - 8

รูปที่ 1 เกณฑ์มาตรฐานในการจัดเก็บและการขนส่งโลหิต

2.2 ระบบสมองกลฝังตัว

ระบบสมองกลฝังตัว ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักได้แก่

- ฮาร์ดแวร์ อันอาจหมายถึงไมโครคอนโทรลเลอร์และเซ็นเซอร์เชื่อมประสานกันกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆ
- ซอฟต์แวร์แอปพลิเคชันประยุกต์เฉพาะสำหรับงานนั้นๆ
- ระบบปฏิบัติการแบบเรียลไทม์ ที่ตอบสนองรวดเร็วและแม่นยำตามเวลาที่กำหนด

2.3 เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสาทรพสิ่ง

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสาทรพสิ่ง(Internet of Things) หมายถึงเครือข่ายของวัตถุ อุปกรณ์ พาหนะ หรือ สิ่งปลูกสร้าง ที่มีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์ เซ็นเซอร์ และการเชื่อมต่อกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (computer network) ฝังตัวอยู่ และทำให้วัตถุเหล่านั้นสามารถเก็บบันทึกและแลกเปลี่ยนข้อมูลได้

2.4 เทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับการให้บริการทางการแพทย์

การนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้เพื่อจัดการและประมวลผลสถิติ วิเคราะห์ กับข้อมูลในการให้บริการทางการแพทย์ เช่น การจัดเก็บข้อมูลสถิติเบิก-จ่ายวัคซีน โลหิต เวชภัณฑ์น้ำยาและสารละลาย [5],การวิเคราะห์ผลการดำเนินงานลูกโซ่ความเย็น[1], การเฝ้าติดตามการดูแลอุณหภูมิของโลหิต อวัยวะ [2-4] เป็นต้น

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการออกแบบงานเป็น 4 งานคือ

- งานลูกโซ่ความเย็นวัคซีน และห้องยา ณ หน่วยให้บริการวัคซีน
- งานธนาคารโลหิต และเวชภัณฑ์น้ำยาและสารละลาย
- งานติดตามเฝ้าระวังอุณหภูมิขณะขนส่ง เคลื่อนย้าย
- งานแพลตฟอร์มลูกโซ่ความเย็นวัคซีน โลหิต และอวัยวะ

ซึ่งได้รวบรวมงานทั้ง 4 นำมารวมเป็นงานวิจัยในครั้งนี้

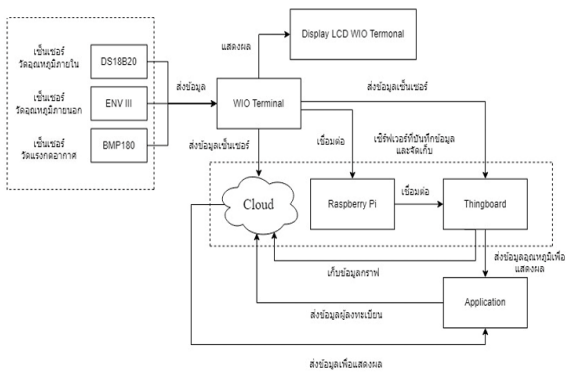
3.1 งานบันทึกข้อมูลอุณหภูมิตามมาตรฐาน คู่มือปฏิบัติงาน

ใช้การบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเอกสาร ดังรูปที่ 2

วันที่	เวลา	อุณหภูมิ
2568-11-19	08:00	25.0
2568-11-19	09:00	25.5
2568-11-19	10:00	26.0
2568-11-19	11:00	26.5
2568-11-19	12:00	27.0
2568-11-19	13:00	27.5
2568-11-19	14:00	28.0
2568-11-19	15:00	28.5
2568-11-19	16:00	29.0
2568-11-19	17:00	29.5
2568-11-19	18:00	30.0
2568-11-19	19:00	30.5
2568-11-19	20:00	31.0
2568-11-19	21:00	31.5
2568-11-19	22:00	32.0
2568-11-19	23:00	32.5
2568-11-19	00:00	33.0
2568-11-19	01:00	33.5
2568-11-19	02:00	34.0
2568-11-19	03:00	34.5
2568-11-19	04:00	35.0
2568-11-19	05:00	35.5
2568-11-19	06:00	36.0
2568-11-19	07:00	36.5
2568-11-19	08:00	37.0

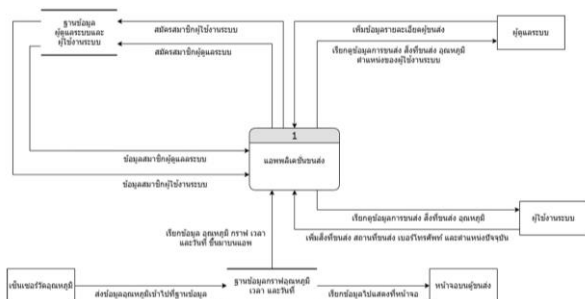
รูปที่ 2 การบันทึกข้อมูลอุณหภูมิด้วยการจดบันทึก

การเคลื่อนย้ายใช้ตู้เย็นเคลื่อนที่เพื่อสร้างอุณหภูมิความเย็นให้แก่
วัคซีน โลกิต และอวัยวะ ที่ต้องการความเย็นอุณหภูมิในระดับ 4°C ถึง
8°C ตามมาตรฐานที่กำหนดในคู่มือฯ แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การทำงานของส่วนขนส่งโลหิต วัคซีน และอวัยวะ

ในส่วนของการขนส่งนี้มีซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการดำเนินการกระบวนการดังกล่าวแสดงในรูปที่ 9 การทำงานยังจัดเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในภายนอก และแสดงตำแหน่งพิกัดระหว่างขนส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต 4G ของอุปกรณ์เคลื่อนที่ (mobile router) อีกด้วย



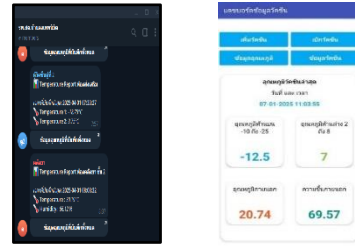
รูปที่ 9 การทำงานของซอฟต์แวร์ส่วนขนส่ง

4. อภิปรายผลการวิจัย

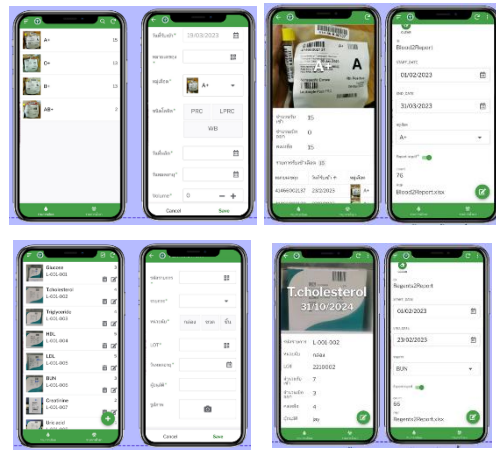
เมื่อออกแบบและพัฒนาจนสำเร็จในแต่ละส่วน จึงนำผลงานวิจัยระบบลูกโซ่ความเย็นแบบไอโอที ไปติดตั้งและใช้งานตามส่วนงานรับผิดชอบอันได้แก่ งานเภสัชกรรม งานเทคนิคการแพทย์ และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล และโรงพยาบาลชุมชน(อำเภอ) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือควบคุมคุณภาพ สำหรับการบริการประเมินผลการดำเนินงานสถานพยาบาล ปี พ.ศ.25467-2568



รูปที่ 10 การติดตั้งใช้งานระบบลูกโซ่ความเย็นแบบไอโอทีที่ส่วนเก็บวัคซีน สำหรับแอปพลิเคชันการเบิก-จ่าย วัคซีน ในส่วนนี้แสดงดังรูปที่ 11 เพื่อทดแทนระบบบัญชีวัคซีน ณ จุดบริการวัคซีน ส่วนของคลังโลหิตและน้ำยาเวชภัณฑ์ ได้ติดตั้งใน ห้องปฏิบัติการเทคนิคการแพทย์โรงพยาบาลแม่ลาว จ. เชียงราย โดยแสดงให้เห็นถึงแอปพลิเคชันที่จัดการคลังเลือด (แฉวบน) และจัดการน้ำยา เวชภัณฑ์ต่างๆ (แฉวล่าง) ในรูปที่ 12



รูปที่ 11 แอปพลิเคชันการแจ้งเตือน และบัญชีการ เบิก-จ่าย วัคซีน



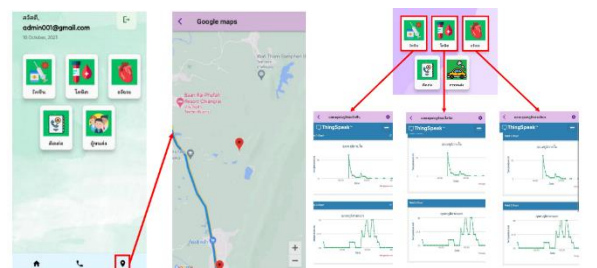
รูปที่ 12 แอปพลิเคชันส่วนคลังโลหิตและน้ำยา เวชภัณฑ์

สำหรับส่วนขนส่งวัคซีน โลหิต และอวัยวะ ถูกใช้งานในงานเทคนิคการแพทย์โรงพยาบาลแม่ลาว โดยใช้ขนส่งโลหิต เข้าธนาคารเลือดจากคลังเลือดโรงพยาบาลศูนย์เชียงรายประชานุเคราะห์เป็นประจำทุกสัปดาห์ละ 2 ครั้งตั้งแต่ปี 2566 เป็นต้นมา ดังแสดงในรูปที่ 13



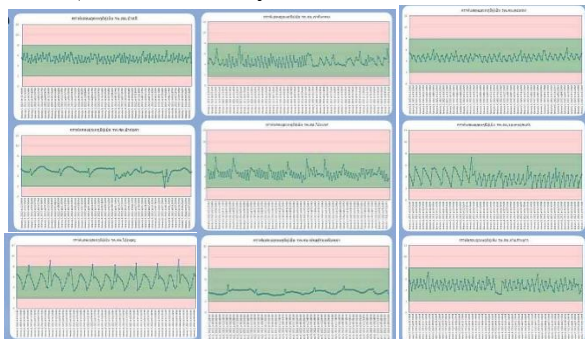
รูปที่ 13 ตู้เย็นเคลื่อนที่สำหรับขนส่งวัคซีน โลหิต และอวัยวะ

ส่วนการติดตามพิกัดตำแหน่งของตู้เย็นซึ่งบรรทุกไว้ในยานพาหนะที่มีพลังงานไฟฟ้าและภายในตู้เย็นยังมีพลังงานไฟฟ้าสำรองเพื่อกำหนดความเย็นอุณหภูมิ 4°C -6°C ตามเกณฑ์การขนส่งวัคซีน และโลหิต ร่วมกับแอปพลิเคชันที่ใช้สำหรับการขนส่งเฉพาะเรียกว่าแพลตฟอร์มสำหรับการขนส่ง ดังแสดงในรูปที่ 14 ซึ่งแสดงอุณหภูมิของสิ่งที่ยักรรมาในตู้เย็นขนส่งได้

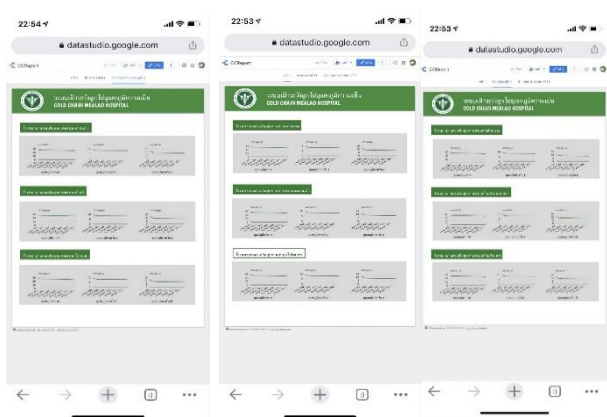


รูปที่ 14 แอปพลิเคชันสำหรับการขนส่งวัคซีน เลือด และอวัยวะ

สำหรับส่วนของการรวบรวมรายงานและสรุปผลสถานการณ์อุณหภูมิ
ฉุกเฉิน(cold chain break down) ได้จัดทำไว้ใน google data studio
เป็นรายงานประจำเดือนโดยงานเภสัชกรรม รายงานต่อสำนักงาน
สาธารณสุขจังหวัดเชียงราย ดังรูปที่ 15 ซึ่งได้รับข้อเสนอแนะให้จัดทำ



รูปที่ 15 ตัวอย่างรายงานการวิเคราะห์ผล cold chain break down
แดชบอร์ดที่แสดงอุณหภูมิของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลทั้ง
9 แห่งในอำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย แสดงในรูปที่ 16 เพิ่มเติมตามผล
ประเมินความพึงพอใจที่ได้รับจากการสำรวจ



รูปที่ 16 แดชบอร์ดแสดงผลอุณหภูมิระบบลูกโซ่ความเย็นแบบไอโอที

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้สามารถนำไปสร้างเป็นนวัตกรรมด้านการบริการทางแพทย์
ได้โดยมีผลการทดสอบด้านความถูกต้องแม่นยำในระดับที่ได้รับการรับรอง
จากการทวนสอบเพื่อใช้ในการตรวจรับรองคุณภาพการบริการของ
สถานพยาบาล โดยเครื่องสอบเทียบมีความแม่นยำ $\pm 1^{\circ}\text{C}$ และความชื้นอยู่ที่
 $\pm 5\% \text{RH}$ เมื่อนำข้อมูลค่าอุณหภูมิมาเปรียบเทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิที่
พัฒนามีค่าอุณหภูมิต่างกันเฉลี่ย $\pm 0.8^{\circ}\text{C}$ และค่าความชื้นเฉลี่ย $\pm 1\% \text{RH}$
และเมื่อนำมาวัดเทียบกับเทอร์โมไฮโกรมิเตอร์ (Thermo Hygrometers)
เป็นเวลา 72 ชั่วโมงข้อมูลค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิต่างกันเฉลี่ย
 2.2°C และค่าความชื้นเฉลี่ยที่ $8.39\% \text{RH}$ ซึ่งค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือลดลง
จะทำให้วัคซีนเสื่อมสภาพได้ เช่น ความร้อนจะทำให้วัคซีน สูญเสีย
Potency เร็วขึ้น วัคซีนบางชนิดจะสูญเสีย Potency ถ้าอยู่ในอุณหภูมิที่ทำให้
แข็งตัว เมื่อผู้รับบริการได้รับวัคซีนที่เสื่อมสภาพก็เท่ากับไม่ได้รับการ
สร้างเสริม ภูมิคุ้มกันโรค และอาจมีอาการภายหลังได้รับการสร้างเสริม

ภูมิคุ้มกันโรค (Adverse Events Following Immunization: AEFI) เช่น
วัคซีนที่เสื่อมสภาพจากการแช่แข็ง อาจทำให้เกิดเป็นไตแข็ง ณ ตำแหน่งที่
ฉีดได้ ทำให้แสดงถึงการคงคุณภาพของวัคซีนได้ให้มีประสิทธิภาพตั้งแต่ต้น
ทางถึงผู้รับ

การทดสอบด้วยแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน
แอปพลิเคชันจำนวน 9 รพสต. โดยเจ้าพนักงานผู้ปฏิบัติงานรักษาวัคซีน
หลังจากได้ทำการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์เครื่องวัดอุณหภูมิผู้ใช้งาน
พึงพอใจในการจัดเก็บข้อมูลใน Google Sheet ด้านความพึงพอใจต่อ
เครื่องวัดอุณหภูมิในระดับที่มาก (เฉลี่ย 4.2) มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่
0.162 ส่วนแอปพลิเคชันบันทึกการเบิกจ่ายโลหิต และน้ำยาทำการ
ทดสอบการทำงานของฟังก์ชัน และ ประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน
จริง ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.01 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เฉลี่ย 0.70 สำหรับการขนส่งประเมินด้วยการสังเกตผลความแม่นยำของ
อุณหภูมิที่ตรวจวัดมีความคลาดเคลื่อนภายในตู้เย็น 1.05°C และค่า
ความคลาดเคลื่อนภายนอกตู้เย็น 2.25°C โดยผล อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการ
เดินทาง คืออุณหภูมิภายในตู้เย็นที่ 2°C ภายนอกตู้เย็นที่ 25°C เป็นไปตาม
คู่มือแนวปฏิบัติการขนส่งโลหิต

6. กิตติกรรมประกาศ

ได้รับการสนับสนุนจาก NECTEC สวทช. ในโครงการ NSC2023
จำนวน 2 ทู่น และได้รับความร่วมมือจากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด
เชียงราย ในฐานะผู้ขอรับการบริการวิชาการนำนวัตกรรมไปใช้งาน รวมถึง
โรงพยาบาลเชียงรายประชานุเคราะห์ และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ
ประจำตำบล ตลอดจนถึงผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ให้
ใช้เครื่องมือและบุคลากรผู้ทดสอบ เทียบวัดเครื่องมืออย่างดียิ่ง ผู้
ดำเนินงานวิจัยขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

7. งานที่กำลังจะดำเนินการในอนาคต

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้รวบรวมจากผลงานของคณะผู้วิจัยและให้
ความสนับสนุนหลายหน่วยงาน รวมถึงการแจกจ่ายและดูแลผลงานวิจัยให้
ได้มาตรฐานทางการตรวจวัดส่งผลให้การประกันคุณภาพการให้บริการทาง
สาธารณสุขเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงจัดทำคำขอจดอนุสิทธิบัตรและ
จัดตั้งหน่วยงานสอบเทียบวัด เพื่อรับรองผลแก่ผู้นำผลงานวิจัยหรือน
วัตกรรมไปใช้ อีกทั้งเป็นผลประโยชน์ให้แก่สถาบันการศึกษา, บุคลากร
ของหน่วยงานทดสอบในสถานพยาบาลที่ปฏิบัติงาน และสามารถเป็น
ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์สับเปลี่ยนในระยะเวลา 10 ปี

เอกสารอ้างอิง

- [1] ภูมิภัทร แสนบุราณ และ ยุทธนา ทาฟูน.(2568). ระบบลูกโซ่ความ
เย็นพร้อมแอปพลิเคชัน. ปริญญาโท สาขาวิศวกรรม
คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชม
งคลล้านนา เชียงราย.
- [2] ปกรณ์ เสรีเผ่าวงศ์,ประภาส สุวรรณ,นุรักษ์ ไชยศรี,พิเชษฐ กันทะวัง
,วาสินี นุ่มนอม และสุริยา ไชยเย็น.”แพลตฟอร์มระบบลูกโซ่ความ

เย็นชนส่งวัคซิน โลหิต และอวัยวะ ของโรงพยาบาลแม่ลาว“.การประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 10 ประจำปี 2567 (CRCI2024). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ หน้า 417-425 .

- [3] ศิริวัฒน์ บุญกิจ,อาทิตย์ เต็มลง,ปรกรณ์ เสรีเผ่าวงษ์ ,สุวรรณี ปัญยศ , พิชเชษฐ กันทะวัง และ มณฑนา บุศย์เมือง. “การพัฒนาคลังขนส่ง โลหิตของโรงพยาบาลแม่ลาว”. การประชุมวิชาการวิจัยและ นวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 8 ประจำปี 2565 (CRCI2022). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ หน้า 136-145.
- [4] ธนากร ยงสุวรรณ์. “ระบบเฝ้าระวังลูกโซ่ความเย็นวัคซินพร้อมแอปพลิเคชันเคลื่อนที่”. ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย; 2565.
- [5] ดารินทร์ สุพงษ์ศรีกุล และอิทธิกร ปิ่นเงิน. การพัฒนาระบบคลัง จัดเก็บเลือดและน้ำยา. ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรม คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย; 2565.
- [6] ธัญธร เสี่ยมศักดิ์ “การพัฒนาเครื่องบันทึกเพื่อตรวจติดตาม อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต้นทุนต่ำสำหรับงานสุขศาสตร์ อุตสาหกรรมและความปลอดภัย”, ภาควิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรม และความปลอดภัยคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ตำบล แสนสุขอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131 2554., 19(3), 1-6.
- [7] ศิริรัตน์ เตชะธวัช, ปณิดา สีสถาพรวงศา,ธนพัฒน์ เลาวหุตันนท และวรรณภา สกมลพรหมณ์. (2554). คู่มือการบริหารจัดการวัคซิน และระบบลูกโซ่ความเย็น ปี 2554. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร . ศรีเมืองการพิมพ์.
- [8] ปิยนิตย์ ธรรมภรณ์พิลาต. (2547).คู่มือการบริหารจัดการวัคซินและ ระบบลูกโซ่ความเย็น.: 2547.พิมพ์ครั้งที่1.กรุงเทพมหานคร . โรง พิมพ์การศาสนา สำนักงานพุทธศาสนาแห่งชาติ .
- [9] กุลกัญญา โชคไพบูลย์กิจ ,ชนเมธ เตชะแสนศิริ,วีระชัย วัฒนวิเรช ,อัญญา ตั้งสถาพรพงษ์, ฤติวิไล สามโกเศศ ตำรววัคซินและการสร้าง เสริมภูมิคุ้มกันโรค ปี 2562.:2562. พิมพ์ครั้งที่ 1.บริษัท เวอร์ค พรินต์ติง จำกัด.
- [10] ศิริรัตน์ เตชะธวัช. (2556).มาตรฐานการดำเนินงานด้านคลังและการ เก็บรักษาวัคซิน. พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์การศาสนา สำนักงานพุทธศาสนาแห่งชาติ. https://appksn.moph.go.th/dmsic/admin/uploads_vc/vc_3_670034.pdf.
- [11] กองโรคติดต่อทั่วไป กรมควบคุมโรค. มาตรฐานการดำเนินงานสร้าง ภูมิคุ้มกันโรค ปี 2568:2568. <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1660220250103030656.pdf>.
- [12] มาตรฐานธนาคารเลือด และงานบริการโลหิต ปี 2567.ศูนย์บริการ โลหิตแห่งชาติ สภาอากาศไทย.2567.หน้าที่ 10-12

ประวัติผู้เขียนบทความ



นายพิเชษฐ กันทะวัง
อีเมล. pichet_k55@mutl.ac.th
โทรศัพท์. 063-7188760
งานวิจัยที่สนใจ ระบบสมองกลฝังตัวและ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หุ่นยนต์ วิศวกรรมชีวเวช



นายชัชวาลย์ แข่งขัน
อีเมล banmutl799@gmail.com
โทร 096-0803299
งานวิจัยที่สนใจด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์



น.ส.มณฑนา บุศย์เมือง
อีเมล ppmuntana@gmail.com
โทรศัพท์. 095-4923158
งานวิจัยที่สนใจ นวัตกรรมด้านการแพทย์และ สาธารณสุข และการนำไปใช้ ให้เกิดประสิทธิภาพ และประสิทธิผลสูงสุด



นายปชนน อนุพงศานุกูล
อีเมล ekasin_min@hotmail.com
โทรศัพท์. 089-6364756
งานวิจัยที่สนใจ การบริการเภสัชกรรม ระบบยาใน โรงพยาบาล



นายปรกรณ์ เสรีเผ่าวงษ์
อีเมล. Psereepulvong@gmail.com
โทรศัพท์. 081-5957129
งานวิจัยที่สนใจ ระบบดิจิทัล และการประมวลผล ภาษาธรรมชาติ