



ระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีน

Development of a data storage and temperature alarm system for the vaccine cabinet

ธีรพงศ์ สงผัด^{1*}, รุ่งจิตรา ม่วงศรี¹ และ ธิดาร์ตน คำจันทร์¹

Teerapong Songputh^{1*}, Runglira Mounsri¹ and Thidarat Kamchan¹

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และดิจิทัล คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ¹

Division of Computer Technology and Digital, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University¹

*Corresponding Author: teerapong.s@sskru.ac.th

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
ประวัติบทความ: รับเพื่อพิจารณา: 1 ธันวาคม 2565 แก้ไข: 27 มกราคม 2566 ตอบรับ: 20 กุมภาพันธ์ 2566	การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีน มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีนในโรงพยาบาล และ 2) ประเมินประสิทธิภาพของระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีน ผู้วิจัยได้เริ่มจากการศึกษาการทำงานของระบบเดิมของตู้เก็บวัคซีนและได้ค้นคว้ารวบรวมทฤษฎี สอบถามผู้เชี่ยวชาญและหลักการจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีลักษณะใกล้เคียงกันเพื่อนำข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ มาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา เพื่อให้ผู้ใช้งานได้ง่าย ออกแบบการใช้งานด้วยการควบคุมและการรับส่งข้อมูลผ่านเว็บเบราว์เซอร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง โดยดำเนินงานตามขั้นตอนที่ออกแบบและพัฒนาไว้และได้ทำการทดสอบการใช้งานของระบบซึ่งระบบมีความสามารถในการรับและส่งข้อมูลระหว่างการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมและเว็บเบราว์เซอร์ และพัฒนาระบบโดยมีองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน ประกอบด้วยส่วนของฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ โดยส่วนของฮาร์ดแวร์ จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นส่วนใหญ่บริหารจัดการระบบแจ้งเตือน และในส่วนซอฟต์แวร์โดยใช้โปรแกรม Visual Studio Code เขียนชุดคำสั่งขึ้นมา โดยใช้โปรแกรมเอ็กซ์เอเอ็มพีพี จำลองเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ และภาษาที่ใช้เขียนคือ พีเอชพี จาวาสคริปต์ และระบบจัดการฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล ผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบสามารถแจ้งเตือนผ่านเสียง เมื่ออุณหภูมิตู้เก็บวัคซีนมีปัญหา บันทึกข้อมูลอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีนลงฐานข้อมูลได้ ทุก ๆ 30 วินาที แสดงข้อมูลผ่านหน้าจอตามเวลาจริงได้และจัดการบริหารผู้ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลได้ และ 2) ระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีน มีผลประเมินประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ยรวม 4.92



Article Info	Abstract
Article History: Received: December 1, 2022 Revised: January 27, 2023 Accepted: February 20, 2023	This work develops a system for storing and notifying vaccine cabinet temperature data using the Internet of Things (IoT) and evaluates the effectiveness of the proposed system. The system contains two main components: hardware and software. The hardware uses a NodeMCU microcontroller to manage the alarm system. In terms of software, we use Visual Studio Code to write commands and use the XAMPP program to host a web server. The web server runs on PHP, JavaScript, and a MySQL database. The effectiveness evaluation showed that the system is user-friendly with an average score of 4.92/5. The development of the vaccine cabinet temperature data storage and notification system with Arduino via web browser started from studying the working of the original system of the vaccine cabinet and researching theories. Experts were interviewed, and principles from related documents and research of similar nature were also studied to gather information from various sources. These were used as a guideline for the development to make it easy for users to operate the application, which can control and transmit data through a web browser. The vaccine cabinet's temperature data are recorded in the database every 30 seconds, which is displayed in real-time on the screen that users can easily access. When the temperature of the vaccine cabinet is abnormal, the system can alert users via sound in a timely manner.
Keywords: Internet of Things/Storage and Temperature/Vaccine Cabinet	

1. บทนำ

เนื่องจากวัคซีนเป็นชีววัตถุที่มีความไวต่อความร้อนและสูญเสียคุณภาพได้ถ้าอยู่ในอุณหภูมิที่ไม่ถูกต้อง โดยทั่วไปมักให้เก็บยาที่อุณหภูมิห้อง คือ อุณหภูมิประมาณ 18 -25 องศาเซลเซียส [1] แต่ยาบางชนิดอาจจะเก็บในตู้เย็น โดยเก็บในตู้เย็นช่องธรรมดา ไม่เก็บไว้ที่ช่องแช่แข็งหรือที่ตู้เย็น เพราะเมื่อผู้ใช้เปิด-ปิดตู้เย็น อาจทำให้อุณหภูมิแกว่งขึ้นลงได้ ดังนั้นหากวัคซีนที่สูญเสียคุณภาพไปแล้ว กลับมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่ถูกต้องก็ไม่สามารถทำให้คุณภาพของวัคซีนกลับมาดีเหมือนเดิมได้ โดยปกติวัคซีนทุกชนิดจะสูญเสียคุณภาพถ้าถูกความร้อน เนื่องจากวัคซีนแต่ละชนิดมีความไวต่อความร้อนไม่เท่ากัน วัคซีนบางชนิดนอกจากจะไวต่อความร้อนแล้วยังไวต่อความเย็นด้วย โดยเฉพาะเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส จะทำให้วัคซีนเหล่านี้สูญเสียคุณภาพ วัคซีนบางชนิด



สามารถเก็บแชนจ์ไว้โดยคุณภาพไม่เสีย แต่วัคซีนบางชนิดเมื่อเก็บแชนจ์แล้วจะสูญเสียคุณภาพ [2] ความคงสภาพของเภสัชภัณฑ์ถือเป็นประเด็นหลักที่ต้องระมัดระวังสำหรับเภสัชกรที่ต้องทำหน้าที่เตรียมยาและจ่ายยาให้แก่ผู้ป่วยเฉพาะรายการเปลี่ยนแปลงของเภสัชภัณฑ์หรือการเตรียมยาที่ไม่เหมาะสมเพียงเล็กน้อยอาจส่งผลเป็นอย่างมากต่อความคงสภาพและผลการรักษาของยานั้น ๆ เพื่อให้มั่นใจถึงความคงสภาพของยา ซึ่งสามารถส่งผลถึงผลการรักษาและผลข้างเคียงของยาได้ [1] ด้วยเหตุนี้ในสถานพยาบาล ต้องมีระบบการเก็บรักษาวัคซีนที่ได้มาตรฐาน เพื่อให้สามารถเก็บรักษาวัคซีนภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมกับวัคซีนแต่ละชนิดจึงจะทำให้มีวัคซีนที่มีคุณภาพ อย่างไรก็ตามการควบคุมอุณหภูมิของห้องเก็บวัคซีนที่ต้องการการทำงานอย่างต่อเนื่อง ไม่สามารถทำงานได้ตลอดเวลาเนื่องจากพนักงานที่ดูแลหรือรับผิดชอบ ต้องมีหน้าที่รับผิดชอบในหลายงานอาทิเช่นต้องจ่ายยาให้คนไข้ให้คำแนะนำต่าง ๆ กับคนไข้ซึ่งไม่สามารถที่จะตรวจสอบอุณหภูมิห้อง หรือตู้เย็นได้ตลอดเวลา ซึ่งส่งผลให้มีความเสี่ยง ผู้รับผิดชอบไม่สามารถที่จะทราบอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงได้อย่างทันที อาจส่งผลให้ยาและวัคซีนเสื่อมสภาพได้

ในปัจจุบันอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่ว่าจะเป็นตามบ้านหรือตามอาคารสำนักงานนั้น จะถูกควบคุมโดยผู้ใช้โดยการควบคุมผ่านทางอุปกรณ์ทางกายภาพเป็นหลัก เช่น สวิตช์ (switch) ซึ่งบางครั้งไม่สะดวกสบายและไม่คล่องตัว และอาจจะมีบ่อยครั้ง ที่อาจจะลืมปิดไฟฟ้าหลังจากออกจากบ้านซึ่งทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) คือ การที่อุปกรณ์ต่าง ๆ สิ่งต่าง ๆ ได้ถูกเชื่อมโยงทุกสิ่งทุกอย่างสู่โลกอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต [3]

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีน โดยใช้หลักการอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อวัดอุณหภูมิและเชื่อมต่อกับลำโพงสำหรับแจ้งเตือนกรณีอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินกว่าที่กำหนดไว้ ระบบสามารถเชื่อมต่อกับสัญญาณอินเทอร์เน็ต เพื่อส่งข้อมูลอุณหภูมิไปจัดเก็บลงฐานข้อมูลและแสดงผลข้อมูลของอุณหภูมิแบบออนไลน์ ช่วยอำนวยความสะดวกในการดูแลรักษาวัคซีน เพื่อให้สามารถเก็บรักษาวัคซีนภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมกับวัคซีนแต่ละชนิดจึงจะทำให้มีวัคซีนที่มีคุณภาพในการให้บริการ

2. วิธีดำเนินการวิจัย

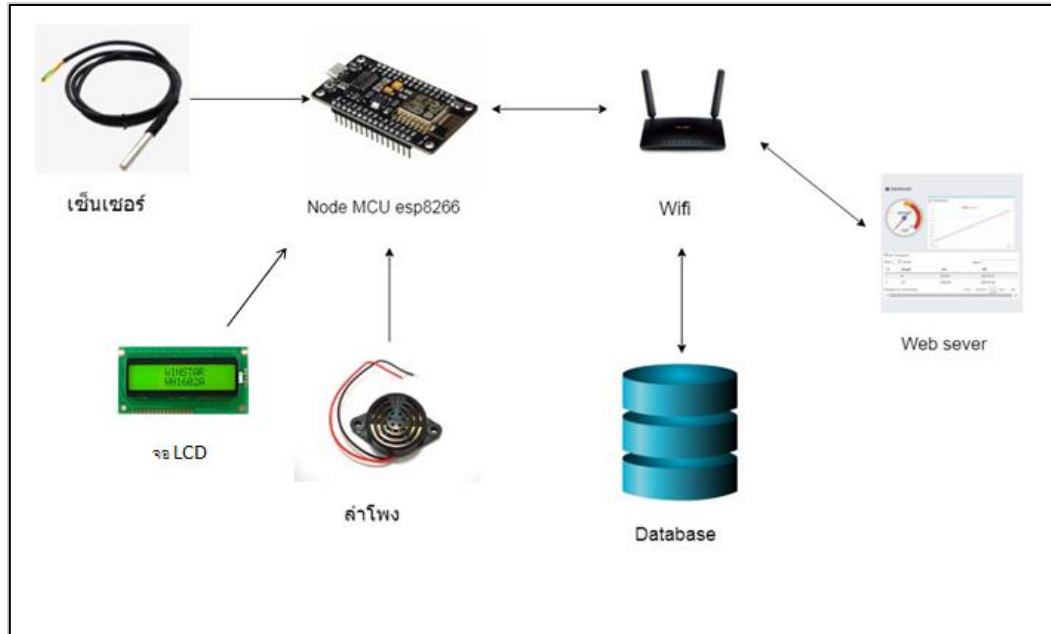
ผู้วิจัยใช้หลักการพัฒนาระบบ SDLC (System Development Life Cycle) [4] ที่มีระยะการแบ่งระยะของวงจรการพัฒนาระบบ 5 ระยะ ดังนี้

2.1 การวางแผนระบบ (System Planning)

ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากเอกสารต่างๆ และวิเคราะห์ข้อมูลอย่างละเอียด เพื่อศึกษาความต้องการของผู้ใช้สำหรับการพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีนที่มีประสิทธิภาพ เริ่มจากการศึกษาการทำงานของระบบเดิมของตู้เก็บวัคซีนและได้ค้นคว้ารวบรวมทฤษฎี สอบถามผู้เชี่ยวชาญและหลักการจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีลักษณะใกล้เคียงกันเพื่อนำข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ มาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเพื่อให้ผู้ใช้งานได้ง่าย ออกแบบการใช้งานด้วยการควบคุมและการรับส่งข้อมูลผ่านเว็บเบราว์เซอร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง โดยดำเนินงานตามขั้นตอนที่ออกแบบและพัฒนาไว้และได้ทำการทดสอบการใช้งานของระบบซึ่งระบบมีความสามารถในการรับและส่งข้อมูลระหว่างการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมและเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งระบบสามารถแจ้งเตือนผ่านเสียงเมื่ออุณหภูมิตู้เก็บวัคซีนมีปัญหา ตั้งค่าอุณหภูมิที่ใช้สำหรับตู้เก็บวัคซีน บันทึกข้อมูลอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีนลงฐานข้อมูลได้ ทุกๆ 30 วินาที แสดงข้อมูลผ่านหน้าจอตามเวลาจริงได้ (Real time)

2.2 การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis)

จากผลศึกษาและการวิเคราะห์งานทำให้ได้ขอบเขตความต้องการของผู้ใช้ การวิเคราะห์และออกแบบระบบ ดังภาพที่ 1



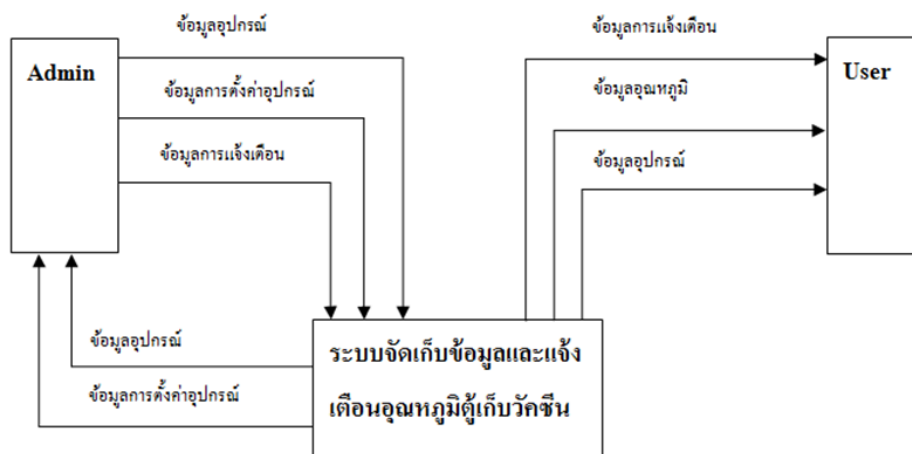
ภาพที่ 1 องค์ประกอบของระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีน

จากผลศึกษาและการวิเคราะห์งานทำให้ได้ขอบเขตความต้องการของผู้ใช้ การวิเคราะห์และออกแบบระบบ เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะทำให้เกิดการพัฒนากระบวนกรโดยใช้ Node MCU เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ เพื่อวัดอุณหภูมิและเชื่อมต่อกับลำโพงสำหรับแจ้งเตือนกรณีอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินกว่าที่กำหนดไว้ ระบบสามารถเชื่อมต่อกับสัญญาณอินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์แอคเซสพอยท์ เพื่อส่งข้อมูลอุณหภูมิไปจัดเก็บลงฐานข้อมูล MySQL ทุก ๆ 30 วินาที และระบบยังมีการพัฒนาการแสดงผลข้อมูลของอุณหภูมิผ่านเว็บเบราว์เซอร์

2.3 การออกแบบ (Design)

เป็นขั้นตอนในการออกแบบกระบวนการทำงานของระบบ ออกแบบฐานข้อมูล ออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ และออกแบบหน้าจอแสดงผล สำหรับการพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีน สำหรับผู้ใช้งานทั่วไปที่สามารถดูข้อมูลของอุณหภูมิ รายงานข้อมูลของอุณหภูมิแต่ละช่วงเวลาได้

ระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีนมี ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับระบบ 2 ส่วน คือ 1) Admin จะเป็นจัดการกับข้อมูลอุปกรณ์ การตั้งค่าอุปกรณ์ และตั้งค่าการแจ้งเตือน และ 2) User จะสามารถดูข้อมูลอุณหภูมิของตู้วัคซีน เข้าถึงข้อมูลรายงานการทำงานของระบบผ่านเว็บเบราว์เซอร์ได้ รวมทั้งรับการแจ้งเตือนในกรณีที่ตู้เก็บวัคซีนมีอุณหภูมิผิดปกติด้วย ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีน

2.4 การพัฒนาระบบ (System Development)

พัฒนาระบบโดยมีองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน โดยส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ส่วนของฮาร์ดแวร์จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino IDE ESP8266 ในการควบคุมการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีนและในส่วนซอฟต์แวร์โดยใช้โปรแกรม Visual Studio Code ในการพัฒนาเว็บเบราว์เซอร์ เป็นการเขียนโปรแกรมและออกแบบฐานข้อมูล จากนั้นเขียนคำสั่งในการเชื่อมต่อระบบฐานข้อมูลที่จัดเก็บบนเครื่องแม่ข่ายคอมพิวเตอร์และเขียนโปรแกรมควบคุมการประมวลผลได้ออกแบบไว้ใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL และใช้ source code พัฒนาระบบ ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษาพีเอชพี (PHP)

2.5 การดูแลรักษาระบบ (System Maintenance)

ผู้วิจัยได้ติดตั้งและทดสอบระบบ เพื่อนำไปใช้จริง โดยในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทดสอบการใช้งาน และตรวจสอบฟังก์ชันการใช้งาน เพื่อตรวจสอบประเมินประสิทธิภาพของระบบจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านคอมพิวเตอร์ 10 ท่าน เป็นนักวิชาการคอมพิวเตอร์ พยาบาล และหัวหน้ากลุ่มงานโรงพยาบาลเมืองจันทร์ อำเภอเมืองจันทร์ จังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งผลการประเมินผู้วิจัยได้นำไปปรับปรุงและพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน

3. ผลการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) พัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีน และ 2) การประเมินประสิทธิภาพของระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีน

3.1 ผลการพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีน

3.1.1 ผลการศึกษาการพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยการใช้ อุปกรณ์ สมองกลฝังตัว (Microcontroller) ในการพัฒนาควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ และพัฒนาโปรแกรมสำหรับการควบคุมอุปกรณ์ผ่านระบบผ่านเว็บไซต์หรือเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน ที่ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการทำงานของระบบผ่านเว็บไซต์ที่รองรับการทำงานทุกอุปกรณ์ และควบคุมอุปกรณ์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เมื่อผู้ใช้งานระบบจะส่งข้อมูลมายังอุปกรณ์ที่ควบคุมระบบไฟฟ้าภายในบ้านได้

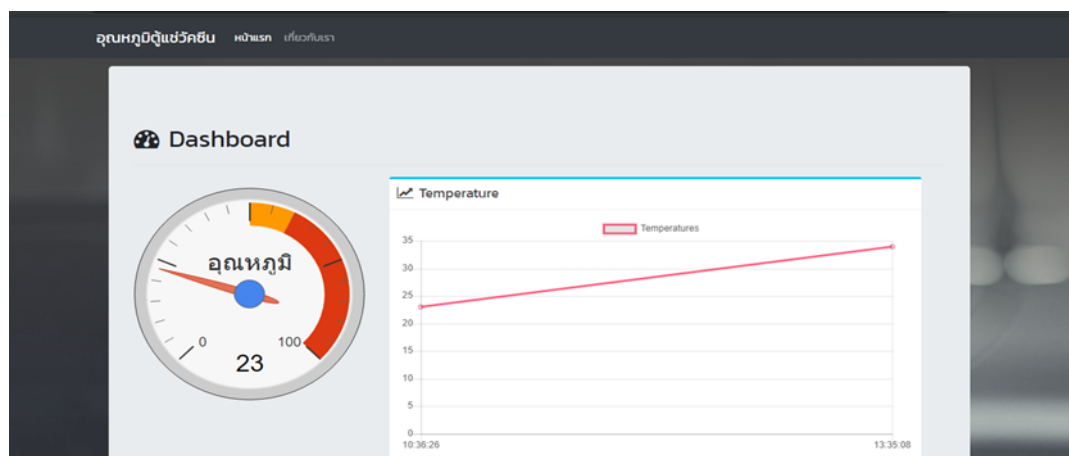


3.1.2 ผลการพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผู้วิจัยได้เชื่อมระบบเซ็นเซอร์ ใช้อุปกรณ์ สมองกลฝังตัว (Microcontroller) อุปกรณ์ควบคุม ESP8266 จะคอยตรวจวัดอุณหภูมิที่ได้จากเซ็นเซอร์ทุก ๆ 30 วินาที และแสดงผลที่หน้าจอ LCD เมื่ออุณหภูมิ เกิน 25 องศา จะทำการแจ้งเตือนไปที่ลำโพง และจะทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิทั้งหมดไว้ในฐานข้อมูล ก่อนที่จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่ายผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อทำการบันทึกค่าการใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าลงฐานข้อมูล แสดงดังภาพที่ 3 ฮาร์ดแวร์สำหรับควบคุมการทำงานของระบบตู้เก็บวัคซีนด้วยอาร์ดุยโน



ภาพที่ 3 ฮาร์ดแวร์สำหรับควบคุมการทำงานของระบบตู้เก็บวัคซีนด้วยอาร์ดุยโน

3.1.3 ผลการพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีน โดยใช้รูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) โดยใช้การออกแบบเว็บไซต์ในรูปแบบของ Responsive Web Design เพื่อให้สามารถรองรับการทำงานได้ทุกอุปกรณ์ การใช้งานที่สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวกทุกที่ ทุกเวลา รายงานอุณหภูมิสำหรับผู้ใช้งานทั่วไปที่สามารถดูข้อมูลของอุณหภูมิแต่ละช่วงเวลาได้ (ดังภาพที่ 4-5)



ภาพที่ 4 แสดงภาพหน้ารายงานอุณหภูมิที่สามารถดู ข้อมูลของอุณหภูมิแต่ละช่วงเวลาได้



อุณหภูมิตู้แช่ควีน หน้าแรก เก็บไว้ในเรา

Data Temperature

Show 50 entries Search:

#	อุณหภูมิ	เวลา	วันที่
1	29.37	18:31:19	2020-08-20
2	29.31	18:31:24	2020-08-20
3	28.87	18:32:23	2020-08-20
4	28.56	18:32:28	2020-08-20
5	28.38	18:32:34	2020-09-21
6	28.06	18:32:39	2020-09-21
7	27.87	18:32:45	2020-09-21
8	27.69	18:32:51	2020-09-22
9	27.37	18:32:56	2020-09-22
10	27.06	18:33:01	2020-09-22
11	26.75	18:33:06	2020-09-22

ภาพที่ 5 แสดงภาพหน้ารายงานอุณหภูมิ วันเวลาเก็บข้อมูล และสามารถค้นหาช่วงวันเวลาที่ต้องการ

3.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

3.2.1 การทดสอบการวัดอุณหภูมิจากเซนเซอร์ ผู้พัฒนาระบบได้ทำการทดสอบโดยนำระบบที่พัฒนาทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ จำนวน 10 ครั้ง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการวัดอุณหภูมิจากเซนเซอร์

การทดสอบ	ครั้งที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
อุณหภูมิ	29.37	29.31	28.87	28.56	28.38	23.00	24.12	23.87	25.06	25.69
จัดเก็บข้อมูล	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ส่งเสียงเตือน	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓
การแสดงผลจอ LCD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

จากตารางที่ 1 พบว่า การทดสอบการวัดอุณหภูมิจากเซนเซอร์ 10 ครั้ง ทุก ๆ 30 นาที จากการทดสอบครั้งที่ 1 อุณหภูมิ 29.37 องศาเซลเซียส การจัดเก็บข้อมูลได้ถูกต้อง ส่งเสียงแจ้งเตือนได้ถูกต้อง แสดงผลผ่านจอ LCD ได้ถูกต้อง ทดสอบครั้งที่ 2 อุณหภูมิ 29.31 องศาเซลเซียส การจัดเก็บข้อมูลได้ถูกต้อง ส่งเสียงแจ้งเตือนได้ถูกต้อง แสดงผลผ่านจอ LCD ได้ถูกต้อง ทดสอบครั้งที่ 3 อุณหภูมิ 28.87 องศาเซลเซียส การจัดเก็บข้อมูลได้ถูกต้อง ส่งเสียงแจ้งเตือนได้ถูกต้อง แสดงผลผ่านจอ LCD ได้ถูกต้อง ทดสอบครั้งที่ 4 อุณหภูมิ 28.56 องศาเซลเซียส การจัดเก็บข้อมูลได้ถูกต้อง ส่งเสียงแจ้งเตือนได้ถูกต้อง แสดงผลผ่านจอ LCD ได้ถูกต้อง ทดสอบครั้งที่ 5 อุณหภูมิ 28.38 องศาเซลเซียส การจัดเก็บข้อมูลได้ถูกต้อง ส่งเสียงแจ้งเตือนได้ถูกต้อง แสดงผลผ่านจอ LCD ได้ถูกต้อง ทดสอบครั้งที่ 6 อุณหภูมิ 23.00 องศาเซลเซียส การจัดเก็บข้อมูลได้ถูกต้อง ไม่ส่งเสียงแจ้งเตือน แสดงผลผ่านจอ LCD ได้ถูกต้อง ทดสอบครั้งที่ 7 อุณหภูมิ 24.12 องศาเซลเซียส การจัดเก็บข้อมูลได้ถูกต้อง ไม่ส่งเสียงแจ้งเตือน



เตือน แสดงผลผ่านจอ LCD ได้ถูกต้อง ทดสอบครั้งที่ 8 อุณหภูมิ 23.87 องศาเซลเซียส การจัดเก็บข้อมูลได้ถูกต้อง ไม่ส่งเสียงแจ้งเตือน แสดงผลผ่านจอ LCD ได้ถูกต้อง ทดสอบครั้งที่ 9 อุณหภูมิ 25.06 องศาเซลเซียส การจัดเก็บข้อมูลได้ถูกต้อง ส่งเสียงแจ้งเตือนได้ถูกต้อง แสดงผลผ่านจอ LCD ได้ถูกต้อง ทดสอบครั้งที่ 10 อุณหภูมิ 25.69 องศาเซลเซียส การจัดเก็บข้อมูลได้ถูกต้อง ส่งเสียงแจ้งเตือนได้ถูกต้อง แสดงผลผ่านจอ LCD ได้ถูกต้อง สรุปผลจากการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง เมื่ออุณหภูมิ >25 องศาเซลเซียส จะส่งเสียงแจ้งเตือน เมื่ออุณหภูมิ <25 องศาจะไม่ส่งเสียงแจ้งเตือน ระบบทำงานได้อย่างถูกต้อง 100%

3.2.2 การประเมินประสิทธิภาพของระบบ ได้ผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลการประเมินประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.
1. สามารถแจ้งเตือนผ่านลำโพงได้	5.00	0.00
2. สามารถแสดงผลผ่านจอ LCD ได้	4.80	0.42
3. โปรแกรมสามารถใช้งานได้อย่างถูกต้อง	4.90	0.31
4. โปรแกรมสามารถเข้าใช้งานได้อย่างรวดเร็ว	4.90	0.31
5. โปรแกรมสามารถ เพิ่ม ลบแก้ไขข้อมูลผู้ใช้งานได้	5.00	0.00
6. โปรแกรมสามารถรายงานผลได้อย่างถูกต้อง	5.00	0.00
7. ระบบเชื่อมต่อกับตู้แช่วัคซีนได้	4.80	0.42
8. การออกแบบโปรแกรมมีความเหมาะสมในการใช้งาน	4.90	0.31
9. การทำงานของโปรแกรมมีความถูกต้อง	5.00	0.00
10. ภาพรวมการทำงานของระบบมีความถูกต้อง	4.90	0.31
รวม	4.92	0.21

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพต่อระบบจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 10 คน เป็นนักวิชาการคอมพิวเตอร์ จำนวน 2 คน พยาบาล จำนวน 5 คน และหัวหน้ากลุ่มงาน จำนวน 3 คน ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ประจำโรงพยาบาลเมืองจันทร์ อำเภอเมืองจันทร์ จังหวัดศรีสะเกษ พบว่า ในการใช้งานระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีน ด้วย NodeMCU V2 ESP8266 ซึ่งมีหัวข้อประเมินที่มากที่สุดคือ คือ สามารถแจ้งเตือนผ่านลำโพงได้ สามารถเพิ่มลบแก้ไขข้อมูลผู้ใช้งานได้ โปรแกรมสามารถรายงานผลได้อย่างถูกต้อง การทำงานของโปรแกรมมีความถูกต้อง ($\bar{X} = 5.00$) รองลงมา คือ โปรแกรมใช้งานได้อย่างถูกต้อง โปรแกรมสามารถเข้าใช้งานได้อย่างรวดเร็ว การออกแบบโปรแกรมมีความเหมาะสมในการใช้งาน โดยภาพรวมการทำงานของระบบมีความถูกต้อง ($\bar{X} = 4.90$) และรองลงมา คือสามารถแสดงผลผ่านจอ LCD ได้ ระบบเชื่อมต่อกับตู้แช่วัคซีนได้ ($\bar{X} = 4.80$) ตามลำดับ

4. อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีน โดยใช้อุปกรณ์สมองกลฝังตัว (Microcontroller) มีอุปกรณ์หลัก ๆ คือ Arduino IDE ESP8266 เป็นตัวกลางที่รับคำสั่งและควบคุมอุปกรณ์ จะคอยตรวจวัดอุณหภูมิที่ได้จากเซ็นเซอร์ทุก ๆ 30 วินาที และแสดงผลที่หน้าจอ LCD เมื่ออุณหภูมิ เกิน 25 องศาเซลเซียส จะทำการแจ้งเตือนไปที่ลำโพง สอดคล้องกับศศิประภา ชิตรัตตาและคณะ [1] ได้ศึกษาเรื่องความคงสภาพ



ของยา (Drug stability) ที่ระบุว่าอุณหภูมิห้องที่ควบคุม (controlled room temperature) คือ อุณหภูมิระหว่าง 20 ถึง 25 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยอุณหภูมิจลนศาสตร์ (mean kinetic temperature) จะได้ไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส โดยอยู่ระหว่าง 15 ถึง 30 องศาเซลเซียส ยาเตรียมที่มีการระบุให้เก็บที่อุณหภูมิห้องที่ควบคุมหรือเก็บที่อุณหภูมิไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส อาจเก็บในสถานที่เย็น (cool place) ก็ได้ นอกจากนี้ระบบจะทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิทั้งหมดไว้ในฐานข้อมูลเพื่อนำไปแสดงรายงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ สอดคล้องกับสามารถ ยืนยงพานิช และคณะ [3] ได้วิจัยเรื่องระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟ ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล Module Wi-Fi ESP8266 ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลผ่าน Wi-Fi ควบคุมการ เปิด-ปิดไฟ และแจ้งสถานะการเปิด-ปิดไฟ ซึ่งระบบมีความสามารถในการรับและส่งข้อมูลระหว่างการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมและเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งระบบสามารถแจ้งเตือนผ่านเสียงเมื่ออุณหภูมิตู้เก็บวัคซีนเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้สำหรับตู้เก็บวัคซีน บันทึกข้อมูลอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีนฐานข้อมูลได้ทุก ๆ 30 วินาที แสดงข้อมูลตามจริงได้ แสดงการทำงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์รองรับการทำงานผ่านอุปกรณ์ได้ แสดงผลข้อมูลในรูปแบบตารางและแบบกราฟตามเวลาจริงและจัดการบริหารผู้ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลได้ และสอดคล้องกับชำนาญใจประดิษฐ์ธรรม และวัลลภ เรื่องด้วยธรรม [6] ที่ได้อธิบายงานวิจัยเรื่องเครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นแบบพกพาประหยัดพลังงานไฟฟ้าการนำเสนอเกี่ยวกับการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89S8252 มาประยุกต์ใช้กับหัววัดอุณหภูมิและความชื้นเพื่อใช้ในการประมวลผลและบันทึกผลการวัดแบบต่อเนื่องโดยมี LCD แสดงผลการวัดค่าที่ได้จะแสดงผลเป็นตัวเลข สามารถตั้งบอกวันเวลาในการบันทึกและสามารถตั้งเวลาในการบันทึกแต่ละครั้งได้ด้วยเมื่อต้องการดูข้อมูลสามารถแสดงผลออกมาที่จอคอมพิวเตอร์และสามารถพิมพ์ออกมาดูทางเครื่องพิมพ์ได้ ซึ่งงานวิจัยนี้มีข้อแตกต่างจากงานวิจัยดังกล่าวได้แก่ ผู้วิจัยพัฒนาระบบฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลที่มีการเก็บข้อมูลอุณหภูมิผ่าน web-database-application ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้ IoT Platform ในการเก็บข้อมูลสอดคล้องกับการวิจัยเรื่องแพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ฐานรากสำคัญสู่การสร้างสรค์นวัตกรรมดิจิทัล พนิดา พงษ์ไพบูลย์ [5] กล่าวว่าอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งหรือ IoT เป็นเทคโนโลยีที่ต้องผสมผสานทักษะการพัฒนาทั้งด้านฮาร์ดแวร์ซอฟต์แวร์ และการสื่อสาร บริการ IoT Platform เป็นเสมือนโครงสร้างพื้นฐานที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้นักพัฒนาสามารถสร้างสรรค์ผลงานด้าน IoT ได้อย่างรวดเร็วลดภาระการติดตั้งดูแลระบบสื่อสาร ระบบเซิร์ฟเวอร์หรือฐานข้อมูลใด ๆ และนำเสนอแพลตฟอร์ม NETPIE กระตุ้นให้เกิดการสร้างสรค์พัฒนา IoT ซึ่งแต่งงานจากการวิจัยนี้ที่พัฒนาระบบฐานข้อมูลขึ้นมาและมีการแสดงรายงานผ่านระบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) โดยใช้ออกแบบเว็บไซต์ในรูปแบบของ Responsive Web Design เพื่อให้สามารถรองรับการทำงานได้ทุกอุปกรณ์ การใช้งานที่สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวกทุกที่ ทุกเวลา นอกจากนี้ระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีน มีระบบฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลมีการแสดงรายงานผ่านระบบเว็บแอปพลิเคชัน มีการประเมินประสิทธิภาพของระบบ ผลการประเมินประสิทธิภาพต่อระบบจากผู้เชี่ยวชาญ โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก สอดคล้องกับงานวิจัย พรพนา รัตนชูโชค [7] ได้วิจัยเรื่องการพัฒนาแบบตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยใช้ IoT เพื่อติดตามคุณภาพน้ำผ่านแอปพลิเคชัน โดยระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำแสดงผลข้อมูลออกมาในรูปแบบของตาราง กราฟได้ และนำไปทดลองใช้งานกับกลุ่มตัวอย่าง มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้ผู้วิจัยเห็นว่าระบบควรพัฒนาระบบการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน มือถือ หรือ Line เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานในระบบให้มีขั้นตอนการใช้งานที่ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น



5. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (research and development) เพื่อพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลและแจ้งเตือนอุณหภูมิตู้เก็บวัคซีน โดยใช้อุปกรณ์สมองกลฝังตัว (microcontroller) เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์เพื่อวัดอุณหภูมิและเชื่อมต่อกับลำโพงสำหรับแจ้งเตือนกรณีอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินกว่าที่กำหนดไว้ ระบบสามารถเชื่อมต่อกับสัญญาณอินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์แอคเซสพอยท์ เพื่อส่งข้อมูลอุณหภูมิไปจัดเก็บลงฐานข้อมูลทุก ๆ 30 วินาที มีระบบฐานข้อมูลสำหรับการจัดเก็บข้อมูลมีการแสดงรายงานผ่านระบบเว็บแอปพลิเคชัน มีผู้วิจัยใช้วิธีวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้การตอบแบบสอบถามประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญ โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศศิ ประภา ชิตรัตน์. (2561). ความคงสภาพของยา (Drug stability). สืบค้น 3 ธันวาคม 2565, จาก <https://ccpe.pharmacycouncil.org/>.
- [2] พอพิศ วรินทร์เสถียร. (2559). การประเมินคุณภาพการบริหารจัดการวัคซีนและระบบลูกโซ่ความเย็นของคลังวัคซีนระดับอำเภอในประเทศไทย ปี 2558. วารสารควบคุมโรค, 42(3), 194-207.
- [3] สามารถ ยืนยงพานิช. (2557). ระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟ ผ่านเว็บเบราว์เซอร์. การประชุมวิชาการระดับชาติ นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 12 เรื่อง วิจัยและนวัตกรรมกับการพัฒนาประเทศ (น.197-203). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- [4] เอกพันธ์ คำปัญญา. (2552). การวิเคราะห์และออกแบบระบบ Systems analysis and design. กรุงเทพฯ: ชัดเชสมิเดีย.
- [5] พนิดา พงษ์ไพบูลย์ เอมอชานา นิรันดสุขรัตน์ และกุลชาติ มีทรัพย์หลาก. (2558). แพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ฐานรากสำคัญสู่การสร้างสรณ์นวัตกรรมดิจิทัล. สืบค้น 3 ธันวาคม 2565, จาก <https://btfp.nbt.go.th/portfolio/2558/1185.aspx>.
- [6] ชำนิ ใจประดิษฐ์ธรรม และวัลลภ เรื่องด้วยธรรม. (2547). เครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นแบบพกพาเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 สาขาวิศวกรรมศาสตร์ (น.231-238). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [7] พรwana รันชูโชค. (2562). การพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยใช้ IoT เพื่อติดตามคุณภาพน้ำผ่านแอปพลิเคชัน. วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 11, 78-92.