

# อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสที่ส่งข้อมูลเรียลไทม์ โดยใช้อินฟราเรด เซนเซอร์และโปรโตคอลเอ็มคิวทีทีสำหรับการผลิตอาหารกระป๋อง ( Non-Contact and Real-Time Thermometer using Infrared Sensing and MQTT Protocol for Canned Food Manufacture )

วุฒิปงศ์ ปู้ดหน้อย<sup>1</sup> รุ่งโรจน์ ฐิตินพันธ์<sup>2</sup> และ ธีรวัฒน์ สามเคี่ยม<sup>3</sup>  
อ.ดร.พาสณ์ ปราโมกษ์ชน<sup>4</sup> อ.ดร.ปวีณ เชื้อนแก้ว<sup>5</sup> และ อ.ดร.กิตติกร หาญตระกูล<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

Emails : wuttipong.poodnoi@gmail.com, peapea877@gmail.com, teerawat@gmail.com

## บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นงานนำเสนอการออกแบบและการพัฒนาชุดอุปกรณ์สำหรับการวัดอุณหภูมิในกระบวนการผลิตอาหารกระป๋อง โดยปกติอาหารที่บรรจุอยู่ในกระป๋องต้องถูกตรวจวัดอุณหภูมิ ก่อนจะนำเข้าสู่กระบวนการปิดฝา ขั้นตอนการวัดอุณหภูมิใน กระบวนการผลิตต้องใช้พนักงานที่มีหน้าที่คอยสัมผัสแกดอุณหภูมิ ของผลิตภัณฑ์ด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบมาตรฐาน วิธีการนี้มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเชื้อโรคจากการใช้เครื่องวัดอุณหภูมิที่สัมผัส กับอาหารโดยตรง ยังอาจเกิดข้อผิดพลาดของพนักงานขึ้นได้ เพื่อจัดการกับปัญหาที่กล่าวมานี้ ผู้วิจัยจึงเสนอเครื่องวัดอุณหภูมิ แบบไม่ต้องสัมผัสที่สามารถส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตได้ทันที โดยใช้อินฟราเรด เซนเซอร์ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พัฒนา แบบเปิด และโปรโตคอล เอ็มคิวทีทีที่เราสร้างโมเดลจำลองเพื่อ ทดลองวัดความแม่นยำของเครื่องวัดอุณหภูมิ โดยพิจารณาความ คลาดเคลื่อนจากอุณหภูมิผลจริง การทดลองแสดงให้เห็นว่า อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ อุปกรณ์สามารถส่ง ข้อมูลอุณหภูมิแบบทันทีได้ และอุณหภูมิที่วัดด้วยอุปกรณ์ที่ นำเสนอไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญกับอุณหภูมิจริงที่ วัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุปกรณ์ที่นำเสนอสามารถนำไปใช้งานแทนกระบวนการเดิมเพื่อ ควบคุมคุณภาพการผลิตอาหารกระป๋องได้

**คำสำคัญ** : เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส, อินฟราเรด เซนเซอร์, โปรโตคอล เอ็มคิวทีที

## ABSTRACT

This paper presents the design and development of equipment for measuring temperature in the food canning process. Typically, the food stuffed in can have to be measured temperature before the process of can sealing. The food temperature measurement requires employees who must sample and observe the temperature of the food by using a standard thermometer. This method has the risk of contamination from the thermometer that directly contacts the food. Moreover, there may be some of the employee errors occurred. To deal with these problems, we propose a non-contact thermometer that can transmit real-time data across the Internet by using the infrared sensor and an open-source microcontroller development board and MQTT protocol. We construct the model to measure the accuracy of the proposed thermometer by determining the error from the real temperature. The experiment showed that the proposed thermometer can send real-time temperature via the Internet and the temperature measured by the device and the actual temperature measured with a standard thermometer is not significantly different. The results showed that the device can be used instead of the traditional temperature measurement to the quality of food canning.

**คำสำคัญ :** Non-Contact Sensing, Infrared Thermometer, MQTT Protocol

### 1. บทนำ

อุตสาหกรรมอาหารกระป๋องมีขั้นตอนการผลิตอยู่หลายอย่างที่สำคัญ เพราะผลิตภัณฑ์นั้นต้องมีคุณภาพ ฉะนั้นเครื่องมือในการผลิตหรือเครื่องมือที่พนักงานใช้นั้นต้องมีความถูกต้องแม่นยำสูง เพราะถ้าหากมีความผิดพลาดก็อาจทำให้ ผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีคุณภาพ ปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งคือ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิของอาหารในกระป๋องเพื่อที่จะปิดฝากระป๋อง ควบคุมความถูกต้องและแม่นยำ และไม่ทำให้อาหารปนเปื้อนเชื้อโรค

การวัดอุณหภูมิปัจจุบันของอาหารก่อนที่จะปิดฝากระป๋อง พนักงานจะต้องใช้อุปกรณ์ลงไปสัมผัสกับอาหารเพื่อที่จะวัดค่าอุณหภูมิได้ แล้วต้องเฝ้าสังเกตให้อุณหภูมิอยู่ในช่วงระยะที่กำหนด ซึ่งการทำเช่นนี้อาจทำให้แบคทีเรียติดเข้าไปกับอาหารได้ การให้พนักงานคอยเฝ้าสังเกตอุณหภูมิก็ทำให้เสียพนักงานมาเฝ้าสังเกตแล้วยังอาจเกิดความผิดพลาดในการสังเกต จนทำให้อาหารเสียคุณภาพไป ผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่าสามารถพัฒนาอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการวัดอุณหภูมิและลดความเสี่ยงในการปนเปื้อนของแบคทีเรียได้ดียิ่งขึ้นได้

จากปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการพัฒนาอุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิ โดยที่อุปกรณ์การวัดอุณหภูมินั้นสามารถวัดอุณหภูมิได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับอาหาร ซึ่งการทำเช่นนี้สามารถลดความเสี่ยงในการปนเปื้อนของแบคทีเรีย สามารถวัดอุณหภูมิได้รวดเร็วขึ้น และไม่ต้องเสียเวลาให้พนักงานเฝ้า

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1.1 Infrared Temperature Sensor

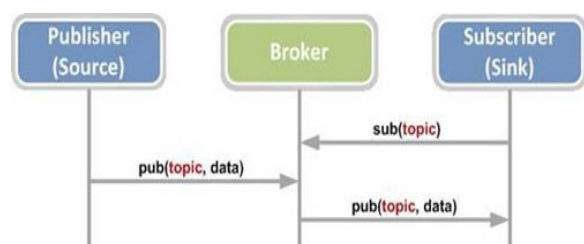
Infrared Temperature Sensor [1] คือ เซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ โดยวัดจากความเข้มของรังสีอินฟราเรด แล้วแปลงค่าให้ออกมาเป็นค่าตัวเลขของอุณหภูมิ ข้อดีของเซนเซอร์ตัวนี้คือสามารถวัดอุณหภูมิได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุ ข้อบกพร่องของเซนเซอร์ตัวนี้คือ มีมุมมองของรัศมีที่กว้างทำให้ระยะการวัด หรือระยะห่างระหว่างวัตถุกับตัวเซนเซอร์มีระยะน้อย หากระยะห่างเพิ่มขึ้นความคลาดเคลื่อนของการวัดอุณหภูมิก็จะเพิ่มขึ้นตาม

#### 2.1.2 MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)

เอ็มคิวทีที [2] เป็นโปรโตคอลการสื่อสารระหว่างเครื่องจักรกับเครื่องจักร (Machine-to-Machine (M2M) / Internet of Things (IOT)) ซึ่งทำงานในลักษณะคิวของข้อความ (Message Queue) ซึ่งถูกพัฒนาให้มีความสามารถรองรับงานด้านเทคโนโลยีที่อินเทอร์เน็ตเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ( Internet

of Things(IOT)) เทคโนโลยีนี้นอกจากจะทำให้อุปกรณ์รับค่าข้อมูลและส่งค่าข้อมูลได้แล้ว ยังสามารถใช้ในลักษณะการส่งงานอุปกรณ์ที่รองรับเอ็มคิวทีที (MQTT) ได้ด้วย การใช้งานโปรโตคอลนี้จะต้องมีอุปกรณ์ที่ฝั่งโปรแกรมชื่อว่าเอ็มคิวทีทีโบรกเกอร์ (MQTT Broker) เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกลางรับส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์อื่นที่ใช้เอ็มคิวทีทีเหมือนกัน

เอ็มคิวทีที โปรโตคอล (MQTT Protocol) จะประกอบไปด้วย โบรกเกอร์ (Broker) ผู้ส่ง (Publisher) และ ผู้เฝ้าารับข้อมูล (Subscriber) ซึ่งแต่ละตัวมีหน้าที่และมีการส่งผ่านข้อมูลดังรูปที่ 1 ซึ่งอุปกรณ์บางชนิดอาจเป็นทั้งโบรกเกอร์ ผู้ส่ง และ ผู้เฝ้าารับข้อมูลพร้อมๆ กันได้



รูปที่ 1 : รูป MQTT Protocol

### 2.1.3 Node MCU

โหนดเอ็มซียู (NodeMCU) [3] เป็นแพลตฟอร์มที่ถูกพัฒนาขึ้นมาบนพื้นฐานของชิป ESP8266 คริป ซึ่ง โหนดเอ็มซียู ประกอบไปด้วย ซอฟต์แวร์ที่ทำงานบนฮาร์ดแวร์ (Firmware) และตัวบอร์ดฮาร์ดแวร์ (Development Kit) สำหรับทำงานแบบไอโอที (IoT) ด้วยภาษา Lua และภาษา C

คุณลักษณะสำคัญของโหนดเอ็มซียู

1. เป็นการพัฒนาแบบระบบเปิด (Open-source)
2. ผู้ใช้สามารถโปรแกรมได้ตามต้องการ
3. อุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อเครือข่าย (Wi-Fi) และยังสามารถทำงานเป็น Wi-Fi Access Point ได้
4. มีราคาถูก
5. ใช้งานง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับไมโครคอนโทรเลอร์อื่นๆ

### 2.1.4 ภาษา ไพทอน (Python)

ภาษาไพทอน [4] เป็นภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาโดยแนวคิดการไม่ยึดติดกับแพลตฟอร์มใดๆ กล่าวคือผู้ใช้สามารถรันภาษา Python ได้ทั้งบนระบบ Unix, Linux , Windows NT, Windows 2000, Windows XP หรือแม้แต่ระบบ FreeBSD นอกจากนี้ภาษาไพทอนยังถูกพัฒนาบนแนวคิด OpenSource เหมือนกับภาษาพีเอชพี(PHP) ทำให้นักพัฒนาระบบสามารถที่จะนำไพทอนมาพัฒนาโปรแกรมได้โดย

ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และด้วยแนวคิดของ Open Source ทำให้มีนักพัฒนาจำนวนมากเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาให้ โฟตอน มีความสามารถสูงขึ้น และใช้งานได้ครอบคลุมกับทุกลักษณะงาน โค้ด (code) ของโฟตอนถูกสร้างขึ้นมาจากแนวคิดของภาษาซี แต่แตกต่างที่การประมวลผลจะทำในแบบอินเทอร์พรีเตอร์ ซึ่งจะประมวลผลไปทีละบรรทัดและปฏิบัติตามคำสั่งที่ได้รับ ภาษาโฟตอนเวอร์ชันแรกคือ เวอร์ชัน 0.9.0 ออกมาเมื่อปี 2533 และเวอร์ชันปัจจุบันคือ 3.6

#### 2.1.5 ภาษา ซี (C)

ภาษาซี (C program) [5] ถูกสร้างขึ้นครั้งแรกในห้องปฏิบัติการ Bell Telephone Laboratories, Inc (ปัจจุบันคือ AT&T Bell Laboratories) ในปี ค.ศ.1970 โดยภาษาซี ถูกพัฒนาต่อมาจาก ภาษา BCPL และภาษา B และในปี ค.ศ.1978 ได้มีการกำหนด นิยาม ลักษณะ และรายละเอียดของภาษาซี ขึ้น โดยหนังสือชื่อว่า “The C Programming Language” (สำนักพิมพ์ Prentice Hall) เป็นหนังสือคู่มือการสอนภาษาซีเล่มแรก และต่อมาบริษัท คอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ได้สนใจ และค้นคว้าพัฒนาภาษาซี โดย อ้างอิง ภาษาซี เดิม ทำให้มีการพัฒนาภาษาซีคอมไพเลอร์ (C compiler) และ ภาษาซีอินเตอร์พรีเตอร์ (C interpreter) ขึ้นมาเพื่อให้สามารถเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้หลาย ๆ ชนิด และสามารถเข้ากับโปรแกรมต่าง ๆ ที่บริษัทผลิตขึ้นทางการค้า จนกระทั่งปี ค.ศ.1985 ภาษาซีก็ได้รับความนิยมแพร่หลายไปทั่วโลก ซึ่งในขณะนั้นภาษาซีที่ใช้กันอยู่มีมากมายหลายชนิดแล้วแต่บริษัทผู้พัฒนาต่าง ๆ จะสร้างขึ้น โดยขาดมาตรฐานร่วมกัน ในปี ค.ศ. 1988 สถาบัน ANSI (American National Standards Institute) จึงได้กำหนดนิยาม ลักษณะและกฎเกณฑ์ของภาษาซี ที่เป็นมาตรฐานขึ้นเรียกว่าแอนซี ซี (ANSI C) ซึ่งปัจจุบันนี้บริษัท ที่ผลิตภาษาซีที่พัฒนาโดยบริษัท Microsoft และบริษัท Borland ต่างก็ใช้มาตรฐานของ ANSI C เพื่อผลิตภาษา C รุ่นต่าง ๆ ต่อไป และ ภาษาซี ก็ได้รับการพัฒนาให้เป็นภาษาพื้นฐานของการเขียน โปรแกรมบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน

#### 2.1.6 XAMPP

แซมพ์ (Xampp) [6] เป็นโปรแกรม Apache web server ไว้ จำลอง web server เพื่อไว้ทดสอบ สคริปหรือเว็บไซต์ในเครื่อง ของนักพัฒนาโปรแกรมและเว็บไซต์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อ อินเทอร์เน็ตและไม่ต้องมีค่าใช้จ่ายใดๆ ช่วยให้ง่ายต่อการติดตั้ง และใช้งานโปรแกรม Xampp จะมาพร้อมกับ PHP ภาษาสำหรับ พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่เป็นที่นิยม , MySQL ฐานข้อมูล, Apache จะทำหน้าที่เป็นเว็บ เซิร์ฟเวอร์, Perl อีกทั้งยังมา

พร้อมกับ OpenSSL , phpMyadmin ( ระบบบริหารฐานข้อมูล ที่พัฒนาโดย PHP เพื่อใช้เชื่อมต่อไปยังฐานข้อมูล )

#### 2.1.7 JSON ( JavaScript Object Notation )

เจสัน (JSON) [7] เป็นฟอร์แมตสำหรับแลกเปลี่ยน ข้อมูลคอมพิวเตอร์ ฟอร์แมต JSON นั้นอยู่ในรูปข้อความธรรมดา (plain text) ที่ทั้งมนุษย์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถอ่าน เข้าใจได้ ปัจจุบัน JSON นิยมใช้ในเว็บแอปพลิเคชัน โดยเฉพาะ AJAX โดย JSON เป็นฟอร์แมตทางเลือก ในการส่งข้อมูล นอกเหนือไปจาก XML ซึ่งนิยมใช้กันอยู่แต่เดิม สาเหตุที่ JSON เริ่มได้รับความนิยม เป็นเพราะกระชับและเข้าใจง่ายกว่า XML

#### 2.1.8 AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) [8]

เป็นกลุ่มของเทคนิคในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อให้ ความสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้ดีขึ้น โดยการรับส่งข้อมูลในฉาก หลัง ทำให้ทั้งหน้าไม่ต้องโหลดใหม่ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งช่วยให้เพิ่มการตอบสนอง ความรวดเร็ว และการใช้งาน โดยรวม

### 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิริยุทธ มาเร็ว [9] ได้เสนอปริมาณนิพจน์ในปี พ.ศ.2007 ในเรื่องเครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส เพื่อนำไปใช้ในการวัด อุณหภูมิของวัตถุ ที่มีพื้นผิวที่ยากต่อการสัมผัสโดยตรง สำหรับการตรวจจับความร้อนออกที่แผ่ออกมาจากวัตถุนั้นจะใช้ตัว เซ็นเซอร์อินฟราเรดเทอร์โมไพร์ โดยมีอัตราส่วนการวัดของ ระยะทางไปยังวัตถุที่ต้องการวัด และขนาดของพื้นที่ที่ต้องการวัด อุณหภูมิ (D:S) เท่ากับ 5 ต่อ 1 การควบคุมและการประมวลผล จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งสามารถแสดงผลได้บนจอแอลซีดี และสามารถบันทึกมูลอุณหภูมิตามเวลา จริงไปเก็บไว้ในหน่วย ความจำ แบบอีอีพรอม เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

จากผลการทดสอบเครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสนี้ สามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง 0 ถึง 100 องศาเซลเซียส มีค่า ความผิดพลาดรวมพลาดไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์

### 3. รายละเอียดการพัฒนา

#### 3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลของอุปกรณ์ที่ต้องใช้เพื่อ ทำเครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส คุณสมบัติต่างๆ และภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรม

#### 3.2 การวิเคราะห์ระบบ

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจุดด้อยของเครื่องวัดอุณหภูมิที่ อุตสาหกรรมอาหารกระป๋องใช้คือการวัดอุณหภูมิจำเป็นต้องนำ

อุปกรณ์ไปสัมผัสกับอาหารในกระป๋องจึงอาจทำให้มีแบคทีเรียหรือเชื้อโรคเข้าไปปนเปื้อนกับอาหารได้ อีกทั้งการสังเกตอุณหภูมิที่ทางอุตสาหกรรมทำ คือให้พนักงานเฝ้าอุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิเพื่อที่จะสังเกตว่าอุณหภูมิอยู่ในช่วงระยะที่สามารถปิดฝาได้หรือยัง การให้พนักงานเฝ้าสังเกตอาจทำให้การสังเกตอุณหภูมิผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนได้ และยังเสียพนักงานไปเพื่อเฝ้าดู ผู้วิจัยจึงได้คิดที่จะทำให้เครื่องวัดอุณหภูมินั้นสามารถวัดได้โดยที่ไม่ต้องสัมผัสกับอาหาร เพื่อลดความเสี่ยงต่างๆ และทำให้เครื่องวัดสามารถวัดได้โดยอัตโนมัติ เพื่อที่พนักงานจะได้ไม่ต้องเฝ้าดูอุณหภูมิ

### 3.3 การออกแบบระบบ

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเครื่องวัดอุณหภูมิโดยไม่ต้องสัมผัส โดยมีพื้นฐานแนวคิดดังนี้คือ พัฒนาเครื่องวัดอุณหภูมิที่วัดค่าอุณหภูมิได้และสามารถส่งค่าอุณหภูมิไปยังอุปกรณ์เพื่อแสดงไฟสัญญาณบอกสถานะของอุณหภูมิขณะนั้น อีกทั้งยังสามารถตรวจเช็คข้อมูลอุณหภูมิ ณ เวลานั้นได้ทันที (real-time) และตรวจเช็คประวัติของอุณหภูมีย้อนหลังได้ ในรูปแบบของเว็บเบราว์เซอร์

### 3.4 การพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบของเครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสจะแยกออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนของฮาร์ดแวร์ และส่วนของซอฟต์แวร์

- **ฮาร์ดแวร์** ส่วนนี้จะประกอบไปด้วย GY-906 Infrared Temperature Sensor, Node MCU, Switching Power Supply, Regulator Step Down โดยมี Node MCU เป็นศูนย์กลางของทั้งหมด ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมใน Node MCU ก็จะเป็นภาษาซี (C) โดยที่เขียนและเบิร์นผ่านโปรแกรม Arduino IDE โดยหลักการทำงานก็จะรับค่าของอุณหภูมิมา และส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอล MQTT เพื่อที่จะถูกเรียกใช้ต่อไป

- **ซอฟต์แวร์** ส่วนนี้จะพัฒนาด้วยโปรแกรม Sublime Text และใช้ภาษา PHP ในการพัฒนาเว็บเบราว์เซอร์ที่ใช้ในการดูค่าอุณหภูมิ ณ เวลานั้นๆ และดูประวัติของอุณหภูมีย้อนหลัง ใช้ MySQL เป็นฐานข้อมูล ผ่านโปรแกรม XAMPP ใช้โปรแกรม Python 3.6 เพื่อเขียนโปรแกรม Daemon โดยใช้ภาษา Python ในการพัฒนา

### 3.5 การทดสอบระบบโมเดล

เนื่องจากเซนเซอร์ชนิดนี้ต้องมีการปรับแต่งค่าให้เท่ากับค่ามาตรฐาน (Calibration) การทดลองเบื้องต้นจึงเริ่มต้นโดยผู้พัฒนาระบบได้ใช้ค่าอุณหภูมิที่วัดจากอุปกรณ์ที่ได้พัฒนา และค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากอุปกรณ์ปรอทวัดอุณหภูมิมาตรฐานมาเปรียบเทียบกัน เพื่อที่จะหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง

(Root Mean Square Error, RMSE) และนำค่า RMSE ที่ได้มาปรับแต่งค่าชดเชยค่าอุณหภูมิที่วัดได้ของอุปกรณ์ที่น่าเสนอ

หลังจากปรับแต่งค่าเซนเซอร์ของอุปกรณ์แล้ว ผู้วิจัยจึงทำการทดลองทดสอบระบบ เปรียบเทียบกับปรอทวัดอุณหภูมิมาตรฐาน และ ปืนวัดอุณหภูมิอินฟราเรดที่มีวางจำหน่ายโดยทั่วไป ในช่วงอุณหภูมิที่กำหนดของอุปกรณ์เซนเซอร์อินฟราเรด อุปกรณ์สำหรับทดลองเป็นดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3



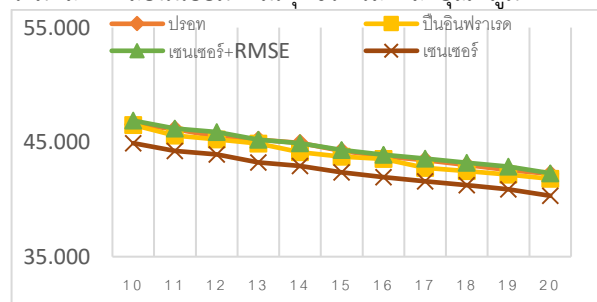
รูปที่ 2 : เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทและแบบปืนตามลำดับ



รูปที่ 3 : โมเดลอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

### 3.6 ผลการทดสอบระบบโมเดล

ผลการทดสอบวัดอุณหภูมิจะแสดงออกมาในรูปแบบกราฟ เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของอุปกรณ์ 3 ชนิด โดยแกนนอนคือช่วงเวลาตั้งแต่นาทีที่ 0 ไปจนถึงนาทีที่ 30 และ แกนตั้งคือค่าอุณหภูมิที่วัดได้ ผู้วิจัยได้ทดลองวัดอุณหภูมิเป็นจำนวน 3 ครั้ง และนำมาค่าอุณหภูมิเฉลี่ย ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่วัดโดยอุปกรณ์ทั้ง 3 ชนิดมีความคลาดเคลื่อนน้อยมากในทุกช่วงเวลาและอุณหภูมิ



รูปที่ 4 : กราฟเทียบค่าเฉลี่ยของอุปกรณ์ทั้ง 3 ชนิด

ผู้วิจัยจึงนำค่าอุณหภูมิที่วัดได้นี้มาคำนวณหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error, RMSE) และ ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ ( Mean Absolute Error, MAE) ระหว่างปืนอินฟราเรดกับปรอทวัดอุณหภูมิมาตรฐาน และระหว่างชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่นำเสนอกับปรอทวัดอุณหภูมิมาตรฐาน ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 : ตารางสรุปค่า RMSE และ MAE

วิธีการวัดอุณหภูมิ	RMSE	MAE
ปืน Infrared	0.572	0.506
อุปกรณ์ที่นำเสนอ	0.253	0.204

ซึ่งจากตารางที่ 1 สามารถสรุปออกมาได้ดังนี้ ชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่นำเสนอ ที่มีการปรับชุดเซนเซอร์ Infrared Sensor ด้วยวิธี Root Mean Square Error (RMSE) ก่อนแล้ว เมื่อนำไปใช้งานจริงจะให้ค่าความคลาดเคลื่อน RMSE และ MAE น้อยกว่า ปืนอินฟราเรดมาตรฐานสำหรับการวัดอุณหภูมิ ในช่วงอุณหภูมิ 0-50 องศา แสดงให้เห็นว่า อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสที่นำเสนอนี้ สามารถใช้งานทดแทน ปรอท ที่ต้องมีการสัมผัสสิ่งที่ต้องการวัดได้ และนอกจากนี้ อุปกรณ์ที่พัฒนายังสามารถใช้แทนปืนวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรดในส่วนของการส่งผ่านข้อมูลอุณหภูมิผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ซึ่งจะแสดงผลการนำเสนอข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตในหัวข้อต่อไป

#### 4. ผลการดำเนินงาน

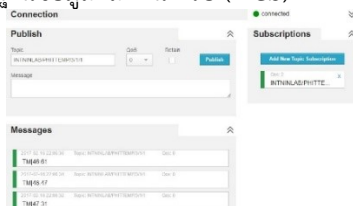
##### 4.1 การทดลองระบบ

การใช้งานระบบแบ่งผู้ใช้งานออกเป็น 2 ฝ่าย ตามหลักการใช้งาน

1. ฝ่ายพนักงานทั่วไป พนักงานทั่วไปก็สามารถทำงานของตนเองได้ตามปกติ โดยที่ทางเครื่องวัดอุณหภูมิจะทำการเตือนเมื่อช่วงอุณหภูมิถึงช่วงเวลาที่สามารถเดินสายพานเพื่อปิดฝากระป๋องได้
2. ฝ่ายผู้บริหารจะสามารถจะสามารถเข้าดูอุณหภูมิ ณ เวลาขณะนั้นได้ และยังสามารถดูประวัติย้อนหลัง

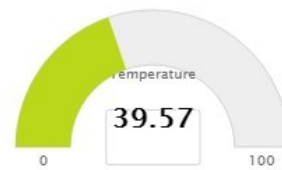
##### 4.2 ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ

รูปที่ 5 แสดงค่าอุณหภูมิที่ได้รับมาจากตัว เมื่อวงจร client เริ่มทำงาน จะทำการเชื่อมต่อกับ Access point และทำการส่งค่า MQTT ไปยังฐานข้อมูลและหน้าเว็บ (Web)



รูปที่ 5 : ค่า client ที่ส่งผ่าน MQTT

รูปที่ 6 เมื่อส่งค่า MQTT มายังเว็บไซต์ หน้าเว็บจะทำการแสดงค่าที่ได้รับมา



รูปที่ 6 : ค่าอุณหภูมิที่รับจาก MQTT

รูปที่ 7 แสดงประวัติย้อนหลังของอุณหภูมิ ที่ client ส่งมา และ server บันทึกลงฐานข้อมูล

No.	Temperature	Time
1	25	2017-01-30 09:25:46
2	26	2017-01-31 09:25:46

รูปที่ 7 : แสดงประวัติย้อนหลังของอุณหภูมิ

#### 4.3 ผลการประเมินระบบ

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลการประเมินผลความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพของระบบจากผู้ใช้งานทั้งพนักงานและฝ่ายบริหาร จำนวน 30 คน ได้คะแนนเฉลี่ย 3.9 คะแนน จาก 5 คะแนน ( 5 = ดีมาก ) ดังนั้นความพึงพอใจประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับดี

#### 5. สรุปผล

เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสได้พัฒนาขึ้น มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องวัดอุณหภูมิของอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องให้ดี และมีคุณภาพมากขึ้น เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสสามารถรายงานค่าอุณหภูมิ ณ เวลาขณะนั้น สามารถดูประวัติย้อนหลังสามารถแจ้งเตือนได้ในกรณีที่อุณหภูมิอยู่ในช่วงที่สามารถปิดฝากระป๋อง ทำให้ทางอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องประหยัดคนที่ต้องมาเฝ้าคอยสังเกตอุณหภูมิ

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์อย่างสูงจาก อ.ดร.กิตติกร ชาญตระกูล, อ.ดร.ปวิณ เขื่อนแก้ว, อ.ดร.นชิ ตันติธารานุกูล, อ.ดร.พาสน์ ปราโมกข์ชน และ อ.ดร.กิตติศักดิ์ โอสนานันต์กุล ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส อีกทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ซึ่งเป็น

แนวทางในการดำเนินงานมาโดยตลอดทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Infrared Temperature Sensor สืบค้นเมื่อวันที่ 25 กันยายน 2559 <https://www.arduinothai.com/product/777/infrared-temperature-sensor-module-gy-906-mlx90614-esf>
- [2] MQTT สืบค้นเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2559 จาก <http://mqtt.org>
- [3] NodeMCU สืบค้นเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2559 <http://www.ayarafun.com/2015/08/introduction-arduino-esp8266-nodemcu/>
- [4] ภาษาไพทอน (Python) สืบค้นเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม 2559 จาก <https://www.python.org/>
- [5] ภาษาซี (C) สืบค้นเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2559 <http://www.vcharkarn.com/varticle/1806>
- [6] XAMPP สืบค้นเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2559 <http://www.mindphp.com/%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD/73-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3/2637-xampp-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3.html>
- [6] JSON ( JavaScript Object Notation ) สืบค้นเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2559 <http://nikhorn.blogspot.com/2013/03/json.html>
- [7] AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) สืบค้นเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2559 <http://www.thaicreate.com/tutorial/ajax-introduction.html>
- [8] นายวีระยุทธ มาเร็ว เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ปีการศึกษา 2557