การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2
The 2nd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

# การออกแบบและพัฒนาเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับระบบวัดอุณหภูมิด้วยโมดูลรับส่งระยะไกล
# Design and Development of Wireless Sensor Network for Temperature Monitoring System on Long Range Transceiver Module

ทรงเกียรติ ภาวดี
สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

Zongkiat Pavadee
Computer Science Program, Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University
E-mail: z.pavadee@pkru.ac.th

**บทคัดย่อ**

บทความนี้นำเสนอต้นแบบการพัฒนาเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับระบบวัดอุณหภูมิโดยใช้โมดูลรับส่งไร้สายระยะไกล HC-12 ความถี่ 433 เมกะเฮิรตซ์ ในการรับส่งข้อมูลระหว่างโหนดเซ็นเซอร์และเกทเวย์ องค์ประกอบของระบบมี 3 ส่วน 1) โหนดเซ็นเซอร์ รับข้อมูลอุณภูมิจากกลุ่มของเซ็นเซอร์ DS18B20 ที่เชื่อมต่อกันด้วยโปรโตคอล 1-Wire แล้วส่งข้อมูลไปให้โหนดเกทเวย์ 2) โหนดเกทเวย์ รับข้อมูลอุณหภูมิจากโหนดเซ็นเซอร์มาประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ ESP8266 และส่งไปจัดเก็บบนคลาวด์ 3) ฐานข้อมูล ใช้แพลตฟอร์ม Node-RED รับข้อมูลจากโหนดเกทเวย์ บันทึกลงฐานข้อมูล MariaDB และส่งไปแสดงผลแบบแดชบอร์ดให้ผู้ใช้ระบบ จากการทดสอบพบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ โดยระยะห่างสูงสุดที่สามารถรับส่งข้อมูลระหว่างโหนดเซ็นเซอร์และเกทเวย์ในที่โล่ง คือ 195 487 และ 582 เมตร เมื่อใช้สายอากาศบนโมดูล สายอากาศแบบยางและสายอากาศรอบตัวแบบฐานแม่เหล็กตามลำดับ

**คำหลัก** โหนดเซ็นเซอร์ โหนดเกทเวย์ ไร้สาย วัดอุณหภูมิ ระยะไกล

**Abstract**

This article presents a prototype of a wireless sensor network for temperature monitoring system by using a long-range transceiver module (HC-12) on 433 MHz for transmitting and receiving data between sensor and gateway node. The system consists of three parts: 1) Sensor node, receives a temperature from a group of DS18B20 temperature sensor connected by 1-Wire protocol and sends data to Gateway node. 2) Gateway node, receives and processes a temperature data from sensor node with ESP8266 microcontroller and sends a data to the cloud, and 3) A database, using a Node-RED platform to receive a data from Gateway node that save to MariaDB database and sends to end

user as a dashboard. The result showed that the system can work properly as designed, The maximum range between sensor and gateway node in an opened area is approximately 195, 487 and 582 meters when used onboard antenna, rubber duck antenna and Omnidirectional antenna with magnetic base accordingly.

**Keywords:** Sensor node, Gateway node, Wireless, Temperature monitoring, Long-range

## 1. บทนำ

ในปัจจุบันพัฒนาการทางด้านฮาร์ดแวร์และการสื่อสารแบบไร้สายก่อให้เกิดนวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่ในการติดต่อสื่อสาร ระบบเครือเซ็นเซอร์ไร้สายเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการประยุกต์เอาความสามารถของการสื่อสารไร้สายมาใช้งานกับการส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แรงดัน ปริมาณ ไปยังเซิร์ฟเวอร์หรือส่วนเฝ้าฟังติดตาม การใช้ระบบสื่อสารไร้สายกับเซ็นเซอร์นั้นนอกจากจะลดต้นทุนด้านการวางสายสัญญาณเซ็นเซอร์แล้ว ยังปรับเปลี่ยนตำแหน่ง เพิ่มลดจำนวนเซ็นเซอร์ได้อย่างสะดวกรวดเร็วและจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในบทความนี้เป็นการพัฒนาต้นแบบระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับระบบวัดอุณหภูมิโดยใช้โมดูลรับส่งไร้สายระยะไกลในการรับส่งข้อมูลระหว่างโหนดเซ็นเซอร์ (Sensor Node) และโหนดเกทเวย์ (Gateway Node) ใช้ไอซี DS18B20 ทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ด้วยโปรโตคอล 1-Wire โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นตัวจัดการข้อมูลจากเซ็นเซอร์แล้วส่งข้อมูลแบบไร้สายผ่านโมดูล HC-12 ไปยังโหนดเกทเวย์ซึ่งใช้โมดูล HC-12 เป็นตัวรับข้อมูลและมีไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 เป็นตัวประมวลผลก่อนที่จะส่งข้อมูลไปเก็บยังฐานข้อมูลบนคลาวด์

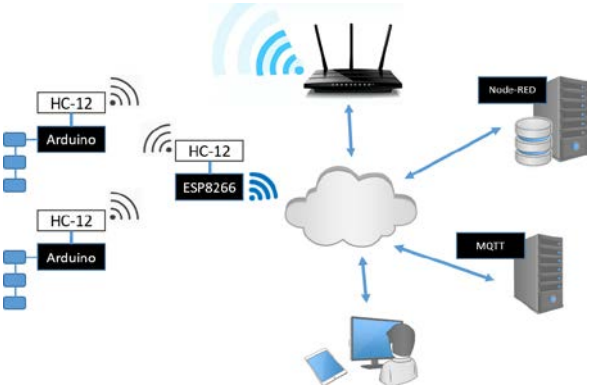
## 2. ขั้นตอนและวิธีการพัฒนา

1-Wire เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบบัสความเร็วต่ำใช้สายสัญญาณเส้นเดียวทำหน้าที่ทั้งรับและส่งข้อมูล มีการทำงานคล้ายกับ I2C ที่จะมีตัวแม่และลูก (Master/Slave) ตัวลูกจะมีหมายเลข ROM ขนาด 64 บิตที่ไม่ซ้ำกันเพื่อใช้กำหนดที่อยู่ (Address) ของแต่ละตัวที่เชื่อมต่ออยู่บนสายสัญญาณเส้นเดียวกัน [1] โปรโตคอลนี้นิยมใช้ในงานตรวจสอบและเฝ้าติดตามงานด้านอุตสาหกรรม เช่น ระดับอุณภูมิของชิ้นงาน โรงเก็บของหรืออาคาร [2]

DS18B20 เป็นไอซีวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล วัดอุณหภูมิในช่วง -55 ถึง 125 องศาเซลเซียส เพิ่มหรือลดครั้งละ 0.5 องศาเซลเซียส มีความละเอียด 9 - 12 บิต ทำงานกับบัสแบบ 1-Wire ถูกนำมาใช้ในการวัดอุณหภูมิแบบหลายๆ จุดบนบัสเส้นเดียว เช่น อุตสาหกรรมเคมี [3] [4] การวัดอุณหภูมิของห้องแม่ข่าย [5] การวัดอุณหภูมิของแหล่งน้ำ [6] เป็นต้น

HC-12 เป็นโมดูลสื่อสารไร้สายความถี่ 433 เมกะเฮิรตซ์ มีช่องสัญญาณจำนวน 100 ช่อง แต่ละช่องห่างกัน 400 กิโลเฮิร์ตซ์ (433.400 - 473.000 เมกะเฮิรตซ์) กำลังส่งสูงสุด 100 มิลลิวัตต์ สามารถปรับค่ากำลังส่งและความเร็วการรับส่งข้อมูล (Baud rate) ได้ มีคอนโทรลเลอร์ภายในสำหรับจัดการการสื่อสารและติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ภายนอกผ่านพอร์ทอนุกรม [7]

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับระบบวัดอุณหภูมิประกอบด้วย 1) โหนดเซ็นเซอร์ 2) โหนดเกทเวย์ และ 3) ฐานข้อมูล ภาพรวมของระบบจะเป็นดังรูปที่ 1




รูปที่ 1 เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับระบบวัดอุณหภูมิ

### 2.1 โหนดเซ็นเซอร์

โหนดเซ็นเซอร์จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino NANO เป็นตัวควบคุมต่อหนึ่งสถานี (Station) แต่ละสถานีจะมีหมายเลขกำกับ (01 - 99) โดยใช้เทคนิคการเขียนหมายเลขสถานีเก็บไว้ใน EEPROM ของ Arduino และแต่ละสถานีจะต่อกับไอซีวัดอุณหภูมิ DS18B20 ผ่านโปรโตคอล 1-wire เพื่อรับอุณหภูมิแต่ละจุด นำมาประมวลผลส่งไปให้โหนดเกทเวย์ผ่านโมดูลไร้สาย HC-12 โดยโหนดเซ็นเซอร์จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลเท่านั้น ไม่มีการรับข้อมูลใดๆ จากโหนดเกทเวย์ ดังรูปที่ 2

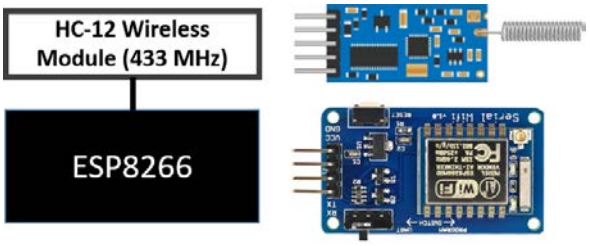
รูปที่ 2 โครงสร้างของโหนดเซ็นเซอร์

โครงสร้างของข้อมูลที่โหนดเซ็นเซอร์ส่งไปให้โหนดเกทเวย์ ประกอบไปด้วยข้อมูลขนาด 25 ไบต์ ไบต์ที่ 1 – 2 คือ รหัสของโหนดเซ็นเซอร์ ไบต์ที่ 3 – 18 คือ หมายเลข ROM ID ของเซ็นเซอร์ DS18B20 แต่ละตัวซึ่งจะมีค่าที่ไม่ซ้ำกัน ไบต์ที่ 19 – 23 คือ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) และไบต์ที่ 24 คือ รหัสขึ้นบรรทัดใหม่ปิดท้ายข้อมูล ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 โครงสร้างของข้อมูลที่ส่งไปยังโหนดเกทเวย์

### 2.2 โหนดเกทเวย์

โหนดเกทเวย์จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 (ESP-07) เป็นตัวควบคุม โดยต่อกับโมดูลไร้สาย HC-12 เพื่อรับข้อมูลอุณหภูมิที่ส่งมาจากโหนดเซ็นเซอร์แล้วนำมาประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ ESP8266 และส่งไปจัดเก็บบนคลาวด์ ดังรูปที่ 4




รูปที่ 4 โครงสร้างของโหนดเกทเวย์

### 2.3 ฐานข้อมูล

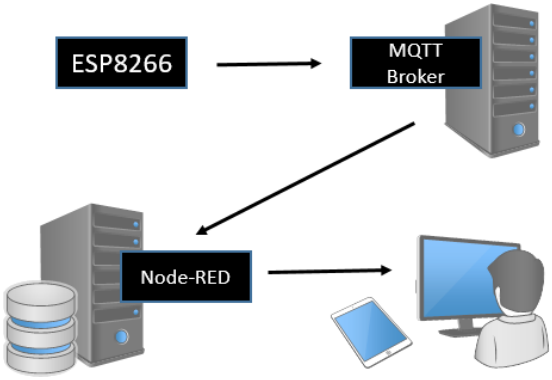
การเก็บข้อมูลอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์จะใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MariaDB โดยจัดเก็บข้อมูลไว้ในตารางชื่อ WSN โครงสร้างของตารางประกอบด้วย 1) id ทำหน้าที่เป็นคีย์หลัก (Primary Key) ของตาราง 2) station เก็บหมายเลขสถานี (หมายเลขโหนดเซ็นเซอร์) 3) rom เก็บหมายเลข ROM ID ของเซ็นเซอร์ DS18B20 4) temperature เก็บค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) และ 5) datetime เก็บวันที่และเวลาที่ข้อมูลดังกล่าวถูกจัดเก็บในตาราง ดังรูปที่ 5

| Field | Type | Null | Key | Default | Extra |
|---|---|---|---|---|---|
| id | int(11) | NO | PRI | NULL | auto_increment |
| station | char(2) | YES | | NULL | |
| rom | char(16) | YES | | NULL | |
| temperature | decimal(5,2) | YES | | NULL | |
| datetime | timestamp | YES | | NULL | |

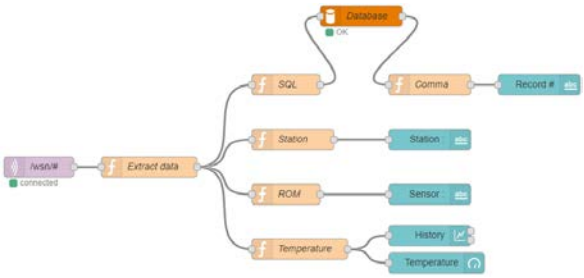
รูปที่ 5 โครงสร้างตาราง WSN

การบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลจะไม่ใช้วิธีส่งไปเก็บยัง MariaDB โดยตรง แต่จะใช้วิธี Publish ข้อมูลไปยังโบรเกอร์ MQTT ก่อน จากนั้น Node-RED (Subscribe รับข้อมูลอุณหภูมิกับโบรเกอร์ MQTT) จะได้รับข้อมูลอุณหภูมิ แล้วนำไปเก็บลงในตาราง WSN แล้วข้อมูลนั้นแสดงผลทางแดชบอร์ดสำหรับผู้ใช้ด้วย ดังรูปที่ 6 และผัง (Flow) คำสั่งของ Node-RED ที่ทำงานกับ MQTT และ MariaDB ดังรูปที่ 7

การออกแบบให้โหนดเกทเวย์ส่งข้อมูลไปยังโบรกเกอร์ MQTT นั้น มีเหตุผลในเรื่องของความยืดหยุ่นในการจัดการและขยายขอบเขตของระบบ เช่น การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันสำหรับติดตามอุณหภูมิแบบเวลาจริง (Real time) จะสามารถทำได้ง่าย เพราะตัวแอปพลิเคชันจะรับรู้การเปลี่ยนแปลงของอุณภูมิได้ด้วยการ Subscribe รับข้อมูลจากโบรเกอร์ MQTT โดยไม่ต้องทำการร้องขอหรือใช้เทคนิคใดๆ ในการตรวจสอบการข้อมูลล่าสุดที่เข้ามาในระบบหรือฐานข้อมูลเลย



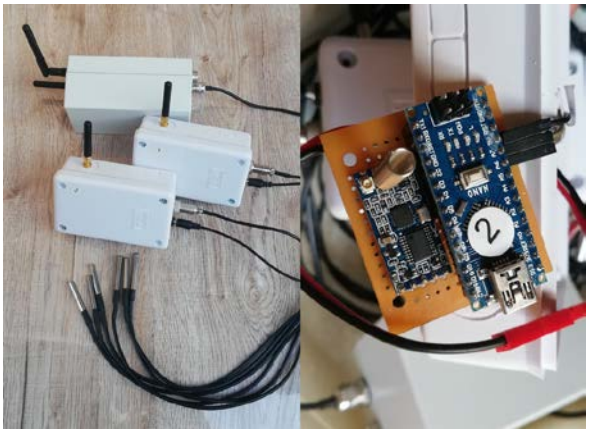

รูปที่ 6 ขั้นตอนการบันทึกข้อมูล




รูปที่ 7 ผังคำสั่งของ Node-RED

## 3. ผลการวิจัย

ต้นแบบของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับระบบวัดอุณหภูมิ ประกอบด้วยโหนดเกทเวย์ 1 ตัว โหนดเซ็นเซอร์ 2 ตัว (หมายเลขสถานี 01 และ 02) และโหนดเซ็นเซอร์แต่ละตัวต่อกับเซ็นเซอร์ DS18B20 2 ตัว โดยจะใช้สายอากาศภายนอกแบบเสายางกับโมดูลไร้สาย HC-12 ทั้งโหนดเกทเวย์และโหนดเซ็นเซอร์ รวมถึงโมดูลไร้สาย ESP-07 ในโหนดเกทเวย์ด้วย เพราะการรับส่งข้อมูลที่ดีกว่าสายอากาศบนบอร์ดหรือของโมดูล ทั้งคุณภาพของสัญญาณและระยะทาง ดังรูปที่ 8



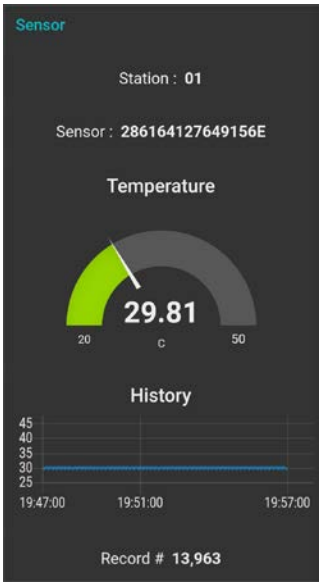
รูปที่ 8 ต้นแบบโหนดเกทเวย์และโหนดเซ็นเซอร์

โหนดเซ็นเซอร์แต่ละตัวถูกตั้งเวลาให้ทำงานทุกๆ 5 วินาทีเพื่ออ่านข้อมูลอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์ DS18B20 ทุกตัวที่ต่ออยู่กับโหนดเซ็นเซอร์ แล้วส่งข้อมูลนั้นไปยังโหนดเกทเวย์ ตัวอย่างข้อมูลที่บันทึกลงฐานข้อมูล ดังรูปที่ 9 และแดชบอร์ดที่แสดงข้อมูลอุณหภูมิสำหรับผู้ใช้ ดังรูปที่ 10

เนื่องผู้วิจัยต้องการทดสอบระยะทางการรับส่งข้อมูลของโมดูลสื่อสารไร้สาย HC-12 โดยต้องการเพิ่มระยะทางการรับส่งข้อมูลระหว่างโหนดเซ็นเซอร์และโหนดเกทเวย์ จึงทดลองใช้สายอากาศแบบต่างๆ จำนวน 3 แบบ คือ 1) สายอากาศขดลวดสปริง 2) สายอากาศยางขนาดสั้น และ 3) สายอากาศรอบตัวแบบฐานแม่เหล็ก ดังรูปที่ 11

| id | station | rom | temperature | datetime |
|---|---|---|---|---|
| 10,790 | 01 | 286164127670D15A | 29.69 | 2018-11-25 17:44:38 |
| 10,791 | 01 | 286164127649156E | 29.81 | 2018-11-25 17:44:39 |
| 10,792 | 02 | 28616412767343A2 | 30.00 | 2018-11-25 17:44:43 |
| 10,793 | 02 | 2861641273E942ED | 29.88 | 2018-11-25 17:44:44 |
| 10,794 | 01 | 286164127670D15A | 29.69 | 2018-11-25 17:44:48 |
| 10,795 | 01 | 286164127649156E | 29.81 | 2018-11-25 17:44:49 |
| 10,796 | 02 | 28616412767343A2 | 30.00 | 2018-11-25 17:44:53 |
| 10,797 | 02 | 2861641273E942ED | 29.88 | 2018-11-25 17:44:54 |
| 10,798 | 01 | 286164127670D15A | 29.69 | 2018-11-25 17:44:58 |
| 10,799 | 01 | 286164127649156E | 29.81 | 2018-11-25 17:44:59 |
| 10,800 | 02 | 28616412767343A2 | 30.00 | 2018-11-25 17:45:03 |
| 10,801 | 02 | 2861641273E942ED | 29.88 | 2018-11-25 17:45:04 |
| 10,802 | 01 | 286164127670D15A | 29.69 | 2018-11-25 17:45:08 |
| 10,803 | 01 | 286164127649156E | 29.81 | 2018-11-25 17:45:09 |
| 10,804 | 02 | 28616412767343A2 | 30.00 | 2018-11-25 17:45:13 |
| 10,805 | 02 | 2861641273E942ED | 29.88 | 2018-11-25 17:45:14 |
| 10,806 | 01 | 286164127670D15A | 29.69 | 2018-11-25 17:45:18 |
| 10,807 | 01 | 286164127649156E | 29.81 | 2018-11-25 17:45:19 |
| 10,808 | 02 | 28616412767343A2 | 30.00 | 2018-11-25 17:45:23 |
| 10,809 | 02 | 2861641273E942ED | 29.88 | 2018-11-25 17:45:24 |
| 10,810 | 01 | 286164127670D15A | 29.69 | 2018-11-25 17:45:28 |
| 10,811 | 01 | 286164127649156E | 29.81 | 2018-11-25 17:45:29 |

รูปที่ 9 ข้อมูลอุณหภูมิที่โหนดเกทเวย์ได้รับ




รูปที่ 10 แดชบอร์ดแสดงข้อมูลอุณหภูมิ

รูปที่ 11 สายอากาศ 3 แบบที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบกำหนดให้โมดูล HC-12 ทำงานที่โหมด FU3 ใช้ความเร็วการรับส่งข้อมูล 9,600 บิตต่อวินาที และใช้ช่องความถี่หมายเลข 1 (CH001) ความถี่ 433.4 เมกะเฮิรตซ์

ใช้สายอากาศแบบเดียวกันทั้งตัวส่งและตัวรับ โดยวางสายอากาศสูงจากพื้นดินประมาณ 1.5 เมตร ผลการทดสอบเป็นดังตารางที่ 1 พบว่าสายอากาศแบบที่ 3 ให้ระยะทางในการรับส่งได้ไกลที่สุดคือ 582 เมตร คิดเป็นสัญญาณครอบคลุมประมาณ 1.06 ตารางกิโลเมตร เมื่อเทียบกับสายอากาศแบบที่ 1 ที่ได้ระยะทางเพียง 195 เมตร มีพื้นที่สัญญาณครอบคลุมประมาณ 0.12 ตารางกิโลเมตร และแบบที่ 2 ที่ได้ระยะทาง 487 เมตร มีพื้นที่สัญญาณครอบคลุมประมาณ 0.75 ตารางกิโลเมตร

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบสายอากาศ

| แบบของสายอากาศ | ระยะทางสูงสุดที่รับส่งสัญญาณได้ | พื้นที่สัญญาณ (ตาราง กม.) |
|---|---|---|
| 1 | 195 | 0.12 |
| 2 | 487 | 0.75 |
| 3 | 582 | 1.06 |

## 5. สรุป

ต้นแบบของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับระบบวัดอุณหภูมิโดยใช้โมดูลรับส่งไร้สายระยะไกลที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานรับส่งข้อมูลอุณหภูมิจากโหนดเซ็นเซอร์ไปยังโหนดเกทเวย์ได้ในระยะที่ไกลพอสมควร โดยสามารถเพิ่มระยะทางการรับส่งข้อมูลให้มากขึ้นโดยใช้สายอากาศภายนอกที่อัตราขยายที่สูงขึ้น และต้นแบบสามารถส่งข้อมูลไปเก็บยังฐานข้อมูลบนคลาวด์ และแสดงให้ผู้ใช้ผ่านทางแดชบอร์ดอย่างถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ทุกประการ

## เอกสารอ้างอิง

[1] Wang Jingzhou, Gong Chenglong, “Research on 1-Wire Bus Temperature Monitoring System”, The Eighth International Conference on Electronic Measurement and Instruments, 2007, pp. 722–726

[2] Ibrahim A. Nasir, Ahmed B. Abdurhman, Salem A. Alhashmi, Hamd Mohammed, "Design and Development of a Temperature Monitoring System Based on PIC Microcontroller and 1-Wire Communication Protocol", Journal of Pure & Applied Sciences, Vol 16, 2017, pp. 8-13

[3] Li Ping, Z. Yucai, X. Zeng and Y. Ting-fang, "A Design of the Temperature Test System Based on Grouping DS18B20," IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, Harbin, 2007, pp. 188-191

[4] Limin Cai, "Temperature Measurement and Control System Based on Embedded WEB", Computer and Information Science, Vol. 2, 2009, pp. 107-111

[5] Tanom Kongjai, "The Development of Network and Server Room Temperature Monitoring System", Naresuan University Journal: Science and Technology, 2017, pp. 149-159

[6] Sarawoot Boonkirdram, "Development of Water Quality Monitoring Wireless Communication System Using Zigbee", Kasem Bundit Engineering Journal, Vol.7, 2017, pp. 92-104

[7] A. A. N. Azlin, H. Mansor, A. Z. Hashim and T. S. Gunawan, "Development of modular smart farm system," 2017 IEEE 4th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA), Putrajaya, 2017, pp. 1-6