การหาประสิทธิภาพของโนดตรวจจับฝุ่นละออง PM 2.5 แบบหลายโนด บนอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง

Optimization of PM 2.5 Dust Detection Multi Nodes on Internet of Things

จิรวิญญ์ ดีเจริญชิตพงศ์[1], ธีรภัทร ประวัติรุ่งเรือง[2]

[1]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ, Jirawin.de@northbkk.ac.th
[2]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ, theerapath.pr@northbkk.ac.th

บทคัดย่อ

การออกแบบและพัฒนาต้นแบบระบบวิเคราะห์คุณภาพอากาศ PM2.5 โดยใช้ระบบ MQTT บนเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้ในการวัดคุณภาพฝุ่นละออง PM2.5 โดยมีการใช้อุปกรณ์ Arduino ที่มีชื่อว่า NodeMCU V2 มาใช้ในควบคุมระบบและการอ่านค่าฝุ่นละออง ซึ่งใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กเรียกว่า Laser Dust Sensor PM2.5 (PMS5003) หลักการทำงานของเซ็นเซอร์ชนิดนี้จะทำการอ่านค่าฝุ่นละอองในสภาพอากาศที่ส่งข้อมูลออกมาในรูปแบบของสัญญาณแรงดันไฟฟ้า เพื่อใช้ในการประมวลผลค่าฝุ่นละอองตามต้องการผ่านหน้าเว็บไซต์ โดยการพัฒนาระบบมีการใช้ภาษา PHP และใช้ Radis ในการจัดการฐานข้อมูล และใช้ Arduino IDE ในการเขียนคำสั่งภาษา C++ เพื่อควบคุมอุปกรณ์ หลังจากที่พัฒนาต้นแบบเสร็จสมบูรณ์ได้มีการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ พบว่าภาพรวมของระบบจากการประเมินระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการประเมินระบบ พบว่ามีประสิทธิภาพและความพึงพอใจอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ เท่ากับ 4.28 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. 0.75 และด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ความพึงพอใจอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ เท่ากับ 4.40 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. เท่ากับ 0.62 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าระบบมีการตอบสนองต่อการใช้งานจริงและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการพัฒนาระบบ

คำหลัก: Internet of Things, Microcontroller

Abstract

The design and development of a prototype of PM2.5 air quality analysis system using the MQTT system on the Internet of Things technology. The objective is to design and develop the application of Internet technology in all things PM2.5 dust quality measurement system by using Arduino device called NodeMCU V2 to be the brain for reading and controlling the system. And

another tool that is a small dust detector called Laser Dust Sensor PM2.5 (PMS5003), which works of this type of tool. Perform airborne dust readings, transmitting information in the form of a voltage signal. For use in the processing of dust as needed through the website. The development of the system is based on PHP with Radis as a database. Arduino IDE is used to write C ++ commands to control devices. And from the evaluation of the performance of the system, it was found that the overall system was effective in terms of expert satisfaction. The system is efficient, the satisfaction is at a good level. The mean $\overline{X}$ was 4.28 and the standard deviation of S.D. 0.75 and the satisfaction of the users. Satisfaction is at a good level. With a mean $\overline{X}$ equal to 4.40 and a standard deviation of S.D. 0.62, it can be explained that the system responds to real applications and is in line with the system development objectives.

Keywords: Internet of Things, Microcontroller

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันสภาพปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยได้ถึงขั้นวิกฤต โดยจะเห็นได้จากสภาพหมอกและควันของไอเสียรถยนต์ที่รวมตัวกันเรียกว่า สมอก โดยหน่วยงานกรมควบคุมมลพิษได้มีการแจ้งเตือนให้ประชาชนระมัดระวังและให้สวมหน้ากากป้องกันฝุ่นละออง PM 2.5 ซึ่งฝุ่นละอองในอากาศเป็นสารแขวนลอยในบรรยากาศมีส่วนประกอบ เช่น โลหะหนัก สารเคมี เชื้อโรค ฯลฯ ที่เรียกตามขนาด ได้แก่ PM10 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมคอน และ PM 2.5 ขนาดไม่เกิน 2.5 ไมคอน โดยฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมคอนนี้มีขนาดเล็กกว่าเส้นผมของมนุษย์ ทำให้ขนจมูกไม่สามารถกรองได้ จึงสามารถแพร่กระจายเข้าสู่ทางเดินหายใน กระแสเลือด และแทรกซึมสู่กระบวนการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ทำให้เพิ่มความเสี่ยงของการเป็นโรคระบบทางเดินหายในแบบเรื้อรังและมะเร็ง [1]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าควรมีการพัฒนาระบบตรวจจับฝุ่น PM 2.5 ที่ไม่ได้แค่การตรวจจับเฉพาะจุดใดจุดหนึ่งและยังไม่สามารถที่จะระบุได้ชัดเจนว่าเกิดขึ้น ณ จุดใดและพัฒนาระบบให้มีการแจ้งเตือนได้อย่างถูกต้องเพิ่มขึ้น โดยทางผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในเรื่องการหาประสิทธิภาพของโนดที่ได้ตรวจจับฝุ่นละออง PM 2.5 จากหลายโนดเพื่อนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบให้มีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

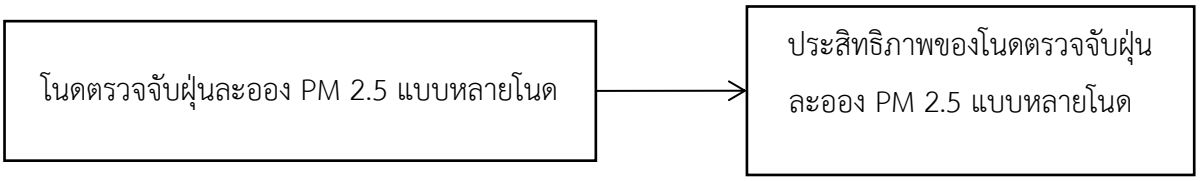
1. เพื่อพัฒนาโนดตรวจจับฝุ่นละออง PM 2.5 แบบหลายโนดบนอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของโนดตรวจจับฝุ่นละออง PM 2.5 แบบหลายโนดบนอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ต้นแบบโนดตรวจจับฝุ่นละออง PM 2.5 แบบหลายโนดบนอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง

2. ได้แนวทางในการพัฒนาระบบของโนดตรวจจับฝุ่นละออง PM 2.5 แบบหลายโนดบนอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งในการตรวจจับฝุ่นละอองที่ถูกต้อง

กรอบแนวคิด



วิธีดำเนินการวิจัย

ในการพัฒนาโนดตรวจจับฝุ่นละออง PM 2.5 แบบหลายโนดบนอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง ได้มีการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมทั้งศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ การทำงานของเซนเซอร์ และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

อากาศ (Air) คือ ของผสมที่เกิดจากก๊าซหลายชนิดที่เกิดขึ้นในบรรยากาศของโลก ส่วนประกอบของอากาศแห้งที่ระดับน้ำทะเล ได้แก่ ไนโตรเจนร้อยละ 78.09 ออกซิเจนร้อยละ 20.95 อาร์กอนร้อยละ 0.93 คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.03 และส่วนผสมของก๊าซฮีเลียม ไฮโดรเจน นีออน คริปตอน ซีนอน โอโซน มีเทน ไอน้ำ และสิ่งอื่น ๆ อีกในปริมาณเล็กน้อย อากาศที่บริสุทธิ์จะไม่มีสี กลิ่น และรส [3]

มลพิษทางอากาศ (Air pollution) หมายถึง ภาวะอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าระดับปกติเป็นเวลานานพอที่จะทำให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ พืช สัตว์ หรือวัตถุต่าง ๆ มีทั้งรูปแบบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งโดยธรรมชาติจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์น้อย เนื่องด้วยแหล่งกำเนิดอยู่ไกล [4] ทำให้มีปริมาณมลพิษที่เข้าสู่สภาพแวดล้อมของมนุษย์น้อยและรูปแบบที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ มลพิษจากท่อไอเสียของรถยนต์ จากการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม จากกิจกรรมด้านการเกษตร จากการระเหยของก๊าซบางชนิดที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสีย เป็นต้น อาจอยู่ในรูปของก๊าซ หยอดของเหลว หรืออนุภาคของแข็ง สารมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ฝุ่นละออง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซของไนโตเจน [5]

แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดมลพิษอากาศและระบายออกไปสู่อากาศภายนอก โดยชนิดและปริมาณของสารมลพิษอากาศที่ระบายออกสู่อากาศขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งกำเนิดสารมลพิษ

อากาศและวิธีการควบคุมการระบายสารมลพิษอากาศ โดยแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศสามารถแบ่งออกเป็น 2 แหล่งใหญ่ๆ ดังนี้

1. แหล่งกำเนิดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (Natural Source) เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดสารมลพิษอากาศตามกระบวนการทางธรรมชาติ ไม่มีการกระทำของมนุษย์เข้ามาเกี่ยวข้องแต่อย่างใด เช่น ภูเขาไฟระเบิด ไฟป่า เป็นต้น

2. แหล่งกำเนิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ (Man-made Source) เป็นแหล่งกำเนิดซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้มีการระบายมลพิษอากาศแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Source) เช่น รถยนต์ เรือยนต์ เครื่องบิน เป็นต้น แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary Source) เป็นแหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม โรงไฟฟ้า หรือสถานประกอบการต่าง ๆ เป็นต้น และแหล่งกำเนิดพื้นที่ (Area Sources) ได้แก่ สารมลพิษต่าง ๆ ที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ จากบ้านเรือน ที่พักอาศัยและพาณิชยกรรม รวมทั้งกิจกรรมทางด้านเกษตรกรรม เหมืองแร่และการก่อสร้าง เป็นต้น

ในการแยกประเภทของฝุ่นละออง สามารถจำแนกตามขนาดของฝุ่นละอองได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. ฝุ่นทั้งหมด (Total Suspended Particulate) คือ ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอนทั้งหมด ฝุ่นชนิดนี้จะสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนต้นได้ โดยจะก่อให้เกิดการระคายเคืองของระบบทางเดินหายใจ แหล่งกำเนิดของฝุ่นชนิดนี้ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม โดยจะเกิดจากกระบวนการผลิต คือ การบด โม่และการขัด เกิดจากเกษตรกรรมโดยเกิดจากการไถนา การสีข้าว และการฉีดพ่นสารเคมี และยังเกิดจากการก่อสร้าง การขนส่ง เป็นต้น

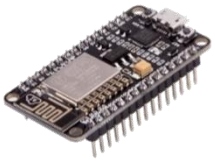
2. ฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) คือ ฝุ่นชนิดนี้มีขนาดเล็กมากจึงสามารถที่จะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนปลายได้ โดยจะไปเกาะอยู่ตามแขนงและผนังของทางเดินหายใจ ซึ่งจะทำให้ระบบทางเดินหายใจเกิดการระคายเคืองและอักเสบได้ ยิ่งถ้าร่างกายอยู่ในสภาวะที่เอื้ออำนวยต่อการเกิดโรคด้วยแล้วก็จะยิ่งเพิ่มความอันตรายมากขึ้น ฝุ่นชนิดนี้ดังที่กล่าวมาแล้วว่ามีขนาดเล็กมาก ดังนั้นอาจจะได้รับเข้าสู่ร่างกายโดยที่ไม่รู้ตัว ถ้าหากได้รับในปริมาณที่มากหรือได้รับในปริมาณที่น้อยแต่ได้รับทุกวันก็จะทำให้เกิดการสะสมในร่างกาย เมื่อเวลาผ่านไป ก็จะก่อให้เกิดอาการที่ชัดเจนขึ้น แหล่งกำเนิดของฝุ่นชนิดนี้ เช่น การเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้เชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของแข็ง เช่น ถ่านหิน ไม้ฟืน มีสถานะเป็นของเหลว เช่น ดีเซล เบนซิน น้ำมันเตา เป็นต้น และเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นก๊าซ เช่น ก๊าซหุงต้ม ก๊าซธรรมชาติ โพรเพน เป็นต้น นอกจากนี้การคมนาคมขนส่ง การผลิตไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงก็จะสามารถก่อให้เกิดสารมลพิษที่เป็นอนุภาคขนาดเล็กได้อีกด้วย

3. ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM2.5) จะมีความสำคัญมาก เพราะมีการศึกษาแล้วพบว่ามีอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ หากเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนลึกได้ [8] โดยส่วนใหญ่จะเป็นอนุภาคทุติยภูมิ เกิดขึ้นในอากาศเมื่อก๊าซต่าง ๆ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO2) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO2) และสารประกอบอินทรีย์ (VOC) ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถูกเปลี่ยนแปลงวัฏภาคจากก๊าซไปอยู่ในรูปของอนุภาคที่อยู่ในอากาศทั้งอนุภาคส่วนละเอียดปฐมภูมิและอนุภาคส่วนละเอียดทุติยภูมิ มีช่วงเวลาที่อยู่ในอากาศเป็นระยะเวลา

ยาวนานเป็นวันหรือสัปดาห์ และสามารถเคลื่อนที่ไปได้ไกล 100-1,100 กิโลเมตร โดยมีแนวโน้มที่จะเกิดการแพร่กระจายอย่างสม่ำเสมอในบริเวณเขตเมืองจึงเป็นการยากที่จะสำรวจย้อยกลับไปสู่แหล่งกำเนิด [10]

การพัฒนาโนดตรวจจับฝุ่นละออง PM 2.5 แบบหลายโนดบนอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง โดยใช้ระบบ MQTT บนเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง โดยใช้ Dust Sensor ของ Plantower รุ่น PMS5003 เป็นแบบ Laser Particle Sensor วัดการกระเจิงของแสงที่ผ่านฝุ่น มีความเสถียรและแม่นยำในการวัดค่า การพัฒนาซอฟต์แวร์ของระบบเพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับโมดูลตรวจวัดและเป็นเครื่องแม่ข่ายสำหรับให้ผู้ใช้งานทั่วไปและผู้ดูแลระบบสามารถบริการจัดการระบบได้ ผู้ใช้งานระบบสามารถดูข้อมูลฝุ่นละอองแต่ละวันและแจ้งเตือนผ่านกรณีค่าฝุ่นละอองเกินมาตรฐานทาง Application Line และระบบสามารถเก็บข้อมูลฝุ่นละอองและเรียกดูข้อมูล ย้อนหลังได้ในของแต่ละวันออกเป็นรายงานข้อมูลคุณภาพอากาศในแต่ละวันมีการอัพเดทให้ทันสมัยและเป็นปัจจุบันมากที่สุดยิ่งขึ้น

เครื่องมือใช้ในการดำเนินการวิจัยโนดตรวจจับฝุ่นละออง PM 2.5 แบบหลายโนดบนอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งนี้ ทางผู้วิจัยได้มีการออกแบบระบบควบคุมในส่วนของฮาร์ดแวร์ไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมโดยเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ESP8266 ที่เรียกว่า NodeMCU V2 เป็นโมดูลที่มี Wi-Fi อยู่ในตัวโมดูลสามารถเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายได้ง่าย และมีขนาดเล็ก สามารถทำงานร่วมกับโมดูลของ Arduino UNO R3 ได้ทันที สามารถเชื่อมต่อไปยังโครงข่ายอินเทอร์เน็ตได้ง่าย และใช้แรงดันในการทำงาน 3.3V จึงทำให้ประหยัดพลังงาน และมีราคาค่อนข้างถูกใช้งานได้ง่าย สามารถอัพเดตเฟิร์มแวร์ (Firmware) ได้ ภาษาที่ใช้เป็นแบบ Open Source [5] เขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lau ปัจจุบันมีนักพัฒนาได้ปรับปรุงให้สามารถทำงานร่วมกับ Arduino IDE [6] จึงทำให้ใช้งานกับภาษา C/C++ ได้สะดวกยิ่งขึ้น รวมทั้งมีไลบรารี่ (Library) ที่ถูกพัฒนาโดยนักพัฒนาเพิ่มขึ้นและมีโมดูลใช้งานร่วมกับ NodeMCU ได้อย่างมากมาย ดังภาพประกอบ 2

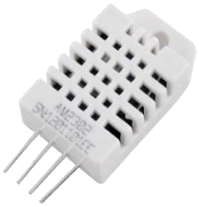


ภาพประกอบ 2 อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP8266

Laser Dust Sensor PM2.5 PMS5003 Sensor Arduino ใช้สำหรับตรวจจับควันและฝุ่นละอองในอากาศ ค่าที่ได้ออกมาเป็น Analog 1-1023 ลักษณะการทำงานคือ Sensor จะส่งแสงเลเซอร์ ไปกระทบกับตัวรับและให้อากาศผ่านในช่อง หากการรับแสงมีน้อยแสดงว่าฝุ่นละอองเยอะ หากมีการรับแสงได้มากแสดงว่าฝุ่นละอองน้อย สามารถวัด ควันธูป แป้ง ฝุ่น ได้ นำไปประยุกต์ใช้กับ Air Purifier, Air Conditioner, Air Monitor

ภาพประกอบ 3 Laser Dust Sensor (PM2.5 PMS5003) [11]

DHT22 เป็นเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นที่มีความแม่นยำสูงในการวัด สามารถวัดได้ในย่านอุณหภูมิ ตั้งแต่ -40 องศาเซลเซียส ถึง +80 องศาเซลเซียส ความแม่นยำน้อยกว่า +-0.5เซลเซียส และวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ในย่าน 0-100%RH ความแม่นยำ +-2-5%RH สามารถวัดได้ละเอียดในระดับทศนิยม 1 ตำแหน่ง (0.1) ใช้งานได้นานและทนทาน เหมาะสำหรับนำไปใช้ในงานวัดที่ต้องการความแม่นยำสูง ทนความร้อนเย็นวัดในย่านติดลบได้ใช้แรงดันไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 3.3v - 6VDC ได้



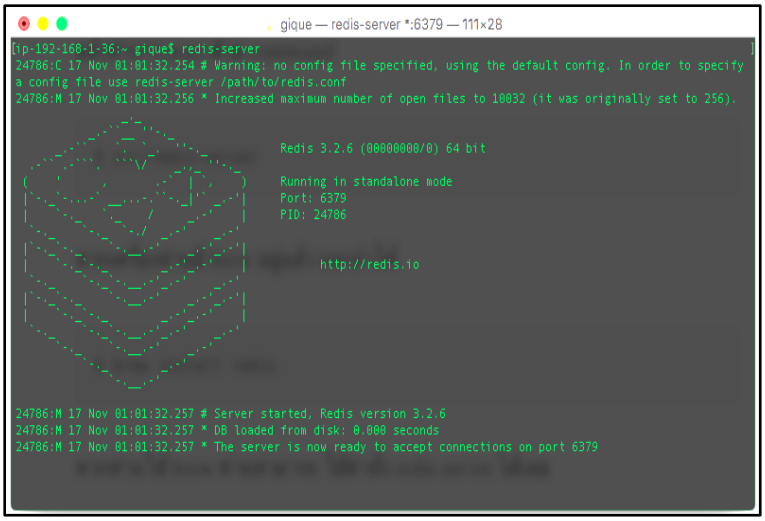
ภาพประกอบ 4 เซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น

การพัฒนาต้นแบบเพื่อใช้สำหรับ NodeMCU ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ภาษา C/C++ แบบโอเพ่นซอร์ส (Open Source) นำมาใช้ในการพัฒนาระบบโดยใช้ Arduino IDE เวอร์ชัน 1.8.9 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่นำคอมไพเลอร์และไลบรารีของ ESP8266 รวมเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อใช้สำหรับการพัฒนาโปรแกรมให้สะดวกยิ่งขึ้น โดยมีความสามารถในการบรรจุฟังก์ชันเพิ่มเติมได้สำหรับใช้ติดต่อกับฮาร์ดแวร์และเซนเซอร์ได้หลากหลาย รวมทั้งยังมีไลบรารีสำหรับใช้ในการติดต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านทาง WiFi และสนับสนุนสำหรับการพัฒนาโปรแกรมด้วยเพียงโปรแกรมเดียว ตั้งแต่การเขียนโปรแกรม การคอมไพล์ จนถึงการอัปโหลดโค้ดไปยัง NodeMCU ทำให้การพัฒนาระบบทำให้ง่ายต่อความเข้าใจและใช้งาน ปัจจุบันได้มีนักพัฒนาได้ร่วมกันพัฒนาไลบรารีเพิ่มมากขึ้นทำให้ Arduino IDE มีความสามารถเพิ่มขึ้นและรองรับการพัฒนากับไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่ๆ มากขึ้น ดังภาพประกอบ 5

ภาพประกอบ 5 Arduino IDE เวอร์ชัน 1.8.9

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) เป็น Protocol ที่ออกแบบมาเพื่อการเชื่อมต่อแบบ M2M (Machine-To-Machine) คือ อุปกรณ์ติดต่อหรือสื่อสารกับอุปกรณ์ โดยเป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยี IoT (Internet of Things) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่อินเทอร์เน็ตเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ รถยนต์ โทรทัศน์ ตู้เย็น เข้ากับอินเทอร์เน็ตทำให้สามารถเชื่อมโยงสื่อสารกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ โดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะทำให้มนุษย์สามารถ ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ จากที่อื่นได้ เช่นการสั่งปิดเปิดไฟในบ้านจากที่อื่น ๆ

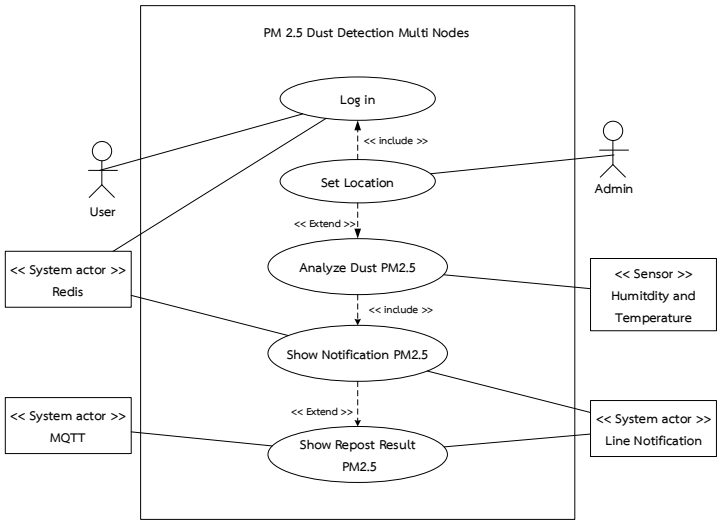
Radis เป็น In-Memory Data Structure Store หรือ ระบบเก็บข้อมูลแบบกึ่งมีโครงสร้าง ที่ทำงานบน Ram ทำหน้าที่คล้าย Database สามารถทำงานบน Ram ได้ดี โดย Redis สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว จึงนิยมใช้สำหรับทำ Caching หรือทำ Temporary Database เพื่อใช้ในการประมวลผลงานขนาดใหญ่



ภาพประกอบ 6 แสดงภาพ Radis [12]

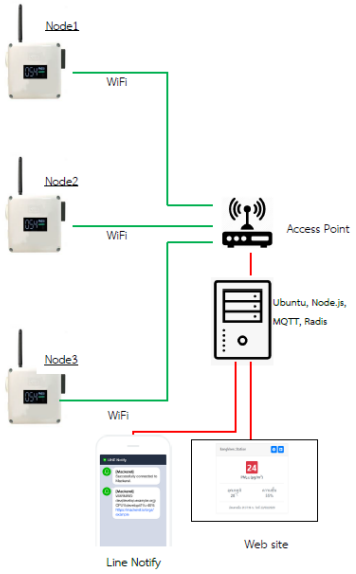
ผลการวิจัย

ในการพัฒนาโนดตรวจจับฝุ่นละออง PM 2.5 แบบหลายโนดบนอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง ได้พัฒนาต้นแบบของระบบ โดยการเก็บข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองในอากาศที่มีขนาด 2.5 ไมครอน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพอากาศ โดยใช้ระบบ MQTT บนเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง ซึ่งการพัฒนาระบบได้ใช้เครื่องมือวิเคราะห์ระบบเชิงวัตถุ ได้แก่ Use Case Diagram มีรายละเอียดดังภาพประกอบ 7



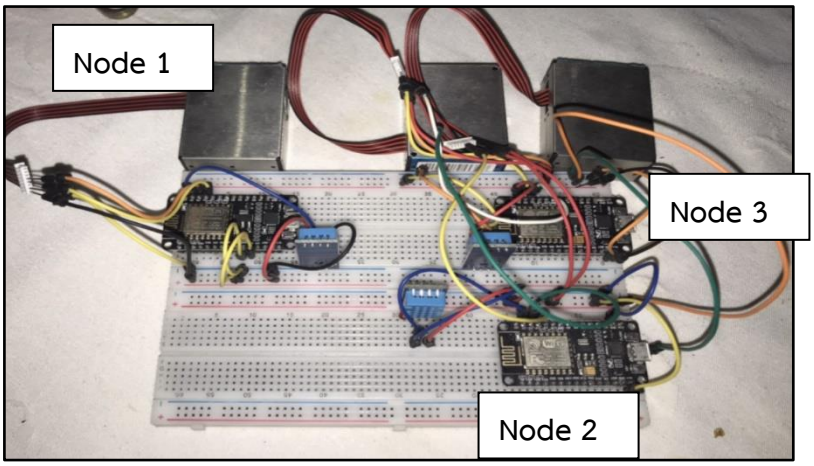
ภาพประกอบ 7 ยูสเคสไดอะแกรมต้นแบบระบบวิเคราะห์คุณภาพอากาศ PM2.5 โดยใช้ระบบ MQTT บนเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบให้มีโนดวัดค่าฝุ่นละอองทั้งหมด 3 จุดและสามารถเพิ่มโนดวัดฝุ่นละอองเพิ่มเติมได้ในอนาคต โดยสามารถแสดงวงจรการเชื่อมต่อทั้งหมด 3 วงจรเข้ากับระบบเครือแม่ข่ายดังภาพประกอบ 8



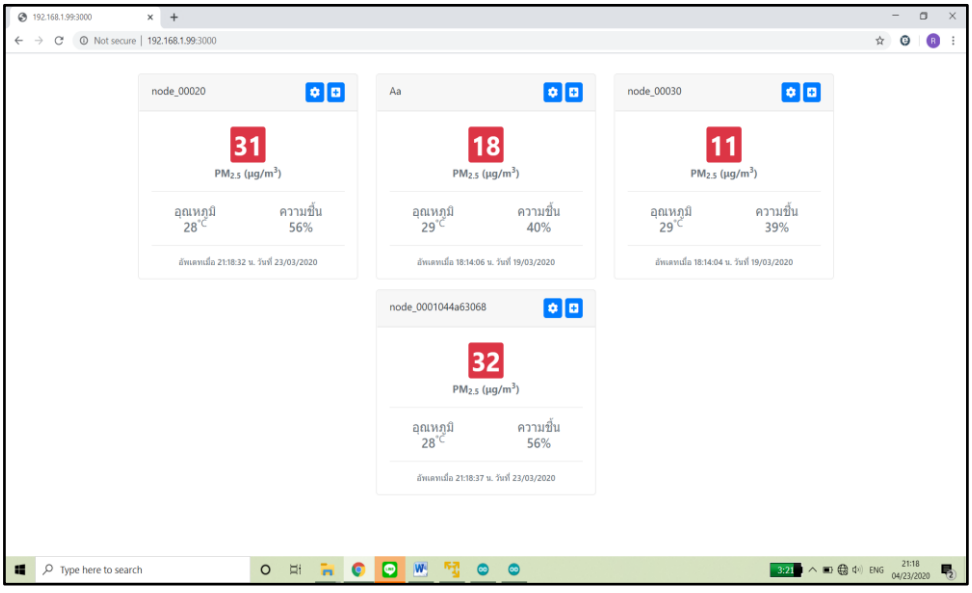
ภาพประกอบ 8 รูปแบบการเชื่อมต่อต้นแบบระบบวิเคราะห์คุณภาพอากาศ PM2.5

โมเดลส่วนของชุดควบคุมระบบโดยใช้ NODEMCU เป็นตัวรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์และเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเพื่อรายงานสถานะข้อมูลเข้าสู่เครื่องแม่ข่ายส่งเพื่อใช้สำหรับแสดงผล ดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 โมเดลแสดงส่วนของอุปกรณ์ควบคุมระบบ

หน้าจอการแสดงสถานีวัดค่าฝุ่นละอองในอากาศของทุกสถานีที่มีการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องแม่ข่าย และจะมีการส่งรายงานข้อมูลค่าฝุ่นละออง PM2.5 เข้ามาในระบบ และจะมีการรายงานสถานะปัจจุบันตลอดเวลาที่ผู้ใช้งานเข้าระบบ ดังตัวอย่างภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 หน้าจอรายงานค่าฝุ่นละออง PM2.5

การพัฒนาต้นแบบระบบวิเคราะห์คุณภาพอากาศ PM2.5 โดยใช้ระบบ MQTT บนเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง หลังจากที่ได้พัฒนาเสร็จสิ้น ได้มีการหาประสิทธิภาพของระบบโดยผลสรุปของการประเมิน ดังนี้

ตาราง 1 สรุปค่าเฉลี่ยผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

รายการประเมิน	ระดับประสิทธิภาพของระบบ		
	$(\bar{x})$	S.D.	แปลผล
1. การประเมินด้านลักษณะการออกแบบระบบ	4.40	0.64	ดี
2. การประเมินด้านประสิทธิภาพการทำงานระบบ	4.26	0.84	ดี
3. การประเมินด้านการใช้งานระบบ	4.34	0.73	ดี
4. การประเมินด้านประโยชน์และการนำไปใช้	4.10	0.77	ดี
ค่าเฉลี่ย	**4.28**	**0.75**	**ดี**

จากตาราง 1 แสดงข้อมูลสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ สามารถสรุปเป็นรายข้อได้ดังนี้ ด้านการประเมินด้านลักษณะการออกแบบระบบมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ อยู่ที่ 4.40 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) อยู่ที่ 0.64 รองลงมาการประเมินด้านการใช้งานระบบ มีค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ อยู่ที่ 4.34 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) อยู่ที่ 0.73 และต่ำที่สุดของระบบคือการประเมินด้านประโยชน์และการนำไปใช้ มีค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ อยู่ที่ 4.10 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) อยู่ที่ 0.77 เมื่อแปลผลออกมาทั้งหมดจะได้ค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ อยู่ที่ 4.28 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) อยู่ที่ 0.75 ซึ่งอยู่ในระดับดี

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาโนดตรวจจับฝุนละออง PM 2.5 แบบหลายโนดบนอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

การออกแบบและการพัฒนาต้นแบบระบบวิเคราะห์คุณภาพอากาศ PM2.5 โดยใช้ระบบ MQTT บนเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง การติดตั้งระบบวิเคราะห์คุณภาพอากาศสามารถติดตั้งระบบได้ง่าย มีการใช้งานที่สะดวกสบาย มีการตรวจวัดฝุ่นในอากาศและความชื้นได้แม่นยำ และมีความเสถียรของระบบมากที่สุด การออกแบบการพัฒนาต้นแบบระบบวิเคราะห์คุณภาพอากาศ PM2.5 โดยใช้ระบบ MQTT บนเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งขึ้นมา ได้มีการศึกษาและรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์และกำหนดแนวทางการออกแบบและได้จัดทำโมเดล ในส่วนขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้รับความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพต้นแบบระบบวิเคราะห์คุณภาพอากาศ PM2.5 โดยใช้ระบบ MQTT บนเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา และในส่วนของโมเดลให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโนดตรวจจับฝุ่นละออง PM 2.5 แบบหลายโนดบนอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง โดยการวิจัยในครั้งต่อไปควรมีการทดสอบทิศทางการเคลื่อนที่ของฝุ่นละออง รวมทั้งมีการพัฒนาระบบให้สามารถหาแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง PM 2.5 ได้ถูกต้อง เพื่อที่จะช่วยแก้ปัญหาและลดปริมาณฝุ่นจากแหล่งกำเนิดได้ต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาโนดตรวจจับฝุ่นละออง PM 2.5 แบบหลายโนดบนอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง มีการวัดปริมาณค่าฝุ่น อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จากหลายโนดที่มีการติดตั้งตัวต้นแบบไว้จำนวน 3 ชุดด้วยกัน เนื่องจากเกิดปัญหาทางด้านการติดตั้งอุปกรณ์ในบริเวณที่อยู่ห่างไกล ในการพัฒนาครั้งต่อไปควรติดตั้งอุปกรณ์ตรวจสอบฝุ่นละออง PM 2.5 เพิ่มขึ้นในหลายจุดในบริเวณที่กว้างขึ้นและควรให้แต่ละโนดมีการสื่อสารและส่งข้อมูลต่อกันมาจนถึงศูนย์กลาง เพื่อใช้สำหรับในการวิเคราะห์ทิศทางและแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ ด้วยความร่วมมือจากบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่ได้รับความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามอย่างดียิ่ง รวมถึงผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือซึ่งผู้วิจัยต้องขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ และท้ายสุดนี้ตอบขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ. (2562). “ความรู้เกี่ยวกับ PM2.5”, URL: http://www.greennet.or.th เข้าถึงเมื่อ 10 มกราคม 2562.

[2] ธีรวุธ จิตพรมมา และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. (2560). เริ่มต้นเรียนรู้และพัฒนาอุปกรณ์ Internet of Things (IoT) กับ NodeMCU, กรุงเทพฯ, บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.

[3] พัฒนา มูลพฤกษ์. (2560.) อนามัยสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ, บริษัท ซิกม่า ดีไซน์ กราฟฟิก จำกัด.

[4] กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2561). ผลกระทบทางมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพอนามัย, กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ.

[5] จุฑาภาส สายโอให้. “การกระจายตัวของละอองชีวภาพและฝุ่นละอองตามระดับความสูง และผลต่อแกนกลั่นตัวของเมฆ, (2559) วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2559.

[6] สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (2558). มลพิษทางอากาศ: การบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมของไทย. สืบค้นจาก www.parliament.go.th/library

[7] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2550). ตำราระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ. (พิมพ์ครั้งที่ 2). ฉบับปรับปรุง. กรุงเทพฯ: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[8] ณรงค์พันธ์ ฉุนรัมย์. (2557). มลพิษทางอากาศและองค์ประกอบทางเคมีของอนุมาคฝุ่นขนาดเล็กในอากาศ. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ วิทยาเขตสะลวง-ขี้เหล็ก.

[9] U.S. (2012). Environmental Protection Agency, Compendium of Methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air. U.S. Environmental Protection Agency.

[10] วีรนุช ปุยภิรมย์. (2556). การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จากการจราจรที่มีต่อสุขภาพของเด็กนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนในตำบลบางกระสอ อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี. ปริญญานิพนธ์. มหาวิยาลัยศิลปากร กรุงเทพฯ.

[11] Thaieasyelec. (2562). DHT11 Humitdity And Temperature Sensor. สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2563, จากhttps://www.thaieasyelec.com/dht11-digital-temperature-and-humidity-sensor.html

[12] Softmelt. (2563). Redis in-memory data structure store. สืบค้นเมื่อ 30 เมษายน 2563, จาก https://www.softmelt.com/article.php?id=564