

การนำระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้งานในหน่วยงานที่มีข้อจำกัดการใช้งานอินเทอร์เน็ต กรณีศึกษาโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

The Implementation of Internet of Things system for restricted of internet access organization.

Case study Navminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy

¹เทวา กาญจนชม ²สุชาติ วิกุลวัฒนา และ ³ภูมินันท์ บัวงาม

^{1,2,3}กองวิชาคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

¹tewa@rtaf.mi.th ²suchart_we@rtaf.mi.th ³phuminun@rtaf.mi.th

บทคัดย่อ

การนำระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้งานในโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช (รร.นกก.) เป็นสิ่งไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากระบบไอโอทีไม่ใช่บุคคล ไม่มีบัญชีผู้ใช้ ไม่สามารถระบุตัวตนเพื่อขอใช้งานอินเทอร์เน็ตได้ ไม่สามารถสื่อสารข้อมูลกับอินเทอร์เน็ตได้ ผู้ใช้จากอินเทอร์เน็ตจึงไม่สามารถควบคุมสั่งการระบบไอโอที ที่ติดตั้งภายใน รร.นกก. ได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์แก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการใช้เซิร์ฟเวอร์ nkrafacs.rtaf.mi.th ที่สามารถเข้าถึงได้จากอินเทอร์เน็ตและจากเครือข่ายภายใน รร.นกก. รวมทั้งระบบไอโอที โดยไม่ต้องมีบัญชีผู้ใช้ที่มีสิทธิใช้งานอินเทอร์เน็ต โดย nkrafacs.rtaf.mi.th ติดตั้งเว็บเซิร์ฟเวอร์และฐานข้อมูล MySQL ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลระหว่างผู้ใช้จากอินเทอร์เน็ตกับอุปกรณ์ไอโอที

งานวิจัยนี้ใช้ ESP-01s และ ESP Relay Module เขียนคำสั่งโปรแกรมด้วยภาษา Arduino จำลองเป็นระบบไอโอที ควบคุมการเปิดปิดหลอดไฟฟ้า ในส่วนของการควบคุมโดยผู้ใช้งานจะเป็นเว็บเพจเขียนด้วยภาษา PHP เปิดใช้งานด้วยเว็บเบราว์เซอร์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือบนแท็บเล็ต พีซี หรือบนคอมพิวเตอร์ได้ ผลการวิจัยผู้ใช้งานทุกที่ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตสามารถควบคุมสั่งการระบบไอโอทีเปิดหรือปิดหลอดไฟฟ้าที่ติดตั้งภายใน รร.นกก. ได้ แก้ปัญหาที่เป็นโจทย์ของการวิจัยได้

คำสำคัญ : อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, ไอโอที, ตัวกลางข้อมูล

Abstract

To implement an Internet of Things (IoT) system within the Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy (NKRAFA) is hardly possible. IoT is not a personnel, does not have the right to occupy any internet account, cannot authenticate to internet access, those lead to disability to communicate any data to the internet. The users from internet then cannot control the internal IoT. This research purposed to solve this problem using nkrafacs.rtaf.mi.th server which can be accessed from both the internet and in campus internally including from the IoT system without any internet access authentication required. The nkrafacs.rtaf.mi.th server provides Web server and MySQL Database server which is in charge of Data Intermediate between internet users and IoT device.

This research uses ESP-01s and ESP Relay Module programmed with Arduino language to simulate an IoT system to control switching on/off a lamp. The user control is a control panel web page programmed with PHP

language. Users can open that page using browser available on mobile phone or tablet PC or computer. The research has succeeded with the result that users with internet accessibility from anywhere can control the IoT which can switch on or off the lamp installed in NKRAFA. This can solve the problem of the research successfully.

Keywords : Internet of Things, IoT, Data Intermediate

1. บทนำ

ในชีวิตประจำวันปกติมนุษย์จะใช้งานสิ่งของ อุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ ได้ด้วยการใช้วียะของร่างกายสัมผัส หยิบ จับ ควบคุม สั่งการ สิ่งเหล่านั้นทางกายภาพ จึงจำเป็นจะต้องอยู่ใกล้กับสิ่งเหล่านั้นจึงจะสามารถเข้าถึงได้ หากอยู่ห่างเกินระยะที่ร่างกายจะสัมผัสได้ก็จะไม่สามารถควบคุม สั่งการสิ่งเหล่านั้นได้ ถึงแม้จะมีรีโมทไร้สายช่วยก็จะสามารถอยู่ห่างได้แค่ระยะจำกัดไกล ๆ ระยะหนึ่งเท่านั้น หากอยู่ห่างเกินระยะการควบคุมของรีโมท ก็จะไม่สามารถเข้าถึง ควบคุม สั่งการ สิ่งเหล่านั้นได้เช่นกัน จึงเป็นข้อจำกัดที่เป็นอุปสรรคได้ เนื่องจากในบางสถานการณ์มนุษย์มีความจำเป็นที่ไม่สามารถนำพาตนเองให้อยู่ใกล้เพื่อเข้าถึง สั่งการ ควบคุมสิ่งเหล่านั้นได้

เครือข่ายอินเทอร์เน็ตในปัจจุบัน โดยเฉพาะเครือข่ายไร้สายวายฟาย (WiFi) หรือเครือข่ายโทรศัพท์ไร้สาย มีความครอบคลุมเกือบทุกพื้นที่ที่ผู้คนส่วนใหญ่ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน ทำให้สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้ในทุกพื้นที่ การติดต่อสื่อสารกันจึงไม่มีข้อจำกัดอีกต่อไป จึงนำมาซึ่งแนวคิดต่อยอดในการใช้ประโยชน์จากเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการเข้าถึง ควบคุม สั่งการสิ่งของอุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ ได้จากระยะไกล อันเป็นที่มาของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งหรือไอโอที (Internet of Things : IoT) ด้วยการเพิ่มคุณสมบัติและขีดความสามารถของสิ่งของอุปกรณ์เครื่องใช้เหล่านั้น เพื่อให้มนุษย์สามารถสื่อสารและควบคุมได้จากทุกพื้นที่ที่มีเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ระบบไอโอทีที่ส่วนมากมักออกแบบให้ ก่อนการใช้งานในครั้งแรกผู้ใช้จะต้องจัดการระบุข้อมูลสำหรับการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายให้กับอุปกรณ์ไอโอที เช่น ข้อมูล SSID และ Key เป็นต้น เพื่อให้อุปกรณ์ไอโอที จดจำว่าต่อจากนี้ให้เชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายไปที่ใด อย่างไร เมื่อกำหนดเรียบร้อยแล้วและเริ่มต้นเปิดใช้งานระบบ อุปกรณ์

ไอโอทีจะร้องขอการเชื่อมต่อแบบไร้สายไปที่ Access Point หรืออุปกรณ์ให้บริการการเชื่อมต่อตามที่ได้กำหนดไว้ เมื่อเชื่อมต่อสำเร็จแล้ว อุปกรณ์ไอโอทีจะเข้าใจว่าขณะนี้ตัวอุปกรณ์ไอโอทีเองสามารถสื่อสารรับส่งข้อมูลกับอินเทอร์เน็ตได้ทันที ไม่ต้องทำอะไรเพิ่มเติมอีก

ทุกหน่วยงานในปัจจุบันมักจะจำกัดสิทธิการใช้งานเครือข่ายและอินเทอร์เน็ต จะบังคับให้ผู้ที่ใช้งานอินเทอร์เน็ตทุกคนต้องระบุตัวตนก่อน มิฉะนั้นจะไม่สามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตได้เลย เนื่องจากกฎหมายมีข้อบังคับผู้ให้บริการในเรื่องดังกล่าวไว้ การระบุตัวตนโดยทั่วไปมักจะต้องการกรอกชื่อบัญชีผู้ใช้ (Username) และรหัสผ่าน (Password) ที่ได้เคยลงทะเบียนไว้แล้ว เมื่อกรอกข้อมูลถูกต้องและระบบตรวจสอบแล้วว่ามีความถูกต้อง จึงจะสามารถเริ่มใช้งานอินเทอร์เน็ตได้ภายในระยะเวลาจำกัด เมื่อหมดเวลาจะต้องขอใช้ด้วยการระบุตัวตนใหม่อีกครั้ง

ระบบไอโอทีเป็นระบบคอมพิวเตอร์อัตโนมัติที่ไม่ใช่มนุษย์ ไม่สามารถกรอกชื่อบัญชีผู้ใช้และรหัสผ่านด้วยตนเองได้ หน่วยงานโดยทั่วไปจะไม่สามารถสร้างบัญชีผู้ใช้ให้กับระบบไอโอทีได้ และหากผู้สร้างระบบไอโอทีปรับแต่งโปรแกรมของระบบไอโอทีให้ลัดลอบข้ามผ่านการระบุตัวตนหรือนำบัญชีผู้ใช้ของมนุษย์ไปให้ระบบไอโอทีใช้ จะถือเป็นการกระทำที่ฝ่าฝืนกฎหมาย ด้วยข้อจำกัดที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น การนำระบบไอโอที โดยเฉพาะระบบไอโอทีสำเร็จรูปที่มีขายในท้องตลาดมาใช้ในหน่วยงานจึงเป็นเรื่องที่ไม่สามารถกระทำได้เลยจนสามารถกล่าวได้ว่าเป็นเรื่องที่เป็นไปไม่ได้

งานวิจัยนี้ตระหนักถึงความจำเป็นในการนำระบบไอโอทีมาใช้ในหน่วยงาน จึงทดลอง ค้นคว้า โดยใช้ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช (ร.ร.นกก.) เป็นกรณีศึกษา เพื่อหาแนวทางที่เป็นรูปธรรมที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหาการนำระบบ

ไอโอทีมาใช้ในหน่วยงาน ทำให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมระบบ ไอโอทีด้วยเบราร์เซอร์บนคอมพิวเตอร์ หรือแท็บเล็ต พีซี หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ ผ่านเครือข่ายภายในและเครือข่าย อินเทอร์เน็ตภายนอก รร.นง. ได้

2. ขอบเขตการวิจัย

1. ใช้ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของ รร.นง. เป็นกรณีศึกษา

2. ใช้ ESP-01s และ ESP Relay Module เป็นอุปกรณ์หลักของระบบ ไอโอทีรองรับการเขียนโปรแกรมภาษา Arduino

3. ใช้ nkrafacs.rtaf.mi.th เป็นตัวกลางข้อมูล (Data Intermediate) สำหรับงานวิจัย ซึ่งติดตั้งเว็บเซิร์ฟเวอร์ รองรับภาษา PHP และ ติดตั้งระบบฐานข้อมูล MySQL

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง คือ สิ่งของอุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติและความสามารถในการเชื่อมต่อ อินเทอร์เน็ต สามารถติดต่อสื่อสาร สามารถปฏิบัติงานต่าง ๆ ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ออกแบบไว้ ทำให้มนุษย์สามารถสื่อสารและควบคุมสิ่งเหล่านั้นได้จาก คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต พีซี โทรศัพท์เคลื่อนที่ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจากที่ใดก็ได้ เพิ่มความสะดวกสบาย ความรวดเร็ว ในการเข้าถึง สิ่งของอุปกรณ์เครื่องใช้เหล่านั้นได้แม้ว่าผู้ใช้จะอยู่ห่างจาก สิ่งของอุปกรณ์เครื่องใช้เหล่านั้นแสนไกล [1] [2]

ระบบไอโอทีโดยสมบูรณ์ จะประกอบด้วย

1. ผู้ใช้ระบบ ผู้ใช้จะใช้งานระบบ ไอโอทีผ่านคอมพิวเตอร์หรือแท็บเล็ต พีซีหรือ โทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต สามารถดูข้อมูลของระบบหรือสั่งให้อุปกรณ์ไอโอทีทำงานตามต้องการได้

2. เครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นช่องทางที่ทำให้สามารถสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานกับอุปกรณ์ไอโอทีได้จากทุกที่ทุกเวลา

3. อุปกรณ์ไอโอทีเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่บนสิ่งของ อุปกรณ์เครื่องใช้ สามารถเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และควบคุมสิ่งของอุปกรณ์เครื่องใช้นั้นให้ทำงานตามต้องการได้

4. ตัวกลางข้อมูล สำหรับเก็บข้อมูลที่สำคัญของระบบ และคำสั่งการทำงานเป็นส่วนเชื่อมต่อที่สำคัญระหว่างผู้ใช้งานกับอุปกรณ์ IoT

เครือข่ายอินเทอร์เน็ตสำหรับการสื่อสารข้อมูลเป็นหัวใจสำคัญที่สุดของระบบ ไอโอทีระบบที่ออกแบบไว้ จะไม่สามารถเรียกว่าเป็นระบบ ไอโอทีได้เลยหากไม่สามารถสื่อสารข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานกับอุปกรณ์ไอโอทีได้ การออกแบบการสื่อสารข้อมูลของระบบ ไอโอทีที่นิยมรูปแบบหนึ่งคือ กำหนดให้อุปกรณ์ไอโอทีรับส่งข้อมูลแบบเชิงรุก (Active) ไม่ใช่เชิงรับ (Passive) กล่าวคือ อุปกรณ์ไอโอทีจะเป็นผู้ร้องขอข้อมูลหรือส่งข้อมูลไปที่ตัวกลางข้อมูลซึ่งอาจจะเป็นคลาวด์คอมพิวเตอร์หรือเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) อีกส่วนหนึ่งคือผู้ใช้งานระบบ ไอโอทีจะถูกกำหนดให้รับส่งข้อมูลแบบเชิงรุก (Active) ไม่ใช่เชิงรับ (Passive) กล่าวคือผู้ใช้งาน จะเป็นผู้ร้องขอข้อมูลหรือส่งข้อมูลไปที่ตัวกลางข้อมูลเช่นกัน การสื่อสารข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานกับอุปกรณ์ไอโอทีจะกระทำผ่านตัวกลางเสมอ ดังรูปที่ 1 ดังนั้น ตัวกลางข้อมูลจึงมีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง ที่จะต้องสามารถถูกเข้าถึงได้จากอินเทอร์เน็ตทุกที่ และตลอดเวลา แต่รูปแบบการทำงานแบบนี้มีข้อเสียหากตัวกลางข้อมูลเสียหรือทำงานผิดปกติ ระบบไอโอทีก็จะไม่สามารถทำงานได้ ลดความน่าเชื่อถือของระบบ ซึ่งความน่าเชื่อถือของระบบ ไอโอทีจะต้องสามารถทำงานได้ถูกต้องและทำงานได้ตลอดเวลา ผู้ออกแบบระบบ ไอโอทีจึงต้องออกแบบให้อุปกรณ์ไอโอทีมีการป้องกันการล้มเหลว (Fail Safe) ในกรณีที่ตัวกลางข้อมูลไม่ทำงานหรือทำงานผิดปกติหรือกรณีระบบเครือข่ายล้มเหลวเพื่อให้เกิดผลเสียที่ตามมาน้อยที่สุด



รูปที่ 1 การรับส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้ ตัวกลางข้อมูล และอุปกรณ์ IoT

ในทางเทคนิคอุปกรณ์ไอโอทีจะมีโมดูลสายพาวเวอร์ทั้งสายอากาศในตัวเอง สามารถทำงานในโหมด AP เพื่อจำลองตนเองเป็น Access Point สำหรับให้บริการเชื่อมต่อสายพาวเวอร์ได้ และสามารถทำงานในโหมด STA เพื่อจำลองตนเองเป็น WiFi Client สำหรับร้องขอการเชื่อมต่อสายพาวเวอร์ไปที่ Access Point ได้ และสามารถทำงานได้ทั้งสองโหมด AP และ STA ในเวลาเดียวกันได้เมื่อเชื่อมต่อเครือข่ายสำเร็จแล้วจะด้วยโหมดใดก็ตาม หลังจากนั้นจะสามารถสื่อสารด้วยโพรโทคอล TCP/IP ได้ จำลองตนเองเป็น HTTP Server หรือ HTTP Client หรือให้บริการหรือร้องขอการบริการอื่น ๆ ในระดับ Application Layer ได้

ผู้ผลิตระบบไอโอทีส่วนใหญ่เลือกใช้วิธีการสื่อสารข้อมูลระหว่างผู้ใช้กับอุปกรณ์ไอโอทีที่ผ่านตัวกลางข้อมูลตามที่กล่าวมาข้างต้น จะไม่อนุญาตให้ผู้ใช้ติดต่อกับระบบไอโอทีโดยตรงเนื่องจากมีความยุ่งยากในการปรับแต่งระบบให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของอุปกรณ์ไอโอทีและผู้ใช้ที่แตกต่างกันหลาย ผู้ผลิตจึงต้องสร้างตัวกลางข้อมูลขึ้นมาเองหรือเข้าใช้ระบบคลาวด์คอมพิวเตอร์จากผู้ให้บริการเพื่อจัดทำให้เป็นตัวกลางข้อมูลของระบบไอโอทีที่ผลิตขึ้นมา [3] ตัวอย่างของระบบไอโอทีที่ผู้คนคุ้นเคยคือกล้องไอพี (IP Camera) เมื่อใช้งานครั้งแรกผู้ใช้จะต้องปรับแต่งตั้งค่าให้กล้องไอพีเชื่อมต่อสายพาวเวอร์สามารถสื่อสารสู่อินเทอร์เน็ตได้ จากนั้นเมื่อไรก็ตามที่กล้องไอพีทำงาน จะส่งข้อมูลภาพและเสียงออกไปที่ตัวกลางข้อมูลที่ผู้ผลิตได้จัดเตรียมไว้แล้วตลอดเวลา ในส่วนของผู้ใช้เมื่อติดตั้งโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่แล้วเปิดใช้โปรแกรมประยุกต์ดังกล่าว โปรแกรมประยุกต์ก็จะร้องขอข้อมูลภาพและเสียงจากตัวกลางข้อมูลนั้นมาแสดงบนโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือส่งคำสั่งควบคุมกล้องไอพีให้หมุนซ้ายขวาหรือก้มเงยไปที่ตัวกลางข้อมูลเพื่อให้กล้องไอพีนำคำสั่งไปปฏิบัติตามต่อไป เสมือนกับว่าผู้ใช้สามารถสื่อสารจากโทรศัพท์เคลื่อนที่กับกล้องไอพีโดยตรง ถึงแม้ผู้ใช้จะรู้สึกถึงความหน่วงของระบบบ้าง

ตัวกลางข้อมูลจึงเป็นส่วนที่เก็บข้อมูลสำคัญของระบบไอโอทีให้เป็นปัจจุบันตลอดเวลา รวมทั้งเก็บคำสั่งการทำงานของระบบ ตัวกลางข้อมูลอาจจะเป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์หรือสตรีมมิงเซิร์ฟเวอร์ (Streaming Server) จะต้องสามารถ

เข้าถึงได้จากทุกที่ทั้งจากอินเทอร์เน็ตหรือเครือข่ายภายในหน่วยงานอันจะทำให้การสื่อสารกันระหว่างผู้ใช้กับอุปกรณ์ไอโอทีที่สามารถเกิดขึ้นได้

เครือข่ายคอมพิวเตอร์ของ รร.นบก. มีทางออกสู่อินเทอร์เน็ตผ่านเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา (Uninet) มีการปรับแต่งให้เป็นส่วนหนึ่งของเครือข่ายภายในกองทัพอากาศ ผู้ใช้จะต้องเป็นบุคลากรภายใน รร.นบก. และต้องมีบัญชีผู้ใช้อีเมลของกองทัพอากาศ จึงจะสามารถใช้อินเทอร์เน็ตได้ ก่อนใช้งานอินเทอร์เน็ตในครั้งแรกจะต้องมีการระบุตัวตนผ่านหน้าเว็บดังรูปที่ 2

ตามพ.ร.บ.ว่าด้วยการรักษาความมั่นคงปลอดภัยคอมพิวเตอร์ พ.ศ.๒๕๕๐ กำหนดให้องค์กรต้องจัดเก็บข้อมูลจราจรคอมพิวเตอร์ (Log) เพื่อสำหรับการตรวจสอบภายหลัง รร.นบก. จึงมีความจำเป็นต้องจัดเก็บข้อมูลจราจรคอมพิวเตอร์ของการใช้งาน อินเทอร์เน็ตตั้งแต่ต้นถึงของแจ้งเดือนให้ผ่านโปรแกรมวิเคราะห์ในการใช้งาน อินเทอร์เน็ตและปฏิบัติตาม พ.ร.บ. คอมพิวเตอร์ฯ อย่างเคร่งครัด

กรุณาล็อกอินโดยใช้ username และ password เดียวกันกับอีเมลล์ทอ. โดยไม่ต้องกรอก @rtaf.mi.th

Username:

Password:

[Continue](#)

รูปที่ 2 เว็บเพจหน้าระบุตัวตนขอใช้งานอินเทอร์เน็ตของ รร.นบก.

เมื่อผ่านการระบุตัวตนแล้วจะสามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตได้ทันที จำกัดเวลา 9600 วินาที ดังรูปที่ 3 มีการนับเวลาถอยหลัง เมื่อหมดเวลาจะต้องระบุตัวตนใหม่

กรุณาเปิดหน้านี้ไว้เพื่อการใช้งานอินเทอร์เน็ตต่อเนื่อง

[คลิกเพื่อเปิดหน้าต่างใหม่](#)

Authentication Refresh in 9600 seconds

[ออกจากระบบ](#)

รูปที่ 3 เว็บเพจเมื่อระบุตัวตนสำเร็จ

การระบุตัวตนในรูปแบบนี้เองที่เป็นอุปสรรคสำคัญที่ระบบไอโอทีที่ไม่สามารถกระทำได้ และผู้ออกแบบระบบไม่สามารถปรับแต่งระบบไอโอทีให้ข้ามผ่านการระบุตัวตนหรือให้ระบุตัวตนด้วยบัญชีผู้ใช้ของบุคคลได้ ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาทั้งหมดก่อนหน้านี้ จึงเป็นที่มาของโจทย์งานวิจัยนี้

4. การดำเนินงานวิจัย

แนวคิดในการแก้ปัญหาของงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นแก้ปัญหาตัวกลางข้อมูล โดยจะต้องใช้ตัวกลางข้อมูลที่สามารถเข้าถึงได้จากทั้งเครือข่ายภายในและเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยไม่ต้องมีการระบุตัวตนเพื่อใช้งานอินเทอร์เน็ตหรือใช้งานตัวกลางข้อมูลแต่อย่างใด ซึ่งตัวกลางข้อมูลของงานวิจัยนี้คือหัวใจสำคัญที่ทำให้ระบบไอโอทีสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยได้ขอใช้บริการเซิร์ฟเวอร์ `nkrafacs.rtaf.mi.th` เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกลางข้อมูล เป็นเซิร์ฟเวอร์เสมือน (Virtual Machine : VM) ถูกสร้างขึ้นภายในระบบคลาวด์ของกองทัพอากาศติดตั้ง MySQL ซึ่งเป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System : RDMS) ติดตั้งเว็บเซิร์ฟเวอร์รองรับภาษา PHP ให้บริการเว็บผ่านโพรโทคอล HTTP และ HTTPS สามารถเข้าถึงบริการเว็บได้โดยผู้ใช้งานทั้งจากเครือข่ายภายใน รร.นกก. และเครือข่ายอินเทอร์เน็ต รวมทั้งสามารถเข้าถึงจากอุปกรณ์ไอโอทีซึ่งอยู่ในเครือข่ายภายใน รร.นกก. ได้ด้วยเช่นกัน จึงถือเป็นกุญแจสำคัญที่เป็นทางออกให้กับการนำระบบไอโอทีมาใช้ในหน่วยงานที่มีข้อจำกัดการใช้งานอินเทอร์เน็ตอย่าง รร.นกก. ได้

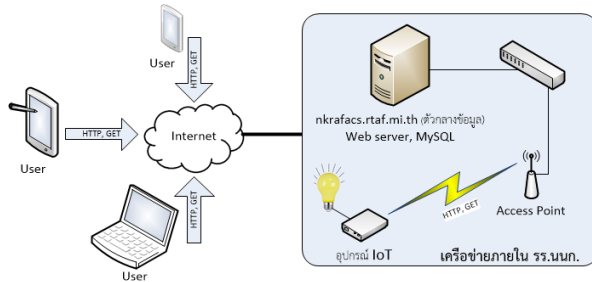
ในอดีตอุปกรณ์ที่จะใช้ทำระบบไอโอที เช่น Arduino Mega 2560 กับ Ethernet Shield หรือ WiFi Shield [4] จะมีขนาดใหญ่และยุ่งยาก งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ ESP-Relay Module และ Esp-01s ที่ใช้ชิป ESP8266 เป็นตัวหลักในการประมวลผล [5] มีขนาดกะทัดรัด ใช้งานคล่องตัวมากกว่า ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ไอโอทีที่กำหนดให้ทำงานในโหมด STA ซึ่งเป็น WiFi Client เริ่มทำงานด้วยการร้องขอการเชื่อมต่อไปที่ Access Point ที่กำหนดไว้ เมื่อเชื่อมต่อได้สำเร็จแล้ว จะสามารถสื่อสารข้อมูลด้วยโพรโทคอล HTTP

(Hyper Text Transfer Protocol) ได้เฉพาะเครือข่ายภายในหน่วยงาน รร.นกก. และเครือข่ายภายในกองทัพอากาศเท่านั้น ไม่สามารถสื่อสารข้อมูลกับอินเทอร์เน็ตได้ เนื่องจากอุปกรณ์ไอโอทีไม่มีบัญชีผู้ใช้และไม่สามารถระบุตัวตนด้วยตนเองได้ ทั้งนี้การสื่อสารโพรโทคอล HTTP กำหนดรูปแบบเป็น HTTP Client ใช้วิธีการ (Method) แบบ GET ทำหน้าที่แบบเชิงรุก (Active) ในการส่งข้อมูลของระบบเป็นระยะ ๆ ไปที่ตัวกลางข้อมูล เพื่อให้ข้อมูลสถานะของระบบที่อยู่บนตัวกลางข้อมูลเป็นปัจจุบันมากที่สุด นอกจากนี้อุปกรณ์ไอโอทียังทำหน้าที่ร้องขอข้อมูลคำสั่งจากตัวกลางข้อมูลเป็นระยะ ๆ เพื่อนำมาสั่งการสั่งของอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ทำงานตามต้องการต่อไป

ในส่วนของผู้ใช้งานระบบจะสามารถใช้อุปกรณ์ใด ๆ ที่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ไม่ว่าจะเป็น คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต พีซี หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยใช้เบราว์เซอร์ในการสื่อสารและควบคุมระบบไอโอที ซึ่งเบราว์เซอร์ของผู้ใช้จะทำหน้าที่เชิงรุก (Active) ในการรับส่งข้อมูลกับตัวกลางข้อมูล เพื่อเรียกดูข้อมูลของระบบไอโอทีจากตัวกลางข้อมูล หรือสั่งการให้อุปกรณ์ไอโอทีทำงานตามต้องการได้โดยสั่งการผ่านตัวกลางข้อมูลเช่นกัน การสื่อสารระหว่างเบราว์เซอร์ของผู้ใช้กับตัวกลางข้อมูลจะสื่อสารด้วยโพรโทคอล HTTP ในรูปแบบที่ผู้ใช้เป็น HTTP Client และใช้วิธีการแบบ GET เช่นกัน

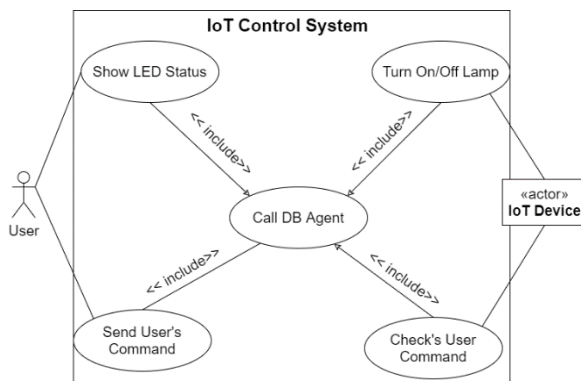
งานวิจัยนี้ทดลองให้อุปกรณ์ไอโอทีทำหน้าที่ควบคุมรีเลย์ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ควบคุมการเปิดหรือปิดหลอดไฟฟ้า [6] อุปกรณ์ไอโอทีจะส่งข้อมูลไปบอกตัวกลางข้อมูลทุกครั้งเมื่อหลอดไฟฟ้าเปลี่ยนสถานะจากเปิดเป็นปิดหรือจากปิดเป็นเปิด นอกจากนี้อุปกรณ์ไอโอทีจะส่งข้อมูลไปสอบถามตัวกลางข้อมูลเป็นระยะ ๆ ว่ามีคำสั่งให้เปิดหรือปิดหลอดไฟฟ้าหรือไม่ หากมีก็จะสั่งการให้หลอดไฟฟ้าเปิดหรือปิดตามคำสั่งนั้นทันที ในส่วนบทบาทของผู้ใช้เมื่อเปิดเบราว์เซอร์เข้าหน้าเว็บของงานวิจัย หน้าเว็บนั้นจะส่งข้อมูลไปสอบถามสถานะของหลอดไฟฟ้าจากตัวกลางข้อมูลเป็นระยะ ๆ แล้วแสดงผลบนหน้าจอทำให้ทราบสถานะปัจจุบันของหลอดไฟฟ้าตลอดเวลา นอกจากนี้ผู้ใช้อังสามารถคลิกปุ่มเพื่อส่งคำสั่งไปที่ตัวกลางข้อมูลเพื่อสั่งให้เปิดหรือปิดหลอดไฟฟ้า ซึ่งคำสั่งดังกล่าว

จะถูกตรวจสอบจากอุปกรณ์ไอโอทีตามที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ในมุมมองของผู้ใช้จะไม่ทราบถึงการทำงานเบื้องหลังดังกล่าวจึงเข้าใจกับว่าตนเองสามารถสื่อสารสั่งการกับอุปกรณ์ไอโอทีได้โดยตรง ภาพรวมของระบบไอโอทีของการวิจัยเป็นดังรูปที่ 4



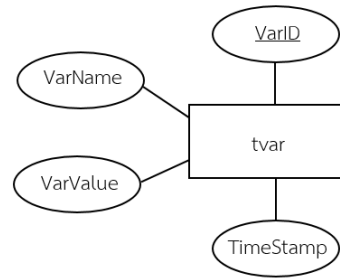
รูปที่ 4 ภาพรวมของระบบไอโอทีตามแนวคิดของการวิจัย

จะเห็นได้ว่าตัวกลางข้อมูลเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้เกิดการสื่อสารข้อมูลระหว่างผู้ใช้กับอุปกรณ์ไอโอที ข้อมูลที่สำคัญนั้น ได้แก่ ข้อมูลสถานะของรีเลย์ที่จะบ่งบอกว่าขณะนั้นหลอดไฟฟ้าเปิดหรือปิดอยู่ และ ข้อมูลคำสั่งของผู้ใช้ที่จะบ่งบอกว่าผู้ใช้สั่งการให้เปิดหรือปิดหลอดไฟฟ้า บทบาทของผู้ใช้และอุปกรณ์ไอโอทีในระบบจึงต้องมีความชัดเจนและสอดคล้องซึ่งกันและกันด้วยการสื่อสารผ่านตัวกลางข้อมูลนี้เอง ผู้วิจัยได้ออกแบบการทำงานของระบบโดยใช้ Use Case Diagram ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ออกแบบการทำงานของระบบ

การเก็บข้อมูลในตัวกลางข้อมูลของงานวิจัยนี้จะใช้ MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล ผู้วิจัยออกแบบฐานข้อมูลมีโครงสร้างตาม ER-Diagram ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ER-Diagram ฐานข้อมูลของงานวิจัย

แต่ละฟิลด์ของตารางข้อมูลหลัก tvar มีคุณสมบัติดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของฟิลด์ต่าง ๆ ในตารางข้อมูล tvar

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียดข้อมูล
VarID	int(11) Auto Increment	Yes
VarName	varchar(20)	ชื่อของตัวแปร
VarValue	int(11)	ค่าของตัวแปร
TimeStamp	timestamp	วันและเวลาที่เปลี่ยนค่า

ในแต่ละระเบียนข้อมูลที่ใส่เข้าไปในตาราง tvar จะแทนตัวแปรที่ไว้ใช้สำหรับเก็บค่าที่สำคัญของระบบ สามารถเพิ่มระเบียนข้อมูล(ตัวแปร)ได้อย่างไม่จำกัด ซึ่งงานวิจัยนี้ใส่ข้อมูลตัวอย่างที่สำคัญ 2 ระเบียนข้อมูล แทน 2 ตัวแปร ดังตารางที่ 2

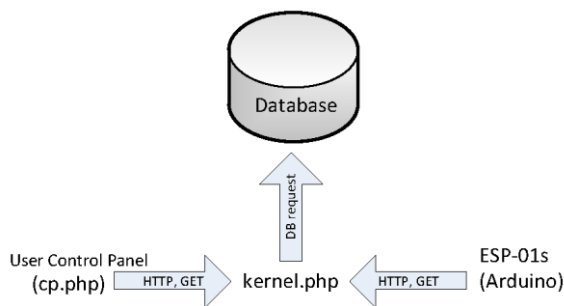
ตารางที่ 2 ระเบียนข้อมูลในตาราง tvar

VarID	VarName	VarValue
1	relayon	0
2	manualrelayon	0

relayon เป็นตัวแปรสำหรับเก็บสถานะของรีเลย์ หากมีค่าเป็น 0 หมายถึงรีเลย์ปิด หลอดไฟฟ้าจะดับ (off) หากมีค่าเป็น 1 หมายถึงรีเลย์เปิด หลอดไฟฟ้าจะติด (on) ซึ่งค่าดังกล่าวจะเก็บในฟิลด์ VarValue

manualrelayon เป็นตัวแปรสำหรับเก็บคำสั่งของผู้ใช้ หากมีค่าเป็น 0 หมายถึงให้ปิดรีเลย์ หากมีค่าเป็น 1 หมายถึงให้เปิดรีเลย์ ซึ่งค่าดังกล่าวจะเก็บในฟิลด์ VarValue

การเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลไม่ว่าจะเป็นการอ่านค่าตัวแปร relayon หรือ manualrelayon หรือการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรดังกล่าว จะมีโปรแกรมที่เป็นตัวกลางที่เขียนด้วยภาษา PHP ชื่อ kernel.php ทำหน้าที่เสมือน DB Agent (ตามรูปที่ 5) ในการเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลโดยใช้วิธีการแบบ GET ดังนั้นไม่ว่าจะเป็นโปรแกรมในส่วนของผู้ใช้หรือโปรแกรมในส่วนของอุปกรณ์ไอโอที หากต้องการจะอ่านค่าตัวแปรหรือเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรในฐานข้อมูลจะต้องกระทำผ่าน kernel.php นี้ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การเข้าใช้งานฐานข้อมูลผ่านโปรแกรม kernel.php

ตัวอย่างการส่งคำสั่งในการอ่านค่าในระเบียบของตัวแปร relayon จากฐานข้อมูล จะต้องส่งคำร้องขอโดยใช้วิธีแบบ GET ไปที่ kernel.php ดังนี้

<http://nkrafacs.rtaf.mi.th/research01/kernel.php?getvar=1&VarID=1>

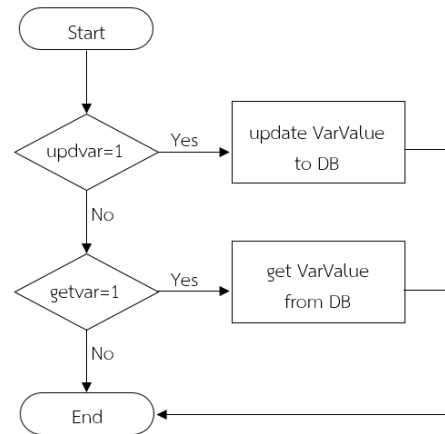
คำสั่งข้างต้นจะได้ข้อมูลตอบกลับมาเป็นค่าจากฟิลด์ VarValue ของระเบียบของตัวแปร relayon ที่อยู่ในฐานข้อมูลเป็น 0 หรือ 1 ซึ่งหากเป็น 0 หมายถึงรีเลย์ปิด (off) อยู่ หากเป็น 1 หมายถึงรีเลย์เปิด (on) อยู่

ตัวอย่างการส่งคำสั่งเพื่อเปลี่ยนแปลงค่าในระเบียบของตัวแปร manualrelayon ในฐานข้อมูล จะต้องส่งคำร้องขอโดยใช้วิธีแบบ GET ไปที่ kernel.php ดังนี้

<http://nkrafacs.rtaf.mi.th/research01/kernel.php?updvar=1&VarID=2&VarValue=0>

คำสั่งข้างต้นจะทำการเปลี่ยนแปลงค่าในระเบียบของตัวแปร manualrelayon โดยเปลี่ยนแปลงค่าในฟิลด์ VarValue ให้เป็น 0 หมายถึงสั่งให้ปิด (off) รีเลย์

โปรแกรม kernel.php มีการทำงานตามผังงานดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ผังงานของโปรแกรม kernel.php

ESP-01s เป็นส่วนสำคัญหลักในชุดของอุปกรณ์ไอโอทีของงานวิจัยนี้ ทำหน้าที่เหมือนสมองในการควบคุมให้อุปกรณ์ไอโอทีได้ทำงานตามที่ได้อธิบายมาข้างต้น ซึ่งส่วนซอฟต์แวร์ของ ESP-01s ถูกเขียนด้วยภาษา Arduino สามารถสั่งการควบคุมรีเลย์ที่อยู่ใน ESP Relay Module ให้เปิดปิดหลอดไฟฟ้าตามต้องการได้ หลักการทำงานคือ ESP-01s จะทำงานเป็นแบบวนซ้ำ (loop) ทุก ๆ 1 วินาที ในแต่ละรอบของการวนซ้ำจะทำคำสั่งตามลำดับดังนี้

1. ส่งคำสั่งแบบ HTTP GET ไปถามข้อมูลจาก kernel.php ทุก ๆ 1 วินาทีว่า ค่าของตัวแปร manualrelayon ในตัวกลางข้อมูลเป็นอะไร คำสั่งที่ส่งคือ <http://nkrafacs.rtaf.mi.th/research01/kernel.php?getvar=1&VarID=2>

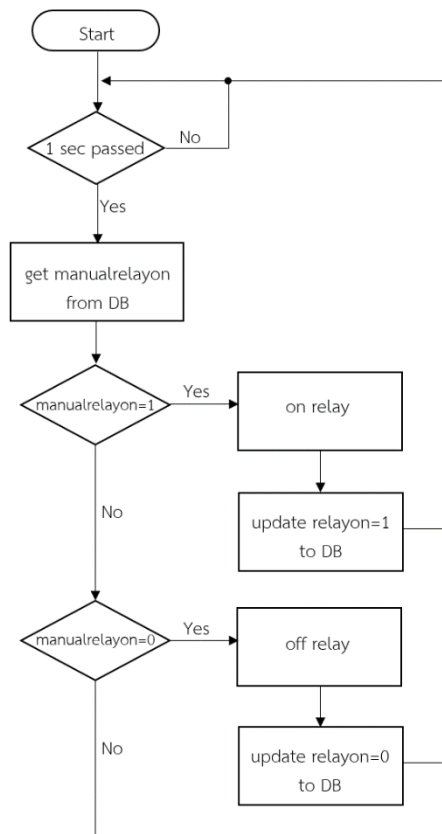
1.1 หากได้รับตอบกลับมาเป็น 1 ตัว ESP-01s ก็จะไปสั่งรีเลย์ให้เปิดหลอดไฟฟ้า (on) จากนั้นจึงส่งอีกคำสั่งแบบ HTTP GET ไปให้ kernel.php ปรับค่าของตัวแปร relayon ในตัวกลางข้อมูลให้เป็น 1 ตรงกับสถานะของหลอดไฟฟ้า คำสั่งที่ส่งคือ <http://nkrafacs.rtaf.mi.th/research01/kernel.php?updvar=1&VarID=1&VarValue=1>

1.2 หรือหากได้รับตอบกลับมาเป็น 0 ตัว ESP-01s ก็จะไปสั่งรีเลย์ให้ปิดหลอดไฟฟ้า (off) จากนั้นจึงส่งอีก

คำสั่งแบบ HTTP GET ไปให้ kernel.php ปรับค่าของตัวแปร relayon ในตัวกลางข้อมูลให้เป็น 0 ตรงกับสถานะของหลอดไฟฟ้า คำสั่งที่ส่งคือ <http://nkrafacs.rtaf.mi.th/research01/kernel.php?updvar=1&VarID=1&VarValue=0>

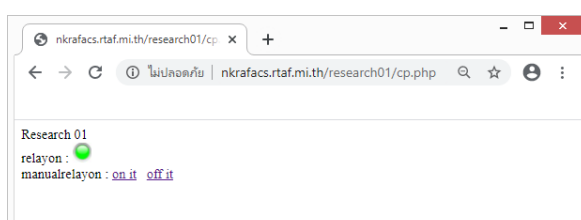
2. วนซ้ำกลับไปทำ 1. ใหม่

โปรแกรมของ ESP-01s มีการทำงานตามผังงานดังรูปที่ 9



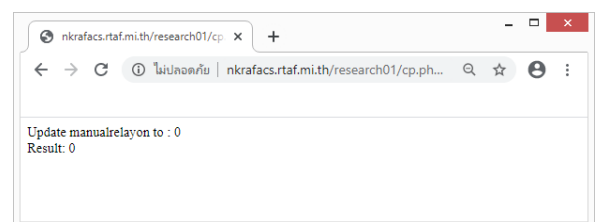
รูปที่ 9 ผังงานของโปรแกรมของ ESP-01s

ในส่วนของผู้ใช้จะมีโปรแกรมแบบง่ายที่ใช้สำหรับควบคุมระบบไอโอทีของงานวิจัยในมุมมองของผู้ใช้ โปรแกรมเขียนด้วยภาษา PHP มีไฟล์หลักชื่อว่า cp.php ผู้ใช้จะต้องใช้เบราว์เซอร์เปิดหน้าเว็บเพจ <http://nkrafacs.rtaf.mi.th/research01/cp.php> ดังรูปที่ 10



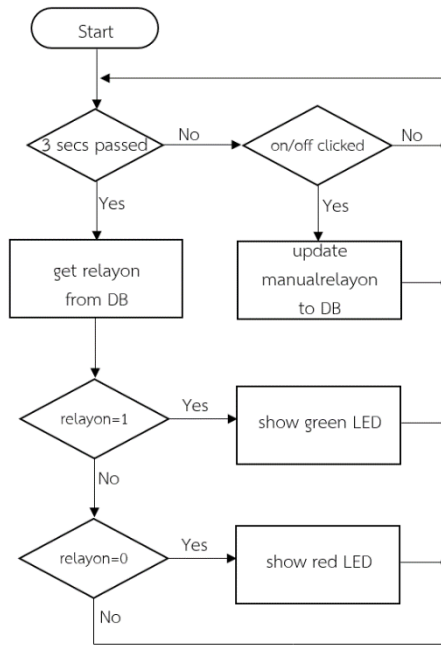
รูปที่ 10 หน้าเว็บเพจในส่วนของผู้ใช้

โปรแกรม cp.php ที่เปิดผ่านเว็บเบราว์เซอร์จะส่งคำสั่งแบบ HTTP GET ไปถามข้อมูลจาก kernel.php ทุก ๆ 3 วินาทีว่าค่าของตัวแปร relayon ในตัวกลางข้อมูลเป็นอะไร คำสั่งที่ส่งคือ <http://nkrafacs.rtaf.mi.th/research01/kernel.php?getvar=1&VarID=1> หากค่าที่ได้รับกลับมาเป็น 1 จะแสดงรูปภาพเป็นหลอด LED สีเขียวหมายถึงหลอดไฟฟ้าติด (on) ดังรูปที่ 10 หากค่าที่ได้รับกลับมาเป็น 0 จะแสดงรูปภาพเป็นหลอด LED สีแดงหมายถึงหลอดไฟฟ้ามดับ (off) นอกจากนี้ หากผู้ใช้คลิกที่ลิงค์ on it โปรแกรมจะส่งคำสั่งแบบ HTTP GET ไปให้ kernel.php ปรับค่าของตัวแปร manualrelayon ในตัวกลางข้อมูลให้เป็น 1 หมายถึงผู้ใช้งานต้องการเปิดหลอดไฟฟ้า คำสั่งที่ส่งคือ <http://nkrafacs.rtaf.mi.th/research01/kernel.php?updvar=1&VarID=2&VarValue=1> (ซึ่ง ESP-01s จะทำหน้าที่ในการสั่งรีเลย์เพื่อทำให้หลอดไฟฟ้าติดจริงต่อไป) หรือหากผู้ใช้คลิกที่ลิงค์ off it โปรแกรมจะส่งคำสั่งแบบ HTTP GET ไปให้ kernel.php ปรับค่าของตัวแปร manualrelayon ในตัวกลางข้อมูลให้เป็น 0 หมายถึงผู้ใช้งานต้องการปิดหลอดไฟฟ้า คำสั่งที่ส่งคือ <http://nkrafacs.rtaf.mi.th/research01/kernel.php?updvar=1&VarID=2&VarValue=0> ผลลัพธ์ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ผลลัพธ์เมื่อผู้ใช้ส่งคำสั่งปิดหลอดไฟฟ้า (off it)

โปรแกรม cp.php มีการทำงานตามผังงานดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ฟังก์ชันของโปรแกรม cp.php

5. ผลการวิจัย

การควบคุมระบบไอโอทีของงานวิจัย ผู้ใช้จะใช้เว็บเบราว์เซอร์ในคอมพิวเตอร์ หรือแท็บเล็ต พีซี หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ เปิดเข้าเว็บเพจสำหรับผู้ใช้ <http://nkrafacs.rtaf.mi.th/research01/cp.php> สามารถใช้งานควบคุมระบบไอโอทีได้อย่างราบรื่น สั่งเปิดหรือสั่งปิดหลอดไฟฟ้าได้เป็นปกติ การตอบสนองของหลอดไฟฟ้าจริงเกือบจะทันทีทันใดที่ผู้ใช้คลิกสั่งการดังกล่าวไป มีความหน่วงเพียงเล็กน้อย ไม่เกิน 1 วินาที ซึ่งเป็นผลมาจากความเร็วของอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้หน้าเว็บเพจยังสามารถแสดงสัญลักษณ์หลอด LED สอดคล้องกับหลอดไฟฟ้าจริงเกือบจะทันทีทันใดที่หลอดไฟฟ้าจริงเปลี่ยนสถานะเช่นกัน มีความหน่วงเพียงเล็กน้อยไม่เกิน 1 วินาที ซึ่งเป็นระดับความหน่วงที่ยอมรับได้เนื่องจากระบบของงานวิจัยมิได้ต้องการความรวดเร็วขนาดเวลาจริง (Real Time)

การทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของระบบสามารถตรวจสอบได้จากความสามารถในการตอบสนองของระบบจากการสั่งการเปิดปิดหลอดไฟฟ้าโดยผู้ใช้และระยะเวลาในการตอบสนองคำสั่งดังกล่าว ฐานข้อมูล MySQL มีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์สำหรับเรื่องนี้

กล่าวคือทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าในฟิลด์ VarValue ของระเบียบข้อมูลใด ๆ ฟิลด์ TimeStamp ของระเบียบข้อมูลนั้นจะเปลี่ยนแปลงค่าเป็นวันและเวลาในขณะที่เปลี่ยนแปลงค่า VarValue นั้น ผู้วิจัยจึงนำคุณสมบัตินี้มาใช้ในการทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของระบบ โดยทดลองสั่งการเปิดหรือปิดหลอดไฟฟ้าจากหน้าเว็บเพจของผู้ใช้และเมื่อระบบไอโอทีได้ทำตามคำสั่งในครั้งนั้นแล้ว จึงจดบันทึกข้อมูล VarValue และ TimeStamp ของระเบียบข้อมูลตัวแปร manualrelayon และของระเบียบข้อมูลตัวแปร relayon แล้วนำข้อมูลมาพิจารณาดังนี้

1. หากค่า VarValue ของตัวแปร manualrelayon เปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับที่ผู้ใช้สั่งการ แสดงว่าเว็บเพจสามารถส่งคำสั่งของผู้ใช้ไปถึงตัวกลางข้อมูลได้ ดังนั้นข้อมูล TimeStamp ก็จะเปลี่ยนค่าเป็นวันและเวลาที่ VarValue เปลี่ยนแปลงด้วย หาก VarValue ดังกล่าวไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าเว็บเพจไม่สามารถส่งคำสั่งของผู้ใช้ไปถึงตัวกลางข้อมูลได้ ส่งผลให้ค่าของ TimeStamp จะยังเป็นค่าเดิมด้วย

2. หากค่า VarValue ของตัวแปร relayon เปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับที่ผู้ใช้สั่งการ แสดงว่าอุปกรณ์ไอโอทีสามารถอ่านคำสั่งของผู้ใช้จากตัวกลางข้อมูลได้ จากนั้นสามารถสั่งการเปิดปิดหลอดไฟฟ้าตามคำสั่งดังกล่าวได้จากนั้นสามารถส่งคำสั่งไปที่ตัวกลางข้อมูลให้เปลี่ยนแปลงค่า VarValue ของตัวแปร relayon ให้สอดคล้องได้ ดังนั้นข้อมูล TimeStamp ก็จะเปลี่ยนค่าเป็นวันและเวลาที่ VarValue เปลี่ยนแปลงด้วย หาก VarValue ดังกล่าวไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าอุปกรณ์ไอโอทีไม่รับรู้คำสั่งของผู้ใช้ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากอุปกรณ์ไอโอทีไม่สามารถติดต่อกับตัวกลางข้อมูล ไม่ว่าจะด้วยสาเหตุใดก็ตาม ส่งผลให้ค่าของ TimeStamp จะยังเป็นค่าเดิมด้วย

3. หากระบบทำงานได้ปกติ ดังนั้นผลต่างของ TimeStamp ที่ได้จากข้อ 1. และ 2. จะเป็นระยะเวลาในการตอบสนองของอุปกรณ์ไอโอทีที่มีต่อคำสั่งของผู้ใช้

ผู้วิจัยได้สุ่มห้วงเวลาและจำนวนครั้งในการทดลองและบันทึกผลการทดลองไว้จำนวนจริงจำนวน 20 ครั้ง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การทดสอบการทำงานของระบบ

ครั้งที่	คำสั่ง	สำเร็จ	Time Stamp1	สำเร็จ	Time Stamp2	Response (วินาที)
1	ปิด	✓	10:52:46	✓	10:52:47	1
2	เปิด	✓	10:54:42	✓	10:54:43	1
3	ปิด	✓	10:55:36	✓	10:55:36	< 1
4	เปิด	✓	10:56:46	✓	10:56:47	1
5	ปิด	✓	17:58:35	✓	17:58:36	1
6	เปิด	✓	17:59:22	✓	17:59:23	1
7	ปิด	✓	18:00:02	✓	18:00:03	1
8	เปิด	✓	18:00:35	✓	18:00:35	< 1
9	ปิด	✓	18:01:03	✓	18:01:04	1
10	เปิด	✓	18:01:29	✓	18:01:29	< 1
11	ปิด	✓	18:02:10	✓	18:02:10	< 1
12	เปิด	✓	18:05:14	✓	18:05:15	1
13	ปิด	✓	18:06:19	✓	18:06:20	1
14	เปิด	✓	18:08:09	✓	18:08:10	1
15	ปิด	✓	18:09:39	✓	18:09:39	< 1
16	เปิด	✓	18:10:09	✓	18:10:09	< 1
17	ปิด	✓	18:10:46	✓	18:10:46	< 1
18	เปิด	✓	18:11:23	✓	18:11:23	< 1
19	ปิด	✓	18:11:46	✓	18:11:47	1
20	เปิด	✓	18:12:28	✓	18:12:28	< 1

*สำเร็จ หมายถึงระบบสามารถส่งคำสั่งเปิดหรือปิดของผู้ใช้ไปที่ตัวกลางข้อมูลสำเร็จ

**สำเร็จ หมายถึงอุปกรณ์ไอโอที่สามารถอ่านคำสั่งของผู้ใช้จากตัวกลางข้อมูลได้ และสามารถส่งการเปิดหรือปิดหลอดไฟไปตามคำสั่งดังกล่าวได้

เมื่อนำผลการทดลองทั้ง 20 ครั้งมาวิเคราะห์ ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

1. ผู้ใช้สามารถส่งคำสั่งเปิดหรือปิดไปที่ตัวกลางข้อมูลได้ครบทั้ง 20 ครั้ง คิดเป็น 100%
2. อุปกรณ์ไอโอที่สามารถตอบสนองคำสั่งของผู้ใช้โดยส่งเปิดหรือปิดหลอดไฟได้ครบทั้ง 20 ครั้ง คิดเป็น 100%
3. เวลาในการตอบสนองโดยเฉลี่ยต่ำกว่า 1 วินาที เป็นเวลาที่เหมาะสมทำให้ผู้ใช้ไม่รู้สึกระบบมีความหน่วงจนเกินไป

จากผลการทดสอบระบบสามารถทำงานได้ถูกต้อง 100% และมีความหน่วงในการตอบสนองคำสั่งไม่เกิน 1 วินาที และยังไม่พบปัญหาการใช้งานครั้งอื่น ๆ นอกเหนือจากการทดสอบนั้น ระบบจึงสามารถแก้ไขปัญหาที่เป็นที่มาของการวิจัยได้กล่าวคือสามารถนำระบบไอโอที่นำมาใช้กับระบบเครือข่ายที่มีข้อจำกัดในการใช้งานอินเทอร์เน็ตอย่าง รร.นบก. ได้ โดยที่อุปกรณ์ไอโอที่เชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายภายใน รร.นบก. ได้ แต่ไม่

สามารถรับส่งข้อมูลกับอินเทอร์เน็ตได้ เนื่องจากอุปกรณ์ไอโอที่ไม่สามารถระบุตัวตนด้วยบัญชีผู้ใช้ได้ แต่อุปกรณ์ไอโอที่สามารถสื่อสารข้อมูลภายในเครือข่ายกองทัพอากาศกับตัวกลางข้อมูลได้ ตัวกลางข้อมูลมีความเป็นสาธารณะสามารถสื่อสารข้อมูลกับอินเทอร์เน็ตได้อยู่แล้ว ตัวกลางข้อมูลจึงทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ไอโอและผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตได้ ผู้ใช้ระบบจากอินเทอร์เน็ตไม่รู้ข้อมูลเบื้องหลังนี้ ทำให้ผู้ใช้รู้สึกเสมือนว่าตนเองสามารถควบคุมระบบไอโอที่ได้จากที่ใดก็ได้ที่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

6. สรุปผลการวิจัย

แนวทางที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ยังไม่เคยมีการนำเสนอในงานวิจัยใดของกองทัพอากาศมาก่อน แนวทางนี้สามารถแก้ปัญหาการนำระบบไอโอที่มาใช้ในหน่วยงานที่มีข้อจำกัดการใช้งานอินเทอร์เน็ตในลักษณะนี้ได้เป็นอย่างดีสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับหน่วยงานอื่นที่มีปัญหาในลักษณะเดียวกันได้ โดยหน่วยงานจะต้องจัดหาตัวกลางข้อมูลเพื่อใช้เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานจากอินเทอร์เน็ตและอุปกรณ์ไอโอที่อยู่ภายในหน่วยงานได้ โดยที่อุปกรณ์ไอโอที่ไม่ต้องระบุตัวตนเพื่อขอเชื่อมต่อใช้งานอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญที่เป็นเบื้องหลังของความสำเร็จที่ทำให้ผู้ใช้งานแม้จะอยู่ที่ใดภายในหรือภายนอกหน่วยงานรู้สึกเสมือนว่าสามารถควบคุมอุปกรณ์ไอโอที่ติดตั้งอยู่ในหน่วยงานได้โดยตรงจากอุปกรณ์ของตน เป็นไปตามนิยามที่ถูกต้องของระบบไอโอที่

7. ข้อเสนอแนะ

แนวโน้มการนำระบบไอโอที่มาใช้ในชีวิตประจำวันมีเพิ่มมากขึ้น หน่วยงานจึงมีความจำเป็นมากขึ้นที่จะนำระบบไอโอที่มาช่วยในการช่วยควบคุม ดูแล เครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ อำนวยความสะดวก หรือเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน การนำระบบไอโอที่สำเร็จรูปมาใช้ในหน่วยงาน เป็นเรื่องที่เป็นไปไม่ได้ หน่วยงานจึงต้องสร้างระบบไอโอที่ขึ้นมาใช้งานเอง ดังนั้นการจัดทำตัวกลางข้อมูลจึงเป็นสิ่งที่สำคัญอันดับแรก เพราะตัวกลางข้อมูลคือหัวใจสำคัญที่เป็นเบื้องหลังความสำเร็จในการแก้ปัญหา

การนำระบบไอโอทีมาใช้ในหน่วยงานตามแนวทางที่เสนอของงานวิจัยนี้ โดยตัวกลางข้อมูลจะต้องสามารถเข้าถึงได้จากอินเทอร์เน็ต และที่สำคัญต้องสามารถเข้าถึงได้จากเครือข่ายภายในหน่วยงานโดยไม่ต้องมีการระบุตัวตน อาจมีการวางกฎระเบียบการขอใช้งานตัวกลางข้อมูลที่รัดกุมเฉพาะอุปกรณ์ไอโอทีที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น ซึ่งจะต้องขอความอนุเคราะห์จากผู้ดูแลระบบเครือข่ายของหน่วยงาน

ประเด็นเรื่องของความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ (Cyber Security) ระบบไอโอทีถือเป็นเป้าหมายการโจมตีที่ได้รับคามนิยามอันหนึ่ง เนื่องจากระบบไอโอทีมักจะทำงานตลอด 24 ชั่วโมง เช่น กล้องไอพี เป็นต้น และมักมีการป้องกันตนเองที่ไม่รัดกุม ทำให้ผู้ไม่ประสงค์ดีมีเวลาและโอกาสมากในการเจาะระบบไอโอทีเพื่อจารกรรมข้อมูลจากระบบไอโอทีหรือใช้ระบบไอโอทีเป็นทางผ่านไปสู่เครือข่ายภายในหน่วยงาน ขยายผลไปเจาะระบบหรือข้อมูลสำคัญอื่น ๆ ของหน่วยงานต่อไป แนวคิดของงานวิจัยนี้ใช้ตัวกลางข้อมูลทำให้ปลอดภัยจากการถูกเจาะระบบเนื่องจากการใช้งานระบบจากอินเทอร์เน็ตไม่สามารถติดต่อกับระบบไอโอทีได้โดยตรงจะต้องการทำผ่านตัวกลางข้อมูลเท่านั้น ผู้เจาะระบบจากอินเทอร์เน็ตจะไม่สามารถทราบวาระบบไอโอทีมีตัวตนที่แท้จริงอย่างไร อีกทั้งตัวกลางข้อมูลได้รับการดูแลจากผู้ดูแลระบบที่เชี่ยวชาญอยู่แล้วจึงมีความปลอดภัยค่อนข้างสูง

แนวคิดที่เป็นประโยชน์อีกอย่างหนึ่งที่สามารถนำไปต่อยอดเพิ่มเติมอุปกรณ์ไอโอทีได้ กล่าวคือ ตารางข้อมูล tvar ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้เพียงตารางเดียวสามารถรองรับอุปกรณ์ไอโอทีของหน่วยงานได้อย่างไม่จำกัด ระบบไอโอทีใดที่ต้องการใช้ตัวแปรก็ตัวก็สามารถเพิ่มระเบียบข้อมูลเข้าไปในตาราง tvar นี้ได้ตามจำนวนนั้น จากนั้นผู้สร้างแต่ละระบบไอโอทีนั้น เพียงแต่ทราบ VarID ก็สามารถเขียนโปรแกรมของระบบเพื่อจัดการเฉพาะระเบียบที่มี VarID ที่เกี่ยวข้องเท่านั้น เพียงเท่านั้นระบบไอโอทีต่าง ๆ ก็จะทำงานได้อย่างถูกต้องอิสระไม่ปะปนสับสนซึ่งกันและกัน นอกจากนี้ด้วยคุณสมบัติที่สามารถเพิ่มระเบียบข้อมูลเข้าไปในตาราง tvar ได้อย่างไม่จำกัด จึงทำให้สามารถเพิ่มตัวแปรเพื่อเก็บคุณสมบัติ หรือความสามารถ ของระบบ

ไอโอทีได้อย่างไม่จำกัดเช่นกัน เช่น เพิ่มระเบียบเพื่อเก็บอุณหภูมิห้องที่ได้จากเซ็นเซอร์ DHT11 หรือเพิ่มระเบียบข้อมูลเพื่อกำหนดเวลาเปิดปิดระบบ เป็นต้น

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ประภาพร กุลลิมรัตน์ชัย. (2559). Internet of Things: เทคโนโลยีปัจจุบันกับการใช้งานในอนาคต. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย*, 10(1): 29-36.
- [2] ประเสริฐศักดิ์ อู่อรุณ. (2561). การออกแบบและการดำเนินการรวบรวมข้อมูลสำหรับอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อบ้านอัจฉริยะ. *Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University*, 5(3): 53-63.
- [3] ไพโรจน์ เหลืองวงศกร, วรพล ลีลาเกียรติสกุล, สุรณพรี ภูมิวุฒิสาร, พิชวรัทย์ พิพัฒน์ชนอุดมดี. (2560). การประยุกต์ใช้ ESP8266 สำหรับระบบรักษาความปลอดภัยที่บ้าน. *วารสารวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร*, 7(2): 44-55.
- [4] กิตติเชษฐ์ นนทะสุด, พีรพนธ์ ดันจักษ์ยะ. (2562). ระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องเรียนแบบอัตโนมัติ ด้วยเทคโนโลยี Internet of thing: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย*, 13(1): 159-171.
- [5] วอนชนก ไชยสุนทร. (2558). Internet of Things เมื่อทุกสิ่งเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*, 14(2): 727-733.
- [6] โอฟาร เชื้อชาญ, อนุกิจ เสาร์แก้ว. (2560). การบูรณาการประยุกต์ใช้ RFID (Radio Frequency Identification) และ IoT (Internet of thing) ผ่านระบบคลาวด์(Cloud Computing) สำหรับการจัดการโลจิสติกส์. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 10(2): 109-119.