

การออกแบบและการดำเนินการรวบรวมข้อมูลสำหรับอุปกรณ์อินเทอร์เน็ต ของสรรพสิ่งเพื่อบ้านอัจฉริยะ*

Design and Implementation of Data Gathering for Smart Building on IoT Platform

ประเสริฐศักดิ์ อุ่อรุณ (Prasertsak U-Aroon)**

บทคัดย่อ

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวาง เป็นแหล่งกำเนิดข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ การติดตาม หรือสังเคราะห์ความรู้ต่างๆ ซึ่งการรวบรวมข้อมูลจะต้องอาศัยระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม หากระบบเครือข่ายเกิดปัญหา ข้อมูลบางส่วนอาจสูญหายหรือเกิดความไม่ต่อเนื่อง ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาในกระบวนการประมวลผลข้อมูล ดังนั้น เพื่อให้การรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ไอโอที (IoT) มีความต่อเนื่อง และครบถ้วนมากที่สุด ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการใช้สถาปัตยกรรมแบบจัดเก็บและส่งต่อ (Store and Forward) เพื่อช่วยในการรวบรวมข้อมูล โดยสร้าง Local IoT Gateway เพื่อช่วยทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการรวบรวมข้อมูลและติดต่อกับระบบคลาวด์ ซึ่งอุปกรณ์ไอโอทีทั้งหมดจะส่งข้อมูลให้กับ Gateway ผ่านเครือข่ายเฉพาะที่ จากนั้น Gateway จะทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลต่อไปยังระบบคลาวด์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จากการทดสอบพบว่า การรวบรวมข้อมูลผ่านสถาปัตยกรรมแบบ Store and Forward โดยการใช้ Local IoT Gateway สามารถทำให้ข้อมูลมีความต่อเนื่อง และครบถ้วนมากขึ้น

คำสำคัญ : อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, บ้านอัจฉริยะ, IoT, การรวบรวมข้อมูล

* เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย

** อาจารย์ สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ สถิติ และคอมพิวเตอร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม อีเมล: prasertsak.u@ku.th

Dr., Department of Mathematics, Statistics and Computer, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University Kamphang Saen Campus, Nakhon Pathom Email: prasertsak.u@ku.th

Abstract

Internet of Things (IoT) is a technology that is widely used. It is the basic source of information to lead to the monitoring and analysis of knowledge. The data gathering must rely on the Internet. However, if the network problems occur, some data may be lost or discontinued. This may lead to problems in the data processing process. Thus the completed and continued data, the researcher proposes a store and forward architecture to gather data by creating a Local IoT Gateway. This gateway serves as a centralize hub to collect data from the IoT device and interact with Cloud Database. All IoT devices at home send data to the gateway through the local network. Then, the gateway is responsible for sending data to the cloud via the Internet. Based on the results of testing, data acquisition via Store and Forward architecture using Local IoT Gateway can be more complete and continuous.

Keywords: Internet of Things, IoT, Smart Building, Smart Home, Data Collection

บทนำ

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) เป็นเทคโนโลยีที่เกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างระบบเครือข่าย ระบบอิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องกลที่ทำให้เกิดการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างกันได้โดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยการปฏิสัมพันธ์ของมนุษย์เข้ามาเกี่ยวข้อง ปัจจุบันได้มีบทบาทอย่างมากในระบบอัจฉริยะต่าง ๆ โดยเฉพาะระบบอาคารอัจฉริยะ (Smart Building) พื้นฐานของระบบมักจะประกอบด้วยเซนเซอร์ต่าง ๆ จำนวนมาก เชื่อมต่อผ่านบอร์ดควบคุม เพื่อตรวจวัดข้อมูล และรอรับคำสั่ง ซึ่งข้อมูลจากเซนเซอร์ต่าง ๆ นั้นมีความสำคัญอย่างมาก เป็นพื้นฐานของระบบ Big Data ที่ช่วยในการวิเคราะห์และตัดสินใจของระบบสำคัญอื่น ๆ อีกมากมาย (P.V. Dudhe: 2017)

การสร้างกลไกในการรวบรวมข้อมูลจากเซนเซอร์ต่าง ๆ เพื่อให้สามารถนำข้อมูลพื้นฐานเหล่านั้นมาประมวลผลได้อย่างครบถ้วน นับเป็นเรื่องสำคัญ ที่เจ้าของระบบจะต้องใส่ใจและคำนึงถึงอย่างมาก หากระบบเครือข่ายที่เป็นองค์ประกอบสำคัญเกิดขัดข้อง จะดำเนินการอย่างไรกับข้อมูลที่อาจจะหายไป โดยเฉพาะในกรณี que การประมวลผลจำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่ครบถ้วนมากที่สุด ซึ่งหากขาดข้อมูลไปบางส่วนก็อาจมีผลทำให้การตัดสินใจผิดพลาดได้ เป็นต้น

Vincent C. Emeakaroha (2015) ได้เสนอแนวทางในการจัดเก็บข้อมูลจากเซนเซอร์ต่าง ๆ ที่มีจำนวนมาก ยากต่อการจัดเก็บในแบบเฉพาะที่ โดยใช้ระบบคลาวด์มาช่วยในการรวบรวมข้อมูลและประมวลผล ซึ่งการทำงานพื้นฐาน เช่น การแจ้งเตือน การติดตามการทำงาน และการรับรู้สภาพแวดล้อมต่าง ๆ สามารถทำงานได้ดี แต่อย่างไรก็ตามปัจจัยในด้านการใช้งานเครือข่ายยังคงเป็นสิ่งสำคัญ รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้หากการเชื่อมต่อมีความหลากหลาย อาจทำให้การส่งข้อมูลขึ้นสู่ระบบคลาวด์ทำได้ไม่สะดวก ดังนั้นการสร้างตัวกลางเพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูลจึงเป็นทางออกหนึ่งที่ช่วยให้การรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านั้นสามารถทำได้สะดวกมากขึ้น

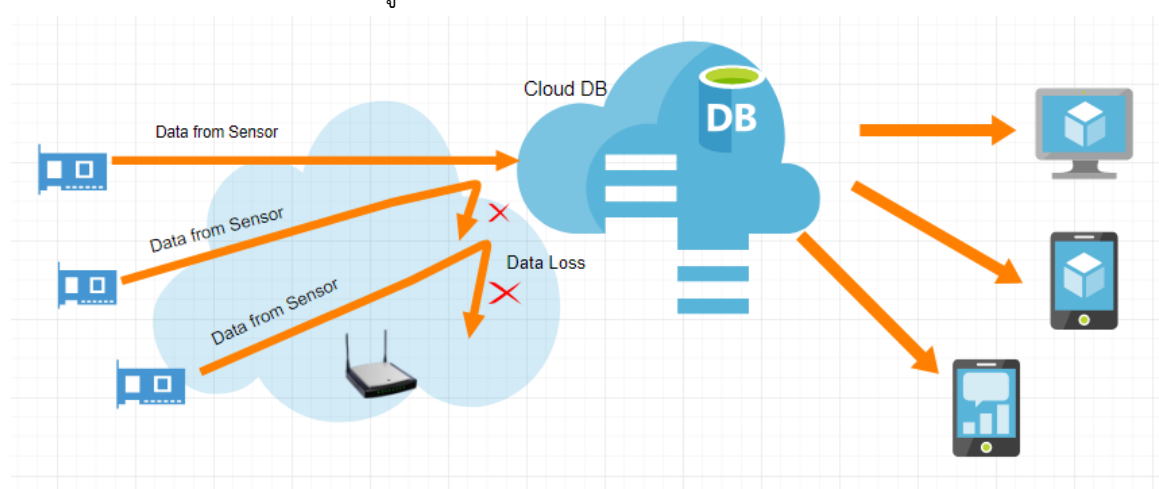
Kanchana Rajaram (2017) ได้นำเสนอแนวคิดการใช้ Gateway เพื่อแก้ไขปัญหารูปแบบการเชื่อมต่อที่หลากหลายของอุปกรณ์ IoT ให้สามารถทำงานด้วยกันได้ นอกจากนี้ P. Karhula (2017) ได้นำเสนอแนวคิดการใช้งาน IoT Gateway แบบเสมือน เพื่อรองรับอุปกรณ์ที่ไม่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ด้วยตัวเอง และเพื่อรองรับโปรโตคอลที่มีความหลากหลายจากการใช้งานอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งแนวคิดการใช้งานสถาปัตยกรรมการเชื่อมต่อโดยผ่าน Gateway ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับระบบเครือข่ายอุปกรณ์ IoT ได้เป็นอย่างดี และยังสามารถใช้งานเทคโนโลยีแบบเสมือนบนอุปกรณ์บอร์ดควบคุมขนาดเล็ก เช่น ราสเบอร์รี่พาย ได้อย่างดีอีกด้วย (Alexandr Krylovskiy: 2015)

จากแนวคิดการใช้งาน Gateway บนเครือข่าย IoT ผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้ในส่วนของการรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยคำนึงถึงการออกแบบเพื่อสร้างกลไกในการรวบรวมข้อมูลจากเซนเซอร์ภายในอาคารอัจฉริยะ เพื่อให้สามารถนำข้อมูลพื้นฐานเหล่านั้นมาประมวลผลได้อย่างครบถ้วน

การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและพัฒนารูปแบบการรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ IoT ต่างๆ ภายในระบบอาคารอัจฉริยะ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านความครบถ้วน และความต่อเนื่องของข้อมูลการทำงานแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การออกแบบระบบการรวบรวมข้อมูลผ่าน Gateway การพัฒนาระบบ และการทดสอบระบบ

ระบบอาคารอัจฉริยะโดยทั่วไปจะประกอบด้วยเซนเซอร์ต่าง ๆ เชื่อมต่อกับแผงวงจรควบคุม เพื่อสั่งงานในระยะไกลผ่านระบบเครือข่าย เช่น เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว ตรวจจับควัน ตรวจจับเปลวไฟ ตรวจวัดความเข้มแสง ตรวจวัดความชื้น และอุณหภูมิ เป็นต้น แผงวงจรควบคุมของเซนเซอร์ต่าง ๆ เหล่านี้จะเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อส่งข้อมูลเก็บไว้บนระบบคลาวด์ รูปแบบการรับส่งข้อมูลเพื่อเก็บไว้บนระบบคลาวด์มักเป็นแบบกระจาย แยกตามแผงควบคุมต่าง ๆ โดยที่แต่ละจุดจะเชื่อมต่อกับคลาวด์โดยตรงผ่านเครือข่ายภายในอาคาร ตัวอย่างรูปแบบการสื่อสารแสดงดังภาพที่ 1

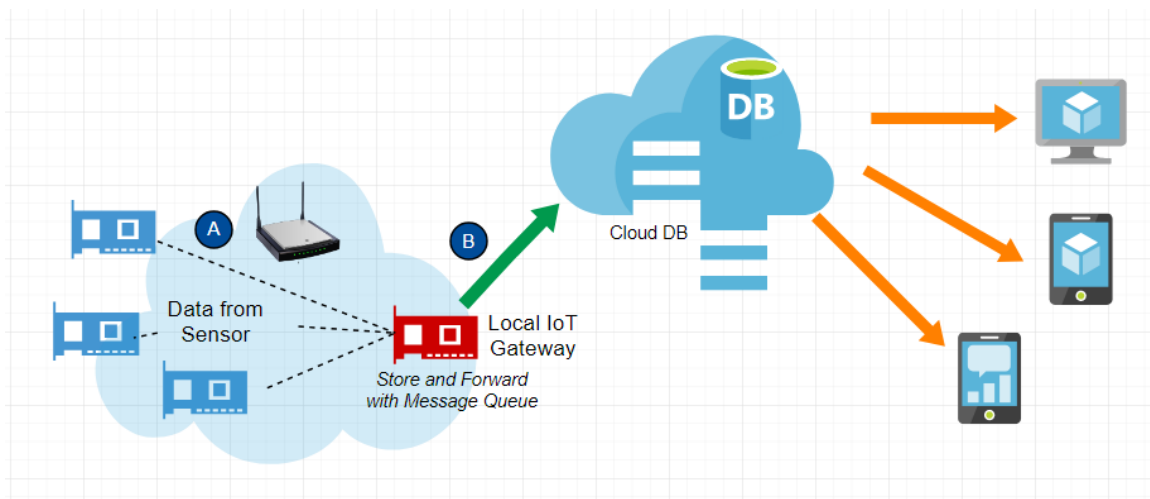


ภาพที่ 1 การส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ IoT โดยตรงขึ้นสู่ระบบคลาวด์โดยทั่วไป

จากภาพที่ 1 จะเห็นว่าการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ IoT กับระบบคลาวด์อาศัยระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นหลักผ่านเครือข่ายภายในอาคารที่มีเราเตอร์เชื่อมต่ออยู่กับผู้ให้บริการ ซึ่งมีทั้งระบบสายทองแดง สายใยแก้วนำแสง หรือแม้แต่สื่อไร้สายประเภทต่าง ๆ ทั้ง WIFI 3G และ 4G เป็นต้น ความเสถียรของการเชื่อมต่อจะมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา หากช่วงใดการเชื่อมต่อขัดข้อง ย่อมจะส่งผลให้การส่งข้อมูลไม่สามารถทำได้ ทำให้ข้อมูล ณ ช่วงเวลานั้นขาดหายไป เนื่องจากไม่สามารถนำข้อมูลไปจัดเก็บบนระบบคลาวด์ได้

การออกแบบระบบการรวบรวมข้อมูล

การออกแบบระบบการส่งข้อมูลไปยังระบบคลาวด์ผ่าน Local IoT Gateway มีแนวคิดจากพื้นฐานการทำงานของ Message Queue ซึ่งมีแนวทางการทำงานแบบ Store and Forward โดยจะอาศัยตัวกลางในการทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแทนอุปกรณ์ IoT ต่าง ๆ ภายในอาคารหรือที่พักอาศัยเพื่อให้เกิดความต่อเนื่อง ซึ่งโครงสร้างของระบบในภาพรวมแสดงดังภาพที่ 2



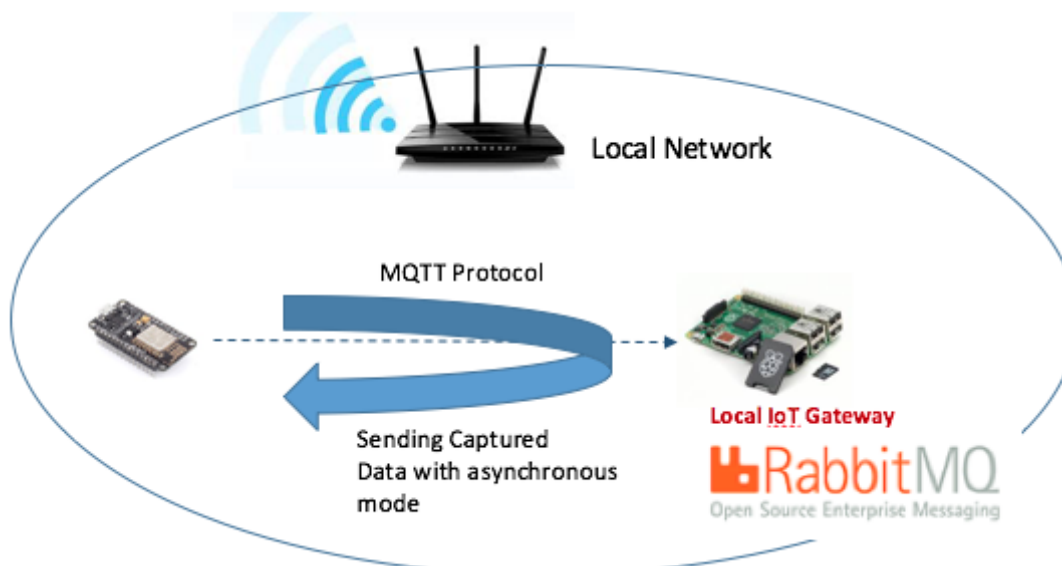
ภาพที่ 2 การส่งข้อมูลขึ้นสู่ระบบคลาวด์ผ่าน Local IoT Gateway

โดยส่วนมากระบบเครือข่ายเฉพาะที่มักเกิดความขัดข้องน้อยกว่าระบบเครือข่ายสาธารณะอย่างเช่นระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ที่ซับซ้อนมากกว่า ทำให้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีโอกาสเกิดข้อขัดข้องได้มากกว่าเครือข่ายภายในอาคารที่พักอาศัย จากภาพที่ 2 จะเห็นว่าการติดต่อระหว่างอุปกรณ์ IoT กับระบบคลาวด์จะอาศัยตัวกลางที่เรียกว่า Local IoT Gateway แทนการเชื่อมต่อโดยตรงจากเซิร์ฟเวอร์ โดยจะแบ่งเครือข่ายออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (A) เครือข่ายเฉพาะที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ IoT กับ Local Gateway¹ และ (B) เครือข่ายอินเทอร์เน็ตทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่าง Local Gateway กับระบบคลาวด์ ในกรณีที่เครือข่ายอินเทอร์เน็ตเกิดปัญหา ระบบเครือข่ายเฉพาะที่ (A) จะยังคงทำหน้าที่ในการรวบรวมข้อมูลต่อไปได้อย่างต่อเนื่อง และข้อมูลจะถูกส่งไปยังระบบคลาวด์ได้ทันทีที่ระบบเครือข่ายกลับมาใช้งานได้ตามปกติ

¹ Local Gateway หมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Local IoT Gateway

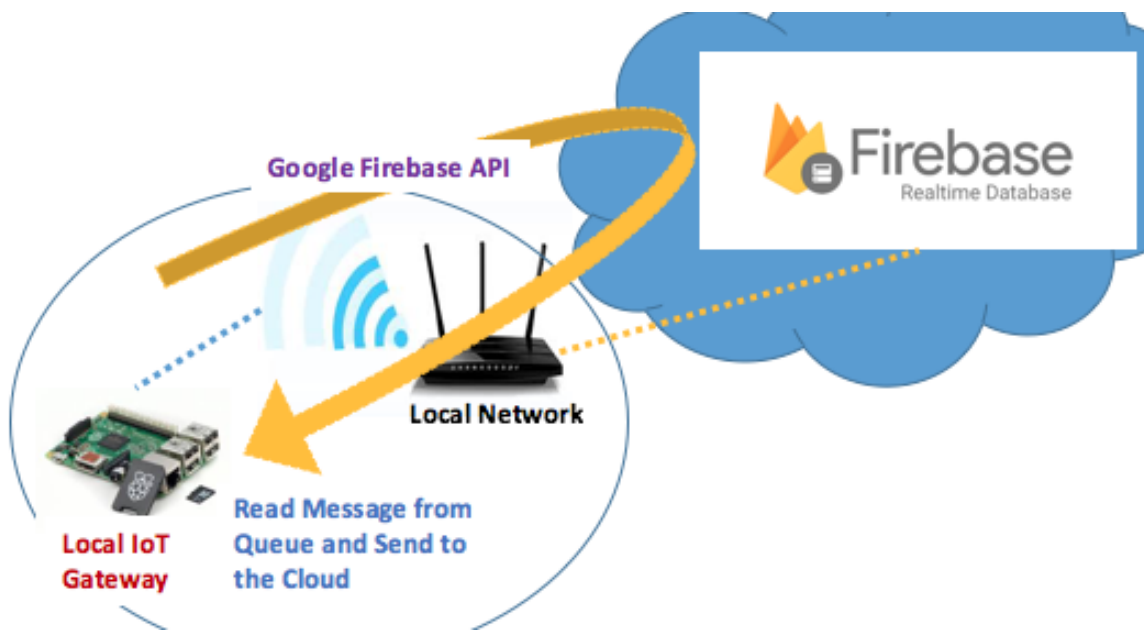
การพัฒนาระบบ

การพัฒนา Local IoT Gateway เพื่อทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ IoT ชนิดต่าง ๆ นั้น กำหนดให้ทำงานในลักษณะ Store and Forward ผู้วิจัยใช้ Raspberry PI 3 Model B เป็นฮาร์ดแวร์พื้นฐานสำหรับทำหน้าที่ดังกล่าว เนื่องจากมีราคาถูก และสามารถเชื่อมต่อเครือข่ายได้ทันทีโดยไม่ต้องเพิ่มอุปกรณ์เสริม อีกทั้งยังสามารถรองรับระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux Operating System) ซึ่งซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการพัฒนาประกอบด้วย Xubuntu 16.04 เวอร์ชันสำหรับอุปกรณ์ Raspberry PI Java SDK 1.8 และ Rabbit MQ ซึ่งทำหน้าที่เป็น Message Queue Broker เพื่อบันทึกข้อมูลชั่วคราวที่ส่งมาจากอุปกรณ์ IoT ต่าง ๆ นอกจากนี้ การเชื่อมต่อไปยังระบบคลาวด์จะใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้นใหม่ด้วยภาษาไพธอน (Python) ทำหน้าที่ในการอ่านข้อมูลจาก Message Queue เพื่อส่งให้กับระบบคลาวด์ โดยจะดำเนินการจนกว่าข้อมูลจะหมดจากแถวคอย (Queue) และการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ IoT กับ Local IoT Gateway นั้นใช้การสื่อสารผ่านโปรโตคอล MQTT โดยใช้ไลบรารีของภาษา C บนอุปกรณ์ ESP8266



ภาพที่ 3 การส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ IoT กับ Local Gateway

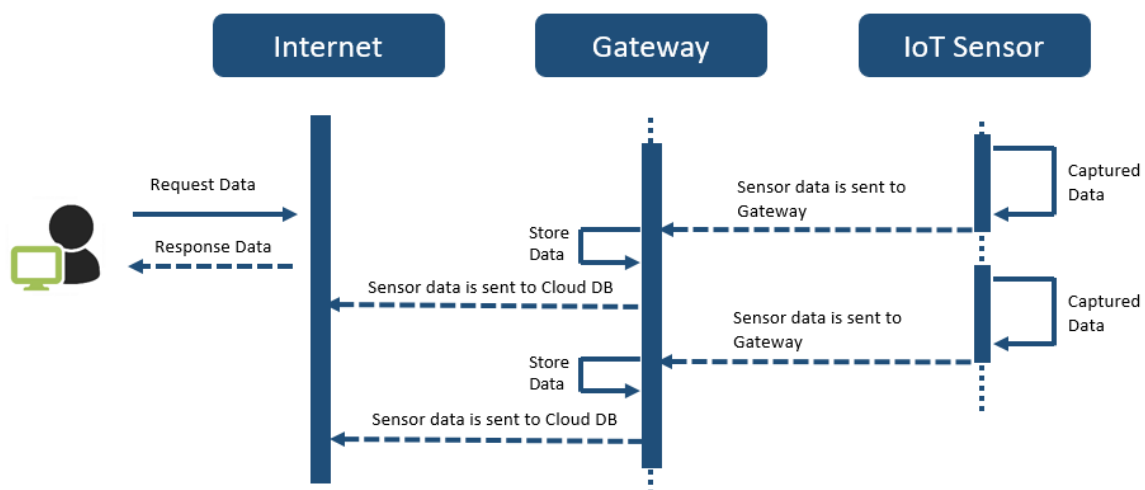
การส่งข้อมูลเข้าสู่ Local IoT Gateway จะใช้รูปแบบ อะซิงโครนัส (Asynchronous) นั่นคือผู้ส่งสามารถส่งได้ตลอดเวลา และไม่ต้องรอให้ข้อมูลนั้น ๆ ถูกประมวลผล โดยหลังจากส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้วสามารถกลับมาสู่สถานะเตรียมพร้อมในการทำงานขั้นตอนต่อไปได้ทันที ตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 3



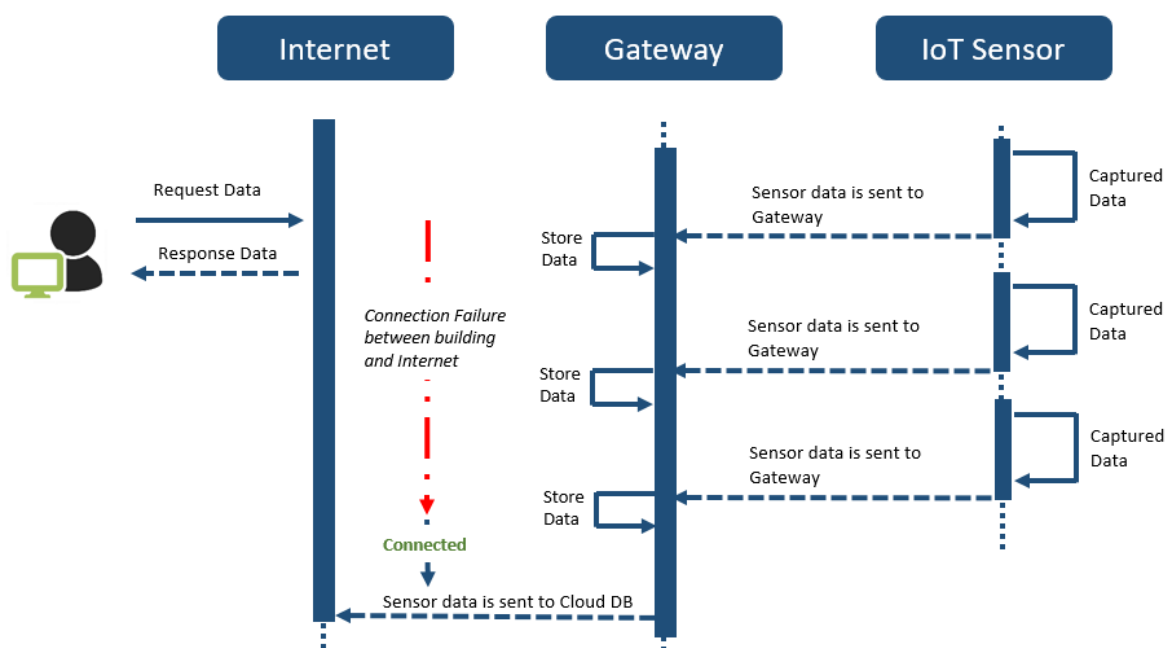
ภาพที่ 4 การส่งข้อมูลระหว่าง Local IoT Gateway กับระบบคลาวด์

ในส่วนของโปรแกรมที่ทำงานบนอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Local IoT Gateway จะทำงานในลักษณะเฝ้าติดตามข้อมูลอยู่ตลอดเวลา หากพบว่าข้อมูลถูกบันทึกเข้ามาในคิว (Queue) โปรแกรมจะเริ่มการอ่านข้อมูลและจัดส่งไปยังระบบคลาวด์เพื่อบันทึกต่อไป และจะทำจนกว่าข้อมูลจะถูกส่งสำเร็จ หากพบข้อมูลค้างอยู่ภายในคิว โปรแกรมจะทำการอ่านต่อไปจนกว่าจะไม่พบข้อมูล โครงสร้างการเชื่อมต่อแสดงดังภาพที่ 4

ในกรณีที่ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเกิดขัดข้อง ข้อมูลจากอุปกรณ์ IoT ที่เชื่อมต่ออยู่ จะถูกจัดเก็บไว้ในแถวคอยตามลำดับโดยไม่กระทบการทำงานของเซนเซอร์ต่าง ๆ และจะสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเครือข่ายใช้งานได้ตามปกติระบบจะเริ่มทยอยนำข้อมูลออกจากแถวคอยเพื่อส่งไปยังระบบคลาวด์ตามลำดับต่อไป ภาพแสดงการทำงานของระบบในกรณีเครือข่ายทำงานปกติ และกรณีเครือข่ายเกิดขัดข้อง แสดงดังภาพที่ 5 และ 6 ตามลำดับ



ภาพที่ 5 แสดงการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ในกรณีเครือข่ายทำงานปกติ



ภาพที่ 6 แสดงการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ในกรณีเครือข่ายขัดข้อง

ในกรณีที่เครือข่ายระหว่างอาคารกับอินเทอร์เน็ตเกิดขัดข้อง ข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเซนเซอร์จะถูกเก็บสะสมไว้บน Local IoT Gateway และจะถูกนำส่งไปยังระบบคลาวด์ทันทีที่การเชื่อมต่อกลับมาใช้งานได้ตามปกติ

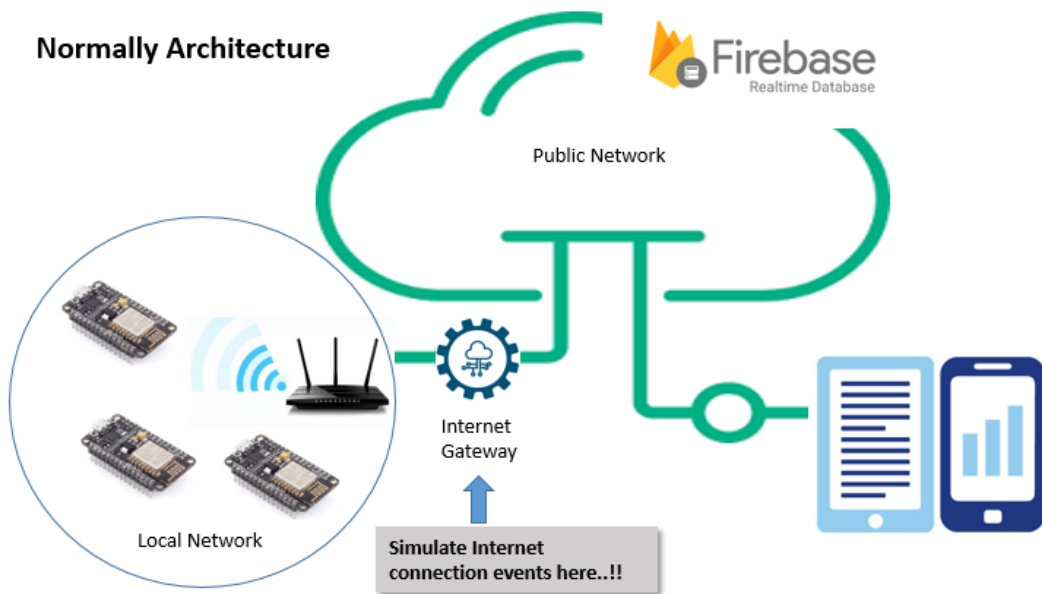
การทดสอบระบบ

ระบบที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยอุปกรณ์เซนเซอร์ทั้งสิ้น 3 ตัว เชื่อมต่อไปยังคลาวด์ดาต้าเบส (Cloud Database) ในที่นี้ใช้งาน Firebase Cloud Platform ของกูเกิลในการบันทึกข้อมูล ข้อมูลจะถูกสุ่มและส่งไปยัง Firebase ทุก 2 วินาที จำนวน 250 ครั้ง โดยจำลองสภาพแวดล้อมของระบบเครือข่าย 2 รูปแบบ อิงสถานการณ์การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตบ้านแบบทั่วไป และการเชื่อมต่อผ่านระบบผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ดังนี้

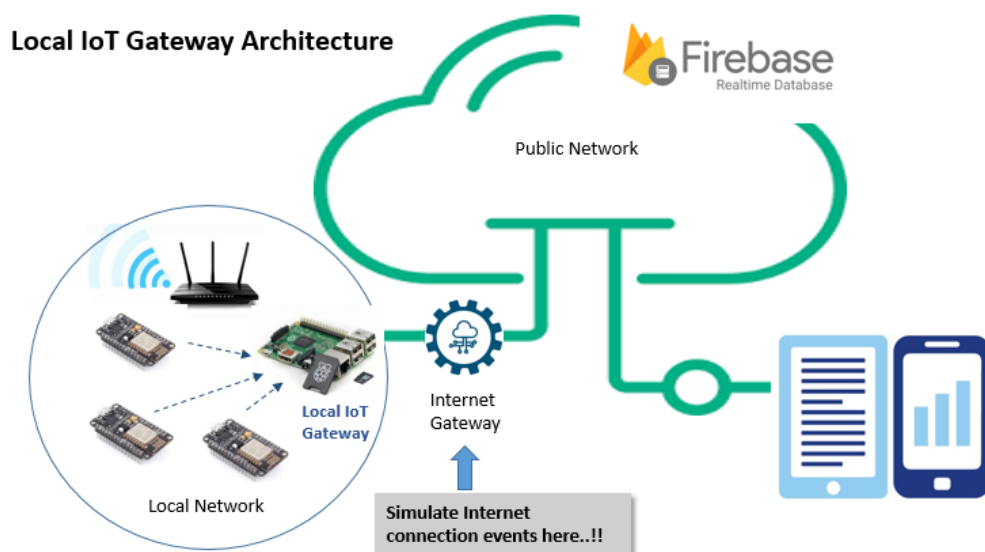
ตารางที่ 1 สภาพแวดล้อมในการเชื่อมต่อเครือข่าย

สภาพเครือข่าย A		สภาพเครือข่าย B (Mobile Network)	
ความเร็ว (Up/Down)	3 Mbps	ความเร็ว (Up/Down)	384/768 Kbps
Drop Rate	10%	Drop Rate	10%
Latency	50 ms	Latency	100 ms
รูปแบบเครือข่ายเฉพาะที่	WiFi (54 Mbps)	รูปแบบเครือข่ายเฉพาะที่	WiFi (54 Mbps)
รูปแบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต	Fiber	รูปแบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต	Fiber

รูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบได้แก่ รูปแบบทั่วไปซึ่งอุปกรณ์เซนเซอร์ต่าง ๆ เชื่อมต่อกับคลาวด์โดยตรงผ่านเราเตอร์ภายในอาคาร และรูปแบบการเชื่อมต่อผ่าน Local IoT Gateway โครงสร้างทั้ง 2 รูปแบบแสดงดังภาพที่ 7 และ 8 ตามลำดับ



ภาพที่ 7 รูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IoT กับระบบคลาวด์โดยตรงแบบทั่วไป



ภาพที่ 8 รูปแบบการเชื่อมต่อผ่าน Local IoT Gateway

จากโครงสร้างระบบทดสอบ ในภาพที่ 7 และภาพที่ 8 ส่วนของ Internet Gateway จะทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งดำเนินการโดยใช้ซอฟต์แวร์ชื่อว่า Network Link Conditioner ทำงานบน MacOS ช่วยในการปรับสภาพเครือข่ายเพื่อให้สอดคล้องกับสถานะของเครือข่ายที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดของการทดสอบ

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการให้ระบบทำงานภายใต้สภาพเครือข่ายทั้ง 2 แบบตามที่ระบุรายละเอียดไว้ในหัวข้อการทดสอบระบบ โดยใช้ NodeMCU 3 ชิ้นเชื่อมต่อผ่านเครือข่าย WiFi ทำการส่งข้อมูลจำนวนเต็ม ซึ่งมีค่าระหว่าง 0-100 ทุก 2 วินาที จำนวน 250 ค่า โดยทำซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อบันทึกค่าในแต่ละครั้งเก็บไว้บนระบบคลาวด์ ผลการทดสอบแสดงด้วยค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งข้อมูลที่ได้รับซึ่งบันทึกไว้ในระบบคลาวด์ ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบภายใต้รูปแบบทั่วไปโดยไม่ใช้ Local IoT Gateway

สภาพเครือข่าย	จำนวนครั้งของข้อมูลที่ได้รับ (%)		
	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
เครือข่าย A	92.2	94.8	93.5
เครือข่าย B	78.6	86.9	82.7

ข้อมูลภายในตารางที่ 2 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้งานโครงสร้างการเชื่อมต่อระบบแบบทั่วไป (ดังภาพที่ 7) โดยไม่มีการใช้งาน Local IoT Gateway จะพบว่ามีข้อมูลหายไปบางส่วน อันเนื่องมาจากระบบเครือข่ายขัดข้องหรือไม่เสถียร ซึ่งทำให้ข้อมูลในช่วงเวลานั้นขาดหายไป โดยเฉพาะสภาพของเครือข่าย B ที่มีขนาด Bandwidth ต่ำกว่า ค่า Latency มากกว่า และมีอัตราการสูญหายของข้อมูลเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ จะพบว่าจำนวนข้อมูลที่ถูกบันทึกนั้น หายไปมากกว่า 10.8 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบภายใต้รูปแบบการเชื่อมต่อโดยอาศัย Local IoT Gateway

สภาพเครือข่าย	จำนวนครั้งของข้อมูลที่ได้รับ (%)		
	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
เครือข่าย A	100	100	100
เครือข่าย B	100	100	100

ข้อมูลภายในตารางที่ 3 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้งานโครงสร้างการเชื่อมต่อโดยผ่าน Local IoT Gateway (ดังภาพที่ 8) จะพบว่าข้อมูลส่งถึงระบบคลาวด์ได้ครบถ้วน ไม่พบข้อมูลสูญหาย สภาพเครือข่ายทั้ง 2 แบบไม่ส่งผลกระทบต่อส่งข้อมูลไปยังระบบคลาวด์ โดยที่ในส่วนของ Local IoT Gateway สามารถจัดการกับปัญหาการขัดข้องของเครือข่ายได้ดี

อภิปรายและสรุปผล

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนารูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IoT ภายใต้ระบบอาคารอัจฉริยะ เพื่อการรวบรวมข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบประกอบด้วย ส่วนของ Local IoT Gateway สำหรับอุปกรณ์ IoT ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ IoT ภายในอาคารกับระบบคลาวด์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จากผลการทดสอบพบว่า ภายใต้รูปแบบการเชื่อมต่อผ่าน Local IoT Gateway ข้อมูลจากอุปกรณ์ IoT ภายในอาคารอัจฉริยะสามารถส่งข้อมูลไปยังระบบคลาวด์ได้อย่างต่อเนื่องและครบถ้วนมากกว่าการเชื่อมต่อโดยตรงแบบทั่วไป แต่อย่างไรก็ตาม การพัฒนาโปรแกรมเพื่อทำงานบนอุปกรณ์ IoT จะต้องเปลี่ยนแปลง โดยเพิ่มเติมการสื่อสารกับ Local IoT Gateway แทนการเชื่อมต่อโดยตรงไปยังระบบคลาวด์ นอกจากนี้ภายใต้ระบบอาคารอัจฉริยะ (Smart Building System) จำเป็นจะต้องเพิ่มอุปกรณ์เพื่อทำหน้าที่เป็น Local IoT Gateway ติดตั้งภายในอาคาร ซึ่งอาจจะทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ในการพัฒนาต่อไปในอนาคต การทำงานของ Local IoT Gateway สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้มากขึ้นได้ โดยสามารถเพิ่มเติมหน้าที่ให้หลากหลายมากขึ้น เช่น เป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลผ่านไปยังระบบอื่น ๆ เพิ่มการเชื่อมต่อโดยใช้โปรโตคอลที่มีความหลากหลายมากขึ้น ทั้งนี้ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงโปรแกรมบนอุปกรณ์ IoT แต่ต้องปรับปรุงประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์บน Gateway ทดแทน เป็นต้น และนอกจากนี้ยังสามารถใช้งาน Gateway เพื่อทำหน้าที่ในการกลั่นกรองข้อมูล หรือเปลี่ยนแปลงรูปแบบข้อมูลให้เป็นไปตามที่ต้องการก่อนนำไปประมวลผลได้อีกทางหนึ่ง ทำให้การเชื่อมต่ออุปกรณ์ใหม่ ๆ หรือการขยายระบบต่อไปในอนาคตสามารถทำได้สะดวกและรวดเร็วมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ภาษาต่างประเทศ

- A. Krylovskiy, (2015). Internet of Things gateways meet linux containers: Performance evaluation and discussion, IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT), Milan, pp. 222-227.
- Emeakaroha VC, Cafferkey N, Healy P, Morrison JP. (2015). A cloud-based IoT data gathering and processing platform. In: Proceedings of 3rd international conference on future internet of things and cloud, pp.50–57.
- Kanchana Rajaram, G Susanth. (2017). Emulation of IoT gateway for connecting sensor nodes in heterogenous networks. International Conference on Computer, Communication and Signal Processing (ICCCSP), pp.1-5.
- P. Karhula, J. Mäkelä, H. Rivas and M. Valta, (2017). Internet of Things connectivity with gateway functionality virtualization, *Global Internet of Things Summit (GloTS)*, Geneva, pp. 1-6.
- P.V. Dudhe, N.V. Kadam, R.M. Hushangabade, M.S. Deshmukh. (2017). Internet of Things (IoT): An Overview and its applications, International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS)
- Retrieved June 1 , 2018, “**DZone’s Guide to The Internet of Things**”
from <https://dzone.com/guides/internet-of-things>.
- Retrieved June 1 , 2018, “**RabbitMQ Tutorial**”
from <https://www.rabbitmq.com/getstarted.html>.
- Retrieved June 1, 2018, “**Arduino Client for MQTT**”
from <https://pubsubclient.knolleary.net/api.html>.