การพัฒนาระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย

จันตพงษ์ บุตรลักษณ์

สำนักคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
jantapong.b@icit.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้องกับระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย 2) เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย และ 3) เพื่อประเมินระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ใช้ใน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จำนวน 23 อุปกรณ์ ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจงเป็นกรณีศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบเครือข่าย จำนวน 3 ท่าน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การดำเนินการวิ จัยโดย 1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนสถานะเครือข่ายคอมพิวเตอร์ 2) นำแนวคิดไปออกแบบและพัฒนาระบบ เสนอระบบต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความตรงตามการตรวจวัดและความเหมาะสม และ 3) ประเมินระบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์จำนวน 5 ท่าน ผลการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญทดสอบใช้งานและทำแบบประเมินความคิดเห็นต่อระบบพบว่าอยู่ในระดับมาก ด้วยค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$=4.43, S.D.=0.57)

คำสำคัญ: ระบบแสดงผล การเฝ้าระวังระบบเครือข่าย ระบบการแจ้งเตือน NB-IoT Zabbix

Development of a Network Operations Center Dashboard System for Network System Monitoring and Alert Messaging

Jantapong Boodluck

Institute of Computer and Information Technology
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Jantapong.b@icit.kmutnb.ac.th

Abstract

The purposes of this research were: 1) to study theories and related research for the network operations center dashboard system for network system monitoring and alert, 2) to design and develop the network operations center dashboard system for network system monitoring and alert and 3) to evaluate the network operations center dashboard system for network system monitoring and alert. The samples of this research were select from specifically 23 of network equipment of University. The tools used for this research was the evaluation form that were verify by three computer network specialists. The statistics used to analyze the data were mean and standard deviation. This research was conducted by: 1) study the concept, theories and related research for the network operations center dashboard system for network system monitoring and alert, 2) design and develop the system followed by the conception and propose to the computer network specialists for verify the accuracy and suitability of the system and 3) evaluated the system by five computer network specialists. The results of this research were examined and evaluated the system by the computer network specialists were found that the level of system quality assessment result was high ($\overline{X}$=4.43, S.D.=0.57).

Keywords: Dashboard system, Network monitoring system, Notification system, NB-IoT, Zabbix

1. บทนำ

ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในศูนย์ข้อมูล (Data center) นั้นประกอบไปด้วยอุปกรณ์ระบบเครือข่ายหลากหลายประเภท เช่น อุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่าย หรือ สวิทช์ (Switch) อุปกรณ์ค้นหาเส้นทาง หรือ เราท์เตอร์ (Router) อุปกรณ์เก็บข้อมูลการจราจรระบบเครือข่าย (Log server) รวมถึงอุปกรณ์รักษาความมั่นคงระบบเครือข่าย เช่น ไฟร์วอล (Firewall) ซึ่งตามมาตรฐานสากล ISO27001 ("ISO/IEC 27001 — Information security management", 2013) Annex A.11.1 [1] ได้กำหนดเกี่ยวกับความมั่นคงปลอดภัยทางกายภาย โดยจำกัดการเข้าถึงภายในศูนย์ข้อมูลที่เก็บอุปกรณ์ระบบเครือข่าย ให้มีการเข้าถึงน้อยที่สุด และเข้าถึงได้เฉพาะผู้ที่มีหน้าที่โดยตรงเท่านั้น ดังนั้นเพื่อจำกัดการเข้าถึงภายในศูนย์ข้อมูลเฉพาะกรณีที่จำเป็น และให้การบริการจัดการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของผู้ดูแลระบบยังสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนใหญ่จึงมีการตั้งศูนย์ปฏิบัติการเครือข่าย (Network Operations Center: NOC) ควบคู่กันกับศูนย์ข้อมูล

โดยศูนย์ปฏิบัติการเครือข่าย คือ สถานที่ที่เป็นศูนย์กลางสำหรับบริหารจัดการ และเฝ้าระวังการทำงานของอุปกรณ์เครือข่าย แต่อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ระบบเครือข่ายแต่ละอุปกรณ์นั้นมีระบบบริหารจัดการเฉพาะของแต่ละอุปกรณ์เอง ถึงแม้ว่าจะมีศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายแล้ว ผู้ดูแลระบบก็ยังคงต้องเปิดหน้าจัดการของแต่ละอุปกรณ์ด้วยตนเอง เพื่อเฝ้าติดตามและเฝ้าระวังการทำงานของอุปกรณ์นั้น ๆ ซึ่งส่งผลต่อการสรุป และแก้ไขปัญหาของระบบเครือข่ายไม่ทันท่วงที

ปัจจุบันมีโปรแกรมที่ใช้สำหรับเฝ้าระวังระบบเครือข่ายแบบรวมศูนย์ ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ดูแลระบบเครือข่าย เช่น Cisco Prime สำหรับเฝ้าระวังการทำงานของอุปกรณ์ระบบเครือข่ายแต่มีข้อจำกัดที่สามารถเฝ้าระวังได้เฉพาะกับอุปกรณ์ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากบริษัท Cisco เท่านั้น ในขณะที่ SolarWinds และ PRTG มีความสามารถในการเฝ้าระวังอุปกรณ์ระบบเครือข่ายได้หลากหลายบริษัท แต่โปรแกรมดังกล่าวยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับการแจ้งเตือนที่ยังไม่ตอบสนองต่อการใช้งานมากนัก อีกทั้งยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการใช้งานโปรแกรมเป็นมูลค่าค่อนข้างสูงในแต่ละปี และยิ่งไปกว่านั้นในปัจจุบันที่มีการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้บางครั้งผู้ดูแลระบบเครือข่ายต้องปฏิบัติงานจากที่บ้าน (Work from home) หากระบบอินเทอร์เน็ตของระบบเครือข่ายที่ดูแลอยู่มีปัญหาขัดข้อง ก็จะทำให้ผู้ดูแลระบบไม่สามารถเชื่อมต่อเข้าโปรแกรมไปเฝ้าระวังจากทำงานของระบบเครือข่ายจากทางบ้านได้

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า Kravenkit [2] ได้วิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่แจ้งเตือนสถานะระบบเครือข่าย พร้อมทั้งสามารถมอบหมายงานให้ผู้รับผิดชอบเข้าไปแก้ไขได้ โดยโครงสร้างของระบบได้ใช้ซอฟต์แวร์ Zabbix ("Zabbix :: The Enterprise-Class Open Source Network Monitoring Solution", 2022) [3] ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์เปิดและสามารถใช้งานได้ฟรี เพื่อตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ระบบเครือข่ายและเก็บข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ระบบเครือข่ายลงฐานข้อมูล เพื่อให้ผู้รับผิดชอบเข้ามารับงานเพื่อไปดำเนินการแก้ไข แต่การแจ้งเตือนนั้นแจ้งเตือนบนเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นเท่านั้น ซึ่งอาจจะไม่สะดวกในบางสถานการณ์ Chanthakit and Rattanapoka [4] ได้เผยแพร่งานวิจัยในการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับวัดคุณภาพอากาศด้วยบอร์ด ESP8266 NodeMCU ที่เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์หลายประเภท และส่งค่าที่ตรวจจับได้จากเซ็นเซอร์ไปยัง เซิร์ฟเวอร์ NodeRED ผ่านโพรโตคอล MQTT เพื่อประมวลผลคุณภาพของอากาศ โดยผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าการแจ้งเตือนเกี่ยวกับคุณภาพอากาศผ่าน LINE ได้ โดยถือเป็นช่องทางที่เหมาะสมเนื่องจากผู้ใช้ LINE [5] ในประเทศไทยมีเกือบ 50 ล้านบัญชี (“LINE Reaches 50 Million Users, Positioning Itself as A Leading Application that Responds to Digital Lifestyle of All Thais”, 2021) สำหรับการส่งข้อมูลไปเก็บและใช้งานบนคลาวด์นั้น มีงานวิจัยของ Kaewwongsri and Silanon [6] ได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาสถานีเฝ้าระวังสภาพอากาศ โดยใช้บอร์ด Arduino เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์วัดค่าที่สำคัญต่าง ๆ และส่งข้อมูลที่ตรวจจับได้ผ่าน Narrow band Internet of Things (NB-IoT) ไปยังฐานข้อมูลด้วยโพรโตคอล CoAP รวมถึงงานวิจัยของ Koonpak et al. [7] ได้นำเสนอการพัฒนาอุปกรณ์จากบอร์ด Arduino ที่เชื่อมต่อกับ NB-IoT โมดูล GPS เซ็นเซอร์วัดชีพจรหัวใจ และปุ่มกดของความช่วยเหลือ เพื่อส่งพิกัดตำแหน่งและสถานะการเต้นหัวใจของผู้ป่วยขณะกดปุ่มขอความช่วยเหลือไปยังโรงพยาบาลที่ได้ลงทะเบียนไว้ รวมถึงส่งการแจ้งเตือนไปให้ญาติของผู้ป่วยผ่านแอปพลิเคชัน LINE ได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้ต้องการเสนอการออกแบบ และพัฒนาระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย โดยกำหนดขอบเขตให้ระบบแสดงผลสถานะของอัปลิงก์ (Uplink) บนอุปกรณ์กระจายสัญญาณระบบเครือข่ายหลัก (Core Switch) ของมหาวิทยาลัย ซึ่งอัปลิงก์ที่เฝ้าระวังคือลิงก์หลักที่เชื่อมต่อระบบเครือข่ายจากสำนักคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศที่เป็นผู้ให้บริการระบบเครือข่ายหลักไปยังคณะต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นกับระบบเครือข่าย ระบบที่พัฒนาขึ้นจะแจ้งเตือนข้อความผ่านแอปพลิเคชัน LINE ไปยังผู้ดูแลระบบ เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที โดยระบบมีการส่งข้อมูลสถานะบางส่วนของอุปกรณ์ไปยังคลาวด์ ผ่าน NB-IoT ด้วยโพรโตคอล CoAP เนื่องจากหากมีการปฏิบัติงานจากที่บ้าน และระบบเครือข่ายและอินเทอร์เน็ตภายในมีปัญหา ผู้ดูแลระบบก็ยังคงสามารถตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ได้ตลอดเวลา

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้องกับระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย

2.2 เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย

2.3 เพื่อประเมินความคิดเห็นต่อระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับ การตรวจสอบติดตามสถานะเครือข่ายคอมพิวเตอร์ การออกแบบการแสดงผลข้อมูลในลักษณะรูปภาพ การสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่าย NB-IoT การสื่อสารข้อมูลผ่านโปรโตคอล CoAP จากเอกสาร หนังสือ บทความงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดกรอบแนวคิดในการนำไปออกแบบและพัฒนาระบบ โดยสรุปเนื้อหาได้ดังนี้

Brown and Davis [8] งานวิจัยนี้เปรียบเทียบเครื่องมือมอนิเตอร์ศูนย์ข้อมูลหลายตัว เช่น PRTG, SolarWinds และ ManageEngine โดยประเมินจากประสิทธิภาพ ความง่ายในการใช้งาน และการสนับสนุนทางเทคนิค ผลการศึกษาช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมกับความต้องการของศูนย์ข้อมูลของตนเองได้

Zabbix คือ ซอฟต์แวร์ประเภทโอเพนซอร์ส สำหรับเฝ้าติดตามและเฝ้าระวังการทำงานของอุปกรณ์เครือข่าย คอมพิวเตอร์แม่ข่าย เครื่องแม่ข่ายเสมือน แอปพลิเคชัน ระบบฐานข้อมูล และเว็บไซต์ เป็นต้น โดยผู้ใช้สามารถกำหนดค่าการแจ้งเตือนเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับสิ่งที่เฝ้าติดตามการทำงาน ผ่านทางอีเมล์ได้ ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถรับทราบและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว งานวิจัยของ Doe and Smith [9] ได้นำเสนอการพัฒนาระบบมอนิเตอร์ศูนย์ข้อมูลโดยใช้ซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส เช่น Zabbix และ Nagios การศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์และเซิร์ฟเวอร์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยให้การตรวจสอบและการแก้ไขปัญหาเป็นไปอย่างรวดเร็ว

Grafana เป็นซอฟต์แวร์ประเภทโอเพนซอร์ส สำหรับการแสดงผลข้อมูล (Data visualization) และการจัดการเกี่ยวกับการแจ้งเตือนเหตุการณ์ต่าง ๆ เช่น การแจ้งเตือนผ่านอีเมล์ หรือ LINE เป็นต้น โดย Grafana สามารถติดต่อแหล่งข้อมูล (Data source) ได้หลากหลายประเภท เช่น InfluxDB, Prometheus, Elasticsearch, AWS CloudWatch และ Zabbix เพื่อนำข้อมูลออกมาแสดงผลได้แบบเวลาจริง (Real-time)

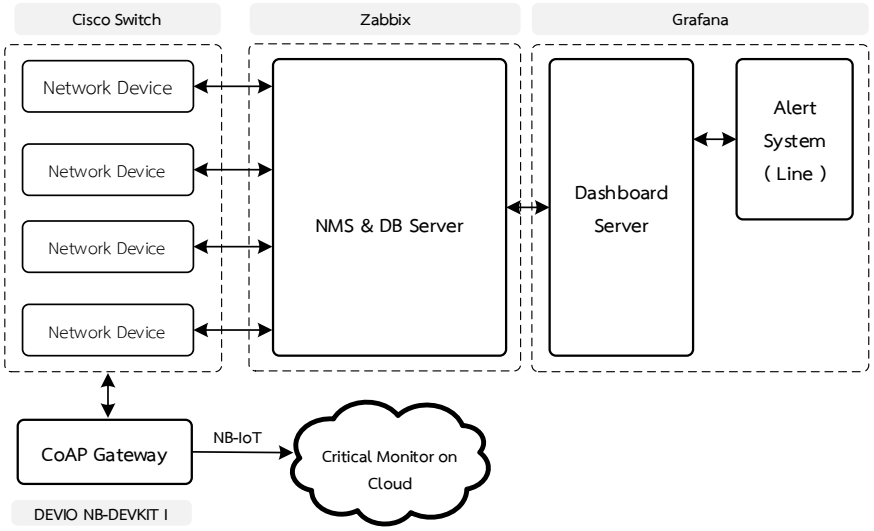
NB-IoT (Narrowband Internet of Things) เป็นเครือข่ายแบบ Low Power Wide Area Network (LPWAN) ที่ใช้พลังงานต่ำในการรับส่งข้อมูลโดยใช้เครือข่ายเซลลูลาร์ 3G/4G ในปัจจุบัน NB-IoT ใช้ย่านความถี่อย่างน้อย 180 kHz ซึ่งสามารถทำได้สามลักษณะคือ (1) ใช้อยู่บนคลื่นความถี่หนึ่งช่องของ GSM (2) ใช้อยู่บนแถบความถี่คุมของ LTE หรือ (3) ใช้อยู่บนคลื่นความถี่เดียวกันกับ LTE โดยให้ใช้บนแถบความถี่หนึ่งบล็อก มีความเร็วในการสื่อสาร 250Kbps และมีความไวการรับสัญญาณได้ในระดับมากกว่า -150 dBm จึงมีระยะทางการสื่อสารที่ไกลมาก โดยมีความไวของการรับสัญญาณดีกว่า GSM และ LTE ที่ใช้อยู่เดิมประมาณ 20 dB

DEVIO NB-DEVKIT I คือบอร์ดสำเร็จรูปของบริษัท AIS (Advanced Info Service) ซึ่งเป็นผู้ให้บริการ NB-IoT โดยบอร์ดรองรับการเขียนโปรแกรมที่มีรูปแบบการเขียนโปรแกรมเช่นเดียวกันกับบอร์ด Arduino ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในกลุ่มผู้พัฒนา IoT รวมถึงมีไลบรารีให้ใช้งาน จึงทำให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถเรียนรู้การรับ-ส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย NB-IoT ได้อย่างสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

CoAP (Constrained Application Protocol) เป็นมาตรฐานที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใหม่โดย IETF ในปี 2014 โดยถูกออกแบบให้คล้ายกับ HTTP ซึ่งเป็น Document transfer protocol แต่มีขนาดเล็กกว่ามาก เพราะตัดส่วนที่ไม่จำเป็นทิ้งและทำงานบน UDP ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่ไม่มีการสร้างการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ปลายทาง จึงส่งข้อมูลได้เร็วมากแต่ไม่ประกันว่าข้อมูลจะถูกส่งไปยังปลายทางอย่างแน่นอนถูกต้องตามลำดับ การส่งซ้ำและเรียงลำดับข้อมูลต้องไปทำบนระดับแอปพลิเคชัน

3.2 ออกแบบและพัฒนาระบบ

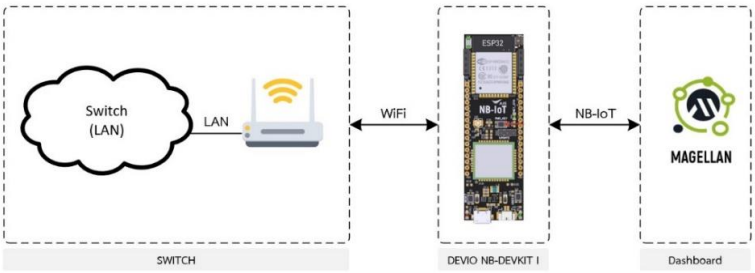
ผู้วิจัยได้นำกรอบแนวคิดที่ได้จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มาออกแบบไดอะแกรมการทำงานของระบบที่จะพัฒนาได้ดังนี้



ภาพที่ 1 การทำงานของระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย

จากภาพที่ 1 โปรแกรม Zabbix จะทำการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ โดยใช้โพรโตคอล Simple Network Management Protocol(SNMP) จากอุปกรณ์สวิทช์รุ่น Cisco 9500 และ Cisco 9300 ซึ่งข้อมูลที่มีการเก็บรวบรวมคือ สถานะการใช้งาน ปริมาณข้อมูลจราจรและสถานะของอุปกรณ์ เช่น CPU และ RAM เป็นต้น แล้วทำการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ลงฐานข้อมูล หลังจากนั้น Grafana จะนำข้อมูลที่บันทึกไว้มาแสดงผลในรูปแบบกราฟและตัวเลขที่สามารถเข้าใจง่ายพร้อมกำหนดค่าการแจ้งเตือนผ่านอีเมล์ และแอปพลิเคชัน LINE โดยหากค่าที่มอนิเตอร์ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ จะมีการแจ้งเตือนผ่านอีเมล์และ LINE ทั้งนี้หากเครือข่ายภายในมีปัญหาไม่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ ระบบยังคงสามารถแจ้งเตือนสถานะผ่านเครือข่าย NB-IoT ไปยังคลาวด์ AIS Magellan

3.2.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์สื่อสารและการเขียนโปรแกรม



ภาพที่ 2 การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์สื่อสาร

ฮาร์ดแวร์ในการงานวิจัยนี้ ใช้บอร์ดสำเร็จรูปของผู้ให้บริการ NB-IoT ชื่อ DEVIO NB-DEVKIT I ซึ่งมีไลบรารีพร้อมให้ใช้งาน ทำให้การเขียนโปรแกรมสำหรับรับ-ส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย NB-IoT เป็นไปได้อย่างสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยภายในบอร์ด DEVIO NB-DEVKIT I ประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ที่มีความสามารถในการสื่อสารผ่านเครือข่าย WiFi และ SIM7020E สำหรับสื่อสารผ่านเครือข่าย NB-IoT โดยการตรวจสอบสถานะของสวิทช์นั้น จะใช้เครือข่าย WiFi สำหรับสื่อสารกับเครือข่ายภายในไปยังสวิทช์ และใช้เครือข่าย NB-IoT สำหรับส่งข้อมูลสถานะสวิทช์ไปแสดงผลบนยังคลาวด์ AIS Magellan โดยบอร์ด DEVIO NB-DEVKIT I นี้ยังทำหน้าที่เป็น CoAP Gateway อีกด้วย การเชื่อมต่ออุปกรณ์และการสื่อสารแสดงดังภาพที่ 2

ในการเขียนโปรแกรมบอร์ด DEVIO NB-DEVKIT I สามารถเขียนโปรแกรมด้วย Arduino ได้ โดยโปรแกรมจะมีสองส่วนหลัก ๆ คือส่วนของการตรวจสอบสถานะของสวิทช์ และส่วนของการส่งข้อมูลไปที่คลาวด์ ตัวอย่างของโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 3 โดย

```
void loop() {
                    if(Ping.ping(CSW_IP)) {
                    avg_time_ms = Ping.averageTime();
                    payload="{\"CSW\":"+String(avg_time_ms)+",\"SCSW\":"+"\"UP\"}";
                    magel.report(payload);      delay(5000);

            } else {
                    avg_time_ms = 0;
                    payload="{\"CSW\":"+String(avg_time_ms)+",\"SCSW\":"+"\"DOWN\"}";
                    magel.report(payload);
                    delay(5000);
                }
        }
```

ภาพที่ 3 โค้ดโปรแกรมสำหรับตรวจสอบสถานะของสวิทช์และส่งข้อมูลไปยังคลาวด์

4. การวิเคราะห์และการประเมินผล

การวิเคราะห์และประเมินความคิดเห็นต่อระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย มีวิธีการวิเคราะห์และประเมินผลดังนี้

4.1 สร้างแบบประเมินและประเมินความน่าเชื่อถือของแบบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ที่มีประสบการณ์ด้านการบริหารเครือข่ายคอมพิวเตอร์และศูนย์ข้อมูล จำนวน 3 ท่าน โดยการคัดเลือกรายการประเมินที่มีค่า IOC มากกว่า 0.5 นำไปประเมินจากผู้ใช้งานระบบ โดยการประเมินความคิดเห็นต่อระบบ

4.2 การวิเคราะห์และการประเมินผลระบบจากแบบประเมิน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ใช้สถิติในการวัดค่ากลางของข้อมูล โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย($\overline{X}$) และวัดการกระจายของข้อมูล โดยใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) รวมทั้งประมวลผลข้อมูลโดยใช้ Microsoft Excel

เกณฑ์การวัดผลเป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า(Rating Scale) ตามวิธีของลิเคิร์ท(Likert Scale) โดยมี 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยเกณฑ์การให้คะแนนมีดังนี้ มากที่สุด = 5 คะแนน, มาก = 4 คะแนน , ปานกลาง = 3 คะแนน, น้อย = 2 คะแนน และน้อยที่สุด = 1 คะแนน

โดยผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.50 - 5.00 หมายถึง ระบบมีคุณภาพมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย	3.50 – 4.49	หมายถึง ระบบมีคุณภาพมาก
คะแนนเฉลี่ย	2.50 – 3.49	หมายถึง ระบบมีคุณภาพปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.50 – 2.49	หมายถึง ระบบมีคุณภาพน้อย
คะแนนเฉลี่ย	1.00 - 1.49	หมายถึง ระบบมีคุณภาพน้อยที่สุด

4.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ ผู้มีประสบการณ์ในการทำงานด้านเครือข่ายคอมพิวเตอร์และศูนย์ข้อมูลมาแล้วไม่น้อยกว่า 3 ปี โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจำนวน 5 คน เพื่อทำแบบประเมินความคิดเห็นต่อระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย

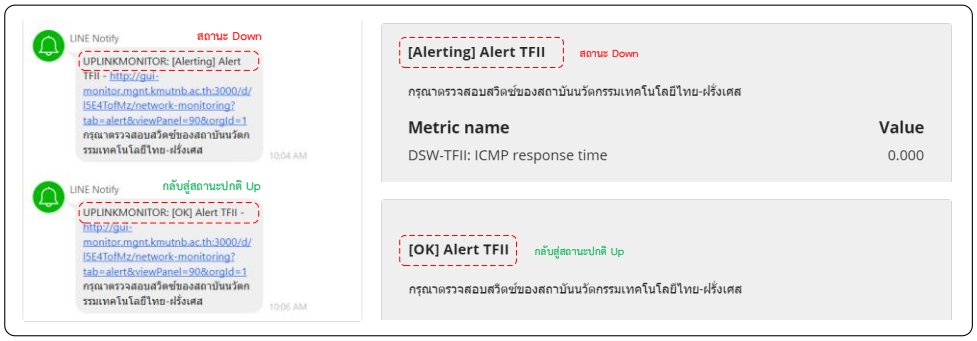
5. ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย ทั้งนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1)ผลการพัฒนาระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย 2)ผลการประเมินความคิดเห็นต่อระบบระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ผลการพัฒนาระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย

หน้าหลักประกอบด้วยส่วนแสดงผลปริมาณข้อมูล Download/Upload/Total รวมถึงเปอร์เซ็นต์การใช้งานหน่วยประมวลผลกลาง(CPU), หน่วยความจำ(Memory) และสถานะของอุปกรณ์เครือข่าย โดยจะแสดงผลแบบเวลาจริง ดังภาพที่ 5 ระบบสามารถแจ้งเตือนความผิดปกติของการใช้งานเครือข่ายผ่านแอปพลิเคชัน LINE และอีเมล์ได้ โดยหากระบบไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณได้ ระบบจะทำการแจ้งเตือนข้อความ [Alerting] ทันที และเมื่อความผิดปกตินั้นกลับสู่สภาวะปกติ ระบบจะดำเนินการแจ้งข้อความ [OK] ดังภาพที่ 6

ภาพที่ 5 หน้าเว็บระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย

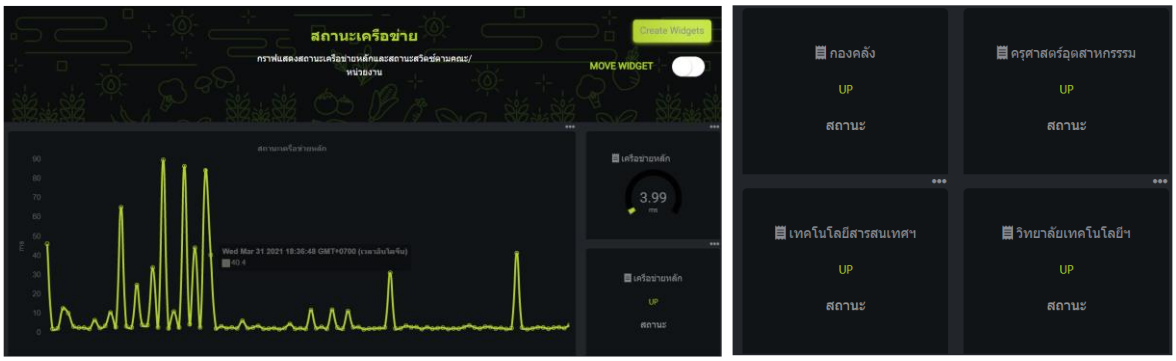


ภาพที่ 6 การแจ้งเตือนเมื่อระบบพบความผิดปกติของระบบเครือข่าย

อุปกรณ์ที่จัดทำขึ้นในงานวิจัย แสดงดังภาพที่ 7 โดยทำหน้าที่ส่งข้อมูลสถานะอุปกรณ์กระจายสัญญาณของแต่ละคณะ/หน่วยงาน ไปยังคลาวด์ผ่านเครือข่าย NB-IoT โดยใช้โปรโตคอล CoAP

ภาพที่ 7 อุปกรณ์เฝ้าระวังและตรวจสอบสถานะการทำงานของสวิทช์เพื่อส่งข้อมูลไปยังคลาวด์

ข้อมูลที่ส่งไปยังคลาวด์นั้น มีหน้าเว็บแสดงผลข้อมูลดังภาพที่ 8 โดยแสดงกราฟสถานะการตอบสนองของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายหลัก(Core Switch) ทั้งนี้สถานะอุปกรณ์เครือข่ายตามคณะ/หน่วยงานจะแสดงผลเป็น Up/Down เพื่อให้ทราบถึงสถานะปัจจุบันว่าเครือข่ายยังคงให้บริการอยู่หรือไม่



ภาพที่ 8 หน้าแสดงผลสถานะระบบเครือข่ายสำหรับเฝ้าระวังผ่านคลาวด์

5.2 ผลการประเมินความคิดเห็นต่อระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย

ผู้วิจัยนำแบบประเมินที่ผ่านการหาความน่าเชื่อถือจากผู้เชี่ยวชาญไปประเมินระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย จากผู้ใช้งานที่มีประสบการณ์ในการทำงานด้านเครือข่ายคอมพิวเตอร์และศูนย์ข้อมูลมาแล้วไม่น้อยกว่า 3 ปี โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจำนวน 5 คน ผลลัพธ์ดังตารางที่ 1

ผลจากการตอบแบบประเมินพบว่า ระบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ การออกแบบให้ใช้งานง่าย เมนูไม่ซับซ้อน และความเหมาะสมในการใช้งานระบบ โดยทั้ง 3 ด้านนี้ได้คะแนนประเมินจากผู้ใช้งานในระดับมากที่สุด ในขณะที่ความถูกต้องแม่นยำของระบบ ความสะดวกในการใช้ระบบ ความพึงพอใจในการใช้งานระบบ และความสามารถของระบบในการนำไปใช้ประโยชน์ได้คะแนนประเมินจากผู้ใช้งานในระดับมาก สรุปผลการประเมินความคิดเห็นต่อระบบจากผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.43 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความคิดเห็นต่อระบบ

รายการ	ระดับความคิดเห็นต่อระบบ (n=5)		
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	S.D.	แปลผล
1. ความถูกต้อง แม่นยำของระบบ	4.40	0.55	มาก
2. ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ	4.60	0.55	มากที่สุด
3. การออกแบบให้ใช้งานง่าย เมนูไม่ซับซ้อน	4.60	0.55	มากที่สุด
4. ความสะดวกในการใช้งานระบบ	4.20	0.84	มาก
5. ความเหมาะสมในการใช้งานระบบ	4.60	0.55	มากที่สุด
6. ความพึงพอใจในการใช้งานระบบ	4.40	0.55	มาก
7. ความสามารถของระบบในการนำไปใช้ประโยชน์	4.20	0.45	มาก
สรุปโดยรวม	**4.43**	**0.57**	**มาก**

7. สรุปผลการวิจัย

7.1 ในการจัดทำวิจัยการพัฒนาระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการตรวจสอบสถานะปริมาณการใช้งานของเครือข่ายตามคณะ/หน่วยงานและนำไปแสดงผล ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปเป็นกรอบแนวคิดเพื่อใช้ในการออกแบบและพัฒนาระบบ โดยสรุปคือ ใช้โปรแกรม Zabbix ในการตรวจสอบสถานะและปริมาณการใช้งานเครือข่าย ใช้โปรแกรม Grafana สำหรับแสดงผลข้อมูล และอุปกรณ์ CoAP Gateway(DEVIO NB-DEVKIT I) สำหรับส่งข้อมูลสถานะอุปกรณ์กระจายสัญญาณผ่านเครือข่าย NB-IoT ไปยังคลาวด์ AIS Magellan

7.2 ผู้วิจัยได้นำกรอบแนวคิดที่ได้ศึกษามาออกแบบและพัฒนาระบบ โดยการทำงานของระบบเริ่มจากโปรแกรม Zabbix ใช้โปรโตคอล SNMP ในการสื่อสารกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณเพื่อรวบรวมข้อมูลสถานะและปริมาณการใช้งาน จากนั้นโปรแกรม Grafana นำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลในรูปแบบกราฟและตัวเลขที่เข้าใจง่าย รวมถึงหากตรวจพบอุปกรณ์กระจายสัญญาณดาวน์/ไม่สามารถให้บริการได้ จะส่งการแจ้งเตือนผ่านโปรแกรม LINE และอีเมล์ทันที ในส่วนของอุปกรณ์ CoAP Gateway(DEVIO NB-DEVKIT I) ทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์กระจายสัญญาณ โดยใช้โปรโตคอล ICMP และส่งข้อมูลไปยังคลาวด์ AIS Magellan ผ่านเครือข่าย NB-IoT เพื่อใช้ในการตรวจสอบสถานะอุปกรณ์ผ่านคลาวด์กรณีเครือข่ายภายในมีปัญหาไม่สามารถเข้าใช้งานโปรแกรม Grafana ได้

7.3 การประเมินความคิดเห็นต่อระบบโดยผู้ใช้งานจำนวน 5 คน ผลการประเมินความคิดเห็นต่อระบบจากผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.43 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57 แสดงให้เห็นว่าระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่ายนี้ สามารถทำงานได้ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัยเหมาะสมสำหรับนำไปใช้งานจริง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษา วิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนา ระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อการมอนิเตอร์เครือข่ายและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย รวมถึงการประเมินระบบครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งเป้าหมายไว้

8. อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย ผู้วิจัยอภิปรายผลได้ดังนี้

8.1 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษาโปรแกรมสำหรับมอนิเตอร์หรือติดตามสถานะเครือข่ายที่นิยมใช้งาน คือ PRTG, SolarWinds, ManageEngine โดยทั้ง 3 โปรแกรมมีประสิทธิภาพ ความง่ายในการใช้งาน และการสนับสนุนทางเทคนิคที่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานในศูนย์ข้อมูล ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานว่าจะเลือกโปรแกรมใดที่เหมาะสมกับตนเอง โดยทั้ง 3 โปรแกรมมีลิขสิทธิ์ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน Brown and Davis [8] งานวิจัยนี้เปรียบเทียบเครื่องมือมอนิเตอร์ศูนย์ข้อมูลหลายตัว เช่น PRTG, SolarWinds และ ManageEngine โดยประเมินจากประสิทธิภาพ ความง่ายในการใช้งาน และการสนับสนุนทางเทคนิค ผลการศึกษาช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมกับความต้องการของศูนย์ข้อมูลของตนเองได้ โปรแกรม Zabbix เป็นซอฟต์แวร์ประเภทโอเพนซอร์ส สำหรับมอนิเตอร์หรือติดตามสถานะการทำงานของอุปกรณ์เครือข่าย คอมพิวเตอร์แม่ข่าย เครื่องแม่ข่ายเสมือน และเว็บไซต์ เป็นต้น โดยผู้ใช้สามารถกำหนดค่าการแจ้งเตือนเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับสิ่งที่เฝ้าติดตามการทำงาน ผ่านทางอีเมล์ได้ ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถรับทราบและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว งานวิจัยของ Doe and Smith [9] ได้นำเสนอการพัฒนาระบบมอนิเตอร์ศูนย์ข้อมูลโดยใช้ซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส เช่น Zabbix และ Nagios การศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์และเซิร์ฟเวอร์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยให้การตรวจสอบและการแก้ไขปัญหาเป็นไปอย่างรวดเร็ว ดังนั้นด้วยประสิทธิภาพและตอบโจทย์การใช้งานรวมถึงไม่มีค่าใช้จ่าย ผู้วิจัยจึงเลือกใช้โปรแกรม Zabbix ในการวิจัยครั้งนี้

ในส่วนของการแสดงผลข้อมูลผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม Grafana เป็นซอฟต์แวร์ประเภทโอเพนซอร์ส ไม่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งานสำหรับแสดงผลข้อมูล(Data Visualization) โดยโปรแกรมสามารถจัดการแสดงผลและเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลของโปรแกรม Zabbix ได้ รวมถึงสามารถกำหนดการแจ้งเตือนผ่านโปรแกรม LINE และ อีเมลได้

ส่วนของการตรวจสอบสถานะอุปกรณ์เครือข่ายผ่านคลาวด์ กรณีเครือข่ายภายในมีปัญหาไม่สามารถเข้าใช้งานโปรแกรม Grafana ได้ เนื่องจากข้อมูลสถานะอุปกรณ์เครือข่ายอยู่ในรูปแบบข้อมูลที่เป็นข้อความซึ่งมีขนาดไม่ใหญ่นัก จึงเลือกใช้การส่งข้อมูลไปยังคลาวด์ผ่านเครือข่าย NB-IoT โดยใช้โปรโตคอล CoAP ในการสื่อสารกัน ซึ่งใช้ DEVIO NB-DEVKIT I ของผู้ให้บริการ AIS ซึ่งมี Library สำหรับพัฒนาโปรแกรมให้ช่วยให้การพัฒนาโปรแกรมเป็นไปอย่างสะดวกและรวดเร็ว Kaewwongsri and Silanon [6] ได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาสถานีเฝ้าระวังสภาพอากาศ โดยใช้บอร์ด Arduino เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์วัดค่าที่สำคัญต่าง ๆ และส่งข้อมูลที่ตรวจจับได้ผ่าน Narrow band Internet of Things (NB-IoT) ไปยังฐานข้อมูลด้วยโพรโตคอล CoAP

8.2 การออกแบบและพัฒนาระบบผู้วิจัยได้นำกรอบแนวคิดที่ได้ศึกษามาออกแบบและพัฒนาระบบ โดยการทำงานของระบบเริ่มจากโปรแกรม Zabbix ใช้โปรโตคอล SNMP ในการสื่อสารกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณเพื่อรวบรวมข้อมูลสถานะและปริมาณการใช้งาน เนื่องจากโปรโตคอล SNMP เป็นโปรโคตอลพื้นฐานที่อุปกรณ์เครือข่ายทุกอุปกรณ์ต้องมีจึงเลือกใช้โปรโตคอลดังกล่าว โปรแกรม Grafana นำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลในรูปแบบกราฟและตัวเลขที่เข้าใจง่าย รวมถึงหากตรวจพบอุปกรณ์กระจายสัญญาณดาวน์/ไม่สามารถให้บริการได้ จะส่งการแจ้งเตือนผ่านโปรแกรม LINE และอีเมล์ทันที Srirodbang [10] งานวิจัยนี้ เสนอการออกแบบระบบติดตามสถานภาพเครื่องแม่ข่ายเสมือน และกู้คืนเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้โปรโตคอล SNMP, ICMP, TCP และ HTTP แสดงผลการตรวจสอบโดยใช้โปรแกรม Grafana โดยหากพบความผิดปกติจะมีการแจ้งเตือนผ่านโปรแกรม LINE

8.3 ระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่ายที่พัฒนาขึ้น ได้มีการประเมินความคิดเห็นต่อระบบโดยผู้ใช้งานจำนวน 5 คน ผลการประเมินความคิดเห็นต่อระบบจากผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.43 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57 แสดงให้เห็นว่าระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่ายนี้ สามารถทำงานได้ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัยเหมาะ สมสำหรับนำไปใช้งานจริง

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเนื่องจากระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่ายใช้ Grafana เป็นส่วนแสดงผล ซึ่ง Grafana นั้นมี API ให้บริการเพื่อสามารถดึงข้อมูลไปใช้งานในส่วนต่อขยายได้

สะดวก ดังนั้นสามารถพัฒนาต่อยอดเพิ่มเติมเป็นโมบายแอปพลิเคชันเพื่อเพิ่มความสะดวกต่อการใช้งานได้มากขึ้น อีกทั้งยังสามารถต่อยอดให้ NB-IoT ส่งข้อมูลไปยัง Google Looker Studio เพื่อการจัดเก็บ สำหรับวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลเป็นกราฟที่ซับซ้อนขึ้น เพื่อให้การแสดงผลมีข้อมูลเชิงลึกเพิ่มเติมสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาระบบเครือข่ายต่อไป

9. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (สัญญาเลขที่ 1/2563) ขอขอบพระคุณ คณะผู้บริหาร คณะเจ้าหน้าที่และสำนักคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศที่ได้เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ เครื่องมือ สถานที่และให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี ขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่ช่วยทดสอบระบบ ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะและช่วยเป็นกำลังใจมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณทุกท่านและผู้ที่มีส่วนร่วมเกี่ยวข้องกับความสำเร็จแต่มิได้เอ่ยนามทุกท่านมา ณ ที่นี้

10. เอกสารอ้างอิง

[1] ISO/IEC 27001 — Information security management. (2013). *ISO/IEC 27001:2013*. The International Organization for Standardization. https://www.iso.org/isoiec-27001-information-security.html.

[2] Kravenkit, S. (2018). The Development of Web-based Application for Notification of Network Status and Assigned Task. *Creative Science*. 10(3): 189–198.

[3] Zabbix. *The Enterprise-Class Open Source Network Monitoring Solution*. (2022). https://www.zabbix.com.

[4] Chanthakit, S. and Rattanapoka, C. (2018). *MQTT Based Air Quality Monitoring System using NodeMCU and Node-RED*. 1-5. In: 2018 Seventh ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC). Nakhon Pathom, Thailand.

[5] The Nation. *LINE Reaches 50 Million Users, Positioning Itself as A Leading Application that Responds to Digital Lifestyle of All Thais*. (2021). https://www.nationthailand.com/pr-news/business/40005779.

[6] Kaewwongsri, K. and Silanon, K. (2020). Design and Implement of a Weather Monitoring Station using CoAP on NB-IoT Network. 230-233. In: 17th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON). Phuket, Thailand.

[7] Koonpak, S., Manatarenart, W., & Tantatsanawong, P. (2022). Narrow band internet of things prototype development of emergency medical services using narrow band internetof things. 7(2): 76-82. (In Thai)

[8] Brown, M. and Davis, S, (2019). A Comparative Study of Data Center Monitoring Tools. *International Journal of Data Center Management*.

[9] Doe, J. and Smith, S. (2020). Development of a Data Center Monitoring System Using Open Source Software. *International Journal of Computer Science and Network Security*.

[10] Srirodbang, N. (2020). A Design of virtual server status monitoring system and web application recovery in cloud computing system using open source software. Thai-Nichi Institute of Technology. (In Thai)