การพัฒนาระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

นาถพล สิริบรรสพ[1*], นรินธน์ นนทมาลย์[2], เกวรินทร์ จันทร์ดำ[3], วินัย วงษ์ไทย[4] และปกรณ์ จันทร์อินทร์[5]

Development of a Monitoring and Alerting System for Network Device Status

Nattapol Siribansop[1*], Narin Nonthamand[2], Kaewarin Jandum[3], Winai Wongthai[4] and Pakorn Chan-in[5]

[1] Division of Innovative Learning Institute, University of Phayao, Phayao, 56000

[2] Educational Technology, School of Education, University of Phayao, Phayao, 56000

[3] Digital Business, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

[4] Computer Science and Information Technology, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[5] Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Nan, 55000

* Corresponding author: siribansop.ntp@gmail.com

Received: 13 February 2025; Revised: 24 March 2025; Accepted: 30 April 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และ 2) ประเมินประสิทธิภาพและทดสอบระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยพะเยา การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง คือ บุคลากรของมหาวิทยาลัยพะเยาที่มีประสบการณ์ทำงานด้านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์และผู้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานระบบ จำนวน 13 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 เครื่องมือ คือ 1) แบบประเมินระบบ และ 2) แบบประเมินการใช้งานระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ภาพรวมของผลการประเมินระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์จากผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยรวมทุกด้านอยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\bar{x}$ = 4.80, SD = 0.40) ค่าเฉลี่ยรวมของด้านที่มีคะแนนมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ ด้านการตรวจสอบอุปกรณ์ ($\bar{x}$ = 4.92, SD = 0.28) ด้านการแจ้งเตือน ($\bar{x}$ = 4.87, SD = 0.35) และด้านการออกแบบและเข้าใช้งานระบบ ($\bar{x}$ = 4.83, SD = 0.35) ตามลำดับ 2) ผลการทดสอบใช้งานระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ภายในสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยรวมทุกด้านอยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\bar{x}$ = 4.95, SD = 0.22) ค่าเฉลี่ยรวมของด้านที่มีคะแนนมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ ด้านการแจ้งเตือน ($\bar{x}$ = 5.00, SD = 0.00) ด้านการตรวจสอบอุปกรณ์ ($\bar{x}$ = 4.98, SD = 0.16) และด้านการออกแบบและเข้าใช้งานระบบ ($\bar{x}$ = 4.95, SD = 0.22) ตามลำดับ

คำสำคัญ: อุปกรณ์เครือข่าย, เวอร์ชวลแมชชีน, ลินุกซ์, ด็อกเกอร์, แซบบิกซ์, ไลน์โนติฟาย

---

[1] สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[3] สาขาวิชาธุรกิจดิจิทัล คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[4] ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

[5] สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดน่าน 55000

Abstract

This research is a research and development study with the following objectives: 1) to develop a system for monitoring and alerting the status of devices in a computer network, and 2) to evaluate and test system performance of this monitoring and alert system at the Innovative Learning Institute, University of Phayao. The sampling method was purposive sampling, selecting 13 personnel from the University of Phayao who have experience working with computer network systems and are involved with the system's usage. The research instruments consisted of two tools: 1) a system evaluation form and 2) a user experience evaluation form, both designed by the researcher. The statistical methods used for data analysis included frequency, percentage, mean, and standard deviation.

The research findings revealed that: 1) The overall evaluation of the device monitoring and alert system by experts yielded an average score at the "highest" level ($\bar{x}$ = 4.80, SD = 0.40). The top three aspects with the highest mean scores were device monitoring ($\bar{x}$ = 4.92, SD = 0.28), alerting ($\bar{x}$ = 4.87, SD = 0.35), and system design and usability ($\bar{x}$ = 4.83, SD = 0.35), respectively. 2) The results from testing the system within the Institute of Learning Innovation indicated an overall average score at the "highest" level ($\bar{x}$ = 4.95, SD = 0.22). The top three aspects with the highest mean scores were alerting ($\bar{x}$ = 5.00, SD = 0.00), device monitoring ($\bar{x}$ = 4.98, SD = 0.16), and system design and usability ($\bar{x}$ = 4.95, SD = 0.22), respectively.

Keywords: Network Device, Virtual Machine, Linux, Docker, Zabbix, Line Notify

บทนำ

สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยพะเยาเป็นหน่วยงานที่ให้บริการแหล่งเรียนรู้และทรัพยากรการศึกษาที่เอื้อต่อการพัฒนากำลังคนให้มีทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิตซึ่งเป็นไปตามพันธกิจหลักของสถาบันฯ เพื่อสนับสนุนการศึกษาหาความรู้และรองรับการใช้บริการของบุคลากรและนิสิตจึงมีการขยายพื้นที่ให้บริการอยู่หลายแห่ง โดยแต่ละพื้นที่ให้บริการมีการติดตั้งระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เครือต่าง ๆ เพื่อรองรับการใช้งานระบบสารสนเทศที่ให้บริการในปัจจุบัน รวมถึงอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับระบบรักษาความปลอดภัยในแต่ละพื้นที่ เช่น ระบบกล้องวงจรปิด ระบบประตูกั้นอัตโนมัติ และระบบตรวจสอบหนังสือโดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี (RFID) เป็นต้น เพื่อให้ระบบสารสนเทศและอุปกรณ์ สามารถทำงานและให้บริการผู้ใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง จึงมีความจำเป็นต้องตรวจสอบการทำงานของระบบสารสนเทศและอุปกรณ์เหล่านี้อยู่ตลอดเวลา แต่ในปัจจุบันมีระบบและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ได้ติดตั้งและเปิดใช้งานแล้วเป็นจำนวนมาก เกิดปัญหาความล่าช้าและยุ่งยากในการตรวจสอบ ส่งผลกระทบต่อการทำงานและการให้บริการบ่อยครั้ง จากงานวิจัยของ (จันตพงษ์ บุตรลักษณ์, 2567) ได้พัฒนาระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่ายโดยใช้โปรแกรม Zabbix ตรวจสอบสถานะและปริมาณการใช้งานเครือข่ายของอุปกรณ์กระจายสัญญาณระบบเครือข่ายหลัก (Core Switch) ไปยังคณะต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย และแสดงผลข้อมูลผ่านโปรแกรม Grafana เมื่อเกิดปัญหาก็จะแจ้งเตือนข้อความผ่านแอปพลิเคชัน LINE ไปยังผู้ดูแลระบบเพื่อแก้ไขปัญหาได้ทันท่วงที รวมถึงส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย NB-IoT ไปยังคลาวด์ AIS Magellan โดยใช้โพรโตคอล CoAP ทำให้ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ได้ตลอดเวลา แม้จะทำงานจากที่บ้าน และจากงานวิจัยของ Amit M Potdar (Potdar et al., 2020) ได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการจำลองเสมือน (Virtualization) ระหว่าง

Docker Container และ Virtual Machine (VM) ซึ่ง Docker Container เป็นเทคโนโลยีการจำลองเสมือนที่มีประสิทธิภาพดีกว่า VM ในทุกการทดสอบ เนื่องจากไม่มีชั้น QEMU ที่ทำให้ VM ทำงานช้าลง มีน้ำหนักเบาและมีประสิทธิภาพสูงกว่า VM เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการประสิทธิภาพสูงและการจัดการที่ง่าย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรร์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดยใช้เครื่องมือและซอฟท์แวร์ระบบต่าง ๆ ที่เป็นโอเพนซอร์ส (Open Source) โดยใช้ระบบแซบบิกซ์ (Zabbix) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีความสามารถในการติดตามและตรวจสอบการทำงานได้หลากหลายรูปแบบ นอกจากนี้ ยังสามารถทำงานร่วมกับบริการแจ้งเตือนผ่านไลน์ (Line Notify) ได้ ในลักษณะการจำลองสภาพแวดล้อมของด็อกเกอร์ (Docker) บนระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการทำงานและมีความยืดหยุ่นสูง ทำให้ผู้ดูแลระบบและผู้ที่เกี่ยวข้องได้รับการแจ้งเตือนได้อย่างสะดวก รวดเร็ว สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที

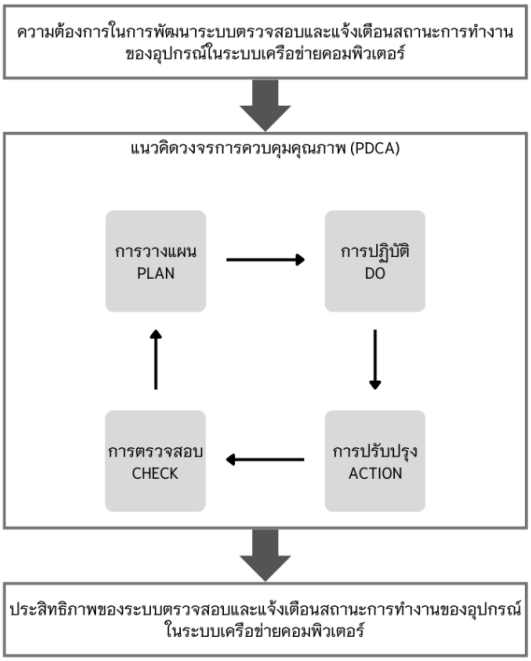
วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพและทดสอบระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยพะเยา

วิธีการศึกษา

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนาตามแนวคิดวงจรการควบคุมคุณภาพ (PDCA) แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ขอบเขตด้านประชากร ประชากร คือ บุคลากรของมหาวิทยาลัยพะเยาผู้ที่มีประสบการณ์ทำงานด้านควบคุมดูแลระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ไม่น้อยกว่า 3 ปี และบุคลากรของสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ จำนวน 47 คน (ข้อมูล ณ วันที่ 30 มิถุนายน 2567)

2. ขอบเขตด้านกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านบริหารจัดการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ จำนวน 2 คน ผู้บริหารสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ จำนวน 4 คน และบุคลากรของสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับระบบ จำนวน 4 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) รวม 13 คน

เครื่องมือ

1. ระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นโดยใช้ซอฟต์แวร์ Zabbix ซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูล MySQL ซอฟต์แวร์ Docker บนพื้นฐานระบบปฏิบัติการ Linux (Ubuntu) ร่วมกับระบบการแจ้งเตือน Line Notify

2. แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of consistency : IOC) ของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เรื่อง การพัฒนาระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยพะเยา

3. แบบประเมินระบบโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานระบบ แบ่งออกเป็น 6 ด้าน ประกอบไปด้วย ด้านการออกแบบและการเข้าถึงเพื่อใช้งานระบบ ด้านการค้นหาและเพิ่มอุปกรณ์ในระบบ ด้านการตรวจสอบอุปกรณ์ ด้านการแจ้งเตือน ด้านการรายงานผล และด้านการทดสอบใช้งานระบบภายในสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ จำนวน 27 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) (Joshi et al., 2015) โดยเรียงจากคะแนนจากมากไปน้อย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่ HREC–UP–HSS 2.2/168/67 โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทำงาน รวมถึงข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. ทำการออกแบบและพัฒนาระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ สำหรับบริหารจัดการในสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มีวิธีการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการทำงานของระบบให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการทำงานขึ้น โดยใช้หลักการของวงจรการควบคุมคุณภาพ (PDCA) ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นตอนการวางแผน (Plan) โดยการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยหรือสาเหตุที่มีผลต่อการเกิดปัญหาจากระบบการทำงานเดิมในปัจจุบัน การสังเคราะห์ข้อมูล และออกแบบระบบการทำงานใหม่ แล้วหาเครื่องมือหรือวิธีการต่าง ๆ เพื่อนำมาทดสอบใช้งานให้ได้ประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งระบบเดิม ในการได้รับแจ้งปัญหาจนถึงการแก้ไขปัญหาจะใช้ระยะเวลาค่อนข้างมากและส่งผลต่อการให้บริการ จึงมีแนวทางในการปรับให้มีการแจ้งเตือนได้หลังจากที่ระบบเกิดปัญหา โดยกำหนดให้มีการพัฒนาระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยใช้แซบบิกซ์ (Zabbix) เป็นเครื่องมือที่มีความสามารถในการติดตามและตรวจสอบการทำงานได้หลากหลายรูปแบบ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) เครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network) อุปกรณ์ต่อพ่วงในระบบเครือข่าย (Network Device) แอปพลิเคชัน (Application) และบริการต่าง ๆ (Services) ในส่วนการแจ้งเตือนใช้บริการแจ้งเตือนผ่าน

ไลน์ (Line Notify) ซึ่งสามารถรองรับกับการทำงานร่วมกันได้ เมื่อเกิดปัญหากับระบบและอุปกรณ์ในเครือข่าย หรือมีค่าการทำงานของระบบและอุปกรณ์เกินตามเงื่อนไขที่เราได้ตั้งไว้ สามารถแสดงข้อมูลสถานะการทำงานของอุปกรณ์ที่เกิดปัญหา และส่งการแจ้งเตือนมายังผู้ดูแลระบบเครือข่ายหรือผู้ที่รับผิดชอบที่เกี่ยวข้องได้อย่างรวดเร็ว เพื่อการทำงานที่รวดเร็วและเสถียรจึงกำหนดให้ติดตั้งระบบโดยใช้แพลตฟอร์มซอฟต์แวร์ Docker จำลองสภาพแวดล้อม (Environment) และทำงานบนระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) ประเภท Ubuntu ซึ่งเป็น Distribution แบบโอเพนซอร์ส (Open Source) ที่มีการจัดการทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพสูง

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยหรือสาเหตุ

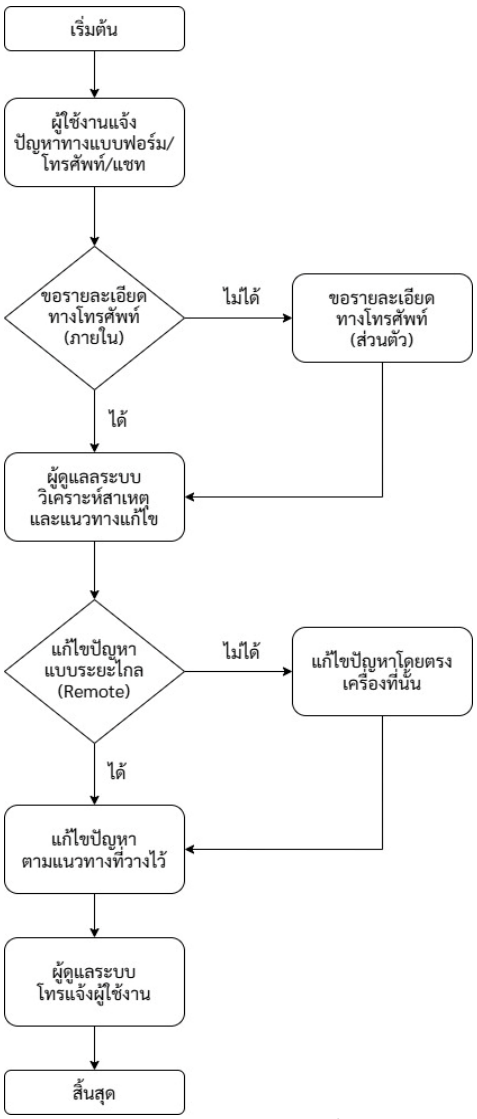
ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข	อ้างอิงงานวิจัย
ไม่มีระบบตรวจสอบจุดเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สายแบบต่อเนื่อง ทำให้ไม่สามารถตอบสนองต่อความล้มเหลวได้ทันเวลา และไม่สามารถบันทึกประวัติการทำงานของอุปกรณ์ได้ ส่งผลให้เกิดความเสียหายและสูญเสียทางเศรษฐกิจ	พัฒนาระบบโดยใช้ Zabbix และ Grafana ในการตรวจสอบและแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์สำหรับจัดการจุดเชื่อมต่อของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตไร้สาย	(Velasco et al., 2023)
การจัดการเครือข่ายที่มีการใช้ทรัพยากรเครือข่ายมากขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของโฮสต์เสมือนในระบบคลาวด์	พัฒนาระบบโดยใช้ Zabbix เพื่อรวบรวมข้อมูลและแจ้งเตือนผู้ดูแลระบบเมื่อเกิดสถานการณ์ผิดปกติ และทำการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify	(Wu et al., 2019)
มีอุปกรณ์กระจายสัญญาณในเครือข่ายหลากหลาย รวมถึงอุปกรณ์เกี่ยวกับระบบรักษาความปลอดภัย ซึ่งไม่เหมาะกับระบบตรวจสอบเดิม เนื่องจากไม่ตอบสนองและมีค่าใช้จ่ายในการใช้งาน	พัฒนาระบบโดยใช้ Zabbix สำหรับอุปกรณ์กระจายสัญญาณต่าง ๆ โดยกำหนดให้แสดงสถานะของ Uplink บนอุปกรณ์กระจายสัญญาณหลัก และแจ้งเตือนผ่าน Line Application ไปยังผู้ดูแลระบบเมื่อเกิดปัญหา	(จันตพงษ์ บุตรลักษณ์, 2567)

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยหรือสาเหตุที่มีผลต่อการเกิดปัญหาจากระบบทำงานเดิม

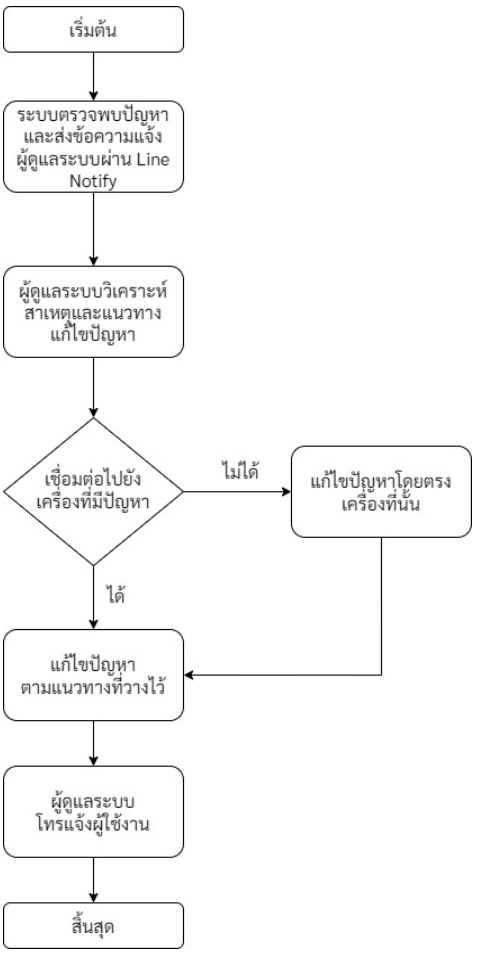
ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข	ความถี่ของปัญหา
มีอุปกรณ์และระบบสารสนเทศจำนวนมากที่ต้องทำงานตลอดเวลาในช่วงที่มีการให้บริการเมื่อเกิดปัญหา ทำให้การบริการไม่ต่อเนื่อง และการแก้ไขปัญหาทำได้ช้าเนื่องจากต้องประสานขอรายละเอียดเพิ่มเติม และต้องใช้เวลาวิเคราะห์หาต้นเหตุของปัญหา	ตรวจสอบอุปกรณ์หรือเครื่องที่ให้บริการระบบสารสนเทศหลักเป็นประจำ เพื่อลดการเกิดปัญหา	3 ครั้ง / เดือน

การออกแบบและพัฒนาระบบ

ขั้นตอนการทำงานเดิมในปัจจุบัน



ขั้นตอนการทำงานที่ออกแบบใหม่



รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการทำงานเดิมและขั้นตอนการทำงานที่ออกแบบใหม่

2.2 ขั้นตอนการปฏิบัติ (Do) ดำเนินศึกษาเครื่องมือที่เกี่ยวข้องและพัฒนาระบบแจ้งเตือนการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยมีรายละเอียดการติดตั้ง ดังนี้

1. ทำการติดตั้งซอฟต์แวร์ Oracle VM VirtualBox Manager ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส (Open Source) สำหรับจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์ (Virtualization) และทำการสร้างเครื่องเสมือนขึ้นมา 1 เครื่อง (ชื่อเครื่อง Zabbix Ubuntu) พร้อมกับกำหนดทรัพยากรจากระบบหลัก เช่น CPU Memory VGA และ Harddisk ให้รองรับกับการทำงานของระบบ หลังจากนั้นจึงทำการติดตั้งระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อูบุนตู (Ubuntu 22.04.2 LTS) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการพื้นฐานแบบลินุกซ์ดิสทริบิวชัน (Linux Distributions) ที่มีประสิทธิภาพสูง และทำการเปิดอนุญาตให้ใช้งานพอร์ต (Port) ที่จำเป็น เพื่อให้ทำงานได้ รวมถึงกำหนดค่า Network Adapter คือ IP Address, Subnet Mask, Default Gateway และค่า DNS Server เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยได้

2. ติดตั้งซอฟต์แวร์ Docker ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยจำลองสภาพแวดล้อม (Environment) โดยสร้างไฟล์ docker–compose.yml เพื่อกำหนดจำนวนคอนเทนเนอร์ (Container) และตั้งค่าการทำงานต่าง ๆ เช่น การเชื่อมต่อของคอนเทนเนอร์ การกำหนดพอร์ต การแชร์ข้อมูล และค่าอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับรันแอปพลิเคชัน

3. รันคอนเทนเนอร์จาก docker–compose.yml ที่ได้สร้างขึ้น พร้อมทั้งตรวจสอบสถานะการทำงานของแต่ละคอนเทนเนอร์ ประกอบไปด้วยฐานข้อมูล MySQL, Zabbix Server, Nginx และ Services อื่นที่เกี่ยวข้อง ๆ

4. เข้าใช้งานระบบ Zabbix โดยใช้สิทธิ์ผู้ดูแลระบบ ทำการตั้งค่าการทำงานของระบบ และสร้าง Host Group, Template และ Discovery rule (เพิ่มแบบอัตโนมัติด้วยการกำหนดช่วงไอพี)

5. เพิ่มอุปกรณ์ (Host) ในระบบเครือข่ายที่ต้องการตรวจสอบการทำงานโดยแยกเป็นกลุ่มตามที่ได้กำหนดไว้แล้ว ซึ่งสามารถเพิ่มโดยการกำหนดเอง หรือเพิ่มแบบอัตโนมัติ หลังจากนั้นให้กำหนดอุปกรณ์ในส่วนของ และ Maps

6. ทำการสร้างโทเค็น (Token) ในเว็บไซต์ของ Line Notify โดยการเลือก Generate token แล้วกำหนดชื่อโทเค็น (Token name) และ กลุ่มไลน์ (Line Group) ที่ได้สร้างไว้แล้ว หลังจากนั้นให้เพิ่ม Line notify และผู้ที่เกี่ยวข้องเป็นสมาชิกในกลุ่มไลน์

7. สร้าง Shell Script (ไฟล์ชื่อ line–notify) ในคอนเทนเนอร์ของ Zabbix Server และกำหนด Permission ให้สามารถ Execute ได้ หลังจากนั้นให้สร้าง Media type และกำหนดค่าต่าง ๆ

8. กำหนดสิทธิ์ให้ผู้ใช้งาน (User) ในระบบของ Zabbix ให้สามารถใช้งานระบบผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ได้

2.3 ขั้นตอนการตรวจสอบ (Check) ทำการทดสอบระบบที่ได้พัฒนาขึ้นโดยการเพิ่มรายการของอุปกรณ์ที่ต้องการตรวจสอบ แล้วสร้างเงื่อนไขด้วยทริกเกอร์ (Tigger) และปรับค่าการทำงานให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการทดสอบ ซึ่งถ้าระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และมีการแจ้งเตือนไปยังไลน์กลุ่มได้อย่างถูกต้อง แสดงว่าเป็นไปตามแผน แต่ถ้าไม่สามารถแจ้งเตือนได้ให้หาสาเหตุที่ทำให้ไม่เป็นไปตามแผน

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบ โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 5 ประเภท คือ 1) ตรวจสอบสถานะและเวลาการตอบกลับของเครื่องให้บริการเว็บไซต์ (Web Server) โดยเช็คจากค่า Response code และ Response time ซึ่งได้ทำการปิดการใช้งานของเซอร์วิส Nginx ของเว็บไซต์ของสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ (เครื่อง svr–UPili–Web Server) 2) ตรวจสอบทรัพยากรของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) โดยกำหนดให้ตรวจสอบการใช้งานหน่วยความจำ (Memory) เช็คจากค่า Memory utilization ของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่ให้บริการแอปพลิเคชัน (Applications–Web Server) 3) ตรวจสอบการทำงานของเซอร์วิส (Service) โดยตรวจสอบ Services เกี่ยวกับการสื่อสารระหว่างระบบห้องสมุดอัตโนมัติกับอุปกรณ์ต่าง ๆ (SIP2ListenerService) ของเครื่องที่ให้บริการระบบยืมคืน (เครื่อง svr–Alist) 4) ตรวจสอบสถานะและการใช้งานเครือข่าย จากค่า Interface Bits received, Interface Bits sent และ Interface Operational status ของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่าย (Swtich) และ 5) ตรวจสอบอุปกรณ์ที่ไม่รองรับ Zabbix Agent และ SNMP Protocol เช่น ประตูกั้นอัตโนมัติ และระบบตรวจสอบอาร์เอฟไอดี (RFID) โดยเช็คจากค่า ICMP Ping ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ของทั้ง 5 ประเภท คือ เมื่อเกิดปัญหา (Problem) หรือมีค่าตรงตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ ระบบสามารถส่งข้อความแจ้งเตือน ไปยังไลน์กลุ่มได้อย่างถูกต้อง โดยระบุเครื่องที่เกิดปัญหา รายละเอียดแบบสั้น และเวลา หลังจากที่ระบบกลับอยู่ในสถานะทำงานปกติ (Recovery) ผลลัพธ์ที่ได้คือ ระบบสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนสถานะการทำงานปกติ ไปยังไลน์กลุ่มได้อย่างถูกต้อง ในการตรวจสอบอุปกรณ์ สามารถตรวจสอบสถานะและรายละเอียดข้อมูลได้แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประเภทและการรองรับของอุปกรณ์นั้น ๆ

ในการทดสอบได้เจอปัญหาเกี่ยวกับความต่อเนื่องในการทำงานของระบบ พบว่า เมื่อเปิดใช้งานระบบประมาณ 10–20 นาที ระบบจะมีการหน่วงหรือค้าง ไม่สามารถให้บริการได้ต่อ ซึ่งถือว่าไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

2.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Action) จากการวิเคราะห์พบว่า ปัญหาที่ทำให้ระบบหน่วงค้างและไม่สามารถทำงานได้ต่อเนื่อง คือ มีการใช้พื้นที่ของดิสก์ (Disk) จนเต็ม สาเหตุเกิดจากมีการบันทึกไฟล์ที่ใช้เก็บข้อมูลประวัติการแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูลของ MySQL (Binary log) ซึ่งมีขนาดใหญ่อยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการปรับการใช้งานไฟล์ Binary log เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ปกติและต่อเนื่องได้

3. สร้างแบบประเมินการใช้งานระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยข้อคำถาม จำนวน 27 ข้อ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงในเชิงเนื้อหา (IOC) พบว่า ค่า IOC (Item–Objective Congruence) โดยใช้วิธีการ เท่ากับ 0.97 พร้อมค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ที่ 0.04 ซึ่งบ่งชี้ถึงความเห็นพ้องที่ค่อนข้างสอดคล้องกันระหว่างผู้เชี่ยวชาญในการประเมินเกณฑ์ต่าง ๆ ค่า IOC ส่วนใหญ่อยู่ที่ 1.00 แสดงถึงการยอมรับในความเหมาะสมและความเกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม บางเกณฑ์มีค่า IOC ต่ำกว่า 1.00 แต่ไม่น้อยกว่า 0.5 (0.67 หรือ 0.92) แสดงถึงความไม่สอดคล้องกันบางประการหรืออาจมีประเด็นที่ต้องปรับปรุงเพิ่มเติม โดยรวมแล้วผลการประเมินชี้ให้เห็นว่าระบบเครื่องมือมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งาน โดยได้รับการประเมินว่า "ใช้ได้" ในหลาย ๆ ด้าน และมีการยอมรับในความถูกต้องของเกณฑ์ต่าง ๆ

4. นำแบบประเมินการใช้งานระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่มีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์ที่ดี นำไปใช้ประเมินกับกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านบริหารจัดการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 คน ผู้ดูแลระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ จำนวน 2 คน ผู้บริหารสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ จำนวน 4 คน และบุคลากรของสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับระบบ จำนวน 4 คน

5. ทำการวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลของการใช้งานระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยพะเยา

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินการใช้งานระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยพะเยา จะวิเคราะห์โดยใช้หลักการทางสถิติเพื่อใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

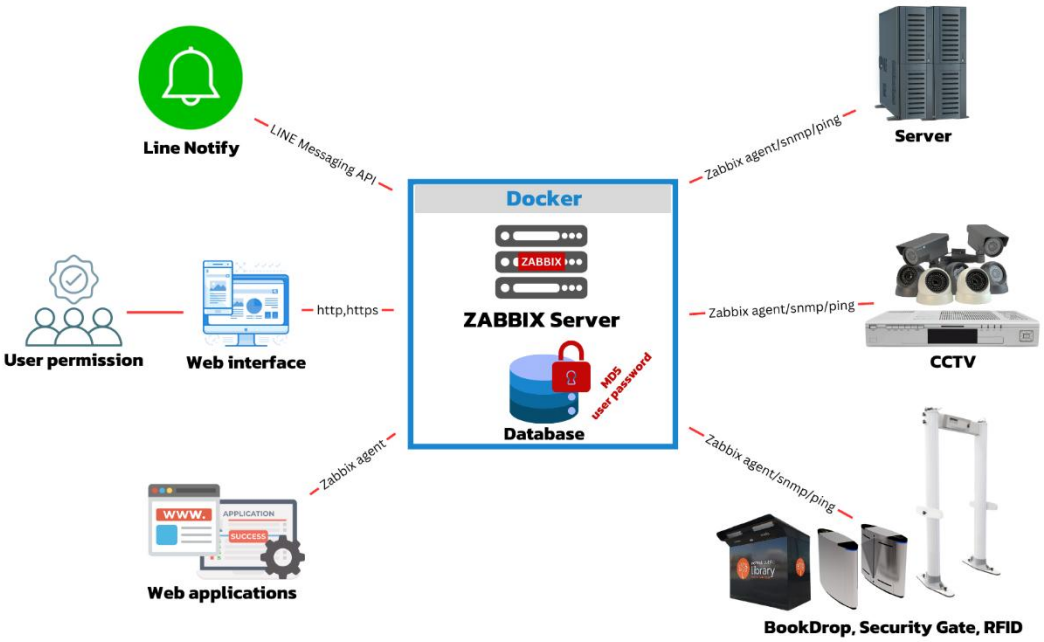
สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) กับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

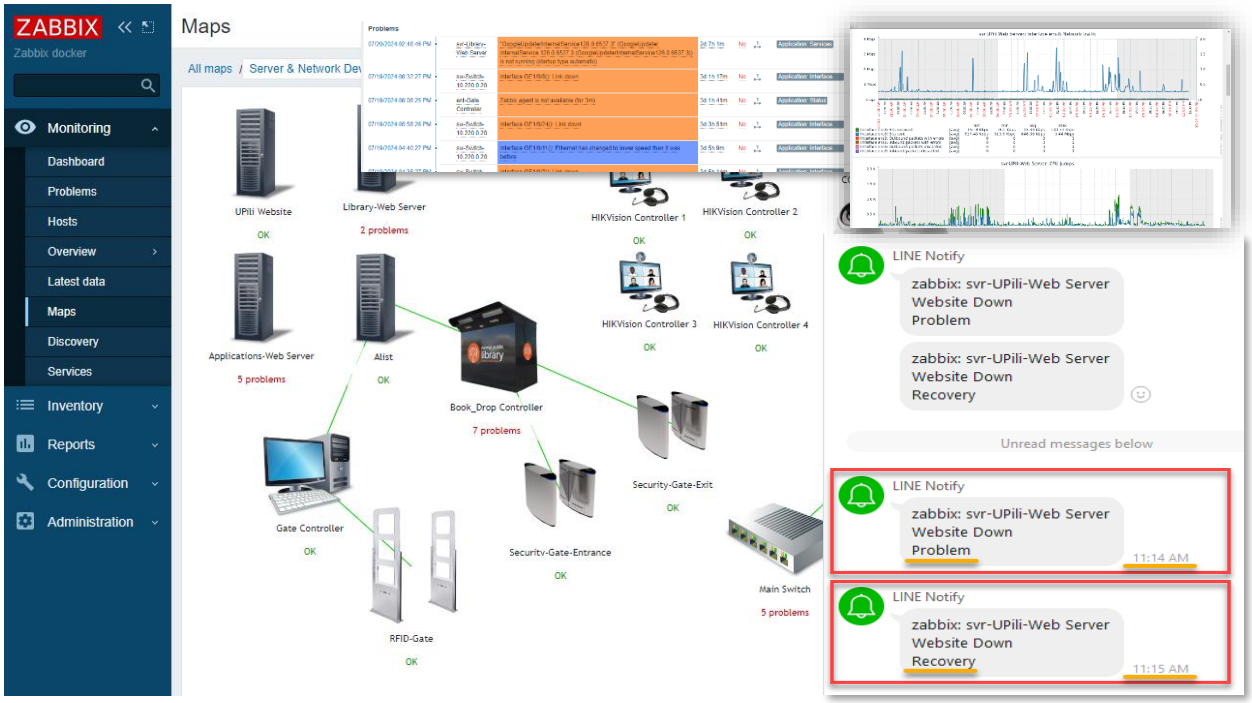
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 – 4.49 หมายความว่า ระดับมาก
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 – 3.49 หมายความว่า ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 – 2.49 หมายความว่า ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.49 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

ผลการศึกษา

1. ระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ออกแบบและพัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับบริหารจัดการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เครื่องแม่ข่ายคอมพิวเตอร์ที่ให้บริการระบบสารสนเทศ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ของสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานให้มีความสะดวก ง่าย และรวดเร็วในการรับรู้ข้อมูล การตรวจสอบ และการแก้ไขปัญหาสำหรับกลุ่มผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เจ้าหน้าที่ที่ใช้งานระบบสารสนเทศ ผู้บริหาร และผู้ดูแลระบบของสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยพะเยา ในการทำงานของระบบจะทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ของสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยอาศัยแซบบิกซ์ (Zabbix) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีความสามารถในการค้นหาและเพิ่มอุปกรณ์ได้แบบกำหนดเองและอัตโนมัติ สามารถตรวจสอบการทำงานและทรัพยากรต่าง ๆ ของอุปกรณ์ และแจ้งเตือนปัญหาแก่ผู้ดูและระบบและผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องผ่านทางไลน์แอปพลิเคชัน (Line Application) ระบบสามารถแสดงรายละเอียดข้อมูลของอุปกรณ์ สถานะการทำงานในปัจจุบัน ปัญหาที่เกิดขึ้น ในรูปแบบข้อมูลทั่วไป กราฟ และแผนผัง รวมถึงสามารถออกรายงานในช่วงเวลาที่ต้องการจากข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในฐานข้อมูลของระบบ สามารถเข้าใช้งานระบบผ่านทางเว็บบราวเซอร์ (Web browser) ได้ตามสิทธิ์ที่ได้รับจากผู้ดูแลระบบ



รูปที่ 3 ผังแสดงการออกแบบการเชื่อมต่อของระบบและอุปกรณ์เครือข่ายของสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้



รูปที่ 4 แสดงรายการอุปกรณ์หลักที่นำเข้าในระบบเพื่อตรวจสอบในรูปแบบ Maps และ Graph

2. การประเมินระบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านบริหารจัดการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 คน พบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ =4.80, SD=0.40) ซึ่งแสดงถึงระดับความพึงพอใจ "มากที่สุด" ในทุกด้าน เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ระบบมีประสิทธิภาพด้านการตรวจสอบอุปกรณ์มากที่สุด ($\bar{x}$ =4.92, SD=0.28) รองลงมาได้แก่ ด้านการแจ้งเตือน ($\bar{x}$ =4.87, SD=0.35) ในขณะที่ด้านการรายงานผลมีประสิทธิภาพน้อยที่สุด ($\bar{x}$ =4.67, SD=0.52) เมื่อเทียบกับด้านอื่น ๆ แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับสูงต่อการทำงานของระบบในทุกด้าน แม้ว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีความแตกต่างกันในแต่ละด้าน แต่โดยรวมแล้วยังคงแสดงถึงความสอดคล้องในความคิดเห็นของผู้ประเมินว่าเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ (N=3)

รายการประเมินประสิทธิภาพ	$\bar{x}$	SD	ระดับประสิทธิภาพ
1. ด้านการออกแบบและการเข้าถึงเพื่อใช้งานระบบ			
1.1 ระบบออกแบบหน้าจอได้เหมาะสมและสวยงาม สามารถใช้งานได้ง่ายและไม่ซับซ้อน	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 ระบบสามารถเข้าใช้งานได้สะดวกและรวดเร็ว	4.67	0.58	มากที่สุด
1.3 ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลได้ครบถ้วน ถูกต้องและเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
1.4 ระบบมีความเสถียร สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง ราบรื่น	4.67	0.58	มากที่สุด
รวม	**4.83**	**0.39**	**มากที่สุด**

รายการประเมินประสิทธิภาพ		$\bar{x}$	SD	ระดับประสิทธิภาพ
2. ด้านการค้นหาและเพิ่มอุปกรณ์ในระบบ				
2.1 ระบบสามารถค้นหาและเพิ่มอุปกรณ์ในเครือข่ายได้ ทั้งแบบอัตโนมัติและกำหนดเอง		4.67	0.58	มากที่สุด
2.2 ระบบสามารถรองรับอุปกรณ์หลายประเภท		5.00	0.00	มากที่สุด
2.3 ระบบมีเทมเพลท (Template) สำหรับเพิ่มอุปกรณ์เข้าในระบบ		4.67	0.58	มากที่สุด
2.4 ระบบสามารถจัดกลุ่มรายการอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้ามาในระบบได้		5.00	0.00	มากที่สุด
	รวม	**4.83**	**0.39**	**มากที่สุด**
3. ด้านการตรวจสอบอุปกรณ์				
3.1 ระบบสามารถตรวจสอบการทำงานอุปกรณ์ได้แบบทันที		5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 ระบบมีความถูกต้องในการตรวจสอบ (ตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้)		5.00	0.00	มากที่สุด
3.3 ระบบสามารถตรวจสอบระบบเครือข่ายได้		5.00	0.00	มากที่สุด
3.4 ระบบสามารถตรวจสอบอุปกรณ์เครือข่ายได้		5.00	0.00	มากที่สุด
3.5 ระบบสามารถตรวจสอบเครื่องแม่ข่ายคอมพิวเตอร์ได้		5.00	0.00	มากที่สุด
3.6 ระบบมีเอเจนต์ (Agent) สำหรับตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์		4.67	0.58	มากที่สุด
3.7 ระบบสามารถรองรับโพรโทคอลสำหรับตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์		4.67	0.58	มากที่สุด
3.8 ระบบมีการตรวจสอบบันทึกการเข้าถึงอย่างสม่ำเสมอ		5.00	0.00	มากที่สุด
	รวม	**4.92**	**0.28**	**มากที่สุด**
4. ด้านการแจ้งเตือน				
4.1 ระบบมีความเร็วในการแจ้งเตือน		5.00	0.00	มากที่สุด
4.2 ระบบมีความถูกต้องของข้อมูลที่แจ้งเดือน		5.00	0.00	มากที่สุด
4.3 ระบบมีความครอบคลุมของข้อมูลที่แจ้งเตือน		4.67	0.58	มากที่สุด
4.4 ระบบมีความเหมาะสมของช่องทางการแจ้งเตือน		5.00	0.00	มากที่สุด
4.5 ระบบสามารถแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันอื่นๆ ได้		4.67	0.58	มากที่สุด
	รวม	**4.87**	**0.35**	**มากที่สุด**
5. ด้านการรายงานผล				
5.1 ระบบสามารถสร้างและแสดงผลแบบแยกกลุ่มอุปกรณ์ได้		4.67	0.58	มากที่สุด
5.2 ระบบสามารถสร้างรายงานแบบกำหนดเองได้		4.67	0.58	มากที่สุด
	รวม	**4.67**	**0.52**	**มากที่สุด**
6. การทดสอบใช้งานระบบภายในสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้				

รายการประเมินประสิทธิภาพ	$\bar{x}$	SD	ระดับประสิทธิภาพ
6.1 ท่านคิดว่าการนำเครื่องมือมาใช้งาน มีความเหมาะสม สอดคล้องกับลักษณะงานหรือไม่	4.33	0.58	มาก
6.2 ท่านคิดว่าการนำระบบมาใช้งาน สามารถแก้ไขปัญหาได้ตรงตามวัตถุประสงค์หรือไม่	4.67	0.58	มากที่สุด
6.3 ท่านคิดว่าการนำเครื่องมือมาใช้จะทำให้เกิดการพัฒนางานอย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประโยชน์ต่อองค์กรหรือไม่	4.33	0.58	มาก
6.4 ท่านคิดว่าควรนำระบบมาใช้งานจริงต่อไปหรือไม่	4.67	0.58	มากที่สุด
รวม	**4.50**	**0.52**	**มาก**

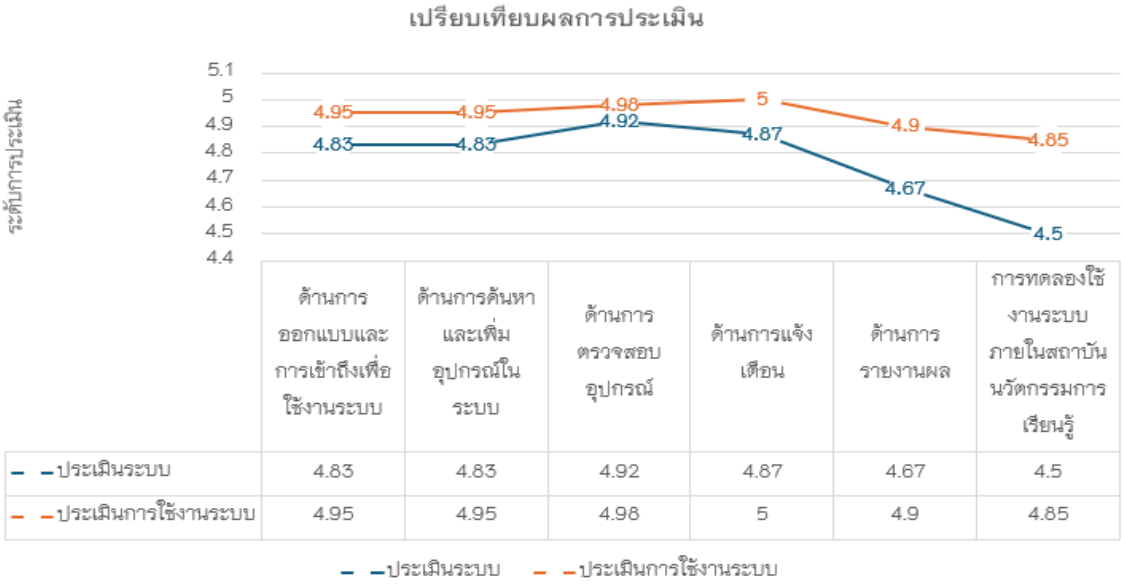
3. การประเมินการใช้ระบบ โดยผู้ดูแลระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ จำนวน 2 คน ผู้บริหารสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ จำนวน 4 คน และบุคลากรของสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้อง จำนวน 4 คน พบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ =4.96, SD=0.18) ซึ่งแสดงถึงระดับความพึงพอใจ "มากที่สุด" ในทุกด้าน เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ระบบมีประสิทธิภาพด้านการแจ้งเตือนมากที่สุด ($\overline{X}$ =5.00, SD=0.00) รองลงมาได้แก่ ด้านการตรวจสอบอุปกรณ์ ($\overline{X}$ =4.98, SD=0.16) ในขณะที่ด้านการรายงานผลมีประสิทธิภาพน้อยที่สุด ($\overline{X}$ =4.90, SD=0.31) เมื่อเทียบกับด้านอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับสูงต่อการทำงานของระบบในทุกด้าน แม้ว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีความแตกต่างกันในแต่ละด้าน แต่โดยรวมแล้วยังคงแสดงถึงความสอดคล้องในความคิดเห็นของผู้ประเมินว่าเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 4 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ (N=10)

รายการประเมินประสิทธิภาพ	$\bar{x}$	SD	ระดับประสิทธิภาพ
1. ด้านการออกแบบและการเข้าถึงเพื่อใช้งานระบบ			
1.1 ระบบออกแบบหน้าจอได้เหมาะสมและสวยงาม สามารถใช้งานได้ง่ายและไม่ซับซ้อน	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 ระบบสามารถเข้าใช้งานได้สะดวกและรวดเร็ว	4.90	0.32	มากที่สุด
1.3 ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลได้ครบถ้วน ถูกต้องและเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
1.4 ระบบมีความเสถียร สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง ราบรื่น	4.90	0.32	มากที่สุด
รวม	**4.95**	**0.22**	**มากที่สุด**
2. ด้านการค้นหาและเพิ่มอุปกรณ์ในระบบ			
2.1 ระบบสามารถค้นหาและเพิ่มอุปกรณ์ในเครือข่ายได้ ทั้งแบบอัตโนมัติและกำหนดเอง	4.90	0.32	มากที่สุด
2.2 ระบบสามารถรองรับอุปกรณ์หลายประเภท	5.00	0.00	มากที่สุด

รายการประเมินประสิทธิภาพ		$\bar{x}$	SD	ระดับประสิทธิภาพ
2.3 ระบบมีเทมเพลท (Template) สำหรับเพิ่มอุปกรณ์เข้าในระบบ		4.90	0.32	มากที่สุด
2.4 ระบบสามารถจัดกลุ่มรายการอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้ามาในระบบได้		5.00	0.00	มากที่สุด
	รวม	**4.95**	**0.22**	**มากที่สุด**
3. ด้านการตรวจสอบอุปกรณ์				
3.1 ระบบสามารถตรวจสอบการทำงานอุปกรณ์ได้แบบทันที		5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 ระบบมีความถูกต้องในการตรวจสอบ (ตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้)		5.00	0.00	มากที่สุด
3.3 ระบบสามารถตรวจสอบระบบเครือข่ายได้		5.00	0.00	มากที่สุด
3.4 ระบบสามารถตรวจสอบอุปกรณ์เครือข่ายได้		5.00	0.00	มากที่สุด
3.5 ระบบสามารถตรวจสอบเครื่องแม่ข่ายคอมพิวเตอร์ได้		5.00	0.00	มากที่สุด
3.6 ระบบมีเอเจนต์ (Agent) สำหรับตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์		4.90	0.32	มากที่สุด
3.7 ระบบสามารถรองรับโพรโทคอลสำหรับตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์		4.90	0.32	มากที่สุด
3.8 ระบบมีการตรวจสอบบันทึกการเข้าถึงอย่างสม่ำเสมอ		5.00	0.00	มากที่สุด
	รวม	**4.98**	**0.16**	**มากที่สุด**
4. ด้านการแจ้งเตือน				
4.1 ระบบมีความเร็วในการแจ้งเตือน		5.00	0.00	มากที่สุด
4.2 ระบบมีความถูกต้องของข้อมูลที่แจ้งเดือน		5.00	0.00	มากที่สุด
4.3 ระบบมีความครอบคลุมของข้อมูลที่แจ้งเตือน		5.00	0.00	มากที่สุด
4.4 ระบบมีความเหมาะสมของช่องทางการแจ้งเตือน		5.00	0.00	มากที่สุด
4.5 ระบบสามารถแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันอื่นๆ ได้		5.00	0.00	มากที่สุด
	รวม	**5.00**	**0.00**	**มากที่สุด**
5. ด้านการรายงานผล				
5.1 ระบบสามารถสร้างและแสดงผลแบบแยกกลุ่มอุปกรณ์ได้		4.90	0.32	มากที่สุด
5.2 ระบบสามารถสร้างรายงานแบบกำหนดเองได้		4.70	0.48	มากที่สุด
	รวม	**4.80**	**0.41**	**มากที่สุด**
6. การทดสอบใช้งานระบบภายในสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้				
6.1 ท่านคิดว่าการนำเครื่องมือมาใช้งาน มีความเหมาะสม สอดคล้องกับลักษณะงานหรือไม่		5.00	0.00	มาก
6.2 ท่านคิดว่าการนำระบบมาใช้งาน สามารถแก้ไขปัญหาได้ตรงตามวัตถุประสงค์หรือไม่		5.00	0.00	มากที่สุด

รายการประเมินประสิทธิภาพ	$\bar{x}$	SD	ระดับประสิทธิภาพ
6.3 ท่านคิดว่าการนำเครื่องมือมาใช้จะทำให้เกิดการพัฒนางานอย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประโยชน์ต่อองค์กรหรือไม่	4.40	0.52	มาก
6.4 ท่านคิดว่าควรนำระบบมาใช้งานจริงต่อไปหรือไม่	5.00	0.00	มากที่สุด
รวม	**4.85**	**0.36**	**มาก**



รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินระบบและการใช้งานระบบ

จากรูปที่ 5 แสดงถึงการเปรียบเทียบการประเมินระบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านบริหารจัดการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และการประเมินการใช้งานระบบโดยบุคลากรที่เกี่ยวข้องของสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผลการประเมินพบว่า คะแนนการประเมินการใช้งานระบบสูงกว่าคะแนนการประเมินระบบในทุกด้าน โดยด้านที่มีคะแนนต่างกันมากที่สุด คือ ด้านการรายงานผลและด้านการแจ้งเตือน ซึ่งสะท้อนให้เห็นประสิทธิภาพได้อย่างชัดเจน ส่วนคะแนนของการทดสอบใช้งานระบบภายในสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ทั้งสองการประเมิน แสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดหรือปัญหาในการนำระบบไปใช้จริง แม้ว่าระบบได้รับการประเมินในเกณฑ์ดี แต่ยังมีจุดที่ต้องพัฒนาและควบคุมเพิ่มเติม เพื่อตอบสนองการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

วิจารณ์และสรุปผล

1. จากผลการทดสอบระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วย Zabbix พบว่า ระบบสามารถเพิ่มอุปกรณ์เครือข่ายใหม่เข้าไปในระบบ Zabbix แบบอัตโนมัติตามเงื่อนไขที่กำหนดได้ถูกต้อง สอดคล้องกับงานวิจัยของ E. A. Katonová, J. Džubák and P. Feciľak (Katonová et al., 2023) ได้สร้างระบบตรวจสอบเครือข่ายอัตโนมัติ โดยใช้ระบบโอเพนซอร์ส Zabbix และ Grafana ในระบบปฏิบัติการ Ubuntu 22.04 เพื่อวัดพารามิเตอร์ของโครงสร้างพื้นฐานเครือข่ายที่หลากหลาย การตรวจสอบคุณภาพของบริการ และการตอบสนองต่อ

สถานการณ์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า รองรับอุปกรณ์ได้หลากหลายประเภทและมีความยืดหยุ่นในการจัดการอุปกรณ์ในเครือข่าย สามารถจัดกลุ่มอุปกรณ์เป็นหมวดหมู่ได้ ในด้านการตรวจสอบการทำงาน สามารถตรวจสอบอุปกรณ์จำนวนมากในเครือข่ายได้ รองรับการทำงานโดยใช้ Agent และรองรับโพรโทคอล (Protocol) หลายประเภท เช่น SNMP HTTP และ ICMP เป็นต้น สามารถตรวจสอบได้อย่างต่อเนื่อง ถูกต้องและครอบคลุม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Alex Rubén Haro Velasco (Velasco et al., 2023) ได้ทดสอบการใช้งานเน็ตเวิร์กมอนิเตอร์ริงของแซบบิกซ์ สำหรับใช้จัดสรรการใช้งานให้กับบุคลากรในองค์กร เนื่องจากเน็ตเวิร์กมอนิเตอร์ริงเดิมที่ใช้ภายในองค์กรมีปัญหาความถูกต้องในการตรวจสอบและมีการการใช้ระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์โดยใช้ Zabbix และ Grafana สำหรับการจัดการจุดเชื่อมต่อของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตไร้สาย ซึ่งผลการทดสอบสามารถตรวจสอบข้อมูลได้อย่างถูกต้องและมีความยืดหยุ่นสูง ส่วนในด้านการแจ้งเตือน สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนปัญหาไปยังผู้ดูแลระบบและผู้ที่เกี่ยวข้องได้อย่างถูกต้องมีสะดวกและรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ (จันตพงษ์ บุตรลักษณ์, 2567) ซึ่งได้พัฒนาระบบโดยใช้โปรแกรม Zabbix ตรวจสอบสถานะและปริมาณการใช้งานเครือข่ายของอุปกรณ์กระจายสัญญาณระบบเครือข่ายหลัก (Core Switch) ไปยังคณะต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย และแสดงผลข้อมูลผ่านโปรแกรม Grafana เมื่อเกิดปัญหาก็จะแจ้งเตือนข้อความผ่าน LINE Application ไปยังผู้ดูแลระบบ ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาได้ทันท่วงที รวมถึงส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย NB–IoT ไปยังคลาวด์ AIS Magellan โดยใช้โพรโตคอล CoAP ทำให้ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ได้ตลอดเวลา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen–Feng Wu (Wu et al., 2019) ได้นำเสนอวิธีแก้ปัญหาใหม่ที่ช่วยให้ผู้ดูแลระบบเครือข่ายสามารถรับการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ผ่านอุปกรณ์มือถือเมื่อเกิดสถานการณ์ผิดปกติในอุปกรณ์เครือข่ายหรือระบบโฮสต์ จะส่งข้อความไปยังผู้ดูแลระบบเครือข่ายทันที ทำให้สามารถเริ่มแก้ไขปัญหาได้ทันทีแม้ไม่ได้อยู่ในห้องคอมพิวเตอร์ วิธีนี้ช่วยลดเวลาที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงความน่าเชื่อถือและการใช้งานของเครือข่ายได้ โดยการทำงานของระบบจะอาศัยเทคโนโลยีการจำลองเสมือนของ Docker ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มโอเพนซอร์สที่ทำงานได้เร็ว ใช้ทรัพยากรน้อย และสามารถรองรับการใช้งานได้จำนวนมาก เนื่องจากมี Network Latency ต่ำ ทำให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Amit M Potdar (Potdar et al., 2020) ได้ทำงานเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Docker Container และ Virtual Machine (VM) โดยใช้เครื่องมือ Benchmarking เช่น Sysbench, Phoronix และ Apache Benchmark เพื่อวิเคราะห์ CPU Performance, Memory Throughput, Disk I/O, Load Test และ Operation Speed Measurement ซึ่ง Docker มีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีกว่าในทุกการทดสอบ

2. จากการทดสอบใช้งานระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้โดยผู้ดูแลระบบ ผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง พบว่า การนำระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มาทดสอบใช้งานภายในสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ในช่วงระยะเวลา 1 เดือน ทำให้ทราบถึงปัญหาของอุปกรณ์และระบบสารสนเทศที่ให้บริการอยู่หลายระบบ ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมานานแล้ว แต่ยังไม่สามารถตรวจสอบและแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องได้ อีกทั้งระบบมีการตรวจสอบอย่างละเอียดอยู่ตลอดเวลา ทำให้ลดความยุ่งยากในการตรวจสอบและการวิเคราะห์แก้ไขปัญหาด้วย ดังนั้นจึงรับความพึงพอใจต่อผู้ใช้งานเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในเรื่องของการแจ้งเตือน เนื่องจากทำให้ผู้ดูแลระบบเครือข่าย ผู้บริหาร และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องสามารถทราบปัญหาที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์และระบบสารสนเทศที่ให้บริการด้านต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว สามารถลดขั้นตอนและระยะเวลาการแก้ไขปัญหาแก่ผู้ดูแลระบบได้ ในส่วนของผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบสารสนเทศได้อย่างต่อเนื่องและรวดเร็วขึ้น สอดคล้องกับผลการประเมินการใช้งานระบบในภาพรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การนำระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มาใช้งานมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับลักษณะงาน โดยสามารถแก้ไขปัญหาได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ทำให้การทำงานและการให้บริการมีประสิทธิภาพมากขึ้นและเป็นประโยชน์ต่อองค์กรได้

ข้อเสนอแนะ

1. การเพิ่มอุปกรณ์แบบอัตโนมัติ โดยกำหนดช่วงไอพีในระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ควรวางแผนเพื่อจัดกลุ่มของอุปกรณ์ และกำหนดการรับค่าไอพีแอสเดรส (IP Address) ให้สอดคล้องกับการทำงานของระบบและสภาพแวดล้อมของระบบเครือภายในองค์กร

2. ในส่วนการแจ้งเตือนของงานวิจัยนี้ ใช้เครื่องมือคือ Line Notify ซึ่งจะหมดให้บริการในวันที่ 31 มี.ค. 2568 ดังนั้นควรศึกษาหาเครื่องมืออื่นมาปรับใช้แทน เช่น การบริการของ Line Official Notification (LON) ซึ่งเป็นฟีเจอร์ใน Line OA หรือการใช้ Line Messaging API ซึ่งสามารถทำให้ระบบสามารถส่งการแจ้งเตือนไปยัง Line OA ผ่าน LINE Messaging API ได้โดยตรง

3. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ควรนำเครื่องมือหรือเทคโนโลยีอื่นมาปรับใช้ร่วมกับระบบ เช่น ใช้ Grafana ช่วยในการแสดงผลข้อมูลให้มีรูปแบบที่สวยและยืดหยุ่น หรือการใช้ Elasticsearch เพื่อจัดเก็บและวิเคราะห์ล็อก (Log) การทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้บริหารและบุคลากรมหาวิทยาลัยพะเยาทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอบคุณมหาวิทยาลัยพะเยาที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยเพื่อการพัฒนางานประจำ รุ่นที่ 11 ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

เอกสารอ้างอิง

จันตพงษ์ บุตรลักษณ์. (2567). การพัฒนาระบบแสดงผลสำหรับศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนปัญหาระบบเครือข่าย. *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 16*, วันที่ 4–5 กรกฎาคม 2567. นครปฐม: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น* (ฉบับปรับปรุงใหม่). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น บจก.

Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert scale: Explored and explained. *British journal of applied science & technology*, *7*(4), 396–403.

Katonová, E. A., Džubák, J., & Fecil'ak, P. (2023). Automated Monitoring of Network Infrastructures Based on the Zabbix Solution. *2023 21st International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, October,26–27, 2023. form DOI:10.1109/ICETA61311.2023.10344265.

Potdar, A. M., D G, N., Kengond, S., & Mulla, M. M. (2020). Performance Evaluation of Docker Container and Virtual Machine. *Procedia Computer Science*, *171*, 1419–1428. form https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.152.

Velasco, A. R. H., Malla, E. E. G., Herrera, R. D. C. C., & Arévalo, F. D. M. (2023). Real-time monitoring and alerting system using Zabbix and Grafana software for wireless Internet access service management. *2023 18th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, June, 20–23, 2023. Portugal.

Wu, C. F., Hou, C. I., Chuang, H. S., & Lee, H. W. (2019). Design of Active Message Push Integrating for Network Management Systems. *2019 IEEE Eurasia Conference on Biomedical Engineering, Healthcare and Sustainability (ECBIOS)*, 31 May–3 June, 2019, Japan.