

การปรับปรุงบริการโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีสารสนเทศด้วยต้นทุนต่ำ โดยใช้แพลตฟอร์มจำลองเสมือนแบบโอเพนซอร์ส

กรณีศึกษา บริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด

Low-cost IT Infrastructure Service Improvement Using Open-source Virtualization Platform: A Case Study of CH Injection Co., Ltd.

กิตติพัฒน์ ประสพสุวรรณ^{1*}, ภัทรพล เสมอภาค², ภัคธินันท์ จิรวันทนาเมศร์³ และเมฆินทร์ วรศาสตร์⁴

Kittiphat Prasopsuwan^{1*}, Phattarapon Samerpak², Phakthinin Jirawantanamet³ and Maykin Warasart⁴

^{1,2,3} สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 5 เลขที่ 89 หมู่ 12 ต.ลาดใหญ่ อ.เมืองฯ จ.สมุทรสงคราม 75000

⁴ สมาคมเพื่อการแลกเปลี่ยนความรู้สหวิทยาการ (ประเทศไทย) เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ 10510

^{1,2,3} Institute of Vocational Education : Central Region 5, 89 Moo 12, Lad Yai, Muang, Samut Songkhram 75000

⁴ Association for Interdisciplinary Knowledge Exchange (Thailand), Min Buri, Bangkok 10510

*Corresponding author E-mail: pra.kittiphat@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ นำเสนอการปรับปรุงบริการโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีสารสนเทศด้วยต้นทุนต่ำโดยใช้แพลตฟอร์มจำลองเสมือนแบบโอเพนซอร์ส กรณีศึกษาของ บริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด มีวัตถุประสงค์ เพื่อ 1) เสนอแนวทางและดำเนินการปรับปรุงบริการโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีสารสนเทศด้วยต้นทุนต่ำโดยใช้แพลตฟอร์มจำลองเสมือนแบบโอเพนซอร์ส 2) ทดสอบประสิทธิภาพของการให้บริการเครื่องแม่ข่าย โดยการทดสอบในด้านความเร็วของการถ่ายโอน ระยะเวลาในการย้ายข้อมูล การกู้คืนระบบ รวมถึงระยะเวลาในการหยุดให้บริการทั้งหมด 3) ประเมินความพึงพอใจต่อบริการโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีสารสนเทศด้วยต้นทุนต่ำโดยใช้แพลตฟอร์มจำลองเสมือนแบบโอเพนซอร์ส ที่นำเสนอ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ พนักงานของบริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด ที่มีภาระงานซึ่งต้องอาศัยการใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศซึ่งเป็นบริการที่เกิดจากโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่ายของบริษัท จำนวน 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องแม่ข่าย แบบประเมินความพึงพอใจต่อโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่ายโดยใช้เทคโนโลยีจำลองเสมือน โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.18$, S.D. = 0.07) โดยสรุปผลการปรับปรุงบริการโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีสารสนเทศพบว่า ระบบสามารถลดการสูญเสียทรัพยากรที่ไม่ได้ใช้งาน รวมถึงสามารถจัดสรรทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการนำระบบ Ceph Storage Pool มาประยุกต์ใช้งานช่วยเพิ่มความเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือของระบบ โดยที่ยังคงความสมบูรณ์ของข้อมูลแม่ในกรณีที่เครื่องแม่ข่ายบางส่วนหยุดทำงาน และผลการวิเคราะห์ต้นทุนการติดตั้งระบบพบว่า แพลตฟอร์ม Proxmox ซึ่งเป็นโอเพนซอร์ส มีต้นทุนการติดตั้งและบำรุงรักษาที่ต่ำกว่าแพลตฟอร์มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่มีค่าใช้จ่ายสำหรับใบอนุญาตซอฟต์แวร์ ทำให้เหมาะสมสำหรับองค์กรที่ต้องการลดต้นทุนโครงสร้างพื้นฐานด้าน IT พร้อมทั้งคงประสิทธิภาพการทำงานในระดับสูง

คำสำคัญ : แพลตฟอร์มการจำลองเสมือน ต้นทุนต่ำ ความพร้อมใช้งานสูง โอเพนซอร์ส

Abstract

The objectives of this research were to: 1) propose and implement a low-cost IT infrastructure service improvement using an open-source virtualization platform as a case study of CH Injection Co., Ltd.; 2) evaluate the performance of the proposed solution by assessing transfer speed, migration, data restoration, and overall downtime; and 3) assess the satisfaction with the proposed solution. The sample group consisted of 25 employees from CH Injection Co., Ltd. who are required to use the IT infrastructure service. The research instruments included a server performance evaluation form and a satisfaction survey for the proposed solution. The findings revealed that efficient performance in terms of speed, migration, data restoration, and overall downtime. Overall satisfaction with the system was at a high level ($\bar{X} = 4.18$, S.D. = 0.07). The evaluation of the improved IT infrastructure services revealed that the system effectively reduces the loss of unused resources and optimizes resource allocation efficiency. The implementation of the Ceph storage pool system has enhanced the stability and reliability of the infrastructure while maintaining data integrity, even in the event of partial server failure. Furthermore, the cost analysis of system installation showed that the Proxmox platform, as an open-source solution, offers significantly lower installation and maintenance costs compared to other platforms, due to the absence of software licensing fees. This makes it an ideal choice for organizations aiming to reduce IT infrastructure costs while maintaining high performance.

Keywords : Virtualization Platform, Low-cost, High Availability, Open-source

บทนำ

ในยุคปัจจุบัน เทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การบริหารจัดการทรัพยากรด้านไอทีได้ก้าวเข้าสู่มิติใหม่ที่สำคัญกับความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งเทคโนโลยีการจำลองเสมือนจริง (Virtualization) ได้กลายเป็นหัวใจสำคัญของการเปลี่ยนแปลงนี้ โดยช่วยให้สามารถแบ่งและจัดสรรทรัพยากรทางกายภาพ เช่น ซีพียู หน่วยความจำ และที่เก็บข้อมูลไปยังเครื่องเสมือน (Virtual Machines: VMs) หลายเครื่องบนเครื่องแม่ข่ายเดียว แต่ละ VM ทำงานแยกกันอย่างอิสระ มีระบบปฏิบัติการและแอปพลิเคชันของตนเอง ทำให้สามารถใช้งานทรัพยากรของเครื่องแม่ข่ายได้อย่างคุ้มค่า ลดต้นทุนฮาร์ดแวร์ และเพิ่มความยืดหยุ่นในการขยายระบบหรือปรับเปลี่ยนการทำงานตามความต้องการของธุรกิจ นอกจากนี้ เทคโนโลยีนี้ยังช่วยให้การสำรองข้อมูล การกู้คืนระบบ และการย้ายข้อมูลระหว่างเครื่องแม่ข่ายสามารถดำเนินการได้ง่ายขึ้น ช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบ อีกทั้งยังส่งเสริมให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ ในด้านการจัดการศูนย์

ข้อมูล (Data Center) และการให้บริการคลาวด์ (Cloud Services) ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของระบบไอทีในอนาคต (Daniels, 2021)

ผู้วิจัย ปัจจุบันเป็นพนักงานตำแหน่ง เจ้าหน้าที่ฝ่ายไอที ของบริษัท ซีเอส อินเจคชั่น จำกัด พบว่าการบริหารจัดการเซิร์ฟเวอร์และทรัพยากรเครือข่ายในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ขาดความยืดหยุ่นในการจัดสรรทรัพยากรให้สอดคล้องกับการใช้งานจริง ความสามารถในการเพิ่มหรือลดทรัพยากรโดยอัตโนมัติเมื่อมีการเพิ่มซอฟต์แวร์หรือบริการใหม่ การสูญเสียข้อมูล หากไม่มีการสำรองข้อมูลที่เพียงพอ การ Down Time ของเครื่องแม่ข่ายอาจทำให้ข้อมูลสำคัญสูญหายหรือเสียหาย การหยุดทำงานของเครื่องแม่ข่ายอาจทำให้การดำเนินงานภายในองค์กรไม่ต่อเนื่อง เช่น พนักงานไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลหรือระบบที่จำเป็นต่อการทำงานได้ ความพร้อมใช้งานของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ ระบบต่าง ๆ ที่ใช้งานภายในบริษัทมีการใช้งานเครื่องเซิร์ฟเวอร์เพียงหนึ่งเครื่องต่อหนึ่งระบบ จึงอาจทำให้ระบบของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่มีปัญหาไม่พร้อมใช้งาน ซึ่งกระทบการทำงานของพนักงานภายในบริษัทไม่ต่อเนื่อง รวมถึงปัญหาในการควบคุมค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับเซิร์ฟเวอร์ต่าง ๆ ที่มีความหลากหลาย บริษัทต้องการระบบที่สามารถรองรับความต้องการเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยมีความประสงค์ พัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่ายด้วยเทคโนโลยีเครื่องเสมือนการบริหารเซิร์ฟเวอร์ กรณีศึกษาบริษัท ซีเอส อินเจคชั่น จำกัด เพื่อพัฒนาการบริหารจัดการเซิร์ฟเวอร์และทรัพยากรภายในเครื่องแม่ข่าย ลดการสูญเสียข้อมูล หากเกิดกรณีที่ไม่มีสำรองข้อมูล ป้องกันและลดความไม่ต่อเนื่องของการทำงาน เพื่อให้เครื่องแม่ข่ายมีความต่อเนื่อง ซึ่งจะส่งผลทำให้พนักงานสามารถเข้าถึงข้อมูลหรือระบบที่จำเป็นต่อการทำงานได้ต่อเนื่อง และทำให้มีความพร้อมใช้งานของเครื่องแม่ข่าย ระบบต่าง ๆ ที่ใช้งานภายในบริษัทมีการใช้งานหลายระบบภายในกลุ่มของเครื่องแม่ข่ายที่กำหนดไว้ จึงทำให้ระบบของเครื่องแม่ข่ายมีการทำงานที่หลากหลาย และทำงานเต็มประสิทธิภาพสูงสุด

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ พนักงานบริษัท ซีเอส อินเจคชั่น จำกัด จำนวน 120 คน โดยเลือกแบบเจาะจงของประชากร ที่อยู่ภายในสำนักงาน จำนวน 25 คน และใช้วิธีการตามตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง บุญชม ศรีสะอาด (2560)

ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

การให้บริการระบบต่าง ๆ ที่ใช้งานอยู่ภายในบริษัท ใช้กระบวนการให้บริการโดยนำเครื่องเซิร์ฟเวอร์เพียงหนึ่งเครื่องมาประมวลผลระบบเพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่งเท่านั้น ทำให้เครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่มีอยู่ภายในบริษัทนั้นมีจำนวนที่มากขึ้นตามระบบที่ใช้งาน

จากรายละเอียดการทำงานของระบบที่ทำงานเพียงเครื่องเดียวนั้น ทำให้จำนวนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่มีอยู่ภายในบริษัทมีความจำเป็น เนื่องจากเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้งานอยู่นั้น ทำงานได้แค่เพียง 10 – 20 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดปัญหาดังต่อไปนี้

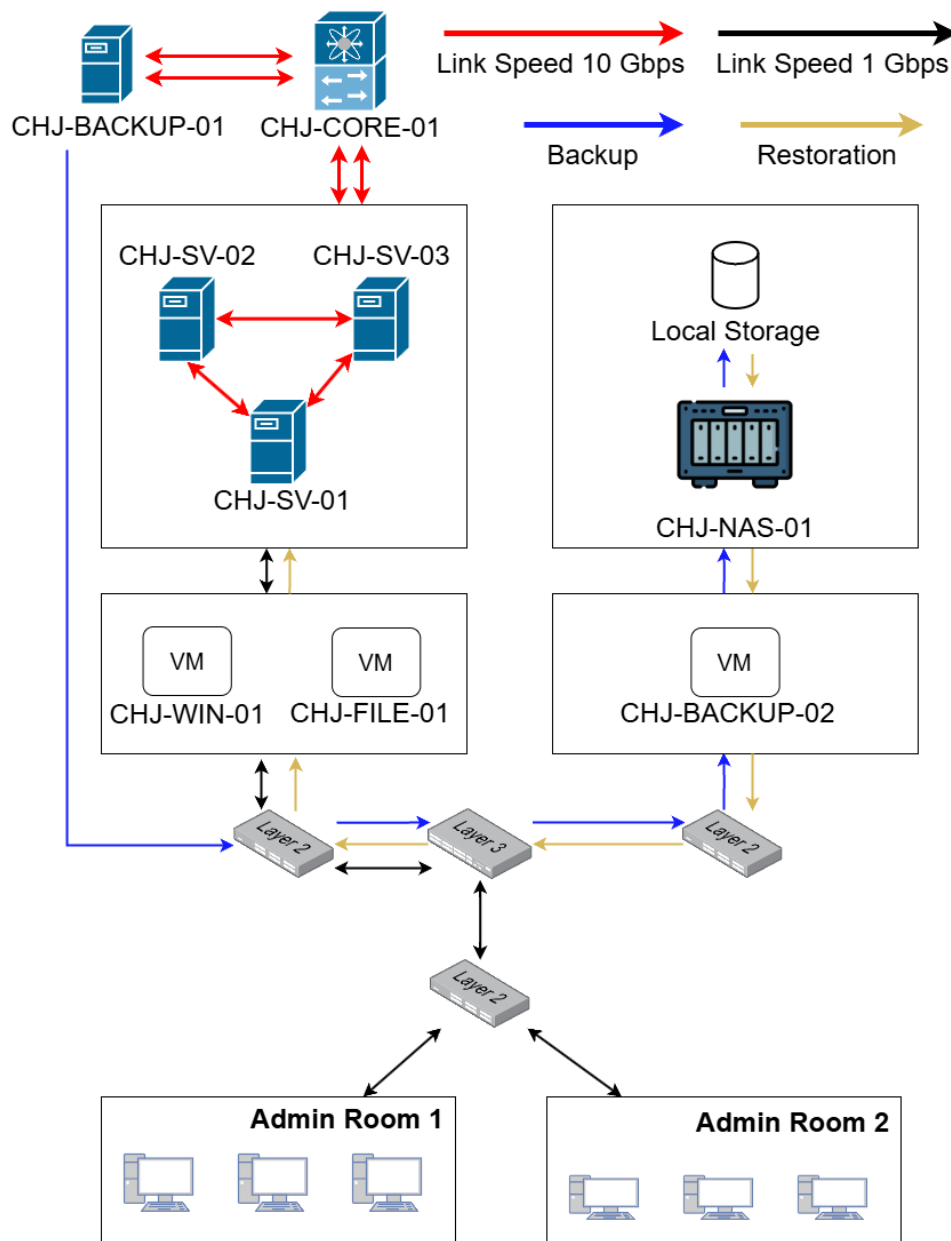
- 1) ปัญหาการว่างงานของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่มีมากเกินไป หากมีจำนวนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้งานภายในบริษัทมากเกินไป อาจทำให้ระบบไม่ยืดหยุ่นต่อการขยายตัวหรือการปรับเปลี่ยนในอนาคต เนื่องจากการขยายระบบในทุก ๆ ครั้งจะต้องคำนึงถึงพื้นที่ที่ใช้ในการจัดเก็บเครื่องเซิร์ฟเวอร์ภายในตู้ Rack เซิร์ฟเวอร์
- 2) ค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เช่น ค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษา อาจเพิ่มขึ้นโดยไม่มีผลตอบแทนที่คุ้มค่า เพราะเซิร์ฟเวอร์ไม่ได้ถูกใช้งานเต็มที่
- 3) การเสื่อมสภาพของฮาร์ดแวร์ แม้ว่าเซิร์ฟเวอร์จะไม่ถูกใช้งานหนัก แต่การเปิดเครื่องตลอดเวลาโดยไม่มีการใช้งานที่เหมาะสมอาจทำให้ฮาร์ดแวร์เสื่อมสภาพไปตามกาลเวลา
- 4) ความไม่ต่อเนื่องของการทำงาน การหยุดทำงานของเซิร์ฟเวอร์อาจทำให้การดำเนินงานภายในองค์กรหยุดชะงัก เช่น พนักงานไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลหรือระบบที่จำเป็นต่อการทำงานได้
- 5) การสูญเสียข้อมูล หากไม่มีการสำรองข้อมูลที่เพียงพอ การ Down Time ของเซิร์ฟเวอร์อาจทำให้ข้อมูลสำคัญสูญหายหรือเสียหาย
- 6) ความพร้อมใช้งานของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ ระบบต่าง ๆ ที่ใช้งานภายในบริษัทมีการใช้งานเครื่องเซิร์ฟเวอร์เพียงหนึ่งเครื่องต่อหนึ่งระบบ จึงอาจทำให้ระบบของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่มีปัญหาไม่พร้อมใช้งาน ซึ่งจะกระทบการทำงานของพนักงานภายในบริษัท

การออกแบบโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องแม่ข่าย

การออกแบบโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องแม่ข่ายหลักและเครื่องแม่ข่ายสำหรับการสำรองข้อมูล โดยจะออกแบบทั้งหมด 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 คือส่วนของคลัสเตอร์เครื่องแม่ข่าย (Servers Cluster) จะประกอบไปด้วยเครื่องแม่ข่าย 3 เครื่อง ซึ่งเครื่องแม่ข่ายที่ 1 กับ 2 มีอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลชนิด SSD 256 GB จำนวน 16 ตัว และเครื่องแม่ข่ายที่ 3 มีอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลชนิด SSD 1 TB จำนวน 3 ตัว เชื่อมต่อให้ทำงานร่วมกันเป็นคลัสเตอร์เดียวกัน

ส่วนที่ 2 คือส่วนของการสำรองข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย เพื่อใช้ในการสำรองข้อมูลจากคลัสเตอร์หลัก ซึ่งจะทำให้ระบบมีความเสถียรและความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้กันมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 1 แผนผังเส้นทางการสำรองกับกู้ข้อมูลของเครื่องแม่ข่าย

การพัฒนาระบบ

การสร้าง LXC Container ภายในระบบปฏิบัติการ Proxmox

ขั้นตอนที่ 1 สร้าง LXC Container ที่เครื่องแม่ข่าย

เริ่มต้นคลิกเลือกที่เมนู Create CT ซึ่งจะมีหน้าต่างรายละเอียดสำหรับกรอกรายละเอียดทรัพยากรที่ต้องการจำลอง โดยสรุปรายละเอียดทรัพยากร Container ที่จำลองได้แก่ CPU : 2 Core, Hostname : Container, Memory : 2 Gb, Swap Memory : 1 Gb, Storage : 8 GB OS : CentOS 9 Stream Node : CHJ-SV-03

Create: LXC Container

General

Template

Disks

CPU

Memory

Network

DNS

Confirm

Key ↑	Value
cores	2
features	nesting=1
hostname	Container
memory	2048
nameserver	192.168.10.110
net0	name=eth0,bridge=vbr0,tag=20,firewall=1,ip=dhcp
nodename	CHJ-SV-03
ostemplate	local:vztmpl/centos-9-stream-default_20240828_amd64.tar.xz
pool	
rootfs	local-zfs:8
searchdomain	Ch.local
ssh-public-keys	
swap	1024
unprivileged	1
uuid	102

☐ Start after created

Advanced ☒

Back

Finish

ภาพที่ 2 รายละเอียดทรัพยากรที่จำลองให้กับ Container

ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบการสร้าง LXC Container

ตรวจสอบการสร้าง LXC Container เพื่อให้ Container ที่สร้างขึ้นมีทรัพยากรที่จำลองตรงกับความต้องการในขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบการทำงานของ LXC Container

ตรวจสอบสถานะการทำงานของ Container ว่าทรัพยากรที่จำลองอยู่ภายใน Container นั้นสามารถทำงานร่วมกันกับเครื่องแม่ข่ายได้

การทดสอบประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพของระบบโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่ายด้วยเทคโนโลยีเครื่องเสมือนในการบริหารเซิร์ฟเวอร์ กรณีศึกษา บริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่าย จำนวน 3 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่ายด้วยเทคโนโลยีเครื่องเสมือนในการบริหารเซิร์ฟเวอร์ กรณีศึกษา บริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด โดยผู้วิจัยรวบรวมจากการศึกษาจาก

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และรวบรวมเก็บข้อมูลด้วยตนเองจากการตอบแบบสอบถาม ความพึงพอใจของพนักงานบริษัท ซีเอส อินเจคชั่น จำกัด จำนวน 25 คน และนำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูล

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจของพนักงานบริษัท ซีเอส อินเจคชั่น จำกัด และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย (Mean), ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation), IOC และค่าร้อยละ การวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้จากแบบประเมินและแบบสอบถาม โดยแบ่งได้ดังนี้ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2554)

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมินและแบบสอบถาม โดยใช้วิธีการประมวลผลทางหลักสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ และร้อยละ

2. การวิเคราะห์ความคิดเห็นเกี่ยวกับเครื่องมือที่สร้าง ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

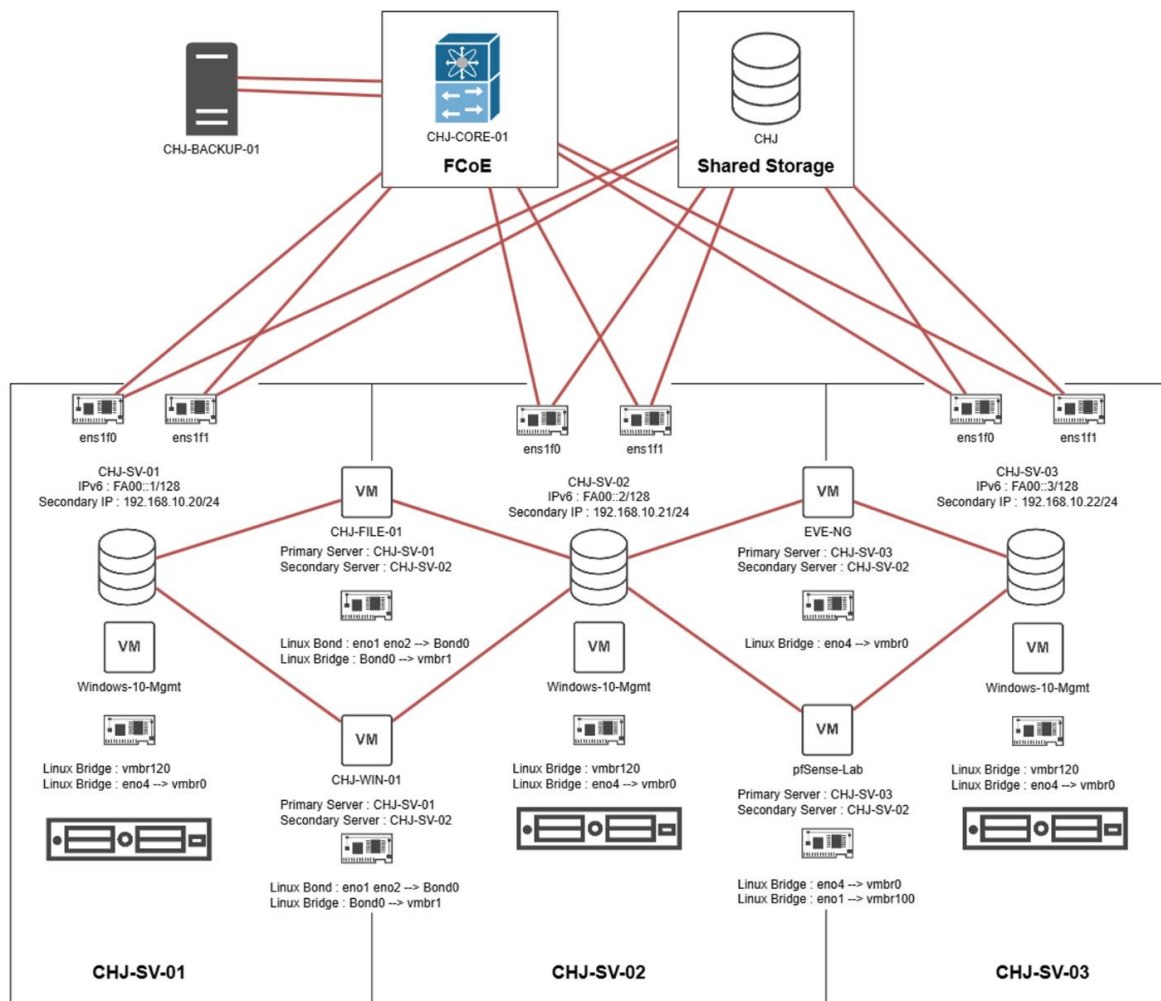
การแปลความหมาย เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับตามระดับของลิเคิร์ต (แอนเดอร์สัน, ลิเคิร์ตสเกล : 2541) ให้ครอบคลุมเนื้อหาที่ได้ออกแบบไว้โดยกำหนดระดับการวัดของเกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยดังนี้ ระดับมากที่สุด (4.21 – 5.00) ระดับมาก (3.41 – 4.20) ระดับปานกลาง (2.61 – 3.40) ระดับน้อย (1.81 – 2.60) ระดับน้อยที่สุด (1.00 – 1.80)

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่ายด้วยเทคโนโลยีเครื่องเสมือนการบริหารเซิร์ฟเวอร์วิสาหกิจบริษัท ซีเอส อินเจคชั่น จำกัด

ในส่วนของเครื่องแม่ข่ายภายในระบบมีทั้งหมด 3 เครื่อง โดยทั้ง 3 เครื่องจะมีรูปแบบการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายกับการตั้งค่าระบบเครือข่ายที่เหมือนกันได้แก่ เครื่องแม่ข่ายทั้ง 3 จะต้องเชื่อมต่อระบบเครือข่ายในรูปแบบ Peer-To-Peer ด้วยสาย SFP 10 Gbps และมีเส้นทางสำรองที่เชื่อมต่อเข้ากับ Switch ด้วยสาย UTP 1 Gbps ที่เปิดการใช้งาน Protocol OSPF กับ BFD เพื่อใช้ในการเลือกเส้นทางในการรับส่งข้อมูลที่สั้นและเร็วที่สุด และตรวจสอบเส้นทาง การรับส่งข้อมูลที่ไม่พร้อมใช้งานในระบบเครือข่าย

การจัดเก็บข้อมูลภายในเครื่องแม่ข่าย ใช้งานระบบ Ceph Storage Pool ที่เป็นระบบช่วยจัดสรรทรัพยากรพื้นที่ของเครื่องแม่ข่ายที่มีทั้งหมดเป็นระบบอัตโนมัติ ตามสัดส่วนที่ได้ตั้งค่าคือ 3 ส่วน 2 ของข้อมูล ตรวจสอบและป้องกันการรับส่งข้อมูลที่ผิดพลาดภายในระบบ Ceph Storage Pool เพื่อให้ข้อมูลมีความครบถ้วน สมบูรณ์พร้อมใช้แม้กรณีที่เครื่องแม่ข่ายภายในระบบไม่พร้อมใช้งาน



ภาพที่ 3 โครงสร้างอุปกรณ์กับการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องแม่ข่าย

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องแม่ข่าย

ตารางที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องแม่ข่ายของ VM ที่มีขนาด 16 GiB

ครั้งที่	ความเร็วการโยกย้าย VM	ระยะเวลาการโยกย้าย VM	ระยะเวลาการ Downtime	ระยะเวลาการกู้คืนระบบ
1	1.5 GiB/s	21 วินาที	381 มิลลิวินาที	3 นาที 25 วินาที 644 มิลลิวินาที
2	965 MiB/s	57.9 วินาที	501 มิลลิวินาที	4 นาที 20 วินาที 866 มิลลิวินาที
3	1.1 GiB/s	27.9 วินาที	579 มิลลิวินาที	3 นาที 49 วินาที 587 มิลลิวินาที

ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องแม่ข่ายของ VM ที่มีขนาด 16 GiB โดยภาพรวมความเร็วเฉลี่ยการโยกย้าย VM 1.1 GiB/s ระยะเวลาเฉลี่ยการโยกย้าย VM 35.6 วินาที ระยะเวลาเฉลี่ยการ Downtime 487 มิลลิวินาที และระยะเวลาเฉลี่ยการกู้คืนระบบ 3 นาที 52 วินาที 32 มิลลิวินาที

ตารางที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องแม่ข่ายของ VM ที่มีขนาด 4 GiB

ครั้งที่	ความเร็วการโยกย้าย VM	ระยะเวลาการโยกย้าย VM	ระยะเวลาการ Downtime	ระยะเวลาการกู้คืนระบบ
1	343.1 MiB/s	44.8 วินาที	319 มิลลิวินาที	2 นาที 52 วินาที 745 มิลลิวินาที
2	457.4 MiB/s	17.1 วินาที	309 มิลลิวินาที	2 นาที 54 วินาที 770 มิลลิวินาที
3	343.1 MiB/s	46.5 วินาที	207 มิลลิวินาที	3 นาที 3 วินาที 590 มิลลิวินาที

ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องแม่ข่ายของ VM ที่มีขนาด 4 GiB โดยภาพรวมความเร็วเฉลี่ยการโยกย้าย VM 381.2 MiB/s ระยะเวลาเฉลี่ยการโยกย้าย VM 36.13 วินาที ระยะเวลาเฉลี่ยการ Downtime 278 มิลลิวินาทีและระยะเวลาเฉลี่ยการกู้คืนระบบ 2 นาที 56 วินาที 858 มิลลิวินาที

3. ผลความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ 3 การประเมินความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม

รายการ	\bar{x}	S.D.	ความพึงพอใจ
1.ด้านการใช้งานระบบพื้นฐาน			
1.1 ผู้ใช้งานเข้าสู่ระบบได้อย่างสะดวกและปลอดภัย	4.48	0.94	มากที่สุด
1.2 ผู้ใช้งานเข้าถึงไฟล์และโฟลเดอร์ได้ตามที่ต้องการ	4.32	0.97	มากที่สุด
1.3 การใช้งานระบบไฟล์แชร์ช่วยให้การทำงานร่วมกัน มีความสะดวกและมีประสิทธิภาพ	4.24	0.99	มากที่สุด
1.4 การเปิดไฟล์และการถ่ายโอนไฟล์มีความถูกต้องและรวดเร็ว	4.40	0.89	มากที่สุด
1.5 ระบบเว็บแอปพลิเคชันมีอินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่ายและตอบสนองตามความต้องการ	4.24	0.99	มากที่สุด
2.ด้านความปลอดภัยและเสถียรภาพ			
2.1 ข้อมูลในระบบให้มีความความปลอดภัยและครบถ้วนสมบูรณ์	4.36	1.05	มากที่สุด
2.2 ระบบมีความเสถียรในการใช้งาน	3.64	1.05	มาก
2.3 ระบบสามารถกู้คืนการทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ	4.12	0.95	มาก
3.ด้านการสนับสนุนและการบำรุงรักษา			
3.1 ผู้ดูแลระบบสามารถช่วยเหลือและสนับสนุนการใช้งาน เมื่อมีการร้องขอ	4.60	0.89	มากที่สุด
3.2 การบำรุงรักษาระบบสามารถดูแลได้สะดวก โดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงานอื่น	4.32	0.93	มากที่สุด
	4.27	0.96	มากที่สุด

ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่ายด้วยเทคโนโลยีเครื่องเสมือนใน
กรณีศึกษาบริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด สำหรับพนักงานของบริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด ที่อยู่ภายในสำนักงาน
จำนวน 25 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.27$, S.D. = 0.96)

4. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการติดตั้งระบบ

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ต้นทุนการติดตั้งระบบ

รายการค่าใช้จ่าย	VMware vSphere	Microsoft Hyper-V	Proxmox
1.ค่าใบอนุญาต	840,000 – 2,100,000	646,275	-
2.ค่าบำรุงรักษารายปี	168,000 – 210,000	-	-
3.ค่าอัปเกรดหรือทีมสนับสนุน	70,000 – 175,000	-	3,500 – 7,000

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการติดตั้งระบบโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่ายด้วยเทคโนโลยีเครื่องเสมือนในกรณีศึกษา
บริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด จากการศึกษาพบว่า Proxmox ซึ่งเป็นโอเพนซอร์ส มีข้อได้เปรียบในด้านต้นทุนอย่างชัดเจน
เมื่อเปรียบเทียบกับ VMware vSphere และ Microsoft Hyper-V โดยแพลตฟอร์ม Proxmox ไม่มีค่าใช้จ่ายสำหรับ
ใบอนุญาตซอฟต์แวร์ และยังมีค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษาที่ต่ำกว่า อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนในระยะยาวได้อย่างมี
ประสิทธิภาพ ในทางกลับกันแพลตฟอร์ม VMware vSphere มีค่าใช้จ่ายด้านใบอนุญาตที่สูงที่สุด ทำให้เหมาะสมกับ
องค์กรขนาดใหญ่ที่ต้องการประสิทธิภาพและฟังก์ชันการทำงานขั้นสูง ขณะที่ Microsoft Hyper-V ค่าใช้จ่ายของ Windows
Server Datacenter License และการประยุกต์ใช้แพลตฟอร์ม Proxmox แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมสำหรับองค์กรที่
มุ่งเน้นการลดต้นทุนโครงสร้างพื้นฐานด้าน IT โดยไม่ลดทอนประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ทั้งนี้ การรวมทรัพยากรใน
ลักษณะคลัสเตอร์ (Cluster) ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้ Proxmox ยังช่วยลดการสูญเสียทรัพยากรที่ไม่ได้ใช้งาน และเพิ่ม
ความสามารถในการจัดสรรทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิจารณ์ผล

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องแม่ข่ายแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการจัดการและโยกย้ายเครื่อง
เสมือน (VM) อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะ VM ขนาด 16 GiB ซึ่งมีความเร็วเฉลี่ยการโยกย้ายอยู่ที่ 1.1 GiB/s และ VM
ขนาด 4 GiB อยู่ที่ 381.2 MiB/s อย่างไรก็ตาม ระยะเวลา Downtime และการกู้คืนระบบยังมีความแตกต่างกันตามขนาดของ
VM ซึ่ง VM ขนาดใหญ่ต้องใช้เวลาในการกู้คืนระบบมากกว่า สิ่งนี้ชี้ให้เห็นว่าระบบยังมีข้อจำกัดในการจัดการขนาดของ VM
และอาจต้องปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับงานขนาดใหญ่ นอกจากนี้ การใช้ Ceph Storage Pool ช่วยเพิ่ม
เสถียรภาพของระบบและลดความเสี่ยงของการสูญเสียข้อมูลได้เป็นอย่างดี แต่อาจมีความซับซ้อนในการบริหารจัดการที่
ต้องคำนึงถึงในระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อมร เจือดี และสุภาพร พรหมใส (2564)
ได้ศึกษาการพัฒนา ระบบสำรองและกู้คืนข้อมูล เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพการจัดการข้อมูลของคณะ
วิทยาการจัดการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสำรองข้อมูล ที่อยู่นอกเครือข่ายเว็บไซต์ของคณะประเมิน

ประสิทธิภาพของระบบ จากกลุ่มทดลอง 30 คนประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน จำนวน 225 คน ผลการวิจัย พบว่า StorageCraft ShadowProtect SPX ถูกใช้ในการสำรองและกู้คืนข้อมูลโดยอัตโนมัติ คอมพิวเตอร์แม่ข่ายปลายทางสามารถแชร์พื้นที่ให้คอมพิวเตอร์แม่ข่ายต้นทางสำรองข้อมูลได้ ประเมินแล้วพบว่า การกู้คืนข้อมูล มีประสิทธิภาพสูงสุด (ค่าเฉลี่ย 4.83) รองลงมาคือ ความตรงกับความต้องการของผู้ใช้ (4.77) และ การสำรองข้อมูล (4.67) การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน อยู่ในระดับสูงสุด (ค่าเฉลี่ย 4.82) โดย การตอบสนองต่อการใช้งาน และ รูปแบบการนำเสนอข้อมูล ได้คะแนนสูงสุด (4.98) รองลงมาคือ ประโยชน์ต่อการดำเนินงาน (4.95)

จากผลการประเมินความพึงพอใจแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.18$, S.D. = 0.07) โดยเฉพาะในด้านความง่ายและความปลอดภัยในการเข้าสู่ระบบ ($\bar{X} = 4.32$, S.D. = 0.80) และความเร็วในการถ่ายโอนไฟล์ ($\bar{X} = 4.24$, S.D. = 0.59) อย่างไรก็ตาม ด้านการบำรุงรักษาระบบแม้จะได้รับคะแนนที่ดี ($\bar{X} = 4.00$, S.D. = 0.81) ยังมีช่องว่างให้ปรับปรุง โดยเฉพาะการลดผลกระทบต่อการใช้งานในช่วงที่มีการบำรุงรักษา การประเมินนี้สะท้อนถึงความสำเร็จของระบบที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ในระดับสูง แต่ควรมีการติดตามและปรับปรุงต่อเนื่องเพื่อเพิ่มความพึงพอใจในทุกด้านอย่างยั่งยืน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวันตนา เสทอนตร (2562) ได้ศึกษาและการพัฒนาระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศ ภายใต้มาตรฐาน ISO/IEC 27001:2013 ศูนย์ปฏิบัติการ MOPH IDC กลุ่มผู้ให้บริการอยู่ในระดับมาก มีคะแนนเฉลี่ย 4.17 กลุ่มผู้ใช้งานทั่วไปอยู่ในระดับมาก มีคะแนนเฉลี่ย 3.98 คะแนนนี้สะท้อนถึงความพึงพอใจในคุณภาพของระบบ ทั้งในด้านการใช้งาน ความสะดวก และความปลอดภัย

สรุปผล

ผลการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานที่พัฒนาด้วยเทคโนโลยีเครื่องเสมือนสามารถปรับปรุงความคุ้มค่าของการใช้งานทรัพยากรเครื่องแม่ข่าย โดยการรวมทรัพยากรเข้าด้วยกันในลักษณะคลัสเตอร์ (Cluster) ทำให้ลดการสูญเสียทรัพยากรที่ไม่ได้ใช้งาน และสามารถจัดสรรทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการใช้ Ceph Storage Pool ช่วยเพิ่มความเสถียรและความน่าเชื่อถือของระบบ โดยยังคงความสมบูรณ์ของข้อมูลแม้ในกรณีที่เครื่องแม่ข่ายบางส่วนหยุดทำงาน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพ ระบบสามารถจัดการโยกย้าย VM ได้อย่างรวดเร็ว โดย VM ขนาด 16 GiB มีค่าเฉลี่ยความเร็วในการโยกย้ายที่ 1.1 GiB/s และระยะเวลา Downtime เฉลี่ยเพียง 487 มิลลิวินาที ซึ่งสะท้อนถึงความมีประสิทธิภาพในการลดผลกระทบต่อการใช้งานระหว่างการโยกย้าย และ VM ขนาด 4 GiB ใช้เวลาการกู้คืนระบบเฉลี่ยที่ 2 นาที 56 วินาที ซึ่งเร็วพอสมควรสำหรับการรองรับการใช้งานในระดับองค์กร

ผลการประเมินความพึงพอใจ จากกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.18$, S.D. = 0.07) โดยเฉพาะในด้านการเข้าสู่ระบบที่ง่ายและปลอดภัย ($\bar{X} = 4.32$, S.D. = 0.80) และความเร็วในการเปิดไฟล์และถ่ายโอนไฟล์ ($\bar{X} = 4.24$, S.D. = 0.59) สะท้อนถึงความเหมาะสมและประสิทธิภาพของระบบสำหรับผู้ใช้งาน และด้านการบำรุงรักษาได้รับในระดับมาก ($\bar{X} = 4.00$, S.D. = 0.81) แต่ยังสามารถปรับปรุงเพื่อลดผลกระทบต่อการใช้งานได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.บุญสืบ โพธิ์ศรี นายเมฆินทร์ วรรณศาสตร์ นางสาวภักธินันท์ จิรวันทนาเมศรี นายภัทรพล เสมอภาค และนายจิรายุ ชมนารถดิกร ที่ได้กรุณาสละเวลา ให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ ตรวจสอบในด้านเทคนิควิธีการสร้างสิ่งประดิษฐ์และการจัดทำผลงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วานิชย์บัญชา. 2554. การวิเคราะห์สถิติ สถิติเพื่อการตัดสินใจ (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญชม ศรีสะอาด. 2560. การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- สุวันทนา เสมอเนตร. 2563. การพัฒนาระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศภายใต้มาตรฐานISO/IEC 27001:2013 ศูนย์ปฏิบัติการ Ministry of Public Health Internet Data Center (MOPH IDC). วารสารวิชาการสาธารณสุข 28: 117-132.
- อมร เจือดี และสภาพร พรหมโส. 2546. การพัฒนาระบบสำรองข้อมูลเพื่อการกู้คืนข้อมูลสารสนเทศนอก เครือข่ายเว็บไซต์ของคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 23: 1-11.
- Arnold Daniels. 2021. Hypervisor คืออะไร แหล่งข้อมูล: <https://riverst.org/hypervisor-คืออะไร/>. ค้นเมื่อ 29 ธันวาคม 2567.
- Anderson, L.W. Likert Scales. 1998. Education Research Methodology and Measurement.