สำนักหอสมุด

อภินันทนาการ

การวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์
กรณีศึกษาห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF HOSTED HYPERVISOR PERFORMANCE: THE CASE OF CENTRAL FOR INFORMATION TECHNOLOGY AND COMUNICATION SERVICE'S COMPUTER LABORATORY, NARESUAN UNIVERSITY

สรพงค์ สุขเกษม

SORAPHONG SUKKASEM

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 23 ก.พ. 2565
เลขทะเบียน 10849034
เลขเรียกหนังสือ ว. ๑๓
76.76
.D47
ส223ก
2564

งานระบบเครือข่าย

กองบริการการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

มหาวิทยาลัยนเรศวร

พ.ศ. 2564

สารบัญ

บทที่ หน้า

1 บทนำ 4

ความเป็นมาของปัญหา 4

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6

ความสำคัญของการวิจัย 7

ขอบเขตของการวิจัย 7

นิยามศัพท์เฉพาะ 8

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

1. เทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชั่นบนสถาปัตยกรรม x86 9

2. แนวคิดเกี่ยวกับสมรรถนะของไฮเปอร์ไวเซอร์ 14

3. การวัดสมรรถนะของไฮเปอร์ไวเซอร์ 14

4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

3 วิธีดำเนินงานวิจัย 22

1. ขั้นเตรียมการ 22

2. ขั้นการออกแบบการทดสอบวัดสมรรถนะ 23

3. ขั้นการทดสอบสมรรถนะของของโฮสเตดไฮเปอไวเซอร์ 25

4. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล 26

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมูลดังนี้ 27

4 ผลการวิจัย 28

1. ขั้นเตรียมการ 28

2. ขั้นการออกแบบการทดสอบวัดสมรรถนะ 30

3. ขั้นการทดสอบสมรรถนะของของโฮสเตดไฮเปอไวเซอร์ 32

4. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล 34

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

5 บทสรุป 45

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 45

สรุปผลการวิจัย 49

อภิปรายผล 53

ข้อเสนอแนะ 53

บรรณานุกรม 52

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ยุทธศาสตร์การพัฒนากองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ระยะ 10 ปี (พ.ศ. 2560-2569) ได้กำหนดกรอบการพัฒนาที่มีความสอดคล้องกับแผนพัฒนามหาวิทยาลัย ระยะ 10 ปี (พ.ศ.2560-2569) และสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งเป็นความท้าทายทั้งในด้านการวางแผนและพัฒนาด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ให้มีความทันสมัยและมีความสอดคล้องกับกระแสของการเข้ามามีบทบาทของเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Technology) ในยุคเศรษฐกิจและสังคมดิจิทัล (Digital Economy) ส่งผลให้เทคโนโลยีมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการขับเคลื่อนการพัฒนามหาวิทยาลัยบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ "เป็นมหาวิทยาลัยแห่งการวิจัยและนวัตกรรม พร้อมก้าวสู่การเป็นมหาวิทยาลัยนานาชาติ" ผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพ รวมทั้งการวิจัยและพัฒนาที่ตอบสนองนโยบายของรัฐบาลในการสร้างความสามารถในการแข่งขันเพื่อให้สังคมไทยก้าวสู่ Value-based Economy หรือ "เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม" เพื่อให้ประเทศไทยสามารถพึ่งพาตนเองได้ ลดการนำเข้า และเป็นสังคมที่แบ่งปัน

การบริหารจัดการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของมหาวิทยาลัยนเรศวร ระยะ 10 ปี (พ.ศ.2560-2569) มุ่งพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของมหาวิทยาลัยนเรศวรให้มีความทันสมัยและมีความสอดคล้องกับแนวโน้มเทคโนโลยีในยุคปัจจุบันและอนาคต นำนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีที่มีความทันสมัยมาใช้งานเพื่อสร้างสรรค์องค์ความรู้และบริการสารสนเทศที่เพิ่มขีด ความสามารถ อันจะนำไปสู่การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่ารวมทั้งความสามารถพัฒนำคุณภาพบริการที่ดีให้กับนิสิตและบุคลากร เพื่อเพิ่มโอกาสและช่วยพัฒนาส่งเสริมและสนับสนุนให้มหาวิทยาลัยนเรศวรพัฒนาไปสู่ระบบการประมวลผล

ในการดำเนินการให้บริการของกองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจะทำงานร่วมกับอาจารย์และเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบการให้บริการในระดับคณะและหน่วยงานต่าง ๆ และมีการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้ปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง ทำให้กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารได้ข้อมูลมาพัฒนาการให้บริการ ทั้งจากผู้ใช้บริการโดยตรงและผู้ให้บริการระดับคณะและหน่วยงานต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง

การให้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์เป็นบริการที่สำคัญบริการหนึ่งของกองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ปัจจุบันมีห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์สำหรับการเรียนการสอนจำนวน 2 ห้อง ห้องละ 40 เครื่อง ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ชุดนี้ เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องจำนวน 2167 เครื่อง ที่กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารได้ได้รับมอบหมายให้ทำการจัดสรรให้กับหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งมหาวิทยาลัย

การให้บริการห้องคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดการเรียนการสอน มักพบปัญหาเกี่ยวกับการติดตั้งซอฟต์แวร์ที่หลากหลายมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีสาเหตุเนื่องจากมีรายวิชาที่เปิดสอนและมีการจัดฝึกอบรมมาใช้บริการมากขึ้นและพบว่า ซอฟต์แวร์บางตัว ไม่สามารถติดตั้งร่วมกับซอฟท์บางตัวได้ ซอฟต์แวร์แต่ละตัวไม่สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการรุ่นเก่าได้แต่มีซอฟต์แวร์ที่ไม่สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการรุ่นใหม่ได้ บางครั้งต้องติดตั้งหลายระบบปฏิบัติการในเครื่องเดียว ด้วยความยุ่งยากซับซ้อน ความต้องการที่หลายหลาย และเวลาที่จำกัดทำให้บางครั้งผู้ดูห้องปฏิบัติการไม่สามารถติดตั้งซอฟต์แวร์ได้ตามความต้องการของผู้ขอใช้บริการ ผู้วิจัยจึงค้นคว้าหาแนวทางในการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์สำหรับการเรียนการสอนเพื่อการตอบสนองที่ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้งาน และเป็นแนวทางในการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์ในห้องปฏิบัติการให้คุ้มค่าเต็มประสิทธิภาพมากที่สุด

เทคโนโลยีเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน (Virtualization) เป็นการจำลองการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์หลาย ๆ เครื่องให้ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียวได้ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่จำลองขึ้นแต่ละเครื่องจะถูกเรียกว่า เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน (Virtual Machine) ในเทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชั่น จะมีซอฟท์แวร์ที่ชื่อว่า ไฮเปอร์ไวเซอร์ (Hypervisor) หรืออาจเรียกว่า เวอร์ชวลแมชชีนมอนิเตอร์ (Virtual Machine Monitor: VMM) ทำหน้าที่เป็นตัวกลาง ช่วยในการจัดการและจัดสรรการใช้ทรัพยากรของระบบร่วมกัน รวมถึงการแปลคำสั่งจาก Virtual Machine ไปเป็นคำสั่งระบบของเครื่อง ไฮเปอร์ไวเซอร์ มี 2 ประเภท คือ 1) เนทีฟไฮเปอร์ไวเซอร์ (Native Hypervisor) เป็นสถาปัตยกรรมที่ติดบนเครื่องทางกายภาพได้โดยตรง นิยมใช้ในการให้บริการเครื่องแม่ข่ายเสมือน หรือใช้ในห้องศูนย์ข้อมูล และ 2) โฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ (Hosted Hypervisor) ในสถาปัตยกรรมแบบนี้ ต้องติดตั้งระบบปฏิบัติการบนเครื่องกายภาพก่อนติดตั้งไฮเปอร์ไวโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการ สำหรับการทดสอบระบบ หรือการเขียนโปรแกรม ซึ่งส่วนใหญ่มักนิยมติดตั้งลงบนเครื่องพีซี หรือ โน๊ตบุ๊ค และใช้งานส่วนตัว ตัวอย่างซอฟต์แวร์ที่ใช้สถาปัตยกรรมแบบโฮสเตดนี้คือ VMware Workstation , Hyper-V และ VirtualBox เป็นต้น

ด้วยความหลากหลายของผู้พัฒนาไฮเปอร์ไวเซอร์ดังกล่าว จึงเกิดแนวคิดในการเปรียบเทียบสมรรถนะโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ กรณีศึกษาห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวรขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์แต่การเลือกใช้งานไฮเปอร์ไวเซอร์ในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาให้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารและห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อื่น ๆ ให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้บริการและใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การเปรียบเทียบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ กรณีศึกษาห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวรมีวัตถุประสงค์ทั่วไป และวัตถุประสงค์เฉพาะ ดังนี้

วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อการเปรียบเทียบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ กรณีศึกษาห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร

วัตถุประสงค์เฉพาะ

1. เพื่อทดสอบสมรรถนะของซอฟท์แวร์ Hyper-V ที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับให้บริการในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ อาคารศูนย์บริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

2. เพื่อทดสอบสมรรถนะของซอฟต์แวร์ VMWare Workstation ที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับให้บริการในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ อาคารศูนย์บริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

3. เพื่อทดสอบสมรรถนะของซอฟต์แวร์ VirtualBox ที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับให้บริการในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ อาคารศูนย์บริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

4. เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของซอฟต์แวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์ Hyper-V VMWare Workstation และ VirtualBox ที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับให้บริการในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ อาคารศูนย์บริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

ความสำคัญของการวิจัย

1. เป็นทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ในชุดที่กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารได้จัดสรรให้กับหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งมหาวิทยาลัยจำนวน 2,167 เครื่อง ทำให้ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องเหล่านี้ได้โดยตรง

2. เป็นแนวทางการตัดสินใจการนำซอฟต์แวร์เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนมาใช้งานได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้บริการ รองรับการให้บริการที่หลากหลาย

3. เป็นแนวทางการใช้งานทรัพยากรคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมากขึ้น

4. เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ช่วยลดเวลาในการดำเนินการบริหารจัดการทรัพยากรคอมพิวเตอร์ในห้องปฏิบัติการ

ขอบเขตของการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยการใช้งานซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เสมือนไว้โดยมีรายละเอียดการวิจัยต่อไปนี้

1. ติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เสมือนแตกต่างกันประกอบด้วย

1.1 โฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ (Hosted Hypervisor) ที่ใช้ศึกษา

1.1.1 วีเอ็มแวร์เวิร์กสเตชั่นเวอร์ชั่น 15 โปร สำหรับระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (VMware Workstation 15 Pro for Windows)

1.1.2 เวอร์ชวลบอกซ์ (VirtualBox 6.0)

1.1.3 ไฮเปอร์-วี (Hyper-V for Windows 10)

1.2 ระบบปฏิบัติการสำหรับคอมพิวเตอร์เสมือน (Guest OS) ที่จะใช้ศึกษา

1.2.1 ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดวส์10 แบบ 64 บิต (Microsoft Window 10 64bit)

1.2.2 ระบบปฏิบัติการอูบุนตู (Ubuntu 19.04) 1.2.1 ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดวส์10 แบบ 64 บิต (Microsoft Window 10 64bit)

1.3 ระบบปฏิบัติการสำหรับเครื่องกายภาพ(Host OS) ได้แก่

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. เวอร์ชวลไลเซชั่นเทคโนโลยี (Virtualization Technology) คือเทคโนโลยีที่มีความสามารถในการแบ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ทางกายภาพ (Physical Machine) 1 เครื่อง ให้เป็นเครื่องเสมือนอย่างน้อยอีก 1 เครื่อง โดยเครื่องเสมือนแต่ละเครื่องสามารถโต้ตอบอย่างอิสระกับอุปกรณ์แอปพลิเคชั่นข้อมูลและผู้ใช้อื่น ๆ ราวกับว่ามันเป็นทรัพยากรทางกายภาพ(Physical Machine) ที่แยกต่างหาก นอกจากนี้เครื่องเสมือนที่แต่ละเครื่องสามารถติดตั้งระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกันและติดตั้งแอพพลิเคชั่นได้อย่างอิสระ โดยการใช้ทรัพยากรของคอมพิวเตอร์ทางกายภาพที่มีอยู่จริง

2. ไฮเปอร์ไวเซอร์ (Hypervisor) เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้บริการจัดการเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน

3. โฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ (Hosted Hypervisor) เป็นสถาปัตยกรรมรูปแบบหนึ่งของซอฟท์แวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์ ทำต้องทำงานบนระบบปฏิบัติการอื่น ไม่สามารถติดตั้งได้โดยตรงกับฮาร์ดแวร์ นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ หรือใช้ในการทดสอบระบบ

4. เครื่องโฮส (Host Machine) คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ทางกายภาพ ที่ติดตั้งซอฟแวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์ สำหรับการสร้างเครื่องแสมือนได้

5. เครื่องเกสท์ (Guest Machine) คือ เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน (Virtual Machine) ที่ทำงานอยู่บนไฮเปอร์ไวเซอร์

6. ระบบปฏิบัติการของเครื่องโฮส (Host Operating System (Host OS)) ระบบปฏิบัติการที่ติดตั้งอยู่ในเครื่องทางกายภาพ(Physical Machine) ก่อนติดตั้งโฮสเตดไฮเบอร์ไวเซอร์

7. ระบบปฏิบัติการของเครื่องเกสท์ (Guest Operating System (Guest OS)) ระบบปฏิบัติการที่ถูกติดตั้งบนทรัพยากรเสมือน ที่ถูกสร้างขั้นโดยซอฟต์แวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์

8. วีทีเอเนเบิ้ล (Virtualization Technology Enabled) เทคโนโลยีที่สนับสนุนการ ทำงานของไฮเปอร์ไวเซอร์ได้โดยตรงโดยปราศจาก Third-Party Software ในการจำลอง (Simulate) อุปกรณ์เสมือนขึ้นมา ที่รู้จักโดยทั่วไปคือ VTx ของ Intel Processors และ AMD-V ของ AMD Processor

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเปรียบเทียบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ กรณีศึกษาห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นการวิจัยเชิงทดลอง(Experimental Research)ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีหลักการตลอดผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องครอบคลุมเนื้อหาตามลำดับ ดังนี้

1. เทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชั่น
   1.1 ความเป็นมาของเทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชั่น
   1.2 ประเภทของเวอร์ชวลไลเซชั่น
   1.3 ไฮเปอร์ไวเซอร์ที่นิยมใช้บนระบบปฏิบัติการ Windows 10
2. แนวคิดเกี่ยวกับสมรรถนะของไฮเปอร์ไวเซอร์
3. เครื่องมือสำหรับการวัดสมรรถนะของไฮเปอร์ไวเซอร์
   3.1 ข้อจำกัดและแนวทางในการวัดสมรรถนะของไฮเปอร์ไวเซอร์
   3.2 เครื่องมือสำหรับการวัดสมรรถนะของไฮเปอร์ไวเซอร์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชั่น

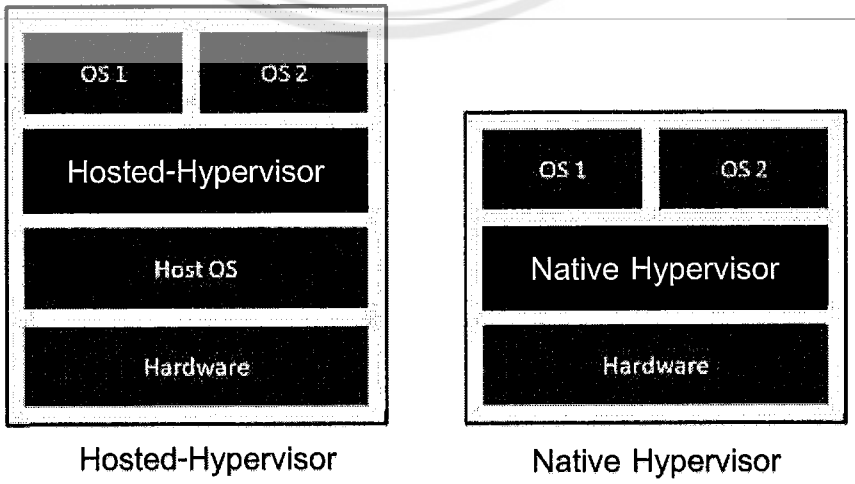
เทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชั่นเป็นเทคโนโลยีที่สามารถแบ่งเครื่องคอมพิวเตอร์กายภาพ (Physical Computer) 1 เครื่อง ให้เป็นเครื่องเสมือนอย่างน้อยอีก 1 เครื่อง โดยเครื่องเสมือนแต่ละเครื่องสามารถโต้ตอบอย่างอิสระกับอุปกรณ์แอปพลิเคชั่นข้อมูลและผู้ใช้อื่น ๆ ราวกับว่ามันเป็นทรัพยากรทางกายภาพ(Physical) ที่แยกต่างหาก นอกจากนี้เครื่องเสมือนที่แต่ละเครื่องสามารถติดตั้งระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกันและติดตั้งแอพพลิเคชั่นได้อย่างอิสระ โดยการใช้ทรัพยากรของคอมพิวเตอร์ทางกายภาพที่มีอยู่จริง และเนื่องจากเครื่องเสมือนแต่ละเครื่องนั้นถูกแยกออกจากเครื่องเสมือนจริงอื่น ๆ หากระบบใดระบบหนึ่งมีปัญหาจึงไม่ส่งผลกระทบต่อเครื่องเสมือนอื่น ๆ (McCabe, 2019).

1.1 ความเป็นมาของเทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชั่น

เทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชั่น(Virtualization) ได้ถูกคิดค้นขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1960 โดยบริษัทไอบีเอ็ม เพื่อใช้กับคอมพิวเตอร์เมนเฟรม ตระกูล S370 เป็นเครื่องขนาดใหญ่และมีราคาแพงมาก จึงเกิดมาจากแนวคิดที่ว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำงานแบบหนึ่งเครื่องต่อหนึ่งแอพพลิเคชั่นนั้น ไม่สามารถใช้งานประสิทธิภาพของเครื่องได้อย่างเต็มความสามารถ ดังนั้นหากจะสามารถนำเอาทรัพยากรที่ไม่ได้ถูกใช้งานมาใช้งานในด้านอื่นก็จะได้มีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น ด้วยปัจจัยด้านความต้องการเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันผู้ผลิตซอฟท์แวร์ชั้นนำต่าง ๆ ทั่วโลกมุ่งมั่นที่จะเพิ่มการใช้ประโยชน์ด้วยความยืดหยุ่นและความคุ้มค่าในระบบคอมพิวเตอร์แบบกระจาย ทำให้ผู้ผลิตซอฟท์แวร์ เช่น VMWare, Citrix, Microsoft, IBM, RedHat และผู้ค้ารายอื่น ๆ แข่งขันกันพัฒนาและนำเสนอโซลูชั่นทางด้านเทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชั่นอย่างต่อเนื่องจนมาถึงปัจจุบัน (McCabe, 2019)

1.2 หลักการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์เสมือน

ส่วนประกอบของฮาร์ดแวร์ที่สำคัญของเครื่องคอมพิวเตอร์ คือ หน่วยประมวลผลกลาง(CPU) หน่วยความจำ(RAM) ฮาร์ดดิสก์(Hard Disk)และอุปกรณ์ติดต่อกับเครือข่าย ในเทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชั่นจะมีซอฟท์แวร์ที่ชื่อว่า ไฮเปอร์ไวเซอร์ (Hypervisor) หรืออาจเรียกว่า เวอร์ชวลแมชชีนมอนิเตอร์ (Virtual Machine Monitor: VMM) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางช่วยในการจัดการและจัดสรรการใช้ทรัพยากรของระบบร่วมกันรวมถึงการแปลคำสั่งจาก Virtual Machine ไปเป็นคำสั่งระบบของเครื่อง



รูปที่ 2.1 ประเภทของไฮเปอร์ไวเซอร์

ไฮเปอร์ไวเซอร์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1.2.1 Type 1 –เนทีฟไฮเปอร์ไวเซอร์ (Native Hypervisor) แบบนี้จะมีเลเยอร์เพิ่มขึ้นมาอีก 1 เลเยอร์จากรูปแบบของเครื่องทางกายภาพ คือ Virtualization Layer ซึ่ง จะอยู่เหนือบนฮาร์ดแวร์ ทำให้มีความสามารถในการเข้าถึงทรัพยากรฮาร์ดแวร์ได้โดยตรง ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้ระบบปฏิบัติการในการเข้าถึงฮาร์ดแวร์ ซึ่งต่างจากแบบโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ที่ต้องอาศัยระบบปฏิบัติการในการเข้าถึงฮาร์ดแวร์ ทำให้ซอฟต์แวร์ที่ใช้เป็นระบบคอมพิวเตอร์เสมือนแบบเนทีฟไฮเปอร์ไวเซอร์ มักถูกใช้ทำเป็นระบบคอมพิวเตอร์เสมือนในห้องแม่ข่ายหรือศูนย์ข้อมูลมากกว่าสถาปัตยกรรมแบบโฮสเตด ตัวอย่างซอฟต์แวร์ที่ใช้สถาปัตยกรรมนี้คือ VMware ESXi,Citrix XenServer และ Microsoft Hyper-V เป็นต้น จากรูปที่ 2.1

1.2.2 Type 2 – โฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ (Hosted Hypervisor) ในสถาปัตยกรรมแบบนี้ Virtualization Layer จะอยู่เหนือบนระบบปฏิบัติการของเครื่องคอมพิวเตอร์ทางกายภาพ และนั่นหมายความว่าในขั้นตอนการติดตั้งจำเป็นต้องติดตั้งระบบปฏิบัติการบนเครื่องโฮสก่อนที่จะติดตั้งโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ เมื่อติดตั้งโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์เสร็จจึงจะสามารถสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนขึ้นมาได้ จากนั้นจึงติดตั้งระบบปฏิบัติการลงบนเครื่องเสมือน ระบบปฏิบัติการที่ถูกติดตั้งลงบนระบบคอมพิวเตอร์เสมือนจะถูกเรียกว่า "ระบบปฏิบัติการเกสท์ (Guest Operation System)" สำหรับโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์นิยมใช้ สำหรับการทดสอบระบบ หรือการเขียนโปรแกรม ซึ่งส่วนใหญ่มักนิยมติดตั้งลงบนเครื่องพีซี หรือ โน๊ตบุ๊ค และใช้งานส่วนตัว ตัวอย่างซอฟต์แวร์ที่ใช้สถาปัตยกรรมแบบโฮสเตดนี้คือ VMware Workstation , Hyper-V และ VirtualBox เป็นต้น

1.3 ไฮเปอร์ไวเซอร์ที่นิยมใช้บนระบบปฏิบัติการ Windows 10

1.3.1 VMware Workstation VMware มาจากการผสมคำว่า VM (Virtual Machine) กับ Ware (Software) เข้าด้วยกัน เป็นซอฟแวร์ที่ไม่เปิดเผยโค้ดของบริษัท VMware, Inc. ซึ่งเป็นผู้นำของตลาด Virtualization ซึ่ง VMware ติดตั้งได้ทั้ง Windows, Linux และ Mac OS X และมีสำหรับเวอร์ชั่นของคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่สามารถติดตั้งบนฮาร์ดแวร์ได้โดยตรง ไม่ต้องอาศัยระบบปฏิบัติการเลย ผลิตภัณฑ์ของ VMware สำหรับเครื่องแม่ข่าย เช่น VMware Workstation,VMware GSX Server ,VMware ESX Server, VMware ESXi

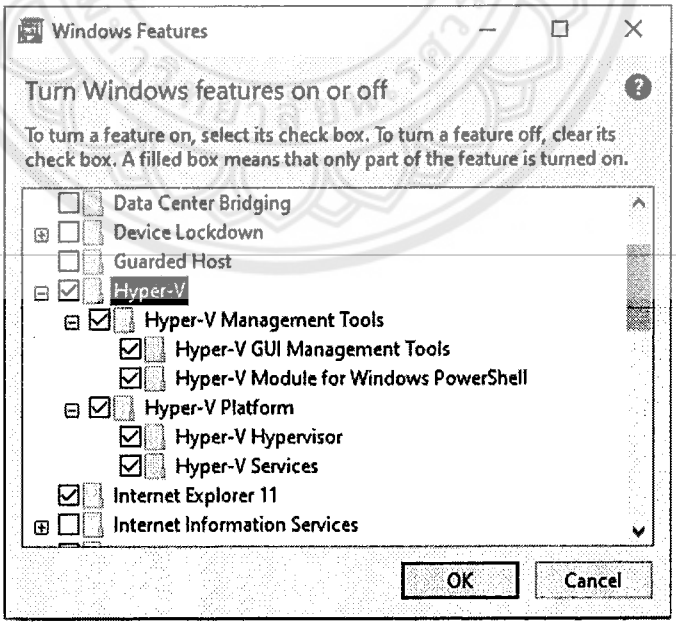
VMware Workstation เป็น software ที่มีความสามารถในการทำ Virtual Machine บน Desktop สามารถใช้ OS หลายๆ ตัวไม่ว่าจะเป็น Microsoft Windows, Linux, Mac OS และ Novell Netware บนเครื่องเดียวกันและพร้อมๆกันได้

1.3.2 Microsoft Hyper-V Hyper-V บน Windows 10 หรือ Client Hyper-V เป็นเทคโนโลยีการจำลองเครื่องเสมือนที่ทำให้สามารถรันคอมพิวเตอร์เสมือน (Virtual Machine) ได้พร้อมกันหลายตัวพร้อมกันบนเครื่องคอมพิวเตอร์ทางกายภาพ (Physical Machine) เพียงเครื่องเดียว โดย Hyper-V บน Windows 10 นั้นทำงานอยู่บนแพลตฟอร์มเดียวกันกับ Hyper-V ที่ใช้บน Windows Server และมีให้ใช้ครั้งแรกใน Windows 8

การติดตั้ง Hyper-V บน Windows 10 ทำได้เฉพาะในระบบปฏิบัติการโฮสต์ Windows 10 Pro 64-บิต และ Windows 10 Enterprise 64-บิต เท่านั้นมีขั้นตอนดังนี้

1) ป้อน Hyper-v ลงในช่อง Search the web and Windows จากนั้นคลิก Turn Windows features on or of

2) บนหน้า Turn Windows features on or off ให้คุณคลิกเลือก Hyper-V อย่าลืมตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้เลือกทั้ง Hyper-V Management Tools และ Hyper-V Platform เสร็จแล้วคลิก OK ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การติดตั้ง Hyper-V

1.3.3 VirtualBox มีชื่อเต็มว่า Oracle VM VirtualBox เป็นซอฟต์แวร์จำลองระบบคอมพิวเตอร์ (Virtualization) ของโอราเคิล (เดิมเป็นของ Sun Microsystem) VirtualBox เป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพสูง มีฟีเจอร์การทำงานหลากหลาย และสนับสนุนการทำงานครอบคลุมระบบปฏิบัติการทุกแพลตฟอร์มทั้ง Windows, MAC OS, Linux และ Solaris

VirtualBox 6.0 รองรับเวอร์ชันใหม่ล่าสุดของระบบปฏิบัติการที่นิยมมีใช้งานในปัจจุบัน ได้แก่ Mac OS X, Windows, Oracle Linux, Oracle Solaris, และ Linux อื่น ๆ รวมถึงระบบปฏิบัติการรุ่นเก่าอื่นๆ

VirtualBox เป็นโซลูชันจำลองระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถรองรับตั้งแต่การใช้งานส่วนตัวไปจนถึงการใช้งานในบริษัทขนาดใหญ่เป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สที่อนุญาตให้ใช้งานได้ฟรีภายใต้ไลเซนส์แบบ GNU General Public License (GPL)

1.4 ประโยชน์ของไฮเปอร์ไวเซอร์

1.4.1 นักพัฒนา Software และผู้ทำการทดสอบ software ซึ่งสามารถทำการทดสอบและ Integration ของ Multi-Tier-Application ไม่ว่าจะทำงานบนระบบปฏิบัติการเดียวกันหรือต่างระบบปฏิบัติการกันบนเครื่องๆเดียวกัน โดยไฮเปอร์ไวเซอร์สามารถเก็บสถานะของระบบเพื่อเรียกคืนค่าของระบบกลับมาได้โดยง่ายช่วยประหยัดเวลาในการบริหารจัดการเครื่องเป็นอย่างมาก

1.4.2 ผู้ที่มีความจำเป็นต้องใช้ Legacy Application สามารถใช้ไฮเปอร์ไวเซอร์เพื่อให้เครื่องพีซีสามารถติดตั้งระบบปฏิบัติการเก่าๆ บนเครื่องเสมือนเครื่องหนึ่งเช่น DOS เพื่อใช้งาน Legacy Application พร้อมกับติดตั้งระบบปฏิบัติการใหม่ๆ บนเครื่องเสมือนอีกเครื่องหนึ่งเพื่อทดสอบความพร้อมในการทำ Migrationได้

1.4.3 สำหรับห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์หรือห้องเรียนคอมพิวเตอร์ ด้วยความสามารถในการบันทึกสถานะของสภาพแวดล้อมในการทำงานของเครื่องเสมือน และสามารถเรียกคืนสภาพแวดล้อมนั้นกลับมาได้ ช่วยประหยัดเวลาในการเตรียมห้องปฏิบัติการสำหรับการเรียนการสอนได้เป็นอย่างมาก

1.4.4 เพิ่มประสิทธิภาพในการให้คำปรึกษาทางด้านการใช้บริการเทคโนโลยีสารสนเทศของ Help Desk หรือ Technical Service Team ด้วยความสามารถในการทำการโคลนนิ่งเครื่องของผู้ใช้งานที่มีปัญหาเพื่อทำการทดสอบโดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องของผู้ใช้งานมาทดสอบ

2. แนวคิดเกี่ยวกับสมรรถนะของไฮเปอร์ไวเซอร์

สัญญา คลองในวัย (2544) กล่าวว่า การวัดสมรรถนะเชิงโปรแกรม เป็นการวัดสมรรถนะในส่วนการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์โดยรวมเมื่อทำงานกับโปรแกรมประยุกต์ประเภทต่างๆ ซึ่งกลุ่มของโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้ทดสอบจะเป็นโปรแกรมที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น โปรแกรม ชุดออฟฟิศ เว็บเบราว์เซอร์ โปรแกรมชุดกราฟิก โดยจำลองสภาพแวดล้อมการทำงานในการ ทดสอบด้วยเครื่องมือซอฟต์แวร์ประเมินสมรรถนะ (benchmark) ที่ใช้สำหรับทดสอบสมรรถนะของระบบในแต่ละด้าน การทดสอบด้วยซอฟต์แวร์ประเมินสมรรถนะเป็นสิ่งที่ละเอียดอ่อน เนื่องจากมีปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมของการทดสอบที่อาจส่งผลกระทบต่อค่าสมรรถนะที่วัดได้ ดังนั้น ความเข้าใจในวัตถุประสงค์ของซอฟต์แวร์ประเมินสมรรถนะ ความเข้าใจระบบพื้นฐานทาง ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่ทำการทดสอบจึงเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญต่อการวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำ

3. การวัดสมรรถนะของไฮเปอร์ไวเซอร์

3.1 แนวทางในการวัดสมรรถนะของไฮเปอร์ไวเซอร์

Georges (2010) ได้ศึกษาวิธีการวัดประสิทธิภาพของระบบเวอร์ชวลไลเซชั่น พบว่า ยังไม่มีซอฟต์แวร์หรือเครื่องมือชนิดใดที่สามารถวัดประสิทธิภาพของไฮเปอร์ไวเซอร์ ได้โดยตรง เนื่องมาจากการทำงานในระบบเวอร์ชวลไลเซชั่นจะมีส่วนที่ทำงานอยู่อย่างน้อยสองงานคือ ระบบปฏิบัติการของเครื่องเกสท์ที่ทำงานอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนและตัวไฮเปอร์ไวเซอร์เองที่คอยบริหารจัดการเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนดังนั้นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อวัดประสิทธิภาพของ Virtualization ในปัจจุบันจึงทำในลักษณะการวัด Throughput รวมของระบบทั้งหมดเท่านั้น

3.2 เครื่องมือสำหรับการวัดสมรรถนะของไฮเปอร์ไวเซอร์

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการวัดสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่มีการใช้งาน ระบบปฏิบัติการเกสท์ 2 ระบบ คือ ระบบปฏิบัติการ Linux และระบบปฏิบัติการ Windows จากการทบทวนเอกสารพบว่า แต่ละระบบปฏิบัติการมีเครื่องมือที่ใช้ในการวัดสมรรถนะแตกต่างกันไป ดังนี้

3.2.1 เครื่องมือสำหรับการวัดสมรรถนะสำหรับระบบปฏิบัติการ Windows

1) 3Dmark เป็นโปรแกรมทดสอบสมรรถนะในด้านกราฟิก 3 มิติ ด้วยไดเร็กซ์เอ็กซ์ โดยมีการทดสอบ Hader Mode 12.0 และ 3.0 ทดสอบเรนเดอร์กราฟิก 3 มิติ ด้วยหน่วยประมวลผลกลางโดยจะวัดค่า fts (จำนวนภาพต่อวินาที) แล้วมาประมวลให้เป็นคะแนนเพื่อง่ายต่อ

การเปรียบเทียบ เพื่อนำไปเทียบสมรรถนะการใช้งานทั่วไปอยู่ระดับไหน ควรปรับกราฟิกอย่างไร เป็นต้น

2) PC Mark โปรแกรมการเปรียบเทียบสำหรับ Windows คอมพิวเตอร์ที่มีช่วงของการทดสอบการออกแบบสถานการณ์ผู้ใช้ทั่วไป การทดสอบแต่ละให้คะแนนซึ่งสามารถใช้เพื่อเปรียบเทียบ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่แตกต่างกัน

3) Si Software Sandra เป็นโปรแกรมที่มีฟังก์ชั่นเปรียบเทียบข้อมูลจากค่าที่ได้กับมาตรฐานสากล หรือที่เรียกว่าการ ทำ "Benchmarking" ไว้ตรวจสอบความเร็วของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลอย่างฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk) หรือแม้แต่อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลที่พกพา (Removable Storage) อาทิ ฮารดดิสกภายนอก (External Hard Disk) ฮาร์ดดิสก์พกพา(Portable Hard Disk) แฟลชไดร์ฟ(USB Flash Drive) มันสามารถใช้ตรวจสอบไฟล์ในระบบรวมไปถึง ความเร็วในการส่งไฟล์ของอุปกรณ์มือถือ ความเร็วของระบบปฏิบัติการ การแสดงผลวิดีโอ การทำงานของหน่วยความจำและความเร็วในการรับส่งข้อมูลของเครือข่าย และอีกมากมายที่ผู้ใช้จะสามารถตรวจสอบได้ใช้ใน การตรวจดูสมรรถนะเครื่องก่อนและหลังการใช้งาน

4) GeekBench 4.0.1 โปรแกรมนี้ใช้สำหรับทดสอบการทำงานและการประมวลผลหรือการทดสอบ CPU และหน่วยความจำ RAM ของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่คุณกำลังใช้งานอยู่ โปรแกรม Geekbench ตัวนี้รองรับการทำงานได้ทั้งคอมพิวเตอร์ทั่วไป และ Mac ต่างๆ ทั้งยังรวมไปถึงเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค(Notebook) ได้ทุกรุ่น ช่วยเช็คเผื่อกรณีที่ต้อง ใช้เครื่องนั้นๆ ในการใช้โปรแกรม หรือกิจกรรมอื่น แบบไม่หนักเครื่องจนเกินไป โดยหลักๆแล้วมันจะแจ้งรายละเอียดสเปคคร่าวๆ ของเครื่องให้ทราบและทำการประมวลออกมาเป็น ตัวเลขให้เรา เทียบค่า และยังแสดงค่าการประมวลผลของซีพียูอีกด้วย โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ คอร์เดียว (Single-Core) และแบบมัลติคอร์ (Multi-Core) ซึ่งมั่นใจได้ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์รุ่นเก่า หรือไม่ก็ใช้โปรแกรมนี้ได้แน่นอน โดยมันจะนำค่าที่ทดสอบได้ ไปเปรียบเทียบ (Benchmark) กับค่ากลางที่เขามีและรายงานให้คุณทราบว่า เครื่องคอมพิวเตอร์คุณมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับใด

5) WinSAT(Windows System Assessment Tool) เป็นโมดูลของระบบปฏิบัติการ Windows มีหน้าที่ในการประเมินสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์และความสามารถด้านฮาร์ดแวร์ที่ใช้อยู่ รายงานผลเป็นคะแนน Windows Experience Index (WEI) คะแนนที่คำนวณโดย WinSAT จะแนะนำให้ผู้ใช้ทราบว่าพีซีภายใต้การปฏิบัติงานและมีสมรรถนะอยู่ในระดับใดจากคะแนนเต็ม 10 ของแต่ละด้าน ตัวอย่าง เช่น ถ้าคุณมีคะแนนต่ำในหมวด RAM หมายความว่าคุณควรอัพเกรดหน่วยความจำคอมพิวเตอร์ของคุณเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ

การใช้งานคำสั่ง WinSAT สามารถใช้งานผ่านคอมมานด์ไลน์การประเมินสมรรถนะของระบบปฏิการ Windows 10 มีรูปแบบการเรียกใช้คำสั่งดังนี้

- winsat cpuformal ใช้ทดสอบสมรรถนะ CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้ว ให้คะแนน

- winsat memformal ใช้ทดสอบสมรรถน RAM ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้ว ให้คะแนน

- winsat graphicsformal ใช้ทดสอบสมรรถนะ graphics ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้ว ให้คะแนน

- winsat diskformal ใช้ทดสอบสมรรถนะ primary hard disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้ว ให้คะแนน.

3.2.2 เครื่องมือสำหรับการวัดสมรรถนะสำหรับระบบปฏิบัติการ Linux

ผู้วิจัยเลือกใช้ Phoronix Test Suite เป็นโปรแกรมสำหรับทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานระบบปฏิบัติการ Linux โปรแกรมนี้มีความสามารถในการทดสอบสมรรถนะการทำงานของทรัพยากรต่าง ๆ โดยการติดตั้งโปรแกรมส่วนขยายสำหรับตรวจสอบสมรรถนะด้านต่าง ๆ ได้หลากหลาย โดยผู้วิจัยได้เลือกโปรแกรมส่วนขยายสำหรับตรวจสอบสมรรถนะในการวิจัยครั้งนี้ ดังรายการต่อไปนี้

1) John The Ripper ใช้ทดสอบสมรรถนะ CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน

2) OpenArena ใช้ทดสอบสมรรถนะ graphics ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน

3) T-Test1 ใช้ทดสอบสมรรถน RAM ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้ว ให้คะแนน

4) fs-mark ใช้ทดสอบสมรรถนะ primary hard disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน.

4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยในประเทศ

ศุภกิจ พฤกษอรุณ(2554) ศึกษาการประยุกต์สภาวะแวดล้อมการประมวลผลแบบเสมือนบนระบบคลัสเตอร์ขนาดใหญ่ ในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในปัจจุบันเทคโนโลยีคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในงานด้านวิทยาการเชิงคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นผลมาจากพัฒนาแบบก้าวกระโดดของเทคโนโลยีหน่วยประมวลผล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีมัลติคอร์ ได้ส่งผลให้ขีดความสามารถในการประมวลผล เพิ่มขึ้นแบบทวีคูณ ส่งผลให้การพัฒนาซอฟแวรต์ไม่สามารถเรียกใช้ทรัพยากรในปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงได้มีการนำเทคโนโลยีระบบคอมพิวเตอร์เสมือนซึ่งเป็นเทคโนโลยีในการจัดการ และอนุญาตให้ระบบปฏิบัติการหลายระบบสามารถทำงานบนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เดียวกันและพร้อมกันได้โดยยังคงรักษาไว้ในเรื่องของความปลอดภัย ในการเข้าถึงทรัพยากร และยังคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพของระบบส่งผลให้มีการบริหารจัดการทรัพยากรคอมพิวเตอร์เป็นไปอย่างคุ้มค่ามากขึ้น ในงานวิจัยเป็นการนำเสนอถึงองค์ประกอบ และกรอบการทำงานในการประยุกต์เทคโนโลยี ระบบคอมพิวเตอร์เสมือนเข้ากับระบบคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์ โดยอาศัยกลไกของระบบจัดการสภาวะแวดล้อมแบบเสมือนและระบบจัดการคลังข้อมูล ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมกับโปรแกรมประยุกต์ในของแต่ละผู้ใช้ได้โดยไม่มีผลกระทบอันเนื่องมากจากการรบกวนอันเนื่องมาจากความเข้ากันไม่ได้ของระบบ ความไม่สอดคล้องของไลบรารี่ ตลอดจนความแตกต่างของระบบปฏิบัติการ ขึ้งเทคโนโลยีระบบคอมพิวเตอร์เสมือนส่งเสริมในเรื่องของการใช้งานทรัพยากรให้คุ้มค่า และประหยัดพลังงาน

เกษมานันท์ นพจรูญศรี(2555) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพซอฟต์แวร์ ประเภทไฮเปอร์ไวเซอร์บนสถาปัตยกรรม X86 หลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรม เครือข่าย ในยุคปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วเมื่อเทียบกับยุคสมัยก่อนมาก และสิ่งหนึ่งที่ ผลักดันนั่นก็คือ เทคโนโลยีสารสนเทศซึ่งได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันอย่างมากและปัจจุบัน เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายได้ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจึงทำให้มีแนวคิดในการใช้งานประสิทธิภาพ ของเครื่องแม่ข่ายได้อย่างเต็มประสิทธิภาพจึงเป็นเหตุผลให้เทคโนโลยีระบบคอมพิวเตอร์เสมือน เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานของระบบ เนื่องจากการทำระบบคอมพิวเตอร์เสมือนนั้นสามารถช่วยให้องค์กรสามารถลดค่าใช้จ่าย เพิ่มเสถียรภาพของระบบปรับเปลี่ยนโครงสร้างระบบให้รองรับความต้องการได้ในทุกสถานการณ์ อีกทั้งยังสะดวกต่อการดูแลรักษาระบบทั้งที่เป็นซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ และยังใช้งานทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มากขึ้น จะเห็นได้ว่าระบบโครงสร้างพื้นฐานในหลายๆ องค์กรพยายามปรับตัวเข้าหาเทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชั่น วัตถุประสงค์ของการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ประเภทไฮเปอร์ไวเซอร์บนสถาปัตยกรรม X86 จัดทำเพื่อให้เห็นผลลัพธ์เพื่อใช้เป็นข้อพิจารณาในการเลือกใช้เทคโนโลยีระบบคอมพิวเตอร์เสมือน ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ให้เหมาะสมกับองค์กรของท่านซึ่งถูกพัฒนามาจากหลากหลายเทคนิคที่แตกต่างกัน เพื่อที่จะสามารถบริหารจัดการทรัพยากรในระบบคอมพิวเตอร์เสมือนให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ธนธาร ธนวรวงศ์(2549) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ ในการนำเทคโนโลยีของ VMware เข้ามาปรับปรุงการทำงาน และใช้งานภายในบริษัท ไทยพาณิชย์นิวยอร์คไลฟ์ประกันชีวิต จำกัด มหาชน โดยในการวิจัย จะเป็นการศึกษาถึง ความเป็นไปได้ในการนำระบบ Virtualized เข้ามาใช้งานภายในบริษัทฯ เพื่อใช้ในการปรับปรุง แก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น ทั้งนี้ทางผู้วิจัยฯ ได้ดำเนินการทดสอบการทำงานโดยการจำลองระบบลงบน VMware Virtual System และในการทดสอบมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะได้ทราบถึงการยอมรับจากผู้ใช้งานก่อนที่จะมีการศึกษาและวิเคราะห์อย่างละเอียดอีกครั้งต่อไป ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ เก็บข้อมูล โดยใช้แบบสอบถาม ถามผู้ใช้งานระบบสารสนเทศทั้งหมดของบริษัทฯ และนำเสนอใน รูปแบบของแผนภูมิในการวิเคราะห์

สุวัฒน์ ทองคงใหม่(2555)ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เสมือนสำหรับองค์กร การค้นคว้าอิสระเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา แนวทางปฏิบัติในการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เสมือนมาประยุกต์ใช้ภายในองค์กร เพื่อลดเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับศูนย์ข้อมูลขององค์กร แต่ยังคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพและ ระดับการให้บริการที่ดีเหมือนเดิม การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองโดยนำระบบคอมพิวเตอร์เสมือนมาติดตั้งใช้แทนระบบเดิม โดยมีเครื่องมือประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย 2 เครื่องที่ทำงานร่วมกันเป็นระบบคดัสเตอร์ (Clustering) กับที่จัดเก็บข้อมูลภายนอก หนึ่งชุด และใช้ระบบปฏิบัติการ VMWARE VSPHERE 4.1 ESSENTIAL PLUS จากนั้นทำการย้ายเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายเดิมที่มีทั้งหมด 42 เครื่องไปเป็นระบบคอมพิวเตอร์เสมือน ทดสอบการใช้งาน แล้วจึงคำนวณและเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างระบบเดิมกับระบบคอมพิวเตอร์เสมือน

ผลจากการศึกษาพบว่าการนำระบบคอมพิวเตอร์เสมือนมาใช้องค์กรสามารถลดเงิน ลงทุนของระบบสารสนเทศจากเดิม 5,057,700.00 บาท เป็น 3,057,600.00 บาท หรือลดลงได้ ร้อยละ 39.55 ส่วนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานพบว่าสามารถลดลงได้จากเดิม 532,370.00 บาท เป็น 169,037.00 บาทต่อเดือน หรือ ร้อยละ 68.25 และต้นทุนรวมในการเป็นเจ้าของระบบตลอดอายุการ ใช้ 5 ปีพบว่าสามารถลดได้จาก 36,999,900.00 บาทเป็น 13,199,820.00 บาท หรือคิดเป็น

ร้อยละ 64.32 นอกจากนี้ระบบใหม่ที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นเพราะจะช่วยลดเวลาที่เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายปิดให้บริการอันเนื่องมาจากฮาร์ดแวร์ชำรุดหรือการบำรุงรักษาและมีความยืดหยุ่นในการ จัดสรรทรัพยากรของระบบ

โกสินทร์ แก้วหนูนา(2553) ได้ศึกษาระบบเสมือนแบบซ้อนทับบนสภาพแวดล้อมการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ ปัจจุบันเทคโนโลยีระบบคอมพิวเตอร์เสมือนนั้นได้มีบทาทในระบบสารสนเทศขององค์กร มากขึ้นช่วยให้สามารถใช้งานทรัพยากรร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เทคโนโลยีระบบ คอมพิวเตอร์เสมือน หรือซอฟต์แวร์เวอร์ชวลไลเซชั่นทำหน้าที่จำลองระบบเสมือนหลายระบบให้ใช้งานพร้อมกันได้บนฮาร์ดแวร์เดียวกันเรียกว่า ไฮเปอร์ไวเซอร์ (Hypervisor)ในวิทยานิพนธ์นี้เสนอระบบเสมือนแบบซ้อนทับที่ผสมผสานกันระหว่างเวอร์ชวลไลเซชั่นเทคนิคแบบ Para-Virtualization (ESXi) และเวอร์ชวลไลเซชั่นเทคนิคแบบ OS-Level (BSDJail) เสนอวิธีการออกแบบระบบเสมือนแบบซ้อนทับ แสดงผลการวัดประสิทธิภาพของ ระบบเสมือนแบบซ้อนทับบนสถาปัตยกรรม X86 และแสดงตัวอย่างการคำนวณค่าใช้จ่ายจากการ กำหนดราคาของผู้ให้บริการบนกลุ่มเมฆในปัจจุบัน โดยที่ระบบเสมือนแบบซ้อนทับช่วยลด ค่าใช้จ่ายได้มากกว่า 25% เนื่องจากทำการรวมการใช้งานหลายอินสแตนซ์บนกลุ่มเมฆเป็นการปรับ ใช้อินสแตนซ์เดียวที่มีขนาดใหญ่กว่าบนกลุ่มเมฆ เครื่องมือวัดประสิทธิภาพ (Benchmark) ของ ระบบที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้คือ HPL Apache และ iPerf ผลจากการทดสอบระบบเสมือนแบบ ซ้อนทับให้ประสิทธิภาพไม่ต่างกับระบบเสมือนแบบไม่ซ้อนทับ การนำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ สามารถนำไปใช้ได้กับองค์กรหรือหน่วยงานที่มีการใช้งานหลายอินสแตนซ์บนกลุ่มเมฆ

ณัฐกร เฉยศิริ(2554) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ปัจจุบันการสร้างเครื่องแม่ข่ายเสมือนด้วยซอฟต์แวร์พัฒนามาจากหลายเทคนิค ทำให้มีประสิทธิภาพและความเหมาะสมกับระบบงานที่แตกต่างกัน การศึกษาวิจัยครั้งนี้มุ่งวัดและ เปรียบเทียบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ที่ใช้ทำเครื่องแม่ข่ายเสมือนโดยใช้เทคนิค Hardware assisted virtualization ว่าซอฟต์แวร์ของแต่ละค่ายจะสามารถใช้ประสิทธิภาพในส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ได้อัตราเท่ากันหรือไม่ ด้วยการจำลองสภาพแวดล้อมของเครื่องแม่ข่ายเสมือนและ Workoad ที่ใช้ในศูนย์ข้อมูลขึ้นมาทดสอบ แล้ววัดประสิทธิภาพของแต่ละเครื่องแม่ข่ายเสมือนในรูปแบบ Troughput โดยมีเครื่องมือทดสอบเป็น Apache JMeter, PgBench, FFSB และ Iperf ผลการศึกษาพบว่า VMware และ MS Hyper-V มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพการทำงานต่างกัน โดย VMware จะมีอัตราการลดลงของประสิทธิภาพต่ำกว่าใน 3 ระบบงานคือ Database Server, Application Server, File Server และมีอัตราเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพสูงกว่าในระบบงาน Mail Server แต่มีอัตราการลดลงของ

ประสิทธิภาพที่สูงว่าในระบบงาน Web Server และพบว่าแต่ละระบบงานด้านไอทีที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพต่างกัน ซึ่งระบบ Database Server มีอัตราการลดลงของประสิทธิภาพที่สุดคือ ใน VMware -5.80% และใน MS Hyper-V -9.40% ส่วนระบบงาน Mail Server มีอัตราการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพมากที่สุดคือใน VMware 8.25% และใน MS Hyper-V 6.17%

เปรมพล นิลโต(2554) มหาวิทยาลัยมหิดล ปัจจุบันทางมหาวิทยาลัยมหิดล ได้มีการใช้อุปกรณ์ทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเข้ามาช่วยเหลือบุคลากรในการทำงานให้ดียิ่งขึ้น ถูกต้องและรวดเร็วกว่าเดิมจึงทำให้อุปกรณ์จำพวก เครื่องแม่ข่าย เครื่องจัดเก็บข้อมูลส่วนกลาง ขยายเพิ่มมากขึ้น ผู้วิจัยจึงเห็นว่าประโยชน์ของระบบเสมือน โดยนำเทคโนโลยีของทางไมโครซอฟท์ที่มีชื่อว่า Hyper-V มาใช้เพื่อแก้ปัญหาพร้อมทั้งเพื่อพัฒนาระบบ ให้มีประสิทธิภาพ และเพียงพอต่อการใช้งาน และรองรับการขยายตัวในอนาคต เพื่อในนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้งานจริง จะเห็นได้ว่าสามารถรองรับ และตอบสนองความต้องการใช้งานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของผู้ใช้งานทั่วไปและผู้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่ต้องการได้เป็นอย่างดี ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าสามารถช่วยพัฒนาและแก้ไขปัญหา พร้อมยังรองรับเทคโนโลยีในอนาคตได้เป็นอย่างดียิ่ง

4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

เชน และคณะ (Chen,et al.,2008) ได้ศึกษาเทคโนโยยีเวอร์ชวลไลเซชั่น พบว่า เทคโนโลยี Hardware Assisted บน สถาปัตยกรรมแบบ X86 มีต้นแบบมาจากเทคโนโลยีการสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนบน IBM s/370 โดยจะมี Privileged Instruction ดักจับทุก ๆ คำสั่งของระบบปฏิบัติการเกสท์ แล้วส่งให้เวอร์ชวลแมชชีนมอนิเตอร์(VMM) ด้วยคำสั่งที่แตกต่างจากคำสั่งของระบบปฏิบัติการเกสท์เครื่องอื่น ๆ เนื่องจากสถาปัตยกรรมของ IBM s/370 แตกต่างกับสถาปัตยกรรมแบบ X86 จึงไม่สามารถใช้วิธีการนี้กับสถาปัตยกรรมแบบ X86 ได้ การทำงานของเทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชั่น บนสถาปัตยกรรม x86 จึงจำเป็นต้องมีต้องอาศัยซอฟต์แวร์พิเศษที่ทำหน้าที่ในการชี้ขาดว่าเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนเครื่องไหนที่จะสามารถใช้งานทรัพยากรอะไรได้โดยไม่ส่งผลกระทบกับเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนเครื่องอื่น ๆ และพบว่าเครื่องแม่ข่ายเสมือนส่วนใหญ่จะใช้เทคนิคนี้ในการสร้างคอมพิวเตอร์เสมือน

มูอีน อัดดิน (Mueen Uddin,2010) ได้ศึกษาเรื่อง Server consolidation: An Approach to make Data CentersEnergy Efficient & Green พบว่ากระบวนการที่ศูนย์ข้อมูลใช้ในการนำระบบเทคโนโลยีเสมือนจริงมาใช้งานประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก คือ การตรวจนับและประเมินเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้อยู่ การเลือกชนิดหรือสถาปัตยกรรมของระบบเซิร์ฟเวอร์เสมือนที่จะใช้ การ

ประเมินและเลือกฮาร์ดแวร์ การติดตั้งโครงสร้างขั้นพื้นฐาน และการบริหารจัดการระบบเซิร์ฟเวอร์เสมือนให้มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ศูนย์ข้อมูลจะต้องให้ความสำคัญกับการพิจารณาในเรื่องของความล้มเหลวของระบบเซิร์ฟเวอร์เสมือนอันเกิดมาจากการชำรุดของอุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์ตัวใดตัวหนึ่ง และจะทำให้โปรแกรมประยุกต์ทั้งหมดในระบบเซิร์ฟเวอร์เสมือนไม่สามารถให้บริการได้

แทน ที และคณะ(Tan, T., Simmonds and others, 2011) ได้ทำการศึกษาการเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนจริงโดยกำหนดให้จำลองส่วนเก็บข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างใน เครื่องแม่ข่ายกับ อุปกรณ์เก็บข้อมูลบนเครือข่าย ใช้โปรแกรมบริหารจัดการ Xen ได้ผลการเปิดเชิงเวลาที่อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน และในการทดสอบนี้มีการจำลองภาระงานในลักษณะของเครื่องแม่ข่ายแบบ LAMP รูปแบบบริการเว็บและฐานข้อมูล

อาดัมส์ และ เอคเซน (Adams & Agesen, 2006) ได้ทำการทดสอบและเปรียบเทียบการทำงานระหว่างซอฟท์แวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์(Software VMM)กับฮาร์ดแวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์(Hardware VMM) พบว่า ซอฟท์แวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์ทำงานโดยใช้เทคนิค binary translation (BT) สำหรับการในการให้บริการเครื่องเกสท์ในกระกูล x86 ต่างกับฮาร์ดแวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์ เครื่องเกสท์จะทำงานโดยเชื่อมต่อกับฮาร์แวร์โดยตรง การทดสอบผ่านการคำนวณปริมาณงานที่รองรับได้ในบริบทต่าง ๆ พบว่าปริมาณงานที่รองรับได้ของทั้งสองระบบไม่แตกต่างกันมากแม้ว่าฮาร์ดแวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์จะมีราคาสูงกว่าซอฟท์แวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์ ทั้งนี้เป็นเพราะฮาร์ดแวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์ที่ทำมาทดสอบเป็นรุ่นแรก ผู้ทดสอบหวังว่าจะมีการพัฒนาซอฟท์แวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์รุ่นต่อไปให้มีประสิทธิภาพในการำงาน มีความยืดหยุ่นในการใและมีความสะดวกในการติดตั้งใช้งานเพิ่มมากขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การเปรียบเทียบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ กรณีศึกษาห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นการวิจัยเชิงทดลอง(Experimental Research) ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเตรียมการ
2. ขั้นการออกแบบการทดสอบสมรรถนะ
   2.1 กำหนดสมรรถนะของคอมพิวเตอร์เสมือนที่ต้องการทดสอบ
   2.2 คัดเลือกเครื่องมือสำหรับการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน
   2.3 ออกแบบสภาพแวดล้อมของการทดสอบสมรรถนะ
3. ขั้นการทดสอบสมรรถนะ
   3.1 ทดสอบสมรรถนะของ Hyper-V
   3.2 ทดสอบสมรรถนะของ VMWare
   3.3 ทดสอบสมรรถนะของ VirtualBox
4. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

1. ขั้นเตรียมการ

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ค้นคว้าทบทวนเอกสารรวบรวมข้อมูล และจัดเตรียมทรัพยากรที่เกี่ยวข้องและจำเป็นต้องใช้ในการดำเนินการเปรียบเทียบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ กรณีศึกษาห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.1 จัดเตรียมเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้เป็นเครื่องโฮส

จัดเตรียมเครื่องคอมพิวเตอร์จากห้องปฏิบัติการ กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องโฮส จำนวน 3 เครื่องโดยแต่ละเครื่องเป็นเครื่องที่มียี่ห้อ และรุ่นเดียวกัน มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ พร้อมติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 64bit ใหม่ทั้งหมด เหมือนกับเครื่องที่ใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการฯ

1.2 **ตรวจสอบคุณสมบัติและความต้องการระบบของไฮเปอร์ไวเซอร์**

ดำเนินการตรวจสอบสอบคุณสมบัติและความต้องการของระบบโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ที่ใช้การทดลองทั้ง 3 ระบบ คือ 1)Hyper-V สำหรับ Windows 10 2)VMware Workstation 15 Pro for Windows และ3) VirtualBox 6.0 for Windows แล้วบันทึกสรุปเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเตรียมการติดตั้ง

2. ขั้นการออกแบบการทดสอบวัดสมรรถนะ

2.1 การกำหนดสมรรถนะของคอมพิวเตอร์เสมือนที่ต้องการวัด

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการวัดสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่มีการใช้งานระบบปฏิบัติการเกสท์ 2 ระบบ คือ ระบบปฏิบัติการ Linux และระบบปฏิบัติการ Windows และกำหนดสมรรถนะที่ต้องการวัดเพื่อเปรียบเทียบ คือ สรรถภาพของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) สมรรถนะของหน่วยความจำหลัก(RAM) สมรรถนะของหน่วยความจำลอง(Hard Disk) และสรรถภาพด้านการแสดงผล(Graphic) โดยเลือกจากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ร่วมงานและเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบด้านเทคโนโลยีสารสนเทศประจำคณะและหน่วยงานต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยนเรศวร ทั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การจัดสรรทรัพยากรให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนทุกเครื่องเท่ากัน เพื่อให้สามารถรองรับการติดตั้งระบบปฏิบัติการเกสท์ทั้งสองได้ ดังนี้

1. CPU 1 Core
2. Ram 4096 MB
3. Hard Disk 100 GB

2.2 คัดเลือกเครื่องมือสำหรับการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้คัดเลือกเครื่องมือสำหรับการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ให้สามารถทดสอบสมรรถนะได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

2.2.1 เครื่องมือสำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 ผู้วิจัยเลือกใช้โมดูล WinSAT ในการประเมินสมรรถนะของระบบปฏิการ Windows 10 มีรูปแบบการเรียกใช้คำสั่ง ดังนี้

winsat cpuformal ใช้ทดสอบสมรรถนะ CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน

winsat memformal ใช้ทดสอบสมรรถน RAM ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน

winsat graphicsformal ใช้ทดสอบสมรรถนะ graphics ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้ว ให้คะแนน

winsat diskformal ใช้ทดสอบสมรรถนะ primary hard disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้ว ให้คะแนน.

2.2.2 เครื่องมือสำหรับทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux/Ubuntu ผู้วิจัยเลือกใช้ phoronix-test-suite ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux โดยผู้วิจัยได้เลือกโปรแกรมส่วนขยายสำหรับการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ทำงานบน phoronix-test-suite เพื่อให้ phoronix-test-suite มีความสามารถในการประเมินสมรรถนะในด้านต่าง ๆ ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

John The Ripper ใช้ทดสอบสมรรถนะ CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน

OpenArena ใช้ทดสอบสมรรถนะ graphics ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน

T-Test1 ใช้ทดสอบสมรรถน RAM ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน

fs-mark ใช้ทดสอบสมรรถนะ primary hard disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน.

2.3 ออกแบบสภาพแวดล้อมและติดตั้งระบบเพื่อการการทดสอบสมรรถนะของโฮสเตดเวอร์ชวลไลเซชั่น

2.3.1 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 และโปรแกรมพื้นฐานสำหรับการใช้งานในห้องปฏิบัติการจริง ด้วยวิธีการโคลนนิ่ง ให้กับเครื่องทั้ง 3 เครื่องที่เตรียมไว้

2.3.2 ติดตั้งไฮเปอร์ไวเซอร์ Hyper-V for Windows 10 บนครื่อง Host1 VMware Workstation 15 Pro for Windows บนเครื่อง Host2 และติดตั้ง VirtualBox 6.0 บนเครื่อง Host3

2.3.3 สร้างเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนบนแต่และไฮเปอร์ไวเซอร์อย่างละ 2 เครื่อง

2.3.4 ติดตั้งระบบปฏิบัติการและเครื่องมือสำหรับทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่สอดคล้องกับระบบปฏิบัติการเกสท์ ดังตารางที่ 3.2

ว. QA
76.76
.D47
ส323ก
2564
1049034
สำนักหอสมุด
23 ก.พ. 2565

ตาราง 3.2 แสดงการจัดเตรียมสภาพแวดล้อมสำหรับการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่สอดคล้องกับระบบปฏิบัติการเกสท์

Host	Hypervisor	Virtual Machine	Guest OS
Host1	Hyper-V	VM11	Windows 10
		VM12	Linux (Ubuntu 19.04)
Host2	VMWare Workstation	VM21	Windows 10
		VM22	Linux (Ubuntu 19.04)
Host3	VirtualBox	VM31	Windows 10
		VM32	Linux (Ubuntu 19.04)

3. ขั้นการทดสอบสมรรถนะของของโฮสเตดไฮเปอไวเซอร์

3.1 ทดสอบสมรรถนะของ Hyper-V

ดำเนินการทดสอบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ที่ชื่อ Hyper-V ซึ่งติดตั้งอยู่บนเครื่อง Host 1 ผ่านการทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน 2 เครื่องในการวิจัยครั้งนี้ตั้งชื่อว่า VM11 และ VM12 ดังนี้

3.1.1 VM11 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ WinSAT เพื่อบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ

3.1.2 VM12 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux (Ubuntu 19.04) แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ Phoronix-Test-Suite เพื่อบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ

3.2 ทดสอบสมรรถนะของ VMWare Workstation

ดำเนินการทดสอบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ที่ชื่อ VMware Workstation 15 Pro for Windows ซึ่งติดตั้งอยู่บนเครื่อง Host 2 ผ่านการทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน 2 เครื่องในการวิจัยครั้งนี้ตั้งชื่อว่า VM21 และ VM22 ดังนี้

3.2.1 VM21 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ WinSAT เพื่อบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ

3.2.2 VM22 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux (Ubuntu 19.04) แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ Phoronix-Test-Suite เพื่อบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ

3.3 ทดสอบสมรรถนะของ VirtualBox

ดำเนินการทดสอบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ที่ชื่อ VirtualBox 6.0 ซึ่งติดตั้งอยู่บนเครื่อง Host 3 ผ่านการทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน 2 เครื่องในการวิจัยครั้งนี้ตั้งชื่อว่า VM31 และ VM32 ดังนี้

3.3.1 VM31 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ WinSAT เพื่อบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ

3.2.2 VM32 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux (Ubuntu 19.04) แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ Phoronix-Test-Suite เพื่อบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ

4. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

นำผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแต่ละด้านของทุกเครื่องที่ได้บันทึกไว้มาวิเคราะห์และแปลความหมายเชิงพรรณนา ดังนี้

4.1 ข้อมูลที่ได้จาก WinSAT

คะแนนที่ได้จาก WinSAT มีการแบ่งระดับคะแนนเป็น 0 ถึง 10 เท่ากันทุกสมรรถนะ และในการทดสอบแต่ละรอบจะได้ค่าออกมาเท่ากันทุกครั้ง ผู้วิจัยจึงนำมาวิเคราะห์และแปลความหมายจากคะแนนที่ได้โดยไม่จำเป็นต้องคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.2 ข้อมูลที่ได้จาก Phoronix-Test-Suite

เป็นข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมเสริมสำหรับการทดสอบสมรรถนะแต่ละด้านที่มีจำนวนระบบจะกำหนดรอบในการวัดไม่เท่ากัน และค่าที่วัดได้ในแต่ละครั้งมักไม่เท่ากัน ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดแต่ละรอบมักไม่เท่ากัน ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ การหาค่ากลางของสมรรถนะแต่ละด้านด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต และตรวจสอบการกระจายของข้อมูลด้วย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วจึงนำเสนอข้อสรุปเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างโฮสเตดไฮเปอไวเซอร์ทั้ง 3 คือ Hyper-V VMWare Workstation และ VirtualBox

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมูลดังนี้

5.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต หรือ Mean

ใช้เพื่อคำนวนหาค่ากลางซึ่งเป็นตัวแทนของสมรรถนะแต่ละด้านของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแต่ละเครื่อง มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

โดยที่ $\bar{x}$ แทนค่าเฉลี่ยเลขคณิตของสมรรถนะแต่ละด้าน

$\sum x$ แทนผลรวมสมรรถนะด้านนั้น ๆ ที่วัดได้ทั้ง 5 รอบ

N แทนจำนวนรอบ ในที่นี้มีค่าเท่ากับ 5

5.2 **ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือ** Standard Deviation

ใช้เพื่อคำนวณหาความกระจายของข้อมูล ที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะแต่ละด้านของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแต่ละเครื่อง มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

โดยที่ S แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\bar{x}$ แทนค่าเฉลี่ยเลขคณิตของสมรรถนะแต่ละด้าน

x_i แทนค่าสมรรถนะในด้านนั้น ๆ ที่วัดได้แต่ละรอบ

N แทนจำนวนรอบ ในที่นี้มีค่าเท่ากับ 5

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การเปรียบเทียบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ กรณีศึกษาห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเตรียมการ

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ค้นคว้ารวบรวมข้อมูล และจัดเตรียมทรัพยากรที่เกี่ยวข้องและจำเป็นต้องใช้ในการดำเนินการเปรียบเทียบสมรรถนะของซอฟต์แวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์

1.1 จัดเตรียมเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้เป็นเครื่องโฮส

จัดเตรียมเครื่องคอมพิวเตอร์จากห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องโฮส จำนวน 3 เครื่องโดยแต่ละเครื่องเป็นเครื่องที่มียี่ห้อ และรุ่นเดียวกัน มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ สรุปได้ดังนี้

Processor	Intel(R) Core(TM) i3-7100T
RAM	8 GB
OS	Windows 10 Pro
Hard Disk	1 TB
Graphic Card	Intel(R) HD Graphics 630

เมื่อทดสอบสมรรถนะทั้ง 3 เครื่อง ด้วย WinSAT ได้ข้อมูลที่ตรงกันดังนี้ (แต่ละด้านคะแนนเต็ม 10)

CPUScore	: 8.8
DiskScore	: 5.9
GraphicsScore	: 5.8
MemoryScore	: 8.8

ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ว่าเป็นเครื่องที่ใช้งานทั่วไปได้ดีเนื่องจากสมรรถนะทุกด้านผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 แต่ไม่เหมาะกับการใช้งานด้านกราฟิกและการสร้างงานมัลติมิเดียที่จำเป็นต้องมีการเขียนอ่านข้อมูลขนาดใหญ่และแสดงภาพที่มีความละเอียดสูง เนื่องจากสมรรถนะด้านกราฟิกและด้านฮาร์ดดิสก์ มีคะแนนอยู่ในระดับกลาง ๆ เท่านั้น (ร้อยละ 59 และร้อยละ 58)

1.2 ตรวจสอบคุณสมบัติและความต้องการระบบของไฮเปอร์ไวเซอร์

1) Hyper-V for Windows 10 มีความต้องการระบบขั้นต่ำ ดังนี้

- ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro หรือ Enterprise 64 bit
- หน่วยประมวลผลกลาง Intel หรือ AMD 64 bit ที่ผลิตหลังปี 2011
- หน่วยความจำหลัก (RAM) 4GB

2) VMware Workstation 15 Pro for Windows มีความต้องการระบบขั้นต่ำ ดังนี้

- ระบบปฏิบัติการ 64 bit เช่น Windows 10 Windows 8 Windows 7 Windows Server 2016 Windows Server 2012 Windows Server 2008 Ubuntu 8.04 and above Red Hat Enterprise Linux 5 and above CentOS 5.0 and above Oracle Linux 5.0 and above openSUSE 10.2 and above SUSE Linux 10 and above
- หน่วยประมวลผลกลาง Intel หรือ AMD 64 bit ที่ผลิตหลังปี 2011
- หน่วยความจำหลัก (RAM) 2GB

3) VirtualBox 6.0 for Windows มีความต้องการระบบขั้นต่ำ ดังนี้

- ระบบปฏิบัติการ 64 bit Windows 10 Windows 8 Windows 7 Windows Server 2016 Windows Server 2012 Windows Server 2008 Ubuntu 8.04 and above Red Hat Enterprise Linux 5 and above CentOS 5.0 and above Oracle Linux 5.0 and above openSUSE 10.2 and above SUSE Linux 10 and above
- หน่วยประมวลผลกลาง Intel หรือ AMD 64 bit ที่ผลิตหลังปี 2011
- หน่วยความจำหลัก (RAM) 512 MB

จากข้อมูลในขั้นเตรียมการนี้จะเห็นได้ว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้ง ณ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มีคุณสมบัติที่เหมาะสมและสามารถติดตั้งระบบโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์สำหรับการทดลองในการวิจัยครั้งนี้ได้

2. ขั้นการออกแบบการทดสอบวัดสมรรถนะ

2.1 การกำหนดสมรรถนะของคอมพิวเตอร์เสมือนที่ต้องการวัด ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการวัดสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่มีการใช้งาน ระบบปฏิบัติการเกสท์ 2 ระบบ คือ ระบบปฏิบัติการ Linux และระบบปฏิบัติการ Windows และกำหนดสมรรถนะที่ต้องการวัดเพื่อเปรียบเทียบ คือ สรรถภาพของหน่วยประมวลผลกลาง(CPU) สมรรถนะของหน่วยความจำหลัก (RAM) สมรรถนะของหน่วยความจำลอง(Hard Disk) และสรรถภาพด้านการแสดงผล(Graphic) โดยเลือกจากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ร่วมงานและเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบด้านเทคโนโลยีสารสนเทศประจำคณะและหน่วยงานต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยนเรศวร ทั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การจัดสรรทรัพยากรให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนทุกเครื่องเท่ากัน เพื่อให้สามารถรองรับการติดตั้งระบบปฏิบัติการเกสท์ทั้งสองได้ ดังนี้

1. CPU 1 Core
2. Ram 4096 MB
3. Hard Disk 100 GB

2.2 คัดเลือกเครื่องมือสำหรับการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้เลือกเครื่องมือสำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน เพื่อให้สามารถทดสอบสมรรถนะได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

2.2.1 เครื่องมือสำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 ผู้วิจัยเลือกใช้โมดูล WinSAT ในการประเมินสมรรถนะของระบบปฏิการ Windows 10 มีรูปแบบการเรียกใช้คำสั่ง ดังนี้

- winsat cpuformal ใช้ทดสอบสมรรถนะ CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน

- winsat memformal ใช้ทดสอบสมรรถน RAM ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน

- winsat graphicsformal ใช้ทดสอบสมรรถนะ graphics ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้ว ให้คะแนน

- winsat diskformal ใช้ทดสอบสมรรถนะ primary hard disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้ว ให้คะแนน.

2.2.2 เครื่องมือสำหรับทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux/Ubuntu ผู้วิจัยเลือกใช้ phoronix-test-suite ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับการทดสอบ

สมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux โดยผู้วิจัยได้เลือกระบบสำหรับการทดสอบที่ทำงานบน phoronix-test-suite เพื่อประเมินสมรรถนะในด้านต่าง ๆ ดังนี้

John The Ripper ใช้ทดสอบสมรรถนะ CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน

OpenArena ใช้ทดสอบสมรรถนะ graphics ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน

T-Test1 ใช้ทดสอบสมรรถน RAM ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน

fs-mark ใช้ทดสอบสมรรถนะ primary hard disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน.

2.3 ออกแบบสภาพแวดล้อมและติดตั้งระบบเพื่อการการทดสอบสมรรถนะของโฮสเตดเวอร์ชวลไลเซชั่น

2.3.1 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 และโปรแกรมพื้นฐานสำหรับการใช้งานในห้องปฏิบัติการจริง ให้กับเครื่องทั้ง 3 เครื่องที่เตรียมไว้

2.3.2 ติดตั้งไฮเปอร์ไวเซอร์ Hyper-V บนครื่อง Host1 VMWare Workstation บนเครื่อง Host2 และติดตั้ง VirtualBox บนเครื่อง Host3

2.3.3 สร้างเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนบนแต่และไฮเปอร์ไวเซอร์อย่างละ 2 เครื่อง

2.3.4 ติดตั้งระบบปฏิบัติการและเครื่องมือสำหรับทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่สอดคล้องกับระบบปฏิบัติการเกสท์ ดังตารางที่ 4.1

ตาราง 4.1 แสดงการจัดเตรียมสภาพแวดล้อมสำหรับการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่สอดคล้องกับระบบปฏิบัติการเกสท์

Host	Hypervisor	Virtual Machine	Guest OS
Host1	Hyper-V	VM11	Windows 10
		VM12	Linux (Ubuntu 19.04)
Host2	VMWare Workstation	VM21	Windows 10
		VM22	Linux (Ubuntu 19.04)
Host3	VirtualBox	VM31	Windows 10
		VM32	Linux (Ubuntu 19.04)

3. ขั้นการทดสอบสมรรถนะของของโฮสเตดไฮเปอไวเซอร์

3.1 ทดสอบสมรรถนะของ Hyper-V

ดำเนินการทดสอบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ที่ชื่อ Hyper-V ซึ่งติดตั้งอยู่บนเครื่อง Host 1 ผ่านการทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน 2 เครื่องในการวิจัยครั้งนี้ ตั้งชื่อว่า VM11 และ VM12 ดังนี้

3.1.1 VM11 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ WinSAT โดยมีคะแนนเต็มแต่ละด้านเท่ากับ 10 คะแนน แล้วบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะได้ดังนี้

ตาราง 4.2 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro ทำงานอยู่บน Hyper-V

สมรรถนะของ	CPU	RAM	Disk	Graphics
คะแนน(10)	8.4	8.4	7.25	3.1

3.1.2 VM12 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux (Ubuntu 19.04) แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ Phoronix-Test-Suite แล้วบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ

ตาราง 4.3 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux/ Ubuntu 19.04 ทำงานอยู่บน Hyper-V

สมรรถนะของ	เครื่องมือที่ใช้	$\bar{x}$	S.D.
CPU	john-the-ripper	1273 command/s	0.05
RAM	t-test1	18.47 s	0.07
Disk	fs-mark	5.93 files/s	0.22
Graphics	OpenArena	5.07 frames/s	0.10

3.2 ทดสอบสมรรถนะของ VMWare Workstation

ดำเนินการทดสอบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ที่ชื่อ VMware Workstation 15 Pro for Windows ซึ่งติดตั้งอยู่บนเครื่อง Host 2 ผ่านการทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน 2 เครื่องในการวิจัยครั้งนี้ตั้งชื่อว่า VM21 และ VM22 ดังนี้

3.2.1 VM21 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ WinSAT แล้วบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ

ตาราง 4.4 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro ทำงานอยู่บน VMWare Workstation

สมรรถนะของ	CPU	RAM	Disk	Graphics
คะแนน(10)	8.4	8.4	7.2	3.1

3.2.2 VM22 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux (Ubuntu 19.04) แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ Phoronix-Test-Suite แล้วบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ

ตาราง 4.5 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux/ Ubuntu 19.04 ทำงานอยู่บน VMWare Workstation

สมรรถนะของ	เครื่องมือที่ใช้	$\bar{x}$	S.D.
CPU	john-the-ripper	1337 command/s	0.05
RAM	t-test1	17.96 s	0.06
Disk	fs-mark	83 files/s	0.51
Graphics	OpenArena	53.33 frames/s	0.08

3.3 ทดสอบสมรรถนะของ VirtualBox

ดำเนินการทดสอบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ที่ชื่อ VirtualBox 6.0 ซึ่งติดตั้งอยู่บนเครื่อง Host 3 ผ่านการทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน 2 เครื่องในการวิจัยครั้งนี้ตั้งชื่อว่า VM31 และ VM32 ดังนี้

3.3.1 VM31 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ WinSAT แล้วบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ

ตาราง 4.6 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro ทำงานอยู่บน VirtualBox

สมรรถนะของ	CPU	RAM	Disk	Graphics
คะแนน(10)	7.6	7.6	6.55	2.0

3.2.2 VM32 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux (Ubuntu 19.04) แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ Phoronix-Test-Suite แล้วบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ

ตาราง 4.7 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux/ Ubuntu 19.04 ทำงานอยู่บน VirtualBox

สมรรถนะของ	เครื่องมือที่ใช้	$\bar{x}$	S.D.
CPU	john-the-ripper	1346 command/s	0.06
RAM	t-test1	16.27 s	0.05
Disk	fs-mark	83 files/s	0.51
Graphics	OpenArena	83.44 frames/s	0.12

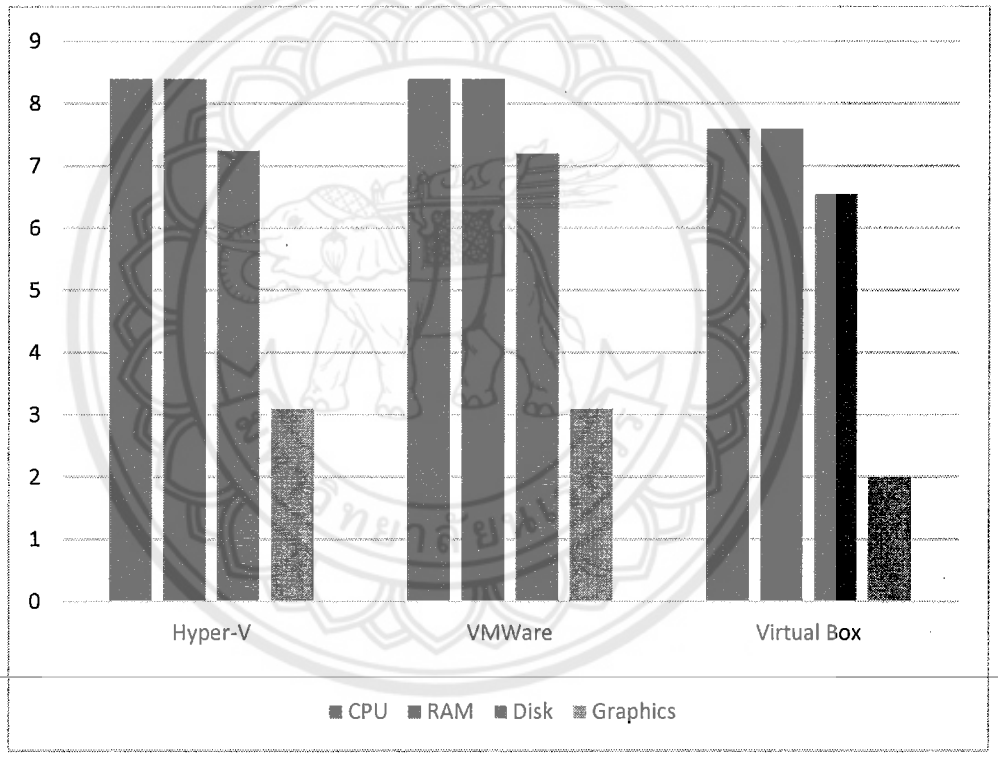
5. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

จากข้อมูลที่ได้จากขั้นการทดสอบสมรรถนะของของโฮสเตดไฮเปอไวเซอร์ พบว่า

4.1 โฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ทั้ง Hyper-V VMWare และ VirtualBox มีสมรรถนะโดยรวมในการให้บริการเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้งาน Windows 10 Pro ต่างกันเล็กน้อย ข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.8 และกราฟที่ 4.1

ตาราง 4.8 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 pro

Hypervisor	CPU	RAM	Disk	Graphics
Hyper-V	8.4	8.4	7.25	3.1
VMWare	8.4	8.4	7.2	3.1
VirtualBox	7.6	7.6	6.55	2.0

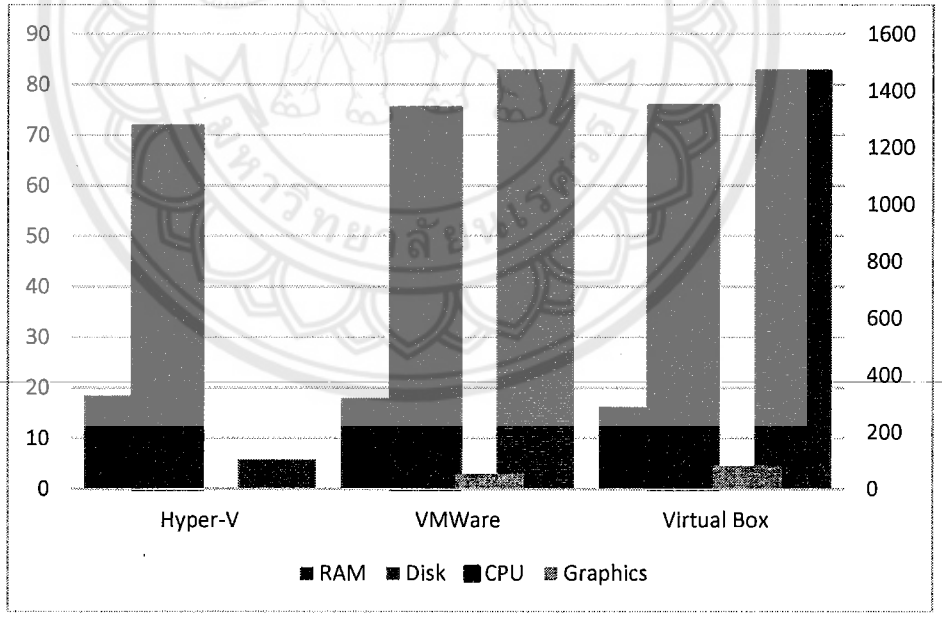


กราฟที่ 4.1 แสดงสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 pro บนไฮเปอร์ไวเซอร์ Hyper-V VMWare และ VirtualBox

4.2 โฮสเตดไฮเปอไวเซอร์ทั้ง Hyper-V มีสมรรถนะในการให้บริการเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่เป็น Linux/ Ubuntu 19.04 ในด้าน Disk และ Graphic ที่มีสมรรถนะน้อยกว่าทั้ง VMWare และ VirtualBox ค่อนข้างมาก ข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.9 และกราฟที่ 4.2

ตาราง 4.9 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux/ Ubuntu 19.04

สมรรนะของ	$\bar{x}$		
	Hyper-V	VMWare	VirtualBox
CPU	1273 command/s	1337 command/s	1346 command/s
RAM	18.47 s	17.96 s	16.27 s
Disk	5.93 files/s	83 files/s	83 files/s
Graphics	5.07 frames/s	53.33 frames/s	83.44 frames/s

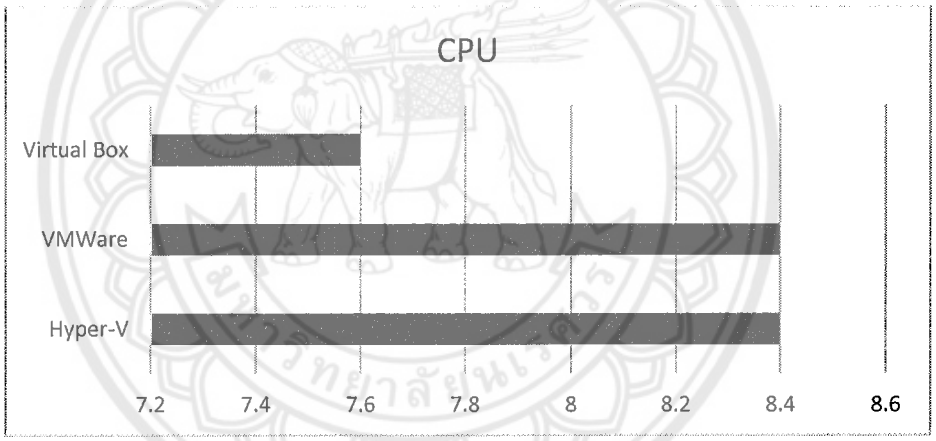


กราฟที่ 4.2 แสดงสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux/ Ubuntu 19.04 บนไฮเปอร์ไวเซอร์ Hyper-V VMWare และ VirtualBox

4.3 พิจารณานำข้อมูลเฉพาะสมรรถนะ CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 pro พบว่า เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ทำงานบน VirtualBox มีสมรรถนะต่ำกว่าทั้ง Hyper-V และ VMWare ค่อนข้างมาก ข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.9 และกราฟที่ 4.3

ตาราง 4.9 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะ CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro

Hypervisor	Hyper-V	VMWare	VirtualBox
CPU	8.4	8.4	7.6

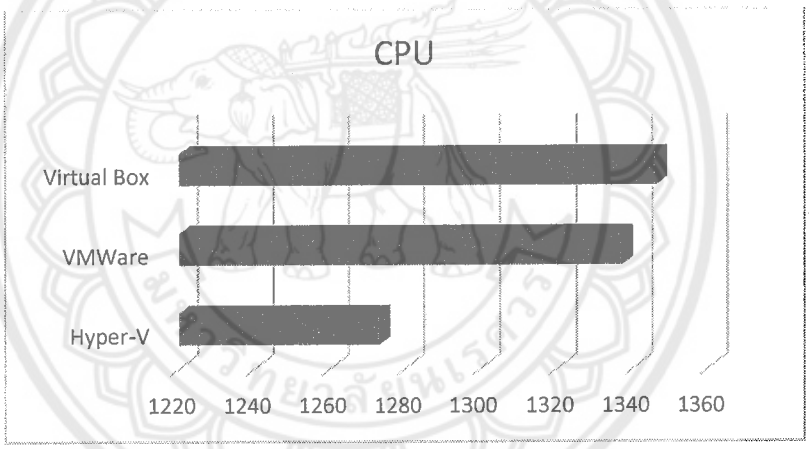


กราฟที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะ CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro

4.4 พิจารณาข้อมูลเฉพาะสมรรถนะ CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux/ Ubuntu 19.04 พบว่าเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ทำงานบนระบบ Hyper-V มีสมรรถนะต่ำกว่าทั้ง VirtualBox และ VMWare ค่อนข้างมาก ข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.10 และกราฟที่ 4.4

ตาราง 4.10 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะ CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux/ Ubuntu 19.04

Hypervisor	Hyper-V	VMWare	VirtualBox
CPU	1273	1337	1346



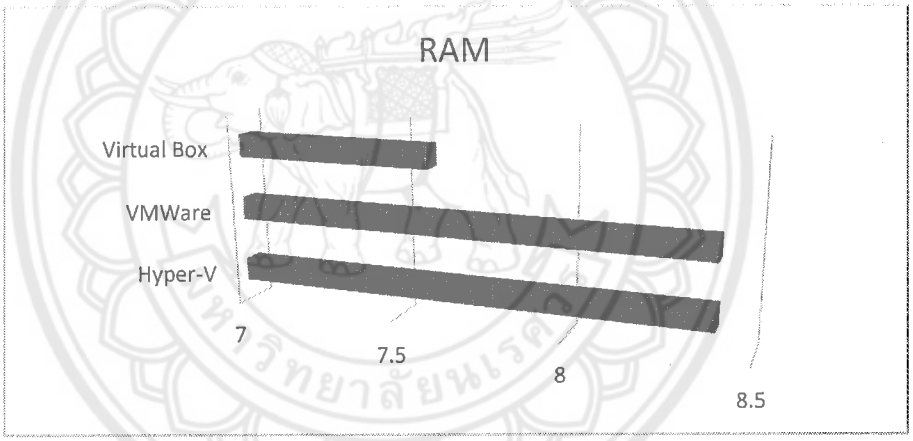
กราฟที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะ CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux/ Ubuntu 19.04

จากกราฟที่ 4.3 และกราฟที่ 4.4 จะเห็นได้ชัดว่า VirtualBox สามารถทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนดึงสมรรถนะของ CPU มาใช้ในเมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนนั้นใช้งานระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro ได้น้อยที่สุด แต่ดึงสมรรถนะของ CPU มาใช้เมื่อครื่องเสมือนนั้นใช้งานระบบปฏิบัติการ Linux/ Ubuntu 19.04 ได้ดีที่สุด และหากต้องการจะเลือกสร้างคอมพิวเตอร์เสมือนที่เน้นการดึงประสิทธิของ CPU มาใช้งานผ่านระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro และ Linux/ Ubuntu 19.04 ควรเลือกใช้งานโฮสเตดไฮเปอไวเซอร์ VMWare จะเหมาะสมที่สุดเพราะได้คะแนนสูงมากทั้งสองระบบปฏิบัติการ

4.5 พิจารณาสมรรถนะ RAM ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 pro พบว่า ทั้ง Hyper-V และ VMWare มีความสามารถในการทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนใช้งานสมรรถนะของ RAM ได้สูงกว่า VirtualBox มาก ข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.11 และกราฟที่ 4.5

ตาราง 4.11 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะ RAM ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro

Hypervisor	Hyper-V	VMWare	VirtualBox
RAM	8.4	8.4	7.6

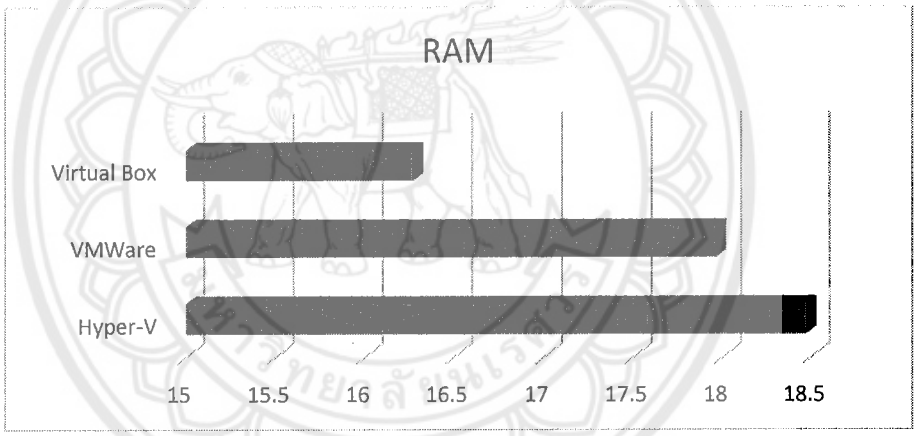


กราฟที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะ RAM ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro

4.6 พิจารณาข้อมูลเฉพาะสมรรถนะ RAM ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux/ Ubuntu 19.04 พบว่า ทั้ง Hyper-V และ VMWare มีความสามารถทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนใช้งานสมรรถนะของ RAM ได้สูงกว่า VirtualBox มาก ข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.12 และกราฟที่ 4.6

ตาราง 4.12 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะ RAM ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux/ Ubuntu 19.04

Hypervisor	Hyper-V	VMWare	VirtualBox
RAM	18.47	17.96	16.27



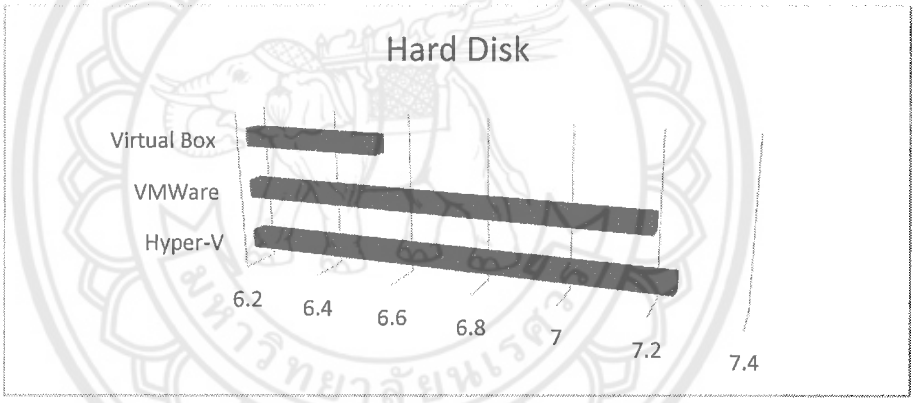
กราฟที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะ RAM ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux/ Ubuntu 19.04

จากกราฟที่ 4.3 และกราฟที่ 4.4 จะเห็นได้ชัดว่า VirtualBox สามารถทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนดึงสมรรถนะของ RAM มาใช้ทั้งในระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro และในระบบปฏิบัติการ Linux/ Ubuntu 19.04 ได้น้อยที่สุด ส่วนในโฮสเตดไฮเปอไวเซอร์ทั้ง Hyper-V ดึงสมรรถนะของ RAM ออกมาได้มากที่สุดลองลงมาเป็น VMWare ที่ดึงคสมรรถนะออกมาได้น้อยกว่า Hyper-V เล็กน้อย

4.7 พิจารณาข้อมูลเฉพาะสมรรถนะ Hard Disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 pro พบว่า ทั้ง Hyper-V และ VMWare มีความสามารถในการทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนใช้งานสมรรถนะของ Hard Disk ได้สูงกว่า VirtualBox มาก ข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.13 และกราฟที่ 4.7

ตาราง 4.13 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะ Hard Disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro

Hypervisor	Hyper-V	VMWare	VirtualBox
Hard Disk	7.25	7.2	6.55

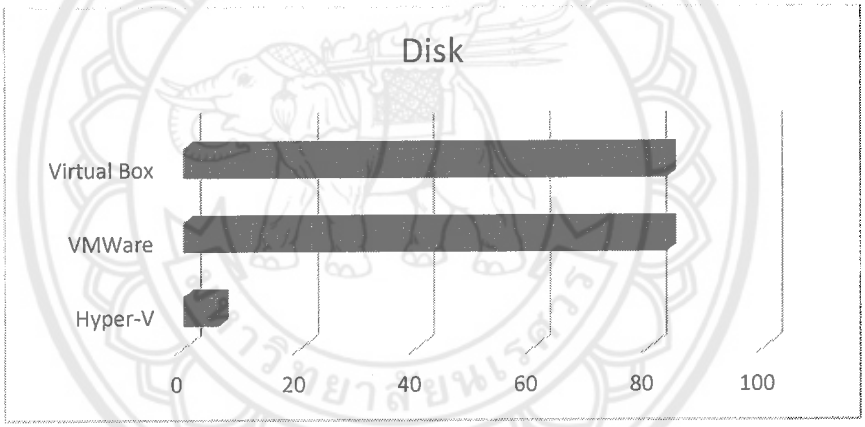


กราฟที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะ Hard Disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro

4.8 พิจารณาสมรรถนะ Hard Disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux/ Ubuntu 19.04 พบว่า ทั้ง VirtualBox และ VMWare มีความสามารถในการใช้งานสมรรถนะของ Hard Disk ได้สูงกว่า Hyper-V มากๆ ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.14 และกราฟที่ 4.8

ตาราง 4.12 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะ Hard Disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux/ Ubuntu 19.04

Hypervisor	Hyper-V	VMWare	VirtualBox
Hard Disk	5.93	83	83



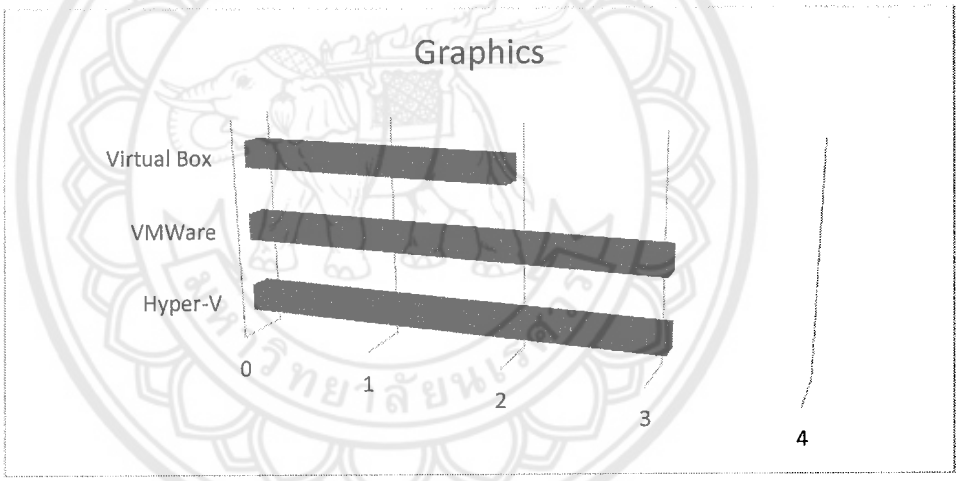
กราฟที่ 4.8 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะ Hard Disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux/ Ubuntu 19.04

จากกราฟที่ 4.13 และกราฟที่ 4.8 จะเห็นได้ชัดว่า VirtualBox สามารถทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนนดึงสมรรถนะของ Hard Disk มาใช้ทั้งในระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro และในระบบปฏิบัติการ Linux/ Ubuntu 19.04 ได้น้อยที่สุด ส่วนในโฮสเตดไฮเปอไวเซอร์ทั้ง Hyper-V และ VMWare สามารถดึงสมรรถนะของ Hard Disk ออกมาใช้งานได้สูงกว่า

4.9 พิจารณาข้อมูลเฉพาะสมรรถนะ Graphics ของโฮสเตดไฮเปอไวเซอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 pro พบว่า ทั้ง Hyper-V และ VMWare มีความสามารถในการในการใช้งานสมรรถนะของ Graphics ได้สูงกว่า VirtualBox ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.15 และกราฟที่ 4.9

ตาราง 4.15 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะ Graphics ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro

Hypervisor	Hyper-V	VMWare	VirtualBox
Graphics	3.1	3.1	2



กราฟที่ 4.9 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะ Graphics ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ทั่วไปเพื่อการเปรียบเทียบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ กรณีศึกษาห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร มีวัตถุประสงค์ทั่วไปเพื่อการเปรียบเทียบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ กรณีศึกษาห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร และมีวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้ 1) เพื่อทดสอบสมรรถนะของซอฟต์แวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์ Hyper-V ที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับให้บริการในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ อาคารศูนย์บริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร 2) เพื่อทดสอบสมรรถนะของซอฟต์แวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์ VMWare Workstation ที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับให้บริการในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ อาคารศูนย์บริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร 3) เพื่อทดสอบสมรรถนะของซอฟต์แวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์ VirtualBox ที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับให้บริการในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ อาคารศูนย์บริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร 4) เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของซอฟต์แวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์ Hyper-V VMWare Workstation และ VirtualBox ที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับให้บริการในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ อาคารศูนย์บริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ขั้นเตรียมการ ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ค้นคว้ารวบรวมข้อมูล และจัดเตรียมทรัพยากรที่เกี่ยวข้องและจำเป็นต้องใช้ในการดำเนินการเปรียบเทียบสมรรถนะของซอฟต์แวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์ กรณีศึกษาห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.1 จัดเตรียมเครื่องคอมพิวเตอร์จากห้องปฏิบัติการ กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องโฮส จำนวน 3 เครื่องโดยแต่ละเครื่องเป็นเครื่องที่มียี่ห้อ และรุ่นเดียวกัน มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ พร้อมติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 64bit ใหม่ทั้งหมดเหมือนกับเครื่องที่ใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการฯ

1.2 ดำเนินการตรวจสอบสอบคุณสมบัติและความต้องการของระบบโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ที่ใช้การทดลองทั้ง 3 ระบบ คือ 1)Hyper-V สำหรับ Windows 10 2)VMware Workstation 15 Pro for Windows และ3) VirtualBox 6.0 for Windows แล้วบันทึกสรุปเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเตรียมการติดตั้ง

2. ขั้นการออกแบบการทดสอบวัดสมรรถนะ

2.1 การกำหนดสมรรถนะของคอมพิวเตอร์เสมือนที่ต้องการวัด ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการวัดสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่มีการใช้งาน ระบบปฏิบัติการเกสท์ 2 ระบบ คือ ระบบปฏิบัติการ Linux และระบบปฏิบัติการ Windows และกำหนดสมรรถนะที่ต้องการวัดเพื่อเปรียบเทียบ คือ สรรถภาพของหน่วยประมวลผลกลาง(CPU) สมรรถนะของหน่วยความจำหลัก(RAM) สมรรถนะของหน่วยความจำลอง(Hard Disk) และสรรถภาพด้านการแสดงผล(Graphic) โดยเลือกจากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ร่วมงานและเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบด้านเทคโนโลยีสารสนเทศประจำคณะและหน่วยงานต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยนเรศวร ทั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การจัดสรรทรัพยากรให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนทุกเครื่องเท่ากัน เพื่อให้สามารถรองรับการติดตั้งระบบปฏิบัติการเกสท์ทั้งสองได้ ดังนี้ 1)CPU 1 Core 2) Ram 4096 MB 3) Hard และ 3) Disk 100 GB

2.2 คัดเลือกเครื่องมือสำหรับการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้เลือกเครื่องมือสำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน เพื่อให้สามารถทดสอบสมรรถนะได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

2.2.1 เครื่องมือสำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 ผู้วิจัยเลือกใช้โมดูล WinSAT ในการประเมินสมรรถนะของระบบปฏิการ Windows 10 มีรูปแบบการเรียกใช้คำสั่งดังนี้

- winsat cpuformal ใช้ทดสอบสมรรถนะ CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน
- winsat memformal ใช้ทดสอบสมรรถน RAM ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน
- winsat graphicsformal ใช้ทดสอบสมรรถนะ graphics ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้วให้คะแนน

- winsat diskformal ใช้ทดสอบสมรรถนะ primary hard disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้ว ให้คะแนน.

2.2.2 เครื่องมือสำหรับทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux/Ubuntu ผู้วิจัยเลือกใช้ phoronix-test-suite ซึ่งเป็นแพล็ตฟอร์มสำหรับการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux โดยผู้วิจัยได้เลือกระบบสำหรับการทดสอบที่ทำงานบน phoronix-test-suite เพื่อประเมินสมรรถนะในด้านต่าง ๆ ดังนี้

- John The Ripper ใช้ทดสอบสมรรถนะ CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้ว ให้คะแนน

- OpenArena ใช้ทดสอบสมรรถนะ graphics ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้ว ให้คะแนน

- T-Test1 ใช้ทดสอบสมรรถน RAM ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้ว ให้คะแนน

- fs-mark ใช้ทดสอบสมรรถนะ primary hard disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแล้ว ให้คะแนน.

2.3 ออกแบบสภาพแวดล้อมและติดตั้งระบบเพื่อการการทดสอบสมรรถนะของโฮสเตดเวอร์ชวลไลเซชั่น

2.3.1 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 และโปรแกรมพื้นฐานสำหรับการใช้งานในห้องปฏิบัติการจริง ให้กับเครื่องทั้ง 3 เครื่องที่เตรียมไว้

2.3.2 ติดตั้งไฮเปอร์ไวเซอร์ Hyper-V บนครื่อง Host1 VMWare Workstation บนเครื่อง Host2 และติดตั้ง VirtualBox บนเครื่อง Host3

2.3.3 สร้างเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนบนแต่และไฮเปอร์ไวเซอร์อย่างละ 2 เครื่อง

2.3.4 ติดตั้งระบบปฏิบัติการและเครื่องมือสำหรับทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่สอดคล้องกับระบบปฏิบัติการเกสท์ ดังตารางที่ 3.2

3. ขั้นการทดสอบสมรรถนะของของโฮสเตดไฮเปอไวเซอร์

3.1 ทดสอบสมรรถนะของ Hyper-V ดำเนินการทดสอบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ที่ชื่อ Hyper-V ซึ่งติดตั้งอยู่บนเครื่อง Host 1 ผ่านการทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน 2 เครื่องในการวิจัยครั้งนี้ตั้งชื่อว่า VM11 และ VM12 ดังนี้

3.1.1 VM11 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ WinSAT แล้วบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ

3.1.2 VM12 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux (Ubuntu 19.04) แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ Phoronix-Test-Suite แล้วบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ

3.2 ทดสอบสมรรถนะของ VMWare Workstation

ดำเนินการทดสอบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ที่ชื่อ VMware Workstation 15 Pro for Windows ซึ่งติดตั้งอยู่บนเครื่อง Host 2 ผ่านการทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน 2 เครื่องในการวิจัยครั้งนี้ตั้งชื่อว่า VM21 และ VM22 ดังนี้

3.2.1 VM21 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ WinSAT แล้วบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ

3.2.2 VM22 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux (Ubuntu 19.04) แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ Phoronix-Test-Suite แล้วบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ

3.3 ทดสอบสมรรถนะของ VirtualBox

ดำเนินการทดสอบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ที่ชื่อ VirtualBox 6.0 ซึ่งติดตั้งอยู่บนเครื่อง Host 3 ผ่านการทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน 2 เครื่องในการวิจัยครั้งนี้ตั้งชื่อว่า VM31 และ VM32 ดังนี้

3.3.1 VM31 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ WinSAT แล้วบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ

3.2.2 VM32 ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux (Ubuntu 19.04) แล้วทดสอบสมรรถนะโดยใช้ Phoronix-Test-Suite แล้วบันทึกลงแบบบันทึกการทดสอบสมรรถนะ

4. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล นำผลการการทดสอบสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแต่ละด้านของทุกเครื่องที่ได้บันทึกไว้มาวิเคราะห์และแปลความหมายเชิงพรรณนา โดย

4.1 ข้อมูลที่ได้จาก WinSAT คะแนนที่ได้จาก WinSAT มีการแบ่งระดับคะแนนเป็น 0 ถึง 10 เท่ากันทุกสมรรถนะ และในการทดสอบแต่ละรอบจะได้ค่าออกมาเท่ากันทุกครั้ง ผู้วิจัยจึงนำมาวิเคราะห์และแปลความหมายจากคะแนนที่ได้โดยไม่จำเป็นต้องคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบยมาตรฐาน

4.2 ข้อมูลที่ได้จาก Phoronix-Test-Suite เป็นข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมเสริมสำหรับการทดสอบสมรรถนะแต่ละด้านที่มีจำนวนระบบจะกำหนดรอบในการวัดไม่เท่ากัน และค่าที่วัดได้

ในแต่ละครั้งมักไม่เท่ากัน ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดแต่ละรอบมักไม่เท่ากัน ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ การหาค่ากลางของสมรรถนะแต่ละด้านด้วย ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และตรวจสอบการกระจายของข้อมูลด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วจึงนำเสนอข้อสรุปเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างโฮสเตดไฮเปอไวเซอร์ทั้ง 3 คือ Hyper-V VMWare Workstation และ VirtualBox

สรุปผลการวิจัย

1. สรุปผลการเตรียมการ จากการศึกษา วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยสรุปได้ว่า 1.1) การเปรียบเทียบสมรรถนะของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ กรณีศึกษาห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร ในครั้งนี้ จะทำการทดลองบนเครื่องคอมพิวเตอร์ 3 เครื่อง ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการจริง 1.2) ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสมรรถนะเครื่องทั้งสาม สรุปได้ว่าเป็นเครื่องที่เหมาะสำหรับใช้งานทั่วไปได้ดีเนื่องจากสมรรถนะทุกด้านผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 แต่ไม่เหมาะกับการใช้งานด้านกราฟิกและการสร้างงานมัลติมิเดีย ที่จำเป็นต้องมีการเขียนอ่านข้อมูลจำนวนมากและแสดงภาพที่มีความละเอียดสูง เนื่องจากสมรรถนะด้านกราฟิกและด้านฮาร์ดดิสก์ มีคะแนนอยู่ในระดับกลาง ๆ เท่านั้น (ร้อยละ 59 และร้อยละ 58) 1.3) เครื่องคอมพิวเตอร์ทั้ง 3 เครื่อง มีความสามารถเพียงพอที่จะรองรับการใช้งานโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ ทั้ง เซอร์ Hyper-V VMWare Workstation และVirtualBox

2. สรุปผลการออกแบบการทดสอบสมรรถนะโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ 2.1) การทดสอบโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ในการวิจัยครั้งนี้จะทำการทดสอบจากสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ที่ทำงานอยู่บนโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์นั้น ๆ ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแตกต่างกัน 2 ระบบปฏิบัติการ คือ ระบบปฏิบัติการ Windows 10 pro และ ระบบปฏิบัติการ Linux/Ubuntu 19.04 2.2) สมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน บนระบบปฏิบัติการ ระบบปฏิบัติการ Windows 10 pro และ ระบบปฏิบัติการ Linux/Ubuntu 19.04 ใช้เครื่องมือในการทดสอบที่แตกต่างกันโดย เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้งานระบบปฏิบัติการ Windows 10 pro จะทดสอบด้วยโมดูล WinSAT ของ Window 10 และเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ใช้งานปฏิบัติการ Linux/Ubuntu 19.04 จะทดสอบผ่านแพลตฟอร์ม Phoronix-Testing-Suite 2.3) ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนขึ้นมาทั้งสิ้น 6 เครื่อง บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ได้จัดเตรียมไว้ทั้ง 3 เครื่อง รายละเอียดดังตารางที่ 5.1

ตาราง 5.1 แสดงการจัดเตรียมสภาพแวดล้อมสำหรับการทดสอบสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่สอดคล้องกับระบบปฏิบัติการเกสท์

Host	Hypervisor	Virtual Machine	Guest OS
Host1	Hyper-V	VM11	Windows 10
		VM12	Linux (Ubuntu 19.04)
Host2	VMWare Workstation	VM21	Windows 10
		VM22	Linux (Ubuntu 19.04)
Host3	VirtualBox	VM31	Windows 10
		VM32	Linux (Ubuntu 19.04)

3. สรุปผลการทดสอบสมรรถนะโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบสมรรถนะโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ Hyper-V VMWare Workstation และ VirtualBox ในมิติต่าง ๆ ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนทั้ง 4 ด้าน คือ CPU (สมรรถนะของหน่วยประมวลผลกลาง) RAM(สมรรถนะของหน่วยความจำหลัก) Hard Disk(สมรรถนะของหน่วยความจำรอง) และ Graphic(สมรรถนะในการแสดงผล) จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในบทที่ 4 สามารถนำมาสรุปผลได้ดังนี้

3.1 CPU (สมรรถนะของหน่วยประมวลผลกลาง) เมื่อพิจารณาข้อมูลจากกราฟที่ 4.3 และ 4.4 พบว่า

3.1.1 ในระบบปฏิบัติการเกสท์ที่เป็น Windows 10 pro โฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ VMWare และ Hyper-V สามารถช่วยให้ระบบปฏิบัติการเกสท์ดึงสมรรถนะของ CPU ออกมาใช้งานได้ดีในระดับคะแนนเท่ากันคือ 8.4 คะแนน หรือ 84 เปอร์เซนต์ และมีคะแนนสูงกว่า VirtualBox ที่ได้คะแนนเพียง 7.6 อยู่ ค่อนข้างมาก คือ 1.2 คะแนน หรือ 12 เปอร์เซนต์

3.1.2 ในระบบปฏิบัติการเกสท์ที่เป็น Linux/ Ubuntu 19.04 โฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ VMWare และ VirtualBox สามารถช่วยให้ระบบปฏิบัติการเกสท์ดึงสมรรถนะของ CPU ออกมาใช้งานได้ดีในระดับคะแนนที่ใกล้เคียงกันโดย VirtualBox วัดสมรรถนะได้ 1,346 คะแนน และ VMWare วัดสมรรถนะได้ 1,337 มีคะแนนสูงกว่า Hyper-V ที่ได้คะแนนเพียง 1,273 อยู่เล็กน้อย โดยสามารถเทียบได้ว่า คะแนนของ Hyper-V น้อยกว่าคะแนนของ VirtualBox อยู่ 4.5 เปอร์เซ็น และคะแนนของ Hyper-V น้อยกว่า VMWare อยู่ 4.7 เปอร์เซนต์

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าสมรรถนะในด้านการใช้งานหน่วยประมวลผลกลางในภาพรวม VMWare มีสมรรถนะในการใช้งาน CPU ได้ดีกว่าทั้ง VirtualBox และ Hyper-V

3.2 RAM(สมรรถนะของหน่วยความจำหลัก) เมื่อพิจารณาข้อมูลจากกราฟที่ 4.5 และ 4.6 พบว่า

3.2.1) ในระบบปฏิบัติการเกสท์ที่เป็น Windows 10 pro โฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ VMWare และ Hyper-V สามารถช่วยให้ระบบปฏิบัติการเกสท์ดึงสมรรถนะของ RAM ออกมาใช้งานได้ดีในระดับคะแนนเท่ากันคือ 8.4 คะแนน หรือ 84 เปอร์เซนต์ และมีคะแนนสูงกว่า VirtualBox ที่ได้คะแนนเพียง 7.6 อยู่ ค่อนข้างมาก คือ 1.2 คะแนน หรือ 12 เปอร์เซนต์

3.2.2) ในระบบปฏิบัติการเกสท์ที่เป็น Linux/ Ubuntu 19.04 โฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ทั้ง Hyper-V VMWare และ VirtualBox สามารถช่วยให้ระบบปฏิบัติการเกสท์ดึงสมรรถนะของ RAM ออกมาใช้งานได้ดีในระดับคะแนนที่ใกล้เคียงกันโดย Hyper-V ได้คะแนน 18.47 มีคะแนนมากที่สุด รองลงมาเป็น VMWare ได้ 17.96 คะแนนโดยน้อยกว่า Hyper-V อยู่ 1.5 เปอร์เซนต์ และตามมาด้วยVirtualBox ได้ 16.27 คะแนน โดยน้อยกว่า Hyper-V อยู่ 10 เปอร์เซนต์

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าสมรรถนะในการใช้งาน RAM ของ VMWare และ Hyper-V ได้คะแนนสูงกว่าทั้งในระบบปฏิบัติการเกสท์ที่เป็น Windows 10 64bit และ Linux/ Ubuntu 19.04

3.3 Hard Disk(สมรรถนะของหน่วยความจำรอง) เมื่อพิจารณาข้อมูลจากกราฟที่ 4.7 และ 4.8 พบว่า

3.3.1) ในระบบปฏิบัติการเกสท์ที่เป็น Windows 10 pro โฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ VMWare และ Hyper-V สามารถช่วยให้ระบบปฏิบัติการเกสท์ดึงสมรรถนะของ Hard Disk ออกมาใช้งานได้ดีในระดับคะแนนใกล้เคียงกันมาก โดย Hyper-V ได้คะแนน 7.25 คะแนนหรือ 72.5 เปอร์เซนต์ และ VMWare ได้คะแนน 7.2 คะแนน หรือ 72 เปอร์เซนต์ และมีคะแนนสูงกว่า VirtualBox ที่ได้คะแนนเพียง 6.55 เปอร์เซนต์ โดยน้อยกว่า Hyper-V 10 เปอร์เซนต์

3.2.2) ในระบบปฏิบัติการเกสท์ที่เป็น Linux/ Ubuntu 19.04 โฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ VMWare และ VirtualBox สามารถช่วยให้ระบบปฏิบัติการเกสท์ดึงสมรรถนะของ Hard Disk ออกมาใช้งานได้ดีในระดับคะแนนที่เท่ากัน คือ 83 คะแนน ส่วน Hyper-V ได้คะแนนน้อยมาก คือ 5.93 คะแนน ซึ่งน้อยกว่า VMWare และ VirtualBox ถึง 92.3 เปอร์เซนต์

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าในภาพรวมแล้ว VMWare มีสมรรถนะในการใช้งาน Hard Disk มากกว่า Hyper-V และ VirtualBox

3.4 Graphics(สมรรถนะในการแสดงผล) เมื่อพิจารณาข้อมูลจากกราฟที่ 4.9 และ 4.10 พบว่า

3.4.1)) ในระบบปฏิบัติการเกสท์ที่เป็น Windows 10 pro โฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ VMWare และ Hyper-V สามารถช่วยให้ระบบปฏิบัติการเกสท์ดึงสมรรถนะทางด้าน Graphics ออกมาใช้งานได้ดีในระดับคะแนนที่เท่ากันคือ 3.1 คะแนน หรือ 31 เปอร์เซนต์ส่วน VirtualBox ได้คะแนนลดลงมาเล็กน้อยคือ 2 คะแนน หรือ 20 เปอร์เซนต์

3.4.2) ในระบบปฏิบัติการเกสท์ที่เป็น Linux/ Ubuntu 19.04 โฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ VirtualBox สามารถช่วยให้ระบบปฏิบัติการเกสท์ดึงสมรรถนะทางด้าน Graphics ได้ดีที่สุด คือ 83.44 คะแนน รองลงมาเป็น VMWare ได้คะแนน 53.33 คะแนน หรือน้อยกว่า VirtualBox อยู่ 36.85 เปอร์เซนต์ และ Hyper-V ได้คะแนน 5.07 คะแนน หรือน้อยกว่า VirtualBox อยู่ 93.92 เปอร์เซนต์

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าในภาพรวมแล้ว VMWare มีสมรรถนะทางด้าน Graphics สูงกว่า Hyper-V และ VirtualBox

3.5 จากข้อมูลคะแนนที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะด้านต่าง ๆ ของโฮสเตดไฮเปอร์ไวเซอร์ทั้ง VMWare Hyper-V และ VirtualBox ที่ทำงานกับระบบปฏิบัติการเกสท์ที่เป็น Windows 10 pro และ Linux/ Ubuntu 19.04 และจากกราฟที่ 4.1 และ 4.2 พบว่า

3.5.1 Hyper-V และ VMWare มีสมรรถนะในการช่วยให้ระบบปฏิบัติการเกสท์ที่เป็น Windows 10 64bit ดึงศักยภาพของทรัพยากรต่าง ๆ มาใช้ได้ดีกว่า VirtualBox

3.5.2 VirtualBox และ VMWare มีสมรรถนะในการช่วยให้ระบบปฏิบัติการเกสท์ที่เป็น Linux/Ubuntu 19.04 ดึงศักยภาพของทรัพยากรต่าง ๆ มาใช้ได้ดีกว่า VirtualBox

สรุปได้ว่าในภาพรวมของสมรรถนะทุก ๆ ด้านที่ทำงานกับระบบปฏิบัติการเกสท์ทั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 pro และระบบปฏิบัติการ Linux/Ubuntu 19.04 แล้วพบว่า VMWare มีสมรรถนะในดึงศักยภาพของทรัพยากรต่าง ๆ มาใช้ได้ดีกว่าทั้ง VirtualBox และ Hyper-V แม้พบว่าในบางสภาพแวดล้อม Hyper-V จะมีสมรรถนะในการใช้ทรัพยากรร่วมกับระบบปฏิบัติการเกสท์ที่เป็น Windows 10 pro ได้ดีกว่า และ พบว่าในบางสภาพแวดล้อม VirtualBoxจะมีสมรรถนะในการใช้ทรัพยากรร่วมกับระบบปฏิบัติการเกสท์ที่เป็น Linux/ Ubuntu 19.04 ได้ดีกว่า

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาวิจัยพบว่า เทคนิคการสร้างเครื่องเสมือนบนเครื่อง PC ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีเข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธภาพในการทำงานของ Hypervisor มากขึ้น โดย CPU ที่ผลิตตั้งแต่ปี 2011 จะได้การเพิ่มชุดคำสั่งพิเศษใน CPU ให้สามารถบริหาร จัดการ Virtual Machine ได้สะดวกขึ้น แต่ผู้ผลิตซอฟท์แวร์แต่ละรายมีการพัฒนาเทคโนโลยีที่หลายหลากหลายเพื่อใช้งานในวัตถุประสงค์ที่หลากหลาย ภายใต้สถาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

จึงเป็นข้อพิจารณาให้กับผู้ที่ต้องการเลือกใช้ไฮเปอร์ไวเซอร์ว่า ประสิทธิภาพของระบบเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนไม่สามารถอาศัยเพียงแต่การเลือกใช้ CPU ให้สนับสนุนการทำเวอร์ชวลไลเซชั่นได้เพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับเทคทาร์เก็ท(TechTarget, 2015) ที่กล่าวว่ามีสิ่งที่ต้องพิจารณาร่วมอีกหลายส่วน เช่น ขนาดและชนิดของหน่วยความจำของเครื่องโฮส ขนาดและชนิดของฮาร์ดดิสก์ของเครื่องโฮส เราสามารถปรับเปลี่ยนสิ่งเหล่านี้เพื่อเพิ่มสมรรถนะในการทำงานกับเครื่องเสมือนของเครื่องโฮสได้ ควรพิจารณาเลือกใช้งานซอฟต์แวร์จากผู้ผลิตซอฟต์แวร์ที่น่าเชื่อถือมีการพัฒนาซอฟต์แวร์ของตนเองอย่างต่อเนื่อง และนี้เมื่อย้อนกลับไปพิจารณาที่มาของเทคนิค Hardware Assisted Virtualization จะพบว่า การพัฒนาในปัจจุบันมุ่งที่จะพัฒนาให้ CPU ให้สามารถสร้างระบบ Virtualization ให้ทำงานได้ในลักษณะเช่นเดียวกับ IBM s/370 เพื่อประโยชน์ในด้านการบริหารจัดการ Virtual Machine และเสถียรภาพของระบบ ไม่ได้เน้นไปในด้านของการเพิ่มประสิทธิภาพ โดยเฉพาะ จึงคาดว่าน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำประสิทธิภาพในบางระบบงานลดลง

ข้อเสนอแนะ

ผลของการวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงการทดลองและทดสอบภายใต้สภาพแวดล้อมจริงในการใช้งานของห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ผลการศึกษาสามารถใช้อ้างอิงกับเครื่องที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ในชุดที่กองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารได้จัดสรรให้กับหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งมหาวิทยาลัย จำนวน 2,167 เครื่อง ในปีงบประมาณ 2561

ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถเป็นประโยชน์ต่อผู้ให้บริการคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ทั้งห้องเรียนและห้องบริการสืบค้นข้อมูล เพื่อประโยชน์ในการบริหารจัดการ ความรวดเร็วในการให้บริการ ความหลากหลายของระบบปฏิบัติการที่ต้องการใช้สลับไปมาได้โดยไม่ต้องติดตั้งเครื่องใหม่ และรองรับการจำลองระบบเครือข่าย และการทดสอบระบบต่าง ๆ

ค่าคะแนนที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะในการวิจัยครั้งนี้ สามารถอ้างอิงได้เฉพาะผลการเปรียบเทียบเท่านั้นในการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น เนื่องจากค่าตัวเลขและคะแนนต่าง ๆ ในการ

ทดสอบสมรรถนะได้จากการใช้เครื่องมือที่หลากหลาย และมีการปรับแต่งตัวเลือกในการวัดค่าเพื่อการทดสอบในงานวิจัยนี้โดยผู้วิจัย ค่าที่ได้นี้จึงใช้เปรียบเทียบในการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น ไม่สามารถให้อ้างอิงกับหรือเปรียบเทียบกับระบบอื่นได้

แนวทางในการประยุต์ใช้และศึกษาเพิ่มเติม เช่น การทดสอบสมรรถนะระบบไฮเปอร์ไวเซอร์แบบเนทีฟ สำหรับการบริการจัดการเครื่องแม่ข่ายเสมือนในศูนย์ข้อมูล การพัฒนาเครื่องมือสำหรับการทดสอบสมรรถนะเครื่องเสมือนที่ใช้งานได้กับทุกระบบปฏิบัติการ เป็นต้น

บรรณานุกรม

เกษมานันท์ นพจรูญศรี. (2555). **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพซอฟแวร์ประเภทไฮเปอร์ไวเซอร์บนสถาปัตยกรรม** X86 . สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, กรุงเทพมหานคร.

มหาวิทยาลัยนเรศวร.(29 พฤษจิกายน 2559). **ยุทธศาสตร์การพัฒนากองบริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ระยะ** 10 **ปี (พ.ศ.2560-2569).**

ชนินทร์ ฮุนตระกูล.(2553). Virtualization **เทคโนโลยีปฏิวัติ**. สืบค้นเมื่อ 19 กรกฎาคม 2562, จาก http://www.bu.ac.th/ knowledgecenter/executive joumal/jan_mar_10/pdf/61-65.pdf.

ณัฐกร เฉยศิริ.(2554). **การวัดและเปรียบเทียบประสิทธิภาพ** Hypervisor **ที่ทำงานร่วมกับ** Hardware assisted. คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, กรุงเทพฯ.

ธนธาร ธนวรวงศ์. (2549).**การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยี** VMWare **เข้ามาปรับปรุงการทำงานและใช้งานภายในบริษัทไทยพาณิชย์นิวยอร์คไลฟ์ ประกันชีวิตจำกัดมหาชน**.สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยหอการค้า, กรุงเทพมหานคร.

วุฒิพงษ์ ยศถาสุโรดม.(2547) Benchmarking **การเทียบเคียง**. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์ Be Bright Books.

ศุภกิจ พฤกษอรุณ. (2554). **การประยุกต์สภาวะแวดล้อมการประมวลผลแบบเสมือนบนระบบคลัสเตอร์ขนาดใหญ่**. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพ ระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพมหานคร.

สัญญา คลองในวัย.(2544). Bench Mark ดรรชนีชี้วัดประสิทธิภาพคอมพิวเตอร์, **สารเนคเทค** 8(38).

สุวัฒน์ ทองคงใหม่. (2555) **การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เสมือนสำหรับองค์กร**. สารนิพนธ์ป ริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีมปทุมธานี.

Adams, K., & Agesen, o. (2006). **A comparison of software and hardware techniques for x86 virtualization**. Retrieved November 10, 2015, from https://www.vmware.com/pdf/asplos235_adams.pdf

Bhukya, D. p., & Ramachandram, s. (2009). Performance evaluation of virtualization and non virtualization on different workloads using doe methodology. IACSIT International Journal of Engineering and Technology. 1(5). 404-407.

Chen, et al. (2008). Bhukya DP, Ramachandram S. Performance evaluation of virtualization and Non virtualization on different workloads using DOE Methodology. International Journal of Engineering and Technology. 2009 Dec 1;1(5):404.. 18-21 November 2008, Hunan, 1292-1297.

TechTarget. (2015). Essential Guide to Choosing Virtualization Hardware. Retrieved September 9, 2019. http://cdn.ttgtmedia.com/searchServerVirtualization/downloads/essential+guide+to+choosing+virtualization+hardware.pdf

Georges, A., & Eeckhout, L. (2010). Performance metrics for consolidated servers. In 4th Workshop on System-level Virtualization for High Performance Computing (HPCVirt 2010). Association for Computing Machinery (ACM).

McCabe,L. (2019). What is Virtualization, and Why Should You Care?. Retrieved September 9, 2019. from https://www.smallbusinesscomputing.com/testdrive/

Uddin, M., & Rahman, A.A. (2010). Server Consolidation: An Approach to make Data Centers Energy Efficient and Green. ArXiv, abs/1010.5037.

Tan, T., Simmonds and others. (2011). Cloud Computing and Intelligence Systems (CCIS), IEEE International. China : Shenzhen University.