

การออกแบบระบบจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีน  
ในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

ดลวิชิต จันท์นาม

TNI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2558

FRAMEWORK OF DYNAMIC RESOURCE ALLOCATION SYSTEM FOR VIRTUAL MACHINE  
IN VIRTUALIZATION SYSTEM

Dolwichit Junnarm

TNI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Information Technology

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2015

หัวข้อสารนิพนธ์

การออกแบบระบบจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับ  
เครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

โดย

ดลวิชิต จันทน์นาม

สาขาวิชา

เทคโนโลยีสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร. ธงชัย แก้วกิริยา

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พินิจ กำหม่อม)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรากร ศรีเชวงทรัพย์)

.....กรรมการ

(ดร. สะพรั่งสิทธิ์ มฤตสาธ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร. ธงชัย แก้วกิริยา)

ดลวิจิต จันทน์นาม : การออกแบบระบบจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน. อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ธงชัย แก้วกิริยา, 97 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อสังเคราะห์รูปแบบการจัดการทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชันให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีน 2) เพื่อพัฒนาแบบจำลองการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชชีนตามความต้องการการใช้งานจริงในแต่ละช่วงเวลา 3) เพื่อประเมินผลและเปรียบเทียบการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชชีนกับการใช้งานของเวอร์ชวลแมชชีนแบบทั่วไปโดยการออกแบบระบบมีขั้นตอนในการทำงาน 7 ขั้นตอนดังนี้ 1) วิเคราะห์ปัญหาของการจัดสรรทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน 2) ศึกษารูปแบบการจัดสรรทรัพยากรให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน 3) สังเคราะห์โมเดลการออกแบบระบบการจัดสรรทรัพยากร 4) วิเคราะห์รูปแบบการกำหนด Rule base ในการจัดสรรทรัพยากรโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ 5) ทดสอบโมเดลระบบการจัดสรรทรัพยากร 6) ประเมินผลและเปรียบเทียบประสิทธิภาพ 7) สรุปผลการวิจัย

ผลการสังเคราะห์และออกแบบโมเดลประกอบด้วย 5 โมดูล 1) โมดูล Resource Sensor 2) โมดูล Resource Detection 3) โมดูล Resource Regulator 4) โมดูล Resource Management 5) โมดูล Resource Provider/Reclaimer จากผลการเปรียบเทียบการใช้งาน RAM และ CPU ของโมเดลที่นำเสนอมีการใช้ทรัพยากรน้อยกว่าแบบใช้งานปกติโดยมีการใช้งาน RAM น้อยลง 7.19% และมีการใช้งาน CPU น้อยลง 2.72%

คำสำคัญ : การจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิก, เวอร์ชวลแมชชีน, ระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

TNI

บัณฑิตวิทยาลัย

สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ

ปีการศึกษา 2558

ลายมือชื่อนักศึกษา .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....



DOLWICHIT JUNNARM : FRAMEWORK OF DYNAMIC RESOURCE ALLOCATION SYSTEM FOR VIRTUAL MACHINE IN VIRTUALIZATION SYSTEM. ADVISOR : DR. THONGCHAI KAEWKIRIYA, 97 PP.

The objectives of this research are as follows, 1) To synthesize the suitable pattern of the dynamic resource allocation system for the virtual machine in the virtualization. 2) To develop a framework of the dynamic resource allocation system for the virtual machine at different periods of time. 3) To evaluate and compare the performance between the resource allocation system for the virtual machine in the virtualization and the normal virtual machine. This framework is divided into 7 steps. The first step is to analyze the resource allocation in the virtualization system. The second step is to study the resource allocation pattern. The third step is to synthesize the model of dynamic resource allocation system. The fourth is to analyze the pattern of the rule base by using fuzzy logic. The fifth is to test the model of dynamic resource allocation system. The sixth step is to evaluate and compare between the dynamic resource allocation system for the virtual machine in the virtualization and the normal virtual machine. The last is to summarize the result of this research.

This framework is divided in to 5 modules, 1) Resource sensor module, 2) Resource detection module, 3) Resource regulator module, 4) Resource management module, 5) Resource provider/reclaimer module. The result of evaluation, we compare the proposed system and normal system. The results of comparison are the proposed system that have RAM and CPU consumption rate less than normal system by 7.19% and 2.72% respectively.

Graduate School

Field of Study Information Technology

Academic Year 2015

Student's Signature.....

Advisor's Signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้นั้น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความกรุณาของ อาจารย์ ดร. ธงชัย แก้วกิริยา ที่ได้เสียสละเวลาในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบทุกท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พินิจ กำหม่อม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรากร ศรีเชวงทรัพย์ และ ดร. สะพรั่งสิทธิ์ มฤตสุธาธร ที่กรุณาตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณทุกท่านในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ให้การสนับสนุนและกำลังใจความช่วยเหลือที่ผ่านมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อในการใช้งาน และ การศึกษารวมทั้งเป็นต้นแบบในการพัฒนา เพื่อประยุกต์ใช้งานต่อไปในอนาคต

ดลวิจิต จันท์นาม

TNI

THAI - NICHU INSTITUTE OF TECHNOLOGY

## สารบัญ

|                                                                                                        | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย .....                                                                                  | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....                                                                               | จ    |
| กิตติกรรมประกาศ .....                                                                                  | ฉ    |
| สารบัญ .....                                                                                           | ช    |
| สารบัญตาราง .....                                                                                      | ณ    |
| สารบัญรูป .....                                                                                        | ญ    |
| <b>บทที่</b>                                                                                           |      |
| 1 บทนำ .....                                                                                           | 1    |
| 1.1 สภาวะความเป็นมา แนวทางเหตุผล และปัญหา .....                                                        | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย .....                                                                      | 2    |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย .....                                                                            | 2    |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....                                                                    | 4    |
| 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ .....                                                                              | 4    |
| 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....                                                          | 6    |
| 2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....                                                                  | 6    |
| 2.2 Memory Management .....                                                                            | 10   |
| 2.3 Memory Virtualization .....                                                                        | 11   |
| 2.4 อัลกอริทึมที่เกี่ยวข้อง .....                                                                      | 12   |
| 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....                                                                        | 16   |
| 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย .....                                                                          | 19   |
| 3.1 ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหาการปรับระบบการจัดสรรทรัพยากรในระบบเวอร์ชวล<br>ไลเซชัน .....             | 19   |
| 3.2 ขั้นที่ 2 การศึกษารูปแบบการจัดสรรทรัพยากรให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชีน<br>ในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน ..... | 21   |

## สารบัญ (ต่อ)

| บทที่ |                                                                                                                                   | หน้า |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 3     | 3.3 ขั้นที่ 3 การสังเคราะห์โมเดลการออกแบบระบบการจัดสรรทรัพยากร<br>แบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน ..... | 22   |
|       | 3.4 ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์รูปแบบการกำหนดกฎ (Rule Base) ในการจัดสรร<br>ทรัพยากรโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy) .....             | 25   |
|       | 3.5 ขั้นที่ 5 ทดสอบโมเดลระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับ<br>เครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน .....                  | 32   |
|       | 3.6 ขั้นที่ 6 การประเมินผลและเปรียบเทียบ .....                                                                                    | 53   |
|       | 3.7 ขั้นที่ 7 การสรุปผลการวิจัย .....                                                                                             | 54   |
| 4     | ผลของการวิจัย .....                                                                                                               | 55   |
|       | 4.1 ผลการสังเคราะห์รูปแบบการจัดการทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชันให้มี<br>ความเหมาะสมกับการใช้งานของเครื่องเวอร์ชวลแมชีน .....      | 55   |
|       | 4.2 ผลการพัฒนาแบบจำลองการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีน<br>ตามความต้องการการใช้งานจริงในแต่ละช่วงเวลา .....                | 56   |
|       | 4.3 ผลการประเมินผลการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีนเมื่อเทียบ<br>กับการใช้งานของเวอร์ชวลแมชีน .....                        | 63   |
| 5     | สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ .....                                                                                        | 77   |
|       | 5.1 สรุปผลการวิจัย .....                                                                                                          | 77   |
|       | 5.2 อภิปรายผลการวิจัย .....                                                                                                       | 79   |
|       | 5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย .....                                                                                               | 79   |
|       | 5.4 ข้อเสนอแนะ .....                                                                                                              | 80   |
|       | บรรณานุกรม .....                                                                                                                  | 81   |
|       | ภาคผนวก .....                                                                                                                     | 85   |
|       | ภาคผนวก ก. การติดตั้งและการจำลองระบบเวอร์ชวลไลเซชัน .....                                                                         | 86   |
|       | ประวัติย่อผู้วิจัย .....                                                                                                          | 97   |

## สารบัญตาราง

| ตาราง                                                                                                | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 3.1 ตัวแปรภาษาและความหมาย.....                                                                       | 27   |
| 3.2 ข้อมูลเครื่องคอมพิวเตอร์หรือเครื่องโฮสต์ที่ใช้ในการติดตั้ง .....                                 | 33   |
| 3.3 ข้อมูลเครื่องเวอร์ชวลแมชีน.....                                                                  | 37   |
| 3.4 การใช้ทรัพยากร RAM และ CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนที่ 1 .....                                    | 39   |
| 3.5 การใช้ทรัพยากร RAM และ CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนที่ 2 .....                                    | 39   |
| 3.6 การใช้ทรัพยากร RAM และ CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนที่ 3 .....                                    | 40   |
| 3.7 การกำหนดค่าเหมาะสมและการจัดสรรทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีน 1.....                             | 47   |
| 3.8 การกำหนดค่าเหมาะสมและการจัดสรรทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีน 2.....                             | 48   |
| 3.9 การกำหนดค่าเหมาะสมและการจัดสรรทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีน 3.....                             | 49   |
| 3.10 การจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรเวอร์ชวลแมชีน 1 สำหรับ VMM.....                                     | 50   |
| 3.11 การจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรเวอร์ชวลแมชีน 2 สำหรับ VMM.....                                     | 51   |
| 3.12 การจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรเวอร์ชวลแมชีน 3 สำหรับ VMM.....                                     | 52   |
| 3.13 การเปรียบเทียบการจัดสรรทรัพยากร.....                                                            | 53   |
| 4.1 ผลการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 1.....                                      | 56   |
| 4.2 ผลการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 2.....                                      | 57   |
| 4.3 ผลการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 3.....                                      | 58   |
| 4.4 รูปแบบการกำหนดเงื่อนไข (Rule base) ในการจัดสรรทรัพยากรโดยใช้ตรรกศาสตร์<br>คลุมเครือ (Fuzzy)..... | 59   |
| 4.5 การจำลองการจัดสรรทรัพยากรตามเงื่อนไข.....                                                        | 61   |
| 4.6 ผลการจัดสรรทรัพยากรตามแบบจำลองการจัดสรรทรัพยากร.....                                             | 62   |
| 4.7 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 1.....                           | 63   |
| 4.8 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 2.....                           | 66   |
| 4.9 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 3.....                           | 69   |
| 4.10 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร RAM ในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน.....                                   | 72   |
| 4.11 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร CPU ในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน.....                                   | 74   |
| 4.12 ผลสรุปผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร .....                                                      | 75   |
| ก.1 ข้อมูลเครื่องคอมพิวเตอร์หรือเครื่องโฮสต์ที่ใช้ในการติดตั้ง .....                                 | 87   |

## สารบัญรูป

| รูป                                                                                                                           | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 สถาปัตยกรรมแบบ x86 โดยทั่วไป.....                                                                                         | 8    |
| 2.2 โครงสร้างการทำงานลักษณะ Full Virtualization.....                                                                          | 8    |
| 2.3 โครงสร้างการทำงานลักษณะ Paravirtualization.....                                                                           | 9    |
| 2.4 โครงสร้างการทำงานลักษณะ Hardware Assisted Virtualization .....                                                            | 10   |
| 2.5 Virtual Memory Level.....                                                                                                 | 11   |
| 2.6 Memory Address Translation .....                                                                                          | 12   |
| 2.7 องค์ประกอบของระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ.....                                                                                 | 14   |
| 3.1 ขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาในงานวิจัย.....                                                                           | 19   |
| 3.2 การศึกษารูปแบบการจัดสรรทรัพยากรให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวล<br>ไลเซชัน .....                                  | 21   |
| 3.3 ขั้นตอนการสังเคราะห์โมเดลการออกแบบระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิก<br>สำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน..... | 22   |
| 3.4 การออกแบบโมเดลระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวล<br>แมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน .....                    | 23   |
| 3.5 การจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรตามสถานการณ์.....                                                                             | 24   |
| 3.6 การกำหนด Rule Base ในการจัดสรรทรัพยากรโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ<br>(Fuzzy) .....                                          | 26   |
| 3.7 กราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุต RAM(RAM_Usage).....                                                             | 28   |
| 3.8 กราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุต CPU (CPU_Usage) .....                                                           | 29   |
| 3.9 กราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลเอาต์พุต RAM (RAM_Allocate) .....                                                      | 29   |
| 3.10 กราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลเอาต์พุต CPU (CPU_Allocate) .....                                                     | 30   |
| 3.11 ผลในการติดตั้งซอฟต์แวร์เวอร์ชวลไลเซชัน.....                                                                              | 35   |
| 3.12 ซอฟต์แวร์จัดการระบบเวอร์ชวลไลเซชัน .....                                                                                 | 36   |
| 3.13 การจำลองเวิร์คโหลดด้วยซอฟต์แวร์เฮฟวีโหลด .....                                                                           | 38   |
| 3.14 การออกแบบการจัดสรรทรัพยากร RAM ด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ.....                                                              | 41   |
| 3.15 การออกแบบการจัดสรรทรัพยากร CPU ด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ.....                                                              | 42   |
| 3.16 ค่าความเป็นสมาชิกข้อมูลอินพุตของทรัพยากร RAM.....                                                                        | 43   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูป                                                                              | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------|------|
| 3.17 ค่าความเป็นสมาชิกข้อมูลอินพุตของทรัพยากร CPU .....                          | 44   |
| 3.18 กฎการจัดสรรทรัพยากร RAM และ CPU .....                                       | 45   |
| 3.19 การออกแบบการจัดสรรทรัพยากรด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ .....                     | 46   |
| 4.1 โมเดลการจัดสรรทรัพยากร .....                                                 | 55   |
| 4.2 ผลการจัดสรรและการเรียกคืนทรัพยากรตามเงื่อนไข .....                           | 62   |
| 4.3 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 1 ..... | 64   |
| 4.4 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 1 ..... | 65   |
| 4.5 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 2 ..... | 67   |
| 4.6 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 2 ..... | 68   |
| 4.7 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 3 ..... | 70   |
| 4.8 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 3 ..... | 71   |
| 4.9 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร RAM ในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน .....               | 73   |
| 4.10 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร CPU ในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน .....              | 75   |
| ก.1 สรุปการติดตั้งซอฟต์แวร์เวอร์ชวลไลเซชัน .....                                 | 89   |
| ก.2 ซอฟต์แวร์จัดการระบบเวอร์ชวลไลเซชัน .....                                     | 90   |
| ก.3 รูปแบบการติดตั้งเวอร์ชวลแมชีน .....                                          | 91   |
| ก.4 การระบุขั้นตอนในการติดตั้ง .....                                             | 91   |
| ก.5 การกำหนดทรัพยากรเริ่มต้นสำหรับเวอร์ชวลแมชีน .....                            | 92   |
| ก.6 การกำหนดพื้นที่การใช้งานสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีน .....                     | 93   |
| ก.7 การกำหนดชื่อเวอร์ชวลแมชีนและการตั้งค่าเครือข่าย .....                        | 93   |
| ก.8 การปรับแต่งการตั้งค่าเครื่องเวอร์ชวลแมชีน .....                              | 94   |
| ก.9 การจำลองเวิร์คโหลดการใช้งานเวอร์ชวลแมชีน .....                               | 94   |
| ก.10 ซอฟต์แวร์ Performance Monitor .....                                         | 95   |
| ก.11 การตั้งค่าการตรวจจับการใช้งานทรัพยากร RAM และ CPU .....                     | 96   |



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 สภาวะความเป็นมา แนวทางเหตุผล และปัญหา

องค์กรส่วนใหญ่ในปัจจุบันได้มีการนำระบบเวอร์ชวลไลเซชัน (Virtualization System) มาใช้ในดาต้าเซ็นเตอร์ (Data Center) ขององค์กรเพื่อช่วยให้ง่ายต่อการบริหารจัดการ เนื่องจากระบบเวอร์ชวลไลเซชันเป็นการรวมเซิร์ฟเวอร์ที่มีอยู่หลายๆเครื่องมาอยู่ในเครื่องเดียวหรือที่เรียกว่าเซิร์ฟเวอร์คอนโซลิเดชัน (Server Consolidation) เทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชันทำให้ระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านไอทีมีความยืดหยุ่นมากขึ้น โดยในแต่ละเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน จะสามารถแบ่งปันการใช้งานทรัพยากรจากเครื่องฮาร์ดแวร์ร่วมกันได้

อย่างไรก็ตามการใช้งานทรัพยากรในแต่ละเวอร์ชวลแมชีนยังขึ้นอยู่กับแต่ละช่วงเวลาของการใช้งานและแอปพลิเคชันต่างๆ บนเครื่องเวอร์ชวลแมชีนนั้นๆ จึงทำให้การใช้งานทรัพยากร จากเครื่องฟิสิคอลลมีความเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการจัดสรรทรัพยากรให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนจึงต้องคำนึงถึงทรัพยากรที่เหมาะสมและต้องมีประสิทธิภาพต่อแอปพลิเคชันที่ทำงานอยู่บนเวอร์ชวลแมชีน ในการจัดการทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน ถ้ามีการกำหนดไว้มากเกินไปก็จะทำให้สูญเสียไปอย่างเปล่าประโยชน์และถ้ากำหนดไว้น้อยเกินไปก็จะทำให้ไม่พอต่อการใช้งานและทำให้ประสิทธิภาพในการให้บริการของแอปพลิเคชันต่างๆ ที่ทำงานอยู่บนเวอร์ชวลแมชีน ลดลงในการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรเบื้องต้นในระบบเวอร์ชวลไลเซชันจะสามารถกำหนดได้โดยการเพิ่ม หรือ ลบ เวอร์ชวลแมชีน การปรับเปลี่ยนทรัพยากรที่มีการกำหนดให้แต่ละเวอร์ชวลแมชีน การย้ายเครื่องเวอร์ชวลแมชีนไปที่เครื่องฟิสิคอลลเซิร์ฟเวอร์ (Physical Server) เครื่องอื่นหรือที่เรียกว่าการทำไลฟ์ไมเกรชัน (Live Migration)

จากปัญหาดังกล่าวทำให้มีการประยุกต์ใช้ทฤษฎีควบคุมการใช้งานแบบต่างๆมาใช้เพื่อช่วยในการจัดสรรทรัพยากรเพื่อให้สอดคล้องต่อความต้องการการใช้งานของเวอร์ชวลแมชีนและแอปพลิเคชันต่างๆ การจัดการระบบทรัพยากรระหว่างเวอร์ชวลแมชีนและฟิสิคอลลเซิร์ฟเวอร์ในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน เช่น วิเอ็มแวร์ (VMware), เซ็นต์โปรเจกต์ (Xen Project) จะมีส่วนควบคุมการใช้งานทรัพยากรร่วมกัน อย่างเช่นในส่วนของการใช้หน่วยประมวลผล (CPU) ร่วมกันจะมีเครดิตสเกดูเลอร์ (Credit Scheduler) ช่วยในการจัดการ และบอลลูนไดรเวอร์ (Balloon Driver) ช่วยจัดการในส่วนของการใช้หน่วยความจำ (RAM) ร่วมกัน อย่างไรก็ตามการกำหนดทรัพยากรให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในปัจจุบันเป็นการกำหนดแบบคงที่จึงทำให้เกิดความผิดพลาดจากการใช้งานและการให้บริการ



ดังนั้นการกำหนดทรัพยากรให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนจะทำการกำหนดทรัพยากรไว้ให้มากกว่าความต้องการจริงเพื่อรองรับเวิร์คโหลด (Workload) ที่จะเกิดขึ้นในแต่ละเวอร์ชวลแมชชีน โดยการคาดเดาจากการให้บริการเซอร์วิส (Service) ต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่บนเวอร์ชวลแมชชีน เช่น ดาต้าเบสเซิร์ฟเวอร์ (Database Server) เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) และเซอร์วิสอื่นๆ ตามที่ผู้ดูแลระบบได้มีประสบการณ์และจากข้อมูลที่ผ่านมา

ในงานวิจัยนี้นำเสนอแนวคิดการจัดการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิก (Dynamic) ตามการใช้งานจริงของแต่ละเครื่องเวอร์ชวลแมชชีน โดยมีการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรจากเครื่อง เวอร์ชวลแมชชีนแบบเรียลไทม์ (Real Time) เพื่อให้เกิดการใช้งานทรัพยากรอย่างพอเพียงและรองรับกับเวิร์คโหลด (Workload) ที่มีความเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้การบริการต่างๆ มีประสิทธิภาพในทุกช่วงเวลาของการให้บริการ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อสังเคราะห์รูปแบบการจัดการทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชันให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีน

1.2.2 เพื่อพัฒนาแบบจำลองการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชชีนตามความต้องการการใช้งานจริงในแต่ละช่วงเวลา

1.2.3 เพื่อประเมินผลการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเมื่อเทียบกับการใช้งานของเวอร์ชวลแมชชีน

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อเปรียบเทียบการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนแบบปกติและการจัดสรรทรัพยากรโดยประยุกต์ใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือและการปรับค่าเหมาะสม

### 1.3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การออกแบบและพัฒนาตัวต้นแบบระบบจะใช้หลักการของตรรกศาสตร์คลุมเครือในการกำหนดเงื่อนไขในการจัดสรรทรัพยากร การปรับค่าเหมาะสมการใช้งานให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนโดยข้อมูลนำเข้า (Input) จะเป็นการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชันในแต่ละช่วงเวลาการใช้งานตัวอย่างมาประมวลผลในระบบการจัดการจัดสรรทรัพยากรโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือและส่งต่อค่าการใช้งานที่ปรับค่าแล้วให้กับเวอร์ชวลแมชชีนมอนิเตอร์ของ

ไฮเปอร์ไวเซอร์ในการจองพื้นที่บนทรัพยากรของเครื่องโฮสต์ในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน โดยขอบเขตทางด้านเนื้อหามจะประกอบด้วยส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบเวอร์ชวลไลเซชันดังนี้

#### 1. เทคนิคเวอร์ชวลไลเซชัน

1.1 เทคนิค Full Virtualization หรือ Binary Translation

1.2 เทคนิค Para Virtualization

1.3 เทคนิค Hardware Assisted Virtualization

#### 2. รูปแบบการจัดสรรทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

2.1 รูปแบบการจัดสรรทรัพยากร Random Access Memory (RAM)

2.2 รูปแบบการจัดสรรทรัพยากร Central Processing Unit (CPU)

#### 1.3.2 ขอบเขตด้านการจำลองระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

1. ซอฟต์แวร์เวอร์ชวลไลเซชันเป็นโอเพนซอสซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการจำลองระบบในการทดสอบหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Hypervisor

2. ฮาร์ดแวร์ ฮาร์ดแวร์โฮสสำหรับการติดตั้งซอฟต์แวร์เวอร์ชวลไลเซชันหรือ Hypervisor เป็นแหล่งทรัพยากรทางการภาพ (Physical Resource) ให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนนำไปใช้

3. เครื่องเวอร์ชวลแมชีน หรือ Guest OS เป็นระบบปฏิบัติการเสมือนที่สร้างขึ้นทำงานอยู่บนระบบเวอร์ชวลไลเซชันในงานวิจัยนี้จะติดตั้งเวอร์ชวลแมชีนจำนวน 3 เครื่อง ประกอบด้วยระบบปฏิบัติการ Windows และ Linux และมีการกำหนดทรัพยากรเบื้องต้นให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีน

#### 1.3.3 ขอบเขตด้านเทคนิคและวิธีการ

1. ส่วนของการออกแบบและติดตั้งระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

2. ส่วนของการติดตั้งเวอร์ชวลแมชีนและการกำหนดทรัพยากรเบื้องต้น

3. ส่วนของการประมวลผลข้อมูลและกำหนด Rule Base ในการจัดสรรทรัพยากร โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy) ในโปรแกรม Mat Lab ในการหาฏการจัดสรรทรัพยากร

4. ปรับค่าเหมาะสมการใช้ทรัพยากรเพื่อแก้ไขปัญหาการใช้บริการที่ต่อเนื่องที่เกิดจาก Workload ที่มีมากกว่าทรัพยากรที่กำหนดให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีน

#### 1.3.4 ขอบเขตด้านการทดสอบและประเมินผล

การทดสอบและประเมินผลจะทำการประเมินผลโดยการเปรียบเทียบผลของการทดสอบกับการจัดสรรทรัพยากรแบบปกติของระบบเวอร์ชวลไลเซชันที่ทำการทดสอบและเปรียบเทียบแบบใช้โมเดลอื่น

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ตัวแบบแนวทางการออกแบบระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

1.4.2 สามารถจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีนตามความเหมาะสมของการใช้งาน

1.4.3 สามารถจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีนให้รองรับ Workload ที่มีความเปลี่ยนแปลงในการให้บริการในแต่ละช่วงเวลา

#### 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 คำศัพท์ที่ 1 ทรัพยากร หมายถึง ในงานวิจัยนี้กำหนดให้เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) และหน่วยความจำ (RAM)

1.5.2 คำศัพท์ที่ 2 Server Consolidation หมายถึง การรวมเครื่องแม่ข่ายให้บริการหลายๆเครื่องไว้ในเครื่องทางกายภาพเดียวกันโดยอาศัยเทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชัน

1.5.3 คำศัพท์ที่ 3 Virtualization System หมายถึง เทคโนโลยีเสมือนที่ใช้จำลองระบบเครื่องคอมพิวเตอร์โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นเวอร์ชวลไม่ต้องมีฮาร์ดแวร์จริงแต่ใช้ระบบฮาร์ดแวร์จำลองในการทำงาน

1.5.4 คำศัพท์ที่ 4 Virtual Machine หมายถึง เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ทำงานอยู่บนระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

1.5.5 คำศัพท์ที่ 5 Workload หมายถึง จำนวนงานที่เครื่องเวอร์ชวลแมชีนได้รับจากการให้บริการในแต่ละบริการโดยจะมีการใช้งานทรัพยากรของระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

1.5.6 คำศัพท์ที่ 6 Xen Hypervisor หมายถึง ซอฟต์แวร์ระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

1.5.7 คำศัพท์ที่ 7 Live Migration หมายถึง การย้ายบริการและเวอร์ชวลแมชีนของโฮสต์หนึ่งไปยังโฮสต์อื่นๆโดยที่บริการต่างๆยังให้บริการได้อย่างต่อเนื่อง

1.5.8 คำศัพท์ที่ 8 Virtual Machine Monitor หมายถึง ระบบหรือเครื่องมือเฝ้าดูการใช้งานทรัพยากร (ในงานวิจัยนี้ทรัพยากรหมายถึง CPU และ RAM) ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

1.5.9 คำศัพท์ที่ 9 Credit Scheduler หมายถึง เทคนิคในการเข้าใช้งานหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

1.5.10 คำศัพท์ที่ 10 Balloon Driver หมายถึง เทคนิคในการเข้าใช้งานหน่วยหน่วยความจำ (RAM) ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน



TNI

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยหรือวรรณกรรม เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย การออกแบบระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบ เวอร์ชวลไลเซชัน ได้ศึกษาเอกสารทฤษฎี งานวิจัย หรือวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีสาระสำคัญ ดังนี้

เทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชันเป็นการจำลองทรัพยากรของระบบคอมพิวเตอร์ เช่น หน่วยประมวลผล (CPU) หน่วยความจำ (RAM) หน่วยเก็บข้อมูลและอื่นๆ ให้อยู่ในรูปแบบของระบบเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน โดยการใช้งานจะมีการแชร์การใช้ทรัพยากรระบบคอมพิวเตอร์ร่วมกัน ในแต่ละเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนสามารถติดตั้งระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกันและสามารถติดตั้งแอปพลิเคชันต่างๆ เพื่อใช้งานได้อย่างอิสระ จึงทำให้เวอร์ชวลแมชีนเป็นเหมือนคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งอยู่บน ฮาร์ดแวร์โดยทั่วไป

##### 2.1.1 Virtualization

เวอร์ชวลไลเซชัน (Virtualization) [1] คือการจำลองทรัพยากรจริงในระบบคอมพิวเตอร์ไปเป็นระบบคอมพิวเตอร์เสมือนจริงหลายๆ ระบบทำให้สามารถใช้งานระบบปฏิบัติการ และแอปพลิเคชันได้หลายๆ ระบบพร้อมๆ กันและมีความเป็นอิสระไม่ขึ้นอยู่กับทรัพยากรจริงอันใด อันหนึ่งแม้ว่าจะเป็นคนละแพลตฟอร์ม Platform กันก็ตามนอกจากนี้ยังหมายถึงการรวบรวมทรัพยากรด้านการประมวลผลการจัดเก็บข้อมูลและการติดต่อสื่อสารในแต่ละอุปกรณ์มารวมกันไว้ที่ ศูนย์กลางจากนั้นจึงให้ผู้ใช้สามารถนำทรัพยากรเหล่านั้นไปจัดสรรใช้ประโยชน์ได้ตามเหมาะสมหรือ ตามความต้องการของแต่ละระบบในช่วงเวลานั้นๆ

##### 2.1.2 Server Virtualization

เซิร์ฟเวอร์เวอร์ชวลไลเซชัน (Server Virtualization) [2] มาจากแนวคิดที่ว่าเครื่องแม่ข่ายที่ทำงานแบบหนึ่งเครื่องต่อหนึ่งแอปพลิเคชันนั้นไม่สามารถใช้งานประสิทธิภาพของเครื่องแม่ข่ายได้อย่างเต็มขีดความสามารถโดยจากสถิติและงานวิจัยพบว่าเครื่องแม่ข่ายส่วนใหญ่ใช้ประสิทธิภาพในการทำงานจริงเพียงแค่ 15-20% เท่านั้น [3] หากสามารถนำเอาทรัพยากรที่ไม่ได้ถูกใช้งานไปใช้งานในด้านอื่นจะได้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การที่ CPU และหน่วยความจำของเครื่องแม่ข่ายมีราคาถูกลงแต่มีประสิทธิภาพสูงและมีความจุมากขึ้นจึงเกิดเทคโนโลยีในการทำเวอร์ชวลไลเซชันด้วย

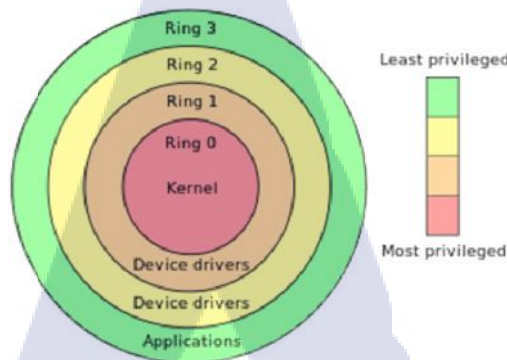
การใช้ทรัพยากรจากเครื่องแม่ข่ายขนาดเล็กตระกูล x86 โดยใช้ซอฟต์แวร์ประเภทเวอร์ชวลไลเซชัน เมเนจเมนต์ (Virtualization Management) เข้ามาจัดการและที่ได้รับความนิยมสูงในปัจจุบันก็มีด้วยกันหลากหลายโปรแกรมเช่น VMware [4], Xen Hypervisor [5] และ Microsoft Hyper-V [6] ซึ่งแต่ละโปรแกรมได้รับการพัฒนาโดยใช้เทคนิคต่างกันออกไปทำให้มีคุณสมบัติการทำงานที่แตกต่างกันส่งผลให้มีประสิทธิภาพการทำงานที่แตกต่างกันไปอีกด้วย การศึกษาครั้งนี้จะเป็นการศึกษาเทคนิคของเวอร์ชวลไลเซชันและซอฟต์แวร์ที่ใช้เทคนิคแต่ละประเภทว่ามีข้อดีข้อเสียอย่างไรและเหมาะสมกับการใช้งานภายในองค์กรอย่างไร

### 2.1.3 Virtualization Technique

เวอร์ชวลไลเซชันเทคนิค (Virtualization Technique) [7] ในด้านเทคนิคการสร้างเทคโนโลยี Virtualization บน CPU ตระกูล x86 สามารถทำได้สองวิธีคือ Hosted Architecture และ Hypervisor Architecture โดยแบบ Hosted นั้นจะ Run Virtualization Layer อยู่บนระบบปฏิบัติการของเครื่องนั้นเช่นเดียวกับการ Run Application ปกติ ซึ่งมีข้อดีก็คือสามารถรองรับฮาร์ดแวร์ได้หลากหลายกว่าในขณะที่แบบ Hypervisor จะ Run Virtualization Layer อยู่บน Hardware ของ x86 ทำให้สามารถเข้าถึงทรัพยากรของฮาร์ดแวร์ได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านระบบปฏิบัติการอีกจึงทำให้รูปแบบ Hypervisor มีประสิทธิภาพเหนือกว่าแบบ Hosted จึงจะพบว่าซอฟต์แวร์ที่มักถูกเลือกใช้ในการบริหารจัดการ Virtualization ใน Data Center จะเป็นแบบ Hypervisor ทั้งสิ้น เพื่อให้สามารถเข้าใจการทำงานของ Hypervisor ได้ดีขึ้นขอให้ดูตามภาพประกอบ Hypervisor เป็นศัพท์ที่ใช้เรียก Virtualization Layer ซึ่งทำหน้าที่บริหารจัดการ Virtual Machine โดยผ่านทาง Virtual Machine Monitor (VMM) โดย VMM จะถูกสร้างขึ้นภายใน Hypervisor ทำหน้าที่สำหรับสร้าง Virtual Hardware ให้ในแต่ละ Guest OS นอกจากนี้ในแต่ละ VMM ยังแบ่งแยกการทำงานออกจากรันไทม์เพียงแต่ยังสามารถแบ่งกันใช้ทรัพยากรของฮาร์ดแวร์จริงได้

โดยปกติแล้วสถาปัตยกรรมการทำงานของ x86 จะแบ่งชั้นการทำงานตามสิทธิ์ของโปรแกรมที่จะเรียกใช้งานฮาร์ดแวร์ออกเป็น 4 ชั้นคือตั้งแต่ศูนย์ถึงสาม (0-3) โดยระบบปฏิบัติการจะทำงานอยู่ในชั้นที่ 0 และแอปพลิเคชันต่างๆ ไปทำงานอยู่ในชั้นที่ 3 หลักของการทำ Virtualization ก็คือการสร้าง Virtualization Layer เข้าไปแทรกอยู่ระหว่างระบบปฏิบัติการและฮาร์ดแวร์ซึ่งโดยปกติก็จะเข้าไปแทนที่การทำงานของระบบปฏิบัติการในชั้นที่ 0 และทำหน้าที่สร้างทรัพยากรเสมือนให้กับ Guest OS ดังรูปที่ 2.1



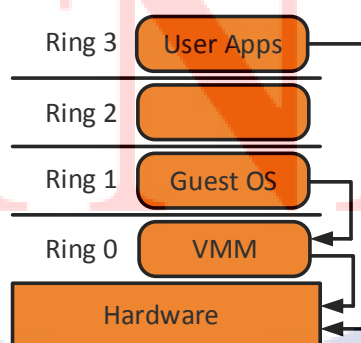


รูปที่ 2.1 สถาปัตยกรรมแบบ x86 โดยทั่วไป

ปัจจุบันมีซอฟต์แวร์เวอร์ชวลไลเซชัน (virtualization Software) มากมายทั้งในเชิงการค้าและโอเพ่นซอส (Open Source) เช่น วิเอวแวร์ (VMware), ไมโครซอฟท์ไฮเปอร์วี (Microsoft Hyper-V), เซนต์ไฮเปอร์ไวเซอร์ (Xen Hypervisor), เควีเอ็ม (KVM) และอื่นๆ ที่สามารถนำมาติดตั้งใช้งานได้โดยไม่ต้องมีค่าใช้จ่ายระบบเวอร์ชวลไลเซชันสามารถแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะหลักดังนี้

#### 2.1.4 Full Virtualization

ฟูลเวอร์ชวลไลเซชัน (Full Virtualization) [8] หรือเนทีฟเวอร์ชวลไลเซชัน (Native Virtualization) มีการทำงานในลักษณะการจำลองฮาร์ดแวร์ของเครื่องฟิสิกอลเซิร์ฟเวอร์ให้กับเครื่องเสมือนโดยตรงไม่มีการแก้ไขหรือปรับแต่งฮาร์ดแวร์ที่ทำงานอยู่ภายในระบบปฏิบัติการของเครื่องเวอร์ชวลแมชีน การทำงานของ Hypervisor จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวแปลงไบนารี (Binary Translation) ฮาร์ดแวร์จริงให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชีน แต่ละเครื่อง โดยผ่านทาง Virtual Machine Monitor (VMM) ดังรูปที่ 2.2

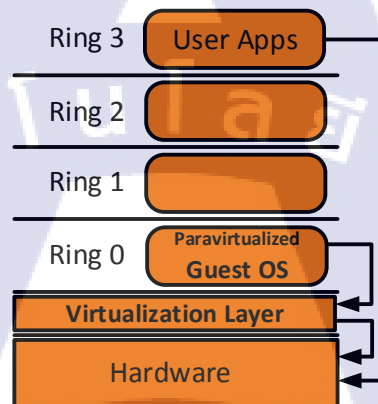


รูปที่ 2.2 โครงสร้างการทำงานลักษณะ Full Virtualization



### 2.1.5 Para virtualization

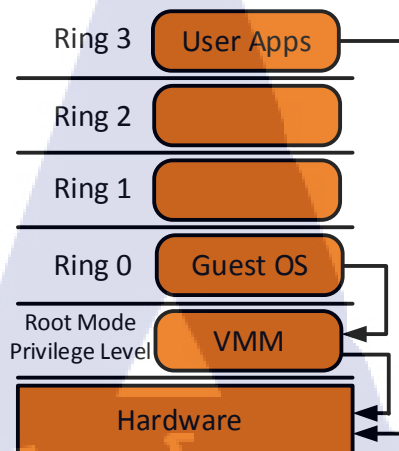
พาราเวอร์ชวลไลเซชัน (Para Virtualization) [9] จะมีการทำงานร่วมกันระหว่างเวอร์ชวลแมชีน และ Hypervisor เพื่อให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพ ในการทำงานแบบ Paravirtualization ไฮเปอร์ไวเซอร์ (Hypervisor) จะสามารถแก้ไขและปรับเปลี่ยนฮาร์ดแวร์ที่เป็น Non-Virtualize ภายในเวอร์ชวลแมชีนหรือเคอร์เนล (Kernel) ได้ โดยจะมีตัวกลางจัดการระหว่างเวอร์ชวลแมชีนและ Hypervisor ทำให้สามารถสื่อสารและทำงานร่วมกันได้ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างการทำงานลักษณะ Paravirtualization

### 2.1.6 Hardware Assisted Virtualization

ฮาร์ดแวร์แอสซิสเวอร์ชวลไลเซชัน (Hardware Assisted Virtualization) [10] คือการพัฒนาทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) เพื่อให้มีการรองรับการทำงานในระบบเวอร์ชวลไลเซชันเพิ่มมากขึ้น เช่น Virtualization-Technology (VT-x) [11] ของทางผู้ผลิต Intel และ AMD-V [12] ของทางผู้ผลิต AMD เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของ Virtual Machine Monitor (VMM) ในส่วนของการทำงาน Binary Translation ของทั้ง Full Virtualization และ Paravirtualization ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โครงสร้างการทำงานลักษณะ Hardware Assisted Virtualization

## 2.2 Memory Management

เมมโมรีเมเนจเมนต์ (Memory Management) [13] ในระบบเวอร์ชวลไลเซชันหน่วยความจำเป็นทรัพยากรส่วนที่สำคัญในระบบคอมพิวเตอร์และถือเป็นศูนย์กลางให้การดำเนินการด้านต่างๆในระบบคอมพิวเตอร์เวอร์ชวลแมชีนให้เป็นไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยภายในหน่วยความจำจะมีการทำงานหลายส่วน เช่น การทำงานของโปรแกรมจำนวนมาก ซึ่งต้องมีการแบ่งพื้นที่การใช้งานและวิธีการจัดการด้านต่างๆ ซึ่งหน่วยความจำที่ใช้ในการจัดเก็บแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

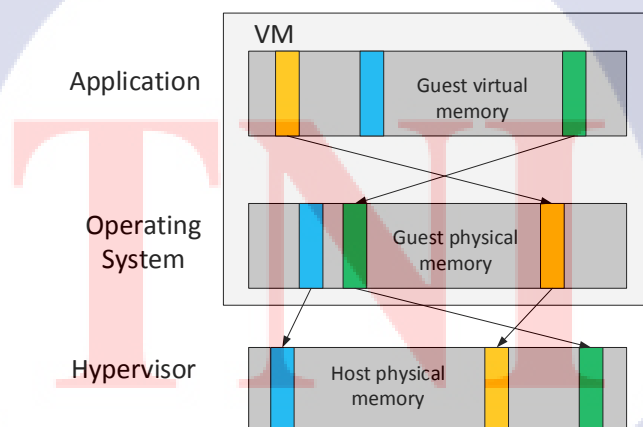
2.2.1 หน่วยความจำหลัก (Main Memory) ประกอบไปด้วยอาร์เรย์ขนาดใหญ่ (Large Array) ซึ่งภายในประกอบไปเวิร์ด (Words) และไบต์ (Bytes) ซึ่งแต่ละที่จะมีเลขตำแหน่ง (Address) เป็นของตัวเองนอกจากนี้หน่วยความจำหลักยังทำหน้าที่เก็บชนิดกระบวนการในการประมวลผลคำสั่ง (A Typical Instruction-Execution Cycle) เพื่อให้หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit: CPU) นำไปใช้ในการประมวลแล้วจึงส่งผลลัพธ์ของคำสั่งนั้นๆ กลับมาเก็บไว้ในหน่วยความจำหลักอีกครั้ง

2.2.2 หน่วยความจำเสมือน (Virtual Memory) เป็นเทคนิคที่อนุญาตให้โปรเซส (Process) สามารถประมวลผลได้นอกหน่วยความจำหลักโดยไม่ต้องคำนึงถึงขนาดพื้นที่ที่ใช้ในการประมวลผลว่าเพียงพอกับขนาดของโปรแกรมหรือไม่ นอกจากนี้ยังง่ายต่อการแชร์ไฟล์ (Share Files) พื้นที่ว่าง (Address Space) และเพิ่มประสิทธิภาพให้โปรเซสทำงานได้เร็วขึ้น เพราะไม่ต้องคอยตรวจสอบขนาดของหน่วยความจำทางกายภาพ (Physical Memory)

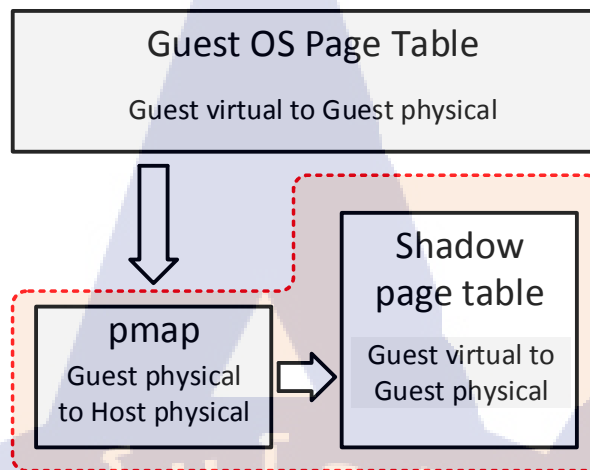
### 2.3 Memory Virtualization

เมโมรีเวอร์ชวลไลเซชัน (Memory Virtualization) [14] หน่วยความจำเสมือนใช้ทั่วไปในระบบปฏิบัติการและใช้ในระบบโปรเซสเซอร์ที่ทันสมัยโดยฮาร์ดแวร์โปรเซสเซอร์ส่วนใหญ่ก็จะมี การรองรับหน่วยความจำเสมือนหน่วยความจำเสมือนสร้างพื้นที่ที่อยู่เสมือน (Virtual Address) สำหรับการใช้งานของซอฟต์แวร์ ระบบปฏิบัติการและฮาร์ดแวร์ที่จะจัดการกับการแปลงที่อยู่ระหว่างพื้นที่เสมือนและพื้นที่ที่อยู่ทางฟิสิกส์เทคนิคนี้ไม่เพียงแต่ช่วยลดการทำงานของโปรแกรมแต่ยังปรับสภาพแวดล้อมการดำเนินการเพื่อให้สามารถรองรับสภาพแวดล้อมประปรมวลผลที่มีขนาดใหญ่ เช่น การทำ Process Protection, File Mapping และ Swapping ในระบบการประมวลผลเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนนั้น Hypervisor จะทำการสร้างพื้นที่หน่วยความจำสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนโดยพื้นที่หน่วยความจำที่สร้างขึ้นจะมีคุณสมบัติเดียวกับหน่วยความจำเสมือนที่แอปพลิเคชันใช้งานในระบบเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนและทำให้ Hypervisor สามารถให้บริการหน่วยความจำแก่เครื่องเวอร์ชวลแมชชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชันได้พร้อมกันโดยมีการป้องกันหน่วยความจำจากการใช้งานอื่นๆ

ด้วยเหตุนี้ทำให้แอปพลิเคชันที่ทำงานอยู่บนเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนสามารถใช้งานหน่วยความจำได้ นอกจากนี้ Hypervisor จะทำการเพิ่มเลเวลแอดเดรสทรานสเลชัน (Address Translation) เพื่อแมพฟิสิกส์แอดเดรสที่อยู่บนเวอร์ชวลแมชชีนไปที่ฟิสิกส์แอดเดรสของโฮสที่รันระบบเวอร์ชวลไลเซชันอยู่โดยผลที่ได้จะแบ่งออกเป็น 3 เวอร์ชวลเมโมรีเลเยอร์ คือ Guest Virtual Memory, Guest Physical Memory และ Host Physical Memory โดยมีความสัมพันธ์ในการทำงานระหว่างกันดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5. Virtual Memory Level



รูปที่ 2.6 Memory Address Translation

จากรูปที่ 2.6 จะเห็นว่าในระบบเวอร์ชวลไลเซชันนั้น Hypervisor จะมีการทำ Address Translation ระหว่าง Guest Physical Memory กับ Host Physical Memory โดยวิธี pmap (Physical memory mapping data structure) ให้กับแต่ละเวอร์ชวลแมชชีน

Hypervisor จะทำการตรวจจับการใช้งานของทุกๆ เวอร์ชวลแมชชีนเพื่อให้มีการจัดการข้อมูลด้วย Hardware Translate Lookaside Buffer (TLB) หรือ Page Table ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนนั้นๆ ที่อยู่ในรูปแบบเสมือนเพื่อที่จะทำ Physical Address Mapping ในส่วนสถานะของ TLB ในฮาร์ดแวร์จริงจะมีการปรับปรุงสถานะโดยใช้พื้นฐานของ Separate Shadow Page Table ที่อยู่ในส่วนของการทรานสเลชัน Guest virtual กับ Guest Physical Mapping ดังรูปที่ 2.6 โดยในปัจจุบัน CPU รุ่นใหม่ๆ เช่น CPU รุ่น Generation 3 ของ Intel Xeon 5500 ซีรี่ส์มีการสนับสนุนในส่วนของการ Memory virtualization โดยใช้ 2 เลเยอร์ของ Page table ของฮาร์ดแวร์ โดยเลเยอร์แรกจะเก็บข้อมูลแมปปิง Guest Virtual ไป Guest Physical ส่วนเลเยอร์ที่สองจะจัดเก็บข้อมูลการทรานสเลชันระหว่าง Guest Physical ไป Host Physical โดย Page Table ทั้งสองเลเยอร์จะมีการซิงโครไนซ์ระหว่างกันโดยใช้โปรเซสเซอร์ของฮาร์ดแวร์

#### 2.4 อัลกอริทึมที่เกี่ยวข้อง

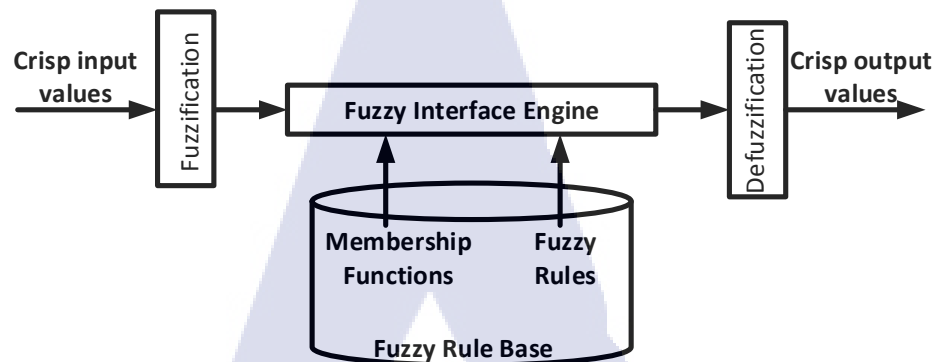
อัลกอริทึมที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยการออกแบบระบบจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชันจะมีส่วนในการกำหนดเงื่อนไขของข้อมูลอินพุต (Input) ที่ได้รับมาจากการออกแบบการตรวจจับการใช้งานทรัพยากรจากเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนและ

สามารถประมวลตามเงื่อนไขของการทำงานของงานทรัพยากรเพื่อให้ได้เอาต์พุต (Output) ค่าการจัดสรรทรัพยากร

งานวิจัยนี้จะใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) [15] มาช่วยในการกำหนดกฎ (Rule) ในการหาความสัมพันธ์ของการทำงานของงานทรัพยากรและการจัดสรรทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน เนื่องจากมีจุดเด่นในเรื่องการมีเหตุผลเชิงตรรกะและสามารถเข้าใจได้ง่ายเนื่องจากสามารถตีความให้อยู่ในรูปแบบ If-Then ซึ่งมีความสอดคล้องกับตรรกะความคิดของมนุษย์นอกจากนั้นตรรกศาสตร์คลุมเครื่อยังช่วยในการตัดสินใจสิ่งที่ไม่ใช่ผิดหรือถูกเพียงสองสถานะจึงเหมาะกับการนำหลักการของตรรกศาสตร์คลุมเครือหรือฟัซซีลอจิกมาประยุกต์ใช้งาน

ตรรกศาสตร์คลุมเครือหรือฟัซซีลอจิกเป็นผลงานวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอกของ L. A. Zadeh ในปีค.ศ. 1965 โดยฟัซซีลอจิกเป็นตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานความจริงที่ว่าทุกสิ่งไม่ได้มีความจริงที่แน่นอนเท่านั้นแต่มีหลายสิ่งที่มีความไม่แน่นอน (uncertain) และมีลักษณะคลุมเครือ (Fuzzy) และไม่ชัดเจน (exact) ยกตัวอย่าง เช่น เซตของอุณหภูมิในแต่ละประเทศที่กำหนดตั้งแต่ 0 องศาเซลเซียส ถึง 50 องศาเซลเซียส อาจจะกำหนดโดยแบ่งเป็น อากาศหนาว อากาศอบอุ่น อากาศร้อน เราจะเห็นได้ว่าในแต่ละช่วงอุณหภูมิในแต่ละประเทศหรือภูมิภาคไม่สามารถระบุชัดเจนว่า อากาศหนาว อากาศอบอุ่น อากาศร้อน จะแยกออกจากกันได้ชัดเจนที่อุณหภูมิใด โดยบางคนอาจตีความอากาศหนาวอยู่ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ถึง 15 องศาเซลเซียส บางพื้นที่หรือบางคนอาจตีความอากาศหนาวอยู่ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสถึง 18 องศาเซลเซียส ในทำนองเดียวกันช่วงอากาศอบอุ่นและอากาศร้อนก็ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนอุณหภูมิใดควรอยู่ในช่วงใด อาจตีความว่าอุณหภูมิที่ 0 ถึง 15 องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิที่ 0 ถึง 19 องศาเซลเซียสเป็นอากาศหนาว ซึ่งจากที่กล่าวมาเป็นตัวอย่างของความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นได้ทั่วไปลักษณะเหตุการณ์ที่ไม่สามารถระบุได้แน่นอนนี้เรียกว่าฟัซซีเซต

จากแนวความคิดของ Zadeh เกี่ยวกับความไม่แน่นอนได้มีการขยายแนวคิดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ มากมายจนนับไม่ถ้วน ได้มีนักวิจัยได้คิดค้นทฤษฎีเสริมกับแนวคิดเดิมจนทำให้ฟัซซีเซตโดดเด่นในวงการคอมพิวเตอร์ โดยฟัซซีลอจิกมีการประยุกต์ใช้งานอย่างจริงจังในประเทศญี่ปุ่นโดยมีการเล็งเห็นคุณค่าของศาสตร์ด้านนี้และเป็นผู้บุกเบิกฟัซซีเซตทางการค้า โดยได้นำไปประยุกต์ใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้ามากมาย เช่น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า หม้อหุงข้าว และอื่นๆ อีกมากมาย ในยุคปัจจุบันฟัซซีลอจิกถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงานงานต่างๆ มากมาย ตัวอย่างเช่น ในโครงการอวกาศ NASA และโครงการด้านการทหารเป็นต้น โดยองค์ประกอบของฟัซซีลอจิกสามารถแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 2.7 องค์ประกอบของระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ

จากรูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี่ ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่แปลงการอินพุตทั่วไปเปลี่ยนเป็นการอินพุตแบบตัวแปรฟัซซี่ (Fuzzification) หรือในรูปแบบเซตฟัซซี่หรือเรียกว่าเป็นตัวแปรภาษา (Linguistic Variable) ฐานความรู้ (Knowledge Base) เป็นส่วนที่จัดเก็บรวบรวมข้อมูลในการควบคุมประกอบ 2 ส่วนคือ ฐานกฎ (Rule Base) และ ฐานข้อมูล (Database) ฐานกฎ (Rule Base) ส่วนของการกำหนดวิธีการควบคุม ซึ่งได้จากผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบของชุดข้อมูลแบบกฎของภาษา (Linguistic Rule) ฐานข้อมูล (Database) เป็นการจัดเตรียมส่วนที่จำเป็นเพื่อที่จะใช้ในการกำหนดกฎการควบคุมและการจัดการข้อมูลของฟัซซี่ การตีความ (Fuzzy Inference Engine) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจสอบข้อเท็จจริงและกฎ เพื่อใช้ในการตีความหาเหตุผลเหมือนกลไกสำหรับควบคุมการใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งการกำหนดวิธีการของการตีความเพื่อหาคำตอบส่วนที่แปลงการเอาต์พุตให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (Defuzzification) เป็นการทำการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบฟัซซี่ให้เป็นค่าที่สรุปผลหรือค่าการควบคุมระบบ

ฟัซซี่เซต (Fuzzy Set) จะมีค่าความเป็นสมาชิกของทั้งเซตระหว่าง 0 และ 1 ตามแบบฉบับแบบทั่วไปและเป็นเซตที่ไม่เฉพาะ 0 และ 1 ซึ่งเป็นเซตแบบฟัซซี่ โดยนิยามของฟัซซี่เซตจะกำหนดให้  $X$  เป็นเซตที่ไม่ว่างฟัซซี่เซตสามารถแสดงลักษณะเฉพาะได้จากฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ดังสมการที่ 2.1

$$\mu_A(X) : X \rightarrow [0,1] \quad (2.1)$$

เมื่อ  $\mu_A$  สามารถตีความเป็นค่าความเป็นสมาชิกของตัวประกอบ  $x$  ในฟัซซี่เซต  $A$  สำหรับแต่ละฟัซซี่เซตสามารถเขียนของคู่ลำดับได้ดังสมการที่ 2



$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \quad (2.2)$$

เมื่อ  $A$  หมายถึง ฟัซซีเซต  $A$

$X$  หมายถึง สมาชิกของเซต (Set Membership)

$\mu_A$  หมายถึง ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function)

$\mu_A(x)$  บางครั้งแทนด้วย  $A(X)$  โดยที่  $X$  หมายถึงเอกภพสัมพัทธ์ (Universe) หรือประชากร

ถ้า  $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$  เป็นเซตจำกัดและ  $A$  เป็นฟัซซีเซตใน  $X$  ซึ่งเป็นชนิดวิฤต (Discrete) และจำกัดสัญกรณ์ (Notation) ของฟัซซีเซต เขียนได้ดังสมการที่ 2.3

$$A = \left\{ \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n} \right\} = \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \right\} \quad (2.3)$$

เมื่อพจน์  $\mu_A(x_i) \mid x_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$  หมายถึง ค่าความเป็นสมาชิก  $\mu_A(x_i)$  ของ  $x_i$  ในเซต  $A$  และเครื่องหมายบวก (+) หมายถึง ยูเนียน (Union)

ขั้นตอนการประมวลผลแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือมีรูปแบบการทำงานเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นการแปลงการอินพุตแบบทวินัยเปลี่ยนเป็นการอินพุตแบบตัวแปรฟัซซีโดยจะสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิก โดยไม่จำเป็นต้องมีลักษณะแบบเดียวกันขึ้นกับคุณลักษณะของแต่ละการอินพุต (Input) และความสำคัญต่อเอาต์พุต (Output) โดยฟังก์ชันจะมีลักษณะเป็นการกำหนดตัวแปรภาษา (Linguistic Variable) เพื่อให้เป็นฟัซซีอินพุต

ส่วนที่ 2 เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับเอาต์พุตที่อาศัยหลักการของการหาเหตุและผล การคาดการณ์จากการตัดสินใจของมนุษย์ หรือค่าจากการทดลองโดยเขียนเป็นกฎซึ่งจะมีลักษณะอยู่ในรูปแบบ ถ้า (IF) และ (AND) หรือ (OR) ซึ่งเป็นลักษณะทางภาษาทำให้กฎในรูป If Then สามารถประมวลเพื่อการหาการตัดสินใจที่เหมาะสม

ส่วนที่ 3 เป็นการหาฟัซซีเอาต์พุต โดยการนำกฎการควบคุมที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 2 มาประมวลผลกับฟัซซีอินพุตโดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำค่าที่ได้มาประมวลผลเป็นวิธีการทำฟัซซีฟิเคชัน (Fuzzification)

ส่วนที่ 4 เป็นขั้นตอนสุดท้ายหรือขั้นตอนการสรุปเหตุผลฟัซซีโดยจะเปลี่ยนฟัซซีเอาต์พุตให้เป็นเอาต์พุตโดยวิธีทางคณิตศาสตร์ เช่น วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity: COG) เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการตัดสินใจเพื่อควบคุมระบบในสถานการณ์นั้นๆ



วิธีการหาค่าฟัซซีให้เป็นค่าปกติ (Defuzzification) วิธีการที่เป็นเทคนิคการเลือกค่าสูงสุดหรือสรุปหาเหตุผลจากหลายๆ เซต มาเพียงค่าเดียวซึ่งเป็นการใช้ค่าสูงสุดของค่าระดับการเป็นสมาชิกจากการกระทำหลายๆ แบบ และเลือกกระทำเพียงรูปแบบเดียว วิธีการหาจุดศูนย์กลาง (Center of Gravity : COG) เป็นวิธีการเฉลี่ยผลที่ได้จากการตีความหาเหตุ โดยค่าที่ได้จะคำนวณจุดศูนย์กลางโดยรวมจะหาได้จากการประมาณค่าโดยใช้สมการดังนี้

$$COG = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i \omega_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_i \omega_i} \quad (2.4)$$

|       |            |     |                                           |
|-------|------------|-----|-------------------------------------------|
| เมื่อ | COG        | แทน | ค่าของจุดศูนย์กลาง (Central of Gravity)   |
|       | N          | แทน | ค่าตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ i    |
|       | $\alpha_i$ | แทน | ค่าฟัซซีของเอาต์พุตในเซตฟัซซีตำแหน่งที่ i |
|       | $\omega_i$ | แทน | พื้นที่ใต้โค้งของเซตฟัซซีตำแหน่งที่ i     |

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับการ ออกแบบระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน ซึ่งในอดีตที่ผ่านมางานวิจัยดังกล่าวได้มีผู้ทำการวิจัยค้นคว้าและพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนมาถึงปัจจุบัน ด้วยเหตุนี้ในบทที่ 2 จึงนำเสนอการสำรวจวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งในแต่ละหัวข้อผู้วิจัยจะนำเสนอเรียงตามลำดับปีที่ตีพิมพ์ รวมถึงอธิบายสาระสำคัญของแต่ละงานวิจัยไว้พอสังเขปดังนี้

N. Gang and S. Yongqing [16] ได้ศึกษาการจัดสรรทรัพยากรให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนบน Xen Hypervisor และได้ เสนอวิธีการจัดสรรทรัพยากรตามความต้องการใช้งานของแต่ละเวอร์ชวลแมชีน ออกเป็น 3 ระดับ แบ่งตามสำคัญ (Priority) คือ

1. Core Application Level
2. Service Application Level
3. Common Application Level

โดยผลที่ได้ Priority ระดับ Core Application Level สามารถเข้าให้งานทรัพยากรได้เร็วกว่าระดับอื่นแต่ข้อจำกัดของการจัด Priority คือ กรณีที่มีการติดตั้ง Service ที่ซับซ้อนและหลายๆ Service ในเครื่องเดียวจะทำให้การกำหนด Priority ได้ยาก

S. B. Nigmandjanovich [17] ได้ทำการศึกษาการใช้งานทรัพยากรโดยการติดตั้ง Agent บนเครื่อง Virtual Machine เพื่อเฝ้าดู (Monitoring) การใช้งานทรัพยากรและกำหนด Policy-base ให้แต่ละ Service การใช้งานเพื่อจัดลำดับความสำคัญการเข้าใช้งานทรัพยากรแต่เนื่องจากการใช้ทรัพยากรของระบบมีความซับซ้อนมากจึงต้องมีการจัดการ Policy จำนวนมากและมีความยุ่งยากในการจำแนก Service Policy

D. Minarolli [18] ได้นำเสนอการจัดการทรัพยากรแบบกระจาย (Distribution) ผ่าน Artificial Neural Networks โดยใช้หลักการของ Artificial Neural Network ในการเรียนรู้การใช้งานทรัพยากรเพื่อจัดสรรการใช้งานทรัพยากรแต่เนื่องจากรูปแบบในการใช้งานทรัพยากรมีความซับซ้อนและมีรูปแบบที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาทำให้การใช้ Artificial Neural Network มีความผิดพลาดในการเรียนรู้รูปแบบการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีน

S. Ying [19] ได้นำเสนอการจัดการการแชร์ทรัพยากรแบบกระจาย (Distribution) ระหว่างเครื่องโฮสต์ (Physical machine) ในระบบ Virtualization ที่ใช้งานอยู่ใน Data Center ได้นำเสนออัลกอริทึมในการใช้งานทรัพยากรแบบกระจายโดยแบ่งเป็นแบบ Local และ Global เพื่อขยายการให้บริการทรัพยากรข้ามเวอร์ชวลไลเซชันโดเมน (Virtualization Domain) ที่อยู่ใน Data Center การจัดการทรัพยากรในลักษณะนี้จะต้องเพิ่มทรัพยากรฮาร์ดแวร์และการจัดการทรัพยากรข้ามโดเมนจะมีความซับซ้อนและยากต่อการจัดการเมื่อเทียบกับการจัดการทรัพยากรในโดเมนเดียวกัน

Z. Wenyu [20] นำเสนอวิธีการจัดสรรทรัพยากรให้กับเครื่อง Virtual Machine โดยใช้วิธี Load Balance เพื่อให้สามารถกระจายการใช้ทรัพยากรในแต่ละเครื่อง Virtual Machine ในโดเมนเดียวกันในการจัดสรรทรัพยากรลักษณะนี้จะช่วยให้บริการของเวอร์ชวลแมชีนมีเสถียรภาพมากขึ้น แต่การใช้งานทรัพยากรรวมจากระบบเวอร์ชวลไลเซชันจะมีลักษณะแบบปกติ

Y. Chao-Tung [21] นำเสนอวิธีการจัดการทรัพยากรโดยการทำคลัสเตอร์ (Cluster) ที่เครื่อง Physical Host ในระบบเวอร์ชวลไลเซชันเพื่อลดเวิร์คโหลด (Workload) และการใช้งานทรัพยากรที่เครื่องโฮสต์เครื่องใดเครื่องหนึ่งโดยใช้หลักการของคลัสเตอร์เพื่อใช้ทรัพยากรร่วมกัน โดยการจัดการทรัพยากรในลักษณะนี้จะเป็นการขยายพื้นที่ของระบบเวอร์ชวลไลเซชันรวมเพื่อเพิ่มความสามารถในการรองรับการใช้งานที่มากขึ้นแต่ยังมีการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนจากระบบเวอร์ชวลไลเซชันแบบปกติ

Z. Zhenzhong [22] นำเสนอวิธีการจัดสรรทรัพยากรโดยการเก็บสถิติการใช้งานของเครื่อง Virtual Machine เพื่อสร้างโมเดลการประมาณการใช้งานทรัพยากรของเครื่อง Virtual Machine เพื่อคำนวณการจัดสรรทรัพยากรบน Physical Host เป็นการประมาณการข้อมูลการใช้ทรัพยากรจากที่ผ่านมาของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการจัดสรรทรัพยากรโดยวิธี

นี่จะเป็นการทำนาย (Prediction) การใช้งานซึ่งในการใช้งานจะเกิดข้อผิดพลาดมากหรือน้อยขึ้นกับค่าที่ได้จากสถิติ

D. Minarolli [23] เสนอวิธีการประยุกต์ใช้ Fuzzy Logic ในการหาความต้องการการใช้งานทรัพยากรเพื่อจัดสรรทรัพยากรในระบบ Cloud Computing เพื่อหาความสัมพันธ์ในการกำหนดราคาการให้บริการโดยหาค่าความเหมาะสมระหว่างการกำหนดทรัพยากรกับราคาการให้บริการที่เหมาะสม ซึ่งในงานวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือเข้ามาควบคุมการกำหนดค่าที่เหมาะสมได้

X. Xu [24] นำเสนอวิธีการจัดสรรทรัพยากรโดยใช้ grey prediction model ที่เป็นลักษณะ Adaptive Controller เป็นระบบการทำนายค่า (Prediction) การใช้งานทรัพยากรซึ่งจะเป็นลักษณะการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมพิเศษ (Gray Prediction Algorithm) การนำระบบ Prediction มาใช้ในการกำหนดทรัพยากรจะเกิดความผิดพลาดในส่วนของการใช้งานจริงในแต่ละช่วงเวลาที่มีค่าไม่ตรงตามค่าที่ทำนายได้

อย่างไรก็ตามการจัดสรรทรัพยากรที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าเป็นการจัดสรรทรัพยากรโดยมีการกำหนดความสำคัญ (Priority) ของบริการที่อยู่บนเครื่องเวอร์ชวลแมชีนการกำหนดกฎการให้บริการ (Policy-Base) การขยายขอบเขตการให้บริการทรัพยากรโดยการเพิ่มพื้นที่ในลักษณะของการทำคลัสเตอร์ (Cluster) และโหลดบาลานซ์ (Load Balance) และการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมต่างๆ ในการหาความเหมาะสมของการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนและการจัดสรรทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอโมเดลในการจัดสรรทรัพยากรโดยมีพื้นฐานจากความต้องการการใช้งานทรัพยากรจริงของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในแต่ละช่วงเวลาและความต้องการการใช้งานของแอปพลิเคชันต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่บนเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเพื่อนำข้อมูลที่ได้มากำหนดกฎการใช้งานทรัพยากร (Rule Base) ในการจัดสรรทรัพยากร โดยประยุกต์ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ช่วยในการกำหนดกฎการจัดสรรทรัพยากรและการสร้างโมเดลเพื่อสร้างเป็นคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมและจัดสรรทรัพยากร

โดยในส่วนแรกเป็นการตรวจสอบการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีน ส่วนที่สองจะทำการตรวจจับค่าการใช้ทรัพยากรส่วนที่สามตรวจสอบความต้องการการใช้งานทรัพยากรส่วนที่สี่เป็นการจัดสรรทรัพยากรและส่วนที่ห้าเป็นการแจ้งการใช้ทรัพยากรไปที่เครื่องเวอร์ชวลแมชีน โดยการทำงานของระบบสามารถจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรได้ตามความต้องการการใช้งานจริงในแต่ละช่วงเวลา

### บทที่ 3

#### วิธีการดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยเรื่อง การออกแบบระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน มีการแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหาระบบการจัดสรรทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

ขั้นที่ 2 การศึกษารูปแบบการจัดสรรทรัพยากรให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

ขั้นที่ 3 การสังเคราะห์โมเดลการออกแบบระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์รูปแบบการกำหนด Rule Base ในการจัดสรรทรัพยากรโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy)

ขั้นที่ 5 การทดสอบโมเดลระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

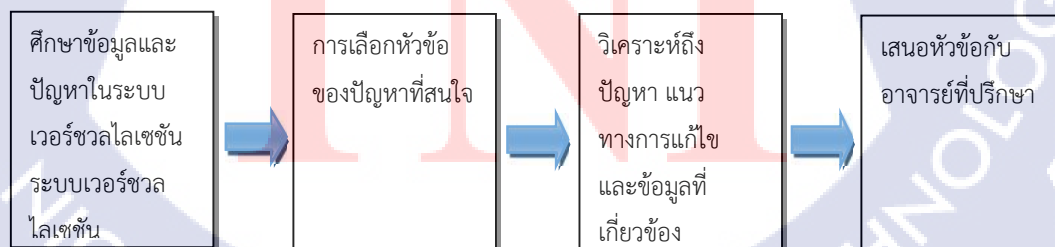
ขั้นที่ 6 การประเมินผลและเปรียบเทียบ

ขั้นที่ 7 การสรุปผลการวิจัย

โดยขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยทั้ง 7 ขั้นตอน มีวิธีการและกระบวนการดำเนินงาน แบ่งเป็นรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

#### 3.1 ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหาระบบการจัดสรรทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของระบบเวอร์ชวลไลเซชันเพื่อหาผลกระทบและปัญหาในการจัดสรรทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาในงานวิจัย

### 3.1.1 ศึกษาข้อมูลและปัญหาในการศึกษาและวิเคราะห์

ในขั้นตอนนี้ เป็นขั้นตอนการศึกษาหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบเวอร์ชวลไลเซชัน และการจัดสรรทรัพยากรให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชีน ปัญหาและข้อจำกัดในการจัดสรรทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน โดยทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชันนั้นมีหลายแบบดังเช่น การใช้ทรัพยากรในระบบคอมพิวเตอร์โดยทั่วไป เช่น ทรัพยากรทางด้านการจัดเก็บข้อมูล (Storage), การประมวลผล (CPU), หน่วยความจำ (RAM), และเครือข่าย (Network) เพียงแต่การใช้งานทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลจะมีการแชร์ทรัพยากรร่วมกันทำให้มีการใช้ทรัพยากรมีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้งานทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลจะต้องมีการจัดการการเข้าใช้งานของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนให้มีความเหมาะสมตามความต้องการและ Workload ของ Application ที่ให้บริการอยู่บนเครื่องเวอร์ชวลแมชีน การจัดการระบบจัดสรรทรัพยากรจึงมีความจำเป็นอย่างมากต่อระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

### 3.1.2 การเลือกหัวข้อของปัญหาที่สนใจ

จากการศึกษาข้อมูลและการวิเคราะห์ปัญหาโดยรวมขอระบบการจัดสรรทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน ซึ่งมีหลายหัวข้อที่น่าสนใจ แต่ในงานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับ การจัดสรรทรัพยากรด้านการประมวลผล (CPU) และการใช้หน่วยความจำ (RAM) ที่มีผลโดยตรงกับคุณภาพการให้บริการของเครื่องเวอร์ชวลแมชีน

### 3.1.3 วิเคราะห์ถึงปัญหา แนวทางการแก้ไข และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ในการเลือกหัวข้อของปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยเห็นถึงความสำคัญของระบบการจัดสรรทรัพยากรเพื่อให้ตอบสนองต่อการให้บริการต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่บนเครื่องเวอร์ชวลแมชีนที่ Workload มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการหาแนวทางในการจัดสรรทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพและรองรับสถานการณ์และการทำงานที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้จึงเป็นการช่วยในการให้บริการของ Application ที่ติดตั้งอยู่บนเครื่องเวอร์ชวลแมชีนมีประสิทธิภาพและเสถียรภาพที่ดีมากขึ้น

### 3.1.4 เสนอหัวข้อกับอาจารย์ที่ปรึกษา

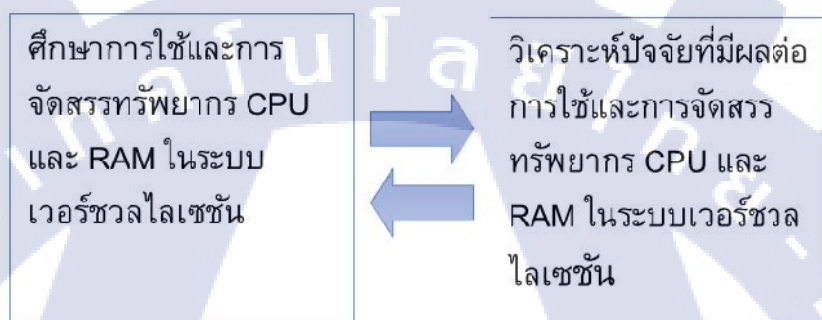
จากการวิเคราะห์ปัญหา การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ในการจัดสรรทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชันผู้วิจัยจึงได้ออกแบบตัวโมเดลหรือตัวแนะนำการจัดสรรทรัพยากรเพื่อให้การจัดสรรทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชันมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยโมเดลการทำงานจะประกอบด้วยการตรวจสอบการใช้งานเครื่องเวอร์ชวลแมชีน การนำผลที่ได้มาประมวลผล



การปรับค่าเหมาะสม และการส่งค่าให้กับเวอร์ชวลไลเซชันเลเยอร์หรือ Hypervisor ในการจองพื้นที่ ในการจัดสรรทรัพยากรให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชีน

### 3.2 ชั้นที่ 2 การศึกษารูปแบบการจัดสรรทรัพยากรให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบ เวอร์ชวลไลเซชัน

ในการศึกษารูปแบบการจัดสรรทรัพยากรให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชันมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.2 การศึกษารูปแบบการจัดสรรทรัพยากรให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

#### 3.2.1 ศึกษาการใช้และการจัดสรรทรัพยากร CPU และ RAM ในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการและรูปแบบการใช้งานทรัพยากรระบบหน่วยประมวลผล (CPU) และหน่วยความจำ (RAM) ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีน และรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรระบบหน่วยประมวลผล (CPU) และหน่วยความจำ (RAM) ของ Hypervisor ที่เป็นตัวกลางในการจัดสรรทรัพยากรของเครื่องโฮสในระบบเวอร์ชวลไลเซชันให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชีน โดยการศึกษาหาข้อมูล จากทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้องต่างๆ

#### 3.2.2 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้และการจัดสรรทรัพยากร CPU และ RAM ในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

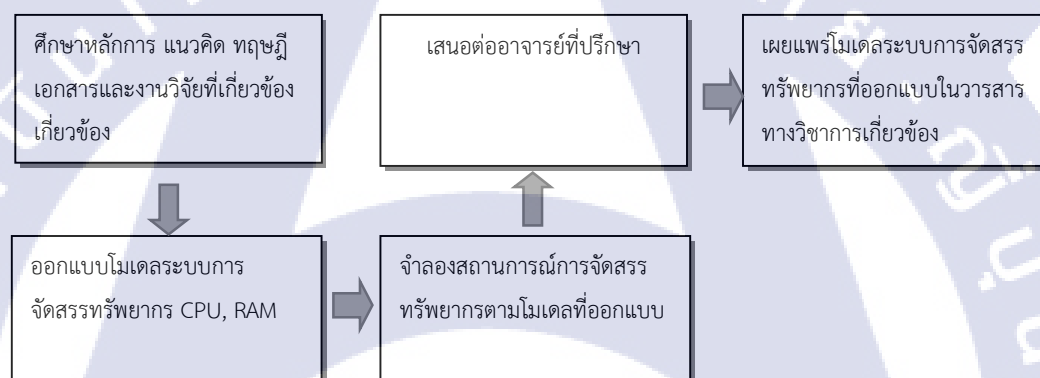
จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะการใช้และการจัดสรรทรัพยากร CPU และ RAM ในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน [25] พบว่าการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนจะขึ้นอยู่กับบริการ Service ต่างๆ ที่ติดตั้งหรือให้บริการอยู่บนเครื่องนั้นๆ โดยความต้องการในการใช้งานทรัพยากรจะขึ้นอยู่กับแต่ละช่วงเวลาและจะแตกต่างกันไปตามแต่ละ Service ตามความ



ต้องการการเรียกใช้งานของ Service นั้นๆ ซึ่งในระบบเวอร์ชวลไลเซชันเครื่องเวอร์ชวลแมชีนแต่ละเครื่องจะใช้ทรัพยากรจากเครื่องฟิสิคัลหรือเครื่องโฮสที่รันระบบอีกทีโดยมี Hypervisor เป็นซอฟต์แวร์ในการจัดการการเข้าใช้งานทรัพยากรระหว่างเครื่องเวอร์ชวลแมชีนและเครื่องโฮส จากการทำงานของระบบเวอร์ชวลไลเซชันดังกล่าวจะเห็นว่าการใช้ทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีน

### 3.3 ขั้นที่ 3 การสังเคราะห์โมเดลการออกแบบระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

ผู้วิจัยได้สังเคราะห์โมเดลการออกแบบระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชันจากการศึกษาและวิเคราะห์โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการสังเคราะห์โมเดลการออกแบบระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

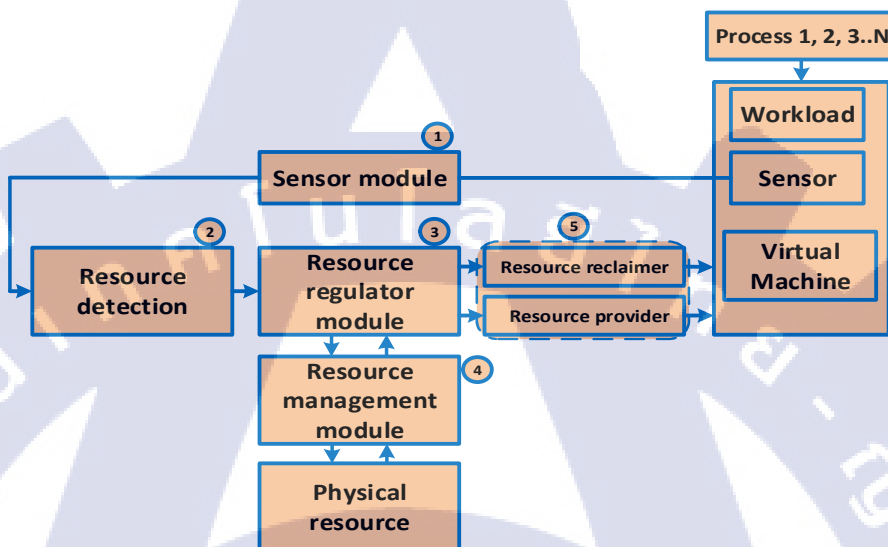
#### 3.3.1 ศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบโมเดลและการทดสอบในขั้นตอนต่างๆของโมเดลโดยการศึกษาจะมีเนื้อหา ดังนี้

- ระบบเวอร์ชวลไลเซชัน
- เทคนิคเวอร์ชวลไลเซชัน
- รูปแบบการจัดสรรทรัพยากร
- อัลกอริทึมในการช่วยประเมินผล

### 3.3.2 ออกแบบโมเดลระบบการจัดสรรทรัพยากร CPU, RAM

หลังจากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการสังเคราะห์โมเดลการออกแบบระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน ประกอบด้วย 5 โมดูล ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การออกแบบโมเดลระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

โดยการออกแบบโมเดลระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชันทั้ง 5 โมดูล เป็นดังนี้

โมดูลที่ 1 Resource Sensor Module เป็นโมดูลในการตรวจจับการใช้งานทรัพยากรของเวอร์ชวลแมชีนโดยมีการตรวจจับการใช้งานแบบเรียลไทม์โดยในขั้นตอนนี้จะเป็นการติดตั้ง Agent ที่เครื่องเวอร์ชวลแมชีนเพื่อเก็บค่าการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนโดยจะทำการเก็บข้อมูลการใช้งาน RAM และ CPU ในแต่ละช่วงเวลาโดยไฟล์ที่ได้จะเป็นรูปแบบเท็กไฟล์ (Text File)

โมดูลที่ 2 Resource Detection Module โมดูลนี้จะเป็นการตรวจสอบการใช้งานทรัพยากรและระบุแหล่งที่มาว่ามาจากเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องใด โดยโมดูลนี้จะอาศัยการตรวจสอบร่วมกับระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

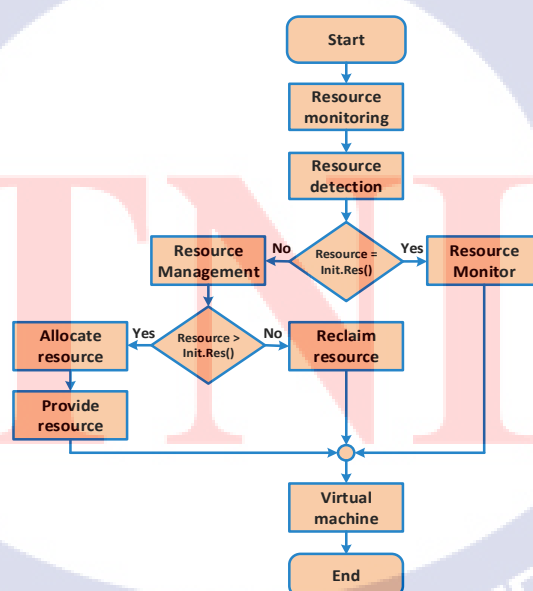
โมดูลที่ 3 Resource Regulator Module เป็นโมดูลในการควบคุมและกำหนดกฎ (Rule) ในการจัดสรรและการเรียกคืนทรัพยากรโดยการประยุกต์ใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ในการกำหนดเงื่อนไขการจัดสรรทรัพยากรโดยมีลักษณะการกำหนด Membership Function ของข้อมูลอินพุตและข้อมูลเอาต์พุตให้อยู่ในรูป IF...THEN และการปรับค่าเหมาะสม (Optimal Weight) เพื่อให้ค่าการจัดสรรทรัพยากรมีความเหมาะสมต่อการใช้งานในแต่ละช่วงเวลานั้นๆ

โมดูลที่ 4 Resource Management Module เป็นโมดูลการจัดการทรัพยากรและส่วนติดต่อกับเวอร์ชวลแมชีนมอนิเตอร์ (Virtual Machine Monitor : VMM) เพื่อแจ้งค่าการใช้และคืนทรัพยากรของ RAM และ CPU

โมดูลที่ 5 Resource Provider/Reclaimer เป็นโมดูลส่วนที่แจ้งค่าการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนโดยค่าที่ได้รับจะเป็นค่าที่มีการปรับค่าเหมาะสมในขั้นตอนของโมดูลการควบคุมและกำหนดกฎ (Rule)

### 3.3.3 จำลองสถานการณ์การจัดสรรทรัพยากรตามโมเดลที่ออกแบบ

การออกแบบโมเดลระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชันทั้ง 5 โมดูล สามารถจำลองการรับค่าอินพุตและเอาต์พุตของข้อมูลการใช้งานทรัพยากรการกำหนดเงื่อนไขการจัดสรรทรัพยากรของตามสภาพแวดล้อมการใช้งานทรัพยากรและการจัดสรรทรัพยากรที่สามารถเป็นไปได้จะสามารถเป็นได้ 3 รูปแบบสถานการณ์ดังนี้



รูปที่ 3.5 การจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรตามสถานการณ์

จากรูปที่ 3.5 แสดงสถานการณ์การจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรที่เป็นไปได้ โดยการรับค่าอินพุตที่เป็นทรัพยากร RAM และ CPU จากจากเท็กไฟล์เพื่อนำมาตรวจสอบกับค่าในช่วงเวลาถัดไปว่ามีค่าเท่ากับ มากกว่าหรือน้อยกว่าโดยหากมีค่ามากกว่าจะทำการจัดสรรทรัพยากรและถ้ามีค่าน้อยกว่าจะมีการเรียกคืนค่าการใช้งานตามค่าที่กำหนดในโมดูลการควบคุมและกำหนดกฎโดยสถานการณ์การใช้งานทรัพยากรที่เป็นไปได้ ทั้ง 3 สถานการณ์ ดังต่อไปนี้

สถานการณ์ที่ 1 ค่าการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนมีค่าที่พอดีกับการใช้งานที่กำหนดจึงไม่มีการจัดสรรหรือเรียกคืนทรัพยากรจากเครื่องเวอร์ชวลแมชชีน

สถานการณ์ที่ 2 ค่าการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนมีค่าที่มากกว่าค่าการใช้งานที่กำหนดจึงมีการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเพิ่มขึ้น

สถานการณ์ที่ 3 ค่าการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนมีค่าที่น้อยกว่าค่าการใช้งานที่กำหนดจึงมีการเรียกคืนทรัพยากรจากเครื่องเวอร์ชวลแมชชีน

#### 3.3.4 เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา

นำเสนอผลการออกแบบโมเดลการออกแบบระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชันและจำลองการจัดสรรทรัพยากรเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อแนะนำและแก้ไขปรับปรุง

#### 3.3.5 เผยแพร่โมเดลระบบการจัดสรรทรัพยากรที่ออกแบบในวารสารทางวิชาการ

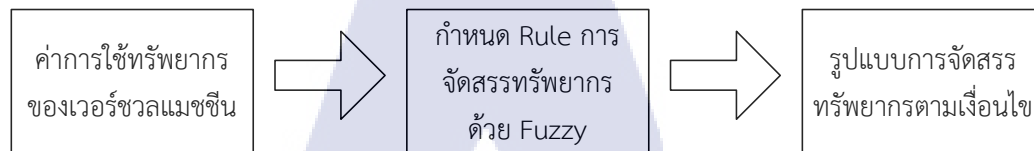
ผู้วิจัยได้นำเสนอโมเดลที่ออกแบบและจำลองสถานการณ์การจัดสรรทรัพยากรในหัวข้องานวิจัยเรื่องการออกแบบระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

### **3.4 ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์รูปแบบการกำหนดกฎ (Rule Base) ในการจัดสรรทรัพยากรโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy)**

ในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์และกำหนดกฎ (Rule Base) เพื่อใช้ในการจัดสรรทรัพยากรที่ได้จากการตรวจจบการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy) และเนื่องจากการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาจึงต้องกำหนดรูปแบบข้อมูลให้มีความเหมาะสม

ดังนั้นการกำหนดรูปแบบและการเลือกฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในฟัซซีลอจิกจะต้องเลือกตามความเหมาะสมและครอบคลุมข้อมูลการใช้งานทรัพยากรจากเวอร์ชวลแมชชีนที่รับเข้ามาผ่านทางอินพุตและสามารถกำหนดความเป็นสมาชิกให้ค่าอินพุตได้หลายค่าและฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

(Membership Function) สามารถเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมกับงานหรือตามกฎที่กำหนดได้ โดยการประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิกในการกำหนดเงื่อนไข (Rule) ไขการจ้ดสรรทรัพยากรจะเป็นดังรูป



รูปที่ 3.6 การกำหนด Rule Base ในการจัดสรรทรัพยากรโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy)

จากรูปที่ 3.6 สามารถใช้ฟัซซีลอจิกในการกำหนดรูปแบบอินพุตของการใช้งานทรัพยากรจากเครื่องเวอร์ชวลแมชีนโดยการกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกให้กับข้อมูลการใช้งานทรัพยากรเพื่อกำหนดกฎที่อยู่ในรูป If-Then เพื่อหาค่าในการจัดสรรทรัพยากรตามเงื่อนไขโดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

#### 3.4.1 การวิเคราะห์ค่าการใช้ทรัพยากรของเวอร์ชวลแมชีน

การวิเคราะห์ค่าการใช้ทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนจะเป็นการนำค่าที่ได้จากโมดูลในการออกแบบโมดูลที่1 (การตรวจจับการใช้งาน) โดยค่าการใช้ทรัพยากรจะเป็นข้อมูลอินพุต (Input) เพื่อนำมากำหนดขอบเขตเชิงภาษา (Fuzzy Linguistic) และการกำหนดค่าความเป็นสมาชิก (Grade of Membership Function) ในฟัซซีลอจิกเพื่อกำหนดเป็นฟัซซีเซต A

โดยการกำหนดฟัซซีเซต A และกำหนดให้ x เป็นเซตที่ไม่ว่าง ฟัซซีเซต A สามารถกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกได้ ดังสมการ

$$\mu_A(x) : X \rightarrow [0,1] \quad (3.1)$$

เมื่อ  $\mu_A$  สามารถตีความเป็นค่าความเป็นสมาชิกของตัวประกอบ x ในฟัซซีเซต A สำหรับแต่ละฟัซซีเซตสามารถเขียนของคู่ลำดับได้ดังสมการ

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \quad (3.2)$$

เมื่อ  $A$  หมายถึง ฟังก์ชันเซต  $A$

$X$  หมายถึง สมาชิกของเซต (Set Membership)

$\mu_A$  หมายถึง ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function)

$\mu_A(X)$  บางครั้งแทนด้วย  $A(X)$  โดยที่  $X$  หมายถึง เอกภพสัมพัทธ์ (Universe) หรือ ประชากร

จากสมการฟังก์ชันข้างต้นสามารถนำมากำหนดตัวแปรขอบเขตเชิงภาษาโดยการกำหนดข้อมูลการใช้ทรัพยากรให้อยู่ในรูปฟังก์ชันเซต ( $A$ ) โดยการกำหนดตัวแปรภาษาที่ใช้ในฟังก์ชันเซตจะมีการกำหนดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรภาษาและความหมาย

| ระบบ             | ชื่อตัวแปร   | ค่าตัวแปร        | ความหมาย                                                         |
|------------------|--------------|------------------|------------------------------------------------------------------|
| อินพุตตัวที่ 1   | RAM_Usage    | RAM_Equal        | การใช้งานทรัพยากร RAM มีค่าเท่ากับ<br>การใช้งานในวินาทีก่อนหน้า  |
|                  |              | RAM_Less_Than    | การใช้งานทรัพยากร RAM มีค่าน้อยกว่า<br>การใช้งานในวินาทีก่อนหน้า |
|                  |              | RAM_More_Than    | การใช้งานทรัพยากร RAM มีค่ามากกว่า<br>การใช้งานในวินาทีก่อนหน้า  |
| อินพุตตัวที่ 2   | CPU_Usage    | CPU_Equal        | การใช้งานทรัพยากร CPU มีค่าเท่ากับ<br>การใช้งานในวินาทีก่อนหน้า  |
|                  |              | CPU_Less_Than    | การใช้งานทรัพยากร CPU มีค่าน้อยกว่า<br>การใช้งานในวินาทีก่อนหน้า |
|                  |              | CPU_More_Than    | การใช้งานทรัพยากร CPU มีค่ามากกว่า<br>การใช้งานในวินาทีก่อนหน้า  |
| เอาต์พุตตัวที่ 1 | RAM_Allocate | RAM_Not_Allocate | ไม่มีการจัดและเรียกคืนทรัพยากร RAM                               |
|                  |              | RAM_Reclaim      | เรียกคืนทรัพยากร RAM                                             |
|                  |              | RAM_Allocate     | จัดสรรทรัพยากร RAM                                               |
| เอาต์พุตตัวที่ 2 | CPU_Allocate | CPU_Not_Allocate | ไม่มีการจัดและเรียกคืนทรัพยากร CPU                               |
|                  |              | CPU_Reclaim      | เรียกคืนทรัพยากร CPU                                             |
|                  |              | CPU_Allocate     | จัดสรรทรัพยากร CPU                                               |



การกำหนดขอบเขตเชิงภาษาข้างต้นจะสามารถสร้างกราฟฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุตการใช้งานทรัพยากร RAM และ CPU และกราฟผลลัพธ์ค่าการจัดสรรทรัพยากร

โดยทำการกำหนดเป็นรูปแบบกราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเป็นแบบสามเหลี่ยมซึ่งฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยมจะอยู่ในรูปของสมการดังนี้

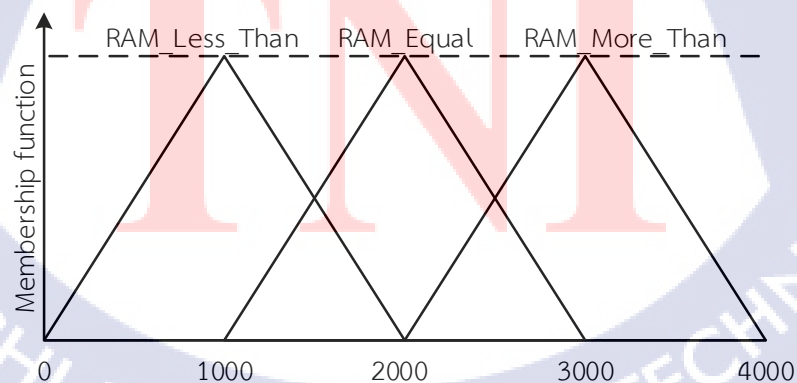
ฟังก์ชันสามเหลี่ยม

$$\text{triangular}(x;a,b,c) = \begin{cases} -x, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ x, & c \geq x \end{cases} \quad (3.3)$$

หรือ

$$\text{triangular}(x;a,b,c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \quad (3.4)$$

การนำฟังก์ชันสามเหลี่ยมมาใช้ในการสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลเนื่องจากมีความง่ายและไม่ซับซ้อนและมีความแม่นยำสามารถปรับเปลี่ยนค่าในฟังก์ชันได้ง่าย โดยฟังก์ชันกราฟสามเหลี่ยมที่สร้างขึ้นจะเป็นดังรูปที่ 3.7-3.10



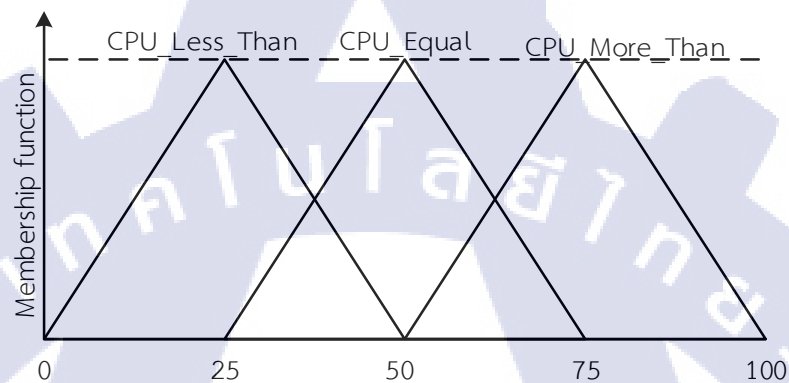
รูปที่ 3.7 กราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุต RAM(RAM\_Usage)

รูปที่ 3.7 การกำหนดขอบเขตของกราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุต RAM (RAM\_Usage) จะกำหนดตามค่าดังนี้

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ RAM\_Equal มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น [1000, 2000, 3000]

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ RAM\_Less\_Than มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น [0, 1000, 2000]

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ RAM\_More\_Than มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น [2000, 3000, 4000]



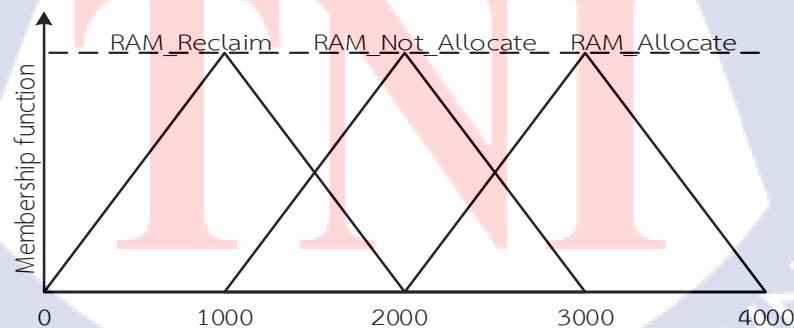
รูปที่ 3.8 กราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุต CPU (CPU\_Usage)

รูปที่ 3.8 การกำหนดขอบเขตของกราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุต CPU (CPU\_Usage) จะกำหนดตามค่าดังนี้

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ CPU\_Equal มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น [25, 50, 75]

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ CPU\_Less\_Than มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น [0, 25, 50]

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ CPU\_More\_Than มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น [50, 75, 100]



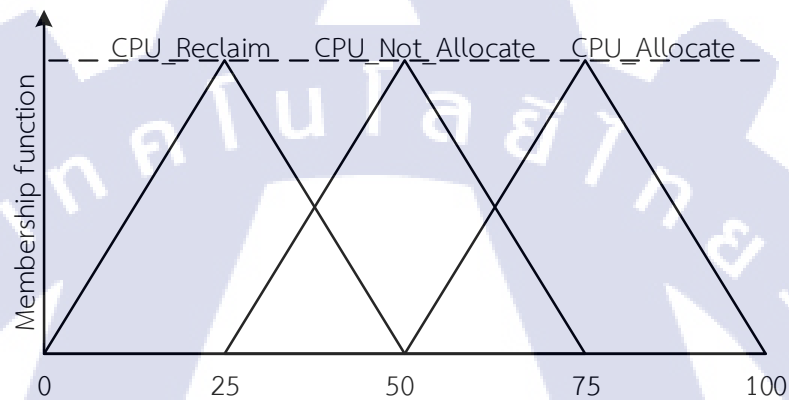
รูปที่ 3.9 กราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลเอาต์พุต RAM (RAM\_Allocate)

รูปที่ 3.9 การกำหนดขอบเขตของกราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุต RAM (RAM\_Allocate) จะกำหนดตามค่าดังนี้

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ RAM\_Not\_Allocate มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น [1000, 2000, 3000]

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ RAM\_Reclaim มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น [0, 1000, 2000]

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ RAM\_Allocate มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น [2000, 3000, 4000]



รูปที่ 3.10 กราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลเอาต์พุต CPU (CPU\_Allocate)

รูปที่ 3.10 การกำหนดขอบเขตของกราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุต CPU (CPU\_Allocate) จะกำหนดตามค่าดังนี้

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ CPU\_Not\_Allocate มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น [25, 50, 75]

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ CPU\_Reclaim มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น [0, 25, 50]

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ CPU\_Allocate มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น [50, 75, 100]

การกำหนดกราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกทั้งข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตจะกำหนดค่าตามค่าทรัพยากรที่กำหนดให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีนที่ใช้ในการทดลองในระบบเวอร์ชวลไลเซชันโดยค่าของ RAM กำหนดค่าตั้งแต่ 1 ถึง 4000 และค่าของ CPU กำหนดตั้งแต่ 1 ถึง 100 ดังรูปข้างต้น

#### 3.4.2 กำหนดกฎการจัดสรรทรัพยากรด้วยฟัซซี (Fuzzy)

การกำหนดกฎการจัดสรรทรัพยากรด้วยฟัซซี (Fuzzy) จะทำได้โดยการกำหนดขอบเขตเชิงภาษาและการกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) ของข้อมูลอินพุตและ

ข้อมูลเอาต์พุต โดยการสร้างเงื่อนไขหรือกฎการควบคุมให้อยู่ในรูปแบบ If...Then ตามข้อมูลจากการกำหนดขอบเขตเชิงภาษาและการกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลได้ดังนี้

- 1) If (RAM-Usage is RAM\_Equal) and (CPU-Usage is CPU\_Equal) then (RAM-Allocate is RAM\_Not\_Allocate)(CPU-Allocate is CPU\_Not\_Allocate)
- 2) If (RAM-Usage is RAM\_Equal) and (CPU-Usage is CPU\_More\_Than) then (CPU-Allocate is CPU\_Allocate)
- 3) If (RAM-Usage is RAM\_Equal) and (CPU-Usage is CPU\_Less\_Than) then (CPU-Allocate is CPU\_Reclaim)
- 4) If (RAM-Usage is RAM\_More\_Than) and (CPU-Usage is CPU\_Equal) then (RAM-Allocate is RAM\_Allocate)
- 5) If (RAM-Usage is RAM\_Less\_Than) and (CPU-Usage is CPU\_Equal) then (RAM-Allocate is RAM\_Reclaim)
- 6) If (RAM-Usage is RAM\_More\_Than) and (CPU-Usage is CPU\_More\_Than) then (RAM-Allocate is RAM\_Allocate)(CPU-Allocate is CPU\_Allocate)
- 7) If (RAM-Usage is RAM\_Less\_Than) and (CPU-Usage is CPU\_More\_Than) then (RAM-Allocate is RAM\_Reclaim)(CPU-Allocate is CPU\_Allocate)
- 8) If (RAM-Usage is RAM\_More\_Than) and (CPU-Usage is CPU\_Less\_Than) then (RAM-Allocate is RAM\_Allocate)(CPU-Allocate is CPU\_Reclaim)
- 9) If (RAM-Usage is RAM\_Less\_Than) and (CPU-Usage is CPU\_Less\_Than) then (RAM-Allocate is RAM\_Reclaim)(CPU-Allocate is CPU\_Reclaim)

### 3.4.3 ผลการจัดสรรทรัพยากรตามเงื่อนไข

ผลการจัดสรรทรัพยากรตามเงื่อนไขจากการทำฟัซซิฟิเคชัน (Fuzzification) จะได้ผลการคำนวณในรูปแบบของฟัซซีผลที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับข้อกำหนดตัวแปรฟัซซีและรูปแบบเงื่อนไขการจัดสรรทรัพยากรจากกฎการจัดสรรทรัพยากรในข้อที่ 2 เพื่อหาค่าการจัดสรรและการเรียกคืนทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

การเปลี่ยนค่าในรูปแบบการสรุปเหตุผลแบบฟัซซีให้เป็นค่าปกติจะหาค่าจากสมการจุดศูนย์กลาง (Central of Gravity) ซึ่งเป็นวิธีการเฉลี่ยผลที่ได้จากการตีความหาเหตุดังสมการที่ 3.5 ดังนี้

$$COG = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i \omega_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_i} \quad (3.5)$$

|       |            |     |                                             |
|-------|------------|-----|---------------------------------------------|
| เมื่อ | COG        | แทน | ค่าของจุดศูนย์กลางถ่วง (Central of Gravity) |
|       | N          | แทน | ค่าตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ i      |
|       | $\alpha_i$ | แทน | ค่าฟัซซีของเอาต์พุตในเซตฟัซซีตำแหน่งที่ i   |
|       | $\omega_i$ | แทน | พื้นที่ใต้โค้งของเซตฟัซซีตำแหน่งที่ i       |

โดยค่าที่ได้จากสมการข้างต้นนำมาใช้ในการตัดสินใจในการควบคุมระบบตามกฎที่ได้กำหนดในสถานการณ์นั้นๆ และนำค่าที่ได้ไปปรับค่าเหมาะสมเพื่อส่งค่าให้กับเวอร์ชวลแมชีน มอนิเตอร์ (Virtual Machine Monitor : VMM) เพื่อจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรจากโฮสต์ต่อไป

### 3.5 ขั้นที่ 5 ทดสอบโมเดลระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการทดสอบโมเดลระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน โดยจะมีขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ติดตั้งระบบเวอร์ชวลไลเซชันและเครื่องเวอร์ชวลแมชีน
2. มอนิเตอร์และตรวจจับการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีน
3. กำหนดเงื่อนไขการจัดสรรทรัพยากรด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy)
4. แจ้งค่าทรัพยากรให้ VMM (Virtual Machine Monitor)

1. ติดตั้งระบบเวอร์ชวลไลเซชัน [26] และเครื่องเวอร์ชวลแมชีน การติดตั้งระบบเวอร์ชวลไลเซชันผู้วิจัยได้ติดตั้งระบบเวอร์ชวลไลเซชันโดยใช้ซอฟต์แวร์ Xen Hypervisor ในการจำลองระบบเวอร์ชวลไลเซชันโดยทำการติดตั้งซอฟต์แวร์บนระบบปฏิบัติการ Linux ซึ่งมีขั้นตอนการติดตั้งระบบเวอร์ชวลไลเซชันและเครื่องเวอร์ชวลแมชีน ดังนี้

1.1 ข้อมูลเครื่องคอมพิวเตอร์หรือเครื่องโฮสต์ที่ใช้ในการติดตั้งซอฟต์แวร์ Xen Hypervisor หรือซอฟต์แวร์เวอร์ชวลไลเซชัน

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลเครื่องคอมพิวเตอร์หรือเครื่องโฮสต์ที่ใช้ในการติดตั้ง

| ส่วนประกอบ                    | รายละเอียด                                        |
|-------------------------------|---------------------------------------------------|
| Dell OptiPlex 3010 DT         | Intel(R) Core(TM) i3-3240 Processor (3.40GHz,3MB) |
| หน่วยความจำ (Memory: RAM)     | 4GB Non-ECC DDR3 1600MHz SDRAM Memory             |
| พื้นที่การใช้งาน (Disk Space) | 500GB 7200 RPM SATA Hard Drive                    |
| การเชื่อมต่อเครือข่าย         | 1 Gbps                                            |
| ไอพีแอดเดรสเครื่องโฮสต์       | 1 IP (172.16.31.50)                               |

## 1.2 การติดตั้งซอฟต์แวร์ไฮเปอร์ไวเซอร์ (Xen Hypervisor) หรือซอฟต์แวร์เวอร์ชวล

ไลเซนส์

คำสั่งในการติดตั้ง

คำสั่งในการติดตั้งแพ็คเกจ Bridge-Utils เพื่อใช้ในการ bridge การเชื่อมต่อเครือข่ายให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีนด้วยคำสั่งดังนี้

```
yum install bridge-utils
```

เกี่ยวข้อง

คำสั่งการติดตั้ง Repository เพื่อดึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการติดตั้งจากคลังข้อมูลการที่

```
Yuminstall http://au1.mirror.crc.id.au/repo/kernel-xen-release-latest.noarch.rpm
```

ดังนี้

คำสั่งการติดตั้ง Xen Hypervisor เวอร์ชัน 4.5 โดยการติดตั้งสามารถเลือกติดตั้งตามเวอร์ชัน

เวอร์ชัน 4.2

```
yum install xen
```

```
ls -l /boot/xen.gz
```

เวอร์ชัน 4.3

```
yum install xen43
```

```
ls -l /boot/xen.gz
```

เวอร์ชัน 4.4

```
yum install xen44
```

```
ls -l /boot/xen.gz
```



เวอร์ชัน 4.5

```
yum install xen45
```

```
ls -l /boot/xen.gz
```

การปิดการทำงาน SELinux โดยแก้ไขไฟล์ selinux ที่ /etc/sysconfig/selinux โดยแก้ไข  
เป็นดังนี้

```
# This file controls the state of SELinux on the system.
```

```
# SELINUX= can take one of these three values:
```

```
# enforcing - SELinux security policy is enforced.
```

```
# permissive - SELinux prints warnings instead of enforcing.
```

```
# disabled - No SELinux policy is loaded.
```

```
SELINUX=disabled
```

```
# SELINUXTYPE= can take one of these two values:
```

```
# targeted - Targeted processes are protected,
```

```
# mls - Multi Level Security protection.
```

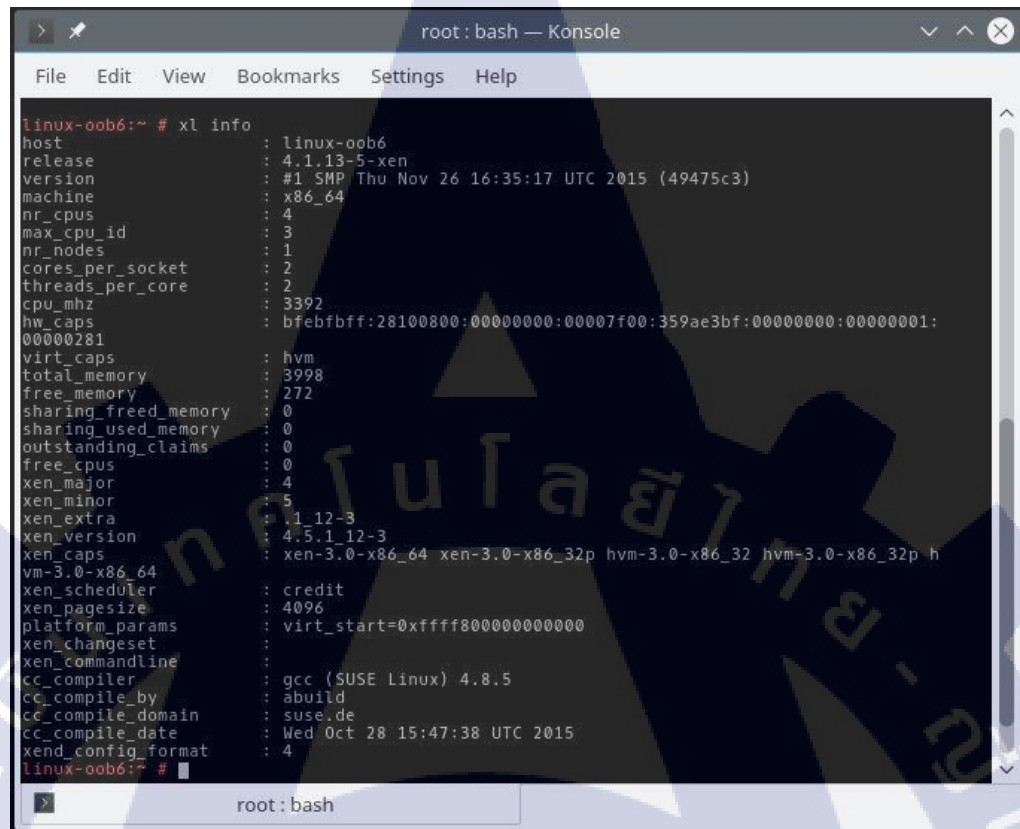
```
SELINUXTYPE=targeted
```

คำสั่งตรวจสอบการติดตั้ง Xen Hypervisor หรือซอฟต์แวร์เวอร์ชวลไลเซชัน

```
# xl info
```

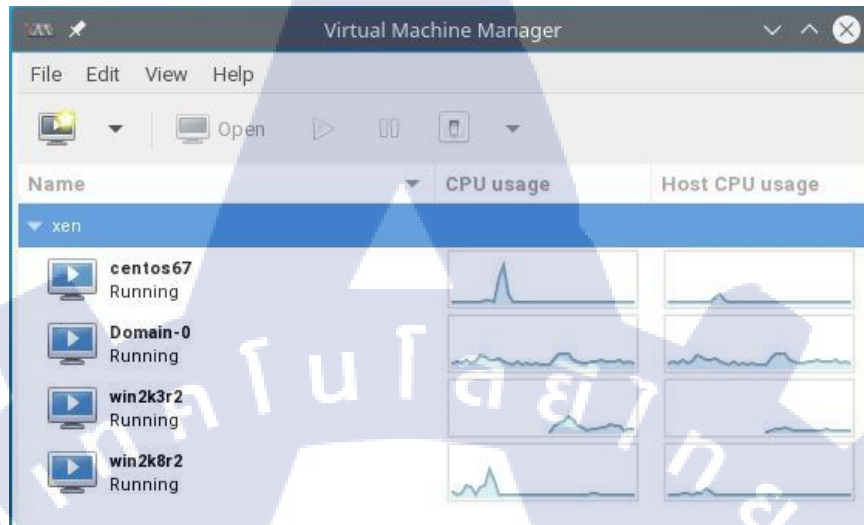
โดยผลในการติดตั้งซอฟต์แวร์เวอร์ชวลไลเซชันในการทดลองสามารถแสดงดังรูปที่ 3.11

TNI



```
root: bash — Konsole
File Edit View Bookmarks Settings Help

linux-oob6:~ # xl info
host           : linux-oob6
release       : 4.1.13-5-xen
version       : #1 SMP Thu Nov 26 16:35:17 UTC 2015 (49475c3)
machine       : x86_64
nr_cpus       : 4
max_cpu_id    : 3
nr_nodes      : 1
cores_per_socket : 2
threads_per_core : 2
cpu_mhz       : 3392
hw_caps       : bfebfbff:28100800:00000000:00007f00:359ae3bf:00000000:00000001:
00000281
virt_caps     : hvm
total_memory  : 3998
free_memory   : 272
sharing_freed_memory : 0
sharing_used_memory : 0
outstanding_claims : 0
free_cpus     : 0
xen_major     : 4
xen_minor     : 5
xen_extra     : .1.12-3
xen_version   : 4.5.1.12-3
xen_caps      : xen-3.0-x86_64 xen-3.0-x86_32 hvm-3.0-x86_32 hvm-3.0-x86_32p h
vm-3.0-x86_64
xen_scheduler : credit
xen_pagesize  : 4096
platform_params : virt_start=0xffff800000000000
xen_changeset :
xen_commandline :
cc_compiler   : gcc (SUSE Linux) 4.8.5
cc_compile_by : abuild
cc_compile_domain : suse.de
cc_compile_date : Wed Oct 28 15:47:38 UTC 2015
xend_config_format : 4
linux-oob6:~ #
```



TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลเครื่องเวอร์ชวลแมชีน

| ส่วนประกอบ                      | รายละเอียด             |
|---------------------------------|------------------------|
| หน่วยประมวลผล (Processor : CPU) | 1 vCPU                 |
| หน่วยความจำ (Memory : RAM)      | 1024 MB                |
| พื้นที่การใช้งาน (Disk Space)   | 15.0 GB                |
| การเชื่อมต่อเครือข่าย           | 1 Gbps (Bridge)        |
| ไอพีแอดเดรสเครื่องโฮสต์         | 1 IP (172.16.31.51-53) |

การกำหนดทรัพยากรให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชันจะต้องคำนึง ถึงทรัพยากรรวมในระบบเวอร์ชวลไลเซชันเนื่องจากในระบบเวอร์ชวลไลเซชันที่ใช้ซอฟต์แวร์ Xen Hypervisor จะมีส่วนของตัวควบคุมการจัดการการใช้งานทรัพยากรที่เรียกว่าโดเมนศูนย์ (Dom0) F โดยจะมีการกำหนดทรัพยากรเริ่มต้นที่ 512 เมกกะไบต์ [x] โดเมนศูนย์จะทำหน้าที่ควบคุมการใช้งานทรัพยากรและข้อมูลอินพุต-เอาต์พุต ระหว่างเครื่องเวอร์ชวลแมชีนและระบบเวอร์ชวลไลเซชัน โดยโดเมนศูนย์จะมีการใช้งานทรัพยากร RAM และ CPU จากทรัพยากรรวมในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

ดังนั้นการกำหนดทรัพยากรให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนจะต้องคำนึงถึงทรัพยากรรวมในระบบเวอร์ชวลไลเซชันเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการใช้งานและสามารถให้บริการเซอร์วิสต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4 การติดตั้งซอฟต์แวร์เซฟวิโหลด (Heavy Load) [27] ในการจำลองการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชันทั้ง 3 เครื่อง ผู้วิจัยได้ใช้ซอฟต์แวร์เซฟวิโหลดในการจำลองเวิร์คโหลดในแต่ละเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเพื่อให้มีสภาพแวดล้อมการใช้งานที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมการใช้งานในแต่ละกรณีที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในส่วนของจัดการทรัพยากร RAM และ CPU เพื่อให้ค่าการใช้งานมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาตามการใช้งานจริงและสามารถวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพของระบบการจัดสรรทรัพยากรที่ได้ออกแบบ โดยซอฟต์แวร์ในการจำลองการใช้ทรัพยากรหรือเวิร์คโหลด (Workload) สามารถจำลองเวิร์คโหลดการใช้งานของเวอร์ชวลแมชีนทั้งทรัพยากร RAM และ CPU ดังรูปที่ 3.13



ติดตั้งซอฟต์แวร์ Performance Monitor (Perfmon) ซึ่งการตรวจจับการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนจะใช้เวลาในการตรวจจับเป็นเวลา 30 วินาทีเพื่อใช้ค่าการใช้งานเป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อใช้ในการคำนวณการจัดสรรทรัพยากรที่ได้ออกแบบ โดยค่าการตรวจจับการใช้งานทรัพยากร RAM และ CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนทั้ง 3 เครื่องแสดงดังตารางที่ 3.4 ถึงตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.4 การใช้ทรัพยากร RAM และ CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนที่ 1

| เวลา (วินาที) | T1     | T2     | T3     | T4     | T5     | T6     | T7     | T8     |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 706.16 | 681.39 | 706.29 | 681.47 | 706.39 | 714.87 | 714.94 | 706.55 |
| CPU (%)       | 39.69  | 42.79  | 24.21  | 29.57  | 38.79  | 37.53  | 37.22  | 24.51  |

| เวลา (วินาที) | T9     | T10    | T11    | T12    | T13    | T14    | T15   | T16   |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| RAM (MB)      | 706.38 | 681.49 | 706.22 | 714.67 | 714.73 | 706.34 | 706.4 | 706.4 |
| CPU (%)       | 47.22  | 19.28  | 34.74  | 21.99  | 32.58  | 28.23  | 30.07 | 17.4  |

| เวลา (วินาที) | T17    | T18    | T19    | T20    | T21    | T22   | T23    | T24    |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 681.65 | 706.54 | 706.34 | 706.34 | 714.85 | 706.4 | 714.85 | 706.46 |
| CPU (%)       | 32.71  | 34.15  | 37.78  | 39.46  | 37.41  | 26.82 | 20.35  | 29.3   |

| เวลา (วินาที) | T25    | T26    | T27    | T28    | T29    | T30    |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 706.53 | 706.59 | 715.05 | 706.64 | 715.11 | 715.17 |
| CPU (%)       | 34.87  | 41.98  | 34.41  | 25.56  | 46.58  | 34.67  |

ตารางที่ 3.5 การใช้ทรัพยากร RAM และ CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนที่ 2

| เวลา (วินาที) | T1     | T2     | T3     | T4     | T5     | T6     | T7     | T8     |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 997.33 | 996.98 | 996.14 | 630.36 | 630.41 | 1100.9 | 633.63 | 644.19 |
| CPU (%)       | 48.21  | 31.25  | 26.56  | 21.87  | 20.31  | 35.93  | 48.43  | 21.87  |



ตารางที่ 3.5 การใช้ทรัพยากร RAM และ CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนที่ 2 (ต่อ)

| เวลา (วินาที) | T9     | T10    | T11    | T12    | T13    | T14    | T15    | T16    |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 668.38 | 691.43 | 715.61 | 629.64 | 628.73 | 629.15 | 628.34 | 628.54 |
| CPU (%)       | 28.12  | 36.92  | 23.43  | 12.49  | 15.62  | 18.75  | 21.87  | 14.06  |

| เวลา (วินาที) | T17    | T18    | T19    | T20    | T21    | T22    | T23    | T24    |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 629.65 | 637.46 | 658.94 | 683.99 | 706.74 | 629.37 | 629.33 | 628.89 |
| CPU (%)       | 62.49  | 17.18  | 23.43  | 30.76  | 23.8   | 9.23   | 9.23   | 15.38  |

| เวลา (วินาที) | T25    | T26   | T27   | T28    | T29    | T30    |
|---------------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 628.58 | 629.8 | 628.8 | 628.53 | 628.64 | 632.95 |
| CPU (%)       | 17.18  | 18.74 | 21.87 | 21.87  | 24.99  | 67.69  |

ตารางที่ 3.6 การใช้ทรัพยากร RAM และ CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนที่ 3

| เวลา (วินาที) | T1     | T2    | T3     | T4     | T5    | T6     | T7      | T8     |
|---------------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|---------|--------|
| RAM (MB)      | 894.07 | 893.8 | 909.83 | 933.77 | 952.7 | 892.96 | 1387.71 | 907.98 |
| CPU (%)       | 35.71  | 87.49 | 18.75  | 20.63  | 23.07 | 14.06  | 26.39   | 48.21  |

| เวลา (วินาที) | T9     | T10    | T11    | T12     | T13    | T14     | T15    | T16   |
|---------------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|-------|
| RAM (MB)      | 930.95 | 954.96 | 978.46 | 1001.86 | 1025.8 | 1049.12 | 893.46 | 893   |
| CPU (%)       | 14.06  | 14.06  | 17.18  | 23.43   | 20.31  | 15.62   | 9.37   | 14.06 |

| เวลา (วินาที) | T17    | T18    | T19    | T20    | T21    | T22    | T23    | T24    |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 893.03 | 892.77 | 893.32 | 893.32 | 893.37 | 914.35 | 938.53 | 893.79 |
| CPU (%)       | 14.06  | 12.49  | 12.5   | 15.62  | 57.35  | 30     | 15.62  | 7.81   |

| เวลา (วินาที) | T25    | T26    | T27   | T28    | T29    | T30    |
|---------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 908.65 | 893.47 | 898.4 | 916.37 | 893.62 | 911.82 |
| CPU (%)       | 59.37  | 10.93  | 56.25 | 15.87  | 45.71  | 35.59  |

จากตารางที่ 3.4-3.6 การใช้ทรัพยากร RAM และ CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนทั้ง 3 เครื่องในช่วงเวลา 30 วินาที (T1-T30) สามารถอธิบายการใช้งานและเปรียบเทียบค่าการใช้ทรัพยากรในแต่ละวินาทีเมื่อเทียบกับวินาทีก่อนหน้านี้จะสามารถกำหนดได้ดังนี้

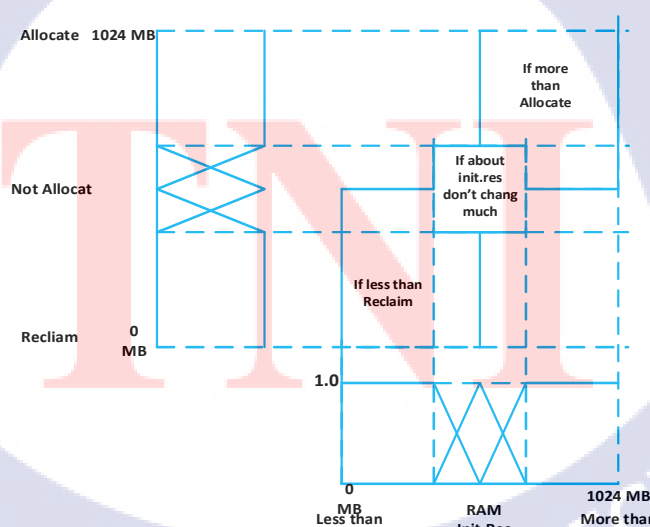
กรณีที่ 1 ถ้าค่าการใช้งานทรัพยากร RAM และ CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในวินาทีปัจจุบันมีค่าเท่ากับการใช้งานในวินาทีก่อนหน้านี้จะไม่มีการจัดสรรหรือเรียกคืนทรัพยากรจากเครื่องเวอร์ชวลแมชีน

กรณีที่ 2 ถ้าค่าการใช้งานทรัพยากร RAM และ CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในวินาทีปัจจุบันมีค่ามากกว่าค่าการใช้งานในวินาทีก่อนหน้านี้จะมีการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีนเพิ่มขึ้น

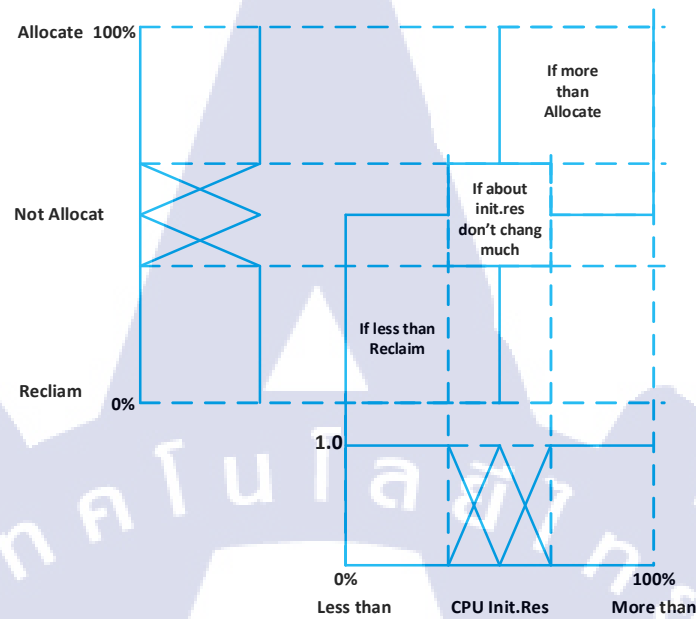
กรณีที่ 3 ถ้าค่าการใช้งานทรัพยากร RAM และ CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในวินาทีปัจจุบันมีค่าน้อยกว่าค่าการใช้งานในวินาทีก่อนหน้านี้จะมีการเรียกคืนทรัพยากรจากเครื่องเวอร์ชวลแมชีน

จากกรณีการใช้งานทรัพยากรทั้ง 3 กรณีดังกล่าว สามารถนำไปใช้ในการออกแบบหรือการกำหนดเงื่อนไขในการจัดสรรทรัพยากรโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือเพื่อให้มีการจัดสรรทรัพยากรได้ตามเวลาและการใช้งานจริงอย่างมีประสิทธิภาพ

3. การออกแบบการจัดสรรทรัพยากรด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy) จากการ monitor และการตรวจจับการใช้งานทรัพยากร RAM และ CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนสามารถออกแบบการจัดสรรทรัพยากรดังรูปที่ 3.10 และ 3.11

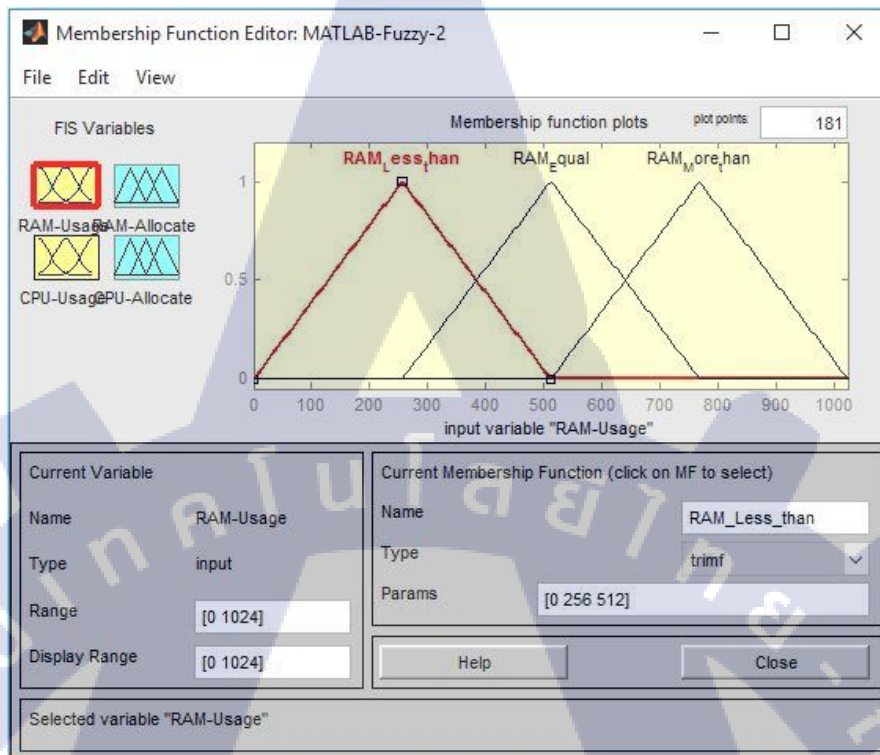


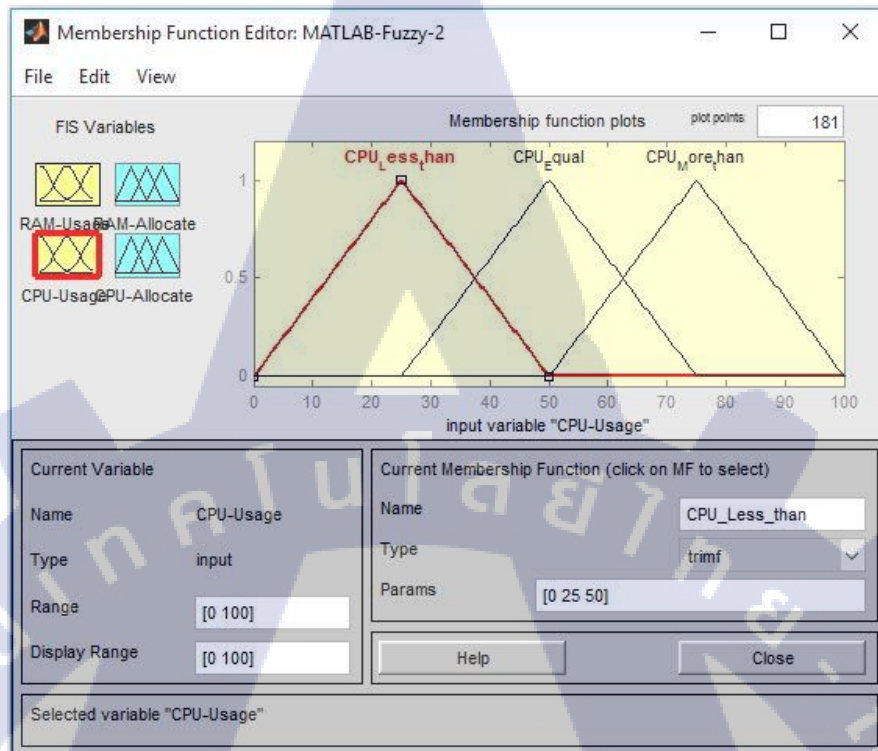
รูปที่ 3.14 การออกแบบการจัดสรรทรัพยากร RAM ด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ



รูปที่ 3.15 การออกแบบการจัดสรรทรัพยากร CPU ด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ

จากรูปที่ 3.14 -3.15 จะสามารถกำหนดเงื่อนไขการจัดสรรและการเรียกคืนทรัพยากรโดยการออกแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือเพื่อหาเอาต์พุตผ่านซอฟต์แวร์ Mat lab การออกแบบการจัดสรรทรัพยากร RAM และ CPU โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยมีอินพุตเป็นค่าการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนซึ่งเมื่อค่าอินพุตเข้ามาในระบบจะมีการตรวจสอบค่าการใช้งานว่ามีค่ามากกว่า (More Than) น้อยกว่า (Less Than) หรือเท่ากับ (Equal) ค่าการใช้งานทรัพยากรก่อนหน้า โดยจะมีค่าผลลัพธ์ 3 ส่วนคือ การจัดสรร (Allocate) การเรียกคืน (Reclaim) และไม่มีการจัดสรรหรือไม่มีการเรียกคืนทรัพยากร (Not Allocate) โดยจากการออกแบบการจัดสรรทรัพยากรด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือสามารถกำหนดค่าความเป็นสมาชิก (Membership Function) ของข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตแบบฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular Membership Function) ดังรูปต่อไปนี้





Rule Editor: MATLAB-Fuzzy-2

File Edit View Options

1. If (RAM-Usage is RAM\_Equal) and (CPU-Usage is CPU\_Equal) then (RAM-Allocate is RAM\_Not\_allocate) (1)  
2. If (RAM-Usage is RAM\_Equal) and (CPU-Usage is CPU\_More\_than) then (CPU-Allocate is CPU\_Allocate) (1)  
3. If (RAM-Usage is RAM\_Equal) and (CPU-Usage is CPU\_Less\_than) then (CPU-Allocate is CPU\_Reclaim) (1)  
4. If (RAM-Usage is RAM\_More\_than) and (CPU-Usage is CPU\_Equal) then (RAM-Allocate is RAM\_Allocate) (1)  
5. If (RAM-Usage is RAM\_Less\_than) and (CPU-Usage is CPU\_Equal) then (RAM-Allocate is RAM\_Reclaim) (1)  
6. If (RAM-Usage is RAM\_More\_than) and (CPU-Usage is CPU\_More\_than) then (RAM-Allocate is RAM\_Allocate) (1)  
7. If (RAM-Usage is RAM\_Less\_than) and (CPU-Usage is CPU\_More\_than) then (RAM-Allocate is RAM\_Reclaim) (1)  
8. If (RAM-Usage is RAM\_More\_than) and (CPU-Usage is CPU\_Less\_than) then (RAM-Allocate is RAM\_Allocate) (1)  
9. If (RAM-Usage is RAM\_Less\_than) and (CPU-Usage is CPU\_Less\_than) then (RAM-Allocate is RAM\_Reclaim) (1)

If RAM-Usage is **RAM\_Less\_than** and CPU-Usage is **CPU\_Less\_than** Then RAM-Allocate is **RAM\_Reclaim** and CPU-Allocate is **CPU\_Reclaim**

☐ not ☐ not

Connection: ☐ or ☒ and Weight: 1

Delete rule Add rule Change rule

FIS Name: MATLAB-Fuzzy-2 Help Close



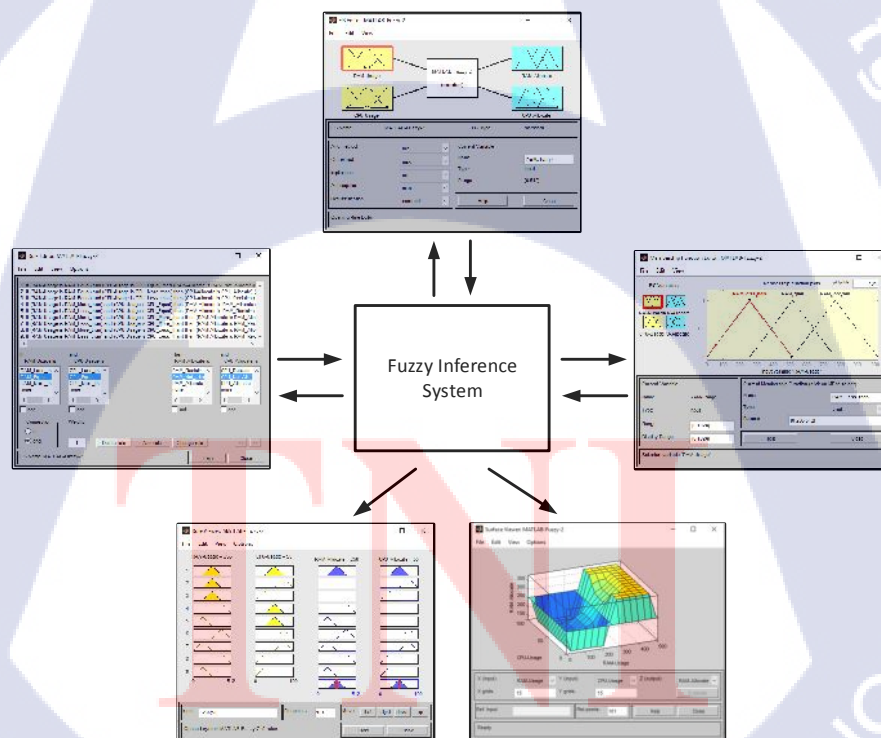
กฎข้อที่ 6 If (RAM-Usage is RAM\_More\_Than) and (CPU-Usage is CPU\_More\_Than) then (RAM-Allocate is RAM\_Allocate)(CPU-Allocate is CPU\_Allocate)

กฎข้อที่ 7 If (RAM-Usage is RAM\_Less\_Than) and (CPU-Usage is CPU\_More\_Than) then (RAM-Allocate is RAM\_Reclaim)(CPU-Allocate is CPU\_Allocate)

กฎข้อที่ 8 If (RAM-Usage is RAM\_More\_Than) and (CPU-Usage is CPU\_Less\_Than) then (RAM-Allocate is RAM\_Allocate)(CPU-Allocate is CPU\_Reclaim)

กฎข้อที่ 9 If (RAM-Usage is RAM\_Less\_Than) and (CPU-Usage is CPU\_Less\_Than) then (RAM-Allocate is RAM\_Reclaim)(CPU-Allocate is CPU\_Reclaim)

จากกฎที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นเงื่อนไขในการออกแบบการกำหนดการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร RAM และ CPU โดยเปรียบเทียบค่าการใช้งานทรัพยากรในแต่ละช่วงเวลาด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ โดยการออกแบบการจัดสรรทรัพยากรด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือด้วยซอฟต์แวร์ Matlab จะแสดงดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 การออกแบบการจัดสรรทรัพยากรด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ

| Time<br>(T) | RAM<br>Usage<br>(MB) | CPU<br>Usage<br>(%) | Fuzzy Input |       | Fuzzy Condition (Rules) |              | Fuzzy Output |       | Optimal Weight |             | Virtual Machine Monitoring (VMM) |         |          |         | Physical Usage |        |
|-------------|----------------------|---------------------|-------------|-------|-------------------------|--------------|--------------|-------|----------------|-------------|----------------------------------|---------|----------|---------|----------------|--------|
|             |                      |                     | RAM         | CPU   | RAM                     | CPU          | RAM          | CPU   | RAM<br>(20%)   | CPU<br>(5%) | RAM                              |         | CPU      |         | RAM(MB)        | CPU(%) |
|             |                      |                     |             |       |                         |              |              |       |                |             | Allocate                         | Reclaim | Allocate | Reclaim |                |        |
| T1          | 706.16               | 39.69               | 706.16      | 39.69 | Not Allocate            | Not Allocate | 706.16       | 39.69 | -              | -           | -                                | -       | -        | -       | 706.16         | 39.69  |
| T2          | 681.39               | 42.79               | 681.39      | 42.79 | Reclaim                 | Allocate     | 681.39       | 42.79 | -              | 2.13        | -                                | 24.77   | 3.1      | -       | 681.39         | 44.92  |
| T3          | 706.29               | 24.21               | 706.29      | 24.21 | Allocate                | Reclaim      | 706.29       | 24.21 | 141.25         | -           | 24.9                             | -       | -        | 20.71   | 847.54         | 24.21  |
| T4          | 681.47               | 29.57               | 681.47      | 29.57 | Reclaim                 | Allocate     | 681.47       | 29.57 | -              | 1.47        | -                                | 166.07  | 5.36     | -       | 681.47         | 31.04  |
| T5          | 706.39               | 38.79               | 706.39      | 38.79 | Allocate                | Allocate     | 706.39       | 38.79 | 141.27         | 1.93        | 24.92                            | -       | 7.75     | -       | 847.66         | 40.72  |
| T6          | 714.87               | 37.53               | 714.87      | 37.53 | Allocate                | Reclaim      | 714.87       | 37.53 | 142.97         | -           | 10.18                            | -       | -        | 3.19    | 857.84         | 37.53  |
| T7          | 714.94               | 37.22               | 714.94      | 37.22 | Allocate                | Reclaim      | 714.94       | 37.22 | 142.98         | -           | 0.08                             | -       | -        | 0.31    | 857.92         | 37.22  |
| T8          | 706.55               | 24.51               | 706.55      | 24.51 | Reclaim                 | Reclaim      | 706.55       | 24.51 | -              | -           | -                                | 151.37  | -        | 12.71   | 706.55         | 24.51  |
| T9          | 706.38               | 47.22               | 706.38      | 47.22 | Reclaim                 | Allocate     | 706.38       | 47.22 | -              | 2.36        | -                                | 0.17    | 22.71    | -       | 706.38         | 49.58  |
| T10         | 681.49               | 19.28               | 681.49      | 19.28 | Reclaim                 | Reclaim      | 681.49       | 19.28 | -              | -           | -                                | 24.89   | -        | 30.3    | 681.49         | 19.28  |
| T11         | 706.22               | 34.74               | 706.22      | 34.74 | Allocate                | Allocate     | 706.22       | 34.74 | 141.24         | 1.73        | 24.73                            | -       | 15.46    | -       | 847.46         | 36.47  |
| T12         | 714.67               | 21.99               | 714.67      | 21.99 | Allocate                | Reclaim      | 714.67       | 21.99 | 142.93         | -           | 10.14                            | -       | -        | 14.48   | 857.06         | 21.99  |
| T13         | 714.73               | 32.58               | 714.73      | 32.58 | Allocate                | Allocate     | 714.73       | 32.58 | 142.94         | 1.62        | 0.61                             | -       | 10.59    | -       | 857.67         | 34.2   |
| T14         | 706.34               | 28.23               | 706.34      | 28.23 | Reclaim                 | Reclaim      | 706.34       | 28.23 | -              | -           | -                                | 151.33  | -        | 5.97    | 706.34         | 28.23  |
| T15         | 706.4                | 30.07               | 706.4       | 30.07 | Allocate                | Allocate     | 706.4        | 30.07 | 141.28         | 1.5         | 0.06                             | -       | 1.84     | -       | 847.68         | 31.57  |
| T16         | 706.4                | 17.4                | 706.4       | 17.4  | Not Allocate            | Reclaim      | 706.4        | 17.4  | -              | -           | -                                | -       | -        | 14.17   | 706.4          | 17.4   |
| T17         | 681.65               | 32.71               | 681.65      | 32.71 | Reclaim                 | Allocate     | 681.65       | 32.71 | -              | 1.63        | -                                | 24.75   | 15.31    | -       | 681.65         | 34.34  |
| T18         | 706.54               | 34.15               | 706.54      | 34.15 | Allocate                | Allocate     | 706.54       | 34.15 | 141.3          | 1.7         | 24.89                            | -       | 1.51     | -       | 847.84         | 35.85  |
| T19         | 706.34               | 37.78               | 706.34      | 37.78 | Reclaim                 | Allocate     | 706.34       | 37.78 | -              | 1.88        | -                                | 141.5   | 1.93     | -       | 706.34         | 39.66  |
| T20         | 706.34               | 39.46               | 706.34      | 39.46 | Not Allocate            | Allocate     | 706.34       | 39.46 | -              | 1.97        | -                                | -       | 1.77     | -       | 706.34         | 41.43  |
| T21         | 714.85               | 37.41               | 714.85      | 37.41 | Allocate                | Reclaim      | 714.85       | 37.41 | 142.97         | -           | 8.51                             | -       | -        | 4.02    | 857.82         | 37.41  |
| T22         | 706.4                | 26.82               | 706.4       | 26.82 | Reclaim                 | Reclaim      | 706.4        | 26.82 | -              | -           | -                                | 151.42  | -        | 10.59   | 706.4          | 26.82  |
| T23         | 714.85               | 20.35               | 714.85      | 20.35 | Allocate                | Reclaim      | 714.85       | 20.35 | 142.97         | -           | 8.45                             | -       | -        | 6.47    | 857.82         | 20.35  |
| T24         | 706.46               | 29.3                | 706.46      | 29.3  | Reclaim                 | Allocate     | 706.46       | 29.3  | -              | 1.46        | -                                | 151.36  | 8.95     | -       | 706.46         | 30.76  |
| T25         | 706.53               | 34.87               | 706.53      | 34.87 | Allocate                | Allocate     | 706.53       | 34.87 | 141.3          | 1.74        | 0.07                             | -       | 4.11     | -       | 847.83         | 36.61  |
| T26         | 706.59               | 41.98               | 706.59      | 41.98 | Allocate                | Allocate     | 706.59       | 41.98 | 141.31         | 2.09        | 0.07                             | -       | 5.37     | -       | 847.9          | 44.07  |
| T27         | 715.05               | 34.41               | 715.05      | 34.41 | Allocate                | Reclaim      | 715.05       | 34.41 | 143.01         | -           | 10.16                            | -       | -        | 9.66    | 858.06         | 34.41  |
| T28         | 706.64               | 25.56               | 706.64      | 25.56 | Reclaim                 | Reclaim      | 706.64       | 25.56 | -              | -           | -                                | 151.42  | -        | 8.85    | 706.64         | 25.56  |
| T29         | 715.11               | 46.58               | 715.11      | 46.58 | Allocate                | Allocate     | 715.11       | 46.58 | 143.02         | 2.32        | 8.47                             | -       | 21.02    | -       | 858.13         | 48.9   |
| T30         | 715.17               | 34.67               | 715.17      | 34.67 | Allocate                | Reclaim      | 715.17       | 34.67 | 143.03         | -           | 0.07                             | -       | -        | 14.23   | 858.2          | 34.67  |

| Time<br>(T) | RAM<br>Usage<br>(MB) | CPU<br>Usage<br>(%) | Fuzzy Input |       | Fuzzy Condition (Rules) |              | Fuzzy Output |       | Optimal Weight |             | Virtual Machine Monitoring (VMM) |         |          |         | Physical Usage |        |
|-------------|----------------------|---------------------|-------------|-------|-------------------------|--------------|--------------|-------|----------------|-------------|----------------------------------|---------|----------|---------|----------------|--------|
|             |                      |                     | RAM         | CPU   | RAM                     | CPU          | RAM          | CPU   | RAM<br>(20%)   | CPU<br>(5%) | RAM                              |         | CPU      |         | RAM(MB)        | CPU(%) |
|             |                      |                     |             |       |                         |              |              |       |                |             | Allocate                         | Reclaim | Allocate | Reclaim |                |        |
| T1          | 997.33               | 48.21               | 997.33      | 48.21 | Not Allocate            | Not Allocate | 997.33       | 48.21 | 199.46         | 2.41        | -                                | -       | -        | -       | 997.33         | 48.21  |
| T2          | 996.98               | 31.25               | 996.98      | 31.25 | Reclaim                 | Reclaim      | 996.98       | 31.25 | -              | -           | -                                | 0.35    | -        | 16.96   | 996.98         | 31.25  |
| T3          | 996.14               | 26.56               | 996.14      | 26.56 | Reclaim                 | Reclaim      | 996.14       | 26.56 | -              | -           | -                                | 0.84    | -        | 4.69    | 996.14         | 26.56  |
| T4          | 630.36               | 21.87               | 630.36      | 21.87 | Reclaim                 | Reclaim      | 630.36       | 21.87 | -              | -           | -                                | 365.18  | -        | 4.69    | 630.36         | 21.87  |
| T5          | 630.41               | 20.31               | 630.41      | 20.31 | Allocate                | Reclaim      | 630.41       | 20.31 | 126.08         | -           | 0.05                             | -       | -        | 1.56    | 756.49         | 20.31  |
| T6          | 1100.98              | 35.93               | 1100.98     | 35.93 | Allocate                | Allocate     | 1100.98      | 35.93 | 220.19         | 1.79        | 344.49                           | -       | 15.62    | -       | 1321.17        | 37.72  |
| T7          | 633.63               | 48.43               | 633.63      | 48.43 | Reclaim                 | Allocate     | 633.63       | 48.43 | -              | 2.42        | -                                | 687.54  | 10.71    | -       | 633.63         | 50.85  |
| T8          | 644.19               | 21.87               | 644.19      | 21.87 | Allocate                | Reclaim      | 644.19       | 21.87 | 128.83         | -           | 10.56                            | -       | -        | 28.98   | 773.02         | 21.87  |
| T9          | 668.38               | 28.12               | 668.38      | 28.12 | Allocate                | Allocate     | 668.38       | 28.12 | 133.67         | 1.4         | 29.03                            | -       | 6.25     | -       | 802.05         | 29.52  |
| T10         | 691.43               | 36.92               | 691.43      | 36.92 | Allocate                | Allocate     | 691.43       | 36.92 | 138.28         | 1.84        | 27.66                            | -       | 7.4      | -       | 829.71         | 38.76  |
| T11         | 715.61               | 23.43               | 715.61      | 23.43 | Allocate                | Reclaim      | 715.61       | 23.43 | 143.12         | -           | 114.1                            | -       | -        | 15.33   | 858.73         | 23.43  |
| T12         | 629.64               | 12.49               | 629.64      | 12.49 | Reclaim                 | Reclaim      | 629.64       | 12.49 | -              | -           | -                                | 229.09  | -        | 10.94   | 629.64         | 12.49  |
| T13         | 628.73               | 15.62               | 628.73      | 15.62 | Reclaim                 | Allocate     | 628.73       | 15.62 | -              | 0.91        | -                                | 0.91    | 3.13     | -       | 628.73         | 16.4   |
| T14         | 629.15               | 18.75               | 629.15      | 18.75 | Allocate                | Allocate     | 629.15       | 18.75 | 125.83         | 0.93        | 0.42                             | -       | 2.35     | -       | 754.98         | 19.68  |
| T15         | 628.34               | 21.87               | 628.34      | 21.87 | Reclaim                 | Allocate     | 628.34       | 21.87 | -              | 1.09        | -                                | 126.64  | 2.19     | -       | 628.34         | 22.96  |
| T16         | 628.54               | 14.06               | 628.54      | 14.06 | Allocate                | Reclaim      | 628.54       | 14.06 | 125.7          | -           | 0.2                              | -       | -        | 8.9     | 754.2          | 14.06  |
| T17         | 629.65               | 62.49               | 629.65      | 62.49 | Allocate                | Allocate     | 629.65       | 62.49 | 125.93         | 3.12        | 1.38                             | -       | 48.43    | -       | 755.58         | 65.61  |
| T18         | 637.46               | 17.18               | 637.46      | 17.18 | Allocate                | Reclaim      | 637.46       | 17.18 | 127.49         | -           | 9.37                             | -       | -        | 48.43   | 764.95         | 17.18  |
| T19         | 658.94               | 23.43               | 658.94      | 23.43 | Allocate                | Allocate     | 658.94       | 23.43 | 131.78         | 1.17        | 25.77                            | -       | 6.25     | -       | 790.72         | 24.6   |
| T20         | 683.99               | 30.76               | 683.99      | 30.76 | Allocate                | Allocate     | 683.99       | 30.76 | 136.79         | 1.53        | 30.06                            | -       | 6.16     | -       | 820.78         | 32.29  |
| T21         | 706.74               | 23.8                | 706.74      | 23.8  | Allocate                | Reclaim      | 706.74       | 23.8  | 141.34         | -           | 27.3                             | -       | -        | 8.49    | 848.08         | 23.8   |
| T22         | 629.37               | 9.23                | 629.37      | 9.23  | Reclaim                 | Reclaim      | 629.37       | 9.23  | -              | -           | -                                | 218.71  | -        | 14.57   | 629.37         | 9.23   |
| T23         | 629.33               | 9.23                | 629.33      | 9.23  | Reclaim                 | Not Allocate | 629.33       | 9.23  | -              | -           | -                                | 0.04    | -        | -       | 629.33         | 9.23   |
| T24         | 628.89               | 15.38               | 628.89      | 15.38 | Reclaim                 | Allocate     | 628.89       | 15.38 | -              | 0.76        | -                                | 0.44    | 6.15     | -       | 628.89         | 16.14  |
| T25         | 628.58               | 17.18               | 628.58      | 17.18 | Reclaim                 | Allocate     | 628.58       | 17.18 | -              | 0.85        | -                                | 0.31    | 1.04     | -       | 628.58         | 18.03  |
| T26         | 629.8                | 18.74               | 629.8       | 18.74 | Allocate                | Allocate     | 629.8        | 18.74 | 125.96         | 0.93        | 1.22                             | -       | 0.71     | -       | 755.76         | 19.67  |
| T27         | 628.8                | 21.87               | 628.8       | 21.87 | Reclaim                 | Allocate     | 628.8        | 21.87 | -              | 1.09        | -                                | 126.96  | 2.2      | -       | 628.8          | 22.96  |
| T28         | 628.53               | 21.87               | 628.53      | 21.87 | Reclaim                 | Not Allocate | 628.53       | 21.87 | -              | -           | -                                | 0.27    | -        | -       | 628.53         | 21.87  |
| T29         | 628.64               | 24.99               | 628.64      | 24.99 | Allocate                | Allocate     | 628.64       | 24.99 | 125.72         | 1.24        | 0.11                             | -       | 3.12     | -       | 754.36         | 26.23  |
| T30         | 632.95               | 67.69               | 632.95      | 67.69 | Allocate                | Allocate     | 632.95       | 67.69 | 126.59         | 3.38        | 5.18                             | -       | 41.46    | -       | 759.54         | 71.07  |

| Time<br>(T) | RAM<br>Usage<br>(MB) | CPU<br>Usage<br>(%) | Fuzzy Input |       | Fuzzy Condition (Rules) |              | Fuzzy Output |       | Optimal Weight |             | Virtual Machine Monitoring (VMM) |         |          |         | Physical Usage |        |
|-------------|----------------------|---------------------|-------------|-------|-------------------------|--------------|--------------|-------|----------------|-------------|----------------------------------|---------|----------|---------|----------------|--------|
|             |                      |                     | RAM         | CPU   | RAM                     | CPU          | RAM          | CPU   | RAM<br>(20%)   | CPU<br>(5%) | RAM                              |         | CPU      |         | RAM(MB)        | CPU(%) |
|             |                      |                     |             |       |                         |              |              |       |                |             | Allocate                         | Reclaim | Allocate | Reclaim |                |        |
| T1          | 894.07               | 35.71               | 894.07      | 35.71 | Not Allocate            | Not Allocate | 894.07       | 35.71 | -              | -           | -                                | -       | -        | -       | 894.07         | 35.71  |
| T2          | 893.8                | 87.49               | 893.8       | 87.49 | Reclaim                 | Allocate     | 893.8        | 87.49 | -              | 4.37        | -                                | 0.27    | 51.78    | -       | 893.8          | 91.86  |
| T3          | 909.83               | 18.75               | 909.83      | 18.75 | Allocate                | Reclaim      | 909.83       | 18.75 | 181.96         | -           | 16.03                            | -       | -        | 68.74   | 1091.79        | 18.75  |
| T4          | 933.77               | 20.63               | 933.77      | 20.63 | Allocate                | Allocate     | 933.77       | 20.63 | 186.75         | 1.03        | 28.73                            | -       | 1.88     | -       | 1120.52        | 21.66  |
| T5          | 952.7                | 23.07               | 952.7       | 23.07 | Allocate                | Allocate     | 952.7        | 23.07 | 190.54         | 1.15        | 22.72                            | -       | 1.41     | -       | 1143.24        | 24.22  |
| T6          | 892.96               | 14.06               | 892.96      | 14.06 | Reclaim                 | Reclaim      | 892.96       | 14.06 | -              | -           | -                                | 250.28  | -        | 10.16   | 892.96         | 14.06  |
| T7          | 1387.71              | 26.39               | 1387.71     | 26.39 | Allocate                | Allocate     | 1387.71      | 26.39 | 277.54         | 1.31        | 494.75                           | -       | 12.33    | -       | 1665.25        | 27.7   |
| T8          | 907.98               | 48.21               | 907.98      | 48.21 | Reclaim                 | Allocate     | 907.98       | 48.21 | -              | 2.41        | -                                | 757.27  | 20.51    | -       | 907.98         | 50.62  |
| T9          | 930.95               | 14.06               | 930.95      | 14.06 | Allocate                | Reclaim      | 930.95       | 14.06 | 186.19         | -           | 22.97                            | -       | -        | 36.56   | 1117.14        | 14.06  |
| T10         | 954.96               | 14.06               | 954.96      | 14.06 | Allocate                | Not Allocate | 954.96       | 14.06 | 190.99         | -           | 28.81                            | -       | -        | -       | 1145.95        | 14.06  |
| T11         | 978.46               | 17.18               | 978.46      | 17.18 | Allocate                | Allocate     | 978.46       | 17.18 | 195.69         | 0.85        | 28.2                             | -       | 3.12     | -       | 1174.15        | 18.03  |
| T12         | 1001.86              | 23.43               | 1001.86     | 23.43 | Allocate                | Allocate     | 1001.86      | 23.43 | 200.37         | 1.17        | 28.08                            | -       | 5.4      | -       | 1202.23        | 24.6   |
| T13         | 1025.8               | 20.31               | 1025.8      | 20.31 | Allocate                | Reclaim      | 1025.8       | 20.31 | 205.16         | -           | 28.73                            | -       | -        | 4.29    | 1230.96        | 20.31  |
| T14         | 1049.12              | 15.62               | 1049.12     | 15.62 | Allocate                | Reclaim      | 1049.12      | 15.62 | 209.82         | -           | 27.98                            | -       | -        | 4.69    | 1258.94        | 15.62  |
| T15         | 893.46               | 9.37                | 893.46      | 9.37  | Reclaim                 | Reclaim      | 893.46       | 9.37  | -              | -           | -                                | 365.48  | -        | 6.25    | 893.46         | 9.37   |
| T16         | 893                  | 14.06               | 893         | 14.06 | Reclaim                 | Allocate     | 893          | 14.06 | -              | 0.7         | -                                | 0.46    | 4.69     | -       | 893            | 14.76  |
| T17         | 893.03               | 14.06               | 893.03      | 14.06 | Allocate                | Not Allocate | 893.03       | 14.06 | 178.6          | -           | 0.03                             | -       | -        | -       | 1071.63        | 14.06  |
| T18         | 892.77               | 12.49               | 892.77      | 12.49 | Reclaim                 | Reclaim      | 892.77       | 12.49 | -              | -           | -                                | 178.86  | -        | 1.57    | 892.77         | 12.49  |
| T19         | 893.32               | 12.5                | 893.32      | 12.5  | Allocate                | Allocate     | 893.32       | 12.5  | 178.66         | 0.62        | 0.55                             | -       | 0.01     | -       | 1071.98        | 13.12  |
| T20         | 893.32               | 15.62               | 893.32      | 15.62 | Not Allocate            | Allocate     | 893.32       | 15.62 | -              | 0.78        | -                                | -       | 2.5      | -       | 893.32         | 16.4   |
| T21         | 893.37               | 57.35               | 893.37      | 57.35 | Allocate                | Allocate     | 893.37       | 57.35 | 178.67         | 2.86        | 0.05                             | -       | 40.95    | -       | 1072.04        | 60.21  |
| T22         | 914.35               | 30                  | 914.35      | 30    | Allocate                | Reclaim      | 914.35       | 30    | 182.87         | -           | 25.18                            | -       | -        | 30.21   | 1097.22        | 30     |
| T23         | 938.53               | 15.62               | 938.53      | 15.62 | Allocate                | Reclaim      | 938.53       | 15.62 | 187.7          | -           | 29.01                            | -       | -        | 14.38   | 1126.23        | 15.62  |
| T24         | 893.79               | 7.81                | 893.79      | 7.81  | Reclaim                 | Reclaim      | 893.79       | 7.81  | -              | -           | -                                | 232.44  | -        | 7.81    | 893.79         | 7.81   |
| T25         | 908.65               | 59.37               | 908.65      | 59.37 | Allocate                | Allocate     | 908.65       | 59.37 | 181.73         | 2.96        | 14.86                            | -       | 51.56    | -       | 1090.38        | 62.33  |
| T26         | 893.47               | 10.93               | 893.47      | 10.93 | Reclaim                 | Reclaim      | 893.47       | 10.93 | -              | -           | -                                | 196.91  | -        | 51.4    | 893.47         | 10.93  |
| T27         | 898.4                | 56.25               | 898.4       | 56.25 | Allocate                | Allocate     | 898.4        | 56.25 | 179.68         | 2.81        | 4.93                             | -       | 45.32    | -       | 1078.08        | 59.06  |
| T28         | 916.37               | 15.87               | 916.37      | 15.87 | Allocate                | Reclaim      | 916.37       | 15.87 | 183.27         | -           | 21.56                            | -       | -        | 43.19   | 1099.64        | 15.87  |
| T29         | 893.62               | 45.71               | 893.62      | 45.71 | Reclaim                 | Allocate     | 893.62       | 45.71 | -              | 2.28        | -                                | 206.02  | 29.84    | -       | 893.62         | 47.99  |
| T30         | 911.82               | 35.59               | 911.82      | 35.59 | Allocate                | Reclaim      | 911.82       | 35.59 | 182.36         | -           | 18.2                             | -       | -        | 12.4    | 1094.18        | 35.59  |

ตารางที่ 3.10 การจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรเวอร์ชวลแมชีน 1 สำหรับ VMM

| RAM Usage | RAM Allocate | RAM Reclaim | CPU Usage | CPU Allocate | CPU Reclaim |
|-----------|--------------|-------------|-----------|--------------|-------------|
| 706.16    | 706.16       | 706.16      | 39.69     | 39.69        | 39.69       |
| 681.39    | 681.39       | 656.62      | 42.79     | 44.92        | 42.79       |
| 706.29    | 847.54       | 706.29      | 24.21     | 24.21        | 3.5         |
| 681.47    | 681.47       | 515.4       | 29.57     | 31.04        | 29.57       |
| 706.39    | 847.66       | 706.39      | 38.79     | 40.72        | 38.79       |
| 714.87    | 857.84       | 714.87      | 37.53     | 37.53        | 34.34       |
| 714.94    | 857.92       | 714.94      | 37.22     | 37.22        | 36.91       |
| 706.55    | 706.55       | 555.18      | 24.51     | 24.51        | 11.8        |
| 706.38    | 706.38       | 706.21      | 47.22     | 49.58        | 47.22       |
| 681.49    | 681.49       | 656.6       | 19.28     | 19.28        | 30.3        |
| 706.22    | 847.46       | 706.22      | 34.74     | 36.47        | 34.74       |
| 714.67    | 857.06       | 714.67      | 21.99     | 21.99        | 7.51        |
| 714.73    | 857.67       | 714.73      | 32.58     | 34.2         | 32.58       |
| 706.34    | 706.34       | 555.01      | 28.23     | 28.23        | 22.26       |
| 706.4     | 847.68       | 706.4       | 30.07     | 31.57        | 30.07       |
| 706.4     | 706.4        | 706.4       | 17.4      | 17.4         | 3.23        |
| 681.65    | 681.65       | 656.9       | 32.71     | 34.34        | 32.71       |
| 706.54    | 847.84       | 706.54      | 34.15     | 35.85        | 34.15       |
| 706.34    | 706.34       | 564.84      | 37.78     | 39.66        | 37.78       |
| 706.34    | 706.34       | 706.34      | 39.46     | 41.43        | 39.46       |
| 714.85    | 857.82       | 714.85      | 37.41     | 37.41        | 33.39       |
| 706.4     | 706.4        | 554.98      | 26.82     | 26.82        | 16.23       |
| 714.85    | 857.82       | 714.85      | 20.35     | 20.35        | 13.88       |
| 706.46    | 706.46       | 555.1       | 29.3      | 30.76        | 29.3        |
| 706.53    | 847.83       | 706.53      | 34.87     | 36.61        | 34.87       |
| 706.59    | 847.9        | 706.59      | 41.98     | 44.07        | 41.98       |
| 715.05    | 858.06       | 715.05      | 34.41     | 34.41        | 24.75       |
| 706.64    | 706.64       | 555.22      | 25.56     | 25.56        | 16.71       |
| 715.11    | 858.13       | 715.11      | 46.58     | 48.9         | 46.58       |
| 715.17    | 858.2        | 715.17      | 34.67     | 34.67        | 20.44       |

ตารางที่ 3.11 การจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรเวอร์ชวลแมชีน 2 สำหรับ VMM

| RAM Usage | RAM Allocate | RAM Reclaim | CPU Usage | CPU Allocate | CPU Reclaim |
|-----------|--------------|-------------|-----------|--------------|-------------|
| 997.33    | 997.33       | 997.33      | 48.21     | 48.21        | 48.21       |
| 996.98    | 996.98       | 996.63      | 31.25     | 31.25        | 14.29       |
| 996.14    | 996.14       | 995.3       | 26.56     | 26.56        | 21.87       |
| 630.36    | 630.36       | 265.18      | 21.87     | 21.87        | 17.18       |
| 630.41    | 756.49       | 630.41      | 20.31     | 20.31        | 18.75       |
| 1100.98   | 1321.17      | 1100.98     | 35.93     | 37.72        | 35.93       |
| 633.63    | 633.63       | 687.54      | 48.43     | 50.85        | 48.43       |
| 644.19    | 773.02       | 644.19      | 21.87     | 21.87        | 28.98       |
| 668.38    | 802.05       | 668.38      | 28.12     | 29.52        | 28.12       |
| 691.43    | 829.71       | 691.43      | 36.92     | 38.76        | 30.3        |
| 715.61    | 858.73       | 715.61      | 23.43     | 23.43        | 8.1         |
| 629.64    | 629.64       | 400.55      | 12.49     | 12.49        | 1.55        |
| 628.73    | 628.73       | 627.82      | 15.62     | 16.4         | 15.62       |
| 629.15    | 754.98       | 629.15      | 18.75     | 19.68        | 18.75       |
| 628.34    | 628.34       | 501.7       | 21.87     | 22.96        | 21.87       |
| 628.54    | 754.2        | 628.54      | 14.06     | 14.06        | 5.16        |
| 629.65    | 755.58       | 629.65      | 62.49     | 65.61        | 62.49       |
| 637.46    | 764.95       | 637.46      | 17.18     | 17.18        | 48.43       |
| 658.94    | 790.72       | 658.94      | 23.43     | 24.6         | 23.43       |
| 683.99    | 820.78       | 683.99      | 30.76     | 32.29        | 30.76       |
| 706.74    | 848.08       | 706.74      | 23.8      | 23.8         | 15.31       |
| 629.37    | 629.37       | 410.66      | 9.23      | 9.23         | 14.57       |
| 629.33    | 629.33       | 629.29      | 9.23      | 9.23         | 9.23        |
| 628.89    | 628.89       | 628.45      | 15.38     | 16.14        | 15.38       |
| 628.58    | 628.58       | 628.27      | 17.18     | 18.03        | 17.18       |
| 629.8     | 755.76       | 629.8       | 18.74     | 19.67        | 18.74       |
| 628.8     | 628.8        | 501.84      | 21.87     | 22.96        | 21.87       |
| 628.53    | 628.53       | 628.26      | 21.87     | 21.87        | 21.87       |
| 628.64    | 754.36       | 628.64      | 24.99     | 26.23        | 24.99       |
| 632.95    | 759.54       | 632.95      | 67.69     | 71.07        | 67.69       |



ตารางที่ 3.12 การจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรเวอร์ชวลแมชีน 3 สำหรับ VMM

| RAM Usage | RAM Allocate | RAM Reclaim | CPU Usage | CPU Allocate | CPU Reclaim |
|-----------|--------------|-------------|-----------|--------------|-------------|
| 894.07    | 894.07       | 894.07      | 35.71     | 35.71        | 35.71       |
| 893.8     | 893.8        | 893.53      | 87.49     | 91.86        | 87.49       |
| 909.83    | 1091.79      | 909.83      | 18.75     | 18.75        | 68.74       |
| 933.77    | 1120.52      | 933.77      | 20.63     | 21.66        | 20.63       |
| 952.7     | 1143.24      | 952.7       | 23.07     | 24.22        | 23.07       |
| 892.96    | 892.96       | 642.68      | 14.06     | 14.06        | 3.9         |
| 1387.71   | 1665.25      | 687.54      | 26.39     | 27.7         | 26.39       |
| 907.98    | 907.98       | 150.71      | 48.21     | 50.62        | 28.98       |
| 930.95    | 1117.14      | 930.95      | 14.06     | 14.06        | 36.56       |
| 954.96    | 1145.95      | 954.96      | 14.06     | 14.06        | 30.3        |
| 978.46    | 1174.15      | 978.46      | 17.18     | 18.03        | 17.18       |
| 1001.86   | 1202.23      | 1001.86     | 23.43     | 24.6         | 23.43       |
| 1025.8    | 1230.96      | 1025.8      | 20.31     | 20.31        | 16.02       |
| 1049.12   | 1258.94      | 1049.12     | 15.62     | 15.62        | 10.93       |
| 893.46    | 893.46       | 527.98      | 9.37      | 9.37         | 3.12        |
| 893       | 893          | 892.54      | 14.06     | 14.76        | 14.06       |
| 893.03    | 1071.63      | 893.03      | 14.06     | 14.06        | 14.06       |
| 892.77    | 892.77       | 713.91      | 12.49     | 12.49        | 48.43       |
| 893.32    | 1071.98      | 893.32      | 12.5      | 13.12        | 12.5        |
| 893.32    | 893.32       | 893.32      | 15.62     | 16.4         | 15.62       |
| 893.37    | 1072.04      | 893.37      | 57.35     | 60.21        | 57.35       |
| 914.35    | 1097.22      | 914.35      | 30        | 30           | 14.57       |
| 938.53    | 1126.23      | 938.53      | 15.62     | 15.62        | 1.24        |
| 893.79    | 893.79       | 661.35      | 7.81      | 7.81         | 0           |
| 908.65    | 1090.38      | 908.65      | 59.37     | 62.33        | 59.37       |
| 893.47    | 893.47       | 696.56      | 10.93     | 10.93        | 51.4        |
| 898.4     | 1078.08      | 898.4       | 56.25     | 59.06        | 56.25       |
| 916.37    | 1099.64      | 916.37      | 15.87     | 15.87        | 43.19       |
| 893.62    | 893.62       | 687.6       | 45.71     | 47.99        | 45.71       |
| 911.82    | 1094.18      | 911.82      | 35.59     | 35.59        | 23.19       |

จากตารางที่ตารางที่ 3.10-3.12 เป็นค่าการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนทั้ง 3 เครื่องโดยค่าดังกล่าวจะได้จากการตรวจจับการใช้งานในช่วงเวลา 30 วินาที โดยในการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรจะตรวจสอบการใช้งานในแต่ละ 1 วินาทีเพื่อเปรียบเทียบค่าการใช้งานกับวินาทีก่อนหน้านี้ ซึ่งค่าที่ได้จะได้ค่าการจัดสรรและการเรียกคืนทรัพยากร RAM และ CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนทั้ง 3 เครื่องโดยจะเป็นค่าที่แจ้งให้กับ VMM (Virtual Machine Monitor) ของระบบเวอร์ชวลไลเซชันในการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรจริงบนเครื่องโฮสต์ต่อไป

### 3.6 ชั้นที่ 6 การประเมินผลและเปรียบเทียบ

การเปรียบเทียบแบบไม่ใช้โมเดลแบบและแบบใช้โมเดลที่ได้ออกแบบ การเปรียบเทียบค่าการจัดสรรทรัพยากรแบบไม่ใช้โมเดลแบบและแบบใช้โมเดลที่ได้ออกแบบโดยการจัดสรรทรัพยากรแบบเดิมนั้นจะมีการกำหนดค่าการใช้ทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชชีนแบบคงที่โดยกำหนดค่าสูงสุดการใช้งานให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชชีน ซึ่งระบบการจัดสรรทรัพยากรที่ได้ออกแบบนั้นสามารถจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรการใช้งานได้ตามการใช้งานจริงในแต่ละช่วงเวลาเป็นวินาทีโดยจะสามารถรองรับการใช้งานที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าการใช้งาน Workload สูงได้ โดยการกำหนดค่าเหมาะสมได้โดยค่าการใช้งานทรัพยากรแบบไม่ใช้โมเดลและการจัดการทรัพยากรตามโมเดลที่ออกแบบแสดงดังตารางดังนี้

ตารางที่ 3.13 การเปรียบเทียบการจัดสรรทรัพยากร

| การจัดสรรทรัพยากร       | ทรัพยากรหน่วยความจำ (RAM) |                 | ทรัพยากรหน่วยประมวลผล (CPU) |                 |
|-------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|
|                         | เฉลี่ยการใช้              | เฉลี่ยการใช้งาน | เฉลี่ยการใช้                | เฉลี่ยการใช้งาน |
|                         | งานแบบปกติ                | ตามการออกแบบ    | งานแบบปกติ                  | ตามการออกแบบ    |
| เครื่องเวอร์ชวลแมชชีน 1 | 705.64                    | 667.60          | 32.72                       | 28.91           |
| เครื่องเวอร์ชวลแมชชีน 2 | 694.38                    | 660.52          | 26.30                       | 25.16           |
| เครื่องเวอร์ชวลแมชชีน 3 | 937.84                    | 841.56          | 26.38                       | 29.01           |
| ระบบเวอร์ชวลไลเซชัน     | 2337.86                   | 2169.76         | 85.43                       | 83.10           |

จากตารางที่ 3.13 การใช้งานทรัพยากร RAM และ CPU เฉลี่ยแบบปกติจะมีการใช้มากกว่าค่าเฉลี่ยการใช้งานทรัพยากร RAM และ CPU ตามที่ได้ออกแบบ

### 3.7 ขั้นที่ 7 การสรุปผลการวิจัย

เป็นขั้นตอนการสรุปผลการวิจัยโดยเป็นการกล่าวถึงผลการดำเนินการวิจัย การอภิปราย การวิจัยในแต่ละโมดูลขั้นตอนที่ได้ออกแบบการทำงาน ปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะของงานวิจัย



TNI

## บทที่ 4

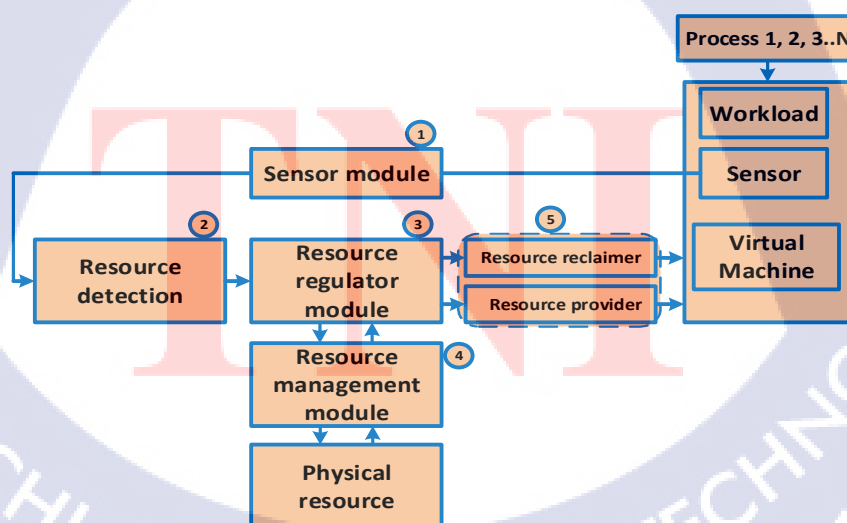
### ผลของการวิจัย

ผลการดำเนินงานวิจัยเรื่อง การออกแบบระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน ดังนี้

1. ผลการสังเคราะห์รูปแบบการจัดการทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชันให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานของเครื่องเวอร์ชวลแมชีน (วัตถุประสงค์ข้อ 1)
2. ผลการพัฒนาแบบจำลองการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีนตามความต้องการการใช้งานจริงในแต่ละช่วงเวลา (วัตถุประสงค์ข้อ 2)
3. ผลการประเมินผลการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีนเมื่อเทียบกับการใช้งานของเวอร์ชวลแมชีน (วัตถุประสงค์ข้อ 3)

#### 4.1 ผลการสังเคราะห์รูปแบบการจัดการทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชันให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานของเครื่องเวอร์ชวลแมชีน

4.1.1 กำหนดกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการสังเคราะห์รูปแบบระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชันดังรูปที่ 4.1 ประกอบด้วย 5 โมดูล คือ 1) โมดูล Resource Sensor 2) โมดูล Resource Detection 3) โมดูล Resource Regulator 4) โมดูล Resource Management 5) โมดูล Resource Provider/Reclaimer



รูปที่ 4.1 โมเดลการจัดสรรทรัพยากร

โดยแต่ละโมดูลมีรายละเอียดการทำงาน ดังนี้

โมดูลที่ 1 Resource Sensor Module เป็นโมดูลในการตรวจสอบการใช้งานทรัพยากรของเวอร์ชวลแมชีนโดยมีการตรวจจับการใช้งานแบบเรียลไทม์ โดยผลการตรวจจับการใช้งานทรัพยากรจะได้ค่าการใช้งานทรัพยากร RAM และ CPU

โมดูลที่ 2 Resource Detection Module เป็นโมดูลในการตรวจจับการใช้ทรัพยากรและระบุแหล่งที่มาว่ามาจากเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องใด

โมดูลที่ 3 Resource Regulator Module เป็นโมดูลในการควบคุมและกำหนดกฎเกณฑ์ในการจัดสรรและการเรียกคืนทรัพยากร โดยผลที่ได้จากโมดูลนี้จะเป็นกฎที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการจัดสรรทรัพยากรจำนวน 9 กฎ

โมดูลที่ 4 Resource Management Module เป็นโมดูลการจัดการทรัพยากรและส่วนติดต่อกับ Hypervisor เพื่อขอใช้และคืนทรัพยากร

โมดูลที่ 5 Resource Provider/Reclaimer เป็นโมดูลส่วนที่แจ้งค่าการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรไปที่เวอร์ชวลแมชีนขึ้น

## 4.2. ผลการพัฒนาแบบจำลองการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีนตามความต้องการการใช้งานจริงในแต่ละช่วงเวลา

4.2.1 ผลจากการตรวจจับทรัพยากร (CPU และ RAM) จากเครื่องเวอร์ชวลแมชีนทั้ง 3 เครื่อง โดยการกำหนดช่วงเวลาการตรวจจับเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าของระบบการจัดสรรทรัพยากรที่ได้ออกแบบโดยข้อมูลตัวอย่างในการนำเข้าได้กำหนดเป็นช่วงเวลาการตรวจจับการใช้งานทรัพยากรเป็นวินาที โดยใช้ช่วงเวลา 30 วินาที ผลการใช้ทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนทั้ง 3 เครื่องแสดงดังตารางที่ 4.1-4.3

ตารางที่ 4.1 ผลการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 1

| เวลา (วินาที) | T1     | T2     | T3     | T4     | T5     | T6     | T7     | T8     |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 706.16 | 681.39 | 706.29 | 681.47 | 706.39 | 714.87 | 714.94 | 706.55 |
| CPU (%)       | 39.69  | 42.79  | 24.21  | 29.57  | 38.79  | 37.53  | 37.22  | 24.51  |

| เวลา (วินาที) | T9     | T10    | T11    | T12    | T13    | T14    | T15   | T16   |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| RAM (MB)      | 706.38 | 681.49 | 706.22 | 714.67 | 714.73 | 706.34 | 706.4 | 706.4 |
| CPU (%)       | 47.22  | 19.28  | 34.74  | 21.99  | 32.58  | 28.23  | 30.07 | 17.4  |

ตารางที่ 4.1 ผลการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 1 (ต่อ)

| เวลา (วินาที) | T17    | T18    | T19    | T20    | T21    | T22   | T23    | T24    |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 681.65 | 706.54 | 706.34 | 706.34 | 714.85 | 706.4 | 714.85 | 706.46 |
| CPU (%)       | 32.71  | 34.15  | 37.78  | 39.46  | 37.41  | 26.82 | 20.35  | 29.3   |

| เวลา (วินาที) | T25    | T26    | T27    | T28    | T29    | T30    |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 706.53 | 706.59 | 715.05 | 706.64 | 715.11 | 715.17 |
| CPU (%)       | 34.87  | 41.98  | 34.41  | 25.56  | 46.58  | 34.67  |

ตารางที่ 4.2 ผลการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 2

| เวลา (วินาที) | T1     | T2     | T3     | T4     | T5     | T6     | T7     | T8     |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 997.33 | 996.98 | 996.14 | 630.36 | 630.41 | 1100.9 | 633.63 | 644.19 |
| CPU (%)       | 48.21  | 31.25  | 26.56  | 21.87  | 20.31  | 35.93  | 48.43  | 21.87  |

| เวลา (วินาที) | T9     | T10    | T11    | T12    | T13    | T14    | T15    | T16    |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 668.38 | 691.43 | 715.61 | 629.64 | 628.73 | 629.15 | 628.34 | 628.54 |
| CPU (%)       | 28.12  | 36.92  | 23.43  | 12.49  | 15.62  | 18.75  | 21.87  | 14.06  |

| เวลา (วินาที) | T17    | T18    | T19    | T20    | T21    | T22    | T23    | T24    |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 629.65 | 637.46 | 658.94 | 683.99 | 706.74 | 629.37 | 629.33 | 628.89 |
| CPU (%)       | 62.49  | 17.18  | 23.43  | 30.76  | 23.8   | 9.23   | 9.23   | 15.38  |

| เวลา (วินาที) | T25    | T26   | T27   | T28    | T29    | T30    |
|---------------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 628.58 | 629.8 | 628.8 | 628.53 | 628.64 | 632.95 |
| CPU (%)       | 17.18  | 18.74 | 21.87 | 21.87  | 24.99  | 67.69  |



ตารางที่ 4.3 ผลการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเครื่องที่ 3

| เวลา (วินาที) | T1     | T2    | T3     | T4     | T5    | T6     | T7      | T8     |
|---------------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|---------|--------|
| RAM (MB)      | 894.07 | 893.8 | 909.83 | 933.77 | 952.7 | 892.96 | 1387.71 | 907.98 |
| CPU (%)       | 35.71  | 87.49 | 18.75  | 20.63  | 23.07 | 14.06  | 26.39   | 48.21  |

| เวลา (วินาที) | T9     | T10    | T11    | T12     | T13    | T14     | T15    | T16   |
|---------------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|-------|
| RAM (MB)      | 930.95 | 954.96 | 978.46 | 1001.86 | 1025.8 | 1049.12 | 893.46 | 893   |
| CPU (%)       | 14.06  | 14.06  | 17.18  | 23.43   | 20.31  | 15.62   | 9.37   | 14.06 |

| เวลา (วินาที) | T17    | T18    | T19    | T20    | T21    | T22    | T23    | T24    |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 893.03 | 892.77 | 893.32 | 893.32 | 893.37 | 914.35 | 938.53 | 893.79 |
| CPU (%)       | 14.06  | 12.49  | 12.5   | 15.62  | 57.35  | 30     | 15.62  | 7.81   |

| เวลา (วินาที) | T25    | T26    | T27   | T28    | T29    | T30    |
|---------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| RAM (MB)      | 908.65 | 893.47 | 898.4 | 916.37 | 893.62 | 911.82 |
| CPU (%)       | 59.37  | 10.93  | 56.25 | 15.87  | 45.71  | 35.59  |

โดยผลจากตารางที่ 4.1–4.3 จะได้จากการตรวจจับการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนทั้ง 3 เครื่องในช่วงเวลา 30 นาที โดยแบ่งออกเป็นครั้งละ 1 วินาที เพื่อนำไปเป็นข้อมูลนำเข้าในส่วนของโมดูลการกำหนดเงื่อนไข (Resource Regulator)

4.2.2 ผลการวิเคราะห์รูปแบบการกำหนดเงื่อนไข (Rule Base) ของการจัดสรรทรัพยากร โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy) ที่ได้จากข้อมูลการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีน โดยเทียบกับการใช้งานทรัพยากรในช่วงเวลาก่อนหน้าจะสามารถกำหนดรูปแบบกฎการจัดสรรทรัพยากรและเรียกคืนทรัพยากรได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 รูปแบบการกำหนดเงื่อนไข (Rule base) ในการจัดสรรทรัพยากรโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy)

| จำนวนเงื่อนไข<br>(Rule Base No.) | รูปแบบการกำหนดเงื่อนไข (Rule Base) ในการจัดสรรทรัพยากรโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy)          |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                | IF CPU Equal Initial.Res(CPU), RAM Equal Initial.Res(RAM) THEN NOT Allocate                      |
| 2                                | IF CPU More Than Initial.Res(CPU), RAM Equal Initial.Res(RAM) THEN Allocate CPU                  |
| 3                                | IF CPU Less Than Initial.Res(CPU), RAM Equal Initial.Res(RAM) THEN Reclaim CPU                   |
| 4                                | IF CPU Equal Initial.Res(CPU), RAM More Than Initial.Res(RAM) THEN Allocate RAM                  |
| 5                                | IF CPU Equal Initial.Res(CPU), RAM Less Than Initial.Res(RAM) THEN Reclaim RAM                   |
| 6                                | IF CPU More Than Initial.Res(CPU), RAM More Than Initial.Res(RAM) THEN Allocate CPU, RAM         |
| 7                                | IF CPU More Than Initial.Res(CPU), RAM Less Than Initial.Res(RAM) THEN Allocate CPU, Reclaim RAM |
| 8                                | IF CPU Less Than Initial.Res(CPU), RAM More Than Initial.Res(RAM) THEN Reclaim CPU, Allocate RAM |
| 9                                | IF CPU Less Than Initial.Res(CPU), RAM Less Than Initial.Res(RAM) THEN Reclaim CPU, Reclaim RAM  |

จากตารางที่ 4.4 การกำหนดเงื่อนไข (Rule Base) ในการจัดสรรทรัพยากรจะสามารถกำหนดเงื่อนไขได้ 9 เงื่อนไขโดยสามารถกำหนดได้จากข้อมูลนำเข้าการใช้ทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดเทียบกับเวลาก่อนหน้าซึ่งข้อมูลอินพุตจะมีค่าได้ 3 ค่าคือมากกว่า น้อยกว่าและเท่ากันและค่าของผลลัพธ์ที่ได้จะมีความสอดคล้องกับข้อมูลอินพุตดังนี้ ถ้าข้อมูลนำเข้ามีค่ามากกว่าค่าการใช้งานในช่วงเวลาก่อนหน้าผลลัพธ์ที่กำหนดจะเป็นการจัดสรรทรัพยากรหรือมีการ Allocate ทรัพยากรตามค่าเหมาะสมที่กำหนด ถ้าข้อมูลนำเข้ามีค่าน้อยกว่าค่าการใช้งานในช่วงเวลาก่อนหน้าผลลัพธ์ที่กำหนดจะเป็นการเรียกคืนทรัพยากรหรือมีการ Reclaim

ทรัพยากรและถ้าข้อมูลนำเข้ามีค่าเท่ากับค่าการใช้งานในช่วงเวลาก่อนหน้าผลลัพธ์ที่ได้จะไม่มีการจัดสรรหรือเรียกคืนทรัพยากร

จากรูปแบบการกำหนดเงื่อนไข (Rule base) ในการจัดสรรทรัพยากรดังตารางที่ 4.4 จะสามารถแสดงผลการจัดสรรทรัพยากรที่เป็นไปได้ทั้ง 9 เงื่อนไขดังตารางที่ 4.5



ตารางที่ 4.5 การจำลองการจัดสรรทรัพยากรตามเงื่อนไข

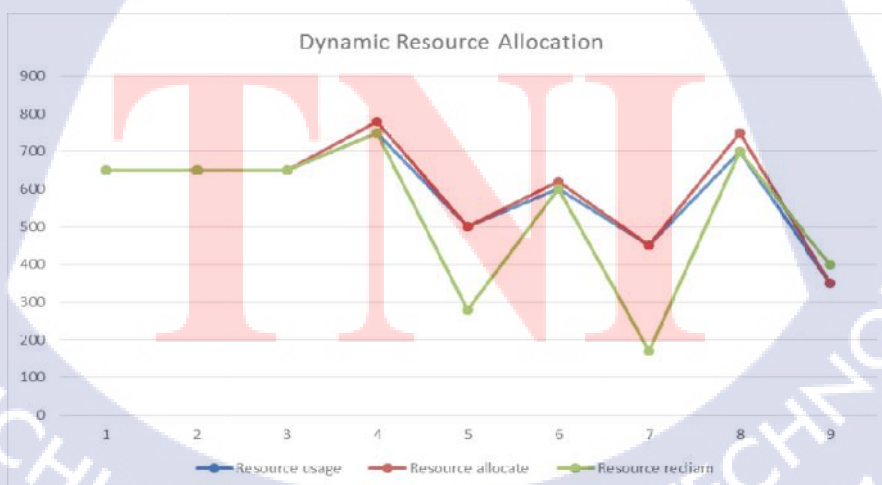
| Time<br>(T) | RAM Usage<br>(MB) | CPU Usage<br>(%) | Fuzzy Input |     | Fuzzy Condition (Rules) |              | Fuzzy Output |     | Optimal Weight |             | Virtual Machine Monitor (VMM) |         |          |         | Physical Usage |        |
|-------------|-------------------|------------------|-------------|-----|-------------------------|--------------|--------------|-----|----------------|-------------|-------------------------------|---------|----------|---------|----------------|--------|
|             |                   |                  |             |     |                         |              |              |     | RAM<br>(20%)   | CPU<br>(5%) | RAM                           |         | CPU      |         | RAM(MB)        | CPU(%) |
|             |                   |                  | RAM         | CPU | RAM                     | CPU          | RAM          | CPU |                |             | Allocate                      | Recliam | Allocate | Recliam |                |        |
| T1          | 650               | 3                | 650         | 3   | Not Allocate            | Not Allocate | 650          | 3   | -              | -           | -                             | -       | -        | -       | 650            | 3      |
| T2          | 650               | 5                | 650         | 5   | Not Allocate            | Allocate     | 650          | 5   | -              | 0.1         | -                             | -       | 2        | -       | 650            | 5.1    |
| T3          | 650               | 4                | 650         | 4   | Not Allocate            | Recliam      | 650          | 4   | -              | -           | -                             | -       | -        | 1.1     | 650            | 4      |
| T4          | 750               | 4                | 750         | 4   | Allocate                | Not Allocate | 750          | 4   | 20             | -           | 100                           | -       | -        | -       | 780            | 4      |
| T5          | 500               | 4                | 500         | 4   | Recliam                 | Not Allocate | 500          | 4   | -              | -           | -                             | 280     | -        | -       | 500            | 4      |
| T6          | 600               | 7                | 600         | 7   | Allocate                | Allocate     | 600          | 7   | 20             | 0.35        | 100                           | -       | 3        | -       | 620            | 7.35   |
| T7          | 450               | 8                | 450         | 8   | Recliam                 | Allocate     | 450          | 8   | -              | 0.4         | -                             | 170     | 0.65     | -       | 450            | 8.4    |
| T8          | 700               | 6                | 700         | 6   | Allocate                | recliam      | 700          | 6   | 50             | -           | 250                           | -       | -        | 2.4     | 750            | 6      |
| T9          | 350               | 2                | 350         | 2   | Recliam                 | recliam      | 350          | 2   | -              | -           | -                             | 400     | -        | 4       | 350            | 2      |

4.2.2 ผลการพัฒนาแบบจำลองการจัดสรรทรัพยากรตามความต้องการการใช้งานจริงในแต่ละช่วงเวลาและการปรับค่าเหมาะสมตามเงื่อนไขที่เป็นไปได้จะได้ค่าการจัดสรรทรัพยากร การเรียกคืนดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการจัดสรรทรัพยากรตามแบบจำลองการจัดสรรทรัพยากร

| Resource Usage | Resource Allocate | Resource Reclaim |
|----------------|-------------------|------------------|
| 650            | 650               | 650              |
| 650            | 650               | 650              |
| 650            | 650               | 650              |
| 750            | 780               | 750              |
| 500            | 500               | 280              |
| 600            | 620               | 600              |
| 450            | 450               | 170              |
| 700            | 750               | 700              |
| 350            | 350               | 400              |

จากตารางที่ 4.6 Resource Usage จะเป็นข้อมูลอินพุตของระบบการออกแบบการจัดสรรทรัพยากรตามการใช้งานจริงโดยค่าอินพุตจะถูกกำหนดเงื่อนไขการจัดสรรและการเรียกคืนโดยโมดูล Resource Regulator โดยผลในการจัดสรรและการเรียกคืนทรัพยากรตามกำหนดแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ผลการจัดสรรและการเรียกคืนทรัพยากรตามเงื่อนไข

#### 4.3. ผลการประเมินผลการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีนเมื่อเทียบกับการใช้งานของเวอร์ชวลแมชีน

4.3.1 ผลการประเมินผลการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีนเมื่อเทียบกับการใช้งานของเวอร์ชวลแมชีนได้ผลการจัดสรรและการเรียกคืนทรัพยากรของแต่ละเครื่องเวอร์ชวลแมชีนดังแสดงในตารางที่ 4.7-4.9 และกราฟการเปรียบเทียบดังรูปที่ 4.3-4.8

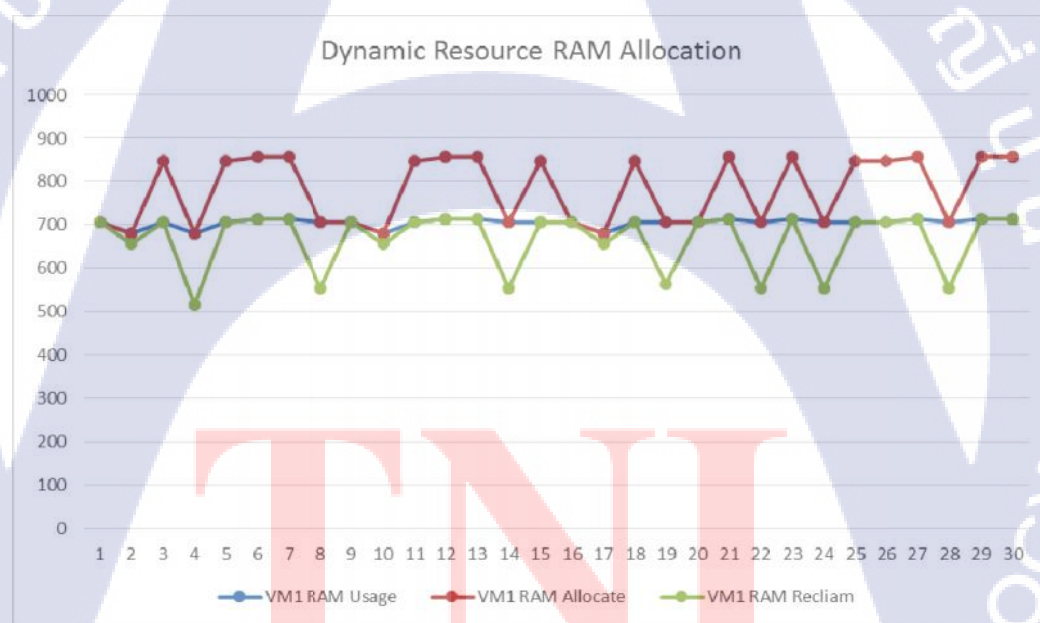
ตารางที่ 4.7 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 1

| RAM Usage | RAM<br>Allocate | RAM<br>Reclaim | CPU Usage | CPU<br>Allocate | CPU<br>Reclaim |
|-----------|-----------------|----------------|-----------|-----------------|----------------|
| 706.16    | 706.16          | 706.16         | 39.69     | 39.69           | 39.69          |
| 681.39    | 681.39          | 656.62         | 42.79     | 44.92           | 42.79          |
| 706.29    | 847.54          | 706.29         | 24.21     | 24.21           | 3.5            |
| 681.47    | 681.47          | 515.4          | 29.57     | 31.04           | 29.57          |
| 706.39    | 847.66          | 706.39         | 38.79     | 40.72           | 38.79          |
| 714.87    | 857.84          | 714.87         | 37.53     | 37.53           | 34.34          |
| 714.94    | 857.92          | 714.94         | 37.22     | 37.22           | 36.91          |
| 706.55    | 706.55          | 555.18         | 24.51     | 24.51           | 11.8           |
| 706.38    | 706.38          | 706.21         | 47.22     | 49.58           | 47.22          |
| 681.49    | 681.49          | 656.6          | 19.28     | 19.28           | 30.3           |
| 706.22    | 847.46          | 706.22         | 34.74     | 36.47           | 34.74          |
| 714.67    | 857.06          | 714.67         | 21.99     | 21.99           | 7.51           |
| 714.73    | 857.67          | 714.73         | 32.58     | 34.2            | 32.58          |
| 706.34    | 706.34          | 555.01         | 28.23     | 28.23           | 22.26          |
| 706.4     | 847.68          | 706.4          | 30.07     | 31.57           | 30.07          |
| 706.4     | 706.4           | 706.4          | 17.4      | 17.4            | 3.23           |
| 681.65    | 681.65          | 656.9          | 32.71     | 34.34           | 32.71          |
| 706.54    | 847.84          | 706.54         | 34.15     | 35.85           | 34.15          |
| 706.34    | 706.34          | 564.84         | 37.78     | 39.66           | 37.78          |
| 706.34    | 706.34          | 706.34         | 39.46     | 41.43           | 39.46          |
| 714.85    | 857.82          | 714.85         | 37.41     | 37.41           | 33.39          |



ตารางที่ 4.7 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 1 (ต่อ)

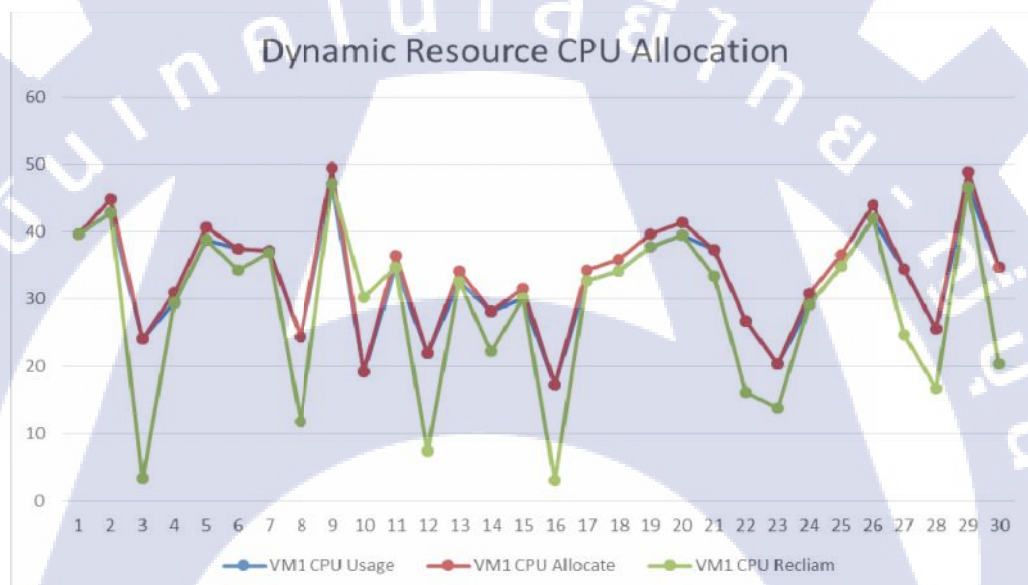
| RAM Usage | RAM Allocate | RAM Reclaim | CPU Usage | CPU Allocate | CPU Reclaim |
|-----------|--------------|-------------|-----------|--------------|-------------|
| 706.4     | 706.4        | 554.98      | 26.82     | 26.82        | 16.23       |
| 714.85    | 857.82       | 714.85      | 20.35     | 20.35        | 13.88       |
| 706.46    | 706.46       | 555.1       | 29.3      | 30.76        | 29.3        |
| 706.53    | 847.83       | 706.53      | 34.87     | 36.61        | 34.87       |
| 706.59    | 847.9        | 706.59      | 41.98     | 44.07        | 41.98       |
| 715.05    | 858.06       | 715.05      | 34.41     | 34.41        | 24.75       |
| 706.64    | 706.64       | 555.22      | 25.56     | 25.56        | 16.71       |
| 715.11    | 858.13       | 715.11      | 46.58     | 48.9         | 46.58       |
| 715.17    | 858.2        | 715.17      | 34.67     | 34.67        | 20.44       |



รูปที่ 4.3 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 1

### สรุปผลการใช้งานทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนที่ 1

การใช้งานทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเครื่องที่หนึ่งเฉลี่ยในช่วงเวลาที่ทำ การตรวจจับการใช้งานในช่วงเวลา 30 วินาที ค่าการใช้งานแบบปกติเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 705.64 MB ค่าการจัดสรรทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 781.48 MB โดยค่าการ Allocate การใช้งานจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการปรับค่าเหมาะสมของทรัพยากร RAM ที่ 20% เพื่อให้การ ให้บริการของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนมีคุณภาพการให้บริการต่างๆที่ทำงานอยู่บนเครื่องเวอร์ชวลแมชชีน สามารถใช้งานทรัพยากรได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ และค่าการเรียกคืนการใช้งานทรัพยากร RAM เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 667.60 MB



รูปที่ 4.4 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเครื่องที่ 1

### สรุปผลการใช้งานทรัพยากร CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนที่ 1

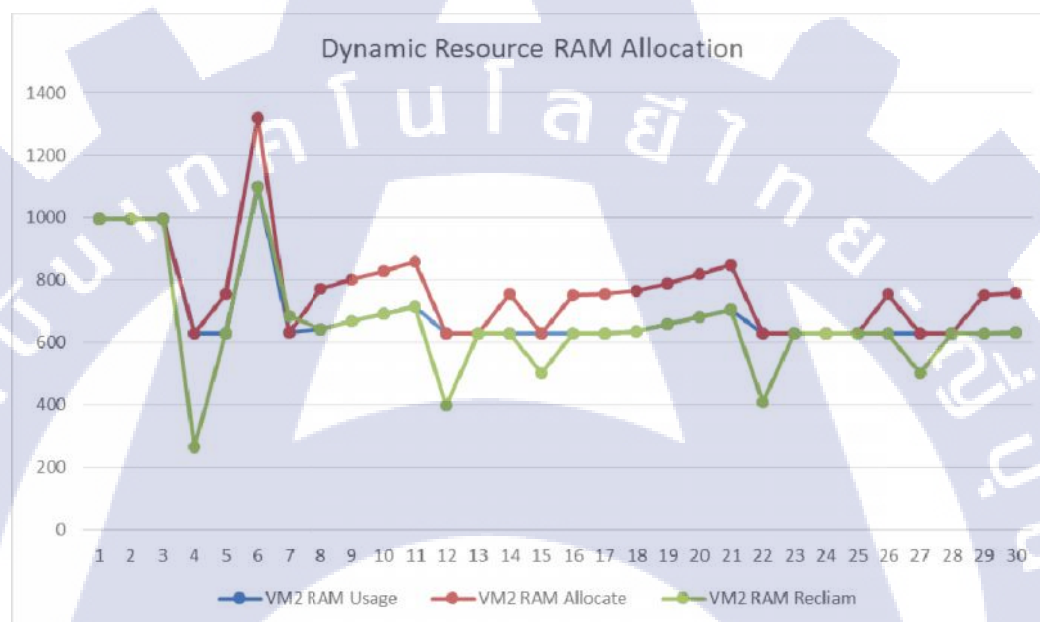
การใช้งานทรัพยากร CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเครื่องที่หนึ่งเฉลี่ยในช่วงเวลาที่ทำ การตรวจจับการใช้งานในช่วงเวลา 30 วินาที ค่าการใช้งานแบบปกติเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 32.72% ค่า การจัดสรรทรัพยากร CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 33.64% โดยค่าการ Allocate การใช้งานจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการปรับค่าเหมาะสมของทรัพยากร CPU ที่ 5% เพื่อให้การ ให้บริการของ เครื่องเวอร์ชวลแมชชีนมีคุณภาพการให้บริการต่างๆที่ทำงานอยู่บนเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนสามารถ ใช้งานทรัพยากรได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ และค่าการเรียกคืนการใช้งานทรัพยากร CPU เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 28.91%

ตารางที่ 4.8 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 2

| RAM Usage | RAM<br>Allocate | RAM<br>Reclaim | CPU Usage | CPU<br>Allocate | CPU<br>Reclaim |
|-----------|-----------------|----------------|-----------|-----------------|----------------|
| 997.33    | 997.33          | 997.33         | 48.21     | 48.21           | 48.21          |
| 996.98    | 996.98          | 996.63         | 31.25     | 31.25           | 14.29          |
| 996.14    | 996.14          | 995.3          | 26.56     | 26.56           | 21.87          |
| 630.36    | 630.36          | 265.18         | 21.87     | 21.87           | 17.18          |
| 630.41    | 756.49          | 630.41         | 20.31     | 20.31           | 18.75          |
| 1100.98   | 1321.17         | 1100.98        | 35.93     | 37.72           | 35.93          |
| 633.63    | 633.63          | 687.54         | 48.43     | 50.85           | 48.43          |
| 644.19    | 773.02          | 644.19         | 21.87     | 21.87           | 28.98          |
| 668.38    | 802.05          | 668.38         | 28.12     | 29.52           | 28.12          |
| 691.43    | 829.71          | 691.43         | 36.92     | 38.76           | 30.3           |
| 715.61    | 858.73          | 715.61         | 23.43     | 23.43           | 8.1            |
| 629.64    | 629.64          | 400.55         | 12.49     | 12.49           | 1.55           |
| 628.73    | 628.73          | 627.82         | 15.62     | 16.4            | 15.62          |
| 629.15    | 754.98          | 629.15         | 18.75     | 19.68           | 18.75          |
| 628.34    | 628.34          | 501.7          | 21.87     | 22.96           | 21.87          |
| 628.54    | 754.2           | 628.54         | 14.06     | 14.06           | 5.16           |
| 629.65    | 755.58          | 629.65         | 62.49     | 65.61           | 62.49          |
| 637.46    | 764.95          | 637.46         | 17.18     | 17.18           | 48.43          |
| 658.94    | 790.72          | 658.94         | 23.43     | 24.6            | 23.43          |
| 683.99    | 820.78          | 683.99         | 30.76     | 32.29           | 30.76          |
| 706.74    | 848.08          | 706.74         | 23.8      | 23.8            | 15.31          |
| 629.37    | 629.37          | 410.66         | 9.23      | 9.23            | 14.57          |
| 629.33    | 629.33          | 629.29         | 9.23      | 9.23            | 9.23           |
| 628.89    | 628.89          | 628.45         | 15.38     | 16.14           | 15.38          |
| 628.58    | 628.58          | 628.27         | 17.18     | 18.03           | 17.18          |
| 629.8     | 755.76          | 629.8          | 18.74     | 19.67           | 18.74          |
| 628.8     | 628.8           | 501.84         | 21.87     | 22.96           | 21.87          |

ตารางที่ 4.8 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเครื่องที่ 2 (ต่อ)

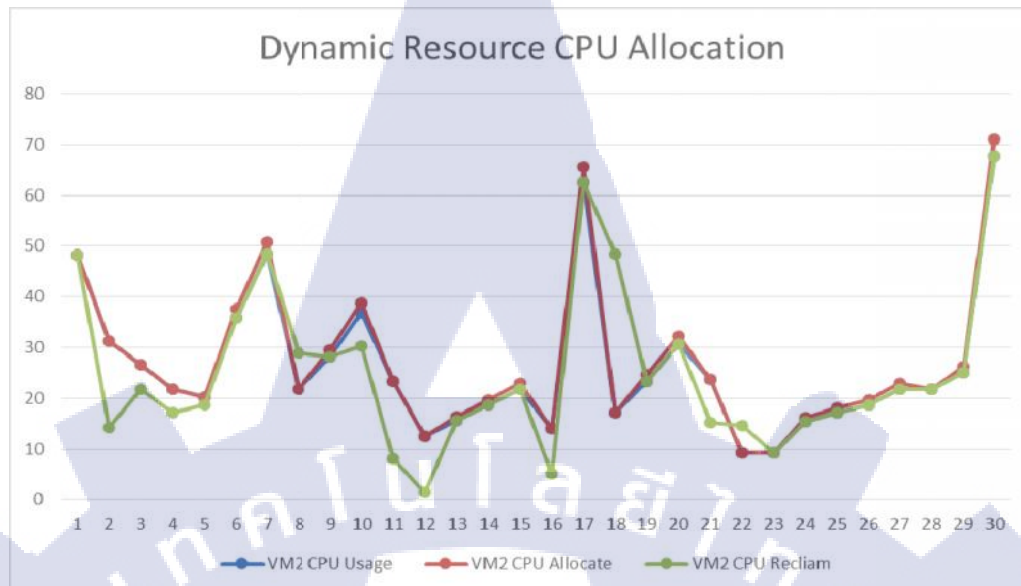
| RAM Usage | RAM Allocate | RAM Reclaim | CPU Usage | CPU Allocate | CPU Reclaim |
|-----------|--------------|-------------|-----------|--------------|-------------|
| 628.53    | 628.53       | 628.26      | 21.87     | 21.87        | 21.87       |
| 628.64    | 754.36       | 628.64      | 24.99     | 26.23        | 24.99       |
| 632.95    | 759.54       | 632.95      | 67.69     | 71.07        | 67.69       |



รูปที่ 4.5 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเครื่องที่ 2

#### สรุปผลการใช้งานทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนที่ 2

การใช้งานทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเครื่องที่หนึ่งเฉลี่ยในช่วงเวลาที่ทำ การตรวจจับการใช้งานในช่วงเวลา 30 วินาที ค่าการใช้งานแบบปกติเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 694.38 MB ค่าการจัดสรรทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 767.15 MB โดยค่าการ Allocate การใช้งานจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการปรับค่าเหมาะสมของทรัพยากร RAM ที่ 20% เพื่อให้การ ให้บริการของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนมีคุณภาพการให้บริการต่างๆที่ทำงานอยู่บนเครื่องเวอร์ชวลแมชชีน สามารถใช้งานทรัพยากรได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ และค่าการเรียกคืนการใช้งานทรัพยากร RAM เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 660.52 MB



รูปที่ 4.6 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเครื่องที่ 2

สรุปผลการใช้งานทรัพยากร CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนที่ 2

การใช้งานทรัพยากร CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเครื่องที่หนึ่งเฉลี่ยในช่วงเวลาที่ทำ  
การตรวจจับการใช้งานในช่วงเวลา 30 วินาที ค่าการใช้งานแบบปกติเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 26.30% ค่า  
การจัดสรรทรัพยากร CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 27.12% โดยค่าการ Allocate  
การใช้งานจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการปรับค่าเหมาะสมของทรัพยากร CPU ที่ 5 % เพื่อให้การให้บริการของ  
เครื่องเวอร์ชวลแมชชีนมีคุณภาพการให้บริการต่างๆที่ทำงานอยู่บนเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนสามารถใช้  
งานทรัพยากรได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ และค่าการเรียกคืนการใช้งานทรัพยากร CPU  
เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 25.16%

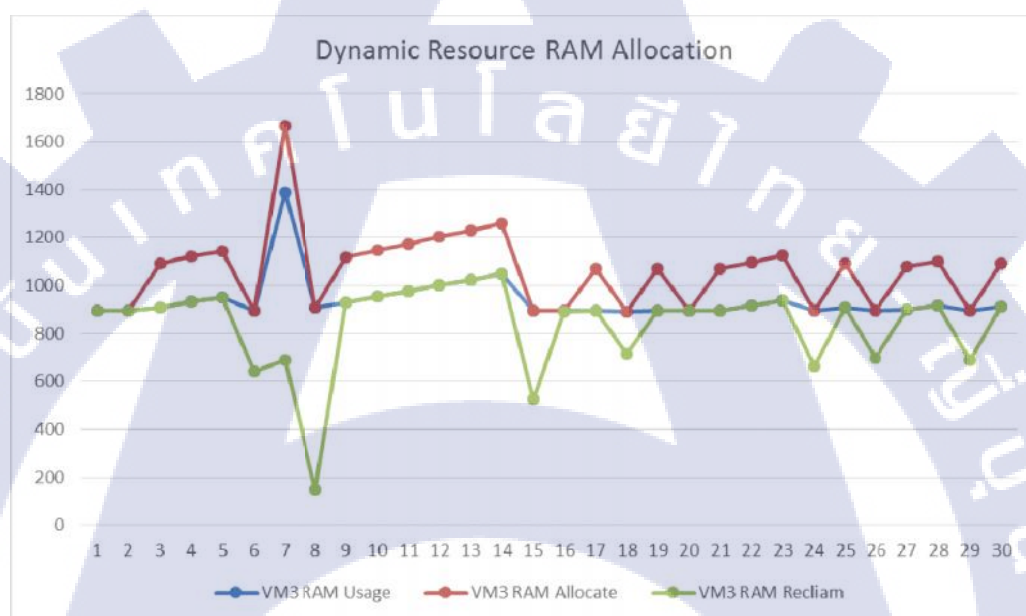
ตารางที่ 4.9 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 3

| RAM Usage | RAM<br>Allocate | RAM<br>Reclaim | CPU Usage | CPU<br>Allocate | CPU<br>Reclaim |
|-----------|-----------------|----------------|-----------|-----------------|----------------|
| 894.07    | 894.07          | 894.07         | 35.71     | 35.71           | 35.71          |
| 893.8     | 893.8           | 893.53         | 87.49     | 91.86           | 87.49          |
| 909.83    | 1091.79         | 909.83         | 18.75     | 18.75           | 18.75          |
| 933.77    | 1120.52         | 933.77         | 20.63     | 21.66           | 20.63          |
| 952.7     | 1143.24         | 952.7          | 23.07     | 24.22           | 23.07          |
| 892.96    | 892.96          | 642.68         | 14.06     | 14.06           | 3.9            |
| 1387.71   | 1665.25         | 687.54         | 26.39     | 27.7            | 26.39          |
| 907.98    | 907.98          | 150.71         | 48.21     | 50.62           | 48.21          |
| 930.95    | 1117.14         | 930.95         | 14.06     | 14.06           | 14.06          |
| 954.96    | 1145.95         | 954.96         | 14.06     | 14.06           | 14.06          |
| 978.46    | 1174.15         | 978.46         | 17.18     | 18.03           | 17.18          |
| 1001.86   | 1202.23         | 1001.86        | 23.43     | 24.6            | 23.43          |
| 1025.8    | 1230.96         | 1025.8         | 20.31     | 20.31           | 16.02          |
| 1049.12   | 1258.94         | 1049.12        | 15.62     | 15.62           | 10.93          |
| 893.46    | 893.46          | 527.98         | 9.37      | 9.37            | 3.12           |
| 893       | 893             | 892.54         | 14.06     | 14.76           | 14.06          |
| 893.03    | 1071.63         | 893.03         | 14.06     | 14.06           | 14.06          |
| 892.77    | 892.77          | 713.91         | 12.49     | 12.49           | 10.92          |
| 893.32    | 1071.98         | 893.32         | 12.5      | 13.12           | 12.5           |
| 893.32    | 893.32          | 893.32         | 15.62     | 16.4            | 15.62          |
| 893.37    | 1072.04         | 893.37         | 57.35     | 60.21           | 57.35          |
| 914.35    | 1097.22         | 914.35         | 30        | 30              | 30             |
| 938.53    | 1126.23         | 938.53         | 15.62     | 15.62           | 1.24           |
| 893.79    | 893.79          | 661.35         | 7.81      | 7.81            | 0              |
| 908.65    | 1090.38         | 908.65         | 59.37     | 62.33           | 59.37          |
| 893.47    | 893.47          | 696.56         | 10.93     | 10.93           | 10.93          |
| 898.4     | 1078.08         | 898.4          | 56.25     | 59.06           | 56.25          |



ตารางที่ 4.9 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 3 (ต่อ)

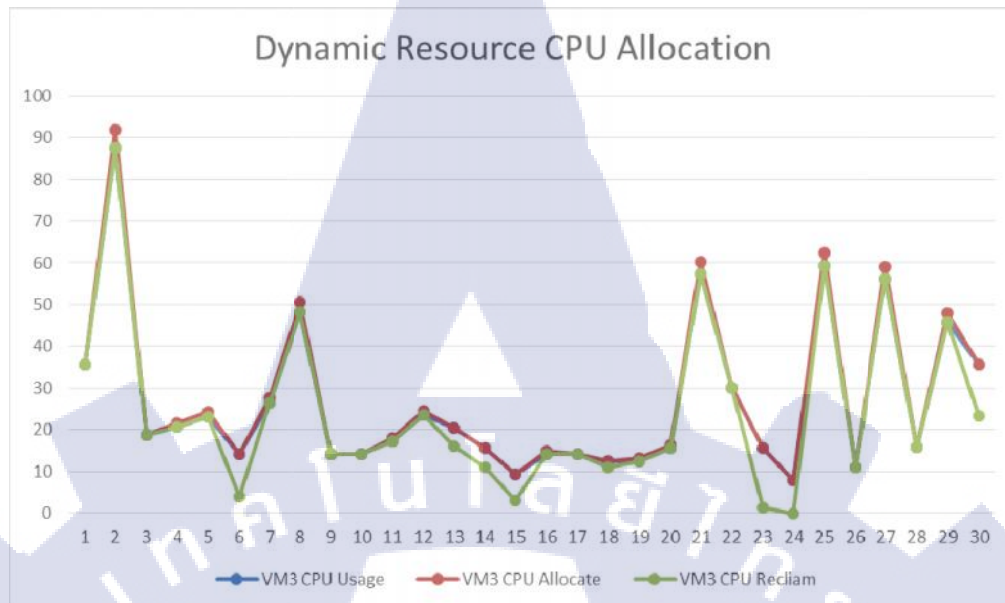
| RAM Usage | RAM Allocate | RAM Reclaim | CPU Usage | CPU Allocate | CPU Reclaim |
|-----------|--------------|-------------|-----------|--------------|-------------|
| 916.37    | 1099.64      | 916.37      | 15.87     | 15.87        | 15.87       |
| 893.62    | 893.62       | 687.6       | 45.71     | 47.99        | 45.71       |
| 911.82    | 1094.18      | 911.82      | 35.59     | 35.59        | 23.19       |



รูปที่ 4.7 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 3

#### สรุปผลการใช้งานทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนที่ 3

การใช้งานทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่หนึ่งเฉลี่ยในช่วงเวลาที่ทำ การตรวจจบการใช้งานในช่วงเวลา 30 วินาที ค่าการใช้งานแบบปกติเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 937.84 MB ค่าการจัดสรรทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1059.79 MB โดยค่าการ Allocate การใช้งานจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการปรับค่าเหมาะสมของทรัพยากร RAM ที่ 20% เพื่อให้การ ให้บริการของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนมีคุณภาพการให้บริการต่างๆที่ทำงานอยู่บนเครื่องเวอร์ชวลแมชีน สามารถใช้งานทรัพยากรได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ และค่าการเรียกคืนการใช้งานทรัพยากร RAM เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 841.56 MB



รูปที่ 4.8 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเครื่องที่ 3

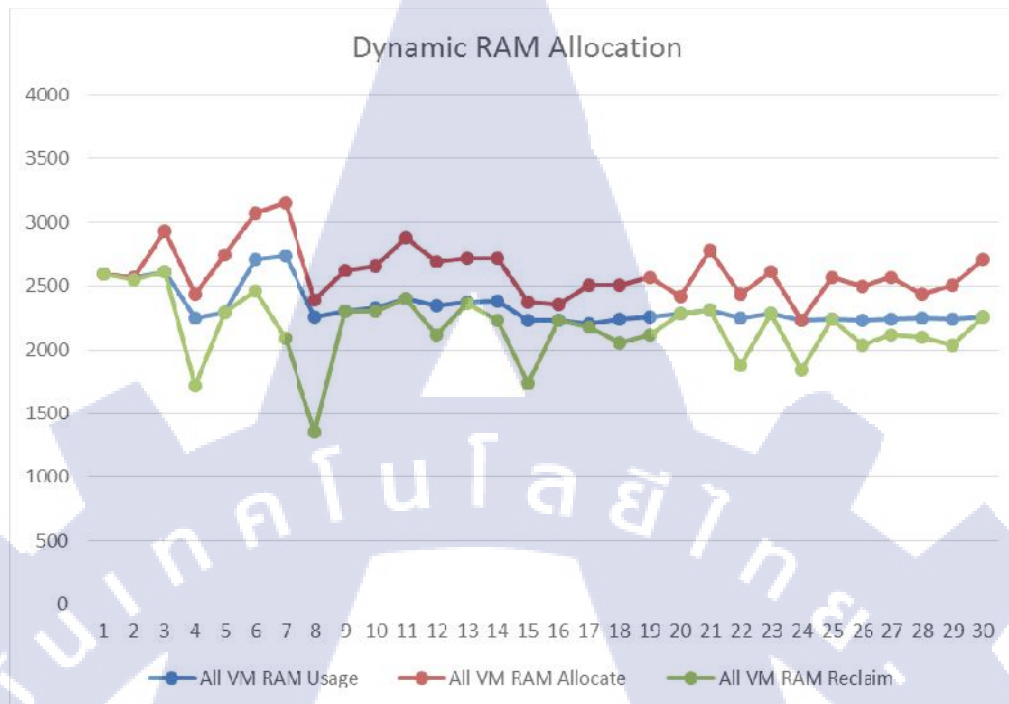
#### สรุปผลการใช้งานทรัพยากร CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนที่ 3

การใช้งานทรัพยากร CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเครื่องที่หนึ่งเฉลี่ยในช่วงเวลาที่ทำ การตรวจจับการใช้งานในช่วงเวลา 30 วินาที ค่าการใช้งานแบบปกติเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 26.38% ค่า การจัดสรรทรัพยากร CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 27.22% โดยค่าการ Allocate การใช้งานจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการปรับค่าเหมาะสมของทรัพยากร CPU ที่ 5% เพื่อให้การให้บริการของ เครื่องเวอร์ชวลแมชชีนมีคุณภาพการให้บริการต่างๆที่ทำงานอยู่บนเครื่องเวอร์ชวลแมชชีนสามารถใ้ งานทรัพยากรได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ และค่าการเรียกคืนการใช้งานทรัพยากร CPU เฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 24.33%

4.3.2 ผลการประเมินการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชชีนของระบบเวอร์ชวล ไลเซชันเมื่อเทียบกับระบบการจัดสรรทรัพยากรที่ได้ออกแบบการจัดสรรตามการใช้งานใช้งานของ เวอร์ชวลแมชชีนได้ผลการจัดสรรและการเรียกคืนทรัพยากรของระบบเวอร์ชวลไลเซชันดังนี้

ตารางที่ 4.10 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร RAM ในระบบเวอร์ช่วลไลเซชัน

| All VM RAM Usage | All VM RAM Allocate | All VM RAM Reclaim |
|------------------|---------------------|--------------------|
| 2597.56          | 2597.56             | 2597.56            |
| 2572.17          | 2572.17             | 2546.78            |
| 2612.26          | 2935.47             | 2611.42            |
| 2245.6           | 2432.35             | 1714.35            |
| 2289.5           | 2747.39             | 2289.5             |
| 2708.81          | 3071.97             | 2458.53            |
| 2736.28          | 3156.8              | 2090.02            |
| 2258.72          | 2387.55             | 1350.08            |
| 2305.71          | 2625.57             | 2305.54            |
| 2327.88          | 2657.15             | 2302.99            |
| 2400.29          | 2880.34             | 2400.29            |
| 2346.17          | 2688.93             | 2117.08            |
| 2369.26          | 2717.36             | 2368.35            |
| 2384.61          | 2720.26             | 2233.28            |
| 2228.2           | 2369.48             | 1736.08            |
| 2227.94          | 2353.6              | 2227.48            |
| 2204.33          | 2508.86             | 2179.58            |
| 2236.77          | 2505.56             | 2057.91            |
| 2258.6           | 2569.04             | 2117.1             |
| 2283.65          | 2420.44             | 2283.65            |
| 2314.96          | 2777.94             | 2314.96            |
| 2250.12          | 2432.99             | 1879.99            |
| 2282.71          | 2613.38             | 2282.67            |
| 2229.14          | 2229.14             | 1844.9             |
| 2243.76          | 2566.79             | 2243.45            |
| 2229.86          | 2497.13             | 2032.95            |
| 2242.25          | 2564.94             | 2115.29            |
| 2251.54          | 2434.81             | 2099.85            |
| 2237.37          | 2506.11             | 2031.35            |
| 2259.94          | 2711.92             | 2259.94            |



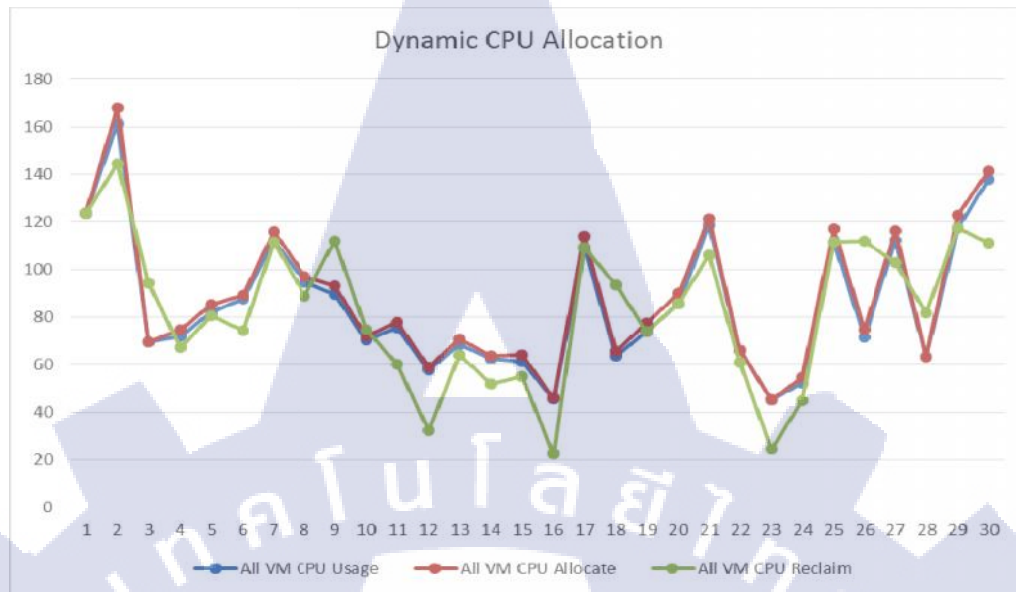
รูปที่ 4.9 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร RAM ในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

สรุปผลการใช้งานทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

การใช้งานทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชันเฉลี่ยในช่วงเวลาที่ทำการตรวจจบการใช้งานในช่วงเวลา 30 วินาทีค่าการใช้งานแบบปกติเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2337.86 MB ค่าการจัดสรรทรัพยากร RAM ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชันเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2608.43 MB และค่าการเรียกคืนการใช้งานทรัพยากร RAM ในระบบเวอร์ชวลไลเซชันเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2169.76 MB

ตารางที่ 4.11 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร CPU ในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

| All VM CPU Usage | All VM CPU Allocate | All VM CPU Reclaim |
|------------------|---------------------|--------------------|
| 123.61           | 123.61              | 123.61             |
| 161.53           | 168.03              | 144.57             |
| 69.52            | 69.52               | 94.11              |
| 72.07            | 74.57               | 67.38              |
| 82.17            | 85.25               | 80.61              |
| 87.52            | 89.31               | 74.17              |
| 112.04           | 115.77              | 111.73             |
| 94.59            | 97                  | 88.99              |
| 89.4             | 93.16               | 111.9              |
| 70.26            | 72.1                | 74.66              |
| 75.35            | 77.93               | 60.02              |
| 57.91            | 59.08               | 32.49              |
| 68.51            | 70.91               | 64.22              |
| 62.6             | 63.53               | 51.94              |
| 61.31            | 63.9                | 55.06              |
| 45.52            | 46.22               | 22.45              |
| 109.26           | 114.01              | 109.26             |
| 63.82            | 65.52               | 93.5               |
| 73.71            | 77.38               | 73.71              |
| 85.84            | 90.12               | 85.84              |
| 118.56           | 121.42              | 106.05             |
| 66.05            | 66.05               | 61.01              |
| 45.2             | 45.2                | 24.35              |
| 52.49            | 54.71               | 44.68              |
| 111.42           | 116.97              | 111.42             |
| 71.65            | 74.67               | 112.12             |
| 112.53           | 116.43              | 102.87             |
| 63.3             | 63.3                | 81.77              |
| 117.28           | 123.12              | 117.28             |
| 137.95           | 141.33              | 111.32             |



รูปที่ 4.10 ผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร CPU ในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

สรุปผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

การใช้งานทรัพยากร RAM และ CPU ของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชันเฉลี่ยในช่วงเวลาทำการตรวจสอบการใช้งานในช่วงเวลา 30 วินาที แสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลสรุปผลการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร

| การจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากร | ทรัพยากรหน่วยความจำ (RAM) |                   |                     | ทรัพยากรหน่วยประมวลผล (CPU) |                  |                    |
|------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|------------------|--------------------|
|                              | ใช้เฉลี่ย (MB)            | จัดสรรเฉลี่ย (MB) | เรียกคืนเฉลี่ย (MB) | ใช้เฉลี่ย (%)               | จัดสรรเฉลี่ย (%) | เรียกคืนเฉลี่ย (%) |
| เครื่องเวอร์ชวลแมชีน 1       | 705.64                    | 781.48            | 667.60              | 32.72                       | 33.64            | 28.91              |
| เครื่องเวอร์ชวลแมชีน 2       | 694.38                    | 767.15            | 660.52              | 26.30                       | 27.12            | 25.16              |
| เครื่องเวอร์ชวลแมชีน 3       | 937.84                    | 1059.79           | 841.56              | 26.38                       | 27.22            | 24.33              |
| ระบบเวอร์ชวลไลเซชัน          | 2337.86                   | 2608.43           | 2169.76             | 85.43                       | 88.00            | 83.10              |



จากตารางที่ 4.12 ค่าการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 1 จากช่วงเวลา 30 วินาที การใช้งานทรัพยากรเฉลี่ย RAM จะอยู่ที่ 705.64 MB และ CPU ที่ 32.72% ค่าการจัดสรรทรัพยากรเฉลี่ย RAM ที่ 781.48 MB และ CPU ที่ 33.64% ค่าการเรียกคืนการใช้ทรัพยากรเฉลี่ย RAM ที่ 667.60 MB และ CPU ที่ 28.91%

ค่าการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 2 จากช่วงเวลา 30 วินาที การใช้งานทรัพยากรเฉลี่ย RAM จะอยู่ที่ 694.38 MB และ CPU ที่ 26.30% ค่าการจัดสรรทรัพยากรเฉลี่ย RAM ที่ 767.15 MB และ CPU ที่ 27.12% ค่าการเรียกคืนการใช้ทรัพยากรเฉลี่ย RAM ที่ 660.52 MB และ CPU ที่ 25.16%

ค่าการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องที่ 3 จากช่วงเวลา 30 วินาที การใช้งานทรัพยากรเฉลี่ย RAM จะอยู่ที่ 937.84 MB และ CPU ที่ 26.38% ค่าการจัดสรรทรัพยากรเฉลี่ย RAM ที่ 1059.79 MB และ CPU ที่ 27.22% ค่าการเรียกคืนการใช้ทรัพยากรเฉลี่ย RAM ที่ 841.56 MB และ CPU ที่ 24.33%

จากข้อมูลการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนทั้ง 3 เครื่องจากช่วงเวลา 30 วินาที มีการใช้งานทรัพยากรระบบเวอร์ชวลไลเซชันเฉลี่ยของ RAM ที่ 2337.86 MB และ CPU 85.43% ค่าการจัดสรรทรัพยากรระบบเวอร์ชวลไลเซชันเฉลี่ยของ RAM 2608.43 MB และ CPU ที่ 88.00% และค่าการเรียกคืนการใช้งานทรัพยากรระบบเวอร์ชวลไลเซชันเฉลี่ยของ RAM ที่ 2169.76 MB และ CPU ที่ 83.10%

โดยผลการเปรียบเทียบการใช้งาน RAM และ CPU ของโมเดลที่นำเสนอมีการใช้ทรัพยากรระบบเวอร์ชวลไลเซชันน้อยกว่าแบบใช้งานปกติโดยมีการใช้งาน RAM น้อยลง 7.19% และมีการใช้งาน CPU น้อยลง 2.72%

TNI

THAI - NICHII INSTITUTE OF TECHNOLOGY

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่อง การออกแบบระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชันโดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์รูปแบบการจัดการทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชันให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานของเครื่องเวอร์ชวลแมชีน เพื่อพัฒนาแบบจำลองการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีนตามความต้องการการใช้งานจริงในแต่ละช่วงเวลาและเพื่อประเมินผลการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีนเมื่อเทียบกับการใช้งานของเวอร์ชวลแมชีน โดยการนำบทสรุปจะแยกตามข้อดังต่อไปนี้

1. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย
2. ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย
3. ข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการสรุปและอภิปรายผลการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลและอภิปรายตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในแต่ละข้อ ดังนี้

1. ผลการสังเคราะห์รูปแบบการจัดการทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชันให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในส่วนของการออกแบบระบบผู้วิจัยได้ออกแบบการจัดการทรัพยากรออกเป็น 5 โมดูลดังนี้ 1) Resource Sensor เป็นโมดูลในการตรวจสอบการใช้งานทรัพยากรของเวอร์ชวลแมชีนโดยมีการตรวจจับการใช้งานแบบเรียลไทม์ โดยผลการตรวจจับการใช้งานทรัพยากรจะได้ค่าการใช้งานทรัพยากร RAM และ CPU 2) Resource Detection เป็นโมดูลในการตรวจจับการใช้ทรัพยากรและระบุแหล่งที่มาว่ามาจากเครื่องเวอร์ชวลแมชีนเครื่องใด 3) Resource Regulator เป็นโมดูลในการควบคุมและกำหนดกฎเกณฑ์ในการจัดสรรและการเรียกคืนทรัพยากร โดยผลที่ได้จากโมดูลนี้จะเป็นกฎที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการจัดสรรทรัพยากรจำนวน 9 กฎ 4) Resource Management เป็นโมดูลการจัดการทรัพยากรและส่วนติดต่อกับ Hypervisor เพื่อขอใช้และคืนทรัพยากร 5) Resource Provider/Reclaimer เป็นโมดูลส่วนที่แจ้งค่าการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรไปที่เวอร์ชวลแมชีนชั้น โดยโมดูลที่ออกแบบจะมีความทำงานตั้งแต่การตรวจจับการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีน การกำหนดเงื่อนไขการจัดสรรทรัพยากรที่เป็นไปได้ตลอดถึงผลจากการจัดสรรและการเรียกคืนทรัพยากรในระบบเวอร์ชวลไลเซชันเพื่อใช้เป็นข้อมูล

ให้กับ Virtual Machine Monitor (VMM) ในการจัดการระบบทรัพยากรของเครื่องฟิสิกส์หรือเครื่องโฮสต์

2. ผลการพัฒนาแบบจำลองการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีนตามความต้องการการใช้งานจริงในแต่ละช่วงเวลาในส่วนของพัฒนาแบบจำลองผู้วิจัยได้ติดตั้งการตรวจสอบการใช้งานทรัพยากรบนเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเพื่อเก็บค่าการใช้งานในแต่ละช่วงเวลามาเป็นข้อมูลอินพุตของระบบและจำลองการจัดสรรทรัพยากรที่สามารถเป็นไปได้ตามเงื่อนไขทั้ง 9 กฎ คือ

- 1) If (RAM-Usage is RAM\_Equal) and (CPU-Usage is CPU\_Equal) then (RAM-Allocate is RAM\_Not\_Allocate)(CPU-Allocate is CPU\_Not\_Allocate)
- 2) If (RAM-Usage is RAM\_Equal) and (CPU-Usage is CPU\_More\_Than) then (CPU-Allocate is CPU\_Allocate)
- 3) If (RAM-Usage is RAM\_Equal) and (CPU-Usage is CPU\_Less\_Than) then (CPU-Allocate is CPU\_Reclaim)
- 4) If (RAM-Usage is RAM\_More\_Than) and (CPU-Usage is CPU\_Equal) then (RAM-Allocate is RAM\_Allocate)
- 5) If (RAM-Usage is RAM\_Less\_Than) and (CPU-Usage is CPU\_Equal) then (RAM-Allocate is RAM\_Reclaim)
- 6) If (RAM-Usage is RAM\_More\_Than) and (CPU-Usage is CPU\_More\_Than) then (RAM-Allocate is RAM\_Allocate)(CPU-Allocate is CPU\_Allocate)
- 7) If (RAM-Usage is RAM\_Less\_Than) and (CPU-Usage is CPU\_More\_Than) then (RAM-Allocate is RAM\_Reclaim)(CPU-Allocate is CPU\_Allocate)
- 8) If (RAM-Usage is RAM\_More\_Than) and (CPU-Usage is CPU\_Less\_Than) then (RAM-Allocate is RAM\_Allocate)(CPU-Allocate is CPU\_Reclaim)
- 9) If (RAM-Usage is RAM\_Less\_Than) and (CPU-Usage is CPU\_Less\_Than) then (RAM-Allocate is RAM\_Reclaim)(CPU-Allocate is CPU\_Reclaim)

โดยการจัดสรรทรัพยากรที่ได้ออกแบบจะตรวจสอบการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนออกเป็นแต่ละช่วงวินาที โดยผลที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองคือค่าการจัดสรรและการเรียกคืนทรัพยากรในแต่ละเครื่องเวอร์ชวลแมชีนที่ได้ติดตั้งในระบบ

3. ผลการประเมินผลการจัดสรรทรัพยากรให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีนเมื่อเทียบกับการใช้งานของเวอร์ชวลแมชีน นี้ผู้วิจัยได้แสดงค่าการใช้งานการจัดสรรและการเรียกคืนทรัพยากรโดยนำเสนอผ่านกราฟแสดงค่าที่มีการเปรียบเทียบการจัดการทรัพยากรทั้งแบบการใช้งานปกติและการจัดสรรทรัพยากรที่ได้ออกแบบทั้งการจัดสรรในส่วนของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนและการจัดสรรทรัพยากรของทั้งระบบเวอร์ชวลไลเซชัน โดยผลที่ได้จากการเปรียบเทียบการใช้งาน RAM และ CPU ของโมเดลที่นำเสนอดีกว่าแบบการใช้งานปกติ โดยมีการใช้งาน RAM น้อยลง 7.19% และมีการใช้งาน CPU น้อยลง 2.72%

## 5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 ด้านสภาพแวดล้อมในงานวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องโฮสต์ 1 เครื่องในการติดตั้งซอฟต์แวร์เวอร์ชวลไลเซชันโดยทำการติดตั้งเครื่องเวอร์ชวลแมชีนจำนวน 3 เครื่องเป็นระบบปฏิบัติการวินโดวส์เซิร์ฟเวอร์ (Windows Server) เพื่อใช้ในการทดลองและการตรวจจับการใช้งานทรัพยากร RAM และ CPU โดยใช้ซอฟต์แวร์มอนิเตอร์ (Performance Monitoring : Perfmon) และใช้ซอฟต์แวร์เวอร์ชวลไลเซชันเซ่นไฮเปอร์ไวเซอร์เวอร์ชัน 4.5 (Xen Hypervisor 4.5) ในการจำลองระบบซึ่งระบบสามารถตรวจจับและหาค่าการจัดจัดและเรียกคืนทรัพยากรได้ในสภาพแวดล้อมการทดลองที่สร้างเท่านั้นโดยผลการทดลองที่ได้อาจจะไม่สอดคล้องกับระบบเวอร์ชวลไลเซชันอื่น เช่น วิเอ็มแวร์ (VMware) ไมโครซอฟท์ไฮเปอร์วี (Hyper-V) ที่มีการจัดการภายในระบบเวอร์ชวลไลเซชันที่เฉพาะในแต่ละผู้พัฒนาระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

5.2.2 ด้านอัลกอริทึมที่นำมาใช้ในงานวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือหรือฟัซซีมาใช้ในการกำหนดรูปแบบของอินพุต การกำหนดกฎการจัดสรรทรัพยากรและการกำหนดขอบเขตเอาต์พุตเพื่อให้ได้ค่าการจัดสรรทรัพยากรตามการใช้งานในแต่ละช่วงเวลา เนื่องจากฟัซซีมีจุดเด่นในเรื่องการมีเหตุผลเชิงตรรกะสามารถเข้าใจได้ง่ายและตีความเงื่อนไขการทำงานให้อยู่ในรูป If-Then ที่มีความสอดคล้องกับตรรกะความคิดของมนุษย์แต่อย่างไรก็ตามการใช้ฟัซซีก็มีจุดด้อยคือไม่มีกระบวนการเรียนรู้รูปแบบข้อมูลโครงสร้างกฎและตัวแปรต่างๆ ของข้อมูลการใช้งานทรัพยากรของเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในตัวระบบเองได้ รูปแบบกฎจำเป็นต้องถูกกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อกำหนดการทำงานของระบบ โดยในอนาคตหากจะให้ระบบสามารถเรียนรู้รูปแบบการใช้และการจัดการทรัพยากรได้ด้วยตัวระบบเองจะต้องประยุกต์ใช้อัลกอริทึมที่มีการเรียนรู้รูปแบบการทำงานได้ เช่น อัลกอริทึมนิวรอลฟัซซี (Neuro Fuzzy) เป็นต้น

## 5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย

ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัยของระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชันมีดังนี้

1. ปัญหาข้อจำกัดของทรัพยากรเครื่องโฮสต์ที่ติดตั้งระบบเวอร์ชวลไลเซชันที่มีอยู่จำกัดซึ่งถ้าเครื่องเวอร์ชวลแมชีนมีการใช้งานทรัพยากรมากในขณะใดขณะหนึ่งในเวลาเดียวกันจะทำให้ทรัพยากรรวมที่อยู่บนเครื่องโฮสต์ไม่เพียงพอต่อการจัดสรรทรัพยากรให้กับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนที่ต้องการในระบบได้

#### 5.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากระบบการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกสำหรับเครื่องเวอร์ชวลแมชีนในระบบเวอร์ชวลไลเซชันจะมีการจัดสรรและเรียกคืนทรัพยากรตลอดเวลาจึงเหมาะกับสภาพแวดล้อมการใช้งานทรัพยากรที่มี Workload สูงและมีความเปลี่ยนแปลงค่าการใช้งานทรัพยากรที่ชัดเจนมากกว่าสภาพแวดล้อมการใช้งานที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของการใช้งานทรัพยากร



TNI

บรรณานุกรม

TNI

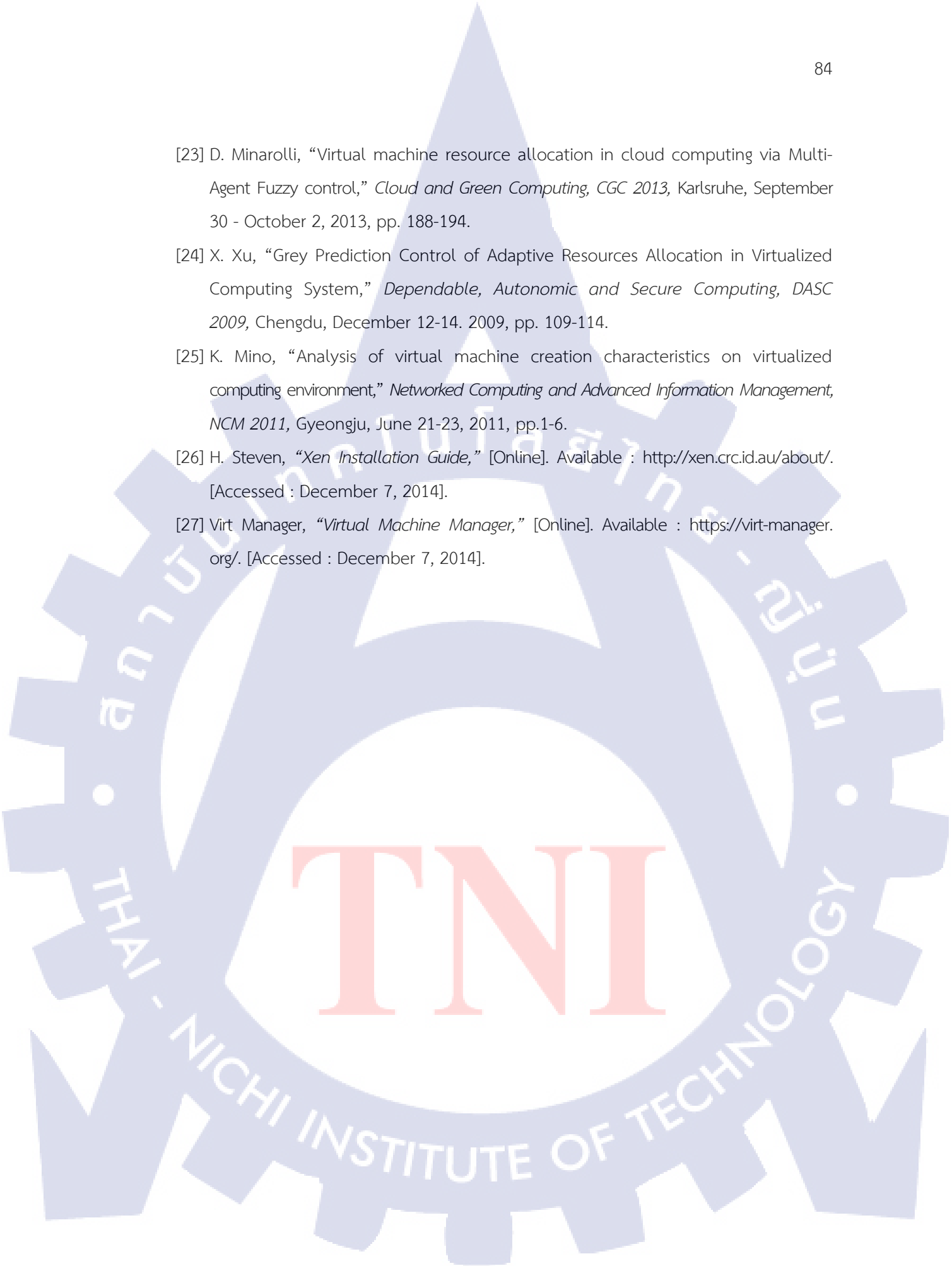


### บรรณานุกรม

- [1] VMware, “*Virtualization System*,” [Online]. Available : [www.vmware.com/pdf/virtualization.pdf](http://www.vmware.com/pdf/virtualization.pdf). [Accessed : September 9, 2014].
- [2] O. George, “*Introduction to Server Virtualization*,” [Online]. Available : <http://www.techrepublic.com/blog/the-enterprise-cloud/introduction-to-server-virtualization-130991/>. [Accessed : September 9, 2014].
- [3] B. Martin, “Capacity planning for virtualized servers,” *Workshop on Information Technologies and Systems, WITS*, Milwaukee, Wisconsin, April 15-16, 2006, pp.242-245.
- [4] VMware, “*VMware Virtualization*,” [Online]. Available : <https://www.vmware.com/virtualization/overview.html>. [Accessed : September 9, 2014].
- [5] Xen Project, “*The Open Source Standard for Hardware Virtualization*,” [Online]. Available : <http://www.xenproject.org/users/virtualization.html>. [Accessed : September 9, 2014].
- [6] Microsoft, “*Virtualization*,” [Online]. Available : <http://www.microsoft.com/en-us/server-cloud/solutions/virtualization.aspx>. [Accessed : October 3, 2014].
- [7] VMware, “*Understanding Full Virtualization, Paravirtualization, and Hardware Assist*,” [Online]. Available : [https://www.vmware.com/files/pdf/VMware\\_paravirtualization.pdf](https://www.vmware.com/files/pdf/VMware_paravirtualization.pdf). [Accessed : October 3, 2014].
- [8] VMware, “*Full Virtualization Using Binary Translation*,” [Online]. Available : [https://www.vmware.com/files/pdf/VMware\\_paravirtualization.pdf](https://www.vmware.com/files/pdf/VMware_paravirtualization.pdf). [Accessed : October 3, 2014].
- [9] VMware, “*OS Assisted Virtualization or Paravirtualization*,” [Online]. Available : [https://www.vmware.com/files/pdf/VMware\\_paravirtualization.pdf](https://www.vmware.com/files/pdf/VMware_paravirtualization.pdf). [Accessed : October 3, 2014].
- [10] VMware, “*Hardware Assisted Virtualization*,” [Online]. Available : [https://www.vmware.com/files/pdf/VMware\\_paravirtualization.pdf](https://www.vmware.com/files/pdf/VMware_paravirtualization.pdf). [Accessed : October 3, 2014].
- [11] Intel, “*About Intel® Virtualization Technology*,” [Online]. Available : <http://ark.intel.com/Products/VirtualizationTechnology>. [Accessed : October 3, 2014].

- [12] AMD, “AMD Virtualization,” [Online]. Available: <http://www.amd.com/en-us/solutions/servers/virtualization>. [Accessed : October 3, 2014].
- [13] B. Olav, “Memory Management,” [Online]. Available : <http://www.doc.ic.ac.uk/~ob3/Teaching/OperatingSystemsConcepts/Chapter08.pdf>. [Accessed : October 3, 2014].
- [14] C. Jui-Hao, “Optimization Techniques for Memory Virtualization-based Resource Management” Ph.D. dissertation (Computer Science), Stony Brook University, New York, USA, 2012.
- [15] พยุง มีสัจ, ระบบพีซีและโครงข่ายประสาทเทียม, กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ (มจพ), 2559.
- [16] N. Gang and S. Yongqing, “Research and implementation of resource management system based on xen virtual machine,” *Computer Science and Network Technology*, ICCSNT 2011, Harbin, December 24-26, 2011, pp. 1371-1374.
- [17] S. B. Nigmandjanovich, “Policy-based dynamic resource allocation for virtual machine on xen-enabled virtualization environment,” *Advanced Computer Control*, ICACC 2010, Shenyang, March 27-29, 2010, pp. 353-355.
- [18] D. Minarolli, “Distributed resource allocation to virtual machines via Artificial neural networks,” *Parallel Distributed and Network-Based Processing, PDP 2014*, Torino, February 12-14, 2014, pp. 490-499.
- [19] S. Ying, “A Two-Tiers on demand resource allocation mechanism for VM-Based data centers,” *IEEE Transactions on Services Computing*, June 07, 2011, pp. 116-129.
- [20] Z. Wenyu, “VMCTune: A load balancing scheme for virtual machine cluster using dynamic resource allocation,” *Grid and Cooperative Computing, GCC 2010*, Nanjing, November 1-5, 2010, pp. 81-86.
- [21] Y. Chao-Tung, “Green power management with dynamic resource allocation for cloud virtual machine,” *High Performance Computing and Communications, HPCC 2011*, Banff, AB, September 2-4, 2011, pp. 726-733.
- [22] Z. Zhenzhong, “A VM-based Resource Management Method Using Statistics,” *Parallel and Distributed Systems, ICPADS 2012*, Singapore, December 17-19, 2012, pp. 788-793.

- [23] D. Minarolli, "Virtual machine resource allocation in cloud computing via Multi-Agent Fuzzy control," *Cloud and Green Computing, CGC 2013*, Karlsruhe, September 30 - October 2, 2013, pp. 188-194.
- [24] X. Xu, "Grey Prediction Control of Adaptive Resources Allocation in Virtualized Computing System," *Dependable, Autonomic and Secure Computing, DASC 2009*, Chengdu, December 12-14, 2009, pp. 109-114.
- [25] K. Mino, "Analysis of virtual machine creation characteristics on virtualized computing environment," *Networked Computing and Advanced Information Management, NCM 2011*, Gyeongju, June 21-23, 2011, pp.1-6.
- [26] H. Steven, "Xen Installation Guide," [Online]. Available : <http://xen.crc.id.au/about/>. [Accessed : December 7, 2014].
- [27] Virt Manager, "Virtual Machine Manager," [Online]. Available : <https://virt-manager.org/>. [Accessed : December 7, 2014].



TNI



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การติดตั้งและการจำลองระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

TNI

## การติดตั้งและการจำลองระบบเวอร์ชวลไลเซชัน

ข้อมูลเครื่องคอมพิวเตอร์หรือเครื่องโฮสต์ที่ใช้ในการติดตั้งซอฟต์แวร์ Xen Hypervisor หรือซอฟต์แวร์เวอร์ชวลไลเซชัน

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลเครื่องคอมพิวเตอร์หรือเครื่องโฮสต์ที่ใช้ในการติดตั้ง

| ส่วนประกอบ                    | รายละเอียด                                        |
|-------------------------------|---------------------------------------------------|
| Dell OptiPlex 3010 DT         | Intel(R) Core(TM) i3-3240 Processor (3.40GHz,3MB) |
| หน่วยความจำ (Memory: RAM)     | 4GB Non-ECC DDR3 1600MHz SDRAM Memory             |
| พื้นที่การใช้งาน (Disk Space) | 500GB 7200 RPM SATA Hard Drive                    |
| การเชื่อมต่อเครือข่าย         | 1 Gbps                                            |
| ไอพีแอดเดรสเครื่องโฮสต์       | 1 IP (172.16.31.50)                               |

### 1. การติดตั้งซอฟต์แวร์ Xen Hypervisor หรือซอฟต์แวร์เวอร์ชวลไลเซชัน

คำสั่งในการติดตั้ง

1.1 คำสั่งในการติดตั้งแพ็คเกจ Bridge-Utils เพื่อใช้ในการ Bridge การเชื่อมต่อเครือข่ายให้เครื่องเวอร์ชวลแมชีนด้วยคำสั่งดังนี้

```
yum install bridge-utils
```

คำสั่งการติดตั้ง Repository เพื่อดึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการติดตั้งจากคลังข้อมูล  
การที่เกี่ยวข้อง

```
yum install http://au1.mirror.crc.id.au/repo/kernel-xen-release-latest.
```

noarch.rpm

คำสั่งการติดตั้ง Xen Hypervisor โดยเลือกตามเวอร์ชันดังนี้

เวอร์ชัน 4.2

```
yum install xen
```

```
ls -l /boot/xen.gz
```

เวอร์ชัน 4.3

```
yum install xen43
```

```
ls -l /boot/xen.gz
```



เวอร์ชัน 4.4

```
yum install xen44
```

```
ls -l /boot/xen.gz
```

เวอร์ชัน 4.5

```
yum install xen45
```

```
ls -l /boot/xen.gz
```

1.2 การปิดการทำงาน SELinux โดยแก้ไขไฟล์ selinux ที่ /etc/sysconfig/selinux โดยแก้ไขเป็นดังนี้

```
# This file controls the state of SELinux on the system.
```

```
# SELINUX= can take one of these three values:
```

```
# enforcing - SELinux security policy is enforced.
```

```
# permissive - SELinux prints warnings instead of enforcing.
```

```
# disabled - No SELinux policy is loaded.
```

```
SELINUX=disabled
```

```
# SELINUXTYPE= can take one of these two values:
```

```
# targeted - Targeted processes are protected,
```

```
# mls - Multi Level Security protection.
```

```
SELINUXTYPE=targeted
```

1.3 คำสั่งตรวจสอบการติดตั้งXen Hypervisor หรือซอฟต์แวร์เวอร์ชวลไลเซชัน

```
# xl info
```

โดยผลในการติดตั้งซอฟต์แวร์เวอร์ชวลไลเซชันในการทดลองในครั้งนี้สามารถแสดง

ดังรูปที่ ก.1

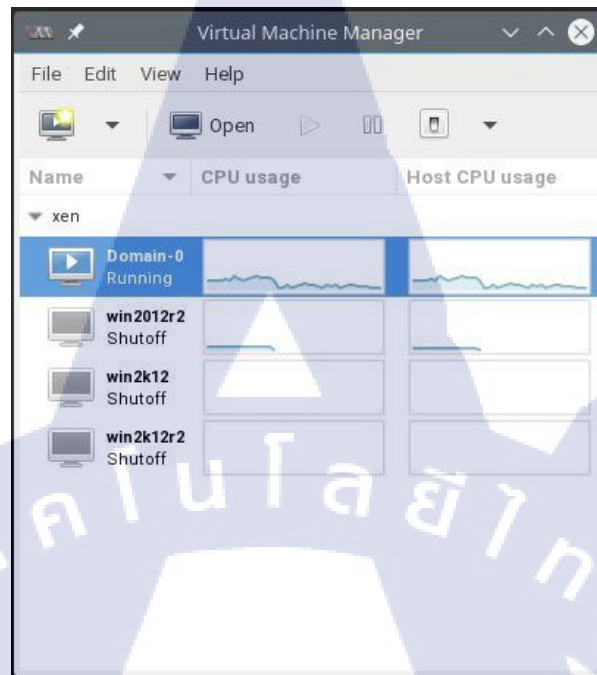
TNI

```
root: bash — Konsole
File Edit View Bookmarks Settings Help

linux-00b6:~ # xl info
host          : linux-00b6
release       : 4.1.13-1-xen
version       : 4.1 SMP Thu Nov 26 16:35:17 UTC 2015 [49475c3]
machine       : x86_64
nr_cpus       : 4
max_cpu_id    : 3
nr_hnodes     : 1
cores_per_socket : 2
threads_per_core : 2
cpu_mhz       : 3592
hw_caps       : ffebfbf:28:0000:00000000:00007f03:359ae3bf:00000000 00000001:
00000028:
virt_caps     : hvm
initial_memory : 3598
free_memory   : 272
sharing_free_memory : 0
sharing_used_memory : 0
outstanding_claims : 0
free_cpus     : 0
xen_major     : 4
xen_minor     : 5
xen_ex_id     : 1
xen_version   : 4.5.1 12-3
xen_caps      : xen-3.0-x86_64 xen-3.0-x86_32 hvm-3.0-x86_32 hvm-3.0-x86_32p h
vm 3.0 x86_64
xen_scheduler : credit
xen_pagesize  : 4096
platform_params : virt_start=50ffffff8000000000
xen_changeset :
xen_commandline :
cc_compiler   : gcc (SUSE Linux) 4.8.5
cc_compile_by : dbuild
cc_compile_by_email :
cc_compile_date : Wed Oct 28 15:47:38 UTC 2015
xen_config_format : 4
linux-00b6:~ #
```

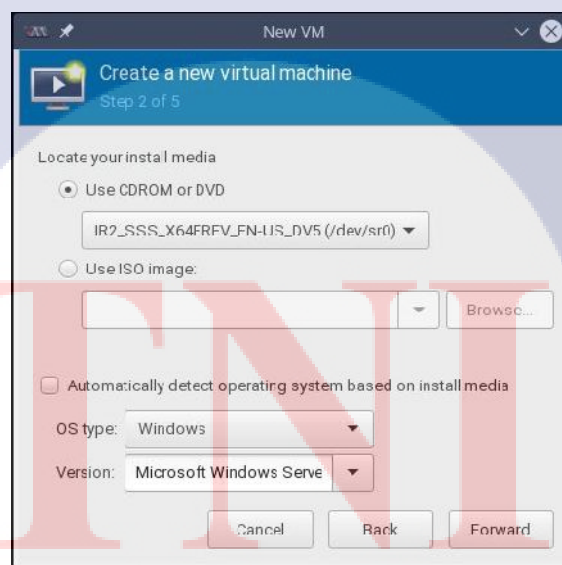
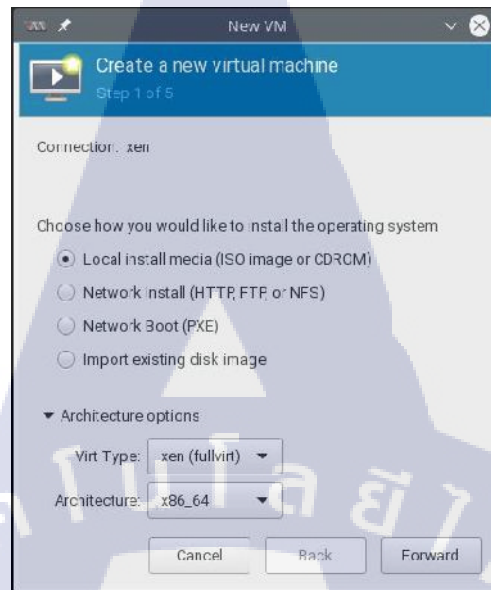
TNI

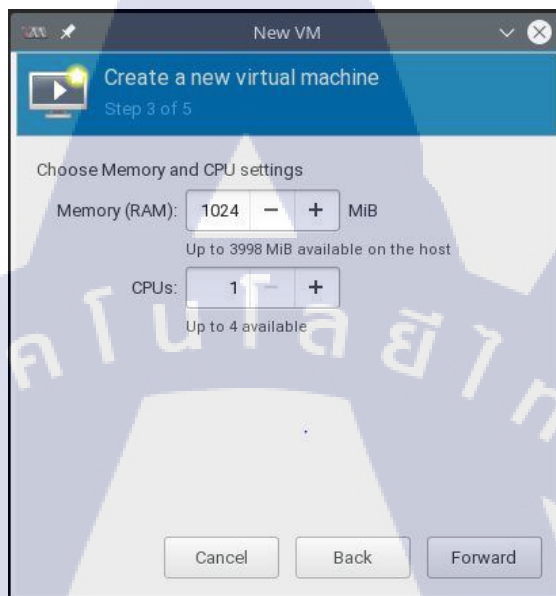
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

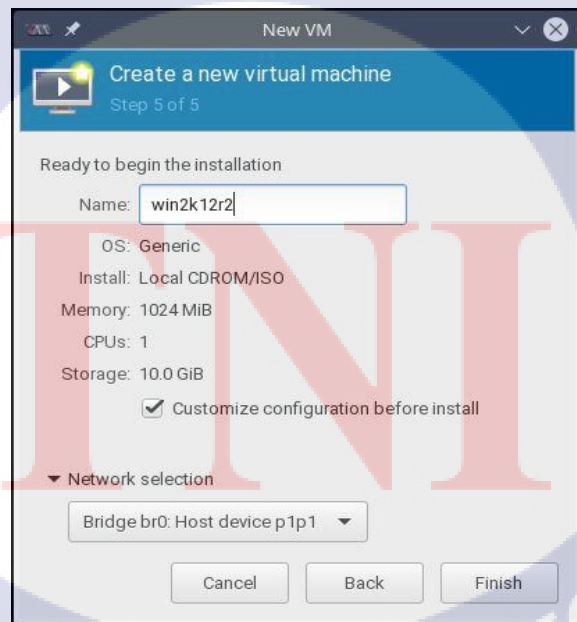
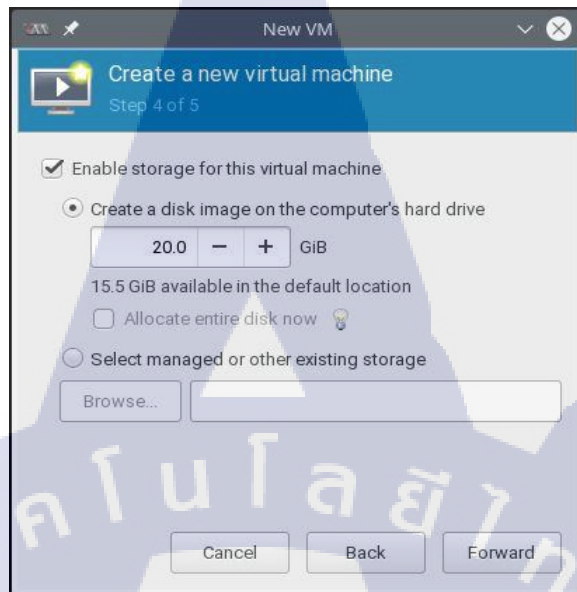


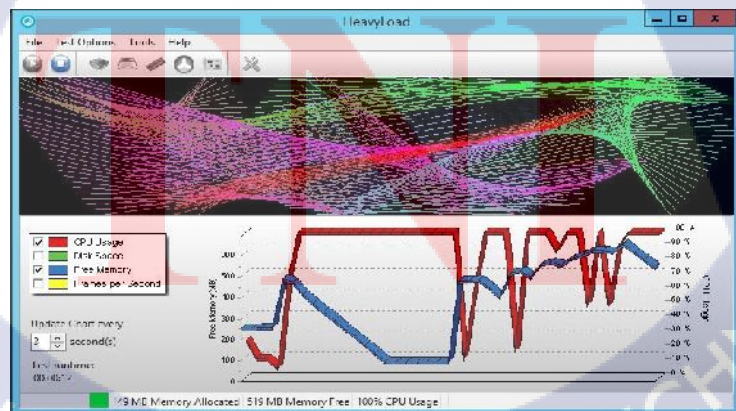
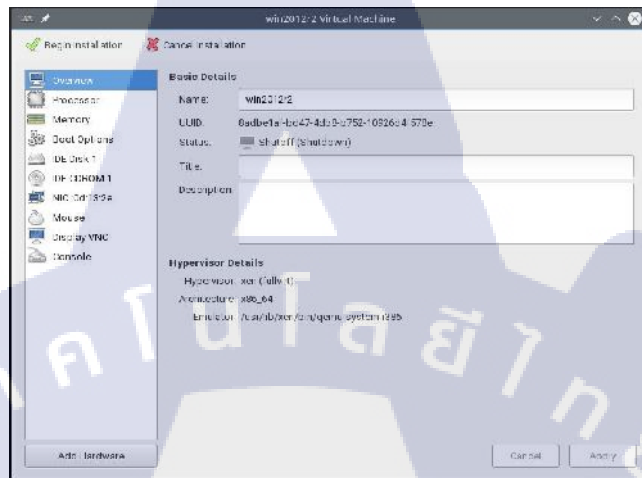
TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

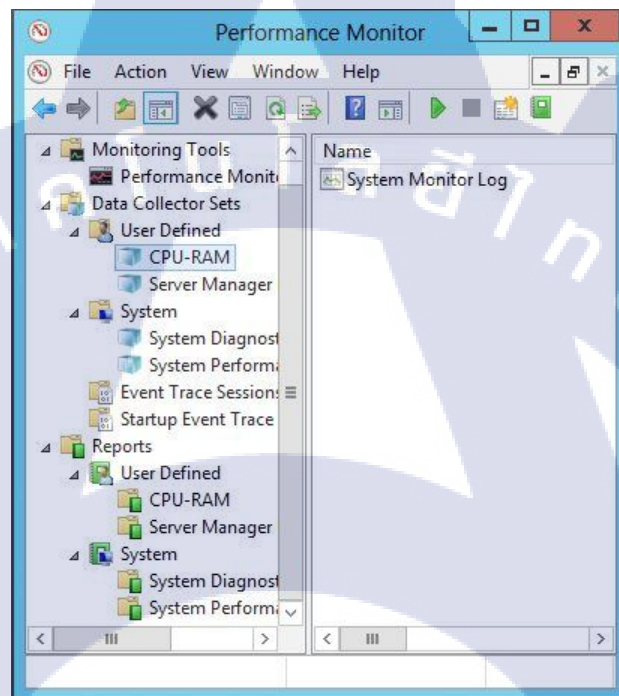












TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

