การควบคุมความสมดุลการใช้ทรัพยากรการประมวลผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์แบบอัตโนมัติ

Controlling Load Balance for Computing Resource Usage by Automatic

ธวัชชัย สารวงษ์[1], ศิรปัฐช์ บุญครอง [2]

สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 โทรศัพท์ : 02-912-2019
E-mail: thawatchai.s@rmutk.ac.th, sirapatb@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การประมวลผลเชิงกลุ่มเมฆ (Cloud) เป็นลักษณะการทำงานร่วมกันของคอมพิวเตอร์แบบ เวอร์ชวลคลัสเตอร์ (Virtual Cluster) ภายในประกอบด้วยคอมพิวเตอร์เสมือน หรือ วีเอ็ม (VM) หลายเครื่อง ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์และย้ายไปมาระหว่างคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ VM เคลื่อนที่ไปทำงานยังเครื่องปลายทาง ที่เหมาะสมกับปริมาณความต้องการมากกว่า โดยอยู่บนแนวคิดที่ทำให้ คอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องมีภาระงานเท่ากัน งานวิจัยนี้ให้ความสนใจกับระบบการปรับความสมดุลของ VM แบบอัตโนมัติ โดยผู้วิจัยได้นำเสนอส่วนการควบคุมการตัดสินใจ เพื่อย้ายการทำงานของ VM ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์อื่น คอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะถูกติดตั้งซอฟต์แวร์ในการตัดสินใจทำไลฟ์ไมเกรชัน (Live Migration) เพื่อให้คอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง ตัดสินใจย้าย VM ได้เอง ทำให้เกิดประสิทธิภาพการทำงานที่ดีมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การประมวลผลเชิงกลุ่มเมฆ, เวอร์ชวลไลเซชัน, ไลฟไมเกรชัน, เวอร์ชวลแมชชีน

Abstract

Cloud computing, working as a virtual cluster, contains many virtual computers. These virtual machines (VMs) are able to move back and forth among the available physical machines. When moving, a virtual machine will move to the physical machine that is more suited to the required resources, such as CPU and memory. This moving process will also take into consideration the workload on the physical machines in that the workload on the machines will be balanced after the process is finished. Consequently, this paper focuses on the idea that virtual computers will automatically adjust the workload so that the amount is approximately the same on all physical machines. Here, we propose the decision making system for the process of moving the virtual machines. Each virtual machine is installed with a piece of software that carries out a process known as Live Migration. The decision is made by the virtual machines themselves without needing any central authority, which would make our cloud computing work more efficiently.

Keywords: Cloud Computing, Virtualization, Live Migration, Virtual Machine

1. คำนำ

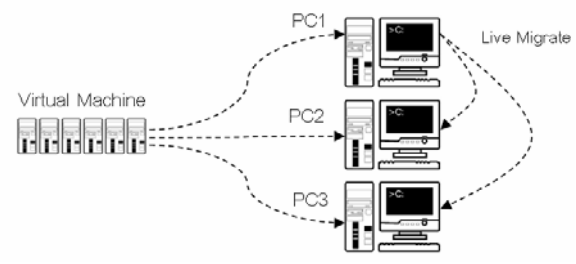
งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอ รูปแบบการควบคุมการปรับสมดุลของคอมพิวเตอร์เสมือน[1] มีเป้าหมายเพื่อแบ่งปันทรัพยากรทางคอมพิวเตอร์ บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานอยู่ภายในเครือข่ายเดียวกันภายในองค์กร เพื่อช่วยกันประมวลผลคอมพิวเตอร์เสมือนที่เกิดขึ้น จากความต้องการของผู้ใช้แต่ละคน โดยใช้เทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชัน[2] สามารถใช้งานระบบคอมพิวเตอร์เหมือนเช่นเคย แต่ผ่านทางคอมพิวเตอร์

เสมือน (Virtual Machine) ทำงานภายใต้ระบบบริหารจัดการทรัพยากร (Hypervisor) คอมพิวเตอร์เสมือนแต่ละเครื่องจะสามารถย้ายข้ามไปมา ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องที่ทำงานอยู่ภายใต้ ระบบปรับความสมดุลของคอมพิวเตอร์เสมือนแบบอัตโนมัติ[3] ซึ่งติดตั้งอยู่ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องเพื่อเฝ้าดูสถานะการทำงาน โดยเลือกคอมพิวเตอร์เสมือน ภายในเครื่องของตนเองย้ายไปยังเครื่องปลายทาง ที่ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง ภายในเวอร์ชวลคลัสเตอร์ (Virtual Cluster) [4] ซึ่งพิจารณาจากกรณีปริมาณการใช้งานซีพียู และหน่วยความจำ ภายในคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องสูงเกินกว่าค่าเฉลี่ยของซีพียู และขนาดขนาดหน่วยความจำที่เหลือ ได้อย่างสมดุล และทำงานได้โดยอัตโนมัติ ไม่ต้องพึงพาระบบควบคุมส่วนกลาง ทำให้การย้ายไปมาของคอมพิวเตอร์เสมือน บนคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องเป็นความเป็นอิสระต่อกัน และสามารถทำการย้ายได้พร้อมกันหลายเครื่อง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบปรับความสมดุลคอมพิวเตอร์เสมือนแบบอัตโนมัติ

คอมพิวเตอร์เสมือน เป็นส่วนประกอบหลักในงานวิจัยนี้เป็นเสมือนตัวแทนความต้องของผู้ใช้งานให้สามารถทำงานบนสภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างกันได้ การทำให้ทรัพยากรบนเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องถูกแบ่งปันให้ใช้งานได้อย่างสมดุลจะทำให้ทรัพยากรที่อยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องถูกใช้งานอย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด ลักษณะการปรับความสมดุลมีแนวคิดดังภาพที่ 1 กล่าวคือคอมพิวเตอร์เสมือน จะถูกส่งเข้าไปบนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องใดก็ได้ จากนั้น ระบบปรับความสมดุลจะทำหน้าที่ย้ายคอมพิวเตอร์เสมือนเหล่านั้น ไปทำงานอยู่บนเครื่องที่เหมาะสมในเวลาต่อมาด้วยวิธีการทำไลฟ์ไมเกรชัน (Live Migration)



ภาพที่ 1 : ลักษณะการปรับความสมดุลคอมพิวเตอร์เสมือน

2.2 ประเภทของคลาวด์คอมพิวติ้ง

คลาวด์คอมพิวติ้ง (Cloud Computing) เป็นบริการการประมวลผลที่มีผู้ใช้ และ ผู้ให้บริการ [8] โดยผู้ใช้บริการไม่จำเป็นต้องทราบเบื้องหลังการทำงาน ของทรัพยากรที่ต้องการว่าทำงานอย่างไร ยี่ห้ออะไร รุ่นใด ใครเป็นผู้ดูแล และมีที่ตั้งอยู่ส่วนไหนบนโลก ผู้ใช้บริการเพียงมีความต้องการแจ้งไปยังผู้ให้บริการเท่านั้นก็จะได้รับ ทรัพยากรที่ต้องการทันที ปัจจุบันมีบริษัทที่ดำเนินธุรกิจ ทางสารสนเทศหลักของโลกหลายราย[5] อาทิเช่น อเมซอน (Amazon) ไมโครซอฟต์ (Microsoft) เดลล์ (Dell) ไอบีเอ็ม (IBM) กูเกิล (Google) และยาฮู (Yahoo) ที่กำลังให้ความสนใจ และกำลังพัฒนา คลาวด์ (Cloud) ในเชิงธุรกิจอยู่ในปัจจุบัน

เทคโนโลยีคลาวด์คอมพิวติ้ง (Cloud Computing) มีการจัดแบ่งประเภทตามการให้บริการออกเป็น 3 ประเภท[9] ด้วยกันคือ 1) Infrastructure as a Service หรือเรียกย่อๆ ว่า ไอเอเอเอส (IaaS) 2) Platform as a Service หรือ เรียกย่อๆ ว่า พีเอเอเอส (PaaS) 3) Software as a Service หรือ เรียกย่อๆ ว่า เอสเอเอเอส (SaaS) งานวิจัยนี้เป็นคลาวด์แบบ ไอเอเอเอส (IaaS) เป็นการสร้างพรัพยากรเสมือน เช่น หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ และดิสก์เป็นต้น

2.3 การทำไลฟ์ไมเกรชัน (Live Migration)

ไลฟ์ไมเกรชัน ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อลดระยะเวลาการหยุดทำงานในการย้ายคอมพิวเตอร์เสมือน โดยการสำเนาไฟล์สถานะของหน่วยความจำขณะกำลังทำงาน จากเครื่องต้นฉบับไปสู่เครื่องปลายทาง [11] การทำไลฟ์ไมเกรชันหลายระบบใช้การหยุดเวอร์ชวลแมชชีน และสำเนาข้อมูลสถานะ เมื่อเสร็จสิ้นระบบจะกลับไปยัง VM บนเครื่องปลายทางทันที พร้อมกับลบ VM ต้นทางทิ้ง วิธีการนี้ทำให้เกิดการหยุดการทำงานชั่วขณะระหว่างกระบวนการย้าย ไฮเปอร์ไวเซอร์ที่ทำงานลักษณะเช่นนี้ คือ วีเอ็มแวร์ (VMware) และ เซ็น (Xen) เป็นต้น ทั้งสองแบบใช้เทคนิค พรีก๊อบปี้ (Pre-copy) ในการสำเนาข้อมูลหน่วยความจำ จากเครื่องต้นทางไปยังปลายทางเพื่อทำทำให้มีหลายวิธีในการปรับปรุงประสิทธิภาพ ไลฟ์ไมเกรชันเทคนิคที่ให้ความนิยมสูงสุดได้แก่ เมโมรีบอลลูน (Memory Balloon) ซึ่งมีความสามารถในการกำจัดหน่วยความจำ ที่ไม่ได้ใช้งาน เพื่อลดเวลาในการสำเนาข้อมูลหน่วยความจำลง และมี

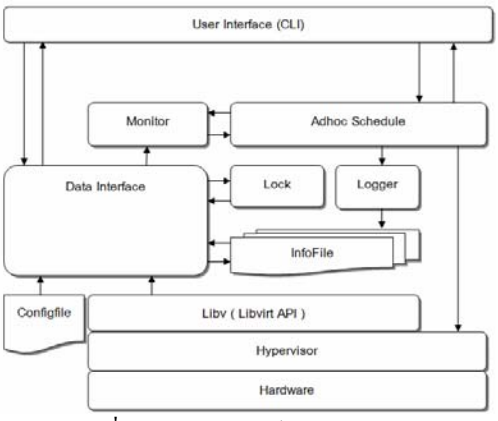
การใช้เทคนิคแฮช (Hashing) เพื่อบีบอัดข้อมูล โดยทำการส่งค่าแฮชของหน่วยความจำแต่ละหน้า ก่อนย้ายข้อมูลในหน่วยความจำ หากบางหน้าของหน่วยความจำซ้ำกัน เครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางไม่จำเป็นต้องสำเนาใหม่ ทำให้เกิดความรวดเร็วขึ้น

คลาวด์คอมพิวติ้ง ใช้เทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชันเป็นเทคโนโลยีหลักในการสร้างคลาวด์ ทำให้ไลฟ์ไมเกรชันมีความจำเป็นอย่างยิ่ง หลายครั้งที่ผู้ดูแลระบบอาจต้องการย้ายคอมพิวเตอร์เสมือน จากเครื่องหนึ่งไปทำงานอยู่บนอีกเครื่องหนึ่ง เช่น คอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งมีความต้องการหน่วยประมวลผลกลางสูงมาก เนื่องจากต้องดูแลคอมพิวเตอร์เสมือนจำนวนมากมีความจำเป็นต้องทำการย้าย ไปทำงานยังเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นที่มีปริมาณการใช้งานน้อย [4] เอ็กซีเอ็ม (XCP) เป็นอีกซอฟต์แวร์ที่อาศัยเทคนิคการทำ ไลฟ์ไมเกรชันเพื่อให้ทำการตัดสินใจ เลือกเครื่องที่มีคอมพิวเตอร์เสมือนจำนวนมาก และเลือกเครื่องปลายทางจากนั้นทำการย้ายปัจจุบันใช้เวลาประมาณ 60 มิลลิวินาที (ms)

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยมุ่งเน้นการบริหารจัดการทรัพยากร บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลภายในองค์กร เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและสามารถแบ่งปันทรัพยากรคอมพิวเตอร์ร่วมกัน[12]

4.1 การออกแบบระบบปรับความสมดุลของภาระงานแบบอัตโนมัติ ตามภาพที่ 2 แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของโมดูล (Modules) ภายในระบบปรับความสมดุลคอมพิวเตอร์เสมือนแบบอัตโนมัติ สามารถทำการย้าย VM ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ภายในเวอร์ชวลคลัสเตอร์ ที่มีสมรรถนะที่เหมาะสมมากกว่าอย่างสมดุลมากที่สุด โดยไม่กระทบกับการทำงานของคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น โมดูลหลักเริ่มต้นจากโมดูล Data Interface ทำหน้าอ่านค่าเริ่มต้นจาก Config ไฟล์ และเฝ้าดูข้อมูลสถานะ ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตลอดจน VM ทุกตัวภายในเครื่องเพื่อบันทึกลงไฟล์ กลุ่ม infoFile รวมไปถึงทำหน้าที่ล๊อกการทำงานของเครื่อง ในขณะที่มีการจับคู่ทำไลฟ์ไมเกรชัน ช่วงเวลาปรับความสมดุล โมดูล Monitor อ่านข้อมูลสถานะจาก โมดูล Data Interface เพื่อทำการกำหนดน้ำหนัก และเรียงลำดับการย้าย VM



ภาพที่ 2 : ความสัมพันธ์ของโมดูลต่างๆ

ภาพที่ 2 เป็นการออกแบบส่วนประกอบ ภายในระบบปรับความสมดุลของภาระงานแบบอัตโนมัติ แต่ละส่วนทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ให้สามารถทำงานอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ให้เกิดความสมดุล ส่วนประกอบต่างๆ พัฒนาขึ้นด้วยภาษาเชลล์สคริปท์ (Shell Script) แต่ละโมดูล มีการทำงานที่สำคัญดังต่อไปนี้

โมดูล Monitor ทำหน้าที่เฝ้าดูสถานะการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ปัจจุบัน รวมไปถึงคอมพิวเตอร์เสมือน (VM) เพื่อจัดลำดับความต้องการทรัพยากรของ VM โดยเรียงจากมากไปหาน้อย เพื่อส่งให้ Ad-hoc Schedule ทำหน้าที่ต่อไป

โมดูล Ad-hoc Schedule ภายในมีฟังก์ชัย Findbestnode ในการทำหน้าที่ ค้นหาเครื่องปลายทางที่มีเปอร์เซ็นต์การใช้งาน ซีพียู และพื้นที่หน่วยความจำที่ว่างมากที่สุด ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่มีค่าปริมาณความต้องการมากที่สุด เพื่อพิจารณาย้ายไปยังเครื่องปลายทางที่เหมาะสมต่อไป

โมดูล Lock ทำหน้าที่จัดการกับสถานะการเข้าถึงของทุกไฟล์โดยแบ่งเงื่อนไขออกเป็น 1) ถูกล็อก (Lock) ไฟล์นั้นจะสามารถอ่านได้เพียงอย่างเดียว 2) อันล็อก (Unlock) เพื่อแสดงสถานะของไฟล์ต่างๆ ว่าอยู่ในสถานะที่สามารถอ่านและเขียนได้หรือไม่

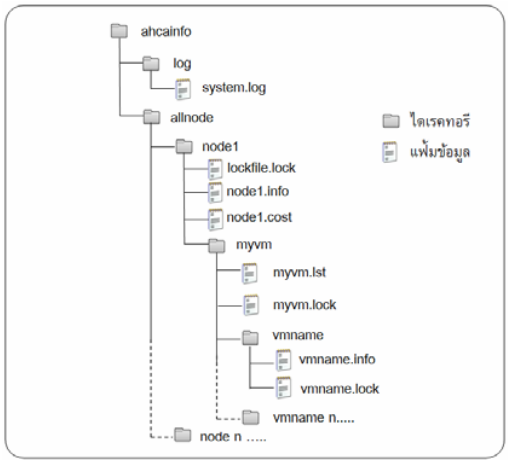
ไฟล์ Log เป็นกลุ่มของแฟ้มข้อมูล ที่ทำหน้าที่ในการบันทึกเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น รวมถึงสถานะการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ภายในกลุ่ม

เมฆเฉพาะกิจ ดังภาพที่ 2 จะเห็นว่าภายในแฟ้มข้อมูลแบบนี้มีรายละเอียดที่บ่งบอกข้อมูลสำคัญมากมาย อาทิเช่น เวลาในการเคลื่อนย้ายจากโหนด หนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง ปริมาณการใช้งานหน่วยประมวลผลกลางหน่วยความจำที่ใช้เป็นต้น

```
[ Mon Jun 27 19:27:26 ICT 2011 ] alivenode:lab1
[ Mon Jun 27 19:27:26 ICT 2011 ] activevm:Domain-0
[ Mon Jun 27 19:27:26 ICT 2011 ] nodeinfo:lab2,20.08,256,45.3433,1424
[ Mon Jun 27 19:27:27 ICT 2011 ] vminfo:lab2,Domain-0,37.33,990
[ Mon Jun 27 19:27:27 ICT 2011 ] migrate:centostest1,lab1,lab2,36.4408,80,begin
[ Mon Jun 27 19:27:28 ICT 2011 ] alivenode:lab1
[ Mon Jun 27 19:27:28 ICT 2011 ] activevm:Domain-0
[ Mon Jun 27 19:27:28 ICT 2011 ] nodeinfo:lab3,14.17,256,51.65,1528
[ Mon Jun 27 19:27:29 ICT 2011 ] vminfo:lab3,Domain-0,4.19,1374
```

ภาพที่ 3 : ข้อมูลภายในแฟ้มข้อมูล system.log

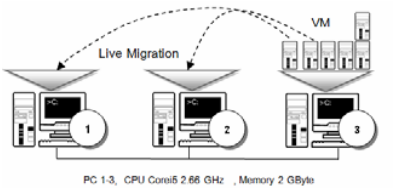
ไฟล์ Info เป็นกลุ่มแฟ้มข้อมูลซึ่งทำหน้าที่ในการจัดเก็บข้อมูลของระบบ รายละเอียดของชุดแฟ้มข้อมูลนี้ เช่น รายละเอียดของเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง รายละเอียดของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนทุกเครื่อง สถานะที่สำคัญ เป็นต้น เพื่อใช้ในการตัดสินใจย้ายคอมพิวเตอร์เสมือนไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากภาพที่ 4 จะพบว่ามีการแบ่งโครงสร้างการเก็บข้อมูลไว้อย่างเป็นระเบียบ โดยคำนึงถึงปัญหาความขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการบันทึกข้อมูลไปยังแฟ้มข้อมูลเดียวกัน ผู้วิจัยได้สร้างไดเรคทอรี (Directory) เพื่อทำการแยกเก็บข้อมูลของคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องออกจากกันดังที่เห็นบริเวณเส้นประในภาพที่ 4 แทนไดเรคทอรีที่อาจเกิดขึ้นมากมายตามจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เข้าร่วมอยู่ในระบบประมวลผลเชิงกลุ่มเมฆ



ภาพที่ 4 : ลักษณะโครงสร้างการจัดเก็บแฟ้มข้อมูลต่างๆ

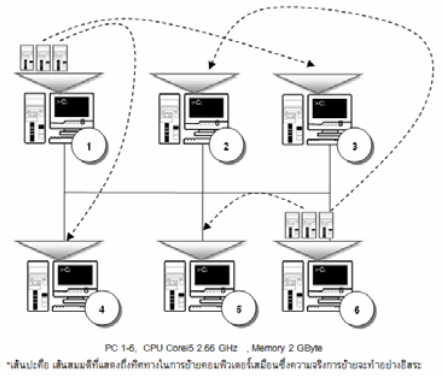
4.2 การทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

เพื่อศึกษาการสร้างความสมดุล บนเวอร์ชวลคลัสเตอร์ ผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์การทดลอง โดยนำคอมพิวเตอร์จำนวน 3 เครื่องเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และกำหนดให้ทั้ง 3 เครื่องเข้าสู่เวอร์ชวลคลัสเตอร์ ดังภาพที่ 5 และเริ่มต้น VM ทั้ง 6 VM ที่เครื่องที่ 3



ภาพที่ 5 : การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ 3 เครื่อง

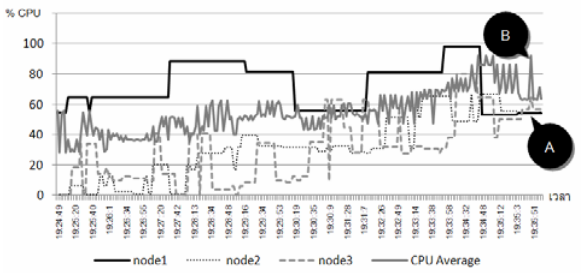
เพื่อศึกษาพฤติกรรมการย้ายคอมพิวเตอร์เสมือนโดยไม่ต้องรอการตัดสินใจจากศูนย์กลาง ผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์การทดลองโดยนำคอมพิวเตอร์จำนวน 6 เครื่องเข้าสู่เวอร์ชวลคลัสเตอร์ ดังภาพที่ 6 และเริ่มต้น VM 3 VM ที่เครื่องที่ 1 และ เริ่มต้น VM อีก 3 VM ที่เครื่องที่ 6



ภาพที่ 6 : การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ 6 โหนด

5. ผลการดำเนินงานวิจัย

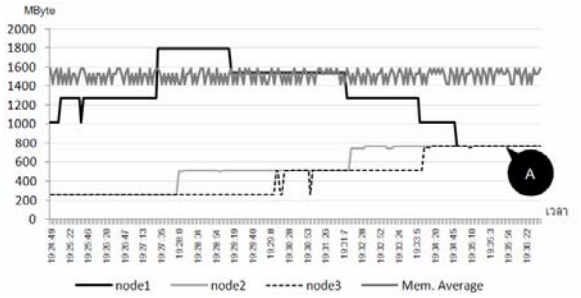
ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน เพื่อสังเกตุพฤติกรรมของ VM ในการใช้งานทรัพยากรของคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องได้อย่างเท่าเทียมกัน ดังภาพที่ 7 แสดงปริมาณการใช้งาน ซีพียูของเครื่องคอมพิวเตอร์ ทั้ง 3 เครื่อง ที่กำลังประมวลผล VM ทั้ง 6 เครื่องอยู่ในแต่ละช่วงเวลา



ภาพที่ 7 : ปริมาณหน่วยประมวลผลกลางของคอมพิวเตอร์

จากภาพจะสังเกตว่า ปริมาณการใช้งานซีพียูในแต่ละเครื่อง จะถูกปรับให้ใช้งานได้ไม่เกินค่าเฉลี่ยการใช้งานซีพียู (CPU Average) เนื่องจาก แอด ฮอก เอเจ้นต์ (Ad-hoc Agent) จะคอยควบคุม ให้มีการใช้งานทรัพยากรของคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องอย่างเท่าเทียมกันและที่จุด A ของกราฟจะพบว่าปริมาณของซีพียู ของคอมพิวเตอร์แต่ละตัวจะบรรจบเข้าหากัน แสดงให้เห็นว่าระบบปรับความสมดุลคอมพิวเตอร์เสมือน ทำการปรับความสมดุลของปริมาณการใช้งานซีพียูเกิดขึ้น

การควบคุมหน่วยความจำ ใช้วิธีการตรวจสอบปริมาณความต้องการ การใช้หน่วยความจำของ VM บนคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง เมื่อ VM มีความต้องการสูงกว่าปริมาณที่เครื่องคอมพิวเตอร์ปัจจุบันจะทำงานได้ต่อไป ประกอบกับการค้นหาเครื่องปลายทางที่มีพื้นที่หน่วยความจำที่เหลือใช้ เพียงพอกับความต้องการของ VM หากพบว่ามีขนาดเพียงพอต่อความต้องการ แอด ฮอก เอเจ้นต์ จะย้าย VM ทันที ทั้งนี้การตัดสินใจย้ายคอมพิวเตอร์เสมือนจะอยู่ภายใต้ ค่าเฉลี่ยค่าแมมโมรี่ (Memory Average)



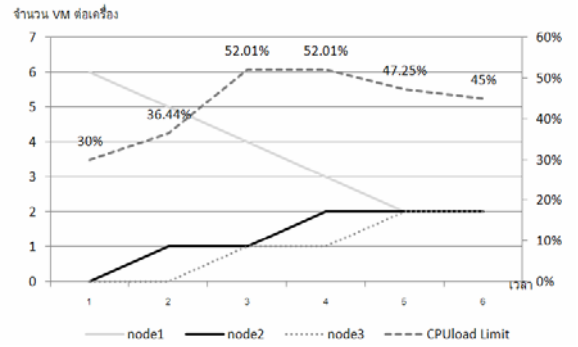
ภาพที่ 8 : ปริมาณการใช้งานหน่วยความจำ

ภาพที่ 8 แสดงปริมาณการใช้หน่วยความจำของ VM บนคอมพิวเตอร์ทั้ง 3 เครื่องเทียบกับค่าเฉลี่ยหน่วยความจำ (Memory Average) จากภาพจะพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณการใช้หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง จะมีปริมาณการใช้งานที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจาก VM บางเครื่อง อาจทำงานอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์บางเครื่องจำนวนมากเกินไป ในเวลาผ่านไป แอด ฮอก เอเจ้นต์ ตรวจพบจึงทำการย้าย VM เหล่านั้นไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีปริมาณหน่วยความจำที่เหมาะสม

ตารางที่ 1 : ข้อมูลการย้ายคอมพิวเตอร์เสมือนแบบ 3 โหนด

Time	node1	node2	node3	CPUload Limit	Direction
1	6	0	0	30.00%	
2	5	1	0	36.44%	1->2
3	4	1	1	52.01%	1->3
4	3	2	1	52.01%	1->2
5	2	2	2	47.25%	1->3
6	2	2	2	45.00%	

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลการย้าย VM ในแต่ละช่วงเวลา โดยจะเห็นว่าเวลาที่ 1 คอมพิวเตอร์เสมือนทั้ง 6 เครื่องยังทำงานอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องที่ 1 ค่าเฉลี่ยของซีพียูอยู่ที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ขณะนี้ยังไม่เกิดการย้ายขึ้นเนื่องจากเป็นช่วงเริ่มต้นของ VM ส่วนเวลาที่ 2 จะพบว่าVM เครื่องหนึ่ง ซึ่งอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องที่ 1 ถูกย้ายไปเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องที่ 2 เวลาที่ 3 VM ซึ่งอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องที่ 1 ถูกย้ายไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องที่ 3 ขณะนั้นค่าเฉลี่ยของซีพียูมีค่าเท่ากับ 52.01 เปอร์เซ็นต์ เวลาที่ 4 VM บนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องที่ 1 ถูกย้ายไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องที่ 2 จนถึงเวลาที่ 5 VM ที่อยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องที่ 1 ถูกย้ายไปบนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องที่ 3 ทำให้ VM บนเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องมีปริมาณเท่ากัน



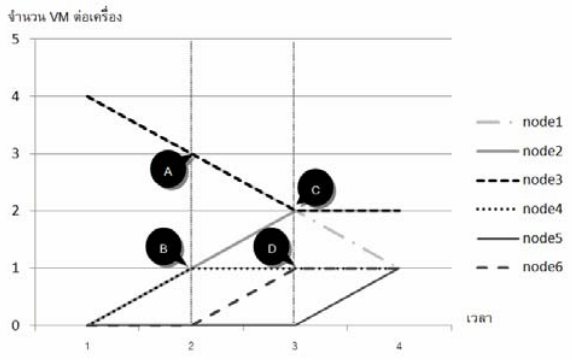
ภาพที่ 9 : ลักษณะการย้ายคอมพิวเตอร์เสมือนเพื่อปรับความสมดุลแบบ 3 โหนด

ภาพที่ 9 แสดงลักษณะพฤติกรรมการย้าย VM ซึ่งอยู่บนคอมพิวเตอร์ทั้ง 3 เครื่อง โดยจะเห็นถึงความพยายามของแอด ฮอก เอเจ้นท์ ที่ทำการย้าย VM ไปยังเครื่องที่มีทรัพยากรที่เหมาะสมในการทำงานมากกว่า อีกทั้งยังสังเกตุว่าปริมาณเปอร์เซ็นการใช้งาน CPU โดยรวมมีปริมาณที่ไม่ผันผวนเกินไป

ตารางที่ 2 : ข้อมูลการย้ายคอมพิวเตอร์เสมือนแบบ 6 โหนด

Time	node1	node2	node3	node4	node5	node6	Direction	
1	4	0	4	0	0	0	-	-
2	3	1	3	1	0	0	1->2	3->4
3	2	2	2	1	0	1	1->2	3->6
4	1	2	2	1	1	1	1->5	-

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลการย้ายคอมพิวเตอร์เสมือนแบบ 6 โหนด เพื่อแสดงพฤติกรรมการย้าย VM ที่เป็นอิสระ กล่าวคือขณะมีการย้าย VM ของคอมพิวเตอร์คู่หนึ่ง ในเวลาเดียวกันอาจมีคอมพิวเตอร์คู่อื่นย้าย VM ไปมากระหว่างกันได้เช่นกัน ดังที่เห็นช่วงเวลาที่ 2 และ 3 ในตารางที่ 2



ภาพที่ 10 : ลักษณะการย้ายคอมพิวเตอร์เสมือนเพื่อปรับความสมดุลแบบ 6 โหนด

ภาพที่ 10 แสดงลักษณะพฤติกรรมการย้าย VM บนเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้ง 6 เครื่อง จะเห็นว่าจุด A จุด และจุด B มีการย้าย VM บนเครื่องทั้ง 2 เครื่องพร้อมกัน เช่นเดียวกับจุด C และ จุด D ที่มีลักษณะของพฤติกรรมการย้าย VM ที่คล้ายกัน

6. สรุป

จากการวิจัยพบว่าการสร้างระบบคอมพิวเตอร์ที่มีความยืดหยุ่น สามารถใช้เทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชันในการสร้างจำลองทรัพยากรเสมือนบนคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างดี ทำให้มีการใช้ทรัพยากรการประมวลผล เช่น ซีพียู หน่วยความจำ และหน่วยเก็บข้อมูล สามารถปรับเพิ่มลดได้ตามความต้องการผ่านทางคอมพิวเตอร์เสมือน และสามารถทำงานอยู่สภาพแวดล้อมทางฮาร์ดแวร์ที่แตกต่างกันได้เป็นอย่างดี งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์ แอด ฮอก เอเจ้นท์ เพื่อตัดสินใจเลือกคอมพิวเตอร์ข้างเคียง ที่มีความสามารถเพียงพอกับปริมาณความต้องการของ VM บนเครื่องที่กำลังทำงานอยู่ ซึ่งมีปริมาณเปอร์เซ็นต์การใช้งาน ซีพียู และพื้นที่หน่วยความจำที่มากกว่าเครื่องปัจจุบัน เพื่อเป็นการเรียกใช้ความสามารถของเครื่องข้างเคียงซึ่งอยู่ภายในเวอร์ชวลคลัสเตอร์ การใช้ความสามารถของฮาร์ดแวร์บนเครื่องข้างเคียงนี้ผู้วิจัยใช้เทคนิคไลฟ์ไมเกรชัน ในการย้าย VM จากเครื่องปัจจุบันไปยังเครื่องปลายทางที่มีปริมาณ ซีพียู และหน่วยความจำที่เหมาะสม ที่ทำให้เวอร์ชวลคลัสเตอร์เกิดความสมดุล โดยมีการศึกษาพฤติกรรมการย้าย VM ทั้งหมด 6 VM ระหว่างคอมพิวเตอร์ 3 เครื่องผลปรากฏว่ามีการปรับย้าย VM เพื่อให้มีความสมดุลขึ้น และศึกษาพฤติกรรมการย้าย VM โดยไม่ต้องการศูนย์กลางการควบคุม ในสถานการณ์ที่มีคอมพิวเตอร์ 6 เครื่อง กับ 6 VM ซึ่งถูกส่งเข้าไป 2 เครื่อง เครื่องละ 3 VM ผลปรากฏว่ามีการปรับความสมดุลขึ้น และสามารถย้าย VM ได้มากกว่า 1 คู่ทำให้การย้ายไม่ขึ้นต่อกัน

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสูง ที่สนับสนุนทุนการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

[1] V. D. Cunsolo, S. Distefano, A. Puliafito, and M. Scarpa, “Volunteer Computing and Desktop Cloud: The Cloud@Home Paradigm”, in *Network Computing and Applications, 2009. NCA 2009. Eighth IEEE International Symposium on*, 2009, pp. 134-139.

[2] Q. He, S. Zhou, B. Kobler, D. Duffy, and T. McGlynn, “Case study for running HPC applications in public clouds”, in *Proceedings of the 19th ACM International Symposium on*

High Performance Distributed Computing, Chicago, Illinois, 2010, pp. 395-401.

[3] Wenyu Zhou, Shoubao Yang, Jun Fang, Xianlong Niu, and Hu Song, "VMCTune: A Load Balancing Scheme for Virtual Machine Cluster Using Dynamic Resource Allocation", in *Grid and Cooperative Computing (GCC), 2010 9th International Conference on*, 2010, pp. 81-86.

[4] N. Bhatia and J. S. Vetter, "Virtual cluster management with Xen", in *Proceedings of the 2007 conference on Parallel processing*, Rennes, France, 2008, pp. 185-194.

[5] L. Wang et al., "Cloud Computing: a Perspective Study.", *New Generation Computing*, vol. 28, no. 2, pp. 137-146, 2010.

[6] M. D. de Assuncao, A. di Costanzo, and R. Buyya, "Evaluating the cost-benefit of using cloud computing to extend the capacity of clusters", in *Proceedings of the 18th ACM international symposium on High performance distributed computing*, Garching, Germany, 2009, pp. 141-150.

[7] Liang-Jie Zhang and Qun Zhou, "CCOA: Cloud Computing Open Architecture", in *Web Services, 2009. ICWS 2009. IEEE International Conference on*, 2009, pp. 607-616.

[8] J. Schaper, "Cloud Services", in *Digital Ecosystems and Technologies (DEST), 2010 4th IEEE International Conference on*, 2010, p. 91.

[9] A. Lenk, M. Klems, J. Nimis, S. Tai, and T. Sandholm, "What's inside the Cloud? An architectural map of the Cloud landscape", in *Proceedings of the 2009 ICSE Workshop on Software Engineering Challenges of Cloud Computing*, 2009, pp. 23-31.

[10] M. Boniface et al., "Platform-as-a-Service Architecture for Real-Time Quality of Service Management in Clouds", in *Internet and Web Applications and Services (ICIW), 2010 Fifth International Conference on*, 2010, pp. 155-160.

[11] H. Jin, W. Gao, S. Wu, X. Shi, X. Wu, and F. Zhou, "Optimizing the live migration of virtual machine by CPU scheduling", *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 34, no. 4, pp. 1088-1096, 2011.

[12] Zhiyuan Shao, Hai Jin, and Yong Li, "Virtual Machine Resource Management for High Performance Computing Applications", in *Parallel and Distributed Processing with Applications, 2009 IEEE International Symposium on*, 2009, pp. 137-144.