การไมเกรชั่นคลาวด์คอมพิวติ้ง โดยวิธีการย้ายเกสท์ที่ใช้ทรัพยากรต่ำสุดไปหาโฮสที่ใช้ทรัพยากรมากที่สุดโดยมีตัวแปรควบคุมความปลอดภัย

ว่าที่ร้อยตรีวรานนท์ จินาหยิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม
วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2560

A cloud migration for energy and performance efficient using virtual machine use of resources in the least to host use of resources in the maximum

Acting Sub Lt.Varanon Jinayin

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Computer and Telecommunication Engineering

College of Innovative Technology And Endgineering,

Dhurakij Pundit University

2017

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การไมเกรชั่นคลาวด์คอมพิวติ้งโดยวิธีการย้ายเกสท์ที่ใช้ทรัพยากรต่ำสุดไปหาโฮสท์ที่ใช้ทรัพยากรมากสุดโดยมีตัวแปรควบคุมความปลอดภัย
ชื่อผู้เขียน ว่าที่ร้อยตรีวรานนท์ จินาหยิน
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ชัยพร เขมะภาตะพันธ์
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม
ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการใช้งานการประมวลผลเสมือนบนระบบคลาวด์คอมพิวติ้งเป็นจำนวนมาก ทำให้มีปัญหาจากการบริโภคพลังงานจำนวนมหาศาล นอกจากนี้การไมเกรชั่นที่มียังให้ค่าระดับการยอมรับการใช้บริการที่ต่ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาและนำเสนอกระบวนการเคลื่อนย้ายเกสท์ของคลาวด์คอมพิวติ้ง โดยมุ่งเน้นเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และเพิ่มค่าระดับการยอมรับการใช้บริการให้สูงขึ้น โดยใช้วิธีการย้ายเกสท์ที่ใช้ทรัพยากรต่ำสุดไปหาโฮสท์ที่ใช้ทรัพยากรมากสุด ผลการศึกษาพบว่าวิธีที่นำเสนอสามารถให้ค่าระดับการยอมรับการใช้บริการ 100% และลดการใช้พลังงานได้ 60%

Thesis Title	A Cloud Migration for Energy and Performance Efficient using Virtual Machine use of Resources in the Least to Host use of Resources in the Maximum
Author	Acting Sub Lt. Varanon Jinayin
Thesis Advisor	Dr. Chaiyaporn Kemapatapan
Department	Computer and Telecommunication Engineering
Academic Year	2016

ABSTRACT

Nowadays, Virtualization architecture on cloud computing system are widely used and accepted for use. But in actual use, the system consumed much electrical power. Moreover, existing migration techniques provided low service level agreement (SLA). Thus, this thesis is objective to study and propose a migration technique on cloud computing in order to reduce the electrical power consumption and to increase SLA. The technique is based on using of resources in the least to host use of resources in the maximum. The studied results found that the proposed technique can increase SLA to 100% and reduce electrical power consumption as much as 60%

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน ซึ่งไม่สามารถจะนำมากล่าวได้ทั้งหมด ซึ่งผู้มีพระคุณท่านแรกที่ผู้จัดทำใคร่ขอกราบขอบพระคุณ คือ ดร.ชัยพร เขมะภาตะพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ความรู้และแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกในขั้นตอนรายละเอียด กราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.เนื่องวงศ์ ทวยเจริญ และ ผศ.ดร.ณรงค์เดช กีรติพรานนท์ ดร.ธนัญ จารุวิทยโกวิท ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาจนถึงสร้างความรู้ความเข้าใจในศาสตร์ของคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม ตลอดจนอาจารย์และเจ้าหน้าที่ทุกท่านของวิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลืออย่างดีเสมอม

ขอขอบคุณ คุณคชรัฐ แก้วบัว ที่ช่วยให้ความเข้าใจเกี่ยวกับโปรแกรมภาษาจาวาและให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรม

ขอขอบคุณ คุณปิยะ อาจหาญ คุณวรพจน์ ชัยพรพัฒนา และ คุณภานุวงศ์ เมฆไพบูลย์ ที่เป็นแบบอย่างที่ดีให้น้องๆและขอบคุณเพื่อนๆร่วมรุ่นทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาคอยช่วยเหลือเมื่อยามติดปัญหา

ขอขอบคุณ คุณศุภสิริ กำศร สำหรับการช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์นี้

ท้ายที่สุดนี้ ขอกราบขอบคุณพระคุณบิดา มารดา ผู้อยู่เบื้องหลังความสำเร็จ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และสนับสนุนในการศึกษาตลอดมา คุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทั้งหมด ขอมอบให้แด่บุพการีทั้งสองท่านและครูบาอาจารย์ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ว่าที่ร้อยตรีวรานนท์ จินาหยิน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ง
กิตติกรรมประกาศ..... จ
สารบัญตาราง..... ซ
สารบัญภาพ..... ฌ
บทที่
1. บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 ขอบเขตของการวิจัย..... 1
1.3 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย..... 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ4
1.5 การทดสอบระบบ..... 2
1.6 วัสดุอุปกรณ์..... 2
1.7 ผลงานตีพิมพ์..... 2
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 14
3. วิธีการดำเนินงาน..... 57
3.1 การออกแบบจำลอง..... 57
3.2 แผนการดำเนินงาน..... 57
3.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน..... 62
4. ผลการทดสอบ..... 64
4.1 ผลการทดสอบ..... 64
4.2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานกับงานวิจัยตัวอย่างของ Clousdim..... 68
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... 73
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 73
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 73

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม.....	74
ประวัติผู้เขียน.....	77

DPU

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ค่าตกลงการให้บริการแสดงเป็นเวลาที่สามารถสูญเสีย..... 14
2.2 งานวิจัยที่แสดงการลดการใช้พลังงานของคลาวด์คอมพิวติ้ง..... 37
3.1 แผนการดำเนินงาน..... 62
4.1 ค่าจากการทดสอบด้วยโปรแกรม Cloudsim..... 64

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 รูปแบบของสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์แบบดั้งเดิมเปรียบเทียบกับสถาปัตยกรรมแบบเสมือน..... 6
2.2 รูปแบบการเชื่อมเครือข่ายแบบ Host Only..... 7
2.3 รูปแบบการเชื่อมต่อแบบ Guest Only..... 8
2.4 รูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ External..... 8
2.5 สถาปัตยกรรมแบบ Bare-Metal Hypervisor..... 9
2.6 สถาปัตยกรรมแบบ Host Architecture Hypervisor..... 10
2.7 เปรียบเทียบสถาปัตยกรรมแบบดั้งเดิมกับ High Available (H.A.)..... 11
2.8 รูปแบบการวางสถาปัตยกรรมของคลัสเตอร์..... 12
2.9 รูปแบบการวางสถาปัตยกรรมของโหลดบาลานซ์..... 13
2.10 ไลฟ์ไมเกรชั่น..... 13
2.11 โครงสร้างของระบบคลาวด์แพลตฟอร์มคอมพิวเตอร์..... 17
2.12 ประเภทดัชนีทรัพย์สินของกรีนคอมพิวติ้ง..... 21
2.13 แสดงค่าพารามิเตอร์ของสามแพลตฟอร์ม..... 26
2.14 พลังงานที่ใช้เมื่อใช้ Google Search หนึ่งครั้ง..... 31
2.15 พลังงานที่ใช้ของ Google Search ต่อเดือน..... 31
2.16 ค่าความเร็วที่เหมาะของเครื่องแม่ข่ายที่จะเลือกมาทำงาน..... 33
2.17 การทำ Paging Memory ของเครื่องแม่ข่ายระหว่างการทำไลฟ์ไมเกรชั่น..... 34
2.18 สถาปัตยกรรมของกรีนคลาวด์คอมพิวติ้ง..... 34
2.19 สถาปัตยกรรมของกรีนคลาวด์คอมพิวติ้ง..... 35
2.20 การลดก๊าซคาร์บอนของศูนย์คอมพิวเตอร์..... 36
2.21 ค่าใช้จ่ายของการไมเกรชั่น..... 36
2.22 ค่าพารามิเตอร์ของการไมเกรชั่น..... 36
2.23 ลำดับชั้นของการประมวลผลคลาวน์และผลกระทบต่ออุตสาหกรรม IT..... 39
2.24 แบบจำลองระบบและการไหลของการปฏิบัติงาน..... 44
2.25 สถาปัตยกรรมแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic)..... 46

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.26 กัสเซียนฟังก์ชั่น..... 48

2.27 กัสเซียนฟังก์ชั่น..... 50

2.28 การกำหนดเครื่องแม่ข่าย..... 52

2.29 การใช้พลังงานหลังจากใช้ตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือ
เข้ามาทำการไลฟ์ไมเกรชั่น..... 53

2.30 จำนวนครั้งของเกสต์ที่ย้ายหลังจากใช้ตรรกศาสตร์
แบบคลุมเครือเข้ามาทำการไลฟ์ไมเกรชั่น..... 54

2.31 ค่าตกลงการให้บริการหลังจากใช้ตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือ
เข้ามาทำการไลฟ์ไมเกรชั่น..... 54

2.32 VMs Allocation Policy, VMs Selection Policy
วิธีการทั้งหมดในการทำ Live Migration..... 56

3.1 แบบจำลองระบบที่นำมาทดสอบการทำไลฟ์ไมเกรชั่น..... 57

3.2 แบบจำลองระบบที่นำมาทดสอบการทำไลฟ์ไมเกรชั่น..... 58

3.3 ขั้นตอนการทำไลฟ์ไมเกรชั่น
โดยมีการตรวจสอบ Utilization ของโฮสต์..... 59

3.4 โครงสร้างไฟล์สำหรับการทำไลฟ์ไมเกรชั่นของ Cloudsim..... 60

4.1 MrMu Energy Consumption (kW/h) 66

4.2 MrMu Service Level Agreement..... 66

4.3 MrMu Number of VMs Migration..... 67

4.4 MrMu Number of Live Migration per VM..... 67

4.5 MrMu Number of Host Shutdown..... 68

4.6 แสดงการใช้พลังงานของวิธีการต่างๆ..... 69

4.7 แสดงค่า SLA ของวิธีการต่างๆ..... 70

4.8 แสดงค่าการทำ Live Migration ของวิธีการต่างๆ..... 71

4.9 แสดงค่าการทำ Live Migration ต่อ VM..... 71

4.10 แสดงจำนวนของ Host ที่ Shutdown ด้วยวิธีการต่างๆ..... 72

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันนี้ในศูนย์ข้อมูลขององค์กรต่างๆมีการใช้สถาปัตยกรรมแบบเวอร์ช่วลแมชชีนมากขึ้นเพราะว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันสามารถรองรับทรัพยากรได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับช่วงเวลาที่ผ่านมาและซอฟแวร์ของการจำลองเครื่องเสมือนได้รับการปรับปรุงมาเป็นระยะเวลายาวนานและมีความน่าเชื่อถือที่จะนำมาใช้ในระดับการใช้งานจริง แต่เนื่องจากการใช้งานจริงนั้นจำเป็นจะต้องมีมาตรการรองรับในกรณีที่ เกิดเหตุการณ์ไม่ว่าว่าจะเป็นปัญหาที่เกิดจากความผิดพลาดของฮาร์ดแวร์ต่างๆ ในโฮสต์ เช่น หน่วยความจำหลัก หน่วยความจำสำรอง หน่วยประมวลผล หรืออุปกรณ์อื่นๆ ความผิดพลาดของระบบไฟฟ้า ในระดับการใช้งานจริงที่มีข้อตกลงในการให้บริการ (SLA-Service Level Agreement) จึงจำเป็นจะต้องมีมาตรการเพื่อรองรับปัญหาต่างๆเหล่านี้ซึ่งมาตรการหลักคือการเพิ่มเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นโฮสต์เป็นทวีคูณ และมีระบบที่สามารถทำการไลฟ์ไมเกรชั่นเวอร์ช่วลแมชชีนข้ามไปมาระหว่างเครื่องโฮสต์ได้เพื่อรอบรับปัญหา ดังนั้นในศูนย์คอมพิวเตอร์ที่จะมีเครื่องโฮสต์เป็นจำนวนมากที่ทำงานอยู่ในศูนย์คอมพิวเตอร์ซึ่งส่งผลให้มีการใช้พลังงานอย่างมหาศาลเพื่อรองรับระบบเหล่านี้ จากกรณีดังกล่าวผู้ทำวิจัยได้ศึกษาการ โยกย้ายเวอร์ช่วลแมชชีนและเพิ่มแนวความคิดเพื่อที่จะประหยัดพลังงาน โดยที่ไม่สูญเสียประสิทธิภาพในการทำงาน โดยหลักการทำงานนี้สามารถลดพลังงานได้ถึง 60% โดยที่ไม่สูญเสียประสิทธิภาพการทำงาน เมื่อเทียบกับการทำงานแบบไม่มีการทำไลฟ์ไมเกรชั่น และไม่สูญเสียค่าตกลงการให้บริการเมื่อเทียบกับการทำไลฟ์ไมเกรชั่นแบบอื่นๆ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพของการทำงาน ไม่สูญเสียค่าตกลงในการให้บริการ
2) เพื่อลดการใช้พลังงานของศูนย์คอมพิวเตอร์ที่ใช้คลาวด์คอมพิวติ้ง

1.2 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบอัลกอริทึ่มเพื่อลดการใช้พลังงาน โดยไม่สูญเสียประสิทธิภาพในการทำงานและไม่สูญเสียข้อตกลงในการให้บริการ โดยใช้การจำลองจาก

โปรแกรมCloudsim และใช้แบบจำลองศูนย์คอมพิวเตอร์และข้อมูลของเวอร์ช่วลแมชชีนจาก Planetlab และทำการเปรียบเทียบ

1.3 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย

1. สืบค้นรวบรวมข้อมูลเพื่อการประหยัดพลังงานของอัลกอริทึ่มแบบต่างๆ
2. วิเคราะห์และออกแบบอัลกอริทึ่มเพื่อการทำไลฟ์ไมเกรชั่น
3. ทดลองและเก็บค่าโดยการทำSimulation
4. สรุปงานวิจัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถออกแบบอัลกิริทึ่มที่สามารถทำการไลฟ์ไมเกรชั่นเพื่อลดการใช้พลังงานโดยไม่สูญเสียประสิทธิภาพการทำงานและข้อตกลงในการให้บริการ

1.5 การทดสอบระบบ

ทำการประยุกต์อัลกอริทึ่มและนำไปทดลองกับโปรแกรม Cloudsim โดยใช้แบบจำลองและข้อมูลทดสอบจาก Planetlab

1.6 วัสดุอุปกรณ์

1. ฮาร์ดแวร์

   Intel Core i7 4th Generation 8 Core, 8GB of RAM, 256GB of HDD
2. ซอฟแวร์

   2.1 Java 8

   2.2 Cloudsim 3.0

   2.3 Eclipse

1.7 ผลงานตีพิมพ์

งานวิจัยนี้ได้รับการตีพิมพ์ในงานประชุมการประชุมเครือข่ายวิชาการด้านวิศวกรรมไฟฟ้า การพัฒนานวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมการเกษตรอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 (EENET2017) ในวันที่ 2-4 พฤษภาคม พ.ศ. 2560 จัดโดยเครือข่ายมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ชื่อผลงาน

ตีพิมพ์ “การโยกย้ายเครื่องคอมพิวเตอร์แบบเสมือนเพื่อการประหยัดพลังงานและได้ประสิทธิภาพดีที่สุดด้วยวิธีการเลือกเครื่องคอมพิวเตอร์แบบเสมือนที่ใช้ทรัพยากรน้อยที่สุดไปยังเครื่องแม่ข่ายที่ใช้ทรัพยากรสูงที่สุดในระบบศูนย์คอมพิวเตอร์”

DPU

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 คลาวด์คอมพิวติ้ง (Cloud Computing)

[10] คลาวด์คอมพิวติ้งคือรูปแบบของการใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ร่วมกับผู้อื่น เช่น เครือข่าย เซิร์ฟเวอร์ อุปกรณ์บันทึกข้อมูล ซอฟแวร์ และบริการอื่นๆ ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ตามความต้องการของผู้ใช้ การให้บริการคลาวด์ที่จะให้ผู้ใช้เข้าถึงทรัพยากรได้ตลอดเวลานั้นจะต้องมีคุณสมบัติ 5 ประการ ให้บริการได้ 3 รูปแบบ และมีรูปแบบการใช้งาน 4 ชนิด

2.1.1.1 คุณสมบัติของคลาวด์คอมพิวติ้ง

คุณสมบัติของคลาวด์คอมพิวติ้งมี 5 ประการดังต่อไปนี้

(1 บริการตัวเองเมื่อต้องการใช้งาน : ผู้ใช้สามารถระบุความต้องการทรัพยากรคอมพิวเตอร์ได้เองโดยไม่จำเป็นจะต้องร้องขอความช่วยเหลือจากผู้ให้บริการ

(2 เข้าถึงทรัพยากรได้ทุกที่จากเครือข่าย : ทรัพยากรจะถูกจัดสรรให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงได้จากทุกที่ที่มีเครือข่ายโดยผ่านอุปกรณ์ต่างๆ เช่น Smartphone, Laptop, Tablet

(3 ทรัพยากรถูกรวมมาจากแหล่งต่าง : ทรัพยากรที่จัดสรรให้กับผู้ใช้นั้นอาจจะถูกรวบรวมมาจากศูนย์ข้อมูลหลายแห่งด้วยกันแต่สามารถจัดสรรให้กับผู้ใช้ได้โดยไม่มีการรบกวนกันและกัน ผู้ใช้หนึ่งคนจะมีทรัพยากรของตนเองหนึ่งชุด หรือหลายๆชุดก็ได้ ทั้งแบบที่เป็นกายภาพหรือเสมือนกายภาพ (Virtualization) ผู้ใช้ไม่จำเป็นที่ต้องรู้ว่าทรัพยากรที่ใช้นั้นอยู่ที่ไหน ขอเพียงแค่สามารถเข้าถึงและใช้งานได้ตามที่ต้องการ ทั้งในส่วนของขนาดและประสิทธิภาพ

(4 มีความยืดหยุ่นและสามารถปรับตัวได้ : การบริการคลาวด์นั้นต้องสามารถเพิ่มหรือลดขนาดได้ตามที่ผู้ใช้ต้องการและสามารถจัดสรรได้โดยอัตโนมัติ ในส่วนของผู้ใชนั้นมองว่าคลาวด์มีขนาดทรัพยากรไม่จำกัดผู้ใช้สามารถสั่งให้เพิ่มหรือลดได้ตลอดเวลา

5) การบริการที่วัดได้ : ระบบที่ให้บริการคลาวด์จะต้องวัดปริมาณการใช้งานตามชนิดของบริการได้ เช่น การใช้งานบันทึกข้อมูล การใช้บริการประมวลผล ได้ตามความเป็นจริง สามารถควบคุมและติดตามการใช้ทรัพยากรได้อย่างทันทีเพื่อความถูกต้องและโปร่งใสระบบจะต้องรายงานผลการใช้แก่ผู้ใช้ ผู้ให้บริการได้อย่างถูกต้องและตรงไปตรงมา

2.1.1.2 การบริการของคลาวด์คอมพิวติ้ง

1) Software as a service (SaaS) : เป็นการให้บริการใช้ระบบงานหรือซอแวร์ประยุกต์โดยผู้ให้บริการจัดหาให้โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องเข้าไปตั้งค่าใด สามารถใช้งานผ่านโปรแกรมต่างๆ หรือ Web Browser ด้วยอุปกรณ์ใดก็ได้ การให้บริการรูปแบบนี้ผู้ใช้ไม่มีหน้าที่ที่จะเข้าไปจัดการหรือควบคุมโครงสร้างพื้นฐานของไอที ทุกอย่างจะอยู่ในความควบคุมของผู้ให้บริการ เว้นบางกรณีที่ผู้ห้บริการอาจจะให้วิทธิเข้าไปกำหนดค่าบางอย่างได้เพื่อให้ผู้ใช้ได้ปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับการใช้งานให้เหมาะสม ตัวอย่างของการบริการรูปแบบนี้คือ Google Drive ที่ผู้ใช้สามารถใช้เก็บข้อมูล เรียกดู และแก้ไขข้อมูลเท่านั้น

2) Platform as a Service (PaaS) : เป็นการใช้บริการทางด้านโครงสร้างของไอทีเพื่อสร้าง ปรับปรุง และทดสอบระบบงาน หรือ ซอฟแวร์ประยุกต์ โดยมีข้อกำหนดว่าระบบซอฟแวร์ประยุกต์นั้นจะต้องถูกกำหนดโดยผู้ให้ปริการผู้ใช้มีสิทธิเพียงใช้ซอฟแวร์นั้นๆ เท่านั้น ไม่มีหน้าที่จัดการเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานใดๆทั้งสิ้น (ระบบเครือข่าย ระบบปฏิบัติการ) ตัวอย่างของการบริการรูปแบบนี้คือ Windows Azure ที่ทาง Microsoft กำหนด เครื่องมือต่างๆ มาให้แล้วเช่น SQL Server, .Net Framework, Microsoft Studio

3) Infrastructure as a Service (IaaS) : เป็นบริการที่ใช้โครงสร้างด้านพื้นฐานของไอทีเพื่อการประมวลผล สร้าง ติดตั้ง แก้ไข ปรับปรุงและทดสอบซอฟแวร์ โดยผู้ใช้มีหน้าที่จัดหาซอฟแวร์ประยุกต์เพื่อนำมาติดตั้งและใช้งานเอง โดยที่ผู้ใช้ไม่มีหน้าที่ในการจัดการและควบคุมโครงสร้างพื้นฐาน แต่มีหน้าที่ควบคุมซอฟแวร์ที่ใช้ทำงาน ฐานข้อมูล ส่วนการจัดการโครงสร้างขั้นพื้นฐานนั้นเป็นหน้าที่ของผู้ให้บริการ

2.1.1.3 รูปแบบการใช้งานคลาวด์คอมพิวติ้ง

1) คลาวด์ส่วนตัว (Private Cloud) : เป็นการใช้งานระบบโครงสร้างพื้นฐานระบบไอทีสำหรับองค์กร ผู้ใช้ดูแลระบบไอทีด้วยตนเอง สามารถติดตั้งที่สถานที่ของผู้ใช้หรืออยู่ภายนอกทั้งหมดก็ได้

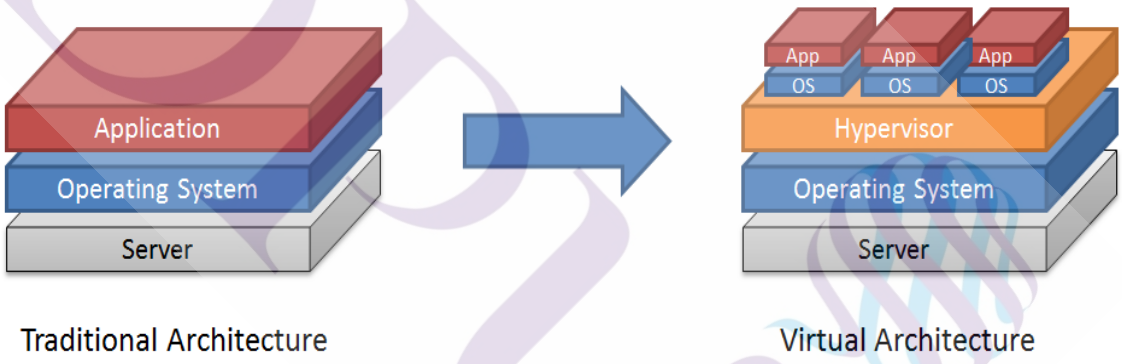
2) คลาวด์ชุมชน (Community Cloud) : เป็นการใช้งานระบบโครงสร้างพื้นฐานของไอทีร่วมกันระหว่างสององค์กรขึ้นไป ผู้ใช้อาจจะร่วมกันดูแลระบบ สามารถติดตั้งที่สถานที่ของผู้ใช้หรืออยู่ภายนอกทั้งหมดก็ได้ และมีเครือข่ายเชื่อมหากัน

3) คลาวด์สาธารณะ (Public Cloud) : เป็นการใช้งานเป็นการใช้งานระบบโครงสร้างพื้นฐานของไอทีร่วมกันกับองค์กรหรือบุคคลต่างๆทั่วไป โดยมีผู้ให้บริการเป็นผู้ติดตั้งและดูแลระบบ

4) คลาวด์ลูกผสม (Hybrid Cloud) : เป็นการใช้งานร่วมกันระหว่าง คลาวด์ส่วนตัว คลาวด์ชุมชน และ คลาวด์สาธารณะ ผู้ให้บริการที่ให้บริการภายใต้คลาวด์ลูกผสมนี้จะทำงานแบบอิสระ และระบบคลาวด์สามารถเชื่อมต่อกันและทำงานในระดับข้อมูลและซอฟแวร์ได้

2.1.2 สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์แบบเสมือน (Virtualization)

[7] สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์แบบเสมือนคือการจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์หลายๆ เครื่องขึ้นในโฮสต์ (Host) โดยเราจะเรียกเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จำลองขึ้นมาว่าเกสท์ (Guest) และเกสส์จะต้องใช้ทรัพยายากรของโฮสต์ร่วมกันและเกสต์ขึ้นมานั้นจะใช้ทรัพยากรได้มากที่สุดไม่เกินเท่าที่โฮสต์มีโดยมี Hypervisor เป็นตัวจัดการการใช้ทรัพยากรของเกสท์โดยที่เกสท์จะร้องขอทรัพยากรไปยัง Hypervisor และ Hypervisor จึงจะร้องขอไปยังระบบปฏิบัติการของโฮสต์ เพื่อป้องกันการใช้ทรัพยากรมากกว่าที่โฮสต์มี ซึ่งในปัจจุบันนั้น Hypervisor มีความสามารถมากขึ้น มีระบบจัดการ Hypervisor แบบรวมศูนย์ ทำให้สามารถโยกย้ายเกสท์ข้ามโฮสต์ได้ในกรณีที่โฮสต์มีปัญหา เพื่อรองรับการใช้งานได้ตลอดเวลา



ภาพที่ 2.1 รูปแบบของสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์แบบดั้งเดิมเปรียบเทียบกับสถาปัตยกรรมแบบเสมือน

2.1.2.1 ส่วนประกอบของสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์แบบเสมือน (Virtualization)

1) Hypervisor - เป็นระบบจัดการระหว่างโฮสต์และเกสท์ โดยทำหน้าที่ควบคุมทรัพยากรของเกสท์ และร้องขอทรัพยากรจากเกสท์ไปยังโฮสต์ โดย Hypervisor จะควบคุมและจำลองทรัพยากรดังนี้

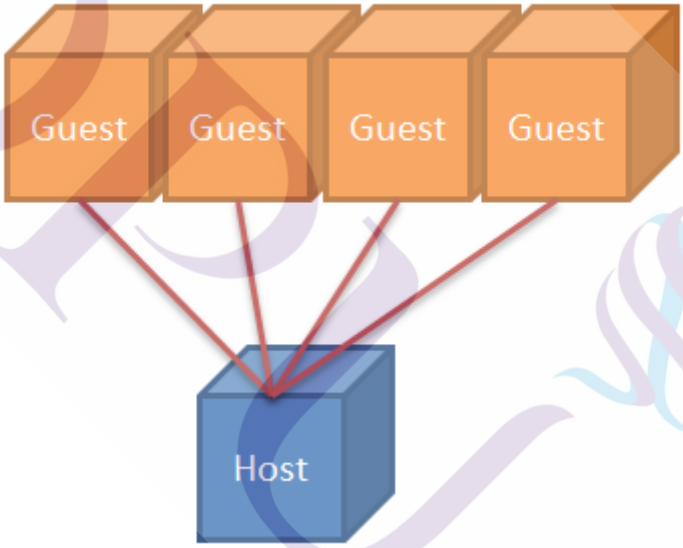
1. CPU - จะกำหนดหน่วยของ CPU เป็น Virtual CPU (VCPU) โดยคำนวน 1 Core = 1VCPU

2. Memory – สามารถกำหนดให้กับเกสท์ได้โดยหน่วยที่ต่ำที่สุดที่สามารถกำหนดได้คือเมกะไบท์และสามารถกำหนดให้ได้มากที่สุดไม่เกินที่โฮสต์มีสามารถเพิ่มหรือลดได้แบบทันทีทันได้แต่ระบบปฏิบัติการของเกสท์จะต้องรองรับด้วย

3. Storag – สามารถกำหนดเป็นรูปแบบของฮาร์ดดิสที่ต่อพ่วงเข้าไปยังเกสท์โดยจะมีหน่วยย่อยที่สุดคือเมกะไบท์ และจะกำหนดเข้าไปที่เกสท์กี่ลูกก็ได้ ส่วนการจัดเก็บในโฮสต์นั้นจะเป็นรูปแบบของไฟล์ บนโฮสต์และชี้ตำแหน่งที่จัดเก็บโดยHypervisor

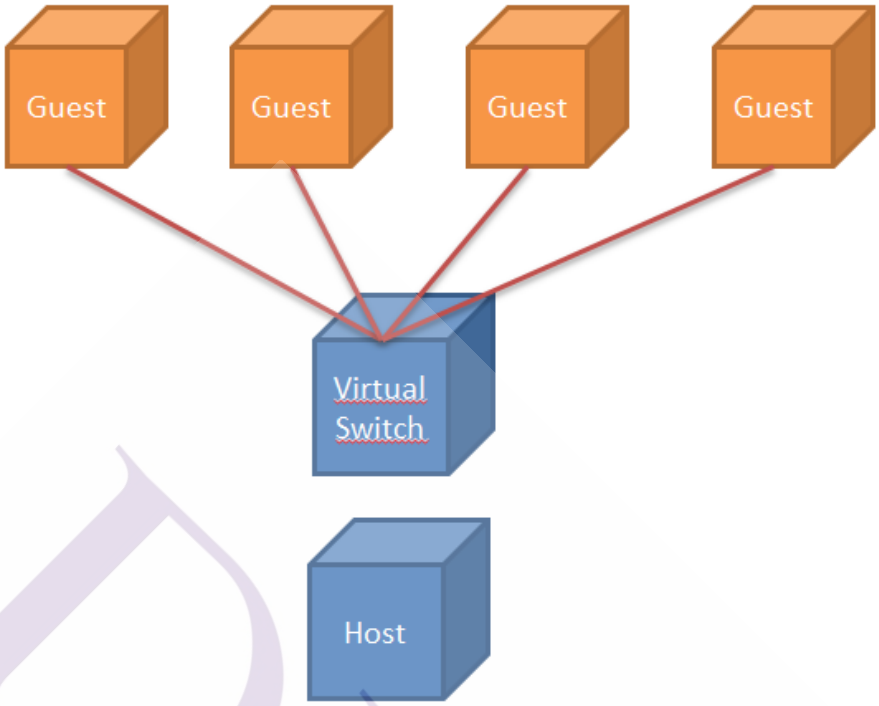
4. NIC (Network Interface Card) – [5] Hypervisor นั้นสามารถจำลองรูปแบบของระบบNetworkโดยการสร้าง Virtual Switch ภายในโฮสต์ ซึ่งแบ่งได้สามแบบดังนี้

1) Host Only – สร้าง NIC เชื่อมต่อกับ Switch เพื่อให้สามารถติดต่อระหว่างโฮสต์กับเกสท์เท่านั้น ส่วนมากจะใช้เพื่อการบริหารจัดการระหว่างโฮสต์ไปยังเกสต์



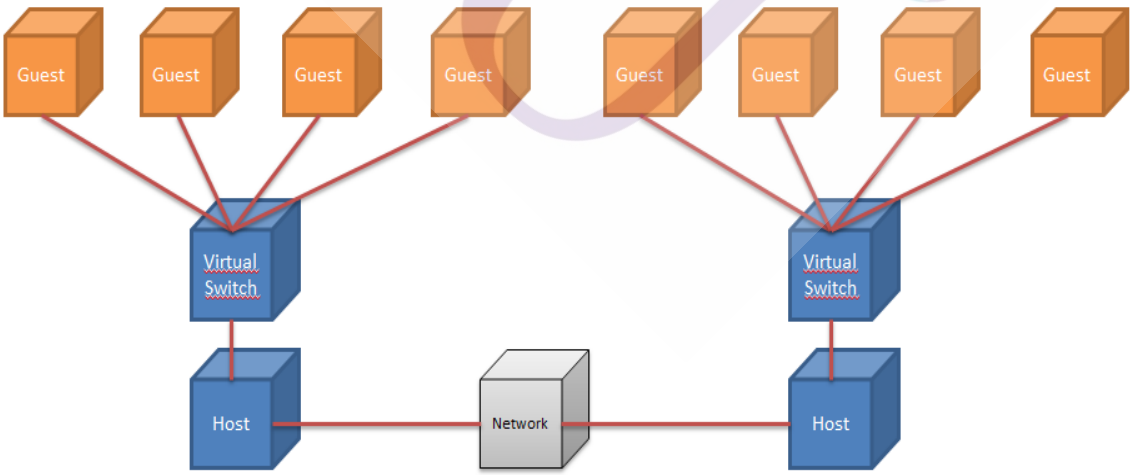
ภาพที่ 2.2 รูปแบบการเชื่อมเครือข่ายแบบ Host Only

2) Guest Only – สร้าง NIC เชื่อมต่อกับ Switch เพื่อให้ติดต่อระหว่างเกสท์ในโฮสต์เท่านั้น ส่วนมากจะใช้สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างเกสต์ภายในเช่นการแชร์ข้อมูลภายในระหว่างเกสต์



ภาพที่ 2.3 รูปแบบการเชื่อมต่อแบบ Guest Only

3) External – สร้าง NIC เชื่อมต่อกับ Switch ภายนอก รูปแบบนี้จะสามารถเชื่อมต่อไปยังโฮสต์อื่นๆ ได้เหมือนกับสถาปัตยกรรมแบบดั้งเดิม

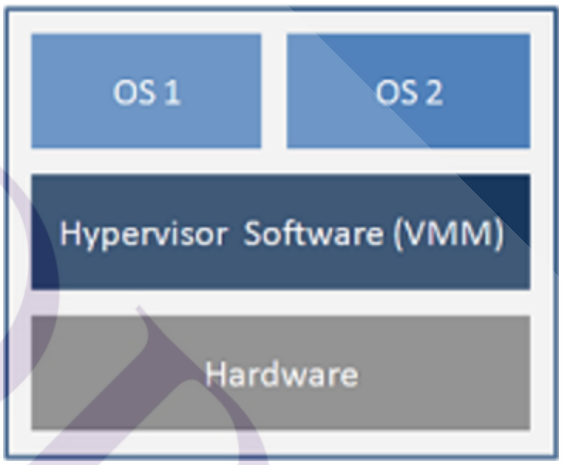


ภาพที่ 2.4 รูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ External

Hypervisor มีด้วยกันสองแบบคือ Bare metal และ Host Architecture

1) Bare Metal คือ เป็นระบบปฏิบัติการในตัว จะต้องติดตั้งลงบนโฮสต์โดยตรง ข้อดีของ Hypervisor ประเภทนี้คือมีความเสถียรสูง ระบบปฏิบัติการใช้ทรัพยากรน้อยทำให้เหลือทรัพยากรที่จะไปใช้กับเกสท์ได้มาก มีความสามารถที่มากกว่าแบบ Host Architecture เช่น Virtual SAN, Fault Tolerance

ตัวอย่าง Hypervisor ประเภทนี้ได้แก่ VMWare ESXi, Microsoft Hyper-V Server

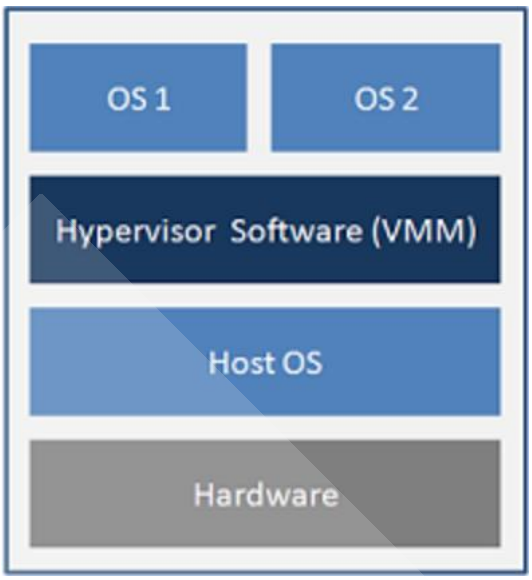


ภาพที่ 2.5 สถาปัตยกรรมแบบ Bare-Metal Hypervisor

ที่มา: http://www.ni.com/white-paper/9629/en/

2) Host Architecture เป็น Hypervisor ที่ติดตั้งลงบนระบบปฏิบัติการมีข้อดีคือมีความยืดหยุ่นสามารถติดตั้งได้หลายระบบปฏิบัติการ แต่ด้านความสามารถนั้นจะไม่เท่ากับแบบ Bare metal และสูญเสียทรัพยากรให้กับระบบปฏิบัติการ

ตัวอย่าง Hypervisor ประเภทนี้คือ Microsoft Hyper-V, VMware Workstation, KVM Hypervisor, Parallel Desktop, VMware Fusion



ภาพที่ 2.6 สถาปัตยกรรมแบบ Host Architecture Hypervisor

ที่มา: http://www.ni.com/white-paper/9629/en/

2) โฮสต์ (Host)

โฮสต์คือเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้ง Hypervisor เป็นเจ้าของทรัพยากรของโด Hypervisor จะทำหน้าที่ร้องขอทรัพยากรที่ต้องการมายังระบบปฏิบัติการของโฮสต์และระบบปฏิบัติการของโฮสต์จะเป็นผู้ตอบสนอง

สถาปัตยกรรมของโฮสต์มีผลต่อ Hypervisor เช่น โฮสต์เป็นสถาปัตยกรรมแบบ X64 หมายความว่าจะไม่สามารถประมวลผลของโปรแกรมหรือระบบปฏิบัติการแบบอื่นๆได้ ดังนั้นเกสท์จะยังต้องเป็นสถาปัตยกรรมแบบเดียวกันกับโฮสต์ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดของระบบแบบเสมือน โดยส่วนใหญ่แล้วผู้ให้บริการคลาวด์จะมีโฮสต์เป็นจำนวนมาก และแต่ละโฮสต์มีทรัพยากรได้อย่างมหาศาล เช่น CPU 4 Socket, 2TB of Ram, Raid and Hot spare Storage, NIC มากกว่า 1 ใบ เพื่อรองรับเกสท์ในจำนวนมากๆและรองรับกรณีการเกิดปัญหาของโฮสต์ซึ่งส่งผลให้ระบบไม่สามารถให้บริการต่อไปได้

3) เกสท์ (Guest)

เกสท์ในที่นี่หมายถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ถูกจำลองขึ้นมาจากโฮสต์โดยผ่าน Hypervisor โดยที่ Guest นั้น จะมีสถาปัตยกรรมที่ล้อตามโฮสต์ เช่น X64, IA32, IA64, AIX ซึ่งการเลือกระบบปฏิบัติการที่จะใช้นั้นจะต้องเลือกระบบปฏิบัติการที่สามารถติงตั้งบนสถาปัตยกรรม

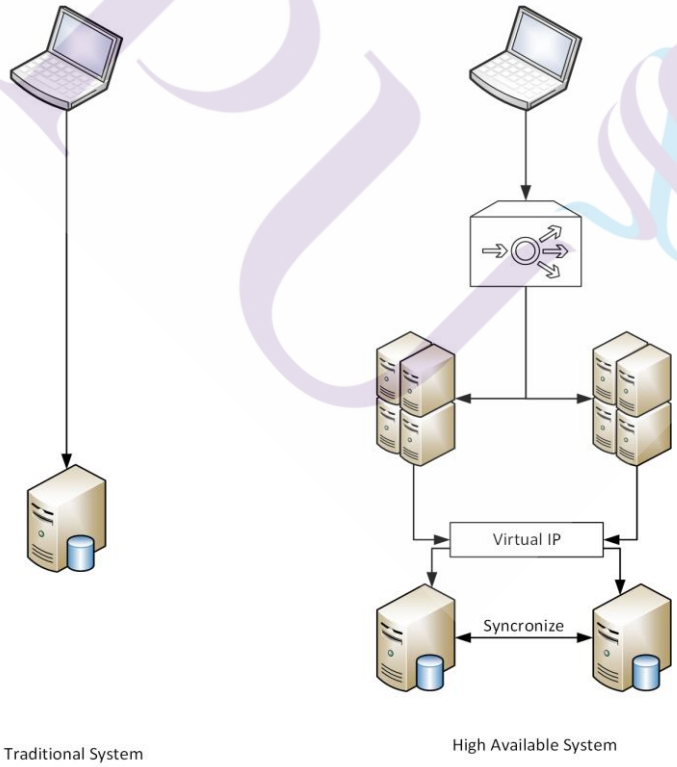
นั้นๆ ไม่สามารติดตั้งข้ามสถาปัตยกรรมได้ และเกสท์นั้นจะมีทรัพยากรทุกอย่างเสมือนตัวเองเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์จริง เช่น CPU, Memory, Disk, NIC, IP Address

4) เครือข่าย (Network)

ระบบเครือข่ายของสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์แบบเสมือนนั้นถูกออกแบบมาเพื่อให้รองรับการสื่อสารที่มีข้อมูลมหาศาล เพราะว่าในหนึ่งโฮสต์อาจจะมีมากว่าหนึ่งเกสท์และเมื่อเกสท์ต้องการส่งหนือรับข้อมูลจากภายนอกจะต้องผ่าน NIC ของโฮสต์เสมอๆ ในปัจจุบันนี้นิยมใช้มาตรฐาน 1000BaseTx, หรือ 1000BaseFx เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระหว่างโฮสต์หนึ่งไปอีกโฮสต์หนึ่งและมีระบบที่ทำงานคู่กันเพื่อรองรับในกรณีที่อุปกรณ์เครือข่ายมีปัญหา

2.1.3 High Availability System

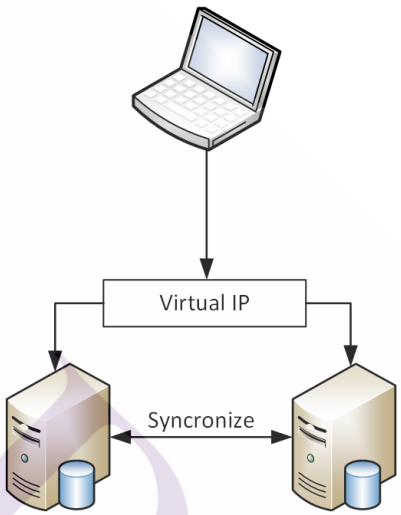
ระบบใช้งานจริงจำเป็นจะต้องมีระบบใช้งานระบบที่ทำงานเป็น High available เพื่อรองรับการทำงานตลอด 24 ชั่วโมงไม่มีการหยุดพัก ดังนั้นมาตรการในการทำ High Available คือการเพิ่มทรัพยากรบางอย่างเข้าไปให้ระบบสามารถทำงานได้ตลอดเวลา สิ่งที่เพิ่มเข้าไป เช่น โฮสต์ไอพี ระบบคลัสเตอร์ เน็ตเวริคโหลดบาลานซ์ ซึ่งในปัจจุบัน การทำ High Available มีอยู่สามรูปแบบได้แก่ [6] แบบคลัสเตอร์ [8] แบบโหลดบาลานซ์ และแบบผสม



ภาพที่ 2.7 เปรียบเทียบสถาปัตยกรรมแบบดั้งเดิมกับ High Available (H.A.)

1) คลัสเตอร์ (Cluster)

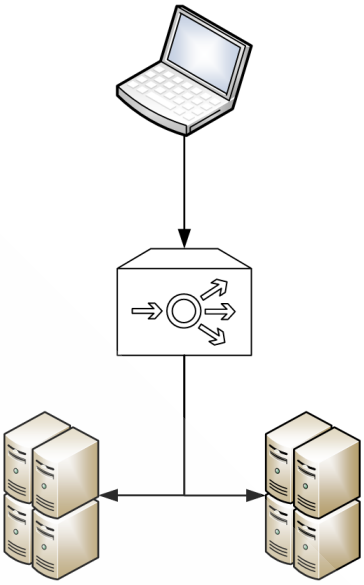
รูปแบบของคลัสเตอร์จะมีทรัพยากรที่มีความต้องการใช้ร่วมกันหรือจะต้องเหมือนกัน เช่นการมีข้อมูลเทียบเท่ากันตลอดเวลา หมายความว่าจะทุกโฮสต์จะต้องมีสิทธิเข้าถึงที่จัดเก็บข้อมูล หรือมีการซิงค์ข้อมูลกันทุกโฮสต์ในคลัสเตอร์ ทำให้รูปแบบของคลัสเตอร์นั้นนิยมใช้ในระบบฐานข้อมูลหรือสถาปัตยกรรมแบบเสมือน



ภาพที่ 2.8 รูปแบบการวางสถาปัตยกรรมของคลัสเตอร์

2) โหลดบาลานซ์ (Load Balance)

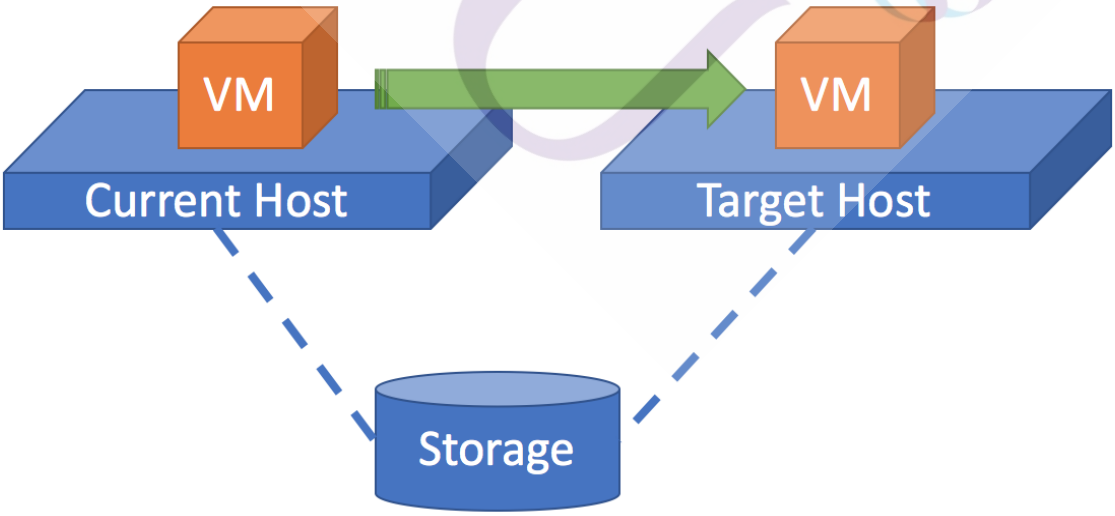
รูปแบบของโหลดบาลานซ์นั้นคือมีการนำอุปกรณ์หรือโฮสต์มาทำเป็นตัวกระจายงานให้กับโฮสต์ที่อยู่ข้างหลัง ซึ่งรูปแบบนี้นิยมใช้กับแอพลิเคชั่น หรือเว็บเซอรเวอร์



ภาพที่ 2.9 รูปแบบการวางสถาปัตยกรรมของโหลดบาลานซ์

2.1.4 ไลฟ์ไมเกรชั่น (Live Migration)

ไลฟ์ไมเกรชั่นเป็นเทคโนโลยีที่ทำการย้ายเกสท์ระหว่างโฮสต์โดยที่เกสท์นั้นยังทำงานอยู่ โดยสาเหตุของการย้ายมีได้สองอย่างคือย้ายเพราะเกิดความผิดพลาดของโฮสต์ทำให้โฮสต์ไม่สามารถทำงานต่อไปได้หรือเป็นการสั่งย้ายของผู้ดูแลระบบเพื่อทำการแก้ไขจัดการระบบ



ภาพที่ 2.10 ไลฟ์ไมเกรชั่น

2.1.5 Cloudsim

Cloudsim เป็นเครื่องมือสำหรับนักวิจัยที่ทำการวิจัยการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆในแง่มุมของ Infrastructure, Network, Power โดยใช้ภาษา JAVA ในการประมวลผล ซึ่งถูกพัฒนาโดย The Cloud Computing and Distributed System (CLOUDS) Laboratory, University of Melbourne

2.1.6 Service Level Agreement (SLA) – ข้อตกลงระดับการให้บริการ

[9] ข้อตกลงการให้บริการนั้นหมายถึงการกำหนดช่วงระยะเวลาในการให้บริการ โดยที่ 100% เท่ากับเวลา 1 ปี ผู้ให้บริการสามารถให้บริการได้โดยที่ระบบสามารถทำงานได้ตลอดเวลา โดยไม่มีการปิดระบบ โดยปกติแล้ว ค่า 0.1% ของ SLA ต่อปีนั้นจะอยู่ที่ประมาณ 9 ชั่วโมง และส่วนใหญ่การให้ข้อตกลงของการให้บริการนั้นจะนิยมนับเป็น 99%, 99.9%, 99.99%, 99.999% ซึ่งนิยมเรียกว่า Two nines, Three Nines, Four Nines และ Five Nines ตามลำดับ โดยสามารถสรุปเป็นตารางที่ 2.1 ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ค่าตกลงการให้บริการแสดงเป็นเวลาที่สามารถสูญเสีย

Service Level Agreement	Downtime
99%	3d 15h 39m 29.5s
99.9%	8h 45m 57s
99.99%	52m35.7s
99.999%	5m 15.6s

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 Study on Energy Saving Strategy and Evaluation Method of Green Cloud Computing System – การศึกษากลยุทธ์การประหยัดพลังงาน และการประเมินผลวิธีการของระบบ Green Cloud Computing

[3] ระบบ Cloud computing รุ่นต่อไป ค่อยๆ ได้รับความสนใจ มากขึ้นในลักษณะของ Green Cloud Computing เพื่อการประหยัดพลังงาน ประการที่หนึ่งมาจาก Cloud Computing และโครงสร้าง ประการที่สองกลยุทธ์ของการประหยัดพลังงานสำหรับ Cloud computing มีการเสนอ

สี่ด้านคือ การออกแบบฮาร์ดแวร์ เทคโนโลยีซอฟต์แวร์ ระบบจัดการ Cloud Computing และสภาพแวดล้อมเครือข่าย จากนั้นก็จะขึ้นอยู่กับตรรกศาสตร์ที่ครอบคลุมถึงวิธีการและรูปแบบของ Green Cloud Computing จะถูกใส่ลงไป และสุดท้ายตัวอย่างจะถูกนำไปคำนวณเพื่อตรวจสอบวิธีการและรูปแบบ

1. บทนำ

ด้วยการพัฒนาอย่างรวดเร็วของสังคมสารสนเทศระดับการพึ่งพาระบบข้อมูลในหลายๆ ด้านอุตสาหกรรมรวมถึงเศรษฐกิจของรัฐบาลและอื่นๆ มีมากและจริงจังมากขึ้น การใช้พลังงานของข้อมูลอุตสาหกรรมจะเพิ่มขึ้น ให้เป็นไปตามการสอบสวนของ Gartner (หน่วยงานการตรวจสอบทางเทคนิคระดับโลกที่มีสิทธิ์) ซึ่งหน่วยงานตรวจสอบการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประจำปีประมาณ 35 ล้านตันในอุตสาหกรรมไอทีคิดเป็น 2% ของการปล่อยก๊าซทั่วโลก เทคโนโลยีไอทีสีเขียวเป็นอันดับหนึ่ง ในสิบเทคโนโลยีไอทีที่สำคัญ ตั้งแต่ไอบีเอ็มประกาศโปรแกรม [1] Cloud Computing ในช่วงท้ายปี ค.ศ. [2] 2007 แนวคิดคลาวด์คอมพิวติ้งปรากฏในที่สาธารณะรูปแบบ Cloud Computing เป็นรูปแบบคอมพิวเตอร์แบบใหม่ แนวคิดและสถาปัตยกรรมจะได้รับความสนใจมากขึ้น สำหรับความน่าเชื่อถือที่มีประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นสูง ความพร้อมใช้งานในสภาพแวดล้อมทางสังคมในการแสวงหา การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดร์อ๊อกไซด์ที่ต่ำ พลังงานรูปแบบกรีนคลาวด์คอมพิวติ้งจะได้รับความสนใจมากขึ้น และมีการวิจัยโดยอุตสาหกรรมและการศึกษา

2. การสอบทานการวิจัยและแนวโน้มการพัฒนา

งานวิจัยบางอย่างเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์สีเขียวคือ ปัญหาการจัดการพลังงานในศูนย์ข้อมูล Mukherje เสนอการออกแบบโครงสร้างของซอฟแวร์ ภายใต้ข้อจำกัดการใช้งานและคำณวณซึ่งลดการใช้พลังงานของศูนย์ข้อมูล [3]; Tan ใช้ซอฟแวร์สถาปัยตกรรมกราฟ (SAG) เป็นซอฟแวร์ที่กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงสภาปัตยกรรมสำหรับมัลติโปรเซสเซอร์ซึ่งอยู่ในรูปแบบของลินุกซ์ซอฟแวร์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถลดพลังงานได้ถึง 66.1% [4]; Guo Bing, สรุปสถานะงานวิจัยกรีนคลาวด์คอมพิวติ้ง ผลักดันแนวคิดของของกรีนคลาวด์คอมพิวติ้งและกล่าวถึงหัวข้อของการวิจัยกรีนคลาวด์คอมพิวติ้ [5] Guo Minyi วิเคราะห์ความหมายแฝงของกรีนคอมพิวติ้ง และผลักดันลักษณะการใช้พลังงานต่ำสามแบบ ซึ่งชี้ให้เห็นทิศทางในอนาคตของการวิจัยกรีนคอมพิวติ้ง [6]

นักวิชาการบางคนศึกษากลยุทธ์การประหยัดพลังงานของกรีนคลาวด์คอมพิวติ้งด้วยมุมมองของระบบ แต่งานวิจัยเล็กๆ กลับมองที่รูปแบบการประเมินผลของคลาวน์คอมพิวติ้ง

Ye Kejiang ศึกษาคลาวคอมพิวติ้งนรูปแบบที่ใช้เทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชั่น เพื่อลดหลังงาน โดยใช้การจัดการพลังงานโดยรวม [7]

Li Jiandun มองที่การจัดการตารางงานเพื่อลดพลังงานและลดการใช้ทรัพยากรในคลาวด์ส่วนบุคคล

Yen Bo ผลักดันในส่วนของต้นทุนของการขนส่งและสื่อสารโดยรวมให้ลดลง โดยเสมือนว่ามีการใช้การโยกย้ายเครื่องข้ามเซิร์ฟเวอร์ ด้วยรูปแบบของคลาวด์คอมพิวติ้งที่กำลังพัฒนาและวิกฤตของพลังงานในระดับภูมิภาค อันเนื่องเกิดมาจากการใช้พลังงานที่สูงด้วยรูปแบบของคลาวด์คอมพิวติ้ง จะทำให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีกรีนคลาวคอมพิวติ้ง และมีหัวข้อสามหัวข้อในอนาคต

a) ศึกษาลักษณะของเขตของระบบกรีนคลาวด์คอมพิวติ้ง

b) ศึกษากลยุทธ์ของการประหยัดพลังงานในรูปแบบของคลาวด์ที่ต่างกัน เช่น เครื่องลูกข่าย ระบบปฏิบัติการ การควบคุมอุณหภูมิ สภาพแว้ล้อมขงระบบสื่อสาร ระบบจัดการเครื่องเสมือน (Virtual Machine) เซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูลและอื่นๆ

c) เพื่อประเมินรูปแบบพื้นฐานของนคลาวด์คอมพิวติ้ง และกิจการ เพื่อสามารถให้คำแนะนำกับผู้จัดการ

3. แนวคิดของคลาวด์คอมพิวติ้งและโครงสร้างของรูปแบบพื้นฐาน

A) แนวคิดของคลาวด์คอมพิวติ้ง

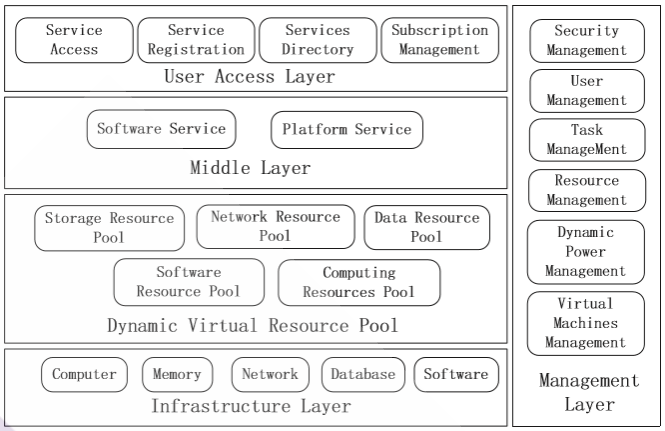
แนวคิดของคลาวด์คอมพิวติ้งที่ผู้คนได้คิดขึ้นมาจะรับรองโดย NIST (National Institute of Standards and Technology คลาวด์คอมพิวติ้งแบบอย่างของการใช้งานที่สะดวกสบาย ความต้องการเข้าถึงเครื่องข่ายเป็นแบบการใช้ร่วมกันของทรัพยากรคอมพิวเตอร์ (เช่น เครือข่าย เซิร์ฟเวอร์ พื้นที่เก็บข้อมูล แอพพลิเคชั่น และบริการต่างๆ) มีความรวดเร็วในการเตรียมพร้อมให้บริการด้วยการจัดการเพียงเล็กน้อย [8]แต่ในความเป็นจริงมีบางคำจำกัดความอื่นๆ ของคลาวด์คอมพิวติ้ง ซึ่งความหมายดังกล่าวยังไม่ได้รับการยอมรับจากทุกคน

B) โครงสร้างของรูปแบบพื้นฐานของคลาวด์คอมพิวติ้ง

บริษัทที่ต่างกัน ย่อมมีคลาวด์คอมพิวติ้งที่ต่างกัน Microsoft เน้นอ้างอิงถึงบริการสี่ประเภท ประกอบไปด้วย software as a service (SaaS) platform as a service (PaaS) and infrastructure as a service (IaaS) ด้วยพื้นฐานการให้บริการบนคลาวด์ส่วนตัวและคลาวด์สาธารณะ โดยทาง Microsoft เสนอ สามแนวทางคือ Windows Live Mesh, Windows Auzre Platform and dynamic cloud [.[9

IBM ผลักดันสถาปัตยกรรมคลาวด์สีฟ้า ประกอบไปด้วยศูนย์ข้อมูล, ซอฟแวร์เพื่อการปรับใช้ IBM Tivoli deployment management ซอฟแวร์เพื่อการตรวจสอบระบบ IBM Tivoli monitoring software, IBM Websphere application server, IBM DB 2database[.[10

งานวิจัยนี้ แสดงให้เห็นถึงรูปแบบของคลาวด์คอมพิวติ้งที่อ้างขึ้นมาดังภาพที่ 1



ภาพที่ 2.11 โครงสร้างของระบบคลาวด์แพลตฟอร์มคอมพิวเตอร์

ที่มา: Lin Gong, Jian Xie, Xiaolan Li and Bo Deng (2013, น.484)

4. กลยุทธ์การประหยัดพลังงานสำหรับคลาวน์คอมพิวติ้ง

งานวิจัยนี้วิเคราะห์กลยุทธ์การประหยัดพลังงาน โดยวัดจากสี่ด้าน คือ การออกแบบฮาร์ดแวร์, เทคโนโลยีซอฟแวร์, ระบบจัดการเครื่องเสมือน และสิ่งแวดล้อมทางเครือข่าย

A) การออกแบบฮาร์ดแวร์เพื่อประหยัดพลังงาน

1) กลยุทธ์การประหยัดพลังงานของสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์

รูปแบบคลาวด์คอมพิวติ้งถูกจัดตั้งด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวนมาก ผ่านการวิจัยที่ใหม่และประหยัดพลังงานได้เป็นอย่างดี ระบบสามารถลดพลังงานได้มาก คอมพิวเตอร์ที่แตกต่างกันหมายถึงระบบประมวลผลแบบหลายประกอบด้วยส่วนใหญ่ของการประมวลผลที่ค่อนข้างอิสระจากประเภทที่แตกต่างกันก็จะมีอัตราการใช้พลังงานที่ดีกว่าโดยใช้หน่วยประมวลผลที่ใช้งานทั่วไปเป็นหน่วยควบคุมหลักและประมวลผลโดยเฉพาะโครงสร้างของตัวเร่ง ในเวลาเดียวกันนี้ คอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงได้ถูกสร้างให้ใช้พลังงานน้อย David Andersen แห่งมหาวิทยาลัย Carnegie Mellon สถาปัตยกรรมระบบแบบกลุ่มคอมพิวเตอร์ FAWN (Fast Array of Wimpy Nodes) สำหรับคอมพิวเตอร์จำนวนมากๆ ซึ่งใช้พลังงานได้ดีเยี่ยมและใช้พลังงานน้อย [11]

2) กลยุทธ์การประหยัดพลังงานในการควบคุมอุณหภูมิของฮาร์ดแวร์ กลยุทธ์การประหยัดพลังงานในการควบคุมอุณหภูมิฮาร์ดแวร์มีสองด้าน หนึ่งคือการออแบบฮาร์ดแวร์ให้ประหยัดพลังงาน และ ระบบหล่อเย็น อีกอย่างก็คือกลไกการควบคุมอุณหภูมิอัจฉริยะสำหรับการ

ประมวลผล อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลเพื่อลดการบริโภคที่เพิ่มขึ้นเพราะปัญหาของการช็อกเพราะอุณหภูมิ สำหรับกลยุทธ์ในอดีต นักวิชาการบางคนดำเนินการวิจัยอย่างกว้างขวาง เช่น ระบบเซิร์บเวอร์แบบ Blade, Solid State Disk (SSD) เทคโนโลยีของอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล IBM's “electron spin” ซึ่งเป็นเพียงงานวิจัยชิ้นเล็กๆ สำหรับการประหยัดพลังงาน ในความเป็นจริง เมื่อโปรแกรมประยุกต์บนของงานและลักษณะการดำเนินงานเปลี่ยนแปลง ประมวลผลและฮาร์ดแวร์อื่นๆ อาจจะเกิดการช็อคเพราะอุณหภูมิ ดังนั้นการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นปัญหาจากการผลิต เริ่มต้นจากกลไกการควบคุมอุณหภูมิก็จำเป็นที่จะติดตั้งเซ็นเซอร์ความร้อนรอบฮาร์ดแวร์สำหรับการตรวจสอบและการระบายความร้อนอัจฉริยะแบบพลวัตขึ้นอยู่กับผลการตรวจสอบ

B. กลยุทธ์การประหยัดพลังงานของซอฟแวร์คลาวด์คอมพิวติ้ง

1) กลยุทธ์การประหยัดพลังงานของเทคโนโลยีการคอมพลายด์ หนึ่งคือส่วนที่สำคัญที่สุดของการออกแบบคอมไพเลอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการออกแบบคอมไพเลอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพคอมไพเลอร์ขั้นสูงสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของคอมไพเลอร์และลดการใช้พลังงาน รวบรวมการวิจัยเทคโนโลยีไม่เพียงแต่การเพิ่มประสิทธิภาพเท่านั้น แต่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้ได้ด้วย แต่ยังมีการวิเคราะห์พฤติกรรมของโปรแกรมประยุกต์ใช้ในขั้นต่ำของระบบการใช้พลังงานหรือการดำเนินการประมวลผล Zhao Rongcai ผลักดันรูปแบบและวิธีการ ซึ่งสามารถลดความถี่ในการดำเนินการเพื่อลดการใช้พลังงานในโครงสร้างระบบมัลติเธรด ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ [12]

2) กลยุทธ์การประหยัดพลังงานของการประยุกต์ใช้ซอฟแวร์ เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพลังงานซอฟแวร์มุ่งเน้นไปที่ระดับโครงสร้างโปรแกรม เทคโนโลยีที่หลายคนจะมีความสัมพันธ์มายาวนานเช่นการเพิ่มประสิทธิภาพโครงสร้างวงจรเป็นต้นซึ่งได้รับการตระหนักในการรวบรวมและประสบความสำเร็จในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานมีผลดี การใช้อัลกอริทึมที่มีอยู่บางส่วนเช่นการปรับปรุงโครงสร้างข้อมูลบีบอัดข้อมูลพื้นที่จัดเก็บลดการคำนวณซ้ำขั้นตอนวิธีการและความซ้ำซ้อนของอัลกอริทึ่ม ฯลฯ มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระดับขั้นตอนวิธีการที่สามารถลดความซับซ้อนของพื้นที่และความซับซ้อนของเวลาของขั้นตอนวิธีการที่จะลดการใช้พลังงานของซอฟแวร์

3) กลยุทธ์การประหยัดพลังงานของซอฟแวร์ระบบ มีสามด้านได้แก่ การจัดการการใช้พลังงานแบบพลวัตของระบบปฏิบัติการ การตั้งเวลาพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพระหว่างนิวเคลียร์และอุปกรณ์การจัดการทรัพยากร การจัดการการใช้พลังงานแบบพลวัตหมายความว่า ระบบปฏิบัติการที่ควบคุมระบบการใช้พลังงานต่อหน่วยแบบพลวัตให้สอดคล้องกับระบบ ซึ่งสามารถใช้

ให้เต็มไปคุณสมบัติการประหยัดพลังงานของฮาร์ดแวร์ที่ใช้พลังงานต่ำ งานวิจัยชิ้นนี้รวมถึงกลยุทธ์การจัดสรรหน่วยความจำขึ้นอยู่กับการรับรู้การใช้พลังงาน และกลไกการปรับแบบพลวัตตามรูปแบบการรับรู้ภาระของการใช้พลังงานชิปหน่วยความจำ [13] การจัดตารางการประหยัดพลังงานนิวเคลียร์ระหว่างกลยุทธ์การตั้งเวลาหมายถึงการประหยัดพลังงานในระบบ polynuclear Wang Jing วิเคราะห์กลยุทธ์การตั้งเวลาเธรดและกลไกการจัดหมวดหมู่ทรัพยากรสำหรับการลดการช่วงชิงทรัพยากรและพูดคุยถึงทิศทางการวิจัยในอนาคตของการพัฒนา [14] กลไกการจัดการสำหรับการแบ่งทรัพยากรแบบไดนามิกและการรวมกันของขนาดตัวแปรสามารถสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับแต่ละงานคอมพิวเตอร์ของแต่ละบุคคล

C) กลยุทธ์การประหยัดพลังงานของระบบจัดการเครื่องเสมือน ดูจากด้านการจัดการการใช้พลังงานอิแนเตอร์เฟซการสนับสนุนกรอบการใช้พลังงานและการจัดการเดสก์ทอประดับเครื่องเสมือนการประหยัดพลังงานและอื่นๆ

Stoess เสนอกรอบการทำงานสำหรับการจัดการการใช้พลังงานในเซิร์ฟเวอร์เสมือนจริงและให้สถิติทรัพยากรและกลไกการจัดสรรส่วนหนึ่งของการใช้พลังงานและการรับรู้การใช้พลังงาน [15]

นอกจากนี้รูปแบบการทำงานร่วมกันของการจัดการพลังงานและกลยุทธ์การตั้งเวลาในหมู่งานระบบปฏิบัติการผู้จัดการเครื่องเสมือนและการประยุกต์ใช้บนฮาร์ดแวร์สามารถศึกษากลยุทธ์การประหยัดพลังงานกรีนคลาวด์คอมพิวติ้ง

Ye Kejiang แนะนำสี่ด้านดังนี้ การวัดการใช้พลังงาน การใช้พลังงานการสร้างแบบจำลอง การจัดการการใช้พลังงานและกลไกการก่อให้เกิดการใช้พลังงานการจัดการขั้นตอนวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจำลองการจัดการการใช้พลังงานของคลาวด์คอมพิวติ้ง นอกจากนี้เขาผลักดันรูปแบบการใช้พลังงานของทั้งสองเทคโนโลยีที่สำคัญ

D) กลยุทธ์การประหยัดพลังงานของสภาพแวดล้อมเครือข่าย

คลาวด์คอมพิวติ้งอยู่บนพื้นฐานของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ อ้างว่ากลยุทธ์การประหยัดพลังงานในสภาพแวดล้อมเครือข่ายจะได้รับผลลัพธ์ที่ยอดเยี่ยม ในปัจจุบันรวมกันของกรีนเทคโนโลยีที่มีตัวแทนเป็นสาขาวิจัยระหว่างประเทศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยทั่วไปโดยการปรับโครงสร้างทอพอโลยีเครือข่ายในด้านของโปรโตคอลเครือข่ายจำนวนมากของโปรโตคอลเครือข่ายและอัลกอริทึมไม่ตรงกับความต้องการของการประหยัดพลังงานแม้ปริมาณการใช้พลังงานมากขึ้น เช่น TCP retransmission mechanism, CSMA/CD and CSMA/CA ในเครือข่ายไร้สาย กลไกการประหยัดพลังงานนอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในเครือข่ายเซ็นเซอร์

ความร้อนของตัวประมวลผลดังกล่าวข้างต้นซึ่งสามารถหลีกเลี่ยงการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็นเพราะการตรวจสอบเครือข่ายเซ็นเซอร์ความร้อน

5. การประมวลผลครอบคลุมความคลุมเครื่อของกรีนคลาวด์คอมพิวติ้ง

A. การประเมินการจัดตั้งระบบดัชนี

การประเมินผลที่ครอบคลุมสำหรับระบบคลาวด์คอมพิวติ้งควรมีกระบวนการต่อไปนี้ การล้างความจำเป็นของการประเมินผลการเลือกดัชนีเชิงปริมาณการนำทฤษฎีการประเมินผลที่เหมาะสมและรูปแบบที่จะสะท้อนให้เห็นถึงอิทธิพลของแต่ละดัชนีและได้รับการประเมินผลที่ครอบคลุมดัชนีสีเขียวของระบบ ในวงจรชีวิตเต็มรูปแบบของคลาวคอมพิวติ้งแพลตฟอร์มมีจำนวนมากดังนั้นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกรีนคอมพิวติ้ง มันเป็นเรื่องยากมากในการสรุปปัจจัยทั้งหมดและเชิงปริมาณ นอกจากนี้คลาวด์คอมพิวติ้งแพลตฟอร์มที่แตกต่างกันมีเป้าหมายที่แตกต่างกันบางคนมุ่งเน้นไปที่ความสามารถในการจัดเก็บและบางส่วนจะมุ่งเน้นไปที่พลังงานของการใช้คอมพิวเตอร์หรือแบนด์วิดธ์ของเครือข่าย ดังนั้นระบบการประเมินดัชนีของคลาวด์คอมพิวติ้งแพลตฟอร์มควรได้รับการจัดตั้งขึ้นเพื่ออธิบายลักษณะของการประหยัดพลังงาน ขึ้นอยู่กับการอ้างอิงของเกณฑ์การประเมินบทความนี้ [16] สรุปห้าประเภทของดัชนีทรัพย์สินของกรีนคอมพิวติ้งที่แสดงในภาพที่ 2.12

Attribute	First Index	Second Index
Ability attribute class	Basic ability index	Computing capacity
		Storage capacity
		Communications capacity
		Virtualization permeability
		Service provides the ability (relative index)
		Standard cabinet number(600*800*2000)
	Platform safe reliability index	Security mechanism
		UPS redundancy
		Power redundancy
		Mean Time Between Failure(MTBF)
	Platform environmental index	Temperature
		Relative humidity
Green attribute class	Platform basic attribute index	Total area
		Total volume of IT facilities
	Platform environment damage index	Total amount of hazardous substances
		Carbon dioxide emissions per hour
		Water consumption per hour
		Other emissions per hour
	Platform power index	Total power consumption
		Computing facilities consumption
		Air conditioning facilities consumption
	Platform economic indicators	System cost
		Operating cost per hour
		Recyclability
		Anticipated Surviving time

ภาพที่ 2.12 ประเภทดัชนีทรัพย์สินของกรีนคอมพิวติ้ง

ที่มา: Lin Gong, Jian Xie, Xiaolan Li and Bo Deng (2013, น.486)

คุณลักษณะระดับความสามารถสามดัชนีระดับแรก:

1) ดัชนีความสามารถพื้นฐาน: กำลังการผลิตรวมทั้งการคำนวณความจุความจุการสื่อสาร ความสามารถในการให้บริการ (ดัชนีร่วมกันพิจารณาการจัดอันดับเมื่อประเมิน)

2) ดัชนีความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือ : รวมทั้งกลไกการรักษาความปลอดภัยระบบสำรองพลังงาน เวลาเฉลี่ยที่ระบบไม่สามารถใช้งานได้

3) ดัชนีสภาพแวดล้อมของแพลตฟอร์ม : อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์

คุณลักษณะของดัชนีสีเขียวสี่ระดับแรก

(1 คุณลักษณะของดัชนีแพลตฟอร์มพื้นฐาน คือ พื้นที่รวม ปริมาณรวมของสิ่งอำนวยความสะดวกทางด้านไอที

(2 ดัชนีการสร้างความเสียหายต่อสภาพแวดล้อมของแพลตฟอร์ม คือ จำนวนของสารที่เป็นอันตราย อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อชั่วโมง อัตราการใช้น้ำต่อชั่วโมง อัตราปล่อยก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ต่อชั่วโมง

(3 ดัชนีการใช้พลังงานของแพลตฟอร์ม คือ การใช้พลังงานรวมการคำนวณปริมาณการใช้สิ่งอำนวยความสะดวก, การใช้เครื่องปรับอากาศ

(4 ดัชนีทางเศรษฐกิจของแพลตฟอร์ม คือ ค่าใช้จ่ายของระบบ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อชั่วโมง ,การรีไซเคิล, เวลาที่คาดว่าจะออนไลน์

B. การจัดตั้งรูปแบบการประเมินผล

คลาวด์คอมพิวติ้งแพลตฟอร์มสามารถอธิบายได้ด้วยดัชนีข้างต้นทั้งสองประเภท โดยทั่วไปดัชนีสีเขียวของแพลตฟอร์มคลาวด์คอมพิวติ้งควรจะคำนวณบนพื้นฐานของดัชนีดังกล่าวข้างต้น ในบทความนี้สองดัชนีมีการเสนอเพื่ออธิบายแพลตฟอร์ม

$$\text{Integrated Capacity index} = \sum_{\text{Capacity index}} \text{Weight of Capacity index} \times \quad (1)$$

$$\text{Integrated Green Index} = \sum [\ \text{Class Weight of Green Index} \times \sum (\text{Weight of Green Index} \times \text{Green Index})\ ] \quad (2)$$

ดัชนีเขียวของคลาวด์คอมพิวติ้งแพลตฟอร์มสามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้:

$$\text{Green index of Computing System} = \text{Integrated Green index} * \frac{}{\text{Integrated Capacity index}} \quad (3)$$

(1 กระบวนการประเมินผลและวิธีการตามความต้องการของการประเมินผลการจัดทำดัชนีความสามารถที่เหมาะสมและดัชนีสีเขียวที่เกี่ยวข้องกับการได้รับการคัดเลือก การใช้วิธีการที่เหมาะสมผลลัพธ์ของทุกดัชนีจะถูกกำหนดแล้วใช้วิธีการประเมินผลคลุมเครือ (Fuzzy) เมทริกซ์การประเมินผลคลุมเครือที่จะจัดตั้งขึ้น หลังจากที่ดัชนีค่าปกติของหน่วยที่แตกต่างกันที่ดัชนีความสามารถในการรวมและดัชนีสีเขียวแบบบูรณาการสามารถคำนวณได้ สุดท้ายที่ดัชนีสีเขียวของทุกคลาวด์คอมพิวติ้งแพลตฟอร์มจะได้รับการจัดอันดับและส่วนที่เป็นสีเขียวจะได้รับการยืนยัน

2) ตรวจสอบการจัดทำดัชนีและผลลัพธ์ดัชนี:ก่อนที่ดัชนีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถและดัชนีสีเขียวที่เกี่ยวข้องกับการได้รับการคัดเลือก ดัชนีเหล่านี้เป็นดัชนีชุด U ซึ่งรวมถึงM ชุดซับเซ็ต

$$U = \{u_1, u_2, \cdots, u_m\}$$

Suppose every sub set $u_i (i = 1,2,\cdots,m)$ has n indexes:

$$u_i = \{u_{i1}, u_{i2}, \cdots, u_{in}\}$$

$u_{ij} (i = 1,2,\cdots,m)(j = 1,2,\cdots,n)$ is the sub index j in the sub set i, and $\bigcup_{i=1}^{m} u_i = U$.

ผลลัพธ์รวมผลลัพธ์ของดัชนีและผลลัพธ์ของระดับดัชนี ผลลัพธ์ของดัชนี

$$\tilde{\mathbf{A}} = [a_1 \quad a_2 \quad \cdots \quad a_m]$$

$a_i (i = 1,2,\cdots,m)$ is the weight of sub set u_i.

ผลลัพธ์ตั้งของดัชนีรวมถึงผลลัพธ์ของดัชนีในทุกชุดซับเซ็ต สมมติ $a_{ij} (i = 1,2,\cdots,m)(j = 1,2,\cdots,n)$ เป็นผลลัพธ์ของ u_{ij} ผลลัพธ์ของเซ็ตดัชนี A คือ

$$\tilde{\mathbf{A}}_i = [a_{i1} \quad a_{i2} \quad \cdots \quad a_{in}] \qquad (i = 1,2,\cdots,m)$$

กระบวนการวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP) ถูกนำมาใช้ในการคำนวณผลลัพธ์ของดัชนีเพื่อสร้างเมทริกซ์ตัดสินและกำหนดระดับความสำคัญของดัชนี สำหรับการตั้งค่าผลลัพธ์ดัชนีระดับหนึ่งสูตรการคำนวณเป็นดังนี้

$$a_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^{m} \frac{s_{ik}}{\sum_{l=1}^{m} s_{lk}} \qquad (i = 1,2,\cdots,m) \qquad (4)$$

Sa คือความสำคัญของดัชนี i เพื่อดัชนี k

1) การประเมินผลที่ครอบคลุมความคลุมเครือ : หลังจากที่ดัชนีและผลลัพธ์ได้รับการยืนยันการประเมินผลชุดของคลาวด์คอมพิวติ้งแพลตฟอร์ม $X = \{x_1, x_2, \cdots, x_s\}$ เป็นที่ยอมรับในส่วนนี้วิธีการคลุมเครือจะใช้สองระดับ ในระดับแรกการประเมินคลุมเครือจะถูกคำนวน เมทริกซ์การประเมินดัชนีเดียว ระดับที่หนึ่งของการประเมินคลุมเครือคือ

$$\widetilde{\mathbf{R}}_i = \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & \cdots & r_{i1s} \\ r_{i21} & r_{i22} & \cdots & r_{i2s} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{in1} & r_{in2} & \cdots & r_{ins} \end{bmatrix} \qquad (i = 1,2,\cdots,m)$$

$r_{ijk}\,(i = 1,2,\cdots,m;\ j = 1,2,\cdots,n;\ k = 1,2,\cdots,s)$ เป็นสมาชิกของดัชนี uij (ดัชนี j เป็นดัชนีชั้น i) ในปัจจัยของ k

การประเมินผลคลุมเครือแบบบูรณาการชุดของดัชนีชั้น I

$$\widetilde{\mathbf{B}}_i = \widetilde{\mathbf{A}}_i \circ \widetilde{\mathbf{R}}_i = (b_{i1}, b_{i2}, \cdots, b_{is})$$

การประเมินผลคลุมเครือคือการรวมดัชนีที่สองในดัชนีชั้นแรก พิจารณาทุกชนิดของดัชนีชั้นแรกการประเมินผลคลุมเครือแบบบูรณาการของดัชนีชั้นแรกที่ควรจะคำนวณ นี่คือระดับชั้นที่สองของการประเมินผลคลุมเครือแบบบูรณาการระดับที่สอง เมทริกซ์การประเมินผลคลุมเครือแบบบูรณาการคือ

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} \tilde{B}_1 \\ \tilde{B}_2 \\ \vdots \\ \tilde{B}_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{A}_1 \cdot \tilde{\mathrm{R}}_1 \\ \tilde{A}_2 \cdot \tilde{\mathrm{R}}_2 \\ \vdots \\ \tilde{A}_m \cdot \tilde{\mathrm{R}}_m \end{bmatrix} = (r_{ik})_{m \times s}$$

$$r_{ik} = b_{ik}\,(i = 1,2,\cdots,m; k = 1,2,\cdots,s)$$

ระดับชั้นที่สองของการประเมินผลคลุมเครือ คือ

$$\tilde{B} = \tilde{A} \cdot \tilde{\mathrm{R}} = (b_1, b_2, \cdots, b_s)\,.$$

$$b_j = \sum_{i=1}^{n} a_{ij} r_{ij} \qquad (j = 1,2,\cdots,m) \qquad (5)$$

เพราะของทุกหน่วยดัชนีจะแตกต่างกันค่าดัชนีที่ควรจะปกติ ดัชนีสามารถจำแนกชนิดจำนวนมากเช่นผลประโยชน์ที่มุ่งเน้นค่าใช้จ่ายที่มุ่งเน้นการอย่างต่อเนื่องที่มุ่งเน้นและอื่น ๆ [17] ดัชนีที่มุ่งเน้นประโยชน์ที่ใหญ่กว่าหมายถึงการที่ดีกว่า ดัชนีค่าใช้จ่ายที่มุ่งเน้นหมายความว่าขนาดเล็กที่ดีกว่า

1) *Benefits-oriented index:*

$$r_{ij} = \frac{z_{ij} - \min_i(z_{ij})}{\max_i(z_{ij}) - \min_i(z_{ij})}, i \in N, j \in J_1 \quad (6)$$

2) *Cost-oriented index:*

$$r_{ij} = \frac{\max_i(z_{ij}) - z_{ij}}{\max_i(z_{ij}) - \min_i(z_{ij})}, i \in N, j \in J_2 \quad (7)$$

3) *Constant-oriented index: (closer to α_i, the better)*

$$r_{ij} = 1 - \frac{z_{ij} - \alpha_j}{\max_i \left| z_{ij} - \alpha_j \right|}, \ i \in N, j \in J_3 \quad (8)$$

z_{ij} is value of index.

VI. ตัวอย่าง

ผ่านวิธีการประเมินผลดังกล่าวข้างต้นบทความนี้เลือกที่สามแพลตฟอร์มของคลาวด์คอมพิวติ้งมาใช้ในการประเมิน ตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงพารามิเตอร์บางส่วนจะถูกเลือกสำหรับการประเมินผลพารามิเตอร์ที่แสดงในภาพที่ 2.13

Second Index	Units	P_A	P_B	P_C
Computing capacity	MIPS	12M	20M	22M
Storage capacity	Byte	1024T	1024T	768T
Communications capacity	Byte	20G	15G	10G
UPS redundancy	Hour	0.5	1	0.5
Power redundancy	Route	double	double	double
MTBF	Hour	250,000	200,000	300,000
Total area	M^2	450	500	300
Total volume of IT facilities	M^3	250	400	275
Total amount of hazardous substances	Kg	2.8	2.3	2.4
Carbon dioxide emissions per hour	Kg	130	145	150
Water consumption per hour	Kg	0	0	0
Other emissions per hour	Kg(Convert to carbon emissions)	60	55	50
Total power consumption	KW	300	250	200
Computing facilities consumption	KW	90	80	70
System cost	Million	120	200	180
Operating cost per hour	Million	30	50	35
Anticipated Surviving time	Year	15	12	10

ภาพที่ 2.13 แสดงค่าพารามิเตอร์ของสามแพลตฟอร์ม

ที่มา: Lin Gong, Jian Xie, Xiaolan Li and Bo Deng (2013, น.487)

เซ็ตของดัชนีคุณลักษณะความสามารถ

$$\tilde{A}_1 = [0.75 \quad 0.25]$$

เซ็ตของดัชนีความสามารถคุณลักษณะที่เกี่ยวข้อง

$$\tilde{A}_{11} = [0.4 \quad 0.4 \quad 0.2]$$
$$\tilde{A}_{12} = [0.2 \quad 0.2 \quad 0.6]$$

เซ็ตของดัชนีสีเขียว

$$\tilde{A}_2 = [0.1 \quad 0.3 \quad 0.4 \quad 0.2]$$

เซ็ตของดัชนีสีเขียวที่เกี่ยวข้อง

$$\tilde{A}_{21} = [0.4 \quad 0.6]$$
$$\tilde{A}_{22} = [0.3 \quad 0.2 \quad 0.2 \quad 0.3]$$
$$\tilde{A}_{23} = [0.5 \quad 0.5]$$
$$\tilde{A}_{24} = [0.4 \quad 0.3 \quad 0.3]$$

$$\tilde{R}_{11} = \begin{bmatrix} 12\text{M} & 20M & 22M \\ 1024T & 1024T & 768T \\ 20G & 15G & 10G \end{bmatrix}$$
$$\tilde{R}_{12} = \begin{bmatrix} 0.5 & 1 & 0.5 \\ 1 & 1 & 1 \\ 250000 & 200000 & 300000 \end{bmatrix}$$

หลังจากควบคุม เมตริกซ์คือ

$$\tilde{R}'_{11} = \begin{bmatrix} 0.55 & 0.91 & 1 \\ 1 & 1 & 0.75 \\ 1 & 0.75 & 0.5 \end{bmatrix}, \tilde{R}'_{12} = \begin{bmatrix} 0.5 & 1 & 0.5 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0.83 & 0.67 & 1 \end{bmatrix}$$

ดังนั้น

$$\tilde{B}_{11} = \tilde{A}_{11} \cdot \tilde{R}'_{11} = (0.82 \quad 0.914 \quad 0.8)$$
$$\tilde{B}_{12} = \tilde{A}_{12} \cdot \tilde{R}'_{12} = (0.798 \quad 0.602 \quad 0.9)$$

ปัจจัยที่สามารถบูรณาการ

$$\tilde{B}_1 = \tilde{A}_1 \cdot \tilde{R}'_1 = (0.8145 \quad 0.836 \quad 0.825)$$

$$\tilde{R}_{21}=\begin{bmatrix}450 & 500 & 300\\ 250 & 400 & 275\end{bmatrix}\ \tilde{R}_{22}=\begin{bmatrix}2.8 & 2.3 & 2.4\\ 130 & 145 & 150\\ 0 & 0 & 0\\ 60 & 55 & 50\end{bmatrix}$$

$$\tilde{R}_{23}=\begin{bmatrix}300 & 250 & 200\\ 90 & 80 & 70\end{bmatrix}$$

$$\tilde{R}_{24}=\begin{bmatrix}12000 & 20000 & 18000\\ 3000 & 5000 & 3500\\ 15 & 12 & 10\end{bmatrix}$$

$$\tilde{R}'_{21}=\begin{bmatrix}0.67 & 0.6 & 1\\ 1 & 0.63 & 0.91\end{bmatrix}\ \tilde{R}'_{22}=\begin{bmatrix}0.82 & 1 & 0.96\\ 1 & 0.90 & 0.87\\ 1 & 1 & 1\\ 0.83 & 0.91 & 1\end{bmatrix}$$

$$\tilde{R}'_{23}=\begin{bmatrix}0.67 & 0.8 & 1\\ 0.78 & 0.88 & 1\end{bmatrix}\ \tilde{R}'_{24}=\begin{bmatrix}1 & 0.6 & 0.67\\ 1 & 0.6 & 0.86\\ 0.67 & 0.83 & 1\end{bmatrix}$$

$$\tilde{B}_{21}=\tilde{A}_{21}\cdot\tilde{R}'_{21}=(0.868\quad 0.618\quad 0.946)$$

$$\tilde{B}_{22}=\tilde{A}_{22}\cdot\tilde{R}'_{22}=(0.895\quad 0.953\quad 0.962)$$

$$\tilde{B}_{23}=\tilde{A}_{23}\cdot\tilde{R}'_{23}=(0.725\quad 0.84\quad 1)$$

$$\tilde{B}_{24}=\tilde{A}_{24}\cdot\tilde{R}'_{24}=(0.901\quad 0.669\quad 0.826)$$

$$\tilde{B}_{2}=\tilde{A}_{2}\cdot\tilde{R}'_{2}=(0.8255\quad 0.8175\quad 0.9484)$$

$$\tilde{B}_{1}=\tilde{A}_{1}\cdot\tilde{R}'_{1}=(0.8145\quad 0.836\quad 0.825)$$

สุดท้าย คำนวนดัชนีสีเขียวของทั้งสามแพลตฟอร์ม $C=(0.672\quad 0.683\quad 0.782)$

ดังนั้นตำแหน่งของสามแพลตฟอร์มIของการคำนวณเป็นดังนี้

P_C>P_B>P_A.

ในการสร้างแบบจำลองที่เกิดขึ้นจริงและการคำนวณค่าพารามิเตอร์การประเมินผลเพิ่มเติมสามารถเลือกที่จะได้รับเพิ่มเติมครอบคลุมการประเมินผลคลาวด์คอมพิวติ้งแพลตฟอร์ม

6. สรุป

บทความนี้นำเสนอสามความคิดการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนากรีนคลาวด์คอมพิวติ้ง จากนั้นกลยุทธ์สี่ด้านของการประหยัดพลังงานสำหรับคลาวด์คอมพิวติ้งแพลตฟอร์มจะนำเสนอการออกแบบฮาร์ดแวร์เทคโนโลยีซอฟต์แวร์ระบบจัดการเครื่องเสมือนและระบบเครือข่ายวิธีการและรูปแบบของการประเมินผลแพลตฟอร์มกรีนคลาวด์คอมพิวติ้งรวมทั้งดัชนีลักษณะสีเขียวและความสามารถในการจัดทำลักษณะดัชนี สุดท้ายตัวอย่างที่มีการคำนวณเพื่อตรวจสอบวิธีการและรูปแบบ โดยรวม, งานวิจัยนี้ได้นำเสนอความคิดใหม่ของการประเมินผลของกรีนคลาวด์คอมพิวติ้งแพลตฟอร์ม ในขั้นตอนต่อไปของระบบการประเมินดัชนีแพลตฟอร์มคลาวด์คอมพิวติ้งจะมีการศึกษาเพื่อให้บรรลุการประเมินผลและการปรับปรุงแพลตฟอร์มกรีนคลาวด์คอมพิวติ้ง

2.2.2 Energy Saving Approaches for Green Cloud Computing A Review – แนวทางการประหยัดพลังงานสำหรับ Green Cloud Computing

Cloud Computing คือ เทคโนโลยีที่เกิดขึ้นมาอย่างรวดเร็ว และถูกใช้มากขึ้นในบริษัท IT เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายและความสะดวกสำหรับผู้ใช้ แต่เนื่องจากว่า ปัจจุบันต้องการสภาพแวดล้อมที่เป็นมิตร (เพื่อโลกสีเขียว) ดังนั้น Green Cloud Computing จึงเป็นที่ต้องการสำหรับโลกในปัจจุบันนี้ เอกสารนี้พยายามจัดสร้างโดยนักวิจัยที่ทำการวิจัยเพื่อให้ Cloud Computing ใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยวีการต่างๆและยังแสดงให้เห็นถึงแนวคิดการใช้ระบบเสมือน (Virtualization) และยังแสดงถึงการตั้งค่าการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์แบบเสมือน (Virtual Machine : VM) และการย้ายคอมพิวเตอร์แบบปกติไปเป็นคอมพิวเตอร์แบบเสมือน (Migration) เพื่อแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

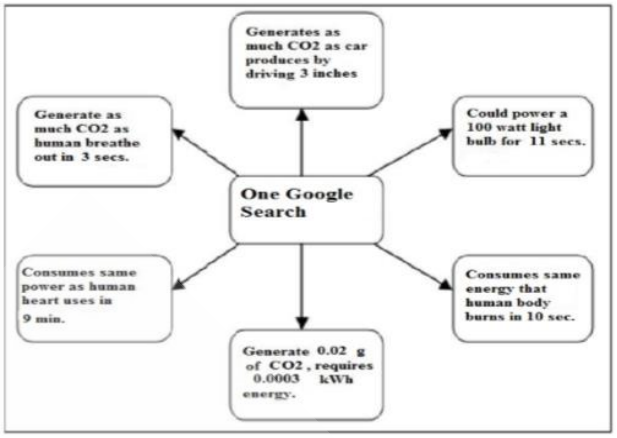
1. บทนำ

Cloud Computing การเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นใหม่ที่นิยมมากที่สุดในโลกปัจจุบัน เป็นกระบวนการใหม่และมีแนวโน้มที่จะมาพร้อมกับประโยชน์ต่างๆ Cloud Computing ให้บริการ Software การเข้าถึงข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล Computer ผ่านระบบ Internet และอำนวยประโยชน์ให้กับลูกค้าโดยการเช่าทรัพยากรแบบจ่ายเงินเท่าไหร่ได้เท่านั้น ลูกค้าจะจ่ายเงินเท่ากับที่พวกเขาใช้เท่านั้น ประโยชน์หลักของ Cloud Computing คือ การที่ผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานคอมพิวเตอร์และบริการจัดเก็บข้อมูลเท่าที่พวกเขาต้องการและไม่ต้องลงทุนมากในโครงสร้างพื้นฐานของระบบคอมพิวเตอร์ (Computer Infrastructure)

แต่เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความต้องการของลูกค้าสำหรับการใช้บริการคอมพิวเตอร์บน Cloud Computing ส่งเสริมให้ผู้ให้บริการ (Service Provider) เช่น Google Microsoft, Yahoo หรืออื่นๆ จะต้องปรับการใช้พลังงานให้มากขึ้นสำหรับการทำงานของ Data Center เหล่านี้ ซึ่งพลังงานจำนวนมากที่ Data Center ต้องการ เช่น สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ (Physical Computer) จอแสดงผล อุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ พัดลมทำความเย็นของหน่วยประมวลผล (CPU) ระบบแสงและระบายความร้อน ทำให้การใช้พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมเหล่านี้เพิ่มมากขึ้น การใช้พลังงานของ Data Center ในปี 2012 อยู่ที่ประมาณ 38 Giga Watt (GW) ซึ่งมากกว่าปี 2011 63% ซึ่งพลังงานทั้งหมดนี้เพียงพอสำหรับทุกบ้านที่อยู่ในสหราชอาณาจักร

ตามรายงานของ McKinsey ค่าใช้พลังงานของ Data Center ในปี 2011 อยู่ที่ 11.5 พันล้านดอลล่าห์ และจะเพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณทุกๆ ห้าปี ความจริงที่ว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น 76% ตั้งแต่ปี 2007 ถึงปี 2030 และ Data Center เหล่านี้เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้การใช้พลังงานเพิ่มขึ้น และเพื่อเป็นการเน้นการลดใช้พลังงานในระบบ Cloud Computing ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานจึงเป็นสิ่งสำคัญในระบบ Cloud Computing นอกจากนี้สภาพแวดล้อมยังเป็นอันตรายเนื่องจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดซ์ออกไซด์จากอุตสาหกรรมไอที จึงมีความสำคัญที่จะต้องใช้ระบบที่เป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อมที่เรียกว่า "Green Cloud Computing"

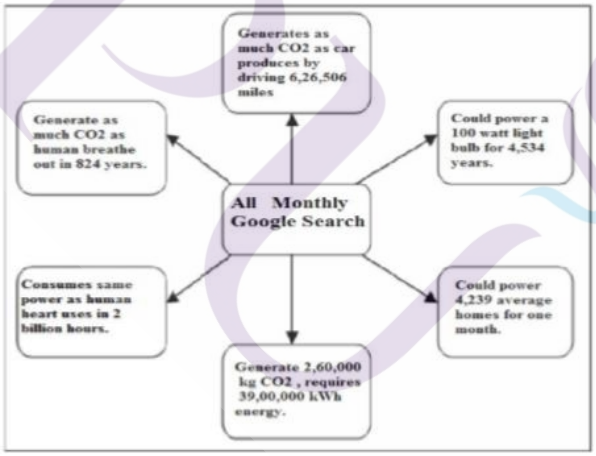
Green Computing คือ ระบบคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบมาเพื่อความยั่งยืน มันหมายถึงความพยายามที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้การใช้พลังงาน การประหยัดพลังงานและลดค่าใช้จ่ายและการปล่อยก๊าซ CO วัตถุประสงค์หลักของ 2 Green Computing คือ การตรวจสอบระบบคอมพิวเตอร์ที่เกิดขึ้นใหม่ รูปแบบของคอมพิวเตอร์ การใช้งานที่มีต้นทุนและใช้พลังงานต่ำและส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนของเศรษฐกิจและสังคม ปริมาณการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ Google ค้นหาข้อมูลหนึ่งครั้ง จะถูกแสดงในภาพ



ภาพที่ 2.14 พลังงานที่ใช้เมื่อใช้ Google Search หนึ่งครั้ง

ที่มา: Bharti Wadhwa and Amandeep Verma. (2014, น.2)

และปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการใช้พลังงานในหนึ่งเดือน จะแสดงในด้านล่าง



ภาพที่ 2.15 พลังงานที่ใช้ของ Google Search ต่อเดือน

ที่มา: Bharti Wadhwa and Amandeep Verma. (2014, น. 2)

จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณมากที่ถูกปล่อยออกมาทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกมากขึ้น ซึ่งเป็นสัญญาณเตือนให้ต้องจัดทำอุตสาหกรรมไอทีเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น มีความจำเป็นที่จะดำเนินการอย่างรวดเร็วเพื่อลดนี้ปริมาณของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ในกลุ่มของนักวิจัยได้มีการจัดให้มีการวิจัย Software และ Hardware เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น การทำงานแบบกลุ่มเมฆ หรือบาง Software เสนอให้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์แบบเสมือนบนการทำงานแบบกลุ่มเมฆ (Virtualization in the Cloud)

การทำงานแบบเสมือน (Virtualization) สามารถนำมาใช้เพื่อการแยกทรัพยากรที่ดีขึ้น ลดการใช้พลังงานและโครงสร้างพื้นฐานผ่านการรวมทรัพยากรและการย้ายเครื่องคอมพิวเตอร์จากปกติเป็นการทำงานแบบเสมือนจะกล่าวถึงในบทต่อไป

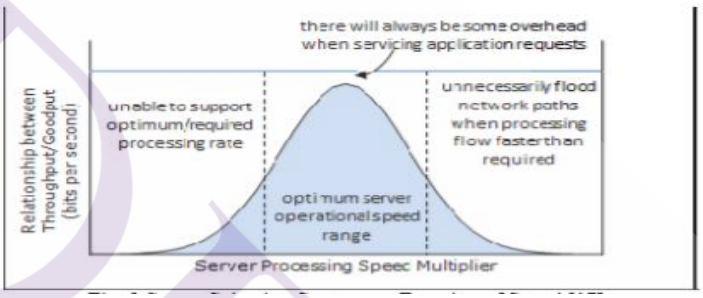
2. กลยุทธการประหยัดพลังงาน (ENERGY SAVING STRATEGIES)

การใช้พลังงานและประสิทธิภาพการทำงานของระบบขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เทคนิคง่ายๆ ให้การจัดการพลังงานขั้นพื้นฐานสำหรับเซิร์ฟเวอร์ในสภาพแวดล้อมคลาวด์คือ เปิดและปิดเซิร์ฟเวอร์ หรือการสั่ง Sleep เทคนิคอื่นๆ เพื่อการประหยัดพลังงานรวมถึงการใช้แรงดันไฟฟ้าหรือความถี่ของสัญญาณนาฬิกาแบบไดนามิก)DVFS) และการใช้เทคนิคการทำงานแบบเสมือนสำหรับการใช้ทรัพยากรที่ดีขึ้น นักวิจัยต่างๆ ได้ใส่ความพยายามมากมายที่จะช่วยลดการใช้พลังงานในCloud และ Data Center

การคำนวณการใช้พลังงานโดยพิจารณางานต่อหน่วย - มีการนำเสนอรูปแบบการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องและวิธีการวิเคราะห์การใช้พลังงานเชิงประจักษ์ในการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดในสภาพแวดล้อม Cloud โดยอยู่บนพื้นฐานของงานที่แตกต่างกัน งานหนึ่งชิ้นได้รับการพิจารณาเป็นหน่วยและพลังงานที่ผลิตโดยงานที่อยู่ภายใต้การกำหนดค่าต่างๆ วัด เครื่องมือในการวิเคราะห์ได้นำรูปแบบการใช้พลังงานเป็น input และลักษณะการบริโภคพลังงานโดยงานแต่ละงานตามพารามิเตอร์เช่นจำนวนของขนาดของข้อมูลที่จะต้องประมวลผล ขนาดของข้อมูลที่ส่งและการกำหนดค่าระบบ ซึ่งช่วยในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานและงานที่ทำในสภาพแวดล้อม Cloud เช่นเดียวกับการกำหนดค่าระบบและประสิทธิภาพการทำงาน ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบความสัมพันธ์และการบริโภคพลังงานที่จะมีความสำคัญในการพัฒนากลไกที่มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน

การจัดตารางเวลาของปริมาณงาน - คือการกำหนดตารางภาระงานในเซิร์ฟเวอร์เลือกเป็นฟังก์ชั่นของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ซึ่งสามารถจัดทำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ โดยมุ่งเน้นที่จะให้เกิดการใช้ประโยชน์สูงสุดในลักษณะที่ประหยัดค่าใช้จ่ายที่มากที่สุด วิธีการที่ใช้คือทฤษฎีแถวคอยและความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการมาถึงของแพ็คเก็ต อัตราการใช้บริการและเวลาตอบสนองความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายพลังงาน และการใช้เซิร์ฟเวอร์ ซึ่งถูกใช้สำหรับการเลือกของเซิร์ฟเวอร์เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งข้อเสนอที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสามารถทำได้โดยการกำหนดค่าการรักษาเซิร์ฟเวอร์ที่เกี่ยวกับการใช้ที่จำเป็นสำหรับการจัดการภาระงานแนะนำ

การจัดสรรเซิร์ฟเวอร์ที่มีประสิทธิภาพ – คือขั้นตอนวิธีการสำหรับการจัดการทรัพยากรของเครือข่ายโดยการจัดสรรภาระงานเป็นหน้าที่ของปริมาณการจราจรการประยุกต์ใช้ความเร็วของเซิร์ฟเวอร์ ในด้านของประสิทธิภาพก็ประสบความสำเร็จโดยการลดการสูญเสียแพ็คเก็ตและมีประสิทธิภาพการใช้กำลังการผลิตที่เหลือเซิร์ฟเวอร์ที่เกี่ยวกับรูปแบบการจราจร วิธีการนี้ได้รับการเสนอว่าโดยการเลือกเซิร์ฟเวอร์ซึ่งสามารถประมวลผลเวิร์กโหลดที่ความเร็วที่ตรงกับแพ็คเก็ตมาถึงอัตราการเพิ่มประสิทธิภาพสามารถทำได้ มีจุดความเร็วในเซิร์ฟเวอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดที่จะประสบความสำเร็จที่ไม่สามารถประสบความสำเร็จด้วยความเร็วที่น้อยกว่าหรือมากกว่านั้น นี้จะปรากฏในรูปแบบของกราฟในภาพด้านล่าง



ภาพที่ 2.16 ค่าความเร็วที่เหมาะของเครื่องแม่ข่ายที่จะเลือกมาทำงาน

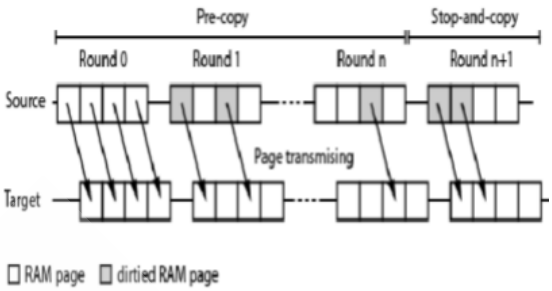
ที่มา: Bharti Wadhwa and Amandeep Verma. (2014,น.2)

3. การทำงานแบบเสมือนและการMigration

หนึ่งในเทคนิคที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในสภาพแวดล้อมการทำงานแบบ Cloud คือ การทำงานแบบเสมือน จะช่วยในการลดฮาร์ดแวร์และต้นทุนการดำเนินงานโดยแทบจะใช้ระบบปฏิบัติการหลายระบบปฏิบัติการในระบบเดียว Migration หมายถึงการเคลื่อนย้ายเครื่องเสมือนจากเซิร์ฟเวอร์ทางกายภาพหนึ่งไปยังอีกกายภาพหนึ่ง การย้ายเครื่องของเครื่องเสมือนจะพบว่ามีเทคนิคที่มีประโยชน์สำหรับการทำให้การใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเทคนิคที่สำคัญถูกนำมาใช้ในการโยกย้ายเครื่องเสมือน มี 3 ขั้นตอนคือ

1. ก่อนการคัดลอก
2. ก่อนการคัดลอกสิ้นสุด
3. หยุดและคัดลอก

การ Migration จะทำหลายรอบตามภาพด้านล่าง

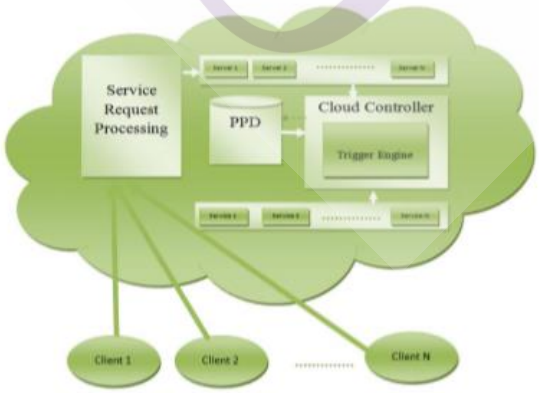


ภาพที่ 2.17 การทำ Paging Memory ของเครื่องแม่ข่ายระหว่างการทำไลฟ์ไมเกรชั่น

ที่มา: Bharti Wadhwa and Amandeep Verma. (2014, น.3)

การจัดสรรเครื่องเสมือน โดยใช้ DVFS และการระบายความร้อนที่ใช้งาน - อัลกอริทึมที่เสนอนี้มุ่งเน้นไปที่การลดการใช้พลังงานโดยการตั้งเวลาเครื่องเสมือนในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพตัวแปรหลักที่ได้รับการมุ่งเน้นเป็น DVFS และการระบายความร้อนที่ใช้งาน คุณสมบัติอื่นคือใช้การปิดเครื่องที่ไม่มีการใช้งานและย้ายงานที่ทำไปยังเครื่องอื่นโดยใช้กฎเกณฑ์เข้าช่วย โดยวิธีการจัดแบบนี้สามารถทำได้กับเครื่องเสมือนรูปแบบใดก็ได้ และยังสามารถทำกับ Data Center ที่แตกต่างกันได้ด้วย ซึ่งวิธีนี้จะได้ผลดีต่อเมื่อใช้ใน Data Center ที่แตกต่างกัน

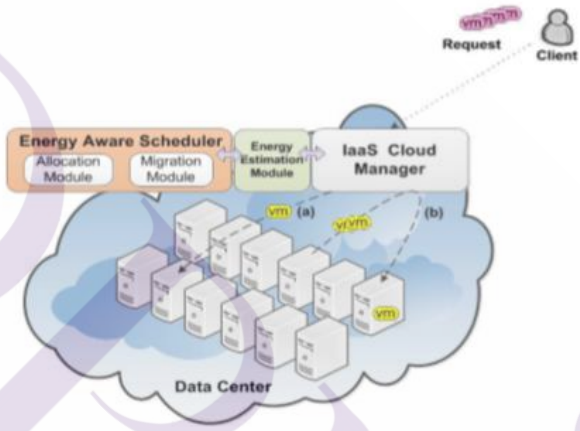
การ Migration โดยอัตโนมัติโดยใช้ข้อมูลก่อนการประมวลผล - วิธีการจัดเตรียมพลังงานก็ ซึ่งถือว่าประสิทธิภาพของการใช้พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญ โดยที่วิธีการนี้คือการทำการ Migration แบบอัตโนมัติโดยนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์และจัดสรรและให้ทรัพยากรก่อนการประมวลผล



ภาพที่ 2.18 สถาปัตยกรรมของกรีนคลาวด์คอมพิวติ้ง

ที่มา: Bharti Wadhwa and Amandeep Verma. (2014,น.3)

การรวมกันของการจัดสรรและการ Migration ของเครื่องเสมือน – วิธีการนี้มุ่งเน้นไปที่การตั้งเวลาที่จะทำงานเมื่อได้รับคำสั่ง เพื่อใช้พลังงานได้มีประโยชน์สูงสุด โดยเสนอสองวิธีการคือขั้นตอนการจัดสรรมาใช้ในการจัดสรรงาน และการ Migration เครื่องเสมือน โดยใช้การโยกย้ายที่น้อยและประหยัดพลังงานมากที่สุด วัตถุประสงค์ของขั้นตอนวิธีการจัดสรรคือเพื่อให้บรรลุการใช้พลังงานขั้นต่ำและจะใช้วิธีการปัญ Binary แพ็คเก็ต และมันก็เทียบกับขั้นตอนวิธีการที่ดีที่สุดพอดีด้วยการใช้วิธีการนี้การรวมขั้นตอนวิธีการจัดสรรด้วยวิธีการ Migration ในโปรแกรมจำนวนเต็มเชิงเส้นซึ่งใช้พลังงานเป็นจำนวนมากที่สามารถลดการใช้พลังงานลงไปได้มากขึ้นอยู่กับการโหลดระบบ

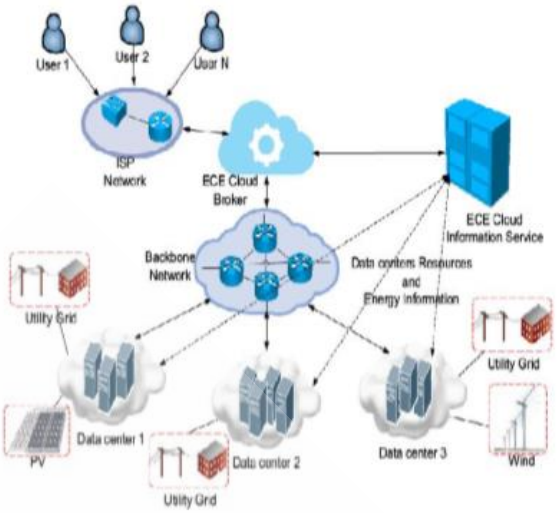


ภาพที่ 2.19 สถาปัตยกรรมของกรีนคลาวด์คอมพิวติ้ง

ที่มา: Bharti Wadhwa and Amandeep Verma. (2014, น.3)

การจัดสรรและการรวมโดยใช้ Ant Colony Optimization - เป็นการจัดการปัญหาโดยใช้ Ant Colony Optimization (ACO) จะใช้วิธีการรวมศูนย์ให้ข้อมูลขึ้นอยู่กับพฤติกรรมที่คาดหวังของผู้ใช้แต่ละคนคือคำขอของผู้ใช้แบบไดนามิกได้รับการพิจารณา จะใช้ ACO เพื่อลดการใช้พลังงานโดยให้จำนวนขั้นต่ำของเซิร์ฟเวอร์ที่ให้บริการอยู่

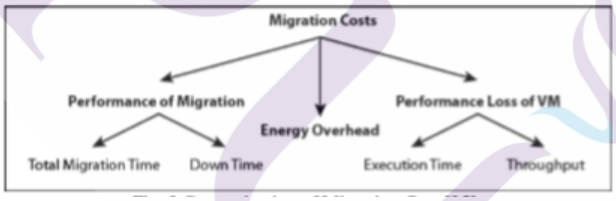
การจัดสรร VM มุ่งเน้นไปที่การใช้พลังงานและลดการปล่อย CO2 อย่างมีประสิทธิภาพ - เป็นการจัดการปัญหาโดยใช้การ Migration เครื่องเสมือนไปยัง Data Center ที่ใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพและปล่อย CO2 น้อยดังภาพ



ภาพที่ 2.20 การลดก๊าซคาร์บอนของศูนย์คอมพิวเตอร์

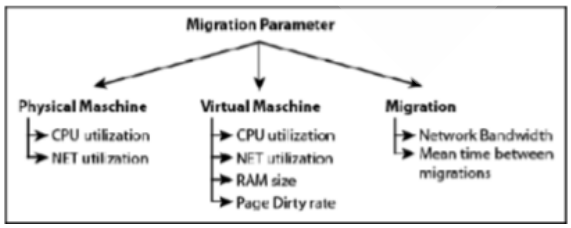
ที่มา: Bharti Wadhwa and Amandeep Verma. (2014, น.4)

ค่าใช้จ่ายของการ Migration - วิธีนี้คือการคำนวนโดยคิดจากค่าใช้จ่ายที่จะต้องใช้ในการ Migration โดยวิธีคิดค่าใช้จ่าย ตามภาพด้านล่าง



ภาพที่ 2.21 ค่าใช้จ่ายของการไมเกรชั่น

ที่มา: Bharti Wadhwa and Amandeep Verma. (2014, น.4)



ภาพที่ 2.22 ค่าพารามิเตอร์ของการไมเกรชั่น

ที่มา: Bharti Wadhwa and Amandeep Verma. (2014,น.4)

การพิจารณาจากการใช้พลังงานในการทำ Migration - วิธีการนี้ มุ่งเน้นไปที่การใช้พลังงานในกระบวนการโยกย้ายหลากหลายชนิดปริมาณงานโดยการทำศึกษาทดลองที่พบว่าการโยกย้ายสามารถก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานประมาณ 10% นอกจากนี้ในบางโปรแกรมการใช้พลังงานจะลดลงโดยการลดระยะเวลาของการ Migration ประเภทต่างๆ ของปริมาณงานที่มีความเหมาะสมสำหรับการ Migration และวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการ Migration

5. สรุปวิธีการต่างๆ

หลายวิธีที่นำเสนอโดยนักวิจัยต่างๆเพื่อให้บรรลุ Green Cloud Computing วิธีการกล่าวถึงในส่วนที่สองจะไม่ทำให้การใช้งานของผู้ใช้งานรู้สึกได้ ในส่วนที่สามได้ใช้เทคนิคการทำงานแบบเสมือนที่จะทำให้ระบบคลาวด์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ตารางด้านล่างคือบทสรุปของวิธีการทั้งหมดที่กล่าวข้างต้น วิธีการ พารามิเตอร์หลัก และเทคนิคพื้นฐานที่ใช้ รวมอยู่ในตารางด้านล่าง

ตารางที่ 2.2 งานวิจัยที่แสดงการลดการใช้พลังงานของคลาวด์คอมพิวติ้ง

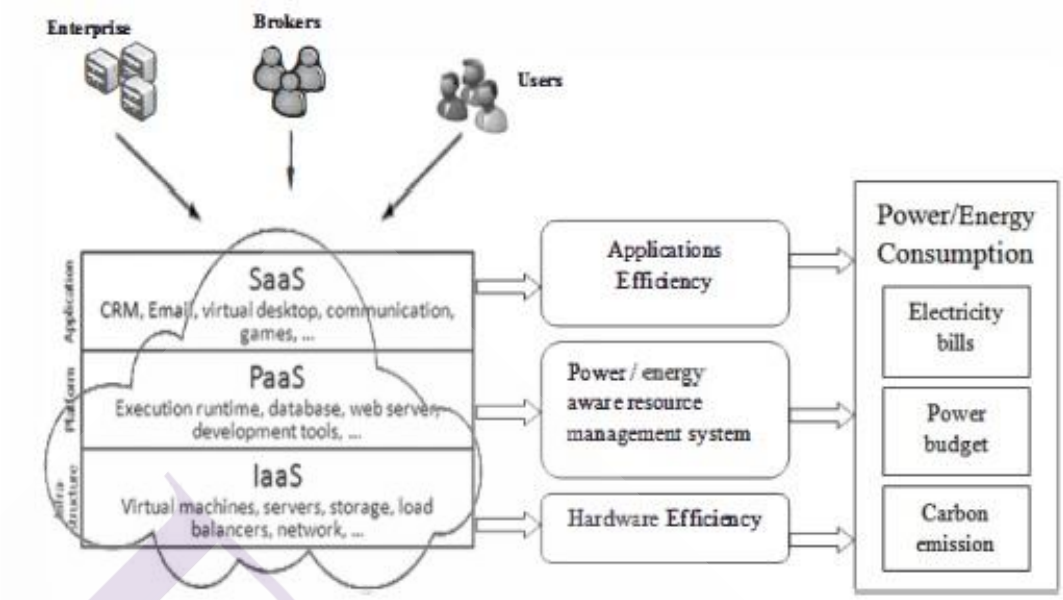
Title of paper	Basic Technique used	Main Parameters considered	Tool used	Visualization used (Yes/No)
An Energy Consumption Model and Analysis Tool for Cloud Computing Environments[15]	Energy consumption modeling, and analysis approaches	The number of processes, the size of data to be processed, size of data transmitted and system configuration.	Not implemented	No
Energy Aware Scheduling across 'Green' Cloud Data Centers[16]	Workload Scheduling	Packet arrival rate, service rate, response time, power cost and server Utilization	Java based dedicated tool	No
An Energy Aware Network Management Approach using Server Profiling in 'Green' Clouds[17]	Workload Allocation	Packet arrival rate, traffic volume and speed of server	Opnet and NS-2	No
Power-Aware Virtual Machine Scheduling on Clouds Using Active Cooling Control and DVFS [19]	VM Scheduling and migration	DVFS, MIPS, energy consumed by server	CloudSim	Yes
Energy Aware Cloud Service Provisioning Approach For Green Computing Environment[20]	Energy aware model for automatic VM migration	Pre-processed data about the service usage, no. of clients, memory used and server utilization.	Not implemented	Yes
Energy Efficient VM Scheduling for Cloud Data Centers: Exact allocation and migration algorithms[21]	VM Scheduling and migration	No. of requested VMs, no. of servers, power consumption of server and VMs	Dedicated java based Simulator	Yes
Energy-Aware Ant Colony Based Workload Placement in Clouds [22]	VM consolidation by using Ant Colony Optimization	No. of VMs and no. of hosts	Java based simulation toolkit	Yes
An Intelligent, Energy Conserving Load Balancing Algorithm For The Cloud Environment Using Ant's Stigmergic Behavior [23]	VM allocation by using Ant Colony Optimization	Power consumption, remaining processing power, remaining memory	Not implemented, proposed tool CloudSim	Yes
Energy and Carbon-Efficient Placement of Virtual Machines in Distributed Cloud Data Centers [24]	VM allocation	Different types of VM requests, data center's power usage effectiveness and physical server's proportional power usage	CloudSim	Yes

2.2.3 Green cloud computing: Datacenters power management policies and algorithms – ประมวลผลแบบคลาวด์ การจัดการศูนย์ข้อมูลแบบประหยัดพลังงาน: นโยบายการบริหารและขั้นตอนวิธี

Cloud computing แนวคิดด้านบริการโดยใช้ประโยชน์จากโครงสร้างพื้นฐานด้าน IT ที่ทำงานเชื่อมโยงกันกับผู้ใช้บริการทั่วโลกซึ่งมีความหลากหลายในรูปแบบของทรัพยากรคอมพิวเตอร์ แอพพลิเคชั่นสำหรับบริษัทต่างๆ รวมถึงวงการวิทยาศาสตร์ ธุรกิจ ผ่านทางลำดับชั้นต่างๆ ของสถาปัตยกรรมของ Cloud Computing การขยายตัวของ Cloud Computing ส่งผลให้เกิดศูนย์ข้อมูลขนาดใหญ่ขึ้นทั่วโลก ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในระบบปฏิบัติการและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดซ์ออกซ์เป็นจำนวนมาก สมมุติฐานในด้านพลังงานนี้ไม่ได้มาจากฮาร์ดแวร์ที่มีประสิทธิภาพ แต่มาจากระบบจัดการทรัพยากรที่ประมวลผลอยู่บนโครงสร้างนั้นๆ ความท้าทายอยู่ที่ไม่ใช่แค่การหาวิธีประหยัดพลังงานเพียงเท่านั้นแต่ต้องหาวิธีที่จะลดค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานด้วย ซึ่งตรรกศาสตร์งานวิจัยนี้สามารถประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น 40% เมื่อเทียบกับข้อกำหนดอื่นๆ

1. บทนำ

คลาวด์คอมพิวติ้งให้บริการผ่านทรัพยากรแบบพลวัตที่ยืดหยุ่นและทำงานผ่านเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtualization) เป้าหมายคือการให้บริการที่มีความน่าเชื่อถือสูง ยืดหยุ่นและพร้อมในสภาพแวดล้อมที่มีการขยายตัว โดยรูปแบบแรกคือ Software as a Service (SaaS) เป็นรูปแบบการให้บริการซอฟต์แวร์หรือ application บนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ทำให้ลูกค้าที่ออนไลน์บนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตใช้บริการซอฟต์แวร์เหล่านี้ ได้โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งซอฟต์แวร์ไว้ที่หน่วยงาน รูปแบบที่สองคือ Platform as a service (PaaS) เป็นรูปแบบที่นักพัฒนา Software สามารถเรียกใช้ความสามารถหรือบริการต่างๆ ของ Cloud เพื่อนำมาประกอบกันเป็น Application ที่ยืดหยุ่น รองรับความสามารถที่หลากหลาย และจำนวนผู้ใช้ที่มากได้โดยอัตโนมัติ และสุดท้าย Infrastructure as a service (IaaS) เป็นรูปแบบที่สะดวก ยืดหยุ่น และง่ายต่อการบริหารทรัพยากร IT ผู้ใช้สามารถเรียกใช้ Virtual Server/ เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน บน Cloud Technology ได้ทันที ซึ่งมีคุณภาพที่เชื่อถือได้ของบริการ (Quality of service - QoS) ที่สามารถกำหนดไว้ในเงื่อนไขของข้อตกลงระดับการบริการ (SLA) ที่จัดตั้งขึ้นผ่านการเจรจาต่อรองระหว่างผู้ให้บริการและผู้บริโภค ที่อนุญาตให้ทุกคนในโลกจำนวนมากเข้าถึงทรัพยากรการคำนวณ คลัสเตอร์ ซูเปอร์ ระบบประมวลผลแบบกริด และคอมพิวเตอร์อัตถประโยชน์ที่มีการงานที่จะนำไปสู่ Cloud Computing



ภาพที่ 2.23 ลำดับชั้นของการประมวลผลคลาวน์ และผลกระทบต่ออุตสาหกรรม IT

ที่มา: Shahinaz R. Hussein, Yousra Alkabani, Hoda K. Mohamed. (2014, น. 421)

ปัจจุบันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมลพิษอื่นๆ ที่ทำให้ภาวะโลกร้อนกำลังเป็นประเด็นสำคัญในทุกแหล่งอุตสาหกรรม IT ที่ต้องร่วมกันรับผิดชอบ ส่วนหนึ่งมาจากการใช้พลังงานที่เกิดจากการทำงานหลายพันหลายหมื่นศูนย์ข้อมูลและระบบคอมพิวเตอร์ทั่วโลก ส่งผลให้การใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นดังแสดงในภาพที่1 ดังนั้นสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาการใช้พลังงานในการออกแบบระบบคอมพิวเตอร์ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ [2]

Green Computing ถูกกำหนดให้เป็นวิธีการที่ช่วยลดผลกระทบต่ออุตสาหกรรม IT ได้อย่างมีประสิทธิผลและมีประสิทธิภาพ การออกแบบ การผลิต วิศวกรรม การใช้และการกำจัดคอมพิวเตอร์ ระบบเครือข่ายและระบบการสื่อสารที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม [3] ในปี ค.ศ. 1992 เมื่อหน่วยงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมของสหรัฐเปิดตัวแคมเปญชื่อ Energy Star ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ถูกกำหนดขึ้นมาให้ใช้กับสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ ที่สามารถประหยัดพลังงานได้กว่า 20-30% รวมถึงสินค้าไอทีด้วย ซึ่งเราสามารถเห็นโลโก้ ลดโลกร้อน Energy Star นี้ได้จากคอมพิวเตอร์พีซี โน้ตบุ๊ค ระบบทำความเย็น เมนบอร์ด เป็นต้น

ตั้งแต่มีความท้าทายเกิดขึ้นจำนวนมากในการประหยัดค่าใช้จ่าย ที่ง่ายและมีความยืดหยุ่นสามารถปรับขนาดกระจายทางภูมิศาสตร์ได้ มีความปลอดภัยสูงและเชื่อถือได้ Green Cloud Computing จึงมีความจำเป็นอย่างมาก หนึ่งในบทบาทสำคัญที่มีประสิทธิภาพของการบริการ Cloud

Computing คือนโยบายและข้อกำหนดที่ตระหนักถึงการใช้ศูนย์ข้อมูลที่รับประกันการส่งมอบบริการโดยไม่ละเมิด Service Level Agreement (SLA) และมีการใช้พลังงานน้อยที่สุด เพื่อขจัดปัญหาความไร้ประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับการทำงานแบบเสมือนจริงที่ช่วยให้การสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน (เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน) แทนที่เซิร์ฟเวอร์โดยการสลับโหมดไม่ได้ใช้งานเป็นโหมดพลังงานต่ำและแบบพลวัตรวม และใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน (เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน) ใช้การ Live โยกย้าย ซึ่งวิธีการเหล่านี้ไม่ง่ายเลย ที่จะทำให้ผลการปรับปรุงในการสร้างแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพและการจัดการทรัพยากรที่สูงและต้องแน่ใจว่ามีคุณภาพเชื่อถือได้ (QoS) และถูกกำหนดโดยข้อตกลงระดับการให้บริการ (SLAs)

ในบรรดาหลายงานวิจัยขึ้นอยู่กับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เช่น วิธีการหรือขั้นตอนวิธีที่สามารถหาคำตอบที่ดี (Heuristic based studies) การประยุกต์ใช้พันธุกรรมทางคอมพิวเตอร์ (Genetic Algorithm) ขั้นตอนวิธีหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization) ขั้นตอนวิธีหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยระบบอาณาจักรมด (Ant Colony Optimization) การประมวลผลแบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural networks) และอื่นๆ ตรรกะคลุมเครือ (Fuzzy logic) ศาสตร์ด้านการคำนวณที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในวงการวิจัยด้านคอมพิวเตอร์และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆมากมาย ซึ่งเป็นแนวคิดที่ง่ายต่อการเข้าใจและการใช้งานที่มีความยืดหยุ่น โดยเป็นการใช้เหตุผลแบบประมาณมากกว่าเหตุผลแบบเด็ดขาดในลักษณะ ถูก/ผิด ใช่/ไม่ใช่ เราจะมุ่งเน้นไปที่งานวิจัยนี้ตามที่ระบุไว้ข้างต้นซึ่งเป็นความท้าทายอย่างหนึ่งของ Green Cloud Computing

ในส่วนท้ายนี้ เราจัดการอธิบาย การทำงานที่เกี่ยวข้องกันในหัวข้อที่ 2. ในหัวข้อที่ 3. เราจะอธิบายตัววัดผลการดำเนินการ (Performance measures) หัวข้อที่ 4. แนะนำแบบจำลองระบบ (System Model) ในส่วนหัวข้อที่ 5เป็นการตัดสินใจในการใช้ . ตรรกะคลุมเครือ (Fuzzy logic) วางบนเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน (เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน) และแทนระบบของปัญหาในทางการวิจัย)allocation models ส่วนหัวข้อที่ (6. คือการจำลองสถานการณ์และสรุปผลการทดลอง ส่วนหัวข้อที่ 7. นำเสนอข้อสรุปและทิศทางในอนาคตในหัวข้อที่ 8.

2. การทำงานที่เกี่ยวข้องกัน (Related Work)

[4] Beloglazov และ Buyya ได้ดำเนินการสร้างสูตรที่ดีที่สุดสำหรับออนไลน์และออฟไลน์ที่กำหนดขั้นตอนวิธีการสำหรับการโยกย้ายเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนหนึ่งเครื่องและปัญหาการรวมเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนแบบพลวัตและยังแนะนำการวิเคราะห์พฤติกรรมการปรับตัวใหม่สำหรับการรวมพลวัตของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน บนพื้นฐานของการวิเคราะห์

ข้อมูลทางประวัติศาสตร์จากการใช้ทรัพยากรโดยเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนที่ทำการลดการใช้พลังงานในขณะที่ไม่เกิดผลกระทบต่อข้อตกลงระดับการบริการ (SLA) จะประสบความสำเร็จ

[5] F. Ramezani และ คณะ นำเสนอการจัดการทรัพยากรออนไลน์ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่อยู่เวลางานและการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากรในระบบใดระบบหนึ่งก็ยังมีวิธีการทำนาย เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน รูปแบบภาระงานและเวลาการโยกย้ายเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน โดยใช้เครือข่ายและระบบผู้เชี่ยวชาญ ระบบนี้จะช่วยผู้ให้บริการคลาวด์ได้อย่างดีที่สุดที่จะจัดสรรทรัพยากรเพื่อการใช้งานและการบริการโดยอัตโนมัติ คาดหวังว่าการออกแบบนี้นี้จะไม่เพียงแต่เพิ่มการใช้ระบบคลาวด์และคุณภาพความเชื่อถือได้ แต่ยังลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการตอบสนองลง

[6] A. Beloglazov และคณะ กำหนดกรอบสถาปัตยกรรมและหลักการในการประหยัดพลังงานของ Cloud Computing อยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์พฤติกรรมการจัดสรรพลังงานตระหนักว่าทรัพยากรการจัดหาศูนย์ข้อมูลเพื่อการใช้งานของลูกค้าปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของศูนย์ข้อมูลในขณะที่การส่งมอบคุณภาพการเจรจาต่อรองในการให้บริการ (QoS)

[7] Dalapati และ Sahoo ดำเนินการในทางปฏิบัติขั้นตอนวิธีการจัดตารางสีเขียวการบูรณาการทำนายเครือข่ายสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในสภาพแวดล้อมเซิร์ฟเวอร์ Cloud Computingโดยทำการ Sleep เซิร์ฟเวอร์ที่ไม่ได้ใช้

[8] M.Seddiki และคณะ แนะนำวิธีการตั้งเวลาอยู่บนพื้นฐานของระบบตามกฎฟัซซี่ (FRBSs) ในการจัดสรรเครื่องเสมือนที่แตกต่างในเครื่องเซิร์ฟเวอร์และศูนย์ข้อมูลที่มีหลักเกณฑ์การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำที่ได้รับจากเซิร์ฟเวอร์ที่มีอยู่ MIPS (million instructions per second) ที่สามารถใช้ได้ การใช้งาน CPU ตัวอย่างของการใช้พลังงานของเครื่องเซิฟวอร์ให้มีการใช้งานสูงสุดและการใช้ประโยชน์สูงสุด หลังจากการจัดสรรเครื่องจะทำให้ได้เสมือนใช้เครื่องใหม่สำหรับการลดค่าใช้จ่ายพลังงาน

[9] Masoumzadeh และ Hlavacs แนะนำ QLearning (FQL) เทคนิคสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน งานเลือกที่จะได้รับการตัดสินใจที่ดีที่สุดสำหรับการเลือกเครื่องเสมือนที่จะย้ายเซิร์ฟเวอร์

[10] Alip และคณะ นำเสนอวิธีการใหม่ในการตรวจหาเซิร์ฟเวอร์ที่มีการใช้งานสูงและเสนอวิธีการย้ายเซิร์ฟเวอร์ของ เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน บนเซิร์ฟเวอร์แบบเดียวกัน โดยหาการใช้งานงานที่สูงที่สุด และหาเซิร์ฟเวอร์ที่มีการใช้งานต่ำที่สุดเพื่อย้ายและออกคำสั่งไปยังเซิร์ฟเวอร์ที่ไม่ได้ทำงานให้เข้า Sleep Mode และอ้างถึงขั้นตอนวิธีการจัดสมดุลปริมาณงานโดยใช้ ตรรกะคลุมเครือ (Fuzzy logic) ในการประมวลผลคลาวน์

[11] Sethi และคณะ แนะนำขั้นตอนวิธีการใหม่ที่จะใช้เวลาการป้อนข้อมูลเช่น ความเร็วหน่วยประมวลผลที่ได้รับ การใช้งานของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนและผลที่ได้ให้สมดุลกัน

[12] Zulkar และคณะ เสนอการใช้งานแบบพลวัตที่มีประสิทธิภาพขั้นตอนวิธีการสมดุลได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งสามารถทำนายงานต่อไปที่จะได้รับของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน

[13] Karimi และคณะ แนะนำขั้นตอนวิธีการกระจายงาน (Load Balance) แบบพลวัตที่สามารถเผชิญกับความไม่แน่นอนและความไม่สอดคล้องกันของขั้นตอนวิธีการอื่นๆ ตามตารางเส้นทางที่นำเสนอการเชื่อมโยงการสื่อสารระหว่างเซิร์ฟเวอร์ในระบบดัชนีที่บ่งชี้ว่าการการใช้งานของเซิร์ฟเวอร์ที่เกี่ยวข้องและตารางค่าใช้จ่ายที่ให้ค่าใช้จ่ายในการสื่อสารเซิร์ฟเวอร์ และจำนวนของเซิร์ฟเวอร์ที่มีการใช้งานหนัก ขั้นตอนวิธีการแสดงเวลาการตอบสนองที่ดีกว่าขั้นตอนวิธีการอื่นๆ

3. ตัววัดผลการดำเนินการ

Power Model

การใช้พลังงานในศูนย์ข้อมูลจะถูกกำหนดโดย CPU หน่วยความจำดิสก์จัดเก็บและการเชื่อมต่อเครือข่าย CPUจะเป็นส่วนหลักของพลังงานและการใช้งาน CPUโดยทั่วไปจะมีสัดส่วนภาระของระบบโดยรวม

สูตรพลังงาน (1)

$$P(u) = k * Pmax + (1 - k) * Pmax * u \qquad (1)$$

ตามค่าการพิจารณาใน [6], Pmax ซึ่งเป็นพลังงานสูงสุดที่บริโภคเมื่อเซิร์ฟเวอร์มีการใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ถูกตั้งไว้ที่ 250 W และ k ที่เป็นส่วนของพลังงานที่ใช้โดยเซิร์ฟเวอร์ที่มีสถานะเป็น Idle (พร้อมทำงาน) ถูกตั้งไว้ที่ 70% และ u เป็น การใช้งาน CPU
เนื่องจากตัวแปรของงานในแต่ละช่วงเวลา ทำให้การใช้งาน CPU แตกต่างกัน ดังนั้นการใช้งาน CPU เป็นมีหน่วยเป็นเวลาและแทนค่าด้วย u (t) ดังนั้นการใช้พลังงานโดยรวมของเซิร์ฟเวอร์ (E) สามารถแสดงใน (2)

$$E = \int_{t0}^{t1} P(u(t))dt \qquad (2)$$

B. Service level Agreements (SLA)

ค่าร้อยละของ SLA คือความแตกต่างระหว่าง Total Request MIPS และ MIPS ที่ถูกจัดสรร ทั้งหมดหารด้วยผลรวมของ MIPS เป็นระเบียบแบบแผนของ การประกันคุณภาพของบริการ (QoS) ที่นำไปใช้โดยระบบ

$$SLA = (\Sigma \text{ requested MIPS} - \Sigma \text{ allocated MIPS}) / \Sigma \text{ requested MIPS} \quad (3)$$

Average SLA violation เป็นความแตกต่างเฉลี่ยระหว่าง MIPS และขอจัดสรรที่มากกว่า Cloud ทั้งระบบ จะครอบคลุมทั้งการลดประสิทธิภาพเนื่องจากเซิร์ฟเวอร์ทำงานมากเกินไปและมีผลต่อการโยกย้าย เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน

ตัวแปรอื่นๆ

เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน โยกย้าย number: หมายถึงจำนวนของการโยกย้ายเครื่องเสมือนคือภาระส่วนที่เกิน ของเซิร์ฟเวอร์ หรือส่วนที่ไม่ได้งาน

Shutdown number : หมายถึง จำนวนของเซิร์ฟเวอร์ ที่เข้าสู่สถานะ Shutdownหรือ Sleep

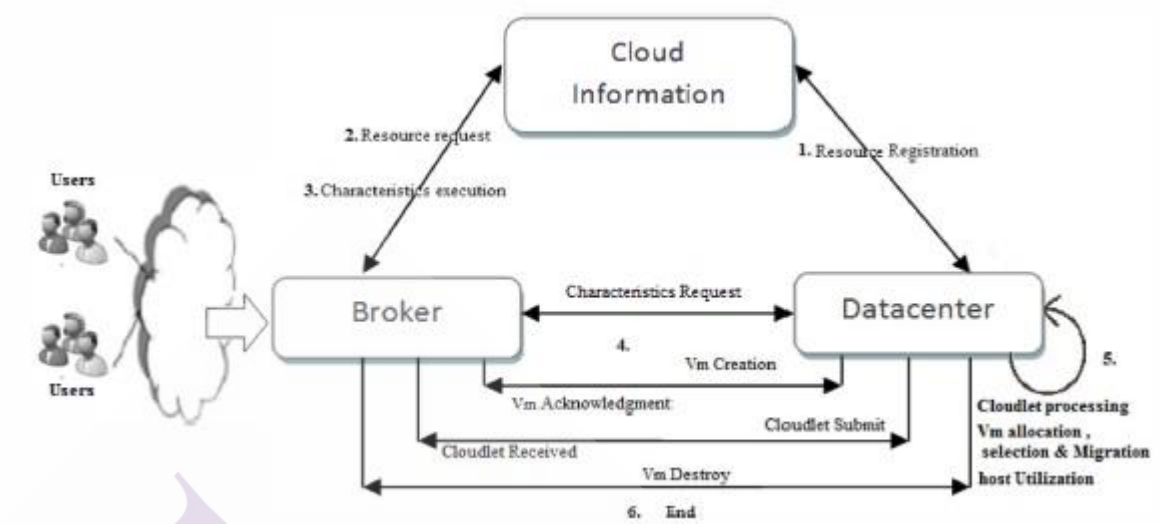
การดำเนินการจัดสรรเวลาเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน จะคำนวณ 8jk เฉลี่ยจากการบันทึกประวัติของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน จัดสรรเวลาที่บันทึกไว้โดยนโยบายการจัดสรรเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน

4. แนะนำแบบจำลองระบบ (System Model)

ภาพที่ 2 แสดงให้เห็นถึงรูปแบบของระบบในระดับต่ำที่สุด และการไหลของปริมาณงานสำหรับ สถาปัตยกรรมแบบ Green Cloud [14] จากคลาวด์ (Datacenter & Information service) ไปยัง ผู้ใช้บริการคลาวน์

ศูนย์ข้อมูลจะประกอบไปด้วยเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ประมวลผลจำนวนหลายร้อยถึงหลายพันเครื่อง เพื่อใช้สำหรับการประมวลผล และจะส่งปริมาณงานไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน เพื่อทำการบันทึกเป็นประวัติไว้เพื่อทำการตัดสินใจว่าอัลกอริทึ่มไหนจะเป็นตัวทำหน้าที่สร้างหรือทำลายเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนบนเซิร์ฟเวอร์

การตระหนักถึงพลังงานของการจัดการทรัพยากรของศูนย์ข้อมูลขึ้นอยู่กับที่อยู่ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนและวิธีจำกัดความของการดำเนินงาน แสดงให้เห็นตามด้านล่าง



ภาพที่ 2.24 แบบจำลองระบบและการไหลของการปฏิบัติงาน

ที่มา: Shahinaz R. Hussein, Yousra Alkabani, Hoda K. Mohamed. (2014, น. 422)

นิยาม

เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน Placement (ที่อยู่ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน) – การเตรียมเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน เพื่อรับคำสั่งและที่อยู่ของใหม่ เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนบนเซิร์ฟเวอร์

ที่อยู่ของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ที่จะสามารถทำงานได้ดีที่สุด

การตรวจสอบการใช้งานทรัพยากรบนเซิร์ฟเวอร์

วิธีการเลือก เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน: การเลือกเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ที่จะทำการโยกย้าย

เมื่อทำการเลือก เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ที่จะทำการโยกย้ายได้แล้วเซิร์ฟเวอร์จะทำการตรวจสอบอีกครั้งเพื่อไม่ให้เกิดการใช้ทรัพยากรมากเกินไป ถ้าหากเกิดการทรัพยากรมากเกินไปจะเกิดการเลือกเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนอีกครั้งหนึ่งและเลือกเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนอื่นๆ เพื่อป้องกันการเกิดการใช้ทรัพยากรมากเกินไป

การตรวจสอบ เซิร์ฟเวอร์ ที่ไม่ได้ใช้งาน : เมื่อทำการตรวจสอบว่าเครื่องตัวไหนที่ไม่ได้ใช้งานจะทำการปิดเครื่องลง

B. ขั้นตอนและวิธี

เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน Placement : พิจารณาจากเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน Package ขนาดของเซิร์ฟเวอร์ และ ราคา(การใช้พลังงานของ เซิร์ฟเวอร์)

Power Aware Best Fit Decreasing Alogritm (PABFD): เลือกจากเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ที่มีการใช้ CPU น้อยลงและส่งไปยัง เซิร์ฟเวอร์ ที่มีการพลังงานสูงขึ้น เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด

Fuzzy Rule-Based Scheduling system (FRBS): เป็นการเปรียบเทียบแบบย้าย เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนไปยังเซิร์ฟเวอร์อื่นๆ และดูผลที่ได้ว่าลดการใช้พลังงานลงหรือไม่

2. การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดสรรเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนในปัจจุบัน

a) ตรวจสอบการใช้ทรัพยากรส่วนเกินของเซิร์ฟเวอร์

1. Adaptive utilization threshold : ใช้ในการกำหนดเกณฑ์การใช้ประโยชน์บนขึ้นอยู่กับความคงที่ของการเบี่ยงเบนของการใช้งาน CPU การเบี่ยงเบนที่สูงขึ้นหมายถึงการใช้กำลังการผลิตที่ต่ำกว่าเกณฑ์บนและยังหมายถึงการใช้งาน CPU จะโอกาสมากขึ้นถึง 100% สาเหตุที่เกิน SLA ทั้งโดยการใช้ค่าความเบี่ยงเบนแน่นอนมัธยฐาน (MAD) ในกรณีที่เกณฑ์มาจาก MAD ของประวัติศาสตร์การใช้เซิร์ฟเวอร์และพารามิเตอร์ที่ช่วยให้การปรับการเกิน SLA ที่เกิดจากการควบรวมที่เกี่ยวกับการใช้พลังงานหรือโดยช่วง การวัดการกระจาย (IQR) ซึ่งเกณฑ์ ที่ได้มาจากการใช้เซิร์ฟเวอร์ IQR ซึ่งเป็นตัวชี้วัดของการกระจายตัวทางสถิติที่เรียกว่า ส่วนกลางของการแพร่กระจายหรือตรงกลางห้าสิบพร้อมกับพารามิเตอร์ความปลอดภัยระบุไว้ข้างต้น

2. Local Regression (LR): ขึ้นอยู่กับการสร้างเส้นโค้งที่ใกล้เคียงกับเซิร์ฟเวอร์เดิมประวัติการใช้ CPU ในการวัดการใช้เซิร์ฟเวอร์ปัจจุบันขึ้นอยู่กับเส้นโค้งนี้

3. Robust Local Regression (LRR): เพิ่มวิธีการประมาณค่าที่มีประสิทธิภาพวิธีการอย่างน้อยสี่ด้านสำหรับการปรับกลุ่มตัวแปร

4. Single Threshold (THR): การตั้งค่าเกณฑ์บนและล่างสำหรับเซิร์ฟเวอร์ เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ขณะที่การรักษาการใช้ประโยชน์รวมของ CPU

b) นโยบายการเลือกเครื่องเสมือน (VM Selection policy)

1. เวลาการโยกย้ายต่ำ (MMT): ที่ เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ที่ต้องใช้เวลาต่ำสุดที่จะเสร็จสิ้นการโยกย้ายที่เกี่ยวกับของ เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนอื่นๆ ที่ถูกเลือกเวลาการโยกย้ายเป็นที่คาดกันเป็นจำนวนหน่วยความจำโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนหารด้วยแบนด์วิธเครือข่ายสำรองที่มีอยู่สำหรับเซิร์ฟเวอร์

2. การเลือกสุ่ม (RC): เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ที่จะการโยกย้ายจะถูกเลือกตามตัวแปรสุ่มกระจายอย่างสม่ำเสมอต่อเนื่องมีดัชนีค่าชุดของ เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน จัดสรรให้กับเซิร์ฟเวอร์

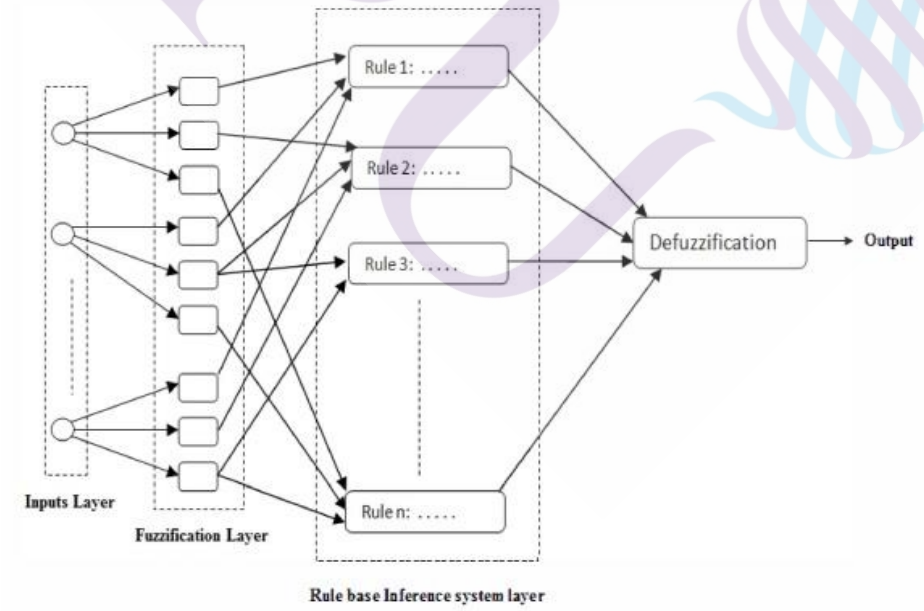
3. ความสัมพันธ์สูงสุด (MC): เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนจะถูกโยกย้ายเมื่อมีความสัมพันธ์สูงสุดของการใช้งาน CPU กับ เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนอื่นๆ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้งหลายจะใช้ในการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ของ CPU โดยเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน

4. การใช้ประโยชน์ต่ำที่สุด (MU): เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ที่มีการใช้งาน CPU ขั้นต่ำด้วยกับที่ของ เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนอื่นๆ ที่ถูกเลือก

c) ตรวจสอบการใช้เซิร์ฟเวอร์ที่ต่ำที่สุด : เป็นกลยุทธ์ที่เรียบง่ายที่สุดเมื่อต้องทำการเปรียบเทียบเซิร์ฟเวอร์ที่ไม่ได้ใช้งานหรือใช้งานน้อยที่สุดกับเซิร์ฟเวอร์อื่นๆ

5. การตัดสินใจในการใช้ ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic) ย้ายเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน และรูปแบบที่ถูกจัดสรร (Allocation Model)

สถาปัตยกรรมแบบคลุมเครือในระดับพื้นฐานแสดงในภาพที่ **3** ถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบแต่ละตำแหน่งที่ระบุไว้ก่อนหน้า เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน และขั้นตอนการจัดสรรในรูปแบบที่แตกต่างกันโดยการเปลี่ยนแปลงตัวแปรและความต้องการ



ภาพที่ 2.25 สถาปัตยกรรมแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic)

ที่มา: Shahinaz R. Hussein, Yousra Alkabani, Hoda K. Mohamed. (2014, น. 422)

การทำงานของเรามุ่งเน้นที่การใช้รูปแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือในการตัดสินใจที่กล่าวถึงใน [8] สำหรับขั้นตอนการจัดวางเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนด้วยวิธีการที่ไม่ใช่ตรรกศาสตร์คลุมเครือ สำหรับขั้นตอนการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดสรรเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ปัจจุบันแล้วใช้รูปแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือเหมือนกันสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ตำแหน่งและรูปแบบใหม่ที่กำหนดไว้ตรรกศาสตร์คลุมเครือคือส่วนการตรวจสอบเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ในขั้นตอนการเพิ่มประสิทธิภาพแล้ว เราแนะนำรูปแบบใหม่คือของขั้นตอนการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้มันมีรูปแบบที่ไม่ตรรกศาสตร์คลุมเครือสำหรับตำแหน่ง เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนและการตรวจสอบเซิร์ฟเวอร์ใช้ไปในที่สุดเราใช้รูปแบบคลุมเครือในทุกขั้นตอนดังกล่าวที่ตำแหน่ง เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนและการเพิ่มประสิทธิภาพเป็นทั้งหมดที่ดำเนินการร่วมกันโดยใช้เหล่านั้น รุ่นตรรกศาสตร์คลุมเครือ

ในการทดลองของเราก็คือการได้รับการพิจารณาว่าขั้นตอนวิธีการโยกย้ายเวลาขั้นต่ำ (MMT) กล่าวถึงในส่วนก่อนหน้านี้สำหรับ เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ขั้นตอนการเลือกเป็นที่คาดกันเป็นจำนวน RAM โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน เพียงการตรวจสอบเซิร์ฟเวอร์ underutilized นอกจากนี้ยังใช้เป็นที่การเลือกพื้นที่ที่มีขั้นต่ำ การใช้ประโยชน์เมื่อเทียบกับคนอื่นๆ

A. แนะนำระบบการจัดตารางการตรรกศาสตร์คลุมเครือ -Based กฎ (FRBS) กล่าวถึงใน [8] ตำแหน่ง เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ตามที่แสดงในขั้นตอนวิธีที่ 1 ใช้แล้วแทนที่พลังงานรอบรู้ที่เหมาะสมที่สุดลดลง (PBFD) เช่น FRBS ที่จะใช้ในการ FMD เซิร์ฟเวอร์สำหรับทั้ง เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ใหม่หรือ เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ที่จะการโยกย้ายในศูนย์ข้อมูล

Algorithm 1: Vm placement Fuzzy Rule-Based system (FRBS)

```
Input: hostList, vm Output: allocation host
  foreach host in hostlist do
    if host has enough resources for vm then
     Get
       available mips
       host power
       cpu utilization
       u iliza ion after allocation
       power after a oca ion.
    Submit host data to FRBS
    Get power consumption
          if power consumption > threshold
                  Loop to next host in list
  return allocation
```

อัลกอริทึมที่ 1. แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนวิธี FRBS อัลกอริทึมห่วงมากกว่าแต่ละพื้นที่จากรายการเซิร์ฟเวอร์ที่ได้รับและตรวจสอบว่ามีทรัพยากรเซิร์ฟเวอร์สำหรับ เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ที่จะอยู่กับมันหรือไม่และถ้าเป็นเช่นนั้นก็จะเริ่มที่จะได้รับข้อมูลที่เซิร์ฟเวอร์นี้และส่งไปยังรูปแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือกำหนดจะได้รับอำนาจเซิร์ฟเวอร์คาดว่า การบริโภคและการตรวจสอบว่าจะเกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ หากเกณฑ์ข้ามเซิร์ฟเวอร์ต่อไปคือการตรวจสอบและอื่นๆ ขั้นตอนวิธีนี้จะใช้ในการประยุกต์ใช้รูปแบบที่เรากำหนด ชื่อรุ่นแต่ละตีความอัลกอริทึมที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนเป็น FrbsIqrMmt, FrbsThrMmt FrbsLrMmt และวิธีการ

1. ตำแหน่ง เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน: FRBS ถูกนำมาใช้
2. เซิร์ฟเวอร์กว่าใช้การตรวจสอบ: ทั้ง IQR หรือ THR หรือ LR
3. เลือก เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน: MMT

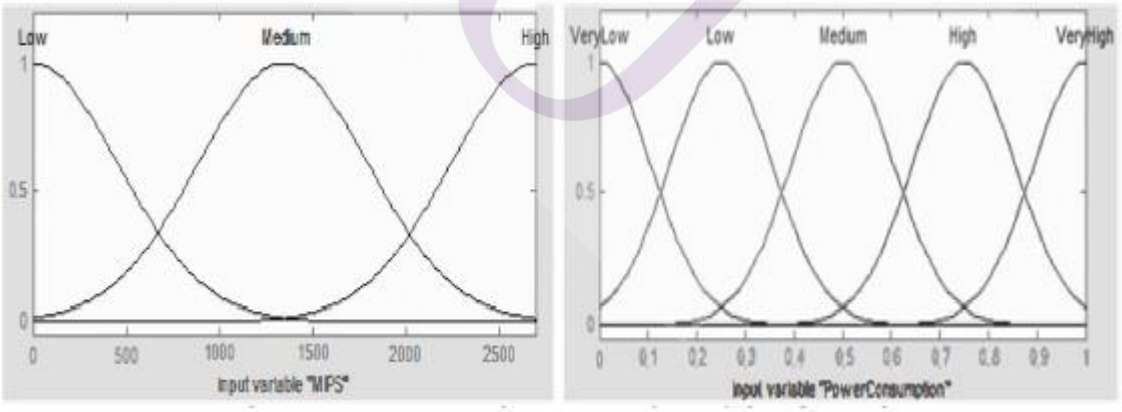
B. ผลงานต่อไปคือการกำหนดตรรกศาสตร์ตาม systemfor การตรวจสอบเซิร์ฟเวอร์ overutilized อัลกอริทึม (FL) มีพารามิเตอร์อัลกอริทึม,

ปัจจัยการผลิต: เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนs เซิร์ฟเวอร์ขอรวม MIPS, RAM และแบนด์วิดธ์อำนาจเซิร์ฟเวอร์และการใช้งาน CPU

เอาท์พุท: การใช้พลังงานว่าถ้าเกินเกณฑ์ที่เลือกส่วนใหญ่อยู่ในช่วงกลางของเซิร์ฟเวอร์ที่มีมากกว่าใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือพารามิเตอร์รุ่นที่

ฟังก์ชั่นสมาชิก: ฟังก์ชั่นเสียน ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างของฟังก์ชั่นสมาชิก Gaussian ปกติใช้สำหรับชุดตรรกศาสตร์คลุมเครือ

ระบบการอนุมาน: วิธี Mamdani



ภาพที่ 2.26 กัสเซียนฟังก์ชั่น

ที่มา: Shahinaz R. Hussein, Yousra Alkabani, Hoda K. Mohamed. (2014, น. 424)

อัลกอริทึมที่ 2 แสดงขั้นตอนวิธีฟลอริด้าที่จะตรวจสอบว่าเซิร์ฟเวอร์ข้ามเกณฑ์การใช้พลังงานที่ได้รับอนุญาตหรือไม่ได้สำหรับแต่ละพื้นที่ มันถูกใช้ในการกำหนด FIMmt,

FrbsFIMmt และรูปแบบที่ FrbsFIMu

1. ตำแหน่ง เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน : PABFD ใน FLMmt และ FRBS ในอีกสอง

2. เซิร์ฟเวอร์มากกว่าใช้การตรวจสอบ : กำหนดตรรกศาสตร์มานานกว่าใช้เซิร์ฟเวอร์ (FL) สำหรับทุกรุ่น

3. เลือก เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน: MMT สำหรับ FIMmt, FrbsFIMmt และ MU สำหรับ FrbsFIMu

Algorithm 2: Fuzzy logic over utilized host detection (FL)

Input: host **Output**: true or false

```
Get
    Totalrequested MIPS
    Totalrequested RAM
    Totalrequested BW
    Host power
    CPU utilization
Submit host data to FRBS
Get power consumption
    return power consumption > threshold
```

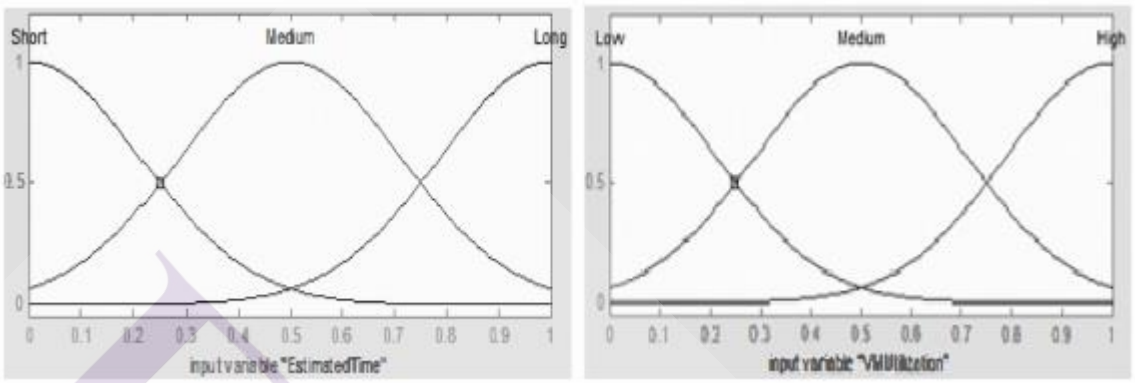
C. ตรรกศาสตร์ตามขั้นตอนวิธีการเลือก เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน (FLS) ซึ่งใช้รูปแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือที่มีฐานการปกครองที่เหมาะสมในการเลือกซึ่งเป็นวันที่ดีที่สุดคือการ เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ถูกย้ายจากเซิร์ฟเวอร์ที่จะลดการใช้ประโยชน์ของเซิร์ฟเวอร์ อัลกอริทึม paramenters มี

ปัจจัยการผลิต: เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ใช้ CPU ในปัจจุบันเฉลี่ยของเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน CPU ประวัติศาสตร์การใช้และประมาณ Cloudlets เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนรวมของการดำเนินการเวลาที่เหลืออยู่

เอาต์พุต: การใช้ เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ที่เปรียบเทียบกับ เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน เซิร์ฟเวอร์อื่นๆ เพื่อเลือก เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน กับการส่งออกสูงสุดสำหรับการโยกย้ายตรรกศาสตร์คลุมเครือพารามิเตอร์รุ่นที่

ฟังก์ชั่นสมาชิก: ฟังก์ชั่นเสียน ภาพที่ **5** แสดงตัวอย่างของฟังก์ชั่นสมาชิก Gaussian ปกติใช้สำหรับชุดตรรกศาสตร์คลุมเครือ

ระบบอนุมาน: วิธี Mamdani



ภาพที่ 2.27 กัสเซียนฟังก์ชั่น

ที่มา: Shahinaz R. Hussein, Yousra Alkabani, Hoda K. Mohamed. (2014, น. 424)

อัลกอริทึมที่ 3 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนวิธี FLS ซึ่งจะใช้ในการประยุกต์ใช้ IqrFls, ThrFls และรูปแบบ FIFls (ส่วน PABFD จะถูกลบออกจากชื่ออัลกอริทึมสำหรับการลดลงเท่านั้น) ที่

1. ตำแหน่ง เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน: PABFD
2. เซิร์ฟเวอร์กว่าใช้การตรวจสอบ: IQR, THR หรือฟลอริด้า
3. เลือก เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน: เสนอระบบตรรกศาสตร์ (FLS)

```
Algorithm 3: Fuzzy logic Vm Selection (FLS)
Input: host Output: vm to be migrated
vmList←h.getVmList()
maxVmUtilization ←0
timeScaleValue ←getMaxEstimationRemainingTime(migratableVms)
  foreach vm in vmList do
    if vm.isInMigration()
       continue to next vm;
    Get
       Current CPU utilization
       CPU utilization history mean
       Estimated total Execution Remaining Time after scaling
    Submit vm data to FRBS
    Get vm utilization
       if vm Utilization > maxVmUtilization
          maxVmUtilization ← vm Utilization
           vmToMigrate = vm
  return vmToMigrate
```

D. ในที่สุด combing วิธีการก่อนหน้านี้ในขั้นตอนวิธีการเดียวที่สมบูรณ์ใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือในการจัดวาง เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน การเลือกและการตรวจสอบเซิร์ฟเวอร์ overutilized และเปรียบเทียบกับคนอื่นๆ (FrbsFIFls)

6. การจำลองสถานการณ์และสรุปผลการทดลอง

A. การตั้งค่าการจำลอง

จำลอง CloudSim [15] ถูกนำมาใช้ในการประเมินขั้นตอนวิธีการทั้งหมดและโครงสร้างเมฆที่ประกอบด้วยศูนย์ข้อมูลเดียวกับครอบครัวที่แตกต่างกัน

ศูนย์ข้อมูลถูกสร้างขึ้นจาก 50 เป็นเซิร์ฟเวอร์ดังแสดงในตารางที่หนึ่งและ 100 เครื่องเสมือนดังแสดงในตาราง]I.

ปริมาณงานที่ได้รับการแนะนำให้รู้จักกับเมฆในโครงการ Comon ซึ่งตรวจสอบโครงสร้างพื้นฐานของ PlanetLab [16]

รูปแบบการใช้พลังงานที่ใช้เซิร์ฟเวอร์อยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่แท้จริงในการใช้พลังงานให้โดยผลของมาตรฐาน SPECpower [17]

Table I. Host characteristics

Type	Cores	MIPS	RAM	BW	Storage
HP ProLiant ML110 G4	2	1860	4GB	1Gbits/s	1GB
HP ProLiant ML110 G5	2	2660	4GB	1Gbits/s	1GB

Table II. VM characteristics

Type	Cores	MIPS	RAM	Bandwidth	Storage
1	1	2500	870	100 Mbit/s	2.5 GB
2	1	2000	1740	100 Mbit/s	2.5 GB
3	1	100	1740	100 Mbit/s	2. 5GB
4	1	500	613	100 Mbit/s	2.5 GB

ภาพที่ 2.28 การกำหนดเครื่องแม่ข่าย

ที่มา: Shahinaz R. Hussein , Yousra Alkabani, Hoda K. Mohamed. (2014, น.425)

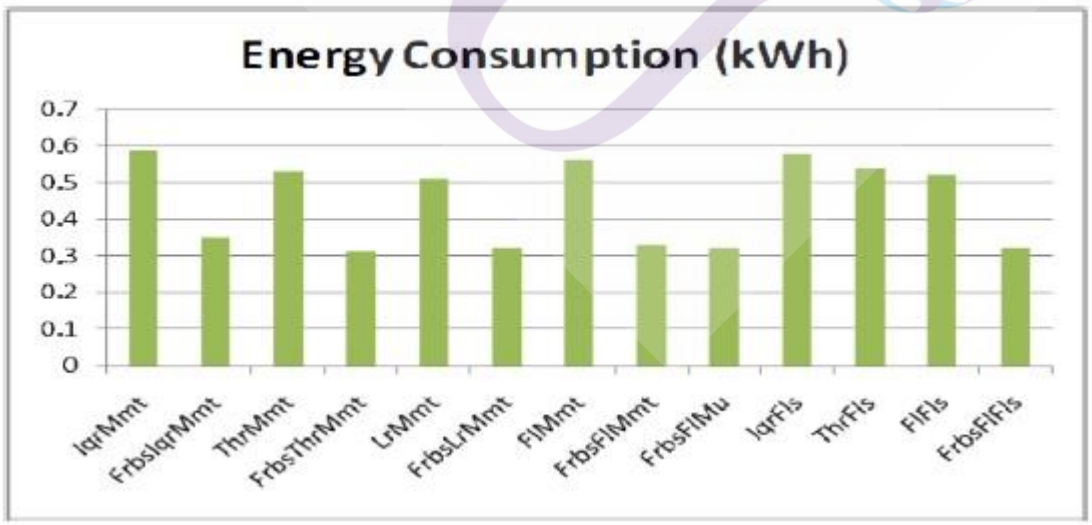
JFuzzyLogic [18, 19, 20] เป็นแหล่งเปิดห้องสมุด Java ซึ่งมีการทำงานอย่างเต็มที่และสมบูรณ์การดำเนินงานของระบบอนุมานฟัซซีตามมาตรฐานสำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมฟัซซี่นำมาใช้ในส่วนที่ **7** ของ IEC 61131 เป็นบรรทัดฐานในการสั่งซื้อที่จะนำเสนอเป็นอย่างดีกำหนดความเข้าใจร่วมกันของวิธีการขั้นพื้นฐานที่จะบูรณาการการควบคุมตรรกศาสตร์คลุมเครือในระบบการควบคุม]t มีอินเตอร์เฟซการเขียนโปรแกรมเพื่อให้ง่ายต่อการเขียนและรหัสการทดสอบสำหรับการใช้งานควบคุมฟัซซี่รวมกันหลายขั้นตอนวิธีการได้รับการประเมินกำหนดเป้าหมายการลดการใช้พลังงาน พารามิเตอร์ความปลอดภัยนโยบายจัดสรรอินเตอร์ Quartile ช่วง)IQR) นโยบายคือ 1.5 และว่าสำหรับการถดถอยท้องถิ่น)LR) เป็น 1.2 ยังใช้ CPU สูงสุดขีด จำกัดสำหรับเกณฑ์คงที่)THR) นโยบายการถูกตั้งค่าเป็น 0.6 และการใช้พลังงานสูงสุดสำหรับตรรกศาสตร์คลุมเครือ ระบบฐานกฎ)FRBS) และตรรกศาสตร์เป็น 0.6 ซึ่งถ้าเกินเซิร์ฟเวอร์จะได้รับการพิจารณามากกว่าใช้หรือจะถูกข้ามไปในการจัดวาง ค่านี้จะถูกเลือกให้เป็นก็แสดงการใช้พลังงานขนาดกลางในฟังก์ชั่นสมาชิกพลังงาน

B. ผลการจำลองและการวิเคราะห์

ตารางที่สาม แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบการออกแบบที่กล่าวถึงในส่วนก่อนหน้านี้]t แสดงให้เห็นว่าการบริโภคพลังงานโดยเซิร์ฟเวอร์จำนวนของการโยกย้าย เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ในการตอบสนองไปใช้เซิร์ฟเวอร์หรือปิดเซิร์ฟเวอร์แต่ละรุ่น นอกจากนี้ยังมีตารางแสดง SLA คำนวณละขั้นตอนวิธีการและการดำเนินการจัดสรรเวลา เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน หมายถึงเกิดขึ้นกับการดำเนินการแต่ละขั้นตอนวิธีการยังจำนวนเซิร์ฟเวอร์ดาวน์ปิดในศูนย์ข้อมูลที่เกิดขึ้นไม่ได้ใช้งานเพื่อลดการใช้พลังงานเป็นเซิร์ฟเวอร์ ภาพที่ 8 ภาพที่ 9 และรูป lO ใช้ตารางที่ III ข้อมูลและแสดงให้เห็นว่าการแนะนำ FRBS ในตำแหน่ง เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ใน FrbslqrMmt, FrbsThrMmt, FrbsLrMmt, FrbsLrMu และรูปแบบ FrbsFIFls สูงลดการใช้พลังงานสำหรับขั้นตอนวิธีการ แต่เห็นได้ชัดเพิ่มจำนวนของการโยกย้ายเป็นการเพิ่ม SLA และ เก็บไว้จำนวนเซิร์ฟเวอร์ปิดไม่สูงมาก

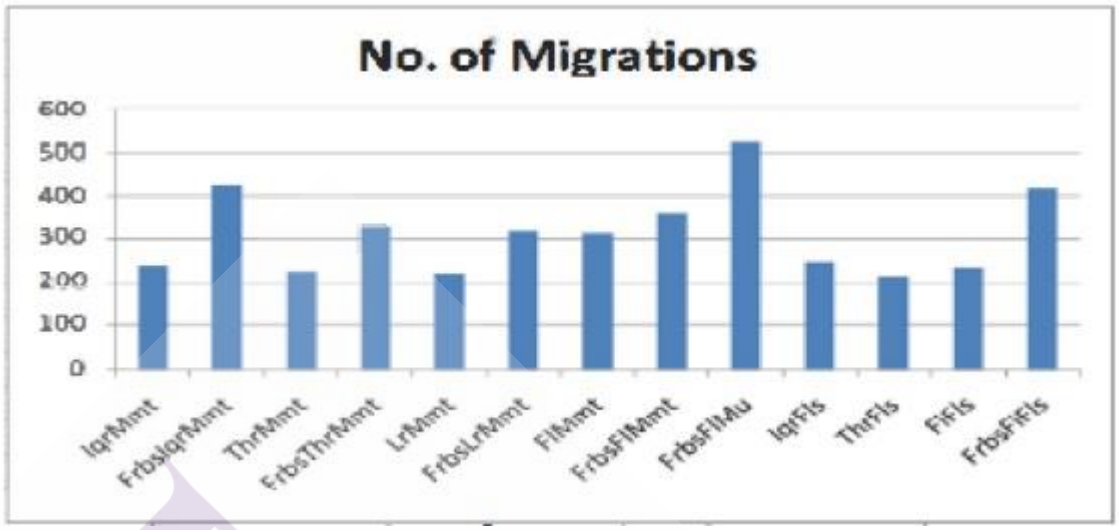
นอกจากนี้ตัวเลขที่แสดงให้เห็นว่าการแนะนำฟลอริด้าในกว่าการตรวจสอบการใช้เซิร์ฟเวอร์ลดการใช้พลังงานที่เกี่ยวกับ IQR เมื่อทั้งสองถูกนำมาใช้กับตำแหน่ง เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน เดียวกันและขั้นตอนวิธีการเลือก เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน แต่ยังคงสูงกว่าขั้นตอนวิธีการอื่นๆ การใช้นโยบายตรรกศาสตร์ในการเลือก เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ในการรวมกันกับขั้นตอนวิธี unfuzzy อื่นๆ นำไปสู่การลดการใช้พลังงาน

สุดท้ายในการใช้ตรรกศาสตร์ผ่านทุกขั้นตอนนำไปสู่การลดลงอย่างเห็นได้ชัดในการใช้พลังงาน, การเพิ่มจำนวนของการโยกย้าย เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน และการดำเนินการจัดสรรเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน เวลาเฉลี่ยในขณะที่เซิร์ฟเวอร์ปิดค่อนข้างอยู่ในช่วง



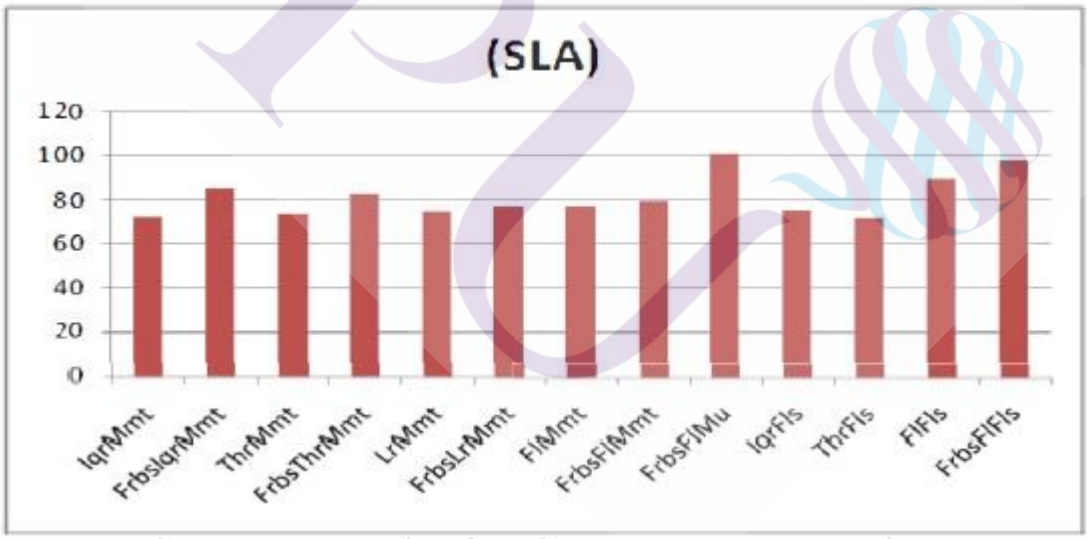
ภาพที่ 2.29 การใช้พลังงานหลังจากใช้ตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือเข้ามาทำการไลฟ์ไมเกรชั่น

ที่มา: Shahinaz R. Hussein, Yousra Alkabani, Hoda K. Mohamed. (2014, น. 425)



ภาพที่ 2.30 จำนวนครั้งของเกสต์ที่ย้ายหลังจากใช้ตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือเข้ามาทำการไลฟ์ไมเกรชั่น

ที่มา: Shahinaz R. Hussein, Yousra Alkabani, Hoda K. Mohamed. (2014, น. 425)



ภาพที่ 2.31 ค่าตกลงการให้บริการหลังจากใช้ตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือเข้ามาทำการไลฟ์ไมเกรชั่น

ที่มา: Shahinaz R. Hussein , Yousra Alkabani, Hoda K. Mohamed. (2014, น. 425)

การบริโภคพลังงานโดยรูปแบบ FrbsFIFls ลดลง %45.8 มากกว่าที่บริโภคโดยการใช้พลังงานสูงสุดในขณะที่รูปแบบการ IqrMmt SLA ของมันจะเพิ่มขึ้น %35.4 มากกว่าเดียวกันขั้นตอนวิธีการและประมาณ %36 กว่าอัลกอริทึม SLA น้อย)ThrFls

7. ข้อสรุป

เพื่อให้บรรลุคอมพิวเตอร์เมฆสีเขียวที่ mmlmize พลังงานปริมาณการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพกลยุทธ์ในการจัดการทรัพยากรจะต้องมีการเรียก เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน เป็นแบบพลวัตและการควบรวมกิจการเปลี่ยนเซิร์ฟเวอร์ไม่ได้ใช้งานโหมดประหยัดพลังงาน แต่เหล่านี้วิธีการอาจส่งผลในการละเมิด SLA ในขณะที่เพิ่มเวลาดำเนินการในบทความนี้เราได้นำเสนอทรัพยากร eXlstmg แล้วระบบการจัดการและแนะนำตรรกศาสตร์ใหม่ที่สมบูรณ์ ขั้นตอนวิธีการจัดการที่ใช้ขั้นตอน วิธีการจัดการที่ใช้ตำแหน่ง FRBS เครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนนโยบายข้อเสนอตรรกศาสตร์ใหม่สำหรับการจัดสรรและเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือนเลือกสำหรับการโยกย้ายในกรณีของการเป็นเซิร์ฟเวอร์มากเกินไปผลปรากฏว่าอัลกอริทึมพลังงานลดลงของเราการบริโภคประมาณ %40-30 กว่าขั้นตอนวิธีการ unfuzzy แต่มันเพิ่ม SLA %35-32 ประมาณ) กว่าขั้นตอนวิธีการ unfuzz เนื่องจากจะเพิ่มขึ้นในการโยกย้ายเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน ซึ่งจะดำเนินการเพิ่มขึ้นเวลาของการจัดสรรเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน

8. ทิศทางในอนาคต

งานทดลองเพิ่มเติมกับเครื่องชั่งน้ำหนักที่แตกต่างกันและเมฆเวลาการรับสัญญาณภาระงานที่จะทำควบคู่ไปกับการเสริมสร้างกฎตรรกศาสตร์คลุมเครือระบบฐานโดยการแนะนำเทคนิคที่ชาญฉลาดเป็นขั้นตอนวิธีการเรียนรู้ระบบประสาทตรรกศาสตร์คลุมเครือและปฏิบัติจริงการตรวจสอบรุ่นที่มีอยู่และเทคนิคที่ใช้บางส่วนตรรกศาสตร์คลุมเครือกับคนอื่นๆ ขั้นตอนวิธีการเป็นวิธีการ โลภและตรรกศาสตร์คลุมเครือ Q-Iearning รับรู้ผลกระทบต่อผลประกอบการสำหรับประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอีกทางหนึ่งที่จะได้รับการแนะนำตรรกศาสตร์คลุมเครือคหมายถึงขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มทรัพยากรเพื่อเพิ่มขั้นตอนวิธีผลการดำเนินงานและระยะเวลาการกำหนดเป้าหมายที่มีประสิทธิภาพสีเขียวที่สมบูรณ์เมฆส่วนที่ร้องขอ QoSในที่สุดความคิดสร้างสรรค์อย่างเต็มที่สีเขียวแก้ปัญหาเมฆตามตรรกศาสตร์คลุมเครือที่สูงพิจารณา SLA และพารามิเตอร์ประสิทธิภาพอื่นๆจะได้รับการตรวจสอบ

2.2.4 Optimal online deterministic algorithms and adaptive heuristics for energy and performance efficient dynamic consolidation of virtual machines in Cloud data centers

[1] งานวิจัยชิ้นนี้ทางผู้ทำการวิจัยได้นำเสนอ อัลกอริทึมแบบต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการทำไฟล์ไมเกรชั่นเพื่อลดการใช้พลังงาน โดยจะแบ่ง 2 Policy ในการทำงาน

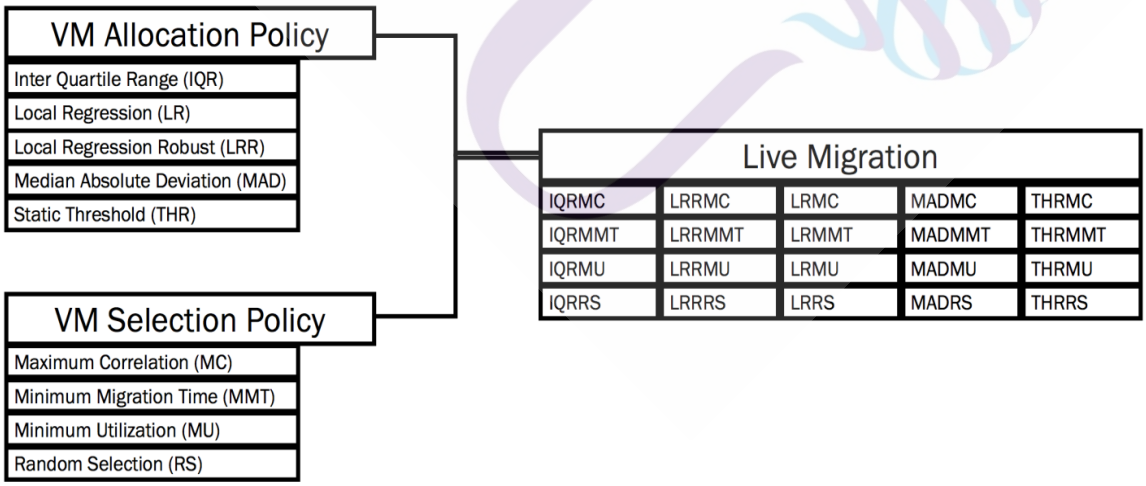
1) VM Allocation Policy ซึ่งทำหน้าที่บ่งชี้ว่า Host ใดที่จะต้องรองรับการไลฟ์ไมเกรชั่นของเกสต์ รายการของเกสต์ที่อยู่ในโฮสต์ที่ควรจะต้องย้ายเกสต์ออก และรายการของโฮสต์ที่จะต้องถูกย้ายเกสต์ ซึ่ง VM Allocation Policy ที่ทางผู้วิจัยได้นำเสนอไว้มีดังนี้

1. Inter Quartile Range
2. Local Regression
3. Local Regression Robust
4. Median Absolute Deviation
5. StaticThreshold

2) VM Selection Policy ทำหน้าที่ในการเลือกว่า เกสต์เครื่องไหนที่จะต้องทำการไลฟ์ไมเกรชั่นไปยังเครื่องอื่นๆ โดยผู้ทำวิจัยได้เสนอไว้ 4 แนวทางดังนี้

1. Maximum Correlation
2. Minimum Migration Time
3. Minimum Utilization
4. Random Selection

โดยการทำงานทั้งหมดนั้นจะต้อง เลือก VM Allocation Policy และ VM Selection Policy มาประกอบกัน จึงจะได้รูปแบบของการทำไลฟ์ไมเกรชั่น ซึ่งสรุปได้เป็น 20 รูปแบบ และใช้เป็นตัวอย่างในการทำไลฟ์ไมเกรชั่นของโปรแกรม Cloudsim



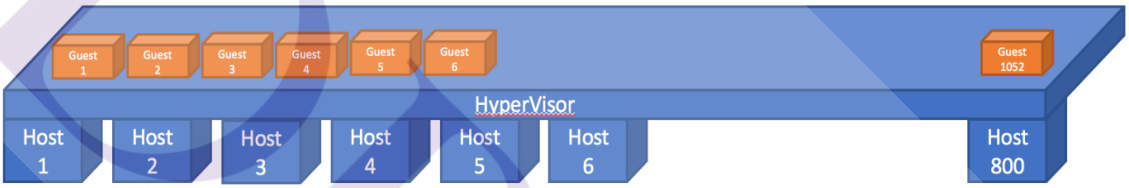
ภาพที่ 2.32 VMs Allocation Policy, VMs Selection Policy วิธีการทั้งหมดในการทำ Live Migration

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบจำลอง

3.1.1 แบบจำลองที่ใช้ทดสอบ

แบบจำลองที่ใช้ทดสอบนี้ได้มาจากศึกษางานวิจัยของ Cloudsim ซึ่งมีการจำลองงานโดยการเก็บค่าที่ใช้งานจริงของ Planetlab โดยกำหนดให้เก็บค่าWorkload ทุกๆ 5 นาที โดยมีโฮสต์ 800 โฮสต์เป็นแบบคลัสเตอร์ และมีเกสท์ที่ทำงานอยู่บนระบบทั้งหมด 1052 เกสท์



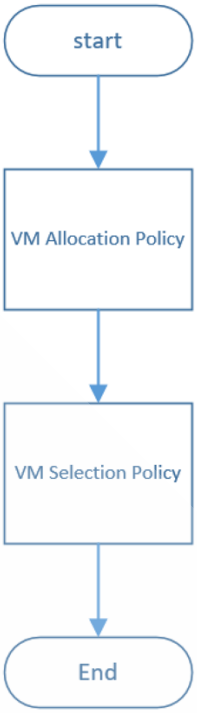
ภาพที่ 3.1 แบบจำลองระบบที่นำมาทดสอบการทำไลฟ์ไมเกรชั่น

3.2 แผนการดำเนินงาน

งานวิจัยชิ้นนี้มีจุดประสงค์เพื่อลดการใช้พลังงานในระบบ Cloud Computing โดยจะใช้การย้ายที่อยู่ของเกสท์ ไปยังโฮสต์อื่นๆที่มีทรัพยากรรองรับโดยอัตโนมัติและทำการปิดโฮสต์ที่ไม่มีเครื่องเสมือนประมวลผลอยู่ภายใน โดยระหว่างการย้ายนั้นระบบที่ทำงานอยู่บนเครื่องเสมือนจะต้องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งงานวิจัยนี้จะให้ความสำคัญกับการประหยัดพลังงานแต่ยังคงประสิทธิภาพการทำงานของเกสท์ โดยมีแนวทางในการวิจัยดังนี้

3.2.1 ศึกษาข้อมูล ออกแบบ พัฒนาวิธีการและเงื่อนไขย้ายเครื่องเสมือน

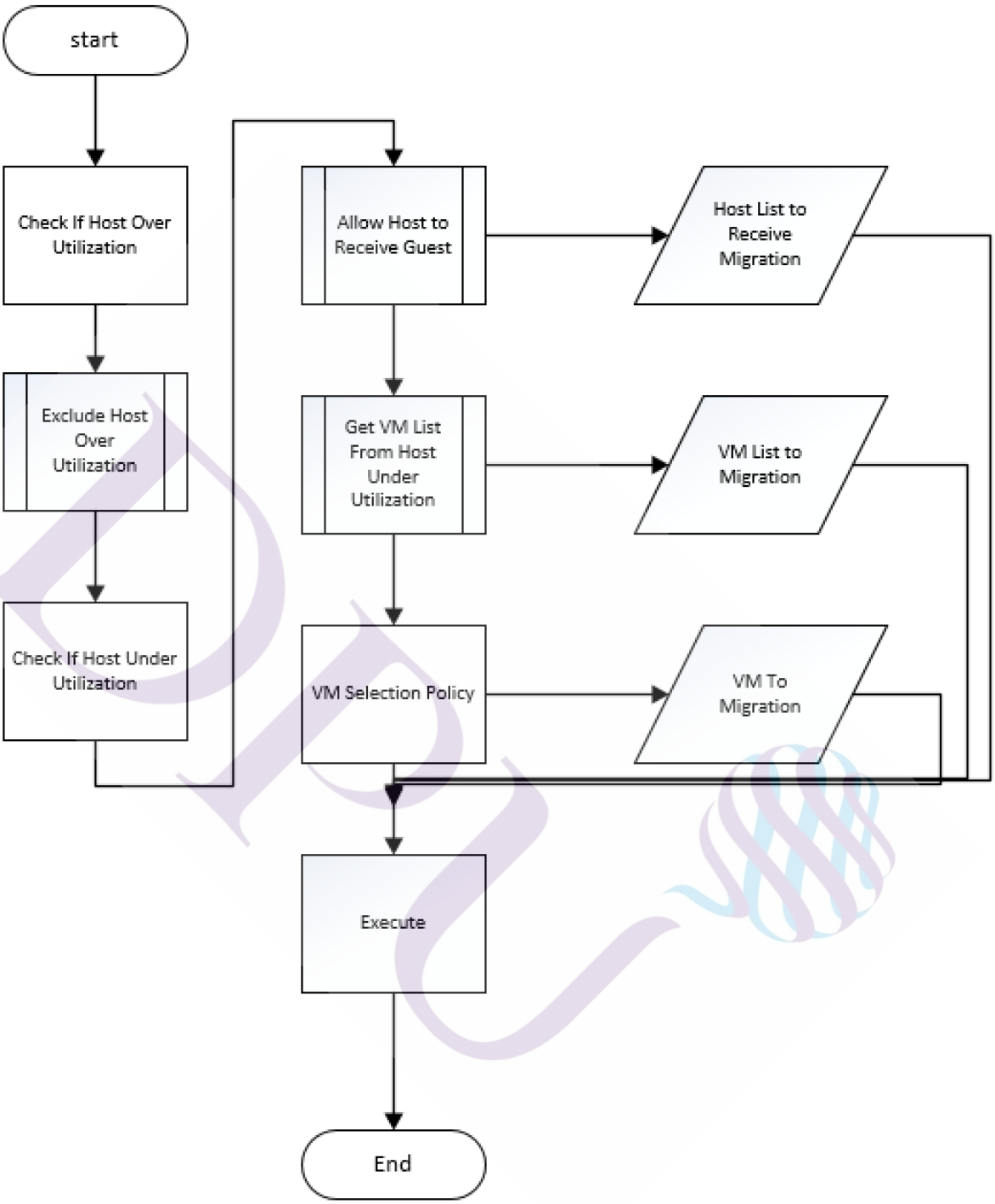
การศึกษาข้อมูลนั้นได้ทำการศึกษาวิธีการและเงื่อนไขการไลฟ์ไมเกรชั่นจากตัวอย่างของ Cloudsim ซึ่งการย้ายเกสท์ไปยังโฮสต์อื่นๆ นั้นมีเงื่อนไขอยู่สองอย่างคือ การเลือกโฮสต์ปลายทาง และการเลือกเกสท์ที่จะย้ายไปยังโฮสต์ปลายทาง โดยสามารถแสดงเป็น Flowchart ได้ดังภาพด้านล่าง



ภาพที่ 3.2 แบบจำลองระบบที่นำมาทดสอบการทำไลฟ์ไมเกรชั่น

3.2.2 ออกแบบอัลกอริทึ่มในการทำไลฟ์ไมเกรชั่น

การออกแบบอัลกอริทึ่มสำหรับการทำไฟล์ไมเกรชั่นนั้น จะต้องคำนึงถึงผลกระทบกับระบบและเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบจะใช้วิธีการที่เป็นแนวคิดปกติของ System Administrator โดยการเช็ค Utilization ของโฮสต์ ว่าโฮสต์ไหนควรจะถูกย้ายเกสต์ออก โฮสต์ส่วนไหนที่จะอนุญาตให้ไลฟ์ไมเกรชั่นเกสต์เข้ามา และเกสต์เครื่องไหนบ้างที่จะต้องถูกไลฟ์ไมเกรชั่น โดยอัลกอริทึ่มนี้จะนำมาเป็น VM Allocation Policy โดยกำหนดให้โฮสต์ที่จะรับเกสต์จากการไลฟ์ไมเกรชั่นจะต้องมี Utilization ไม่เกิน 90% ของทรัพยากร และโฮสต์ที่มี Utilization ต่ำกว่าค่าที่กำหนดจะต้องทำการไลฟ์ไมเกรชั่นเกสต์ออกจากตัวเองและปิดตัวเองลงถ้าไม่มีเกสต์เหลืออยู่จากนั้นจะเป็นหน้าที่ของ VM Selection Policy ที่จะเลือกเกสต์จากลิสต์ที่ได้มาจากข้างต้นไปยังโฮสต์ปลายทาง ซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพด้านล่าง



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการทำไลฟ์ไมเกรชั่นโดยมีการตรวจสอบ Utilization ของโฮสต์

และสามารถแสดงเป็น Psudo Code ได้ดังนี้

ขั้นตอนสำหรับการหา VM List ที่จะต้อง Migration, Host ที่จะต้องทำการรับการไมเกรชั่น

Migration for host in hostlist

if getutilize(host) < 50%

hostunderutilize = host

ขั้นตอนการเลือก VMs เพื่อทำการไมเกรชั่น

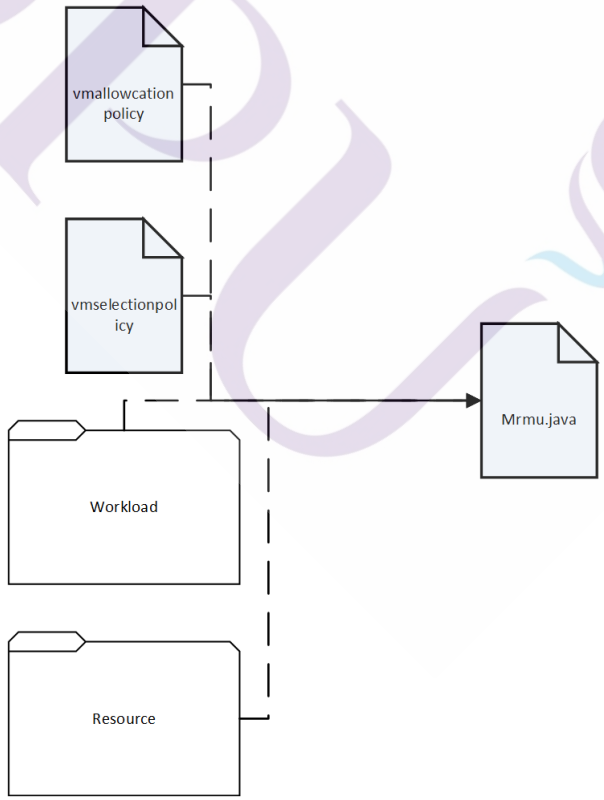
for vm in hostunderutilize.getvm

if minUsage(vm)

vmtomigate = vm

3.2.3 ติดตั้งและกำหนดค่าสำหรับการวิจัย

Cloudsim นั้นถูกพัฒนามาด้วยภาษา Java โดยมีโครงสร้างสำหรับการทดสอบไลฟ์ไมเกรชั่นดังภาพด้านล่าง



ภาพที่ 3.4 โครงสร้างไฟล์สำหรับการทำไลฟ์ไมเกรชั่นของ Cloudsim

1) ไฟล์ vmallowcationpolicy

ไฟล์นี้เป็นการกำหนดเกี่ยวกับโฮสต์ว่าเมื่อใดจึงจะยอมให้เกสท์ทำการไฟล์ไมเกรชั่นเข้ามาได้ โดยกำหนดเป็นภาษาJava

2) ไฟล์ vmselectionpolicy

ไฟล์นี้เป็นการกำหนดเงื่อนไขของเกสท์ที่จะทำการไมเกรชั่น ซึ่งผู้ทำวิจัยได้เลือกใช้แบบ minimum Utilization จึงเป็นผลงานวิจัยของ Cloudsim

3) ไฟล์ mrmu.java

เป็นการกำหนดว่าจะใช้ vmallocationpolicy, vmselectionpolic, workload ว่าจะใช้แบบใด

3.2.4 ตัวแปรที่ใช้วัดผล

งานวิจัยชิ้นนี้มีตัวแปรที่ใช้วัดผลอยู่ 3 ตัวแปร

(1) การใช้พลังงานของศูนย์ข้อมูลต่อชั่วโมง (Kw/H)

(2) จำนวนการไลฟ์ไมเกรชั่นของเกสท์

(3) ข้อตกลงในการให้บริการ (Service Level agreement)

3.2.5 สรุปผลการวิจัยและประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการจำลองที่ได้จาก Cloudsim มาสรุปผลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การทำงานและประเมินประสิทธิภาพของระบบที่ได้ออกแบบไว้

จากแผนการดำเนินงานที่กล่าวมา ทางผู้จัดทำ สามารถแสดงแผนการดำเนินงานได้ดังในตารางด้านล่าง

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน

งาน	กันยายน 2558	ตุลาคม 2558	พฤศจิกายน 2558	ธันวาคม 2558
ศึกษาข้อมูล ออกแบบ พัฒนาวิธีการและเงื่อนไขย้ายเครื่องเสมือน				
ออกแบบระบบการวิจัยและจัดเตรียมอุปกรณ์ที่ต้องใช้ทั้งหมด				
ติดตั้งและกำหนดค่าสำหรับการวิจัย				
สรุปผลการวิจัยและประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย				

3.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

การทดสอบจะจำลองสถานการณ์โดยมีโฮสต์จำนวน 800 เครื่อง มีเกสท์ 1052 เครื่อง และใช้เวลาในการทดสอบ 86400 วินาที (24 ชั่วโมง) โดยจะทำการใช้อัลกอริทึ่มสำหรับ VM Allocation Policy ที่สร้างขึ้นมาและจับคู่กับ VM Selection Policy กำหนดลงในไฟล์ mrmu.java และเก็บผลการทดสอบเพื่อนำมาสรุปเป็นกราฟและนำมาเปรียบเทียบ

1. ทดสอบโดยการใช้ Minimum Utilization VM Selection Policy

```
package org.cloudbus.cloudsim.examples.power.planetlab;

import java.io.IOException;

public class MrMu {


	public static void main(String[] args) throws IOException {
		boolean enableOutput = true;
		boolean outputToFile = false;
		String inputFolder =
NonPowerAware.class.getClassLoader().getResource("workload/planetlab").getPath();
		String outputFolder = "output";
		String workload = "20110303"; // PlanetLab workload
		String vmAllocationPolicy = "mr"; // Minimum Migration (MR) VM
allocation policy
		String vmSelectionPolicy = "mu"; // Minimum Utilization (MU) VM
selection policy
		String parameter = "0.9"; // the static utilization threshold

		new PlanetLabRunner(
				enableOutput,
				outputToFile,
				inputFolder,
				outputFolder,
				workload,
				vmAllocationPolicy,
				vmSelectionPolicy,
				parameter);
	}

}
```

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบสามารถเก็บผลจาก Cloudsim ได้ดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 4.1 ค่าจากการทดสอบด้วยโปรแกรม Cloudsim

Topic	Energy consumption (kW/h)	SLA Loss	Number of VM migrations	Number of Migration per VMs	Number of host shutdowns
No-Migration	2410.8	0	0	0.00	455
Mrmu 30%	858.72	0.00	387	0.37	479
MrMu 40%	855.55	0.00	389	0.37	480
MrMu 50%	851.86	0.00	392	0.37	483
MrMu 60%	851.17	0.00	394	0.37	484
MrMu 70%	851.91	0.00	393	0.37	483
MrMu 80%	851.91	0.00	393	0.37	483
IqrMc	179.25	0.0000712	23596	22.43	5511
IqrMnt	189.98	0.0000301	26282	24.98	5868
IqrMu	201.54	0.0000454	29410	27.96	6282
IqrRs	180.09	0.0000699	23592	22.43	5505
LrMc	151.07	0.0000683	23380	22.22	4078
LrMmt	163.48	0.0000464	27859	26.48	5053
LrMu	175.6	0.0000613	30166	28.67	5632
LrRs	149.07	0.69	22459	21.35	3931
LrrMc	151.07	0.0000683	23380	22.22	4078
LrrMnt	163.48	0.464	27859	26.48	5053
LrrMu	175.6	0.613	30166	28.67	5632
LrrRs	150.79	0.721	23607	22.44	4080

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Topic	Energy consumption (kW/h)	SLA Loss	Number of VM migrations	Number of Migration per VMs	Number of host shutdowns
MadMc	175.29	0.738	23861	22.68	5460
MadMnt	185.79	0.334	26556	25.24	5828
MadMu	200.14	0.0000485	29611	28.15	6281
MadRs	175.87	0.751	24016	22.83	5462
ThrMc	183.48	0.0000697	23967	22.78	5576
ThrMnt	192.62	0.0000318	26711	25.39	5885
ThrMu	207.79	0.0000494	30653	29.14	6523
ThrRs	184.79	0.0000702	24594	23.38	5583

Topic คือ วิธีการในการทำไมเกรชั่น

Energ Consumption (kW/h) คือ จำนวนพลังงานที่ใช้ต่อชั่วโมง โดยหน่วยเป็นกิโลวัตต์

SLA Loss คือ การสูญเสียค่าการให้บริการ

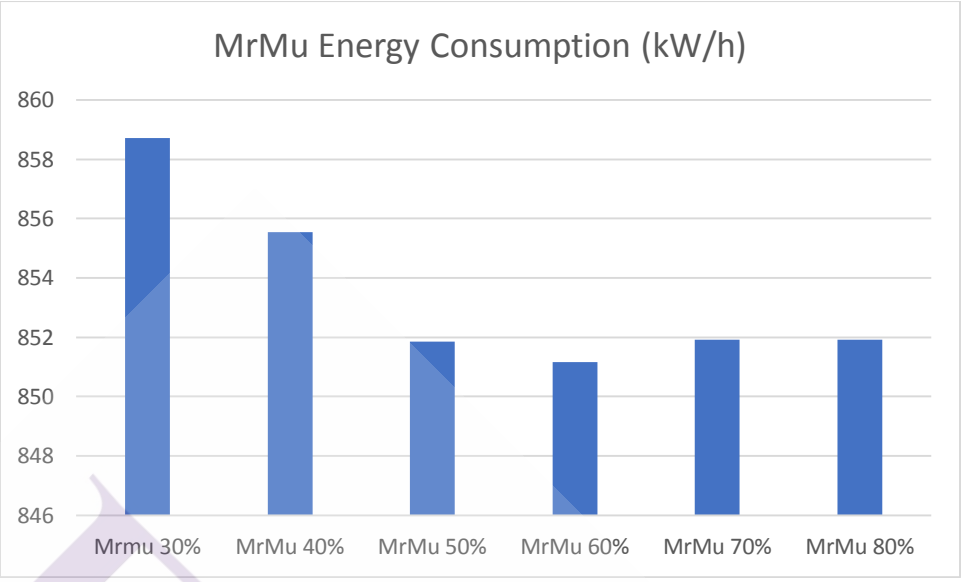
Number of VMs Migration คือ จำนวนของเกสต์ที่ไมเกรชั่น

Number of Migration per VMs คือจำนวนครั้งของเกสต์ที่ไมเกรชั่นต่อเกสต์

Number of Host Shutdown คือ จำนวนครั้งของHostที่สามารถปิดการทำงาน

4.1.1 การใช้พลังงานของ MrMu Allocation Policy

จากตารางที่ 4.1 เราสามารถแสดงได้เป็นกราฟดังภาพด้านล่าง

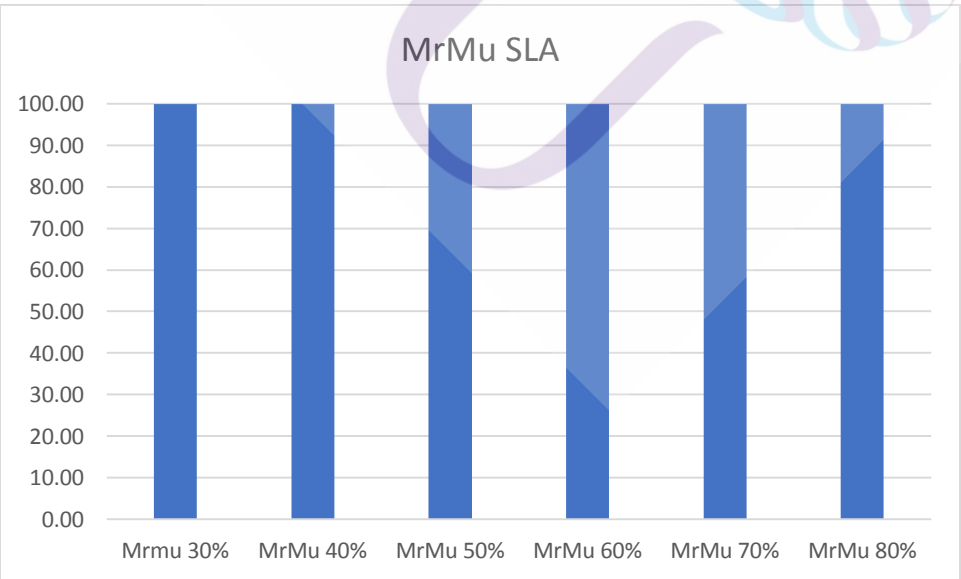


ภาพที่ 4.1 MrMu Energy Consumption (kW/h)

การทดสอบนั้นจะแสดงให้เห็นว่า ในช่วงทดสอบการ 60% ใช้พลังงานน้อยที่สุด โดยใช้เพียง 851.17 kW/h ในขณะที่การกำหนดช่วงระหว่าง 30% - 60% นั้นจะลดการใช้พลังงานมาเป็นลำดับ แต่เมื่อพ้นช่วง 70% ไปแล้วจะไม่สามารถลดพลังงานได้อีก และใช้พลังงานเท่ากัน

4.1.2 ค่า Service Level Agreement ของ MrMu Allocation Policy

จากตารางที่ 4.1 เราสามารถแสดงได้เป็นกราฟดังภาพด้านล่าง

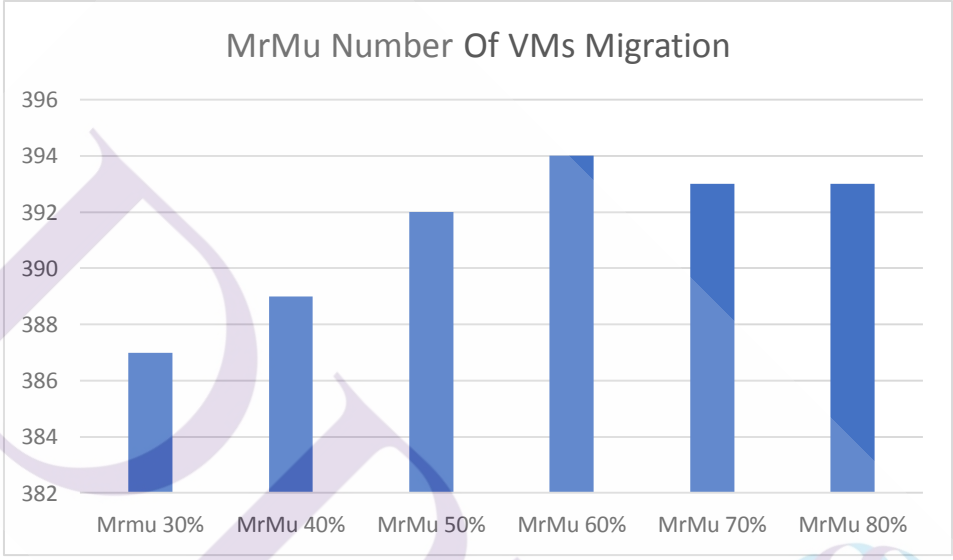


ภาพที่ 4.2 MrMu Service Level Agreement

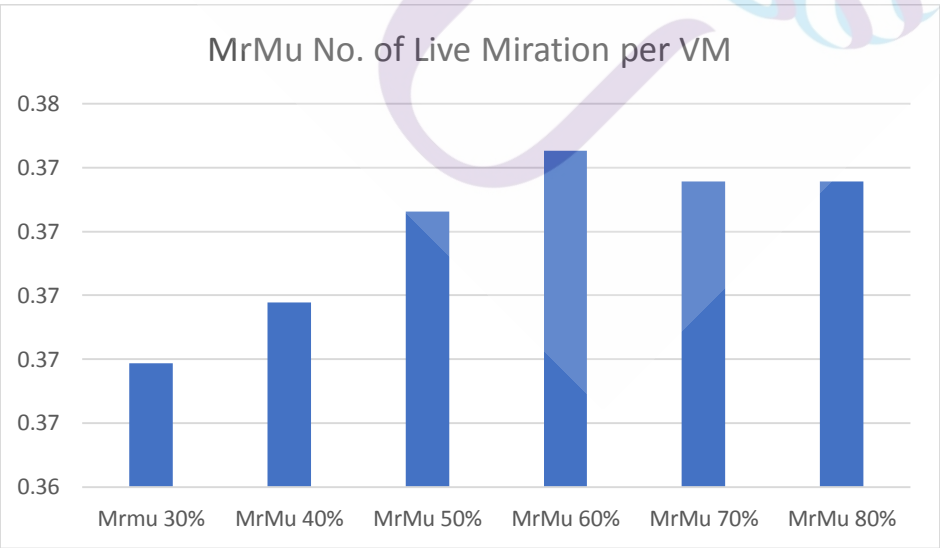
จากภาพที่ 4.2 นั้น เราสามารถสรุปได้ว่าด้วยการทำไลฟ์ไมเกรชั่นนี้ ไม่มีการสูญเสียค่า Service Level Agreement นั่นหมายความว่าสามารถนำไปใช้งานได้จริง และไม่ก่อให้เกิดความเสียหายให้แก่ระบบ ซึ่งเป็นสิ่งที่ทางธุรกิจต้องการและสามารถรับผลที่เกิดขึ้นได้

4.1.3 จำนวนครั้งที่ทำการLive Migration ของ MrMu Allocation Policy

จากตารางที่ 4.1 เราสามารถแสดงได้เป็นกราฟดังภาพด้านล่าง



ภาพที่ 4.3 MrMu Number of VMs Migration

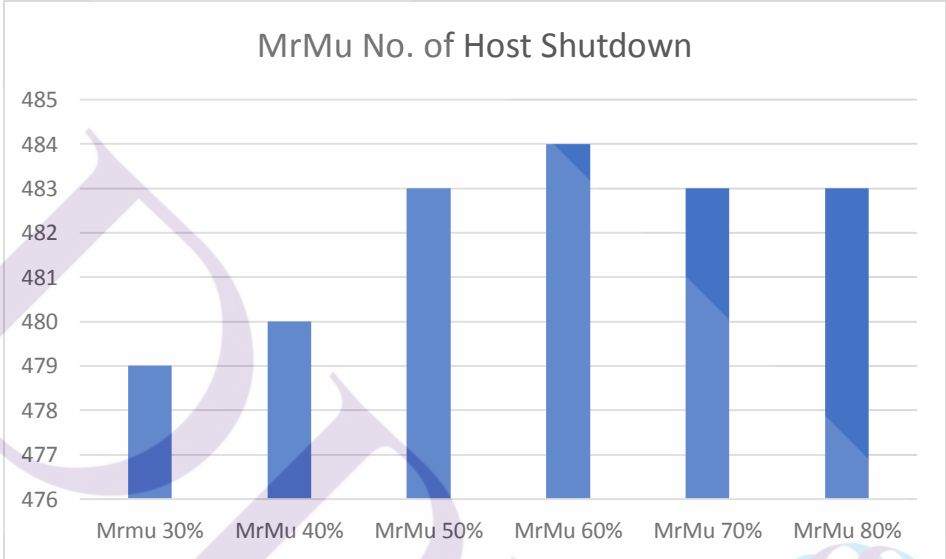


ภาพที่ 4.4 MrMu Number of Live Migration per VM

จากภาพที่ 4.3 และ 4.4 แสดงให้เห็นว่า ในช่วงตลอดเวลาการทดสอบนั้น มีการย้าย VM ประมาณ 380 ครั้งเท่านั้น และเมื่อนำมาเฉลี่ยกับจำนวนของVMs ทั้งหมดแล้ว จะแสดงให้เห็นว่า มีการย้ายเพียง 0.37 ครั้งต่อ VM เท่านั้น

4.1.4 Number of Host Shutdown

จากตารางที่ 4.1 เราสามารถแสดงได้เป็นกราฟดังภาพด้านล่าง



ภาพที่ 4.5 MrMu Number of Host Shutdown

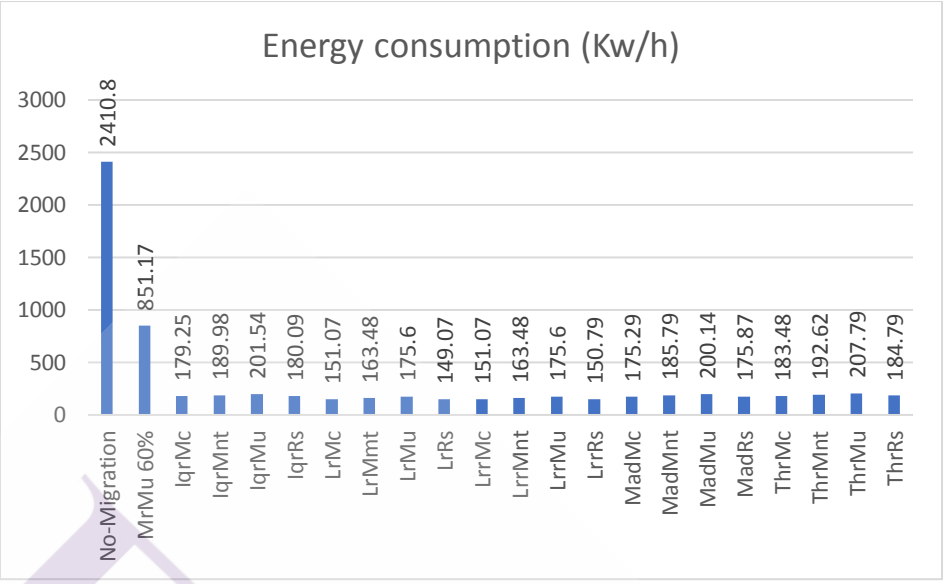
จากภาพที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าจำนวนครั้งของ Host ที่ Shutdown นั้น สูงที่สุดที่ 60% ซึ่งสัมพันธ์กับภาพที่ 4.1 ซึ่งใช้พลังงานน้อยที่สุด และยังสัมพันธ์กับภาพที่ 4.3 ซึ่งสามารถทำไลฟ์ไมเกรชั่นออกไปได้มากที่สุด

ดังนั้น ในการเปรียบเทียบกับการทำไลฟ์ไมเกรชั่นของ Cloudsim นั้นควรใช้ที่ 60% จึงจะดีที่สุด

4.2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานกับงานวิจัยตัวอย่างของ Clousdim

4.2.1 เปรียบในด้านของการใช้พลังงาน

จากตารางที่ 4.1 เราสามารถแสดงได้เป็นกราฟดังภาพด้านล่าง

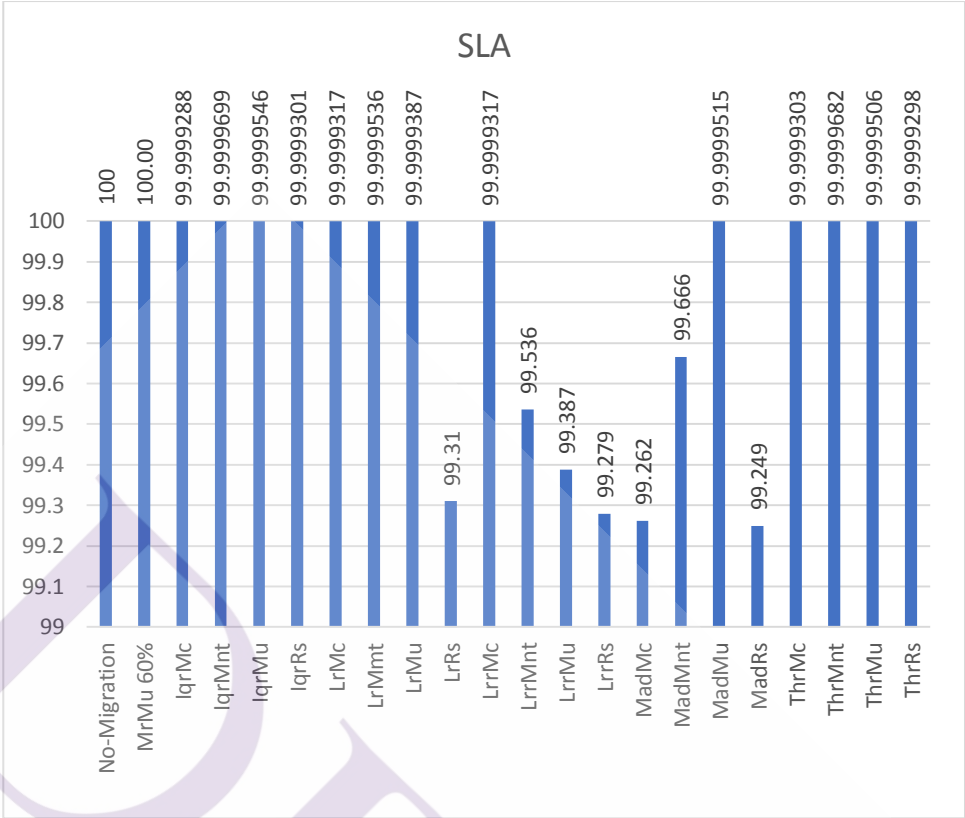


ภาพที่ 4.6 แสดงการใช้พลังงานของวิธีการต่างๆ

จากภาพที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่า เมื่อไม่มีการทำ Live Migration เลย จะใช้พลังงานอยู่ที่ 2410.8 kW/h แต่ในส่วนของที่ Cloudsim สามารถทำได้นั้นอยู่ทีประมาณ 150 – 200 kW/h ซึ่งสามารถลดพลังงานได้ถึง 90% ในขณะที่ Allocation Policy ของผู้วิจัยนั้นใช้พลังงานอยู่ที่ 851.17 kW/h ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานได้เพียง 60%

4.2.2 เปรียบเทียบในด้านของ Service Level Agreement

จากตารางที่ 4.1 เราสามารถแสดงได้เป็นกราฟดังภาพด้านล่าง

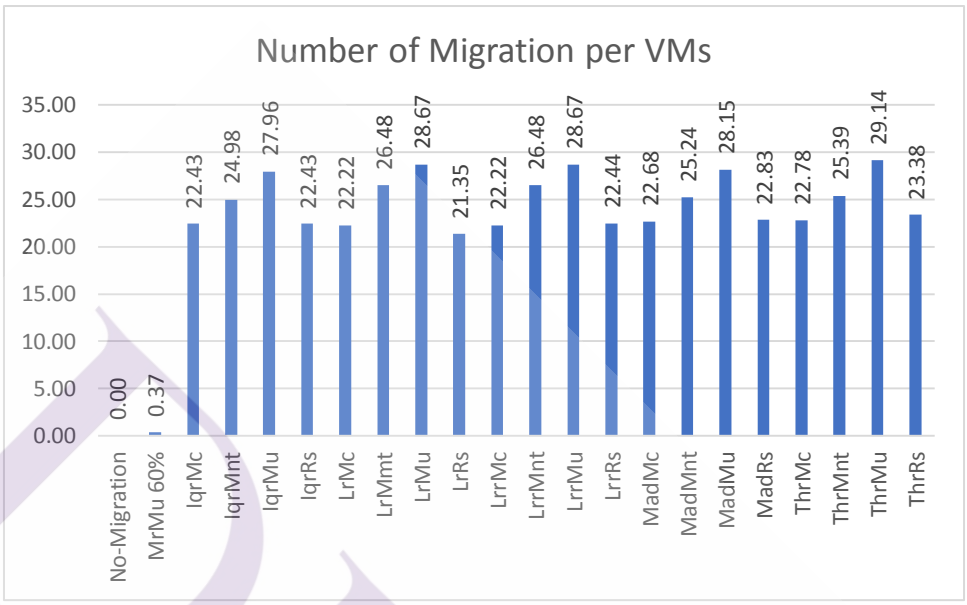


ภาพที่ 4.7 แสดงค่า SLA ของวิธีการต่างๆ

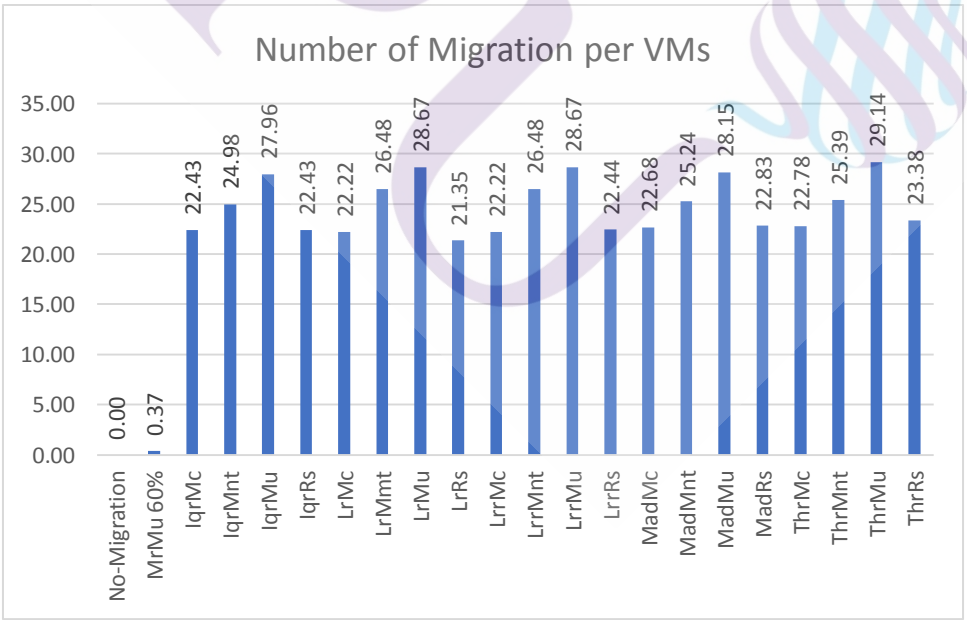
จากภาพที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าทุกๆ กระบวนการนั้นมีการสูญเสียค่า SLA ซึ่งในกระบวนการทางธุรกิจนั้นไม่ควรสูญเสียค่า SLA เลยเนื่องจากเกิดความเสียหายต่อกระบวนการทางธุรกิจ ซึ่ง Allocation Policy ที่นำเสนอนั้น ได้ค่า SLA 100% หมายความว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบ Production ได้

4.2.3 เปรียบเทียบในด้านของจำนวนครั้งที่ทำการ Live Migration

จากตารางที่ 4.1 เราสามารถแสดงได้เป็นกราฟดังภาพด้านล่าง



ภาพที่ 4.8 แสดงค่าการทำ Live Migration ของวิธีการต่างๆ

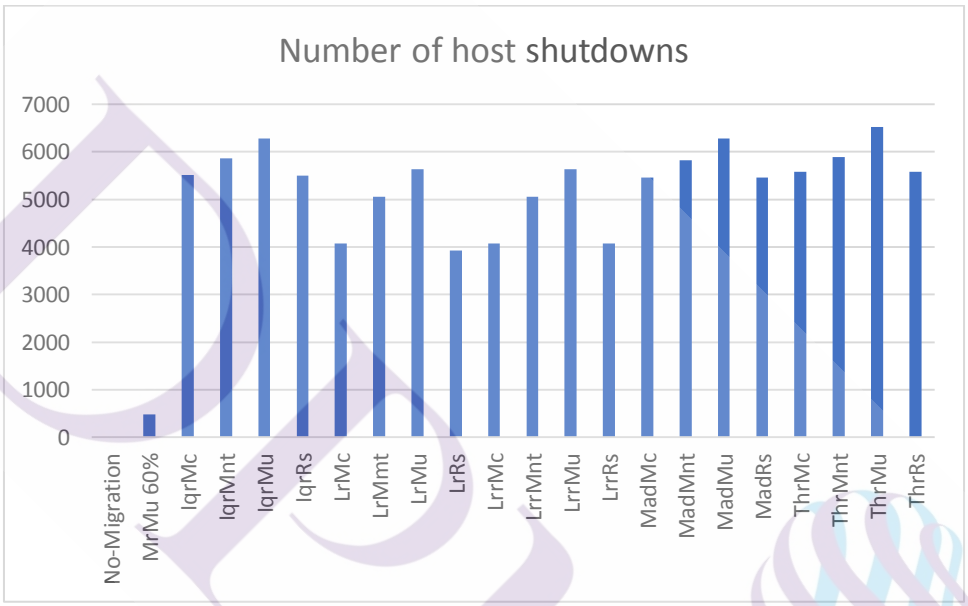


ภาพที่ 4.9 แสดงค่าการทำ Live Migration ต่อ VM

ในภาพที่ 4.7 และ 4.8 นั้นแสดงให้เห็นว่าจำนวนการ Live Migration นั้นส่งผลกระทบต่อค่า SLA หมายความว่ายิ่งเกิดกระบวนการ Migration มากเท่าไหร่ ค่า SLA ก็จะสูญเสียไปตามนั้น แต่ในทางปฏิบัติแล้ว การ Live Migration นั้นมักจะเกิด Downtime ในส่วนของ VM ประมาณ 3 วินาที ตามที่ได้นำเสนอในบทที่ 2

4.2.4 เปรียบเทียบในส่วนของจำนวน Host ที่ Shutdown

จากตารางที่ 4.1 เราสามารถแสดงได้เป็นกราฟดังภาพด้านล่าง



ภาพที่ 4.10 แสดงจำนวนของ Host ที่ Shutdown ด้วยวิธีการต่างๆ

จากภาพที่ 4.9 นั้น แสดงให้เห็นว่าจำนวนของ Host ที่ Shutdown นั้นย่อมมีผลต่อพลังงาน หมายความว่าเมื่อมีจำนวน Host Shutdown มากๆ ครั้งเข้า ก็จะสามารถลดการใช้พลังงานไปได้ แต่เนื่องจาก Shutdown นั้นมีขั้นตอนและกระบานที่มากมายซึ่งจะต้องใช้ระยะเวลาทั้งการ Startup และ Shutdown ซึ่ง Allocation Policy ที่ได้นำเสนอนั้น Shutdown Host 484 ครั้ง ก็สามารถลดพลังงานได้ถึง 60% โดยไม่สูญเสียค่า SLA

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ได้กำหนดไว้ตั้งแต่เริ่มแรก ดังนี้

.1 เพื่อคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพของการทำงาน ไม่สูญเสียค่าตกลงในการให้บริการ

.2 เพื่อลดการใช้พลังงานของศูนย์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบคลาวด์คอมพิวติ้ง

จากการทดสอบและนำเสนอ Allocation Policy ที่ได้สร้างขึ้นมานั้น สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การใช้ Allocation Policy ที่นำเสนอนั้น สามารถลดการใช้พลังงานโดยรวมได้ประมาณ 60% โดยที่ยังคงประสิทธภาพไม่สูญเสียค่าตกลงในการให้บริการ ซึ่งไม่ก่อให้เกิดปัญหาแก่ระบบคลาวด์คอมพิวติ้ง ซึ่งในทาง Business แล้ว สามารถยอมรับได้ จึงสามารถนำไปใช้กับระบบ Production ได้จริง

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้นั้น ถึงจะสามารถลดการใช้พลังงานลงไปได้โดยที่ไม่สูญเสียประสิทธิภาพนั้น ยังอยู่ในขั้นตอนของการทำการจำลองระบบงานเท่านั้น ยังไม่ได้นำไปใช้จริงในสถาปัตยกรรมของระบบคลาวด์คอมพิวติ้ง ดังนั้นจึงควรทำการทดสอบเพิ่มเติมกับระบบคลาวด์คอมพิวติ้งต่อไป และกระบวนการครั้งนี้ยังสามารถปรับปรุงต่อไปได้โดยการเพิ่มเงื่อนไขในส่วนของ Allocation Policy หรือ Selection Policy เพื่อให้รองรับการไมเกรชั่นที่พอดี และควรจะต้องเพิ่มตัวอย่างในการทดลองเพื่อพิสูจน์ผลให้แน่ชัดในลำดับถัดไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาต่างประเทศ

Anton Beloglazov and Rajkumar Buyya. (2012). Optimal Online Deterministic Algorithms and Adaptive Heuristics for Energy and Performance Efficient Dynamic Consolidation of Virtual Machines in Cloud Data Centers. Inproceedings of CONCURRENCY AND COMPUTATION: PRACTICE AND EXPERIENCE Concurrency Computat.: Pract. Exper. 2012; 24 : 1397–1420

Bharti Wadhwa and Amandeep Verma. (2014). Energy Saving Approaches for Green Cloud Computing: A Review. Inproceedings of 2014 RAECS UIET Panjab University Chandigarh, 06 - 08 March, 2014

Dimension Data. 2013. Comparing Public Cloud Service Level Agreements

https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing

Giritech. 2006. G/On Load Balance and Redundancy

Lin Gong, Jian Xie, Xiaolan Li and Bo Deng. (2013). Study on Energy Saving Strategy and Evaluation Method of Green Cloud Computing System. Inproceedings Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 2013 8th IEEE Conference on, DOI: 10.1109/ICIEA.2013.6566417 http://ieeexplore.ieee.org/document/6566417/

Microsoft Corporation. 2009. Failover Clustering in Windows Server 2008 R2

Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/cpe. 1867

Published online in www.vmware.com

Published online in Downlaod.microsoft.com

Published online in http://www.giritech.de/downloads/pdf/Load%20Balancing_whitepaper.pdf

Published online in https://www.dimensiondata.com/Global

Shahinaz R. Hussein, Yousra Alkabani, Hoda K. Mohamed. (2014). Green cloud computing: Datacenters power management policies and algorithms. Inproceedings of Computer Engineering & Systems (ICCES), 2014 9th International Conference, DOI: 10.1109/ICCES.2014.7030998 http://ieeexplore.ieee.org/document/7030998/

VMware, Inc. (2013). The VMware NSX Network Virtualization Platform VMware Solutions: Designed for Early and Ongoing Success

VMware Inc. (2006). Virtualization Overview

www.cloudbus.org/cloudsim/

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ว่าที่ร้อยตรีวรานนท์ จินาหยิน
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2551 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	นักวิเคราะห์ระบบอาวุโส SAP System Management Division เครือเบทาโกร
ประสบการณ์ ผลงานทางวิชาการ	พ.ศ. 2560 การโยกย้ายเครื่องคอมพิวเตอร์แบบเสมือน เพื่อการประหยัดพลังงานและได้ประสิทธิภาพดีที่สุด ด้วยวิธีการเลือกเครื่องคอมพิวเตอร์แบบเสมือนที่ใช้ทรัพยากรน้อยที่สุดไปยังเครื่องแม่ข่ายที่ใช้ทรัพยากรสูงที่สุดในระบบศูนย์คอมพิวเตอร์ งานประชุมการประชุมเครือข่ายวิชาการด้านวิศวกรรมไฟฟ้า การพัฒนานวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรม และการเกษตรอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 9 (EENET2017)