

การปรับปรุงการทำเซ็คพอยต์บนเครื่องเสมือนด้วย  
เทคนิคไลฟ์ไมเกรซัน

โดย

วีระพงษ์ รัตนสมุทร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2550

การปรับปรุงการทำเซ็คพอยต์บนเครื่องเสมือนด้วย  
เทคนิคไลฟ์ไมเกรซัน

โดย

วีระพงษ์ รัตนสมุท

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2550

An Improvement of Virtual Machine Checkpointing  
by Using Live Migration Technique

By

Verapong Rattanasamoot

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2550

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

วีระพงษ์ รัตนสมุทร

เรื่อง

การปรับปรุงการทำเซ็คพอยต์บนเครื่องเสมือน  
ด้วยเทคนิคไลฟ์ไมเกรซัน

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 5 พฤษภาคม 2550

ประธานกรรมการวิทยานิพนธ์

\_\_\_\_\_  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงแก้ว สวามิภักดิ์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

\_\_\_\_\_  
(ดร.กษิติศ ชาญเชี่ยว)

กรรมการวิทยานิพนธ์

\_\_\_\_\_  
(ดร.ภาสกร อภิรักษ์วรพินิต)

กรรมการวิทยานิพนธ์

\_\_\_\_\_  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ร่องวิริยะพานิช)

คณบดี

\_\_\_\_\_  
(รองศาสตราจารย์ สมชาย วิริยะยุทธกร)

## บทคัดย่อ

เทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชันเป็นที่นิยมนำเอาไปใช้งานในปัจจุบัน โดยซอฟต์แวร์เวอร์ชวลแมชชีนรองรับการบันทึกสถานะของการทำงานของเวอร์ชวลแมชชีน ซึ่งทำให้เครื่องเวอร์ชวลแมชชีนสามารถเริ่มการทำงานใหม่ ณ จุดที่บันทึกสถานะนั้นได้ ถึงอย่างไรก็ตามการบันทึกสถานะของการทำงานของเครื่องจะเสียเวลาค่อนข้างมาก ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีการเซ็คพอยต์ที่นำเอาวิธีการไลฟ์ไมเกรซันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ โดยใช้หลักการโอเวอร์แลปของการบันทึกสถานะของเวอร์ชวลแมชชีน ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการหยุดให้บริการของเครื่องลดลง ซึ่งทางผู้ทำวิจัยได้นำเสนอการออกแบบและขั้นตอนการทำงานสำหรับการเซ็คพอยต์ รวมทั้งนำผลของผลลัพธ์ที่ได้และวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้งาน และแนวทางในการนำไปพัฒนาต่อในอนาคตเพื่อที่จะช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

## Abstract

Virtualization Technology has emerged as a popular technology in computer industry. Many of virtualization software have features to save and restore execution virtual machine state. However, the saving and restoring state usually take a long time. This paper presents a novel checkpointing mechanism that use live migration to promote checkpointing and virtual machine computation overlap, thus reducing the overall checkpointing time. In this research was showed the result of experiment and compare result between traditional checkpointing and new checkpointing. Future work will be discussed the efficient way to use new checkpoint.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ และความช่วยเหลืออย่างยิ่งจากอาจารย์ ดร.กษิติศ ชาญเขียว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่เสียสละเวลาอันมีค่า ในการให้คำแนะนำ ข้อคิดและแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง ขอขอบพระคุณ อาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงแก้ว สวามิภักดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ รองวิริยะพานิช ดร.ภาสกร อภิรักษ์วรพินิต ประธานกรรมการและกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้อันมีค่ายิ่งให้แก่ผู้วิจัย

และที่สำคัญที่สุดกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ตลอดจนญาติพี่น้อง และเพื่อนทุกคนที่คอยช่วยเหลือ และให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา เพื่อให้ข้าพเจ้าสามารถทำงานวิจัยนี้จนกระทั่ง สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง แก่ผู้ที่ได้กล่าวถึงข้างต้น และบุคคลท่านอื่นที่มีได้ กล่าวถึงทุกท่าน ขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัย และสิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้งปวงจงบันดาลให้ทุกท่านมีความสุข สุขภาพแข็งแรงตลอดไปด้วยเทอญ

วีระพงษ์ รัตนสมุทร

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2550

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ .....	(2)
กิตติกรรมประกาศ.....	(4)
สารบัญตาราง.....	(8)
สารบัญภาพประกอบ .....	(10)
บทที่	
1. บทนำ .....	12
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย .....	12
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย .....	15
1.3 สมมติฐานของงานวิจัย .....	15
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	15
1.5 ผลที่ได้รับจากงานวิจัย.....	16
1.6 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์.....	16
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	17
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	17
2.1.1 เทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชัน .....	17
2.1.1.1 เนทีฟเวอร์ชวลไลเซชัน .....	18
2.1.1.2 อิมูเลชันเวอร์ชวลไลเซชัน .....	19
2.1.1.3 พาราเวอร์ชวลไลเซชัน.....	20
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	23

2.2.1	งานวิจัยเรื่องการช้อนการทำเซ็คพอยต์และรีสตาร์ท ของโปรแกรมประยุกต์ผ่านกลุ่ม .....	23
2.2.2	งานวิจัยเรื่องลดระยะเวลาของการหยุดทำงานของระบบ เพื่อใช้ในการปรับปรุงดูแลรักษา.....	25
2.2.3	งานวิจัยเรื่องไลฟ์ไมเกรชั่นบนเวอร์ชวลแมชีน.....	26
3.	วิธีการดำเนินงานวิจัย .....	28
3.1	เครื่องมือและซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ .....	28
3.2	การพัฒนา .....	29
3.3	ขั้นตอนวิธีในการทำการเซ็คพอยต์ .....	32
3.4	การออกแบบการทดลอง .....	34
3.4.1	การทดสอบด้วยโปรแกรมทางด้านการคำนวณ Linpack ..	34
3.4.2	การทดสอบด้วยโปรแกรมทางด้านการจัดการแฟ้มข้อมูล..	34
4.	ผลการทดลอง .....	35
4.1	วิธีขั้นตอนการทดลอง .....	35
4.1.1	วิธีการในการทดลอง .....	35
4.2.1	ข้อมูลในการทดลอง .....	35
4.1.1.1	การทดสอบจับเวลาการทำงานปกติ .....	36
4.1.1.2	การทดสอบจับเวลาการทำงานและ มีการเซ็คพอยต์แบบเดิม .....	36
4.1.1.3	การทดสอบจับเวลาการทำงานและ มีการเซ็คพอยต์แบบใหม่.....	36
4.2	ผลของการทดลอง .....	37
4.2.1	ผลการทดลองในการทดสอบกับซอฟต์แวร์ ประเภทคำนวณ.....	37

4.2.2 ผลการทดลองในการทดสอบกับซอฟต์แวร์ทางด้าน	
การจัดการแฟ้มข้อมูล.....	40
4.2.3 ผลการทดลองด้วยการเช็คพอยต์สองครั้งโดย	
ใช้โปรแกรมคำนวณ.....	45
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ .....	47
5.1 สรุปการศึกษา.....	47
5.1.1 สรุปผลการทดลองด้วยโปรแกรมทางด้านคำนวณ.....	47
5.1.2 สรุปผลการทดลองด้วยโปรแกรมทางการเขียนข้อมูล	
ลงแฟ้มข้อมูล.....	47
5.1.3 สรุปผลการทดลองด้วยโปรแกรมทางการอ่านข้อมูล	
ลงแฟ้มข้อมูล.....	49
5.1.4 สรุปผลการทดลองด้วยด้วยการเช็คพอยต์สองครั้งโดยใช้	
โปรแกรมคำนวณ.....	52
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	52
ภาคผนวก.....	53
บรรณานุกรม .....	62
ประวัติการศึกษา.....	64

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	รายละเอียดของเครื่องมือและซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ .....	28
4.1	ผลการทดสอบจับเวลาการทำงานของ Linpack ในวิธีต่างๆ มีหน่วยเป็นวินาที.....	37
4.2	ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการทำงานของโปรแกรม Linpack โดย N คือขนาดของเมทริกซ์การคำนวณ .....	39
4.3	ผลการทดสอบจับเวลาการทำงานของโปรแกรมจัดการเพิ่มข้อมูล ประเภทเขียนข้อมูลอย่างเดียวนั้นวิธีต่างๆ .....	40
4.4	ตารางแสดงผลการทดสอบจับเวลาการทำงานของโปรแกรมจัดการข้อมูล ที่มีอ่านข้อมูลจากเพิ่มข้อมูลอย่างเดียวนั้นวิธีต่างๆ .....	42
4.5	ค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการทดสอบการทำงานของโปรแกรมคำนวณ Linpack, โปรแกรมที่เน้นด้านการจัดการเพิ่มข้อมูล ที่แบ่งการเขียนข้อมูล และการอ่านข้อมูล .....	44
4.6	ผลรวมของเวลาเฉลี่ยในการทำงานของโปรแกรมสองรอบ โดยใช้การ เช็คพอยต์ทั้งสองแบบ และการทำงานตามปกติ .....	45
5.1	ตารางเวลาเฉลี่ยในการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในการวัดผล ด้วยการวัด ระยะเวลาของการทำเช็คพอยต์ที่ปรับปรุงด้วยไลฟ์ไมเกรชั่น ซึ่งแยกเป็นเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน .....	48
5.2	ตารางค่าเฉลี่ยของช่วงที่ 37-90 ของค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงที่ของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ ในการอ่านเพิ่มข้อมูลระหว่างการเช็คพอยต์แบบเดิมและ การเช็คพอยต์แบบใหม่ .....	51
ก	ตารางแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมคำนวณ Linpack ขนาดเมทริกซ์ 1000 โดยจับเวลาแต่ละขั้นตอน .....	56
ข	ตารางแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมการจัดการเพิ่มข้อมูล Bonnie ที่ทดสอบการเขียนเพิ่มข้อมูลโดยจับเวลาแต่ละขั้นตอน .....	56
ค	ตารางแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมการจัดการเพิ่มข้อมูล Bonnie ที่ทดสอบการอ่านเพิ่มข้อมูลโดยจับเวลาแต่ละขั้นตอน .....	57

ง	ตารางแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมการคำนวณ Linpack ขนาดเมทริกซ์ 3000 จำนวน 3 รอบ โดยแบ่งเป็นระยะเวลาที่ใช้แต่ละขั้นตอนอย่างละเอียด .....	57
จ	ตารางแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมการจัดการเพิ่มข้อมูล โบนนี่ ทดสอบการอ่านข้อมูลขนาด 350 เมกะไบต์ โดยแบ่งเป็นระยะเวลาที่ใช้แต่ละขั้นตอน .....	58
ฉ	ตารางแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมการจัดการเพิ่มข้อมูล โบนนี่ ทดสอบการเขียนข้อมูล 350 เมกะไบต์ โดยแบ่งเป็นระยะเวลาที่ใช้แต่ละขั้นตอน .....	58
ช	ตารางแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมการคำนวณ Linpack ขนาดเมทริกซ์ 500 แล้วทดสอบโดยการทำเช็คพอยต์แบบใหม่ แล้วทำเช่นนี้ 2 ครั้ง โดยแบ่งเป็นระยะเวลาที่ใช้แต่ละขั้นตอนอย่างละเอียด .....	59
ช	ตารางแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมจัดการเพิ่มข้อมูล โดยการอ่านข้อมูลขนาด 350 เมกะไบต์ แล้วทดสอบโดยการทำเช็คพอยต์แบบใหม่ทำเช่นนี้ 2 ครั้ง โดยแบ่งเป็นระยะเวลาที่ใช้แต่ละขั้นตอนอย่างละเอียด .....	60
ฉ	ตารางแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมจัดการเพิ่มข้อมูล โดยการเขียนข้อมูลขนาด 350 เมกะไบต์ แล้วทดสอบโดยการทำเช็คพอยต์แบบใหม่ทำเช่นนี้ 2 ครั้ง โดยแบ่งเป็นระยะเวลาที่ใช้แต่ละขั้นตอนอย่างละเอียด .....	61

## สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	สถาปัตยกรรมของเวอร์ชวลไลเซชันของ VMWare.....	19
2	โครงสร้างของเวอร์ชวลไลเซชันแบบฮิเปอร์เวิลด์.....	20
3	โครงสร้างของเซสชัน และส่วนต่างๆ .....	21
4	โครงสร้างของเควีเอ็ม ที่มีคิมูทำงานเป็นส่วนหนึ่ง .....	22
5	ขั้นตอนวิธีของการทำงานของเซ็คพอยต์ของตัวแทนที่ทำหน้าที่ควบคุม ในการทำการเซ็คพอยต์.....	23
6	เส้นเวลาของโคออร์ดิเนตเซ็คพอยต์ในการทำงาน .....	24
7	แบบจำลองของ AutoPod .....	25
8	ขั้นตอนของการทำงานของการทำงานไฟไมเกรชันบนเซสชัน.....	26
9	แสดงระยะเวลาที่เครื่องหยุดให้บริการ ขณะมีการทำไฟไมเกรชัน .....	27
10	โครงสร้างของการทำเซ็คพอยต์ที่ปรับปรุงด้วยไฟไมเกรชันระหว่างเครื่อง ....	30
11	ลำดับการทำงานของการทำงานเซ็คพอยต์ที่ปรับปรุงด้วยเทคนิคไฟไมเกรชัน....	31
12	กราฟเปรียบเทียบการจับเวลาทำงานของ Linpack.....	38
13	กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาของการทำงาน Linpack โดยเปรียบเทียบในขนาดปริมาณของการคำนวณต่างๆ .....	39
14	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมที่จัดการ เพิ่มข้อมูลโดยเน้นที่การเขียนข้อมูลลงเพิ่มข้อมูลนั้นเพียงอย่างเดียว.....	41
15	กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการอ่านข้อมูลจากเพิ่มข้อมูล ของโปรแกรมที่ใช้ทดสอบ .....	43
16	กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยของโปรแกรมทดสอบ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล .....	45
17	กราฟแสดงระยะเวลาที่ใช้รวมในการทำงานของโปรแกรมคำนวณสองครั้ง และเทียบกับการเซ็คพอยต์ทั้งสองแบบ .....	46

18	กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการเข้าถึงข้อมูลในแต่ละช่วง ของโปรแกรมจัดการแฟ้มข้อมูลที่จัดการด้านการอ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูล ด้วยแฟ้มข้อมูลขนาด 700 เมกะไบต์ .....	49
19	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของการอ่านข้อมูลในแต่ละช่วงของโปรแกรมโบนนี่ ในช่วงหลังจากการเช็คพอยต์และการไลฟ์ไมเกรชั่นเสร็จสิ้น.....	50