

ขั้นตอนวิธีการทำเช็คพอยน์สำหรับเวอร์ชวลแมชชีน ด้วยเทคนิคไลฟ์ไมเกรชันแบบเทรด A Virtual Machine Checkpointing Algorithm Using Thread-based Live Migration

วศินี ศิริบุญ¹ และ กษิตศ ชาญเชี่ยวชาญ^{2*}

บทคัดย่อ

ซิสเต็มส์เวอร์ชวลแมชชีนช่วยให้ฮาร์ดแวร์แพลตฟอร์มของโฮสเครื่องหนึ่งสามารถสนับสนุนเกส โอเอส (Guest OS) หลายระบบได้ในเวลาเดียวกัน โดยการใช้เวอร์ชวลแมชชีนมอนิเตอร์ ผู้ใช้สามารถดำเนินการระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกันไต่บนฮาร์ดแวร์เดียวกัน เครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งของเวอร์ชวลแมชชีนมอนิเตอร์คือไลฟ์ไมเกรชัน ซึ่งเป็นความสามารถในการย้ายเวอร์ชวลแมชชีนจากเครื่องหนึ่งไปอีกเครื่องหนึ่งได้โดยเกือบจะไม่ต้องหยุดเวอร์ชวลแมชชีนไลฟ์ไมเกรชันในระบบเควีเอ็ม (KVM) ซึ่งเป็นเวอร์ชวลแมชชีนมอนิเตอร์บนระบบปฏิบัติการลินุกซ์ สามารถใช้ในการเช็คพอยน์เวอร์ชวลแมชชีนได้โดยการเก็บสถานะของเวอร์ชวลแมชชีนลงในไฟล์ปกติ แต่พบว่าวิธีการเช็คพอยน์แบบเดิมและแบบไลฟ์ไมเกรชันของเควีเอ็มนั้นใช้เวลามาก งานวิจัยนี้จึงเสนอวิธีการเช็คพอยน์เวอร์ชวลแมชชีนโดยใช้เทรดในเทคนิคไลฟ์ไมเกรชัน ซึ่งเทรดจะทำเช็คพอยน์ในขณะที่เวอร์ชวลแมชชีนกำลังทำงานทำให้เวอร์ชวลแมชชีนโปรเซสสามารถทำงานต่อไปได้พร้อมๆ กับการทำเช็คพอยน์ ได้ประเมินประสิทธิภาพเบื้องต้นโดยใช้ 2 ซีเรียลโปรแกรมจาก NAS Parallel Benchmark ผลการทดลองพบว่าวิธีการเช็คพอยน์เวอร์ชวล

แมชชีนโดยใช้เทรดในเทคนิคไลฟ์ไมเกรชันสามารถแก้ปัญหาของกลไกการเช็คพอยน์ที่ใช้ไลฟ์ไมเกรชันโดยตรงได้ ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้โอเวอร์เฮดในการเช็คพอยน์ลดลงกว่าเดิมมาก

คำสำคัญ: เช็คพอยน์ เวอร์ชวลแมชชีน ไลฟ์ไมเกรชัน

Abstract

A system virtual machine (VM) provides a single-host hardware platform that supports multiple guest operating system environments concurrently. By using virtual machine monitors (VMMs), users could run different operating systems on the same hardware. A key feature of virtual machine monitor is live migration, which is the ability to transport a VM from one host to another without noticeable guest downtime. KVM live migration supports the VM checkpointing capability by storing the VM state in a regular file. However, checkpointing mechanisms of KVM native version and live-migration version are time-consuming. In this study, live migration mechanism introducing a thread,

¹ นักศึกษา ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

² อาจารย์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08-5368-2615 E-mail: kasidit@cs.tu.ac.th

which is responsible for the majority of the checkpoint activities, is proposed. This enables a VM process to continue execution when checkpointing is in progress. Performance evaluations are conducted using the NAS parallel benchmarks. Experiments show that thread-based live migration technique can lift out the restrictions inherited in the live-migration-based checkpointing mechanism. This approach can notably reduce the checkpoint overhead.

Keywords: Checkpoint, Virtual machine, Live Migration

1. บทนำ

เวอร์ชวลแมชชีน (Virtual Machine) คือเครื่องจำลองที่เหมือนกับเครื่องจริงคือสามารถดำเนินการระบบปฏิบัติการทั้งระบบข้างในได้ ซึ่งระบบปฏิบัติการในแต่ละเวอร์ชวลแมชชีนเป็นระบบที่แยกออกจากกันและมีประสิทธิภาพ การติดต่อกับฮาร์ดแวร์ทำโดยผ่านทางซอฟต์แวร์ที่เรียกว่าเวอร์ชวลแมชชีนมอนิเตอร์ (Virtual Machine Monitor หรือ VMM) ซึ่งมีลักษณะที่สำคัญ 3 ประการคือ 1) มีสภาพแวดล้อมสำหรับโปรแกรมที่เหมือนกับเครื่องจริง 2) กรณีที่แย่งที่สุดของโปรแกรมที่ดำเนินการในสภาพแวดล้อมนี้คือความเร็วที่ลดลงเพียงเล็กน้อย และ 3) สามารถควบคุมทรัพยากรระบบอย่างเต็มที่ [1] โดยเวอร์ชวลแมชชีนมอนิเตอร์จะสร้างเวอร์ชวลโปรเซสเซอร์และส่วนอื่นๆ ของอุปกรณ์ระบบ เช่น อุปกรณ์ไอโอที่เก็บข้อมูลหน่วยความจำให้กับเวอร์ชวลแมชชีน คุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งในการใช้งานเวอร์ชวลแมชชีนคือ การทำงานและใช้งานทรัพยากรของเวอร์ชวลแมชชีนแต่ละเครื่องนั้นแยกออกจากกัน ดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นในเวอร์ชวลแมชชีนเครื่องหนึ่งจะไม่มีผลกระทบต่ออีกเครื่องหนึ่ง [2]

เคอเนลเบสเวอร์ชวลแมชชีน (Kernel-based Virtual Machine หรือ KVM) [3] คือเวอร์ชวลแมชชีน

มอนิเตอร์สำหรับระบบปฏิบัติการลินุกซ์ ซึ่งการใช้เควีเอ็มจะทำให้สามารถสร้างและดำเนินการเวอร์ชวลแมชชีนหลายๆ เครื่องได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการลินุกซ์เครื่องเดียวกัน เวอร์ชวลแมชชีนเหล่านี้จะเหมือนกับเป็นลินุกซ์โปรเซสปกติ ระบบเควีเอ็มนั้นถูกพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของระบบเคมิ (QEMU) ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ทำงานเป็นเวอร์ชวลแมชชีนฮาร์ดแวร์ที่สามารถจำลองระบบคอมพิวเตอร์โดยใช้ซอฟต์แวร์เครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งของเควีเอ็มคือ ไลฟ์ไมเกรชัน (Live Migration) ซึ่งหมายถึงความสามารถในการย้ายเวอร์ชวลแมชชีนจากเครื่องหนึ่งไปอีกเครื่องหนึ่งโดยเกือบจะไม่ขัดจังหวะการทำงานของเวอร์ชวลแมชชีน นั่นคือเวอร์ชวลแมชชีนจะสามารถทำงานตามปกติต่อไปได้ในขณะที่ทำการย้ายสถานะระหว่างการไมเกรทโปรโตคอลสำหรับไมเกรชันมี 2 แบบคือโปรโตคอลที่ใช้ไมเกรทเวอร์ชวลแมชชีนระหว่างเครื่องได้โดยการใช้ที่ซีพียูซ็อกเก็ต และโปรโตคอลที่ทำการไมเกรทสถานะของเครื่องลงไฟล์ อย่างไรก็ตาม การเช็คพอยน์เวอร์ชวลแมชชีนโดยใช้ไมเกรชันโปรโตคอลนี้ ผู้ใช้ต้องออกคำสั่งเพื่อหยุดการทำงานของเวอร์ชวลแมชชีนก่อนที่จะใช้คำสั่งไมเกรทเพื่อทำเช็คพอยน์ และออกคำสั่งให้เวอร์ชวลแมชชีนทำงานต่อหลังจากการเช็คพอยน์เสร็จสิ้น ทำให้การทำงานของเวอร์ชวลแมชชีนมีประสิทธิภาพไม่ดี เพราะในกรณีที่สถานะของเวอร์ชวลแมชชีนมีขนาดใหญ่ การเก็บสถานะลงไฟล์จะใช้เวลาและเวอร์ชวลแมชชีนจะต้องหยุดทำงานเป็นเวลานานตามไปด้วย

ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอวิธีการเช็คพอยน์เวอร์ชวลแมชชีนแบบใหม่โดยใช้เทคนิคไลฟ์ไมเกรชันแบบเทรตที่สามารถทำการเก็บสถานะของเวอร์ชวลแมชชีนลงไฟล์ได้รวดเร็วกว่าการไมเกรทสถานะลงไฟล์และการเก็บสถานะแบบเดิมของเควีเอ็ม นอกจากนั้น วิธีการนี้ยังสามารถทำการเช็คพอยน์ได้พร้อมๆ กับการทำงานของเวอร์ชวลแมชชีน ทำให้การขัดจังหวะการทำงานของเวอร์ชวลแมชชีนเกิดขึ้นน้อยมากในระหว่างที่มีการเช็คพอยน์

โปรโตคอลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 3 โปรโตคอล