

仮想マシンの瞬間的な実行ホスト切り替えを可能とする ポストコピー型ライブマイグレーション機構

広 淵 崇 宏[†] 中 田 秀 基[†]
伊 藤 智[†] 関 口 智 嗣[†]

1. はじめに

我々は、データセンタの運用効率を向上させるため、資源消費量に応じた動的な仮想マシン (VM) 再配置を目指している。しかし、既存のライブマイグレーション機構は、実行ホストの切り替えに時間がかかり、すばやく負荷をバランスさせることが難しい。

そこで、我々は、迅速な実行ホストの切り替えを可能とする、新たなライブマイグレーション機構を提案してきた^{1),2)}。VM メモリページの転送を実行ホスト切り替え後に行うことで、実行ホストの切り替え時間を大幅に短縮し 1 秒以内に可能にする。関連研究^{3),4)}と比較して、仮想計算機モニタ (VMM) への変更が少なくゲスト OS への改変が不要である点に優位性がある。

VMM のひとつである KVM⁵⁾ を対象に、実行ホスト切り替え後からのオンデマンドなメモリページ転送機構を実装した。VM のメモリ領域を提供する特殊なデバイスドライバを開発することで、既存の仮想マシンモニタコードに対する変更点を極めて小さくできた。提案手法は実用性が高く、近い将来、オープンソースコミュニティで開発されている VMM へ開発成果を統合できると考える。

本デモンストレーションでは、提案機構が実際に動作する様子を示す。

2. デモンストレーション

デモンストレーション環境を図 1 に示す。ネットワークで接続された 2 つの計算機間で、提案手法を用いて VM を再配置する。VM 内部ではメモリ更新速度の速いアプリケーション (派手な描画を行うスクリーンセーバ等) を動作させる。アプリケーションの実行

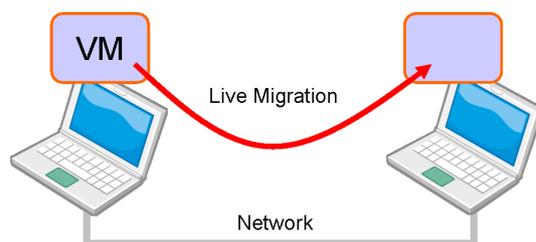


図 1 デモンストレーション環境

性能をほとんど低下させることなく、実行ホストを瞬間的に変更できる点を示す。

既存のライブマイグレーション機構では、特にメモリ更新速度の速い VM をすばやく再配置することが困難である。実行ホストの切り替え前にすべてのメモリページを移動先にコピーするため、メモリの更新速度に対してメモリの転送速度が追いつかない可能性がある。そのため、再配置に長時間を要する場合や、いつまで経っても完了しない場合が存在する。実装によっては、メモリの更新速度を低下させるため VM の実行速度を強制的に遅くするものも存在する⁶⁾。

一方、提案機構では、メモリの再配置を実行ホスト切り替え後から開始する。VM のメモリ更新速度に関わりなく、常に瞬間的に VM の実行ホストを変更できる。実行ホスト切り替え時点で、移動先ホストに転送するデータは約 8MB と小さく、1 秒以内での実行ホストの切り替えが可能になっている。また、メモリの転送手法を工夫することで、VM の性能低下を防ぎながら、全メモリの再配置をすばやく完了できる。

本研究は科研費 (20700038) および CREST (情報システムの超低消費電力化を目指した技術革新と統合化技術) の助成を受けたものである。

参 考 文 献

- 1) 広淵崇宏, 中田秀基, 伊藤智, 関口智嗣. 仮想計算機メモリの遅延再配置による高速ライブマイ

[†] 産業技術総合研究所 / National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

- グレーション. 情報処理学会研究報告 (2009-OS-112). 情報処理学会, Jul 2009.
- 2) 広淵崇宏, 中田秀基, 伊藤智, 関口智嗣. 瞬間的な実行ホスト切り替えを可能とする仮想マシンの高速ライブマイグレーション機構. 日本ソフトウェア科学会研究会資料シリーズ No.62 インターネットカンファレンス論文集, pp. 57-56, 122. 日本ソフトウェア科学会, Oct 2009.
 - 3) Horacio Andrés Lagar-Cavilla, Joseph Andrew Whitney, Adin Scannell, Philip Patchin, Stephen M. Rumble, Eyal de Lara, Michael Brudno, and Mahadev Satyanarayanan. SnowFlock: Rapid Virtual Machine Cloning for Cloud Computing. In *Proceedings of the fourth ACM european conference on Computer systems*, pp. 1-12. ACM Press, 2009.
 - 4) Michael R. Hines and Kartik Gopalan. Post-copy based live virtual machine migration using adaptive pre-paging and dynamic self-ballooning. In *Proceedings of the 5th International Conference on Virtual Execution Environments*, pp. 51-60. ACM Press, 2009.
 - 5) Avi Kivity, Yaniv Kamay, Dor Laor, and Anthony Liguori. kvm: the Linux virtual machine monitor. In *Proceedings of the Linux Symposium*, pp. 225-230. The Linux Symposium, 2007.
 - 6) Christopher Clark, Keir Fraser, Steven Hand, Jacob Gorm Hansen, Eric Jul, Christian Limpach, Ian Pratt, and Andrew Warfield. Live migration of virtual machines. In *Proceedings of the 2nd conference on Symposium on Networked Systems Design and Implementation*, pp. 273-286. USENIX Association, 2005.
-