

サーバ OS とクライアント OS 間の VM ライブマイグレーション

高橋 一志[†] 笹田 耕一[†]

われわれは WinKVM と KVM 間でのライブマイグレーションを実現した。WinKVM とは Linux 上でデバイスドライバとして実装されている Hosted 型の VMM を Windows 上に移植したものである。WinKVM を開発するために、われわれは Linux デバイスドライバを Windows 上で稼働させるエミュレーションレイヤを開発してきた。現在のクラウドコンピューティング環境では Windows を使用するユーザが、Linux サーバ上で動作する VM をリモートで使用することは一般的である。しかし、このような環境では、ユーザが使用する VM がサーバに固定的になるため、VM をローカルの Windows マシン上にすばやく転送することは困難である。近年では、PV ドライバやパススルーを用いて、VM のホストに存在する物理的なデバイスを直接 VM に使用させる技術も普及し始めている。すなわち、OS 違いの壁を乗り越えて、ユーザが望むときには、リモートにある VM をローカルにすばやく転送する技術を開発することは有用である。そのため、Windows 上で動作する WinKVM と Linux KVM 間でライブマイグレーションを実現した。

The VM-live migration between Server and client OSs

KAZUSHI TAKAHASHI[†] and KOICHI SASADA

We eventually accomplish the VM-live migration between *WinKVM* and KVM. *WinKVM* is a port of KVM which is implemented as Linux device drivers and classified with hosted-type VMM to Microsoft Windows. To develop *WinKVM*, we have developed a software emulation layer that allows Linux device drivers to execute on Microsoft Windows. Nowadays, in the cloud-computing environment, Windows users are able to use remotely the VM on Linux servers via the Internet. In such environments, however, VMs are fixed in server-side and we could not transmit them to client-side quickly. Especially, PV-drivers and Passthrough techniques that allow VMs to handle directly host physical devices have begun to spread. Thus, we believe that it is important to develop the technique allows users to migrate VMs from server-side to client-side when if they want. Therefore, we develop the live migration between *WinKVM* and Linux KVM.

1. はじめに

クラウドコンピューティング環境においては、OS の相違が発生することは珍しいことではない。例えば、サーバ用の OS としては Linux が多く採用されているが、一方で、コンシューマ向けの OS では Windows が高いシェアを保持している。

われわれは、クラウドコンピューティング環境における、ライブマイグレーションを使用した新たなコンピュータの利用形態を模索している。例えば、リモートの VM をネットワーク経由で利用中でも、すばやくローカルの計算機に VM を転送することで、ネットワークの使えない環境に VM を持ち出したり、さらに、ローカルに移動した VM に、PV ドライバやパススルーによって、物理的に存在するデバイスを直接使用

させるといったことなどを考えている。

しかし、現状のライブマイグレーションのプロトコルは VMM の実装に強く依存しており、全ての VMM で動作するプロトコルを考えることは困難である。そのため、ライブマイグレーション機能を備えており、かつ、OS の相違を吸収することのできる移植性の高い VMM を考える必要がある。

本研究では、Linux KVM を Windows 上で動作させることができるエミュレーションレイヤを開発してこの課題を解決した。このエミュレーションレイヤは Linux のカーネルの API を Windows のカーネル API に翻訳することで、Linux カーネルドライバとして実装された KVM を Windows 上でも動作させることが可能である。

Linux KVM と同様のものが Windows 上でも動作するため、ライブマイグレーションのプロトコルや OS の相違を考慮することなく、Windows と Linux 間のライブマイグレーションが実現可能となった。われわれは、提案手法で開発した WinKVM と KVM 間で

[†] 東京大学大学院情報理工学系研究科
Graduate School of Information Science and Technology,
The University of Tokyo

ライブマイグレーションを達成した。

2. KVM : Kernel Virtual Machine

KVM は Linux デバイスドライバとして実装されている Hosted 型の VMM であり、完全仮想化された OS をライブマイグレーションすることができる。

KVM は大きく分けて KVM ドライバと QEMU の 2 つに分けられる。KVM ドライバは Linux のデバイスドライバとして実装されており、CPU のエミュレーションを行う。QEMU はユーザアプリケーションであり、I/O デバイスのエミュレーションを行う。われわれが移植に使用した KVM-17 は QEMU 0.9.0 の拡張モジュールとして実装されている。

ライブマイグレーションの処理は主に QEMU 側に記述されたコードによって行われる。KVM ドライバはプレコピーライブマイグレーションに必要なダーティーページトラッキング¹⁾とよばれる機能を QEMU に対して提供している。

3. WinKVM : Windows Kernel-based Virtual Machine

WinKVM を開発するためには QEMU と KVM ドライバの二つを移植しなければならない。Windows に移植された QEMU は存在する。しかし、KVM ドライバは OS カーネルに強く依存するプログラムであるため移植は容易ではない。われわれは、Linux カーネルをエミュレーションする Windows ドライバ開発して KVM ドライバを Windows 上で動作させた。

エミュレーションレイヤを開発するためには乗り越えなければならない技術的課題が 2 つ存在した。これらは既存研究²⁾で詳しく論じてあるが、簡単にまとめる。

ドライバのメモリアーキテクチャの違い Windows と Linux はドライバのアーキテクチャが異なる。WinKVM を構築する際には、特に、両 OS がドライバに対して提供するメモリ管理機構の違いがエミュレーションレイヤを構築するにあたっての障害となる。この問題は完全に解決できておらず、現時点では、WinKVM 上の VM に割り当てられる RAM の容量には制限が存在する。

ドライバのバイナリフォーマットの違い KVM のコア部分は Linux ドライバとして実装されており、Linux ドライバのフォーマットは ELF と呼ばれるバイナリ形式である。一方、Windows は COFF-i386 形式と呼ばれるバイナリフォーマットである。そのため、最終的に WinKVM として Windows 上で動作するドライバを得るために、KVM のソースコードを Cygwin 環境上にて COFF バイナリとしてコンパイルした。

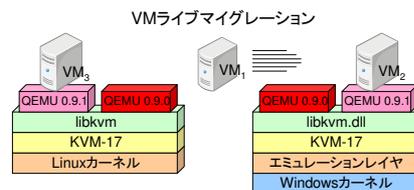


図 1 WinKVM と KVM 間のライブマイグレーション
Fig.1 The VM-live migration between WinKVM on Microsoft Windows and KVM in Linux

4. KVM と WinKVM 間のライブマイグレーション

ライブマイグレーションは I/O デバイスの内部ステータスも転送するため、QEMU のバージョンが異なると VM を正しくライブマイグレーションすることができない。KVM-17 が使用している QEMU のバージョンは 0.9.0 であるが、一方で、WinKVM の QEMU のバージョンは 0.9.1 を使用している。0.9.0 と 0.9.1 の内部構造は大幅に異なっている。

われわれは、当初、WinKVM (QEMU 0.9.1) KVM-17 (QEMU 0.9.0) でのライブマイグレーションを試みた。その結果、CPU ステータスとメモリーイメージとディスプレイアダプタのステータスは正常に転送が完了しているが、PCI デバイスのステータスが正しく転送できていないことが判明した。そのため、一見、VM は正しく転送できているように見えるが、転送後の VM が正しく動作しないという問題が生じた。

5. おわりに

われわれは、Windows 上で Linux カーネルをエミュレーションすることで、Linux KVM を Windows 環境でも動作させ、WinKVM と KVM 間でライブマイグレーションを行った。しかし、転送後の VM が正常に動作しないことが判明した。今後は KVM-17 と WinKVM の間で QEMU のバージョンの整合性を取ることでこの問題に対処する予定である。

参 考 文 献

- 1) Nelson, M., Lim, B.-H. and Hutchins, G.: Fast transparent migration for virtual machines, *Proceedings of the annual conference on USENIX Annual Technical Conference, ATEC '05*, Berkeley, CA, USA, USENIX Association, pp. 25-25 (2005).
- 2) 笹田耕一高橋一志: KVM を利用した異種ホスト OS 間上でのライブマイグレーション, システムソフトウェアとオペレーティング・システム, 情報処理学会 (2010).