

平成 28 年度 卒業論文概要			
所 属	機械情報工学科	指導教員	光来 健一
学生番号	13237016	学生氏名	柏木 崇広
論文題目	複数ホストにまたがって動作する仮想マシンのマイグレーション		

1 はじめに

近年、クラウドコンピューティングのサービス形態の一つとして、仮想マシン (VM) をユーザに提供する IaaS 型クラウドが普及している。IaaS 型クラウドでは、大容量メモリを持つ VM も提供されるようになってきている。例えば、Amazon EC2 では 2TB のメモリを持つ VM が提供されており、ビッグデータの解析等に利用されている。ホストのメンテナンスなどの際に、大容量メモリを持つ VM を別のホストにマイグレーションできるようにするために、複数のホストに VM を分割してマイグレーションするシステム S-memV[1] が提案されている。しかし、複数のホストにメモリを分割しているために VM が別のホストにあるメモリを必要とした場合、メモリのネットワーク転送が必要となり性能が低下する。また、複数ホストの内の一部のホストのみをメンテナンスしたい時でも VM 全体を停止させる必要がある。

本研究では、複数ホストにまたがって動作している VM のマイグレーションを可能にする IPmigrate を提案する。

2 大容量メモリを持つ仮想マシンの分割マイグレーション

近年、IaaS 型クラウドでは大容量メモリを持つ VM が提供されるようになり、ビッグデータの解析等に利用されている。大容量メモリを持つ VM が動作しているホストをメンテナンスする際には、VM をマイグレーションすることで実行を継続する必要がある。マイグレーションとは VM を停止させずに他のホストに移動させることを可能にする技術である。マイグレーションは VM のメモリなどの状態をネットワーク経由で移送先に転送し、移送先で VM の実行を再開する。マイグレーション中に VM が変更したメモリは再送する。マイグレーションを行うには移送先に VM のメモリよりも大きな空きメモリが必要となるが、十分な空きメモリを持つホストを確保し続けることはコストの面から困難である。

そこで、図 1 のように複数のホストに VM を分割してマイグレーションするシステム S-memV が提案されている。この分割マイグレーションでは、CPU の状態などの VM の核となる情報と VM がアクセスすると予測されるメモリをメインホストに転送する。一方、メインホストに入りきらないメモリはサブホストに転送する。マイグレーション後は VM をメインホスト上で動作させ、VM がサブホスト上にあるメモリを必要とした時には、そのメモリをメインホストに転送 (ページイン) する。その代わりに、メインホスト上の今後アクセスしないことが予測されるメモリをサブホストに転送 (ページアウト) する。これはリモートページングと呼ばれる。

しかし、S-memV では分割マイグレーションを行った後は

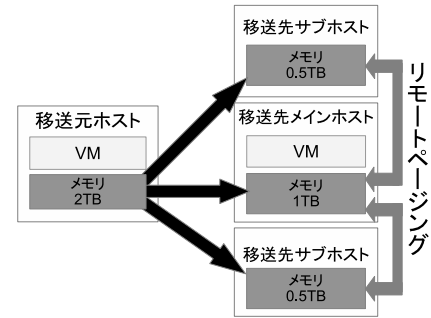


図 1 分割マイグレーション

VM のマイグレーションを行うことができない。分割マイグレーション前に VM が動作していたホストのメンテナンスが終了した後や、十分な空きメモリを持つホストが用意できた時には、VM を再び 1 台のホストで動作させることが望ましい。これは、リモートページングを行うと VM の性能が低下するためである。また、VM が動作している複数ホストの中の一部のホストをメンテナンスしたい場合でも、VM を停止させる必要がある。その結果、ホストのメンテナンス時でも実行を継続できるという VM の利点が失われる。

3 IPmigrate

本研究では、複数ホストにまたがって動作する VM のマイグレーションを可能とする IPmigrate を提案する。

3.1 統合マイグレーション

統合マイグレーションは、図 2 のように複数ホストに分割された VM を一つのホストに統合するマイグレーションである。移送元メインホストは VM の核となる情報とメモリを移送先ホストに転送する。同時に、移送元サブホストにマイグレーションの指示を送り、移送先ホストに VM のメモリを転送させる。移送先ホストでは、移送元サブホストからネットワーク接続されるたびに受信スレッドを生成することで、サブホストとメインホストから並列に VM のメモリを受信できるようにする。これにより、統合マイグレーションを高速化することが可能となる。また、移送元サブホストでは新たに作成した送信スレッドを用いて VM のメモリを転送することで、メモリを転送している間も VM のリモートページングを行えるようにする。マイグレーション完了後は、移送元メインホスト上の VM を終了し、移送元サブホスト上にあった VM のメモリは削除する。

統合マイグレーションはマイグレーション中にリモートページングが発生した場合も過不足なく VM のメモリを移送先ホストに転送する。サブホストからメインホストにメモリ

のページインが発生した場合、当該メモリが移送先ホストに未転送ならば再送リストにそのメモリを登録することで、メインホストから移送先ホストへの転送を行う。一方、メインホストからサブホストにページアウトが発生した場合、当該メモリが未転送または転送後に更新されているならば、サブホストから移送先ホストへの転送を行う。

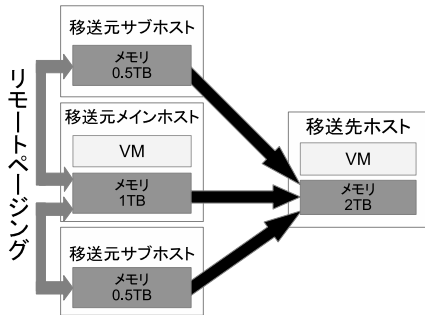


図2 統合マイグレーション

3.2 部分マイグレーション

部分マイグレーションは、複数ホストで動作している VM の一部だけのマイグレーションである。現在は、図3のようなメインホストのマイグレーションのみをサポートしている。この部分マイグレーションでは、移送元メインホストは VM の核となる情報とメモリを移送先メインホストに転送する。サブホストは VM のメモリを転送せず、サブホストに存在するメモリの情報のみをメインホスト間で送信する。マイグレーションが完了した後で移送先メインホストとサブホストをネットワーク接続し、リモートページングを行えるようにする。最後に、移送元メインホスト上の VM を終了させる。

部分マイグレーションもマイグレーション中に発生するリモートページングに対応することができる。サブホストから移送元メインホストにメモリのページインが発生した場合、当該メモリが未転送であれば統合マイグレーションの場合と同様にメインホストからの再送により転送を行う。一方、移送元メインホストからサブホストにページアウトが発生した場合、当該メモリが移送先メインホストに転送済みならば移送先でそのメモリを無効化し、サブホストにのみ存在する状態にする。

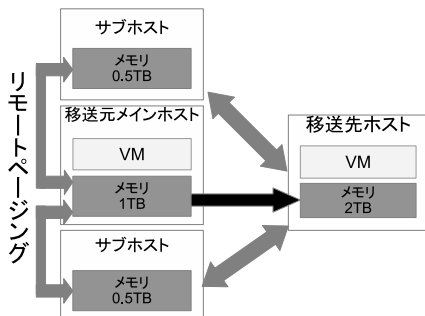
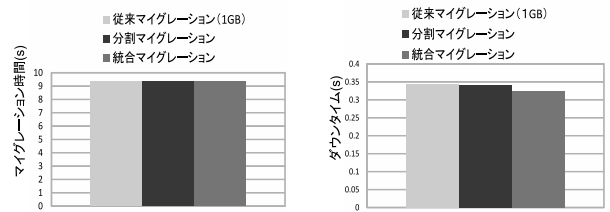
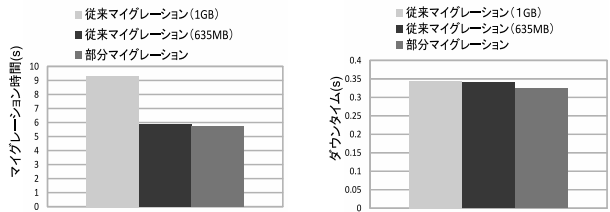


図3 部分マイグレーション



(a) マイグレーション時間 (b) ダウンタイム

図4 統合マイグレーションの性能



(a) マイグレーション時間 (b) ダウンタイム

図5 部分マイグレーションの性能

4 実験

複数ホストに分割された VM の IPmigrate による統合マイグレーションと部分マイグレーションの性能を調べた。そのために、マイグレーションを開始してから完了するまでの時間と、マイグレーション中に VM が一時停止する時間(ダウンタイム)を測定した。比較として、従来の1対1のマイグレーションと S-memV の分割マイグレーションを行った。実験には Intel Xeon E3-1226 v3 3.30GHz の CPU、8GB のメモリ、ギガビットイーサネットを搭載したマシンを用いた。仮想化ソフトウェアとして KVM を動作させ、VM には 1GB のメモリを割り当てた。

図4の実験結果より、統合マイグレーションにかかる時間は従来のマイグレーションや分割マイグレーションとほぼ同じであることが分かる。VM のメモリを並列に転送することによりマイグレーションの高速化は見られなかった。これは、ネットワーク帯域がボトルネックになったためと考えられる。図5の実験結果より、メインホストの部分マイグレーションにかかる時間は、従来のマイグレーションにおいて VM のメモリサイズをメインホスト上にある VM のメモリサイズと同じにした場合と同程度であることが分かった。

5 まとめ

本研究では、複数ホストにまたがって動作する VM のマイグレーションを可能にする IPmigrate を提案した。今後の課題は、マイグレーション中にページアウトされたメモリへの対応を実装することである。また、サブホストのマイグレーションなど、より柔軟な部分マイグレーションをサポートすることも計画している。

参考文献

[1] M. Suetake, H. Kizu, and K. Kourai, Split Migration of Large Memory Virtual Machines, Proc.APSys 2016.