

# 複数ホストにまたがる VM の未使用メモリに着目した高速化

田内 聡一朗<sup>1</sup> 光来 健一<sup>1</sup>

## 1. はじめに

近年, IaaS 型クラウドはユーザに大容量メモリを持つ仮想マシン (VM) を提供している. ホストのメンテナンス等の際に VM のマイグレーションを行うには移送先ホストに十分な空きメモリが必要となるが, 大容量メモリを持つ VM の場合, そのようなホストを常に確保しておくのはクラウドの負担が大きい. そこで, VM のメモリをメインホストとサブホストに分割して転送する分割マイグレーション [1] が提案されている. 分割マイグレーション後にはリモートページングを行って VM が必要とするメモリをホスト間で転送する. 一方で, VM の中には使用されていないメモリ領域が存在することも多い. しかし, 従来の分割マイグレーションとリモートページングでは, 転送対象のメモリが未使用であっても転送を行っていた.

本研究では, 未使用メモリを転送することによるオーバーヘッドを削減することで複数ホストにまたがる VM の高速化を実現するシステム *FCtrans* を提案する.

## 2. 分割マイグレーション

近年, 大容量メモリを持つ VM が利用されるようになってきている. 例えば, Amazon EC2 では 24TB 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などに利用されている. VM はホストのメンテナンス等の際に別のホストへマイグレーションされるが, マイグレーションの要件として, 移送先ホストは VM のメモリサイズよりも大きな空きメモリ容量を持っていないといけない. そのため, 大容量メモリを持つ VM のマイグレーションはより困難になる. メンテナンス時や災害などの緊急時のために十分な空きメモリ容量を持ったホストを常に確保しておくのはコストの面での負担が大きく管理の自由度が低下する

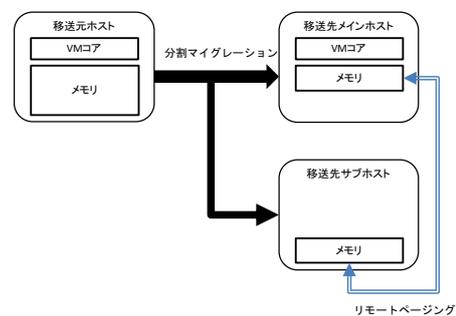


図 1 分割マイグレーション

ためである. 移送先ホストとして適切なホストが存在しない場合には, VM のマイグレーションを行うことができないため, ホストのメンテナンスの間, ユーザは VM が提供するサービスを利用することができなくなってしまう.

そこで, 図 1 のように大容量メモリを持つ VM を複数のホストに分割して転送する分割マイグレーション [1] が提案されている. マイグレーション後に仮想 CPU や仮想デバイスからなる VM コアを動作させるホストはメインホスト, メインホスト以外のホストはサブホストと呼ばれる. 分割マイグレーションは VM コアと今後アクセスが予測されるメモリデータを優先してメインホストへ転送し, メインホストに入りきらないメモリデータはサブホスト群へ転送する. マイグレーション後にアクセスが予測されるメモリは LRU に基づいて決定する. マイグレーション後にはメインホストとサブホストの間でリモートページングを行って VM を動作させる.

## 3. FCtrans

*FCtrans* は未使用メモリを転送することによるオーバーヘッドを削減することで, 複数ホストにまたがる VM の高速化を実現する. そのために, VM の起動時から未使用メモリを追跡し, 分割マイグレーション後も追跡を継続する. VM の起動時にはすべてのメモリが未使用であり, メ

<sup>1</sup> 九州工業大学  
Kyushu Institute of Technology

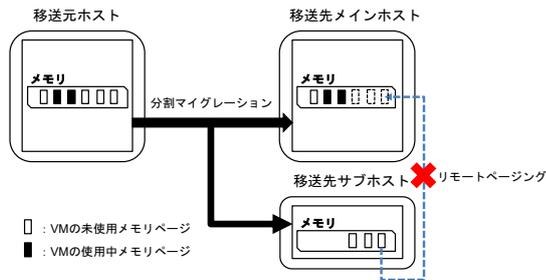


図 2 FCtrans によるメモリ転送の削減

メモリにデータが書き込まれるとそのメモリは使用中となる。分割マイグレーション後はサブホストに転送されたメモリについてもメインホストで管理を行う。

メモリへの書き込みを追跡して把握した VM のメモリ使用状況に基づいて、FCtrans は図 2 のように分割マイグレーション時に未使用メモリを移送先ホストに転送しないようにする。これにより、ネットワーク転送量を削減し、分割マイグレーションを高速化することができる。分割マイグレーション後にリモートページングが必要になった際には、FCtrans は未使用メモリに対して不要なネットワーク転送を行わないようにする。VM が新規メモリ割り当てによりサブホストにある未使用メモリを必要とした場合には、そのメモリデータを転送する代わりにメインホストにある空きメモリを使わせる。

FCtrans は VM 内の OS が使わなくなったメモリも未使用メモリとして扱う。OS がメモリを確保して一度でもアクセスすると、そのメモリを解放して使わなくなったとしても VM のメモリは使用中のままになる。そこで、FCtrans は OS のメモリ使用状況を監視し、OS が使わなくなったメモリがあれば対応する VM のメモリを未使用状態に戻す。そのために、LLView [2] を用いて VM の外から OS の情報を取得する。

#### 4. 実験

FCtrans の分割マイグレーションとリモートページングの性能を調べるために、分割マイグレーション中のネットワーク転送量と、分割マイグレーション後に VM のメモリを頻繁に書き換えた場合のリモートページングの回数を測定した。比較として、従来の分割マイグレーションとリモートページングを行うシステムでも同様の実験を行った。この実験では、2GB のメモリを持つ VM を 2 台のホストに 1GB ずつに分割した。

分割マイグレーション中のネットワーク転送量を図 3 に示す。実験結果より、FCtrans は VM のメモリ転送を 82% 減らせることが分かった。また、分割マイグレーション後のリモートページングの回数を図 4 に示す。5 秒ごとの最大のページング回数は従来システムでは 158 回であったのに対し、FCtrans では 4 回であった。実験結果より、

FCtrans は未使用メモリの転送を効果的に削減できることが分かった。

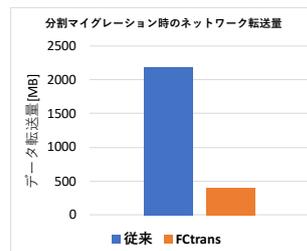


図 3 ネットワーク転送量

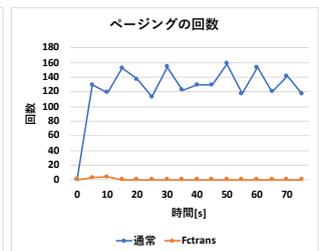


図 4 ページングの回数

#### 5. まとめ

本研究では、未使用メモリの不要な転送に着目して高速化を実現するシステム FCtrans を提案した。FCtrans は VM のメモリ使用状況を追跡して、分割マイグレーション時およびリモートページング時に未使用メモリを転送しないようにする。今後の課題は、VM のメモリ使用状況を追跡するオーバーヘッドを削減することである。

#### 参考文献

- [1] M. Suetake, T. Kashiwagi, H. Kizu, and K. Kourai: S-memV: Split Migration of Large-Memory Virtual Machines in IaaS Clouds, Proc. IEEE Int. Conf. Cloud Computing, pp.285–293, 2018.
- [2] Y. Ozaki, S. Kanamoto, H. Yamamoto, and K. Kourai: Detecting System Failures with GPUs and LLVM, Proc. ACM SIGOPS Asia-Pacific Workshop on Systems, pp.47-53, 2019.