

狭帯域ネットワーク環境における VM マイグレーション方式

川北 将[†] 寺崎 浩[†] 小川 隆一[†]

NEC 共通基盤ソフトウェア研究所[†]

1. はじめに

近年、情報漏えい対策技術として、機密情報をサーバ上のストレージに配置し、画面だけをクライアント上に表示するシンクライアント方式が注目されている。シンクライアント方式はクライアントに機密情報が存在しない特徴を持つが、サーバ・クライアント間のネットワーク接続を常時保持しなければならない制約があり、サーバへの負荷集中や通信帯域の圧迫を引き起こす。そのため、常時接続の必要がない、オフラインシンクライアント技術へのニーズが高まっている。

オフラインシンクライアントの実現手段の一つとして、仮想マシン (VM) 技術がある。並列動作する VM 同士は論理パーティションを構築し、メモリやハードディスクなどハードウェアリソースの排他制御を行なう。このため、機密情報を取り扱う VM と通常作業に用いる VM を分離実行することで機密情報の隔離が可能となる。また、VM がローカルマシン内に存在すれば、シンクライアントのように常時接続する必要がない。

本稿では、VM 技術のオフラインシンクライアント適用における課題とその解決方式について述べる。

2. 課題

VM には OS を含むハードディスクイメージが含まれており、その容量は Windows XP の場合、2.1GB^{*1} と膨大である。そのため、機密情報を扱う VM を必要時にサーバからクライアントへマイグレーションし、作業後にクライアントからサーバへマイグレーションするといった、シンクライアント方式に倣った動作を行うと、大量のデータがネットワーク上を流れ、WAN などの狭帯域環境では帯域を占有し、長大な転送時間を要する。

3. 提案手法

オフラインシンクライアントとして用いる VM はクライアント用途のものだけである。Google 社の調査 [1] によれば、クライアント用途のマシンが使用する OS は Windows が多数を占めるため、VM のハードウェア構成を表現する VM イメージに内包される情報のうち、大部分を占めるハードディスクイメージの OS 部分はほぼ Windows であると言える。また、一般的に、クライアント用途の物理ハードウェアを購入すると、少なくとも 1 つの OS がプレインストールされている。VM 技術が導入されている場合、この OS は 1 つの VM イメージとして格納された状態で出荷される。このため、クライアント用途の物理ハードウェアには最低でも 1 つの VM イメージが存在する。

このような物理ハードウェア間でネットワークを介した VM イメージのマイグレーションを行なう、すべてのハードディスクイメージを転送するのではなく、そのイメージに含まれている内容を細かく分解し、受信側が保持している、プレインストールされた VM イメージなどと同一の領域があれば、受信側の内部でレプリケーションすることで、ネットワーク転送量を削減できる。

本手法をまとめると、図 1 に示す 3 つのステップになる。

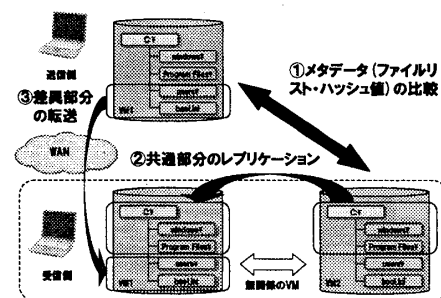


図 1 異なる VM イメージの参照による転送量の削減

Virtual machine migration method for narrowband networks.

[†] Masaru KAWAKITA, Hiroshi TERASAKI and Ryuichi OGAWA,

Common Platform Software Research Laboratories, NEC

*1 Windows XP Professional 導入直後に計測したシステムドライブのハードディスク容量

例えば、ある物理ハードウェア A から他の物理ハードウェア B へ、帯域が平均 300Mbps のネットワークを用いて、3GB の仮想マシン構成ファイルを転送する場合を考える。そのままネットワーク上にファイルを転送すると 80 秒も掛かってしまう。しかし、うち 1.5GB が同一内容ならば、差分である 1.5GB 分の転送で済み、40 秒に低減できる。完全に内容が一致していないファイルであっても、ローカルマシン内に存在する情報で代替可能という判断ができれば、さらなる低減を見込める。

4. アーキテクチャ

仮想マシンモニター (VMM) を導入した物理ハードウェアを 2 台用いて、それぞれの Domain0 に管理 VM を配置する。この管理 VM 内に差分抽出部と差分合成部を実装する。また、DomainU の一方に既存 VM を、他方には転送 VM を用意する。図 2 に全体構成を示す。

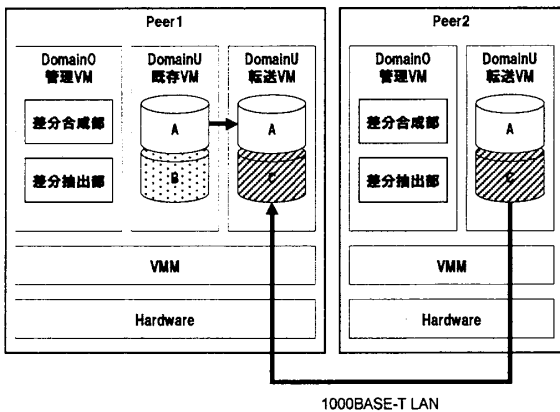


図 2 全体構成

差分抽出部は既存 VM や転送 VM が持つハードディスクイメージ内のファイルシステムを解析し、個々のファイルに分解してメタデータを生成する機能を持つ。メタデータとはハードディスクイメージ内の全てのファイルの URI とそれぞれ対応するファイル内容のハッシュ値から成る情報である。

差分合成部は 2 つのメタデータを比較し、同一のファイルでないと判断したものだけ、ファイル内容を他のマシンからネットワークを介して取り寄せ、全てのファイルを再び単一のハードディスクイメージに結合する機能を持つ。

5. 実験

提案手法の有効性を確認するため、2 つのマシ

ン間の差分抽出による VM マイグレーションの実験を行なった。

前節で述べたアーキテクチャの実装にあたっては、仮想マシンモニター (VMM) に Xen 3.1.0 を用い、差分合成部および差分抽出部の実装にあたってはメインルーチンに Perl 言語を、ハッシュ値の計算およびファイルシステムの解析・再構築に C 言語を用いた。

表 1 に示す VM イメージを被験体として用意し、表 2 にある転送 VM および既存 VM の組み合わせについて、プログラムを実行したところ、異なる OS を持つ VM1 と VM2 の間では同一のファイルが少なく、VM1 のマイグレーションにあたっては転送量を 8.22% しか削減できなかったが、同一の OS を持ち、インストールされているアプリケーションだけが異なる VM2 と VM3 の場合、同一のファイルが多く、VM3 をマイグレーションするとき 38.7% が削減できた。

表 1 用意した VM イメージの内容

名称	OS	アプリケーション
VM1	Windows Server 2003 R2	なし
VM2	Windows XP SP2	なし
VM3	Windows XP SP2	Office 2003 SP3

表 2 実験結果

転送 VM	既存 VM	同一 [MB]	差異 [MB]	削減率 [%]
VM1	VM2	107	1194	8.22
VM3	VM2	1118	1774	38.7

6. まとめ

ハードウェア仮想化技術を用いたオフラインシンクライアントの実現において課題であった、VM マイグレーションにおける転送量増大の問題を、クライアント用途 VM 間の相関性から解決する手法を提案した。またその実装により、同一 OS を搭載する VM 間において約 4 割の削減効果を得られることが分かった。

これにより、一般的な企業に敷設されている WAN などの狭帯域ネットワーク環境でも、膨大な容量のハードディスクを持つ VM イメージのマイグレーションが利用しやすくなり、オフライン環境であっても、オフラインシンクライアント技術による情報漏えい対策が可能となる。

7. 参考文献

[1] Google Inc., "Google Zeitgeist - Search patterns, trends, and surprises according to Google," <http://www.google.com/press/zeitgeist/zeitgeist-jun04.html> (2004)