

複数 VM からなるシステムの迅速な配備のための VM イメージ管理手法

北野敦資 黒田貴之

NEC 情報・ナレッジ研究所

1. はじめに

近年、クラウド環境で多数の仮想マシン (VM) からなる大規模システムを構築する手法が普及しつつある。一般に、クラウド環境において VM を配備するためには、リポジトリ内に保存された VM イメージを VM が稼働するホストマシンに転送する必要がある。VM イメージのデータ容量は 1 つ当たり数十 GB から数百 GB 程度に上るため、とりわけ多数の VM を一度に配備する際には、その転送にかかる時間が利便性を低下させる原因となる。本研究の目的は、多数の VM からなるシステムの配備を迅速化し、クラウド環境における大規模システム構築の利便性を向上させることである。

2. 課題

VM の配備を迅速化するには VM の配備時に転送する VM イメージのデータ容量を削減することが有効であり、これにはスナップショットの機能が活用できる [1]。スナップショットとは、ある VM のイメージを保存する際に、当該 VM の起動に用いたイメージからの変更点 (差分イメージ) のみを記録する機能である。派生元のイメージと差分イメージが揃うことで、イメージを保存した時点の VM を正しく再現できる [2]。同一の VM イメージから複数の VM のイメージが保存された場合には、複数の差分イメージが元の単一のイメージから派生することになる。また、差分イメージから起動した VM に対し再度スナップショットを取ることで、差分イメージを多段に構成することもできる。図 1 にスナップショットを利用して VM の配備時に転送するイメージの容量を削減する方法を示す。図 1 の (a) はリポジトリに保存された VM イメージの構成を示す情報である。これを本稿では VM イメージツリーと呼ぶ。図 1 (b) は VM の配備時にホストマシンに転送するイメージの構成を示している。VM-A の配備時 (最初の配備時) には、元イメージと差分イメージを全て転送する必要がある。一方、

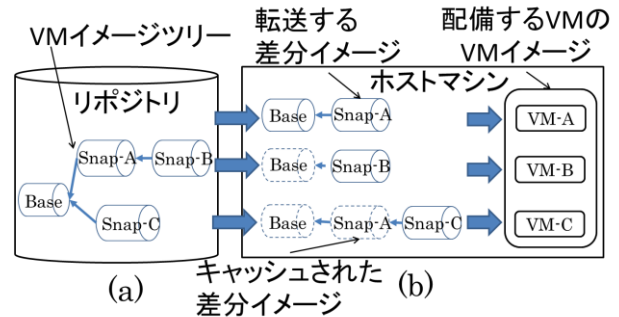


図 1 差分イメージによる VM 配備方法

VM-A 配備後の VM-B や VM-C の配備では、Base と Snap-A の差分イメージは既に転送されホストマシン上にキャッシュされているため、この部分の転送容量が削減されることになる。

以上の仕組みは、多数の VM からなるシステム全体に対しても同様に適用可能であると考えられる。あるシステムを元に派生する差分システムを構成することとは、当該システムを構成する各 VM のそれぞれについて、派生する差分システムに属する差分イメージを生成し、管理することに他ならない。しかしながら、こうした高度な VM イメージの管理や、適切な差分イメージを転送して組み合わせた上で起動する操作は非常に煩雑であり、手作業での実施は困難である。

3. 提案手法

本研究では、システムを構成する VM イメージの断片化やキャッシュの配置を支援し、多数の VM からなるシステムの迅速な配備を容易化する手法を提案する。

3.1 VM イメージツリーとシステムツリーの構成

図 1 (a) の VM イメージツリーの各ノードは、差分イメージと、派生元ノードへの参照を管理している。例えば、図 1 (a) 内のノード Snap-A は、Snap-A 自身の差分イメージと、Snap-A の派生元ノードが Base であることを管理している。

また図 2 に点線で示した情報 (実線部分は VM イメージツリーを表す) は、システムを構成する VM 群を管理するものであり、これを本稿ではシステムツリーと呼ぶ。システムツリー内の各ノードは、派生元ノードへの参照と、当該ノードのシステムを構成する各 VM のイメージに相当する VM イメージツリー上のノードへの参照を管理

A VM image Management Scheme for Rapid Deployment of Systems Including Several VMs.

Atsushi KITANO, Takayuki Kuroda, Hisashi Shimamura

Knowledge Discovery Research Laboratory, NEC

する。例えば、図 2 の System-Snap-X ノードが管理する内容は、System-Snap-X の派生元システムが Base-System であること、System-Snap-X が VM-A, VM-B, VM-C から構成されること、および各 VM の VM イメージツリー上のノードへの参照がそれぞれ Snap-XA, Snap-XB, Snap-XC であること、である。

3.2 システムの配備方法

システムの配備は、配備に必要な VM イメージ群と配備先のホストにキャッシュされている VM イメージ群とを比較し、不足分の VM イメージを転送して起動することで実現される。配備に必要な VM イメージ群とは、配備が要求されたシステムに含まれる各 VM の差分イメージ群、および当該差分イメージ群の全ての派生元イメージ群である。図 2 の Base-System の配備時(差分イメージ群がホストマシンにキャッシュされていない場合)には、VM-A, VM-B, VM-C の差分イメージ群やその派生元イメージ群を全て転送する必要がある。一方、Base-System から System-Snap-X への再配備時には、Base, Snap-A, Snap-B, Snap-C がキャッシュされているため、System-Snap-X から直接参照される Snap-XA, Snap-XB, Snap-XC のみが転送される。

本提案では、VM イメージツリーとシステムツリー、および各ホストマシンのキャッシュ状況の管理は、イメージリポジトリの管理エージェントが行う。システムツリーを用いたシステムの配備は、ホストマシンの配備エージェントが行う。そのため、利用者は配備するシステムを選択のみで配備を実施できる。

4. 評価

本稿では、情報セキュリティ演習向け環境構築ツールの試作を用いた実験を通じ、配備の迅速性と操作の容易性の観点から提案手法を評価する。本稿で取り上げる情報セキュリティ演習とは、演習受講者がサイバー攻撃を受けたシステムを正常状態へ復旧させる演習を指す。本演習では、受講者が操作を誤った際にシステムを操作前に復元したり、演習を時間内に終えるため、遅れている受講者のシステムを操作完了後の状態に復元したりする必要がある。

4.1. 評価シナリオ

評価シナリオとして、マルウェアに感染したシステムを正常状態へと復元させる演習を想定する。対象システムは、メールサーバ 2 台、DNS サーバ 2 台、プロキシサーバ、ファイルサーバ、システム利用者のデスクトップサーバ 4 台の計 10 台より構成される。サーバの OS は Ubuntu14.10 を使用する。システムツリーは、初

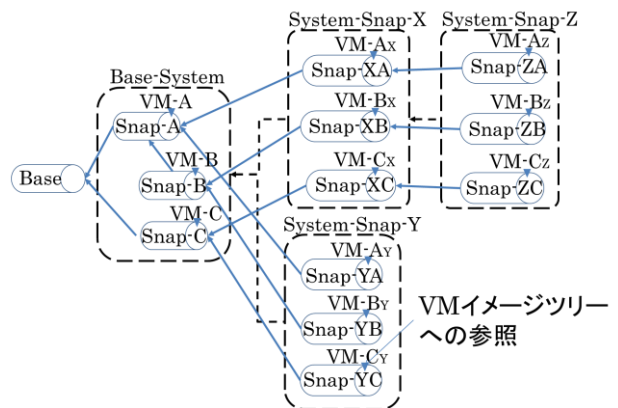


図 2 システムツリーと VM イメージツリーの関係

期状態、マルウェア削除後の状態、システムを正常状態に復元し終わった状態のそれぞれをノードとして作成した。実験では、このシステムツリーを基にシステムを配備、再配備する際の手順と、イメージの転送量とを評価する。

4.2. 操作の容易性に関する定性的評価

システムの配備は、システムツリー内のノードを選択するだけで完了する。従って、イメージの転送や起動を手動で実施する場合と比較して、システムの配備作業が大幅に容易化されたことが分かる。

4.3. 配備の迅速性に関する定量的評価

イメージをホストマシンに全くキャッシュせずシステムを配備した場合と提案手法でシステムを配備した場合でのデータ転送量の比較を表 1 に示す。表より本提案手法による初期配備時のデータ転送量の削減率は 74.9%、再配備時のデータ転送量の削減率は 99.8%となり、転送するデータ量が削減されたことが分かる。

表 1 各手法におけるシステムの初期配備時および再配備時のデータ転送量

	提案手法	キャッシュなし
初期配備(GB)	8.67	34.5
再配備(GB)	5.90×10^{-2}	34.6

5. まとめ

本提案手法により、複数 VM から構成されるシステム配備の容易化とキャッシュ機能による転送するデータ量の削減が実現された。今後は VM イメージツリーの効率的な作成方法に関する研究を推進する。

参考文献

[1]Yingdan S., Huiba L. (2013) "Data Deduplication in Cloud Computing Systems" International Workshop on Cloud Computing and Information Security 483-486

[2]VMware Inc. VMware Workstation