

大規模クラウドにおける IaaS 向け VM 作成手順削減方式

金子 聡† 中島 淳† 坂下 幸徳†

近年、サーバ仮想化技術の普及により、データセンタにおいてストレージに VM (Virtual Machine) のデータを格納し、物理サーバ間で VM データを共有する構成が利用されている。これらのサーバやストレージといったリソースの管理体系は、データセンタの規模や運用体系によって異なり、エンタープライズ系企業の大規模データセンタでは、リソースの種別毎に管理を水平分業している。しかし、クラウドサービスの登場により、VM などのリソースを迅速にユーザへ提供することが求められており、サーバからストレージまでを垂直管理するニーズが出てきている。このような中、垂直管理の一例であるサーバとストレージの設定が必要な VM 作成において、従来通りサーバとストレージのリソースを効率的に活用するには、各管理者間のコミュニケーションが必要となり、VM 作成業務の迅速性を阻害する要因となっていた。そこで本論文では、ストレージに関する複雑な知識を持たないサーバ管理者が、ストレージ管理者とのコミュニケーション無しに、ストレージ設定を可能とする VM 作成手順削減方式を提案する。本方式の評価を行い、VM 作成における管理者間のコミュニケーションを不要化したことで、VM 作成に要する時間を従来に比べて 96%削減し、有効性を示した。

A Reduction Method of VM create procedures for IaaS in a large scale cloud

Satoshi Kaneko† Jun Nakajima† and Yukinori Sakashita†

Recent years, the configurations that virtualization servers share the VM data within the storage system are used with the spread of server virtualization technology. The management architectures of these server resources and storage resources differ depending on scale of the datacenter and the operation architecture. In large datacenter owned by enterprise, the administrator differs depending on the kind of the resource. However, with the advent of cloud service, rapid deploy of VMs is needed. Therefore, vertical management from servers to storages is needed. However, in this environment, VM Create operation that is an example of the vertical management using storage area needs virtualization server and storage combined configuration for effectively resource utilization. Then, the communication virtualization server administrator and storage administrator was needed. The swiftness of VM deploy service was prevented from the communication. This paper proposes the reduction method of VM Create procedures that the virtualization server administrator who has no complicated knowledge about the storage can configures the storage without the communication with storage administrator. We evaluated the proposal method. The results demonstrated the operational time of creating VM was reduced by 96% compared to conventional method by eliminating the communication among the administrators and the effectiveness of the proposal method was shown.

1. はじめに

近年の急速なデータ量の増加に伴い、データセンタの大規模化が進んでおり、2015 年には 100 台以上ものストレージを有するデータセンタの登場が予測される[1]。このように大規模化、複雑化したデータセンタでは、データセンタの運用管理が困難になっており、管理コストの増大が問題となっている。そこで、管理コスト削減手段として物理サーバ統合を可能とするサーバ仮想化技術の利用が急速に拡大しており、2015 年におけるサーバ仮想化技術を搭載した物理サーバの出荷台数は 2010 年に比べて 5 倍になる見通しである。

このような中、北米の銀行や証券などに代表されるエンタープライズ系の企業が所有している大規模データセンタでは複数のサーバとストレージ及び FC-SAN (Fibre Channel - Storage Area Network) のような高速なネットワークによって IT インフラを構築しているが、管理対象のリソ

ース数が膨大なため、サーバ、ネットワーク、ストレージといったリソースの種別毎に管理者を分け、水平分業にて管理している。これにより、各管理者は特定のリソースに特化した専門知識のみを習得することに専念することができ、管理の効率化を図っている。

このようなエンタープライズ系企業の大規模データセンタにおいても、IaaS(Infrastructure as a Service) のようなクラウドサービスの登場により、VM などのリソースをユーザに素早く提供することが管理者に求められ始めている。このニーズに応えるため、前述大規模データセンタの管理体系は、従来の水平分業から、一部のサーバ、ネットワーク、ストレージを垂直で管理する垂直分業へ移りつつある。

そこで、垂直分業を支援する運用管理ソフトウェアとして、VM の作成・監視を容易化する Cloud Stack [2]や vCenter[3]などが登場している。しかし、これらは従来、エンタープライズ企業の大規模データセンタの各レイヤの管理者が専門知識をもとに行っていた効率的なストレージやサーバの管理が出来ていない。このため、前述のデータセンタにおいては、サーバ管理者とストレージ管理者が、コミュニケーションを行い連携することで、各レイヤの管理

†(株)日立製作所 横浜研究所
Hitachi Ltd. Yokohama Research Laboratory

をそれぞれ実施せざるを得なかった。一例として、共有ストレージを利用した VM (Virtual Machine: 仮想マシン) 作成作業がある。この VM 作成では、VM データは共有ストレージ装置内のボリュームと呼ばれるデータ格納用の記憶領域に保持されるが、この際、サーバ管理者がストレージ管理者へボリューム追加を依頼する必要があった[4]。大規模な組織では、サーバ管理部門からストレージ管理部門への作業依頼といった部門間の作業調整に、社内ワークフローなどを利用するのが一般的であり、各部門の担当者及び部門管理者などの承認を必要とし、調整に時間を要する。

このサーバ/ストレージ管理者間のコミュニケーションによって、サーバ管理とストレージ管理が連携する業務における各管理者の作業負担が増大してしまい、業務にかかる時間が増加する要因となっていた。その結果、ユーザ要求から VM 提供までを迅速に行うことが期待される IaaS の提供が困難であった。

以上より、エンタープライズ系企業の大規模データセンタにおいて、サーバとストレージが連携する業務にかかる運用管理コストが増大していた。さらに、サーバとストレージの連携に管理者間のコミュニケーションを要することで、業務にかかる時間が増大し、業務の迅速性を低下させる要因となっていた。そこで、本論文では VM 作成における運用管理コストを削減するべく、サーバ管理者とストレージ管理者の間のコミュニケーションを不要化する大規模 IaaS クラウド向け VM 作成手順削減方式を提案する。

以下、2 章では従来の運用管理技術と問題点について述べ、3 章で問題点解決に向けた課題について述べる。4 章では、提案方式について述べ、5 章では提案方式の評価を行う。6 章では提案方式の有効性について述べる。

2. 従来のサーバ仮想化環境における運用管理

本章では研究対象とするデータセンタの管理体系及びサーバとストレージの管理の連携に関する従来研究を示す。

2.1 従来の運用管理者の体系

現在(2012 年)、銀行や証券などのエンタープライズ企業が所有する大規模データセンタでは、管理対象のリソース数が膨大なため、サーバ、ネットワーク、ストレージといったリソース種別毎に専任の管理者を置き、水平分業による管理を行っている。これにより、各管理者は特定のリソースに特化した専門知識を集中的に習得し、管理操作を習熟することで、管理の効率化を図っている。

このような中、クラウドサービスの登場により、エンタープライズ企業の大規模データセンタにおいても、VM などのリソースを利用ユーザに素早く提供することが管理者に求められ始めた。これに応えるため、前述の大規模データセンタの管理体系は、従来の水平分業から、一部のサーバ、ネットワーク、ストレージを垂直で管理する垂直分業へ移りつつある。管理体系の遷移について図 1 に示す。

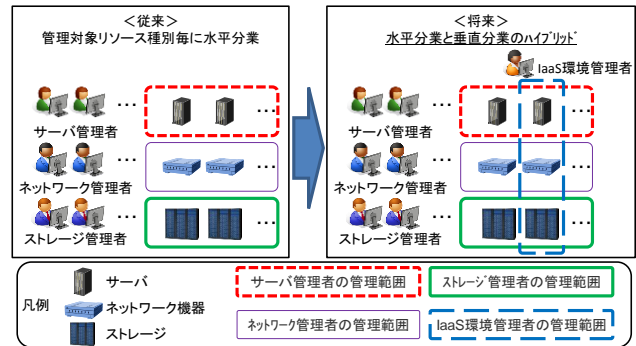


図 1 データセンタにおける管理体系の遷移

Figure 1 Management architectures transition in a datacenter

図 1 に示す通り、レイヤ毎のリソース数に合わせて複数人で分業しており、特にエンタープライズ系企業のデータセンタでは、VM などの業務に直結するリソースを管理しているサーバ管理者は、複数の VM を用いて業務を構築している組織毎に存在している。

2.2 サーバ管理とストレージ管理の連携の必要性

2.1 に示したように管理者の作業が水平分業と垂直分業が混在する状況において、各レイヤの管理者の作業の分担が管理を効率化する上で重要となってくる。

また、垂直分業を支援する運用管理ソフトウェアとして、VM の作成・監視を容易化する Cloud Stack や vCenter などが登場している。しかし、これらの技術は、従来、エンタープライズ企業の大規模データセンタの各レイヤの管理者が行っていたストレージやサーバの深い専門知識を使った管理が出来ていない。例えば、Cloud Stack では、ストレージに関する管理は、容量とサーバ(Hypervisor)からみた性能のみしか管理されていない。そのため、1 台の共有ストレージ上に Cloud Stack で管理されている Volume と、他サーバから利用されている Volume が混在する場合、性能干渉を起こしてしまい、従来のストレージ管理者が行っていた専門知識を活かした管理が出来ない。

そのため、共有ストレージを多数所有するようなエンタープライズ企業の大規模データセンタにおいては、サーバ管理者とストレージ管理者が、コミュニケーションを行い連携することで、各レイヤの管理をそれぞれ実施せざるを得なかった。一例として、共有ストレージを利用した VM 作成手順を図 2 に示す。なお[4]では、VM 作成にて VLAN の設定まで行っているが、本論文ではサーバ管理とストレージ管理における運用管理コスト削減に着目するため、VLAN は設定済みとし、VM 作成には含めない。

図 2 の手順は、サーバ管理者のストレージ管理者に対する作業依頼から始まる。大規模な組織では、このような部門間の作業調整には、社内ワークフローなどを利用するのが一般的である。図 2 の例ではまず、ストレージ管理部門への作業依頼についてサーバ管理部門の担当者 A からサーバ管理部門の責任者 B への作業承認依頼を出し、承認後、

責任者 B からストレージ管理部門の責任者 C へ作業承認依頼を出し、承認後責任者 C からストレージ管理部門の担当者 D へ作業承認依頼を出す。その後、担当者 D は実際のストレージ設定作業を行い、作業完了を担当者 A へ作業完了確認依頼を出し、そのままサーバ設定作業を実施する。

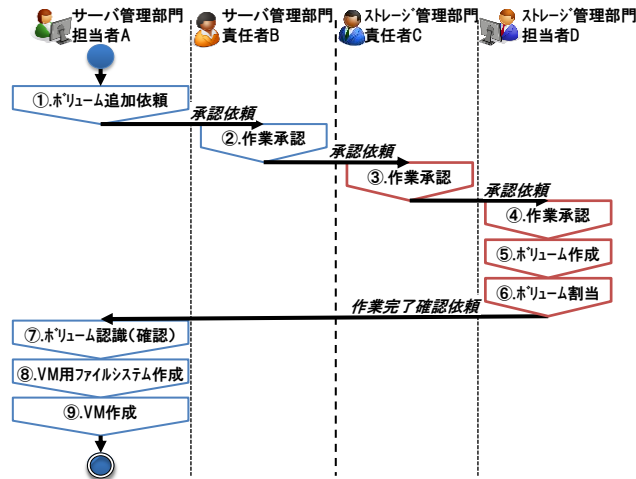


図 2 従来のストレージを利用した VM 作成手順

Figure 2 Conventional flow of creating VM with storage volume

なお、サーバ及びストレージの設定作業については、各管理者が独立に実施する。⑤、⑥の作業はストレージ管理ツール[5]を用いて、⑦、⑧、⑨の作業はサーバ管理者がサーバ管理ツール[3][6]を用いて実施する。

2.3 サーバ管理とストレージ管理の連携における問題点

2.2 節で示したように VM 作成フローにおけるボリューム割当においてサーバ管理とストレージ管理の連携が必要であり、従来この連携にはサーバ管理者とストレージ管理者のコミュニケーションが必要であった。このコミュニケーションが VM 作成業務において時間を要する定性的要因となり、迅速な VM 作成作業が困難であった。

3. 問題点の解決方針と課題

本章では、VM 作成におけるサーバ管理者とストレージ管理者間のコミュニケーション削減及び、ストレージ管理者の負荷低減に向けた方針と課題について述べる。

3.1 解決方針

サーバ管理者とストレージ管理者とのコミュニケーションを削減する方法として、管理者間の作業権限の移譲が考えられる。一方の管理者が他方の管理者の作業まで行うことで、管理者間の作業依頼は不要となる。そこで、2.3 節で述べた問題点の解決方針を、ストレージ管理者の業務をサーバ管理者へ移譲することとした。以降では、この解決方針に従った VM 作成手順削減方式の実現に向けた課題について述べる。

3.2 実現に向けた課題

VM 作成においてサーバ管理者へ移譲するストレージ管

理者の作業は、ボリューム割当作業である。本節ではボリューム割当作業の移譲における課題について述べる。

3.2.1 ストレージの知識が不要なボリューム割当

物理サーバへのボリューム割当作業は、従来までストレージ管理者がストレージ管理ソフトウェアを用いて実施していた[7][8]。そこで、サーバ管理者にストレージ管理ソフトウェアを利用してもらうことで、ボリューム割当作業をサーバ管理者に移譲する方法が考えられる。しかし、ストレージ管理ソフトウェアの対象ユーザはストレージに関する専門的な知識やスキルを有することを前提としており、サーバ管理者は容易に利用することができない。さらに、ストレージリソースを利用するすべてのサーバ管理者にストレージに関するスキルを習得させるためには、相当な学習コストを要するため、現実的な解決手段にならない。

以上より、ストレージに関する専門的な知識やスキルが不要なボリューム割当方法が必要となる。

3.2.2 ストレージ管理者のリソース管理

2.1 節で述べたように、ストレージ管理者は利用者の組織をまたがって共有ストレージのリソースを管理している。その際、現在のストレージの構成やリソースの利用状態を把握した上で、利用者間での不当な性能干渉や、不当なリソース利用が発生しないように、利用者に対して適切なリソースを割り当てることで、マルチテナント運用を行っている。さらには、ストレージリソースの負荷状態などを把握した上で、負荷が低いリソースを優先的に利用する等といったように、負荷を平準化させるようなリソースの適正配置により、リソース利用効率化も行っている。

このように、サーバ管理者へボリューム割当作業の権限を移譲するだけだと、サーバ管理者はストレージの構成や、各サーバ管理者が利用可能なリソースを把握していないため、適切なリソースを選択できず、他のテナントのサービスの性能劣化を引き起こす可能性がある。よって、ストレージ管理者によるサーバ管理者への適切なリソース管理権限の移譲が必要となる。

4. 提案方式

本章では、前章で述べた課題の解決に向け、ストレージの設定パラメータの自動決定と、サーバ管理者に対するストレージリソースへの利用制御により、管理者間のコミュニケーションを削減する管理方式を提案する。

4.1 概要

提案方式では、事前にストレージ管理者がサーバ管理者へ利用可能なストレージのリソースを定義することで、VM 作成時にストレージ管理者の介在を不要化し、サーバ管理者がストレージに関するノウハウを必要とせずサーバ管理ソフトウェアのみを用いた VM 作成が可能となる。提案方式のシステム構成を図 3 に示す。

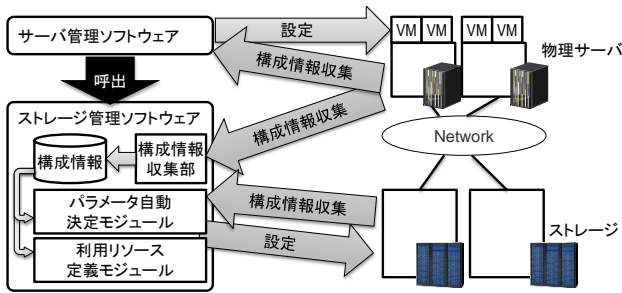


図 3 提案方式の概要

Figure 3 Outline of proposal method

提案方式ではボリューム割当において、サーバ管理ソフトウェアがストレージ管理ソフトウェアのパラメータ自動決定モジュールを呼び出す。パラメータ自動決定モジュールは、従来ストレージ管理者が行っていた、ストレージのリソースの利用状態を考慮した適切なストレージ設定作業を自動的に行うモジュールであり、サーバとストレージの構成情報を管理し、その構成情報を用いてストレージ設定パラメータを自動決定し、各種ストレージ設定を行う。

またストレージ管理ソフトウェアの利用リソース定義モジュールにより、サーバ管理者へ利用可能なストレージのリソースを事前定義することで、毎回のVM作成においてストレージ管理者の介入を不要化する。次節以降では、利用リソース定義方式と、ストレージ設定パラメータ自動決定方式について詳細に述べる。

4.2 利用リソース定義方式

ストレージ管理ソフトウェアの利用リソース定義モジュールは、ストレージのリソースの集合と、リソースを利用する管理者の集合とを定義し、両者を管理ロールで対応付けることで、サーバ管理者毎に利用可能なリソースを定義する。利用リソース定義方式の概要を図 4 に示す。

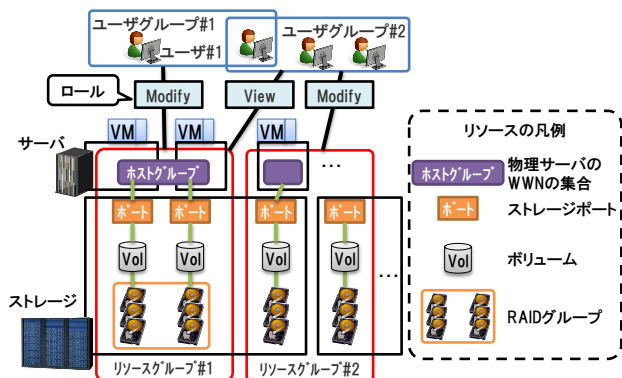


図 4 利用リソース定義方式の概要

Figure 4 Outline of available resource definition method

以下、図に沿って用語を説明する。

ユーザ：ストレージのリソースの管理者。

ユーザグループ：管理ロールを同じくするユーザの集合。

同一の管理ロールを有する複数人のユーザを一括で管理できる。データセンタでは、同じ組織に属している複数人のサーバ管理者が、任意の物理サーバ群を共同で管理する環境が多く、ユーザをグループで管理することで、この環境を効率的に管理できる。

ロール：ユーザのリソースに対する管理権限。ユーザグループとリソースグループとの関係において定義される。管理ロールの一例を以下に示す。

- **Modify**：対象のリソースの構成の変更が可能
- **View**：対象のリソースの構成の閲覧が可能

リソース：ストレージのリソース。リソース種別の一例を次に示す。

- **ホストグループ**：物理サーバの SAN インタフェースが有する WWN (World Wide Name) の集合。任意のボリュームへアクセス権限を同じくする物理サーバのグループとして定義。ホストグループとストレージポートとボリュームとの対応付けにより、任意のボリュームへのアクセス制限が可能。なお、WWN とは SAN における一意な識別子であり、HBA (Host Bus Adaptor) などの SAN インタフェースの製造時に 8 バイトの固定値として決定される。
- **ストレージポート**：ストレージが有する SAN インタフェース。物理サーバのボリュームへのアクセス経路となる。共有ストレージ環境では、物理サーバ間で共有されるケースが多く、利用状況によってボリュームへのアクセス性能に影響を与える。各組織で占有することで、組織間での性能干渉防止が可能。
- **ボリューム**：データ格納用の記憶領域。ストレージ内でユニークな識別子を持つ。
- **RAID グループ**：RAID (Redundant Arrays of Inexpensive Disks) を構成する物理ディスクの集合。ボリュームの構成要素であり、1つの RAID グループから複数のボリュームを構成できる。RAID グループの利用状況はボリュームへのアクセス性能に影響を与える。

以上に示す各リソースを組織毎に利用制限することで、組織間の性能干渉を防止することができる。

リソースグループ：リソースの集合、ユーザグループに対応付けるリソースの単位となる。リソースをグループとして管理することで、ユーザグループが利用可能な複数のリソースを一括して管理できる。

本方式を用いて、利用可能なリソースについてのみストレージ設定が可能な権限を、サーバ管理者へ付与する例を次に示す。

データセンタにおいて任意の組織（組織 A）が新しく発足し、組織 A において VM 作成を行うサーバ管理者が複数人割り当てられたと仮定する。そこでまず、ストレージ管理者はストレージ管理ソフトウェアにて、各管理者をユーザとして登録し、登録した複数人のユーザから構成される

ユーザグループを生成する。続いて、組織 A に対して利用が許されているリソースを有するリソースグループを生成する。そして、ボリューム割当に必要なストレージ設定の権限を持つロールを、生成したリソースグループとユーザグループの関係に定義する。以上に示す設定を行った後に、ユーザ（サーバ管理者）がサーバ管理ソフトウェアにおいてボリューム割当を行った場合、サーバ管理ソフトウェアは、そのユーザ情報を引数としてストレージ管理ソフトのパラメータ自動決定モジュールを呼び出す。そして、パラメータ自動決定モジュールは入力されたユーザ情報と定義済みの利用リソースの情報により、ユーザが利用可能なリソースに関するストレージ設定だけを行う。

以上に示す方法により、サーバ管理者は利用が許可されているリソースのみを用いたストレージ設定が可能となる。

4.3 ストレージ設定パラメータ自動決定方式

4.3.1 自動決定方針

パラメータ自動決定モジュールは、サーバ管理ソフトウェアが呼び出すストレージ管理ソフトウェアのモジュールであり、ストレージの知識のないサーバ管理者による入力項目をサーバ管理ソフトウェアから受け取り、ストレージ設定に要するパラメータを自動決定する。その後、自動決定されたパラメータでストレージ設定を行い、実行結果をサーバ管理ソフトウェアへ返す。

本提案方式のパラメータ自動決定方針を以下とした。

方針1. 利用リソース定義方式で定義されているストレージリソースを利用する

方針2. サーバ管理者が入力したボリュームに関する条件を満たすこと

方針3. 従来のストレージ管理者による運用と同様にリソースを効率的に利用する

方針1により、サーバ管理者が他テナントのリソースを不正に利用することを防ぐことが可能である。方式2により、サーバ管理者のボリュームに関する要件を満たすことができる。方式3により、従来ストレージ管理者が実現していたリソースの効率的な活用を維持することができる。

方針1と方針2は、パラメータ決定において明示的な条件となるが、方針3は、ストレージ管理者の従来の効率的なリソース利用方法を抽出し、各パラメータについて決定条件を明確化する必要がある。

4.3.2 決定方法

前項の自動決定方針に従い、ストレージ設定時のパラメータ決定方法を定める。

図2で示す通りVM作成で行うストレージ設定はボリューム作成と割当である。ボリューム作成ではボリュームの特性を決定するために、ボリュームID、RAIDグループ、容量の3パラメータ、ボリューム割当では、物理サーバからボリュームへのアクセス経路特定のために、ストレージポート、物理サーバのWWN、LUN (Logical Unit Number)

の3パラメータ、合計6パラメータを指定する必要があるため、これらのパラメータを自動決定する。なお、ボリュームIDとはストレージ内で一意なボリュームの識別子であり、LUNとは物理サーバ内で一意なボリューム識別子である。ボリュームIDとLUNはいずれもボリューム作成時に決定される。

以下では、各方針を上記6つのパラメータに適用し、自動決定方法を定めるが、方針2を適用するためには、パラメータ自動決定モジュールが、サーバ管理ソフトウェアから受け取ることができる入力項目を特定する必要がある。そこでまず、サーバ管理者が入力可能なボリュームに関する設定項目を、サーバ管理ソフトウェアから参照可能な情報と仮定し、一般的なサーバ管理製品[3][6]について調査を行った。その結果、パラメータ自動決定モジュールが受け取る入力を物理サーバのホスト名と、VM用ファイルシステムの容量の2項目とした。

各方針が各パラメータ決定に与える影響を表1に示す。

Table 1 Effects of automatic determination policy on parameters

表 1 自動決定方針がパラメータ決定に与える影響

| パラメータ | 自動決定方針が与える影響 | | |
|----------|--------------|-----|-----|
| | 方針1 | 方針2 | 方針3 |
| LUN | 無 | 無 | 無 |
| WWN | 有 | 有 | 有 |
| ストレージポート | 有 | 無 | 有 |
| ボリュームID | 有 | 無 | 無 |
| ボリューム容量 | 無 | 有 | 無 |
| RAIDグループ | 有 | 無 | 有 |

方針1によれば、4.2節で述べた利用リソース定義方式でサーバ管理者が利用可能と定義されたWWN、ストレージポート、ボリューム、RAIDグループがパラメータ候補となる。方針2によれば、に、サーバ管理者に入力されたWWNとボリューム容量がパラメータ候補となる。なおWWNは、サーバ管理者が直接入力しないが、入力された物理サーバのホスト名から利用可能なWWNが限定される。このとき、ストレージ管理ソフトウェアは物理サーバのホスト名とWWNの関係を構成情報として保持する必要がある。方針3によれば、WWNとストレージポート、RAIDグループに関して、従来ストレージ管理者が構成を考慮して手動で運用していた効率的なリソース利用方法から決定条件を抽出し、パラメータ自動決定モジュールに組み込む必要がある。本論文では一例として、ストレージポートの決定方法を以下に示す。

■ストレージポートの決定条件

条件1. 既に対象の物理サーバが有する別のボリュームが割当済みのストレージポート優先

条件2. 物理サーバから通信可能なストレージポート優先

条件3. 割当済み LUN 数の少ないストレージポート優先

条件 1 は対象のストレージポートの信頼性に関係する。条件適用により、割当済みボリュームによってアクセスが保障されているストレージポートを選択できる。この条件を満たすには、ストレージ管理ソフトウェアが、WWN とストレージポートとボリュームの対応関係を構成情報として管理する必要がある。

条件 2 も同様に信頼性に関係し、条件適用により、過去に対象の物理サーバからのアクセス実績があるストレージポートを選択できる。この条件を満たすには、ストレージ管理ソフトウェアが、WWN とストレージポートとのアクセス履歴を管理する必要がある。

条件 3 は、負荷平準化に関する条件であり、条件適用により、特定のストレージポートへのアクセス負荷集中を防げる。この条件を満たすには、ストレージと接続している全 WWN と全ストレージポートと全ボリュームとの対応関係を構成情報として管理する必要がある。

なお、上記条件は番号が小さいほどに優先度が高く、パラメータが決定するまで優先度順に条件を適用する。

RAID グループと WWN についても同様に、ストレージ管理者の従来のリソース利用方法から決定条件を抽出し、適用することで、ストレージ管理者の介在なくストレージ設定パラメータの自動決定が可能である。なお実際には、リソース利用の効率化以外の条件が存在し、それらも適用する必要があるが、本論文では前項の自動決定方針に関する決定条件についてのみ述べるものとし、詳細は省略する。

以上に示す提案方式によれば、ストレージに関する複雑な知識のないサーバ管理者であっても、ストレージリソースの利用を効率化するストレージ設定が可能である。

5. 評価

本章では、提案方式の実用化に向けてシステムを試作し、VM 作成業務の所要時間を評価した結果について述べる。

5.1 システム構成

評価に向け提案方式(図 3)の試作システムを開発した。対象のサーバ仮想化製品には VMware ESX Server[9]を選定し、ストレージを利用した VM 用ファイルシステム作成を行う GUI を VMware のサーバ管理ソフトウェアである VMware vCenter Server[3]内にプラグインとして実装した。ストレージ管理ソフトウェア部分は新規に開発した。開発環境としては、GUI 部分に ActionScript3.0、GUI 以外の部分に Java5 を採用した。

また、従来システムの評価では、サーバ仮想化製品とサーバ管理ソフトウェアは試作システムと同様とし、ストレージ管理操作ソフトウェアには[5]を用いた。

5.2 VM 作成業務の所要時間

提案方式の VM 作成手順は、サーバ管理者が利用可能な

リソースをストレージ管理者が事前に定義する作業と、サーバ管理者が VM を作成する作業の 2 つに分類できる。

前者は、4.2 節の利用リソース定義モジュールが動作するステップであり、作業実施のタイミングは、サーバ管理者が新規に追加されたタイミングと、新規ストレージリソース購入といった利用リソースに変更があったタイミングのみで、VM 作成の度を実施する必要はない。後者の作業として、毎回の VM 作成で実施する手順を図 5 に示す。

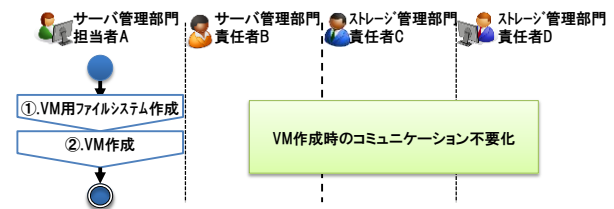


図 5 試作システムの VM 作成手順

Figure 5 Flow of create VM in prototype system

図 5 に示すように、手順は合計で 2 ステップである。① VM 用ストレージ利用ファイルシステム作成は、サーバ管理者が 4.3 節のストレージ設定パラメータ自動決定モジュールを利用するステップであり、従来システムの手順を構成していたボリューム作成、ボリューム割当、ボリューム認識、VM 用ファイルシステム作成を一括で実行するステップである。②VM 作成は、従来システムと同様のステップである。図 2 に示す従来の手順が 9 ステップであったのに対し、試作システムでは 7 ステップが削減されている。

ここで従来システムと試作システムの VM 作成所要時間を定式化する。ボリューム追加依頼で発生する社内ワークフロー等の担当者間の調整作業のステップの所要時間を A_t 、VM 作成回数を X 、サーバ及びストレージの各種設定処理にかかる時間を C_t とした場合、従来システム(図 2)の所要時間 T_{conv} は次式のように表すことができる。

$$T_{conv} = X(A_t + C_t) \quad (1)$$

続いて、利用リソース定義にかかる時間を D_t 、利用リソース定義を行う回数を Y とした場合、試作システム(図 5)の所要時間 T_{prot} は次式のように表すことができる。

$$T_{prot} = XC_t + YD_t \quad (2)$$

なお、従来システムでは A_t と C_t の他に、ストレージ管理者が管理操作を実行する前に、適切な設定を行うために試行錯誤し、管理ソフトウェアや管理ツールを操作する時間が含まれている。提案システムでは、ストレージ設定パラメータ自動決定方式によりストレージに関する複雑な設定パラメータを自動決定し、ストレージ設定を自動実行するため、前述の時間も不要化されるが、本評価ではコミュニケーション削減による時間短縮効果の評価することを目

的とすることとし、上記数式(1), (2) には含めてない。

続いて、従来システム及び試作システムを用いて、サーバストレージの設定処理にかかる時間 C_t , 利用リソース定義にかかる時間 D_t を測定した。なお、 A_t は担当者間の調整にかかる時間であって、各担当者の状態によって大きく変化するため測定対象としなかった。VM 作成のステップは、従来システムと同様なので測定対象としなかった。測定結果を表 2 に示す。また表 2 には、作成するボリューム及びファイルシステムのサイズは 100GB として 3 回測定した結果の平均値を示している。

Table 2 Time of each operation

表 2 各ステップの処理時間

| 処理名 | 時間 (秒) |
|-----------------------|--------|
| ボリューム作成 | 57 |
| ボリューム割当 | 17 |
| ボリューム認識 | 61 |
| VM 用ファイルシステム作成 | 61 |
| 利用リソース定義 | 30 |
| VM 用ストレージ利用ファイルシステム作成 | 138 |

表 2 と数式(1)(2)に基づき算出した従来システムと試作システムの VM 作成の所要時間を図 6 に示す。なお利用リソース定義は、サーバ管理者が新規追加されたタイミングと、新規物理リソース購入といった利用リソースの変更のタイミングでしか実施されないため、図 6 では VM 作成一回目の事前の 1 回だけ実施されたものとし、利用リソース定義回数 Y は 1 としている。

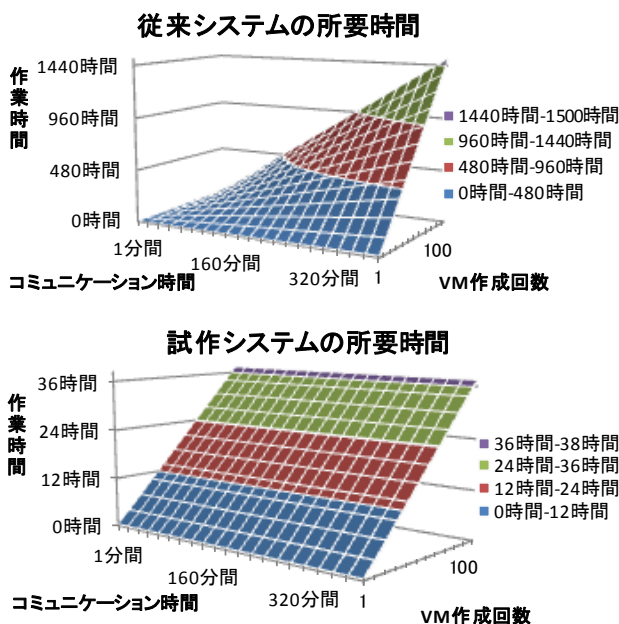


図 6 従来システムと試作システムの所要時間

Figure 6 Time of conventional system and prototype system

図 6 のグラフが示す通り、従来システムでは VM 作成の所要時間が、管理者間のコミュニケーション時間 C_t に比例して急増する。2.3 節で述べたように、大規模データセンターでは複数のサーバ管理者に対し共通のストレージ管理者が対応するケースが多いため、ストレージ管理者に作業が集中し、その結果、ストレージ管理者の作業が全体的に遅延する。そのようにして、例えば図 2 に示すような社内ワークフローにおける各担当者間の承認依頼及び承認に 60 分かかったと仮定した場合、VM を 10 回作成するのに従来システムでは合計で 20 時間もかかっていた。

試作システムでは、担当者間のコミュニケーションを伴う調整が不要なため、所要時間に影響がなく、10 回の VM 作成の所要時間は従来から 96% 短縮され、46 分で済む。

6. 考察

本章では、提案方式の有用性について述べる。

6.1 サーバ管理者とストレージ管理者の連携の迅速性

2.3 節で述べたように、従来システムではストレージを利用した VM 用ファイルシステムの作成に、サーバ管理者とストレージ管理者の間のコミュニケーションが必要であることが原因で、エンドユーザに VM を提供するといった迅速性が求められるクラウドサービスの提供スピードを低下させることが問題となっていた。これに対し提案方式では、利用リソース定義方式によりストレージ管理者が行っていたボリューム割当/作成作業をサーバ管理者へ適切に委譲可能とし、ストレージを利用した VM 作成作業における管理者間のコミュニケーションを不要化した。これにより VM 作成の所要時間を従来に比べて 96% 削減でき、VM 作成業務の迅速性を大幅に向上させることができる。

また、5.1 節で示した通り、サーバ管理者によるストレージ設定を、ストレージ管理ソフトウェアと共通のモジュールにおいて実現させることで、ストレージ全体を管理しているストレージ管理者がサーバ管理者による構成変更を把握することができるために、もしサーバ管理者の操作が原因で、ストレージにおいて性能劣化障害が発生した場合であっても、サーバ管理者に操作内容に関する問い合わせは不要であり、迅速な対応が可能となる。

さらに、本技術は[3] 以外の Cloud Stack といった垂直分業を支援する運用管理ソフトに対しても適用可能である。

以上より、提案方式はエンタープライズ系企業が所有する大規模データセンターの運用体系を水平分業から垂直分業へ移行させる際に有用な技術であるといえる。

6.2 サーバ管理者向けストレージ管理の有用性

2.1 節で述べたように、大規模なデータセンターでは、サーバ管理者は利用者の組織毎に存在し、各組織の運用ポリシーに従い VM の構成変更や稼働制御といった運用を行っている。そのため、VM 作成業務においては、複数のサーバ管理者からのストレージ管理者に対するボリューム割当

依頼が発生し、ストレージ管理者の負荷が増大していた。これに対し、提案方式ではストレージ管理者の作業を一部サーバ管理者へ移譲することにより、VM 作成業務に必要なストレージ管理者の作業は、サーバ管理者に対して事前に利用可能リソースを定義する作業だけとなり、毎回のVM 作成時の作業は不要化された。これによりストレージ管理者の負荷を大幅に低減することが可能となり、ストレージ管理者の人的リソースを 2.1 節に示した IaaS 管理者用に活用することができ、管理体系の遷移への対応を促進することができる。

中小規模のデータセンタでは、管理対象が比較的少ないことと、人件費削減が要因となって、サーバとストレージの管理者が兼任していることがある。提案方式は、このような中小規模のデータセンタにおける運用体系にも適用可能であり、従来だと VM 作成の度に、兼任管理者はサーバ管理ソフトウェアとストレージ管理ソフトウェアを使い分ける必要があったが、提案方式ではサーバ管理ソフトウェアだけでストレージを用いた VM 作成業務が可能となり、運用の手間を削減できる。

また、近年 IT システムにおけるデータ量の断続的な増加により、データセンタの規模は今後益々大規模化すると予想され、それに伴いデータセンタを跨った管理業務が必要になると考えられる。その場合、管理者の階層が増え、複数データセンタを統括する管理者と、各データセンタをそれぞれ統括する管理者、そして各データセンタ内に存在する各リソースの管理者、といった多段の管理体系になり、さらにこれがマルチテナントで利用されると予想される。このように多段に階層化された管理者体系においても、上位の管理者の管理権限を一部委譲する提案方式のアプローチは適用可能であり、本論文のケースと同様に運用管理コストを削減できると考える。

以上より、提案方式は大規模データセンタだけでなく中小規模および将来に予想されるデータセンタの運用形態にも有用であるといえる。

7. おわりに

本論文では、大規模 IaaS クラウド向けに、VM 作成を迅速化するべく、VM 作成手順削減方式の提案を行った。

近年 IaaS などのクラウドサービスではユーザ要求から VM 提供までを迅速に行うことが求められている。しかし、データセンタに広く普及しているストレージを利用したサーバ仮想化環境においては、日常的に行われる VM 作成の度にサーバ管理者とストレージ管理者のコミュニケーションが発生し、迅速性を要求される VM 提供サービスのスピードを低下させる原因となっていた。そこで、ストレージ管理者が行っていた業務の一部をサーバ管理者に移譲するために、リソースの管理権限を適切に移譲可能な利用リソース定義方式と、ストレージ管理者がリソース管理ノウハ

ウに基づいて手動で行っていた操作を自動化するストレージ設定パラメータ自動決定方式を考案した。本方式により、ストレージに関する複雑なノウハウを持たないサーバ管理者向けのストレージ管理を実現し、ストレージを利用した VM 作成業務における管理者間のコミュニケーションを不要化した。本方式の試作システムを用いて、VM 作成の所要時間を従来に比べて 96%削減したことを実証し、有効性を示した。以上より、本方式はエンタープライズ系企業が所有する大規模データセンタにおける、リソース種別毎の水平分業管理下において、サーバからストレージまでの垂直管理を容易化でき、エンタープライズ系企業が所有する大規模データセンタの運用体系を水平分業から垂直分業へ移行する際に有用な技術であるといえる。

本方式はこの試作システムをベースとして、既存のストレージ管理ソフトウェア[5]に機能追加する形で商用化済み[10]であり、データセンタを運用するユーザによって利用されている。この商用製品は、現在ユーザ環境にて安定稼働しており、提案方式は実用性があるといえる。

また、近年のデータ量増加に伴って、今後データセンタの運用形態が多段に階層化し、各管理者の負荷が増大することが予想されるが、その場合においても、管理者間の負荷を平準化する提案方式が有用であること確認した。

本論文では、運用管理の垂直分業支援におけるサーバ管理とストレージ管理との連携に注目した。今後はデータセンタの大規模化に伴いネットワークの構成も頻繁に変更されるようになるため、ネットワーク管理者とのコミュニケーションも考慮した管理方式が課題である。

参考文献

- 1) IDC: Worldwide Enterprise Storage System 2009-2013 Forecast Update (2009)
- 2) CloudStack. <<http://cloudstack.org/software.html/>> (Nov, 2012)
- 3) VMware. VMware vCenter Server. <<http://www.vmware.com/products/vcenter-server/>> (Nov, 2012)
- 4) (株)日立製作所: 仮想マシン (VM) 配備作業の軽減 <<http://www.hitachi.co.jp/products/it/unified/case/index.html#sub04/>> (Nov, 2012)
- 5) (株)日立製作所: Hitachi Command Suite. <<http://www.hitachi.co.jp/products/it/storage-solutions/products/software/hsms/index.html>> (Nov, 2012)
- 6) Microsoft. System Center Virtual Machine Manager. <<http://www.microsoft.com/ja-jp/server-cloud/system-center/>> (Nov, 2012)
- 7) 坂下 幸徳, 河野 泰隆, 柴山 司, 中島 淳, 敷田 幹文: 大規模データセンターにおけるシステム構成情報の高速収集方式の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.3, pp.969-977 (2012)
- 8) 金子 聡, 坂下 幸徳: 異種仮想サーバ混在環境向け構成情報の統一管理方式の提案, 情報処理学会 Vol.2012-IOT-16, No.44 (2012)
- 9) VMware. VMware ESXi and ESX. <<http://www.vmware.com/products/vsphere/esxi-and-esx/>> (Nov, 2012)
- 10) (株)日立製作所: ストレージ仮想化運用のすすめ, <http://www.hitachi.co.jp/products/it/storage-solutions/products/catalog/pdf/ca-874_hitachi_command_suite.pdf> (Nov, 2012)