

クラウドコンピューティングを支える基盤技術

Base Technologies for Cloud Computing

新井 利明 山口 宣宏 関口 知紀
 Arai Toshiaki Yamaguchi Nobuhiro Sekiguchi Tomoki
 矢崎 武己 増岡 義政
 Yazaki Takeki Masuoka Yoshimasa

クラウドコンピューティングに対する企業ニーズが高まる中、日立グループは、日立クラウドソリューションHarmonious Cloudを提供している。

これは、高性能、高信頼の基盤を支えるサーバ装置、プロセッサやストレージをプール化して動的な割り付けを可能とするサーバ仮想化技術、ユーザーの必要とする構成を柔軟に提供するネットワーク技術、および、個々の技術を統合管理して低コストかつ省電力運用を可能とする運用管理システムなどで構成される。

高性能、高信頼、高セキュリティを実現するため、装置から仮想化機構、運用管理までを連携させることにより、柔軟で高効率な動作環境を確立し、クラウドコンピューティングの普及に貢献していく。

1. はじめに

日立クラウドソリューションHarmonious Cloudは、情報システムの究極の形態であり、これまで日立グループが開発・蓄積してきた情報関連技術の集大成でもある。そのため、基盤となる技術も多岐にわたるが、ここでは、Harmonious Cloudの特長である高信頼、高性能、高セキュリティを支える基盤技術を中心に説明する。

クラウドコンピューティングを支える技術とそれらの関連を図1に示す。最下層に位置するのはハードウェア装置群である。情報システムの三大資源である、サーバ（CPU：Central Processing Unit）、ストレージ、ネットワークの物理資源は、それ自体が高性能、高信頼なシステム基盤となっている。その上位に位置するものが、仮想化レイヤである。仮想化レイヤは、物理資源を仮想化して論理的な資源を構

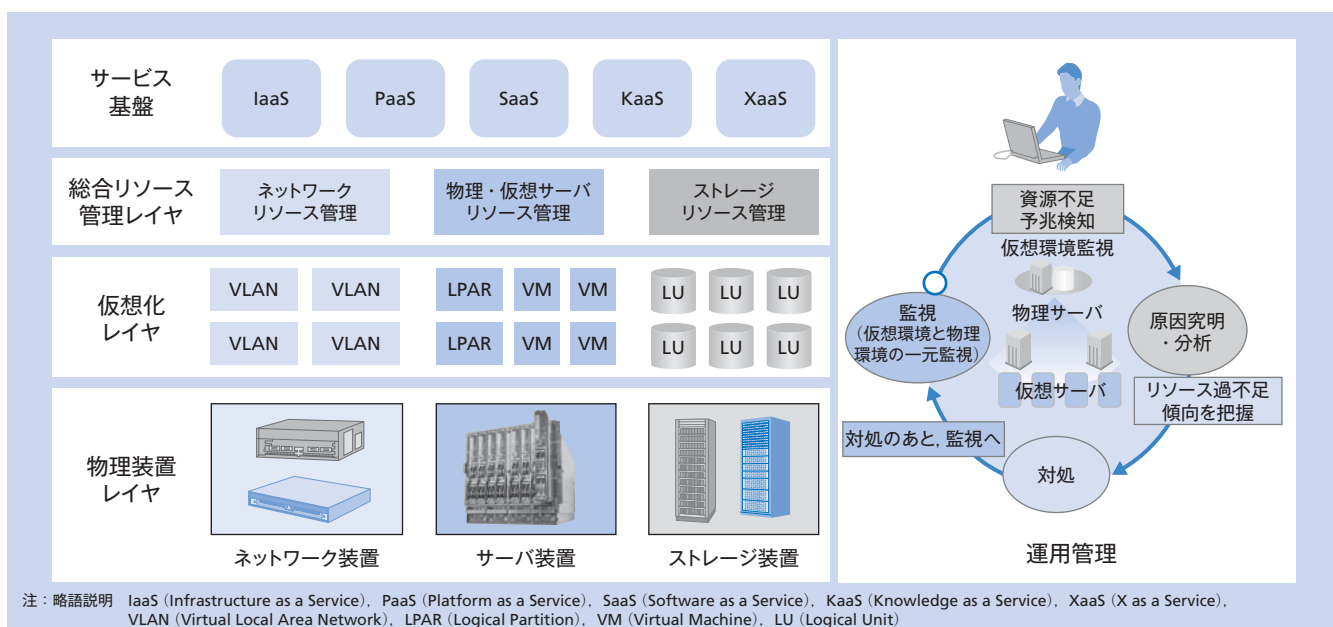


図1 | Harmonious Cloud基盤

Harmonious Cloudは、物理装置レイヤ、仮想化レイヤ、統合リソース管理レイヤ、サービス基盤と、それらの実行を監視する運用管理基盤で構成される。

表1 | Harmonious Cloudの特長を支える基盤技術

Harmonious Cloudの特長である、高性能、高信頼、柔軟性は、サーバ、ネットワーク、仮想化技術、運用管理によって実現されている。

	サーバ・ネットワーク	仮想化技術	運用管理
特長機能	高性能	・高性能ブレード ・大容量メモリ	・プロセッサ占有割り当て ・I/O直接実行
	高信頼	・高信頼ハードウェア ・高信頼サービス	・大量ITリソース割り当て管理 ・業務視点監視
	柔軟性	・I/O拡張スロット ・ネットワーク拡張スロット	・障害原因調査の簡素化 ・インフラ視点管理 ・ストレージ仮想化との統合管理

注：略語説明 I/O (Input/Output)

成し、要求に応じて割り付け、制御することにより、高信頼、高性能なシステムの柔軟かつ動的な構成を可能としている。運用管理は、物理資源と仮想資源の関連を把握し、仮想化された資源の状況や割り付け状況を管理することにより、システム全体を最適な状態に保ち、かつ人手の介入を削減し、運用コスト低減や電力削減など環境への対応を実現している。また、システム全体を監視することにより、障害への迅速な対応を可能としている。

Harmonious Cloudでは、サーバ・ネットワーク、仮想化技術、運用管理が連携・協調することにより、特長である高性能、高信頼、柔軟性を実現している（表1参照）。

ここでは、Harmonious Cloudを支える基盤技術について述べる。

2. サーバ技術

高信頼クラウドを支えるサーバシステムには、高性能に加えて、高い信頼性と柔軟性が求められる。日立グループは、企業や銀行、自治体などの基幹システムおよびプライベートクラウドに対応するため、統合サービスプラットフォーム「BladeSymphony」においてハイエンドモデル「BS2000」（図2参照）を2009年に製品化するとともに、

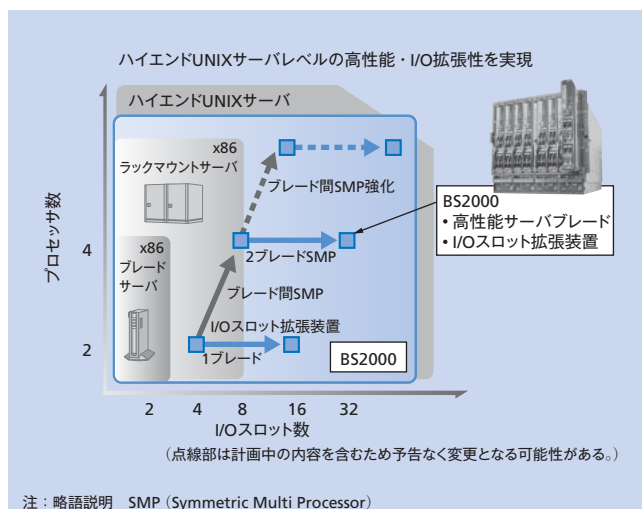


図2 | BS2000製品ポジショニング

BladeSymphony BS2000は、ブレード間SMPとI/Oスロット拡張装置によりハイエンドUNIXサーバレベルの高性能・I/O拡張性を実現する。

この製品をHarmonious Cloudの高信頼クラウドシステム基盤に適用している。

BS2000は基幹業務システムへの適用をターゲットとしており、ハイエンドUNIX^{※1)}サーバクラスの高性能・高信頼性・柔軟性を提供する。高性能化のため、ブレードサーバの特長であるスケールアウトに加え、2ブレード間でのSMP (Symmetric Multi Processor) による最大4プロセッサ (32コア) のスケールアップと、SMP当たり最大512 Gバイトの大容量メモリ搭載を実現している。高信頼化に向けては、10年間のハードウェア保守サポートや日立独自のLinux^{※2)}高信頼付加機能などにより、高信頼ハードウェア基盤を提供する。さらに、システム構築における柔軟性向上のため、大規模UNIXサーバシステムレベルのI/O (Input/Output) 拡張性を実現するI/Oスロット拡張装置や、独立したCPU区画・メモリ領域で仮想サーバを実行することによってセキュアな仮想化を可能にするサーバ仮想化機構「Virtage」を提供している。

日立グループは、今後、社会インフラを支える高信頼クラウドの実現に向けたサーバ技術強化のため、ブレード間SMP機構のさらなる強化、「Virtage」高信頼基盤機能の拡充、I/Oスロット拡張装置の機能強化によるサーバ・I/Oシステムの拡張性・柔軟性向上を予定している。これらにより、BladeSymphonyの高信頼クラウドシステム基盤への適用をいっそう強化していく（図3参照）。

※1) UNIXは、X/Open Company Limitedが独占的にライセンスしている米国ならびに他の国における登録商標である。

※2) Linuxは、Linus Torvaldsの米国およびその他の国における登録商標あるいは商標である。

要件	BladeSymphony BS2000の付加価値ポイント	
高性能	高性能ブレード	大規模基幹業務に対応できる拡張性 ・ブレード間SMP (最大2ブレード、32コア ^{*1)})
	大容量メモリ	大規模仮想化に対応したメモリ容量拡張 ・最大512 Gバイト/SMP
高信頼	高信頼ハードウェア	・10年間 ^{*1)} のハードウェア保守サポート ・開発時品質作りこみ、RAS機能強化
	高信頼システム向けサービス	日立独自のLinux高信頼付加機能 Linux長期サポート ^{*2)}
高柔軟	I/Oスロット拡張装置	UNIX上位サーバ同等のI/O拡張性 ・32スロット/SMP
	高信頼仮想化Virtage	独立したCPU区画・メモリ領域で 仮想サーバを実行、セキュアな仮想化を実現

2010年5月現在、*1 高性能サーバブレード適用時。
*2 サポート延長契約が必要 (RHEL5の場合、2017年3月まで)

注：略語説明 RAS (Reliability, Availability, Serviceability), CPU (Central Processing Unit)

図3 | BS2000付加価値ポイント

BladeSymphony BS2000は、先進的な機能・サービスにより、高信頼クラウドシステム基盤の要件に対応する。

3. Harmonious Cloudを支えるサーバ仮想化機構

Harmonious Cloudでは、クラウドコンピューティングの長所であるプラットフォームの柔軟性を実現すると同時に、社会インフラシステムの要求にも耐えうる信頼性を備える高信頼クラウドサービスをめざしている。これを実現する鍵となる技術が、サーバ仮想化技術である。これは、計算機内のCPU、メモリ、ネットワーク、ストレージといった物理的なリソースから、仮想的な計算機を構成する技術である。サーバ仮想化技術は、余剰の物理リソースからすばやく仮想計算機を割り当てることを可能にするなど、物理リソースの制約を緩和し、クラウドで期待されるプラットフォームの柔軟性を実現する。

Harmonious Cloudの一方の特長である信頼性を支えるのは、統合サービスプラットフォームBladeSymphonyのハイエンドモデルBS2000と、そのサーバ仮想化機構Virtageである。Virtageは、日立独自のハードウェアアシスト機構を利用した論理分割方式を採用している。

一般的な仮想化方式では、仮想化機構が物理リソースとは独立した仮想的な計算機リソースを構成する。これに対し、論理分割方式は、計算機の物理リソースを分割して仮想的なサーバに割り当てる方式である。論理分割方式を採用したVirtageは、CPU、メモリ、I/Oアダプタ、ストレージの論理ボリュームを仮想サーバに占有的に割り当てることができる(図4参照)。

これによって、ハードウェア故障時の影響範囲の局所化や、物理サーバ使用時と同じクラスタ構成のサポートなどの高信頼化が実現されている。

さらに、信頼性の尺度の一つである安定性に関して、Virtageは、物理リソースの占有割り当てによって仮想サーバを安定した性能で稼働できる。Virtageの占有割り当て機能は、Harmonious Cloudの「リソースキャパシティ保

証サービス」で採用されており、クラウドで実行する業務システムの性能の安定性向上に寄与している。

さまざまな業務システムが同居するクラウドでは、データを格納するストレージもシステムごとに分割され、強固なアクセス制限やアクセス優先度制御が提供されるのが望ましい。一般的な仮想化機構では、論理ボリューム内のファイルで仮想的なボリュームを構成することが多く、アクセス制限は仮想化機構の制御で実現される。一方、Virtageでは、仮想サーバへのストレージの割り当てが、物理サーバでの場合と同様に、ストレージ装置内の論理ボリュームが単位となる。このため、Virtageを採用している仮想化環境では、データへのアクセス制限は、仮想化機構による制御ではなく、物理環境と同様にストレージ装置やSAN(Storage Area Network)を構成するスイッチの機能で、より堅牢(ろう)に実装できる。

また、業務システムの可用性の向上には、不測の事態に備えたシステムディスクやデータディスクのバックアップが重要である。日立のディスクアレイサブシステムは、バックアップ向けに「ShadowImage」機能を提供している。これは、ストレージ装置の側でバックアップ用の複製ボリュームを作成する機能である。業務システムは稼働したまま、ShadowImageで作成した複製ボリュームのバックアップを業務と並行して取ることで、稼働中の業務に影響を与えずにバックアップを取得できる。この機能を利用すれば、論理ボリュームによって構成されるVirtage上の仮想サーバのバックアップも、物理サーバの場合と同様の方法で取得できる。Harmonious Cloudでも、このShadowImage機能を活用したバックアップサービスを含む「可用性強化サービス」を提供している。

このように、Virtageに基本思想として組み込まれた論理分割方式が、リソース占有割り当てやストレージの論理ボリューム割り当てを実現し、これらが高信頼クラウドをめざすHarmonious Cloudの礎となっている。

4. ネットワーク

データセンターでは、各部門で分散管理していたコンピューティングリソースを効率よく使用するため、企業やデータセンター事業者の物理サーバをデータセンターに集約して高効率に使用するクラウドデータセンター化が進んでいる。この効率化を実現するため、サーバは仮想サーバに論理的に分割され、多数のユーザーが一つのサーバに収容されることとなる。このクラウドデータセンターにおいては、サーバやネットワークの集約性を高めつつ、ユーザーの業務システム間のセキュリティや性能を確保するリソース管理が課題となる。日立グループは、すでにHarmonious

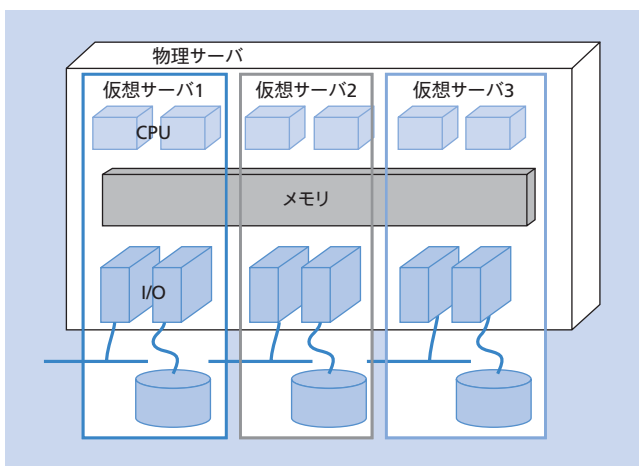


図4 | Virtageの占有割り当て機能

Virtageでは、各計算機資源を仮想サーバに占有的に割り当てる。この考え方が、業務システムを高信頼に実行する基盤となっている。

Cloudにおいて、仮想化プラットフォームVirtageを使用して、各仮想サーバが物理ポートを占有することで、高信頼なシステム間の独立性を実現している。

今後のクラウドデータセンターでは、収容サーバ数の増大とともに、スイッチの増加や、サーバとLAN (Local Area Network) スイッチ間、サーバとSANスイッチ間を接続する配線ケーブル数が増大し、スイッチの消費電力や運用コストの増加が懸念される。この課題に対応するため、従来は別のネットワークであったLANとSANを統合するためのEthernet^{※3)}の拡張規格IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.) DCB (Data Center Bridging) やANSI FCoE (Fibre Channel over Ethernet) といったプロトコルの規格化が進んでいる。これらのプロトコルを活用し、LANスイッチとSANスイッチを統合したCEE (Converged Enhanced Ethernet) スイッチを実現し、サーバとSANスイッチとのインターフェースであるFC-HBA (FC-Host Bus Adapter) とサーバとLANスイッチとのインターフェース (NIC : Network Interface Card) を、CNA (Converged Network Adapter) に集約することで、これらの課題が解決される。

さらに、従来、サーバ内に生成し、管理の難しかった仮想サーバ間の仮想スイッチを、LANスイッチと同等に管理するために、IEEEでは仮想スイッチ標準仕様EVB (Edge Virtual Bridging) が議論されており、2012年に標準化される予定である。

これらの規格・標準に基づく技術を導入することで、データセンターにおけるネットワーク運用管理スキームは大きく変化する。CEEスイッチによって統合されたLANスイッチ、SANスイッチと仮想スイッチをネットワーク管理者が一括管理することが可能となる。

日立グループは、これら標準規格を積極的に取り入れ、LANとSANの統合といったネットワーク管理の統合を実現するとともに、サーバ・ストレージといったユーザー業務システム全体にわたる統合管理により、従来のセキュリティや性能を確保しつつユーザー業務システムを柔軟に配置可能とする技術の研究開発を推進していく (図5参照)。

以上に述べた管理技術に加え、クラウドの省電力性、情報処理の応答性を向上する研究を推進している。以下、その取り組みについて述べる。

今後のクラウドには、RFID (Radio-frequency Identification)、監視カメラなどの数限りないセンサーが接続され、クラウドはセンサーによって収集された大量な情報を適切に処理することが必要となる。従来のデータセンターにお

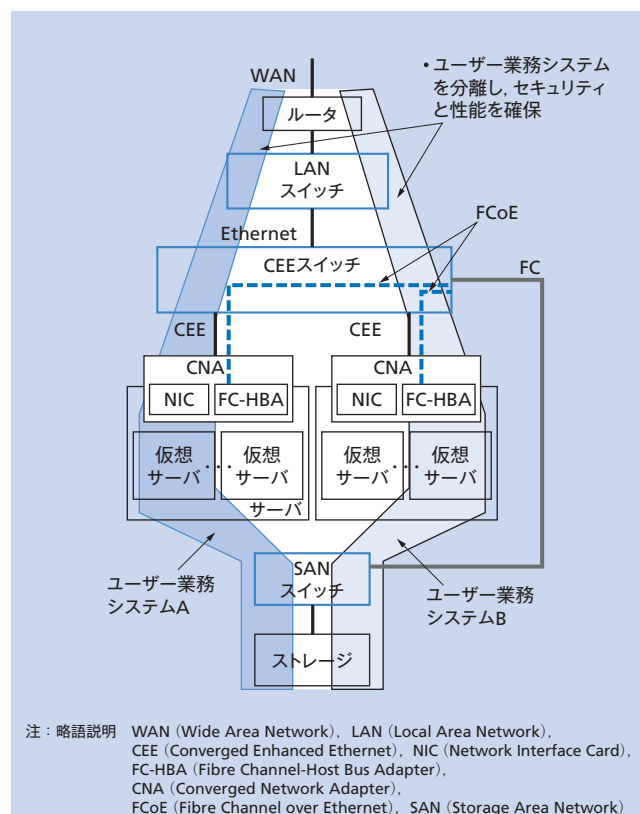


図5 ユーザー業務システムの統合管理

ネットワーク管理の統合を実現し、従来のセキュリティや性能を確保しつつユーザー業務システムを柔軟に配置可能としている。

ける集中的な情報処理では、大量情報の伝達によるネットワーク機器の消費電力増加や、データセンターの性能不足による情報処理の応答性劣化が課題となる。このため、ネットワークが従来の情報伝達機能に加え、情報内容に基づいたインテリジェント分散処理を実施することが求められる。

この分散処理としては、センサーからの情報を圧縮するフィルタリング機能や、情報処理の応答性要求度合いに基づいて適切なデータセンターに情報を振り分ける情報振り分け機能などが挙げられる。フィルタリング機能による情報量の削減により、ネットワーク機器の消費電力の増加が抑制され、また、最適なデータセンターへの振り分けによって情報処理の応答性が向上する。

今後、日立グループは、これらのインテリジェント分散処理の研究開発を推進し、センサーが大量に接続され、情報処理の応答性が必要となるミッションクリティカル分野へのクラウド適用を実現していく。

5. 運用管理

企業情報システムのクラウド化によるTCO (Total Cost of Ownership) 削減が効果を発揮するためには、業務システム運用管理のコストを削減しなければならない。日立の統合システム運用管理ソフトウェアは、管理者の作業を効率化することにより、運用管理コストを削減する (図6参照)。

※3) Ethernetは、米国Xerox Corp.の登録商標である。

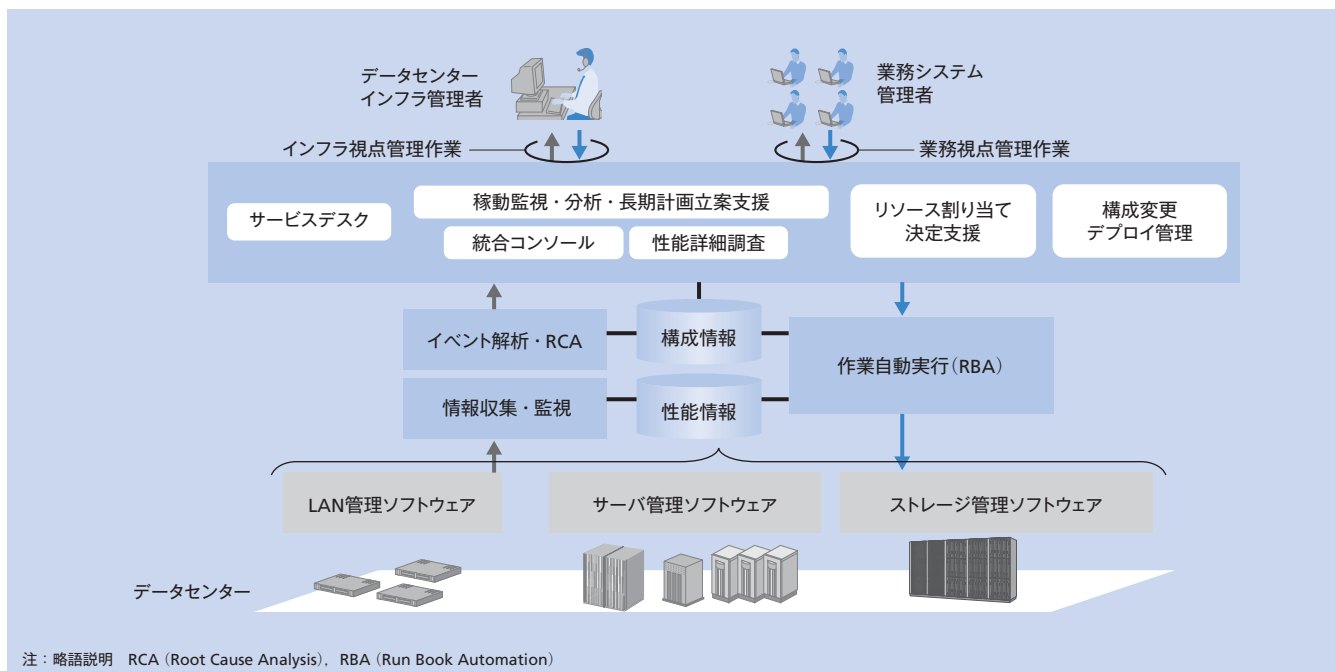


図6 | クラウドコンピューティング運用管理基盤

運用管理は、インフラ視点管理作業と業務視点管理作業を簡略化することにより、コスト低減を実現している。

5.1 運用管理作業

クラウド化された企業情報システムの場合、運用管理作業は大別して次の2種類から成る。

(1) インフラ視点管理作業

クラウド内の資産である、ネットワーク・サーバ・ストレージから成るITリソースを管理する。ハードウェア保守や、多数の業務システムに適切なITリソースを割り当てる作業などが含まれる。

(2) 業務視点管理作業

ITリソースを割り当てられて稼働している業務システムが、応答時間などの要件（サービスレベル）を満たすように運転する。稼働状況の監視や、性能障害発生時の原因調査および対処、ビジネスの状況に応じた構成変更作業などが含まれる。

5.2 運用管理コスト削減

統合システム運用管理ソフトウェアは、これらの作業を省力化することで、運用管理コスト削減を実現する。クラウド化された企業情報システムにおいては、特に次の二つの観点での省力化が重要である。

(1) インフラ視点管理作業については、クラウド内に設置された大量のITリソースの構成を把握し、各業務システムを稼働させるのに必要十分な数と種類のITリソースを選定して割り当てつつ、クラウド全体としてITリソースが有効活用されるように割り当てを計画しなくてはならず、管理者の負担が大きい。そこで、統合システム運用管理ソフトウェアにおいて、割り当て候補の提示などの機能

を提供し、これらの作業を支援する。

(2) 業務視点管理作業については、同じ管理者が多数の業務システムを担当できるようにする必要があるが、一般的に業務視点管理作業は、各業務システムの内容や構造を熟知していないとできない。そこで、作業を、業務システムに依存する作業としない作業に分離し、後者を統合システム運用管理ソフトウェアにおいて簡素化する。

5.3 主な省力化技術

特に最近、ストレージ仮想化技術に加え、サーバ仮想化技術が普及してきた結果、ITリソースの割り当てを従来よりも柔軟に行うことができるようになったり、業務システムを構成するサーバを、その内容を知らなくても配備したり、起動したりできるようになった。これにより、インフラ視点管理作業や業務視点管理作業の省力化範囲を大幅に増やせる可能性が出てきた。

日立グループは、サービスプラットフォームコンセプト Harmonious Computingを2002年に提唱して以来、上記の省力化を実現するさまざまな技術開発に取り組んできた。これまでの主な取り組みは次の四つである。

(1) 大規模データセンターの大量かつマルチベンダーのITリソースに関する構成情報の一元管理技術、およびそれぞれの業務システムに割り当てべきITリソースの選定支援技術

(2) サーバ仮想化技術とストレージ仮想化技術を活用した、サーバおよびストレージへの業務システム配備および再配置作業の簡素化技術

- (3) 多数のITリソースの稼動状況を通知する大量のイベント情報の高速配送、蓄積、処理技術
- (4) 仮想サーバ、仮想ストレージを割り当てられて稼動している業務システムの稼動監視および障害発生時の障害原因の調査支援技術

特に、(4)の取り組みにおいて実用化に成功した高速RCA (Root Cause Analysis) 技術は、従来技術では数分かかっていた障害原因の特定を、数秒で実行することを可能にしており、多数の業務システムが稼動するクラウド化された企業情報システムにおいて、業務視点管理作業の省力化につながると期待している。

日立グループは、今後も運用管理コストの削減に向け、インフラ視点管理作業および業務視点管理作業を省力化する技術開発を進め、統合システム運用管理ソフトウェアの機能を拡充していく方針である。

6. おわりに

ここでは、Harmonious Cloudを支える基盤技術について述べた。

日立クラウドソリューションHarmonious Cloudは、高性能、高信頼性、高セキュリティを特長として、利用者に運用の柔軟性や運用コスト低減というメリットを提供している。しかし、クラウドコンピューティングをいっそう普及させるためには、性能保証、企業データの持ち出し防止、障害時の対応などの項目のさらなる改善が必要である。Harmonious Cloudはこれらに対応するため、継続的な研究開発により、常に進化する情報技術を的確に取り入れて、その時代の最適な情報システムとソリューションを提供していく。

執筆者紹介



新井 利明
1978年日立製作所入社、システム開発研究所 所属
現在、基本ソフトウェアの研究開発に従事
博士(工学)
情報処理学会会員



山口 宣宏
1997年日立製作所入社、情報・通信システム社 エンタープライズサーバ事業部 事業企画本部 企画部 所属
現在、統合サービスプラットフォームBladeSymphonyの事業企画に従事



関口 知紀
1994年日立製作所入社、システム開発研究所 情報プラットフォーム研究センター 第二部 所属
現在、仮想化技術の研究開発に従事



矢崎 武己
1995年日立製作所入社、中央研究所 情報システム研究センター 新ICTプラットフォームプロジェクト 所属
現在、ネットワーク機器のハードウェアに関する研究開発に従事



増岡 義政
1993年日立製作所入社、システム開発研究所 情報プラットフォーム研究センター 第三部 所属
現在、システム管理ソフトウェアの研究開発に従事