

クライアント、ネットワーク、サーバ環境を統合した ディペンダブルクラウドの検証

廣岡 誠[†] 石井 嘉明[†] 矢野 恭平[†] 杉木 章義[‡] 加藤 和彦[‡]
[†]富士ソフト株式会社 技術開発部 [‡]筑波大学 システム情報工学研究科

1. はじめに

近年、クラウドコンピューティング（以下、クラウド）によるサービスが普及してきている。クラウドはインターネットを経由してサービスが提供されるが、インターネット自体の持つベストエフォートの性質が、サービスの品質に影響を与えるため、安定したサービスレベルの提供は容易でない。

本研究では、クラウドを支える技術であるサーバ環境のみに限らずクライアント環境、ネットワーク環境と統合して、ディペンダブルなクラウド環境を構築することにより、継続的に安定したサービスの提供できる環境を目指した。また、本研究で構築したディペンダブルクラウドの性能検証として、実運用に近い環境で Web サービスを稼働させ、ネットワーク障害やサーバ障害を発生させる。これに対して、各環境が自動的に復旧し、クライアントから継続的に Web サービスが利用できることを検証した。

2. ディペンダブルクラウドの構築

図 1 に本環境の概要を示す。各環境は、それぞれ個別の機能を有しており、様々な障害に対応出来るようになっている。

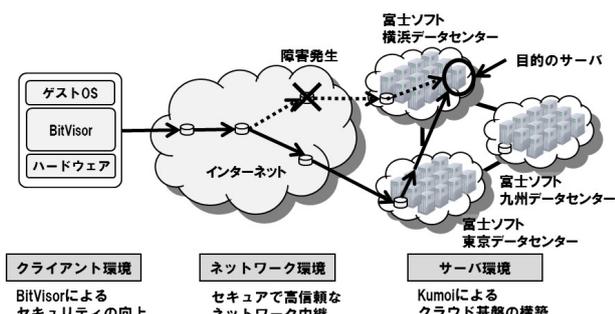


図 1 ディペンダブルクラウド概要

Verification of a Dependable Cloud Computing System that Integrate Client, Network and Server Environments
 Nobuyuki Hirooka[†] Yoshiaki Ishii[†] Kyouhei Yano[†]
 Akiyoshi Sugiki[‡] Kazuhiko Kato[‡]
[†]Technology Development Group, FUJISOFT INCORPORATED.
[‡] Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

本環境では、当社が保有するデータセンター3拠点を接続し、複数データセンターを用いた広域分散環境を構築している[1]。サーバ環境では、クラウド基盤として Kumoi [2]を導入し、クライアント環境では、セキュア VM (Virtual Machine) である BitVisor [3]を導入した。そしてネットワーク環境では、データセンターに設置されたパケット中継サーバとクライアントのパケット中継クライアント[4]により、ネットワークの監視および切り替えが行われるように構築した。これらの機能は、当プロジェクトにおいて開発もしくは機能追加されたものである。

これにより、本環境では、ディペンダビリティを構成する要素に対し、表 1 のような機能を提供することを可能としている。

表 1 ディペンダビリティの定性的評価

	クライアント環境	ネットワーク環境	サーバ環境
可用性 Availability	【リモート管理機能】 VMM 層で設定を管理しているため、クライアントのハードウェアに障害が発生した場合、新しいマシンに VMM とゲスト OS をインストールするだけで速やかに使用可能となる。 【ネットワークサポート機能】 導入前のクライアントであってもネットワークサポートするだけで直ぐに使用可能であるため、クライアントのダウンタイムが少ない。	【透過的 VPN 切り替え】 VPN 通信障害を自動検知、接続拠点の切り替えを行う。 通信はカプセル化されており、TOP 通信は切断されずに継続利用可能。	【VM のハイバイレビリティ】 障害を検出し、ディスクイメージから他のマシンで VM の再起動を行う。 【P2P 型のメンシッパ管理】 システムの一部に問題が生じても全体が機能停止せず動作し続ける。
信頼性 Reliability	【プロテクションドメイン】 障害発生箇所を局所化。	【広域データセンター環境】 クライアントからサーバへのネットワーク経路は冗長化され、一部のネットワーク経路が使用できなくなっても、サーバに接続し続けることができる。	【高信頼性言語】 静的型付けを行う Scala 言語を使用。
完全性 Integrity	【システムファイル保護】 OS の重要なファイルやセキュリティソフトウェアを保護。カーネル・ルートキットからも保護。 【VMM コア】 CPU 及びメモリの仮想化。 【マルウェア検出機能】 VMM にてマルウェアを検出。	【IPsec による VPN 接続】 IPsec ではメッセージ認証コード (MAC) によりデータ改ざんを検出。	【VM の利用】 各 VM が独立しているため、他の VM からデータを保護することが可能。 【LDAP 認証 & サンドボックス保護】 スクリプティング利用者を認証して、サーバ環境の改変を制限。 【仮想ネットワーク】 各 VM サービス間の L2 ネットワークを分離。
保守性 Maintainability	【リモートコントロール】 クライアントに対して管理者がサーバから一括的にコントロールすることで、全体の情報を一元的に管理可能。	【IPsec による VPN 接続】 IPsec の接続ユーザの情報を管理することにより、広域データセンター環境への接続ユーザをコントロール可能。	【資源のオブジェクト化】 VM をオブジェクトとして扱うことが可能なため、操作性が向上。 【スクリプティング環境】 スクリプティング環境の提供により、柔軟にシステムを操作・管理することが可能。
機密性 Confidentiality	【ID 管理】 IC カードによる鍵管理・認証。 【VMM コア】 CPU 及びメモリの仮想化。 【ストレージ管理】 HDD 及び USB メモリの暗号化、ストレージ経由での情報漏洩防止。	【IPsec による VPN 接続】 IPsec による暗号化通信により、ネットワーク経由での情報漏洩防止。	【VM の利用】 各 VM が独立しているため、他の VM に対して機密性がある。 【LDAP 認証 & サンドボックス保護】 スクリプティング利用者を認証して、サーバ環境の情報取得を制限。 【仮想ネットワーク】 各 VM サービス間の L2 ネットワークを分離。

3. 検証概要

本検証では、ネットワークやサーバにおいて発生する可能性が高い障害に対して、自律的に復旧を行い、サービスが安定的に提供されることを確認した。

検証に使用する Web サービスは、LMS である Moodle [5]を稼働させることで、実運用に近い環境を構築した。Web サービス利用中に定期的に様々な障害を発生させた場合、各環境が障害を検知、自動的に復旧することで継続的に利用可能であるかを検証した。検証環境には、BitVisorを導入したマシン2台を使用し、各データセンター内にパケット中継サーバ1台、物理マシン5台を使用する。Web サービス (Moodle) を提供するサーバは仮想マシンとする。

本検証にて、発生させる障害およびそれに対し期待される動作を表2に示す。

表2 障害の種類と期待される動作

障害	期待される動作
物理マシン障害	仮想マシン復旧およびアプリケーション設定
仮想マシン障害	仮想マシン復旧およびアプリケーション設定
CPU 負荷	オートスケールによる負荷分散
VPN 障害	VPN ゲートウェイの透過的な切り替え

4. 検証結果

クライアントが Web サービスを利用している状態において、表2の障害を発生させ、障害発生から復旧までの時間および通信量の計測を行った。障害は、仮想マシン障害、VPN 障害、CPU 負荷、物理マシン障害の順で行った。

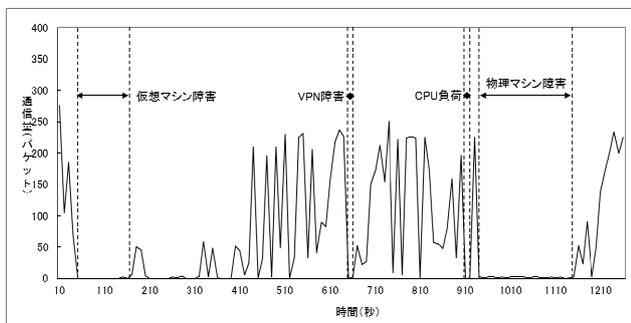


図2 計測結果

各障害発生から復旧までの計測結果を図2に示す。Web サービスへのアクセスでは、常時通信していないため、短い間隔で通信が発生してい

ない個所が存在するが、障害発生から復旧までの時間が数分以内であることが分かる。これらの復旧はシステムが障害を自動的に検知し、自律的に復旧を行っているため、クライアントやシステム管理者の負担を軽減することにもつながる。これらの結果により、表2の障害に対して、期待される動作が行われていることが確認できた。

5. おわりに

本研究では、クライアント環境、ネットワーク環境、サーバ環境を統合したディペンダブルなクラウド環境の構築を行った。本環境を使用することで、継続的に安定した Web サービス提供が可能かどうか性能検証を行った。その結果、障害発生時にクライアント環境、ネットワーク環境、サーバ環境がそれぞれ自律的かつ短時間で復旧することが確認できた。3つの環境を統合することで、各環境の耐障害性を高めることができ、ディペンダビリティを実現した自律的なクラウド環境の構築が可能となった。

謝辞

本研究は、総務省 SCOPE「ディペンダブルな自律連合型クラウドコンピューティング基盤の研究開発」の支援を受けている。

参考文献

- [1] 廣岡 誠之, 石井 嘉明, 矢野 恭平, 杉木 章義, 加藤 和彦, “複数データセンターを用いたクラウドコンピューティング環境の構築とその研究活用について”, 第7回情報システム学会全国大会・研究発表大会, 2011年
- [2] Kumoi, <http://code.google.com/p/kumoi/>
- [3] BitVisor, <http://www.bitvisor.org/>
- [4] Yohei Matsushashi, Takahiro Shinagawa, and Kazuhiko Kato, Yoshiaki Ishii, Nobuyuki Hirooka, “Transparent VPN Failure Recovery with Virtualization”, IEEE 1st International Conference on Utility and Cloud Computing (UCC 2010), Chennai, India, December 2010.
- [5] Moodle, <http://moodle.org/>