

クラウド環境におけるシステム構築・運用の課題と対策の考察

Consideration of problems and measures of system configuration

and management in cloud computing environment

中林寿文† 田原康之† 大須賀昭彦†

1. はじめに

2006年 Eric Emerson Schmidt がクラウドコンピューティング(以下クラウド)について言及して以降、所有、管理、運用コスト削減、ビジネスの急速な拡大や機能拡張への適用性からシステム運用基盤として利用が進んでおり [IPA, 2010], 2012年4月現在、世界のネット利用者の1/3が毎日パブリッククラウドの一つである Amazon EC2 を利用しているとされる (Labovitz, 2012). ネットサービスでは多数の利用者が同時並行で長時間継続的に利用することが多いが、パブリッククラウドの多くは、堅牢性・安定性を持つよう設計された大型汎用計算機ではなく、元来パーソナルコンピューティング用に設計された PC アーキテクチャを転用したマシンを用いている。Linux 出現以降、PC の基幹業務利用は以降進んでいるが、クラウド運用実績は未だ充分とは言えず、原因調査が困難な障害発生や復旧作業の長時間化によるビジネス機会損失が課題となっている。本稿ではクラウド利用システム運用に携わる中で直面した課題と改善過程を事例とし、クラウドでのシステム構築、運用改善を目的として分析・検討する。

2. 研究の目的と背景

2.1 クラウドと仮想マシン

米国国立標準技術研究所はクラウドを、予めブロードバンドネットワークに接続されて用意されているリソースプールから利用者が必要とする時に迅速に必要な分の計算機資源を利用可能とし、その費用分を支払可能なものと定義している (NIST, 2011).

¹また、パブリッククラウドでは計算機リソースプールを仮想マシンにすることでリソース割当の効率化と、マシン構成の標準化による利用者の利便性向上を図ることが多い。

2.2 クラウド利用の課題

パブリッククラウドではクラウド自体が停止する致命的障害が複数社で発生している。障害原因は、ハードウェア故障(NTTPC WebARENA CLOUD9 2011年5月, Windows Azure 2011年9月, Nifty Cloud 2012年6月), アプリケーション不具合(Windows Azure 2012年3月), ヒューマンエラー(Amazon EC2 2011年4月), システム設計不良(さくらのクラウド 2012年3月)等であり、新規運用開始に伴う初期故障期、比較的新しいアーキテクチャであることによる残存不具合、運用技術者が十分に経験を積んでいないことに起因するヒューマンエラーという広範囲に渡る課題があることがわかる。

また、クラウドを利用するに際して、従来の物理マシンで発生しうる障害事象に加え、仮想マシンを利用するクラウドでは以下の様な課題に直面する。

- (1) 障害時に仮想マシンが稼働する物理マシンのログ参照の制限による原因調査困難
- (2) Disk I/O および CPU 性能の不安定
- (3) 上記2点に起因する復旧作業の長時間化

2.3 本研究の目的と着目点

クラウド利用システムの安定性を向上することは運用コスト低減、ビジネス機会損失抑止の為に極め

†電気通信大学 大学院情報システム学研究科

て重要である。そこで本研究では物理マシン、仮想マシン、クラウド数社の各基盤を利用したシステム運用経験を基にクラウドにおける障害原因の調査・推定と、仮説に基づく施策実施について検討し、今後更に利用が進むクラウドを用いたシステム運用の改善を目的する。

3. 着目点と分析手法

Web ベースのサービスシステム構築等を主業務としているが、Web システムでは基本構造の共通部分が多く、性能改善や障害事象についても共通点が多い。そこで、Sun Microsystems, Inc.のエンタープライズマシン、DELL Inc.等の Linux PC マシン、仮想マシン(VMWare, KVM)、クラウド提供企業数社の各基盤を利用したシステム運用を行った事例を比較分析することで原因調査と分析を行う。

3.1 共通の特長

- (1) 3 層クライアント/サーバモデルで構築される Web システムであり、LAMP (Linux / Apache / MySQL / PHP)構成が主である
- (2) Web ロードバランサを用いてクラスタリングし、リレーショナルデータベースはシェアドナッシング構成である
- (3) ユーザ間のインタラクションが中核要素である、ソーシャルアプリ、コミュニケーションサービス等である
- (4) インタラクションのリアルタイム性が高く、データベースのマスター更新/スレーブ参照による負荷分散モデルは更新遅延時間が許容出来ない部分では適用が制限される。

3.2 分析の手順

クラウドシステムにおける障害・課題発生時は、以下の手順で分析・施策を実施する。

- (1) 事例および運用経験に基づく原因推定と物理マシンの場合と同内容の一般的な施策の実施

- (2) アーキテクチャの特徴比較による原因推定
- (3) 推定した仮説に基づく改善施策立案
- (4) 実施施策の効果測定

4. Disk I/O 性能が不安定となる事象

仮想マシンクラウドを利用したソーシャルゲームシステムで Disk I/O 性能が不安定となり、Web 応答速度が劣化したことでソーシャルプラットフォームが障害として接続遮断したことでサービス停止とビジネス機械損失が発生した。

- (1) データベースが稼働する仮想マシンの Disk I/O 負荷が突発的に上昇し性能劣化する事象の発生
- (2) 時間経過とともに負荷終息
- (3) 通信路の応答不良、速度劣化等の発生無し
- (4) 発生時間前後で特定のバッチ処理等の実行無し
- (5) 約 10 日毎に周期性を持って発生
- (6) 発生時間帯には規則性は見いだせない

4.1 一般施策

ディスクに保存されている参照対象データが予め OS のキャッシュ機構に格納されている場合、Disk I/O 発生が抑止されることで、低負荷かつ高速に処理されることから、キャッシュのヒット率を向上する為、以下を実施した。

- (1) 仮想マシンの商品種別を変更し RAM 容量を拡張するとともに、カーネルパラメータを調整し、書込/読込バッファ容量を拡張することで Disk I/O 発生回数を低減
- (2) データベース(MySQL)の数値型等のカラム型を必要最小限のものに変更することでデータファイルサイズを削減し Disk I/O を改善

4.2 クラウドの特徴を踏まえた施策

前記によりベンチマークでは若干の性能改善は見られたが定期的な障害発生は継続した。クラウドではリソースプールからディスク容量を割り当てる際、リソース割当効率化の為、プロビジョニング機構に

より必要に応じてディスク割当を拡張する場合が多い。また Linux では大容量ファイルの作成等の操作を行う際に、反応速度が劣化するのは頻繁に経験することであり、ハードウェア RAID1 インタフェースを接続した物理マシン上で稼働する仮想マシン (VMWare)環境で作業中に、並行して新規仮想マシン作成を行った際に利用困難な程度の性能劣化が発生した事例から以下の原因を推定した。

- (1) 他の利用者(クラウド契約者)がバックアップ等の Disk I/O 負荷が高いファイル操作を行った。また複数の他利用者が同時に大量の Disk I/O 発生させた。もしくは両方。
- (2) ユーザ間のインタラクションが中核要素の為、行動履歴を蓄積型ログで保存しており、ディスク使用量はほぼ等速で常時増加する設計となっている為、プロビジョニング機構による仮想ディスク拡張が定期発生した。

(1)については、クラウド利用者の立場で実施可能な施策が無い為、(2)に着目し仮想ディスク拡張を抑制することによる改善を期待して以下を実施した。

- (1) Web システム利用者からの問合せに際して運用ツールで行動履歴を参照して回答可能とする為に、データベース上に蓄積型として保存していた仕様を一定期間で削除するように変更。
 - (2) 削除した履歴データは圧縮して別途保存
- 上記施策の実施後、Disk I/O 負荷による周期的障害の再発はなく、施策の効果を確認した。

5 CPU 性能が不安定となる事象

仮想マシンクラウドを利用したソーシャルゲームシステムで CPU 性能が不安定となり、Web 応答速度が劣化したことでソーシャルプラットフォームが障害として接続遮断したことでサービス停止とビジネス機械損失が発生した。

- (1) 運用開始前のベンチマークテストにて処理速度

が極端に異なる場合が発生したが、最低(最悪)性能を基準に、十分な台数を決定した。

- (2) 運用開始後に高負荷なプロセスが無いにも関わらず突発的に CPU 負荷が高くなる事象が発生
- (3) CPU 負荷が高いにも関わらず CPU を占有している実行中プロセスが発見出来ない
- (4) 時間経過とともに負荷終息
- (5) 通信路の応答不良、速度劣化等の発生無し
- (6) 発生時間前後で特定のバッチ処理等の実行無し
- (7) Web 用のマシンで発生した場合についてはロードバランサのアルゴリズム設定はラウンドロビンであり一時的偏りは発生しにくいことを確認
- (8) 突発的なアクセス数増加であれば全てのマシンで同程度の割合で負荷が高くなるはずであるが、殆どの場合、いずれか 1 台のみで発生した
- (9) 発生時間帯に法則性は見いだせない

5.1 一般施策

処理性能改善の為、以下を実施した。

- (1) Key-Value-Store(memcached)によるキャッシュ機構の導入により計算集約型処理の削減
- (2) Linux では計算集約型処理が並行動作による性能劣化が著しいことから、計算集約型処理部分の並行数をセマフォで制限
- (3) 遅延処理が許容可能な部分にキュー導入
- (4) 運用開始後の最悪性能を基にマシン増設

5.2 クラウドの特徴を踏まえた施策

前記によりピーク性能は向上したが突発的に負荷が上昇する事象は継続発生した。そこで物理マシンを共有する仮想マシンクラウドに起因する原因として以下を推定した。

- (1) 同一物理マシンで稼働している他利用者の仮想マシンで CPU 占有率が高い処理が実行された
- (2) クラウドを構成する物理マシン毎の負荷を平滑化する為、仮想マシンをより負荷の低いマシン

に移動する等のライブマイグレーションが行われ Network I/O 等の負荷が上昇した。

(3) Disk I/O 負荷が高くなる事象が発生した(前節)

(1)および(2)から、クラウド提供者が用意している商品種別のうち、最も仮想 CPU 割当数が多い契約に変更することとした。

(1) 実マシンの1CPUが仮想1CPUとは限らないが、同一マシン中の占有率が高くなることを期待

(2) 前記により実 CPU 数に対する仮想マシン数が減ることで Network I/O 起因の負荷軽減を期待

上記施策の実施により突発的な CPU 負荷上昇事象の減少が確認できた。現在のところ完全に解消したか完全には断定出来かねるが、アクセスが突発的に増えることを見込んで、平時より平衡状態の 2 倍程度の負荷に対応可能なサーバ性能(台数)を確保していることからサービス停止は発生しなくなった。

6. 考察とまとめ

クラウドおよび仮想マシンでは、多くの場合、参照出来るシステムログが制限されている為、発生事象の原因調査と対策検討には、稼働しているマシンのハードウェアおよび OS の特徴についての理解が不可欠である。特に、システム監視用の OS 組込コマンドで観測出来る CPU 負荷、プロセス数、I/O wait 等の相関関係は、物理マシン単体では明確だが、仮想マシンでは関係性を見出すことが困難な場合が多い。また、複数の仮想マシンが稼働する物理マシン上では、各々の仮想マシンが 1 つのプロセスとして表示されることが多く、他の仮想マシンとの競合による性能変化の相関関係を推定することも非常に困難である。この際、SNMP(Simple Network Management Protocol)を用いた継続的でグラフィカルなモニタリングや、サーバ監視ソフトウェア(nagios 等)による事象検知を行うことが、発生事象の周期性等の特徴を見出す手がかりと、施策効果の

確認に極めて有用である。

本稿では性能劣化を防止する手段の一つとして物理マシンの占有率を上げることを期待して、リソース割当が多いクラウド商品種別に変更するスケールアップ手法を挙げた。仮想マシン 1 台あたりの故障率が一定であると仮定すると、スケールアウトではなくスケールアップにより台数を抑止することはシステム全体の故障発生回数および人的対応回数を低減する効果もあると考えられる。しかし、現時点でのクラウド商品ではリソース割当量に対して指数関数的に価格が上昇するものが多い。その為、並行動作可能な部分を可能な限り増やすことによるスケールアウトでの負荷分散、キュー遅延処理による負荷平滑化に関して設計段階で十分に検討し、リアルタイム性が高い部分を限定してスケールアップを適用することが運用費最適化の為に不可欠である。

また、今後はさらにクラウドの性能や障害の特徴をアーキテクチャに基づく分析を進め、アーキテクチャ依存が少なくスケールアウトによるリニアな性能特性を出しやすく、障害発生時の原因特定を容易とするアプリケーション設計指針や、アプリケーション特性に応じたクラウドアーキテクチャの選択について検討する必要がある。

文献目録

IPA. (2010). 中小企業等におけるクラウドの利用に関する実態調査. 参照日: 2012 年 6 月, 参照先: http://www.ipa.go.jp/security/fy23/reports/sme-guide/documents/sme-cloud_report.pdf

LabovitzCraig. (2012 年 4 月). How Big is Amazon's Cloud? 参照日: 2012 年 6 月, 参照先: DeepField NETWORKS: <http://blog.deepfield.net/2012/04/18/how-big-is-amazons-cloud/>

NIST. (2011 年 10 月). Final Version of NIST Cloud Computing Definition Published. 参照日: 2012 年 6 月, 参照先: <http://www.nist.gov/itl/csd/cloud-102511.cfm>