

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 5 月 19 日現在

機関番号：37102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2014～2016

課題番号：26330124

研究課題名（和文）複数クラウドに跨るインタークラウドオートスケール技術に関する研究

研究課題名（英文）Study of Inter-Cloud Auto Scaling

研究代表者

下川 俊彦（SHIMOKAWA, Toshihiko）

九州産業大学・情報科学部・教授

研究者番号：60301347

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：インターネット上の大規模なサービスを支える技術の一つに、クラウドシステムが提供するオートスケール機能がある。これは、必要に応じて仮想計算機を増減することで負荷の増減に動的に対応可能とするものである。従来のオートスケール機能は単一のクラウド中に留まるものであった。本研究では、複数のクラウドにまたがるオートスケール機能を、「インタークラウドオートスケール」と名付け、これを実現するための基礎技術を確立した。これにより、従来に比べて、より柔軟に負荷に耐え、広域でのサービスを実現可能となる。

研究成果の概要（英文）：Auto Scaling is one of key feature of Cloud Computing System. It enables to adapt number of virtual machines for clients load. Traditional auto scaling is able to scale up or scale down inside single Cloud Computing System. In this research we study about Inter-Cloud Auto Scaling. It can support flexible and more scalable services on the wide area internet.

研究分野：広域負荷分散

キーワード：インタークラウド クラウド間連携 広域負荷分散

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

インターネット上でのサービス提供基盤としてクラウドコンピューティングシステム(以下クラウド)が広く利用されるようになった。クラウドを用いることにより、サービスのスケラビリティ(規模適応性)を拡大できる。これを支えるのがクラウドのオートスケール技術である。しかし、オートスケールできるのは同一のクラウド内に限られていた。

すでに多数のクラウドサービスプロバイダによりクラウドは提供されている。また、複数のクラウドを連携させるインタークラウド技術に関する研究も始まっている。

### 2. 研究の目的

本研究では、複数のクラウドにまたがるオートスケールである「インタークラウドオートスケール」の実現を目的としている。これは、我々が目指している、インタークラウドを用いた広域分散型サーバ構築プラットフォーム開発の基礎技術となる。

インタークラウドオートスケールを実現することで、インターネット上に展開されている複数のクラウドから、適切なクラウドを選択し、仮想計算機を増減することが可能となる。これにより、複数のクラウドを仮想的な単一のクラウドとして利用可能とする。

本研究の要素技術は 1) 複数クラウド上で、共通の仮想計算機を展開可能とするための技術 2) 仮想計算機を増減する際のアルゴリズムの開発の2点である。

### 3. 研究の方法

上述の要素技術において、それぞれ次のような方法で研究を推進した。

#### 1) 複数クラウド上で共通の仮想計算機を展開可能とするための技術

仮想計算機を展開するためには、その基礎となる仮想計算機イメージが必要である。そこで、研究当初は、各クラウド上に

基礎となる仮想計算機イメージを配置することを目標とした。しかし、研究を遂行している中で、各クラウドが提供している標準的なOSイメージを元に必要なソフトウェアを構成する手法について性能評価が進み、実用性が高いことが分かったので、手法を変更した。

#### 2) 仮想計算機を増減するアルゴリズム

仮想計算機を増減する際のアルゴリズムとしては、増減する時期に関するアルゴリズムと、増減する場所に関するアルゴリズムについて開発を行う。時期についてのアルゴリズムは、既存のクラウド内のオートスケールにおいても存在する。従って、それらを基礎に検討を行うが、クラウド間

をまたがること、またクラウド内と比較するとサーバの増減に時間がかかることを念頭に置いてアルゴリズムを開発する。場所に関するものは、インタークラウドオートスケール独自のものである。ただし、これについては広域負荷分散における負荷分散アルゴリズムが参考になると考えており、それらを基礎として開発を進める。

### 4. 研究成果

まず、各要素技術において、以下のような研究成果を得た。

#### 1) 複数クラウド上で共通の仮想計算機を展開可能とするための技術

ソフトウェア構成機構と呼ばれるソフトウェア群を用いることで、実用的な性能での動的な仮想計算機の構成が可能であることを明らかにした。

#### 2) 仮想計算機を増減するアルゴリズム

仮想計算機増減アルゴリズムについては、広域分散型サーバシステムごとに要求項目が異なることが明らかになったため、Webサーバ、ストリーミングサーバなど幾つかのサービスに着目することで、アルゴリズム開発を行った。

以上の成果を統合し、メタクラウドシステム Soarin 2.0 を実装した。メタクラウドとは、インタークラウドオートスケールを含む、複数のクラウドを仮想的な一つのクラウドとみなす技術に、我々が命名した名称である。Soarin 2.0 は、既存の代表的なクラウドサービスを対象として、インタークラウドオートスケールを実現する。ソフトウェア構成機構としては、広く普及している Ansible を採用した。

Soarin 2.0 をベースに、動画ストリーミング配信サーバを構築し、インターネット上の実クラウドシステム上に広域展開を行い、評価実験を行い、良好な結果を得ることが出来た。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4件)

Masaya Miyashita, Andrii

Zhygmanovskyi, Noriko Matsumoto, and Norihiko Yoshida, "Mobile Thread Migration for Dynamic Load Balancing in Grid", Journal of Computations & Modelling, 査読有, Vol.6, No.3, pp.25-42 (September, 2016)

Kazuki Ono, Andrii Zhygmanovskyi, Noriko Matsumoto, and Norihiko Yoshida, "Motif-based QoS-aware Dynamic Optimization of P2P Streaming Networks", British Journal

of Mathematics and Computer Science, 査読有, Vol.17, No.2, pp.1-20 (June, 2016)

Takuya Yamaguchi, Andrii Zhygmanovskiy, Noriko Matsumoto, and Norihiko Yoshida, "Similarity-Based Content Retrieval in Self-Organizing Peer-to-Peer Networks", British Journal of Mathematics and Computer Science, 査読有, Vol.5, No.4, pp.456-470 (February, 2015)

Andrii Zhygmanovskiy and Norihiko Yoshida, "Cloud Service Provisioning Based on Peer-to-Peer Network for Flexible Service Sharing and Discovery", Journal of Computer and Communications, 査読有, Vol.2, No.10, pp.17-31 (August, 2014)

〔学会発表〕(計 19 件)

Yuko Kamiya, Toshihiko Shimokawa, "A Study about Web Application Inter-Cloud Auto-Scaling", 13th APAN Research Workshop 2016, Hong Kong, (August, 2016)

山崎俊彦, 神屋郁子, 下川俊彦, "大規模実習環境に対応したルータ設定実習環境自動構築システムの開発", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02016)シンポジウム, 三重県鳥羽市, (July 2016)

Ryo Shibasaki, Noriko Matsumoto, and Norihiko Yoshida, "SDN-based Implementation of P2P Streaming Networks with Dynamic Reconfiguration", 10th International Conference on Digital Society and eGovernments, Venice, Italy (April, 2016)

Hayato Suzuki, Noriko Matsumoto, and Norihiko Yoshida, "Name-Based Dynamic Routing in Ad-Hoc Networks", 10th International Conference on Digital Society and eGovernments, pp.7-12, Venice, Italy (April, 2016)  
前野洋史, 神屋郁子, 下川俊彦, "複数のクラウドを跨る広域オートスケールに関する考察", 情報処理学会 第 78 回全国大会, 神奈川県横浜市, (Mar. 2016)

阿部高裕, 前野洋史, 神屋郁子, 下川俊彦, "柔軟な Web アプリケーションサーバ環境自動構築システムの開発", 情報処理学会 第 78 回全国大会, 神奈川県横浜市, (Mar. 2016)

中島 健二, 松本 倫子, 吉田 紀彦, "Software Defined Network による Delay Tolerant Network の実現", 電気学会 平成 28 年全国大会, 宮城県仙台市, (March, 2016)

田口 巧貴, 松本 倫子, 吉田 紀彦, "ネットワーク資源配分のための参加誘因・公平取引型オークション", 計測自動制御学会 第 28 回自律分散システム・シンポジウム, 広島県広島市, (January, 2016)

前野洋史, 神屋郁子, 下川俊彦, "インタークラウドオートスケールにおける仮想計算機展開機能の高速化", インターネットコンファレンス 2015, 兵庫県神戸市, (October, 2015)

銭 之光, 松本 倫子, 吉田 紀彦, "アドホックネットワークのクラスタリングにおける負荷分散", 電気学会平成 27 年全国大会, 東京 (March, 2015)

小関 好尚, 松本 倫子, 吉田 紀彦, "Web サービス連携における分散的なサービス発見", 情報処理学会 第 77 回全国大会, 京都 (March, 2015)

Koki Taguchi, Andrii Zhygmanovskiy, Noriko Matsumoto, and Norihiko Yoshida, "Context Dependent Messages in Delay/Disruption/Disconnection Tolerant Networks", 6th International Conference on Emerging Network Intelligence, Rome, Italy (August, 2014)

Kazuki Ono, Andrii Zhygmanovskiy, Noriko Matsumoto, and Norihiko Yoshida, "Resilient Live-Streaming with Dynamic Reconfiguration of P2P Networks", 6th International Conference on Emerging Network Intelligence, Rome, Italy (August, 2014)

〔図書〕(計 1 件)

Norihiko Yoshida, "Dynamic Reconfiguration for Adaptive Streaming", Advanced Content Delivery, Streaming, and Cloud Services (Mukaddim Pathan, Ramesh K. Sitaraman, and Dom Robinson, eds.), Wiley, pp.259-271 (September, 2014)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計 0件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

下川 俊彦 (SHIMOKAWA, Toshihiko)  
九州産業大学・情報科学部・教授  
研究者番号：60301347

##### (2) 研究分担者

吉田 紀彦 (YOSHIDA, Norihiko)  
埼玉大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号：00182775

神屋 郁子 (KAMIYA, Yuko)  
九州産業大学・情報科学部・助教  
研究者番号：00615354

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：

##### (4) 研究協力者

( )