

サーバ移動サービスシステムのプロトタイプ開発 Development of a Prototype Server Migration Service System

高橋 謙太[†] 福島 行信[†] 村瀬 勉[‡] 樽谷 優弥[†] 横平 徳美[†]
Kenta Takahashi Yukinobu Fukushima Tsutomu Murase Yuya Tarutani Tokumi Yokohira
[†]Okayama University [‡]Nagoya University

1. はじめに

ネットワーク (NW) の高速化に伴い、オンラインゲームやシンクライアントなどの実時間双方向通信を行うネットワークアプリケーション (NW-App) が普及しており、その稼働環境として IaaS (Infrastructure as a Service) 型クラウドサービスが活用されている。しかし、従来の IaaS 型クラウドサービスでは NW-App を稼働する仮想マシン (サーバ) がデータセンタに固定されてしまい、データセンタとクライアント端末の間が遠距離である場合や、それらの間の通信経路が輻輳している場合に NW-App の通信品質が劣化してしまう。

この問題を解決するためにサーバ移動サービス (SMS: Server Migration Service) が提案されている [1-3]。サーバ移動サービスは NW 内の複数箇所にサーバを稼働できる計算機 (WP: Work Place) を配置し、サーバがより良好な通信品質を達成できる WP へ移動することで NW-App の通信品質を改善するサービスである。一方、サーバが WP 間を移動する際にはサーバを転送するためのトラヒック (サーバ移動トラヒック) が発生し、それが背景トラヒックの通信品質の劣化 (NW インパクト) を引き起こしてしまう。

サーバ移動サービスに関する従来研究では、サーバが移動する際に発生する NW インパクトを一定の値以下に抑えるという条件のもとで NW-App の通信品質を極力良好に保つようにサーバを配置する問題に取り組んでいる [2, 3]。その問題の解決手法として、数理計画法を利用した手法 [2] やオンラインアルゴリズム [3] が提案されている。しかし、これらの手法の有効性は計算機シミュレーションのみで評価されており、実環境でのそれらの手法の有効性は明らかでない。

そこで本研究では、実環境でのサーバ移動サービスの有効性を評価するための第一歩として、サーバ移動サービスのプロトタイプを試作し、実験 NW を用いた実験的評価によりその有効性を評価する。

2. サーバ移動サービス

サーバ移動サービスは、NW-App の通信品質を改善できるように IaaS 型クラウドサービスを拡張したサービスである。NW 内の複数箇所にサーバを稼働できる WP と呼ばれる計算機を配置することにより、サーバがより良好な通信品質を達成できる WP へ移動することを可能にする。

サーバ移動サービスにおいては、サーバ移動がもたらす利得と損失とを考慮した上でサーバ移動の実施を検討しなければならない。サーバ移動により、サーバ・クライアント間の通信品質を改善できる。一方、サーバが移動する際には、移動元 WP と移動先 WP の間でサーバ移動トラヒックが発生し、それが NW インパクトを引き起こしてしまう。さらには、サーバ移動に伴いサーバのダウンタイムが発生してしまう。

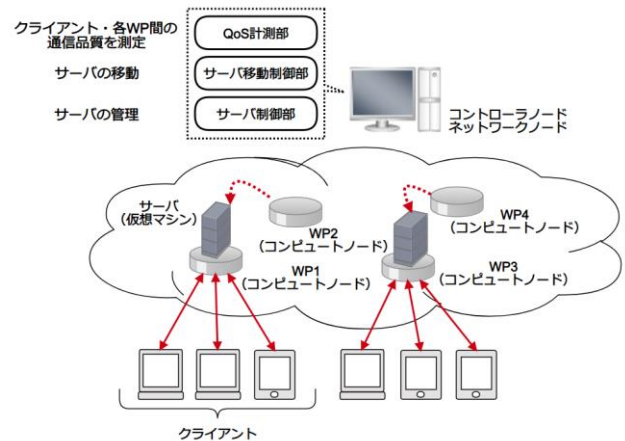


図 1: サーバ移動サービスシステムの構成

3. サーバ移動サービスシステム

サーバ移動サービスを実現するために必要不可欠な機能として、サーバの管理を行う「サーバ制御部」、クライアントと各 WP の間の通信品質を計測する「QoS 計測部」、サーバ移動を実施する「サーバ移動制御部」が挙げられる。

本システムの構成を図 1 に示す。本システムでは IaaS 型クラウドサービスの基盤ソフトウェアである OpenStack を用いる。本システムは、「サーバ制御部」、「QoS 計測部」、「サーバ移動制御部」の機能を有するコントローラノード、WP の役割を果たすコンピュータノード、WP 同士をつなぐ仮想ネットワークを管理するネットワークノードで構成される。本システムではコントローラノードはネットワークノードも兼ねている。

OpenStack のコンポーネントである Nova を利用することで 1 つ目に挙げた「サーバ制御部」が実現できる。しかし、OpenStack は「サーバ制御部」以外の「QoS 計測部」と「サーバ移動制御部」の機能を備えていない。そのため、本システムではこれら 2 つの機能をシェルスクリプトで実装する。

「QoS 計測部」では、コントローラノードが NW-App のクライアントと協調してクライアントと各 WP の間の通信品質を計測する。本研究では NW-App の通信品質としてサーバ・クライアント間の往復遅延時間 (以下、通信遅延と呼ぶ) を用いるものとする。NW-App のクライアントは各 WP との間の通信遅延を ping コマンドにより定期的に計測し、計測結果をコントローラノードへ送信する。この計測結果に基づいて、コントローラノードは、各 WP にサーバが滞在した場合のサーバ・クライアント間の通信遅延を把握する。

「サーバ移動制御部」では、「QoS 計測部」によって計測された通信遅延に基づいてサーバの移動タイミングや移動先 WP を決定する。これらの決定には、従来提案されて

いる所望のアルゴリズムが利用可能であるが、本研究では、通信遅延をより低減できる WP が見つかった場合には即座にその WP へサーバを移動させるものとする。サーバの移動には、OpenStack 経由でハイパーバイザのコールドマイグレーション機能を用いる。

4. 動作確認実験

4.1 実験環境

動作確認実験に用いたネットワークを図 2 に示す。このネットワークは日米間の国際通信ネットワークを想定しており、2 箇所の拠点（日本、米国）から構成される。いずれの拠点にもサーバの稼働場所として利用できる WP が 1 つ配置されており、コントローラノードは日本の拠点にある。日米間の往復遅延時間は 100ms とする。この遅延はルータで tc コマンドを用いて擬似的に発生させる。

NW-App としては、1 台のサーバと 1 台のクライアントで構成されるオンラインゲームを想定する。オンラインゲームを提供するサーバは初期状態では日本の WP で稼働しており、そのクライアントは米国に位置する。

従来の IaaS 型クラウドサービスでは、米国に位置するクライアントと日本に位置するサーバとの間の通信遅延は 100ms となる。一方、サーバ移動を行う場合は、サーバを日本の WP から米国の WP へ移動させた上でクライアントと通信を行わせるため、それらの間の通信遅延を改善することが期待できる。

本実験では、サーバの移動先 WP におけるサーバディスクイメージのキャッシュの有無がサーバ移動トラヒックの転送量やサーバのダウンタイムに及ぼす影響を調査するために、そのようなキャッシュがある場合とない場合の 2 通りの状況で実験を実施する。

4.2 実験結果

実験 1（サーバの移動先 WP にサーバディスクイメージがキャッシュされていない場合）の実験結果を表 1 に示す。サーバが移動する前はサーバ・クライアント間の通信遅延は 100ms であったが、サーバがクライアント近傍にある米国の WP へ移動し、同一拠点内で通信することにより、通信遅延が 0.22ms に改善されていることがわかる。このとき、移動元 WP と移動先 WP の間でのサーバ移動トラヒックの転送量は 3.4Gbyte、サーバのダウンタイムは 3 分 19 秒であった。

実験 2（サーバの移動先 WP にサーバディスクイメージがキャッシュされている場合）の実験結果を表 2 に示す。通信遅延については、実験 1 の場合と同様に、100ms から 0.24ms へ大きく改善されている。一方、サーバ移動トラヒックの転送量は 1.0Mbytes、サーバのダウンタイムは 1 分 15 秒であり、いずれも実験 1 の場合と比較して大きく低減されていることがわかる。これは、実験 1 では移動先 WP でサーバディスクイメージがキャッシュされていないために、サーバ移動トラヒックとしてサーバのディスク領域とメモリ領域の両方を転送するのに対して、実験 2 では移動先 WP でサーバディスクイメージがキャッシュされているために、サーバ移動トラヒックとしてサーバのメモリ領域のみを転送するためである。

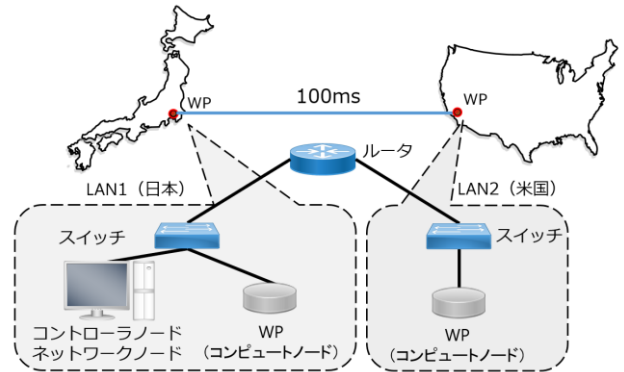


図 2: 実験ネットワーク

表 1: 実験 1 の結果

	移動前	移動後
遅延時間	100ms	0.22ms
使用帯域		3.4Gbytes
ダウンタイム		3分19秒

表 2: 実験 2 の結果

	移動前	移動後
遅延時間	100ms	0.24ms
使用帯域		1.0Mbytes
ダウンタイム		1分15秒

5. おわりに

本研究では実環境でのサーバ移動サービスの有効性を評価するための第一歩として、サーバ移動サービスシステムのプロトタイプを試作し、実験ネットワークを用いた実験的評価によりその有効性を評価した。実験的評価の結果、1)サーバ移動によりサーバ・クライアント間の通信品質を改善できること、2)サーバのディスクイメージが移動先 WP にキャッシュされていない場合はサーバ移動により膨大なサーバ移動トラヒックが発生し、また、サーバのダウンタイムも長くなること、3)サーバのディスクイメージが移動先 WP にキャッシュされている場合にはそうでない場合と比べてサーバ移動トラヒックやサーバのダウンタイムを大幅に削減できることがわかった。

今後は、サーバ移動方式としてよりダウンタイムの短いライブマイグレーションを採用した場合の実験的評価を行う予定である。

参考文献

- [1] 神崎康治, 中川真里, 福島行信, 村瀬勉, 横平徳美, 須田達也, IaaS型クラウドサービスにおけるQoSを考慮したサーバ移動アルゴリズム, 電子情報通信学会技術研究報告(NS2010-171), pp. 163-168, 2011年3月.
- [2] Y. Fukushima, T. Murase, G. Motoyoshi, T. Yokohira, and T. Suda, "Determining Server Locations in Server Migration Service to Minimize Monetary Penalty of Dynamic Server Migration," Journal of Network and Systems Management, Vol. 26, Iss. 4, pp. 993-1033, Oct. 2018.
- [3] Y. Hoshino, Y. Fukushima, T. Yokohira, T. Murase, and T. Suda, "An on-line algorithm to determine the location of the server in a server migration service," in Proceedings of IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), pp. 740-745, Jan 2015.