



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Studies on Adaptive Routing for a Wide-Area Overlay Network System [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	柏崎, 礼生
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	乙第6907号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55677
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Hiroki_Kashiwazaki_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（情報科学） 氏名 柏崎 礼生

学 位 論 文 題 名

Studies on Adaptive Routing for a Wide-Area Overlay Network System
(広域オーバーレイネットワークのための適応的経路制御に関する研究)

広域ネットワークにおけるトラフィック要求量の増大は、今後特に映像配送やモバイルデバイス、センサーデバイスによるものが支配的になると推測されている。インターネットの動画共有サイトなどの映像配送における要求量増大に対しては、コンテンツ配送ネットワークによるキャッシングやマルチキャストを用いた対処が有効であるが、テレビ会議をはじめとするリアルタイムのインタラクションを要求するコンテンツや、膨大な数の端末から得られる個人行動履歴などのセンサー情報においては、同様の解決は困難である。これらのコンテンツは、一定範囲の伝送損失を許容しつつも、伝送遅延時間の増大がコンテンツ利用者のエクスペリエンスに重大な悪影響を及ぼす点が特徴として挙げられる。

一般にトラフィック要求量の増大に対しては回線の帯域幅を増加させる事が一つの解であるが、帯域幅と回線価格の関係は線形ではないため、費用対効果の問題がある。そのため安価な回線を複数利用するマルチホーム環境のもとに、オーバーレイネットワークを構築・運用することが現実的な解となる。しかしこの場合、各回線の資源を活用するためのトラフィックエンジニアリングが十分有効に機能する必要がある。また、一つの通信キャリア網内で一貫性のあるポリシーにより構築されるネットワークと異なり、複数の任意の拠点同士が複数の回線で接続し合うヘテロな環境においては、オーバーレイネットワークを構成する機器の相互接続性が問題となる。

そこで本研究では、遅延センシティブな映像コンテンツなどの配送を主な対象とした広域オーバーレイネットワークにおけるトラフィックエンジニアリングを自律分散型アプローチおよび中央集権型アプローチの二つの観点から議論し、広域オーバーレイネットワークのための適応的経路制御手法を提案する。ネットワーク機器の相互接続性やスケーラビリティに対処するため、本研究で提案する適応的経路制御手法は全て OpenFlow で実装可能なものとして設計する。シミュレーション実験に加え、実際の広域ネットワークを用いた実験による評価を通して、本提案手法の有効性を議論する。

本論文は全 5 章から構成される。各章の概要は以下の通りである。

第 1 章では、本研究の背景および目的について述べる。

第 2 章では、自律分散型の適応的経路制御手法について述べる。自律分散手法は単一障害点がなく、スケーラビリティに富む一方で、経路のループ回避とジッターの低減を実現しなければならない。本章ではパケットへの経路情報追記を行うオーバーレイネットワークと、追記された経路情報を送信元へ戻すフィードバック機構によりループ回避を実現した自律分散経路制御手法を提案する。シミュレーション実験により、本提案手法が輻輳している拠点を適応的に回避し、複数の回線を有効活用できることを示す。また研究テストベッドを用いた国内 4 拠点からなる実ネットワークによる評価実験を行い、バッファが十分でないスイッチなどに起因するパケット損失への対応に本手法に組み込むことで、パケット損失や遅延時間に対する適応性を有した経路制御を実現できるこ

とを示す。

第3章では、中央集権型の適応的経路制御手法について述べる。広域オーバーレイネットワークを構成する各拠点からネットワーク情報を収集し、クラウドコンピューティング環境上に配置された管理サーバに集約する。各構成拠点は隣接拠点を結ぶ各回線の片方向遅延時間、パケット損失率および可用帯域を計測し、また、広域オーバーレイネットワークを構成する全ての拠点に対するトラフィック要求量を計測する。これらの情報を集約した管理サーバはネットワーク環境とトラフィック要求量の全体像を把握することができ、各トラフィック要求が辿る経路の重ね合わせにより各要求の伝送総遅延時間と伝送損失量を推定することができる。経路組み合わせの準最適解探索における評価値の算出には、クラウドコンピューティング環境上の管理サーバが動作させる離散イベント型シミュレータを用いる。遅延センシティブな映像伝送においては、十分な時間をかけて最適解を導出するよりも、伝送損失量と伝送総遅延時間を改善しえる準最適解を発見次第、その経路に直ちに切り替えることで品質の劣化を抑えることがエクスペリエンス向上につながる。離散イベント型シミュレータの実装と、評価値計算の精度及び処理速度について評価し、国内11拠点からなるネットワークでの輻輳発生を模擬したシミュレーションを通して提案手法の有効性を示す。

第4章では、第2章と第3章で提案した自律分散型および中央集権型の適応的経路制御手法のOpenFlowによる実現方法について議論する。OpenFlowで実装するにあたり、パケットサンプリングをもとに送信元アドレスと送信元ポートから適切な配分割合を定める手法を示す。また、自律分散型および中央集権型の既存手法に対する提案手法の有効性を総合的に議論し、より広域かつ多拠点のオーバーレイネットワークに適用可能な、自律分散型と中央集権型のハイブリッドモデルを提案する。

第5章では、本論文の結論および残された課題について述べる。