

ネットワークサービスの早期展開を実現する オーバーレイネットワーク基盤の研究開発 (051103013)

Research on overlay network infrastructure for early deployment of network services

研究代表者

村瀬 勉 日本電気株式会社
Tutomu Murase NEC Corporation

研究分担者

下西 英之[†] 藤田 範人[†] 山崎 康広[†] 浜 崇之[†] 村田 正幸^{††} 長谷川剛^{†††}
Hideyuki Shimonishi[†] Yasuhiro Yamasaki[†] Takayuki Hama[†]
Masayuki Murata^{††} Go Hasegawa^{††}
[†]日本電気株式会社 ^{††}大阪大学
[†]NEC Corporation ^{††}Osaka University

研究期間 平成 17 年度～平成 19 年度

本研究開発の概要

本課題においては、通信サービスを必要に応じて低コストかつ短期間に展開し、また障害や攻撃から通信サービスを保護することによって安全快適なネットワークを実現するオーバーレイネットワーク基盤に関する研究を行った。具体的には、(ア)アプリケーションウェア・シチュエーションウェアなトラヒック制御方式の確立、(イ)オーバーレイネットワークにおけるトラヒック制御方式の評価、(ウ)オーバーレイネットワークにおけるルーティング技術の確立と評価、(エ)ネットワーク障害時におけるルーティング技術の有効性の評価、(オ)異常な振る舞いをするトラヒックを検出し制御する技術の確立、に関する研究を行った。本研究の結果、高い付加価値を有する高機能ルータを実現し、我国のネットワークサービスの高機能化と可用性向上に寄与するための重要な知見が得られた。

Abstract

In this research project, we have focused on developing the overlay network infrastructure for deploying new network services with short time and small cost, and for realizing the protection the network service from network failures and attacks. We especially studied (a) application-aware traffic control method, (b) evaluation of traffic control method in overlay networks, (c) Routing mechanisms in overlay networks, (d) Evaluation of routing mechanism against network failures, and (e) Detection and control mechanism for anormal traffic. As a result, we have obtained the important results on realizing high-valuable routers.

1. まえがき

本研究課題では、オーバーレイネットワーク技術と我々が持つ高いトラヒック制御技術・輻輳制御技術・ノード構成技術を融合させ、オーバーレイネットワーク上で安全快適な通信サービスを提供するための基盤技術に関する研究を行った。オーバーレイネットワークに関する研究は現在多くの注目を浴び、さまざまな研究が進められているが、本課題のようにトラヒック制御技術と基盤として通信品質の制御を念頭に置いたものはこれまで存在していなかった。今後、インターネットがより重要な通信基盤となるにしたがって、このような通信品質の制御はますます重要になってくると考えられ、本課題ではこのような目標をオーバーレイネットワークを適用して実現するため基盤技術の確立を目標とした。このような機能を実現するための要素技術としては、高位レイヤルーティング技術、プロトコル変換技術、トラヒック計測制御技術などが必要であると考えられる。本課題では、これらの技術に着目して、オーバーレイネットワークにおける通信品質制御の基盤技術を開発した。

2. 研究内容及び成果

本研究では、(ア)アプリケーションウェア・シチュエーションウェアなトラヒック制御方式の確立、(イ)オーバーレイネットワークにおけるトラヒック制御方式の評価、(ウ)オーバーレイネットワークにおけるルーティング技術の確立と評価、(エ)ネットワーク障害時におけるルーティ

ング技術の有効性の評価、(オ)異常な振る舞いをするトラヒックを検出し制御する技術の確立、に関する研究を行った。以下にそれぞれについての概要を示す。

(ア)アプリケーションウェア・シチュエーションウェアなトラヒック制御方式の確立

新しいサービス(ここでは QoS 機能)を提供するオーバーレイネットワークで通信すべきトラヒックとそれ以外とは分離できるようにすべきである。例えば、短時間の通信で終わってしまうアプリケーションのトラヒックには QoS 制御のための大きなオーバーヘッド(QoS 制御を行う新 TCP への載せ替え)は逆効果である。従って、TCP 中継装置においては、効果が期待できるトラヒックに対してのみ通信の途中で通常の TCP から QoS-TCP へ切り替えるダイナミック切り替え方式、および切り替え判定方式の技術開発が必要となる。開発した切り替え方式・判定方式を Linux OS に実装し効果を確認した。

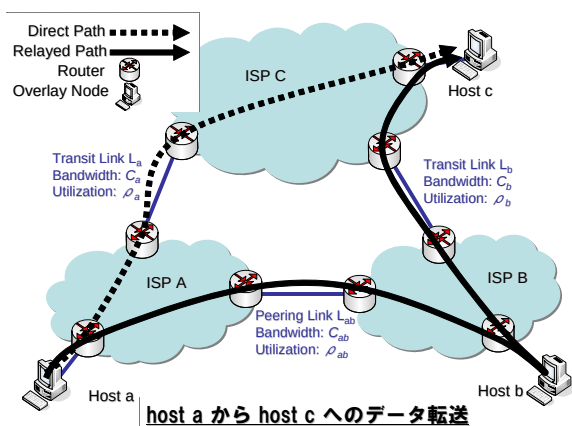
(イ)オーバーレイネットワークにおけるトラヒック制御方式の評価

本課題においては、TCP コネクションが送受信するデータ・確認パケットのみを用いてネットワーク帯域の計測を行うインラインネットワーク計測手法、およびそれを利用した特殊 TCP 方式(バックグラウンド転送手法)の有効性を、公衆網環境における詳細な実験を通じて行った。その結果、提案手法は公衆網においても、コンピュータ上のシミュレーション、および実験網における評価で得られたの

とほぼ同様の性能を発揮することがわかった。また、公衆網において突発的に発生するミリ秒単位の遅延増大に対して、適切に対処する手法に関する検討を行い、その有効性を確認した。本技術は、オーバーレイノード間のトラフィック転送のための特殊トランスポート層プロトコルとして有用である。

(ウ)オーバーレイネットワークにおけるルーティング技術の確立と評価

本研究課題では、オーバーレイネットワークがエンド間指標(遅延時間、利用可能帯域、TCP スループット)をメトリックとしてオーバーレイのレベルでトラフィックのルーティングを行うことの効果に関する検討を、PlanetLab の計測データを用いることによって行った。その結果、帯域に関する指標を用いてルーティングを行うと、エンド間性能に大きなメリットがあることを明らかにした。



図：ネットワークただ乗り問題

また、このようなオーバーレイルーティングを利用するとオーバーレイネットワークノード経由でトラフィックが流れるため、アンダレイネットワークで用いられているルートとは異なるルートでトラフィックが流れる場合がある。ISPの接続構造およびコスト構造を前提にすると、このトラフィックは単なる性能的な影響に留まらず、コスト的な影響が多である。我々は、まずこのように今まで知られていなかった問題を「ネットワークただ乗り問題」として明確にし、その問題の定式化、定量的評価を行った。その結果、オーバーレイルーティングによって迂回する経路が選択された場合、その60-90%はただ乗り問題を引き起こすことを明らかにした。また、利用可能帯域を指標として用いることで、より少ないただ乗り量で、オーバーレイルーティングの効果を得ることができると明らかとなった。

(エ)ネットワーク障害時におけるルーティング技術の有効性の評価

障害などでネットワークが極度に輻輳した場合においても、良好な通信性能が得られるTCPプロトコル技術の確立と評価に関する研究開発を行った。具体的には、指定された目標帯域を維持するように制御を行うTCP-AV、および、送受信側の双方にFEC (Forward Error Collection) によるロス訂正を行う機能を追加したTCP-AFEC (Adaptive FEC)を提案し、シミュレーションでの評価、および、実装での評価を行った。その結果、TCP-AV、およびTCP-AFECが、通常のTCPではその再送制御が原因で目標スループットを達成できないような高いロス率環境においても、目標とするスループットが達成できることを示した。これらの技術は、TCPによるビデオストリーミングアプリケーションなどに適用可能であると考えられる。

(オ)異常な振る舞いをするトラフィックを検出し制御する技術の確立

オーバーレイネットワークで問題になりうるものの一つがP2Pなど網側で認識できない仮想網が組み、それにより極度なトラフィックの偏りが、新たな輻輳を引き起こすことである。この問題解決のため、特に問題となる大量トラフィックや高レートトラフィックを現実的な機材で把握する技術を開発した。一つのキューで複数のフローを管理し、そのキューの変化の仕方によって、高レートのトラフィックフローを発見するアルゴリズムの開発により、多数のフローが前提でもスケーラブルかつリアルタイムに問題トラフィックの検出が可能となった。

3. むすび

本研究の結果、オーバーレイネットワークを構築するために必要となる、高い付加価値を有する高機能ルータを実現するための重要な知見が得られた。これにより、我国のネットワークサービスの高機能化と可用性向上に寄与できるものと考えられる。

【誌上発表リスト】

- [1] Tomoaki Tsugawa, Go Hasegawa and Masayuki Murata, Background TCP data transfer with Inline network measurement, IEICE Transactions on Communications, Vol.E89-B No.8 pp.2152-2160, August 2006.
- [2] Tutomu Murase, Hideyuki Shimonishi and Masayuki Murata, Session Overlay Network Technologies for QoS Control (Invited), IEICE Transactions on Communications, Vol.E89-B No.9 pp.2280-2291, September 2006.
- [3] Yuichiro Hiraoka, Go Hasegawa, and Masayuki Murata, Effectiveness of overlay routing based on delay and bandwidth information, in Proceedings of ATNAC 2007, December 2007.

【申請特許リスト】

- [1] 浜、「通信システム、通信装置およびそれらに用いる輻輳制御方法並びにそのプログラム」、日本、2006年2月
- [2] 浜、「データ通信装置および方法、および通信プログラム」、日本、2007年01月29日
- [3] 山崎、「ネットワーク品質計測装置及びその方法」、日本、2007年2月28日

【受賞リスト】

- [1] Kana Yamanegi, Takayuki Hama, Go Hasegawa, Masayuki Murata, Hideyuki Shimonishi, and Tutomu Murase, APSITT Best Paper Award, "Implementation Experiments of TCP Proxy Mechanism," APSITT2005 (Yangon, Myanmar), November 9th, 2005.
- [2] 村瀬 勉、下西 英之、浜 崇之、ほか3名、NEC ネットワークプラットフォーム開発本部 チーム貢献賞 金賞、「CX-1200TB シリーズの開発」、2006年1月16日

【報道発表リスト】

- [1] “TCPの長距離広帯域回線 実効速度40倍に WAN向け装置”、日刊工業新聞12面、2005年12月6日付け
- [2] “必要なときに即座に帯域を確保 WANを自由自在に操る”、日経コミュニケーション2006.1.1、2006年1月1日付け
- [3] “混雑時の耐性10倍向上 NEC ネット通信の制御方式”、日刊工業新聞朝刊1面、2006年5月29日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

- [1] <http://www.anarg.jp/imtcp/>、本プロジェクトで提案している手法の紹介、および実装コードの公開、ヒット数：1243 (2006年1月11日よりカウント開始)