

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25280028

研究課題名(和文) ネットワークとサービスの多様化に対応するサーバ主導型トラフィック制御技術の研究

研究課題名(英文) Cloud-based traffic control technologies to deal with the diversity of access networks and networked services

研究代表者

飯田 勝吉 (Iida, Katsuyoshi)

東京工業大学・学術国際情報センター・准教授

研究者番号：00332768

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：(1)基本アーキテクチャの設計、実装、評価。ネットワークとサービスの多様化に対応するサーバ主導型トラフィック制御技術の基本アーキテクチャUC3の設計、実装、評価を行った。提案アーキテクチャの特徴は、データセンターにTransport Connection Manager (TCM)という制御ノードを設置し、これを用いて集中制御を行うことである。

(2) TCPの公平性改善手法。フロー間の公平性向上を対象とした、UC3の応用研究を実施した。

(3) ハンドオーバー性能改善手法。TCMを用いてハンドオーバー受信信号受信後に適切なトランスポートパラメータを設定する方式を提案し、その性能を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：(1) Design, implementation, and evaluation of fundamental architecture of UC3. In order to deal with the diversity of access networks and networked services, we have designed, implemented, and evaluated cloud-based traffic control architecture, called UC3. The most notable feature of UC3 is to introduce a controller node, called Transport Connection Manager (TCM) in the cloud for the centralized traffic control.

(2) The fairness improvement method of TCP. As one of extension of UC3, we have proposed and evaluated the fairness improvement method of TCP.

(3) The handover performance improvement method. As another extension, we have proposed and evaluated the handover performance improvement method.

研究分野：ネットワークシステム工学

キーワード：トラフィック制御 サーバ主導型トラフィック制御 TCM TCP公平性 ハンドオーバー

1. 研究開始当初の背景

インターネット技術が抱えている問題は多数存在するが、有効なトラフィック制御技術が実現できていないことも重大な問題の一つと捉えられている。トラフィック制御とは、利用者に対し十分な通信スループットを提供することと、同時にネットワークの効率的利用の双方を提供する技術である。トラフィック制御の実現には、複数のネットワーク階層が関わっているが、特に上位層の一つであるトランスポート層が提供する輻輳制御が重要な機能である。現在主流のトランスポート層プロトコルは、TCP であるが、TCP は不十分な情報に基づき送信ホストでネットワーク内部の輻輳状態を推定する通信方式であり、Future Internet(以下、FI と記載)時代のトランスポート層プロトコルとしては不適切と考えられている。そのため、インターネットの標準化機構、研究コミュニティ、米国 NSF において重要な研究課題と位置付けられている。

2. 研究の目的

クラウドコンピューティング環境では、サーバの計算能力が高く、一方クライアントは計算能力が限られている。そこで、サーバにネットワーク内部の輻輳情報の収集などの役割を持たせたサーバ主導型トラフィック制御技術を提案する。具体的にはそのアーキテクチャとトランスポート層プロトコルの基本設計を明らかとする。提案方式の特徴はネットワークとサービスの多様化に対応することである。そのため、代表的なアプリケーション(ファイル転送、トランザクション転送、ストリーミング通信)や代表的な通信環境(広帯域高遅延環境、無線通信環境)を対象とした提案アーキテクチャ上の輻輳制御アルゴリズムの設計とその性能を明らかにする。さらに、提案方式において必要となる、通信環境の自動識別機構の設計とその性能を明らかにする。

3. 研究の方法

提案方式は、サーバがネットワーク状態情報を収集し、その情報を用いて輻輳制御アルゴリズムやパラメータを動的に決定する方式である。最初に提案方式のアーキテクチャとプロトコルの基本設計を行う。次に広帯域高遅延環境や無線通信環境などの多様なネットワーク環境に対応するための詳細検討を行う。そして多様な通信環境を自動的に識別し、適切な輻輳制御アルゴリズムに切り替える機構を開発する。またファイル転送、トランザクション転送などの多様なアプリケーション要求に対応するための詳細検討を行う。さらに提案方式は TCP との間で公平性の問題が生じると考えられる。そこで公平性を定量的に評価し、必要に応じて公平性を改善する方式を提案する。最後に評価等で得られた知見に基づき、クライアント、サーバ及び中継ノードのプロトタイプ実装を行い、提案するサーバ主導型輻輳制御技術の実現可能

性を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 基本アーキテクチャの設計、実装、評価

ネットワークとサービスの多様化に対応するサーバ主導型トラフィック制御技術の基本アーキテクチャ(Unified Central Congestion Control; UC3)の設計、実装、評価を行った。提案アーキテクチャの特徴は、データセンタに Transport Connection Manager(TCM)という制御ノードを設置し、これを用いて集中制御を行うことである。本項目では提案アーキテクチャの基本的な構成を明らかにするために、TCM を用いて異種無線ネットワークを適切に切り替える手法について検討した。具体的には、トランスポート層プロトコル SCTP を拡張し、TCM に対応させた。拡張版の SCTP はアクセスポイントの輻輳情報を収集し、収集した情報を TCM に通知する機構とし、TCM からの指示に従って無線ネットワークの切り替えを可能とした。性能評価においては、TCM への輻輳情報の通知間隔などの基本パラメータが性能に与える影響を明らかにした。

(2) TCP の公平性改善手法

フロー間の公平性向上を対象とした、UC3 の応用研究を実施した。具体的には、SDN などのネットワーク機能を用いてフロー数等の情報を TCM が迅速に収集し、収集した情報を用いて輻輳ウィンドウをどう制限するべきかを計算し、その値を広告ウィンドウに記載する方法を検討し、その性能を詳細に調査した。

(3) ハンドオーバー性能改善手法

無線ネットワークでハンドオーバーが発生すると、スループットなどの通信性能が悪化する。そこで TCM を用いてハンドオーバー受信信号受信後に適切なトランスポートパラメータを設定する方式を提案し、その性能を明らかにした。

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3件)

Y. Ito, Y. Sato, H. Koga, and K. Iida, "A Server-based Flow Allocation Scheme for Streaming Services in Data Center Networks," *Procedia Computer Science*, 査読有, vol. 63, 2015, 529-532
DOI: 10.1016/j.pros.2015.08.380

Y. Ito, H. Koga, and K. Iida, "A Bandwidth Allocation Scheme to Improve Fairness in Data Center Networks," *IEICE Communications Express*, 査読有, vol. 5, 2016, 129-134
DOI: 10.1587/comex.2016XBL0005

佐野修一, 飯田勝吉, 超広帯域基地局の帯域獲得と競合フローのスループット維持を両立する輻輳制御切替手法, 電子情報

通信学会・和文論文誌 (B), 査読有, 採録決定

[学会発表](計15件)

伊藤友輔, 古閑宏幸, 飯田勝吉, データセンタネットワークにおける公平性と利用効率改善のための帯域割当手法の提案, 電子情報通信学会・技術研究報告, 査読無, vol. 116, no. 111, NS2016-28, pp. 1-6, 札幌市, 2016年6月.

Y. Ito, H. Koga, and K. Iida, "A Bandwidth Reallocation Scheme to Improve Fairness and Link Utilization in Data Center Networks," Proc. IEEE Int'l Conference on Pervasive Computing and Communications (Percom2016), 査読有, Work-in-progress, 4 pages, オーストラリア国シドニー市, Mar. 2016.

DOI: 10.1109/PERCOMW.2016.7457064

K. Intharawijitr, H. Koga, and K. Iida, "Analysis of Fog Model Considering Computing and Communication Latency in 5G Cellular Networks," Proc. IEEE Int'l Conference on Pervasive Computing and Communications (Percom2016), 査読有, Work-in-progress, 4 pages, オーストラリア国シドニー市, Mar. 2016.

DOI: 10.1109/PERCOMW.2016.7457059

K. Intharawijitr, K. Iida, and H. Koga, "Modeling and Evaluation of Low Latency Network Architecture Considering Computing Latency in Fog Servers," IEICE Tech. Rep., 査読無, vol. 115, no. 404, NS2015-164, pp. 103-108, 福岡県福岡市, Jan. 2016.

川上俊雄, 古閑宏幸, 飯田勝吉, 局所的負荷の広範囲分散を実現する二次元連鎖的フロー再配置モデルと性能評価, 電子情報通信学会・技術研究報告, 査読無, vol. 115, no. 371, IA2015-77, pp. 49-52, 広島県広島市, 2015年12月.

佐当百合野, 古閑宏幸, 池永全志, 誤り訂正技術を用いた TCP スループット改善手法の性能評価, 電子情報通信学会・技術研究報告, 査読無, vol. 115, no. 326, NS2015-124, pp. 75-80, 新潟県新潟市, 2015年11月.

R. Ishikawa, K. Iida, H. Koga, and M. Shimamura, "Handover Performance Improvements using Cloud Control in Heterogeneous Wireless Networks," Proc. IEEE Int'l Computers, Software & Applications Conference (COMPSAC2015) Workshops, 査読有, pp. 640-641, 台湾台中市, July 2015.

DOI: 10.1109/COMPSAC.2015.142

伊藤友輔, 古閑宏幸, 飯田勝吉, データセンタネットワークにおける公平性改善のための帯域割当手法の提案, 電子情報通信学会・技術研究報告, 査読無, vol. 115, no. 1, NS2015-12, pp. 65-70, 岐阜県高山市,

2015年4月.

岩田賢人, 伊藤友輔, 佐当百合野, 古閑宏幸, ストリーミング配信のためのサーバ主導型フロー割当手法の検討, 電子情報通信学会・2015年総合大会, 査読無, B-6-81, 1 page, 滋賀県草津市, 2015年3月.

Y. Ito, H. Koga, and K. Iida, "A Bandwidth Allocation Scheme to Improve Fairness in Data Center Networks," Proc. Student Workshop in conjunction with ACM Int'l Conference on emerging Networking Experiments and Technologies (CoNEXT2014), 査読有, pp. 7-8, オーストラリア国シドニー市, Dec. 2014.

DOI: 10.1145/2680821.2680834

K. Iida, "[Invited Talk] Recent Research Trend in Networking: Software-Defined Networking and Network Functions Virtualisation," IEICE Tech. Rep., 査読無, vol. 114, no. 286, IA2014-48, pp. 69-72, タイ国チェンマイ市, Nov. 2014.

金子 樹, 飯田勝吉, 石川諒汰, 古閑宏幸, 嶋村昌義, ネットワーク収容効率向上を目的とした連鎖的フロー再配置モデルの提案と性能評価, 電子情報通信学会・技術研究報告, 査読無, vol. 114, no. 6, NS2014-13, pp. 65-70, 沖縄県石垣市, 2014年4月.

石川諒汰, 楠畑勝彦, 飯田勝吉, 古閑宏幸, 嶋村昌義, データセンタでの集中制御を用いた統一的輻輳制御機構の設計と実装, 電子情報通信学会・技術研究報告, 査読無, vol. 114, no. 6, NS2014-14, pp. 71-76, 沖縄県石垣市, 2014年4月.

伊藤友輔, 河野孝博, 古閑宏幸, データセンターにおけるフロー数に基づく帯域割り当て手法の検討, 電子情報通信学会・2014年総合大会, 査読無, B-6-18, 1 page, 新潟県新潟市, 2014年3月.

K. Kusuhata, I. Kaneko, K. Iida, H. Koga, and M. Shimamura, "A unified congestion control architecture design to improve heterogeneous wireless network efficiency and accommodate traffic by various rich applications," Proc. IFIP Int'l Working Conference Performance and security modelling and evaluation of cooperative heterogeneous networks, (HET-NETs2013), USB memory, WP07, 5 pages, イギリス国ブラッドフォード市, Nov. 2013.

[図書](計0件)

[産業財産権]
出願状況(計0件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

飯田 勝吉 (IIDA, Katsuyoshi)
東京工業大学・学術国際情報センター・准教授

研究者番号：00332768

(2) 研究分担者

古閑 宏幸 (KOGA, Hiroyuki)
北九州市立大学・国際環境工学部・准教授

研究者番号：20433401

(3) 連携研究者

なし