

平成 21 年 4 月 15 日現在

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2007～2010

課題番号：19680003

研究課題名(和文) テラビット級トランスポート層通信プロトコルの研究開発

研究課題名(英文) Research and Development of Transport Protocol for Tera-bit Networks

研究代表者

大崎 博之 (Hiroyuki Ohsaki)

大阪大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号：00294166

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、計算機システム・ネットワーク

キーワード：インターネット高度化、ネットワーク、通信工学、通信プロトコル、超高速通信

## 1. 研究計画の概要

近年、半導体技術や情報処理技術の急速な発展により、情報の多様化・大容量化が急速に進んでいる。このような情報爆発時代に対応するためには、それを支える超高速通信技術が不可欠である。

現在、OSI 参照モデルにおける下位レイヤの研究開発が進んでいる。例えば、物理層における通信技術として、光ファイバの伝送技術の高度化が進んでいる。これにより、単一の光ファイバで数 Tbps ~ 数十 Tbps 程度の情報量の転送が可能になりつつある。また、ネットワーク層の通信技術として、光パケット交換技術が開発され、2006 年の時点で 160 Gbps の情報量の転送が実現されている。しかし、テラビット級の通信を真に実現するためには、物理層からネットワーク層までの伝送技術だけでは不十分であり、トランスポート層の通信技術におけるブレイクスルーが不可欠である。近年、高速トランスポート層通信技術の研究が活発に行われているが、2006 年の時点で約 7.2 Gbps 程度の転送速度しか実現されていない。特に、従来の高速トランスポート層通信技術の研究の大半は、単一の大容量ファイル転送のみを対象としており、通信速度の異なる膨大な数の人間や計算機が相互に大量の情報交換を行うような通信にはまったく対応できない。

テラビットネットワークでは、ネットワークの帯域遅延積が膨大となり、ギガビットネットワークと比較して制御の困難さが飛躍的に増大する。従来のトランスポート層通信プロトコルのような、経験に頼ったアドホックな設計手法はすでに限界であり、理論的・体

系的な設計手法が強く求められている。そこで本研究では、理論的・体系的なアプローチにより、テラビット級トランスポート層通信プロトコルの実現を目指し、以下のような研究課題に取り組む。

- ✓ テラビットネットワーク上での既存のトランスポート層通信プロトコルの性能限界を解明
- ✓ テラビットネットワークに適した輻輳制御フレームワークの解明
- ✓ テラビットネットワーク対応トランスポート層通信プロトコルの開発

## 2. 研究の進捗状況

流体近似法により、テラビットネットワーク上での既存のトランスポート層通信プロトコルの性能限界を明らかにした。本研究では、高速・広帯域向けトランスポート層通信プロトコルとして XCP(eXplicit Control Protocol)を対象とし、その流体近似モデルを構築した。その後、トランスポート層通信プロトコルとルータの流体近似モデルを相互に接続し、ネットワーク全体の流体近似モデルを構築した。これにより、ルータが多段接続された複雑なタンデムネットワークにおいて、異なる複数のトランスポート層通信プロトコルが混在した環境の解析を可能とした。これにより、XCP のロバスト性に関する固有の問題を明らかにした。

また、テラビットネットワークにおける、ルータ支援型輻輳制御フレームワークの性能限界を理論的に示した。本研究では、まず、シミュレーション実験により、(1) XCP トラ

ヒックの変動が発生するとボトルネックリンクの利用率が低下してしまう、(2) TCP 以外の非 XCP トラヒックと XCP トラヒックが混在する環境では XCP の制御が安定しなくなる、といった問題が存在することを示した。さらに、トラヒック変動に対する XCP のロバスト性を向上させる XCP-IR (XCP with Increased Robustness) を提案した。シミュレーション実験により、XCP-IR がトラヒック変動に対して高いロバスト性を持つことを示した。

さらに、広域点広帯域ネットワークにおけるトランスポート層通信プロトコルの特性を明らかにするため、SINET3 のレイヤ 1 帯域オンデマンドサービスを用い、大阪-東京-北海道間での大容量データ転送実験を実施した。

### 3. 現在までの達成度

(2) おおむね順調に進展している。

当初計画の 3 項目のうち、2 項目について完了した。

### 4. 今後の研究の推進方策

今後は、これまでの研究成果を応用し、テラビットネット級トランスポート層通信プロトコルを設計する。10Gbps の実験環境および TOE (TCP Offload Engine) を利用し、テラビット級トランスポート層通信プロトコルの実現を目指す。

### 5. 代表的な研究成果

(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 5 件)

Y. Sakumoto, H. Ohsaki, and M. Imase, "Stability analysis of XCP (eXplicit Control Protocol) with heterogeneous flows," IEICE Transactions on Communications, vol. E92-B, pp. 3174-3182, Oct. 2009 (査読有)。

[学会発表](計 18 件)

H. Ohsaki, J. Kittananun, F. Inoue, Y. Nomoto, and M. Imase, "Performance evaluation of iSCSI-APT (iSCSI with Automatic Parallelism Tuning) on SINET3 with layer-1 bandwidth on demand service," to be presented at the 8th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication

Technologies (APSITT 2010), June 2010 (2010/6 予定、マレーシア、サラワク). Y. Sakumoto, H. Ohsaki, and M. Imase, "Increasing robustness of XCP (eXplicit Control Protocol) for dynamic traffic," in Proceedings of 50th IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2007), pp. 2025-2030, Nov. 2007 (2007/11/28、米国、ワシントン)。

Y. Sakumoto, R. Asai, H. Ohsaki, and M. Imase, "Design and implementation of flow-level simulator for performance evaluation of large scale networks," in Proceedings of 15th Annual Meeting of the IEEE International Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunication Systems (MASCOTS) 2007, pp. 166-172, Oct. 2007 (2007/10/25、トルコ、イスタンブール)。

Y. Sakumoto, H. Ohsaki, and M. Imase, "On XCP stability in a heterogeneous network," in Proceedings of 12th IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC'07), pp. 531-537, July 2007 (2007/7/1、ポルトガル、アベイロ)。