

## 高速 TCP の性能解析と公平性に関する検討

大浦 亮† 山口 実靖†

†工学院大学情報通信工学科

## 1. はじめに

TCP は現在のインターネットにおいて標準的に用いられているトランスポート層プロトコルである。従来の TCP の輻輳制御アルゴリズムである TCP-Reno では広帯域・高遅延なネットワーク環境においてネットワーク帯域を十分に使いきることができない問題が指摘されており [1], TCP-Reno に代わる高速 TCP が数多く提案されている。これらに関して、多くのシミュレーションによる評価が行われているが、実機環境における評価は十分にはされていない。

本稿では、代表的なロスベースの輻輳制御アルゴリズムとハイブリッド型輻輳制御アルゴリズムを対象に実機のネットワークを用いて性能測定、性能解析、公平性の解析を行う。

## 2. 高速 TCP

TCP 輻輳制御アルゴリズムは主に、ロスベースの手法、遅延ベースの手法、ハイブリッド型手法に分類される。

ロスベースのアルゴリズムはパケットロスを中心に輻輳ウィンドウを制御する手法である。通常時は輻輳ウィンドウを増加させ、パケットロス検出時に輻輳ウィンドウを減少させる。代表的なロスベースの高速 TCP に CUBIC-TCP がある [2]。CUBIC-TCP は、3 次関数を用いて輻輳ウィンドウを制御し、高い性能、スケーラビリティを実現している。

遅延ベースの輻輳制御アルゴリズムは、RTT の増減にあわせて輻輳ウィンドウを変化させる手法である。ロスベース手法の様に輻輳を発生させてから速度を減少させるのではなく、RTT の増加からネットワークの混雑状態を推定し、輻輳が発生する前に速度を減少させるため安定した通信速度が期待できるが、ロスベース手法とネットワークを共有した時に得られる性能が低くなってしまうという欠点も指摘されている [3]。代表的な遅延ベースの手法に TCP-Vegas [4]

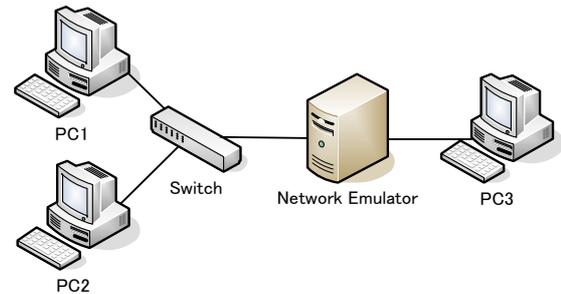


図 1. 実験ネットワーク

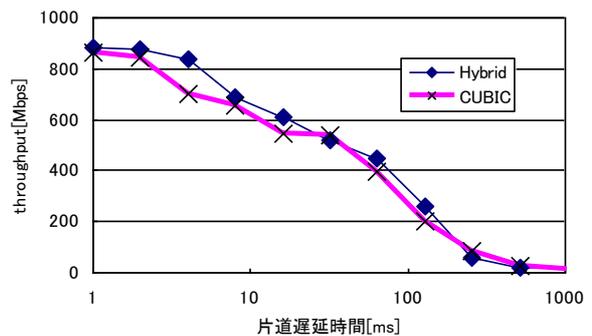


図 2. 非混在環境での性能 (netperf)

がある。

また、両者を組み合わせた手法にハイブリッド型手法がある。

## 3. 性能評価実験

図 1 の様なネットワークを構築し、ロスベース輻輳制御手法の通信速度、ハイブリッド型輻輳制御手法の通信速度、両者が混在する環境における各々の通信速度を測定した。Network Emulator は FreeBSD Dummynet を使用し、ロスベース輻輳制御手法としては Linux 2.6.18 搭載の CUBIC-TCP を用いた。

実験 1 では、PC1 と PC3 の間の通信速度を netperf を用いて測定した。ハイブリッド型 TCP と CUBIC-TCP の通信速度を図 2 に示す。横軸は PC1 と PC3 の間の片道遅延時間である。図より、両者が混在しない環境での両 TCP の性能はほぼ等しいことがわかる。

実験 2 では、図 1 の PC1-PC3 の間と PC2-PC3 の間で同時に netperf 接続を確立し、それぞれの通信性能を測定した。PC1 ではハイブリッド型

TCP が動作し、PC2 では CUBIC-TCP が動作している。両通信は Switch から PC3 の間のネットワークを共有している。それぞれにて得られた通信速度を図 3 に示す。混在環境では公平性が低く CUBIC-TCP の性能が大きく上回る結果となった。

実験 3 では、PC1-PC3 の間と PC2-PC3 の間で同時に HTTP 接続を確立し、それぞれの通信性能を測定した。得られた性能を図 4 に示す。実験 2 と同様に、CUBIC-TCP の性能が大きく上回る結果となった。

実験 4 では、PC1-PC3 の間にハイブリッド型 TCP の HTTP コネクションを 16 本確立し、PC2-PC3 の間に CUBIC-TCP による HTTP のコネクションを 1 本確立し、それぞれの性能を測定した。測定結果を図 5 に示す。縦軸は全コネクションで得られた通信速度の合計である。図より、複数のコネクションを確立しても CUBIC-TCP の性能が大きく上回る結果となった。

また、図 6 に実験 3 にて両通信により得られた速度の時間変化を示す。ハイブリッド型 TCP と CUBIC-TCP が共存する環境では、CUBIC-TCP が輻輳ウィンドウを大きく増加させてしまい、ハイブリッド型 TCP が通信を控え、公平性が損なわれる結果となった。

4. おわりに

本実験ではハイブリッド型 TCP と CUBIC-TCP が共存する環境における通信性能の測定を行い、公平性、通信側の時間変化に関する考察を行った。今後は、混在環境における公平性向上手法について考察する予定である。

謝辞

本研究は科研費(22700039)の助成を受けたものである。

参考文献

[1] D.Katabi, M.Handley, and C.Rohrs “Congestion control for high bandwidth-delay product networks”,in Proceedings of ACM SIG-COMM 2002,Aug.2002.  
 [2] Injong Rhee, and Lisong Xu “CUBIC: A New TCP-Friendly High-Speed TCP Variant.” In Proc. Workshop on Protocols for Fast Long Distance Networks, 2005, 2005.  
 [3] Jeonghoon Mo, Richard J. La, Venkat Anantharam, and Jean Walrand, “Analysis and comparison of TCP reno and vegas”, in Proceedings of IEEE INFOCOM’99, March 1999.  
 [4] L. S. Brakmo and L. L. Peterson, “TCP Vegas: End to End Congestion Avoidance on a Global Internet”, IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Vol.13, No.8, pp.1465-1480, October 1995.

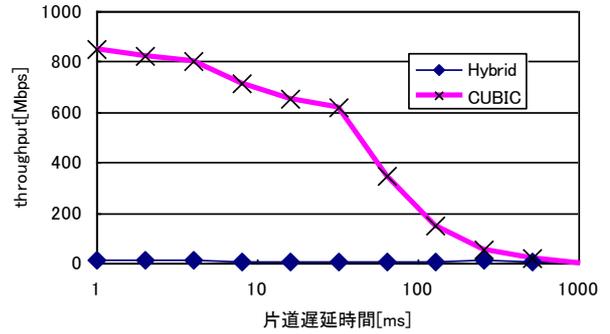


図 3. 混在環境での性能(netperf)

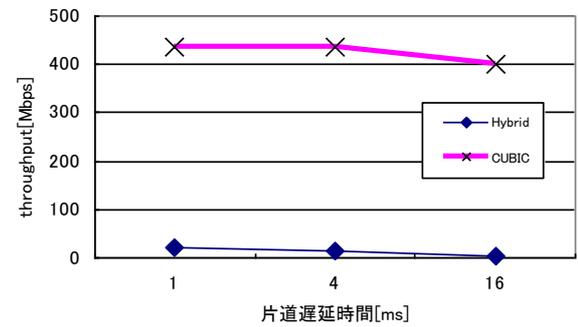


図 4. 混在環境での性能(HTTP,単一コネクション)

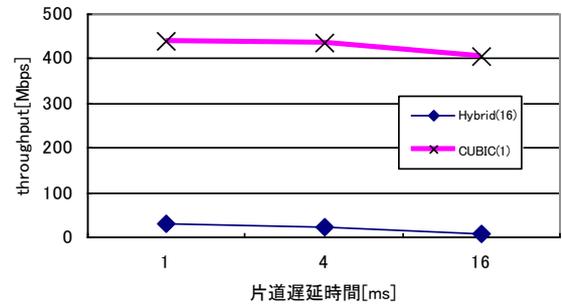


図 5. 混在環境での性能(HTTP,複数コネクション)

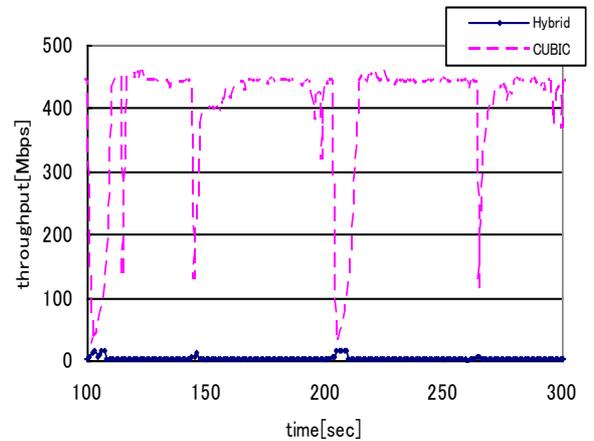


図 6. 通信速度の時間変化(HTTP)