

無線通信環境における QoS 保証 TCP の動作に関する一検討

新井 絵美[†] 平野 由美[‡] 村瀬 勉[‡] 小口 正人[†]

[†]お茶の水女子大学 [‡]NEC システムプラットフォーム研究所

1 はじめに

近年、動画ストリームや音声 (VoIP) などのマルチメディア通信の需要が高まっている。そのような通信において QoS (Quality of Service) は大変重要である。しかし QoS と一言でいっても、そこで要求される品質はメディアやアプリケーションにより異なる。そのため、マルチメディア通信のための「QoS」を定義し、これが保証される仕組みを作る必要がある。また、インターネット (TCP/IP に基づく) の本質は「ベストエフォート」ではあるが、QoS が必要とされる場面が増えてきたため、インターネットのプロトコルに QoS 保証の仕組みを組込む方向が検討されてきている。この 1 つの例が TCP-AV[1] である。これは、ルータなどに QoS 制御を実装するのではなく、既存の TCP をこれに載せかえるというものである。TCP-AV では、輻輳状態により輻輳ウィンドウ制御パラメータを変更する。これにより目標帯域を確保させるようなことができるため、ストリーミング通信などを効果的に行う QoS を実現することが可能となる。TCP-AV により、有線環境における帯域確保などの QoS 保証が達成されるようになった。

一方、無線環境が広く普及したことにより、有線環境と同じように無線環境の品質が保証されることを望んでいるユーザは、アプリケーションに対して、常に同じ品質で利用できることを要求する。しかしシステムにとっては無線環境で有線環境の場合と同様に品質保証を行うことは、より困難である。そこで本研究では TCP-AV のような帯域確保型 TCP が、無線環境においても想定しているように振舞うかどうかを検証する。特に実機を使って評価を行うことにより、シミュレーションではモデル化が困難な端末ごとの機器の差異などを明らかにし、実環境で有効な QoS 手法について検討する。

2 無線 LAN 上の TCP フローの公平性

無線環境における QoS 保証を実現するため、まずは実機における実装の差異に起因する無線 LAN の公平性の問題について検討する。すでにシミュレーションにおいても実機においても、無線 LAN 上の複数の TCP フロー間に著しいスループットの不公平が起こることが示されている。これは、ネットワークの非対称性と送信権の平等性により起こる。上記特性の元では、無線 LAN AP (Access Point) のバッファにおける TCP-ACK の

破棄が不公平につながるといわれており、カード型無線子機を用いた実験結果が報告されている [2]。しかし、無線のノイズ・電波干渉、デバイスドライバの構築法や、OS の構成など、シミュレーションでは考慮されていない点の実機には存在するため、このような不公平が実機でどの程度起こるのかどうかは、明らかにされていない。また、TCP のフローを TCP-AV に載せかえるためにはイーサネットコンバータ型無線子機を使用するのが便利である。しかし、無線 LAN インタフェースが異なるイーサネットコンバータ型無線子機においては不公平が起こるのかどうか、また起こるとしたらどの程度であるかは明らかにされていない。カード型無線子機とイーサネットコンバータ型無線子機のインタフェースの違いは MAC 層にある。カード型は MAC 層で直接無線となるので、CSMA/CA の仕組みで動作している。しかし、イーサネットコンバータ型は MAC 層では有線として接続し、その後コンバータ部分で無線に変換し通信している。

3 QoS 保証 TCP

TCP-AV はストリーミング通信の品質向上を目指して提案され、目標帯域を確保するような制御を行っている。既存の TCP の輻輳制御方式を拡張し、パケットのバーストロス耐性を向上する再送制御方式を採用している。具体的には、再送クライアントの受信バッファを枯渇させない輻輳ウィンドウ制御、一時的な輻輳発生時の通信速度減少を抑える再送制御などである。

4 研究内容

本研究ではまず、実機における無線 LAN 上の公平性を調べる実験により、実機の無線環境における課題を議論する。次に有線環境において品質保証を実現する TCP-AV がそのような実機の無線環境で期待通りの働きができるか検証する。

5 無線 LAN の公平性に関する評価

5.1 実験概要

イーサネットコンバータ型の IEEE802.11g 無線子機を用いて無線 LAN の公平性を検証した。具体的には、5 台のイーサネットコンバータ型の無線子機を使用した送信端末から 1 台の有線の端末にデータを 120 秒間送信し、Iperf[3] を用いてスループットを測定した。実験ネットワークを図 1 に示す。

5.2 実行結果

実験の結果は図 2 のようになった。端末 ID が 2 の端末は他の端末より極端に低いスループットになっている。このようにイーサネットコンバータ型の無線子機を使用した環境において TCP フローのスループットの不公平性が見られた。これは前述のように、ネット

A Study on Behavior of TCP with QoS-guarantee Mechanism on a Wireless Environment

[†] Emi Arai, Masato Oguchi

[‡] Yumi Hirano, Tutomu Murase

Ochanomizu University([†])

System Platforms Research Laboratories NEC Corporation([‡])

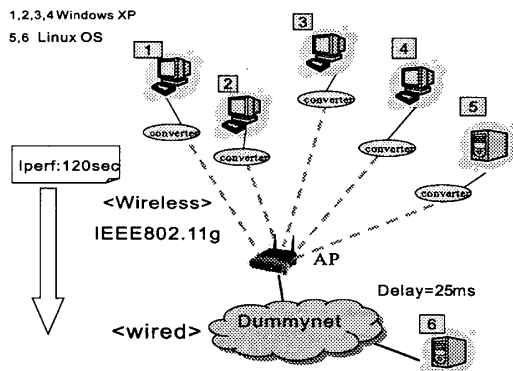


図 1: 実験環境

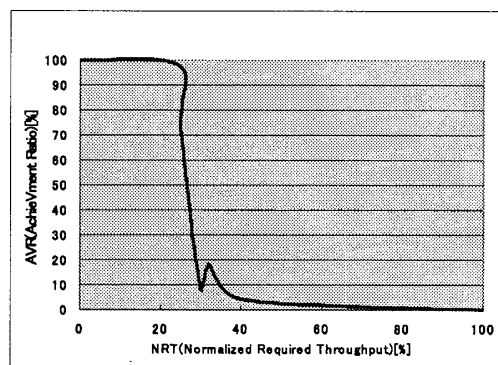


図 3: AVR による TCP-AV の評価

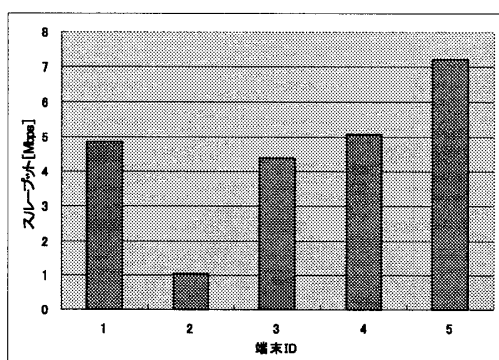


図 2: TCP フローの公平性

ワークの非対称性と送信権の平等性により起こると考えられる。

6 TCP-AV の無線 LAN における評価

6.1 実験概要

上記と同様の実験環境においてフローのうち 1 本を TCP-AV に載せかえて実験を行った。ここでは AVR (Achievement Ratio) という指標を用いて評価する。これは、指定した帯域を確保できた時間帯が全実行時間のうちのどのくらいあるかという比率を示す。今回、120 秒の測定を 5 秒ごとに分割した。ただし、フローの投入順序による差が見られる最初の 5 秒間は除き、全部で 23 区間とする。23 区間のうち何区間目標帯域を達成できたかをカウントして、10 回測定した平均を取った。

また、EB (Effective Bandwidth) は最大の帯域幅のことであり、IEEE802.11g では 54Mbps となる。しかし、これは理論値なので実際の帯域幅を測定し、これを NRT (Normalized Required Throughput) とする。NRT を求めるために、実験環境と同じ状況で一本のフローを流す実験を行ったところ、約 25Mbps であることがわかった。

6.2 実行結果

実験の結果を図 3 に示す。横軸の NRT は、NRT100 % = 25Mbps とし、TCP-AV の設定帯域を NRT の何

%としたかを表す。ここで、fair-share とは「 $NRT \div \text{端末台数}$ 」であり、本実験では 5Mbps (NRT の 20 %) となる。設定帯域が fair-share 程度までは AVR は 100 % である。fair-share を超えて設定帯域が NRT の 25 % となると、AVR は 70 % となり、NRT の 40 % を設定すると AVR は 1 割以下となる。無線 LAN の送信権の平等性により、fair-share を大幅に超えて帯域を確保することはできなかったが、不安定な無線の環境においても不公平な端末に陥らず、fair-share より 5 % 増ぐらいまでであればある程度の品質保証が可能であることがわかった。また、端末台数がこれより少ない場合も同様の傾向である。

7 まとめと今後の課題

本研究では、無線環境における QoS 実現のために実機を用いて、実験を行った。1 つ目は TCP フローの公平性に関する実験である。イーサネットコンバータ型の無線子機を用いた 5 台の送信端末による環境ではスループットの不公平が起こることが示された。次に同じ環境で、TCP-AV について評価を行った。その結果、TCP-AV は fair-share の 5 % 増程度まで目標帯域に近い帯域を確保でき、不安定な無線 LAN 上においてもある程度の QoS を確保できたといえる。

今後は、さらに台数を増やした環境における公平性の検証や、TCP-AV の更なる実験を通して無線環境における品質保証の提案を進めていきたい。

参考文献

- [1] H.Shimonishi, et al., "Congestion Control Enhancements for Streaming Media," IEICE Trans. on Comm., Vol.E89 B, No.9, pp.2280-2291 Sep. 2006.
- [2] Anthony C.H. NG, David Malone, Douglas J.Leith : "Experimental Evaluation of TCP Performance and Fairness in an 802.11e Test-bed," ACM SIGCOMM 2005, pp.17-22 Aug.2005
- [3] Iperf: <http://dast.nlanr.net/Projects/Iperf/>