

移動端末の無線LANハンドオーバー時における 特殊TCPスループット特性の評価

森内 彩加[†]安藤 玲未[†]村瀬 勉[‡]小口 正人[†][†]お茶の水女子大学[‡]NEC

1. はじめに

近年、無線LANの普及、動画ストリームなどのマルチメディア通信の需要の増加により、無線LAN環境でのQoS(Quality of Service)制御が重要となっている。更に、スマートフォンやタブレット端末などのモバイル端末の急速な普及により、モバイル端末を使用しながらアクセスポイント(AP)間を自由に動き回る「ハンドオーバー(HO)を伴う移動通信」環境(以下、移動環境)でのQoS制御を検討する必要がある。本研究におけるQoS制御とは、uplink通信(端末からAPの方向)の帯域確保を目的とする。移動環境におけるQoS制御については、様々な手法が検討されているが、我々はトランスポートレイヤでの制御であるQoS-TCPを用いる手法を検討する。

本研究では、デスクトップPCやノートPCを利用した移動環境(Ubuntu10.04:Linux 2.6.32.21使用。以下、デスクトップ環境)において、QoS-TCPを利用した評価を行ってきた[?]。しかし、有線通信とAC電源を前提としてデザインされたTCPを用いるデスクトップPCと、無線通信とバッテリーのみが想定されているAndroid端末とでは、TCPの振舞等が異なる可能性がある。本稿では、デスクトップ環境にてHO後に帯域確保可能であったQoS-TCPを、Android端末を用いた移動環境(以下、Android環境)に利用し、QoS-TCPの特性評価を行って、QoS-TCPが割り込める状況を調査する。

2. 関連研究

無線LAN環境におけるQoS制御については、各プロトコルレイヤで各種制御が提案されている。しかし例えば、アプリケーションレベルに特化した制御では、多くの、あるいは新規のアプリケーションに対応できない。IPレイヤの制御では、ネットワーク全体に変更が必要となり、MACレイヤの制御では、無線LAN機器自身の変更が必要となる等の課題がある。これに対し、トランスポートレイヤでの制御は、ネットワーク外での制御が可能であることから、実現が比較的容易である。そこで、我々はトランスポートレイヤでの制御を検討する。また、UDPではファイアウォールを通過できないこともあるため、TCPでの制御を検討する。このトランスポートレイヤでの制御の一つに、TCPでQoS制御を行うQoS-TCPがある。

Evaluation of QoS-TCP throughput in wireless LAN environment with handover

[†] Ayaka Moriuchi, Remi Ando, Masato Oguchi

[‡] Tutomu Murase

Ochanomizu University ([†])

NEC Corporation([‡])

2.1 QoS-TCP

QoS-TCPについて述べる。TCPの輻輳制御のみを利用して帯域保証を行うQoS-TCPとして提案されているTCP-AV[?]について説明する。TCP-AVは、アプリケーションが要求する帯域の確保を目指すTCPである。TCP-Renoを拡張したものであり、最小RTTを用いてスロースタート閾値を設定し、送信帯域がアプリケーションから要求された帯域である目標帯域周辺で安定するように、輻輳ウィンドウを制御する。Linuxをベースとしたプロキシとして実装されており、QoSを制御するその他のトランスポートプロトコルに比べて、送受信端末の変更をすることなく実現可能という特徴がある。また、パケットロス検出時にも、輻輳ウィンドウをできるだけ高く保つことで帯域確保を目指している。

2.2 無線LAN環境における不公平

QoS-TCPの帯域確保に大きな影響を与える不公平について述べる。不公平とは同じ環境で通信していても、端末間でスループットが極端に異なる状態をさす。この不公平は、MAC層の送信権制御、トランスポート層の輻輳ウィンドウ制御等が組み合わされ、APにおけるTCP-ACKあふれが原因で起こる[?]。そのため、不公平となる端末数は、APのバッファサイズに依存する。また、HOフローのような後発のフローほど、スループットを得られ難い。

2.3 既存研究

先に述べたTCP-AVを用いて[?]では、図??のような実験環境において、検証を行っている。図??において”送”は、各APで通信を行っている送信端末(背景端末)で、AP1側、AP2側に固定的に接続している送信端末数をそれぞれN1(台)、N2(台)とする。”受”は受信端末、”移動”は移動端末である。移動端末は、全長20mを、AP1からAP2に向けて移動し、中間地点でHOを行う。使用したAPのバッファサイズは約265.5パケットで、6台までが公平、7台以上が不公平となった。そのため、N1=2、N2=6とし、移動端末もAP1、AP2と通信を行うことで、それぞれのAPにおいて、3台の公平な環境から7台の不公平な環境へ割り込めるか、また、このような状況でもTCP-AVは帯域確保できるのか、検証を行っている。

デスクトップ環境において、背景端末を全てTCP、移動端末をTCPとした時とTCP-AVとした時の移動端末のみの結果を図??に示す。移動端末がTCPである時は、不公平な環境へ割り込むことができないが、移動端末がTCP-AVである時は、割り込むことができる。ま

た, AP1 から AP2 へ TCP-AV が HO する前後では電波が弱くなるためスループットは下がるが, それ以外では, ある程度の帯域確保が可能であること, TCP-AV は移動端末が TCP である場合に比べて, 平均約 20 倍有利に帯域を確保できることが明らかにされている.

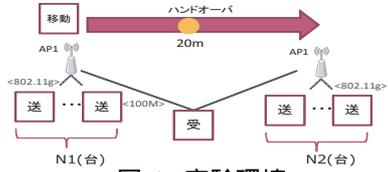


図 1: 実験環境

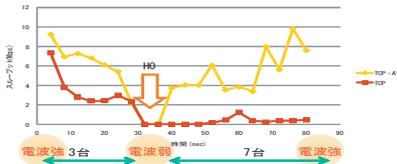


図 2: 移動 TCP と移動 TCP-AV の比較

3. 評価実験

本研究では, Android 環境での QoS-TCP の有効性を検証するため, 図??の実験環境において, 背景端末, 及び移動端末に, Android 端末を用いて実験を行った. また, AP は, 既存研究と同様の AP を使用する. 図??において TCP-AV が割り込める条件を示すため, N1 と N2 の台数を変化させて検証を行う.

3.1 TCP-AV が割り込める条件

TCP-AV が割り込める条件として, 接続先が何台までなら割り込めるのかを明らかにする. 図??において, N1/N2=2/7, 3/6, 4/5, 5/4, 6/3, 7/2 と背景端末数を変化させ, それぞれ 4 回評価を行った. 平均値を表 1 に示す. これより, 接続先の背景端末数が 3 台以下なら AP から 2m 離れた時点まで割り込み可能だが, 4 台以上だと, どんなに AP と近距離であっても, 背景 TCP に勝てないことが示された. 端末数や, 距離などの具体的な数値は, 使用する機器 (例えば, バッファサイズの異なる AP) によって, 多少の変動がある事が予想される. HO 後に割り込めなかった際の結果を図??に示す.

このように, デSKTOP環境と Android 環境で結果に大きな違いが生じた理由については, デSKTOP PC と Android 端末に用いられている TCP の差が原因であると考えられる. DESKTOP PC では, 2.2 節で述べたように, MAC 層の送信権制御, トランスポート層における輻輳ウィンドウ制御などが組み合わせられ, AP バッファでの TCP-ACK あふれが原因で不公平が起こる. しかし, デSKTOP PC で用いられている TCP(Linux 2.6.32.21-generic) よりも, Android 端末で用いられている TCP(Linux 2.6.32.9) の方が, 複数台通信を行った際もパケットロスを発生しにくく, 輻輳ウィンドウをあまり下げないような制御になっていると予想され, これにより, 不公平が起こりにくくなっていると考えられる. 本実験においても, 不公平について検証したところ, Android

端末を用いた環境では, 使用した AP のバッファサイズに対し, DESKTOP環境では不公平が起こる 7 台以上である 8 台を同時に通信させても, 不公平を確認することができなかった.

このような, 改良された TCP が用いられている Android 環境でも TCP-AV が割り込める場合がある理由について, 解析を行ったところ, TCP-AV が割り込める時点では, 割り込めない時点よりも背景端末のフレームエラーの発生率が約 10 %高くなっていた. 背景端末数が少なく, 尚且つ背景端末がフレームエラーでレートを下げた時のみ, TCP-AV が割り込めるものと思われる.

表 1: 評価結果

背景端末数 (台)	AP までの距離 (m)
1 ~ 3	2
4 ~ 7	不可

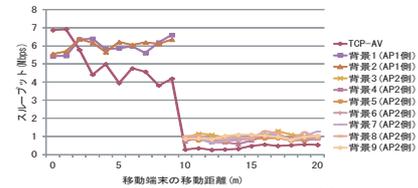


図 3: N1/N2=2/7 の結果

4. おわりに

DESKTOP PC を用いた, HO を伴う移動通信環境で有効性が示されている QoS-TCP(本実験では TCP-AV) を, Android 端末を用いた環境に利用したところ, TCP-AV を用いても, 接続先の端末数が少なく, 且つ, AP との距離が近くなると, 背景端末に割り込むことができないことを示した. また, TCP-AV が割り込める際には, 割り込めない時より多くのフレームエラーが, 背景端末に発生していることを明らかにした. DESKTOP環境との差が生じる原因については, 今後調査する予定であるが, Android 端末 (Android 2.2/Linux2.6.32.9 及び無線デバイス等の通信制御) が無線通信に特化する形に強く改善されていることが予想される. 今後は, 従来の TCP と Android 端末の TCP の違い, 及びフレームエラーが多く発生する端末と発生しない端末の違いを明らかにし, 無線環境での QoS 制御の改善を目指す.

参考文献

[1] R.Ando, T.Murase, and M.Oguchi. "Characteristics of QoS-Guaranteed TCP on Real Mobile Terminal in Wireless LAN," In Proc. IEEE 2011 International Communications Quality and Reliability Workshop (CQR2011),May 2011.

[2] H. Shimonishi, et al."Congestion Control Enhancements for Streaming Media," IEICE Transaction on Communications, Vol.E89B, No.9, pp.2280-2291, Sep 2006.