

移動通信における帯域保証 TCP の実機実験による性能評価

Experimental Results on Performance Evaluation of Bandwidth Guarantee Capable TCP
in Mobile Wireless Communications

安藤玲未¹
Remi Ando

村瀬勉²
Tutomu Murase

小口正人¹
Masato Oguchi

お茶の水女子大学¹
Ochanomizu University

NEC²
NEC Corporation

1 はじめに

近年, WLAN の普及, 動画ストリームや音声などのマルチメディア通信の需要の増加といった背景から, WLAN 環境におけるマルチメディア通信のための QoS(Quality of Service) 保証が大変重要となっている. 各プロトコルレイヤでの制御が提案されているが, VoIP などアプリレベルに特化した QoS 制御では, 多くの, あるいは新規のアプリに対応できないこと, また, MAC レベルでの制御では, アクセスポイント (AP) などの WLAN 機器自身の変更が必要になることから, 実現が難しい. これらの問題点を解決するために, QoS を必要とする端末側のみの変更で QoS 保証を行う方式として, TCP の輻輳制御を応用した QoS 制御 (QoS-TCP 制御と呼ぶ) が提案されている [1].

本稿では, WLAN で通信する端末の QoS-TCP 制御が移動時においても有効であるかどうかを調査する. 移動時においては, 電波強度の変化やハンドオーバ (HO) の影響が, 帯域確保に深刻な影響を与える可能性があるため, シミュレーションではなく, 実機での評価が重要である.

本稿ではまず, 2 章で従来研究と本研究との違いについて述べ, 3 章で実際に行った QoS-TCP の評価実験について述べる.

2 従来研究

本章では, 従来研究と本研究の違いについて述べる.

従来の研究では, 帯域保証 TCP の 1 つである TCP-AV について有線でのシミュレーションおよび実機での帯域確保力の検証が行われた [1]. TCP-AV の仕組みについては後述する. 更に, TCP-AV について, 固定の WLAN 環境において, シミュレーションおよび実機で帯域確保度合いの評価が行われた [2][3]. しかし, 移動した場合の帯域確保性能の評価はまだ行われていない. 移動の WLAN 環境における TCP の性能評価実験は, 既にいくつか報告されているが, QoS 保証の検証を目的とした研究はまだ行われておらず, どのような状況で帯域が確保できるのか明らかではない.

そこで, 本研究では, WLAN 環境において, 端末が移動した場合の QoS 保証についての評価を行う.

2.1 TCP-AV

まず, 今回利用した TCP-AV について簡単に述べる.

TCP-AV とはストリーミング通信の品質向上を目指して開発された, 指定帯域をできるだけ維持しようと試みる輻輳制御を持つ QoS-TCP の 1 つである. TCP の

基本的な輻輳崩壊回避メカニズムを保ったまま, 競合する通常の TCP が過剰に輻輳に反応する場合でも適度に反応することで, 通常の TCP が利用しない帯域を利用し, その結果指定した帯域を確保することができる, という仕組みである.

2.2 スループットにおける端末間の不公平

次に, 帯域確保力に大きな影響を与えるスループットにおける端末間の不公平事象について説明する.

同じ条件で通信しているにも関わらず, 端末間の TCP のスループットが極端に異なる状態が不公平な状態で, WLAN 環境では一般的に起こる現象として広く知られている. 不公平な状態の時, スループットが極端に低い端末のことを本稿では「不幸な端末」と呼ぶ.

この不公平は, MAC 層における送信権制御, 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 あふれが原因で発生する. AP のバッファサイズによって公平・不公平になる端末の台数が異なることも分かっている.

3 移動通信時における実機による帯域確保評価実験

3.1 移動通信における QoS 保証制御の課題

検討課題について述べる.

固定の WLAN 環境では, ある一定の条件で QoS 保証が可能である [3]. しかし, 移動時においては, 電波状況や HO 時における接続の瞬断等, 様々な環境の変化が TCP-AV の帯域確保に影響を与える可能性があるとして予想される. そこで本研究では以下の 2 つの課題について検証を行った.

1. 移動通信時に, AP からの距離が TCP-AV の帯域確保性能に及ぼす影響の調査

2. HO に伴うリンク切断からのスループット回復に関して, 通常 TCP と比較した TCP-AV の性能調査

1. について詳しく述べる. HO 後, 移動端末は接続先 AP で既に通信している端末より電波的に不利であるため, どの程度の電波状況で帯域確保できるかを明らかにするために, 電波状況の変動がある状況での移動実験を行う必要がある. また, 移動先が公平な場合と不公平な場合 (AP のバッファで既に重度のオーバーフローの状況) とでは移動端末の割り込み具合も異なると考えられる. 固定状況においても不公平な状態に割り込むのは困難なため, 移動する状況において不公平な状況に割り込むことはより困難であると予想される.

以上について TCP-AV を通常 TCP と比較することで検証を行う.

3.2 実験環境

実験環境を図1に示す。実験には市販の端末、APを使用した。不公平になる端末台数を決める要因であるAPのバッファサイズは一般には公開されていないため、本研究で使用するAP(Planex CQW-MR500)のバッファサイズを[4]と同様の手法で独自に測定した。このAPのバッファサイズは約265.5パケットで、著者がこれまで使用した市販AP[4]の中でも最も大きい部類に入る。このバッファサイズでは、固定状態では6台までが公平な状態、7台以上が不公平な状態になる。

全長20mの所を端末を持って歩き、途中でHOを行う。今回は実験を行う部屋の各所で電波状況を測定し、AP1とAP2の影響がほぼ等しいと考えられる所でHOを行った。詳しい電波状況については後述する。また、課題に挙げたように公平・不公平な状態での帯域確保度合いも検証するため、図1のようにAP1, AP2での背景トラフィックをそれぞれ2台、6台とし、移動端末が加わることによりそれぞれ3台、7台となり、公平・不公平な状態になるようにした。無線子機には、LinuxなどUSBタイプや内蔵のWLANインタフェースが使用できないものを想定し、イーサネットコンバータ(EC, Planex GW-EC300NAG5P)を使用した。また、APとECは別途シミュレーションと比較するため伝送レートを11gの54Mbpsと固定し、HOまでに電波が十分減衰するようAPの出力制御は10%とした。

HOの手法については最適なHO位置やシームレスHOなど様々提案されているが、市販の実機を改造せずにHOする方法は少なく、現状の実機では、WebブラウザからECの接続先を変更する手法で約10秒、が最短時間のHOであるためこの手法を用いる。

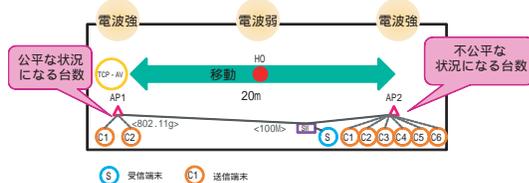


図1 実験環境

3.3 予備実験

まず、予備実験として各所における電波状況と端末1台でのスループットを測定した。電波状況の測定にはWifi Analyzer[5]を使用した。キャプチャ画面はAP1, 2付近とHOする点の3箇所の電波状況を示している。実験スループット計測結果を図2に示す。横軸がAPからの距離を表しており、0mにAP1を配置したとして、20mにAP2があり、中間地点でHOすると、スループットは、HO前まで単調減少して、HO後に単調増加する(TCP・UDPの上り・下りの計4種類をそれぞれ計測)。

3.4 移動TCPと移動TCP-AVの比較

実験結果を図3に示す。今回、TCP-AVは帯域を端末台数で均等に分割した場合の値であるfairshareより少し上の10Mbpsの帯域を確保するように設定した。3台から7台へTCP-AVがHOした際、電波が弱くなるHO付近ではスループットは下がるが、TCPが移動した時と比較すると、TCPは背景トラフィックから帯域を取

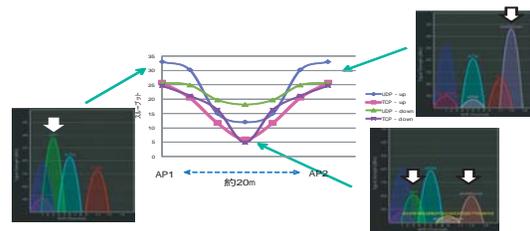


図2 各所のスループットと電波状況

れずに不幸な端末になってしまうのに対し、TCP-AVは可能な限り帯域を確保し、不幸な端末にはならず、TCPに比べて平均約20倍有利に帯域を確保できていることが分かった。このことからTCP-AVはHOによる品質劣化も最小限にできていると言える。

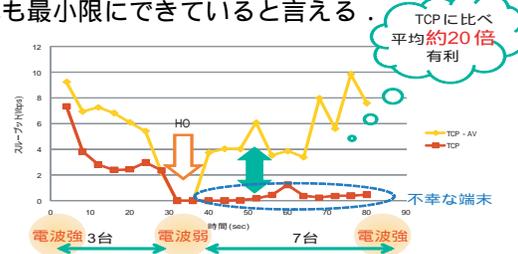


図3 実験結果

4 まとめと今後の課題

HOを伴う移動において帯域確保型TCPを用いたQoS制御が有効であるかどうかを検討した。WLANが持つスループット公平・不公平の特性、また電波の強弱のある環境で実験を行った結果、TCP-AVは移動通信においても帯域確保においてTCPに比べ約20倍有利に帯域確保できることが分かった。また、TCPを移動させた時とTCP-AVを移動させた時の結果を比較すると、TCPはHO後にスループットがほぼ0Mbpsになる「不幸な端末」となってしまうが、TCP-AVは帯域を確保できていることが分かった。

今後はシミュレーション結果との比較を行い、移動端末における、より効果的なTCP-AVの利用法の提案・実証をしていきたい。

参考文献

- [1] H.Shimonishi, et al., "Congestion Control Enhancements for Streaming Media," IEICE Trans. on Comm., Vol.E89B, No.9, pp.2280-2291 Sep. 2006.
- [2] 赤瀬謙太郎, 村瀬勉, 平野由美, 石田賢治, 小畑博靖: 無線LAN環境における帯域確保を目指したTCP輻輳制御方式, 信学技法, vol.108, no.342, pp.1-6 2008年12月.
- [3] 新井絵美, 平野由美, 村瀬勉, 小口正人: 無線LAN環境における実機特有の帯域公平性についての検討とQoS保証TCPの性能評価, 2009 DEIM Forum, D3-5, 2009年3月.
- [4] 安藤玲未, 村瀬勉, 小口正人: 無線LANの様々な条件における帯域公平性の検証とQoS保証TCPの性能評価, DICOMO2010, 2010年7月
- [5] Wifi Analyzer: <http://jp.androlib.com/android.application.com-farproc-wifi-analyzer-jFCm.aspx>