

高負荷 WLAN における DCCP による ビデオストリーミング性能評価

大塚裕太[†] 石原進[‡]

静岡大学工学部[†] 静岡創造科学技術大学院[‡]

1 はじめに

近年通信速度の高速化に伴い、IP 電話、オンラインゲームといったリアルタイム通信を必要とするアプリケーションが広く普及してきており、中でもビデオストリーミングの分野は、インターネット網を利用したテレビ電話や複数の会議室を繋ぐビデオ会議など我々にとってより身近なサービスとなってきている。このようなリアルタイムマルチメディア通信を実現するためには低遅延や帯域に見合ったレート制御の実現が必要であり、そのための伝送プロトコルとして Datagram Congestion Control Protocol (DCCP) が注目されている。

WLAN 環境下において DCCP による通信を行う場合、複数台端末によるチャネルの競合や高レートで通信を行う移動端末のハンドオーバによって端末一台あたりの利用可能帯域幅の著しい低下が予想される。

このように複数台端末によるチャネルの競合や端末のハンドオーバによって端末一台あたりの利用可能帯域が減少した場合、アプリケーションレベルの影響としてフレームロスによる動画の停止などが予想される。

本稿では高負荷 WLAN 環境下へのハンドオーバ時における DCCP CCID3 のシミュレーションによる性能評価について述べる。

2 DCCP

DCCP とは、リアルタイム通信を行う際に必要な、エンドエンド間の輻輳制御を行うための伝送プロトコルである [1]。リアルタイム通信を行うという特性上、DCCP では不達を確認した場合にも送信者はパケットを再送する事はない。

DCCP の特徴として、Congestion Control ID (CCID) によるレート制御方式の変更が可能であるという点が挙げられる。CCID は 0 から 255 まで存在するが、現在そのレート制御方式が定義されているのは CCID2 および 3 のみである。これらの CCID はレート制御を行うための帯域見積もり方法こそ異なるものの、両者とも TCP との公平性を考慮したフィードバック制御を行うという点で共通性を持つ。本稿では、TCP Friendly Rate Control (TFRC) を実装した CCID3 に

ついて評価を行う。

2.1 DCCP CCID3 (TCP Friendly Rate Control)

CCID3 では、同一ネットワーク内に存在する TCP との親和性を考慮したレート制御方式である TFRC [2] が定義されている。TFRC では受信者がフィードバック情報を送信し、送信者はそのフィードバック情報を元に帯域幅の見積もりを行う。フィードバック情報に含まれる情報は、 $t_{recvdata}$ (受信者が最後にデータパケットを受信した時刻)、 t_{delay} (受信者がデータを受け取ってからフィードバックを送信するまでの経過時刻)、 X_{recv} (受信側による利用可能帯域幅の見積もり)、 p (ロスイベント率) の 4 つとなる。また、TFRC による利用可能帯域幅 X の見積もりは以下の式によって行われる。

$$X = \frac{s}{R \cdot \sqrt{\frac{2bp}{3}} + \left(t_{RTO} \cdot \left(3 \cdot \sqrt{\frac{3bp}{s}} \cdot p \cdot (1 + 32p^2) \right) \right)} \quad (1)$$

s はパケットサイズ、 R は Round Trip Time、 p はロスイベント率、 T_{RTO} は再送タイムアウト、 B は TCP フローが送信されたパケットに対して ACK を返す割合 (通常は 1) である。

TFRC の特徴として同一ネットワーク環境下に存在する TCP フローに対して、同等の平均帯域が得られるような帯域見積もりを行うという特徴がある。また利用可能帯域幅の見積もりを行う事で伝送レートを決定するため、利用可能帯域が急激に変動しない限りはデータの転送レートが大幅に変動する事はない。以上の理由から、CCID3 はビデオストリーミングといったマルチメディア通信を行うにあたって有効なトランスポートプロトコルであると考えられる。

3 シミュレーション

3.1 前提

高負荷 WLAN 環境下において、ハンドオーバが DCCP CCID3 での通信品質に与える影響を OPNET によるシミュレーションによって評価した。DCCP プロトコルには OPNET Contributed Models である TU Braunschweig DCCP Model [3] を用いた。同モデルは下位レイヤを定義しない 1 対 1 の IP ネットワークを前提に設計されていたため、これを一般的な無線 LAN 上の IP ネットワークに対応可能となるよう一部を改変

Performance evaluation of video streaming on DCCP in heavily loaded WLANs

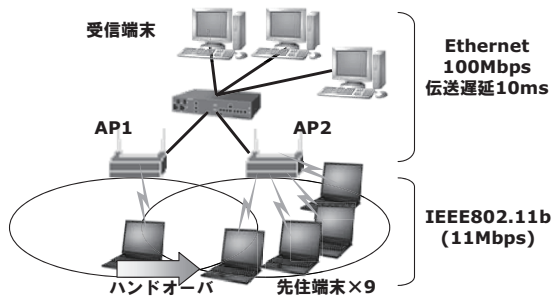
Yuta Otsuka[†], and Susumu ISHIIHARA[‡]

[†]Faculty of Engineering, [‡]National Institute of Information and Communications Technology, Shizuoka University

して利用した。

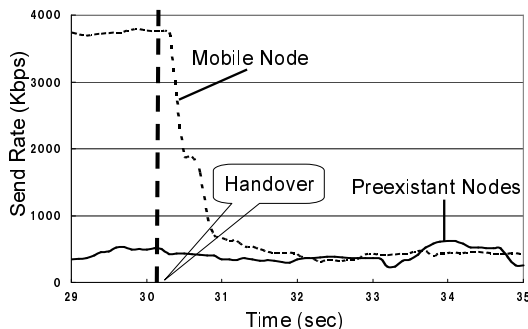
図 1 にシミュレーションで用いたネットワーク構成を示す。各無線端末はインターフェースとして IEEE 802.11b を備え、シミュレーション開始から 5 秒経過した時点でアクセスポイント (AP) を通じて固定ネットワークに存在する端末に向けて DCCP CCID3 による通信を行う。

ハンドオーバは十分に短い期間で完了することとした。これは高い送信レートを維持した移動端末が混雑した移動先ネットワークへ与える影響の上限を確認するためである。AP1 と通信を行う移動端末はシミュレーション開始から 30 秒経過時に AP1 から離脱し、30.5 秒経過時 AP2 との接続を行う事でハンドオーバを完了させる。ハンドオーバ先である AP2 には 9 台の先住端末 (移動端末がハンドオーバを行う以前からハンドオーバ先で通信状態にある端末) が通信を行っている。



3.2 ハンドオーバ発生時における送信レートの推移

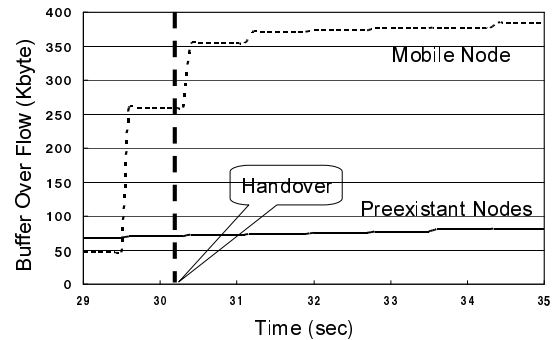
図 2 は移動端末の送信レートおよび先住端末の平均送信レートの変化を表す。ハンドオーバ時点およびその直後における移動端末の送信レートに注目すると、ハンドオーバが完了する時刻からレートは減少していき、ハンドオーバ後 2 秒程度で先住端末と同等の送信レートとなっている。これはハンドオーバ完了までの期間である 0.5 秒間に MAC 層の送信バッファに溜められたパケットがオーバーフローを起こしたため、DCCP CCID3 がパケットロスを検出し送信レートを下げたためだと考えられる。一方、先住端末ではレートが若干減少した。移動端末が高い送信レートを一時的に維持する事で先住端末の送信レートが大幅に減少することが予想されたが、このような現象は観測できなかった。



3.3 MAC 層での累積バッファオーバーフローの影響

図 3 はそれぞれ移動端末の MAC 層における累積バッファオーバーフロー数および、先住端末の平均累積バッファオーバーフロー数を表している。

ハンドオーバ発生直後の推移を見ると、移動端末には急激なオーバーフローが発生しているのに対して、先住端末にはそのような現象は現れない。この事から分かるようにハンドオーバ発生において高い送信レートを有する移動端末は、自身のパケット送信機会が他の先住端末よりも多いためパケットロス率が上昇し、その結果送信レート減少に至ったと考えられる。



4 まとめ

本稿では高負荷 WLAN 環境下へのハンドオーバが、DCCP CCID3 によって UDP フローを送信する端末にどのような影響を与えるか検証を行った。シミュレーションを行った結果、移動端末は高負荷 WLAN 環境にハンドオーバを行った場合には 1~2 秒高い送信レートを維持するものの、移動先のほかの端末の通信には大きな影響は与えず、その後は他の端末と同等の送信レートとなる事が確かめられた。

今回のシミュレーションでは DCCP の送信レートの推移を調べるにとどまったが、実際のマルチメディア通信ではデータの再生品質が問題となる。特に移動端末がデータを送信する事になる双方向動画通信においては再生バッファを大きくすることが難しい。このため、移動端末のハンドオーバ後の 1~2 秒にわたる高レートの通信は再生データの到達遅れを伴う画像フレームロス等を招く可能性がある。今後 DCCP によって通信させるビデオデータの再生品質に着目して詳細な検討を行う予定である。

参考文献

- [1] E. Kohler, S. Floyd: "Datagram Congestion Control Protocol (DCCP)," IETF RFC4340, Mar. 2006
- [2] M. Handley, S. Floyd, J. Padhye, J. Widmer: "TCP Friendly Rate Control (TFRC): Protocol Specification," IETF RFC 3448, Jan. 2003
- [3] X. Gu, P. Di, L. Wolf: "Performance Evaluation of DCCP: A Focus on Smoothness and TCP-friendliness" Annals of Telecommunications Journal, Special Issue on Transport Protocols for Next Generation Networks, Jan 2006