

無線 LAN 環境における DCCP CCID3 フローの送信レートと受信間隔揺らぎの関係性

星川雄大* 大塚裕太† 石原進‡

静岡大学工学部*

† 静岡大学大学院工学研究科

‡ 静岡大学創造科学技術大学院

1 はじめに

ビデオストリーミングなどのアプリケーションでは、主にトランスポートプロトコルとして UDP が用いられる。しかし、UDP は輻輳制御機構を備えておらず、TCP と UDP が混在している環境下では、TCP のみが送信レートを制御し、不公平性が発生する。そこで、Datagram Congestion Control Protocol (DCCP) では UDP 同様通信の信頼性は保障せず、輻輳制御機構を実現している。この DCCP は伝送方式を選択可能であり、CCID3 では TCP-Friendly Rate Control (TFRC) が採用されている。

この TFRC は、受信者側から 1RTT 毎に送られてくるフィードバック情報を基にレート制御を行うことで、TCP と公平な通信が可能である。このフィードバック情報には、受信レートやロスイベント率、RTT の見積もりなどが含まれており、送信側は TCP レート方程式を用いて送信レートを決定する。TFRC では、RTT の見積もりの際、過去のフィードバック情報に比重を置いているため、安定した送信レートを保つことができ、マルチメディア通信などに向いている。しかし、無線 LAN 環境の異なるアクセスポイント (AP) 間を相互にハンドオーバー (HO) した場合、HO 後にも HO 前のフィードバック情報が反映され、適切にレート変更がされないという問題がある。これを解決するため、HO 前に HO 先の無線リンク環境に適した送信レートへ変更する予測レート制御手法が提案されている [1]。

著者らは、このレート予測のために、無線リンクの受信間隔の揺らぎ (ジッタ) を用いる手法を提案している [2]。隠れ端末のない理想的な環境におけるシミュレーションでは、DCCP CCID3 送信レートとジッタの間に強い関係性が見られた。しかし、実環境での実験 [3] では、同様の関係性は見られなかった。

本論文では、隠れ端末が発するバックグラウンドトラフィックがある場合での、DCCP CCID3 送信レートとジッタの関係性をシミュレーションにより評価する。

2 ジッタ測定による予測レート制御手法

一般的に、無線 LAN では、リンクの混雑状態によってジッタが変動することが知られている。無線リンク

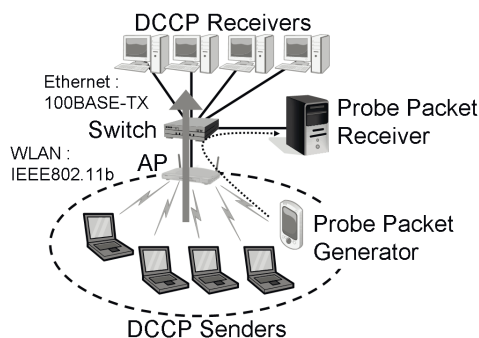


図 1: ネットワーク構成

への負荷が小さい場合は、ジッタが小さく、高い送信レートでの通信が可能であると予測できる。一方負荷が大き場合は、ジッタが大きくなり、低い送信レートで通信を行う必要があると予測できる。

文献 [2] では、図 1 に示すようなネットワークを構築し、DCCP Sender の増加に伴う、DCCP 送信レートとジッタの関係性をシミュレーションによって評価している。ジッタ測定は、Probe Packet Generator (PPG) が定期的に Probe Packet Receiver (PPR) にパケットを送り、PPR が以下の式に基づいてジッタを計算することで行っている。 t_i は i 番目のパケット受信時刻である。

$$Interval_i = t_i - t_{i-1}$$

$$Jitter_i = |Interval_i - Interval_{i-1}|$$

文献 [3] では、大学研究室内の環境において、図 1 に示すネットワークで、DCCP Sender の数を 1 台から 4 台まで変化させ、文献 [2] 同様の方法でジッタ測定を行い、DCCP 送信レートとジッタの相関を評価している。この測定では、測定ごとに DCCP 送信レートの平均とジッタの平均が大きく変動し、両者間の相関が見られなかった。この実験では、チャンネル競合を防ぐようにチャンネル選定がされているものの、各端末の通信は他の AP を用いる他端末の通信の影響を受けている。したがって、隠れ端末を含むバックグラウンドトラフィック源がある場合においても、DCCP 送信レートとジッタの間に相関が見られるかどうかのシミュレーション評価が必要である。

3 シミュレーション

本章では、シミュレーションによって、隠れ端末が発するバックグラウンドトラフィックがある環境を構築し、隠れ端末が DCCP 送信レートとジッタに与える影響を評価する。

Takehiro HOSHIKAWA*, Yuta OTSUKA† and Susumu ISHIHARA‡

*Faculty of Engineering, Shizuoka University

†Graduate School of Engineering, Shizuoka University

‡Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

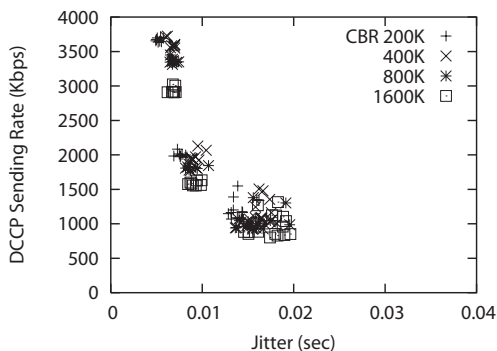


図 2: CBR 送信端末が 1 台の時の CBR 送信レート変化に伴う DCCP 送信レートとジッタの関係性

表 1: バックグラウンドトラフィックの発生条件

ケース	CBR 台数 (台)	CBR レート (Mbps)
case1	1 (固定)	0.2, 0.4, 0.8, 1.6
case2	1, 2, 3, 4	0.4 (固定)

3.1 シミュレーション条件

文献 [2] 同様のネットワーク構成, ジッタ測定方法を用い, 隠れ端末が発するバックグラウンドトラフィックの影響がある場合のシミュレーションを行った. シミュレータには OPNET を使用した. シミュレーション時間は 150 秒として, 通信が安定している開始後 10 秒から 150 秒までの測定値を用いて DCCP 送信レートの平均値とジッタの平均値を計算した. バックグラウンドトラフィックは, DCCP 端末とは互いに隠れた位置関係にある端末から CBR フローを発生させた. CBR 端末グループ内の CBR 端末同士は互いに隠れておらず, DCCP 端末と PPG も互いに隠れていない.

CBR 端末の台数を固定してレートを変動させた場合と, CBR 端末のレートを固定し端末台数を変化させた場合それぞれについて, DCCP 端末の台数を 1 台, 2 台, 4 台, 6 台と増やし, シナリオ毎に, 8 回シミュレーションを行った. バックグラウンドトラフィックの発生条件を表 1 にまとめた.

3.2 シミュレーション結果

図 2 に CBR 端末の台数を 1 台に固定し, CBR 送信レートと DCCP 端末の台数を変化させた場合の結果を示す. CBR 端末の送信レートが増加すると, DCCP 端末 1 台あたりの送信レートが 3% 程度減少する. 一方ジッタは, CBR 端末の送信レートが増加しても影響を受けていない. つまり, DCCP 送信レート-ジッタの関係性を示す曲線がグラフの下側にシフトしている.

図 3 に CBR 端末 1 台あたりの送信レートを 400Kbps に固定し, CBR 端末の台数と DCCP 端末の台数を変化させた場合の結果を示す. CBR 端末の台数が 1 台増えると, ジッタが 4ms 程度増加しているが, DCCP 端末 1 台あたりの送信レートは, CBR 端末の台数が増加しても影響をほとんど受けていない. つまり, DCCP 送信レート-ジッタの関係性を示す曲線がグラフの右側にシフトしている.

以上の結果より, バックグラウンドの端末が 1 台の場合は, バックグラウンドトラフィックの負荷が変化しても, DCCP 送信レートとジッタに強い相関が見られ

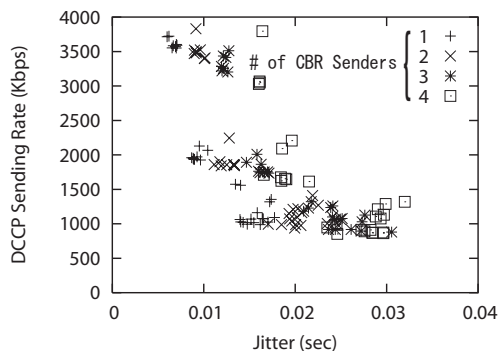


図 3: CBR 送信レートを固定した場合の CBR 台数変化に伴う DCCP 送信レートとジッタの関係性

るといえる. このような場合は, ジッタを測定することで, DCCP 送信レートの予測が可能だと考えられる.

一方で, バックグラウンドの端末数が増加する場合は, DCCP 送信レートは影響を受けないが, ジッタの値は増大する. このような場合, 同一のジッタが観測されても, バックグラウンドの端末が少なければ DCCP 送信レートは高い値となるが, バックグラウンドの端末が多ければ DCCP 送信レートは低い値となってしまう. しかし, バックグラウンドの端末台数がわかれば, 特定の端末台数に着目した DCCP 送信レートとジッタの関係性を用いて, ジッタから DCCP 送信レートを予測できると考えられる. したがって, バックグラウンドの端末が多い場合でも, AP に接続しているアクティブな端末台数を調べる, あるいは, アクティブであるかにかかわらず AP に接続可能な状態の端末台数を調べることで, 適切な DCCP 送信レートとジッタの関係性を用い, ジッタから DCCP 送信レートを予測可能だと考えられる.

4 まとめ

本論文では, 隠れ端末が発するバックグラウンドトラフィックがある場合での, DCCP 送信レートとジッタの関係性をシミュレーションにより評価した. 隠れ端末の台数が変動した場合ジッタのみを用いた DCCP 送信レートの推定は困難であるが, 隠れ端末台数を把握できれば, 台数に合わせた DCCP 送信レート-ジッタの関係性より, DCCP 送信レートの推定が可能であると考えられる. 今後の課題としては, バックグラウンドの端末台数の検出方法や, ジッタとバックグラウンドの端末数を合わせた DCCP 送信レート予測手法の検討などが挙げられる.

参考文献

- [1] S. Ishihara *et al.*: Predictive rate control for real-time video streaming with network triggered handover, in proc. of WCNC2005, NET-06-03, (2005)
- [2] 田村大輔 大塚裕太 石原進: 無線 LAN ハンドオーバー時の DCCP 予測レート制御のためのジッタ観測値利用の検討. 信学技報, vol. 108, no. 218, MoMuC2008-50, pp. 45-50 (2008).
- [3] 大塚裕太 田村大輔 石原進: 無線 LAN ジッタ測定による DCCP 送信レートの推測. 信学技報, MoMuC2007-69, pp. 25-30 (2008).