

無線 LAN 端末におけるチャネル競合端末数と往復遅延情報を用いる TCP 輻輳制御

平井 敏之† 大坐 晶 智 ‡ 川島 幸之助†

†東京農工大学 ‡電気通信大学

1. はじめに

無線 LAN に通信速度の速い有線 LAN から多量のデータが流れてくると、そのデータを処理しきれず無線 LAN で輻輳が発生する。TCP では無線 LAN の状態を把握できず、パケットロス発生までウィンドウサイズを増加させるのが原因である。

本研究では無線 LAN 端末は無線の状態を推定し、その状態にあったウィンドウサイズの制御をする。そして、リアルタイム通信に使用される UDP 通信の通信品質を向上させる方式を提案し、コンピュータシミュレーションで評価する。

2. 提案手法

2.1 提案手法概要

[1]の研究では 1 台の無線 LAN 端末が MAC フレームの NAV という情報を基に、無線 LAN のチャネルの利用状況を推定する。チャネルの利用状況を基にウィンドウサイズを制御することで、過剰な TCP トラフィックの発生を抑える。

本研究では、チャネルの利用状況とスループットの実測値を利用して、ウィンドウサイズを制御する。そして過剰なトラフィックを制限することにより、通信品質の向上を目指す。

2.2 チャネル利用率

無線 LAN のチャネルの利用状況は NAV の値から推定することができる。RTS によるキャリアセンスを図 1 に示す。

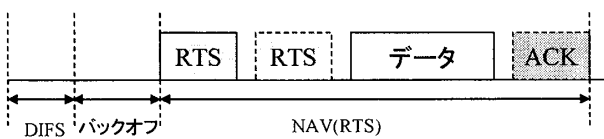


図 1: RTS のキャリアセンス

図 1 よりチャネル利用時間は(1)式で計算できる。チャネルが利用されている時間率をチャネル利用率(以下、*ratio*)と定義し、(2)式で求める。

A TCP Congestion Control using Number of Active Wireless Users and Information of Wired Communication Delay

†Toshiyuki Hirai, ‡Satoshi OHZAHATA,

†Konosuke KAWASHIMA

†Tokyo University of Agriculture and Technology

$$\text{チャネル利用時間} = \text{DIFS} + \text{平均バックオフ} + \text{RTS送信遅延} + \text{NAV(RTS)} \quad (1)$$

$$\text{チャネル利用率} = \frac{\text{チャネル利用時間合計}}{\text{制御期間}} \quad (2)$$

2.3 提案方式の動作

提案方式では、無線 LAN 端末が 200ms ごとにウィンドウサイズを制御する。*cwnd*(輻輳ウィンドウ)の制御方法を図 2 に示す。*awnd*(広告ウィンドウ)を制御する場合、*cwnd* を *awnd* に変更して同じ動作を行う。

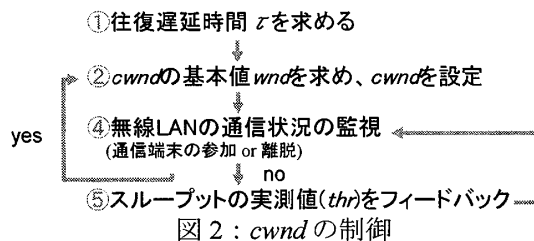


図 2: *cwnd* の制御

① 往復遅延時間 τ を求める

コネクション確立時に、SYN パケットと SYN-ACK パケットの到着間隔から τ [ms] を推定する。

② *cwnd* の基本値 *wnd* を求め、*cwnd* を設定

端末に設定するスループットの基本値を *baseThr* [bps] とする。*ratio* が最大値となった制御期間の合計スループットの実測値 (*sumThr* [bps]) から計算する。

$$\text{baseThr} = \frac{\text{sumThr}}{\text{チャネル競合端末数}} \times \text{ratio} \quad (3)$$

無線 LAN 以外でスループットを低下させる原因がないとき、*baseThr* で通信するのに必要なウィンドウサイズ (*wnd* [Byte]) は(4)式で計算できる。

$$\text{wnd} = (\text{baseThr} \times \tau) / 8 \quad (4)$$

この値を *cwnd* の基本値とし、 $\text{cwnd} \geq \text{wnd}$ を満たすとき、*cwnd* を *wnd* の値で上書きする。

⑤ 無線 LAN の通信状況を監視

同じ送信元 MAC アドレス (アクセスポイント

の場合は宛先アドレス)のフレームを 10 回見つけると、チャンネル競合端末数を+1 する。

⑥スループットの実測値 (thr) をフィードバック制御期間内でのスループットの実測値 ($thr[bps]$)、 $ratio$ が混雑していると判定する閾値 α 、ウィンドウサイズの増減割合 β 、変数 $feedback$ から、次のアルゴリズムで wnd の値を修正する。

```

if  $ratio > \alpha$  then
    if  $thr \geq baseThr$  then  $wnd = wnd \times (1 - \beta)$ 

    //baseThrを低下させ、チャンネル混雑を解消
    else if  $thr < baseThr \ \&\& \ feedback == 1$  then
         $baseThr = baseThr \times (1 - \beta)$   $feedback = 0$ 
        → (4)式から  $wnd$  を計算
    else  $feedback = 1$ 

else if  $ratio \leq \alpha$  then
    //チャンネルが空いているので、baseThrを元の値に
    if  $thr \leq baseThr$  then
         $baseThr = sumThr \times ratio / \text{チャンネル競合端末数}$ 
        → (4)式から  $wnd$  を計算へ
    else if  $thr > baseThr$  then  $baseWnd = baseWnd \times (1 + \beta)$ 
    
```

3. 評価実験

3.1 実験方法

QualNet4.0 シミュレータを使用して提案方式を評価する。実験の構成を図 3 に示す。無線 LAN 端末 5 台が TCP でアップロード (バックグラウンドトラヒック) を 3s から開始する。その後 2s 後にダウンロード端末(STA1~STA5)がサーバから 4Mbps の UDP でダウンロード (動画) を行う。ダウンロード端末数を 1~5 台に変化させたときの UDP 通信の通信品質を調べる。

計測期間は 50s とし、IEEE802.11a のデータ転送速度は 54Mbps に固定。アクセスポイントのバッファサイズは 100 パケットに設定する。制御パラメータ $\alpha = 0.9$ 、 $\beta = 0.2$ とする

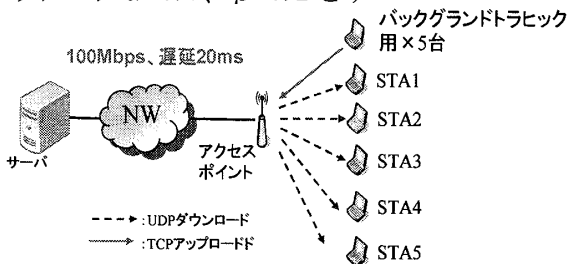


図 3 : 実験の構成

3.2 実験結果

ダウンロード端末を増加させたときの TCP の平均スループットを図 4 に、UDP の平均パケットロス率を図 5 に示す。制御をすることで、UDP 通信の通信品質を低下させる過剰なトラフィックを減らすことに成功し、UDP のパケットロス率を低下させることができた。

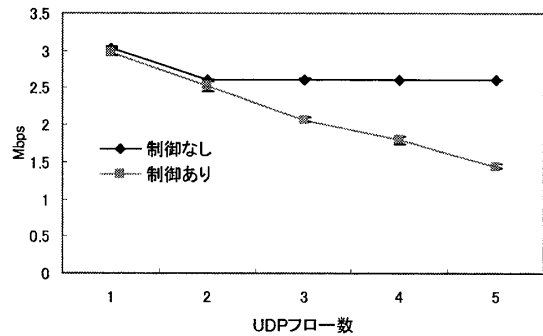


図 4 : TCP のスループット

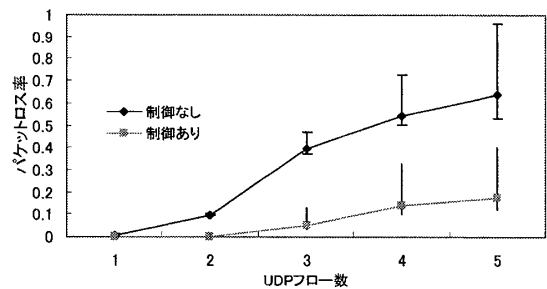


図 5 : UDP のパケットロス率

4. まとめ

本研究ではチャンネルの混雑状況とスループットから、ウィンドウサイズを制御した。シミュレーション実験により、UDP 通信の通信品質を低下させるトラフィックを抑えることを示した。

今後の研究課題として、TCP の振る舞いがモデル化されたものを使用し、評価を行いたい。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省特別教育研究費 共生情報工学研究推進経費によるものである。ここに記して感謝する。

参考文献

[1] Kengo Mikoshiba, Satoshi Ohzahata, Konosuke Kawashima, "Adjusting TCP Window Flow Control based on Channel Occupancy Information of IEEE 802.11 Systems," Proc. of IEEE PIMRC 2009, 2009.