

無線 LAN における通信品質改善のための MAC 層の情報をを用いた TCP ウィンドウ制御

井尻 恵也† 大坐島 智‡ 川島 幸之助†
† 東京農工大学 ‡ 電気通信大学

1. はじめに

TCP ではエンドノードで利用ネットワークの混雑状況を直接測定することができないため、輻輳が発生するまでウィンドウサイズを段階的に増やし帯域幅を取れるだけ取ろうとする。そのため、無線部分がボトルネックとなる無線 LAN では、TCP 通信によりストリーミング配信などのリアルタイム性が要求される通信サービスに必要な通信品質を確保することが困難であるという問題が発生する。

この問題に対処するため、各無線端末のチャンネル利用率を測定し、ウィンドウサイズを適切に設定し利用帯域幅の調整を行うことにより、リアルタイム性が要求される通信サービスに対する影響を抑える方式を提案する。実機による評価で、提案する MAC 層と TCP 層でのクロスレイヤ制御が通信品質を改善することを示す。

2. 提案方式

MAC 層の情報として NAV の累計値を計測し、無線ネットワークのチャンネル利用率を求めることが可能である。チャンネルの混雑状況に応じて輻輳ウィンドウサイズを適切に設定し、他端末の通信状況を悪化させる過剰なトラヒックの発生を抑える [1]。この制御方式を複数端末に対応させることで、より無線 LAN の実利用形態に近い環境で制御を行い、評価することが可能となる。

2.1 チャンネル利用率の計測

IEEE 802.11 における隠れ端末問題の解決策として RTS/CTS がある。RTS/CTS を用いた場合の通信の流れを図 1 に示す。

RTS フレームと CTS フレームには NAV と呼ばれるデータフレームが送信され、ACK フレームが返ってくるまでの時間が設定される。RTS, DIFS, Backoff の時間は予測可能であるので、NAV により各端末のチャンネル

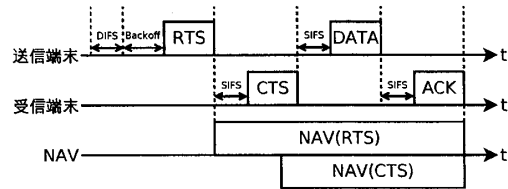


図 1: RTS/CTS によるキャリアセンス

利用時間を求めることができる。ここで、ネットワークに参加している全端末が利用したチャンネルの時間率をチャンネル利用率と定義する。

2.2 輻輳ウィンドウサイズの制御

TCP では確認応答を待たずに送ることのできるセグメント数をウィンドウサイズとし、ウィンドウサイズを増加させることで利用帯域幅を増加させる。TCP ではネットワークの輻輳を防ぐために、*cwnd* (輻輳ウィンドウサイズ) を少しずつ大きくし、輻輳が発生すると一時的に *cwnd* を小さくする輻輳制御を行う。提案方式における送信側の処理として、*ratio* (チャンネル利用率) に応じて *cwnd* の制御を以下のように行い、過剰なトラヒックの発生を抑える。ここで、 α はチャンネルの混雑、 β はチャンネルの空きを判定する閾値で、 Δ はウィンドウサイズの増減割合である。

```
if ratio >  $\alpha$  then
    cwnd ← (1 -  $\Delta$ ) * cwnd
else if ratio <  $\beta$  then
    cwnd ++
end if
```

2.3 広告ウィンドウサイズの制御

受信側によるウィンドウ制御として広告ウィンドウ制御がある。TCP では、受信バッファの空き状況に応じて送信側にウィンドウサイズを通知し、データの送出量を制限する。提案方式における受信側の処理として、*ratio* に応じて *rcv_ssthresh* (広告ウィンドウサイズの最大値) を以下のアルゴリズムに従い設定し、過剰なトラヒックの発生を抑える。

```
if ratio >  $\alpha$  then
    rcv_ssthresh ← (1 -  $\Delta$ ) * rcv_ssthresh
```

TCP Window Control for QoS Improvement
using the MAC Layer Information over Wireless LAN
†Keiya IJIRI ‡Satoshi OHZAHATA †Konosuke KAWASHIMA
†Tokyo University of Agriculture and Technology
‡The University of Electro-Communications

```

else if ratio <  $\beta$  then
    rcv_ssthresh  $\leftarrow$  (1 +  $\Delta$ ) * rcv_ssthresh
end if
    
```

2.4 実装

提案方式を Fedora Core 6 上に実装した。無線 NIC に Atheros 社製チップを使用し、チャンネル利用率を計測できるように Linux 無線ドライバである madwifi [2] を修正した。また、輻輳ウィンドウ、広告ウィンドウの制御を行うカーネルモジュールをそれぞれ作成した。

3. 評価

3.1 実験設定

評価実験の構成を図 2 に示す。無線端末 (STA1-STA4) は同一の AP に接続している。AP とサーバ間は帯域幅 100Mbps、遅延 100ms とし日米間ブロードバンド通信を想定している。サーバから各端末に 2Mbps の CBR で UDP フロー (ストリーミング配信) を、サーバと各端末間で上り、下りの TCP フロー (バックグラウンド通信) を同時に 100 秒間送信する。制御パラメータの値に $\alpha = 0.8$, $\beta = 0.6$, $\Delta = 0.2$ を使用した。通信に参加する端末台数を 1 から 4 に増やしたとき、既存方式と提案方式で UDP フローの通信品質に対し比較評価を行う。

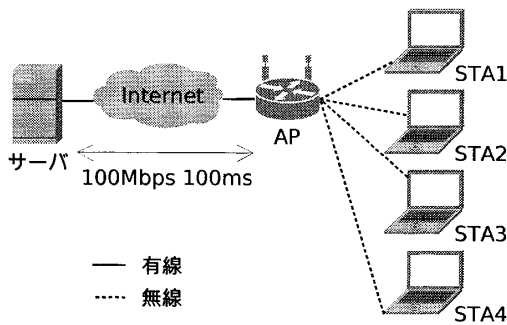


図 2: ネットワーク構成図

3.2 結果

UDP フローの 10 回の繰り返し実験による平均スループットを図 3 に、平均パケットロス率を図 4 に示す。図中の誤差棒は、95% 信頼区間を示している。

端末台数が増加した場合でも、提案方式は UDP フローのスループットおよびパケットロス率に悪い影響を与えていないことがわかる。これは、他の通信品質に影響を与える過剰なトラヒックを TCP フローが発生しなかったためである。提案方式により、通信状況を悪化させない TCP フローのトラヒック制御が可能である。

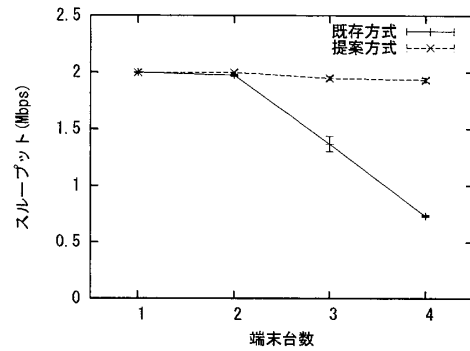


図 3: 端末台数の変化とスループット

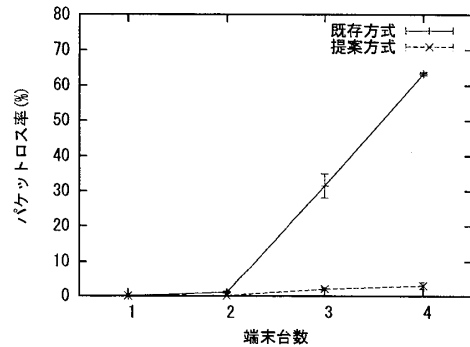


図 4: 端末台数の変化とパケットロス率

4. まとめ

MAC 層の情報を用いることで、他の通信品質を低下させることなく TCP フローの獲得する帯域を制御する方法を実現した。テストベッドによる評価により、提案方式は通信品質を改善することを示した。今後の課題として、QoE による品質評価を行いたいと考えている。

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.
- [2] madwifi-project.org - Trac (オンライン), < <http://madwifi-project.org/> > (参照 2010-1-10) .