

802.11 無線 LAN における複数端末の送信タイミング制御シミュレーション

Simulation of Controlling Transmission Timing among Many Nodes in 802.11 Wireless LAN

田島照久[†]

岡部寿男[‡]

Teruhisa Tajima

Yasuo Okabe

1. はじめに

近年、各個人がラップトップ PC やスマートフォンなどに代表される複数の無線機器を所持するようになった。それらをネットワークに接続するため、多くの場所で無線 LAN を使用している。その結果、空間に存在する無線端末数が増加し、無線メディアのパフォーマンスが低下していると考えられる。

802.11 無線 LAN には 2 種類のメディアアクセスコントロールが存在する。基地局が集中的に管理する Point Coordination Function (PCF) 方式と、各端末が自律的に制御を行う Distributed Coordination Function (DCF) 方式である。PCF を用いた場合には、確かにパケットの衝突は起こらないが、ポーリングを待つので端末数が増加すると性能が劣化する。一方、DCF を用いた場合には、パケットを送出しようとしている端末自身で、無線メディアが他の端末や基地局により使用中であることを検出し、待機することでパケットが衝突するのを回避している。また、この待機時間を Contention Window (CW) という。他には制御フレーム Request To Send / Clear To Send (RTS/CTS) を用いて各端末の通信を排他的に制御することで、衝突回避する仕組みも存在する。しかし、これらの仕組みも無線ネットワークに参加する端末数が増えるとともに、衝突確率が高まり通信効率は劣化する。そこで各端末のメディアアクセス制御を考えることは重要である。特に単純なバス型ではない無線メディアにおいて、送信を開始するタイミングを制御するのは重要であり、性能向上に結びつく。

本研究では、802.11 無線 LAN において複数端末が同時に通信を試みる混雑時にも高いスループットで TCP 通信を行うことを目標とする。さらに、既存の設備を変更せずに達成することも目標とし、無線端末側のみで対応することを目指す。本稿では、そのような混雑時に送信タイミングを変化させ、通信への影響をシミュレーションで評価する。

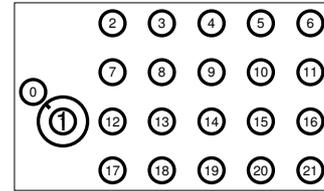


図 1: ns2 にて設定したネットワーク

2. 関連研究

通信路が混雑している場合には輻輳制御が重要となる。輻輳制御は主にリンクレイヤーでのメディアアクセスコントロール、TCP などのトランスポートプロトコルによって実現される。

リンクレイヤーにおいては、パケットの送出タイミングを制御する以外にも、送信出力を制御する方針や、パケット長を制御する方針がある。トランスポートレイヤーにおいては、無線環境で使用するための TCP, Wireless TCP での輻輳制御 [1] が研究されている。TCP Jersey や TCP Westwood では、Explicit Congestion Notification (ECN) や ACK の受信間隔を用いて端末が利用可能な帯域を推定している。Wireless TCP である Westwood+ と無線を考慮されていない TCP Vegas などを比較した評価 [2] では、このような Wireless TCP が優位であることを示している。

今回はメディアアクセスコントロールの中でも送出タイミングに注目する。Contention Window の最適化法としては、Deng らの提案したもの [3] が挙げられる。ビット誤り率から最適な Contention Window を決定することで、エラーレートが高い状況でも RTS/CTS 以上のスループットを達成したと報告されている。本稿では継続的なアクセスを仮定せず、同時にアクセスを開始した状況で、タイミング制御がどのような影響をおよぼすのかをシミュレートする。

3. シミュレーション

無線メディアへのアクセスが集中した混雑時に、Contention Window を変更し送信タイミングを制御すると、遅延時間がどのように変化するかを、ns2[4] を用いてシミュレーションを行い評価した。

3.1 シナリオ

まず、無線の使用状況を次のように設定した。

[†] 京都大学大学院情報学研究所

Graduate School of Informatics, Kyoto University

[‡] 京都大学学術情報メディアセンター

Academic Center for Computing and Media Studies,
Kyoto University



図 2: 各 CW_min ごとの, CW_max が変化することによる初期パケットが実際に送信されるまでの平均時間

1. 端末数は 20 台
2. 端末は移動しない
3. Base Station が接続される有線は十分な帯域がある

理由を以下に示す. 今回のシミュレーションでは全ノードが同時に通信すること想定するので 1. の端末数は 20 台で十分とした. また, 移動することによりネットワークへ参加・離脱するパケットが発生してしまうので 2. の端末は固定された状態であると仮定した. 以上を元に ns2 を用いて図 1 のようなネットワークを作成した. ここで表示されている丸囲み数字はそれぞれが端末で, No. 0 が対向となる有線接続された端末, No. 1 が Base Station として No. 2 - 21 の 20 台が無線端末である.

次にシミュレートする通信を設定した. 今回は全端末が同時刻に通信を始めようとする状況を再現したいため, 全端末が 1 秒ごとにポーリングするような通信を想定した. 具体的には時刻 t_0 をある基準となる時刻とすると $t_0 \sim t_0 + 0.1$ 秒の間に全端末が TCP 通信を開始する. トラフィックジェネレータは Application/FTP を使用した. これはバルクデータ転送のような帯域を占有しがちなアプリケーションを同時に使用し, 混雑すると想定した. 毎回の通信開始を揃えるため, 通信開始後, 一定時間の後に通信を終了するようにした.

比較するシミュレート条件は Contention Window の最小値及び最大値で, それぞれ次の値を設定した.

- CW_min = 15, 63, 255, 1023
- CW_max = 127, 255, 511, 1023, 2047, 4095, 8191, 16383

なお, これらの組み合わせのうち, CW_min < CW_max となるものを用いた.

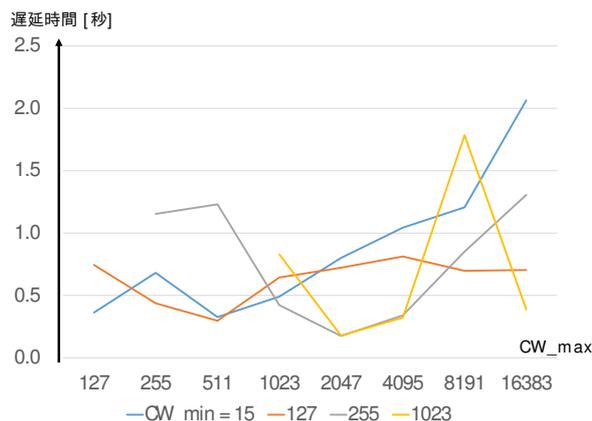


図 3: 各 CW_min ごとの, CW_max が変化することによる最終パケットが実際に送信されるまでの平均時間

3.2 解析

測定する遅延時間を定義する. 今回はバックオフ時間に対する影響を評価するため, アプリケーション側からの通信要求から実際に無線パケットが通信されるまでの時間を遅延時間とする. この遅延時間を通信の開始時と終了時と比較した. つまり, 通信開始時にはアプリケーションが起動してから最初のパケットが送信されるまでの時間, 通信終了時にはアプリケーションが終了しようとしてから最後のパケットが送信されるまでの時間である. 図 2 と図 3 はそれぞれ通信開始, 終了時における各 CW_min ごとの結果である. またベースラインとして, 通信するノードが 1 つしか無い理想的な状況では開始時には平均 0.014 秒, 終了時には平均 0.039 秒で安定していた.

4. おわりに

本稿では複数端末での同時並行的なアクセス時に対して, 送信タイミングであるバックオフ時間の制御が遅延時間に与える影響をシミュレーションにより測定した. 今後は動的な変動とスループットへの影響について比較を行いたい.

参考文献

- [1] Y. Tian, K. Xu, and N. Ansari: TCP in Wireless Environments: Problems and Solutions, *IEEE Radio Communications*, pp. S27 - S32, March 2005.
- [2] L. A. Grieco and S. Mascolo: Performance Evaluation and Comparison of Westwood+, New Reno, and Vegas TCP Congestion Control, *ACM Computer Communication Review*, Vol. 34(2), pp. 25 - 38, April 2004.
- [3] D. J. Deng, C. H. Ke, H. H. Chen and Y. M. Huang: Contention window optimization for IEEE 802.11 DCF access control, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol.7, no.12, pp. 5129-5135, December 2008.
- [4] The Network Simulator - ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>