

無線 LAN における衝突履歴に基づいた 最低優先度のための最小コンテンションウィンドウ制御方式

半澤 知季[†] 木村 成伴[‡]

筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類[†] 筑波大学 システム情報系 情報工学科[‡]

1 はじめに

携帯端末の普及により、様々なネットワークサービスが提供されるようになり、無線 LAN においても、リアルタイム通信の品質保証が課題となっている。これに対し、Dhurandher らは、DCF (Distributed Coordination Function) での乱数をとる範囲を優先度毎に重複しない範囲で分割する方式を提案した[1]。しかしながら、この方式では最高優先度以外の優先度のスループットが大幅に減少するという問題が生じている。

そこで本論文では、2 種類の優先度を対象に低優先度のコンテンションウィンドウを過去の衝突履歴に応じて定める方式を提案し、高優先度通信の優先制御だけでなく、それに伴う低優先度のスループット減少の改善を目指す。そして 2 つの優先度の通信が混在する環境でのシミュレーション実験を行い、提案方式の有効性を示す。

2 先行研究

IEEE 802.11 のアクセス制御方式 DCF では、各端末がデータを送信可能になってから、実際に送信可能になるまでの待機時間を乱数により求めるが、この乱数を得る範囲は、連続衝突回数にのみ依存する。しかし、Dhurandher らの方式では、この範囲を、優先度毎に重複しない範囲に分割して、乱数を得ている。

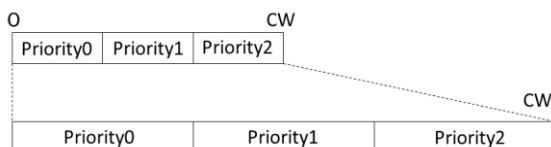


図 1 Dhurandher らの方式

例えば、図 1 では、0 から CW までの範囲を、Priority 0~2 の 3 つの範囲に分割し、優先度の高いフレームを送信する端末は値が小さい Priority 0 から、低い優先度のフレームを送信する端末は、Priority 1 や Priority 2 から乱数を選ぶ事で、特定の端末のフレームを優先的に送信している。

この方式では、最も優先度が高い Priority 0

A Minimum Contention Window Control Method for Lowest Priority Based on Collision History of Wireless LAN

[†]Tomoki Hanzawa, School of Informatics, College of Media Arts, Science and Technology, University of Tsukuba

[‡]Shigetomo Kimura, Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

から乱数を取った端末のスループットが大幅に改善したが、低優先度のフレームを持つ端末は、必ず、それより大きな優先度の範囲だけ待機してからフレームの送信をするために、最高優先度以外の端末のスループットが大幅に減少するという問題があった。そこで、次章では、低優先度のスループットを改善しながら、高優先度の通信の優先制御を行う最小コンテンションウィンドウの制御方式を新たに提案する。

3 提案方式

本論文では、優先度の高いリアルタイム通信と優先度の低いデータ通信を想定し、前者は UDP を、後者は TCP を用いるとする。そして UDP, TCP を利用する無線端末でそれぞれ異なるコンテンションウィンドウの制御を行い、UDP 通信の優先制御を行う。以下では、各優先度における詳細なコンテンションウィンドウの制御方法を示す。

送信を開始する際の乱数を取得する範囲は、図 2 に示すように、0 から最小コンテンションウィンドウ CW_{min} の範囲を高優先度と低優先度の重複させた、複数の範囲に分割している。

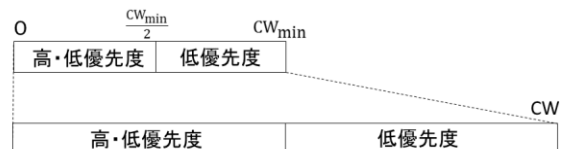


図 2 提案方式

初期状態では、高優先度である UDP 通信を行う端末は待機時間を定める乱数をとる範囲を 0 から $CW_{min}/2$ までとする。一方、低優先度である TCP 通信を行う端末の乱数をとる範囲は、高優先度との範囲を重複させて、0 から CW_{min} の範囲で乱数を決定する。

フレームの衝突時には、DCF と同様に、現在のコンテンションウィンドウサイズを 2 倍にし、拡大した範囲から再びバックオフ値を決定する。フレーム送信の成功後、通常の DCF では、通信の優先度にかかわらず、バックオフ値をとる範囲を 0 から CW_{min} の範囲に変更するが、提案方式では UDP 通信を行う端末は送信の成功後、0 から $CW_{min}/2$ の範囲に変更することで、UDP 通信を行う端末を優先的に送信する。一方、TCP 通信を行う端末は、送信成功後、衝突により拡大したコ

ンテンションウィンドウサイズを半分の大きさに設定することで、UDP 通信が優先的に送信される確率を高いままで維持する。

4 評価実験

標準のアクセス制御方式 DCF と Dhurandher らの方式、そして提案方式をネットワークシミュレータ ns3 に実装し、各方式の性能を比較した。

検証実験では、アクセスポイント(AP)に複数の無線 LAN 端末が接続している状況において、高優先度である UDP 通信と低優先度である TCP 通信が混在する環境を想定している。UDP 通信は音声通話を想定し、5 台の端末が AP と双方向に CBR 通信を行う。一方、TCP 通信は FTP を用いて、シミュレーション時間中、ファイル送信を行い続けるもので、UDP 通信をするものとは異なる 5 台の端末へ AP からファイル送信を行い、さらに 1 から 10 台の、上述のものとは異なる端末が、AP にファイル送信を行う。なお、その他のパラメータは、表 1 のとおりである。

表 1 シミュレーションパラメータ

パラメータ	値
通信規格	IEEE 802.11b
伝送速度	11Mbps
最大再送回数	7 回
シミュレーション時間	100 秒
シミュレーション回数	10 回
端末のキュー長	100 パケット
UDP パケットサイズ	320Byte
UDP ビットレート	64Kbps (CBR)

図 3 に、上り方向の TCP フロー数を増加させた際の、UDP (高優先度) の上り・下り方向別の全端末の合計スループットの平均値と信頼係数 95% の信頼区間を示す。以降の図も同様に信頼区間を示す。この図において、上り方向のスループットは、UDP のビットレートが小さく、それぞれの端末が独立に乱数を取得するため、上り TCP フローを増加しても、全方式とも、最大合計値 0.32Mbps (= 64Kbps × 5) とほぼ同じになった。

一方、下りは送信者が AP しかないことから、上りの TCP フロー数が増加するに連れて、全方式とも減少する傾向がみられた。しかし、提案方式は、DCF や Dhurandher らの方式よりも、0.001 ~ 0.116Mbps 多くなった。これは、前章で示した通り、提案方式では UDP 端末は送信成功後、最小コンテンツウィンドウの半分に乱数の範囲がリセットされるのに対し、TCP 端末は衝突によって拡大した範囲からの半分にしかならないことから、UDP 通信のスループットの大幅な減少を抑えているためである。

図 4 に、上り方向の TCP フロー数を増加させた

際の、TCP (低優先度) の上り・下り方向別の合計スループットの平均値を示す。この図より、いずれの方式も、下り方向の合計スループットは、上り方向の TCP フロー数を増加させるにつれて、ほぼ同じ程度に減少した。これに対して、上り方向では、フロー数が 4 以上のとき、提案方式は他の方式よりも 0.04~0.29Mbps 減少している。しかし、低優先度の上り TCP 通信を全体で最大 10% 程度の減少で維持しつつ、下り UDP 通信のスループットの低下を防いでいると考えられることから、提案方式の有効性が示された。

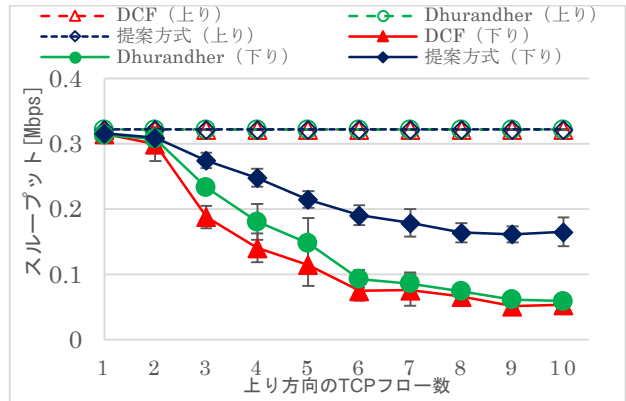


図 3 UDP の上り・下り方向の合計スループット

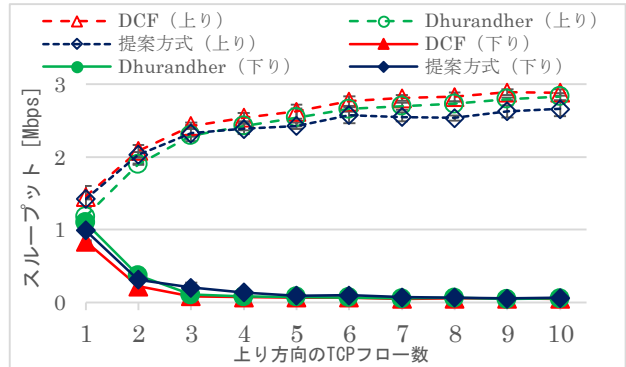


図 4 TCP の上り・下り方向の合計スループット

5 まとめ

本論文ではリアルタイム通信の品質保証を目的に、衝突履歴に基づいた最小コンテンツウィンドウの制御方式を提案した。

今後は、更に提案方式の分析を行い、3 種類以上の優先度を設けた場合のコンテンツウィンドウの制御方法についても検討していく。

6 参考文献

[1] Sanjay K. Dhurandher, Issac Woungang, Sahil Sharma, and Veeresh Goswami, "A Priority Based Differentiation for Contention Mechanism in Legacy DCF Method", Proceeding of International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, pp. 478-482, 2013.