

無線 LAN における公平性を考慮した 優先度に基づくコンテンションウィンドウ制御

神野 充哉[†] 木村 成伴[‡]

筑波大学情報学群情報科学類[†]

筑波大学システム情報系情報工学科[‡]

1. はじめに

近年、スマートフォンなどの携帯端末が普及し、無線 LAN 上で様々なインターネットサービスが利用されている。このような状況の中で、無線 LAN におけるサービス品質の保証が課題となっている。しかし、無線 LAN 規格である IEEE 802.11[1]では、サービス品質を保証するオプションは規定されているものの、企業向け製品を除くほとんどの端末にこの機能は搭載されていなかった。

以上を踏まえ、筆者が所属する研究室では、フリーズ回数を考慮した優先度に基づくコンテンションウィンドウ(CW: Contention Window)制御方式[2] (以下では、従来方式と呼ぶ)を提案している。この方式では2種類の優先度に対応し、低優先度の通信を行う端末は、現在のフリーズ回数をもとに動的に CW を制御することにより、Dhurandher らの方式[3]と比べて低優先度フローの合計スループットなどは向上するものの、低優先度フロー間の公平性が低下するという課題があった。そこで、本論文では従来方式のフリーズ回数に上限値を設定し、その値に達した場合にフリーズ回数をリセットすることで公平性を改善する方式を提案する。

2. 従来方式

IEEE 802.11 で必須のチャネルアクセスである DCF (Distributed Coordination Function) では、端末やアクセスポイントがフレームを送信する際、これに先立ってキャリアセンスを行い、他の端末からフレームが送信されていないことを確認した後、バックオフ時間だけ待機する。このバックオフ時間は、0からCWの範囲で得られる乱数を定数倍した値となる。ここで、フレームの連続衝突回数を n 、CWの下限値を CW_{min} 、上限値を CW_{max} としたとき、

$$CW = \min((CW_{min} + 1) \times 2^n, CW_{max})$$

として導出される。この乱数はすべての端末で同様に生成されるため、特定の端末を優先して

Contention Window Control Method Based on Priority in Consideration Fairness in Wireless LAN

Mitsuya Jinno[†], Shigetomo Kimura[‡]

[†]College of Information Science, School of Informatics, University of Tsukuba

[‡]Faculty of Engineering, Information and System, University of Tsukuba

フレームを送信させることができない。

そこで、文献[2]ではフレームの連続衝突回数を n 、IEEE 802.11 で定められた最小、最大CWを CW_{min} 、 CW_{max} とすると、高優先度通信のCWである CW_{hp} を式(1)で定義した。

$$CW_{hp} = \min\left(\frac{(CW_{min}+1) \times 2^n}{2} - 1, \frac{CW_{max}+1}{2} - 1\right) \quad (1)$$

さらに、低優先度通信は、同一フレームの最大再送可能回数を n_{max} 、直前のフレーム送信時のコンテンションウィンドウをCW、フリーズ回数(バックオフ中に他の端末が送信してバックオフ時間の減少が凍結した回数)を n とすると、これから送信するフレームのためのコンテンションウィンドウCW'を式(2)で定義した。

$$CW' = \max\left(CW_{min}, \min\left(CW_{max}, \frac{CW+1}{2^{\max(0, n_{max}-n)}} - 1\right)\right) \quad (2)$$

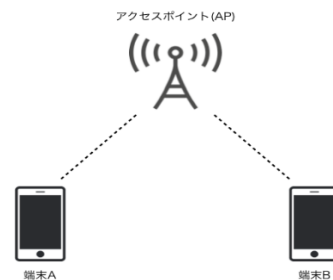


図 1 無線 LAN における通信例

フリーズ回数の例を、図 1 を用いて説明する。この図において、アクセスポイント (AP) と 2 台の端末 (端末 A と端末 B) が送信したいフレームを持っているとする。このとき、これらの装置は乱数を生成し、その値は、AP、端末 A、端末 B の順に大きかったとする。これにより、バックオフ時間が最初に経過するのは AP なので、AP がフレームを送信するが、これを観測した端末 A と端末 B はバックオフ時間のカウントダウンを凍結する。フレームの送信が終了すると、双方の端末のカウントダウンが再開されるが、その後、端末 A がフレームを送信すると、端末 B のカウントダウンは再び凍結される。その結果、AP はフリーズせずにフレームが送信できたのに対して、端末 A のフリーズ回数は 1 回、端末 B は 2 回となった。ネットワークが混雑している状況では、フリーズ回数は大きくなる傾向があるので、式(2)より、低優先度通信の CW は低下しにくくなり、高優先度通信のフレームを優先して送るこ

とができる。反対に、ネットワークが混雑していない状況では、低優先度通信の CW は低下しやすくなり、低優先度通信のフレームが送りやすくなる。

3. 提案方式

前章の従来方式では、同じ通信状態にあっても各端末のフリーズ回数が異なるため、低優先度通信をしているある端末はフリーズ回数が小さいまま維持され短い待ち時間で何度もフレームを送信できるのに対し、ある端末ではフリーズ回数が大きいまま維持され、なかなかフレームを送信できなくなることがあり、低優先度フローのスループットの公平性に問題があった。

そこで、本章では、同一端末の連続フリーズ回数に上限値を設け、その上限値に達した場合にフリーズ回数を一旦リセットすることを提案する。これにより、フリーズ回数が大きいまま維持される端末をなくし、低優先度フローの公平性を保つことができる。

4. シミュレーション実験

本章では、提案方式の有効性を確認するためのシミュレーション実験について述べる。

実験では、図2のトポロジを用い、UDP通信は音声通話を想定し、5台の端末がアクセスポイントと双方向にパケットサイズ320バイト、ビットレート64KbpsのCBR通信を常時行う。一方、TCP通信はデータ通信を想定し、1から10台の端末が登り方向に通信を行うものであるが、ここでTCP通信ではトラフィックパターンが異なる2つのシナリオを想定する。シナリオ1では、重度の輻輳状態を生成するため、十分長いファイルをFTPで送ることを想定したTCP通信を常時行う。シナリオ2では、一般ユーザが断続的にデータを送る状態を生成するため、送信と停止を繰り返すTCP通信を行う。

実験トポロジ

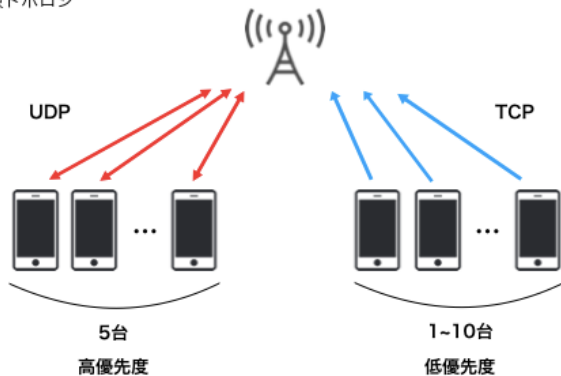


図2 シミュレーション実験のトポロジ

シミュレーション結果に基づき、スループット、Fairness index について評価を行う。ここで、Fairness index は式(3)で求められる Jain の Fairness index に基づいて値を導出する。[4]

$$f(x) = \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (3)$$

ここで、 n は無線 LAN 内のフロー数、 x_i は*i*番目のフローのスループットを表す。スループットの偏りが小さいほど Fairness index 値が1に近づき、偏りが大きいほど値が $\frac{1}{n}$ に近づく。

5. まとめ

本論文では従来方式のフリーズ回数に上限値を設定し、その値に達した場合にフリーズ回数をリセットすることで公平性を改善する方式を提案し、これを評価するためのシミュレーション実験について述べた。

今後は、シミュレーションプログラムを完成させ、提案方式の有効性を確認する。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP26280027 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] IEEE 802.11, “Part11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications,” IEEE Std 802.11, 2016.
- [2] Tomoki Hanzawa and Shigetomo Kimura, “A Contention Window Control Method Using Priority Control Based on the Number of Freezes of Wireless LAN,” International Journal of Networking and Computing, Vol. 8, No. 2, pp. 367–386, 2018.
- [3] Sanjay K. Dhurandher, Issac Woungang, Sahil Sharma, and Veeresh Goswami, “A Priority Based Differentiation for Contention Mechanism in Legacy DCF Method,” Proceedings of International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, pp. 478–482, 2013.
- [4] Ragendra Jain, Dah-Ming W. Chiu, and William R. Hawe, “A Quantitative Measure of Fairness and Discrimination for Resource Allocation in Shared Computer System,” Eastern Research Laboratory, Digital Equipment Corp., Tech. Rep., 1984.