

アップリンクおよびダウンリンクフローの非対称性に注目した全二重無線LANにおけるバックオフ手法の提案

坂倉 翔太 (指導教員: 森 香津夫, 眞田 耕輔)
三重大学 工学部 電気電子工学科

1. はじめに

近年, データの送受信を同時に行う無線全二重 (FD: Full Duplex) 通信が注目されている. この FD 通信の性能をネットワークにおいて十分に引き出すためには, 最適な MAC プロトコルの設計が必要である. これまで, CSMA/CA に基づいた FD MAC プロトコルが提案されている. しかし, これら無線 LAN (WLAN) に適用させたとき, FD とバックオフの動作による端末の送信機会増加によってフレーム衝突が助長され, スループット向上の妨げとなっていた.

本研究では, スター型ネットワークにおけるアップリンク (UL) とダウンリンク (DL) の非対称性に注目し, 全二重 WLAN におけるバックオフ手法を提案する. 本提案では, 従来のバックオフの手法に対して単純な動作を加えるだけで, ネットワーク内におけるフレーム衝突を抑制しながら, FD 通信の機会を向上させる. 計算機シミュレーションにより提案手法の有効性を示す.

2. FD MAC プロトコルと WLAN への適用

FD MAC の特徴として, 送信権を得た端末が, 自身と全二重通信を行う端末を指定する. 先に送信権を得た端末のフレーム送信をプライマリ送信, そのプライマリ送信に対応するフレーム送信をセカンダリ送信と呼ぶ. WLAN における FD MAC として, CSMA/CA 方式に基づくプロトコルが検討されている [1]. CSMA/CA では, フレーム送信の衝突を防ぐため, 送信前に $[0, CW]$ の値の範囲からランダムな待機時間を選択する (バックオフ). フレーム送信が衝突した場合, 再送信の衝突を回避するために, 待機時間の選択範囲を 2 倍にする.

WLAN のようなスター型ネットワークでは, UL における隠れ端末によるフレーム衝突の影響は DL に比べて著しく大きい. そのため, UL でフレーム送信の衝突が生じている時間によって, 無駄にチャンネルが占有される. このような状況のネットワークに FD MAC を適用させた場合, AP のプライマリ送信に対応する配下の端末のセカンダリ送信により, 端末が衝突を回避するために大きく設定した CW 値は初期値にリセットされる. その結果, セカンダリ送信成功後の送信確率の増加に伴い, 端末間のフレーム衝突が増加し, FD MAC 適用によるスループット向上が得られていない.

3. 提案方式

本稿では, WLAN に生じるフローの非対称性に注目し, UL のフレーム衝突を抑制しながら FD 通信機会を向上させるバックオフ手法を提案する. 従来手法では, プライマリおよびセカンダリ送信のどちらのデータ送信が成功した場合にも, CW 値が初期化されていた. 図 1 に AP, 端末の送信フレームがそれぞれ i, j 回衝突した次のチャンネルアクセスの例を示す. 本提案では, プライマリ送信成功後は CW 値を CW_{min} にリセットするが, セカンダリ送信の成功後は CW 値のリセットを行わずに次のフレーム送信に CW 値を $2^j CW_{min}$ のまま引き継ぐ (図 1 (a)). これにより, AP の配下にある端末にセカンダリ送信権を与えても, その端末は送信成功後も CW 値を維持することで, 端末間でのフレーム衝突が抑制され, UL における無駄なチャンネル占有時間を減少させることができる. さらに, AP が優先的にプライマリ送信権を獲得することにより, ネットワーク全体での FD 通信機

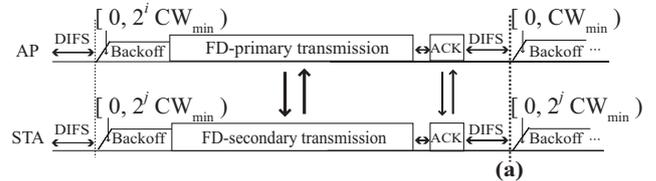


図 1 提案手法におけるチャンネルアクセス例

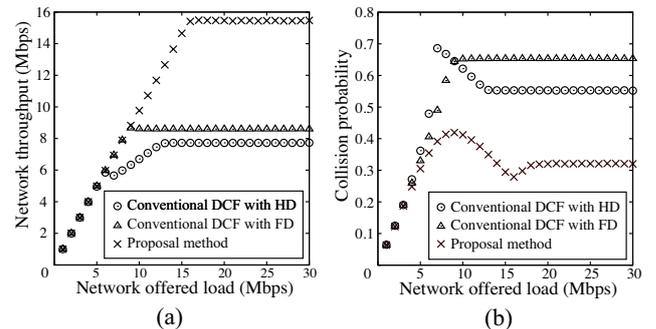


図 2 ネットワーク負荷に対する (a) システムスループットおよび (b) 衝突率

会を向上させる.

4. シミュレーション評価

本研究では, 1 台の AP を中心に n 台の端末を AP の送信範囲内に配置したネットワークを想定する. UL と DL の送信負荷を O_{UL} および O_{DL} とし, $O_{UL} = O_{DL}$ とする. 各端末の送信負荷はそれぞれ等しく O_{UL}/n である. プライマリ送信の宛先端末が送信フレームを保持し, バッファの先頭フレームの宛先がプライマリ送信者と一致した場合にのみ FD 通信を行うものとする [2]. また, RTS/CTS は使用しない.

図 2 に $n = 10$ における, ネットワーク全体の送信負荷に対するスループットおよび衝突率を示す. 図 2(a), (b) より, FD を用いた従来手法は HD を用いた手法よりも, 高いスループットが得られているが, 衝突率は HD を用いた手法より上回っている. それに対し, 提案手法により, 最も低い衝突率と最も高いスループットが得られている. これらの結果から, 本提案により, フレーム衝突の抑制と FD 通信機会向上が同時に達成されており, その有効性が確認できる.

5. まとめ

本研究では, スター型ネットワークにおける UL と DL の非対称性に注目し, 全二重 WLAN におけるバックオフ手法を提案した. 計算機シミュレーションにより本提案の有効性を示した.

参考文献

- [1] R. D. Mohammady, M. Y. Naderi, and K. R. Chowdhury, "Performance Analysis of CSMA/CA based Medium Access in Full Duplex Wireless Communications," IEEE transactions on mobile computing, vol. 15, no. 6, pp. 1457-1470, June 2016.
- [2] K. M. Thilina, H. Tabassum, E. Hossain and D. I. Kim, "Medium access control design for full-duplex wireless system: Challenges and approaches," IEEE Communication Magazine, vol. 53, no. 7, pp. 112-120, May 2015.