RSSI を用いた制御フレーム検知による CSMA/CA の高効率化

梅澤良斗 [1,a)]　　吉廣卓哉 [1,b)]

IEEE802.11 等で採用されている CSMA/CA は、RTS/CTS により隠れ端末問題を解消することで、フレーム衝突を低減し通信効率を向上する。しかし、RTS/CTS を用いることで、晒し端末問題が発生し、本来であれば通信できる場合でも送信を抑制してしまう問題が知られている。本稿では、近隣ノードがフレームを送信中であっても、受信信号強度（RSSI）の変化を用いて RTS/CTS や ACK フレームを検知することで、晒し端末問題を解決し、通信効率を向上する手法を提案する。

1. はじめに

無線通信が普及し不可欠な技術となった現代でも、伝統的に用いられてきた CSMA によるアクセス制御方式が用いられている。IEEE802.11 をはじめとした多くの通信規格が CSMA を採用している。CSMA では、隠れ端末問題を抑制するために RTS/CTS が用いられ[1][2]、IEEE802.11 標準にも採用されている。この CSMA/CA は、RTS/CTS により近隣の電波送信を抑制した上でデータフレームを送信することで、フレーム衝突のリスクを低減する。一方で、RTS/CTS による抑制範囲が広いため、同時通信可能な端末の電波送信も抑制してしまう、いわゆる晒し端末問題が起こり、通信性能が低下する。しかし、未だに、晒し端末問題に対する有効な解決方法は提案されていない。

本稿では、受信信号強度（RSSI）の変動を観測することにより、他ノードの信号を受信中であっても RTS/CTS/ACK の制御信号を検出することにより、晒し端末問題を解消する方法を提案する。初期的な研究成果として、RSSI を用いた制御信号検出方法、および MAC プロトコルの動作の概要を説明する。

2. 提案手法

2.1 概要

晒し端末問題では、送信フレームを保持するノード s_2 が隣接ノード s_1 からの RTS を受信することにより、NAV 期間中にフレーム送信を抑制することが問題とされる。この状況を図 1 に示す。ノード s_1 からの RTS を受信した場合でも、s_2 がフレームを送信し、s_1 とは隣接しない受信ノード r_2 が受信することが可能であるはずであり、その分の送信機会を逸していることが問題である。(s_2 が隣接ノードから CTS を受信した際にも同様の問題が発生するが、本提案ではこの場合については扱わない。)

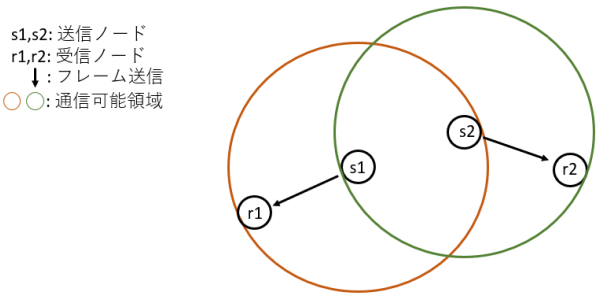

図 1. 晒し端末問題が発生するシナリオ

しかし、s_1 がデータフレームを送信中に s_2 が r_2 にフレームを送信した場合には、s_1 と s_2 が互いのデータ信号を受信することになり、r_1 と r2 から送信される制御フレーム、具体的には CTS と ACK が受信できないことが問題となる。この問題を解消するために、本稿では、各ノードが受信信号強度（RSSI）を常時観測することで、他ノードの送信信号を受信中であっても、制御フレームの検知を可能とする。先の例では、s_1 と s_2 が互いにデータフレームを送信中に、r_1 と r_2 からの CTS と ACK を検知することが可能にすることで、これらのデータフレームの同時通信を実現し、ネットワーク全体のプロトコル効率を高める。

2.2 RSSI を用いた RTS/CTS/ACK の検知

ノードは、フレーム受信中であっても常時 RSSI を監視する。自分が送信した RTS やデータフレームに対して、CTS や ACK が返信されるタイミングと信号の長さは、SIFS 時間や制御フレームの送信速度に依存して定まる。(電波の伝播遅延は距離に依存して変化するが、これは十分小さいと見做す。) 従って、この期間に RSSI が上昇すれば、受信ノードから CTS や ACK が送信されたと見做すことができる。これら制御フレームに含まれる値は読み取れないが、送信ノードはこれらの内容を読み取る必要はない。

ただし、s_1 と s_2 の距離が小さい場合には注意が必要である。この場合には、互いに受信するデータフレームの RSSI

1 和歌山大学システム工学部
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University, 930 Sakaedani, Wakayama, 640-8510, Japan.

a) s206036@center.wakayama-u.ac.jp
b) tac@sys.wakayama-u.ac.jp

©2018 Information Processing Society of Japan

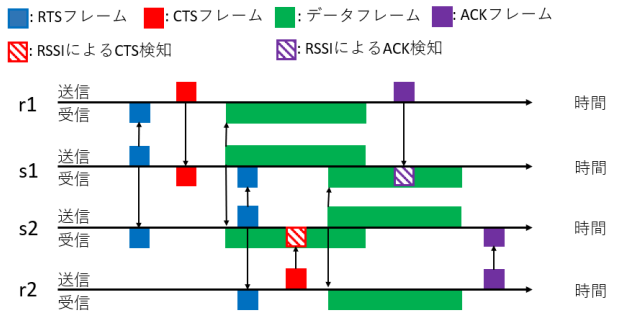

図 2. 提案 MAC プロトコルの動作例

が非常に大きいと考えられ、受信ノードからの CTS や ACK が相対的に小さいため検知できない可能性が高い。このため、s_2 が RTS を受信した場合に、その RSSI が閾値以上であれば、s_2 はフレーム送信をすることなく、従来の CSMA/CA の動作に従って NAV 時間だけ待機する。

2.3 提案 MAC プロトコルの動作例

RSSI を用いた制御フレーム検知を利用した MAC プロトコルを設計した。図 1 のシナリオにおける各ノードの動作例を図 2 に示す。

まず、s_1 と r_1 が RTS/CTS を交換し、s_1 がデータフレームの送信を開始する。ノード s_1 が送信したフレームは、r_1 と s_2 が受信（検知）する。ノード s_1 からの RTS を受信した s_2 は、RTS の RSSI が十分に小さいとき、バックオフ時間の待機後に r_2 に向けて RTS を送信し、これに対して受信ノード r_2 は CTS を送信する。ノード s_2 は s_1 のデータフレームを受信中であるが、CTS が返信されるタイミングに RSSI の上昇を観測することで、CTS の返信を検知し、SIFS 時間後にデータフレームの送信を開始する。

ノード s_1 がデータフレームの送信を完了すると、SIFS 時間後に r_1 は ACK を送信する。ノード s_1 は送信ノード s_2 からのデータフレームを受信中であるが、RSSI を用いた観測により、ACK の返信を検知し、データフレームの送信を完了する。最後に、s_2 からのデータフレームを受信した r_2 が ACK を返信して、s_2 のデータフレームの送信も完了する。

3. おわりに

本稿では、RSSI の観測による制御フレームの検知を行うことで、晒し端末問題の一部を解消し、従来の CSMA/CA よりも効率的に通信を行う手法を提案した。RSSI の観測により制御フレームを検出するアイデアを提案し、この方法に基づいた MAC プロトコルの動作例を説明した。

今後の課題としては、まず、RSSI の観測により制御フレームが検出できることの検証が必要である。その上で、提案プロトコルを詳細に設計し、シミュレータ上に提案手法を実装して性能評価を行う。また、提案手法と全二重通信方式の組み合わせによるさらなる性能向上など、可能性を探りたいと考えている。

参考文献

1) P. Karn, “MACA—A new channel access method for packet radio,” in ARRL/CRRL Amateur Radio 9th Computer Networking Conf.e, 1990, pp. 134–140.
2) V. Bharghavan, A. Demers, S. Shenker, and L. Zhang, “MACAW: A media access protocol for wireless LAN’s,” in Proc. ACM SIGCOMM ’94, 1994, pp. 212–225.

©2018 Information Processing Society of Japan