

IEEE802.11 干渉下における IEEE802.15.4 の Ack と LQI を用いた バックオフ制御方式の提案

村上厚介[†] 山本芳之[†] 小林秀幸[†]

[†] 仙台高等専門学校

1 はじめに

近年の電子機器や無線通信の発展により、次世代の無線通信システムとして無線センサネットワークへの期待が高まっている。近距離無線通信規格である IEEE802.15.4[1] はセンサネットワークを設計するために低コスト、低消費電力を目指して策定された規格であり、年々注目度が増している。しかし、IEEE802.15.4 は多くの無線通信機器が使用する ISM 帯 (Industry Science Medical Band) を使用しており、無線 LAN の規格として広く普及している IEEE802.11 の通信と競合する。通信が競合した際、IEEE802.15.4 の出力電力は IEEE802.11 よりも小さいため、IEEE802.15.4 は干渉の影響を受ける [2]。

IEEE802.15.4 では干渉を低減する手法として CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) が使用されており、各ノードはデータを送信する前に CCA (Clear Channel Assessment) を行い、キャリアが空いているかを確認する。キャリアが空いている場合はデータを送信し、空いていない場合はバックオフと呼ばれる、0 から $2^{BE} - 1$ までのランダムな値に $0.32[\text{msec}]$ を乗じた値だけ待ち時間を発生させる。そのため、 BE の値が大きいほど確率的にバックオフの期間が長くなる。各ノードは待ち時間が経過した後で再度 CCA を行い、キャリアが空いている場合はデータを送信し、キャリアが空いていない場合は BE の値をインクリメントする。また、CCA を規定回数以上失敗するとパケットを破棄する。

しかし、デフォルトの IEEE802.15.4 のノンビーコンモードでは、バックオフ期間を決定する変数の最小値である BE_{min} を固定的に用いるため伝搬路状況の変動に対応する事が困難である。そこで、 BE_{min} を動的に変更する手法として Ack を用いて制御する方式 [3] がある。しかし、Ack はデータ送信の成功の可否しか分からないため詳細な伝搬路状況を取得する事が出来

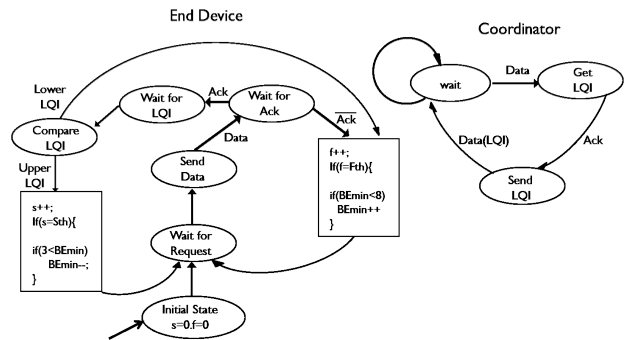


図 1: 提案手法の状態遷移図

ず、伝搬路状況の小さな変動に対して対応することが困難である。また、この方式では他の規格との干渉を考慮していない。

我々は受信データの信号強度を表す LQI (Link Quality Indicator) を送信側にフィードバックし、LQI と Ack を用いて BE_{min} を動的に変更する手法を提案する。LQI は伝搬路状況に応じて値が変化するため、IEEE802.11 の干渉による伝搬路状況の変動を取得することが可能である。そこで我々は Ack と LQI を用いることにより伝搬路状況の小さな変動にも対応して BE_{min} を動的に制御する手法を提案し、IEEE802.11 干渉下にて実機実験を行うことで提案手法の有効性を検証する。

2 提案手法

我々は Coordinator で得られた LQI を End Device にフィードバックし、Ack と LQI を用いて BE_{min} を動的に変更する手法を提案する。提案手法の概要を図 1 に示す。

End Device は初期状態 Initial State で連続送信成功回数 s 、連続伝搬路悪化回数 f を初期化する。その後 Wait for Request に遷移し、上位層からの送信要求を待つ。送信要求があった場合は Send Data に遷移し、データを送信する。データ送信終了後、Wait for Ack に遷移し、 $0.864[\text{msec}]$ だけ Ack の受信待ちをする。Ack が返ってきた場合は Wait for LQI に遷移して Coordinator から送信される LQI を受信し、Compare

Backoff Control Using Ack and LQI on the IEEE802.11 Interference Environment

Kosuke Murakami[†], Yoshiyuki Yamamoto[†], Hideyuki KOBAYASHI[†]

[†]Sendai National College of Technology, HIROSE

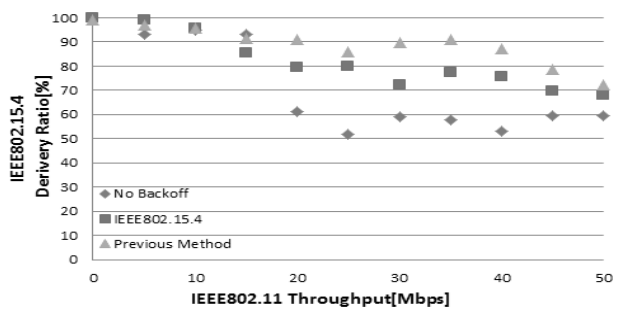


図 2: IEEE802.11 のスループットに対するパケット到達率の変化

LQIにて受信した LQI の値が、あらかじめ設定されたしきい値以上かどうかを判定する。しきい値以上であれば、連続送信成功回数 s をインクリメントする。 s の値が s_{th} に達した場合は伝搬路状況が良好と判断して BE_{min} の値をデクリメントし、確率的にバックオフ期間を短く設定する。Ack が返って来ない又は返ってきても LQI がしきい値以下の場合、伝搬路状況が悪化したと判断して連続伝搬路悪化回数 f をインクリメントする。 f の値が f_{th} に達した場合は BE_{min} をインクリメントし、確率的にバックオフ期間を長く設定する。

Coordinator では End Device からのデータを受信後に Get LQI に遷移し、受信した信号の LQI を取得する。その後 Send LQI に遷移し、End Device に Coordinator が受信したデータの LQI を通知する。

このように Ack を用いて BE_{min} を制御する手法に加え、LQI を用いてより詳細な伝搬路状況を取得して動的に BE_{min} を変更することで伝搬路状況の小さい変動にも対応し、IEEE802.11 干渉下においても干渉を回避することが可能になる。

3 実験

3.1 IEEE802.11n のスループットに対するパケット到達率の変化

我々は IEEE802.11n のスループットの変化に対する、3つの手法のパケット到達率を測定した。3つの手法とは、 BE_{min} を 0 で固定した No Backoff、標準である BE_{min} を 3 で固定した IEEE802.15.4、 BE_{min} を 3~8 の可変とした Previous Method[3] の3つである。本稿でのパケット到達率は、送信したフレームに対して Ack が返ってきた数を、送信した全フレーム数で割った値とする。

IEEE802.11n の通信には IEEE802.11n 準拠の無線 LAN カードを搭載した PC を使用し、2 台の PC 間で通信を行った。この際、帯域測定ツールである iperf を用いて 5[Mbps] ずつ通信速度を変化させた。IEEE802.15.4 の通信には東京コスモス電機社製のセ

ンサノードを使用し、2 台のノード間で通信を行った。各センサノード及び PC 間の通信距離は 1m とした。また、IEEE802.11n の ch.1(2.401~2.423[GHz])、IEEE802.15.4 の ch.13(2.414~2.416[GHz]) を使用し、各センサノードを PC の近傍に設置することで干渉を発生させた。

3.2 実験結果

実験結果を図 2 に示す。横軸は干渉源となる IEEE802.11n のスループットを表し、縦軸は IEEE802.15.4 のパケット到達率を表している。

IEEE802.11n のスループットが 0~15[Mbps] の間では各手法のパケット到達率はほぼ変わらない。IEEE802.11n のスループットが 20[Mbps] 以上になると NoBackoff の場合、干渉の影響によりパケット到達率が 50%程度まで減少する。これは伝搬路の状況が悪化しているのにも関わらず、待ち時間無しで送信を繰り返し、IEEE802.11n のパケットと衝突しているためと考えられる。また、デフォルトの IEEE802.15.4 及び Method は 65%以上を維持している事から、IEEE802.11n 干渉下においてもバックオフが有効であると考えられる。更に、Ack を用いて BE_{min} を動的に変更する手法が最も高い到達率を維持している事から、 BE_{min} を動的に変更する手法が有効であると考えられる。

4 まとめ

実験により、Ack を用いて BE_{min} を動的に変更する手法の有効性を確かめたが、この手法では LQI を用いて伝搬路の状況を把握することは出来なかった。今後は Ack と LQI を用いて伝搬路の状況に応じて動的にバックオフ制御を行い、実機実験により提案手法の有効性を示す。

謝辞

この研究の一部は豊橋技術科学大学、平成 25 年度高専連携教育研究プロジェクト“ワイヤレス分散システムにおける通信技術の開発研究”の支援で行われた。関係各位に感謝する。

参考文献

- [1] IEEE Standard for Part 15.4: Wireless Medium Access Control Layer(MAC) and Physical(PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANS),Sep.2006
- [2] Axel Sikora, et al., “Coexistence of IEEE802.15.4 of otehr Systems in the 2.4GHz-ISM-Band,” IMTC 2005,pp.1786-1791,May.2005
- [3] 高橋淳, et al., “センサネットワークにおける QoS を考慮した衝突回避のための適応的バックオフ制御方式,” 信学技報, Vol.2008, no221, pp.373-378, Mar.2008