

IEEE802.11 干渉下における IEEE802.15.4 のリンククオリティを用いた適応的バックオフ制御方式の提案

村上厚介[†] 小林秀幸[†]

[†] 仙台高等専門学校

1 はじめに

近距離無線通信規格である IEEE802.15.4 は、無線 LAN の規格として広く普及している IEEE802.11 と同一周波数帯を使用するため、通信が競合する事が報告されている。IEEE802.15.4 では干渉を回避するために各ノードはデータを送信する前にバックオフと呼ばれる $(0 \sim 2^{BE} - 1)$ 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。しかし、デフォルトの IEEE802.15.4 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通信環境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 [1] がある。しかし、Ack はデータ送信に対する肯定返答であるため、Ack のみを用いて IEEE802.11 の通信による通信環境の変化に対して適応的にバックオフの制御を行う事は困難である。

我々は今まで、IEEE802.15.4 の LQI(Link Quality Indicator) を用いる事で IEEE802.11 の通信速度の変化による通信環境の変化を取得可能である事を示し、Ack と LQI を用いて待ち時間を決定する指数の最小値を通信環境に応じて動的に変更する手法を提案した [2]。本稿では、理想的な実験環境である電波無響室にて実機実験を行い、実験結果を TukeyHSD 法 (Tukey Honest Significant Difference method) を用いて検定を行う事により、提案手法の有意性を示す。

2 原理

2.1 提案手法

提案手法の概要を図 1 に示す。我々は Coordinator で得られた LQI を End Device に通知し、Ack と LQI を用いて BE_{min} を動的に変更する手法を提案する。End Device は Initial State で連続送信成功回数 s 、連続環

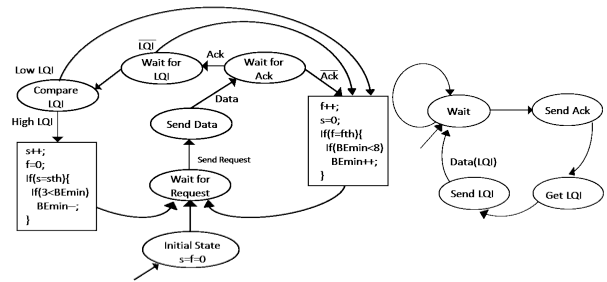


図 1: 提案手法のシーケンス図

境悪化回数 f を初期化する。End Device はデータ送信終了後、Wait for Ack に遷移し、Coordinator から Ack 及び LQI の受信待ちを行う。Ack が返ってきてかつ受信した LQI が閾値よりも高い場合は連続送信成功回数 s をインクリメントし、 s の閾値 s_{th} に達した場合は通信環境が良好と判断して BE_{min} の値をデクリメントする。Ack が返って来ないあるいは LQI が閾値以下の場合、通信環境が悪化したと判断して連続環境悪化回数 f をインクリメントとし、 f の閾値 f_{th} に達した場合は BE_{min} をインクリメントする事により確率的にバックオフ期間を長く設定する。このように、Ack と LQI を用いる事により、通信環境に適応的に BE_{min} を設定する事が可能になる。

2.2 規格間干渉による LQI の変動

我々は IEEE802.11 のスループットの変化が IEEE802.15.4 へどの程度影響を及ぼすのかを調査するため、IEEE802.11 のスループットの変化に対する IEEE802.15.4 の LQI の変動について実機を用いて測定した。IEEE802.11m の通信には IEEE802.11n 準拠の無線 LAN カードを使用し、帯域測定ツールである iperf を用いて 2 台の PC 間で指定したスループットで通信を行った。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 間の距離は 1m とした。

Adaptive Backoff Control by Using Link Quality for IEEE802.15.4 Under IEEE802.11 Interference

Kosuke MURAKAMI[†], Hideyuki KOBAYASHI[†]

[†]National Institute of Technology, Sendai

実験結果を図2に示す。横軸はIEEE802.11のスループットを表し、縦軸はIEEE802.15.4のLQIを示している。IEEE802.11が通信を行わない無干渉の状態である0Mbpsの場合のLQIは170であるが、スループットが30MbpsになるとLQIは140まで減少する。また、IEEE802.11のスループットの増加に対してIEEE802.15.4のLQIがほぼ線形に減少していることが分かる。この結果から、IEEE802.15.4のLQIを用いる事により、IEEE802.11の通信による通信環境の変化を取得可能で有ることが示されている。

3 実験

3.1 IEEE802.11の変化に対するIEEE802.15.4の packets 到達率

我々は提案手法の有効性を示すために、理想的な環境である電波無響室で実験を行い、統計的な検定を行う。本実験ではIEEE802.11のスループットの変化に対する、IEEE802.15.4, Ackを用いて BE_{min} を制御する既存手法, AckとLQIを用いる提案手法の3つの手法の packets 到達率の変化を測定する。本実験における使用機器及び実験構成は2.2節と同様である。

実験結果を図3に示す。横軸はIEEE802.11のスループットを表し、縦軸は各手法の packets 到達率を示している。IEEE802.11の通信速度が5Mbps以上の場合、デフォルトのIEEE802.15.4の packets 到達率は他の2つの手法よりも低いことが分かる。さらに、10Mbps以上の場合、提案手法は既存手法に比べて packets 到達率が高くなる。また、既存手法と比較して最大で25.15% packets 到達が向上していることが分かる。

3.2 有意性の検証

我々は、提案手法の有効性を検証するため、TukeyHSD法を用いて検定を行った。検定は干渉源であるIEEE802.11の通信速度が0, 5, 10, 15, 20, 25, 30Mbpsの場合について行い、有意水準は $p < .05$ とした。IEEE802.11の通信速度が0Mbpsの場合、各2群間において0.05以下となり有意差は無い。しかし5Mbps以上の場合、IEEE802.15.4-既存手法, IEEE802.15.4-提案手法間において、 packets 到達率に有意な差があった。これはデフォルトのIEEE802.15.4は BE_{min} を固定的に用いるのに対し、既存手法及び提案手法は BE_{min} を動的に用いるため、デフォルトのIEEE802.15.4は他の手法よりも packets 到達率が下回ったためである。更に、IEEE802.11の通信速度が10Mbps以上の場合、既存手法-提案手法間において、 packets 到達率に有意な差があった。これは提

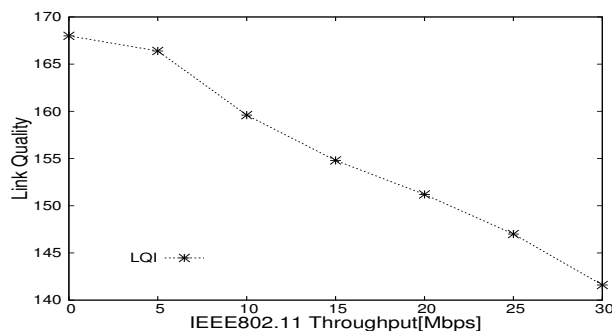


図2: IEEE802.11のスループットの変化に対するLQI

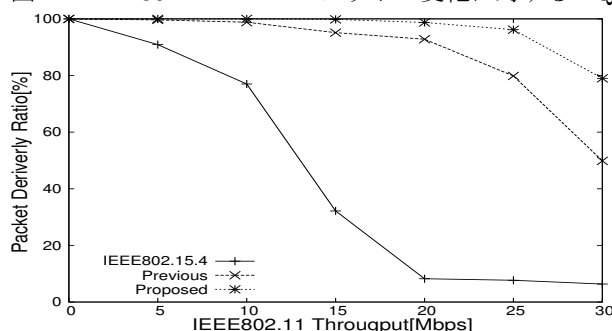


図3: IEEE802.11のスループットの変化に対するIEEE802.15.4の packets 到達率

案手法はLQIを用いて通信環境を推測し、適応的に BE_{min} を変更しているためだと考えられる。その結果、提案手法は他の手法と比較して高い packets 到達率を維持可能で有ることが分かった。

4 まとめ

本研究ではLQIによりIEEE802.11の通信による通信環境の変化を取得可能で有ることを確認した。更に電波無響室を使用して各手法の比較実験を行い、TukeyHSD法を用いて検定を行った。その結果、提案手法は既存手法と比較して有意な差が有る事が分かった。今後は端末数が増加した場合の packets 到達率の変化について検証を行う予定である。

参考文献

- [1] 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.2007
- [2] 村上厚介, et al., “IEEE802.11干渉下におけるIEEE802.15.4のAckとLQIを用いた動的バックオフ制御方式の提案,” FIT2014, vol4, pp7-12, 2014