

## WLAN と ZigBee の共存に向けた AP-Assisted CTS-Blocking の初期的評価

Initial evaluation of an AP-Assisted CTS-Blocking aiming at co-existence of WLAN and ZigBee

佐伯 良光<sup>1</sup>  
Yoshiteru Saeki石田 繁巳<sup>1</sup>  
Shigemitsu Ishida田頭 茂明<sup>2</sup>  
Shigeaki Tagashira福田 晃<sup>1</sup>  
Akira Fukuda<sup>1</sup>九州大学システム情報科学府 / 研究院 ISEE, Kyushu University<sup>2</sup>関西大学総合情報学部 Faculty of Informatics, Kansai University

## 1 はじめに

現代社会では様々な分野において無線 LAN (WLAN) や ZigBee 等の無線ネットワークが普及している。便利になる一方で、通信の干渉問題を解決する必要がある。WLAN, ZigBee は共に 2.4 GHz 帯の ISM バンドを用いる。異なる無線ネットワークにも関わらず同一の周波数帯を使用するため、干渉によって通信速度の低下などが発生する。特に WLAN の送信電力は ZigBee に比べて 10~100 倍と大きいため、WLAN 通信が ZigBee ネットワークに与える影響は大きい。

筆者らは、WLAN と ZigBee の共存に向けて、RTS/CTS 方式を利用した干渉回避システムである AP-Assisted CTS-Blocking (AA CTS-Blocking) の開発を進めている。本稿では、AA CTS-Blocking の有効性の検証に向けた実証評価について報告する。具体的には、WLAN 通信が行われている環境下で ZigBee 通信を行い、AA CTS-Blocking の有無による通信成功率の差を比較・考察する。

## 2 関連研究

RTS/CTS 方式を利用した WLAN/ZigBee 干渉回避システムについてはこれまでも報告されている。CTS-Blocking [1] では、制御 PC から CTS フレームを直接送信することで周囲の WLAN 端末の通信を一時的にブロックする。送信端末以外の端末が CTS フレームを受信すると、CTS フレーム内の Duration フィールドに記載された時間だけ送信を控える。CTS-Blocking ではこれを利用して周囲の WLAN 端末の通信を抑制し、WLAN と ZigBee の干渉を回避する。しかしながら、現在の OS・無線 LAN モジュールでは通信の公平性確保の観点から CTS フレームの直接送信が禁止されており、CTS-Blocking の実現に向けてハードウェアや OS の変更が必須となるために実現が難しい。また、送信電力制御の影響により CTS フレームの到達範囲が狭くなる可能性があり、隠れ端末問題の影響を受けやすい。

無線通信の通信空き時間を有効活用して通信を行うための「White Space」技術を応用した干渉回避システムも報告されている。WISE [2] では、WLAN 通信における White Space を予測し、その White Space 内で通信が完了するように ZigBee フレーム長の動的制御を行う。例えば、WLAN 通信の混雑時には予測される White Space の長さは短くなるため、ZigBee ノードにおいてデータを分割して送信する。これにより、ZigBee フレームが WLAN 通信によって破壊される確率を低減させることが可能となる。しかしながら、WLAN 通信が混雑している時には WLAN 通信の空き時間が少ないために White Space の予測が外れ、通信が衝突する確率が高くなる。

## 3 AA CTS-Blocking

AA CTS-Blocking は、周辺にある WLAN アクセスポイント (AP) から CTS フレームを送信させて CTS-Blocking を実現する干渉回避システムである。図 1 に、AA CTS-Blocking システムの概要を示す。本システムは、環境内に配置された ZigBee ノード及び ZigBee 基地局、制御 PC から構成される。ZigBee 基地局と制御 PC は有線接続されている。

制御 PC では、周囲に存在する WLAN AP のビーコンフレームを受信し、チャンネル、受信信号強度 (RSSI) を収集する。ZigBee の通信を開始する場合、周囲の AP の 1 つを選択して制御 PC から RTS フレームを送信する。選択された AP は RTS フレームを受信すると周囲の WLAN 端末に対して CTS フレームを送信する。制御 PC は AP からの CTS フレームを受信すると ZigBee 基地局を用いて ZigBee ノードとの通信を開始する。WLAN AP は、その AP が提供する WLAN ネットワークに参加していない端末からの RTS フレームに対しても CTS フレームを返答するため、制御 PC では任意の AP を選択することができる。

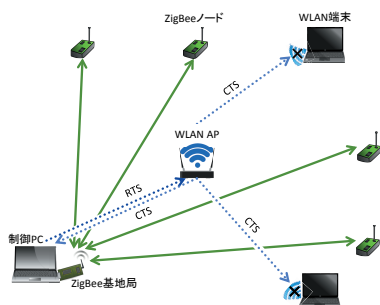


図 1 システム概要

2015/3/10 ~ 13 草津市

## 4 評価

## 4.1 評価環境

AA CTS-Blocking の有効性を検証する初期的評価として、WLAN 通信環境下での ZigBee 通信実験を行った。ZigBee ノードとして TinyOS が動作する無線センサノード MicaZ を用いた。WLAN ネットワークが存在する屋内環境に 10 台のノードを配置し、200 ms ごとに全ノードからダミーデータを収集した。ダミーデータには送信元アドレス及びシーケンス番号が記録されており、サイズはヘッダを含めて 18 バイトである。WLAN ネットワーク側には 5 台の WLAN 端末を用いて約 5 Mbps の通信負荷を常時発生させた。

本評価実験では、RTS/CTS フレームを用いて 30 ms 間の ZigBee 通信時間を確保した。ダミーデータの収集では TDMA 方式のアクセス制御を行って各ノード間の通信が衝突しないようにした。CTS フレームを受信した制御 PC から ZigBee 基地局を用いてデータ送信要求を全ノードに対してブロードキャストする。データ送信要求を受信すると、各ノードはあらかじめ割り当てられたスロットにおいてダミーデータを送信する。スロットサイズは 2 ms である。本実験では、RTS/CTS フレームを利用して全 10 台のノードからダミーデータを収集する動作を 1 サイクルと定義する。

AA CTS-Blocking においては、RTS の送信先 AP の選択が干渉回避性能に大きな影響を及ぼすと考えられる。本稿は初期的評価を通じて AA CTS-Blocking の有効性の検証を目的としているため、RTS の送信先 AP として RSSI がもっとも大きい AP を選択するものとした。具体的には、制御 PC において観測される AP の中で信号 RSSI が最大となる AP を RTS の送信先として選択した。

評価は、各ノードからのデータ収集を 1000 サイクル行い、データ収集通信の成功率を算出した。比較対象として、(1) Normal: 何もせずに ZigBee 通信を行った場合、(2) CTS-Blocking: 制御 PC から周囲の WLAN 端末へ直接 CTS を送信した場合、(3) AA CTS-Blocking: 制御 PC から AP へ RTS を送信した場合のそれぞれについて実験を行った。

## 4.2 結果

図 2 に、実験種別 (1)~(3) の場合における ZigBee 通信効率を示す。図 2 から、通信効率は (1) に比べ (2)、(3) が明らかに向上していることがわかる。特に (1) と (3) では約 8% 程度の優位な差が見受けられる。また、(2) に比べて (3) の方が約 5% 向上していることがわかる。これは、制御 PC よりも送信電力の高い AP に CTS メッセージを送信させることで、CTS-Blocking の問題点であった隠れ端末問題が改善されていると考えられる。

さらに、図 3 に、実験種別 (1)~(3) の場合における 1 サイクルのメッセージ数分布を示す。これを見ると、(1) では 7 の辺りにピークがあり、最大値 10 の度数は低いことがわかる。しかし、(2) ではそのピークが右へシフトしていることがわかる。(3) ではその傾向が更に強まっており、最大値の度数も 1 つのピークとして確認できることから、1 サイクルあたりの受信メッセージ数は確実に向上している。

## 5 おわりに

本稿では、WLAN と ZigBee の共存に向けた AA CTS Blocking を示した。AA CTS Blocking を用いたデータ収集システムを実装し、実証評価を通じて AA CTS Blocking の有効性を検証した。この結果、既存手法よりも通信成功率を 5% 改善できることを確認した。現在、通信成功率の更なる向上に向けた RTS 送信先 AP の選択手法を検討している。

## 参考文献

- [1] J. Hou *et al.*, "Minimizing 802.11 Interference on Zigbee Medical Sensors", Proc. ICST BodyNets, Apr. 2009.
- [2] J. Huang *et al.*, "Beyond Co-existence: Exploiting WiFi White Space for ZigBee Performance Assurance", Proc. IEEE ICNP, Oct. 2010.

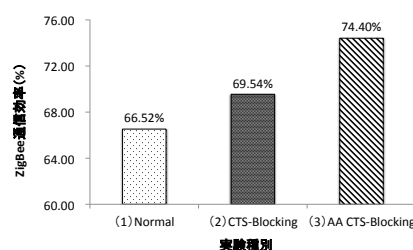


図 2 ZigBee 通信効率の比較

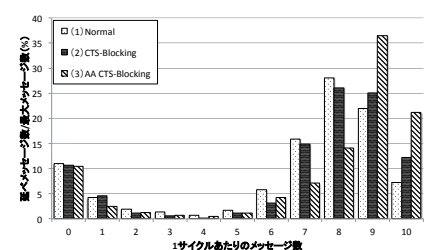


図 3 1 サイクルのメッセージ数分布