

# IEEE802.11 の起動に IEEE802.15.4 のデータ転送を用いた消費電力の低減手法の検討

青木 香奈<sup>†</sup> 村上 厚介<sup>†</sup> 小林 秀幸<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 仙台高等専門学校

## 1 はじめに

近年、あらゆるモノをインターネットに接続する IoT(Internet of Things) が注目を集めている。今後 IoT の普及に伴い、低消費電力なセンサデバイスによる大容量な通信の需要が高まることが予想される。

IEEE802.15.4 は低消費電力、低コストを目指して策定された、主に WSN(Wireless Sensor Network) を構築するための規格である。センシングによって得た物理量など、容量の小さいデータ伝送に適している。しかし、最大通信速度 250kbps と低速であるため動画などの大きいデータ量の送受信には適していない。また、容量の大きいデータを伝送する場合のエネルギー効率は IEEE802.15.4 が 979nJ/bit, IEEE802.11 が 112nJ/bit である [1]。このため IEEE802.15.4 は容量の大きいデータを伝送する場合エネルギー効率が悪い。

IEEE802.11 は無線 LAN や Wi-Fi 向けの規格として広く普及しており、最大通信速度 300Mbps であることから短時間に大量のデータを送ることが可能である。しかしながら、通信の高速化に伴い消費電力の増加が問題となっている。また、文献 [2] では無線 LAN カードの消費電力はそれぞれ、送信時 1.65W, 受信時 1.40W, 待機時 1.15W であり、待機時でも送受信時と消費電力があまり変わらない。このため、待機時に IEEE802.11 を起動させておくとエネルギー効率を悪化させる要因となる。

IEEE802.11 の消費電力を削減する手法として、HoWiES[3] と Bluetooth4.0(BLE) を用いた Wi-Fi ウェイクアップ制御方式 [4] が挙げられる。これらの手法は IEEE802.11 無線機を必要時のみ起動することにより消費電力の削減を図っている。HoWiES ではスキャンニング、スタンバイ、ウェイクアップ時を対象に、ZigBee

を用いて Wi-Fi を必要時のみウェイクアップすることで消費電力を削減する。しかしこの手法の場合、データ容量が小さい通信でも IEEE802.11 無線機を起動するためエネルギー効率が悪くなる。提案手法ではエネルギー効率を良くするために、データ容量が小さい通信では IEEE802.11 無線機を起動せず ZigBee を用いる。Bluetooth4.0(BLE) を用いた Wi-Fi ウェイクアップ制御方式では必要時のみ Wi-Fi を立ち上げ、ビーコン情報や Wi-Fi のウェイクアップ情報などは消費電力の小さい BLE(Bluetooth Low Energy) により送受信する。これにより Wi-Fi の無駄な起動時間を減らし、消費電力を削減している。提案手法はこの手法を参考に作成した。また、提案手法ではデータ容量が小さい通信は IEEE802.11 無線機を使用しないで消費電力の小さい無線機で行うため、BLE(Bluetooth Low Energy) よりもパケットサイズの大きい規格 (IEEE802.15.4) を用いる。

本稿では IEEE802.11 の消費電力を削減するために、IEEE802.15.4 を使用した IEEE802.11 の起動を提案する。この手法は消費電力の大きい IEEE802.11 を使用時以外スリープ状態にし、スリープ状態から復帰する場合は IEEE802.15.4 を用いて起動信号を伝送することにより消費電力を削減するものである。

## 2 原理

### 2.1 提案手法

提案手法は IEEE802.11 の消費電力を削減するためにデータ容量の大きい通信は IEEE802.11 無線機を使用し、それ以外の場合は IEEE802.11 無線機をスリープ状態にする。更にスリープ状態から復帰する場合は IEEE802.15.4 を用いて起動信号を伝送することにより消費電力を削減する。

提案手法のシーケンス図を図 1 に示す。端末 A(RP A) から端末 B(RP B) にデータを送る場合、端末 A 側の IEEE802.15.4 無線機が端末 B 側の IEEE802.15.4 無線機に送信要求の制御信号を送る (Op.1)。

**An Approach of low power consumption devices using IEEE802.11 with IEEE802.15.4 data packets**

Kana Aoki<sup>†</sup>,

Kosuke Murakami<sup>†</sup>,

Hideyuki Kobayashi<sup>†</sup>

<sup>†</sup>National Institute of Technology, Sendai

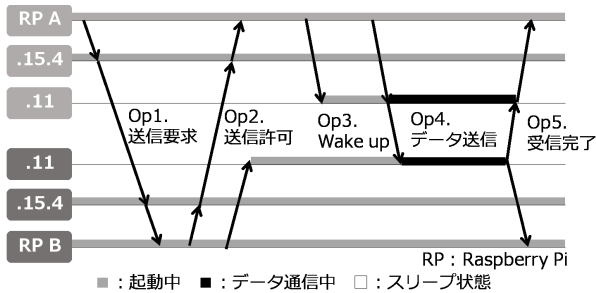


図 1. 提案手法のシーケンス図

このとき、IEEE802.11 無線機はスリープ状態になっているが、IEEE802.15.4 無線機は送信要求の制御信号を常に受信できるように常時、起動状態になっている。端末 B が通信可能な場合は端末 A に IEEE802.15.4 無線機を使用して通信許可の信号を送る (Op.2)。その後、両方の IEEE802.11 無線機を起動 (Op.3) させ、データを送る (Op.4)。データの受信完了後、それぞれ端末 A、端末 B に受信完了の信号を送り IEEE802.11 はスリープ状態に戻る (Op.5)。

このように提案手法は必要時のみ IEEE802.11 無線機を起動し、データ容量の大きさにより無線機を使い分ける事によって消費電力を削減することが可能となる。

## 2.2 IEEE802.11 と IEEE802.15.4 の電力量

IEEE802.15.4 は低消費電力・低コストの規格であるが、容量の大きいデータを送信する場合エネルギー効率が悪くなる。そのため提案手法ではデータ容量によって IEEE802.11 と IEEE802.15.4 を使い分ける。

本実験では送信するデータ容量によって IEEE802.11 と IEEE802.15.4 のどちらの規格を用いたほうがエネルギー効率が良くなるかを調査するためデータ容量ごとの IEEE802.11 と IEEE802.15.4 の電力量を求めた。データ容量ごとの電力量は実機を用いて測定する。

IEEE802.11 無線機は BUFFALO 社の無線 LAN カードを使用し、IEEE802.15.4 無線機はモノワイヤレス株式会社の ToCoStick を使用した。無線機の制御には小型コンピュータ Raspberry Pi を使用する。測定器は Raspberry Pi と無線機の間に取り付け、無線機の消費電力を測定する。消費電力はデータ容量ごとにそれぞれの無線機で 100 回測定しその平均を求める。送信時間は送信コマンド開始から終了までの時間とし、送信終了時間から送信開始時間を引いて求める。電力量  $W[Ws]$  は無線機の消費電力  $P[W]$  と送信時間  $T[s]$  の積算で求める。また、IEEE802.11 と IEEE802.15.4 のエネルギー効率は電力量の大きさで比較する。

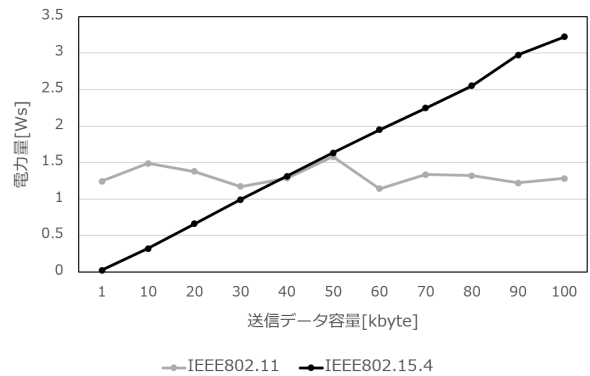


図 2. 送信データ容量ごとの電力量

IEEE802.11 と IEEE802.15.4 の送信データ容量ごとの電力量のグラフを図 2 に示す。IEEE802.15.4 の電力量は送信データ容量が 1kbyte の時、IEEE802.11 の電力量の 1.97% と小さい。しかし IEEE802.15.4 の電力量はデータ容量が大きくなるにつれて増加しており、送信データ容量が 40kbyte 以上になると IEEE802.11 よりも電力量が大きくなる。IEEE802.15.4 の電力量は送信データ容量が 100kbyte の時、IEEE802.11 の電力量の 251.21% である。このことからデータ容量の小さい通信には IEEE802.15.4 が適しているが、データ容量の大きい通信には IEEE802.11 が適しているといえる。

また結果より送信データ容量により IEEE802.11 と IEEE802.15.4 を切り替えることは消費電力の削減に有効であることがわかる。

## 3 まとめ

IoT の実現には大量のセンサを用いるため無線通信とその消費電力を削減する必要がある。本稿では消費電力を削減するために、データ容量により IEEE802.11 と IEEE802.15.4 を使い分けて伝送する手法を提案した。今後は提案手法の実装、比較実験を行う。

## 参考文献

- [1] D. McIntire, K. H. Hing, B. Yip, A. Singh, W. Wu, and W. Kaiser, "The low power energy aware processing (leap) system," in IPSN SPOTS, April 2006
- [2] Zheng Zeng, Yan Gao, and P. R. Kumar, "SOFA: A Sleep-Optimal Fair-Attention scheduler for the Power-Saving Mode of WLANs," Distributed Computing Systems (ICDCS), 2011 31st International Conference on
- [3] Zhang, Yifan, and Qun Li. "HoWiES: A holistic approach to ZigBee assisted WiFi energy savings in mobile devices." INFOCOM, 2013 Proceedings IEEE. IEEE, 2013.
- [4] 田中直也, 湯素華, 小花貞夫 "モバイル端末における消費電力削減のための Bluetooth4.0(BLE) を用いた Wi-Fi ウェイクアップ制御方式," マルチメディア、分散、協調とモバイル (DI-COMO2015) シンポジウム 2015