

# モバイル端末の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

田中 直也<sup>†</sup> 小花 貞夫<sup>‡</sup> 湯 素華<sup>‡</sup>

電気通信大学 情報理工学部<sup>†</sup> 大学院情報理工学研究科<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

スマートフォンの使用可能時間の少なさが問題になっている。その原因の一つに Wi-Fi の使用がある。近年 LINE に代表される SNS のような、データを受信するタイミングが定期的でないアプリケーションが増えており、待ち受けのために Wi-Fi を常に起動して電力を多く消費している場合がある。筆者らは、Bluetooth4.0 から実装された消費電力が小さい BLE (Bluetooth Low Energy) をウェイクアップ送受信機とし、必要な時にだけ Wi-Fi を立ち上げるスリープ・ウェイクアップ制御によって消費電力を削減する方式を検討している。本稿では、この方式の概要とプロトタイプによる実験結果について報告する。

## 2. Wi-Fi の消費電力抑制のための従来技術

### 2.1. Wi-Fi PSM

Wi-Fi には、通常モードと Power Save Mode (PSM) と呼ばれる省電力モードがある。通常モードでは、アクセスポイント (AP) は端末に対して定期的にビーコンを送信する。端末は AP との接続を維持するために、Wi-Fi を常時起動してビーコンを待ち受ける。

一方、PSM では、アウェイク状態 (データの送受信を行うことができる) とスリープ状態 (データの送受信をしない低消費電力状態) を定期的に繰り返す。普段はスリープ状態であるが、自端末宛のデータの有無を確認するために定期的にアウェイク状態に移行し、ビーコンを受け取る。また、端末は全てのビーコンを受信するのではなく、ビーコンに含まれる情報から受信間隔を計算し、その間隔毎に受信する。ビーコンには自端末宛のデータの有無に関する情報が含まれており、自端末宛のデータがある場合はアウェイク状態のままデータを待ち受け、無い場合はスリープ状態に移行する (図 1)。LINE のようなアプリケーションでメッセージ等を受信する場合、そのデータがいつ来るか分からないので、Wi-Fi PSM でも定期的に Wi-Fi をウェイクアップしてビーコンを受信し続ける必要があり、多くの電力を消費する。

### 2.2. 先行研究

本稿の方式に関わる文献は、端末側から AP をウェイクアップする手法 [1] と、AP 側から端末をウェイクアップさせ、消費電力の大きい Wi-Fi のみをスリープさせる手法 [2][3] がある。[1] の場合、端末側

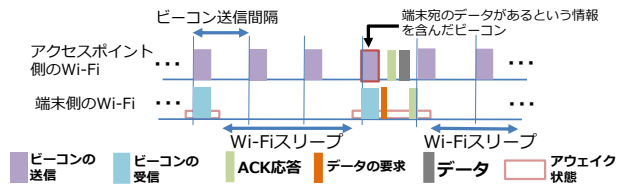


図 1 PSM の動作概要

から AP をウェイクアップするために特殊な信号を送信するため、AP 側に専用の受信装置を搭載する必要がある。[2] の場合、音波を使ってウェイクアップ信号を送信し、マイクで検知する。そのため、通信が音速で行われるために遅延が生じ、また、到達距離が短い等の欠点がある。[3] では、ZigBee をウェイクアップ制御に使用する。しかし、BLE の方が ZigBee より消費電力が少なく、また、ZigBee は普及していないため、BLE を用いた方が現実的でしかも消費電力削減の効果が高いと考えられる。

## 3. 提案方式

提案方式では、先行研究の欠点を改善するために、今後の端末で標準装備される BLE を用いてビーコンの情報を送受信する。BLE ではアドバタイズメントと呼ばれるパケットを送受信することでデバイスを発見し、接続を開始する。提案方式では、アドバタイズメントに Wi-Fi ビーコン内の必要な情報を付加することでウェイクアップの制御を行う。概要を図 2 に、ウェイクアップの流れを図 3 に、提案方式の手順を以下に示す。

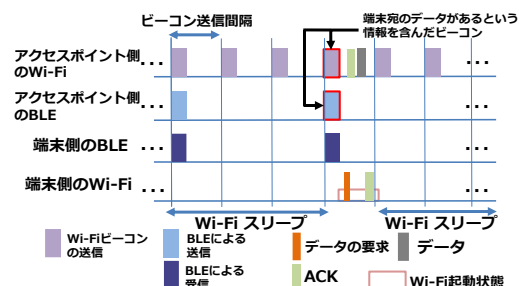


図 2 提案方式の概要

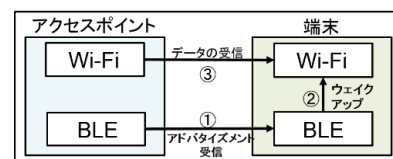


図 3 ウェイクアップの流れ

- 1) AP は、各端末宛のデータの有無に関するビーコン情報を含む BLE のアドバタイズメント (以下、BLE ビーコンと呼ぶ) を定期的に送信する。

Wi-Fi Wake-Up Control Using Bluetooth4.0 (BLE) for Energy Saving in Mobile Terminals

<sup>†</sup>Naoya Tanaka, <sup>‡</sup>Sadao Obana, <sup>‡</sup>Suhua Tang

<sup>†</sup>Faculty of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

<sup>‡</sup>Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

- 2) 各端末は、普段 BLE と Wi-Fi をスリープ状態にして、AP からの BLE ビーコンの送信間隔に合わせて BLE を起動し受信する。
- 3) BLE ビーコンを受信した端末は、ビーコン情報から自端末宛のデータが有るかどうかを確認する。
  - a) 自端末宛のデータが有る場合、Wi-Fi をウェイクアップして、データを受信し、同時に BLE がスリープ状態に移行する。データの受信が終了したら、Wi-Fi をスリープ状態にして、BLE ビーコンの受信を再開する。
  - b) 自端末宛のデータが無い場合、BLE ビーコンの受信を継続する。

#### 4. プロトタイプによる評価

提案方式をAndroid上で動作するアプリケーションとして実装し、BLE搭載の端末(スマートフォン:LG G2 mini)上で動作させ、Wi-Fi通常モード、PSMモードの消費電流量を比較した。APから7KBのデータを一定間隔毎に送信した時の、提案方式とWi-Fiのみの場合の、7KBのデータを受信するのにかかる消費電流量を、データの送信間隔を変化させて計算した。消費電流量の計算は、Wi-FiとBLEのアイドル状態(データを待ち受けている状態)と、提案方式とWi-Fiのデータ受信時の毎秒の消費電流を測定し、各状態の合計時間を掛けることで消費電流量を求めた。消費電流の測定は、それぞれ50回行い、平均を取った。また、提案方式の場合、データ受信にかかる時間には、Wi-Fiウェイクアップの時間が含まれている。表1に測定したアイドル状態と受信時の毎秒の消費電流を、表2にデータ受信にかかる時間を、図5にデータ送信間隔を変えて計算した消費電流量のグラフを示す。

表1 アイドル状態と受信時の毎秒の消費電流

	アイドル状態[mA]	データ受信時[mA]
提案方式(BLE)	7.02	51.97
Wi-Fi 通常	22.664	49.22
Wi-Fi PSM	11.274	49.22

表2 データ受信にかかる時間

	データ受信にかかる時間[s]
提案方式	3.42
Wi-Fiのみ	0.02

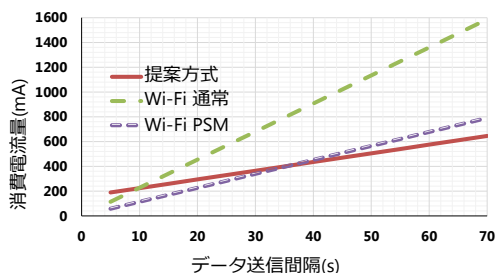


図5 データ送信間隔と消費電流量の関係

表1より、データ受信時の消費電流は提案方式の方が多く、表2より、提案方式の方がデータ受信にかかる時間が長いことが分かる。これは、プロトタイプ

では、AndroidのAPIを用いているためにWi-Fiを細かく制御できず、Wi-Fiスリープ状態ではなくOFFの状態からWi-Fiをウェイクアップしていることや、APのスキャンなどの余分な動作を行っているためであると考えられる。図6にプロトタイプのデータ受信時の消費電流量の内訳を示す。

Wi-Fi ON	$1.18s \times 55.708mA = 65.74mA$
スキャン	$0.88s \times 49.154mA = 43.256mA$
APへの接続	$0.34s \times 70.955mA = 24.125mA$
アイドル状態	$0.65s \times 22.664mA = 14.732mA$
データ受信	$0.02s \times 49.22mA = 0.98mA$
Wi-Fi OFF	$0.34s \times 73.355mA = 24.94mA$

図6 データ受信時の消費電流量の内訳

今後、Wi-Fiの制御をデバイスドライバのレベルで行い、スリープ状態からウェイクアップをすることで、ウェイクアップの時間は0.5ms以内になり[4]、ウェイクアップ時の電流はほぼ無視でき、また、アイドル状態、APのスキャン、APへの接続も制御によって無くすことができると考えられる。その場合、提案方式のデータ受信にかかる電流は図6のデータ受信の値のみになり、同様の方法で消費電流量を計算しWi-Fi PSMと比較すると図7のようになる。上記したようなWi-Fiの制御を実現できれば、図7のように、提案方式の消費電流量の方がWi-Fi PSMより少なくなると考えられる。

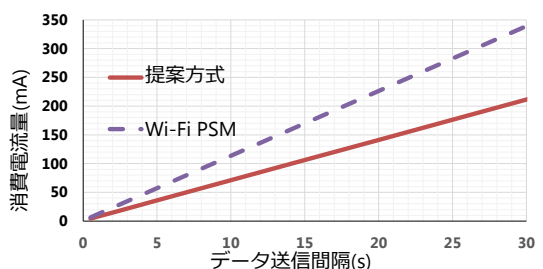


図7 提案方式とWi-Fi PSMの比較

#### 5. おわりに

本稿では、今後の端末に標準装備されるBLEを用いて、必要に応じてWi-Fiをウェイクアップさせる方式を提案し、プロトタイプによる評価を行い、本方式による消費電力削減の可能性を示した。今後は、デバイスドライバによるWi-Fi制御の方法や、少量のデータの場合にはWi-FiをウェイクアップせずにBLEのみで受信するなどの、さらなる消費電力削減の仕組みを検討する。

#### 参考文献

- [1] S. Tang, H. Yomo, and Y. Takeuchi, "Optimization of Frame Length Modulation-Based Wake-up Control for Green WLANs," IEEE Transactions on Vehicular Technology, doi: 10.1109/TVT.2014.2325643, 2014.
- [2] Mostafa Uddin and Tamer Nadeem, "A2PSM: Audio assisted Wi-Fi power saving mechanism for smart devices," ACM HotMobile'13, USA, Feb 2013.
- [3] Yifan Zhang and Qun Li, "HoWiES: A holistic approach to ZigBee assisted Wi-Fi energy savings in mobile devices," INFOCOM 2013, pp.1366-1374, USA, Apr 2013.
- [4] Texas Instruments Incorporated., "CC2530 RF transceiver for 2.4-GHz IEEE 802.15.4," focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc2530.pdf.