

# 間欠的ビーコンを利用したビーコン位置推定に関する一検討

樊亮<sup>1,a)</sup> 内藤 克浩<sup>2,b)</sup>

**概要:** 近年のスマートフォンは省電力通信が可能な Bluetooth Low Energy (BLE) を実装することが多いこともあり, BLE 上のビーコンを活用するアプリケーションが着目されている. Apple は自社のスマートフォン OS である iOS 用に「iBeacon」と呼ばれる独自のビーコン技術を導入し, iOS 7 から利用が可能になっている. 著者らは, iBeacon などのビーコンを活用することにより, 意識的な情報収集行為が必要とされない無意識参加型センシングを提案してきた. 無意識参加型センシングのシステムは, BLE に対応したビーコンデバイス, スマートフォンアプリケーション, ビーコンデバイスを管理する管理サーバーから構成される. また, OS はビーコンデバイスからのビーコンを受信すると, 所望のスマートフォンアプリケーションをバックグラウンドで稼働させることにより, スマートフォン所有者の意識的な操作なしにセンシングを行う. 本稿では, ビーコンが設置されている位置を複数回受信されるビーコンを用いて推定することを目的に, 無意識参加型センシングをさらに拡張する方法を検討する.

キーワード:

## 1. はじめに

近年のスマートフォンは省電力通信が可能な Bluetooth Low Energy (BLE) を実装することが多いこともあり, BLE 上のビーコンを活用するアプリケーションが着目されている [1]. ビーコンは専用デバイスから一方的に送信されるだけであり, 一般的な BLE 通信のように双方向で通信が行われるわけではない. 一方, メッセージとしては BLE 上で送信されるメッセージの 1 種類である. そのため, スマートフォン側にビーコンを受信するための, なんらかの枠組みがなければ, ビーコンを活用することが難しい. 一般に, スマートフォンアプリケーションを用いてビーコン検出を行うためには, アプリケーションが定期的にビーコン探索処理を行う必要がある. このようなビーコン探索処理は, スマートフォンアプリケーションが常時動作する必要があるため, 消費電力の増大が大きな課題となる [2].

Apple は自社のスマートフォン OS である iOS 用に「iBeacon」と呼ばれる独自のビーコン技術を導入し, iOS 7 か

ら利用が可能になっている [3]. iBeacon では, アプリケーションが OS に所望の UUID を登録することにより, アプリケーションがスリープ中の場合にも, 所望の UUID を含むビーコン検出が可能となる. また, 個別のアプリケーションがビーコン探索処理を行う代わりに, OS が代理としてビーコン探索処理を行うため, 消費電力が大幅に増加することなく, ビーコン探索が実現可能である.

著者らは, iBeacon などのビーコンを活用することにより, 意識的な情報収集行為が必要とされない無意識参加型センシングを提案してきた [4]. 本稿では, ビーコンが設置されている位置を複数回受信されるビーコンを用いて推定することを目的に, 無意識参加型センシングをさらに拡張する方法を検討する. 検討方式の適用サービスとしては, 落とし物や盗難物の探索など, ビーコンが移動物に設置されるサービスを想定しており, ビーコンが近隣に存在するだけではなく, 大まかな位置も把握可能なサービスの実現を目指す. 本稿では, 上記の基本的な枠組みとなる, 定期的に送信されるビーコンと位置情報を組み合わせることにより, ビーコン位置の推定方法について考察する.

## 2. 無意識参加型センシング

スマートフォンなどの高機能デバイスの普及に伴い, 一般人が持つスマートフォンの機能を活用することにより, 様々な情報を収集する参加型センシングが着目されている. 参加型センシングでは, 一般人がセンシング行為に意識的

<sup>1</sup> 愛知工業大学 大学院経営情報科学研究科  
Graduate School of Business Administration and Computer  
Science, Aichi Institute of Technology, Toyota, Aichi 470-  
0392, Japan

<sup>2</sup> 愛知工業大学情報科学部  
Faculty of Information Science, Aichi Institute of Technol-  
ogy, Toyota, Aichi 470-0392, Japan

a) lliang0806@pluslab.org

b) naito@pluslab.org

に参加することが求められる点が、実用サービスを想定する際の一番の課題であった。著者らは、ビーコン技術を活用することにより、一般人が持つスマートフォン上にインストールされたセンシングアプリケーションを、センシング行為が必要な時だけ稼働させる枠組みを提案し、無意識参加型センシングと命名した。

無意識参加型センシングのシステムは、BLE に対応したビーコンデバイス、スマートフォンアプリケーション、ビーコンデバイスを管理する管理サーバーから構成される。管理サーバーはビーコンデバイス配布時に iBeacon で利用する UUID, major, minor などのパラメータとビーコンデバイスの仕様に応じた設定情報を配布する。スマートフォンアプリケーションは、管理サーバーに問い合わせることにより、検出対象のビーコンデバイスの情報を入手し、ビーコン検出を OS に依頼する。OS が該当ビーコンを検出した場合、OS はスマートフォンアプリケーションをバックグラウンドで稼働させることにより、スマートフォン所有者の意識的な操作なしに、センシングを行う。センシング結果は管理サーバーに自動的に報告されることにより、無意識参加型センシングを実現する。

### 3. ビーコンを利用したビーコン位置推定方式

#### 3.1 システムモデル

提案方式は無意識参加型センシングの拡張であるため、システムはビーコンデバイス、スマートフォンアプリケーション、ビーコンデバイスを管理する管理サーバーから構成される。各要素の機能を以下に示す。

- ビーコンデバイス

無意識参加型センシングではセンサ機能を持つなどビーコンデバイスは高機能なハードウェアを想定している。一方、本研究で想定するビーコンデバイスは、ビーコンを定期的に長時間送信できることが重要であるため、一般的な iBeacon タグなどを想定する。

- スマートフォンアプリケーション

無意識参加型センシングのスマートフォンアプリケーションと同様に、iOS の iBeacon 機能を活用することにより、スリープ状態の活用による省電力化と、バックグラウンド動作による無意識センシングを実現する。また、管理サーバーと連携することにより、探索対象のビーコン情報の取得及び検出したビーコンの推定位置の報告機能も持つ。

- 管理サーバー

サービスで利用されるビーコンデバイスを UUID, major, minor のパラメータで管理を行い、所望のスマートフォンアプリケーションにビーコンデバイスの情報を配布する。また、スマートフォンアプリケーションから報告されるビーコンデバイスの推定位置を管理する。

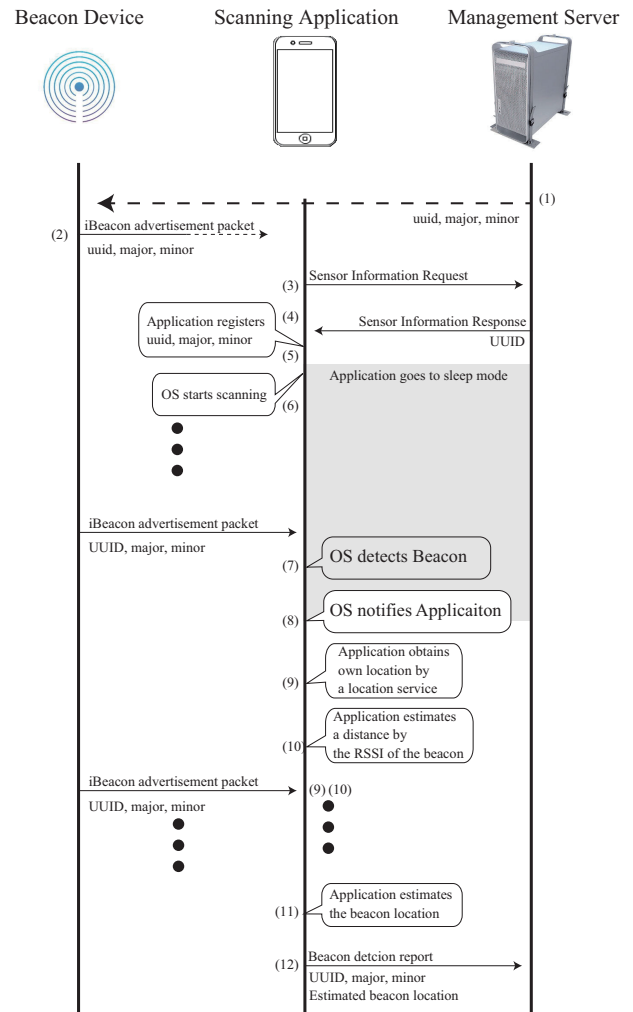


図 1 Signaling process

#### 3.2 処理手順

図 1 に提案方式の処理手順を示す。

- (1) 管理サーバーはビーコンデバイス配布時などに、ビーコンデバイスを特定するための UUID, major, minor のパラメータの配布を行う。
- (2) ビーコンデバイスは、配布後は一定時間毎にビーコンを送信する。なお、ビーコンの送信間隔が毎秒 1 回程度であれば、ビーコンデバイスは乾電池などで 1 年以上稼働可能である。
- (3) スマートフォンアプリケーションは初期起動時及び一定期間ごとに、管理サーバーに探索対象のビーコンデバイス情報の要求を行う。
- (4) 管理サーバーは、探索対象のビーコンデバイス情報を検出するための UUID を返信する。
- (5) スマートフォンアプリケーションは、取得した UUID を OS に登録することにより、ビーコンの検出を依頼する。また、スマートフォンアプリケーションはスリープ状態に移行する。
- (6) OS は依頼された UUID をバックグラウンド動作で探索を開始する。

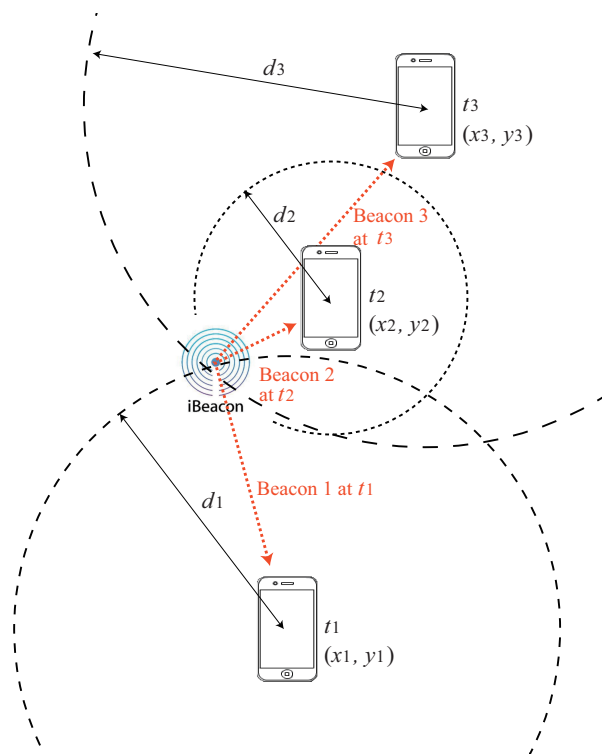


図 2 Estimation of beacon device position

- (7) OS がビーコンを受信した場合、ビーコンに含まれる UUID を確認することで、検出を依頼していたスマートフォンアプリケーションの有無を確認する。
- (8) OS は受信したビーコンに対応するスマートフォンアプリケーションをバックグラウンド動作で稼働させる。
- (9) スマートフォンアプリケーションは自身の端末位置を位置情報サービスを用いて取得する。
- (10) スマートフォンアプリケーションは、ビーコンの受信信号強度などから、端末からビーコンまでの距離を推定する。
- (11) スマートフォンアプリケーションは、複数回のビーコン受信により得られた、端末位置と端末とビーコン間の推定距離から、ビーコンの存在位置の推定を行う。
- (12) スマートフォンアプリケーションは、推定したビーコンの存在位置を管理サーバーに方向する。

### 3.3 位置推定

図 2 に本稿で検討中の位置推定手法の概要を示す。提案手法では、ビーコンデバイスから受信される複数回のビーコンを活用する。また、無意識参加型センシングでは、スマートフォン所有者はセンシング行為を意識しないため、スマートフォンは任意のタイミングで移動する状況を想定する。図 2 では、スマートフォンは 3 個のビーコンを時刻  $t_1, t_2, t_3$  に受信している。スマートフォンアプリケーションは、各ビーコンを受信した際に、位置情報サービスを利用して、端末の位置情報として、 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$

を取得する。また、ビーコンの受信信号強度からスマートフォンとビーコンデバイス間の距離  $d_1, d_2, d_3$  を推定する。スマートフォン所有者が静止している場合、これらの値はほぼ同じ値となるため、位置推定が困難である。一方、スマートフォン所有者が移動している場合、図 2 に示されるように、ビーコンデバイスの位置を、各ビーコン受信地を中心とした同心円の交点として推定可能となる。また、スマートフォンアプリケーションは、推定したビーコンデバイスの位置情報を管理サーバーに報告する。

## 4. まとめ

本稿では、著者らが提案した無意識参加型センシングを拡張することにより、ビーコンデバイスの存在位置を推定する方式について基礎検討を行った。提案方式では、スマートフォンアプリケーションが受信する複数個のビーコンの受信信号強度からスマートフォンとビーコンデバイス間の距離推定を行う。また、スマートフォンの位置情報サービスを利用することにより、ビーコン受信地の位置情報を取得する。そして、これらの情報を総合的に検証することにより、ビーコンデバイスの存在位置の推定を行う。今後は、プロトタイプ実装を用いた実験を行うことにより、提案方式の有効性評価を行う予定である。

謝辞 本研究の一部は科研費 (26330103, 15H02697) , 農林水産省 革新的技術創造促進事業 (異分野融合共同研究), の助成を受けたものである。記して謝意を表する。

## 参考文献

- [1] R. Faragher and R. Harle: Location Fingerprinting With Bluetooth Low Energy Beacons, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 33, No. 11, pp. 2418–2428, Nov. 2015.
- [2] Nicholas D. Lane, Emiliano Miluzzo, Hong Lu, Daniel Peebles, Tanzeem Choudhury, Andrew T. Campbell: A survey of mobile phone sensing, IEEE Communications Magazine, Vol. 48, No. 9, September 2010.
- [3] iBeacon for Developers, <https://developer.apple.com/ibeacon/>, Retrieved October 2015.
- [4] T. Mizukami, K. Naito, C. Doi, T. Nakagawa, K. Ohta, H. Inamura, T. Hishida, and T. Mizuno: Evaluation of Unconscious Participatory Sensing System with iOS devices, IWIN (International Workshop on Informatics) 2015, September 2015.