

## BLEによる位置推定を用いた監視カメラ追跡制御システム A Tracking Control System for Surveillance Cameras Based on Location Estimation Using BLE Signals

岡原 浩平<sup>†</sup>  
Kohei Okahara

相浦 利治<sup>†</sup>  
Toshiharu Aiura

### 1. はじめに

Internet of Things (IoT) における通信手段として、Bluetooth Low Energy (BLE) が注目されており、各種デバイスへの BLE 搭載が進んでいる。BLE は Bluetooth 4.0 で策定された近距離無線通信規格であり、低消費電力を特徴とする。現在、BLE を搭載した Beacon は、電波強度に基づくユーザのモバイル端末の近接検出や検出したモバイル端末への情報発信に利用されている。特に、電波強度に基づく屋内位置測位は注目されており、「東京駅構内ナビ[1]」等、モバイル端末向けのアプリケーションも開発されている。

本稿では、ユーザのモバイル端末と BLE を搭載した Beacon による屋内での位置測位情報を監視カメラの追跡制御に利用するシステムを提案する。

### 2. 関連技術

従来の画像解析ベースの監視カメラ追跡システムでは、監視カメラの死角に入った人物や、映像内で人や物体の影に隠れた人物の再検出に時間を要する。また、再検出された人物が直前のフレームで認識していた人物と同一である保証はない。この問題に対する解決策として、RFID タグを用いた映像監視ソリューションが提案されている[2]。これらを踏まえ、本稿では BLE によるユーザ ID 認識、ユーザの位置推定を行うことで、従来の画像解析ベースの監視カメラ追跡システムで追跡が困難となるケースに対しても、適用可能なシステムを提案する。

### 3. BLE Beacon 付監視カメラシステムの検討

本章では、各監視カメラに BLE のモジュールを設置し、BLE 対応のモバイル端末を持つユーザを監視カメラで追跡するシステムの提案、検討を行う (図1)。

#### 3.1 システム構成

本システムでは、BLE の電波強度を利用して、各監視カメラに対するユーザの近接を検出する。同時に、ユーザの進行方位をモバイル端末の地磁気センサと加速度センサを用いて計測し、ユーザの進行方位に最も正対する方位に向いている監視カメラによってユーザを捕捉する。尚、本システムでは PTZ カメラを想定しており、ユーザの捕捉後は、カメラのパン・チルトを制御することにより追跡を行う。

#### 3.2 BLE の電波強度特性

提案システムの構築にあたり、BLE の Beacon からの距離に応じた電波強度を測定した。測定には BLE Serial (浅

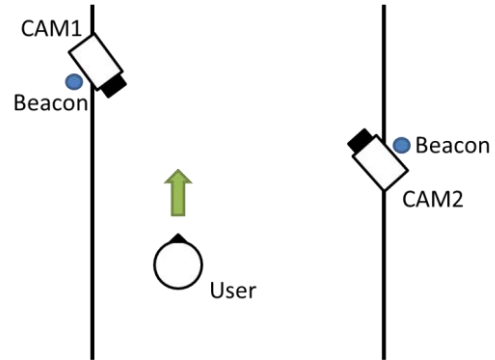


図1 BLE Beacon 付監視カメラシステム概念図

草ぎ研) と Arduino および Nexus 7 (Android 4.4) を利用し、BLE Serial から発信する BLE の電波強度を Nexus 7 にて計測した。計測結果を下記の図2に示す。本計測では、固体差を考慮し、BLE Serial は2個用意した。また、ノイズ低減のため、前後5回の中央値を1回の計測値とし、20回の計測値の平均を各距離における電波強度の計測値とした。

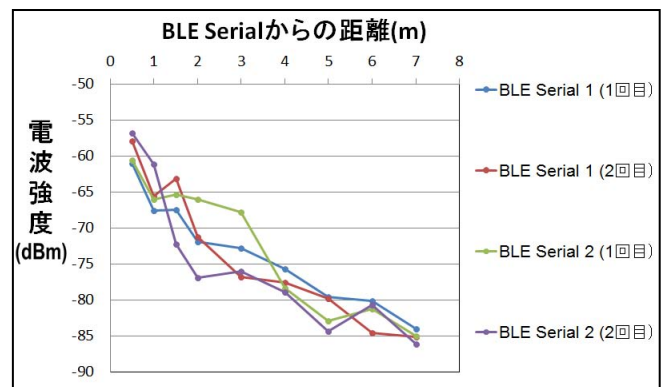


図2 電波強度計測結果

#### 3.3 正対カメラ選択率の算出

提案システムでは、ユーザの進行方位に対して最も正対する監視カメラでユーザを捕捉する。本節では、ユーザの進行方位の推定誤差がカメラの選択に及ぼす影響を確認するため、2個の BLE Beacon をユーザから等距離の位置に設置し、ユーザの進行方位に対する設置方位を変化させながら、捕捉に使用するカメラの選択率を求めた (図3)。尚、2台のカメラの設置方位は互いに  $180^\circ$  となる向きとし、カメラの設置方位は、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $75^\circ$  とした。結果を下記の表1に示す。

<sup>†</sup> 三菱電機(株) 情報技術総合研究所

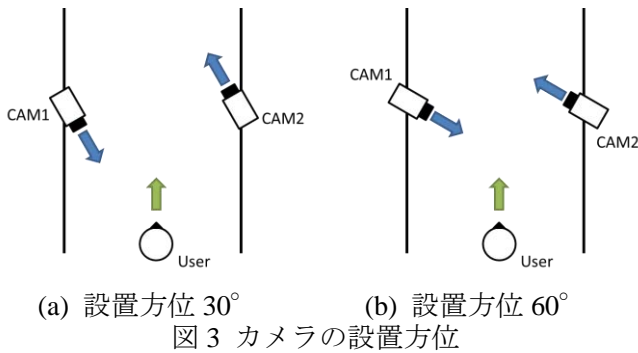


表1 正対カメラの選択率

カメラ設置方位	正対カメラ選択率
30°	100 %
45°	100 %
60°	100 %
75°	96%

### 3.4 考察

図2の結果から、BLEの電波強度はモジュールからの距離に応じて減衰することがわかる。ただし、減衰割合はBeaconから1~2mの距離では大きい、Beaconから離れるにつれて割合が小さくなっている。このため、Beaconから3~4m以上離れた場合、ユーザとの距離の推定は難しく、道幅の広い通路の真ん中付近を通行するようなケースでは、最も近い監視カメラの選択が困難であると考えられる。

表1の結果からは、モバイル端末によるユーザの進行方位の推定誤差は左右30°以内であることがわかる。このため、2台のカメラの設置方位を互いに180°となる向きとした場合、ユーザの進行方位に対するカメラの設置方位を60°以内とすれば、最も正対するカメラでユーザを捕捉可能となる。

### 4. 複数のBLE Beaconによる移動経路予測を用いた監視カメラシステムの提案

3.2節の実験結果からわかるように、単一のBLE Beaconの電波強度のみを用いてユーザとの距離を推定するのは難しく、複数のBeaconを利用する必要がある。本章では、複数のBeaconを利用してユーザの移動経路を予測し、監視カメラの追跡制御を行うシステムを提案する。

#### 4.1 システム構成

本システムは、環境中に配置した複数のBLE Beacon、複数台の監視カメラ、BLE Beaconおよび監視カメラと接続された制御サーバ、ユーザが所持するモバイル端末から構成される(図4)。尚、本システムで使用する監視カメラはPTZカメラとし、Beaconの設置間隔は、上記実験結果より3~4m以内にすれば、どちらのBeaconにより近いかを判断できると考えられる。また、各Beaconと監視カメラにはIDが割り振られており、制御サーバは各Beaconと監視カメラのマップ上での位置ならびに監視カメラの各PTZの値に応じたマップ上での撮像範囲を把握しているものとする。

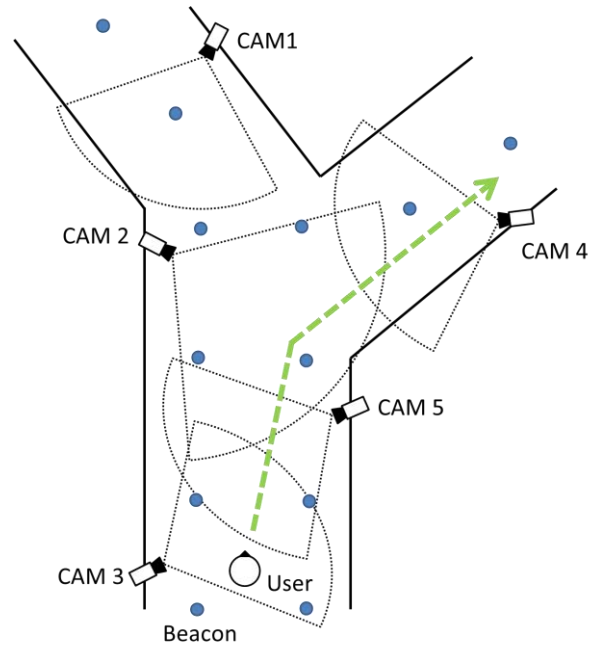


図4 提案システム概念図

#### 4.2 システムの動作

提案システムの動作を下記に示す。

- (1) ユーザのモバイル端末で計測した各BLE Beaconの電波強度をBeacon経由で制御サーバに通知する。このとき、ユーザIDと進行方位推定結果も送信する。
- (2) 制御サーバは当該IDのユーザがこれまで通過したBeaconの情報ならびに現在の電波強度の測定値、ユーザの進行方位を基に移動経路を予測する。
- (3) 予測した移動経路を基にユーザの次の到達位置を撮像可能な監視カメラを選択、該当する監視カメラのPTZを制御する。

上記(1)~(3)の処理を繰り返すことにより、継続した特定ユーザの追跡が可能となる。

#### 5. まとめ

本稿では、BLE Beaconによる屋内位置測位情報を監視カメラの追跡制御に利用するシステムを提案した。提案システムでは、ユーザが監視カメラの死角や映像内の死角にいる場合でも、マップ上での位置検出情報を基に追跡を続けることができる。本システムを利用したアプリケーションとしては、子どもやお年寄りの見守りサービスが考えられる。

#### 参考文献

- [1] 東京駅構内ナビ  
<http://www.jreast-app.jp/s-navi/>
- [2] 大網亮磨, 石寺永記, 植木一也, 宮野博義, 藤田光洋, 伊原康行, “監視カメラ映像に基づく人物行動・属性の抽出とその応用”, 電子情報通信学会誌, Vol.95, No.5 (2012).