

(40) iBeaconを利用した現場見学者のための 工事概要案内システムの開発

内田 理絵¹・川野邊 慧²・岡本 修³・藤原 泰明⁴・高田 知典⁵
宇野 昌利⁶・宮瀬 文裕⁷・米山 文雄⁸・藤枝 達也⁹

¹非会員 茨城工業高等専門学校 専攻科 ²非会員 茨城工業高等専門学校 教育研究協力員
³正会員 茨城工業高等専門学校 准教授 (〒312-8508 茨城県ひたちなか市中根866)

E-mail:okamoto@ss.ibaraki-ct.ac.jp

⁴非会員 丸五ゴム工業株式会社 (〒710-8505岡山県倉敷市上富井58)

E-mail:ya-fujiwara@marugo-rubber.co.jp

⁵フェロー会員 PHM (〒364-0014埼玉県北本市二ツ家2-237)

E-mail:tomonori.takada@phm-net.jp

⁶正会員 先端建設技術センター (〒112-0012東京都文京区大塚2-15-6ニッセイ音羽ビル4階)

E-mail:uno@actec.or.jp

⁷正会員 清水建設株式会社土木技術本部 (〒104-8730東京都中央区京橋二丁目16-1)

E-mail: f.miyase@shimz.co.jp

⁸正会員 清水建設株式会社関東支店 (〒330-0853埼玉県さいたま市大宮区錦町682番地2大宮情報文化センター)

E-mail: f-yoneyama@shimz.co.jp

⁹正会員 国土交通省関東地方整備局八ッ場ダム工事事務所 (〒377-1395群馬県吾妻郡長野原町大字与喜屋11)

E-mail: fujieda-t85aa@mlit.go.jp

建設工事では、地域住民とのコミュニケーションにより工事への理解と協力を得て、工事を進めることは重要である。近年のダムカードに代表されるインフラ施設の理解への取り組みは、その関心の高さから効果が期待されており、建設工事でも工事への理解と協力を得るための積極的な「見せる工事」への要求は高まりつつある。場所毎に異なる多種多様な工種が混在しながら、時々刻々と進捗する工事現場に合わせて工事情報を提供することは、工事への理解と協力を得るためにとても重要である。本研究では、スマートフォンとビーコンを利用した現場見学者のための工事概要案内システムを開発した。見学場所に依りて画像と音声を使って案内するシステムで、誰でも容易に使えるようにスマートフォンの操作を極力必要としないインターフェースを採用した。

Key Words : Bluetooth, BLE, iBeacon, RSSI, ranging, smartphone, guidance

1. はじめに

建設工事では、地域住民とのコミュニケーションを通して工事への理解と協力を得て、工事を進めることが重要である。生活空間に隣接して工事を進める必要から騒音や振動、大型車両の通行、地域環境への影響等の対策や情報提供は、建設工事への協力を得る上で大切となる。また、インフラ施設の建設や維持管理の必要性を理解する上で、施設に興味をもってもらうことが重要で、近年のダムカードに代表されるインフラ施設の理解への取り組みは、その関心の高さから効果が期待される。建設工事においても工事への理解と協力を得るための積極的な「見せる工事」への要望は高まりつつある。

建設現場では、場所毎に異なる多種多様な工種が混在

しながら時々刻々と進捗する。それぞれの工事は、施設を機能させる上で欠くことができない。一方、現場を見学する訪問者は、長い工期の一瞬を見ることになるが、目の前で進む工事が最終的にどのような役割を担うのかを理解することは、工事全体を理解する上で必要となる。このようなことから日々進む工事に合わせて工事情報を提供することは、工事への理解と協力を得るためにとても重要である。

我々は、これまでに建設現場における事故防止のためLifelogの研究において、画像等のビッグデータから有用な情報の抽出にBLEを活用する研究¹⁾を行ってきた。本研究では、この技術を応用して、スマートフォンとビーコンを利用した現場見学者のための工事概要案内システムを開発した。日々進捗する建設現場の概要を、見学

場所に応じて画像と音声を使って案内するシステムで、誰でも容易に使えるようにスマートフォンの操作を極力必要としないインターフェースを採用した。また、海外からの見学者へ対応するためのバイリンガル対応も行う。本稿では、開発した案内システムの概要と iBeacon の測距性能の試験結果、および現場適用について述べる。

2. iBeaconの概要

(1) iBeacon とは

iBeacon は、BLE(Bluetooth Low Energy)を利用した Apple 社が採用する近距離通信技術および通信プロトコルである。iOS7 以降の iOS 端末では、iBeacon 発信機に近づいたときにアドバタイジングパケットを受信して自動的に何らかの動作するアプリを作成することが可能である。iBeacon 発信機から発信する ID 情報は、Proximity UUID, Major, Minor の 3 種類の識別子から構成されており、個体の識別が可能である。図-1 に iBeacon 発信機の外観を示す。



図-1 iBeacon 発信機の外観

(2) iBeacon発信機の電波強度による測距性能

iBeacon 発信機からのアドバタイジングパケットを受信する際、電波強度となる RSSI 値から iBeacon 発信機との距離を計測^{2),3)}できるか検証する。複数の iBeacon 発信機が存在する環境において、電波強度と距離の関係を明らかにする。地面上に直線で 50cm 毎に 4 つの iBeacon 発信機を設置する。各 iBeacon 上で 4 つの iBeacon 発信機からのアドバタイジングパケットを iPhone で受信して、電波強度となる RSSI 値を記録する。周囲の障害物の影響を避けるため、アドバタイズ信号を受信する iPhone を竹の棒の先のヒモに吊るして人体から離すと同時に、受信する複数の iBeacon 発信機の電波強度情報は、WiFi を介して PC から取得した。

図-2 に iBeacon 発信機の距離と電波強度の実験状況、図-3、図-4 に実験結果を示す。図-3 の垂直距離 20cm の結果では、水平位置 50cm に設置した iBeaconB の RSSI 値を見ると、真上となる水平位置 50cm では最大となり、50cm 離れる水平位置 0cm および 100cm では -72dBm ~ -73dBm となっている。一方、100cm 離れる水平位置 150cm では、-73dBm となっており、50cm 離れた水平位置 0cm と同じ RSSI 値となっている。他の 3 つの iBeacon 発信機についても同様に距離と RSSI 値に相関が見られない結果が散見される。また、図-4 の垂直距離 50cm の結果では、iBeaconC の RSSI 値を見ると、直上の水平位置 100cm のデータよりも 50cm 離れた水平位置 150cm の RSSI 値が高くなる等、図-3 と同様に相関関係がないデータが散見される。この傾向は垂直距離が離れるほど多く見られた。この実験結果から、電波強度となる RSSI 値からサブメーターレベルの精度で距



図-2 iBeacon 発信機の距離と電波強度の実験風景

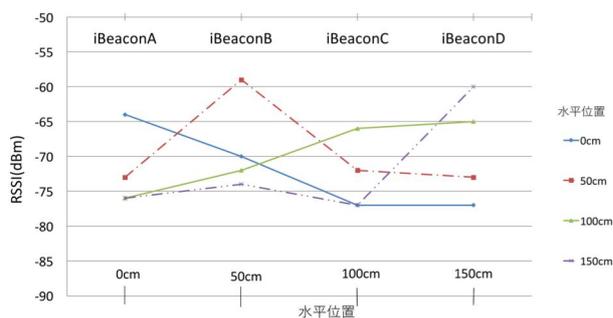


図-3 垂直距離 20cm の電波強度の実験結果

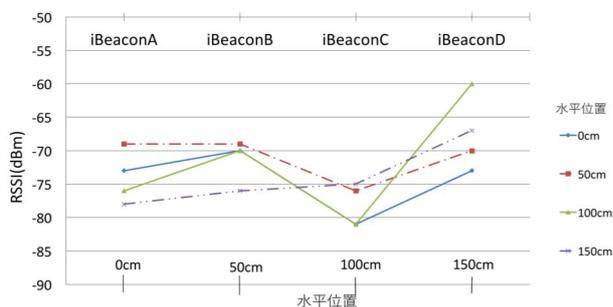


図-4 垂直距離 50cm の電波強度の実験結果

離を計測することは困難であることがわかった。これは iBeacon 発信機の指向性および、アドバタイズ信号を受ける iPhone の指向性や周囲の建造物や樹木などからの反射波が原因と考えられる。また、個々の iBeacon 発信機の測距精度のばらつきからも iBeacon 発信機による位置計測が困難であることが伺える。個々

の iBeacon 発信機について、距離と電波強度を予め計測してテーブルを作成するキャリブレーションが必要であることがわかる。また、実際の利用シーンでは、端末に装着された保護ケースや人体の影響が無視できない。

本研究では、高い測距性能は不要であり、iBeacon 発信機の数mの範囲内に近づいたかの判定に留まる。得られた実験結果からアプリが動作する電波強度の閾値の設定した。

3. 案内システムの概要

(1) システム構成

図-5に案内システムの構成を示す。案内システムは見学場所の地面上に設置するiBeacon発信機を内蔵したiBeacon内蔵マットと、見学者が所持するiOS端末で構成される。iOS端末で動作するアプリは、ソフトウェアの審査を通過後に指定されたサイトよりダウンロードできるようになる。見学者は、iOS端末よりインターネット回線を介してアプリをダウンロードしインストールすることで無料で利用できる。

(2) 案内方法と動作

案内システムの動作を説明する。図-6にアプリの動作画面例を示す。また、図-7に動作時のアプリ画面例と音声例を示す。iBeacon発信機からのアドパタイズ信号を設定電波強度以上で受信すると、iBeacon発信機のUUIDに対応した設置場所に応じたコンテンツの画像が自動表示され音声流れる。その場所から離れて設定電波強度を下回ると、コンテンツの説明が途中でであっても停止する。このようにアプリの動作にはスマートフォンの操作は不要である。端末においてアプリが起動されていない場合でも、iBeacon発信機からのアドパタイズ信号を受けると、アプリの起動を見学者に促す通知機能も取り入れた。見学者が必要な操作はアプリのダウンロードと起動だけとなっている。

なお、開発した案内アプリは日本語の他、英語、中国語、韓国語へ対応する計画であり、iPhoneの言語設定に応じて、自動的に各言語に応じた画像と音声流れるように作成した。

(3) 建設現場への試験運用

現在、開発した案内システムをダム本体建設工事の案内システムとして試験運用する準備を進めている。ここではその試験運用について紹介する。案内システムの設置場所は、ダム本体を見渡せる「やんば見放台（無料展望台）」を予定している。図-8にやんば見放台の外観、

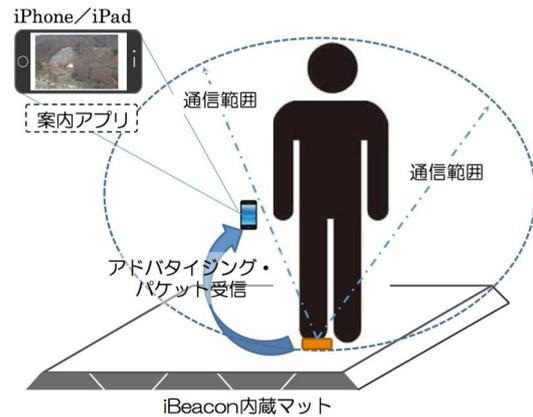


図-5 開発した案内システムの構成



図-6 アプリの動作画面例



図-7 動作時のアプリ画面例と音声例



図-8 やんば見放台（無料展望台）の外観

図-9にやんば見放台頂上および工事中のダム本体のやんば見放台からの眺望を示す。図-10に設置を予定するiBeacon内蔵マットを示す。ダム本体の工事の情報や工事設備、また、工事の進捗に伴う現場の移り変わりを紹



図-9 やんば見放台頂上および工事中のダム本体のやんば見放台からの眺望

介する予定である。試験運用では、設置場所を順次増やしていき、建設現場が見渡せる各所へ設置を拡大することを検討している。

4. おわりに

本稿では、開発した案内システムの概要および、システムで利用するiBeacon発信機の測距性能の検証について述べた。iBeacon発信機の電波はデバイスの指向性や周辺環境などに左右されやすいため、RSSI値からサブメーターレベルの精度で距離を計測することは困難であることがわかった。iBeacon発信機を利用するiPhoneアプリの実用には、個々のiBeacon発信機について距離と電波強度を予め計測してテーブルを作成するキャリブレーション等が必要である。また、現在準備中の現場適用試験の概要を紹介した。スマートフォンを用いて工事情報を見学者に提供し、建設工事への理解と協力を得るための「見せる工事」の実現を目指す。さらに、バイリンガル対応による外国人見学者への対応も視野に入れる。今後は、案内システムを拡張して、地域観光施設との連携等を検討していく。



図-10 iBeacon 内蔵マット

参考文献

- 1) 内田理絵, 川野邊慧, 岡本修: 建設工事事故防止のためのLifelogの応用, 第40回土木学会土木情報学シンポジウム講演集, pp.181-182, 2015.
- 2) 佐藤智美, 小宮山哲, 下田雅彦, 劉渤江, 横田一正: Bluetoothの電波強度を用いた位置推定方式の検討, 第3回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM 2011) 講演集, B9-4, 2011.
- 3) 劉燦, 神尾利明, 中川雅史: 直線通路壁面に配置したiBeacon送信機による測距にもとづく測位, 平成28年度測位航法学会全国大会, <<http://www.gnss-pnt.org/taikai28/yoko28/H28全国大会研究発表予稿a-2.pdf>>, (入手 2016.6.30) .