

iBeacon を用いた演習室内の教員・TA の位置検出

佐藤 幹人*1・北 英彦*1
Email: 418M215@m.mie-u.ac.jp

*1: 三重大学工学研究科電気電子工学専攻

◎Key Words 位置把握, iBeacon, 机間巡回

1. はじめに

昨今の情報化社会の発展に伴い、プログラミングの学習は重要な位置にある。現代社会においてコンピュータプログラムはほとんど全てのシステムを動かすために使われている。三重大学工学部電気電子工学科を含む多くの大学ではプログラムを実際に作成してプログラミング技術を身につけ、計算機への理解を深めるためにプログラミング演習が行われている。多くの場合、講師は演習中の室内を巡回しながら、プログラムの作成に行き詰まっている学生に適宜指導を行っている。

本研究室では、講師が学生に早い時点でアドバイスができるようにすることを目的として、プログラミング演習システム PROPEL (PROgramming Practice Easy for Learners) の開発を行っている⁽¹⁾⁽²⁾。講師は図 1 に示す PROPEL によって提供される座席表示画面を閲覧しながら巡回している。この画面では、図 2 に示すように学習者のプログラミング中に発生しているエラーを確認することができ、学生のプログラムの作成状況を見ることもできる。講師は学生に呼ばれるか、または学生のプログラム作成状況を見て、指導が必要であると判断した場合、その学生のもとへ指導に向かう。しかし、この画面では講師や TA が互いの位置を知ることができない。図 3 のような柱などで見通しが悪い講義室では、互いの位置を把握できないため、他にも指導を必要とする学生がいる中で、講師や TA が同じ学生へ指導に向かってしまう問題がある。そこで、講師らが互いの位置を把握できるシステムを提案し、問題を解決することを目的とする。



図 1 座席表示画面

早期エラーランキング

9分 課題:kadai13

2分 課題:kadai13

コンパイルエラーランキング

19分 課題:kadai14

14分 課題:kadai14

4分 課題:kadai14

3分 課題:kadai14

図 2 エラー表示画面



図 3 実際の講義室の様子

2. 類似研究

本研究では iOS アプリケーションとして iBeacon を用いた教員・TA の位置検出システム STABLE (System of Trajectory Analysis by Bluetooth Low Energy) を提案する。位置検出手法には、類似研究として以下のものがある。

- RFID
電磁界や電波を用いた近距離の無線通信技術を指す。パッシブ方式では検出漏れが発生しやすく、アクティブ方式では位置検出精度が悪くなる。セミアクティブ方式は構成部品が多くなる⁽³⁾。
- FeliCa
ソニーが開発した非接触型 IC カードで交通系 IC カードに使用されている。検出には IC リーダにタッチする必要がある⁽⁴⁾。広義の RFID に含まれる。
- Wi-Fi
対象の位置を把握するには複数の Wi-Fi アクセスポイントが必要となる。どの部屋にいるのかは検出することができるが、どの位置にいるかまでは検出できない⁽⁵⁾。

- 赤外線センサやカメラ
精度を上げるためには数が必要となり、導入にコストがかかる⁽⁹⁾。
- GPS
室内などの閉鎖空間では誤差が大きくなる⁽⁸⁾。

他にも、株式会社タイムインターメディアと山形大学が共同開発している Beacon 出欠管理のシステムもある⁽⁹⁾。こちらは学生の入退室を検知するシステムであり、講師の室内における位置を検出するものではない。

3. iBeacon

位置検出システム STABLE で用いる要素技術である iBeacon について説明する。

iBeacon はアップルの商標で、2013 年に発表された BLE (Bluetooth Low Energy) 技術を用いたビーコン規格および実装である。iOS7 以降に搭載された低電力・低コストの通信プロトコルや技術のことを指し、室内測位システムなどに利用できる。iBeacon はコイン型電池で一ヶ月以上使用することができる。また、単 3 電池を使用することでより長く使用することができる。iBeacon はアプリケーションを区別するための識別子である 16byte からなる UUID と、個々のビーコンを区別するための 2byte からなる Major 値と Minor 値を持つ⁽¹⁰⁾。

本研究では、図 4 に示す Aplix 社の MyBeacon® Pro 汎用型 MB004Ac-DR2 を使用した。このビーコンの仕様は表 1 の通りである⁽¹¹⁾。



図 4 MyBeacon® Pro 汎用型 MB004Ac-DR2

表 1 MB004Ac-DR2 の仕様

製品名	MyBeacon® Pro 汎用型
会社名	Aplix
型番	MB004Ac-DR2
Bluetooth version	Bluetooth 4.1 low energy technology
電源	単 3 乾電池 2 本
外形寸法	50×70×27.5mm (W×D×H)
重量	約 50g (電池除く)

4. 従来の iBeacon アプリケーション

iBeacon 用のアプリケーションはすでいくつか開発されているが、iBeacon Scanner⁽¹²⁾や BLE Scanner 4.0⁽¹³⁾のよ

うな扱いが煩雑なものが多い。また、それらのアプリケーションの多くはビーコンを検出する機能を持っているが、受信したビーコンの情報を記録する機能や記録したログデータをリアルタイムに送信する機能を持っていない。

5. 位置検出システム STABLE

今回提案する位置把握システム STABLE では講師らが互いの位置を把握するために、受信したビーコンの情報を記録して外部に送信する必要がある。そこで、扱いが容易で、リアルタイムではないもののメール機能を利用してデータを送信する機能を持ったアプリケーションを開発した。これにより、講義後に講師らの動きを解析することができる。

開発したアプリケーションは、受信した iBeacon の Major 値と Minor 値、電波受信強度を表す RSSI 値と通信した日時を記録する機能と、記録されたデータを閲覧する機能を持つ。データの送信は講義の終了後に Gmail を用いて行う。アプリケーションの開発環境は Xcode 9.4、開発言語は Swift 4.1 を使用し、開発の対象とした端末は iPad Pro (12.9-inch) である。開発環境および開発対象を表 2 に示す。

表 2 開発環境

開発環境	Xcode 9.4
開発言語	Swift 4.1
開発対象	iPad Pro (12.9-inch)

6. 位置検出精度を確かめるための実験

STABLE の位置検出の精度を調べることを目的に以下の条件で実験を行なった。

- 講義で使う情報処理センター第 4 端末室を使用
- 講義時間外
- 講師らの動きは実際の講義で撮影した動画から抽出した動きを使用

① 教員および TA の動きの再現

あらかじめカメラで録画しておいた教員および TA の動きを再現し、記録したデータと実際の動きが一致しているか測定する。8 個のビーコンを配置して行い、ビーコンの個数が多いことから、出力を -20dBm に設定して行った。

② 人の有無による RSSI 値の比較

RSSI は遮蔽物の影響を受けやすく、特に人体は誘電体であるため、人体による RSSI の減衰は大きくなると考えられる。そこで、講義中の人がいる状況と、無人の状況での RSSI の比較をすることで、人体による影響を計測する。8 個のビーコンを配置して行い、ビーコンの個数が多いことから、出力を -20dBm に設定して行った。

③ ビーコンの個数と動線検出精度の関係

本システムを利用する場合に、第 4 端末室程度の広さの空間で実用に耐えうるためには、ビーコンが何個置かれていなければならないのかを、ビーコンの個数を 2, 4, 6, 8 と変化させ、それぞれの個数で出力を 0dBm, -8dBm, -20dBm の 3 つに設定し、測定した。

7. 実験結果

① 教員およびTAの動きの再現

表3に教員およびTAの動きの再現の結果を示す。ビーコンの出力を-20dBmで行なった今回の実験では、正しく検出できた割合が最大で98.1%、最低で73.5%、平均で84.7%となった。位置検出システムSTABLEは、講師らの動きを約85%の割合で正しく検出できることがわかった。実際の講義でも使用できると考える。さらに、出力を0dBmとして実験を行えばさらに検出精度を向上させることができると考えられる。図5に教員の動線の一部を示し、図6に8個のビーコンの配置を示す。

表3 正しく検出できた割合

教員	82.6%
TA1	98.1%
TA2	73.5%
平均	84.7%



図5 教員の動線 (一部)



図6 ビーコンの配置 (8個の場合)

② 人の有無によるRSSI値の比較

図7の分布図を見ると、平均値±標準偏差の範囲に約72%のRSSI値が含まれている。表4に示す標準偏差の値も、6.25dBmとばらつきが小さいので、この結果は妥当であると考えられる。出力設定が-20dBmでは、人の有無はRSSIの値に対して大きな影響を与えないと考えられる。ただし、使用した講義中のデータは欠席者が多い時のものであったため、欠席者がいない場合での実験を行う必要がある。

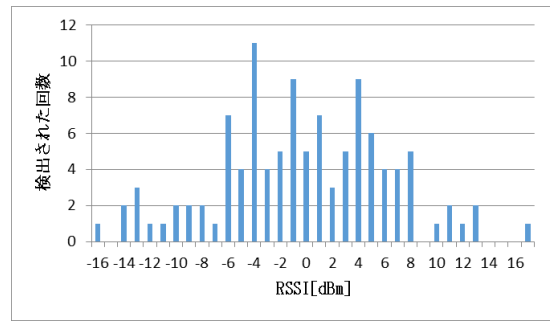


図7 分布図

表4 RSSI値の比較結果

平均値	-0.28dBm
標準偏差	6.52dBm

③ ビーコンの個数と位置検出精度の関係

実験の結果は、表5にまとめる。検出の正しさは、RSSI値が最大のものをもっとも近いビーコンとし、検出されたビーコンとビーコンの配置された区画が一致したときに、正しいと判定した。

- ビーコンが2個の場合
最も精度が良い結果となった。これは、ビーコンの間隔を広く取れるため、ビーコンの誤検出が少なくなったからと考えられる。
- ビーコンを8個配置した場合
出力設定が-20dBmの時に検出成功率が著しく低下した。しかし、誤検出はしているが隣の区画のビーコンを検出しているため、システムの目的は達成できると考えられる。
- それ以外
およそ8割の割合でビーコンが含まれる区画にいと検出できている。
この結果から、本システムを利用するには、ビーコンの個数は8個で、出力電力を0dBmとすればよいと考える。

表5 検出できた割合

		ビーコンの個数			
		2個	4個	6個	8個
出力電力	0dBm	100.0%	82.9%	80.6%	80.2%
	-8dBm	96.7%	78.3%	80.0%	81.3%
	-20dBm	97.7%	79.3%	81.7%	55.5%

8. STABLEの現在の開発計画

将来的にはSTABLEの機能を拡張してPROPELと連携させることで、PROPELに室内測位システムとしての機能を追加する。プログラミング演習中に講師が使用するiPad Proにインストールしたアプリケーションと複数のiBeaconが通信する。iBeaconとiPad Proとの距離により変化するRSSI値を計測し、インターネットを介してリアルタイムでWebサーバにアップロードし、RSSI値が最大のものが最も近い位置にあるビーコンであるとして講師

の位置を推定して PROPEL の座席表示画面に反映する。図 8 にシステムの概要図を示す。

座席表示画面では、図 9 に示すように講師らが今どこにいるのかを記号で表示する。これにより、互いの位置を把握することで、講師らの動きの無駄を減らす。また、で学習者に指導を行っていない講師をシステムが把握し、指導を必要とする学生に振り分けることで全体的にスムーズな指導を行えるようにする。

iBeacon と通信するためには、アプリケーションをフォアグラウンドで処理する必要がある。そこで iOS9 から導入されているマルチタスク機能である Split View を利用して、図 10 に示すように座席表示画面と STABLE の画面を同時に使用する。

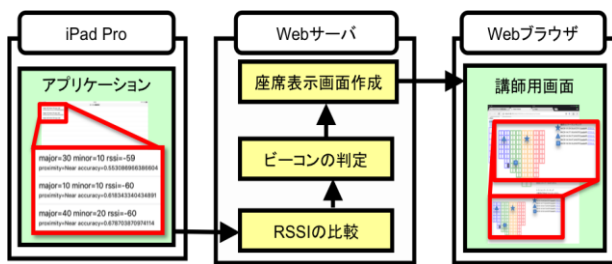


図 8 PROPEL に追加するシステムの構成

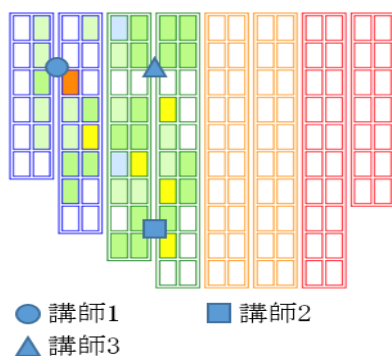


図 9 講師の位置の表示



図 10 Split View での表示

9. 期待できる効果

従来のプログラミング演習システム PROPEL では、座席表示画面講師らが互いの位置を把握することができなかった。講師らは机間巡回中に学生から呼ばれるか、または学生のプログラミング作成状況を見て、必要と判断した場合に指導に向かう。このとき、同じ学生のもとへ指導

に向かってしまうことがあった。今回提案した位置検出システム STABLE により、講師らは互いの位置を把握することが可能となる。また、システムが講師らの状況を把握し、学習者への振り分けをサポートすることで、学生への指導における無駄な動きを減らす効果が期待される。

10. おわりに

プログラミング演習システム PROPEL は、講師らが早い段階で学生にアドバイスできるようにすることを目的としている。従来では演習中の学生に指導を行う際に、講師らは互いの位置を把握することができなかった。今回提案する位置検出システム STABLE によって、講師の位置を把握できることがわかった。今後は機能を拡張して PROPEL と連携することによって、講師らが机間巡回をする経路の無駄が少なくなることを期待する。

参考文献

- (1) 伊富昌幸, 小島祐介, 高橋功欣, 北英彦: プログラムの作成状況を把握する機能を持つプログラミング演習システム, 2010PC カンファレンス (2010)
- (2) 小川正, 西口大亮, 北英彦: プログラミング演習における iPad などの携帯デバイスの利用による指導の円滑化, 2011PC カンファレンス (2011)
- (3) 高山尚久, 北村充弘: ハンズフリー入退・在室管理システム, NEC 技報, vol.63, no.3, pp.60-63 (2010)
- (4) 小笠原貴洋, 井垣宏, 井上亮文, 星徹: 屋内位置情報サービス開発支援環境の構築, インタラクシオン 2012 論文集, vol.2013, no.3, pp.331-336 (2012)
- (5) 新秀直, 田中勝弥, 玉井久義, 大江和彦: 医療機器の保守管理のための WiFi 位置情報検出システムの開発と評価, 医機学, vol.79, no.6 (2009)
- (6) 村尾和哉, 寺田努, 矢野愛, 松倉隆一: 疎に配置された赤外線人感センサを用いた住宅内人物移動推定, 「マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2014) シンポジウム」 (2014)
- (7) 畑田晃希, 河治寿都, 山崎俊彦, 相澤清晴: 全方位カメラによる参照画像を用いた屋内における位置推定-デジタルミュージアムでの鑑賞者の行動記録に向けて-, 電子情報学会技術研究報告, Vol.109, No. 499, pp.57-61 (2010)
- (8) 平野研人, 浅川健太, 林慰彦, 因雄亮, 村上仁己: 携帯電話の GPS の誤差について, 2008 年映像情報メディア学会冬季大会 (2008)
- (9) スマートフォンアプリによる - 山形大学学士課程基盤教育機構: <http://www.ias.yamagata-u.ac.jp/wp-content/uploads/2018/04/afa773c563a7af5cd44415ab2a99d380.pdf> (参照 2018-6-11)
- (10) Getting Started with iBeacon: <https://developer.apple.com/ibeacon/Getting-Started-with-iBeacon.pdf> (参照 2018-2-22)
- (11) MyBeacon® Pro 汎用型/近接域特化型 取扱説明書 Edition 1.3.2: http://business.aplix.co.jp/beacon/docs/mb004_manual_1.3.2.pdf (参照 2018-2-22)
- (12) 「iBeacon Scanner」を App Store で - iTunes - Apple: <https://itunes.apple.com/jp/app/ibeacon-scanner/id907396646?mt=8> (参照 2018-2-22)
- (13) 「BLE Scanner 4.0」を App Store で - iTunes - Apple: <https://itunes.apple.com/jp/app/ble-scanner/id1087893918?mt=8> (参照 2018-2-22)