

iBeacon を用いた予備校向け 出席管理システム

斯波 恭平 諏訪 敬祐

現在、予備校・学習塾業界において広く扱われている出席管理システムは、カードリーダーに各自の ID カードを読み込ませることで入退室を検知し、保護者へ入退室を知らせるメールを送信する。しかし、運用するシステムにおいて、カードリーダーに要する費用が高く、ハードウェアに要するコストが高い点が課題となっている。同様の出席管理システムを、サービス、農業、医療など広い分野で用いられ、昨今急激な発展を実現している IoT 技術を用いて代替システムを構築した。比較的安価に運用可能な iBeacon を活用し、代替システムを構築することによって、予備校が抱えるシステム運用に要するコストを削減するほか、IoT 技術の事例を具体的に提示した。

キーワード：出席管理, iBeacon, 入退室検知, スマートフォン, IoT

1 はじめに

1.1 研究の背景

(1) 予備校業界の現状と出席管理システム

国内における少子化傾向の一方で、昨今の予備校・学習塾業界では高い利益を生み出している。「明光義塾」を展開する明光ネットワークジャパンは、2013年8月期は売上高が前年比10%増の159億円、営業利益も同8.6%の38億円と連続最高益を掲げている。この明光ネットワークジャパンをはじめ、株式を公開している上場20社のうち、半数近くが過去最高利益を更新する成長を見せている。長引く少子化の一方で、2009年度より新学習指導要領が順次実施されたことなどをを受け、生徒の難関校合格を目指す動向から、現在も学習塾・予備校業界は高い利益を生み出している。

予備校や学習塾において現在、出席管理システムとして広く扱われているものはカードリーダー等を活用したシステムである。システムの内容としては、生徒が教室へ入退室する際、カードリーダーに各自の ID カードを読み込ませることによって、保護者へ入退室を知らせるメールを送信するものである。株式会社システムダイレクトの提供するシステムでは、カードはバーコード、磁気、IC など様々なカードに対応している。しかし、それぞれのカードリーダーに要する費用は77,800円から102,800円と、ハードウェアに要するコストが高い

点が課題となっている。

(2) iBeacon の登場

iBeacon は Apple 社の商標登録で、iOS7 で導入された位置情報サービスを拡張する位置と近接の検出技術である。従来の近距離無線通信技術としては NFC、屋内位置情報技術では IMES などが用いられたが、これらは、ユーザがタグリーダーにかざすというアクションが必要であることや、システム運用に高いコストを要するなど、システムを稼働するための課題が多く残っていた。iBeacon に用いるビーコン端末は一つ数百円程度と安価なためコストを削減できるほか、ユーザの持つスマートフォン端末と連携するため、煩わしいアクションを起す必要がない。現在、広く普及する iPhone4S 以降の iOS 搭載スマートフォン端末に対応アプリケーションをインストールすることにより、本システムを運用する仕組みとなっている。

1.2 研究の目的

本研究ではビーコン端末とスマートフォン端末を活用し、領域への入退室を検知可能な iBeacon を用いて出席管理を担うシステムを作成する。また、様々な間取りを例として、検知率の検証を行い、各間取りに適したビーコン端末の設置数を算出する。また、本システムによる出席管理が有用であるか、アンケート調査を行うことによって明らかにする。

SUWA Kyohei

東京都市大学環境情報学部情報メディア学科 2015 年度卒業生

SUWA Keisuke

東京都市大学メディア情報学部情報システム学科教授

2 関連技術

2.1 iBeacon の仕組み

iBeacon は電波を出すビーコン端末と iOS デバイスを組み合わせた位置と近接の検出技術であり、この位置検出は、電波が受信できるかできないかを検出するものである。ビーコン端末が発する電波が届く範囲のビーコン領域に入った iOS デバイスは識別情報を検出する。その識別情報は iBeacon のシステム運用者が自由に設定可能であり、ビーコン領域の大きさも送信電波強度で調整が可能である。識別情報を監視しているアプリケーションが iOS デバイスに存在すると、ビーコン領域に入ったことをアプリケーションに通知する。また、iOS デバイスがビーコン領域から外れ、識別情報を受信できなくなると、ビーコン領域から出たことが通知される。iBeacon の近接検出は、電波の受信信号強度を利用しておおまかな距離区分を推定することが可能である。ビーコンからの受信信号強度は距離が離れるほど弱くなり、理想的な条件においては距離の 2 乗に反比例する。実際の受信信号強度は距離以外の要素でも変化するため、推定した距離の数値自体は確かな値ではないが、「Immediate」(20cm 程度)、「Near」(1 ~ 2m 程度)、「Far」(それ以上の距離) の 3 つに区分することができる。

2.2 iBeacon の技術

ビーコン端末には超低消費電力無線通信技術 Bluetooth Low Energy が使われている。この技術は免許を持たずに使える 2.4GHz 帯の電波を使い、最大 1Mbps の通信が可能で、略称 BLE と呼ばれる。BLE の物理層の特性を図 1 に表す。BLE は 2.400GHz から 2.4835GHz の間の 80MHz を、2MHz 幅の計 40 個のチャンネルに区分する。送信電力は 0.01mW (-20dBm) から 10mW (+10dBm) まで、感度のビットエラーレートが 0.1% になる受信信号電力が与えられ、通信距離は見通しで最大 50m 程度、送信電力を最小に絞れば 1m 程度にも調整が可能である。統合された技術で BLE のアドバタイズメント・チャンネルを利用しており、送信側端末をペリフェラル、受信端末をセントラルと呼ばれる 2 つ以上の端末で構成されている。そのため、相互通信は不可能であり、ペリフェラルの発した電波をセントラルになる端末が受信する。その時にセントラル端末が処理を実行するというのが一般的な流れとなっている。

3 関連事例

株式会社電通国際情報サービスにより 2014 年に試験運用された、「渋谷マークシティスタンプアプリ」は渋谷マークシティ内で利用可能で、店舗で会計時にスマートフォンをレジの横にあるビーコン端末にかざすとス

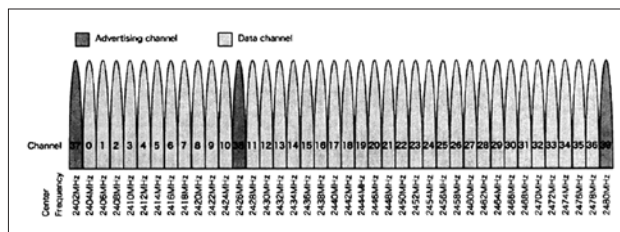


図 1 BLE のチャンネル構成



図 2 渋谷マークシティスタンプアプリ利用画面

タンプが貯まり、一定数のスタンプを集めると、館内で使える買い物券と交換ができる。また、アプリを通じて館内のイベント情報や店舗情報が見られるニュースフィードや、お客様アンケート機能を提供した。図 2 のように、近接距離でシステムを稼働させている。

4 開発環境

4.1 Xcode7.2

今回開発するアプリケーションは iBeacon を利用するため、ビーコン端末と連動する iOS 端末にインストールするアプリケーションを作成する。iOS 端末にインストールするアプリケーションを作成するには Apple 社の提供する Xcode を利用する必要がある。Xcode は iOS 向けアプリケーションを作成することが可能な統合開発環境であり、単体で iOS アプリケーションの作成が可能になる。また、Xcode のバージョン 7 では iOS9 向けのアプリケーション作成に対応している。バージョン 6 まで Xcode から実機へのアプリケーションをインストールするためには iOS Developer Program の登録が必要だったが、本バージョンより登録の必要がなくなったため、バージョン 7.2 での開発を行った。

4.2 ビーコン端末

本研究で利用したビーコン端末は Aplix 社が販売していた BMI という製品を利用した。この製品は研究用に

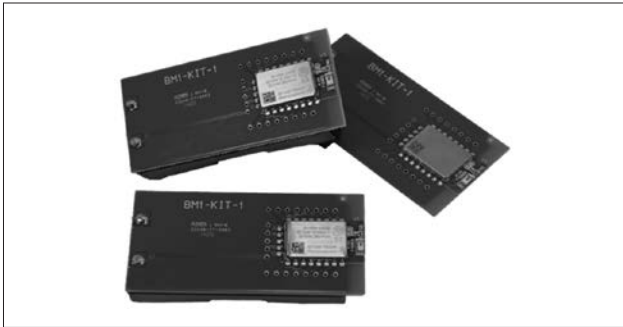


図3 Aplix 社製 BM1

表1 BM1 諸元表

製品名	Beacon モジュール「BM1」
送信出力	-20dBm~0dBm
無線周波数	2400MHz~2483.5MHz
基準受信信号強度	-127dBm~20dBm
アダプタイズメント周期	100ms~1285ms
Major 値、Minor 値	それぞれ 2 ¹⁶ 通り

用意された端末となっており 10 個入り 3000 円で販売されていた。端末は単 3 型電池 2 本を使用しており、約 10 年間電池交換が不要であるとされている。この端末は 10 個とも全て同じ UUID であり Major 値・Minor 値、送信出力、アダプタイズメント周期を Aplix 社から提供されている設定アプリケーションを使うことで変更することが可能となっている。端末は Bluetooth Smart に適合している。BM1 の外観を図 3 に、端末に関する仕様を表 1 に示す。

5 実装

5.1 予備校向け出席管理システム

本研究における出席管理では、予備校教室に生徒が対応スマートフォン端末を持ち入室した際、保護者へ入室した旨のメールを送信し、退室した際も同様にメールを送信するものである。生徒が入室する際に「入室」「閉じる」の 2 つのアラートが表示されるが、「入室」を選択したときのみ出席管理システムとして稼働する。「入室」を選択した際にはデータベースへ出席日時の情報を送信し、事前に設定した保護者への連絡先へメールが送信される。「入室」した状態から退室し、領域から離れた際にもまた、保護者へ退室メールを送信し、退室日時をデータベースへ送信する。本アプリケーションは予備校及びシステム利用対象者のみが管理することを前提としており、送信先のアドレスは生徒ごとに設定する。

5.2 アプリケーションの作成

本システムは生徒の入退室を iBeacon で検知し、そ

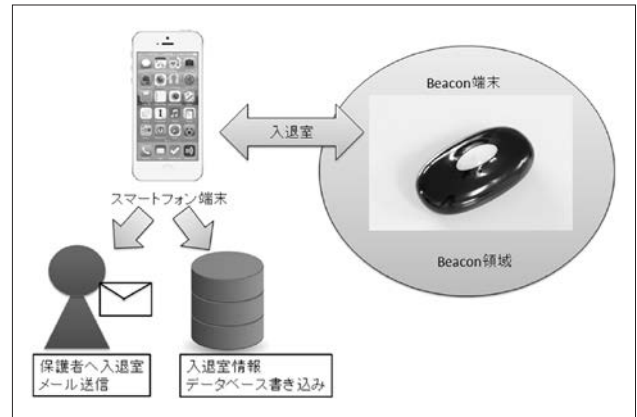


図4 システム構成図

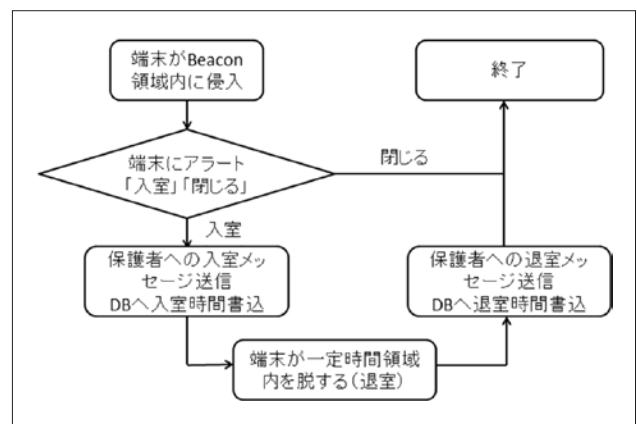


図5 システム動作フローチャート

の状況に応じて出席管理を行っている。そのため、近接検出は行わずに領域への入退室を検知する領域監視を行う。

機能を利用するにあたって、アプリケーションは iOS に対して CLBeaconRegion オブジェクトを渡す。その時に検出したいビーコン端末の UUID や Major 値、Minor 値などを指定する。そうすると iOS はそこで指定された Beacon の UUID や Major 値、Minor 値が検出された場合、登録したアプリケーションをバックグラウンドで起動し、検出されたことを知らせる。ただし、iOS7.0 ではバックグラウンドでアプリケーションが起動している必要がある。

メール送信システムには MailCore2 を利用する。このライブラリは SMTP サーバのアドレス、ユーザ名、パスワード、ならびに送信元、送信先メールアドレス題名、本文を記述するが、このうち各 SMTP の内容、送信元メールアドレス、題名、本文は定型のものとした。前述のように iBeacon を用いた出席管理システムを構築した。システム構成図を図 4 に、システム動作のフローチャートを図 5 に示す。

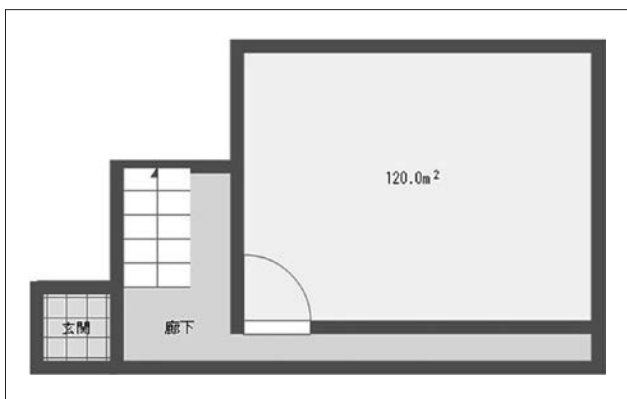


図6 1階建て教室延床面積120.0m²の間取り

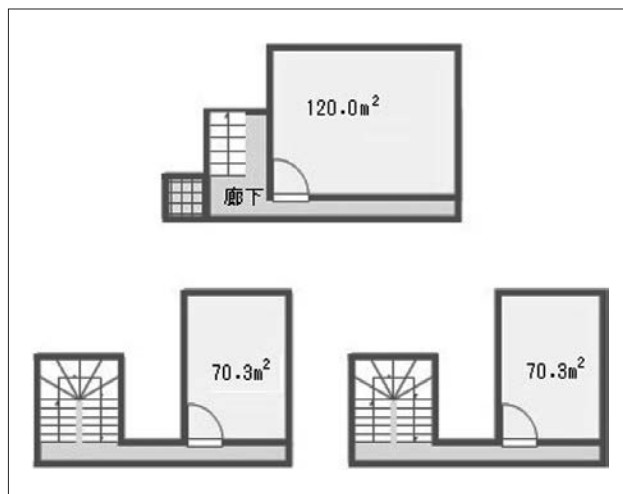


図8 3階建て教室延床面積260.6m²の間取り



図7 2階建て教室延床面積97.35m²の間取り

表1 入退室検知率

	端末 1個	端末 2個	端末 3個	端末 4個	端末 5個
1階建て 120.0m ²	100%	100%	100%	100%	100%
2階建て 97.35m ²	91.6%	100%	100%	100%	100%
3階建て 260.6m ²	83.3%	94.4%	100%	100%	100%

6 検証

6.1 ビーコン端末設置数ごとの検知率の検証

(1) ビーコン端末設置及び検知率の検証方法

ビーコン領域にスマートフォン端末が侵入した際の検知率に関する検証を下記の間取りで24回行った。検証端末にはiPhone5, iPhone5S, iPhone6の3端末を使用した。予備校には職員室、化粧室等の教室以外の設備もあるが、本検証においてはそれらを想定せず、下記の間取りにも表記しない。それぞれの間取りを図6, 図7, 図8に示す。なお、ビーコン端末設置数ごとに、間取りに対してそれぞれ均等な配置になるよう設置をしている。

(2) ビーコン端末設置数ごとの検知率の検証

入退室検知率の検証結果を表2に示す。表6.1より、1つ目の障害物の少ない延床面積120.0m²の広い教室では1個のビーコン端末で100%の検知率を見せた。2階建ての壁等の障害物が多い延床面積96.05m²間取りではビーコン端末1個での検知率は低くなり、2個以上の設置で検知率は100%になった。3階建ての上下に広

い延床面積260.6m²の間取りではビーコン端末1個での検出率は83.3%と低くなり、各階の中心にビーコン端末を設置した3つ以上の設置で100%の検知率となった。なお、今回の検証は教室には検証者以外の人間は入室していない。

6.2 システムの有用性

現在予備校ならびに学習塾では、広くカードリーダー等を活用し、保護者へ入退室メールを送る等の出席管理システムを運用しているが、iBeaconで代替システムを構築し、この出席管理システムが有用なものであるか確認する必要がある。また、このシステムが十分な要件を満たしているものかも重ねて検証した。

(1) システムの有用性の検証方法

システムの有用性を検証するため、大学1年生から4年生の男女15人を対象にアンケート調査を実施した。「このシステムが有用だと思いますか」という質問に「とても思う」、「思う」、「あまり思わない」、「全く思わない」から回答を選択してもらった。また、システムが十分な

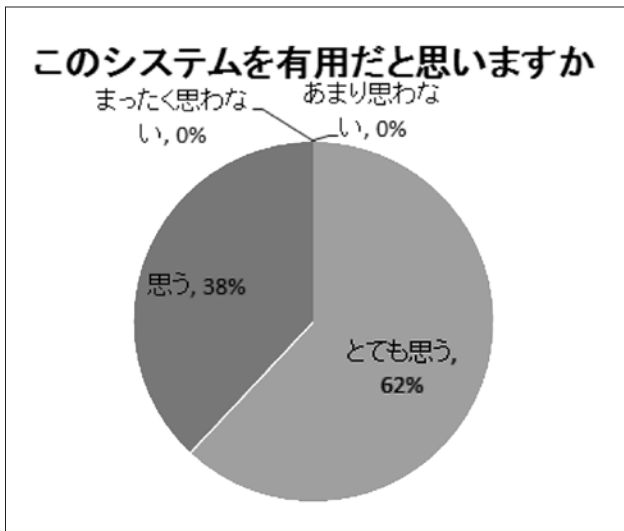


図9 システムの有用性

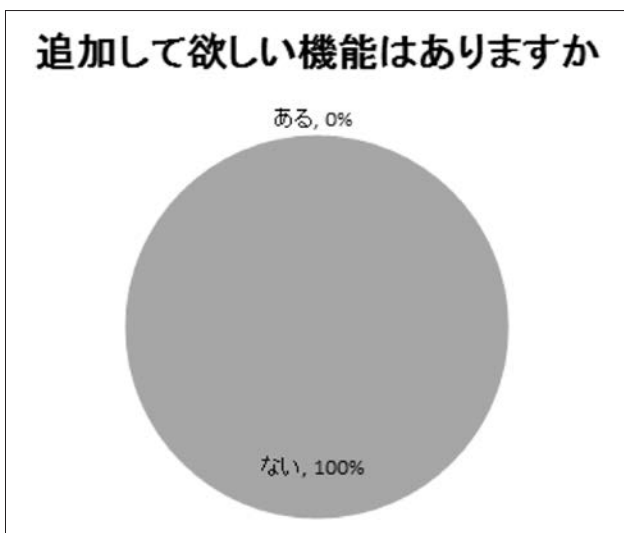


図10 システムの要件

要件を満たすものであるか、同じくアンケート調査で「追加して欲しい機能はありますか」という質問に対し、「ある」、「ない」の選択肢から回答してもらった。

(2) システムの有用性の検証結果

前述の検証方法により回答されたアンケート結果を図9、図10に示す。

図9より、「このシステムを有用だと思いますか」の質問に対し、「思う」の回答は38%、「とても思う」の回答は62%であった。アンケート回答者に話を聞くと、保護者へ入退室を知らせる出席管理システムは、家を出てから入室したかどうか、また退室してから家に帰ってきたかどうか、それぞれを確認できるため、防犯上有用なシステムであるとのことだった。また、他にも親が子供の帰り時間がある程度予測できる、子供が無断欠席していないかリアルタイムで確認できる、など保護者へ入

退室メールを送ることにより、出席管理システムとして有用性を持っているといえる。

また、図10より、「追加してほしい機能はありますか」の質問に対し、全員が「ない」と答えた。出席管理システムとして、不要なシステムは利用者のニーズとして求められておらず、限りなくシンプルなものよとのことだった。

6.3 システムの有用性の検証

アンケート調査の結果からシステムが有用であること、また十分な要件を満たしていることが判明した。利用者に対しては保護者へのメール送信という単純な機能を持たせることにより、出席管理システムとして有用性のあるシステムとなる。

6.4 考察

アンケートの結果から、保護者へのメール送信機能を備えたiBeaconを用いた予備校向けの出席管理システムは有用だといえる。これは保護者への入退室メールを送信することによって、生徒が家に帰るまでに食事を用意するなど日常生活を改善させたり、退室から帰宅時間を推測することによって、時間通りに帰ってこなければ生徒の身を案じ連絡を取るなど、防犯上においてもシステムを活用できる。また、システムには入退室メールを送信するという単純な機能を持たせることによって、ユーザに対し機能を分かりやすく提示することができると考えられる。

検知率の検証について、それぞれの間取りに対し設置すべきビーコン端末の数を明らかにした。今回、教室に検証者以外の人入室していない状態での検証を行ったが、人体により電波の伝播状態の変動影響を受けるiBeaconは教室に多くの生徒を想定した検証を行うことにより、実用化に向けてより有意な検証を行うことができる。

7 おわりに

7.1 まとめ

本研究ではO2Oの施策に伴い注目されているiBeaconを利用して予備校向け出席管理システムを作成した。作成したシステムでは、ビーコン領域に対応アプリケーションをインストールしたスマートフォンを持つ生徒が入室した際、「入室」、「閉じる」のアラートを表示し、「入室」を選択した際に出席管理が行われる。「入室」を選択したと同時に入室メールが設定済み保護者メールアドレスへ送られ、データベースへ入室日時の情報を送信する。ビーコン領域を離れた際には保護者へ退室メールを送信、退室日時をデータベースへ登録する。アンケート結果によってシステムの有用性が明らかにな

ったほか、領域監視のみを行う本システムにおいては低い消費電力での稼働を実現している。

7. 2 今後の展望

ビーコン端末が発する電波は人やその他障害物によって大きく伝播状況が異なり、システム実用化に向けて大人数での検知率の検証を行う必要がある。現時点では対象スマートフォン端末がiOS搭載端末に限られるが、今後のシステム対応可能なスマートフォン端末が普及した際には、対応言語によるアプリケーションの開発をすることで、システム利用者をより多くすることができる。

本研究でiBeaconの活用例を提示したことにより、今後のIoT技術の発展や、O2Oの推進が行われることを望む。

謝辞

本研究室修士1年生山中祐樹氏をはじめ、諏訪研究室の学生の皆様に深謝する。

参考文献

- [1] 技術で理解するIoT - 日経BP社 2015年3月
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/atcl/column/15/031300046/031300001/>
- [2] 未成年者の携帯電話・スマートフォンの利用実態調査 - 株式会社デジタルアーツ 2015年7月
<http://news.mynavi.jp/news/2015/07/07/344/>
- [3] 学習塾、少子化でも最高益ラッシュのなぜ - 東洋経済新報社 2013年2月
<http://toyokeizai.net/articles/-/13024>
- [4] 学習塾・各種スクール向け出欠管理システム - 株式会社システムギアダイレクト
http://www.systemgear.com/products/codomo_touch/top.html
- [5] iBeaconとは? - STORE BEACON
<http://smartphone-ec.net/ibeacon/system.html>
- [6] 屋内測位技術の動向について - 応用技術株式会社
http://www.apptec.co.jp/technical_report/pdf/vol22/treport_vol_22-09.pdf
- [7] iBeacon 位置情報対応サービスなら株式会社ジークス - ジークス
<http://www.zyyx.jp/service/solution/ibeacon.html>
- [8] 渋谷マークシティスタンプアプリ - 株式会社電通国際情報サービス
<http://www.isid.co.jp/news/2014/0922.html>
- [9] 「使わないのにオン」、通信見直し無駄減らし スマホ「電池切れ」回避のツボ (2) 日本経済新聞

http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK2702I_X20C13A3000001/

- [10] A Technical Report- AisleLabs
<http://www.aislelabs.com/reports/ibeacon-battery-drain-iphones/>
- [11] 細矢良雄監修 (1999) 「電波伝搬ハンドブック」, リアライズ社.