クリーンビーコンを利用した出席管理システム

嶋川 司
Tsukasa SHIMAKAWA

1　はじめに

現在，多くの大学が学生の出席確認を行い出席情報を収集・管理している．大学で行われる出席確認は出席用紙を用いる手法や IC カードを用いる手法が多い．しかし，これらの手法は実施に時間がかかることや導入費用が高いなどの課題がある．そこで，筆者らはこれらの課題を解決するために BLE ビーコンを用いた出席管理手法を提案した．しかし，BLE ビーコンを用いた出席管理手法では BLE ビーコンの電池が課題であった

本書では BLE ビーコンを用いた出席管理手法へのクリーンビーコンの導入を提案する．クリーンビーコンとは日立製作所が作成した，ソーラーパネルを搭載した BLE ビーコンであり，光エネルギーによって動作する．乾電池やボタン電池が不要なため，従来の電池駆動型 BLE ビーコンと比較して設置後のメンテナンスが少ないという特徴を持つ．クリーンビーコンはまだ市販されておらず，現在は奈良での観光ガイド実証実験で稼働実験が行われている[1)]．本書ではクリーンビーコンが教室の照明のみで動作することを検証し，クリーンビーコンが提案手法に利用できることを確認する．

2　BLE ビーコンを用いた出席管理手法

2.1　概要

BLE ビーコンを用いた出席管理手法は，BLE ビーコン，スマートフォン，管理サーバという 3 つの要素で構成する．本手法の概要図を Fig.2 に示す．

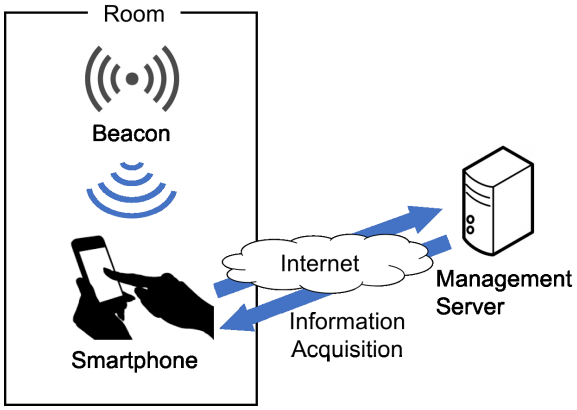

Fig.1　BLE ビーコンを用いた出席管理手法

本手法では安価な BLE ビーコンと学生自身が所有するスマートフォンを利用することで導入費用を抑えることができる．また，BLE ビーコンは配線が必要ないため導入が容易である．

2.2　BLE ビーコンを用いた出席管理手法の課題

本手法の課題として BLE ビーコンの電池があげられる．現在市販されている BLE ビーコンのほとんどは電池によって駆動している．そのため本手法を導入する場合，教室に取り付けた BLE ビーコンの電池交換が必要となる．しかし，電池の消費速度は BLE ビーコンの設定によって変化するため，各ビーコンごとに電池交換の時期が異なる．よって BLE ビーコンごとに電池残量などを管理する必要があり，出席管理手法の保守・運用のコストが高くなる．

そこで本書ではクリーンビーコンの導入について検討する．電池駆動ではなく光エネルギーで駆動するクリーンビーコンを導入することで提案手法の保守・管理を容易にする．

3　クリーンビーコンの必要照度計測実験

クリーンビーコンは光エネルギーによって駆動する．また，クリーンビーコンには電波発信間隔と出力電波強度という 2 つのパラメータが存在する．電波発信間隔は 100~1000 ms の範囲で 100 ms 毎に，出力電波強度は-20 +4 dBm の範囲で 4 dBm 毎に変更することが可能である．この 2 つのパラメータによって，クリーンビーコンが駆動するために必要な照度（以下，必要照度）が変化する．そこで，最適な電波発信間隔の決定と，出力電波強度を変えた際の必要照度を調べるためにクリーンビーコン駆動条件確認実験を行なった．

本実験は同志社大学香知館 111 室で行なった．本実験は 2 つの実験に分けて行なった．1 つは電波発信間隔決定実験である．この実験では電波発信間隔を 100，500，1000 ms に設定したクリーンビーコンに 500lx を与えた際の受信電波強度（以下，RSSI）を計測した．実験結果を Fig.2 に示す．

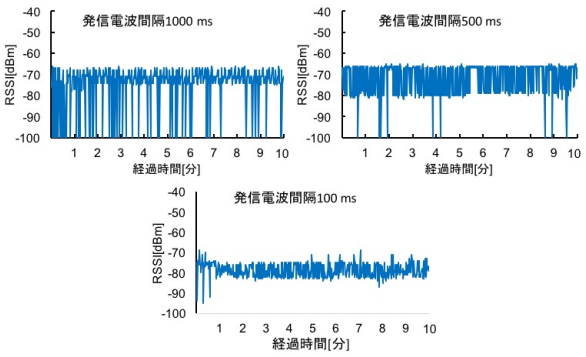

Fig.2　電波発信間隔決定実験の結果

実験結果より，発信電波間隔が大きいと電波を受信で

きない時間があることがわかった．しかし，発信電波間隔を小さくすると駆動に必要な照度は大きくなると予想される．そのため，最適な発信電波間隔は 500 ms と考えられる．

次に，クリーンビーコンの出力電波強度を変更すると必要照度がどの程度変化するのかを調べるためにクリーンビーコン必要照度計測実験を行なった．クリーンビーコンは最小で-20 dBm，最大で +4 dBm で電波を出力する．そこで，発信電波間隔 500 ms と固定し，出力電波強度を-20 dBm と +4 dBm に設定した 2 つのクリーンビーコンに対し照度を少しづつ増加させ，それぞれのクリーンビーコンが駆動し始める照度を計測した．実験結果を Table.1 に示す．

Table1　必要照度計測実験の結果

出力電波強度 [dBm]	必要照度 [lx]
-20	160
+4	220

実験結果から，出力電波を最大にした場合でも 220 lx 以上の照度があればクリーンビーコンは駆動することがわかった．本実験では出力電波強度が最小の場合の必要照度と最大の場合の必要照度の 2 通りのみ計測を行い，その他の出力電波強度に関しては計測を行なっていない．しかし，出力電波強度の大きさと必要照度はある程度比例関係があると考えられる．そのため，電波発信間隔が 500 ms の場合は出力電波強度に依らず 220 lx 以上の照度でクリーンビーコンが駆動すると考えられる．

4　講義教室内照度計測実験

本手法では BLE ビーコンを講義教室に設置する．電池駆動型の BLE ビーコンの場合，設置場所にかかわらず BLE ビーコンは動作する．しかしクリーンビーコンの場合，設置場所の照度が必要照度に達していないと動作しない．そこで，一般的な講義教室内でクリーンビーコンが動作することを確認するため，講義教室内照度計測実験を行なった．

実験は同志社大学の 3 つの講義教室で行なった．実験場所に選んだ教室は，知真 1 号館 101 室 (TC1-101)，恵道館 204 室（KD204），知真 2 号館 104 室（TC2-104）の 3 教室である．各講義教室の大きさと収容人数を Table.2 に示す．

Table2　講義教室の詳細

教室名	縦 [m]	横 [m]	収容人数 [人]
TC1-101	11	9	60
KD204	18	14	250
TC2-104	32	20	800

照度を計測した場所は，各教室の教卓を前方とした際の左右の壁である．それぞれの壁から無作為に四箇所ずつ，合計八箇所の照度を計測した．計測場所の高さは天井から 30 cm 低い場所とした．これは，照明の配光角の影響によって天井付近には照明の光が届かないためである．Table.3 に実験結果を示す．

Table3　講義教室照度計測実験の結果

教室の種類	照度 [lx]	照度 [lx]	照度 [lx]	照度 [lx]	照度 [lx]	照度 [lx]	照度 [lx]	照度 [lx]
小教室	596	216	594	97	503	202	469	100
中教室	404	398	408	437	457	445	472	538
大教室	203	263	262	223	198	266	263	222

実験結果から講義教室の照度は計測場所によって大きく異なることがわかった．しかし，どの教室においてもクリーンビーコンの駆動に必要な照度が満たされている箇所があった．これらの結果から，クリーンビーコンは講義教室内で駆動できると考えられる．しかし，必要照度を満たしていない可能性もあるため，設置前に設置予定箇所の照度を計測する必要がある．

5　クリーンビーコン電波到達距離計測実験

クリーンビーコンの電波到達範囲は出力電波強度によって大きく変化する．本手法では BLE ビーコンの電波によって教室や講義の特定を行う．そのため，講義教室毎に適切な設置位置や出力電波強度を設定する必要がある．

そこで，クリーンビーコンの出力電波強度によって電波到達範囲がどの程度変化するかを調べるため，クリーンビーコン電波到達距離計測実験を行なった．実験は同志社大学の知真館 1 号館 104 教室で行なった．本実験ではクリーンビーコンを教室の壁に設置し，クリーンビーコンから 5 m 毎に RSSI を 1 分間計測した．これを最小出力である-20 dBm から 4 dBm ずつ出力電波強度を大きくして行なった．距離計測はマックス株式会社製 LS-711 を使用した．実験結果を Table.4 に示す．

Table4　電波到達範囲計測実験の結果

出力電波強度 [dBm]	電波到達範囲 [m]
-20	10
-16	20
-12	40

実験結果より，小さい講義教室であれば 1 台のクリーンビーコンで充分であることがわかった．また，大きい教室であっても 4 台ほどで教室全体を網羅できることがわかった．

今回の結果から，教室の大きさや形がわかると適切な設置位置や出力電波強度を決めることが可能となった．

6　むすび

本書では BLE ビーコンを用いた出席管理手法へクリーンビーコンを導入するための予備実験を行なった．予備実験の結果から，クリーンビーコンが駆動するための必要条件や電波到達範囲を計測することができた．

参考文献

1) クリーンビーコンを用いた観光ガイド実証実験を開始,
”http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2016/11/1109.html”