

実環境におけるビーコン型知的照明システムの評価

新井 友輔
Yusuke ARAI

1 はじめに

従来の知的照明システムでは、執務者が照度センサの在離席変更ボタンを押すことで在離席状態を変更する。または、Web UI 上で操作を行うことで、在離席状態を変更する。そして、執務者の離席操作に応じて、知的照明システムは執務者付近の照明の減光または消灯を行う。しかし、執務者が一時的に席を離れる際や退社時に離席操作を行わない場合、照明が余分に点灯し続ける。これにより、消費電力削減効果が減少する。

この課題を解決するため、ビーコン型知的照明システムの研究が行われている¹⁾。ビーコン型知的照明システムは、執務者が携帯するスマートフォンと各席に設置したビーコンを使用し、執務者の在離席操作を自動化する。執務者の在離席操作を自動化することで、離席操作忘れによる照明の余分な点灯を防止し、省エネルギー性を向上する。本研究では、ビーコン型知的照明システムを執務者が利用する環境を構築した。そして、システムにおける離席操作忘れを防止することで得られる効果を検証する。

2 実際のオフィスにおける離席操作忘れ

知的照明システムの実証実験を六本木ヒルズの森ビル株式会社本社フロアの一部で行った。実証実験の結果、執務者が在離席操作を手間と感じたり、操作自体を忘れるため、適切に在離席操作を行っていないことが判明した。Fig.1 に、実証実験のうち、ある 1 日のシステム上で在席と扱われている執務者の数と消費電力のデータを示す。

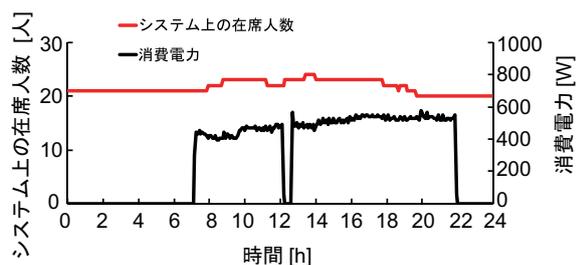


Fig.1 システム上の在席人数と消費電力

Fig.1 に示すように、22 時ごろに消費電力が 0 W になっているため、最後の執務者が退勤し、照明のスイッチを切ったことがわかる。しかし、システム上の在席人数は、執務者が離席操作を行わずに退社した執務者が多数いることがわかる。離席操作を適切に行わない場合、執務者が離席しているにもかかわらず、照明が減光または消灯しない。したがって、執務者が居ない場所に希望照度を提供し続けるため、知的照明システムの省エネルギー性が低下する。

3 ビーコン型知的照明システム

ビーコン型知的照明システムは、制御 PC、調光可能な照明、電力計、および執務者が携帯するスマートフォンを 1 つのネットワークに接続する。そして、オフィスに汎用型ビーコンを、各席に近接特化型ビーコンを設置することで構成する。汎用型ビーコンは執務者の入室検知のために、近接特化型ビーコンは執務者の座席を特定するために使用する。ビーコン型知的照明システムの構成を Fig.2 に示す。



Fig.2 ビーコン型知的照明システムの構成

2 種類のビーコンを使用し、入室検知と座席特定を行う。これにより、執務者の座席が決められていないノンテリトリアルオフィスにおいても、ビーコン型知的照明システムにおける、在離席処理の自動化を行うことができる。在離席処理の自動化により、執務者の離席操作忘れを防止し、省エネルギー性を向上する。

4 ビーコン電波出力決定実験

ビーコン型知的照明システムでは、スマートフォンが各席に設置した近接特化型ビーコン（以下、ビーコン）の電波から、ビーコン ID を受信することで座席特定を行う。そのため、執務者が着席した席と異なる席のビーコンの電波をスマートフォンが受信すると、正しく座席特定を行うことができない。したがって、各席に設置したビーコンの電波が隣接した席に届かないように電波出力を設定する必要がある。そこで、各席に設置したビーコンの電波が、隣接した席で検知されない最大の電波出力を検証し、ビーコンの電波出力を決定するために計測実験を行う。

本実験は、KC104 多目的スペースで行った。ビーコンは Aplix 社の MyBeacon 近接特化型 MB004 At を使用し、受信機は iPhone 7 を使用した。オフィス机の裏側に設置したビーコンの直上を原点とし、横方向、奥行き方向、及びその斜め方向の 3 方向において、10 cm 間隔で 30 秒間ビーコン電波の測定を行った。受信信号強度（以下、RSSI）

が5秒以上連続して-90 dBm以上を計測できる場所をスマートフォンの電波受信可能範囲とした。また、ビーコンの出力電波強度は最小値の-20 dBmから-8 dBmまで変更し、RSSIを計測した。なお、ビーコンの出力電波強度は4 dBm刻みで変更可能である。実験結果をFig.3に示す。

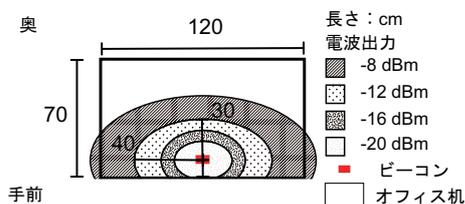


Fig.3 ビーコン電波到達範囲

Fig.3に示すとおり、ビーコンから近く、執務者がスマートフォンを使用すると予測されるオフィス机の手前側中心部では、連続して5秒以上-90以上のRSSIを得られた。計測結果より、ビーコンの電波出力が-12 dBm以下の場合、隣接した席にビーコンの電波が検知されないことがわかった。したがって、ビーコンの電波出力を-12 dBmに設定し、Fig.3に示す領域内にスマートフォンを置くことで、正しく座席特定を行うことが可能であると考えられる。

5 在離席検知実験

ビーコンの電波は、人や障害物の影響により、反射や減衰が生じる²⁾。ビーコン型知的照明システムを利用する際、ビーコンの電波が減衰しても、執務者が携帯するスマートフォンが受信する必要がある。そこで、ビーコン型知的照明システムが正常に在離席検知を行うかの検証実験を行った。

本実験では在離席を、スマートフォンを手に持ちながら10回、ズボンの右ポケットに入れて10回行った。また、Wi-Fiと携帯回線の切り替えによる通信不良を防止するため、Wi-Fiはオフに設定し、携帯回線のみで実験を行った。ビーコンの電波出力は前章の結果から-12dBmとした。

実験の結果、在席、離席いずれの場合においても、検知成功率は100%となり、正しく在離席検知が可能であることを確認した。実験結果より、ビーコン型知的照明システムは執務者の在離席を正しく検知できることを確認した。

6 ビーコン型知的照明システム実稼働実験

ビーコン型知的照明システムを利用する環境において、執務者が短い休憩の際、スマートフォンを携帯せずに離席する場合がある。執務者がスマートフォンを携帯せず離席した場合、ビーコン型知的照明システムは離席操作を行わない。離席操作が行われないことで、システムの省エネルギー性が減少する。そこで、執務者がスマートフォンを携帯せずに離席する頻度と離席時間を調査する。本実験は、KC104多目的スペースで行い、システム利用時間は5時間とした。執務者は4名とし、在席時、2名はスマートフォンをズボンの右ポケットに入れたまま着席し、2名には机の上にスマートフォンを置くように指示した。Fig.4に実験

環境を示す。

ビーコン電波は執務者が着席する場所まで到達し、スマートフォンをズボンの右ポケットに入れた状態においてもビーコン電波を受信したことを確認した。Fig.5に実際の在離席と検知された在離席の履歴の一例を示す。

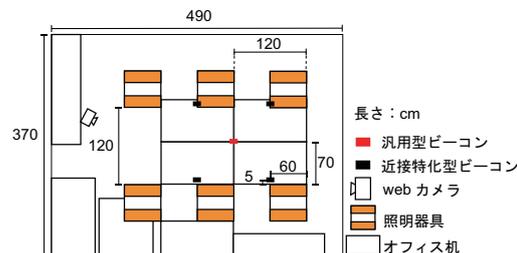


Fig.4 在離席検知実験環境

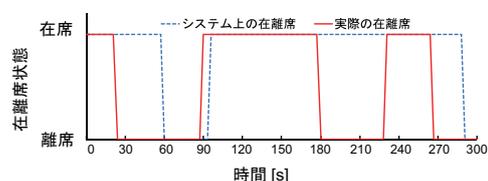


Fig.5 在離席履歴

Fig.5に示すとおり、執務者が着席すると、スマートフォンがオフィス机に設置されたビーコンの電波を受信した。そして、誤検知防止のために設けた5秒の在席検知待ち時間の後に在席操作が行われた。また、離席後は、誤検知防止のために設けた30秒の離席検知待ち時間の後に離席操作が行われた。

実験中、執務者の離席回数は合計17回だった。また、執務者が10分以内の休憩で、スマートフォンを座席に置いたまま退室した回数は4回であった。しかし、離席操作が行われなかったことによる、余分に照明を点灯し続けたことによる消費電力量は平均して0.09 Whであった。この電力量は実験で消費した電力量の0.24%であり、省エネルギー性への影響は少ないと考える。また、食事や退勤時など、長い時間離席する際にスマートフォンを携帯せずに退席した執務者はいなかった。そのため、適切に離席操作が行われ、照明が減光または消灯された。実験結果より、ビーコン型知的照明システムを利用することで、離席操作忘れによるシステムの省エネルギー性の低下を抑えることができると思われる。

参考文献

- 1) 中原 蒼太, 三木 光範, 山口 浩平, 提中 慎哉, 間 博人. BLEビーコンを用いて在離席操作を自動化するビーコン型知的照明システムの提案, 人工知能学会全国大会第30回
- 2) 杉野 恭兵, 大園 忠親, 新谷 虎松. 複数のBluetoothビーコンに基づくデバイスフリーな屋内測位におけるキャリブレーションについて, 社団法人 電子情報通信学会