

BLE ビーコンを用いてオフィス照明の省エネを実現する ビーコン携帯型知的照明システム

山下 俊樹

Toshiki YAMASHITA

1 はじめに

現在の知的照明システムにおいて、執務者が知的照明システムを利用する際には、照度センサの在席ボタンを押すか、Web UI から在席操作を行い、執務者が一時的に席を離れる際や退社する際には、同様に離席操作を行う必要がある。そして、執務者の在離席操作に応じて、知的照明システムは執務者付近の目標照度提供に不要な照明の減光または消灯を行う。そのため、執務者が適切に離席操作を行わない場合、執務者がいない場所の照明が余分に点灯し続けることになり、省エネルギー性が低下する課題がある。

2 実際のオフィスにおける在離席操作

本章では、東京ビルで行った知的照明システムの実証実験の結果について述べる。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。

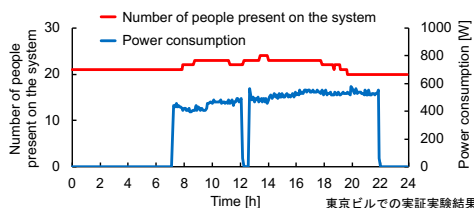


Fig. 1 システム上の在席人数と消費電力

Fig.1 に、得られたデータのうち、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ある 1 日のデータを示す。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を見ると、在席状態である執務者が依然多くいることから、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。この原因として、執務者が在席操作を行わないと周囲の照明が点灯せず不便が生じるのに対し、離席操作を行わなくても特に不便が生じない事が考えられる。離席操作を適切に行わない場合、実際には執務者が離席しているにもかかわらず、周囲の照明が減光または消灯せず、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 ビーコン携帯型知的照明システム

ビーコン携帯型知的照明システムは、執務者が携帯するビーコンと、オフィスに設置するビーコン電波の受信機を用いることで在離席操作を自動化し、在離席操作を全て正しく行うことで、システムの省エネルギー性の向上を目的とした知的照明システムである。ビーコン携帯型知的照明システムの構成を Fig.2 に示す。

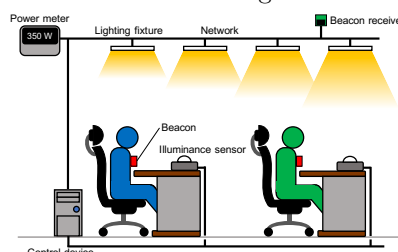


Fig. 2 ビーコン携帯型知的照明システムの構成

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、およびビーコン電波の受信機を一つのネットワークに接続し、執務者が各自 1 台のビーコンを携帯することで構成する。ビーコンを携帯した執務者が部屋に入室すると、部屋に設置した受信機は執務者のビーコン電波を検知し、制御 PC は執務者の在席処理を行う。また、執務者が退室した際は受信機がビーコンの電波を受信できなくなったことを検知して、執務者の離席処理を行う。これにより、現在の知的照明システムにおいて執務者が手動で行っていた在離席操作を自動化し、離席操作忘れを防止する。また、受信機を複数設置することで、執務者のエリア検知を行うことも可能である。

4 提案手法における入退室検知精度検証

ビーコン型知的照明システムには、既に提案済みのビーコン室内設置型および本稿で提案するビーコン携帯型の 2 通りがある。本章では、実環境において部屋に設置したビーコンの電波を執務者のスマートフォンが正常に検知するか、および部屋に設置した受信機が執務者が携帯するビーコンを正常に検知するかを検証する。実験を行った場所は同志社大学 学生居室である。実験環境平面図を Fig. 3 に示す。

ビーコン室内設置型については、ビーコンは学生居室の天井中央に設置し、執務者のスマートフォン（受信機）

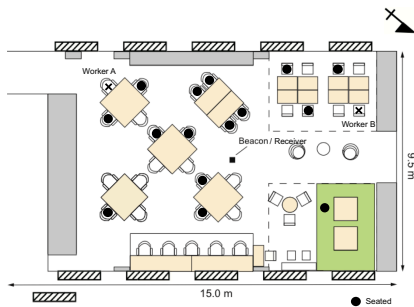


Fig. 3 実験環境の平面図

には iPod touch を用いる。また、執務者がスマートフォンを携帯する位置は、ズボン右前ポケットとした。ビーコン携帯型では、受信機 (iPod touch) を部屋の天井中央のビーコンと同じ位置に設置し、各執務者はビーコンをストラップで首から下げ、携帯する。なお、いずれもビーコンの出力は -8 dBm とした。被験者は 2 名とし、スマートフォンおよびビーコンを携帯し、学生居室の入退室を 10 回繰り返す。実験時には、被験者とは別に 15 名の執務者がいた。各執務者の着席位置は Fig. 3 に示したとおりである。

執務者の入室回数、退室回数はともに計 20 回である。以下には、実際の入退室回数と受信機が入退室を検知した回数、入退室検知率について、ビーコン室内設置型の結果を Table 1、ビーコン携帯型の結果を Table 2 に示す。

Table 1 在離席検知結果 (ビーコン室内設置型)

	実際の入退室 [回]	検知した入退室 [回]	検知率
入室	20	20	100 %
退室	20	18	90 %

Table 2 在離席検知結果 (ビーコン携帯型)

	実際の入退室 [回]	検知した入退室 [回]	検知率
入室	20	20	100 %
退室	20	20	100 %

以上の結果より、ビーコン携帯型において、全ての入退室を正しく検知できることを確認した。しかしながら、ビーコン室内設置型では 2 回の退室を正しく検知することができなかった。2 回のいずれも、執務者が在室しているにもかかわらず、RSSI が一時的に低下し、退室したと誤検知した。受信機として用いた iOS 端末の仕様では、あるビーコンの電波を受信した後、およそ 30 秒間連続して受信できなくなるとビーコンから離れたと検知し、提案手法においては退室したと認識する。すなわち、上記の誤検知した 2 回の退室は、執務者が入室しているにもかかわらず、ビーコンの電波を 30 秒以上連続で受信できなくなったために、誤検知したといえる。誤検知の原因として、パーティションや執務者などの障害物による RSSI の低下が考えられる。さらに、ビーコン携帯型は執務机の上にビーコンが位置するのに対し、

ビーコン室内設置型ではズボンのポケットに受信機があり、その上に執務机がある。すなわち、ビーコン室内設置型はビーコン携帯型に対しビーコンと受信機の間には障害物が 1 つ多くなり、RSSI がより低下したと考えられる。以上より、ビーコンおよび受信機の設置位置を二箇所に増やし、両構成ともすべての在離席を検知できることを確認した。

5 提案手法で削減可能な消費電力量

本章では、提案手法が省エネルギー性を向上できることの確認を目的とし、執務者の 1 日の平均在席率を 90, 60, 30 % と変更した場合における、提案手法の有無による平均消費電力の比較をシミュレータ環境で行った。本実験では、照明 30 灯、執務者 33 名のオフィスを想定する。目標照度は、執務者のうち 20 % が 300 lx, 60 % が 500 lx, 20 % が 700 lx を選択するものとする。各執務者のスケジュールは、9 時始業、18 時終業のオフィスの 1 日を想定する。1 日に 2 回の 30 分休憩、1 時間の会議および退勤を想定し、各イベントで離席操作を行う。離席操作を行う割合は、実証実験結果より 20 % で固定とした。それぞれの場合について、30 回ずつ消費電力を算出する。

省エネルギー性の検証実験を行ったシミュレーション環境の平面図を Fig. 4 に、実験結果を Table 3 に示す。Table 3 には、離席操作を正しく行う割合が 20 % であるオフィス (従来手法) において、提案手法を用い、離席操作を正しく 100 % の割合で行うことで削減可能な消費電力の割合を執務者の平均在席率ごとに示す。なお、消費電力の割合は本実験環境と同環境のオフィスにおいて、最低 750 lx を満たすように一様点灯した一般的なオフィスの 1 日の消費電力を 100 % とした割合で表している。

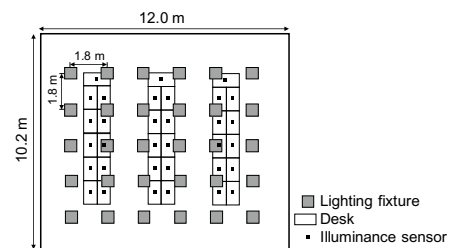


Fig. 4 実験環境の平面図

Table 3 消費電力の比較

平均在席率 [%]	消費電力の割合 [%]		
	提案手法		削減可能な割合
	無 (従来手法)	有	
90	62	55	7
60	57	49	8
30	45	36	9

各平均在席率において、提案手法を用いることで、約 10% 消費電力が減少し、省エネルギー性が向上することを確認した。