

スマートフォンを用いた可視光通信型知的照明システム

山口 浩平

Kohei YAMAGUCHI

1 はじめに

著者らは、各執務者が要求する個別の照度を最小の消費電力で実現する知的照明システムの研究・開発を行っている¹⁾。知的照明システムでは、照度制御の為に照度センサを用いているが、これに現在普及が進んでいるスマートフォンを用いることが考えられる。これにより、システム導入時のコスト削減や保守性の向上などが実現できる。

知的照明システムは、執務者が要求する照度を効率的に満たすために、照明とスマートフォンの位置関係を把握する必要がある。スマートフォンの位置推定手法として、著者らは二分探索を用いた手法を報告した²⁾。しかしながら二分探索手法は、探索するスマートフォンの数が増加するに従って、探索に必要な照明制御回数が増加し時間がかかる。そこで本研究では、探索回数がスマートフォンの数に依存しない手法として可視光通信³⁾を用いた位置推定手法について提案し、本手法を導入した知的照明システムについて検証を行う。

2 内蔵照度センサの性能検証

スマートフォンを用いた可視光通信を行う際の、データ通信速度を決定するために、スマートフォンの内蔵照度センサの反応性能を検証した。照明の光度が変化してからスマートフォンの照度センサが変化を正しく計測するまでの時間を測定する検証実験を行った。この時間を、可視光通信において1ビット送信するために必要な時間とみなすことができる。

スマートフォンはARROWS Z, XOOM, RAZR, および GALAXY の4機種を用いた。LED 照明をあらかじめ一定の光度で点灯し、この時の照明直下の、床面から70cmの高さである机面照度をスマートフォンおよび照度センサで計測した。その後、照明の点灯光度を一定値上昇した。そして、点灯光度を上昇させる調光信号を照明に送信した時点から、スマートフォンおよび照度センサの計測値が光度上昇後一定値に収束するまでの時間を測定した。

図1に各機種の照度履歴を示す。グラフの縦軸が計測値、横軸が調光信号送信時刻からの経過時間を示している。直線が実際の光度変化を、各プロット点がスマートフォンの計測値を示している。これらの図から、信号を送信してから計測値が一定値に収束するまでに、

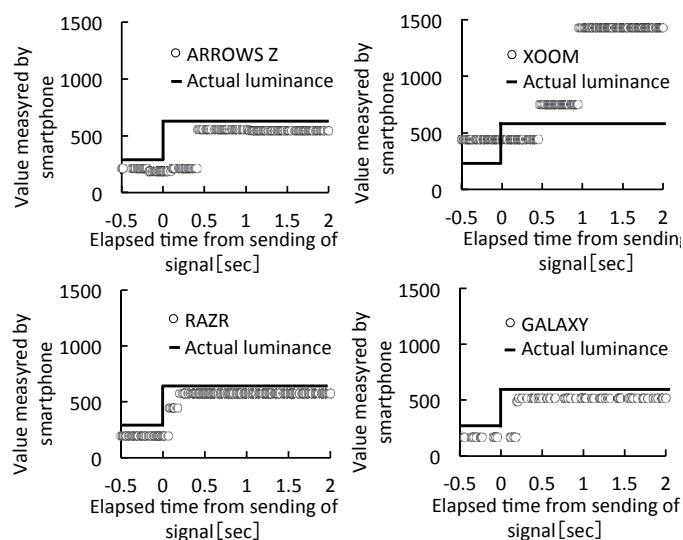


Fig. 1 内蔵照度センサの照度履歴

ARROWS XOOM, RAZR, GALAXY はそれぞれ0.4秒, 1.0秒, 0.2秒, 0.2秒程度の時間を要していることが分かった。このように測定したスマートフォンおよび照度センサによって、一定値に収束するまでの時間が異なることが確認できた。

表1に、収束に要する時間の計測結果を示す。表1のModelの欄には検証した機種を示す。Response timeの欄には各照度センサにつき10回の測定を行い、最も長かった反応時間を示す。表1から、今回測定した機種の中で1ビットあたりの送信時間が最も短かったのは、RAZRの内蔵照度センサの0.15秒であることが確認できた。これらの結果から、可視光通信の通信速度を5bpsとする。

3 可視光通信による位置推定

可視光通信を用いた位置推定手法の概要は以下の通りである。各照明固有のパターンで照明を繰り返し点滅させることにより、照明ごとに異なる1および0の情報ビット列(照明IDと称す)を送信する。内蔵照度センサが照度変化を計測し、計測値から照明IDを受信する。

Table 1 計測値の収束時間

Model	Response time [sec]
ARROWS Z	0.64
XOOM	1.22
RAZR	0.15
GALAXY	0.19

そして、スマートフォンが取得した照明 ID を送信している照明の直下にそのスマートフォンがあると判定し、位置推定を完了する。

以下に、位置推定のアルゴリズムを述べる。

- (1) 目標照度への収束のための光度制御を停止する。
- (2) 現在光度におけるスマートフォンの計測値を基準値として保存する。この基準値は、項目 (4) において計測した値を照明 ID の 1 または 0 と判定する際に用いる。
- (3) 全ての照明の点灯光度を、現在光度の 90% の光度で点灯し、そのときのスマートフォンの計測値を項目 (2) と同様に基準値として保存する。
- (4) 各照明に個別に設定された照明 ID に対応して、各照明を可視光通信開始時の 100% および 90% の点灯光度で点灯させる。照明 ID が 1 のとき 100% 点灯、照明 ID が 0 のとき 90% 点灯とする。同時にスマートフォンで照度変化を計測する。このとき、スマートフォンの計測値と項目 (2) および (3) で取得した基準値をもとに閾値を設定し、計測値が閾値よりも高ければ照明 ID1 を、低ければ照明 ID0 を受信する。この処理を照明 ID のビット長だけ繰り返す。
- (5) スマートフォンで受信した照明 ID に対応する照明の直下にスマートフォンが配置されていると判定し、位置推定を終了する。
- (6) 位置推定の結果をもとに、近傍照明を決定する。
- (7) 位置推定終了後、目標照度へ収束制御を再開する。

項目 (6) において、可視光通信によってスマートフォン直上の照明一灯を決定するが、直上の一灯およびその周囲の照明 4 灯を近傍照明と定義する。

4 提案手法を組み込んだ知的照明システム

提案手法を組み込んだ知的照明システムを実際に稼働し本手法の有効性の検証実験を行った。表 1 の結果から今回の検証実験では GALAXY および RAZR それぞれ一台ずつを用い、可視光通信時の信号送受信速度は、毎秒 5 ビットとした。

図 2 に示す実験環境において、地点 A および地点 B の机上面にそれぞれ GALAXY および RAZR を設置し、各端末の位置推定を行い、照度制御を開始した。照明台数は 9 灯であるが、大規模オフィスでの動作を想定し、照明 ID は 8 ビットとし合計送信ビット数は 10 ビットとした。また、スマートフォンに設定した目標照度は地点 A で 700 lx、地点 B で 500 lx とした。照度制御の開

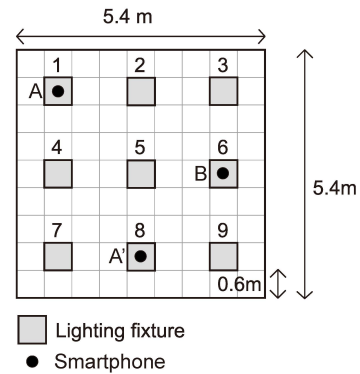


Fig. 2 提案手法の検証実験環境

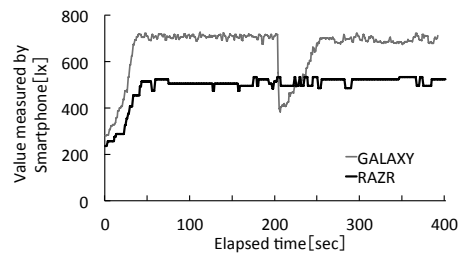


Fig. 3 照度収束実験の照度履歴

始後 200 秒後に地点 A に設置したスマートフォンを図 2 に示す地点 A' に移動した。なお、移動は 10 秒かけて行った。移動後、スマートフォンの位置推定を行い、照度制御を再開した。

スマートフォンの内蔵照度センサから得られた計測値の履歴を図 3 に示す。図 3 の横軸は経過時間を、縦軸はスマートフォンの照度値を示している。実験の結果、提案手法では制御開始から 2 秒程度で地点 A および地点 B のスマートフォンの位置推定が完了し、その後目標照度の実現に向けた処理に移った。同様に移動後の地点 A' のスマートフォンの位置推定も約 2 秒で完了した。また図 3 から、移動後の照度も目標照度の 700 lx に収束していることが確認できた。

5 結論

本研究で提案した、スマートフォンを用いた可視光通信による位置推定手法が、知的照明システムの位置推定に有効であることを示した。今後は、複数の照明間に配置したスマートフォンの位置推定について研究を進める必要がある。

参考文献

- 1) 三木 光範, "知的照明システムと知的オフィス環境コンソーシアム," 人工知能誌, vol.22, no.3, pp.399-410, 2007
- 2) 三木 光範, 桑島 奨, 池上 久典, "知的照明システムの照度センサに対するスマートフォンの利用可能性の検証," 同志社大学理工学研究報告, vol.55, no.1, pp.65-71, 2014
- 3) 春山 真一郎, "可視光通信," 電子情報通信学会誌, vol.94, no.12, pp.1055-1059, 2011