

外光が存在する状況での照明を用いた屋内位置推定手法の検討

津崎 隆広

Takahiro TSUZAKI

1 はじめに

近年、屋内位置推定に注目が集まっている。屋内位置推定には Wi-Fi¹⁾ や Beacon²⁾ , RFID³⁾ など様々なアプローチで研究されている。

また、近年、スマートビルの普及で個別に調光可能な照明を設置したビルが増えている。照明を制御するプロトコルには DALI や BACNET が存在する。これらを用いて、ビルの照明を制御して、省エネルギー化や快適な光環境の実現などが期待されている。

このような背景から本研究では調光可能な照明を用いた屋内位置推定手法を提案する。照明を用いた屋内位置推定手法では、照明の光度を位置に応じて、照明の光度を段階的に変化するパターンを複数作成する。作成するパターンと同様の光度を照明で再現する。その際の照度をパターンごとに計測し、パターンによる照度の差を用いて位置推定を行う。しかし、窓などがある屋内環境を想定した場合、照度センサは照明による照度の影響のみでなく外光からの影響も受けるため外光の影響を考慮する必要がある。

2 外光が存在する状況での照明を用いた屋内位置推定手法

2.1 点灯グラデーションパターン

照明の位置によって、段階的に異なる照明の光度を調光することにより、調光する室内に照度の高いエリアと低いエリアができる。照明の位置によって、段階的に異なる照明の光度を調光する際に利用するパターンを点灯グラデーションパターンとする。点灯グラデーションパターンを図 1 に示す。図 1 の色は、光度が高いほど白色に近づき、光度が低いほど黒色に近づく。点灯グラデーションパターン P_i のそれぞれのパターンを以下に示す。

P_1 : 全灯を一律点灯

P_2 : P_1 の光度を最低光度とし、X 方向に光度を高くするパターン

P_3 : P_1 の光度を最高光度とし、X 方向に光度を高くするパターン

P_4 : P_1 の光度を最低光度とし、Y 方向に光度を低くするパターン

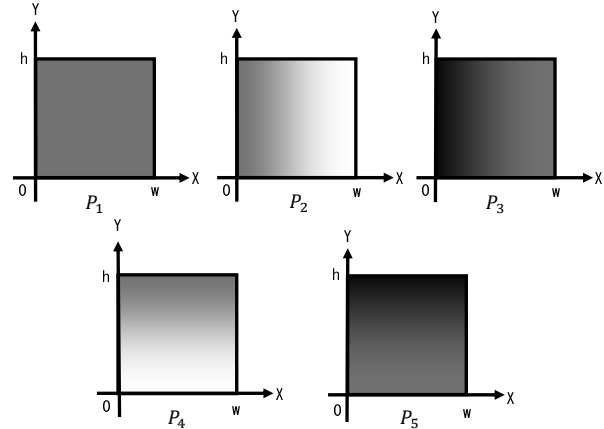


Fig. 1 点灯グラデーションパターン

P_5 : P_1 の光度を最高光度とし、Y 方向に光度を低くするパターン

複数の異なる点灯グラデーションパターンを作成し、照明を調光することで、複数の点灯グラデーションごとに照度の高いエリア、照度の低いエリアができる。

2.2 外光に対する補正手法

外光の存在する状況を想定する場合、外光照度が点灯グラデーションパターン点灯中に大きく変化する外光が位置推定精度に影響を与える。したがって、外光照度の変化を軽減する外光に対する補正手法を提案する。

照度センサの照度取得回数を増やす場合、それぞれの点灯グラデーションパターン点灯中に外光照度の変化を計測することが可能となる。外光照度の変化を補正值として、それぞれの点灯グラデーションパターン点灯時の照度から引くことで、それぞれの点灯グラデーションパターン点灯中に照度センサに入る外光照度の変化を軽減可能である。各点灯グラデーションパターンの照度補正式を次の式 1 と式 2 に示す。

$$I'_1 = I_{11} (i = 1) \quad (1)$$

$$I'_i = I_{i1} - \sum_{k=1}^{i-1} I_{k-1j} - I_{k-11} (i = 2, 3, 4, 5) \quad (2)$$

j : 照度センサのそれぞれの点灯グラデーションパターンにおける P_i 照度取得回数

I'_i : 補正後の点灯パターン P_i の照度

I_{ij} : 点灯パターン i における取得開始から j 回目の照度

P_1 での照度と P_2 - P_5 の照度の差分 D'_i を式 3 に示す.

$$D'_i = I'_i - I'_1 \quad (i = 2, 3, 4, 5) \quad (3)$$

2.3 位置推定アルゴリズム

式 1 と式 2 により得た照度をもとに位置推定を行う. D'_2 - D'_5 の値は, それぞれの照度センサの位置により値が異なる. D'_2 - D'_5 の値を評価することにより照度センサの位置の推定を行う. 推定する際には点灯グラデーションパターンごとの照度と点灯グラデーションパターンの生成光度の差を最小化する目的関数を利用する. 目的関数を式 4 に示す.

$$F' = \sum_{k=2}^5 \left| \frac{D'_k(x, y)}{\sqrt{\sum_{l=2}^5 D'_l(x, y)^2}} - \frac{C_k(x, y)}{\sqrt{\sum_{l=2}^5 C_l(x, y)^2}} \right| \quad (4)$$

F' : 目的関数

$D'_i(x, y)$: 座標 (x, y) での P_i と P_1 の差分照度値

$C_i(x, y)$: 座標 (x, y) での P_i の生成光度

式 4 の目的関数を最小化する座標 (x, y) が照度センサの推定位置となる.

3 評価実験

3.1 実験概要

本章では外光に対する補正手法の評価を行う. シミュレーションでの実験では, 天気が晴れの外光照度履歴と照明からの照度を用いて, 検証する. 外光がある環境で外光に対する補正手法を用いない場合, 外光に対する補正手法を用いる場合, 外光がない環境で位置推定を行う場合で比較する. 実験環境を図 2 に示す. 使用する照度センサはセコニック社製のアナログ照度センサである. 図 2 に示すとおり, 照度センサ SS_n ($n = 1, 2, \dots, 9$) は床上 70 cm の位置で 9ヶ所に配置し, 外光がない環境で, 点灯グラデーションパターンを点灯し, 照明からの照度を取得し, 外光がある環境で, 外光照度を取得する.

外光照度履歴の最初を基準点として, 0.1 秒間隔で 50 回選択し, 1つのデータセットを作成する. データセットの作成は外光照度履歴の最後まで, 基準点を 1秒ずつずらしてデータセットを作成する. 外光がない環境での照明からの照度にデータセットを加えることで, 晴れの日における, 外光の影響を考慮する環境を再現し, 位置推定を行う.

3.2 シミュレーションによる実験結果

それぞれの天気の位置推定結果を図 3 に示す. 縦軸が一日の推定位置と実際の照度センサの位置の誤差の平均

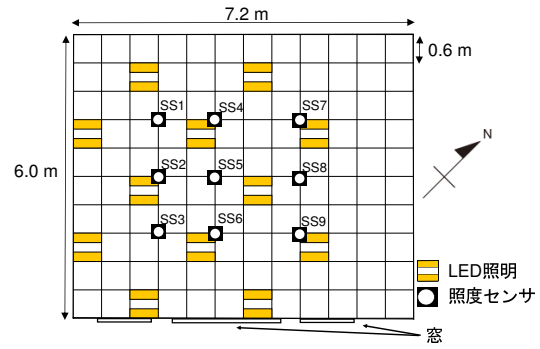


Fig. 2 シミュレーションでの実験環境

を表し, 横軸は照度センサ名を表す. 評価には, 外光を加えた場合と提案手法を用いた場合および外光を加えなかった場合の結果を用いて行う. 実験結果から晴れの日

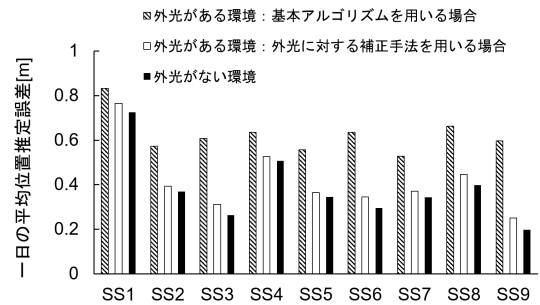


Fig. 3 晴れの日の位置推定結果

に外光に対する補正手法は位置推定精度を最大 50 %改善している. よって提案手法は外光の影響を減少して, 位置推定を行うことが可能である.

参考文献

- 1) 岩田亮介, ザカントン, 阪口啓, 荒木純道. 位置指紋法を用いた wi-fi 測位のための位置指紋収集管理システム (poster session, 国際ワークショップ). 電子情報通信学会技術研究報告. SR, スマート無線, Vol. 114, No. 284, pp. 135-142, oct 2014.
- 2) Yuan Zhuang, Jun Yang, You Li, Longning Qi, and Naser El-Sheimy. Smartphone-based indoor localization with bluetooth low energy beacons. *Sensors*, Vol. 16, No. 5, p. 596, 2016.
- 3) Paramvir Bahl and Venkata N Padmanabhan. Radar: An in-building rf-based user location and tracking system. In *INFOCOM 2000. Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE*, Vol. 2, pp. 775-784. Ieee, 2000.