

外光がある環境を考慮した 照明の照度を用いた屋内位置推定手法

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 RFID²⁾, 照明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, 照明の明るさを 5 回変更し, 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. そこで, 照明の調光間隔及びセンサの照度取得間隔を短くすることで外光の影響を減少可能か検証を行う.

2 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 Fig.1 に示す. Fig.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

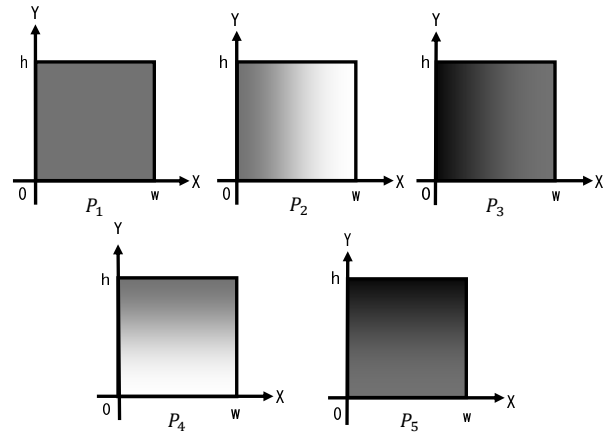


Fig. 1 点灯グラデーションパターン

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 位置推定アルゴリズム

照明を用いた屋内位置推定手法では, 照明は全ての点灯グラデーションパターンでそれぞれ調光を行う. 点灯グラデーションパターンを P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 の順で照明を調光する.

点灯グラデーションパターン P_i による調光を行うとき, 基本光度 β と重み α を用いる. 基本光度 β は P_1 の光度を表し, 重み α は点灯グラデーションパターンによる光度の変化度合いを表す. 基本光度 β を大きくすると部屋全体が明るくなり, 点灯グラデーション重み α を大きくすると点灯グラデーションパターンの変更の際に照明の光度が大きく変化する. X 軸方向の大きさが w , Y 軸方向の大きさが h の長方形型の室内において, 座標 (x, y) ($0 < x < w, 0 < y < h$) にあるとき, P_1 から P_5 の各点灯グラデーションパターンは式 1 を利用し光度 L_i を決定する.

$$L_i = \beta + \alpha C_i(x, y) \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5) \quad (1)$$

L_i : P_i の座標 (x, y) での光度

β : P_1 での光度

α : 重み

$C_i(x, y)$: P_i の座標 (x, y) での調光度

照度センサは、式2のように、その場所の P_1 - P_5 の点灯グラデーションパターンでの照度 I_i の集合 S をもつ。

$$S = \{I_1, I_2, I_3, I_4, I_5\} \quad (2)$$

I_i : P_i での照度センサの照度

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。

$$D_i = I_i - I_1 \quad (i = 2, 3, 4, 5) \quad (3)$$

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。

$$F = \sum_{k=2}^5 \left| \frac{D_i(x, y)}{\sqrt{\sum_{l=2}^5 D_l(x, y)^2}} - \frac{C_i(x, y)}{\sqrt{\sum_{l=2}^5 C_l(x, y)^2}} \right| \quad (4)$$

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 外光がある環境でのセンサの照度取得間隔を考慮した際の位置推定精度評価

外光がある環境において、照明の調光間隔を 50 ms にした場合の位置推定精度評価を行った。照明は 12 灯、センサは Fig.2 のように設置を行った。照明の調光は最大照度が 700 lx 以内および各点灯パターンにおける調光幅を人が明るさの変化を知覚できない 7% 以内で行った。照明は SHARP 製のフルカラー LED を使用し、センサ部分には Arduino と NaPiCa 照度センサを使用した。時間は晴れの日の 7 時 2 分から 16 時 51 分まで行う。部屋の窓は南東に 3ヶ所に存在し、ブラインドを外向き 45 度で設置する。

各センサにおいて、外光がない場合、外光がある環境における位置推定誤差が最小と最大の場合の位置推定結果を Fig.3 に示す。外光がある環境において、位置推定誤差を最大 0.5 m 以内で位置推定を実現した。また、ほとんどの場合において照度変化量が微量であったため、最大位置推定誤差になる場合も少ないと考えられる。このため、調光間隔 50 ms で外光の影響を減少させ、位置推定が可能になったと考えられる。

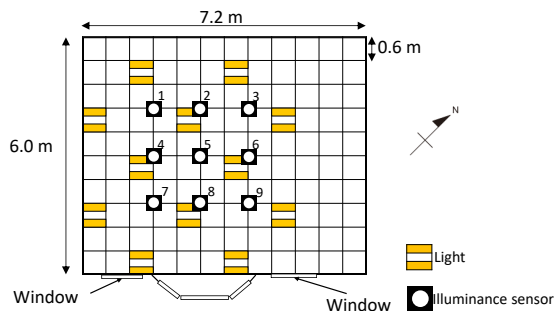


Fig. 2 Experimental Environment

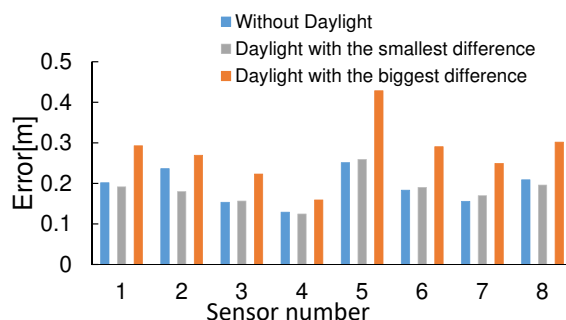


Fig. 3 Position estimation result difference in dimming interval of sensor with daylight

4 結論

本研究では、屋内における照明を用いた位置推定を行うため、照明の光度グラデーションパターンを用いた位置推定手を提案した。提案手法では、天井照明の光度の複数のグラデーションパターンにより調光を行うことで、位置推定が可能であった。評価を行うことで、提案手法は調光可能な照明が設置された屋内において、外光の有無にかかわらず約 250 ms あれば位置推定を可能であることが明らかになった。

参考文献

- 1) 岩田亮介, ザカント, 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 (postersession, 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) 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.