

無線センサネットワークにおけるパケットロスを考慮した 照明制御手法の提案

内村 祐之

Yushi UCHIMURA

1 はじめに

多数のセンサが協調して情報収集する無線センサネットワークは、様々な分野での利用が期待されている¹⁾。知的照明システムに、照度センサを取り付けた無線センサノードを導入することで、センサの敷設容易性の向上や、オフィスのレイアウト変更および照度センサの追加に柔軟に対応できる。しかしながら、無線センサネットワーク上にはパケットロスが存在する。そのため、パケットロスによって現在の照度を取得できなくなり、目標照度への収束を実現できない場合が起こる。

そこで、本研究では知的照明システムにおけるパケットロスを考慮した照明制御手法を提案する。

2 知的照明システム

知的照明システムは、調光可能な複数の照明、複数の照度センサ、制御 PC、および電力計を1つのネットワークに接続することで構成される。この構成から、照度情報、消費電力情報を取得し、評価値を算出する。評価値は式1によって得られる。

$$f = P + w \sum_{j=1}^n g_j \quad (1)$$

$$P = \sum_{i=1}^m Cd_i \quad (2)$$

$$g_i = \begin{cases} 0 & (It_i - Ic_i) \leq 0 \\ (It_i - Ic_i)^2 & (It_i - Ic_i) > 0 \end{cases} \quad (3)$$

n : 照度センサの数, m : 照明の数, w : 重み, P : 消費電力, Ic : 現在の照度, It : 目標照度, Cd : 現在の光度

知的照明システムは照明の光度を執務者が認知できない範囲でランダムに増減させ、式1の値が最小となるように制御を行う。式1は消費電力量と照度に関するペナルティ項に重み w を乗算したものの和からなる。消費電力量は式2のように、各照明の光度値から計算する。重み w の大きさを変えることで、省電力性と目標照度のどちらを重視するかを決めることができる。照度に関するペナルティは、式3によって計算する。現在照度が目標照度を下回る場合は、照度差の2乗を評価値に加算する。評価値が求まると、前回の評価値と比較し、良好

になった場合は照明の光度を受容する。これを繰り返すことで照明の点灯パターンが良好になり、最終的に消費電力を抑えた状態で各執務者が要求する照度を実現できる。また、知的照明システムでは、照明が照度センサに及ぼす影響度合い(影響度)を回帰分析により学習することで、制御の高速化を図る²⁾。

3 パケットロスを考慮した制御手法

3.1 既存手法: 最後に取得した照度値を用いる手法

本手法では、パケットロス発生時に最後に取得した照度を現在の照度として扱う。このため、パケットロス発生時も評価値計算を行う。パケットロスが連続して発生した場合は、システム内で同じ照度値が連続する。結果として、実際の照度値とシステム内の照度値に差が生じる可能性がある。

3.2 提案手法: 照度値推定手法

本手法ではパケットロス発生時に回帰分析により学習した影響度を利用した照度値のシミュレーションを行う。照度の推定値はそれぞれの照明の光度と影響度をかけて足しあわせたものの総和から得られる。推定照度値は式4, 5から算出する。なお、照明をランダムに点灯させて得られた影響度には誤差が含まれるため、前回照度値を取得したときの照度と、そのときの照度推定値を用いて、現在の照度値の補正を行っている。また、影響度の学習中にパケットロスが発生した場合は、パケットが来るまで制御を待機させる。

$$x = I_e \times \frac{I}{I'_e} \quad (4)$$

$$I_e = \sum_{i=1}^m L_i \times R_i \quad (5)$$

I_e : 推定照度, I : 最後に取得した照度

I'_e : 照度を最後に取得したときの推定照度

L : 光度, R : 影響度, m : 閾値以上の影響度の個数

4 評価

4.1 実験概要

本実験では、パケットロスを考慮した照明制御手法の照度収束について検証する。照度センサには無線センサ

ノード3台を用いる。目標照度は3台とも500 lxに設定し、1000秒後にセンサノードAを300 lxに、センサノードCを700 lxに変更する。収束判定は、目標照度の±50 lx以内とする。この範囲は、人間が明るさ変動を知覚するかどうかの閾値によって設定している。最初の200秒間は影響度学習のためランダムな光度変化により照度収束を行い、200秒後に影響度を基にして次光度を生成する。また、パケットロス発生回数だけ影響度学習期間を延長する。

実環境でのパケットロスを模擬するため、実測で得られたパケットロスのパターンを実験に用いる。Fig. 1がそのパターンである。このパターンと同じタイミングでパケットロスを起こした。パケットロス率は58.3%である。

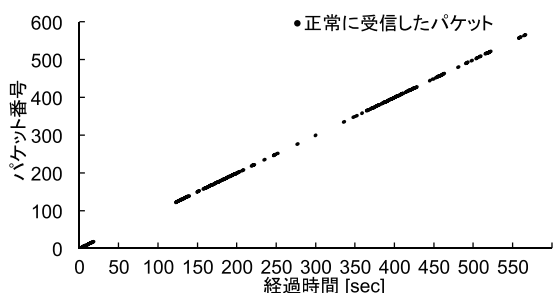


Fig. 1 実測で得られたパケットロス

4.2 実験環境

実験環境を Fig. 2 に示す。本実験は、白色蛍光灯15灯と無線センサノード3個を用いて行う。無線センサノードは、照明1灯の直下、照明2灯の間、照明4灯の間の3点の場所に配置した。また、無線センサノードには MOTE MICAZ³⁾ を使用する。

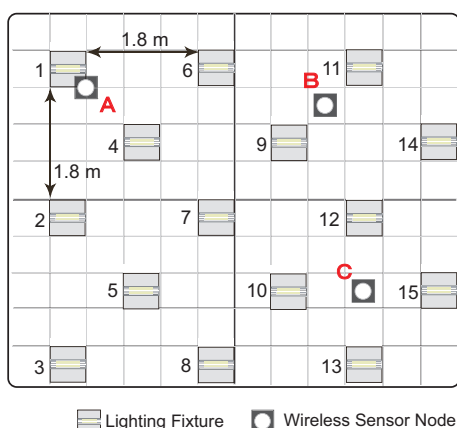


Fig. 2 実験環境

4.3 実験結果

パケットロスが発生しない場合の照度履歴を Fig. 3 に示す。既存手法、提案手法を用いた場合のそれぞれの

結果を Fig. 4, 5 に示す。

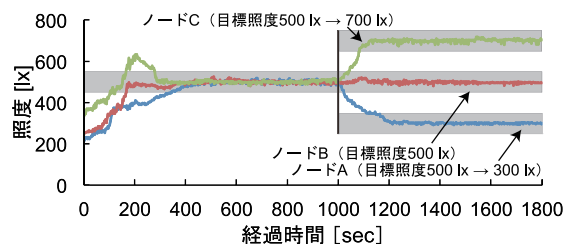


Fig. 3 パケットロスがない場合の照度履歴

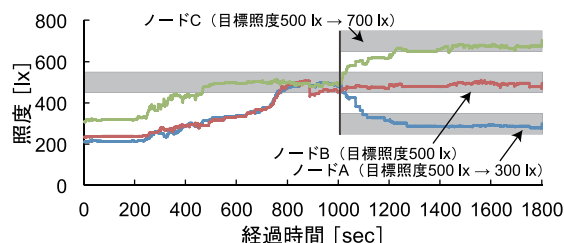


Fig. 4 既存手法：最後に取得した照度値を用いる手法の照度履歴

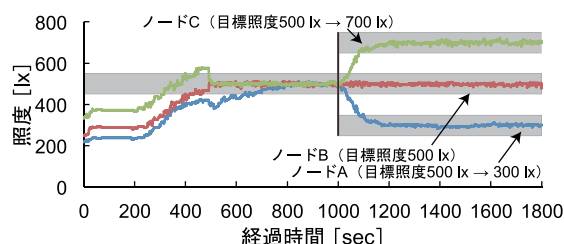


Fig. 5 提案手法：照度値推定手法の照度履歴

Fig. 4 より、既存手法の場合、900秒と1400秒付近で照度収束範囲から外れることを確認した。これは、パケットロスが連続で発生し、システム内照度と実際の照度の差が大きくなったからだと考えられる。

Fig. 3, 5 より、提案手法では目標照度変更後も、照度収束に遅れは確認されなかった。また、照度収束後も収束範囲から外れることなく安定している。このため、パケットロスを考慮した照明制御手法として、照度値推定手法は有効である。

参考文献

- 1) 徳田 英幸, センサネットワーク総論. 計測と制御, Vol.46, No.2, pp.71-76, 2007.
- 2) 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. 339-410, May 2007.
- 3) 無線センサネットワーク MOTE <http://www.xbow.jp/01products/index.html>