

無線センサネットワークを用いたセンサ駆動型知的照明システムの基本的検討

岡田 基

Motoi OKADA

1 はじめに

近年、無線装置を内蔵した多数のセンサを相互に連携させることで実空間の情報の収集を可能にするセンサネットワークと呼ばれる技術に注目が集まっている¹⁾。無線センサネットワークでは、各無線センサノードにプロセッサが搭載されているため、分散制御が可能である。

また著者らは、オフィスの省エネルギー化および執務者の知的生産性の向上を目的とした知的照明システムの研究・開発を行っている²⁾。知的照明システムでは、照明と照度センサを用いて、実際の照度値を基に制御を行う。

無線センサノードだけで知的照明システムを実現することで制御 PC を必要としない、従来よりも敷設が容易なシステムを提案し、検証を行う。

2 センサ駆動型知的照明

2.1 システム概要

無線センサノードのプロセッサで駆動させる知的照明システムをセンサ駆動型知的照明システムと呼ぶ。センサ駆動型知的照明システムは、執務者が要求する照度を実現し、かつ執務者に必要でない照明を減光することにより、消費電力を最小とする点灯パターンを求める制御を各無線センサノードで自律分散制御する。

2.2 システム構成

センサ駆動型知的照明システムは、調光可能な照明器具、無線センサノードから構成される。そのシステム構成図を Fig1 に示す。

センサ駆動型知的照明システムでは、無線センサノードのうちの 1 台が、シンクノードとなり、代表して調光制御を行う。

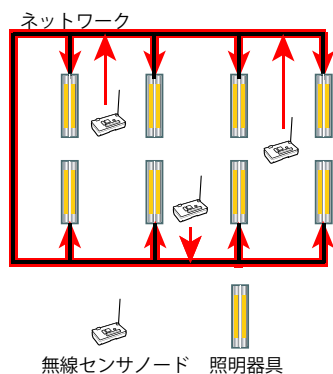


Fig.1 センサ駆動型知的照明システムの構成図

2.3 制御アルゴリズム

センサ駆動型知的照明システムでは、執務者が要求する照度を実現しながら、省エネルギー化を図る。無線センサノードは、照度を計測し、その取得した照度情報と目標照度、照明の光度情報から目的関数値を計算し、次光度を生成しシンクノードに送信する。シンクノードは、各無線センサノードから送られてくる次光度を統合し、調光する光度パターンを決定し、照明器具に調光制御を行う。この一連の処理を繰り返して照明の点灯パターンを最適化する。

照明の最適な点灯パターンを求めるための目的関数を式 1 に示す。

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

$$g_i = \begin{cases} 0 & (Lc_i - Lt_i) \geq 0 \\ (Lc_i - Lt_i)^2 & (Lc_i - Lt_i) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$n: \text{照度センサの数} \quad w: \text{重み} \quad (3)$$

$$P: \text{消費電力量} \quad Lc: \text{現在照度} \quad Lt: \text{目標照度} \quad (4)$$

設計変数を照明の光度とし、目的関数の最小化を行う。目的関数 f は、光度の総和として表せられる消費電力 P および照度ペナルティ関数項 g_i から成る。ペナルティ項の重みの値を変更することで、目標照度への収束精度向上または消費電力の削減を優先するかを決定することが可能である。

3 1 台の無線センサノードを用いた提案システムの評価実験

3.1 実験概要

1 台の無線センサノードを用いて、提案システムの照度収束状況を検証する実験を行う。本実験では無線センサノード A の目標照度は 400 lx とする。また 300 ステップ後に目標照度を 600 lx に変更する。なお目標照度への収束判定は、目標照度の ± 50 lx 以内とする。また 1 ステップ 2 秒で実験を行った。

3.2 実験環境

実験環境を Fig4 に示す。白色蛍光灯 15 灯とシンクノードと 1 台の無線センサノードを用いた。1 台の無線センサノードを照明 4 灯の間に配置し、その位置で固定とした。

無線ノードは Crossbow 社の MOTE IRIS を使用する³⁾。MOTE IRIS に汎用外部センサ基板である MDA088 を設置し、リードタイプの Napica 照度センサを組み込む

ことで照度地を取得可能とする。その際の MDA088 と Napica センサの間における抵抗は 430Ω とする。

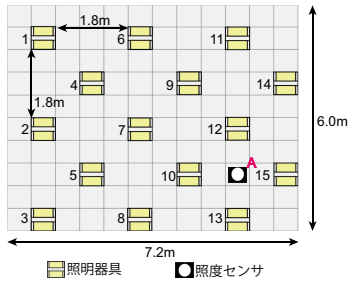


Fig.2 実験環境 (平面図)

3.3 実験結果

1 台の無線センサノードを用いた照度収束実験の 600 ステップ経過までの照度値の推移を Fig3 に示す。Fig3

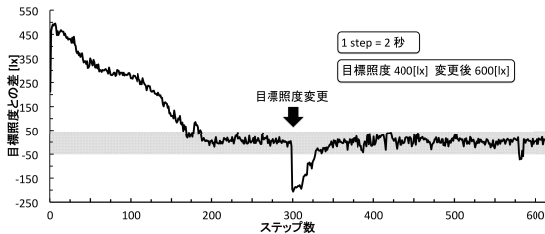


Fig.3 無線センサノードを用いた知的照明システムの照度履歴

を見ると実験開始時刻から約 100 ステップで目標照度の ±50 lx 以内に収束した。300 ステップ経過後、目標照度の変更された後、およそ 100 ステップで再び目標照度の ±50 lx 以内に収束した。この結果から無線センサノードを用いたセンサ駆動型の知的照明システムで照度収束が確認できた。

4 複数台の無線センサノードを用いた提案システムの検証実験

4.1 実験概要

2 台の無線センサノードを用いて、提案システムの照度収束状況について、検証実験を行い、これを実験 2 とする。無線センサノード A の目標照度は 500 lx、無線センサノード B の目標照度は 400 lx とする。

4.2 実験環境

実験環境を Fig4 に示す。白色蛍光灯 15 灯とシンクノードと 2 台の無線センサノードを用いた。無線センサノードは照明 4 灯の間に 1 台と、2 灯の間に 1 台配置し、その位置で固定とした。

4.3 実験結果

2 台の無線センサノードを用いた実験の 300 ステップ経過までの照度値の推移を Fig5 に示す。Fig5 より 2 台の無線センサノードを用いた照度収束実験では、どちらのセンサも目標照度に収束できなかった。本実験では各

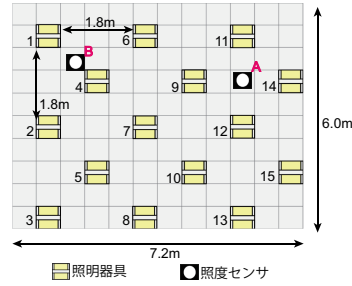


Fig.4 実験 2 の実験環境 (平面図)

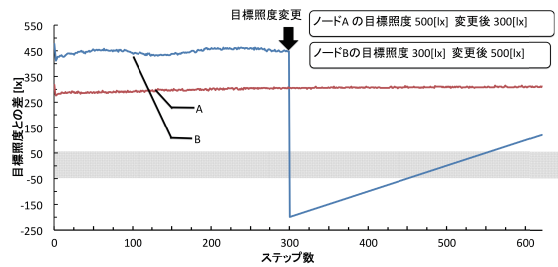


Fig.5 各無線センサノードの次光度の平均を次光度とした際の照度履歴

無線センサノードは、電力消費量の算出に用いる照明の光度情報を取得していない。直前に自らが生成しシンクノードに送信した次光度に調光された想定してその生成次光度から電力を算出している。実際に点灯されている照明の光度と、無線センサノード内で認識されている光度の誤差が原因で、本実験では目標照度に収束しなかったと考えられる。

5 結論と今後の展望

センサ駆動型知的照明システムの検証実験について、照明 15 灯と無線センサノード 1 台で実験した結果、3.3 節より問題なく収束することがわかった。その後、複数台の無線センサノードを用いて制御を行った場合、4.3 節より収束しないことがわかった。

今後の展望としては、各無線センサノードを相互に連携させ、情報を共有しながら制御を行うことで、複数の無線センサノードを用いた場合でも照度収束が可能になると考えられる。

参考文献

- 1) ネットワーク情報理論-センシングと符号化-. <http://www.ism.ac.jp/editsec/toukei/pdf/57-2-201.pdf>.
- 2) 三木光範. 知的照明システムと知的オフィスコンソーシアム. 人工知能学会, Vol. 22, No. 3, pp. 399-410, 2007.
- 3) 無線センサネットワーク mote. <http://www.xbow.jp/01products/index.html>.