

無線センサネットワーク駆動型知的照明システムにおける制御ノード決定法の提案

岡田 基

Motoi OKADA

1 はじめに

オフィスの照明環境の最適化を目的とし、我々は知的照明システムの研究開発に取り組んでいる。¹⁾ 知的照明システムは、照明の光度を変化させながら、執務者に個別の明るさを提供すると同時に、不要な照明の光度を抑え消費電力量を削減することが可能である。一方、Philips hue²⁾ をはじめとし、無線を用いて照明を個別に直接調光できる環境が整いつつある。本研究では、無線センサノードを置くだけでオフィスの照明環境を最適化する、無線センサネットワーク駆動型知的照明システムを提案する。また、無線センサネットワーク駆動型の制御時に発生する制御の重複を解決するための制御ノード決定法を提案し、その精度検証を行う。

2 無線センサネットワーク駆動型知的照明システム

2.1 システム概要

知的照明システムは、照明の光度を変化させ、各執務者の要求する照度を実現する。無線センサネットワーク駆動型知的照明システムは、計算機能を搭載した複数台の無線センサノードによって駆動する知的照明システムである。

2.2 制御アルゴリズム

知的照明システムの目的である、各執務者の要求する照度を実現し、かつ消費電力を最小にする、という2点の条件を、目標照度という制約条件の下、消費電力を最小化する最適化問題として捉える。無線センサネットワーク駆動型では、各ノードごとに式(1)のような目的関数を設定し、目的関数の値を最小化するように最適化処理を繰り返す。

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

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

cd : 照明の光度, w : 重み, n : 照度センサの数

Ic : 現在照度, m : 制御を行う照明の数, It : 目標照度

目的関数 f は、消費電力 cd_i と制約条件 g_i からなる。消費電力 cd_i は、各ノードが制御を行う照明の光度和である。無線センサネットワーク駆動型では、無線センサノード内が前回制御時に照明に送信した光度値の総和を、電力情報として利用する。制約条件 g_i は、現在の照度と目標照度の差の二乗を用いる。 g_i は現在の照度が目

標から離れるほど目的関数値を増加させるもので、照度差によるペナルティ項である。また、無線センサネットワーク駆動型では、各無線センサノードが照明に対して調光を行うため、一灯の照明の近くに複数台の無線センサノードがある場合、複数の無線センサノードが同一の照明に別々に制御を行う。これにより特定の照明は複数の制御が行われ、照明の光度を正しく最適化できない場合がある。

2.3 各照明への制御権の決定手法

無線センサネットワーク駆動型の知的照明システムでは、複数台の無線センサノードが光度制御を行う際に同一の照明に異なる制御を行うため、適切な光度の最適化が行われなくなることがある。

本研究では、無線センサノードが協調し、複数台のセンサノードの制御をそれぞれ部分的に採用する手法を提案する。特に、複数台のセンサノードの制御の合成のために影響度と照度ペナルティを用いる。各センサノードの影響度と照度ペナルティはそれぞれ、値が大きいくほど優先的に制御を採用すべき項目である。そこで、センサノードの影響度と照度ペナルティの積を優先度として捉え、各センサノードの優先度の比によって採用する割合を決定する手法を提案する。

3 影響度と照度ペナルティによる制御ノード決定手法の検証実験

3.1 実験概要

提案する制御決定手法の有用性について検証実験を行う。比較のため、1台のノードの制御を採用する従来の手法と提案する手法について同様にシミュレーションを行い、比較する。

本実験は同志社大学香知館の知的システム創造環境実験室を模擬した環境を想定しシミュレーションによって行う。想定した環境を Fig. 1 に示す。Fig. 1 に示すように、15 灯の照明があり、センサノードを A,B,C の 3 台配置する環境を想定する。目標照度は無線センサノード A を 500 lx, 無線センサノード B を 600 lx, 無線センサノード C を 400 lx とする。

3.2 影響度と照度ペナルティによる制御照明選択手法を用いた無線センサネットワーク駆動型の評価

シミュレーション中の各照明の制御権を線で示した図を Fig. 2 に示す。影響度係数の大小によって制御権を1台のノードに与える従来手法を用いた際の照明とセンサノードの図を左に示す。また影響度と照度ペナルティの積を用いて、複数台の制御を採用する提案手法を用いた際の照明とセンサノードの図を右に示す。ノード A,B,C

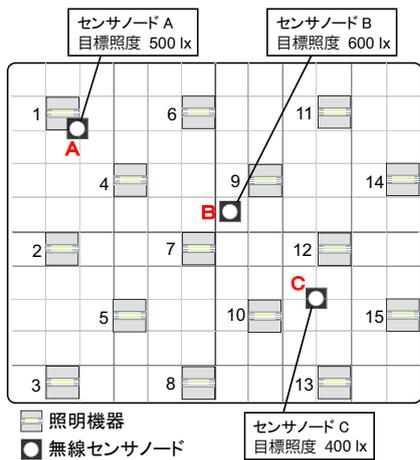


Fig.1 制御決定手法の検証のために想定するシミュレーション環境図

の制御する照明をそれぞれ、赤、青、緑色の枠で示す。ただし、右図の提案手法のシミュレーションでは照明への制御権が動的に変更されるため、制御が重なる照明については黒枠で示す。

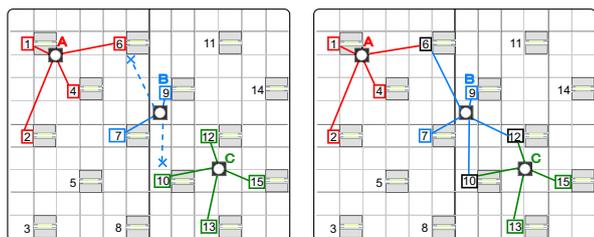


Fig.2 左：1台のノードのみが制御を行う手法での制御権
右：複数台のノードの制御を採用する手法での制御権

Fig. 2 について、影響度のみを用いて1台のノードに制御権を与える手法（左図）では、ノード B が影響度の大きさによって6番の照明と10番の照明について制御権を獲得できず、他ノードが専有していることがわかる。提案する手法（右図）では、1台のみに制御権を与えることをせず、複数台で制御を行えるため、動的であり効率のよいと言える。

次に、光度が安定した際の各照明の点灯分布を比較する。影響度のみによる制御ノード決定を用いた際の点灯光度分布を Fig. 3 に、影響度と照度ペナルティによる制御ノード決定法を用いた際の点灯光度分布を Fig. 4 に示す。

従来の手法（上図）では、6番の照明に対する制御権はセンサノード A にある。次に各センサノードの目標照度を考慮すると、目標照度が高いセンサノード B のほうがより多くの照明制御を必要とする。しかしながら、影響度によって特定の1台のノードに制御権を与えてしまうと、ノード B のようにより高い照度を必要とするノードが目標とする照度を満たすことができなくなることがわ

かる。提案している、影響度と照度ペナルティの積を用いて合成制御を採用する手法では、ノード A とノード B のどちらにも、影響を持つ6番の照明が強く点灯していることがわかる。これにより制御権を一意に決める従来の手法よりも動的に複数台のノードの制御を合成し採用する提案手法のほうがより効率よく最適化できていると言える。

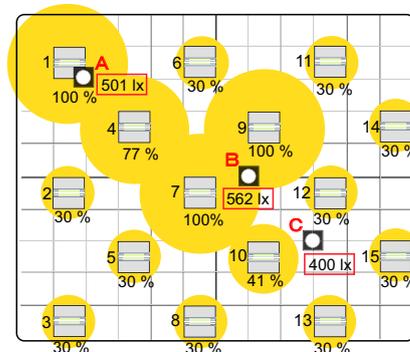


Fig.3 影響度のみによる制御ノード決定法での光度分布

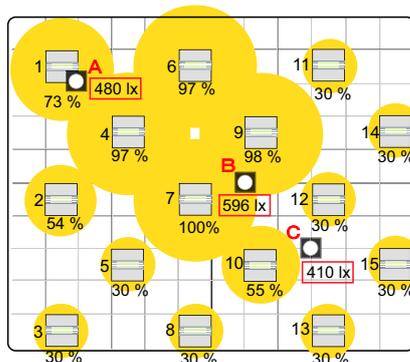


Fig.4 影響度と照度ペナルティによる制御ノード決定法での光度分布

4 結論と今後の展望

本研究では、無線センサーネットワーク駆動型知的照明システムの課題点である制御の集中を解決するために、照度ペナルティと影響度の積を用いた合成制御の採用手法を提案した。その後、精度検証を行い、影響度と照度ペナルティによる制御照明選択手法の有効性を示した。

今後の展望として、実際にスマートフォンやタブレットを用いて実際にシステムを構築し実装することや大規模化など無線センサーネットワーク駆動型の導入容易性や拡張性について検討していく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) M.Miki, T.Hiroyasu, K.Imazato, "Proposal for an Intelligent Lighting System and Verification of Control Method Effectiveness", Proc. Cybernetics and Intelligent Systems IEEE,1,520-525(2004).
- 2) Philips hue : available from<<http://www.meethue.com/>>(accessed 2014-2-12).