

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。執務者が要求する照度を目標照度とする。また、不必要な照明の光度を抑えることで消費電力量の削減も可能である。無線ネットワーク駆動型知的照明システムは、プロセッサ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照度を下回るほど、目標照度数値が大きくなる。また、制御を行う照明の数 m は、事前に行う影響度調査の結果から、ノードに対する影響度が高い照明上位数灯を用いる。

2.3 影響度と照度ペナルティによる制御ノード決定手法

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、ある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1灯の照明に別々に制御を行う。各無線センサノードは、他の無線センサノードが照明に行う制御の内容を把握しないため、同一の照明に異なる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。

同一の照明に対し、複数台の無線センサノードが異なる光度を送信する際に、無線センサノードが協調し、一台の制御のみを採用する手法を提案する。本手法では、制御を採用する無線センサノードを決定するために、影響度と照度ペナルティの値を用いる。

まず各センサノードは影響度の高い上位数灯を制御する照明と関連付ける。次に他センサノードと影響度の共有を行い、同一の照明を制御しようとしているセンサノードの有無を確認する。もし同一の照明を制御しようとしているセンサノードがあった場合には、互いの照度ペナルティ値を比較することによりどちらのセンサノードの制御を優先するべきかを決定する。

これにより、複数台のセンサノードがある環境においても1台の照明に複数の制御が集中することなく、照明環境を最適化することが可能になる。

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

本実験では、影響度と照度ペナルティによる制御ノード決定手法を用いた、センサネットワーク駆動型知的照明システムの目標照度の実現性とその正確性についての検証実験を行う。比較のため従来の影響度のみによる制御ノード決定手法を用いた無線センサネットワーク駆動型と同じ環境についてシミュレーションを行い、精度検証のために比較する。

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。目標照度は無線セ

センサーノード A を 500 lx, 無線センサーノード B を 600 lx, 無線センサーノード C を 400 lx とする。

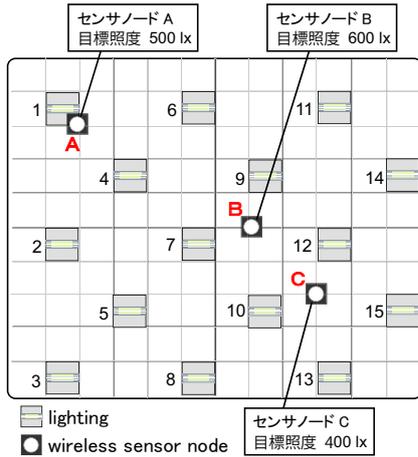


Fig.1 制御ノード決定法の検証実験における想定環境図

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センサーノードの制御照明を線で示した図を Fig. 2 に示す。影響度係数の大小によって制御照明を決定する従来手法を用いた際の照明とセンサーノードの図を左に示す。また影響度と照度ペナルティによって制御照明を決定する提案手法を用いた際の照明とセンサーノードの図を右に示す。ただし、提案手法では照明への制御権が動的に変更されるため、光度が取束した時点での制御について図示した。

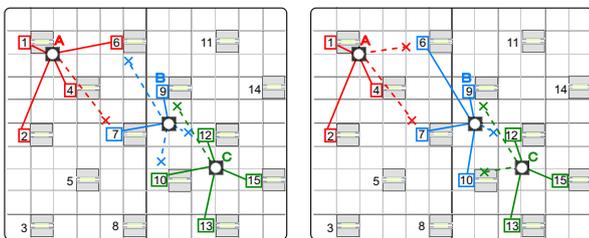


Fig.2 左：影響度のみを用いた制御ノード決定法での制御権
右：影響度と照度ペナルティを用いた制御ノード決定法での制御権

Fig. 2 について、影響度だけで制御ノードを決定する場合（左図）では、6番の照明に対する制御権はセンサーノード A にある。しかしながら各センサーノードの目標照度を考慮すると、目標照度が高いセンサーノード B のほうがより多くの照明制御を必要とする。影響度と照度ペナルティを用いた手法では、目標照度を実現している A は制御を中止し、制御権は目標照度を実現できていないセンサーノード B にある。

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。

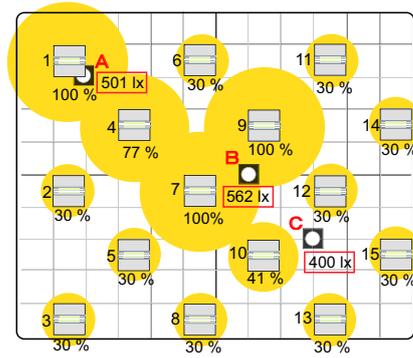


Fig.3 影響度のみによる制御ノード決定法での光度分布

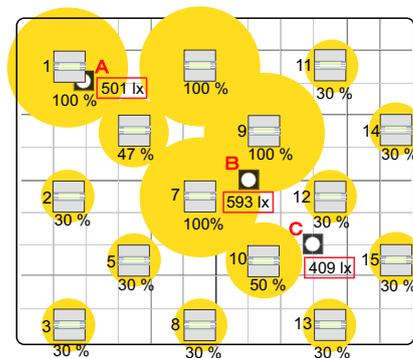


Fig.4 影響度と照度ペナルティによる制御ノード決定法での光度分布

Fig. 3 と Fig. 4 について、それぞれセンサーノードの照度は、Fig. 3 ではセンサーノード B の目標照度を大きく下回っているのに対して、Fig. 4 では、どのセンサーノードも目標照度と 1% 程度の差しか無いことがわかる。以上のことより、提案手法の有用性が確認できた。

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、照度ペナルティを影響度を用いた制御ノード決定法を提案した。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、大規模環境を想定するなど無線センサーネットワーク駆動型の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).