

# 照度計測可能なセンサノードを用いた遅延計測による照明制御の高速化手法

奥西 亮賀

Ryoga OKUNISHI

## 1 はじめに

我々の研究室で研究・開発を行っている知的照明システムは、照度センサの値を元に執務者が感知しない程度にフィードバック制御を繰り返し、執務者の要求に応じた明るさを可能な限り少ない電力消費量で提供する照明制御システムである。しかし、知的照明システムのようなフィードバック制御を繰り返す照明制御システムでは照明に制御信号を送信してから光度が変化し、その照度値を受信するまでの遅延時間が存在し、最適化するまでに時間がかかる。

そこで、本研究では照度計測可能なセンサノードを用いて、細粒度で遅延を測定し、遅延計測による照明制御の高速化手法 (Fast Lighting Control scheme based on Delay measurement with illuminance measurement: FLCD) を提案する。また、短い間隔でセンサノードがパケット送信することによる消費電力量の増大が考えられるため、送信回数削減を目的とした省電力プロトコル (the Power-Saving Protocol by Reducing the number of packet Transmission: PSP/RT) を提案し、その精度検証を行う。

## 2 照明制御における遅延

予備実験として、蛍光灯照明 1 灯における遅延の計測を行った。制御 PC から制御信号が送信された瞬間からセンサノードの照度値が変化し終わるまでの照度値の推移における蛍光灯照明のグラフを Fig.1 に示す。

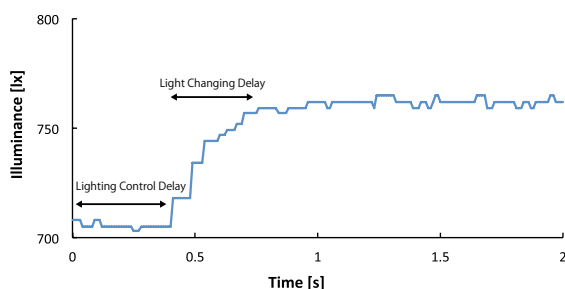


Fig. 1 蛍光灯照明を制御した場合における照度履歴

Fig.1 を見ると、照明制御において、制御信号によって照明の光度が変化し、その変化後の照度値を取得するまでには大きく分けて 2 つの遅延フェーズが存在することがわかる。1 つ目の遅延フェーズとして、制御 PC から制御命令が送信され、照明が光度変化を行うまでの

遅延 (照明制御遅延) がある。2 つ目の遅延フェーズとして、照明が光度変化し始めてから光度の値が上昇し、安定するまでの遅延 (光度変化遅延) がある。

## 3 照度計測可能なセンサノードを用いた遅延計測による照明制御の高速化手法

### 3.1 照度計測可能なセンサノードを用いた照明制御の自動遅延計測による照明制御の高速化手法

自動遅延計測による照明制御の高速化手法では、センサノードから照度値を細かい粒度で取得し、制御 PC から制御信号を送信する時間からセンサノードの照度値が変化し終わる時間までを計測し、数点をプロットして微分を行うことで、遅延時間を自動計測する。センサノードから取得できる遅延の粒度が小さい場合、より高精度な制御が可能となる。

### 3.2 影響度計測における遅延を考慮した照明制御アルゴリズム

照明制御の最適化を高精度で行う場合、各照明と各センサノードの影響を測定する必要がある。その影響度を測定する場合における計測時間を高速化する照明制御アルゴリズムを提案する。

提案アルゴリズムでは、各照明の光度変化の間隔を考慮して、制御信号を送信することで影響度計測の高速化を実現する。2 章で前述した照明制御遅延では照度変化が生じない。そのため、照明制御遅延と光度変化遅延を同時に発生させた場合でも、複数の照明の光度変化がセンサノードの照度値に対して影響することはない。そこで、本提案手法ではある照明が光度変化遅延の際に、次に光度変化を行う照明が照度変化遅延の段階に移るように制御を行う。

### 3.3 センサノードの送信回数を削減する省電力プロトコル

FLCD を用いて高速化制御を行う場合、センサノードのパケット送信回数は増大し、消費電力量が増大することが考えられる。そこで、PSP/RT を提案することで、この問題を解決する。照明制御を行う際に目標となる照度が存在することを考える。目標となる照度に近づいた場合、細かい粒度でセンサノードが照度値をフィードバックする必要はないことが考えられる。そこ

で、PSP/RT を式 (1) のように定式化する。

$$f_j = \begin{cases} Dmin & |Ic_j - It_j| \geq T \\ \frac{WT}{|Ic_j - It_j|} + Dmin & |Ic_j - It_j| < T \end{cases} \quad (1)$$

$Ic$ : 現在照度,  $It$ : 目標照度,  $W$ : 重み  
 $Dmin$ : 遅延時間の最小値,  $T$ : 閾値

この式 (1) で定式化した PSP/RT を用いることで、センサノードの送信回数を削減し、省電力制御が可能となる。

## 4 評価

### 4.1 実験概要

FLCD を用いた場合における照明制御の高速化および精度について検証する。従来手法を用いた場合と FLCD を用いた場合における知的照明システムの照度収束状況および高速化効果について検証する。また、PSP/RT を用いた場合におけるパケット送信回数の削減効果について検証する。

### 4.2 実験環境

評価実験は同志社大学香知館知的システム創造環境実験室にて行う。使用機器は調光可能な Panasonic 製の白色蛍光灯照明 15 灯、センサノード 3 個 (MOTE Iris<sup>1</sup>)、Napica 照度センサ<sup>2</sup>) 3 個、制御 PC1 台、シリアルポートインタフェース RS-232C を用いて行った。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 点の場所に配置する。

### 4.3 提案手法を用いた場合と従来手法を用いた場合の高速化効果の検証

従来手法を用いた場合における照度収束状況の推移を Fig.2 に、FLCD を用いた場合における照度収束状況の推移を Fig.3 に示す。

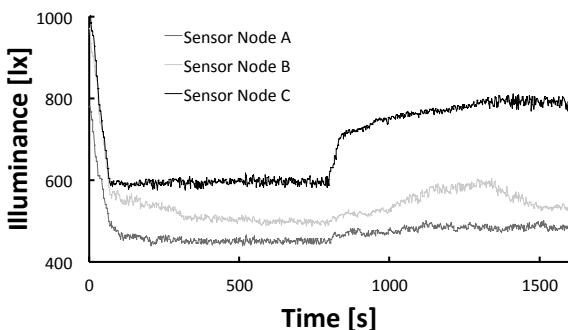


Fig. 2 従来手法の照度収束履歴

Fig.2 および Fig.3 の結果を比較すると従来手法と同様に、FLCD 手法も照度収束範囲内 ( $\pm 50$  lx 以内) に収束していることがわかる。また、目標照度変更後も照

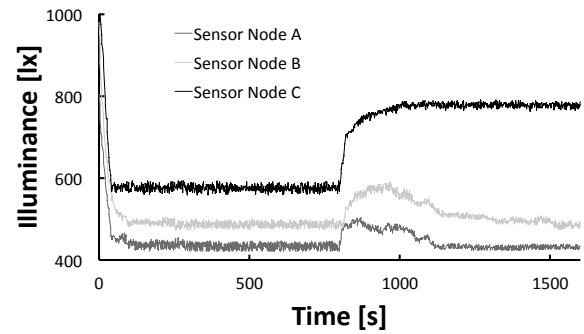


Fig. 3 提案手法の照度収束履歴

度収束範囲内へと収束した。また、FLCD と従来手法の目標照度収束速度を比較すると、従来手法が約 100 秒であることに対して、FLCD では約 50 秒と約 2 倍速くなっており、高速化効果が確認できる。

### 4.4 センサノードの送信回数削減効果の検証

PSP/RT を用いた場合と PSP/RT を用いなかった場合におけるパケット送信回数の比較を行う。パケット送信回数の比較を行ったグラフを Fig.4 に示す。

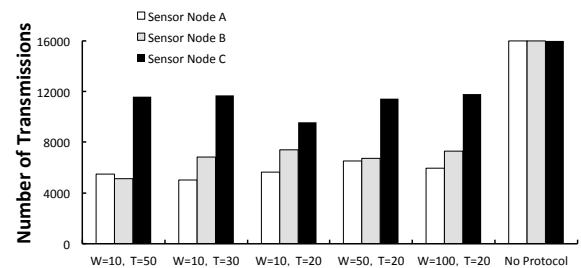


Fig. 4 パケット送信回数の比較

Fig.4 からわかるように、PSP/RT を用いることで、平均 50.8 % のパケット送信回数を削減できた。また、閾値 20・重み 10 の場合に最小のパケット送信回数であり、52.9 % の削減効果が確認できた。PSP/RT を用いた場合、センサノード A および B と比較してセンサノード C は送信回数が増加している。これは、目標照度を変更したため増加しており、このことから目標照度の変更が少ない場合において、特に有用であることが言える。

## 参考文献

- 1) Crossbow MOTE - Wireless Sensor Networks MTSMDA Sensor Board Users Manual, <http://www.xbow.jp/mtsmaj.pdf>
- 2) Panasonic, 照度センサ NaPiCa, [http://www3.panasonic.biz/ac/download/control/sensor/illuminance/catalog/bltn\\_jpn\\_ams.pdf](http://www3.panasonic.biz/ac/download/control/sensor/illuminance/catalog/bltn_jpn_ams.pdf).