

BACnet を用いた知的照明システムにおける大規模構成の検討

吉田 拓馬, 吉田 健太

Takuma YOSHIDA, Kenta YOSHIDA

1 はじめに

我々は、執務者の要求する個別照度を最小の消費電力で実現する照明システム（以後、知的照明システム）を研究している。近年のオフィスビルでは、設備の統合的な制御が試行されており、ビル内制御ネットワークのための通信規格の 1 つに BACnet がある。今後 BACnet が導入されているビルに知的照明システムを導入することが想定される。

しかし、知的照明システムでは照明の制御信号を高頻度（毎秒 1 回）で送信する。そのため、本研究では大規模環境における知的照明システムによる BACnet への通信負荷について検証する。検証結果をもとに空調や火災装置などの通信制御を阻害しないために知的照明システムが送信する制御信号の頻度削減を提案する。また、制御信号の削減を行うとともに、照度センサに大きな影響を与える照明に対して優先的に制御信号を送信するという優先制御手法を提案する。

2 知的照明システム

2.1 知的照明システムの概要

知的照明システムは、各執務者が要求する照度を満たすために、各照明が自律的に照明の明るさを変化させるシステムである。また、知的照明システムは各執務者が要求する照度を満たし、不必要な明るさを控えているため省エネルギーも実現することができる。

2.2 知的照明システムの制御

知的照明システムでは、焼き鈍し法を照明制御のために改変した回帰係数を用いた最適化近傍アルゴリズム（Adaptive Neighborhood Algorithm using Regression Coefficient : ANA/RC）を用いて制御を行う¹⁾。ANA/RC を用いた知的照明システムでは照明が照度センサにおよぼす影響度合いをもとに照明の光度を決定している。影響度合いは、知的照明システムの動作中に得られる照度変化量と照明の光度変化量に関する回帰分析により得ることのできる回帰係数をさす。回帰係数をもとに光度の変化幅である近傍を設定し、その近傍内でランダムに光度を変化させることにより次光度を決定し、目標照度への収束、かつ消費電力の最小化を行う。また、次光度生成に用いる近傍は 7 種類とする。これらの近傍は、現在の光度から急激に光度を下げることを重視した近傍、照明の光度を減光させるための近傍、現在の光度

を低速で減光させるための近傍、照明の光度を急激に増加させるための近傍、照明の光度を増光させるための近傍、照明の光度を低速で減光させるための近傍および照明の光度を維持するための近傍である。

知的照明システムは、各照明が自律的に照明が照度センサにおよぼす影響を逐次的に学習し、明るさを変化させることで目標照度を実現する。また、初期状態から学習し、目標照度へ収束するまで約 2,3 分必要となる。

3 BACnet を用いた知的照明システム

3.1 BACnet を用いた知的照明システムの構成

本研究は三菱電機株式会社の BACnet 機器を用いて大規模化をおこなうことを想定する。三菱電機製株式会社の BACnet 機器を用いた BACnet 構成図を以下の図 1 に示す。

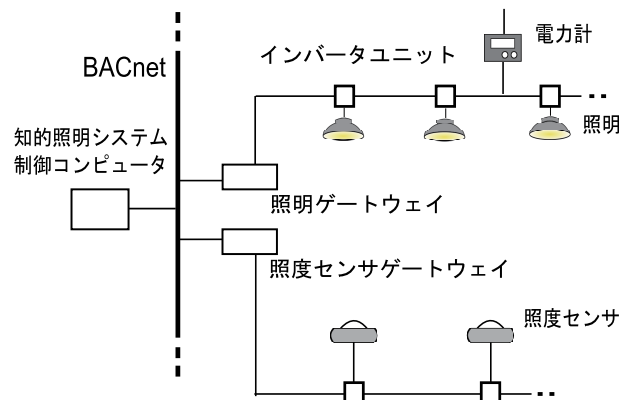


Fig.1 BACnet を介した知的照明システム構成

照明ゲートウェイは毎秒 80 パケットの処理能力を持ち、制御装置からの信号値を各照明へと送信する。また、1 パケットで照明番号と信号値を送信する。これより、大規模構成における BACnet を用いた知的照明システムを検討するに際して、毎秒 80 パケットの処理能力内での知的照明システムの運用を行う必要がある。

3.2 制御信号の制御信号削減手法

BACnet を用いた知的照明システムを運用する際に、1 回の探索毎に 80 パケットを送り続けることを避け、目標照度への収束をはやめるために 1 探索の制御信号の送信回数を削減する手法を提案する。提案手法のフローチャートを以下の図 2 に示す。

提案手法と従来の知的照明システムの違いは、図 2 の近傍決定後の制御である。従来の知的照明システムでは近傍内で次光度をランダムに生成し、実際に点灯を行う。

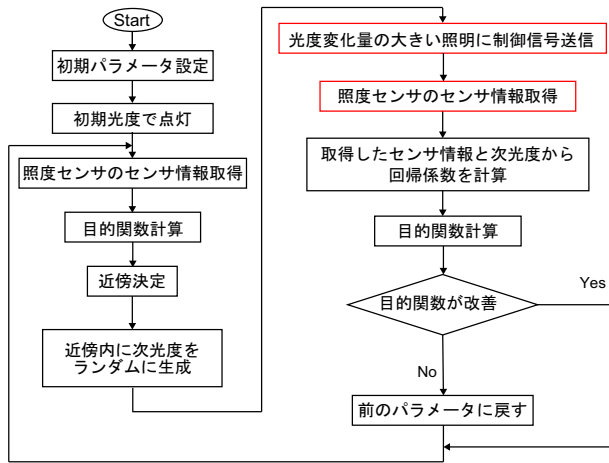


Fig.2 提案手法のフローチャート

提案手法では近傍内で次光度を決定した後、変化前後の各照明の光度差を順位付けし、上位 50 灯にのみ実際に点灯を行う。BACnet を用いた知的照明システムを運用する際に 1 回の探索毎に 80 パケットを送り続けることをさけるために、1 探索の制御信号の送信回数を削減する。本研究では毎秒 50 パケットの送信を上限とした。その後目的関数を計算し、良好になっていれば近傍内で変化させた後の光度を受理し、良好になっていなければ次光度を破棄し、次の探索で前の光度に戻す。これにより、光度を急激に変化させる必要の無い近傍を割り当てられた照明に対しての制御信号を削減することができ、1 回の探索に要する時間を削減することができる。また、予備実験の結果で制御装置から 50 回の制御信号を送信してからすべての照明に調光信号が到達するまでに約 200 ms を要することを確認した。

4 シミュレーション環境による実証実験

4.1 シミュレーションの実験環境

大規模環境における BACnet を用いた知的照明システムの動作をシミュレーションによって検証する。本研究では大規模オフィスとして照明 100 台、照度センサ 64 台を考える。シミュレーション環境を以下の図 3 に示す。

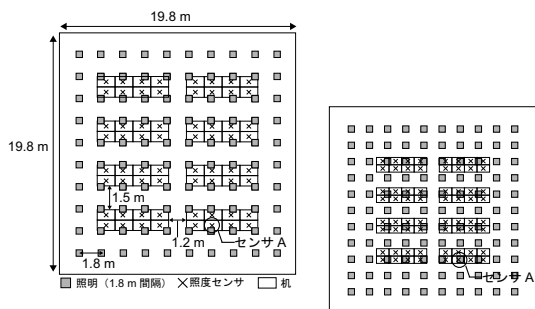


Fig.3 シミュレーションの実験環境 (平面図)

照明は 1.8 m 間隔、照度センサはオフィス環境で用いられる机の寸法をもとに 1.2 m, 1.4 m 間隔で配置し²⁾、照明とセンサ間の高さは 2.0 m とする。また、部屋の中心の縦方向の通路を 1.2 m の通路とし、横方向の通路を 1.5 m とした。照度センサの目標照度は 300 から 800

lx の間を 50 lx 刻みで可能とし、収束可能な目標照度を設定する。

4.2 提案手法の検証実験 (シミュレーション)

照明の制御方法として従来の知的照明システム、照明ゲートウェイの処理能力に対応させた制御信号送信を行う知的照明システムおよび提案手法を用いた知的照明システムにより実験を行った。照明ゲートウェイの処理能力に対応させた制御信号送信を行う知的照明システムでは、1 回の探索で全照明の 100 灯に制御信号を送信する。その際、照明ゲートウェイの処理能力に対応させるために探索のはじめの 1 秒間で 50 回の制御信号の送信を行い、その後残りの 50 灯へ制御信号を送信し、送信が完了してから 1 秒間光度定着のための待機を行う。図 3 で示した照度センサ A の照度の変遷を以下の図 4 に示す。

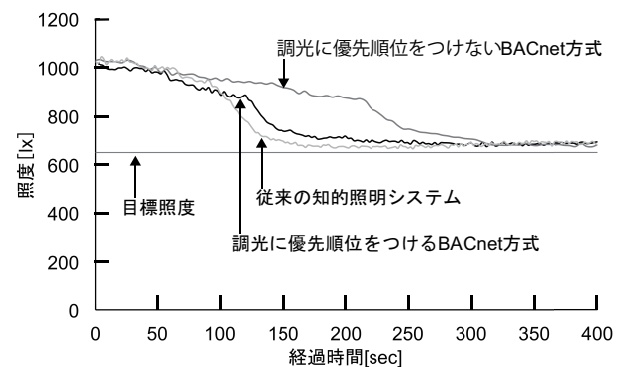


Fig.4 シミュレーションでの目的照度への収束に要する時間

図 4 より、提案手法を用いる事により全照明へ制御信号を送信する場合に比べて早く目標照度へ収束することが確認できた。照明ゲートウェイの処理能力内の制御信号送信回数で知的照明を制御することで、1 回の探索に要する時間を大幅に削減できたことが要因であると考えられる。以上より、提案手法の有用性を確認できる。

本研究ではシミュレーション環境を照明 100 灯として実験を行ったが、実際のオフィスには照明が 100 灯以上の部屋も存在する。そのため、今後は様々な規模のオフィス環境での検証実験を行う必要がある。また、本研究で提案した手法では制御信号を送信する頻度を毎秒 50 パケットとして実験をおこなったが、その他の頻度の場合にはどのような照度収束をするかを検証する必要がある。

参考文献

- 1) 後藤和宏, 三木光範, 廣安知之. 知的照明システムのための回帰係数を用いた自律分散最適化アルゴリズム. 照明学会全国大会 講演論文集, Vol. 40, pp. 123-124, 2007.
- 2) 日本工業規格 jis s 1031:2004