

分散 - 集中型コントロールによる知的照明システム — 影響度調査と確定的ルールに基づくアルゴリズム — Intelligent Lighting System based on Distributed - Centralized Control

三木 光範[†]
Mitsunori MIKI

後藤 和宏[†]
Kazuhiro GOTO

廣安 知之[†]
Tomoyuki HIROYASU

1. はじめに

近年、照明システムに対する要求が高まっている。そのような中、照明システムを知的化した次世代型の照明システムとして、知的照明システムが提案されており、その有効性が確認されている [1, 2]。知的照明システムは、複数の知的照明機器と複数の移動可能な照度センサおよび電力計から構成される。知的照明機器とは調光可能な照明と照明制御装置からなる。このシステムは、各知的照明機器が自律的に動作する自律分散制御によってシステムを制御する。

本研究では、知的照明システムと同様のハードウェア構成で、自律分散制御でなく新たに、集中制御で知的照明システムを実現する分散 - 集中型コントロールによる知的照明システムを提案する。分散 - 集中型コントロールとは、システム内の知的照明機器の中からメインサーバ照明を選択し、メインサーバ照明がシステム全体を制御することである。システム内の照明はすべて知的照明機器であるため、どれもがメインサーバ照明になる性能を持つ。また、メインサーバ照明と通信を行い、常にメインサーバ照明と同様の情報を持つ、ミラーサーバ照明を同時にシステム内の知的照明機器から選択することでシステムの冗長性を確保する。

提案システムではメインサーバ照明が集中的にすべての照明を制御するため、各照明の光度を同期をとりつつ変更させることが可能である。このため、各照明を順に光度変化させ、各照明と各照度センサの影響度を正確に計測することができる。自律分散制御は現在のところ、小規模な照明環境、および大規模な照明環境の両方において優れた実験結果が得られている。しかし、集中的に照明を制御することによって、大規模な照明環境では自律分散制御には劣るが、小規模な照明環境では集中制御の方がよい結果を得られる可能性がある。そこで本報告では、分散 - 集中型コントロールによる知的照明システムの提案を行い、実験システムを構築する。そして、その実験システムを用いて有効性の検証を行う。

2. 集中制御による知的照明システム

2.1 システム概要

提案システムは、メインサーバ照明、およびミラーサーバ照明になる性能を持つ複数の知的照明機器、移動可能な照度センサ、および電力計を1つのネットワークに接続することで構成されている。提案システムでは、知的照明機器の中から1台をメインサーバ照明として選択し、すべての照明を集中制御する。また、メインサーバ照明と通信を行い常にメインサーバ照明と同様の情報を持つ

ミラーサーバ照明が、メインサーバ照明が故障した際にはメインサーバ照明として機能することでシステムに冗長性を持たせる。メインサーバ照明、ミラーサーバ照明の選択はシステム内の照明機器が通信を行うことによて行う。詳しくは、2.2.1項で詳しく述べる。

本システムでは、システム内で選択されたメインサーバ照明がすべての照明を集中制御するため、各照明の光度を同期をとりながら変化させることができ、各照度センサに対して各照明の明るさがどれだけ影響度があるのかを正確に計測することができる。これを影響度調査と呼ぶ。図1に提案システムの構成を示す。

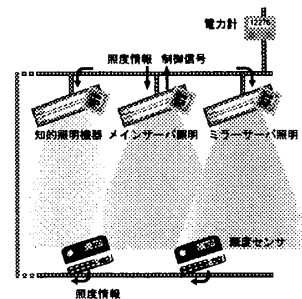


図1: システム構成

2.2 制御アルゴリズム

2.2.1 メインサーバ照明、ミラーサーバ照明の選択方法

提案システムでは、システム全体を制御するメインサーバ照明、および冗長性を確保するためのミラーサーバ照明をシステム内の知的照明機器から選択する。メインサーバ照明、およびミラーサーバ照明の選択方法には種々の方法が考えられるが、ここでは以下に示す方法を用いる [3]。

1. システムを起動する。
2. 各照明がシステム内の照明の台数より、十分大きな範囲で整数値をランダムに生成する。
3. 生成した値をブロードキャストする。
4. 各照明機器が生成した値が他の照明機器の値と衝突がなければ、その値をその照明のIDとする。
5. 値の衝突が生じた場合、その照明機器は新たにランダムに値を生成し、ブロードキャストする。
6. すべての照明のIDが決まるまで4, 5を繰り返す。
7. IDの小さな順にメインサーバ照明、ミラーサーバ照明とする。

ステップ2において照明の個数より十分大きな範囲で整数値を生成するのは、各照明間で値の衝突の発生を軽減するためである。

2.2.2 照明制御

提案する制御アルゴリズムは確率オペレータを用いず、影響度調査により得られた情報と確定的ルールに基づい

[†]同志社大学大学院 工学研究科
[†]同志社大学 工学部

て制御を行う。その理由として、集中制御では影響度調査によって各照明と各照度センサ間の影響度が正確に計測できるからである。以下にこのアルゴリズムの流れを説明する。

1. 初期光度や目標照度などの初期パラメータを設定し、各照明を初期光度で点灯させる。
2. メインサーバ照明が照明の光度を順に微小変化させることにより、影響度調査を行い、照度センサに対して影響の強い照明の順にランキングを行う。
3. 各照度センサの照度センサ情報（現在照度、目標照度、および照度センサID）、および使用電力量をメインサーバ照明が取得する。
4. 取得した情報からメインサーバ照明が確定的ルールに基づき各照明の次光度を生成し、各照明はその光度で点灯する。
5. メインサーバ照明がミラーサーバ照明に各照明の光度、影響度情報を送信する。
6. ステップ3へ戻る

2.3 確定的ルール

影響度調査により得られたランキングを用い、次光度を生成する際に適用する光度生成ルールを述べる。なお、“影響のある照度センサの重複”とは、1つの照明が複数の照度センサに影響があることを示す。メインサーバは常にこのルールに基づいて各照明の光度を増減光することにより、各照度センサの目標照度へと近づけていく。

- 影響のある照度センサが重複しておらず、かつ現在照度が目標照度より高い場合、ランキングに応じて減光する。
- 影響のある照度センサが重複しておらず、かつ現在照度が目標照度より低い場合、ランキングに応じて増光する。
- 影響のある照度センサが重複しており、かつすべての照度センサの現在照度が目標照度より高い場合、現在照度と目標照度の差が一番小さい照度センサのランキングに応じて減光する。
- 影響のある照度センサが重複しており、かつその中の1つ以上の照度センサの現在照度が目標照度より低い場合、現在照度が目標照度より低い照度センサの中で、その差が一番大きい照度センサのランキングに応じて増光する。

3. 実験システムを用いた動作実験

3.1 実験概要

本実験では、提案システムの実環境における有効性の検証を行う。実験環境を図2に示す。照度センサAは照明4、5の間、照度センサBは照明8の直下、照度センサCは照明14の直下に配置されている。また、各照度センサの目標照度は、照度センサA、B、およびCをそれぞれ

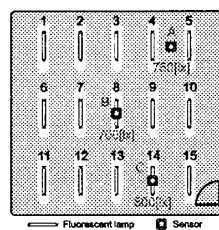


図2: 実験環境

れ、750、700、および800[lx]とする。また、照明8がメインサーバ照明、照明13がミラーサーバ照明であった。本実験で用いる蛍光灯は、duty比に制限を掛けているため照明の最小点灯光度は30[%]である。

3.2 実験結果

図3、図4に各照度センサの照度、および使用電力量の履歴を示す。図5に定常状態における各照明の光度[%]、および各照度センサの照度[lx]を示す。なお、光度[%]は最大点灯光度を100[%]とした百分率で示す。

図3より実験開始後、各照度センサの初期照度が減少し、探索回数約40回で照度センサA、B、およびCの照度が747、716、および796[lx]となり、目標照度に収束していることがわかる。また、図4より、探索序盤に使用電力量が減少し、最終的な使用電力量は初期点灯時と比べて約50[%]減少した。

図5より、照度センサ近くの照明のみが明るく点灯し、照明から遠い不必要な照明は最小点灯光度である30[%]で点灯することで、各照度センサの目標照度を満たし、かつ省電力な状態を実現している。

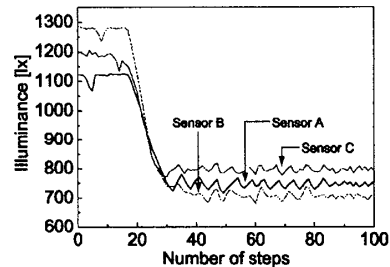


図3: 照度履歴

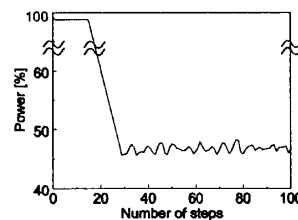


図4: 電力履歴

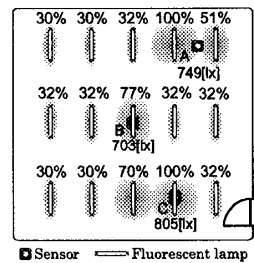


図5: 定常状態

4. まとめ

本研究では、分散-集中型コントロールによる知的照明システムの構築を行い、その有効性の検証を行った。その結果、目標照度へのすばやい収束、および省電力な点灯パターンを実現することができた。以上より、分散-集中型コントロールによる知的照明システムは小規模な照明環境では有効であることが確認できた。

参考文献

- [1] Miki M, Hiroyasu T, Imazato K. Proposal for an intelligent lighting system, and verification of control method effectiveness. *Proc IEEE CIS*, pp.520-525, 2004.
- [2] 今里 和弘, 三木 光範, 廣安 知之, 池田 聡. 知的照明システムの提案および制御方式の有効性の検証. 日本機械学会 第14回設計工学・システム部門講演会 講演論文集, No.04-38, pp.55-58, 2004.
- [3] SAE J2366-2 Recommended Practice.