

知的照明システムの設計

Design of Intelligent Lighting System

長野 林太郎, 上村 祐子
Rintaro NAGANO, Yuko UEMURA

Abstract: In spite of various development of network technologies, lighting Systems have had many problems, and only inferior intelligence before now. So, it is necessary to design of convenience and intelligent lighting systems. This report proposes a new intelligent lighting system installed autonomous distributed control.

1 はじめに

近年, 家電分野の技術が著しく発展し「知的化」が急速に進展している. そのような中で, 照明システムについては, 設計時の電気配線に依存した点灯パターンしか実現できないため局所的に適切な照度にする事ができず, 部屋を多目的に用いることができないなど「知的化」が大きく遅れていた.

現在, ネットワークを利用することにより照明を個別に制御する技術が開発され, 高度なヒューマンインターフェイスを備えたシステム¹⁾ や人間の操作に柔軟に対応するシステム²⁾ も登場している. しかしながら, このような方法では従来からの問題点をすべて解決できるわけではない. 依然として残されている問題点として, 照明装置の破損に対する対処が不可能な点, 照明の追加による柔軟な対応ができない点などが挙げられる. そこで, 本研究では照明をネットワーク化した上で個々の照明に知的性質を付加し, センサ情報を用いた分散制御を行うことによってこれらの問題を解決する知的照明システムの設計を行い, 検討を行う.

2 照明システムの概念設計

2.1 従来のネットワーク照明システム

現状で発表されている照明システムには, 制御信号をネットワーク上に出力し, ユーザがコントローラで任意の照明を電気配線によらずに個々に操作することが可能なものがある. また, 照明の破損に対しても破損検知信号をネットワーク上に出力することで対処することができるものもある. また計算によりユーザの要求に柔軟に対処することも可能である. これらのシステムは主制御部が各照明に信号を出力することによりシステムの制御を行っている. このように従来の照明システムは Fig. 1 に示すような集中制御方式であり, 各照明が制御機能を有している場合も, 信号の応答確認を行うなどの簡単な機能に留まっている.

このようなシステムでは以下のような問題点がある.

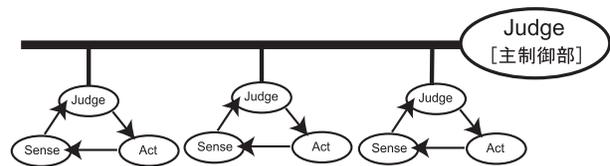


Fig. 1 集中制御方式による照明システムの構造

1. 制御部に負荷が集中しているため制御部に障害が生じるとシステム全体が停止する.
2. 照明・ネットワークの破損に対処できない.
3. 新たな照明の追加や各照明の移動の際に制御部の設定の変更, またはプログラムの書き換えが必要となる.

2.2 提案する知的照明システム

2.1 節で述べた問題点を解決するため, 提案する知的照明システムは主制御部が存在せず, センサ情報を利用して各照明機器が自律的に照度を調節する自律分散制御方式を採用する. その構造を Fig. 2 に示す.

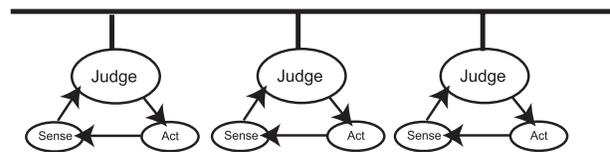


Fig. 2 自律分散制御による照明システムの構造

このような概念構造を持つ照明システムは, 個々の照明に対して制御装置を設け, これらとコントローラ, および照度センサを制御線に接続する¹⁾ ことにより構築する³⁾. システムの構造に基づいた実システムの制御の流れを Fig. 3 に示す. なお, コントローラは複数設置することも可能である.

¹⁾ 電灯線ネットワークを用いる場合は電灯線に信号が流れるため電力線のみでも制御できる.

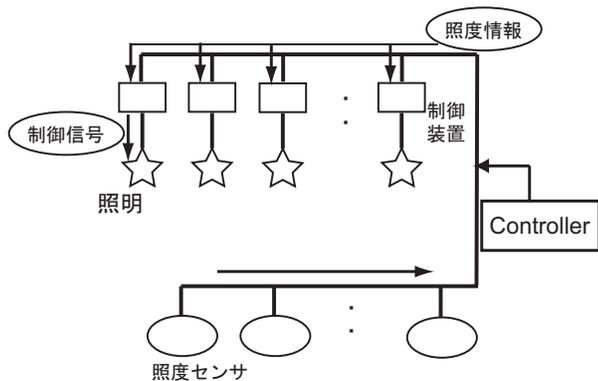


Fig. 3 開発システムの基本構造

照明の制御装置はそれぞれ独立しており、個別に制御を行う分散制御である。従来の照明システムと比較して以下のような特徴がある。

1. 分散制御であるため、集中制御装置と比較して信頼性が向上。
2. 新たな照明の追加、照明の移動が容易。
3. 照明の故障に対しては、他の照明により柔軟な対応が可能。

このように、開発システムは従来システムの問題点の解決が図られている。

3 試作機の設計

2.2 節で述べたように知的照明システムは照度センサ、照明、コントローラおよび個々の照明に設けられた制御装置からなる。このように概念設計した照明システムの試作機の設計を行った。設計の際は、特殊な部品を使用しないこと、できる限り安価な部品を用いること、構築に特別な知識を必要としないことなどを留意点とした。

試作機の構造を Fig. 4 に示す。本試作機では各照明の制御に1台のパソコンを用いているが、ソフトウェアでは分散制御を行っている。パソコンにはアナログ信号の入出力ボードを設置し、照度計の照度の読み取りおよび照明の制御信号の出力を行っている。制御回路はここではパソコンから出力された制御信号に基づいて、電力線のスイッチ切り換えを行うものである。また、コントロールはパソコンを利用して行う。

3.1 ハードウェア

照度計には、照度センサに用いられるフォト・ダイオードで生じた電圧をオペアンプにより増幅させる回路のキット⁴⁾を用いる。この回路では照度に応じた電圧が出力されパソコン内で照度情報に変換される。パソコン内では照度情報に基づいて照明の光度を計算し、制御信号を出力する。

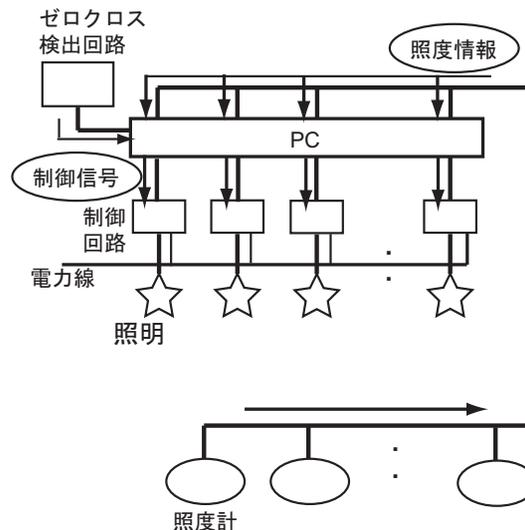


Fig. 4 本試作機の構造

制御信号を用いて電力線のスイッチの切り換えを行うために半導体素子であるトライアックを用いて制御回路を作成した⁵⁾。この制御回路は5Vの電圧が入力されると、ゼロクロス点²⁾まで電力線を導通させる役割を果たす。そのため、Fig. 5のように信号を用いて光度を制御することができる。ゼロクロス点の検出には Fig. 6のようなゼロクロス点で5Vのパルスを出力する回路を設計する。

照度計回路、トライアックを用いた制御回路およびゼロクロス検出回路を Fig. 7, Fig. 8 および Fig. 9 にそれぞれ示す。

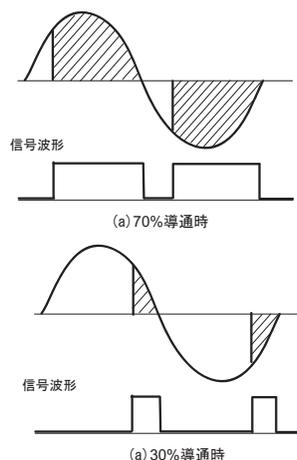


Fig. 5 制御回路の挙動と制御信号

²⁾ 正弦波である交流電源が0Vになる点

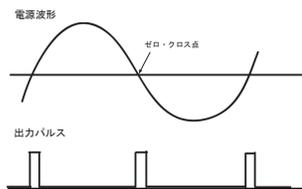


Fig. 6 電源波形とゼロクロス検出回路の挙動

3.2 ソフトウェア

各照明機器の制御には、資源追加削減法³(DORAR 法)を用いる。

DORAR 法は、逐次処理を前提とした既存の最適化アルゴリズムと異なり、自律分散システムに基づき提案された並列処理に適した計算モデルである。自律分散システムとは、生体の構造からヒントを得た工学的概念である。自律分散を工学的に定義すると次のようになる。

- システム全体を統合する管理機構を持たない。
- システムを構成する各要素(サブシステム)が、システムの目的、環境および他の要素の挙動を認識し、それに基づき自分の行動を自律的に決定する。
- 各要素(サブシステム)は、要素間の協調を図り、全体として大域的秩序を形成または維持する。

DORAR 法が対象とする問題は、設計変数が連続的な実数値をとる離散要素からなるシステムの最適化問題である。各要素(システム)は資源を有し、その関数として種々の機能が表現される。目的は、システム全体として必要な資源の最小化であり、それは各要素の資源の和で表される。多くの最適化問題は、うまく変換すると、このような資源最小化問題に書き換えることができる場合が多い。

知的照明システムは、要素を知的照明機器(以下、知的照明)、その資源(設計変数)を光度 [cd] としている。知的照明システムは、複数の知的照明をネットワークに接続したもので、ネットワークに目的や制約条件などを与えることで、各知的照明は、この目的や制約条件などを満たすように動作する。ここでは、省エネルギーシステムを実現するために「各知的照明の光度の和を最小化する」という目的と「(複数の)指定した位置の照度センサの照度の入力を $X[lx]$ 以上にする」という制約条件を全ての知的照明に共有させる。制約条件のもとで共有目的を最適化する問題を DORAR 法の対象問題とする。

4 現状と今後の予定

本レポートでは、現在構築中である知的照明システムの概要と試作機の設計方法について述べた。知的照明シ

ステムは、従来の照明システムで残されていた問題点の解決が図られている。システムの有効性はすでにシミュレーションで検証されている⁶⁾。

試作機の設計図については現段階で完成しており、今後は設計図に従って構築を行う。現在は照度計および制御回路の作成を完了した状態で、パソコンへの照度の入力および照明のスイッチの切り換え制御を行うことができる状態である。今後、回路図をもとにゼロクロス検出回路を作成し、制御信号を出力するプログラムを作成すれば 1 照明 1 センサ式のハードウェアの完成となる。製作時に生じた問題は適宜解決を行う。

また、DORAR 法を用いた信号入出力シミュレータが完成し、ハードウェアの完成とともにソフトウェアの実装を行うことができる状態になっている。

試作機完成後は知的照明システムが従来の照明システムの問題点の改善が図られているかを検証し、有効性の確認を行っていく予定である。

参考文献

- 1) Vari-Lite 社 <http://www.vari-lite.com>
- 2) 特開 2002-141176
- 3) 三木光範・香西隆史「照明システムの知的化設計」同志社大学理工学研究報告 Vol.39(1998)
- 4) 秋月電子通商 <http://www.akizuki.ne.jp/>
- 5) 金澤 肇「MIDI 入力の 8 チャネル照明コントローラの製作」トランジスタ技術 1997.8 pp.253-266(CQ 出版,1997)
- 6) 村上美緒「資源追加削減法による知的なネットワークシステムの提案」同志社大学卒業論文(2002)
- 7) トライアック万能調光器技術資料 秋月電気通商
- 8) デジタル照度計キット技術資料 秋月電気通商

³Distributed Optimization by Resource Addition and Reduction method

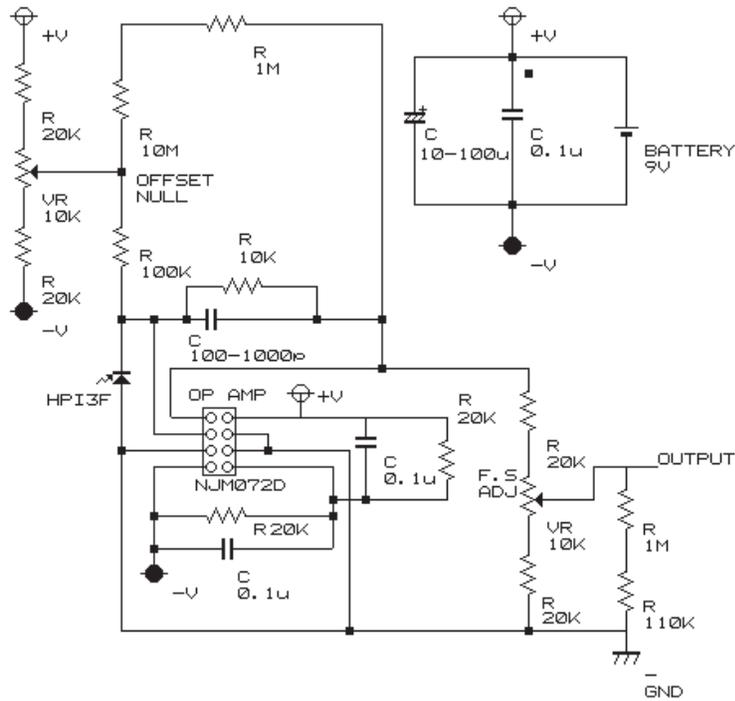


Fig. 7 照度計回路⁷⁾

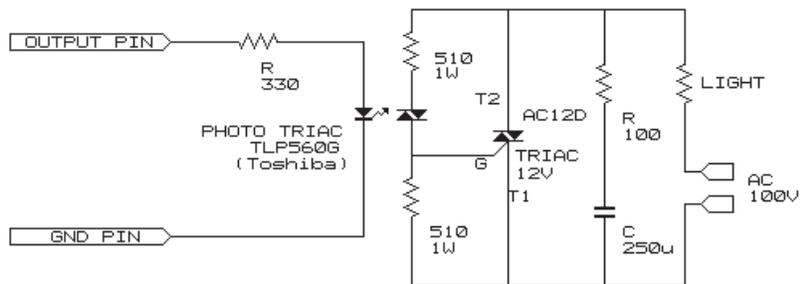


Fig. 8 制御回路⁸⁾

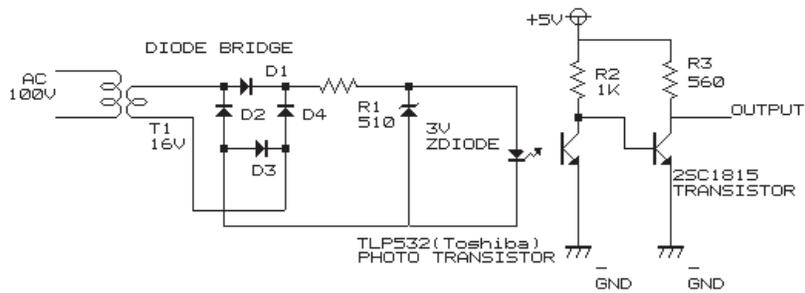


Fig. 9 ゼロクロス検出回路