

LED 照明を用いた知的照明システムの研究開発

伊藤 博高

1 はじめに

近年、オフィス環境の改善によってワーカーの知的生産性の向上や消費電力量の削減が進められている。オフィスにおける消費電力量のうち照明によるものが約 40 % を占めており、照明の省エネ化がオフィス全体の省エネ効果に大きな役割を担っている¹⁾。そのため、オフィスの省エネを実現するためには、照明における消費電力量の削減に取り組む必要がある。そこで、本研究室では任意の場所に任意の明るさ(照度)を提供することで、各個人の好みの明るさを満たし、且つ消費電力量の削減を実現する知的照明システムの開発を行っている。

現在、照明器具には蛍光灯照明が主として用いられているが、発光ダイオード(Light Emitting Diode: LED)の技術発展によって発光効率が向上し、従来の照明器具よりも消費電力量を削減することができるため、将来的には LED 照明へ置き換えられると言われている²⁾。また、LED 照明は従来の照明と比較して点滅性能が優れているため、高速点滅によって可視光を用いた情報伝達が可能であり、この可視光通信を利用した様々な研究が進められている。そこで、LED 照明の普及に先駆けて LED 照明を用いた知的照明システムの研究開発を行う。

2 知的照明システム

2.1 知的照明システムの概要

知的照明システムとは、複数の調光可能な照明器具と複数の移動可能な照度センサ、および電力計がネットワークに接続され、各照明の明るさを自動制御するシステムである。ユーザが照度センサに目標照度を設定するだけで、照明は随時、自身の明るさを変更させ、その有効性を判断することで、適切な場所に適切な照度を提供することができる。

2.2 知的照明システムにおける照度センサの位置推定

知的照明システムでは、照明や照度センサの位置情報を用いることなく目標照度に収束させることが可能である。ただし、照明が各照度センサに与える影響度から位置関係を把握することで、より素早く照度を収束させることができる。これは、取得した影響度の高い照明の光度変化幅を大きくすることで、目標照度への収束時間を短縮できるためである。この影響度を求めるアルゴリズムとして、各照明の光度変化量および各照度センサの照度変化量についての回帰分析を用いた適応的近傍アルゴリズム(Adaptive Neighborhood Algorithm using Regression Coefficient: ANA/RC)などが提案されている³⁾。しかしながら、ANA/RC のように実験的に位置推定を行うのではなく、GPS や無線 LAN 等を用いた位置推定手法で

は推定誤差が大きいことやコストの問題で非常に難しい。

3 LED 照明の知的照明システムへの組み込み

3.1 LED の特徴

従来の照明器具と比較して、LED には以下の特徴が挙げられる。

- 長寿命
- 省エネルギー
- 小型で軽量
- 演色性が高い
- 点滅性能が優れる
- 可視光以外の放射がほとんどない
- 環境に有害な物質を含まない

LED の技術は急速に進歩しており、発光効率や演色性はより向上し、更なる省エネ効果を期待できる。更に、高速点滅が可能であるため、可視光通信を行うことが可能である。そこで、本研究では LED の特徴である可視光通信を用いて機器の位置推定を行う知的照明システムの開発を行う。

3.2 可視光通信

可視光通信とは、人間の目に見える光、「可視光」を使って通信を行う通信技術である。可視光通信では、LED を人の目には感じられない程、高速に点滅させることで通信を行う。通信を行うために、送信側では光を伝送する信号によって変調する。受信側では変調された光を受信し、信号を復調する。以下に、可視光通信の特徴をまとめる²⁾。

- 照明は身近な所に設置されているため、照明器具に通信機能を付加するだけでワイヤレス通信環境が構築できる
- 可視光域は人間に害を与えないため、照明に用いている数ワットという高い電力でそのまま送信することができ、周囲の電波の影響も受けない
- 光が届いているエリアを視覚的に捉えることができる

3.3 知的照明システムにおける可視光通信の利用

知的照明システムに LED 照明を用いれば、LED を高速に点滅させることによって可視光通信が可能となる。可視光通信を行うことによって、各照明が影響を与える照度センサを判別でき、照明と照度センサの位置を把握することができる。具体的には、各 LED 照明に固有の照明 ID を設けて ID によって変調し、LED の点滅によって 0, 1 のビット信号を送信する。LED 照明の光が届いている範囲内に照度センサを設置すると、瞬時に信号を

受信することができ、受信信号を復調し、受信した ID によって、照度センサの設置された場所にどの LED 照明の光が影響を与えているかを判別することができる。

現在の照明制御アルゴリズムである ANA/RC は各照明の光度をランダムに変化させることにより、照度センサへの影響度を徐々に把握していく。一方、可視光通信を行うと、各照明の照射範囲内に照度センサを設置することで、瞬時に位置を把握することができる。可視光通信によって得た位置情報を用いることで、さらに効率良く照度を収束させることが可能となる。

4 可視光通信実験

1本 30000 mcd の LED を 31 本束ねた小型 LED 照明を作成し、Peripheral Interface Controller (以下 PIC) マイコンを用いて LED の点滅制御を行い、これを送信機として可視光通信の実験を行う。Fig.1 に作成した小型 LED 照明を示す。実現光度は 670 cd であり、照射範囲は照明の直下から半径 30 cm 程度である。



Fig.1 小型 LED 照明

4.1 変調方式

可視光通信には、4 値パルス位置変調 (以下 4PPM) 方式を用いる。パルス位置変調とは、一定幅のパルスの位置により元の信号の波形振幅を表し、変調するものである。Fig.2 に 4PPM 方式を示す。

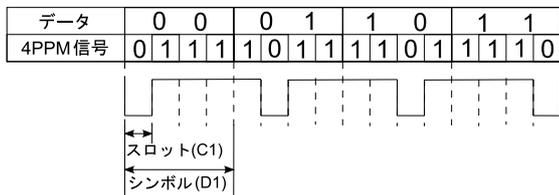


Fig.2 4PPM 方式

4PPM 方式は、まずシンボル時間 (D1) として定義される一定の時間を、4つのスロット (C1) に等分する。そして、1シンボル時間につき1スロット幅のパルスを許容し、そのパルスの位置に応じて2ビットの情報を送信する。この変調方式は、信号が1の時に点灯し、0の時に消灯するが、0による消灯は極僅かである。そのため、どのようなデータを変調しても、人間の目では点灯し続けているように見えるため、通信機能を持ちながらも高光度を維持でき、照明との併用に有効な方式である⁴⁾。

4.2 通信方法

PIC を用いて LED の点滅制御プログラムを書き込み、通信を行う。照明 ID にスタートビットを付加させる。受信機側の照度センサにおいてスタートビットを検知できれば、続けてデータビット列を読み込み照明 ID を取得する。照度センサから取得した値の最大値と最小値の平均を閾値とし、その値より大きければ信号値 1、小さければ信号値 0 として復号を行う。通信実験の構成を Fig.3 に示す。

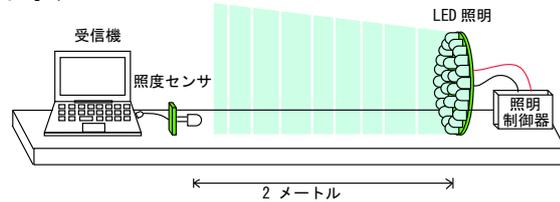


Fig.3 実験構成図

本実験では、1シンボル時間を 100 ms として 20 bps での通信を行い、スタートビットを「011101110111」、照明 ID を「101111011110」として通信を行った。得られた結果を Fig.4 に示す。

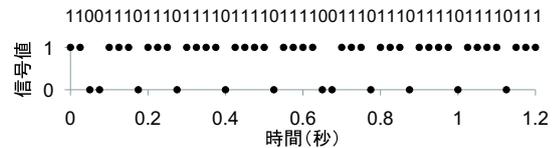


Fig.4 受信信号

Fig.4 より、受信信号の 4 点目からスタートビットである「011101110111」を確認することができ、続けて照明 ID のデータビットである「101111011110」を確認することができた。したがって、スタートビットおよび照明 ID を取得し、通信を行うことができた。

5 今後の展望

本実験では、照明と照度センサが 1 対 1 での可視光通信を行うことができたが、実際の照明に組み込んだ際の実験、および複数の LED 照明を用いた実験を行う必要がある。そこで、照明器具の中央部に小型 LED 照明を設置し、可視光通信の実験を行うことを考える。照度センサを照明の直下に設置し、小型 LED 照明を用いて可視光通信を行うことで照明 ID の取得実験を行う。そして、目標照度へ短時間での収束が可能な新しい照明制御アルゴリズムを考案し、検討を行う。

参考文献

- 1) ECCJ 省エネルギーセンター
<http://www.eccj.or.jp/office.bldg/index.html/>
- 2) 可視光通信コンソーシアム (VLCC)
<http://www.vlcc.net/>
- 3) 池田 聡. 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. 同志社大学大学院工学研究科知識工学専攻修士論文, 2007.
- 4) 可視光 ID システム
http://www.toshiba.co.jp/tech/review/2007/05/62_05pdf/f04.pdf