

可視光通信を利用した省電力照明システムの開発

田畑 愛実ⁱ 大川 水緒ⁱ 赤松 駿一ⁱ Tan Tun Jieⁱⁱ 小嶋 徹也ⁱⁱⁱ 松林 勝志ⁱⁱⁱ東京高専 専攻科ⁱ 東京高専 情報工学科ⁱⁱ 東京高専ⁱⁱⁱ

1. はじめに

東日本大震災により電力が逼迫し、計画停電が実施された。その影響から節電に関する意識は高まってきているが、今後もエネルギーリスクの低減を目指し、さらに省電力を推進する必要がある。

数ある節電方法の中で、照明による節電は取り組みやすく効果的である^[1]。しかし、節電をする／しないは人の意識に依存する他、現存の照明システムにはいくつかの問題点がある。例えば、大部屋によくある「列」等のグループに照明を分け、手動操作パネルで調光できるシステムは、調光単位がグループ単位であるため、調整範囲や組合せの自由度に乏しい。高い自由度を目指し照明毎の調光を目指せば、複雑な配線が必要になり施工コストも高くなる。またどこかが故障すればシステム全体が停止するおそれがある。

そこで本研究では、今後急速な普及が見込まれる LED 照明を利用して照明光そのもので可視光通信（以下、VLC: Visible Light Communication）ネットワークを構成し、各照明が環境に応じて自立調光し、かつ、室内の全照明が協調して省電力動作させることができる照明システムを開発する。照明光で通信するため、電源接続以外の工事は不要であり、施工コストは通常の照明設置コストと変わらない。故障の場合もシステム全体が停止することではなく、修理は故障した照明の交換のみで完了する。

2. システム概要

システム概要を Fig.1 に示す。LED を使った照明を開発し、照明間の通信は VLC で行う。ユーザーは部屋の壁に設置される調光コントローラにより節電率の設定等を行うことができる。各照明は照度センサを搭載し、周辺の明るさを測定する。調光コントローラは、照明間 VLC ネットワークを介して、各照明周辺の明るさを取得し、そのデータを元に各照明に適切な調光指示を行う。

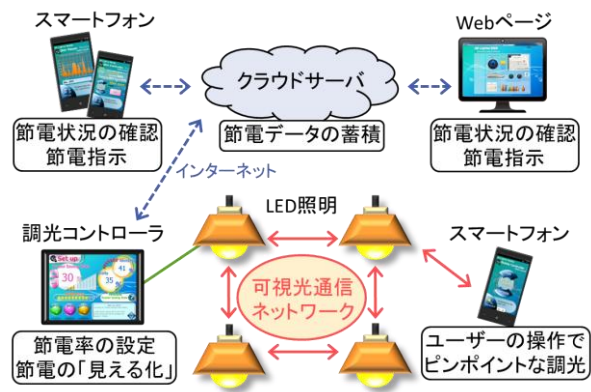


Fig.1 システム概要

現在の節電状況、過去の節電状況の記録・読み出しなどにはクラウドを用いる。クラウドを使うことで、部屋毎だけではなく、建物・会社・地域といったより広い範囲で節電の「見える化」を実現し、遠隔地からの調光指示も可能になる。

また、図書館などで節電率を上げた場合、人がいる場所だけ明るくしたい場合がある。その場合に対応できるように、スマートフォンと照明間で可視光通信し、ユーザーによるピンポイントな調光も実現する。

3. ハードウェア開発

可視光通信モジュールを搭載した LED 照明を開発した。送信には LED、受信にはフォトダイオードを使用し、照明下方の明るさ測定のため照度センサ (CdS) を搭載した。明るさの測定や可視光通信、調光制御は H8 マイコンで行う。また、スマートフォンと照明間で可視光通信を行い、ユーザーがピンポイントに調光できるように、スマートフォン用可視光通信モジュールも開発した。このモジュールには小型の PIC マイコンを使用した。スマートフォンと PIC マイコン間の通信にはヘッドフォン・マイク端子を利用した FSK 方式とし、ハード的な機種依存を無くした。

Power Saving Lighting System with Visible Light Communication

ⁱ Megumi TABATA, Mio OKAWA, Shunichi AKAMATSU · Advanced Course, Tokyo National College of Technologyⁱⁱ Tan Tun Jie · Dept. of Computer Science, Tokyo National College of Technologyⁱⁱⁱ Tetsuya KOJIMA, Katsushi MATSUBAYASHI · Tokyo National College of Technology

4. 可視光通信ソフトウェア開発

(1) 伝送方式

VLC 通信の研究では、通信中も照明の明るさを一定に保つために I-4PPM^[2] という伝送方式がよく使われる。Fig.2 に示すように、I-4PPM 方式では点灯させる位置によりデータ 2bit を 4 スロットで表現する。本研究ではこの伝送方式を用いて通信を行うとともに、調光も行う必要がある。照明を暗く点灯させるときも通信環境を悪化させることなく調光を実現するため、I-4PPM 方式をさらに発展させた I-4PPM-DFRM

(Data Frame Rate Modulation) 方式を考案した。この方式は、データフレームの送信比率を変更することで調光を実現する (Fig.3)。データフレーム長×調光段数を 1 レコードとし、レコード内のデータフレーム数を変更することで調光する。Fig.3 のようにデータフレーム数が 3 で、調光段数が 10 の場合、照明の出力は 30% となる。LED の点灯パルスそのものの明るさは変化しないので、SN 比が低下しないという特徴がある。なお本研究では 40W 電球相当の照明 12 個、調光段数は 10、データフレーム長 90Byte、I-4PPM の点滅周波数 203kHz、通信速度は 406kbps である。

(2) 通信方法

各照明に、90 度ごとの水平 4 方向に向けて受信素子を配置し、網目状のネットワークを構築した。各照明は自分の出力と測定した周辺の明るさを周りの照明に伝送し、また周りの照明から他の照明のデータを受け取る。調光コントローラは一番近くに設置された照明とだけ有線接続し、調光命令を送信すると共に各照明周辺の明るさデータを受信する。照明は、スマートフォンからの指示を受けた場合はその指示に従い調光を行うほか、調光コントローラからの指示が届けばそれに従い調光を行う。データの流れのイメージを Fig.4 に示す。

データを途切れなく送信するために DMA を使って、メモリからレジスタに直接データを転送している。各照明は照明として機能するためデータを途切れることなく送信しながら、データ受信・エラーチェック・解析を繰り返し行う。

5. 調光コントローラ開発

節電率の設定、節電の見える化、適切な照度指示を実現するため、調光コントローラを開発した。組み込み用小型コンピュータ eBox-3310 を使用し、操作はタッチパネルで行う。調光コントローラは、節電率の設定、節電状況の表示、節電記録の表示を行うことができる。

Data	0	0	0	1	1	0	1	1				
I-4PPMSig	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

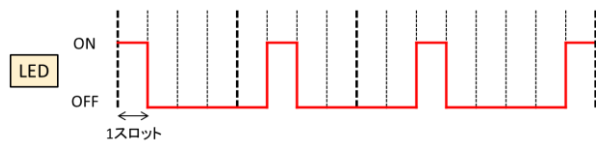


Fig.2 I-4PPM 方式

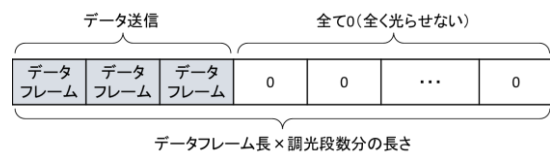


Fig.3 I-4PPM-DFRM 方式

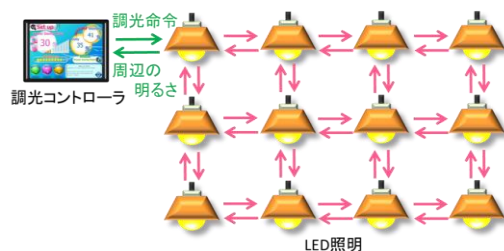


Fig.4 データの流れ

状況に応じた適切な節電ができるように、次の 3 つの調光モードを用意した。節電率優先モードは、照明周辺の明るさが明るい照明の出力を重点的に落とし、部屋全体で設定した節電率を実現する。明るさ優先モードは、周辺の明るさに応じて各照明が出力を落とし、設定した明るさを保ちながら最大限節電する。シンプル調光モードは、明るさなどを考慮せず通常の調光コントローラとして照明出力を設定する。

クラウドデータベース・アプリケーションと連携し、節電状況の確認や節電指示をスマートフォンやパソコンでも実行できるようにした。

6. まとめ

可視光通信を利用した省電力照明システムを開発した。今後、研究室の照明を VLC 機能付きの照明に取り替えて、実用化実験を行う。現在は 40W の直管蛍光灯 (3000 lm) 2 本セットが取り付けられているので、同じ明るさ (6000 lm) の VLC 機能付き LED 照明を新たに開発し、実用化を目指した運用実験を進めていく。

参考文献

- [1] 日経 BP, 照明の節電は取り組みやすく効果的、JSBC が提言, <http://kenplatz.nikkeibp.co.jp/article/building/news/20110526/547640/>, 参照 2012/09/07
- [2] 可視光通信実験報告, 日本信号, 2009/2/13