

# 照明の光度制御を利用したデータ送信によるミドルウェアの命令解釈機能の開発

森本 祥之  
Shoji MORIMOTO

## 1 はじめに

近年、オフィスにおける執務者の快適性向上に注目が集まっており、オフィス環境と執務者に関する研究が数多く行われている。<sup>1) 2)</sup> オフィス環境の快適性向上に伴い、オフィス内には照度センサのほかに温度センサや湿度センサ、音センサなど様々なセンサが増加する。したがって、様々なセンシングデバイスを一元化する無線センサネットワークは、執務者の快適性向上に適した基盤技術である。無線センサネットワークにおけるセンサノードはバッテリー駆動であるため、敷設が容易であり、オフィスのレイアウト変更を柔軟に行うことが可能である。しかし、無線センサネットワークにおけるセンサノードはバッテリー駆動であるため、省電力制御が必要である。また、無線センサネットワークにおける無線通信ではマルチホップ通信によるパケットロスの問題がある。したがって、無線通信ではなく、照明の光度制御を利用したデータ送信を行う。<sup>3)</sup> 先行研究において、照明の光度制御を利用したデータ送信を行い、一度にセンサノード全体へデータ送信を行うことでパケットロスの問題を解決している。しかし、照明を利用したデータ送信において、命令を解釈する機能が実装されていない。したがって、本研究では照明を利用した光度制御によって送信されたバイナリデータを命令として解釈する部分をミドルウェアの一機能として実装する。また、データ送信中に執務者による照明制御が行われた場合、データ送信が中断され、データの再送を行う必要がある。よって、照明制御による調光と命令送信のデータ送信間隔の違いから照明制御によるデータ送信か命令送信の識別を行う。照明によるデータ送信では無線通信に比べ、照明制御を行うため、送信時間が長くなる。したがって、データ送信中で照明制御による中断が入った部分からデータの再送を行い、送信時間の短縮を行う必要がある。以上の背景から、本論文では調光可能な天井照明を用いて、センサノードに対してデータ送信を行い、アプリケーションに動作を加えるための命令解釈機能をミドルウェアの一機能として実装する。また、照明によるデータ送信を行う際に中断が入る場合において、データ送信時に中断が入った途中部分から再送する機能も実装する。

## 2 先行研究

### 2.1 概要

無線センサネットワークの課題として挙げられるパケットロスの問題に対して、照明の光度制御を利用したデータ送信手法が先行研究において解決している。照明の光度制御を利用したデータ送信では照明の光度制御による照度変化を用いてデータ変調を行い、センサノードに搭載した照

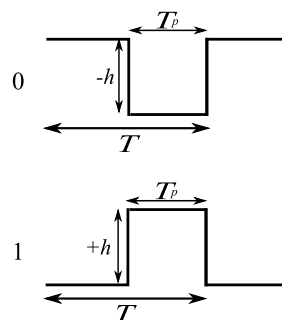


Fig.1 LIM によるデータ変調

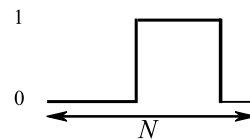


Fig.2 ビット波形

度センサを用いて取得した照度値によってデータ復調を行う。なお、照明の光度制御によるデータ変調の際の照度変化量  $h[\text{lx}]$  は、人が感知できない範囲、すなわち現在照度から 7%以内とする。

### 2.2 光強度変調手法

光強度変調手法 (LIM:Light Intensity Modulation) とは照明の光度制御により照度変化を大きくすることで、データを変調する手法である。LIM の変調を図 1 に示す。図 1 に示すように、照明は  $T$  ごとに送信するデータによって光度の上昇または下降を行い、データ変調を行う。また、多段階に光度制御を行うことで一度に複数ビットを送信できる。

### 2.3 相関係数を利用した復調手法

あらかじめ登録した波形と実際に取得した照度履歴の相関から照度変化検知および復調を行う手法 (SDCC:Signal Detection with Correlation Coefficient) は相関係数を用いて比較する手法である。図 2 に示すようにビット波形は 0 または 1 の系列からなる。

## 3 可視光通信に適したミドルウェアの開発

### 3.1 概要

無線センサネットワークのアプリケーション開発ではセンサノードの計算能力やメモリ容量、バッテリーの制限などを考慮しながらデータ観測、電源管理などセンサノード固有の問題を扱う必要がある。<sup>4)</sup> 以上のセンサノード固有の問題はシステム開発者にとって大きな負担となる。した

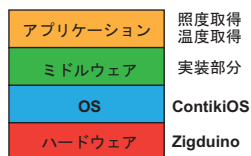


Fig.3 システムの階層構造

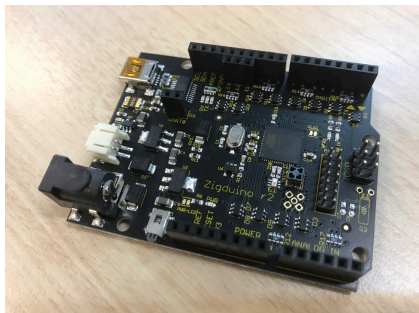


Fig.4 Zigduino r2

がって、無線センサネットワークのアプリケーション開発では、プログラミングを行う際のセンサノード固有の問題を抽象化するために、ミドルウェアが必要である。ミドルウェアの位置づけを図3に示す。本研究におけるミドルウェアはアプリケーション層とOSの間に位置するもので、取得周期やスリープなどのアプリケーションの変更命令として機能する。本論文では、LooCI<sup>5)</sup>をベースとし、照明の光度制御によるバイナリデータの送信に対して、受信したバイナリデータを起動や停止、スリープなどの命令として扱うミドルウェアの命令解釈機能を実装する。

### 3.2 前提とする環境

無線センサネットワークは、多数のセンサノードが自律的に相互連携することで実空間上の様々な情報を収集する技術である。本論文において無線センサネットワークのセンサノードは、図4に示すZigduino r2を適用する。Zigduino r2はzigbee無線機能を搭載したarduino互換の小型かつバッテリー駆動のハードウェアである。Zigduino r2に搭載するOSはContikiOSを適用する。知的照明システムをはじめとした照明制御では照度の取得が必要なため、センサノードは照度センサを保持し、執務者一人一人がセンサノードを保持していることを想定する。また、実オフィス環境を想定しているため、執務者による照明制御が行われ、センサノードは出来る限り最小で、かつ電力消費の小さい無線規格を使用することを前提とする。なお、制御可能な照明は近年オフィスへの導入が普及しつつあり、さらに大規模なオフィスへの導入が検討されている。<sup>6)</sup>

### 3.3 ミドルウェア

照明の光度制御によるバイナリデータの送信により、受信部でバイナリデータを命令として解釈する。オフィスにおいて、労働時間内はセンサをアクティブ状態にし、労働時間外はスリープ状態にするようなミドルウェアを開発

する。命令解釈部の構成は、8ビットのバイナリデータを送信する場合、初めの数ビットを命令として扱い、残りのビットは命令の詳細として扱う。以上の構成に関する通信プロトコルを決めておく必要がある。命令の種類が増加するにつれて命令として扱うビット数を増やし、1ビット増加することにより2のN乗ずつ命令の種類を増加させることが可能である。以上の構成により、ある命令をどのくらいの間実行し続けるのかといった命令解釈が可能である。また、照明からのデータ送信途中で執務者による照明制御が入った場合でも、1ビットづつ送信が可能である照明の特性を活かし、照明制御による中断の入るビットから再送が可能となるようなミドルウェアのシステムも実装する。以上より、執務者の光度制御による中断の入る場合と入らない場合のデータ送信時のオーバーヘッドによる検証と送信したデータを命令として実行する際の正解率の検証を行う。

## 4 まとめ

本論文では照明制御によるデータ送信を利用したミドルウェアの開発を行った。照明から送信するバイナリデータの種類に応じて、命令を定義し、アプリケーションに対する命令を実行する。実行した命令による実際の動きを検証し、執務者の照明制御による中断の有無にかかわらず、100%の正解率を得ることを目標とする。また、データ送信時のオーバーヘッドの抑制が可能であると想定し、本研究で開発したミドルウェアの必要性を述べていく予定である。

今後は実オフィス環境で無線センサネットワークを利用することを考慮すると、センサノードにインストールされたプログラムの変更が必要であると考えられるため、今後はリプログラミング機能の実装も必要であると考えている。また、現段階ではミドルウェアに実装する命令が起動、停止、センシング周期変更、時刻同期、スリープの5種類のみを想定しているため、命令の種類も増やす予定である。

## 参考文献

- 1) 西原直枝, 田辺新一, "風速の個別指導が知的生産性に与える影響に関する被験者実験", 日本家政学会誌, vol.56, no.3, pp.153-161, 2005.
- 2) 多和田友美, 伊香賀俊治, 村上周三, 内田匠子, 上田悠, "オフィスの温熱環境が作業効率及び電力消費量に与える総合的な影響", 日本建築学会環境系論文集, vol.75, no.3, pp.153-161, 2005.
- 3) 堂面 拓也, 間 博人, "無線センサネットワークにおける照明の光度制御を用いたデータ送信手法の検討", *IEEE*, Vol.48, Nov. 2015.
- 4) Shunichiro Suenaga, "Dynamic Deployment Of Programs In Wireless Sensor Networks" March. 2009.
- 5) DannyHughes, KlassThoelen, NelsonMatthys, "LooCI:the Loosely-coupled Component Infrastructure" *IEEE*, Nov. 2012.
- 6) 池上久典, 松下昌平, 三木光範, 間博人, "大規模な知的照明システムに対応した照度センサ近傍照明の抽出手法", 信学論 (D), vol.98, no.3, pp.459-469, May 2015.