

センサネットワークにおける天井照明の光度制御を用いたデータ通信手法

村上 広記

Hiroki MURAKAMI

1 はじめに

無線センサネットワークは、無線装置を内蔵した多数のセンサが相互に連携することで、実空間の情報の収集を可能とする技術である¹⁾。無線センサネットワークを構成する全てのノードにデータを送信するためには、一般的にフラッドリングを用いる方法がある。しかしながら、フラッドリングは無線センサノードの限られた電力資源を消費するとともに転送遅延により同時にデータを取得することはできない。また、照明の光度制御を用いるデータ通信手法としては可視光通信システム²⁾があるが、高速通信を行うために専用の照明設備と受光端末が必要となる。そのため本研究では、調光可能な照明器具および一般的な照度センサのみを用いてデータ通信を実現する。また、提案手法における実用性を向上させるため、通信速度の高速化方法について検証する。

2 天井照明の光度制御を用いたデータ通信手法

2.1 天井照明の光度制御を用いたデータ通信手法概要

天井照明の光度制御を用いたデータ通信手法は、照明の明るさ（光度）を変化させることで、照度センサが感知する明るさ（照度）を変化させ、照度変化量からデータ通信を実現する。センサノードが取得した照度を用いたアルゴリズムを提案するために、光度変化時の照度変化の推移を調査する。

2.2 無線センサノードを用いた照度推移実験

現在照度に変化を与えた場合に、無線センサノードに搭載された照度センサが得る照度値がどのように推移するかを検証する。本実験では、無線センサノードとして Crossbow 社の MOTE MICAz を使用した。MOTE MICAz に汎用外部センサ基盤である MDA088 を設置し、リードタイプの NaPiCa 照度センサ³⁾を組み込むことで、照度値を取得する。本実験は同志社大学香知館の知的システム創造環境実験室にて行い、シャープ製フルカラー LED28 灯と NaPiCa 照度センサを搭載した無線センサノード 1 台、シンクノード 1 台を用いた。照度センサの照度取得間隔を 1 秒に設定した。実験環境の俯瞰図を Fig. 1 に示す。なお、照明と無線センサノードの距離は照明の垂直直下に無線センサノードを置いた場合、1.9 m である。無線センサノードは、Fig. 1 に示す通り照明の直下に配置した。

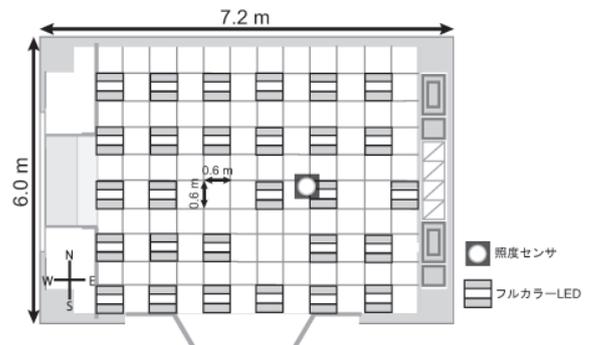


Fig. 1 照度取得実験環境

机上面照度が 500 lx となる環境下で、照度を 500 lx から 20 lx 程度上昇させ、再び 500 lx に戻した場合の照度の推移を取得した。なお、外光など照明以外の光が照度センサに影響を与えない環境下で行った。Fig. 2 に照度取得間隔が 0.1 秒の場合のある時間における照度推移の履歴を示す。

Fig. 2 からわかる通り、光度変化を感知したとき、照度が急速に変化していることがわかる。この実験結果から、天井照明の光度制御を用いたデータ通信アルゴリズムを提案する。なお、本手法では外光などの照明以外の光が照度センサに影響を与えない環境を想定する。

3 天井照明の光度制御を用いたデータ通信のアルゴリズム

3.1 光度制御を用いたデータ通信アルゴリズム

Fig. 2 から、光度変化を感知し照度が急速に変化するとともに、同じ光度で照明が点灯している場合にも、照度値に誤差が発生し、照度値に揺らぎが発生している。したがって、光度変化した際のみの照度変化をセンサが正しく光度変化時の照度変化であると感知する必要がある。そこで光度制御を用いたデータ通信アルゴリズムでは取得した照度値を前回取得した照度値を用いて微分し、その傾きの大きさを光度変化時の照度変化か否かを判断する。

次に、アルゴリズムを述べる。データ送信間隔はセンサノードが既知であるという条件で、アルゴリズムを提案する。なお、データ送信間隔を T 秒とする。照度センサは照度取得間隔毎に照度取得しており、現在照度値と前回取得した照度値を保持する。それらの値を用いて照

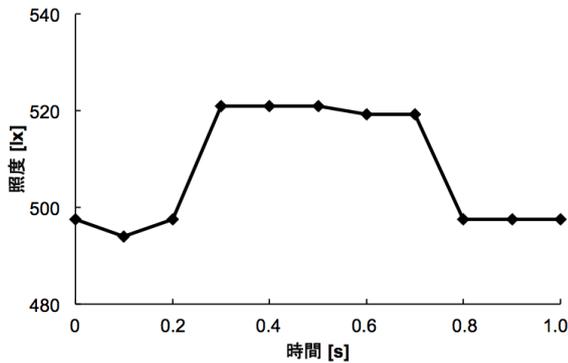


Fig. 2 100 ms 間隔で取得した照度履歴

度変化量の傾きを計算し、閾値以上の大きさであれば光度変化による照度変化と判断する。また、照明側では送信したいデータを2進数のビット列に変換し、1ビットずつ送信する。本手法では、傾きが閾値未満であれば0、閾値以上であれば1とする。また、連続して同じビットを送信する場合は同じ光度で照明が点灯するため、照度値は変化しない。したがって、開始ビット受信時、あるいは光度が変化した T 秒後に現在照度値を用いて1か0かを判断する。

3.2 階調変化による光度制御を用いたデータ通信アルゴリズム

階調変化による光度制御を用いたデータ通信手法は照明側で送信したい2進数のビット列を2bitずつ4進数のビット列に変換し、1bitずつ送信する。照明は、照度をFig. 3のように4段階に階調変化させることでビットを送信する。照明は送信間隔 T 秒の間に、初期光度を変化させ、再び初期光度に戻す。センサノードは取得間隔毎に照度の傾きを計算し、その傾きを3つの閾値によって4段階に判別する。Fig. 3の場合、500 lxから T 秒間照度変化がないときは傾き0、500 lxから510 lxに変化したときは傾き5で1のように、傾きを計算し3まで受信する。しかし、Fig. 2から分かる様に実際の照度値には揺らぎがあるため、閾値を設定することで誤感知を防ぐ必要がある。

4 天井照明の光度制御を用いたデータ通信実験

4.1 光度制御を用いたデータ通信実験概要

光度制御を用いた通信アルゴリズムで示したアルゴリズムを無線センサノードに実装し、データ通信時における通信速度と通信誤りの検証実験を行った。無線センサノードを用いた照度推移実験と同様の実験環境および使用機器を用いた。また、外光が入らないよう窓際には白色のパーティションを設置した。なお、本実験では、

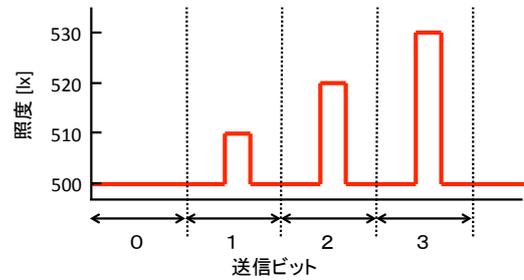


Fig. 3 階調変化例

あらかじめランダムに生成した2進数1000bitを送信した。

4.2 光度制御を用いたデータ通信実験

送信間隔1秒から0.1秒で実験を行った結果、送信間隔1秒から0.2秒までは誤り率は1%未満でビット列を受信することができた。しかし、送信間隔0.1秒では誤り率は62.8%となり正しく通信できないことがわかった。

4.3 階調変化による光度制御を用いたデータ通信実験

本実験では、用意した2進数1000bitのビット列を2bitずつ4進数に変換を行い送信間隔1秒で通信を行った。そのため、変換後のビット長は500bitとなった。送信間隔は1.0秒とした。

実験の結果、受信したビット列は誤りが1%未満で通信できた。したがって階調変化による光度制御を用いたデータ通信を用いることで一度に送信できる情報量を向上させることができた。

5 結論

光度制御を用いたデータ通信では送信間隔を0.2秒まで短くすることができ、送信間隔1秒で通信する時と比べ5倍まで高速化できることがわかった。

階調変化による光度制御を用いたデータ通信では、多段階に照度変化を行うことで一度の照度変化で送信できる情報量の増加を図った。階調変化による光度制御を用いた実験の結果、誤り率1%未満で通信することが可能であった。さらに、一度に送れる情報量が増加した。今回の実験では3段階に照度変化を行ったが、7段階、15段階と階調変化の段階を増やすことでさらに通信速度の向上が可能である。

参考文献

- 1) YICK, J.: Wireless sensor network survey, Comput. Netw., vol.52, pp.2292-2330(2008)
- 2) 春山真一郎: 可視光通信, 電子情報通信学会論文誌. A, 基礎・境界, Vol.86, pp.1284-1291(2003)
- 3) Panasonic: 照度センサ NaPiCa, http://www3.panasonic.biz/ac/download/control/sensor/illuminance/catalog/bltn_jpn_ams.pdf