

知的照明システムの大規模化におけるデジタル照度センサの試作と照度取得時間の検証

久保田 貴大

Takahiro KUBOTA

1 はじめに

我々は、オフィス環境においてワーカの知的生産性の向上と省エネルギー化を目的とした知的照明システムの研究を行っている。知的照明システムは任意の場所に任意の照度を実現するシステムであり、制御装置、照明器具、照度センサおよび電力センサから構成される。知的照明システムは複数のオフィスビルに導入し、実用化に向けた実証実験を行っている。

今後、知的照明システムの大規模化が想定され、それに伴う照度センサ台数の増加により照度を取得するまでに要する時間が従来と比べ増加することが考えられる。照度取得の時間が増加することで、任意の照度を実現するまでの時間も増加する。そこで、照度センサ台数と照度取得時間の関係性を、シミュレーションにより検証する。

2 知的照明システム

2.1 知的照明システムの概要

知的照明システムは、制御装置が照度センサからの照度情報および電力センサからの消費電力情報に基づいて、自律分散型のアルゴリズムに従い照明を個別に制御するシステムである。制御は、各照度センサごとにユーザが設定した目標照度を実現するように行われるため、照度センサを設置した場所にユーザが要求する照度を提供することが可能である。さらに、不必要な照明の光度を抑えることで、消費電力量を削減することができる。実オフィスにて行っている実証実験では、知的照明システムの導入前と導入後を比較して、消費電力量が 50% 程度削減できることを確認した¹⁾。

2.2 知的照明システムの制御の流れ

以下に知的照明システムにおける制御の流れを示す。

1. 初期光度、目標照度、および光度変化と照度変化に関する回帰係数などのパラメータを設定する
2. 各照明を初期光度で点灯させる
3. 各照度センサから照度情報を取得する
4. 電力センサから消費電力情報を取得する
5. 現在の照度および消費電力量を用いて目的関数を計算する
6. 光度変化と照度変化に関する影響度係数に基づき適切な光度生成範囲(近傍)を決定する
7. 6) の近傍内で新しい光度をランダムに生成し、照明をその新しい光度で点灯させる
8. 各照度センサから照度情報を取得する

9. 電力センサから消費電力情報を取得する
10. 新しい照明環境における照度および消費電力量を用いて目的関数を計算する
11. 照明の光度変化量、および照度センサの照度変化量を基に影響度係数を求める
12. 目的関数値が改善された場合、新しい光度を採用する。そうでなければ以前の光度に戻す
13. 3) に戻る

以上の動作を繰り返すことで、各照明は各照度センサに対する影響度を学習しつつ、ユーザの目標照度を満たし、かつ省エネルギー性が考慮された点灯パターンを実現する。なお、上述の 3) から 12) を最適解探索の 1 ステップとし、1 回の探索に必要な時間は現在導入されている知的照明システムでは約 2 秒である。照度取得にかかる時間が増加すると、3) および 8) で待ち時間が発生し、照度取得にかかる時間が増加した際、収束に要する時間も大きくなってしまふ。そこで、今回はデジタル照度センサを試作し、その照度センサを用いて照度取得時間の検証を行った。

3 デジタル照度センサ

3.1 デジタル照度センサの概要

照度センサに関して、現在実オフィスに導入している知的照明システムでは、制御装置がシリアル通信で照度センサおよび A/D 変換器の制御を行っている。しかしながら、大規模な知的照明システムにおいて、照度センサと制御装置を、シリアル通信で接続すると配線が複雑化する。そのため、本研究では配線の複雑化を抑制するために、イーサネット接続可能な照度センサ(以下、デジタル照度センサ)を試作する。デジタル照度センサの基板には H8 マイクロコンピュータを搭載した H8/3069F を用いた。

3.2 マイコンボード

H8/3069F は、H8/300H CPU を核にして、システム構成に必要な周辺機器を集積したマイコンボードである。Table1 に H8/3069F の性能を示す。

Table1 に示した通り、H8/3069F には CPU として H8/300H、周辺機能としては、512KB のフラッシュ ROM、16KB の RAM、A/D 変換機、IEEE802.3 準拠 10BASE-T 対応の Ethernet コントローラなどを内蔵している。

Table1 H8/3069F の性能

CPU	H8/300H
Memory Type	Flash
ROM	512KB
RAM	16KB
ADC	8ch,10bit
Ethernet	10BASE-T

3.3 アナログ-デジタル変換回路 (ADC)

H8/3069F には、10bit の A/D コンバータが 8 チャネル内蔵されている。アナログ-デジタル変換回路 (ADC) とは、アナログ電気信号をデジタル電気信号に変換する電子回路である。H8/3069F に内蔵されている ADC の分解能は 10 ビットなので、デジタル値は 0 から 1023 までの値が出力される。

3.4 NaPiCa 照度センサ

NaPiCa 照度センサは、照射される光に応じてフォト IC に流れる電流が線形に変化する特徴を持つアナログデバイスである。試作したデジタル照度センサでは NaPiCa 照度センサのフォト IC に流れる電流を電圧に変換し、A/D 変換器に入力することで、照度をデジタル値として取得する。

4 照度取得時間計測実験

4.1 実機による照度取得時間の計測

複数台のデジタル照度センサの照度取得時間を計測するためには、その台数分照度センサの試作を行う必要がある。しかし、必要台数分の照度センサを作成するにはコストが大変多くなる。また、より多数の照度センサの照度取得時間を計測したい場合、その都度作成を行う必要がある。そこで、試作したデジタル照度センサ 1 台を用いて照度取得時間の計測を行い、そのデータを基に複数台のデジタル照度センサの照度取得時間計測シミュレーションを実現する。

デジタル照度センサがデータを集約するまでの時間を測定するために、デジタル照度センサ 1 台、スイッチングハブ 1 台およびイーサネットケーブル 2 本を用いて通信時間の計測を行った。照度取得の際、デジタル照度センサはイーサネットを経由して照度データを集約用 PC に送信する。試作したデジタル照度センサの通信方式には TCP/IP を用いた。計測の結果 1 秒間隔で 1000 回データを要求した際の通信時間の平均は 29.36ms である。このデータを用いてシミュレーションによりデジタル照度センサが複数台あると仮定した場合の照度取得時間を計測する。

4.2 シミュレーションによる照度取得時間の計測

センサ台数が増加した場合を想定して、デジタル照度センサのシミュレーションプロセスを複数生成し、集約用 PC が照度データを集約するまでの時間を取得する実

験を行った。シミュレーションプロセスは 1 台のデジタル照度センサが集約用 PC にデータを送信するまでに要する時間の平均値 29.36ms と PC から集約用 PC にデータを送信するまでに要する時間の差を付加したプロセスである。実験にはデータ集約用の PC1 台、シミュレーション用 PC、スイッチングハブ 1 台、およびイーサネットケーブル 2 本を用いた。Fig.1 に 50、100、および 200 プロセスを生成し集約用 PC からデジタル照度センサに 1000 回データを要求した際の通信時間を、Table2 に 50、100、および 200 プロセスを生成し集約用 PC からデジタル照度センサに 1000 回データを要求した際の通信時間の平均、最大および最小時間を示す。

Table2 照度取得時間の平均、最大および最小時間

	50 プロセス	100 プロセス	200 プロセス
平均	167.21ms	259.60ms	359.16ms
最大値	310.58ms	541.74ms	867.24ms
最小値	33.64ms	39.78ms	40.24ms

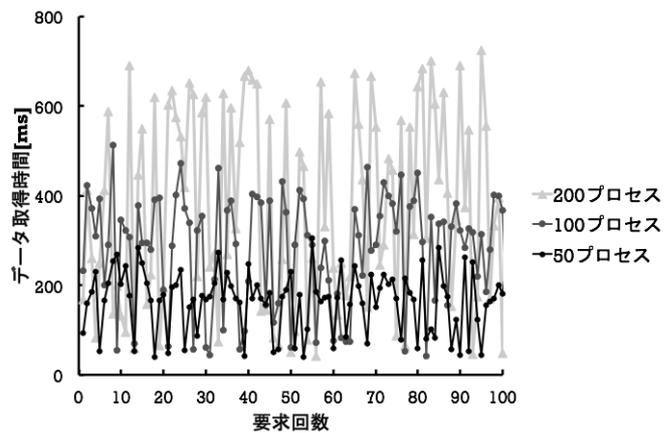


Fig.1 シミュレータにおける照度取得時間

Table2, Fig.1 より 1 デジタル照度センサの通信時間計測実験において、デジタル照度センサの台数が増加した際最大値および通信時間のばらつきが大きくなることが分かる。

5 今後の展望

今後は通信方式を検討する必要がある。今回は通信方式として TCP/IP を用いたが、UDP/IP の場合の通信時間を検証する必要がある。UDP/IP は TCP/IP と比較して高速生に優れているため通信時間を抑えることができると予想できる。また、スイッチングハブを複数台用いてシミュレーション PC を多段階層 (ツリー) 型接続した場合の通信時間を調べる必要がある。

参考文献

- 1) 三木光範, 知的照明システムと知的オフィス環境コンソーシアム, 人工知能学会誌, Vol.22, No.3, pp.399-410, 2007.