

分散非同期式知的照明システムの提案

吉見 真聡 †

三木 光範 †

小野 景子 ‡

† 同志社大学 理工学部

‡ 同志社大学 研究開発推進機構

1 はじめに

知的照明システムは、照度センサから得られたデータをもとに照明の光度が制御され、任意の場所にユーザが指定する照度を提供する照明システムとして、省エネルギーを実現するとともに、執務環境の向上に効果があることが実証されてきた [1].

知的照明システムにおけるセンサの移動や増減、故障など、システムを取り巻く状況の変化に柔軟に対応するためには、センサや照明が自律制御される分散環境の実現が求められる。

本研究報告では、照明と照度センサそれぞれに組み込まれたマイクロプロセッサが情報を交換して照明を制御する分散/非同期型の知的照明システムを提案する。各マイクロプロセッサ間はイーサネットを介した TCP/IP 通信により任意のタイミングで照度データを送受信し、照明を制御する。

2 知的照明システム

知的照明システムを実現するもっとも基本的な方法は、確率的山登り法 (SHC: Stochastic Hill Climbing) によるものである。図 1 のようなセンサ数 $2(n=2)$ 、照明数 $4(m=4)$ の環境を考える。センサには目標照度 I_{ij} がユーザ (オフィスワーカー) によって設定されており、現在の照度 I_{cj} とともに照明に送信する。一方、照明は現在光度と受け取った照度値を用いて目的関数 (式 1) f の計算を行う。

$$f = w \sum_{j=1}^m g_j + P \quad (1)$$

ここで g_j および P は、照度を目標に近づけるための関数値および光度の総和である消費電力を最小化するための関数値である。

$$g_j = \begin{cases} 0 & \text{if } (I_{cj} - I_{ij}) \geq 0 \\ (I_{cj} - I_{ij})^2 & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

$$P = \sum_{i=1}^m C_i \quad (3)$$

A Proposal of Distributed and Asynchronous Intelligent Lighting System

†Masato Yoshimi, Mitsunori Miki ‡Keiko Ono

†Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

‡Office for Research Initiatives and Development, Doshisha University

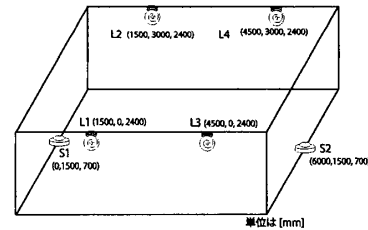


図 1: 実験環境

その後、現在光度の近傍に次の光度を設定し、その後計算される目的関数が現在保持している目的関数の値よりも小さいならば解が改良されたと判断し、そのときの光度を解として受理する。

このように知的照明システムは、各照明の近傍生成と評価の繰り返しによって、任意のセンサ位置への適切な照度提供を実現する。

3 非同期式知的照明システムの提案

知的照明システムは現在までに、オフィスにおける生産性や省エネルギー性の向上に効果的であることが実証されてきた。その一方で、照度値の取得および近傍生成を同期して行う知的照明システムに対し、センサの増減など状況の変更への柔軟な対応や、導入コストの低減のためには、より小型のプロセッサを複数用いて実現する知的照明システムに関する検討が必要である。

その実装として、センサおよび照明に組み込まれたマイクロコントローラがイーサネットを介した TCP/IP ネットワーク上で照度値を送受信するシステムを提案する。これは、センサと照明は同期を取らずに各自の処理を実行する非同期型の知的照明システムである。

このようなシステムでは、2つの大きな問題が生じると考えられる。第一に、照明ごとに照度値の受信タイミングが異なるため、光度変化が収束しなくなる問題である。また第二に、照明の光度値が同期されないため、電力を最小化する関数 (式 3) が使用できなくなる問題である。本研究報告では、前者の問題について検討することとし、目的関数は式 1 を改良し、照度のみに注目する式 4 を用いた。後者の問題は、定期的

照明の電力を収集することで対応する予定である。

$$f = \begin{cases} (I_{c_j} - I_{l_j})^2 & \text{if } (I_{c_j} - I_{l_j} \geq 0) \\ -1 \times (I_{c_j} - I_{l_j})^3 & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

4 実装

非同期型知的照明システムでは、TCP/IP ネットワークで複数同時に通信が可能なマイクロコントローラを組み込むことを想定し、照明用、センサ用のプログラムをそれぞれ C 言語で実装した。スレッド処理は pthread ライブラリ、データ送受信は socket 通信ライブラリを使用した。

照明用のプログラムでは、通信用と近傍生成用の 2 つのスレッドを実行する。各センサから送られる現在照度と目標照度をまとめた TCP パケットを待ち受け、受信した際にはそのセンサ用のメモリ領域の現在照度を更新する。目標照度の値が変更されていた場合には、その時点での照度値を使って目的関数 f の値を計算する。また、近傍生成用スレッドでは定期的に照度値を使用して近傍の生成と照明の調光を行う。一方、センサ用のプログラムはすべての照明に対し定期的に、現在照度と目標照度の組を送信する。

本研究報告はシミュレーションで効果を検証するため、センサは現在照度を得ることができない。そのため、センサ S_j の照度 I_j [lx] は、各照明 L_i の光度 C_i [cd] から式 5 で求められることを利用し、照明はデータ受信時に計算した光度値を返送する方法で照度値をセンサに伝えることとした。式 5 の x, y, z は照明とセンサの座標上の位置、簡単のため、照度は法線照度を用いた。

$$I_j = \sum_{i=1}^m \frac{C_i}{(x_{L_i} - x_{S_j})^2 + (y_{L_i} - y_{S_j})^2 + (z_{L_i} - z_{S_j})^2} \quad (5)$$

5 評価と考察

図 1 のように 4 台の照明と 2 台のセンサが配置された環境を想定し、実装した照明制御、センサ制御のプログラムを、仮想ネットワークで接続された 6 台の仮想マシン上で実行し、非同期式知的照明システムの評価を行った。評価は各センサの目標照度を変更し、照度が収束することを確認した。その結果とその際の照明の光度変化を図 2、図 3 にそれぞれ示す。また、目標照度を同じように変化させた場合の同期式システムでの結果を図 3、図 4 に示す。これらの結果から、非同期式の知的照明システムでも照度収束が行えることが確認された。

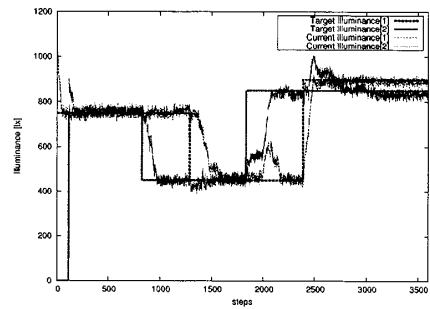


図 2: 非同期/照度変化

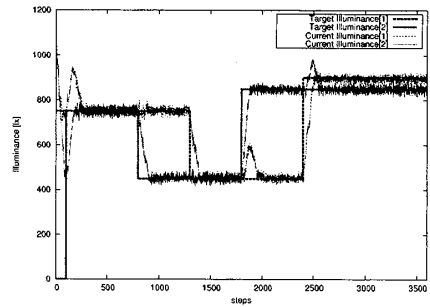


図 3: 同期/照度変化

現在の非同期式システムで想定される問題点として、照明数が多い環境では消費電力を小さく抑えられない局所解に収束する場合が挙げられる。これは、電力を目的関数のパラメータとして使用していないため、目標照度を満たすために距離の遠い照明が強くと灯してしまうような場合である。

6 まとめ

本研究報告では、TCP/IP 通信による非同期型の知的照明システムを提案し、その評価を行った。仮想マシン環境での評価の結果、非同期型のシステムは、同期型の知的照明システムと比べて同等のステップ数で目標照度に収束することが確認された。

今後の展開は、照明とセンサの数を増やした場合の効果について検証を行い、TCP/IP 制御される照明とマイクロコントローラを使用した実環境における照度収束実験を実施する。また、アルゴリズムに電力の要素を加えて省エネルギー性を向上させる手法や、センサの動的なネットワークへの参加や離脱、移動を可能とする手法について検討する予定である。

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.