

クラウド型知的照明システムによる複数エリアの制御と負荷分散制御手法の検討

西山 大貴

Daiki NISHIYAMA

1 まえがき

我々は、オフィス環境においてワーカの知的生産性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¹⁾。現在、我々は複数オフィスビルに知的照明システムのプロトタイプシステムを導入し、実用化に向けた実証実験を行っている^{2) 3)}。また、実証実験の結果が認められ、オフィスビル 1 棟全てのフロアへの知的照明システムの導入を実現した。

今後、知的照明システムを複数の執務エリアの存在するオフィスビルに導入するにあたり、複数エリアにおける運用、管理の手法が必要である。そこで本研究では、複数エリアにおける運用、管理手法としてクラウド型知的照明システムを提案する。また、大規模環境におけるクラウド型知的照明システムの問題検証も行う。

2 クラウド型知的照明システム

2.1 機器構成

従来は制御するエリアごとに、制御コンピュータを設置し、その制御コンピュータが直接、照度センサから照度値を取得し、次光度の演算を行い、照明に反映していた。しかし、クラウド型知的照明システムでは、制御コンピュータをクラウド化し、全てのエリアの演算処理を 1 台のクラウド上の制御コンピュータで行う。また、各フロアには、制御コンピュータからの信号を受け取り、そのフロアの全てのエリアの照明の制御と照度センサから照度値の取得を行うクラウドデータ通信機を設置する。なお本研究ではクラウドデータ通信機としてシングルボードコンピュータの Raspberry Pi を用いる。クラウド型知的システムにおける機器構成の例を図 1 に示す。なお図 1 の構成図は、RS-485 シリアル通信によって制御可能な照明器具を用いた際のものである。

このクラウド型知的照明システムでは、制御コンピュータをクラウド化することで、多数のエリアの知的照明システムの保守管理を容易にすることができる。また、各フロアには、Raspberry Pi のような安価なクラウドデータ通信機を設置することで、初期設置費用を削減できる。

さらに、照明器具の制御手法には、RS-485 シリアル通信や BACnet 通信などが存在するが、本手法では、照明の制御方法が異なった場合でも、クラウド上の制御コンピュータのシステムの仕様を変更することなく、クラウドデータ通信機の照明制御システムの切り替えのみで、多種の照明器具の構成に対応することができる。

2.2 システム管理・運用

1 台の制御コンピュータで複数エリアの知的照明システムを運用する際には、各フロアのエリアやそのエリアに対応する照明や照度センサの管理が必要となる。本手

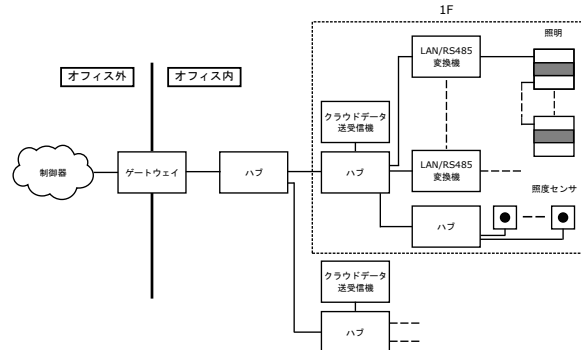


Fig.1 機器構成図 (RS-485 通信制御)
法では、エリア管理やそれぞれのエリアに対応する照明、照度センサの設定、稼働状態などの知的照明システムに必要な管理を WebUI で行えるようにした。

また、それぞれのエリアに対応した知的照明システムのプロセスを複数起動することで、複数エリアのシステムの運用を行う。

3 構築システムにおける動作時の負荷検証

3.1 基礎検証

本検証は、VPS を用いて、照明台数や照度センサ台数、エリア数の変化が、CPU 負荷、メモリ負荷およびネットワーク負荷に、どの程度影響を与えるのかを検証を行う。なお、知的照明システムには、シミュレーション型知的照明システムを用いる。また本検証で用いた VPS の性能を下記に示す。

- CPU : Intel Core2 Duo CPU T7700 2.40GHz
- メモリ : 1GB

図 2 から図 5 に、基礎検証の結果を示す。また演算時間は次光度の決定にかかる時間であり、通信時間は、照度値取得に要する時間である。本検証におけるシミュレーション型知的照明システムは、30 秒間隔ごとに 100step 分のシミュレーションを行い光度を反映させる。照明台数を、1, 10, 50, 100 台と変化させ、照度センサを 1 台、同時制御エリア数を 1 エリアに固定した結果を各図の左側のグラフに示す。また、照度センサ台数を、1, 10, 50, 100 台と変化させ、照明を 1 台、同時制御エリア数を 1 エリアに固定した結果を各図の中央のグラフに、同時制御エリア数を、1, 10, 50, 100 エリアと変化させ、照明を 1 台、照度センサを 1 台に固定した結果を各図の右側のグラフに示す。

図 2 より、照明台数、照度センサ台数および同時起動エリア数が増加することで、CPU 負荷が高くなるのが分かる。特に、同時起動エリア数の増加が CPU 負荷に大きく影響している。また、図 3 より、照明台数と照度センサ台数が演算時間に大きな影響を与えている。これは、1 回の演算で、100step 分のシミュレーションを行う

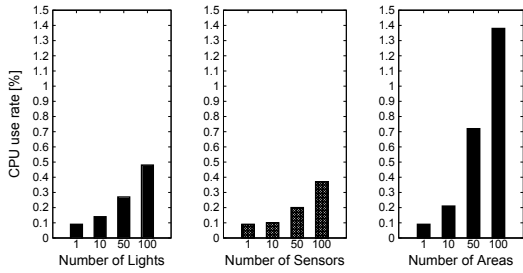


Fig.2 CPU使用率

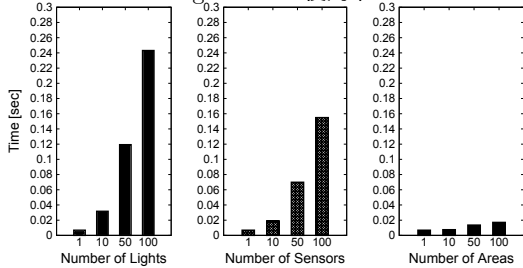


Fig.3 演算時間

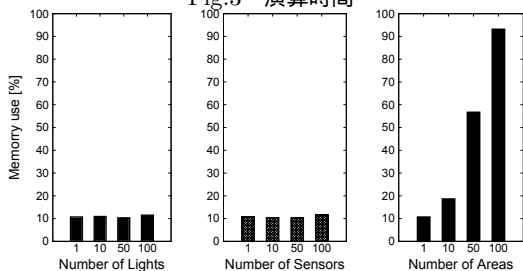


Fig.4 メモリ使用率

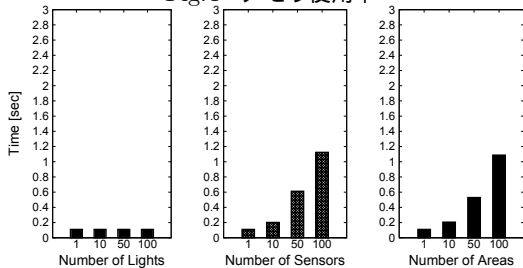


Fig.5 通信時間

ため、照明やセンサ台数が増加することで演算量が増加し、演算時間が長くなる。次に、図4より、同時起動エリア数が増加することで、メモリ負荷が高くなる。また、照明台数と照度センサ台数の増加には、ほとんど影響を受けないことが分かる。これは、メモリの使用量が起動プロセス数に依存しているためである。最後に、図5より、照度取得通信時間は、照度センサ台数と同時起動エリア数に影響を受けることが分かる。特に、エリア数の増加によって、通信遅延が発生し、照度取得通信時間が長くなっている。

3.2 実環境規模における検証

次に、実環境に近い照明とセンサ台数における、同時制御エリア数を変更したときの検証を行った。本検証では、1つのエリアの構成を照明24台、照度センサ13台とし、エリア数を1, 5, 10, 20, 40エリアと変化させる。

図6より、エリア数の増加に伴い、CPU負荷が高くなることが分かる。その結果、演算遅延が発生し、図7のように、演算時間が長くなったと考えられる。また、図6より、基礎検証と同様にエリア数の増加に伴い、メモリ

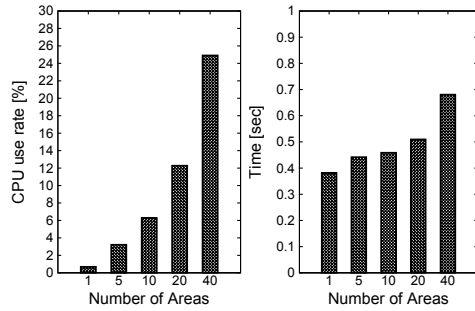


Fig.6 CPU使用率

Fig.7 演算時間

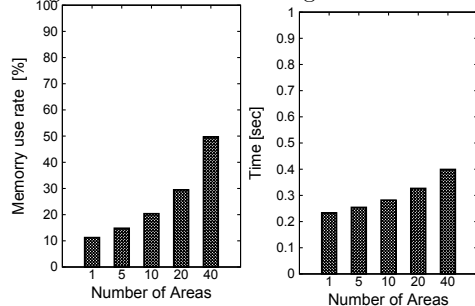


Fig.8 メモリ使用率

Fig.9 通信時間

負荷が高くなる。最後に、図9より、シミュレーション型では30秒に1回の通信であるため、通信遅延がほとんど発生していない。

以上の結果より、本検証の規模においては、大きな障害となる負荷や遅延ではなかった。しかし、今後は、1つのクラウド上の制御コンピュータで、本検証の規模の10倍程度の規模の稼働を目指しているため、CPU負荷、メモリ負荷、ネットワーク負荷を抑える必要がある。

4 今後の展望

今後は、CPU、メモリおよびネットワーク負荷の分散に取り組む。CPUおよびネットワーク負荷の課題解決方法として、全ての照度センサの値が収束した後、そのエリアの調光制御を停止する手法が考えられる。停止している間は、ビルに設置してあるクラウドデータ通信機が、目標照度と実測照度を比較し、大幅に差が生じた際は、制御機に制御再開要求を送信し、制御を再開する。この手法によって、不要な処理を削減することができ、CPU負荷とネットワーク負荷の削減を行うことができる。

また、メモリ負荷の解決方法として、制御するエリア全てをそれぞれのプロセスで制御するのではなく、1stepごとにパイプライン処理を行うことで、同時に起動するプロセス数を削減し、メモリ負荷の分散を行う。さらには、シミュレーション回数や通信間隔を最適化することで、CPUやネットワーク負荷の削減にも繋げる。

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.
- 2) 三木光範, 加来史也, 廣安知之, 吉見真聡, 田中慎吾, 谷澤淳一, 西本龍生. 実オフィス環境における任意の場所にユーザが要求する照度を提供する知的照明システムの構築. 電子情報通信学会論文誌, Vol. J94-D, pp. 637-645, 2011.
- 3) 小野景子, 三木光範, 吉見真聡, 西本龍生, 近江哲也, 足立宏, 秋田雅俊, 笠原佳浩. Led照明を用いた知的照明システムの実オフィスへの導入. 電気学会論文誌, Vol. 131, No. 5, pp. 321-327, 2011.