

# 知的照明システムのクラウド化の検討：データ通信プロトコルの検証

平野 裕也

Yuya HIRANO

## 1 はじめに

我々は、オフィス環境においてワーカー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なっている。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る。知的照明システムは複数のオフィスビルに導入され、実用化に向けた実証実験が行われている<sup>1, 2)</sup>。また、大規模なオフィス環境への導入が検討されている。

現在、実証実験が行われている知的照明システムの制御装置はオフィス内に設置されている。この制御装置をクラウド・コンピューティングによってインターネット上に設置することで知的照明システムの保守性・管理性を向上させることができる。本研究では、知的照明システムをクラウド化することに伴い発生するデータ送信時間を、2つの通信プロトコルを用いて検証を行い、データ送信時間と最適な通信プロトコルの検証を行う。また、大規模な環境を想定した同様の検証を行う。

## 2 知的照明システム

### 2.1 概要

知的照明システムは、複数の調光可能な照明器具、照度センサおよび電力センサから構成されている。知的照明システムに用いられているアルゴリズムは、Simulated Annealing (SA) をベースとして照明制御用に回帰係数に基づく近傍設計を組み込んだ Adaptive Neighborhood Algorithm using Regression Coefficient (ANA/RC) という進化的アルゴリズムである。システム稼働中は、照度センサおよび電力計の情報をフィードバックしており、そのたびに最適化制御を行なっている。

### 2.2 クラウド型知的照明システム

今回試作したクラウド型知的照明システムのハードウェア構成を Fig. 1 に示す。Fig. 1 中における専用機とは、照度センサからの照度の取得と照明器具の調光を専門的に行うマシンである。またクラウド型知的照明システムにおいて、インターネットへの接続が何らかの影響で遮断されてしまった場合、オフィス内の照明を調光することができない。そこで、専用機はそのような事態に陥った時に必要最低限な調光を可能にする役割も担っている。

オフィスビル内全てに本システムを導入する場合は、専用機以下の構成が各フロアに設置される。本システムを導入する最も大きなオフィスビル環境は、40 階建て、各フロアに照明が 1000 台、照度センサが 600 台の環境を想定している。

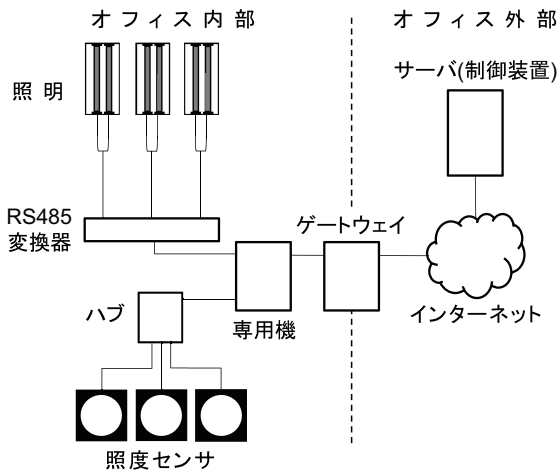


Fig.1 クラウド型知的照明システムのハードウェア構成

### 2.3 知的照明システムの制御

ANA/RC における処理の流れを以下に示す。

1. 初期化パラメータ (初期光度, 目標照度, 回帰係数の初期値など) を設定する
2. 各照明器具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. 現在光度における目的関数値を計算する
5. 回帰係数に基づき適切な次光度生成範囲 (近傍) を決定する
6. (5) の近傍内に次光度をランダムに生成し, 次光度で照明を点灯させる
7. 各照度センサから照度情報を取得する
8. (6) で点灯させた光度における目的関数値を計算する
9. 照明器具の光度変化量, および照度センサの照度変化量を基に回帰分析を行う
10. (8) の目的関数値が (5) の目的関数値よりも増加した場合, その光度を棄却し, 以前の光度に戻す
11. (3) に戻る

以上の (4) から (10) を探索の 1 ステップ (約 2 秒) とし, この処理を繰り返すことによって可能な限り少ない消費電力量で目標照度を実現できる。知的照明システムをクラウド化した際には, (6) にて制御装置をインターネットを介して設置することに伴うデータ送信時間が発生する。データ送信時間が増大すると, 比例して照度の収束までの時間も増大する。

そこで、2つの通信プロトコルである TCP/IP と UDP/IP を用いてデータ送信時間の検証実験を行った。

### 3 通信プロトコルの比較検証実験

1フロアにのみ知的照明システムを導入すると想定し、サーバから専用機へ照明器具 1000 台分の光度情報をランダムに生成し、1秒間隔で送信する。そして、送信されてから受信されるまでの時間を2つの通信プロトコルを用いて計測した。データフォーマットは、照明番号と光度をカンマ区切りで表現した。光度を最大 2000 cd と想定し、数値を 16 進数表現にした場合のデータ長の最大は 7504 byte である。計測は、実オフィスに導入しシステムが稼働していると考えられる平日に行った。Table 1 に、実験結果を示す。

Table1 通信プロトコルの比較

プロトコル	TCP	UDP
平均 [ms]	17.09	9.307
20 ms以下の確率 [%]	86.08	90.30
50 ms以下の確率 [%]	94.12	98.90
100 ms以下の確率 [%]	97.63	99.03
500 ms以下の確率 [%]	99.61	99.94
1000 ms以下の確率 [%]	99.99	99.99

Table 1 より、TCP/IP を用いた場合の平均時間は 17.09 ms、UDP を用いた場合の平均時間は 9.31 ms であった。このことからデータ送信時間が UDP/IP を用いるほうが短いことがわかる。TCP/IP と UDP/IP の一番大きな違いは、データの消失、またはデータの誤り確認を行うか否かにある。TCP/IP が UDP/IP よりデータ送信時間が長かったのは、それらの確認を行うことが原因と考えられる。UDP/IP には TCP/IP と違い再送処理がないためデータがサーバへ届かない可能性があったが、今回はデータの欠落が見られなかった。

次に、知的照明システムが大規模化を想定した通信プロトコルの比較検証実験を、同様の実験環境にて行った。知的照明システムを大規模化するにあたり、1つのサーバから同時に各フロアの専用機へ、光度情報が送信されると想定する。1つのサーバから複数の専用機へ光度情報を送信する場合、ネットワークにトラフィックが発生することが考えられる。そこで、2つの通信プロトコルを用いてデータ送信時間の検証実験を行った。TCP を用いた結果を Table 2、UDP を用いた結果を Table 3 に示す。

Table 2 および 3 より同時に 1, 3, 10 および 40 フロアと送信するプロセスを増加させたが、データ送信時間に影響を与えることは観測できなかった。

最後に、Fig. 2 にフロア数と通信プロトコルの平均時間の比較を示す。Fig. 2 の平均値は、TCP/IP において Table 2 より 500 ms、UDP/IP において Table 3 より 100 ms 以上の値は、発生確率が 1% 未満のため外れ値と

Table2 TCP/IP を用いた際のデータ送信時間

フロア数	1	3	10	40
平均 [ms]	17.09	16.18	15.03	15.64
20 ms以下の確率 [%]	86.08	86.51	87.06	87.28
50 ms以下の確率 [%]	94.12	94.09	95.34	94.89
100 ms以下の確率 [%]	97.63	97.82	98.39	98.01
500 ms以下の確率 [%]	99.61	99.69	99.70	99.73
1000 ms以下の確率 [%]	99.99	99.99	99.99	99.99

Table3 UDP/IP を用いた際のデータ送信時間

フロア数	1	3	10	40
平均 [ms]	9.307	9.829	9.891	9.947
20 ms以下の確率 [%]	90.30	90.35	90.36	90.51
50 ms以下の確率 [%]	98.90	98.90	98.90	98.70
100 ms以下の確率 [%]	99.03	99.05	99.03	99.05
500 ms以下の確率 [%]	99.94	99.93	99.91	99.91
1000 ms以下の確率 [%]	99.99	100	100	100

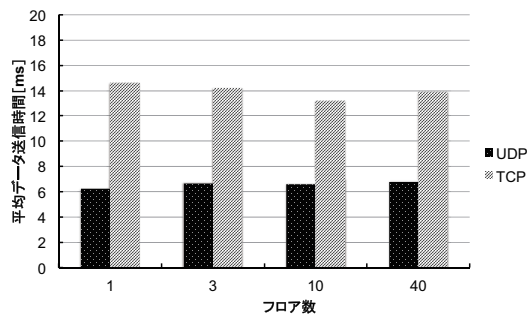


Fig.2 TCP/IP, および UDP/IP を用いた際のデータ送信平均時間の比較

し、外れ値を除外した上で算出した平均値である。

以上の結果から、TCP よりも UDP のほうがデータ送信時間が短いことがわかった。

また、UDP/IP を用いた際にデータの欠落を確認することができなかった。よって、クラウド型知的照明システムには UDP/IP を用いることで、短いデータ送信時間でシステムを運用することができる。しかし、2つの通信プロトコルによるデータ送信時間の差は、知的照明システムに与える影響が大きいとは言えない。知的照明システムを運用する際には、今回の検証データを踏まえた上で、導入環境に合わせた通信プロトコルを用いる事が望ましいと考えられる。

### 参考文献

- 1) 三木光範, 加來史也, 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.
- 2) 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.