

三木 光範<sup>†</sup> 廣安 知之<sup>†</sup> 西田 健<sup>††</sup><sup>†</sup>同志社大学工学部 <sup>††</sup>同志社大学工学部学生

## 1 はじめに

我々の研究室では次世代型の照明システムとして、知的照明システム [1] の開発を行っている。知的照明システムは照明機器と移動可能な照度計がネットワークで接続されており、照度計の値を基に各照明が自律的に光度を変化させることで目標の場所に目標の照度を提供し、かつ省電力を実現することができるシステムである。

知的照明システムにおいては、各照明の光度を決定する分散最適化アルゴリズムが完成し、実機による動作検証実験も行われ、高い性能と実用性が確認できた。現在の知的照明システムは照明 1 灯 1 灯に汎用 PC が接続されているが、実用化の際には、ワンボードコンピュータを天井裏へ設置したり、ワンチップ化されたカスタム LSI を照明 1 灯 1 灯に組み込む必要がある。ワンボード/ワンチップ化を行う際には、汎用 PC を用いたシステムとは環境が異なるため、現在のシステムをそのまま移植することが難しい。そのため、ワンボード/ワンチップ化した環境に適した通信方式について検討することは極めて重要である。本報告では、知的照明システムの実用化へ向けて通信方式を改良し、検討を行った結果を示す。

## 2 知的照明システムの構成

### 2.1 通信 API(Application Program Interface)

現在、知的照明システムは MPI(Message Passing Interface) を用いて通信を行っている。MPI とは、多数の PC で構成されたクラスタなどの分散メモリ型環境における複数のプロセス間で並列計算を行うための、データ通信の標準的な規格である。現在のシステムは、MPI の実装系の一種である MPICH(MPI CHameleon)1.2.5 を用いている。

### 2.2 ネットワーク構成

現在の知的照明システムは、照明 1 灯毎に 1 台ずつ接続された PC、数台の照度センサから受信した照度

情報を扱う PC、仮想電力量の計算を行う PC が 1 つのネットワークに接続されている。知的照明システムにおけるデータ通信を図 1 に示す。また、各 PC の役割は次の通りである。

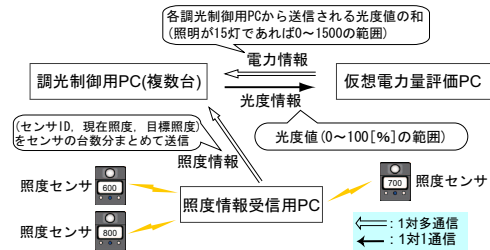


図 1: 知的照明システムにおけるデータ通信

- 調光制御用 PC  
照度情報受信用 PC から受信した照度情報及び仮想電力量評価 PC から受信した電力情報を基に、照明の次光度を決定し調光を行う。
- 照度情報受信用 PC  
照度センサから受信した現在照度情報、目標照度情報及びセンサ ID を調光制御用 PC へ送信する。
- 仮想電力量評価 PC  
複数台の調光制御用 PC から受信した光度の和を仮想電力として算出し、各調光制御用 PC へ送信する。

## 3 実用化へ向けての検討事項

### 3.1 通信 API の変更

現在の知的照明システムでは、図 1 に示した各 PC 間のデータの受け渡しを MPICH1.2.5 を用いて行っている。しかし、MPICH1.2.5 はソフトウェアの容量が大きく、通信におけるオーバーヘッドが大きい。そこで、ワンチップ化を行う前段階の研究として UNIX や Windows などの各種 OS に標準で実装されている socket API を用いて通信を行うようにシステムを改良する必要がある。

また、MPI は並列計算用の通信規格であり、通信時にデータの欠落が起こらないように TCP を用いて実装されていることが多い。MPICH1.2.5 も TCP を用いてブロードキャストを行うように実装されている。図 2 に MPICH1.2.5 を用いて 1 台の PC から 7 台の PC へブロードキャストを行う場合の流れを示す。

Investigation on Data Transfer Method in Intelligent Lighting System

<sup>†</sup> Mitsunori MIKI (mmiki@mail.doshisha.ac.jp)

<sup>†</sup> Tomoyuki HIROYASU (tomo@is.doshisha.ac.jp)

<sup>††</sup> Takeshi NISHIDA (tnishida@mikilab.doshisha.ac.jp)

Department of Knowledge Engineering and Computer Science, Doshisha University (<sup>†</sup>)

Graduated School of Knowledge Engineering and Computer Science, Doshisha University (<sup>††</sup>)

1-3 Miyakodani, Tatara, Kyotanabe, Kyoto 610-0321, Japan

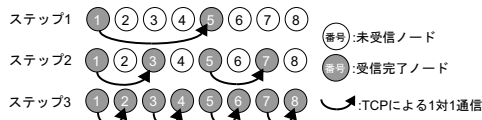


図 2: MPICH1.2.5 のブロードキャストアルゴリズム

図 2 に示したように、MPICH1.2.5 はブロードキャストを TCP で実装している。現在、我々の実験室では 15 台の調光制御用 PC を用いており、知的照明システムは問題なく動作している。しかし、大規模環境における実用化の際には、照明制御装置も増え、通信オーバーヘッドも大きくなるため UDP によるブロードキャストも検討する。

### 3.2 通信メディアの検討

現在、知的照明システムはイーサネットを用いて実装している。実用化の際には、既存の電気配線を用いて通信を行える PLC(電力線搬送通信) も状況に合わせて使い分ける必要性が考えられる。そのため、知的照明システムに PLC を導入する必要がある。

## 4 通信 API の変更

socketAPI の UDP の有効性を示すために、TCP および UDP のデータ転送速度の比較を行った。2 台の PC を有線 LAN で接続し、TCP および UDP それぞれを用いて異なるサイズの packets を連続で 100000 回送信した時の受信スループットを `ttcp`[2] を用いて計測した結果を図 3 に示す。

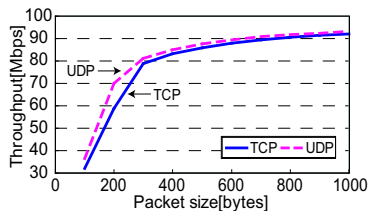


図 3: TCP および UDP のデータ転送速度の比較

図 3 より、TCP と UDP のスループットに差はないが、図 2 のような 8 台の PC における環境では、MPICH は 3 ステップかかってしまうため、socketAPI の UDP ブロードキャストの方が約 3 倍速くデータを転送することができることになる。

しかし、UDP パケットは通信路の途中で消失したり、データの順序が入れ替わることがある。そこで、計測ツール [3] を用いて、2 台の PC 間で 100 バイトの UDP パケットを連続で 100000 回送信した時にパケットをロスした回数からロス率を算出した。以下の環境で計測を行った結果を表 1 に示す。

- 有線：有線 LAN で直接接続した環境
- スイッチ：2 台の PC 間にスイッチを設置した環境
- 混雑：環境 2 において 1 秒間に数千パケットがネットワークに流れている環境

表 1: UDP パケットのロス率 (%)

有線	スイッチ	混雑
0.11	0.13	0.21

表 1 の環境 3 のように、他の通信が行われている状態でも 500 回に 1 回のロスであった。また、知的照明システムは受信した最も新しい照度情報と電力情報を基に照明の明るさを制御する。そのため、もし 500 回に 1 回だけデータをロスしても、正常に動作を行うことができる。実際に改良後のシステムを用いても、現在のシステムと同等の性能があることを確認できた。

## 5 通信メディアの検討

PLC の通信速度を調査するために、有線 LAN、無線 LAN、PLC の通信スループットの比較を行った。PLC は HD-PLC 方式の松下電器産業製の BL-PA100 を用いた。2 台の PC を用いて、異なるサイズの UDP パケットを連続で 10000 回送信した時の受信側のスループットを計測ツール [3] を用いて計測した結果を図 4 に示す。

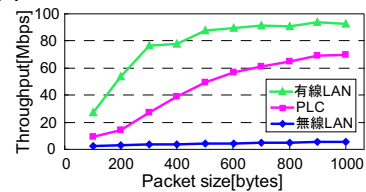


図 4: 受信スループットの比較

図 4 より、PLC は有線 LAN より低速ではあるが、70Mbps 程度の受信スループットが得られた。この測定結果を基に、1 秒間に受信できるパケット数を各パケットサイズ毎に計算した結果を図 5 に示す。

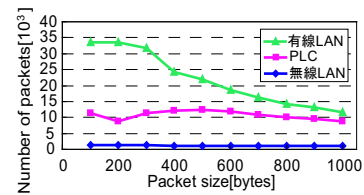


図 5: 受信パケット数の比較

知的照明システムは、約 1 秒間に 1 回のデータ通信を行う。図 5 に示したように、1 秒間に約 10000 パケットの送受信が可能であるので、PLC は知的照明システムで十分利用可能であると考えられる。実際に PLC を用いて知的照明システムの動作実験を行った結果、目標照度に収束していることが確認でき、システムが正常に動作していることが確認できた。

## 参考文献

- [1] Miki M, Hiroyasu T, Imazato K, Proposal for an Intelligent Lighting System and Verification of Control Method Effectiveness, Proc IEEE CIS, pp.520-525, 2004.
- [2] `ttcp`: <http://www.ccci.com/tools/ttcp/index.html>
- [3] 波多浩昭: いまどきのソケットプログラミング 遊んで学ぶ TCP/IP ネットワークの奥義, pp.21-54, 日経 BP 社 (2004).