

(c) 通信

多機能コンセントを用いた中規模センサネットワークの構築に関する研究

岡本 拓也[†] 笹間 俊彦[†] 川村 尚生[†] 菅原 一孔[†]

Takuya Okamoto[†] Toshihiko Sasama[†] Takao Kawamura[†] Kazunori Sugahara[†]

[†] 鳥取大学 大学院 工学研究科 情報エレクトロニクス専攻

1 はじめに

近年、家庭へのインターネット環境の普及により、部屋状況の確認や家電の電源制御が行える家電が登場し始めた。しかし、家電のメーカーやシリーズごとに制御方法が異なるため、統一制御できないという問題があった。そこで、本研究室では電源コンセントと家電の間に、各種センサやリレー回路を搭載した装置(以下アダプタ)を設置することで、部屋のモニタリングや家電の電源制御が行える、無線多機能コンセントシステムを開発した[1]。このシステムには、配置の利便性を考え、無線通信モジュールを用いているが、アダプタ台数の増加に伴い、ネットワーク構築やアダプタ間通信が不安定になるという問題を生じた。不安定化の回避方法として、永田ら[2]が考案した複数のチャネルを用いたクラスタ生成法があるが、この場合、チャネルごとにネットワークを管理する端末が必要となるため、設置端末を増やさなければならず、家庭等の設置箇所が限られている環境には適さないと考え、1つのチャネルを用いたパケットロス回避方法を述べる。本論では、ネットワーク構築が不安定となる通信条件を確認する実験を行うと共に、その結果に基づいたネットワーク構築法とルーティング法について述べる。

2 通信量別安定性実験

2.1 概要

通信が不安定となる原因として、ネットワーク全体での同時通信量が膨大となることや、幾つかのアダプタにのみ通信負荷が集中することで、アダプタの処理能力を超えてしまうことなどが考えられる。そこで、ネットワークに参加するアダプタ数と送信パケットサイズを変更して実験を行い、各条件におけるパケットロス率を算出した。

2.2 通信実験

アダプタ台数を 10, 15, 20, 25, 30 台、送信パケットサイズを 50, 100, 150, 200Byte と変化させ、パケットロス率を測定する実験を行った。また、無線通信に使用するモジュールは、ZigBee 規格 [3] の XBee[4] を用いた。実験結果を図 1 に示す。

実験結果より、アダプタ数の増加に比例して通信が不安定となっており、送信バイト数が 100 200Byte の間においても、サイズの増加に伴い不安定となることがわかる。しかし、送信パケット数が 50Byte の際には、各アダプタ台数において、安定した通信が行えていることがわかる。このことから、通信の安定化には送信パケット数を 50Byte 以内に収めることが重要と

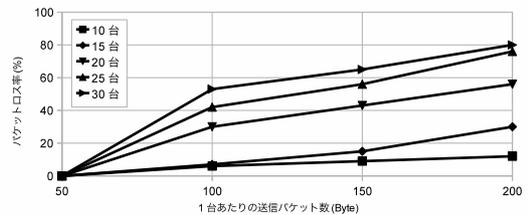


図 1: パケット衝突実験結果

考えられる。

3 ネットワーク構築法

ネットワークの構築は、アダプタ間の電波強度に基づいて構築するのが一般的であるので、本研究においてもその値に基づいて構築する。以下に、計測・収集・構築の手順を示す。

1. 各アダプタが自分に隣接するアダプタを探索
2. 発見した隣接アダプタと試験通信を行い、電波強度を測定
3. 得られたデータをネットワーク全体を管理するアダプタ (以降通信制御部) へ送信・統合
4. 各アダプタ間の電波強度に基づいてネットワークを構築

以前のシステムでは、1.~3. の処理をほぼ同時に行っていたため、ネットワーク構築の不安定化につながったと考えられる。よって、各段階において隣接アダプタの探索・試験通信・データ通信を 1 台ずつ行うように改良し、1 台にかかる負荷を軽減した。

4 ルーティング方法

4.1 概要

アダプタ間のデータ通信を安定して行うためには、1 アダプタにかかる負荷を低減させ、パケットロスを防ぐ必要がある。しかし、今まで利用していたダイクストラ法を用いたルーティングでは、ほとんどのアダプタが通信制御部と直接通信する形になる場合が多く、アダプタ台数が増加した際にパケットロスが発生する。そこで、いくつかのクラスタを形成し、クラスタ内の通信は、一旦クラスタヘッドと呼ばれるクラスタ内の代表アダプタを経由する通信経路を構築する事で、通信制御部へかかる負荷を分散することにより、パケットロスを抑えたルーティングを構築する。

4.2 提案ルーティング手法

今回、多機能コンセントシステムで利用するルーティング手法は、凝集法 [5] をメインとしたアルゴリズム

を用いた。凝集法とは、階層型クラスタリング法の一つであり、全対象間のコストのうち一番コストが低い者同士を一つのクラスタにする方法である。この方法により、電波強度の強いアダプタ同士が通信経路として選択され、最も通信強度の高い通信経路を形成する事ができる。凝集法の構築手順を以下に示す。

1. 各アダプタをそれぞれ1つのクラスタとする
2. 最も電波強度が強いアダプタ同士を一つのクラスタとする
3. 全てのアダプタが一つのクラスタになるまで繰り返す

しかし、凝集法は1クラスタあたりのアダプタ数の上限がないため、アダプタをうまく分散する事ができず、多数のアダプタを持つクラスタを生成する場合があります。

そこで、1クラスタあたりのアダプタ数の上限を設定した。これにより、多数のアダプタを持つクラスタが生成される可能性を防ぐことができる。また、XBeeの仕様により、100Byteを超えるデータの中継ができないことと、通信実験の結果より、送信データは50Byteとし、アダプタ1台から送信されるデータは10Byteであることから、クラスタ内の最大アダプタ数を5とした。

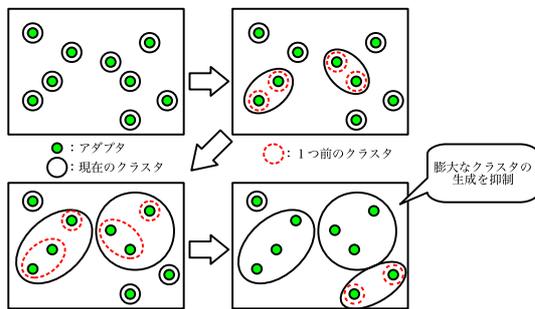


図 2: クラスタ内のアダプタ数を決めた場合

4.3 ルーティング実験

4.3.1 実験内容

提案手法の有効性を検討するため、従来法であるダイクストラ法および、新しく発見されたアダプタは発見したアダプタの子どもとする標準的なやり方（以降標準手法と称す）の3つの手法を用いて20台のアダプタを用いたネットワークを構築し、比較実験を行った。

4.3.2 実験結果

各種法における1台当りにかかるアダプタ数と、パケットロス率結果を図3に示す。

実験結果より、1台当りの最大負荷台数が標準手法では20台、従来手法では16台となったが、提案手法

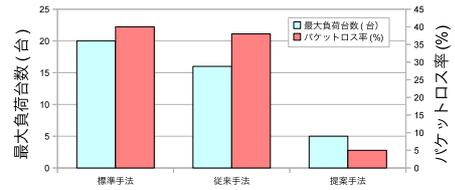


図 3: 各種法における最大負荷アダプタ数とパケットロス率

では、5台となり、1台のアダプタに過大にかかる負荷を抑制することができた。また、図3より、標準手法、従来手法と比べて提案手法ではパケットロス率を低減できる事がわかる。

5 終わりに

本研究では、中規模ネットワーク構築のためにまず、ネットワーク構築法の改良を行った。以前のシステムでは、ネットワーク構築時に全台同時に通信することがあったため、通信制御部への負荷が増大し、構築できない事があったが、今回提案した手法を用いることで、同時にかかる通信制御部への負荷を低減することができ、30台を超えるネットワークの構築が可能となった。また、ルーティングにおいても改良を加えることにより、今まで通信制御部へすべてかかっていた負荷を、他のアダプタへ分散することにより、処理能力不足による取得データの欠落を防ぐことができ、より安定したネットワークの構築が可能となった。これらの手法を取り入れることにより、中規模センサネットワークの構築が可能となった。

参考文献

- [1] Toshihiko Sasama, Takao Kawamura, and Kazunori Sugahara. Controllable electrical power plug adapters made as a zigbee wireless sensor network. In *International Conference on Software Engineering and Applications (ICSEA 2012)*, pp. 840–843, 2012.
- [2] 純子永田, 陽祐谷川, 英樹戸出, 和彦木下, 孝三村上. 複数のチャンネルを用いた高密度な zigbee ネットワーク構築手法. 電子情報通信学会技術研究報告. NS, ネットワークシステム, Vol. 109, No. 228, pp. 7–12, oct 2009.
- [3] ZigBee Alliance. <http://www.zigbee.org/>.
- [4] XBee. <http://www.digi.com/products/wireless-wired-embedded-solutions/zigbee-rf-modules/zigbee-mesh-module/xbee-zb-module>.
- [5] 千田智治, 廣安知之, 三木光範. 凝集法と k-means 法. In *ISDL Report*, No. 20081014002, 2008.