

有線/無線相互補完通信のための ハイブリッドルーティングプロトコルの実装

中野 裕貴[†] 澤田 尚志^{††} 栗山 央^{††} 峰野 博史[†] 水野 忠則^{††}
[†]静岡大学情報学部 ^{††}静岡大学創造科学技術大学院

1 はじめに

現在、京都議定書や地球温暖化の問題によって、エネルギー消費に関して取り沙汰されている。増大する家庭内の消費エネルギーを抑制するために各種 HEMS(Home energy management system) 技術が近年では注目されている。

既存の構造物に対して HEMS 等で住宅のエネルギー消費機器を制御・表示するためには、通信インフラが新たに線を敷くことなく構築でき、高信頼・広範囲である必要がある。しかし、新たに線を敷くことなく構築できる既存の主なネットワーク単体ではいくつか課題が生じる。無線通信では障害物による電波途絶への対処や機器相互間の電波干渉で通信が安定しないこと、PLC(電力線通信)では家電等のノイズに弱いことが挙げられる。

そこで、有線通信の PLC、無線通信の IEEE802.15.4、二つの通信を用いた有線/無線相互補完通信プロトコルというものが研究されている。有線/無線相互補完通信プロトコルとは、無線通信の課題、有線通信の課題を解決するために、無線通信と有線通信の双方を相互補完して通信ネットワークを構築することで、新たに線を敷くことなく、既存構造物内に低ノード密度かつ高通信到達率のセンサネットワークを構築する技術である。有線/無線相互補完通信のルーティングプロトコルとしてプロアクティブ方式 [1] とオンデマンド方式 [2] があり、それぞれ迅速性や確実性が異なるプロトコルである。この 2 つの方式を単独で用いるより、利用シーンによって使い分けることでより高信頼で即時性のあるプロトコルができ、HEMS 等のセンサネットワーク構築に役立つと考えた。

本稿では、有線/無線相互補完通信のルーティングプロトコルとしてプロアクティブ方式とオンデマンド方式を組み合わせたハイブリッド方式を提案する。

2 関連研究

2.1 プロアクティブ方式

プロアクティブ方式とは OLSR(Optimized Link State Routing) のように相互補完通信プロトコルにおいてルーティングテーブルに経路情報を保持する方式である(図 1)。この方式は、ノードトポロジや通信品質が大きく変化しない状況に適している。

また、両方の通信が行える場面での通信の切り替え手法として無線通信では RSSI(受信信号強度) や LQI(リンク品質指標) 値、PLC では信号レベルやノイズレベルを取得し、その取得した値と対応する PRR(パケット到達率) を用いて有線通信と無線通信の両者を比較して、より PRR の高いほうへ通信を切り替える手法を作成している。

2.2 オンデマンド方式

オンデマンド方式とは DSR(Dynamic Source Routing) や AODV(Ad hoc On-Demand Distance Vector) のようにデータ通信の必要時に、ルート探索パケットを発行し、ルートを発見後にデータ通信を開始する方式である(図 2)。ルート発見の方式として、パケットに経路情報を付記して目的のノードは受信した経路探索パケットから経路を決定する。方式としては、最小ホップ数によって経路決定を行うホップ数ベース方式、RSSI や LQI

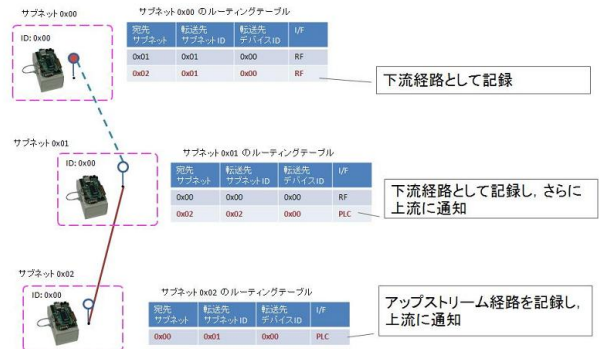


図 1: プロアクティブ方式

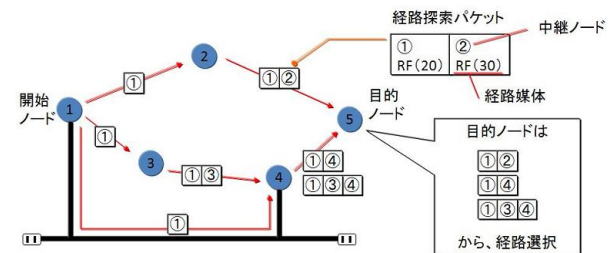


図 2: オンデマンド方式

の値によって経路決定を行うリンク状態評価値ベース方式、経路媒体(有線か無線か)によって経路決定する経路媒体ベース方式、特定の中継ノードを含みか含まないかで経路決定する中継ノードベース方式があげられる。

2.3 課題と解決案

現状ではプロアクティブ方式、もしくはオンデマンド方式どちらかの方式によるネットワークを構築するにとどまっている。そのため、プロアクティブ方式では、通信が途絶えたときに逐次再経路探索しなければならず、切断された状態でデータが送信された場合は通信が行えない。周期的に Hello パケットでルーティングテーブルを更新する場合、通信量が増え、電力を消費してしまう。また、オンデマンド方式では、常に経路探索を行って経路決定を行わなければならないので遅延が大きい。

これらの課題を解決するため、プロアクティブ方式とオンデマンド方式を組み合わせたハイブリッド方式を提案する。利用シーン毎にリアルタイム性が必要な場面ではプロアクティブ方式、信頼性を重視する場面ではオンデマンド方式をとることで遅延を減らし、信頼性を高める。

3 ハイブリッド方式

3.1 システム概要

まず、ネットワークの構成について説明する。図 3 で示すように以下の構成からなる。

Hybrid routing protocol for wired/wireless mutually complementary communication protocol

Yuki Nakano[†], Hisashi Sawada^{††}, Hiroshi Kuriyama^{††}, Hiroshi Mineno[†], Tadanori Mizuno^{††}

[†]Faculty of Informatics, Shizuoka University,

^{††}Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

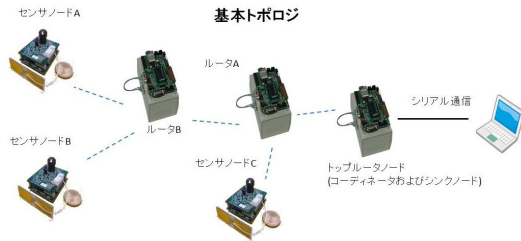


図 3: ネットワークトポロジ

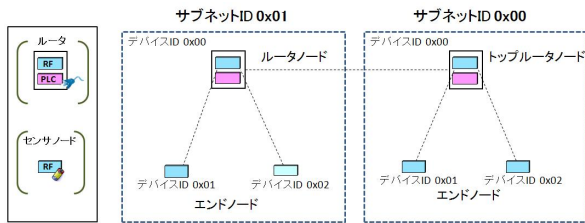


図 4: ネットワーク内構成

(1) コーディネータノード (トッブルータノード): ネットワークの制御, 構築する. (2) シンクノード (トッブルータノード): 各センサノードのデータを収集する. (3) ルータノード: ネットワーク内のデータ中継を行う. (4) エンドノード: センシングを行うセンサノード, 機器を制御するアクチュエータノードなどが存在する.

相互補完通信プロトコルはトッブルータノード (コーディネータノードおよびシンクノード) とルータノードで適用される. 今回の実装では (1) と (2) の機能を統合し, トッブルータノードとして構成する.

次に, ネットワーク構成の中で相互補完通信プロトコルの利用シーンは, センサノードの収集したセンサデータをシンクノードまで到達させる上り通信, コーディネータノードからアクチュエータノードへ制御命令を到達させる下り通信, 両方向の通信が切断された場合の再経路探索の3つが利用シーンとして想定される. 今回の実装では上り通信と下り通信に対して行った. 再経路探索に関しては考慮しないこととする. 以下に上り通信, 下り通信, それぞれの利用シーンごとの各方式の適用方法を述べる.

3.2 上り通信時

上り通信はエンドノードからルータノードへ, さらにルータノードからシンクノードへセンサのモーション・照度・温度情報等を送信する. 実環境, HEMS 等での利用を考慮したとき, データがデータベースに格納されるまでに遅延があるとリアルタイムな制御, 表示に関して支障がでることが予想される. そこで, 上り通信にはプロアクティブ方式を利用し, 迅速にデータをシンクノードまでに伝えるようにする.

3.3 下り通信時

下り通信ではコーディネータノードからエンドノードのアクチュエータノードに対して命令を発行し機器を制御する通信が主である. この場合, 特に機器に対して確実に命令を送ることが重要になってくる. よって, 下り通信ではオンデマンド方式を利用して, 確実な通信経路を決定した後に通信を行うことが望ましいといえる.

4 実装

今回はプロトタイプ実装として, 上り通信時にはプロアクティブ方式, 下り通信にはオンデマンド方式を利用するように実装した. 今回の実装ではプロアクティブ方式とオンデマンド方式の各方式の有線/無線相互補完通信プロトコル層の上に, トッブルータノード, ルータノードの機能を持つアプリケーション層を実装した. それぞれのレイヤに関する実装を簡易的に以下に示す.

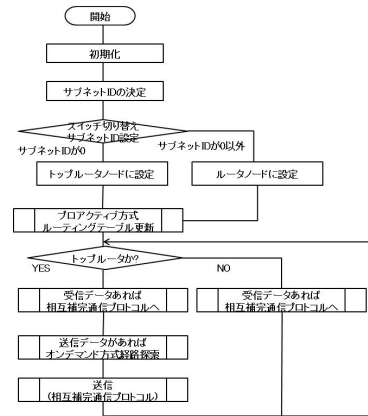


図 5: アプリケーション層:フローチャート

4.1 有線/無線相互補完通信プロトコル層

ここではルーティングテーブルを2つ用意し, 1つはプロアクティブ方式の経路情報を常に保持するもの, もう1つはオンデマンド方式での経路情報を一時的に保持するものを用意する. 有線/無線相互補完通信のプロトコルでは図4に示すように, 送信先としてサブネットIDとデバイスIDを指定して送信を行う. 各サブネットを形成するルータノード (もしくはトッブルータノード) はデバイスID 0x00が割り当てられる. 上り通信時には必ずトッブルータノードのサブネットのID 0x00が指定される. また, 下り通信時には必ずID 0x00以外のエンドノードが指定されることになる. なので, 送信時, ID 0x00が指定されればプロアクティブ方式のルーティングテーブルを参照し, ID 0x00以外が指定されればオンデマンド方式のルーティングテーブルを参照するようにする.

4.2 アプリケーション層

アプリケーション層のフローチャートを図5に示す. ここではトッブルータノード, ルータノードの機能を割り当てる. まず, 基盤上のプッシュスイッチでサブネットIDを割り当てる. 0を選択した場合はトッブルータノードとして, それ以外はルータノードとして機能するようにする. 2つの違いはトッブルータノードにはゲートウェイのやりとりとエンドノードに制御信号を送ることがあるという点だけである. トッブルータでは受信したセンサデータ受信し, ゲートウェイに送信する機能と, ゲートウェイから来た制御信号を送信する機能を盛り込む.

5 おわりに

今回はHEMS等のセンサネットワークの通信構築として有線/無線相互補完通信におけるプロアクティブ方式とオンデマンド方式を組み合わせたハイブリッド方式の実装を行った. この実装によって上り通信にはプロアクティブ方式を利用し, 迅速にデータを送ること, 下り通信ではオンデマンド方式を利用して, 確実な通信経路を決定した後に通信を行うことが実現できた. これによりHEMS等の実環境ではデータ収集では迅速な, 機器制御では確実な通信が可能となる. 今後の予定としてそれぞれ単体の方式とハイブリッド方式とを遅延や耐障害性などの観点から評価, また, 今回の実装には再経路探索が含まれていなかったため, 再経路探索について実装を行う予定である.

参考文献

- [1] 澤田尚志, 栗山央, 安部恵一, 峰野博史, 水野忠則: "有線/無線相互補完通信を用いたセンサ/アクチュエータネットワーク", DICOMO2010, pp.2091-2095 (2010).
- [2] 栗山央, 澤田尚志, 小幡憲司, 峰野博史, 水野忠則: "有線/無線相互補完通信プロトコルの開発と評価", DICOMO2010, pp.769-777 (2010).