

ZigBee を用いたネットワーク活用技術の研究 (第 1 報)

若生 進一*

1. はじめに

インターネット, 携帯電話を始めとして現代社会は様々な場面でネットワークに繋がっている。情報家電のように, これまではスタンドアロンで動作していた機器が, ネットワーク上から情報閲覧や遠隔操作等ができるようになることで新たな付加価値を見いだした例もある。このように, ネットワークに関する要求は近年, 様々な用途に広がりを見せつつある。

その中で IC タグの実用化に端を発する近距離無線ネットワークは, 予め決められた情報を要求に応じて発信するパッシブ方式から, 自ら情報を取得し, 発信するアクティブ方式に注目が集まり, 広範囲に拡散したセンサから情報を収集管理するセンサネットワークというキーワードもよく聞かれるようになった。

近距離無線ネットワークを構築する上で, 基本的にタグ側が電源を必要としないパッシブ方式に対して, アクティブ方式で課題となるのはやはり電源の問題である。特にセンサネットワークのような利用シーンではセンサの寿命に直結した消費電力の問題を無視することはできない。

低消費電力という特長を持ったアクティブタグを探すと, ZigBee という通信規格をよく耳にする。

基本コンセプトとして, 高信頼性・低消費電力・低コストを提唱する ZigBee とは, いかなる規格でどのような用途に活用できるのか調査研究を行った。

2. 目的

ZigBee に関する規格を調査し, その特長を生かしたシステムの開発, 制御技術の確立を検討する。

3. 調査

3.1 ZigBee とは?

日本に於いて ZigBee の普及活動を行っている有限責任中間法人 ZigBeeSIG ジャパン (2005 年設立) によれば, ZigBee は近距離無線ネットワークの世界標準規格の一つであり, アメリカにある ZigBeeAlliance によって 2001 年から研究が進められ, 2004 年に世界標準として仕様が確定された通信規格であるという。

ZigBeeAlliance は LAN の標準規格でよく知られる IEEE で規格化された IEEE802.15.4 を物理層としてネットワーク層とアプリケーションインタフェースの標準化に取り組んでいる非営利団体である。

つまり ZigBee は, 物理層を IEEE802.15.4 の規格に則り, ネットワーク層以上に ZigBee 独自の規格が用いられていることがわかった。

ZigBee の主な仕様としては, 周波数 2.4GHz, 伝送速度 250kbps とされており, 同様の周波数で動作する

Bluetooth や無線 LAN 等と比べると速度が低いため, 動画ストリーミングのように連続的に大量のデータを扱うような用途には向かないと思われる。

周波数 2.4GHz 帯を利用する無線通信規格の一般的な違いを表 1 に示す。

表 1 通信規格の比較

通信規格	最大伝送速度	送信時消費電力
無線 LAN	54Mbps	200~500mW
Bluetooth	1Mbps	100mW
ZigBee	250kbps	60mW

さらに ZigBee について調べてみると, 名称の由来 (Zig (ジグザグに飛ぶ) Bee (蜂)) にもなっているある特徴的なネットワーク構造が挙げられている。一般的なネットワーク構造は中継器(アクセスポイント)を中心とした 1 対多(スター型)の構造で, 端末間の通信には中継器を介していることが多い。これに対して ZigBee は, 端末自体に中継機能を持たせるプロトコルを実装している。

この端末間の通信経路が網の目状に展開したネットワーク構造をメッシュネットワークと呼ばれている。

図 1 にそれぞれのネットワーク構造のイメージ図を示す。丸(端末)を繋ぐ線が通信経路を表している。

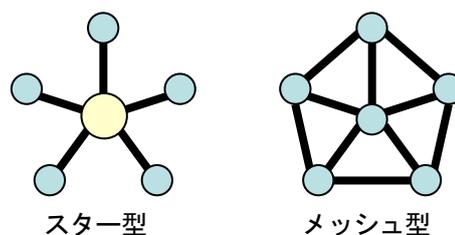


図 1 ネットワーク構造の比較

メッシュネットワークを活用することで, 通信状況による経路の変更や通信距離の延長が可能となれば, ネットワークの活用範囲も広がる可能性がある。

3.2 ZigBee モジュール

ZigBee の普及活動を行っている有限責任中間法人 ZigBeeSIG ジャパンに加盟している企業は, 2008 年 8 月現在で 24 社有り, そのほとんどの企業が ZigBee に関連したモジュールを販売している。モジュールの多くは規格を意識することなく通信できる様になっているが, 独自プロトコルを利用している企業も有り, 全てのモジュールに通信の互換性があるわけではないことが分かった。

*技術基盤部門

また、無線通信機器を製造する上で必要となる技術基準適合証明に対する考え方も企業ごとに違うため、技術基準適合証明取得済のモジュールと、新たに技術基準適合証明を取得しなければならないモジュールがあることが分かった。

4. 実験

実際に ZigBee モジュールを用いたシステムを検討し、開発及び動作実験を行った。

4.1 システムの検討

システムを検討するにあたって、DigiInternational 社の XBee という通信モジュールを採用した。

XBee の主な仕様を表 2 に示す。

表 2 主な仕様

通信距離 (屋内)	30m
通信距離 (屋外) 見通し良好	90m
送信出力	1mW(0dBm)
供給電圧	2.8~3.4V
消費電流 (送信時)	45mA(@3.3V)
消費電流 (待機・受信時)	50mA(@3.3V)
技術基準適合証明	取得済

XBee にはマイコンが搭載されており、マイコン上のファームウェアを変更することで ZigBee 準拠以外のプロトコルも実装することができる。また、通信の速度や送信出力等のパラメータを、静的に変更だけでなく、動作中でもコマンドを用いることで容易に変更できる。

関連の資料を調べた中で、モジュールが RSSI (RecieveSignalStrengthIndication) と呼ばれる受信信号強度を取得できることが分かり、これを位置検出に応用できないか検討することとした。

同時期に、接近検知に関する相談案件があり、技術提案という形で、RSSI を利用した接近検知システムを試作することとなった。

※注

今回採用したモジュールでは ZigBee プロトコルを実装すると RSSI を取得できないことが分かり、今回のシステムでは、メーカーの独自プロトコルを利用した開発となった。(物理層は IEEE802.15.4 を活用)

4.2 接近検知システムの試作

接近検知を行うにあたり、ホストとノードの 2 種類の端末を試作した。それぞれの構成を下記に示す。

- ホスト
 - ・モジュール：XBee (MaxStream 社製)
 - ・制御用マイコン：H8/3694F (Renesas 社製)
- ノード
 - ・モジュール：XBee (MaxStream 社製)

モジュールに RF 回路が実装されているため、非常にシンプルな構成となる。

試作した端末を写真 1 に示す。

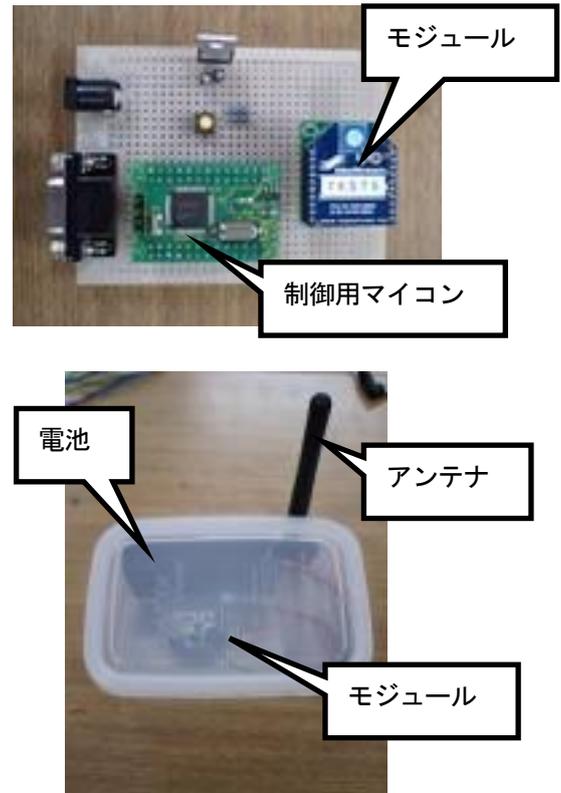


写真 1 試作した端末 (上: ホスト 下: ノード)

位置検出方法としては、定位置に設置したノードに対してホストが信号を送り、ノードから返ってくる RSSI 値によって位置を推定する。

モジュールの動作電圧は 2.8V~3.4V と幅がある為、単 3 アルカリ電池 2 本で直接供給している。マイコンへの電源供給は 3 端子レギュレータで 3.3V に安定化した。ノードはホストからの信号をトリガに動作するため、モジュール単体のみの構成となる。

ホストの通信を制御するマイコンでの処理フローを図 2 に示す。

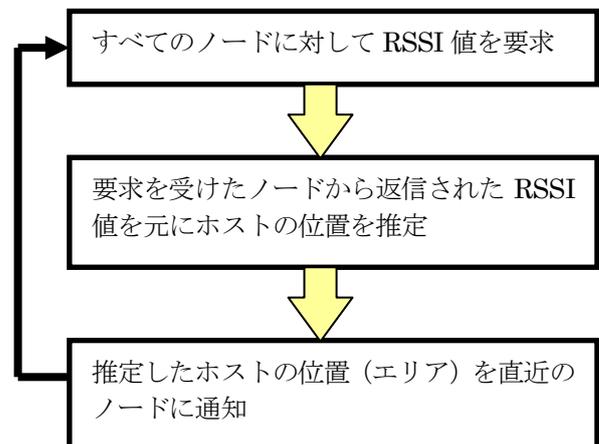


図 2 マイコンでの処理フロー

XBee の通信制御は、モデム通信の AT コマンドに似た方式と API (Application Program Interface) 方式の 2 種類があり、当初はコマンド方式を採用していたが、コマンドを送信するたびにモード切替を行わなければならないため、通信速度も低くなるため、最終的に API 方式を採用した。

また、メッシュネットワークの利点を確認するためにホストの位置を管理するサーバを用意し、ホストの周辺にあるノードを利用して位置データをサーバまで中継する構成とした。

4.3 . 動作実験

実験を行うに当たり、XBee から得られる RSSI 値と距離の関係を予備実験により確認した。

予備実験は写真 2 に示すように、ホストからノードを一定距離離し、各距離における RSSI 値をプロットする方法を採用した。

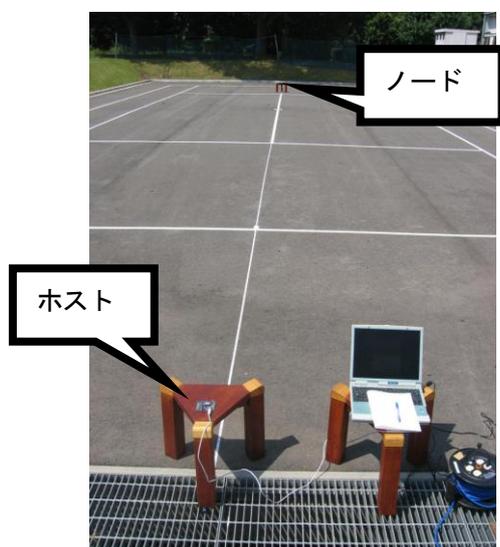


写真 2 予備実験風景

予備実験の結果を図 3 に示す。実験結果から、RSSI 値による距離推定を 5 m 刻みとした。

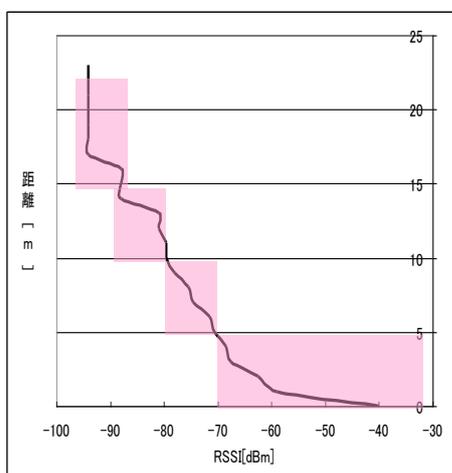


図 3 予備実験結果

動作実験として、複数のノードを用意し、ノードを中継してホストの位置を管理サーバに通知することを目的としたフィールド試験を行った。

実験のイメージ図を図 4 に示す。小さい丸がノードを表し、その周囲にある円がホストノード間の距離を表す。この距離を RSSI 値により推定し、直近にあるノードを中継して管理サーバに通知する。

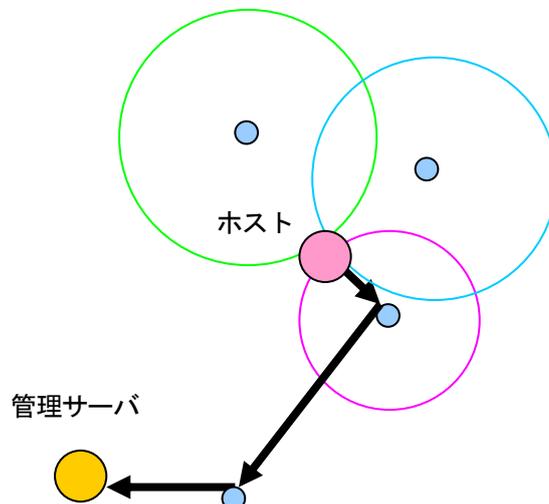


図 4 実験イメージ図

実験の結果、ほぼ 5 m の精度でホストの位置を管理できることが確認できた。また、管理サーバをホストから遠隔地に設置し、ノードを中継してホストと通信できることが確認できた。

電池の消耗については、連続的に通信を行っている状態で 8 時間使用していたが、ホスト、ノードともに電池の交換を行うことはなかった。

位置推定に用いた RSSI 値に関しては、周囲の環境に影響される要素が多く、複数のノードから、RSSI 値を取得することで 5 m 精度を得ることができたが、さらに位置推定の精度を高めるにはサンプリング数の増加や時系列変化での推定等を検討する必要があることがわかった。

5. まとめ

今年度の研究を通して、ZigBee の通信規格及び通信モジュールの活用法について知ることができた。

接近検知システムの開発を通して、通信モジュールを下記のようなシステムへの活用も考えられる。

- ・大型ショッピングセンターでの人物検索
- ・駐車場内のマイカー検索

通信モジュールを活用した接近検知システムに関しては、精度向上のための位置推定算出法の再検討や、長時間使用するための通信制御及び省電力化が必要となる。

次年度では、通信モジュールの電波特性の評価及び省電力化を目的とした通信制御、回路設計等について研究開発を行う。