

スカイリー・ネットワークス

今始めるべき環境技術

第1回 ZigBee[®]とは

発行:2008年9月

目次

1. はじめに
2. ZigBeeとは
3. 根本技術
4. 規格の推移・最新規格
5. 他の無線規格との比較
6. 市場とターゲット
7. おわりに



* 写真 (ZigBee Alliance : <http://www.zigbee.org>)

ZigBee[®]は、ZigBee[®] Alliance の登録商標であり、本資料に記載されたその他すべての商標は、それぞれ所有者の商標です。

1. はじめに

「環境に貢献できる技術」として米国を中心に飛躍的な市場拡大をみせている「ZigBee」。スカイリー・ネットワークスは ZigBee 製品を 2006 年より開発、販売をスタートし、現在では事業の一つの大きな柱になっています。そもそも ZigBee とはどのような技術なのでしょうか。第 1 回めの今回は根本的なところをまず解説いたします。

2. ZigBee とは

一言でいえば、小規模かつ低消費電力のデジタル無線でつながる通信プロトコルのことで、国際的な非営利団体「ZigBee[®] Alliance」^{*1}によって策定された世界標準規格として、現在世界 250 以上の企業によって開発されています。日本にも、国内普及を目的とした有限責任中間法人「ZigBee SIG ジャパン」^{*2}があります。通信距離は数 m ~ 数 100m で、狭いエリア内で使用する無線ネットワーク WPAN (Wireless Personal Area Network) のひとつになります。また、基礎部分の仕様 (物理層 / MAC 層) については、IEEE 802.15.4 として規格化されています。

想定市場は、ビルオートメーション、家庭用電化製品、患者モニタリング健康モニタリング、産業用制御、ホームコントロール、通信サービスなど多岐にわたると、ZigBee[®] Alliance は 2008 年 2 月に東京で開催された Open House で発表しています。

*1: ZigBee[®] Alliance: 非営利組織として 2002 年に設立、規格の創出や設定、認証および適合プログラムを提供している。誰でも参加できメンバー企業は全世界にわたる。(<http://www.zigbee.org/>)

*2: ZigBee SIG ジャパン: 2005 年 9 月に設立、現在の会員数は 23 社。(<http://www.zbsigj.org/>)

3. 根本技術

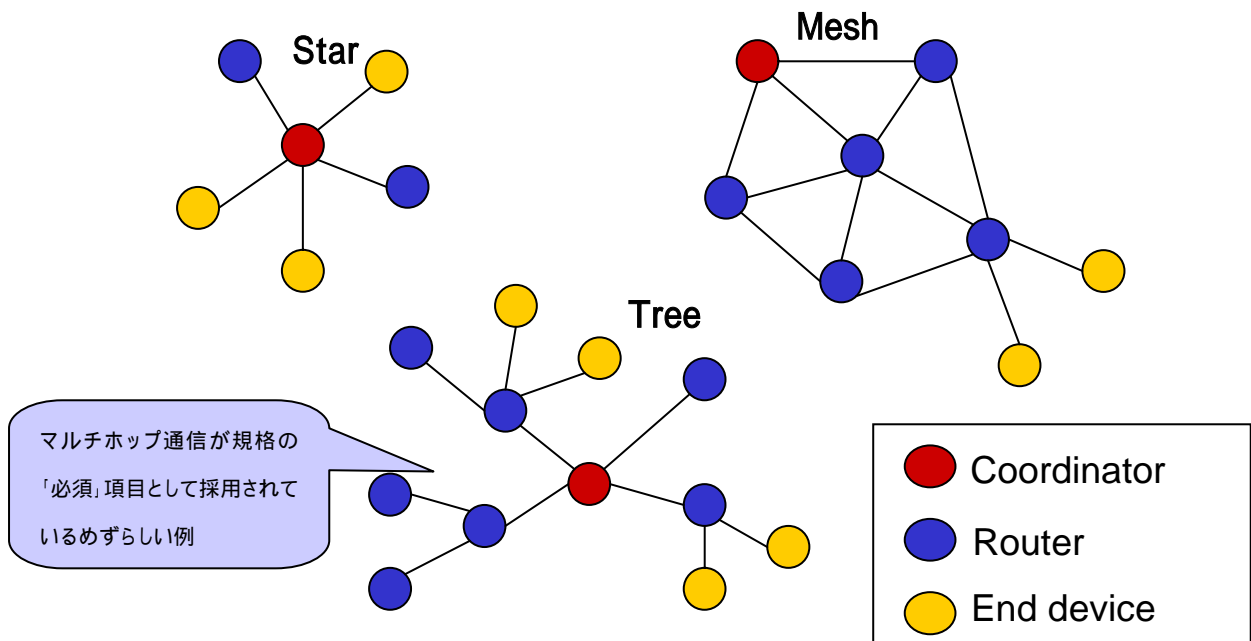
センサーネットワークの基盤技術として

センサーネットワークという言葉が聞かれたことがあるかと思います。センサーネットワークとは温度や湿度などのセンサーを備えた小型・省電力の無線機器を周囲の環境に多数設置し、検知したデータを無線で収集、管理する仕組みのことです。センサー機器同士が互いに無線でネットワークを形成する仕組みを備えているため、ビルメンテナンス、工場での機器動作管理、メーター検針、家電制御、気象データ収集など、さまざまな分野での応用が考えられており、ユビキタス時代の実用的アプリケーションとして最も注目されています。ZigBee はこのセンサーネットワークの通信プロトコルとして現在普及がすすめられています。例えば、家電機器制御としてテレビ、ビデオ、DVD のリモコンなど、民生機器への搭載、ビル・オートメーション分野でセキュリティ・空調制御・照明制御・自動検針、FA 分野ではプロセス制御、ホーム・オートメーション分野では、ホームセキュリティ・空調制御・照明制御・アクセス制御、そして、パーソナル・ヘルスケア分野にもその活用が期待され、大規模なネットワークへとビジョンが広がっています。

ネットワークの構成

ZigBee は、3種類のデバイス(コーディネータ、ルータ、エンドデバイス)を使いますが、それぞれが役目を交代できるフルファンクションデバイスと、末端役のみを担当するリデュースファンクションデバイスとでネットワークを作ります。次のネットワーク構成図をご覧ください。

【ネットワーク構成図】



この図で表しているのは、各デバイスがネットワークを形成していく方法、つまり、つながる形です。コーディネーターは、ネットワークを構築し別のネットワークともつながるゲートウェイ役。エンドデバイスは、実際の用途例えば温度計測するなら温度センサー、二酸化炭素濃度を計測するなら CO² センサー役。そして、この二種類のデバイス間に多数存在できてデータを転送する役がルーターになります。

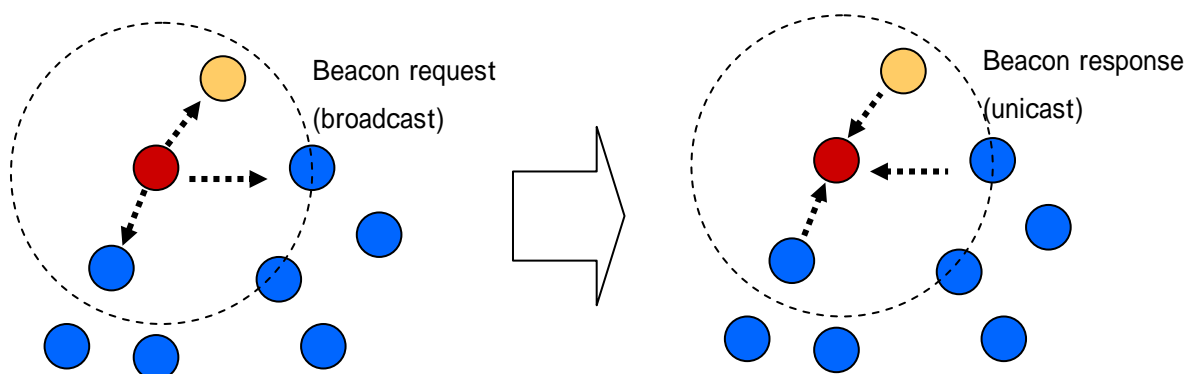
ネットワーク構成ごとにみてみましょう。ZigBee には上の図のように3つの型があります。スター型は、例えばLANがこの形です。中央にゲートウェイがあり、そのゲートウェイ(=コーディネーター)に末端端末(=エンドデバイス)も転送端末(=ルーター)も直接つながります。ツリー型はその名のとおり木のように、幹、枝、葉というように階層的につながっていく形です。例えば温度センサー(=エンドデバイス)が計測した温度データを近くの端末(=ルーター)が取得、その先で遠隔管理しているコーディネーターまでいくつかの端末を経由しながらデータを転送していくという形です。最後にメッシュ型ですが、これはネットワークがメッシュつまり網状に拡大していく形です。この場合の特長はネットワーク状態を最適な状態に保つために、この3つのデバイスがお互いの役目を交代しあうことができることです。その結果データが途切れることなく、転送でき、エリアを拡げていくことができます。ZigBee は以上3パターンのネットワーク構成を提供し、様々な用途に対応できる無線規格になります。ただ、これについては規格によって多少変わっているので、後の章でくわしく説明します。

ZigBee の基本動作

では ZigBee ネットワークの作り方をみてみましょう。

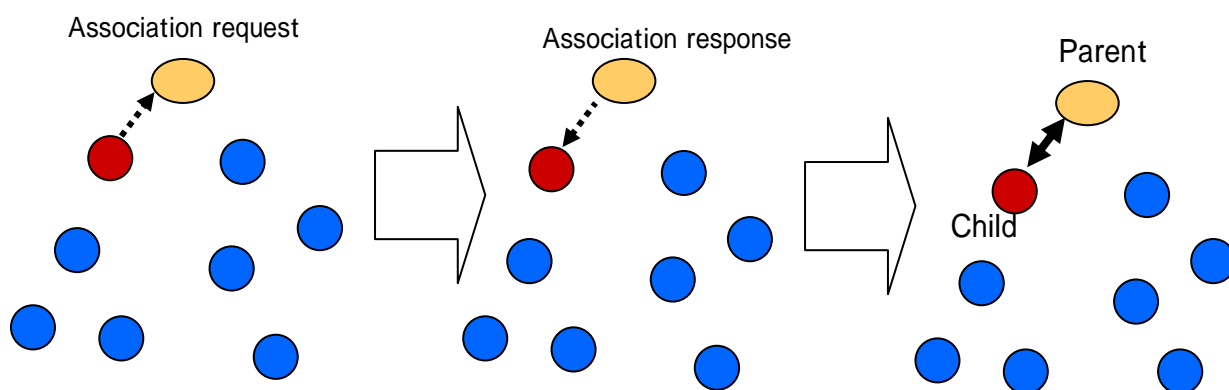
まずはじめのプロセスとしてスキャンが始まります。多くの場合、各デバイスはアクティブスキャンを周期的に行いますが、その過程で周囲の端末に対して “Beacon Request” を同報します。それをキャッチした周囲の端末は “Beacon Response” で応答します。これにより周囲の端末の情報 (Node Descriptor) を得ることができるわけです。

【スキャン】



次に、スキャンによって取得した周囲の情報の中から、接続したいネットワークの PAN ID を選択します。更に接続したい MAC 層の Association request, Response, Data request を行います。つまり、ネットワークを作りたい端末に向かって、接続したいというサインを出すということです。この過程で接続先は発信してきた端末のアドレスを自分もっているリストにアサイン、つまり加えてあげるわけです。

【接続】



これでネットワークが完成されました。このしくみをもとに、自己構築、自己修復が可能で、転送しながら (マルチホップ機能) ネットワークをつなぎ、広げていく、これが ZigBee のコア技術といえます。

4. 規格の推移・最新規格

ZigBee 規格の変遷

ZigBee のコア技術について説明してまいりましたが、今までに2つの規格を経て2007年に最新規格が発表されました。ここではZigBeeの特長を更に解説します。

【規格の変遷・機能比較】

	2004規格	2006	2007
同報機能	全端末が対象	ルータのみ、スリープするエンドデバイス、全端末、と選択が可能	7つの主な機能 Frequency Agility Fragmentation Source Routing Many-To-One Routing Link Status Multicast Commissioning
グループ機能	なし	複数のグループに参加可能	
永続データ	なし	あり	
ツリー形成機能の改良	なし	あり	
ネットワーク層		LEAVE, REJOIN コマンドが追加	

高度な「ネットワーク参加機能」

ZigBee ネットワークでは、まずネットワークを制御する親機に当たる「コーディネーター」がネットワークを開始し、そこにルーターやエンドデバイスが次々と参加し、1つのネットワークを形成します。高性能な「ネットワーク参加機能」により、収容台数が限界に達している親デバイスを正しく判断できるようになり、大規模なネットワーク構築が行いやすくなっています。

選択可能な「同報機能」

特定の端末に選択的に同報でき、「電池駆動の端末は除く」とか、「1階に配置された端末グループのみ命令送信する」といった便利な使い方ができます。

「永続データ」のサポート

停電や、事故、落雷での瞬時の電源切れなどにより端末内部データも消滅してしまっても、永続データのサポートにより、再び電源が投入されれば直前と同じ状態にすぐに復帰可能となり、ネットワークを構築し直す必要がありません。

ZigBee の特長をはっきりさせた最新規格 ZigBeePRO

さらに最新規格 ZigBee2007 には二つのフィーチャーセットがあります。その機能を比較してみましょう。「ZigBee PRO フィーチャーセット」は、下記にまとめてある電子証明書のような画像配信を可能にした「分割配信機能」や、2.4GHzの同じ ZigBee の周波数帯で干渉し合うような場合に、干渉検知を行ない、自動的に空いている帯域に移行させる「周波数アジリティ機能」など、ZigBee 規格の中でセキュリティや信頼性に富んだネットワークを実現するものになり、ますますその社会的な重要度の高い通信インフラを支える期待が高まっています。

【2007 規格の 2 つのセットを比較】

	2007 FS	ZigBee Pro FS
Frequency Agility		
Fragmentation		
Stochastic Addressing	×	
Source Routing		
Many-To-One Routing		
Link Status		
ID Conflict		

特に、近年のエネルギー需要問題を解決すべく、昨年7月に米カリフォルニア州で検証実験が始まったスマートエネルギー（消費電力節電のための集中管理システム）においては、センサーシステムの核として「ZigBeePRO」を使うことが必須条件になっています。

【「ZigBee PRO」の主な機能】

1) 周波数アジリティ機能 (Frequency Agility)

ZigBee の周波数帯 (2.4GHz) は、無線 LAN やブルートゥース (Bluetooth) などが共用しており、電波が干渉する可能性があります。「ZigBee PRO」では、通信状況を常に把握しており、干渉によって通信状況が悪くなった場合は、コーディネーターがチャンネル変更の指示を出し、干渉しないチャンネルへ移動させて、ネットワークの安定性を高めることができるようになりました。

2) 分割配信機能 (Fragmentation)

ZigBee は 1 回に最大 127 バイトのデータが送信可能ですが、用途 (画像送信等) によっては 127 バイトでは小さすぎる場合もあり、「ZigBee PRO」では、127 バイトより大きなデータを自動的に分割して送信し、受信側で元データに自動的に復元します。この機能により、電子証明書を送付することができ、高度なネットワークセキュリティが可能となりました。

3) ストカスティック・アドレッシング機能 (Stochastic Addressing)

これまでの ZigBee では親機のアドレスから自機のアドレスが決まっていたので、一度接続が完了すると場所を移動させることができませんでした。「ZigBeePRO」のストカスティック・アドレッシング機能によりアドレスが乱数になったのでデバイスの親子関係を意識する必要がなくなり、たとえば、ディスプレイを移動するなど、構成するデバイスの位置移動が楽になりました。

4) ID コンフリクト機能 (ID Conflict)

ZigBeePRO フューチャーセットでは、1つのネットワーク内で16ビット = 65536通りのアドレスをランダムに割り当てますが、万が一そのアドレスが重なってしまった場合、衝突を検出してアドレスを自ら変更することで、衝突を解決する機能が備わりました。

5) ルート・レコード機能 (Source Routing)

ZigBee では、自動的にルートを選択してデータを中継しますが、どのルートを通ったかということがこれまで分かりませんでした。「ZigBee PRO」のルート・レコード機能によって、途中ルートが分かるようになります。

6) メニー・トゥー・ワン機能 (Many-to-one)

ZigBee では、これまで1台ずつ経路を作る必要があったために、端末台数が多いと通信負担が大きく、たとえば、コーディネーター (Coordinator) を中心に6台がつながっている場合は6回の通信確認が必要でした。「ZigBeePRO」のメニー・トゥー・ワン機能は、1回の通信で全端末分の経路が作られるようになりました。

7) リンク・ステータス機能 (Link Status)

Z一般にワイヤレス通信では往路はOKだが、復路はNGというように、片方向だけ電波状態が悪い場合が多くあります。「ZigBee PRO」のリンク・ステータス機能によって、往復路でそれぞれ電波状態の良い経路を選べるようになりました。

5. 他の無線規格との比較

無線 LAN、Bluetooth、そして、ZigBee、ZigBee は多数のデバイス制御に向いている

繰り返しになりますが、ZigBee は、無線 LAN や Bluetooth などと同じ 2.4 ギガヘルツ(GHz)の周波数帯を使う無線通信規格のひとつです。半径数十メートルの範囲で最大伝送速度が毎秒 250 キロビットの無線通信を実現します。同じ低消費電力を特徴とする短距離無線通信規格としては、Bluetooth が先行して知られていましたが、Bluetooth で課題解決できない場合の規格として、ZigBee が生まれたといってもいいでしょう。それは、Bluetooth ではバッテリーがもたない場合も ZigBee ならば維持できるのか、Bluetooth では接続できるデバイス(接続可能ノード数)が 7 つですが、ZigBee ならば 65535 台まで可能でセンサー制御やビルの空調管理等、多数のデバイスとやりとりが出来る点などがあげられます。(もちろん、Bluetooth も ZigBee と違った利点があり、ワイヤレスヘッドセットに向いていて、技術開発も伝送容量の拡大といった方向に向かって開発が進められています。)

下記に、同じ 2.4GHz の帯域を使う無線通信規格の比較をまとめてあります。

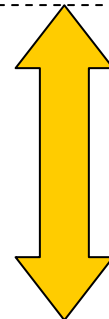
【ZigBee と他の規格】

無線方式	ZigBee	Bluetooth	Wi-Fi(802.11b)
バッテリー	月～年単位	数週間	数時間
接続可能ノード数	65535	7	32
通信距離	～ 100m	～ 10m, 100m	～ 100m
データレート	20～250k bps	700k～2M bps	11M bps
消費電力	50mW	100mW	700mW
セキュリティ	128bitAES	64bit, 128bit	SSID, 802.1x, WEP, WPA
ネットワーク構成 (トポロジー)	スター型、ツリー型、メッシュ型	スター型	スター型、アドホック型
主な用途 (アプリケーション)	モニタリング、制御(セキュリティ、ホーム・オートメーション)	音声(ワイヤレスヘッドセット) 周辺機器	無線 LAN(データ通信、インターネットアクセス)

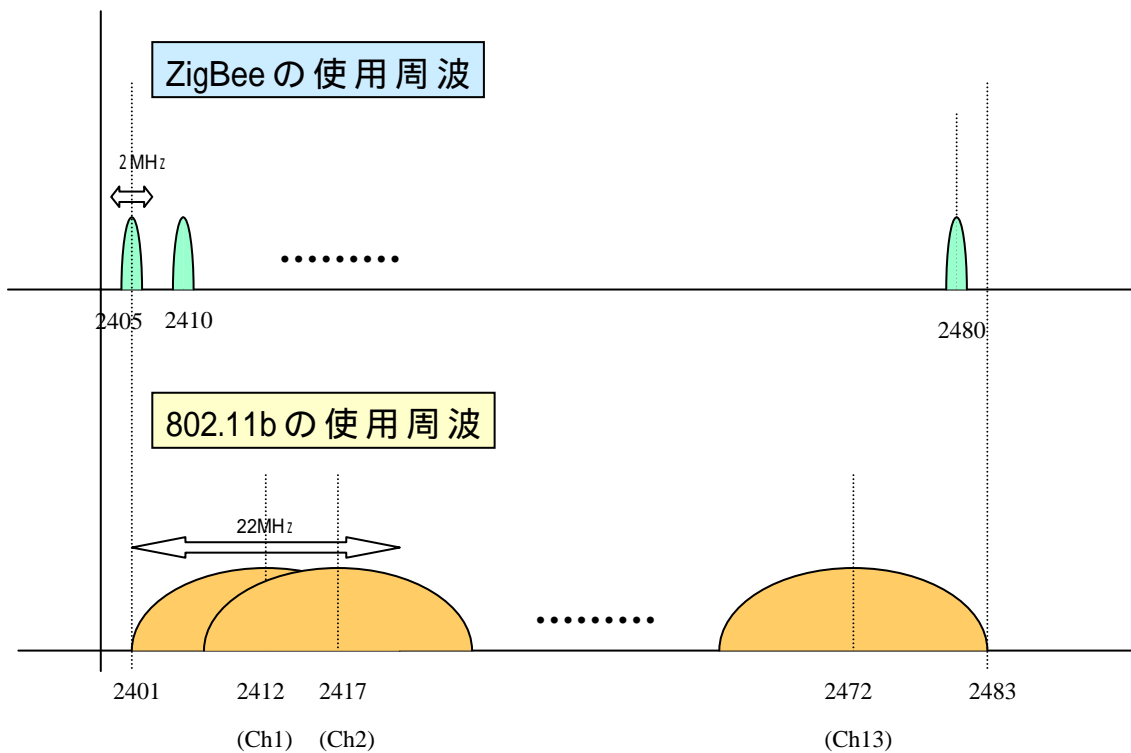
上記のとおり、ZigBee は小容量のデータしか扱えない代わりに、中継機能を持ち、エンドデバイス(端末)においては平均消費電力を低く抑えることができます。また、伝送距離や使用周波数で分類すると下記のようになります。

【伝送距離による分類】

	規格・用途	飛距離
BAN	RF-ID	数 cm
	NFC (Felica etc.)	
PAN	特定小電力 微弱無線	数 m ~ 10m
	UWB	
LAN	Bluetooth,Wibree	数 10m
	ZigBee	
MAN	WiFi	100m 前後
WAN	WiMAX	数 Km
	iBurst	
	3G, 4G	セル方式による面 展開



【使用周波数】



6. 市場、ターゲット

市場について各専門機関のデータより

ZigBee の市場を専門機関はどう分析しているのでしょうか。

UWB チップ / モジュール市場

2006 年 100 万円 2015 年予測 2,000 億円 (2006 年の 20 万倍)

ZigBee コーディネータ・ルータ / エンドデバイス市場

2006 年 910 億円 2015 年予測 1 兆 2,200 億円 (2006 年の 13 倍以上)

((株)富士キメラ総研『2007 ネットワーク構成デバイス & マテリアル市場 (家庭内ネットワーク編)』)

ZigBee 市場

- ・2007 年末から国内でも引き合いが急増中
 - ・モジュールの出荷量が 17 倍に拡大する
 - ・高度なメッシュ型ネットに ZigBee が欠かせない
 - ・日本の ZigBee 市場も 2009 年頃から立ち上がる
- ((株)矢野経済研究所 Yano E plus 2008 年 6 月号)

想定するターゲット

規格団体 ZigBee Alliance はどうみているのでしょうか。

ZigBee は、ホームオートメーション全体をサポート

ZigBee は、家庭エネルギーを機敏に

ZigBee は、先進計測インフラを実現

ZigBee は、エネルギー効率化をサポート

ZigBee は、エネルギーサービスを効率化

ZigBee は、在宅患者モニタリングを実現

なぜ ZigBee なのか？

(2008 年 2 月 ZigBee アライアンス・オープンハウス東京での講演資料はダウンロードできます。

http://www.zigbee.org/en/events/OpenHousePresentations_2008-02-28.asp)

7. おわりに

現在、石油・ガソリンの高騰に見られるエネルギー問題が世界的に取り上げられていますが、その解決策の一つとしてスマートエネルギー (電力管理) があげられますが、その実現を ZigBee がもたらすという期待がかけられているのです。

次回第二回は、「ZigBee のとりくみ」の予定です。