

近距離無線 (総論・Bluetooth)

- 技術委員会監修 -

はじめに

最近の通信ネットワークにおいて、従来のアナログ電話回線やISDNを使用してきたナローバンドからブロードバンドに変わることによって 1Mbps 以上の高速大容量のデータが常時インターネット上を流れ、世界の情報が瞬時に手元に届けられるようになり情報という観点から見て世界が非常に狭くなったということが実感でき、その中で無線が果たす役割も大きくなってきている。

総論

近距離無線とは、数百メートル以内をカバーする無線と定義できる。

近距離無線はその通信距離により、無線 PAN(Personal Area Network 通信距離...10m レベル)と無線 LAN (Local Area Network 通信距離...100m レベル)に分けられる。

また近距離無線については、いろいろな規格がその目的別に規格化されているが、通信距離及び通信速度に特徴がある。ここではその通信距離及び通信速度を軸として順番に説明を行う(表1に近距離無線の仕様一覧を載せる)。

表1 近距離無線の仕様一覧

名称	周波数帯	通信速度	通信距離	主なアプリケーション
RFID	135kHz/ 13.56/433/860MHz他	64 ~ 128kbps	~ 3m	非接触型 IC カードや IC タグ
ZigBee	868/915MHz /2.4GHz	250kbp	10 ~ 70m	低速・低コストで空調・防犯装置・照明装置、最近では RF リモコン
Bluetooth	2.4GHz	1M/3Mbps	10 ~ 100m	携帯電話・PDA 等モバイル機器間通信、音声無線送信に利用
(Wibree)	2.4GHz	1Mbps	10m	腕時計・無線キーボードなどの小型・安価な製品の利用に最適
無線 LAN	2.4GHz/5GHz	11M/54Mbps /(300Mbps)	30 ~ 100m	PCやPDAなどモバイル端末間でのデータ転送
UWB	3.1GHz ~ 10.6GHz	数百 M ~ 数 Gbps	10m	大容量データの高速伝送が可能であり、高解像度ディスプレイ端末への大容量映像データの転送

1. RFID(Radio Frequency Identification)

従来の商品に取り付けられている商品タグのバーコードに代わるものとして流通業界で期待されているシステムであり、商品そのものに 1mm 角以下の IC タグを貼り付けその IC タグに設定された情報を RFID の読み取り装置 (RFID リーダ)を通じて読み取り、在庫管理から個々の商品の特定までを行うことができる。最近では、「Suica...JR 東日本が運用」「Edy...ビットワレットが運用」で有名な IC カードによる電子マネーシステムの方が良く知られている。RFID の特徴を以下 ~ に示す。

使用周波数帯は、13.56MHz を使用するシステムが一般的であるが、その他に 135kHz/433MHz/

860MHz/2.45GHzという周波数を使用するシステムも存在する。

通信速度は、64～128kbpsときわめて遅い。

通信距離は、～3mときわめて近傍に限られている。

使用アプリケーションは、非接触型 IC カードや IC タグであり、IC カードではすでに認知度が高い電子マネーシステムに使用されている。

標準化・規格化は、ISO/IEC 18000 で行われている。

2. ZigBee

ジグザグに動く(Zig)ミツバチ(Bee)を組み合わせた造語であり、情報をミツに例え、ミツバチが周辺からミツ(情報)を収集してくるイメージでホームオートメーション及びファクトリーオートメーションのセンサネットワークとして ZigBee アライアンスという業界団体が検討している規格である。

すでに、Bluetooth が規格化された後で検討を開始した規格であるので、Bluetooth よりも省電力、低コストを目的としており、電池交換なしで数ヶ月から数年動作させることで検討を進めている。

ZigBee の特徴を以下 ～ に示す。

使用周波数帯は、2.4GHz を使用するシステムが一般的であるが、その他に 868MHz /915MHz という周波数を使用するシステムも存在する(欧州、米国)。

通信速度は、250kbps と遅い方である。

通信距離は、10～70m と短い方である。

使用アプリケーションは、低速・低コストで空調・防犯装置・照明装置の ON/OFF を最初は検討していたが最近では低消費電力を生かして RF リモコンに採用されるなどアプリケーションの幅が増えてきている。

標準化・規格化は、IEEE802.15.4 で行われている。

3. Bluetooth

10 世紀にノルウェーとデンマークを話し合いで平和的に統一したデンマークのバイキング王 King Harald Bluetooth(青歯王)にちなんで、乱立する近距離無線規格を統一したいという願いを込めて スウェーデンのエリクソン社が提唱したと言われている。Bluetooth SIG(1998 年ノキア、エリクソン、インテル、東芝、IBM の 5 社で結成した)において規格内容の検討が行われている。

また、フィンランドの Nokia が提唱した無線規格 Wibree は今後 Bluetooth 規格に盛り込むことが 2007 年発表されている。Wibree は、それまでの Bluetooth と比べ、低消費電力、低コスト、小型といった特徴がある。

Bluetooth の特徴を以下 ～ に示す。

使用周波数帯は 2.4GHz。

通信速度は、1M/3Mbps と近距離無線の中で中間の速度といえる。

通信距離は、10～100m と近距離無線の中で中間の距離である。

使用アプリケーションは、携帯電話・PDA 等モバイル機器間通信、音声無線送信に利用されており最近ではゲーム機の無線コントローラにも使用されている。

標準化・規格化は、IEEE802.15.1 で行われている。

4. 無線 LAN(Local Area Network)

現在、企業の各職場、家庭で使用されている LAN の一つであり、直線で 100m から 300m まで通信距離があり LAN ケーブルを張り巡らせる必要がなく設置場所の自由度が高いという特徴から、今主流の LAN といえる。

無線 LAN の規格化の変遷について以下に示す。

1999 年 IEEE802.11b (2.4GHz の周波数帯を使用し 11Mbps の通信速度を持つ規格)と IEEE802.11a (5GHz の周波数帯を使用し 54Mbps の通信速度を持つ規格)を策定。

IEEE802.11b は通信速度が遅く IEEE802.11a は周波数帯が 5GHz と高いが日本では電波法で使用できない周波数帯も存在したため機器としては双方の特徴を生かす意味で IEEE802.11a/b 両方をサポートする方式が主流となったが、両方の規格をサポートするためにチップコストが高く普及には時間がかかるといわれていた。

しかし、2001 年 IEEE802.11g (2.4GHz の周波数帯を使用し 54Mbps の通信速度を持つ規格... IEEE802.11a と同じ OFDM 方式を採用)を策定。機器としては IEEE802.11b/g 両方をサポートする方式であるが、IEEE802.11g は IEEE802.11b の上位互換性を持つ規格であるためチップコストも削減され無線 LAN 普及に拍車がかかることとなった。

2007 年、さらに通信速度を向上させた IEEE802.11n 規格(通信速度:100Mbps 以上 300Mbps まで)を策定中であり、現在 DRAFT の規格ではあるが対応機器がすでに出現している。

無線 LAN の特徴を以下 ~ に示す。

使用周波数帯は 2.4GHz/5GHz

通信速度は、11M/54Mbps/(300Mbps)と近距離無線としての通信速度は非常に早い方といえる。

通信距離は、30 ~ 100m であるが、見通しがよければ 300m まで通信距離があり、近距離無線の通信距離としては長い方と言える。

使用アプリケーションは、PC や PDA などモバイル端末間でのデータ転送として一番標準的に使用されている LAN といえる。

標準化・規格化は、IEEE802.11 で行われている。

5. UWB(Ultra Wide Band)

UWB は、もともと 1980 年代米国国防総省の軍事技術(レーダ技術)として研究されてきたものであった。しかし冷戦終結後米国は軍事技術を民間へ開示・展開することとなり、1994 年 UWB の軍事機密扱いの制限撤廃、2002 年 FCC(米国連邦通信委員会...Federal Communications Commission)における民間での利用許可認定を受けて、UWB の民間での利用促進が図られてきた。

いままで、無線通信を行う場合の一番の課題は他使用電波との干渉であり、また電波の有効利用を促進するために周波数のバンド幅を制限して使用するのが一般的であった。しかし、UWB はこれまでの発想の逆転を図り、データの高速度大容量転送を行うためには幅広いバンド幅が必要であり他の無線通信が使用している周波数帯でも干渉等問題なく使用できるために無線信号出力をノイズレベル以下に限定する仕様とした。また無線信号出力をノイズレベル以下に限定したために通信距離は必然的に短くなった。

UWB の特徴を以下 ~ に示す。

使用周波数帯は 3.1GHz ~ 10.6GHz と非常に広い。

通信速度は、数百 M～数 Gbps と非常に早い。

通信距離は、10m と非常に短い。

使用アプリケーションは、大容量データの高速度伝送が可能であり、高解像度ディスプレイ端末への大容量映像データの転送が考えられている。

標準化・規格化は、IEEE802.15.3a と IEEE802.15.4a で行われている。

次に各通信規格の関係を分かりやすく図で表したのでその説明を行うことにする。

図1に近距離無線技術 各技術に対する通信距離と通信速度関係図を示す。

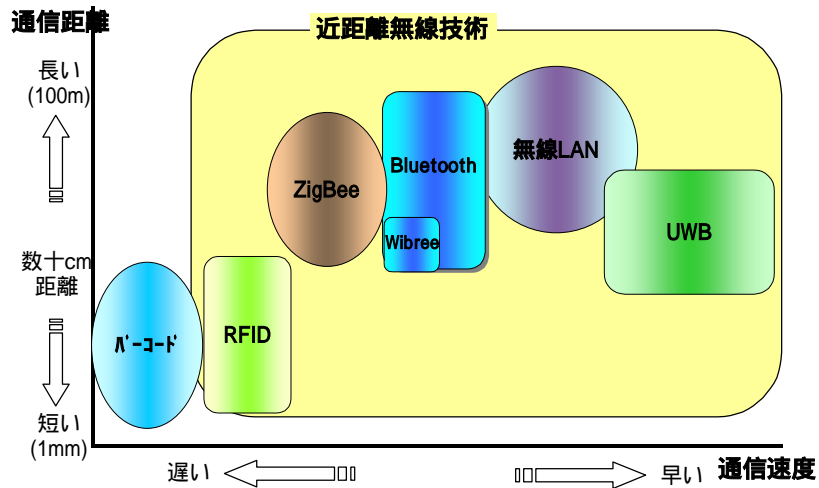


図1 近距離無線技術
各技術に対する通信距離と通信速度関係図

RFIDの通信距離は短く通信速度も遅い、そして ZigBee、Bluetooth、無線LAN と順次通信距離が長くなり通信速度も早くなる。しかし UWB だけは別格であり通信距離は短いが通信速度は非常に早い規格となっている。

図2に近距離無線技術 各技術に対する消費電力と通信速度関係図を示す。

RFIDは通信速度が遅く同時に消費電力も低い。また、ZigBee、Bluetooth、無線LAN、UWBと通信速度が早くなるに従って、消費電力も高くなる。

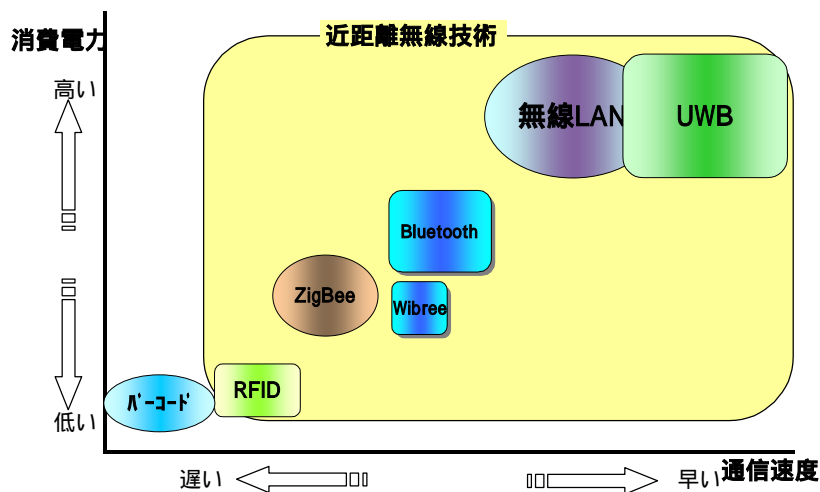


図2 近距離無線技術
各技術に対する消費電力と通信速度関係図

つまり基本的に通信速度の早い規格は通信距離も長く消費電力も高い関係にある。(UWB だけはその性格上通信速度は早いが無線距離は短い。)

以上、各通信規格について述べてきたが、各通信規格はそれぞれの特徴を生かしながらそれぞれの市場にあった規格化をおこなって市場形成をおこなってきている。中には他の無線規格と競合してきている規格も存在するが(例えば ZigBee と Bluetooth)、今後自由な競争をおこなっていく中で自然に市場と各無線規格との関係は整理されていくと考えられる。

Bluetooth

次に、近距離無線の一例として Bluetooth についてももう少し詳しく述べたいと思う。

1. Bluetooth 規格化の推移について

Bluetooth の規格化の進展がどのようになされたかを表すために表 2 に Bluetooth 改訂履歴を示す。

1999 年 Bluetooth V1.0 の策定がされた。当初は Bluetooth が近距離無線において世界を統一する標準規格となり、そのため Bluetooth の IC チップも量産効果で低価格となり、Bluetooth 規格を持つ製品で世界が埋め尽くされるという期待で世界中が湧きかえったが、規格内容が厳密でなくメーカー間の互換性がとれなかったため Bluetooth SIG が想定したような展開とはならなかった。(その後しばらくの間、Bluetooth は低迷することになる。)

しかし、2002 年に Bluetooth の問題改善版 V1.1 が出て、メーカー間の互換性を確保することができた。

さらに、2003 年には Bluetooth V1.2 により無線 LAN との電波干渉防止と SCO(Synchronous Connection Oriented)の追加等 Bluetooth の基本規格が完成すると、当初 Bluetooth SIG が考えていた携帯電話におけるハンズフリーフォン等に Bluetooth が積極的に使われるようになり、徐々に Bluetooth 対応製品が増加していった。

また 2004 年には Bluetooth V2.0+EDR(Enhanced Data Rate)の規格が策定され、それまで通信速度として最大 1Mbps という規格であったがユーザからの高速化の要望により通信速度を 2Mbps、3Mbps と上げた規格を追加していった。

さらに 2007 年には Bluetooth V2.1+EDR(Enhanced Data Rate)の規格が策定され、従来ユーザから課題として投げかけられていた「Bluetooth 端末は電池寿命が短い」という声に答える形でワイヤレスマウス、ワイヤレスキーボード等に対する超低消費電力通信仕様を追加した。また、これは RF リモコンという新しいアプリケーションに対して Bluetooth も対応できることを示すこととなった。

表 2 Bluetooth 改訂履歴

Bluetooth バージョン	策定年	内容
Bluetooth V1.0	1999	初期バージョン
Bluetooth V1.1	2002	バージョン 1.0 の問題点改善
Bluetooth V1.2	2003	無線 LAN との混信防止追加 SCO(Synchronous Connection Oriented)の追加 等
Bluetooth V2.0+EDR (Enhanced Data Rate)	2004	従来より 3~4 倍の通信速度である 2Mbps、3Mbps の通信仕様を追加
Bluetooth V2.1+EDR (Enhanced Data Rate)	2007	ワイヤレスマウス、ワイヤレスキーボード等 に対する超低消費電力通信仕様を追加

2. Bluetooth の特徴について

以下、Bluetooth としての特徴を 4 項目に分けて述べる。

Class

Bluetooth には Class という概念が存在する。表 3 に Bluetooth の Class の規格を示す。

表にあるように Class1 は電波強度が 100mW で通信距離が 100m となっており、Class2 になると電波強度が 2.5mW

で通信距離が 10m となっている。さらに Class3 になると電波強度が 1mW で通信距離が 1m と極端に通信距離が短くなっている。このように Class によって電波強度の規格を設定することで、適切な通信距離に適切な消費電力となるように設定できるようになっている。

データ通信と音声通信

Bluetooth が他の無線通信方式と大きく異なることはデータ通信と音声通信の双方を最初からサポートしているところにある。

データ通信用として ACL(Asynchronous Connection Less)リンクと、音声用として SCO(Synchronous Connection Oriented)リンクを持ちそれぞれのリンクでデータと音声別々の通信を行うシステムになっている。

データ通信は最大通信速度として 対称通信の場合...432.6kbps 非対称通信の場合...721kbps の能力を持つ。音声通信については最大通信速度として 64kbps の能力を持っている。また、以上の仕様は V1.2 の場合であり V2.0+EDR では非対称通信として最大 2.1Mbps と V1.2 と比較すると最大 3 倍の通信速度を持つ。

ネットワークの構成

ここでは、Bluetooth の特徴の1つであるネットワークについて説明を行う。

Bluetooth ネットワークはマスタ(Master)とスレーブ(Slave)で構成されており、1つのマスタに対して7つまでのスレーブが許されるネットワークとなっている。このネットワークをピコネット(piconet)と呼んでいる。このネットワークの中でスレーブはマスタとしか通信できないシステムであり、スレーブ同士は通信不可能とされている。

また、ピコネットを複数接続するネットワークも考えられており、スキッターネット(scatternet)と呼んでいる。スキッターネットは 8 つまでのピコネットを接続することができる。この場合、ピコネットでマスタとなっている Bluetooth 機器がスキッターネットに接続された場合スレーブとして機能することとなる。(但し、マスタ1つに対してスレーブは最大7つという関係は変わらない。)

他の通信方式との電波干渉対策

また、Bluetooth は ZigBee や無線 LAN と同じ周波数帯 2.4GHz(ISM バンド)を使用している。そのため他の通信方式がその周波数を使用していると無線電波が干渉することにより通信ができなくなることが考えられる。そこで Bluetooth では FH-SS(Frequency Hopping Spread Spectrum)機能を用いて電波干渉を防止している。FH-SS 機能とは、日本語に直すと周波数ホッピングスペクトラム拡散方式となり、周波数を定期的に切り替えて他電波干渉を防止する方式である。具体的には信号の周波数帯域幅を 1MHz とし最大 79 チャンネル分の中で周波数を最初に設定したパターンで各チャンネルに切り替えている。このような方式をとることにより、他の無線電波が使用していない周波数を探しながら電波干渉をおこさず効率的な通信ができるように考えられている。

表 3 Bluetooth クラス

クラス	電波強度	通信距離
Class 1	100mW	100m
Class 2	2.5mW	10m
Class 3	1mW	1m

3. Bluetooth ブロック図及び Bluetooth に使用される水晶製品とその仕様例

次に図 3 に Bluetooth のブロック図(例)を示す。

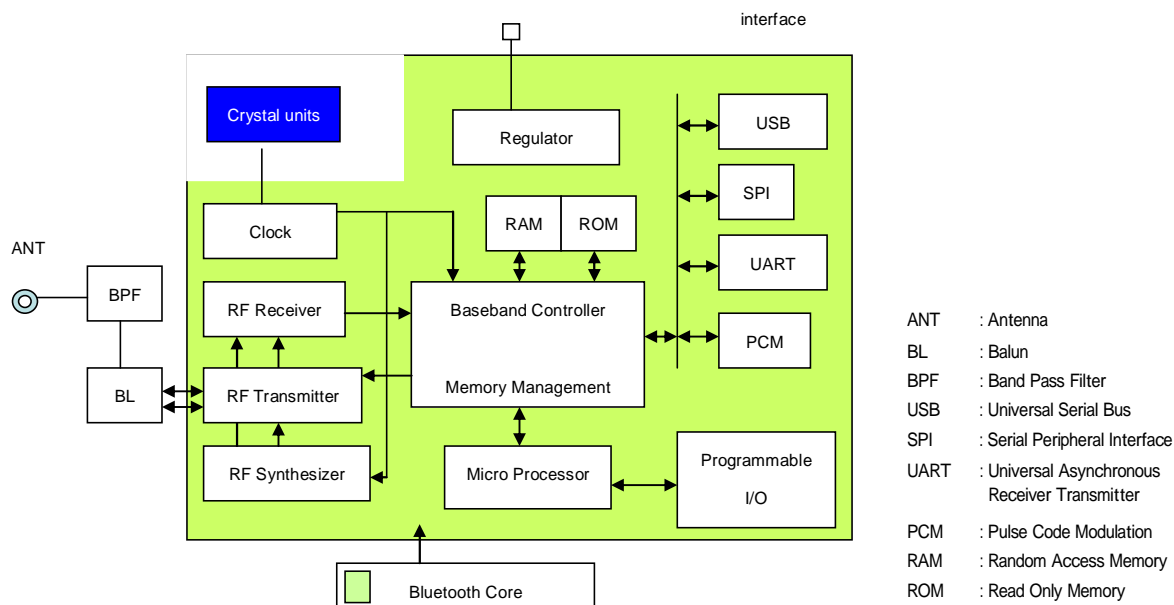
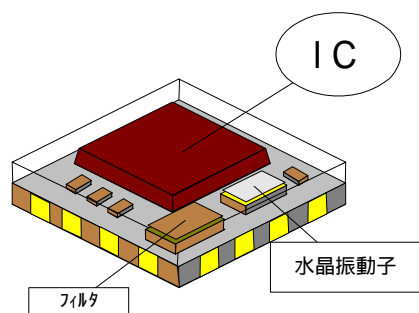


図 3 Bluetooth ブロック図(例)

Bluetooth 信号はアンテナ(ANT:Antenna)とフィルタ(BPF:Band Pass Filter) を通り、バラン(BL:Balun)で電気信号の平衡不平衡変換を行い、RF 送受信機で変調された信号からデータを読み取り、そのデータをマイコンで解釈しそれぞれのインターフェースに解釈したデータの内容を送信する処理を行っている。またこのとき電気信号の同期をとるために高精度の基準信号が必要なため、外部に接続された水晶振動子と発振回路から決められたクロック信号を出力し、RF シンセサイザーにて基準信号を発生させている。

図 4 に Bluetooth のモジュール図と実際の写真(例)を示す。



Bluetooth モジュール図



Bluetooth モジュール写真(例)

図 4 Bluetooth モジュール

モジュール図及び実際の写真(例)を見れば分かるように、Bluetooth モジュールは Bluetooth チップ(1 個)と水晶振動子(1 個)及びその他数個の素子からなっている。このように Bluetooth モジュール構造はかなりコンパクトとなっており、Bluetooth のモジュールを設計する場合は、Bluetooth の IC チップとその IC チップに最適な水晶振動子を選択し、モジュールのレイアウトを行うことになる。

また表 4 に Bluetooth 用水晶振動子仕様例を載せる。

現在、Bluetooth に使用できる周波数は IC チップによって異なるがおよそ 10MHz から 36MHz の範囲で設定されている。しかし、実際に使用されている周波数としては 26MHz 及び 32MHz が多く使用されている。この周波数を決定する方法については水晶振動子の入手の容易性、水晶振動子の発振の安定性、低消費電力等の要素を勘案して、各メーカーが個別に選定している。また、高精度

の基準クロックが必要なため水晶振動子の周波数偏差は $\pm 20 \times 10^{-6}$ (-20 から 70 において常温での偏差も含む)となっている。さらに水晶振動子のサイズは現在サイズの大きい方から 5.0 × 3.2mm、4.0 × 2.5mm、3.2 × 2.5mm の製品が使用されているが、今後モジュールの小型化が進み水晶振動子は 2.5 × 2.0mm、2.0 × 1.6mm、1.6 × 1.2mm の製品が使用されていくと考えられる。

表 4 Bluetooth 用水晶振動子仕様例

項目	仕様	
	現状	将来
サイズ	5.0 × 3.2mm	2.5 × 2.0mm
	4.0 × 2.5mm	2.0 × 1.6mm
	3.2 × 2.5mm	1.6 × 1.2mm
公称周波数	26, 32MHz	
周波数偏差	$\pm 20 \times 10^{-6}$ 以内 - 20 ~ + 70	
周波数温度特性		

4. 今後の Bluetooth の展望について

先ほども述べたが、Bluetooth SIG は 2007 年 6 月に低電力の通信規格である Wibree の機能を Bluetooth 規格の一部に含めることを発表し、2007 年 7 月には Bluetooth ULP(Ultra Low Power)の一部の機能(Wibree の機能)を取り入れた Bluetooth V2.1+EDR(Enhanced Data Rate)を策定した。この仕様により RF リモコン市場への対応を検討している。(RF リモコン市場では ZigBee に先行されたが V2.1+EDR で巻き返しを考えている。)

さらに 2008 年予定の新バージョン(Bluetooth V3.0)では UWB を使った高速版 Bluetooth が盛り込まれることになっている。

このように、当初は携帯電話向けの限られた能力を持つ規格であった Bluetooth であったが、低電力が必要であるとすると Wibree の機能を盛り込み、通信速度が遅いと言われると UWB の機能を盛り込み、乱立する近距離無線規格を統一したいという Bluetooth の最初の理念に沿って規格を順次拡張することによりユーザからの要求に答えようとしている。今後も Bluetooth は、ユーザの声を聞きながら機能の拡張をおこなって発展していくと考えられる。

(エプソントヨコム株式会社 遠藤 秀男)

[補足] 2.4GHz の共通周波数帯と IEEE802 について

無線 LAN、ZigBee、Bluetooth の使用周波数帯で 2.4GHz が共通しているが、これは 2.4GHz 帯は ISM(Industry, Science, and Medical)バンドといって産業、科学、医学用に国際的に割り当てられた周波数帯であり、認可申請が必要なくだれでもが使用できるとされている。そのために無線通信を行う規格はこの周波数帯を使用するものが多く、無線通信間の干渉を如何に避けるかが各無線通信規格を策定する上でのポイントの一つになっている。

無線 LAN、ZigBee、Bluetooth、UWB の規格には IEEE802 の語句が共通しているが、これは IEEE802 委員会(米国電気電子技術者協会...The Institute of Electric and Electronic Engineers が 1980 年に有線 LAN の標準化を行うために設立)が 1999 年に無線 LAN の世界標準化(IEEE802.11b)を行った勢いもあり、その後の無線通信の規格について米国の IEEE802 委員会が中心となり標準化の策定をおこなってきた経緯による。