

# 超高速無線で実現されるユビキタス世界

Ubiquitous World Realized by Superhigh-Data-Rate Wireless Systems

庄木 裕樹      尾林 秀一      正畑 康郎

■ SHOKI Hiroki      ■ OBAYASHI Shuichi      ■ SHOBATAKE Yasuro

IEEE802.11n(米国電気電子技術者協会規格 802.11n)やUWB(Ultra Wide Band)など、伝送速度が100 Mビット/sを超える超高速無線伝送システムが実現されようとしている。更に、2010年過ぎには、1Gビット/sを超える伝送速度が実現できると考えられる。

ここでは、まず、このような超高速化に向けた無線システムの標準化動向について、セルラ、MAN(Metropolitan Area Network)、LAN(Local Area Network)、PAN(Personal Area Network)といったカバレッジエリアごとに紹介する。次に、ユーザーの視点から、超高速無線が映像伝送や高速データ転送などの点で魅力的なものであることを示す。最後に、超高速無線に向けた東芝の技術開発の取組みについて述べる。

Superhigh-data-rate wireless systems with a capacity exceeding 100 Mb/s, such as the IEEE802.11n wireless local area network (WLAN) system and ultra wide band (UWB) systems, will be standardized and widely used within several years. Moreover, wireless systems with significantly higher rates of more than 1 Gbit/s may be in operation from 2010 onwards.

This paper first introduces the trends in standardization of wireless systems such as cellular, metropolitan area network (MAN), local area network (LAN), and personal area network (PAN) systems. Next, the real benefits for users of these wireless systems are explored. Applications for audio-video transmission and high-rate data transfer will be very attractive for future users. Finally, Toshiba's approach to research and development in this field is described.

## ユビキタス社会の実現に向けた無線伝送システム高速化への流れ

携帯電話は、1979年に自動車電話としてサービスが開始されたときには端末の質量が2kg以上あり、利用者もごく少数であった。しかし、その後の研究開発により小型・軽量化が進み、現在の端末は数十g程度のポケットに入るサイズになった。その結果、わが国の加入者数も総人口の70%にあたる9,000万人を超え、広く普及している。

一方、1990年を過ぎて公衆無線がデジタル化の時代に入り、その後、インターネットの普及とともにデータ通信への要求が強くなり、また、コンテンツが高度化するに伴って、無線通信の伝送速度が急激に高速化されている。例えば、1999年にサービスが開始されたiモードは9.6 kビット/sであったが、2006年にサービス開始予定のHSDPA(High Speed Downlink Packet Access)

では、最大14.4 Mビット/sの伝送速度が提供され、ここ7年間で伝送速度が1,000倍以上高速化されることになる。このような高速化により、携帯端末は音声通話だけのものから、テレビ電話やインターネットによるマルチメディアサービスを受けられるものに変化し、これによって広く社会に受け入れられるものになった。この高速伝送化の流れは、携帯電話に限らず、無線LANや固定無線アクセスの世界でも同様である。このような流れは今後も続き、第4世代無線通信(IMT(International Mobile Telecommunications)-Advanced)では、固定及び歩行環境で1Gビット/s、車など高速移動環境で100 Mビット/s以上の伝送速度<sup>(1)</sup>を実現することを目標としている。

このような状況を背景として、今後の無線システムは、総務省の提唱するu-Japan(ubiquitous-Japan)構想<sup>(2)</sup>のように、“あまねく存在する(=ユビキタス)”

ネットワークやコンピュータ群を利用し、位置やその時の状況に合った情報の提供、交換、共有を可能にする社会を実現することを目標として、更に進歩すると考えられる。

この進歩をけん引する技術として、次のようなものを挙げることができる。

- (1) 無線ネットワークの高性能・高機能化技術
- (2) ストレスなくシームレスに利用できるようにするためのソフトウェアアプリケーション技術
- (3) 安心かつ安全に利用するためのセキュリティと認証技術
- (4) 様々な使用環境に適応させるためのデバイス技術と端末技術

特に、無線ネットワークの高性能・高機能化技術が、マルチメディア無線によるユビキタス社会を実現するためのキー技術と言える。

この特集では、このような無線システムの高速伝送化の流れのなかで、100 M

ビット/sを超える“超高速無線”に焦点を当て、ユーザーの視点に立った利用価値を考え、その標準規格化と技術動向、及び東芝の取組みについて述べる。

## 超高速無線システムの標準規格化動向

無線システムの標準規格化動向を図1に示す。

### セルラ

第3世代移動通信の標準化団体である3GPP (3rd Generation Partnership Project)<sup>(3)</sup>などにおいて、高速伝送の議論が継続的に進められている。例えば、第3.5世代として、下り回線を最大14.4 Mビット/sとするHSDPAなどを規格化した。更に、第4世代無線通信を意識した高速化(下り回線100 Mビット/s, 上り回線50 Mビット/s)の議論が3GPP LTE (Long Term Evolution)で行われている。

### MAN

米国電気電子技術者協会(IEEE)のIEEE802.16ワーキンググループ<sup>(4)</sup>(WG)で、固定ワイヤレスアクセス(FWA: Fixed Wireless Access)の標準規格が議論されている。特に、モビリティ機能を追加し、最大75 Mビット/sを実現する802.16eが2005年12月に承認された。また、802.16に準拠したブロードバンドワイヤレスネットワークの普及と利用促進を行うために、2001年に非営利団体のWiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) Forum<sup>(5)</sup>が結成された。

一方、802.20のWGにおいては無線アクセスシステムを移動系へ拡張したシステム(MBWA: Mobile Broadband Wireless Access)<sup>(6)</sup>の標準規格化を検討している。2005年11月の会合から活動が活発化しており、802.16eの対抗技術として注目を集めそうな情勢である。

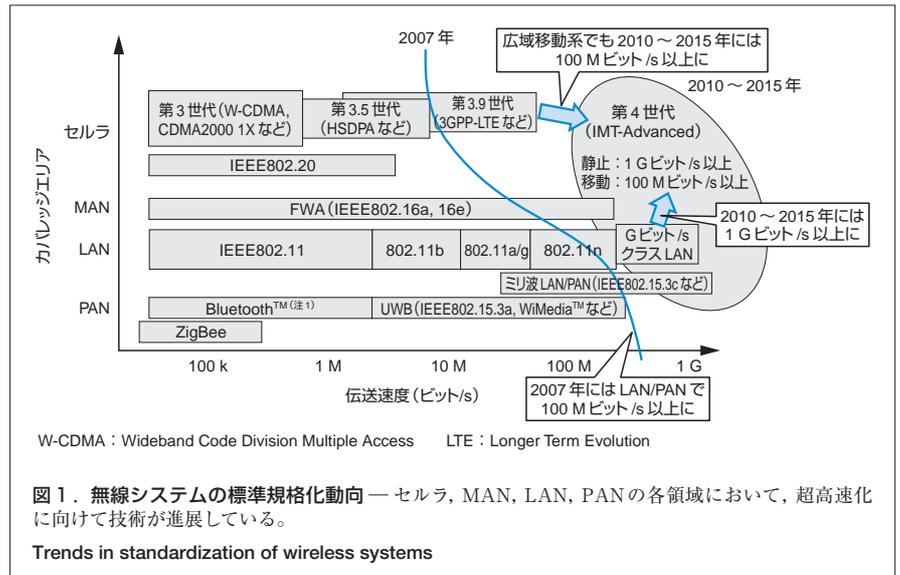
### LAN

無線LANの標準規格はIEEE802.11 WG<sup>(7)</sup>で議論されており、最近の注目は、100 Mビット/s以上を実現する標準規格の802.11nに集まっている。高速伝送を実現するためにMIMO(Multiple Input Multiple Output) (囲み記事参照)という技術を適用することが特徴である。将

来は1 Gビット/sを超える無線LANの標準規格が検討されると予想される。

### PAN

UWB(Ultra Wide Band) (囲み記事参照)による高速伝送の標準規格化がIEEE802.15のタスクグループ3a<sup>(8)</sup>(TG3a)で議論されていた。UWBは、他の無線システムに干渉しないレベル



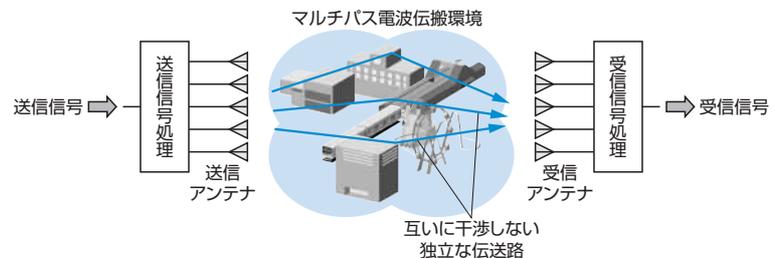
## 高速伝送のための要素技術：MIMO

電波伝搬路に対して入力(送信アンテナ)も出力(受信アンテナ)も複数あることからMIMOと呼ばれる。

反射や回折などが多く存在するマルチパス環境において、互いに干渉しない独立な電波伝搬経路(伝送路)が存在する。この各伝送路により異なる信号を並列伝送すれば、同一周波数を利用しているにもかかわらず、

並列伝送路の数だけ高速化が可能となる。見いだせる独立な伝送路の数は送受信アンテナ数(送受信アンテナの少ないほうの数)に関係し、原理的にはアンテナ数が増えればそれだけ高速化が可能である。

MIMOを実現するには高速な演算処理が必要であったが、近年のデジタルLSI技術の発達がそれを可能にした。



MIMOの概念 — 干渉しない独立な伝送路に異なる信号を伝送することにより高速化を図る。

(注1) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.の商標。

以下に信号強度を抑え、その代わりに広帯域な信号を用いることが特徴である。米国連邦通信委員会 (FCC) によって2002年2月に3.1～10.6 GHzの周波数帯域が認可されてから、民生用の高速伝送技術として注目された。802.15.3aでは、10 m程度の伝送範囲で最大480 Mビット/sを目標としている。その標準規格の候補として、MB-OFDM (MultiBand Orthogonal Frequency Division Multiplexing) と DS-UWB (Direct Sequence UWB) の2方式が提案されていたがまとまらず、残念ながら、2006年1月の会合において802.15.3aの解散が決まった。ただし、この中でMB-OFDM方式を採用したワイヤレスUSB (Universal Serial Bus) については、WiMedia™<sup>(注2)</sup> Alliance

で標準化作業が進められている。

一方、ミリ波帯 (60 GHz帯) を用いた無線PANシステムの標準規格がIEEE802.15のTG3c<sup>(8)</sup>で検討されている。10 mで1 Gビット/s以上の伝送速度が目標であり、免許不要な広い帯域 (国内では59～66 GHz) が使えることや、マイクロ波帯UWBで問題となる他システムとの干渉の問題がない利点がある。

国内の標準化活動として、セルラ系とMAN系については(社)電波産業会 (ARIB) 主催のモバイルITフォーラム (mITF)<sup>(9)</sup>、LAN系とPAN系 (MANも一部含む) については同じくARIB主催のマルチメディア移動アクセス (MMAC)フォーラム<sup>(10)</sup>において、調査、海外標準化団体との調整、国内規格の

検討などを行っている。

## 超高速無線で何ができるか

前述したように、無線技術は超高速化に向けて急激に進歩している。では、超高速無線はユーザーにどのような“驚きと感動”を与えるのであろうか。今までの無線技術の進歩は、キャリア間の加入者獲得競争や各国の行政政策が大きく影響を与えてはいたが、「いつでも、どこでも、だれとでも電話ができる」という驚きを提供していたからこそ発展してきたと言える。今後も継続的に発展するためには、それとは異なる驚きと感動をユーザーに提供するのでなければならない。

図2に示すように、前述の標準規格化動向から、無線の伝送速度は2007年ころに100 Mビット/sの壁を超え、2010年過ぎには1 Gビット/sの壁を超える。このときにユーザーが享受するメリットとして、以下のようなことが考えられる。

### 100 Mビット/sを超えた2007年の無線の世界

現在の無線LAN (IEEE802.11a/g) の無線区間の最大伝送速度は54 Mビット/sであるが、実際の環境での実効的な伝送速度は30 Mビット/s以下になることが多く、ハイビジョン映像を1ストリームだけ伝送できる程度である。

一方、現在標準規格化が進展している802.11nでは100 Mビット/s以上の伝送速度となり、オプションとして最大数百Mビット/sの通信モードまで実現できる可能性がある。このように、無線区間の最大伝送速度が高まると、ハイビジョン映像の複数ストリームを無線伝送することが可能になる<sup>(11)</sup>。最大伝送速度を上げられる能力を無線伝送の距離の伸張に活用することも、適用の方法によっては可能となる。

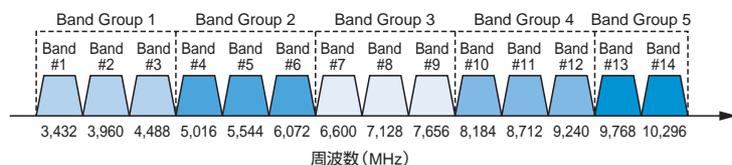
また、オフィスでは有線系での100BASE-Tと同等の速度でファイル転送などが行え、無線LANが適用可能

## UWBの二つの方式：MB-OFDMとDS-UWB

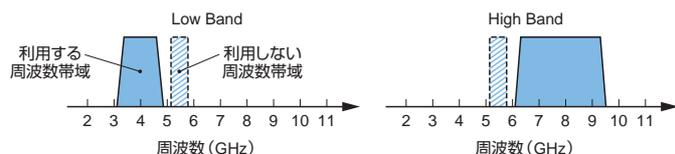
UWBとは、超広帯域を利用する通信技術で、FCCの規定では、10 dB比帯域幅が中心周波数の20%以上、又は500 MHz以上の帯域幅を使用する無線通信、と定義されている。また、送信される信号は雑音程度の強さしかないため、同じ周波数帯を使う無線機器と混信することがなく、消費電力も低いという特長がある。

IEEE802.15.3aにおける標準規格の議論のなかで、図に示すようなMB-OFDM方式とDS-UWB方式が提案されている。

MB-OFDM方式はOFDMを応用したもので、3.1～10.6 GHzの帯域を14バンドに分割し、それを五つの論理チャンネルにグループ化することが特徴である。一方、DS-UWB方式は、インパルス波を送信するインパルスレディオ方式と、そのインパルス信号を拡散するDSスペクトル拡散方式を融合した、ハイブリッド方式である。どちらの方式も、必要に応じて5 GHz帯無線LANなどに干渉を与えない配慮がなされている。



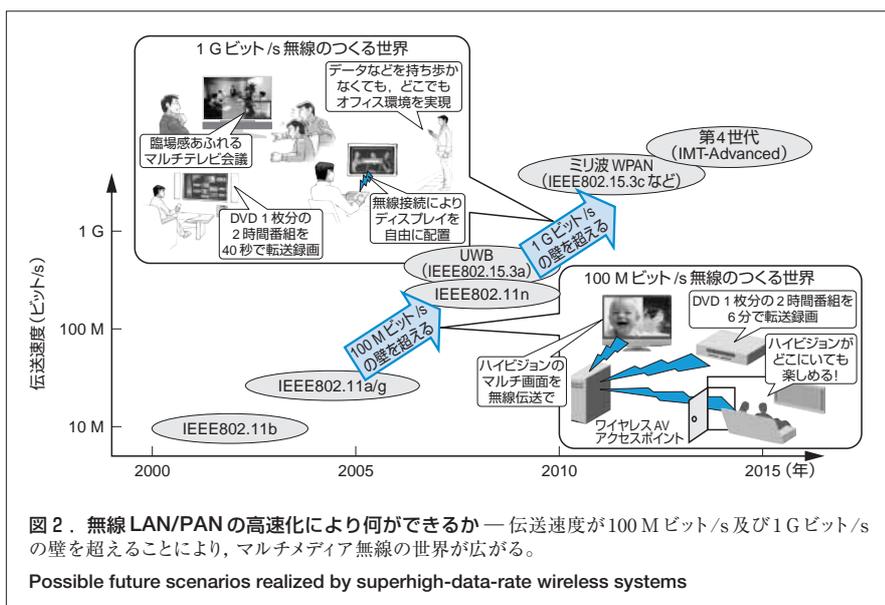
(a) MB-OFDM方式の周波数帯域



(b) DS-UWB方式の周波数帯域

UWBの二つの方式 — MB-OFDM方式とDS-UWB方式が提案されている。

(注2) WiMediaは、WiMedia Allianceの商標。



なアプリケーションやストレスなく利用できるユーザーの数が増える。これにより、Ethernet ケーブルを敷設・維持する手間を減らすことができ、ネットワークのTCO (Total Cost of Ownership) を削減できる。

### 1 Gビット/s を超えた 2010年過ぎの無線の世界

ハイビジョンの非圧縮信号は1.2～1.5 Gビット/s 相当であり、テレビやパソコンのディスプレイへのリアルタイム無線伝送が現実になってくる。それにより、臨場感あふれるテレビ会議やパソコンのディスプレイと本体間の無線による接続、ゲーム機器へのリアルタイム映像伝送などが可能になる。また、データやソフトウェアなどをより高速に無線伝送できる。

### 超高速無線への取組み

無線システムの標準規格化は、100 Mビット/s 又は1 Gビット/s といった無線区間の最大伝送速度を目指して進展している。東芝は、超高速無線技術の迅速な普及を目的に、今まで培ってきた物理レイヤ技術やMAC(Media Access Control) 技術を基礎として、次世代無線システムの標準化活動に積極的に貢献している。同時に、標準規格に組み

入れられた超高速無線技術を実装した製品を、より早く商品化するように開発に取り組んでいる。更に、ユーザーにこれらの技術を提供するときの差異化技術として、電波伝搬やアンテナ、高周波回路、アナログ/デジタル変換器、MIMO アルゴリズム、プロトコルなどの基盤技術も重要であり、これまでの当社の無線技術の資産を更に発展させるべく取り組んでいる。

超高速無線技術の更なる発展には、周波数利用効率の更なる向上が必要になる。この観点から、一般ユーザーにはまだ普及していないミリ波帯の利用を、低コストな無線機を開発することにより促進することが重要である。また、ほかのシステムで使用していない周波数帯域を見いだして利用するコグニティブ無線<sup>(12)</sup>も、周波数利用効率を向上するうえで重要な技術と言える。

当社は、超高速無線システムにかかわる標準化に貢献していくとともに、数多くのユーザーが快適なサービスを安価に受けられるようにするための技術開発に取り組んでいく。

### 文献

- (1) モバイルITフォーラム, “4G モバイルシステム要求条件規定書日本語版 (Ver.1.1)”. <[http://www.mitf.org/public\\_j/archives/4G\\_req\\_v110J.pdf](http://www.mitf.org/public_j/archives/4G_req_v110J.pdf)>, (参照 2006-01-11).

- (2) 総務省, “ユビキタスネット社会の実現に向けた政策懇談会” 最終報告書. <[http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/pdf/041217\\_7\\_bt2\\_all.pdf](http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/pdf/041217_7_bt2_all.pdf)>, (参照 2006-01-11).
- (3) 3GPP. <<http://www.3gpp.org>>, (参照 2006-01-11).
- (4) IEEE802.16. <<http://www.ieee802.org/16>>, (参照 2006-01-11).
- (5) WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) Forum. <<http://www.wimaxforum.org/home>>, (参照 2006-01-11).
- (6) IEEE802.20. <<http://www.ieee802.org/20>>, (参照 2006-01-11).
- (7) IEEE802.11. <<http://www.ieee802.org/11>>, (参照 2006-01-11).
- (8) IEEE802.15.3. <<http://www.ieee802.org/15>>, (参照 2006-01-11).
- (9) モバイルITフォーラム. <<http://www.mitf.org/>>, (参照 2006-01-11).
- (10) MMAC フォーラム. <<http://www.arib.or.jp/mmac/>>, (参照 2006-01-11).
- (11) 総務省, “ワイヤレスブロードバンド推進研究会” 最終報告書. <[http://www.soumu.go.jp/s-news/2005/pdf/051227\\_1\\_4.pdf](http://www.soumu.go.jp/s-news/2005/pdf/051227_1_4.pdf)>, (参照 2006-01-11).
- (12) 大國英徳, ほか, “コグニティブラジオに適した高速空きチャンネル検索方法”. 電子情報通信学会 2005 ソサイエティ大会講演論文集, 札幌, 2005-09, B-17-4. (CD-ROM).



庄木 裕樹  
SHOKI Hiroki, Ph.D.

研究開発センター モバイル通信ラボラトリー主任 研究員, 工博。スマートアンテナ並びに無線システムの研究・開発に従事。電子情報通信学会, IEEE 会員。Mobile Communication Lab.



尾林 秀一  
OBAYASHI Shuichi

研究開発センター モバイル通信ラボラトリー主任 研究員。アンテナ技術, 電波伝搬技術, 及び高周波無線通信システムの研究・開発に従事。電子情報通信学会, IEEE 会員。Mobile Communication Lab.



正畑 康郎  
SHOBATAKE Yasuro, Ph.D.

研究開発センター モバイル通信ラボラトリー室長, 工博。有線・無線ネットワーク及びBluetoothチップセットの研究・開発に従事。電子情報通信学会, IEEE, 情報処理学会, ACM 会員。Mobile Communication Lab.