

## Bluetooth™, IEEE802.11a/b 搭載パソコン

PC with Bluetooth™ and IEEE802.11a/b Wireless Communication Features

中村 憲政

NAKAMURA Norimasa

福島 和哉

FUKUSHIMA Kazuya

廣田 敏之

HIROTA Toshiyuki

Bluetooth™(注1)とIEEE802.11b(米国電気電子技術者協会規格 802.11b)は 2.4 GHz 帯, IEEE802.11aは 5 GHz 帯を使用する無線通信技術である。東芝はマウス, プリンタ, 携帯電話などの低速周辺機器とのケーブルレス接続を実現する Bluetooth™ 搭載パソコン(PC)を製品化する一方, オフィス, 家庭, 公衆無線インターネット接続サービスで広く普及している IEEE802.11b 対応無線 LAN 機能搭載 PC の製品展開も進め, 両機能を搭載した PC も製品化している。

しかしながら, Bluetooth™と IEEE802.11b 方式の無線 LAN は相互に干渉を引き起こし, 同時に動作させると互いのスループットの低下を招く場合がある。また, IEEE802.11b の持つ通信速度(最大 11 Mbps)に対して更なる高速化の要求もあり, 最大 54 Mbps の通信速度と Bluetooth™との共存を実現する, IEEE802.11a 無線 LAN モジュール搭載の期待が高まっていた。

当社は, このたび三種類の通信方式(Bluetooth™, IEEE802.11a/b)に対応したノート PC の実現に成功し, ユーザーのあらゆるニーズに応えることのできる製品が完成した。

Bluetooth™ and IEEE802.11b are wireless technologies utilizing the 2.4 GHz band, while IEEE802.11a is a wireless technology utilizing the 5 GHz band. Toshiba has already shipped notebook PCs with integrated Bluetooth™ technology for low-speed wireless peripheral devices such as mouse, printer, and mobile phone, and/or integrated IEEE802.11b wireless LAN technology enabling Internet access at the office, at home, and in public areas.

As the wireless market grows, the possibility of interference in simultaneous Bluetooth™ and IEEE802.11b operation has become an issue attracting attention and market demand for higher speed Internet access using IEEE802.11a wireless LAN technology has risen.

Toshiba has therefore developed a PC integrating the three wireless technologies (Bluetooth™, IEEE802.11b, and IEEE802.11a) with the aim of solving such issues and satisfying the market demand.

## 1 まえがき

東芝は, 1998年に発足した Bluetooth SIG へのプロモーターとしての活動参加をきっかけとして, PC への無線通信技術搭載への取組みが始まった。一方, 翌年の 99年には, 米国アップル社が当時としては驚異的な戦略価格で, 11 Mbps 対応の IEEE802.11b 無線通信機能を搭載可能にした iBook(注2)を発売し, 一気に PC 業界の関心は無線通信対応へと向かった。その後, IEEE802.11b 方式の無線 LAN は, オフィス, 家庭へと急速に浸透していった。

当社は 99年末から, Bluetooth™ Ver.1.0B 規格対応の PC カードと V.90 モデム内蔵シリアル通信アダプタの開発に着手し, 2000年 8月に, 世界初の Bluetooth™ 製品出荷を達成した。

一方, 並行して IEEE802.11b 方式の無線 LAN 内蔵モジュール開発を進め, 2000年 12月に無線 LAN 搭載 PC の出荷を

実現した。Bluetooth™内蔵 PC については, 2001年 3月に規格制定された Bluetooth™ Ver.1.1 規格対応チップの完成を待ち, 同年 12月から出荷を開始した。

当社では, Bluetooth™と無線 LAN の両方を搭載可能にした PC をラインアップしていたが, 当初から Bluetooth™と IEEE802.11b の電波が干渉し, 通信性能劣化の原因となることへの対応を検討していた。チップセット開発メーカーでも, 干渉問題を解消する方法として時分割制御方式やエコーキャンセラー方式による共存方法が検討されてきたが, いずれも技術的制約により完ぺきなものには至らず, 標準化も進まなかった。

Bluetooth SIG では, 2003年中盤に Bluetooth™ Ver.1.2 規格をリリースし, IEEE802.11b との共存技術である AFH (Advanced Frequency Hopping) 方式を標準化する見込みであるが, 影響を及ぼす機器のすべてが AFH 対応するまでには時間を要し, それまでの効果は限定的である。

当社は Bluetooth™を推進する一方, 干渉のない無線

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

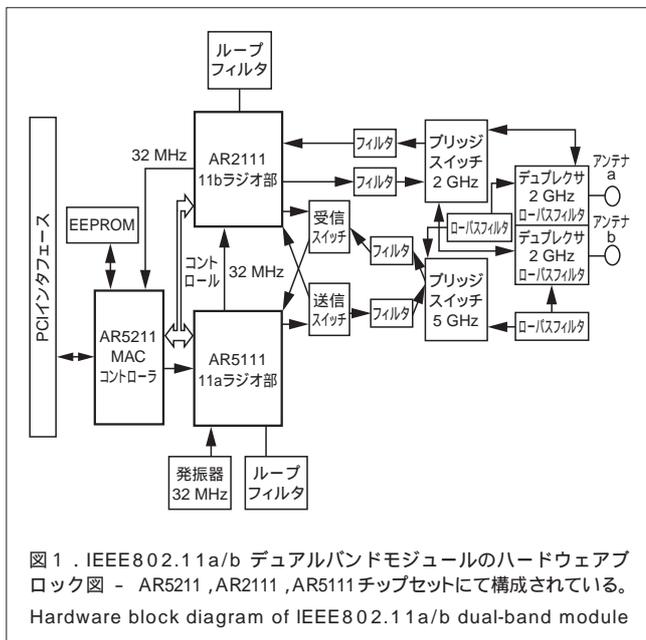
(注2) iBook は, Apple Computer, Inc. の商標。

LAN通信環境を提供する必要性から、5 GHz帯を利用するIEEE802.11a方式の無線LAN開発に取り組むことにした。ここでは、1台のPCにBluetooth™と802.11a/bの3方式を内蔵することを目標とし、無線モジュールの選定、デュアルバンドアンテナの開発、無線規格の取得、Wi-Fi®(注3)ロゴの取得、に焦点を当てて解説する。

## 2 無線モジュール

### 2.1 IEEE802.11a/b デュアルバンドモジュール

IEEE802.11a/b デュアルバンドモジュールは、米国Atheros Communications, Inc.製のチップセットを使用したMini PCI (Peripheral Component Interconnect) Type3A形状のモジュールを採用している。このモジュールは、IEEE802.11a (5 GHz帯)と802.11b(2.4 GHz帯)でそれぞれRF(Radio Frequency)チップが分割され、MAC(Media Access Control)部が共通となっている(図1)。そのため、実際の通信ではIEEE802.11aとIEEE802.11bを排他的に制御する方式となっている。変調方式としては、IEEE802.11aがOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex)、IEEE802.11bがDSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)を採用しており、IEEE802.11aでのデータレートは最大54 Mbps、IEEE802.11bでは最大11 Mbpsとなっている<sup>(1)</sup>。



また、このモジュールではダイバーシティアンテナ制御を行っており、送受信とも2本のアンテナのうち、より電波強度の強いアンテナに切り替えることにより、通信性能を向上させている。

このモジュールの特徴として、次の各機能をサポートして

(注3) Wi-Fiは、米国Wi-Fi Allianceの登録商標。

いることが挙げられる。

- (1) IEEE802.11a/802.11b接続方式選択機能
- (2) IEEE802.11d機能
- (3) ヨーロッパで5 GHz帯の電波を使用可能とするためのTPC(Transmit Power Control)機能及びPassive Scanning機能
- (4) Atheros Communications, Inc.の独自方式であるターボモード(最大:108 Mbps)機能

(1)のIEEE802.11a/802.11b接続方式選択機能とは、ユーザーがユーティリティを使用して通信方式を選択する機能である。また、デフォルトではオートモードとなっており、5 GHz帯~2.4 GHz帯を降順にスキャンし、IEEE802.11a/bともに接続可能なアクセスポイント(以下、APと略記)と接続する機能である。(IEEE802.11aサポートAPとの接続がIEEE802.11bサポートAPに対して優先される)

(2)のIEEE802.11d機能は、APから発射される現在地を示す国設定を含んだビーコンを、クライアント側(この場合、このモジュールを内蔵したPC側)が受信することにより、使用する環境下で許されている最大の周波数帯と送信電力に対応する(IEEE802.11d機能を持たないAPと通信する場合には、全世界で許されている最大公約数的な周波数帯域と送信電力に対応する)機能である。

(3)は、ヨーロッパで5 GHz帯の電波を使用可能にするためには、ヨーロッパ内で現在5 GHz帯を使用したレーダシステムが稼働していることもあり、APが現在使用している周波数とレーダが使用する周波数とが同じであることをAP側で検知した場合に、クライアントとの通信をとぎれさせることなく、速やかに他の周波数に移動するDFS(Dynamic Frequency Selection)/TPC(Transmit Power Control)機能が必須(クライアントはTPC機能のみ必須)であることが規格で定められている。

そのため、TPC機能のサポートはもちろんのこと、不用意にヨーロッパで5 GHz帯の電波を発射することは無線規格違反となる可能性があるため、Passive Scanning方式という、APとの接続を開始する時点においてクライアント側からは電波を発射しない方式を採用した。

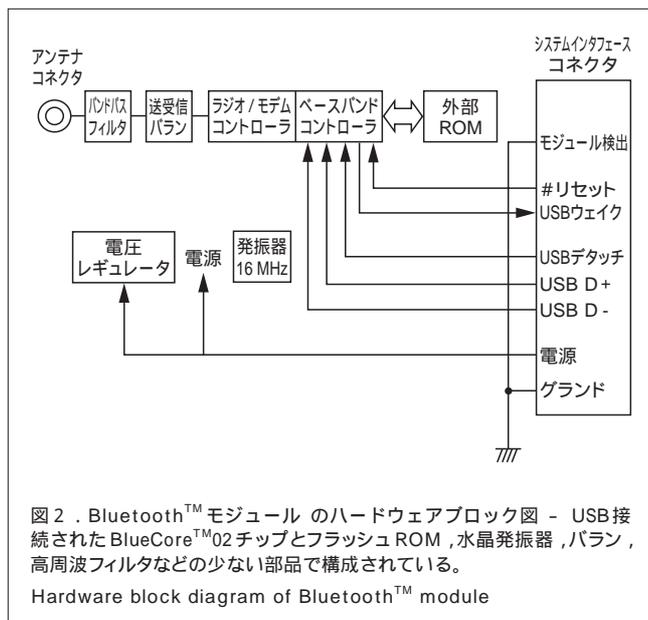
(4)はAtheros Communications, Inc.の独自方式である5 GHzの帯域にて隣接する2チャンネルを同時に使用することにより、802.11aの持つ最大54 Mbpsに対して2倍の通信速度(最大108 Mbps)で通信を行うターボモードにも対応している。ただし、サポートの対象国は米国、カナダだけ(日本及びヨーロッパでは、2チャンネル以上の同時信号送出は無線規格上認められていない)である。

### 2.2 Bluetooth™モジュール

Bluetooth™モジュールは、Cambridge Silicon Radio (CSR)社製のチップを使用した当社独自形状のモジュール

(26 × 23 × 3 mm) を採用している。

このモジュールは、インタフェースとして USB( Universal Serial Bus )及び省電力制御用のサイドバンド信号を使用しており、PC のシステム上は USB デバイスとして動作する。BlueCore™<sup>(注4)</sup>02 と呼ばれるベースバンドと RF 部分を 1 チップに収めた Bluetooth™ チップを採用し、フラッシュ ROM、水晶発振器、バラン、RF フィルタなどの少ない外付け部品でモジュールを構成している( 図2 )。



変調方式としては、FHSS( Frequency Hopping Spread Spectrum )を使用し、アンテナは送受信用として1本を使用し、データレートは最大 723.2 kbps となっている。

また、ソフトウェアは当社製の Bluetooth™ Stack for Windows by Toshiba を使用しているため、常に最新のプロファイルに対応することができる。現時点では、以下の10種のプロファイルをサポートしている。

- ・ ジェネリックアクセスプロファイル( GAP )
- ・ サービスディスカバリーアプリケーションプロファイル ( SDAP )
- ・ ダイヤルアップネットワーキングプロファイル( DUN )
- ・ FAX プロファイル( FAX )
- ・ LAN アクセスプロファイル( LAP )
- ・ シリアルポートプロファイル( SPP )
- ・ ヒューマンインタフェースデバイスプロファイル ( HID )
- ・ ハードウェアケーブルリプレースメントプロファイル ( HCRP )
- ・ ファイル転送プロファイル ( FTP )
- ・ オブジェクトプッシュプロファイル( OPP )

(注4) BlueCore は、Cambridge Silicon Radio Ltd.の商標。

### 3 デュアルバンドアンテナ

2.4 GHz 帯及び5 GHz 帯に対応したデュアルバンドアンテナ( 以下、デュアルバンドアンテナと略記 )の開発は、日立電線( 株 )と共にモジュール開発に先立って行い、2001年11月に完成した。

デュアルバンドアンテナ素子の外観を図3に示す。銅板の両面に絶縁体フィルムをはり付けた構造であり、厚さは0.2 mm である<sup>(3)</sup>。



図3 . デュアルバンドアンテナ素子 - 銅板 30 mm × 30 mm × 0.2 mm ) の両面に絶縁体フィルムをはり付けた構造である。

Element of dual-band antenna

このアンテナのリターンロス特性を図4に示す。先端部の切欠き形状で2.4 GHz 帯及び5 GHz 帯に共振するように設計されている。PC の筐体( きょうたい )に実装した場合には、誘電体の影響によって共振周波数が低くなるため、アンテナ単体では2.4 GHz 及び5 GHz 帯ともに、実際に使用する周波数より数百 MHz 高く設計されている。

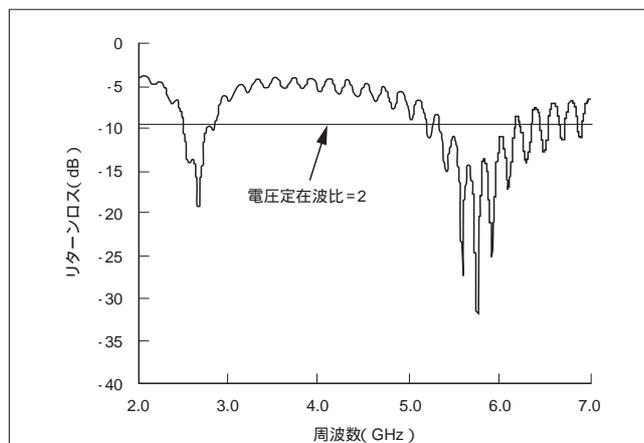


図4 . デュアルバンドアンテナのリターンロス特性 - アンテナ単体では、目的の周波数より数百 MHz 高い共振周波数を持つ。

Return loss of dual-band antenna

アンテナ実装例を図5に示す。液晶ディスプレイ(LCD)パネル上端に高さ5.5 mm以上のスペースを確保し、アンテナを実装している。アンテナ周辺の筐体に工夫を施し、共振周波数を目的の周波数に合わせ込むとともに、360度均一な指向性を実現している。

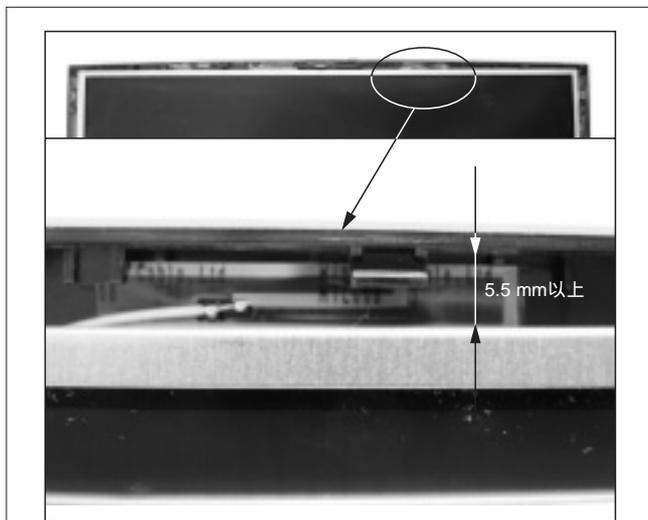


図5 . LCD へのアンテナ実装例 - LCD パネル上に 5.5 mm 以上のスペースが確保できれば、実装可能である。  
Example of antenna installation on LCD

#### 4 無線規格

Bluetooth™ モジュールは、1種類のモジュールで米国、カナダ、日本、欧州(19か国)、オーストラリア、ニュージーランドの24か国の無線規格を取得している。

表1 . 5 GHz 帯における各国の使用可能周波数チャンネル  
Frequency channel table of 5 GHz band

周波数帯域 (GHz)	チャンネル番号(中心周波数: GHz)			
	日本	米国	欧州	ターボモード
5.15 - 5.25	34(5.17) 38(5.19) 42(5.21) 46(5.23)	36(5.18) 40(5.20) 44(5.22) 48(5.24)	36(5.18) 40(5.20) 44(5.22) 48(5.24)	42(5.21) 50(5.25)
	- - - -	52(5.26) 56(5.28) 60(5.30) 64(5.32)	52(5.26) 56(5.28) 60(5.30) 64(5.32)	58(5.29)
5.25 - 5.35	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -
5.47 - 5.725	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -
5.725 - 5.825	- - -	149(5.745) 153(5.765) 157(5.785) 161(5.805)	- - -	152(5.76) 160(5.80)

IEEE802.11a/bデュアルバンドモジュールについては、日本向けと海外向けの2種類のモジュールにより米国、カナダ、日本、欧州(16か国)、オーストラリア、ニュージーランドの21か国に対応した。Bluetooth™ モジュールより3か国少ないのは、アイスランド、スペイン、スイスが5 GHz帯をIEEE802.11a用に開放していないためである。日本向けを分離したのは、5 GHz帯のチャンネル割当てが海外とは異なっているためである。各地域の5 GHz帯周波数割当てを表1に示す。

#### 5 Wi-Fi® ロゴ, Bluetooth™ ロゴ

IEEE802.11a/bデュアルバンドモジュールではWi-Fi® ロゴを、Bluetooth™ モジュールではBluetooth™ ロゴを取得している。IEEE802.11aにおけるWi-Fi® ロゴについては、2002年10月18日から申請を受理し、同年11月29日から試験が開始されている。

#### 6 あとがき

今後数年の間に標準化される予定の新規格としては、Bluetooth™ Ver.1.2、IEEE802.11g/h/i/eが挙げられる。

当社は新規格に適合した製品をタイムリーに開発し、無線通信環境の拡充とシームレスオフィス、ユビキタスネットワークの実現に貢献していく。

#### 文 献

- (1) Atheros Communications, Inc. Driving the wireless future™.  
< <http://www.atheros.com/pt/ar5001x.html> > (参照2003-1-20) .
- (2) Cambridge Silicon Radio. BlueCore™-CSR's IC family for Bluetooth™ design. < <http://www.csr.com/products/bc-family.htm> > (参照2003-1-20) .
- (3) 日立電線(株). Hitachi Cable News.  
< <http://www.hitachi-cable.co.jp/d-news/03-03-1.pdf> > (参照2003-1-20) .



中村 憲政 NAKAMURA Norimasa

デジタルメディアネットワーク社 デジタルメディア開発センター PC設計第一部主務。PC用ワイヤレスデバイスの開発に従事。  
Digital Media Development Center



福島 和哉 FUKUSHIMA Kazuya

デジタルメディアネットワーク社 デジタルメディア開発センター PC設計第一部。PC用ワイヤレスデバイスの開発に従事。  
Digital Media Development Center



廣田 敏之 HIROTA Toshiyuki

デジタルメディアネットワーク社 デジタルメディア開発センター PC設計第一部。PC用ワイヤレスデバイスの開発に従事。  
Digital Media Development Center