

ネットワーク家電の標準化技術 (Bluetooth™ 技術, ECHONET™ 技術)

Standard Technologies for Home Network Systems (Bluetooth™, ECHONET™)

多鹿 陽介 鳥羽 彰 久間 修一

TAJIKI Yosuke

TOBA Akira

KYUMA Shuichi

ホームネットワーク, ネットワーク家電の技術進歩が目覚ましく, 研究段階から実用段階に入りつつある。これまでは, AV 機器や白物家電など, それぞれのカテゴリ内での製品連携を目的として, 各カテゴリ, ベンダー独自の仕様によるネットワーク接続が中心であった。今後, 標準化されたネットワーク技術の導入により, カテゴリの枠を越えた協調動作と, 他社製品との相互接続性を実現し, 導入コストの低減やユーザーの利便性も向上させることで, 真のホームネットワークサービスの実現が求められている。

当社は, Bluetooth™^(注1) 規格, 及び ECHONET™^(注2) 規格に準拠したソフトウェアスタックの開発を完了し, FEMINITY™ シリーズを代表に家電製品に順次導入している。

With the rapid progress of home network and network appliance technologies, home network systems have advanced to the initial stage of developing commercial products from the stage of research and development. Although some existing audiovisual (AV) equipment, information terminals, and their controllers in the home are connected with each other, proprietary communication protocols have been used. In order to provide users with new and extensive services, it is essential for home network systems to assure sufficient interoperability among both different categories of appliances such as AV components, information appliances, and security tools, and products developed by different vendors.

This paper introduces standard technologies for home networks and network appliances that enable fully cooperative work among network appliance, focusing in particular on Bluetooth™ and ECHONET™, which have been adopted for Toshiba's first network home appliances (FEMINITY™ series). A software stack conforming to Bluetooth™ and ECHONET™ specifications has already been developed and implemented in FEMINITY™ products.

1 まえがき

現在, デジタル機器やインターネットの進歩に伴い, ユーザーが IT (情報技術) 機器を利用して様々なサービスを楽しむことが普通となってきた。デジタル機器のネットワーク化が進み, 機器の低価格化ともあいまって, これまでのオフィス中心の利用から, 一般家庭でもネットワークの常時接続によるインターネットアクセスや, 家庭内 LAN による情報機器の連携などが現実のものとなってきている。

これまで, 家庭の情報化を担う活動として, ホームネットワークの研究開発が盛んに行われてきた。これらの活動としては AV 機器を相互接続して多岐なサービスを提供する技術, 白物家電を制御する技術, 可搬性を生かすワイヤレス技術, などの研究・開発がある。こういったネットワーク技術の進歩と, 情報家電, 情報端末自身の進化によって, ホームネットワークシステムが一般家庭に導入されるのも未来の話ではなくなっている。今後は, オフィスと同様に, 家庭でも様々なベンダーにより開発された家電, 情報機器がネットワ

ーク接続されて連携するオープンシステムの実現が望まれており, 機器の相互接続を可能とするための標準規格が求められている。

ここでは, ホームネットワークの標準化技術について述べる。特に, 現在モバイル機器にその適用が注目されている Bluetooth™, 及び白物家電がターゲットである ECHONET™ について, その概要と, Bluetooth™ 搭載ネットワーク家電 FEMINITY™ シリーズに導入されている標準化技術について述べる。

2 ホームネットワークの標準化技術

家庭の情報化に伴い, 情報家電や個人のモバイル機器などが, 他機器とネットワーク接続されて連携するシステムの実現が望まれている。しかし, 各情報機器がそれぞれクローズな思想で設計される限り, 汎用な機器間連携の実現は厳しい。そのため, それらを相互接続可能とするための規格が必要であり, ホームネットワークに関する様々な規格が開発, 制定されてきた(表1)。次に, 今後, 情報家電向けのネットワーク規格として有望である Bluetooth™, 及び

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

(注2) ECHONET, エコーネットは, エコーネットコンソーシアムの商標。

表1. ホームネットワークの標準化技術
Standard specifications for home network

分類	規格	内容
AV系	IEEE1394	AV機器を接続するための規格
	IEEE802.11	主にAV無線伝送に用いられる
制御系	ECHONET™	宅内の白物家電を制御するための規格
	電力線通信 (X10, HomePlugほか)	電力線データ転送規格
	Bluetooth™	近距離無線伝送規格
情報系	IEEE802系	コンピュータネットワーク向けMAC層以下の規格
	IETF系	インターネット規格
	OSGi	家庭へのプログラム配信メカニズム (Java™(注3)ベース)
	Bluetooth™	近距離無線伝送規格

ECHONET™規格について述べる。

3 Bluetooth™ 技術

3.1 Bluetooth™ 技術の概要

Bluetooth™ 技術は、世界共通のISMバンド(2.4 GHz)を利用した、近距離無線通信規格である。低コスト、低消費電力、小サイズのデバイスを目的に、アプリケーション互換を実現するために、1998年から、推進企業5社(ERICSSON, NOKIA, Intel, IBMの各社と当社)にてその規格化を開始し、現在9社(前記に加え、Microsoft, MOTOROLA, Agere Systems, 3COMの各社)と、アソシエイトと呼ぶ規格化推進メンバーにより活動が進められている。規格策定、普及促進、技術管理などは、Bluetooth SIG(Special Interest Group)を中心に進められており、現在2,500社以上の加盟がある。仕様はメンバーに無償で公開され、知的財産権はこのメンバーに対し無償で供与される。規格は、仕様部分であるスペック(Specification)と、相互接続規約であるプロファイル(Profile)から構成される⁽¹⁾。一般に、プロファイルは、利用用途、目的別にそれぞれ策定され、Bluetooth™ スペック及び他の業界スペックから構成される。この規約に準拠して製品設計することで製品レベルの相互接続を保証するものである。Ver. 1.1として規格化されたプロファイルと現在策定が進められているプロファイルの一覧を表2に示す。

3.2 Bluetooth™ PAN 技術

PAN(Personal Area Network)プロファイルは、Bluetooth™ 機器を用いてネットワークを構成するために必要となる手続きや手段を定義するものである。主にIP(Internet Protocol)を第3層プロトコルとする機器の相互接続保証を目指している。

Bluetooth™ では、複数台の機器とマルチポイントの接続

表2. Bluetooth™ プロファイル
Bluetooth™ profiles

	規格名	内容
規格 (Ver. 1.1)	Generic Access	機器の接続・認証
	Service Discovery	サービスの認識
	Serial Port	シリアルポートエミュレーション
	Cordless Telephony	コードレス電話
	Intercom	トランシーバ
	Headset	ヘッドセット
	Dial-up Networking	ダイヤルアップ接続
	FAX	ファクシミリ
	LAN Access	LAN アクセス
	Generic Object Exchange	オブジェクト交換
	Object Push	オブジェクトプッシュ
	File Transfer	ファイル転送
	Synchronization	ファイル同期
策定中	Co-existence	2.4 GHz帯 LANの共存検討
	Printing(*)	プリンタ応用
	Imaging(*)	静止画応用
	ESDP	サービス発見の拡充
	Local Positioning	位置情報サービスへの応用
	UDI	非制限デジタルインタフェースの実現
	Radio 2.0	高速無線や1.0の仕様改善の検討
	PAN(*)	IP over Bluetooth™ (多対多通信)
	Car(*)	車システムへの応用
	HID(*)	パソコン周辺機器への応用
Audio/Video(*)	高品質AVやテレビ会議への応用	

*印の新規格は既に製品認定可能

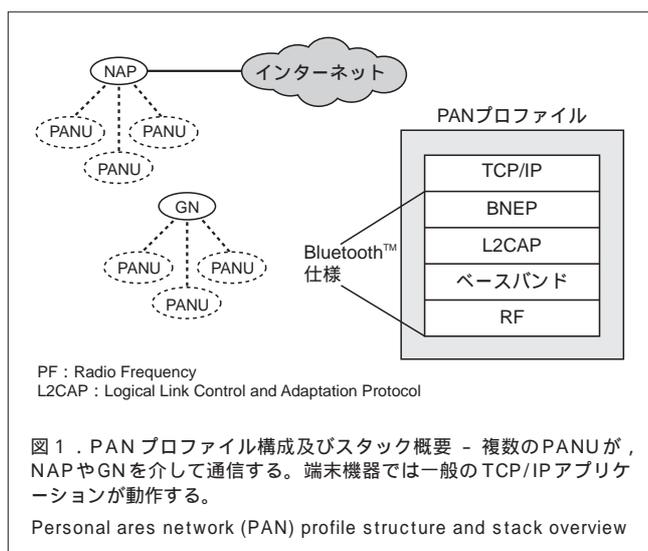
が可能である。それはマスタと呼ばれる機器が1対N接続の中心になる機器に、スレーブと呼ばれる機器がマスタに複数接続するという形態で構成される。これまで機器間では、1(マスタ)対1(スレーブ)という関係は保たれたままでマスタを越えてスレーブどうしが通信することはできなかった。PANプロファイルではマルチポイントで接続しているスレーブどうしの通信を可能とするために、BNEP(Bluetooth™ Network Encapsulation Protocol)という軽量のEthernet^(注4)みなしの層をBluetooth™の論理リンク(L2CAP)の上に定義している。これを用いてマスタがEthernetブリッジ(又は、IPルータ)としてふるまうことでスレーブどうしの通信を可能にしている。BNEPの上位インタフェースは、Ethernetと同様に見え、通常のTCP(Transmission Control Protocol)/IPがそのまま上位に搭載されることを前提としている。実際のユーザーデータの転送時には、IPパケットがBNEPを通じて所望の機器へ転送される。

PANプロファイル記述は、主に、BNEPの利用方法、及び必要とされるIPプロトコルの動作規定から構成される。他に、セキュリティの推奨やMIB(Management Information Base)についても触れられている。

(注4) Ethernet / イーサネットは、日本における富士ゼロックス(株)の商標。

(注3) Javaは、米国Sun Microsystems社の商標。

また、PAN プロファイルでは、機器の構成位置に応じて、その役割別に名前が付与されている。ブリッジ（又は、IP ルータ）としてふるまう機器を NAP（Network Access Point：Ethernet インタフェースなどを持ちインフラストラクチャへのアクセスを提供するもの）、アドホックに Bluetooth™ だけでネットワークを構成する場合のマスター機器を GN（Group ad-hoc Network）、また端末側になる機器を PANU（PAN User）と定義している。ただし、これらの役割はアドホックネットワークを構成するために動的に変更することも可能となっている（図1）。



4 ECHONET™ (エコーネット™)技術

4.1 設備系ホームネットワーク規格と標準化活動

インターネットや携帯電話の急速な普及とあいまって、家庭内外を結んだ本格的なネットワークサービスを実現するためには、まず家電機器どうしが標準ネットワークで結ばれることが必要である。いわゆる白物家電機器用のネットワークは、AVCC系（AV機器の制御系）用とは若干異なり、扱うデータサイズ・通信速度は比較的小さくてもよい反面、機器設置寿命が長いこと通信規格としての長期的な互換性が保証されること、ネットワーク管理者が不在でも設置可能なことなどが主要条件として挙げられる。

これらの条件と普及を第一に考えた設備系ホームネットワーク規格制定の機運が、96年ころから通商産業省（現経済産業省）や主要メーカーの間で高まってきた。その結果、97年末、エコーネットコンソーシアムが結成され、当社をはじめ、松下電器産業（株）（株）日立製作所、三菱電機（株）、シャープ（株）、東京電力（株）が中心となって、経済産業省の支援を受けながら、現在国内外を含め様々な関連業界の109社（2002年5月20日現在）が会員として活動している。具体的

には、10個のワーキンググループを核とした国際的視野での標準化・普及促進活動、及び各社ベースでの実証試験プロジェクト活動などが活発に行われている。ECHONET™の知名度は年ごとに高まり、わが国のデファクトスタンダードとなりつつある。

4.2 規格の特長

機器の制御コード体系としては、従来の日本電機工業会のホームバスシステムを大部分踏襲したものの、オブジェクト指向によるアプリケーション設計の容易さを念頭に置いたミドルウェア、用途に最適な物理メディア収容のためのプロトコル差異吸収処理、多様な物理メディアなど新しいアーキテクチャを加え、各種プラグアンドプレイ機能も採用している。AVCC系ネットワークとはゲートウェイを介して接続する。またエンドユーザーはもちろん、機器開発者にとっても扱いやすいものであることを基本思想としている。なお、最新規格書はVer. 3.00であり⁽²⁾、会員以外にはVer. 1.1が公開されている（図2）。

4.3 Bluetooth™の収容

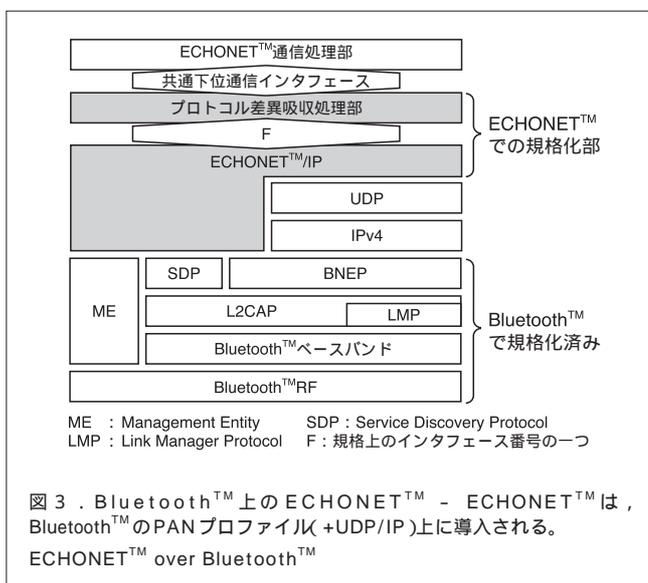
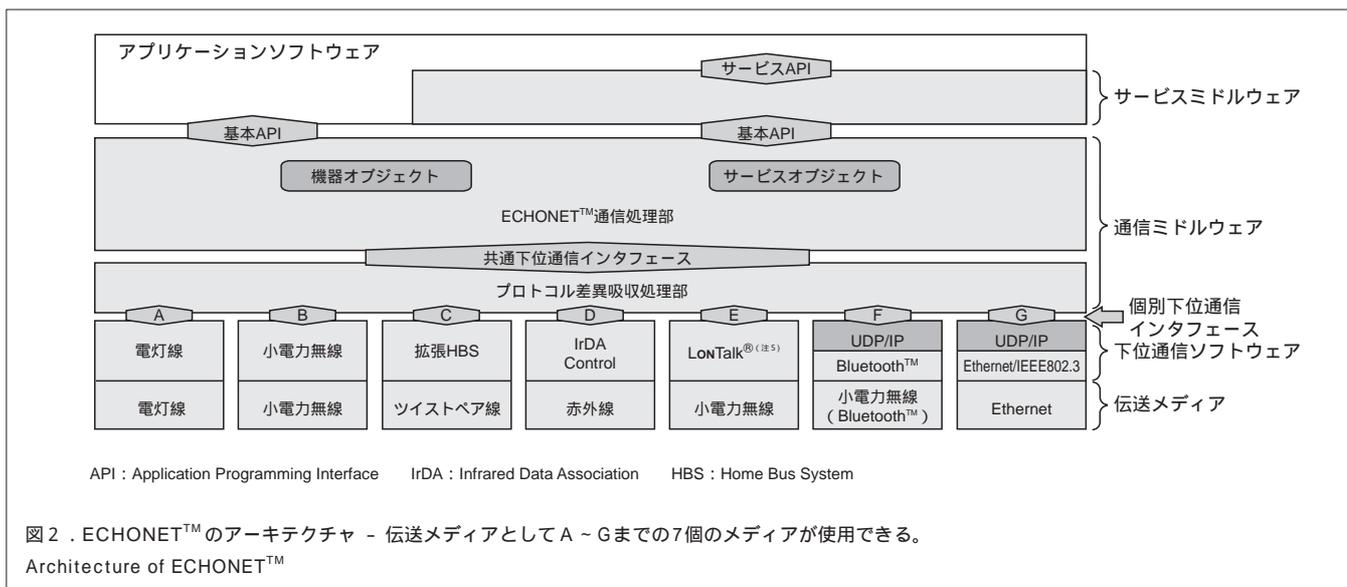
ECHONET™の下位メディアとしてBluetooth™を採用することにより、Bluetooth™の持つ高速性、通信信頼性、低消費電力などを受け継ぐことができる。すなわち、Bluetooth™のプロファイルの上位層としてECHONET™通信ミドルウェアを配置して、ECHONET™機器として相互接続が可能なネットワークをBluetooth™で実現する。Bluetooth™の収容にあたっては、次の五つの要件を重視した。

- (1) Bluetooth™認証は搭載機器のいかんにかかわらず通常ルーチンで取得可能な規格とする。
- (2) 使用するプロファイルはBluetooth™のProfile Specificationでの定義範囲を前提とする。
- (3) ECHONET™ミドルウェア以上のレイヤの基本的な変更は行わない。
- (4) スレーブとして動作する一般機器の実装負担はできるだけ軽くするように努める。
- (5) サブネット間ルーティング、他ネットワークとの接続はECHONET™思想を守る。

この指針に沿いエコーネットコンソーシアム内に2001年8月に結成したBluetooth™検討ワーキンググループにおいて、Bluetooth™収容のための技術仕様及び認証仕様の策定を行い、2002年8月にVer. 3.00として正式に規格として制定された。

Bluetooth™を使用する際に重要なのはプロファイルの選定であり、ECHONET™のネットワーク機能上もっともふさわしいPANプロファイルを使用することにした。今回、ECHONET™で規格化した部分はプロトコル差異吸収処理部、ECHONET™/IP部である（図3）。

機器情報書込み・読出しコード、ECHONET™アドレスな



どを含むECHONET™フレームはUDP(User Datagram Protocol), IP ,BNEPで順次カプセル化されBluetooth™無線として送受信される。また、今回18個のUDPパケットフォーマットを新たに規定しBluetooth™デバイスアドレス, IPアドレス, ECHONET™アドレスなどと変換しながら正しい相手先と通信できる仕組みにしている。プラグアンドプレイに関しては、特にアドレス配布サーバを設置しなくとも自律的に自己のECHONET™アドレスを定められるシーケンスも採用している。

このアーキテクチャはインターネットプロトコル(IPv4)を含むのでAVCC系機器との容易な接続と広範囲なアプリケーションの構築が可能であり、今後普及の加速が期待される。

(注5) LONTalkは、Echelon社の商標。

5 Bluetooth™対応家電FEMINITY™への適用事例

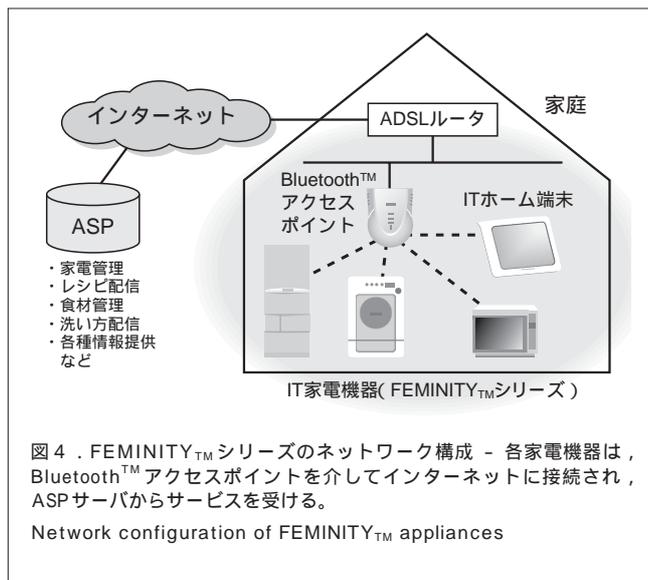
当社は、Bluetooth™技術を利用してネットワーク接続できる家電機器ということでは他社に先駆けてBluetooth™対応家電FEMINITY™シリーズの販売を2002年春から開始した。これにより、冷蔵庫、洗濯機といった、いわゆる白物と呼ばれる家電機器がネットワーク機器の仲間入りを果たすことができた。

FEMINITY™シリーズの商品は、家電のコントロール/ Web ブラウズ機能を持つITホーム端末と、インターネットへの入口となりBluetooth™アクセスポイント機能を持つ“ITアクセスポイント”と、冷蔵庫、オープンレンジ、ホームランドリーといった各家電機器で構成されている。各家電機器には、Bluetooth™通信モジュールを実装した通信アダプタを格納しており、家電機器を制御する本体マイコンとをシリアル接続で結んでいる。これらの商品はBluetooth™のPANプロファイルで接続されており、ホーム端末から送られてきた家電制御データが家電機器マイコンに通知され、通知された指示に従って家電をコントロールする構成をとる。

今回、下位メディアとしてBluetooth™を選定した理由は、配線の煩わしさが無い、簡単な設定で接続できる、ノイズなどの影響を受けにくい、安価であるなどの点である。PLC(電力線通信)は、配線自体は電灯線を利用するので導入負担は小さいが、電化製品のノイズの影響を受けやすく、ノイズのフィルタリングに費用がかかるなどの問題点がある。ワイヤレスLAN(IEEE802.11b)は電子レンジなど同周波数帯を使っている機器の影響を受けやすく、価格もBluetooth™などに比べて高めである。Bluetooth™はワイヤレスLANと同周波数帯を利用しているが、周波数ホッピングしているため電子レンジなどの影響を受けにくい特長があり、それらを踏

まえてBluetooth™を採用するに至った。

Bluetooth™家電ネットワーク構成は、家庭外の部分(インターネット, ASP(Application Service Provider))と家庭内の部分に分かれている(図4)。ASPとの連携により、各家庭内の家電構成の管理、冷蔵庫やオープンレンジへ料理レシピを配信するためのコンテンツ、冷蔵庫内の食材管理サービス、ホームランドリーへの各種衣類の洗い方配信サービス、携帯電話と連携した位置情報検索サービスなどのサービス、情報提供を実現している。



家庭内においては、ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)などを使った常時接続回線の環境下に、ITアクセスポイントが接続され、それを介して各家電機器やITホーム端末が接続されている。Bluetooth™機器の役割としては、ITアクセスポイントがPANプロファイルで定義されるNAP、Bluetooth™アダプタがPANUの機能を持つ。それぞれの機器に、Bluetooth™のネットワーク用プロトコルであるBNEPの上位にTCP/IP(IPv4)が実装されている。その上位に、Bluetooth™のPANプロファイルのアプリケーションとして、家電機器やホーム端末、ASPとの間でファイル転送するためのHTTP(HyperText Transfer Protocol)と、家電制御プロトコルであるECHONET™が実装されている。

また、ネットワーク家電でもっとも注意すべきことの一つに、

セキュリティが挙げられている。FEMINITY™シリーズでは、家電機器のネットワークへの登録には、Bluetooth™の認証機能を利用したセキュリティを使用している。ASPを介した一部のデータ通信にはSSL(Secure Sockets Layer)セキュリティを導入しており、第三者が無断でホームネットワーク機器に侵入し改ざんすることを防止している。家電機器のネットワークへの登録については、Bluetooth™のネットワーク構成に従って、各家電機器に接続するアクセスポイントでデータを設定する。そこでは、ホーム端末と家電機器とを直接接続するようにし、その初期化設定には、暗号化と認証を行っている。

6 あとがき

ここでは、ネットワーク家電における標準化技術について述べた。ネットワーク家電市場は、急速に発展すると予測され、これらの標準がビジネスを左右するまでに大きな位置づけになってきている。今後のタイムリーな製品への導入により、戦略的に活用されていくことになると考える。

文献

- (1) Bluetooth SIG, Inc. Bluetooth.1.1 Specification. < <http://www.bluetooth.com> > , (accessed 2002-8-1).
- (2) エコネットコンソーシアム. エコネット規格書(Ver3.00). 2002.



多鹿 陽介 TAJIKA Yosuke

研究開発センター 通信プラットフォームラボラトリ研究主務。無線通信システムの開発、Bluetooth™規格化に従事。電子情報通信学会、情報処理学会会員。Communication Platform Lab.



鳥羽 彰 TOBA Akira

東芝キャリア(株)技術研究所主幹。ホームネットワークシステムの開発、ECHONET™規格の策定に従事。映像情報メディア学会会員。Toshiba Carrier Corp.



久間 修一 KYUMA Shuichi

家電機器社 LIFE NET クリエーション部 LIFE NET クリエーション技術部。ネットワーク家電向けBluetooth™通信システムの開発に従事。Life Net Creation Div.