

解 説

ネットワーク家電の標準化技術

—ECHONET™ 技術とその応用—

Standard Technologies for Networked Appliances

—ECHONET™ Technology and its Application—

多 鹿 陽 介^{*1} 門 間 信 行^{*1} 一 色 正 男^{*2} ^{*1}(株) 東芝研究開発センター ^{*2}(株) 東芝家電機器社

Yosuke Tajika^{*1}, Nobuyuki Monma^{*1} and Masao Isshiki^{*2}

^{*1}TOSHIBA Corporate Research and Development Center ^{*2}TOSHIBA Home Appliances Company

1. はじめに

近年、デジタル機器やインターネットの進歩に伴い、ユーザがIT機器を利用して様々なサービスを享受する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、機器の低価格化に伴い、ネットワーク家電も登場し、また、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、家庭内の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さかに行われてきた。これらは、AVデータの高速伝送技術、AV機器を連携して高度なサービスを提供するもの、白物家電を制御するもの、可搬性を生かすワイヤレス技術など、様々な分野で検討されてきた。その結果、情報家電、情報端末自身の進化に伴い、ネットワーク化された家電や住宅設備がホームネットワークと共にシステムとして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。

ここで、ホームネットワークにおいても、オフィスと同様に、様々なベンダーにより開発された情報機器が他機器と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規格が切望されている。

本稿では、ホームネットワークの標準化技術として近年注目されているECHONET™（以下、ECHONETと示す）技術を紹介する。これは、ベンダーの枠を越えて、白物家電、住宅設備機器などを相互接続するために必要な仕様を定義したものである。初めに、とりまく背景について述べた後、ECHONET仕様の特徴、概要を解説する。最後に、実際の応用事例について紹介する。

原稿受付 2003年4月30日

キーワード: Home Network, Appliance, Inter Operability

^{*1}〒212-8582 川崎市幸区小向東芝町1

^{*2}〒105-8001 東京都港区芝浦1-1-1

^{*1}Saiwai-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa

^{*2}Minato-ku, Tokyo

2. 背 景

家庭の情報化[1]に伴い、また、インターネットや携帯電話の急速な普及と共に、家庭内外を結んだ本格的なネットワークサービスの実現が期待されている。そのために、情報家電、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プラットフォームの早期整備が望まれている。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に必要な、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。

上記の背景の中、その普及を第一に考えて、設備系、家電系ホームネットワーク規格制定の機運が1996年頃より通商産業省（現、経済産業省）や主要メーカの間で高まってきた。そして、1997年末、経済産業省の支援を受けながら、松下電器産業、日立、三菱、シャープ、東京電力、東芝を中心に、ECHONETコンソーシアムが結成された。現在、国内外含め様々な関連業界の106社（2003年4月現在）が会員としてその仕様策定を中心に活動している。具体的には、10個のワーキンググループを核とした技術仕様策定・普及促進活動等が活発に行われている。近年、国際的な家電の情報化の流れに伴い、海外における研究開発においてもその動向は注目されている[2]。

ECHONETの名前は、Energy Conservation and HOMecare NETworkの略であり、省エネルギーとホームヘルスケアを目指すネットワークから来ている。

3. 規格の特徴

ECHONETは、住宅への導入が簡単である伝送メディアのサポート、システム構成をオブジェクト指向によりモデル化、ネットワークに機器を接続するだけで自動的にシステムが形成されるプラグアンドプレイ機能の導入、および、アプリケーションの相互接続実現に必要な共通の・基本的機能をサービスミドルウェアとして規格化したことがその特徴である。規格は、その対象である住宅設備や家電機器を制御するためのオブジェクト定義や制御方法をきめ

細かく定義している。特に、機器オブジェクトと呼ばれる、機器を制御・監視するためのクラス定義が、センサ、空調機器、住宅設備機器、調理家電と、幅広く定義されている。これらは、従来の日本電機工業会のホームバスシステムの考え方を踏襲したものである。ECHONET仕様は、これら新旧のオブジェクト定義をその中心とし、定義された値をノードの状態として、相互に取得、設定、通知しあうことで、相互接続され、協調動作することを可能とするための規格である。

また、白物家電、住宅設備用ネットワーク仕様として、AVCC系（AV機器の通信・制御系）用とは異なる要求として、扱うデータサイズ・通信速度が比較的小さくても良い反面、機器設置寿命が長く通信規格としての長期的な互

換性保証、ネットワーク管理者不在でも設置可能なことが重要であり、それを前提として設計されている。

2003年6月現在、最新規格書はVer. 3.12である。ただし、一般にはVer. 2.11が公開されている [3]。

4. 規格概要

4.1 システムアーキテクチャ

図1にシステムアーキテクチャを示す。ECHONETでは、財産、またはセキュリティなどの管理が同一な範囲を「ドメイン」と呼び、その中に設置される機器をシステム化する。対象機器と、その機器を監視・制御・操作するコントローラの間、または、機器と機器を繋いだ集合体を「システム」と呼んでいる。システムをドメインの外と接続する場合は、ECHONETゲートウェイを設置し、これを介して接続する。

システム内のECHONETの基本動作は、一つの物理リンク（サブネット）上での通信を想定しているが、複数の物理リンクを渡る通信についてもECHONETルータを経由して行くと定義されている。ECHONETルータの基本的な定義は現仕様でも行われているが、その詳細について、改定中である。

4.2 レイヤ構成

レイヤ構成は、大きく、アプリケーションソフトウェア、通信ミドルウェア、下位通信ソフトウェアの3階層に分けられる。ECHONET規格は、通信ミドルウェアおよび下位通信ソフトウェアの仕様を規定するものである。その概要を図2に示す。

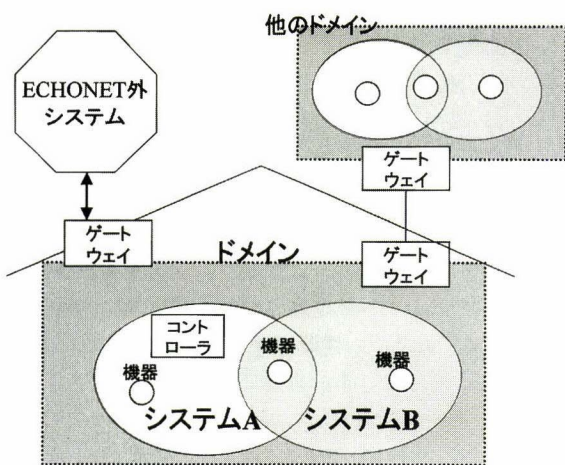


図1 システムアーキテクチャ

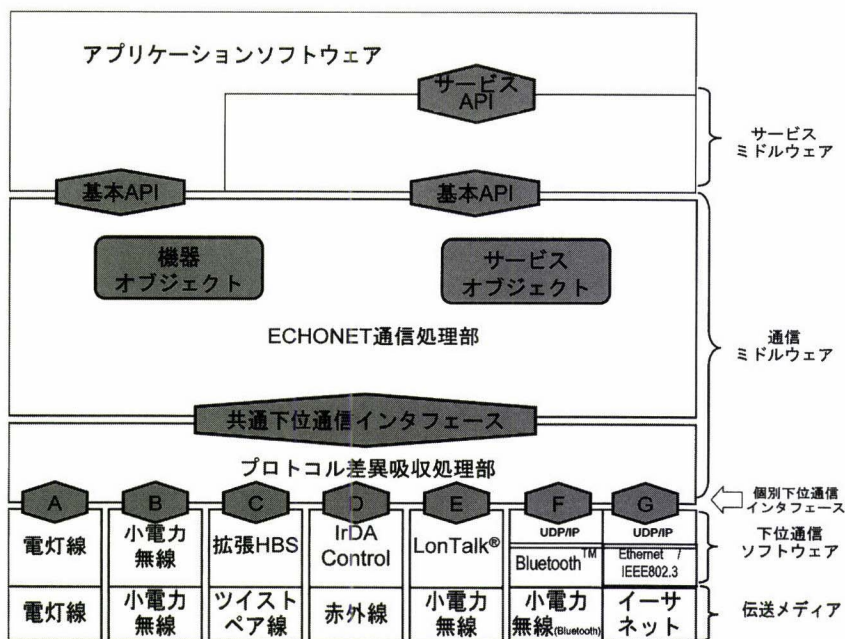


図2 ECHONETのアーキテクチャ

(1) 通信ミドルウェア

主にECHONET通信プロトコルに沿った通信処理を行うものである。具体的には、機器オブジェクト、および、サービスオブジェクトの操作を行うために必要な処理を行う。処理は二つのレイヤに分かれており、それぞれ、ECHONET通信処理部、プロトコル差異吸収処理部と呼ぶ。前者は主に、パケットのルーティング、オブジェクトの処理を行い、後者は主に、パケットの組立、アドレス変換処理などを行う。

(2) 下位通信ソフトウェア

電灯線、無線、赤外線などの伝送メディア特有の通信プロトコル処理を行うソフトウェアであり、主にOSI参照モデルのレイヤ1, 2に相当する通信処理を行う。ECHONET規格 Ver. 2.11では、電灯線通信プロトコル、省電力無線通信プロトコル、赤外線通信プロトコル (IrDA Control)、拡張HBSプロトコル、LonTalkプロトコルを対象とした下位通信ソフトウェアをそれぞれ定義している。

Ver. 3.00より、BluetoothTM、およびイーサネットが採用され、よりインターネット環境との共存が容易になった。

4.3 通信方法

(1) アドレス

ECHONETでは、「ECHONETアドレス」という論理的IDを使う。それは、ECHONET通信処理部で決定され、そのレイヤにて用いられる。相手機器と通信をする場合にはECHONETアドレスにより相手を特定する。

ECHONETアドレスにより相手特定された送信パケットは、下位通信ソフトウェアにより伝送メディアに応じたアドレス変換を行う。ECHONETアドレスと伝送メディア別のアドレスのマッピング方法は、伝送メディアによって異なり、例えば電灯線ネットワークでは電灯線アドレスの下位8ビットをそのままECHONETアドレスの一部に用いる。一方Bluetoothの場合は必ずIPを使う仕様であり、IPアドレスとECHONETアドレスのマッピングをする。この場合、IPアドレスが決定したあと、ECHONETアドレスを決定するが、DHCPサーバのようなアドレス配布サーバがいる場合にはその仕組みを使い、いない場合にはAutoIPのようなランダム割り当ての仕組みを使ってECHONETアドレスを割り当てる。

(2) 機器の認識・探索

機器の認識は、通常、ブロードキャストまたはマルチキャストを使って行われる。ネットワークへの新規参入時にはブロードキャストで参入を通知し、自身のECHONETアドレスが決定した場合にも、その由をブロードキャストにて通知する。逆に、ネットワーク内にどんな機器があるか調べたい場合には、ブロードキャストで問い合わせを行う。

(3) 制御方法

ECHONETでは、制御対象機器のオブジェクトのプロパティ、およびそれに対するサービス (ECHONETサー

制御例: エアコンの電源をONにせよ
 - エコーネットアドレス: 0x0001
 - 機器オブジェクト: エアコン
 - プロパティ: 電源
 - サービス: SET
 - データ: ON/OFF
 を指示する電文を送付する。

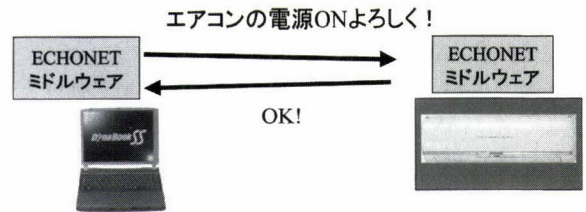


図3 ECHONETによる対象機器の制御方法

ビス) を指定することで制御が行われる。具体的には、目的機器のECHONETアドレス、オブジェクトID、プロパティID、およびサービス内容 (SET, GETなど) を指定した電文を送信することで命令し、その結果を同様のフォーマットにて受け取る。図3にその概要を示す。

ここで、制御対象のオブジェクトとして、機器オブジェクト、プロファイルオブジェクト、通信定義オブジェクト、サービスオブジェクトが定義されている。家電機器に应用する場合には、最低限、機器オブジェクト一つと、プロファイルオブジェクトの定義が必要である。

(4) セキュリティ

ECHONET 機器間に閉じた場合、通信のペイロード (ECHONET用語では電文) を暗号化する独自の方式をサポートしている。

4.4 BluetoothTMの収容

Ver. 3.00仕様より、ECHONETの下位メディアとしてBluetoothTM (以下、Bluetoothと示す) を採用することによりBluetoothのもつ高速性、通信信頼性、低消費電力等を受け継ぐことができるのを期待し、その規格化が急ピッチで進められた。Bluetoothの収容に当たっては、(1) Bluetooth認証は搭載機器の如何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) BluetoothのSlave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、の五つの要件を重視した。この指針に沿い、技術仕様および認証仕様策定のための活動が行われた結果、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

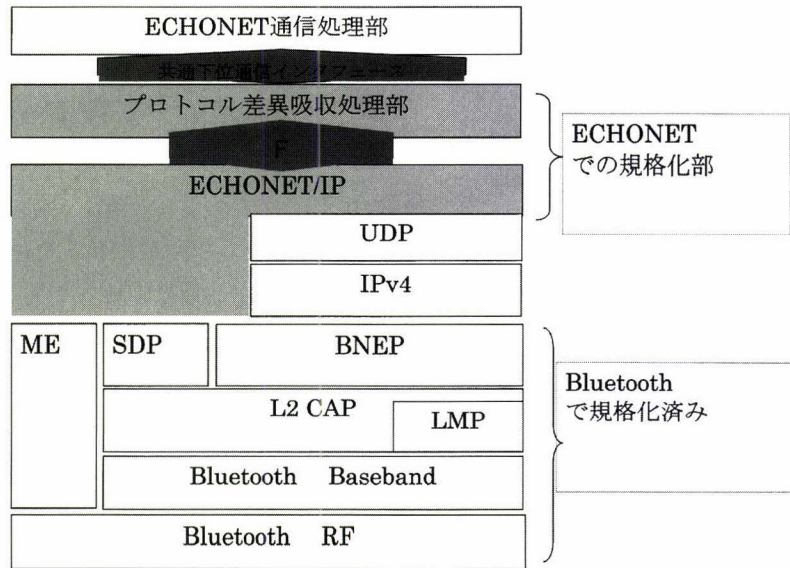


図4 ECHONETによるBluetooth収容

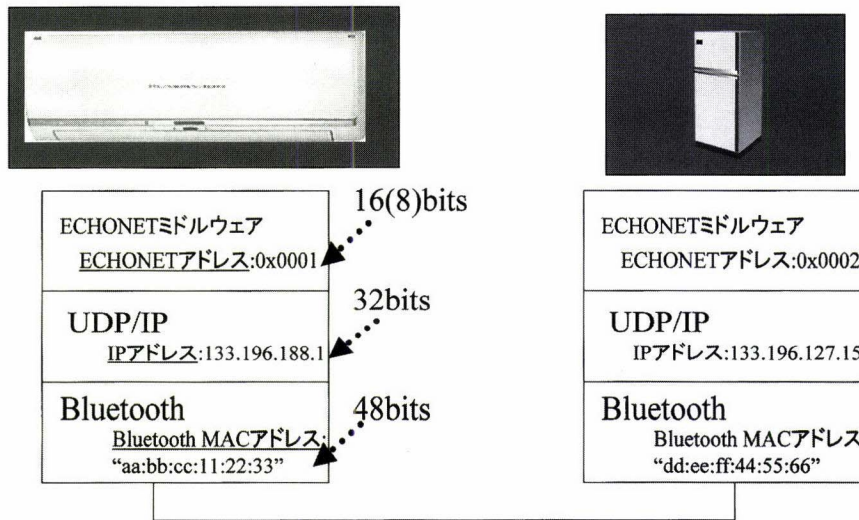


図5 ECHONET over Bluetoothにおける階層別アドレス

選定であり、ECHONETのネットワーク機能上最も相応しいPANプロファイル[4]が採用された。これに伴い、ECHONETで規格化された部分は、図4に示すようにプロトコル差異吸収処理部、ECHONET/IP部となる。

機器情報書き込み・読み出しコード、ECHONETアドレス等を含むECHONETフレームはUDP、IP、BNEPで順次カプセル化されBluetoothとして送受信される。また今回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アドレス等と変換しながら正しい相手先と通信できる仕組みが実現されている。その階層的アドレスの仕組みを図5に示す。

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動的に自己のECHONETアドレスを定められるシーケンスが採用されている。

5. 応用事例

5.1 白物家電への応用

ECHONETの白物家電への適用事例として、ネットワーク家電FEMINITY™シリーズに導入されたECHONETの事例を紹介する。これは、白物家電の制御だけでなく、家庭生活、家電利用に関する関連コンテンツの配信と連携した家電制御機能を提供するコンセプトのもとで設計されており、家電制御はすべてECHONETにより実現されている[5]。ハードウェア的には、家電のコントロール/Webブラウザ機能を持つホーム端末と、インターネットへの出入口となるBluetoothアクセスポイントと、冷蔵庫、オーブンレンジ、ホームランドリーといった各家電機器から構成される。各家電機器には、Bluetooth通信モジュールを実

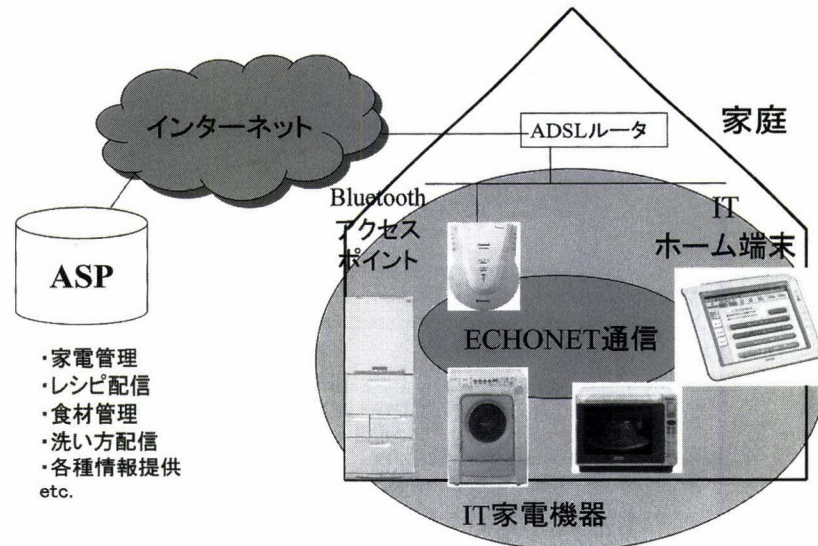


図6 ネットワーク家電への応用例

装した通信アダプタが格納されており、家電機器を制御する本体マイコンとシリアル接続されている。Bluetoothの通信は、PANプロファイルにより実現されている。セキュアな初期ネットワーク設定が施された後、ホーム端末から送られてきたECHONET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制御する[6]。

ECHONET over Bluetooth家電ネットワークの全体構成は、図6にあるように、家庭外の部分（インターネット、ASP）と家庭内の部分に分かれる。インターネット上にASPサーバを配置し、これをネットワーク家電とそれを扱うユーザに対する各種サービスの提供元としている。ASPとの連携により、各家庭内の家電構成の管理、冷蔵庫やオーブ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様々な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各種情報提供などを実現している。

家庭内においては、常時接続回線の環境下に、Bluetooth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ホーム端末がワイヤレス接続されている。Bluetooth機器の役割としては、BluetoothアクセスポイントがPANプロファイルにおけるNAP、ホーム端末、および、各家電がPANUの機能を持つ。ホーム端末は、家電機器とインターネット双方と通信をするために、ASPとファイル転送するためのHTTPと、ECHONET両方が実装され、ゲートウェイ的な機能も担っている。

5.2 住宅設備への応用

主に省エネルギーの観点から、住宅設備機器へECHONETを導入する取り組みも盛んである[7]。これらは、主に、エアコン、電灯など、定常的に電力を消費する機器に対し、季

節、使用時間帯、ユーザの位置などを考慮して、適切な制御を行うことで、家庭単位、地域単位でそのトータル電力消費を削減させようとするものである。ここでは、ECHONETによる機器の連携により、家電、住宅設備、特にセンサ機器との連携により、実際にユーザへ負担をかけることなく消費電力を低減させることが可能になっている[8]。

また、高齢者へのIT支援として、新築住宅などからECHONET機器への導入が期待されている。今後、標準配備される様々な住宅設備機器や家電と連携するサービスが増加すると考えられる。そこでは、簡単に機器導入、そして、その簡単利用ができることが重要であり、ECHONETにより機器間の連携を容易に実現できる。

5.3 ホームロボットへの応用

今後、家庭環境にも、様々なロボットの導入が期待されている。ロボットには作業支援、癒しなど様々な側面から期待が高まっているが、家電を制御するための人に優しいユーザインターフェースの側面も重要なポイントである。

特に、高齢化社会の到来により、高齢者のコミュニケーション能力補助技術が重要と認識されてきた。これまで家電機器は、“反応しない”作業機械であったが、より高度な機能が搭載された機器の実現に伴い、ユーザの動作判断能力が低くなることによる心の不安感を取り除くために、ユーザと会話し、反応するなどのインタラクティブな機器による支援が望まれている。その一つの形であるロボットは、従来家電にない、動く（動作、しぐさ、作業等）という表現能力を持つ数少ない機器である。状況に応じて反応する家電機器として、白物家電機器や住宅機器と連携動作することで、次世代のユーザインターフェースの主流になると考えられる。

2003年4月に開催されたROBODEXでは、ホームロ

ボットがECHONET白物家電を制御するデモが行われるなど、その取り組みも始まっている[9]。今後、白物家電だけでなく、住宅に配備されるセンサ類、健康機器との通信が必要となった場合にも、ECHONETは適用可能である。より良い生活密着型インターフェースとして家庭内ロボットが実現されようとしている現在、ロボットと情報家電を結ぶ標準化技術の一つとしてその重要性が増すものと思われる。

6. おわりに

本稿では、ネットワーク家電における標準化技術として、住宅設備・白物家電系向け規格であるECHONETについて紹介した。これまで家庭におけるITは、AV機器、情報機器がその導入の中心であったが、今後、家庭のさらなるIT化に伴い急速にこれら標準の利用が求められると共に、今後、家庭に存在する様々なIT機器との連携がさらに加速されると思われる。特に、今後の高齢化社会、多様化社会を踏まえて、広義の住宅設備として考えられる、健康

機器、ホームロボットへの応用などへの期待がより高まるものと思われる。

参考文献

- [1] 美濃 他：“情報家電の考え方”，情報処理学会誌，vol.42，no.11-002，2002.
- [2] R.Kango, et al.: “Networked Smart Home Appliances - Enabling Real Ubiquitous Culture,” 5th International Workshop on Networked Appliances, Oct., 2003.
- [3] ECHONET コンソーシアム：“ECHONET 仕様書 (Ver. 2.11)”，<http://www.echonet.gr.jp>, 2003.
- [4] Bluetooth Specifications, <http://www.bluetooth.org/>
- [5] 門間 他：“ECHONET over Bluetoothによる家電制御の実現”，情報処理学会，第65回全国大会，5J-3，2003.
- [6] 多鹿 他：“Bluetoothを用いて情報家電を結ぶワイヤレスホームネットワークの構築方法”，電子情報通信学会，2003年総合大会，B-7-101，2003.
- [7] (財)省エネルギーセンター稼動時電機損失削減最適制御技術開発，<http://www.eccj.or.jp/ctrl/index.html>
- [8] 川口 他：“ホームネットワークを利用した省エネナビシステムの開発”，計測自動制御学会第3回SICEシステムインテグレーション部門講演会 (SI2002)，2002.
- [9] 松日楽 他：“分散オブジェクト技術を用いたサービスロボットの開発”，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会，1A1-3F-C5，2003.



多鹿陽介 (Yosuke Tajika)

1988年神戸大学工学部電子工学科卒業，1990年同大学大学院修士課程修了，同年(株)東芝総合研究所入社，ATMネットワーク，アドホックネットワークの研究開発に従事後，Bluetooth規格化，ホームネットワークの研究開発に従事。現在，(株)東芝研究開発センター通信プラットフォームラボラトリ主任研究員。



門間信行 (Nobuyuki Monma)

1996年東京工業大学理学部情報科学科卒業，1998年同大学大学院情報理工学研究科修士課程修了，同年(株)東芝研究開発センター入社，主に家庭内ネットワークにおける通信方式および機器制御方式の研究開発に従事。ECHONETコンソーシアム技術委員。情報処理学会会員。



一色正男 (Masao Isshiki)

1982年東京工業大学理工学専攻科卒業，同年，(株)東芝入社。住宅空間技術研究所にて，騒音振動関係技術の応用開発に従事，エアコンの室内機制御アルゴリズムにて空調協会技術賞。1999年より，ホームネットワーク研究開発に従事。現在，(株)東芝家電機械社HAクリエーション部参事。機械学会会員。工学博士。