

# ネットワーク家電とホームロボットの機能連携技術

Framework for Cooperation between Networked Appliances and Home Robot

森岡 靖太

■ MORIOKA Yasuhiro

会津 宏幸

■ AIZU Hiroyuki

多鹿 陽介

■ TAJIKA Yosuke

ホームロボットの展開と並行して、家電機器のデジタル化とネットワーク化が急速に進みつつある。ホームロボットを使ってネットワーク経由で宅内の家電機器の情報を収集し、宅外からそれら进行操作することが可能になれば、ロボットの高機能化に対して新たな方向性の開拓が期待できる。しかし、現状のネットワーク家電技術は、AV機器や白物家電など個別の制御プロトコルで構成されており、ロボットをそれら個々のプロトコルに対応させることは困難である。

東芝は、ネットワーク家電とホームロボットの機能連携を実現するための課題を整理し、それらの要件を満たす統合フレームワークを提案するとともに、フレームワークの有効性を確認するための試作システムを開発した。

With the rapid progress of information technology in the field of consumer electronics, cooperation between a home robot and networked appliances is considered to be a key technology for enhancing the capabilities of home robots. However, numerous communication protocols for home networks have already been proposed and implemented in various products, and it is too difficult for a home robot to support all of these protocols used in all home appliances.

Toshiba has proposed a new framework for cooperation between a home robot and networked appliances. Within this framework, all of the protocols used in the home appliances concerned are combined and structured with UPnP™ technology. All features of the original protocols are provided via the interface of the framework. We have built an experimental model and confirmed the efficiency of our framework.

## 1 まえがき

近年、家庭を取り巻く情報環境は急速な進歩を遂げており、ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) や FTTH (Fiber To The Home) に代表される高速常時インターネット接続環境の普及や、携帯電話サービスの高度化、デジタル AV 機器市場の急速な拡大を背景に、ネットワーク対応を指向した家電機器の研究開発が進められている。東芝は既に、ネットワーク対応の家電製品 FEMINITY™ シリーズ<sup>(1)</sup> を発売し、宅内外での家電機器の操作、及びインターネット上のサービスやコンテンツと家電機能との連携を実現している<sup>(2)</sup>。

一方、ロボットは、エンターテインメントやセキュリティ用途を目的に家庭への導入が試みられている<sup>(3)</sup>。ネットワーク機能を持ち、ユーザーとの対話に必要な情報をインターネット上のサイトから取得するシステムや、宅内のようすをインターネットを通じて宅外から知ることができるシステムが提案されているが、まだ検討が始まったばかりであり、現在、様々な観点からの研究が進められている。

ホームロボットとネットワーク家電を家庭に導入し有効に利用するには、それらが連携するためのネットワークシステムと、その上で動作する自律システムを構築することが急務である。そのためには、まず、ホームロボットとネットワーク

家電がつながるネットワーク方式を整備する必要がある。

ここでは、ホームロボットとネットワーク家電が連携して、ユーザーに便利なサービスを構築するために必要な要件を整理し、それらを満たすフレームワークを示す。更に、動作実証のために試作したシステムの概要についても述べる。

## 2 機能連携の目的と利点

これまでのネットワーク家電の機能は、コントローラからの家電機器の制御、家電機器からの状態通知、及びコンテンツの送受信が主なものである。加えて、宅外からのリモートアクセスやインターネット上のサービスとの連携が実現されていた。家電機器のネットワーク化により、従来にない家電機器の設計が可能となってきたが、大幅に新たな能力を持たせること、例えば、個々のユーザーを識別して好みに合わせた空調を行うために必要なセンサ類やユーザー識別能力をエアコンを持たせるようなことは、実装面やコスト面の制約が大きな課題である。また、操作のためのユーザーインタフェースも、現状では画面やボタン操作が中心であり、改善の余地がある。

一方、ホームロボットの主要な機能は、移動・運搬といった運動機能と、認識・発話といったユーザーとのコミュニ

ケーション機能である。一般には、自身の移動や環境認識のために、高機能なセンサと実世界への物理的な働きかけができる手段を持ち、また、ユーザーの意図をくむために強力なユーザーインターフェースを持つ。一部には、ネットワーク機能を備え、インターネット上のニュースサイトなどからユーザーとの対話に必要な情報を収集するだけのものもあるが、基本的には自律的に独立動作する。

ホームロボットの効果的な利用を考えると、物の運搬などの際に、ロボット周囲の物体や音声など実環境をより正確に認識し、より正確に操作できる必要がある。しかしながら、必要とされる能力のすべてをロボットに備えさせることは、実装の面で様々な課題が残る。ここで、ホームロボットが家庭内の機器と連携できれば、すなわち、宅内の機器が備えるセンサを用いて周囲環境を認識し、また、ロボット単体では不可能な操作をネットワーク家電を通じて行うことができるようになれば、それはホームロボットの能力を大幅に拡張できることを意味する。その際、ホームロボット自身の機能拡張をロボット自体ですべて対応する場合と比較して、大幅に抑えることができる点も大きな利点である。

また、ネットワーク家電にとっても、ホームロボットの持つ高機能なセンサと、ユーザーフレンドリーな対話などのユーザーインターフェースは大きな魅力である。家電機器自体が高機能なセンサを持つことを不要にするだけでなく、ロボットが移動可能である点を利用して、必要となる高機能センサを少なくすることができる。すなわち、ホームロボットとネットワーク家電が連携することによって、図1に示すように、双方に次のような状況が生まれ、新サービス実現の可能性を

拡大できる。

- (1) ホームロボットは、ネットワーク家電が持つ機能を己のものとして利用できる(図1(a))。
- (2) ネットワーク家電は、ホームロボットにユーザーインターフェースと実世界の物理的働きかけをゆだねることができるようになる(図1(b))。

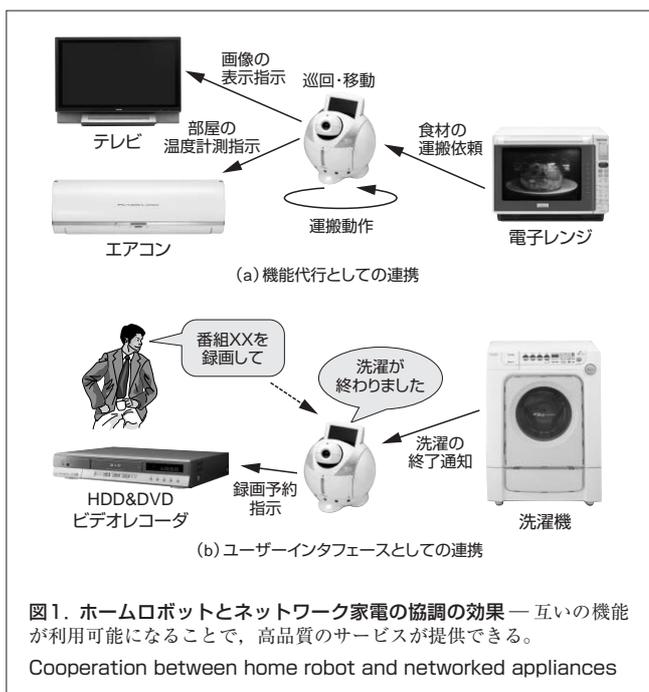
### 3 機能連携を実現するための課題

ホームロボットとネットワーク家電とが機能連携を行うには、要求されるサービスに対し、互いの搭載機能や能力を把握し、必要な機能を相互に利用できるようにするメカニズムが必要である。そのため、次に示す各機能を備え、かつ互換性を持つ必要がある。

- (1) 機器発見 ホームネットワークでは、家電機器やセンサの構成は各家庭で異なり、また、取付け・取外しによっても変化する。ホームロボットは必要に応じて、必要とする機器を探し出す。
- (2) 機器能力の記述と取得 機器がどのような機能をネットワーク経由で利用できるようにするか、また、操作方法はどのようなものかを定め、その仕様が各機器間で了解されることが必要である。
- (3) 機器制御 機器が公開する機能を、ネットワーク経由で呼び出し、その結果を得る。
- (4) 状態通知 機器の状態が変化した際に、周囲のすべて又は特定の相手にその旨を通知する。

これまでの機器連携用プロトコルは、各々の業界がターゲットとする目的や用途に合わせて開発されてきた。ホームロボット分野では、分散オブジェクトベースのORCA (Open Robot Controller Architecture)<sup>(4)</sup>が提案されている。ネットワーク家電分野では、冷蔵庫や洗濯機などの白物家電の制御用にECHONET<sup>TM</sup> (注1)<sup>(5)</sup>、テレビやビデオなどのAV機器の制御用にIEEE1394 (米国電気電子技術者協会規格1394) やUPnP<sup>TM</sup> (注2)<sup>(6)</sup> (Universal Plug & Play) AVといったプロトコルが提案され、既に対応製品が流通している。

家庭環境では、ホームロボットがネットワーク家電と連携するに際して、このような多種多様な媒体やプロトコルの混在環境を念頭に置く必要がある。しかしながら、ホームロボット自身が多種多様なプロトコルに対応することは、開発工数やシステムの複雑さが増す点で困難である。また、ロボットが家電に機能提供する場合には、ロボットがサービスする機能の定義も必要となる。ここで、情報家電で策定された機能仕様は、情報家電それぞれの分野に特化して設計さ



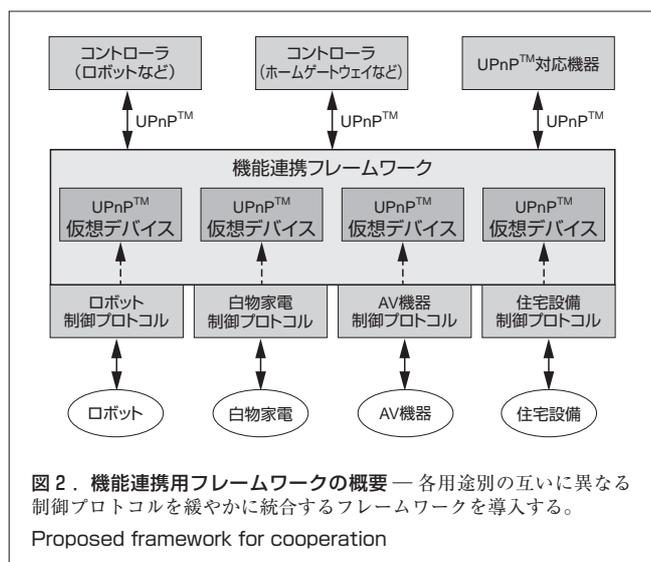
(注1) ECHONETは、エコネットコンソーシアムの商標。  
(注2) UPnPは、UPnP Implementers Corporationの商標又は証明マーク。

れており、ロボットへと拡張することは容易ではない。例えば、ECHONET™は白物家電や住宅設備に特化して設計されている。センサ機能などはECHONET™機能で共有できるが、すべてをカバーすることはできない。そのため、ロボット向けに新たな機能仕様を構築することも考えられるが、そうすると複数のプロトコルが乱立してシステムが複雑化し、コントローラの負担が増大する。システム化にあたっては、これらの課題を解決する必要がある。

#### 4 ネットワーク家電とホームロボット連携フレームワーク

前述のように、各機器は、ある共通のプロトコルの上で連携できることが望ましい。そのプロトコルは、既存の拡張であるか新規なものかを問わず、既存の各プロトコルの能力を十分に収容するだけの能力を持つ必要がある。

当社は、ホームロボットとネットワーク家電の各機能が基本的な部分では単体で自律機器として完結していること、及びそれらの関係は疎結合であることに基づいて、既存プロトコルを拡張せず、その上位に新しい統一的双方向アクセスを提供するフレームワークを導入して解決した(図2)。



今回、フレームワークを構成するためにUPnP™を採用した。その理由は、各プロトコルが提供する機能をXML (eXtensible Markup Language) によるデバイス記述によって覆うように記述できること、及びTCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) やSOAP (Simple Object Access Protocol) などの汎用技術をベースとしているために開発が容易であることによる。各種通信プロトコルとそのインタフェースをUPnP™プロトコルとデバイス記述に対応づける際、UPnP™において標準化されている部分はそれに従い、そうでない部分は新たにモデルを作成した。

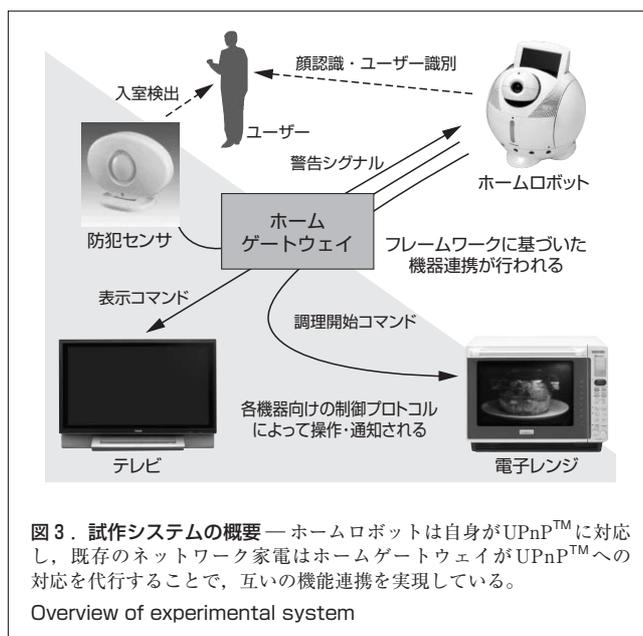
各ロボットやネットワーク家電の機能は、各々が用いる既存プロトコルを統一フレームワークであるUPnP™プロトコルにいったん収容し、仮想的なUPnP™デバイスとして周囲の機器に公開することで、コントローラから利用可能にできる。コントローラは、ロボットや家電機器、及びホームサーバなどに搭載される。機器によっては、UPnP™デバイスとしても、コントローラとしても動作することがある。

また、このフレームワークでは既存プロトコルを拡張しないため、UPnP™プロトコルへの変換は、その機器以外で行うことができる。例えば、既存プロトコルとUPnP™プロトコルへの変換を行うゲートウェイ機器を設けることで、既存のネットワーク家電をそのまま利用可能にすることができる。

#### 5 試作システム

動作検証を行うために、試作システムを構築した(図3)。まず、家庭環境では通信メディアが混在して利用されることが考えられる。試作システムでは、IEEE 802.11b 無線LANとBluetooth™(注3)を用いたが、それらの相互接続はホームゲートウェイ上で対応した。また、ホームロボット以外のネットワーク家電については、機能本体は家電機器内部に搭載するが、UPnP™と家電機器固有のプロトコルとの変換機能をホームゲートウェイに実装して対応した。これらの対応に加えて、ホームロボットを含む既存機器に対して、次の機能追加を行った。

- (1) ホームロボット ユーザーインタフェース機能のうち、カメラで撮影した画像からの顔認識機能と音声合成



(注3) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.の商標。

機能について、ロボット内部でUPnP™ ↔ ORCA 変換を行うことにより、UPnP™ デバイスとして家電機器から制御できるようにした。

また、ロボットが家電機器を制御できるよう、UPnP™ コントローラとしての機能を合わせて実装した。

- (2) ネットワーク対応電子レンジ 通常の電子レンジの機能に加えて、調理メニューの設定や調理終了の通知機能に対し、ホームゲートウェイ上でフレームワーク対応することにより、UPnP™ デバイスとして動作させた。
- (3) 防犯センサユニット ドアなどに取り付けて開閉を検知し、無線で通知する。UPnP™ ↔ 防犯センサ用プロトコル変換をホームゲートウェイ上で行い、UPnP™ デバイスとして動作させた。

- (4) テレビ 指定した文字列を画面上にスーパーインポーズする機能をテレビに装着し、その機能を制御するUPnP™ デバイスをホームゲートウェイ上で動作させた。

各機器は、事前に準備されたシナリオに基づいて、並列かつ自律的に動作し、システム全体として協調する。各機器は、次に示す動作を行う。

- (1) シナリオに基づき、必要となる機器を発見し、その機器の機能制御及び状態変化をイベント通知するよう指示する。
- (2) 機器の内部状態が変化すると、イベント通知する。
- (3) イベントを受け取ると、自機器又は発見済みの周囲機器の所定の機能を呼び出す。

更に、上記の動作に基づいて各機器を動作連携させ、以下に例を示すようなシナリオを実行できることを確認した。

- (1) ドアが開いたことを防犯センサが検出すると、
- (2) ホームロボットはドア近くの人物の顔認識を行い、
- (3) 家人と認識したら、電子レンジに調理開始を指示し、
- (4) 電子レンジの調理残り時間を取得する。
- (5) 調理終了が電子レンジから通知されると、その旨をテレビに表示するよう指示する。

従来のロボットでは人の認識をロボット搭載のカメラの視野内でしか行えなかったものが、この例では、防犯センサと連携することにより、ドアから誰かが入ってきたことを検出し、ドア付近に移動して、部屋に入ってきた人を探し、認識するといった動作が、新たにできるようになる。

各機器の機能が利用できるか否かによって、シナリオは自律的に変更されて実行される。例えば、テレビが周囲になれば、ロボット自体の音声出力によってユーザーに通知する。

## 6 あとがき

これからの家庭での日常生活で、ホームロボットやネットワーク家電が利用されていく際に、両者を組み合わせることによって大きな相乗効果が期待できる。当社は、ホームロボットと各種ネットワーク家電を連携させるためのフレームワークを提案し、試作した。UPnP™ プロトコルに基づいて各機器の操作インタフェースを共通化し、ロボットと家電機器との間で双方向に連携可能なネットワーク基盤を構築した。

今後は、フレームワークの充実化と実用性の向上に向けた開発を進めていく。

## 文献

- (1) 東芝 . 東芝ネットワーク家電 FEMINITY . <<http://feminity.toshiba.co.jp/feminity/>> , ( 参照 2004-05-06 ) .
- (2) Tajika, Y., et al. Networked Home Appliance System using Bluetooth Technology Integrating Appliance Control/Monitoring with Internet Service . IEEE Transactions on Consumer Electronics. 49, 4, 2003, p.1043 - 1048.
- (3) 松日楽信人 ,ほか . “ 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 ” . ロボティクス・メカトロニクス講演会予稿 . 函館 , 2003-05 , 日本機械学会 . 1A1-3F-C5.
- (4) 尾崎文夫 ,ほか . オープンロボットコントローラアーキテクチャ ORCA . 日本ロボット学会誌 . 21 , 6 , 2003 , p.22 - 28.
- (5) ECHONET コンソーシアム . ECHONET . <<http://www.echonet.gr.jp/>> ( 参照 2004-05-06 ) .
- (6) UPnP( Universal Plug and Play ) . UPnP Forum . <<http://www.upnp.org/>> ( 参照 2004-05-06 ) .



森岡 靖太 MORIOKA Yasuhiro

研究開発センター 通信プラットフォームラボラトリー  
研究主務。ホームネットワークに関する研究・開発に従事。  
情報処理学会，人工知能学会会員。  
Communication Platform Lab.



会津 宏幸 AIZU Hiroyuki

研究開発センター 通信プラットフォームラボラトリー。  
ホームネットワークに関する研究・開発に従事。  
Communication Platform Lab.



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ー  
主任研究員。Bluetooth™規格化，ホームネットワークに関する研究・開発に従事。電子情報通信学会，情報処理学会会員。  
Communication Platform Lab.