

# ホームネットワークの現状と標準化動向

## Development and Standardization of Home Network Systems

丹 康雄 Yasuo Tan<sup>†</sup>

### Summary

ホームネットワークを構成する技術要素を概観し、その発展経緯と現状について概説するとともに、多数存在する関連標準化団体の位置付けを理解するための指針について述べる。ホームネットワークは様々なアプリケーション領域をカバーするため、異なる技術からなる複合的なシステムとなり、数多くの要素技術が必要とされるのに加えて、これらを一つのシステムとしてまとめ上げる技術が必要となる。機器間の接続技術や機器を標準的な手続きで使えるようにする技術とともに、ソフトウェアを維持管理したり、外部のサービスと連携して情報を得たりする仕組みの実現が必要とされる。関連標準規格は極めて多岐にわたるが、幾つかの観点で活動を捉えれば互いの関係は理解しやすくなる。近年はエネルギー管理関連のアプリケーションに特化したスマートハウスの議論が盛んになっているが、コストの面から考えても多くのアプリケーションに対応できるホームネットワークシステムの実現が重要である。

### Key words

ホームネットワーク, スマートハウス, 標準化, ITU-T J.190

## 1 まえがき

—ホームネットワーク, ホーム ICT, スマートハウス

この解説論文を始めるにあたり、まずはホームネットワーク<sup>(1)~(3)</sup>という少々厄介な呼称についての説明から始めよう。本解説論文のタイトルにはホームネットワークという呼称が使われているが、小特集のタイトルにはホーム ICT (Information and Communication Technology) という単語がある一方、現状では、スマートハウスなるものが世の中で極めて盛んに語られている。これらはいずれも家庭内で ICT を利活用することによって我々の生活を向上させたり、諸課題を解決したりするものではあるが、主に想定するアプリケーションや技術の違いなどにより、呼称が変わっているものと理解すればよい。

上述の三つの用語のうち、ホームネットワークという単語は、著者も含め本分野に携わる関係者の間で長期にわたって使われている用語であり、その結果、極めて広い分野をカバーするものとなっている。しかし、この呼称が余りにもネットワーク寄りであり、単に機器を相互接続するにとどまるという印象も与えることから、高度な情報処理も含めたニュアンスを出すためにホーム ICT という用語が使われるようになってきた。この単語が広まるきっかけは、NTT グループが 2009 年 11 月に発表した「ホーム ICT 基盤」の実用化に向けた一連の取組みで

あろう。一方で、スマートハウスという用語の出自はかなり異なる。これは、スマートグリッドという巨大なシステムの家庭部分という意味合いで使われること、すなわち、アプリケーションがエネルギー管理に特化されていることが多い。本来の「スマート」の意味からすればアプリケーション分野に依存する名称ではないはずであり、誤解を招きやすい用語になってしまっているといえる。更に混乱を招くことに、このスマートハウスにおいて、家庭内機器のネットワークを指す単語としてホームエリアネットワークという用語が使われているからである。これは LAN (Local Area Network) や WAN (Wide Area Network) といった用語に類似した表現であり極めて一般的な響きを持つが、実際にはエネルギー管理関連機器のみを対象とした家庭内接続リンクという程度のことを指していることがほとんどである。

こうした状況を踏まえた上で、本解説論文では、「ホームネットワーク」の立場から今までの標準化の経緯、現状について触れ、標準化団体に関して紹介していく。誌面の関係から、個別の技術や規格に言及することは難しいため、全体像を把握するために必要な話の流れを中心に述べる。

## 2 ホームネットワークの構成

1. で述べたように、呼称一つとっても注意が必要な状況となるのは、ホームネットワークそのものの目的に原

<sup>†</sup> 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科  
School of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology, Ishikawa 923-1292, Japan.

因がある。そもそも家庭内での活動は極めて多岐にわたるとともに、家庭内には年齢、性別、嗜好の大きく異なる複数のユーザが存在していることから、ホームネットワークシステムが実現しなければならないアプリケーションも極めて多岐にわたることになる。これらのアプリケーションにはオフィスのシステム同様、パソコンやタブレット端末で実現されるものもあるが、HDD (Hard Disk Drive) レコーダとテレビの間の接続のようにオーディオビジュアル (AV: Audio Visual) データを扱うもの、エアコンや照明などの家電機器を制御するコマンドをやり取りするものなど、技術的な要求要件としては極めて異なった性質を持つものが含まれている。例えば、AV データを扱うためには高速なネットワークが必要になるとともに、コンテンツ保護のための仕組みも備える必要がある。一方、家電機器の状態を取得したり制御したりするためだけであれば、短いコマンドの情報を伝送できればよく、特段に高速な通信は必要とされない。しかしながら、いわゆる白物家電をはじめとする生活家電はコストに対する要求が厳しく、1円未満の部品の削減を図っている中で高価なネットワークインタフェースを搭載することは難しい。

したがって、それぞれの用途に応じて適切な技術を用いたネットワークがまずは構成され、これらが複数共存しつつ、部分的に相互接続しているのがホームネットワークの全体構成ということになる。つまり、ホームネットワークというシステムは、AV 家電のネットワークや白物家電のネットワークといったサブシステムの複合体として実現されるものといえる。これは、オフィス等のネットワークがイーサネット (Ethernet)<sup>(4)</sup> (IEEE802.3, IEEE802.11) と IP (Internet Protocol)<sup>(5)</sup> (IPv4, IPv6) といった汎用技術で一元的に構築されているのに比べると、極めて場当たりの扱いにくいものに見える。特に留意が必要なのは、プロトコルスタックという観点で考えたときに、レイヤ構造がそれぞれのサブシステムで異なっているということである。例えば、電動カーテンや電気錠といった住宅設備を考えると、それぞれにネットワークインタフェースを備えるためには、モータなどのアクチュエータを動かす電気回路、それを制御する電子回路、更にネットワークインタフェース回路という形になり、極めてコスト高となる。住宅設備は長年にわたって固定的に設置されており、また、ほとんどが

オンオフ制御程度しか行わないことを考えれば、1か所のコントローラからアクチュエータを駆動する電気 (信号ではなく、モータを回す電気そのもの) を供給するための配線をネットワークのように張り巡らす方が安価に実現できるわけである。このように、同レベルのものに共通のネットワークインタフェースを与えて相互接続するというよりは、極めて性質の異なるサブシステム群を連携させていかに一元的なアプリケーションインタフェースを実現していくかということがホームネットワークでは重要な課題となる。

こうした状況は、我が国のホームネットワーク関連技術者の間ではかなり以前から認識されており、その一つの現れが図1に示したITU-T (International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector) J.190 勧告<sup>(6)</sup>のホームネットワークアーキテクチャ<sup>(2)</sup>である。

このアーキテクチャ図では、右側にアプリケーションごとのサブシステムが並び、左側に位置する家庭内 IP (Internet Protocol) ネットワークがそれらを束ねる形を基本構造としている。それぞれのサブシステムは、プレーンという名称で呼ばれており、AV、PC、電話・FAX、暮らし環境 (白物家電や住宅設備) プレーンが具体例として並んでいるが、これらは当初の提案が行われた2000年前後の状況を反映したものであり、それ以外にもプレーンが存在し得ることも示している。各プレーン内では、全く独自の物理媒体やプロトコルスイート (注: 組み合わせて使う各種プロトコルのセッ

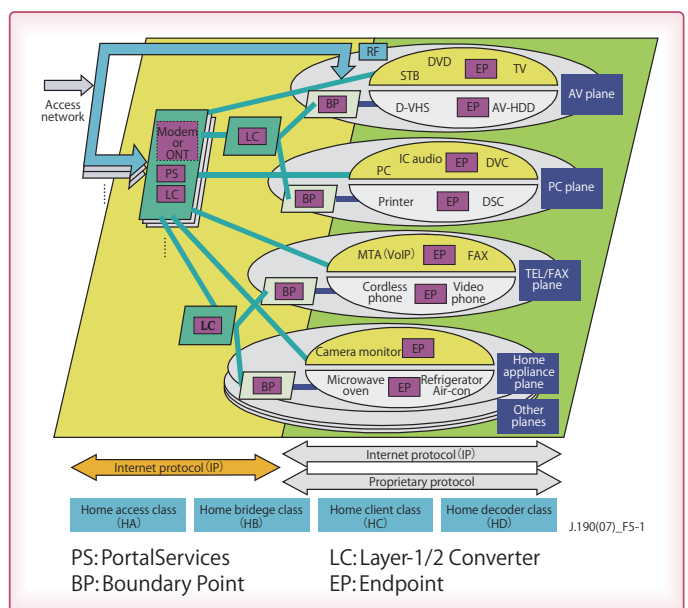


図1 ITU-T J.190 勧告におけるホームネットワークアーキテクチャ

ト)が使われることもあり、これを特定領域プロトコル (Proprietary Protocol) と呼んでいる。図中左半分の、プロトコルとして TCP (Transmission Control Protocol) /IP が使われている部分を IP ドメイン、右半分の特定領域プロトコルを使っている部分を特定領域プロトコルドメインと呼ぶ。PLC (Power Line Communication) や小電力無線を用いた ECHONET (Energy Conservation and HOmecare NETwork)<sup>(1), (7), (8)</sup> や, ZigBee<sup>(9)</sup>, Z-Wave<sup>(10)</sup> 等で接続された暮らし環境プレーンや, IEEE1394 や HDMI (High-Definition Multimedia Interface), DLNA (Digital Living Network Alliance)<sup>(11)</sup> で接続された AV プレーンといったものが特定領域プロトコルドメインの実例である。

IP ドメインは単にプロトコルとして IP を使っているというよりは、インターネットへの IP レベルでの接続性を有する部分であると捉えるのが適切で、技術的には TCP/IP プロトコルスイートを使っているインターネットへの接続性のない閉じられた IP 接続の部分は、やはり特定領域プロトコルと解釈する。一方、PC やタブレット端末、IPTV (Internet Protocol TV) に対応した STB (Set Top Box) やレコーダはそれぞれが IP と特定領域プロトコルとのゲートウェイであり、特定領域プロトコルドメインのみならず、IP ドメインにも所属しているとみなす。PC には USB (Universal Serial Bus) で接続された周辺機器があり、これを PC 経由で他の IP 接続された機器と共有する形になることもあることから、USB 部分が特定領域プロトコルドメインで、PC がゲートウェイの役目を担っていると考えられる。この例でも示唆されるように、同種のプレーンが複数存在することも想定されている。

さて、アプリケーションによっては、各プレーン内の機器だけではなく、異なるプレーンに属する複数の機器を連携させる必要が生じてくる。それぞれのプレーン内では異なるプロトコルが使われているが、これらのプレーン間の相互接続を行う際に、個別のプレーン間同士でゲートウェイを配置するのではなく、IP という一つの共通のプロトコルを用いて全てのプレーンが相互接続する形式をこのアーキテクチャは指向している。より具体的にいえば、各プレーンにはそれぞれのプレーン内で使われているプロトコルと、IP の両方を利用することのできる機器があり、これをゲートウェイとして経由して各プレーン内の機器が他のプレーン内の機器と IP ドメ

イン経由での通信を行う。IP ネットワーク上では XML (Extensible Markup Language) で記述されたデータがやり取りされ、そのスキームを順次決めていくことで様々な種類の機器やサービスに対応することが提案当初から想定されていた<sup>(2)</sup>。

このような特定領域と IP の両方のプロトコルを利用可能な、いわば各プレーンごとのゲートウェイ機能を有する機器のことを HC (Home Client) クラス、プレーン内の各機器を HD (Home Device/Decoder) クラスと呼び、家庭と広域ネットワークを接続するホームルータやホームゲートウェイと呼ばれる機器を HA (Home Access) クラス、更に、無線 LAN (Local Area Network) アクセスポイントや PLC (Power Line Communication) モデムのように伝送媒体を変換する機器を HB (Home Bridge) クラスと定義することで、各機器の役割を明らかにしている。これらの機器クラスは一つの物理的な機器と必ずしも 1 対 1 ではなく、また、各機器クラスの中には PS (Portal Services) や BP (Boundary Point) といった論理要素 (logical elements) が定義されており、複合的な機器も表現することが可能である。

この規格が制定された時代には、白物家電の制御を行うタッチパネル式のホームコントローラ、他の AV 機器に対して GUI (Graphical User Interface) も提供することのできる高機能な STB など、独立した HC として機能する機器群が製品化されることが現実視されていた。しかしながら、こうした高機能な機器はそれなりの規模のソフトウェアを必要とし、高価になりがちでソフトウェアのメンテナンスやセキュリティ対策も必要となることから、現状では敬遠されているのが実情である。その代わり、もともとは HA として考えられていたホームルータに各プレーンにおける特定領域プロトコルやアプリケーション実行の機能までを持たせ、いわば HC 機能を統合したホームゲートウェイを利用する形態が有望視されている。このホームゲートウェイにおけるルーティングやフィルタリングなどの低位レイヤ機能をアクセスゲートウェイ機能、家庭内の機器との通信プロトコルへの対応も含めたアプリケーション実行機能をサービスゲートウェイ機能と呼び、ホームゲートウェイはこの二つの機能を有するものと定義される。このサービスゲートウェイ機能が、後述するように、各アプリケーションの実現の点では重要な役割を果たす。

以上のように、ホームネットワークは複数の目的を持ち、異なる技術で実現されたサブシステムが相互接続された複合型のネットワークシステムであることを考えれば、ホームネットワーク向けと称する物理・データリンク層技術が用途に応じて多数存在してしまうのも理解できよう。また、AV家電であっても電力を消費するわけであり、一つの家電をとっていてもAV機能のためのネットワーク接続と電力マネジメントのためのネットワーク接続の両方を有するという形態も考え得る。つまり、テレビはDLNAによるAVプレーンとしての機能と同時に、ECHONETによる暮らし環境プレーンに所属して、電力消費モニタリングや消し忘れ防止などを行うなど、複数のネットワーク機能を持つ可能性がある。こうした点が理解できれば、ホームネットワークに関して多数の規格が存在しているのは、類似したものが乱立しているというよりは、それぞれが役割分担をしながら使われるものが多数存在しているという状況にあることが分かる。

なお、ITU-T J.190 勧告は国際標準規格ではあるが、全体の見通しを付けるためのアーキテクチャ文書と呼ばれる類の規格であって、これに基づいて製品が作られるような具体的な技術規格ではない。ITU-Tにおいては、新しいシステムを考える上では、まず、どこにどのような機能が必要であるかというアーキテクチャ文書を制定し、次に、要求要件 (requirements) 文書で何をどこまで実現せねばならないかを明確にした上で、具体的な技術規格を作成するという手順を踏む。ITU-T J.190 は主に OSI (Open Systems Interconnection) 7レイヤでいうレイヤ2、レイヤ3 辺りの接続を示しているようにも見えるが、本質的にはプレーンとドメインの混在を記述したものであって、必ずしも直接的にレイヤ2やレイヤ3としての実装とは一致しないことには注意を要する。家庭内の接続媒体に必要とされる要求要件などは G.9970<sup>(12)</sup>、G.9971<sup>(13)</sup> などで別途規程されており、具体的な伝送技術は G.9960<sup>(14)</sup>、G.9961<sup>(15)</sup> といった ITU-T 規格のみならず、IEEE や BBF<sup>(16)</sup> の規格も使われるという形になる。更に、後述する OSGi (Open Services Gateway initiative) などのソフトウェアコンポーネントがどこに載るかという議論でも、機器間の役割分担の議論のベースとして ITU-T J.190 は使われ得るが、実装の際にはまた別の規格が必要となる。

### 3 ホームネットワークの開発・発展の経緯

ホームネットワークの研究開発はマイコンが家電製品にも利用可能となり、ISDN (Integrated Services Digital Network) という家庭間及び家庭内でのデジタル通信回線が実現されようとしてきた1970年代後半から始まっており、それなりの歴史を有しているといえる。その経緯を振り返ることは、現在の規格群の位置付けなどを理解する上でも重要である。

ISDN時代に電電公社(現、NTT)を中心に研究開発が進められた技術はホームバスと呼ばれたもので、そのアプリケーション分野も広く、ホームショッピングやホームバンキングといった在宅でのネットワークサービスから、宅外からのプッシュホンを通じたエアコンの制御や、AV機器間の制御など、現在のホームネットワークで想定されているものと余り変わらないアプリケーション群が考案されていた。しかしながら、1980年代当時は経済的に日本が余りにも強すぎたため、新たな市場が日本製品に席卷されることを恐れた各国からの抵抗があり、この技術は国際標準として成立しなかったとともに、商業的にもコストにも見合うものとは言い難かったことから、実質的には陽の目を見ずに終わることとなった。

1990年代に入ると家電のデジタル化という大きな変化が生じた。デジタル家電はそれまでの家電と比べ、何らかのネットワークインタフェースを付加するのに必要な障壁が低く、ホームネットワークが一気に現実味を増したといえる。特に、1990年代半ばにビデオカメラがデジタル化されたのと前後して登場したIEEE1394ハイパフォーマンスシリアルバス<sup>(17)、(18)</sup>という、コントローラの存在を前提としない機器同士の接続技術は大きな期待を集めた。この時代の技術はそれまでの通信事業者中心の全体像を見据えたトップダウン的なものというよりは、機器メーカー主導のボトムアップ的なホームネットワーク技術といった様相が強い。また、IEEE1394だけでなく、PLCや同軸ケーブルモデム、Bluetoothのような無線、100 Mbit/sのFastEthernetやIEEE802.11無線LAN、IPv6といった家電機器をネットワーク接続する技術の基礎となる低位レイヤ技術が進展を見せたのもこの時代である。

更に、この時代には、UNIXやTCP/IP、オブジェクト指向プログラミングといった技術が家電の分野にも応

用されるようになり、ECHONETのように現在にもつながる規格の開発が開始されている。しかしながら、各種の低位レイヤ技術がコスト的な観点も含めて実際に実用化になるためにはしばらく時間を要し、期待を集めたIEEE1394も相互接続性の確保やアプリケーションの開発の点で難航し、実用となるには至らなかった。その間に急速な進展を見せたのがPCとインターネットの普及であり、その流れが次の10年の流れに続いてゆく。

2000年代は一言で言えばIP化の10年となった。IPTVやNGN (Next Generation Network) という形で、テレビ放送と電話という長年使われてきた社会インフラストラクチャのTCP/IPプロトコルスイートによる再定義が行われたことはまだ記憶に新しい。これとも関連しつつ、ホームネットワーク技術においてもIP化が進むこととなった。最も顕著にその成果が現れたのがDLNAである。1990年代にはIEEE1394のような新規技術で映像伝送の要件を満たそうとしたが、FastEthernetのコモディティ化により、これをイーサネット上のTCP/IPプロトコルスイートで実現することの現実性が極めて高まった。IEEE1394のような組込み系の技術と比べ、IP技術は開発者の数もはるかに多く、開発ツールや製品に必要な部品も多数の選択肢から選ぶことができるため、結果として、極めてコストを低く抑えることができる。映像コンテンツをデジタル伝送する際に大きな問題となっていた著作権保護技術 (DRM: Digital Rights Management) の面でも、IEEE1394上で実現され「ハリウッドが唯一認めているDRM」とされていたDTCP (Digital Transmission Content Protection) をIP上で実現したDTCP-IPが開発され、DLNAはIEEE1394による映像ネットワークの代替を果たすことが可能となった。IPインタフェースで映像が伝送できれば、番組表やウェブブラウザなどのインターネット系の他のアプリケーションと同じ物理インタフェースを共有することもでき、しだいに多くの機器にDLNA機能が搭載されるようになっていった。このDLNAについて注意が必要なのは、この規格は家庭内の機器間での伝送を行うものであって、サービス事業者からの動画配信をインターネット経由で受けるIPTVサービスとは異なるものであり、更に、これらの間には連続性がないという点である。つまり、IPTVで家庭内に持ち込まれた映像コンテンツを、そのままDLNAで家庭内のAV機器で共有できるとは限らない。これは主にコン

テンツの著作権関連から生じる制約であり、純粋に技術的な問題ではないが、一般消費者にとっては極めて分かりにくく、IPTV、DLNAいずれにとっても普及の妨げの一つの要因になっている。

このように、DLNAはIP技術を用いてはいるが、IPTVのようにインターネットを経由するものではなく、むしろ、DRMの観点からは家庭内に閉じたところでき通信できないようにする必要があり、実装上でも一つのIPブロードキャストドメイン内で使うことが想定されている。これはいわば、IP技術を用いながらもそのIPパケットはインターネットにNATされたりルーティングされることのない「閉じたIPネットワーク」接続というものが存在していることを意味している。こうした閉じたIPネットワークの利用はホームネットワークにおいては随所に見ることができ、白物家電や住宅設備をネットワーク化するECHONETにおいてもこうしたIPの利用の仕方がとられている。ECHONET<sup>(8)</sup>は1997年から開発が始まり、当初は独自のアドレス体系を有するネットワークレイヤを有し、直接物理・デーリンク技術上で用いることを想定していたが、実際に2002年頃から製品化された際にはBluetoothや無線LAN、イーサネット上のUDP (User Datagram Protocol) /IP上にECHONETのネットワークレイヤをカプセル化する形の規格が採用されている。このIPネットワークもいわばローカルな物理リンクの代わりに果たすものであり、閉じたIPネットワークを形成する。DLNAの場合とはやや異なり、ECHONETの場合には制御を行うコントローラ (ゲートウェイ) がインターネット上のサービスと通信を行いながら稼働することが多いが、この場合でも家庭内のコントローラがインターネットとの通信を行う能力と、ECHONET機器の閉じたIPネットワーク内でECHONETを使った通信を行う能力の両方を持ち、必要に応じてそれぞれとの側との通信を行うことで両者が連携する。つまり、IP層での到達性ではなく、アプリケーションゲートウェイによるアプリケーション層での接続が行われているわけである。このようなコントローラは前述のITU-T J.190勧告におけるHCクラスの機器であるといえ、技術としてIPを用いていても特定領域プロトコルとみなすべきネットワークが家庭内に構成されるということの意味している。

2000年代はこのような閉じたIPネットワークの形態

も含めた IP 化の進展が進み、現在のスマートグリッド技術へとつながっていくが、この IP 化の動きと並行して、全く異なる特定領域プロトコルの開発が進展したことも忘れてはならない。IEEE1394 による AV ネットワークが IP 技術による DLNA に置き換わったのと並行して、HDMI (High Definition Multimedia Interface) が生まれてきた<sup>(19)</sup>。DLNA は圧縮されたコンテンツを機器間で伝送することに用いられるが、HDMI は無圧縮のコンテンツを伝送する。典型的な利用方法は Blu-ray Disc/HDD レコーダと、すぐ近くに設置してあるテレビとの接続は HDMI で、別の部屋に設置されているテレビとの接続が DLNA という形態である。DLNA では圧縮コンテンツのデコードと IP ネットワーク上の伝送を安定して行うためのバッファリングとでかなり大きな遅延が生じるが、HDMI は PC とディスプレイとを接続するデジタルインタフェースである DVI (Digital Visual Interface) をベースとしたもので、遅延はほとんど生じない。無圧縮の伝送を考えた場合、FullHD の解像度で更に色解像度を上げたり 3D 化を図ると数 Gbit/s から 10 Gbit/s 程度の速度となり、これを IP ネットワークで伝送するためには高価な 10 Gbit/s のイーサネットを必要としてしまう。AV ネットワークであっても技術的な要求要件が IP ネットワークと合わない部分もあり、それをカバーする新たな特定領域プロトコル技術が開発されてきた例といえる。同様に 2000 年代になって新たに出現してきた特定領域プロトコル技術には、ZigBee<sup>(9)</sup> や Z-Wave<sup>(10)</sup>、RF4CE (後に ZigBee の一プロファイルとして吸収される) がある。これらは、乾電池で数か月から数年といった長期にわたる利用を可能とする技術で、各ノードが間欠的にスリープしたり他のノードの通信を中継するマルチホップ通信技術を用いて送信出力を上げることなく通信範囲を拡大できる仕組みを備えている。こうした特徴は従来の無線技術と TCP/IP プロトコルスイートでは実現しにくく、新たな技術の開発が行われた。

2010 年代に入ると、低消費電力型の無線にも対応できる 6LoWPAN (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks) が開発され、ZigBee をはじめとする特定領域プロトコル技術が担おうとしていた役割が再度 IP 技術で実現されることになりつつあるとともに、HDMI はイーサネットチャンネルとして、同一ケーブルの中に FastEthernet 相当の接続を実現し、また、ECHONET も

従来の規格から下位レイヤの機能を切り離し、IP 技術を前提としたネットワーク上の上位レイヤ規格として再定義を図った ECHONET Lite に移行を始めるなど IP 技術 (閉じた IP ネットワークの採用) への流れは着実に続いている。新しい物理・データリンク技術の開発は、6LoWPAN を含めた IP 技術の採用を前提とするのが通例となり、無線、PLC などを中心に技術の発展が続いている。特に、現状、PLC 技術の開発が顕著であり、2000 年代に実現された高速 PLC の技術を転用し、低消費電力かつ低コストながらも数百 kbit/s 程度の速度を確保した新たな PLC 技術がスマートグリッドの用途で注目を浴びており、IEEE1901.2 や ITU-T G.hnem (G.9955, G.9956) として国際標準化も進められている。

一方、2000 年代には、機器の接続技術や機器やセンサの機能のモデル化、データ構造の共通化といった事項の技術開発が進むのに対して、どのようにアプリケーションを実現するかに関する技術の立ち遅れが目立ってきた。つまり、各機器をネットワーク化して制御を行える仕組みまでは実現できたが、それをどう動かすとユーザにとって利便性があるのかという部分の開発が立ち遅れ、リモコンで各機器を操作しているのと変わらない状況、精々で操作すべきボタンの数が減ったという状況にとどまっていた。実のところ、この、どのように意味のあるアプリケーションを提供するかという問題は、ユビキタスコンピューティングにおけるコンテキストウェアアプリケーションの実現にほかならず、本質的に難しい問題を抱えているため、乏しい計算リソースしか持たないコントローラだけで解決できるものではない。また、しだいに実用レベルに近づくにつれ、実証実験では個別の案件の作り込みで対処してきた、機器の仕様の違いの吸収や、新たな機器の追加、それに伴うプロトコルの追加を円滑に行えるための仕組みが必要となってきた。

これらの課題を解決する技術として 1999 年から開発されてきたのが OSGi (Open Services Gateway initiative)<sup>(20)</sup> である。OSGi は Java ベースのソフトウェアプラットフォーム技術であり、一つの Java VM の上にバンドルと呼ばれるアプリケーションソフトウェアを複数稼働させることができ、このバンドル単位で他のバンドルに影響を与えることなく停止したり入替えを行うことができる。また、バンドルの管理はネットワークを経由して行うことができることから、家庭内に設置したコントローラのソフト

ウェアを OSGi の仕組みを用いることで、部分的にアップデートしたり、必要に応じて追加したりすることが可能となる。OSGi 技術そのものは Java 開発環境である Eclipse でも用いられて広く普及しており、組み込まれた製品も自動車、OA 機器など、多種に及んでいる。ホームネットワークのコントローラとして用いる場合には、いわゆるホームゲートウェイの中に組み込んで使われる形態が多い。実際に、我が国でも NTT のブロードバンドサービスで提供されているホームゲートウェイの中には OSGi の機能を有するものがあり、この機能を他の事業者を利用させるためのサービスが「フレッツ・ジョイント」として 2011 年から提供されている。

OSGi ではコントローラ側のソフトウェアの管理を行う機能の仕組みまでは提供されるが、各アプリケーションが必要とする情報を提供する仕組みはそれぞれのアプリケーションごとに提供する必要がある。例えば、天気予報に合わせたエアコン運転を行おうとすれば、家庭内のエアコン制御プログラムと連動して情報を提供するサービスをインターネット上に用意する必要がある。こうしたネット側のサービスの中には、課金の仕組みや、ある規格の機器を動かすための手順、またユーザのプロファイル情報の提供といった、アプリケーションによらず共通したものも含まれる。これらを一元的に提供することができれば、この共通サービスを用いることで、アプリケーション特有の部分の開発だけを行うことでサービスの実現が可能となってくる。こうした共通のサービスを提供するための仕組みは一般にサービスプラットフォームと呼ばれ、現状でも開発の途上にある(図2)。サービスプラットフォームは家庭内での技術というよりはクラウドやウェブサービスの技術であり、パソコンや携帯電話を端末としたクラウド技術の発展と並行して家電

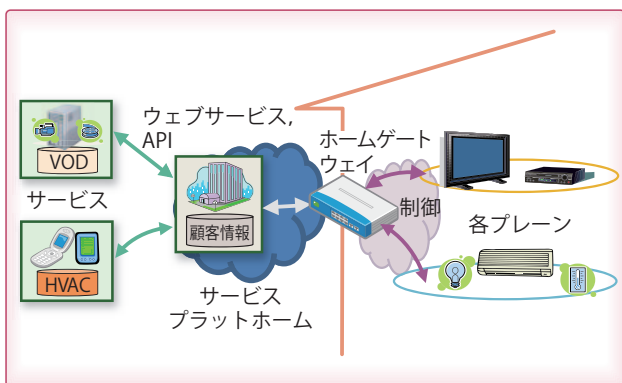


図2 サービスプラットフォーム型のホームネットワークシステム

や住宅設備を端末としたクラウド技術の開発が今後必要である。

以上に述べてきた通信技術やソフトウェア技術以外の要因として、家庭内機器の本体機能があることも忘れてはならない。1980年代のマイコン導入や1990年代のデジタル家電の出現はネットワーク接続との整合性を飛躍的に高めたが、HDDレコーダへのコンテンツの蓄積が実現したことで家庭内の様々な場所での視聴というニーズが生じたように、機器の本体機能の変化によりネットワークアプリケーションが発展するケースも少なくない。最近の例では、太陽電池、燃料電池、蓄電池といった、いわゆる創エネ蓄エネ機器や、プラグインハイブリッドや電気自動車の出現は、それまでは消費エネルギーを抑制する目的しかなかったエネルギー管理アプリケーションに、熱及び電気エネルギーの効率的な運用といった新たな課題を追加しつつある。現状ではまだ実現されていない介護ロボットや家事ロボットの実現や、開発はされながらも未だ余り利用されていない、家電機器とは独立して部屋の各部の状況を計測するセンサネットワークや、心拍数や血圧といったバイタルセンサの家庭への導入など、新たな機器の出現は、ホームネットワークの全体像にも大きく影響を与えていくものと考えられる。

#### 4 ホームネットワーク技術の標準化団体

ホームネットワークに関する標準化団体の数は多く、それらの間の関係がよく分からないという声は多い。これは、今までにも述べてきたように、ホームネットワークを実現するために必要な技術が多岐にわたっていることから必然であるともいえるが、幾つかの観点から標準化団体を分類すれば理解は容易になる。ここでは、1. 標準化の範囲、2. 技術開発の方針、3. 対象地域、の三つの観点を紹介する。これらの観点で標準化団体を分析していけば、一見似通った目的を持つ団体が、互いに補完し共生する関係にあるといった状況が理解しやすくなる<sup>(21)</sup>。

##### (1) 標準化の範囲

標準化を行う対象が、様々なアプリケーションを含めたホームネットワーク全体に及ぶのか、ある特定のアプリケーションやビジネス範囲を対象とするのか、あるいは特定の技術の発展に関わるものなのかという観点であ

る。一般に、全体像のアーキテクチャからの議論を行おうとするのはデジュリ機関が中心となり、ビジネスの対象としてフォーカスが定まるにつれて民間のフォーラムが中心となる。例えば、ITU-Tではスマートグリッドやホームネットワークといった分野全体を対象としてFocus GroupやJoint Coordination Activityが形成され、参照モデルのようなアーキテクチャの検討も行うのと同時に、各Study Groupでは具体的な技術、例えばトランシーバ仕様に関する勧告（規格）といったところまでを標準の対象とする。このITU-Tのトランシーバ仕様であるG.hn（G.9960, G.9961）に対しては、その普及とビジネスの立上げを行おうとするHomeGrid Forumという民間フォーラムが存在し、マルチベンダの製品間で相互運用可能とするための規程の開発を行っており、技術規格そのものをつくるITU-Tとはいわば共生関係にある。アーキテクチャに関する勧告はこうした具体的なビジネス活動には直接的に結び付かないものの、議論の土壌を与える上で重要な役割を果たすことになる。

## (2) 技術開発の方針

標準化団体の中には、新規の技術を開発する（会員が持ち寄って規定していく）団体が多いが、既存の技術を組み合わせて利用する際の運用規定に相当する部分だけを開発する団体もある。DLNAもこうした運用規程のみを扱う団体の一つであり、UPnP Forum<sup>(22)</sup>や、IETFなどで開発された技術を組み合わせて相互接続性のある機器を実現するための規格を構成している。要素技術として開発されている規格は年々増加していくわけであり、ある目的に応じてどの規格をどう組み合わせて実現するのがよいかを検討する団体の意義は増していくものと考えられる。

## (3) 対象地域

標準技術は本来の意味合いからすれば国際的にも1種類であるのが望ましいのかもしれないが、地域ごとの特質を反映させるために複数の標準が存在することもまた意味がある。多くの場合、国際標準の本体には全世界で共通の事項を記載し、地域ごとに異なる部分をAnnexのような形で収録するといった方法が取られるが、最初からある地域でしか使われないであろう技術を独立した国際標準として認可する場合もある。特に、近年躍進めざましい中国の技術は中国以外ではほとんど使われる見込みがなくても国際標準として制定されてい

る場合がある。携帯電話のTD-SCDMA（Time Division-Code Division Multiple Access）やビデオディスクのEVD（Enhanced Versatile Disk）といった規格と同様、ホームネットワークの分野でもIGRS（Intelligent Grouping and Resource Sharing）という規格がDLNAの代わりに中国国内で使われる規格としてISO/IEC JTC1 SC25の中で国際標準化の組<sup>そじょう</sup>上に上っている。IGRSは白物家電系規格のITopHomeと並び、他の地域で利用されることは余り考えられないが、中国マーケットだけでも他の国際標準と比肩する規模となる可能性を秘めているとも考えられ、今後はこのような、技術仕様を一見しただけでは国際市場で通用するのか、特定の地域だけでしか使われないのか判断できない標準が増えるものと思われる。一方、こうした例とは別に、欧州ではETSI（欧州電気通信標準化機構）、CENELEC（欧州電気標準化委員会）、CEN（欧州標準化委員会）のように、それぞれITU、IEC、ISOに相当する地域における標準策定を行う団体を有しており、地域内での標準を決めるだけでなく、国際標準における自地域の優位性を高める役割を担っている。我が国を含めたアジア地域においてもAPT（アジア・太平洋電気通信共同体）の強化などが求められている。

## 5 むすび

本稿では、ホームネットワークの全体像を理解する一助にすべく、その構成、開発・発展の経緯、標準化団体の分類などについて述べてきた。冒頭にも触れたように、現在盛り上がっているスマートハウスに関する検討はエネルギーマネジメントという特定アプリケーションに特化したホームネットワークの一部の議論を行っているに過ぎず、システムのコスト的な妥当性のためにも様々なアプリケーションに対応できるバランスのとれたホームネットワークの発展を目指すことが重要である。

## 文献

- (1) 丹康雄, “スマートハウス構築のためのホームネットワーク技術 2011,” インターネットメディア総合研究所レポート スマートグリッドシリーズ, vol. 6, インプレス R&D, May 2011.
- (2) 丹康雄監修, 宅内情報通信・放送高度化フォーラム編, ホームネットワークと情報家電, ユビキタス技術シリーズ, オーム社, 2004.

- (3) 丹康雄, “ホームネットワークを支える要素技術,” 映情学誌, vol. 59, no. 5, pp. 676-678, May 2005.
- (4) 丹康雄, “家庭内 AV ネットワークの現状と課題,” 映情学誌, vol. 63, no. 7, pp. 15-18, July 2009.
- (5) 丹康雄, “ホームネットワーク (OSGi, ECHONET) モデルに基づく家庭内エネルギーマネジメント,” 情報処理, vol. 51, no. 8, pp. 959-965, Aug. 2010.
- (6) 丹康雄, “進展するホームネットワークの現状と将来展望,” ITU ジャーナル, vol. 40, no. 3, pp. 34-37, March 2010.
- (7) ITU-T J.190, Architecture of MediaHomeNet (rev1), July 2007.
- (8) ITU-T G.9970, Generic home network transport architecture, Jan. 2009.
- (9) ITU-T G.9971, Requirements of transport functions in IP home networks, July 2010.
- (10) ITU-T G.9960, Unified high-speed wire-line based home networking transceivers - System architecture and physical layer specification, Dec. 2011.
- (11) ITU-T G.9961, Unified high-speed wire-line based home networking transceivers-Data link layer specification, Jan. 2010.
- (12) IEEE802 規格全般, <http://www.ieee802.org/>
- (13) TTC 文書ダウンロードページ, <http://www.ttc.or.jp/cgi/document-db/index.html>
- (14) OSGi Alliance, <http://www.osgi.org/>
- (15) UPnP Forum, <http://upnp.org/>
- (16) Broad Band Forum, <http://www.broadband-forum.org/>
- (17) ZigBee, <http://www.zigbee.org/>
- (18) DLNA 規格発注ページ, <http://www.dlna.org/dlna-for-industry/about-dlna-corporate-history/guidelines>
- (19) IETF (IP 規格全般), <http://www.ietf.org/>
- (20) ECHONET, <http://www.echonet.gr.jp/>
- (21) Z-Wave, <http://www.z-wavealliance.org/>

- (22) IEEE1394, IEEE Standard for a High-Performance Serial Bus, p. 954, Oct. 2008.
- (23) 1394 Trade Association (IEEE1394 の上位層規格), <http://www.1394ta.org/>

#### 文献を利用される方へ

ITU, IEC, ISO, IEEE の標準規格文書は基本的にはそれぞれのウェブサイトから購入することになる。しかし, IEEE802 委員会のように, 一部無料で入手可能な規格もある。また, 対応する国内団体が日本語の抄訳を作成していることがあり, これらは無料で入手可能なことも多い。TTC<sup>(23)</sup> では 2012 年から全ての文書を無償でダウンロード可能としている。

フォーラムの規格は扱いがそれぞれの団体によって異なり, OSGi や UPnP, BBF, ZigBee は文書がサイトからダウンロード可能 (自分の所属等の情報を要求されることもある) が, DLNA や Z-Wave のように販売されているか会員のみへの提供となっている場合もある。スマートハウスで注目を浴びている ECHONET 規格は, 最新版は会員のみとしてきているが, 新規格である ECHONET Lite については誰でも最新版を無償ダウンロード可能としている。

(平成 24 年 1 月 31 日受付, 4 月 24 日再受付)



**丹 康雄** (正員)

1993 東工大大学院理工学研究科博士後期課程了。博士 (工学)。同年, 北陸先端大情報科学研究科助手。同情報科学センター助教授, 情報科学研究科助教授を経て 2007 教授。2004 から国立情報学研究所, 2005 から独立行政法人 情報通信研究機構兼任。