

スマートハウス、スマートグリッド分野における標準化の課題

丹 康雄[†] (非会員)

[†]北陸先端科学技術大学院大学

Issues on standardization of Smart House and Smart Grid technologies.

Yasuo TAN[†] (*Non-Member*)

[†]Japan Advanced Institute of Science and Technology

ytan@jaist.ac.jp

〈あらまし〉 スマートハウスに関連する標準化の特殊性について紹介し、いくつかの事例をもとに我が国における標準化体制にどのような課題があるのか、どのような体制で望むのが適切であるかといった事項に関して述べる。

キーワード：スマートハウス、ホームネットワーク、スマートグリッド、標準化

1. はじめに

地球温暖化対策、米国発のグリーンニューディール、スマートグリッド、そして2011年の我が国の震災と原発事故、それに伴う電力不足といった背景から、いわゆるスマートハウスの実現に対する要求が急速に高まっている。このスマートハウスという名称は、現在、本来の「賢い家」という意味ではなく「エネルギー管理機能を有する家」という意味で使われている感も強いが、大局的にみればICTシステムを家庭に持ち込んで諸課題を解決したり生活の向上につなげようとしてきた動きのひとつと位置づけることができる。こうした家庭のICT化は、時代に応じて様々な呼び方で呼ばれてきたが、ホームネットワークという単語がここ20年ほど専門家の間では継続的に使われており、ここでもこの呼称を用いる。ホームネットワークという用語は機器の接続に特化したような用語であるという嫌いもあるが、実際には様々なアプリケーションを一つのプラットフォームで経済的に実現できるようにするための取り組みがなされており、昨今のスマートハウスでHEMS(Home Energy Management System)もこのうちの一アプリケーションという位置づけとなることから、上位概念を指す用語であるといえる。

このホームネットワーク分野の標準化においては1980年代の後半から標準化の取り組みが行われてきたが、常に困難の連続であった。その主たる要因は、この分野はシステムの

構成要素が多岐に渡ることから、様々な観点からの取り組みが並行して行われるため、ときとしてそれらの間の整合性が取れないところにある。

本稿ではこうした状況について概観するとともに、今後、この分野における我が国の国際競争力向上に資する国際標準化活動を行うために必要な事項について議論する。

2. ホームネットワークの全体像

ホームネットワークとは何か、あるいはスマートハウスとは何か、ということについて明確に定義し、コンセンサスを得ている文書は残念ながら見当たらない。その時々々の主要なアプリケーション(多くの関係者の興味)に合わせて適宜変わっているのが実情である。たとえば、今回のスマートグリッドの需要側としてのスマートハウス、すなわちエネルギーマネジメントに関する機能を有する家庭向けICTシステムの議論が始まった際、その全体像を巡っては少なからぬ混乱があった。図1にその様子を示すために筆者の観点で作成した全体像を示す。

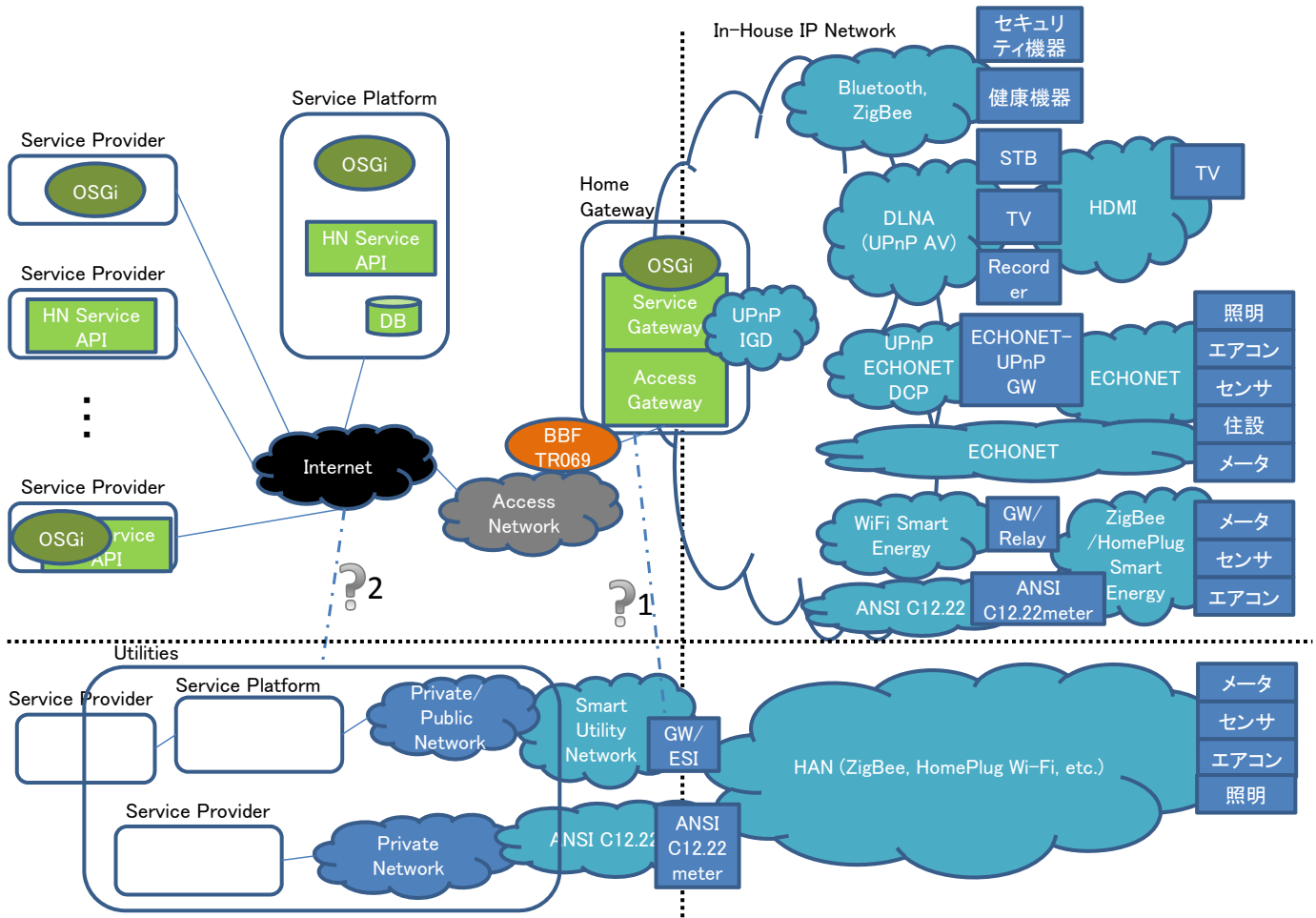


図1 スマートハウスの全体像

この図の中では、破線で上下と左右が分けられている。縦の破線の左側が家の外で、右側が家の中を示しており、その境界線上にホームゲートウェイやスマートメーター(ESI: Energy Service Interface)が位置している。横の破線の上側はホームネットワークの世界であり、下側がスマートハウスの世界である。なぜ、上下の分断が生じているかといえば、過去数十年に渡る発展の中でエネルギーマネジメントシステムも含めて全体像を形成していたホームネットワークの世界とは別に、スマートグリッドの観点から家庭内の要素を取り込むためのスマートハウスの議論が行われたためである。いわば、同じものに対して「話の出どころ」が異なる議論がふたつある状態である。

右半分に注意してみれば、HEMSを実現するのに必要なメータ(電力メータ等)、センサ(温度センサ等)といったセンシング機器および、エアコン、照明といった電力需要機器についてはいずれにも含まれ、それぞれを制御するのが上側ではホームゲートウェイ、下側ではスマートメーターとなっていることがわかる。ホームネットワークではこれらの機器以外の

AV機器やセキュリティ機器、健康関連機器などが各種のプロトコルや伝送技術(図中に挙げている技術は一例であってこれらに限定されるものではない)で接続され、コントローラーとなるホームゲートウェイにより統合的に制御することを目指している。一方で、スマートハウスでは家庭内のネットワークはHAN(Home Area Network)として捉えられ、ここにはいくつかの技術が使えるときにはあるが、基本的にはデマンドサイドコントロール信号(電力需要機器の動作抑制の信号)などを電力に関連する機器に伝えるためのネットワークという位置づけとなる。この上下に別れたネットワーク構造は同じ家電機器に対して二つの異なる制御システムができることを意味しているが、現実には排他制御を行いつつ機器を利用するようなことは困難であるため、各家電機器はどちらかひとつの制御下に入ることになり、家全体として整合のとれた連携動作は望めなくなる。

左半分の屋外の部分に関して言えば、左上のホームネットワークの宅外ネットワークはブロードバンドインターネットをベースにサービスプラットフォームが実現されたものであり、左下は電力事業者の設備として電気を利用する全世帯を

カバーする広域網(スマートメーターネットワーク)が実現されたものである。これら二つはいずれも個別の世帯への接続性を実現する広域ネットワークであるが、前者が電気通信事業法に基づく公衆網という位置付けにあるのに対し、後者は電力事業者一社で使っている限りは私企業の設備という位置づけになる。これと関連して、左上のネットワークでは Web2.0 やクラウドコンピューティングといった要素が含まれ、複数のサービスが融合(マッシュアップ)されて新たなサービスとして活用される仕組みがオープンな形で提供されるが、左下のネットワークではサービスは電力事業者と契約した特定の限られた企業が提供する形となる。更に踏み込んで言えば、電気通信事業は既に自由化が進んでおり、電力事業者を含めた様々な企業が参入できるが、電力事業、特に家庭に電力を配送する事業は地域ごとに特定の電力事業者しか提供できないことになっている。

図の中で表されている?マーク付きの一点鎖線は、上下二つの世界を相互接続するインタフェースを示している。?の横に 1 と書かれている一点鎖線は家庭内でスマートメーターの値をホームゲートウェイが読み出すようなインタフェースであり、我が国ではこれが B ルートと呼ばれている。もう一方の 2 と書かれた一点鎖線は互いのネットワークサービス間の接続を意味しているが、これはブロードバンド側の制御サービスにおいてスマートメーターの読みが利用できるような形態で、これが我が国では C ルートと呼ばれているものの本質部分を示している。これらのインタフェースは技術的に考えれば当初から利用できるのが望ましいが、我が国では開放に向けてはまだしばらくの時間がかかる見込みである。

ここで述べた図 1 の状況はエネルギー管理の分野に関してブロードバンドインターネットと電力網という 2 つの異なる業界のアプローチの違いを受けた様子を示しているが、他のアプリケーション分野が出始めた際、たとえば IP 電話や IPTV といったものが出てきたときにもこれと同様に、従来からのインフラに基づくサービスと新しいインフラに基づくサービスとで、やはり出どころの異なる同目的のシステムが混在し、互いの間の関係をつけてゆくのに時間を要したという事情がある。

これをみてわかるように、ホームネットワークでは、

- ・異なるサービス分野が同居している
- ・サービス分野ごとに要求要件が変わり、使われる技術も変わる
- ・サービス分野で技術的に異なるだけでなく、ビジネスのやり方も大きく異なる
- ・同じサービス分野であっても、もともとの出どころの異なる複数のソリューションが存在しうる

・一方でユーザーからみて、できるだけ統合した形でサービスを提供できるようにしたい

という状況にあり、本質的に異なるサブシステムを統合した複合型のネットワークシステムとならざるを得ない。この分野の標準化作業を考える上ではこうした状況をよく認識する必要があるが、逆に言えば、このような性質を有するからこそ、各種の標準化作業が有効である分野であるともいえる。

3. スマートハウス分野で見られた標準化における課題

スマートグリッド関係の議論が盛んになってきたのを受けて、標準化に関して課題を提起するような事項がいくつか生じた。ここではそのうちの代表的な 2 つの例を取り上げる。

3.1. NIST SEP2

家電機器や住設機器をネットワーク接続して高度な連携動作を行わせるためには、機器の間を接続する伝送媒体の規格のみならず、機器の機能に関するモデルの標準化を行い、異なるメーカーの製品であっても互いに連携して動作できるようにする必要がある。この要求に対して、日本の ECHONET コンソーシアム(1997 年設立)の規格は技術的にもっとも優れているといえる。A 会員である国内の主要家電メーカー(パナソニック、東芝、日立、三菱、シャープ)のエアコンなどの製品をマルチベンダで相互接続でき、また、リモコンで設定できる機能はすべて網羅するといった高度な制御も可能としている。伝送媒体と通信プロトコルや機器のモデルが明確に切り離されており、組み込み系の伝送技術から、無線 LAN や Ethernet といった伝送技術まで要求に応じて使い分けられることができるようになってきている。現在の規格で規定されている伝送媒体の種類は 11 種類に及ぶ。また、ECHONET 規格の主要な部分は長年の努力の結果、IEC や ISO/IEC JTC1 の国際標準として成立しており、国際マーケットに向けた準備も整えられている。

米国でスマートグリッドの議論が巻き起こった際、上記のような ECHONET の状況は既に成立しており、本来であればスマートハウスにおける規格には国際標準である ECHONET が活用されるべきであった。しかしながら、それでは米国内の産業育成の点で問題があるため、NIST(National Institute of Standards and Technology)が主導して ECHONET のような規格を新たに作ることになった。これが SEP2(Smart Energy Profile Ver.2)と呼ばれている技術である。この技術の中心的な役割を果たす団体はどこがやるかは紆余曲折があったようではあるが ZigBee アライアンスが引き受けることになり、世の中では ZigBee SEP2 という名称でも知られている。しかし、ZigBee

SEP1 が ZigBee アライアンスが開発した技術規格であるのに対して SEP2 は ZigBee の技術ではないことには注意が必要である。

ZigBee アライアンスは本来、IEEE 802.15.4 という無線センサーネットワーク技術に基づく様々なアプリケーションプロファイルを開発してきた団体であり、特に ZigBee Feature Set と呼ばれるプロトコルスタックを有し、これによりマルチホップ(ノード同士でパケットリレーをする)の通信を、マルチベンダな環境で実現することができていた。しかし、SEP2 はこの ZigBee Feature Set は用いず、IETF で開発されてきた 6LoWPAN に基づくプロトコルスタックを用いる。6LoWPAN は IPv6 の一種で、無線センサーネットワークにおける、ノードがスリープしたり、ペイロードサイズが極端に短いといった特殊性をカバーして IPv6 ネットワークを構築するための技術である。NIST はこうしたオープンなインターネット技術を用いることを要求しており、ZigBee としては本来のコア技術を用いていない技術を抱えることとなった。

更に、ECHONET でも伝送媒体依存の排除は重要なポイントであったが、これを実現するため、SEP2 の作業を始める際には ZigBee アライアンスと、HomePlug Powerline アライアンスおよび Wi-Fi アライアンスは SEP2 に関する協定を結んだ。HomePlug は電力線通信(PLC)、Wi-Fi は無線 LAN の技術を推進する団体である(なお、後に PLC を扱う HomeGrid Forum もこの流れに参加している)。これにより、少なくとも ZigBee がもともと扱っている小電力無線と合わせて三種類の伝送技術には対応することとなった。しかし、たとえば、PLC を使った SEP2 の場合、もはやどこにも本来の ZigBee との接点がないことは明らかである。

また、SEP2 の作業にあたっては、ZigBee で扱うようなレイヤの規格だけではなく、電力事業者を集めて、どのようなネットワークの使い方をするかという議論も同時に盛り込んでいる。もともと米国の電力事業者の間では OpenHAN という名称で呼ばれるこうしたユースケースの議論はあり、これを具体的な通信技術とつなげたような形になっている。こうしてみると、電力業界の OpenHAN、インターネット業界の 6LoWPAN、チップ/モジュール業界の ZigBee/HomePlug/Wi-Fi と、通常であればあまり同一の席につかないような団体の規格を組み上げてトータルな形に仕上げていることが見て取れる。このような全体的な構図を押さえて必要な団体を集め、ZigBee のように本来のコア技術を考えれば少しズレがあるような団体を代表にしてひとつの規格をまとめさせるという NIST の指導力の強さが感じられる。

日本の ECHONET は OpenHAN のような観点はもともと持っておらず、あくまでも家庭内の機器間ネットワークとして

の技術を規定している。2011 年から我が国でもスマートコミュニティ・アライアンス(JSCA)が電力事業者や家電機器メーカー、設備機器メーカーを交えた席で HEMS やスマートメーターの議論をはじめ、一定の方向を打ち出すようになったが、そのとりまとめ資料には通信技術の観点からみて誤りと思われるような記述も散見されるなど、果たして SEP2 で NIST が果たしたような役割を JSCA で実現できるのかどうかは疑問が残る。日本国内ではスマートグリッドに関わる省庁は経済産業省、総務省を筆頭に環境省、国土交通省など複数が関連し、中心的な部分だけをとっても少なくとも経済産業省と総務省にまたがることになる。JSCA にはこうした省庁間連携の役割も期待されるが、そもそもが官民フォーラムに過ぎない JSCA がどこまでそのような機能を果たせるかどうかは未知数である。

3.2. ECHONET Lite での下位レイヤ

ECHONET は極めて優れた特徴を持つ技術規格であるが、検討が開始されたのが 1997 年であることをみてもわかるように、開発当初と現在とでは技術的にもマーケット的にも状況が異なることは明らかである。特に、伝送技術は大幅な発展を遂げ、様々な技術が利用可能となるとともに、コントローラー側も複数種類の伝送技術に対応することは難しいことではなくなった。

こうした状況を受け、ECHONET コンソーシアムでは 2011 年 6 月に従来の ECHONET 規格を引き継ぐ新版である ECHONET 4.0 とともに、新しく設計をしておいた ECHONET Lite 1.0 を制定した。ECHONET Lite では、従来の ECHONET 規格にありながら実際には使われて来なかった機能を削除するとともに、従来は ECHONET 規格の中で規定していた下位レイヤの通信規格を規格から外すこととし、規格のスリム化をはかったものである。ECHONET Lite はその名称から ECHONET の下位規格のように思われることもあるが、実際にはトランザクション手順の見直しなどで機能が追加されている部分もあり、新たに設計された新世代の ECHONET であると捉えるのが正しい。これを受けて、経済産業省の一般家庭向け HEMS 補助金でも ECHONET Lite に対応した製品が補助金対象となるなど、ECHONET はこれから急速に ECHONET Lite に移行してゆくものと思われる。

ECHONET Lite で下位レイヤ規格を標準規格の本体から切り離れたこと自体は時代の流れを考えれば妥当な判断であったといえようが、それに伴い、従来は ECHONET として担保されていた通信規格レベルでの相互接続性を、誰がどう担保してゆかかということに関しては課題が残ることになった。さしあたりは今までの流れもあり、ECHONET コンソーシアムが場をつくり、規格ではないものの運用規定やガイドライ

ンということでの合意事項をまとめるような議論が行われている。しかしながら、規格から外れている以上、どのような場でこうした議論を行なっても良いわけであり、特に、伝送技術を推進する各団体においては自己の持つ技術の上での ECHONET Lite の利用方法について独自に規格を制定することは極めて自然である。更に、特定の企業あるいは企業グループが内容を明らかにしない形で規格をつくり、自分たちの ECHONET Lite 製品にのみその規格を利用することも可能となる。その結果、同じ伝送媒体(例えば 920MHz 帯の電波)を使い、制御プロトコルとデータモデルも同じ ECHONET Lite なのにもかかわらず、互いには直接つながらない機器が生まれることになる。このような状況は、利用者(エンドユーザーというよりはシステムを構築・施工する事業者)にとって良いものとは言えないことは明らかであろう。

これに対して、現状、新世代ネットワーク推進フォーラムレジデンシャル ICT SWG と、(社)情報通信技術委員会とで ECHONET Lite を想定した伝送技術のガイドラインづくり(カタログ化)を行なっている。この作業では新しい技術を開発するのではなく、他の団体で制定されている実装規定を一覧に供し、詳細が公開されているものであればその内容についても記載するといったものである。更に、それぞれの媒体の得失などに関しても言及しており、実装を行おうとする技術者に対する技術選択のガイドラインといった性質を持っている。

しかしながら、こうした努力が有効に活用されるか否かは現時点では明らかではなく、混乱を招かないような(ある程度強制力をもった)調整のしくみがまた別途必要になることも考えられる。

4. 国際競争力強化に向けての標準化活動

スマートハウス、ホームネットワークの分野における標準化においては、第二章で述べたような性質を理解した活動が必要である。

筆者は、この分野での標準化活動でもっとも重要な点は、

- 1) 考え方の異なるステークホルダが複数関係することを認識し、
 - 2) 様々な立場のメンバが集まる場を設定し、
 - 3) 定期的な会合を開催する
- 点であると考えている。

ある程度エリアの限られた技術の標準化であれば1)や2)は必ずしも必要ではなかろう。むしろ、一気に技術基準を決めるような段階においては2)のような会合を設けることは議論が進まなくなることから避けるべきであり、ホームネットワークの分野においても個別の技術課題にブレークダウンされ

たものに関しては専門家の集まりでの議論が有効であると考えている。しかしながら、第二章での全体像の議論でも述べたように、全体像を見ずにそれぞれの立場で推進してしまうことは、結果として大きな問題を後に残すことになる。立場の異なるメンバ同士が集まってもすぐには問題は解決しないが、3)のように、これを定期的開催して継続してゆくことで互いに相手の立場への理解が深まり、将来的な一本化や相互接続を実現してゆくことには極めて有効であると考えている。

特に、定期的な開催は、特定の議題に関する意見交換以上に人的なつながりの実現に役立ち、諸外国の動きに関する対処も迅速に行える素地をつくる。例えば、ホームネットワークの分野ではEV/PHVの実用化とともに自動車はその要素として大きくなってきているが、元々は自動車業界とホームネットワークの業界は全く異なるもので、情報の共有も円滑とはいえない。しかし、使われている技術はかなり共通するものがあり互いの技術が応用できる部分が少なくないのに加え、実はホームネットワークの標準化でうまくゆかなかったものが自動車側での標準を獲得し、そこを足がかりにして再度ホームネットワークに参入しようとしているような動きもみられる。こうした例についても互いの情報共有ができていれば、どのような理由でホームネットワーク側ではあまりうまくゆかなかったのかを意識した上で、自動車から家庭への展開を考える上ではどうすればよいかといった基本的な指針を得ることができるようになる。

ホームネットワークの分野では、筆者らはこうした活動を実行するために、

- a) 新世代ネットワーク推進フォーラム IP ネットワーク WG レジデンシャル ICT SWG¹⁰⁾
 - b) 一般社団法人 情報通信技術委員会(TTC) 次世代ホームネットワークシステム専門委員会¹¹⁾
 - c) TTC スマートコミュニケーションアドバイザーグループ ホームネットワーク&スマートグリッド合同 WP¹²⁾
- という3つの場を活用している。

a)は会員登録は必要なものの会費は無料で、参加にあたっての NDA 契約などもない緩やかなフォーラム活動である。この場は広く様々な立場の方々の意見を求めるのに適しており、また、異なる分野のメンバ同士の人的つながりをつける場として有効である。基本的に月例での会議を行なっているが、毎回の会議には2件程度の講演からなる勉強会の場を設け、メンバへの参加のインセンティブとしている。現状、80名以上の登録があり、毎回の参加者数も30-40名の大所帯となっていることから、具体的な課題に関してはタスクフォースを設けて別途会議を行なっている。現在は基盤技術 TF と戦略ビジョン TF があり、これらも月例で会議を行なってい

る。

b)は国内の通信規格を決める団体であるTTC内にあるホームネットワークの専門委員会である。ここでは国内標準文書を作成することができるとともに、ITU-Tなどの国際標準文書をダウンロードしたり、あるいは日本寄書としてITU-Tに出す文書を審議したりするといった機能がある。この専門委員会の下にもサブワーキングが3つ、主にレイヤ構造にしたがって課題を分割して活動している。この専門委員会やサブワーキングはTTCの会員のみの参加となっており、年会費も正会員で45万円/委員会となることから限られたメンバーとはなるが、その分専門性は高い。

c)はb)と同じくTTC内の組織であるが、ITU-Tで2011年の12月まで活動していたFocus Group on SmartGrid及びその後継のJoint Coordination Activity on SmartGrid and HomeNetworkの対応を行うとともに、通信の側からSmartGridに関する議論を行う場として、他の標準化機関のSmartGrid関連のグループとの連携をとる役割を担っている。以前は、情報通信審議会の中にホームネットワーク合同WGが存在し、国際標準への対応は主にここが行なっていたが、c)はその機能も引き継いだものとなっている。この場合はTTC内の組織ではあるが参加費は無料であり、この分野の標準化動向に関して興味のあるメンバーが130名以上登録している。

これらの場を使い分けることで、例えば、漠然としたニーズの掘り起こしとブラッシュアップをa)で行い、技術が固まってきたところでb)に場を移して文書化、国内標準化を行い、更にc)と連携しつつ国際標準化を行う、といった活動ができる。a)の段階では様々な立場からの意見が重要であるが、b)やc)では専門家、特に標準化にあたっては標準化経験のある絞られたメンバーで対応する、という形になる。もちろん、b)の議論をa)にフィードバックして意見を聴取するといった活動も行われる。

ここでポイントとなるのは、いずれの場も他では代替できず相互補完的な位置関係にあることである。この分野の複合的な様相を考えれば、これらの場が互いに連携を密にとりつつそれぞれの役割を果たすことの意義は極めて高いことが理解できよう。特に、有料の団体と無料の団体との性質の違いを使い分けること、同じ無料の団体でもビジネス的な観点も含めた幅広い議論を行う場と、国際標準の文書を扱う場とは構成員も運営方法も異なるということが重要である。

特に、a)で行なっている勉強会は、いわば人集めの役割を持っているが、ここで取り上げるテーマを戦略的に計画することで、その後の議論の方向を左右できる可能性もある。市場では話題になっていないが、今後重要性が見込まれる技術

に関して注意を喚起し、具体的な議論を促進するようなことも期待できる。

ここに述べた会議をベースとした活動の他にもう一つ筆者が重要だと考えているのが、広く参加者を集めた実証実験/公開実験の開催である。実は、a)の前身である次世代IPネットワーク推進フォーラム ホームネットワークWGにおいては毎年年度末にこうした実験を主催し、2006年度から2009年度にわたって実施してきた。各社持ち寄りの技術を一箇所の実験で見せることは容易ではないが、協力できる会社を集めて一つの大きなデモシステムとして組み上げるような取り組みも、各社ごとのブース設営と並行して行われた。この、相互乗り入れのあるデモや実験は、頻繁に議論しているつもりでも互いに考えが異なっていることが明確になるという点で極めて有効であり、次第にこの年末のイベントに向けて関係者の間で準備をするような流れもできた。

この公開実験は諸般の事情により2010年3月を最後に途絶えたままとなっているが、異業種が一体となって取り組まねばならないスマートハウスのような案件では、こうした場は極めて有効であると考えている。昨今の情勢ではこうした取り組みに公的な予算をつけることは極めて難しくなっているが、持ち寄りでそれぞれが得るものが多い、このような取り組みこそ、呼び水効果の高い予算の使い方として意義深いものといえるのではないかと。

最後に、第三章で上げた例でも明らかなように、米国のNISTのように戦略的に標準化を推進し、かつ、業界横断的に影響力を行使できる中心的存在が我が国には欠けている。JSCAのような形で省庁横断のオールジャパン体制がつけられるのか、あるいはやはり、それぞれの省がJSCAの中でトリートリーとするグループを持つだけに終わるのかは今後の運営次第であろうが、官民フォーラムに過ぎないJSCAが公的機関であるNISTのような役割を果たせるかどうかは疑問であろう。

また、NISTだけでなく、米国の民間標準化機関、たとえばCable Labsにおいては、標準文書を作成することを仕事としている技術者(Ph.D.取得者も多い)が多数活動している。日本では標準化活動は、筆者も含め、本来の業務の傍らにこなす仕事となっており、作成できる文書の量でみれば全く歯がたたない。このような状況は、韓国や中国との比較においても見劣りするようになりつつあり、何らかの手を打たねばならないことは明らかであろう。

5. おわりに

スマートハウス(ホームネットワーク)分野に関わる標準化

について、その特殊性と、事例からみる我が国の体制の抱える課題について述べた。この分野にみられるような、立場の異なる業界が集まって構築せざるを得ない複合型のシステムは今後ますます増えるものと思われる。標準化においても、今までのように特定の分野の専門家のみで推進される標準化活動とは異なった様相を持つ活動をサポートできる体制が求められよう。

参考文献

- 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, A4版 232 頁, 株式会社インプレス R&D (2011.5)
- 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, B5 版 234 頁, 株式会社オーム社 (2004.9)
- 3) 丹 康雄(分担執筆) 杉本裕監修, ”ネットワーク家電制御による二酸化炭素削減技術”, 二酸化炭素の有効利用技術, 第 6 章 4 節, pp. 361-370, サイエンス&テクノロジー株式会社 (2010.7)
- 4) 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 (2010.8)
- 5) 丹 康雄(分担執筆) 財団法人インターネット協会監修, ”ホームネットワークの最新動向”, インターネット白書 2010, 第 4 章 1 節, pp.114-117, 株式会社インプレス R&D (2010.6)
- 6) 丹 康雄, ”転機を迎えるホームネットワーク”, パナソニック技報, Vol.56, No.1, pp. 4-9 (2010.4)
- 7) 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 (2010.3)
- 8) 丹 康雄, ”家庭内 AV ネットワークの現状と課題”, 映像情報メディア学会誌, Vol.63, No.7, pp.15-18 (2009.7)
- 9) 丹 康雄, ”ホームネットワークが切り開くネット時代の家電産業”, 電波技術協会報 FORN, No.268, pp.12-15 (2009.5)
- 10) 新世代ネットワーク推進フォーラム レジデンシャル ICT SWG , <http://ipnwg.nict.go.jp/>
- 11) 一般社団法人 情報通信技術委員会, <http://www.ttc.or.jp/>
- 12) TTC ホームネットワーク & スマートグリッド合同 WP, <http://www.ttc.or.jp/j/info/topics/smc20120329/>