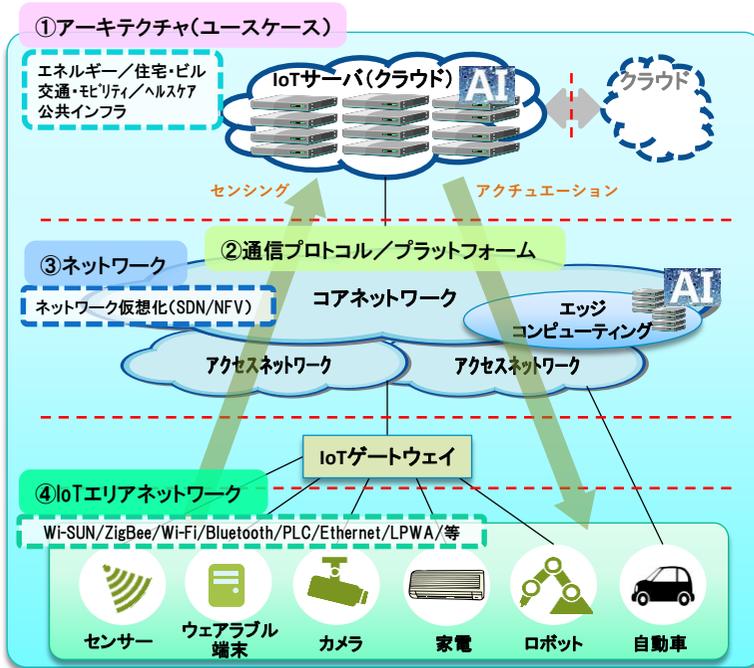


# IoTエリアネットワーク

## IoTシステムの構成例と標準化



### 【主な標準化機関】

#### ①アーキテクチャ(ユースケース)

ITU-T SG20 SG16, ITU-R SG5 WP5D  
JTC-1 WG10  
IEEE P2413

#### ②通信プロトコル/プラットフォーム

one M2M ITU-T SG11 SG17  
W3C WoT IG  
IETF (6LoWPAN, CoAP)

#### ③ネットワーク

ITU-T SG13, FG IMT-2020, ITU-R SG5 WP5D  
ETSI-NFV, ETSI-MEC  
3GPP (Release 13~)

#### ④IoTエリアネットワーク

IEEE 802.15.4g/e, 802.11b/g 等  
ITU-T SG15

(出典) 「新たな情報通信技術戦略の在り方」に関する情報通信審議会からの第2次中間答申(2016年7月)中の図に加筆

一般にIoTシステムは、各種センサー等、データを収集するIoTデバイスと、IoTデバイスからのデータを中継、集約するIoTゲートウェイ、及び収集したデータを加工、分析し、サービスとして活用を行うIoTサーバ(クラウド)から構成される。

IoTシステムでは、各種センサーや端末等、多数のIoTデバイスからのデータを収集する場合が多く、その場合、IoTゲートウェイを設置して多数のIoTデバイスからのデータを集約するのが効率的と考えられる。このIoTデバイスとIoTゲートウェイを接続しているネットワークがIoTエリアネットワークである。

IoTエリアネットワークにおける通信方式としては、無線方式のWi-SUN, ZigBee, Wi-Fi, Bluetooth、電力線を使用するPLC、ケーブルを使用するEthernetなどがあり、近年ではデータ伝送速度は遅いが低消費電力で長距離伝送が可能な無線方式であるLPWA(Low Power Wide Area)や、携帯電話ネットワークのLTE方式のIoTデバイス向け方式であるNB-IoT(Narrow Band IoT)が導入されつつある。

IoTエリアネットワークで適用可能な伝送方式は、TTCの技術レポートTR-1064(IoTエリアネットワーク向け伝送技術の概説)にまとめられている。

IoTデバイスは、そのリソース(処理能力、メモリ量など)やネットワーク環境、及び電源供給の制約が多いことから、IoTエリアネットワークからIoTサーバ間を接続する通信プロトコルとして、通常のインターネット接続で使用されるTCP/IP等を使用するのは効率が悪い。そこでIoTシステム用の通信プロトコルとして例えば6LoWPAN(IPv6 over Low-power Wireless Personal Area Networks)や CoAP(Constrained Application Protocol)といったものが標準化されている。

6LoWPANは、IPv6 プロトコルを IEEE802.15.4 無線ネットワーク上で動作させるための通信プロトコルであり、TCP/IPを使用も効率がよく、低消費電力となる。

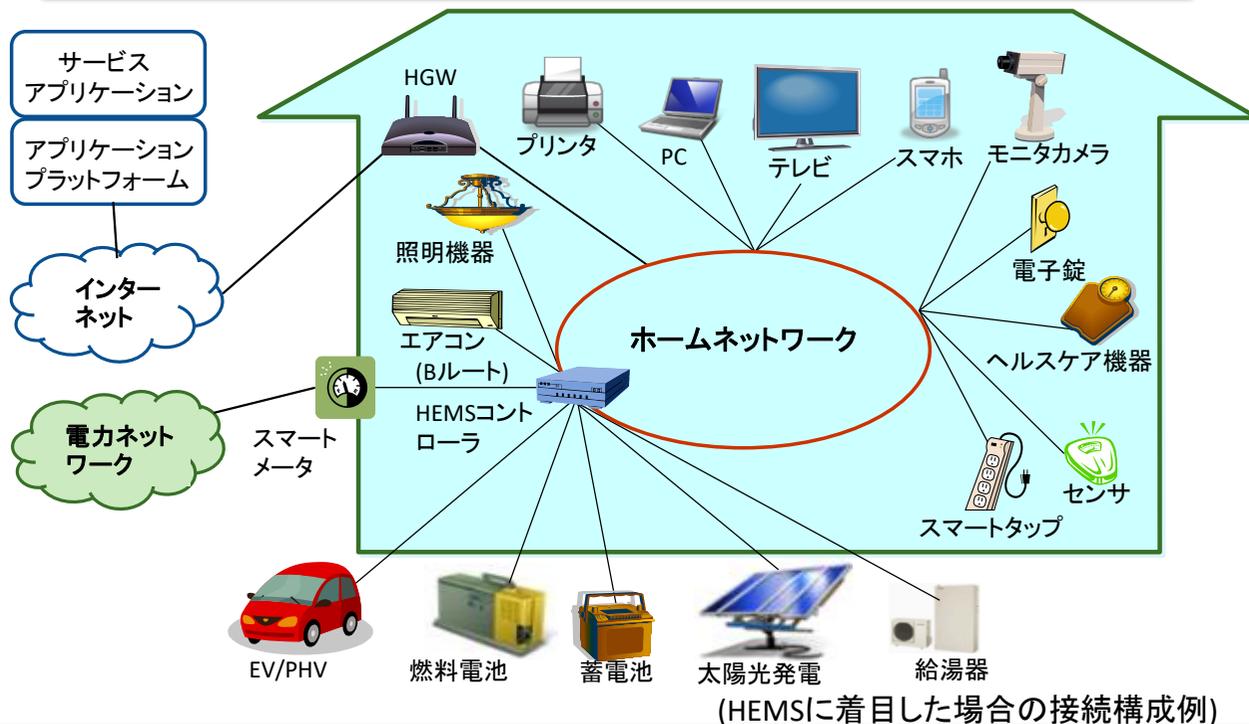
CoAPは、ネットワークでのパケットエラー率が高い等、IoTエリアネットワークのように制約が多い環境で、6LoWPANとともに使用され、効率よく、低消費電力でアプリケーションを転送するための通信プロトコルである。

IoTゲートウェイは、その用途により、住宅内や事務所内に設置されることがあり、その場合、ホームゲートウェイと呼ばれる

次ページから、住宅内を中心としたIoTエリアネットワーク(ホームネットワーク関連)の事例を紹介する。

# IoTエリアネットワーク

## ホームネットワークの概念図



(HEMSに着目した場合の接続構成例)

ホームネットワークとは、住宅内の様々な機器が接続されたネットワーク。機器をネットワークに接続し、統一的な制御を行うことにより、利便性の向上や省エネを図ることができる。

ホームネットワークは、家庭内の機器を接続する通信媒体や通信機器等から構成される。

ホームネットワークに接続される家庭内の機器としては、パソコンやテレビ等があるが、最近では、エアコンや照明機器等の白物家電に加え、太陽光発電パネルや蓄電池等のエネルギー関連機器も含まれるようになってきた。これらの機器を効率的に接続するため、ホームネットワーク関係の標準化が益々重要になってきている。

現状では、ホームネットワーク関係の規格として、主にAV(Audio Visual)系とHEMS(Home Energy Management System)系に分類できる。AV系は、PCやテレビなどを中心とした機器の接続、HEMS系は、エネルギー関連機器を中心とした接続を行うものであり、HEMS系については、我が国では上位層の通信プロトコルとしてECOHNET Liteが使われているところである。このECOHNET Liteについては、2012年9月に我が国からISO/IEC JTC1に国際標準化提案を行い、2015年9月にISO/IEC14543-4-3として国際標準化された。

各電力会社では、早い所では2014年からスマートメータの導入が開始されており、2017年度末において全国で約2,800万台のスマートメータが設置されている。電力会社により異なるが、2020年度から2024年度にかけて全ての家庭へのスマートメータ設置を完了予定で、その合計は約7,800万台以上という計画である。

そのスマートメータと、必要に応じて家庭内に設置するHEMSコントローラ間(Bルートと呼ばれる)のインタフェースは、全国の電力会社にて、主方式としてTTC標準のJJ-300.10の方式A(920MHz帯を使用する無線方式の1つのWi-SUN方式)が、補助方式として、TTC標準のJJ-300.11(500kHz以下の周波数帯域を使用する狭帯域PLCであるG3-PLCを用いる電力線通信方式)が採用されている。

このBルートを含む住宅内のHEMSのアーキテクチャとして日本から提案したG.9958(Generic architecture of home networks for energy management)が2018年3月にITU-T勧告として国際標準化された。TTCでは、このG.9958をダウンストリームする形で、TTC標準JT-G9958(エネルギー管理向けホームネットワークアーキテクチャ)を2018年11月に制定し、公開している。

2015年度からは、電力会社による「電力メーター情報発信サービス(Bルートサービス)」が開始された。これは、スマートメータで計測したデータを、ユーザ宅内のHEMSコントローラへ送信することで、HEMSコントローラでの30分毎の電気使用量や電流値等を把握できるため、省エネ化に役立つといわれている。

## ホームネットワークの構成要素とプロトコル

### ◆ 通信媒体

- 通信ケーブル: UTPケーブル (LANケーブル)、光ファイバ、同軸ケーブル、電話線
- 電力線
- 電波

### ◆ 通信機器

- ゲートウェイ、宅内ルータ、ブリッジ、通信機能付き端末 (パソコン等)
- HEMSコントローラ、スマートメータ

### ◆ 通信プロトコル

- セッション～アプリケーション層: ECHONET Lite、OSGi、DLNA、TR-069、・・・
- ネットワーク～トランスポート層: UDP/TCP、IPv4/v6、6LoWPAN、UPnP、・・・
- 物理～データリンク層: IEEE802.15.4、IEEE802.15.4e/4g、IEEE802.11ac/ad、IEEE802.11b/g/n、Ethernet、PLC、MoCA、・・・

ホームネットワークの標準化では、構成要素である通信媒体と通信機器、及び通信機器に搭載された通信プロトコルが重要である。ここでは、ホームネットワークの構成要素と通信プロトコルの例を示す。

## ホームネットワークの標準化

### ◆ 通信媒体

- UTPケーブル (100BASE-TX、1000BASE-T/TX対応) … JIS X 5150 (ISO/IEC 11801)
- 光ファイバ (1000BASE-SX/LX対応) … JIS X 5150 (ISO/IEC 11801)
- 同軸ケーブル (衛星放送受信対応) … JIS C 3502
- 電話線 (屋内用) … 日本電線工業会規格
- 電力線 (VVFケーブル) … JIS C 3342  
(使用できる周波数帯は各国の主管庁が管理)
- 無線 (電波) … 使用できる周波数帯は各国の主管庁が管理

### ◆ 通信機器

- ゲートウェイ、宅内ルータ、ブリッジ、通信機能付き端末 (パソコン等)  
…標準化された各種通信インタフェースを使用
- HEMSコントローラ、スマートメータ  
…標準化された通信インタフェースを使用

### ◆ 通信プロトコル (例としてHEMSの場合)

- 上位レイヤ … 日本: ECHONET Lite、米国: SEP2.0、欧州: KNX、中国: KNX
- 下位レイヤ … 各種通信媒体、通信帯域により複数存在

ホームネットワークの各構成要素及び通信プロトコルの標準化は、各種標準化機関で進められてきた。

ホームネットワークの構成要素は多岐にわたり、既存の各種通信媒体を使用して、ホームネットワークを利用したサービスを行う仕組みが検討されてきており、これまでに、パソコンやテレビを中心とするホームネットワーク機器間のAV系サービス実現のための仕組み (DLNA、OSGi等) ができている。それに続いてHEMSに関連したサービス実現のための仕組みが検討されており、既に一部の電力会社ではスマートメータを利用したサービスの提供が開始されている。

DLNA (Digital Living Network Alliance) は、家電、モバイル、及びパーソナルコンピュータ産業における異ベンダ間の機器の相互接続を容易にするための仕様を検討している標準化団体。

OSGi (Open Services Gateway initiative) Allianceは、遠隔から機器を管理するJavaベースのサービスプラットフォーム仕様を検討している標準化団体。

ECHONET Liteは、家庭内の家電機器等を接続するための通信プロトコルで、一般社団法人エコーネットコンソーシアムにより標準化が行われてきた。

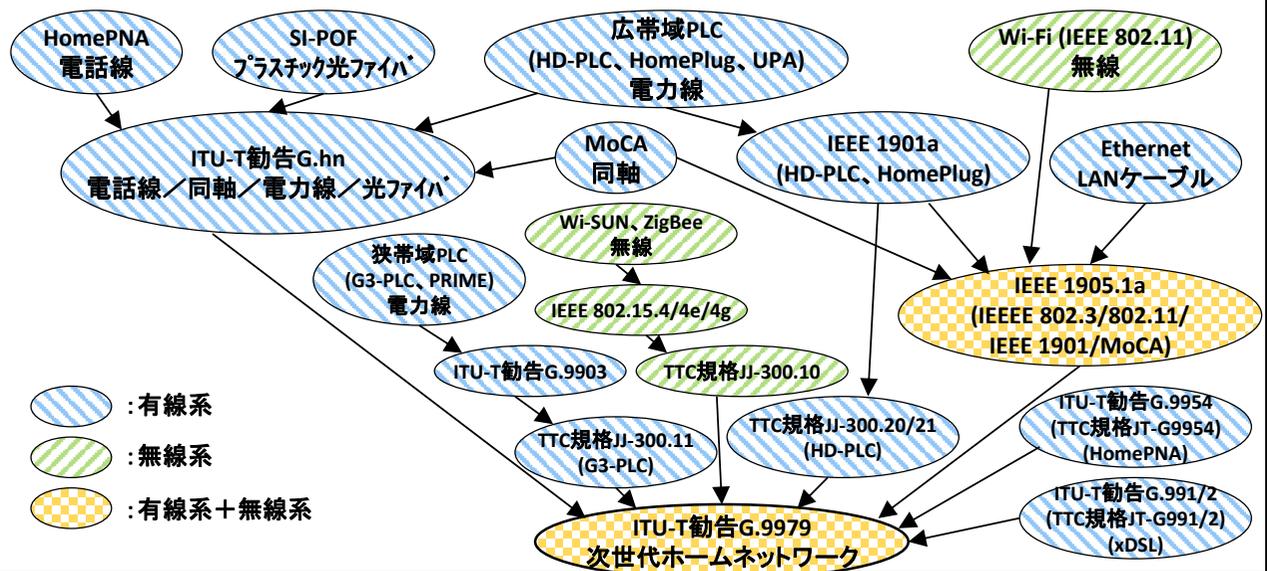
# IoTエリアネットワーク

## ホームネットワークの標準化動向 – PHY/MAC層の標準化1 –

ITU-T及びIEEEでは、伝送媒体ごとに存在したPHY/MAC層の規格の統一化を推進中。

・ITU-T勧告G.hn (G.9960、G.9961等)では、電話線、同軸、電力線、光ファイバをカバー。

・IEEE 1905.1aでは、イーサネット、MoCA (同軸)、PLC (電力線)、Wi-Fi (無線) をカバー。



ITU-TやIEEEでは、ホームネットワークのPHY/MAC層の標準化を進めてきている。ITU-Tでは通信媒体として電話線、同軸ケーブル、電力線、プラスチック光ファイバに共通に適用できるITU-T勧告G.hn (G.9960、G.9961を含む一連の勧告) を制定してきている。IEEEでも、通信媒体としてLANケーブル (UTPケーブル等)、同軸ケーブル、電力線、無線 (電波) に共通に適用できるIEEE 1905.1a規格を策定している。

ITU-Tでは、このG.hnとG.9954 (HomePNA) にIEEE 1905.1aを統合し、2014年12月にITU-T勧告G.9979として制定した。更にxDSLの規格であるITU-T勧告G.991、G.992もG.9979に含まれることになった。

日本におけるHEMS関連では、既に導入が開始されるスマートメータに関し、スマートメータと住宅内のHEMSコントローラ間 (Bルート) の通信インターフェースとして、JJ-300.10のA方式 (Wi-SUN) とJJ-300.11 (G3-PLC規格) が採用されている。

また、日本におけるHEMSのアーキテクチャはTTC規格JT-G9958 (ITU-T 勧告G.9958) の付録に実際の配備例として記載されている。

TTCではITU-T勧告G.9903に関し日本向け仕様を提案し、G.9903 Amendmentとして制定されている。また、Wi-SUNやHD-PLCは日本を本拠地とする組織 (Alliance) であり、IEEEに提案し、標準化されている。

今後、ITU-T勧告G.hnや、IEEE 1905.1a規格、あるいはITU-T勧告G.9979を中心として、各種有線系の通信規格と各種無線系の通信規格を組み合わせることで、より便利な次世代ホームネットワークの実現が期待される。

# IoTエリアネットワーク

## ホームネットワークの標準化動向 – PHY/MAC層の標準化2 –

規格名	伝送速度 (スループット)	マルチ ポイント対応	使用ケーブル			
			同軸 ケーブル (2芯)	電力線 (2芯)	電話線 (2芯)	Ether ケーブル (8芯)
G.hn	800Mbps (同軸) 300Mbps (電力線)	○	○	○	○	○
Home-Plug AV	30Mbps	○		○		
HD-PLC	240Mbps					
UPA	200Mbps					
MoCA 2.0	800Mbps	○	○			
HPNA 3.1	250Mbps	○	○		○	
Ethernet	1Gbps	× 要HUB				○

・G.hnでは既存の配線をそのまま使用できる

ITU-T勧告G.hnと、電力線、同軸ケーブル、電話線、イーサネットを用いた各規格の仕様(伝送速度、マルチポイント対応、使用ケーブル)の比較表を示す。

マルチポイント対応: 機器の1対1の接続だけでなく、1対Nの複数の機器との接続への対応性のこと。

# IoTエリアネットワーク

## 日本の取組 (1) – 通信プロトコルの標準化 –

TTCではスマートハウス関連 (HEMS) で、920MHz帯無線と狭帯域PLCについて、それぞれJJ-300.10、JJ-300.11として標準化。広帯域PLCを適用するため、JJ-300.20、及びその間欠動作拡張としてJJ-300.21を標準化。これらの成果をJSCA (スマートコミュニティ・アライアンス) にも入力。

5-7	ECHONET Lite							第2層 の上に ECHONET Lite
4	UDP/TCP			UDP	UDP/TCP			
3	IPv4 IPv6			IPv6 6LowPAN	IPv4 IPv6		IPv6 6LowPAN	
2	IEEE 802.3 ファミリ	G.9961 G.9972	IEEE 1901	ITU-T G.9903	IEEE802.11 ファミリ	IEEE802.15.1 ファミリ PANプロファイル	IEEE 802.15.4 IEEE 802.15.4e/g	
1	IEEE 802.3 ファミリ	G.9960 G.9963 G.9964 G.9972	IEEE 1901	ITU-T G.9903	IEEE802.11 ファミリ	IEEE802.15.1 ファミリ	IEEE 802.15.4 IEEE 802.15.4e/g	
媒体	UTP 光ファイバ		電力線		電波 (2.4/5GHz)	電波 (2.4GHz)	電波 (920MHz)	
層	Ethernet	G.hn	JJ-300.20 JJ-300.21	JJ-300.11	Wi-Fi	Bluetooth	JJ-300.10	

7

日本のHEMSにおいて、OSIの参照モデルにおける第5層以上 (セッション層～アプリケーション層) の標準プロトコルはECHONET Liteとすることが決定された (2012年2月)。

TTCではHEMSに適用できる第4層以下のプロトコルの標準化を行っており、通信媒体として920MHz帯の無線を用い、第1層、第2層としてIEEE 802.15.4/4e/4gを使用する標準としてJJ-300.10、通信媒体として電力線を用い、第1層、第2層としてITU-T勧告G.9903 (狭帯域PLC) を使用する標準としてJJ-300.11、通信媒体として電力線を用い、第1層、第2層としてIEEE 1901を使用する標準としてJJ-300.20/21を制定している。

TTCはこれらの成果を、JSCA (スマートコミュニティ・アライアンス) にも入力している。

日本の各電力会社のスマートメータとHEMSコントローラ間 (ブルーート) の下位層通信インタフェースは、その主方式として920MHz帯を使用するJJ-300.10の方式A (Wi-SUN) が、補助方式として電力線で狭帯域PLCを使用するJJ-300.11が採用されている。

OSI参照モデル: OSI (Open Systems Interconnection 開放型相互接続) 参照モデルは、国際標準化機構 (ISO) によって策定された、コンピュータの持つべき通信機能を階層構造に分割したモデルであり、通信機能 (通信プロトコル) を7つの階層に分けて定義している。

第7層 - アプリケーション層、第6層 - プレゼンテーション層、第5層 - セッション層、第4層 - トランスポート層、第3層 - ネットワーク層、第2層 - データリンク層、第1層 - 物理層と定義されている。

# IoTエリアネットワーク

## 日本の取組 (2) -TTCのHEMS関連の標準類 ①-

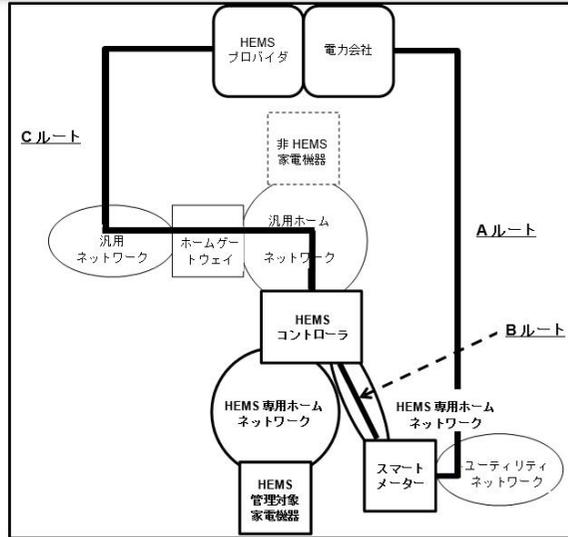
標準化対象・内容	標準番号	標準のタイトル <概要・補足>
ECHONET Liteの下位層通信インタフェースの実装ガイドライン	TR-1043	ホームネットワーク通信インタフェース実装ガイドライン <国際標準であり、その下位層プロトコル上に、ECHONET Liteを搭載する場合のプロトコルスタックが規定できるものを記載>
通信媒体として920MHz帯無線使用時の規格	JJ-300.10	ECHONET Lite向けホームネットワーク通信インタフェース (IEEE802.15.4/4e/4g 920MHz帯無線)
通信媒体が電力線で、狭帯域OFDM PLC使用時の規格	JJ-300.11	ECHONET Lite向けホームネットワーク通信インタフェース (ITU-T G.9903 狭帯域OFDM PLC)
通信媒体が電力線で、広帯域Wavelet OFDM PLC使用時の規格	JJ-300.20	ECHONET Lite向けホームネットワーク通信インタフェース (広帯域 Wavelet OFDM PLC (「HD-PLC」))
	JJ-300.21	ECHONET Lite向けホームネットワーク通信インタフェース (広帯域 Wavelet OFDM PLC (「HD-PLC」) 省電力化用拡張機能)
TR-1043に記載の各伝送技術の実装にて利用可能な低位レイヤのセキュリティ技術を記述	TR-1051	HEMS下位層プロトコルに対応するセキュリティ機構
JJ-300.10方式A、JJ-300.11をBルートに適用する際のガイドライン	TR-1052	HEMS-スマートメーター(Bルート)通信インタフェース実装詳細ガイドライン
HEMS等に適用可能な各種有線・無線の伝送技術概要紹介	TR-1044	HEMS等に向けた伝送技術の概説 <最新版は本文書を基にIoTエリアネットワークまで対象を拡張したTR-1064(IoTエリアネットワーク向け伝送技術の概説)>

TTCのIoTエリアネットワーク専門委員会(旧:次世代ホームネットワークシステム専門委員会)では、スマートIoT推進フォーラムの技術・標準化分科会や、ECHONETコンソーシアム、HD-PLCアライアンス、Wi-SUN Alliance、ZigBee Alliance等と連携して、HEMSやホームネットワークを含むIoTエリアネットワークに関する標準類の検討、作成、制定を行っている。

# IoTエリアネットワーク

## 日本の取組 (3) -TTCのHEMS関連の標準類 ②-

標準化対象・内容	標準番号	標準のタイトル <概要・補足>
家庭にエネルギー管理を導入するためのホームネットワークの構成および要件を規定	JT-G9958	エネルギー管理向けホームネットワークアーキテクチャ <本文書の付録として「日本における実際の配備事例」を記載しており、その中でスマートメーターを中心とするサービスルートである「Aルート」、「Bルート」、「Cルート」を説明 >…下図参照



住宅内のHEMSのアーキテクチャとして日本からITU-T SG15にG.9958 (Generic architecture of home networks for energy management)を提案し、2018年3月にITU-T勧告として国際標準化された。このG.9958の付録に日本における配備例として「Bルート」等を記載した。TTCでは、このG.9958をダウンストリームする形で、TTC標準JT-G9958(エネルギー管理向けホームネットワークアーキテクチャ)を2018年11月に制定。

# IoTエリアネットワーク

## 日本の取組 (4) -TTCのIoTエリアネットワーク関連の標準類 ① -

標準化対象・内容	標準番号	標準のタイトル <概要・補足>
IoTエリアネットワーク(HEMSを含む)に適用可能な各種有線・無線の伝送技術概要紹介	TR-1064	IoTエリアネットワーク向け伝送技術の概説 <本文書は、TR-1044(HEMS等に向けた伝送技術の概説)の記述を最新化するとともに、IoTエリアネットワーク向け伝送技術を追加したもの >
橋梁モニタリングにおける加速度センサの情報モデルを定義	JJ-300.30	橋梁モニタリング用加速度センサの情報モデル及び低消費電力無線通信における動作 <加速度センサーの動作に関連する情報の要件、関係性、規則、操作などを規定 >
低消費電力無線技術を利用した橋梁モニタリングシステムを構成する装置類やエリアネットワークに求められる要件を記述	TR-1066	橋梁モニタリングのための低消費電力無線通信方式ガイドライン <本ガイドラインで記載の装置類で扱う情報モデルはJJ-300.30で規定 >

TTCのIoTエリアネットワーク専門委員会では、スマートIoT推進フォーラムの技術・標準化分科会等と連携して、oneM2M等の関連組織の動向も参照しつつ、IoTエリアネットワークに関する標準類の検討、作成、制定を進めている。

# IoTエリアネットワーク

## 日本の取組 (5) -TTCのIoTエリアネットワーク関連の標準類 ② -

標準化対象・内容	標準番号	標準のタイトル <概要・補足>
ホームネットワークに接続された機器とホームネットワークの接続構成を把握するためのプロトコル	JJ-300.00	ホームネットワーク接続構成特定プロトコル
	JJ-300.01	端末区分情報リスト <JJ-300.10のプロトコルにて使用する各種端末、ネットワーク機器の端末区分情報を記述>
JJ-300.00に関し、イーサネット以外のデータリンク層への対応や、通信障害切り分け用機能等を機器に実装する際に参考となる事項	TR-1061	JJ-300.00機能実装ガイドライン～非イーサネットデータリンク層、複数LLDPDU、障害切り分け情報対応～
通信媒体は電話線、同軸ケーブル、電力線とし、これらに共通して使用できる送受信器の規格及び、共存メカニズムの規格	JT-G9960	統合高速有線ホームネットワーク送受信器 (システムアーキテクチャ) (物理層)
	JT-G9961	統合高速有線ホームネットワーク送受信器 (データリンク層)
	JT-G9972	有線ホームネットワーク送受信器 共存メカニズム

JJ-300.00「ホームネットワーク接続構成特定プロトコル」については、ITU-TのSG15に提案し、2011年10月にITU-T 勧告G.9973 (Protocol for identifying home network topology) として国際標準化されている。また、JJ-300.00を2017年5月に第3版化し、その改版内容をSG15に提案し、2017年8月にG.9973も更新された。

# IoTエリアネットワーク

## 日本の取組 (6) -TTCのIoTエリアネットワーク関連の標準類 ③ -

標準化対象・内容	標準番号	標準のタイトル <概要・補足>
HEMSやホームネットワークサービスを実現するための機能要件やアーキテクチャを規定	JT-Y2070	HEMSとホームネットワークサービスの要件とアーキテクチャ
JT-Y2070の元となった文書	TR-1046	ホームネットワークサービスを実現するサービスプラットフォーム
サービスの障害に遠隔から対応するために必要な機能を記述	TR-1053	サービスプラットフォームにおけるカスタマサポート機能
TR-1053の近距離無線の場合	TR-1057	ホームネットワークにおけるカスタマサポート機能ガイドライン
JT-Y2070を前提としてパーソナルデータを活用するための機能	TR-1059	ホームネットワークにおけるパーソナルデータ利活用機能要件
IEC 62608パート2 (*1)に記載されるホームネットワークの設定方式に関し、詳細なユースケースを記述	TR-1062	ホームネットワークサービスにおけるカスタマサポートユースケース

\* 1: IEC 62608パート2: Multimedia home network configuration - Basic reference model - Part 2: Operational model

JT-Y2070は、ITU-TのSG13に提案し、2015年1月にITU-T勧告Y.2070 (Requirements and architecture of home energy management system and home network services) として国際標準化(その後Y.2070は番号が変更され、Y.4409となった)されたものをダウンストリームしてTTC標準として制定したものである。