

TR-1044

HEMS等に向けた  
伝送技術の概説

〔Overview of signal transmission technologies for HEMS〕

第1版

2012年12月4日制定

一般社団法人  
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE

本書は、一般社団法人情報通信技術委員会が著作権を保有しています。

内容の一部又は全部を一般社団法人情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、改変、転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

## 目 次

<参考> .....	5
第 I 部 HEMS等に向けた有線伝送方式について .....	6
1. はじめに .....	6
2. 要求条件 .....	6
2.1 HEMS .....	6
2.2 AMI(UAN) .....	7
2.3 BEMS .....	7
2.4 CEMS .....	7
3. 各種伝送媒体の特徴 .....	7
3.1 電力線 .....	7
3.1.1 宅内電力線 .....	9
3.1.2 屋外低圧配電線 .....	9
3.2 宅内同軸ケーブル .....	10
3.3 宅内電話線 .....	11
3.4 宅内 LAN ケーブル (CAT ケーブル) .....	12
4. 上位層との接続 .....	12
5. 伝送方式 .....	12
6. 各種有線伝送規格の比較 .....	13
7. 課題 .....	13
第 II 部 HEMS等に向けた無線伝送方式について .....	15
1. はじめに .....	15
2. 各無線方式の概説 .....	15
2.1 Wi-Fi 方式 .....	15
2.2 Bluetooth 方式 .....	16
2.3 ZigBee 方式 .....	17
2.4 Wi-SUN 方式 .....	18
2.5 U-bus Air .....	19
2.6 Z-Wave 方式 .....	20
2.7 Gwnb : 狭帯域の宅内無線ネットワーク .....	21
2.8 特定小電力無線 .....	22
2.9 UWB 方式 .....	23
2.10 PHS 方式 .....	24
2.11 WiMAX .....	25
3. まとめ .....	27
付録 I ECHONET Lite の簡単な解説 .....	28
I.1 はじめに .....	28
I.2 概要 .....	28
I.3 ECHONET Lite 通信プロトコル .....	28
I.4 ECHONET Lite 通信ミドルウェア .....	28

I.4.1 ECHONET Lite 通信処理部 .....	29
I.4.2 機器オブジェクト .....	29
I.4.3 プロファイルオブジェクト .....	29
付録II SEP の簡単な解説.....	30
II.1 始めに.....	30
II.2 SEP 1.x の機能.....	30
II.3 SEP2.0 への移行.....	31

## <参考>

### 1. 国際勧告等との関連

本技術レポートに関する国際勧告はない。

### 2. 改版の履歴

版数	制定日	改版内容
第1.0版	2012年12月4日	制定

### 3. 参照文章

主に、本文内に記載されたドキュメントを参照した。

### 4. 技術レポート作成部門

第1.0版：次世代ホームネットワークシステム専門委員会（SWG3601/3602）

## 第 I 部 HEMS 等に向けた有線伝送方式について

### 1. はじめに

本報告では、上記の各用途について日本国内で HEMS、AMI (UAN)、BEMS、CEMS、に適用可能と思われる各種有線伝送方式の解説を行っている。国内でのマルチベンダ環境の実現、海外への輸出も念頭に、国際標準化されているものを前提として方式選択を行った。スマートグリッド関係の主な国際標準としては、ISO、IEC、ITU-T、IEEE などで検討されているが、ここでは主要な方式が網羅されている ITU-T と IEEE で作成された標準について紹介する。

本検討では ITU-T の勧告文書および、TTC と IEEE 間で締結した MOU、リエゾン合意書に基づいて入手した関連の標準仕様書を主に使用した。

ITU-T が作成したスマートグリッド関連の有線伝送方式規格としては、電力線、同軸ケーブル、電話線を使用する、宅内広帯域伝送方式の規格 G9960/G9961「統合高速有線ホームネットワーク送受信器」と同規格の関連規格である G9963、G9964、G9972 及び屋外宅内狭帯域電力線伝送方式規格である G9955、G.9956「狭帯域 OFDM 電力線通信送受信器」がある。

IEEE が作成したスマートグリッド関連の有線伝送方式規格としては、P1901（広帯域電力線伝送用）、P1901.2（スマートグリッドのための狭帯域電力線伝送通信）と HEMS、BEMS などに使用されることが見込まれるイーサネットの規格 IEEE の 802.3 がある。

更に、広帯域 PLC については、スマートグリッド向けに、G9960 の中で低消費電力、高ロバストネス（強靱性）、低コストを狙った Low Complexity Profile が規定されており、同様の目的で IEEE P1901 関連では HomePlug アライアンスが Green PHY を仕様化している。

### 2. 要求条件

各アプリケーションの要求条件を以下に整理した。

#### 2.1 HEMS

HEMS(Home Energy Management System)で有線伝送方式を使用する場合の要求条件としては以下のような特徴がある。

- ホーム内の様々な家電品（テレビ、クーラー、冷蔵庫、洗濯機、照明器具など）の消費電力の監視、表示、制御に使用される。
- ソーラパネル、蓄電器、EV などが接続され、これらの監視、制御、表示のための情報転送に使用される。
- 数 10 台程度の家電品、エネルギー関連設備（ソーラパネルなど）が接続されることを想定する必要がある。
- 日本の家屋の平均延べ床面積である 129m<sup>2</sup>(一戸建て)、48m<sup>2</sup>（共同住宅）規模のエリアに対して十分に対応可能である必要がある。
- 宅内の各種伝送媒体（電力線、同軸ケーブル、電話線）を有効活用できることが望ましい。

特に以下の点について、配慮する必要がある。

#### (1) スマートメータとの連携

- スマートメータの情報を需要家が把握するための“見える化”などのため、スマートメータで得られる情報を宅内で伝送し HGW、PC、表示装置などに転送すること(B ルート対応)が想定される。

- デマンドレスポンスなどのために AMI から宅内の機器の消費電力情報の取得と制御を行う場合を想定する必要がある。

## (2) 宅内センサネットワークとの連携

- ホーム内の有線センサネットワークの通信手段として使用される場合を想定する必要がある。
- 無線センサネットワークと連携し集約するシンクノード間の通信手段として使用されることを想定する必要がある。

これらの各使用形態では速度より強靱性（Robustness）がより重視される。伝送距離は最大30m程度を想定する必要がある。

## 2.2 AMI(UAN)

AMI(UAN)の特徴を以下に示す。AMI は MDMS (Meter Data Management System) とスマートメータ間を通信手段により接続し、情報転送や遠隔開閉器制御などを行う。配電線を使用した通信方式（PLC）はその一部であるコンセントレータと各メータ間を接続する目的で使用される。

- 高密度住宅地、高層マンション内、集合住宅内、ビル内、地下街、郊外、山間地など様々な環境での使用を想定する必要がある。
- 電力線伝送方式の適用エリアと接続されるメータ数は技術的実現性の側面と経済性の側面から最適な方法が選択される筈であるが、現時点で適用領域が絞り込んでいる状況ではないので、ここでは、エリアとして 50m x 50m、500m x 500m、5km x 5km の3ケース、メータ数として 10、50、500 を想定して検討した。
- AMI は1メータ（端末）あたりの情報量は少ないが接続される端末数は多い。（ここでは、情報量として、数 10kbps から数 100kbps を想定した）
- セキュリティの確保、効率的かつ迅速な通信ネットワークの維持、管理。10年以上の使用に耐えるシステムであることなどが要求される。

## 2.3 BEMS

ビルディング内のエネルギー制御（冷暖房、換気、照明など）、検針などに使用する。左記以外に、防災などのシステムを統合することもある。端末数は数 10 から数 100 を想定する必要がある。ビル内の伝送距離として最大300m程度を想定する必要がある。この場合も、一般に速度より強靱性（Robustness）が必要とされる。

## 2.4 CEMS

メガソーラなどを含む、半径数 km 程度の閉じた発電、送電、配電網である。将来、直流送電技術が使用される可能性もある。送電、配電に使用されるケーブルが通信にも使用できることが望ましいが、今後の課題である。

## 3. 各種伝送媒体の特徴

### 3.1 電力線

電力線は宅内、屋外の有線伝送に使用可能であり、HEMS、AMI(UAN)、BEMS、CEMSなど電力関連の通信に広く使用されることが期待される。宅内配電線、屋外の高圧配電線、屋外の低圧配電線があり伝送路としての特性はそれぞれかなり異なる。

ここでは、HEMSでの使用が想定される“宅内配電線”と AMI(UAN) としての使用が想定される“屋外低圧配電線”についてより詳細にその特徴を比較検討した。

表 1-1 電力配電線ネットワークの構成要素

大分類	小分類	主な構成要素
宅内電力配電系	戸建	宅内電力配線、分電盤
	集合住宅	宅内電力配線、棟内電力配線、分電盤、変圧器
屋外電力配電系		屋外高圧配電線（6.6kV、3相3線式など）
		屋外低圧配電線（単相2線式、単相3線式など）
		引込線（単相2線式、単相3線式など）
		変圧器
ビル内配電系		ビル棟内幹線配電線（縦配線される場合と横方向敷設がある）
		変圧器
		分電盤

表 1-2 電力配電線ネットワークの通信路としての基本パラメータ

	トポロジー	分岐数	ネットワークのサイズ (注1)	代表的なケーブル	最大伝送路長	備考
宅内電力配電系	樹枝状方式	10～30	～20m x 20m	VVF（銅、断面積14mm <sup>2</sup> 、絶縁体ビニル）	30m程度	
屋外電力配電系	樹枝状方式、ループ方式	数10から数100	50m x 50m 500m x 500m 5km x 5km	OW（銅、断面積38mm <sup>2</sup> 、絶縁体、2mmビニル）	50m 500m 5km	ループは常時開路方式が多い
ビル内配電系	樹枝状方式	数10から数100。幹線と引込線から構成される。	30m x 30m 同一系統（1変圧器下の配線） 当たり	OE（銅、断面積60mm <sup>2</sup> 、外径5mm、絶縁体2mmポリエチレン）	300m程度	異なる変圧器グループ間をCCU、ICUで接続し1コンセントレータ当たりのメータ数を増加させる案もある。

注1 数値は本検討での想定値

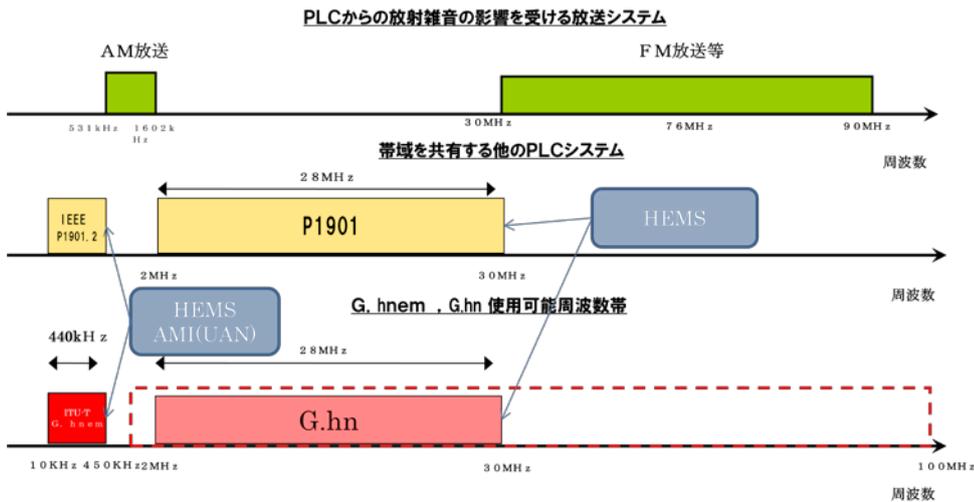


図 1-1 電力線上の周波数利用状況とHEMS、BEMS、AMIの使用可能周波数領域

### 3.1.1 宅内電力線

宅内電力線については、単相3線式配線が多く使用されている、距離は最大30m程度である。分岐数は数10程度ある。家電機器からの雑音発生、異相間通信などへの対応が必要であるという特徴がある。宅内電力線では狭帯域PLC・広帯域PLCともに利用可能であるが、広帯域PLCについてはケーブルからの放射による妨害電波発生を避けるため屋内使用についてのみ使用可能である。尚、現在（2012年7月現在）、広帯域PLCについても制限付きで屋外での使用を認めるための検討も進められている。

ケーブルからの放射による妨害電波発生を避けるため、電波法により、使用できる周波数帯域が、狭帯域PLCでは10kHz～450kHz、広帯域PLCでは2MHz～30MHzに制限されている。伝送路としての性能は100Mbps～300Mbps程度であるが、異相間接続の有無、雑音状態、家電品のインピーダンスなどにより大きく変動する。伝送路の減衰量は使用周波数帯域内で大きく変動するが、性能を発揮させるためには、70dBから80dB程度の減衰量に対応できる受信器性能が必要。特性の悪い伝送路では直接接続ができない可能性もあるため、マルチホップ機能をもつことが望ましい。

### 3.1.2 屋外低圧配電線

屋外配線の、コンセントレータとメータ間、メータとメータ間の伝送路の周波数特性はネットワークのサイズ、分岐数、使用ケーブルの構造、使用周波数帯域などにより異なる。

中サイズ以上のネットワークでは、一つのメータあるいはコンセントレータから全てのメータに直接接続することはできないため、マルチホップ機能が必須である。

表 1-3 必要ホップ数

		メータ数 50			メータ数 500		
メータの 配置	横	6			21		
	縦	7			22		
エリアサ イズ		大	中	小	大	中	小
	横[m]	5000	500	50	5000	500	50
	縦[m]	5000	500	50	5000	500	50
	3σホップ ス	4.0	3.3	3.3	13.9	11.3	6.5

ネットワークのエリアサイズ、メータ数にもよるが、物理速度（オーバーヘッド込み）1Mbps以上を確保。送受信器としては、メータ数50の場合で最大ホップ数4程度、メータ数500の場合で最大ホップ数14まで対応する必要がある。メータ数10以下であればほとんどのケースで、メータ間の直接通信が可能であるが、1ホップ程度が必要となる場合もある。

### 3.1.2.1 伝送路の特性

コンセンレータとメータ間、メータとメータ間の周波数特性はエリアサイズによりかなり異なる。エリアが波長程度以上になると分布定数ネットワークとしての振る舞いが顕著になり、周波数により損失が大きく変化する。

PLC送受信器はこうした周波数特性を持つ伝送路に対して対応できる特性を持つ必要がある。特に、特定の使用可能な周波数帯を選択して使用できるOFDM方式、あるいは同等の特性を持つ方式が望ましい。また、十分な性能を得るためには、サブキャリア帯域は10kHz以下であることや、各サブキャリアの最大伝送路損失は70dBから80dB以上でも信号受信が可能であることが必要。

## 3.2 宅内同軸ケーブル

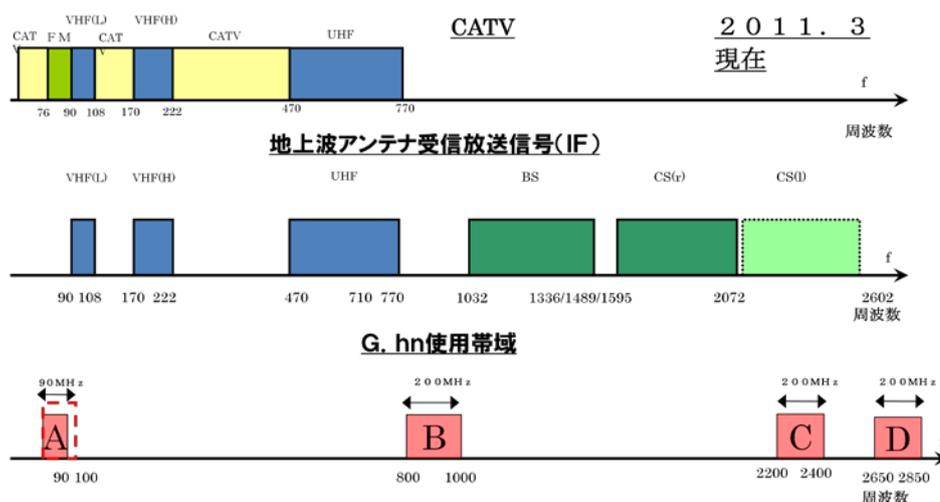


図 1-2 同軸ケーブルの利用状況と HEMS、BEMS の使用可能周波数領域

HEMSとして宅内で使用できる伝送媒体として、前章の宅内電力配線が主に使用されると予測されるが、本章の宅内同軸ケーブル配線は電力線では接続が困難な場合の補助手段として使用できる。

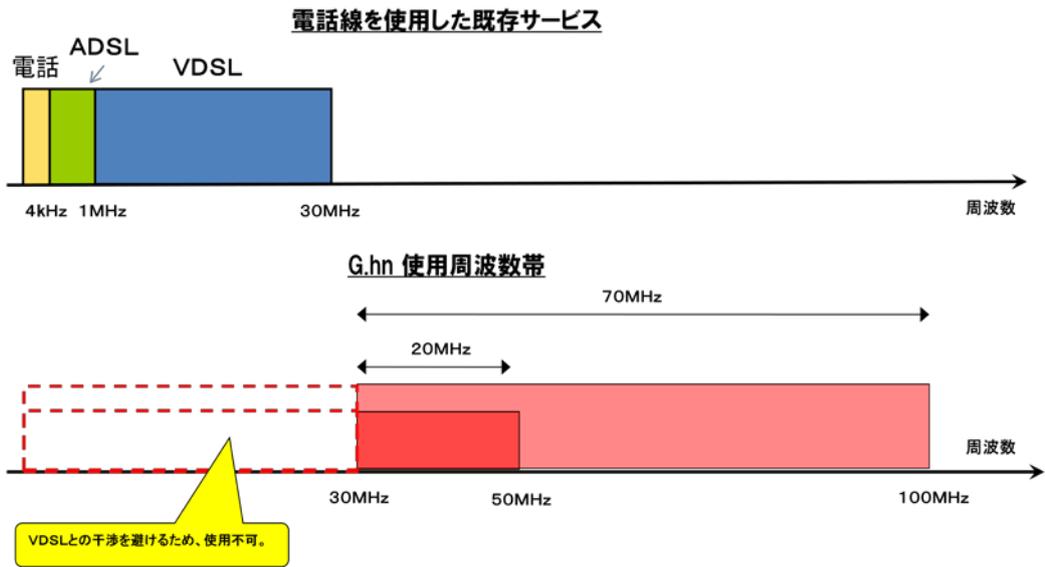
アンテナ受信 TV、CATV に使用されている同軸ケーブルを使用する場合には、同軸ケーブルを共用するテレビ信号等、他のサービスと使用周波数帯域が重ならないようにする必要がある。伝送路損失は最大60dB程度に対応する必要がある。サブキャリア間隔600kHz以下であることが伝送路の性能を発揮させるために必要。

表 1-4 宅内同軸ネットワークの構成要素

	トポロジー	分岐数	ネットワークのサイズ	代表的なケーブル	最大伝送路長	備考
1	樹枝状方式	0～3	最大30m x 30m	S-4C-FBなど	30m程度	分岐はスプリッタを使用して行われる

600Mbpsから2Gbps程度の物理速度が期待できる。(HEMS用としては数10kbps～数100kbpsで十分であるが)

### 3.3 宅内電話線



28

図 1-3 電話線の利用状況と HEMS,BEMS の使用可能周波数領域

電話線はアナログ電話、ADSL、VDSL で使用されている場合には、それらの周波数帯域を避ける必要がある。特に、電話線が VDSL で使用されている場合には 30MHz 以下の周波数は使用できない。

上記の VDSL 信号を避けるために 30MHz 以上を使用するという条件でも、宅内伝送路として電話線を使用した場合、800Mbps 以上の物理速度が期待できる。

### 3.4 宅内LANケーブル（CATケーブル）

最近Ethernet用、LANケーブルが配線されている住宅もあるので、LANケーブルを使用した、HEMSも選択肢として存在する。100Mbps、1Gbpsの物理速度を提供する。通信可能な距離は100mである。

## 4. 上位層との接続

物理層伝送方式を国内 HEMS, AMI (UAN) で使用可能とするためには、ECHONET Lite をサポートする必要がある。

物理層として、イーサネット MAC、IPv4/IPv6 のいずれかのプロトコル対応機能を持つことにより可能となる。

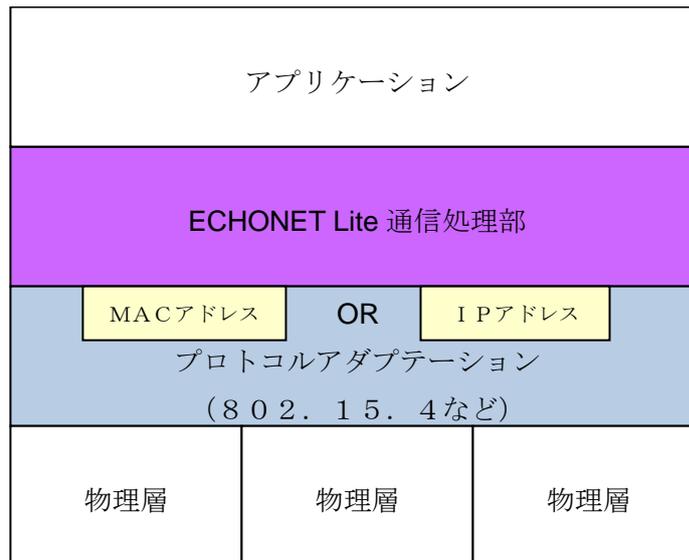


図 1-4 ECHONET Lite との接続（ECHONET Consortium WEB より）

### 標準化動向

有線通信物理層の国際標準化は主に IEC, ITU-T, IEEE で行われている。ITU-T, IEEE のスマートグリッド関連の物理層、MAC 層の標準化はほぼ完了しており安定した状況にある。

## 5. 伝送方式

3章の各伝送媒体上での通信のために使用される各種通信技術を以下に示す。通信媒体の特徴に応じて、これらの機能の組み合わせとパラメータの最適化が行われる。

日本国内での適用を考えた場合に、各規格の中で適切なパラメータ選択を行う事が出来る仕様であることが重要である。

表 1-5 電力線、同軸ケーブル、電話線伝送の主要方式パラメータ

	PHY 層/MAC 層 方式パラメータ	説明
使用周波数帯域	開始周波数 終了周波数	必要機能性能の実現、伝送媒体、場所（国地域、屋内屋外など）を考慮し、適切な値を選択する必要がある
送信電力	PSD マスクで定義	同上
変調方式	マルチキャリア変調方式 (OFDM/Wavelet)	いずれの伝送媒体でもチャンネル損失が帯域内で大きく変化するため、平坦でない伝送路への適応力が高いマルチキャリア変調方式が適している。
サブキャリア変調方式	差動変調 同期変調	同期変調の方が約 2.5 dB SNR が良くなるが信号処理がやや複雑になる。
誤り訂正方式	LDPC/Turbo 符号 リードソロモン符号 (RS) + 畳み込み符号 (CC)	LDPC/Turbo 符号は誤り訂正能力が高いが信号処理量が大きい。RS+CC は訂正能力が LDPC/Turbo 符号に劣るが、信号処理量は少ない。一般に広帯域 PLC、同軸伝送、電話線伝送では前者。狭帯域 PLC には後者が適している。ITU-T 標準 G.9955, IEEE 標準 P1901.2 も両者を使い分けている。
再送機能		インパルス雑音などによるバースト誤りが発生しやすいチャンネルや伝送特性が瞬時に変化するチャンネルに対して有効。
インタリーブ機能		インパルス雑音対策に使用する。
マルチホップ(リレー)機能	ホップ数、ルーティング方式	屋外の配電線を使用した低速 PLC 方式による AMI アクセスシステムでメータ数が多い場合（16 台以上程度）は必須である。目安として 9 ノード以下の場合には、マルチホップ機能は必須ではなさそうである。 宅内の広帯域 PLC 方式では、必須ではないが、この機能があることが望ましい。
暗号化	AES128	AES128 が一般に使用される。

## 6. 各種有線伝送規格の比較

(別紙 1)

## 7. 課題

有線技術を用いた HEMS, AMI に関連した今後解決すべき技術的課題としては以下がある。

- (1) 宅内/屋外の PLC 方式間の相互干渉に関する課題（電力線伝送）

宅内／屋外の電力線伝送システムは運用主体が異なる可能性がある。その場合両者が同一周波数帯域(10kHz～450kHz)を使用すると、相互干渉の問題が発生するため、なんらかの対応が必要。

(2) 同一帯域を使用する異なる方式の共存（電力線伝送）

高速 PLC については ITU-T においては G.9972 の中で、また、IEEE では P1901 の中で時分割による方式である ISP（Inter System Protocol）が仕様化されている。

低速 PLC の共存の方式としては以下の 3 方式があり、G.9955 では 3 方式が併記されている。P1901.2 では識別用プリアンプル（cEIFS）により方式を識別する方式が記述されている。考え方の概要が記述されているのみで、実装できるレベルに詳細化されていない。

- 周波数分割(G.9955)
- 周波数軸上のノッチ（G.9955）
- 共存用のプリアンプルで方式を識別（G.9955とP1901.2）

(3) 宅内同軸ケーブルからの電磁波放射問題（同軸ケーブル）

宅内同軸ケーブルを使用したホームネットワークに共通の課題として、妨害電磁波放射がある。特にUHFアンテナからの逆放射の影響評価が課題となっている。ITU-T勧告G.9960ではB、C、Dの各周波数が日本国内で使用可能な周波数帯域として、Annex C（日本仕様）の中で定義されている。（図 1-2）送信可能信号レベルについては、現在、TTCで検討中。

## 第Ⅱ部 HEMS等に向けた無線伝送方式について

### 1. はじめに

第一部に続いて、HEMSやAMI（UAN）、BEMS、CEMSに適用可能な無線伝送方式に関して概説する。第一部と同様に技術の一覧をまとめて、別表2に示す。要求条件等については、第一部で触れたので、ここでは、個別の各種無線伝送技術に関して概説する。

### 2. 各無線方式の概説

#### 2.1 Wi-Fi方式

##### ● 規格の概要

Wi-Fi (wireless fidelity) は、Wi-Fi Alliance によってIEEE802.11シリーズ (802.11a/802.11b/802.11g/802.11n等) を利用した無線LAN 機器間の相互接続性を認証されたこと (Wi-Fi Certified) を示すブランド名である。

通信規格であるIEEE 802.11シリーズを利用した無線機器間の相互接続性等について、Wi-Fi Alliance (米国に本拠を置く業界団体) によって認定された機器には、Wi-Fiロゴの使用が許可される。

##### ● Wi-Fi と 無線 LAN の定義

「無線 LAN」(IEEE802.11 規格の無線 LAN) と「Wi-Fi」は、本来定義が異なるものである。Wi-Fi CERTIFIED ロゴを製品に表示するためには認証試験を受け合格する必要がある、それがなされていないものは「Wi-Fi」ではない。Wi-Fi Alliance が定めた WPA version 1 仕様は IEEE 802.11 のドラフトをもとにした仕様であり、正式の IEEE 802.11 とは厳密には異なっている (WPA version 2 は IEEE 802.11 を満たしている)。

##### ● IEEE802.11b

免許不要で扱える 2.4GHz ISM帯の周波数帯域を利用する。日本国内で利用できるチャンネル数は、中心周波数 2.412GHz の 1ch から 同 2.472GHz の 13ch まで 5MHz 刻みの 1-13ch と、同2.484GHz の14ch の計14ch である。

ただし、一つのチャンネル幅の規格が 22MHz であるため、干渉なしで通信できる最大チャンネル数は 4個となる。

##### ● IEEE802.11a

5GHz帯の周波数帯域を利用する。日本国内で利用できるチャンネルは以下の通り。

表 2-1 IEEE802.11a 利用無線チャンネル表

タイプ	チャンネル	屋外利用	備考 (中心周波数 GHz)
W52	36, 40, 44, 48	×	5.18, 5.20, 5.22, 5.24
W53	52, 56, 60, 64	×	5.26, 5.28, 5.30, 5.32
W56	100, 104, 108, . . . , 140	○	5.50, 5.52, 5.54, . . . , 5.70

## 2.2 Bluetooth方式

### ● 規格の概要

数mから数十m程度の距離の情報機器間で、電波を使い簡易な情報のやりとりを行うのに使用される。当初エリクソン、インテル、IBM（現 レノボ）、ノキア、東芝の5社によって策定され、現在は9社がプロモーター企業となっている。IEEEでの規格名は、IEEE 802.15.1である。

2.4GHz帯を使用してPC（主にノートパソコン）等のマウス、キーボードをはじめ、携帯電話、PHS、スマートフォン、PDAでの文字情報や音声情報といった比較的低速のデジタル情報の無線通信を行う用途に採用されている。OSIレイヤでは、レイヤ1～2に該当する。

### ● 標準規格団体

約16,000社が参加する標準化団体Bluetooth SIGにて、Bluetooth4.0まで規格化されている。

### ● 変復調方式

周波数ホッピングスペクトラム拡散方式

※周波数ホッピングについて；広帯域（2402～2480MHz）の中に1MHz毎に79個のチャンネルを設定し、周波数ホッピング方式（FHSS：Frequency Hopping Spread Spectrum）により、毎秒1600回のチャンネル切り替えを行いながら通信を行う。また、キャリアセンスは使用しない。

### ● 伝送速度

[バージョン]	[対 称]	[非対称(下り/上り)]
1.x, 2.x	432.6kbps	723.2kbps/57.6kbps
2.x+EDR	1306.9kbps	2178.1kbps/177.1kbps
3.x	432.6kbps	723.2kbps/57.6kbps
3.x+EDR	1306.9kbps	2178.1kbps/57.6kbps
3.x+HS		24.0Mbps
4.x		1.0Mbps

### ● 伝送距離

[クラス]	[出力]	[距離]
class1	100mW	100m
class2	2.5mW	10m
class3	1mW	1m

電波強度(出力)のクラスによる。

### ● 標準化状況とスマートグリッドへの適用レベル

これまで携帯電話機やモバイル機器での利用が多かったが、今後、健康機器やスマートグリッド向けへの適用拡大が見込まれる。特にVer4.0では、ボタン電池1個で数年稼働可能としており、大幅な省電力化等によるスマートグリッドに適した変更がされている。また、「Smart Energy Study Group」を発足させ、活用方法の調査を始めている。

### ● セキュリティ認証・暗号化方式・誤り訂正

Bluetoothプロファイル（GAP：Generic Access Profile）にて機器の接続/認証/暗号化を行っている。誤り訂正は、前方エラー訂正（FEC：Forward Error Correction）にて実施しており、1/3レートFEC、2/3レートFEC、自動再送（ARQ：Automatic Repeat reQuest）などがある。

## 2.3 ZigBee方式

### ● 規格の概要

ZigBeeは、近距離無線ネットワークの世界標準規格の一つであり、信頼性のある、低消費電力・低コストの無線通信として2001年からZigBee Allianceにて研究が進められてきた。末端の装置においては、通信量を抑えることによりアルカリ単3電池2本で数ヶ月から2年間の稼働を目指し、コスト面でもLSI単価で2ドル程度を目指した近距離無線通信規格である。

ZigBeeがカバーする範囲は、OSI参照モデルのネットワーク層以上の部分で、物理層/MAC層についてはIEEE802.15.4を採用している。

ZigBeeはPAN (Personal Area Network) に分類されるが、ネットワーク・トポロジーとして、スター、ツリー (木構造)、メッシュをサポートすることで市場の様々な要求に応えることができる。

また、通信速度は250Kbpsと、BluetoothやUWB (Ultra Wide Band) 等と比べて低いものの、低消費電力である点が大きな特長であり、低コストでの導入が期待される。

### ● 標準規格団体

Worldwideでは410社以上が参加しているZigBee Alliance。また、日本及び中国においてはZigBeeを国内仕様に合致させ、標準化の推進をするために16社が参加しているZigBee SIG-Jがある。

### ● 標準化状況とスマートグリッドへの適用レベル

ZigBeeは現在、HEMS系市場を中心としながら、ヘルスケア市場、RFリモコン市場、ホームオートメーション市場等に、幅広く展開されている。標準化の最新の状況として、ZigBee Allianceが中心となって仕様策定を進めているSmart Energy Profile 2.0 (SEP2.0) は、米国NISTベースの標準として指定されており、今後の広い普及を目指している。

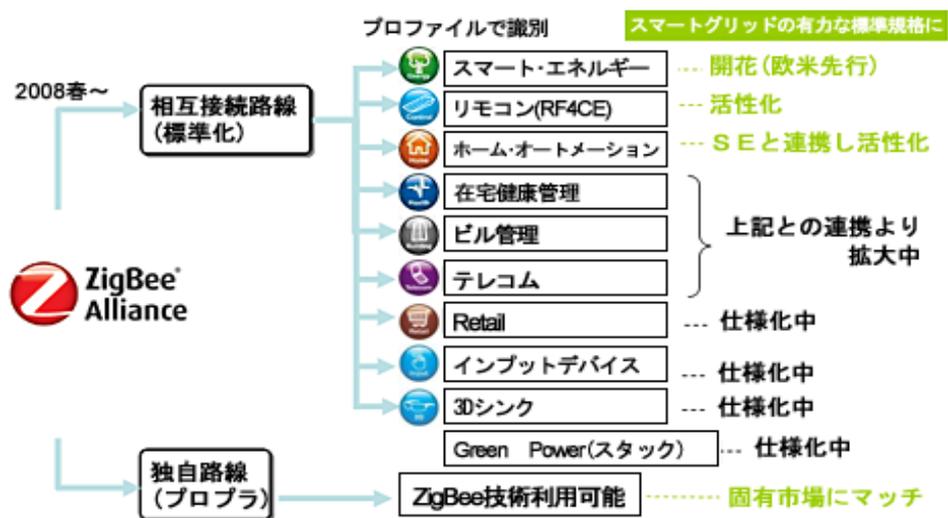


図 2-1 ZigBee アプリケーション 出典 : ZigBee SIG ジャパン HP

## 2.4 Wi-SUN方式

Wi-SUN Allianceは近距離無線通信規格「IEEE802.15.4」「IEEE802.15.4g」「IEEE802.15.4e」の業界団体であるが、2012年4月27日、都内で説明会を開催し、日本版スマートメーターの920MHz帯にフォーカスした通信仕様の策定や認証、相互接続性の確保に取り組んでいくことを発表した。2012年度の第3四半期末から第4四半期をメドに仕様を固める予定とのこと。

Wi-SUN Allianceの認証や相互接続性の対象となるのは、物理層とその上のMAC層。PHY層ではIEEE802.15.4gをベースとするものの、用いるオプションの違いで複数のPHY層を対象とするとのこと。MAC層についてもIEEE802.15.4eやそれ以外のものなど複数が想定されている。そして利用モデルごとにPHY層とMAC層の組み合わせ（プロファイル）を作り、これが仕様として固められることになる。

Wi-SUN Allianceは米アナログ・デバイセス、富士電機、村田製作所、NICT、オムロン、大崎電気工業、ルネサスエレクトロニクス、米シルバー・スプリング・ネットワークスの8社が2012年1月に設立した。活動は、(1) マーケティング、(2) テスト/認証、(3) テクニカルステアリング——の三つのワーキンググループで行う。今後は、ワーキンググループへの参加や仕様作り、投票が可能なメンバー「コントリビューター」としての参加を広く募っていくとしている。

## 2.5 U-bus Air

950MHz帯(920MHz帯への移行を準備中) を利用した超低消費電力で、多段中継（バケツリレー方式）が可能な無線通信方式。

世界標準の無線規格(IEEE802.15.4e/g)に準拠するため、低コストでシステム構築が可能。自動経路選択機能の採用により、設置工事が容易で通信の信頼性が向上する。また、U-busとの併用により、さまざまなガス機器や警報器などとの連動が容易になる。

安心・安全見守り系の遠隔監視サービスや省エネサービスニーズに対応する次世代メータインフラ(AMI:Advanced Metering Infrastructure) の通信高速化／高機能化を実現するために提案されている。Aルートへの活用(集合住宅内の検針効率化等)と、Bルートへの活用(HEMSへのデータ提供)の両面での運用が検討中である。

## 2.6 Z-Wave方式

### ● 規格の概略

- ・デンマークの企業であるZensys とZ-Wave アライアンスとが開発した相互接続運用性を持つ無線通信プロトコルで、ホームオートメーションとセンサーネットワークのような低電力、長時間運用を要求する装置のために設計された規格である。
- ・160以上の企業が参加している Z-Wave Alliance で規定される無線方式。
- ・日本では 920MHz帯の周波数帯を使用する。(ARIB STD-T108 としてこの周波数帯使用が認可された。

### ● 主要規格

- ・通信速度: 9.6 Kbit/s または 40 Kbit/s
- ・変調方式: GFSK
- ・距離: 屋外で最大約 100フィート(約 30メートル)
- ・周波数: 900MHz ISM Band. 908.42MHz(アメリカ), 868.42MHz(ヨーロッパ), 919.82MHz(香港), 921.42MHz( オーストラリア 及び ニュージーランド)
- ・ネットワーク構成 : 最大 232個のユニット

### ● 特徴

- ・1GHz以下の周波数帯 (Sub-GHz帯) を使用するため、無線LAN や電子レンジ当の影響を受けない。
- ・メッシュネットワーク対応
  - ・室内での伝達距離は約 30m だが、メッシュネットワークを構築することで距離や障害物の影響で直接コントローラの電波が届かないノードに対しても通信可能。
  - ・コントローラ 1台あたり、最大232台のノードと接続可能。
  - ・最大 4ノード中継可能。
- ・応用製品
  - ・現在US、欧州などで 500種類程度の認定機器がある。
  - ・家庭内機器 (AV機器、エアコン、照明など) のコントロールとモニタ、スマートメータ、セキュリティーに使用されている。

## 2.7 G.wnb : 狭帯域の宅内無線ネットワーク

G.wnbは、ITU-T SG15 Q4会合で議論されている。G.wnbは1GHz以下ではZ-Waveを利用する方式として考えられている。(ITU-Rと共同で議論を進めることを検討中)

G.wnbのリコメンデーション(G.9959)では、送信機の物理層(physical layer)とMAC層(media access control layer)が提案されている。

各国から以下のような周波数割り当てが、提案されている。

表 2 - 2 各国の使用周波数

Country / Market	Center frequency (MHz)		Channel Width (kHz)
EU	$f_{EU1}$	869.85	300
	$f_{EU2}$	868.40	400
US	$f_{US1}$	916.00	300
	$f_{US2}$	908.40	400
HK	$f_{HK1}$	919.80	400
ANZ	$f_{ANZ1}$	919.80	300
	$f_{ANZ2}$	921.40	400
MY	$f_{MY1}$	868.10	400
IN	$f_{IN1}$	865.20	400
JP	$f_{JP1}$	951.10 (NOTE 1)	300
	$f_{JP2}$	954.70 (NOTE1)	300
	$f_{JP3}$	955.50 (NOTE1)	300
	$f_{JP1}$	Not used	n/a
	$f_{JP2}$	Not used	n/a
	$f_{JP3}$	926.30 (NOTE 2)	300
	$f_{JP1}$	922.50 (NOTE 3)	300
	$f_{JP2}$	923.90 (NOTE 3)	300
	$f_{JP3}$	926.30 (NOTE 3)	300
NOTE 1: Valid until 31 March 2018.			
NOTE 2: This limited one-channel-frequency is to be used until the NOTE 3 designations are valid.			
NOTE 3: The use of these frequencies shall be valid from 25 July 2012. For more details see the national regulations.			

送信パワーは、-5dBm以上で、上限は各国の規制値まで。

## 2.8 特定小電力無線

### ● 規格の概要

ライフスタイルやビジネスシーンが多様化し、近距離間での簡易連絡用のコミュニケーション手段を求める声が強くなった現代、比較的狭いサービスエリアにおける無線通信の需要は増加している。こうした背景から、「特定小電力無線局」に対する制度が作られ、総務省で定める一定の条件を満たした無線設備であれば無線従事者資格も無線局免許も必要とせず、広く一般の人々が利用できる。規格は、1989年（平成元年）に制度化され、発射される電波の強さ（空中線電力）は1W（当初は10mW）以下と総務省告示に定められている。OSIレイヤでは、レイヤ1～2に該当する。

### ● 標準規格と周波数帯

電波産業会(ARIB)にて標準規格化しており、特定用途の周波数毎に制定している。

- ・ ラジオマイク 74/322/806MHz帯
- ・ 補聴援助用ラジオマイク 75MHz帯
- ・ 音声アシスト用無線電話 75.8MHz帯
- ・ テレメータ、テレコントロール及びデータ伝送 400・1200MHz帯
- ・ 医療用テレメータ 400MHz帯
- ・ 無線呼出 400MHz帯
- ・ 体内埋込型医療用データ伝送及び帯体内埋込型医療用遠隔計測 400MHz帯
- ・ 無線電話(ラジオマイクを除く)400MHz帯
- ・ 国際輸送用データ伝送設備及び国際輸送用データ制御設備 430MHz帯
- ・ 移動体識別 950MHz/2.4GHz帯
- ・ 移動体検知センサー 10.525/25.15GHz帯
- ・ ミリ波画像伝送及びミリ波データ伝送 59～66GHz帯
- ・ ミリ波データ 60.5/76.5GHz帯

### ● 変復調方式、伝送速度、伝送距離、MAC方式

変復調方式は電波の型式により周波数変調、位相変調など。伝送速度は周波数により1.2～9.6kbps、100kbpsなど。伝送距離も周波数により数10m～数kmなど様々。また、MAC方式はキャリアセンスにより実施。

### ● 標準化状況とスマートグリッドへの適用レベル

各用途の周波数帯毎に制定され、最近では、950MHz帯が割り当てられているスマートメータ向けでは、920MHz帯に移行することが決定しており、各社にてスマートメータ用インタフェースに採用され、実用化されつつある。また、消費電力について、ボタン電池レベルで稼働する機器は既に多数ある。

### ● セキュリティ認証・暗号化方式・誤り訂正

無線設備、および上位レイヤにて考慮が必要。

## 2.9 UWB方式

### ●概要

近距離での高速通信と位置検出が可能なのが特徴となる無線通信技術である。もとはアメリカの軍事技術として開発されたが、連邦通信委員会（FCC）から2002年2月に民間利用が許可されている。米国では、3.1～10.6GHz、日本では3.4～4.8GHz、7.25～10.25GHzが利用可能であり、通信速度は320Mbps以上。消費電力が少なく、妨害電波に強い方式である。また、位置検出精度が高く、数cmの誤差で測位が可能である。

### ●標準化団体

IEEE 802.15.3a WGで標準化を行っていたが、2つの変調方式（MB-OFDM、DS-UWB）で支持が分かれ、合意形成できないまま、2006年1月の会議で規格の策定を放棄し、2方式が並立している。MB-OFDMはMultiband-OFDM Alliance（MBOA）が、DS-UWBはモトローラが推進している。

### ●変調方式

- MB-OFDM（MultiBand OFDM）；

3.1～10.6GHzの帯域幅を528MHz単位で14のサブバンドに分割し、各サブバンドはさらに128のサブキャリアからなっていて、周波数ホッピング方式で通信を行う。

- DS-UWB；

1ナノ秒以下の短いパルス（インパルス）によるDSスペクトル拡散方式である。5GHzの無線LANとの干渉を避けて2バンドで拡散する。

- CSM（Common Signaling Mode）；

MB-OFDM方式とDS-UWB方式の折衷方式である。双方の物理層を認め、共存に必要な作業をMAC層のプロトコルで実現する。

### ●スマートグリッドへの適用

UWBハイバンド（7.25～10.25GHz）を用いたボディアエリアネットワーク（BAN）が、IEEE 802.15 TG6で検討されており、健康機器や医療機器を使用した人体情報の取得等に利用される可能性がある。

## 2.10 PHS方式

### ●概要

簡易型携帯電話として、携帯電話とは法令上、明確に区別されている。コードレス電話を屋外でも使用するという発想で、日本で規格化した電話システムで1995年からサービスされている。現在では、携帯電話に押されて加入者数は減少したが、中国、タイ、ベトナム等で普及が進み、世界で8000万件以上の契約がある。1.9GHz帯を利用する。基地局の送信出力が最小20mW-最大500mWと小さく、マイクロセル方式により1基地局あたりのカバーエリアを小さくして同一周波数の再利用が容易になる。また、基地局が小型で低コスト化できるため、地下街や地下鉄構内、建物内等に設置可能である。

### ●標準化団体

日本国内の規格

### ●変調方式

TDMA/TDDであり、1スロット32kbpsとなっている。これが1通話スロットとなっており、音声の符号化としてはADPCMを使用している。データ通信においては、直接PHSの通信チャネルに対して伝送する方式としてPIAFS (Personal Handyphone System Internet Access Forum Standard) が策定され、1997年からサービスされている。

### ●スマートグリッドへの適用

PHSは、ラスト・ワン・マイルを接続する手頃な無線技術として注目されており、ひとつの応用としてテレメタリングに利用される。

ガスメータへの適用は既に始まっているほか、建物内やコミュニティに設置される各種のセンサー情報を遠隔伝送する仕組みとして使用されている。

## 2.11 WiMAX

### ●規格の概略

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) とは無線通信技術規格である。WiMAXは異なる機器間での相互接続性確保のため、IEEE 802.16作業部会と業界団体のWiMAX Forumにより規格標準化が進められている。

### ●固定WiMAX (Fixed WiMAX)

IEEE802.16-2004 規格の WirelessMAN-OFDM (サブキャリア数：256固定) / WirelessHUMAN-OFDM無線インタフェースに準拠し、固定(FWA)用途の WiMAXサービスを実現。

### ●モバイルWiMAX (Mobile WiMAX)

IEEE802.16e 規格によって補足・修正された 802.16-2004 規格の WirelessMAN-OFDMA (サブキャリア数：512 または 1024 チャンネル幅に応じて可変) 無線インタフェースに準拠し、固定、ノマディック、ポータブル、モバイルの用途のWiMAXサービスを実現。

### ●WiMAX Advanced (WiMAX2)

モバイル WiMAX の後継規格となるIEEE802.16m-2011 は、802.16e 規格によって補足・修正された 802.16-2004 規格を、第四世代移動通信システム(4G)の一つの要求条件を満たすように補足・修正され、更なる高速化した仕様となる。

表 2-3 固定WiMAX と モバイルWiMAX の比較

	固定WiMAX	モバイルWiMAX
規格名	IEEE 802.16-2004	IEEE 802.16e-2005
利用周波数帯	11GHz帯以下	6GHz帯以下
伝送速度	最大約75Mbps (20MHz帯域使用時)	最大約75Mbps (20MHz帯域使用時)
変調方式	OFDM	OFDM, OFDMA, SOFDMA
	BPSK/QPSK, 16QAM & 64QAM	QPSK, 16QAM & 64QAM
マルチアンテナ技術	MIMO (オプション)	MIMO, AAS, STC (すべてオプション)
移動性	固定・可搬	固定・可搬・移動体 (120km/h)
チャンネル帯域	1.75MHz-10MHz可変	1.25MHz-20MHz可変
セル半径	2-10km	1-3km
標準化完了時期	2004年6月1日	2005年12月1日

表 2-4 IEEE 802.16eとIEEE 802.16m まとめ

	IEEE 802.16e (現規定)	IEEE 802.16m (後継規格)	
		必須	目標
周波数	2.3GHz, 2.5GHz, 3.3-3.8GHz	(1GHz,) 2.3GHz, 2.5GHz, 3.3-3.8GHz	
復信方式	TDD	TDD, FDD/HFDD	
チャンネル帯域	3.5, 5, 7, 8.75, 10MHz	5, 10, 20, 40MHz	
最大伝送速度 (ダウンロード)	64Mbps (2×2、チャンネル帯域が10MHzの時)	160Mbps以上 (2×2、チャンネル帯域が20MHzの時)	300Mbps以上 (4×4、チャンネル帯域が20MHzの時)
最大伝送速度 (アップロード)	28Mbps (2×2、MIMO使用時、チャンネル帯域が10MHzの時)	56Mbps (1×2、チャンネル帯域が20MHzの時)	112Mbps (2×4、チャンネル帯域が20MHzの時)
最大移動速度	60-120km/h	350km/h	500km/h
遅延	LLA(Link Layer Access):20ms Handoff:35-50ms	LLA(Link Layer Access):10ms Handoff:30ms	
MIMO設定	ダウンロード: 2×2 MIMO アップロード: 1×2 MIMO	ダウンロード: 2×2 MIMO アップロード: 1×2 MIMO	ダウンロード: 2×4, 4×2, 4×4 MIMO アップロード: 1×4, 2×2, 2×4 MIMO
平均VoIP利用ユーザ数	50ユーザー/セクター/FDD MHz	50ユーザー以上/セクター /FDD MHz	100ユーザー以上/セクター /FDD MHz
	25ユーザー/セクター/TDD MHz	30ユーザー以上/セクター /TDD MHz	50ユーザー以上/セクター /TDD MHz

IEEE 802.16mでは、マルチホップリレー機能やフェムトセルへの対応や、QoSの具体的な数値化が予定されている。

### 3. まとめ

HEMSやUAN、BEMS、CEMSに使用される家庭内ネットワーク（家庭内のセンサーネットワーク）は、以下に示すような条件が求められると考える。

家庭内のセンサーネットワークの必要条件

#### (1) 価格

安価なセンサー装置やセンサー内蔵機器を配置し家庭内のセンサーネットワークを構成する場合、通信制御装置は安価であることが望ましい。

特に市中に普及している通信方式を採用することは、センサー装置やセンサー内蔵機器の価格を比較的安価に実現することができると考えられる。

#### (2) 設置工事

既築住宅への適用を考えると、装置の設置工事／配線工事が簡単に行えることが重要となる。新規配線工事が不要であることが理想である。

#### (3) 低消費電力

家庭内のセンサーネットワークを構成するセンサー装置やセンサー内蔵機器においては、装置の設置制約等の問題から電池駆動が必要なケースが想定され、低消費電力で通信を実現することが必要条件となる。

#### (4) 装置の設定

家庭内のセンサーネットワークを構成する機器の設定や制御については、設置時に簡単に初期設定ができること、また生活スタイルに合わせた運用形態の変更が簡単に行うことができることが重要である。

現状では既築住宅へ家庭内センサーネットワークの設置を行う場合、家屋内の既設有線配線を利用する、または家屋内の無線到達性を考慮した低消費電力の無線通信を利用することが望ましいと考える。

## 付録 I ECHONET Liteの簡単な解説

### I.1 はじめに

ECHONET Liteは、エコーネットコンソーシアムが策定した通信プロトコルで、スマートハウス向け制御プロトコルやセンサーネットワークプロトコルとしての利用を目的として従来のECHONET規格を軽量化した物である。ISO規格およびIEC規格として国際標準化されるとともに、2012年2月に、経済産業省により、日本国内でのスマートメータとHEMS向け標準プロトコルとして認定された。

ここでは、ECHONET Liteの概要を解説する。

### I.2 概要

ECHONET Liteは、従来のECHONET規格の通信部分の実装量を軽くしたことが特徴である。即ち、従来のECHONET規格では電力線搬送通信や特定小電力無線などの物理層やMAC層も規格化していたが、ECHONET Liteでは、物理層やMAC層を規格対象外としてグローバルな規格の適用を許容し、通信ミドルウェア部分の規格に焦点を絞ったことが特徴である。これにより、エネルギーの創出、蓄積、節約をコンセプトとしたスマートハウス向けのシステムをマルチベンダで相互接続できるようにした。

家庭等で使用される機器、即ちエアコン、冷蔵庫、給湯器、照明、各種センサ、太陽光発電機器、蓄電器、スマートメータなどは、機器オブジェクトとして定義され、特定のアクセスルールによって、操作や、状態の監視が成される。そして、これらの機器オブジェクトに対するアクセスインタフェースがECHONET Lite通信プロトコルとして定義されている。

### I.3 ECHONET Lite通信プロトコル

ECHONET Lite通信プロトコルは、ECHONET Liteフレームと呼ばれるメッセージをやり取りする通信手順である。個別通信や一斉同報通信ができる。ECHONET Liteフレームは、ヘッダ、トランザクションIDと、送信元オブジェクト、送信先オブジェクト、サービスコード、アクセス先プロパティ、アクセス先プロパティ値などから構成される。サービスコードには、「要求」、「応答」（応答/不可応答）、「通知」などがあり、オブジェクトへのアクセスが決定される。

### I.4 ECHONET Lite通信ミドルウェア

ECHONET Lite通信ミドルウェアは、ECHONET Lite通信処理部と機器オブジェクト、プロファイルオブジェクトなどで構成される。ECHONET Lite通信ミドルウェアは、OSI参照モデルでは第5層～第7層に相当する。

第4層以下はECHONET Liteでは規定していない。ネットワーク層としてはIPv4でもIPv6でも良い。MAC層・物理層としてG.hn、イーサネット、IEEE802.11b/g/n、Bluetooth、IEEE802.15.4等が候補に挙げられる。独自規格でも良いことになる。また、アプリケーションプログラミングインタフェース(API)はエコーネットコンソーシアムとしては特に規定していない。

またアドレス体系を規定していないのも特徴である。即ち、下位通信層のアドレス体系をアプリで直接使用している。また、異なるアドレス体系混在時はアプリで個別に解決するようにしているとのこと。

ECHONET Lite機器としては、その機器がサポートしているECHONET Lite 通信ミドルウェアの内容により、フルECHONET Lite機器とECHONET Liteレディ機器とに分けられる。ECHONET Liteレディ機

器は、ECHONET Liteミドルウェアアダプタを接続することにより、ECHONET Liteシステムに接続できるようになる。

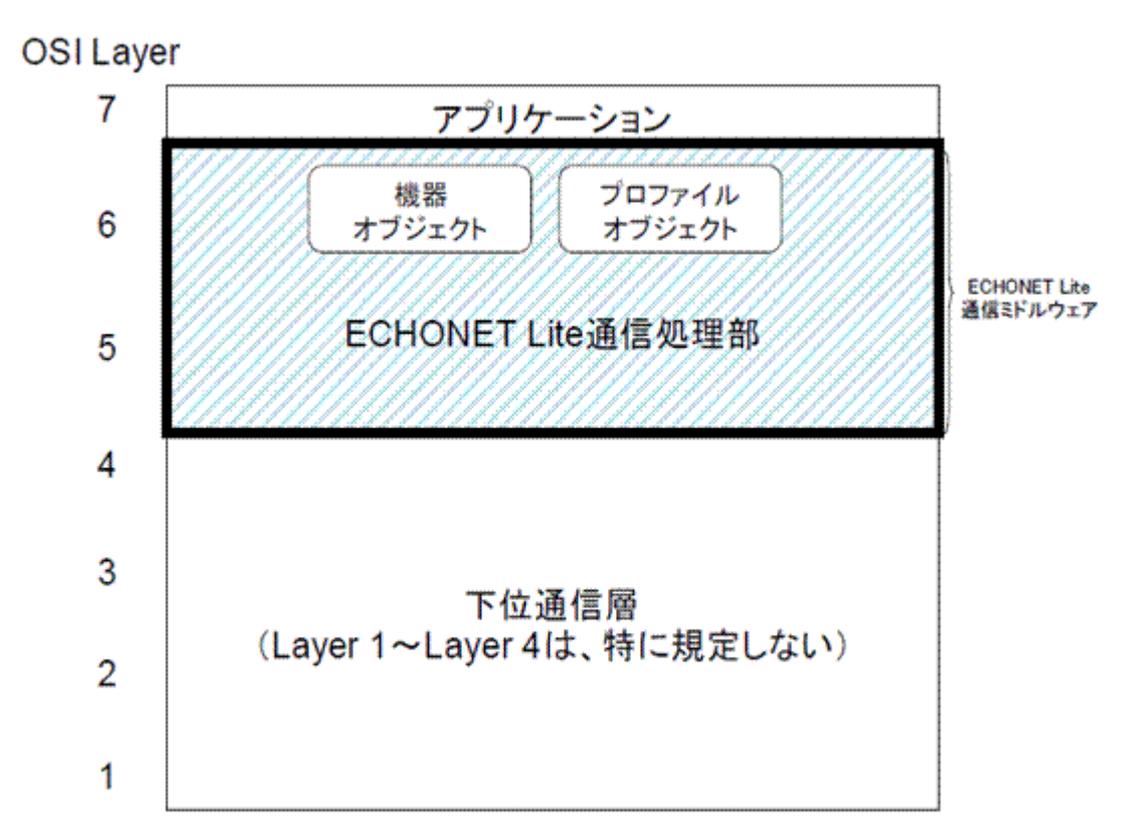


図 付1-1 通信モジュールウェア部の構成 (エコーネットコンソーシアム HPより)

#### I.4.1 ECHONET Lite通信処理部

通信処理部は、ECHONET Lite通信プロトコルに基づいて、メッセージをやり取りする処理を行う部分である。即ち、電文にもとづいて、サービスコード(ESV)の内容に基づく立上げ処理を開始し、応答 (Set処理、Get処理等)、他機器オブジェクトへの「通知」処理を行う部分である。

#### I.4.2 機器オブジェクト

機器オブジェクトは機器の機能をオブジェクト化したもので、上記のように、センサやエアコン、冷蔵庫、給湯器等の具体的機器を抽象化し、共通のアクセスインターフェースで制御できるように形式を統一している。ECHONETプロパティ (EPC) と呼ばれる属性を規定し、これに対応する操作方法 (動作状態、運転モード設定 等) を規定している。各機器オブジェクトは、識別番号プロパティと呼ばれる属性によって個々を識別することができる。

#### I.4.3 プロファイルオブジェクト

プロフィールオブジェクトは、機器の通信機能をオブジェクト化したもので、機器動作状態や、メーカ情報、機器オブジェクトリスト等のノードが保持するプロフィール情報をアプリケーションソフトウェアや他のノードとの間で交換するインターフェース形式を統一したもの。ノードプロフィールオブジェクトとも言われている。これにより、例えば、プラグアンドプレイが実現できることになる。

## 付録Ⅱ SEPの簡単な解説

エネルギー管理用プロトコル「SEP」の解説

### Ⅱ.1 始めに

SEP (Smart Energy Profile) は、ZigBee Alliance で策定されたところから、「ZigBee Smart Energy Profile 1.0」(通称：SEP1.0) と言われるアプリケーションプロトコルであり、スマートグリッド向けのアプリケーションとして、2008年に、IEEE 802.15.4上で動作するレイヤ3以上のZigBee機器用プロトコルとして公開された。

しかし、実際にスマートハウスなどでシステムを構築する場合は、機器をZigBeeだけでなくマルチベンダ環境で相互接続する必要があり、オープンなIPプロトコル上で動作できるSEP 2の仕様策定が行われてきた。2012年末の仕様化を目指し、8月末までにPublic commentが求められている。

### Ⅱ.2 SEP 1.xの機能

・SEPの1.0版は2008年6月に公開された。これは、米国で先行するSmart Gridや欧州、豪州などの市場要求を反映して策定されたもので、ホームエリアにおける制御アプリケーションプロファイルを規定している。

・機能の定義としては、Demand Response, Load Control, Metering, Pricing等がある。下記の図に示すようなメタリングのサポートにより、ユーザ毎のDemand Responseに応じて、電力供給の安定化、見える化による消費抑制を可能ならしめるもので、最終的には電気、ガス、水道などのHome Energy 全般のManagementを実現しようとするものである。

#### メタリングサポート:

- 電気、ガス、水道など
- 様々な計測  
( Load profile, Power factor, Summation, Demand, Tiers)
- 履歴情報
- 状態表示 (改ざん情報含む)
- リアルタイムな発電/使用情報
- ゲートウェイとメータとしての機能サポート

#### デマンドレスポンスと負荷制御のサポート

- 複数イベントのスケジューリング
- ユーザー優先の内蔵機能サポート
- 加入や操作の検査
- HVAC, 温水器、照明、電気自動車や発電システムの個別または同時コントロール
- 温度設定や緊急信号のような動作レベル、動作間隔などの様々な動作設定
- 急激な変化を防ぐ、開始時刻と終了時刻のランダム化

#### 料金サポート:

- インターナショナルの通貨サポート (ISO 4217)
- 1地点における複数供給会社と複数レートのサポート
- 料金レシオや段階料金のサポート
- 発電と電力消費の料金分離サポート

#### テキストメッセージのサポート:

- メッセージのスケジューリングとキャンセル
- 複数の緊急度レベル
- 短期間有効メッセージのオプション
- 複数のインターナショナルな文字セット

#### セキュリティ:

- 消費者のみ、公共事業者のみ、共有のネットワークをサポート
- プレインストール鍵または標準の公開鍵手法による、自動でセキュアなネットワーク参加
- データの暗号化

その他: OpenHAN標準に準拠

図 付2-1 SEP1.Xの機能 (ZigBee SIG ジャパン HPより)

### II.3 SEP2.0への移行

ZigBee機器向けのプロトコルであるSEP1.Xに対し、マルチベンダ環境で相互接続することの重要性を配慮して、オープンなIPプロトコル上で動作できるSEP 2.0の仕様化が進められている。

SEP2.0のプロトコルスタック構成を下図に示す。この仕様では、アプリケーション層がTCP/IPをベースとするトランスポート層、ネットワーク層の上に定義されている。MAC層や物理層の詳細に関しては、この規格では扱っていない。今回の規格の目的は、アプリケーションメッセージの交換にあり、この交換されるメッセージには、エラーメッセージやアプリケーションのセキュリティ保護特性等が含まれている。

SEP2.0の規格によれば、IPベースのスマートエネルギープロファイルに対応した有線/無線の伝送装置や、エアコン、冷蔵庫、電灯等の家電機器、ならびにゲートウェイなど情報処理機器が認証される。これによって、IP環境のもとで、ZigBeeやWi-Fi、PLCなどの複数のネットワーク技術を利用して、各機器・装置が相互に接続され、より多くのアプリケーションが利用できるようになる。また、SEP2.0は、NISTのスマートグリッドのフレームワークに合致するものである。従って、スマートエネルギーのシステムに全ての、アプリケーションや機器が確実に相互接続できる環境がSEP2.0によって提供されるために、一般の消費者は、安心してスマートグリッドのメリットを享受できるようになる。

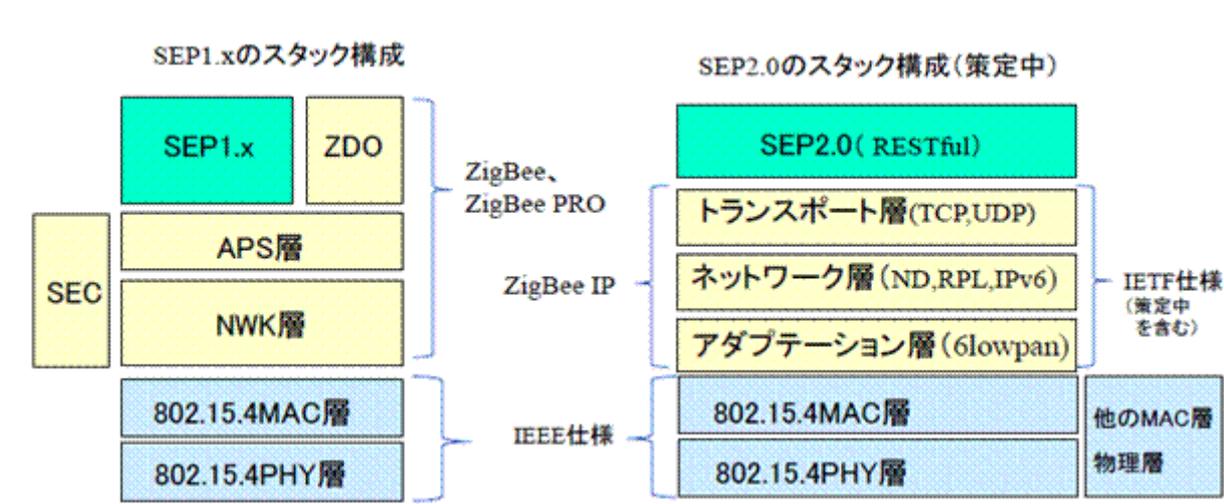


図 付2-2 SEP2.0のプロトコルスタック (ZigBee SIG ジャパン HPより)

今後は、この新しく策定されたSEP2.0を、無線のZigBee (IEEE 802.15.4) やWi-Fi (IEEE 802.11)、Z-Wave (独自プロトコル)、有線のBPL (Broadband over Power Line、高速電力線通信。IEEE 1901-2010規格。通称: PLC) などの複数の通信媒体上でIPプロトコルを使用して、システムの構築が行われていくと想定されている。しかし、SEP2.0で扱うデータについて、どのようにセキュリティを強化していくかなど、解決すべき課題もあるとのこと。



規格名称(通称)	標準名(規格番号)	標準化団体名	規格の概要	周波数帯	参加企業数	標準化状況	スマートグリッドへの適用レベル	今後の方向性	変復調方式	伝送速度	伝送距離	セキュリティ認証	セキュリティ暗号化方式	誤り訂正	ネットワーク構成	MAC方式	IPサポート	包含するOSレイヤ	参考文献
Wi-Fi	IEEE802.11 IEEE802.11b IEEE802.11g IEEE802.11n IEEE802.11ac	IEEE	Wi-Fi (wireless fidelity) は、Wi-Fi Alliance によって IEEE802.11シリーズ (IEEE802.11a/IEEE802.11b) を利用した無線LAN 機器間の相互接続性を保証されたこと (Wi-Fi Certified) を示す、ブランド名である	2.4GHz帯 2.4GHz帯 5.2/5.3/5.6GHz帯 2.4GHz帯 2.4GHz帯/5.2/5.3/5.6GHz帯 5.2/5.3/5.6GHz帯		1997年6月 1999年10月 1999年10月 2003年6月 2009年9月 2012年12月 予定	消費電力の観点から、セ ンサ部分を含む装置に組み 込み、電池駆動にて常時接続 を行うようなケースにおい ては課題あり。	商用電源から常時電 力が供給されている ような機器に実装さ れることは可能と考え られる。	DSSS /CCK OFDM OFDM OFDM OFDM	最大2Mbps 最大11Mbps 最大54Mbps 最大54Mbps 最大300Mbps 最大1.3Gbps	100m 100m 100m 100m 100m 100m	EAP-TLS (IEEE802.1x)	WEP64/128/152bit WPA- PSK(TKIP/AES) WPA2- PSK(TKIP/AES)	CC(畳込み符号) ビタビ複合方式 シンボル内インターリーブ	ベースステーション/アド ホック/MDS	CSMA-CA CSMA-CA CSMA-CA CSMA-CA CSMA-CA	TCP/IP TCP/IP TCP/IP TCP/IP TCP/IP TCP/IP	物理層 MAC層 物理層 物理層 物理層 物理層 物理層	IEEE Std 802.11 IEEE Std 802.11b IEEE Std 802.11a IEEE Std 802.11g IEEE Std 802.11n IEEE Std 802.11ac
Bluetooth	Bluetooth4.0	Bluetooth SIG	数mから数十m程度の距離の情報機器間で、電波を使い簡易な情報のやりとりを行うのに使用される。当初エリクソン、インテル、IBM(現 レノボ)、ノキア、東芝の5社によって策定され、現在は9社がプロモーター企業となっている。IEEEでの規格名は、IEEE 802.15.1である。 2.4GHz帯を使用しPPO(主にノートパソコン)等のマウス、キーボードをはじめ、携帯電話、PHS、スマートフォン、PDAでの文字情報や音声情報といった比較的低速のデジタル情報の無線通信を行う用途に採用されている。	2.4GHz ISM帯	約16,000社	Ver4.0では、大幅な省電力化等によるスマートグリッドに適した変更がされている。	ボタン電池1個で数年稼働可能といった省電力化を図っている。また、「Smart Energy Study Group」を発足させ、活用方法の調査を始めている。	これまで携帯電話やモバイル機器での利用が多かったが、今後、健康機器やスマートグリッド向けへの適用拡大が見込まれる。	周波数ホッピングスペクトラム拡散方式 ※周波数ホッピングについて 広帯域(2402~2480MHz)の中に1MHz毎に79個のチャネルを設定し、周波数ホッピング方式 (FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum) により、毎秒1600回のチャネル切り替えを行いながら通信を行う。	[n'-y' a'] [対 称 非対称(下り/上り)] 1. x. 2. x 432. 6kbps 723. 2kbps/57. 6kbps 2. x+EDR 1306. 9kbps 2178. 1kbps/177. 1kbps 3. x 432. 6kbps 723. 2kbps/57. 6kbps 3. x+EDR 1306. 9kbps 2178. 1kbps/57. 6kbps 3. xHS 24. 0Mbps	電波強度(出力)のクラスによる。 [クラス] [出力] [距離] class1 100m 100m class2 2.5m 10m class3 1m 1m	Bluetoothプロファイル (GAP: Generic Access Profile)にて実施。	Bluetoothプロファイル (GAP: Generic Access Profile)にて実施。	前方エラー訂正 (FEC: Forward Error Correction) にて実施しており、1/3レート FEC、2/3レートFEC、自動再送 (ARQ: Automatic Repeat reQuest) などがある。	ベアリング (ボンディング、組み合わせ)	キャリアセ ンス無し	無し	Layer1~2 物理層、データリンク層	○http://www.bluetooth.com/ ○無線化.com ○Wikipedia Bluetooth
ZigBee	IEEE802.15.4/4d/4g/4e	ZigBee Alliance / ZigBee SIG-J		920MHz帯、2.4GHz帯	410社以上 / 16社	IEEE802.15.4/4d/4g/4e	ZigBee SIG-Jにて技術部会 (ECHONET /ZigBee連携WG) を開催し、推奨条件提示している。 消費電力の観点から、適用条件によっては電池駆動も可能	実用性確保に向けた精緻化を実施。	GFSK, OFDM, DSSS	50kbps, 100kbps, 200kbps, 400kbps	1hop数kmまで				マルチホップ	802.15.4e	ZigBee-IP	ZigBee Allianceは主に3~7層を規定、1~2層はIEEE802.15.4を初めとした規定を利用する。	http://www.zigbee.org/about_zigbee.
Wi-SUN	IEEE802.15.4g/4e	Wi-SUN Alliance		920MHz帯		2012年1月設立 下記今後WGで活動 マーケティング テスト/認証 テクニカルステアリング	消費電力の観点から、電池駆動も可能な仕様を検討中。	仕様策定中(2012/04まで)	Filtered-2FSK							802.15.4-2011 - IEEE Standard for Local and metropolitan area networks --- Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)	無し		http://www.nict.go.jp/press/2012/03/27-1.html
U-Bus Air	IEEE802.15.4g/4e	JUTA		950 or 920MHz			電池駆動が可能。	日本の920MHz帯移行対応中	GFSK	100kbps							無し		http://www.teleme-r.or.jp/u-bus/en/index.html http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004668/011_07_02.pdf#search=471Bus%20Air%27
Z-wave	Z-Wave	Z-Wave ALLIANCE http://www.z-wavealliance.org/modules/AllianceStart/	デンマークの企業であるZensysとZ-Wave アライアンスとが開発した相互接続運用性を持つ無線通信プロトコルで、ホームオートメーションとセンサーネットワークのような低電力、長時間運用を要求する装置のために設計された規格である。	920MHz帯 (日本 2012年以降割当予定)、 900MHz ISM Band, 908.42MHz(アメリカ), 868.42MHz(ヨーロッパ), 919.82MHz(香港), 921.42MHz( オーストラリア )及び ニュー ジーランド)	160社以上		ホームオートメーション、センサーネットワークを構築する装置用に設計されている。		GFSK	9.6Kbps または40Kbps	最大 30m (屋外)						無し		http://www.z-wavealliance.org/modules/AllianceStart/
G.wrb	G.9959	ITU-T SG15 Q4		別紙参照															
特定小電力無線		ARIB	ライフスタイルやビジネスシーンが多様化し、近距離間の簡易連絡用のコミュニケーション手段を求める声が強くなった現代、比較的狭いサービスエリアにおける無線通信の需要は増加している。こうした背景から、「特定小電力無線局」に対する制度が作られ、総務省で定める一定の条件を満たした無線設備であれば無線従事者資格も無線局免許も必要とせず、広く一般の人々が利用できる。1989年(平成元年)に制度が定められ、発射される電波の強さ(空中線電力)は1W(当初は10mW)以下と総務省告示に定められている。	特定用途毎の周波数を下記に示す。 ○ラジオマイク 74/322/806MHz帯 ○補聴器用ラジオマイク 75MHz帯 ○音声アシスト用無線電話 75.8MHz帯 ○レジャーテレホンおよびデータ伝送 400・1200MHz帯 ○医療用テレメータ 400MHz帯 ○無線呼出 400MHz帯 ○体内埋込型医療用データ伝送及び ○帯体内埋込型医療用遠隔計測 400MHz帯 ○無線電話(ラジオマイクを除く) 400MHz帯 ○国際輸送用データ伝送設備及び ○国際輸送用データ制御設備 430MHz帯 ○移動体識別 950MHz/2.4GHz帯 ○移動体検知センター 10.525/25.15GHz帯 ○ミリ波画像伝送及びミリ波データ伝送 59~66GHz帯	約230社	各用途の周波数帯毎に制定され、最近では、スマートメータ用途として920MHz帯も追加された。	各社にてスマートメータ用インフラフェースに採用され、実用化されつつある。また、消費電力について、ボタン電池レベルで稼働する機器は既に多数ある。	950MHz帯が割り当てられているスマートメータ向けでは、920MHz帯に移行することが決定している。	周波数変調、位相変調など(電波の型式による)	1.2~9.6bps、100kbpsなど(周波数による)	数10m~数km	無線設備、および上位レイヤにて考慮が必要。	無線設備、および上位レイヤにて考慮が必要。	無線設備、および上位レイヤにて考慮が必要。	キャリアセ ンス	無し	レイヤ1~2	○NICT 独立行政法人 情報通信研究機構プレスリリース「スマートメータ用 無線国際標準規格IEEE802.15.4g/4eに準拠！ 新たな周波数920MHz帯 小型・省電力「無線機」を開発！」 http://www.nict.go.jp/press/2012/03/27-1.html#規格認証団体「Wi-SUN」 ○総務省 近畿総合通信局「小電力無線局の概要」 http://www.soumu.go.jp/soutsu/kinki/dempa/radio/bijaku/gaiyou.html ○OKIテクノロジーズ「センサネットワーク向け900MHz帯の標準化動向」 http://www.oki.com/jp/otr/2011/n218/pdf/218_r29.pdf ○スマートハウス標準化検討会 http://www.meti.go.jp/press/2011/02/20120224007/20120224007-2.pdf ○富士経済 http://www.fed.or.jp/tech/2009/smartgrid1.pdf ○ARIB STD-T1 ○Wikipedia 特定小電力無線局	
UWB (Ultra Wide Band)	802.15.3a/4a	IEEE		米国 3.1GHz~10.6GHz 日本 3.4~4.8GHz、7.25~10.25GHz 22~29GHz			PAN/BANとして、健康機器や医療機器との通信等への応用が検討されている。		MB-OFDM DS-UWB CSM	320Mbps (目標:480Mbps以上) 40Mbps	10m								
PHS				1.9GHz帯		日本国内規格	テレメータリングへの応用が進められている。		PIAFS	32~64kbps	100~数千0m								
WIMAX Worldwide Interoperability for Microwave Accessの略	IEEE 802.16-2004			UQコミュニケーションズ: 2595~2625MHz		2004年: 据え置き型(CPE)の新しい無線技術として標準化			OFDM/OFDMA/QPSK/16QAM/64QAM			EAP	RAS-CC BTC/CTC (Option)			Request/G rant			IEEE 802.16-2004
mobile WIMAX	IEEE 802.16e-2005	IEEE	WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) とは無線通信技術規格である。			2010年現在、160カ国395,000メンバが活動中	センサ部分を含んだスマートグリッド用装置装置として電池駆動にて常時稼働を想定した場合、消費電力的に課題あり。	WIMAX Advance日本ではWIMAX2と呼称に移行予定	OFDM/OFDMA/SOFDMA/QPSK/16QAM/64QAM	40Mbps	1~5km					Request/G rant	TCP/IP	レイヤ3	IEEE 802.16e-2005
WIMAX Advanced	IEEE 802.16 m-2011			地域WIMAX: 25825~25925MHz		2009年: 今までの修正仕様をまとめて一本化 2011年: 更なる高速化、モビリティを追加したAdvance仕様を標準化		時期は、2013年以降											IEEE 802.16 m-2011