

S A M P L E

920IP (ZigBee IP) と Wi-SUN 標準 2015

[具体化する M2M / スマートグリッドへの展開]

920IP (ZigBee IP) and Wi-SUN 2015

インプレス SmartGrid ニュースレター 編集部 [編]

S A M P L E

本サンプル版の利用について

本サンプル版の配布やWebサイトへのアップロードなどの行為について特に制限はございません。ご自由にご利用ください。掲載データの利用については、下記「■データの利用にあたって」の記述に準じます。ご参照ください。

なお、本サンプル版を販売するなどの商業利用は禁止いたしますのであらかじめご了承ください。

ご注文は今すぐクリック

- お支払い方法：銀行振込（ご請求書をお送りします）
- 納期：[法人] ご発注後、3営業日以内 [個人] ご入金確認後発送

掲載データの取り扱いについて

■CD-ROMの内容

本報告書のCD-ROMには以下のファイルを収録しています。

- 920IP (ZigBee IP) とWi-SUN 標準2015.pdf
本報告書の本文PDFです。
- ReadMe.txt
ファイルのご利用に際しての注意事項を書いたテキストファイルです。ご利用の前にこのファイルをお読みください。

■データの利用にあたって

データの利用に関し、以下の事項を遵守してください。

- (1) 社内文書などに引用する場合、著作権法で認められた引用の範囲内でご利用ください。また、その際、必ず出所を明記してください。
例:「920IP (ZigBee IP) とWi-SUN 標準2015」(株式会社インプレス発行)
- (2) 雑誌や新聞などの商業出版物に引用される場合は、下記までご一報ください。
株式会社インプレス
〒102-0075 東京都千代田区三番町20番地
電話 03-5275-9040 / FAX 03-5275-8089
im-info@impress.co.jp
- (3) 紙面、データ、その他の態様を問わず、本報告書に掲載したデータを利用して本製品と同一または類似する製品を製作し、頒布することを禁止します。
- (4) 本製品（およびその複製物を含む）を、当社の書面による承諾なしに第三者に譲渡、転売、貸与または利用許諾することを禁止します。
- (5) お客様が法人である場合、その法人内に従事する者のみ使用できます。

※なお、株式会社インプレスは本データの利用により発生したいかなる損害につきましても、一切責任を負いません。

■商標などについて

本報告書に登場する商品名・サービス名は、一般に各社の商標または登録商標です。

本文中は™マークまたは®マークは明記していません。

掲載したURLは2014年10月28日現在のものです。サイトの都合で変更されることがあります。

あらかじめご了承ください。

本書『920IP (ZigBee IP) と Wi-SUN 標準 2015』は、2 年余前に発刊し好評を博した『920MHz ZigBee IP とスマートメーター用 802.15.4g 標準 2012』を、その後の急速な展開に合わせて大幅に改訂したものである。

現在、本格的な M2M/IoT そしてスマートグリッド時代を迎えて、国際的組織である「ZigBee アライアンス」と「Wi-SUN アライアンス」の動きが活発化し、大きな注目を集めている。この両アライアンスの最近の活発な動きを整理すると次のようになる。

まず、無線センサーネットワークの標準の策定と相互接続検証を目的として設立 (2002 年 10 月) された ZigBee アライアンスは、次のように、次々と次世代技術の開発や標準化を行い、グローバルにビジネスを拡大・展開してきた。

- (1) 従来の独自の ZigBee プロトコル体系に加えて、新たにオープンな IP プロトコルを採用した、ZigBee IP 仕様を策定した (2013 年 2 月)。
- (2) また、ZigBee アライアンスは、HomePlug アライアンスなどの協力を得て、日本の ECONET Lite とともに、エネルギー管理プロトコルとして注目されているオープンな「IP 対応の SEP 2」の標準化を完了させた (2013 年 4 月)。
- (3) これに続いて、日本で新しく開放された 920MHz 帯 (サブギガ帯) に対応したオープンな ZigBee IP として、「920IP」の標準化を完成させた (2014 年 7 月)。この 920IP は、ECONET Lite にも SEP 2 (Smart Energy Profile 2.0) にも対応可能となっており、すでに 920IP を実装した製品も登場しはじめている。
- (4) このような動きと同期させて、新標準である SEP 2 の相互接続性を実現させるため、米国の有力なアライアンスである、ZigBee アライアンス、Wi-Fi アライアンス、HomePlug アライアンス、Bluetooth SIG の 4 者による CSEP (シーセップ。SEP2 相互接続性コンソーシアム) において相互接続試験が展開されている。
- (5) さらに、ZigBee アライアンスは ZigBee ビジネスのさらなる拡大を目指して、2015 年 3 月を目標に新しくスマートメーター通信基盤 (AMI) 向けの通信プロファイル (レイヤ 1 ~ 4) として、NAN (Neighborhood Area Network、近隣通信網。FAN とも言われる) の標準化を開始した (2014 年 1 月)。

一方、スマートグリッドの中心技術のひとつであるスマートメーター用の国際標準規格を策定するなどの規格認証団体「Wi-SUN アライアンス」(2012 年 1 月設立) も、以下に示すように、次々に次世代技術の開発や標準化を行ってきた。

- (1) Wi-SUN アライアンスは、スマートメーター用の無線通信システムの世界初の国際標準規格として策定した IEEE 802.15.4g/4e 標準規格 (2012 年 3 月) をベースに、第 3 層 ~ 第 4 層に「Wi-SUN

- インタフェース部」を規定（2013年1月）し、多様なアプリケーション対応できるようにした。
- (2) TTC 標準仕様「JJ-300.10」でも規定されている ECHONET Lite 用の Wi-SUN 規格は、東京電力の「B ルート」用無線通信方式としてスマートメーターに採用され、2700 万世帯を管轄する東京電力管内でその設置が開始された（2014年4月）。
 - (3) ガス・スマートメータリングシステムの標準化を推進するテレメータリング推進協議会（JUTA）が Wi-SUN 方式をベースに、ガススマートメーター（電池駆動）の心臓部となる、U-Bus Air 仕様（無線）と U-Bus 仕様（有線）を策定している。
 - (4) Wi-SUN アライアンスは、国際的な相互接続性を保証するため、テュフラインランド（TÜV Rheinland、2013年11月指名）に続いて、一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター（TELEC）を公式認証テストラボとして指名した（2014年6月）
 - (5) さらに、2014年9月、Wi-SUN アライアンス内に M2M 対応の RLMM WG を発足させ、スマートメーターアプリケーションから M2M アプリケーションの展開に向けて動き出した。

このような、両アライアンスのダイナミックな最新動向をとらえて、本書では次のような構成で解説をしている。

第1章～第3章は、ZigBee アライアンスの最新動向を中心に、ZigBee IP の標準化と新しい 920MHz に対応させた ZigBee IP 「920IP」や、ECHONET Lite を 920IP 上で動作させるプロトコル構成と事例などをはじめ、「SEP 2」の標準化と「CSEP」による相互接続試験の展開や NAN などを中心に解説。

第4章～第6章は、Wi-SUN アライアンスの活動を紹介しながら、スマートメーター向け規格「IEEE 802.15.4g/4e」などの物理層と MAC 層をはじめ、Wi-SUN インタフェース部に関する解説を行い、Wi-SUN 対応製品の開発事例なども紹介。

第7章では、Wi-SUN をベースに JUTA で策定されているガス・スマートメータリングシステム標準規格である U-Bus/U-Bus Air を解説。

第8章では、M2M に対応した RLMM WG を発足させるなど、M2M アプリケーションに向かう Wi-SUN の最新動向を事例を挙げながら解説。

本書をまとめるにあたって、京都大学教授の原田博司氏、沖電気工業の福永茂氏、NICT（情報通信研究機構）の児島史秀氏、東京ガスの坂元賢太郎氏をはじめ関係者の皆様には、取材などにおいて多大なご協力をいただいた。ここに厚く御礼を申し上げる。

2014年10月

編者：インプレス SmartGrid ニュースレター編集部

目次

S A M P L E

920IP (ZigBee IP) と Wi-SUN 標準 2015

はじめに	3
第 1 章 M2M/IoT 時代を拓く 920MHz 帯における 920IP (ZigBeeIP) と Wi-SUN ネットワーク	13
1.1 920MHz 帯の開放と新しいネットワーク環境	15
1.1.1 920MHz 帯と周波数帯域割り当ての変遷	16
1.1.2 920MHz 帯はバランスのよい周波数帯	17
1.1.3 特定小電力無線局 (特小) とは.....	19
1.1.4 普及・拡大するスマートメーターや HEMS の市場.....	20
〔1〕 HEMS に 38 社から 141 機種が登録.....	20
〔2〕 HEMS 接続対象重点 8 機種を選定.....	21
〔3〕 スマートマンションと MEMS (マンションエネルギー管理システム) 導入.....	23
1.2 電波の飛距離: 920MHz 帯は 2.4GHz 帯の 3 倍	25
1.2.1 サブギガ帯 (920/950MHz 帯) と 2.4GHz 帯による通信距離の比較	25
1.2.2 920MHz 帯: 屋内で 4 フロアまで到達	27
1.3 サブギガ帯 (800/900MHz 帯) の周波数割り当てと国際動向	29
1.3.1 世界の周波数は 920MHz 帯に集中.....	29
1.3.2 920MHz 帯に関する 3 つの ARIB 標準規格	30
〔1〕 日本の電子タグシステム標準規格: 950MHz 帯から 920MHz 帯へ.....	30
〔2〕 パッシブタグシステム: ARIB STD-T106/STD-T107	32
〔3〕 920MHz 帯の場合: チャンネルを明確に分けて使用.....	32
1.3.3 920MHz 帯のチャンネル割り当て (ARIB STD-T108) の配置	32
1.3.4 電波の利用方法と低消費電力の課題.....	36
〔1〕 間欠的利用 (スマートメーター) と連続的利用 (RFID)	36
〔2〕 低消費電力化の課題.....	37
1.4 920MHz 帯におけるシングルホップ通信とマルチホップ通信	38
〔1〕 ホームネットワークにおけるマルチホップの必要性	38
〔2〕 マルチホップ通信を導入した CEMS のシステム構成例	39
1.5 920MHz 帯と他の無線方式との比較	40
1.5.1 総合評価で 920MHz 帯が優位.....	40
1.5.2 920MHz 帯無線方式と各無線方式の比較内容	41
〔1〕 無線 LAN (Wi-Fi、2.4GHz 帯)	41

[2] PHS (1.9GHz 帯)	42
[3] ARIB STD-T67 (420MHz/1200MHz 帯)	42
[4] IEEE 802.15.4d/4g (950MHz 帯/920MHz 帯)	42
1.6 920IP と Wi-SUN のプロトコル体系の比較	43
1.6.1 センサー/スマートメーター/M2M ネットワーク向けの 920MHz 帯の ZigBee IP (920IP) と Wi-SUN のプロトコル体系.....	43
第 2 章 ECHONET Lite を 920IP (ZigBee IP) 上で動作させるプロトコル構成と事例.....	47
2.1 進化する ZigBee : 物理層に 802.15.4g を採用し、オープンな「ZigBee IP」を策定へ.	49
2.1.1 920IP (ZigBee IP) の標準化とそのプロフィール.....	49
2.1.2 ZigBee アライアンスの 4 つの基本的なプロトコルスタック	53
[1] 最新のプロトコルスタックの構成	53
[2] 英国の 868MHz 帯を使用する ZigBee スマートメーター	54
[3] 代表的な ZigBee プロファイル	56
2.1.3 920IP で屋外 (アウトドア) でも通信が可能に	56
2.1.4 選択肢を拡大するスマートネットワーク技術.....	57
[1] FAN : 地域通信網 (NAN)	58
[2] HAN : 屋内通信網	60
2.2 具体例 : 920MHz 帯におけるマルチホップネットワークの適用領域と HEMS/BEMS	60
2.2.1 920IP (ZigBee IP) 通信のスマートハウスへの適用.....	61
[1] スマートハウスと A ルート/B ルート.....	61
[2] スマートハウスにおける HEMS 重点 8 機器	62
2.2.2 920MHz 帯マルチホップ通信の BEMS への適用	62
2.2.3 920MHz 帯マルチホップ通信の M2M への適用	63
2.2.4 マルチホップ通信の優位性 (シングルホップ通信との比較)	64
2.2.5 スマートハウスにおける HEMS 重点 8 機器と A ルート/B ルート	65
2.3 920MHz 帯の 920IP (ZigBee IP) 上で動作する ECHONET Lite.....	67
2.3.1 ECHONET Lite の仕様と展開	67
2.3.2 B ルートにおける第 1 層~第 4 層の通信方式	70
[1] 相互接続性の問題の解決に向けて	70
[2] B ルートの通信方式 : IPv6 対応であることなどが選定基準	70
2.3.3 TTC 標準の「ECHONET Lite 向けホームネットワーク通信インタフェース」	72
[1] 東京電力のスマートメーター関連の通信方式	73
2.4 B ルートにおける HEMS 通信 : スマートメーターと HEMS は「1 対 1 通信」が原則	74
2.4.1 スマートメーターと HEMS 間は 1 対 1 の接続形態.....	74
2.4.2 B ルートにおけるセキュリティの基本要件	76
2.4.3 TTC で策定されたホームネットワークに関する標準文書	77

2.4.4	ECHONET Lite 向け 920IP (ZigBee IP)	78
	[1] 920IP 上で ECHONET Lite を動作させる.....	78
	[2] ECHONET Lite と ZigBee SEP 2 を融合させて国際標準化する.....	78
2.5	具体的に登場してきた 920MHz 帯関連の製品群.....	79
2.5.1	OKI : 920MHz 帯無線マルチホップ通信システム	79
	[1] 920MHz マルチホップ無線ユニットの商品化.....	79
	[2] 920MHz 帯無線通信モジュールの開発.....	80
	[3] 大規模なマルチホップネットワークの構築も可能	82
2.5.2	アドソル日進 : 920MHz 帯無線マルチホップ通信システム	82
2.5.3	ミヨシ電子 : 920MHz 帯の小型無線通信モジュールとワイヤレスゲートウェイ ...	85
	[1] 920MHz 帯の小型無線通信モジュール「KB-151」	85
	[2] ワイヤレスマルチバンドゲートウェイ「RH-241-0001」	85
2.5.4	立山科学ワイヤレステクノロジー : 920MHz 帯対応「RS-485 無線ユニット」	86
	[1] 屋外見通し通信 : 約 1km を実現	87
	[2] 「RS-485 無線ユニット」主な特徴.....	87
	[3] 「RS-485 無線ユニット」主な用途.....	87
2.5.5	富士通コンポーネント : 長距離通信 (最大 8km) を実現した 920MHz 帯特定小電力無線モジュール	89
	[1] 最大 8km まで安定的にデータ転送可能	89
	[2] 適用アプリケーション	89
2.5.6	ECHONET Lite/920IP (ZigBee IP) の相互接続のデモ.....	91
	[1] HEMS コントローラを核に相互接続.....	91
	[2] 実機のエアコンで温度/風量を制御し、消費電力量を表示	91
第 3 章	新標準「SEP 2」と「CSEP」による相互接続試験の展開 ＝注目される 920IP と IEEE 3020-2013＝	93
3.1	新標準「SEP 2」(Smart Energy Profile 2.0) とは.....	95
3.1.1	SEP 2 (エネルギー管理プロトコル) の機能.....	95
3.1.2	ZigBee SEP 1.0 から SEP 2 への展開	96
3.2	SEP が注目される背景 : NIST が採用.....	98
3.2.1	NIST リリース 1.0 で採用された SEP.....	98
3.2.2	ZigBee SEP 1.x とオープンな SEP 2 の開発	101
	[1] ZigBee SEP 1.x の機能.....	101
	[2] オープンな SEP 2 の開発へ	102
3.2.3	CSEP コンソーシアムの「ZigBee/Wi-Fi/HomePlug/Bluetooth」の 4 者が SEP 2 の相互接続性試験を推進	105
	[1] 「CSEP」が SEP 2 標準を承認	105

3.2.4	IEEE で SEP 2 を標準化 (IEEE 2030.5-2013)	107
	[1] IEEE 2030.5-2013 の標準化.....	107
	[2] IEC の PC118 で IEEE P2030.5 の標準化を開始.....	108
	[3] SEP 2 の支持が拡大：米国の主要な組織が賛同へ.....	109
	[4] SEP 2 の現状・特徴・適用アプリケーション.....	109
3.3	「SEP 1.x」と新標準「SEP 2」のプロトコルの違い.....	111
3.3.1	ZigBee 標準「SEP 1.x」のプロトコルスタック構成	111
3.3.2	標準化された SEP 2 のプロトコルスタック構成.....	112
3.4	920IP (ZigBee IP) と SEP 2 のプロトコルスタックの詳細.....	115
3.4.1	920IP と SEP 2 のプロトコルスタック	115
3.4.2	6LoWPAN (アダプテーション層) プロトコルが策定された背景.....	116
3.4.3	マルチホップ通信も可能にする「IPv6+RPL のネットワーク層」	117
3.4.4	トランスポート層 (TCP/UDP) から上のプロトコル.....	118
3.4.5	WoT (Web of Things) /IoE (Internet of Everything) の時代へ.....	119
3.5	SEP (Smart Energy Profile) の詳細な機能.....	120
3.5.1	SEP (エネルギー管理プロトコル) の守備範囲.....	120
3.5.2	SEP のスマートメーターのサポート	121
3.5.3	SEP のデマンドレスポンスと負荷制御のサポート	121
3.5.4	SEP の料金サポート (各種料金等のサポート)	121
3.5.5	SEP のテキストメッセージのサポート	123
3.6	920IP におけるセキュリティ (送受信するデータの暗号化等)	123
3.6.1	ネットワーク参加認証の機能.....	124
3.6.2	フレーム暗号化認証の機能.....	124
3.7	920IP を活用した無線ネットワークシステム例	125
第4章	スマートメーター向け規格「IEEE 802.15.4g/4e」の誕生と Wi-SUN アライアンスの設立	127
4.1	スマートメーター向け規格「IEEE 802.15.4g/4e」標準の誕生.....	128
4.1.1	物理層規格 (第1層)：IEEE 802.15.4g (SUN)	128
4.1.2	MAC 層規格 (第2層)：IEEE 802.15.4e	129
4.2	IEEE 802.15.4g/4e 標準規格が策定された背景	131
4.2.1	スマートグリッド時代に必須の通信インフラ技術.....	132
4.2.2	Wi-SUN のサービスエリア：最大で 1km 程度	132
	[1] マルチホップ通信技術.....	133
	[2] 低消費電力による動作技術	133
4.3	8 社による Wi-SUN アライアンスの設立と活動	135
4.3.1	Wi-SUN アライアンスの設立	135

4.3.2	Wi-SUN アライアンスの組織構成	136
	[1] 6つのWG (作業部会)	137
	[2] 2つのテストラボ	138
4.3.3	Wi-SUN アライアンスの6つのWG (ワーキンググループ)	138
4.3.4	TTC 標準仕様「JJ-300.10」とWi-SUN プロトコル仕様	141
	[1] JJ-300.10 標準仕様のプロフィール	141
	[2] JJ-300.10 標準で規定されている内容	142
	[3] 「JJ-300.10」が規定する3方式 (方式A、方式B、方式C)	142
4.3.5	Wi-SUN アライアンスの活動：プロファイルの策定と認証	143
	[1] 各層のプロファイルから必要なオプションを選択	143
	[2] Wi-SUN プロファイル策定上の基本コンセプト	144
	[3] 屋外 (アウトドア) でも屋内 (インドア) でも使用可能	145
4.3.6	Wi-SUN アライアンスの成果と認証製品の一覧	146
4.4	IEEE 802 委員会の組織と IEEE 802.15.4g	149
4.5	TG (タスクグループ) 設立のための5つのPAR (判断基準)	152
4.6	標準化の範囲①：IEEE 802.15.4g (物理層)	152
4.7	標準化の範囲②：IEEE 802.15.4e (MAC 層)	154
第5章	Wi-SUN 物理層規格 (IEEE 802.15.4g)：3つの変調方式と使用可能な周波数	157
5.1	Wi-SUN 物理層規格 (802.15.4g) の具体的な内容	158
	5.1.1 標準化された3つの物理層方式	158
5.2	Wi-SUN の変調方式「FSK、QPSK、OFDM」の仕組み	160
	5.2.1 FSK (周波数変調) の仕組み	160
	5.2.2 QPSK (4 相位相変調) の仕組み	161
	5.2.3 OFDM (直交周波数分割多重) の仕組み	163
5.3	Wi-SUN 物理層 (IEEE 802.15.4g) 規格が各国で使用可能な周波数帯	164
	5.3.1 世界各国で使用可能な Wi-SUN の周波数および変調方式	164
	5.3.2 日本で利用可能な周波数帯：920MHz 帯	165
	5.3.3 「CSM (共通信号モード)」で複数の物理層を共存可能へ	165
5.4	MR-FSK 方式とその代表的な仕様	167
	5.4.1 MR-FSK 方式における伝送速度や変調方式	167
	5.4.2 MR-FSK 方式 (物理層プロトコル) のフレームフォーマット	168
5.5	物理層はMR-FSK 方式に統合され標準化	170
	5.5.1 「IP 対応」と「非 IP 対応」の両方に適応可能へ	170
第6章	Wi-SUN の MAC 層規格の仕組みと Wi-SUN 対応製品の開発事例	173
6.1	Wi-SUN の MAC 層規格 (802.15.4e) の具体的な内容	175

6.1.1	IEEE 802.15.4 の MAC 層のスーパーフレームの仕組み	175
6.1.2	IEEE 802.15.4e の MAC 層のスーパーフレームの仕組み	177
6.1.3	省電力型スーパーフレームの仕組み	178
6.2	マルチホップ通信におけるデータフレーム中継の仕組み	179
6.2.1	マルチホップ通信の構成	179
6.2.2	スーパーフレーム中継の仕組み	179
	[1] ルールに従った通信	179
	[2] M1 (スマートメーター1) が CS にデータを送る場合	180
	[3] 送信と受信のタイミングをずらし、両立させて通信	180
6.3	米国 TIA および欧州 ETSI における Wi-SUN 標準化の取り組み	181
6.3.1	米国の TIA (米国電気通信工業会) の標準化	181
6.3.2	欧州の ETSI (欧州電気通信標準化機構)	183
6.4	開発事例① ルネサスと ADI : Wi-SUN 対応無線通信プラットフォームの相互接続を実施	185
6.4.1	Wi-SUN 対応新プラットフォーム相互接続の内容	185
6.4.2	新プラットフォームの構成 : Wi-SUN for ECHONET Lite Profile に準拠	186
6.5	開発事例② ローム : Wi-SUN 対応の無線通信モジュール「BP35A1」を開発 (ラピスの LSI を採用)	187
6.5.1	ラピスセミコンダクタ社の無線通信 LSI を採用	187
6.5.2	無線モジュール「BP35A1」の主な特徴	188
	[1] HEMS に最適なファームウェアを搭載	188
	[2] オールインワンモジュールで無線機能を容易に導入可能	188
	[3] ラピスセミコンダクタの ML7396B を採用	188
6.6	開発事例③ スカイリー・ネットワークス : Wi-SUN 対応のスマートメーター・HEMS 向けプロトコルスタック「SKSTACK IP v3.0」	190
6.6.1	AC 層に 802.15.4e を多重搭載した「SKSTACK IP v3.0」	190
6.6.2	セキュリティソフト「PANA」も多重搭載	190
6.7	開発事例④ アンリツ : Wi-SUN プロトコルテストシステム「ME7051A」などを開発	191
6.7.1	スペクトラムアナライザ/シグナルアナライザ「MS2830A」	192
6.7.2	ベクトル信号発生器「MG3710A」	192
6.7.3	Wi-SUN PHY テストシステム「ME7050A」	192
6.7.4	Wi-SUN プロトコルテストシステム「ME7051A」	192
第 7 章	Wi-SUN をベースにしたガス・スマートメータリングシステム	
	標準規格 : U-Bus / U-Bus Air = 小売全面自由化へ向かうガス業界の新展開 =	195
7.1	日本のガス産業の構造	197
7.1.1	分類 : 一般ガス事業、簡易ガス事業、LP ガス販売事業	197

7.1.2	各ガス事業者数とそれぞれの事業の性質.....	198
7.1.3	一般ガス事業者の売上高の比較.....	199
7.1.4	LP ガスの供給設備と消費設備.....	200
7.2	段階的に自由化が推進されてきたガス事業.....	201
7.2.1	小売自由化の範囲拡大などに関する制度改革.....	201
7.2.2	LNG（液化天然ガス）が主流の都市ガス事業.....	203
7.3	ガス事業におけるガスメーターの設置状況：合計 5440 万件.....	204
7.4	テレメータリング推進協議会のプロフィールと標準化の取組み.....	206
7.4.1	テレメータリング推進協議会のプロフィール.....	206
7.4.2	新しいガス検針用に 5 種類の標準仕様を策定.....	206
7.5	スマート化に向かうガスメーターの技術開発の歴史.....	208
7.5.1	計量機能・保安機能そして通信機能を装備.....	208
7.5.2	既存の双方向通信システムの課題.....	210
7.6	ガス・スマートメータリングシステムの全体構成.....	210
7.6.1	A ルート、B ルート.....	210
7.7	U-Bus Air 仕様（無線）と U-Bus 仕様（有線）.....	211
7.7.1	U-Bus Air（無線）の仕組み.....	211
7.7.2	U-Bus（有線）と NCU 端末と A ルートの関係.....	212
7.7.3	U-Bus Air（無線）と ECHONET Lite と B ルートの関係.....	214
	〔1〕「B ルート無線機」の果たす役割.....	214
	〔2〕なぜガスメーターは電池駆動にこだわるのか.....	214
7.7.4	ZigBee と U-Bus Air の比較.....	215
7.8	東京ガス社内で試作されたデモシステムの例.....	216
7.8.1	日本初の「U-Bus Air」仕様準拠の多段中継無線機を開発.....	218
7.9	U-Bus/U-Bus Air プロトコル構成と各標準仕様書の対応.....	219
7.9.1	ガスメーターのプロトコル構成と標準仕様.....	219
7.9.2	認証機能は Wi-SUN アライアンスと協議.....	220
7.10	Wi-SUN アライアンスの標準化のスケジュール.....	221
7.11	相互接続性（IOT）装置の導入と今後の展開.....	222
7.11.1	U-Bus Air 無線機等の相互接続性（IOT）装置の構成.....	222
7.11.2	Wi-SUN アライアンスが U-Bus、U-Bus Air の標準化を検討へ.....	224
第 8 章	M2M アプリケーションに向かう Wi-SUN の最新動向＝RLMM WG がスタート＝.....	225
8.1	M2M アプリケーションの開発に向かう Wi-SUN.....	226
8.1.1	A ルート、B ルートの Wi-SUN 通信インタフェースを策定.....	226
8.1.2	Wi-SUN アライアンスに M2M 対応の RLMM WG が発足.....	228
	〔1〕 M2M IG から RLMM WG へ昇格.....	228

S A M P L E

[2] oneM2M が M2M 標準「初版リリース：V-2014-08」を公開へ.....	229
8.2 M2M アプリケーションに向けた無線テストベッドの整備.....	230
8.3 Wi-SUN 搭載の 15 種類のセンサー群と転倒センサーの開発.....	231
8.3.1 Wi-SUN 搭載農業用の 15 種類のセンサー.....	231
8.3.2 防災用センサー：崖崩れなどを検知する転倒センサー.....	233
8.3.3 Wi-SUN 搭載の電源タップ.....	235
8.3.4 920MHz 帯・ECHONET Lite 対応の Wi-SUN 無線機.....	236
8.4 コグニティブ無線ルータの開発.....	239
8.5 M2M ネットワーク構築と Wi-SUN ワイヤレステストベッドの開発.....	241
8.5.1 事例①：M2M ネットワーク構築と「防災用テストベッド」.....	242
8.5.2 事例②：M2M ネットワーク構築と「農業用テストベッド」.....	243
8.5.3 事例③：M2M ネットワーク構築と「エネルギー管理用テストベッド」.....	244
8.6 仮想化コグニティブ無線とワイヤレス M2M 共通基盤の構築.....	246
索引.....	248
取材協力者紹介.....	256

第1章

M2M/IoT 時代を拓く 920MHz 帯における 920IP (ZigBeeIP) と Wi-SUN ネットワーク

S A M P L E

1.1	920MHz 帯の開放と新しいネットワーク環境	15
1.1.1	920MHz 帯と周波数帯域割り当ての変遷	16
1.1.2	920MHz 帯はバランスのよい周波数帯	17
1.1.3	特定小電力無線局 (特小) とは	19
1.1.4	普及・拡大するスマートメーターや HEMS の市場	20
	〔1〕 HEMS に 38 社から 141 機種が登録	20
	〔2〕 HEMS 接続対象重点 8 機種の選定	21
	〔3〕 スマートマンションと MEMS (マンションエネルギー管理システム) 導入	23
1.2	電波の飛距離: 920MHz 帯は 2.4GHz 帯の 3 倍	25
1.2.1	サブギガ帯 (920/950MHz 帯) と 2.4GHz 帯による通信距離の比較	25
1.2.2	920MHz 帯: 屋内で 4 フロアまで到達	27
1.3	サブギガ帯 (800/900MHz 帯) の周波数割り当てと国際動向	29
1.3.1	世界の周波数は 920MHz 帯に集中	29
1.3.2	920MHz 帯に関する 3 つの ARIB 標準規格	30
	〔1〕 日本の電子タグシステム標準規格: 950MHz 帯から 920MHz 帯へ	30
	〔2〕 パッシブタグシステム: ARIB STD-T106/STD-T107	32
	〔3〕 920MHz 帯の場合: チャンネルを明確に分けて使用	32
1.3.3	920MHz 帯のチャンネル割り当て (ARIB STD-T108) の配置	32
1.3.4	電波の利用方法と低消費電力の課題	36
	〔1〕 間欠的利用 (スマートメーター) と連続的利用 (RFID)	36
	〔2〕 低消費電力化の課題	37
1.4	920MHz 帯におけるシングルホップ通信とマルチホップ通信	38
	〔1〕 ホームネットワークにおけるマルチホップの必要性	38
	〔2〕 マルチホップ通信を導入した CEMS のシステム構成例	39
1.5	920MHz 帯と他の無線方式との比較	40
1.5.1	総合評価で 920MHz 帯が優位	40
1.5.2	920MHz 帯無線方式と各無線方式の比較内容	41
	〔1〕 無線 LAN (Wi-Fi、2.4GHz 帯)	41
	〔2〕 PHS (1.9GHz 帯)	42
	〔3〕 ARIB STD-T67 (420MHz/1200MHz 帯)	42

[4] IEEE 802.15.4d/4g (950MHz 帯/920MHz 帯)	42
1.6 920IP と Wi-SUN のプロトコル体系の比較	43
1.6.1 センサー/スマートメーター/M2M ネットワーク向けの 920MHz 帯の ZigBeeIP (920IP) と Wi-SUN のプロトコル体系.....	43

S A M P L E

本格的な M2M/IoT 時代を迎えて、スマートグリッド環境も急速に進展している。とくに、スマートハウスの中心的な構成要素である「スマートメーター」や「HEMS」(家庭用エネルギー管理システム)などがビジネスフェーズを迎えており、新しい動きが活発化している。管内の 2700 万世帯に電力を供給している日本最大の東京電力は、2014 年 4 月から各家庭にスマートメーターの設置を開始し、スマートメーターとホームネットワークとの通信方式に Wi-SUN (第 4 章以降で解説) が採用された。また、HEMS を設置したスマートハウスも次々に登場してきている。

一方、ZigBee アライアンスは、2014 年 7 月 1 日に、従来の ZigBee 独自プロトコルに加えて、新しく 920MHz 帯向けのオープンな ZigBee IP として、ECONET Lite にも SEP 2 (Amart Energy Profile 2.0) にも対応可能な「920IP」の標準化を完了 (第 2 章で解説) したと発表した。

すでに日本では、この HEMS 用の標準インタフェース規格として「ECHONET Lite」が承認され、さらに電波法の改正によってスマートメーター等の通信向けに小電力無線 (近距離無線通信) 用に 920MHz 帯が開放されてきた (2012 年 7 月全面移行)。これらの流れの中で、920MHz 帯に関する標準規格「ARIB STD-T108」も策定された (2012 年 2 月)。

本章では、近距離無線通信 (WPAN : Wireless Personal Area Network) に対するこれまでの周波数帯の割り当ての変遷をみながら、現状の 2.4GHz 帯や 420MHz 帯などと 920MHz 帯の違いを比較し、920MHz 帯の特徴やメリットなどについて解説する。また、ARIB STD-T108 規格における 920MHz 帯で利用可能なチャンネル割り当ての具体的な内容や、小電力無線といわれる「特定小電力無線局」や「簡易無線局」、「構内無線局」を整理しながら、国際的な 800/900MHz 帯 [サブギガ帯 : Sub GHz 帯、1GHz 帯より少し下の周波数帯] の周波数割り当ての動向を見ていく。さらに、920MHz 帯にも対応するスマートメーター向け規格 Wi-SUN (Smart Utility Networks) の動向 (IEEE 802.15.4g/4e も簡単に紹介する)。

1.1 920MHz 帯の開放と新しいネットワーク環境

2 年余前に、M2M/IoT などを実現するセンサーネットワークなどで使用されている近距離無線通信ネットワーク (WPAN : Wireless Personal Area Network) 用の周波数帯は、前述したようにスマートメーターなどの普及も想定して、総務省において電波法の改正が行われた。これによって、従来の 950MHz 帯 (950~958MHz の 8MHz 幅) から 920MHz 帯 (915~928MHz の 13MHz 幅、5MHz 幅増加) への移行が実現した。同時に、後述するように、電波の送信出力も、10mW から 20mW へと増大し、これによって通信可能距離も 500m 程度から 1km 程度へと大幅に拡大した。

このため、スマートハウス/スマートグリッド業界は、通信の面からも新しいビジネスチャンスの局面を迎えており、920MHz 帯に関連する新しい無線通信関連製品の開発が活発化し、次々に市場

に登場している。そこで、ここでは 920MHz に関する新しい動向を解説しよう。

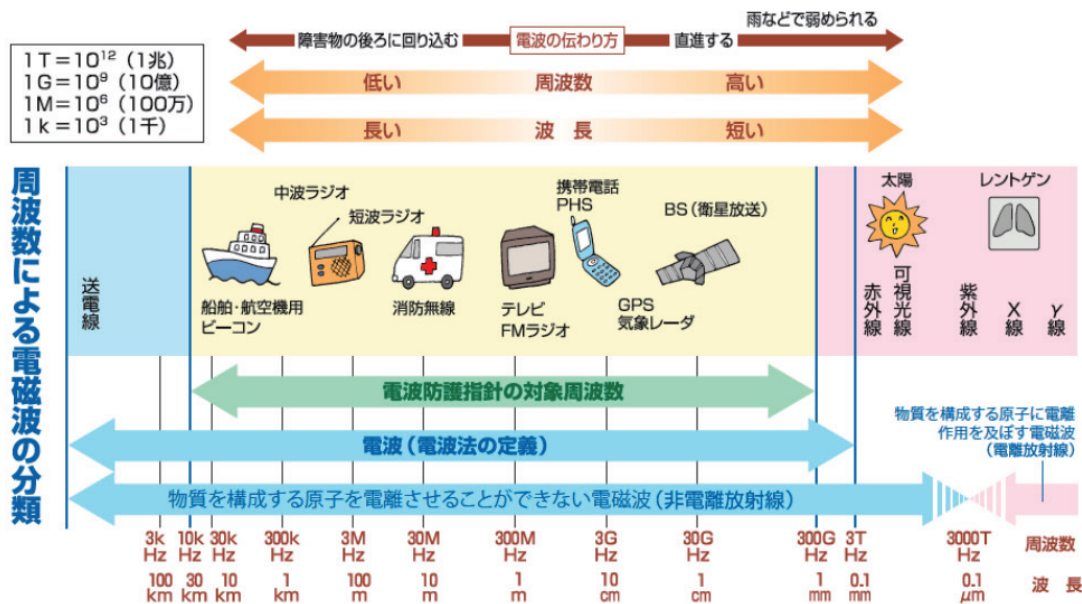
S A M P L E

1.1.1 920MHz 帯と周波数帯域割り当ての変遷

センサーネットワーク、あるいはスマートメーターのようにセンサーは付いていないが小型の通信機器をつなげる M2M 用途にも使用される近距離無線通信ネットワーク (WPAN) は、これまで Wi-Fi (無線 LAN) をはじめ ZigBee や Bluetooth も含めて、多くは 2.4GHz 帯 (ISM バンド¹) の周波数が利用されてきた。

この 2.4GHz 帯は、スマートフォンやタブレットなどの急速な普及もあって、文字によるデータ通信だけでなく、映像や音声なども含むマルチメディアアプリケーション通信にも使われているため、それらの通信トラフィックは加速度的に増大して混雑するようになり、電波の干渉問題などが発生してきた。これらに加えて、図 1-1 に示すように、2.4GHz 帯の電波は直進性が強く、ビルなどの障害物があると回り込まない (回折性が弱い) ことから遠くに電波が飛ばないなど、電波到達性の課題もある。

図 1-1 電波の伝わり方と周波数/波長の関係



[出所 : http://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/e/e/body/emf_pamphlet.pdf]

¹ ISM バンド : Industry Science Medical band、産業・科学・医学用の機器に用いられている周波数帯で、送信出力が 10mW 以下 (920MHz 帯は 20mW 以下) であれば免許が不要で利用できるよう開放されている周波数帯 (注。2.4GHz 帯は現在も免許不要局は 10mW/MHz 以下である。ただし、従来から Wi-Fi のように帯域幅が 1MHz を超えるものは、帯域幅に応じて、最大出力も 10mW を超えて良い規定にはなっていない)。

第2章

ECHONET Lite を 920IP (ZigBee IP) 上で動作させるプロトコル構成と事例

2.1	進化する ZigBee : 物理層に 802.15.4g を採用し、オープンな「ZigBee IP」を策定へ	49
2.1.1	920IP (ZigBee IP) の標準化とそのプロフィール	49
2.1.2	ZigBee アライアンスの 4 つの基本的なプロトコルスタック	53
	〔1〕最新のプロトコルスタックの構成	53
	〔2〕英国の 868MHz 帯を使用する ZigBee スマートメーター	54
	〔3〕代表的な ZigBee プロファイル	56
2.1.3	920IP で屋外 (アウトドア) でも通信が可能に	56
2.1.4	選択肢を拡大するスマートネットワーク技術	57
	〔1〕FAN : 地域通信網 (NAN)	58
	〔2〕HAN : 屋内通信網	60
2.2	具体例 : 920MHz 帯におけるマルチホップネットワークの適用領域と HEMS/BEMS	60
2.2.1	920IP (ZigBee IP) 通信のスマートハウスへの適用	61
	〔1〕スマートハウスと A ルート/B ルート	61
	〔2〕スマートハウスにおける HEMS 重点 8 機器	62
2.2.2	920MHz 帯マルチホップ通信の BEMS への適用	62
2.2.3	920MHz 帯マルチホップ通信の M2M への適用	63
2.2.4	マルチホップ通信の優位性 (シングルホップ通信との比較)	64
2.2.5	スマートハウスにおける HEMS 重点 8 機器と A ルート/B ルート	65
2.3	920MHz 帯の 920IP (ZigBee IP) 上で動作する ECHONET Lite	67
2.3.1	ECHONET Lite の仕様と展開	67
2.3.2	B ルートにおける第 1 層~第 4 層の通信方式	70
	〔1〕相互接続性の問題の解決に向けて	70
	〔2〕B ルートの通信方式 : IPv6 対応であることなどが選定基準	70
2.3.3	TTC 標準の「ECHONET Lite 向けホームネットワーク通信インタフェース」	72
	〔1〕東京電力のスマートメーター関連の通信方式	73
2.4	B ルートにおける HEMS 通信 : スマートメーターと HEMS は「1 対 1 通信」が原則	74
2.4.1	スマートメーターと HEMS 間は 1 対 1 の接続形態	74
2.4.2	B ルートにおけるセキュリティの基本要件	76
2.4.3	TTC で策定されたホームネットワークに関する標準文書	77
2.4.4	ECHONET Lite 向け 920IP (ZigBee IP)	78

[1] 920IP 上で ECHONET Lite を動作させる.....	78
[2] ECHONET Lite と ZigBee SEP 2 を融合させて国際標準化する.....	78
2.5 具体的に登場してきた 920MHz 帯関連の製品群.....	79
2.5.1 OKI : 920MHz 帯無線マルチホップ通信システム.....	79
[1] 920MHz マルチホップ無線ユニットの商品化.....	79
[2] 920MHz 帯無線通信モジュールの開発.....	80
[3] 大規模なマルチホップネットワークの構築も可能.....	82
2.5.2 アドソル日進 : 920MHz 帯無線マルチホップ通信システム.....	82
2.5.3 ミヨシ電子 : 920MHz 帯の小型無線通信モジュールとワイヤレスゲートウェイ ...	85
[1] 920MHz 帯の小型無線通信モジュール「KB-151」.....	85
[2] ワイヤレスマルチバンドゲートウェイ「RH-241-0001」.....	85
2.5.4 立山科学ワイヤレステクノロジー : 920MHz 帯対応「RS-485 無線ユニット」.....	86
[1] 屋外見通し通信 : 約 1km を実現.....	87
[2] 「RS-485 無線ユニット」主な特徴.....	87
[3] 「RS-485 無線ユニット」主な用途.....	87
2.5.5 富士通コンポーネント : 長距離通信 (最大 8km) を実現した 920MHz 帯特定小電力無線モジュール.....	89
[1] 最大 8km まで安定的にデータ転送可能.....	89
[2] 適用アプリケーション.....	89
2.5.6 ECHONET Lite / 920IP (ZigBee IP) の相互接続のデモ.....	91
[1] HEMS コントローラを核に相互接続.....	91
[2] 実機のエアコンで温度 / 風量を制御し、消費電力量を表示.....	91

S A M P L E

本章では、ZigBee アライアンスが、オープンな IP プロトコルを採用した、ZigBee IP 仕様 (ZigBee IP Specification) を策定 (2013 年 4 月) するなど、スマートハウス/スマートグリッド環境に向けて急速に進化・発展している最新動向を解説する。とくに、ZigBee アライアンスにおいては、これまで独自の非 IP のプロトコル体系 (現在は「ZigBee PRO」が主流) などが策定されてきたが、この体系では、下位層のプロトコルには、IEEE 802.15.4 (物理層/MAC 層) が採用されてきた (伝送速度: 最大 250kbps)。

これに対し、新しいオープンな IP 対応の「ZigBee IP」では、物理層に新しく標準化され、より高速化 (約 1Mbps) を実現する IEEE 802.15.4g (物理層: SUN) を採用。さらに、新しい MAC 層である省電力型の IEEE 802.15.4e の採用も検討されている。

これに加えて ZigBee アライアンスでは、日本で開放された 920MHz 帯に対応した「920MHz ZigBee IP」標準仕様の検討が進められてきたが、ZigBee アライアンスはこれを「920IP」という名称で標準化 (2014 年 7 月) したと発表。この 920IP 上では、IP ベースの家庭用エネルギー管理のアプリケーションプロトコルである日本標準の「ECHONET Lite」を動作させるため、「ECHONET Lite over 920MHz ZigBee IP (920IP)」も策定された。また、920IP 上では、米国標準の「SEP 2」 (Smart Energy Profile 2.0) も動作させることが可能である。

ここでは、これらの最新の 920IP の具体的な仕様や、具体的な製品例なども紹介する。

2.1 進化する ZigBee : 物理層に 802.15.4g を採用し、オープンな「ZigBee IP」を策定へ

2.1.1 920IP (ZigBee IP) の標準化とそのプロフィール

これまで解説してきたように、これまで、ZigBee の下位レイヤの物理層/MAC 層には、表 2-1 (参考のために Wi-SUN との比較を示す) に示すように、IEEE 802.15.4 のプロトコル (通信距離 100m、伝送速度 250kbps) が使用されてきた。

しかし、日本において新たな周波数の 920MHz の割り当てや、IEEE 802.15.4g (SUN) /4e 標準規格の登場、さらに、オープンな環境で SEP 2 を動作できるようにするため、ZigBee をオープンな IP に対応させた、「ZigBee IP」というプロトコルが策定された (2013 年 2 月策定、2013 年 3 月公表。図 2-1 参照)。

表 2-1 従来の ZigBee と Wi-SUN の主な仕様

項目	内容	
標準化担当 WG	IEEE 802.5 ワーキンググループ (WG) [WPAN: 近距離無線通信網]	
呼称	従来の ZigBee	Wi-SUN
タスクグループ (TG)	TG4 (物理層/MAC 層)	TG4g (物理層)
MAC 層	IEEE 802.15.4 (MAC 層)	IEEE 802.15.4/4e (MAC 層) (注。IEEE 802.5e:802.15.4MAC 層の拡張)
物理層 (PHY)	IEEE 802.15.4 (物理層)	IEEE 802.15.4g (物理層)
伝送速度	250kbps	約 1Mbps
フレームサイズ	127 オクテット (バイト)	2047 オクテット (バイト)
通信距離	100m	1~2km
使用周波数帯	920MHz/2.4 GHz 他	920MHz 帯/2.4GHz 他

WPAN: Wireless Personal Area Network、無線近距離通信網

IEEE 802.15.4e: IEEE 802.15.4 (MAC) の省電力化・高速化などの機能を拡張したプロトコル

ここで SEP 2 (Smart Energy Profile 2.0) とは、米国の商務省の傘下であり、産業技術に関する規格の標準化を促進したり、調達仕様の策定などを行っている政府機関「NIST」(米国国立標準技術研究所)からの要請を受けて、ZigBee アライアンスが中心となって策定された、ホームネットワーク (HAN) における IP ベースのエネルギー制御用の標準アプリケーションプロファイル(機能)のことである(詳しくは後述)。

例えば、SEP 2 では、スマートハウスにおけるデマンドレスポンス(電力の需給調整)や負荷制御(家電やエアコン等の制御)、電力料金の課金、見える化、さらに電気自動車の充電管理などを行う機能を備えている。

このような背景から、日本市場向けの検討が行われ、前述したように、ZigBee アライアンスは 920MHz 向けの ZigBee IP として、ECHONET Lite にも SEP 2 にも対応可能な「920IP」の標準化を完了(2014年7月1日、図 2-2)、表 2-2、図 2-1 に示すようなプロトコル構成の仕様が策定された。

ここで、表 2-2 に示す IEEE 802.15.4e (MAC 層) は、既存の IEEE 802.15.4 (MAC 層) 規格を拡張した MAC 層規格で、スループット(実効速度)の向上や低消費電力等を実現したプロトコルとなっている。また、この IEEE 802.15.4e (MAC 層) は、物理層 (IEEE 802.15.4g) とは独立したプロトコルとなっていることに注意する必要がある。

なお、物理層の IEEE 802.15.4g の上で、IEEE 802.15.4 (MAC 層) や IEEE 802.15.4e (MAC 層) を動作させることも可能となっているが、今回策定された 920IP では、IEEE 802.15.4e (MAC 層) の拡張機能は採用されず、検討中となっている(図 2-3)。

第3章

新標準「SEP 2」と「CSEP」による相互接続試験 の展開＝注目される 920IP と IEEE 3020-2013＝

3.1	新標準「SEP 2」(Smart Energy Profile 2.0)とは.....	95
3.1.1	SEP 2 (エネルギー管理プロトコル)の機能.....	95
3.1.2	ZigBee SEP 1.0 から SEP 2 への展開.....	96
3.2	SEP が注目される背景：NIST が採用.....	98
3.2.1	NIST リリース 1.0 で採用された SEP.....	98
3.2.2	ZigBee SEP 1.x とオープンな SEP 2 の開発.....	101
	[1] ZigBee SEP 1.x の機能.....	101
	[2] オープンな SEP 2 の開発へ.....	102
3.2.3	CSEP コンソーシアムの「ZigBee/Wi-Fi/HomePlug/Bluetooth」の4者が SEP 2 の相互接続性試験を推進.....	105
	[1] 「CSEP」が SEP 2 標準を承認.....	105
3.2.4	IEEE で SEP 2 を標準化 (IEEE 2030.5-2013).....	107
	[1] IEEE 2030.5-2013 の標準化.....	107
	[2] IEC の PC118 で IEEE P2030.5 の標準化を開始.....	108
	[3] SEP 2 の支持が拡大：米国の主要な組織が賛同へ.....	109
	[4] SEP 2 の現状・特徴・適用アプリケーション.....	109
3.3	「SEP 1.x」と新標準「SEP 2」のプロトコルの違い.....	111
3.3.1	ZigBee 標準「SEP 1.x」のプロトコルスタック構成.....	111
3.3.2	標準化された SEP 2 のプロトコルスタック構成.....	112
3.4	920IP (ZigBee IP) と SEP 2 のプロトコルスタックの詳細.....	115
3.4.1	920IP と SEP 2 のプロトコルスタック.....	115
3.4.2	6LoWPAN (アダプテーション層) プロトコルが策定された背景.....	116
3.4.3	マルチホップ通信も可能にする「IPv6+RPLのネットワーク層」.....	117
3.4.4	トランスポート層 (TCP/UDP) から上のプロトコル.....	118
3.4.5	WoT (Web of Things) /IoE (Internet of Everything) の時代へ.....	119
3.5	SEP (Smart Energy Profile) の詳細な機能.....	120
3.5.1	SEP (エネルギー管理プロトコル) の守備範囲.....	120
3.5.2	SEP のスマートメーターのサポート.....	121
3.5.3	SEP のデマンドレスポンスと負荷制御のサポート.....	121
3.5.4	SEP の料金サポート (各種料金等のサポート).....	121

3.5.5	SEP のテキストメッセージのサポート	123
3.6	920IP におけるセキュリティ（送受信するデータの暗号化等）	123
3.6.1	ネットワーク参加認証の機能.....	124
3.6.2	フレーム暗号化認証の機能.....	124
3.7	920IP を活用した無線ネットワークシステム例	125

S A M P L E

本章では、ZigBee アライアンスが策定している「ZigBee IP」と、その上で動作するスマートグリッド用アプリケーションプロファイル「SEP 2」の最新動向を解説する。

すでに、ZigBee アライアンスで、スマートハウスなどの環境で、電力の使用状況などを把握し制御するために独自の機能仕様である「SEP」(Smart Energy Profile)が開発され、2008年には ZigBee SEP 1.0 が、2011年には ZigBee SEP 1.1 が発表されその普及が推進されてきた。

しかし、米国政府の調達仕様を策定する NIST (米国立標準技術研究所) や電力業界などからオープンな SEP が要請されたため、ZigBee アライアンスは「ZigBee IP」を標準化させるとともに、HomePlug アライアンスなどの協力を得て、オープンな「IP 対応の SEP 2」の標準化を完了した。これらの動きを受けて、この新標準である SEP 2 の相互接続性を実現させるため、米国の有力なアライアンスである、ZigBee アライアンス、Wi-Fi アライアンス、HomePlug アライアンスの3者は CSEP (シーセップ。Consortium for SEP 2 Interoperability、SEP2 相互接続性コンソーシアム) を結成。その後、この CSEP に Bluetooth SIG も参加し、4 者による相互接続デモが活発に行われている。さらに、これらの動きに続いて、IEEE (米国電気電子学会) も SEP 2 の標準化に取り組み、「IEEE 3020-2013」標準仕様を完成させ、さらに IEC (国際電気標準会議) へ提案し国際標準化を目指している。

ここでは、すでに普及している SEP 1.x と新しい標準「SEP 2」の違いなどを見ながら、9201P や SEP 2 の機能などを詳説する。

3.1 新標準「SEP 2」(Smart Energy Profile 2.0) とは

3.1.1 SEP 2 (エネルギー管理プロトコル) の機能

スマートグリッド環境で、日本の ECHONET Lite や欧州の KNX⁴⁰などと並んで、注目されているエネルギー管理 (監視・制御、電気料金の課金、見える化等) の中心的な役割を担う機能仕様 (アプリケーションプロファイル) である SEP 2 (Smart Energy Profile 2.0) が完成し、IEEE 3020-2013 とし承認され、実用化に向けて相互接続試験が開始されている (注。「SEP 2」は、以前は「SEP 2.0」とも呼ばれていたが、現在は「SEP 2」と統一して標記されている)。

この SEP 2 の完成と同期して、日本ではエコーネットコンソーシアムによって、同じような機能をもつ「ECHONET Lite」が策定され公開されたところから、すでに国際的に広く普及している KNX も含めて、今後の動向が注目されるようになった。

⁴⁰ KNX: KNX 協会 (KNX Association、ベルギー・ブリュッセル市、<http://www.knx.org/>) で策定された、ECHONET Lite や SEP 2 などと同じような機能をもつエネルギー管理プロトコル。すでに 40 カ国以上で普及している。130 社を超える世界のベンダから 4000 種を超える製品が提供されている。

SEP (Smart Energy Profile、スマート・エネルギー・プロファイル) とは、電力事業者やガス会社などが、一般家庭やビルなどの電力やガスの使用状況などの監視・制御あるいは電気・ガス料金の課金などを行うために、当初は ZigBee アライアンスなどが中心になって策定された、機能仕様 (プロファイル) である。

例えば SEP の機能としては、後述するように、電力消費量の測定・表示や、デマンドレスポンス (電力の需給調整) と負荷制御 (家電機器等の制御)、電力料金の測定や表示、テキストメッセージの表示 (緊急連絡メッセージ等) のプロファイル (機能仕様) などがある。

S A M P L E

3.1.2 ZigBee SEP 1.0 から SEP 2 への展開

この SEP (SEP 1.0) は、無線センサーネットワークの標準規格の策定と相互接続検証を目的として設立された ZigBee アライアンス (2002 年 10 月設立) によって、IEEE 802.15.4 規格 (近距離無線通信規格) 上で動作する ZigBee のアプリケーション体系の 1 つとして、2008 年 6 月に公開されたプロファイル (機能仕様) である。最初のバージョンは「ZigBee Smart Energy Profile 1.0」 (あるいは ZigBee SEP 1.0) とされる。その後、「ZigBee SEP 1.1」へとバージョンアップされ、これらのバージョンも含めて、SEP 1.x と呼ばれるようになった。

このように、SEP 1.x は、もともと ZigBee プロトコル体系における独自のアプリケーションプロトコルであったが、現在、ZigBee アライアンスの Smart Energy Working Group で検討され、策定された SEP 2 は、IP 対応のオープンなプロファイル (詳しくは後述) となっている。ZigBee 以外の Wi-Fi や Bluetooth、HomePlug (PLC) などの通信プロトコルでも利用されることから、ZigBee という名称は冠さずに、単に「SEP 2」と表記されるようになった。

この SEP 2 は、当初、ZigBee アライアンス (表 3-1) と HomePlug アライアンス (表 3-2) の共同組織「ZigBee/HomePlug」が中心 (ZigBee アライアンスが主導) になって開発されてきた経緯もあって、「ZigBee/HomePlug SEP 2」あるいは「ZigBee SEP 2」と呼ばれる時期もあった。

その後、表 3-5 に示すように、SAE インターナショナル (自動車関連) や IPSO アライアンス (通信プロトコル関連)、SunSpec アライアンス (再生可能エネルギー関連) など多くのアライアンスやフォーラムの協力を得て策定されるようになった。

第4章

スマートメーター向け規格「IEEE 802.15.4g/4e」 の誕生と Wi-SUN アライアンスの設立

4.1	スマートメーター向け規格「IEEE 802.15.4g/4e」標準の誕生	128
4.1.1	物理層規格（第1層）：IEEE 802.15.4g（SUN）	128
4.1.2	MAC層規格（第2層）：IEEE 802.15.4e	129
4.2	IEEE 802.15.4g/4e 標準規格が策定された背景	131
4.2.1	スマートグリッド時代に必須の通信インフラ技術	132
4.2.2	Wi-SUN のサービスエリア：最大で1km程度	132
	〔1〕 マルチホップ通信技術	133
	〔2〕 低消費電力による動作技術	133
4.3	8社による Wi-SUN アライアンスの設立と活動	135
4.3.1	Wi-SUN アライアンスの設立	135
4.3.2	Wi-SUN アライアンスの組織構成	136
	〔1〕 6つのWG（作業部会）	137
	〔2〕 2つのテストラボ	138
4.3.3	Wi-SUN アライアンスの6つのWG（ワーキンググループ）	138
4.3.4	TTC 標準仕様「JJ-300.10」と Wi-SUN プロトコル仕様	141
	〔1〕 JJ-300.10 標準仕様のプロフィール	141
	〔2〕 JJ-300.10 標準で規定されている内容	142
	〔3〕 「JJ-300.10」が規定する3方式（方式A、方式B、方式C）	142
4.3.5	Wi-SUN アライアンスの活動：プロファイルの策定と認証	143
	〔1〕 各層のプロファイルから必要なオプションを選択	143
	〔2〕 Wi-SUN プロファイル策定上の基本コンセプト	144
	〔3〕 屋外（アウトドア）でも屋内（インドア）でも使用可能	145
4.3.6	Wi-SUN アライアンスの成果と認証製品の一覧	146
4.4	IEEE 802 委員会の組織と IEEE 802.15.4g	149
4.5	TG（タスクグループ）設立のための5つのPAR（判断基準）	152
4.6	標準化の範囲①：IEEE 802.15.4g（物理層）	152
4.7	標準化の範囲②：IEEE 802.15.4e（MAC層）	154

東京電力は、2014年4月10日から、東京電力管内でスマートメーターの設置を開始、2014年度は190万台を設置する予定で、今後、2020年までの7年間に全世帯2700万台を設置する計画となっている。このスマートメーター用のBルート（スマートメーターと家庭内のHEMSをむすぶルート）の無線通信システムのひとつとして、東京電力がWi-SUNアライアンスが策定した「Wi-SUN方式」（Wireless Smart Utility Networks方式、詳しくは後述）を採用したところから、Wi-SUNは大きな注目を集めている。

この章（第4章）では、スマートメーター用の無線通信システムの世界初の国際標準規格として策定されたIEEE 802.15.4g（SUN）/4e標準規格（2012年3月）と、本システムの効果的な普及を図る、規格認証団体「Wi-SUNアライアンス」について、その後の歴史的な発展について述べる。

このようなIEEE 802.15.4g（SUN）の標準化の策定やWi-SUNアライアンスの設立に際しては、日本のNICT（独立行政法人情報通信研究機構）のスマートワイヤレス研究室が、主導的な役割を果たした。

なお、本書では厳密な区分が必要な場合は、IEEE 802.15.4gなどと表現するが、これらをベースにWi-SUNアライアンスが設立されその上位プロトコルなどが策定され発展してきた経緯から、IEEE 802.15.4gなどのことを「Wi-SUN」（MAC層以上を含む場合もある）という呼称を使用して解説する。

4.1 スマートメーター向け規格「IEEE 802.15.4g/4e」標準の誕生

現在、世界各国でスマートグリッド（次世代電力網）への取り組みが活発化し、多彩な標準化が推進されているが、電気・ガス・水道（すなわち「ユーティリティ」）向けのスマートメーター⁶³用の標準ネットワーク規格として、IEEE 802委員会⁶⁴の802.15ワーキンググループ（WG）で次の2つの標準規格が策定され、2012年3月に承認された⁶⁴。

- (1) 第1層〔物理層：PHY（Physical Layer）〕：IEEE 802.15.4g（SUN）規格
- (2) 第2層〔MAC層：Medium Access Control〕：IEEE 802.15.4e規格

4.1.1 物理層規格（第1層）：IEEE 802.15.4g（SUN）

IEEE 802.15.4g（SUN）は、IEEE 802.15.4gタスクグループ（TG4g）が、2008年から標準化を進め

⁶³ スマートメーター：電子化され双方向通信機能を備えた電力やガスの自動検針装置。

⁶⁴ IEEE 802委員会の上部組織である、IEEE-SA（IEEE Standard Association、IEEE標準策定委員会）で承認された。

てきた第1層の物理層(PHY:Physical Layer)である「IEEE 802.15.4g(SUN:Smart Utility Networks)」の標準規格である。SUNとタイトルがついているように「スマートメーターに向けた規格であること」が明確にされている。

S A M P L E

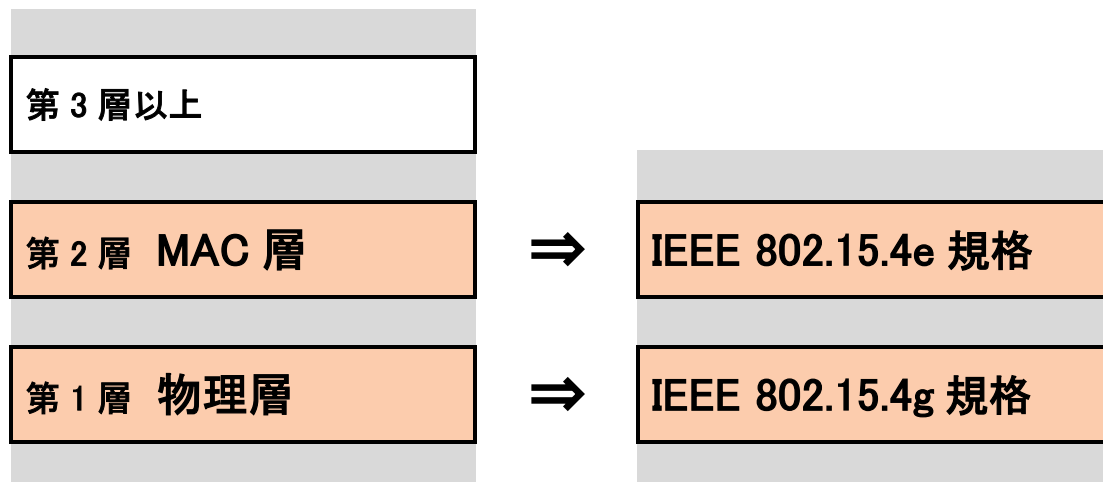
4.1.2 MAC層規格（第2層）：IEEE 802.15.4e

IEEE 802.15.4eタスクグループ(TG4e)が、IEEE 802.15.4gとは別個⁶⁵に2007年から標準化を進めてきた、第2層のMAC(Medium Access Control)層規格「IEEE 802.15.4e」も同時期(2012年3月)に策定された。

この新しい2つの規格を階層的に示すと図4-1(用語解説は表4-1参照)のように位置づけられる。さらに、IEEE 802.15.4g(SUN)規格とIEEE 802.15.4e(MAC)規格の標準化の経緯を整理すると表4-2のようになる。

また、後述するように、これらの標準規格を使用して、プロファイル(機能仕様)を作成し遠隔地からの無線スマートグリッド機器と家電製品との通信を向上させるための相互接続性の認証やそれを促進・普及させるために、2012年1月24日、Wi-SUNアライアンス(Wireless Smart Utility Networks Alliance)が設立された。

図 4-1 IEEE 802.15.4g(第1層:物理層)とIEEE 802.15.4e(第2層:MAC層)の位置づけ



⁶⁵ 通常、IEEE 802委員会のTG(タスクグループ)では、物理層とMAC層は同じタスクグループ(TG)で審議されるが、歴史的経緯から、TG4gとTG4eの2つのタスクグループで別々に審議され標準化が行われた。

第5章

Wi-SUN 物理層規格 (IEEE 802.15.4g) : 3つの 変調方式と使用可能な周波数

5.1	Wi-SUN 物理層規格 (802.15.4g) の具体的な内容	158
5.1.1	標準化された3つの物理層方式.....	158
5.2	Wi-SUN の変調方式「FSK、QPSK、OFDM」の仕組み	160
5.2.1	FSK (周波数変調) の仕組み.....	160
5.2.2	QPSK (4 相位相変調) の仕組み	161
5.2.3	OFDM (直交周波数分割多重) の仕組み.....	163
5.3	Wi-SUN 物理層 (IEEE 802.15.4g) 規格が各国で使用可能な周波数帯	164
5.3.1	世界各国で使用可能な Wi-SUN の周波数および変調方式.....	164
5.3.2	日本で利用可能な周波数帯 : 920MHz 帯	165
5.3.3	「CSM (共通信号モード)」で複数の物理層を共存可能へ.....	165
5.4	MR-FSK 方式とその代表的な仕様	167
5.4.1	MR-FSK 方式における伝送速度や変調方式	167
5.4.2	MR-FSK 方式 (物理層プロトコル) のフレームフォーマット	168
5.5	物理層は MR-FSK 方式に統合され標準化.....	170
5.5.1	「IP 対応」と「非 IP 対応」の両方に適応可能へ	170

前章の第4章では、Wi-SUN の設立から Wi-SUN のこれまでの活動や成果を概観してきた。第5章では、Wi-SUN の物理層規格 (IEEE 802.15.4g) について詳しく解説する。

S A M P L E

後述するように、IEEE 802.15.4g の物理層の主な特徴は、

①3つの物理層方式 (後述する MR-FSK、MR-OFDM、MR-O-QPSK) が共存し、それぞれ利用地域における周波数割当事情に応じて適切な仕様が策定されていること

②1500 オクテット (バイト) 以上のデータサイズがサポート可能な物理層ヘッダや、誤り訂正符号の情報をもつ SFD (有効フレームの先頭を示す信号) フィールドなど、物理層 (PHY) フレームフォーマットが変更されていること

③3つの物理層方式の共存を実現するために、CSM (共通信号モード) 変調方式を用いる MPM 機構が適用されていること

などの3つである。周波数割当について、日本では、920MHz 帯 (サブギガ帯) が Wi-SUN システムによって利用される。MPM 機構 (MPM : Multi-Physical layer Management。複数の物理層が共存できるようにする機構) では、物理層方式に関わらず、共通の変調方式である CSM (Common Signaling Mode、共通信号モード) 信号を用いて、定期的に無線ネットワークの存在を示すことで、既存無線ネットワークの検知や、ネットワーク間の干渉の効率的な回避を実現している。CSM 信号として、FSK 変調方式 (FSK : Frequency Shift Keying) の適用が合意されている。

5.1 Wi-SUN 物理層規格 (802.15.4g) の具体的な内容

5.1.1 標準化された3つの物理層方式

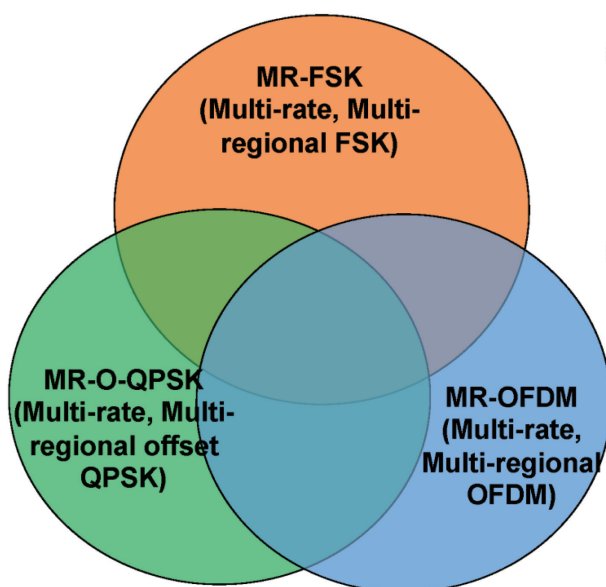
まず、802.15.4g 規格 (物理層) で標準化された、図 5-1、表 5-1 に示す次の3つの物理層方式を見てみよう。

- (1) MR-FSK (可変速度マルチリージョナル周波数変調方式)
- (2) MR-OFDM (可変速度マルチリージョナル直交周波数分割多重方式)
- (3) MR-O-QPSK (可変速度マルチリージョナル・オフセット周波数変調方式)

ここで、マルチリージョナルとは、複数 (マルチ) の地域 (リージョナル) で同じ物理層方式が使用できることを意味している。前述した MR-O-QPSK は実際には、IEEE 802.11b (無線 LAN) などに使用されている、DSSS [Direct Sequence Spread Spectrum、直接シーケンス・スペクトラム拡散方式 (直接拡散方式ともいう)] に使用されている。

DSSS とは、送信するデジタル信号 (送信データ) を低い電力で広い帯域 (周波数を拡散したシングルキャリア) の電波に乗せて送信する変調方式である。

図 5-1 標準化された3つの変調方式



- S A M P L E**
- 802.15.4gでは3つの物理層伝送方式が提案
 - ▶ MR-FSK
 - ▶ MR-OFDM
 - ▶ MR-O-QPSK
 - 各国の周波数事情に合わせ、細やかなパラメータ設定

[出所：原田博司『スマート社会を支える次世代センサー／メータ／M2M用無線通信規格 Wi-SUN』、2014年8月]

表 5-1 図 5-1 に示す標準化された3つの変調方式の内容

変調方式	フルスペル	内容
MR-FSK	Multi-Rate, Multi-Regional Frequency Shift Keying	可変速度マルチリージョナル周波数変調方式。 <可変速度の例> : 50/100kbps、200kbps、400kbps
MR-OFDM	Multi-rate, Multi-regional Orthogonal Frequency Division Multiplexing	可変速度マルチリージョナル直交周波数分割多重方式。 <可変速度の例> : 50/100kbps、200kbps、400kbps、600kbps、800kbps
MR-O-QPSK	Multi-rate, Multiregional offset Quadrature Phase Shift Keying	可変速度マルチリージョナル・オフセット周波数変調方式。 <可変速度の例> : 50/125kbps、250kbps、500kbps 振幅変動が小さく、増幅器の特性がシンプルにできる変調方式。ZigBee でも採用されている方式。

FSK : 周波数変調方式。送信するデジタル信号 (送信データ) を搬送波 (キャリア) の周波数を変化させることによって電波に乗せて送信する変調方式。

QPSK : 4 相位相変調。1 回の変調 (1 シンボル) で 2 ビット (00、01、10、11 の 4 値。位相の変化が 4 個という意味) 伝送できる変調方式。

OFDM : 直交周波数分割多重。データを 1 つの搬送波 (キャリア。データ信号を乗せて運ぶ電波) に乗せて送信する方式ではなく、お互い干渉しない (直交という) 複数の搬送波 (マルチキャリア : マルチキャリアを構成する各キャリアをサブキャリアと言う) を用いて、それぞれのサブキャリアにデータを分散させて乗せて多重化し、高速化を実現する方式。

第6章

Wi-SUNのMAC層規格の仕組みとWi-SUN対応製品の開発事例

6.1	Wi-SUNのMAC層規格(802.15.4e)の具体的な内容	175
6.1.1	IEEE 802.15.4のMAC層のスーパーフレームの仕組み	175
6.1.2	IEEE 802.15.4eのMAC層のスーパーフレームの仕組み	177
6.1.3	省電力型スーパーフレームの仕組み	178
6.2	マルチホップ通信におけるデータフレーム中継の仕組み	179
6.2.1	マルチホップ通信の構成	179
6.2.2	スーパーフレーム中継の仕組み	179
	[1] ルールに従った通信	179
	[2] M1(スマートメーター1)がCSにデータを送る場合	180
	[3] 送信と受信のタイミングをずらし、両立させて通信	180
6.3	米国TIAおよび欧州ETSIにおけるWi-SUN標準化の取り組み	181
6.3.1	米国のTIA(米国電気通信工業会)の標準化	181
6.3.2	欧州のETSI(欧州電気通信標準化機構)	183
6.4	開発事例① ルネサスとADI:Wi-SUN対応無線通信プラットフォームの相互接続を実施	185
6.4.1	Wi-SUN対応新プラットフォーム相互接続の内容	185
6.4.2	新プラットフォームの構成:Wi-SUN for ECHONET Lite Profileに準拠	186
6.5	開発事例② ローム:Wi-SUN対応の無線通信モジュール「BP35A1」を開発(ラピスのLSIを採用)	187
6.5.1	ラピスセミコンダクタ社の無線通信LSIを採用	187
6.5.2	無線モジュール「BP35A1」の主な特徴	188
	[1] HEMSに最適なファームウェアを搭載	188
	[2] オールインワンモジュールで無線機能を容易に導入可能	188
	[3] ラピスセミコンダクタのML7396Bを採用	188
6.6	開発事例③ スカイリー・ネットワークス:Wi-SUN対応のスマートメーター・HEMS向けプロトコルスタック「SKSTACK IP v3.0」	190
6.6.1	AC層に802.15.4eを多重搭載した「SKSTACK IP v3.0」	190
6.6.2	セキュリティソフト「PANA」も多重搭載	190
6.7	開発事例④ アンリツ:Wi-SUNプロトコルテストシステム「ME7051A」などを開発	191
6.7.1	スペクトラムアナライザ/シグナルアナライザ「MS2830A」	192

6.7.2 ベクトル信号発生器 「MG3710A」 192

6.7.3 Wi-SUN PHY テストシステム 「ME7050A」 192

6.7.4 Wi-SUN プロトコルテストシステム 「ME7051A」 192

S A M P L E

第6章では、第5章で解説したWi-SUN物理層（IEEE 802.15.4g）規格に続いて、Wi-SUNのMAC層（IEEE 802.15.4e）規格の仕組みとWi-SUN対応製品の開発事例を中心に解説する。

最初にWi-SUNのMAC層規格のスーパーフレームおよび省電力型スーパーフレームの仕組みを解説。加えて、マルチホップ通信におけるデータフレーム（MACフレーム、データパケット）中継の仕組みなども解説する。IEEE 802.15.4e規格のうち、スマートメーター用無線として関連性の高い部分は、省電力動作のための制御である。このため、従来のスーパーフレームを改良した省電力型スーパーフレームが策定されている。省電力型スーパーフレームは、Wi-SUNにおけるマルチホップ通信との併用も前提としている。

一方、Wi-SUNの国際的な広がりを見る視点から、米国のTIA（米国電気通信工業会）や欧州のETSI（欧州電気通信標準化機構）における標準化動向を紹介する。

本章の後半では、活発化するWi-SUN対応の開発製品の事例として、ルネサスとADI（アナログ・デバイセズ）の「Renesas/ADI SUN Solution for RL78 & ADF7023-J」をはじめ、ローム（無線通信モジュール「BP35A1」。ラピスのLSIを採用）、スカイリー・ネットワークス（MAC層に802.15.4eを多重搭載したSKSTACK IP v3.0）、アンリツ（Wi-SUNプロトコルテストシステムなど）を紹介する。

6.1 Wi-SUNのMAC層規格（802.15.4e）の具体的な内容

第5章の物理層に続いて、本章（第6章）では、Wi-SUNのMAC層にも使用される「IEEE 802.15.4e」規格の具体的な内容を簡単に見てみよう。802.15.4e規格（MAC層）は、ZigBee⁷¹などで使用されているIEEE 802.15.4規格（物理層とMAC層で構成）のうちのMACの部分に拡張し省電力化などの機能を付加したMAC層規格である。これ（802.15.4e規格）は、802.15.4の物理層（通信距離：100m程度等）を、スマートグリッド用に拡張（拡張内容の詳細は第5章参照）したIEEE 802.15.4gにも対応できるようにしたMAC層仕様（通信距離：500m～1km程度）となっている。

6.1.1 IEEE 802.15.4のMAC層のスーパーフレームの仕組み

図6-1は、ZigBeeなどでも使用されているIEEE 802.15.4のビーコンモードのMAC層のスーパーフレームの構造である。

ここで、スーパーフレームとは、「無線回線を使用する際の基準となる時間単位（SD：Superframe Duration、定期的送信される同期用信号のビーコンの間隔内で設定される時間周期）」のことを言

⁷¹ ZigBee：802.15.4規格（物理層／MAC層）をベースにZigBeeアライアンスがネットワーク層とアプリケーション層を策定した近距離無線通信用のプロトコル体系。なお、一般に、802.15.4規格（物理層／MAC層）そのものをZigBeeと呼ぶ場合もある。

S A M P L E

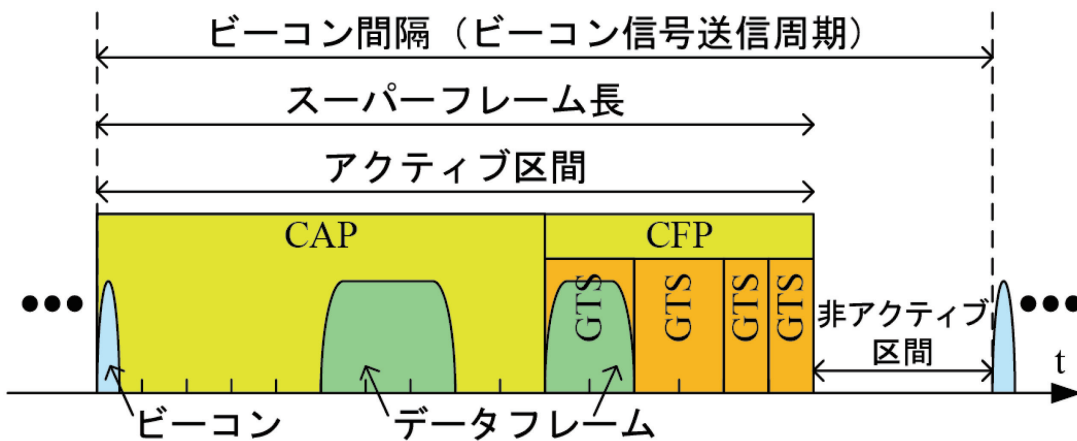
う。図 6-1 に示すように、ビーコン（同期用の制御信号）によってスーパーフレームの始まりが決められ、それを受信する端末がそれぞれ同期をとりながら使っていく仕組みである。

すなわち、ビーコンモードの ZigBee では、コーディネータという、無線 LAN のアクセスポイントのような役割を果たすデバイス（装置。FFD：Full Function Device）から端末に、ビーコン情報が定期的に送信されるのである。このとき、FFD は、定期的なビーコンを送信することによって、スーパーフレームの TDMA（時分割多元接続）の制御を行うのである。

このビーコンを送信する間隔「ビーコン間隔（＝TDMA 周期）」は、図 6-1 に示すようになっている。

- (1) ビーコン間隔は、アクティブ区間と非アクティブ区間からなる。
- (2) アクティブ区間は、スーパーフレーム長（SD：Superframe Duration）と定義され、
 - ①CAP [Contention Access Period、コンテンション（競合）アクセス区間]
 - ②CFP (Contention Free Period、コンテンションフリー（競合なし）アクセス区間]
 の 2 つの区間がある。この場合の CFP は、図 6-1 に示すように、GTS (Guaranteed Time Slot、帯域保証型) によって分割される区間となっている。このアクティブ区間は端末が通信できる時間である（競合とはアクセスの速いほうが優先的に通信できる方式である）。
- (3) これに続く非アクティブ区間は、スリープ（休止）してもよい区間である。
このスリープ区間（休止区間）というのは、端末の省電力化などを実現するために、通信の接続関係を維持したまま、送受信を一時的に中断する動作のことである。

図 6-1 IEEE 802.15.4MAC のスーパーフレームの構造



CAP : Contention Access Period、コンテンション（競合）アクセス区間
 CFP : Contention Free Period、コンテンションフリー（競合なし）アクセス区間
 GTS : Guaranteed Time Slot、帯域保証型の CFP

〔出所：原田博司『スマート社会を支える次世代センサー／メータ／M2M 用無線通信規格 Wi-SUN』、2014 年 8 月〕

第7章

Wi-SUN をベースにしたガス・スマートメータリ ングシステム標準規格：U-Bus/U-Bus Air ＝小売全面自由化へ向かうガス業界の新展開＝

7.1	日本のガス産業の構造.....	197
7.1.1	分類：一般ガス事業、簡易ガス事業、LP ガス販売事業.....	197
7.1.2	各ガス事業者数とそれぞれの事業の性質.....	198
7.1.3	一般ガス事業者の売上高の比較.....	199
7.1.4	LP ガスの供給設備と消費設備.....	200
7.2	段階的に自由化が推進されてきたガス事業.....	201
7.2.1	小売自由化の範囲拡大などに関する制度改革.....	201
7.2.2	LNG（液化天然ガス）が主流の都市ガス事業.....	203
7.3	ガス事業におけるガスメーターの設置状況：合計 5440 万件.....	204
7.4	テレメータリング推進協議会のプロフィールと標準化の取組み.....	206
7.4.1	テレメータリング推進協議会のプロフィール.....	206
7.4.2	新しいガス検針用に 5 種類の標準仕様を策定.....	206
7.5	スマート化に向かうガスメーターの技術開発の歴史.....	208
7.5.1	計量機能・保安機能そして通信機能を装備.....	208
7.5.2	既存の双方向通信システムの課題.....	210
7.6	ガス・スマートメータリングシステムの全体構成.....	210
7.6.1	A ルート、B ルート.....	210
7.7	U-Bus Air 仕様（無線）と U-Bus 仕様（有線）.....	211
7.7.1	U-Bus Air（無線）の仕組み.....	211
7.7.2	U-Bus（有線）と NCU 端末と A ルートの関係.....	212
7.7.3	U-Bus Air（無線）と ECHONET Lite と B ルートの関係.....	214
	〔1〕「B ルート無線機」の果たす役割.....	214
	〔2〕なぜガスメーターは電池駆動にこだわるのか.....	214
7.7.4	ZigBee と U-Bus Air の比較.....	215
7.8	東京ガス社内で試作されたデモシステムの例.....	216
7.8.1	日本初の「U-Bus Air」仕様準拠の多段中継無線機を開発.....	218
7.9	U-Bus/U-Bus Air プロトコル構成と各標準仕様書の対応.....	219
7.9.1	ガスメーターのプロトコル構成と標準仕様.....	219
7.9.2	認証機能は Wi-SUN アライアンスと協議.....	220

7.10 Wi-SUN アライアンスの標準化のスケジュール	221
7.11 相互接続性（IOT）装置の導入と今後の展開.....	222
7.11.1 U-Bus Air 無線機等の相互接続性（IOT）装置の構成	222
7.11.2 Wi-SUN アライアンスが U-Bus、U-Bus Air の標準化を検討へ	224

S A M P L E

政府が進める電力業界の電力システム改革を背景に、2016年に電力小売りの全面自由化が実施されることに同期して、政府のガスシステム改革小委員会において、ガス小売りの全面自由化が急ピッチで審議されている。

本章では、これらを背景に、最初に日本のガス産業の構造を見ながら（ガス産業の紹介は初めのため）、段階的に自由化が推進されてきたガス事業の歴史的経緯を概観する。さらにガス事業におけるガスメーターの設置状況を見る。次いで、ガス・スマートメータリングシステムの標準化を推進するテレメータリング推進協議会（JUTA：Japan Utility Telemetry Association）のプロフィールとその標準化活動を紹介する（JUTAにおけるシステム名称は『集中監視システム新バージョン』）。このような活動を通して、ガスメーターが近年のスマート化（通信機能や保安機能の搭載）につながる技術開発に早くから取り組んできた歴史があること、また、ガスメーターにおける電池駆動の重要性などを解説する。

さらに、ガス・スマートメータリングシステムの全体構成を見ながら、ガス・スマートメータリングシステムにおけるAルート、Bルートを解説。次に、ガス・スマートメータリングシステムの心臓部となる、U-Bus Air仕様（無線）とU-Bus仕様（有線）を説明する。これらに加えて、事例として、東京ガス社宅におけるU-Bus Airの実証試験結果を紹介しながら、U-Bus/U-Bus Airのprotocols構成とJUTAが作成した各標準仕様書の対応関係を解説する。

最後に、Wi-SUNアライアンスのJUTAワーキンググループの標準化のスケジュールを見ながら、東京ガスが導入した、ガス・スマートメータリングシステム関連機器の相互接続性（IOT：Interoperability Test）装置を解説し、今後の展開を述べる。

7.1 日本のガス産業の構造

7.1.1 分類：一般ガス事業、簡易ガス事業、LPガス販売事業

経済産業省では、電力システム改革のもとに実施される、2016年からの電力小売市場の全面自由化〔平成26（2014）年6月11日「電気事業法等の一部を改正する法律」〕と足並みをそろえるかのように、ガス小売の全面自由化への取り組みも動き始めている。具体的には、総合資源エネルギー調査会基本政策分科会のガスシステム改革小委員会で議論が開始（2013年11月）されている⁸⁰。

そこで、ここではまず、ガス業界の動向について概観した後、ガス・スマートメータリングシステムの標準化動向について解説する。

日本のガス産業は、表7-1に示すように、ガスを家庭や産業の一般的な需要に応じて供給する事業

⁸⁰ ガスシステム改革小委員会の開催状況、http://www.meti.go.jp/committee/gizi_8/18.html#gas_system

には、主にガス事業法の対象となる「一般ガス事業」および「簡易ガス事業」と、液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律⁸¹（通称「液石法」）の対象となる「LP ガス販売事業」がある。

S A M P L E

表 7-1 日本のガス産業の構造（データは 2013 年 3 月時点）

根拠法令	ガス事業法		液石法
事業区分	一般ガス事業	簡易ガス事業	LP ガス販売事業
事業者数	209	1,452	21,052
販売比率（注）	65.0%	0.7%	34.3%
需要家数	約 2,900 万件（53%）	約 140 万件（3%）	約 2,400 万件（44%）

（注）販売比率は、販売量を熱量ベースで換算して算出。

出典：一般ガス事業は日本ガス協会「ガス事業便覧」平成 24 年版、簡易ガス事業は資源エネルギー庁「簡易ガス事業の概況」、LP ガス販売事業は資源エネルギー庁調べ

〔出所：経済産業省 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 ガスシステム改革小委員会（第 1 回） - 配布資料 5「ガス事業の現状」、平成 25（2013）年 11 月 12 日

http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/kihonseisaku/gas_system/001_haifu.html

http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/kihonseisaku/gas_system/pdf/01_05_00.pdf〕

表 7-1 に示すように、それぞれ販売比率は、

- (1) 一般ガス事業が 65.0%
- (2) 簡易ガス事業が 0.7%
- (3) LP ガス販売事業が 34.3%

となっており、各需要家数は、

- (1) 一般ガス事業が約 2,900 万件
- (2) 簡易ガス事業が約 140 万件
- (3) LP ガス販売事業が約 2,400 万件

となっている。

7.1.2 各ガス事業者数とそれぞれの事業の性質

これらの、それぞれのガス事業者数と事業の性質は、次の通りである。

- (1) ガス事業法〔昭和 29 年（1954 年）公布〕に基づく許可によって、

⁸¹ 液石法＝液化石油ガス（LPG）の保安の確保及び取引の適正化に関する法律〔昭和 42 年（1967 年）公布。一般に「液石法」と言われる〕

第8章

M2M アプリケーションに向かう Wi-SUN の最新動向 = RLMM WG がスタート =

8.1	M2M アプリケーションの開発に向かう Wi-SUN.....	226
8.1.1	A ルート、B ルートの Wi-SUN 通信インタフェースを策定.....	226
8.1.2	Wi-SUN アライアンスに M2M 対応の RLMM WG が発足	228
	[1] M2M IG から RLMM WG へ昇格.....	228
	[2] oneM2M が M2M 標準「初版リリース：V-2014-08」を公開へ.....	229
8.2	M2M アプリケーションに向けた無線テストベッドの整備	230
8.3	Wi-SUN 搭載の 15 種類のセンサー群と転倒センサーの開発	231
8.3.1	Wi-SUN 搭載農業用の 15 種類のセンサー	231
8.3.2	防災用センサー：崖崩れなどを検知する転倒センサー.....	233
8.3.3	Wi-SUN 搭載の電源タップ	235
8.3.4	920MHz 帯・ECHONET Lite 対応の Wi-SUN 無線機.....	236
8.4	コグニティブ無線ルータの開発.....	239
8.5	M2M ネットワーク構築と Wi-SUN ワイヤレステストベッドの開発	241
8.5.1	事例①：M2M ネットワーク構築と「防災用テストベッド」	242
8.5.2	事例②：M2M ネットワーク構築と「農業用テストベッド」	243
8.5.3	事例③：M2M ネットワーク構築と「エネルギー管理用テストベッド」	244
8.6	仮想化コグニティブ無線とワイヤレス M2M 共通基盤の構築.....	246

本章（第8章）では、Wi-SUN アライアンスが、2014年9月にWi-SUN アライアンス内に M2M 対応の RLMM WG (Resource Limited Monitoring and Management Working Group) を発足させるなど、スマートメーターアプリケーションから M2M アプリケーションの開発に向けて動き出した最新動向を解説する。

最初に、Wi-SUN アライアンスがこれまで策定した A ルート、B ルートの Wi-SUN 通信インターフェースを整理する。さらに、M2M 関連の国際標準化組織「oneM2M」が 2014 年 8 月にリリースした最新の M2M 標準「初版リリース：V-2014-08」（2014 年 8 月バージョン）を簡単に紹介する。

このような背景のなかで、Wi-SUN アライアンスのリーダー的存在である NICT が、M2M アプリケーションに向けた無線テストベッドの整備（防災用、農業用、エネルギー管理用）を開始し、Wi-SUN 搭載の 15 種類のセンサー群や、防災用センサー（崖崩れなどを検知する転倒センサー）、および Wi-SUN 搭載の電源タップ、さら 920MHz 帯・ECHONET Lite 対応の Wi-SUN 無線機、コグニティブ無線ルータなどを相次いで開発している状況などを解説する。

さらに、M2M ネットワーク構築と Wi-SUN ワイヤレステストベッドの開発に関して、具体的な「防災用テストベッド」、「農業用テストベッド」、「エネルギー管理用テストベッド」などの実証実験を紹介する。

最後に、次世代に向けた、今後の仮想化コグニティブ無線技術を活用した「ワイヤレス M2M 共通基盤」の構築の展望などを解説する。

8.1 M2M アプリケーションの開発に向かう Wi-SUN

8.1.1 A ルート、B ルートの Wi-SUN 通信インターフェースを策定

Wi-SUN アライアンスでは、スマートメーターへのアプリケーションから、M2M アプリケーションへの展開が急ピッチで進められているが、ここではまず、Wi-SUN アライアンスにおける、スマートメーター向けのアプリケーションを簡単に整理した後、M2M アプリケーションへの展開を解説しよう。

これまで、Wi-SUN はスマートメーター向けのアプリケーションを実現する通信プロトコルとして注目され、すでに、管内に 2700 万戸のユーザーをもつ東京電力のスマートメーターに Wi-SUN 通信インターフェースが採用され、2014 年 4 月から一般家庭にその普及が始まっている。

第4章でも解説したように、Wi-SUN アライアンスは、

- (1) ECHONET ワーキンググループ (WG) において、スマートメーターと HEMS 間の通信、すなわち ECHONET Lite を走らせる「B ルート」用の Wi-SUN 通信インターフェースを策定 (図 8-1)

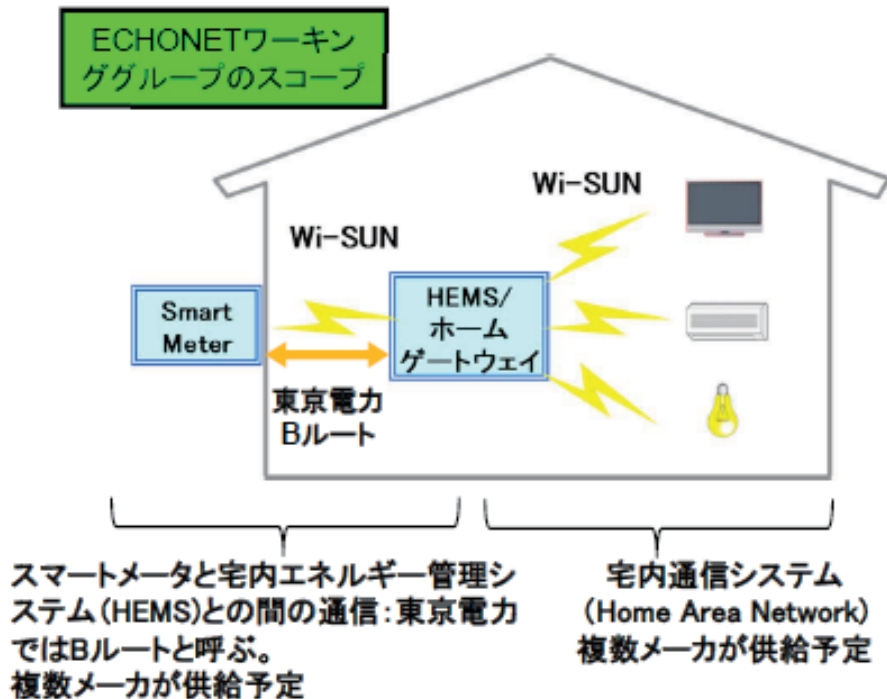
(2) FAN（地域通信網）ワーキンググループ（WG）において、スマートメーターと電力会社間で電力使用量のデータなどを送受信する「Aルート」（AMI：Advanced Metering Infrastructure）スマートメーター通信基盤）にもWi-SUN通信インタフェースを策定（図8-2）

し、スマートメーターに関する相互接続可能な通信仕様を策定してきた。

このような経緯から、東京電力の「Bルート」にはWi-SUN通信インタフェースが採用されたが、Aルートには、920MHz帯の「特定小電力無線⁹⁴」（Wi-SUN通信インタフェースではない）が採用されている。

この他、Wi-SUNアライアンスのECHONETワーキンググループ（WG）では、第4章で解説したようなWi-SUNプロトコル（第1層～第4層）を、FAN（地域通信網）ワーキンググループ（WG）では、マルチホップ通信規格や周波数ホッピングに対応する仕様や、暗号化や認証技術などを策定してきた。

図 8-1 スマートハウスのBルートに使用されるWi-SUNインタフェース



〔出所：原田博司『スマート社会を支える次世代センサー／メータ／M2M用無線通信規格Wi-SUN』、2014年8月〕

⁹⁴ 特定小電力無線局：電波法に基づいた無線免許や資格、届出の必要がなく使用・運用できる無線局のこと。ただし、特定小電力無線機の製造者は技術適用基準（技適）の取得が必要であり、認証されたことを示す技適マークが付されていなければならない。

技術基準適合証明：TELEC（Telecom Engineering Center、財団法人テレコムエンジニアリングセンター）が発行する証明書。TELECでは、電波法第38条の2第1項の規定により、総務大臣から登録証明機関の登録を受けて、小規模な無線局に使用するための無線設備の技術基準適合証明および工事設計認証（以下「認証」）業務（以下「証明等業務」）を実施し発行している。

アルファベット索引

■ 数字・記号

2重バンド対応のコーデイクネータ.....	54
6LoWPAN.....	45, 114
430MHz帯.....	18
800/900MHz帯の周波数割り当てと国際動向.....	30
802.1.....	151
802.11s.....	58
802.3.....	151
920IP.....	15, 49
920IP (ZigBee IP) 標準のプロフィール.....	55
920IPの位置づけ.....	54
920MHz帯.....	15, 18
920MHz帯のチャネル割り当て.....	34
920MHz帯と他の無線方式との総合的な比較.....	41
920MHz帯の割り当て (ARIB STD T108).....	33
920MHz帯の電波特性.....	28
920MHz帯マルチホップ通信のM2Mへの適用.....	63
920MHz帯無線の特徴と他の周波数帯の比較.....	18
950MHzと2.4GHzの電波の伝搬特性.....	25
950MHz帯.....	15, 42
950MHz帯と920MHz帯に関するARIB標準.....	17

■ A

AES.....	76
AES-128.....	76
AES-128-CCM.....	55
AES-192.....	76
AES-256.....	76
AES-CCM.....	123
Amendment.....	130, 154
AMI.....	42, 60, 227
Analog Devices.....	136
APPENDIX.....	67
APPENDIX ECHONET 機器オブジェクト 詳細規定 Release F.....	68
APS.....	112
ARIB STD-T106.....	31, 34
ARIB STD-T107.....	31, 34
ARIB STD-T108.....	31, 32, 34
ARIB STD-T67.....	41, 208
ARIB STD-T96.....	30, 32
ASK.....	160
Aルート.....	65, 210

Aルート、Bルート、Cルート.....	66
---------------------	----

■ B

BBF.....	229
BEMS.....	61, 62
BPSK.....	161
BPSK (2 相位相変調) の仕組み.....	162
BS (Base Station).....	57
Bルート.....	66
Bルートにおけるセキュリティの基本要件.....	76
Bルートに使用される Wi-SUN インタフェース.....	227
Bルートの通信方式.....	70
Bルート無線機.....	211, 214

■ C

CAP.....	176, 180
CB (Coex-Beacon、共存ビーコン).....	167
CEMS.....	39
CEN.....	183
CENELEC.....	183
CFP.....	176
CS (Collection Station).....	179
CSI コンソーシアム.....	105
CSM.....	158, 165
CSMA.....	155
CSMの仕組み.....	166
Cルート.....	66

■ D

DA.....	60
DNS-SD.....	116
DSSS.....	158

■ E

EAP.....	55
EAP-TLS.....	124
ECHONET.....	67
ECHONET WG.....	137
ECHONET Lite.....	15, 67
ECHONET Lite over 920MHz ZigBee IP.....	78
ECHONET Lite/920IPの相互接続のデモ.....	91

ECHONET Lite と ZigBee SEP 2 を融合.....	78
ECHONET Lite プロトコル.....	69
ECHONET Lite 規格書 Ver.1.11.....	68
ECHONET Lite 向け通信インタフェース.....	73
ECHONET Ver.4.00.....	67
ECHONET と ECHONET Lite のバージョン管理..	68
ECHONET ワーキンググループ.....	226
EPRI.....	109
ERDF.....	72
ESI in the Sky.....	110
ETSI.....	183

■ F

FAN.....	42, 58
FAN WG.....	137
FAN (地域通信網) ワーキンググループ	227
FFD.....	176
Filtered FSK.....	167
FSK.....	158, 159, 160
FSK (周波数変調) の仕組み	160

■ G

G. hn.....	58
G. nbplc.....	58
G3-PLC.....	72
GFSK.....	25, 52
GHz 帯	42
GPS.....	239
GTS.....	154, 176

■ H

HAN.....	58
HEMS.....	15, 20
HEMS-スマートメーター (B ルート) 運用ガイドライン [第 1.0 版]	74
HEMS の補助金制度.....	21
HEMS 重点 8 機器.....	62
HEMS-重点機器運用ガイドライン	21
HEMS 接続対象重点 8 機種.....	22
HGW.....	66
HomeGrid フォーラム.....	98
HomePlug Powerline アライアンス.....	97
HTTP.....	114

■ I

I/Q.....	162
ICMPv6.....	44, 45
IEEE.....	45, 130, 149
IEEE 2030.5-2013.....	107
IEEE 2030-2011.....	107
IEEE 802.....	45
IEEE 802.11s.....	58

IEEE 802.15.....	45
IEEE 802.15 WPAN Task Group 4e (TG4e) ..	136
IEEE 802.15 WPAN Task Group 4g (TG4g) ..	136
IEEE 802.15.4.....	43, 45, 136
IEEE 802.15.4d.....	42
IEEE 802.15.4e.....	50, 129, 130
IEEE 802.15.4e (MAC 層)	154, 155
IEEE 802.15.4e-2012.....	131
IEEE 802.15.4g.....	42, 45, 130
IEEE 802.15.4g PHY.....	114
IEEE 802.15.4g (SUN) 規格	128
IEEE 802.15.4g (物理層)	152, 154
IEEE 802.15.4g-2012.....	131, 155
IEEE 802.15.4MAC.....	114
IEEE 802.15.4PHY.....	114
IEEE 802.15.4 規格.....	96
IEEE 802.24 VA TAG.....	150
IEEE 802 委員会.....	130
IEEE P2030.....	107, 108
IEEE SEP2 Working Group ホームページ.....	107
IEEE-SA.....	128
IETF.....	45, 115
IoE.....	119
IPSO アライアンス.....	98
IPv6.....	45, 114
IPv6+RPL のネットワーク層.....	117
IP 対応と非 IP 対応.....	170
ISM バンド.....	16

■ J

JJ-300.10.....	72, 77
JJ-300.10 が規定する 3 方式 (方式 A、方式 B、方式 C)	142
JJ-300.10 標準仕様のプロフィール.....	141
JJ-300.11.....	72, 77
JJ-300.11(E).....	77
JJ-300.20.....	72, 78
JJ-300.21.....	72, 78
JSCA.....	68
JUTA.....	197
JUTA WG.....	137
JUTA プロファイル.....	221

■ K

KNX Association.....	69
KNX.....	69

■ L

LBT.....	31
LMSC.....	130, 149
LP ガス (LPG)	199
LP ガス IT 化推進協議会.....	206
LP ガス販売事業.....	198

LP 販売事業者	204
LTF	169

■ M

M2M IG	228
MAC	43
MAC WG	137
MAC 層規格	129
MAN	149
MDMS	132
mDNS	116
MEMS	23
MH (Multihop)	73
MHz (メガヘルツ) 帯	42
Modbus	86
MPM	158, 165
MR-FSK	158, 159, 167
MR-FSK 方式に使用される 物理層のフレームフォーマット	169
MR-FSK 方式の伝送速度や変調方式、 変調指数	168
MR-OFDM	158, 159, 163
MR-OFDM 方式に使用される 物理層のフレームフォーマット	169
MR-O-QPSK	158, 159
MTU	117

■ N

NAN	53, 58
NAN 規格のレイヤとプロトコル構成	59
NDP	114
NIST	50
NIST リリース 1.0	98
NIST リリース 1.0 で採用された SEP	98
NIST リリース 1.0 における ZigBee/HomePlug Smart Energy Profile の位置づけ	100
NIST リリース 2.0	98
NIST リリース 3.0	98
NMS	60

■ O

OFDM	72, 159
OFDM の仕組み	163
OKI : 920MHz 帯無線マルチホップ 通信システム	79, 82
OMA	229
oneM2M	183, 229
oneM2M の 9 つの 「初版リリース : V-2014-08」	229
ONF	247
OpenFlow	247
OQPSK	25
OSI 参照モデル	213

■ P

P2030.1WG	108
P2030.2WG	108
P2030.3WG	108
P2030.4WG	108
P2030.5WG	108
PANA	44, 55, 116, 124
PAP	99, 103
PAP18	99, 103
PAR	145, 152
PC118	108
PG&E	122
PHR	169
PHS	42
PHY WG	137
PHY ペイロード	169
PICS	109
Plugfest	106
PPDU	168
PSK	160
Pu-NCU	213

■ Q

QPSK	25, 159
QPSK の仕組み	161, 163

■ R

RESTful	114
RF4CE	53
RFC 5191	116
RFID	17
RLMM WG	137, 147, 228
RPL	44, 45, 59, 114, 117
RS-422A	86
RS-485	86

■ S

SAE インターナショナル	98, 109
SCADA	59, 60
SD (Superframe Duration)	174
SDO	181
SEP	96
SEP 1.0 と SEP 2 のプロファイルの違い	102
SEP 1.x	96, 101
SEP 2	50, 95
SEP 2 の適用アプリケーション例	110
SEP 2 の特徴と機能の例	110
SEP1.x のプロトコルスタック構成	111
SEP の機能	95
SEP の機能の詳細	120
SFD	169
SGIP	99, 103

S A M P L E

SGTF	183
SHR	169
Silver Spring Networks	136
SMEP	183
SPF	244, 245
SPU	244
STF	169
Sub GHz 帯	15
SUN	42, 129
SunSpec アライアンス	98, 109

■ T

TAG	151
Task Group 4g	42
TCC	137
TCP	45
TDMA	130
TELEC	137
TG (Task Group)	130, 131
TG4e	129, 149
TIA	181
TIA-4957.000	182
TIA-4957.100	182
TIA-4957.200	182
TIA-4957.210	182
TIA-4957.300	182
TIA-4957.400	182
TLS	55, 116
TLS-PSK	55
TR (Technical Report)	78
TR-1043 第 4.1 版	21
TR-1051	78
TR-1052	78
TR-51	181
TSC	136
TTC JJ-300.10	73
TTC JJ-300.11	73
TTC JJ-300.20	73
TTC JJ-300.21	73
TTC のホームネットワーク (Home Network) 標準関連のドキュメント	77
TTC 標準	72
TÜV Rheinland	137

■ U

UART	80, 90, 188
U-Bus Air と ECHONET Lite と B ルートの関係	214
U-Bus Air の仕組み	211
U-Bus Air の主な仕様	215
U-Bus と NCU 端末と A ルート	212
U-Bus/U-Bus Air 標準化の取組み	220
U-Bus/U-Bus Air プロトコル構成	219

U-Bus インタフェースを使用した 超音波ガスメーター	213
UCA	109
UCAIug	102, 109
UCAIug HAN	102
UDP	45
Uバス/Uバスエア	145
Uバスエア (多段中継無線) 機能仕様書 Ver. 1.1	207
Uバスエア (多段中継無線) 通信仕様書 Ver. 2.0	207

■ V

V-2014-08	229
V-2015-01	229

■ W

WAN	58
Wi-SUN	15, 42
Wi-SUN Alliance のプロフィール	136
Wi-SUN CERTIFIED プログラム	144
Wi-SUN for ECHONET Lite Profile	187
Wi-SUN Profile for ECHONET Lite	141
Wi-SUN アライアンス	129
Wi-SUN アライアンスの活動	141
Wi-SUN アライアンスの基本組織構成図	138
Wi-SUN アライアンスの設立	135
Wi-SUN アライアンス関連の主な活動と成果	147
Wi-SUN アライアンス側の想定スケジュール	222
Wi-SUN インタフェース部	138
Wi-SUN と Wi-Fi の プロトコルレイヤ (階層) の比較	189
Wi-SUN の変調方式	160
Wi-SUN ワイヤレステストベッド	241, 242
Wi-SUN 関連の認証製品の一覧	148
Wi-SUN 搭載の電源タップ	235
Wi-SUN 搭載農業用の 15 種類のセンサー	232
Wi-SUN 無線機	236, 237
Wi-SUN 無線機と放射線量測定器の接続例	238
Wi-SUN 無線機のモジュール実装例	237
Wi-SUN 無線機モジュールの主な仕様	238
WoT	119
WPAN	15, 50

■ Z

ZDO	112, 114
ZigBee	175
ZigBee IP	15, 49, 53
ZigBee IP と SEP 2 のプロトコルスタック	115
ZigBee IP と Wi-SUN	43
ZigBee IP を使用するプロトコル構成	119
ZigBee PRO	49
ZigBee PRO スタック	112

ZigBee SEP 1.0	101
ZigBee SEP 1.1	96
ZigBee SIG ジャパン	97
ZigBee/HomePlug	96
ZigBee/HomePlug SEP 2	96
ZigBeePRO	111
ZigBee アライアンス	97, 98

ZigBee アライアンスの 4つのプロトコルスタック	53
ZigBee コーデネータ	215
ZigBee デバイスオブジェクト	112
ZigBee と SEP、CSEP の歴史	111
ZigBee と U-Bus Air の比較	215

S A M P L E

日本語索引

■ あ

アウトドア	145
アクティブタグ	31
アクティブ無線	17
アグリゲータ	23, 62
アダプテーション層	117
アドホック	211
アナログ変調	160
アンリツ：Wi-SUN プロトコルテストシステム 「ME7051A」	191

■ い

一括受電	24
一般ガス事業	198, 199
一般公開されているエコーネット関連規格書	68
一般住宅用 LP ガスの供給設備と消費設備	201
インドア	145

■ え

液石法	198
エコーネットコンソーシアム	67
エネルギー管理用テストベッド	244
エネルギーセキュリティ	23

■ お

大阪ガス	205
大阪ガスのガスメーター数	205
大阪ガスのガスメーター取り付け数の推移	205
オプション	143
オフセット	25

■ か

回折性	16
-----	----

ガス小売の全面自由化	202
ガス事業の段階的自由化の経緯	203
ガスシステム改革小委員会	197
ガス・スマートメタリングシステム	210
ガスメーターにおけるプロトコル構成	221
ガスメーターのプロトコル構成	219
仮想化 M2M 共通基盤	247
仮想化コグニティブ無線ネットワーク	246
加速度センサー	234
簡易ガス事業	198, 199
簡易事業者	204
簡易なガス発生設備	198
簡易無線局	18, 19, 20
間欠の利用	36

■ き

技術基準適合証明	227
既存の SEP 1.x と ZigBee IP 対応の SEP 2 の違い	104
基地局	210
キャリア	159
キュービクル	62
供給設備	200
近距離無線通信	15

■ く

空中線電力	19
クラスタ	115

■ け

系統電源	214
計量法施行令	134, 213
計量法施行令と各種メーターの有効期限	134
ゲートウェイ	62

■ こ

高圧一括受電	24
交通用センサーシステム	230
構内無線局	19, 20
コグニティブ (Cognitive)	239
コグニティブ無線	239, 240
コグニティブ無線クラウドを利用した コグニティブ無線ルータ	240
コグニティブ無線ルータ	239, 240
コンセントレータ	37, 53, 132

■ さ

サブギガ帯	15, 25
サブキャリア	159, 163
サブセット	143

■ し

次世代通信ライン仕様書 Ver. 1.5	207
集合住宅用 LP ガスの供給設備と消費設備	200
住宅用センサーシステム	230
従来の ZigBee と Wi-SUN の主な仕様	50
省電力型 MAC のスーパーフレームの構造	178
省電力型スーパーフレーム	178
小電力無線	19, 20
消費設備	200
自律分散的	133
新 NCU 仕様	207
シングルキャリア	163
シングルホップ (1 段) 通信	38
新無線端末仕様	207

■ す

スーパーフレーム中継の仕組み	179
スカイリー・ネットワークス 「SKSTACK IP v3.0」	190
スペクトラム拡散技術	89
スマートグリッド向け通信ネットワークの 規格	58
スマートハウスと A ルート/B ルート	61
スマートハウスにおける重点 8 機器と HEMS の役割例	22
スマートマンション	23
スマートマンション (MEMS) のイメージ	24
スマートメーター	128
スマートメーター B ルートにおける セキュリティの基本要件	76
スマートメーター間のマルチホップ通信	38
スマートメーターと HEMS 間は 1 対 1 の接続形態	74
スライス	246
スリープ	180
スループット	41

■ せ

世界のサブギガ帯	29
接続供給 (託送) 制度	201
センサーネットワーク	16

■ そ

相互接続性試験装置	222
送信出力制限	19

■ た

帯域幅	37
代表的な ZigBee プロファイル	56
タスクグループ 4g.	42
多段中継無線端末	212
立山科学ワイヤレステクノロジー: 920MHz 無線ユニット	86

■ ち

遅延時間	37
チャンネルスペース	167
チャンネルホッピング	154
超音波式ガスメーター	209
調整器	200
直交	163

■ つ

通信機能付きマイコンメーター	208
通信ユニット	40
ツリー構造を利用したマルチホップ通信	181

■ て

低消費電力化	37
定点画像センサー	242
適合層	117
テキストメッセージのサポート	123
デジタル変調	160
テスト・ハーネス	109
デマンドレスポンス	50
デマンドレスポンスと負荷制御のサポート	121
テュフラインランド	137
テレコムエンジニアリングセンター	137
テレメータリング	206
テレメータリング推進協議会	206
テレメータリング推進協議会 (JUTA) の 各種仕様書	207
電磁両立性	184
転倒センサー	231, 234
電波の伝わり方と周波数/波長の関係	16
電波の到達性	19

電波不感地帯	133
電波法改正	17
伝搬特性	25
電力スペクトル	163

■ と

東京ガス社内で試作されたデモシステム ..	216
東京ガスのガスメーター数	204
東京ガスのガスメーター取付数の推移	205
東京電力のスマートメーター関連の 通信方式	73, 74
東京電力のピークシフトプラン	123
特定小電力無線	226
特定小電力無線局	19, 20
都市ガス事業	204
トランスポート層 (TCP/UDP)	118

■ に

日本で利用可能な周波数帯	165
日本のガス産業	197
日本のガス産業の構造	198
日本のガス事業の段階的自由化の経緯	203
認証機能	220

■ の

農業用センサーシステム	230
農業用テストベッド	243

■ は

パイプシャフト	211
パケットリレー方式	38
パッシブタグ	31
パッシブタグシステム	32
パッシブ無線	17
パッシブ型 RFID	32
パラメータ	26, 164

■ ひ

非 IEEE 802.15.4 のプロファイル	145
ピークシフトプラン	122
ビーコン	167, 176

■ ふ

負荷	121
富士通コンポーネント (920MHz 帯特定 小電力無線モジュール)	89
物理層規格 (第1層)	128
プラグフェスト	106
プラグメンテーション	117

ブレーカー	208
プロトコルセット	143
プロパンガス	199
プロファイル	96, 121, 129, 144

■ へ

変調指数	167
変調方式の種類と仕組み	161

■ ほ

防災センサーシステム	230
防災用テストベッド	242
方式 A	72, 142
方式 B	73, 142
方式 C	73, 143
ホームゲートウェイ	60
ホームネットワーク (HAN) の構成例	77
ホームネットワーク構成に関する基本要件 ..	75

■ ま

マイコンメーター	208
マイツーカー	208
膜式ガスメーター	208
マルチホップ通信	37, 38
マルチホップ通信技術	133
マルチホップ通信の構成	179
マルチホップ通信の優位性	64
マルチホップネットワークの優位性 ..	65, 118
マルチリージョナル	158
マルチレート	160

■ み

見通し	26
ミヨシ電子 「920MHz 帯、高出力 250mW の無線通信機」..	85

■ む

無線 LAN (Wi-Fi、2.4GHz 帯)	41
無線基準器	222
無線テストベッド	230

■ め

メーターリングサポート	121
メーター通信機能仕様書 Ver. 1.3	207
メーターリング	132

■ ゆ

ユーティリティ	128
---------------	-----

ユーティリティ企業	132
ユーティリティ用	121

■ ら

ラピスセミコンダクタの 無線通信 LSI 「ML7396B」	187
---	-----

■ り

料金サポート	121
リンクマージン	153

■ る

ルーティングプロトコル	117
ルート	179
ルネサスと ADI : Wi-SUN 対応無線通信 プラットフォームの相互接続	185

■ れ

レシーバー	26
連続的利用	36

■ ろ

ローム : Wi-SUN 対応の無線通信 モジュール 「BP35A1」	187
ロバストネス	154

■ わ

ワイヤセンサー	242
ワイヤレス M2M 共通基盤	246, 247

S A M P L E

[編者]

インプレス SmartGrid ニュースレター編集部

電力産業や ICT 産業のみならず、家電産業、半導体産業、住宅・建築産業、自動車産業など複数分野にまたがって発展している「スマートグリッド」に関する最先端の情報を、定期的に提供する日本初の「インプレス SmartGrid ニュースレター」を 2012 年 10 月に創刊。主に企業や組織の (1) マーケティング部門 (市場動向分野)、(2) 戦略部門 (ビジネス動向分野)、(3) 研究開発部門 (技術・標準化動向分野) の方々を読者対象とし、冊子版と電子版の両方を月刊で発行する。本誌が、企業や組織を超えた共通の「場」を提供するメディアとなれるよう活動を行っている。

[取材協力]

福永 茂 (ふくなが しげる) 沖電気工業 (株) 研究開発センタ 企画室 (第 1 章、第 2 章、第 3 章)

1991 年 3 月 大阪大学大学院 工学研究科 電子工学専攻 修了。

1991 年 4 月 沖電気工業 (株) 入社。2001 年以降、センサネットワーク、アドホックネットワーク、セキュリティ、自律分散、位置推定などの技術開発に従事。2012 年から通信システム事業本部 新事業推進室 (現スマートコミュニケーション事業部) で標準化やマーケティングを担当。

2014 年 11 月から 研究開発 センタ 企画室。その間、IEEE 802.15.4d タスクグループの Vice Chair & Secretary や、ARIB にて 950/920MHz 帯の法令化における技術的条件を審議するアクティブ無線グループの主査を務めるなど、ZigBee/IEEE 802.15 の標準化や 920MHz の法令化などにも貢献。

原田 博司 (はらだ ひろし) 京都大学 教授 (第 4 章、第 5 章、第 6 章、第 8 章)

1995 年 郵政省通信総合研究所 (現 独立行政法人 情報通信研究機構 (NICT)) 入所。以来デジタル信号処理を用いた移動通信技術、ソフトウェア無線技術、コグニティブ無線技術、ミリ波 PAN/LAN システム、ワイヤレススマートユーティリティネットワーク、WRAN システムの研究、開発、標準化に従事。

2014 年 京都大学大学院 情報学研究科 通信情報システム専攻 教授に就任、現在に至る。

2005 ~ 2007 年 電子情報通信学会 ソフトウェア無線研究専門委員会専門委員長。

現在、米国 Wi-SUN アライアンス理事会議長、米国 White Space アライアンス、Dynamic spectrum アライアンス理事、IEEE Dyspan Standards Committee 議長、IEEE 1900.4、IEEE 802.15.4g、IEEE 802.15.4m、TIA TR-51 各副議長。

2007 年 電子情報通信学会業績賞、2009 年 電波産業会 (ARIB) 電波功績賞。2014 年度 文部科学大臣表彰科学技術賞、産学官連携功労者表彰 総務大臣賞受賞。

工学博士。電子情報通信学会フェロー。

児島 史秀 (こじま ふみひで)

独立行政法人 情報通信研究機構 (NICT) ワイヤレスネットワーク研究所 スマートワイヤレス研究室研究マネージャー (第 4 章、第 5 章、第 6 章、第 8 章)

1999 年 (大阪大学大学院 工学研究科 博士後期課程修了) 郵政省通信総合研究所入所 (現 独立行政法人 情報通信研究機構 (NICT))。以来、ITS 通信技術、防災アドホックネットワーク技術、IEEE 802.15.TG4g、TG4e の標準化活動、ならびに特定小電力システムの高度利用に関する研究開発に従事。

現在、(独) 情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 スマートワイヤレス研究室研究マネージャー。スマートメーターシステムをはじめとするワイヤレスグリッド技術の研究開発に従事。

IEEE 会員、電子情報通信学会会員、IEEE 802.15、802.11、802.19、および、802.24WG 投票メンバー。工学博士。

2014 年度 文部科学大臣表彰科学技術賞、産学官連携功労者表彰 総務大臣賞受賞。

坂元 賢太郎 (さかもと けんたろう) 東京ガス (株) 技術開発本部 基盤技術部 (第 7 章)

2006 年 (東京大学大学院 新領域創成科学研究科 修士課程修了) 東京ガス株式会社入社。以来、ガス・スマートメータリングシステムの開発 (U-Bus Air、PHS 利用型 NCU、ガスメーター通信機能、センター側通信制御装置) および標準化 (JUTA 標準化、IEEE 802.15.4g/e 標準化、Wi-SUN 標準化)、警報器無線連動システムの開発に従事。

Wi-SUN Alliance JUTA WG 議長。

S A M P L E

STAFF

- ◎ AD／デザイン
- ◎ 本文DTP制作
- ◎ 編集

インプレス SmartGrid ニュースレター 編集部
インプレス SmartGrid ニュースレター 編集部
インプレス SmartGrid ニュースレター 編集部

岡田 章志
一島 宏
三橋 昭和
林 憲
威能 契

[mihashi@impress.co.jp]
[hayasi-k@impress.co.jp]
[ino@impress.co.jp]

● 本書の内容についてのお問い合わせ先

株式会社インプレス メール窓口
im-info@impress.co.jp

件名に「『920IP (ZigBee IP) とWi-SUN 標準 2015』お問い合わせ係」と明記して
お送りください。

電話やFAX、郵便でのご質問にはお答えできません。返信までには、しばらくお時間をいただく
場合があります。なお、本書の範囲を超える質問にはお答えしかねますので、あらかじめご
了承ください。

● 商品のご購入についてのお問い合わせ先

株式会社インプレス 法人営業局 営業2部
〒102-0075 東京都千代田区三番町20番地
TEL 03-5275-9040
FAX 03-5275-1057
report-sales@impress.co.jp

造本には万全を期しておりますが、万一、落丁・乱丁およびCD-ROMの不良がございましたら、
送料小社負担にてお取り替えいたします。「株式会社インプレス」までご返送ください。

本サンプル版の利用について

本サンプル版の配布やWebサイトへのアップロードなどの行為について特に制限はございません。
ご自由にご利用ください。掲載データの利用については、下記「**データの利用にあたって**」の記述
に準じます。ご参照ください。

なお、本サンプル版を販売するなどの商業利用は禁止いたしますのであらかじめご了承ください。

ご注文は今すぐクリック 

- お支払い方法：銀行振込（ご請求書をお送りします）
- 納期：[法人] ご発注後、3営業日以内 [個人] ご入金確認後発送

920IP (ZigBee IP) と Wi-SUN 標準 2015

具体化するM2M / スマートグリッドへの展開

2014年11月11日 初版発行

編者 インプレス SmartGrid ニュースレター編集部
発行人 中村 照明
編集長 威能 契

発行所 株式会社インプレス
〒102-0075 東京都千代田区三番町20番地
<http://www.impress.co.jp/>
im-info@impress.co.jp

本書は著作権法上の保護を受けています。本書の一部あるいは全部について株式会社インプレス
から文書による許諾を得ずに、いかなる方法においても無断で複写、複製することは禁じられてい
ます。

印刷 大日本印刷株式会社
©2014 Impress SmartGrid Newsletter
Printed in Japan

S A M P L E