

ZigBee Smart Energy 技術解説

一般社団法人ZigBee SIGジャパン テクニカルWG

佐藤 浩一 (株式会社ルネサスソリューションズ)

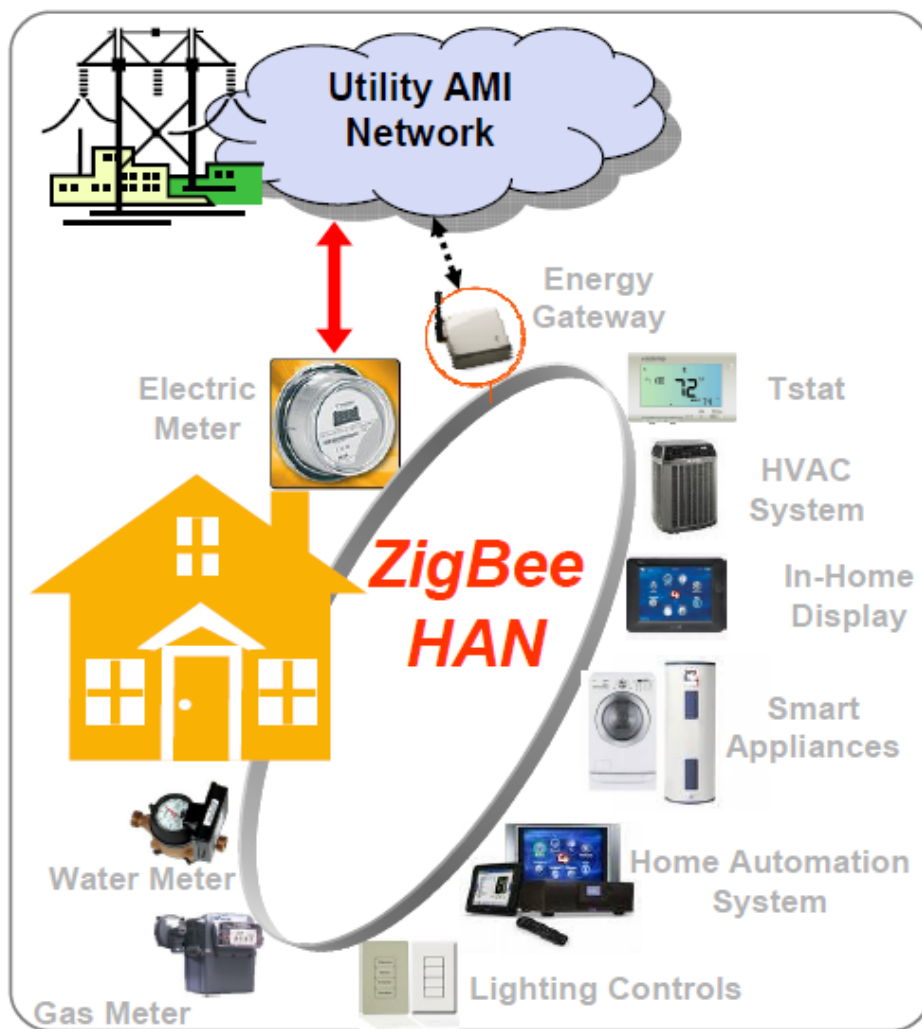
原 誠一郎 (株式会社アルファシステムズ)

本資料は現時点でZigBeeアライアンスから一般公開されている資料内容をベースに作成しています。内容は今後予告なく変更になる場合があります。

内容

- ◆ ZigBee Smart Energy システム
- ◆ ZigBee Smart Energy仕様のドキュメント構成
- ◆ Smart Energyデバイスとそのクラスタ構成
 - クラスタとは？
 - デバイスのクラスタ構成とクラスタ仕様
- ◆ ZigBee Smart Energyのセキュリティ

ZigBee Smart Energy システム概要



- 時間毎 電気料金表示
- デマンドレスポンス/負荷調整
- Smart Energyデバイス
 - Energy Service Portal
 - Metering Device
 - In-Premise Display Device
 - Programmable Thermostat
 - Load Control Device
- 米国州政府の法規制が発端
 - Title24 (カリフォルニア州) など
- 欧州, オーストラリア も推進

SE1.x と SE2.0

- SE1.0, SE1.1

ZigBeeスタック(ZigBee仕様、ZigBee PRO仕様)上で動作するSmart Energyシステム。北米等で既に設置が開始されている。

- SE2.0

Internet Protocolの技術(IPv6や6LoWPANなど)をベースに動作するSmart Energyシステム。現在ZigBeeアライアンスで仕様策定中。

※本資料ではSE1.x について解説しています。

ZigBee Smart Energy の機能

メータリングサポート:

- 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:

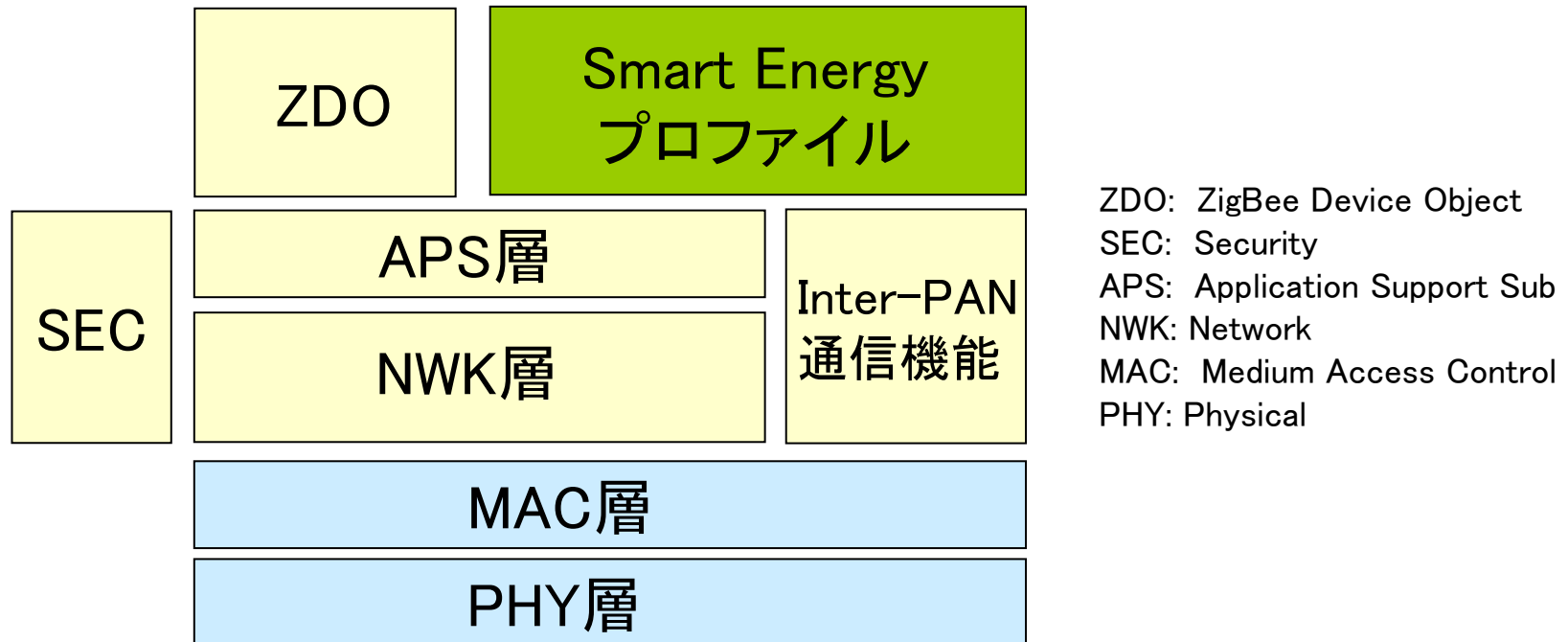
- メッセージのスケジューリングとキャンセル
- 複数の緊急度レベル
- 短期間有効メッセージのオプション
- 複数のインターナショナルな文字セット

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標準のドラフトに準拠

SE1.xデバイスの機能構成



- ※ SE1.xはZigBeeメッシュネットワーク上で動作する。
- ※ スタックのセキュリティ機能としてネットワークキーおよびリンクキー利用。
APS層のフラグメンテーション機能利用。
- ※ プロファイルは個々の機能単位をクラスタ仕様として定義される。
- ※ Inter-PAN通信機能は、他のHANデバイスとの通信で利用される。

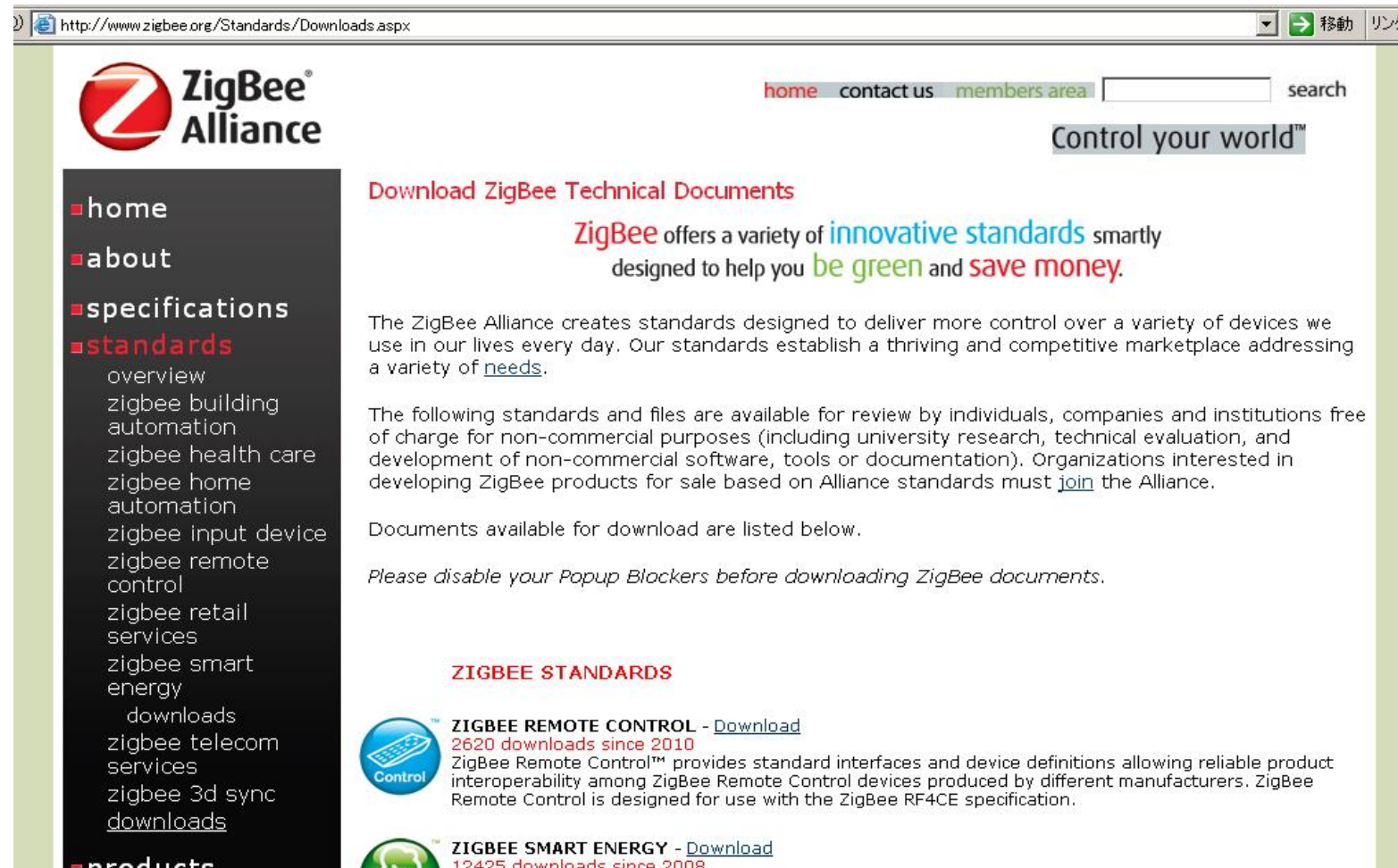
ZigBee Smart Energy仕様のドキュメント構成

- ◆ IEEE802.15.4-2003仕様書
- ◆ ZigBee仕様書
- ◆ ZigBeeクラスタライブラリ仕様書
- ◆ ZigBee Smart Energyプロファイル仕様書

※他に、必須機能/オプション機能を定義したPICS (Protocol Implementation Conformance)と呼ばれる資料や、試験仕様書がある。

ZigBee Smart Energy仕様のドキュメント構成

各ドキュメント(策定中仕様などメンバー内資料除く)は ZigBeeアライアンスのWebページ <http://www.zigbee.org/Standards/Downloads.aspx> からダウンロード可能。



The screenshot shows the ZigBee Alliance website's Downloads page. The page features the ZigBee Alliance logo, a navigation menu with links for home, about, specifications, standards, and products. The 'standards' section is highlighted. The main content area is titled 'Download ZigBee Technical Documents' and includes a search bar, a navigation menu, and a list of available standards for download. The standards listed are ZigBee Remote Control and ZigBee Smart Energy, each with a download link and a download count since a specific year.

home contact us members area search

Control your world™

■ home
■ about
■ specifications
■ standards
overview
zigbee building automation
zigbee health care
zigbee home automation
zigbee input device
zigbee remote control
zigbee retail services
zigbee smart energy
downloads
zigbee telecom services
zigbee 3d sync downloads
■ products

Download ZigBee Technical Documents

ZigBee offers a variety of innovative standards smartly designed to help you be green and save money.


The ZigBee Alliance creates standards designed to deliver more control over a variety of devices we use in our lives every day. Our standards establish a thriving and competitive marketplace addressing a variety of needs.


The following standards and files are available for review by individuals, companies and institutions free of charge for non-commercial purposes (including university research, technical evaluation, and development of non-commercial software, tools or documentation). Organizations interested in developing ZigBee products for sale based on Alliance standards must join the Alliance.

Documents available for download are listed below.

Please disable your Popup Blockers before downloading ZigBee documents.

ZIGBEE STANDARDS

 **ZIGBEE REMOTE CONTROL** - [Download](#)
2620 downloads since 2010
ZigBee Remote Control™ provides standard interfaces and device definitions allowing reliable product interoperability among ZigBee Remote Control devices produced by different manufacturers. ZigBee Remote Control is designed for use with the ZigBee RF4CE specification.

 **ZIGBEE SMART ENERGY** - [Download](#)
12425 downloads since 2008

ZigBee Smart Energyデバイス

- ◆ デバイスの種類

 - Energy Service Portal

 - Metering Device

 - In-Premise Display Device

 - Programmable Communicating Thermostat Device (PCT)

 - Load Control Device

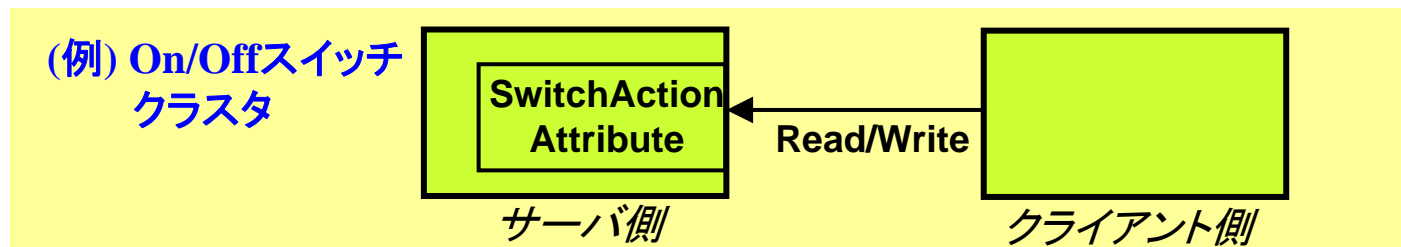
 - Smart Appliance Device

 - Prepayment Terminal Device

- ◆ 各デバイスの機能仕様は、そのデバイスがサポートする「クラスタ」で定義される。

クラスタとは？

- ◆ ZigBeeアプリケーションの構成機能要素
- ◆ 各クラスタはアトリビュート(属性)とコマンド(操作)で定義される。
オブジェクト指向言語のメンバとメソッドに相当。
サーバ側とクライアント側にそれぞれ定義される。



- ◆ on/off制御、レベル調整、時間管理などの基本クラスタは ZigBee Cluster Library (ZCL)仕様にまとめられている。
- ◆ コマンドの例
Read attributes, Read attributes response, Write attributes, Write attributes response, Report attributes
クラスタ特有のコマンドが定義される場合もある。

Smart Energyで利用されるクラスタ

Table 5.12 Clusters Used in the Smart Energy Profile

Functional Domain	Cluster Name	Cluster ID
General	Basic	0x0000
General	Identify	0x0003
General	Alarms	0x0009
General	Time	0x000A
General	Commissioning	0x0015
General	Power Configuration	0x0001
General	Key Establishment	0x0800
Smart Energy	Price	0x0700
Smart Energy	Demand Response and Load Control	0x0701
Smart Energy	Simple Metering	0x0702
Smart Energy	Message	0x0703
Smart Energy	Smart Energy Tunneling (Complex Metering)	0x0704
Smart Energy	Pre-Payment	0x0705

Smart Energy各デバイス共通のクラスタ

Table 6.1 Clusters Common to All Devices

Server Side	Client Side
Mandatory	
Basic	<i>None</i>
Key Establishment	Key Establishment
Optional	
Clusters with reporting capability	Clusters with reporting capability
Power Configuration	<i>None</i>
Inter-PAN Communication	Inter-PAN Communication
Alarms	<i>None</i>
Commissioning	Commissioning
Identify	<i>None^a</i>
Manufacturer-specific (see sub-clause 6.1.2 for details)	Manufacturer-specific (see sub-clause 6.1.2 for details)

※ Basicクラスタ(サーバ側)と Key Establishmentクラスタは全デバイスで必須機能

ESPデバイスのサポートクラスタ

Table 6.3 Clusters Supported by the Energy Service Portal

Server Side	Client Side
Mandatory	
Message	
Price	
Demand Response/Load Control	
Time	
Optional	
Smart Energy Tunneling (Complex Metering)	Smart Energy Tunneling (Complex Metering)
	Price
Simple Metering	Simple Metering
Prepayment	Prepayment

※ ESPは「ユーティリティネットワーク」と「HAN(ホームネットワーク)」間のゲートウェイとなる。

ESPと各Smart Energy Deviceの関係

■ Price, DRLC, Message

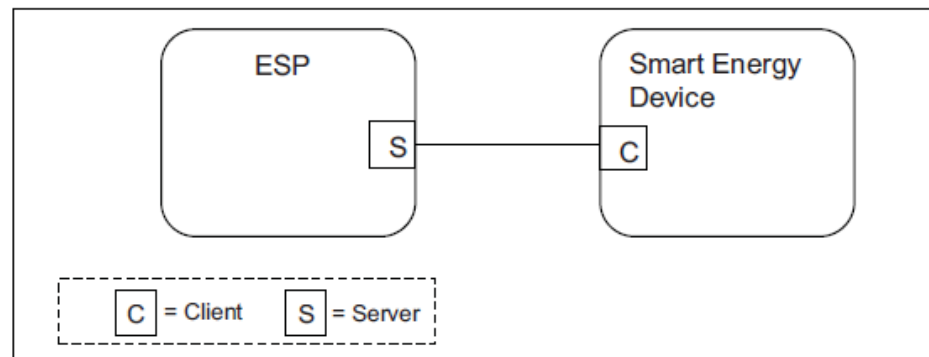


Figure D.1 Demand Response/Load Control Cluster Client Server Example

■ Simple Metering

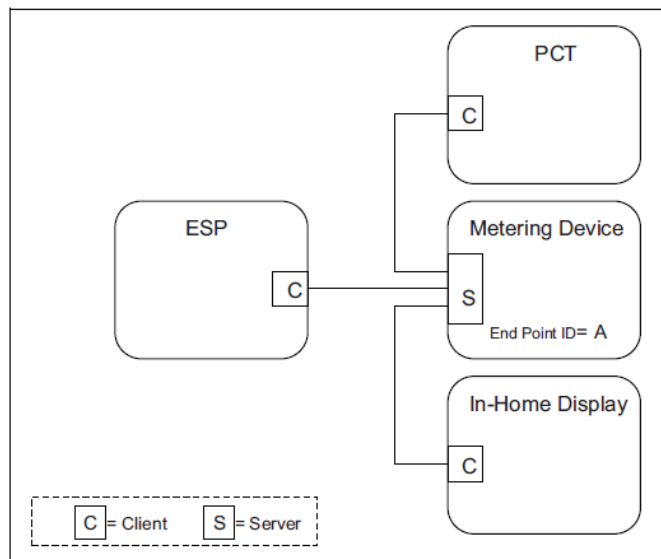


Figure D.9 Standalone ESP Model with Mains Powered Metering Device

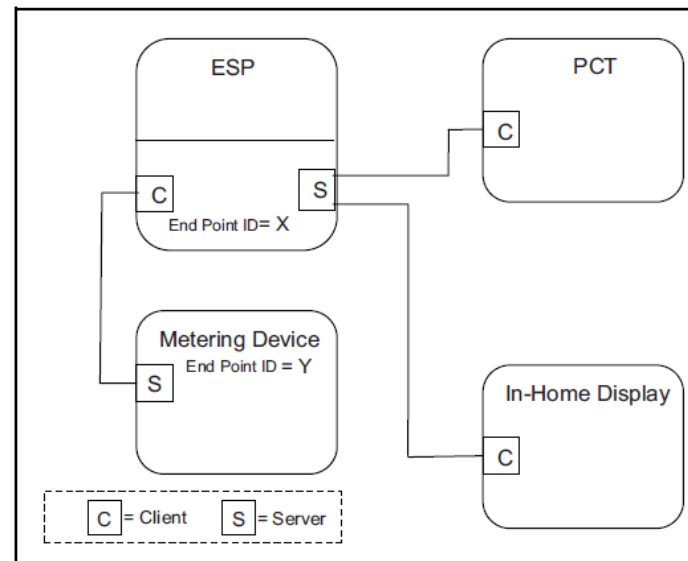


Figure D.10 Standalone ESP Model with Battery Powered Metering Device

メータリングデバイスのサポートクラスタ

Table 6.4 Clusters Supported by the Metering Device

Server Side	Client Side
Mandatory	
Simple Metering	
Optional	
Smart Energy Tunneling (Complex Metering)	
	Time
	Prepayment
	Price
	Message

Simple Meteringクラス

◆ アトリビュートの例

属性ID	属性名	型	アクセス	Man/Opt
0x0000	CurrentSummation Devivered	符号無し48bit	Read only	M
0x0001	CurrentSummation Received	符号無し48bit	Read only	O
0x0002	CurrentMaxDemandD elivered	符号無し48bit	Read only	O
0x0003	CurrentMaxDemandR eceived	符号無し48bit	Read only	O
0x0004	DFTSummation	符号無し48bit	Read only	O
0x0200	Status	8bit	Read only	M

※ CurrentSummationDeviveredは家庭での消費した量、CurrentSummationReceivedは家庭で生成した量を示す。

※ Statusでは、メータ異常有無、リーク検知有無、電源エラー、電池容量不足等の状態を示す。

Simple Meteringクラス

◆ アトリビュートの例 (続き)

属性ID	属性名	型	アクセス	Man/Opt
0x0300	UnitofMeasure	8bit	Read only	M
0x0301	Multiplier	符号無し24bit	Read only	O
0x0302	Divisor	符号無し24bit	Read only	O
0x0303	SummationFormating	8bit	Read only	M
0x0304	DemandFormating	8bit	Read only	O
0x0306	MeteringDeviceType	8bit	Read only	M

※ メータリングデバイスのタイプとして、電力、ガス、水道、温度、圧力、加熱、冷却などが想定されており、UnitofMeasureには様々な単位が定義される(次ページ)。

Simple Metering クラスタ

◆ UnitofMeasure (単位)の種類

Table D.17 UnitofMeasure Attribute Enumerations

Values	Description
0x00	kW (kilo-Watts) & kWh (kilo-WattHours) in pure Binary format.
0x01	m ³ (Cubic Meter) & m ³ /h (Cubic Meter per Hour) in pure Binary format.
0x02	ft ³ (Cubic Feet) & ft ³ /h (Cubic Feet per Hour) in pure Binary format.
0x03	ccf ((100 or Centum) Cubic Feet) & ccf/h ((100 or Centum) Cubic Feet per Hour) in pure Binary format.
0x04	US gl (US Gallons) & US gl/h (US Gallons per Hour) in pure Binary format.
0x05	IMP gl (Imperial Gallons) & IMP gl/h (Imperial Gallons per Hour) in pure Binary format.
0x06	BTUs & BTU/h in pure Binary format.
0x07	Liters & l/h (Liters per Hour) in pure Binary format
0x08	kPA(gauge) in pure Binary format.
0x09	kPA(absolute) in pure Binary format.
0x0A to 0x7F	Reserved for future use.
0x80	kW (kilo-Watts) & kWh (kilo-WattHours) in BCD format
0x81	m ³ (Cubic Meter) & m ³ /h (Cubic Meter per Hour) in BCD format
0x82	ft ³ (Cubic Feet) & ft ³ /h (Cubic Feet per Hour) in BCD format

Table D.17 UnitofMeasure Attribute Enumerations (Continued)

Values	Description
0x83	ccf ((100 or Centum) Cubic Feet) & ccf/h ((100 or Centum) Cubic Feet per Hour) in BCD format
0x84	US gl (US Gallons) & US gl/h (US Gallons per Hour) in BCD format
0x85	IMP gl (Imperial Gallons) & IMP gl/h (Imperial Gallons per Hour) in BCD format
0x86	BTUs & BTU/h in BCD format
0x87	Liters & l/h (Liters per Hour) in BCD format
0x88	kPA(gauge) in BCD format.
0x89	kPA(absolute) in BCD format.
0x8A to 0xFF	Reserved for future use

宅内ディスプレイデバイスのサポートクラスタ

Table 6.5 Clusters Supported by the In-Premise Display Device

Server Side	Client Side
Mandatory	
Optional	
	Demand Response and Load Control
	Time
	Prepayment
	Price
	Simple Metering
	Message

Priceクラスタ

◆ クライアントからのコマンド

コマンドID	コマンド名	Man/Opt
0x00	GetCurrentPrice	M
0x01	GetScheduledPrices	O

※ GetScheduledPricesコマンドのパラメータ

開始時刻：再送する価格イベントの開始時間 (UCT時間)

イベント数：送信依頼する最大イベント数

Priceクラスタ

◆ サーバからのコマンド

コマンドID	コマンド名	Man/Opt
0x00	Publish Price	M

本コマンドは、クライアントから Get current priceコマンドまたはGet scheduled priceコマンドを受信したときや、サービス提供側から更新情報があった際に、送信される。
以下の情報が送信される。

Provider ID
Rate Label
Issuer Event ID
Current Time
Unit of Measure
Currency
Price Trailing Digit & Price Tier
Start Time
Duration In Minutes
Price
その他

Octets	4	0-12	4	4	1	2	1
Data Type	Unsigned 32 bit Integer	Octet String	Unsigned 32 bit Integer	UTCTime	8 bits enumeration	Unsigned 16 bit Integer	8 bit BitMap
Field Name	Provider ID (M)	Rate Label (M)	Issuer Event ID (M)	Current Time (M)	Unit of Measure (M)	Currency (M)	Price Trailing Digit & Price Tier (M)

Octets	1	4	2	4	1	4	1
Data Type	8 bit BitMap	UTCTime	Unsigned 16 bit Integer	Unsigned 32 bit Integer	Unsigned 8 bit Integer	Unsigned 32 bit Integer	Unsigned 8 bit Integer
Field Name	Number of Price Tiers & Register Tier (M)	Start Time (M)	Duration In Minutes (M)	Price (M)	Price Ratio (O)	Generation Price (O)	Generation Price Ratio (O)

Messageクラスタ

● サーバからのコマンド

コマンドID	コマンド名	Man/Opt
0x00	Display Message	M
0x01	Cancel Message	M

※ Display Messageコマンドでは、メッセージID, 開始時刻, 表示時間, メッセージ文字列が送信される。ユーザ確認応答を要求することもできる。

● クライアントからのコマンド

コマンドID	コマンド名	Man/Opt
0x00	Get Last Message	M
0x01	Message Confirmation	M

プログラマブルサーモスタットのサポートクラスタ

Table 6.6 Clusters Supported by the PCT

Server Side	Client Side
Mandatory	
	Demand Response and Load Control
	Time
Optional	
	Prepayment
	Price
	Simple Metering
	Message

Demand Response and Load Control クラスタ

◆ サーバ (ESP) からのコマンド

コマンドID	コマンド名	Man/Opt
0x00	Load Control Event	M
0x01	Cancel Load Control Event	M
0x02	Cancel All Load Control Events	M

Load Control Eventでは以下の情報が送信される。

Device Class
 Utility Enrolment Group
 Start Time
 Duration In Minutes
 Criticality Level
 Cooling Temperature Offset
 Heating Temperature Offset
 Cooling Temperature Set Point
 Average Load Adjustment Percentage
 Duty Cycle
 Event Control (開始時間のランダム化)
 その他

Octets	4	2	1	4	2	1	1
Data Type	Unsigned 32-bit integer	16-bit BitMap	Unsigned 8-bit integer	UTC Time	Unsigned 16-bit integer	Unsigned 8-bit integer	Unsigned 8-bit integer
Field Name	Issuer Event ID (M)	Device Class (M)	Utility Enrolment Group (M)	Start Time (M)	Duration In Minutes (M)	Criticality Level (M)	Cooling Temperature Offset (O)

Octets	1	2	2	1	1	1
Data Type	Unsigned 8-bit integer	Signed 16-bit integer	Signed 16-bit integer	Signed 8-bit integer	Unsigned 8-bit integer	8-bit BitMap
Field Name	Heating Temperature Offset (O)	Cooling Temperature Set Point (O)	Heating Temperature Set Point (O)	Average Load Adjustment Percentage (O)	Duty Cycle (O)	Event Control (M)

Figure D.2 Format of the Load Control Event Payload

©ZigBee SIGジャパン 2011

Demand Response and Load Control クラスタ

◆ クライアント側のアトリビュート

属性ID	属性名	型	アクセス	Man/Opt
0x0000	UtilityEnrolmentGroup	符号無し8bit	Read/Write	M
0x0001	StartRandomizeMinutes	符号無し8bit	Read/Write	M
0x0002	StopRandomaizeMinutes	符号無し8bit	Read/Write	M
0x0003	DeviceClassValue	符号無し16bit	Read	M

※ 各家庭での消費電力が同時に変化しないようイベント時間のランダム化が可能。

◆ クライアントからのコマンド

コマンドID	コマンド名	Man/Opt
0x00	Report Event Status	M
0x01	Get Scheduled Events	M

Demand Response and Load Control クラスタ

- イベントステータスのレポート内容

Report Event Statusでは以下の情報が送信される。

Event Status

Event Status Time

Criticality Level Applied

Cooling Temperature Set Applied

Average Load Adjustment Percentage Applied

Duty Cycle Applied

Event Control

Signature

その他

Octets	4	1	4	1	2	2
Data Type	Unsigned 32-bit integer	Unsigned 8-bit integer	UTC Time	Unsigned 8-bit integer	Unsigned 16-bit integer	Unsigned 16-bit integer
Field Name	Issuer Event ID (M)	Event Status (M)	Event Status Time (M)	Criticality Level Applied (M)	Cooling Temperature Set Point Applied (O)	Heating Temperature Set Point Applied (O)

Octets	1	1	1	1	42
Data Type	Signed 8-bit integer	Unsigned 8-bit integer	8-bit BitMap	Unsigned 8-bit integer	Octets (non-ZCL Data Type)
Field Name	Average Load Adjustment Percentage Applied (O)	Duty Cycle Applied (O)	Event Control (M)	Signature Type	Signature (M)

Demand Response and Load Control クラスタ

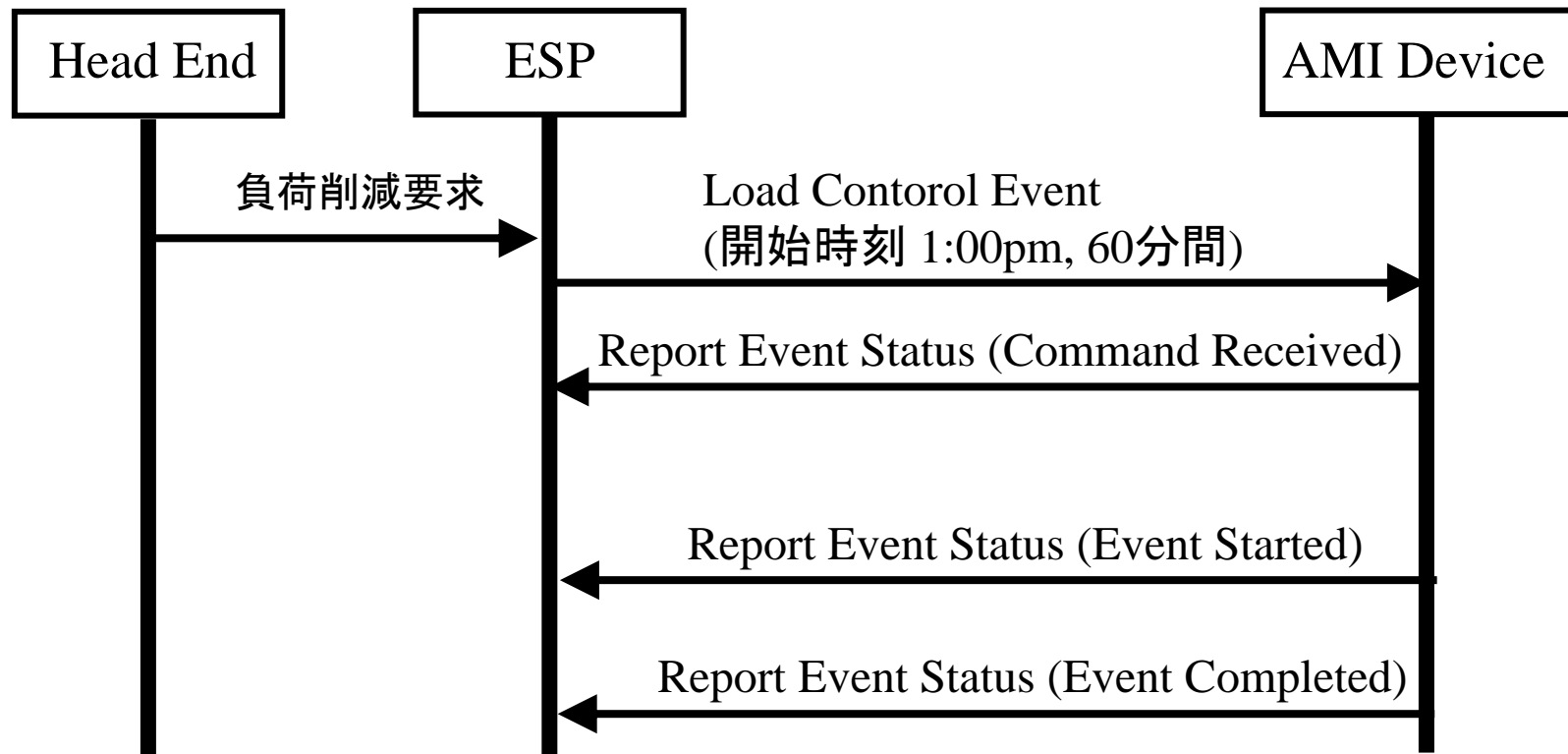
◆ イベントステータスの例

デマンドレスポンスに対する開始・完了レポートの他、ユーザ(消費者)のイベント参加/離脱やキャンセルなども報告される。

Value	Description
0x00	Reserved for future use.
0x01	Load Control Event command received
0x02	Event started
0x03	Event completed
0x04	User has chosen to "Opt-Out", user will not participate in this event
0x05	User has chosen to "Opt-In", user will participate in this event
0x06	The event has been cancelled
0x07	The event has been superseded
0x08	Event partially completed with User "Opt-Out".
0x09	Event partially completed due to User "Opt-In".
0x0A	Event completed, no User participation (Previous "Opt-Out").

Demand Response and Load Control クラスタ

◆ DRLC通信の例

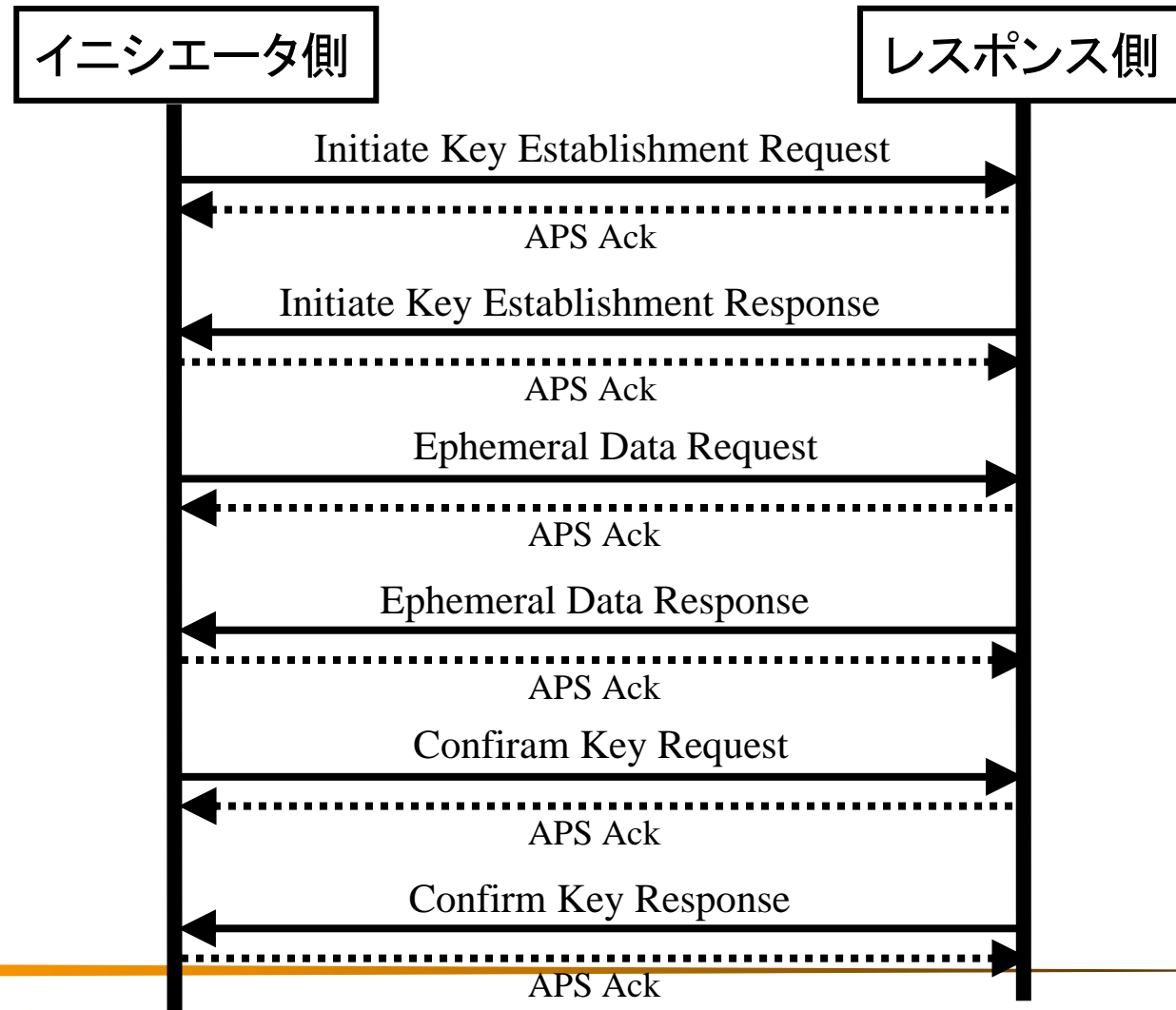


ZigBee Smart Energyのセキュリティ

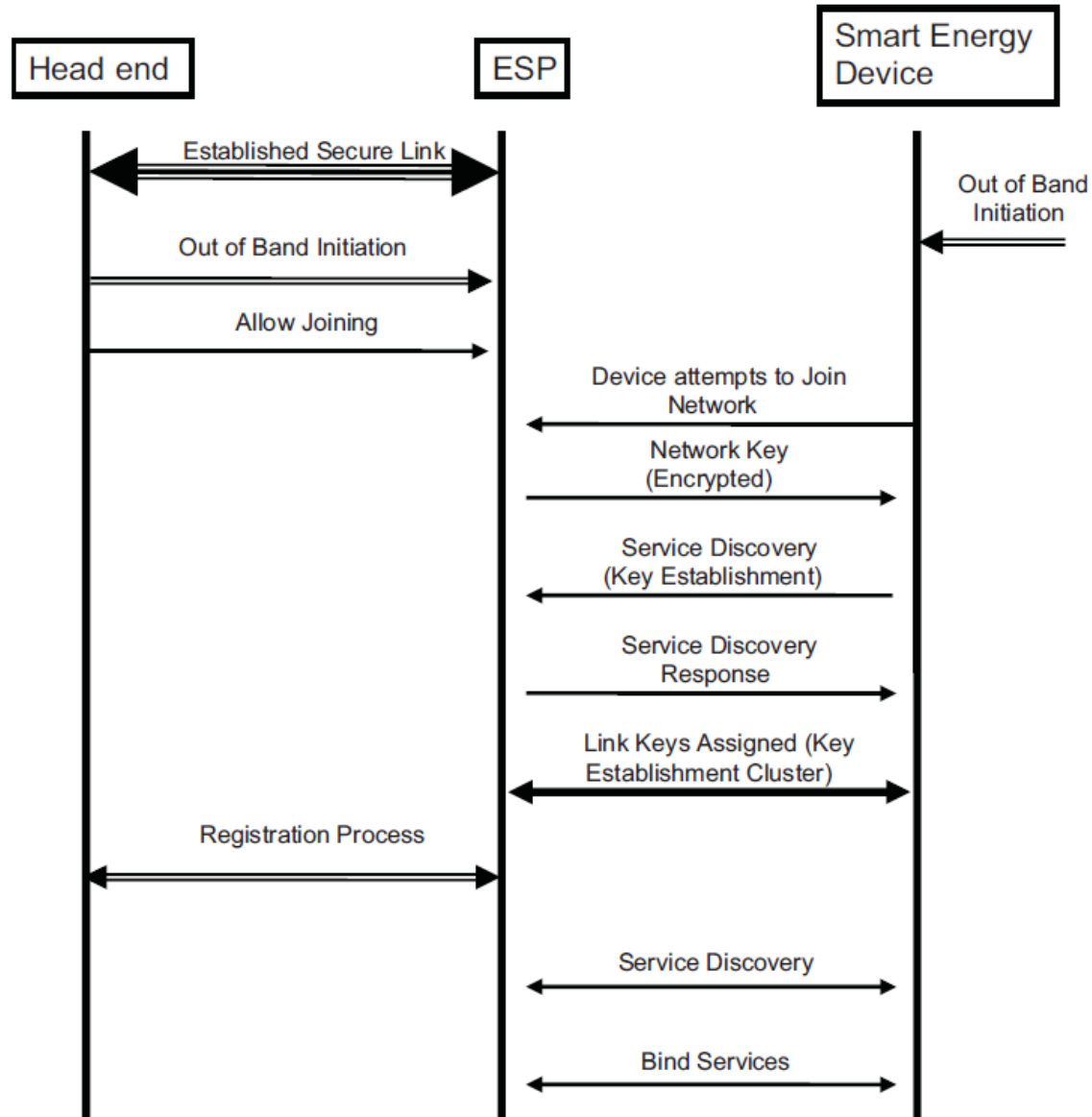
- 公開鍵暗号とデジタル証明書を利用した CBKE (Certificate-based Key Establishment)による鍵確立
- Key Establishmentクラスタのサポート
- ZigBeeスタックセキュリティ機能のNetwork Keyと Application Link Keyを組み合わせて暗号化と改ざん防止

Key Establishmentクラスタ

- ◆ Key Establishmentクラスタのコマンド



システムへの接続



まとめ

- ◆ ZigBee Smart Energyプロファイル仕様は、電力・ガス・水道等のメータとその利用機器間で通信を行い、ユーザとの連携で使用効率向上を図るために、実際の利用シーンと要求に基づいて策定されている。
- ◆ ZigBeeアライアンスでは、北米以外の各地域での要求事項も組み入れて仕様策定が推進されている。
- ◆ セキュリティ面の考慮もなされている。



ZigBee SIGジャパン事務局

(株)OTSL 内

Tel:052-961-1010

Fax:052-961-8818

E-mail: info@zbsigj.org

<http://www.zbsigj.org/>