

スマートメーターの通信方式の 技術動向について

2015年9月30日

三菱電機 系統変電システム製作所
井上 俊宏

三菱電機株式会社

1. スマートメーターの通信に求められるもの

2. スマートメーター通信システム

3. スマートメーターの通信方式

4. スマートグリッド実証紹介

5. まとめ

スマートメーターの通信に求められるもの

環境面

- ✓ さまざまな設置環境に対応が必要
 - ・家の壁面へ直接取り付け
 - ・計器BOX(樹脂製、金属製、集合BOXなど)に設置
 - ・マンションなど集合住宅のパイプスペースに設置



タイプA
計器BOX(樹脂製)



タイプB
計器BOX(金属製)



タイプC
集合BOX(金属製)



タイプD
集合住宅のパイプスペース

スマートメーターの通信に求められるもの

ネットワーク構築要件

- ✓ 数百～数千万台の大規模なネットワーク構築が必要
- ✓ ネットワーク構築に際して、複雑な設定は不可
- ✓ 膨大なコストはかけれない

- ①通信方式は、設置環境に応じて無線方式・有線方式など選定できる必要がある。【複数媒体の対応】
- ②機器を設置するだけで自立的にネットワークが構築できるしくみが必要。【コンフィグレーションレス⇒工事費用の抑制】
- ③機器費用(初期費用)や通信費用(ランニング費用)は、極力抑制する必要がある。



複数の通信方式を準備し、適材適所で利用！

スマートメーターの通信に求められるもの

◆スマートメーターに関わる通信技術

(1) 無線マルチホップ通信

集約装置までマルチホップ転送により通信を行う方式であり、特定小電力無線などを通信媒体とし利用

- ★ 適用できる対象が広く、低コストで実現できることから有力視されている
 - ➔ 山間部などを除いて幅広く適用可能であり、必要な集約装置の数を抑えられるため、低コストでネットワーク構築が可能

(2) 1 : N通信(携帯電話やWiMAXなど)

携帯電話やWiMAXなどの通信キャリアによるデータ通信サービスを利用

- ★ 通信キャリアのサービスに依存するが、疎な環境でも利用可
 - ➔ 山間部や普及前の疎なエリアでの適用が期待

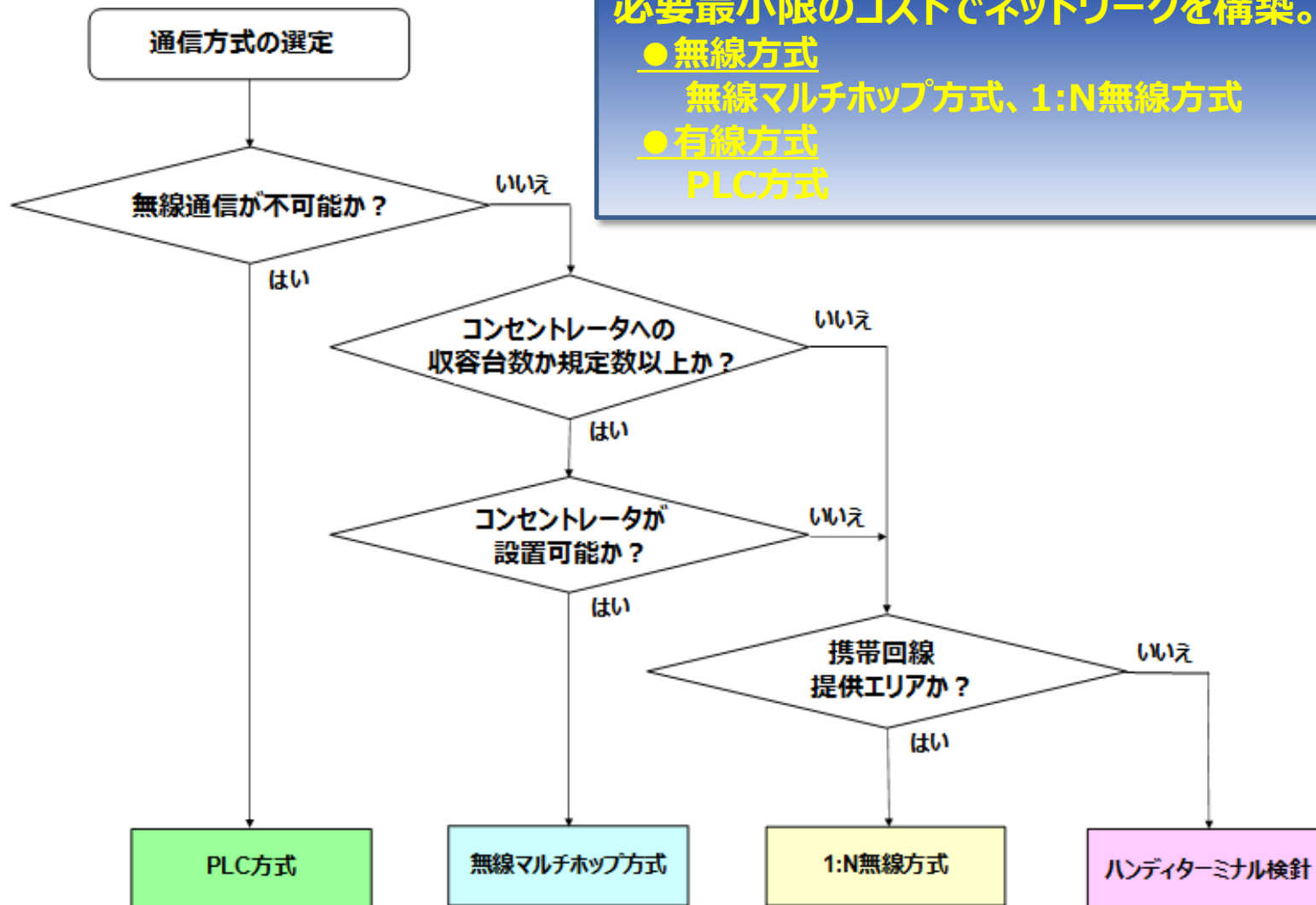
(3) 電力線通信(PLC : Power Line Communication)

既存の電力線を通信回線として利用

- ★ 電柱上の隣接する変圧器を超えて通信することが難しく、変圧器ごとに通信の集約装置を設置する可能性も
 - ➔ 集約装置のコストを考慮すると、集合住宅や住宅密集地域に適している

スマートメーターの通信に求められるもの

◆適材適所の通信方式選定



複数の通信方式を準備し、適材適所に利用し必要最小限のコストでネットワークを構築。

●無線方式

無線マルチホップ方式、1:N無線方式

●有線方式

PLC方式

1. スマートメーターの通信に求められるもの

2. スマートメーター通信システム

3. スマートメーターの通信方式

4. スマートグリッド実証紹介

5. まとめ

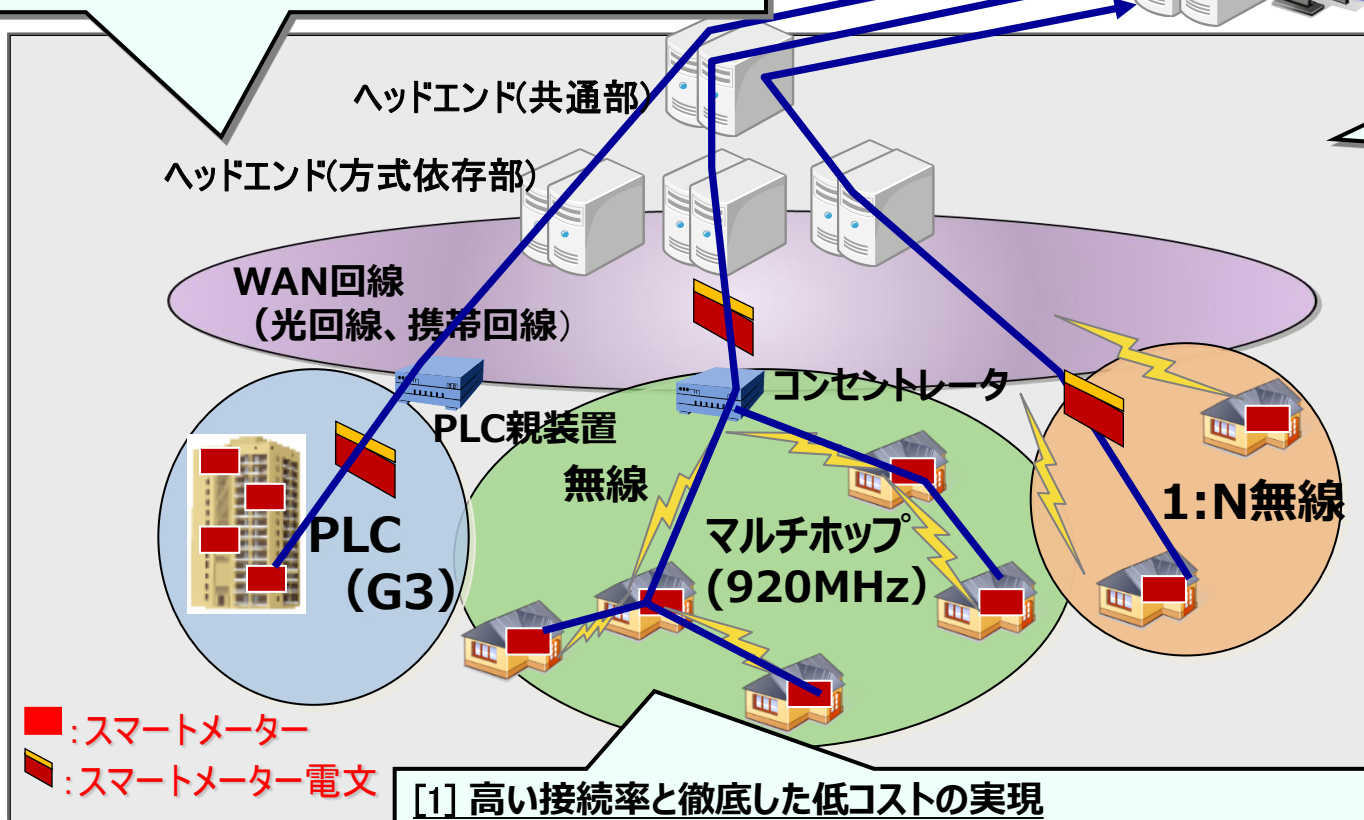
(1) システムに求められる要件

[3] 「国際標準対応と将来サービスへの拡張性」

国際標準の積極的活用と共通部／方式依存部によるヘッドエンドアーキテクチャにより、マルチベンダ対応と将来サービス拡張性を確保。

スマートメーター
業務システム
(MDMシステム)

[2] 「短期間でかつ 確実なシステム構築」



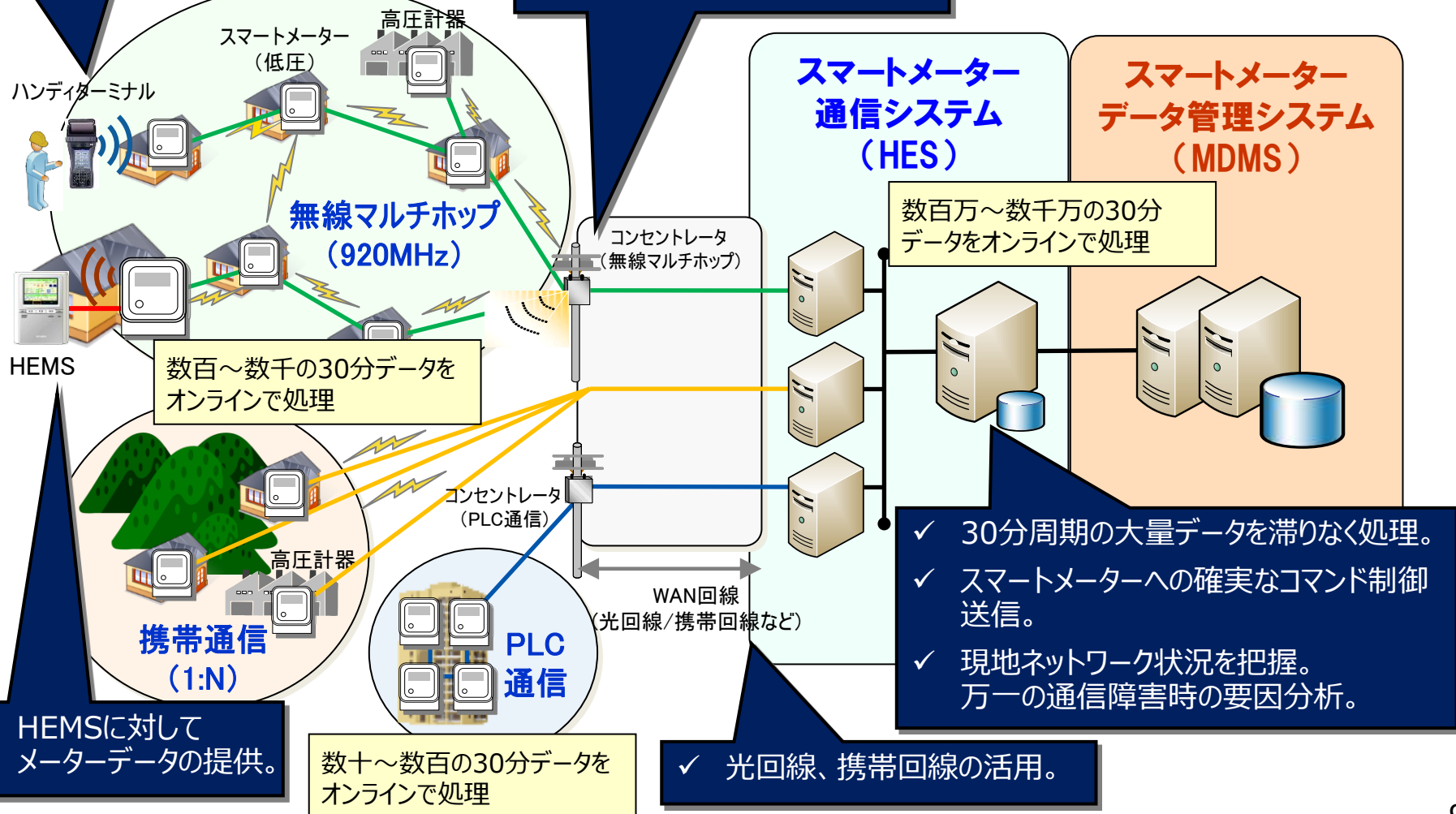
[1] 高い接続率と徹底した低コストの実現

3つの通信方式（マルチホップ無線、1:N無線、PLC）を適材適所に活用。マルチホップ無線を主方式として活用するも、高い接続率を実現。

(2) システム構成イメージ

- ✓ ハンディターミナルによる現場でのデータ収集。

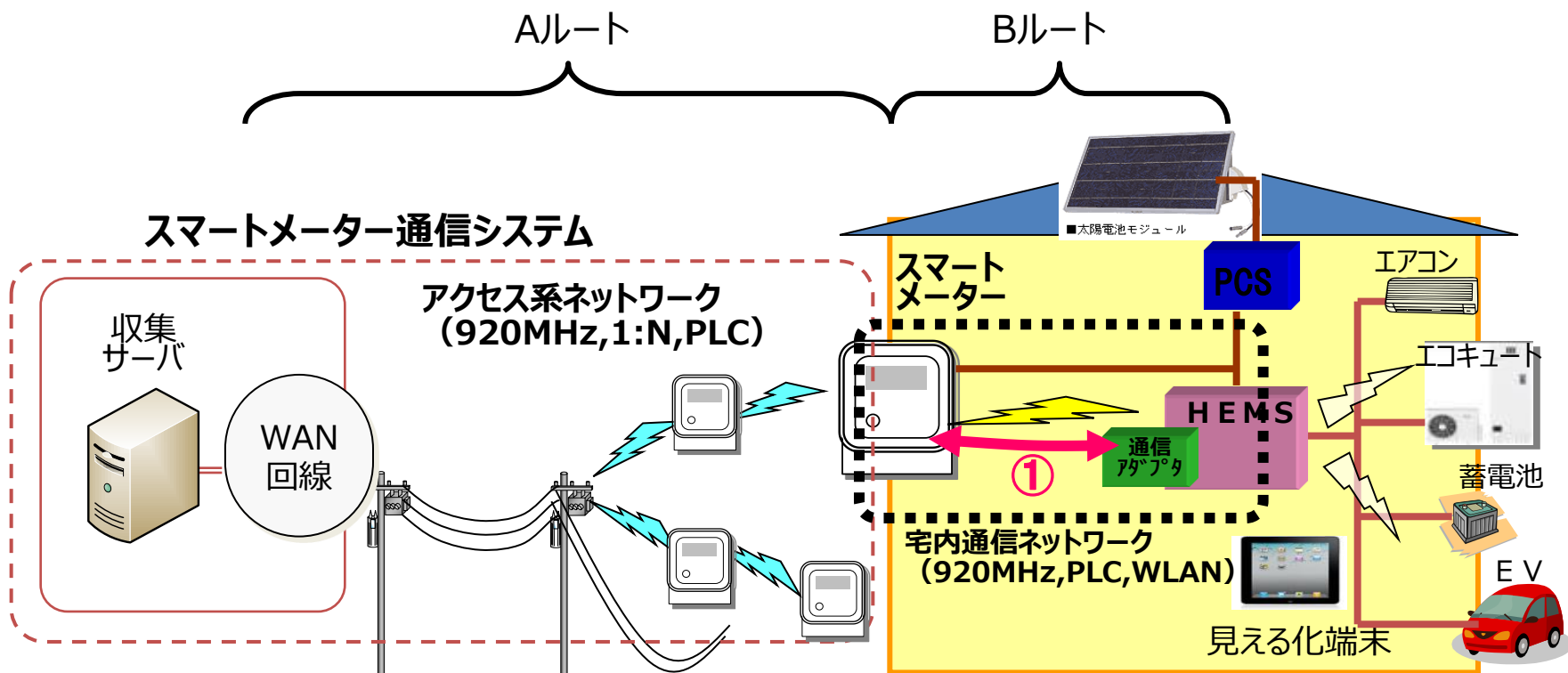
- ✓ 1つのコンセントレータで、数百～千台レベルのメーターとネットワークを構築。



(3) スマートメーター経由の宅内通信

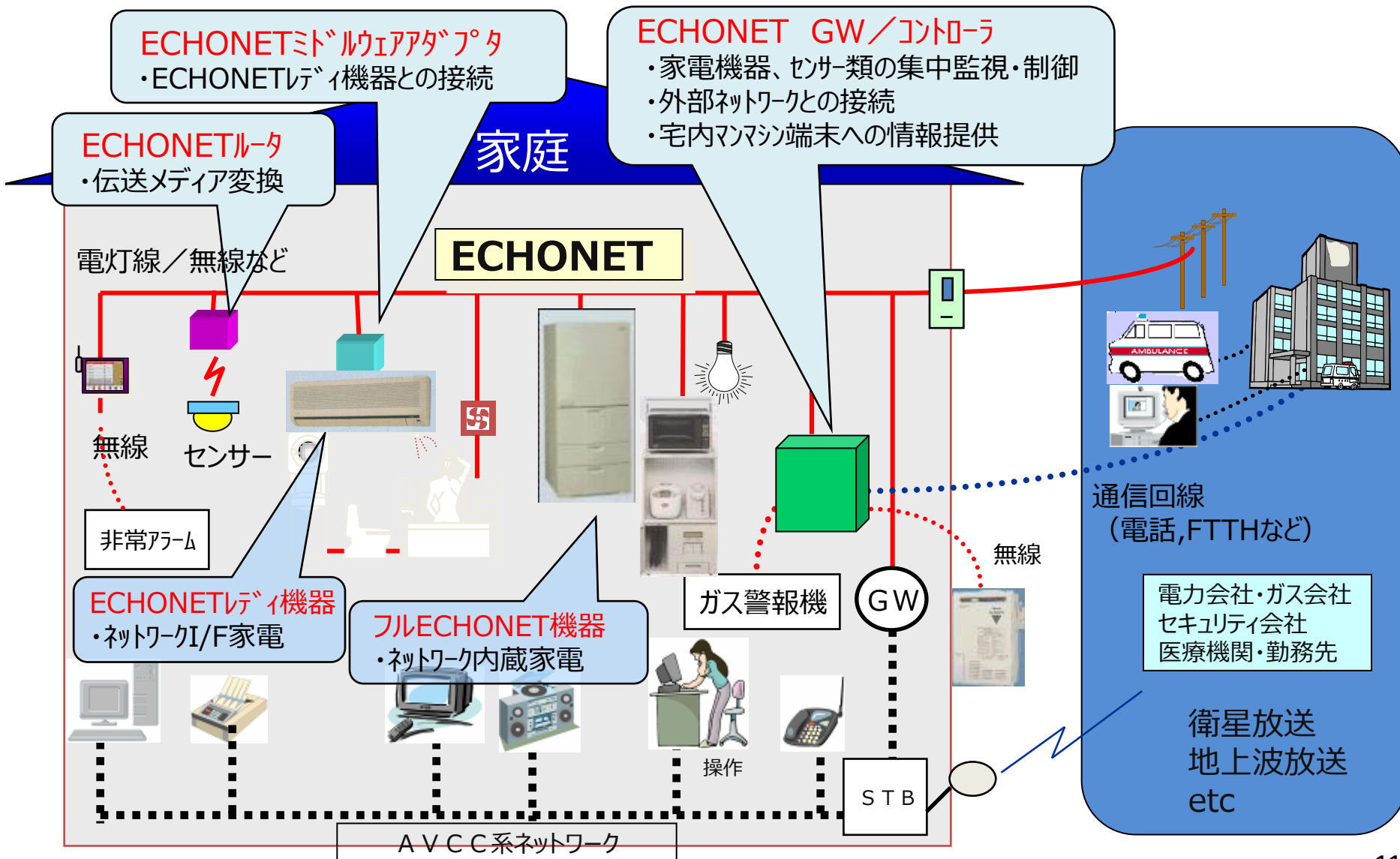
- ✓ 需給対策や家庭内サービスのインフラとして、**宅内通信機能（Bルート）を有するスマートメータ**の情報を活用。

◆ 宅内通信システム構成イメージ



① : 30分検針値など

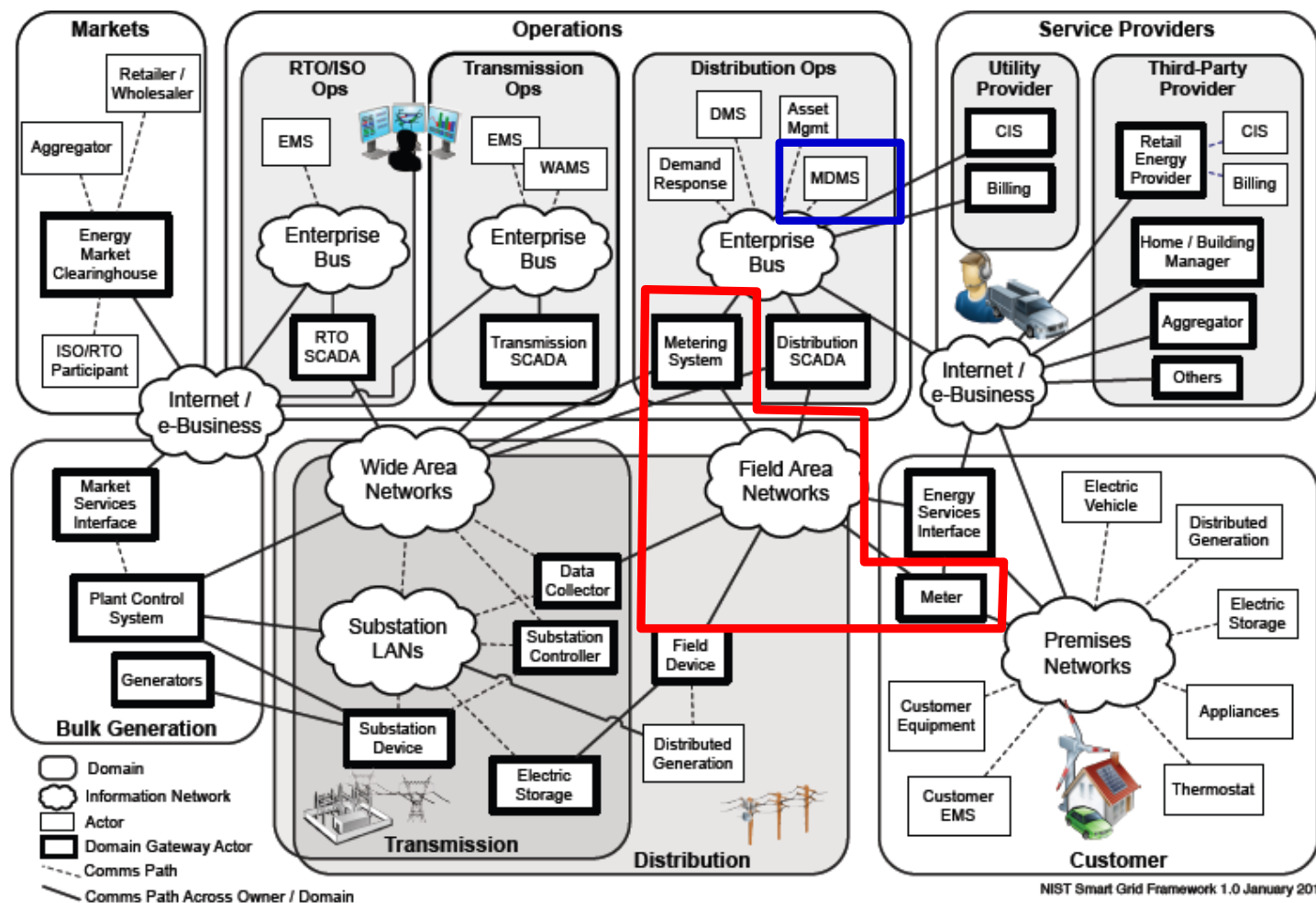
(4) 宅内通信の規格 (ECHONET)



(5) NISTのスマートグリッド概念モデル

※NIST: National Institute of Standard and Technology

スマートグリッド全体におけるスマートメーター通信システムの位置づけを示す。



1. スマートメーターの通信に求められるもの

2. スマートメーター通信システム

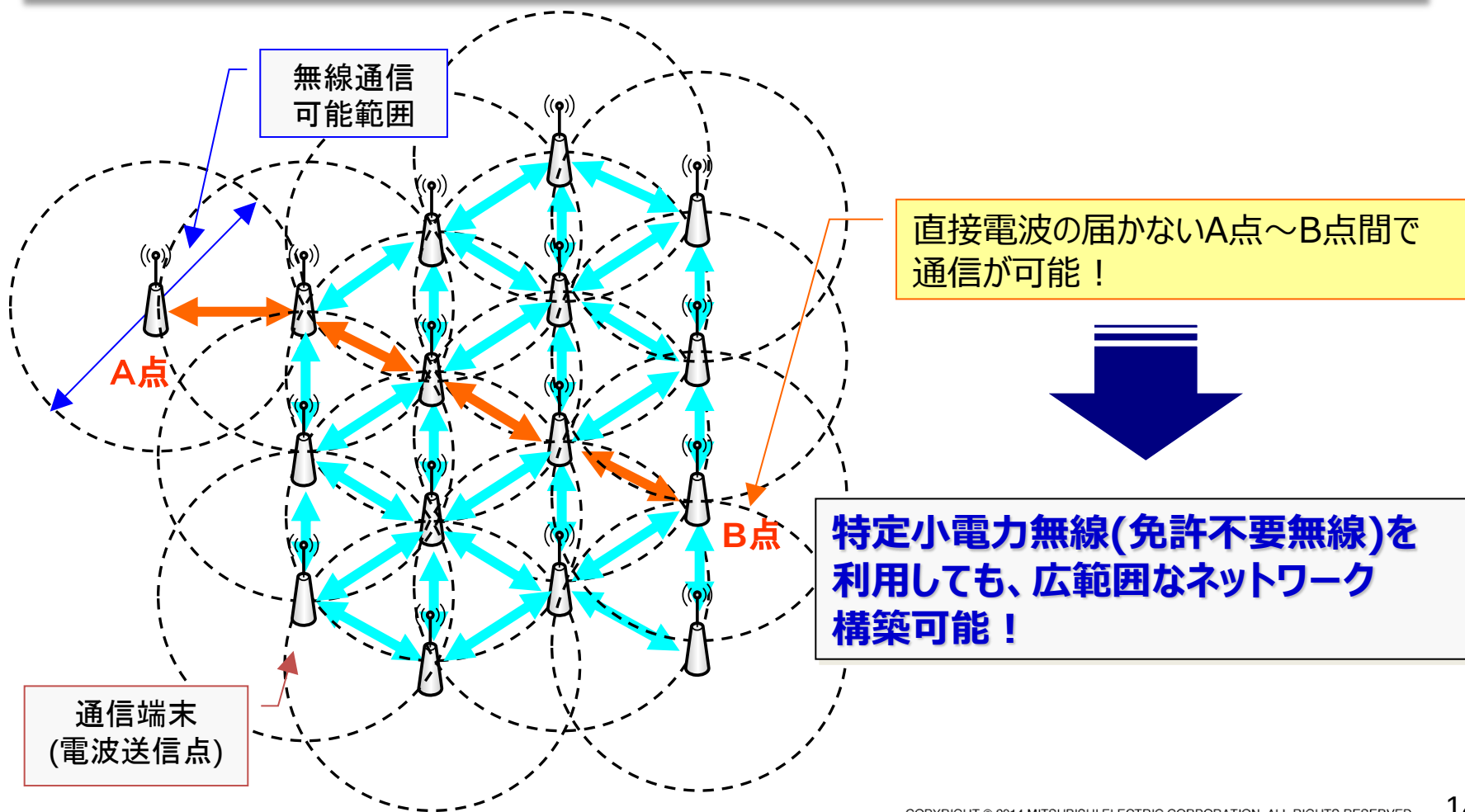
3. スマートメーターの通信方式

4. スマートグリッド実証紹介

5. まとめ

(1) 無線マルチホップ方式

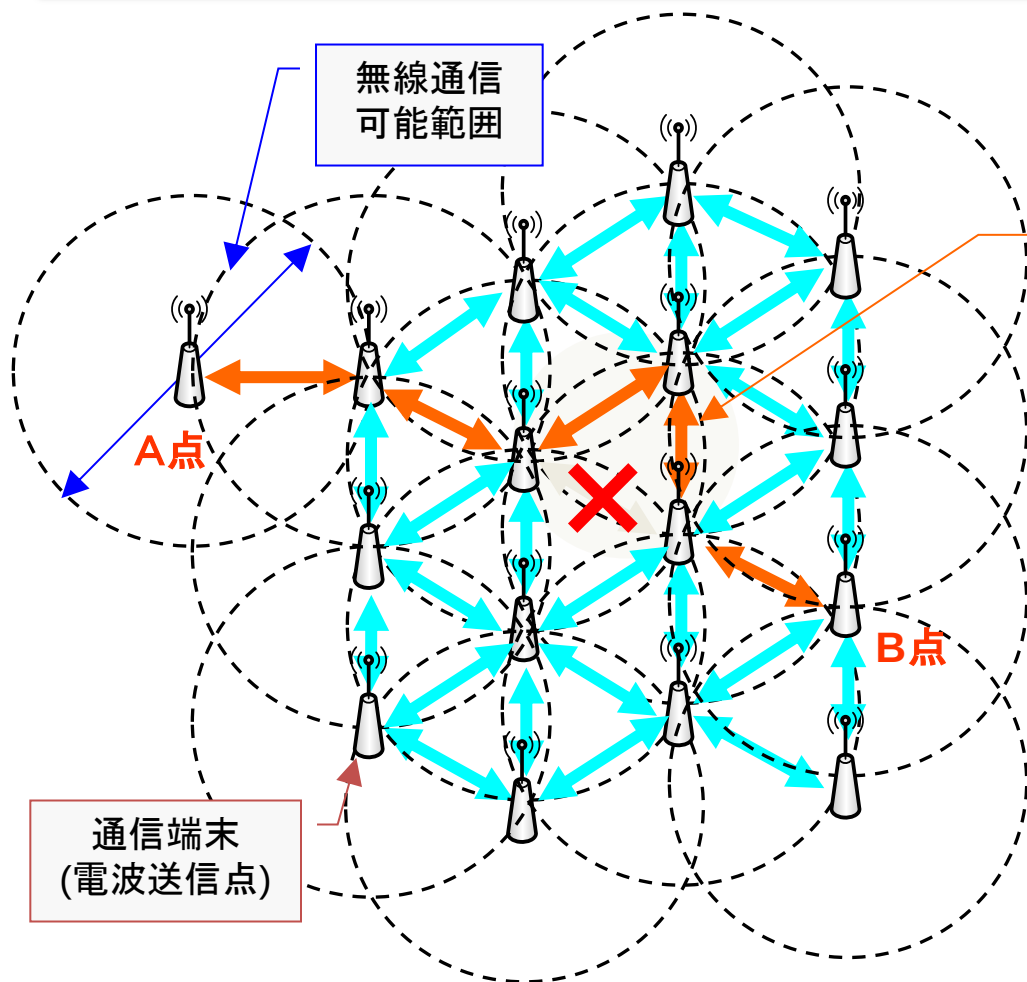
- ◆ ネットワーク・インフラを利用することなく、端末のみでネットワークを構成
 - アクセスポイント等を使用せず、端末同士が無線伝送により通信
 - 直接無線伝送できない場合も、途中の端末が中継(マルチホップ)して通信



(1) 無線マルチホップ方式

◆ 通信経路を網目状（メッシュ）に構成する通信方式

- 無線電波変動や電波障害に対して迂回経路を自動的に探索して、安定的に通信が可能！



無線電波変動により、通信不可となる場合は、迂回経路を自動的に構築



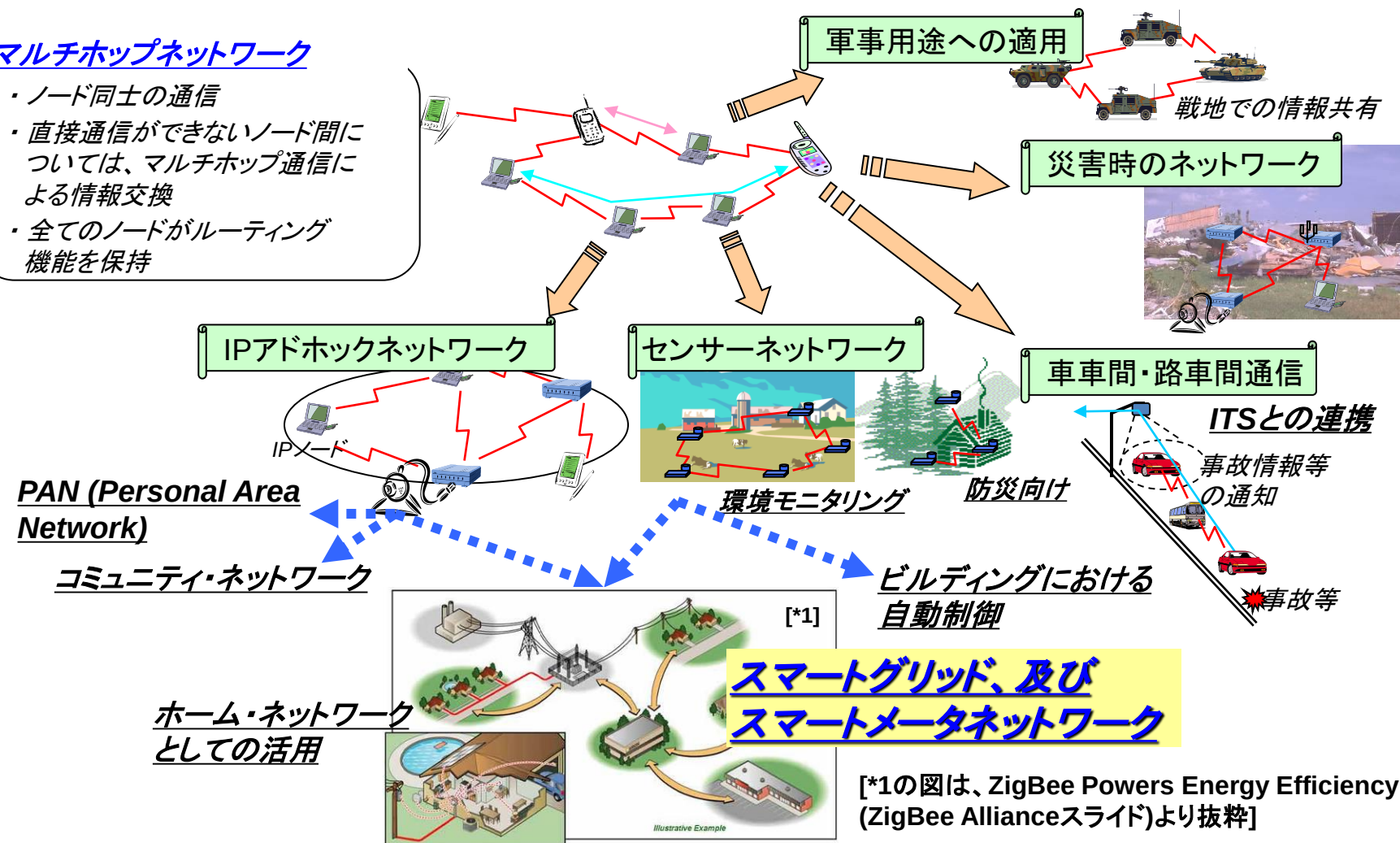
安定的なデータ通信が可能！

(1) 無線マルチホップ方式

◆無線マルチホップ技術に関連する応用例

マルチホップネットワーク

- ・ ノード同士の通信
- ・ 直接通信ができないノード間については、マルチホップ通信による情報交換
- ・ 全てのノードがルーティング機能を保持



(1) 無線マルチホップ方式

◆スマートメーターシステムへのマルチホップ技術適用の課題

【課題 1】1つのマルチホップネットワークあたり、数百台規模の端末収容

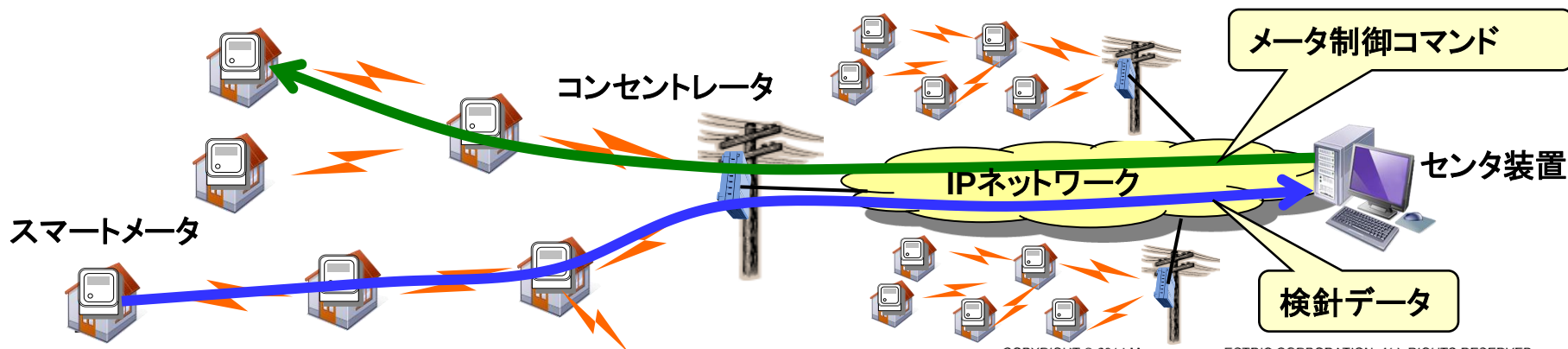
【課題 2】通信端末の低コスト化、低消費電力化



【対処方針】

コンセントレータをルートとするツリー構造ネットワーク、および端末－コンセントレータ間通信を主とする通信形態を前提とし、マルチホッププロトコルを最適化

- Re-active (On-demand) 型の AODVをベースに、ネットワークラシック、端末管理情報、端末処理を効率化
- 狭帯域無線（429MHz特小無線4.8kbps以上）にて1コンセントレータあたり500端末以上収容可能な低コスト、低消費電力なマルチホップネットワークを実現。

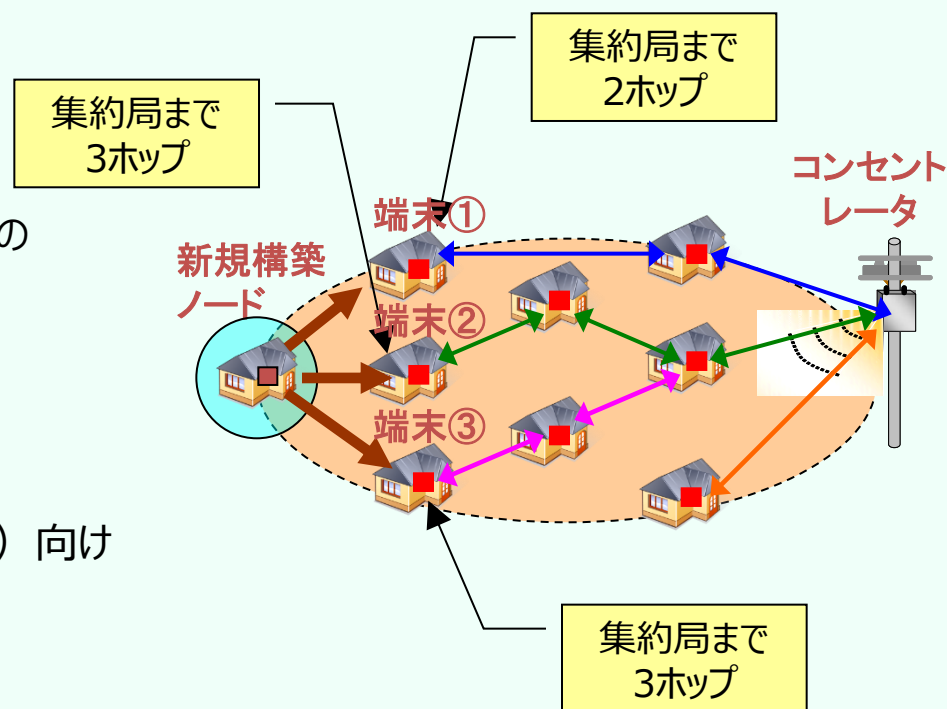


(1) 無線マルチホップ方式

◆経路構築の基本動作

◆新規設置ノードのネットワーク参入

- ① 新規設置ノードは、参入リクエスト信号を周辺ノードにブロードキャスト送信。
- ② 参入リクエスト信号を受信した既参入ノードは、集約局（コンセントレータ）までのホップ数情報を載せた応答信号を新規設置ノードに送信。
- ③ 新規構築ノードは、複数ノードから受信した応答信号の受信電界強度、ホップ数情報より最適な集約局（コンセントレータ）向け隣接ノードを決定。
- ④ 新規構築ノードは、決定した集約局向け隣接ノード経由で集約局に対して、参入処理を実施。



(1) 無線マルチホップ方式

◆無線マルチホップ【アドホック ネットワーク(ad hoc network)】の起源

- ◆アドホック(ad hoc)は、「特定の」「暫定的な」などといった意味のラテン語の語句で、その場その場で行われるものの形容で用いられる。
- ◆アドホックネットワークとは、通信機器が基地局に依存しないで、**自律分散的にネットワークを構築するネットワーク**で、以下の特徴を持つ。

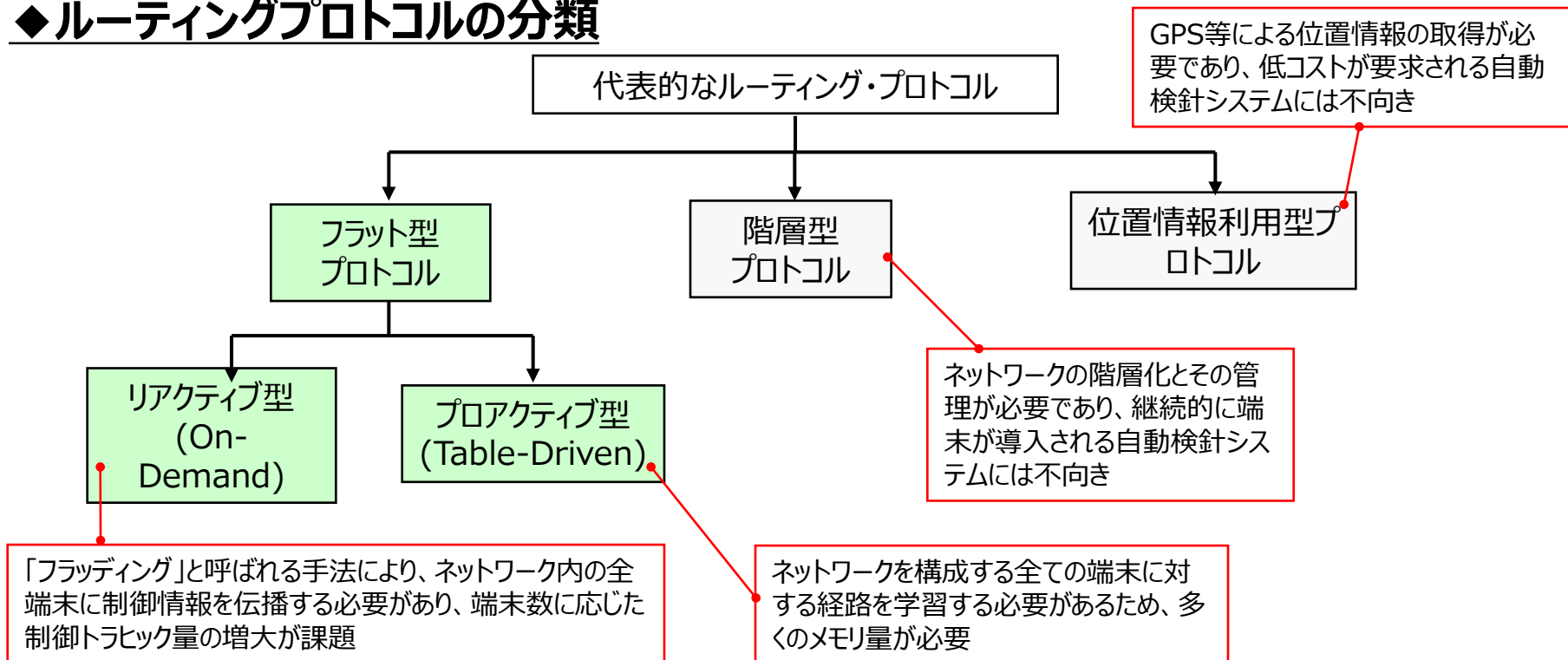
【特徴】

- ✓ 固定的なネットワークインフラが存在しない。
- ✓ 集中管理機能がない。
- ✓ ネットワークトポロジが頻繁に変化する。(無線通信など)
- ✓ マルチホップネットワークである。

- ◆アドホックネットワークの研究は、1970年代初頭の米国のDARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)における軍事研究に単を発する。
戦場での通信環境が未整備な状況の中で、兵士同士や戦車同士間、あるいは兵士や戦車と前線基地や司令部との無線通信を可能にするための技術として、研究されていた。
- ◆アドホックネットワークの研究課題としては、省電力化、リアルタイム性の実現など、さまざまなものがあるが、**ルーティング制御プロトコルに関する研究**が中核となる。

(1) 無線マルチホップ方式

◆ルーティングプロトコルの分類



種類	概要
フラット型	ルーティングテーブルを作成するタイミングに応じて、リアクティブ(On-Demand)型とプロアクティブ型(Table-Driven)型に大別される。これらの他に、ハイブリット型もある。
階層型	ネットワークの規模が大きくなった場合に、制御パケットの増加等により、フラット型のルーティングでは機能しなくなることが考えられ、クラスタリング等によってネットワークに階層を持たせて制御を行う。
位置情報利用型	各ノードがGPS(Global Positioning System)等の位置情報を検出できる機器を有している場合に、その位置情報を利用して経路の形成を効率よく行う。

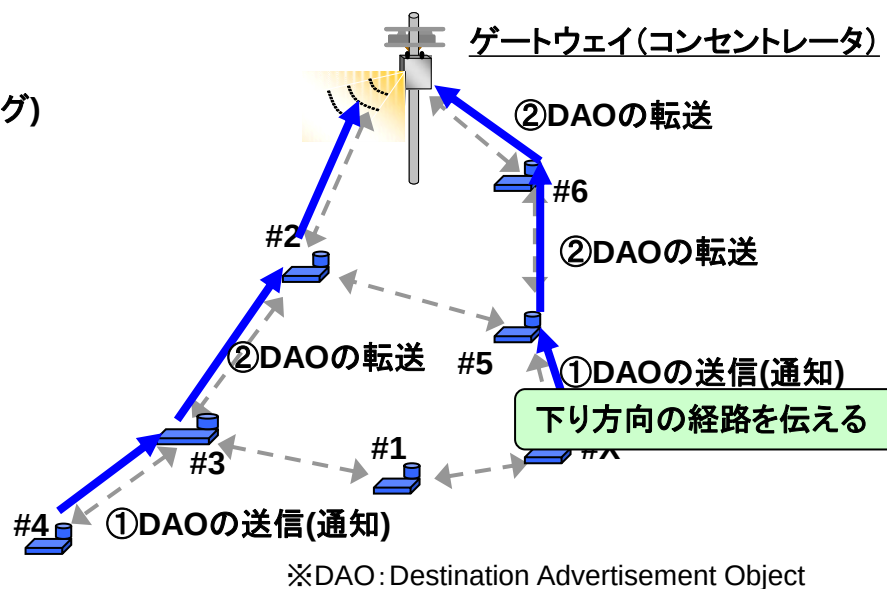
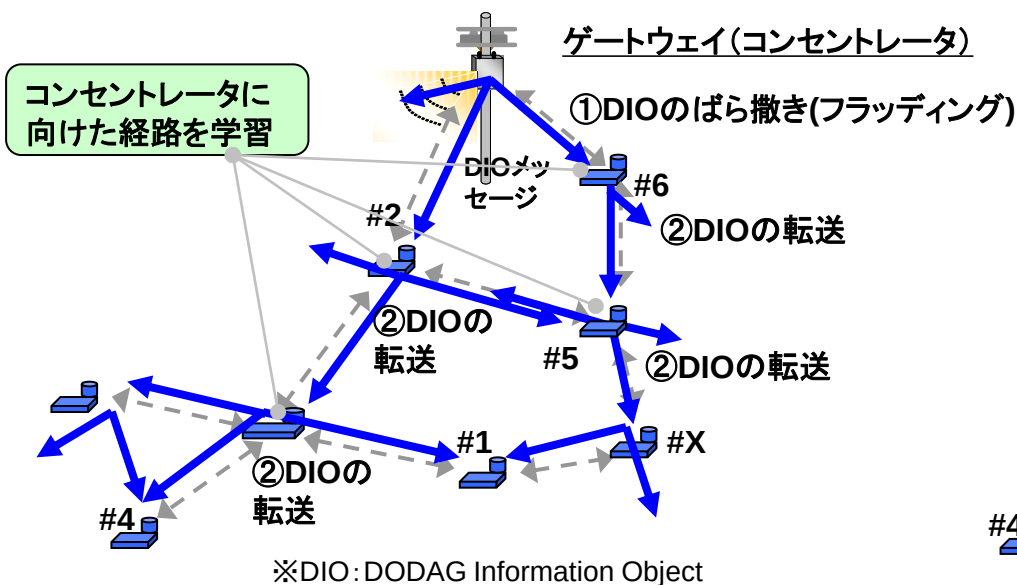
(1) 無線マルチホップ方式

◆ルーティングプロトコルの国際標準化動向

RPL(IPv6 Routing protocol for Low power and Lossy networks)とは？

- ✓ インターネットで利用される技術の標準化を策定する組織である**IETF(The Internet Engineering Task Force)**が、センサ・ネットワークとしての適用に向けて、省電力で不安定な通信環境下で 動作する経路制御プロトコルの標準化に向けた議論を行っている方式。

➡ ROLL(Routing Over Low power and Lossy networks) WG
として議論、規格化



(1) 無線マルチホップ方式

◆ルーティングプロトコルの方式まとめ

	ROLL RPL 【IETF ROLL WG方式】	AODV 【リアクティブ型】	OLSR 【プロアクティブ型】
ネットワークの 構成	ツリー構成での接続(DAG)	フラットな接続	
経路の構築 (上り方向)	ゲートウェイ (コンセントレータ) より広告 メッセージ(DIO)のフラッディング	通信の発生時に経路を探 索(フラッディング)	予め経路を構築(計算)
経路の構築 (下り方向)	必要なノードによるゲートウェイへの経路 構築メッセージ(DAO)の通知		
経路の メンテナンス	周期的(分～時オーダ)にDIOをフラッデ ィング	通信毎に更新	周期的に更新
転送方式 (上り方向)	Hop-by-Hop方式	Hop-by-Hop 方式	Hop-by-Hop 方式
転送方式 (下り方向)	Hop-by-Hop方式とSource routing の選択		
経路障害 への対応	定期的な更新, 及びローカルな迂回経 路構築	経路の再探索 (フラッディング)	TCメッセージのフラッディング
必要メモリ量	下り方向の転送をSource routingと することにより, 大幅な低減が可能	同時に存在する通信数に 依存	全端末数に 依存
制御 トラヒック量	全てのノードが経路構築メッセージ (DAO)の通知を行う場合, 制御トラヒ ック量が増大	通信頻度に 依存	情報交換の 周期に依存

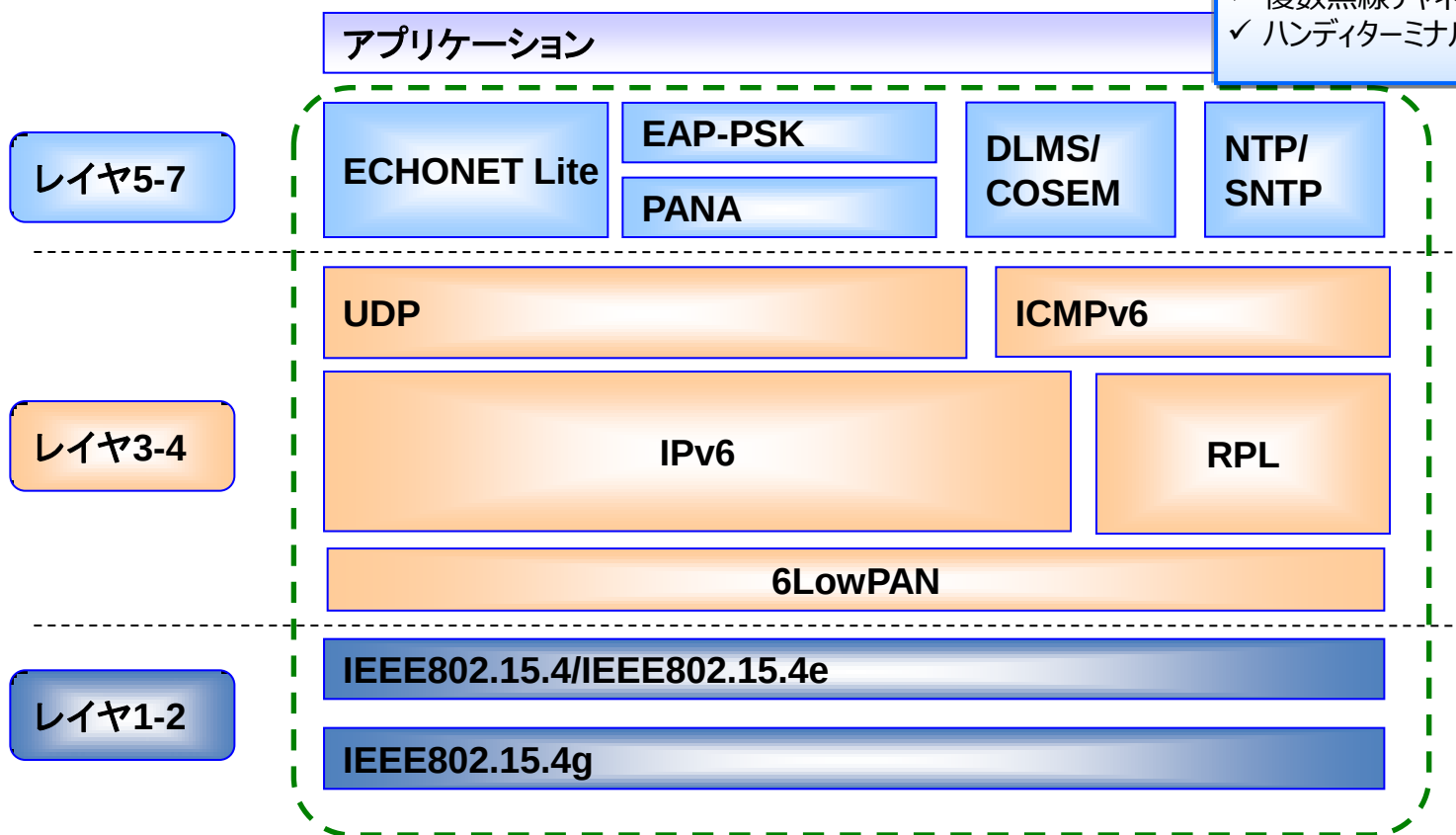
(1) 無線マルチホップ方式

◆プロトコルスタック

IEEE802.15.4/4e/4g、IPv6^{*1}やRPL^{*2}など
多くの国際標準規格をサポート。

スマートメーターシステムに必要な機能を搭載

- ✓ 30分指示値を含む業務データの安定通信
- ✓ ネットワーク大規模化を実現する
経路構築・制御
- ✓ 停電/復電時の考慮
- ✓ 短時間かつ確実なファームウェア更新
- ✓ 複数無線チャネル運用
- ✓ ハンディターミナル通信高速化



*1 IPv6 : IETF RFC2460 - Internet Protocol, Version 6 (IPv6) specification

*2 RPL : IETF RFC 6550 - RPL: IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks

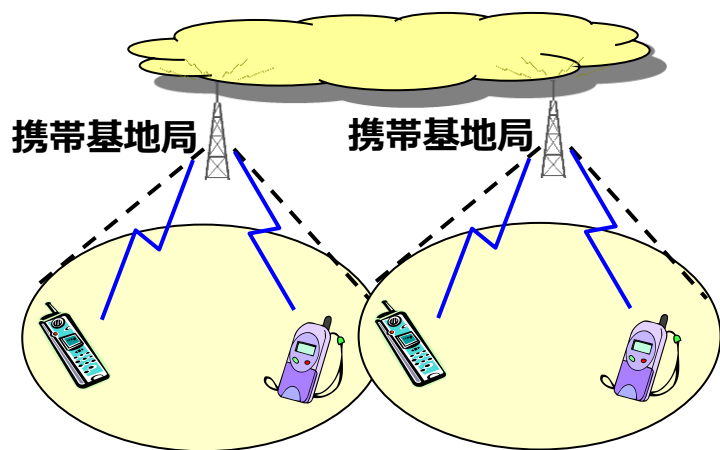
枠内はIETF, IEEE, IEC等の標準規格を示す

(2) 1 : N通信

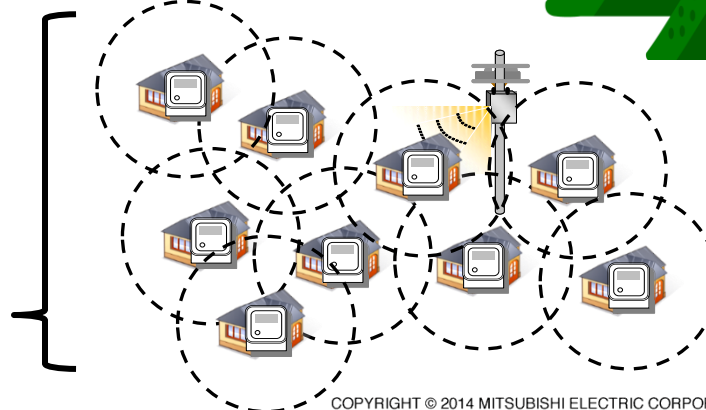
◆ 無線マルチホップ通信を補完する位置づけで、通信キャリアによるデータ通信サービス（1:N通信）を利用

- 無線マルチホップ通信が構成できない、疎密度地域に適用
- 3GPP(Generation Partnership Project)準拠のLTE(Long Term Evolution)方式など

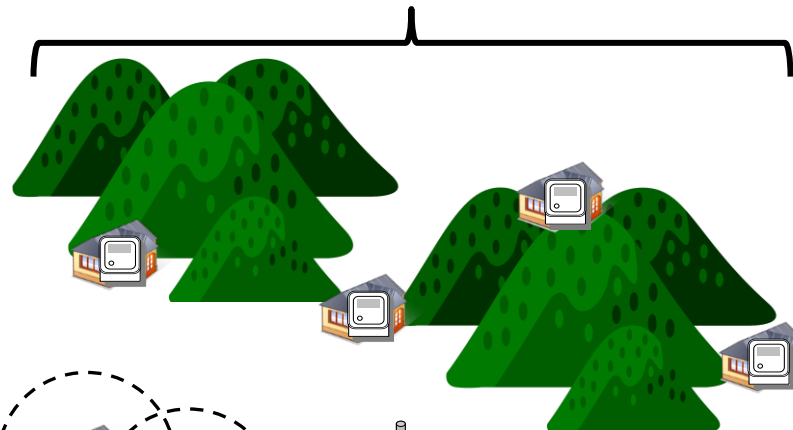
携帯通信システム



無線マルチホップ通信 方式エリア



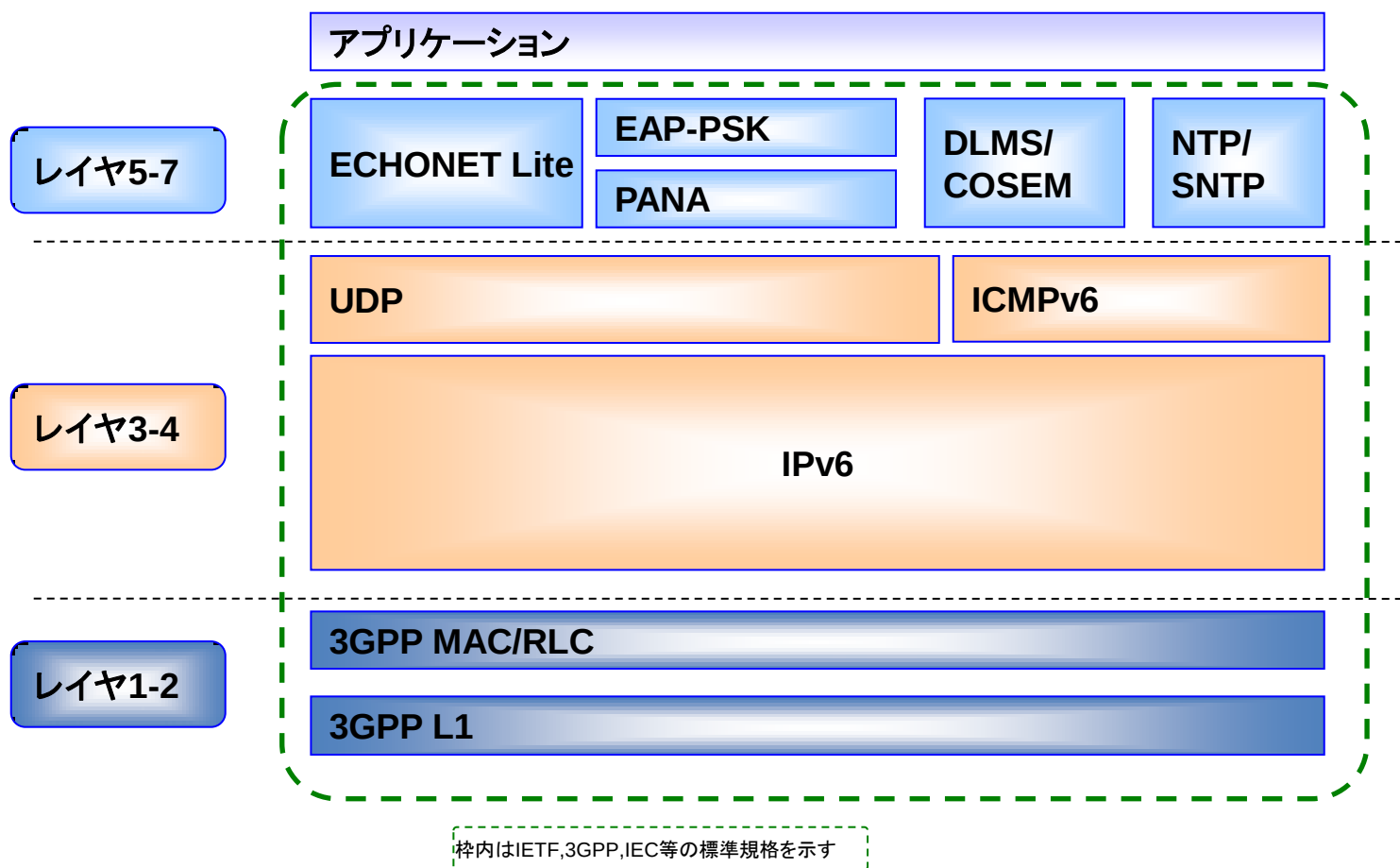
1:N通信方式エリア



(2) 1 : N通信

◆プロトコルスタック

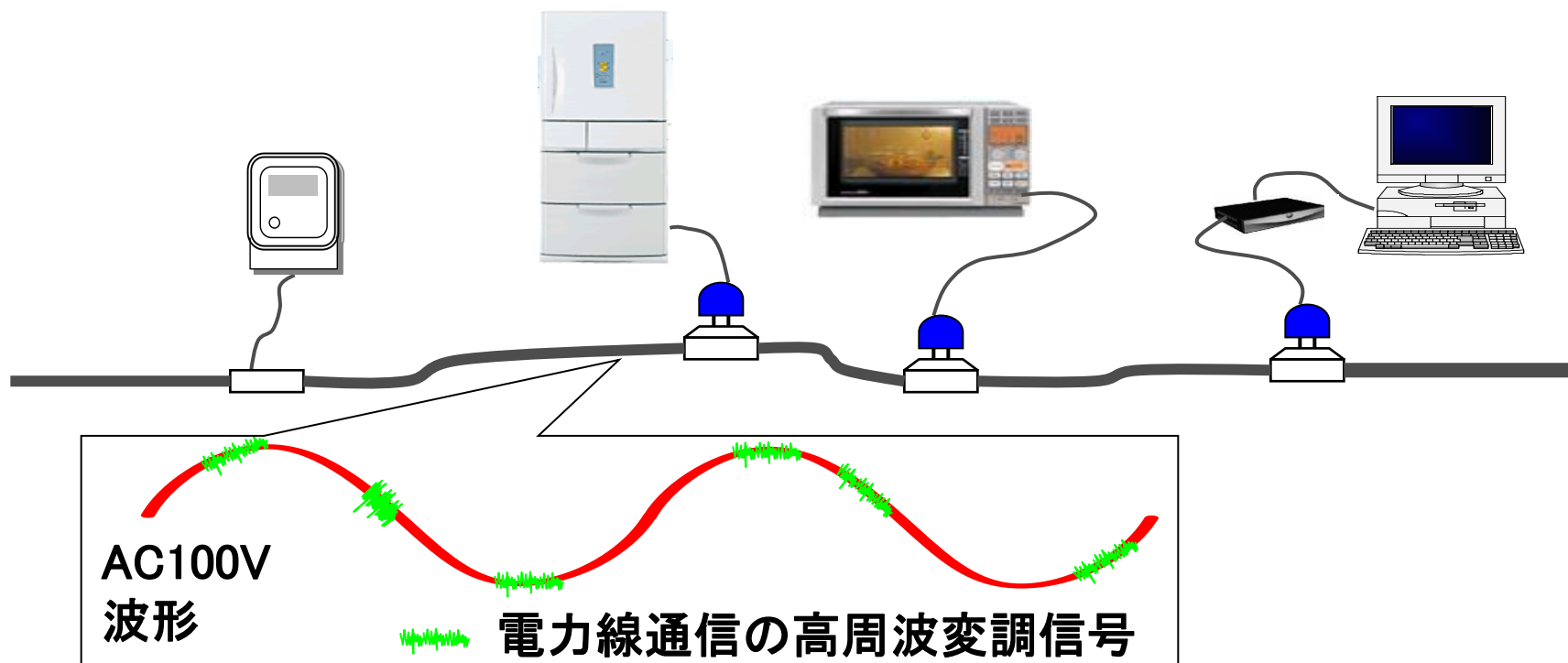
3GPPに準拠したLTE方式による移動体通信事業者網を使用し、IPv6,UDPなどの国際標準規格をサポート。



(3) 電力線通信 (PLC)

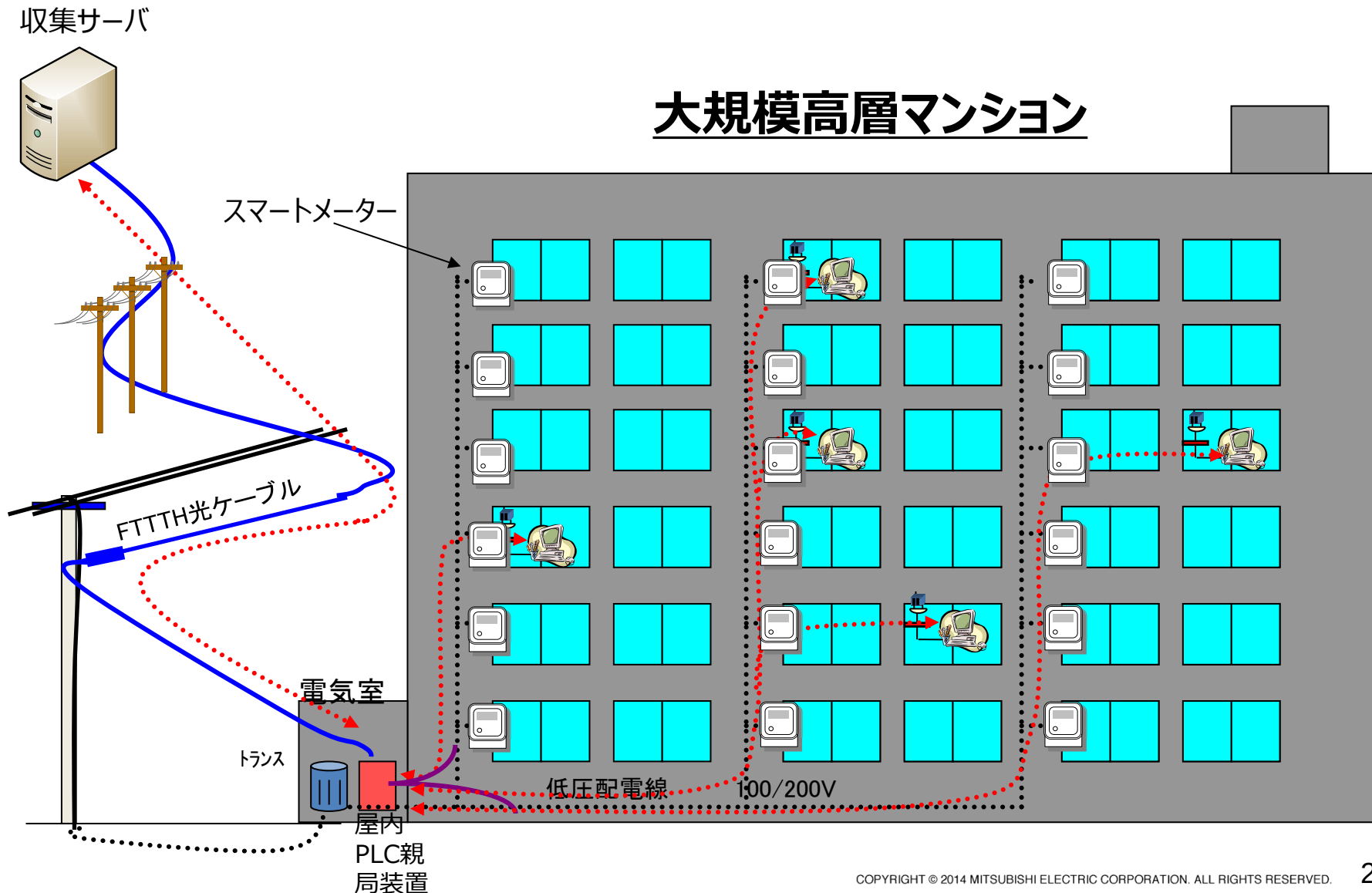
◆ 無線通信（無線マルチホップ/1:N）が不可な場合を補完する位置づけで、有線方式として電源ラインに微弱な高周波変調信号を重畳して、通信を行う方式

- 高層マンションのパイプスペースに設置されるケースなど、無線通信が不可な場所に適用
- G3-PLC(G3 Alliance, ITU-T G.9903, ARIB STD-T84) 準拠の方式



(3) 電力線通信 (PLC)

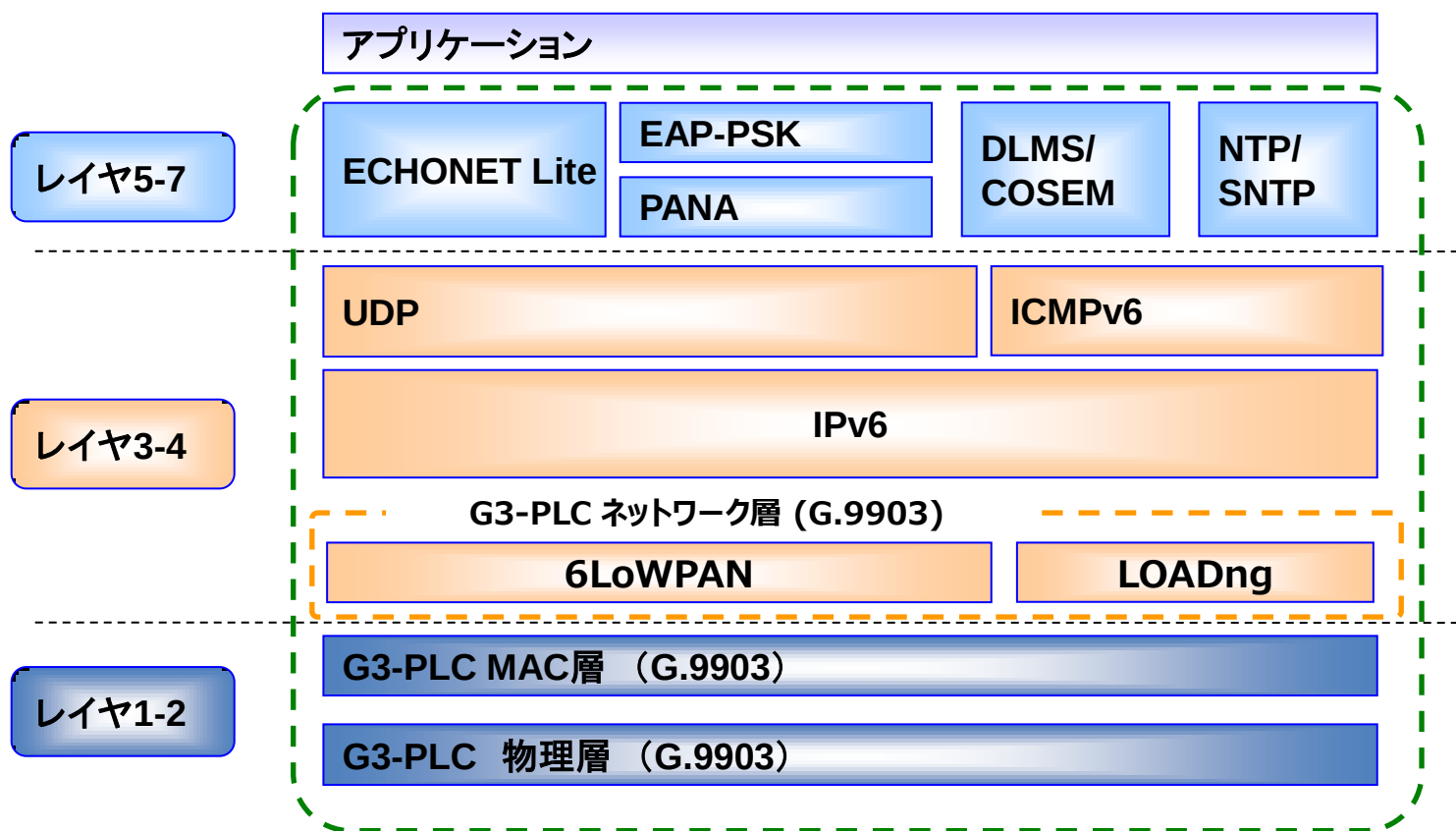
◆PLC通信方式の適用イメージ



(3) 電力線通信 (PLC)

◆プロトコルスタック

G3-PLC規格 (ITU-T G.9903) に準拠した方式を使用し、IPv6,UDPなどの国際標準規格をサポート。



周波数帯 : 154~403kHz, 伝送速度 : 最大131kbps, 変調方式 : OFDM

1. スマートメーターの通信に求められるもの

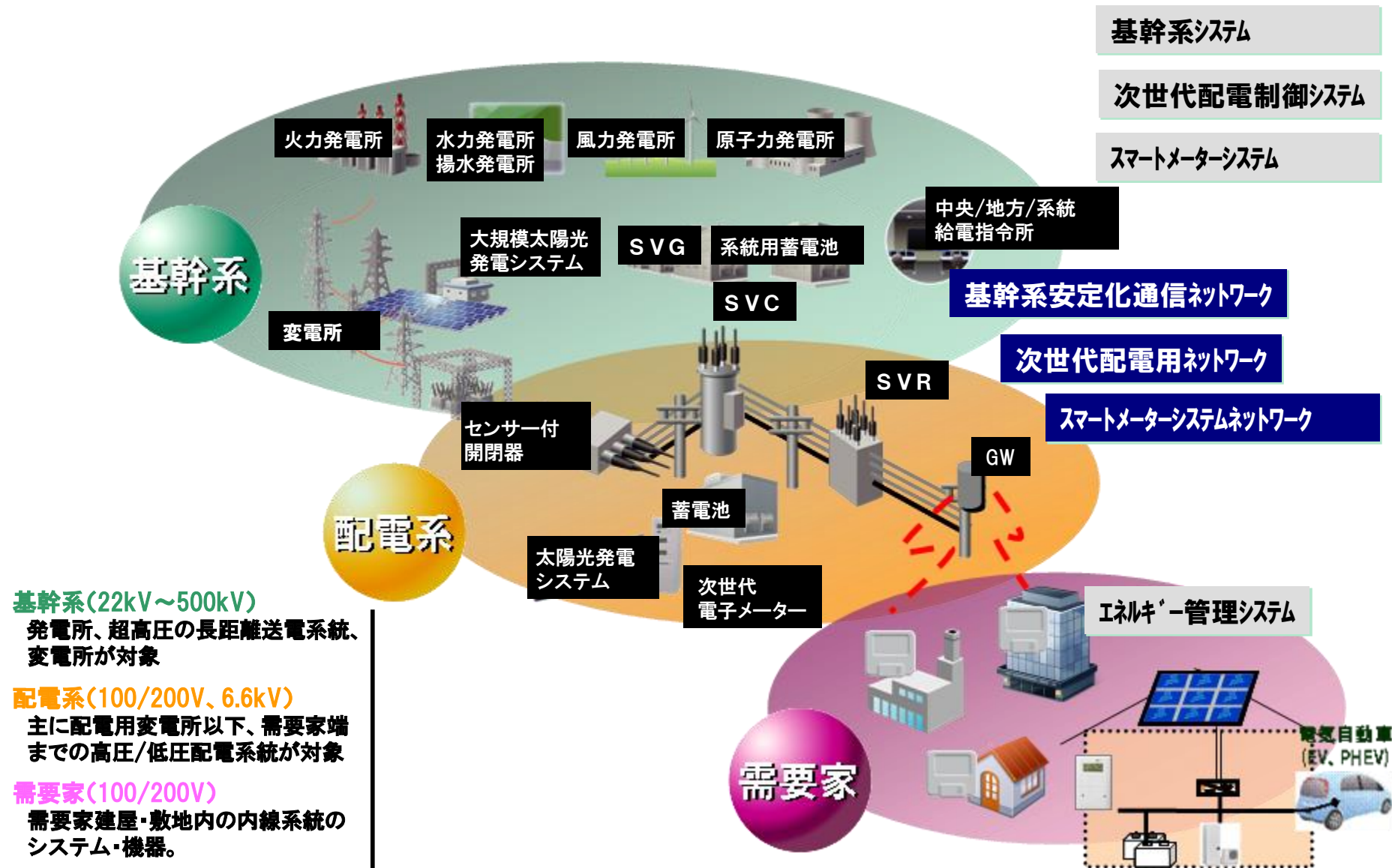
2. スマートメーター通信システム

3. スマートメーターの通信方式

4. スマートグリッド実証紹介

5. まとめ

スマートグリッド実証紹介



スマートグリッド実証主要設備

基幹系

需要家

配電系



- ・需給制御システム
- ・次世代配電制御システム
- ・自動検針システム
- ・エネルギー管理システム

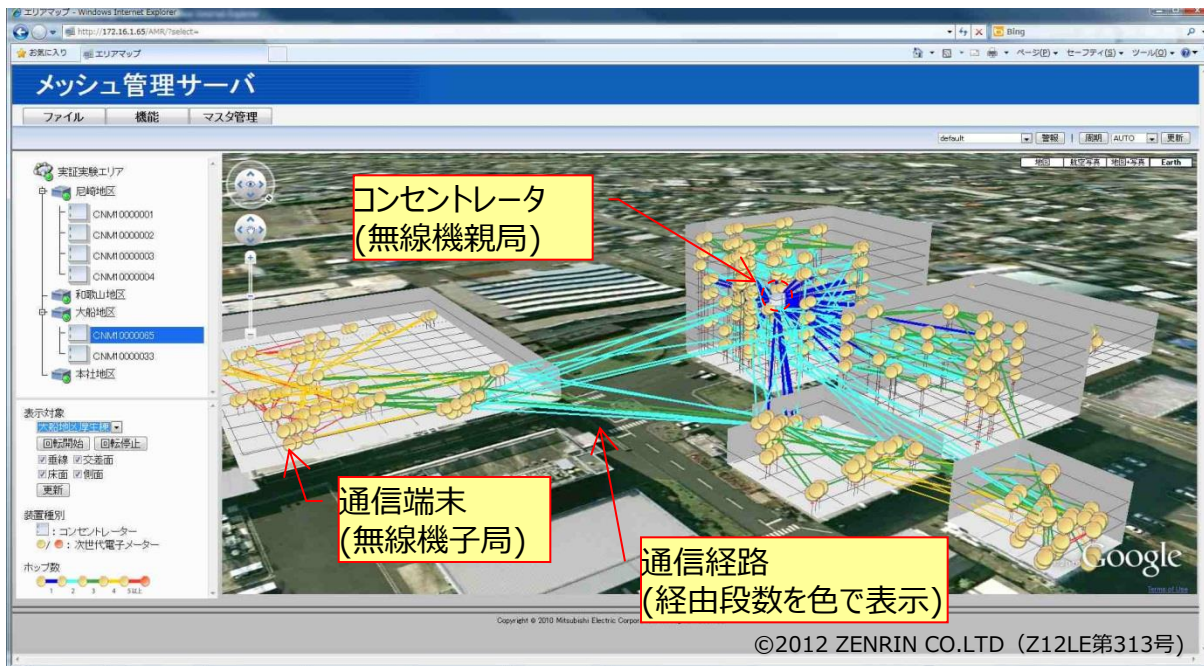
配電ネットワーク

通信ネットワーク



実証試験例 (スマートメーター通信システム)

(1)無線マルチホップ通信状況画面

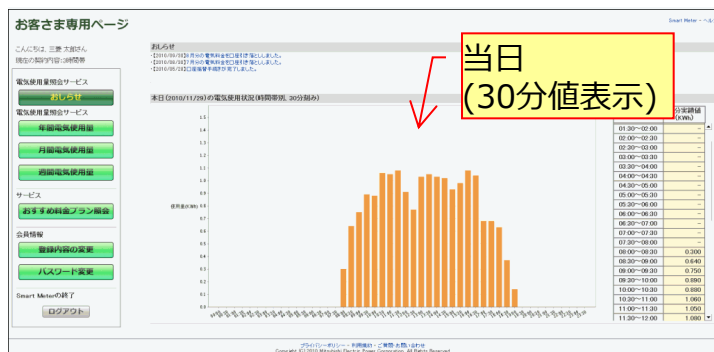


➤工場内の複数建屋に通信端末 (無線機子局)を**500台設置**

➤GW(無線機親局)は**1台に1,000台のメーターの収容が可能。**

➤5分～30分単位でのメーターデータを収集。

(2)30分検針データ取得 (オンライン見える化表示)

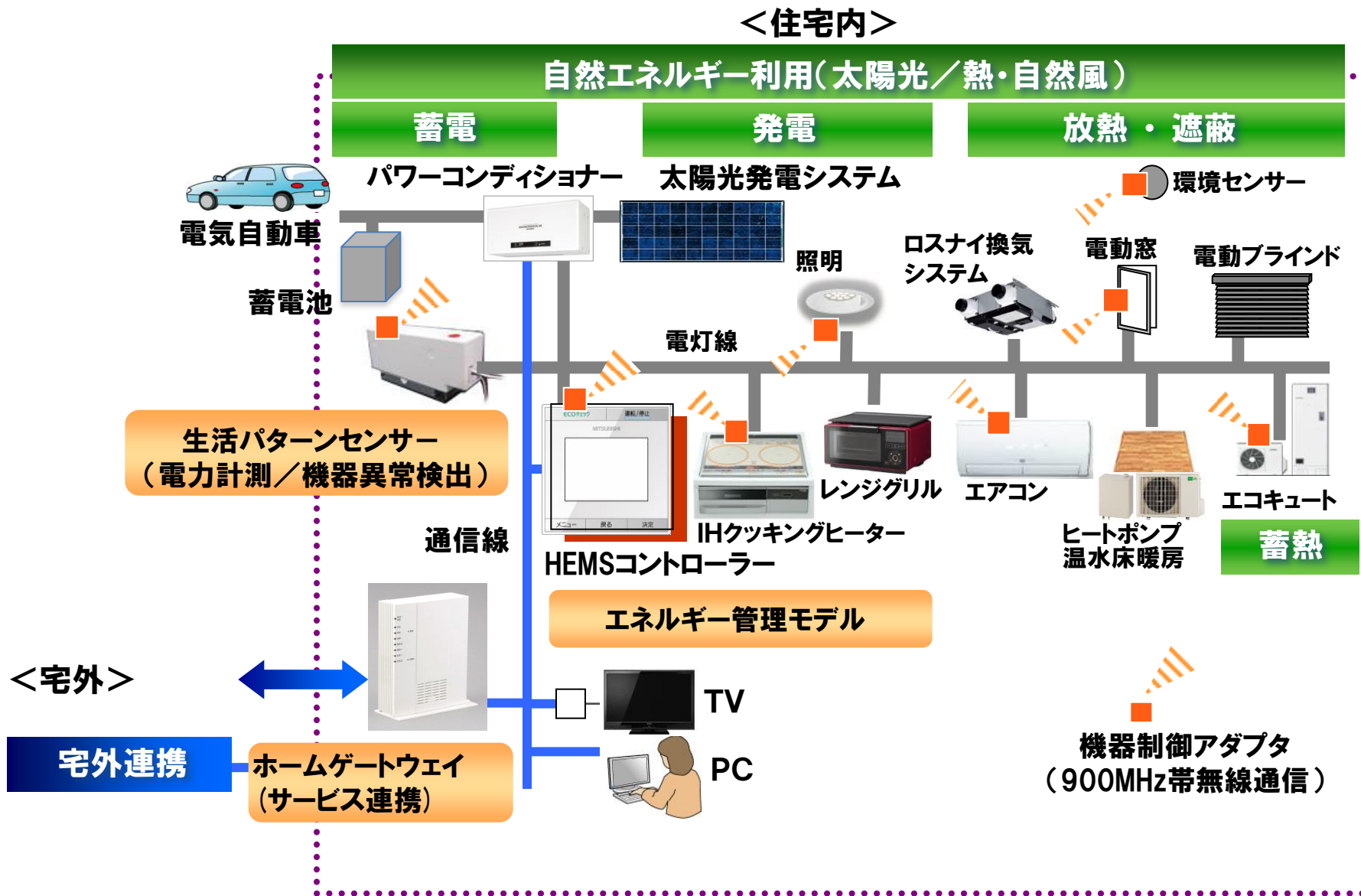


◆外観



- ☐ 自立循環型住宅のガイドラインに沿った高気密高断熱住宅
（東京大学大学院工学系研究科 坂本雄三教授 監修）
- ☐ 自然エネルギー活用と高効率省エネ機器による節電
- ☐ HEMS（Home Energy Management System）による
節電・快適・安全・安心制御

実証試験例（スマートハウス：HEMS構成）



1. スマートメーターの通信に求められるもの

2. スマートメーター通信システム

3. スマートメーターの通信方式

4. スマートグリッド実証紹介

5. まとめ

- ✓ スマートメーターネットワークを構成する通信方式は、複数の通信方式を準備し、適材適所に利用することが必須である。
- ✓ また、スマートメーター通信システムは、将来の技術進歩により新たに導入される通信方式にも柔軟に対応し、長期的に運用可能な構成とする必要がある。
- ✓ スマートメーターネットワークは、数百万軒～数千万軒におよぶ顧客と漏れなく繋がるネットワークであり、定期的に収集される大量のメーターデータを適切に管理する必要がある。
- ✓ 将来のスマートグリッド対応に向けては、フィールドの各種センサ機器と接続する情報通信インフラとなりえるため、ニーズに合わせて柔軟に拡張できることが重要である。