

# 920MHz 帯無線 マルチホップネットワークシステム

橋爪 洋 猪熊 基博 須藤 正之  
福永 茂 川西 素春

OKIグループの成長を目指した方針の一つに、エネルギー・環境などの社会の課題を解決し、人々が安心・安全・快適に暮らす「スマート社会」の実現がある。スマート社会の実現へ向けてOKIが注力する研究開発分野の一つに「スマートネットワーク」があり、OKIの通信事業の新領域とすべく取り組んでいる。スマートネットワークは、これまでネットワークにつながっていなかったさまざまな機器や設備が自律的に情報交換を行なうための基盤となるものである。スマートネットワークには、多くの機器間でセンサー情報などの少量のデータを大量に送受信できること、省エネルギーで長期間稼働できること、設置場所が自由になることなど、現在普及しているブロードバンドネットワークとは異なる要求がある。OKIは、このような基盤の実現へ向けて、無線マルチホップ技術の開発に取り組んできた。2012年7月に発表した「920MHz帯無線マルチホップネットワークシステム」は、スマートネットワーク分野の新商品で、昨今のエネルギー対策でニーズが高まっているビルや家庭のエネルギー管理、および社会基盤として設置される各種設備・機器の管理・制御などのニーズをターゲットとしている。本稿では、この新商品を中心に、スマートネットワーク分野におけるOKIの取り組みを紹介する。

## 920MHz帯無線マルチホップの適用領域

無線マルチホップとは、複数の装置間を電波で中継してバケツリレーのようにデータを伝送する方式で、バックボーンネットワークが無くても無線装置を設置すれば通信エリアが広がることから、用途に応じたネットワークを柔軟にコストパフォーマンス良く実現できる。

920MHz帯は、スマートメタリングなどの需要拡大へ向けて、2012年7月から新たに日本国内で利用可能となった無線周波数である。920MHz帯はWiFi等で使われている2.4GHz帯と比較して電波到達性が高く、特定小電力無線局の429MHz帯と比べて高いスループットを持つことから、ルーチングが必要な無線マルチホップ

ネットワークの構築に適している。また、出力20mWまでは無線基地局の免許が不要のため、必要に応じて建物の構内や一定のエリアなどにアドホックネットワークを構築することができる。920MHz帯は多くのセンサー機器が共同で利用することを想定した周波数帯のため日本の国内無線規格により連続送信時間や1時間あたりの総送信時間などの制限があるものの、前述のメリットから、今後利用が進むと考えられる。

OKIは無線マルチホップ技術の研究開発に早くから着手し、920MHz帯においてもマルチホップの電波到達性、高信頼性、省電力性などに関する実験・検証をいち早く進めてきたほか、920MHz帯の国内技術基準策定やマルチホップ通信方式の国際標準化へも積極的に参加してきた。

920MHz帯無線マルチホップシステムの適用領域は、住宅に設置する家電・エネルギー設備・住宅設備等の連携による家庭のエネルギー管理（HEMS：ホームエネルギーマネージメントシステム）、ビルやプラントに設置した電力計や計測機器を監視・制御するビルのエネルギー管理（BEMS：ビル向けエネルギーマネージメントシステム）、マンションなど集合住宅のエネルギー管理（MEMS：マンションエネルギーマネージメントシステム）、コミュニティや広域な敷地内などに設置された設備や機器間を接続する広域ネットワークのM2M（Machine to Machine）などを想定している。例えばBEMSではビル内で電力メーター間の配線を無線マルチホップ化することで施工にかかるコストを低減し、迅速なサービス導入ができる。

## 920MHz帯無線マルチホップ商品の概要

「920MHz帯無線マルチホップネットワークシステム」は無線ユニット親機、無線ユニット子機、ならびにオプションのネットワーク管理サーバーで構成する（写真1）。同システムは国際標準技術に基づくオープンなシステムを目指しており、国内標準のARIB STD-T108に準拠した920MHz帯無線に対応し、無線レイヤは国際標準のIEEE802.15.4gに対応、ネットワークレイヤは国際

標準のZigBee IP規格に基づいている。

また、これと同時に920MHz無線ICチップベンダーや無線装置ベンダー向けにIEEE802.15.4gに対応したMACレイヤと、ZigBee IPに合わせたネットワークレイヤの通信プロトコルスタックのソフトウェアライセンスを販売開始し、OKIが直接取り組んでいない業種分野においても920MHz無線マルチホップを利用して頂くためのサポートを行なっている。

### OKIの無線マルチホップネットワークの特徴

OKIの無線マルチホップネットワークシステムは、国際標準への準拠に加え、以下の特徴を持つ。

#### (1) 柔軟なマルチホップネットワークの構築

OKIの920MHz帯無線マルチホップネットワークは、書く無線ノードに複数のネットワークを識別するための「ネットワークID」を設定することで、物理的な子機の配置に関わらず、無線マルチホップネットワークの干渉や誤接続がない複数の独立したネットワークを構成することができる。図1に複数のネットワーク構成の例を示す。分割したネットワークAとBの間では、MACアドレスによるフィルタリングやIP統合モデル専用オプションのAAA認証により誤接続が防止される。

#### (2) 動的な経路選択機能

920MHz帯無線マルチホップネットワークにおいて、あるノードが利用中の経路の無線状態が悪化した場合や障害発生時に、ノードが自律的に迂回経路を選択し最適な経路へ切替えることができる。さらにネットワーク管理サーバーを利用することで、親機の異常を検出した場合には、代替の親機への切替えを行うことができる(図2)。



写真1 無線ユニット外観

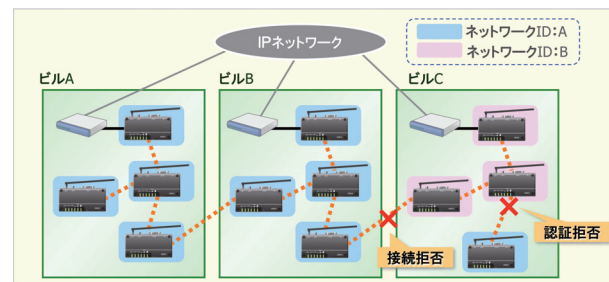


図1 独立したネットワークの構築

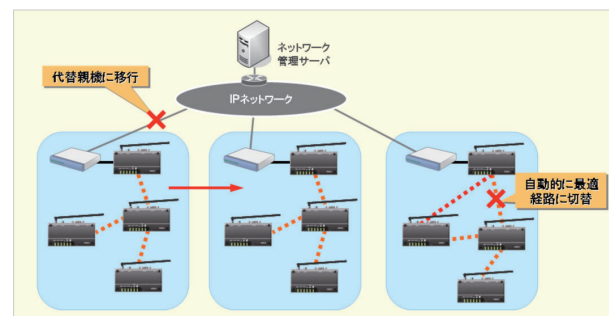


図2 動的な経路選択機能

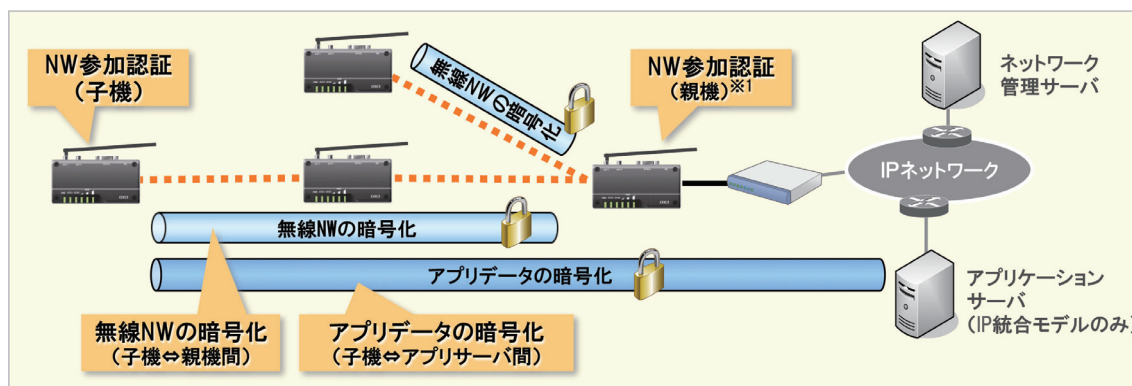


図3 セキュリティ機能

### (3) 高セキュリティ

920MHz帯無線マルチホップネットワークは、下記の各種セキュリティ方式に対応し、データの盗聴、改ざん、不正端末の接続などの悪意ある第三者の攻撃からネットワークを防御することができる(図3 前ページ)。

- ネットワーク参加認証(親機/子機)：MACアドレスフィルタリングにより、不正端末の接続防止、なりすまし防止
- 無線NWの暗号化：無線NW(MACレイヤ)のデータ盗聴防止、改ざんの防止
- アプリデータの暗号化：アプリ間の盗聴防止、改ざんの防止(子機がRS232Cタイプの場合)

## 無線ユニット

920MHz帯無線ユニットは、OKIの無線マルチホップネットワークシステムの中核をなす機器で、用途や接続機器に応じてシステム構成のパターンとして、RS485透過モデルとIP統合モデルがある。

### (1) RS485 透過モデル

RS485は国際標準化されたシリアル通信規格の一つで、バス型のケーブル接続による複数装置間の通信に対応しており、BEMSやスマートメタリングなどで用いられる電力計や各種計測器など業務用の用途で一般に利用されている。RS485透過モデルは、対象の計測器やデータ収集装置のRS485インタフェースに無線ユニットを接続することで機器間の通信データを無線マルチホップネットワークで伝送することを目的としたモデルである。RS485インタフェースの通信データを無線区間で透過するため、計測器やデータ集装置を改造することなく、従来は有線で接続していたネットワークを容易に無線化することができる。既設の建物にBEMS等を追加設置する際に、機器間をつなぐケーブルの管路が確保できない場合などに有効である。

RS485透過モデルは、基本的に無線親機と子機のみでマルチホップネットワークを構成でき、920MHz帯無線ユニットを各計測機器やセンサーと対応するデータ収集装置に接続するだけで動作する。このためネットワーク管理サーバーの運用やデータ収集装置へのドライバ実装などが不要で、手軽にRS485システムの無線化を実現できる(図4)。

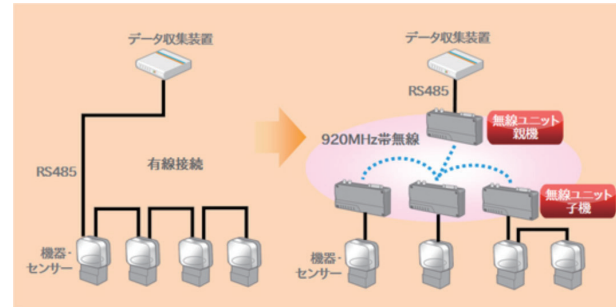


図4 RS485 透過モデル

### (2) IP 統合モデル

IP統合モデルは、機器やセンサーをIPネットワークに接続し、データセンター等に設置したネットワーク管理サーバーから無線ユニットを管理する方式である。ネットワーク管理サーバーを利用すると複数のネットワークを統合管理した大規模なマルチホップネットワークの運用が可能となる。また、障害時の動的な基地局切替機能や複数のネットワークを統合管理できるセキュリティ機能(認証、暗号化)を備えている(図5)。

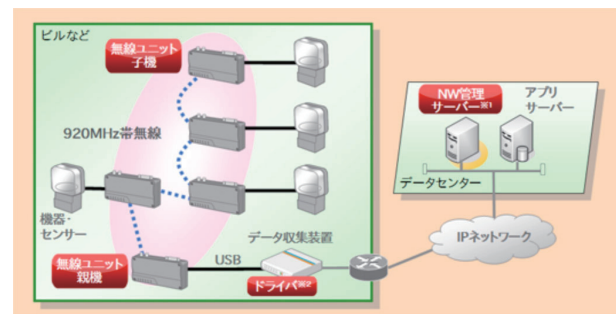


図5 IP 統合モデル

IP統合モデルでは、無線ユニット(子機)からのデータは、無線ユニット(親機)とUSB接続されたデータ収集装置を経由してデータセンターの上位装置(アプリケーションサーバー)までIPv6パケットとして届けることができる。この構成はデータ収集装置に無線ユニット(親機)用のドライバソフトを実装することで実現される。無線ユニット(子機/親機)は、上位装置(アプリケーションサーバー)やNW管理サーバーとIPv6で通信を行なうことができ、データセンターから無線ユニットへの各種設定やファームウェアダウンロードなどができる。

## ネットワーク管理サーバー

920MHz帯無線マルチホップネットワークシステムにおけるネットワーク管理サーバーは、分散配置された無線ユニットを一元的に管理するためのサーバーソフトウェアである。NW管理サーバーは無線ユニットの状態監視と制御を行い、無線マルチホップネットワーク全体を管理するほか、外部のアプリケーションサーバーへサービスAPIを提供できる。また、クライアントPCからWebブラウザを使ってNW管理サーバーの機能を操作でき、無線マルチホップネットワークの動的に変化する通信経路を表示することもできる。主な機能は表1の通り。

表1 ネットワーク管理サーバーの主な機能

主な機能	概要
セキュリティ	接続認証機能 無線ユニットのマルチホップNW接続時のAAA認証
サービスAPI	IPアドレス応答機能 無線ユニットのMACアドレスからIPアドレスを取得 事前共有鍵登録機能 無線ユニットの通信路暗号化に使用する事前共有鍵を登録
監視	アラーム監視 無線ユニットからの警報情報を受信 ICMP監視 無線ユニット(親機)に対して死活監視 アドレス登録 無線ユニットのIPアドレスやIDなどをシステムに登録 経路情報収集 無線ユニットの経路情報を管理(定期/不定期)
保守	ログ保存 サーバーのアプリケーションログ、クライアント操作ログ DB情報定期削除 一定期間以上経過したDB上のアラーム情報を削除 バックアップ/リストア システムのバックアップ/リストア機能を提供

## ソフトウェアライセンス

920MHz無線マルチホップシステムにおけるもう1つの商品は、IEEE802.15.4gに対応したMACレイヤと、ZigBee Allianceが標準化した920MHz ZigBee IPに基づくネットワークレイヤの通信プロトコルスタックのソフトウェアライセンスである。図6に示すように、MACレイヤのソフトウェアは無線ICチップ制御用ドライバとMACレイヤのソフトウェアで構成する。ネットワークレイヤのソフトウェアはIP層(6LoWPAN、IPv6、RPL)、TCP/UDP、TLS(暗号化セッション)、PANA(参加認証)で構成する。MACレイヤ単体の商品と、MACレイヤ+NWライセンスの商品の二種類を品揃えしている。920MHz無線ICチップベンダーや無線モジュールベンダーに利用して頂いており、様々な業種分野において920MHz無線マルチホップが普及することを期待する。

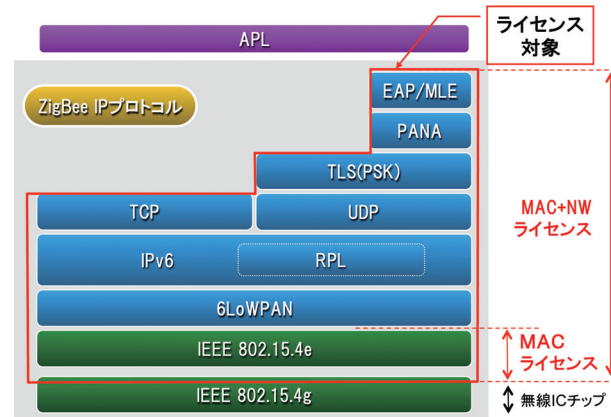


図6 ソフトウェアライセンス

## ホームネットワークへの適用

今後、スマートメタリングやHEMSの普及に伴い、家庭内での無線マルチホップ利用が期待される。例えば、図7(次ページ)に示すように、通信事業者のブロードバンド回線接続用ホームゲートウェイ(HGW)に無線マルチホップネットワークを接続し、家庭内で利用されるエネルギー機器や家電と電力メーターをセンサーネットワークでつなぐことで、家庭内の電力量の可視化や節電の制御に利用することが考えられる。

エコネットコンソーシアムが規定したECHONET Liteは各種家電の監視・制御のための規格を標準化したもので、家庭内の各機器との相互接続を確保しスマートハウスを実現するためのキー技術である。OKIはホームネットワークへの920MHz無線マルチホップの適用を目的に、HGW接続用のUSB dongle型無線ユニットや、無線通信機能を持たない家庭内の各機器をECHONET Liteネットワークに接続するためのECHONET Liteアダプタ等を試作し、パートナーと共に実証実験を行なっている。

また今後電力事業者によるスマートメーターの導入が予定されており、スマートメーターとHEMS機器を繋げることによりデマンドレスポンス(DR)などの新たなサービスの提供が見込まれている。スマートメーターとHEMSの通信方式としても920MHz無線は有力と考えられている。

## ネットワーク構築事例

最後に、920MHz無線マルチホップの構築例を紹介する。

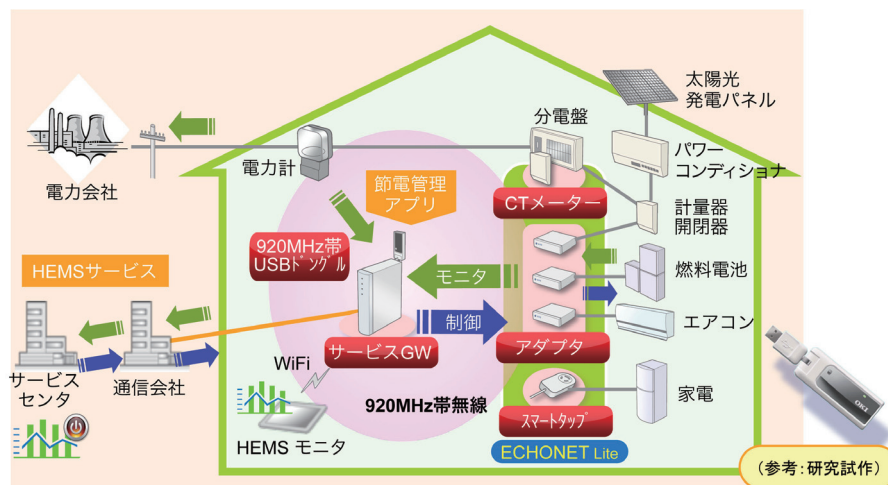


図7 HEMS実現イメージ

### 構築例①：BEMS

BEMSでは、ビル内に多数配置された分電盤や高圧受電設備（キュービクル）などに電力計を設置し、フロアやテナント毎の電力消費量を計測して可視化し、さらにピーク電力の抑制などの制御を行なうことを目的としたシステムで、昨今のエネルギー事情や政府の推奨を反映して導入が急がれている。既設/新設のビル・マンション等では、電力計を監視するための通信を無線化することで工事期間の短縮などの効果があり、BEMS導入促進を促す。920MHz無線マルチホップはその特性からビル全体をカバーできる優れた到達性を持つ。電力計の多くはRS485インタフェースを装備しており、OKIの920MHz無線ユニットは主要な電力計の通信仕様に対応しているため、RS485透過モデルの利用が適している（図8）。

### 構築例②：MEMS(マンションのエネルギー管理システム)

マンション内の各戸スマートメーターを到達性の高い920MHz無線でマルチホップ接続し、データ集装置に検針データを収集する。通信の無線化、動的経路設定の機能により、設置容易性を確保し、施工コストを削減できる。新設だけでなく、配線工事に手間のかかる既設マンションへのスマートメーター展開でコスト削減効果が大きくなる（図9）。

### 構築例③：「共用型ネットワークサービス」

スマートメーター(検針)、HEMS/BEMS、M2M等の複数サービスを収容する共用型ネットワークサービス。事業者個別のネットワークではなく、共用型にすることで通信設備コストを大幅に削減可能となる。複数

サービスが共存できるセキュリティと柔軟なネットワークパスを提供する。スマートメーター、RS485/232C対応機器など多様な機器・センサーに接続できる（図10）。

#### <メリット>

**広域化：**複数のマルチホップネットワークを広域に構築することで様々な機器間の通信（M2M）を実現し、ネットワーク管理サーバーから一元管理が可能

**共用型：**複数サービスが共存できるセキュリティと柔軟なネットワークパスを提供可能で、サービス毎に個別のネットワークではなく、共用することで通信設備を削減、スマートメーター、RS485/232C対応機器など多様な機器・センサーに接続可能

**コスト低減：**無線化により設置工事を簡略化、機器間を920MHz無線での自営網化により、データセンターとの接続回線費を削減

### 今後の取り組み

OKIは、今回発売した製品をベースに、M2MやBEMS、HEMSの迅速な導入や、周辺機器との相互接続性向上などをサポートし、スマート社会の実現に貢献してゆく。◆◆

### ●筆者紹介

橋爪洋 Hiroshi Hashizume.

猪熊基博 Motohiro Inokuma.

須藤正之 Masayuki Suto.

福永茂 Shigeru Fukunaga.

川西素春 Motoharu Kawanishi.

通信システム事業本部 スマートコミュニケーション事業部

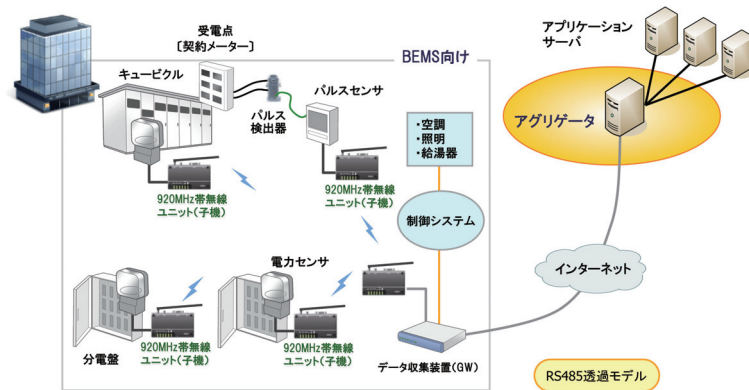


図8 構築例①：BEMS

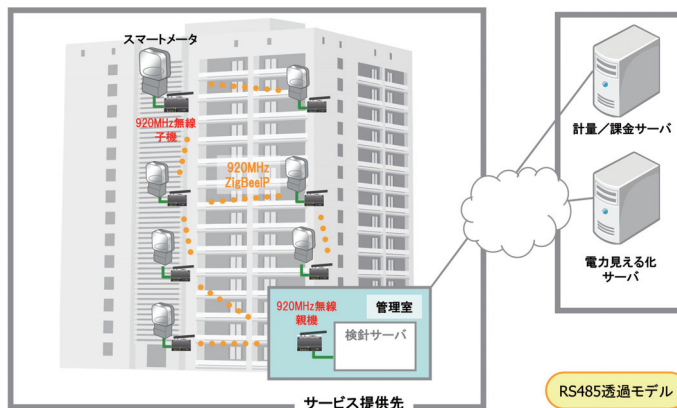


図9 構築例② MEMS (マンションのエネルギー管理)

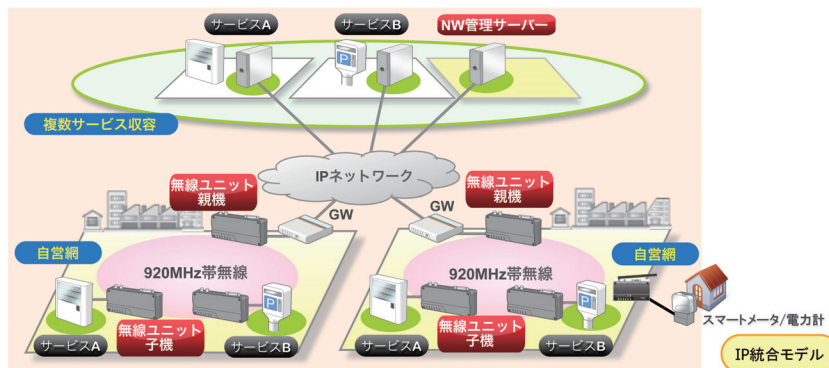


図10 構築例④ 「共用型ネットワークサービス」

# TIPS

## 【基本用語解説】

### IEEE802.15.4g

IEEE802.15.4 は、無線センサーネットワークなどに広く使われる無線方式。IEEE802.15.4g はスマートメーター向けの物理層の修正規格。

### ZigBee IP

無線マルチホップネットワークの国際規格である ZigBee の規格検討、策定を行っている国際的な業界団体 ZigBee Alliance が策定した IP 対応の ZigBee 規格。IETF で標準化された 6LoWPAN、IPv6/RPL 等の技術を組み合わせて IP 対応の無線マルチホップ通信を行うことができる。

ZigBee IP 1.0 規格は、日本国内では一般社団法人情報通信技術委員会 (TTC) で TTC 標準 JJ-300.10 の方式 B として標準化されており、右記 URL から参照できる。 <http://www.ttc.or.jp/j/info/topics/201302251/>