

# マルチホップ・メッシュ無線ネットワーク 「国際無線通信規格 Wi-SUN FANの最新動向」



京都大学  
大学院情報学研究所  
教授

はらだ ひろし  
原田 博司



株式会社  
日新システムズ  
システムソリューション  
事業部 企画開発部  
室長

かしわぎ よしお  
柏木 良夫



ローム株式会社  
オプト・モジュール  
生産本部 技術員

さた てるみ  
佐多 輝実

## 1. はじめに

近年、エネルギー、農業、ものづくり、医療、防災、減災の分野において、ネットワークやIoT (Internet of Things) を利活用して経済成長や健康長寿社会の形成等の社会変革につなげていく「超スマート社会」の実現が検討されている。この社会を実現するための通信システムとして現在Wi-SUNアライアンスでは以下の特徴を有するWi-SUN FAN (Field Area Network) の認証をスタートさせた。

- ・マルチホップ可能な長距離通信 (920MHz)
- ・セキュアな証明書ベースの認証
- ・容易な導入とメンテナンス、自律型メッシュ
- ・オープンな標準規格による長期にわたる利用
- ・信頼性と障害からの回復力
- ・応答性能と高速通信と低い周波数占有率
- ・マルチベンダによる相互接続性

本稿では、このWi-SUN FANの概要、特徴的な技術及び最新の動向について紹介する。

## 2. Wi-SUNアライアンス

IEEE 802.15.4規格をベースに、スマートメーター、エネルギーマネージメント、防災、工場等の各種アプリケーションを実現するために他のオープンな国際標準規格と融合させ、開発ベンダ間で相互接続可能な国際無線通信規格Wi-SUNプロファイルを制定する非営利法人である。現在、会員企業は全世界に200社以上である。現在、5つのWi-SUNプロファイルが検討されているが、スマートメーターと宅内エネルギー管理システム(HEMS)との間の通信プロファイルWi-SUN HANは全国内の電力会社に採用され、当該仕様が搭載されているスマートメーターは東京電力を中心に既に2000万台以上出荷されている。このプロファイルは宅内での利用を想定している。また、非常に大規模な屋外通信IoTインフラストラクチャを実現できるプロファイルも検討されており、それがWi-SUN FANである。Wi-SUN

FANの実装は、IoT、電力システム、スマートメーターなどの大企業を含めて世界の各国にて進められており、参入企業は今後も増加すると考えられる。また、参入企業は企業の壁を越えて、仕様の策定とメンテナンスや定期的な相互接続試験を行っている。

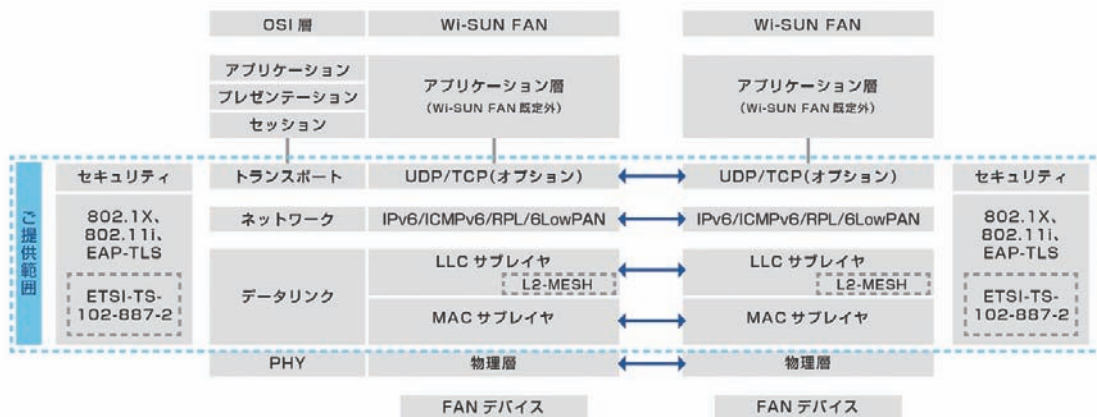
## 3. 国際標準規格のWi-SUN FAN

Wi-SUN FANは、Wi-SUNアライアンスのFANワーキンググループにより仕様策定された非常に大規模な屋外通信インフラストラクチャ用の通信プロファイルである。Wi-SUN FANを使用すると、スマートメーターやスマート街灯などの産業用機器を1つの共通のネットワークに相互接続が可能となる。

通信インフラストラクチャを実現する場合、長期間の運用が前提になるため、標準化されていない通信プロトコルは選ぶべきではない。特に公共的あるいは社会的なシステムにどのようなプロトコルの通信を適用すべきかどうかの判断は非常に重要である。以下、Wi-SUN FANの特徴を順に紹介しつつ、そのメリットを解説する。

### (1) オープンな標準仕様

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) は生活の中で利用される様々な通信の規格を制定する標準化団体であり、そのプロセスは公開されており常に公平で民主的な手段を経て標準化される。IETF (The Internet Engineering Task Force) はインターネット技術の標準化団体であり、各国のエンジニアがオープンに議論して合意を形成し、RFC (Request For Comments) と呼ばれる文書を発行する。Wi-SUN FANは図1に示すようにIEEE、IETFのほか、TIA (Telecommunications Industry Association)、TTC (Telecommunication Technology Committee)、ETSI (European Telecommunications Standards Institute) などの組織によるオープンな世界標準を基にWi-SUNアライアンスの平等で世界的なメンバーが参加するFANワーキング



■ 図1. OSI参照モデルとWi-SUN FAN

グループにより策定されたオープンな標準仕様である。また、Wi-SUNアライアンスでは単なる仕様の策定にとどまらず、プロトコルの正しい実装を確認するための技術基準適合試験仕様、相互接続性を確認するための相互接続試験仕様を策定している。そしてこれらの試験仕様を基に、世界各国の認証機関と共に認証試験設備を構築する。Wi-SUNプロファイルを搭載した機器を製造するベンダは、この認証機関が提供するシステム認証試験に合格することにより、正式な認定製品としてWi-SUNアライアンス規定のロゴを使用することができる。このようなオープンな仕様により、個社の利益だけを求めるような市場の独占を排除し、平等な市場競争を生み出して利用者の利益を保護することで社会への貢献を行っている。

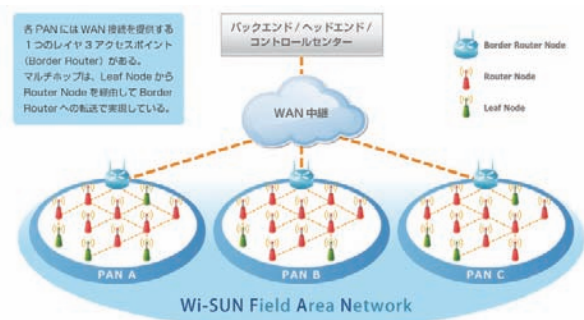
## (2) マルチホップ・メッシュネットワークへの対応

マルチホップ・メッシュネットワークは、一般的に用いられるスター型ネットワークとは異なり、図2に示すとおり多段にデバイスを接続してメッシュ状にデバイスを構成し、面的なエリアをカバーすることができる方式である。デバイスの冗長な配置により、複数の経路ができるため、単一障害点によるシステム全体の障害を極力避けて、より安全なネットワークを構築することが可能となる。

これにはIETFのオープンな仕様であるRPL (IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Network) と呼ばれるプロトコルを採用している。RPLにより、近隣のデバイスを自動的に発見し、自律的にメッシュネットワークを構築する。通信経路はデバイス同士が交換する無線通信品質を基にデータを収集するアクセスポイントであるボーダルータ (Boarder router) までの仮想的な距離であるRank値を計算してRankが最も小さい経路を最適経路と判断して通信

を行う。

設置後の地勢の変化や突発的な電波障害に対して、他の経路を選択することで安定したシステムの運用が可能となる。



■ 図2. マルチホップ・メッシュネットワーク

## (3) 高度な認証と暗号通信

RADIUS/AAAサーバによる認証を採用しており、認証方式にはEAP-TLSを使用する。接続されるデバイスには、クライアント証明書を設定できる。許可されたデバイスのみボーダルータ側で一元管理されるため、経路が変わってもデバイスごとの設定は不要となる。また、暗号には非常に強力なAES暗号を用いて安全な通信が可能となっている。クライアント証明書は、Wi-SUNアライアンスによって指名されたGlobalSign社の発行する証明書を使用することができる。本格的にシステムを稼働させる際には、正式なクライアント証明書で運用できるよう設計されている。

## (4) 周波数ホッピング

国内においては、50kbps通信時922.40MHz (33ch) から928.00MHz (61ch) の28ch、150kbps通信時には922.50MHz (33、34ch) から927.70MHz (59、60ch) の14chの範囲で各デバイスはチャンネル切替えを行いながら動作させる。ユニキャ

スト通信の場合は、各デバイス自身が持つEUI-64のMACアドレスをキーに、ブロードキャスト通信の場合は疑似乱数であるTR51CF (TR51 Channel FunctionあるいはDH1CF (Direct Hash Channel Function) により利用チャンネルを計算し、一定の周期ごとにチャンネルを切替えて通信を行う。チャンネル切替えはシステムの目的や運用に合わせて変更が可能となっている。また、切替えチャンネルの範囲あるいはチャンネルマスクを個々のデバイスに設定することも可能で、柔軟なシステムを構築することができる。周波数ホッピングによって電波干渉やノイズなどに耐え得る強固なシステムを構築するとともに秘匿性の高い通信ができる。現在の電波法では、Wi-SUN FANの電波帯において1時間に6分のみを送信時間制限があるが、周波数ホッピングにより複数チャンネルを使用すれば1時間に12分の制限に緩和される法改正の早急な施行が期待されている。

## 4. Wi-SUN FAN認証試験システム

Wi-SUN FANの特徴を解説したが、このように複雑なシステムの試験項目は莫大な数になっており、Wi-SUN FANワーキンググループでは、各社の実装と平行しながら試験仕様も含めて2年以上の期間をかけて自動試験テストベッドを構築してきた。認証を受ける各ベンダはまず社内にてテストベッドを構築し、自己試験の合格を確認してから認証を受ける手順を踏んでいる。

テストベッドシステムは、全てのテスト制御を行うTBC (Test Bed Controller) とTBCから制御により動作する複数のTBU (Test Bed Unit)、テスト対象となるDUT (Device Under Test) 及びプロトコルアナライザの4つの種類に分類される。

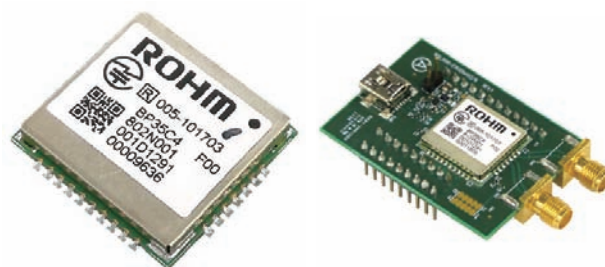
TBUは、各社のデバイス依存の制御インタフェースを隠蔽するラップ機能を有しており、TBCはベンダに依存することなく共通のプロトコルを用いてTBUを制御して、DUTに対して様々な試験を行う。TBCは、TBUとDUTの通信をプロトコルアナライザによりモニタして、仕様書に定義されているパケットと比較して、機能的側面と相互接続性において合否判定を行う。

実際の試験では公平を期すために認証試験自体は、Wi-SUNアライアンスのオブザーバーメンバーである世界各国の認証機関にて実施される。最初のWi-SUN FANの認証局として選ばれたのが、台湾のAllion Labsである。Wi-SUN FANワーキンググループにより各社で協力し、台湾Allion Labsでテストベッドを構築し、実際の試験を繰り返して確

実な環境を作り上げた。その後、Wi-SUNアライアンスのテストベッドの妥当性確認の手順を経て、最初の正式な認証局と認められた。

## 5. 世界で最初のWi-SUN FAN認証を取得

京都大学 大学院情報学研究科 教授 原田博司の研究グループと、株式会社日新システムズ、ローム株式会社は共同開発によって、2016年11月に最初にマルチホップを含むWi-SUN FANに対応した無線機の基礎開発に成功した。その後、認証取得に向けた機能改善を行い、図3の機器にて台湾のAllion Labsにおいて2019年1月30日に世界で初めて(Wi-SUN FANとしては認証番号が最初)となるWi-SUN FAN認証を取得した(図4)。



■ 図3. 認証を取得した機器



■ 図4. Wi-SUN FAN製品認定書

## 6. おわりに

今回のWi-SUN FAN認証試験では、他にもCisco、Itron、Landis + Gyr、Renesas社の4社が合格している。このニュースは世界中で反響を呼んでおり、今後の様々な産業においてWi-SUN FANが採用されていくことが予想される。