

新国際無線通信規格 Wi-SUN FAN に対応した無線機の基礎開発に成功

—手軽に IoT が実現できるマルチホップ対応 無線通信ソリューションを提供—

ポイント

- 半径数 km 内に存在する数百のセンサーからの情報を IPv6 による無線多段中継(マルチホップ)を利用して、低消費電力で収集
- 製造ベンダー間で相互接続性がある新国際無線通信規格 Wi-SUN FAN を初めて無線機の形で実現
- 国際規格対応によりアプリケーション開発が非常に容易になり、マルチホップを利用した IoT 開発が促進

内閣府 総合科学技術・イノベーション会議 (CSTI) が主導する革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) の原田博司プログラム・マネージャー (PM) の研究開発プログラムの一環として、京都大学 情報学研究科 原田博司教授の研究グループは、ローム株式会社 小宮邦裕 通信モジュール開発課課長の研究グループと共同で、数kmに存在する数百のセンサーからの情報をIPv6 によるマルチホップを利用して、低消費電力で伝送可能なIoT (Internet of Things: “モノ”のインターネット) 向け新国際無線通信規格Wi-SUN FAN (Field Area Network)に対応した無線機の基礎開発に成功しました。

これまでのマルチホップ可能な無線センサーネットワークの技術は、製造ベンダー間で相互接続可能な技術仕様化はされていない独自仕様であったため、自由に機器開発、アプリケーション開発できず、IoT 実現のための障壁になっていました。

今回開発した無線機は、1ヶ月 2000 オペレーションで最大 10 年間、センサーからの情報を収集可能であり、PM自らが副議長として制定したIEEE802.15.4g技術を核に、IPv6 方式およびIPv6 でマルチホップな方式を融合し、製造ベンダー間で相互接続性があるWi-SUN FAN仕様を初めて無線機の形で実現したものです。そのため、アプリケーション開発が非常に容易になり、マルチホップを利用したIoTがより促進されると期待されます。

なお、本研究の通信プロトコルを実現する通信ミドルウェア部は京都大学が株式会社日新システムズ (本社：京都、代表取締役社長&CEO：竹内嘉一) の協力を得て開発しており、今後、商用化される予定です。また、本無線機はローム株式会社により商用化される予定です。本研究成果は、11月16日より開催される組込み総合技術展「Embedded Technology 2016」において展示する予定です。

本成果は、以下のプログラム・研究開発課題によって得られました。

内閣府革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)

<http://www.jst.go.jp/impact/>

プログラム・マネージャー：原田博司

研究開発プログラム：「社会リスクを低減する超ビッグデータプラットフォーム」

研究開発課題：「超ビッグデータ創出ドライバ用システム統合技術の研究開発」
「超ビッグデータ創出ドライバ狭域系無線機の研究開発」

研究開発責任者：原田博司 (京都大学 大学院情報学研究科)
小宮邦裕 (ローム株式会社)

研究期間：平成28年度～平成30年度

本研究開発課題では、数 km 以内のエリアに存在する数万のメーター、センサーからデータ収集、機器制御を行う超ビッグデータを創出可能な低消費電力無線機の研究開発に取り組んでいます。

■原田博司プログラム・マネージャーのコメント■



社会リスクを低減する超ビッグデータプラットフォームを構築するためには各種センサー、メーター、モニターから創出されたビッグデータを効率的に処理エンジンに伝送する必要があります。一方で社会実装を行うために容易にプログラミング可能であり、かつ小型、低消費電力、低コストである国際標準化された無線機を実現する必要があります。今回開発した Wi-SUN FAN はこのすべてを満たす国際無線通信規格です。今回この規格に対応した無線機の開発に成功したことにより、全世界で Wi-SUN FAN システムが今の無線 LAN システムのように広がることが期待されます。

<研究の背景と経緯>

ImPACT 原田博司プログラム・マネージャーの研究開発プログラムでは、現状のビッグデータ規模を遥かに凌ぐ「超ビッグデータ」の創出・活用を可能とする超ビッグデータプラットフォームを構築し、この技術による新たな社会応用として、製造工場へのサイバー攻撃、故障の撲滅を目指すファクトリセキュリティと予見先取ヘルスケア・医療サービスを目指すヘルスセキュリティに関する研究開発を行っています。

この超ビッグデータプラットフォームの実現のためには各種センサー、メーター、モニター等の各種計測器に無線デバイスを備え、創出されたビッグデータをインターネット等を介して効率的に処理エンジンに伝送する必要があります。これは、IoT(Internet of Things: “モノのインターネット”)とも呼ばれています。

この無線による IoT ネットワーク実現のためには、高品質で長距離かつ安全でかつ消費電力の低いネットワーク技術が必要となります。こうした中、京都大学 原田研究室は低消費電力で IoT を実現する無線通信方式を開発し、米国 IEEE802.15.4g において国際標準化をしました。また、ローム株式会社はこの規格に準拠した通信モジュールを開発してきました。また、両者は IEEE802.15.4g をベースにした無線通信規格の技術適合性・相互接続性認証を行う Wi-SUN アライアンスを理事会メンバーとして構築し、国内外 100 社以上の企業と本技術の普及促進を行っています。この Wi-SUN アライアンスにおいては 2016 年 5 月 16 日に新国際無線通信規格 Wi-SUN FAN の仕様書を発表しました。Wi-SUN FAN は電気・ガス・水道のメーターリング、環境、人の行動等を管理、制御するスマートシティ、そして工場、医療用センシングを構築する様々な IoT アプリケーションにおいて、IEEE802.15.4g 規格の低消費電力無線伝送技術と IPv6 によるマルチホップ技術を利用した、相互運用可能な低消費電力 IoT 無線通信技術です(図1)。この Wi-SUN FAN は、米国 IEEE802.15.4/4g/4e を無線伝送部に持ち、米国 IETF 6LowPAN を介して IPv6 パケットの伝送を可能とし、米国 IETF RPL(IPv6 Routing Protocol for Low power and Lossy network)によるマルチホップ技術、米国 IEEE802.1x の認証方式を利用した、通常の無線 LAN と同様の手軽さで IoT を実現できるシステムです(図2)。

しかし新規格に対応した無線機の基礎開発はまだ十分行われておらず、その有用性を広く伝えることができていませんでした。また、現状の各製造ベンダーごとに独自開発されている IoT 無線通信技術は通信仕様がオープン化されておらずアプリケーション開発が難しいという問題がありました。

＜研究の内容＞

今回、Wi-SUN FANに対応した基礎無線機(図3)を開発し、同無線機を複数台用いて、マルチホップを利用したIP通信を行う基礎実験に成功しました(図4)。

この無線機は、Wi-SUN FAN仕様書に記載の以下の機能を持ちます。

- 日本で運用上必要となるIEEE 802.15.4/4g/4eに対応した物理層、MAC層
- 1ホップあたり最大1km程度の伝送距離を実現するIEEE 802.15.4g物理層
- 6LoWPAN、IPv6に代表されるIETF制定のアダプテーション層、ネットワーク層、トランスポート層
- RPLを用いたマルチホップ通信方式

本無線機は、IEEE802.15.4/4g/4e技術を核に、WiFi™システムで導入実績のあるインターネット接続用国際規格、及びIPをベースに無線機間のマルチホップを実現する国際規格を統合した機能を搭載しています。そのため、WiFi™システムと同様にアプリケーション開発が簡単にでき、スマートシティ、スマートメタリングを構成する各種センサー、メーター、モニターを手軽にインターネットに接続できます。

本成果は、IEEE 802.15.4/4g/4eの標準化・開発実績のある京都大学の原田研究室が本仕様に対する無線機の基本設計を行い、ローム株式会社が本仕様に対応した通信モジュールの開発および無線伝送部の基礎ソフトウェアを開発し、日新システムズ株式会社が基本設計にもとづき本仕様に対応した通信ミドルウェアの開発を行いました。

＜今後の展開＞

今後、3者はWi-SUNアライアンスが主催するWi-SUN FAN相互接続性仕様検証イベントに参加し、Wi-SUN FAN規格の技術適合性・相互接続性認証仕様作成に貢献するとともに、本無線機を仕様に完全準拠するための開発を京都における産学連携コンソーシアム「次世代Wi-SUN共同研究コンソーシアム・京都」を基盤として推進します。また、工場の制御機器、医療機器にも接続して、超ビッグデータの創出実験を行う予定です。

＜参考図＞

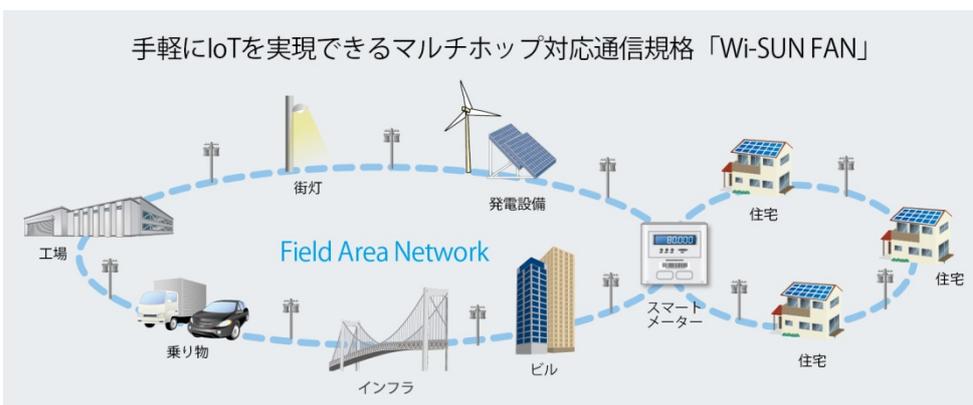


図1 Wi-SUN FANの概要図

| | |
|----------------|---|
| アプリケーション層 | 各種センサー, メーター, モニター |
| トランスポート層 | UDP |
| ネットワーク層 | IPv6, ICMPv6, ルーティング: RPL |
| アダプテーション層 | 6LoWPAN |
| データリンク層 (MAC層) | IEEE 802.15.4e (暗号化を含む) |
| 物理層 | IEEE 802.15.4g (920MHz, FSK, 50, 100 kbps) |
| セキュリティ | IEEE 802.1x |

図2 Wi-SUN FANの通信スタック



図3 開発した無線機の外観および基本仕様(左:アクセスポイント、右:端末)
周波数は 920MHz 帯、変調方式は FSK を利用。伝送速度は 50 kbps もしくは 100kbps。

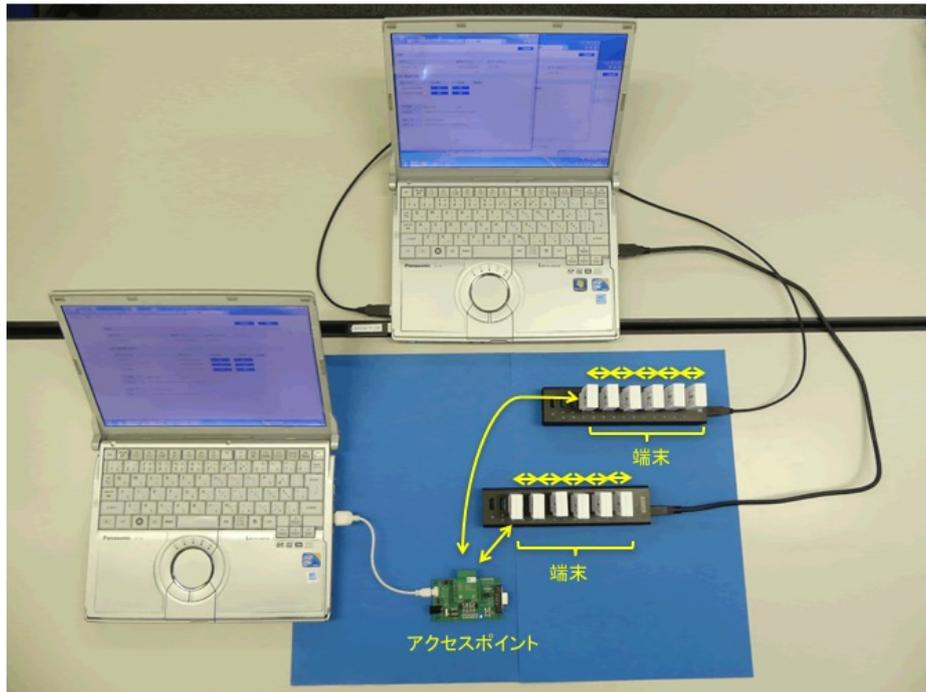


図4 開発した無線機を用いたマルチホップ実験
アクセスポイントから2台の端末に接続し、その2台からマルチホップで伝送。

<用語解説>

・Wi-SUN FAN (Field Area Network)

Wi-SUN アライアンスが制定するスマートメータリング、配電自動化を実現するスマートグリッド及び、インフラ管理、高度道路交通システム、スマート照明に代表されるスマートシティを無線で実現するためのセンサー、メーターに搭載する IPv6 でマルチホップ可能な通信仕様。2016 年 5 月 16 日にバージョン 1 が制定。Wi-SUN FAN ワーキンググループで制定。物理層部に IEEE 802.15.4g、データリンク層に IEEE 802.15.4/4e、アダプテーション層に IETF 6LoWPAN そしてネットワーク層部に IPv6、ICMPv6、トランスポート層に UDP、そして認証方式として IEEE 802.1x を採用している。また製造ベンダー間の相互接続性を担保するための試験仕様等も提供されている。

・IEEE 802.15.4g

屋外で利用可能なセンサー、メーター等に搭載し、エネルギー管理などを行うために必要となる無線通信伝送部（物理層）の国際標準規格。1 ホップ最大 1 km 程度の多段伝送が都市部でも実現でき、低消費電力に IPv6 等の情報を伝送できる特長を有する。米国 IEEE802.15 委員会が制定。京都大学 原田博司は、この標準化委員会の副議長であり、フレーム同期部コードが強制規格に採用される等技術的なメジャーコントリビュータである。

・Wi-SUN アライアンス

IEEE 802.15.4g 規格をベースにエネルギー管理、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、製造ベンダー間で相互接続可能な国際無線通信規格「Wi-SUN Profile」を制定する任意団体。現在会員企業は全世界に 100 社以上。スマートメーターと宅内エネルギー管理システム（HEMS）との間の通信規格「Wi-SUN ECHONET」は全国の電力会社に採用。現在すでに当該仕様が搭載されているスマートメーターは 700 万台以上出荷。今後は東京電力管内で 2000 万台以上出荷される予定。詳細は <http://www.wi-sun.org> を参照。

・IETF

インターネット技術の標準化を推進する任意団体。コンピュータシステムを相互接続するため、共通の技術仕様策定を議論するグループから発展したもの。

・IETF 6LoWPAN

IEEE 802.15.4 で標準化された物理層、MAC 層方式で効率的に IPv6 のパケットを伝送するためのインターフェースを定めるための仕様。IETF で規格化されている。IPv6 はアドレス等を記載するヘッダ部分の情報が大きく、センサー系の無線システムで伝送するために負荷がかかる。そのために、ヘッダ部分を圧縮することを行う。また、IPv6 のデータ部分の情報部分が大きくなった場合は、分割して伝送することを行う。

・IETF RPL (IPv6 Routing Protocol for Low power and Lossy network)

ネットワーク層で IP をベースに機器間をマルチホップでデータ伝送する仕様。米国 IETF で規格化されている。