

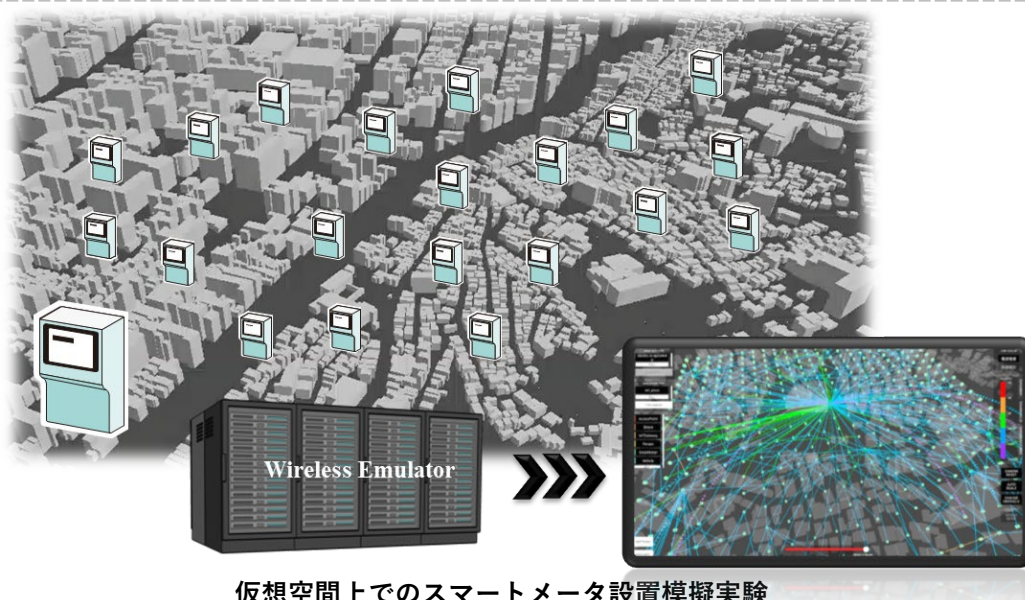
都市空間に設置された IoT 用無線システムを 仮想空間で評価するデジタルツイン・ワイヤレスエミュレータを開発

概要

国立大学法人 京都大学大学院情報学研究所の原田博司教授の研究グループ（以下 京都大学）と国立研究開発法人情報通信研究機構（以下 ^{エヌアイシーティ}NICT）の総合テストベッド研究開発推進センターは、次世代電力スマートメータ等での利活用が期待されている IoT（Internet of Things）用国際無線通信規格 Wi-SUN FAN（Field Area Network）¹を仮想空間で評価するデジタルツイン²・ワイヤレスエミュレータ³を開発し、住宅密集地の都市空間 3D データと Wi-SUN FAN 無線機の配置を入力することにより、スマートメータを 500 台配置した場合のエミュレーションを実施し、データの伝搬経路や伝搬品質の評価・可視化に成功しました。今回の成果により、実空間に無線機を数百台設置して試験を行わなくてもエミュレータを用いて現実空間を模擬した検証をすることが可能になり、システム導入前の電波の到達性や網羅性など、設置設計の精度向上が期待できます。

■ポイント

- ・ NICT が開発したワイヤレスエミュレータ上に、都市空間 3D データと京都大学が開発した Wi-SUN FAN 無線機の配置データを入力し、無線機間の建物の遮蔽等を考慮した電波伝搬特性を計算
- ・ 計算で得られた電波伝搬情報を実デバイスに搭載可能な Wi-SUN FAN 通信機能ソフトウェアで構築された仮想無線機に入力して仮想空間上にてマルチホップ(多段中継)経路構築とパケット伝送を実施
- ・ 住宅密集地にスマートメータを 500 台配置した場合のエミュレーションを実施、データの伝搬経路や伝送品質を可視化



仮想空間上でのスマートメータ設置模擬実験

1. 背景

都市環境における様々な課題を解決するスマートシティやスマートメタリングと呼ばれる大規模 IoT システムが現在検討されており、このシステムの実現のためには、屋外での高品質でかつ建物等による遮蔽に対する耐障害性に優れた堅牢な無線通信ネットワークが必要となります。Wi-SUN FAN は、これらの要求を満たす IoT 用国際無線通信規格「Wi-SUN」の規格の一つであり、電気・ガス・水道のメタリングのほか、スマートシティ、スマートグリッド、高度道路交通システム等のセンサー、モニター等を用いた各種インフラ、アプリケーションにおいて、相互運用可能な通信ネットワーク技術として導入が検討されています。NICT では、この Wi-SUN の基本通信方式の研究開発、国際標準化を行い、京都大学では、Wi-SUN FAN の通信技術の実用化に向けて、接続方式や技術の研究開発、実無線機の開発、実用化に向けた実証試験を行ってきました。しかしながら、スマートメタリングの分野では数百台の無線機を用いて自律的にネットワークを構築、データ収集するシステムの検証をする必要性があり、現実空間では無線機数や設置場所の確保等の制限のため実現が困難でした。このスマートメタリングシステムの導入にあたっては、スマートメタを設置する地域内にある大量の電力メーターからのデータを確実に取得するための収集局の数やその配置が重要となります。設置対象場所となる住宅の状況は地域によっても様々であり、異なる環境においての接続性の検証には多大な労力を要します。これらの問題を解決するため、京都大学と NICT では、総務省「仮想空間における電波模擬システム技術の高度化に向けた研究開発」を受託し、仮想空間上で大規模な電波利用システムを模擬・評価するワイヤレスエミュレータの研究開発を進めてまいりました。このワイヤレスエミュレータは、各種電波利用システムを無線機の通信機能をもった仮想無線機と呼ばれるソフトウェアとして搭載し、都市空間データと無線機の配置データを入力することにより仮想空間で電波伝搬特性、伝送特性をデジタルツインで動作させて、屋外実験することなく仮想空間で通信試験をするものです。

2. 研究手法・成果

スマートメタリングシステムの設置模擬実験を仮想空間上でデジタルツインの形でワイヤレスエミュレーションを実現するため、主に下記の 4 点について研究開発しました。

- (1) 都市空間の 3D グラフィックスデータを利用した無線機の位置制御と電波伝搬特性を計算する機能
- (2) (1)で得られた位置情報と電波伝搬特性情報を Wi-SUN FAN 通信機能搭載の仮想無線機に入力してマルチホップ（多段中継）を利用したパケット伝送特性エミュレーションする機能
- (3) (2)で得られた Wi-SUN FAN エミュレーション結果から伝送特性結果(無線機間の経路構築やパケット伝送の結果)を抽出する機能
- (4) 都市空間の 3D グラフィックスデータと伝送特性結果を用いたビューワー機能

これらの研究開発の成果をワイヤレスエミュレータ上に搭載して各システムを連携動作させて(図 1 参照)、住宅密集地へのスマートメタの設置を想定した Wi-SUN FAN 仮想無線機 500 台を用いたマルチホップメッシュネットワークの構築とデータ通信実験を行い(図 2 参照)、ビューワー機能を用いた可視化を実施しました(図 3 参照)。ビューワー機能では、Wi-SUN FAN の特徴であるマルチホップ伝送経路の表示を実現しており、RSSI(Received Signal Strength Indicator：受信信号強度)によって経路線の色が変化します。また、パケット伝送時のスループットに応じた色の変化も実現しております。これらの機能により、視覚的な確認が可能となり、スマートメタの数や設置場所、付近の建物等の状況に応じた収集局の配置を事前に検討することができ、効率的な設置設計が可能となります。

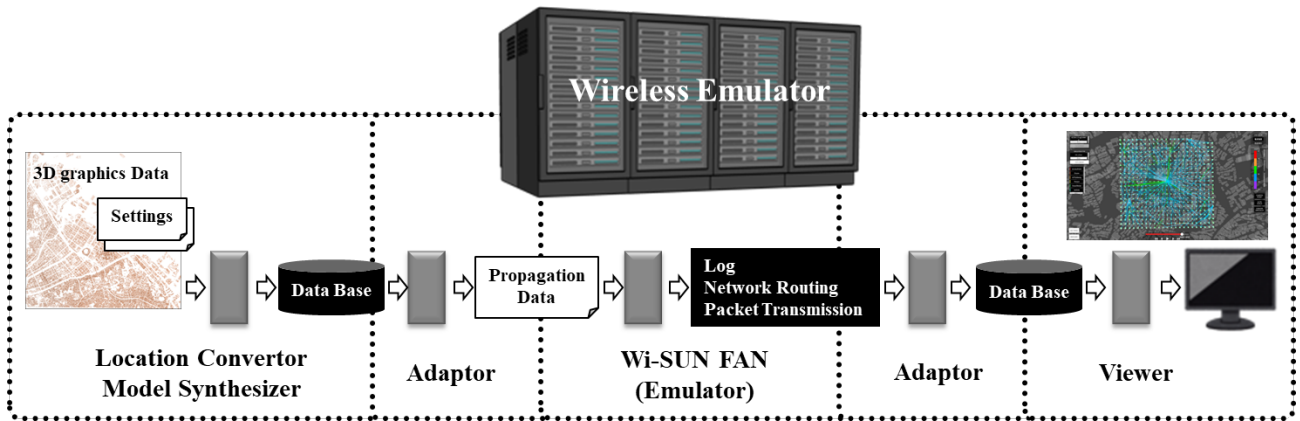


図 1 位置制御モデル合成・エミュレーション・通信環境可視化 システム連携フロー
 (Location Converter : 位置制御、Model Synthesizer : 電波伝搬特性計算、Adaptor : データ抽出変換)

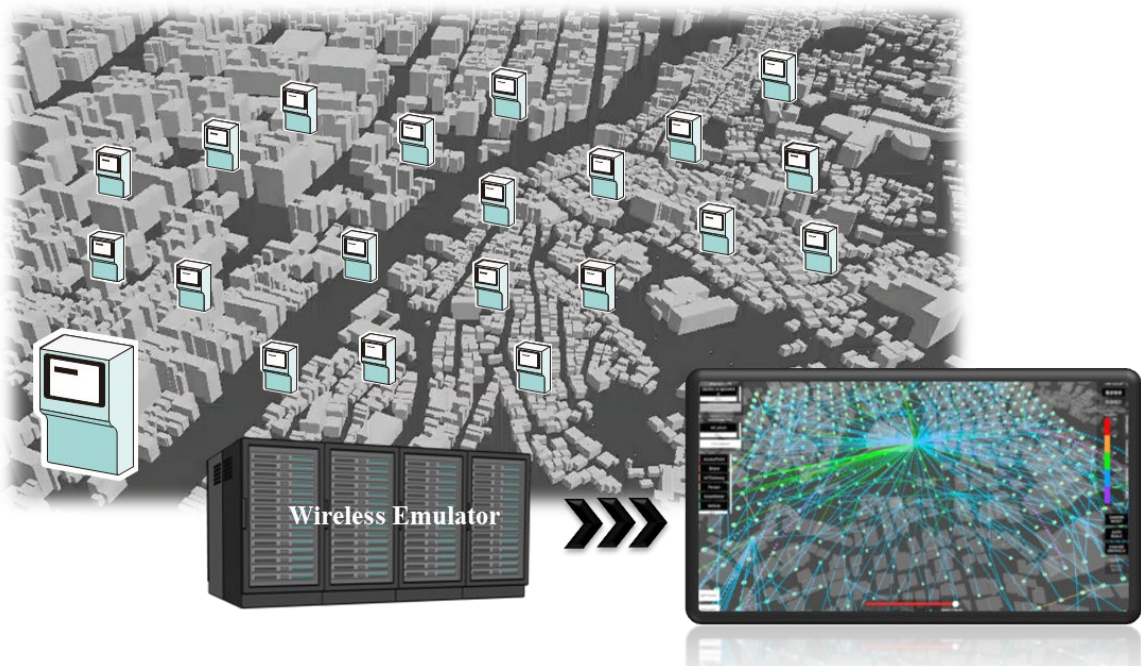


図 2 仮想空間上でのスマートメータ設置模擬実験
 (横浜市周辺の 3 次元データ上に Wi-SUN FAN 無線機を 500 台設置)

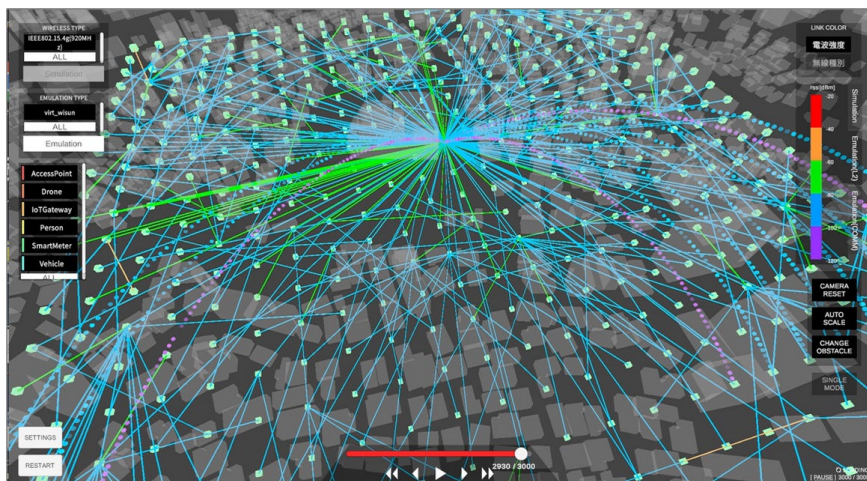


図 3 500 台のスマートメータ設置模擬実験 通信環境の可視化
 (実線 : マルチホップ伝送経路、点線 : パケット伝送状況)

3. 波及効果、今後の予定

今回の検証により、ワイヤレスエミュレータ上にて都市空間の情報を反映した Wi-SUN FAN を用いた大規模スマートメータ設置の模擬実験が実無線機を用いず可能であることが確認できました。今回開発した Wi-SUN FAN 仮想無線機には、実無線機で動作している通信ソフトウェアをそのまま搭載しているため、仮想環境上にて実運用に向けたパラメータ調整や新方式の提案を検証して、容易に実無線機へとフィードバックすることが可能です。また、ワイヤレスエミュレータには人や車の移動情報を登録することもできます。今後は、移動物体がある状態での長時間エミュレーションを実施して、Wi-SUN FAN ルーティングプロトコルの改善やスマートメータリングシステムやスマートシティへの導入に向けて研究開発を進めてまいります。

4. 研究プロジェクトについて

本研究の一部は総務省「仮想空間における電波模擬システム技術の高度化に向けた研究開発」(JPJ000254)における受託研究の一環として実施されたものです。

<用語解説>

1. 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および、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です。2016年5月16日にバージョン1 (Wi-SUN FAN 1.0) が Wi-SUN FAN ワーキンググループで制定され、現在は高速通信、低消費電力化などに対応したバージョン 1.1 の規格化が進められています。物理層に 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 を採用しています。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なども提供されています。京都大学は、株式会社日新システムズとローム株式会社と共同で、この Wi-SUN FAN 搭載の Wi-SUN アライアンス認証済み無線機の開発を 2019年1月に世界で初めて行いました。また、この Wi-SUN FAN 1.0 は IEEE 2857 により標準化済です。

2. デジタルツイン

物理空間（現実世界）に存在する都市空間、人、モノの情報を仮想空間（サイバー空間）上に再現する技術です。

3. エミュレータ

オリジナルのシステムと同等のシステムをコンピュータ上で動作させる装置です。エミュレータ内に持つ時計（クロック）で動作し、実運用に近い形で評価可能になります。

<研究機関紹介>

京都大学 大学院情報学研究科 原田博司研究室について

京都大学 大学院情報学研究科 原田博司研究室は、京都大学 大学院情報学研究科 情報学専攻に所属し、デジタル通信分野に関する研究開発を行っています。特に原田博司教授は、情報通信研究機構に在籍中、Wi-SUN システムのベースとなる国際標準規格 IEEE 802.15.4g の副議長として標準化に貢献し、2012年 Wi-SUN アライアンスを共同創業者(Founder member)として設立し、Wi-SUN アライアンス理事会議長 (Chair of the Board) として長年活動し、また Wi-SUN アライアンス HAN WG 議長として、電力会社

向け宅内スマートメーターシステム用 Wi-SUN システムの技術仕様策定、普及活動を行ってきました。また、Wi-SUN FAN 1.0 の国際標準化である IEEE 2857 も副議長として貢献しています。原田博司研究室では、Wi-SUN システム全般の研究開発を行っており、主に通信方式、電波伝搬・伝送、システム最適化、応用システム等の研究開発を行っています。また、ワイヤレスエミュレータの研究開発においては総務省受託研究の共同受託機関です。

情報通信研究機構について

情報通信研究機構は、情報通信分野を専門とする我が国唯一の公的研究機関です。業務の一部には、機構の前身である郵政省電波研究所より引き継がれた電波伝搬、無線通信に関する研究業務に加え、無線通信を含む各種システム・サービスの検証環境であるテストベッドの運用業務<実施部署：ソーシャルイノベーションユニット総合テストベッド研究開発推進センター>などが挙げられます。同機構は、Wi-SUN システムのベースの技術である国際標準規格 IEEE 802.15.4g/4e の標準化に貢献し、また、世界初の Wi-SUN 準拠無線機を開発しました。現在は、Wi-SUN アライアンスの理事会メンバーとして Wi-SUN システムの標準化、普及展開を促進しています<実施部署：ネットワーク研究所ワイヤレスネットワーク研究センター>。また、ワイヤレスエミュレータの研究開発においては総務省受託研究の共同受託機関であり、今回の開発・検証にあたっては、原田博司研究室の主導のもとで、Wi-SUN をはじめとする各無線通信の評価のための仮想空間検証基盤を、実際の電波的挙動を適切に反映しながら提供する機構初の試みを行いました。