

マルチホップ無線通信規格「Wi-SUN FAN」とスマートホーム機器の相互運用規格「Matter」を統合したIoT接続基盤を開発

—ビル照明の遠隔制御実験により「Matter over Wi-SUN FAN」の基本機能を実証—

概要

国立大学法人京都大学の原田博司 情報学研究科教授、額見怜央 同博士課程学生の研究グループは、国際無線通信規格「Wi-SUN FAN」と、スマートホーム機器の制御や機器間の相互運用性を実現するアプリケーション層の国際標準規格「Matter」を組み合わせた新たなIoT接続基盤「Matter over Wi-SUN FAN」を開発しました。本研究では、マルチホップ無線通信を実現するWi-SUN FANのボーダールーター機能またはルーター機能を備えたMatter対応機器と、機器の初期設定・認証を行うコミッショニング機能を備えたスマートフォンアプリケーションを開発しました。これらを用いて、京都大学構内の4階建ての建物において、ビル照明の遠隔制御を模擬した実証実験に成功しました。本システムは、Wi-SUN FANのマルチホップ無線通信による通信範囲の拡大と、周波数ホッピングによる同一周波数の利用に起因する干渉の低減を可能とします。さらに、開発したコミッショニングプロセスによって初期設定を完了したMatter対応機器を、異なるメーカーが提供する複数の市販Matter対応スマートホームコントローラーに、コントローラー側を改造することなく同時に追加登録することに成功し、既存のMatterプラットフォームとの相互接続性を確認しました。本成果により、既存のMatterプラットフォームを活用しながら、Wi-SUN FANによる広域かつ干渉に強い無線通信を利用できるようになり、今回の照明制御に加え、スマートホーム、ビル管理、エネルギーマネジメントなどへの幅広い応用が期待されます。

ポイント

- ・スマートホーム機器の相互運用性を実現する国際標準規格「Matter」の通信基盤に、マルチホップ無線通信規格「Wi-SUN FAN」を採用した新たなIoT接続基盤「Matter over Wi-SUN FAN」を開発。
- ・Wi-SUN FANのマルチホップ無線通信による通信範囲の拡大と、周波数ホッピングによる無線通信の干渉低減を実現。
- ・京都大学構内の4階建て建物で照明の遠隔制御を実証するとともに、複数の市販Matterコントローラーとの相互接続にも成功。

1. 背景

近年、スマートホーム機器の制御や機器間の相互運用性を実現するアプリケーション層の国際標準規格「Matter」の普及が進んでいます。Matter は、異なるメーカーの機器を共通の仕組みで接続・制御できることを特徴とし、照明や空調などのスマートホーム機器に加え、ビル管理や蓄電池、電気自動車（EV）の充電設備などを対象とするエネルギーマネジメントへも応用領域が拡大しています。Matter の通信基盤としては、Wi-Fi や Thread などの無線通信技術が利用されていますが、これらで利用される 2.4 GHz 帯では、他の無線システムとの干渉や、通信距離の制約、壁や建物による電波の減衰などが課題となります。特に、屋外や離れた建物に設置された機器との安定した通信を確保するためには、これらの課題への対応が必要となります。これらの課題を解決する通信手段として、2.4 GHz 帯よりも低い 920MHz 帯等の周波数帯を利用する国際無線通信規格「Wi-SUN FAN」に着目しました。Wi-SUN FAN は、20 ホップを超える多段中継に対応した IPv6 マルチホップ無線通信により、屋内外にまたがる広範囲の通信ネットワークを構築できることに加え、周波数ホッピングにより同一周波数の利用に起因する干渉の影響を低減できる特徴があります。さらに、Wi-SUN FAN 1.1 では最大 2.4 Mbps の高速伝送にも対応しています。このため、Wi-SUN FAN を Matter の通信基盤として利用することにより、Matter 対応機器の通信範囲の拡大と通信の安定性の向上が可能になると考えられます。しかし、Wi-SUN FAN 上で Matter を動作させるためには、Wi-SUN FAN への証明書をを用いた認証によるネットワーク参加と、Matter 対応機器の初期設定・認証を行うコミッショニング(利用者がスマートフォンアプリ等で機器を認証し、ネットワークに登録する初期設定手続き)を連携させるとともに、ネットワーク上の機器やサービスを発見する仕組み（サービス発見）や、異なるネットワーク間で機器への通信を可能とする仕組み（IPv6 到達性）を実現する必要があります。さらに、Matter の特徴の一つである、一つの機器を異なるメーカーの複数のプラットフォームから共通して管理・制御できるマルチアドミン機能（一つの機器を異なるメーカーの複数のプラットフォーム/コントローラーに同時に登録し、それぞれから共通して管理・制御できる Matter の機能）を利用するためには、Wi-SUN FAN 上の Matter 対応機器を複数の既存 Matter コントローラーに登録し、それぞれのプラットフォームから利用できることを確認する必要があります。

2. 研究成果

研究グループは、国際無線通信規格「Wi-SUN FAN 1.1」に準拠した無線通信機能と、アプリケーション層の国際標準規格「Matter 1.5」をベースとした機能を統合し、Wi-SUN FAN を通信基盤として Matter 対応機器を接続・制御する「Matter over Wi-SUN FAN」を開発しました。本システムでは、各端末が Wi-SUN FAN の IPv6 マルチホップ無線通信機能を利用して、Matter の認証処理およびアプリケーション処理を実行します。また、Wi-SUN FAN へのネットワーク参加に必要な認証情報の発行・導入、Matter 対応機器のサービス発見、および IPv6 による通信経路の確保を統合することで、Wi-SUN FAN 上で Matter を動作させる仕組みを実現しました。

また、Wi-SUN FAN のメッシュネットワークの形成・管理と、既存 LAN との接続を行うボーダールーター（Border Router、以下 BR）機能を備えた Matter 対応機器を開発しました(図 1)。



図 1 開発した Wi-SUN FAN ポーダールーター機能を備えた Matter 対応機器

本機器は、Wi-SUN FAN ネットワークと既存 LAN との間の通信を中継するとともに、自身も Matter 対応機器として通信・制御が可能です。さらに、Wi-SUN FAN 上の Matter 対応機器の情報を既存 LAN 側に代理して通知するプロキシ・アドバタイズメント機能を実装しました。これにより、Wi-Fi などの無線通信を介して既存 LAN に接続されたスマートフォンや Matter コントローラーが Wi-SUN FAN 上の Matter 対応機器を発見し、既存の Matter の認証方式やアプリケーション機能を変更することなく、これらの機器と通信・制御できる構成を実現しました。

さらに、Wi-SUN FAN のマルチホップ無線通信において、端末間の通信を中継するルーター機能を搭載した Matter 対応機器を開発しました(図 2)。

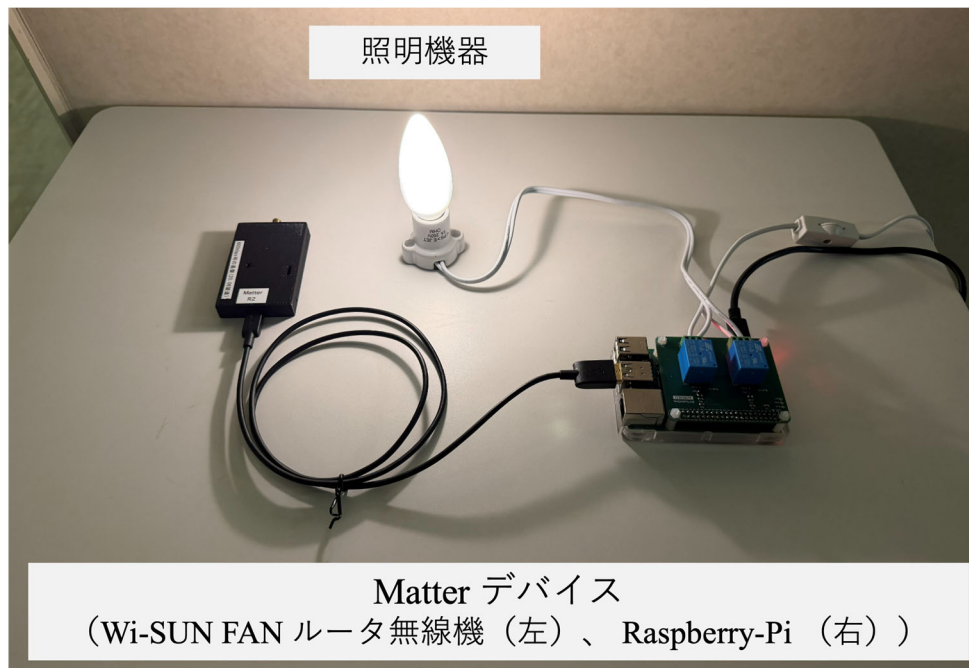


図 2 開発した Wi-SUN FAN ルーター機能を備えた Matter 対応機器と照明制御装置

本機器は、Matter のアプリケーション機能と Wi-SUN FAN の無線通信機能を備えており、他の端末との無線通信を中継しながら、自身も Matter 対応機器として動作します。

また、Matter 対応機器の初期設定・認証を行うコミッショニング機能と、登録した機器を制御するコントローラー機能を備えたスマートフォンアプリケーションを開発しました(図 3)。



図 3 開発した Matter 対応機器の初期設定・制御用スマートフォンアプリケーションと操作画面

本アプリケーションにより、Wi-SUN FAN へのネットワーク参加と Matter のコミッショニングを連携させ、Matter 対応機器の初回設定から照明のオン・オフ制御までを実現しました。

次に、開発した Matter over Wi-SUN FAN システムの有効性を実証するため、京都大学構内の 4 階建ての建物において、ビル照明の遠隔制御を模擬した実証実験を行いました（図 4）。

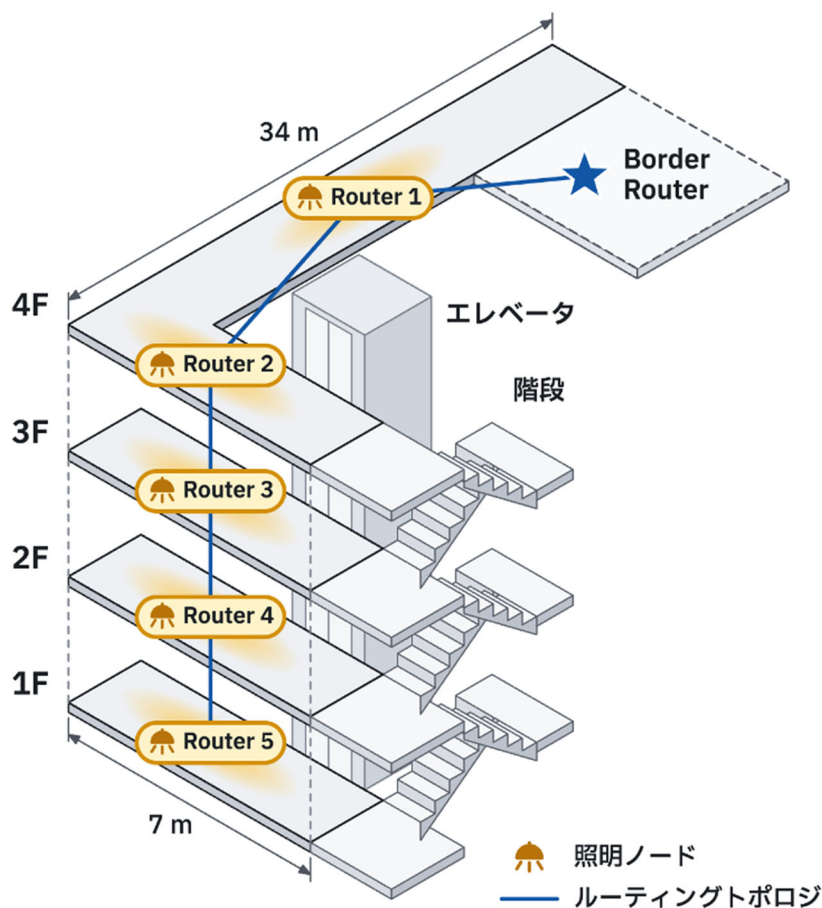


図 4 4 階建て建物における Matter over Wi-SUN FAN を用いたビル照明遠隔制御の実証実験環境

ボーダールーター（BR）機能を備えた Matter 対応機器を 4 階の居室内に設置し、ルーター機能を備えた 5 台の Matter 対応機器（R1～R5）に照明器具を接続して、1～4 階の廊下に配置しました。これらの機器により、IPv6 マルチホップ無線ネットワークを構築しました。開発したスマートフォンアプリケーションを用いて、これらの機器を Matter 対応機器として登録した後、BR 機能を備えた Matter 対応機器を設置した 4 階の居室から、ソフトウェアによって各階の照明器具のオン・オフを定期的に制御しました。その結果、複数の階にまたがる建物内において、Wi-SUN FAN のマルチホップ無線通信を利用した Matter 対応機器の遠隔制御が可能であることを確認しました。

さらに、単一の SoC（System on a Chip）に Matter のアプリケーション機能と Wi-SUN FAN の無線通信機能を実装した組込端末を開発しました。図 5 に開発した SoC 端末と照明制御装置を示します。

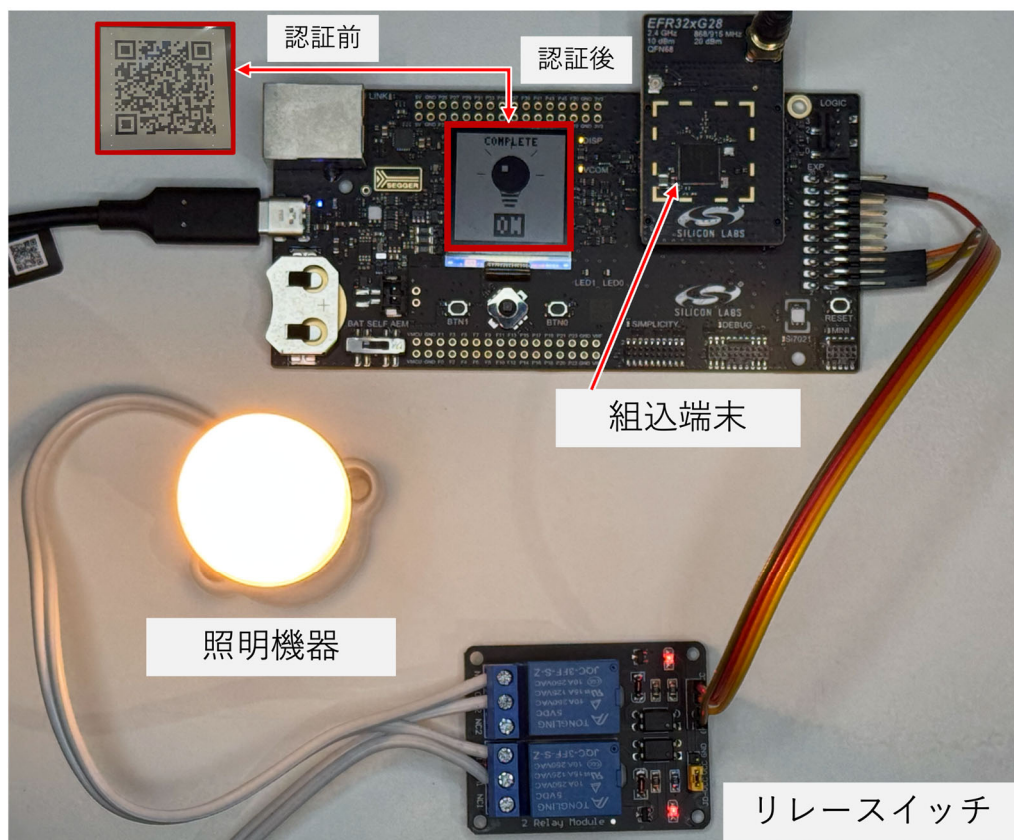


図 5 単一 SoC に Matter と Wi-SUN FAN を実装した組込端末と照明制御装置

この端末を用いて、複数の市販 Matter 対応スマートホームコントローラーとの相互接続実験を行いました。図 6 に実験で使用した 2 ホップ接続構成とマルチアドミン接続の構成を示します。

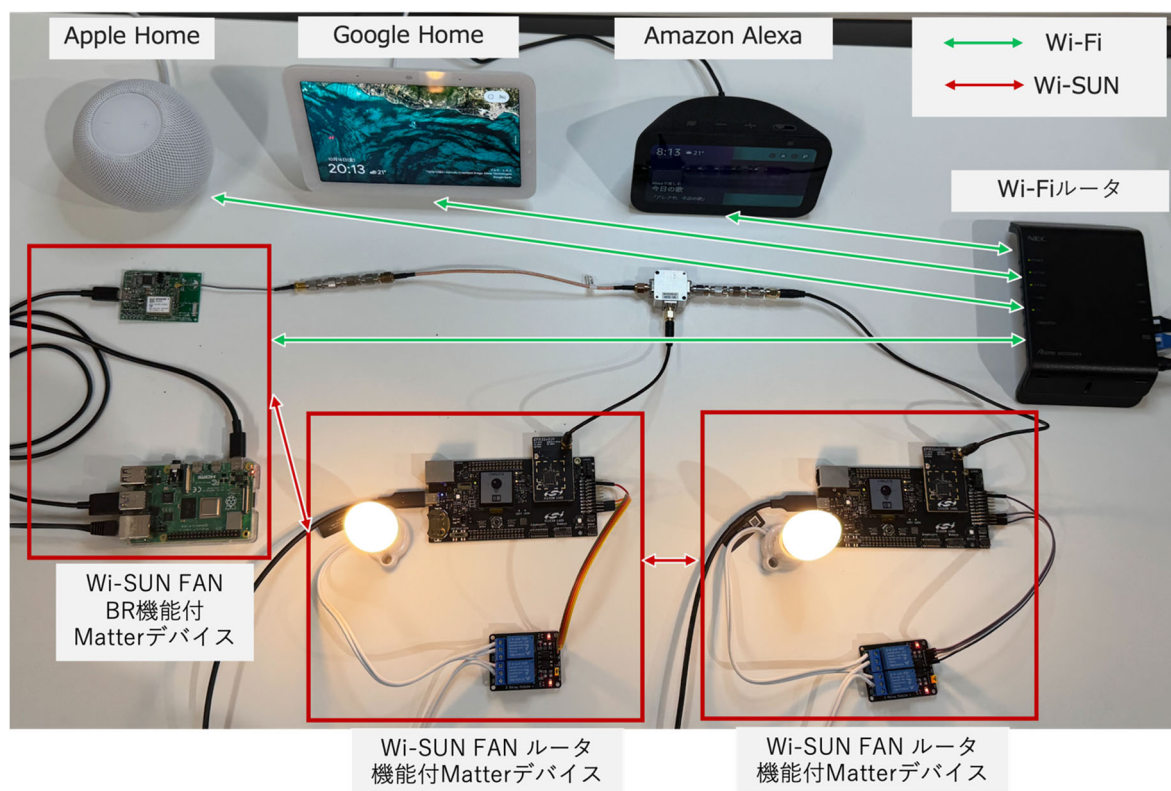


図 6 開発した Matter 対応機器と 3 種類の市販 Matter コントローラーとのマルチアドミン接続実証環境

本実験では、スマートホームコントローラーとして、Apple 社の Apple Home (HomePod mini)、Google 社の Google Home (Google Nest Hub 第 2 世代)、Amazon 社の Alexa (Echo Show 5 第 3 世代) を使用しました。開発したコミッシング機能によって初期設定を完了した Matter 対応機器を、これら 3 つのプラットフォームに、既存の Matter コントローラーを改造することなく同時に登録し、それぞれから制御できることを確認しました。

以上の結果から、開発した Matter over Wi-SUN FAN システムにより、Wi-SUN FAN のマルチホップ無線通信を利用した Matter 対応機器の広域接続と、既存の Matter プラットフォームとの相互運用性を実現できることを確認しました。

3. 今後の展開

今回開発した IoT 接続基盤「Matter over Wi-SUN FAN」により、Matter 対応機器の通信範囲を拡大し、複数階にまたがる建物内でのビル照明の遠隔制御と、既存の Matter プラットフォームとの相互接続を実証しました。本成果により、従来のスマートホーム機器に加え、屋外や離れた建物に設置される計測器、蓄電池、太陽光発電設備、EV 充電設備などを Matter で接続・制御することが可能となり、家庭用エネルギー管理システム (HEMS) やビル管理システムなどへの応用が期待されます。今後は、スマートホームやビル管理、エネルギーマネジメントなどの各分野における実証を進め、スマートシティを支える IoT 接続基盤としての実用化を目指します。

本研究成果は、2026 年 10 月 22 日に開催予定の「原田博司教授 紫綬褒章受章記念フォーラム」において発表する予定です。

4. 謝辞

本研究の一部は、総務省の「電波資源拡大のための研究開発 (JPJ000254)」で実施した成果を含みます。

<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通信規格。センサーやメーター等に搭載される IPv6 対応のマルチホップ通信仕様であり、広域かつ高信頼な IoT ネットワークを構築できる特徴を有する。2016 年にバージョン 1.0 が制定され、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 が制定されている。

2. Matter

Connectivity Standards Alliance (CSA) が策定する、IPv6 上でスマートホーム機器の相互運用性を実現するアプリケーション層の国際標準規格。特定の無線方式を規定するものではなく、機器の認証や安全な通信、共通の制御方法などを定め、異なるメーカーの機器やプラットフォーム間での接続・制御を可能にする。さらに一つの機器を複数のプラットフォームから管理・制御できるマルチアドミン機能を備える。2019 年 12 月に取り組みが始まり、最初の正式版である Matter 1.0 は 2022 年 10 月に公開。Matter 1.4 以降エネルギー管理システム (HEMS) のデバイスタイプや機能が大幅に追加されている。