

# 様々なモノを簡単・安定・安全にデジタル世界につなげるフィールドエリア管理基盤

Field Area Management Platform for Connecting Various Kinds of Things to Digital World Easily, Stably, and Securely

● 角田 潤      ● 小林 祐介

---

## あらまし

企業の業務革新や安心・安全な社会の実現に寄与する技術として、IoTへの期待が高まっている。ところが、現場(フィールドエリア)に設置されるセンサーなどのデバイスは、パソコンなどに比べて機能が限定的で信頼性が低く、デバイスが利用する無線ネットワークも不安定であるという問題を抱えている。富士通研究所では、こうしたデバイスを活用する本格的なIoT時代を迎えるに当たって、フィールドエリアに設置された各種デバイスの運用管理が重要になると考えている。そこで、簡単・安定・安全にデバイスを接続するためのデバイス仮想化技術、障害管理技術、およびセキュア運用技術の研究開発を推進している。

本稿では、これら三つの技術の概要とこれらの技術を利用したフィールドエリア管理基盤、およびその適用例について述べる。

## Abstract

There is a growing interest in IoT as a technology to realize business innovation and contribute to a safe and secure society. However, there are challenges concerning devices in the field area such as sensors—their features and reliability are constrained when compared to PCs, and the wireless networks used by these devices are also unstable. As we approach the era of IoT, which will involve these kinds of devices, Fujitsu Laboratories recognizes the growing importance accorded to the operation and management of diverse devices within the field area. We thus pursue research and development of a device virtualization technology, fault management technology, and secure operation technology, which respectively enable devices to be connected easily, stably, and securely. This paper describes these three types of technology and explains the field area management platform that uses them, with examples of application.

---

## まえがき

様々なモノから得られた情報を利用し、企業の業務革新や安心・安全な社会の実現に寄与する技術として、IoTへの期待が高まっている。IoTでは、実世界のデバイスをネットワークを通じてデジタル世界に接続し、デバイスから収集したデータを可視化したり、分析して得られた結果に応じて実世界のほかのデバイスを制御したりする。

例えば、工場では生産ラインにおける設備の稼働状態や生産状況などの情報をリアルタイムに収集し、各工程の生産スケジュールを最適化している。また、橋梁や道路などの構造物にセンサーを設置し、測定されたデータの変化から構造物の老朽化や異常を検知するといった取り組みも始まっている。

このようなIoTアプリケーションを容易に開発するために、多くのベンダーからIoT用途のプラットフォームが提供されている。通常、図-1に示すようにこれらのプラットフォーム（クラウド基盤、ゲートウェイ基盤）は、デバイスのデータ収集機能とアプリケーションからのデータ利用機能を持つ。データ収集機能は、現場（フィールドエリア）のデバイスから、シリアル通信、Wi-Fi、Bluetoothなど、様々な通信手段でデータを取得し、クラウド基盤に送信する。クラウド基盤は受信したデータを蓄積し、アプリケーションはクラウド

基盤のデータ利用機能を介して、蓄積されたデータを取得・利用する。更に、収集したデータの分析機能を持つものもある。

ところが、IoTでは機能が限定的で信頼性の低いデバイスを利用したり、通信に無線ネットワークを利用したりすることが多いため、フィールドエリアのデバイスから安定・安全にデータを集めることは容易ではない。小規模な実証実験やPoC（Proof of Concept）であれば人手によって対応できても、デバイス数や展開先が増加した場合には対応しきれなくなるケースも出てくるため、運用管理機能の充実が重要である。

これに対して、富士通研究所ではフィールドエリアにおいてデバイスの設置から運用までを容易化する技術開発に取り組んでいる。

## フィールドエリアの特徴

フィールドエリアとは、業務が行われる現場そのものであり、通常のICTシステムの運用現場にはない以下のような特徴がある。

### (1) 利用されるデバイスの多様さ

IoTでは多種多様なデバイスを利用する。デバイスの種類が多岐にわたるだけでなく、同じ種類のデバイスであっても接続手段に有線と無線が混在する場合がある。また無線であっても、Wi-FiやBluetoothなどの無線規格やModbus<sup>(1)</sup>、ECHONET Lite<sup>(2)</sup>などの通信規格が混在するこ

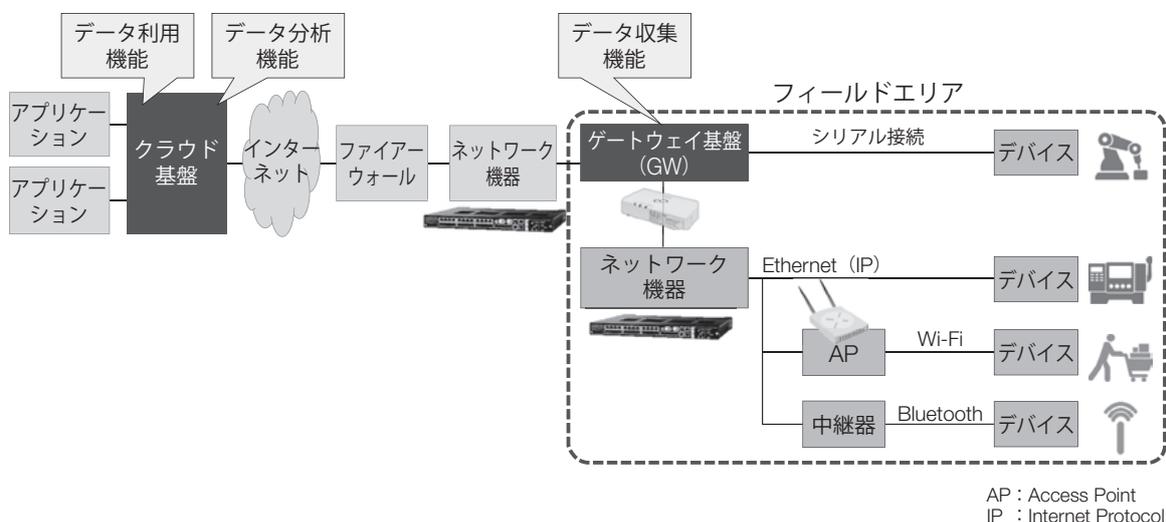


図-1 IoTシステムの構成

ともある。更に、メーカーごとにデバイスの機能に差があったり、機能を利用するためのAPI (Application Programming Interface) やデータモデルなどのインターフェースが異なったりすることも多い。

### (2) 運用環境の過酷さ

フィールドエリアでは、業務の遂行に支障がないように、あるいはデバイスの取り付け場所の自由度を高めるために、無線接続による運用が望まれることが多い。ところが、工場などでは電波を遮る場所に部品棚が置かれていたり、製造設備が稼働する際に妨害電波（ノイズ）が発生したりするなど、安定して無線通信を行うことが難しいケースがある。

また、時間が経つにつれて、フィールドエリアの環境が変わることもある。例えば、屋内ではレイアウト変更によって、導入時に安定動作していた無線通信が不安定になる場合がある。また、屋外では新たな建造物によって電波環境が著しく悪化することもある。

### (3) システム運用管理の難しさ

IoTの導入が進んでいる産業分野では、セキュリティ被害に遭うと生産停止などにつながり、甚大な損害が発生することがある。ところが、IoTは業務との結びつきが強いため、フィールドエリアのシステムの運用管理は現場任せになっていることも多い。

その結果、フィールドエリアのデバイスやネットワークは、セキュリティ対策が適切に行われていなかったり、どのようなデバイスが接続されているか把握されていなかったりするなど、管理が不十分なケースもある。

しかし、フィールドエリアは業務と密接に結びついているため、その環境をIoTのために変更することは合理的ではない。こうした問題意識のもと、富士通研究所では業務ごとに異なる環境の様々な制約の中で、システムを安定運用するために以下の三つの技術開発に取り組んでいる（図-2）。

#### (1) 省電力デバイス運用技術<sup>(3), (4)</sup>

- ・太陽電池と省電力通信によるバッテリーレスセンシング

#### (2) 無線設計・運用技術<sup>(5)</sup>

- ・デバイスや無線アクセスポイント設置場所の高

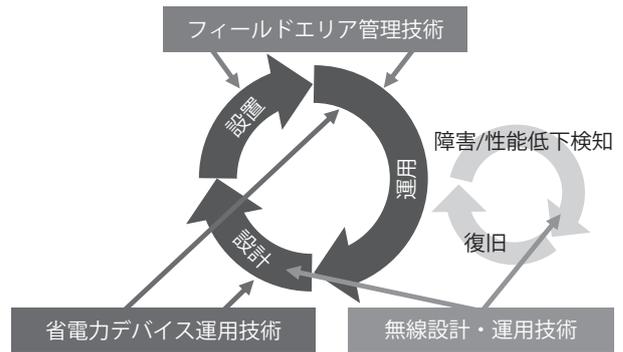


図-2 フィールドエリアにおける技術開発

速シミュレーション

- ・電波状況の可視化

### (3) フィールドエリア管理技術

- ・多様なデバイスを簡単にシステムに接続し、共通APIで利用
- ・フィールドエリアの障害やセキュリティ脅威を検知・対応し、安定・安全に運用

本稿では、様々なIoTデバイスを簡単・安定・安全にシステムに接続し、アプリケーションから容易に利用可能にするフィールドエリア管理技術を中心に紹介する。

## IoTデバイスを接続するための課題

本章では、前章で述べたフィールドエリアの特徴を踏まえて、IoTデバイスを簡単・安定・安全にシステムにつなげるための課題を述べる。

#### (1) 簡単につなげる

デバイスは、機能やインターフェースが統一されていないことが多い。そのため、デバイスごとに接続や機能を利用するためのソフトウェアを開発する必要があり、時間やコストがかかる。また、IoTでは運用開始後に新たなデバイスを追加することも多いため、ソフトウェアの個別開発が必要な場合には迅速に対応できない。したがって、デバイスごとの機能やインターフェースの差異の隠蔽が課題となる。

#### (2) 安定してつなげる

フィールドエリアでは、様々なデバイスが多種多様な通信規格やプロトコルで接続される。IoTデバイスは、パソコンやサーバなどに比べると信頼性が低く、安定稼働が困難なものが多い。また、

多くのデバイスが利用する近距離無線通信では、通信状態の変化に伴って接続が切断されたり、送信されたデータが欠落したりすることがある。したがって、デバイスの稼働状態と無線ネットワークの通信状態のリアルタイム管理、および障害発生時の迅速な対応が課題となる。

(3) 安全につなげる

フィールドエリアに接続されるIoTデバイスは、CPUの性能やメモリの容量、あるいは機能に制約があるため、セキュリティ対策ソフトをインストールできないものも多い。また、工場では製造設備を制御するソフトウェアにセキュリティリスクがある場合であっても、対策ソフトウェアが提供されなかったり、設備を稼働し続ける必要があったりする場合がある。したがって、IoTデバイス側では対応できないことを前提としたセキュリティ対策が課題である。

**課題の解決に向けたフィールドエリア管理技術**

本章では、前章で述べた三つの課題を解決するために開発した、デバイス仮想化技術、障害管理技術、およびセキュア運用技術について述べる。

● デバイス仮想化技術

デバイスを簡単に接続するために、任意のデバイスを共通のインターフェースを持つデバイス（仮想デバイス）として扱う、デバイス仮想化技術を開発した。本技術では、デバイスの機能をデバイスの種別ごとに定義したプロパティへの操作としてモデル化する。これにより、デバイスごとの機能やインターフェースの差異を隠蔽できる。

本技術では、デバイスごとの通信処理を行ってゲートウェイに接続するデバイスアダプテーション技術と、アプリケーションから仮想デバイスを操作するデバイス管理APIがポイントとなる。

(1) デバイスアダプテーション技術

IP (Internet Protocol) などの通信処理を行うアダプターと、ECHONET Liteや単位系変換などのデータ処理を行うアダプターを組み合わせ、様々なデバイスの通信処理に対応できるようにした。<sup>(6)</sup> 従来は、デバイスごとに接続用のソフトウェアを全て開発していた {図-3 (a)}。本技術を適用することによって、不足するアダプターのみを開発すれば良いため {図-3 (b)}, 開発するソフトウェア数と開発コストを削減できると同時に、迅速な

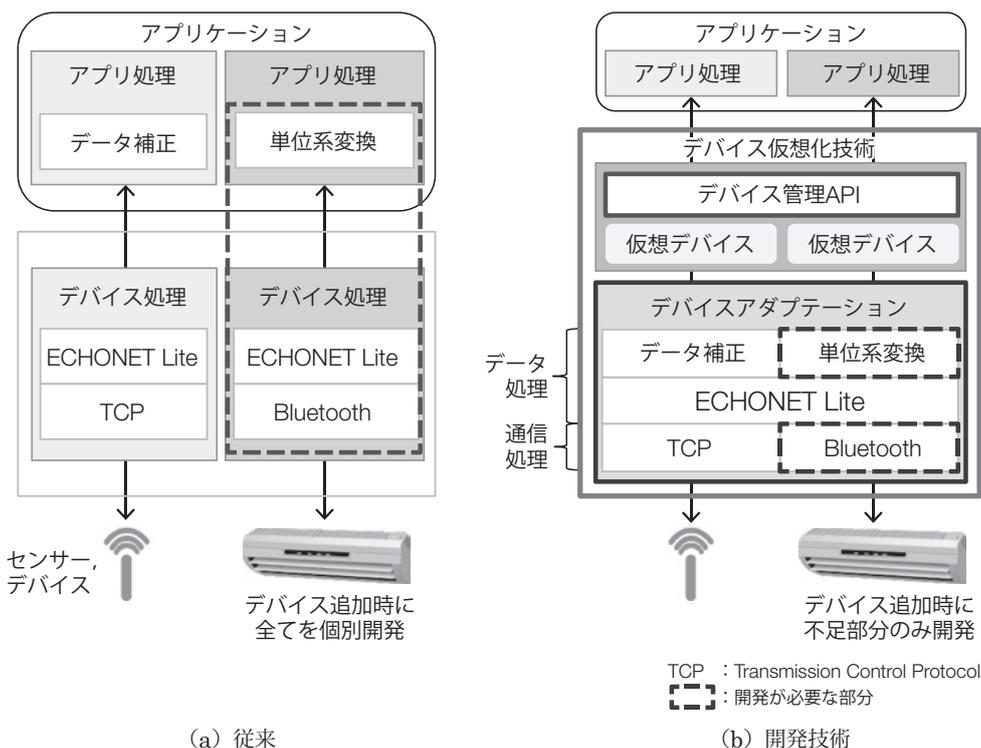


図-3 従来技術とデバイス仮想化技術の比較

対応が可能となる。

(2) デバイス管理API

仮想デバイス进行操作するためのデバイス管理APIとして、WoT (Web of Things) のWoT Thing DescriptionやWoT Protocol Binding Templatesのドラフト版<sup>(7),(8)</sup>を採用した。富士通はW3C (World Wide Web Consortium) において、WoTの標準化を牽引している。WoTは、あらゆるデバイスをWeb技術で扱えるようにするとともに、様々なIoTシステムの相互接続を実現可能とする規格である。デバイス管理APIとしてWoTのAPIを提供することで、フィールドエリアのデバイスを利用しやすくなる。更に、既存のWebサービスや、ほかの規格のIoTサービスを連携させた新たなアプリケーションの創出の加速も期待できる。

● 障害管理技術

フィールドエリアのデバイスやネットワークを安定して運用するための障害管理技術を開発した。フィールドエリアに設置されるデバイスの安定運用には、障害発生検知、障害原因特定、障害復旧の三つのプロセスが必要となる。本節では、障害発生検知と障害原因特定を実現するために必要となる、運用情報収集技術と障害分析技術について述べる。

(1) 運用情報収集技術

障害発生の検知や原因の分析に必要なとなるデバ

イスやネットワーク機器の運用管理情報は、前述のデバイス仮想化技術を拡張して実現した<sup>(9)</sup>。具体的には、デバイスごとにインターフェースが異なる運用情報をアダプターによって収集する。更に、その情報を仮想化されたデバイスのプロパティとして管理し、デバイス管理APIで取得可能とした。

デバイスからの運用情報の収集には、ホームネットワークの接続構成を管理するためのプロトコルであるHTIP (Home network Topology Identifying Protocol) を拡張したものを利用している。これは、従来のHTIPのデータフォーマットに対して、デバイスやネットワーク機器の情報や無線ネットワークの品質情報などを収集できるように拡張<sup>(10)</sup>したものであり、TTC (情報通信技術委員会) で標準化されている (図-4)。これと並行して、デバイスベンダーと協力しながら、HTIPに対応したデバイスやネットワーク機器との相互接続試験を行い、運用管理の高度化を目指している。

(2) 障害分析技術

フィールドエリア内のデバイスやネットワーク機器から収集した運用管理情報に含まれる接続情報を利用して、ゲートウェイ (GW) からデバイスまでの接続構成情報 (トポロジ) として管理できるようにした。また、運用管理情報を取得できたかどうかなどの情報を併用することで、デバイスの稼働状態やネットワークの状態を把握できるた

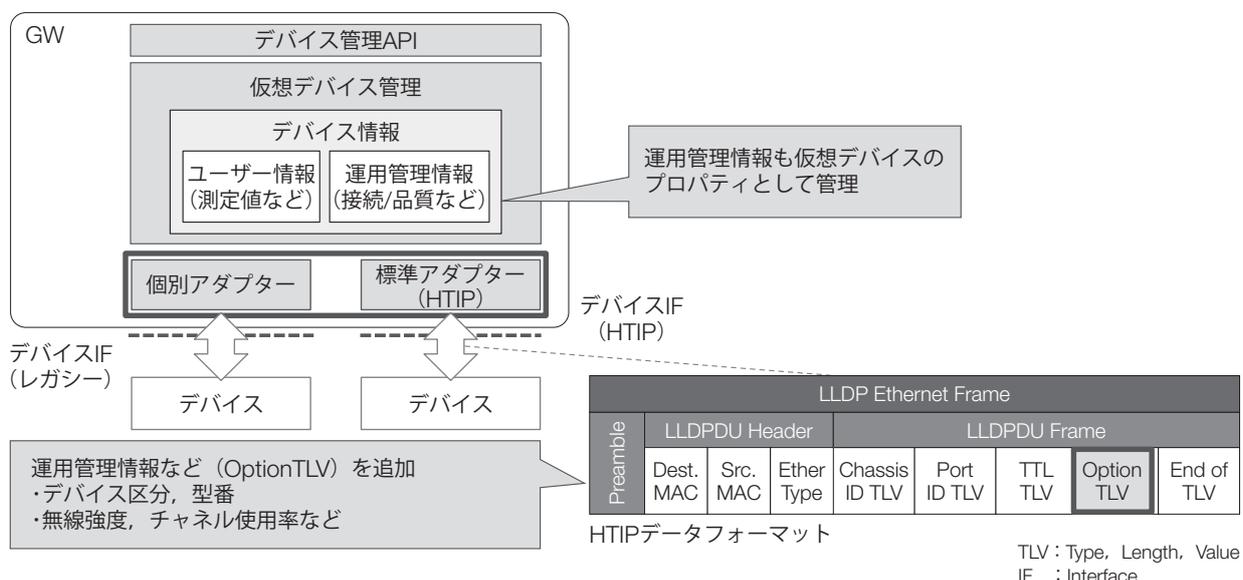


図-4 運用情報収集技術の概要

め、接続構成情報と稼働状態をリアルタイムに管理できる。

また、運用管理情報に含まれる無線品質を表す受信電波強度、リンク品質、通信応答時間の三つの指標に対して機械学習を適用することで、フィールドエリアで発生頻度の高い無線の干渉発生や遮蔽発生を検知する。更に、これらの無線品質情報のリアルタイム測定値と、その一定時間内の標準偏差などの特徴量に対して機械学習を適用することにより、無線干渉原因となるフィールドエリア外部の電波発生パターンを識別する<sup>(11)</sup> 事前に電波発生パターンとそのときの状況に対応付けておくことにより、無線品質低下の原因を特定できる。

このように、フィールドエリアのデバイス障害の検知や無線品質低下の原因の切り分けをリアルタイムにできるため、迅速な障害対応が可能となり、デバイス接続の安定性を改善できる。

● セキュア運用技術

フィールドエリアに設置されているデバイスを安全にシステムに接続するために、デバイス仮想化技術と障害管理技術を活用して、セキュリティ対策が困難なIoTデバイスをセキュアに運用する技術を開発した。

GWによって、フィールドエリアのネットワークは外部のネットワークと分離されている。GWはパソコンと同等のセキュリティ対策が可能のため、外部からの攻撃を防ぐことができる。一方で、フィールドエリアのネットワークには、外部から

持ち込んだメンテナンス用の端末やUSBメモリの接続によって、ウイルスに感染するケースが発生しているため、この対策がポイントとなる。

今回開発したデバイス仮想化技術では、GWがデバイスごとの通信処理を行うため、デバイスはGWとの間でのみ通信を行う。そこで、デバイス仮想化技術によってデバイスの通信先がGWに限定されると同時に、障害管理技術によってトポロジが管理できるという運用管理技術の特長を利用することとした。すなわち、GW以外への異常な通信を検知した場合に、そのデバイスを不審デバイスとしてネットワークから切り離す制御技術を開発した<sup>(12)</sup>

異常な通信は、フィールドエリアのネットワーク機器に接続したIDS (Intrusion Detection System) の情報やネットワーク機器の通信ログ情報に基づいて検知できる。デバイスの切り離しは、できるだけ不審デバイス以外のデバイスの通信に影響しないように行った。すなわち、トポロジを参照して制御対象のネットワーク機器を決定し、そのネットワーク機器の通信ポートを閉じたり、アクセス制限を設定したりすることで実現した (図-5)。

フィールドエリア管理基盤の概要と適用分野

運用管理機能を強化したIoT用途のプラットフォーム実現のために、これまでに述べたフィールドエリア管理技術を統合したフィールドエリア

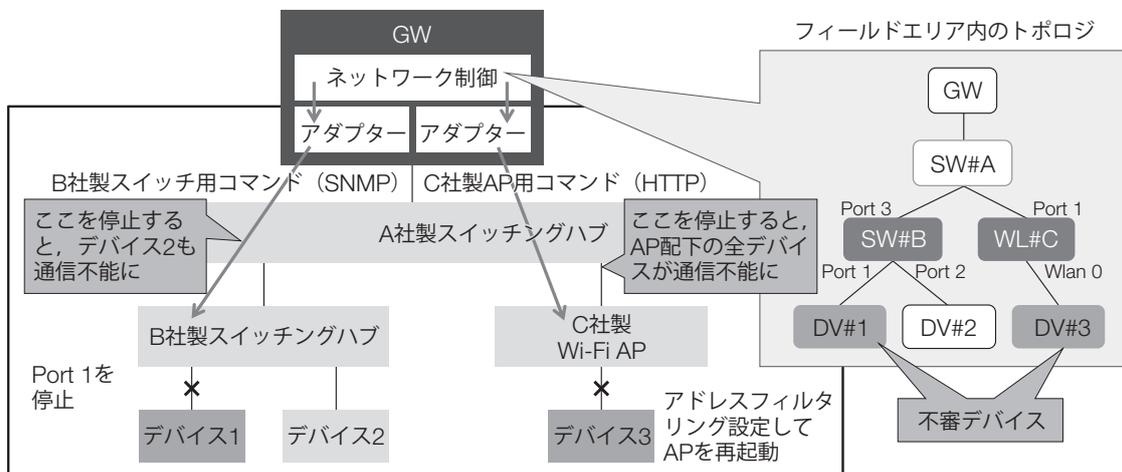


図-5 セキュア運用技術の概要

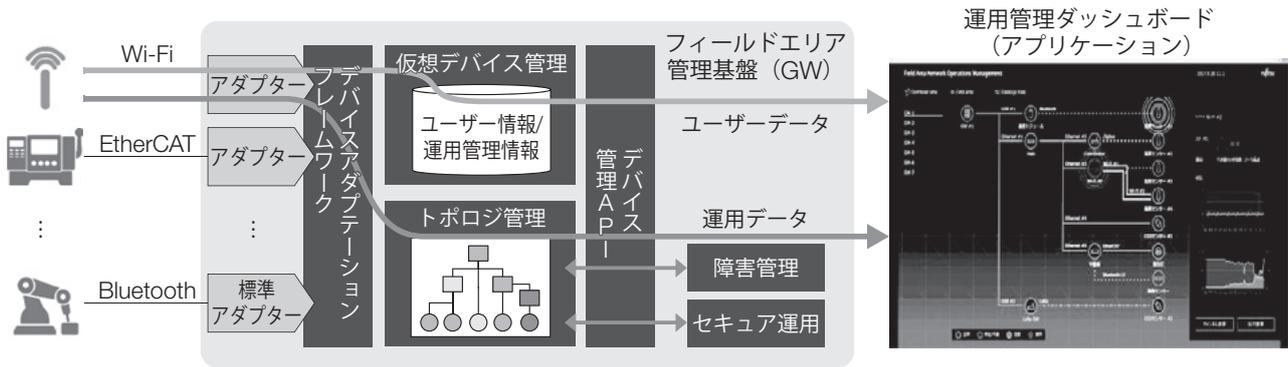


図-6 フィールドエリア管理基盤の概要

管理基盤を開発した。開発した基盤は、フィールドエリアに設置するGW上で動作する。

フィールドエリア管理基盤は、デバイスアダプテーション技術によってデバイスやネットワーク機器をGWに接続し、仮想デバイスとして管理する。仮想デバイスには、デバイスごとの測定値などのユーザー情報以外に運用管理情報も格納されている。トポロジ管理機能および障害管理機能は、これらの運用管理情報に基づいてフィールドエリア内のトポロジ生成と障害発生・原因特定分析を行い、その結果を仮想デバイスのデータとして保存する。

更に、セキュア運用機能はトポロジ情報を利用して、フィールドエリア内のネットワーク機器を制御することで不審なデバイスをネットワークから切り離す。これらの運用管理情報やセキュリティ関連の制御イベントは、デバイス管理API経由で運用管理ダッシュボードなどのアプリケーションに通知し、可視化できる（図-6）。

本基盤はデバイスを簡単・安定・安全に利用可能とするため、工場、オフィス、テナントビルなどのファシリティの管理や、橋梁、河川水位などの環境モニタリングなど、様々な領域への適用が期待できる。特に、工場は人の動線管理や環境モニタリングなどで多様なデバイスの接続や現場改善のためのデバイス追加に加えて、既存の生産設備へのセキュリティ対策が困難なケースが多いため、本基盤の有効性は高いと考えている。

## む す び

本稿では、フィールドエリア内のデバイスやネッ

トワークの運用管理技術と、それらの技術を活用する基盤について述べた。フィールドエリアは、その特性のため安定・安全にデータを集め続けることは容易ではなく、今後運用管理の重要性が高まっていくと考えられる。

富士通は本格的なIoT時代に向けて、本稿で述べた運用管理技術の一部を組み込んだIoTサービス基盤ネットワークソリューションFUJITSU Network Virtuora MX（仮称）の製品化を進めている。このソリューションによって、実世界の様々なデバイスを活用した新たなサービスの創出、更には豊かな社会の実現を牽引していく。

本技術の一部は、総務省国家プロジェクト「スマートコミュニティにおけるエネルギーマネジメント通信技術の実現」および「IoT共通基盤技術の確立・実証」による成果を含む。

## 参考文献

- (1) The Modbus Organization : Modbus.  
<http://www.modbus.org/>
- (2) ECHONET Lite規格（一般公開）.  
[https://echonet.jp/spec\\_g/](https://echonet.jp/spec_g/)
- (3) 富士通研究所：業界初！変形自在で電池交換不要なビーコンを開発.  
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2015/03/25.html>
- (4) 富士通研究所：LPWA対応・電池交換不要の世界最小センサーデバイスを実現.  
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2017/12/4-1.html>
- (5) 富士通研究所：IoTサービスの迅速な提供を実現するフィールドエンジニアリング技術を開発.  
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2016/05/25.html>

- (6) 佐野 健ほか：IoTの普及に向けたデバイス収容低コスト化方式. 電子情報通信学会総合大会, 2017年3月.
- (7) W3C : Web of Things (WoT) Thing Description.  
<https://www.w3.org/TR/wot-thing-description/>
- (8) W3C : Web of Things (WoT) Protocol Binding Templates.  
<https://www.w3.org/TR/wot-binding-templates/>
- (9) 福田茂紀ほか：IoTエリアネットワークの運用管理技術の開発. 電子情報通信学会総合大会, 2018年3月.
- (10) 情報通信技術委員会：ホームNW接続構成特定プロトコル.  
[http://www.ttc.or.jp/jp/document\\_list/pdf/j/STD/JJ-300.00v3.pdf](http://www.ttc.or.jp/jp/document_list/pdf/j/STD/JJ-300.00v3.pdf)
- (11) Y. Nishiguchi et al. : IoT fault management platform with device virtualization. World Forum on Internet of Things, Feb, 2018.
- (12) 富士通研究所：IoTデバイスへのサイバー攻撃の影響を最小化するネットワーク制御技術を開発.  
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2018/05/28.html>

## 著者紹介

---



### 角田 潤 (かくた じゅん)

(株) 富士通研究所  
IoTシステム研究所  
フィールドエリアネットワークの運用管理技術に関する研究開発に従事。



### 小林 祐介 (こばやし ゆうすけ)

富士通 (株)  
ネットワークソリューション事業本部  
IoT利活用を促進するためのネットワークソリューションの開発に従事。