スマートシティのインターオペラビリティ 一日欧共同研究 Fed4loT—

なかざと ひでのり 早稲田大学 基幹理工学部 情報通信学科 教授 中里 秀則



1. はじめに

ICT技術の発達により、様々なものをネットワークにつなぐことが可能になってきた。特に、実用化が近い第5世代移動通信網技術(5G)では、そのアプリケーションとしてコンピュータ、センサ、アクチュエータをつなぐマシン対マシンコミュニケーション(M2M)を念頭に置き、massive machine type communication (mMTC) のサポートが一つのターゲットとなっている。このmMTCによって実現されるのが大量のデバイスとコンピュータをネットワークに接続し、それらを連携制御するIoTシステムである。

IoTシステムは様々な用途で使われることが期待されるが、その用途の一つとして、都市の機能を最適化し、また利便性を向上させるために活用しようという取組みがスマートシティである。

国土交通省の「スマートシティの実現に向けて」の中間とりまとめ資料 [1] によれば、スマートシティは「都市の抱える諸課題に対して、ICT等の新技術を活用しつつ、マネジメント(計画、整備、管理・運営等)が行われ、全体最適化が図られる持続可能な都市または地区」と定義されている。スマートシティの取組みは、2010年頃から世界中で展開されるようになり、実現に向けた研究開発、実証実験が行われてきた。これまでのところ、それらの取組みは、例えば、スマートグリッドのような配電システムの需給最適化や交通システム運用の最適化など、個別分野での課題解決に適用され、運用されている。

現在は、個別分野のIoTシステムが実現された次の段階のスマートシティ実現に向けての研究開発として、都市全体としての効率化、最適化に向けて、個々のIoTシステムを連携させていくことが求められている。IoTシステムの連携に向けて、既に世界中で多くの取組みが行われている。しかし、個別システムとして構築されたIoTシステムは、内部表現に使われる語彙やデータモデルが異なるなどの課題があり、適用分野をまたがるサービスを提供するために、分野の異なるIoTシステムを連携させるのは簡単ではない。IoTシステムの連携については、これまでのところ、実証実験の域を出ておらず、ビジネスモデルも含めて、継続した運用を実現することが今後の課題である。

これらのIoTシステムは個別システムとして、それぞれが 垂直統合されたシステム、つまり個々のIoTサービスのため にシステムが構築されており、既に設置されたIoTデバイス などを、他の用途に流用することは難しい。何か新たなIoT サービスを開発、運用しようとする場合に、グラウンドアッ プで、下はIoTデバイスの設置からそれらのネットワークへ の接続、IoTプラットフォームの設置、サービスの開発まで 行わなければならない。初期コストが大きく、新たなIoTサー ビス実施のハードルが高くなっており、スマートシティ、あ るいはIoTサービス普及を促す上での課題となっている。

上記二つの課題、IoTシステムの連携と高い初期コスト、に対応すべく、現在、総務省SCOPEの日欧共同研究 "Federating IoT and cloud infrastructures to provide scalable and interoperable Smart Cities applications, by introducing novel IoT virtualization technologies (Fed4IoT)"(日本側研究開発課題名「スマートシティアプリケーションに拡張性と相互運用性をもたらす仮想IoT-クラウド連携基盤」)「②を実施している。本稿では、スマートシティのインターオペラビリティ実現に向けての日欧共同研究プロジェクトFed4IoTの取組みについて紹介する。

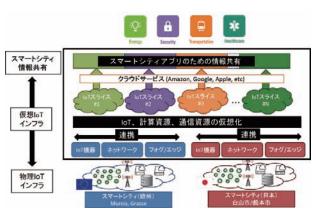
2. Fed4IoTの開発方針

Fed4IoTでは、oneM2M^[3]、FIWARE^[4]、ETSI-MEC for $5G^{[5]}$ といった異なる既存IoTプラットフォームを使う、多様な個別のIoTシステム(IoTサービスドメイン)を相互運用させるための仮想IoT-クラウド連携基盤の構築を目指している。Fed4IoTでは、IoTサービスドメインを連携させ、また初期コストを低減させるために以下の3つのレベルでの共有を行う(図1)。

- ●データレベル
- ●プラットフォームレベル
- ●デバイスレベル

IoTサービスドメインを相互運用する上で、各IoTサービスドメイン内部で使われるIoTデータを表現する語彙やデータモデルが異なることが問題である。相互運用を行うために、まず個々のIoTサービスドメインで使われる語彙やデータモデルをメタ情報として共有する必要がある。このメタ情

特 集 データ活用で実現する超スマート社会



■図1. Fed4IoT研究開発課題の概要図

報を参照することにより、個々のIoTサービスドメインのIoT データを、Fed4IoT連携基盤の内部表現に変換することが 可能になる。また、各IoTサービスドメインでは、それを管理する管理者が、そのIoTサービスドメイン内で扱われる データに対して責任をもって管理を行っている。Fed4IoT 連携基盤によって、IoTサービスドメインを連携する場合、各管理者が情報のFed4IoT連携基盤への公開を管理する。情報公開に関わるアクセス制御情報についてもメタ情報として共有する必要がある。

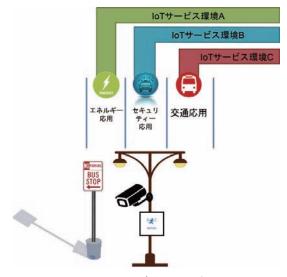
プラットフォームレベルでの共有とは、すなわち各IoTサービスドメインを接続することであり、Fed4IoT連携基盤と各IoTサービスドメインを接続するためには、接続のためのアダプタが必要になる。このアダプタに関しては、次に述べるデバイスレベルの共有のところで説明する。Fed4IoTでは、複数のIoTサービスドメインとFed4IoT連携基盤のコミュニケーションの仕組みとして、二つのコミュニケーション方式を検討している。一つは出版/購読(publish/subscribe)モデルのコミュニケーションであり、もう一つがコンテンツ指向ネットワーク(ICN)を使ったコミュニケーションである。いずれのコミュニケーション方式も、キーワードやコンテンツ名といった、抽象化された識別子によるコミュニケーションであり、様々なIoTデバイスやサービスを特定したコミュニケーションを実現するのに適している。

IoTデバイスからのデータは、oneM2MのCommon Service Functionの一つであるData Management & Repository やFIWAREのContext Brokerといったリポジトリに蓄えられる。IoTデバイスは、消費電力を抑制するために、通常スリープ状態におり、データを採取するときに起動してデータをリポジトリに送信し、再びスリープ状態になるという制御を行うことが多い。これはIoTデバイスからのpush型の

通信になる。またIoTアプリケーションも、例えば異常検知といった処理の場合、IoTデバイスからのデータにより即座に反応する必要がある。このような連携を実現するためには、出版/購読モデルによるデータの送受信が必要である。一方で、低遅延での応答の必要のないアプリケーションでは、IoTデバイスの読み取り値を定常的に送りつけるのはネットワーク資源の無駄遣いとなるため、ICNのような、要求/応答形のコミュニケーションが必要になる。

IoTデバイスは、様々なベンダによって供給され、各IoT サービスドメインで運用される。各IoTサービスドメインにある様々なIoTデバイスを、Fed4IoT連携基盤の統一プラットフォームを経由して利用かつ共有可能にする。そのためには、各IoTサービスドメインにあるIoTデバイスを、直接物理デバイスとしてではなく、各IoTサービスドメインのリポジトリを経由した仮想的なIoTデバイスとして、Fed4IoT連携基盤上で動作するIoTアプリケーションには提示する。仮想IoTデバイスとしてのソフトウェアを経由することにより、IoTデバイスとしてのソフトウェアを経由することにより、IoTデバイスとそれを共有する様々なIoTアプリケーションの間でのアクセスの同期や振り分けが可能になる。また、この仮想IoTデバイスを実現するソフトウェアの仕組みが、様々なIoTサービスドメインとFed4IoT連携基盤を接続するアダプタの機能も果たすことができる。

仮想化によるIoTデバイスの共有は、図2のような場合に有用である。この図では、まず電力会社が、人の有無で街灯の明るさをコントロールするために、スマート電球と人感センサを街灯に設置し、これらをクラウドに接続する。警備会社は街路に居る人を監視するために、街灯に監視カ



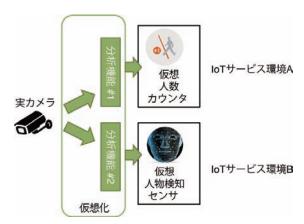
■図2. IoTデバイスの共有



メラを設置し、クラウドに接続する。バス会社は、バスの 運行を最適化するために、街灯に隣接して設置されている バス停で待つ人の待ち時間と人数を検出するために、設置 されている監視カメラを利用することができる。これによっ て、各サービスを提供するための初期コスト、運用コストを 低減することが可能になる。

また、実IoTデバイスから、機能の異なる仮想IoTデバイスを構成することも可能になる(図3)。この図では、1台の監視カメラから、仮想IoTデバイスとして、人数カウンタと人物検知という機能の異なるIoTデバイスを、それぞれ異なるIoTサービス環境に提供している。

Fed4IoTプロジェクトでは、IoTデバイスの仮想化による 共有を推し進めるためには、これらの仮想IoTデバイスの 例に登場した複数のIoTサービス環境(IoTアプリケーション の実行環境)を、相互に干渉を起こさない、それぞれ仮想 的に独立した環境にすることも重要であると考えている。



■図3. 仮想IoTデバイスによる多機能の提供

3. システムの構成

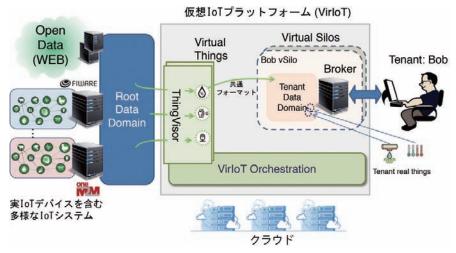
図4にFed4IoTの仮想IoT-クラウド連携基盤 "VirIoT" の概念図を示す。図の左端にあるのが、多様なIoTサービスドメインである。これらのIoTサービスドメインは、oneM2 MやFIWAREの標準に従って構築され、その内部のリポジトリにIoTデータを蓄え、またその一部を外部からアクセスできるようにしている。

多様なIoTサービスドメインに存在するIoTデータ及びその他のデータソース、例えばオープンデータが "Root Data Domain" を構成し、このRoot Data DomainがVirIoTの操作するデータの集合を形成する。"Virtual Things" が仮想IoTデバイスであり、仮想IoTデバイスを実現するソフトウェアが "ThingVisor" である。

VirIoTは、IoTサービス提供者(tenant、テナント)に 仮想IoTシステム "Virtual Silo" を提供する。Virtual Silo は特定のテナントのために提供される環境であり、他の Virtual Siloと相互に干渉のない、独立したIoTアプリケーション実行環境を提供する。テナントはThingVisorを選択して自らのVirtual Siloに追加することにより、仮想IoTデバイスを利用することができる。

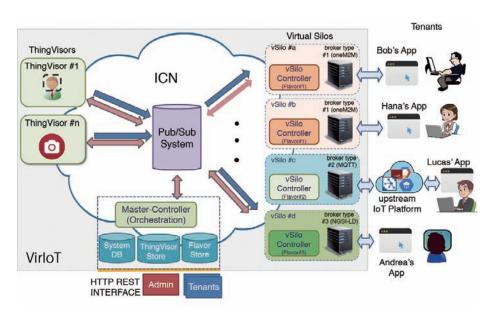
各Virtual Siloには、連携させたIoTサービスドメインと同様、IoTデータを管理するリポジトリを持っており、このリポジトリのデータを他のVirtual Siloに開放し、Virtual Silo間で連携することも可能である。また、Virtual Siloに実IoTデバイスを接続することも可能である。

例えば、図4の例では、テナントBobが自宅で散水システムを作ろうとしている。BobはFIWAREのOrionブローカ(リポジトリ)を使った経験があるので、Orionブローカを



■図4. Fed4IoT仮想IoTプラットフォーム VirIoT

特 集 データ活用で実現する超スマート社会



■図5. Fed4loTシステム構成

組み込んだVirtual Siloを作成する。作成したVirtual Silo に彼が所有する温度センサと散水機を接続し、自分が所有していない湿度センサを他のIoTサービスドメインから借りて仮想IoTデバイスとして作成し、自動的に散水を行うIoTアプリケーションを構築することができる。

図5にFed4IoTの構成を示す。この構成では、マイクロサービスデザインの手法をとっており、ThingVisorやVirtual Siloといったコンポーネントは、ネットワークインタフェースをもつ自立したサブシステムとなっている。この構成により、各IoTサービス開発者は、開発するターゲットをそれぞれ独立したコンポーネントとして開発することができる。現在のところ、この独立したコンポーネントはLinuxコンテナとして作成している。Virtual Siloを一つの独立したLinuxコンテナとすることで、Virtual Silo間相互で干渉のないIoTアプリケーション実行環境を実現することができる。

VirIoT内の通信環境としては、先にも記述したとおり、出版/購読モデルでの通信と、コンテンツ指向ネットワークによる通信の両方を準備をしている。特に、コンテンツ指向ネットワークによる実装では、ThingVisor間をチェインさせるサービスファンクションチェイニングを行うことによって、あらかじめThingVisorとして準備された様々なサービスファンクションを連携させることにより、テナントが所望するIoTサービスを簡易に構築できる環境を目指している。開発の容易なIoTサービス構築環境を提供することにより、IoTサービスの発展と普及を促すことを期待している。例えば、スマートホームの環境では、それぞれの家に設置され

るIoTデバイスは多様であり、その制御の仕方も、置かれる環境によって異なるものとなるはずであり、家の所有者が自らIoTサービスを作成することが求められると考えられ、簡易なIoTサービス構築環境は、IoTシステムにおいて必須の機能であると考えている。

4. おわりに

本稿では、スマートシティにおいて、全体最適の実現に向けて、個別分野ごとに構築されたIoTシステムの連携が求められていることを述べ、その連携を目指して現在進めている日欧共同研究プロジェクトFed4IoTについて紹介した。IoTシステムの連携に向けて、多くの研究開発がなされており、近い将来、使いやすく、高いサービス効率を支援するIoTシステムが実現されることが期待される。

参考文献

- [1] 国土交通省。スマートシティの実現に向けて [中間とりまとめ]。[Online]. Available: https://www.mlit.go.jp/report/press/toshi07_hh_000126.html, 8月2018.
- [2] Fed4IoT web page. [Online]. Available: https://fed4iot.org.
- [3] oneM2M web page. [Online]. Available: http://www.onem2m.org
- [4] FIWARE web page. [Online]. Available: https://www.fiware.org.
- [5] Multi-access edge computing (MEC). [Online]. Available https://www.etsi.org/technologies/multi-access-edge-computing.