

## uCity : 都市情報の共有を目指すオープン・アーキテクチャ uCity: Open Architecture for Citywide Information Sharing

河口 大輝<sup>†</sup> 濱田 健夫<sup>†</sup> 越塚 登<sup>†</sup>

Masaki Kawaguchi Takeo Hamada Noboru Koshizuka

### 1. はじめに

近年, IoT の発展により, あらゆるものがネットワークに接続される Connected City の実現が期待されている。また, Smart City と呼ばれる取り組みの多くでは, 都市機能の全体最適化がめざされている。

こうした Connected City, Smart City の実現のために, 様々なプラットフォームが提案されている。Santana ら[1]は, 23 の Smart City のためのソフトウェアプラットフォームについて調査し, 用いられている技術や Smart City プラットフォームの機能/非機能要件, 未解決の課題を論ずるとともに, リファレンスとなりうる構成を提案した。これによれば, Smart City プラットフォームに必要な要件は表 1 の通りであり, とりわけデータのプライバシーの問題, 多様な環境に対応するための相互運用性, スケーラビリティ, 各都市の特徴の違いを踏まえた汎用性などが未解決であるとしている。

表 1 Smart City プラットフォームの要件 ([1]を元に作成)

機能要件	データ管理
	データ加工
	外部からのデータへのアクセス
	サービス管理
	ソフトウェア開発ツール
	都市モデルの定義
非機能要件	相互運用性
	スケーラビリティ
	セキュリティ
	プライバシー
	コンテキストウェアネス
	(コンテキストへの) 適応
	拡張可能性
	設定の可変性

### 2. 本研究で着目する要件

我々東京大学越塚研究室では, 研究室が置かれている東京大学ダイワユビキタス学術研究館を始めとするいくつかの Smart Building に携わってきた。ここでの Smart Building とは, 建物内の各種センサーや照明・空調機器などがネットワークに接続され, API を介して利用可能となっているような建物を示す。本研究では Smart City の一構成要素である Smart Building における情報共有の基盤設計が喫緊の課題であることから, 以下 4 点の要件に関して検討を行う。

#### 2.1 相互運用性・拡張可能性

Smart Building のような IoT ソリューションを実用化し普及を図るためには, 基盤となるソフトウェアの再利用性

<sup>†</sup> 東京大学 The University of Tokyo

を高め, コストを低下させることが重要である。建物によって間取りや設置される機器も異なるが, そうした差異を吸収する仕組みを作り, システム構築時や改修時のソフトウェアの変更を最小限に抑えることが必要である。つまり, デバイスの属性や機能の情報だけでなく, 建物の構造やその中でのデバイスの配置などをセマンティックに表現することが必要である。

また, アプリケーションソフトウェアの再利用性のためには, 利用可能なサービスを検索できる Service Finding の機能や, デバイス単位より抽象度の高い空間などへの操作を行うための API も必要である。Service Finding 機能により, アプリケーションは異なる環境でもそこで利用可能なサービスを検出可能になる。また, 複数のデバイスが共通の空間に存在する状況では, 各デバイスは相互に影響しあっており, これをプラットフォーム側が吸収し空間に対する操作として抽象化することで, アプリケーションは環境によるデバイスの設置状況の違いを意識する必要がなくなる。こうした機能の実現にも, 前述の建物環境の十分な記述が不可欠である。例えば, 部屋 A に 3 つの気温センサが設置されているとき, 「部屋 A の気温」を取得するためには, 3 つの気温センサの配置の情報と, 位置関係をもとにどのような処理で部屋全体の気温を算出するかという知識表現によって処理を行うことが求められる。

#### 2.2 モジュラリティ

また, IoT においては, 各デバイスはそれぞれ専門のベンダーが製造することから, デバイスの特性を理解した上でそれらの連携機能が設計されなくてはならない。このため, デバイス同士を組み合わせるだけで容易に連携が行えるよう, デバイス特性の差異を吸収しモジュラリティを高めることが大切である。

#### 2.3 時系列データへの一貫したアクセス

建物や都市の状態をモニタする観点から, 過去から現在, 未来までのデータを一貫した形で取得できることが望ましい。そのために, 大量のデータの保持及び機械学習による未来予測などの処理が必要である。

#### 2.4 決済

近年, ICT を用いた金融サービスの取り組み (いわゆる FinTech) の進展により, マイクロペイメントと呼ばれる少額の決済を行うことができるようになりつつある。こうした仕組みを IoT と連携させ, 操作を行う際に課金したり報酬を与えたりできる仕組みにより, システムを経済的に持続可能にする仕組みを提供する。

### 3. アーキテクチャの検討

この章では, 前章で述べた要件を満たすアーキテクチャについて検討する。

相互運用性のために、Semantic Web の手法を用いることができる。この手法ではデバイスの種類、機能、操作、測定項目などを共通のオントロジーに基づいて記述する。オントロジーの定義に関しては、ESTI のコンテキストデータ標準 NGSI-LD[2]および電気設備に関するオントロジー SAREF (Smart Appliance REference ontology) [3]、IoT-O[4]などを参考にすることができる。これらは、IoT の要素となる一般的なクラスを定義しており、ドメインごとにモジュール化することで、再利用や拡張を容易にしている。

ただし、こうした既存のオントロジーの多くではデバイスの位置情報を経緯度や GeoJSON などですべてを想定しており、Smart Building 自体の構造の表現や、建物内の詳細な位置の表現、部屋などの機能的な領域の表現には不十分である。そこで、建物の設計や施工などに用いられる BIM (Building Information Modeling) のデータと連携することにより、建物の構造やデバイスの位置を取得し、場所情報コードなどを付与して部屋などの空間との対応付けを行うことを検討する。

また、部屋単位など単一デバイスより抽象度の高い対象の操作を可能にするため、前述の建物環境の表現を用いて複数のデバイスの情報を統合するための知識表現が必要である。これも BIM などのデータから自動生成できれば、システム構築の負担を抑えることができる。

センサデータなどは、過去・現在・未来のデータに一貫してアクセスできる REST API を構成する。こうしたデータは大規模になることが予想されるため、NoSQL や分散処理など Big Data 処理の分野で用いられる技術が必要となる。またそれに加えて、リアルタイムなデータの購読型 API も用意する。

決済システムはアクセスコントロール部と連携させ、決済完了によりサービスが利用可能になるようなアプリケーションを想定する。

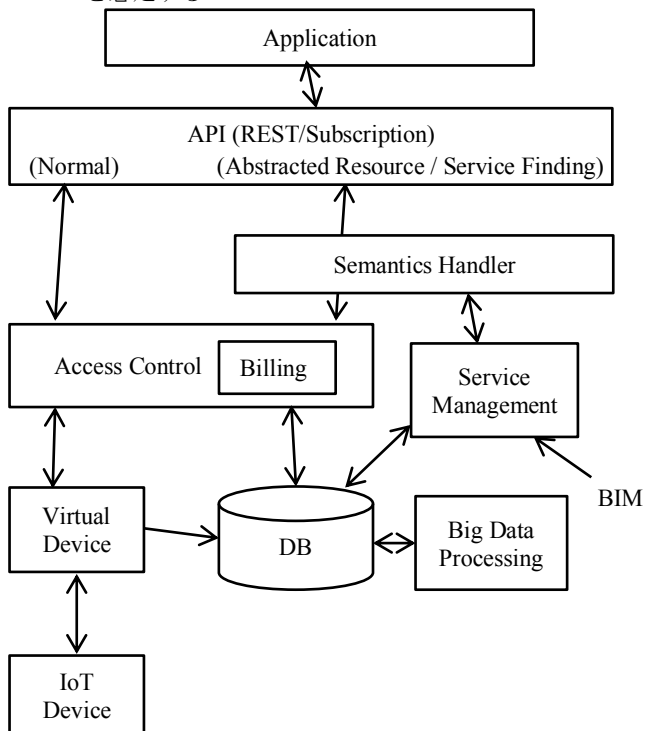


図 1 想定されるシステム構成

#### 4. 今後の展望

アーキテクチャを詳細に設計し、段階的に実装を進める。実装の場として、我々の研究室が所在する Smart Building である東京大学ダイワユビキタス学術研究館を利用し、まずは大学キャンパスでの運用を行う。

#### 参考文献

- [1] Eduardo Felipe Zambom Santana, Ana Paula Chaves, Marco Aurelio Gerosa, Fabio Kon, Dejan S. Milojevic, “Software Platforms for Smart Cities: Concepts, Requirements, Challenges, and a Unified Reference Architecture”, ACM Computing Surveys, Vol.50 Issue 6, No. 78 (2018).
- [2] “ESTI GS CIM 004 V1.1.1 (2018-04)”, [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_gs/CIM/001\\_099/004/01.01.01\\_60/gs\\_CIM004v010101p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/CIM/001_099/004/01.01.01_60/gs_CIM004v010101p.pdf) (2018).
- [3] “Smart Appliances REference (SAREF) ontology”, <https://sites.google.com/site/smartappliancesproject/ontologies/reference-ontology>.
- [4] Nicolas Seydoux, Khalil Drira, Nathalie Hernandez, Thierry Monteil “IoT-O, a Core-Domain IoT Ontology to Represent Connected Devices Networks”, 20th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management, Vol.10024 (2016).