

IoT サービスプラットフォーム参照アーキテクチャの課題

山本修一郎*¹ 増田 佳正*² 林 衛*³

*¹)名古屋大学大学院情報学研究科

*²)慶応義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科

*³)株式会社アイ・ティ・イノベーション

Issues on the IoT Service Platform Reference Architecture

Shuichiro Yamamoto*¹ Yoshimasa Masuda*² Mamoru Hayashi*³

*¹)Nagoya University, Graduate school of Informatics

*²)Keio University, Graduate school of System Design Management

*³)IT Innovation

概要

IoT の登場によって企業サービスのスマート化、多様化が急速に進展していることから、多様な IoT サービスの構築と活用を効率化するオープンなプラットフォームへの期待が高まっている。

本稿では、現状の IoT サービスの開発が個別的であり、オープンな IoT サービスプラットフォームのためのアーキテクチャが必要であることを指摘する。次いで、IoT サービスのためのオープンプラットフォーム参照アーキテクチャ(OSPRA)を提案する。また、OSPRA を実現するために必要となる技術面ならびに社会面の課題とその対策を明らかにする。さらに、これらの取り組みの現状について述べる。

Abstract

As IoT services are rapidly deployed into enterprise information services, the need to open service platform of IoT services is increased.

This paper points that current IoT services are individually developed. Therefore, the open architecture for IoT service platform is necessary. Then we propose OSPRA (Open Service Platform Reference Architecture) for IoT services. The technical and social issues to realize OSPRA are also explained. Moreover, the current activities for approaching these issues are also mentioned.

1. はじめに

IoT の登場によって企業サービスのスマート化、多様化が急速に進展していることから、多様な IoT ソリューションが開発されている[1-10]。このため、多様な IoT サービスの構築と活用を効率化するオープンなプラットフォームへの期待が高まっている[11]。しかし、現状では、それぞれの IoT ソリューションが個別的に開発されており、経営視点でこれらの IoT アプリケーションを全体としてとらえる取り組みが不十分である。具体的には、以下のような産業上の問題がある。

(問題 1) IoT アプリケーションと IoT ミドルウェアが個別開発されており、アーキテクチャが統一されていないため、機能の連携・協調が困難である

(問題 2) IoT デバイス種別ごとに異なるベンダによる IoT

サービスプラットフォームの導入が予想されるため、プラットフォームの相互運用性が問題になる

(問題 3) IoT 機能の連携・協調による新たな価値を創出するためのしくみが確立されていないため、IoT によるオープンイノベーションが加速できない

(問題 4) IoT アプリケーションの運用が個別的であり、IoT 機器の乗っ取りが発生するなど、セキュリティについて客観的な保証ができない

(問題 5) 国内だけで IoT アプリケーションの開発が進められることで、国際展開を困難にしている。

これらの問題の原因は以下のようなものである。

(原因 1) IoT 情報活用への高い期待にも関わらず、IoT 情報のオープンで疎結合な流通手段がない

(原因 2) 多様な IoT 機器制御を協調連携するための横断的な制御イベント(コト情報)の整備が進んでいない

(原因 3) IoT への期待感から個別 AP 開発の活発化に伴い、AP の重複開発が顕在化している

(原因 4) 既存の IoT アプリケーション開発が協調・連携を前提にしていなかったため、個別的なアーキテクチャで開発されており、国際展開を前提とするアーキテクチャのオープン化と、アーキテクチャ記述の共通化が必要である

(原因 5) コンポーネント連携の柔軟性や安定性、信頼性、協調性、セキュリティ・プライバシーなどの品質特性を保証するためのアーキテクチャ設計法が必要である

本稿では、上述した問題を解決するために、IoT オープンサービスプラットフォーム参照アーキテクチャ (Open Service Platform Reference Architecture, OSPRA) を提案する。これにより、以下の価値を創出できる。

(価値 1) IoT サービスの参照アーキテクチャ OSPRA によって、重複がなく、無駄のない、IoT アプリケーションの経済的でオープンな開発と再利用が可能となる。これにより、異なる IoT サービスの相互協調に基づく新たな価値を生む IoT サービスを創出できる。

(価値 2) IoT サービスの参照アーキテクチャ OSPRA の品質保証方式に基づく、IoT アプリケーションの効率性、柔軟性、安全性についての第三者保証制度の導入が可能となり、社会全体で安心安全な保証済みの IoT サービスを活用できる。

(価値 3) オープンな IoT サービスの参照アーキテクチャを先行して実現することにより、本分野での国際連携と協調を推進できる。

(価値 4) Enterprise Architecture (EA) に基づいて IoT やクラウドの標準化を進めているオーパングループ (The Open Group, TOG [12]) で、IoT サービスのための研究成果である OSPRA を標準化する。これにより、OSPRA のグローバル展開を推進できる。

以下では、2章で関連研究を説明する。3章でオープンサービスプラットフォーム参照アーキテクチャ (Open Service Platform Reference Architecture, OSPRA) を提案する。4章ではOSPRA実現方策について述べる。5章でOSPRAの社会的ニーズと技術課題の実現性について議論する。最後に6章でまとめと今後の課題を説明する。

2. 関連研究

以下では、IoT ミドルウェア、O-DA 標準と、適応型 EA の研究動向について述べる。

2.1 IoT ミドルウェア

Ngu らによる調査論文[1]では、IoT ミドルウェアのアーキテクチャ分類、IoT ミドルウェアの比較分析、鍵となる課題などを明らかにしている。Ngu らは、IoT ミドルウェアの課題を①軽量性と移植性、②連携機構と例外機構、③意味的サービス発見、④セキュリティ保証としている。

IoT アプリケーションでは、制約のある IoT デバイスとクラウドでの利用が必要となることから、IoT ミドルウェアが軽量であることと多様なデバイスやクラウド環境へ

の移植性が課題になる。このような特性を持つ IoT ミドルウェアとして Calvin[7], Node-RED[8], Ptolemy[9]がある。

IoT アプリケーション開発を容易化するためには、IoT アプリケーションの連携機構が必要である。また、複数の IoT アプリケーションを連携すると、途中の IoT アプリケーションで発生した例外への対応が必要である。この場合、連携前の状態に復帰するようなロールバック機構が必要になる。このような機能を持つ IoT ミドルウェアとして、Node-RED と Ptolemy がある。

適切な時間と場所で IoT サービスを利用するためには、動的および静的に IoT サービスと IoT デバイスを発見する必要がある。このようなサービス発見を容易化するためには、意味に基づく発見が必要になる。このような意味的サービス発見機能を持つ IoT ミドルウェアとして、OpenIoT [10], GSN[2], Hydra[3]がある。

IoT アプリケーションのセキュリティとユーザ情報の保護ならびに IoT ミドルウェアの信頼基盤が必要である。このようなセキュリティ保証機能を持つ IoT ミドルウェアとして、GSN と Hydra がある。

2.2 O-DA 標準

保証ケースに基づいてシステムの信頼性を保証する実践的な手法を実現するため、筆者らは、オーパングループ (The Open Group, TOG)[12] で O-DA (Open Dependability through Assuredness) 標準を提案した[13]。O-DA では、保証、高保証アーキテクチャ、保証ケースなどの用語と概念の定義、O-DA フレームワークと、そのガイドラインを提供している[14]。しかし、O-DA では一般的な概念とガイドラインを標準化しているので、O-DA を適用するためには、対象システムに即してガイドラインを具体化する必要がある。このため、筆者らは O-DA の課題を解決するための取り組みや手法について研究を進めてきた。具体的には、O-DA テンプレート[15,16]、ディペンダビリティ原則定義法、EA 記述言語である ArchiMate[17,18]に対する保証ケース作成法[19,20]、保証ケースレビュー手法[21,24]、主張間の優先順位の合意手法[22-25]、保証ケース作成能力評価手法などを具体化している。

TOG では、IoT やクラウドなどをサービス指向アーキテクチャに従ってオープンに連携できる Open Platform (OP) 3.0 の標準化に取り組んでいる[26]。しかし、具体的に IoT に適用する上での課題とその対策については明らかになっていなかった。

2.3 適応型 EA

TOGAF[27]ではIoTやクラウドなど急速に進展によるデジタル変革に即応する手法が具体化されていないことから、適応型 EA[28-31]が提案されている。しかし、これらは EA 開発プロセスを対象としており、IoT サービスを対象とする具体的なオープン参照アーキテクチャは提案されていない。

3. オープンサービスプラットフォーム

3.1 参照アーキテクチャ

IoT オープンサービス PF の参照アーキテクチャを図1に示す。図1では、要求、プラットフォーム (PF) アーキテクチャ、PF ソリューションという縦の方向 (開発軸) と、組織固有、分野固有、分野横断、分野共通という横の方向 (分野軸) に従って、PF アーキテクチャと PF ソリューションを体系的に整理している。縦方向は実現関係を示している。横方向は右から左に向かって共通化する関係と左から右に向かって具体化するという2つの関係を示している。

これらのアーキテクチャとソリューションの関係を図2のクラス図で表現すると図2のようになる。ここで、オープンサービス PF 参照アーキテクチャの具体化が分野共通 PF アーキテクチャである。分野共通 PF アーキテクチャが、分野横断 PF アーキテクチャ、さらに分野固有アーキテクチャから、組織固有 PF アーキテクチャへと段階的に具体化される。一方、これらの PF アーキテクチャがそれぞれ対応する PF ソリューションによって実現される。したがって PF ソリューション間にも具体化関係がある。なお、図2では、要求については省略した。

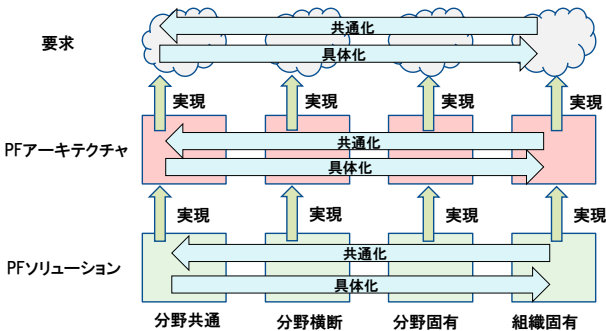


図1 オープンサービス PF 参照アーキテクチャ

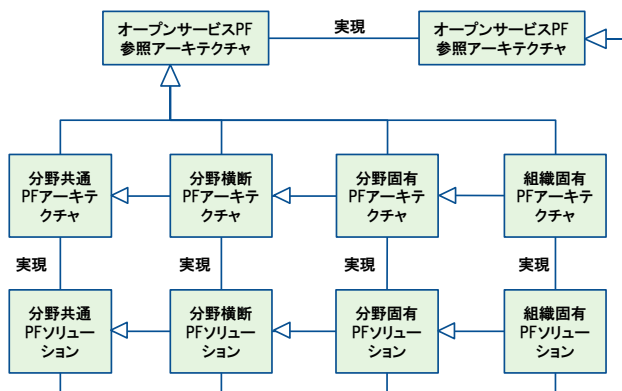


図2 オープンサービス PF 参照モデル

3.2 OSPRA の研究課題

オープンサービス PF 参照アーキテクチャ (図1) に基づいて、開発軸 (要求, アーキテクチャ, ソリューション) と分野軸 (分野共通 IoT オープンサービス PF, 分野横断 IoT オープンサービス PF, 分野固有 IoT オープンサービス PF,

組織固有 IoT オープンサービス PF) から IoT オープンサービス PF 群を論理的に体系化できる。この体系によって、新たな IoT 技術に対応できる適応型オープンサービスプラットフォームアーキテクチャの設計方式を明らかにする必要がある。

またオープンサービス PF 参照アーキテクチャに基づいて、IoT オープンサービス PF の品質保証方式を具体化する。さらに、たとえば、ヘルスケア分野でオープンな IoT デモシステム (図3) を実装することにより、オープンサービス PF アーキテクチャを実現できることを実証する必要がある。その後、オープンサービス PF アーキテクチャの適用範囲を徐々に拡大することにより、品質が保証された IoT オープンサービス PF アーキテクチャを効率的に実用化していく必要がある。

オープンサービス PF の品質を保証するために、IoT オープンサービス PF アーキテクチャとそれを用いた IoT アプリケーションから構成される IoT サービスを対象として、オープンサービス PF と IoT アプリケーションからなる2階層品質保証方式を提案し、その有効性を明らかにする。

本研究を進める上で、各方面の意見を収集するため、IoT、モバイル、スマホ、クラウドなどに基づくオープンサービスプラットフォームのビジネスシナリオを具体化するとともに、その有効性をグローバル環境で明らかにする必要がある。また、準備段階から参加する企業への成果移転を並行して進め、オープン IoT サービスプラットフォームの実用化を段階的に実現する。さらに、本研究の成果に基づいて、O-DA を図1の全構成要素に展開することにより、IoT サービス向けに拡張した O-DA を提案する。

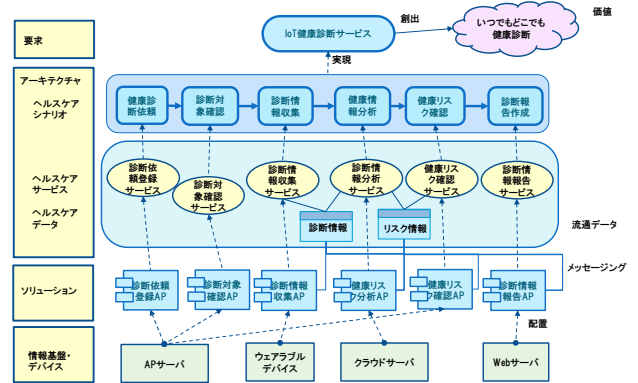


図3 IoT デモシステムのアーキテクチャ

4. OSPRA の実現法

以下では、OSPRA を実現するための技術課題とその解決策ならびに開発内容を説明する。

4.1 技術課題

OSPRA を実現する上での技術開発課題は以下のとおりである。

(課題1) 連携・協調を前提としたサービスプラットフォーム全体のアーキテクチャ設計法が未確立

(課題 2) オープンサービスプラットフォームの品質保証技術が未確立

(2a)多数のコンポーネントを連携・協調させ、システム全体としての機能に対する、安定性・信頼性・協調性・セキュリティ・プライバシーを保証する技術が未確立

(2b) モノやシステムを制御するための機能に対する、リアルタイム性や信頼性、セキュリティを保証する品質保証技術が未確立

(課題 3) オープンサービス PF の利用法が未確立. OSPF による IoT サービスが実現されていないため, OSPF の利用シナリオが未確立である. また異なる OSPF 間で IoT サービスを連携するための利用方式が未確立

4.2 課題解決策

上記の課題を解決するために、以下の対策が必要である。

(対策 1) 開発軸 (要求, プラットフォーム, ソリューション) と, 分野軸 (業界共通, 業界横断, 業界別, 組織固有) からなる体系的なオープンサービス PF の参照アーキテクチャ構築手法を提案する。

(対策 2) 要求層, アーキテクチャ層 (機能, サービス, データ), ソリューション層, 情報基盤・デバイス層からなる 4 階層アーキテクチャ (図 2) に基づき, システム全体の安定性・信頼性・協調性・セキュリティ・プライバシーを担保できること (主張) を, 証拠を用いて客観的に説明する保証ケースによって確認する手法を提案し有効性を実証する。

(対策 3) 分野ごとに OSP の利用法を明らかにする必要がある. また分野間で異なる OSP を連携する方法を明らかにするとともに, OSP の標準化を進める必要がある。

4.3 OSPRA 実現に向けた実施内容

上述した OSPRA の 3 つの課題対策, ①オープンサービス PF 参照アーキテクチャ設計法, ②品質保証方式, ③OSP 利用法についての実施内容は以下のとおりである。

(実施内容 1) オープンサービス PF 参照アーキテクチャ

OSPRA の研究では, 開発軸と分野軸からなる IoT オープンサービス PF 参照アーキテクチャの具体化とそれに基づく, 新たな IoT 技術に対応できるオープンサービス PF 設計方式を明らかにする. 具体的には, オープンサービス PF アーキテクチャを EA 記述言語 ArchiMate で記述することにより, アーキテクチャ間の共通性分析を容易化する. 図 4 に ArchiMate による IoT アプリケーションの記述例を示す. ArchiMate を用いることで IoT サービス PF をエンタープライズ系情報システムとの統合を容易化できる。

オープンサービス PF 参照アーキテクチャのデモシステムの構築手順を図 5 に示す。

まず, ①既存の IoT ソリューションのアーキテクチャをレビューすることにより, 組織固有参照アーキテクチャ (RA) への適合性を確認する. 次いで, ②組織固有の IoT サービス要求と組織固有 RA との関係性を明らかにする. さらに, ③組織固有サービス要求, 組織固有 RA, 組織固有ソリューションに基づき, 分野固有サービス要求, 分野固有 RA

を明らかにする. 最後に, ④分野固有要求, 分野固有 RA に基づいて, 分野横断要求, 分野横断 RA を明らかにする。

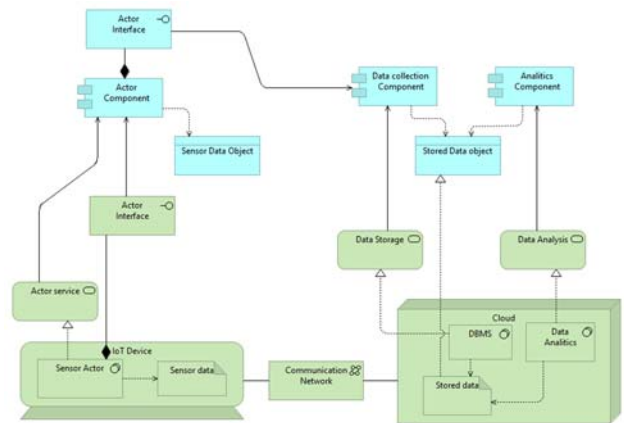


図 4 ArchiMate による IoT アプリケーション記述例

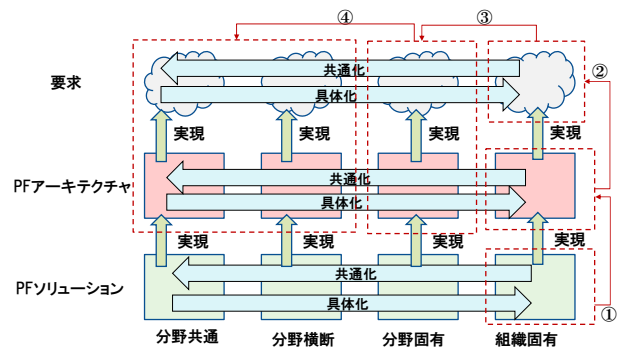


図 5 OSPRA デモシステムの構築手順

(実施内容 2) IoT サービス品質保証方式

OSPRA の品質保証方式の研究では, IoT サービス共通 PF とそれを用いた IoT アプリケーションから構成される階層的 IoT サービスを対象として, オープンサービス PF 品質保証方式とサービス AP 品質保証方式の有効性を明らかにする. 具体的には, アーキテクチャ指向保証ケース作成手法[14,19,24]に基づいて, 安定性, 信頼性, セキュリティなどをアーキテクチャに基づいて統合的に保証する「Quality By Architecture (QBA)」手法を提案する. ここで, 安定性, 信頼性, セキュリティなどの品質特性を Quality と考えている。

また, アーキテクチャ構成に従った伝搬評価技術[21-23]に基づき, OSPRA 品質特性を定量的に保証する方式を具体化する。

(実施内容 3) OSPRA の利用方式

まず, OSP のビジネスシナリオの構築では, 関連する国内外のステークホルダの参画を募り, 典型的なビジネスシナリオを明らかにすることにより, OSP のオペレーションプロセス, プラットフォームが提供すべき共通機能とアプリケーションによる個別機能などを具体化する。

また, OSP 間相互連携の課題を議論する有識者会議を開催することにより, プラットフォーム相互の認証や相互信

頼の確立方式などを具体化する。

さらに、これらの OSPRA の取り組み内容をガイドライン化することにより、TOG において O-DA の IoT 拡張として、研究成果の国際標準化を推進する。

5. 議論

5.1 社会・産業ニーズの検証状況

既存の IoTAP とミドルウェアの調査とニーズ分析により、IoT のためのオープンサービス PF アーキテクチャが実現されていないことと、その設計法がないことを確認している。また、既存の IoT ミドルウェアは、サービス型、アクタ型、クラウド型などがあり、個別的である。これらの共通機能を抽出することにより、分野横断的なサービス PF アーキテクチャを具体化する必要がある。

特定分野の OSP ビジョンの構築については、国内外の諸組織から必要性について賛同を得ている。このため、IoT 個別 AP の統合化への期待価値を明確化できると思われる。また、グローバル展開する日系製造業で個別 IoT ミドルの連携問題があること、したがってサービス協調アーキテクチャによる IoT アプリケーションの全体最適化ニーズがあることを確認している。

IoT やクラウドなどをオープンなプラットフォームで提供するため、TOG では Open Platform 3.0 の標準化を進めている。著者らが O-DA 標準を策定した実績があることから、本研究の成果を O-DA 標準の IoT 拡張として提案する準備を進めている。

5.2 技術的課題と実現可能性

OSPRA の実現可能性を明らかにするためには、OSPRA によって、期待される品質を持ち、再利用可能な IoTAP を効率的に構築できることを明らかにする必要がある。このため、既存の IoTAP と OSPRA との比較(課題 1, 課題 2)、OSPRA に基づく分野共通 OSP の構築(課題 3)、OSPRA に基づく IoT サービス品質の保証(課題 4)を明らかにする必要がある。

(課題 1) 10 以上の IoT, ビッグデータ, AI, クラウド・アプリケーションの設計・開発実績と知見から、IoT アプリケーションのアーキテクチャ共通参照モデルを定義できる見通しを得た。また、これらの知見・経験から、参照アーキテクチャを定義するための技術基盤知識を確立することができる。

(課題 2) 既存 IoT アプリケーションについて OSPRA に基づくアーキテクチャレビューとデモシステムにより、参照アーキテクチャの実現性を確認する必要がある。

(課題 3) OSPRA の実現可能性を明らかにするため、分野横断オープンサービスプラットフォーム(図 6)を対象として、国内外の複数組織とともに有効性を確認する必要がある。このオープンサービスプラットフォームでは、ゴール指向[32]に基づき価値層、協調層、専門層からなる 3 階層アーキテクチャを採用することにより、異なる専門分野のアプリケーションを協調して、待価値を実現することが

できる。協調層では、異なる分野のアプリケーションを協調するための共通機能として、サービス発見、サービス認証、サービス協調、オントロジー、データ連携、イベント管理などを提供する。サービス発見では、必要な IoT サービスを検索する。サービス認証では、IoT サービスが適切であることを確認する。サービス協調では、複数の IoT サービスを合成して新たな IoT サービスを創出する。データ管理とイベント管理では、分野間や IoT デバイス間で異なる情報形式と意味を相互変換する。オントロジーでは分野間の用語関係を管理しておき、あいまいな用語や対立する用語を解決する。

さらに、OSP では、サービス供給、サービス交換、サービス消費からなる Supply-Exchange-Consume (SEC)モデルを提案することにより、IoT サービス間で必要な情報と制御をオープンに協調できる。

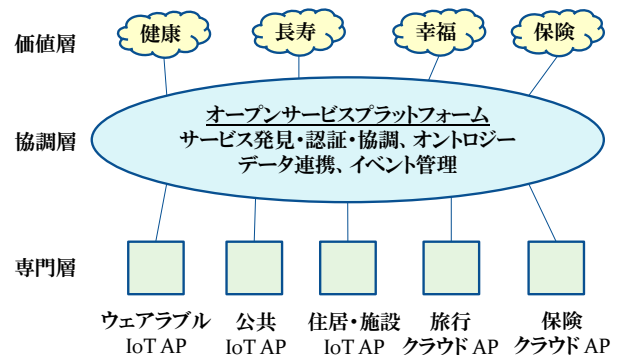


図 6 分野横断オープンサービスプラットフォーム

(課題 4) これまでにモバイル系および自動車系分野に対して、アーキテクチャに基づく保証ケース作成技術の適用性を確認[19,20]しており、IoT サービスのための PF 参照アーキテクチャへの適用法を確立できること、ならびにアーキテクチャ構成要素の増加に伴う保証範囲の爆発的拡大への対策として、重要部分に限定して保証ケースを作成する選択的保証法を確立できる見通しを得ている。

6. おわりに

本稿では、多様な IoT アプリケーションの開発を容易化するオープンサービスプラットフォーム参照アーキテクチャを紹介した。今後の課題には、以下に示すように技術面と社会面の課題がある。

6.1 技術面の課題

(課題 1) IoT サービス協調アーキテクチャの共通参照モデルとその実証ならびに、信頼性やセキュリティなどの品質保証方式を具体化するとともに、グローバルヘルスケア分野で、IoT デモシステムを実装することにより、品質特性が保証された IoT サービス協調アーキテクチャを実用化できることを示す必要がある。

(課題 2) TOG において、これらの成果に基づく、O-DA 標準の IoT 拡張を提案する必要がある。

6.2 社会面の課題

OSPRA の社会実装にあたっての課題には以下がある。

(課題 1) 共通サービス PF と個別拡張部から、サービス協調プラットフォームを構成することにより、プラットフォームの事業化を容易化する必要がある

(課題 2) IoT サービスが機能連携 PF アーキテクチャ参照モデルに基づいて実現される上での課題を把握するために、IoT 参照モデル導入能力評価指標 (Reference Model Capability Index) を設計する。IRMRI の指標値に基づき、社会実装上の課題を客観的に把握できるだけでなく、組織能力を改善できることから、参照モデルの社会実装を容易化できる。

(課題 3) 国内外の研究開発参画組織および有識者会議の議論により、国際標準化を進めるとともに、社会実装する上での課題を幅広く把握する予定である。

謝辞

本稿を執筆する過程で多くの方々から貴重なご意見を頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- [1] Anne H. Ngu, Mario Gutierrez, Vangelis Metsis, Surya Nepal, and Quan Z. Sheng, IoT Middleware: A Survey on Issues and Enabling Technologies, IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL, VOL. 4, NO. 1, pp.1-20, FEBRUARY 2017
- [2] Hydra, <http://www.hydramiddleware.eu/news.php>
- [3] GSN, <http://lsir.epfl.ch/research/current/gsn/>
- [4] Google Fit, <https://www.google.com/fit/>
- [5] Xively, <https://www.xively.com/xively-iot-platform>
- [6] Paraimpu, <http://www.crs4.it/results/technology-catalogue/paraimpu/>
- [7] Per Persson, Ola Angelsemark, Calvin –Merging Cloud and IoT, <https://www.ericsson.com/assets/local/publications/conference-papers/calvin-open-access.pdf>
- [8] Node-RED, <https://developer.ibm.com/recipes/tutorials/getting-started-with-watson-iot-platform-using-node-red/>
- [9] Ptolemy, <https://ptolemy.eecs.berkeley.edu/>
- [10] OpenIot, <https://github.com/OpenIotOrg/openiot/wiki>
- [11] 前田章, 超スマート社会の実現, https://www.jst.go.jp/mirai/jp/theme/message/index.html#message_social01
- [12] TOG, <http://www.opengroup.org>
- [13] TOG, Dependability through Assuredness™ (O-DA) Framework, Reference C13F, US ISBN 1-937218-36-2, 7 2013
- [14] 山本修一郎, O-DA における高保証アーキテクチャ開発手法の現状と課題, KBSE 研究会, 2017
- [15] Shuichiro Yamamoto, Shuji Morisaki, A case study on architecture quality assurance service using O-DA, CENTERIS 2016, Book of industry papers, poster papers and abstracts of CENTERIS 2016, ISBN 978-989-97433-7-3, pp.185-193, 2016
- [16] Nobuhide Kobayashi, Shuichiro Yamamoto, An Evaluation of O-DA template, EAIS, pp.263-268, 2017
- [17] TOG, ArchiMate® 3.0 Specification, Reference C162, US ISBN 1-937218-74-4, 6 2016
- [18] 山本修一郎, 現代エンタープライズ・アーキテクチャ概論 - ArchiMate 入門 (MyISBN - デザインエッグ社), 2016
- [19] Shuichiro Yamamoto, An approach to assure Dependability through ArchiMate, SAFECOMP 2015 Workshops, LNCS 9338, PP.50-61, 2015
- [20] Shuichiro Yamamoto, Nobuhide Kobayashi, Mobile Security Assurance through ArchiMate, mobisec 2016, IT Convergence Practice, Volume 4, Number 3, pp. 1~8, 2017
- [21] Nobuhide Kobayashi, Shuji Morisaki, Noritoshi Atsumi, and Shuichiro Yamamoto, Quantitative Non Functional Requirements evaluation using softgoal weight, Journal of Internet Services and Information Security (JISIS), volume: 6, number: 1, pp37-46, 2016
- [22] Shuichiro Yamamoto, Assuring Security through Attribute GSN, ICITCS 2015, 5th International Conference on IT Convergence and Security (ICITCS), pp.1-5, 2015
- [23] Shuichiro Yamamoto, An approach for evaluating softgoals using weight, ASIAARES 2015, pp.203-212, ICT-EurAsia2015, LNCS9357, DOI: 10.1007/978-3-319-24315-3_20
- [24] Shuichiro Yamamoto, Shuji Morisaki, A System Theoretic Assurance Case Review, 11th International Conference on Computer Science & Education, pp. 992 - 996, DOI: 10.1109/ICCSE.2016.7581719
- [25] 山本修一郎, 森崎修司, 渥美紀寿, 実践的保证ケース作成方式, SEC journal Vol.13 No.1, pp.24-31, Jul. 2017
- [26] TOG, Open Platform 3.0, Reference W147, 5 2014
- [27] TOGAF V.9 A Pocket Guide, THE Open GROUP, 2008
- [28] Yoshimasa Masuda, Seiko Shirasaka, Shuichiro Yamamoto, INTEGRATING MOBILE IT/CLOUD INTO ENTERPRISE ARCHITECTURE: A COMPARATIVE ANALYSIS, PACIS 2016 Proceedings. Paper 4, pp.1-15
- [29] Yoshimasa Masuda, Seiko Shirasaka, Shuichiro Yamamoto, A comparative analysis of the integration of Mobile IT/Cloud elements in Enterprise Architecture frameworks: towards the era of Digital IT, JBE20160919-2, pp. 1~8, 2016
- [30] Yoshimasa Masuda, Seiko Shirasaka, Shuichiro Yamamoto, Thomas Hardjono, Risk Management for Digital Transformation in Architecture Board: A Case Study on Global Enterprise, EAIS2017, pp.255-262, 2017
- [31] Nada Olayan, Shuichiro Yamamoto, System Thinking Approach to Create CONOPS for the Adaptive Enterprise Architecture, pp. 37-39, proc. on Asia Pacific Conference on Information Management 2016, Vietnam National University Press, Hanoi, 2016
- [32] 山本修一郎, ~ゴール指向による!!~ システム要求管理技法, ソフト・リサーチ・センター, 2007