

Portability and Interoperability in IoT Platforms Application Layer

Portabilidade e Interoperabilidade na Camada de Aplicação de Plataformas de Internet das Coisas

DANTAS, D.*; FILGUEIRAS, L.*; BRANDÃO, AAF*

*Escola Politécnica - Universidade de São Paulo

E-mail: {douglasdantas,lfilguei,anarosa.brandao}@usp.br

Abstract—Due to rising IoT technologies, new applications need to be created to meet this demand. The complexity of the components and the massive amount of information generated make the development IoT complex. In this context, IoT platforms come up with features that can facilitate development, abstracting complexity from an application developer's point of view. However, selected applications or services on one unused platform with interactions with selected applications and services on another platform. Taking this issue into account, this work can create a portability layer and run an application layer from different IoT platforms and will provide an interface that can be used to create cross-platform applications, allowing for reuse and resource savings, beyond the interoperability between them, i. e., an exchange and use of information. As partial results, there is a literature review, conference submitted, a requirements gathering report, and a compatibility layer between two analogous features of two platforms.

Keywords— Internet of Things, IoT Platforms, Portability, Interoperability

Resumo— Com a ascenção das tecnologias de IoT, novas aplicações precisam ser desenvolvidas para suprir a demanda gerada. Não obstante, a complexidade dos componentes e a quantidade massiva de informações geradas tornam o desenvolvimento Internet das Coisas (IoT) complexo. Nesse contexto, as plataformas de IoT surgem com recursos que podem facilitar o desenvolvimento, abstraindo a complexidade do ponto de vista do desenvolvedor de aplicações. No entanto, aplicações ou serviços desenvolvidos em uma plataforma não necessariamente interagem com aplicações e serviços desenvolvidos em outra plataforma. Levando em conta essa questão, este trabalho propõe criar uma camada de portabilidade que atuará na camada de aplicação de diferentes plataformas de IoT e proverá uma interface que possa ser usada para criar aplicações multiplataformas, permitindo maior reuso e economia de recursos, além da interoperabilidade entre as mesmas, ou seja, a troca e uso de informações. Como resultados parciais, há uma revisão da literatura, submetida para conferência, um relatório de dinâmica de levantamento de requisitos e uma camada de compatibilidade entre dois recursos análogos de duas plataformas.

Palavras-chave— Internet das Coisas, Plataformas de IoT, Portabilidade, Interoperabilidade

Classificação— Mestrado

Categoria— Qualificado

I. INTRODUÇÃO

O advento da IoT faz com que bilhões de dispositivos sejam interconectados, permitindo soluções em identificação inteligente, localização, rastreamento, monitoramento, entre outros [1]. Além disso, essa grande rede de dispositivos gera uma quantidade massiva de dados, exigindo novas formas de coleta, gerenciamento, processamento e visualização desses dados [2]. Faz-se necessário o desenvolvimento de aplicações que atendam a essas novas demandas e ainda outras que poderão surgir, uma vez que a IoT tem o potencial de mudar a forma como as tarefas humanas são realizadas.

No entanto, o desenvolvimento de aplicações IoT é complexo, uma vez que a gama de tecnologias distintas envolvidas no processo pode ser numerosa, com vários tipos diferentes de dispositivos de hardware, protocolos de comunicação, algoritmos e outras tecnologias. Além disso, princípios como escalabilidade, segurança, privacidade, consistência em comunicação e alta integração entre a heterogeneidade de dispositivos são buscados [3].

Neste contexto, as plataformas¹ de IoT surgem como soluções onde um conjunto de recursos para desenvolvimento de aplicações são oferecidos, abstraindo a complexidade de desenvolvimento em maior ou menor grau, com a finalidade permitir ao desenvolvedor a criação de aplicações orientadas ao negócio.

Ao longo do tempo, diferentes plataformas de IoT surgiram com focos em diferentes soluções, seja por meio de iniciativa privada ou pública. No entanto, um problema que ocorre é a portabilidade e interoperabilidade de aplicações entre as diferentes plataformas, uma vez que cada uma tem seus próprios protocolos e especificações. Dentro do contexto do Plano de Desenvolvimento Institucional na Área de Transformação Digital: Manufatura Avançada e Cidades Inteligentes e Sustentáveis (PDIP) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), onde um conjunto de aplicações serão testadas em diferentes plataformas, este projeto de pesquisa busca criar uma camada de portabilidade e interoperabilidade

¹Uma plataforma é um ambiente virtual sobre o qual um software pode ser executado ou instalado [4].

na camada de aplicação de plataformas de IoT. Isto permitirá a criação de aplicações multiplataformas, e que dados possam ser acessados e processados por plataformas de diferentes fabricantes, economizando tempo de desenvolvimento.

Dentre as plataformas de IoT, destaca-se neste trabalho o IBM Watson [5], comercial, e FIWARE [6], de código aberto, ambas utilizadas neste trabalho.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A. Internet das Coisas (IoT)

Segundo [7], IoT é “uma infra-estrutura global para a sociedade da informação, permitindo serviços avançados ao intercomunicar elementos físicos e virtuais com base em tecnologias de informação e comunicação interoperáveis existentes e em evolução”.

A IoT abriu um vasto leque de possibilidades de pesquisa e desenvolvimento, em vários campos diferentes do conhecimento, como por exemplo Redes, Inteligência Artificial, Computação Sensível ao Contexto e Sensores [8].

Dentre as várias áreas de aplicação da IoT, podem-se destacar duas. A primeira delas é a área de Cidades Inteligentes [9], que é um termo usado para nomear um ecossistema de dispositivos inteligentes conectados provendo serviços que melhorem a qualidade de vida dos cidadãos em diversos cenários, tais como economia de uso de recursos energéticos, semáforos trabalhando em conjunto, entre outros. Várias iniciativas nesse sentido têm sido desenvolvidas, como a Cidade Inteligente de Pádua, Itália, relatada por [9], onde se desenvolveram sistemas para saúde, redução do desperdício de recursos, monitoramento de qualidade do ar, ruídos, engarrafamentos, estacionamentos, eficiência energética e insalubridade dos prédios. A segunda área é a de *Smart Manufacturing* [9], que é uma das características da Indústria 4.0 e traz princípios como personalização em massa, flexibilidade, melhorias na tomada de decisão, monitoramento remoto, redução de erros, conectividade entre os elementos da cadeia de suprimento e gerenciamento inteligente de energia. Para isso, produtos que estão em andamento, componentes e máquinas da linha de produção contém sensores que recolhem informações em tempo real, transformando os tradicionais sistemas fabris centralizados em descentralizados, além de introduzir o uso de tecnologias como computação em nuvem, de borda, aprendizado de máquina, entre outros.

B. Modelo de Arquitetura de Referência IoT

Na literatura, relata-se que o rápido crescimento da IoT torna difícil sua padronização e especificação, de forma que não há um modelo único de referência que seja um consenso entre a comunidade [10], [11], [12]. No entanto, pesquisas e órgãos reguladores de diferentes países se mostram propostas de modelos de referência ou arquiteturas de IoT. A International Telecommunication Union (ITU), por exemplo, que é um órgão da Organização das Nações Unidas (ONU) representativo a nível mundial, define um modelo de arquitetura de referência em camadas para sistemas IoT, conforme mostrado na Figura 1. Ele está dividido em quatro camadas, além de

management capabilities e *security capabilities* associados a cada uma das camadas, sendo esta a descrição das mesmas:

- **Application:** Contém as aplicações IoT, que são programas diretamente relacionados à solução de problemas de negócio.
- **Service support and application support:** São pacotes de recursos utilizados para dar assistência às aplicações, e estão divididos em dois grupos, *generic support capabilities* e *specific support capabilities*. O primeiro se trata de pacotes de uso geral de várias aplicações de IoT, enquanto o segundo se trata de pacotes utilizados por aplicações mais específicas.
- **Network:** Divide-se em dois grupos, *networking capabilities* e *transport capabilities*. O primeiro se refere a funções de controle de rede, mobilidade, autenticação, autorização e gerenciamento de contas, enquanto o segundo trata de disponibilizar conectividade para o tráfego de dados das aplicações de IoT e de informações de controle.
- **Device:** Também se divide em dois grupos, *device capabilities* e *gateway capabilities*. O primeiro inclui as funções de acesso direto a rede de dispositivos (como sensores, atuadores, entre outros), criação e manutenção de redes ad-hoc e ciclos de trabalho para economizar energia, enquanto o segundo trata-se de dispositivos de acesso ao meio físico via protocolos como LTE, PSTN, 2G, 3G, bluetooth, Zigbee, entre outros.
- **Management Capabilities:** Trata de transferência de dados sobre falhas, configurações, análise de desempenho, segurança, diagnósticos, ativação e desativação remota e gerenciamento de segurança. Podem ser genéricos (uso geral) ou específicos (associados a uma aplicação em especial).
- **Security Capabilities:** O grupo dos generic security capabilities é independente de aplicação e tem funções diferentes de acordo com a camada. Na camada de aplicação, trata da autorização, autenticação, confidencialidade e integridade dos dados, privacidade, segurança e anti-vírus. Já na camada de rede, trata da autorização, autenticação, confidencialidade de dados de aplicação e sinalização. Por fim, na camada de dispositivos, trata da autenticação, autorização, validação da integridade do dispositivo, controle de acesso, confidencialidade, entre outros. Já o grupo dos specific security capabilities é altamente atrelado a aplicações em específico.

C. Estudos de Interoperabilidade

A interoperabilidade pode ser entendida como sendo o grau cujo dois ou mais sistemas, produtos ou componentes são capazes de trocar informações e utilizá-las[4]. Assim sendo, diferentes projetos definiram métricas de interoperabilidade, tais como o Levels of Conceptual Interoperability Model (LCIM)[14], European Interoperability Framework (EIF)[15] e European Telecommunications Standards Institute (ETSI)[16], sendo a escala deste último específico para IoT e definindo os quatro seguintes níveis de interoperabilidade:

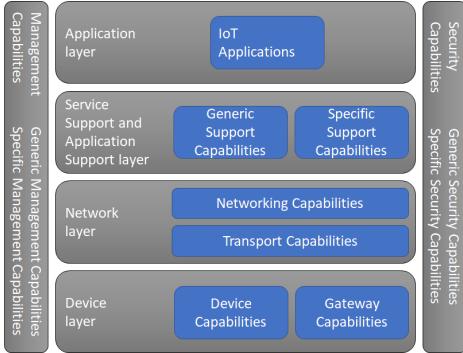


Figura 1. Modelo de arquitetura de referência de acordo com a ITU (Adaptado de [13]).

- **Técnico:** Relacionado com protocolos de comunicação e infraestrutura.
- **Sintático:** Associado com formatos de dados e codificações.
- **Semântico:** Relacionado ao comum entendimento da informação trocada.
- **Organizacional:** Associado com a capacidade de comunicar-se mesmo através de diferentes culturas, regiões geográficas e sistemas de informação.

Neste trabalho, objetiva-se alcançar a interoperabilidade semântica, de tal forma que haja um entendimento da informação trocada entre diferentes plataformas de IoT.

D. Padrões de Interoperabilidade

Para alcançar o objetivo de interoperabilidade em IoT nos diferentes níveis, é crucial a definição de como os componentes se relacionarão dentro do sistema. [17] define cinco padrões genéricos de interoperabilidade, conforme representado na Figura 2, e que são descritos da seguinte forma:

- **Cross-platform access (Figura 2(a)):** É o padrão no qual a aplicação ou serviço acessão dados e funcionalidades de duas ou mais plataformas, sendo que estas proveem interfaces com a mesma especificação.
- **Cross-application Domain Access (Figura 2(b)):** Este padrão estende o padrão anterior, permitindo que aplicações e serviços possam não só acessar recursos de múltiplas plataformas como também de diferentes domínios de negócio.
- **Platform independence (Figura 2(c)):** Permite que uma aplicação ou serviço possa ser utilizado sobre mais uma plataforma, de maneira portável.
- **Platform-scale independence (Figura 2(d)):** Permite que aplicações ou serviços possam utilizar recursos de múltiplas plataformas independentemente do nível de escala, isto é, nuvem, fog, servidor, dispositivo, entre outros.
- **Higher-level service facades (Figura 2(e)):** Estende o padrão cross-platform access de maneira que um serviço ou aplicação possa não só obter informações e funcionali-

dades de múltiplas plataformas como também de serviços, através da composição de serviços.

III. CONTRIBUIÇÃO

Este trabalho pretende desenvolver uma camada de portabilidade e interoperabilidade que disponibilize uma interface que permita a criação de aplicações multiplataformas.

Uma visão conceitual do objetivo é exposto na Figura 3. A camada proposta oferece várias implementações, uma para cada uma das camadas de aplicação das plataformas. Uma aplicação irá encontrar a mesma interface independente da plataforma.

Além disso, outra contribuição é a descrição do processo pelo qual se obtém a interoperabilidade e portabilidade.

IV. SEQUÊNCIA DE TRABALHO

Para realizar o projeto de pesquisa, estipulou-se uma sequência de trabalho, descrita a seguir, cuja algumas etapas foram concluídas.

- **Concluídas:**
 - **Seleção dos estudos de caso:** No âmbito do CIAM-IPT, optou-se por haver dois estudos de caso em duas áreas distintas: Indústria 4.0 e Cidades Inteligentes.
 - **Análise dos requisitos e dinâmicas com as equipes de desenvolvimento:** Fez-se a análise de requisitos para projetos em ambas as áreas do estudo de caso, utilizando técnicas de *Design Thinking*, para detectar que recursos deveriam ser levados em conta para o desenvolvimento da camada proposta.
- **Em andamento:**
 - **Desenvolvimento das implementações da camada proposta para as plataformas-alvo:** À partir de duas plataformas-alvo selecionadas considerando a revisão da literatura e outros critérios internos do CIAM-IPT, está em adamento a criação de implementações da camada de portabilidade e interoperabilidade para ambas as plataformas, além da documentação da mesma.
 - **Desenvolvimento das aplicações:** Uma vez que as implementações estejam realizadas, far-se-á a integração de aplicações dos estudos de caso com as mesmas, para aplicar a portabilidade e interoperabilidade.
 - **Validação:** Far-se-á uma correlação dos padrões de portabilidade e interoperabilidade com cenários possíveis da camada proposta como forma de validação.

V. RESULTADOS PARCIAIS

Até o momento, a pesquisa gerou os seguintes resultados:

- **Revisão da Literatura:** Revisão terciária realizada que levantou recursos na camada de aplicação de 47 plataformas e os categorizou em 11 categorias distintas. Gerou artigo submetido em revista.
- **Processo de Dinâmica de Levantamento de Requisitos:** À partir de dinâmica realizada para levantamento de

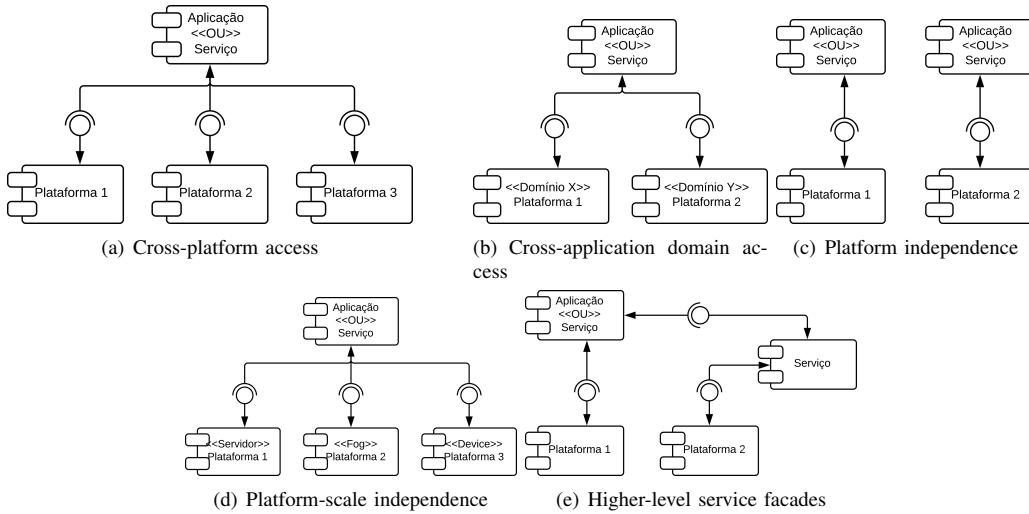


Figura 2. Diferentes padrões de interoperabilidade (adaptado de [17]).

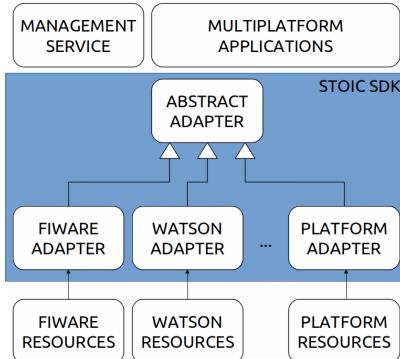


Figura 3. Visão representativa da solução proposta.

requisitos de aplicações de IoT e relação destes com recursos levantados na literatura, gerou-se um relatório que resultará em artigo a ser submetido em conferência.

- **Interoperabilidade entre o Fiware Orion Context Broker e Watson IoT Platform:** Das duas plataformas selecionadas para realização da camada de portabilidade, Fiware e Bluemix, realizou-se a implementação de uma camada de interoperabilidade semântica entre um componente de cada, o Orion Context Broker e o Watson IoT Platform, respectivamente, de forma que uma aplicação que faça usos

ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem o apoio a Fundação de Amparo a Pesquisa de São Paulo (FAPESP). Processo #2018/23052-0 FAPESP, Processo #2017/50343-2 FAPESP.

REFERÊNCIAS

- [1] CHEN, S.; XU, H.; LIU, D.; HU, B.; WANG, H. A vision of iot: Applications, challenges, and opportunities with china perspective. *IEEE Internet of Things journal*, v. 1, n. 4, p. 349–359, 2014.
- [2] CAI, H.; XU, B.; JIANG, L.; VASILAKOS, A. V. Iot-based big data storage systems in cloud computing: Perspectives and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, v. 4, n. 1, p. 75–87, 2017.
- [3] VAN KRANENBURG, R.; BASSI, A. Iot challenges. *Communications in Mobile Computing*, v. 1, n. 1, p. 9, 2012.
- [4] ISO/IEC/IEEE International Standard - Systems and software engineering-Vocabulary. Standard, International Standards Organization, Aug. 2017.
- [5] IBM. IBM Watson. <https://www.ibm.com/watson>, 2018. Acessado em: 18/11/2019.
- [6] ZAHARIADIS, T.; PAPADAKIS, A.; ALVAREZ, F.; GONZALEZ, J.; LOPEZ, F.; FACCA, F.; AL-HAZMI, Y. Fiware lab: managing resources and services in a cloud federation supporting future internet applications. In: . c2014. p. 792–799.
- [7] Internet of things and smart cities and communities – Requirements and use cases. Standard, International Telecommunication Union, Apr. 2017.
- [8] YAN, Z.; ZHANG, P.; VASILAKOS, A. V. A survey on trust management for internet of things. *Journal of network and computer applications*, v. 42, p. 120–134, 2014.
- [9] ZANELLA, A.; BUI, N.; CASTELLANI, A.; VANGELISTA, L.; ZORZI, M. Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things journal*, v. 1, n. 1, p. 22–32, 2014.
- [10] BANAFA, A. Iot standardization and implementation challenges. *IEEE org Newsletter*, 2016.
- [11] BANDYOPADHYAY, D.; SEN, J. Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization. *Wireless Personal Communications*, v. 58, n. 1, p. 49–69, 2011.
- [12] DA XU, L.; HE, W.; LI, S. Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on industrial informatics*, v. 10, n. 4, p. 2233–2243, 2014.
- [13] Next Generation Networks – Frameworks and functional architecture models. Standard, International Telecommunication Union, June 2012.
- [14] TOLK, A.; MUGUIRA, J. A. The levels of conceptual interoperability model. In: . c2003. v. 7. p. 1–11.
- [15] European interoperability framework for pan-european egovernment services. Publications Office, 2004.
- [16] VAN DER VEER, H.; WILES, A. Achieving technical interoperability. *European telecommunications standards institute*, 2008.
- [17] BRÖRING, A.; SCHMID, S.; SCHINDHELM, C.-K.; KHELIL, A.; KÄBISCH, S.; KRAMER, D.; LE PHUOC, D.; MITIC, J.; ANICIC, D.; TENIENTE, E. Enabling iot ecosystems through platform interoperability. *IEEE software*, v. 34, n. 1, p. 54–61, 2017.