

# Localização De Recursos Na IoT: Uma Proposta Hierárquica Direcionada À Organização Celular Do Exehda

Huberto Kaiser Filho<sup>1</sup>, Renato Marques Dilli<sup>1</sup>, Ana Marilza Pernas<sup>1</sup>,  
Adenauer Corrêa Yamin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Ubiquitous and Parallel Systems  
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)  
R. Gomes Carneiro, 1 – 96010-610 – Pelotas – RS – Brazil

{hkaiser, renato.dilli, marilza, adenauer}@inf.ufpel.edu.br

**Abstract.** *In this paper, an architecture for resource discovery to be integrated with the EXEHDA middleware is presented, in order to meet the demands of IoT. Taking into consideration aspects of communication, architecture, search and the persistence of EXEHDA status, as well as the approaches used in related works, the characteristics of the proposed architecture are defined. In order to validate the proposal, future work will be performed using the CORE emulator.*

**Resumo.** *Neste resumo, é apresentada uma arquitetura para descoberta de recursos a ser integrada ao middleware EXEHDA, com a finalidade de atender as demandas da IoT. Levando em consideração aspectos de comunicação, arquitetura, busca e a persistência de status do EXEHDA, bem como as abordagens utilizadas em trabalhos relacionados, são definidas as características da arquitetura proposta. Com o objetivo de validar a proposta, como trabalhos futuros serão efetuados testes utilizando o emulador CORE.*

## 1. Introdução

A Internet das Coisas (Internet of Things – IoT) se apresenta como uma materialização da Computação Ubíqua, defendendo a ideia de tudo conectado, onde qualquer “coisa” pode interoperar e trocar informações através da Internet.

O cenário atual contabiliza mais de seis bilhões de coisas conectadas a IoT, com uma previsão de crescimento para 100 bilhões até 2025 ([BIS Research 2017]), cada coisa podendo disponibilizar mais de um serviço às aplicações dos usuários. Assim, a presença desta grande quantidade de recursos na IoT torna imprescindível o uso de mecanismos para descoberta e seleção daqueles recursos mais adequados para cada usuário. Desse modo, o objetivo central deste trabalho é contribuir com o Subsistema de Execução do EXEHDA, qualificando o Serviço de Descoberta de Recursos no que diz respeito ao modo de localizar recursos mais apropriados dada as demandas do usuário, considerando um cenário de elevada escalabilidade e heterogeneidade como a IoT.

Este resumo está organizado da seguinte forma: na Seção 2 são apresentados aspectos relacionados a Descoberta de Recursos direcionada para a IoT. Na Seção 3 é apresentado o *middleware* EXEHDA e então a proposta EXEHDA Hierarchical Search. Uma discussão e comparação de trabalhos relacionados é apresentado na seção 4. Por fim, as considerações finais e trabalhos futuros são discutidos na Seção 5.

## 2. Descoberta de Recursos na IoT

Segundo CHOUDHARY, 2017, recurso é qualquer fonte de suprimento e especificamente pode consistir em arquivos, sistema de arquivos, memória, capacidade de CPU, capacidade de comunicação (por exemplo, modem de rádio) ou até mesmo hardwares embarcados. Na Internet das Coisas, um recurso pode ser caracterizado por um dispositivo ligado à Internet o qual possui informações relevantes para o usuário. Por sua vez, a descoberta de recursos na IoT é um procedimento para detecção da disponibilidade e verificação de um recurso na infraestrutura computacional.

Os serviços de descoberta de recursos podem ser organizados de três formas ([Meshkova et al. 2008]): (i) estruturados, onde há uma estrutura rígida de interconexão dos clientes além de armazenar um índice de recursos em cada cliente; (ii) não estruturados, onde cada cliente é conectado aleatoriamente a outros clientes sem armazenar informações a respeito dos seus recursos; e (iii) híbridos os quais tentam superar as vantagens das outras duas abordagens e manter os benefícios de cada uma.

A fim de atender as demandas da Internet das Coisas, os serviços de descoberta de recursos devem atender requisitos funcionais e não funcionais. Buscar, publicar, modificar, remover e classificar recursos são funcionalidades essenciais para o seu funcionamento, ao mesmo tempo que deve-se aprimorar o tempo de resposta, a confiabilidade e segurança dos dados, a disponibilidade e a escalabilidade dos sistemas.

## 3. A Proposta EXEHDA-HS: Hierarchical Search

O EXEHDA é um *middleware* baseado em serviços responsável por gerenciar o ambiente ubíquo constituído por dispositivos embarcados, bem como promover a execução de aplicações cientes de contexto sobre este ambiente. O EXEHDA organiza o ambiente ubíquo em forma de células, estas são compostas por dois componentes principais, a EXEHDA Base e os EXEHDA Nodos. A EXEHDA Base é responsável pela gerência da célula, oferecendo suporte aos diferentes serviços do *middleware*, dentre estes o de descoberta de recursos. Já os EXEHDA Nodos são responsáveis pelas computações distribuídas. A comunicação entre células acontece de modo Peer-to-Peer (cliente-cliente), ou seja, de maneira descentralizada, caracterizando uma arquitetura altamente distribuída.

A contribuição central deste trabalho consiste em capacitar o EXEHDA para operar no cenário computacional da IoT, por meio de uma proposta de serviço de descoberta de recursos que tem como premissa o tratamento da heterogeneidade dos dispositivos e a descentralização dos dados tratando a escalabilidade do *middleware*. A proposta aborda os elementos da arquitetura de descoberta da seguinte maneira.

### 3.1. Comunicação

Este serviço irá explorar o emprego de uma comunicação Peer-to-Peer (cliente-cliente) distribuída, adotando uma API REST com pontos de saída e entrada de dados. Esta premissa de concepção visa atingir as demandas impostas pela IoT, no que diz respeito a escalabilidade e tratamento da heterogeneidade nos sistemas.

### 3.2. Arquitetura

No que diz respeito a organização celular do *middleware*, a proposta EXEHDA-HS explora o emprego de uma arquitetura estruturada, híbrida e hierárquica. As células que são

independentes farão uso de Tabelas Hash Distribuídas (DHT), a fim de organizar o ambiente celular mantendo os recursos descentralizados e, ao mesmo tempo, os agrupando de acordo com o seu contexto. De maneira mais específica, as células e seus recursos serão organizados em uma estrutura de árvore levando em conta o seu contexto, onde a célula mãe mais ao topo (raiz) possuirá as referências e descrições de suas células filhas.

### **3.3. Busca**

Uma vez que a célula raiz definida possui conhecimento dos recursos disponíveis de suas filhas, a busca pode acontecer de maneira otimizada, onde as informações contextuais estariam referenciadas e reunidas, capacitando esta célula a efetuar buscas e classificação de recursos no lugar de suas filhas. A proposta ainda prevê que se a célula em questão não possuir o recurso desejado, a busca deverá ser redistribuída para as células vizinhas.

### **3.4. Persistência de status**

A fim de verificar e garantir a disponibilidade dos recursos, esta proposta tem como objetivo adotar a técnica de *publish and subscribe*. Tal estratégia contribui para garantir que apenas as informações dos recursos desejados estejam sempre atualizadas, evitando a inconsistência das informações e a inundação das camadas de comunicação pelas mensagens de update.

## **4. Trabalhos Relacionados**

Para concepção da proposta EXEHDA-HS foram considerados trabalhos relacionados, os quais apresentam diferentes arquiteturas de descoberta de recursos. Com base nestas, podemos classificar as abordagens de serviços da IoT em três categorias principais: centralizada, distribuída e hierárquica.

Os autores de [Paganelli and Parlanti 2012], relatam uma arquitetura distribuída de descoberta de serviços. A filosofia por trás desta arquitetura é uma abordagem peer-to-peer (P2P) que adota as técnicas de tabela hash distribuída (DHT). Ele suporta consultas de vários atributos e alcance. Os autores também descrevem experimentos em cenários baseados em RFID. Jara et al apresentaram um mecanismo global para descoberta de recursos de dispositivos e sensores em vários cenários [Jara et al. 2014]. É desenvolvida uma infraestrutura denominada 'digcovery' que permite que os sensores sejam registrados em uma infraestrutura centralizada comum.

O trabalho de [Ishaq et al. 2012], identificou várias lacunas nos sistemas baseados em IoT atuais em termos de (i) descoberta automática de sensores, (ii) integração com DNS e (iii) integração amigável e acesso de sensores de navegadores da web. Para mitigar os desafios, os autores propuseram um mecanismo de autoconfiguração e bootstrapping que permite a descoberta de sensores.

Zhou e Ma apresentam um algoritmo de correspondência de serviço web focado em ontologias voltado para sistemas IoT [Zhou and Ma 2012]. Eles retrataram um conceito de ontologia para sensores veiculares. O algoritmo calcula semelhança semântica, relatividade e os combina para calcular o valor máximo dos conceitos necessários dos serviços da web.

Dos trabalhos discutidos, os que usufruem de topologia centralizada, tendem a sobrecarregar o diretório central no processamento das informações quando considerada

a alta carga de acesso. No entanto, este tipo de estratégia facilita a implementação e manutenção do serviço. O uso de uma topologia distribuída é importante para a descentralização da informação e distribuição do processamento. É observado que serviços com topologia distribuída vem crescendo, contudo este tipo de topologia requer atenção na propagação de informações em função do quesito segurança.

A ideia de utilizar protocolos consolidados como o CoAP vem se mostrando importante para a comunidade, pois dentre outros aspectos, facilita a manutenção e a segurança dos serviços de descoberta. Além de protocolos consolidados, observou-se a implementação de protocolos próprios para atender as especificidades das diferentes arquiteturas, explorando a adaptação de protocolos existentes como SSDP e mDNS.

## 5. Considerações Finais

A principal contribuição do trabalho, que está em andamento, é atender as necessidades para descoberta de recursos em *middlewares* para IoT, mais especificamente do EXEHDA, por meio de uma organização de intercomunicação celular distribuída de forma hierárquica e através de um sistema de descoberta de recursos. De maneira objetiva, podemos destacar como contribuição a reformulação organizacional celular no que diz respeito a localização virtual dos recursos do EXEHDA, possibilitar a comunicação intercelular, permitindo que recursos sejam utilizados por outras células.

Como trabalhos futuros pretende-se validar a proposta explorando o emulador CORE<sup>1</sup> o qual permite criar ambientes de execução distribuídos com elevado número de recursos, avaliando as funcionalidades, considerando a escalabilidade típica da IoT.

## Referências

- BIS Research (2017). Global Sensors in Internet of Things (IoT) Devices Market, Analysis & Forecast: 2016 to 2022. Technical report.
- Ishaq, I., Hoebeke, J., Rossey, J., De Poorter, E., Moerman, I., and Demeester, P. (2012). Facilitating Sensor Deployment, Discovery and Resource Access Using Embedded Web Services. In *2012 Sixth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing*, pages 717–724. IEEE.
- Jara, A. J., Lopez, P., Fernandez, D., Castillo, J. F., Zamora, M. A., and Skarmeta, A. F. (2014). Mobile digcovery: discovering and interacting with the world through the Internet of things. pages 323–338.
- Meshkova, E., Riihijärvi, J., Petrova, M., and Mähönen, P. (2008). A survey on resource discovery mechanisms, peer-to-peer and service discovery frameworks. *Computer Networks*, 52(11):2097–2128.
- Paganelli, F. and Parlanti, D. (2012). A DHT-based discovery service for the internet of things. *Journal of Computer Networks and Communications*, 2012.
- Zhou, M. and Ma, Y. (2012). A web service discovery computational method for IOT system. In *2012 IEEE 2nd International Conference on Cloud Computing and Intelligence Systems*, pages 1009–1012. IEEE.

---

<sup>1</sup><https://www.nrl.navy.mil/itd/ncs/products/core>