

# Ontologia das coisas para espaços inteligentes baseados em visão computacional

Alexandre Pereira do Carmo<sup>1</sup>, Tiago Zamperini<sup>2</sup>, Marina R. S. de Mello<sup>2</sup>,  
André Luiz de Castro Leal<sup>2</sup>, Anilton Salles Garcia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES)

<sup>2</sup>Departamento de Informática

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) – Vitória, ES – Brazil

alexandre.carmo@ifes.edu.br, {tiagozamperini, marinarsdemello,  
andrecastr,}@gmail.com, anilton@inf.ufes.br

**Abstract.** “Smart homes” or “Smart Spaces” connect with all their objects and allow interconnectivity between them in order to collect information about its residents and make decisions based on such data. Thus, VisIoT is a project that creates an architecture used as a platform for access to intelligent spaces based on computer vision. Finally, in the context of the project VisIoT, this paper develops a formal representation of the realm of things in this project and proposes a specific ontology for the domain in question.

**Resumo.** As “casas ou espaços inteligentes” se conectam com todos os seus objetos e permitem interconectividade entre eles, a fim de coletar informações sobre seus moradores e tomar decisões baseadas nas mesmas. Neste contexto, VisIoT é um projeto que cria uma arquitetura utilizada como uma plataforma para acesso a espaços inteligentes baseados em visão computacional. Sendo assim, no contexto do projeto VisIoT, o presente trabalho desenvolve uma representação formal do domínio das coisas deste projeto e propõe uma ontologia específica para o domínio em questão.

## 1. Introdução

Casas ou espaços inteligentes ou, em inglês, *smart homes* ou *intelligent spaces*, utilizam conceitos de inteligência ambiente, computação ubíqua e Internet das coisas (*Internet of Things* - IoT) para integrar os diversos dispositivos e objetos com objetivo de prover serviços aos seus moradores [Rampinelli, et al., 2014].

A ideia básica do IoT é a presença pervasiva de uma variedade de objetos, tais como etiquetas de identificação em radiofrequência (RFID), sensores, atuadores ou telefones celulares, os quais, são capazes de interagir entre si e cooperar com seus vizinhos para alcançar um objetivo comum, ou seja, sob a supervisão de um sistema global, interagir com os moradores, perceber suas necessidades e atuar em prol da melhoria de sua qualidade de vida [Atzori, et al., 2010].

Um dos grandes problemas para a construção de um espaço inteligente real é que atualmente não há uma padronização de arquitetura e protocolos de comunicação,

esquemas de identificação e endereçamento ou mesmo uma semântica definida para comunicação entre os objetos. Com essa falta de padronização, não há garantia de um mínimo de interoperação dos objetos no ambiente, dificultando sua implementação.

O projeto VisIoT tem por objetivo criar uma arquitetura que seja utilizada como uma plataforma para acesso a espaços inteligentes baseados em visão computacional. O objetivo desta arquitetura é gerar uma interface para aplicações de fácil utilização e que abstraia toda infraestrutura e equipamentos disponíveis no ambiente, disponibilizando recursos e aplicações específicas como serviços no modelo conhecido como PaaS (*Plataform as a Service*). Novos modelos de equipamentos ou novas aplicações de visão e processamento de imagens poderão ser incorporados ao Projeto VisIoT na forma de serviços.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma representação formal do domínio das coisas para o Projeto VisIoT, através da ontologia proposta. Esta representação visa estabelecer um entendimento comum entre os diversos elementos que compõem o espaço inteligente utilizado no projeto, de forma a propiciar a interoperabilidade entre eles.

As demais seções do artigo estão estruturadas da forma descrita a seguir. A Seção 2 descreve o domínio específico de espaços inteligentes baseados em visão computacional e delimita o escopo da ontologia. A Seção 3 descreve os principais trabalhos que contribuíram para o desenvolvimento deste artigo. O modelo ontológico é apresentado na Seção 4 e finalmente na Seção 5 as conclusões do trabalho são apresentadas.

## **2. Domínio**

Diversos sensores podem ser utilizados para detectar, identificar, seguir pessoas e reconhecer suas atividades, porém a utilização de sensores de imagens passa a ser cada vez mais realizada, devido à grande quantidade de informação proporcionada por uma imagem de uma câmera.

O espaço inteligente estruturado no contexto do Projeto VisIoT, tem como objetivo gerar alternativas para melhoria da qualidade de vida de idosos. Ele será baseado em visão computacional, utilizando, portanto, uma rede de câmeras distribuídas como principal dispositivo do ambiente.

A Figura 1 mostra a arquitetura do projeto composta por 4 camadas:

- Camada de sensoriamento expõe os recursos do mundo físico para o mundo virtual. Simplifica a conectividade entre equipamentos heterogêneos possibilitando a troca de informações entre eles. Responsável pela adaptação dos dados provenientes de diferentes tipos e modelos de sensores.
- Camada de comunicação provê suporte para o transporte de dados entre a camada de sensoriamento e as camadas superiores. É responsável pela conversão de protocolos e roteamento para os destinos corretos.
- Camada de middleware provê serviços às aplicações mantendo a abstração do ambiente. Os serviços podem ser do tipo que fornecem suporte da própria

arquitetura, como serviços de gerenciamento e segurança, ou serviços de visão computacional e processamento de imagens que são específicos do domínio.

- Camada de aplicação que provê a interface para o desenvolvimento das aplicações para o espaço inteligente. Fornece uma API e um portal para desenvolvedores.



Figura 1: Arquitetura do projeto VisIoT

O escopo deste trabalho é desenvolver uma representação formal dos equipamentos que compõem a camada de sensoriamento do Projeto VisIoT.

Além das câmeras, o espaço inteligente também possuirá robôs, microfones, leitores RFID e monitores como dispositivos que poderão fornecer informações complementares às fornecidas pelas câmeras ou gerar uma ação de resposta, após os dados serem tratados e analisados conjuntamente. Qualquer um dos dispositivos poderá ser composto por sensores (sensor de imagem, sensor de som, sensor RFID), atuadores (motor, display) ou TAGS (TAG RFID).

Dependendo de sua composição, cada um dos dispositivos pode disponibilizar ao ambiente os seguintes recursos: imagem, ROI (*Region of interest*), imagem infravermelho, vídeo, definição de FPS (*Frames per second*), distância focal, movimento, som, identificador de entidade (RFID). Os dispositivos possuem 4 estados: desligado, *stand-by*, ligado livre, ligado ocupado.

Todos os recursos serão disponibilizados através de serviços oferecidos pelos dispositivos aos usuários de forma compartilhada, sejam eles aplicações, outros dispositivos ou pessoas. Serviços podem invocar outros serviços de forma a prover funcionalidades de mais alto nível.

### 3. Trabalhos Relacionados

Recentemente, diversos projetos e pesquisas propuseram ontologias na área de sensores e IoT. A ontologia SSN (*Semantic Sensor Network*) [M. Compton, et al., 2011] proposta pelo grupo W3C SSNO W3C (*World Wide Web Consortium*) descreve sensores voltados para aplicações web. SSN é uma ontologia genérica independente de domínio que descreve a relação entre sensores e suas observações através de diferentes perspectivas. No artigo [L. Spalazzi, et al., 2014] é desenvolvida uma ontologia relativa

a emergências de terremotos. Uma plataforma criada para entrega de serviços em um ambiente IoT é apresentada em [M. Serrano, et al., 2015].

A SSN foi uma das ontologias utilizadas para o desenvolvimento do presente trabalho. Uma segunda ontologia utilizada foi desenvolvida no Projeto IoT-A. Este propõe um modelo arquitetural de referência (*Architectural Reference Model - ARM*) [M. Unis, et al., 2013] para IoT. O ARM provê conceitos, definições e métodos de como arquiteturas concretas para IoT podem ser construídas. O modelo de domínio proposto no Projeto IoT-A foca nos principais conceitos de IoT, em um alto nível de abstração, de forma a capturar a sua essência. O modelo de domínio engloba os dispositivos e suas capacidades, recursos, serviços, identificação das entidades físicas, contexto e localização. Muitos trabalhos utilizam o projeto IoT-A como referência. Exemplo disso pode ser visto em [H. F. Elyamany, et al., 2015], onde uma arquitetura IoT para sistemas acadêmicos é apresentada. [N. R. Yang, et al., 2015] propõe um modelo genérico para processamento de informações de contexto para um ambiente de IoT. Um sistema de gerenciamento de energia para prédios inteligentes é apresentado em [P. Bellagente, et al., 2015].

Apesar dos trabalhos correlatos, não foi encontrada na literatura um modelo para o domínio específico de espaços inteligentes baseados em visão computacional, o qual possui suas próprias particularidades.

#### **4. Modelo Ontológico**

A fundamentação utilizada para a construção do modelo ontológico é realizada pela UFO (Unified Foundational Ontology). Esta fundamentação ontológica foi adotada por conter conceitos e propriedades, que, formalizadas num dado modelo, transmite mais informações do que outras fundamentações ontológicas [Guizzardi, G., 2005].

A Figura 2 representa este modelo ontológico produzido utilizando a ferramenta OntoUML.

Este modelo exprime que a entidade aumentada é composta essencialmente e inseparavelmente por uma entidade física e uma entidade virtual. A entidade virtual é a representação em software da entidade física. A entidade virtual consome serviços pré existentes, que, por sua vez, podem invocar outros serviços. Tais serviços são acessados por um determinado tipo de usuário que pode ser tanto uma máquina quanto um humano.

Os serviços expõem determinados recursos que podem estar no estado disponível ou não. Esses recursos compõem os dispositivos complexos que monitoram o ambiente.

Uma determinante de quais os recursos fornecidos pelos dispositivos complexos são os dispositivos simples que os compõem. Como exemplo, um dispositivo complexo como uma câmera pode possuir além do sensor de imagem, um sensor de som para captura de vídeos e um sensor de movimento para posicionamento e escolha de cena. Os dispositivos podem estar em quatro estados distintos: Ligado livre, ligado ocupado, *standby* ou desligado.



## 5. Conclusão

Este trabalho apresentou uma proposta de representação formal dos equipamentos que compõe a camada de sensoriamento de uma arquitetura de IoT de um espaço inteligente baseado em visão computacional. A ontologia proposta neste trabalho, já com um protótipo inicial, se fez necessária principalmente para garantir a interoperabilidade entre as diversas entidades do domínio, especialmente em relação a heterogeneidade de equipamentos que o compõem.

Este protótipo inicial da ontologia está na fase de refinamento e validação. Em uma etapa posterior ela será utilizada na implementação final da camada de sensoriamento do Projeto VisIoT.

Os autores agradecem à FAPES pelo financiamento deste trabalho através do Projeto "Construção da Infraestrutura de um Espaço Inteligente para Posicionamento e Controle de Dispositivos Robóticos", Processo nº 0483/2015.

## Referências

- M. Rampinelli, V. B. Covre, F. M. de Queiroz, R. F. Vassallo, T. F. Bastos-Filho, and M. Mazo. An intelligent space for mobile robot localization using a multi-camera system, *Sensors* 14(8): 15039–15064, 2014.
- L. Atzori, A. Iera, e G. Morabito, “The Internet of Things: A survey”, *Comput. Networks*, vol. 54, nº 15, p. 2787–2805, 2010.
- M. Compton, P. Barnaghi, e L. Bermudez, “The SSN Ontology of the Semantic Sensor Networks Incubator Group”, *J. Web ...*, p. 1–6, 2011.
- L. Spalazzi, G. Taccari, e A. Bernardini, “An Internet of Things ontology for earthquake emergency evaluation and response”, 2014 *Int. Conf. Collab. Technol. Syst. CTS 2014*, p. 528–534, 2014.
- M. Serrano, et al., “Defining the stack for service delivery models and interoperability in the internet of things: A practical case with openIoTVDK”, *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 33, nº 4, p. 676–689, 2015.
- M. Unis, A. Nettsträter, F. Iml, J. Stefa, C. S. D. Suni, A. Salinas, e U. Sapienza, “Internet of Things Architecture IoTA Final architectural reference model for the IoT v3.0”, nº 257521, 2013.
- H. F. Elyamany e A. H. AlKhairi, “IoTacademia architecture: A profound approach”, in 2015 *IEEE/ACIS 16th International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD)*, 2015, p. 1–5.
- N. R. Yang, H. S. Choi, J. Y. Lee, Y. J. Kim, e W. S. Rhee, “GOMs: Generic ontology models to process context information in IoT environment”, *IEEE Reg. 10 Annu. Int. Conf. Proceedings/TENCON*, vol. 2015Janua, 2015.
- P. Bellagente, P. Ferrari, A. Flammini, e S. Rinaldi, “Adopting IoT Framework for Energy Management of Smart Building : A Real Test”, p. 1–6, 2015.
- G. Guizzardi. *Ontological Foundations for Structural Conceptual Models*. Phd thesis, University of Twente, The Netherlands, 2005.