

Apresentando Descrições coisa e Interações: Uma Ontologia para a Web of Things

Victor CHARPENAY ^{1,2}, Sebastian Kabisch ¹, e Harald Kosch ²

¹ Siemens AG - Tecnologia Corporativa

victor.charpenay@siemens.com , sebastian.kaebisch@siemens.com

² Universität Passau - Fakultät

für Informatik und Mathematik

harald.kosch@uni-passau.de

Abstrato. A Internet das Coisas (Internet das coisas) ea Web estão intimamente relacionados entre si. Por um lado, a Web Semântica foi incluindo vocabulários e modelos semânticos para a Internet das coisas. Por outro lado, o chamado Web of Things (WOT) defende arquiteturas depender de tecnologias Web estabelecidos e interfaces RESTful para a Internet das coisas.

Neste artigo, apresentamos um vocabulário para WoT que visa a definir conceitos da Internet das coisas usando termos da Web. Notavelmente, ele inclui dois conceitos identificados como os recursos WOT principais: Coisa Inscrição (TD) e interação, que foram primeiro elaborado pelo grupo de interesse W3C para WoT.

Nossa proposta é construída sobre a ontológica padrão de Identificador, Resource, Entity (IRE), que foi originalmente concebido para a Web Semântica. Para melhor analisar os alinhamentos nossa proposta permite, revisamos modelos da Internet das coisas existentes como um gráfico de vocabulário, em conformidade com a abordagem de Linked Aberto Vocabulários (LOV).

Palavras-chave: Web of Things, ontologia, Semantic Web, Linked Vocabulários Abertos

1. Introdução

Desde o início, a semântica tem sido uma parte constituinte da Internet das Coisas (Internet das coisas). Como prevê-se que o número de dispositivos e agentes de software na Internet vai crescer exponencialmente, modelos de domínio e ontologias provavelmente desempenham um papel importante para permitir mais automação no controle e mantê-las [2]. Como consequência, as propostas têm surgido para integrar conceitos da Internet das coisas para a Web Semântica e beneficiam de alinhamentos com vocabulários existentes [16, 3, 8, 12]. O exemplo mais bem sucedido é provavelmente a ontologia semântica Sensor Network (SSN) [4].

Nesse meio tempo, a ideia de um assim chamado Web of Things (WoT), que consiste em utilizar a Web como uma plataforma interoperável para os dados da Internet das coisas, tem crescido uma grande comunidade e encontrado adoção pela indústria [7, 17]. A abordagem do Web of Things é o recurso-centric. Ele defende o uso de interfaces RESTful

para expor dados e controlos do sensor. Embora vocabulários e ontologias para a Internet das coisas, muitas vezes o ffer um meio para descrever semanticamente os serviços da Web de um dispositivo de Internet das coisas, nenhum materializa o conceito de recurso. Para um determinado URI, não há nenhuma maneira de distinguir recursos WOT (que interagem com o mundo físico) de mais recursos de Web genéricas, como páginas pessoais ou páginas de plataformas de e-commerce (que são ou documentos estáticos ou interfaces para outros meios digitais Systems). Esta limitação enfraquece a interoperabilidade e impede agentes da Web realmente automatizados de interagir com o Web of Things.

Desde 2014, um grupo de interesse W3C dedicada à Web of Things tem trabalhado ativamente nesse tópico³. Entre outros, desenvolveu-se as noções de *coisa* *Descrição* e *Interação*, como os recursos WOT núcleo. Como parte deste grupo de interesse, temos interesse em formalmente definindo esses dois conceitos na Web Semântica. Com este trabalho, buscamos dois objetivos: primeiro, o alinhamento com outros vocabulários da Internet das coisas e, em menor medida, a captura de um entendimento comum ao longo das discussões no seio do grupo.

Como alinhamento com vocabulários da Internet das coisas existentes é o nosso principal objectivo, começamos nosso trabalho, revendo vocabulários para a Internet das coisas. Mais precisamente, procuramos analisar as relações entre eles, ou seja, o gráfico se formam. Isto é apresentado na próxima seção. Em seguida, apresentamos nossa proposta para uma ontologia WoT na Seção 3, incluindo descrições coisa e interações. Na seção 4, embora não detalhe alinhamentos rigorosos, mostramos como integrar nossa ontologia ao gráfico de vocabulários da Internet das coisas. Concluimos então.

2. Trabalho relacionado

2.1 Ontologias para a Internet das Coisas

A fim de ser interoperáveis, dispositivos de Internet das coisas precisam ser capazes de compartilhar conhecimento sobre as suas capacidades ou seu ambiente. Para o efeito, as tecnologias de Web Semântica e mais precisamente RDFS e OWL parecem ser bons candidatos para modelar tal conhecimento. Neste artigo, vamos nos concentrar na vocabulários e ontologias que dependem da Web Semântica e descartar outros modelos de dados da Internet das coisas (como Bluetooth Low Energy profiles ou IPSO Smart Objects). Fomos capazes de encontrar cinco projectos na literatura, onde um vocabulário Internet das coisas foi formalizada com RDFS / OWL e utilizado em aplicações concretas:

- Internet das coisas-lite⁴ usado no projecto europeu FIESTA-Internet das coisas;
- Smart Appliance referência ontologia (saref)⁵, padronizada pelo ETSI sob o nome SmartM2M [1];
- OWL-IOT-S⁶, como parte da arquitectura de referência IdC-A [12];
- IdC-ó⁷ com ligações para o oneM2M padrão [15];

³ <https://www.w3.org/WoT/IG/>

⁴ <http://purl.oclc.org/NET/UNIS/ fi Ware / iot-lite>

⁵ <https://w3id.org/saref>

⁶ <http://purl.oclc.org/net/unis/OWL-IoT-S.owl>

⁷ <https://www.irit.fr/recherches/MELODI/ontologies/IoT-O>

- **SA** de outro projecto europeu, CHOReOS.

Todos esses vocabulários visam a reutilização e modularidade, tanto no sentido de que eles dependem de ontologias superiores, mas também que eles deveriam ligar modelos de domínio de aplicações. Como tal, eles são referido às vezes vocabulários como horizontais.

Nossa seleção é incluído na lista de vocabulários os autores do IOT-O pesquisados [16]. No entanto, desde horizontalidade foi o nosso principal critério de seleção, nós descartamos alguns dos vocabulários que eles consideraram que acreditamos ser ou modelos de aplicação (como oneM2M e ontologias CABEÇA-QUENTE), ou modelos de domínio (SSN, até certo ponto).

Cada um destes vocabulários importa outros vocabulários, que por sua vez também importar módulos de vocabulário externas. Como resultado, todos os vocabulários directamente ou indirectamente envolvidos na especificação dos conceitos da IdC formar um grafo orientado, parte do assim chamado Open Vocabulário (LOV) nuvem Linked⁹. Para facilitar nossa análise dos vocabulários da Internet das coisas, construímos o subgráfico com os cinco vocabulários acima mencionados como fontes. Seguimos a metodologia LOV [18], que define diferentes tipos de alinhamento entre vocabulários: importação como mencionado anteriormente **mas também extensão, especialização, generalização, equivalência e disjunção**¹⁰. Essas relações podem ser materializada por SPARQL construir consultas. O resultado é mostrado na Figura 1 (topo).

O gráfico resultante inclui 51 vocabulários (vértices) e 120 alinhamentos entre eles (arestas). Uma característica interessante para mostrar é o nível de reutilização de uma dada vocabulários (ou seja, o grau em um dos vértices do gráfico). Assim, na figura, o tamanho dos vértices é proporcional à sua em graus, o **que traz duas vocabulários fora: Dolce + DnS Ultralite (DUL)**¹¹ e, em menor grau, **SSN**¹². -se SSN especializada DUL. Um par de outras métricas gráfico também pode ser de interesse: em média, um vocabulário está alinhado com outros vocabulários 5.0 (grau médio vértice); os alinhamentos indirectos médios com um determinado vocabulário é 3,7 (comprimento médio caminho); os alinhamentos máximos indirectos para um vocabulário é igual a 8 (diâmetro gráfico). Por fim, vale a pena notar que os tamanhos dos vocabulários (ou seja, o número de axiomas que de fine) são extremamente desequilibrada, como mostrado na figura. DogOnt, doce e QUDT responsáveis pela maior parte do vocabulário definir a partir de que ponto de vista.

Esta análise do segmento LOV para a Internet das coisas pode nos permitir quantificar a capacidade de reutilização e modularidade dos vocabulários fonte acima mencionados. No entanto, o nosso objectivo é menor para compará-los do que para identificar as peças que têm em comum. Acontece que todos os vocabulários da Internet das coisas, eventualmente, se alinhar com DUL, em parte através SSN. Saref é o vértice mais afastada DUL (caminho mais curto de comprimento 3).

⁸ <http://sensormeasurement.appspot.com/ont/sensor/hachem.onto.owl>

⁹ <http://lov.okfn.org/>

¹⁰ No vocabulário assunto generaliza algum vocabulário objeto sem ter o objeto

vocabulário especializado vocabulário assunto. Nós, portanto, descartar generalização na figura.

¹¹ <http://www.ontologydesignpatterns.org/ont/dul/DUL.owl>

¹² <http://purl.oclc.org/NET/ssnx/ssn>

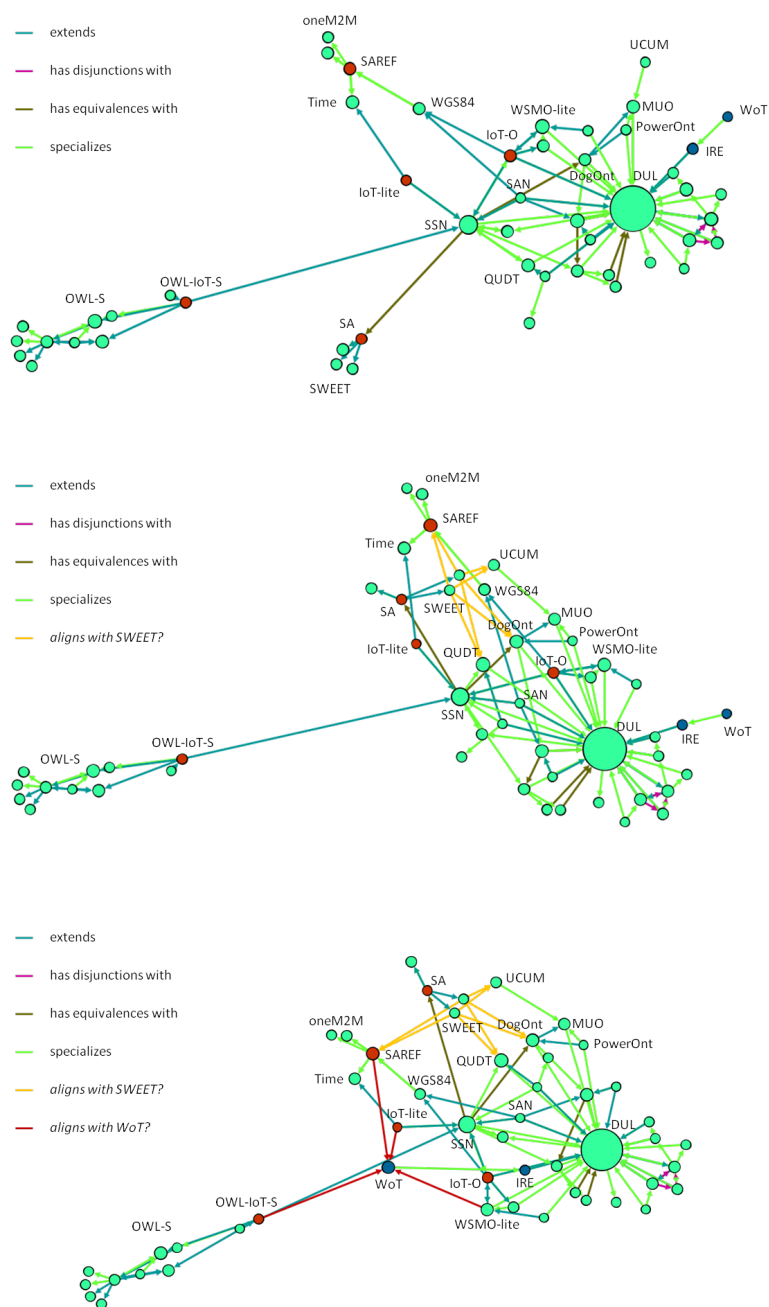


Fig. 1: fragmento IdC da nuvem de LOV (topo) com alinhamentos hipotéticos entre vocabulários para quantidades físicas (no meio) e os serviços da Web (parte inferior). vocabulários Fonte são marcadas em vermelho, e nossa contribuição (incluindo importações) em azul. Os nomes dos vocabulários não ainda mencionados no documento foram omitidos

Por outro lado, o diâmetro gráfico é relativamente alta. 3 ou 4 teria sido um valor mais adequado. A redundância de definições de *fi* no domínio da física é em parte responsável por espalhar o gráfico. Há tantos vocabulários de domínio para os tipos de quantidade e unidades como fonte de vocabulários da Internet das coisas. QUDT, doce, Ucum são vocabulários dedicados que contam com unidades padronizadas e os tipos de quantidade, enquanto DogOnt e Rede Saref *fi* ne-los de acordo com sua própria necessidade. A Figura 1 também mostra que o fragmento IdC LOV seria se todas vocabulários estes foram alinhados, com DOCE como referência (meio). Da mesma forma, observou-se conceituações redundantes para serviços Web (através de OWL-S ou WSMO). Finalmente, a Figura 1 (inferior) representa o gráfico como previsto por WoT, onde vocabulários para serviços da Web alinhar com a ontologia.

2.2 ontologias para a Web

A maioria dos vocabulários nós analisamos até agora incluem uma maneira de descrever como servir de dados da Internet das coisas, que normalmente acabam por ser os serviços da Web com a específico endpoint URI. No entanto, a Web é primeiro uma coleção de recursos interligados (unicamente identificado por um URI) e os recursos são os únicos artefatos agentes podem interagir com. Para ser capaz de usar um serviço Web, um agente autônomo tem primeiro de entender a interação entre os recursos da Web subjacentes.

Como ilustração, IOT-A se baseia em OWL-S para descrever semanticamente serviços Web da Internet das coisas, enquanto IOT-O favorece o Service Modeling Ontologia Web (WSMO). Foi demonstrado no passado que essas duas abordagens concorrentes dificilmente são intercambiáveis e incapaz de capturar a semântica de serviços Web RESTful, que exploram precisamente a centralidade de recursos na Web [9]. Como serviços RESTful desempenhar um papel importante na Web of Things, é possível encontrar uma conceituação para recursos da Web no recém-iniciado projeto ASAWoO [11], combinando de definições *fi* do vocabulário Hydra [10] e schema.org ¹³.

Por uma questão de fato, os conceitos por trás de recursos da Web e URIs têm sido regularmente objecto de discussões desde a criação da World Wide Web. No passado, refinamento em sua definição, foi obrigado a *fi* t a idéia de um Web Semântica, onde qualquer entidade no mundo poderia então ser dada uma URI. Esta questão da identidade na Web antecipou a ideia de recursos da Web que permitem interagir com o mundo físico [14].

O padrão que emergiu ao redor (semântica) recursos da Web envolve três conceitos: Identificador, de recursos e Entity (thereafter referido como o padrão ontológica IRE). Foi formalizada ambos com axiomas lógica de predicados [6] e OWL [13]. Nós desenvolvemos o princípio por trás IRE na próxima seção, imediatamente seguido por nossa proposta de Web of Things ontologia, que consiste em uma extensão para IRE que inclui recursos WOT.

¹³ <https://schema.org/>

3 Uma Ontologia para a Web of Things

3.1 Identificador, Resource, Entity

O padrão IRE é essencialmente baseada na idéia de que os recursos da Web podem agir proxies como endereçáveis para entidades do mundo real. Eles têm uma localização única Web associado a um recurso identificador (aka um URI) e envolvem um método de resolução entregue para ser acessado. entidades do mundo real não tem um URI si.

Vários tipos de relações de proxy são materializados em IRE. Por exemplo, um recurso ou é um informal ou uma procuração formal, se por exemplo se baseia em OWL. Um recurso em DBpedia é formal, enquanto o seu homólogo Wikipedia é informal. Além disso, um recurso é um proxy exata se refere a uma única entidade.

Em termos de OWL, IRE define os seguintes conceitos: *WebResource*, *ProxyResource* e *SemanticResource*. Importa conceitos de DUL, ou seja, *Entidade*, *InformationEntity* e *InformationRealization*. As seguintes funções também são definidos pela IRE: *proxyFor*, *exactProxyFor*, *formalExactProxyFor* e

informalExactProxyFor.

Definição 1 Detalhes axiomas IRE em Descrição Logic notação (DL), em conformidade com o OWL DL por si. Nós separados axiomas papel (Rbox) de terminologia, conceito axiomas (TBox) de acordo com a teoria DL. Uma versão atualizada da ontologia OWL original está disponível em <http://w3c.github.io/wot/w3c-wot-td-ire.owl>. Além de atualizações de namespace, que alinhados *WebResource* com o conceito *Recurso* de Hydra, que é bastante simples.

$$\begin{array}{l}
 \text{formalExactProxyFor} \sqsubseteq \text{proxyFor}, \text{informalExactProxyFor} \sqsubseteq \text{exactProxyFor} \\
 \text{proxyFor} \\
 - \\
 \text{WebResource} \sqsubseteq \text{InformationRealization} \sqsubseteq \text{InformationEntity}, \\
 \text{ProxyResource} \equiv \text{WebResource} \sqcup \exists \text{proxyFor}. \text{Entity}, \\
 \text{SemanticResource} \equiv \text{ProxyResource} \sqcup \leq 1. \text{formalExactProxyFor}. \text{Entity} \sqcup \geq \\
 1. \text{formalExactProxyFor}. \text{Entity}
 \end{array}$$

Definição 1: Rbox & TBox do padrão ontológica IRE

3.2 Coisa Descrição, Interaction

O padrão ontológica IRE ajudou a definir a Web Semântica, que agora é apoiado por um grande número de recomendações do W3C. Hoje, como o W3C abraça a idéia de estender a Web para o mundo físico, IRE pode novamente provar relevante no projeto da Web of Things. Nós ainda conceitos detalhe WOT a seguir.

As discussões no seio do grupo de interesse W3C WoT -que os autores participaram in- primeira focada em de modelos semânticos fining para “coisas” e sua

capacidades. Com base nestas discussões, parecia que apenas alguns conceitos eram necessários para os agentes WOT para começar a comunicar uns com os outros. Juntamente com o trabalho de implementação feito dentro do grupo de interesse, dois conceitos principais surgiram. Primeiro, WOT As coisas devem descrever-se e ser capaz de trocar sua descrição com outros agentes. Chamamos essa descrição uma Descrição Thing (TD). Em segundo lugar, WOT As coisas devem expor ao Web um conjunto de interações, o que corresponde a sua interface com o mundo físico. Mais detalhes podem ser encontrados nos documentos de trabalho do grupo de interesse ¹⁴.

TDs são o principal vetor para a interoperabilidade. É claro que uma descrição semântica das entidades do mundo real uma coisa interage com deve ser incluído no seu TD. No entanto, não ficou claro até agora que tipo de recursos da Web são interações e como eles se relacionam com entidades do mundo real. Propomos uma definição textual de tanto TDs e Interações, a partir do qual uma conceituação OWL segue naturalmente, com base no IRE. A nossa conceituação OWL deve ajudar a mapear entidades do mundo real para recursos da Web e, eventualmente materializar tais mapeamentos por meio de alinhamento entre vocabulários da Internet das coisas e do meta-modelo de WoT. Definimos TD e Interação da seguinte forma:

coisa Descrição recurso semântica formalmente descrever uma coisa única WoT

que um agente de software pode interagir com. Exemplos de WOT Coisas incluem salas de construção, produtos manufaturados, sistemas mecânicos, mas também dispositivos de controle digital, ou seja, qualquer entidade do mundo real sem uma restrição priori.

Interação recurso da Web de agir formato de conteúdo arbitrário como um proxy digitais

para qualquer entidade do mundo real que não é já a informação digital. Tais entidades podem ser quantidades físicas tais como a temperatura ou a pressão, fenômenos naturais como o aumento de temperatura ou o movimento de objectos, estados arbitrárias como no / o ff, etc.

Do acima de definições de fi, podemos afirmar que ThingDescription subsume SemanticResource e Interação subsume ProxyResource.

Mesmo que nós não formular um restrições a priori sobre as entidades ligadas ao Interactions, o trabalho de implementação do grupo de interesse revelou padrões de interação recorrentes que poderia especializar ainda mais nossa definição. Esses padrões são geralmente referidos como os conceitos de propriedade, de ação e de Eventos. Foram incluídos estes conceitos na ontologia como entidades capazes proxí fi mas deixaram a sua definição, vazio, como di ff interpretações erent ainda coexistem dentro do grupo.

Os axiomas completas estão detalhadas no De fi nição 2. A ontologia OWL também está disponível no <http://w3c.github.io/wot/w3c-wot-td-ontology.owl>.

3.3 Um Exemplo

Figura 2 dá um exemplo concreto de TD, como por de definição do grupo de interesse W3C. Ele usa o formato JSON-LD, um formato de serialização JSON para dados vinculados. Nenhum conhecimento prévio de nossa ontologia é necessária para projetar um TD. Na verdade, temos interesse em caracterizando semanticamente enquanto implementações de

¹⁴ <http://w3c.github.io/wot/current-practices/wot-practices.html>

$\text{isThingDescriptionOf } v \text{ formalExactProxyFor, isInteractionOf } v \text{ informalExactProxyFor,}$
 $\text{hasThingDescription: = isThingDescriptionOf,}$

 $\text{hasInteraction: = isInteractionOf.}$

 $\text{Coisa } v \text{ Entidade,}$
 $\text{ThingDescription } \equiv \text{SemanticResource } u \leq 1. \text{ formalExactProxyForThing } u \geq$
 $1. \text{ formalExactProxyForThing,}$
 $\text{Interação } \equiv \text{ProxyResource } u \leq 1. \text{ informalExactProxyFor (Entity } u \neg \text{ InformationEntity) } u \geq 1. \text{ informalExactProxyFor}$
 $(\text{Entity } u \neg \text{ InformationEntity}),$

 $\text{Propriedade } t \text{ Ação } t \text{ Evento } v \text{ Entidade,}$
 $\exists \text{ forProperty.} > v \text{ Ação } t \text{ Evento,}$
 $> \forall \forall \text{ forProperty.Property}$

De fi nição 2: Rbox & TBox de nossa ontologia para WoT

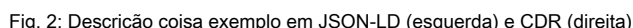
agentes WOT capazes de documentos de geração e processamento TD já estavam disponíveis. O único elemento necessário é o contexto URI fornecido pelo W3C, <https://w3c.github.io/wot/w3c-wot-td-context.jsonld>, onde são definidos mapeamentos entre palavras-chave como URIs, hrefs ou Propriedades e entidades da Web Semântica (aqui, *hasThingDescription*, *hasInteraction* e *hasProperty*, respectivamente). Com base nesses mapeamentos, RDF serialização deste documento JSON é possível. Além disso, a OWL DL reasoner compatível com o padrão pode inferir conhecimento implícito a partir dos dados RDF e nossa ontologia WoT. A representação RDF do exemplo também apresentados na Figura 2 inclui dados inferidos.

Este exemplo descreve uma coisa chamada "exemplo TD". É formalmente descrito por dois TDs (um deles é a própria amostra JSON) e tem relações com pelo menos duas entidades. O primeiro desses entidades é uma propriedade, que é procurador fi cado pela interação com o COAP URI: *//thing.example.org/val* eo segundo é uma ação, proxí fi cado por outra interação que age sobre a **propriedade (propriedade mapas para onProperty).**

Vários aspectos são de importância neste exemplo. Em primeiro lugar, todas as entidades do mundo real são nós em branco (ou seja, eles não têm URI). Na verdade, se tivessem um URI, eles, então, quer ser Interações ou recursos semânticos. Eles podem ter fi específica c ers fi identi locais, embora (por exemplo, "@ id ":". val ").

Além disso, não existe um mapeamento um-para-um entre as entidades e os recursos do mundo real, o **que explica uris e hrefs são matrizes e pode conter mais do que um URI. Por exemplo, se a mesma** propriedade pode ser acessado tanto com HTTP e Coap, ele terá duas interações. Da mesma forma, os mesmos dados podem ser representados em di formatos ff erent como XML ou EXI, potencialmente por dois recursos da Web distintas, e ainda realizar a mesma entidade.

Enfim, qualquer coisa pode ser potencialmente uma Interação enquanto ele tem um URI. A Internet das coisas depende de uma ampla gama de protocolos, incluindo BLE e MQTT, que não o ffi cialmente URIs de apoio. De acordo com a IRE e nossa ontologia WoT, adotando



Pode-se notar também que a TD é anotado com tipos externos de DogOnt, que pertencem ao segmento Internet das coisas LOV. Sem essas anotações, seria realmente difícil, se não impossível compreender que a coisa tomarmos como exemplo é na verdade uma lâmpada LED. Temos de lidar com este assunto mais em detalhes na próxima seção.

Como foi assinalado por exemplo o TD, interoperabilidade semântica em WoT hastes de anotar uma descrição **coisa com vocabulários externos. Em nossa proposta, nós definidos os conceitos Coisa, Propriedade, Ação e Evento** mas nós intencionalmente deixada em aberto alguns aspectos de sua de fi nãoção. Eles são pensados como espaços reservados para alinhamentos com vocabulários da Internet das coisas existentes. Nós temos investigado di ff erent significa no sentido de alinhamento com base na nossa ontologia, que apresentamos a seguir. No entanto, assumimos que o alinhamento concreto com WoT (ou seja, o modelo do W3C irá adoptar eventualmente) deve ser realizada pelos autores dos vocabulários que examinamos na Seção 2.1.

Quando os elementos TD declarar tipos, como `Lamp`, `ColorStateRGB` ou `ToggleFunctionality`, alinhamento implícito entre DogOnt e a ontologia WoT se destina (por exemplo, através de uma relação especialização). Este alinhamento em tempo de instanciação pode ser assistida pelo raciocínio automático: enfrentando axiomas da ontologia importada com os de nossa ontologia, um programa de computador poderia verificar se o TD é fi satis capaz ou não. Na prática, para tal programa de ser relevante, os dois vocabulários deve ser alinhada com uma ontologia superior comum. Como destacado por

nossa análise dos vocabulários da Internet das coisas, DUL parece desempenhar esse papel. Aqui está um exemplo: se, em vez de "@ digite ": "dogont: ToggleFunctionality", o TD lâmpada havia declarado "@ digite ": "dogont: ToggleCommand" para o Ação, que teria levado a insatisfatória capacidade fi. De fato, Ação subsume \neg InformationEntity enquanto ToggleCommand é declarado em IdC-O como uma subclasse de InformationEntity, o que significa que são mutuamente disjuntos.

Implementamos uma ferramenta de validação que segue este princípio, disponível em: <https://github.com/thingweb/thingweb-playground>. Ontologias geralmente têm vários níveis de expressividade, principalmente RDFS, OWL Lite ou OWL DL. Utilizou-se o argumentador eremita¹⁵, que é capaz de raciocinar sobre axiomas DL coruja. Tais pensadores são conhecidos por ter problemas de escalabilidade, mas desde que os vocabulários que consideramos muitas vezes têm tamanhos razoáveis, a nossa ferramenta é capaz de resolver a tarefa capacidade satis fi dentro de alguns segundos. Esperamos que esta ferramenta também irá ajudar a avaliar a nossa conceituação de WoT por membros do grupo de interesse W3C: quanto maior o número de satis fi TDs capazes com anotações do fragmento de Internet das coisas LOV, mais preciso o nosso modelo.

Além disso, além de explorar axiomas lógicos, pode-se também ver definições vocabulário de fi como gráficos e explorar as conexões entre eles em um nível sintático. Inspirado por técnicas ontologia harmonização baseada em estrutura bem conhecidos [5], que procurou possíveis correspondências com o padrão IRE no fragmento IdC LOV. Mais precisamente, nós fi partidas fi cados primeiro identi para Entidade e Identi fi cador e, em seguida, calculado o caminho mais curto entre eles. Para corresponder a conceitos com Entity, usamos nossa definição de WoT proxí fi capaz Entidade, ou seja, Entidade \neg InformationEntity.

Por outro lado, partidas pelo geralmente não são directamente materializada em vocabulários Identi fi er. Em vez disso, nós olhamos para restrições de tipo de dados sobre o tipo de dados RDF xsd: anyURI. Encontrámos 26 propriedades do tipo de dados a partir de 7 vocabulários distintos e utilizados como fontes. O algoritmo é executado até que o nó entidade (DUL) é encontrado. Os caminhos que foram encontrados estão apresentados na Tabela 1 (com excepção loops).

caminho de propriedade	Definido pela
^ HasOutputType / hasAccessInterface / hasServiceEndpoint OWL-IOT-S	Internet das coisas-lite WSMO-lite
isAssociatedWith / endpoint	
hasService / hasOperation / hasAddress	

Tabela 1: os caminhos possíveis entre Entidade e identificador a partir do fragmento IdC LOV (SPARQL sintaxe caminho de propriedade)

alinhamentos hipotéticas entre estes vocabulários e WoT com base nas partidas encontrámos não significativamente alterar as métricas gráfico do fragmento IdC LOV (grau vértice médio, média de comprimento de percurso, de diâmetro). No entanto, curiosamente, todos os caminhos a partir de Identi fi cador, eventualmente, levar ao conceito de Ser-

¹⁵ <http://www.hermit-reasoner.com/>

vice-(com um comprimento máximo de caminho 4). Quatro vocabulários têm uma definição de para Serviço: Saref, OWL-S, WSMO-lite e IOT-Lite. Como já mencionado, alguns deles não são compatíveis, mas eles têm isso em comum que todos eles contam com *ers* *fi* *identi*, portanto, na arquitetura Web. Desde Resource é o conceito atômica da arquitetura Web, todas as modelagens de serviços são teoricamente compatível com nosso modelo WoT, o que fala a favor do uso WoT como base para o alinhamento ontológica.

5. Conclusão

Nosso trabalho concentrou-se em de *fi* semântica *ning* para a Web of Things, com base na atividade do W3C. As recomendações que o grupo vai publicar nos dará razão ou errado, no que diz respeito às definições de *fi* damos para TDs e Interações neste papel. No entanto, nesse meio tempo, esperamos que o nosso modelo WoT será usado como um quadro por membros do W3C, como ilustrado com a nossa ferramenta de validação, e ajudar ainda mais o desenvolvimento dos modelos semânticos envolvidos na WoT.

Outro aspecto do nosso trabalho foi a materialização do fragmento LOV para a Internet das coisas. Ele revelou, entre outros, a posição dominante da DUL. Por isso, o nosso trabalho transformou no sentido DUL bem, e escolheu um vocabulário (IRE) que fornecida alinhamento com DUL. Esta característica facilita o alinhamento de WoT com vocabulários IdC existentes. No entanto, o fragmento de Internet das coisas LOV ainda é ampla e a necessidade de semântica leves envolvendo um conjunto limitado de conceitos -alguns espécie de "iot.schema.org" - foi claramente expressa pela indústria. Acreditamos que uma maneira de conseguir isso é através de apertar progressivamente o fragmento Internet das coisas LOV por meio de alinhamentos. Como é de esperar que o número de recursos na Web que se relacionam com entidades do mundo real vai aumentar rapidamente, era necessária uma conceituação inicial de recursos WOT para atingir esse objetivo.

Referências

1. SmartM2M; aparelhos inteligentes referência ontologia e mapeamento oneM2M (2015). <http://www.etsi.org/deliver/etsiURLts/103200/103299/103264/01.01.0160/ts103264v010101p.pdf>
2. Atzori, L., Iera, A., Morabito, G.: A Internet das coisas: Uma pesquisa. *Redes de Computadores* 54 (15), 2787-2805 (2010). DOI 10.1016/j.comnet.2010.05.010
3. Bermudez-Edo, M., Barnaghi, P., Elsaleh, ontologia T.: IdC-lite (2015). [http URL: //iot.ee.surrey.ac.uk/ fi utensilios / ontologias / IOT-lite #](http://iot.ee.surrey.ac.uk/fiutensilios/ontologias/IOT-lite#)
4. Compton, M., Barnaghi, P., Bermudez, L., Garca-Castro, R., Corcho, O., Cox, S., Graybeal, J., Hauswirth, M., Henson, C., Herzog, A., Huang, V., Janowicz, K., Kelsey, WD, Le Phuoc, D., Lefort, L., Leggieri, M., Neuhaus, H., Nikolov, A., Páquina, K., Passant, A., Sheth, R., Taylor, K.: a ontologia SSN do grupo semântica W3C incubadora rede de sensores 17, 25-32. DOI 10.1016/j.websem.2012.05.003
5. Euzenat, J., Shvaiko, P.: ontologia Matching. Springer Berlin Heidelberg (2007)
6. Gangemi, A., Presutti, V.: A identidade Bourne de um recurso da web. In: Proceedings of Identity Referência ea Oficina Web (IRW) na Conferência WWW (2006)

7. Guinard, D. : A Web of Things arquitetura de aplicação - integração do mundo real para a web (2011)
8. Hachem, S., Teixeira, T., Issarny, V. : ontologias para a internet das coisas. Em: Proceedings of the 8 middleware Doutorado Symposium, pp 1-6.. ACM Press (2011). DOI 10,1145 / 2.093.190,2093193
9. Lanthaler, M., Granitzer, M., Guetl, C. : serviços web semântica: Estado da arte. In: Processo da Conferência Internacional IADIS na Internet Tecnologias e Sociedade 2010 (2010)
10. Lanthaler, M., Guetl, C. : Hidra: Um vocabulário para APLS web-driven hipermediáticos. CEUR-WS.org
11. **Mrissa, M., Medini, L., Jamont, JP, Le Sommer, N., Laplace, J. : Uma arquitectura avatar para a teia de coisas 19 (2), 30-38. DOI 10,1109 / MIC.2015.19. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7061798>**
12. Payam Barnaghi, SD, Bauer, M., Meissner, modelagem S. : serviço para a Internet das coisas. In: Anais da Conferência Federated em Ciência da Computação e Sistemas de Informação, pp 949-955.. IEEE (2009)
13. Presutti, V., Gangemi, R. : Para uma ontologia OWL de identidade na web. In: Anais do 3º Workshop Web Semântica italiano, vol. 201. CEUR-WS.org (2006). URL www.ceur-ws.org/Vol-201/
14. Presutti, V., Gangemi, R. : Identidade de recursos e entidades na web. Conceitos progressivos para Semantic Web Evolução: Aplicações e Desenvolvimentos.: Aplicações e Desenvolvimentos pp 123-147 (2010). DOI 10,4018 / 978-1-60566-992-2
15. Seydoux, N., Drira, K., Hernandez, N., Monteil, T. : Autonomia através do conhecimento: como IOT-O suporta a gestão de um apartamento conectado. Kobe (2016)
16. Seydoux, N., Drira, K., Hernandez, N., Thierry, M., Ecrepont, C. : IdC-O: uma ontologia domínio do núcleo para IdC (2016)
17. Trifa, VM: blocos de construção para a web participativa das coisas: Devices, infra-estruturas e estruturas de programação (2011)
18. Vandenbussche, PY, Ateazing, GA, Poveda-Villalón, M., Vatan, B. : Linked vocabulários abertos (LOV): uma porta de entrada para reutilizáveis vocabulários semântica na web. Semantic Web Journal (2014)